



วารสาร เกษตรพระวรุณ

ปีที่ 17 ฉบับที่ 1 มิถุนายน 2563

PRAWARUN

AGRICULTURAL JOURNAL

Vol. 17 No. 1 / JUNE 2020

Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University



ISSN 1685-8379

วารสารเกษตรพระวรุณ
PRAWARUN AGRICULTURAL JOURNAL

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเผยแพร่ความรู้ทางวิชาการของคณาจารย์ นักวิชาการ และผู้สนใจ ในสาขาเทคโนโลยีการเกษตร ในมหาวิทยาลัย วิทยาลัย และองค์กรทางการเกษตรทั้งภาครัฐและเอกชน
2. เป็นเวทีทางวิชาการเพื่อแลกเปลี่ยนความรู้และวิทยาการทางด้านการเกษตรระหว่างนักวิชาการ ผู้ประกอบการ และผู้รู้อื่นๆ
3. เพื่อเป็นเอกสารทางวิชาการอันเป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนในสาขาเทคโนโลยีการเกษตร และการพัฒนาอาชีพเกษตรให้แก่เกษตรกรและผู้สนใจ

เรื่องที่ลงตีพิมพ์

ได้แก่ บทความวิชาการจากการรายงานวิจัยหรือบทความที่เกี่ยวข้อง หรือเป็นประโยชน์ต่อวงการเกษตรที่ไม่เคยตีพิมพ์ที่ใดมาก่อน โดยทุกเรื่องที่ได้ตีพิมพ์ได้รับการพิจารณาจากกองบรรณาธิการและผู้ทรงคุณวุฒิทั้งภายในและภายนอก

เจ้าของ

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.นิรุต ถึงนาคน	อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูษิต บุญทองเถิง	รองอธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

บรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร.รภัสสา จันทาศรี	คณบดีคณะเทคโนโลยีการเกษตร
-----------------------------------	---------------------------

กองบรรณาธิการ

1. กองบรรณาธิการบุคคลภายนอกมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่อยู่มหาวิทยาลัยต่างประเทศ

- | | |
|--------------------------------|---|
| 1.1 Prof. Dr. Clemen Fuchs | University of Applied Sciences, Neubrandenburg, Germany |
| 1.2 Prof. Dr. Kishio Hatai | Laboratory of Fish Diseases, Nippon Veterinary and Life Science University, Japan |
| 1.3 Prof. Dr. ir. Anton Beynen | Vobra Special Pet Foods, Veghel, The Netherlands |

2. กองบรรณาธิการบุคคลภายนอกมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่อยู่มหาวิทยาลัยอื่นในประเทศไทย

2.1 รองศาสตราจารย์ ดร.ฉลอง วชิราภากร	คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
2.2 รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ชคตระการ	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
2.3 รองศาสตราจารย์ ดร.เกษม สร้อยทอง	คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2.4 รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา ตรีโลเกศ	คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
2.5 รองศาสตราจารย์ ดร.โอภาส พิมพา	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี
2.6 รองศาสตราจารย์ ดร.นนทวิทย์ อารีย์ชน	คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2.7 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมพล เยื้องกลาง	คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครราชสีมา
2.8 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ เชาว์เครือ	คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี
2.9 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วสันต์ เขียรสุวรรณ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
2.10 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไกรเลิศ ทวีกุล	คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
2.11 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนกานต์ อินทรกำแหง	คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
2.12 อาจารย์ ดร.วุฒิ รัตนวิชัย	คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

3. กองบรรณาธิการบุคคลภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

3.1 รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิศักดิ์ คำผา	3.7 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนันท์ บุตรศาสตร์
3.2 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฑารัตน์ แก่นจันทร์	3.8 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เหล็กไหล จันทะบุตร
3.3 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูทวีป ปาลกะวงศ์ ณ อยุธยา	3.9 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุทัย โคตรตก
3.4 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรพรรณ พัวไพบูลย์	3.10 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทวีทรัพย์ ไชยรักษ์
3.5 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันทนี พลวิเศษ	3.11 ผู้ช่วยศาสตราจารย์นภาพร เวชกามา
3.6 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สำราญ พิมราช	

ฝ่ายเทคโนโลยีสารสนเทศ อาจารย์อุดร จิตจักร

ฝ่ายจัดการ อาจารย์ ดร.กัญชลิกา รัตนเชิดฉาย และ นางสาวชยาภย์ ฤทธาพรหม

ฝ่ายศิลปกรรม อาจารย์พุทธชาติ อิ่มใจ

ภาพปก อาจารย์พุทธชาติ อิ่มใจ

ผู้ประเมินอิสระ (Peer reviewer) ตรวจสอบทางวิชาการประจำฉบับ

รองศาสตราจารย์ ดร.นพพงษ์ พลพวก	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
รองศาสตราจารย์ ดร.พงษ์นารถ นาถวานันต์	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา ตรีโลเกศ	คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.วรพล เองวานิช	คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฑาทอง จารุมลีนท	สำนักงานอตราเบียบประกันวินาศภัย สมาคมประกันวินาศภัยไทย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนพร ขจรผล	คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติจังหวัดสกลนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนภูมิ ศิริงาม	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นงลักษณ์ พยัคฆศิรินาวัน	คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิศารัตน์ โชติเชย	คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต ยวงสร้อย	คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปณรัตน์ ผาดี	คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปานชีวัน ปอนพังกา	คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติจังหวัดสกลนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัชรี สุริยะ	คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พันธิwa แก้วมาตย์	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนจิรา มณฑาทอง	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัชนี้ นามมาตย์	สถาบันวิจัยวลัยรุกขเวช มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรีสุวรรณ นฤนาทวงศ์สกุล	คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สำราญ พิมราช	คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรพรรณ อรุณแสงสีสด	คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อาจารย์ ดร.กิตติชัย เจริญชัย	คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
อาจารย์ ดร.กิตติพงษ์ เวชกามา	คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมจคลีสาน
อาจารย์ ดร.ปภากร สุทธิภาศิลป์	คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
อาจารย์ ดร.พรพิชญ ธรรมปัทม์	คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
อาจารย์ ดร.รติกร แสงห้าว	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
อาจารย์ ดร.วานิช นิลนนท์	คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี

สำนักงาน คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ต.ตลาด อ.เมือง จ.มหาสารคาม 44000
โทรศัพท์ 0-4372-5439

กำหนดเผยแพร่ ปีละ 2 ฉบับ
ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน
ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม

ข้อกำหนดเฉพาะของวารสาร

1. บทความที่ลงตีพิมพ์ทุกเรื่องได้รับการตรวจสอบทางวิชาการโดยผู้ประเมินอิสระ (Peer reviewer) บทความละ 2 ท่าน
2. กองบรรณาธิการวารสารเกษตรพระวรุณ ไม่สงวนสิทธิ์การคัดลอกแต่ให้อ้างอิงแสดงที่มา

เว็บไซต์วารสารเกษตรพระวรุณ <http://paj.rmu.ac.th>

อีเมลล์ prawarun.j@rmu.ac.th

ข้อความและบทความในวารสารนี้เป็นความคิดเห็นของผู้เขียนโดยเฉพาะ
กองบรรณาธิการไม่มีส่วนรับผิดชอบในเนื้อหาและข้อคิดเห็นนั้นๆ แต่อย่างใด

วารสาร

เกษตรพระวรุณ

PRAWARUN AGRICULTURAL JOURNAL



ปีที่ 17 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2563

VOL. 17 NO. 1 JANUARY – JUNE 2020

ISSN 1685-8379

สารบัญ

บทความวิจัย (Research Article)

- อิทธิพลของระบบการให้น้ำต่อองค์ประกอบผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง 3 พันธุ์ 1
 การ์นต์ ผึ้งบรรหาร
 Effect of Irrigation System on Yield Components of Photoperiod Insensitive Rice
 3 Varieties
 Karun Phungbunhan
- อิทธิพลของการให้สังกะสีซัลเฟตต่อการเจริญเติบโต และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ 11
 รัชนิกร หาญสุด และ วรณวิภา แก้วประดิษฐ์
 The Influence of Zinc Sulphate ($ZnSO_4$) Application on Growth and Total Soluble
 Solid in Juice of Sugarcane Grown Under Sandy Soil
 Ratchaneekon Hansud and Wanwipa Kaewpradit

- การเปลี่ยนแปลงอินทรีย์คาร์บอนของดินส่วนที่เปลี่ยนแปลงได้ง่ายหลังได้รับการเก็บเกี่ยวอ้อย.....21
 แบบไม่เผาใบ ภายใต้สภาพดินเหนียวที่ได้รับการเผาใบอย่างต่อเนื่อง
วิษณุภาส อีสา และ วรณวิภา แก้วประดิษฐ์
 Changes in Soil Labile Organic Carbon Pool after Change Consecutive Pre-harvest
 Burning to Unburned Sugarcane Harvest Condition in Clay Loam Soil
Wishchabhas E-sa and Wanwipa Kaewpradit
- ผลของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตของเมล่อนโดยระบบปลูกพืชไม่ใช้ดิน33
นพดล ชุ่มอินทร์ และ ทศนุพันธ์ กุศลสถิตย์
 Effect of Substrates Properties on Growth of Muskmelon (*Cucumis melo* L.)
 under Substrate Culture
Noppadol Chumin and Thassanupan Gusolsatit
- ผลของดินจอมปลวกต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตมะละกอพันธุ์ครั้งเนื้อเหลืองในประเทศไทย.... 41
รภัสสา จันทาศรี, ทวีทรัพย์ ไชยรักษ์ และ สุนทร โชคสวัสดิ์ธนะกิจ
 Topic : Effect of Termite Soil on Growth and Quality of Papaya (cv. Yellow Krang)
 in Thailand
Rapatsa Janthasri, Taweerasab Chaiyarak and Sunthorn Choksawatthanakij
- การประเมินอายุความคงทนของดอกดาวเรืองอเมริกัน (*Tagetes erecta* L.) ลูกผสมชั่วที่ 153
จันทิมา ชินราด, ศราวุธ นันทะภูมิ, ประนอม ยงค์คำมัน, อรพินธุ์ สฤณคีน้า และ พรพันธ์ ภู่อ้อมพันธ์
 The Evaluation for Long Lasting Flower in F₁ Hybrid American Marigold
 (*Tagetes erecta* L.)
Jantima Chinnarad, Sarawut Nantaphoom, Pranom Yangkhamman,
Orapin Saritnum and Pornpan Pooprompan
- การใช้จุลินทรีย์จีไบโอติก เสริมอาหารปลานิล เพื่อเร่งการเจริญเติบโตและเสริมภูมิคุ้มกัน63
ชาญวิทย์ สุวรรณ และ ชนกนันต์ จิตมนัส
 The Use of G Biotic Microorganism Supplements in Tilapia Feeds on Growth
 Performance and Immunity
Chanwit Suwan and Chanagun Chitmanat

- การปรับปรุงคุณสมบัติของขนมจีนเส้นสดโดยใช้แป้งพรีเจลาติไนซ์จากข้าวโพดสีม่วงทดแทน 75

แป้งข้าวเจ้า

ศศิธร ปุรินทรภิบาล

Improved Properties of Fresh Kanom-Jeen by Using Pregelatinized Purple Corn Flour Substitute Rice Flour

Sathithon Purintraphiban
- ผลของท่อความร้อนและปล่องไฟต่อสมรรถนะของหม้อไอน้ำสำหรับนึ่งก้อนเชื้อเห็ด 89

โสภา แคนสี

Effected Heat Pipe and Chimney to Performance of Boiler for Steamed Mushroom Bag

Sopa Cansee
- ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเข้าร่วมทำประกันภัยตามดัชนีอากาศของเกษตรกรผู้ปลูกข้าว 99

ในจังหวัดเชียงราย

ศศิวิมล ภู่วาง, นิโรจน์ สินณรงค์, กฤตวิทย์ อัจฉริยพานิชกุล และ ชนิษฐา เสถียรพีระกุล

Factors Affecting Rice Farmers's Decision to Participate in Weather Index Insurance in Chiang Rai Province

Sasiwimon Puphoun, Nirote Sinnarong, Kittawit Autchariyapanitkul and Kanitta Satienpirakul
- การวางแผนความต้องการวัสดุในการผลิตชาผักเชียงดา กรณีศึกษา ศูนย์อนุรักษ์พันธุ์กรรมพืช 123

อพ.สธ.คลองไผ่ จังหวัดนครราชสีมา

ศรัณย์ ขันดีประเสริฐ และ ปณัฏพร เรืองเชิงชุม

Material Requirements Planning for Chiangda Vegetable Tea Production: a Case Study in the Plant Genetic Conservation Center of Khlongpai, Nakhon Ratchasima Province

Saran Khantiprasert and Panutpron Ruangchoengchum
- ปัจจัยที่มีผลต่อการดำเนินธุรกิจร้านค้าปลาสวยงามในจังหวัดขอนแก่น 137

สุปติ ศิริขอนแก่น และ สาธิต อติโต

Factor Affecting Business Operations of Pet Fish Stores in Khon Kaen Province

Supati Sirikhonkaen and Satit Aditto

- การศึกษาสายพันธุ์และคุณภาพของข้าวสายพันธุ์สีชล โดยการเปรียบเทียบคุณภาพทางเคมี147
 กายภาพและลายพิมพ์ดีเอ็นเอกับพันธุ์ข้าวไทย
กรรณิการ์ พิมพรส, เกศริน ทีชมายู และ พิรดา สุดประเสริฐ
 Studies of Varieties and Quality of Sichon Rice by Comparison on DNA Fingerprint
 Chemical and Physical Properties with Thai Rice Varieties
Kannika Pimrote, Kesarin Teekayu and Pirada Sudprasert
- Antioxidant Activity of Mixture Herbal Oil from *Siamese Crocodile* Oil159
 (*Crocodylus siamensis*) Turmerica (*Curcuma longa*), Black Galingale
 (*Kaempferia parviflora*) and Plai (*Zingiber cassumunar* Roxb)
Amon Praduptong, Passaraporn Srimangkornkaew, Sudawan Chaeychomsri,
Natthawut Thitipramote, Win Chaeychomsri and Jindawan Siruntawineti
 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันสมุนไพรสูตรน้ำมันจระเข้พันธุ์ไทย (*Crocodylus siamensis*)
 ขมิ้นชัน (*Curcuma longa*), กระชายดำ (*Kaempferia parviflora*) และไพล
 (*Zingiber cassumunar* Roxb)
อมร ประดับทอง, ภัศราภรณ์ ศรีมังกรแก้ว, สุดาวรรณ เขยชมศรี, ณัฏฐาวุฒิ ฐิติปราโมทย์,
วิน เขยชมศรี และ จินดาวรรณ สิริันทวีเนติ

อิทธิพลของระบบการให้น้ำต่อองค์ประกอบผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง 3 พันธุ์

การันต์ ผึ้งบรรหาร*

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000

บทคัดย่อ

การทำนาส่วนใหญ่จะใช้วิธีการทำนาแบบดั้งเดิม โดยใช้น้ำขังตลอดฤดูการปลูก ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำจากการรั่วซึมและระบายนํ้าทิ้ง เป็นการสิ้นเปลืองทรัพยากรน้ำ การให้น้ำระบบสปริงเกลอร์เป็นการให้น้ำที่มีประสิทธิภาพสูงกับพืชหลายชนิด สามารถประหยัดน้ำได้มากกว่า และควบคุมจังหวะการให้น้ำได้อย่างมีคุณภาพ ดังนั้น จึงทำการศึกษาอิทธิพลของระบบการให้น้ำต่อองค์ประกอบผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง 3 พันธุ์ ทำการวางแผนการทดลองแบบ 3 x 2 factorial in Randomized complete block design (RCBD) ระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนสิงหาคม 2561 ณ แปลงนาสาธิตทางการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ต่อการเจริญเติบโตของข้าวไม่ไวแสง 3 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวพันธุ์ กข29 พืชกุล2 และปทุมธานี1 ภายใต้การให้น้ำที่แตกต่างกัน 2 วิธี คือ การให้น้ำท่วมขังหลังข้าวออก 7 วัน โดยให้น้ำท่วมขังที่ระดับ 5 - 10 เซนติเมตร ตลอดฤดูการ และการให้น้ำสปริงเกลอร์ วันละ 1 ชั่วโมง พบว่า พันธุ์ข้าวแต่ละพันธุ์และปฏิสัมพันธ์ร่วม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในด้านความสูง จำนวนต้นตอกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี เปอร์เซ็นต์เมล็ดเสีย น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และผลผลิตต่อไร่ สำหรับวิธีการให้น้ำท่วมขังและสปริงเกลอร์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในด้านความสูง จำนวนเมล็ดต่อรวง และผลผลิตต่อไร่

คำสำคัญ: ข้าวไม่ไวแสง การให้น้ำแบบท่วมขัง และ การให้น้ำแบบสปริงเกลอร์

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: poagron@hotmail.com

Effect of Irrigation System on Yield Components of Photoperiod Insensitive Rice 3 varieties

Karun Phungbunhan *

*Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology, Phetchabun Rajabhat university,
Muang District, Phetchabun Province, 67000, Thailand*

Abstract

Traditional farming using flooding, including water loss from drowning and waste water collection. There are many types that can save more water and control the quality of water supply timing. Therefore, effect of the irrigation system on the growth and yield component of photoperiod insensitive rice 3 varieties, planned for 3 x 2 factorial in randomized complete block design (RCBD) between April to August 2018 at the Agricultural Demonstration Field, Faculty of Agricultural Technology and industrial Technology Phetchabun Rajabhat University on the growth of photoperiod insensitive rice 3 varieties, RD 29, Phitsanulok 2 and Pathum Thani 1, under 2 different irrigation methods by flood water after 7 days of germination by flooding at 5 - 10 centimeters throughout the season and sprinkling water 1 hours per day. There are differences in statistical significance. It was found that rice 3 varieties and interaction with statistically significant differences affect the plant height, plant per hill, grains per panicle, filled grain, unfilled grain 1,000 grain weight and yield (kg/rai). As for the irrigation methods there were statistically significant differences to plant height, grains per panicle and yield (kg/rai).

Keyword : photoperiod insensitive varieties, flooding irrigation and Sprinkler irrigation

* Corresponding author: E-mail: poagron@hotmail.com

บทนำ

ข้าวเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว วงศ์หญ้า (Family : Grammineae หรือ Poaceae) สกุลออริซา (Genus : Oryza) เจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อนและเขตอบอุ่น ที่สามารถทนต่อสภาพดินที่หลากหลาย ตั้งแต่พื้นที่น้ำท่วม สูงจนถึงพื้นที่สูงตามไหล่เขาขึ้นอยู่กับชนิดและพันธุ์ข้าว ข้าวยังสามารถจำแนกตามช่วงแสงเป็นข้าวไวแสงและข้าวไม่ไวแสง โดยข้าวไม่ไวแสงเป็นพันธุ์ข้าวที่มีอายุการเก็บเกี่ยวค่อนข้างแน่นอน ข้าวสามารถออกดอกได้โดยไม่ต้องอาศัยช่วงแสงเป็นตัวกำหนด ทำให้สามารถปลูกได้ตลอดปี นิยมปลูกในพื้นที่ที่มีการชลประทานดี นอกจากนี้ประเทศไทยมีพื้นที่ส่วนใหญ่เหมาะสมต่อการทำนาปลูกข้าว แต่จากปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสภาวะโลกร้อนได้เพิ่มข้อจำกัดในการผลิตข้าวเพิ่มมากขึ้นทั้งในเรื่องของวิกฤตภัยแล้ง น้ำท่วม ปัญหาโรคและแมลง ความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝน และการกระจายตัวที่ไม่สม่ำเสมอ และเกษตรกรไทยนิยมปลูกข้าวแบบน้ำท่วมขังเพื่อควบคุมวัชพืช (Bhornchai and Arun, 2016) ซึ่งข้าวปลูกอายุ 120 วัน ใช้น้ำ 1,200 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน สำหรับข้าวอายุสั้น 105 วัน ใช้น้ำ 1,080 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน (Sunyom, 2016) นอกจากนี้ ปริมาณน้ำที่สูญเสียไปในระหว่างการทำนาปลูกข้าว ซึ่งประกอบด้วย การระเหย การคายน้ำ การซึมลงใต้ดิน คิดเป็นปริมาณน้ำที่สูญเสียรวมทั้งสิ้น 5.6 - 20.4 มิลลิเมตรต่อวัน และการทำงานส่วนใหญ่จะใช้วิธีการทำนาแบบดั้งเดิม โดยการทำนาแบบขังน้ำตลอดฤดูการปลูก ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองทรัพยากรน้ำ

Thai PBS (2015) รายงานว่า เพื่อลดปริมาณการใช้น้ำ ชาวนาในจังหวัดสิงห์บุรี หันมาให้น้ำแบบสปริงเกลอร์ ซึ่งสามารถลดการใช้น้ำได้มากกว่า 70% ขณะที่ Jose *et al.* (2017) พบว่า การให้น้ำแบบท่วมขัง ปริมาณน้ำทั้งหมดที่ต้องการเพื่อตอบสนองความต้องการของข้าว รวมถึงส่วนประกอบอื่นๆ เช่น ความอึดตัวของดินและการสูญเสียโดยการซึมหรือการไหลออกด้านข้าง การให้น้ำท่วม

ขังนี้ยังมีความสูญเสียมากขึ้นจากการระเหยออกสู่พื้นผิวน้ำอิสระซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในช่วงต้นของการเพาะปลูก ดังนั้นการชลประทานแบบสปริงเกลอร์ในข้าวมีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับภูมิภาคที่มีแหล่งน้ำที่หายาก ซึ่งเป็นสภาพปัจจุบันในหลายภูมิภาคของบราซิลและประเทศอื่นๆ ปัจจุบันมีระบบชลประทานให้น้ำศูนย์กลางแบบอัตโนมัติ (pivot center) ซึ่งเป็นการให้น้ำในปริมาณที่แม่นยำและในช่วงเวลาที่จำเป็นสำหรับการเพาะปลูกข้าว เกษตรกรผู้ปลูกข้าวในออสเตรเลีย บราซิลและสหรัฐอเมริกาสามารถประหยัดน้ำได้ถึง 20 – 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับการชลประทานแบบดั้งเดิม การชลประทานแบบนี้ทำให้สามารถปลูกข้าวบนพื้นที่ทรายที่ไม่สามารถให้น้ำชลประทานแบบท่วมขังได้ (Zimmatic, 2017)

ดังนั้น ผู้ทดลองจึงทดสอบการให้น้ำด้วยระบบสปริงเกลอร์โดยให้น้ำเป็นเวลา เปรียบเทียบกับการให้น้ำแบบท่วมขังซึ่งเป็นวิธีแบบดั้งเดิม โดยใช้วิธีการปลูกแบบหยอดกับพันธุ์ข้าวไม่ไวแสง จำนวน 3 พันธุ์

วิธีดำเนินการวิจัย

ทำการทดลองระหว่างเดือนเมษายน ถึงเดือนสิงหาคม 2561 ณ แปลงนาสาธิตทางการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ โดยวางแผนการทดลองแบบ 3x2 factorial in Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ 2 ปัจจัย โดยปัจจัยที่ 1 พันธุ์ข้าวเจ้า 3 พันธุ์ ได้แก่ กข29 พิษณุโลก2 และปทุมธานี1 ปัจจัยที่ 2 วิธีการให้น้ำ 2 วิธี ได้แก่ การให้น้ำแบบสปริงเกลอร์และการให้น้ำแบบท่วมขัง ซึ่งการทดลองนี้ประกอบไปด้วยสิ่งทดลองจำนวน 6 คอมบินเนชัน ได้แก่

- 1) ข้าวพันธุ์ กข29 ให้น้ำแบบสปริงเกลอร์
- 2) ข้าวพันธุ์ กข29 ให้น้ำแบบท่วมขัง
- 3) ข้าวพันธุ์ พิษณุโลก2 ให้น้ำแบบสปริงเกลอร์
- 4) ข้าวพันธุ์ พิษณุโลก2 ให้น้ำแบบท่วมขัง

5) ข้าวพันธุ์ ปทุมธานี1 ให้น้ำแบบสปริงเกลอร์

6) ข้าวพันธุ์ ปทุมธานี1 ให้น้ำแบบท่วมขัง

ทำการปลูกข้าวในแปลงขนาด 3x3 ม. ด้วยวิธีการหยอดหลุมๆ ละ 3-5 เมล็ด โดยมีระยะระหว่างต้นและระหว่างแถว 25x25 ซม. ในระยะแรกจะให้น้ำแบบสปริงเกลอร์ทั่วทั้งแปลงเพื่อให้เมล็ดงอก เมื่อเมล็ดงอกได้ 7 วัน จึงเริ่มให้น้ำในวิธีการที่แตกต่างกัน โดยในแปลงสปริงเกลอร์ จะให้น้ำวันละ 1-2 ซม./วัน และจนน้ำในวันที่ฝนตก สำหรับการให้น้ำแบบท่วมขัง เมื่อข้าวมีอายุ 7 วัน ปลอยน้ำเข้าแปลงนาสูงจากผิวดิน 5 ซม. ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 ในอัตรา 20 กก./ไร่ เมื่อข้าวได้อายุ 14 วัน เมื่อข้าวมีอายุ 30 วัน ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 20 กก./ไร่ และข้าวมีอายุ 60 วัน ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 20 กก./ไร่ และรักษาระดับน้ำท่วมขังสูงจากผิวดิน 5-10 ซม. ไปจนข้าวติดรวงและปลอยน้ำออกจากแปลงนาให้แห้งก่อนเก็บเกี่ยวข้าว 15 วัน เพื่อเร่งการสุกแก่ ข้าวพันธุ์ กข29 ออกรวง 75 วันหลังปลูกและเก็บเกี่ยวเมื่อข้าวได้ 104 วัน ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ออกรวง 78 วัน หลังปลูกและเก็บเกี่ยวเมื่อข้าวได้ 107 วัน และข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ออกรวง 90 วันหลังปลูกและเก็บเกี่ยวเมื่อข้าวได้ 119 วัน ทำการสุ่มเก็บ ข้อมูลตัวอย่างแบบเส้นทแยงมุมจำนวน 10 กอต่อแปลงย่อย ในพื้นที่ 2x2 ม. เพื่อบันทึกข้อมูลด้านความสูงต้นและองค์ประกอบผลผลิต ได้แก่

ความสูง วัดความสูงต้นเป็น (ซม.) โดยการรวบใบข้าวขึ้นแล้วใช้ไม้เมตรวัดความสูง วัดจากพื้นดินถึงใบที่สูงที่สุดโดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่าง แบบเส้นทแยงมุมจำนวน 10 กอต่อแปลงในพื้นที่แปลงขนาด 2x2 ม. ติดเครื่องหมายต้นตัวอย่างแล้วนำข้อมูลมาหาค่าเฉลี่ย

การแตกกอ (จำนวนต้น/กอ) นับจำนวนต้นข้าวก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิต 2 สัปดาห์ โดยนับจากต้นตัวอย่างที่ติดเครื่องหมาย

นับจำนวนรวงต่อกอ ทำการนับจำนวนรวงต่อกอของต้นข้าวแต่ละกอ จากต้นตัวอย่างที่ติดเครื่องหมาย

นับจำนวนเมล็ด/รวง นำรวงจากต้นสุ่มติดเครื่องหมายมาทำการนับเมล็ดข้าวต่อรวงทั้งหมด แล้วทำการ

คัดแยกเมล็ดสมบูรณ์ และเมล็ดเสีย (เมล็ดลีบ แตกหัก เป็นโรค) นำมาคิดเป็น % เมล็ดดี และ % เมล็ดเสีย

น้ำหนัก 1,000 เมล็ด นำเมล็ดที่จะหาน้ำหนักมาวัดความชื้นเบื้องต้นด้วยเครื่องวัดความชื้น จากนั้นนับเมล็ดจำนวน 1,000 และคำนวณหา น้ำหนัก 1,000 เมล็ดที่ความชื้นมาตรฐาน 14 % จากสมการ

$$\text{น้ำหนัก 1,000 เมล็ดที่ความชื้น 14 \%} = \frac{(100 - \text{ความชื้นตัวอย่าง} \times \text{น้ำหนักเมล็ดก่อนอบ} - \text{น้ำหนักเมล็ดหลังอบ})}{(100 - 14 (\text{ความชื้นมาตรฐาน \%}))}$$

(Kittisak, 2009) โดยทำตัวอย่างละ 3 ซ้ำ แล้วนำมาบันทึกค่าเฉลี่ย

ผลผลิตต่อไร่ หาได้จากสมการ

$$\frac{\text{น้ำหนักเมล็ด} \times \text{จำนวนเมล็ด/รวง} \times \text{จำนวนรวง/ต้น} \times \text{จำนวนต้นพื้นที่}}$$

วิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (analysis of variance : ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธีการ Duncan's new Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %

ผลการวิจัย

ความสูง พบว่า ข้าวพันธุ์ กข29 ให้ความสูงสูงสุด 133.40 ซม. ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 ที่มีความสูง 131.21 ซม. แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ต่อข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ที่มีความสูงต่ำสุด 122.75 ซม. สำหรับการให้น้ำแบบท่วมขัง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการให้น้ำแบบสปริงเกลอร์ (Table 1) ด้านปฏิสัมพันธ์ร่วม พบว่า พันธุ์ข้าวและการให้น้ำ ข้าวพันธุ์ กข29 ให้น้ำท่วมขัง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับทุกสิ่งทดลอง ซึ่งมีความสูงมากที่สุด 143.06 ซม.

เช่นเดียวกับข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ให้น้ำท่วมขัง มีค่าความสูงที่มากกว่าการให้น้ำแบบสปริงเกลอร์ ขณะที่วิธีการให้น้ำ

น้ำไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อความสูงของข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 (Fig. 1)

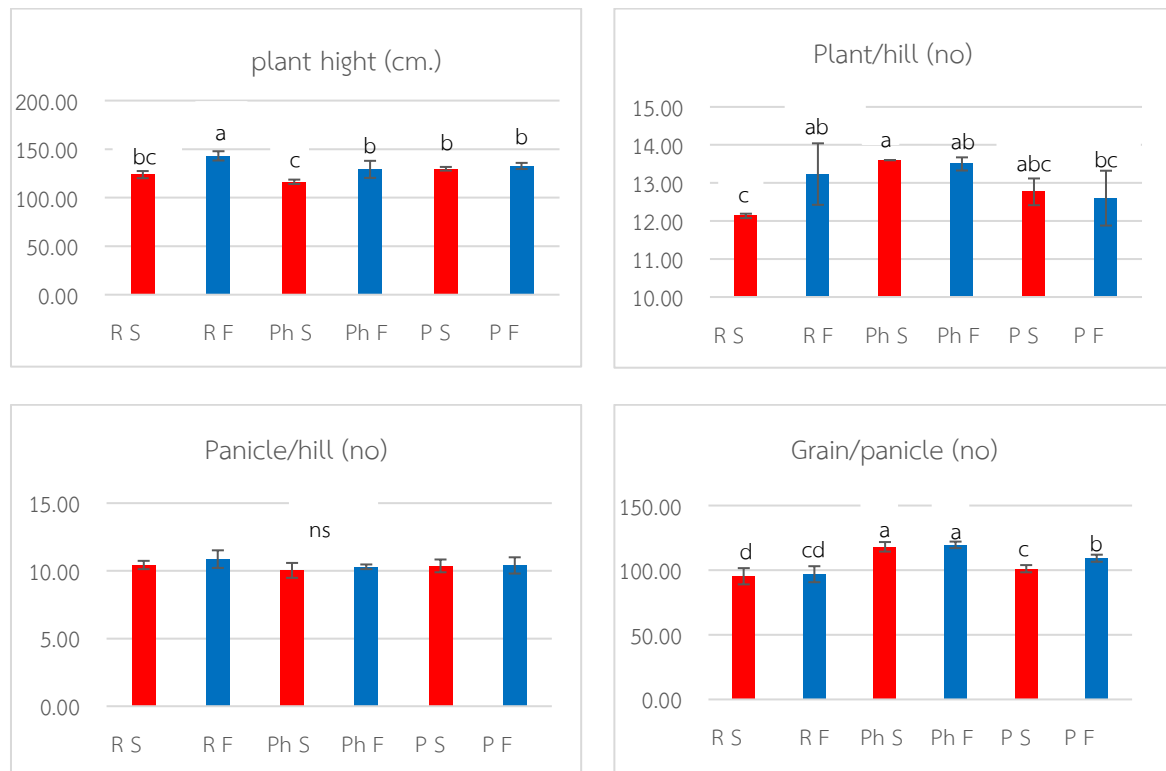


Fig.1 Interaction between photoperiod insensitive rice 3 varieties and methods of irrigation to plant high, plant per hill, panicle per hill and grain per panicle of RD29xSprinkler(RS), RD29xFlooding(RF) Phitsanulok2xSprinkler(Ph S), Phitsanulok2xFlooding(Ph F), Pathum Thani1xSprinkler(PS) and Pathum Thani1 Flooding(PF)

จำนวนต้นตอก พบว่า ข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 มีจำนวนต้นตอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ต่อข้าวพันธุ์ กข29 และ ข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 ขณะที่วิธีการให้น้ำไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) ซึ่งปฏิสัมพันธ์ร่วม จำนวนต้นตอก ข้าวพันธุ์ กข29 การให้น้ำท่วมขัง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อการให้น้ำแบบสปริงเกลอร์ ซึ่งแตกต่างจากข้าวพันธุ์

พิษณุโลก2 และข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 ที่วิธีการให้น้ำไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีแนวโน้มว่าการให้น้ำแบบสปริงเกลอร์ส่งผลให้จำนวนต้นตอกสูงกว่าการให้น้ำท่วมขัง (Fig. 1)

Table 1 Growth and Yield Components of photoperiod insensitive rice 3 varieties under different irrigation

Varieties (V)	Plant height (cm.)	Plant/hill (no)	Panicle/hill (no)	Grain/panicle (no)	Filled Grain (%)	Unfilled grain (%)	1,000 grain Weight (g)	Yield (kg/rai)
RD29	133.40 ^a	12.68 ^b	10.65	96.10 ^c	87.67 ^b	13.00 ^a	30.71 ^a	803.89 ^b
Phitsanulok2	122.75 ^b	13.55 ^a	10.38	118.84 ^a	91.03 ^a	9.62 ^b	30.32 ^{ab}	937.83 ^a
Pathum Thani1	131.21 ^a	12.68 ^b	10.16	105.19 ^b	92.19 ^a	8.30 ^b	29.11 ^b	816.21 ^b
Irrigations (I)								
Sprinkler	123.27 ^b	12.83	10.27	104.84 ^b	89.74	10.80	29.59	815.03 ^b
Flooding	134.96 ^a	13.11	10.52	108.57 ^a	90.85	9.82	30.51	890.25 ^a
F- test								
(V)	*	*	ns	*	*	*	*	*
(I)	*	ns	ns	*	ns	ns	ns	*
(V) x (I)	*	*	ns	*	*	*	*	*
C.V. (%)	3.74	3.66	5.03	2.84	1.44	13.54	3.80	6.32

Note: ns; non-significant

* Significant at $P \leq 0.05$

¹ Means in the same columns with different letters are significant ($P \leq 0.05$) determined by Duncan's multiple range test (DMRT)

จำนวนรวงต่อกอ พบว่า ทุกสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) โดยข้าวพันธุ์ กข29 น้ำท่วมขัง มีจำนวนรวงต่อกอมากที่สุด ตามด้วยข้าวพันธุ์ กข29 สปริงเกลอร์, ข้าวพันธุ์ ปทุมธานี1 น้ำท่วมขัง ข้าวพันธุ์ ปทุมธานี1 สปริงเกลอร์, ข้าวพันธุ์ พิษณุโลก2 น้ำท่วมขัง และ ข้าวพันธุ์ พิษณุโลก2 สปริงเกลอร์ มีจำนวนที่ 10.86, 10.43, 10.40, 10.36, 10.30 และ 10.03 รวง/กอ ตามลำดับ (Fig. 1)

จำนวนเมล็ดต่อรวง พบว่า ข้าวทุกพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย ข้าวพันธุ์ พิษณุโลก2 มีจำนวนสูงสุด 118.84 เมล็ด/รวง ข้าวพันธุ์ ปทุมธานี 1 มี 105.19 เมล็ดต่อรวงและข้าวพันธุ์ กข29 มีจำนวนต่ำสุด 96.10 เมล็ด/รวง ซึ่งการให้น้ำแบบท่วมขัง มีจำนวน 108.57 เมล็ด/รวง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการให้น้ำแบบสปริงเกลอร์ที่มีจำนวน 104.84 เมล็ด/รวง (Table 1) ส่วนของปฏิสัมพันธ์ร่วม (Fig. 1) พบว่า ข้าวพันธุ์ พิษณุโลก2 การให้น้ำแบบสปริงเกลอร์ และการให้น้ำท่วมขัง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ แต่จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อสิ่งทดลองอื่นๆ ส่วนจำนวนเมล็ดต่อรวงของข้าวพันธุ์ ปทุมธานี1 การให้น้ำท่วมขัง มีจำนวน 109.23 เมล็ด/รวง ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ต่อการให้น้ำแบบสปริงเกลอร์ ที่มีจำนวน 101.14 เมล็ด/รวง

เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี พบว่า ข้าวพันธุ์ พิษณุโลก2 มี%เมล็ดดี 91.03 % ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับข้าวพันธุ์ ปทุมธานี1 ที่มี %เมล็ดดี 92.19 % แต่จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อข้าวพันธุ์ กข29 ที่มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี ต่ำสุด 87.67 % ในขณะที่วิธีการให้น้ำแบบสปริงเกลอร์ และการให้น้ำท่วมขัง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) นอกจากนี้ปฏิสัมพันธ์ร่วม (Fig. 2) พบว่า พันธุ์ข้าวและวิธีการให้น้ำในข้าวพันธุ์ พิษณุโลก2 และข้าวพันธุ์ ปทุมธานี 1 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อ ข้าวพันธุ์ กข29 ที่ให้น้ำทั้งแบบสปริงเกลอร์ และน้ำท่วมขัง

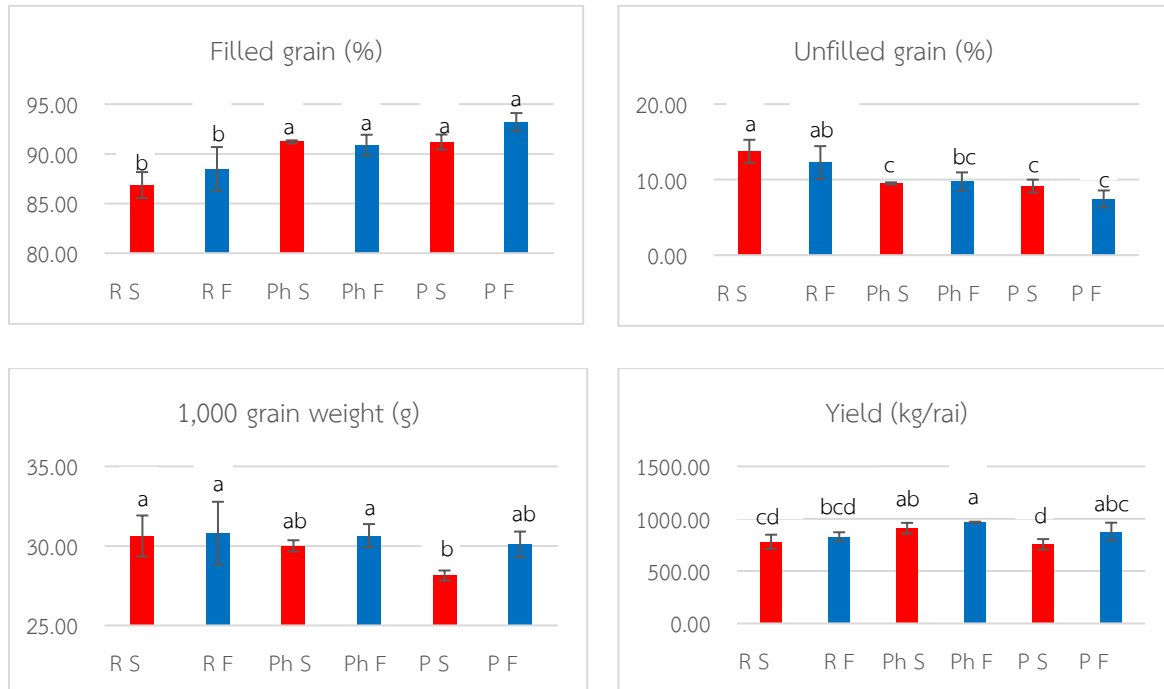


Fig.2 Interaction between photoperiod insensitive rice 3 varieties and methods of irrigation to filled grain, unfilled grain, 1000 grain weight and yield

เปอร์เซ็นต์เมล็ดเสีย พบว่า ข้าวพันธุ์ กข 29 มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดเสีย 13.00 % แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับข้าวพันธุ์ พิชณโลก2 มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดเสีย 9.62 % และข้าวพันธุ์ ปทุมธานี1 มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดเสีย 8.30 % ในขณะที่วิธีการให้น้ำแบบสปริงเกลอร์และการให้น้ำท่วมขัง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) ปฏิสัมพันธ์ร่วม ข้าวพันธุ์ กข29 การให้น้ำแบบสปริงเกลอร์และการให้น้ำท่วมขัง มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดเสียที่สูงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อสิ่งทดลองอื่น ขณะที่ข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 การให้น้ำท่วมขัง มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดเสียต่ำที่สุด 7.45 % (Fig. 2)

น้ำหนัก 1,000 เมล็ด พบว่า ข้าวพันธุ์ กข29 มีน้ำหนัก 1,000 สูงสุด 30.71 ก. ไม่มีความแตกต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ต่อข้าวพันธุ์พิชณโลก2 ที่มีน้ำหนัก 30.32 ก. และข้าวพันธุ์พิชณโลก2 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ต่อข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 ที่มีน้ำหนัก 29.11 ก. ในขณะที่วิธีการให้น้ำไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ต่อน้ำหนัก 1,000 เมล็ด (Table 1) ปฏิสัมพันธ์ร่วมของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ วิธีการให้น้ำแบบสปริงเกลอร์ มีน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ที่น้อยกว่าการให้น้ำท่วมขัง แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Fig. 2)

ผลผลิตต่อไร่ พบว่า ข้าวพันธุ์ พิชณโลก2 ให้ผลผลิตต่อไร่สูงสุด 937.83 กก. แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อข้าวพันธุ์ กข29 และข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 ที่ให้ผลผลิต 803.89 และ 816.21 กก./ไร่

ตามลำดับ นอกจากนี้การให้น้ำแบบท่วมขังให้ผลผลิต 890.25 กก./ไร่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ต่อการให้น้ำแบบสปริงเกลอร์ ที่ให้ผลผลิต 815.03 กก./ไร่ (Table 1) แม้ว่าการให้น้ำท่วมขังให้ผลผลิตต่อไร่ที่สูงกว่าการให้น้ำแบบสปริงเกลอร์ แต่วิธีการให้น้ำทั้งสองวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในข้าวพันธุ์ กข 29 และข้าวพันธุ์ พิษณุโลก 2 (Fig. 2) แต่ส่งผลกระทบต่อข้าวพันธุ์ ปทุมธานี 1 ซึ่งการให้น้ำท่วมขังให้ผลผลิต 876.72 กก./ไร่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อการให้น้ำแบบสปริงเกลอร์ซึ่งให้ผลผลิต 755.68 กก./ไร่

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการทดลอง พันธุ์ข้าวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ต่อความสูง จำนวนต้นตอก และจำนวนเมล็ด/รวง ซึ่งสอดคล้องกับ Bhornchai and Arun (2017) ที่พบว่า ความสูง จำนวนต้นตอก ของข้าว 3 พันธุ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ Ornprapa (2016) พบว่า ข้าวหอม 6 พันธุ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อจำนวนรวงตอก และจำนวนเมล็ด/รวง ซึ่งจำนวนรวงตอก ชัดแย้งกับการทดลองที่พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับวิธีการให้น้ำจากการทดลอง ส่งผลให้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อความสูง จำนวนเมล็ด/รวง แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้าน จำนวนต้นตอก และจำนวนรวงตอก ซึ่ง Bhornchai and Arun (2016) ทำการปลูกข้าวไรซ์เบอร์รี่ โดยวิธีการจัดการน้ำการให้น้ำเปียกสลับแห้งและให้น้ำท่วมขังตลอดฤดูไม่ส่งผลต่อจำนวนรวงตอก และ Karim *et al.* (2014) พบว่าการให้น้ำท่วมขัง การให้น้ำเปียกสลับแห้ง และการให้น้ำสปริงเกลอร์ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อการแตกกอ และจำนวนรวงต่อพื้นที่ ของข้าวพันธุ์ BRRI dhan28 ในขณะที่ Ornprapa (2016) รายงานว่า ความสูงและจำนวนรวงตอกจะเพิ่มสูงขึ้นตามระดับการให้น้ำที่

เพิ่มขึ้น จากการให้น้ำอัตรา 100, 50, 25, 12.5 และ 0 % ของน้ำ 2 ลิตร/กระถาง

พันธุ์ข้าวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี เปอร์เซ็นต์เมล็ดเสีย น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และผลผลิตไร่ ซึ่งจากการทดลองของ Bhornchai and Arun (2017) ปลูกข้าวหอม 3 พันธุ์ พบว่า พันธุ์ข้าวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อ เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี เปอร์เซ็นต์เมล็ดเสีย และผลผลิตต่อไร่ นอกจากนี้ Pichet *et al.* (2017) ทดลองการปลูกข้าวพื้นเมืองจำนวน 25 พันธุ์ในสภาพขาดน้ำและไม่ขาดน้ำ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อ จำนวนเมล็ดดี จำนวนเมล็ดเสีย และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ขณะที่วิธีการให้น้ำแบบสปริงเกลอร์และน้ำท่วมขังไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อ เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี เปอร์เซ็นต์เมล็ดเสีย น้ำหนัก 1,000 เมล็ด แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้านผลผลิตต่อไร่ซึ่ง Bhornchai and Arun (2016) การให้น้ำเปียกสลับแห้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการให้น้ำท่วมขังตลอดฤดูการต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ผลผลิต/ไร่ นอกจากนี้ Karim *et al.* (2014) พบว่า การให้น้ำท่วมขัง การให้น้ำเปียกสลับแห้ง และการให้น้ำสปริงเกลอร์ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อจำนวนเมล็ดดี และเมล็ดเสีย แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อน้ำหนัก 1,000 เมล็ด การให้น้ำสปริงเกลอร์ การให้น้ำเปียกสลับแห้ง การให้น้ำท่วม ที่ 21.11, 20.58 และ 20.05 กรัม และผลผลิตการให้น้ำสปริงเกลอร์ การให้น้ำเปียกสลับแห้ง การให้น้ำท่วม ที่ 5.9, 5.72 และ 5.45 ตัน/เฮกตาร์ Suniyom (2016) รายงานผลการทดลองที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ภายใต้การจัดการน้ำ 3 แบบ ดินอิมตัว เปียกสลับแห้งท่วมขังปกติ พบว่า ข้าวปลูกพันธุ์ SPR1 ให้ผลผลิต 707, 728 และ 654 กก./ไร่ ตามลำดับ สำหรับข้าวปลูกพันธุ์ SPR2 ให้ผลผลิต 610, 616 และ 575 กก./ไร่ สำหรับ Javier *et al.* (2016) ทำการทดลอง พบว่า การให้น้ำสปริงเกลอร์และไม่ไถพรวนให้ผลผลิตข้าวที่น้อยกว่าการ

ไถพรวนและน้ำท่วมขังแบบดั้งเดิมในระยะปีแรก แต่จะเริ่มให้ผลผลิตที่ไม่แตกต่างกันในปีที่สามซึ่งประหยัดน้ำได้มากกว่าการไถพรวนและน้ำท่วมขังแบบดั้งเดิม 75% เมื่อพิจารณาระยะกลางถึงระยะยาวการให้น้ำสปริงเกอร์และไม่ไถพรวนจะมีประสิทธิภาพและยั่งยืนต่อระบบการปลูกข้าวภายใต้สภาพเมดิเตอร์เรเนียน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณาจารย์ และเจ้าหน้าที่คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ที่สละเวลาให้คำแนะนำปรึกษา สถานที่ทดลอง ข้อเสนอแนะต่างๆ อันเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงานวิจัย และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ผู้ให้การสนับสนุนทุนในการทำวิจัยครั้งนี้

References

- Bhornchai, H. and Arun, T. 2016. Effects of water management and plant spacing on the growth and yield of purple rice berry rice with the system of rice intensification (SRI). Thai J. of Sci. and Tech. 24: 986 – 997. (in Thai)
- Bhornchai, H. and Arun, T. 2017. Effect of plant spacing on grain yield and yield components of three rice varieties grown under the system of rice intensification. Khon Kaen Agr. J. 45 (Suppl.1): 206 - 212. (in Thai)
- Javier, S.L., Antonio, L.P., Angel, A., David, P., Daniel, B. and Jose, M.N. 2016. Short and long-term effects of different irrigation and tillage systems on soil properties and rice productivity under Mediterranean conditions. European J. of Agronomy. 77: 101-110.
- Jose, M.B.P., Germani, C., Walkyria B. S., Andre, A., Jaqueline, T. S. and Manilia, A. B. P. 2017. Soil and water management for sprinkler irrigated rice in southern Brazil. Advances in International Rice Research. DOI: 10.5772/66024: 3 – 18.
- Kittisak, S. 2009. Study on potential of local upland rice cultivars for sustainable agricultural system at chalemprakiat Nan province. Master of Education Degree in Science Education. Srinakharinwirot University. (in Thai)
- Karim, M.R., Alam, M.M., Ladha, J.K., Islam, M.S. and. Islam, M.R. 2014. Effect of Different Irrigation and Tillage on Yield and Resource use Efficiency of Boro Rice (*Oryza sativa*). Bangladesh J. Agril. Res. 39(1): 151 – 163.
- Ornprapa, A. 2016. Effect of water deficit stress on the growth and yield components of six aromatic rice cultivars. Thai J. of Sci. and Tech. 24: 443 – 455. (in Thai)
- Pichet, N., Sumran, P. and Leklai, C. 2017. Growth, yield, yield components and drought tolerant traits to early season drought conditions of local rice varieties. Prawarun Agr. J. 14(1): 10 – 21. (in Thai)
- Suniyom, T. 2016. Rice Department. [online]. [Accessed October 10, 2017]. Available from: URL: <http://www.arda.or.th/datas/download/detail16.pdf>. (in Thai)
- Thai PBS. 2015. Thai pbs focus. [online]. [Accessed August 15, 2017]. Available from: URL: <http://www.news.thaipbs.or.th/content/4069>. (in Thai)
- Zimmatic . 2017. rice. Lindsay corporation. [online]. [Accessed October 10, 2017]. Available from: URL: <http://www.zimmatic.com/rice>.

อิทธิพลของการให้สังกะสีซัลเฟตต่อการเจริญเติบโต และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ในน้ำอ้อยของอ้อยที่ปลูกภายใต้สภาพดินทราย

รัชนิกร หาญสุด^{1,2} และ วรณวิภา แก้วประดิษฐ์^{1,2*}

¹ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

² ศูนย์วิจัยอ้อยและน้ำตาลภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

บทคัดย่อ

การขาดธาตุสังกะสีเป็นหนึ่งปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตของอ้อย โดยเฉพาะดินทรายซึ่งเป็นดินที่พบการขาดธาตุสังกะสี การให้ปุ๋ยสังกะสีในระบบการปลูกอ้อยในพื้นที่ดินทรายจึงเป็นอีกหนึ่งแนวทางในการแก้ไขปัญหาการขาดธาตุสังกะสีรวมทั้งช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของอ้อยได้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการให้สังกะสีต่อการเจริญเติบโต และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำอ้อยของอ้อยที่ปลูกในพื้นที่ดินทรายเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 5 กรรมวิธี 3 ซ้ำ: 1) ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและไม่ใส่ปุ๋ยสังกะสี (ควบคุม) 2) ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว 3) ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 4 กิโลกรัมสังกะสีต่อเฮกตาร์ 4) ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 8 กิโลกรัมสังกะสีต่อเฮกตาร์ และ 5) ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 10 กิโลกรัมสังกะสีต่อเฮกตาร์ ผลการศึกษาการให้ปุ๋ยสังกะสีในรูปสังกะสีซัลเฟตในระบบการปลูกอ้อยของพื้นที่ดินทราย พบว่า ความสูงเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ค่าความชื้นของใบ และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำอ้อย ไม่มีความแตกต่างในแต่ละกรรมวิธี ($P < 0.05$) อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 4 กิโลกรัมสังกะสีต่อเฮกตาร์ ส่งผลให้อ้อยมีการแตกกอสูงที่สุด (7.78 หน่อ/กอ) และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม และกรรมวิธีใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว

คำสำคัญ: สังกะสี ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำอ้อย และ ดินทราย

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: wanwka@gmail.com

The Influence of Zinc Sulphate (ZnSO₄) Application on Growth and Total Soluble Solid in Juice of Sugarcane Grown Under Sandy Soil

Ratchaneekon Hansud^{1,2} and Wanwipa Kaewpradit^{1,2*}

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

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

Abstract

Zinc deficiency is one problem that affects growth of sugarcane especially under sandy soil condition, which zinc possibly lose from soil profile. Therefore, zinc application to sugarcane cropping systems under sandy soil may promising approach to ameliorate sugarcane growth and total soluble solid in juice. The objectives of this research was to study the effect of zinc application on growth and total soluble solid in juice of sugarcane grown under sandy soil condition. The experiment consisted of five treatments i.e. 1) Control (non chemical fertilizer), 2) Chemical fertilizer at recommended rate (CF), 3) Chemical fertilizer at recommended rate combined with 4 kgZn/ha (CF+4 kgZn/ha), 4) Chemical fertilizer at recommended rate combined with 8 kgZn/ha (CF+8 kgZn/ha) and 5) Chemical fertilizer at recommended rate combined with 10 kgZn/ha (CF+10 kgZn/ha) with 3 replications using Randomized Complete Block Design (RCBD) . Our results indicated that plant height, stalk diameter, SPAD reading and total soluble solid in juice were not significantly different between treatments ($P < 0.05$). However, CF+4 kgZn/ha treatment provided significantly tillering higher (7.78 tiller/hill) than control and CF treatments.

Keywords: Zinc, Total soluble solid in juice and Sandy soil

* Corresponding author: E-mail: wanwka@gmail.com

บทนำ

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญพืชหนึ่งของประเทศไทย การส่งออกน้ำตาลนํารายได้เข้าสู่ประเทศประมาณ 70,000 ล้านบาท/ปี (FAO, 2018) ในปี พ.ศ. 2562 ประเทศไทยมีพื้นที่เก็บเกี่ยวอ้อย 11.47 ล้านไร่ ผลผลิตเฉลี่ย 10.41 ตัน/ไร่ ซึ่งลดลงจากปี พ.ศ. 2561 1.37 ตัน/ไร่ จะเห็นว่าผลผลิตอ้อยมีแนวโน้มลดลง ประกอบกับราคาอ้อยในปัจจุบันมีแนวโน้มลดลงเช่นกัน ซึ่งราคาอ้อยที่เกษตรกรขายได้ลดลงจากปี พ.ศ. 2561 ถึง 23.46% ส่งผลให้รายได้ของเกษตรกรชาวไร่อ้อยลดลงตามไปด้วย การที่จะทำให้เกษตรกรชาวไร่อ้อยมีรายได้เพิ่มขึ้นการเพิ่มผลผลิตต่อไร่จึงเป็นอีกหนึ่งแนวทางในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นแหล่งผลิตอ้อยที่สำคัญของประเทศไทยที่มีพื้นที่เก็บเกี่ยวมากที่สุดคิดเป็น 43.70% ของพื้นที่เก็บเกี่ยวอ้อยทั้งประเทศ (Office of Agricultural Economics, 2019) แต่พื้นที่ส่วนใหญ่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นดินทรายซึ่งคิดเป็น 72.53% ของพื้นที่ดินทรายทั้งหมดในประเทศ (Land Development Department, 2019) จึงทำให้การปลูกอ้อยของภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีผลผลิตต่อไร่ต่ำกว่าการปลูกอ้อยในพื้นที่อื่นๆ เพราะดินทรายเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ไม่อุ้มน้ำหรือธาตุอาหาร และเกิดการสูญเสียธาตุอาหารไปจากดินได้ง่ายกว่าดินชนิดอื่น ส่งผลต่อความสามารถในการกักเก็บธาตุอาหารในดินทำให้เกิดการขาดธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของอ้อย เนื่องจากอ้อยเป็นพืชที่ต้องการธาตุอาหารต่างๆ สำหรับการเจริญเติบโต และการสะสมน้ำตาล เช่น ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ซึ่งเป็นธาตุอาหารหลัก อ้อยต้องการในปริมาณที่มากเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิต โดยส่วนใหญ่ธาตุอาหารดังกล่าวอ้อยได้รับอย่างเพียงพอจากการใส่ปุ๋ยของเกษตรกร (Paisancharoen, 2013) นอกจากธาตุอาหารหลักแล้วธาตุอาหารจำพวกจุลธาตุก็มีความสำคัญสำหรับการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของอ้อย เช่น เหล็ก

(Fe) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) โบรอน (B) ทองแดง (Cu) และโมลิบดีนัม (Mo) โดยดินทรายเป็นดินที่มักมีการขาดจุลธาตุบางตัวที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของอ้อยเช่นเดียวกับธาตุอาหารหลัก คือ สังกะสี (Zn) ซึ่งเป็นจุลธาตุที่พืชขาดมากที่สุด (Filho *et al.*, 2015) โดยจากงานวิจัยของ Gupta (2005) ที่ศึกษาปริมาณของจุลธาตุในดินของประเทศอินเดีย พบว่า สังกะสีคือจุลธาตุที่ขาดมากที่สุดในประเทศอินเดียและ สังกะสียังเป็นจุลธาตุที่มีความสำคัญกับพืช เนื่องจาก สังกะสีเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์หลายชนิดเช่น เอนไซม์ carbonic anhydrases เกี่ยวข้องกับกระบวนการขนส่งคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช C4 รวมทั้งกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ aldolase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างน้ำตาลซูโครส (sucrose) เพราะเมื่ออ้อยเกิดกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงจะได้ glyceraldehyde-3-phosphate ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสร้างแป้งและน้ำตาลซูโครส (Ponprasert, 2007) โดยเอนไซม์ aldolase จะเป็นตัวเข้ามาเร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยน glyceraldehyde-3-phosphate ให้เป็น Fructose-1,6-bisphosphate เพื่อเข้าสู่กระบวนการสร้างน้ำตาลซูโครสในไซโตซอลต่อไป (Taiz and Zeiger, 2003) นอกจากสังกะสีจะมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ aldolase สังกะสีและธาตุอาหารพวกจุลธาตุยังทำหน้าที่ในการขนส่งน้ำตาลผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ไปใช้ในการเจริญเติบโตและสะสมในลำต้น (Mazhar, 2016) อีกทั้งสังกะสียังมีบทบาทสำคัญในการสร้างฮอร์โมนออกซิน หรือ IAA (Alloway, 2004) และมีบทบาทสำคัญในระบบเอนไซม์ที่ควบคุมกิจกรรมเมตาบอลิซึมควบคุมระบบออกซิเดชัน-รีดักชัน (Singh *et al.*, 2002) รวมทั้งมีส่วนร่วมในการสร้างคลอโรฟิลล์ซึ่งเป็นรงควัตถุที่ใช้ในการสังเคราะห์แสง (Chittamart *et al.*, 2016) โดยจากการศึกษาของ Jain *et al.* (2010) พบว่าเมื่ออ้อยได้รับปริมาณสังกะสีเพิ่มขึ้นปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบอ้อยก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย จากที่กล่าวมาข้างต้นจึง

ทำให้อ้อยที่ขาดธาตุสังกะสีมีข้อปล้องสั้น ลำเล็ก (Mazhar, 2016) หากขาดธาตุสังกะสีอย่างรุนแรงใบจะแห้งตาย แตกกอ และไวต่อไ้ลดลง (Kaewpradit, 2013) จึงทำให้การปลูกอ้อยในพื้นที่ดินทรายมีศักยภาพในการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตต่ำกว่าการปลูกอ้อยในดินชนิดอื่น ดังนั้น การให้สังกะสีแก่ระบบการผลิตอ้อยในเขตพื้นที่ดินทรายของภาคตะวันออกเฉียงเหนืออาจเป็นอีกหนึ่งแนวทางที่จะทำให้อ้อยมีการเจริญเติบโต และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำอ้อยเพิ่มขึ้น และเป็นแนวทางในการจัดการธาตุอาหารของเกษตรกร เพื่อการผลิตอ้อยอย่างยั่งยืนในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาอิทธิพลของการให้สังกะสีต่อการเจริญเติบโต และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำอ้อยของอ้อยที่ปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือภายใต้สภาพดินทราย ดำเนินการทดลอง ณ หนองพิไชย คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561 – เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design จำนวน 3 ซ้ำ 5 กรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและไม่ใส่ปุ๋ยสังกะสี (ควบคุม) กรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 4 กิโลกรัมสังกะสีต่อเฮกตาร์ กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 8 กิโลกรัมสังกะสีต่อเฮกตาร์ และกรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 10 กิโลกรัมสังกะสีต่อเฮกตาร์ แปลงย่อยมีขนาด 13.5 x 6 เมตร ระยะปลูก 150 x 50 เซนติเมตร ซึ่งการปลูกจะทำการเปิดร่องเพื่อวางท่อนพันธุ์และใส่ปุ๋ยก่อนปลูก วางท่อนพันธุ์แบบซ่อตา การใส่ปุ๋ยสังกะสีดำเนินการตอนปลูกพร้อมกับการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ โดยปุ๋ยเคมีแบ่งใส่ 2 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ใส่พร้อมปลูก ครั้งที่ 2 ใส่เมื่ออ้อยอายุ 5

เดือน ปุ๋ยสังกะสีที่ใช้ในการทดลองอยู่ในรูปสังกะสีซัลเฟต ($ZnSO_4$)

การเก็บข้อมูล

1. ข้อมูลดินก่อนการทดลอง

การเก็บข้อมูลดิน ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินก่อนการทดลองที่ 2 ระดับความลึก คือ ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางเคมีของดิน ได้แก่ ลักษณะเนื้อดิน ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน ค่าการนำไฟฟ้าของดิน ปริมาณความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดิน โพแทสเซียม และแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (Table 1) ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าดินมีลักษณะเป็นดินทราย (sand 91.86 %, silt 7.52 %, clay 0.62 %) และปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำ ($<0.6 \text{ mg kg}^{-1}$)

2. ข้อมูลการเจริญเติบโตของอ้อย

การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตทำการเก็บเมื่ออ้อยอายุ 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือนหลังปลูก ได้แก่ จำนวนต้นตอก ความสูงต้น เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และค่าความเขียวเข้มของใบ โดยการวัดใช้เครื่อง SPAD chlorophyll meter การวัดทำการสุ่มวัด 3 จุดต่อใบคือ บริเวณโคนใบ กลางใบ และปลายใบ ซึ่งการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตจะทำการสุ่มเก็บข้อมูลจากต้นหลักของแต่ละกอจำนวน 6 กอต่อแปลงย่อย

3. ข้อมูลปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำอ้อย

การเก็บข้อมูลปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำอ้อย โดยทำการเก็บค่าบrixของอ้อยที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก สุ่มเก็บจำนวน 4 ต้นต่อแปลงย่อย ตรวจวัด 3 จุดต่อต้น โดยเจอน้ำหวานจากลำต้นอ้อยบริเวณส่วนยอด กลางต้น และโคนต้น โดยใช้ hand refractometer

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ผล
การทดลองตามแผนการทดลองแบบ Randomized

Complete Block Design และทดสอบความแตกต่าง
ระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference
(LSD)

Table 1 Chemical and physical properties of initial soil.

Soil depth (cm)	pH (H ₂ O)	EC (ds m ⁻¹)	CEC (cmol kg ⁻¹)	OM (%)	Total N (%)	Available		Exchangeable	
						P	Zn	K	Ca
						(mg kg ⁻¹)		(mg kg ⁻¹)	
0-15	6.48	0.025	2.57	0.45	0.004	30.34	0.57	32.60	261.56
15-30	6.42	0.038	2.52	0.47	0.010	31.16	0.58	39.78	271.52

ผลการศึกษาและวิจารณ์

1. การเจริญเติบโตของอ้อย

การศึกษากการแตกกอของอ้อยที่อายุ 4 และ 6 เดือนหลังปลูก พบว่าทุกกรรมวิธีส่งผลให้การแตกกอของอ้อยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ที่อายุ 8 เดือนหลังปลูก พบว่าการแตกกอมีความแตกต่างกันทางสถิติโดยการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 10 กิโลกรัมสังกะสีต่อเฮกตาร์ ส่งผลให้อ้อยมีการแตกกอสูงที่สุด ที่อายุ 10 เดือนหลังปลูก พบว่าการแตกกอมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 8 กิโลกรัมสังกะสีต่อเฮกตาร์ อ้อยมีการแตกกอสูงที่สุด และที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก พบว่าการแตกกอมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 4 กิโลกรัมสังกะสีต่อเฮกตาร์ อ้อยมีการแตกกอมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวแต่ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 8 กิโลกรัมสังกะสีต่อเฮกตาร์ และการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 10 กิโลกรัมสังกะสีต่อเฮกตาร์ (Table 2) จากผลการทดลองมีข้อสังเกตว่าอ้อยมีการแตกกอสูงที่สุดที่อายุ 8 เดือนหลังปลูก แต่เมื่ออ้อยมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นที่อายุ 10 และ 12 เดือนหลังปลูก

พบว่าการแตกกอของอ้อยมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากเมื่ออ้อยมีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้เกิดการบังแสงส่งผลให้ปริมาณแสงแดดที่ส่องผ่านเข้าไปในกออ้อยลดลง จึงทำให้หน่ออ้อยที่เกิดขึ้นใหม่ไม่ได้รับแสงอย่างเหมาะสม ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงลดลงหรืออาจเป็นผลมาจากการสะสมของโรค และแมลง จึงทำให้หน่ออ้อยที่เกิดขึ้นใหม่ไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Thongjoo *et al.* (2017) และ Klinhom *et al.* (2018) ที่พบว่าเมื่ออ้อยมีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงเพิ่มขึ้นจะทำให้จำนวนลำใน 1 แถวเมตรของอ้อยลดลง

การศึกษากการจัดการธาตุอาหารที่แตกต่างกันต่อความสูงของอ้อยพบว่า ทุกกรรมวิธีทำให้อ้อยมีความสูงในแต่ละระยะการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 3) สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Filho *et al.* (2015) ที่ทำการศึกษาในดินทรายที่ขาดธาตุสังกะสี โดยอัตราสังกะสีสูงสุดที่ใช้ในการศึกษาคือ 10 กิโลกรัมสังกะสีต่อเฮกตาร์ เช่นเดียวกับกรณีศึกษาที่ทำการศึกษาในดินทรายที่ขาดสังกะสี และอัตราสังกะสีที่ใช้สูงสุดคืออัตราเดียวกันซึ่งผลการศึกษพบว่า การเพิ่มสังกะสีในระบบการปลูกอ้อยไม่ได้ส่งผลต่อความสูงของอ้อย เนื่องจากดินทรายมีความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารต่ำเมื่อมีการเพิ่มสังกะสีลงไปในดิน สังกะสีจะถูกชะล้างหรือสูญเสียไปจากดินได้ง่ายทำให้ปริมาณสังกะสีที่เป็น

ประโยชน์กับอ้อยมีน้อยลงหรือมีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ของอ้อยจึงทำให้ไม่เห็นความแตกต่างของความสูงระหว่างกรรมวิธีการทดลอง และจากผลการทดลองมีข้อสังเกตว่าเมื่ออ้อยมีอายุการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้นความสูงก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเจริญเติบโต เนื่องจากเมื่ออายุเพิ่มขึ้นรากอ้อยจะมีปริมาณ และความยาวที่เพิ่มขึ้น (Smith *et al.*, 2005) สามารถดูดน้ำ ธาตุอาหาร เพื่อไปใช้ในการเจริญเติบโตได้มากขึ้น นอกจากนี้ใบจะมีการเจริญเติบโตเต็มที่พัฒนาจากใบที่เป็นแหล่งรับอาหาร (sink) เป็นใบที่เป็นแหล่งสร้างอาหาร (source) สามารถสังเคราะห์แสงสร้างอาหารได้ อ้อยจึงมีปริมาณอาหารสำหรับใช้ในการเจริญเติบโตมากขึ้นส่งผลให้อ้อยมีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงเพิ่มขึ้น (Taiz and Zeiger, 2003)

การศึกษขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของอ้อยพบว่า ทุกกรรมวิธีการทดลองทำให้อ้อยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นในแต่ละระยะการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 4) ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Filho *et al.* (2015) ที่พบว่าอัตราปุ๋ยสังกะสีที่เพิ่มขึ้นไม่ได้ส่งผลต่อการเพิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของอ้อย ผลการศึกษาเช่นเดียวกับความสูงที่แสดงให้เห็นว่าการศึกษาในดินทรายที่มีความสามารถในการดูดยึดธาตุอาหารต่ำปริมาณสังกะสีที่ใส่ลงไปในดินจะถูกชะล้างหรือสูญเสียไปจากดินสังกะสีที่เพิ่มลงไปจึงไม่เป็นประโยชน์กับอ้อย และอ้อยไม่สามารถดูดใช้ธาตุสังกะสีได้ทำให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของอ้อยไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกรรมวิธีการทดลอง

การศึกษาค่าความเขียวเข้มของใบพบว่า อ้อยที่อายุ 4, 6, 10 และ 12 เดือนหลังปลูก ทุกกรรมวิธีการทดลองมีค่าความเขียวเข้มของใบที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ที่อายุ 8 เดือนหลังปลูก ค่าความเขียวเข้มของใบมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 4 กิโลกรัมสังกะสีต่อเฮกตาร์ และการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 8 กิโลกรัมสังกะสีต่อเฮกตาร์ เป็นกรรมวิธีที่ทำให้อ้อยมีค่าความเขียวเข้มของใบสูง (Table 5) จากผลการทดลองมีข้อสังเกตว่าอ้อยจะมีค่าความเขียวเข้มใบสูงสุดเมื่ออายุ 6 เดือนหลังปลูก และค่าความเขียวเข้มใบจะลดลงเมื่ออ้อยมีอายุการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Klinhom *et al.* (2018) ที่พบว่าค่าความเขียวเข้มใบสูงสุดเมื่ออ้อยอายุ 6 เดือนหลังปลูก และค่าความเขียวเข้มใบจะลดลงเรื่อยๆ เมื่ออ้อยมีอายุมากกว่า 6 เดือนหลังปลูก ในทุกกรรมวิธีการทดลองและอัตราสังกะสีที่ใช้ในการศึกษา โดยค่าความเขียวเข้มใบที่มีแนวโน้มลดลงเนื่องจากเมื่ออ้อยมีอายุที่เพิ่มขึ้น และมีการดูดธาตุอาหารไปใช้ในการเจริญเติบโตเรื่อยๆ ทำให้ปริมาณไนโตรเจนและสังกะสีในดินลดลงส่งผลให้ค่าความเขียวเข้มใบลดลง เพราะไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ และสังกะสีเป็นจุลธาตุที่มีส่วนร่วมในการสร้างคลอโรฟิลล์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mawan and Kaewpradit (2018) ที่ศึกษาระดับของปุ๋ยเคมีไนโตรเจนต่อผลผลิตประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน เอนไซม์ยูรีเอส และความอุดมสมบูรณ์ของดินหลังการเก็บเกี่ยวอ้อยในสภาพดินทราย พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบอ้อยมีแนวโน้มลดลงเมื่ออ้อยมีอายุที่เพิ่มขึ้นในทุกกรรมวิธีการทดลอง

Table 2 Tillering of sugarcane at different stages

Treatments	Tillering (tiller number/hill)				
	4 MAP	6 MAP	8 MAP	10 MAP	12 MAP
Control	6.50	6.83	7.06 b	5.59 c	6.00 b
Chemical fertilizer at recommended rate (CF)	7.00	6.39	8.17 b	6.72 b	5.72 b
CF+4 kgZn/ha	6.94	7.74	8.61 b	7.30 b	7.78 a
CF+8 kgZn/ha	6.28	7.45	8.72 b	8.41 a	6.83 ab
CF+10 kgZn/ha	6.28	6.89	10.61 a	7.39 b	6.61 ab
F-test	ns	ns	*	**	*
CV (%)	11.99	8.99	10.46	6.85	10.68

ns: not significantly different at $P \leq 0.05$, MAP: months after planting, *,** : significantly different at $P \leq 0.05$ and 0.01

Table 3 Height of sugarcane at different stages

Treatments	Height (cm.)				
	4 MAP	6 MAP	8 MAP	10 MAP	12 MAP
Control	101.13	151.59	183.87	218.69	227.02
Chemical fertilizer at recommended rate (CF)	86.28	132.98	177.09	211.94	221.58
CF+4 kgZn/ha	94.84	142.57	180.46	205.39	218.63
CF+8 kgZn/ha	100.50	148.07	184.57	217.46	224.04
CF+10 kgZn/ha	89.15	134.63	167.56	206.63	207.91
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	10.41	7.62	5.64	4.55	5.13

ns: not significantly different at $P \leq 0.05$, MAP: months after planting

Table 4 Stalk diameter of sugarcane at different stages.

Treatments	Stalk diameter (mm)				
	4 MAP	6 MAP	8 MAP	10 MAP	12 MAP
Control	29.20	33.13	31.83	30.26	29.48
Chemical fertilizer at recommended rate (CF)	29.41	30.90	28.87	28.44	27.77
CF+4 kgZn/ha	28.91	31.56	30.26	29.58	28.37
CF+8 kgZn/ha	31.77	32.71	29.96	29.99	27.77
CF+10 kgZn/ha	29.69	31.55	30.43	29.34	27.71
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	5.63	3.94	5.06	5.14	4.36

ns: not significantly different at $P \leq 0.05$, MAP: months after planting

Table 5 SPAD reading of sugarcane at different stages.

Treatments	SPAD				
	4 MAP	6 MAP	8 MAP	10 MAP	12 MAP
Control	37.7	41.4	36.6 b	32.4	23.1
Chemical fertilizer at recommended rate (CF)	38.2	40.5	40.2 a	30.6	22.0
CF+4 kgZn/ha	37.2	39.6	39.4 a	31.8	21.9
CF+8 kgZn/ha	36.3	40.0	40.3 a	31.8	19.4
CF+10 kgZn/ha	33.3	40.5	37.1 b	32.0	19.2
F-test	ns	ns	**	ns	ns
CV (%)	6.49	3.98	2.58	2.16	8.75

ns: not significantly different at $P \leq 0.05$, MAP: months after planting, **: significantly different at $P \leq 0.01$

2. ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำอ้อย

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำอ้อย (องศาบริกซ์) ของอ้อยในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 6) กล่าวคือการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยสังกะสีในทุกอัตราไม่ได้ทำให้อ้อยมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำอ้อยแตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว และการไม่ใส่ปุ๋ยเคมี ถึงแม้ว่าสังกะสีจะมีบทบาทในการสร้างน้ำตาลซูโครส แต่จากการศึกษากลับพบว่าอัตราปุ๋ยสังกะสีที่เพิ่มขึ้นไม่ได้ส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำอ้อย ซึ่งผลการทดลองแตกต่างจากผลงานวิจัยของ Franco *et al.* (2011) ที่พบว่าการเพิ่มสังกะสีในระบบการปลูกอ้อยทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำอ้อย (องศาบริกซ์) แตกต่างกับการไม่ใส่ปุ๋ยสังกะสี เนื่องจากการทดลองทำการศึกษาในดินที่ขาดสังกะสีแต่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ปริมาณความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินสูง และมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินน้อย การเพิ่มสังกะสีลงในระบบการปลูกอ้อยสังกะสีจะถูกดูดซับไม่ถูกชะล้างหรือสูญเสียไปจากดินได้ง่ายทำให้ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์กับอ้อยมีมากขึ้นส่งผลให้อ้อยในกรรมวิธีที่ได้รับปุ๋ยสังกะสีสามารถดูดสังกะสีไปใช้ในการเจริญเติบโตได้จึงทำให้เห็นความแตกต่างของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำอ้อย (องศาบริกซ์) ระหว่างกรรมวิธีการทดลองถึงจะใช้

อัตราสังกะสีสูงสุดเพียง 6 กิโลกรัมสังกะสีต่อเฮกตาร์ แต่กลับแตกต่างจากกรณีศึกษาที่ไม่เห็นความแตกต่างระหว่างกรรมวิธีการทดลองที่ใช้อัตราสังกะสีสูงสุดถึง 10 กิโลกรัมสังกะสีต่อเฮกตาร์ เพราะกรณีศึกษาครั้งนี้ทำการศึกษาในดินทรายที่ขาดสังกะสีมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ปริมาณความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินต่ำ และมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงกว่าดินที่ใช้ในการศึกษาของ Franco *et al.* (2011) จากข้อมูลคุณสมบัติของดินที่กล่าวมาข้างต้นทำให้สังกะสีที่เพิ่มลงไปดินไม่ถูกดูดซับ สูญเสียไปจากดิน และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงในดินจะไปดูดซับกับธาตุสังกะสีทำให้สังกะสีอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ตกตะกอน และสะสมในดินความเป็นประโยชน์ของสังกะสีจึงลดลง ส่งผลให้ปริมาณสังกะสีไม่เพียงพอต่อความต้องการ และอ้อยไม่สามารถดูดใช้ธาตุสังกะสีได้ทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำอ้อยไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกรรมวิธีการทดลอง ดังนั้นการใช้อิทธิพลของสังกะสีต่ออ้อยที่ปลูกในดินทรายควรจะมีการเพิ่มอัตราสังกะสีให้สูงกว่ากรณีศึกษาเพื่อจะให้เห็นความแตกต่างของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำอ้อย รวมทั้งทราบถึงอัตราสังกะสีที่ทำให้อ้อยมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำอ้อยเพิ่มขึ้น และเหมาะสมแก่ระบบการปลูกอ้อยในดินทราย

Table 6 Total soluble solid (°brix) of sugarcane at harvest

Treatments	Total soluble solid (°brix)
Control	23.50
Chemical fertilizer at recommended rate (CF)	24.07
CF+4 kgZn/ha	22.43
CF+8 kgZn/ha	23.00
CF+10 kgZn/ha	23.37
F-test	ns
CV (%)	2.85

ns: not significantly different

สรุปผลการวิจัย

1. การใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยสังกะสีในทุกอัตรา การทดลองไม่ได้ทำให้อ้อยมี ความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางลำ ต้น ค่าความเขียวเข้มของใบ และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ ละลายได้ในน้ำอ้อย แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่าง เดียว และการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีในระบบการปลูกอ้อย

2. การใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 4 กิโลกรัมสังกะสีต่อเฮกตาร์ อ้อยมีการแตกกอมากกว่าการ ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว และการไม่ใส่ปุ๋ยเคมี แต่ไม่ แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 8 กิโลกรัมสังกะสีต่อเฮกตาร์ และการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ย สังกะสีอัตรา 10 กิโลกรัมสังกะสีต่อเฮกตาร์

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัย ประเภทอุดหนุนทั่วไป ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2561 ที่ สนับสนุนงบประมาณการวิจัย และห้องปฏิบัติการ วิเคราะห์ธาตุอาหารพืช

References

- Alloway, B.J. 2004. Zinc in soils and crop nutrition. Second edition, published by IZA and IFA Brussels, Belgium and Paris, France.
- Chittamart, N., Inkam, J., Ketrot, D. and Darunsontaya, T. 2016. Geochemical fractionation and adsorption characteristics of zinc in Thai major calcareous soils. Commun soil sci plan. 47(20): 2348-2363.
- FAO. 2018. Sugarcane [online]. [Accessed October 15, 2018]. Available from: URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
- Filho, M.C.M.T., Buzetti, S., de Paula Garcia, C.M., Benett, C.G.S., Benett, K.S.S., Andreotti, M. and Galindo, F.S. 2015. Rates and sources of zinc applied in sugarcane grown on sandy soil in Brazil. Afr. J. Agric. Res. 10(6): 477-484.

- Franco, H.C., Mariano, E., Vitti, A.C., Faroni, C.E., Otto, R. and Trivelin, P.C. 2011. Sugarcane response to boron and zinc in Southeastern Brazil. J. Amer. Soc. Sugar Cane Tech. 13(1): 86-95.
- Gupta, A.P. 2005. Micronutrient status and fertilizer use scenario in India. J. Trace Elem. Med. Bio. 18(4): 325-331.
- Jain, R., Srivastava, S., Solomon, S., Shrivastava, A.K. and Chandra, A. 2010. Impact of excess zinc on growth parameters, cell division, nutrient accumulation, photosynthetic pigments and oxidative stress of sugarcane (*Saccharum* spp.). Acta. Physiol. Plant. 32(5): 979-986.
- Kaewpradit, W. 2013. Training manuals knowledge construction and sugarcane development Project: Part V Balancing plant nutrients for growth and resistance sugarcane white leaf disease. 1st Edition. Company Khon Kaen Printing. Khon Kaen. (in Thai)
- Klinhom, N., Thongjoo, C., Pornprom, T. and Inboonchuay, T. 2018. Effect of Major Elements Fertilizer Management in Combination with Zinc on Growth and Yield Components of Sugarcane. Khon Kaen Agri. J. 46(4): 709-720. (in Thai)
- Land Development Department. 2019. Soil management information [online]. [Accessed March 15, 2019]. Available from: URL: http://www.ddd.go.th/Web_Soil/sandy.
- Mawan, N. and Kaewpradit, W. 2018. Effect of Nitrogen Fertilizer Level on Yield, Nitrogen Efficiency, Urease Activity and Soil Fertility after Sugarcane Harvesting under Sandy Soil Condition. Prawarun Agr J. 15(1): 74-84. (in Thai)
- Mazhar, S. 2016. Impact of zinc and boron application on growth, cane yield and recovery in sugarcane. Life Sci. Inter J. 10(1): 30-37.
- Office of Agricultural Economics. 2019. Agricultural statistics of Thailand [online]. [Accessed July 2, 2019]. Available from: URL: <http://www.oae.go.th>.
- Paisanchaoen, K. 2013. Integrated Technology for Increasing Sugarcane Productivity as Approaching Asean Economic Community. Department of Agriculture. Bangkok. (in Thai)
- Ponprasert, P. 2007. Plant Physiology. 1st Edition. O.S. Printing House. Bangkok. (in Thai)
- Singh, A., Gupta, A.K., Srivastava, R.N., Lal, K. and Singh, S.B. 2002. Response of zinc and manganese to sugarcane. Sugar Tech. 4(1-2): 74-76.
- Smith, D.M., Inman-Bamber, N.G. and Thorburn, P.J. 2005. Growth and function of the sugarcane root system. Field Crops Research. 92(2-3): 169-183.
- Taiz, L. and Zeiger, E. 2003. Plant Physiology. 3rd Edition. Annals of Botany Company, U.S.A.
- Thongjoo, C., Katpiyarat, P., Amkha, S. and Inboonchuay, T. 2017. Effects of Organic Mixed Material from by-Product of Monosodium Glutamate (ami-ami) Factory and Fly Ash on Growth, Yield of Sugarcane and Soil Properties. J. Sci. Tech. 6: 21-32. (in Thai)

การเปลี่ยนแปลงอินทรีย์คาร์บอนของดินส่วนที่เปลี่ยนแปลงได้ง่ายหลังได้รับการเก็บเกี่ยวอ้อยแบบไม่เผาใบ ภายใต้สภาพดินเหนียวที่ได้รับการเผาใบอย่างต่อเนื่อง

วิชญ์ภาส อีสา^{1,2,3} และ วรรณวิภา แก้วประดิษฐ์^{1,2,3*}

¹คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

²ศูนย์วิจัยอ้อยและน้ำตาลภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

³กลุ่มวิจัยวิศวกรรมประยุกต์เพื่อพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

บทคัดย่อ

ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอนเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนเป็นอย่างมาก แหล่งผลิตหนึ่งของฝุ่นดังกล่าวคือการเผาในที่โล่ง การขาดแคลนแรงงานในการเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นปัญหาที่สำคัญในปัจจุบัน จึงทำให้เกษตรกรเลือกวิธีการเก็บเกี่ยวอ้อยแบบเผาใบ จนส่งผลให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศและส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติของดิน เมื่อมีการเผาใบอ้อยจะไม่เหลือเศษซากอ้อยไว้ในแปลงปลูกทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินลดต่ำลง กิจกรรมของจุลินทรีย์ ปริมาณธาตุอาหาร และความอุดมสมบูรณ์ของดินจึงลดต่ำลงไปด้วย ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางชีวภาพและเคมีของดินบางประการที่ระยะเก็บเกี่ยวอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1 เมื่อได้รับการเก็บเกี่ยวแบบไม่เผาใบในพื้นที่ที่มีการเก็บเกี่ยวอ้อยแบบเผาใบมาอย่างต่อเนื่อง งานทดลองมีจำนวน 4 ซ้ำ โดยใช้ T-test ในการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกรรมวิธี ที่ระยะอ้อยปลูก มีจำนวน 2 กรรมวิธี ได้แก่ การเก็บเกี่ยวแบบเผาและไม่เผาใบ ที่ระยะอ้อยต่อ 1 มีจำนวน 3 กรรมวิธีทดลอง ในอ้อยต่อ 1 ได้แก่ 1) การเก็บเกี่ยวแบบเผาใบทั้งอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1 (เผา-เผา) เป็นกรรมวิธีควบคุม 2) การเก็บเกี่ยวแบบไม่เผาใบทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1 (ไม่เผา-ไม่เผา) 3) แปลงที่ได้รับการเผาใบในอ้อยปลูกเปลี่ยนเป็นไม่เผาใบในอ้อยต่อ 1 (เผา-ไม่เผา) ผลการศึกษาพบว่าที่ระยะเก็บเกี่ยวอ้อยปลูก ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของคุณสมบัติทางชีวภาพและเคมีของดินบางประการ แต่ที่ระยะเก็บเกี่ยวอ้อยต่อ 1 พบว่ากรรมวิธีที่ 2 และ 3 ส่งผลทำให้ปริมาณมวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอนในดินเพิ่มสูงขึ้น 332.39 และ 317.60 mg/kg ตามลำดับ แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) นอกจากนี้กรรมวิธีที่ 2 ส่งผลทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มขึ้นด้วย เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีเผาใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยว ดังนั้นการศึกษานี้จึงเป็นแนวทางในการตัดสินใจให้เกษตรกรเลือกวิธีการจัดการใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม รวมทั้งคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อให้การผลิตอ้อยเป็นไปอย่างมีคุณภาพและยั่งยืน

คำสำคัญ: วิธีการเก็บเกี่ยวอ้อย คุณสมบัติของดิน มวลจุลินทรีย์คาร์บอน และ ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: wanwka@gmail.com

Changes in soil labile organic carbon pool after change consecutive pre-harvest burning to unburned sugarcane harvest condition in clay loam soil

Wishchabhas E-sa^{1,2,3} and Wanwipa Kaewpradit^{1,2,3*}

¹Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002, Thailand

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

³Applied engineering for important Crop of the North East Group, Khon Kaen University,
Khon Kaen, 40002, Thailand

Abstract

Particulate Matter 2.5 (PM2.5) is an effecting to the health of people and one of the air pollution sources. And effect to soil properties sugarcane pre-harvest burning not have residue back to soil surface affecting to decrease soil organic matter and microorganism activity. Currently sugarcane harvesting have a labor problem. Therefore, the farmers have to burn sugarcane before harvest to reduce labor requirement. The objectives of this study to investigate change of some soil biological and chemical properties at planted and ratoon cane harvest after change to unburn harvest with consecutive burn management. The experiment have 4 replications and comparison between treatments by T-test. At planted cane harvest, there are 2 treatments i.e. pre-harvest burning and unburn management. At ratoon cane harvest, there are 3 treatments i.e. (1) pre-harvest burning as a control treatment (2) unburned management and (3) burned management at planted cane harvest change to unburned management. Our result indicated that the treatments not effect to some soil biological and chemical properties at planted cane harvest. However, sugarcane pre-harvest burning at planted cane harvest change to unburned management and unburned management both planted and ratoon cane increase soil microbial biomass C 332.39 and 317.60 mg/kg respectively ($P < 0.05$), moreover, treatment 2 provided greater soil organic matter when compared to consecutive pre-harvest burning treatment. Thus, unburn cane harvest may not only environment friendly but also ameliorate soil labile C pool that support sustainability of sugarcane cropping system

Keywords: Sugarcane harvest methods, soil properties, microbial biomass C and PM2.5

* Corresponding author: E-mail: wanwka@gmail.com

บทนำ

ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (Particulate Matter 2.5; PM2.5) เป็นฝุ่นละอองที่อันตรายต่อสุขภาพ ซึ่งมีสาเหตุจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงรถยนต์ โรงงานอุตสาหกรรม การเผาป่า และการเผาอ้อย ก็เป็นอีกหนึ่งสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดปัญหาฝุ่นละอองในขณะนี้ เนื่องจากปัจจุบันพื้นที่ปลูกอ้อยในประเทศไทยมีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มมากขึ้น ประกอบกับรัฐบาลผลักดันนโยบายบริหารพื้นที่เกษตรกรรมของพืช (zoning) โดยเปลี่ยนจากพื้นที่ปลูกข้าวที่ไม่เหมาะสมนำไปสู่การปลูกอ้อยโรงงาน ส่งผลให้พื้นที่ปลูกอ้อยของประเทศไทยเพิ่มสูงขึ้น โดยในปีการผลิต 2560/61 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งหมด 11.5 ล้านไร่ และสามารถผลิตอ้อยได้สูงถึง 135 ล้านตัน (The Office of the Cane and Sugar Board, 2018) ในขณะที่พื้นที่ปลูกอ้อยในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากอ้อยมีราคาต่ำเกิดปัญหาขาดแคลนแรงงานในการเก็บเกี่ยว เครื่องจักรกลทางการเกษตรมีราคาแพง เกษตรกรเก็บเกี่ยวอ้อยเข้าหีบไม่ทัน ดังนั้นเกษตรกรจึงมีการเผาอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยวเพิ่มมากขึ้น เพื่อให้ง่ายต่อการจัดการและสะดวกต่อการเก็บเกี่ยวอ้อย ในปีการผลิต 2560/61 ปริมาณอ้อยไฟไหม้ หรืออ้อยเผาใบที่ส่งเข้าโรงงานอยู่ที่ 89 ล้านตัน (คิดเป็น 66.28 %) และปริมาณอ้อยสดที่ส่งเข้าโรงงานมีเพียง 45 ล้านตัน เห็นได้ว่าปริมาณอ้อยเผาใบมีมากกว่าปริมาณอ้อยสดที่ส่งเข้าโรงงานถึง 44 ล้านตัน (The Office of the Cane and Sugar Board, 2018) จากปัญหา PM2.5 ที่ได้กล่าวมาเบื้องต้นรัฐบาลจึงผลักดัน 3 มาตรการการแก้ไขปัญหาการเผาอ้อย คือ มาตรการทางกฎหมายรับอ้อยไฟไหม้เข้าหีบไม่เกินร้อยละ 0-5 % ภายใน 3 ปี มาตรการสนับสนุนจากภาครัฐในการซื้อเครื่องจักรกลทางการเกษตร และมาตรการด้านการบริหารจัดการไร่อ้อยเพื่อเป็นต้นแบบการเก็บเกี่ยวและการขนส่งอ้อยเข้าโรงงานปลอดจากการเผาอ้อย โดยเป็นการส่งเสริมให้เกษตรกรผลิตอ้อยสะอาด และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ตามมาตรฐานโลก (Bonsucro) ประกอบกับสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (สอน.) ได้จัดทำโครงการเกษตรกรปลอดการเผา zero burn เป็นการลดปัญหามลพิษทางอากาศ ฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ที่เกิดจากกิจกรรมทางการเกษตร โดยรณรงค์ให้เกษตรกรเห็นความสำคัญและประโยชน์ของการไม่เผาทำลายวัสดุทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวลดการเผา 100 % ภายใน 3 ปี (The Office of the Cane and Sugar Board, 2019) การเผาใบอ้อยนั้นนอกจากจะส่งผลกระทบต่อมลภาวะทางอากาศแล้ว ยังส่งผลกระทบต่อคุณภาพผลผลิตและสภาพแวดล้อมรอบๆ เป็นอย่างมาก เช่น อ้อยตอตายมากกว่าอ้อยตัดสด ราคาอ้อยเผาใบต่ำกว่าราคาอ้อยตัดสด (Sangla and Suppadit, 2005) ปริมาณเศษซากใบอ้อยในแปลงต่ำ (Sandhu *et al.*, 2017) จึงส่งผลทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินลดต่ำลงไปด้วย (Hemwong *et al.*, 2009) เนื่องจากอินทรีย์วัตถุเกิดการย่อยสลายเศษซากใบอ้อยโดยจุลินทรีย์ ซึ่ง Land Development Department (2018) ได้อธิบายว่ากิจกรรมของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายเศษซากใบอ้อยเป็นส่วนหนึ่งของอินทรีย์คาร์บอนที่อยู่ในดินมีทั้งส่วนที่เปลี่ยนแปลงได้ยาก (อินทรีย์วัตถุ) ใช้ระยะเวลานานในการย่อยสลาย และส่วนที่เปลี่ยนแปลงได้ง่ายใช้ (มวลชีวภาพจุลินทรีย์) ใช้ระยะเวลาน้อยในการย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุอาหารให้อ้อยใช้ในการเจริญเติบโต เมื่อมีการเผาใบอ้อยจึงทำให้มวลชีวภาพจุลินทรีย์ในดินลดลง (Souza *et al.*, 2012) และเกิดการสูญเสียธาตุอาหารออกจากแปลงปลูก จึงทำให้เกษตรกรต้องมีการจัดการเรื่องการให้ปุ๋ยเพิ่มเติม อย่างไรก็ตามในพื้นที่ที่เกษตรกรมีการเก็บเกี่ยวอ้อยแบบเผาใบอย่างต่อเนื่อง การเก็บเกี่ยวอ้อยแบบเผาใบและไม่เผาใบอาจส่งผลต่อคุณสมบัติของดินบางประการที่ระยะปลูกและอ้อยตอ ดังนั้นงานศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว อาจเป็นแนวทางให้เกษตรกรสามารถเลือกใช้วิธีการจัดการใบอ้อยที่เหมาะสม และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ดำเนินการทดลองในสภาพไร่ของเกษตรกรที่มีการเผาใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยวอย่างต่อเนื่อง ณ ตำบลห้วยยาง อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ โดยสอบถามประวัติการใช้พื้นที่จากเกษตรกร ทำการทดลองช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2559 – ธันวาคม พ.ศ. 2561 และใช้พันธุ์อ้อยที่มีการแนะนำให้เกษตรกรปลูกในพื้นที่ดินร่วนปนเหนียว คือ พันธุ์ kpk98-51 ทำการปลูกในแปลงขนาด 40x10 ตารางเมตร ระยะระหว่างแถว 1.80 เมตร เปิดร่องเพื่อวางท่อนคูโดยขุดลึกลงไป 10-15 เซนติเมตร ดำเนินงานทดลองจำนวน 4 ซ้ำ โดยใช้ T-test ในการเปรียบเทียบวิธีการเก็บเกี่ยวอ้อยแบบเผาใบและไม่เผาใบก่อนการเก็บเกี่ยวในอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1 ที่ระยะอ้อยปลูก มีจำนวน 2 กรรมวิธี ได้แก่ การเก็บเกี่ยวแบบเผาและไม่เผาใบ ที่ระยะอ้อยต่อ 1 มีจำนวน 3 กรรมวิธีทดลอง ในอ้อยต่อ 1 ได้แก่ 1) การเก็บเกี่ยวแบบเผาใบทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1 (เผา-เผา) 2) การเก็บเกี่ยวแบบไม่เผาใบทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1 (ไม่เผา-ไม่เผา) และ 3) แปลงที่ได้รับการเผาใบในอ้อยปลูกเปลี่ยนเป็นไม่เผาใบในอ้อยต่อ 1 (เผา-ไม่เผา) (Table 1)

Table 1 Treatments of sugarcane harvest management

Treatments	Sugarcane management	
	Planted cane	First ratoon cane
T1 (control)	Burn (B)	Burn
T2	Unburn (UB)	Unburn
T3	Burn (B)	Unburn

การเก็บข้อมูล

1. ข้อมูลดินทางเคมี

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินก่อนการทดลอง ดินหลังเก็บเกี่ยวอ้อยปลูก และดินหลังเก็บเกี่ยวอ้อยต่อ ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร จากพื้นที่ 40x10 ตารางเมตร เพื่อหาค่าความเป็นกรด-ด่าง (soil pH) โดยวิธี pH meter (potentionmetric method) ในสัดส่วนดินต่อน้ำเท่ากับ 1: 1 จากนั้นนำไปวัดด้วยเครื่อง pH meter และบันทึกผล (Black, 1965) ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (electrical conductivity; EC) ในสัดส่วนดินต่อน้ำเท่ากับ 1: 5 จากนั้นนำไปวัดด้วยเครื่อง และบันทึกผลการวัดเป็นหน่วย ds/m (Land Development Department, 2004) ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (cation exchange capacity; CEC) โดยใช้ ammonium acetate extract ในการสกัดและอ่านค่าจากเครื่อง (flow injection analyzer; FIA) และนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก และบันทึกผลการวัดหน่วยเป็น c mol/kg (Land Development Department, 2004) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (soil organic matter; OM) โดยวิธี Wet oxidation (Walkley and Black, 1934) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (total N in soil) โดยการย่อยตามวิธี Kjeldahl nitrogen method และวิเคราะห์ไนโตรเจน โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชแบบอัตโนมัติ (FIA) (Jackson, 1967) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (available P in soil) โดยวิธี Murphy and Riley ตามวิธี Bray II วัดความเข้มข้นสีสารละลายด้วยเครื่อง spectrophotometer นำค่าที่ได้มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับค่าที่อ่านได้ (Bray and Kurtz, 1954) ปริมาณโพแทสเซียมและแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (exchangeable K, Ca in soil) โดยวิธี Ammonium acetate เป็นตัวสกัด วิเคราะห์หาปริมาณโพแทสเซียมและแคลเซียมด้วยเครื่อง Flame photometer นำค่าที่ได้มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับค่าที่อ่านได้ (Pratt, 1965) และปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนในดิน (mineral N in soil; NO_3^- , NH_4^+) โดย

เติม 2 N KCl ในอัตราส่วน 1: 5 (ดินสด 20 กรัม: 2 N KCl 100 มิลลิลิตร) และนำไปวิเคราะห์หาอนินทรีย์ไนโตรเจน โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชแบบอัตโนมัติ (Flow Injection Analyzer; FIA) (Land Development Department, 2004)

2. ข้อมูลมวลชีวภาพจุลินทรีย์

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินก่อนการทดลอง ดินหลังเก็บเกี่ยวอ้อยปลูก และดินหลังเก็บเกี่ยวอ้อยต่อ ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร จากพื้นที่ 40x10 ตารางเมตร นำมาวิเคราะห์หามวลชีวภาพจุลินทรีย์ที่เป็นอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่เปลี่ยนแปลงได้ง่าย โดยหามวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอน (microbial biomass carbon) ใช้วิธีการรมดินด้วยคลอโรฟอร์มแล้วสกัด (fumigation extraction) โดยนำดินสดมารมด้วยคลอโรฟอร์มที่ผ่านการล้างและกลั่นเพื่อขจัดแอลกอฮอล์ ใช้เวลาในการรม 36 ชั่วโมง แล้วนำมาวิเคราะห์โดยใช้น้ำยาสกัด 0.5 N K₂SO₄ อัตราส่วน 1: 5 (ดินสด: 0.5 N K₂SO₄) หลังจากนั้นนำสารละลายที่สกัดได้มาวิเคราะห์หาปริมาณมวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอน โดยวิธี Wet Oxidation โดยนำมาไตเตรทด้วย 0.01 N (NH₄)₂ [Fe(SO₄)₂].6H₂O และหามวลชีวภาพจุลินทรีย์ไนโตรเจน (microbial biomass nitrogen) ใช้วิธีการรมดินด้วยคลอโรฟอร์มแล้วสกัด (fumigation extraction) โดยนำดินสดมารมด้วยคลอโรฟอร์มที่ผ่านการล้างและกลั่นเพื่อขจัดแอลกอฮอล์ ใช้เวลาในการรม 36 ชั่วโมง แล้วนำมาวิเคราะห์โดยใช้น้ำยาสกัด 1 N KCl อัตราส่วน 1: 5 (ดินสด: 1 N KCl) จากนั้นนำสารละลายที่สกัดได้มาวิเคราะห์หามวลชีวภาพจุลินทรีย์ไนโตรเจน โดยวิธี Ninhydrin reaction และวัดหาความเข้มข้นจากการดูดกลืนแสง โดยเครื่อง UV Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 570 นาโนเมตร

ทดสอบความแตกต่างของกรรมวิธีด้วยวิธี Independent sample T-test โดยใช้โปรแกรม excel

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. คุณสมบัติของดินก่อนการทดลอง

ดินก่อนการทดลองมีคุณสมบัติทางกายภาพ ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีลักษณะเนื้อดินประกอบด้วย Sand 32.3 %, Silt 30.1 % และ Clay 37.6% ซึ่งมีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนเหนียว โดยที่คุณสมบัติดินทางเคมีที่ระดับความลึก 0-15 มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 7.6 ค่าการนำไฟฟ้า เท่ากับ 0.1 ds/m ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) เท่ากับ 73.3 c mol/kg ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) เท่ากับ 3.5 % ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (Total N) เท่ากับ 0.2 % ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (available P) เท่ากับ 85.5 mg/kg ปริมาณโพแทสเซียมและแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (exchangeable K, Ca) เท่ากับ 122.4 และ 10600.0 mg/kg ตามลำดับ และปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจน (mineral N) เท่ากับ 9.20 mg/kg ในขณะที่คุณสมบัติทางชีวภาพของดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร พบว่าดินมีปริมาณมวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอน (microbial biomass carbon) เท่ากับ 250.00 mg/kg และมีปริมาณมวลชีวภาพจุลินทรีย์ไนโตรเจน (microbial biomass nitrogen) เท่ากับ 36.00 mg/kg

2. มวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอน

ดินก่อนการทดลองที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีปริมาณมวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอนอยู่ที่ 250.00 mg/kg เมื่อได้รับวิธีการจัดการใบอ้อยที่แตกต่างกัน พบว่าในอ้อยปลูก กรรมวิธีที่มีการจัดการใบอ้อยแบบไม่เผาใบมีปริมาณมวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอน เท่ากับ 284.93 mg/kg ซึ่งแตกต่างกับการจัดการใบอ้อยแบบเผาใบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับงานทดลองของ Souza et al. (2012) ที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการการเก็บเกี่ยวอ้อยที่ส่งผลต่อคุณสมบัติของดินมี 3 กรรมวิธี คือ การเผาใบอ้อย การไม่เผาใบอ้อย และการ

จัดการแบบพื้นเมือง พบว่ากรรมวิธีที่ไม่เผาใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยวมีปริมาณมวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอนมากกว่ากรรมวิธีเผาใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยว เนื่องจากกรรมวิธีการเผาใบอ้อยมีการใช้ความร้อน อุณหภูมิในดินสูงขึ้น จึงทำให้กิจกรรมของมวลชีวภาพจุลินทรีย์ในดินลดลง และปริมาณมวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอนในดินลดลงไปด้วย การศึกษาในอ้อยต่อ 1 พบว่ากรรมวิธีที่มีการเผาในอ้อยปลูก-ไม่เผาในอ้อยต่อ 1 (เผา-ไม่เผา) และกรรมวิธีที่ไม่เผาใบทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1 (ไม่เผา-ไม่เผา) ทั้งสองกรรมวิธีนี้ทำให้ปริมาณมวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอนในดินเพิ่มสูงขึ้น แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่มีการเผาใบอ้อยอย่างต่อเนื่องก่อนการเก็บเกี่ยว กรรมวิธีเผาใบในอ้อยปลูก-ไม่เผาใบอ้อยในอ้อยต่อ 1 (เผา-ไม่เผา) และกรรมวิธีที่ไม่เผาใบทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1 (ไม่เผา-ไม่เผา) มีปริมาณเศษซากอ้อยไว้มากและมีการใช้ความร้อน อุณหภูมิไม่สูง จึงทำให้ในดินมีปริมาณมวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอนเพิ่มขึ้น ซึ่งจะคล้ายคลึงกันกับงานทดลองของ Graham et al. (2002) ที่ทำการทดลองเกี่ยวกับปริมาณอินทรีย์วัตถุ และการใช้ปุ๋ยที่มีการจัดการแบบเผาใบและการไถเศษซากแบบระยะยาว มี 3 กรรมวิธี คือ การเผาใบ การเผาใบร่วมกับการไถ และการไม่เผาใบ พบว่ากรรมวิธีที่ไม่มีการเผาใบอ้อยจะหลงเหลือเศษซากไว้มากและส่งผลทำให้มีปริมาณมวลชีวภาพ

จุลินทรีย์คาร์บอนมากกว่าการเผาใบอ้อย และการเผาใบร่วมกับการไถ ตามลำดับ อีกทั้งการคลุมเศษซากใบอ้อยจะส่งผลต่อกิจกรรมของมวลชีวภาพจุลินทรีย์ภายในดินให้เพิ่มสูงขึ้น โดยจะมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 1-2 ปี หลังจากมีการคลุมเศษซากใบอ้อย (Morais *et al.*, 2019) การแบ่งแยกส่วนของอินทรีย์คาร์บอนในดินตามการสลายตัวสามารถแบ่งได้ 2 แบบ คือ อินทรีย์คาร์บอนในดินส่วนที่เปลี่ยนแปลงได้ง่ายและอินทรีย์คาร์บอนในดินส่วนที่เปลี่ยนแปลงช้าหรือเสถียร อินทรีย์คาร์บอนส่วนที่เปลี่ยนแปลงได้ง่ายในดิน (soil labile C pool) เป็นส่วนที่มีการสลายตัวเร็ว เช่น มวลชีวภาพจะมีการสลายตัวและปลดปล่อยธาตุอาหารอย่างรวดเร็ว (Land Development Department, 2018) ส่งผลทำให้กรรมวิธีเผาใบในอ้อยปลูก-ไม่เผาใบในอ้อยต่อ 1 (เผา-ไม่เผา) มีปริมาณมวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอนเพิ่มขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าดินที่ได้รับกรรมวิธีการจัดการใบอ้อยแบบไม่เผาใบส่งผลทำให้มวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอนในดินมีปริมาณที่เพิ่มสูงขึ้นที่ดินหลังการทดลองอ้อยต่อ 1 > ดินหลังการทดลองอ้อยปลูก > ดินก่อนการทดลอง ตามลำดับ โดยที่มวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอนจะเพิ่มขึ้นในกรรมวิธีเผาใบในอ้อยปลูก-ไม่เผาใบในอ้อยต่อ 1 (เผา-ไม่เผา) > กรรมวิธีที่ไม่เผาใบทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1 (ไม่เผา-ไม่เผา) > กรรมวิธีที่เผาใบทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1 (เผา-เผา) ตามลำดับ (Fig. 1a)

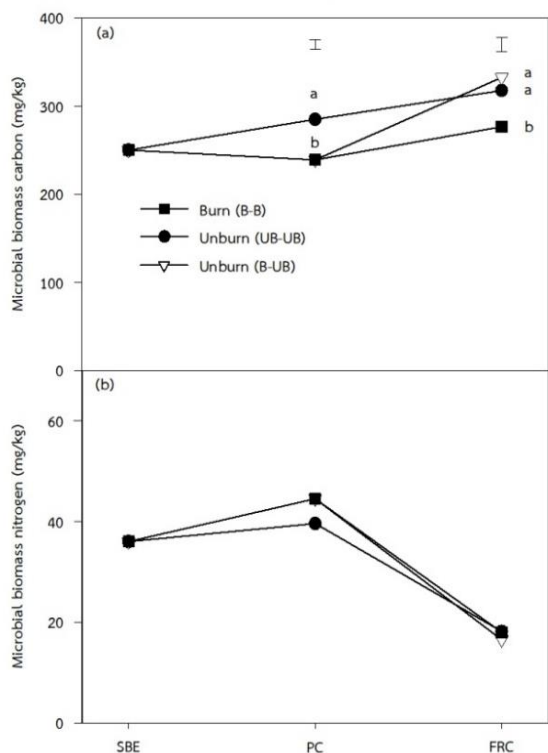


Fig. 1 Microbial biomass carbon (a) and microbial biomass nitrogen (b) dynamics in SBE; soil before the experiment, PC; plant cane and FRC; first ratoon cane under different sugarcane pre-harvest management, B-B; Burn of both year, UB-UB; Unburn of both year, B-UB; Burn in plant cane and change to unburn in first ratoon cane. Vertical bars represent $\pm$ SED

3. มวลชีวภาพจุลินทรีย์ในโตรเจน

ปริมาณมวลชีวภาพจุลินทรีย์ในโตรเจนก่อนการทดลอง เท่ากับ 36.00 mg/kg เมื่อได้รับวิธีการจัดการใบอ้อยที่แตกต่างกัน พบว่าในอ้อยปลูกนั้นปริมาณมวลชีวภาพจุลินทรีย์ในโตรเจนมีปริมาณที่เพิ่มขึ้น แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้ง 2 กรรมวิธี ในอ้อยต่อ 1 พบว่าปริมาณมวลชีวภาพจุลินทรีย์ในโตรเจนลดลงและไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้ง 3 กรรมวิธี (Fig. 1b) ซึ่งเป็นไปในทางเดียวกันกับงานทดลองของ Hemwong *et al.* (2008) ที่ทำการทดลองเกี่ยวกับการจัดการเศษซากอ้อย แทนการเผาใบมี 3 กรรมวิธี คือ การเผาใบอ้อย การปล่อยใบอ้อยไว้คลุมแปลง และการไถกลบใบอ้อย พบว่ากรรมวิธีที่มีการเผาใบอ้อย และการปล่อยใบอ้อยไว้คลุมแปลงมีปริมาณมวลชีวภาพจุลินทรีย์ในโตรเจนเพิ่มขึ้นในช่วงแรกของการเจริญเติบโต และมีปริมาณลดลงในช่วงท้ายของการเจริญเติบโต ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้ง 2 กรรมวิธี ทั้งนี้เนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ทำการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในดินทำให้สารอินทรีย์ในโตรเจนเปลี่ยนเป็นสารอนินทรีย์ในโตรเจนด้วยกระบวนการ mineralization จึงทำให้ปริมาณอนินทรีย์ในโตรเจนเพิ่มขึ้น (Fig. 3c) และปริมาณมวลชีวภาพจุลินทรีย์ในโตรเจนลดลง Puttaso (2019) ได้อธิบายว่าใบอ้อยที่ปล่อยไว้คลุมแปลงถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ ซึ่งการทำงานของจุลินทรีย์นั้นจำเป็นต้องอาศัยพลังงานมาช่วยในการเปลี่ยนสารอินทรีย์ในโตรเจนให้กลายเป็นสารอนินทรีย์ในโตรเจนที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ ส่งผลทำให้มวลชีวภาพจุลินทรีย์ในโตรเจนในช่วงท้ายของการเจริญเติบโตมีปริมาณที่ลดลง

4. ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน

ดินก่อนการทดลองที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน เท่ากับ 3.50 % หลังจากได้รับกรรมวิธีการจัดการใบอ้อยก่อนเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกันใน 2 ฤดูกาลเก็บเกี่ยว ที่ระยะอ้อยปลูก กรรมวิธีเผาใบอ้อยมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ เท่ากับ 3.80 % ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีไม่เผาใบอ้อยก่อน

การเก็บเกี่ยวที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ เท่ากับ 3.84 % เนื่องจากปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเป็นอินทรีย์คาร์บอน ส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลงช้าหรือเสถียร (stable C pool) ต้องใช้เวลาในการย่อยสลายนานหลายปี ซึ่งประกอบด้วย อินทรีย์วัตถุส่วนที่เป็นฮิวมัสแท้หรือสารฮิวมิก (Land Development Department, 2018) จึงส่งผลทำให้ ปริมาณอินทรีย์วัตถุในอ้อยปลูกไม่มีความแตกต่างกัน แต่ ในขณะที่อ้อยต่อ 1 พบว่ากรรมวิธีที่ไม่เผาใบทั้งในอ้อย ปลูกและอ้อยต่อ 1 (ไม่เผา-ไม่เผา) มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ เท่ากับ 4.58 % มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่เผาใบทั้งในอ้อยปลูก และอ้อยต่อ 1 (เผา-เผา) และกรรมวิธีเผาใบในอ้อยปลูก- ไม่เผาใบในอ้อยต่อ 1 (เผา-ไม่เผา) เนื่องจากกรรมวิธีไม่ เผาใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยวมีปริมาณเศษซากอ้อยไว้คลุม แปลงนานถึง 1 ปีจึงทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมี ปริมาณเพิ่มขึ้นในดินหลังการทดลองอ้อยต่อ 1 (Fig. 2) สอดคล้องกับ Mendoza (2017) ทำการทดลองเกี่ยวกับการ ไม่เผาเศษซากอ้อยที่ส่งผลต่อปริมาณคาร์บอน พบว่า การที่มีเศษซากไว้คลุมแปลงจะช่วยเพิ่มปริมาณ อินทรีย์วัตถุให้แก่ดินประมาณ 15 % เนื่องจากเกิดการ ย่อยสลายเศษซากอ้อยโดยจุลินทรีย์ในดิน แต่กรรมวิธีเผา ใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยวนั้นทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุใน ดินลดลง โดยที่ Alemayehu and Lantinga (2018) ได้ ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเผาใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยวที่ ส่งผลต่อคุณภาพของดินและการสูญเสียน้ำหนักของอ้อย อธิบายว่าการเผาใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยวส่งผลทำให้ ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินลดลง 33 % เนื่องจากเป็นการ สูญเสียปริมาณเศษซากอ้อยไปกับการเผา ซึ่งจะเห็นได้ว่า ดินที่ได้รับกรรมวิธีจัดการใบอ้อยที่แตกต่างกัน ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินก็จะแตกต่างกันไปด้วย

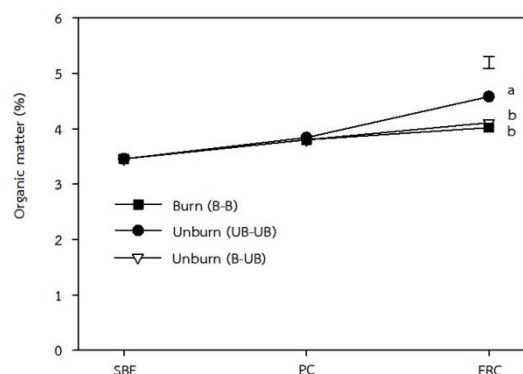


Fig. 2 Patten of soil organic matter in soil depth 0-15 cm. on SBE; soil before the experiment, PC; plant cane and FRC; first ratoon cane under different sugarcane pre-harvest management, B-B; Burn of both year, UB-UB; Unburn of both year, B-UB; Burn in plant cane and change to unburn in first ratoon cane. Vertical bars represent $\pm$ SED

5. อินทรีย์ในโตรเจน

ในดินก่อนการทดลองมีปริมาณแอมโมเนียม เท่ากับ 1.08 mg/kg เมื่อได้รับกรรมวิธีจัดการใบอ้อย ที่แตกต่างกัน พบว่าในอ้อยปลูก กรรมวิธีเผาใบอ้อยก่อน การเก็บเกี่ยว และกรรมวิธีไม่เผาใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยว มีปริมาณแอมโมเนียมไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ในอ้อย ต่อ 1 พบว่ากรรมวิธีที่เผาใบทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1 (เผา-เผา) มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีเผาใบในอ้อยปลูก-ไม่เผาใบในอ้อยต่อ 1 (เผา-ไม่เผา) และกรรมวิธีที่ไม่เผาใบทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1 (ไม่เผา-ไม่เผา) โดยที่ Robertson and Thorburn (2007) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการย่อยสลายของเศษ ซากอ้อยหลังจากการเก็บเกี่ยว พบว่าประมาณ 82-98 % ของเศษซากอ้อยไม่ได้สัมผัสกับบริเวณผิวดินส่งผลให้

การย่อยสลายเศษซากอ้อยใช้เวลานาน ซึ่ง 12 เดือน ใบอ้อยย่อยสลายได้ประมาณ 1-5 กิโลกรัมต่อเดือน ทำให้กรรมวิธีเผาใบในอ้อยปลูก-ไม่เผาใบในอ้อยต่อ 1 (เผา-ไม่เผา) และกรรมวิธีที่ไม่เผาใบทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1 (ไม่เผา-ไม่เผา) มีปริมาณแอมโมเนียมน้อยกว่ากรรมวิธีที่เผาใบทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1 (เผา-เผา) (Fig. 3a)

ปริมาณไนเตรทในดินก่อนการทดลอง เท่ากับ 8.12 mg/kg เมื่อได้รับกรรมวิธีการจัดการใบอ้อยที่แตกต่างกัน พบว่าที่ระยะเก็บเกี่ยวอ้อยปลูก กรรมวิธีเผาใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยว และกรรมวิธีไม่เผาใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยวมีปริมาณไนเตรทไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้ง 2 กรรมวิธี ซึ่งสอดคล้องกันกับอ้อยต่อ ที่พบว่าปริมาณไนเตรทมีปริมาณลดลงแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้ง 3 กรรมวิธี (Fig. 3b) ไนโตรเจนในดินที่เป็นประโยชน์แก่พืชส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปไนเตรทมากกว่าแอมโมเนียม และปริมาณแอมโมเนียมในดินจะถูกจุลินทรีย์ออกซิไดซ์ให้กลายเป็นไนเตรทซึ่งจะอยู่ในรูปที่พืชสามารถดูดใช้ได้ทันที (Prikmak et al., 2018) อย่างไรก็ตามงานทดลองนี้พบว่าดินในระบบปลูกอ้อยมีปริมาณแอมโมเนียมมากกว่าไนเตรท ทั้งนี้อาจเป็นเพราะดินมีความชื้นค่อนข้างสูง 15.07 % (ความชื้นเฉลี่ย) ทำให้อินทรีย์ไนโตรเจนอยู่ในรูปแอมโมเนียมเป็นส่วนใหญ่ ส่งผลทำให้ปริมาณไนเตรทในดินไม่มีความแตกต่างกัน ประกอบกับ Rachid et al. (2012) ทำการศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติของดินที่เปลี่ยนแปลงไปหลังจากมีการจัดการก่อนการเก็บเกี่ยวอ้อยที่แตกต่างกัน คือ กรรมวิธีควบคุม กรรมวิธีไม่เผาใบ และกรรมวิธีเผาใบ พบว่าปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนในดินพบแอมโมเนียมมาก และเกิดกระบวนการ nitrification ที่เปลี่ยนรูปจากแอมโมเนียมให้เป็นไนเตรทที่พืชสามารถดูดใช้ได้ ดังนั้นจึงทำให้ปริมาณไนเตรทในดินไม่มีความแตกต่างกัน

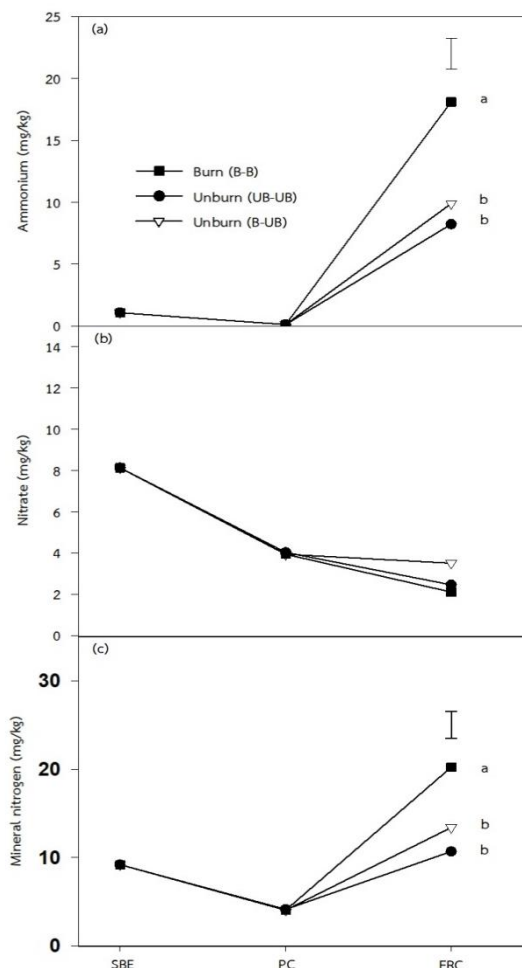


Fig. 3 Ammonium NH_4^+ (a) nitrate NO_3^- (b) mineral N (c) dynamics in SBE; soil before the experiment, PC; plant cane and FRC; first ratoon cane under different sugarcane pre-harvest management, B-B; Burn of both year, UB-UB; Unburn of both year, B-UB; Burn in plant cane and change to unburn in first ratoon cane. Vertical bars represent $\pm$ SED

ในขณะที่ดินก่อนการทดลองที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนทั้งหมด 9.20 mg/kg เมื่อได้รับวิธีการจัดการใบอ้อยที่แตกต่างกัน พบว่าที่ระยะเก็บเกี่ยวอ้อยปลูก ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนทั้งหมดมีปริมาณที่ลดลง แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทั้ง 2 กรรมวิธี (Fig. 3c)

ในขณะที่ระยะเก็บเกี่ยวอ้อยต่อ 1 พบว่าปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนทั้งหมดในกรรมวิธีที่เผาใบทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1 (เผา-เผา) เท่ากับ 20.21 mg/kg ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีเผาใบในอ้อยปลูก-ไม่เผาใบในอ้อยต่อ 1 (เผา-ไม่เผา) และกรรมวิธีที่ไม่เผาใบทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1 (ไม่เผา-ไม่เผา) จะเห็นว่าปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนในดินมีปริมาณเพิ่มขึ้นทั้ง 3 กรรมวิธี เนื่องจากจุลินทรีย์ได้ทำการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในดิน ซึ่งเป็นอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่เปลี่ยนแปลงได้ยาก จึงส่งผลทำให้ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนมีปริมาณเพิ่มขึ้นในดินหลังการทดลองของอ้อยต่อ 1 โดยที่อ้อยสามารถนำอินทรีย์ไนโตรเจนไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตได้หรืออาจจะนำไปเก็บสะสมไว้ในใบและลำอ้อย เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการต่างๆ ต่อไป ประกอบกับอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นอาจไปกระตุ้นการทำงานของจุลินทรีย์บางชนิดส่งผลทำให้ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนมีในกรรมวิธีเผาใบมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น โดยที่ Hemwong *et al.* (2008) ทำการทดลองเกี่ยวกับการจัดการเศษซากอ้อยแทนการเผาใบ พบว่าปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนในกรรมวิธีเผาใบอ้อยมีปริมาณที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากความร้อนจากการเผาใบส่งผลทำให้อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น และไปกระตุ้นการทำงานของจุลินทรีย์ในกลุ่มเอมีดและกรดอะมิโนบางชนิด ทำให้ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นหลังจากมีการเผาใบอ้อย อย่างไรก็ตามปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนที่เพิ่ม

สูงขึ้นที่ระยะเก็บเกี่ยวอ้อยนั้น อาจเกิดการสูญเสียออกจากระบบการปลูกพืชได้ เนื่องจากอ้อยยังมีการดูดใช้ไม่มากนักที่ระยะดังกล่าว

สรุปผลการวิจัย

กรรมวิธีที่เผาใบทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1 (เผา-เผา) ส่งผลทำให้ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจน และปริมาณแอมโมเนียมในดินเพิ่มสูงขึ้น ส่วนกรรมวิธีเผาใบในอ้อยปลูก-ไม่เผาใบในอ้อยต่อ 1 (เผา-ไม่เผา) ส่งผลทำให้ปริมาณมวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอนที่อยู่ในรูปของอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่เปลี่ยนแปลงง่ายเพิ่มสูงขึ้น ขณะที่กรรมวิธีที่ไม่เผาใบทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1 (ไม่เผา-ไม่เผา) ส่งผลทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มขึ้น และส่งผลให้ปริมาณมวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอนที่อยู่ในรูปของอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่เปลี่ยนแปลงง่ายเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นการจัดการใบอ้อยแบบไม่เผาใบที่หลงเหลือเศษซากใบอ้อยไว้คลุมแปลง จึงส่งเสริมให้อินทรีย์คาร์บอนในส่วนที่เปลี่ยนแปลงง่ายเพิ่มขึ้นและเกิดการกักเก็บคาร์บอนเข้าสู่ระบบการปลูกอ้อย เพื่อให้อ้อยได้ใช้ในการเจริญเติบโตต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องข้องในการทำงานวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (สอน.) ปีงบประมาณ 2560-2561 และกลุ่มวิจัยวิศวกรรมประยุกต์เพื่อพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนงบประมาณในการดำเนินงานวิจัย

References

- Alemayehu, D., & Lantinga, E. 2018. Effect of Pre-Harvest Cane Burning on Human Health, Soil Quality and Rate of Cane Weight Loss in Ethiopian Sugarcane Plantations. *Adv Crop Sci Tech*, 6(396), 2.
- Black, C.A. 1965. Method of soil analysis part II: Chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy. Incorporation Medison Wisconsin, USA.
- Bray, R.A. and L.T. Kurtz. 1954. Determination of total organic and available form of phosphorus in soil. *Soil Sci.* 59: 39-45.
- Graham, M. H., Haynes, R. J., & Meyer, J. H. 2002. Soil organic matter content and quality: effects of fertilizer applications, burning and trash retention on a long-term sugarcane experiment in South Africa. *Soil Biol Biochem.* 34(1): 93-102.
- Hemwong, S., Cadisch, G., Toomsan, B., Limpinuntana, V., Vityakon, P., & Patanothai, A. 2008. Dynamics of residue decomposition and N₂ fixation of grain legumes upon sugarcane residue retention as an alternative to burning. *Soil Till Res.* 99(1): 84-97.
- Hemwong, S., Toomsan, B., Cadisch, G., Limpinuntana, V., Vityakon, P., & Patanothai, A. 2009. Sugarcane residue management and grain legume crop effects on N dynamics, N losses and growth of sugarcane. *Nutr Cycl Agroecosys.* 83(2): 135.
- Jackson, M.L. 1967. Nitrogen determination for soils and plant tissue. In *Soil Chemical Analysis*. pp. 183-203. Prentice-Hall of India Private Limited, New Delhi.
- Land Development Department. 2004. Manual on soil, plant and water analysis. Office of Science for Land Development. Bangkok. 235 pp. (in Thai)
- Land Development Department. 2018. Survey and study on soil carbon upper part of Northeast Thailand. Research report of land development department. June 2018. (in Thai)
- Mendoza, T. C. 2017. No Burning Sugarcane Trashes Makes Sugarcane production-Net Carbon Sequestering. *Journal of Agricultural Technology*, 13(2), 247-267.
- Morais, M. C., Ferrari, B. M., Borges, C. D., Cherubin, M. R., Tsai, S. M., Cerri, C. C., & Feigl, B. J. (2019). Does Sugarcane Straw Removal Change the Abundance of Soil Microbes?. *BioEnergy Research*, 1-8.
- Pratt, P.E. 1965. Potassium, pp. 1022-1030. In C.A. Black (ed.). *Method of soil analysis. part II*. American Society of Agronomy. Incorporation Medison Wisconsin, USA.
- Prikmak R., Chittamart N., Tawornpruek S., and Aramrak S. 2018. Effect of Sugarcane Trash Mulching with Nutrient Management on the Contents and Forms of Nitrogen in a Sugarcane-Grown Soil, Sa Kaeo Province. *Songklanakarin J. Pl. Sci.* 5:52-61. (in Thai)
- Puttaso, A. 2019. Soil organic carbon, soil microbial biomass and aggregate size distribution in sandy soil under sugarcane residue burning. Academic conference of Land Development Department. 18-20 August 2019 (in Thai)

- Rachid, C. T., Piccolo, M. C., Leite, D. C. A., Balieiro, F. C., Coutinho, H. L. C., van Elsas, J. D., ... & Rosado, A. S. 2012. Physical-chemical and microbiological changes in Cerrado Soil under differing sugarcane harvest management systems. *BMC microbiology*. 12(1): 170.
- Robertson, F. A., & Thorburn, P. J. 2007. Decomposition of sugarcane harvest residue in different climatic zones. *Soil Res.* 45(1): 1-11.
- Sandhu, H. S., Singh, M. P., Gilbert, R. A., Subiros-Ruiz, F., Rice, R. W., & Shine Jr, J. M. 2017. Harvest management effects on sugarcane growth, yield and nutrient cycling in Florida and Costa Rica. *Field Crops Res.* 214: 253-260.
- Sangla, L., & Suppadit, T. 2005. The impacts of sugarcane leaf burning and solving methods. *Thai J. Environ. Manag. Nida Thail.* 2: 85-102.
- Souza, R. A., Telles, T. S., Machado, W., Hungria, M., Tavares Filho, J., & de Fátima Guimarães, M. 2012. Effects of sugarcane harvesting with burning on the chemical and microbiological properties of the soil. *Agr. ecosys & envi.* 155: 1-6.
- The Office of the Cane and Sugar Board. 2018. The report of sugarcane cultivation area in the 2017/18 season [online]. [Accessed February 5, 2019]. Available from: URL: <http://www.ocsb.go.th/upload/journal/fileupload/923-3254.pdf>. (in Thai)
- The Office of the Cane and Sugar Board. 2019. Preventive measures of burning sugarcane. [online]. [Accessed September 20, 2019]. Available from: URL: <http://www.ocsb.go.th/upload/journal/fileupload/923-3254.pdf>. (in Thai)
- Walkley, A., and C.A. Black. 1934. An examination of degtjareff method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37: 29-35.

ผลของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตของเมล่อนโดยระบบปลูกพืชไม่ใช้ดิน

นพดล ชุ่มอินทร์* และ ทศนุพันธ์ กุศลสถิตย์

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ 60000

บทคัดย่อ

การศึกษาคูณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางเคมีของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เพื่อหาวัสดุปลูกเมล่อนสายพันธุ์กรีนเน็ตที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชไม่ใช้ดินในระบบโรงเรือน ช่วงระหว่างเดือนตุลาคม ถึง พฤศจิกายน โดยการให้น้ำและสารละลายธาตุอาหารด้วยระบบน้ำหยด วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยมีทั้งหมด 4 สิ่งทดลอง จำนวน 4 ซ้ำ ได้แก่ แกลบเผา แกลบดิบ ขุยมะพร้าว และกากตะกอนหมักกรองน้ำตาล ผลการทดลอง พบว่า การใช้แกลบเผาเป็นวัสดุปลูกทำให้เมล่อนมีคุณภาพผลผลิต ได้แก่ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสด เส้นผ่านศูนย์กลางผล และความหวานมากที่สุดเท่ากับ 1,304.16 กรัม 19.36 เซนติเมตร และ 15.00 เปอร์เซ็นต์บrix ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) กับวัสดุปลูกชนิดอื่นๆ ทั้งนี้ เนื่องจากแกลบเผามีคุณสมบัติทางกายภาพ ด้านความหนาแน่นรวม (bulk density, Db), ความจุในการอุ้มน้ำ (water containing capacity; WCC) และความพรุนรวม (total porosity; E) เหมาะสมต่อการปลูกเมล่อน และคุณสมบัติทางเคมี เช่น ความเป็นกรดต่ำ ค่าการนำไฟฟ้า ค่าการแลกเปลี่ยนประจุ และสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน ก่อนและหลังปลูกเมล่อนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$)

คำสำคัญ: วัสดุปลูก คุณสมบัติ เมล่อน ปลูกพืชไม่ใช้ดิน และ โรงเรือน

*ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: dnoppadol@hotmail.com

Effect of Substrates Properties on Growth of Muskmelon (*Cucumis melo* L.) under Substrate Culture

Noppadol Chumin* and Thassanupan Gusolsatit

*Address Faculty of Agriculture Technology and Industrial Technology, Nakhonsawan Rajabhat University
District Nakhonsawan, Province Nakhonsawan, 60000, Thailand*

Abstract

The study of physical and chemical properties of agricultural waste for improve as substrate appropriate for muskmelon (*Cucumis melo* L. cv. Green net) soilless culture in greenhouse system between October and December which used drip irrigation for water and nutrient solution. The Completely Randomized Design (CRD) of 4 treatment 4 replication was design for the substrates those used in this study were comprise of rice husk charcoal, rice husk, coconut dust and filter cake. The result showed that rice husk charcoal as substrate could result to the high quality of Melon production such as fruit fresh weight, fruit diameter and total soluble solid (1,304.16 gram 19.36 centimeter and 15.00 %brix, respectively) which significantly difference among the treatment ($P<0.01$). Because of rice husk charcoal have physical properties of optimum substrate for melon production such as bulk density (Db), water containing capacity (WCC) and total porosity (E). And also chemical properties of rice husk charcoal showed that pH, Electrical conductivity (EC), Cation exchange capacity (CEC) and Carbon to nitrogen (C/N) ratio of before and after growing in significantly difference ($P<0.01$).

Keywords: substrate, property, muskmelon, substrate culture and greenhouse

* Corresponding author: E-mail: dnoppadol@hotmail.com

บทนำ

เมล่อน มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cucumis melo* L. มีชื่อทั่วไป คือ เมล่อนหวาน (sweet melon) เมล่อนผิวเรียบ (round melon) เมล่อนผิวตาข่าย (muskmelon) เมล่อนผิวขรุขระ (casaba) แคนตาลูป (cantaloupe) เมล่อนฤดูหนาว (winter melon) (IPGRI, 2003) เป็นพืชตระกูลแตงที่มีถิ่นกำเนิดในประเทศอินเดีย นำเข้ามาปลูกในประเทศไทยเป็นเวลานานแล้ว เนื่องจากเมล่อนเป็นพืชที่รับประทานผลสุก มีกลิ่นหอม รสหวาน มีคุณค่าทางโภชนาการสูง อุดมไปด้วยวิตามินเอ วิตามินซี และเบต้าแคโรทีน (Laur *et al.*, 2011) เนื้อเมล่อนปริมาณ 236 กรัม ให้พลังงาน 78 กิโลแคลอรี โซเดียม 28 มิลลิกรัม โพแทสเซียม 593 มิลลิกรัม คาร์โบไฮเดรต 25 กรัม ไฟเบอร์ 2 กรัม น้ำตาล 21 กรัม ไขมัน 90 มิลลิกรัม แคลเซียม 4 มิลลิกรัม และเหล็ก 10 มิลลิกรัม นอกจากนี้ยังประกอบด้วย อะดีโนซีนที่ช่วยป้องกันการตกตะกอนของเลือด และมีแคโรทีนอยด์สูงสามารถป้องกันมะเร็งและลดความเสี่ยงในการเป็นมะเร็งปอด (Lester, 1997) เมล่อนเจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศร้อน และชอบแสงแดดจัด การผลิตเมล่อนในปัจจุบัน นิยมปลูกในโรงเรือน เพราะสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมได้ ลดการระบาดของแมลงศัตรูพืช และให้ผลผลิตที่มีคุณภาพ รวมถึงมีประสิทธิภาพในการให้น้ำและปุ๋ยด้วยระบบน้ำหยด โดยนำวัสดุปลูกที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น เช่น ทราย แกลบเผา แกลบดิบ และขุยมะพร้าว เป็นต้น (Thongaram, 2007) วัสดุปลูกที่เหมาะสมควรมีอัตราส่วนของน้ำและอากาศประมาณ 50:50 ไม่มีการอัดตัวหรือยุบตัวเมื่อเปียกน้ำหรือเมื่อใช้ไปนานๆ รากพืชสามารถแพร่กระจายไปได้ทุกส่วนของวัสดุปลูก เป็นวัสดุที่ไม่มีสารพิษเจือปน ไม่ทำปฏิกิริยากับสารละลายธาตุอาหารและภาชนะที่ใช้บรรจุ มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุต่ำ (CEC) และไม่เป็นแหล่งสะสมของโรคและแมลง (Nuntagij, 2012) การปลูกพืชในวัสดุปลูกกำลังเป็นที่นิยมสำหรับการปลูกเมล่อน เพราะให้ผลตอบแทนสูง เนื่องจากใช้พื้นที่น้อย มี

ประสิทธิภาพสูง รวมถึงมีการพัฒนาระบบการปลูกไปสู่อุตสาหกรรมขนาดใหญ่ (Tancho, 2006) โดย Julieta *et al.* (2018) รายงานว่า แกลบเผาเป็นวัสดุปลูกเมล่อนในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดินที่ดีที่สุด ทำให้เมล่อนมีความสูง จำนวนใบ และน้ำหนักผลสดมากที่สุด ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับขุยมะพร้าว ชี้เลื่อย และทราย อย่างไรก็ตาม เมล่อนแต่ละสายพันธุ์สามารถเจริญเติบโตในวัสดุปลูกแต่ละชนิด และสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ทำให้คุณภาพของผลผลิตแตกต่างกัน ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติของวัสดุปลูกในท้องถิ่นที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตที่มีคุณภาพของเมล่อน เพื่อเป็นแนวทางลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ทั้งยังลดการทิ้งของเสียลงในสิ่งแวดล้อม

วิธีดำเนินการวิจัย

แผนการทดลอง

ทำการทดลองในโรงเรือนสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ต.ย่านมัทรี อ.พยุหะคีรี จ.นครสวรรค์ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยมีทั้งหมด 4 สิ่งทดลอง จำนวน 4 ซ้ำ ดังนี้ แกลบเผา (rice husk charcoal) แกลบดิบ (rice husk) ขุยมะพร้าว (coconut dust) และกากตะกอนหมักกรองน้ำตาล (filter cake)

ขั้นตอนการทดลอง

เพาะเมล็ดเมล่อนพันธุ์กรีนเนต นำเมล็ดแช่ในน้ำสะอาด นาน 4 ชั่วโมง จากนั้นนำเมล็ดมาวางในผ้าขาวบางที่ชุบน้ำมาดๆ ห่อผ้าขาวบางแล้วไปไว้ในกล่องโฟมที่ปิดสนิท อุณหภูมิประมาณ 28-30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำเมล็ดที่ผ่านการบ่มแล้วมาเพาะลงในถาดเพาะ รดน้ำให้ชุ่มแล้วนำไปเก็บไว้ในโรงเพาะชำ เมื่อดันกล้ามีอายุได้ 10 วัน นำวัสดุปลูกแต่ละชนิดมาใส่ถุงปลูกสีขาว ขนาด 8 x 13 นิ้ว ย้ายกล้าปลูกลงในถุงปลูก

ให้น้ำและสารละลายธาตุอาหารด้วยระบบน้ำหยด การเตรียมสารละลายธาตุอาหาร ดังต่อไปนี้ CaNO_3 (160 g/l) KNO_3 (40 g/l) MgSO_4 (80 g/l) KPO_4 (20 g/l) Fe-EDTA (15 g/l) และจุลธาตุ (15 g/l) โดยวัดความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารด้วยเครื่อง EC Meter โดยให้สารละลายความเข้มข้น EC เท่ากับ 2.5 mS/cm ตลอดการทดลอง เมื่อเมล็ดเริ่มเลื้อยใช้เชือกทำค้ำ ทำการตัดแขนงที่เกิดขึ้นเหลือไว้เฉพาะแขนงที่ 9-12 ทำการผสมเกสร เมื่อผลมีขนาดเท่าไข่ไก่ทำการคัดเลือกผลที่สมบูรณ์ไว้เพียงต้นละ 1 ผล จากนั้นทำการเด็ดยอดใบที่ 30 และเด็ดใบล่างที่ติดกับวัสดุปลูกออกจำนวน 5 ใบ การเก็บเกี่ยวจะเริ่มหลังจากผสมเกสรได้ประมาณ 40 วัน และสังเกตจากรอยแตกบริเวณขั้วผลประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์

การบันทึกข้อมูล

1) วิเคราะห์คุณสมบัติของวัสดุปลูก โดยวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการปลูก คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุปลูก ตามวิธีทดสอบของ Australian standard method (Handreck and Black, 1994) ได้แก่ การตรวจสอบความหนาแน่นรวม (bulk density, Db), การตรวจสอบความพรุนของช่องอากาศ (air filled porosity, AFP), การหาความจุในการอุ้มน้ำ (water containing capacity; WCC), การตรวจสอบความพรุนรวม (total porosity; E) ส่วนคุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ความเป็นกรดต่าง (pH) วัดโดย pH meter ความจุในการแลกเปลี่ยนไอออนบวก (CEC) ใช้วิธี leaching ด้วย 1 N Ammonium acetate pH 7.0 และการกลั่น ค่าการนำไฟฟ้า (EC) วัดค่าการนำไฟฟ้าของ Saturation water extract ด้วยเครื่องวัด การนำไฟฟ้า (Electric conductivity meter) และสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนโดยวิธี Colorimetry (Conklin 2005; Radojevic and Bashkin 2006; Tan 2005) วัดด้วยเครื่องมือวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชอัตโนมัติ (Auto-Analyzer; AA3) ที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร (SEAL Analytical; ประเทศเยอรมัน) การวิเคราะห์ Organic matter, Organic Carbon โดยวิธีของ

Walkley and Black (Conklin 2005; Jacobsen and Lobeer 1998; Wendt 2000)

2) วิเคราะห์การเจริญเติบโตและผลผลิต ได้แก่ ความสูง วัดความสูงของลำต้นหลักที่อายุ 14, 21, 28 และ 35 วันหลังปลูก ในการวัดความสูงจะวัดจากระดับผิวของวัสดุปลูกจนถึงปลายใบยอด แล้วนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยในแต่ละระยะ น้ำหนักผลสด เมื่อเมล็ดเริ่มมีอายุได้ 75 วัน ตัดผลสดนำไปชั่งน้ำหนัก เส้นผ่านศูนย์กลางของผล และความหวานเฉลี่ย (TSS) แล้วนำผลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลอง ตามวิธีของ Duncan' new multiple range test (DMRT) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการวิจัย

คุณสมบัติของวัสดุปลูก

คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุปลูก ได้แก่ ความหนาแน่นรวม (bulk density, Db), ความพรุนของช่องอากาศ (air filled porosity, AFP), ความจุในการอุ้มน้ำ (water containing capacity; WCC) และความพรุนรวม (total porosity; E) ทั้ง 4 สิ่งทดลอง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ทั้งก่อนปลูกและหลังปลูก (Table 1) คือ กากตะกอนหมักกรองน้ำตาล มีความหนาแน่นรวมมากที่สุด รองมาคือ แกลบเผา แกลบดิบ และ ขุยมะพร้าว ตามลำดับ ทั้งก่อนและหลังปลูก ความพรุนของช่องอากาศมีค่ามากที่สุดคือ แกลบดิบ รองมาคือ ขุยมะพร้าว กากตะกอนหมักกรองน้ำตาล และแกลบเผา ตามลำดับ ทั้งก่อนและหลังปลูก ความจุในการอุ้มน้ำมีค่ามากที่สุดคือ แกลบเผา รองมาคือ กากตะกอนหมักกรองน้ำตาล ขุยมะพร้าว และ แกลบดิบ ตามลำดับ ทั้งก่อนและหลังปลูก ความพรุนรวม มีค่ามากที่สุดคือ แกลบเผา รองมาคือ แกลบดิบ ขุยมะพร้าว และ กากตะกอนหมักกรองน้ำตาล ตามลำดับ ทั้งก่อนและหลังปลูก คุณสมบัติทางเคมีของวัสดุปลูก ได้แก่ ความเป็นกรดต่าง (pH) ความจุในการแลกเปลี่ยนไอออนบวก (CEC) ค่าการ

นำไฟฟ้า (EC) และสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) ก่อนปลูกและหลังปลูก (Table 2) คือ pH มีค่าอยู่ระหว่าง 6.34-7.55 ค่า EC อยู่ระหว่าง 0.75-7.15 dS/m ค่า CEC อยู่ระหว่าง 2.66-51.0 cmol/kg และ ค่า C/N อยู่ระหว่าง 5:1-97:1

การเจริญเติบโตและผลผลิตเมล่อน

การเจริญเติบโตด้านความสูงของเมล่อนอายุ 14, 21 และ 28 วัน ที่ปลูกในวัสดุปลูกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยช่วงอายุ 14 และ 21 วัน ต้นเมล่อนปลูกในแกลบเผามีความสูงมากที่สุด รองมาคือ กากตะกอนหมักกรองน้ำตาล ชุยมะพร้าว และแกลบดิบ ตามลำดับ เมื่อต้นเมล่อนอายุ 28 วัน ต้นเมล่อนที่ปลูกในแกลบเผามีความสูงมากที่สุด รองมาคือ ชุยมะพร้าว กากตะกอนหมักกรองน้ำตาล และแกลบดิบ ตามลำดับ สำหรับอายุที่ 35 วันนั้น ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 3)

ทางด้านผลผลิต พบว่า ผลผลิตเมล่อนที่ปลูกในวัสดุปลูกต่างกัน ทำให้น้ำหนักผล ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ผล และ ความหวาน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 4) โดย ผลผลิตเมล่อนที่ปลูกในแกลบเผาได้น้ำหนักผลสูงสุด รองมาคือ แกลบดิบ กากตะกอนหมักกรองน้ำตาล และชุยมะพร้าว เท่ากับ 1304.16, 944.79, 865.45 และ 806.45 กรัม ตามลำดับ ทางด้านขนาดผลผลิตเมล่อนที่ปลูกในแกลบเผา มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของผลมากที่สุด รองมาคือ แกลบดิบ ชุยมะพร้าว และกากตะกอนหมักกรองน้ำตาล เท่ากับ 19.36, 18.26, 17.93 และ 17.38 เซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับค่าความหวาน (TSS) ผลผลิตเมล่อนที่ปลูกในแกลบเผา มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 15.00 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติกับวัสดุปลูกชนิดอื่นๆ

Table 1 Physical properties of substrates before and after growing.

substrates	D _b		AFP		WCC		E	
	(g/cm ³)		(% w/w)		(% w/w)		(% w/w)	
	before	after	before	after	before	after	before	after
rice husk charcoal	0.26 ^b	0.49 ^b	0.54 ^c	0.48 ^d	71.46 ^a	68.45 ^a	72.01 ^a	69.64 ^a
rice husk	0.12 ^c	0.13 ^c	53.18 ^a	50.77 ^a	15.64 ^c	15.37 ^d	68.83 ^a	66.78 ^b
coconut dust	0.05 ^d	0.08 ^d	13.16 ^b	12.86 ^b	48.79 ^b	46.95 ^c	61.95 ^b	58.87 ^c
filter cake	0.60 ^a	0.78 ^a	2.29 ^c	1.96 ^c	54.05 ^b	52.89 ^b	56.34 ^b	54.56 ^d
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**
CV %	10.12	11.25	13.19	14.22	5.72	6.45	3.17	3.56

Note: Means within a column followed by the same letter are not significantly at $p \leq 0.01$ by DMRT

Table 2 Chemical properties of substrates before and after growing.

substrates	pH		EC (dS/m)		CEC (cmol/kg)		C/N ratio	
	before	after	before	after	before	after	before	after
rice husk charcoal	6.34	6.78 ^{bc}	1.28 ^b	1.48 ^c	2.66 ^d	4.66 ^d	6:1 ^d	5:1 ^d
rice husk	6.64	6.35 ^c	1.09 ^b	0.75 ^d	22.64 ^c	26.97 ^c	68:1 ^b	54:1 ^a
coconut dust	6.57	7.55 ^a	4.85 ^a	7.15 ^a	41.50 ^b	51.00 ^a	97:1 ^a	37:1 ^b
filter cake	7.02	7.18 ^{ab}	1.26 ^b	1.86 ^b	47.29 ^a	41.00 ^b	15:1 ^c	9:1 ^c
F-test	ns	**	**	**	**	**	**	**
CV %	5.58	4.90	9.16	6.32	2.42	3.83	2.16	4.39

Note: Means within a column followed by the same letter are not significantly at $p \leq 0.01$ by DMRT

Table 3 Main vine length of Melon in substrates.

substrate	Main vine length (cm)			
	14 DAP	21 DAP	28 DAP	35 DAP
rice husk charcoal	82.83 ^a	165.93 ^a	202.88 ^a	199.50
rice husk	33.91 ^c	86.84 ^c	149.35 ^b	192.35
coconut dust	76.64 ^a	149.38 ^{ab}	196.97 ^a	195.33
filter cake	62.68 ^b	129.37 ^b	192.69 ^a	195.49
F-test	**	**	**	ns
CV %	7.85	9.66	3.04	3.91

Note: Means within a column followed by the same letter are not significantly at $P < 0.01$ by DMRT; DAP (day after planting)

Table 4 Fresh weight, fruit diameter and Total soluble solid (TSS) of Melon in substrates.

substrate	Fresh weight (g)	Fruit diameter (cm)	TSS (%brix)
rice husk charcoal	1304.16 ^a	19.36 ^a	15.00 ^a
rice husk	944.79 ^b	18.26 ^b	12.87 ^d
coconut dust	806.45 ^c	17.93 ^{bc}	14.54 ^b
filter cake	865.45 ^c	17.38 ^c	13.79 ^c
F-test	**	**	**
CV %	3.54	1.44	2.01

Note: Means within a column followed by the same letter are not significantly at $P < 0.01$ by DMRT

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาวัสดุปลูกที่แตกต่างกัน 4 ชนิด ได้แก่ แกลบเผา แกลบดิบ ขุยมะพร้าว และกากตะกอนหมักกรองน้ำตาล ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตที่มีคุณภาพของเมล่อน พบว่า แกลบเผาทำให้เมล่อนมีความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางผล น้ำหนักผลสด และค่าความหวานมากที่สุด สอดคล้องกับคุณสมบัติทางกายภาพของแกลบเผาที่มีความหนาแน่นรวม และความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดีที่สุด ทำให้พืชสามารถนำน้ำและธาตุอาหารไปใช้ได้เต็มที่ มีความพุ่มรวมสูงที่สุด ทำให้รากพืชได้รับน้ำ สารละลายธาตุอาหาร และอากาศอย่างต่อเนื่อง เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการเจริญเติบโตได้อย่างปกติ ซึ่งสอดคล้องกับ Nuntagij (2012) รายงานว่าวัสดุปลูกที่เหมาะสมต้องมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดี

ความพุ่มสูง ส่วนของคุณภาพผลผลิตเมล่อนมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับรายงานของ Julieta *et al.* (2018) ผลการทดลองวัสดุปลูกที่ดีที่สุดสำหรับเมล่อนในระบบการปลูกพืชไม่ใช้ดินคือ แกลบเผา ทำให้เมล่อนมีความสูง จำนวนใบ และน้ำหนักผลสดมากที่สุด คล้ายคลึงกับผลการทดลองของ Manh and Wang (2014) วัสดุปลูกที่มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำสูงส่งผลให้เมล่อนมีอัตราการงอก พื้นที่ใบมวลชีวภาพ และมีความสูงต้นสูงที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

References

- Conklin, A.R. Jr. 2005. Introduction to soil chemistry: analysis and Instrumentation. Wiley, New Jersey.
- Handreck, K.A. and Black, N.D. 1994. Growing Media for Ornamental Plant and Turf. University of New South Wales Press, NSW, Australia. 448 pp.
- IPGRI. 2003. Descriptors for Melon (*Cucumis melo* L.). International plant genetic resources Institute, Rome, Italy.
- Jacobsen, J. and Lobeer, S. 1998. Soil, plant and water analysis laboratories for Montana Agriculture. MSU extension Service.
- Julieta, C., Lollie Agustina, P.P. and Diana, S.H. 2018. A study hydroponic melon cultivations with several substrate media and varieties. J commun ser res. 1(2) : 92-96.
- Lester, G. 1997. Melon (*Cucumis melo* L.) fruit nutritional quality and health functionality. Horttechnology. 7(3): 222-227.
- Laur L.M. and Tian, L. 2011. Provitamin A and vitamin C contents in selected California-grown cantaloupe and honeydew melons and imported melons. J Food Comp Anal. 24: 194-201.
- Manh, V.H. and Wang, C.H. 2014. Vermicompost as an important component in substrate: effects on seedling quality and growth Muskmelon (*Cucumis melo* L.). APCBEE Procedia 8: 32-40.

- Nuntagij, I. 2012. Substrate culture. Training manuals for soilless culture. Department of Soil Science Faculty of Agriculture Technology King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang: Bangkok. (in Thai)
- Radojevic, M. and Bashkin, V.N. 2006. Practical environmental analysis. 2nd ed. RSC Pub., Cambridge.
- Thongaram, D. 2007. Hydroponics. Pimdeekarnpim Co.,Ltd.: Bangkok. 816 pp. (in Thai)
- Tancho, A. 2006. Hydroponics. Trio Advertising and Media Co.,Ltd.: Chiang Mai. 66 pp. (in Thai)
- Tan, K.H. 2005. Soil sampling, preparation and analysis. CRC Press. Boca Raton.
- Wendt, J.W. 2000. Cost-effective laboratory techniques. p.7-12. In J.A. Adepetu, H Nabhan and A Osinubi (eds.) Simple soil, water and plant testing techniques for soil resource management. Proceedings of a training course held in Ibadan, Nilbadan, Nigeria, 16-27 September 1996.

ผลของดินจอมปลวกต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตมะละกอพันธุ์ครั้งเนื้อเหลืองในประเทศไทย

รภัสสา จันทาศรี^{1*} ทวีทรัพย์ ไชยรักษ์² และ สุนทร โชคสวัสดิ์ธนะกิจ³

¹ สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อ.เมือง จ.มหาสารคาม 44000

³ สาขาวิชาบริหารธุรกิจเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อ.เมือง จ.มหาสารคาม 44000

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ดินจอมปลวกต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของมะละกอพันธุ์ครั้งเนื้อเหลืองและเพื่อศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนในการผลิตมะละกอโดยใช้ดินจอมปลวก ทำการทดลองในแปลงเกษตรกร บ้านหนองโก อ.บรบือ จ.มหาสารคาม ระหว่างเดือน มิถุนายน - ธันวาคม 2559 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (Randomized Complete Block Design : RCBD) ทำการทดลอง 4 ซ้ำๆ ละ 10 ต้น ประกอบด้วย 4 กรรมวิธี ได้แก่ 1) ไม่ใส่ดินจอมปลวก (control) 2) ใส่ดินจอมปลวก อัตรา 2 กิโลกรัม/ต้น (วิธีที่เกษตรกรปฏิบัติ) 3) ใส่ดินจอมปลวก อัตรา 4 กิโลกรัม/ต้น และ 4) ใส่ดินจอมปลวก อัตรา 6 กิโลกรัม/ต้น ผลการวิจัยพบว่า การใส่ดินจอมปลวกทุกอัตราให้ความสูงต้น จำนวนดอกต่อต้น ปริมาณผลผลิตต่อไร่ จำนวนผลต่อต้น ขนาดผล ต้นทุนการผลิต รายได้และกำไร มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ใส่ดินจอมปลวก ขณะที่เส้นรอบวงโคนต้น จำนวนวันที่ออกดอกแรก และน้ำหนักผล ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับการไม่ใส่ดินจอมปลวก อย่างไรก็ตามการใส่ดินจอมปลวกทุกอัตรามีแนวโน้มส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมะละกอพันธุ์ครั้งเนื้อเหลืองสูงกว่าการไม่ใส่ดินจอมปลวก สำหรับอัตราการใช้ดินจอมปลวกที่เหมาะสมในการผลิตมะละกอพันธุ์ครั้งเนื้อเหลืองและมีผลตอบแทนสูงสุด คือ การใส่ดินจอมปลวก อัตรา 6 กิโลกรัมต่อต้น ให้ปริมาณผลผลิตสูงสุด 12,730.56 กิโลกรัม/ไร่ และให้กำไรสูงสุด 20,124 บาทต่อไร่

คำสำคัญ: ดินจอมปลวก มะละกอพันธุ์ครั้งเนื้อเหลือง การเจริญเติบโต คุณภาพผลผลิต และ จำนวนวันที่ออกดอกแรก

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: janthasri@hotmail.com

Effect of Termite Soil on Growth and Quality of Papaya (cv. *Yellow Krang*) in Thailand

Rapatsa Janthasri^{1*} Taweessab Chaiyarak² Sunthorn Choksawatthanakij³

^{1,2} Program in Agriculture, Faculty of Agricultural Technology,

Rajabhat Maha Sarakham University, Maha Sarakham 44000, Thailand

³ Program in Agricultural Business Administration, Faculty of Agricultural Technology,

Rajabhat Maha Sarakham University, Maha Sarakham 44000, Thailand

Abstract

The purpose of this research was to study the effects of using termite soil on the growth and yield of papaya, and to study the cost and return of papaya production using termite soil. Randomized Complete Block Design (RCBD) was conducted in 4 replications, each consisting of 4 treatments: 1) No anthill soil(control) 2) Put the termite soil rate of 2 kg / plant. (the way farmers practice) 3) Put the termite soil 4 kg / plant. 4) Put the termite soil 6 kg / plant. The research found that all treatment using termite soil have height plant, number of flowers per plant, yield per rai, number of fruits per plant, size of fruit, cost of production, revenue and profit were statistically significant difference in control treatment. While the circumference stem, first flowering days and fruit weight were not significantly different. However, the application of each termite soil have effect on the growth and yield of papaya, which was higher than that all treatment. For rate of termite soil suitable for the highest production of papaya were application 6 kg per tree. The highest yield was 12,730.56 kg / rai and the highest yield was 20,124 baht per rai.

Keywords: termite soil, papaya (cv. *Yellow Krang*), growth, quality of yield and first flowering days

* Corresponding author: E-mail: janthasri@hotmail.com

บทนำ

มะละกอนับว่าเป็นพืชวัฒนธรรมที่คุ้นเคย และมีความเกี่ยวข้องกับวิถีชีวิตของคนไทยทั่วทุกภาคของประเทศ และนิยมปลูกไว้ตามบริเวณบ้านเพื่อใช้บริโภคในครัวเรือน ปัจจุบันความต้องการมะละกอกภายในประเทศมีปริมาณเพิ่มสูงมากทั้งในรูปของการบริโภคผลดิบ บริโภคผลสุก และส่งโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อแปรรูปเป็นผลไม้กระป๋อง ซอส มะเขือเทศ ซอสพริก อุตสาหกรรมฟอกหนัง สิ่งทอ และอุตสาหกรรมผลิตเนื้อและปลากระป๋อง เป็นต้น (Janthasri, 2004) นอกจากนี้มะละกอดิบเป็นส่วนประกอบสำคัญที่ขาดไม่ได้ในการทำส้มตำ พื้นที่ปลูกมะละกที่สำคัญในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมี 3 แหล่งใหญ่ๆ คือ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา อ.กันทรลักษ์ จ.ศรีสะเกษ และ อ.เลิงนกทา จ.มุกดาหาร ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการผู้บริโภค ทำให้ต้องสั่งซื้อมะละกจากภาคกลาง โดยเฉพาะพันธุ์ครึ่งเนื้อเหลือง (ศรีราชภัฏ) ครึ่งเนื้อแดง (จ. มหาสารคาม) และพันธุ์แขกนวล (จ.กาฬสินธุ์) เป็นที่นิยมของแม่ค้าส้มตำมากเป็นพิเศษ เนื่องจากได้เส้นมะละกอกที่กรอบอร่อยมากกว่าพันธุ์อื่นๆ ปัจจุบันพื้นที่ปลูกมะละกอในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีจำนวนลดลง เนื่องจากปัญหาการระบาดของโรคไวรัสใบด่างจุดดวงแวงทำให้ผลผลิตมะละกอโดยภาพรวมลดลง (Chaiyaboon, 2012) ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อปริมาณผลผลิตมะละกอสตทั้งประเทศ ก่อให้เกิดผลต่อเนื่องไปยังภาคอุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่ใช้มะละกอเป็นวัตถุดิบ นอกจากนี้พื้นที่ผลิตมะละกอเพื่อบริโภคผลดิบส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งสภาพดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำเนื่องจากลักษณะเนื้อดินส่วนใหญ่ค่อนข้างเป็นดินทราย มีปริมาณแร่ดินเหนียวที่เป็นตัวดูดซับธาตุอาหารน้อยมากและมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินต่ำประมาณ 1% หรือต่ำกว่า (Janthasri, 2011) อีกทั้งดินมีการ

ปลูกพืชติดต่อกันเป็นเวลานานหลายปีและขาดการปรับปรุงบำรุงดิน ส่งผลให้ดินเสื่อมคุณภาพลงได้ เช่น โครงสร้างดินจะเสื่อมลง ส่งผลให้ศักยภาพของดินสำหรับการผลิตมะละกอในภูมิภาคนี้มีผลผลิตต่ำกว่าทุกภาคของประเทศ ไทย เป็นต้น (Gaba *et al.*, 2011) การใช้ปุ๋ยอินทรีย์และดินเหนียวในการปรับปรุงบำรุงดินที่เสื่อมโทรมเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถแก้ไขปัญหการชะล้างของธาตุอาหารพืชได้และช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของดินทั้งทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ซึ่งส่งผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน โดย Janthasri (2007) ศึกษาการใช้ดินจอมปลวกต่อผลผลิตมะละกอสายพันธุ์แขกนวลและแขกดำดำเนิน ในพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม พบว่า การใช้ดินจอมปลวกทุกอัตราไม่ทำให้การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของมะละกอ 2 สายพันธุ์แตกต่างกันทางสถิติกับการไม่ใส่ดินจอมปลวก แต่มีแนวโน้มให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของมะละกอเพิ่มขึ้น สำหรับอัตราการใช้ดินจอมปลวกที่เหมาะสมที่สุด คือ อัตรา 0.5 กิโลกรัมต่อต้น อย่างไรก็ตาม Janthasri and Atiwetin (2005) พบว่า มะละกอที่ปลูกในดินที่ผสมดินจอมปลวกมี ความสูงต้นจำนวนใบและชีวมวลสูงกว่าดินที่ไม่ใส่ดินจอมปลวก เกษตรกรจึงพยายามหาวัสดุต่างๆ เช่น แร่ดินเหนียว ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก ดินชั้นบน วัสดุอินทรีย์อื่นๆ และดินจอมปลวก มาใช้ในการปรับปรุงดิน เช่นเดียวกับเกษตรกรใน อ. กุฉินารายณ์ จ. กาฬสินธุ์ ที่นิยมปลูกมะละกอด้วยดินจอมปลวกหรือดินโพนซึ่งเป็นดินเหนียวมาใช้เป็นวัสดุเพาะกล้าพริก เนื่องจาก เชื่อว่าดินจอมปลวกมีความอุดมสมบูรณ์สูงกว่าดินชั้นอื่นๆ สอดคล้องกับ Janthasri (2014) พบว่า การปลูกมะละกอโดยใช้ดินจอมปลวก และดินร่วน มีความแตกต่างกัน ด้านการให้ปริมาณผลผลิตโดยดินจอมปลวกให้ปริมาณผลผลิตต่อต้นและคุณภาพของผลดีกว่าดินร่วน ขณะที่คุณสมบัติทางกายภาพของดิน พบว่าดินจอมปลวกในทุกพื้นที่ที่มีปริมาณของอนุภาคดินเหนียว

สูงกว่าดินร่วน สมบัติของดินจอมปลวกที่มีความแตกต่างไปจากดินในป่า โดยเฉพาะสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และสภาวะของน้ำที่จะส่งผลต่อปัจจัย ที่มีความสำคัญต่อปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ทั้งนี้ ดินจอมปลวกส่วนใหญ่จะมีปริมาณอินทรีย์วัตถุมากกว่าดินที่อยู่รอบๆ จอมปลวก เนื่องจากปลวกใช้อินทรีย์วัตถุซึ่งได้มาจากการย่อยเนื้อเยื่อพืชเป็นสารเชื่อมเม็ดดินเข้าด้วยกันในการสร้างรังปลวก ดินจอมปลวกจะช่วยเพิ่มธาตุอาหารในดิน และช่วยดูดซับน้ำและแร่ธาตุอาหารพืชและทำให้ผลผลิตพืชเพิ่มขึ้น (Kaewfoo *et al.*, 2010) การนำดินจอมปลวกมาใช้ในการปรับปรุงดินดั่งที่เกษตรกรปฏิบัติจึงเป็นสิ่งที่ควรศึกษา เนื่องจากเป็นการนำเอาวัสดุที่มีอยู่ในธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์ อีกทั้งยังสามารถจัดหาได้ง่ายสะดวกสามารถพบได้ทุกพื้นที่ในประเทศไทยและมีราคาถูก ดังนั้น การศึกษาผลของดินจอมปลวกต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตมะละกอ จะเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถช่วยเกษตรกรลดต้นทุนการผลิตด้านปุ๋ยเคมี และเป็นการส่งเสริมการใช้วัสดุธรรมชาติที่พบในท้องถิ่นที่หาได้ง่าย ตลอดจนสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการแนะนำส่งเสริมเกษตรกรอย่างเหมาะสมต่อไปในอนาคต ดังนั้น การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ดินจอมปลวกต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของมะละกอพันธุ์ศรีเมืองและศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนในการผลิตมะละกอโดยใช้ดินจอมปลวก

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ทำการทดลองในแปลงเกษตรกร บ้านหนองโก อ.บรบือ จ.มหาสารคาม ระหว่างเดือน มิถุนายน ถึงเดือน ธันวาคม 2559 นำดินจอมปลวกมาจากพื้นที่แปลงเกษตรกร บ้านหนองโก อ.บรบือ เป็นดินจอมปลวกที่ยังมีปลวกอาศัยอยู่ (Table 1)

2. วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (Randomized Complete Block Design : RCBD) ทำการทดลอง 4 ซ้ำๆ ละ 10 ต้น ประกอบด้วย 4 กรรมวิธี ได้แก่ 1) ไม่ใส่ดินจอมปลวก (control) 2) ใส่ดินจอมปลวก อัตรา 2 กิโลกรัม/ต้น (วิธีที่เกษตรกรปฏิบัติ) 3) ใส่ดินจอมปลวก อัตรา 4 กิโลกรัม/ต้น และ 4) ใส่ดินจอมปลวก 6 กิโลกรัม/ต้น

3. การเตรียมต้นกล้า นำเมล็ดพันธุ์มะละกอครึ่งเนื้อเหลือง แขน้ำอุ่น อุณหภูมิประมาณ 50 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง คัดเมล็ดที่ลอยน้ำทิ้ง นำเมล็ดที่เหลือน้ำด้วยผ้าขาวบางหรือนำเมล็ดห่อผ้าเก็บไว้ในถุงพลาสติก มัดปากถุงให้แน่น เก็บไว้ในที่ร่มประมาณ 3-5 วัน เปลือกของเมล็ดจะเริ่มแตกออกเห็นรากสีขาวแทงออกมา จึงนำเมล็ดไปเพาะในถุงพลาสติกดำ ขนาด 2x6 นิ้ว ถุงละ 1 เมล็ดลึก 1 เซนติเมตร โดยมีส่วนผสมของวัสดุเพาะ คือ หน้าดิน : แกลบดำ : ปุ๋ยคอก อัตรา 2 : 3 : 1 ปรับสภาพดินเพาะด้วยปูนขาวเพื่อฆ่าเชื้อโรคและป้องกันโรคโคนเน่าด้วยสารเมตาแลคซิล ปริมาณ 30 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร เมื่อต้นกล้าอายุ 20 วัน บำรุงด้วยปุ๋ยเกล็ดสูตร 25-5-5 ปริมาณ 30 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ทำการย้ายปลูกเมื่อต้นกล้า อายุ 40 วัน

4. การเตรียมแปลงปลูก โดยการยกทรง ระยะปลูกระหว่างต้นและแถว 3x3 เมตร ขุดหลุมปลูกขนาดลึก 50 เซนติเมตร ตากดินไว้ 1 อาทิตย์ ใส่ดินจอมปลวก

ตามอัตราที่กำหนด พร้อมดินผสมในหลุมที่มี ส่วนประกอบของ ปุ๋ยหมัก : แกลบเผา : แกลบดิบ อัตรา (1:1:1) และ ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 200 กรัมต่อ หลุม คลุกเคล้าให้เข้ากัน หลังจากนั้น นำต้นกล้ามะละกอ ลงปลูกหลุมละ 2 ต้น เมื่อมะละกอมีอายุได้ 4 เดือน ทำ การคัดเลือกต้นกระเทยให้เหลือ 1 ต้นต่อหลุม การให้น้ำ และการให้ปุ๋ยจะทำทุกเดือน เมื่อต้นมะละกอเริ่มออก ดอกจะเพิ่มปุ๋ยเคมี สูตร 13-13-21 ปริมาณ 100 กรัม/ ต้น/เดือน จนกระทั่งเก็บผลผลิตเรียบร้อยแล้วในเดือนที่ 8 เมื่อพบโรคและแมลงสามารถป้องกันได้ตามความจำเป็น เช่น carbosulfan ป้องกันเพลี้ยไฟ และ benomyl ป้องกันโรคแอนแทรกคโนส เป็นต้น

5. การบันทึกข้อมูล

5.1 การเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูงต้น และ เส้นรอบวงโคนต้น วัดเมื่อมะละกอออกดอกแรก จำนวน วันที่ออกดอก จำนวนดอก/ต้น (นับเมื่อมะละกออายุ 4 เดือน – 6 เดือน)

5.2 เก็บข้อมูลคุณภาพผลมะละกอผล โดยสุ่ม เก็บผลอายุ 7 เดือน ระยะสุก 70 % (ผลเริ่มมีแต่มเหลือง ที่ปลายผล) จำนวน 3 ผล/ต้น เก็บข้อมูลค่าเฉลี่ยในส่วน ของ ปริมาณผล/ต้น น้ำหนักผล/ลูก (กก.) ความหนา เนื้อ (ซม.) วัดบริเวณที่หนาและบางที่สุด เมื่อผ่าผลตาม ขวาง หาค่าเฉลี่ย ความแน่นเนื้อ โดยใช้เครื่อง firmness tester (Effegi, Italy) และ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ ได้ (%TSS)

5.3 ต้นทุนและผลตอบแทนการผลิต

6. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ของลักษณะต่าง ๆ ที่ได้ศึกษาและเปรียบเทียบ ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกรรมวิธี โดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) (Bricker,1989 ; Gomez and Gomez,1984)

ผลการวิจัย

การวิเคราะห์คุณสมบัติบางประการของดินจอม ปลวกเปรียบเทียบกับดินปกติในพื้นที่บ้านหนองโก อ.บรบือ จ.มหาสารคาม พบว่า ลักษณะทางกายภาพ (ทราย ทรายแป้งและดินเหนียว) ของดินจอมปลวกมี สภาพเป็นทรายสูง มีความเป็นด่างและมีปริมาณ อินทรีย์วัตถุน้อยกว่าดินปกติ ส่วนปริมาณธาตุอาหาร พบว่า มีปริมาณธาตุอาหารบางชนิด (ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม) น้อยกว่าดิน ปกติ (Table 1) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Mongkorn *et al.* (2014) ได้ตรวจสอบคุณสมบัติของดินจอมปลวก ในพื้นที่ปลูกพริกชี้หุ้มีปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมอยู่ในระดับต่ำกว่าดินปกติ

1. การเจริญเติบโต

การเจริญเติบโตด้านความสูงต้นและจำนวน ดอกต่อต้น พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ ในขณะที่เส้นรอบวงโคนต้นและจำนวนวันออกดอก แรกไม่มีความแตกต่างทางสถิติ การใส่ดินจอมปลวก ที่ อัตรา 4 และ 6 กก./ต้น ทำให้มะละกอมีการเจริญด้าน ความสูงต้นมากกว่าการใส่ดินจอมปลวก 2 กก./ต้น และ control ตามลำดับ (Table 2) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Mongkorn *et al.* (2014) ได้ทดสอบใส่ดินจอมปลวกใน การปลูกพริกชี้หุ้ พบว่า ความสูงต้นและเส้นรอบวงโคน ต้นของพริกชี้หุ้ไม่แตกต่างทางสถิติ การใส่ดินจอมปลวก ในอัตรา 6 ต้นต่อไร่ ทำให้พริกมีความสูงต้นและเส้นรอบ วงโคนต้นมากกว่าการใส่ดินจอมปลวกอัตรา 4 และ 2 ต้น ต่อไร่ ตามลำดับ กรรมวิธีการใส่ดินจอมปลวก 2 กก./ต้น พบว่า มะละกอมีจำนวนวันออกดอกแรกนานกว่า การใส่ ดินจอมปลวก 4 และ 6 กก./ต้น และ control ตามลำดับ ส่วนจำนวนดอกต่อต้น พบว่า control ให้จำนวนดอก/ ต้น มากที่สุด (140.42 ดอก) ในขณะที่กรรมวิธีการใส่ดิน จอมปลวก 2 4 และ 6 กก./ต้น ให้จำนวนดอก 91.57 96.23 และ 98.47 ดอก/ต้น ตามลำดับ (Table 2)

สอดคล้องกับคุณสมบัติของดินจอมปลวกที่มีปริมาณฟอสฟอรัสน้อยกว่าดินปกติ (Table 1) จึงส่งผลให้จำนวนดอก/ต้นน้อยกว่าดินปกติ

2. ผลผลิต

ผลการวิจัยพบว่า การใส่ดินจอมปลวกทุกอัตราไม่ทำให้น้ำหนักผลแตกต่างกันทางสถิติ กรรมวิธีการใส่ดินจอมปลวก อัตรา 6 กก./ต้น ให้น้ำหนักผลมากที่สุด 1.49 กก. รองลงมาคือ กรรมวิธีการใส่ดินจอมปลวก 2 และ 4 กก./ต้น ส่วนกรรมวิธีการไม่ใส่ดินจอมปลวกให้น้ำหนักผลน้อยที่สุด 0.84 กก./ต้น (Table 3) ในขณะที่ ผลผลิต/ไร่ จำนวนผล/ต้น และขนาดผล มีความแตกต่างกันทางสถิติ การใส่ดินจอมปลวกอัตรา 6 กก./ต้น ให้ผลผลิต/ไร่ มากกว่า 4, 2 กก./ต้น และ control ตามลำดับ (12,730.56, 10,450.34, 11,320.49 และ 9,280.20 กก./ไร่) Table 3 กรรมวิธีการใส่ดินจอมปลวกอัตรา 6 กก./ต้น ให้จำนวนผล/ต้น และขนาดผล/ต้น สูงที่สุด (991.38 ผล (นับระยะการให้ผลผลิต 4 เดือน) และ 34.29×52.80 ซม.) กรรมวิธีการไม่ใส่ดินจอมปลวกให้จำนวนผล/ต้น ต่ำ และขนาดผล น้อยที่สุด (549.10 ผล และ 24.00×38.00 ซม.) ซึ่งขัดแย้งกับการวิเคราะห์คุณสมบัติของดินจอมปลวกใน Table 1 ที่พบว่า ดินจอมปลวกมีปริมาณธาตุอาหารน้อยกว่าดินปกติแต่ให้ผลผลิตได้ดีกว่าดินปกติ (Table 3) สอดคล้องกับ Johnson and Decoteau (1996) วิเคราะห์คุณภาพดินจอมปลวกที่มีปริมาณธาตุอาหารบางชนิดสูงกว่าดินปกติ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Janthasri (2014) ได้รายงานปริมาณผลผลิตของมะละกอพันธุ์ครั้งเนื้อเหลืองที่ปลูกในดินที่มีรังมดแดงอาศัยอยู่ใต้ดินและดินปกติ อัตรา 3 กก./ต้น พบว่า ดินที่มีรังมดแดงอาศัยอยู่ใต้ดิน จะให้ปริมาณผลผลิตมะละกอสูงกว่ามะละกอที่ปลูกในดินปกติ ถึง 2 เท่า ในขณะที่

คุณภาพของผลผลิตด้าน ความแน่นเนื้อ ความหนาเนื้อ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตาม ปริมาณอินทรีย์วัตถุและปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชระหว่างดินจอมปลวกกับดินในป่าเต็งรัง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Kaewfoot *et al.*, 2010)

3. ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนการผลิต

ต้นทุนการผลิต รายได้ และกำไร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ กรรมวิธีการใส่ดินจอมปลวกอัตรา 6 กก./ต้น เพิ่มต้นทุนการผลิตมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ แต่ให้รายได้และกำไรมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ (Table 4) ต้นทุนและผลตอบแทนการผลิตมะละกอพันธุ์ครั้งเนื้อเหลือง พบว่า การใส่ดินจอมปลวกทุกอัตรามีต้นทุนการผลิตสูงกว่าการไม่ใส่ดินจอมปลวก ดังนั้น การใส่ดินจอมปลวกจึงเป็นตัวแปรสำคัญในการผลิต โดยการไม่ใส่ดินจอมปลวกให้ต้นทุนการผลิตต่ำสุด (6,582 บาท/ไร่) และกรรมวิธีการใส่ดินจอมปลวก 6 กก./ไร่ ให้ต้นทุนการผลิตสูงกว่าการใส่ดินจอมปลวก 4 และ 2 กก./ต้น (6,976 ,6,860 และ 6,710 บาท/ไร่) ตามลำดับ กรรมวิธีการใส่ดินจอมปลวก 6 กก./ต้น สร้างรายได้และกำไรมากที่สุด (27,100 บาท/ไร่ และ 20,124 บาท/ไร่) การไม่ใส่ดินจอมปลวกให้รายได้กำไรต่ำสุด (23,000 และ 16,418 บาท/ไร่) (Table 4) สอดคล้องกับงานของ Janthasri (2007) ได้ผลิตมะละกอในระบบผสมผสานโดยการลดต้นทุนการผลิต โดยการใส่ปุ๋ยใส่เดือนและดินจอมปลวกสามารถลดการใช้ปุ๋ยเคมีได้ 50% และมะละกอสามารถให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ดินที่ใส่ปุ๋ยใส่เดือน สร้างรายได้หลังหักต้นทุนได้ 20,000 บาทต่อไร่ ดินที่ใส่จอมปลวก สร้างรายได้หลังหักต้นทุนได้ 24,000 บาทต่อไร่ ขณะที่ดินใส่ปุ๋ยเคมี สร้างรายได้หลังหักต้นทุนได้ 15,000 บาทต่อไร่

4. การเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินก่อนและหลังการทดลอง

การใส่ดินจอมปลวกไม่ทำให้ความเป็นกรด-ด่างของดินหลังการทดลองเปลี่ยนแปลงไปมากนัก โดยกรรมวิธีที่ใส่ดินจอมปลวกมีค่าอยู่ระหว่าง 7.70-7.58 ซึ่งช่วยรักษาระดับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์โดยกรรมวิธีที่ใส่ดินจอมปลวกมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินอยู่ระหว่าง 1.58-1.72% และมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ระหว่าง 112.40 - 105.49 มก./กก. อยู่ในเกณฑ์สูง ส่วนฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีปริมาณสูงมากทั้งที่ใส่และไม่ใส่ดินจอมปลวก โดยมีค่าอยู่ในช่วง 40.16-91.43 มก./กก. (Table 5) สอดคล้องกับ Kaewfoo *et al.* (2010) กล่าวว่า ดินจอมปลวกมีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว (clay loam) ซึ่งต่างจากดินป่าเต็งรังเนื้อดินเป็นดินร่วน (loam) และดินร่วนปนทรายแป้ง (silt loam) ดินจอมปลวกมีสัดส่วนการกระจายของอนุภาคดินทราย คิดเป็นร้อยละ 39.53 ทรายแป้ง ร้อยละ 27.49 และ ดินเหนียว ร้อยละ 32.98 โดยพบว่า ดินในพื้นที่ทำการวิจัย บ้านหนองโก อ. บรบือ จ.มหาสารคาม มีลักษณะเนื้อดินค่อนข้างเป็นทรายจัด มีปริมาณอินทรีย์วัตถุปานกลาง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงมาก ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูง และค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน เท่ากับ 7.50 ซึ่งเป็นค่าเล็กน้อย (Table 5) ขณะที่ดินจอมปลวกมีลักษณะเนื้อดินร่วนปนทราย มีปริมาณอินทรีย์วัตถุค่อนข้างต่ำ มีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำ และมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำ และค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน 6.40 ซึ่งเป็นกลาง (Table 1) กล่าวคือ ดินในพื้นที่ทำการทดลองมีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างสูง ตรงกันข้ามกับดินจอมปลวกที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เมื่อมะละกอได้รับธาตุอาหารหลักเพียงพอแล้ว การใส่ดินจอมปลวกที่มีปริมาณธาตุอาหารไม่มากนัก จึงไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมะละกอนัก สอดคล้อง

กับการรายงานของ Mongkorn *et al.* (2014) ได้ทดสอบการปลูกพริกชี้หนูในดินจอมปลวก พบว่า ดินจอมปลวกให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของพริกไม่แตกต่างจากดินที่ไม่ใส่จอมปลวก และการร่อนดินจอมปลวกผ่านตะแกรงขนาด 2 มม. เพื่อลดความแน่นทึบของดินแล้วให้น้ำอย่างพอเพียง พืชที่เจริญในดินจอมปลวกมีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกับพืชที่ปลูกในดินชั้นบนและดินชั้นล่าง โดยขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของดินบริเวณนั้นและเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม พืชที่ปลูกในดินชั้นบน ดินชั้นล่างและดินผสมจอมปลวกตอบสนองต่อปุ๋ยใกล้เคียงกัน แม้ว่าดินที่ใส่ดินจอมปลวกมีอนุภาคดินเหนียวและคาร์บอนอินทรีย์สูงกว่าดินที่ไม่ใส่ดินจอมปลวกและทำให้ประจุความชื้นในดินและจุดเหี่ยวถาวรสูงขึ้นแต่ไม่มีผลต่อประจุในการอุ้มน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชด้านผลผลิตมะละกอพันธุ์ศรีราชภัฏ (ปริมาณผลผลิต (กก./ไร่) จำนวนผล/ต้น (ผล) น้ำหนักผล (กก.) และ ขนาดผล (กว้างx ยาว) (ซม.) ทุกกรรมวิธีสูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่ดินจอมปลวก เนื่องจากมะละกอได้รับธาตุโพแทสเซียมจากการใส่ดินจอมปลวก โดยจะเห็นว่กรรมวิธีที่ไม่ใส่ดินจอมปลวกมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เพียง 76.85 มก./กก. ซึ่งอยู่ในปริมาณปานกลาง ขณะที่กรรมวิธีที่ใส่ดินจอมปลวกมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ระหว่าง 112.40-102.50 มก./กก. ซึ่งอยู่ในปริมาณสูง สอดคล้องกับรายงานของ (Johnson and Decoteau, 1996) พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมให้สูงขึ้นจะทำให้มวลชีวภาพและผลผลิตสูงขึ้น กิจกรรมของปลวกและสมบัติของดินจอมปลวกอาจส่งผลต่อโครงสร้างและองค์ประกอบพรรณพืช โดยจอมปลวกขนาดใหญ่มีส่วนสำคัญต่อการเพิ่มความหลากหลายชนิดพรรณพืชและปริมาณธาตุอาหารให้แก่ป่า (Kaewfoo *et al.*, 2010)

Table 1 Some properties of termite soil and soil in the research area.

Properties soil	Soil in the research area	Termite soil
Sandy soil ^{1/} (%)	61.24	72.50
White sand ^{1/} (%)	32.57	29.67
Clay soil ^{1/} (%)	9.16	6.73
pH meter ^{2/}	5.22	6.40
Organic matter ^{3/} (%)	1.43	1.20
Phosphorus ^{4/} (mg./Kg.)	65.81	8.37
Potassium ^{5/} (mg./Kg.)	72.50	42.39
Calcium ^{5/} (mg./Kg.)	2380.11	481.47
Magnesium ^{5/} (mg./Kg.) 120.70	120.70	95.11

Note: ^{1/}Hydrometer (modified) ^{2/}pH meter (soil;water = 1:1) ^{3/} Wet oxidation (Walkley and Black) ^{4/} Bray II (modified)
^{5/}NH₄OA₆, Atomic Absorption Spectrophotometer

Table 2 Height, Diameter at base, number of days to first flowering and number of flower/plants

Treatments	Height (cm.)	Diameter at base (cm.)	Number of days to first flowering (day)	Number of flower/plants
Control	142.91b	52.11	150.12	140.42a
Termite soil 2 kg / tree	148.18b	52.30	152.60	91.57c
Termite soil 4 kg / tree	156.70a	56.61	149.41	96.23c
Termite soil 6 kg / tree	158.22a	58.24	150.83	98.47b
F-test	**	ns	ns	**
CV.(%)	2.15	5.40	3.20	3.61

ns = non significant difference ** = statistically significant difference at 99% confidence level^{1/} Mean values followed by different superscripts in the same column signify a statistically significant different at 95% confidence level using Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

Table 3 Yields, number of fruit/plant, fruit weight, Fruit sizes (width x length) of papaya (cv. *Yellow Krang*)

Treatments	Yields (Kg./Rai)	Number of fruit/plant (total 4 month)	fruit weight (Kg)	Fruit sizes (cm.)
Control	9,280.20c	549.10c	0.84	24.00b x 38.00b
Termite soil 2 kg / tree	11,320.49a	832.50b	1.58	33.15a x 40.71b
Termite soil 4 kg / tree	10,450.34b	792.18b	1.20	35.20a x 48.17a
Termite soil 6 kg / tree	12,730.56a	991.38a	1.49	34.29a x 52.80a
Average	10,945.40	791.29	1.27	31.66 x 44.92
F-test	**	**	ns	**
CV.(%)	5.10	3.24	6.81	8.39

ns = non significant difference ** = statistically significant difference at 99% confidence level¹² Mean values followed by different superscripts in the same column signify a statistically significant different at 95% confidence level using Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

Table 4 Production cost (Baht / rai), income, Profit in papaya (cv.*Yellow Krang*) production.

Treatments	Production cost (Baht / rai) ^A	Income (Baht/rai) ^A	Profit (Baht / rai) ^A
Control	6,582d	23,000b	16,418c
Termite soil 2 kg / tree	6,710c	25,600b	18,890b
Termite soil 4 kg / tree	6,860b	26,750ab	19,890a
Termite soil 6 kg / tree	6,976a	27,100 a	20,124a
F-test	**	**	**
CV.(%)	2.21	2.84	3.10

ns = non significant difference ** = statistically significant difference at 99% confidence level¹² Mean values followed by different superscripts in the same column signify a statistically significant different at 95% confidence level using Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ; ^A The price of fresh papaya 5 Baht / kg

Table 5 Changes in soil properties pre-trial and after application Treatment.

Properties soil	Pre-trial	Treatment			
		Control	Termite soil 2 kg / tree	Termite soil 4 kg / tree	Termite soil 6 kg / tree
pH meter ^{1/}	7.50	7.17	7.63	7.70	7.58
Organic matter ^{2/} (%)	1.37	1.06	1.58	1.66	1.72
Phosphorus ^{3/} (mg./Kg.)	42.11	91.43	51.07	49.20	40.16
Potassium ^{4/} (mg./Kg.)	104.76	76.85	112.40	105.49	102.50

^{1/} pH meter (soil : water = 1:1) ^{2/} Wet oxidation (Walk and Black) ^{3/} Bray II (modified) ^{4/} NH₄OAc₁ Atomic Absorption Spectrophotometer จำแนกตามคณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2544) ความเป็นกรด-ด่าง : < 3.5 = กรดรุนแรงมากที่สุด ; 3.5-4.4 = กรดรุนแรงมาก ; 4.5-5.5 = กรดจัดมาก ; 5.1-5.5 = กรดจัด ; 5.6-6.5 = กรดปานกลาง ; 6.6-7.3 = เป็นกลาง ; 7.4-7.8 = ต่างเล็กน้อย ; 7.9-8.4 = ต่างปานกลาง ; 8.5-9.0 = ต่างจัด ; > 9.0 = ต่างจัดมาก จำแนกตามกรมพัฒนาที่ดิน (2553) อินทรีย์วัตถุ (%) : ต่ำ = 0.5 -1.0 ; ค่อนข้างต่ำ = 1.0 -1.5 ; ปานกลาง = 1.5 -2.5 ; ค่อนข้างสูง = 2.5-3.5 ; สูง 3.5-4.5 ; สูงมาก = > 4.5 ฟอสฟอรัส : ต่ำมาก = <3 ; ต่ำ = 3-5 ; ค่อนข้างต่ำ = 6-10 ; ปานกลาง = 11-15 ; ค่อนข้างสูง = 16-25 ; สูง = 26-45 ; สูงมาก = > 45 โพแทสเซียม : ต่ำมาก = < 30 ; ต่ำ = 30-60 ; ปานกลาง = 60-90 ; สูง = 90-120 ; สูงมาก = >120

สรุปผลการวิจัย

การใส่ดินจอมปลวกในการผลิตมะละกอสามารถเพิ่มการเจริญเติบโต คือ ความสูงต้น จำนวนดอก/ต้น จำนวนผล/ต้น ขนาดของผล และปริมาณผลผลิตของมะละกอพันธุ์ครั้งเนื้อเหลืองได้สูงกว่าการไม่ใส่ดินจอมปลวก โดยดินจอมปลวกอัตรา 6 กิโลกรัมต่อต้นให้ปริมาณผลผลิตมะละกอสูงสุด 12,730.56 กก./ไร่ และให้กำไรสูงสุด 20,124 บาทต่อไร่

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัย สำนักงานเกษตรอำเภอบรบือ อ. บรบือ จ.มหาสารคาม พร้อมด้วย ชาวบ้านหนองโก อ. บรบือ ที่ได้ช่วยเหลือในการดูแลจัดการแปลงมะละกอ ตลอดระยะเวลาการวิจัย

References

- Bricker, A. A. 1989. MSTAT-C user's guide. Cary, NC: Statistical Analysis System Institute Inc.
- Chaiyaboon, W. 2012. Papaya production for unripe consumption in Maha Sarakham Province. Special problems research report of Rajabhat Maha Sarakham University, Maha Sarakham. (in Thai)
- Gomez, K. A. and Gomez, A. A. 1984. Statistical procedures for agricultural research. New York: John Wiley & Sons.
- Gaba, M., Comelis, W.K and Steppe, K. 2011. Effect of termite mound material on the physical properties of sandy soil and on the growth characteristics of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in semi and Niger. Plant & Soil. 338: 451-466.
- Kaewfoo, M., Marod, D., Wiwatwittaya, D and Bunyavejchewin, S. 2010. Effects of Some Properties of Soils from Large Termite Mounds on the Vegetation Pattern in Dry Dipterocarp Forest at Mae Ping National Park, Lumphun Province. Thai Journal Forestry 29 (2): 26-36. (in Thai)
- Janthasri, R. 2004. A study of papaya tolerance to papaya ring spot virus in Ubol Ratchathani Province. Research report of the School of Agriculture, Ubol Ratchathani University. (in Thai)
- Janthasri, R. 2007. Commercial papaya (1st ed.). Ubol Ratchathani: Ubol Ratchathani University Press (in Thai)
- Janthasri, R. 2011. Papaya cultivation management to reduce the spread of papaya ringspot virus Research report of Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University, Maha Sarakham. (in Thai)
- Janthasri, R. 2014. The situation of "Krang" papaya production in Kalasin Province. Research report for the Thailand Research Fund, Bangkok. (in Thai)
- Janthasri, R., and Atiwetin, P. 2005. Effects of 3 kinds of fertilizer on the growth of papaya for unripe consumption in Maha Sarakham Province. Research report of Rajabhat Maha Sarakham University, Maha Sarakham. (in Thai).
- Janthasri, R., and Janthasri, K. 2005. Comparison of papaya cultivars' tolerance to Papaya Ring Spot Virus in Ubol Ratchathani Province. Ubol Ratchathani University Academic Journal. 8(1): 8-19. (in Thai)
- Johnson, C.D. and Decoteau, D.R. 1996. Nitrogen and Potassium Fertility Affects Jalapeno Pepper Plant Growth, Pod Yield and pungency. Mapping of Horticulture Crops. 31(7): 1097-1118.
- Mongkorn, P., Sawudyotin, S. and Dejbhimon, K. 2014. Effect of Termite Mound Material on Hot Wave Bird Chilli (*Capsicum frutesces* Linn.) Yield. Prawarun Agr J. 11(1): 9-17. (in Thai)

การประเมินอายุความคงทนของดอกดาวเรืองอเมริกัน (*Tagetes erecta* L.) ลูกผสมชั่วที่ 1

จันทิมา ชินราต¹ ศราวุธ นันต๊ะภูมิ² ประนอม ยังคำมัน¹ อรพินธุ์ สฤชดีน้ำ¹ และ พรพันธ์ ภูพพร้อมพันธุ์^{1*}

¹หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290

²งานวิจัยและพัฒนา ห้างหุ้นส่วนจำกัด โฮมซีดีส์ อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่ 50160

บทคัดย่อ

การประเมินอายุความคงทนของดอกดาวเรืองอเมริกัน (*Tagetes erecta* L.) ลูกผสมชั่วที่ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการยืดอายุดอกดาวเรืองและคัดเลือกสายพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 1 ที่มีดอกคงทนสำหรับนำมาใช้ประโยชน์ในการปักแจกัน โดยนำลูกผสมชั่วที่ 1 จำนวน 11 สายพันธุ์ กับลูกผสมทางการค้า 11 สายพันธุ์ มาทดสอบอายุการปักแจกันในห้องปฏิบัติการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ในฤดูฝน ปี 2560 โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design ; CRD) จำนวน 5 ซ้ำ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าลูกผสมการค้าสายพันธุ์ Cana Gold Extra, Queen Yellow และ Srisiam 636 มีอายุการปักแจกันนานที่สุด 13.80 วัน ขณะที่ลูกผสมการค้า Queen Yellow แสดงการหักงอของก้านดอกน้อยที่สุด เฉลี่ย 9.00 คะแนน ลูกผสมสายพันธุ์ใหม่ F₁ hybrid No. 8 มีการเหี่ยวของกลีบดอก และมีการเกิดโรคน้อยที่สุด มีคะแนนเฉลี่ย 7.00 และ 7.56 คะแนน ตามลำดับ แต่ลูกผสมสายพันธุ์ใหม่ F₁ hybrid No. 6 และ F₁ hybrid No. 7 มีอัตราการสูญเสียน้ำหนักดอกมากที่สุด เฉลี่ย 3.04% และ 3.16% ตามลำดับ ลูกผสมการค้า Mahachok Deep Gold Summer แสดงอัตราการสูญเสียน้ำหนักดอกน้อยที่สุด 1% พบสหสัมพันธ์ทางบวกของอายุการปักแจกันกับลักษณะการเหี่ยวของกลีบดอก การเกิดโรคของดอกและอัตราการดูน้ำ จากผลการทดลองลูกผสมสายพันธุ์ใหม่ F₁ hybrid No. 8 เหมาะสมที่จะนำไปปรับปรุงพันธุ์เพื่อให้ดอกดาวเรืองมีอายุการปักแจกันที่ยาวนานขึ้น

คำสำคัญ: ดาวเรืองอเมริกัน ลูกผสมชั่วที่ 1 อายุการปักแจกัน และ สหสัมพันธ์

*ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: pornpanmju@gmail.com

The Evaluation for Long Lasting Flower in F₁ Hybrid American Marigold (*Tagetes erecta* L.)

Jantima Chinnarad¹, Sarawut Nantaphoom², Pranom Yangkhamman¹, Orapin Saritnum¹
and Pornpan Pooprompan^{1*}

¹Master of Science Program in Horticulture, Faculty of Agricultural Production , Maejo University,
Samsai, Chiang Mai 50290, Thailand

²Division of reserch and development, Homeseeds Limited Partnership, Chomthong
Chiang Mai 50290, Thailand

Abstract

The flower durable life of American marigold (*Tagetes erecta* L.) F₁ hybrid was evaluated in the experiment. The objectives of this research are to study the important characteristics related to flower extending life of the marigold and to select the F₁ hybrid with durable flowers for the vast flower utilization. Eleven F₁ hybrid lines and eleven commercial F₁ hybrid lines were tested for long flower's vase life under laboratory of Maejo University in wet season of 2017 using Completely Randomized Design with 5 replications. The resulted found that commercial F₁ hybrid lines Cana Gold Extra, Queen Yellow and Srisiam 636 had the logest vase flower life for 13.80 days. while Queen Yellow showed the least broken pedicel at the average 9.00 score. The new F₁ hybrid No. 8 had the least withered petal wilting score and disease infection at the average 7.00 and 7.56 scores, respectively whereas the new F₁ hybrid No. 6 and hybrid No. 7 had the highest flower weight lost for average of 3.04 % and 3.16 %, repectively and the commercial F₁ hybrid line, Mahachok Deep Gold Summer showed the lowest flower weight lost at 1 %. There was a positive correlation among the vase life of flower withered petal, disease infection and water absorption rate. According to the results The new F₁ hybrid No. 8 suitable for breeding in the marigold for longer vase life.

Keywords: American marigold, F₁ Hybrid, flower vase life, correlation

*Corresponding author: E-mail: pornpanmju@gmail.com

บทนำ

ดาวเรืองอเมริกัน (American marigold) หรือ ดาวเรืองแอฟริกัน (African marigold) อยู่ในวงศ์ Asteraceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Tagetes erecta* L. (Kaplan, 1960) มีถิ่นกำเนิดอยู่ที่เม็กซิโกและอเมริกาใต้ เป็นไม้ดอกที่ปลูกง่าย โตเร็ว ทนต่อสภาพแวดล้อม มีความหลากหลายทางด้านสายพันธุ์ และขนาดดอก ดาวเรืองสามารถผลิตได้ตลอดปี เป็นไม้ดอกที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ (He *et al.*, 2009) ที่มีการใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในการเป็นไม้ตัดดอก ปักแจกัน งานเทศกาลต่างๆ (Prakash *et al.*, 2016) แหล่งปลูกดาวเรืองที่สำคัญภายในประเทศอยู่ในเขตจังหวัด นครราชสีมา จังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดตาก โดยมีพื้นที่ปลูกดาวเรืองรวมกันประมาณ 9,500 ไร่ สามารถผลิตดอกสดได้ไม่น้อยกว่าปีละ 1,000 ตัน คิดเป็นมูลค่า 500 ล้านบาท/ปี (Kehakaset, 2018) ดอกดาวเรืองเมื่อยังอยู่กับต้นนั้นจะได้รับสารอาหาร และน้ำจากต้น แต่เมื่อทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตดอกดาวเรืองถูกตัดออกจากต้น การมีชีวิตของดอกจึงขึ้นอยู่กับสารอาหารสะสมภายใน การรักษาสมดุลของน้ำภายในดอก (Phavaphutanon and Ketsa, 1988) ในปัจจุบันประเทศไทยได้มีการพัฒนาสายพันธุ์ดาวเรืองเพื่อให้เหมาะสมต่อความต้องการของตลาด และการนำไปใช้ประโยชน์ในลักษณะต่างๆ เพิ่มขึ้น ซึ่งดาวเรืองแต่ละสายพันธุ์มีลักษณะทางพันธุกรรมและลักษณะทางการเกษตรหลายลักษณะที่มีความสัมพันธ์กัน การหาความสัมพันธ์ของลักษณะเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ช่วยในการวางแผนปรับปรุงลักษณะที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของพืช โดยกำหนดลักษณะที่ต้องการคัดเลือกตามลำดับความสำคัญ (Puddhanon, 2005) ถ้าหากต้องการคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีอายุการปักแจกันยาวนานจำเป็นจะต้องคัดเลือกจากหลายลักษณะ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดของดอก การประเมินความเหี่ยวและการเหี่ยวของกลีบดอก การประเมินการเกิดโรค อัตราการดูดน้ำ และ

การประเมินการหักของก้านดอก ซึ่งแต่ละลักษณะมีอิทธิพลต่ออายุการปักแจกันของดอกดาวเรือง

งานทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกดาวเรืองอเมริกันพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 1 (F₁ hybrid) ที่ใช้ปลูกเพื่อตัดดอก และวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการประเมินอายุการปักแจกันเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการปรับปรุงพันธุ์ดาวเรืองอเมริกันต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาอายุการปักแจกันดอกดาวเรืองลูกผสมชั่วที่ 1 สายพันธุ์ใหม่ 11 สายพันธุ์ กับลูกผสมทางการค้า 11 สายพันธุ์ รวม 22 สายพันธุ์ นำดอกดาวเรืองมาทดสอบอายุการปักแจกันในห้องปฏิบัติการมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ในฤดูฝน ปี 2560 โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design ; CRD) จำนวน 5 ซ้ำ โดยใช้เกณฑ์การประเมินตัดแปลงมาจากการให้คะแนนการประเมินการเหี่ยวของกลีบดอกหรือช่อดอกในกล้วยไม้ตัดดอก (Khamsee and Inpra, 2004) ดังนี้

1. อายุการปักแจกัน โดยใช้วันที่ดอกดาวเรืองแสดงอาการเหี่ยวของกลีบดอกเกินกว่า 60 % มีหน่วยเป็นวัน (Days) หลังตัดดอก

2. อัตราการดูดน้ำ บันทึกการลดลงของปริมาณน้ำในขวดทดลอง โดยการเติมน้ำลงไปในขวดทดลองให้มีน้ำมีระดับเท่ากับวันแรกที่เริ่มทำการทดลอง (มล./ดอก/3 วัน)

3. การวัดเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดของดอก โดยทำการชั่งน้ำหนักของดอกดาวเรืองก่อนทำการปักแจกัน จากนั้นชั่งน้ำหนักสดของดอก ทุกๆ 3 วัน บันทึกผลการทดลอง นำไปคำนวณอัตราการสูญเสียน้ำหนัก (%) ตามสูตร

$$\text{อัตราการสูญเสียน้ำหนัก (\%)} = \frac{(\text{น้ำหนักสดเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักสดในแต่ละวัน}) \times 100}{\text{น้ำหนักสดเริ่มต้น}}$$

4. การประเมินความเหี่ยวของกลีบดอก โดยให้คะแนนการประเมินความเหี่ยว และการเหี่ยวของกลีบดอก ดังนี้

- 1 = ดอกและกลีบดอกมีอาการเหี่ยว 80%
- 3 = ดอกและกลีบดอกมีอาการเหี่ยว 60%
- 5 = ดอกและกลีบดอกมีอาการเหี่ยว 40%
- 7 = ดอกและกลีบดอกมีอาการเหี่ยว 20%
- 9 = ไม่มีการเหี่ยวของดอกและกลีบดอก

5. การประเมินการเกิดโรค โดยให้คะแนนการประเมินลักษณะการเกิดโรคของดอก ดังนี้

- 1 = ดอกและกลีบดอกมีการเกิดโรคเกิน 80%
- 3 = ดอกและกลีบดอกมีการเกิดโรคเกิน 60%
- 5 = ดอกและกลีบดอกมีการเกิดโรคเกิน 40%
- 7 = ดอกและกลีบดอกมีการเกิดโรคเกิน 20%
- 9 = ไม่มีการเกิดโรคของดอกและกลีบดอก

6. การประเมินการหักของก้านคอดอก โดยให้คะแนนประเมินลักษณะการหักของก้านคอดอก ดังนี้

- 1 = ก้านคอดอกมีการโค้งงอเกิน 80% หรือ ก้านคอดอกมีการหัก
- 3 = ก้านคอดอกมีการโค้งงอเกิน 60%
- 5 = ก้านคอดอกมีการโค้งงอเกิน 40%
- 7 = ก้านคอดอกมีการโค้งงอเกิน 20%
- 9 = ไม่มีการโค้งงอหรือการหักของก้านคอดอก

วิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนการประเมินดอก ดาวเรืองตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design ; CRD) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ R (The R Project for Statistical Computing) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) คำนวณสหสัมพันธ์ (R) ด้วยวิธี Pearson

ผลการวิจัย

ผลจากการศึกษาอายุการปักแจกันดอก ดาวเรืองลูกผสมชั่วที่ 1 พันธุ์ใหม่ 11 สายพันธุ์ กับลูกผสมทางการค้า 11 สายพันธุ์ รวม 22 สายพันธุ์ โดยใช้ระยะเวลาปักแจกัน 15 วัน พบว่า ดอกดาวเรืองลูกผสมทางการค้าสายพันธุ์ Cana Gold Extra, Queen Yellow และ Srisiam 636 มีอายุการปักแจกันนานที่สุดคือ 13.80 วัน ดาวเรืองที่มีอายุการปักแจกันสั้นที่สุด ได้แก่ ดาวเรืองสายพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 1 Hybrid No. 1 มีอายุการปักแจกันเฉลี่ยอยู่ที่ 9.60 วัน (Table 1) การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำหนักสดของดาวเรืองหลังการปักแจกัน พบว่า ดอกดาวเรืองมีน้ำหนักลดลงอย่างต่อเนื่องตามระยะเวลาการปักแจกันที่เพิ่มขึ้น โดยดาวเรืองลูกผสมการค้าสายพันธุ์ Mahachok Deep Gold Summer มีน้ำหนักสดลดลงน้อยที่สุด 1 % ลูกผสมชั่วที่ 1 Hybrid No. 6 และ Hybrid No. 7 มีน้ำหนักสดลดลงมากที่สุด 3.04 % และ 3.16 % ตามลำดับ (Table 1) ผลการประเมินความเหี่ยวของกลีบดอกของดอกดาวเรืองหลังจากการปักแจกัน เป็นเวลา 15 วัน พบว่า ดาวเรืองสายพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 1 Hybrid No. 8 มีการเหี่ยวช้ากว่าสายพันธุ์อื่นๆ มีคะแนนการประเมินสูงที่สุด 7.00 คะแนน และลูกผสมชั่วที่ 1 Hybrid No. 6 แสดงการเหี่ยวเร็วที่สุด มีคะแนนการประเมินน้อยที่สุด 3.88 คะแนน (Table 1) ผลการประเมินการเกิดโรค พบว่า ดาวเรืองสายพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 1 Hybrid No. 8 มีคะแนนการเกิดโรคน้อยที่สุด 7.56 คะแนน แต่ดาวเรืองลูกผสม Hybrid No. 1 นั้นมีการเกิดโรคสูงที่สุด โดยมีคะแนนการประเมินน้อยที่สุด 4.52 คะแนน (Table 1) ผลจากการวัดอัตราการดูดน้ำของดอกดาวเรืองนั้นลดลงอย่างต่อเนื่องตามระยะเวลาการปักแจกันเช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำหนัสด ซึ่งลูกผสมสายพันธุ์ใหม่ Hybrid No. 6 มีอัตราการดูดน้ำน้อยที่สุด มีค่าอัตราการดูดน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 4.00 มล. สายพันธุ์ดาวเรืองที่มีอัตราการดูดน้ำสูงที่สุด คือ ดาวเรืองลูกผสมการค้าสายพันธุ์ Queen Yellow มีค่าอัตราการ

ดูต้นน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 11.22 มล. (Table 1) ผลการประเมินการหักของก้านคอดอก พบว่า ลูกผสมการค้าสายพันธุ์ Queen Yellow ไม่มีการหักของก้านคอดอก มีคะแนนการประเมินสูงที่สุด 9.00 คะแนน ส่วนดาวเรืองที่มีการหักของก้านคอดอกมากที่สุด คือ ดาวเรืองสายพันธุ์ใหม่ Hybrid No. 10 มีคะแนนการประเมินเฉลี่ย 6.12 คะแนน (Table 1)

ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างอายุการปักแจกันกับการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดของดอก การประเมินความเหี่ยวของกลีบดอก การประเมินการเกิดโรค การวัดอัตราการดูดน้ำ รวมทั้งการประเมินการหักของก้านคอดอก พบว่า การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดของดอก และการประเมินการหักของก้านคอดอกไม่มีความสัมพันธ์กับอายุการปักแจกัน แต่อายุการปักแจกันมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตามกับการประเมินการเหี่ยวของกลีบดอกมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.70

($P \leq 0.01$) มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.49 ดัง Fig.1 (A) อายุการปักแจกันมีความสัมพันธ์แปรผันตามการประเมินการเกิดโรคมียค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.71 ($P \leq 0.01$) มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.39 ดัง Fig.1 (B) และอายุการปักแจกันมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตามกับการวัดอัตราการดูดน้ำมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.63 ($P \leq 0.01$) มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.50 ดัง Fig.1 (C) แสดงให้เห็นว่าอายุการปักแจกันจะยาวนานเพิ่มขึ้นถ้าหากลักษณะทั้งสามอย่าง คือ การเหี่ยวของดอก การเกิดโรคของดอก และการอัตราการดูดน้ำที่เพิ่มขึ้น ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะช่วยในการวางแผนคัดเลือกสายพันธุ์ดาวเรืองเพื่อปรับปรุงพันธุ์ให้ดอกมีอายุการปักแจกันที่ยาวนาน

Table 1 Means of vase life, flower weight lost, withered petal, disease infection, water absorption rate, and broken pedicel of F_1 hybrid American marigold.

Line	vase Life (days)	flower weight loss (%)	withered petal (score)	disease infection (score)	water absorption rate. (ml/flower/3days)	broken pedicel (score)
hybrid No. 1	9.60 ^d	2.16 ^{a-e}	4.12 ^{gh}	5.32 ^{efg}	4.15 ^{ef}	8.12 ^{ab}
hybrid No. 2	11.40 ^{a-d}	2.36 ^{a-d}	6.68 ^{ab}	6.60 ^{a-e}	8.10 ^b	8.04 ^{ab}
hybrid No. 3	11.40 ^{a-d}	2.68 ^{abc}	4.36 ^{fgh}	5.72 ^{c-f}	6.25 ^{b-f}	7.88 ^{ab}
hybrid No. 4	11.40 ^{a-d}	1.32 ^{de}	5.88 ^{a-e}	6.84 ^{a-d}	6.75 ^{b-e}	8.20 ^{ab}
hybrid No. 5	12.60 ^{abc}	2.04 ^{a-e}	6.68 ^{ab}	6.76 ^{a-d}	6.95 ^{bc}	7.88 ^{ab}
hybrid No. 6	10.80 ^{bcd}	3.04 ^a	3.88 ^h	4.68 ^{fg}	4.00 ^f	8.44 ^{ab}
hybrid No. 7	10.20 ^{dc}	3.16 ^a	4.84 ^{e-h}	6.52 ^{a-e}	5.65 ^{b-f}	8.68 ^{ab}
hybrid No. 8	13.20 ^{ab}	2.04 ^{a-e}	7.00 ^a	7.56 ^a	7.05 ^{bc}	7.56 ^{abc}
hybrid No. 9	12.00 ^{a-d}	1.68 ^{b-e}	6.28 ^{a-e}	6.84 ^{a-d}	7.75 ^{bc}	7.08 ^{bc}
hybrid No. 10	10.20 ^{dc}	2.00 ^{a-e}	3.80 ^h	4.52 ^g	4.25 ^{def}	6.12 ^c
hybrid No.11	11.40 ^{a-d}	1.48 ^{cde}	5.40 ^{b-g}	7.00 ^{abc}	6.20 ^{b-f}	7.40 ^{abc}
Cana Yellow	11.40 ^{a-d}	2.88 ^{ab}	4.84 ^{e-h}	6.68 ^{a-e}	7.30 ^{bc}	8.28 ^{ab}

Table 1 Means of vase life, flower weight lost, withered petal, disease infection, water absorption rate, and broken pedicel of F₁ hybrid American marigold. (Continue)

Line	vase Life	flower weight loss	withered petal	disease infection	water absorption rate.	broken pedicel
	(days)	(%)	(score)	(score)	(ml/flower/3d ays)	(score)
Mea Klang Yellow	10.20 ^{dc}	2.40 ^{a-d}	5.16 ^{c-h}	5.88 ^{b-f}	6.75 ^{b-e}	8.36 ^{ab}
Cana Gold Extra	13.80 ^a	2.36 ^{a-d}	6.28 ^{a-e}	6.84 ^{a-d}	8.30 ^b	8.36 ^{ab}
Mea Klang Gold	10.80 ^{bcd}	2.00 ^{a-e}	5.00 ^{d-h}	6.44 ^{a-e}	5.32 ^{c-f}	7.40 ^{abc}
Queen Yellow	13.80 ^a	1.48 ^{cde}	6.44 ^{a-d}	7.08 ^{abc}	11.22 ^a	9.00 ^a
Veena Yellow	12.00 ^{a-d}	2.80 ^{abc}	5.16 ^{c-h}	5.48 ^{d-g}	6.85 ^{bcd}	8.04 ^{ab}
Srisiam 636	13.80 ^a	1.52 ^{cde}	5.96 ^{a-e}	7.16 ^{abc}	6.20 ^{b-f}	7.72 ^{ab}
Srisiam Deep Gold	13.20 ^{ab}	1.52 ^{cde}	6.04 ^{a-e}	7.16 ^{abc}	7.80 ^{bc}	8.68 ^{ab}
Mahachok Premium Deep Gold	12.60 ^{abc}	1.68 ^{b-e}	6.52 ^{abc}	6.76 ^{a-d}	7.70 ^{bc}	8.52 ^{ab}
Mahachok Deep Gold Summer	11.40 ^{a-d}	1.00 ^e	6.68 ^{ab}	7.32 ^{ab}	6.50 ^{b-f}	8.36 ^{ab}
Narai Orange	10.80 ^{bcd}	1.88 ^{a-e}	5.56 ^{a-f}	6.52 ^{a-e}	5.87 ^{b-f}	8.68 ^{ab}
F-test	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	15.52	41.55	17.48	14.79	26.08	13.74

Remarks: ** = Significant difference at $P \leq 0.01$ level. Means followed by the same letter within each column are not significantly different according to DMRT.

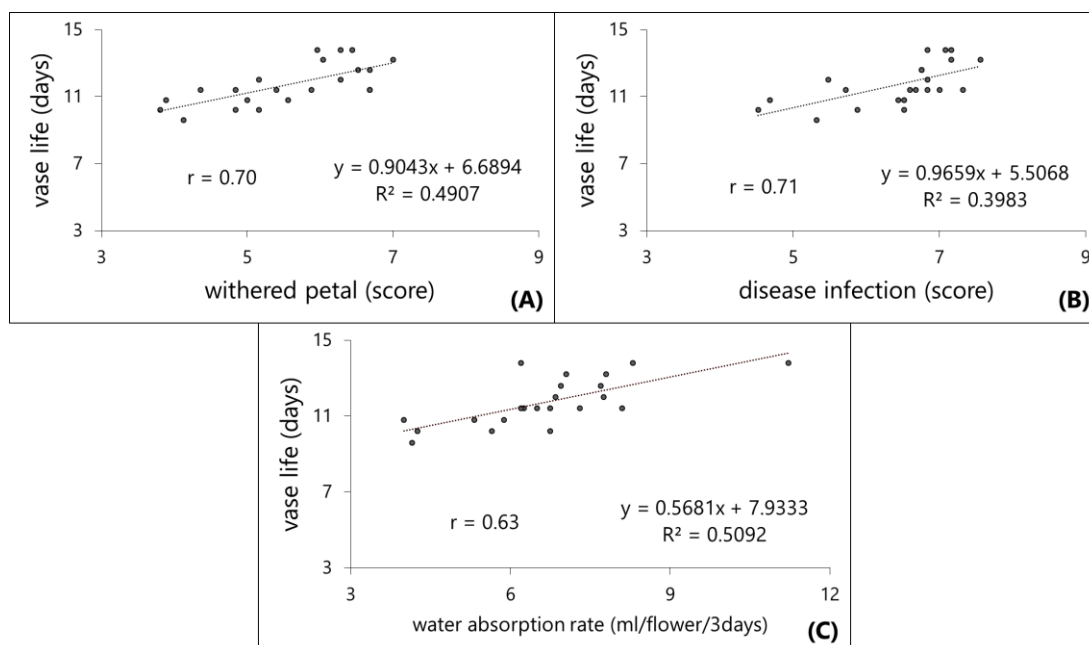


Fig.1 The relationship between vase life and withered petal (A), The relationship between vase life and disease infection (B), The relationship between vase life and water absorption rate (C).

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาอายุการปักแจกันดอกดาวเรือง สายพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 1 พบว่า การเสื่อมคุณภาพของดอก มีสาเหตุมาจากทั้งปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอก เช่น สายพันธุ์ การหายใจของดอก อาหารสะสมภายในดอก การตอบสนองต่อเอทิลีน อุณหภูมิ แสง ความชื้นสัมพัทธ์ การเข้าทำลายของโรค แรงโน้มถ่วงของโลก และการสูญเสียน้ำหลังการเก็บเกี่ยวส่งผลให้มีอายุการปักแจกันสั้นลง (Siriphanich and Romphophak, 2006; In and Lim., 2018) ซึ่งปัจจัยดังกล่าวได้ส่งผลต่ออายุการปักแจกันของดอกดาวเรือง โดยพบว่า การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำหนักสดของดอกดาวเรืองหลังการปักแจกันนั้น ลดลงอย่างต่อเนื่องตามระยะเวลาการปักแจกันที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chaipanwiriaporn and Naradisorn (2010) ได้ทำการศึกษายุการปักแจกัน

ของดอกหน้าวัว พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดลดลงอย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกัน ในด้านการศึกษาการเข้าทำลายของโรคในดอกดาวเรืองภายหลังการปักแจกันพบว่า ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวเป็นปัจจัยหนึ่งซึ่งส่งผลให้เกิดการเข้าทำลายของโรคเพิ่มมากขึ้น ในส่วนของอัตราการดูดน้ำของดอกดาวเรืองมีการลดลงอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้อาจเกิดจากการอุดตันในท่อน้ำของก้านดอก ซึ่งเป็นเหตุมาจากการเกิดฟองอากาศในท่อน้ำ ทำให้เกิดการขัดขวางการลำเลียงน้ำไปยังส่วนของดอก ส่งผลให้ดอกบานไม่เต็มที่หรือเหี่ยวไปก่อนเวลาอันควร จำเป็นต้องมีการให้น้ำแก่ต้นพืชก่อนการตัดดอก การปรับค่า pH ในสารละลายให้อยู่ในสภาพความเป็นกรด โดยมีค่า pH อยู่ระหว่าง 3-4 สามารถช่วยเร่งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในสารละลายได้ (Siriphanich, 2004) นอกจากนั้นยังสามารถใช้สารโคโตซานเคลือบก้านดอก (Bañuelos-Hernández *et al.*,

2017) เพื่อลดการอุดตันของก้านดอก ซึ่งมีความสอดคล้องกับการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพหลังการเก็บเกี่ยวของดอกดาวเรือง โดยการแช่น้ำโซดาส่งผลให้ดอกดาวเรืองมีอายุการปักแจกันยาวนาน 15.7 วัน (Ahmad and Dole, 2014) และการศึกษากระบวนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวสำหรับการตัดลำต้นของดอกดาวเรืองแอฟริกัน 'Sovereign' พบว่า เมื่อทำการแช่ลำต้นที่ตัดมาในสารละลายซิลเวอร์ไธโอซัลเฟต (STS) สามารถเพิ่มอายุการปักแจกันของต้นดาวเรืองได้ 15.8 วัน (Ahmad and Dole, 2014)

สายพันธุ์ดาวเรืองแต่ละสายพันธุ์มีลักษณะทางการเกษตรหลายลักษณะที่มีความสัมพันธ์กันจากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ พบว่า อายุการปักแจกันจะยาวนานขึ้น ถ้าหากลักษณะทั้ง 3 อย่าง คือ การเหี่ยวของดอก การเกิดโรคมะเน่นการประเมินเพิ่มสูงขึ้น และมีอัตราการดูดน้ำเพิ่มขึ้น จากข้อมูลดังกล่าวสามารถช่วยในการวางแผนการคัดเลือกสายพันธุ์ดาวเรือง เพื่อปรับปรุงพันธุ์ให้ดอกดาวเรืองมีความคงทนต่อการปักแจกันได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาการวิเคราะห์ทางพันธุกรรมของลักษณะบางประการที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตในถั่วเหลืองฝักสด จากการศึกษา พบว่า ลักษณะทางเกษตร 2 ลักษณะ คือ จำนวนฝักต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อต้น ควรนำไปใช้ในการคัดเลือกถั่วเหลืองฝักสดที่มีผลผลิตสูงต่อไป (Thaworn *et al.*, 2011) และการศึกษาการใช้สหสัมพันธ์และสัมประสิทธิ์เชิงเส้นในการคัดเลือกเพื่อปรับปรุงผลผลิตของทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ พบว่า การคัดเลือกทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ที่มีขนาดดอกใหญ่สามารถให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (Srimuenwai and Laosuwan, 2008) ดังนั้นการหาสหสัมพันธ์ลักษณะทางการเกษตรสามารถช่วยในการวางแผนการปรับปรุงพันธุ์พืชได้ดียิ่งขึ้น

สรุปผลการวิจัย

การประเมินอายุความคงทนของดอกดาวเรืองอเมริกันลูกผสมชั่วที่ 1 พบว่า สายพันธุ์ดาวเรืองในแต่ละสายพันธุ์มีลักษณะทางการเกษตรที่เด่นแตกต่างกันไป ซึ่งดาวเรืองสายพันธุ์ Cana Gold Extra, Queen Yellow และ Srisiam 636 มีอายุการปักแจกันยาวนานที่สุด ดาวเรืองสายพันธุ์ Mahachok Deep Gold Summer มีน้ำหนักสดลดลงน้อยที่สุด ดาวเรือง hybrid No. 8 มีการเหี่ยวของกลีบดอกและการเกิดโรคช้าที่สุด ดาวเรือง hybrid No. 6 มีอัตราการดูดน้ำน้อยที่สุด และดาวเรืองสายพันธุ์ Queen Yellow ไม่พบการหักของก้านคอดอก ซึ่งพบสหสัมพันธ์ทางบวกของอายุการปักแจกันกับการเหี่ยวของดอก การวัดอัตราการดูดน้ำ และการเกิดโรค จากข้อมูลดังกล่าวดาวเรือง hybrid No. 8 เหมาะสมที่จะนำไปปรับปรุงพันธุ์สายพันธุ์ดาวเรืองเพื่อให้ดอกมีอายุการปักแจกันที่ยาวนานต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถานีวิจัยและพัฒนาพันธุ์พืช ห้างหุ้นส่วนจำกัดโฮมชีดส์ อำเภोजอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ และห้องปฏิบัติการเมล็ดพันธุ์ อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ฯ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

References

- Ahmad, I., and Dole, J. M. 2014. Optimal postharvest handling protocols for cut stems of 'Sovereign' African marigold (*Tagetes erecta*). In XXIX International Horticultural Congress on Horticulture: Sustaining Lives, Livelihoods and Landscapes (IHC2014): 303-310.
- Ahmad, I., and Dole, J. M. 2014. Postharvest performance of cut marigold, rose, and sunflower stems as influenced by homemade and commercial floral preservatives. Turk J Agric For. 38(6): 916-925.
- Bañuelos-Hernández, K. P., García-Nava, J. R., Leyva-Ovalle, O. R., Peña-Valdivia, C. B., Trejo, C., and Ybarra-Moncada, M. C. 2017. Chitosan coating effect on vase life of flowering stems of *Heliconia bihai* (L.) L. cv. Halloween. Postharvest Biology and Technology. 132: 179-187.
- Chaipanwiriyaporn, N. and Naradisorn, M. 2010. Effect of sucrose in combination with ethanol and surfactant on vase life of anthurium. Agricultural Sci. J. 41(3/1): 457-460. (in Thai)
- He, Y. H., Ning, G. G., Sun, Y. L., Qi, Y. C., and Bao, M. Z. 2009. Identification of a SCAR marker linked to a recessive male sterile gene (Tems) and its application in breeding of marigold (*Tagetes erecta*). Plant breeding, 128(1): 92-96.
- In, B. C., and Lim, J. H. 2018. Potential vase life of cut roses: Seasonal variation and relationships with growth conditions, phenotypes, and gene expressions. Postharvest biology and technology, 135: 93-103.
- Kaplan, L., 1960. Marigold. In: Commercial flower. Naya Prakashan, Calcutta: 714 pp.
- Kehakaset. 2018. Important marigold plantations in Thailand. Kehakaset Printing house: Nonthaburi. 151 pp. (in Thai)
- Khamsee, Y. and Inpra, C. 2004. Roles of maturity, chemical and temperature on postharvest qualities of cut orchids. Research report. Maejo university. 53 pp. (in Thai)
- Phavaphutanon, L. and Ketsa, S. 1988. Effect of water quality on efficiency of holding solutions for cut rose. Kasetsart Journal (Natural Science). 24: 399-407. (in Thai)
- Prakash, S., Anitha, P., Giridharan, M. P., Rajagopalan, A., and Rao, G. S. 2016. Impact of seasons and pinching on growth and flowering in African marigold (*Tagetes erecta* L.). J Trop Agr. 54(1): 50.
- Puddhanon, P. 2005. Biometrics in Application to Plant Breeding. Division of Agronomy, Faculty of Agricultural Production, Maejo University Printing house: Chiang Mai. 243 pp. (in Thai)
- Siriphanich, J. 2007. Postharvest biology and plant senescence. National Agricultural Extension and Training Center Printing house: Nakhon Pathom. 543 pp. (in Thai)

- Siriphanich, J. and Romphopphak, T. 2006. Post-harvest management of fruits and vegetables. National Agricultural Extension and Training Center Printing house: Nakhon Pathom. 93 pp. (in Thai)
- Srimuenwai, P. and Laosuwan, P. 2008. Uses of correlation among characters and path coefficient in selection for yield of synthetic varieties of sunflower. *Hatyai Journal*, 6(1): 1-8. (in Thai)
- Thaworn, S., Juwattanasomran, R., Kongchuensin, S. and Kasettranun, W. 2011. Genetic analysis of some characters related to yield in vegetable soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). *Thai J. Genet.* 4(2): 106-114. (in Thai)

การใช้จุลินทรีย์จีไอบีโอติก เสริมอาหารปลานิล เพื่อเร่งการเจริญเติบโตและเสริมภูมิคุ้มกัน

ชาญวิทย์ สุวรรณ^{*} และ ชนกนัต จิตมนัส

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

ทดลองใช้ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์จีไอบีโอติกซึ่งมีจุลินทรีย์หลัก คือ *Bacillus subtilis* เพื่อเร่งการเจริญเติบโตและเสริมภูมิคุ้มกันปลานิลในบ่อดิน จังหวัดเชียงใหม่ โดยสุมปล่อยปลานิล (น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 18.41 กรัม/ตัว) จำนวน 40 ตัว/กระชัง ลงในกระชังขนาด 3×3×1 ม. ความหนาแน่น 4.4 ตัว/ลบ.ม. จำนวน 12 กระชัง โดยให้อาหารผสมจีไอบีโอติก 0 (ชุดควบคุม), 2, 5 และ 10 มล./อาหาร 1 กก. (จำนวน 3 กระชังแต่ละความเข้มข้น) วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) ให้อาหาร 3 % ของน้ำหนักตัว เลี้ยงนาน 60 วัน ผลการทดลอง พบว่า น้ำหนักสุดท้ายและอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลานิลที่ได้รับอาหารผสมโปรไบโอติกมีแนวโน้มสูงกว่าปลาที่ไม่ได้รับอาหารผสมโปรไบโอติก ($P>0.05$) ปลาที่ได้รับโปรไบโอติกผสมในอาหารเม็ดสำเร็จรูป 2 มล./อาหาร 1 กก. มีค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักสุดท้าย อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะและอัตราแลกเนื้อดีที่สุด ส่วนอัตราการรอดตาย พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ผลของโปรไบโอติกต่อระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ 20, 40 และ 60 วัน หลังจากให้อาหารทดลอง ปลานิลมีค่าการจับกินสิ่งแปลกปลอมของเม็ดเลือดขาวและกิจกรรมไลโซไซม์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ค่า Nitro Blue Tetrazolium (NBT) ในกลุ่มที่ผสมโปรไบโอติก 2 มล./อาหาร 1 กก. หลังให้อาหาร 60 วัน สูงกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) จากการทดลองสรุปได้ว่า ควรใช้จีไอบีโอติกผสมอาหารความเข้มข้น 2 มล./อาหาร 1 กก. โดยส่งผลในการส่งเสริมภูมิคุ้มกันปลานิลให้ดีขึ้นได้

คำสำคัญ: โปรไบโอติก ปลานิล การเจริญเติบโต และ ภูมิคุ้มกัน

^{*} Corresponding author: E-mail: chanagun1@hotmail.com

The Use of G Biotic Microorganism supplements in Tilapia Feeds on Growth Performance and Immunity

Chanwit Suwan* and Chanagun Chitmanat

Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University,
Samsai, Chiang Mai, 50290, Thailand

Abstract

The use of G biotic *Bacillus subtilis* for Nile tilapia was conducted to examine its effects on the growth performances and immunity. 480 (initial average weight of 18.41 grams) tilapia were randomly distributed into (9 m³) cages located in an earthen pond with the density of 4.4 fish/m³; total 12 cages. The 1×10^7 CFU/g of *Bacillus subtilis* with the concentration of 0, 2, 5 and 10 mL/kg. They were laid out in completely randomized design with 3 replications. Fish were fed experimental diets at a rate of 3% biomass per day for 60 days. The results showed probiotic supplementary diet group had slightly affected on weight gain final weight and the specific growth rate ($P > 0.05$). The concentration of 2 mL/kg was the best treatment in increasing final weight, specific growth rate and feed conversion ratio ($P > 0.05$). Survival rate was not significantly different ($P > 0.05$). The results of probiotics on immune system were evaluated after 20, 40 and 60 days of feeding experimental diets. Phagocytosis and Serum lysozyme activity enhanced significantly ($P < 0.05$). NBT values after 60 days increased significantly in fish fed 2 mL/kg when compared with other groups ($P < 0.05$). It was recommended that this G biotic with the concentration 2 mL/kg supplementation can be used as an alternative method for growth performances and immunity improvement in Nile tilapia.

Keywords: Probiotics, Nile tilapia, Growth performance and Immunity

*

Corresponding author: E-mail: chanagun1@hotmail.com

บทนำ

การเพาะเลี้ยงปลานิลของไทยมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ทำให้เกิดความมั่นคงทางอาหารและสร้างงานสร้างอาชีพ ปลานิลเป็นปลาน้ำจืดที่มีผลผลิตเป็นอันดับหนึ่งของประเทศไทย ผลผลิตจากการเพาะเลี้ยงปลานิลในปี พ.ศ. 2560 มีปริมาณ 185,902 ตัน ปริมาณการส่งออกปลานิลและผลิตภัณฑ์ของประเทศไทยในปี 2560 ปริมาณ 5,817.8 ตัน คิดเป็นมูลค่า 344.7 ล้านบาท (เกวลิน, 2560) การเพาะเลี้ยงปลานิลในไทยยังมียุทธศาสตร์ขยายตัวเพิ่มได้อีก เนื่องจาก ตลาดปลานิลทั่วโลกมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ หากมีการพัฒนาการเลี้ยงให้ได้มาตรฐานและปลอดภัยต่อการบริโภค

ในปี พ.ศ. 2555 ประเทศไทยมีฟาร์มเลี้ยงปลานิลทั้งหมด 221,320 ฟาร์ม โดยมีจำนวนฟาร์มเลี้ยงปลานิลมากที่สุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 126,260 ฟาร์ม (เกวลิน, 2556) อย่างไรก็ตาม อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม ปัจจุบันปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศและการขาดแคลนน้ำ จะขับเคลื่อนให้เกษตรกรและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียปรับตัว ในขณะที่ลูกค้ามีความต้องการผลผลิตสัตว์น้ำที่มีคุณภาพดีและมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค รวมทั้งผู้ผลิตต้องมีความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมและสังคมด้วย การผลิตที่มีการใช้ยาและสารเคมีอาจจะไม่ใช่สิ่งที่ผู้บริโภคต้องการ

โพรไบโอติก (Probiotic) เป็นจุลินทรีย์ที่มีชีวิตถูกนำใช้ผสมในอาหารแล้วส่งผลต่อสัตว์น้ำ ทำให้สัตว์น้ำโตเร็วและมีความต้านทานโรคสูงขึ้น การที่สัตว์น้ำต้องสัมผัสกับจุลินทรีย์ในน้ำตลอดเวลา ซึ่งมีทั้งจุลินทรีย์ที่ดีและไม่ดี การรักษาสสมดุลของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์หรือโพรไบโอติกให้แก่สัตว์น้ำจึงเป็นสิ่งจำเป็น จุลินทรีย์

โพรไบโอติกจะแย่งพื้นที่ยึดเกาะทั้งบนและในตัวของสัตว์น้ำ (Gismondo *et al.*, 1999)

มีงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้จุลินทรีย์ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่แสดงให้เห็นผลดีต่อการเจริญเติบโตและการสร้างภูมิคุ้มกันปลาจำนวนมาก (ชาญวิทย์ และชนกันต์, 2560) แต่ผลยืนยันทางวิชาการของการใช้ในฟาร์มปลานิลมีน้อย การใช้จุลินทรีย์ในปริมาณและเวลาที่ไม่เหมาะสมอาจจะเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิตทำให้ไม่สามารถแข่งขันทางการค้าได้ อย่างไรก็ตาม เกษตรกรจำนวนมากยังคงยึดติดกับแนวปฏิบัติแบบเดิม ๆ การให้ความรู้ อบรมและจัดหาบ่อสาธิตสำหรับเกษตรกรจึงเป็นสิ่งจำเป็น งานวิจัยนี้ต้องการสร้างทางเลือกให้กับเกษตรกร โดยการใช้จุลินทรีย์ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อลดการใช้ยาและสารเคมี ลดการใช้น้ำในการเปลี่ยนถ่าย ซึ่งเป็นการลดการใช้พลังงานไปด้วย ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ G Biotic ซึ่งมีจุลินทรีย์หลัก คือ *Bacillus subtilis* มีการใช้งานในฟาร์มกุ้งทะเลอย่างแพร่หลาย แต่ยังไม่นำมาใช้ในฟาร์มปลานิล ทางผู้วิจัย จึงต้องการนำผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมาทดลองใช้เพิ่มเติมในฟาร์มปลานิลเพื่อให้ปลาแข็งแรง โตเร็วและทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศในเขตภาคเหนือ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design : CRD) เลี้ยงปลานิลให้อาหารแตกต่างกัน 4 ชุดการทดลองชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 อาหารเม็ดสำเร็จรูปไม่ผสมโพรไบโอติก (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 2 อาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมโปรไบโอติก 2 มล./อาหาร 1 กิโลกรัม

ชุดการทดลองที่ 3 อาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมโปรไบโอติก 5 มล./อาหาร 1 กิโลกรัม

ชุดการทดลองที่ 4 อาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมโปรไบโอติก 10 มล./อาหาร 1 กิโลกรัม

2. วิธีการทดลอง

2.1 อาหารทดลอง ใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับปลานิลที่เกษตรกรนิยมใช้ ผสมกับ G biotic ที่ปริมาณความเข้มข้น 2, 5 และ 10 มล./อาหาร 1 กก. ผึ่งลมให้แห้งสนิท ก่อนเก็บไว้ในที่ร่มจนกว่าจะนำไปใช้เตรียมอาหารใหม่ทุก 2 วัน

2.2 ปล่อยปลานิลขนาดเริ่มต้นตัวละ 18.41 ± 1.02 กรัม/ตัว ความหนาแน่น 4.4 ตัว/ตร.ม. ให้อาหาร 3% ของน้ำหนักปลา รวม 2 เวลา เช้าและเย็น ตรวจสอบการมีชีวิตของโปรไบโอติกบนอาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียสุมปลาเพื่อวัดการเจริญเติบโตทุก 2 สัปดาห์ และปรับปริมาณอาหาร ตรวจวัดคุณสมบัติของน้ำทุกสัปดาห์

2.3 การบันทึกผล

2.3.1 เมื่อสิ้นสุดการทดลองชั่งน้ำหนักปลาทั้งหมด จากนั้นหาค่าเฉลี่ยเพื่อไปประเมินค่า น้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตเฉพาะ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และนับจำนวนปลาที่เหลือเพื่อหาอัตราการรอดตาย

2.3.2 ค่าการจับกินสิ่งแปลกปลอมของเม็ดเลือดขาว (phagocytosis activity) ด้วยวิธีการของ Yoshida and Kitao (1991) โดยการใช้เม็ดเลือดขาว 200 μL (2×10^6 cells/mL) หยดลงบนกระจกปิดสไลด์ ตั้งทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง แล้วล้างเซลล์ที่ไม่เกาะติดด้วย RPMI 1640 จากนั้นเติมเม็ด latex beads (Sigma) 2×10^7 of beads mL^{-1} จำนวน 200 μL ตั้งทิ้งไว้ 2 ชั่วโมงที่

อุณหภูมิห้อง จึงล้างออก แล้วตรึงเซลล์ด้วยเมธานอล ย้อมสีด้วย Diff-Quick staining dye (Sigma) 10 วินาที ล้างออกด้วย PBS (pH 7.4) ทิ้งไว้ให้แห้ง แล้วสุมนับเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์จำนวน 300 เซลล์ คำนวณเปอร์เซ็นต์เซลล์จับกินสิ่งแปลกปลอม

2.3.3 กิจกรรมไลโซไซม์

สุมเก็บเลือดปลาทุก 20 วัน เพื่อตรวจวัดไลโซไซม์ ตามวิธีการที่ดัดแปลงจาก R.M. Parry et al, (1965) โดยใช้ซีรัมปลาจำนวน 25 μL ใส่ลงในสารละลายแบคทีเรีย *Micrococcus lysodeikticus* (Sigma) 175 μL (0.3 mg/mL ใน 0.1 M citrate phosphate buffer, pH 5.8) วัดการเปลี่ยนแปลงของความขุ่น $\text{OD}_{540\text{nm}}$ ทุก 30 วินาที เป็นเวลา 10 นาที ด้วยเครื่อง microplate reader

2.3.4 การศึกษา respiratory burst โดยวิธีการ NBT (Nitroblue Tetrazolium)

ทดสอบประสิทธิภาพการทำลายเชื้อแบคทีเรียของเซลล์เม็ดเลือด (Respiratory burst) ทดสอบตามวิธีการของ Secombes (1990) โดยใช้เซลล์เม็ดเลือดขาว 175 μL (6×10^6 cells/mL⁻¹) ใน PBS เติมนลงในถาดหลุม 96-well microtiter เติมนิโตรบลู เทตราโซเลียม (NBT) 25 μL (1 mg/mL) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25°C) นาน 2 ชั่วโมง จากนั้นทิ้งสารละลายส่วนใสด้านบน ล้างด้วยเมธานอล 125 μL เทสารละลายด้านบนทิ้งแล้วล้างด้วยเมธานอล 70% หลุมละ 125 μL จำนวนสองครั้ง ตั้งทิ้งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง นาน 30 นาที จากนั้นเติม 2N KOH จำนวน 125 μL และ DMSO 150 μL จากนั้นไปวัด $\text{OD}_{655\text{nm}}$

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way-ANOVA) ของค่าการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย

ของปลานิล และค่าคุณภาพน้ำ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป และหาความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ตามวิธี Tukey's HSD test

ผลการวิจัย

1. ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและอัตราการตาย

การทดลองเสริมจุลินทรีย์โปรไบโอติก ผสมอาหารเม็ดสำเร็จรูป ซึ่งมีจุลินทรีย์หลักคือ *Bacillus subtilis* ในปริมาณความเข้มข้น 0, 2, 5 และ 10 มล./อาหาร 1 กก. ในอัตราการให้อาหาร 3% biomass พบว่า การเจริญเติบโตดีขึ้น โดยมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ซึ่งมีแนวโน้มสูงกว่าปลาที่ไม่ได้รับอาหารผสมโปรไบโอติก ($P>0.05$)

น้ำหนักสุดท้ายของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมโปรไบโอติก 2 มล./อาหาร 1 กิโลกรัม สูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังแสดงใน Table 1

อัตราแลกเนื้อของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมโปรไบโอติก 2 มล./อาหาร 1 กิโลกรัม มีแนวโน้มต่ำกว่าชุดการทดลองอื่น แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ดังแสดงใน Table 1

อัตราการตายของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมโปรไบโอติกในอัตราส่วนที่ต่างกัน พบว่า อัตราการรอดตายของปลานิลแต่ละชุดการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ดังแสดงใน Table 1

2. ค่าการจับกินสิ่งแปลกปลอมของเม็ดเลือดขาว

การศึกษาผลของโปรไบโอติกต่อค่าการจับกินสิ่งแปลกปลอมของเม็ดเลือดขาว พบว่า ในปลานิลที่ได้รับอาหารผสมโปรไบโอติกที่ความเข้มข้น 0, 2, 5 และ 10

มล./อาหาร 1 กก. ให้ที่ 3% ของน้ำหนักตัว หลังได้รับโปรไบโอติก 20 วัน มีค่าการจับกินสิ่งแปลกปลอมสูงที่สุด ในกลุ่มที่ผสมโปรไบโอติก 10 มล./อาหาร 1 กก. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลอง ($P>0.05$) ที่ปลาอายุ 40 วัน ในกลุ่มที่ผสมโปรไบโอติก 2, 5 และ 10 มล./อาหาร 1 กก. มีค่าการจับกินสิ่งแปลกปลอมสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนที่อายุปลา 60 วัน ในกลุ่มที่ผสมโปรไบโอติก 5 มล./อาหาร 1 กก. มีค่าการจับกินสิ่งแปลกปลอมสูงกว่ากลุ่มทดลองอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แสดงดัง Fig. 1

3. ผลของโปรไบโอติกต่อกิจกรรมไลโซไซม์

การศึกษาผลของโปรไบโอติกต่อกิจกรรมไลโซไซม์ในปลานิล พบว่า กิจกรรมไลโซไซม์ของปลานิลที่ได้รับอาหารผสมโปรไบโอติกที่ความเข้มข้น 0, 2, 5 และ 10 มล./อาหาร 1 กก. ให้ที่ 3 เปอร์เซนต์ ของน้ำหนักตัว ที่อายุปลา 20 วัน ในกลุ่มที่ผสมโปรไบโอติก 2 มล./อาหาร 1 กก. กิจกรรมไลโซไซม์เฉลี่ยมีค่าสูงกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ผสมโปรไบโอติก 0 และ 5 มล./อาหาร 1 กก. แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) กับชุดการทดลองที่ผสมโปรไบโอติก 10 มล./อาหาร 1 กก. ที่อายุปลา 40 วัน ในกลุ่มที่ผสมโปรไบโอติก 10 มล./อาหาร 1 กก. กิจกรรมไลโซไซม์เฉลี่ยมีค่าสูงกว่าชุดการทดลองที่ผสมโปรไบโอติก 0 และ 2 มล./อาหาร 1 กก. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่อายุปลา 60 วัน ในกลุ่มที่ผสมโปรไบโอติก 5 และ 10 มล./อาหาร 1 กก. กิจกรรมไลโซไซม์เฉลี่ยมีค่าสูงกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แสดงดัง Fig. 2

4. ผลของโปรไบโอติกต่อ respiratory burst โดยวิธีการ NBT (Nitroblue Tetrazolium)

การศึกษาผลของโปรไบโอติกต่อ Phagocytosis โดยวิธีการ NBT ในปลานิล พบว่า ค่า NBT ของปลานิลที่ได้รับอาหารผสมโปรไบโอติกที่ความเข้มข้น 0, 2, 5 และ 10 มล./อาหาร 1 กก. ให้ที่ 3 เพอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว ที่อายุปลา 20 และ 40 วัน ในกลุ่มที่ผสมโปรไบโอติก ผลิตสารซูเปอร์ออกไซด์เพิ่มสูงขึ้นกว่าชุดควบคุม แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ที่อายุปลา 60 วัน ในกลุ่มที่ผสมโปรไบโอติก 2 มล./อาหาร 1 กก. ผลิตสารซูเปอร์ออกไซด์เพิ่มสูงขึ้นสูงกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แสดงดัง Fig. 3

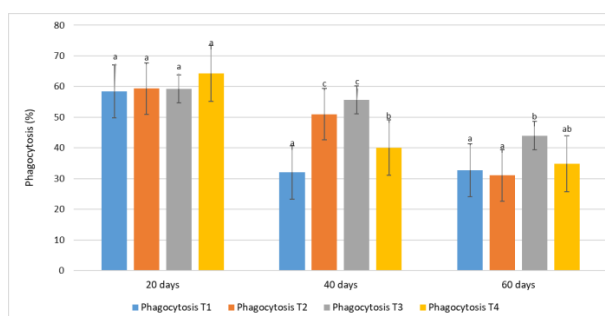


Fig. 1 Percentage of phagocytosis. Data are presented as mean $\pm$ S.E of three replications. Different letters are significantly different ($p < 0.05$) among treatments.

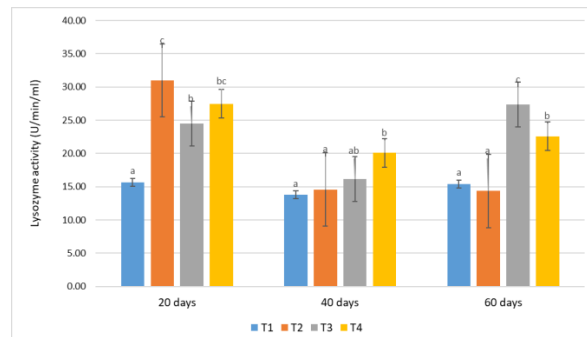


Fig. 2 Lysozyme activity. Data are presented as mean $\pm$ S.E of three replications. Different letters are significantly different ($p < 0.05$) among treatments.

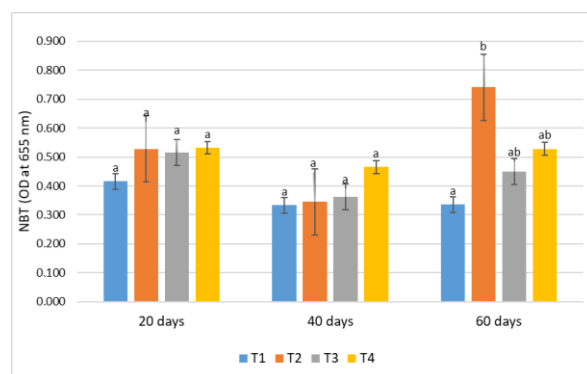


Fig. 3 Nitroblue Tetrazolium (NBT) Data are presented as mean $\pm$ S.E of three replications. Different letters are significantly different ($p < 0.05$) among treatments.

Table 1 Growth performances of tilapia; initial weight, final weight, weight gain, average daily gain (ADG), feed conversion ratio (FCR) and survival rate (%) (mean±SE)

Growth Performances	Treatments			
	T1 – control	T2 –adding 2 mL kg ⁻¹	T3 –adding 5 mL kg ⁻¹	T4 –adding 10 mL kg ⁻¹
Initial weight (g fish ⁻¹)	19.89±0.86	18.07±0.32	18.08±0.51	17.58±1.72
Final weight (g fish ⁻¹)	107.74±2.95 ^a	111.53±0.98 ^b	108.04±9.61 ^a	107.40±1.77 ^a
Weight gain (g fish ⁻¹)	87.85±2.32	93.46±1.25	89.95±9.94	89.82±1.88
ADG (g day ⁻¹)	1.46±0.04	1.56±0.02	1.50±0.17	1.50±0.03
FCR	0.91±0.01	0.85±0.04	0.87±0.1	0.86±0.03
Survival rate (%)	97.50±2.5	98.33±2.89	100	99.17±1.44

Data are presented as mean ± SE of three replicates. Values in each row with different superscripts show significant difference among treatments at $p \leq 0.05$ using ANOVA followed by Tukey's HSD test.

วิจารณ์ผลการวิจัยผลการวิจัย

จากการทดลองเสริมจุลินทรีย์โปรไบโอติกในอาหารเม็ดสำเร็จรูป เลี้ยงปลานิล 60 วัน พบว่า การเจริญเติบโตดีขึ้น โดยมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นและอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงกว่าปลาที่ไม่ได้รับอาหารผสมโปรไบโอติก ($P > 0.05$) สอดคล้องกับการศึกษาของ เมธาวี และคณะ (2560) ที่ศึกษาพบว่า การเสริมโปรไบโอติก *Bacillus subtilis* ในอาหาร 10^9 CFU/กรัม โดยใช้โปรไบโอติกผสมอาหารเม็ดสำเร็จรูปอัตราส่วนแตกต่างกัน 4 ระดับคือ 0, 0.5, 1 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ เลี้ยงเป็นเวลา 90 วัน พบว่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มสูงกว่าปลาที่ไม่ได้รับอาหารผสมโปรไบโอติก ($P > 0.05$) คณาธิปและคณะ (2558) ศึกษาการเสริมโปรไบโอติก *Bacillus subtilis* ในอาหาร 10^6 CFU/กรัม พบว่า การเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) อาจเนื่องจาก

ปริมาณโปรไบโอติกที่ผสมในอาหาร ระยะเวลาหรือวิธีการให้ไม่เหมาะสมที่จะเสริมการเจริญเติบโตจำเพาะของปลา อย่างไรก็ตาม น้ำหนักสุดท้ายของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมโปรไบโอติกสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Liu et al. (2012) ได้ทดลองเสริมโปรไบโอติก *Bacillus subtilis* E20 ในปลาเก๋า ขนาดเฉลี่ยเริ่มต้น 2.8 กรัม ผสมโปรไบโอติกที่ความเข้มข้น 10^4 , 10^6 และ 10^8 CFU/กรัม เลี้ยงที่ระยะเวลา 28 วัน พบว่าในชุดการทดลองที่ผสมโปรไบโอติก มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นตามปริมาณการใช้โปรไบโอติกที่มากขึ้น สูงกว่าชุดควบคุมอย่างแตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$) และ Aly et al. (2008) ที่ศึกษาการเสริมโปรไบโอติก *Bacillus pumilus* ทำให้อัตราการเจริญเติบโตปลานิลดีขึ้น ในงานทดลองนี้เลี้ยงระยะเวลา 4 สัปดาห์ ขนาดปลาเริ่มต้น 50 ± 5 กรัม/ตัว พบว่าปลาในกลุ่มทดลอง 10^6 และ 10^{12} CFU/กรัม คำน้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และอัตราการ

เจริญเติบโตจำเพาะ สูงกว่าปลาที่ไม่ได้รับอาหารผสมโปรไบโอติก ($P < 0.05$) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักสุดท้าย และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมโปรไบโอติกมีแนวโน้มที่สูงขึ้น อาจเนื่องจากโปรไบโอติก ส่งเสริมให้ปลากินอาหารดีขึ้น ทำให้การดูดซึมอาหารเพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต อัตราการแลกเนื้อต่ำลง และ การทำงานของเอนไซม์อะไมเลส โปรเตส และไลเปสในลำไส้ปลานิลที่กินอาหารเสริม *B. subtilis* และ *L. rhamnosus* ดีขึ้น ซึ่งอาจจะมีส่วนทำให้ปลาโตได้เร็วขึ้น (Eissa and Abou, 2014) ดังรายงานของ Apun et al. (2009) กล่าวว่า การใช้จุลินทรีย์ *Bacillus* spp. และแบคทีเรียกลุ่ม Lactic acid bacteria ไม่ว่าจะเป็นอย่างใดอย่างหนึ่งหรือผสมรวมกัน ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของปลานิล

อัตราการแลกเนื้อ และอัตราการรอดตายพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลอง ($P > 0.05$) แต่มีแนวโน้มดีขึ้นในกลุ่มที่เสริมโปรไบโอติกเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Ridha and Azad (2012) ได้ทดสอบการเสริมโปรไบโอติกชนิด *B. amyloliquefaciens* พบว่า นอกจากจะเพิ่มการเจริญเติบโตแล้วยังทำให้อัตราแลกเนื้อลดลง ปลานิลที่ได้รับการผสม *L. acidophilus* มีอัตราการรอดสูงขึ้นเมื่อทดสอบกับเชื้อ *A. hydrophila* (Villamil et al., 2014) และยังมีรายงานว่า การใช้โปรไบโอติก *Bacillus subtilis* 6×10^6 CFU และ *Saccharomyces cerevisiae* 1.5×10^{10} CFU/มล. เสริมอาหารเลี้ยงปลานิลทำให้ปลานิลมีการเจริญเติบโตดี มีประสิทธิภาพการใช้โปรตีนในอาหารสูงขึ้น และลดจำนวนจุลินทรีย์ก่อโรคในทางเดินอาหาร (Marzouk et al., 2008) ตามรายงานของ Newaj et al. (2014) กล่าวว่า ปลานิลที่ได้รับอาหารผสมจุลินทรีย์โปรไบโอติก มีการกินอาหารดีขึ้น ทำ

ให้การดูดซึมอาหารเพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตดี และอัตราแลกเนื้อต่ำลง

Phagocytic cells มีบทบาทที่สำคัญในระบบภูมิคุ้มกัน จัดเป็นกลไกการป้องกันสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะเจาะจง ซึ่งมีคุณสมบัติเฉพาะตัวในการป้องกันและกำจัดสิ่งแปลกปลอม ค่าการจับกินสิ่งแปลกปลอมของเม็ดเลือดขาวสูงขึ้นในปลานิลที่ได้รับอาหารผสมโปรไบโอติก (Secombes, 1990) โดยค่าพารามิเตอร์เลือดของปลา ถือเป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญ สำหรับการตรวจหาความผิดปกติ ที่เกี่ยวข้องกับการให้อาหาร ความเครียดจากสิ่งแวดล้อม จากโรค และการตอบสนองทางด้านภูมิคุ้มกัน (Dawood et al., 2016) จากการทดลองพบว่า ค่าการจับกินสิ่งแปลกปลอมของเม็ดเลือดขาวหลังจากได้รับอาหารผสมโปรไบโอติก 20 วัน มีค่าการจับกินสิ่งแปลกปลอมสูงที่สุด ในกลุ่มที่ผสมโปรไบโอติก 10 มล./อาหาร 1 กก. ($P > 0.05$) ที่ปลาอายุ 40 วัน ในกลุ่มที่ผสมโปรไบโอติก 2, 5 และ 10 มล./อาหาร 1 กก. มีค่าการจับกินสิ่งแปลกปลอมสูงกว่ากลุ่มทดลองอื่น ($P < 0.05$) ส่วนที่อายุปลา 60 วัน ในกลุ่มที่ผสมโปรไบโอติก 5 มล./อาหาร 1 กก. มีค่าการจับกินสิ่งแปลกปลอมสูงกว่ากลุ่มทดลองอื่น ($P < 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Telli et al. (2014) ได้ทดลองเสริมโปรไบโอติก *Bacillus subtilis* ในปลานิล ขนาดเฉลี่ยเริ่มต้น 32.63 กรัม ผสมโปรไบโอติกที่ความเข้มข้น 5×10^6 CFU/กรัม เลี้ยงที่ระยะเวลา 84 วัน พบว่า ในชุดการทดลองที่ผสมโปรไบโอติก มีค่า phagocytic activities สูงกว่าชุดควบคุมแต่ไม่แตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) และ Salinas et al. (2005) ได้ทดลองเสริมโปรไบโอติก *Bacillus subtilis* ในปลา Gilthead seabream ที่ความเข้มข้น 0.5×10^7 CFU/กรัม เป็นเวลา 3 สัปดาห์ วัดค่า phagocytic activity ทุก 1 สัปดาห์ พบว่าค่า

Phagocytic activity สูงขึ้น ในสัปดาห์ที่ 2 และ 3 ซึ่งสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ไลโซไซม์เป็นโปรตีนที่มีความสำคัญต่อระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ มีความสามารถในการทำลายผนังเซลล์แบคทีเรียแกรมบวก สามารถพบได้ในเมือกปลา ชีรุ่ม และเนื้อเยื่อ (Magnadottir, 2006) มีการศึกษาในปลาสาวยที่ได้รับอาหารผสมโปรไบโอติก ชนิด *Bacillus licheniformis* Dahb1 10^7 CFU/มิลลิลิตร มีค่ากิจกรรมไลโซไซม์ที่เพิ่มขึ้น (Das et al., 2013) และ ในปลากระโทง ที่ได้รับอาหารผสม *B. amyloliquefaciens* 10^8 และ 10^9 CFU/กรัม มีค่ากิจกรรมไลโซไซม์ที่เพิ่มขึ้น (Gobi et al., 2018) จากการทดลองพบว่า กิจกรรมไลโซไซม์ของปลานิลที่ได้รับอาหารผสมโปรไบโอติก มีค่าสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ชนกันต์ (2545) กล่าวว่า การใช้สารกระตุ้นภูมิคุ้มกันชนิดต่าง ๆ เช่น ส่วนประกอบของเซลล์แบคทีเรีย กลูแคน วิตามินและสารสังเคราะห์ต่าง ๆ จะช่วยเพิ่มการทำงานของเซลล์ที่ทำหน้าที่กลืนกินสิ่งแปลกปลอม กระตุ้นการตอบสนองของเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกันทำให้มีการเพิ่มการผลิตไลโซไซม์

Respiratory burst เป็นกระบวนการที่มีความสำคัญต่อระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ มีความสามารถในการทำลายเชื้อโรคโดยขบวนการจับกินสิ่งแปลกปลอมที่ดีขึ้น (Secombes, 1990) ปลาส่วนมากเมื่อได้รับโปรไบโอติกในปริมาณที่เหมาะสม จะมีค่า Respiratory burst ของ Phagocytes ที่สูง (Kumar et al., 2008) จากการทดลองพบว่า Phagocytosis โดยวิธีการ NBT ของปลานิลที่ได้รับอาหารผสมโปรไบโอติก ที่อายุปลา 20 และ 40 วัน ในกลุ่มที่ผสมโปรไบโอติก ผลิตสารซูเปอร์ออกไซด์เพิ่มสูงขึ้นกว่าชุดควบคุม แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ที่อายุปลา 60 วัน

ในกลุ่มที่ผสมโปรไบโอติก 2 มล./อาหาร 1 กก. ผลิตสารซูเปอร์ออกไซด์เพิ่มสูงขึ้นสูงกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สอดคล้องกับการทดลองของ Liu et al. (2017) ศึกษาการใช้โปรไบโอติก *Bacillus subtilis* HAINUP40 ในการเลี้ยงปลานิล พบว่า Respiratory burst ของ Phagocytes ในกลุ่มทดลองเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญหลังจากได้รับอาหารเป็นเวลา 2 สัปดาห์ และ Zaineldin et al. (2018) ศึกษาการใช้โปรไบโอติก *Bacillus subtilis* ในการเลี้ยงปลาจันแดง ซึ่งพบว่าค่า NBT สูงขึ้นในกลุ่มที่ผสมโปรไบโอติก Siwicki et al. (1994) กล่าวว่า การทดสอบ NBT reduction เพื่อตรวจหาการเกิดอนุมูลอิสระในระบบภูมิคุ้มกัน ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้การสร้างภูมิคุ้มกันเพื่อประเมินความสามารถในการป้องกันกับเชื้อโรค ถือเป็นวิธีการที่น่าเชื่อถือ

จากการทดลองจะเห็นว่าผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ G Biotic ซึ่งมีจุลินทรีย์หลัก คือ *Bacillus subtilis* มีความเป็นไปได้ในการที่จะนำมาใช้ในการเป็นโปรไบโอติกเพื่อเร่งการเจริญเติบโตและเสริมภูมิคุ้มกันได้ดี

สรุปผลการวิจัย

การเสริมโปรไบโอติกที่ความเข้มข้น 2 มล./อาหาร 1 กก. ในอัตราการให้อาหาร 3% Biomass ส่งผลให้การเจริญเติบโตสูงสุด และมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีที่สุด

ระบบภูมิคุ้มกันของปลานิลเพิ่มสูงขึ้น ในชุดการทดลองที่ผสมโปรไบโอติกการเสริมโปรไบโอติกที่ความเข้มข้น 2 มล./อาหาร 1 กก. จึงเป็นความเข้มข้นที่คุ้มค่าและเหมาะสมที่สุดในการเลือกใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการ
วิจัย (สกว.) โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่อ

อุตสาหกรรม และ บจก. กรีนเทค อควาคัลเจอร์ จำกัด ที่
สนับสนุนงบประมาณในการทำงานวิจัย

References

- Aly, S.M., Abd-El-Rahman, A.M., John, G. and Mohamed, M.F. 2008. Characterization of some bacteria isolated from *Oreochromis niloticus* and their potential use as probiotics. *Aquacult.* 277(1): 1-6.
- Apún-Molina, J. P., Santamaria- Miranda, A., Luna-González, A., Martínez-Díaz, S. F. & Rojas-Contreras, M. 2009. Effect of potential probiotic bacteria on growth and survival of tilapia *Oreochromis niloticus* L., cultured in the laboratory under high density and suboptimum temperature. *Aquacult. Res.* 40(8): 887-894.
- Chitmanat, C. 2002. Immunostimulants in aquaculture. *Songklanakarin J. Sci. Tech.* 24(4): 739-747.
- Das, A., Nakhro, K., Chowdhury, S. & Kamilya, D. 2013. Effects of potential probiotic *Bacillus amyloliquifaciens* FPTB16 on systemic and cutaneous mucosal immune responses and disease resistance of catla (*Catla catla*). *Fish & Shellfish Immun.* 35(5): 1547-1553.
- Dawood, M.A.O., Koshio, S., Ishikawa, M., El-Sabagh, M., Esteban, M.A. and Zaineldin, A.I. 2016. Probiotics as an environment-friendly approach to enhance red sea bream, *Pagrus major* growth, immune response and oxidative status. *Fish & Shellfish Immun.* 57: 170-178.
- Eissa, N., and Abou-ELGheit, E. 2014. Dietary supplementation impacts of potential nonpathogenic isolates on growth performance, hematological parameters and disease resistance in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *J. Veterinary Adv.* 4(10): 712-719.
- Gismondo, M.R., Drago, L. and Lombardi, A. 1999. Review of probiotics available to modify gastrointestinal flora. *Int. J. Antimicrob. Ag.* 12(4): 287-292.

- Gobi, N., Vaseeharan, B., Chen, J.-C., Rekha, R., Vijayakumar, S., Anjugam, M. and Iswarya, A. 2018. Dietary supplementation of probiotic *Bacillus licheniformis* Dab1 improves growth performance, mucus and serum immune parameters, antioxidant enzyme activity as well as resistance against *Aeromonas hydrophila* in tilapia *Oreochromis mossambicus*. Fish & Shellfish Immun. 74: 501-508.
- Kumar, R., Mukherjee, S. C., Ranjan, R. and Nayak, S. K. 2008. Enhanced innate immune parameters in *Labeo rohita* (Ham.) following oral administration of *Bacillus subtilis*. Fish & Shellfish Immun. 24(2): 168-172.
- Liu, C.-H., Chiu, C.-H., Wang, S.-W. and Cheng, W. 2012. Dietary administration of the probiotic, *Bacillus subtilis* E20, enhances the growth, innate immune responses, and disease resistance of the grouper, *Epinephelus coioides*. Fish & Shellfish Immun. 33(4): 699-706.
- Liu, H., Wang, S., Cai, Y., Guo, X., Cao, Z., Zhang, Y., Liu, S., Yuan, W., Zhu, W., Zheng, Y., Xie, Z., Guo, W. and Zhou, Y. 2017. Dietary administration of *Bacillus subtilis* HAINUP40 enhances growth, digestive enzyme activities, innate immune responses and disease resistance of tilapia, *Oreochromis niloticus*. Fish & Shellfish Immun. 60: 326-333.
- Magnadóttir, B. 2006. Innate immunity of fish (overview). Fish & Shellfish Immun. 20(2): 137-151.
- Newaj-Fyzul, A., Al-Harbi, A. H. and Austin, B. 2014. Review: Developments in the use of probiotics for disease control in aquaculture. Aquacult. 431: 1-11.
- Mongkoldee, M., Leerapat, W. & Thaimuangphol, W. 2017. Effect of Probiotics on Growth Performance and Survival Rate in *Anabas testudineus*. J. Sci. Tech., Ubon Ratchathani University, 19(1), 82-89.
- Noorit, K., 2014. Tilapia status and its products in B.C 2014 and trend in year 2014. http://fishco.fisheries.go.th/fisheconomic/Doc/fishnews_164.pdf (in Thai)
- Noorit, K. 2017. Situation of Nile tilapia on the production, trading and products of the year 2017 and trend of year 2018. (Online). Available from: <http://fishco.fisheries.go.th/fisheconomic/Pdf> (2018, October 15). (in Thai)
- Parry, R.M. R.C. Chandau and R.M. Shahani. 1965. A rapid and sensitive assay of muramidase. Proc. Soc. exp. Biol. Med, 119: 384-386.

- Promnuan, K., Klawech, W. and Kiratnikom, S. 2015. Application of probiotics for increasing of growth performance, feed utilization and disease resistance in hybrid red tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*). Proceedings of Kasetsart University Annual Conference. Kasetsart University. (in Thai)
- Ridha, M. T. and Azad, I. S. 2012. Preliminary evaluation of growth performance and immune response of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* supplemented with two putative probiotic bacteria. Aquacult. Res. 43(6): 843-852.
- Secombes, C.J. 1990. Isolation of salmonid macrophages and analysis of their killing activity. Tech. Fish Immun., NJ 07704-3303: 139-154.
- Salinas, I., Cuesta, A., Esteban, M. Á. and Meseguer, J. 2005. Dietary administration of *Lactobacillus delbrückii* and *Bacillus subtilis*, single or combined, on gilthead seabream cellular innate immune responses. Fish & Shellfish Immun. 19(1): 67-77.
- Siwicki, A. K., Anderson, D. P. and Rumsey, G. L. 1994. Dietary intake of immunostimulants by rainbow trout affects non-specific immunity and protection against furunculosis. Vet. Immun. Immunopath., 41(1): 125-139.
- Suwan, C. and Chitmanat, C. (2017). Review of The application of probiotics for Tilapia culture. Chiang Mai Vet. J. 15(1): 15-24.
- Telli, G. S., Ranzani-Paiva, M. J. T., Dias, D. d. C., Sussel, F. R., Ishikawa, C. M. & Tachibana, L. 2014. Dietary administration of *Bacillus subtilis* on hematology and non-specific immunity of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* raised at different stocking densities. Fish & Shellfish Immun. 39(2): 305-311.
- Villamil, L., Reyes, C. and Martínez-Silva, M. A. 2014. In vivo and in vitro assessment of *Lactobacillus acidophilus* as probiotic for tilapia (*Oreochromis niloticus*, Perciformes: Cichlidae) culture improvement. Aquacult. Res. 45(7): 1116-1125.
- Yoshida, T. and Kitao, T. 1991. The Opsonic Effect of Specific Immune Serum on the Phagocytic and Chemiluminescent Response in Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss* Phagocytes. Fish Patho. 26(1): 29-33.
- Zaineldin, A. I., Hegazi, S., Koshio, S., Ishikawa, M., Bakr, A., El-Keredy, A. M. S., Dawood, M. A. O., Dossou, S., Wang, W. & Yukun, Z. 2018. *Bacillus subtilis* as probiotic candidate for red sea bream: Growth performance, oxidative status, and immune response traits. Fish & Shellfish Immun. 79: 303-312.

การปรับปรุงคุณสมบัติของขนมจีนเส้นสด โดยใช้แป้งพรีเจลาตินซ์จากข้าวโพดสีม่วงทดแทนแป้งข้าวเจ้า

ศศิธร ปุรินทรภิบาล*

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ชลบุรี 20110

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมจีนเส้นสด โดยการทดแทนแป้งข้าวเจ้า (rice flour: RF) ด้วยแป้งข้าวโพดสีม่วง (purple corn flour: PCF) และแป้งข้าวโพดสีม่วงพรีเจลาตินซ์ การศึกษากระบวนการผลิตแป้งข้าวโพดสีม่วงพรีเจลาตินซ์ที่เหมาะสมได้ทำการศึกษา 3 ปัจจัย ได้แก่ ความเข้มข้นของน้ำแป้งที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 และ 20 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร อุณหภูมิที่ใช้ในการกวนน้ำแป้งที่อุณหภูมิ 75 และ 85 องศาเซลเซียส และกระบวนการทำแห้ง คือ การทำแห้งบนถาดในตู้อบลมร้อน (Tray dry) และเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งเดี่ยว (Drum dry) จากนั้นทำการวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ของแป้งข้าวโพดสีม่วงพรีเจลาตินซ์ และแป้งควบคุมสองชนิด คือ แป้งข้าวเจ้า (RF) และ แป้งข้าวโพดสีม่วง (PCF) พบว่าค่าแป้งข้าวโพดสีม่วงพรีเจลาตินซ์ T20-85 ที่เตรียมจากน้ำแป้งที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 และกวนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส และทำแห้งด้วยวิธี Tray dry มีค่าการพองตัวสูงที่สุดเท่ากับ 24.11 กรัม/น้ำหนักแห้ง รองลงมาคือ D20-85 ที่เตรียมจากน้ำแป้งที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 และกวนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส และทำแห้งด้วยวิธี Drum dry เท่ากับ 16.60 กรัมต่อกรัม/น้ำหนักแห้ง นอกจากนี้จากยังพบว่าแป้งทั้งสองมีลักษณะเจลที่อ่อนนุ่มไม่แตก่วนหลังเย็นตัวลง จึงเลือกแป้งข้าวโพดสีม่วงพรีเจลาตินซ์ T20-85 และ D20-85 มาประยุกต์ใช้ในการศึกษาพัฒนาเส้นขนมจีน การศึกษาปรับปรุงเส้นขนมจีนโดยการทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ขนมจีนด้วยแป้ง 3 ชนิด ได้แก่ แป้งข้าวโพดสีม่วง แป้งข้าวโพดสีม่วงพรีเจลาตินซ์ T20-85 และ D20-85 ที่ระดับการทดแทนร้อยละ 10 และ 30 โดยน้ำหนักแป้ง พบว่าเส้นขนมจีน PCF:10 T20-85:10 และ D20-85:10 มีผลคะแนนการทดสอบความชอบจากผู้บริโภคในด้าน สี รสชาติ, เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากที่สุด จึงสรุปได้ว่าการทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวโพดสีม่วง แป้งข้าวโพดสีม่วงพรีเจลาตินซ์ T20-85 และ D20-85 ที่ระดับการทดแทนร้อยละ 10 เป็นระดับที่เหมาะสม โดยข้อมูลจากงานวิจัยนี้สามารถเป็นแหล่งข้อมูลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ และส่งเสริมเศรษฐกิจชุมชนให้ยั่งยืนต่อไป

คำสำคัญ: ข้าวโพดสีม่วง, แป้งพรีเจลาตินซ์, ขนมจีนเส้นสด

*ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: sathithon@hotmail.com

Improved Properties of Fresh Kanom-Jeen by Using Pregelatinized Purple Corn Flour Substitute Rice Flour

Sathithon Purintraphiban^{*}

Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Chonburi, 20110, Thailand

Abstract

The objective of this research was to develop the fresh kanom jeen product by substitution of rice flour (RF) with purple corn flour (PCF) and pregelatinized purple corn flour. The optimal condition for producing pregelatinized purple corn flour was studied on 3 factors, including concentration of flour solution (10 and 20% w/v), stirred temperature (75 and 85 °C) and drying method (tray dry and drum dry). Properties of pregelatinized purple corn flour were analyzed and compare with 2 control sample (RF and PCF). The results showed T20-85 (pregelatinized purple corn flour was prepared from 20% concentration of flour solution at 85 °C and dried using tray dry) had highest swelling power about 24.11 g/g dry weight while D20-85 (pregelatinized purple corn flour was prepared from 20% concentration of flour solution at 85 °C and dried using drum dry) about 16.60 g/g dry, respectively. Both samples had soft gel after retrogradation. T20-85 and D20-85 were selected and applied in fresh kanom jeen. The effect of substitution by 3 type of flour consisting of purple corn flour (PCF), pregelatinized purple corn flour T20-85 and D20-85 with different level at 10 and 30% (w/w) was investigated. The results showed, PCF:10, T20-85:10 and D20-85:10 had highest liking score in order taste, texture and overall liking from panelists that indicated the substitution of 10% PCF, T20-85 and D20-85 are appropriate level for fresh kanom jeen. These results would be useful as a source of database for product development and promoting sustainable economic to community.

Keywords: Purple corn, Pregelatinize flour, Fresh kanom-jeen

^{*}Corresponding author: E-mail: sathithon@hotmail.com

บทนำ

ขนมจีนเป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปจากแป้งข้าวเจ้าที่มีการผลิตในทุกภาคของไทย และเป็นที่นิยมรับประทานกันทั่วประเทศ โดยคุณภาพของเส้นขนมจีนขึ้นอยู่กับวิธีการใช้วัตถุดิบ และกระบวนการผลิตที่เหมาะสม (Judvong, 2002) ขนมจีนมีลักษณะเป็นเส้นกลมๆ รับประทานกับน้ำยากะทิ น้ำพริก และแกงเขียวหวาน ทางภาคเหนือจะเรียกขนมจีนว่า “ขนมเส้น” ทางภาคอีสานเรียก “ข้าวปุ้น” และภาคใต้เรียก “หนมจีน” ขนมจีนที่มีการผลิต และบริโภคในประเทศไทยแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ ขนมจีนเส้นสด ทำจากข้าวเจ้า หรือปลายข้าวที่ผ่านการแช่น้ำ หรือล้างน้ำก่อนที่จะนำมาต้ม โดยไม่ผ่านการหมัก ขนมจีนชนิดนี้เก็บไว้ได้ไม่ค่อนนาน ขนมจีนแปงสดอาจทำได้จากแป้งแห้งที่เรียกว่า แป้งไม่น้ำ อีกชนิดคือ ขนมจีนแปงหมัก เป็นขนมจีนที่ทำจากข้าวเจ้า หรือปลายข้าวเจ้าที่ผ่านการหมักก่อนนำมาต้ม เส้นขนมจีนชนิดนี้จะมีกลิ่นแป้งหมัก แต่เส้นจะเหนียวนุ่ม และสามารถเก็บไว้ได้นาน (Suwanasree and Ratanatriwong, 2006) ที่ผ่านมามีการศึกษาการใช้แป้งข้าวโพดเพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสของขนมจีน พบว่า การใช้แป้งข้าวโพดส่งผลให้ขนมจีนมีสมบัติการเกิดเจล และค่า Peak viscosity เพิ่มขึ้น แต่ค่า Peak time และ Pasting temperature ลดลง โดยที่สูตรเส้นขนมจีนที่ใช้แป้งผสมโดยอัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้า: แป้งข้าวโพด: แป้งมันสำปะหลัง 4:2:2 สูตรเส้นขนมจีนที่ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดในทุก ๆ ด้าน จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส (Ekthamasut, 2014)

ศูนย์วิจัยปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ภายใต้การ

สนับสนุนของสำนักพัฒนาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งชาติ ได้ทำการรวบรวมสายพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียว และข้าวโพดเทียนพบว่าข้าวโพดข้าวเหนียว และข้าวโพดเทียนที่มีสีม่วงจนถึงสีดำอยู่เป็นจำนวนมาก มีรายงานว่าเมล็ดข้าวโพดสีม่วงมีแป้งมากกว่าเมล็ดข้าวโพดสีเหลือง และข้าวโพดสีขาว มีปริมาณแร่ธาตุสูงกว่า โปรตีน และกรดอะมิโนไลซีนสูงกว่าข้าวโพดสีเหลือง และยังมีปริมาณโพลีฟีนอลกลุ่มแอนโทไซยานินในปริมาณที่สูง ข้าวโพดสีม่วงจึงเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญยิ่ง (Lertrat *et al.*, 2009) โดยแอนโทไซยานินที่พบในเมล็ด แก่นฝัก และเปลือกหุ้มฝักข้าวโพดสีม่วงมีปริมาณเท่ากับ 1,642, 3,400 และ 18,900 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (DePascual-Teresa and Sanchez-Ballesta, 2008) แอนโทไซยานินเป็นสารประกอบฟีนอลิกในกลุ่มฟลาโวนอยด์ ซึ่งจะพบได้ในส่วนที่มีสีน้ำเงิน สีม่วง แดง และส้มของผลไม้ และผัก มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้สูงกว่าวิตามินซี ช่วยลดการเกิดมะเร็ง และช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันต้านทานให้ร่างกายต่อต้านเชื้อโรคอีกด้วย (Jing *et al.*, 2007; Lao *et al.*, 2017)

ปัจจุบันมีการศึกษาคุณสมบัติ และกระบวนการผลิตแป้งข้าวโพดสีม่วง รวมถึงแนวทางประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ โดยการใช้แป้งข้าวโพดสีม่วงทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น เค้ก คุกกี้ บะหมี่สด (Kokkaew *et al.*, 2015; Chudhangkura *et al.*, 2016) การดัดแปรแป้งข้าวโพดสีม่วงนับเป็นการปรับปรุงคุณสมบัติของแป้งเพื่อให้ได้แป้งที่มีคุณสมบัติเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์มากขึ้น การดัดแปรแป้งเป็นการนำแป้งมาผ่านกรรมวิธีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโดยวิธีทางเคมี กายภาพ เอนไซม์ หรือโดยจุลินทรีย์ เพื่อเปลี่ยนคุณสมบัติให้เป็นไปตามที่ต้องการ การใช้วิธีทางกายภาพ

อย่างเช่นการให้ความร้อนกับน้ำแป้งเพื่อให้เกิดการเจลาติไนซ์ (gelatinization) จากนั้นทำให้แห้ง (dehydration) ด้วยเครื่องทำแห้ง เช่น เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (drum dry) หรือเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray dry) คุณสมบัติที่สำคัญของแป้งพรีเจลาติไนซ์ คือจะเป็นเจลในน้ำที่อุณหภูมิห้อง หรือต่ำกว่า สามารถดูดซับน้ำได้มากกว่าแป้งดิบ จึงทำให้แป้งพรีเจลาติไนซ์ให้มีความหนืด อุณหภูมิต่ำ เหมาะกับการใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร หรือผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความหนืดโดยไม่ต้องผ่านความร้อน (Rattanapanon, 2014)

จากข้อมูลเบื้องต้นและความสำคัญที่กล่าวมาจึงมีความต้องการที่จะศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของแป้งข้าวโพดสีม่วง รวมถึงสภาวะ และกระบวนการพรีเจลาติไนซ์ขึ้นในการผลิตแป้งข้าวโพดสีม่วงดัดแปรที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำคัญในผลิตภัณฑ์ขนมจีนเส้นสดให้ยังคงคุณภาพที่ดี เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และมีคุณค่าทางอาหารเพิ่มขึ้น และเพิ่มช่องทางการผลิตให้กับผู้ประกอบการ และตัวเลือกเพื่อสุขภาพที่ดีของผู้บริโภคต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมแป้งข้าวโพดสีม่วง และการวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้น

นำข้าวโพดสีม่วงมาอบแห้ง จากนั้นบดผสมจนเป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องมือแบบแห้ง และทำการร่อนแป้งผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh แล้วทำการบรรจุแป้งลงในขวดแก้วมีฝาปิดสนิท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 - 10 องศาเซลเซียส ทำการศึกษาคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพ ของแป้งข้าวโพดสีม่วง ดังนี้

1.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ด้วยการหาน้ำหนักที่หายไปเนื่องจากการระเหยของน้ำและสารที่ระเหยได้ภายใต้อุณหภูมิ 100 ± 5 องศาเซลเซียส (A.O.A.C, 2000)

1.2 การวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลสในแป้งด้วยการตรวจวัดสีที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างแป้งและสารละลายไอโอดีนเปรียบเทียบกับค่าการดูดกลืนแสงที่ 620 นาโนเมตร ซึ่งจะบ่งบอกถึงปริมาณอะมิโลสในแป้ง (Juliano, 1971)

1.3 การวิเคราะห์ความหนืด ด้วยเครื่อง Rapid ViscoAmylograph (RVA)

1.4 ค่าสีในระบบ CIE L^* a^* และ b^* ด้วยเครื่อง spectrophotometr

1.5 การวิเคราะห์กำลังการพองตัว swelling power (Li and Corke, 1999)

1.6 การวิเคราะห์ความสามารถในการละลาย solubility (Li and Corke, 1999)

2. การเตรียมแป้งข้าวโพดสีม่วงพรีเจลาติไนซ์ และการวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้น

ในเบื้องต้นได้นำแป้งข้าวโพดที่เตรียมในข้อ 1 มาทำการศึกษาความเข้มข้นของน้ำแป้ง และอุณหภูมิการกวนที่เหมาะสมในการเตรียมแป้งสุก จากนั้นจึงได้กำหนดสภาวะในการผลิตแป้งดัดแปรด้วยกระบวนการพรีเจลาติไนซ์ขึ้น ได้แก่ ความเข้มข้นของน้ำแป้งที่ร้อยละ 10 และ 20 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร อุณหภูมิที่ใช้ในการกวนน้ำแป้งที่ 75 และ 85 องศาเซลเซียส และกระบวนการทำแห้ง 2 แบบ ได้แก่ การทำแห้งแบบ Tray dry คือ การอบตัวอย่างบนถาดอลูมิเนียมนำเข้าตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง

Table 1 Condition of control flour (RF and PCF) and pregelatinized corn flour including drying method, concentration and temperature of cooked flour solution.

Samples	Drying method	Concentration (% w/w)	Temp. (°C)
RF	-	-	-
CPF	-	-	-
T10-75	Tray Dry	10	75
T10-85		10	85
T20-75		20	75
T20-85		20	85
D10-75	Drum Dry	10	75
D10-85		10	85
D20-75		20	75
D20-85		20	85

Table 2 Ingredient of fresh kanom jeen that substitute with purple corn flour and pregelatinized purple corn flour.

Flour	Substitute (%)	Samples	Ingredient (g)				
			Rice flour	Thao yai mom flour	PCF	T20-85	D20-85
RF	-	Control	600	15	-	-	-
PCF	10	PCF:10	540	-	60	-	-
	30	PCF:30	480	-	180	-	-
T20-85	10	T20-85:10	540	-	-	60	-
	30	T20-85:30	480	-	-	180	-
D20-85	10	D20-85:10	540	-	-	-	60
	30	D20-85:30	480	-	-	-	180

และ วิธีการทำแห้งแบบ Drum dry คือ การใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งเดี่ยวที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการศึกษาคูณสมบัติทางเคมี และกายภาพของแป้งข้าวเจ้า และข้าวโพดสีม่วงที่ผ่านกระบวนการพรีเจลาติไนซ์ ตามวิธีวิเคราะห์ในข้อ 1.1 – 1.6 และ

คัดเลือกแป้งข้าวโพดสีม่วงพรีเจลาติไนซ์ที่เหมาะสมเพื่อใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมจีนสดต่อไป

3. การเตรียมเส้นขนมจีนสดจากแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวโพดสีม่วง และข้าวโพดสีม่วงพรีเจลาติไนซ์

ทำการเตรียมเส้นขนมจีนสด โดยเติมเกลือ 5 กรัม ลงในแป้งผสม (Table 2) และกวนผสมกับน้ำร้อน 600

มิลลิลิตร บนกระทะทองเหลืองจนเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นตีผสมกับน้ำร้อน 450 มิลลิลิตรด้วยเครื่องตีผสมจนแป้งเนียนเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วจึงนำแป้งมาโรยเป็นเส้นขนมจีนในน้ำเดือด ทำการช้อนเส้นสุกที่ลอยใส่ลงในน้ำเย็น และจับเส้นขนมจีนให้เป็นจับสวยงาม นำเส้นขนมจีนที่ได้มาทำการประเมินคุณภาพ ได้แก่

3.1 การวิเคราะห์ค่าสี

3.2 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (ค่าความแข็ง และค่าความเหนียว)

3.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบ ด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ นำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-Way ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ

95 โดยเปรียบเทียบความแตกต่างแบบวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ผลการวิจัย

1. คุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของแป้งข้าวเจ้า และแป้งข้าวโพดดัดแปร ด้วยกระบวนการพรีเจลาติไนซ์

คุณภาพของแป้งพิจารณาได้จากคุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น และอะมิโลส รวมถึงคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น พฤติกรรมความหนืด การพองตัว และการละลาย เป็นต้น จากการศึกษาดัดแปรคุณสมบัติของแป้งข้าวเจ้า และแป้งข้าวโพดสีม่วง ด้วยกระบวนการพรีเจลาติไนซ์ เพื่อประยุกต์ใช้ในการผลิตขนมจีนเส้นสด โดยได้ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี และทางกายภาพ (Table 3)

Table 3 Chemical and physical properties of RF, PCF and pregelatinized PCF

Samples	Moisture (%)	Amylose (%)	Lightness	Redness	Yellowness	Power swelling (g/g dry w.)	Solubility (g/g dry w.)
RF	13.14±0.00 ^a	44.00±0.00 ^a	92.93±0.02 ^e	-0.12±0.04 ^d	3.85±0.14 ^d	13.71±1.63 ^c	2.97±0.26 ^e
PCF	9.03±0.00 ^b	11.00±0.00 ^b	70.01±0.03 ⁱ	6.78±0.06 ^c	9.62±0.11 ^b	10.71±0.44 ^d	3.21±0.37 ^e
T10-75	3.89±0.36 ^d	8.00±0.00 ^{bc}	57.24±0.08 ^f	7.50±0.05 ^{bc}	8.56±0.09 ^b	8.55±0.54 ^e	5.53±0.55 ^d
T10-85	3.11±0.30 ^d	9.00±0.01 ^b	43.82±0.06 ^b	10.41±0.08 ^{ab}	11.23±0.13 ^a	16.10±1.15 ^b	5.67±0.40 ^d
T20-75	3.88±0.91 ^d	6.00±0.00 ^c	54.19±0.26 ^c	8.32±0.10 ^b	12.30±0.12 ^a	10.87±0.74 ^d	9.41±0.15 ^a
T20-85	2.17±0.54 ^e	8.00±0.00 ^{bc}	41.15±0.15 ^a	11.53±0.04 ^a	13.23±0.05 ^a	24.11±1.34 ^a	9.68±0.59 ^a
D10-75	6.64±0.23 ^c	10.00±0.01 ^b	61.14±0.02 ^g	9.84±0.01 ^{ab}	8.88±0.05 ^b	5.94±1.02 ^d	7.20±0.61 ^c
D10-85	6.68±0.18 ^c	11.00±0.00 ^b	61.69±0.02 ^h	9.66±0.02 ^{ab}	8.59±0.05 ^b	10.99±0.52 ^d	7.42±1.32 ^b
D20-75	6.07±0.27 ^c	9.00±0.00 ^b	55.85±0.08 ^e	10.28±0.10 ^a	8.51±0.15 ^b	7.96±0.24 ^e	8.06±0.79 ^b
D20-85	6.39±0.41 ^d	10.00±0.00 ^b	55.64±0.30 ^d	10.46±0.03 ^a	7.15±0.07 ^c	16.60±1.77 ^b	8.67±1.12 ^{ab}

Note: ^{a-e} Mean difference in the same column (p<0.05).

แป้งแต่ละชนิดมีปริมาณความชื้นของแป้งขึ้นอยู่กับความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity ; RH) ของอากาศขณะที่เก็บผลิตภัณฑ์ ถ้ามีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำแป้งจะมีความชื้นต่ำด้วย ถ้าความชื้นสูงเม็ดแป้งจะดูดซับน้ำไว้มากปริมาณความชื้นสมดุล (equilibrium moisture content) ของแป้งขึ้นอยู่กับชนิดของแป้ง ภายใต้สภาวะอากาศปกติแป้งโดยทั่วไปจะมีปริมาณความชื้นร้อยละ 10 - 20 จากผลการวิเคราะห์ความชื้นของแป้ง พบว่ากระบวนการพรีเจลาตินในเซชันทำให้แป้งข้าวโพดสีม่วงมีความชื้นลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับแป้งดิบที่ไม่กระบวนการ ซึ่งความร้อนที่ใช้ในกระบวนการจะส่งผลให้ความชื้นของแป้งมีค่าลดลง (Jiamyangyuen, 2018) และเมื่อเปรียบเทียบวิธีการทำแห้งพบว่า การทำแห้งด้วยวิธี Tray dry สามารถไล่ความชื้นได้มากกว่าการทำแห้งด้วยวิธี Drum dry อาจเนื่องมาจากการทำแห้งด้วยวิธี Tray dry ใช้ระยะเวลาในการให้ความร้อนนานกว่าการทำแห้งด้วยวิธี Drum dry เป็นผลให้ความชื้นลดลงได้มากกว่า

ปริมาณอะมิโลสในแป้งจะขึ้นอยู่กับชนิดของแป้ง โดยปริมาณอะมิโลสจะส่งผลให้แป้งมีขนาดโมเลกุล หรือระดับการเกิดของโพลีเมอร์ต่างกัน แป้งที่มีสายอะมิโลสยาวจะมีแนวโน้มในการเกิด retrogradation เพิ่มขึ้น (Galiard and Bowler, 1987) จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าแป้งข้าวเจ้ามีปริมาณอะมิโลสเท่ากับร้อยละ 44 ซึ่งสูงกว่าแป้งข้าวโพดสีม่วงที่มีปริมาณอะมิโลสเท่ากับร้อยละ 11 โดยทั่วไปเมื่อแป้งสัมผัสกับความชื้นจะส่งผลให้พันธะไฮโดรเจนที่เชื่อมต่อโมเลกุลของแป้งถูกทำลายลงทำให้สายอะมิโลสเกิดการสลายตัว ค่าปริมาณอะมิโลสจึงลดลง (Ellis *et al.*, 1999) และจากการทดลองพบว่าในตัวอย่างแป้งข้าวโพดสีม่วงที่ผ่านกระบวนการพรีเจลาตินในซีจะมีปริมาณอะมิโลสลดลง

สอดคล้องกับที่กล่าวมาในช่วงต้น โดยที่การทำแห้งแบบ Tray dry ส่งผลให้เกิดการสลายตัวของอะมิโลสมากกว่าการทำแห้ง Drum dry

ความร้อนจากกระบวนการพรีเจลาตินในซียังส่งผลต่อคุณภาพทางกายภาพที่เห็นได้ชัดเจนที่สุดคือ สีของแป้ง เนื่องจากความร้อน และการเกิดออกซิเดชันระหว่างการทำแห้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการทำแห้งที่ใช้เวลานาน หรืออุณหภูมิสูง จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีได้ง่าย เกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเกิดขึ้นทั้งระหว่างการทำแห้ง และการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ เพราะยังมีกิจกรรมของเอนไซม์เหลืออยู่ ปฏิกิริยาการเปลี่ยนสีน้ำตาลเกิดขึ้นเนื่องจากการทำงานของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส ซึ่งจะเปลี่ยนโมเลกุลของสารประกอบฟีนอลเป็นควิโนน (quinone) ซึ่งมีสีน้ำตาล (Lopez-Martinez *et al.*, 2009) จากการวิเคราะห์สีของแป้ง พบว่าแป้งข้าวเจ้ามีสีขามีค่าความสว่างเท่ากับ 92.93 ค่าสีแดง -0.12 และค่าสีเหลือง 3.85 ส่วนแป้งข้าวโพดสีม่วงมีสีม่วงมีค่าความสว่างเท่ากับ 70.01 ค่าสีแดง 6.78 และค่าสีเหลือง 9.62 โดยพบว่าเมื่อผ่านกระบวนการพรีเจลาตินในซีชั้นแป้งข้าวโพดสีม่วงพรีเจลาตินในซีมีสีเข้ม และคล้ำมากขึ้น ซึ่งสังเกตได้จากค่าความสว่างที่ลดลง แต่ค่าสีแดงเพิ่มขึ้น (Table 3)

เนื่องด้วยโมเลกุลของแป้งประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลจำนวนมาก ยึดเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจน ซึ่งมีคุณสมบัติชอบน้ำ (hydrophilic) แต่เนื่องจากเม็ดแป้งนั้นอยู่ในรูปโครงสร้างแบบร่างแห (micelles) การจัดเรียงตัวลักษณะนี้จึงทำให้เม็ดแป้งละลายในน้ำเย็นได้ยาก ดังนั้นในขณะที่แป้งอยู่ในน้ำเย็นเม็ดแป้งจะดูดซับน้ำ และพองตัวได้เล็กน้อยเท่านั้น (Leach *et al.*, 1959) จากผลการทดลองพบว่าแป้งข้าวเจ้ามีค่าการพองตัว

เท่ากับ 13.71 กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งดีกว่าแป้งข้าวโพดสีม่วงที่มีค่าการพองตัวเท่ากับ 10.71 กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง แต่ความสามารถในการละลายของแป้งทั้งสองชนิดไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่กระบวนการพรีเจลาตินเซชันส่งผลให้คุณสมบัติในการพองตัว และการละลายของแป้งข้าวโพดสีม่วงดีขึ้นเมื่อทำการเปรียบเทียบแป้งข้าวโพดสีม่วงพรีเจลาตินส์ที่ได้จากน้ำแป้งเข้มข้นของร้อยละ 20 จะมีค่าการพองตัว และค่าการละลายสูงกว่าแป้งข้าวโพดสีม่วงพรีเจลาตินส์ที่ได้จากน้ำแป้งเข้มข้นของร้อยละ ทั้งนี้พบว่าอุณหภูมิการกวนที่ 85 องศาเซลเซียส ทำให้ได้แป้งที่มีค่าการพอง

ตัว และค่าการละลายสูงกว่าที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส โดยแป้งข้าวโพดสีม่วงพรีเจลาตินส์ T20-85 มีค่าการพองตัวสูงที่สุดเท่ากับ 24.11 กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และมีค่าการละลายสูงไม่ต่างจากแป้งข้าวโพดสีม่วงพรีเจลาตินส์ D20-85 (Table 3)

พฤติกรรมความหนืดเป็นคุณสมบัติที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งในการศึกษาคุณสมบัติของแป้ง ซึ่งแป้งมีพฤติกรรมความหนืดเฉพาะตัว และแตกต่างกันไปตามชนิด และสายพันธุ์ของแป้ง เมื่อเม็ดแป้งซึ่งแขวนลอยในน้ำ และได้รับความร้อนจนถึงระดับหนึ่งจะพองตัวได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นเร็วมาก อุณหภูมิที่ความหนืด

Table 4 Viscosity behavior using RVA of RF, PCF and pregelatinized PCF.

Samples	Peak (RVU)	Trouah (RVU)	Breakdown (RVU)	Final vic (RVU)	Setback (RVU)	Peak time (min)	Pasting temp (°C)
RF	4230.33±17.15 ^a	323.33±17.64 ^c	1010.33±9.58 ^a	688.67±24.86 ^a	365.50±23.11 ^a	6.33±0.00 ^a	93.22±3.07 ^c
PCF	1900.67±35.24 ^b	559.50±6.61 ^a	900.67±5.24 ^a	613.33±28.01 ^a	164.33±1.81 ^b	4.73±0.00 ^b	79.89±5.25 ^a
T10-75	1554.33±19.41 ^c	429.67±40.03 ^b	158.33±5.08 ^e	601.33±14.15 ^{ab}	115.33±7.04 ^c	1.01±0.04 ^c	77.89±0.37 ^b
T10-85	1612.50±47.94 ^c	466.67±23.14 ^{ab}	159.33±51.21 ^e	599.67±14.92 ^{ab}	132.67±13.16 ^c	1.13±0.22 ^c	75.23±2.73 ^{ab}
T20-75	1937.67±17.13 ^b	490.50±11.29 ^a	251.67±5.94 ^c	535.67±20.31 ^b	119.50±23.57 ^c	1.69±6.21 ^c	75.26±8.17 ^{ab}
T20-85	1750.50±19.86 ^{bc}	439.33±11.24 ^b	279.33±8.65 ^c	522.50±13.69 ^b	141.50±5.64 ^b	1.62±0.06 ^c	71.13±0.03 ^c
D10-75	1251.67±5.94 ^d	101.33±14.12 ^e	126.50±120.46 ^e	249.33±13.12 ^d	122.67±13.03 ^c	1.07±0.00 ^c	63.24±4.34 ^b
D10-85	1159.67±51.21 ^e	191.33±6.55 ^{cd}	145.50±59.36 ^{de}	291.33±14.18 ^c	143.33±11.58 ^b	1.07±0.00 ^c	55.43±0.14 ^a
D20-75	1114.50±69.74 ^e	277.67±29.53 ^d	581.67±35.10 ^b	348.67±13.36 ^c	126.50±20.46 ^c	1.20±0.11 ^c	74.29±0.77 ^d
D20-85	1894.50±56.32 ^b	233.50±7.30 ^d	656.67±30.58 ^b	320.50±9.90 ^c	145.33±29.36 ^b	1.27±0.13 ^c	57.24±2.03 ^a

Note: ^{a-e} Mean difference in the same column ($p<0.05$).

เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วนี้ เรียกว่า pasting temperature ความหนืดจะเพิ่มขึ้นจนถึงความหนืดสูงสุด (peak viscosity) จากนั้นอาจลดลงหรือคงที่ขึ้นกับชนิดของแป้ง การที่แป้งมีความหนืดสูงสุด เนื่องจากเมื่อเม็ดแป้งมีการพองตัวมากขึ้น มีส่วนของเม็ดแป้ง หรือโอมิเลกุลอะมิโลส และอะมิโลเพคตินบางส่วน ที่แตกสลายออกมาอยู่ใน

สารละลาย เมื่อส่วนที่แตกสลาย และละลายออกมา มีมากกว่าการพองตัวที่เพิ่มขึ้น ความหนืดจะเริ่มลดลง (Srirodand and Piyajomkhawn, 2000) จากผลการทดลอง (Table 4) Pasting Temperature หรืออุณหภูมิที่เริ่มเกิดเจลาติไนซ์ของแป้งข้าวเจ้าสูงกว่าแป้งข้าวโพดสีม่วง เนื่องจากแป้งที่มีอะมิโลสต่ำ และอะมิโล

เพคตินสูงอย่างข้าวโพด จะเกิดการพองตัวให้ความหนืดที่อุณหภูมิต่ำกว่าเมื่อได้รับความร้อน โดยความร้อนจะทำให้ลายพันธะไฮโดรเจน และโมเลกุลของน้ำจะเข้าไปแทรกระหว่างสายของโมเลกุลอะมิโลเพคตินได้ง่ายกว่าอะมิโลส กระบวนการพรีเจลาติไนเซชันยังส่งผลให้ค่า Pasting Temperature ของแป้งข้าวโพดสีม่วงพรีเจลาติไนซ์มีค่าต่ำกว่าแป้งข้าวโพดสีม่วงที่ไม่ผ่านกระบวนการ และยังพบว่าน้ำแป้งที่ความเข้มข้นเท่ากัน และทำแห้งด้วยวิธีเดียวกันการกวนแป้งด้วยอุณหภูมิที่ 85 องศาเซลเซียส จะทำให้ค่า Pasting Temperature ของแป้งที่ได้ต่ำกว่าแป้งข้าวโพดสีม่วงพรีเจลาติไนซ์ที่กวนแป้งด้วยอุณหภูมิที่ 75 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กล่าวคือการกวนแป้งที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียสทำให้แป้งเกิดการเจลาติไนซ์ได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าแป้งจากการกวนแป้งที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงกว่าจะทำให้ลายพันธะไฮโดรเจนในแป้งได้ดีกว่าทำให้เกิดเจลได้ในอุณหภูมิที่ต่ำกว่า (Ritthiruangdej *et al.*, 2000)

จากการศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของแป้งข้าวโพดสีม่วงพรีเจลาติไนซ์ ได้ทำการคัดเลือกแป้งที่ดีที่สุดจากแต่ละสภาวะการทำแห้งคือ แป้งข้าวโพดสีม่วงพรีเจลาติไนซ์ T20-85 และ D20-85 มาทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ขนมจีนเส้นสด โดยพิจารณาจากความสามารถในการพองตัว และการละลายที่ดี รวมถึงค่าความหนืดสูงสุดที่มากที่สุด และค่า Pasting Temperature ที่อุณหภูมิต่ำที่สุด

2. คุณภาพของเส้นขนมจีนสดที่ทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวโพดสีม่วง และแป้งข้าวโพดสีม่วงพรีเจลาติไนซ์

การปรับปรุงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์เส้นขนมจีนสดโดยการทดแทนแป้งข้าวเจ้า ด้วยแป้งข้าวโพดสีม่วง

และแป้งข้าวโพดสีม่วงพรีเจลาติไนซ์ T20-85 และ D20-85 ที่ระดับการทดแทนร้อยละ 10 และ 30 โดยน้ำหนัก จากการศึกษพบว่า การทดแทนดังกล่าวส่งผลต่อคุณลักษณะทางกายภาพ และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสดังนี้

เมื่อทำการผสมแป้งตามกระบวนการพบว่าทุกตัวอย่างมีความเป็นเนื้อเดียวกัน มีความหนืดพอดี และสามารถทำการโรยเป็นเส้นขนมจีนยาวต่อเนื่องโดยไม่ต้องใช้แรงกดมากขณะทำการโรยเส้น ทำให้สามารถผลิตเส้นขนมจีนสดที่ดีมีคุณภาพ (Fig. 1)

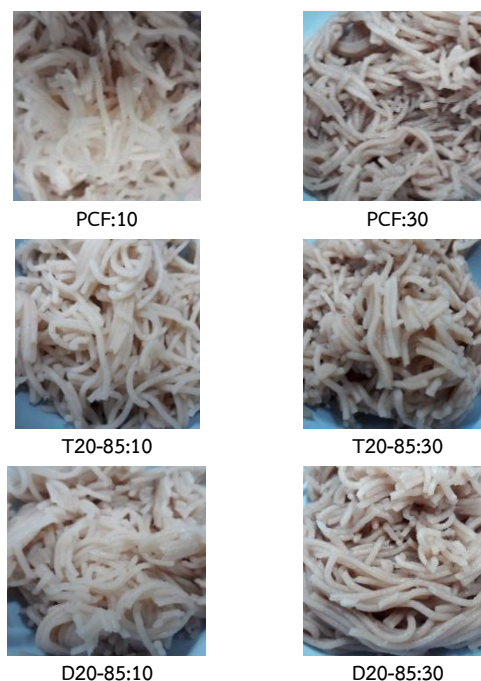


Fig.1 Kanom-Jeen substituted by PCF and pregelatinized PCF.

ชนิดของแป้ง และระดับที่ใช้ทดแทนในแป้งขนมจีนส่งผลต่อสีของเส้นขนมจีนอย่างเห็นได้ชัด โดยเรียงลำดับตามความเข้มของสีแป้งที่ใช้ทดแทนจากม่วงอ่อนไป ม่วงเข้ม

ได้แก่ แป้งข้าวโพดสีม่วง แป้งข้าวโพดสีม่วงพรีเจลาติไนซ์ D20-85 และ T20-85 ตามลำดับ และเมื่อเพิ่มปริมาณ การทดแทนจะทำให้เส้นขนมจีนสดมีสีเข้มขึ้น (Table 5)

Table 5 Lightness redness and yellowness value of Kanom-Jeen substituted by PCF and pregelatinized PCF.

Treatments	Lightness	Redness	Yellowness
PCF:10	64.21±0.14 ^a	6.03±0.05 ^d	8.89±0.22 ^{bc}
PCF:30	48.37±0.09 ^d	11.64±0.08 ^a	7.04±0.13 ^d
T20-85:10	62.84±0.12 ^b	6.15±0.12 ^d	11.93±0.29 ^a
T20-85:30	52.17±0.10 ^c	9.71±0.10 ^b	10.01±0.23 ^b
D20-85:10	62.17±0.09 ^b	7.17±0.11 ^c	9.51±0.30 ^b
D20-85:30	48.53±0.19 ^d	10.96±0.20 ^{ab}	8.40±0.25 ^c

Note: ^{a-d} Mean difference in the same column (p<0.05)

จากตารางที่ 5 พบว่าค่าความสว่าง (0 - 100) และค่าความเป็นสีน้ำเงิน - เหลือง (-b, b) ลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณการทดแทนแป้งทั้ง 3 ชนิดในเส้นขนมจีน แต่กลับทำให้ค่าความเป็นเขียว - สีสแดง (-a, a) ในเส้นขนมจีนสดเพิ่มขึ้น เนื่องจากสีม่วงเกิดจากการผสมของสีแดง และน้ำเงิน ดังนั้นการทดแทนแป้งที่มีสีม่วงจากข้าวโพดสีม่วงที่จึงทำให้ค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้น

การทดแทนแป้งข้าวเจ้า ด้วยแป้งข้าวโพดสีม่วง และแป้งข้าวโพดสีม่วงพรีเจลาติไนซ์ T20-85 และ D20-85 ส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของเส้นขนมจีนสด โดยจากวิเคราะห์เนื้อสัมผัส พบว่าการทดแทนส่งผลต่อค่าความแข็ง และค่าความเหนียวของเส้นขนมจีน (Table 6)

Table 6 Hardness and adhesiveness value of Kanom-Jeen substituted by PCF and pregelatinized PCF.

Treatments	Hardness (g)	Adhesiveness (g.sec)
PCF:10	18.67±1.98 ^c	-4.66±102.34 ^c
PCF:30	72.53±7.12 ^a	-1.40±83.11 ^b
T20-85:10	15.33±4.54 ^c	-5.99±138.28 ^c
T20-85:30	36.23±4.60 ^b	-1.06±20.39 ^a
D20-85:10	17.2±3.60 ^c	-5.88±12.27 ^c
D20-85:30	35.41±3.66 ^b	-1.03±52.48 ^a

Note: ^{a-c} Mean difference in the same column (p<0.05)

พบว่าค่าความแข็งของเส้นขนมจีนเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณการทดแทนแป้งทั้ง 3 ชนิด การทดแทนด้วยแป้งข้าวโพดสีม่วงที่ร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก (PCF:30) มีค่าความแข็งสูงสุดเท่ากับ 72.53 กรัม ถัดมาคือเส้นขนมจีน T20-85:30 และ D20-85:30 มีค่าความแข็งเท่ากับ 36.23 และ 35.41 กรัม ตามลำดับ ซึ่งไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05) เนื่องจากกระบวนการพรีเจลาติไนซ์เซชันทำให้เกิด retrogradation ของเจลแป้งลดลง (Ritthiruangdej *et al.*, 2000) ทำให้ลักษณะของเส้นขนมจีนที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวโพดสีม่วงพรีเจลาติไนซ์ มีลักษณะนุ่มกว่าการทดแทนด้วยแป้งข้าวโพดสีม่วง และยังพบว่าค่าความเหนียวของเส้นขนมจีนที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวโพดสีม่วงพรีเจลาติไนซ์ ที่ร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก D20-85:30 และ T20-85:30 มีค่าความเหนียวสูงที่สุดไม่ต่างกัน (p>0.05) เนื่องจากความเหนียวของแป้งขึ้นกับปริมาณอะมิโลส ซึ่งปริมาณอะมิโลสที่พบในแป้งข้าวโพดสีม่วงพรีเจลาติไนซ์ทั้งสองมีปริมาณไม่ต่างกันเช่นกัน (p>0.05)

Table 7 Liking score of Kanom-Jeen substituted by PCF and pregelatinized PCF.

Treatments	Color ^{ns}	Odor	Taste	Texture	Overall liking
PCF:10	6.37±1.07	7.00±1.33 ^a	6.47±1.48 ^a	5.97±1.65 ^a	6.67±1.16 ^a
PCF:30	6.40±1.30	6.80±1.30 ^a	5.30±2.15 ^b	5.00±2.23 ^b	5.80±1.71 ^b
T20-85:10	6.97±0.10	6.67±1.16 ^{ab}	6.33±2.11 ^{ab}	5.60±1.16 ^{ab}	6.13±1.22 ^{ab}
T20-85:30	6.83±1.20	6.77±0.94 ^a	5.97±1.22 ^{ab}	5.87±1.76 ^{ab}	6.53±1.59 ^a
D20-85:10	6.80±1.13	6.43±1.38 ^{ab}	6.83±1.46 ^a	6.57±1.52 ^a	6.87±1.31 ^a
D20-85:30	6.87±1.30	6.23±1.10 ^b	6.03±1.79 ^a	5.50±1.76 ^b	6.40±1.33 ^{ab}

Note: ^{a-d} Mean difference in the same column ($p < 0.05$)

^{ns} Mean not difference in the same column ($p > 0.05$)

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้านความชอบ โดยการให้คะแนนแบบ 9 point hedonic scale ในคุณลักษณะด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมที่มีต่อเส้นขนมจีน จากผู้ทดสอบจำนวน 30 คน พบว่าชนิดของแป้งข้าวโพดสีม่วง หรือระดับการทดแทนไม่ส่งผลต่อความชอบทางด้านสีอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ด้านกลิ่น พบว่าผู้ทดสอบความชอบกลิ่นของเส้นขนมจีน PCF:10 PCF:30 T20-85:10 และ T20-85:30 ที่ระดับคะแนนชอบปานกลางไม่ต่างกัน ($p > 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าการเพิ่มปริมาณการทดแทนแป้งข้าวโพดสีม่วงส่งผลให้ความชอบด้านเนื้อสัมผัส และความโดยชอบรวมลดลง ($p < 0.05$) เนื่องจากการเพิ่มปริมาณการทดแทนแป้งข้าวโพดสีม่วงทำให้เส้นขนมจีนแข็งมากขึ้น สอดคล้องกับค่าความแข็งของเส้นขนมจีน จึงส่งผลต่อคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส และความโดยชอบรวม

วิจารณ์ผลการวิจัย

กระบวนการพรีเจลาตินในเซชัน ทำให้แป้งมีคุณสมบัติที่ดีขึ้น โดยแป้งข้าวโพดสีม่วงพรีเจลาตินซ์ที่ดีที่สุด 2 ตัวอย่าง คือ T20-85 และ D20-85 ซึ่งได้จากการเตรียมสารละลายแป้งที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร อุณหภูมิในการกวนที่ 85 องศาเซลเซียส โดยที่ T20-85 เป็นการนำน้ำแป้งสุกไปทำแห้งด้วยวิธี Tray dry ส่วน D20-85 เป็นการนำน้ำแป้งสุกไปทำแห้งด้วยวิธี Drum dry โดยแป้งทั้งสองมีความสามารถในการละลาย และการพองตัวได้ดีกว่าแป้งข้าวโพดสีม่วงที่ไม่ผ่านกระบวนการ รวมถึงความคุณสมบัติการเกิดเจลที่อุณหภูมิต่ำ และการ retrogradation ที่ลดลงหลัง และเมื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบชนิดของแป้งข้าวโพดสีม่วงที่ผ่าน และไม่ผ่านกระบวนการพรีเจลาตินซ์ รวมถึงปริมาณที่เหมาะสมในการทดแทนแป้งข้าวเจ้าเพื่อปรับปรุง

คุณสมบัติของเส้นขนมจีน พบว่าการทดแทนแป้งข้าวเจ้า ด้วยแป้งทั้ง 3 ชนิด ได้แก่แป้งข้าวโพดสีม่วง แป้งข้าวโพดสีม่วงพรีเมเลตไนซ์ T20-85 และ D20-85 ที่ระดับการทดแทนร้อยละ 10 ให้ผลผลิตเส้นขนมจีนคุณภาพดีที่ผู้บริโภคมีระดับความชอบปานกลางถึงชอบเล็กน้อยไม่

ต่างกัน ในคุณลักษณะด้านสี, เนื้อสัมผัส, รสชาติ และความชอบโดยรวม อย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

References

- A.O.A.C. 2000. Official Methods of Analysis. 17th The Association of Official Analytical chemmists, Maryland.
- Chudhangkura, A., Prasert, W., Charunuch, C., Lowithun, N., Teangpook, C., Sukatta, U., and Tadakittisarn, S. 2016. Studies of properties and utilization of high anthocyanin corn hybrid. Institute of Food Research and Product Development, Kasetsart University. (in Thai)
- DePascual-Teresa, S., and Sanchez-Ballesta. M. T. 2008. Anthocyanins: from plant to health. Phytochem. 7: 281-299.
- Ekthamasut, K. 2014. Textural improvement of fresh kanom-Jeen by using maize flour. Agric Sci. J. 45(2): 665-668. (in Thai)
- Ellis, R.P., Cochrane, M.P., Dale, M.F.B., Duffus, C.M., Lynn, A., Morrison, I.M., Prentice, R.D.M., Swanston, J.S. and Tiller, S.A. 1999. Starch production and industrial use. J. Sci. Food Agric. 77(3): 289-311.
- Galliard, T., and Bowler, P. 1987. Morphologie and composition of starch. In T. Galliard (Ed.). Starch: Properties and Potential. John Wiley and Sons., New York.
- Jiamyangyuen, S. 2018. Effect of germination and pregelatinization on germinated brown rice flour properties. Faculty of agriculture natural resources and environment, Naresuan University, Phitsanulok. (in Thai)
- Jing, P., Noriega, V., Schwartz, S.J. and Giusti, M.M. 2007. Effects of growing conditions on purple corn cob (*Zea mays* L.) anthocyanins. Agric. Food Chem. 55: 8625-8629.
- Judvong, R. 2002. Development of instant fermented rice noodle flour. Thesis. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

- Juliano, B.O. 1971. Simplified Assay for Milled-Rice Amylose. *Cereal Sci. Today*. 16: 334-338.
- Kokkaew, H., Sukhreep, K., and Pitirit, T. 2015. Optimal conditions of anthocyanin phenolic and antioxidant content in purple waxy corn cake using response surface methodology. *Khon Kaen Agr. J.* 43(1): 790-798. (in Thai)
- Lao, F., Sigurdson, G.T., and Giusti, M.M. 2017. Health benefits of purple corn (*Zea mays* L.) phenolic compounds. *Compre. Review. Food. Sci. Food Safe*. 16: 234-246
- Leach, H.W., McCowen, L.D. and Schoch, T.C. 1959. Structure of starch granule. *Cereal Chem.* 36: 534
- Lertrat K., Suriham, B., Sanitchon, J and Thummabenjapone, P. 2009. Germplasm management and genetic improvement of glutinous and sweet corn, National of science and technology development agency, Bangkok. (in Thai)
- Li, J. & Corke, H. 1999. Physicochemical properties of normal and waxy Job's tears (*Coixlachryma-jobi* L.) starch. *Cereal Chem.* 76: 413-416.
- Lopez-Martinez, L.X., Oliart-Ros, R.M., Valerio-Alfaro, G., Lee, C.H., Parkin, K.L., and Garcia, H.S. 2009. Antioxidant activity, phenolic compounds and anthocyanins content of eighteen strains of Mexican maize. *LWT-Food Sci. Tech.* 42: 1187-1192.
- Rattanapanon, N. 2014. Food chemistry. Odeon Store, Bangkok. (in Thai)
- Ritthiruangdej, P. Suwonsichon, T., Haruthaithanasan, V., and Srirod, K. 2000. Pasting behavior and mechanical properties of Thao Yai Mom flour (*Tacca leontopetaloides* Ktze.). In: The 41th Kasetsart University Annual Conference (pp. 53 - 60). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)
- Srirod, K. and Piyajomkhawn, K. 2000. Technology of starch. Department of Biotechnology, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University, Bangkok. 292 pp. (in Thai)
- Suwanasree, S. and Ratanatriwong, P. 2006. Production of noodles and kanomjeen from rice. Faculty of agriculture natural resources and environment, Naresuan University, Phitsanulok. (in Thai)

ผลของท่อความร้อนและปล่องไฟต่อสมรรถนะของหม้อไอน้ำสำหรับนึ่งก้อนเชื้อเห็ด

โสภา แคนสี*

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย
จังหวัดมหาสารคาม. รหัสไปรษณีย์ 44150

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบสมรรถนะหม้อไอน้ำสำหรับนึ่งก้อนเห็ดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าสองชั้นบรรจุน้ำรอบทั้งสามด้านเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อน โดยศึกษาหม้อไอน้ำ 3 รูปแบบ 1) หม้อไอน้ำมีเฉพาะท่อความร้อนด้านล่าง 2) หม้อไอน้ำมีท่อความร้อนด้านล่าง และปล่องไฟ 3) หม้อไอน้ำมีท่อความร้อนด้านล่าง ท่อด้านบน และปล่องไฟ การศึกษาปัจจัย ดังนี้ ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง อัตราการผลิตไอน้ำที่ได้ และประสิทธิภาพทางความร้อน โดยทดสอบต้มน้ำให้เดือดกลายเป็นไอน้ำในเวลา 180 นาที และป้อนเชื้อเพลิงไม้ยูคาลิปตัสต่อเนื่องสม่ำเสมอ ผลการศึกษามหาสมรรถนะหม้อไอน้ำทั้ง 3 รูปแบบ พบว่ารูปแบบที่ 1, 2 และ 3 ใช้ปริมาณเชื้อเพลิงจำนวน 51.5, 50.7 และ 49.8 kg (dry mass) ตามลำดับ อัตราการผลิตไอน้ำเป็น 17.7, 20.8 และ 22.0 ลิตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ และประสิทธิภาพทางความร้อนมีค่า 24.43, 29.04 และ 31.16% ตามลำดับ

คำสำคัญ: หม้อไอน้ำ, ท่อความร้อน, ประสิทธิภาพทางความร้อน

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: sopa.c@msu.ac.th

Effected Heat Pipe and Chimney to Performance of Boiler for
Steamed Mushroom Bag

Sopa Cansee*

*Department of mechanical engineering, Faculty of Engineering, Mahasarakham
University, Khamrieng District, Kantrarawichai
Maha Sarakham Province, 44150, Thailand*

Abstract

This study was aimed to study the performance of mushroom steamed boiler. The boiler was double wall contained water to heat exchange in 3 conditions: 1) mushroom steamed boiler which having heat pipe at bottom of boiler 2) mushroom steamed boiler which having heat pipe at bottom of boiler and at the chimney 3) mushroom steamed boiler which having heat pipe at bottom and upper of boiler and at the chimney. The study factors were the amount of fuel consumption, the steam production rate and the thermal efficiency of mushroom steamed boiler. The water was vaporized in 180 minutes and Eucalyptus wood fuel was consistently feeded into the boiler. The performance results of the mushroom steamed boiler in 3 conditions showed that the fuel consumption of the 1st, 2nd and 3rd condition were 51.5, 50.7 and 49.8 kg (dry basis), respectively. The steam production rates of three condition were 17.7, 20.8 and 22.0 liters per hour, respectively. The thermal efficiency of three conditions were 24.43, 29.04 and 31.16%, respectively.

Keywords: Steamed Boiler, Heat pipe, Thermal Efficiency

* Corresponding author: E-mail: sopa.c@msu.ac.th

บทนำ

ประเทศไทยสามารถผลิตเห็ดชนิดต่างๆ ได้ประมาณปีละ 30,000 ตัน คิดเป็นมูลค่า 1,580 ล้านบาท การเพาะเห็ดจึงเป็นอาชีพที่เกษตรกรไทยได้รับความนิยมเป็นอย่างสูง (Srisa-ad, 2008) เนื่องจากสามารถทำรายได้ตลอดทั้งปีและมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเพาะเห็ดรวมไปถึงวัสดุเหลือใช้จากผลผลิตทางการเกษตร เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมเพาะเห็ดในถุงพลาสติก (Bussaman and Vetayasuporn, 2005) โดยขั้นตอนการเพาะเห็ดในถุงพลาสติกมีขั้นตอนเริ่มจากการผสมวัตถุดิบที่เตรียมมาผสมกันทั้งหมดตามสัดส่วน การบรรจุใส่ถุงพลาสติกท่อนร้อน ใส่คอขวดปิดปากขวดด้วยถุงพลาสติกแล้วมัดด้วยหนังยางให้แน่น และนำไปนึ่งฆ่าเชื้อ ก่อนนำไปหยอดเชื้อเพาะเลี้ยงให้มีการเจริญเติบโตของเส้นใยจนกลายเป็นดอกเห็ด การนึ่งฆ่าเชื้อราเป็นขั้นตอนสำคัญของการเพาะเห็ด เนื่องจากขั้นตอนการผสมเชื้อก่อนนำมาบรรจุถุงพลาสติกอาจมีสปอร์ของราและแบคทีเรียปนอยู่จึงต้องมีการกำจัดโดยการนึ่งด้วยความร้อน 90-100 องศาเซลเซียส (Fei and Jian, 2018; Sakamnuay, 2011)

ลักษณะเห็ดใหม่และถ่ายเทความร้อนของระบบเตาหนึ่งก้อนเชื้อเห็ดโดยใช้เชื้อเพลิงชีวมวล พบว่า อุณหภูมิที่มีความเหมาะสมสำหรับนึ่งก้อนเชื้อเห็ดเท่ากับ 70-100 องศาเซลเซียส การนึ่งก้อนเชื้อเห็ดเป็นการใช้ไอน้ำร้อนจากหม้อไอน้ำส่งตามท่อเข้าไปยังตู้หนึ่งก้อนเชื้อเห็ด วิธีนี้ขึ้นอยู่กับรูปแบบหม้อไอน้ำและตู้หนึ่งของเกษตรกรเช่น การดัดแปลงใช้ถัง 200 ลิตร เป็นหม้อไอน้ำและตู้หนึ่งแบบกะทัดรัด บรรจุก้อนเชื้อเห็ดได้ 90-100 ก้อน ใช้ปริมาณเชื้อเพลิง 47 กิโลกรัม ใช้เวลานึ่ง 135 นาที (Yotapan, 2012) แต่มีข้อจำกัดคือบรรจุก้อนได้จำนวนน้อยและก้อนเห็ดเสียหายขณะนึ่ง ในขณะที่เทคโนโลยีหม้อไอน้ำและตู้หนึ่งก้อนเชื้อเห็ดพัฒนาอย่างต่อเนื่องมาเป็นตู้หนึ่งก้อนเชื้อเห็ดแบบกล่องเหล็กสี่เหลี่ยม บรรจุก้อนเชื้อเห็ดได้ 800-1,000 ก้อน ใช้เวลานึ่ง 8-12 ชั่วโมง ใช้ปริมาณเชื้อเพลิง

150-200 กิโลกรัม ข้อจำกัดคือใช้เวลานึ่งต่อรอบนานใช้ปริมาณเชื้อเพลิงมาก ฟาร์มเห็ดของเกษตรกรบางส่วนใช้ตู้หนึ่งก้อนเชื้อเห็ดแบบผนังปูนบรรจุก้อนเชื้อเห็ดได้ 800-1,000 ก้อน ใช้เวลานึ่ง 8-12 ชั่วโมง ใช้ปริมาณเชื้อเพลิง 150-200 กิโลกรัม (Thamart and Ekragas, 2012) เกษตรกรส่วนใหญ่เลือกใช้รูปแบบหม้อไอน้ำและตู้หนึ่งจะยึดติดรูปแบบนั้นไม่เปลี่ยนแปลง ทั้งที่ใช้เวลานึ่งนานและใช้ปริมาณเชื้อเพลิงมาก ประสิทธิภาพทางความร้อนต่ำ และจากการสำรวจรูปแบบหม้อไอน้ำและตู้หนึ่งของเกษตรกรที่กล่าวมาส่วนใหญ่พบว่า รูปแบบการนึ่งจะเป็นแบบแยกระหว่างหม้อไอน้ำและตู้หนึ่งทำให้สมรรถนะในการนึ่งก้อนเชื้อเห็ดต่ำ คือใช้เวลานาน ใช้ปริมาณเชื้อเพลิงมากสิ้นเปลืองน้ำมาก ซึ่งเกิดจากหม้อไอน้ำและตู้หนึ่งที่มีสมรรถนะต่ำ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของท่อความร้อนและปล่องไฟของหม้อผลิตไอน้ำขนาดเล็กต่ออุณหภูมิไอน้ำในห้องไอน้ำเพื่อพัฒนาสมรรถนะของหม้อไอน้ำหนึ่งก้อนเชื้อเห็ดต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. หม้อไอน้ำผนังสองชั้น

หม้อผลิตไอน้ำผนังสองชั้นที่ผลิตขึ้นใช้เชื้อเพลิงจากชีวมวล (ไม้ฟืน) เพื่อที่ประกอบเข้ากับชุดอุปกรณ์ตู้หนึ่งก้อนเชื้อเห็ด โดยมีโครงสร้างของหม้อไอน้ำคล้ายกับทรงสี่เหลี่ยม กว้าง สูง และลึก เป็น 45x150x50 cm ตามลำดับ (Fig.1)

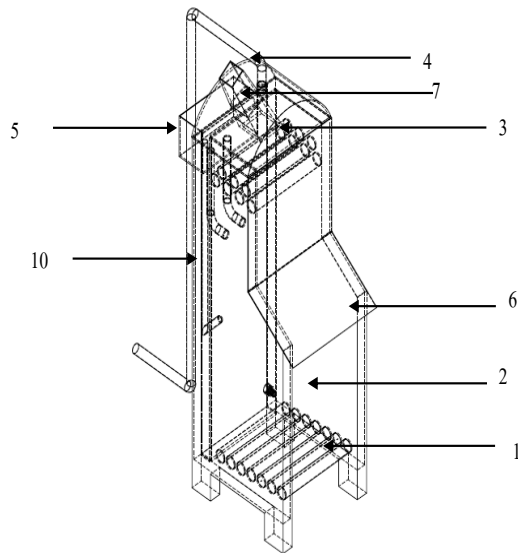


Fig. 1 show steamed boiler.

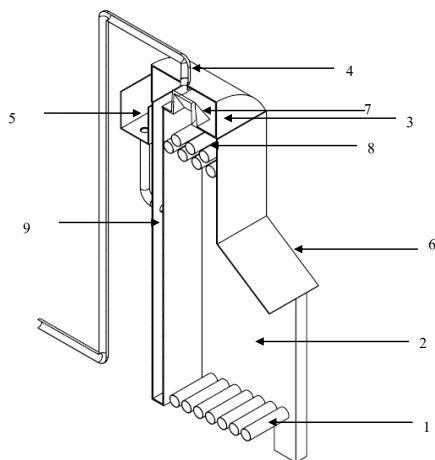


Fig. 2 section of steamed boiler.

หม้อผลิตไอน้ำผนังสองชั้นสำหรับนึ่งก้อนเชื้อเห็ดโดยใช้เชื้อเพลิงจากฟืนหรือแก๊สทำจากเหล็กหรือเหล็กไร้สนิม โดยมีส่วนประกอบคือ ชุดท่อความร้อนด้านล่าง (1) มีลักษณะเป็นท่อเหล็กหนา 1.5 มิลลิเมตร ยาว 40 เซนติเมตร 8-10 ท่อ วางเป็นแนวเอียงทำมุม 20° กับพื้นระนาบ เพื่อช่วยต่อการป้อนฟืนและกำจัดขี้เถ้าจากการเผาไหม้ โดยปลายท่อถูกเชื่อมต่อให้ทะลุผนังด้านในของชุดห้องเผาไหม้ (2) เปลวไฟจะถูกบังคับให้ไหลขึ้นด้านบนด้วยแผ่นกั้น (6) ผ่านช่องปล่องไฟเพื่อระบายไอเสียและควัน (7) ห้องเผาไหม้จะประกอบด้วยผนัง 3 ด้าน ด้านซ้าย ด้านขวา และด้านหลัง โดยที่ผนังด้านซ้ายขวา และด้านหลัง (9) จะถูกออกแบบให้เป็นผนังกักเก็บน้ำเพื่อรับความร้อนจากห้องเผาไหม้ จากนั้นน้ำที่บรรจุอยู่ในผนังจะไหลเข้าสู่ชุดท่อความร้อนด้านล่าง (1) และท่อด้านบน (8) ที่เชื่อมทะลุผ่านผนังด้านในทำให้ภายในที่มีน้ำบรรจุอยู่ภายใน เมื่อเกิดการเผาไหม้ น้ำจะเดือดระเหยกลายเป็นไอไปรวมอยู่ในห้องกักเก็บไอ (3) ความร้อนจากเปลวไฟจะแลกเปลี่ยนความร้อนกับชุดท่อความร้อนด้านบน (8) อีกครั้งหนึ่งเพื่อปริมาณไอน้ำ (Fig. 2) จำนวน 7 ท่อ โดยออกแบบห้องเก็บไอน้ำให้มีลักษณะโค้งและจะมีท่อส่งไอน้ำ (4) เชื่อมต่อไว้ด้านบน เพื่อให้ไอน้ำไปยังตู้นึ่งก้อนเชื้อเห็ดหากเกิดแรงดันย้อนกลับในตู้อบเห็ดจะมีท่อระบายความดัน (10) เพื่อให้การเติมน้ำเข้าออกหม้อผลิตไอน้ำต่อเนื่องและอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลกโดยจะมีชุดลูกกลิ้งควบคุมระดับน้ำ (5)

2. วิธีการศึกษา

การทดสอบผลของท่อความร้อนและปล่องไฟต่อสมรรถนะของหม้อไอน้ำนี้ แบ่งการทดสอบออกเป็น 3 รูปแบบดังนี้

1) ทดสอบผลของท่อความร้อนด้านล่าง (หมายเลข 1) ต่ออุณหภูมิห้องไอน้ำ (ปิดหมายเลข 7 และ 8)

2) ทดสอบผลของท่อความร้อนด้านล่างและปล่องไฟ (หมายเลข 1 และ 7) ต่ออุณหภูมิห้องไอน้ำ (ปิดหมายเลข 8)

3) ทดสอบผลของท่อความร้อนด้านล่าง ท่อความร้อนด้านบน และปล่องไฟ (หมายเลข 1 7 และ 8) ต่ออุณหภูมิห้องไอน้ำ โดยมีวิธีการทดสอบโดยสังเขปดังนี้

(1) เตรียมเชื้อเพลิงไม้มูลาติปัส พร้อมชั่งน้ำหนักก่อนการทดสอบ และสุมเก็บตัวอย่างไม้ฟืนเพื่อนำไปหาค่าความชื้นเริ่มต้น และค่าความร้อนของเชื้อเพลิง

(2) ติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิล Type k ที่ตำแหน่งน้ำเข้า ตำแหน่งทางออกของไอน้ำ และห้องเก็บไอของหม้อไอน้ำ หลังจากนั้นจึงเติมน้ำใสในถังน้ำป้อนที่มีขีดบอกระดับจำนวนลิตรพร้อมวัดอุณหภูมิของน้ำก่อนต่อสายเข้าหม้อไอน้ำ

(3) จุดไฟเผาเชื้อเพลิง และวัดค่าอุณหภูมิ น้ำเข้า อุณหภูมิไอน้ำที่ทางออก อุณหภูมิห้องไอน้ำ อุณหภูมิปลายท่อไอ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ของไอน้ำ และบันทึกระดับน้ำที่ลดลงในถังน้ำป้อน ทุกๆ 10 นาที เป็นเวลานาน 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักเชื้อเพลิงส่วนที่ไหม้ใช้ไม่หมด เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปหาปริมาณการใช้เชื้อเพลิงและคำนวณหาประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ เพื่อก่อนเชื้อเห็ดทั้ง 3 รูปแบบ ประสิทธิภาพทางความร้อน (η)

$$\eta = \frac{(Q_{use})}{(Q_w)} \times 100 \quad (1)$$

$$Q_{use} = (m+m_1)(C_p)(T_2 - T_1) + m_1 h_g \quad (2)$$

$$Q_w = m_t H_t \quad (3)$$

โดยที่ m คือ น้ำหนักของน้ำก่อนต้ม (kg)

C_p คือ ความร้อนจำเพาะของน้ำ (kJ/kg-°C)

T_1 คือ อุณหภูมิของน้ำเริ่มต้น (°C)

T_2 คือ อุณหภูมิขณะเดือดของน้ำ (°C)

m_1 คือ น้ำหนักของน้ำที่ระเหยเป็นไอน้ำ (kg)

h_g คือ ค่าเอนทาลปีของไอน้ำ (2,676.1 kJ/kg⁻¹)

m_t คือ น้ำหนักเชื้อเพลิงไม้ฟืนที่ (kg)

H_t คือ ค่าความร้อนไม้มูลาติปัส

(17,800 kJ kg⁻¹ °C⁻¹)

ผลการวิจัย

1. ผลของท่อความร้อน ปล่องไอเสียของรูปแบบหม้อไอน้ำต่ออุณหภูมิห้องไอน้ำ

ผลของการทดสอบท่อความร้อนด้านล่าง (รูปแบบ 1) ท่อความร้อนด้านล่างและปล่องไอเสีย (รูปแบบ 2) และ ท่อความร้อนด้านล่าง ท่อความร้อนด้านบน และปล่องไอเสีย (รูปแบบ 3) ต่ออุณหภูมิห้องเก็บไอน้ำนั้น (Fig.3), (Fig.4) และ (Fig.5)

Fig. 3, Fig. 4 และ Fig. 5 อุณหภูมิ น้ำป้อนนั้นมีค่าใกล้เคียงกันประมาณ 27 องศาเซลเซียส หลังจากจุดไฟแล้วอุณหภูมิ น้ำในหม้อไอน้ำจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว จนมีอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 15 นาที ทำให้เกิดไอน้ำสะสมในห้องเก็บไอ และเริ่มมีไอน้ำออกที่บริเวณปลายท่อ วัดอุณหภูมิไอน้ำปลายท่อได้ 100 องศาเซลเซียส ผลของท่อความร้อนนั้นจะมีผลต่อการเกิดปริมาณไอน้ำจำนวนมาก การเกิดไอน้ำนั้นจะสะสมในห้องเก็บไอและสร้างความดันขึ้นก่อนจะปล่อยไปตามท่อออกของไอน้ำนั้นเพื่อนำไปใช้ในการนึ่งก้อนเชื้อเห็ดต่อไป

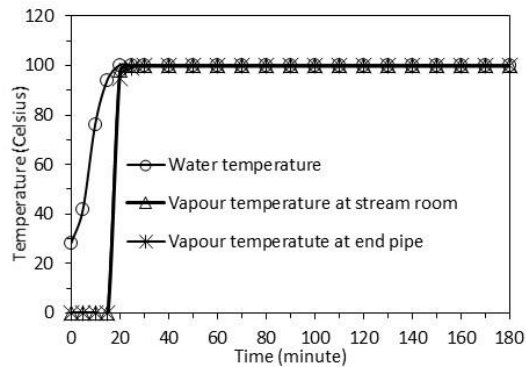


Fig. 3 related temperature and time of boiler Form 1

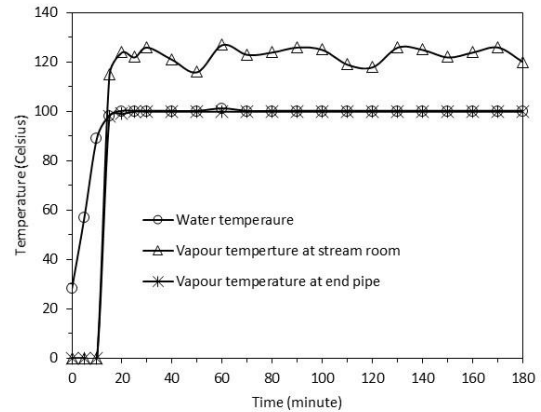


Fig. 5 related temperature and time of boiler Form 3

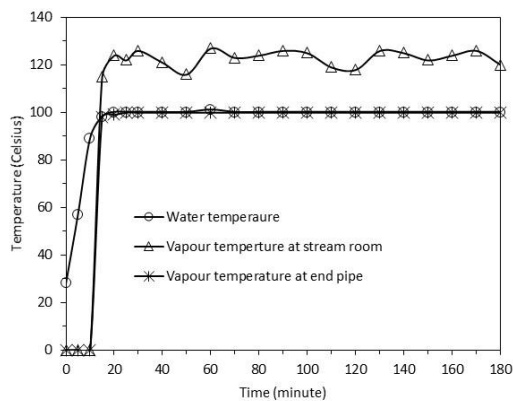


Fig. 4 related temperature and time of boiler Form 2

การใช้ท่อความร้อนเฉพาะด้านล่างทำให้ อุณหภูมิห้องไอเพียง 100 องศาเซลเซียส ขณะที่ท่อ ความร้อนด้านล่างและปล่องไอเสียทำให้เกิดการเดือด และเผาไหม้ได้มากขึ้นจึงทำให้ไอสะสมมากจนมี อุณหภูมิห้องไอประมาณ 120 องศาเซลเซียส และเมื่อ เพิ่มท่อความร้อนด้านบนทำให้การเดือดและปริมาณไอน้ำ เพิ่มขึ้นจนสะสมห้องไอทำให้อุณหภูมิห้องไอประมาณ 120-140 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงเวลากการทดสอบ จาก ข้อมูลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าการแลกเปลี่ยนความร้อนของ ผนังด้านข้างและท่อความร้อนด้านล่างอย่างเดียวไม่ เพียงพอต่อการสะสมของไอน้ำจนเกิดความดันได้ จำเป็นต้องเพิ่มท่อความร้อนด้านบนและปล่องไอเสียเพื่อ เพิ่มการเผาไหม้และเพิ่มการเดือดให้เกิดการสะสมไอน้ำ ก่อนนำไปใช้งาน

2. ผลของท่อความร้อนปล่องไอเสียของหม้อไอน้ำต่อปริมาณไอน้ำและความชื้นสัมพัทธ์

ผลของการทดสอบท่อความร้อนด้านล่าง (รูปแบบ 1) ท่อความร้อนด้านล่างและปล่องไอเสีย (รูปแบบ 2) และท่อความร้อนด้านล่าง ท่อความร้อนด้านบน และปล่องไอเสีย (รูปแบบ 3) ต่อปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้และความชื้นสัมพัทธ์ (Fig.6) และ (Fig.7)

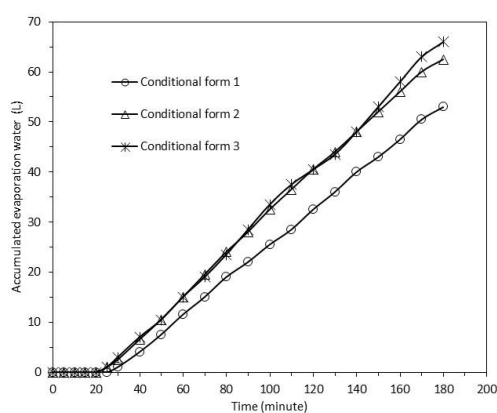


Fig.6 related evaporate water and time of boiler forms.

Fig. 6 แสดงปริมาณไอน้ำสะสมที่ผลิตได้ต่อเวลาของรูปแบบหม้อไอน้ำนั้น เมื่อทดสอบใช้เวลานาน 180 นาที ซึ่งให้เห็นว่าหม้อไอน้ำรูปแบบ 1 ที่มีเฉพาะท่อความร้อนด้านล่างนั้นมีปริมาณน้ำที่กลายเป็นสะสมไอน้ำน้อยที่สุด คือ 53 ลิตร และได้ไอน้ำเมื่อเวลา 19.50 นาที หลังจากจุดไฟ ส่วนหม้อไอน้ำรูปแบบ 2 มีท่อความร้อนด้านล่าง และปล่องไอเสีย มีปริมาณน้ำที่กลายเป็นไอน้ำใกล้เคียงกับหม้อไอน้ำรูปแบบ 3 คือ 62.5 ลิตร ได้ไอน้ำเมื่อเวลา 14.54 นาที หลังจากจุดไฟ และหม้อไอน้ำรูปแบบ 3 มีท่อความร้อนด้านล่าง ท่อด้านบน และปล่องไอเสีย มีปริมาณน้ำที่กลายเป็นไอน้ำมากที่สุดคือ 66 ลิตร ได้ไอน้ำเมื่อเวลา 14.11 นาที หลังจากจุดไฟ ดังนั้นท่อความร้อนด้านบน และปล่องไอเสียมีผลต่อการผลิตไอน้ำ และเวลาที่ไอน้ำ

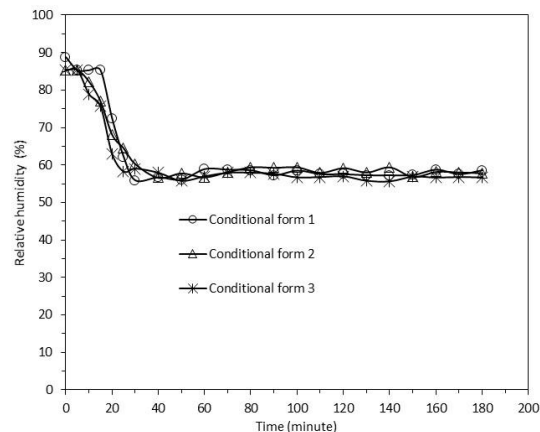


Fig.7 show relative humidity and time of boiler forms.

Fig. 7 ทดสอบวัดความชื้นสัมพัทธ์ปลายท่อไอน้ำออก ซึ่งความชื้นสัมพัทธ์ที่ต่ำจะทำให้การนิ่งฆ่าเชื้อก่อนเกิดได้เนื่องจากความร้อนสามารถนำเข้าไปในก้อนเชื้อเกิดได้โดยไม่ติดฟิล์มของไอน้ำ พบว่าเมื่อช่วงเวลา 15 นาทีแรกไอน้ำมีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์สูงและจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อไอน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นและจะเริ่มคงที่ที่เวลาประมาณ 30 นาที จากกราฟจะเห็นว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ของไอน้ำในหม้อไอน้ำแต่ละรูปแบบนั้นมีค่าใกล้เคียงกันมาก ดังนั้นท่อความร้อนด้านล่าง ด้านบนและปล่องไอเสียของรูปแบบหม้อไอน้ำไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ของไอน้ำทางออก

3. ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหม้อไอน้ำ

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหม้อไอน้ำเป็นดัชนีบ่งชี้ถึงความสามารถแปลงพลังงานที่ได้ต่อพลังงานที่ให้หรือป้อนเข้าไปซึ่งรูปแบบหม้อผลิตไอน้ำนี้เมื่อมีองค์ประกอบต่อความร้อน ปล่องไอเสียเพื่อเพิ่มการเผาไหม้เข้าไปนั้นจะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพทางความร้อนได้ ดังแสดง Table 1

ให้ผลิตไอน้ำได้มาก ทำให้มีประสิทธิภาพที่สูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับหม้อผลิตไอน้ำเพิ่มพูนทรัพย์ (Yotapan, 2012) และหม้อไอน้ำแบบแท่งค้ำน้ำสี่เหลี่ยม (Thamart and Ekragasa, 2012) มีประสิทธิภาพทางความร้อนเป็น 19.9% และ 17.2% ตามลำดับ

Table 1 showed heating efficiency of boilers.

Boiler	Parameter (unit)			
	Time (min)	Biomass Fuel (kg)	Evaporate water (kg)	η (%)
Form 1	180	51.5	53	24.43
Form 2	180	50.7	62.5	29.04
Form 2	180	49.8	66	31.16
Pempooncup ¹	180	76.0	80	19.90
Square tank ²	360	115.3	129.8	17.20

Note: ¹Yotapan (2012).

²Thamart and Ekragasa (2012).

Table 1 เชื้อเพลิงที่ใช้เป็นไม้ยูคาลิปตัส ความชื้นเริ่มต้น 18.78%w.b. หาค่าความร้อนและนำเป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อไอน้ำ จนสิ้นสุดการทดสอบสามารถคำนวณประสิทธิภาพทางความร้อนตามสมการที่ 1 ซึ่งหม้อไอน้ำที่ศึกษาทั้ง 3 รูปแบบนั้น จะเห็นได้ว่าหม้อไอน้ำรูปแบบที่ 3 ที่มีท่อความร้อนด้านล่าง ด้านบนและปล่องไอเสียมีประสิทธิภาพสูงสุด มีค่าเป็น 31.16% ที่เวลาทดสอบเท่ากัน และจำนวนเชื้อเพลิงใกล้เคียงกัน เพราะหม้อไอน้ำรูปแบบที่ 3 มีท่อความร้อนทั้งด้านล่าง ท่อด้านบน และปล่องไอเสีย ทำให้มีพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนมากกว่า น้ำจึงเดือดเร็ว และเดือดรุนแรง ส่งผล

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลของท่อความร้อนและปล่องไฟต่อสมรรถนะของหม้อไอน้ำขนาดเล็กสำหรับนึ่งก้อนเชื้อเห็ด โดยศึกษาหม้อไอน้ำ 3 รูปแบบ พบว่าหม้อไอน้ำรูปแบบที่ 1, 2 และ 3 ใช้ปริมาณเชื้อเพลิงจำนวน 51.5, 50.7 และ 49.8 กิโลกรัม ตามลำดับ อัตราการผลิตไอน้ำมีค่าเป็น 17.7, 20.8 และ 22.0 ลิตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ และประสิทธิภาพทางความร้อนมีค่าเป็น 24.43, 29.04 และ 31.16% ตามลำดับ

จากผลการทดสอบดังกล่าวนี้มีประโยชน์ต่อการนำไปสร้างผลิตภัณฑ์หม้อนึ่งก้อนเชื้อเห็ดได้ว่าควรจะให้มีความสำคัญต่อส่วนใดบ้างที่มีผลต่อการผลิตไอน้ำ เพราะรูปแบบที่ต่างกันจะมีความซับซ้อนและราคาหม้อไอน้ำจะแตกต่างกัน ซึ่งงานวิจัยนี้ได้เลือกแบบรูปแบบที่ 3 เนื่องจากมีประสิทธิภาพทางความร้อนสูงและสามารถผลิตไอน้ำได้มากเช่นกัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ศูนย์เรียนรู้เศรษฐกิจพอเพียงบ้านดอนมันที่อนุเคราะห์สถานที่การทดสอบ และขอขอบคุณอนุชิต วันดี และ ศราวุธ พงษ์สิทธิกาญญา ที่ช่วยเหลือการทดสอบจนลุล่วงไปด้วยดี

References

- Bussaman, P. and Vetayasuporn, S. 2005. Non-sterilization technique of agricultural wastes for oyster mushroom production. Project research of Faculty of Technology, Mahasarakham University. 55 pp. (in Thai)
- Sakamnuay, A. 2011. Characteristics burned and heat transfer of propagation mushroom boiler system. Ph.D. Thesis in Energy Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi. (in Thai)
- Srisa-ad, A. 2008. "Economic mushroom production manual," Agricultural Science Journal. 33(5): 197–200. (in Thai)
- Thamart, P. and Ekragsa, E. 2012. The performance test of a steamer for propagation mushroom bags in farmer scale. B.Eng. in Mechanical of engineering, Mahasarakham University. 72 pp. (in Thai)
- Yotapan, C. 2012. Development of a boiler for sterilization of mushroom propagation bag. M.Eng. Thesis in Mechanical of engineering, Mahasarakham University. 129 pp. (in Thai)

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเข้าร่วมทำประกันภัยตามดัชนีอากาศของเกษตรกรผู้ปลูกข้าว ในจังหวัดเชียงราย

ศศิวิมล ภูพวง^{1*}, นิโรจน์ สีนณรงค์¹, กฤตวิทย์ อัจฉริยพาณิชย์กุล¹ และ ขนิษฐา เสถียรพิระกุล²

¹สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ประยุกต์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

²สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์เกษตรและทรัพยากร คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

การประกอบอาชีพเกษตรกรรมมีความเสี่ยงที่ต้องเผชิญกับความแปรปรวนของสภาพอากาศ ซึ่งในประเทศไทยมีการทำนาปลูกข้าวโดยใช้พื้นที่รวมทั้งประเทศมากถึงร้อยละ 46.00 ของพื้นที่ทำการเกษตร งานวิจัยนี้จึงหาแนวทางที่จะทำให้เกิดเครื่องมือที่จะช่วยบริหารความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยใช้ระบบประกันภัยตามดัชนีอากาศที่วัดค่าจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาข้อมูลทั่วไปของเกษตรกร การรับรู้และการได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเข้าร่วมทำประกันภัยตามดัชนีอากาศของเกษตรกร โดยใช้แบบสอบถามกับเกษตรกรในจังหวัดเชียงราย 400 คน พบว่า เกษตรกรมีความสนใจที่จะทำประกันภัยตามดัชนีอากาศ 195 คน และมีเกษตรกรที่ไม่สนใจจะทำประกัน 205 คน ซึ่งเป็นสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน ส่วนการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความน่าจะเป็นที่เกษตรกรจะตัดสินใจเข้าร่วมทำประกันภัยตามดัชนีอากาศ ได้วิเคราะห์โดยใช้แบบจำลองสมการถดถอยโลจิสติกสองทางเลือก (Binary Logistic Regression Model) พบว่า ตัวแปรด้านบุคคล ตัวแปรด้านเศรษฐกิจสังคม ตัวแปรด้านผลการรับรู้ต่อสภาพภูมิอากาศในการทำการเกษตร รวม 16 ปัจจัย ส่งผลต่อการตัดสินใจเข้าร่วมทำประกันภัยตามดัชนีอากาศมากถึง 13 ปัจจัย และการที่จะนำการประกันภัยตามดัชนีอากาศนี้ไปใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์และเข้าถึงเกษตรกรที่สนใจนั้น ย่อมต้องคำนึงถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจต่างๆ ร่วมกับการประชาสัมพันธ์และการสนับสนุนอย่างต่อเนื่องของภาครัฐบาล เพื่อในระยะยาวการบริหารจัดการความเสี่ยงโดยใช้การประกันภัยตามดัชนีอากาศที่วัดค่าจากอุณหภูมิอันเกิดจากสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศนี้จะได้มีการพัฒนาและใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อทุกพื้นที่และทุกภาคส่วนต่อไป

คำสำคัญ: การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การประกันภัยตามดัชนีอากาศ เกษตรกร และ จังหวัดเชียงราย

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: sasiwimon.pup@crru.ac.th

Factors Affecting Rice Farmers's Decision to Participate in Weather Index Insurance in Chiang Rai Province

Sasiwimon Puphoung^{1*}, Nirote Sinnarong¹, Kittawit Autcharyapanitkul¹ and
Kanitta Satienpirakul²

¹*Applied Economics's Program, Faculty of Economics, Maejo University, Chiang Mai 50290, Thailand*

²*Agricultural and Environmental Economics's Program, Faculty of Economics, Maejo University,
Chiang Mai 50290, Thailand*

Abstract

Rice farming in Thailand accounts up to 46% of agriculture area countrywide; however, this career choice is sensitive to face the risks of climate fluctuations. This research attempted to develop the device for risk management resulted from climate change by using the weather index insurance based on temperature variation measurement. The study therefore aimed to survey demographic information of farmers, their awareness and impact from climate change. The study also aimed to investigate the factors influencing the farmers' decision to participate in the weather index insurance. The data collection involved questionnaire distribution to 400 farmers in Chiang Rai province. The results indicated that 195 farmers showed an interest to purchase the weather index insurance, while 205 farmers showed no interest in this insurance scheme, but this showed nearly identical proportion. The analysis of factors influencing the tendency of farmers' decision to participate in the weather index insurance by using Binary Logistic Regression Model indicated that demographic factors, socioeconomic factors, and weather sensitivity for cultivation factors (altogether 16 factors) revealed up to 13 factors that influenced the farmers' decision to participate in this insurance scheme. However, implementation of the weather index insurance for benefits and accessibility to farmers must consider other influencing factors as well as consistent advertising campaign and government support for long-term risk management due to climate change by using the weather index insurance based on temperature variation measurement in order to trigger the development and utilization of this insurance scheme for maximum benefits of farmers nationwide.

Keywords: Climate Change, Weather Index Insurance, Farmer and Chiang Rai Province

*
Corresponding author: E-mail: sasiwimon.pup@crru.ac.th

บทนำ

ปัจจุบันทั่วโลกกำลังประสบกับปัญหาภัยพิบัติทางธรรมชาติ (Natural Disasters) ซึ่งมีหลายรูปแบบ สร้างความเสียหายและมีความรุนแรงที่แตกต่างกัน ความแปรปรวนของสภาพดินฟ้าอากาศนี้จึงทำให้เกิดผลกระทบกับชีวิตความเป็นอยู่ของประชากร รวมไปถึงกระทบกับเศรษฐกิจของแต่ละประเทศ โดยเฉพาะอาชีพเกษตรกรรมซึ่งเป็นอาชีพที่สร้างสรรค์ผลผลิตจากการพึ่งพาอาศัยธรรมชาติ การประกอบอาชีพเกษตรกรรมจึงมีความเสี่ยงที่ต้องเผชิญกับความแปรปรวนของสภาพอากาศ โดยเฉพาะภาวะโลกร้อน (Global Warming) และการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) ประเทศไทยของเราเป็นประเทศหนึ่งที่ได้รับผลกระทบส่วนใหญ่ของประชากรประกอบอาชีพเกษตรกรรมเป็นหลัก โดยเฉพาะการทำนาปลูกข้าวซึ่งมีพื้นที่รวมทั้งประเทศมากถึง 68.73 ล้านไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 46.00 ของพื้นที่ทำการเกษตรรวมทั้งหมด (Office of Agricultural Economics, 2019) เมื่อเกิดความแปรปรวนของสภาพดินฟ้าอากาศย่อมหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะมีผลกระทบต่อปริมาณข้าวและราคาข้าว ซึ่งทำให้กระทบกับเศรษฐกิจของประเทศ

เมื่อการปลูกข้าวสำคัญกับประเทศไทย โครงการของรัฐบาลส่วนใหญ่จึงเน้นการช่วยเหลือเกษตรกรผู้ปลูกข้าว เช่น การพยุงราคาข้าว การรับจำนำข้าว และปัจจุบันมีโครงการประกันภัยข้าวนาปี ซึ่งการประกันข้าวนาปีนี้เป็นโครงการหนึ่งที่ส่งเสริมให้เกษตรกรรู้จักการปรับตัวเพื่อลดความเสี่ยง โดยจะได้รับความคุ้มครองเมื่อเกิดภัยทางธรรมชาติ 7 ภัยพิบัติ แต่โครงการฯ ดังกล่าวพบว่า เมื่อเกิดความเสียหายในแปลงนารัฐบาลจะจ่าย

เฉพาะพื้นที่ที่เสียหายไม่ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดที่แจ้งทำประกันไว้ และต้นข้าวจะต้องตายสนิทเท่านั้น การตรวจสอบคืนค่าสินไหมต้องใช้เวลานาน ต้องรอเจ้าหน้าที่เข้ามาตรวจสอบพื้นที่ รอการประเมินผลแต่ละขั้นตอน มีผู้ลงนามหลายคนที่จะต้องมาเป็นพยาน ทำให้แต่ละกระบวนการเกิดความล่าช้า สิ้นเปลืองงบประมาณ และมักเกิดการโต้แย้งหรือโต้เถียงระหว่างเกษตรกรและผู้ตรวจสอบถึงขอบเขตของพื้นที่ที่เสียหาย เช่น หากมีต้นข้าวที่ล้ม ต้นข้าวเมื่อดิบซึ่งไม่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ ไม่สามารถนำไปขายหรือบริโภคได้ แต่การประเมินแปลงนาถือว่าต้นข้าวไม่ตาย เกษตรกรจึงเสียประโยชน์และไม่ได้รับค่าสินไหมทดแทน และเป็นที่มาของพฤติกรรมของผู้เอาประกันที่อาจไม่ดูแลไร่นาตนเองเท่าที่ควร การขาดความกระตือรือร้นที่จะรับผิดชอบ เพราะหวังว่าจะได้รับเงินค่าชดเชยจากรัฐบาลหรือบริษัทประกัน อาจถึงขั้นเผาไร่นาของตนเอง หรือปล่อยให้ต้นข้าวตาย เพื่อเรียกร้องเอาค่าประกัน ถือว่าเป็นการใช้ทรัพยากรไปอย่างสิ้นเปลือง

การแก้ปัญหาดังกล่าวรัฐบาลจึงได้เริ่มโครงการนำร่องการประกันภัยพิบัติผลโดยใช้ดัชนีภูมิอากาศ (Weather Index Insurance, WII) เริ่มในปี 2550 เป็นโครงการที่วัดภัยแล้งโดยใช้ดัชนีน้ำฝน ถือว่าเป็นโครงการแรกของการเอาระบบประกันภัยมาปรับใช้ให้เข้ากับสภาพแวดล้อมในประเทศไทย และเป็นการสร้างทางเลือกในการประกันภัยอันเป็นประโยชน์ต่อทั้งบริษัทประกันภัยและเกษตรกรไทย เนื่องจากเป็นตัวเลขที่สังเกตได้และวัดง่าย เป็นข้อมูลอ้อมวิสัย (Objective) มีความโปร่งใส (Achavanuntakul, 2013) โดยบริษัทประกันภัยจะจ่ายค่าชดเชยตามปริมาณน้ำฝนสะสมที่ตกจริง โดยยึดตามดัชนีน้ำฝนที่วัดได้จริงจากสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝนหลักหรือสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝน

สำรอง ไม่มีการประเมินความเสียหายจริงของพืชผลในพื้นที่ที่เอาประกันภัย ไม่ขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของไร่นาแต่ละผืน ซึ่งเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการต่างๆ ลดปัญหาต่างๆ ที่ได้กล่าวมา นอกจากนี้ สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ยังได้ให้ความสำคัญกับการประกันภัยพืชผลตามดัชนีสภาพอากาศ โดยมีรายละเอียดระบุไว้ในแผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ปีพ.ศ. 2558 – 2593 (Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, 2015)

ดังนั้นเมื่อพิจารณาแล้วจะเห็นว่าภาคเหนือของประเทศไทย ในปี 2560 ที่ผ่านมามีการปลูกข้าวมากถึง 13.027 ล้านไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 22.92 ของพื้นที่ปลูกข้าวทั่วประเทศ และจังหวัดเชียงรายเป็นจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกข้าวมากที่สุดในจำนวน 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบน (Office of Agricultural Economics, 2019) การที่ภาคเหนือเป็นแหล่งเพาะปลูกข้าวที่สำคัญนี้ เกษตรกรก็ย่อมที่จะได้รับผลกระทบจากสภาพอากาศอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นโอกาสในการช่วยเหลือเกษตรกร โดยปรับรูปแบบของการประกันภัยตามดัชนีสภาพอากาศจากค่าดัชนีปริมาณน้ำฝน มาเป็นค่าดัชนีอุณหภูมิเพราะเป็นค่าที่วัดได้ง่าย ไม่ต้องไปตรวจวัดตามสถานีหรือกรมอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ เพียงแค่มีศูนย์กลางข้อมูลอุณหภูมิเดียวกัน ทำเป็นแอปพลิเคชันในมือถือ หรือใส่ในเว็บไซต์ของสำนักงานเกษตร ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร หรือเว็บไซต์ที่เกษตรกรต้องลงทะเบียนกับภาครัฐ เพื่อสะดวกในการตรวจสอบข้อมูล ลดความยุ่งยาก เกษตรกรสามารถเข้าถึงข้อมูลได้โดยง่าย การตรวจสอบของบริษัทประกันก็สามารถตรวจอุณหภูมิได้จากแหล่งเดียวกัน หาก

อุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูสูงกว่าที่ประกันไว้เกษตรกรก็จะได้รับค่าสินไหมทดแทนตามที่ตกลง และไม่ว่าเกษตรกร ผู้ประเมินหรือบริษัทผู้รับประกันก็สามารถตรวจสอบได้ง่าย ทำให้เกษตรกรสามารถตัดสินใจได้เองว่าพื้นที่ของตนมีความเสี่ยงของอุณหภูมิหรือไม่ เกษตรกรจะมีแรงจูงใจดูแลผลผลิตของตนเองมากขึ้น ไม่สร้างความเสียหายในนาข้าวอีก เพราะหากได้รับค่าสินไหมทดแทนจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นแล้ว เกษตรกรยังสามารถได้รับรายได้จากการขายผลผลิตข้าวอีกด้วย ซึ่งแตกต่างจากการประกันภัยแบบเดิม นอกจากนั้น หากเกษตรกรร่วมกันทำประกันภัยมากขึ้นก็จะทำให้เบี้ยประกันถูกลง ได้ค่าสินไหมทดแทนมากขึ้น ลดภาระของรัฐบาลไม่ว่าจะเป็นต้นทุนด้านบุคลากร ด้านเงินช่วยเหลือหรือเงินอุดหนุนส่วนบริษัทประกันภัยเมื่อมีรายได้เพิ่มมากขึ้น สามารถบริหารจัดการและวางแผนหารูปแบบหรือวิธีการประกันภัยที่เหมาะสมกับเกษตรกรส่วนใหญ่ของประเทศ

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลทั่วไปของเกษตรกร การรับรู้ต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ และศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเข้าร่วมทำประกันภัยตามดัชนีอากาศโดยวัดค่าจากอุณหภูมิของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในจังหวัดเชียงราย เพื่อการประกันภัยฯ นี้จะได้เข้าถึงเกษตรกรผู้ที่มีความสนใจ และได้แนวทางที่จะทำให้เกษตรกรเข้าร่วมทำประกันภัยตามดัชนีอากาศเพิ่มมากขึ้น เป็นแนวทางที่จะทำให้เกิดเครื่องมือหนึ่งที่ช่วยบริหารความเสี่ยงทางการเงินให้กับเกษตรกร โดยมีภาครัฐและภาคเอกชนให้การสนับสนุนเพื่อในระยะยาวการบริหารจัดการความเสี่ยงโดยใช้การประกันภัยตามดัชนีอากาศที่วัดค่าจากอุณหภูมิอันเกิดจากสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศนี้ จะได้มีการพัฒนาและใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อทุกพื้นที่และทุกภาคส่วนต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและการสุ่มตัวอย่าง

การกำหนดประชากรในการศึกษาเป็นการคัดเลือกจากประชากร 18 อำเภอในจังหวัดเชียงราย โดยประชากรเป้าหมายได้จากการเรียงลำดับอำเภอที่มีเนื้อที่เพาะปลูกข้าวรวมมากที่สุดและเป็นอำเภอที่มีครัวเรือนที่ประกอบอาชีพเกษตรมากที่สุด 3 อำเภอแรก จึงได้ประชากรเป้าหมายในเขต อำเภอพาน อำเภอเมือง และอำเภอเทิง เป็นจำนวนทั้งสิ้น 45,588 ครัวเรือน วิธีการสุ่มตัวอย่างจึงเป็นการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน โดยทำการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง (Sample Size) ที่จะทำการศึกษาตามหลักการแปรผันร่วมกันระหว่างขนาดของกลุ่มตัวอย่างกับความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่าง ตามวิธีคำนวณจากสูตรของ Taro Yamane ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 คำนวณได้กลุ่มตัวอย่างดังนี้

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

เมื่อ e = ความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่าง

N = ขนาดของประชากร

n = ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

$$n = \frac{45,588}{1+45,588 \cdot (0.05)^2} \quad \dots(2)$$

= 399.99 หรือ 400 ครัวเรือน

หลังจากนั้นผู้วิจัยเลือกสุ่มตัวอย่างโดยกำหนดขนาดตัวอย่างแบบเป็นสัดส่วน (Vanichbuncha, 1997) จากจำนวนประชากรเป้าหมายแต่ละอำเภอจนได้สัดส่วนกลุ่มตัวอย่างของเกษตรกรผู้ปลูกข้าว 3 อำเภอ รวมทั้งสิ้น 400 ครัวเรือน ดังสมการที่ 3 แล้วทำการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงเพื่อสอบถามเกษตรกรผู้ปลูกข้าวครัวเรือนละหนึ่งคนในแต่ละอำเภอจนครบจำนวน ดังรายละเอียดใน Table 1

$$n_i = \frac{N_i}{N} n \quad \dots(3)$$

เมื่อ n_i = จำนวนตัวอย่างเกษตรกรในครัวเรือนที่สุ่มจากแต่ละอำเภอ

N_i = จำนวนครัวเรือนเกษตรในแต่ละอำเภอ

n = ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

N = จำนวนครัวเรือนเกษตรรวมทั้งหมด

Table 1 The Number of agricultural households and the sample size in Chiang Rai's Province

No.	District	Households	The sample size
1	Phan	16,160	142
2	Mueang	15,487	136
3	Thoeng	13,941	122
Overall		45,588	400

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษานี้มีเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือแบบสอบถาม ที่มีทั้งคำถามปลายปิดและคำถามปลายเปิด โดยแบ่งแบบสอบถามออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 เป็นข้อมูลทั่วไปของเกษตรกรผู้ปลูกข้าว รวมทั้งข้อมูลการผลิตข้าวนาปี

ตอนที่ 2 การรับรู้และการได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ รวมถึงปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศ

ตอนที่ 3 ความสนใจเข้าร่วมทำประกันภัยตามดัชนีอากาศโดยวัดค่าจากอุณหภูมิของเกษตรกร

การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเข้าร่วมทำประกันภัยตามดัชนีอากาศของเกษตรกร

การสอบถามถึงโอกาสที่เกษตรกรจะมีความสนใจเข้าร่วมทำประกันภัยตามดัชนีอากาศโดยวัดจากค่าอุณหภูมิ ใช้การวิเคราะห์แบบจำลองสมการถดถอยโลจิสติกสองทางเลือก (Binary Logistic Regression Model) ซึ่งสามารถกำหนดแบบจำลองเชิงประจักษ์ (Empirical Model) และได้มีการรวบรวมตัวแปรในงานวิจัยเกี่ยวกับการรับรู้และโอกาสของเกษตรกรเกี่ยวกับการประกันภัยพืชผลของ Dennis *et al.* (2014) และ Aidoo *et al.* (2014) ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อประกันภัยพืชผลของ Matthew *et al.* (2019) การประเมินผลการปรับตัวต่อสภาพภูมิอากาศของ Bate *et al.* (2019) และงานประกันภัยตามดัชนีอากาศของ Sinnarong (2013a) เป็นตัวอย่างงานวิจัยที่ทำให้มีการกำหนดตัวแปรและปัจจัยต่างๆ แล้วจึงทำการจัดกลุ่มตัวแปรออกเป็น 3 กลุ่มตามแนวคิดของ Demake *et al.* (2011) คือ ตัวแปรทางประชากร ศาสตร์ของ

เกษตรกรหรือตัวแปรทางด้านบุคคลซึ่งเป็นตัวแปรต้นทุนมนุษย์ ตัวแปรทางเศรษฐกิจสังคมซึ่งเป็นตัวแปรต้นทุนทางสังคม การเงิน และตัวแปรผลการรับรู้ต่อสภาพภูมิอากาศในการทำการเกษตรที่เกษตรกรเผชิญ ซึ่งเป็นตัวแปรต้นทุนทางธรรมชาติ โดยกำหนดตัวแปรตามและตัวแปรอธิบายดังนี้

ตัวแปรตาม เป็นตัวแปรเชิงคุณภาพแบบสองทางเลือก ซึ่งกำหนดให้เกษตรกรมีการตัดสินใจอยู่ 2 ลักษณะ ดังนี้

- ไม่สนใจทำประกัน = 0 เมื่อเกษตรกรไม่สนใจเข้าร่วมทำประกันภัยตามดัชนีอากาศ

- สนใจทำประกัน = 1 เมื่อเกษตรกรสนใจเข้าร่วมทำประกันภัยตามดัชนีอากาศ

ตัวแปรอธิบาย ประกอบด้วยกลุ่มตัวแปรปัจจัย 3 กลุ่ม ดังนี้

- ตัวแปรด้านบุคคล ได้แก่ ปัจจัยเพศ อายุ ระดับการศึกษา ประสบการณ์ในการปลูกข้าว

- ตัวแปรด้านเศรษฐกิจสังคม ได้แก่ ปัจจัยรายได้จากการผลิตข้าว ต้นทุนการผลิตข้าว การประกอบอาชีพเสริม การได้รับสินเชื่อ พื้นที่ปลูกข้าว สถานะการถือครองที่ดิน การเป็นสมาชิกกลุ่มเกษตรกร พื้นที่ระบบชลประทาน

- ตัวแปรด้านผลการรับรู้ต่อสภาพภูมิอากาศในการทำการเกษตร ได้แก่ ปัจจัยการได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ การได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝน การปรับตัวจากสภาพภูมิอากาศ และการทำประกันภัยพืชผลของรัฐบาล

โดยการวิเคราะห์แบบจำลองโลจิสติกสองทางเลือก เป็นการเปรียบเทียบโอกาสที่เกษตรกรจะสนใจเข้าร่วมทำประกันภัยตามดัชนีอากาศกับโอกาสที่เกษตรกรไม่สนใจเข้าร่วมการทำประกันภัยตามดัชนีอากาศ

รูปแบบของการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อโอกาสในการเข้าร่วมระบบการประกันตามดัชนีอากาศของเกษตรกร นอกจากจะเป็นการวิเคราะห์การถดถอยแบบโลจิสติกสองทางเลือกแล้ว ยังมีการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์การปรับตัวระดับฟาร์มและชุมชนของ Alauddin, M. and Sarker, A. R. (2014), Kassie et al. (2013) และ Sinnarong, N. (2013b) สำหรับการหาค่าเฉลี่ยของตัวแปรตาม (Y_i) ที่ขึ้นอยู่กับตัวแปรอธิบาย (X_i) ดังสมการที่ 4

$$E(Y/X) = \beta_0 + \beta_1 X \quad \dots(4)$$

เมื่อตัวแปรตาม (Y_i) เป็นตัวแปรเชิงคุณภาพแบบสองทางเลือก โดยการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกสองทางเลือกจะเป็นการเปรียบเทียบโอกาสของการสนใจเข้าร่วมทำประกันภัย ($Y_i = 1$) กับโอกาสของการไม่สนใจเข้าร่วมทำประกันภัย ($Y_i = 0$) ซึ่งเป็นกลุ่มอ้างอิง โดยที่ตัวแปรอธิบาย (X_i) ประกอบด้วยกลุ่มตัวแปร 3 กลุ่ม กำหนดให้โอกาสในการเข้าร่วมของเกษตรกรมีฟังก์ชันการกระจายของข้อมูลเป็นแบบโลจิสติก ดังสมการที่ 5

$$\pi(X) = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 X}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 X}} \quad \dots(5)$$

เขียนในรูปอย่างง่ายคือ $\pi(X) = E(Y/X)$ โดยที่ $\pi(X)$ คือโอกาสที่เกษตรกรจะสนใจเข้าร่วมทำประกันภัย คือ $Y=1(P_i = E(Y=1/X_i))$ ตามสมการที่ 6 และ $(1 - \pi(X))$ คือโอกาสที่เกษตรกรจะไม่สนใจเข้าร่วมทำประกันภัย ($Y_i = 0$) ซึ่งเป็นไปตามสมการที่ 7

$$1 - \pi(X) = \frac{1}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 X}} \quad \dots(6)$$

ดังนั้นจึงได้ว่า

$$\frac{\pi(X)}{1 - \pi(X)} = \frac{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 X}}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 X)}} = e^{\beta_0 + \beta_1 X} \quad \dots(7)$$

โดยที่ $\pi(X)/(1 - \pi(X))$ คือ อัตราส่วนโอกาสในการเข้าร่วม (The Odds Ratio) และแสดงค่าลอการิทึมของอัตราส่วนโอกาสในการเข้าร่วม (The Log Odds Ratio) ได้ตามสมการ 8

$$\ln \frac{\pi(X)}{1 - \pi(X)} = g(X) = \beta_0 + \beta_1 X \quad \dots(8)$$

ซึ่งก็คือค่าการถดถอยลอการิทึม (Anti-Log) ค่าสัมประสิทธิ์ความชันของสมการ ($\text{Exp}(\beta)$) เมื่อ $g(X)$ คือ ฟังก์ชันของตัวแปรอธิบาย ในที่นี้จึงสามารถประยุกต์ใช้แบบจำลองสมการถดถอยโลจิสติกสองทางเลือกในการวิเคราะห์ได้ดังสมการที่ 9

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \beta_3 X_{i3} + \dots + \beta_n X_{in} + u_i \quad \dots(9)$$

เมื่อ Y_i คือตัวแปรตามเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพแทนความสนใจในการเข้าร่วมทำประกันภัยตามดัชนีสภาพอากาศโดยวัดจากค่าอุณหภูมิของเกษตรกร

X_i คือตัวแปรอธิบาย 3 กลุ่ม ได้แก่ ตัวแปรทางด้านบุคคล ตัวแปรทางเศรษฐกิจสังคม และตัวแปรผลการรับรู้ต่อสภาพภูมิอากาศในการทำการเกษตร โดยเขียนสมการจากตัวแปร 3 กลุ่ม มีปัจจัยรวมจำนวนทั้งสิ้น 16 ปัจจัย ได้ดังนี้

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \text{GEN} + \beta_2 \text{AGE} + \beta_3 \text{EDU} + \beta_4 \text{EXP} + \beta_5 \text{INC} + \beta_6 \text{COS} + \beta_7 \text{PAR} + \beta_8 \text{CRE} + \beta_9 \text{LAN} + \beta_{10} \text{OWN} + \beta_{11} \text{GRO} + \beta_{12} \text{IRR} + \beta_{13} \text{TEM} + \beta_{14} \text{RAI} + \beta_{15} \text{ADA} + \beta_{16} \text{INS} + u_i \quad \dots(10)$$

ความหมายของตัวแปรทั้ง 16 ตัวแปร และการจัดกลุ่มค่าของตัวแปรได้อธิบายและให้ความหมายใน Table 2

Table 2 Description of Independent Variables

Variables	Description	Categories
GEN	Gender	0 = Female, 1 = Male
AGE	Age (years)	Number of Age
EDU	Education	EDU** = Uneducated
		EDU1 = Primary school
		EDU2 = Secondary school
		EDU3 = High school / vocational certificate
		EDU4 = Diploma / high vocational certificate
EXP	Experience (Years)	EDU5 = Bachelor's degree or higher degree
		Number of years that the farmer have been worked
		INC** = < 40,000
		INC1 = 40,001 - 60,000
		INC2 = 60,001 - 80,000
INC	Income from In-Season Rice (Baht/Rai)	INC3 = 80,001 - 100,000
		INC4 = > 100,000
		COS** = < 2,000
		COS1 = 2,001 - 3,000
COS	Production Cost from In-Season Rice (Baht/Rai)	COS2 = 3,001 - 4,000
		COS3 = 4,001 - 5,000
		COS4 = > 5,000

Table 2 Description of Independent Variables (Cont.)

Variables	Description	Categories
PAR	Supplementary careers/ Second career/ Part time job	0 = No, 1 = Yes
	CRE	Agricultural Loans 0 = No, 1 = Yes
	LAN	Land Size (Rai) Number of Land Size
OWN	Land ownership	0 = Other, 1 = Landlord
GRO	Being a group membership in farmer association	0 = No, 1 = Yes
	IRR	Irrigation area 0 = outside, 1 = inside
TEM	The farmers who are affected by temperature change	0 = No, 1 = Yes
	RAI	The farmers who are affected by rainfall 0 = No, 1 = Yes
ADA	The farmers' adaptation in climate change	0 = No, 1 = Yes
INS	Government crop insurance program	0 = Never, 1 = Ever
u_i	Error term	Numerical results from data analysis

Note : ** Reference Category

Table 2 เป็นการแสดงความหมายของตัวแปรและการจัดกลุ่มค่าตัวแปร หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ความถดถอยโลจิสติก ทำการคำนวณโดยใช้โปรแกรม IBM

SPSS Statistics โดยวิธี Enter แล้วสรุปผลจากตัวแปร รวมถึงรายละเอียดอื่นๆ ของเกษตรกรในพื้นที่ที่มีต่อความสนใจทำประกันภัยตามดัชนีอากาศ เพื่อให้ได้แนวทางในการเข้าถึงเกษตรกรผู้ที่มีความสนใจ เกิดการพัฒนาและทำให้เกิดความเป็นไปได้ที่จะนำการประกันภัยตามดัชนีอากาศไปใช้ในพื้นที่ต่อไป

ผลการวิจัย

ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกร

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลเกษตรกร 400 คน พบว่า เป็นเพศชาย 291 คน และเพศหญิง 109 คน อายุของเกษตรกรอยู่ระหว่าง 51-60 ปี มากที่สุด ประมาณร้อยละ 41.30 หรืออายุเฉลี่ยที่ 52 ปี สถานภาพสมรสแล้วมากถึงร้อยละ 84.00 ระดับการศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในระดับประถมศึกษา ร้อยละ 77.00 เกษตรกรส่วนใหญ่มีอาชีพเสริมถึงร้อยละ 82.80 โดยอาชีพเสริมส่วนใหญ่เป็นการรับจ้างร้อยละ 33.33 รองลงมาคือ ทำสวน ร้อยละ 28.00 เกษตรกรส่วนใหญ่จะมีการเข้าร่วมเป็นสมาชิกกลุ่มต่างๆ มากถึงร้อยละ 91.50 เช่น กลุ่มผู้สูงอายุ กลุ่มอาสาสมัครประจำหมู่บ้าน

ข้อมูลเกี่ยวกับการทำนาของเกษตรกร

เกษตรกรมีประสบการณ์ในการทำนาเฉลี่ย 26.19 ปี สถานะการถือครองที่ดินส่วนใหญ่เป็นของตนเองมากถึงร้อยละ 69.00 พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเขตชลประทาน ร้อยละ 63.80 มีการกู้ยืมเงินเพื่อการทำนามากถึงร้อยละ 68.50 ส่วนใหญ่เกษตรกรมีพื้นที่ทำนาเฉลี่ยอยู่ที่ 10.52 ไร่ ข้าวที่ปลูกส่วนใหญ่จะเป็นข้าวพันธุ์กข. 6 เกษตรกรปลูกมากถึงร้อยละ 76.50 ในการทำนาปี ปีการผลิต

2561 พบว่า เกษตรกรมีรายรับเฉลี่ยต่อไร่ประมาณ 5,866 บาท และต้นทุนเฉลี่ยต่อไร่อยู่ที่ 2,678 บาท ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่อยู่ที่ 647.15 กิโลกรัม

ข้อมูลเกี่ยวกับการรับรู้และการได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

เกษตรกรส่วนใหญ่รับรู้ถึงเหตุการณ์ผิดปกติที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศมากถึงร้อยละ 82.80 มีผู้ได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปมากถึงร้อยละ 91.30 และมีผู้ได้รับผลกระทบจากปริมาณน้ำฝนที่เปลี่ยนแปลงไปร้อยละ 72.00 ส่วนเกษตรกรที่เคยทำประกันภัยพืชผลของรัฐบาลนั้นมีเพียง 73 คนหรือคิดเป็นร้อยละ 18.30 และเมื่อสอบถามเกษตรกรถึงความสนใจที่จะทำประกันภัยตามดัชนีอากาศที่วัดจากค่าอุณหภูมินั้น มีเกษตรกรผู้ที่ไม่สนใจจะทำประกัน 205 คน และผู้ที่สนใจทำอยู่ที่ 195 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 51.25 และ 48.75 ตามลำดับ ซึ่งเป็นสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน

การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อโอกาสที่เกษตรกรจะสนใจเข้าร่วมการประกันตามดัชนีอากาศ

การทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบด้วยการทดสอบโดยวิธี Hosmer และ Lemeshow Test เป็นค่าทางสถิติเพื่อใช้ทดสอบความน่าเชื่อถือของสมการถดถอยโลจิสติก โดยตั้งสมมติฐานที่ทดสอบคือ

H_0 : ตัวแบบสมการมีความเหมาะสม

H_1 : ตัวแบบสมการไม่มีความเหมาะสม

Table 3 Hosmer and Lemeshow Test

Step	Chi-square	df	Sig.
1	11.718	8	0.184

จาก Table 3 การทดสอบความเหมาะสมของสมการ ได้ค่า Chi-Square เท่ากับ 11.718 และค่าความสำคัญ Significance เท่ากับ 0.184 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 หรือที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงว่า ยอมรับสมมติฐาน H_0 ซึ่งหมายความว่า แบบจำลองนี้มีความเหมาะสม

การทดสอบความสอดคล้องของแบบจำลอง (Goodness of Fit) และค่า Psuedo R-Square ที่ใช้พิจารณาค่าความเป็นไปได้ในการพยากรณ์ในระดับการคาดการณ์ความน่าจะเป็นแต่ละทางเลือก

Table 4 Model Summary

Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R^2	Nagelkerke R^2
1	362.868	0.380	0.507

จาก Table 4 ผลการทดสอบความสอดคล้องของแบบจำลองได้ 2log Likelihood (-2LL) มีค่าเท่ากับ 362.868 จากตัวแปรอธิบายทั้งหมด 16 ตัวแปรที่นำเข้ามาสมการ สถิติทดสอบระดับความสัมพันธ์ใช้สถิติทดสอบ Cox & Snell R^2 และค่า Nagekerke R^2 (หรือเรียกว่า Pesudo R^2) มีค่าเท่ากับ 0.380 และ 0.507 ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่บอกสัดส่วนหรือร้อยละที่สามารถอธิบายความผันแปรในสมการโลจิสติกซึ่งจะคล้ายกับค่า R^2 ในการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น ค่าที่ได้เป็นการพิจารณาหรือตรวจสอบความสอดคล้องของสมการหรือค่าร้อยละที่สามารถอธิบายความแปรปรวนหรือความผันแปรในการ

วิเคราะห์ความถดถอยโลจิสติกของสมการที่ได้ มีระดับการพยากรณ์ในระดับการคาดการณ์ความน่าจะเป็นที่ให้น้ำหนักในแต่ละทางเลือกเท่ากันเท่านั้นโดยไม่คำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ในที่นี้สามารถอธิบายเป็นร้อยละได้ โดยอยู่ระหว่างร้อยละ 38.00 ถึงร้อยละ 50.70 ตามลำดับ

ส่วนค่าสถิติทดสอบไคสแควร์ 3 ค่า คือ Chi-Square Model, Block และ Step ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน ดังนี้

H_0 : ความสนใจเข้าร่วมทำประกันภัยตามดัชนีอากาศของเกษตรกร ไม่ขึ้นกับตัวแปรอธิบายทั้งหมด

H_1 : ความสนใจเข้าร่วมทำประกันภัยตามดัชนีอากาศของเกษตรกร ขึ้นกับตัวแปรอธิบายอย่างน้อย 1 ตัวแปร

Table 5 Omnibus test of model coefficients

	Chi-square	df	Sig.
Step	191.400	26	.000***
Step 1 Block	191.400	26	.000***
Model	191.400	26	.000***

*** Significant difference 0.01

ผลการทดสอบความสอดคล้องของแบบจำลองค่า Chi-Square ที่คำนวณได้เท่ากับ 191.400 และค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 หรือที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ยอมรับสมมติฐานทางเลือก H_1 อธิบายได้ว่า ความสนใจทำประกันภัยตามดัชนีอากาศของเกษตรกรขึ้นกับตัวแปรอธิบายอย่างน้อย 1 ตัว จากตัวแปรอธิบายทั้งหมดจำนวน 16 ตัว ทำให้สมการถดถอยโลจิสติกมีตัวแปรที่มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ความน่าจะเป็นในการเข้าร่วม

การทำประกันภัยในครั้งนี้ และการทดสอบความแม่นยำของตัวแปรในสมการเพื่อพยากรณ์ความน่าจะเป็นที่เกษตรกรสนใจทำประกันภัยตามดัชนีอากาศ ดัง Table 5

Table 6 Classification Table

Observed		Interested to Participate for Weather Index Insurance		Percentage Correct
		No	Yes	
Interested to Participate for Weather Index Insurance	No	167	38	81.46
	Yes	39	156	80.00
Overall Percentage				80.73

ผลจาก Table 6 เป็นการทดสอบความน่าเชื่อถือในการพยากรณ์ของตัวแบบจำลองโดยการเปรียบเทียบค่าพยากรณ์กับค่าจริง จากการสำรวจมีเกษตรกรผู้ที่ไม่สนใจทำประกันภัยตามดัชนีอากาศ 205 คน ในจำนวนนี้ตัวแปรในแบบจำลองสามารถพยากรณ์ได้ว่าเป็นเกษตรกรผู้ที่ไม่สนใจทำประกันภัยตามดัชนีอากาศจำนวน 167 คน คือพยากรณ์ได้ถูกต้องร้อยละ 81.46 ซึ่งคำนวณได้โดย $(167/205) \times 100$ และเกษตรกรผู้ที่ไม่สนใจทำประกันภัยตามดัชนีอากาศมี 195 คน ในจำนวนนี้แบบจำลองสามารถพยากรณ์ได้ว่าเป็นเกษตรกรผู้ที่ไม่สนใจทำประกันภัยตามดัชนีอากาศจำนวน 156 คน คือพยากรณ์ได้ถูกต้องร้อยละ 80.00 หรือคำนวณโดย $(156/195) \times 100$ ดังนั้นในภาพรวมจะเห็นได้ว่า แบบจำลองสามารถบอกถึงความแม่นยำในการพยากรณ์ความน่าจะเป็นที่เกษตรกรสนใจทำประกันภัยตามดัชนีอากาศได้ถูกต้องถึงร้อยละ 80.73

Table 7 Binary Logit Regression Estimates of Farmers' Interest in the Weather Index Insurance Scheme

ตัวแปร	ค่าสัมประสิทธิ์ (β)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.E.)	Sig.	โอกาสของความสนใจทำประกันภัย Exp(β)
GEN	0.223	0.301	0.459	1.250
AGE	-0.063	0.024	0.009**	0.939
EDU			0.012*	
EDU(1)	2.243	0.858	0.009**	9.417
EDU(2)	1.344	0.978	0.170	3.833
EDU(3)	0.931	1.035	0.368	2.538
EDU(4)	3.179	1.657	0.055	24.032
EDU(5)	19.515	40,192.970	1.000	298,701,681.599
EXP	0.071	0.018	0.000**	1.073
INC			0.752	
INC (1)	0.851	0.886	0.337	2.342
INC (2)	0.498	0.891	0.576	1.646
INC (3)	0.586	1.052	0.577	1.797
INC (4)	0.901	1.372	0.511	2.462
COS			0.001**	
COS (1)	-1.562	0.406	0.000**	0.210
COS (2)	-1.316	0.441	0.003**	0.268
COS (3)	-0.605	0.661	0.361	0.546
COS (4)	0.245	0.980	0.803	1.277
PAR	-0.876	0.407	0.031*	0.416
CRE	0.899	0.354	0.011*	2.458
LAN	-0.082	0.018	0.000**	0.922
OWN	0.097	0.309	0.003**	1.104
GRO	-0.297	0.493	0.546	0.743
IRR	-1.049	0.325	0.001**	0.350
TEM	1.661	0.561	0.003**	5.264
RAI	0.916	0.342	0.007**	2.500
ADA	1.227	0.310	0.000**	3.411
INS	2.696	0.544	0.000**	14.817
Constant	-1.152	1.857	0.535	0.316

Remarks: (**) and (*) are significant at 0.01 and 0.05 respectively

จาก Table 7 แสดงถึงปัจจัยที่ส่งผลในการพยากรณ์ความน่าจะเป็นของโอกาสที่เกษตรกรจะตัดสินใจทำประกันภัยตามดัชนีอากาศ พบว่า กลุ่มของตัวแปรทั้ง 3 กลุ่ม มีปัจจัยที่ส่งผลต่อความสนใจทำประกันภัยตามดัชนีอากาศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยกลุ่มแรกเป็นตัวแปรทางด้านบุคคล ได้แก่ อายุ การศึกษา ตัวแปรกลุ่มที่ 2 ตัวแปรทางด้านเศรษฐกิจและสังคม ได้แก่ ต้นทุนการผลิตข้าว พื้นที่ปลูกข้าว สถานะการถือครองที่ดิน และพื้นที่ระบบชลประทาน และตัวแปรกลุ่มที่ 3 ตัวแปรผลการรับรู้ต่อสภาพภูมิอากาศ พบว่าปัจจัยทุกตัวส่งผลต่อความสนใจทำประกันภัยตามดัชนีอากาศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ส่วนปัจจัยที่ส่งผลต่อความสนใจทำประกันภัยตามดัชนีอากาศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ได้แก่ ตัวแปรกลุ่มที่ 2 ปัจจัยการประกอบอาชีพเสริม และการได้รับสินเชื่อ

หากพิจารณาจากความสำคัญของปัจจัยต่างๆ โดยเรียงความสำคัญจากค่าสัมประสิทธิ์ ในตัวแปรกลุ่มแรก ปัจจัยลำดับที่หนึ่งได้แก่ ปัจจัยระดับการศึกษาของเกษตรกรมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 2.243 อธิบายได้ว่าเกษตรกรที่มีการศึกษาระดับประถมศึกษาจะมีโอกาสสนใจทำประกันภัยตามดัชนีอากาศมากกว่าเกษตรกรที่ไม่ได้รับการศึกษาถึง 9.417 เท่า รองลงมาได้แก่ ปัจจัยประสบการณ์ในการปลูกข้าวมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.071 อธิบายได้ว่าเกษตรกรที่มีประสบการณ์ในการปลูกข้าวมากขึ้นในแต่ละปี จะมีโอกาสสนใจทำประกันภัยตามดัชนีอากาศมากขึ้น 1.073 เท่า ส่วนปัจจัยอายุมีค่าสัมประสิทธิ์เป็นลบ เท่ากับ -0.063 อธิบายได้ว่าเกษตรกรที่มีอายุมากขึ้นจะมีโอกาสสนใจทำประกันภัยตามดัชนีอากาศลดลง 0.939 เท่า หรืออาจกล่าวได้ว่าเกษตรกรที่มีอายุน้อยลงจะมีโอกาสที่จะสนใจทำประกันภัยตามดัชนีอากาศเพิ่มขึ้นกว่าเกษตรกรที่มีอายุ

มากกว่าคิดเป็นร้อยละ 6.10 (คำนวณจาก $(1 - 0.939) \times 100$)

ตัวแปรกลุ่มที่ 2 ปัจจัยที่มีค่าสัมประสิทธิ์ที่เป็นค่าบวกมากที่สุด ได้แก่ ปัจจัยการได้รับสินเชื่อมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.899 อธิบายได้ว่า เกษตรกรที่ได้รับสินเชื่อหรือมีการกู้ยืมเงิน มีโอกาสสนใจทำประกันภัยตามดัชนีอากาศมากกว่าเกษตรกรที่ไม่ได้รับสินเชื่อหรือไม่กู้ยืมเงิน 2.458 เท่า ปัจจัยสถานะการถือครองที่ดินมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.097 อธิบายได้ว่า เกษตรกรที่มีสถานะเป็นเจ้าของที่ดินมีโอกาสนักสนใจทำประกันภัยตามดัชนีอากาศมากกว่าเกษตรกรที่เช่าหรือไม่ได้เป็นเจ้าของที่ดิน 1.104 เท่า ส่วนปัจจัยที่มีค่าสัมประสิทธิ์เป็นลบเรียงลำดับได้ดังนี้ ปัจจัยพื้นที่ปลูกข้าวมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ -0.082 อธิบายได้ว่า เกษตรกรที่มีพื้นที่ปลูกข้าวมากขึ้นจะมีโอกาสสนใจทำประกันภัยตามดัชนีอากาศลดลง 0.922 เท่า หรืออาจกล่าวได้ว่า หากเกษตรกรมีพื้นที่ในการปลูกข้าวลดลง จะมีโอกาสที่จะสนใจทำประกันภัยตามดัชนีอากาศมากขึ้นคิดเป็นร้อยละ 7.80 (คำนวณจาก $(1 - 0.922) \times 100$) ปัจจัยการประกอบอาชีพเสริมมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ -0.876 อธิบายได้ว่า เกษตรกรที่ประกอบอาชีพเสริมแล้วจะมีโอกาสสนใจทำประกันภัยตามดัชนีอากาศน้อยกว่าเกษตรกรที่ไม่ได้ประกอบอาชีพเสริม 0.416 เท่า หรืออาจกล่าวได้ว่า หากเกษตรกรไม่ได้ประกอบอาชีพเสริม จะมีโอกาสที่จะสนใจทำประกันภัยตามดัชนีอากาศมากขึ้นคิดเป็นร้อยละ 58.40 (คำนวณจาก $(1 - 0.416) \times 100$) ปัจจัยของพื้นที่ระบบชลประทานมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ -1.049 อธิบายได้ว่า เกษตรกรที่อยู่ในพื้นที่ระบบชลประทาน มีโอกาสสนใจทำประกันภัยตามดัชนีอากาศน้อยกว่าเกษตรกรที่อยู่นอกพื้นที่ระบบชลประทาน 0.350 เท่า หรืออาจกล่าวได้ว่า หากเกษตรกรอยู่นอกพื้นที่ระบบชลประทาน จะมี

โอกาสสนใจทำประกันภัยตามดัชนีอากาศมากขึ้นคิดเป็นร้อยละ 65 (คำนวณจาก $(1 - 0.350) \times 100$) และสุดท้ายได้แก่ ปัจจัยต้นทุนการผลิตข้าวที่มีต้นทุนระหว่าง 2,001 - 3,000 บาท มีค่าสัมประสิทธิ์เป็นลบเท่ากับ -1.562 และต้นทุนระหว่าง 3,001 - 4,000 บาท มีค่าสัมประสิทธิ์เป็นลบเท่ากับ -1.316 อธิบายได้ว่า เกษตรกรที่มีต้นทุนในการผลิตข้าวมากขึ้นเมื่อเทียบกับเกษตรกรที่มีต้นทุนไม่เกิน 2,000 บาท หากมีต้นทุนระหว่าง 2,001 - 3,000 บาท และต้นทุนระหว่าง 3,001 - 4,000 บาท จะมีโอกาสสนใจทำประกันภัยตามดัชนีอากาศลดลง 0.210 เท่า และ 0.268 เท่า ตามลำดับ หรืออาจกล่าวได้ว่า หากกลุ่มเกษตรกรที่มีต้นทุนในการผลิตระหว่าง 2,001 - 3,000 บาท ลดต้นทุนลงได้ไม่เกิน 2,000 บาท จะมีโอกาสที่จะสนใจทำประกันภัยตามดัชนีอากาศมากขึ้นคิดเป็นร้อยละ 79.00 (คำนวณจาก $(1 - 0.210) \times 100$) และหากกลุ่มเกษตรกรที่มีต้นทุนในการผลิตระหว่าง 3,001 - 4,000 บาท ลดต้นทุนลงได้ไม่เกิน 2,000 บาท จะมีโอกาสที่จะสนใจทำประกันภัยตามดัชนีอากาศมากขึ้นคิดเป็นร้อยละ 73.20 (คำนวณจาก $(1 - 0.268) \times 100$)

ตัวแปรกลุ่มที่ 3 ปัจจัยที่มีค่าสัมประสิทธิ์ที่เป็นค่าบวกมากที่สุดได้แก่ ปัจจัยการทำประกันพืชผลของรัฐบาล มีค่าสัมประสิทธิ์มากที่สุดเท่ากับ 2.696 อธิบายได้ว่า เกษตรกรที่เคยทำประกันภัยพืชผลกับรัฐบาลมาแล้วจะมีโอกาสสนใจทำประกันภัยตามดัชนีอากาศมากกว่าเกษตรกรที่ไม่เคยทำถึงมากถึง 14.817 เท่า รองลงมาคือ ปัจจัยการได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ มีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 1.661 อธิบายได้ว่า เกษตรกรที่เคยได้รับผลจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ มีโอกาสสนใจทำประกันภัยตามดัชนีอากาศมากกว่าเกษตรกรที่ไม่เคยได้รับผลจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิถึง 5.264 เท่า ปัจจัยการ

ปรับตัวจากสภาพภูมิอากาศมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 1.227 อธิบายได้ว่า เกษตรกรที่มีการปรับตัวจากสภาพอากาศ มีโอกาสสนใจทำประกันภัยตามดัชนีอากาศมากกว่าเกษตรกรที่ไม่ปรับตัว 3.411 เท่า และปัจจัยการได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.916 อธิบายได้ว่า เกษตรกรที่เคยได้รับผลจากการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝน มีโอกาสสนใจทำประกันภัยตามดัชนีอากาศมากกว่าเกษตรกรที่ไม่เคยได้รับผลจากการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝนถึง 2.5 เท่า ดังนั้นการวิเคราะห์แบบจำลองสมการถดถอยโลจิสติกสองทางเลือก (Binary Logistic Regression Model) โดยมีปัจจัยนำเข้าทั้งหมด 16 ปัจจัยนั้น มีปัจจัยที่ส่งผลต่อความน่าจะเป็นที่เกษตรกรจะตัดสินใจทำประกันภัยตามดัชนีอากาศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมากถึง 13 ปัจจัย

วิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความน่าจะเป็นที่เกษตรกรจะตัดสินใจทำประกันภัยตามดัชนีอากาศประกอบด้วยกลุ่มตัวแปร 3 กลุ่ม สามารถอภิปรายความสำคัญของตัวแปรต่าง ๆ ได้ดังต่อไปนี้

ตัวแปรทางด้านบุคคลที่ส่งผลต่อการพยากรณ์ความน่าจะเป็นของโอกาสที่เกษตรกรจะตัดสินใจทำประกันภัยตามดัชนีอากาศอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ อายุ ระดับการศึกษา และประสบการณ์ในการปลูกข้าว เมื่อเกษตรกรที่มีประสบการณ์การทำงานมากขึ้นจะมีโอกาสตัดสินใจทำประกันภัยตามดัชนีอากาศเพิ่มขึ้น อายุมีค่าสัมประสิทธิ์ที่ผลเป็นลบเนื่องจากวัดค่าที่ค่าเฉลี่ยอายุของเกษตรกรที่ประมาณ 52 ปีลงมา และระดับการศึกษา

เกษตรกรส่วนใหญ่มีการศึกษาในระดับประถมศึกษามากถึง 308 คน ในจำนวนนี้มีความสนใจในการทำประกันภัยมากถึง 172 คนซึ่งเป็นคนส่วนใหญ่ ซึ่งประสบการณ์ในการทำนาอธิบายได้ว่า เมื่อเกษตรกรมีประสบการณ์ในการทำนาที่มากขึ้นก็ย่อมเกิดการเรียนรู้ในการทำนาผลิตข้าว การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการผลิต เช่น การเรียนรู้หรือทดลองเพื่อให้ผลผลิตมีมากขึ้น ต้นทุนลดลง การใช้เทคโนโลยี การเรียนรู้จากสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลงไป เรียนรู้จากแหล่งต่าง ๆ เช่น บรรพบุรุษ ครอบครัว ญาติพี่น้อง เพื่อนบ้าน หน่วยงานต่าง ๆ หรืออาจจะเป็นการค้นพบด้วยตัวเองผ่านการลองผิดลองถูกจนสามารถเกิดเป็นทักษะความเชี่ยวชาญในอาชีพพฤติกรรมดังกล่าวนี้ Polasen *et al.* (2017) ได้อธิบายไว้ในการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมการผลิตข้าวไรซ์เบอร์รี่ ผลการศึกษาพบว่าประสบการณ์ในการปลูกข้าวเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมการผลิตข้าวไรซ์เบอร์รี่ เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่เรียนรู้การปลูกข้าวจากบรรพบุรุษตั้งแต่วัยเยาว์ เมื่อติดตามบิดามารดาไปแปลงนาจะเกิดการสังเกต เรียนรู้และจดจำไปสู่การทดลองลงมือทำ จึงทำให้มีประสบการณ์การปลูกข้าวสะสมติดตัวมาที่ละเล็กละน้อย มีประสบการณ์ปลูกข้าวมานานก็จะทำให้ยอมรับได้เร็วขึ้น และจากการศึกษาประสิทธิภาพการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวจังหวัดชัยนาทของ Office of Agricultural Economics Region 7. (2015) พบว่ากลุ่มที่มีประสบการณ์มากกว่า 10 ปี เป็นกลุ่มที่มีประสิทธิภาพการผลิตมากกว่า กลุ่มผู้ที่มีประสบการณ์น้อยกว่า 10 ปี และยืนยันว่าการถ่ายทอดความรู้เทคโนโลยี เพื่อให้เกษตรกรได้รับประสบการณ์ตรง จะเป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ปัจจัยการผลิต ณ ระดับการใช้ปัจจัยการผลิตคงเดิม เพื่อให้

เกษตรกรได้รับผลผลิตเพิ่มขึ้นสามารถทำได้จริง และ Zizinga *et al.* (2017) ศึกษาข้อมูลอนุกรมเวลาที่อยู่ในช่วง ปี 1980–2009 พบว่า เกษตรกรผู้มีประสบการณ์เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จะมีการสังเกตการณ์และมีวิธีการปรับตัวเพื่อป้องกันผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ดังนั้นหลายปีที่ผ่านมาเกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิที่สูงขึ้น ความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝน ฯลฯ ทำให้เกษตรกรได้ผ่านประสบการณ์ การรับรู้และเรียนรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นและมีการปรับตัวเพื่อหาทางเพื่อลดความเสี่ยงและลดการสูญเสียลง

ตัวแปรทางเศรษฐกิจสังคม ปัจจัยแรกที่มีค่าสัมประสิทธิ์เป็นบวกได้แก่ สถานะการถือครองที่ดิน ซึ่งจากผลการศึกษาเกษตรกรที่เป็นเจ้าของที่ดินเอง จะมีโอกาสตัดสินใจทำประกันภัยตามดัชนีอากาศมากกว่าเกษตรกรที่ถือครองที่ดินในลักษณะอื่น ๆ ทั้งนี้การเป็นเจ้าของการมีสิทธิต่าง ๆ ย่อมทำได้โดยอิสระ มีโอกาสที่จะตัดสินใจโดยคำนึงถึงผลประโยชน์และผลกระทบที่เกิดขึ้นแก่ตนเองได้ง่ายและสะดวกกว่า เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Aidoo *et al.* (2014) ศึกษาประเมินความเต็มใจจ่ายของเกษตรกรในการรับประกันภัยพืชผล พบว่าสถานะการถือครองที่ดินมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับเบี้ยประกัน เกษตรกรที่เป็นเจ้าของที่ดินยินดีที่จะรับการรับประกันภัยพืชผล และมีแนวโน้มที่จะเสนอประกันพืชผลที่สูงขึ้นเนื่องจากพวกเขาสามารถควบคุมที่ดินได้อย่างเต็มที่และได้รับผลผลิตทั้งหมดที่ได้จากธุรกิจการเกษตร และงานวิจัยของ Kusnandar and Rahayu (2018) ทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของเกษตรกรในการติดตามโครงการประกันพืชผลของรัฐบาลอินโดนีเซียพบว่า ลักษณะของฟาร์มและเกษตรกรที่เป็นเจ้าของที่ดินเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกษตรกรมีความตั้งใจที่จะจ่ายค่า

ประกันพืชผล จึงส่งเสริมให้เกษตรกรมีที่ดินเป็นของตนเองเพราะเกษตรกรที่มีที่ดินมีอิสระที่จะทำประกันและสอดคล้องกับงานของ Arellanes and Lee (2001) ที่พบว่าเกษตรกรที่มีความมั่นคงในที่ดินของตนเองมีแนวโน้มที่จะใช้เทคโนโลยีใหม่เพิ่มขึ้นถึงสี่เท่า นอกจากนี้ ผลการศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว จังหวัดชัยนาทของ Office of Agricultural Economics Region 7 (2015) อธิบายว่า การถือครองที่ดินโดยเป็นเจ้าของเอง เกษตรกรสามารถที่จะตัดสินใจลงมือปลูกในพื้นที่ของตนเองได้ การเป็นเจ้าของนั้นจึงมีอิสระทั้งเวลาในการทำงาน การบริหารจัดการด้วยตนเองไม่จำเป็นต้องต้องรอการตัดสินใจจากใครซึ่งอาจจะใช้ทักษะความรู้ความสามารถและประสบการณ์ของตนเองที่ผ่านปัญหาและสามารถแก้ปัญหาด้วยตนเอง จึงรู้ศักยภาพและกำลังความสามารถของตน ดังนั้นการตัดสินใจเพื่อการลงทุนต่าง ๆ ในการลดความเสี่ยงก็จะทำได้ง่ายกว่าและมีประสิทธิภาพมากกว่า

ส่วนตัวแปรพื้นที่ระบบชลประทาน เกษตรกรที่มีพื้นที่ทำนาอยู่นอกพื้นที่ระบบชลประทานก็จะมีโอกาสตัดสินใจทำประกันภัยตามดัชนีอากาศมากกว่าเกษตรกรที่มีพื้นที่ทำนาอยู่ในพื้นที่ระบบชลประทาน เนื่องจากเป็นที่ประจักษ์อยู่แล้วว่าการทำนาหรือการทำการเกษตรย่อมต้องอาศัยน้ำเพื่อเพาะปลูกเป็นสำคัญ หากไม่มีน้ำพืชผลภาคเกษตรไม่เจริญเติบโต ย่อมส่งผลให้เกิดความเดือดร้อนทางเศรษฐกิจและสังคมตามมามากมาย จากงานวิจัยวิถีชีวิตเกษตรกรกับการคงอยู่ของภาคเกษตรในอำเภอบางปลาม้า จังหวัดสุพรรณบุรี ของ Chitpaiboon *et al.* (2013) อธิบายถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการคงอยู่ของภาคการเกษตร สรุปได้ว่าเนื่องจากน้ำเป็นปัจจัยหลักที่มีส่วนสำคัญในการทำการเกษตรไม่ว่าจะเป็นการปลูกข้าวหรือการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยเกษตรกรส่วนใหญ่มอง

ว่าการมีแหล่งน้ำหรือระบบชลประทานที่ทั่วถึงจะส่งผลให้การทำการเกษตรได้รับผลผลิตที่ดีและการมีผลผลิตที่ดีนั้นก็ย่อมส่งผลต่อรายได้ของเกษตรกรมากขึ้นเช่นกัน จึงทำให้ครัวเรือนเกษตรกรในพื้นที่ศึกษายังคงประกอบอาชีพเกษตรกรรมไม่เปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Prangbang *et al.* (2019) ที่ทำการศึกษารับรู้และการปรับตัวของเกษตรกรต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย พบว่า หากเกษตรกรมีแหล่งน้ำสำรองเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้เกษตรกรสามารถปรับเปลี่ยนช่วงการเพาะปลูก เพราะสามารถมีน้ำใช้ได้ตลอดเวลาของรอบการเพาะปลูก หากเกษตรกรมีพื้นที่การเพาะปลูกอยู่นอกเขตชลประทานจะส่งผลให้เกษตรกรเลือกที่จะปรับตัวเพื่อบรรเทาผลกระทบที่อาจจะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ดังนั้นเกษตรกรที่มีพื้นที่ทำนาอยู่นอกพื้นที่ระบบชลประทานก็จะมีโอกาสสนใจทำประกันภัยตามดัชนีอากาศมากกว่าเกษตรกรที่มีพื้นที่ทำนาอยู่ในพื้นที่ระบบชลประทานเพื่อต้องการลดความเสี่ยงหากเกิดอุทกภัยมีที่รื้อนขึ้น ขาดแคลนแหล่งน้ำ การลดความเสี่ยงโดยการทำประกันไว้ เงินประกันก็จะสามารถชดเชยรายได้ที่เกิดจากความเสียหายของนาข้าวในฤดูนั้นได้

ปัจจัยพื้นที่ปลูกข้าว และต้นทุนในการทำประกันภัย เกษตรกรที่มีพื้นที่ปลูกข้าวมากขึ้นจะมีโอกาสตัดสินใจทำประกันภัยตามดัชนีอากาศลดลง หรือหากเป็นเกษตรกรที่มีพื้นที่น้อยกว่า 20 ไร่ ลงมา จะมีโอกาสสนใจทำประกันภัยตามดัชนีอากาศมากขึ้นนั่นเอง ทั้งนี้ อาจเกิดจากเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยนี้ ส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรรายย่อยมีพื้นที่ทำนาเฉลี่ยอยู่ที่ 10.52 ไร่ หรือมีพื้นที่นาตั้งแต่ 1 ไร่จนถึง 10 ไร่ มากถึง 294 ราย จาก 400 ราย ค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนในการทำประกันภัยตามดัชนีอากาศอาจจะส่งผลให้เกิดการตัดสินใจซื้อของ

เกษตรกร หากเป็นเกษตรกรที่มีพื้นที่ปลูกข้าวไม่มากนัก ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่จะลงทุนเพื่อลดความเสี่ยงโดยการประกันฯ ก็จะใช้น้อยกว่ากรณีที่มีพื้นที่ปลูกข้าวมาก เช่นเดียวกับ Aidoo *et al.* (2014) กล่าวว่า ขนาดฟาร์ม พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงลบกับจำนวนที่เกษตรกรยินดีจ่ายเป็นเบี้ยประกันพืชผล ซึ่งหมายความว่าเกษตรกรที่มีฟาร์มขนาดใหญ่จะมีต้นทุนน้อยกว่าค่าเบี้ยประกันต่อเอเคอร์ สิ่งนี้ค่อนข้างเข้าใจได้เนื่องจากค่าเบี้ยประกันรวมที่พวกเขาจะจ่ายสำหรับขนาดฟาร์มทั้งหมดของพวกเขาจะสูงกว่าฟาร์มที่มีขนาดเล็กกว่ามาก แต่ในงานของ Nowak (1987) พบความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างจำนวนเกษตรกรที่ยินดีจ่ายสำหรับนวัตกรรมและขนาดฟาร์ม ทั้งนี้อาจเป็นเพราะขนาดฟาร์มที่ใหญ่กว่ามีแนวโน้มที่จะได้รับประโยชน์มากขึ้นจากการใช้นวัตกรรมเนื่องจากการประหยัดจากขนาด แต่อย่างไรก็ตามในธุรกิจประกันภัยนั้นการชำระเงินมีแนวโน้มที่จะทำต่อเอเคอร์หรือต่อไร่ ดังนั้นยิ่งฟาร์มยิ่งมีขนาดใหญ่ขึ้นเท่าไรก็จะยิ่งทำให้ต้องจ่ายค่าเบี้ยประกันภัยมากขึ้นเท่านั้น จากข้อมูลขนาดพื้นที่ปลูกข้าวทำให้พบว่า ค่าใช้จ่ายที่จะลงทุนเพื่อลดความเสี่ยงทางการเงินเพื่อซื้อประกันภัยตามดัชนีอากาศหรือค่าเบี้ยประกันจะถูกรวมเข้าไปเป็นต้นทุนการปลูกข้าว จึงสอดคล้องกับผลจากการศึกษาที่พบว่า ปัจจัยต้นทุนในการผลิตข้าวยังเกษตรกรที่มีต้นทุนในการผลิตข้าวมากขึ้น จะมีโอกาสสนใจทำประกันภัยตามดัชนีอากาศลดลงด้วย เพราะหากลดต้นทุนลงได้มากเท่าใด ส่วนต่างของกำไรก็จะได้มากตามไปด้วย เพราะเกษตรกรไม่สามารถกำหนดราคาขายข้าวในท้องตลาดได้เอง เกษตรกรเป็นเพียงผู้ยอมรับราคา (Price Taker) เท่านั้น จึงไม่อาจคำนวณรายได้ที่จะได้รับหลังจากเก็บเกี่ยวได้แน่นอน การที่จะต้องรับภาระค่าทำประกันภัยอีกนั้นจึง

เป็นการเพิ่มต้นทุนซึ่งทำให้เกษตรกรจึงต้องพิจารณาในส่วนนี้มากขึ้น

เมื่อราคาข้าวไม่สามารถกำหนดเองได้และต้นทุนก็มีความสำคัญกับการปลูกข้าว ดังนั้นปัจจัยการได้รับสินเชื่อจึงมีความสำคัญต่อการตัดสินใจทำประกัน เพราะการได้รับโอกาสในการเข้าถึงสินเชื่อเป็นโอกาสที่จะทำให้เกษตรกรได้นำเงินไปลงทุนและสามารถผ่อนชำระโดยที่ไม่จำเป็นต้องจ่ายเงินก้อนทั้งหมด เสมือนว่าเกษตรกรเป็นผู้ที่ถูกไว้วางใจว่าจะมีความสามารถในการชำระหนี้ได้ จึงสะท้อนถึงและงานวิจัยของ Bryan *et al.* (2011) และ Sofoluwe *et al.* (2011) งานวิจัยของทั้งสองได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการปรับตัวของเกษตรกรในประเทศเคนยาและไนจีเรีย พบว่าตัวแปรของเกษตรกรที่ได้รับสินเชื่อเป็นตัวแปรที่มีผลกระทบสำคัญในการปรับตัว โดยเฉพาะการปรับตัวโดยวิธีการเปลี่ยนพันธุ์พืช การปลูกต้นไม้เพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยระบุว่า หากขาดเงินทุน แหล่งกู้ยืม ขาดแคลนที่ดิน และศักยภาพทางชลประทานที่ไม่ดีแล้ว จะเป็นอุปสรรคในการปรับตัวของเกษตรกรต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ เพราะโดยทั่วไปเกษตรกรในชนบทมักยากจนและไม่สามารถลงทุนในเทคโนโลยีใหม่ๆ การเข้าถึงแหล่งเงินทุน หรือการได้รับเครดิตจึงเป็นสิ่งสำคัญสำหรับเกษตรกร

นอกจากนี้ยังมีปัจจัยการประกอบอาชีพเสริมที่เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ลดจำนวนของเกษตรกรที่เป็นหนี้ได้ จากงานวิจัยของ Bate *et al.* (2019) ทำการวิเคราะห์ปัจจัยทางเศรษฐกิจและสังคมของครัวเรือนในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยใช้แบบจำลองการถดถอยแบบลอจิสติกไบนารี สำรวจเกษตรกรในชุมชนฟาร์มสี่แห่งในแคเมอรูน พบว่า รายได้ที่มีใช้ฟาร์มหรือรายได้นอกการเกษตรมีส่วนช่วยให้เกษตรกรมีจำนวนหนี้สินลดลง มีโอกาสในการซื้อเครื่องมือ อุปกรณ์ทำ

ฟาร์มและเทคโนโลยีการเกษตรอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เป็นความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างการยอมรับการปรับตัวที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิ แต่ในงานวิจัยนี้ ผลความสัมพันธ์ของปัจจัยการประกอบอาชีพเสริมเป็นลบกับความสนใจในการทำประกันภัยตามดัชนีอากาศ สาเหตุหนึ่งอาจจะเป็นเพราะจากจำนวนผู้ที่อยู่ในเขตชลประทานทั้งหมด 331 คน เป็นผู้มีอาชีพเสริมมากถึง 218 คน เมื่ออยู่ในพื้นที่มีแหล่งน้ำหรือระบบชลประทานที่เพียงพอจึงไม่มีปัญหาในการทำเกษตร และอาจเป็นไปได้ว่า การที่เกษตรกรไม่มีอาชีพเสริม หวังพึ่งพาแต่การทำอย่างเดียวนั้นจึงเป็นความเสี่ยงหรือความไม่แน่นอนหากมีการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ การตัดสินใจทำประกันภัยไว้จึงเป็นสิ่งที่ทำให้เชื่อมั่นได้ว่า หากเกิดเหตุการณ์ผันผวนของสภาพอากาศทำให้น้ำข้าวเสียหายก็ยังมีเงินประกันที่ยังพอจะชดเชยความเสียหายดังกล่าวได้ แต่การที่เกษตรกรผู้ที่ทำอาชีพเสริมอาจจะมีรายได้ส่วนหนึ่งหรือเพียงพอแล้วเมื่อเกิดความเสียหายของนาข้าวหรือราคาข้าวตกต่ำ จึงอาจจะไม่จำเป็นที่จะต้องทำประกันภัยในการลดความเสี่ยง หรือเกษตรกรเองอาจจะไม่มีเวลาเพียงพอที่จะให้ความสนใจในการทำนาเท่าที่ควรเนื่องจากมีรายได้ส่วนอื่นที่มาจุนเจือครอบครัว การประกอบอาชีพเสริมทำให้ลดความกดดัน ลดภาระค่าใช้จ่ายได้ส่วนหนึ่ง ดังนั้นเมื่อรายได้ไม่มีนัยยะสำคัญทางสถิติ จึงส่งผลให้การประกอบอาชีพเสริมซึ่งเป็นที่มาของรายได้อีกทางหนึ่ง ผู้ที่ประกอบอาชีพเสริมจึงไม่ได้ให้ความสนใจกับการประกันภัยเท่ากับผู้ที่ไม่มีอาชีพเสริม

ตัวแปรผลการรับรู้ต่อสภาพภูมิอากาศในการทำเกษตร จะเห็นได้ว่าปัจจัยการได้รับผลกระทบจากเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ และการได้รับผลกระทบจากเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝน เกษตรกรกลุ่มนี้จะมีโอกาสตัดสินใจทำประกันภัยตามดัชนีอากาศมากกว่าเกษตรกร

ที่ไม่ได้รับผลกระทบดังที่กล่าวมา ดังเช่นงานวิจัยของ Sinnarong and Phongaranyapa (2016) ได้ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการปรับตัวของเกษตรกรเพื่อพัฒนาชุมชนต้นแบบภายใต้บริบทการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ พบว่า เกษตรกรที่มีความรู้ในพื้นที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเมื่อเทียบกับในอดีตจะมีโอกาสในการปรับตัวมากกว่าเกษตรกรกลุ่มที่ยังไม่มีความรู้ และเกษตรกรที่ได้รับความรวดเร็วในการเตือนภัยจากสภาพภูมิอากาศมากกว่า มีโอกาสในการปรับตัวมากกว่ากลุ่มเกษตรกรที่ได้รับการเตือนภัยช้ากว่า ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะประสบการณ์ที่เคยประสบกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศมาแล้ว หรือการรับรู้ผลกระทบมาแล้ว ทำให้เกษตรกรเกิดความระมัดระวังขึ้น มีความตระหนักถึงความต้องการที่จะลดความเสี่ยงจากธรรมชาติที่ไม่สามารถควบคุมได้ และเมื่อพิจารณาร่วมกับเหตุผลของการเข้าร่วมโครงการประกันภัยข้าวนาปีของรัฐบาลจึงพบว่าสอดคล้องกับ งานวิจัยของ Bank for Agriculture and Agricultural Cooperatives (2013) ที่ได้ระบุเหตุผลของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการประกันภัยข้าวนาปี ในปี 2555 ว่าเหตุผลหลักคือ เกษตรกรมีความต้องการประกันความเสี่ยงจากภัยธรรมชาติที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้เสมอ รองลงมาคือ พื้นที่ในการทำนาของตนเองเป็นพื้นที่ที่เสี่ยงต่อภัยธรรมชาติ และคาดว่าปีนี้จะประสบภัยธรรมชาติ และในงานวิจัยของ Thitinantapan (2016) ที่ได้ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อประกันภัยข้าวนาปีของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรที่เคยพบปัญหาภัยธรรมชาติที่ตัดสินใจซื้อประกันภัยพืชผลโครงการกระทรวงการคลัง คือเกษตรกรที่เจอปัญหาภัยแล้งมากที่สุด ความสามารถในการรับมือกับปัญหาที่เกิดจากภัยธรรมชาติของเกษตรกรมีความสัมพันธ์ต่อการซื้อประกันภัยพืชผล เนื่องจาก

เกษตรกรที่สามารถรับมือกับปัญหาที่เกิดจากภัยธรรมชาติ จะมีความรอบคอบและมีประสบการณ์ในการรับมือกับปัญหาที่เกิดจากภัยธรรมชาติ รับรู้ถึงความเสี่ยงที่จะเกิดความสูญเสียหลังจากเกิดภัยธรรมชาติ จึงซื้อประกันภัยพืชผลเพื่อลดความเสี่ยงดังกล่าว

นอกจากนี้การปรับตัวของเกษตรกรโดยการลดความเสี่ยงจากการทำประกันภัยเกษตรกรรายย่อยหรือเกษตรกรที่มีพื้นที่ปลูกน้อยๆ จะมีโอกาสที่จะปรับตัวได้ดีกว่า และเกษตรกรรายย่อยยังเป็นผู้ผลิตข้าวที่มีประสิทธิภาพด้วย จะเห็นได้จากงานวิจัยของ Zizinga *et al.* (2017) พบว่า การปรับตัวจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรรายย่อยจะเป็นปัจจัยที่นำไปสู่การยอมรับของชุมชนเกษตรกรและง่ายต่อการพัฒนาของภาครัฐ ความสำคัญของการวิจัยและพัฒนา นั้นจึงมีการจัดลำดับความสำคัญของการดำเนินการปรับตัวบนพื้นฐานของลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกรรายย่อยเป็นหลัก การปรับตัวจะส่งผลในการวางแผนและการใช้ทรัพยากรของรัฐอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร ปรับปรุงผลผลิตพืชผลและเพิ่มรายได้ของครัวเรือนเกษตรกร การลงทุนในโครงการประกันภัยของรัฐบาล เพื่อให้เกษตรกรเกิดการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เมื่อมีนโยบายของรัฐบาลเข้ามากำกับดูแลก็จะได้รับความร่วมมือจากเกษตรกรรายย่อยเป็นหลัก เนื่องจากเกษตรกรรายย่อยเป็นผู้ยอมรับราคา เป็นผู้ยอมรับนโยบายและดำเนินมาตรการตามที่รัฐบาลกำหนดได้ง่าย และในส่วนการทำประกันพืชผลของรัฐบาลนั้น จะเห็นได้ว่าเกษตรกรที่เคยทำประกันภัยพืชผลของรัฐบาลมาก่อน จะมีโอกาสตัดสินใจซื้อประกันภัยตามดัชนีอากาศมากกว่าเกษตรกรที่ไม่เคยทำประกันภัย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Fiscal Policy Office. (2010) ที่ได้มี

การศึกษาความพึงพอใจของเกษตรกรที่มีต่อการประกันภัยข้าวโดยใช้ดัชนีสภาพอากาศ ในปีการเพาะปลูก 2553 พบว่า กลุ่มตัวอย่างจะซื้อประกันภัยแล้งสำหรับข้าวนาปี มากถึงร้อยละ 83.70 เนื่องจากเป็นโครงการที่ดี เชื่อถือได้ ตลอดจนมีประสบการณ์เชิงบวกกับการทดลองระบบประกันภัยเสมือนจริงในปีก่อนหน้า และเห็นคุณค่าของระบบประกันภัยเนื่องจากช่วยป้องกันความเสี่ยงและลดต้นทุน และเมื่อพิจารณาความเสียหายจากภัยแล้งในปีการเพาะปลูกก่อนหน้ากับการซื้อประกันภัยในปี 2553 พบว่า มีความสอดคล้องกันโดยเกษตรกรที่ประสบภัยแล้งมีความสนใจที่จะซื้อประกันภัยมากกว่าที่ไม่ซื้อ และหากประสบความเสียหายรุนแรงจะมีแนวโน้มซื้อประกันภัยในปี 2553 สูงกว่าเกษตรกรกลุ่มที่เคยประสบความเสียหายน้อย นอกจากนี้ข้อมูลในภาพรวมของ Thai General Insurance Association. (2019) ยังได้ระบุว่า การเริ่มโครงการประกันนาข้าวตั้งแต่ปีการผลิต 2554 มีพื้นที่เพาะปลูกข้าวเข้าร่วมโครงการฯ เพียง 1.06 ล้านไร่ หรือร้อยละ 1.69 ของพื้นที่เพาะปลูกทั่วประเทศ จนกระทั่งปี 2561 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 51.24 ของพื้นที่เพาะปลูกทั่วประเทศ จึงถือว่าโครงการประกันภัยข้าวนาปีนั้น สามารถช่วยรัฐประหยัดงบประมาณในการช่วยเหลือเกษตรกรที่ได้รับความเสียหายจากภัยธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพ สร้างความเชื่อมั่นให้กับเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการได้เป็นอย่างดีตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาทำให้เกษตรกรที่เคยทำประกันภัยกลับมาเข้าร่วมโครงการอย่างต่อเนื่องและเป็นการประชาสัมพันธ์ให้เกษตรกรคนอื่นๆ เกิดความมั่นใจเชื่อถือในโครงการฯ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

เมื่อพิจารณาปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเข้าร่วมทำประกันภัยตามดัชนีอากาศของเกษตรกรจะพบว่าแนวทางที่จะทำให้ประกันภัยตามดัชนีอากาศนี้เข้าถึงเกษตรกร เกิดการตัดสินใจและประกันภัยจะประสบความสำเร็จได้นั้น อาจจะต้องเริ่มพิจารณาในส่วนของผู้ที่มีความเสี่ยงก่อน ควรเน้นกลุ่มเกษตรกรในพื้นที่ที่อยู่นอกระบบชลประทานหรือพื้นที่ประสบปัญหาภัยแล้งติดต่อกันทุกปีเป็นหลัก กลุ่มเกษตรกรที่เคยประสบกับปัญหาด้านอุทกภัย ปัญหาด้านปริมาณน้ำฝน เพราะความเสี่ยงแต่ละพื้นที่ไม่เหมือนกัน และประสบการณ์ของเกษตรกรจะทำให้เกิดการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ ดังนั้นจึงควรที่จะเริ่มต้นกับพื้นที่ที่เกษตรกรมีความต้องการก่อน หรือควรที่จะแก้ปัญหาล่วงหน้าด้วยการสร้างระบบชลประทานให้ทั่วถึงในพื้นที่ที่ประสบภัยซ้ำซาก

นอกจากนี้งานวิจัยยังพบว่า ปัจจัยพื้นที่ปลูกข้าวของเกษตรกรที่ส่วนใหญ่ที่มีพื้นที่น้อยกว่า 20 ไร่ และเกษตรกรยังมีพื้นที่ปลูกข้าวน้อยและเป็นเจ้าของที่ดินก็จะมีโอกาสที่สนใจทำประกันภัยตามดัชนีอากาศมากขึ้น จึงเป็นลักษณะที่ควรทำประกันแบบไมโครอินซัวรันส์ (Micro Insurance) หรือกรมธรรม์ประกันภัยรายย่อย การประกันจะมีลักษณะคล้ายกับที่รัฐบาลทำประกันภัยข้าวนาปีหรือประกันสำหรับผู้ที่มียาได้น้อยและเป็นผู้ที่ไม่ได้ประกอบอาชีพเสริม นอกจากนี้ตัวแปรอายุเฉลี่ยของเกษตรกรที่มาก และการศึกษาในระดับประถมศึกษาของกลุ่มตัวอย่างก็เป็นส่วนที่ทำให้เกษตรกรเข้าถึงรูปแบบการประกันได้ยาก ดังนั้นค่าเบี้ยประกันภัยและความคุ้มครองจะอยู่ในระดับที่ไม่สูงมาก เพื่อให้กลุ่มเป้าหมายเข้าถึงการประกันได้ จึงต้องมีความยืดหยุ่น ภาษาที่ใช้ในกรมธรรม์ไม่ซับซ้อน เข้าใจง่าย

ปีที่ 17 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2563

เงื่อนไขกรมธรรม์ที่ไม่ยุ่งยาก การเก็บเบี้ยประกันภัยโดยภาครัฐจะสมทบค่าเบี้ยประกันภัยบางส่วนและส่วนที่เหลือเป็นต้นทุนของเกษตรกรในการจ่ายเบี้ยเอง เช่นเดียวกับการทำประกันภัยพืชผลหรือประกันข้าวนาปี การที่รัฐต้องเข้ามาช่วยสนับสนุนค่าเบี้ยประกันเป็นการช่วยเหลือด้านต้นทุนของเกษตรกรด้วย หรือการที่รัฐบาลจะได้พิจารณาสินเชื่อให้แก่เกษตรกรเพื่อทำประกันภัยก็จะทำให้การทำประกันถึงกลุ่มเป้าหมายได้ง่ายขึ้น การประกันภัยตามดัชนีอากาศจึงเป็นการช่วยเหลือเกษตรกรให้ได้ค่าสินไหมทดแทนเพื่อลดความเสี่ยงจากความแปรปรวนของสภาพอากาศอย่างแท้จริง อีกทั้งยังลดต้นทุนการบริหารจัดการของรัฐบาลและลดงบประมาณในการช่วยเหลือเมื่อผลผลิตข้าวออกสู่ตลาดอีกทางหนึ่ง และลดต้นทุนของผู้รับประกันได้เนื่องจากหากมีผู้เข้าร่วมประกันมากขึ้นผู้รับประกันจะเกิดแรงจูงใจหรือมีกำไรมากพอที่จะบริหารจัดการด้านการเงิน สามารถลดค่าเบี้ยประกันและเพิ่มค่าสินไหมทดแทนได้เพิ่มขึ้น รัฐบาลจะต้องประชาสัมพันธ์ สร้างความตระหนักรู้เรื่องการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ และแนวทางในการลดความเสี่ยงด้านการเงินของเกษตรกรโดยเน้นความสำคัญของการทำประกันภัยสร้างแรงจูงใจเพื่อให้เกิดความร่วมมือจากเกษตรกรต่อไป

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

การทำประกันภัยตามดัชนีอากาศจากการศึกษาครั้งนี้ได้ทำครอบคลุมตลอดช่วงฤดูปลูก แต่ในการปลูกข้าว ระยะของการเจริญเติบโตของต้นข้าวจะมีโอกาสของความเสี่ยงจากสภาพอากาศที่ไม่เหมือนกัน ซึ่งอาจจะทำให้การศึกษาความสนใจทำประกันภัยลดความเสี่ยงแต่ละช่วงเวลา มีการทำประกันภัยตามดัชนีอากาศโดยค่าอุทกภัยแยกแต่ละช่วงระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว

วารสารเกษตรพระวรุณ 117

ออกมาได้ โดยในสัญญากรมธรรม์จะต้องมีการระบุรายละเอียดที่ชัดเจนถึงช่วงความคุ้มครอง ซึ่งหากเกิดความแปรปรวนของอากาศหรืออุณหภูมิสูงขึ้นในช่วงระยะเวลาที่ตกลงในกรมธรรม์ไว้ ก็ไม่จำเป็นจะต้องรอจนถึงเก็บเกี่ยวผลผลิต เกษตรกรก็จะสามารถทำประกันเฉพาะในช่วงเวลาที่มีความเสี่ยงสูงสุดของการปลูกข้าวได้ ถือว่าเป็นการเพิ่มทางเลือกให้กับเกษตรกรในการลดความเสี่ยงในช่วงเวลาดังกล่าว

และการวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความสนใจเข้าร่วมทำประกันภัยตามดัชนีอากาศของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในจังหวัดเชียงราย ซึ่งสามารถขยายผลการศึกษาวางแผนต่อเนื่องในจังหวัดอื่นๆ หรือในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงที่อาจจะส่งผลกระทบกับเศรษฐกิจในวงกว้าง หรืออาจจะเปลี่ยนชนิดพืชที่ต้องการศึกษาเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศชนิดอื่นๆ เพื่อหาแนวทางช่วยเหลือ

เกษตรกรผู้ปลูกได้อีกทางหนึ่ง นอกจากนี้การวิจัยอาจจะเป็นการศึกษาในภาคส่วนงานของบริษัทประกันภัยคู่กัน เพื่อศึกษาเบี้ยประกันภัยที่เหมาะสมและความคุ้มค่าที่จะดำเนินโครงการประกันภัยตามดัชนีอากาศต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนการวิจัยแผนงานเสริมสร้างศักยภาพและพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ ตามทิศทางการยุทธศาสตร์การวิจัยและนวัตกรรม ประเภทบัณฑิตศึกษาจากสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2562 และขอขอบคุณเกษตรกรผู้ปลูกข้าวทั้ง 3 อำเภอในจังหวัดเชียงรายผู้อนุเคราะห์ให้ข้อมูลในงานวิจัยนี้

References

- Achavanuntakul, S. 2013. New mechanisms for "social finance" (4): Time of "Weather Index Insurance". bangkokbiznews [online]. [Accessed August 10, 2018]. Available from: <http://www.bangkokbiznews.com/blog/detail/564364>.
- Aidoo, R., Mensah, O. J., Wie, P., and Awunyo-vitor. D. 2014. Prospects of crop insurance as a risk management tool among arable crop farmers in Ghana. Asian Econ. Financ. Rev. 4(3): 341-354.
- Alauddin, M. and Sarker, A. R. 2014. Climate Change and Farm-level Adaptation Decisions and Strategies in Drought-prone and Groundwater-depleted Areas of Bangladesh: an Empir. Invest. Ecol. Econ. 106: 204-213.

- Arellanes, P. and Lee R.D. 2001. The determinants of adoption on sustainable agricultural technologies. Evidence from the hillsides of Honduras. Department of Applied Economics and Management, Cornell University, Ithaca, NY, 14853, USA. Proceedings of the 25th International Conference of Agricultural Economists (IAAE) 16 - 22 August 2003: 693-699.
- Bank for Agriculture and Agricultural Cooperatives. 2013. Research report Supporting Agricultural Crop Insurance: A Case Study of Rice Insurance. [online]. [Accessed December 11, 2018]. Available from: <http://library.baac.or.th/9product/SUF01/9%20Pu/vi-jai/การสนับสนุนการประกันภัยพืชผลทางการเกษตร%20กรณีศึกษา%20ประกันภัยข้าว.pdf>.
- Bryan, E., Ringer, C., Okoba, B., Roncoli, C., Silvestri, S. and Herrero, M. 2011. Adapting Agriculture to climate change in Kenya: Household and community strategies and determinants. Kenya. J. Environ. Manag. 114 (2013):26-35.
- Chitpaiboon, C., Jongkroy, P. and Koeyin, S. 2013. Alternative: Farmer's livelihood and the existence of agricultural sector in Bang Pla Ma district, Suphan Buri province. Thesis in Science Program, Kasetsart University. (in Thai)
- Dennis O., Olila, K. and Pambo, O. 2014. Determinants of Famer Awareness about Crop Insurance: Evidence from Trans-Nzoia County, Kenya. oral presentation at *the 8th Annual Egerton University International Conference: 26th – 28th March, 2014*.
- Fiscal Policy Office. 2010. *Developing a Financial Instrument for Farmers: A Case of Weather Index-Based Insurance for Agriculture in Thailand*. [online]. [Accessed December 11, 2018]. Available from : <http://www.fpo.go.th/ereseach/getattachment/2b19ac0c-e486-489d-80cc-472334d78a68/7543.aspx>.
- Bate, B.G., Kimengsi, J.N. and Amawa, S.G. 2019. Determinants and Policy Implications of Farmers' Climate Adaptation Choices in Rural Cameroon. Sustainability. 11. 10.3390/ su11071921.
- Kusnandar, N.D. and Rahayu, E.S. 2018. Risk mitigation of climate change impacts on rice farming through crop insurance: an analysis of farmer's willingness to participate (a case study in Karawang Regency, Indonesia). IOP Conference Series Earth and Environmental Science, Volume 200, conference 1:012059.
- Nowak, P.J. 1987. The adoption of agricultural conservation technologies: Economic and diffusion explanations. Rural Social. 52(2): 208-220.

- Matthew, G. and Aslihan, D., Spaulding, K.W., Tudor, J. and Randy, W. 2019. Factors affecting crop insurance purchase decisions by farmers in northern Illinois. *Agri. Financ. Rev.* 69(1):113-125.
- Office of Agricultural Economics Region 7. 2015. A study on the efficiency of rice seed production in Chainat Province. (Research report). *Agricultural Economics Research No.120*. Office of Agricultural Economics, Bangkok. (in Thai)
- Office of Agricultural Economics. 2019. *Agricultural Statistics of Thailand 2018*. Retrieved March 16, 2019, from <http://www.oae.go.th/assets/portals/1/files/journal/2562/yearbook2561.pdf>. (in Thai)
- Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning. 2015. Master Plan to Support Climate Change 2015-2050. Retrieved October 10, 2018, from http://www.deqp.go.th/media/36631/แผนแม่บท_2558_2593.pdf. (in Thai)
- Polasen, W., Limunggura, T. and Khuhasawanwatch, S. 2017. Factors Affecting Farmer's Adoption of Riceberry Production Innovation in Suphanburi Province. *King Mongkut's Agricultural Journal*. 35(1): 11-24. (in Thai)
- Prangbang, P., Kunkoon, T., Yamongkol, T., Pumijumnong, N., Sereenonchai, S., Chareonwong, U., Stewart, T. N. and Arunrat, N. 2019. Farmers' Perception and Adaptation to Climate Change in Thailand. *Prawarun Agr. J.* 16(1): 105 – 119. (in Thai)
- Sinnarong, N. 2013a. Essays on the Impact of Climate Change in Agricultural Production. Unpublished Doctoral Dissertation of Applied Economics. National Chung Hsing, Taiwan.
- Sinnarong, N. 2013b. The Potential Impacts of Weather on Rice Production and Evaluation of Agro adaptation Measure for Northern Thailand. *The Journal of Interdisciplinary Networks*. 2(2): 450-456.
- Sinnarong, N., Phongaranyapa, K. 2016. The Adaptation of Farmer for Model Community Development into Climate Change Context of Rice Seed Production Farmer Group. *J. Commu. Devel. Res. (Humanities Social Sci.)*. 9(3): 114-126. (in Thai)
- Sofoluwe, N.A., Tijani, A.A. and Baruwa, O.I. 2011. Farmers' perception and adaptation to climate change in Osun State, Nigeria. *African J. Agri. Res.* 6(20): 4789-479.

Thai General Insurance Association. 2019. Thai Insurance Association Start paying claims to rice paddies, hitting 555 million baht. Crop Insurance Project. News and activities of the General Insurance Association. Retrieved November 21, 2019, from https://www.tgia.org/crop-ins/newsandevents-detail-TH_860_1. (in Thai)

Thitinantapan, W. 2016. Rice Farmers' Decisions to Purchase Crop Insurance, Khon Kaen AGR. J., 2016, 44(1): 53-58.

Vanichbuncha, K. 1997. Statistical analysis: Statistics for decision making. 3th edition. Department of Statistics, Faculty of Commerce and Accountancy. Chulalongkorn University, Bangkok. (in Thai)

Zizinga, A., Kangalawe, R., Ainslie, A., Moses, M.T., Majaliwa, J., Saronga, N. and Amoako, E.E. 2017. Article Analysis of Farmer's Choices for Climate Change Adaptation Practices in South-Western Uganda, 1980–2009. Journal of climate science published online monthly by MDPI. 5(89): 1-15.

**การวางแผนความต้องการวัสดุในการผลิตชาผักเชียงดา กรณีศึกษา ศูนย์อนุรักษ์พันธุ์กรรมพืช
อพ.สธ.คลองไผ่ จังหวัดนครราชสีมา**

ศรัณย์ ขันติประเสริฐ* และ ปณัฏพร เรืองเชิงชุม

วิทยาลัยบัณฑิตการการจัดการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น รหัสไปรษณีย์ 40002

บทคัดย่อ

ผักเชียงดาจัดเป็นสมุนไพรพื้นบ้าน มีสรรพคุณช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวาน รวมถึงควบคุมปริมาณไขมันในร่างกายให้สมดุล จึงมีการนำมาแปรรูปเป็นชาผักเชียงดา จากกระบวนการผลิตพบปัญหาการแปรรูปชาผักเชียงดาพร้อมดื่มไม่เพียงพอต่อความต้องการลูกค้า จึงนำมาสู่การศึกษาตามวัตถุประสงค์นี้เพื่อศึกษาการวางแผนความต้องการวัสดุชาผักเชียงดา ศูนย์อนุรักษ์พันธุ์กรรมพืช อพ.สธ.คลองไผ่ โดยใช้แนวคิด MRP (Material Requirements Planning) มาประยุกต์ใช้ เพื่อให้ทราบปริมาณวัสดุที่ต้องการในการผลิตชาผักเชียงดาได้อย่างแม่นยำขึ้น โดยเริ่มจากศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูลจากแผนกชาสมุนไพรและฝ่ายบริหารงานทั่วไป จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากเอกสารทุกข้อมูลที่รวบรวมได้ ตั้งแต่บันทึกคำสั่งซื้อ บันทึกการขาย รายการการสั่งซื้อวัสดุ บันทึกการผลิต องค์กรประกอบสินค้า และจากการสังเกตแบบมีส่วนร่วมของผู้ปฏิบัติงานแผนกชาสมุนไพรเพื่อหาประสิทธิภาพที่เกิดขึ้น หลังจากได้นำระบบ MRP มาใช้ พบว่า ทำให้สามารถกำหนดปริมาณวัสดุสำหรับยอดในการผลิตให้มีความชัดเจนได้ และยังทำให้ได้สินค้าชาผักเชียงดาเพียงพอต่อความต้องการลูกค้าซึ่งส่งผลทำให้เกิดยอดขายที่เพิ่มขึ้น จากปี 2561 ถึงร้อยละ 36.00 จากปีที่แล้ว และผู้บริหารสามารถนำเป็นข้อเสนอเชิงนโยบายส่งเสริมการวางแผนความต้องการวัสดุให้มีประสิทธิภาพต่อไป

คำสำคัญ: การวางแผนความต้องการวัสดุ และ ชาผักเชียงดา

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: rpanut@kku.ac.th

Material Requirements Planning for Chiangda Vegetable Tea Production: a Case Study in the Plant Genetic Conservation Center of Khlongpai, Nakhon Ratchasima Province

Saran Khantiprasert* and Panutpron Ruangchoengchum

*College of Graduate Study in Management, Khon Kaen University, Muang District,
Khon Kaen Province, Postcode 40002, Thailand*

Abstract

Chiangda vegetable is known as a Thai herb whose properties that help regulate blood sugar level in diabetic patients as well as to control body fat balance, and has been processed in the form of Chiangda vegetable tea. The problem of insufficient production of Chiangda vegetable tea that did not meet the consumer demand has led to the objective of this research to plan about the demand of raw material of Chiangda vegetable tea for the Plant Genetics Center, Khlong Phai [Plant Genetic Conservation Project Under the Royal Initiation of Her Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn (RSPG)] by applying MRP (Material Requirements Planning) theory to find more accurate amount of Chiangda vegetable that would be needed for the tea production. Data were collect from herbal tea department and general administration department for studying, followed by analyzing relevant information from the collected secondary documentation, such as: purchase order records, sales records, raw material purchase orders, production records, product components, and participant observation by the staff from herbal tea department in order to find the effectiveness. After the MRP system was introduced, it was found that the material quantity for production volume stipulated clearly. It also makes Chiang da tea products sufficient for customer demand, resulting in increased sales from 2018 to 36.00% from the year on. The executives could therefore propose the promotion policy for effective raw material requirement planning.

Keywords: Material Requirements Planning, Chiangda vegetable tea Production

*

Corresponding author: E-mail: rpanut@kku.ac.th

บทนำ

ผักเชียงดาจัดเป็นสมุนไพรไทยพื้นบ้าน มีสรรพคุณช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวาน รวมถึงควบคุมปริมาณไขมันในร่างกายให้สมดุล ตลอดจนการบรรเทาอาการภูมิแพ้ หืดหอบ ปวดข้อจากโรคเกาต์ และสรรพคุณอื่นๆ (Kerddonfage, 2009) จึงมีการนำมาแปรรูปเป็นชาผักเชียงดา จัดเป็นสมุนไพรเพื่อสุขภาพ ซึ่งในปัจจุบันได้รับความนิยมในการบริโภคมากขึ้น เห็นได้จากข้อมูลปี 2559 ตลาดสมุนไพรทั้งเวชสำอาง อาหารเสริม เครื่องดื่มและสมุนไพรแห้ง สมุนไพรสด ในประเทศไทยมีมูลค่าประมาณ 3.92 หมื่นล้านบาท และคาดว่าจะขยายตัวเป็น 5.69 หมื่นล้านบาท ในปี 2564 ซึ่งถือว่าการขยายตัวมีแนวโน้มที่ดีในเชิงเศรษฐกิจ (Euromonitor International, 2019)

การผลิตชาสมุนไพรในปัจจุบันการวางแผนความต้องการวัสดุถือเป็นส่วนสำคัญในการบริหารจัดการระดับในคลังสินค้า จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ส่วนใหญ่ได้ศึกษาถึงปัญหากระบวนการแปรรูปที่ไม่เพียงพอตามเป้าหมาย ตั้งแต่ประเด็นการปรับปรุงกระบวนการอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้มีประสิทธิภาพและความรวดเร็วในกระบวนการ (Scheer, 2012) รวมถึงประเด็นการศึกษากระบวนการเพื่อลดเวลาในกระบวนการแปรรูป เช่น การลดความสูญเสีย และระยะเวลาการรอคอยสินค้าในกระบวนการผลิต (Mujtaba *et al.*, 2010) การจัดหาวัตถุดิบที่เหมาะสม และลดระยะเวลาการรอคอยสินค้าที่มีความเสี่ยงสูง (De Treville *et al.*, 2014) การลดเวลาในการตั้งค่าการผลิต (Deros *et al.*, 2011) การจัดทำนายผลิตภัณฑ์ผ่านพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อลด

เวลาในการขาย (Lan, 2018) การลดเวลาในกระบวนการแปรรูป (Rattanacilai *et al.*, 2012) แต่ส่วนใหญ่ยังไม่ได้ศึกษาถึงการวางแผนความต้องการวัตถุดิบ โดยการนำแนวคิดการวางแผนความต้องการวัตถุดิบมาศึกษา ร่วมกับห่วงโซ่อุปทาน ในกระบวนการแปรรูปชาผักเชียงดาพร้อมดื่ม ทั้งที่การวางแผนความต้องการวัตถุดิบมีความสำคัญต่อกระบวนการแปรรูปผลผลิตให้ได้เพียงพอตามเป้าหมาย

ชาผักเชียงดาเป็นหนึ่งในสมุนไพรไทยเพื่อสุขภาพ ปัจจุบันได้รับความนิยมและมีความต้องการในการบริโภคมากขึ้น ดังนั้น ผู้ผลิตจึงต้องมีความแม่นยำรวดเร็วในการผลิตมากขึ้นเพื่อตอบสนองต่อความต้องการลูกค้าที่การแข่งขันตลาดชาสมุนไพรรุนแรงขึ้น แผนกชาสมุนไพรศูนย์อนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี จังหวัดนครราชสีมา เป็นหน่วยงานหนึ่งที่ทำหน้าที่ผลิตชาผักเชียงดา โดยใช้ผักเชียงดาเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต โดยมีต้นผักเชียงดา จำนวน 200 ต้น บนเนื้อที่ประมาณ 2 ไร่ ยังไม่มีแผนในการทำระบบการสั่งซื้อวัสดุและเตรียมวัตถุดิบผลิตชาผักเชียงดา ทำให้เผชิญปัญหาไม่มีแผนการผลิตส่งผลทำให้สูญเสียโอกาสทางการขายมากถึง 29,300 บาทต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 26.97 ของยอดสั่งซื้อทั้งหมด (Plant Genetic Conservation Project Office, 2018)

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำต้นแบบการเตรียมผลิตชาผักเชียงดา โดยใช้แนวคิดการวางแผนความต้องการวัสดุ (MRP) เป็นเทคนิคการวางแผนอย่างเป็นระบบเพื่อแปลงความต้องการสินค้าที่กำหนดในตารางการผลิตหลักไปสู่ความต้องการส่วนประกอบ ชิ้นส่วนหรือวัตถุดิบให้มี

ปริมาณที่เพียงพอและทันเวลากับความต้องการลูกค้าในแต่ละช่วงเวลาของการวางแผน การคำนวณความต้องการวัสดุจำเป็นจะต้องวางแผนในอนาคต เพื่อหาว่าต้องใช้วัตถุดิบเท่าไรอะไรบ้างในการผลิตผักเชียงดา จึงสนใจที่จะศึกษาถึงแผนความต้องการวัสดุ ภายใต้ห่วงโซ่อุปทานในกระบวนการแปรรูปผักเชียงดาพร้อมดื่ม โดยศึกษาจากแผนกชาสมุนไพรของศูนย์อนุรักษ์พันธุ์กรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริฯ จังหวัดนครราชสีมา เพื่อให้สามารถแปรรูปผักเชียงดาพร้อมดื่มได้เพียงพอตามเป้าหมาย โดยมีกำหนดในเดือนมิถุนายน 2562 ต้องมีแผนมาใช้ในกระบวนการแปรรูปที่จะทำให้แปรรูปได้เพียงพอตามเป้าหมาย และไม่เสียโอกาสทางการขาย ซึ่งคาดว่าจะสามารถแปรรูปได้เพียงพอตามเป้าหมาย และสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ทั้งหมด

วิธีดำเนินการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษา

การวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลในพื้นที่ศูนย์อนุรักษ์พันธุ์กรรมพืช อันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี จังหวัดนครราชสีมา

2. ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้ที่มีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการแปรรูปผักเชียงดาพร้อมดื่มและมีประสบการณ์ทำงานกับศูนย์อนุรักษ์พันธุ์กรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริฯ ตั้งแต่ 3 ปีขึ้นไป รวมจำนวน 20 คน แบ่งเป็นพนักงานแผนกชาสมุนไพร

จำนวน 4 คน พนักงานแผนกผลผลิตการเกษตร จำนวน 10 คน และพนักงานฝ่ายบริหาร จำนวน 6 คน

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

1) ข้อมูลปฐมภูมิ

1.1) การสังเกตแบบมีส่วนร่วม (Participation observation) และเครื่องบันทึกภาพนิ่ง โดยใช้แบบฟอร์มบันทึกการสังเกตแบบมีส่วนร่วมในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป้าหมายการสังเกต ได้แก่ ชื่อกิจกรรม การกระทำแบบแผน ความหมาย การไหลของข้อมูล และการมีส่วนร่วมระหว่างบุคคล โดยผู้วิจัยเข้าไปสังเกตแบบมีส่วนร่วมจำนวน 3 ครั้ง

1.2) การสนทนากลุ่ม (Focus Group) เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสนทนากับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยซึ่งเป็นผู้ให้ข้อมูลหลัก ในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับสาเหตุของกระบวนการแปรรูปผักเชียงดาไม่ทันตามเป้าหมาย ด้วยคำถามปลายเปิดในประเด็นของสาเหตุกระบวนการแปรรูปไม่เพียงพอตามเป้าหมาย ผู้วิจัยได้ทำการสนทนากลุ่มจำนวน 3 ครั้ง ในแต่ละครั้งให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทุกคน ตอบคำถามเดียวกันหมดพร้อมกันและในเวลาเดียวกัน

2) ข้อมูลทุติยภูมิ

ทำการได้เก็บและรวบรวมข้อมูลจากข้อมูลเอกสารของแผนกชาสมุนไพร และฝ่ายบริหารทั่วไปของศูนย์อนุรักษ์พันธุ์กรรมพืชฯ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการแปรรูปผักเชียงดาเป็นชาผักเชียงดาเบื้องต้น ข้อมูลเอกสารเกี่ยวกับสรรพคุณชาผักเชียงดา งานวิจัยที่การผลิตชาสมุนไพรโครงสร้างองค์กร ประวัติองค์กร และกระบวนการทางธุรกิจ ตั้งแต่กิจกรรมการรับคำสั่งซื้อ กิจกรรมการดูแลต้นผักเชียงดา กิจกรรมการแปรรูป

กิจกรรมส่งมอบผลิตภัณฑ์ และกิจกรรมการบันทึกข้อมูล ไปจนถึงกิจกรรมการส่งมอบลูกค้า ปัญหากระบวนการแปรรูปไม่ทันตามกำหนด ได้แก่ บันทึกการขายชาผักเชียงดา บันทึกคำสั่งซื้อ บันทึกการเก็บผักเชียงดา และบันทึกการรับเงิน

ผู้วิจัยการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูล การตรวจสอบแบบสามเส้า ด้านวิธีรวบรวมข้อมูลที่ต่างกัน (Methodological triangulation) โดยการสังเกตแบบมีส่วนร่วม และการสนทนากลุ่ม โดยนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตแบบมีส่วนร่วมนั้นนำไปเปรียบเทียบกับ การสนทนากลุ่มเพื่อยืนยันข้อมูลที่ได้มีความสอดคล้องกัน

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

1) การวิเคราะห์ห่วงโซ่อุปทานในกระบวนการแปรรูปชาผักเชียงดาพร้อมดื่ม หลังจากผู้วิจัยทำการสังเกตแบบมีส่วนร่วม นำกิจกรรมที่ได้จากการสังเกต และจากเก็บรวบรวมกระบวนการแปรรูปชาผักเชียงดาไปจัดทำผังกระบวนการธุรกิจ และเพื่อดูความเชื่อมโยงของแต่ละกิจกรรม ในรูปแบบต้นน้ำ กลางน้ำ ปลายน้ำ ประยุกต์ใช้ร่วมกับการใช้ผังกระบวนการทางธุรกิจ IDEFO โดยใช้โปรแกรม Endraw Max version 9.3 หลังจากจัดทำผังกระบวนการแปรรูปชาผักเชียงดาได้แล้ว ทำการวิเคราะห์จากกล่องกิจกรรมในแต่ละกิจกรรมว่ามีกิจกรรมใดเกิดความผิดปกติไม่สัมพันธ์กัน จากนั้นจึงนำไปศึกษาสาเหตุของปัญหาต่อไปเพื่อหาทางแก้ไขต่อไป

2) การวิเคราะห์หาสาเหตุกระบวนการแปรรูปชาผักเชียงดา ไม่เพียงพอตามเป้าหมาย นำข้อมูลจากรวบรวมโดยใช้บันทึกการสนทนากลุ่ม โดยมีการให้คะแนนสาเหตุของปัญหา มาสรุปสาเหตุของกระบวนการ

แปรรูปชาผักเชียงดาด้วยแผนภูมิพอลโลเพื่อหาสาเหตุของปัญหาที่แท้จริง โดยนำข้อมูลการลงคะแนนไปสรุปและออกแบบเป็นตารางการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุ และผลกระทบ ซึ่งประยุกต์เข้าแนวคิด 4M เพื่อศึกษาต่อว่าสาเหตุของกระบวนการแปรรูปผักเชียงดาไม่เพียงพอตามเป้าหมายเกิดจากปัจจัยใดมากที่สุดเพื่อใช้ในการประกอบการตัดสินใจว่าควรแก้ปัญหาใดก่อน

3) การเสนอแผนความต้องการวัตถุดิบ ภายใต้ห่วงโซ่อุปทานในกระบวนการแปรรูปชาผักเชียงดาพร้อมดื่ม โดยทำการคำนวณหาการพยากรณ์การขายล่วงหน้า เพื่อให้ทราบทิศทางของยอดการผลิตล่วงหน้า จัดทำตารางการผลิตหลัก โดยมีส่วนประกอบ คือ การพยากรณ์การขายล่วงหน้า สินค้าคงเหลือเริ่มต้น แผนการแปรรูปประจำเดือน และแผนการแปรรูปตามนโยบายผู้บริหาร ซึ่งมีนโยบายในการแปรรูปชาผักเชียงดาประจำปี 2562 ต้องแปรรูปได้ไม่น้อยกว่าปี 2561 เพื่อให้มีโอกาสขายมากขึ้น จัดทำรายการบัญชีวัตถุดิบสำหรับการแปรรูปคำนวณความต้องการวัตถุดิบตามแนวคิด (MRP) และเสนอการวางแผนความต้องการวัตถุดิบชาผักเชียงดา เพื่อไปปฏิบัติการในเดือนมิถุนายน 2562

ผลการวิจัย

1. กระบวนการแปรรูปชาผักเชียงดา

ในกระบวนการแปรรูปชาผักเชียงดาดังแต่ต้นน้ำ ถึงปลายน้ำมีกิจกรรมทั้งหมด 16 กิจกรรม (Table 1)

Table 1 The process of Chiangda vegetable tea production

กิจกรรมต้นน้ำ	ลักษณะการทำงาน
1. กิจกรรมคำสั่งซื้อ	พนักงานแผนกขายจะรวบรวมคำสั่งซื้อจากลูกค้า แล้วบันทึกยอดการสั่งซื้อ จะมีลูกค้าโทรมาสั่งเป็นประจำเพื่อสั่งจองชาสมุนไพรล่วงหน้า กิจกรรมคำสั่งซื้อ ไปสู่ กิจกรรมตรวจเช็คสินค้า การสื่อสารระหว่างลูกค้ากับแผนกฯ
2. กิจกรรมตรวจเช็คสินค้า	ตรวจสอบสินค้าพร้อมขายกับสินค้าที่กำลังผลิต ว่าจะสามารถมีสินค้าเพียงพอหรือไม่ กิจกรรมคำสั่งซื้อ ไปสู่ กิจกรรมชำระหนี้
3. กิจกรรมนัดชำระหนี้	เมื่อตรวจสอบว่ามีสินค้าเพียงพอจะนัดชำระหนี้ทางธนาคารหรือเงินสด มีการบันทึกรายการชำระเงินตามรูปแบบที่ฝ่ายบริหารกำหนด ว่าด้วยไม่ควรรับเงินสด กิจกรรมนัดชำระหนี้ ไปสู่ กิจกรรมจัดส่งสินค้า
4. กิจกรรมจัดส่งสินค้า	นำใบบันทึกการสั่งการสั่งซื้อ ตรวจสอบนับสินค้าตามกำหนด ตรวจสอบการชำระเงินเรียบร้อย ยืนยันการส่งสินค้าทางไปรษณีย์หรือรับเอง กิจกรรมจัดส่งสินค้า ไปสู่สิ้นสุดกระบวนการ ลูกค้ากับพนักงานแผนกฯ ฝ่ายบริหารตรวจสอบเงิน และบริษัทขนส่งเกี่ยวข้อง
5. กิจกรรมไม่ส่งมอบสินค้า	เมื่อตรวจนับแล้วสินค้าไม่พอเพียง ให้ติดต่อลูกค้า เพื่อถามความต้องการในการมีสินค้า แต่ไม่พอ ต้องการจะรับหรือไม่ถ้ารับให้ดำเนินการตามกิจกรรมนัดชำระหนี้ ถ้าไม่ต้องการ สิ้นสุดกระบวนการ และบันทึกการเสียโอกาสขาย เป็นขั้นตอนอธิบายให้ลูกค้าทราบถึงความมีสินค้าไม่เพียงพอตามกำหนด กิจกรรมไม่ส่งมอบ ไปสู่กิจกรรมนัดชำระหนี้ และสิ้นสุดกระบวนการ

Table 1 The process of Chiangda vegetable tea production (Cont.)

กิจกรรมต้นน้ำ	ลักษณะการทำงาน
6. กิจกรรมดูแลต้นผักเชียงดา	รดน้ำ ใส่ปุ๋ย กำจัดศัตรูพืช ตามการดูแลแบบเกษตร ระยะที่กำหนด ดูแลผลผลิตทางการเกษตร กิจกรรมดูแลต้นผักเชียงดา ไปสู่กิจกรรมเก็บผักเชียงดา พนักงานแผนกผลผลิตเกษตรกับพนักงานแผนกฯสนุนไพรเชื่อมโยงกัน
7. กิจกรรมสั่งซื้อวัสดุกระดาชเยื่อ	เสนองบประมาณการสั่งซื้อประจำปี ซึ่งจะเสนอต้นเดือนตุลาคมในระยนั้นจะมีการติดต่อร้านที่จำหน่ายวัสดุเพื่อเสนอ ฝ่ายพัสดุตามระเบียบสตักเกอร์ มหาวิทยาลัย พนักงานแผนกฯ ฝ่ายบริหาร
8. กิจกรรมเก็บใบผักเชียงดา	ขึ้นเลือกใบผักเชียงดาที่มีขนาด 3-5 นิ้ว ใส่วัดจากต้นผักเชียงดา จำนวน 200 ต้น พนักงานเก็บ 3 คนตั้งแต่ 08.00 น.ไม่เกิน10.00 น. สามารถเก็บได้เดือนละครั้งต้นเดือน การเก็บวัตถุดิบ ใบผักเชียงดาที่มีความสมบูรณ์ตามงานวิจัยของ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ว่าด้วยการเก็บใบผักเชียงดาต้องไม่เก็บตอนที่แดดแรง เพราะจะทำให้ชาไม่มีรสขมกิจกรรมเก็บใบผักเชียงดา ไปสู่กิจกรรมคัดแยกและเรียงใบ ผู้ปฏิบัติงานแผนกฯสนุนไพร 4 คน
9. กิจกรรมคัดแยกและจัดเรียง	นำใบมาเรียงซ้อนกันเป็นชั้นประมาณ 10-20 ใบ เพื่อความสะดวกในการหั่นจัดเรียงเพื่อความรวดเร็วในการหั่นใบชากิจกรรมคัดแยกและจัดเรียงไปสู่กิจกรรมหั่นใบชาผู้ปฏิบัติงานแผนกฯสนุนไพร 4 คน
10. กิจกรรมหั่นใบ	เตรียมถาดสำหรับเก็บใบชา เตรียมเชียงแล้วจึงหั่นใบชา เส้นๆขนาดไม่เกิน 0.4-0.5 เซนติเมตร เพื่อให้ใบชามีขนาดเล็กลง ความร้อนเข้าถึงง่าย กิจกรรมหั่นใบ ไปสู่กิจกรรมลวกน้ำร้อน จุ่มน้ำเย็นผู้ปฏิบัติงานแผนกฯสนุนไพร 4 คน

Table 1 The process of Chiangda vegetable tea production (Cont.)

กิจกรรมต้นน้ำ	ลักษณะการทำงาน
11. กิจกรรมลวกน้ำร้อน จุ่มน้ำเย็น	นำใบชาที่หั่นแล้วไปลวกน้ำร้อน 15-20 วินาที แล้วนำไปจุ่มน้ำเย็นแล้วนำไปผึ่งลมให้หมาดๆ เพื่อให้ชาเกิดการเสื่อมเสียของใบชาน้อยลงจากการแปรรูป กิจกรรมลวกน้ำร้อน จุ่มน้ำเย็นไปสู่กิจกรรมนวดและคั่วใบชา ผู้ปฏิบัติงานแผนกชาสมุนไพร 4 คน
12. กิจกรรมนวดและคั่วใบชา	นำใบชาที่ลวกน้ำร้อนจุ่มน้ำเย็นไปทำการคั่วในกระทะไฟอ่อนๆเป็นเวลาประมาณ 45 นาที เป็นขั้นตอนที่จะทำให้ชาที่มีกลิ่นหอม กิจกรรมนวดและคั่วใบชา ไปสู่กิจกรรมอบใบชา แผนกชาสมุนไพร 4 คน
13. กิจกรรมอบใบชา	นำใบชาที่คั่วแล้วไปอบด้วยอุณหภูมิ 80 องศา นาน 1-2 ชั่วโมง เพื่อให้ใบชาไม่มีความชื้นลดการขึ้นรา กิจกรรมอบใบชาไปสู่กิจกรรมบดใบชา แผนกชาสมุนไพร 4 คน
14. กิจกรรมบดใบชา	ขั้นตอนการบดใบชาให้ละเอียด เพื่อเตรียมบรรจุเพื่อใบชาผ่านน้ำร้อนได้มากขึ้นออกมาเป็นชาพร้อมดื่ม กิจกรรมบดใบชาไปสู่กิจกรรมบรรจุซองกระดาษเยื่อ
15. กิจกรรมบรรจุซองกระดาษเยื่อ	นำใบชาที่บดละเอียดแล้วจำนวน 1.32 กรัม บรรจุลงในซองกระดาษเยื่อ โดยใช้คนบรรจุและสุ่มเฉลี่ย ตรวจสอบชั่งน้ำหนัก วิธีการบรรจุให้คนไขช้อนตักใส่กระดาษเยื่อแล้วสุ่มชั่ง จากนั้นใช้เครื่องเหยียบความร้อนบรรจุกับการใช้เครื่องบรรจุสำเร็จรูป กิจกรรมบรรจุซองกระดาษเยื่อ ไปสู่ กิจกรรมบรรจุซองฟอล์ย
16. กิจกรรมบรรจุซองฟอล์ย	นำซองกระดาษเยื่อที่บรรจุแล้ว จำนวน 20 ซอง มาบรรจุลงในซองฟอล์ยที่ติดสติ๊กเกอร์หน้า และหลังเรียบร้อยแล้ว กิจกรรมบรรจุซองฟอล์ย ไปสู่ กิจกรรมตรวจเช็คสินค้า

2. ห่วงโซ่อุปทานกระบวนการแปรรูปชาผักเชียงดา

จากศึกษากระบวนการแปรรูปชาผักเชียงดา แล้วนำไปวิเคราะห์ห่วงโซ่อุปทานกระบวนการแปรรูปผักเชียงดาเป็นชาผักเชียงดา จากกิจกรรมทั้งหมดนำมาวิเคราะห์ผ่านผังกระบวนการทางธุรกิจ IDEFO ภายใต้ห่วงโซ่อุปทาน พบว่าการไหลของวัตถุดิบ (ผักเชียงดา) ตั้งแต่ส่วนต้นน้ำเกี่ยวข้องกับกิจกรรมการสั่งซื้อของลูกค้า และเกี่ยวข้องกับกิจกรรมการเตรียมวัตถุดิบ เมื่อวิเคราะห์ส่วนกลางน้ำพบว่า เกี่ยวข้องกับกิจกรรมกระบวนการแปรรูปผักเชียงดา เป็นผลิตภัณฑ์ชาผักเชียงดา และส่วนปลายน้ำเกี่ยวข้องกับกิจกรรมทางการขาย และการส่งมอบโดยนำเสนอได้แผนผังกระบวนการทางธุรกิจ IDEFO (Fig. 1)

จากการศึกษาผลการวิเคราะห์ผ่านแผนผังกระบวนการแปรรูปชาผักเชียงดา พบว่า กิจกรรมเก็บใบผักเชียงดาไม่มีแผนความต้องการจำนวนใบผักเชียงดาว่าต้องการจำนวนเท่าไร กิจกรรมนี้จึงทำตามแบบแผนเดิมคือ จากต้นผักเชียงดา จำนวน 200 ต้น ผู้ปฏิบัติงานแผนกชาสมุนไพรจำนวน 4 คน เก็บผักเชียงดาที่ได้ขนาดเพียงเดือนละ 1 วัน โดยใน 1 วัน มีช่วงเวลาเก็บเพียง 2 ชั่วโมง ตั้งแต่ 08.00 น. – 10.00 น. ทำให้ไม่สอดคล้องกับจำนวนการสั่งซื้อ และกิจกรรมการสั่งซื้อก็ไม่ทราบจำนวนลูกค้าล่วงหน้า ทำให้ไม่สามารถวางแผนความต้องการชาผักเชียงดาได้ และไม่ทราบจำนวนผักเชียงดาที่ต้องการ เนื่องจากปัญหาดังกล่าวยังขาดการประสานงานในการแก้ปัญหาเรื่องของการต้องการจำนวนชาผักเชียงดาพร้อมดื่ม เนื่องจากผู้ปฏิบัติงานมองไม่เห็นผ่านความเชื่อมโยงของกระบวนการแปรรูปชาผักเชียงดาตั้งแต่ต้นน้ำไปถึงปลายน้ำ

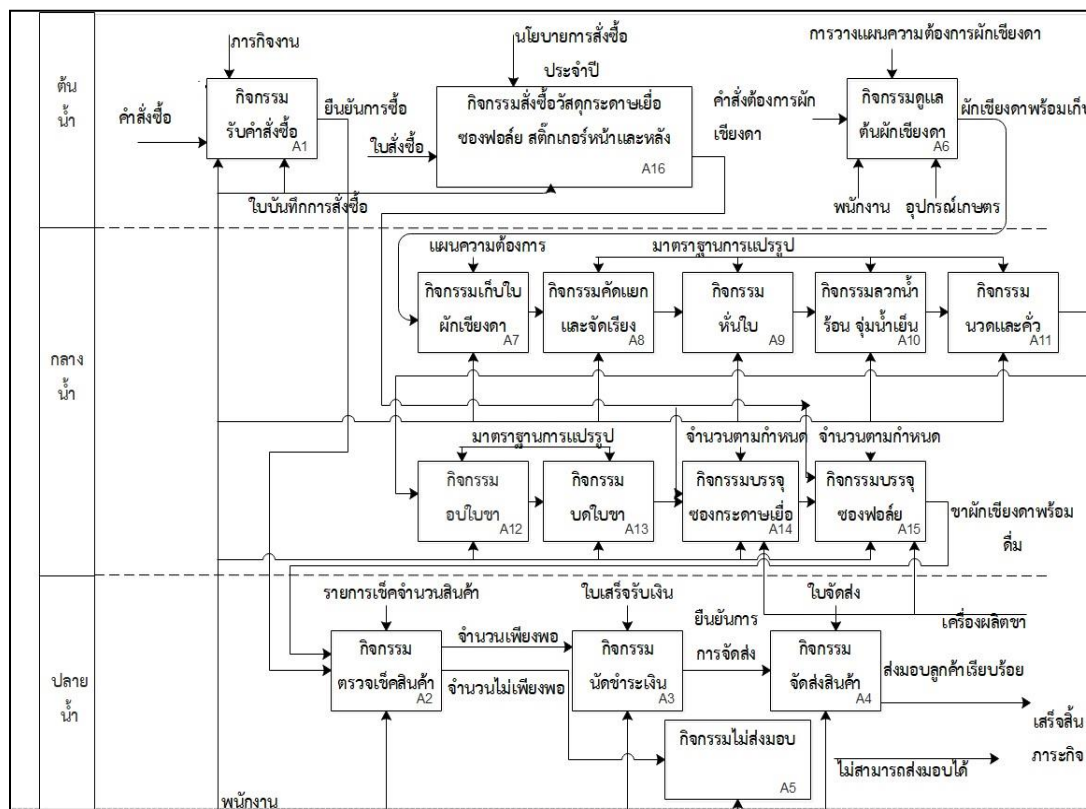


Fig. 1 The flow chart of Chiangda vegetable tea production by IDEFO

3. สาเหตุที่ทำให้กระบวนการแปรรูปชาผักเชียงดาพร้อมดื่ม ไม่เพียงพอตามเป้าหมาย

จากปัญห จำนวนผักเชียงดาไม่เพียงพอตามกำหนด สอดคล้องกับการศึกษาห่วงโซ่อุปทาน ในกระบวนการแปรรูปชาผักเชียงดาพร้อมดื่มที่กระบวนการแปรรูปชาผักเชียงดาไม่เพียงพอเช่นกัน จากข้อมูลข้างต้น สะท้อนให้เห็นถึงปัญหาในกระบวนการแปรรูปชาผักเชียงดาพร้อมดื่มที่แปรรูปไม่เพียงพอต่อความต้องการลูกค้า ผู้ศึกษาจึงได้ทำการเก็บและรวบรวมข้อมูลด้วยการสนทนากลุ่มจำนวน 3 กลุ่ม จำนวน 20 คน โดยใช้ปัจเจกบุคคลเป็นหน่วยวิเคราะห์ เพื่อศึกษาสาเหตุที่ทำให้

กระบวนการแปรรูปผักเชียงดาเป็นชาผักเชียงดาพร้อมดื่มไม่เพียงพอ โดยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแผนภูมิอพลโล (The Apollo root cause analysis method) พบว่าสาเหตุหลักเกิดจาก จำนวนใบผักเชียงดาไม่เพียงพอต่อการแปรรูปชาผักเชียงดา เนื่องจากเก็บใบผักเชียงดาไม่ทัน แรงงานเก็บไม่เพียงพอ ขาดอุปกรณ์ในการเก็บ ขาดแผนความต้องการวัตถุดิบ ขาดแผนการผลิตหลัก และขาดการพยากรณ์การขายล่วงหน้า ผลจากการวิเคราะห์สาเหตุกระบวนการแปรรูปชาผักเชียงดาไม่เพียงพอตามเป้าหมายเกิดจากวัตถุดิบผักเชียงดาไม่พอเพียงมากที่สุด (Fig. 2)

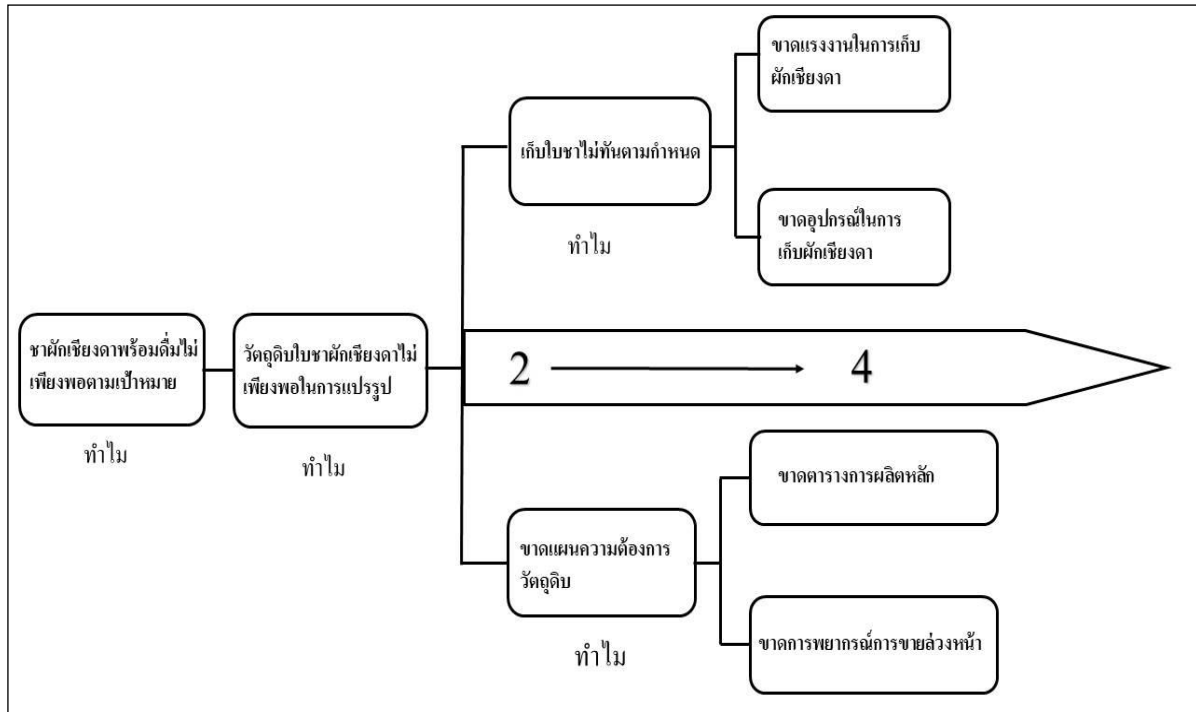


Fig. 2 Data analysis with Apollo charts

เพื่อยืนยันการวิเคราะห์ข้อมูลตามแนวคิดแผนภูมิ
อพอโลโล ว่าด้วยการจะต้องแก้ปัญหาที่มีผลกระทบ
มากที่สุด ผู้ศึกษาจึงให้ผู้เข้าร่วมสนทนากลุ่มทั้งหมด 3
กลุ่มจำนวน 20 คน ลงคะแนนเพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์
ระหว่างสาเหตุและผลกระทบด้วยการให้คะแนนแต่ละ

สาเหตุ และเรียงลำดับความสำคัญตามผลกระทบที่
เกี่ยวข้อง โดยผู้ศึกษาใช้ตารางประยุกต์จากแนวคิด
แผนภูมิอพอโลโลร่วมกับ แนวคิด 4M ได้แก่ แรงงาน
(MAN) กระบวนการ (METHOD) เครื่องจักรอุปกรณ์
(MACHINE) วัตถุดิบ (MATERIAL) (Table 2)

Table 2 Analyzing of the relationship between cause and effect

สาเหตุ	พนักงานผลิต ชาสมุนไพร	พนักงานผลิต การเกษตร	พนักงาน ฝ่ายบริหาร	รวม	ร้อยละ	ร้อยละ สะสม
จำนวน	4 คน	10 คน	6 คน			
ทรัพยากรมนุษย์ (MAN)						
1. ขาดแรงงาน	10	20	20	50	16.67	16.67
วิธีปฏิบัติงาน (METHOD)						
2. เก็บไม่ทัน	10	5	5	20	6.67	23.33
3. ขาดการวางแผนความต้องการ วัตถุดิบ	15	20	20	55	18.33	41.67
4. ขาดการพยากรณ์การขาย	5	5	10	20	6.67	41.67
5. ขาดตารางการผลิตหลัก	5	5	10	20	6.67	55.00
เครื่องจักร (MACHINE)						
6. ขาดอุปกรณ์ในการเก็บผักเชียงดา	5	5	5	15	5.00	60.00
วัสดุหรือวัตถุดิบ (MATERIAL)						
7. ผักเชียงดาไม่พอ	50	40	30	120	40.00	100
รวม	100	100	100	300	100	

4. การเสนอแผนความต้องการวัตถุดิบภายใต้ห่วงโซ่อุปทานในกระบวนการแปรรูปชาผักเชียงดาพร้อมดื่ม

จากการวิเคราะห์สาเหตุกระบวนการแปรรูปชาผักเชียงดาไม่เพียงพอตามเป้าหมายเกิดจากวัตถุดิบผักเชียงดาไม่พอเพียงมากที่สุด นำมาวางแผนความต้องการวัตถุดิบ ภายใต้ห่วงโซ่อุปทานในกระบวนการแปรรูปผักเชียงดาเป็นชาผักเชียงดาพร้อมดื่ม จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุ และผลกระทบ เพื่อนำมาประกอบกระบวนการแปรรูปผักเชียงดาจนเป็นการวางแผนความต้องการวัตถุดิบ ในแต่ละขั้นตอนการดำเนินงานของการเสนอการวางแผนความต้องการ

วัตถุดิบ ภายใต้ห่วงโซ่อุปทานในกระบวนการแปรรูปผักเชียงดาเป็นชาผักเชียงดาพร้อมดื่ม ดังต่อไปนี้

- 1) ขั้นตอนการคำนวณหาการพยากรณ์การขายล่วงหน้าเพื่อให้ทราบทิศทางของยอดการผลิตล่วงหน้าจึงจะสามารถนำไปสร้างตารางการผลิตหลักได้
- 2) ขั้นตอนการจัดทำตารางการผลิตหลัก มีส่วนประกอบที่สำคัญ ดังนี้คือ การพยากรณ์การขายล่วงหน้าและนโยบายผู้บริหาร
- 3) ขั้นตอนการจัดทำรายการบัญชีวัสดุสำหรับแปรรูป
- 4) ขั้นตอนการคำนวณความต้องการวัตถุดิบตามแนวคิด (MRP)

5) ขั้นตอนทำเสนอการวางแผนความต้องการวัตถุดิบชาผักเชียงดา เพื่อไปปฏิบัติในเดือนต่อไป

ดังนั้น ผลการวางแผนความต้องการวัตถุดิบ ภายใต้ห่วงโซ่อุปทานในกระบวนการแปรรูปผักเชียงดาเป็นชาผักเชียงดาพร้อมดื่ม ผลจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุ และผลกระทบข้างต้น ผู้ศึกษาจึงเสนอทางแก้ปัญหาด้วยการวางแผนความต้องการวัตถุดิบภายใต้ห่วงโซ่อุปทาน ในกระบวนการแปรรูปผักเชียงดาเป็นชาผักเชียงดาพร้อมดื่ม โดยนำข้อมูลของกิจกรรมคำสั่งซื้อของปี 2561 ที่ผ่านมาเป็นแนวทางในคำนวณของการพยากรณ์การขายชาผักเชียงดาพร้อมดื่ม ด้วยวิธีการ

หาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนัก (Weight Moving Average) เพื่อใช้ในการพยากรณ์การขายในอนาคต และสามารถนำไปสร้างตารางการผลิตหลัก (MPS) จากนโยบายของผู้บริหารต้องการให้มีสินค้าคงคลัง สำหรับสร้างโอกาสขายจากลูกค้าศึกษาดูงานทั่วไปที่อาจจะเพิ่มขึ้น โดยให้นโยบายการผลิตหลักว่าต้องไม่น้อยกว่าปีที่แล้ว จึงได้เสนอผลการวางแผนความต้องการวัตถุดิบกระบวนการแปรรูปผักเชียงดาเป็นชาผักเชียงดาพร้อมดื่มสามารถทำให้ผู้ปฏิบัติงานมีแผนการปฏิบัติงานโดยการวางแผนกิจกรรม (Table 3)

Table 3 Action plan for raw material demand planning, Chiangda vegetable tea production in June 2019

กิจกรรม	ดัชนีชี้วัด	เป้าหมาย	งบประมาณ	ระยะเวลา	ผู้รับผิดชอบ
สร้างตารางการผลิตหลัก	จำนวนการแปรรูป	200 ห่อ	ไม่มี	1 วัน	หัวหน้าแผนกชาสมุนไพรแปรรูปชา
เก็บใบผักเชียงดา	จำนวนเก็บใบผักเชียงดา	184,272 กรัม	ไม่มี	1 วัน	พนักงานแผนกชาจำนวน 3 คน
สั่งซื้อซองฟอล์ย	จำนวนการสั่งซื้อ	200 ซอง	3,400 บาท	2 วัน	ฝ่ายบริหารทั่วไป
สั่งซื้อกระดาษเยื่อ	จำนวนการสั่งซื้อ	20,000 เซนติเมตร	20,000 บาท	2 วัน	ฝ่ายบริหารทั่วไป
สั่งทำสติ๊กเกอร์ด้านหน้า	จำนวนสั่งทำ	200 อัน	1,000 บาท	2 วัน	ฝ่ายบริหารทั่วไป
สั่งทำสติ๊กเกอร์ด้านหลัง	จำนวนสั่งทำ	200 อัน	1,000 บาท	2 วัน	ฝ่ายบริหารทั่วไป
อบใบชา	ปริมาณใบชา	5,280 กรัม	ไม่มี	1 วัน	พนักงานแผนกชาสมุนไพร
บรรจุซองกระดาษเยื่อ	จำนวนการบรรจุ	4,000 ซอง	ไม่มี	1 วัน	พนักงานแผนกชาสมุนไพร
บรรจุซองฟอล์ย	จำนวนการบรรจุ	200 ห่อ	ไม่มี	1 วัน	พนักงานแผนกชาสมุนไพร
ส่งมอบลูกค้า	จำนวนการขาย	200 ห่อ	ไม่มี	1 วัน	พนักงานแผนกชาสมุนไพรบรรจุ

ผลจากการวางแผนความต้องการวัตถุดิบ
กระบวนการแปรรูปชาผักเชียงดาพร้อมดื่มจนเป็น
แผนปฏิบัติการ และนำปฏิบัติการ พบว่าสามารถแก้

สาเหตุกระบวนการแปรรูปไม่เพียงพอตามกำหนด
(Table 4)

Table 4 The result of using the raw material demand plan solving the insufficient of Chiangda vegetable for tea production

สาเหตุ	ผลจากการใช้แผนความต้องการวัตถุดิบ
1. ขาดการวางแผนความต้องการวัตถุดิบ	มีการวางแผนความต้องการวัตถุดิบประจำปี 2562 โดยใช้แบบฟอร์มจาก Microsoft Excel Version 2016 ซึ่งประกอบไปด้วยตารางการผลิตหลักและการพยากรณ์การขายล่วงหน้า ซึ่งจะสามารถคำนวณความต้องการวัตถุดิบตามเป้าหมายที่ต้องการได้
2. ขาดตารางการผลิตหลัก	
3. ขาดการพยากรณ์การขาย	
4. ผักเชียงดาไม่พอเพียง	จากผลการปฏิบัติการพบว่าจำนวนผักเชียงดาเพียงพอ เพราะหลังจากมีแผนการเก็บทำให้พนักงานมีเป้าหมายในการเก็บใบชาส่งผลให้จำนวนน้ำหนักใบชาสามารถเป็นได้เพียงพอละต้นตามกำหนด
5. เก็บไม่ทัน	จากการปฏิบัติตามแผนงานพบว่า การเก็บผักเชียงดาเพียงเดือนละครั้ง ครั้งละ 2 ชั่วโมง เก็บได้ทัน จากพนักงาน 4 คนเก็บผักเชียงดานาทีละ 384 กรัม ก็จะได้ 184,272 กรัมใน 2 ชั่วโมง และผลข้างต้นทำให้การขาดแรงงาน และการขาดอุปกรณ์ในการเก็บผักเชียงดาไม่ส่งผลต่อการปฏิบัติงาน
6. ขาดแรงงาน	
7. ขาดอุปกรณ์ในการเก็บผักเชียงดา	

จากแผนปฏิบัติการในเดือนมิถุนายน 2562 มีการแปรรูปชาผักเชียงดาพร้อมดื่มจำนวน 200 ห่อ มียอดการสั่งซื้อ จำนวน 174 ห่อ สามารถแปรรูปได้ทันตามเป้าหมาย ส่งผลทำให้สามารถเพิ่มโอกาสทางการขายได้จาก 111 เป็น 174 หรือเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 36.00 และส่งผลต่อรายได้ที่เพิ่มขึ้นจาก 5,550 บาท เป็น 8,700 บาท เมื่อเทียบกับยอดขายกับเดือนมิถุนายนปีที่แล้ว และเพิ่มขึ้นจากเดือนพฤษภาคม 2562 ในปีเดียวกันร้อยละ 1.72

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากศึกษาการวางแผนความความต้องการวัตถุดิบในการผลิตชาผักเชียงดาเพื่อจำหน่ายในเดือนมิถุนายน 2562 สามารถเพิ่มยอดขายได้เพราะมีการคำนวณพยากรณ์การขายชาผักเชียงดาพร้อมดื่ม ด้วยวิธีการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนักได้ผลคือ 200 ห่อซึ่งมียอดสั่งซื้อจริง 174 ห่อส่งผลทำให้มียอดขายมากขึ้นถึงร้อยละ 36 จากปีที่แล้ว มีผลสอดคล้องกับ Ahumada and Villalobos (2011) ที่ได้นำเสนอรูปแบบการวางแผนสำหรับการผลิต และ

จำหน่ายสินค้าเกษตรสด เกิดจากรูปแบบที่ไม่แน่นอนที่พบในอุตสาหกรรมเกษตร การพัฒนาผลผลิต แผนการเติบโต และการจัดจำหน่ายเกิดจากความแปรปรวนของสภาพอากาศ และความต้องการลูกค้า จากนั้นจึงสร้างเครื่องมือการวางแผน ผลการทดลองจากแบบจำลองแสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงที่สำคัญคือ การวางแผน ผู้ทดลองใช้แบบจำลองทดลองไปทำการวางแผนจริง ทำให้กำไรที่คาดหวังเพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 50 และจากการที่มียอดขายเพิ่มขึ้น แต่ในแผนปฏิบัติการต้นทุนการแปรรูปไม่เพิ่มขึ้น ทำให้สอดคล้องกับ Pantong and Ritvirool (2012) ได้ศึกษาปัญหาการจัดซื้อ และการแปรรูปซึ่งแสดงให้เห็นว่าความต้องการในอุตสาหกรรมแปรรูปซึ่ง โดยทำการศึกษาปัญหาของโรงงานแห่งหนึ่ง พบว่า ค่าใช้จ่ายโดยรวมที่เกิดขึ้นจากการจัดซื้อวัตถุดิบ และจัดสรรพื้นที่ของกิจกรรมที่ดำเนินการอยู่ในปัจจุบันมากเกินไป เนื่องจากขาดเครื่องมือช่วยตัดสินใจในการวางแผน ผู้ศึกษาจึงได้สร้างแบบจำลองการวางแผนการจัดซื้อวัตถุดิบให้สอดคล้องกับการแปรรูปผลเฉลยแสดงให้เห็นว่า ค่าใช้จ่ายโดยรวมที่เกิดจากการดำเนินการตามแผนการจัดซื้อวัตถุดิบ และแผนการจัดสรรพื้นที่ที่ได้จากแบบจำลอง ทำให้ค่าใช้จ่ายโดยรวมลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับดำเนินการในปัจจุบันของโรงงาน ซึ่งจากผลงานข้างต้นเป็นการให้คำแนะนำการวางแผนวัตถุดิบการเกษตรจนทำให้เกิดกำไรและการดำเนินการมีค่าใช้จ่ายลดลง มีความสอดคล้องกับ Sinwattanakasem and Kamsook (2013) ได้ศึกษาที่เกี่ยวกับการปรับปรุงกระบวนการบริหารสินค้าคงคลัง โดยทำการปรับปรุงกระบวนการบริหารสินค้าคงคลังแบบใหม่ เน้นการตอบสนองความต้องการของผู้สั่งซื้อ และควบคุมคำสั่งซื้อให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม และประยุกต์ใช้แนวคิด MRP มาช่วยคำนวณการวางแผนความต้องการปริมาณวัสดุ ลดการขาดแคลน

วัสดุในการแปรรูปประเภทอาหาร เพื่อให้ปริมาณตรงกับความต้องการจริงของลูกค้าในอนาคตมากที่สุด

สรุปและข้อเสนอแนะ

การวางแผนความต้องการวัสดุไปใช้ในการผลิตผักเชียงดาพร้อมดื่มสามารถลดการเสียโอกาสขายจากการผลิตไม่เพียงพอได้โดยอาศัยต้องการพยากรณ์การขายล่วงหน้าแล้วนำไปวางแผนการผลิต

แต่อย่างไรก็ตามการวิจัยดังกล่าวได้พบถึงปัจจัยที่สำคัญที่จะทำให้แผนมีข้อจำกัด โดยผู้วิจัยขอเสนอแนะจากปัญหาที่พบดังนี้ ฤดูในการเก็บเกี่ยวผักเชียงดาที่ส่งผลให้ไม่สามารถเก็บได้ตามจำนวนที่ต้องการผลิตตามตารางการผลิตหลัก และความชำนาญของพนักงานในการเก็บและคัดเลือกใบผักเชียงดาสำหรับผลิตผักเชียงดาที่อาจส่งผลทำให้ไม่ได้คุณภาพ ในการวิจัยครั้งต่อไปเสนอให้ทำการวิจัยแบบเก็บสถิติเป็นฤดูเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกันเพื่อการวางแผนความต้องการวัสดุที่แม่นยำยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สันติ วัฒนฐานะ รองผู้อำนวยการศูนย์อนุรักษ์พันธุ์กรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ผู้จัดการสำนักงานอนุรักษ์พันธุ์กรรมพืช (อพ.สธ. คลองไผ่) ที่ได้อนุญาตให้ทำการวิจัย และเก็บข้อมูลกับบุคคล และพื้นที่แผนกต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปผักเชียงดา ณ ศูนย์อนุรักษ์พันธุ์กรรมพืช อพ.สธ. คลองไผ่ จังหวัดนครราชสีมา และขอบคุณพนักงานทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการสังเกตแบบมีส่วนร่วม และการสนทนากลุ่มเป็นอย่างดี

References

- Ahumada, O. and Villalobos, J.R. 2011. A tactical model for planning the production and distribution of fresh produce. *Ann. Oper. Res.* 190(1): 339-358.
- De Treville, S., Schurhoff, N., Trigeorgis, L. and Avanzi, B. 2014. Optimal sourcing and lead-time reduction under evolutionary demand risk. *Prod. Oper. Manag.* 23(12), 2103-2117.
- Deros, B.M., Mohamad, D., Idris, M.H.M., Rahman, M.N.A., Ghani, J.A., and Ismail, A.R. 2011. Setup time reduction in an automotive battery assembly line. *King Mongkut's University of Technology North Bangkok International J. Appl. Sci. Tech.* 4.2. 5(5): 9-13.
- Euromonitor International. 2019. Herbal/Traditional Products in Thailand. Retrieved March 17, 2019, from <https://www.euromonitor.com/herbal-traditional-products-in-thailand/report>.
- Kerddonfage, J. 2009. 150 types of herbal therapy for diabetes. 2nd ed. Bangkok: Seven Printing. (in Thai)
- Lan, S. 2018. Distribution of processed fruit through E-commerce. *Sakon Nakhon Graduate Studies J.* 15(71): 164-170. (in Thai)
- Mujtaba, S., Feldt, R. and Petersen, K. 2010. Waste and lead time reduction in a software product customization process with value stream maps. 2010 21st Australian software engineering conference. 6-9 April 2010 New Zeland. Auckland: IEEE.
- Pantong, A. and Ritvirool, A. 2012. Purchasing and Resource Allocation Planning in Pickled Ginger Industry Using Mixed-Integer Linear Programming. *J. KMUTNB.* 22(2): 339-348. (in Thai)
- Plant Genetic Conservation Project Office. 2018. Annual record of herbal tea sales in 2018. Nakhon Ratchasima: Plant Genetic Conservation Project Office. (in Thai)
- Rattanacilai, T., Boonseng, K. and Chuchom, S. 2012. Drying time reduction of rubberwood. *KKU Res. J.* 17(4): 505-514. (in Thai).
- Scheer, A.W. 2012. ARIS-business process frameworks. Saarbrücken: Springer Science and Business Media.
- Sinwattanakasem, C. and Kamsook, W. 2013. Industrial Organizational Human Resource Risk Management. The Inventory Management Process Improvement of Raw Materials in Food and Beverage Industry: A Case Study of ABC Company Limited. *Bus. Rev.* 5(1), 117-138. (in Thai)

ปัจจัยที่มีผลต่อการดำเนินธุรกิจร้านค้าปลาสดในจังหวัดขอนแก่น

สุปติ ศิริขอนแก่น* และ สาธิต อติโต

สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาข้อมูลพื้นฐานของผู้ประกอบการ ต้นทุนผลตอบแทนในการประกอบการ และปัจจัยที่ส่งผลต่อการดำเนินงานธุรกิจร้านค้าปลาสดในจังหวัดขอนแก่น โดยใช้แบบสัมภาษณ์ทำการเก็บข้อมูลจากประชากรผู้ที่ดำเนินธุรกิจร้านค้าปลาสดในจังหวัดขอนแก่น จำนวน 30 ราย ผลการศึกษาพบว่าผู้ประกอบการร้านค้าปลาสดส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีอายุเฉลี่ย 42.8 ปี เป็นธุรกิจเจ้าของคนเดียว ในด้านต้นทุนผลตอบแทน พบว่า ผู้ประกอบการมีกำไรขั้นต้นที่เป็นเงินสดเฉลี่ย 23,501.02 บาทต่อเดือน ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับปลาสด ประสบการณ์ในการดำเนินธุรกิจ การกักโรคปลาจำหน่าย เป็นประเด็นที่ผู้ประกอบการให้ความสำคัญว่ามีผลต่อการดำเนินธุรกิจในระดับมากถึงมากที่สุด

คำสำคัญ: ดำเนินธุรกิจ และ ปลาสด

*ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: poppy_smd22@hotmail.com

Factor Affecting Business Operations of Pet Fish Stores in Khon Kaen Province

Supati Sirikhonkaen* and Satit Aditto

*Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University,
Khon Kaen 40000, Thailand*

Abstract

This research aimed to investigate socio - economics characteristics, operating cost and return and factors affecting the operations of pet fish entrepreneurs in Khon Kaen province. The structured questionnaire was employed to collect data from 30 entrepreneurs. The results showed that most of pet fish entrepreneur were male with an average age of 42.8 years. Most of them were single owner business. The result also found that pet fish entrepreneur has an average cash gross margins of 23,501.02 baht per month. Basic knowledge of pet fish culture, entrepreneur's experience and quarantine of pet fish diseases are the most important factor affection business operations of pet fish store

Keywords: Business operations and Pet fish

* Corresponding author: E-mail: poppy_smd22@hotmail.com

บทนำ

ประเทศไทยมีภูมิประเทศตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น และมีความอุดมสมบูรณ์ด้านทรัพยากรแหล่งน้ำ ลักษณะดังกล่าวมีความเหมาะสมเป็นอย่างมากในการเพาะเลี้ยงปลาสวยงาม ซึ่งปลาสวยงามที่นิยมเลี้ยงกันเป็นส่วนใหญ่เป็นปลาน้ำจืดถึงร้อยละ 90 ปลาทะเลร้อยละ 9.9 ปลาน้ำกร่อยร้อยละ 0.1 และส่วนใหญ่เป็นปลาเขตร้อน คิดเป็นร้อยละ 98 ของปลาสวยงามทั้งหมด ประเทศไทยเป็นประเทศที่เพาะพันธุ์ปลาสวยงามและจำหน่ายเป็นอันดับต้นของโลก โดยจำหน่ายในประเทศ ร้อยละ 80 และส่งออก ร้อยละ 20 คิดเป็นมูลค่าการส่งออกสูงถึงร้อยละ 26.6 ของมูลค่าการส่งออกสัตว์น้ำทั้งหมดและมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยพบว่าตลาดส่งออกที่สำคัญ ได้แก่ สิงคโปร์ ฮองกง ยุโรป ญี่ปุ่น และอเมริกา โดยพันธุ์ปลาที่มีความต้องการมากคือ ปลากัด ปลาหางนกยูง ปลาทอง ปลาหมอสี ปลาการ์ฟ ปลามังกร และปลาสด (Department of fisheries, 2015)

จากนโยบายกระตุ้นการส่งออกสัตว์น้ำทำให้มูลค่าการส่งออกปลาสวยงามน้ำจืดของประเทศไทยสูงขึ้นจากปี 2556 ที่มีมูลค่าการส่งออก 2,118,399.13 บาท เพิ่มมาอย่างต่อเนื่องจนถึงปี 2561 มีมูลค่าการส่งออกอยู่ที่ 30,522,393.88 บาท (Department of fisheries, 2019) นอกจากนี้ปัจจัยหนึ่งที่ทำให้มูลค่าการส่งออกเพิ่มขึ้นนั้นมาจากการเปลี่ยนแปลงของผู้เลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งพบว่าผู้ที่เคยเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อการบริโภคหันมาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำสวยงามมากขึ้นโดยเฉพาะปลาสวยงามมากขึ้น เนื่องจากการผลิตปลาสวยงามนั้นให้ผลตอบแทนสูงและคุ้มค่าต่อการลงทุน

ในจังหวัดขอนแก่นมีการก่อตั้งชมรมปลาสวยงาม จังหวัดขอนแก่นและตลาดค้าส่งปลาสวยงามจังหวัดขอนแก่น จัดตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ.2552 และยังมีกิจกรรมที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดขอนแก่นร่วมกับชมรมปลาสวยงามจังหวัดขอนแก่นจัดประกวดปลาสวยงามในงานวัน-เกษตรภาคอีสานและกรมประมงเป็นประจำทุกปี

โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและการเรียนรู้ทางด้านธุรกิจปลาสวยงามรวมถึงส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงปลาสวยงามและมุ่งหวังให้ขอนแก่นเป็นศูนย์กลางการค้าส่งปลาสวยงามในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งปัจจุบันมีร้านค้าปลาสวยงามในเขตจังหวัดขอนแก่นมีร้านค้าปลาสวยงามจำนวน 30 ร้าน อยู่ในเขตอำเภอเมือง 22 ร้าน และต่างอำเภอ 8 ร้าน มีทั้งร้านที่ผลิตปลาสวยงามและรับจากที่อื่นมาจำหน่าย ลูกค้าส่วนใหญ่จะมาจากต่างอำเภอและต่างจังหวัด เช่น ชัยภูมิ มหาสารคาม อุดรธานี เป็นต้น (Rodloy, 2014)

ปัจจัยที่มีผลต่อการทำธุรกิจปลาสวยงามนั้นมีความสำคัญ เนื่องจากธุรกิจปลาสวยงามในประเทศไทยมีความซับซ้อน มีผู้ผลิต ผู้รวบรวม ผู้ค้าส่ง ผู้ค้าคนกลางและผู้ค้าปลีกที่มากมาย และบางอย่างก็ทำหน้าที่ซ้ำซ้อนกัน ทำให้ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินธุรกิจมีมากขึ้นตามไปด้วย ปัจจัยบางอย่างมีผลดีและทำกำไรให้แก่ธุรกิจ ปัจจัยบางอย่างก็ส่งผลเสียต่อธุรกิจ (Kittisuwan et al., 2006) จากข้อมูลที่กล่าวมาทั้งหมดจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการทำธุรกิจปลาสวยงามในจังหวัดขอนแก่น เพื่อเป็นแนวทางให้แก่ผู้ที่สนใจประกอบธุรกิจนี้ได้ใช้เป็นแนวทางในการวางแผนดำเนินธุรกิจในอนาคตต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาคือ ผู้ประกอบการร้านค้าปลาสดในจังหวัดขอนแก่น จำนวน 30 ราย ในเขตอำเภอที่มีร้านจำหน่ายปลาสด ได้แก่ อำเภอเมือง บ้านไผ่ พล น้ำพอง ชุมแพ และหนองเรือ (Rodloy, 2014) โดยการศึกษาครั้งนี้เก็บข้อมูลจากประชากรทั้งหมด

2. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้เก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้ประกอบการร้านค้าปลาสดในจังหวัดขอนแก่น โดยใช้แบบสอบถามแบบมีโครงสร้าง และวิธีการสัมภาษณ์จากผู้ให้คำตอบโดยตรง (face to face interview) เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องครบถ้วนตามวัตถุประสงค์ โดยเก็บข้อมูลระหว่างเดือน มิถุนายน ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2561

3.การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษานี้ใช้การวิเคราะห์เชิงพรรณนา (descriptive statistics) ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ความถี่ และร้อยละ สำหรับการอธิบายข้อมูลพื้นฐานด้านเศรษฐกิจและสังคมของผู้ประกอบการ และข้อมูลต้นทุนผลตอบแทนจากการดำเนินธุรกิจ ส่วนข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อการดำเนินธุรกิจ ผู้วิจัยได้แบ่งกลุ่มผู้ประกอบการร้านค้าปลาสดออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ผู้ประกอบการขนาดเล็ก (มีจำนวนเงินลงทุนน้อยกว่า 100,000 บาท) และผู้ประกอบการขนาดกลาง (มีจำนวนเงินลงทุน 100,000 บาทขึ้นไป) และกำหนดค่าระดับเกณฑ์การให้คะแนนความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อการดำเนินธุรกิจออกเป็น 5 ระดับ ตั้งแต่ระดับ 1 (สำคัญน้อยที่สุด) ถึงระดับ 5 (สำคัญมากที่สุด) จากนั้นใช้การวิเคราะห์เชิงปริมาณ (quantitative analysis) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของปัจจัยที่มีผลต่อการดำเนินธุรกิจระหว่าง

ผู้ประกอบการทั้ง 2 กลุ่ม โดยใช้การทดสอบ Independent t-test

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลพื้นฐานด้านเศรษฐกิจและสังคม

ผู้ประกอบการธุรกิจร้านค้าปลาสดในจังหวัดขอนแก่น ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 80 จำนวน มีอายุระหว่าง 40-56 ปี คิดเป็นร้อยละ 46.6 โดยผู้ประกอบการมีอายุเฉลี่ย 42.8 ปี ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 60.0 ผู้ประกอบการมีประสบการณ์เลี้ยงปลาสดเฉลี่ย 14.2 ปี และผู้ประกอบการร้อยละ 70 มีระยะเวลาการเปิดจำหน่ายและดำเนินธุรกิจน้อยกว่า 10 ปี ผู้ประกอบการมีจำนวนแรงงานที่ใช้ดำเนินธุรกิจเฉลี่ย 1.7 คน

ผู้ประกอบการเป็นผู้เลี้ยงและผลิตปลาสดได้เองจำนวน 16 ราย คิดเป็นร้อยละ 53.3 แหล่งที่มาของปลาสดที่นำมาจำหน่ายส่วนใหญ่มาจากกรุงเทพมหานคร คิดเป็นร้อยละ 37.5 รองลงมาเป็นปลาสดจากพื้นที่ในจังหวัดขอนแก่น คิดเป็นร้อยละ 32.5 ผู้ประกอบการส่วนใหญ่เป็นกิจการเจ้าของคนเดียว คิดเป็นร้อยละ 93.3 สินค้าชนิดอื่นที่มีจำหน่ายในร้านนอกจากปลาสดแล้วจะเป็นอาหารปลา ตู้ปลา อุปกรณ์การเลี้ยง และยารักษาโรค ผู้ประกอบการส่วนใหญ่ไม่ได้กู้ยืมเงินเพื่อใช้ในการดำเนินธุรกิจ คิดเป็นร้อยละ 93.3

2. ต้นทุนและผลตอบแทนในการดำเนินธุรกิจร้านค้าปลาสด

ผลการศึกษาต้นทุนในการดำเนินงาน พบว่า ผู้ประกอบการธุรกิจร้านค้าปลาสดในจังหวัดขอนแก่นมีต้นทุนคงที่รวมเฉลี่ย 13,187.61 บาทต่อเดือน โดยแบ่งเป็นต้นทุนคงที่ที่เป็นเงินสดเฉลี่ย 1,870 บาท ได้แก่ ค่าเช่า และต้นทุนคงที่ไม่เป็นเงินสดเฉลี่ย 11,317.61 บาท ได้แก่ ค่าเสื่อมราคาอาคาร ค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์ และค่าเสียโอกาสเงินลงทุน และพบว่าผู้ประกอบการมี

ต้นทุนผันแปรรวมเฉลี่ย 42,836.64 บาทต่อเดือน โดยแบ่งเป็นต้นทุนผันแปรที่เป็นเงินสดเฉลี่ย 31,136.64 บาท ได้แก่ ค่าพันธุ์ปลาสวยงาม ค่าอาหารปลา ค่าจ้างแรงงาน ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำประปา ค่าอุปกรณ์การเลี้ยง เป็นต้น และต้นทุนผันแปรที่ไม่เป็นเงินสดเฉลี่ย 11,700 บาท ได้แก่ ค่าแรงงานตนเอง

ผลการศึกษาผลตอบแทนในการดำเนินงาน พบว่าผู้ประกอบการธุรกิจปลาสวยงามในจังหวัดขอนแก่นมีผลตอบแทนจากการจำหน่ายเฉลี่ย 56,507.66 บาทต่อเดือน ได้แก่ ยอดจำหน่ายปลาสวยงาม สัตว์น้ำสวยงาม ชนิดอื่น อาหารปลา ตู้ปลา สารเคมีที่ใช้เลี้ยงปลา อุปกรณ์กรองน้ำ อุปกรณ์ตกแต่งตู้ปลา รายได้จากการบริการจัดตู้ปลา การบริการประกอบตู้ปลา เป็นต้น และจากการศึกษา พบว่าผู้ประกอบการธุรกิจปลาสวยงามในจังหวัดขอนแก่น มีกำไรขั้นต้นที่เป็นเงินสดเฉลี่ย 23,501.02 บาทต่อเดือน (Table 1)

3. ปัจจัยที่มีผลต่อการดำเนินธุรกิจร้านค้าปลาสวยงาม

การศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดปัจจัยที่มีผลต่อการดำเนินธุรกิจร้านค้าปลาสวยงาม จำนวน 6 กลุ่ม ปัจจัยหลัก ได้แก่ ปัจจัยด้านศักยภาพของผู้ประกอบการ ปัจจัย

ด้านการตลาด ปัจจัยด้านคุณภาพสินค้า ปัจจัยด้านการบริหาร ปัจจัยด้านการเงิน และปัจจัยด้านช่องทางการจำหน่ายออนไลน์ ตามการศึกษาของ Songkramphu and Aditto (2015)

โดยผลจากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดำเนินธุรกิจร้านค้าปลาสวยงามของผู้ประกอบการขนาดเล็กและขนาดกลาง พบว่า ผู้ประกอบการขนาดเล็กและขนาดกลางให้ความสำคัญต่อปัจจัยที่มีผลต่อการดำเนินงานส่วนใหญ่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) ประเด็นด้านความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับปลาสวยงาม พบว่า ทั้งผู้ประกอบการขนาดเล็กและขนาดกลาง ให้ความสำคัญในประเด็นนี้ในระดับมากที่สุด และตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการจำหน่ายปลาสวยงามนั้นมีรายละเอียดมากดังนั้นผู้ประกอบการจำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับปลาสวยงามพอสมควร เช่นเดียวกับประเด็นประสบการณ์ในการดำเนินธุรกิจปลาสวยงาม ผู้ประกอบการขนาดเล็กให้ความสำคัญในระดับมาก และผู้ประกอบการขนาดกลางให้ความสำคัญในระดับมากที่สุด ซึ่งจะเห็นได้ว่าธุรกิจร้านค้าปลาสวยงาม ผู้ประกอบการจำเป็นต้องมีความรู้และประสบการณ์ในการดำเนินธุรกิจ

Table 1 Average operating cost and benefit per month of pet fish store in Khon Kean province

Items	Cash	Non-cash	Total	Percentage
Fixed cost				
-Depreciation-building and equipment	-	10,604.29	10,604.29	18.93
-Rent	1,870.00	-	1,870.00	3.34
-Opportunity cost	-	713.32	713.32	1.27
Total fixed cost	1,870.00	11,317.61	13,187.61	23.54
Variable cost				
-Pet fish varieties for sales	10,450.00	-	10,450.00	18.65
-Feeding cost	3,713.33	-	3,713.33	6.63
-Labor cost	3,266.66	11,700.00	14,966.66	26.71
-Electricity and water cost	2,276.67	-	2,276.67	4.06
-Medication and chemicals cost	1,603.33	-	1,603.33	2.86
-Other costs	9,826.65	-	9,826.65	17.54
Total variable cost	31,136.64	11,700.00	42,836.64	76.46
Total operating cost	33,006.64	23,017.61	56,024.25	100.00
Benefit				
-Sales of pet fish	26,800.00	-	26,800.00	47.43
-Sales of fish food	6,843.33	-	6,843.33	12.11
-Sales of fish medication and chemical	4,725.00	-	4,725.00	8.36
-Sales of other aquarium equipment	18,139.33	-	18,139.33	32.10
Total benefit	56,507.66	-	56,507.66	100.00
Gross margins		23,501.02		

Source: Field survey, 2018

Table 2 Factor affecting of small and medium pet fish stores in Khon Kaen province

Items	Small store		Medium store		Test of difference ¹
	(n=14)		(n=16)		
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	
Entrepreneurial potential factor					
-Basic knowledge of pet fish culture	4.25	0.75	4.55	0.98	0.91
-Entrepreneur determination in operating a pet fish business	4.16	1.02	4.55	0.98	1.04
-Entrepreneur's experience	4.00	1.21	4.50	1.04	1.21
Marketing factor					
-Pet fish business competitors in Khon Kaen	3.25	1.21	3.33	1.08	0.19
-Purchasing power of consumers in Khon Kaen	4.08	0.66	3.72	1.44	0.92
-Pet fish culture values	3.75	1.21	4.33	1.02	1.42
-Varieties of pet fish in the store	3.08	1.08	4.05	0.99	2.53**
-After sales service	3.41	1.24	3.17	1.38	0.51
Product quality factor					
-Pet fish farm guarantee	3.67	1.30	3.72	1.32	0.11
-Quarantine for pet fish diseases	4.33	0.78	4.50	0.98	0.49
-Grade and sort of live pet fish	3.83	1.02	4.16	1.20	0.79
-Packaging and transportation of pet fish to consumer	3.75	0.96	4.17	1.15	1.03
Store administration factor					
-Using new technology to manage pet fish store	3.25	1.21	3.77	0.94	1.34
-Pet fish store design and decoration	2.92	1.37	4.00	1.03	2.47**
-Using store inventory management	3.83	0.94	3.72	1.07	0.29
Financial management factor					
-Have sufficient investment funding	3.75	1.21	4.11	1.23	0.79
-Have accounting system to manage pet fish store	3.67	1.07	3.44	1.58	0.46
-Obtaining credit from seller	2.58	1.16	3.16	1.62	1.08
Online sales factor					
-Competitive of other online pet fish supply store	3.58	1.44	3.83	1.38	0.48
-Have a facebook page to sales pet fish online	3.58	1.24	3.27	1.32	0.64

¹ Statistically difference at ** based on independent samples t-test

Source: Field survey, 2018

ประเด็นเรื่องค่านิยมในการเลี้ยงปลาสวยงามของผู้บริโภค เป็นประเด็นหนึ่งที่ผู้ประกอบการขนาดเล็กให้ความสำคัญในระดับมาก และผู้ประกอบการขนาดกลางให้ความสำคัญในระดับมากที่สุด หากค่านิยมในการเลี้ยงปลาสวยงามของผู้บริโภคโดยเฉพาะกลุ่มวัยรุ่นและวัยทำงานขยายตัวมากขึ้น ย่อมส่งผลต่อยอดขายที่เพิ่มขึ้นของธุรกิจ ประเด็นการกักโรคปลา พบว่า ผู้ประกอบการขนาดเล็กและขนาดกลางให้ความสำคัญกับประเด็นนี้ในระดับมากที่สุด และ ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากผู้ประกอบการธุรกิจร้านค้าปลาสวยงามไม่สามารถทราบได้ว่าปลาที่นำมาจำหน่ายนั้น มีเชื้อโรคติดมากับตัวปลาหรือไม่ ดังนั้นการกักโรคปลาจึงเป็นอีกกิจกรรมหนึ่งที่จะช่วยลดการแพร่กระจายของเชื้อโรค ทำให้ช่วยลดมูลค่าการสูญเสียลงได้ ประเด็นเรื่องการใช้อุปกรณ์เทคโนโลยีที่ทันสมัยเพื่อช่วยในการบริหารจัดการร้าน ผู้ประกอบการขนาดเล็กให้ความสำคัญในระดับปานกลาง และ ผู้ประกอบการขนาดกลางให้ความสำคัญในระดับมาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากหากนำอุปกรณ์ดังกล่าวมาใช้อาจจะเป็นการเพิ่มต้นทุนในการดำเนินงานให้แก่ธุรกิจ

ประเด็นการมีแหล่งเงินทุนที่เพียงพอผู้ประกอบการทั้งขนาดเล็กและขนาดกลางให้ความสำคัญในระดับมาก และ ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการเปิดร้านจำหน่ายปลาสวยงามต้องใช้เงินทุนในครั้งแรกสูง ทั้งค่าก่อสร้างอาคาร ระบบตู้ปลา ท่อน้ำ ท่ออากาศ เป็นต้น ทำให้ประเด็นด้านเงินทุนมีความสำคัญมาก ประเด็นด้านคู่แข่งในการจำหน่ายปลาและอุปกรณ์การเลี้ยงทางออนไลน์ ผู้ประกอบการทั้งขนาดเล็กและขนาดกลางให้ความสำคัญในระดับมาก และ ตามลำดับ เนื่องจากเทคโนโลยีที่พัฒนาทำให้ผู้บริโภคสามารถเข้าถึงแหล่งซื้อขายได้ง่ายและยังมีความหลากหลายของสินค้าอีกทั้งผู้จำหน่ายปลาสวยงามในสื่อออนไลน์มีจำนวนมากขึ้น ทำให้ผู้บริโภคเลือกที่จะใช้บริการสื่อออนไลน์ในการซื้อขายสินค้าและบริการเกี่ยวกับปลาสวยงามมากขึ้น ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่อการดำเนินธุรกิจร้านจำหน่ายปลาสวยงามของผู้ประกอบการ

จากการศึกษา พบว่า มีเพียง 2 ประเด็นเท่านั้นที่ผู้ประกอบการขนาดเล็กและขนาดกลางให้ความสำคัญที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่

ประเด็นความหลากหลายของปลาสวยงามที่จำหน่าย โดยผู้ประกอบการขนาดเล็กให้ความสำคัญในประเด็นดังกล่าวในระดับปานกลาง เนื่องจากผู้ประกอบการขนาดเล็กส่วนใหญ่มีเงินลงทุนในการดำเนินธุรกิจไม่สูงนัก จึงมีความคิดเห็นว่าการจะลงทุนซื้อปลาหลากหลายชนิดมาจำหน่ายไม่ได้ส่งผลต่อการดำเนินธุรกิจของตนมาเท่าไร ส่วนผู้ประกอบการขนาดกลางให้ความสำคัญต่อประเด็นความหลากหลายของปลาที่จำหน่ายอยู่ในระดับมาก เนื่องจากผู้ประกอบการขนาดกลางมีต้นทุนในการซื้อปลามาจำหน่ายและเล็งเห็นว่าความหลากหลายของปลาที่จำหน่ายมีผลต่อการตัดสินใจซื้อและดึงดูดผู้บริโภคในการเข้าชมร้าน

ประเด็นการจัดร้าน โดยผู้ประกอบการขนาดเล็กให้ความสำคัญในประเด็นดังกล่าวในระดับปานกลาง เนื่องจากผู้ประกอบการขนาดเล็กนั้นมีจำนวนสินค้าในร้านปริมาณน้อยจึงให้ความสำคัญในการจัดร้านในระดับปานกลาง ส่วนผู้ประกอบการขนาดกลางให้ความสำคัญต่อประเด็นความหลากหลายของปลาที่จำหน่ายอยู่ในระดับมาก ผู้ประกอบการขนาดกลางนั้นมีความคิดเห็นว่าการจัดร้านและการแยกหมวดหมู่สินค้าในร้านมีความสำคัญทำให้จำหน่ายสินค้าได้ง่ายและยังสะดวกต่อการเดินชมสินค้าของผู้บริโภค ทำให้สินค้ามีความน่าซื้อ นอกจากนี้สินค้าที่หลากหลายและมีการกักเก็บสินค้าจำนวนมากกว่าผู้ประกอบการขนาดเล็กจึงจำเป็นที่จะต้องให้ความสำคัญต่อการจัดร้านและการจำแนกหมวดหมู่สินค้าในระดับมาก

สรุปผลการวิจัย

การศึกษครั้งนี้ พบว่า ผู้ประกอบการธุรกิจปลาสวยงามในจังหวัดขอนแก่น ส่วนใหญ่เป็นธุรกิจขนาดเล็กมีจำนวนเงินลงทุนเริ่มแรกไม่สูงมากนัก ใช้แรงงานตนเองในการเลี้ยงและจำหน่ายปลา และเป็นกิจการเจ้าของคนเดียว จากการศึกษา พบว่า ผู้ประกอบการมีกำไรขั้นต้นที่เป็นเงินสดเฉลี่ย 23,501.02 บาทต่อเดือน แต่หากคิดรวมต้นทุนที่ไม่เป็นเงินสด เช่น ค่าเสื่อมราคาอาคารและอุปกรณ์ และค่าจ้างแรงงานตนเอง อาจทำให้การดำเนินธุรกิจขาดทุนได้ ดังนั้นผู้ประกอบการจึงควรหาแนวทางในการลดต้นทุนในการดำเนินงาน เพื่อให้ได้รับผลกำไรที่คุ้มค่าต่อการดำเนินธุรกิจ สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อการดำเนินธุรกิจร้านค้าปลาสวยงามที่ผู้ประกอบการให้ความสำคัญในระดับมากถึงมากที่สุด มีหลายประเด็น อาทิ ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับปลาสวยงาม ประสบการณ์ในการดำเนินธุรกิจ การกักโรคปลา ก่อนจำหน่าย เป็นต้น

ข้อเสนอแนะ

1) กลุ่มผู้ประกอบการธุรกิจปลาสวยงามในจังหวัดขอนแก่น ควรมีการรวมตัวและดำเนินกิจกรรมทางธุรกิจร่วมกัน เพื่อให้มีอำนาจในการต่อรองราคาซื้อขายกับฟาร์มปลาสวยงาม การขนส่งปลาร่วมกัน และการหาสูตร

อาหารปลาที่ใช้วัตถุดิบทดแทนในพื้นที่เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการดำเนินงาน

2) มาตรการในการลดการสูญเสียปลาสวยงามระหว่างรอการจำหน่าย เป็นเรื่องที่ผู้ประกอบการต้องให้ความสำคัญ เช่น การกักโรคปลา ซึ่งผู้ประกอบการต้องให้ความสนใจดำเนินการอย่างจริงจัง เพราะหากมีการสูญเสียแล้วปลาสวยงามในร้านติดโรค จะสร้างความเสียหายแก่ธุรกิจและความเชื่อมั่นของลูกค้าที่ซื้อปลาสวยงามจากร้านได้

3) กรมประมงหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ควรมีการส่งเสริมและให้ความรู้พื้นฐานตามหลักวิชาการที่ถูกต้องเกี่ยวกับ การเพาะพันธุ์ การดูแลรักษาโรค และการจัดการการเลี้ยงปลาสวยงามเพื่อจำหน่าย ให้กับผู้ประกอบการที่สนใจจะเข้ามาดำเนินธุรกิจนี้ เพื่อให้ผู้ประกอบการมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องสามารถจัดการปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในธุรกิจได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ประกอบการธุรกิจร้านค้าปลาสวยงามในจังหวัดขอนแก่น ที่กรุณาสละเวลาให้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่อการทำงานวิจัยชิ้นนี้ ให้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

References

- Department of fisheries. 2015. Fisheries statistic of Thailand. Information and communication technology center, Department of fisheries. (in Thai)
- Department of fisheries. 2019. Thailand export-import of aquatic animals and products [online]. [Accessed February 18, 2019]. Available from: <https://www4.fisheries.go.th>
- Kittisuwan, P., Panprommin, N. and Maneechai, S. 2006. Ornamental fish: research and develop potential for market and export system in Thailand. [Accessed August25, 2012]. Available from: www.depthai.go.th/dep/doc/55/55002176.doc
- Rodloy, A. 2014. Ornamental fisheries market in Khon Kaen. Aquaculture Genetics Research and Development Division, Department of fisheries. (In Thai)
- Songkramphu, S. and Aditto, S. 2015. Succession factors for small and medium agribusiness enterprises (SMAEs) in Khon Kaen province. Khon Kaen Agr. J. 43(3): 525-534. (in Thai)

การศึกษาสายพันธุ์และคุณภาพของข้าวสายพันธุ์สีชล โดยการเปรียบเทียบคุณภาพทางเคมี กายภาพและลายพิมพ์ดีเอ็นเอกับพันธุ์ข้าวไทย

กรรณิการ์ พิมพ์รส*, เกศริน ฑีฆายุ และ พิรดา สุตประเสริฐ

สาขาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก อำเภอสรีราชา จังหวัดชลบุรี 20110

บทคัดย่อ

ข้าวสีชล เป็นข้าวสายพันธุ์ใหม่ได้จากการปรับปรุงสายพันธุ์โดยเกษตรกรชุมชนตำบลบางพระ อำเภอสรีราชา จังหวัดชลบุรี มีลักษณะเด่นคือ เมื่อสุกข้าวจะมีความนุ่ม รสหวาน และกลิ่นหอม เมล็ดข้าวเป็นสีน้ำตาลเข้มปนขาว งานวิจัยนี้ต้องการข้อมูลพื้นฐานประจำพันธุ์ของข้าวชนิดนี้ โดยได้ศึกษาคุณสมบัติต่างๆ ของข้าวสีชลเปรียบเทียบกับข้าวสายพันธุ์มาตรฐาน 10 สายพันธุ์ ได้แก่ กลุ่มข้าวเจ้าหอม (ข้าวขาวดอกมะลิ105 ปทุมธานี1 หอมคลองหลวง) กลุ่มข้าวเจ้าไม่หอม (ชัยนาท1 กข31 พิษณุโลก2 ไรซ์เบอร์รี่) กลุ่มข้าวเหนียว (กข6 อยุธยา ส้มผั่ว) พบว่า ข้าวสีชลมีปริมาณอะไมโลส และไขมันร้อยละ 5.47 และ 1.37 ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับข้าวไรซ์เบอร์รี่ และข้าวลิ้มผั่ว ข้าวสีชลมีปริมาณโปรตีนและเถ้าร้อยละ 10.89 และ 3.29 ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับข้าวไรซ์เบอร์รี่ และกข6 จากนั้นทำสกัดดีเอ็นเอ และวิเคราะห์ลายพิมพ์ดีเอ็นเอของข้าวสีชล และข้าวไทยมาตรฐานทั้ง 10 ชนิด ด้วยเทคนิค SSR และจำแนกกลุ่มตามความสัมพันธ์ของข้าวสีชลกับข้าวพันธุ์ไทย ได้ทั้งหมด 5 เครื่องหมาย แบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่เป็นข้าวเหนียวมีเครื่องหมายโมเลกุลคือ Glu23 กลุ่มที่ข้าวมีลักษณะอ่อนนุ่มหลังการหุงต้มมีเครื่องหมายโมเลกุลคือ RM3 และ RM190 กลุ่มข้าวที่มีกลิ่นหอมเมื่อหุงสุกมีเครื่องหมายโมเลกุลที่พบคือ BADH และ 3ln2AP โดยที่ข้าวสีชลมีเครื่องหมายโมเลกุล Glu23 ใกล้เคียงกันกับในข้าว กข6 อยุธยา และข้าวลิ้มผั่ว เครื่องหมายโมเลกุล RM190 ใกล้เคียงกันกับในข้าวขาวดอกมะลิ105 และอยุธยา เครื่องหมายโมเลกุล BADH ใกล้เคียงกันกับในข้าวขาวดอกมะลิ105 และปทุมธานี1 จากการศึกษาจึงระบุได้ว่าข้าวสีชลเป็นพันธุ์ข้าวเหนียวที่มีลักษณะอ่อนนุ่ม และมีกลิ่นหอมเมื่อหุงสุก

คำสำคัญ: ข้าวไทย ข้าวสายพันธุ์ใหม่ ข้าวสีชล และ ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: kpimrote@gmail.com

Studies of Varieties and Quality of Sichon Rice by Comparison on DNA Fingerprint Chemical and Physical Properties with Thai Rice Varieties

Kannika Pimrote*, Kesarin Teekayu and Pirada Sudprasert

*Department of Science and Mathematics Faculty of Science and Technology
Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Chonburi, 20110, Thailand*

Abstract

Sichon is the name of a new Thai rice variety which was developed by agriculturist from Sriracha, Chon Buri Thailand. Sichon cooked rice has a distinctive profile: soft texture, sweet taste, odoriferous aroma and brown color. Basic characteristics of Sichon rice were investigated in this study and were compared with 10 varieties of standard Thai rice including the aromatic rice group (Khao Dawk Mali 105, Pathum Thani 1, Hom Klong Luang) non-aromatic rice group (Chainat1, RD31, Phitsanulok2, Riceberry) and glutinous rice group (RD6, Thanyasirin, Luem Pua). Sichon rice contain 5.47% of amylose and 1.37% of fat which was similar to Riceberry and Luem Pua, 10.89% of protein and 3.29% of ash which as similar to Riceberry and RD6. Afterwards, DNA of Sichon and 10 standard Thai rice was extracted and moderated DNA fingerprint by SSR technique. Sichon and standard Thai rice varieties were classified on five primary and three cluster including of; Glu23 primer was found in glutinous rice group, RM3 and RM190 primer was found in good softness rice after cooked group, BADH and 3ln2AP primer was found in aromatic rice group. While, Sichon showed Glu23 primer same as RD6 Thanyasirin and Luem Pua, RM190 primer similar Mali105 and Thanyasirin, BADH primer close by Mali 105 and Pathum Thani 1. Consequently, it can be indicated that Sichon rice is glutinous rice varieties which good softness and odor properties after cooked.

Keywords: Thai rice, New rice varieties, Sichon rice and DNA Fingerprint

* Corresponding author: E-mail: kpimrote@gmail.com

บทนำ

"ข้าว" เป็นธัญญาหารหลักของชาวโลก จัดเป็นพืชสายพันธุ์เดียวกับ หน่วซึ่งนับได้ว่าเป็นหญ้าที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในโลก และมีความหลากหลายทางชีวภาพสามารถปลูกขึ้นได้ง่ายมีความทนทานต่อทุกสภาพภูมิอากาศ ข้าวที่มีการซื้อขายมากที่สุดในตลาดโลกแบ่งเป็น 2 กลุ่มหลัก คือ กลุ่มข้าวบาสมาดิ (basmati rice) และกลุ่มข้าวหอมมะลิ (jasmine rice) โดยประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกข้าวหอมมะลิที่มีศักยภาพและเป็นที่ยอมรับของตลาดโลก (Rice Department, 2007) นอกจากการรักษามาตรฐานคุณภาพข้าวที่ผลิตแล้วนั้น การปรับปรุงพัฒนาสายพันธุ์ข้าวให้มีคุณสมบัติพิเศษ เป็นอีกกลยุทธ์ และเป้าหมายที่สำคัญของประเทศ นอกจากนี้เนื้อสัมผัสความเหนียวหรือความนุ่มของเมล็ดข้าวหลังหุงสุกแล้ว ความหอมเป็นลักษณะอีกหนึ่งลักษณะพิเศษที่สร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ข้าว นักวิจัยพบว่าข้าวหอมมีสารหอมระเหยมากกว่า 100 ชนิด แต่สารหลักที่พบในทั้งข้าว บาสมาดิและข้าวหอมมะลิ คือ 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) ซึ่งพบในทุกส่วนของข้าวยกเว้นราก ซึ่งสาร 2AP ในข้าวหอมมีการสังเคราะห์ขึ้นระหว่างการเจริญเติบโตของข้าว โดยยีนควบคุมลักษณะความหอม คืออัลลีลด้อยของยีน betaine aldehyde dehydrogenase (BADH2) บนโครโมโซม 8 (Bradbury *et al.*, 2005) ในข้าวไม่หอม (non-fragrant genotype) ซึ่งเอนไซม์ BADH2 เปลี่ยน Δ -Pyrimidine เป็น GABA แทนทำให้ไม่เกิดการสร้าง 2AP จึงไม่มีการสะสมของสารหอมระเหย 2AP เกิดขึ้น ส่วนข้าวหอมพบว่าการกลายพันธุ์ (mutation) ที่อัลลีล BADH2 โดยลำดับเบสของ exon 7 หายไปจำนวน 8 คู่เบส ทำให้สร้างเอนไซม์ไม่สมบูรณ์ จึงเกิดการสะสมของสาร 2AP ซึ่งทำให้ข้าวมีกลิ่นหอม (Bourgis *et al.*, 2008; Yoshihashi *et al.*, 2002)

การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอเป็นวิธีการที่พัฒนาขึ้นเพื่อตรวจสอบลักษณะทางพันธุกรรม โดยการสร้างลาย

พิมพ์ดีเอ็นเอ เพื่อบอกความแตกต่างของสิ่งมีชีวิตในแต่ละชนิดได้ ซึ่งจะเป็นเอกลักษณ์ของแต่ละบุคคลไม่มีโอกาสที่บุคคลใดหรือสิ่งมีชีวิตคู่ใดจะมีลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่เหมือนกัน ปัจจุบันนี้ได้มีการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอในพืชและสัตว์หลายชนิด และเป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวาง ซึ่งการทำลายพิมพ์ดีเอ็นเอ สามารถแบ่งเครื่องหมาย DNA ได้เป็น 2 กลุ่มตามหลักการและวิธีการศึกษา ได้แก่ คือ Hybridization-base DNA fingerprint โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลที่ต้องอาศัยการ hybridization ระหว่าง template DNA กับ labeled probe เครื่องหมายโมเลกุลชนิดนี้ได้แก่ RFLP ส่วนกลุ่มที่ 2 คือ PCR-base DNA fingerprint กลุ่มนี้ใช้เครื่องหมายโมเลกุลชนิดที่ต้องอาศัยปฏิกิริยา PCR เพื่อเพิ่มจำนวน DNA ซึ่งเครื่องหมายโมเลกุลชนิดนี้เป็นที่นิยมเนื่องจากมีขั้นตอนไม่ยุ่งยากนัก และมีการพัฒนาขึ้นมาหลายชนิด เช่น RAPD, AFLP และ SSR (Archak *et al.*, 2007)

Simple sequence repeat (SSR) หรือไมโครแซทเทลไลต์ เป็นลำดับเบสสั้น ประกอบด้วยเบสซ้ำต่อเนื่องกัน (tandem repeat) มีตั้งแต่ 1-6 เบส โดยพบการเรียงตัวของเบสเป็น mono-nucleotide repeat เช่น (A)_n, di-nucleotide repeat เช่น (CA)_n, โดยที่ n เป็นจำนวนซ้ำของเบส ส่วนใหญ่จะพบการเรียงตัวของเบส จำนวน 2 เบสซ้ำ และพบไมโครแซทเทลไลต์ที่มีลำดับเบสซ้ำ 3-4 เบสแต่น้อยกว่าแบบซ้ำ 2 เบส วิธีการตรวจหา polymorphism ของลำดับเบสทำได้โดยหาลำดับเบสของ DNA ที่อยู่ 2 ด้านของชุดซ้ำเพื่อใช้เป็น primer ที่จำเพาะ โดยทั่วไปเบสซ้ำเหล่านี้มักมีลำดับเบสที่จำเพาะ (unique sequence) อยู่บริเวณรอบๆ เบสซ้ำ primer เหล่านี้จะใช้เป็นจุดเริ่มต้นของการเพิ่มปริมาณ DNA ของส่วนที่เป็นเบสซ้ำที่อยู่ระหว่าง unique sequence ความหลากหลายของชิ้น DNA ขนาดต่างๆ เป็นผลมาจากจำนวนครั้งของเบสที่ซ้ำไม่เท่ากัน ซึ่งใช้บ่งบอกความแตกต่างของสิ่งมีชีวิตได้ (Sanmuangching, 2010)

ในปัจจุบันมีการพัฒนาเทคนิค SSR marker เพื่อใช้ทดสอบ genomes ของข้าวที่ได้จาก nuclear และ

chloroplast และนำมาใช้ในการศึกษาความแตกต่างของ เพื่อจำแนกสายพันธุ์ข้าวมากขึ้น (Ishii and McCouch, 2000; Chakravarthi and Naravaneni, 2006; Sanmuangching, 2010)

เกษตรกรในชุมชนตำบลบางพระ อำเภอสรีราชา จังหวัดชลบุรี ซึ่งเป็นชุมชนรอบเขตที่ตั้งของมหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ได้ศึกษาพัฒนาปรับปรุง พันธุ์ข้าวชนิดใหม่ขึ้นและตั้งชื่อว่า “ข้าวสีชล” ซึ่งมี ลักษณะเมล็ดข้าวเป็นสีน้ำตาลเข้มปนขาว การตรวจสอบ องค์ประกอบทางเคมี ลักษณะทางกายภาพ ความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อข้าวสีชลหุงสุก หรือลักษณะทางพันธุกรรมของข้าวโดยวิธีตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอ จัดทำให้ ได้ข้อมูลพื้นฐานประจำพันธุ์ของข้าวชนิดนี้ ซึ่งสามารถ นำไปใช้เป็นข้อมูลในการจดสิทธิบัตรข้าวสายพันธุ์ใหม่ เพื่ออนุรักษ์พันธุ์ข้าวท้องถิ่นของประเทศไทยต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของข้าว

เมล็ดข้าวสีชล และข้าวมาตรฐาน 10 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ข้าวเจ้าหอม (ดอกมะลิ105, ปทุมธานี1 และ หอมคลองหลวง) พันธุ์ข้าวเจ้าไม่หอม (ชัยนาท1, กข31, พิษณุโลก2 และไรซ์เบอร์รี่) พันธุ์ข้าวเหนียว (กข 6, ธัญสิริน และลิ้มผั่ว) นำมาบดให้ละเอียดเหมือนแป้งด้วยเครื่อง บด (ยี่ห้อ National รุ่น Super Blender) และนำผงแป้ง ข้าวไปทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีดังนี้

1.1 ปริมาณอะไมโลส

เตรียมสารละลายน้ำแป้งโดยคุดน้ำแป้ง ปริมาตร 5 มิลลิลิตรใส่ในขวดแก้วปริมาตรที่เตรียมไว้ตาม เติมน้ำ กลั่นเพื่อปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตรแล้วตั้งทิ้งไว้ 10 นาที ตามวิธีของ Chepprasop *et al.* (2017) นำมาวัด ค่าการดูดกลืนแสง ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Varian Cary 50 Bio) ที่ความยาวคลื่นแสง 620 นาโน- เมตร ตั้งค่าการดูดกลืนแสงเท่ากับศูนย์ด้วย Blank (กรด เกลือละลายซิดิกปริมาตร 2 มิลลิลิตรและสารละลาย

ไอโอดีน 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตรด้วย น้ำกลั่น) นำค่าการดูดกลืนแสง ไปหาปริมาณร้อยละ อะไมโลส โดยเทียบกับกราฟสารมาตรฐานอะไมโลส (ยี่ห้อ SIGMA)

1.2 องค์ประกอบทางเคมี

นำตัวอย่างแป้งมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน และเถ้า ตาม วิธีการของ AOAC (2000)

2. การทดสอบคุณลักษณะทางกายภาพของข้าว

2.1 การวัดเนื้อสัมผัส

บรรจุข้าวหุงสุกลงในถ้วยอะลูมิเนียมจนเต็ม ทำการ วัดเนื้อสัมผัสด้วยวิธี Texture Profile Analysis ด้วย เครื่อง Texture Analyzer (รุ่น TA-XT plus) หัววัด SMS P/0.55 วิเคราะห์ตามวิธีการของ Sirisomboon *et al.* (2012)

2.2 การวิเคราะห์ความหนืด

ชั่งแป้ง 4 กรัม (น้ำหนักแห้ง) เติมน้ำอะลูมิเนียม เติมน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร นำมาวิเคราะห์ความหนืด ด้วย เครื่อง Rapid Visco Analyzer (รุ่น RVA-Tec MASTER) วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม STD 1 ตามวิธีการของ Srirod and Piyajomkhaw (2000)

3. การทดสอบความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อข้าวหุงสุก

ทดสอบทางประสาทสัมผัสข้าวหุงสุก ด้านลักษณะ ปรากฏ กลิ่น สี ความนุ่ม การเกาะตัว และความเลื่อมมัน โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน โดยใช้วิธี ประเมินความชอบ ด้วยการให้คะแนน แบบ 9 – Point Hedonic Scale

4. การตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอของข้าว

นำโมเลกุลเครื่องหมายชนิด SSRs จำนวน 5 เครื่องหมาย ดังนี้ RM3, RM190 (Rice marker) BADH, 3ln2AP (Aromatic marker) และ Glu23 (Glutinous marker) มาทดสอบเพื่อจำแนกข้าวสีชล และข้าวไทย สายพันธุ์มาตรฐาน 10 สายพันธุ์ข้างต้น ตามกลุ่ม เครื่องหมายหลัก (Sanmuangching, 2010)

5. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี และกายภาพ ใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ส่วนการทดสอบความชอบของผู้บริโภค ใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ SPSS ทำการทดสอบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ผลการวิจัย

ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของข้าวหุงสุก ได้แก่ ปริมาณน้ำที่ใช้ อุณหภูมิ รวมถึงเวลาที่ใช้หุง และที่สำคัญที่สุดคือ องค์ประกอบทางเคมีในเมล็ดข้าว ซึ่งใช้ในการจำแนกชนิด และประเภทของข้าว อะไมโลส คือ คาร์โบไฮเดรตที่เป็นองค์ประกอบหลักทางเคมีที่พบในเมล็ดข้าว และใช้จำแนกข้าวออกเป็น 3 กลุ่ม ตามปริมาณอะไมโลสที่มีอยู่ในข้าว ได้แก่ ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูง (ร้อยละ 25 - 33) เช่น ข้าวดอกมะลิ 105

ปทุมธานี 1 ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสปานกลาง (ร้อยละ 20 - 25) เช่น ข้าว กข 6 ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ (ร้อยละ 9 - 20) เช่น ชัยนาท 1 และข้าวที่ไม่มีอะไมโลส (ร้อยละ 0 - 9) เช่น ข้าวเหนียว (Cheprasop *et al.*, 2017) ในการหุงข้าวจำเป็นต้องทราบปริมาณอะไมโลส เพื่อกำหนดปริมาณน้ำให้สัมพันธ์กับชนิดข้าว ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำต้องใช้น้ำน้อยในการหุง ส่วนข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูงต้องใช้น้ำมากขึ้นให้พอดีกับปริมาณอะไมโลส เนื่องจากอะไมโลสจะทำหน้าที่ดูดน้ำทำให้เกิดการพองตัว (Vinaikul, 2007)

มักพบโปรตีนในส่วนนอกของเมล็ดข้าว ปริมาณโปรตีนส่งผลต่อคุณลักษณะข้าวหุงสุกโดยข้าวที่มีปริมาณโปรตีนสูง เมื่อหุงสุกจะมีลักษณะที่แข็งกว่าและเหนียว นุ่มน้อยกว่าข้าวโปรตีนต่ำ เนื่องจากโปรตีนที่ห่อหุ้มอยู่ภายนอกจะขัดขวางการซึมของน้ำเข้าไปภายในเมล็ดข้าว ดังนั้นในชนิดข้าวที่มีโปรตีนสูงหรือระดับการสีต่ำ (มีโปรตีนเหลืออยู่ที่เปลือกมาก) เมื่อหุงสุกจะเมล็ดข้าว

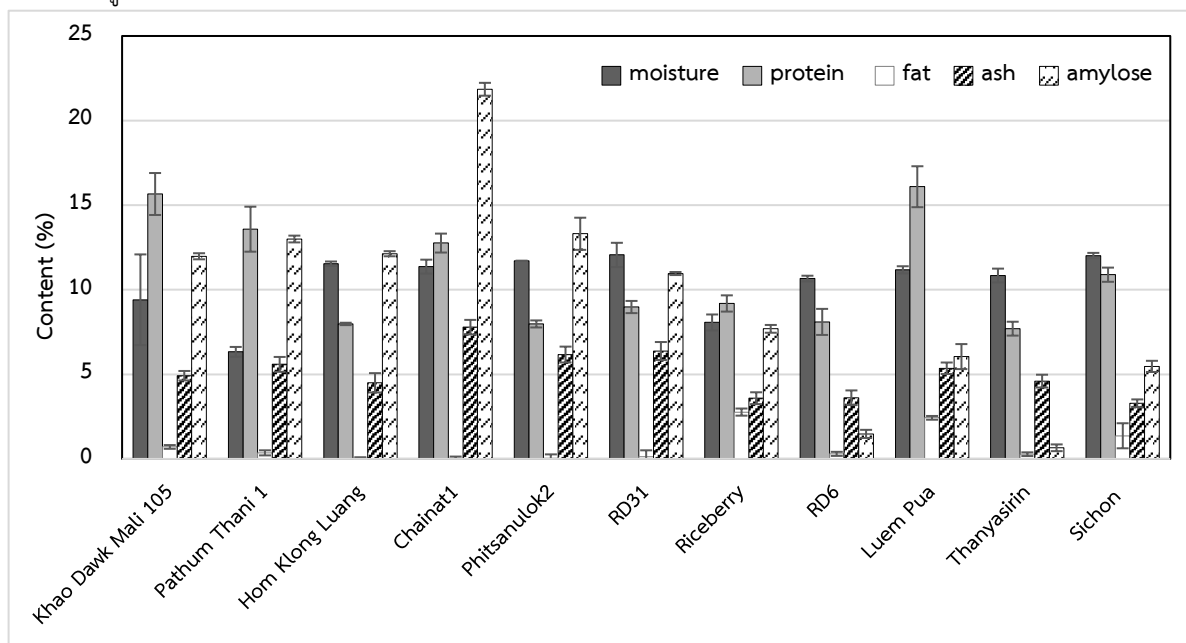


Fig.1 Chemical composition of Sichon and standard Thai rice 10 varieties

ค่อนข้างแข็งไม่เหนียวนุ่ม (Martin และ Fitzgerald, 2002; Mestres *et al.*, 2011)

1. คุณภาพทางเคมีของข้าวสีชล และข้าวไทยมาตรฐาน 10 สายพันธุ์

องค์ประกอบทางเคมีของข้าวสีชล และข้าวไทยมาตรฐาน 10 สายพันธุ์ ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และอะไมโลส (Fig. 1) เมื่อเปรียบเทียบกับองค์ประกอบทางเคมีของข้าวสีชล กับข้าวไทยมาตรฐาน 10 สายพันธุ์ พบว่าข้าวสีชลมีปริมาณอะไมโลส ร้อยละ 5.47 ไม่ต่างกับข้าวลิ้มผิวซึ่งมีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 6.05 อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ส่วนปริมาณโปรตีนที่พบในข้าวสีชลคือร้อยละ 10.89 ไม่ต่างกับข้าวไรซ์เบอร์รี่ซึ่งมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 9.19 อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) และปริมาณความชื้นของข้าวสีชลร้อยละ 12.02

2. คุณลักษณะทางกายภาพของข้าวสีชล และข้าวไทยมาตรฐาน 10 สายพันธุ์

การวัดเนื้อสัมผัสของข้าวสีชลเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับตัวอย่างข้าวไทยมาตรฐานทั้ง 10 สายพันธุ์ (Table 1) พบว่าข้าวสีชลมีค่า Hardness ไม่ต่างกับกับข้าวหอม

คลองหลวง และข้าวไรซ์เบอร์รี่ มีค่า Stickiness และ Adhesiveness ไม่ต่างกับกับข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ค่า Springiness ไม่ต่างกับกับข้าวหอมปทุมธานี 1 ค่า Cohesiveness ไม่ต่างกับกับข้าวไรซ์เบอร์รี่ค่า Gumminess ไม่ต่างกับกับข้าวลิ้มผิว และข้าวไรซ์เบอร์รี่ ค่า Chewiness ไม่ต่างกับกับข้าวหอมมะลิ 105 และค่า Resilience ไม่ต่างกับกับข้าวไรซ์เบอร์รี่ อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) จากข้อมูลข้างต้นพบว่าข้าวสีชล มีค่า hardness สูงซึ่งแสดงถึงความแข็งของข้าวหุงสุก อาจเนื่องจากข้าวสีชลมีปริมาณโปรตีน (ร้อยละ 10.89) อยู่ในระดับค่าเฉลี่ยของข้าวโดยทั่วไปร้อยละ 5-10

ความหนืดเป็นสมบัติเฉพาะตัวที่สำคัญอย่างหนึ่งของแป้งที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อน้ำแป้งได้รับความร้อน โดยความร้อนจะทำให้แป้งพองในเม็ดแป้ง ทำให้เม็ดแป้งดูดซึมน้ำและพองตัวใหญ่ขึ้น น้ำรอบๆ บริเวณเม็ดแป้งจะเหลือน้อยลง ทำให้เม็ดแป้งเคลื่อนไหวได้ยากเกิดความหนืดขึ้น และเมื่อเม็ดแป้งมีการพองตัวสูงสุดจะให้ค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) จากนั้นเม็ดแป้งจะเริ่มแตกออก

Table 1 Texture profile analysis of Sichon and standard Thai rice 10 varieties

Varieties of rice	Hardness (N)	Stickiness	Adhesiveness (J)	Springiness (m)	Cohesiveness	Gumminess (N)	Chewiness (J)	Resilience
Khao Dawk Mali 105	1.47±0.29 ^a	0.68±0.29 ^d	-34.76±14.19 ^d	0.48±0.06 ^a	0.47±0.05 ^{bc}	0.69±0.16 ^{abc}	0.34±0.11 ^{ab}	0.19±0.02 ^{cd}
Pathum Thani 1	2.01±0.39 ^{ab}	2.04±0.41 ^e	-150.72±40.15 ^d	0.61±0.20 ^b	0.61±0.12 ^e	0.89±0.15 ^{bc}	0.59±0.15 ^{bce}	0.15±0.03 ^c
Hom Klong Luang	2.21±0.39 ^{ab}	0.65±0.07 ^d	-	0.62±0.07 ^b	0.46±0.04 ^{bc}	1.02±0.17 ^c	0.64±0.16 ^{cd}	0.18±0.03 ^{cd}
Chainat1	3.29±1.81 ^c	0.42±0.13 ^{ab}	-11.26±7.08 ^d	0.63±0.20 ^{bc}	0.58±0.17 ^{de}	1.71±0.93 ^{de}	1.14±0.63 ^{fg}	0.26±0.14 ^e
Phitsanulok2	6.37±1.52 ^d	0.59±0.20 ^{cd}	-429.56±15.48 ^b	0.69±0.09 ^{bcd}	0.31±0.08 ^a	1.86±0.54 ^e	1.30±0.48 ^g	0.09±0.13 ^b
RD31	2.70±0.85 ^{bc}	0.47±0.60 ^{abc}	-34.08±19.65 ^d	0.64±0.10 ^{bcd}	0.53±0.07 ^{cd}	1.43±0.50 ^d	0.94±0.43 ^{ef}	0.23±0.03 ^{de}
Riceberry	2.21±0.32 ^{ab}	0.31±0.09 ^a	-113.02±50.37 ^d	0.63±0.11 ^{bc}	0.27±0.06 ^a	0.60±0.16 ^{ab}	0.39±0.13 ^{abc}	0.03±0.01 ^a
RD6	2.37±0.40 ^b	0.66±0.09 ^d	-673.59±263.34 ^a	0.73±0.09 ^{cd}	0.41±0.04 ^b	1.00±0.24 ^c	0.74±0.26 ^{de}	0.06±0.01 ^{ab}
Luem Pua	1.53±0.26 ^a	0.44±0.12 ^{abc}	-16.44±18.74 ^d	0.43±0.12 ^a	0.29±0.03 ^a	0.45±0.09 ^a	0.22±0.17 ^a	0.08±0.01 ^{ab}
Thanyasirin	2.31±0.51 ^b	0.63±0.05 ^d	-740.22±245.8 ^a	0.74±0.05 ^d	0.42±0.01 ^b	0.95±0.19 ^c	0.70±0.15 ^{de}	0.07±0.01 ^{ab}
Sichon	2.21±0.58 ^{ab}	0.54±0.05 ^{bc}	-320.49±57.78 ^{bc}	0.60±0.10 ^b	0.26±0.06 ^a	0.53±0.12 ^a	0.32±0.06 ^{ab}	0.03±0.00 ^a

Note: ^{a-f} Mean difference column are significantly ($p < 0.05$)

Table 2 Pasting behavior using RVA of Sichon and standard Thai rice 10 varieties

Varieties of rice	Peak Viscosity* (RVU)	Trough* (RVU)	Breakdown* (RVU)	Final* Viscosity (RVU)	Set back* (RVU)	Peak Time* (min)	Peak Viscosity* (RVU)
Khao Dawk Mali 105	1472.33±4.04 ^e	1094.33±24.44 ^f	378.00±20.66 ^f	3613.33±30.89 ^j	2019.00±55.32 ^j	7.00±0.00 ^d	1472.33±4.04 ^e
Pathum Thani 1	636.67±27.06 ^c	533.67±26.65 ^c	103.00±2.00 ^b	1395.33±57.27 ^d	861.67±30.89 ^e	7.00±0.00 ^d	636.67±27.06 ^c
Hom Klong Luang	1637.33±11.59 ^f	1637.33±11.59 ^g	2881.33±10.50 ^h	2881.33±10.50 ^h	1378.33±7.76 ^f	5.58±0.04 ^b	1637.33±11.59 ^f
Chainat1	157.67± 8.38 ^a	157.67±8.38 ^a	50.00±3.60 ^a	333.67±19.63 ^a	226.00±14.73 ^a	7.00±0.00 ^d	157.67± 8.38 ^a
Phitsanulok2	953.00± 42.75 ^d	953.00±42.75 ^e	237.33±18.58 ^d	2568.33±106.60 ^g	1852.67±91.69 ^h	7.00±0.00 ^d	953.00± 42.75 ^d
RD31	1883.67± 50.08 ^g	1883.67±50.08 ^h	480.67±23.43 ^g	2952.33±27.06 ^h	1549.33±33.54 ^g	7.00±0.00 ^d	1883.67± 50.08 ^g
Riceberry	391.67±5.68 ^b	391.67±5.68 ^b	46.33±2.08 ^a	995.67±9.29 ^c	650.33±7.23 ^d	6.98±0.04 ^d	391.67±5.68 ^b
RD6	1845.67±19.14 ^g	1845.67±19.14 ^h	281.67±10.50 ^e	1884.67±17.15 ^e	320.67±9.45 ^b	5.44±0.10 ^a	1845.67±19.14 ^g
Luem Pua	416.00±17.08 ^b	416.00±17.08 ^b	76.33±1.15 ^{ab}	771.33±23.54 ^d	308.33±35.92 ^b	6.22±0.08 ^c	416.00±17.08 ^b
Thanyasirin	1869.67±78.52 ^g	1869.67±78.52 ^h	164.33±46.71 ^c	2013.67±68.31 ^f	431.67±6.65 ^c	7.00±0.00 ^d	1869.67±78.52 ^g
Sichon	973.00±19.05 ^d	749.00±19.05 ^d	224.00±0.00 ^d	1439.00±19.97 ^d	690.00±1.73 ^d	7.00±0.00 ^d	973.00±19.05 ^d

Note: ^{a-h} Mean difference column are significantly (p < 0.05)

เมื่อเพิ่มอุณหภูมิต่อไปเรื่อยๆ เม็ดแป้งจะแตกตัวอย่างสมบูรณ์ เราสามารถวิเคราะห์พฤติกรรม ทางด้านความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) จากการทดสอบเปรียบเทียบพฤติกรรมทางด้านความหนืดของแป้งข้าวสาลี กับข้าวไทยมาตรฐานทั้ง 10 สายพันธุ์ (Table 2) พบว่าข้าวสาลีมีค่าความหนืดสูงสุด ค่าความหนืดต่ำสุด และค่าการแตกหักไม่ต่างกับข้าวพิษณุโลก2 ค่าความหนืดสุดท้าย ไม่ต่างกับข้าวหอมปทุมธานี1 อุณหภูมิที่เริ่มมีความหนืดเพิ่มขึ้นมีอุณหภูมิไม่ต่างกับข้าวหอมคลองหลวง และค่าการคืนตัวไม่ต่างกับข้าวไรซ์เบอร์รี่ อย่างมีนัยสำคัญ (p > 0.05) เมื่อปล่อยแป้งสุกทิ้งไว้ให้เย็นจะเกิดการคืนตัวซ้ำๆ และเพิ่มมากขึ้น เมื่อเวลานานขึ้นจะเกิดเป็นผลึกแข็ง เนื่องจากโมเลกุลของอะไมโลส (amylose) และ อะไมโลเพกทิน (amylopectin) ซึ่งเคยรวมตัวกับน้ำแล้วเกิดเป็นเจล จะเคลื่อนที่เข้ามาใกล้กันทำให้โมเลกุลกลูโคสในสายเชื่อมต่อกันเองใหม่ด้วยพันธะไฮโดรเจน และขั้วน้ำที่เคยจับอยู่ออกจากโมเลกุลทำให้เกิดเป็นผลึกใหม่ ซึ่งโมเลกุลของอะไมโลสที่เป็นเส้นตรงจะทำให้เกิดการคืนตัวได้มากกว่าโมเลกุลของอะไมโลเพกทิน ซึ่งโครงสร้างโมเลกุลมีลักษณะเป็นกิ่งก้านสาขา เกะกะ ขัดขวางการการ

เคลื่อนที่กลับมารวมกันใหม่ของโมเลกุลกลูโคส ทำให้แป้งข้าวที่มีอะไมโลสต่ำจะเกิดการคืนตัวได้ไม่มาก (Rujirapisit, 2006) พบว่าข้าวสาลี มีคุณลักษณะทางกายภาพคล้ายคลึงกับข้าวไรซ์เบอร์รี่ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณอะไมโลสที่พบในระดับต่ำของข้าวทั้งสองสายพันธุ์ 3. ความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อข้าวสาลี และข้าวไทยมาตรฐาน 10 สายพันธุ์สูงสุด

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าว โดยใช้การทดสอบความชอบด้วยการให้คะแนน 9 – Point Hedonic Scale พบว่าผู้บริโภคมีความชอบข้าวสาลี ด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น สี ความนุ่ม การเกาะตัว และความเลื่อมมัน เท่ากับ 6.30±1.12, 6.33±0.92, 6.13±1.90, 6.50±1.18, 6.47±1.13 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวชนิดอื่นๆ พบว่ามีลักษณะด้านความนุ่มและการเกาะตัว ใกล้เคียงกับข้าวลิ้มผั่ว สอดคล้องกับการรายงานปริมาณอะไมโลสของข้าวทั้งสองชนิดในข้างต้น ปริมาณอะไมโลสต่ำมีผลต่อการดูดซึมน้ำและขยายปริมาตรในระหว่างการหุง ปริมาณน้ำที่เหมาะสมทำให้ ข้าวที่ หุงสุก มี ลักษณะ เหนียว และ นุ่ม (Sirisoontaralak *et al.*, 2007)

4. การเปรียบเทียบลายพิมพ์ดีเอ็นเอของข้าวสีชล และ ข้าวไทยมาตรฐาน 10 สายพันธุ์

จากผลการตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอ (Fig.2) สามารถจำแนกความแตกต่างข้าวสีชลกับข้าวสายไทย พันธุ์มาตรฐาน โดย RM190 ซึ่งเป็นเครื่องหมายดีเอ็นเอที่มีความสัมพันธ์กับยีนที่ควบคุมคุณภาพการหุงต้มของข้าว (waxy gene) ทำให้สามารถจำแนกข้าวออกได้ 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มข้าวขาวดอกมะลิ 105 ชัยสิริน และข้าวสีชล (ขนาด 125 bp) ซึ่งเป็นข้าวที่มีคุณภาพการหุงต้มที่ดี คือ ข้าวสุกจะอ่อนนุ่ม อีกกลุ่มได้แก่ข้าวชัยนาท 1, ชัยนาท 2 และ ปิ่นเพชร 3 ซึ่งเป็นกลุ่มข้าวที่หุงสุกจะร่วนแข็ง ส่วน RM3 ซึ่งเป็นเครื่องหมายดีเอ็นเอที่มีความสัมพันธ์กับยีนที่ควบคุมคุณภาพการหุงต้มของข้าวเช่นกัน แต่กลับไม่สามารถจำแนกกลุ่มข้าวตัวอย่างโดยชัดเจนได้ BADH ใช้ตรวจสอบยืนยันความหอมของข้าวไทยสามารถ

แยกข้าวพันธุ์ชัยนาท1 กข31 พิษณุโลก2 ซึ่งเป็นข้าวที่ไม่มีกลิ่นหอม ออกจากข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ ปทุมธานี1 ซึ่งเป็นข้าวที่มีกลิ่นหอม และพบว่าข้าวสีชลมีขนาดเท่ากับกลุ่มข้าวที่มีกลิ่นหอม (150 bp) ส่วน 3ln2AP ใช้ตรวจสอบยืนยันความหอมของข้าวพม่าจากการตรวจสอบพบว่าข้าวทุกสายพันธุ์มีขนาดเท่ากัน เนื่องจากเป็นข้าวไทยจึงไม่สามารถจำแนกความแตกต่างด้วยเครื่องหมายโมเลกุลนี้ได้ (Sanmuangching, 2010) ในส่วน Glu23 ซึ่งเป็นเครื่องหมายดีเอ็นเอที่มีความสัมพันธ์กับยีนความเหนียวของข้าวหลังหุง สามารถแยกข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 ชัยสิริน และข้าวลิ้มผัว ออกจากข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และปทุมธานี1 ได้ เมื่อเปรียบเทียบลายพิมพ์ดีเอ็นเอของข้าวสีชลพบว่าขนาดโมเลกุลเท่ากับกลุ่มข้าวที่มีกลิ่นหอม (200 bp) และกลุ่มข้าวเหนียว (223 bp)

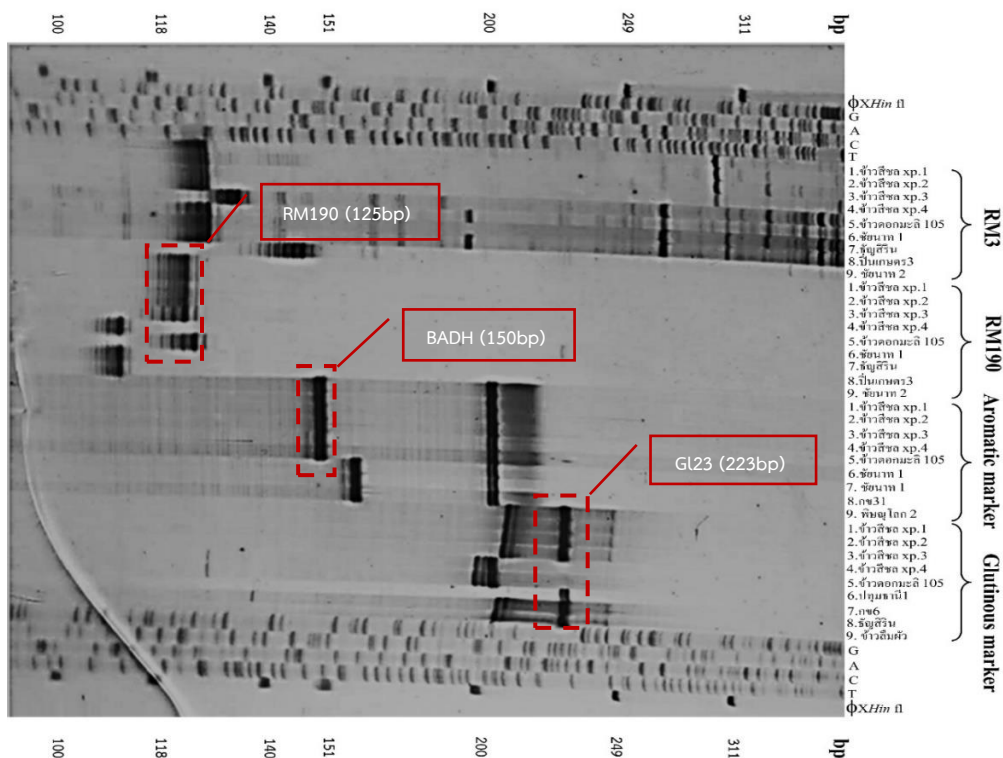


Fig.2 DNA finger print of Sichon and 10 varieties Thai standard rice.

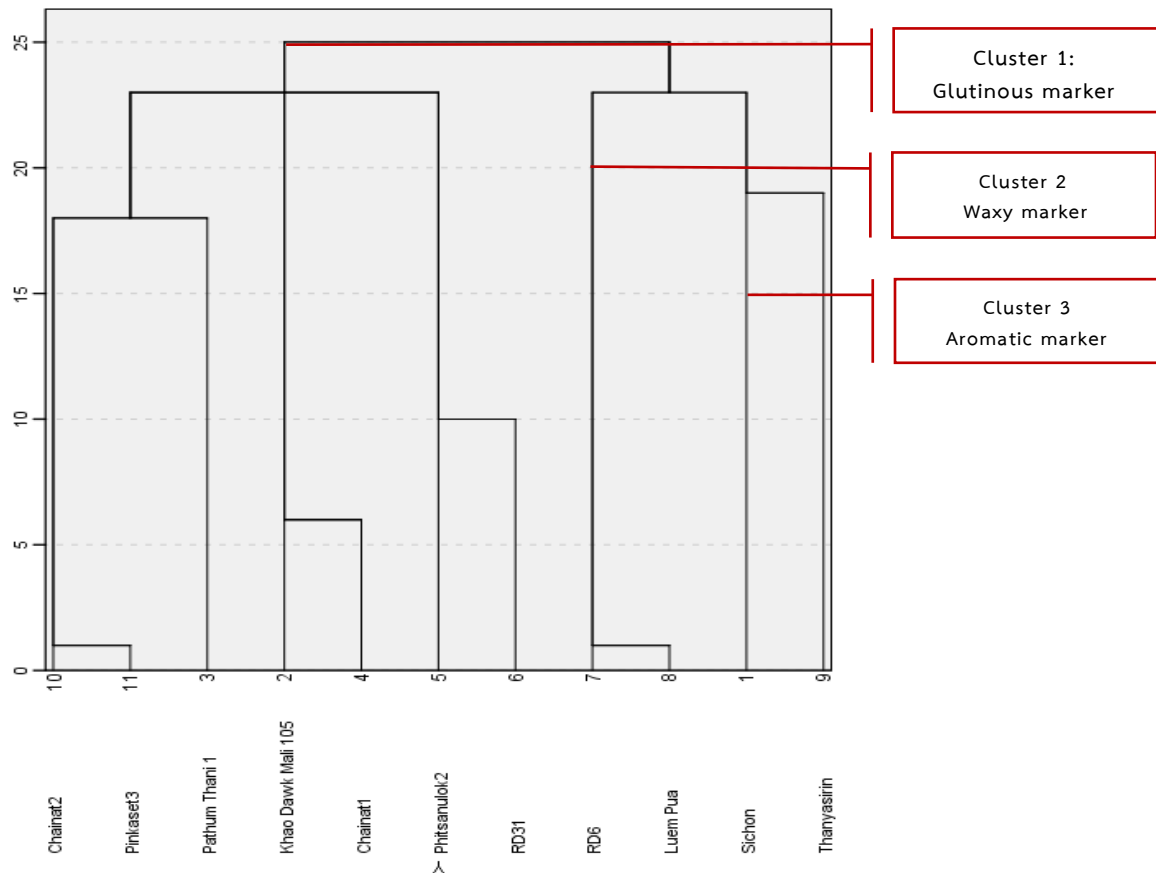


Fig.3 Dendrogram of Sichon and 10 varieties Thai standard rice .

และเมื่อนำข้อมูลมาจัดกลุ่มโดยใช้แผนภาพ Dendrogram (Fig. 3) ทำให้สามารถจำแนกข้าวได้ออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 จัดกลุ่มข้าวตาม Glutinous marker คือแบ่งกลุ่มระหว่างข้าวเหนียวและข้าวเจ้า กลุ่มที่ 2 จัดกลุ่มข้าวตาม Waxy marker (RM190) คือแบ่งตามลักษณะความนุ่มของเมล็ดข้าวหลังหุงสุก และกลุ่มที่ 3 จัดกลุ่มข้าวตาม Aromatic marker คือแบ่งข้าวออกเป็นข้าวที่มีกลิ่นหอมและไม่หอม และจาก Dendrogram จะพบว่าข้าวสีชลมีลายพิมพ์ดีเอ็นเอใกล้เคียงทางกับข้าวเหนียวธัญสินีมากที่สุด คือเป็นข้าวเหนียวที่มีลักษณะนุ่มเมื่อหุงสุก แตกต่างกับข้าวสีชลมีกลิ่นหอมแต่ข้าวธัญสินีไม่มี

วิจารณ์ผลการวิจัย

ข้าวสีชล เป็นข้าวที่เกษตรกรในพื้นที่ตำบลบางพระ อำเภอสรีราชา จังหวัดชลบุรี พัฒนาสายพันธุ์ขึ้นใหม่ การศึกษาคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ การประเมินทางประสาทสัมผัส รวมถึงการตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอ โดยเปรียบเทียบกับข้าวไทยมาตรฐาน 10 สายพันธุ์ ที่ครอบคลุมสายพันธุ์ข้าวที่มีการเพาะปลูกในประเทศไทย 3 กลุ่ม ได้แก่ พันธุ์ข้าวเจ้าหอม พันธุ์ข้าวเจ้าไม่หอม และพันธุ์ข้าวเหนียว พบว่าข้าวสีชลมีคุณลักษณะคล้ายคลึงข้าวเหนียว แต่มีความอ่อนนุ่มและกลิ่นหอมเมื่อหุงสุก

อย่างไรก็ตามการศึกษาปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องกับการ
หุง เช่น อุณหภูมิ เวลาในการหุงข้าว กระบวนการแปรรูป
แป้งจากข้าวสีสาล หรือการศึกษาคุณค่าทางด้าน
โภชนาการ สารอาหารสำคัญที่สามารถพบได้มากในข้าว
เช่น สารกาบา สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สารออกฤทธิ์
การต้านอนุมูลอิสระ ร่วมกับการตรวจสอบเครื่องหมาย
ดีเอ็นเอ อื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติเด่นดังกล่าว
เป็นงานที่จำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ทุนอุดหนุนการวิจัย
งบประมาณแผ่นดิน 2559 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
ราชมงคลตะวันออก ผู้สนับสนุนเงินทุนในการวิจัย และ
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผู้ให้ความอนุเคราะห์ใน
ด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ในการปฏิบัติการวิจัยครั้งนี้

References

- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International. 17thed. The Association of Official Analytical Chemists. William HorwitzVovumel, ll.
- Archak, S., Meduri, E., Kumar, P.S. and Nagaraju, J. 2007. InSatDb: a microsatellite database of fully sequenced insect genomes. Nucleic Acids Res. 35: 36–39.
- Bourgis, F., Guyot, R., Gherbi, H., Tailliez, E., Amabile, I., Salse, J., Lorieux, M., Delseny, M. and Ghesquière A. 2008. Characterization of the major fragrance gene from an aromatic japonica rice and analysis of its diversity in Asian cultivated rice. Theo. Appl. Gen. 117: 353-368.
- Bradbury L.M, Fitzgerald, T.L., Henry, R.J., Jin, Q. and Waters, D.L.E. 2005. The gene for fragrance in rice. Plant Biotech J. 3: 363–370.
- Chakravarthi, B.K. and Naravaneni, R. 2006. SSR marker based DNA fingerprint and diversity study in rice (*Oryza sativar. L*) African J. Biotech. 5(9): 684-688.
- Cheprasop, C., Salem H and Anomunee, R. 2017. Chemical composition and amylose content in local rice variety from Phatthalung rice research center. Sci. Tech. RMUTT J. 7(2): 84-97.
- Ishii, T. and McCouch S.R. 2000. Microsatellites and microsynteny in the chloroplast genomes of *Oryza* and eight other Gramineae species. Theor. Appl. Genet. 100: 1257 – 1266.
- Martin, M. and Fitzgerald, M.A. 2002. Proteins in rice Grains. Infl. Cook. Proj. J. Cereal. Sci. 36: 285-294.
- Mestres, Y.I. 2011. Factor analysis of physicochemical properties of 63 rice varieties. J. Engineer. 85: 268-276.
- Rice Department. 2007. Rice and nutrition for health. Rice Product Development Division. Bangkok. 75 pp. (in Thai)
- Rujirapisit, P. 2006. Chemical composition and physico-chemical properties of Chinese water chestnut (*Eleocharisdulcis Trin.*) flour and starch. Research Reports of University of the Thai Chamber of Commerce (in Thai)
- Sanmuangching, N. 2010. Genetic Classification of indigenous black glutinous rice using morphological traits and DNA fingerprint. Master's Thesis of Science in Agronomy. Khon Kaen University. (in Thai)
- Sirisomboon, P., Pimpen, P. and Akkapong C. 2012. Development of texture profile analysis of cook rice for industrial rice and product. Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. (in Thai)

- Sirisoontarak, P., Boonlerd, R., and Chaovanalikit, A. 2007. Process development of calcium fortified quick cooking rice. Agri. Sci. J. 38(6): 123 – 126. (in Thai)
- Srirod, K. and Piyajomkhawn, K. 2000. Technology of starch. Department of Biotechnology, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University, Bangkok. 292 pp. (in Thai)
- Vinaikul, O. 2007. Rice. Faculty of Science and Technology. (Editon 2) Kaseteart University. Bangkok. 135 pp. (in Thai)
- Yoshihashi, T., Huong, N.T.T. and Inatomi, H. 2002. Precursors of 2-acetyl-1-pyrroline, a potent flavour compound of an aromatic rice variety. J Agric Food Chem. 50: 2001–2004.

**Antioxidant Activity of Mixture Herbal Oil from *Siamese Crocodile* Oil
(*Crocodylus siamensis*) Turmeric(*Curcuma longa*), Black Galingale
(*Kaempferia parviflora*) and Plai (*Zingiber cassumunar* Roxb)**

Amon Praduptong¹, Passaraporn Srimangkornkaew¹, Sudawan Chaeychomsri³, Natthawut Thitipramote⁴, Win Chaeychomsri² and Jindawan Siruntawinetti^{2*}

¹Interdisciplinary Graduate Program in Bioscience, Faculty of Science, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

²Department of Zoology, Faculty of Science, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

³Central Laboratory and Greenhouse Complex, Kamphaeng saen, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140

⁴School of Cosmetic Science Mae Fah Luang University, Chiang Rai Province 57100

Abstract

The 3 formulas of crocodile oil mixture with Thai medicinal plants *Zingiber cassumunar* Roxb (Phlai), *Curcuma longa* (Turmeric) and *Kaempferia parviflora* (Black galingale) were developed as an alternative to skincare products. The study characterized by gas chromatography, Crocodile oil contained high concentration of palmitic acid, stearic acid, oleic acid and linoleic acid, the mixture oil (3 formulas) contain same high sabinene, sabinene hydrate, and (E)-1-(3,4-dimethoxyphenyl) butadiene (DMPBD). The study shed light on 4 methods consists of phenolic content test, flavonoid content test, antioxidant efficiency test, and inhibition lipid peroxidation test of the mixture oil (3 formulas). The result indicated that crocodile oil mixed with Phlai has highest phenolic content 35.250 ± 0.902 mg GAE/ml, the crocodile oil mixed with turmeric has phenolic content 35.188 ± 1.659 mg GAE/ml, and the crocodile oil mixed with black galingale has phenolic content 16.406 ± 0.797 mg GAE/ml. The result of flavonoid contents test indicated that crocodile oil mixed with Turmeric has highest flavonoid contents 5.676 ± 0.644 mg QE/ml, crocodile oil mixed with Black galingale has flavonoid contents 3.281 ± 0.505 mg QE/ml and crocodile oil mixed with Phlai has flavonoid contents 3.275 ± 1.132 mg QE/ml. The result of antioxidant efficiency by DPPH assay indicated that crocodile oil mixed with Phlai was highest 119.735 ± 1.058 mg TEAC/ml, crocodile oil mixed with turmeric has 64.797 ± 1.481 mg TEAC/ml, and crocodile oil mixed with Black galingale has 62.199 ± 0.581 mg TEAC/ml. The result of inhibition lipid peroxidation indicated that crocodile oil mixed with Turmeric has highest 40%, crocodile oil mixed with Phlai has 22%, and crocodile oil mixed with Black galingale 8%. The study showed that the mixed crocodile oils and 3 herbal plants have useful fatty acids for skincare and high anti-oxidant which can be developed to be massage oil and various relevant products in the future.

Keywords: Crocodile oil, Phlai, Turmeric, Black Galingale and Phenolic

*

Corresponding author: E-mail: fscijws@ku.ac.th, amon.pra@ku.th

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันสมุนไพรสูตรน้ำมันจระเข้พันธุ์ไทย (*Crocodylus siamensis*)
ขมิ้นชัน (*Curcuma longa*) กระชายดำ (*Kaempferia parviflora*) และ
ไพล (*Zingiber cassumunar* Roxb)

อมร ประดับทอง¹, ภัตตราภรณ์ ศรีมังกรแก้ว¹, สุตาวรรณ เขยชมศรี³, ณัฐฐาวุฒิ จิตติปราโมทย์⁴,
วิน เขยชมศรี² และ จินดาวรรณ ลีรันทวินติ^{2*}

¹หลักสูตรสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

²ภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

³สถาบันวิจัยและพัฒนา กำแพงแสน ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม

⁴สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง เชียงราย

บทคัดย่อ

สูตรน้ำมันจระเข้และสมุนไพรไทยสามชนิดคือไพล ขมิ้นชัน และกระชายดำ เป็นสามสูตรใหม่ que พัฒนาขึ้นเพื่อเป็นทางเลือกของผลิตภัณฑ์ดูแลผิวพรรณ การศึกษาใช้แก๊สโครมาโตกราฟีในการตรวจหาสารสำคัญในน้ำมันจระเข้ และในน้ำมันจระเข้ผสมสมุนไพร พบว่าในน้ำมันจระเข้มีกรดไขมันกรดปาล์มิติก (palmitic acid) กรดสเตียริก (stearic acid) กรดโอเลอิก (oleic acid) และกรดลิโนลิก (linoleic acid) ในปริมาณสูงและพบสารซาบินีน (Sabinene) สารซาบินีน ไฮเดรต (sabinene hydrate) และสารไดเมทออกซิฟีนิล บูทาดีน (DMPBD) ในปริมาณสูงของทั้งสามสูตร นอกจากนี้ทำการตรวจหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ การต้านอนุมูลอิสระของสารที่ได้ด้วยวิธี DPPH และการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันนี้ ผลการศึกษาพบว่าน้ำมันจระเข้ผสมไพลมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงสุด 35.250 ± 0.902 mg GAE/ml รองลงมาเป็นน้ำมันจระเข้ผสมขมิ้นชัน 35.188 ± 1.659 mg GAE/ml และน้ำมันจระเข้กับกระชายดำ 16.406 ± 0.797 mg GAE/ml ส่วนปริมาณสารประกอบฟีนอลิกพบในน้ำมันจระเข้ผสมไพลสูงสุด 35.250 ± 0.902 mg GAE/ml รองลงมาเป็นน้ำมันจระเข้ผสมขมิ้นชัน 35.188 ± 1.659 mg GAE/ml และน้ำมันจระเข้ผสมกระชายดำ 16.406 ± 0.797 mg สำหรับประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระที่วัดด้วยวิธี DPPH พบว่าน้ำมันจระเข้ผสมไพลให้ผลการต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด 119.735 ± 1.058 mg TEAC/ml รองลงมาเป็นน้ำมันจระเข้ผสมขมิ้นชัน 64.797 ± 1.481 mg TEAC/ml และน้ำมันจระเข้ผสมกระชายดำ 62.199 ± 0.581 mg TEAC/ml ส่วนการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันพบว่าในน้ำมันจระเข้ผสมขมิ้นชันร้อยละ 40 น้ำมันจระเข้ผสมไพลมีร้อยละ 22 และน้ำมันจระเข้ผสมกระชายดำร้อยละ 8 ซึ่งผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าสูตรน้ำมันสมุนไพรนี้มีกรดไขมันที่ต่อผิวและยังมีสารต้านอนุมูลอิสระสูงด้วย อาจพัฒนาเป็นน้ำมันนวดผลิตภัณฑ์ดูแลผิวพรรณและผลิตภัณฑ์อย่างอื่นได้ในอนาคต

คำสำคัญ: น้ำมันจระเข้ ไพล ขมิ้นชัน กระชายดำ และ สารประกอบฟีนอลิก

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: fscijws@ku.ac.th, amon.pra@ku.th

Introduction

There are more than 925 crocodile farms in Thailand because of the market of crocodile skin has a high demand. More than 6,000 crocodiles are sent to slaughterhouses for month, and for each crocodile, the leftover fat is 5-10 kg (>30,000 kg / month). It is desirable to utilize the waste into oil for the development of value-added product. Siamese crocodile oil (*Crocodylus siamensis*) contain both saturated and Unsaturated fatty acids including Palmitic acid, *cis*-9-Oleic acid, Palmitoleic acid, *cis*-9-12-Linoleic acid, and others, which can be used as moisturizer for human skins (Praduptong *et al.*, 2018). In addition, crocodile oil contains high omega 6 especially linoleic acid and omega 9 fatty acid as well as oleic acid. Omega 6 fatty acids (essential fatty acids) retain moisture in skin and reduce skin dryness. Queen Cleopatra of Egypt used crocodile oil as a beauty product for her skin (Janos, 2004). Oil is an intermediate property and a good carrier of substance into the skin. The carrier oils are derived from nature, containing several good fatty acids. Moreover, carrier oils are used as the carrier to deliver substance when they are applied to the

skin in massage and aromatherapy. (Rao *et al.*, 2013).

Anti-oxidants are potential therapeutic agents to prevent free radical in human body. Usually the sources of anti-oxidants are extracted from herbal plants such as *Curcuma longa*, *Zingiber cassumunar* Roxb and *Kaempferia parviflora*. *Curcuma longa* has biological active compound of exhibit anti-inflammatory, anti-bacteria, antioxidant effects (Araujo and Leon, 2001). *Kaempferia parviflora* has flavonoids content that can exhibited antifungal (Yenjai *et al.*, 2009). And active compound in *Zingiber cassumunar* Roxb against cytokine-induced in cartilage degradation in Rheumatoid arthritis (Chaiwongsa *et al.*, 2013).

Crocodile oil has high fatty acid and all of 3 Thai medicinal plants has high anti-oxidants substance and it could be combined to make more benefit of the new formulation oil to support skincare products.

This study aims to increase economic value of discarded *Siamese crocodile* fat in Thailand and combine with Thai herbal plant to have opportunity to substitute other massage oil in the market and other skincare products.

Materials and Method

Sampling and extraction

Siamese crocodile oil (*Crocodylus siamensis*) was collected from Sri Ayutthaya Rianthong Company Limited which has a Thai crocodile farm located at Nong Khanak, Tha Ruea District, Phra Nakhon Si Ayutthaya Province, Thailand. These fats can be considered as waste from the slaughterhouses. Collected fat are cleaned, packaged and freezed at -20°C (Praduptong *et al.*, 2018). They are cut into small pieces (5-10 cm) and oil are extracted in steam pressure machine at 100°C for 45 minutes. Crude oil was obtained using compression machine. The mixture was released to liquid and centrifuged at 6,000 g, 4°C for 10 minutes. Oils were collected in brown bottle glass and stored at 4°C (Praduptong *et al.*, 2018). Dried *Curcuma longa*, *Zingiber cassumunar* Roxb, and *Kaempferia parviflora*, Clove flowers, and Camphor were bought from Samunprai thaprachan co.,ltd, pak klong paseechalem subdistrict, Paseechalem subdistrict, Bangkok.

Massage oil preparations

The method was applied extraction process from herbal oil ancient formula *Curcuma longa* 500 g

(*Zingiber cassumunar* Roxb, and *Kaempferia parviflora* were used same weight)

Clove flowers	100	g
Camphor	100	g
Crocodile oil	1,000	ml

Gas chromatography analysis

The composition of all essential oils were analyzed using Gas chromatography (Shimizu -2010, Japan) with flame ionization detector (FID). DB-5MS capillary column (J&W Scientific, Folsom, CA) was used to separate two microliter samples. Sample were dissolved in absolute ethanol (1: 100 v / v) and injected into the automatic column. Initially, the column temperature was set to 50°C, then the temperature was programmed to increase from 50 to 220°C at a rate of 4°C/min. The inlet temperature was maintained at 230°C. And injection the sample 0.5 µl at inject port. The carrier gas used helium, flow rate at 1.2 mL/min. The fatty acids composition of crocodile oil compared retention time to Supelco TM 37 component FAME, the chemical composition of mixed oil samples (3 formulas) were compared retention time to terpinene. The composition was reported as a percentage from the area calculation under curve (Manochai *et al.*, 2007).

DPPH radical scavenging activity

Chemical and machine preparation used

- DPPH (2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl, (Sigma, Japan))
- BHT (3,5-di-tert-butyl-4-hydroxytol synonym Butylated hydroxyl toluene (Supelco, USA))
- absolute ethanol
- Spectrophotometer (Shimizu, UV-1601PC)

Control preparation used

- Prepared DPPH at concentration 6×10^{-5} M in absolute ethanol.
- Prepared BHT at concentration 100, 75, 50, 25, 12.5, 6.5, 3.125, and 1.562 $\mu\text{g/mL}$ in absolute ethanol.

Control used DPPH solution and BHT solution at 1:1 v/v, shake vigorously and leaved to stand for 30 minutes at room temperature.

Sample preparation used

- Sample prepared at concentration 100, 75, 50, 25, 12.5, 6.5, 3.125, and 1.562 $\mu\text{g/mL}$ in absolute ethanol.

After that, used the UV-Vis spectrophotometer to measure the adsorption value of control and each sample at 517 nm. Every sample measured 3 times and calculating the percentage of inhibition (%) of free radical DPPH as follows:

$$\% \text{ radical scavenging activity} = [(A_0 - A_1/A_0) \times 100]$$

Where A_0 represents the absorbance sample, while A_1 represents the absorbance of the controlled (Bua-in and Paisooksantivatana, 2009). Then convert % of DPPH radical inhibition to Trolox equivalent, expresses the relation between the concentrations of standard Trolox solutions and % of DPPH inhibition expressed as mg TEAC/mL.

Phenolic contents analysis

The study applied the Folin Ciocalteu method for phenolic content analysis (Velioğlu *et al.*, 1998). Prepared sample 0.1 ml and added ethanol until the volume up to 10 ml. Then, pipette this solution 0.5 ml, added ethanol until the volume up to 10 ml. After that added Folin–Ciocalteu 0.5 ml and mixed, incubate for 5 minutes and added 2 mL sodium carbonate concentration (Na_2CO_3) 10% w/v and incubate for more 10 minutes. The absorbance of the mixture oil (3 formulations) was measured by the UV-Vis spectrophotometer at 725 nm. The result compared with standard gallic acid expressed as mg GAE/mL.

Flavonoid contents analysis

The study followed aluminum chloride colorimetric method (Chang and Kim, 2018). Total flavonoid contents used quercetin 5.0 mg

in 10 mL methanol, then prepare standard solution by serial dilution used methanol (5-200 µg/mL). Quercetin standard solution and oil sample separated mixed with 2% aluminum chloride 0.6 mL, mixed it and room temperature incubation for 60 minutes. Blank, standard, and sample measured at 420 nm wavelength with spectrophotometer (Shimizu, UV-1601PC) expressed as mg quercetin equivalent (QE)/ml.

Inhibition Lipid Peroxidation

The study applied the thio-barbituric acid-reactive species (TBARS) assay (Chang and Kim, 2018). The mixed oil (3 formulations) mixed with 10% Gum arabic and homogenized 16 minutes (AM-8 Nissei, Japan), incubated at 30°C or 70°C, then water bath (JISIO Tech, Korea) and collected 10 µL at 0,7,10 day, diluted the sample to 5, 0.25, 0 mg/mL by (1,1,3,3-tetramethoxypropane) in tube on ice then added 40 µL of 20 nM phosphate buffer (pH 7.0) after that added

- 50 µL of 3% sodium dodecyl sulfate
- 200 µL of 0.1 N HCL
- 30 µL of 10% phosphotungstic acid
- 100 µL of 0.7% of 2-thiobarbituric acid

were added in each tube, the tube boiled at 100°C for 30 minutes in water bath and mixed 400 µL n-butanol and centrifuge at 3,000 rpm

for 10 minutes. The supernatants were collected and loaded to 96-well plate. fluorescence intensity measurement used a microplate reader (VICTOR, PerkinElmer, Korea) was read at the excitation wavelengths of 515 nm and sample oil wavelengths of 555 nm.

Results

DPPH radical scavenging activity

The result of the antioxidant effect crocodile oil mixed with Phlai, Turmeric, and Black galingale were showed crocodile oil mixed with Phlai 119.735±1.058, crocodile oil mixed with Turmeric 64.797±1.481 and crocodile oil mixed with Black galingale 62.199±0.581 mg TEAC / ml, recently. The electron donation ability of this essential oil extract was determined using DPPH purple-colored solution bleaching assay. Aqueous the oil extract significantly increases the degree of color change in a dose-dependent manner, indicating significant free radical scavenging activity as shown in table 1.

Table 1 DPPH radical scavenging activity of sample oil

Sample	DPPH (mg TEAC/ml)
Crocodile oil mixed with Phlai	119.735±1.058
Crocodile oil mixed with Turmeric	64.797±1.481
Crocodile oil mixed with Black galingale.	62.199±0.581

Note: TEAC= Trolox equivalent anti-oxidation capacity.

The total phenolic contents

The total phenolic contents of crocodile oil mixed with Phlai, crocodile oil mixed with Turmeric and crocodile oil mixed with Black galingale extract were 35.250±0.902 mg GAE/L, 35.188±1.659 mg GAE/L and 16.406±0.797 mg GAE/L, recently (Table 2).

Table 2 Phenolic contents of sample oil

Sample	Phenolic (mg GAE/ml)
Crocodile oil mixed with Phlai	35.250±0.902
Crocodile oil mixed with Turmeric	35.188±1.659
Crocodile oil mixed with Black galingale.	16.406±0.797

Note: GAE= Gallic acid equivalent.

The total flavonoid contents

The total flavonoid contents of crocodile oil mixed with Turmeric 5.676±0.644 mg QE/mL, crocodile oil mixed with Black galingale 3.281±0.505 mg QE/mL and crocodile oil mixed with Phlai 3.275±1.132mg QE/mL (Table 3).

Table 3 Flavonoid contents of sample oil

Sample	Flavonoid (mg QE/ml)
Crocodile oil with Phlai	3.275±1.132
Crocodile oil with Turmeric	5.676±0.644
Crocodile oil with Black galingale.	3.281±0.505

Note: QE= Quercetin equivalent.

The Inhibition Lipid Peroxidation

The Inhibition Lipid Peroxidation of crocodile oil mixed with Phlai 22%, crocodile oil mixed with Turmeric 40% and crocodile oil mixed with Black galingale 8% (Table 4).

Table 4 Inhibition Lipid Peroxidation of the mixed oil (3 formulations)

Sample	Lipid Peroxidation (% Inhibition)
Crocodile oil mixed with Phlai	22
Crocodile oil mixed with Turmeric	40
Crocodile oil mixed with Black galingale	8

Chemical composition of the mixed oil (3 formulations)

The oil of crocodile oil mixed with Phlai, Turmeric, and Black galingale were analyzed by gas Chromatography. The result showed that the major compositions were containing high level of sabinene, sabinene hydrate, (E)-1-(3,4-dimethoxyphenyl) butadiene as shown in Table 5.

Chemical composition of crocodile oil

Crocodile oil has the main saturated fatty acid composition was Palmitic acid 26.19%, Stearic acid 9.96 %, Myristic acid 9.89%. The main unsaturated fatty acid was Palmitoleic acid 5.13%, *cis*-9-Oleic acid 40.91%, *cis*-9-12-linoleic acid, gamma-Linolenic, alpha- Linolenic, Arachidonic acid, *cis*-5,8,11,14,17-Eicosapentaenoic acid (EPA), and 4,7,10,13,16,19-Decosahexaenoic acid (DHA), in crocodile oil had 20.04, 0.23, 1.13, 0.6, 0.07, 0.18% respectively as shown in Table 6.

Table 5 Percentage of chemical compositions crocodile oil mixed with *Curcuma longa*, *Kaempferia parviflora*, and *Zingiber cassumunar* Roxb

Peak	Chemical compositions	Retention time Std. (min.)	Percentage chemical composition		
			Crocodile oil mixed with		
			<i>C. longa</i>	<i>K. parviflora</i>	<i>Z. cassumunar</i> Roxb
1	α -thujene	7.70	0.70	0.88	0.53
2	α -pinene	7.98	1.10	1.18	1.13
3	sabinene	9.27	38.50	42.15	33.90
4	β -mycrene	9.45	2.25	2.45	2.20
5	α -terpinene	9.75	1.53	1.70	1.47
6	p-cymene	10.78	2.49	2.88	2.59
7	β -phellandrene	11.06	1.10	1.15	1.36
8	γ -terpinene	11.31	1.48	1.10	1.64
9	Sabinene hydrate	12.28	5.22	5.81	5.55
10	terpinolene	13.30	1.10	1.24	1.22
11	terpinen	16.94	19.98	17.76	24.36
12	Terpinyl acetate	29.05	2.50	1.72	1.74
13	β -sesquiphellandrene	31.09	1.28	1.30	1.26
14	DMPBD	32.29	18.30	21.72	20.40
15	unknown	37.55	1.12	1.19	2.18

Table 6 Percentage fatty acid compositions of crocodile oil

Peak	Fatty acid composition	Retention time Std. (min.)	Crocodile oil (%)
1	Lauric acid	13.633	0.29
2	Myristic acid	15.637	0.74
3	Pentadecanoic acid	16.912	0.10
4	Palmitic acid	18.367	23.71
5	Heptadecanoic acid	20.004	0.14
6	Stearic acid	21.842	5.11
7	Arechidic acid	26.219	0.07
8	Myristoeic acid	16.746	0.14
9	Palmitoeic acid	19.518	5.13
10	<i>cis</i> -9-Oleic acid	23.075	40.91
11	<i>cis</i> -11-Eicosenoic acid	27.654	0.18
12	Nervonic acid	39.826	0.16
13	<i>cis</i> -9-12-linoleic acid	25.063	20.74
14	gamma-Linolenic	26.736	0.24
15	alpha- Linolenic	27.703	1.13
16	<i>cis</i> -11,14-Eicosadienoic acid	30.107	0.16
17	<i>cis</i> -8,11,14-Eicosatrienoic acid	32.059	0.21
18	Arachidonic acid	33.648	0.60
19	<i>cis</i> -5,8,11,14,17-Eicosapentaenoic acid (EPA)	37.381	0.07
20	4,7,10,13,16,19-Decosahexaenoic acid (DHA)	44.307	0.18

Discussion

The crocodile oil, after extraction process, has to be added anti-rancidity substance. Because the fatty acid composition of crocodile oil has high unsaturated fatty acid can be cleaved by free-fatty acid reactions involving molecular oxygen. This reaction causes the release of rancidity. This study used tocopherols (vitamin E) added into the oil for anti-rancidity that it consistent to Hras, A.R. *et al.*,2000 on the topic of comparison of ant oxidative and synergistic effects of rosemary extract with α -tocopherol, ascorbyl palmitate and citric acid in sunflower oil.

The mixture of crocodile oil and 3 Thai herbal plants showed that it has a potential to be used as new healthy oil products. The mixture can be named as natural herb. It has high phenolic contents and high antioxidant activities especially for crocodile oil mixed with Phlai and crocodile oil mixed with Turmeric. However, the mixture has yellow color when applied to skin. On the other hand, crocodile oil mixed with Black galingale oil did not displayed purple color when applied to skin. Crocodile oil contained high concentration of palmitic acids, stearic acids, oleic acids and linoleic acids. These fatty acids are classified as Omega 6 and 9 fatty acids. Omega 6 fatty acids (especially

linoleic acids) increase the tenacity of skin moisture and reduce skin dryness which agrees with the paper in Biological and Pharmaceutical Bulletin, Linoleic acid enhanced skin whitening effect (Shigeta *et al.*,2004).

The mixture oil (3 formulas) showed same high Sabinene and sabinene hydrate and DMPBD that it good substances to skin healthy which agrees with the paper in Journal of Essential Oil Research, it supported the treatment of skin diseases (Endris *et al.*, 2016). In addition, the mixture oil (3 formulas) have high phenolic compounds and flavonoids compounds. phenolic compounds are among the most studied natural antioxidant and pharmaceuticals, flavonoids are a diverse group of polyphenols with antioxidant properties which agrees with the paper of applied to use phenolic and flavonoid to traditional Indian skin care formulation, published in Journal of ethno pharmacology (Biswas *et al.*,2016) .

Data form this study suggest that crocodile oil and Thai medicinal plants can be combined to develop the new formulation of skincare products such as a massage oil, cream, gel and other skin care products.

Acknowledgement

The financial supported from graduate scholarship provided by the National Research Council of Thailand (NRCT) as of fiscal year 2018. I would like to express my deepest thanks to Sri-Ayuthaya Gold Medal crocodile

farm, CSG Products (Thailand) Co., Ltd., Interdisciplinary Graduate Program in Bioscience, Faculty of Sciences, Kasetsart University, Department of Zoology, Faculty of Science, Central Laboratory and Greenhouse Complex, Kasetsart University and School of Cosmetic Science Mae Fah Luang University.

References

- Araujo, C.A.C. and Leon, L.L., 2001. Biological activities of *Curcuma longa* L. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 96(5): 723-728.
- Biswas, R., Mukherjee, P.K., Kar, A., Bahadur, S., Harwansh, R.K., Biswas, S., Al-Dhabi, N.A. and Duraipandiyan, V., 2016. Evaluation of Ubtan–A traditional indian skin care formulation. *J. Ethnopharmacol*, 192: 283-291.
- Bua-in, S. and Paisooksantivatana, Y., 2009. Essential oil and antioxidant activity of Cassumunar ginger (Zingiberaceae: *Zingiber montanum* (Koenig) Link ex Dietr.) collected from various parts of Thailand. *Kasetsart J (Nat Sci)*, 43, pp.467-75.
- Chang E and Kim C. Y. 2018. Lipid Peroxidation and Antioxidant Activities of the Aqueous Rhizome Extract of *Rheum officinale* Baillon. *J. Food. Qual. Volume 2018:7*
- Chaiwongsa, R., Ongchai, S., Boonsing, P., Kongtawelert, P., Panthong, A. and Reutrakul, V., 2013. Active compound of *Zingiber cassumunar* Roxb. down-regulates the expression of genes involved in joint erosion in a human synovial fibroblast cell line. *AJTCAM*, 10(1): 40-48.
- Endris, A., Asfaw, N. and Bisrat, D., 2016. Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil of *Lippia javanica* leaves from Ethiopia. *J. Essent. Oil. Res.*, 28(3): 221-226.
- Manochai, B., Y. Paisooksantivatana, M. J. Kim and J. H. Hong. 2007. Antioxidant activity and total volatile oil content of cassumunar ginger (*Zingiber montanum* Roxb.) at various rhizome ages. *Food Sci. Biotechnol.* 16(2): 290-293.

- Praduptong A, Srimangkornkaew P, Chaeychomsri S, Siruntawineti J, Chaeychomsri W. 2018. Acute Oral Toxicity Testing of Siamese Crocodile (*Crocodylus siamensis*) Oil in Wistar Rats, Biosci Discov. 9(3):409-415.
- Praduptong A, Srimangkornkaew P, Intana W, Thitipramote N, Chaeychomsri S, Siruntawineti J, Chaeychomsri W. 2018. Primary Skin Irritation Test of Siamese Crocodile (*Crocodylus siamensis*) Oil in New Zealand White Rabbit, Biosci Discov. 9(4):478-484.
- Rao, J., Decker, E.A., Xiao, H. and McClements, D.J., 2013. Nutraceutical nanoemulsions: influence of carrier oil composition (digestible versus indigestible oil) on β -carotene bioavailability. J. Sci. Food. Agr., 93(13): 3175-3183.
- Shigeta, Y., Imanaka, H., Ando, H., Ryu, A., Oku, N., Baba, N. and Makino, T., 2004. Skin whitening effect of linoleic acid is enhanced by liposomal formulations. Biological and Pharmaceutical Bulletin, 27(4): 591-594.
- Yenjai, C., Wanich, S., Pitchuanchom, S. and Sripanidkulchai, B., 2009. Structural modification of 5, 7-dimethoxyflavone from *Kaempferia parviflora* and biological activities. Archives of pharmacol research, 32(9): 1179-1184.



วารสารเกษตรพระวรุณ

PRAWARUN AGRICULTURAL JOURNAL

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน

1. คุณสมบัติการเป็นผู้เขียน (Authorship)

บุคคลที่จะมีชื่อในฐานะเป็นผู้เขียนในผลงานทางวิชาการที่ต้องการตีพิมพ์ ควรจะมีคุณสมบัติครบทั้ง 3 ข้อ ดังนี้

1.1 มีส่วนร่วมอย่างเด่นชัดในผลงานนั้น ได้แก่ การกำหนดกรอบแนวคิดและออกแบบการค้นคว้า หรือเก็บรวบรวมข้อมูลที่เป็น การวิเคราะห์และการแปรผลข้อมูลการศึกษาหรือวิจัย

1.2 มีส่วนร่วมในการร่างและแก้ไขต้นฉบับในเนื้อหาสำคัญที่ต้องใช้ความรู้

1.3 มีโอกาสที่จะรับทราบและมีส่วนร่วมในกระบวนการแก้ไขต้นฉบับในขั้นตอนต่างๆ และให้การรับรองต้นฉบับก่อนการตีพิมพ์

2. ประเภทผลงานตีพิมพ์

2.1 งานวิจัย (Original research) เป็นผลงานจากการค้นคว้าทดลองหรือวิจัยทางวิชาการที่ผู้เขียนหรือกลุ่มผู้เขียนได้ค้นคว้าวิจัยด้วยตนเอง

2.2 บทความปริทัศน์ (Review article) เป็นบทความทบทวนวิชาการ หรือบทความเทคนิค (Technical article) ที่เขียนอย่างกระชับในเนื้อหาและแสดงถึงความก้าวหน้าอย่างสำคัญ ซึ่งเกิดขึ้นในรอบ 5 ปีที่ผ่านมา โดยเรียบเรียงจากการตรวจสอบเอกสารวิชาการในสาขานั้นๆ

3. การเตรียมต้นฉบับผลงานวิจัย

ต้นฉบับจะเป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษก็ได้ พิมพ์บนกระดาษ A4 ขนาด 21 × 29.7 ซม. (8.27 × 11.69 นิ้ว) เว้นขอบกระดาษด้านบน 5.3 ซม. ด้านล่าง 4.3 ซม. ด้านซ้าย-ขวา 2.6 ซม. จัดสองคอลัมน์ โดยความยาวของเรื่องพร้อมตารางและภาพประกอบรวมแล้วไม่เกิน 10 หน้า และใส่หมายเลขหน้ากำกับไว้

องค์ประกอบต่างๆ ของบทความวิจัยหรือบทความปริทัศน์ให้จัดทำตามคำแนะนำการเตรียมต้นฉบับนี้ การใช้ภาษาไทย ให้ยึดหลักการใช้คำศัพท์และชื่อบัญญัติตามหลักของราชบัณฑิตยสถาน ควรหลีกเลี่ยงการเขียนภาษาอังกฤษปนภาษาไทยโดยไม่จำเป็น กรณีจำเป็นให้เขียนคำศัพท์ภาษาไทยตามด้วยในวงเล็บภาษาอังกฤษ โดยคำแรกให้ขึ้นต้นด้วยตัวพิมพ์ใหญ่ ส่วนอักษรและคำที่เหลือทั้งหมดให้พิมพ์ด้วยตัวพิมพ์เล็ก ยกเว้นชื่อเฉพาะทุกคำให้ขึ้นต้นด้วยตัวพิมพ์ใหญ่

การปรากฏอยู่หลายที่ในบทความของศัพท์คำเดียวกันที่เป็นภาษาไทยตามด้วยภาษาอังกฤษให้ใช้คำศัพท์ภาษาไทยตามด้วยภาษาอังกฤษเฉพาะครั้งแรก ครั้งต่อไปให้ใช้เฉพาะคำศัพท์ภาษาไทยเท่านั้น

เพื่อให้การดำเนินการจัดพิมพ์วารสารเป็นไปด้วยความสะดวกและรวดเร็ว โปรดจัดเตรียมไฟล์ต้นฉบับอิเล็กทรอนิกส์ ข้อมูลทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษพิมพ์ด้วยชนิดตัวอักษร TH SarabunPSK ขนาดตัวอักษรทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษใช้ขนาดตัวอักษรอย่างเดียวกัน ดังนี้ ชื่อเรื่องขนาด 18 pt. ตัวหนา ชื่อผู้เขียนใช้ตัวอักษรขนาด 16 pt. ตัวหนา ที่อยู่ของผู้เขียนใช้ตัวอักษรขนาด 14 pt. ตัวเอียง หัวข้อหลักใช้ตัวอักษรขนาด 14 pt. ตัวหนา การแบ่งหัวข้อย่อยในแต่ละหัวข้อ ให้ใช้ตัวเลขกำกับโดยไม่ควรแบ่งย่อยโดยใช้ตัวเลขมากกว่า 3 ตัว เช่น 1.1.1 แต่ควรใช้เครื่องหมายวงเล็บ 1) ช่วยในการแบ่งย่อย เนื้อความทุกส่วนใช้ตัวอักษรขนาด 14 pt. ตัวปกติ เชิงอรรถหน้าแรกที่เป็นชื่อผู้เขียนที่ให้การติดต่อใช้ตัวอักษรขนาด 14 pt. โดยการบันทึกเอกสารด้วยโปรแกรม Microsoft word หากมีตารางหรือรูปภาพประกอบให้แทรกในเนื้อหา หรือแยกต่างหากตามสมควร

4. การลำดับเรื่อง ควรเรียงดังนี้

4.1 หน้า 1 (หน้านำภาษาไทย หรือ Title page in Thai) ประกอบด้วย

4.1.1 ชื่อเรื่อง (Title) ภาษาไทย ชื่อเรื่องควรสั้น กระชับ สื่อความหมายได้ชัดเจนและสอดคล้องกับเนื้อหาในเรื่อง ไม่ควรใช้คำย่อ ความยาวไม่เกิน 100 ตัวอักษร ถ้าชื่อเรื่องยาวมากอาจตัดเป็นชื่อเรื่องรอง (Subtitle) ควรหลีกเลี่ยงการใส่วลีที่ไม่จำเป็นเช่น “การศึกษา...” หรือ “การสังเกต...” หรือ “การทดลอง...”

4.1.2 ชื่อผู้เขียน (Authors) ระบุชื่อของผู้เขียนให้ครบทุกท่านเป็นภาษาไทย พร้อมสถานที่ทำงาน และผู้เขียนที่ให้การติดต่อ (Corresponding author) ให้กำกับด้วยเครื่องหมายดอกจัน และให้แยกราชยะเอียดของสถานที่ติดต่อ และ E-mail address ให้ชัดเจนเพื่อความรวดเร็วในการติดต่อ

4.1.3 บทคัดย่อ (Abstract) บทความที่เป็นงานวิจัย และปริทัศน์ ให้เขียนรูปแบบคัดย่อในเชิงโครงสร้าง (Structured abstract) ประกอบด้วย: วัตถุประสงค์ วัสดุและวิธีการ ผลการศึกษา และข้อสรุป ควรเขียนสั้นๆ ให้ครอบคลุมสาระสำคัญของเรื่องทั้งหมดเป็นภาษาไทย ไม่ควรเกิน 250 คำ และไม่ควรใช้คำย่อในบทคัดย่อ

4.1.4 คำสำคัญ (Keywords) คำหรือข้อความสั้นๆ เป็นภาษาไทย ใส่ไว้ท้ายบทคัดย่อ เป็นหัวข้อเรื่องสำหรับทำดัชนีเรื่อง (Subject index) รวมแล้วไม่เกิน 5 คำ

4.2 หน้า 2 (หน้านำภาษาอังกฤษ หรือ Title in English) ประกอบด้วย

4.2.1 Title (ชื่อเรื่อง) ภาษาอังกฤษ ชื่อเรื่องควรสั้น กระชับ สื่อความหมายได้ชัดเจนและสอดคล้องกับเนื้อหาในเรื่อง ไม่ควรใช้คำย่อ ความยาวไม่เกิน 100 ตัวอักษร ถ้าชื่อเรื่องยาวมากอาจตัดเป็นชื่อเรื่องรอง (Subtitle)

4.2.2 Authors (ชื่อผู้เขียน) ระบุชื่อของผู้เขียนให้ครบทุกท่านเป็นภาษาอังกฤษ พร้อมสถานที่ทำงาน และผู้เขียนที่ให้การติดต่อ (Corresponding author) ให้กำกับด้วยเครื่องหมายดอกจัน และให้แยกราชยะเอียดของสถานที่ติดต่อ และ E-mail address ให้ชัดเจนเพื่อความรวดเร็วในการติดต่อ

4.2.3 Abstract (บทคัดย่อ) บทความที่เป็นงานวิจัย และปริทัศน์ ให้เขียนรูปแบบคัดย่อในเชิงโครงสร้าง (Structured abstract) ประกอบด้วย: วัตถุประสงค์ วัสดุและวิธีการ ผลการศึกษา และข้อสรุป ควรเขียนสั้นๆ ให้ครอบคลุม

สาระสำคัญของเรื่องทั้งหมดเป็นภาษาไทย ไม่ควรเกิน 250 คำ และไม่ควรรู้คำย่อในบทความย่อ ต้นฉบับที่เป็นภาษาอังกฤษต้องส่งบทความย่อภาษาไทยด้วย

4.2.4 Keywords (คำสำคัญ) คำหรือข้อความสั้นๆ เป็นภาษาอังกฤษ ใส่ไว้ท้ายบทความย่อ เป็นหัวข้อเรื่องสำหรับทำดัชนีเรื่อง (Subject index) รวมแล้วไม่เกิน 5 คำ

4.3 หน้า 3 และหน้าต่อไป ประกอบด้วยหัวข้อต่อไปนี้ โดยพิมพ์ติดต่อกันตามลำดับ

4.3.1 บทนำ (Introduction) อธิบายถึงพื้นฐานที่มาและความสำคัญของปัญหาโดยมีข้อมูลที่เพียงพอสำหรับให้ผู้อ่านเข้าใจและแปรผลการศึกษได้ และต้องทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องเฉพาะส่วนที่มีความสำคัญเท่านั้น นอกจากนี้ต้องระบุเหตุผล สมมุติฐานและวัตถุประสงค์ของการศึกษาให้ชัดเจน

4.3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย (Material and methods) เริ่มจากการอธิบายการออกแบบการศึกษาหรือการทดลอง (Study or experimental design) มีรายละเอียดเพียงพอที่ผู้อื่นสามารถทำตามได้ ถ้าเป็นวิธีการที่คิดค้นขึ้นมาใหม่ควรอธิบายโดยละเอียด แต่ถ้าเป็นวิธีการที่ทราบกันอยู่แล้วและมีผู้เคยตีพิมพ์มาก่อน ไม่ต้องอธิบายซ้ำแต่ควรเขียนแบบอ้างอิงและอธิบายเฉพาะส่วนที่ดัดแปลงหรือเพิ่มเติม พร้อมทั้งระบุแหล่งที่มาของสารเคมี และวิธีวิเคราะห์ผลการศึกษาทางสถิติ ซึ่งรวมถึงการสรุปข้อมูลวิธีการทดสอบสมมุติฐาน และระดับนัยสำคัญทางสถิติ

4.3.3 ผลการวิจัย (Results) ควรรายงานผลการศึกษาลำดับหัวข้อที่อยู่ในการออกแบบการศึกษอย่างชัดเจน ดูได้ง่าย ถ้าผลไม่ซับซ้อน ไม่มีตัวเลขมาก ให้บรรยายเป็นร้อยแก้ว ถ้ามีตัวเลขและตัวแปรมาก ควรใช้ตาราง กราฟ หรือแผนภูมิ โดยไม่ต้องอธิบายตัวเลขซ้ำอีกในเนื้อเรื่อง ยกเว้นข้อมูลสำคัญๆ

4.3.4 วิจารณ์ผลการวิจัย (Discussion) เน้นในประเด็นหรือมุมมองที่ใหม่และสำคัญของการศึกษา ไม่ต้องอธิบายข้อมูลในตารางซ้ำในส่วนบทนำ วัตถุประสงค์และวิธีการ สำหรับการศึกษาที่เป็นการศึกษาการทดลองการอธิบายอาจเริ่มจากการสรุปสั้นๆ ในประเด็นหลักที่ค้นพบ ให้อธิบายกลไก เหตุผล หรือตรรกะสำหรับสิ่งที่ค้นพบ เปรียบเทียบความเหมือนหรือแตกต่างกับการศึกษาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ระบุดังกล่าวของการศึกษา วิจารณ์ผลที่ไม่ตรงตามที่คาดหวังอย่างไม่ปิดบัง และระบุความสำคัญของสิ่งที่ค้นพบกับการศึกษาวิจัยต่อไปในอนาคต

4.3.5 สรุปผลการวิจัย (Conclusion) ผลที่ได้ตรงตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาหรือไม่ หลีกเลี่ยงการใช้ข้อความสรุปที่ไม่มีคุณภาพ เพราะข้อมูลที่มีอยู่ไม่เพียงพอที่จะสรุปได้แบบนั้น ควรเขียนอย่างย่อๆ โดยกล่าวถึงผลสรุปที่ได้จากการศึกษาทดลอง และคุณค่าของงาน เพื่อผู้อ่านจะได้เข้าใจง่ายขึ้น

4.3.6 กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements) เป็นส่วนที่ให้ระบุชื่อบุคคลที่มีส่วนร่วมในงานวิจัยแต่มีคุณสมบัติการเป็นผู้เขียนไม่ครบถ้วน สามารถระบุเป็นผู้ให้การสนับสนุน (Contributors) และอาจจะระบุหน้าที่ในการให้การสนับสนุน ตัวอย่างเช่น ผู้ให้ความช่วยเหลือเฉพาะงานด้านเทคนิค ผู้ให้ความช่วยเหลือในการเขียน และหัวหน้างานที่ให้การสนับสนุนโดยทั่วไป นอกจากนี้ผู้เขียนต้องระบุแหล่งทุนทั้งหมดที่ให้การสนับสนุนไว้ในส่วนนี้ด้วย

4.3.7 เอกสารอ้างอิง (References) ควรเป็นบทความที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการประเภทมีผู้ทรงคุณวุฒิในการพิจารณา (Peer-reviewed journals) การอ้างอิงเอกสารทางวิชาการในรูปแบบอื่นควรหลีกเลี่ยง ยกเว้นในกรณีที่มีความ

จำเป็นยิ่ง การเขียนอ้างอิงเอกสารในบทความทางวิชาการทุกประเภทจำเป็นต้องมีการอ้างอิงไว้ทั้ง 2 ส่วน คือ ส่วนเนื้อเรื่อง และส่วนท้ายเรื่อง

1) การอ้างอิงในส่วนเนื้อเรื่อง (In-text citations)

การอ้างอิงในส่วนเนื้อเรื่อง เป็นการบอกแหล่งที่มาของข้อมูลโดยการอ้างอิงคละไปในส่วนเนื้อเรื่อง ทำให้ทราบว่าข้อความในส่วนนั้นนำมาจากแหล่งใด โดยวารสารเกษตรพระวรุณ กำหนดให้ใช้ การอ้างอิงระบบ นาม-ปีที่พิมพ์เป็นภาษาอังกฤษให้สอดคล้องกับการอ้างอิงส่วนท้ายเรื่อง เช่น Wang (2017) ถ้ามีผู้เขียน 2 คน ให้ใช้ “and” ระหว่างชื่อสกุล เช่น Tomilova and Shternshis (2006) กรณีที่มีผู้เขียน 3 คนขึ้นไป ให้ใช้ชื่อสกุลคนแรก ตามด้วย “et al.” เช่น Ratanacherdchai et al. (2018)

2) การอ้างอิงส่วนท้ายเรื่อง (Reference citations)

การอ้างอิงส่วนท้ายเรื่องให้พิมพ์เป็นภาษาอังกฤษเท่านั้น กรณีที่เป็นภาษาไทยให้แปลเป็นภาษาอังกฤษ และใส่ข้อความ “(in Thai)” ไว้ด้านหลัง โดยเรียงตามลำดับอักษรของชื่อสกุลของผู้เขียน กรณีผู้เขียนคนเดียวให้เรียงตามปี การพิมพ์ชื่อวารสารให้ใช้ชื่อย่อเท่านั้น

ตัวอย่างการเขียนรายการอ้างอิง

1) สิ่งพิมพ์

หนังสือ (Books)

ชื่อสกุลผู้แต่ง./ปีที่พิมพ์./ชื่อเรื่อง./ครั้งที่พิมพ์./สถานที่พิมพ์./สำนักพิมพ์./จำนวนหน้า.

Arnut, C. 2012. Dairy production. 1st ed. Maha Sarakham University. Maha Sarakham. 300 p.
(in Thai)

วารสาร

ชื่อสกุลผู้แต่ง./ปีที่พิมพ์./ชื่อเรื่อง./ชื่อวารสาร (ชื่อย่อ)/ปีที่พิมพ์(ฉบับที่พิมพ์):/เลขหน้า.

ผู้แต่ง 1 คน

Ruanpanan, P. 2017. Study of Cassava Root Penetration of Root Knot Nematode, *Meloidogyne incognita* Isolated from Different Plant Hosts. NRSU Sci. Tech. J. 9(9): 26-36. (in Thai)

ผู้แต่ง 2 คน

Ratanacherdchai, K. and Soyong, K. 2010. Biological Fungicides for Controlling of Chilli Anthracnose. *Prawarun Agr. J.* 7(1): 93-102.

ผู้แต่ง 3 คนขึ้นไป

Chaiyarak, T., Ratanacherdchai, K., Sributta, I., Chanthabut, L., Kodcharee, R. & Trelo-ges, V. 2013. The Effect of soil amendments (LDD 10) and cattle manure on change in macronutrient and growth of Rayong 7 cassava variety. *Khon Kaen Agri. J.* 41 (supplement 2): 57-66. (in Thai)

2) อินเทอร์เน็ต

ชื่อสกุลผู้แต่ง./ปีที่พิมพ์./ชื่อเรื่อง./[สืบค้นเมื่อ]/Available from: URL:.

Rode, L.M. 2008. Maintaining a Healthy Rumen-An Overview [online]. [Accessed August 5, 2009].

Available from: URL: <http://www.wcds.afns.ualberta.ca/Proceedings/2000/Chapter10.htm>.

หมายเหตุ (1): การเขียนคำบรรยายประกอบตาราง

ตารางแต่ละตารางประกอบด้วย ลำดับที่และชื่อของตารางอยู่ส่วนบนตามด้วยตัวตาราง ให้พิมพ์ตารางโดยใช้ภาษาอังกฤษเท่านั้น การพิมพ์ลำดับที่และชื่อของตารางให้พิมพ์ไว้เหนือตารางนั้นๆ โดยพิมพ์คำว่า “Table 1” ชิดขอบซ้ายของหน้ากระดาษ ใช้ตัวอักษรขนาด 14 pt. ตัวหนา จากนั้นให้เว้น 2 ช่องตัวอักษรแล้วพิมพ์ชื่อตารางโดยใช้ตัวอักษรปกติ หากชื่อตารางยาวเกินกว่า 1 บรรทัด ให้แบ่งเป็น 2-3 บรรทัด ตามความเหมาะสม โดยให้อักษรตัวแรกของข้อความในบรรทัดที่ 2 หรือ 3 ตรงกับอักษรตัวแรกของชื่อตารางในบรรทัดแรก ตารางที่มีความยาวมากไม่สามารถพิมพ์ให้สิ้นสุดในหน้าเดียวได้ ให้พิมพ์ส่วนที่เหลือในหน้าถัดไป ทั้งนี้จะต้องมีลำดับที่และชื่อตารางทุกหน้า และพิมพ์คำว่า “(Cont.)” ไว้ในวงเล็บต่อท้ายชื่อของตารางด้วย ตารางที่มีความกว้างเกินกว่าที่จะบรรจุในหน้ากระดาษเดียวได้ อาจย่อส่วนลงได้แต่ให้มีขนาดที่สามารถอ่านได้ชัดเจน ตารางต้องไม่มีเส้นแนวตั้ง

ในกรณีที่กำหนดเครื่องหมายแสดงความแตกต่างทางสถิติ ให้พิมพ์เป็นตัวยก และให้กำกับค่า p-value การพิมพ์อ้างอิงแหล่งที่มาของตาราง ให้พิมพ์ในบรรทัดถัดจากตัวตาราง โดยพิมพ์คำว่า “Source:” ใช้ตัวอักษรขนาด 12 pt. ตัวหนา จากนั้นให้เว้น 2 ช่องตัวอักษร และพิมพ์ข้อความโดยใช้ตัวอักษรปกติ ในกรณีการพิมพ์หมายเหตุหรือคำอธิบายตารางเพิ่มเติม ให้พิมพ์ในบรรทัดถัดจากตัวตารางหรือถัดจากบรรทัดอ้างอิง (ถ้ามี)

หมายเหตุ (2): การเขียนคำบรรยายประกอบรูปภาพ

ภาพ หมายถึง รูปภาพ ภาพถ่าย แผนภูมิ แผนที่ แผนภาพ และกราฟ ซึ่งจะต้องมีความชัดเจน

ภาพแต่ละภาพประกอบด้วย ตัวภาพ คำอธิบายภาพ และอาจมีการอ้างอิงที่มาของภาพ การพิมพ์คำอธิบายภาพให้พิมพ์ไว้ใต้ภาพนั้นๆ ด้วยภาษาอังกฤษเท่านั้น โดยพิมพ์คำว่า “Fig. 1” ใช้ตัวอักษรขนาด 14 pt. ตัวหนา จากนั้นให้เว้น 2 ช่องตัวอักษรแล้วพิมพ์ชื่อภาพหรือคำอธิบายภาพโดยใช้ตัวอักษรปกติ หากคำอธิบายภาพยาวเกินกว่า 1 บรรทัด ให้แบ่งเป็น 2-3 บรรทัด ตามความเหมาะสม โดยให้อักษรตัวแรกของข้อความในบรรทัดที่ 2 หรือ 3 ตรงกับอักษรตัวแรกของชื่อภาพหรือคำอธิบายภาพในบรรทัดแรก

การพิมพ์อ้างอิงแหล่งที่มาของภาพ ให้พิมพ์ในบรรทัดถัดจากคำอธิบายภาพ โดยพิมพ์คำว่า “Source:” ใช้ตัวอักษรขนาด 12 pt. ตัวหนา จากนั้นให้เว้น 2 ช่องตัวอักษร และพิมพ์ข้อความโดยใช้ตัวอักษรปกติ

หมายเหตุ (3): การเขียนชื่อวิทยาศาสตร์ (Scientific names) และคำที่เป็นภาษาละติน

การพิมพ์ชื่อวิทยาศาสตร์ของจุลินทรีย์ พืช หรือสัตว์ ให้พิมพ์ด้วยตัวเอียง สำหรับการพิมพ์คำที่เป็นภาษาละติน ได้แก่ *in vivo*, *in vitro*, *Ad libitum* และ *et al.* ให้พิมพ์ด้วยตัวเอียง

หมายเหตุ (4): การเขียนคำย่อ

	ภาษาไทย	ภาษาอังกฤษ
ปริมาตร	µl มล. ลิตร	µl ml L
ความยาว	µm มม. ซม. ม. กม.	µm mm cm m km
พื้นที่	ซม ² ม ² กม ²	cm ² m ² km ² ha
น้ำหนัก	µg มก. ก. กก.	µg mg g kg
ความเข้มข้น (Molar)	M	M
อุณหภูมิ	°ซ °C	°C
องศาเซลเซียส	°ฟ °F	°F
องศาฟาเรนไฮต์		
เวลา	วินาที นาที ชม.	Sec min hr hrs
ร้อยละ เปอร์เซนต์	%	%
ต่อ (per)	/ (ตัวอย่าง: กก./ไร่)	⁻¹ (example: kg ⁻¹)
ส่วนในล้านส่วน (Part per million)	ppm	ppm

- อิทธิพลของระบบการให้น้ำต่อองค์ประกอบผลผลิตของข้าวไม่ไวแสง 3 พันธุ์
- อิทธิพลของการให้สังกะสีซัลเฟตต่อการเจริญเติบโต และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำอ้อยของอ้อยที่ปลูกภายใต้สภาพดินทราย
- การเปลี่ยนแปลงอินทรีย์คาร์บอนของดินส่วนที่เปลี่ยนแปลงได้ง่ายหลังได้รับการเก็บเกี่ยวอ้อยแบบไม่เผาใบภายใต้สภาพดินเหนียวที่ได้รับการเผาใบอย่างต่อเนื่อง
- ผลของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตของเมล่อนโดยระบบปลูกพืชไม่ใช้ดิน
- ผลของดินจอมปลวกต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตมะละกอพันธุ์ครั้งเนื้อเหลืองในประเทศไทย
- การประเมินอายุความคงทนของดอกดาวเรืองอเมริกัน (*Tagetes erecta* L.) ลูกผสมชั่วที่ 1
- การใช้จุลินทรีย์จีโอบีโอติก เสริมอาหารปลานิล เพื่อเร่งการเจริญเติบโตและเสริมภูมิคุ้มกัน
- การปรับปรุงคุณสมบัติของขนมจีนเส้นสดโดยใช้แป้งพรีเจลาติไนซ์จากข้าวโพดสีม่วงทดแทนแป้งข้าวเจ้า
- ผลของท่อความร้อนและปล่อยไฟต่อสมรรถนะของหม้อไอน้ำสำหรับนั่งกอนเชื้อเห็ด
- ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเข้าร่วมทำประกันภัยตามดัชนีอากาศของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในจังหวัดเชียงราย
- การวางแผนความต้องการวัสดุในการผลิตชาผักเชียงดา กรณีศึกษา ศูนย์อนุรักษ์พันธุ์กรรมพืช อพ.สร. คลองไผ่ จังหวัดนครราชสีมา
- ปัจจัยที่มีผลต่อการดำเนินธุรกิจร้านค้าปลาสวยงามในจังหวัดขอนแก่น
- การศึกษาสายพันธุ์และคุณภาพของข้าวสายพันธุ์สีชา โดยการเปรียบเทียบคุณภาพทางเคมี กายภาพและลายพิมพ์ดีเอ็นเอกับพันธุ์ข้าวไทย
- Antioxidant Activity of Mixture Herbal Oil from *Siamese Crocodile* Oil (*Crocodylus siamensis*) Turmeric (*Curcuma longa*), Black Galingale (*Kaempferia parviflora*) and Plai (*Zingiber cassumunar* Roxb)