



วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร

สำหรับวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ปีที่ 39 ฉบับที่ 2 พฤษภาคม – สิงหาคม 2565

E-ISSN 2630-0206

ระยะการเจริญเติบโตที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวใบชุมเห็ดเทศให้ได้สารอนุพันธ์ไฮดรอกซีแอนทราซินปริมาณสูงตามเกณฑ์มาตรฐาน

สุภาวดี สืบศาสนา เสนีย์ พลราช และทวีผล เดชาดิวงศ์ ณ ออยุธยา.....1-16

การวิเคราะห์สัมพันธ์และสัมประสิทธิ์เส้นทางในข้าวไร่กลายพันธุ์ชั่วที่ 3

นุจรี ขดการ ณัฐพล จันทร์สว่าง และวัชรินทร์ ชื่นสุวรรณ.....17-25

ผลของการเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุอาหารพืชต่อความงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าถั่วพุ่ม

จักรพงษ์ กางโสภา เพชรรัตน์ จิไพเซอร์ ทิพย์เกสร นุ่มเนื้อ วรณัฐ ยะแบน และวิศศรา คนอ้วน.....26-40

ศักยภาพของธาตุสังกะสีและโบรอนต่อการลดอาการผิดปกติของเปลือกกล้วย

วินัย วิริยะอลงกรณ์ และวัชรินทร์ จันทวรรณ.....41-54

คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระและชีวเคมีของโปรตีนไฮโดรไลเซตจากกากเมล็ดดาวอินคา

ศรัณญา สุวรรณอังกูร ชีระพล แสนพันธุ์ และชนิษฐา รุตรตนมมงคล.....55-67

ผลของรูปแบบการปลูกยางพาราต่อตัวชี้บอกคุณภาพดินด้านการเก็บกักน้ำของดินร่วนเหนียว

จุฑามาศ แก้วมโน.....68-80

ผลการทดแทนปลาป่นด้วยผลพลอยได้จากกระบวนการแล่นเนื้อปลาในอาหารต่อการเจริญเติบโตของปลาลูกผสมบิกสยามแม่โจ้

เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน สุภาพร สัตติง ธนทัต สุขศิริ และสุดาพร ดงศิริ.....81-91

การทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพของฟอร์มาลิน จุนลี กรดน้ำส้มสายชู ต่างทับทิม และไตรคลอโรฟอน (Dipterex®) ในการกำจัดเห็บระยะทั้งที่พบในลูกปลานิล (*Oreochromis niloticus*)

วรรณมา ศิริมานะพงษ์ พิมพ์ชนก ประจักษ์คำย ศุภกาญจน์ อุไรรัตน์ สุภานัน สันธุมหา
อริชา ศรีสุทธาการ และอรไพลิน ประยูรสุข.....92-104

ความชุกของการติดเชื้อ *Ehrlichia canis*, *Hepatozoon canis*, *Babesia canis* *Anaplasma platys* และ *Trypanosoma evansi* ในสุนัขในจังหวัดเชียงใหม่

เพ็ญภา ตาค้า วิลาวรรณ เรือนสิทธิ์ Dante Fabros Jr. พิษานันท์ สืบสอาด อรอนงค์ เส่งเล่า
ทิพย์กมล อิการาช วรพัฒน์ ประชาศิลป์ชัย ชลลดา โสภารัตน์ พชรพร ตาดี ไพโรจน์ พงศ์กิตติการ
ปัญมา เจริญตันธนกุล รัญจวน อีสรรักษ์ เรือนแก้ว ประพฤติ และวศิน เจริญตันธนกุล.....105-115

การดำรงชีพของครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้

บัญชา สมบูรณ์สุข และปริญญ์ พิทยาภินันท์.....116-129

ปัจจัยด้านทุนมนุษย์ที่มีผลต่อรายได้และผลิตภาพแรงงานของเกษตรกรผู้ปลูกยางพารากรณีศึกษาจังหวัดสุราษฎร์ธานี

มโนลี ศรีเปารยะ เพ็ญพงษ์.....130-140

รูปแบบการบริหารต้นทุนการผลิตลำไยคุณภาพเพื่อความยั่งยืนของกลุ่มเกษตรกรลำไยคุณภาพ: กรณีศึกษา บ้านเหล่า ตำบลป่าไผ่ อำเภอพราหมณ์ จังหวัดเชียงใหม่

ศิริกุล ตลามาบัติ วิยะดา ชัยเวช ณัฐดนัย เขียววาท และมาณวิน สงเคราะห์.....141-154

ปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จของผู้ประกอบการธุรกิจจำหน่ายปัจจัยการผลิตทางการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อม ในจังหวัดอุดรธานี

สุรียพร หาจตุรัส และสาธิต อติเตโต.....155-166

องค์ประกอบมาตรฐานสินค้าเกษตรที่มีผลต่อความต้องการส่งเสริมการผลิตสับปะรดเพื่อการส่งออกของเกษตรกรในเขตภาคเหนือของประเทศไทย

เทอดพันธ์ ธรรมรัตน์พงษ์ เฉลิมศักดิ์ ตุ่มหิรัญ และจินดา ขลิบทอง.....167-179

การศึกษาและพัฒนาตัวชี้วัดทักษะชีวิตและความสุขในการดำเนินชีวิตของเกษตรกรในจังหวัดเชียงใหม่

ฟ้าวรรณยา สูงขาว สนิษฐา คุรุทเมือง แสนเสริม บำเพ็ญ เขียวหวาน และสุรพล เศรษฐบุตร.....180-196

ASIAN
REFRESH
SEASON
STATION
BROOD
N

วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร

JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH AND EXTENSION

ที่ปรึกษา อธิการบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์พาวิน มะโนชัย

รองผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร ฝ่ายวิจัย

รองผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร ฝ่ายบริการวิชาการ

บรรณาธิการ รองศาสตราจารย์ ดร. เกรียงศักดิ์ ศรีเงินยวง

รองบรรณาธิการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิชญ์ภาส สังพาสี

บรรณาธิการผู้ช่วย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุธีระ เหมฮัก

อาจารย์ ดร. จุฑามาศ อาจนาเสียว

กองบรรณาธิการ	ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.อนุรักษ์ ปัญญาวัฒน์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
	ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร. อารี วิบูลย์พงศ์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
	ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร. ดนัย บุญเกียรติ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
	ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.สัญญา จตุรสิทธา	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
	ศาสตราจารย์ ดร. ดอกกรักร มารอด	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
	ศาสตราจารย์ ดร.อุทัยรัตน์ ณ นคร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
	ศาสตราจารย์ ดร.ประพนธ์ จันทโรนัย	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
	ศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล สิทธิกรกุล	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
	ศาสตราจารย์ ดร.สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
	ศาสตราจารย์ ดร.ทนต์เกียรติ เกียรติศิริโรจน์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
	ศาสตราจารย์เฉลิมพล แซมเพชร	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
	รองศาสตราจารย์ ดร.วรทัศน์ อินทร์คัมพร	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
	รองศาสตราจารย์ ดร. บุญมี ศรี	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
	รองศาสตราจารย์ ดร.วันดี วัฒนชัยยิ่งเจริญ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
	รองศาสตราจารย์ ดร. จักรธร บุญญาภาพ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
	รองศาสตราจารย์ ดร. ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
	รองศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ จรรยาสุภาพ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
	รองศาสตราจารย์ ดร. อภินันท์ สุวรรณรักษ์	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
	รองศาสตราจารย์อ้อมทิพย์ เมฆรักษาวิช แคมป์	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
	รองศาสตราจารย์ประวิตร พุทธานนท์	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะวรรณ สุทธิประพันธ์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปิยะนุช เนียมทรัพย์	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีระพงษ์ สว่างปัญญากร	มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ฝ่ายจัดทำวารสารฯ นางทิพย์สุดา ปุณณิ นางสาวรังสิมา อัมพวัน

นางสาวอัมภา สันทราย นางสาวธัญญา ขยัน

ฝ่ายประชาสัมพันธ์และเผยแพร่ นายปริญญา เพียรสุดสำห นายประสิทธิ์ ใจคำ

นางประไพศรี ทองแจ้ง

จัดทำโดย กองบริหารงานบริการวิชาการ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร
มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290
โทรศัพท์ 0-5387-3411 โทรสาร 0-5387-3418

E-mail: Mju_journal@gmaejo.mju.ac.th Web site: www.jare.mju.ac.th

วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร เป็นวารสารทางวิชาการของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่งานวิจัยและบทความทางวิชาการด้านการเกษตร เป็นวารสารราย 4 เดือน กำหนดออกปีละ 3 ฉบับ โดยมีการเผยแพร่ออนไลน์ (Journal Online) ในรูปวารสารทางอิเล็กทรอนิกส์ (E-ISSN 2630-0206) สำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาการเกษตร

บทบรรณาธิการ

วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร ปีที่ 39 ฉบับที่ 2 เดือน พฤษภาคม – สิงหาคม 2565 ฉบับนี้ออกมาพบกับท่านผู้อ่านภายใต้สภาวะความผันผวนทั้งปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม ปริมาณน้ำฝนที่มากผิดปกติ เกิดอุทกภัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ เกิดคลื่นความร้อนในบางประเทศแลบยุโรปคร่าชีวิตคนไปไม่น้อย ปัจจัยทางเศรษฐกิจสภาวะข้าวยากหมากแพงเกิดขึ้นในหลายประเทศอันเนื่องจากการรบกวนของรัสเซียและยูเครน ส่งผลให้ขาดปัจจัยการผลิตเกิดการกักตุนน้ำมัน ทำให้น้ำมันมีราคาสูงขึ้น ส่งผลให้ราคาสินค้าขยับตัวสูงขึ้นซ้ำเติมชีวิตพี่น้องประชาชน ที่กล่าวมาทั้งหมดไม่ได้ให้ท่านผู้อ่านท้อแท้ หดหู่ นะครับ แต่อยากชวนคิดว่า ภายใต้วิกฤติต่าง ๆ ประเทศไทยของเรายังอุดมไปด้วยทรัพยากรซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์มากกว่าหลาย ๆ ประเทศ จึงขอฝากท่านผู้อ่าน ท่านนักวิจัย โปรดช่วยกันค้นคว้า วิจัยจากฐานทรัพยากรที่สมบูรณ์เพื่อช่วยเหลือพี่น้องให้กินดี อยู่ดี และมีความสุขยิ่ง ๆ ขึ้นไป

เช่นเดิมครับ เนื้อหาสาระของบทความในเล่มนี้จำนวน 15 เรื่อง พร้อมไปด้วยคุณค่าและองค์ความรู้ที่ท่านผู้อ่านนำไปปรับประยุกต์ใช้ได้ตามความเหมาะสมครับ

แล้วพบกันใหม่ฉบับหน้าครับ

ด้วยรักและเคารพ



รองศาสตราจารย์ ดร. เกียรติศักดิ์ ศรีเงินยวง

บรรณาธิการวารสารวิจัยฯ

ระยะการเจริญเติบโตที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวใบชุมเห็ดเทศ
ให้ได้สารอนุพันธ์ไฮดรอกซีแอนทราซีนปริมาณสูงตามเกณฑ์มาตรฐาน

The Appropriate Growing Stage for Harvesting of *Senna alata* (L.) Roxb Leaves
Contained High Yield of Hydroxyanthracene Derivatives according to Standard Criteria

สุภาวดี สืบศาสนา^{1*}, เสนีย์ พลราช² และทวิมล เดชาติวงศ์ ณ ออยุธยา³

Supawadee Seubsasana^{1*}, Senee Polrach² and Thaweephon Dechatiwongse Na Ayudhya³

¹คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี 12121

²ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์อุบลราชธานี กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ อุบลราชธานี 34000

³กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข นนทบุรี 11000

¹Faculty of Pharmacy, Thammasat University, Pathum thani, Thailand 12121

²Regional Medical Sciences Center Ubon Ratchathani, Department of Medical Sciences, Ubon Ratchathani, Thailand 34000

³Department of Medical Sciences, Ministry of Public Health, Nonthaburi, Thailand 11000

*Corresponding author: supasn@tu.ac.th

Received: August 13, 2020

Revised: August 08, 2021

Accepted: January 28, 2022

Abstract

Chum-Het-Thet is an herbal medicine listed in the national list of essential medicines as a remedy to relieve constipation. The varied amount of an active constituent was reported and their proportions can affect the quality and efficacy of the herb for treatment. The World Health Organization recommends that harvesting herbs at the appropriate growing stage is a good way to obtain qualified raw materials. The aim of this research was to study the appropriate growth stage for harvesting Chum-Het-Thet leaves in order to obtain high yield of total hydroxyanthracene derivatives in order to comply with standard criteria. Plants used in this experiment were propagated from seed before transplanting into the field where they were maintained and the leaves were continuously harvested over 2 years. Total hydroxyanthracene derivatives were analyzed monthly using spectrophotometry. Thai Herbal Pharmacopoeia recommends that leaves must contain total hydroxyanthracene derivatives no less than 1.0% of dry weight. In this research, this plant was well grown and looked strong throughout this study. For the first year of the growing season of the plant, Chum-Het-Thet leaves were found to have high content of total hydroxyanthracene derivatives which were compiled using the standard criteria. The leaves at the 4th and 6th months growing, which were a prior flowering period, showed yields of $1.59 \pm 0.014\%$ and $1.07 \pm 0.080\%$, respectively calculated on the dried basis. The leaves were obtained

from the 9th and 10th months of plant growth, a flowering period. The amount of total hydroxyanthracene derivatives were found at $1.51 \pm 0.096\%$ and $1.26 \pm 0.057\%$, respectively calculated on the dried basis. For the second year of growing season, the leaves were also showing a large amount of total hydroxyanthracene derivatives from February. Then, the compounds showed continually high yield until November ($1.05 \pm 0.058\%$ to $2.09 \pm 0.013\%$ on dried basis); that was the growing period of this plant. In conclusion, the appropriate harvesting time to get the high yield of total hydroxyanthracene derivatives was the prior flowering, during the blooming, and also the post blooming period of the plant growth. The collecting time in the prior flowering stage should be considered the plant age.

Keywords: Chum-Het-Thet, *Senna alata* (L.) Roxb., harvesting, growing stage, hydroxyanthracene derivatives

บทคัดย่อ

ชุมเห็ดเทศเป็นสมุนไพรในบัญชียาหลักแห่งชาติ ใช้สำหรับบรรเทาอาการท้องผูก ความแปรปรวนของปริมาณสารสำคัญออกฤทธิ์ จะส่งผลต่อคุณภาพและประสิทธิภาพของการนำไปใช้ องค์การอนามัยโลกแนะนำให้การเก็บเกี่ยวสมุนไพรในระยะการเจริญเติบโตที่เหมาะสมจะทำให้ได้วัตถุดิบที่มีคุณภาพ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระยะการเจริญเติบโตที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวชุมเห็ดเทศให้ได้สารอนุพันธ์ไฮดรอกซีแอนทราซีนรวมปริมาณสูงตามเกณฑ์มาตรฐาน โดยเฉพาะเมล็ดและย้ายลงแปลงปลูก ดูแลรักษา และสุ่มเก็บตัวอย่างใบต่อเนื่องเป็นเวลาสองปี วิเคราะห์ปริมาณสารอนุพันธ์ไฮดรอกซีแอนทราซีนรวมในทุกเดือน โดยใช้หลักการสเปกโทรโฟโตเมตรี ดำเนินมาตรฐานยาสมุนไพรไทยกำหนดชุมเห็ดเทศที่มีคุณภาพต้องมีปริมาณสารอนุพันธ์ไฮดรอกซีแอนทราซีนรวมไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.0 โดยน้ำหนักแห้ง ผลการศึกษาพบว่า ชุมเห็ดเทศเจริญเติบโตได้ดี สภาพแข็งแรงตลอดการศึกษา ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารในใบชุมเห็ดเทศที่มาจากการเจริญเติบโตในปีแรก พบสารอนุพันธ์ไฮดรอกซีแอนทราซีน

รวมมีปริมาณสูงเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน โดยใบชุมเห็ดเทศเมื่อต้นอายุ 4 และ 6 เดือน ซึ่งเป็นระยะก่อนออกดอกพบร้อยละ 1.59 ± 0.014 และ 1.07 ± 0.080 โดยน้ำหนักแห้ง และใบชุมเห็ดเทศเมื่อต้นอายุ 9 และ 10 เดือน ซึ่งตรงกับระยะออกดอก พบปริมาณร้อยละ 1.51 ± 0.096 และ 1.26 ± 0.057 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ส่วนการเจริญเติบโตของชุมเห็ดเทศในปีที่สอง พบใบชุมเห็ดเทศมีปริมาณสารสูงตามเกณฑ์มาตรฐานตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์และมีปริมาณสูงต่อเนื่องไปจนถึงเดือนพฤศจิกายน (พบร้อยละ 1.05 ± 0.058 ถึง 2.09 ± 0.013 โดยน้ำหนักแห้ง) ซึ่งเป็นช่วงการเจริญเติบโตของพืชทั้งปีสรุปผลระยะการเจริญเติบโตที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวใบชุมเห็ดเทศ โดยยังมีสารอนุพันธ์ไฮดรอกซีแอนทราซีนรวมปริมาณสูงเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานนั้น สามารถเก็บเกี่ยวได้ทั้งช่วงระยะก่อนและหลังจากที่พืชออกดอก โดยการเจริญเติบโตในระยะปีแรก การเก็บเกี่ยวใบจะต้องพิจารณาช่วงอายุต้นร่วมด้วย

คำสำคัญ: ชุมเห็ดเทศ *Senna alata* (L.) Roxb
การเก็บเกี่ยว ระยะการเจริญเติบโต
สารอนุพันธ์ไฮดรอกซีแอนทราซีน

คำนำ

ชุมเห็ดเทศ หรือ *Senna alata* (L.) Roxb. เป็นพืชในวงศ์ Leguminosae มีชื่อเรียกแตกต่างกันไปตามท้องถิ่น เช่น ชุมเห็ดใหญ่ ชี้คาก (ภาคกลาง) หมากกะลิงเทศ และลับมิ่งหลวง (ภาคเหนือ) ลักษณะต้นเป็นไม้พุ่มขนาดกลาง สูงประมาณ 2-3 เมตร มีอายุหลายปี ภูมิปัญญาพื้นบ้านใช้ใบและดอกรับประทานเป็นยาระบาย หรือชงกับน้ำเล็กน้อยใช้ทารักษากลากเกลื้อน (Farnsworth and Bunyapraphatsara, 1992) ชุมเห็ดเทศถูกจัดเป็นยาสมุนไพรในบัญชียาหลักแห่งชาติ ในกลุ่มยาจากสมุนไพรที่มีการพัฒนา กำหนดให้ใช้ผงใบชุมเห็ดเทศสำหรับรักษาอาการท้องผูก ขนาดรับประทานครั้งละ 3-6 กรัม วันละ 1 ครั้ง ก่อนนอน (Hennebelle *et al.*, 2009)

หลักฐานทางวิทยาศาสตร์รายงานว่าชุมเห็ดเทศมีสารสำคัญเป็นสารกลุ่มแอนทราควิโนน มีฤทธิ์ระบาย พบปริมาณมากที่สุดในส่วนของใบ โดยพบได้ทั้งในรูปไกลโคไซด์ (Glycoside) ได้แก่ เรออิน-8-กลูโคไซด์ (Rhein-8-glucoside) เซนโนไซด์ เอ บี ซี และ ดี (Sennosides A, B, C และ D) และพบในรูปแอนทราควิโนนอิสระ (Aglycone) ได้แก่ เรออิน (Rhein) อีโมดิน (Emodin) อโล-อีโมดิน (Aloe-emodin) คริสโซฟานอล (Chrysophanol) ไอโซคริสโซฟานอล (Isochrysophanol) และเคมเฟอร์อล (Kaempferol) เป็นต้น (Farnsworth and Bunyapraphatsara, 1992; Gritsanapan and Nualkaew, 2001; Wuthi-Udomlert *et al.*, 2010) สารส่วนใหญ่มีโครงสร้างเป็นไฮดรอกซีแอนทราซีน (Hydroxyanthracene) (Bartnik and Facey, 2017) (Figure 1) โดยเรออิน-8-กลูโคไซด์เป็นสารหลักที่ออกฤทธิ์ระบายและ พบมากในใบชุมเห็ดเทศ โครงสร้างเป็นโมเลกุลของหน่วยย่อยโมโนเมอร์ 1 หน่วย (Monomer structure) ทำให้สามารถออกฤทธิ์ได้

โดยไม่ต้องอาศัยการทำงานของแบคทีเรียในลำไส้ใหญ่ (Gritsanapan and Nualkaew, 2001) ซึ่งต่างจากสารกลุ่มเซนโนไซด์ (Sennosides) ที่เป็นสารสำคัญหลักและพบมากในมะขามแขก มีโครงสร้างโมเลกุลเป็นไดเมอร์ (Dimer structures) การออกฤทธิ์ระบายจำเป็นต้องอาศัยแบคทีเรียในลำไส้เพื่อเปลี่ยนให้เป็นเรออินในรูปอิสระ ซึ่งเป็น Monomer structure ก่อน จึงจะสามารถออกฤทธิ์ได้ เรออินอิสระนี้จะกระตุ้นร่างแหประสาทเออร์บัค (Auerbach's plexus) บริเวณลำไส้ใหญ่ ส่งผลให้เกิดการบีบตัวของลำไส้ใหญ่จึงเกิดการระบายได้ มีรายงานวิจัยศึกษาฤทธิ์ระบายในสัตว์ทดลอง พบว่าเมื่อป้อนสารสกัดใบชุมเห็ดเทศด้วยน้ำให้หนูในขนาด 500 และ 800 มก./กก. พบฤทธิ์ระบาย และการเพิ่มปริมาณสารสกัดที่สูงขึ้น คือ 5-20 ก./กก. ส่งผลให้หนูถ่ายเหลว (Elujoba *et al.*, 1989; Qgunti and Elujoba, 1993)

นอกจากนี้มีการทดลองทางคลินิก โดยให้อาสาสมัครสุขภาพดีที่มีอาการท้องผูก รับประทานสารสกัดชุมเห็ดเทศ ผลการวิจัยพบว่าสามารถรักษาอาการท้องผูกในอาสาสมัครได้ โดยให้ผลเทียบเท่ากับยาระบาย Mist.alba ซึ่งประกอบด้วย Magnesium sulfate 8 กรัม และ Magnesium carbonate 1.2 กรัม ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Thamlikitkul *et al.*, 1990) นอกจากนี้ยังพบการศึกษาฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์ พบสารเคมเฟอร์อล (Kaempferol) (Gritsanapan and Nualkaew, 2001) มีฤทธิ์ต้านเชื้อ *Trichophyton mentagrophytes* ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคกลาก (Dermatophytosis) และต้านเชื้อ *Microsporum gypsum*, *Candida albicans*, *Aspergillus niger* (Hennebelle *et al.*, 2009; Wuthi-Udomlert *et al.*, 2010) และ *Staphylococcus aureus* ที่ดื้อต่อยา Methicillin ได้ (Wikaningtyas and Sukandar, 2016)

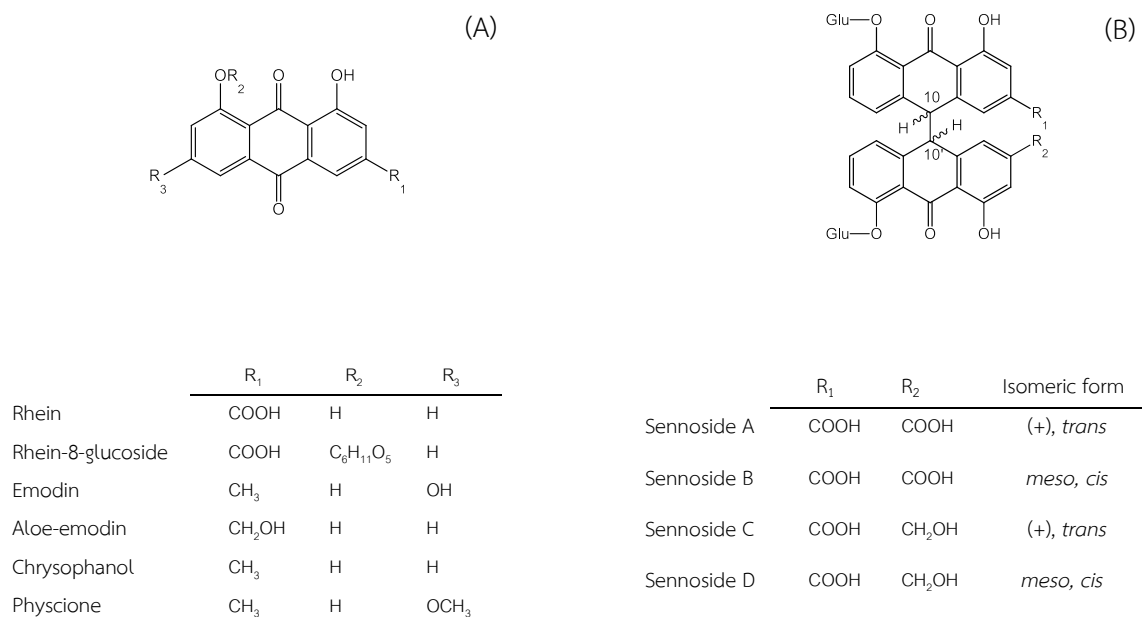


Figure 1 Structure of hydroxyanthracene derivatives obtained from *Senna alata* (L.) Roxb leaves
(A) monomer structures and (B) dimer structures

ตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย (Thai Herbal Pharmacopoeia) กำหนดปริมาณสารสำคัญของวัตถุบสมุนไพรชุมเห็ดเทศที่ได้คุณภาพ ต้องมีปริมาณสารอนุพันธ์ไฮดรอกซีแอนทราซีนรวมไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.0 โดยน้ำหนักแห้ง (Department of Medical Sciences, 2018) กองวิจัยและพัฒนาสมุนไพร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ สํารวจคุณภาพของวัตถุบผงละเอียดใบชุมเห็ดเทศ โดยสุ่มเก็บตัวอย่างผงละเอียดใบชุมเห็ดเทศจากท้องตลาด แหล่งต่าง ๆ ที่กระจายทั่วประเทศไทยจำนวน 12 แห่ง พบมีความแปรปรวนของปริมาณสารอนุพันธ์ไฮดรอกซีแอนทราซีน คือ พบปริมาณร้อยละ 0.45-1.70 โดยน้ำหนัก (Dechatiwongse and Chavalittumrong, 1998) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารสำคัญอนุพันธ์ไฮดรอกซีแอนทราซีนกับแหล่งเพาะปลูก และอายุต้นชุมเห็ดเทศ โดยพบว่าสมุนไพรชุมเห็ดเทศที่ปลูกในบริเวณที่ลุ่ม จะให้ปริมาณสารอนุพันธ์ไฮดรอกซีแอนทราซีนรวมมากกว่าชุมเห็ดเทศที่ปลูกบริเวณที่ดอน และพบว่าเมื่อชุมเห็ดเทศ

ที่มีอายุต้น 7 เดือนครึ่ง จะให้สารสำคัญในปริมาณสูงเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย (Dechatiwongse *et al.*, 1988) นอกจากนี้ยังมีรายงานการศึกษาเกี่ยวกับการกระจายตัวของสารอนุพันธ์ไฮดรอกซีแอนทราซีนในต้นชุมเห็ดเทศ และปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพวัตถุบ โดยพบว่าส่วนของ ใบ ดอก และฝัก ของชุมเห็ดเทศที่เก็บเกี่ยวในระยะเวลาและตำแหน่งต่าง ๆ กัน จะมีปริมาณสารอนุพันธ์ไฮดรอกซีแอนทราซีนรวมที่แตกต่างกัน โดยการเก็บเกี่ยวส่วนใบบริเวณตำแหน่งที่ 1-3 และ 4-6 (นับจากส่วนยอด) ของพืช ในเดือนมีนาคม มิถุนายน และกันยายน พบปริมาณสารอนุพันธ์ไฮดรอกซีแอนทราซีนรวมสูงเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน และการเก็บเกี่ยวในช่วงระยะที่พืชออกดอกและติดผล พบว่าส่วนของดอกและฝักมีการสะสมสารสำคัญในปริมาณสูง (Panichayupakaranant and Intaraksa, 2003)

ชุมเห็ดเทศเป็นพืชมีอายุหลายปี จากหลักฐานทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการปลูกและการเก็บเกี่ยวใบชุมเห็ดเทศ ยังไม่พบรายงานวิจัยใดที่ทำการศึกษา

ระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวใบชุมเห็ดเทศ ให้ได้สารสำคัญตามเกณฑ์ตลอดระยะเวลาเจริญเติบโตของต้นชุมเห็ดเทศอย่างต่อเนื่อง ในการวิจัยนี้จึงทำการศึกษาระยะเวลาเจริญเติบโตที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวใบชุมเห็ดเทศต่อเนื่องตลอดช่วงอายุต้นสองปี ผลการศึกษาที่ได้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อกำหนดเป็นมาตรฐานวิธีการปฏิบัติที่ดีในการเก็บเกี่ยวใบชุมเห็ดเทศ (Good Harvesting Practice: GHP) ที่ได้คุณภาพ ถือเป็นการสนับสนุนให้ประเทศมีวัตถุดิบสมุนไพรชุมเห็ดเทศที่มีคุณภาพ ส่งผลต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ชุมเห็ดเทศที่มีคุณภาพ สร้างความมั่นใจในประสิทธิภาพแก่ผู้ใช้ เป็นการส่งเสริมให้ประชาชนหันมาใช้สมุนไพรชุมเห็ดเทศที่มีคุณภาพ เพื่อการทดแทนยาแผนปัจจุบัน ซึ่งจะช่วยลดมูลค่าการสั่งซื้อยาแผนปัจจุบันกลุ่มยาระบายของโรงพยาบาลและหน่วยงานสาธารณสุขทั่วประเทศ นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจให้กับสมุนไพรชุมเห็ดเทศได้อีกทางหนึ่ง

วิธีดำเนินการวิจัย

การปลูกชุมเห็ดเทศ

เมล็ดพันธุ์ชุมเห็ดเทศที่ใช้ในการศึกษาได้จากต้นชุมเห็ดเทศ ณ โรงพยาบาลพนา จังหวัดอำนาจเจริญ ตรวจสอบยืนยันเมล็ดพันธุ์และต้นชุมเห็ดเทศเปรียบเทียบกับตัวอย่างชุมเห็ดเทศที่แท้จริง (Authentic sample) กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข (DMSC Herbarium No. 323)

คัดเลือกเมล็ดพันธุ์ที่สมบูรณ์ เมล็ดรูปสามเหลี่ยม สีดำเทาอมน้ำตาล มีเนื้อแข็ง และเมล็ดไม่ลึบ นำไปแช่น้ำเดือดนานประมาณ 10 นาที จากนั้นนำไปคลุกกับทราย อัตราส่วนของเมล็ดต่อปริมาณทรายจำนวน 1:1-2 ส่วน หุ้มด้วยผ้าขาวบาง รดน้ำให้ชุ่ม เก็บไว้ในที่ร่มประมาณ 1-2 วัน เมล็ดจะพองและเริ่มงอก จากนั้นนำไปหว่านลงในแปลงเพาะที่ขุดกร่อน แปลงกว้างประมาณ 1 เมตร ยาว 10-15 เมตร โดยใช้คราดเกลี่ยดินให้กลบเมล็ดหนา

ประมาณ 1 ซม. คลุมแปลงบาง ๆ ด้วยใบหญ้าคา ดูแลรดน้ำเช้าและเย็นทุกวันจนต้นกล้าโต (Herbal Research and Development Division, 1990)

ต้นกล้าที่สมบูรณ์แข็งแรง (อายุประมาณ 25-35 วัน) ทำการย้ายปลูกลงในแปลงทดลอง ณ ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ อุบลราชธานี (สูงจากระดับน้ำทะเลเฉลี่ยประมาณ 120-140 เมตร) วนระยะห่างระหว่างต้นและระหว่างแถว ประมาณ 3X4 เมตร จัดพื้นที่ปลูก จำนวน 10 หลุม x 3 แถว รองพื้นหลุมด้วยปุ๋ยคอก อัตราส่วนครึ่งกิโลกรัมต่อหลุม คลุกเคล้าปุ๋ยให้เข้ากับดินที่อยู่ภายในหลุมปลูก (อัตราส่วน 1:1) จากนั้นทำการย้ายต้นกล้าลงแปลงในหลุมปลูกด้วยความระมัดระวัง จำนวน 1 ต้นต่อ 1 หลุม (รวมปลูกชุมเห็ดเทศทั้งสิ้นจำนวน 30 ต้น) ปิดผิวหน้าหลุมปลูกด้วยดิน รดน้ำทุกวันจนกล้าตั้งต้นตั้งตรง เมื่อต้นกล้าอายุประมาณ 1 เดือน เริ่มใส่ปุ๋ยวิทยาศาสตร์สูตร 16-20-0 ประมาณ 30 กรัมต่อต้น และเมื่อชุมเห็ดเทศอายุ 3 เดือน ลดความถี่ของการให้น้ำลงเหลือสองครั้งต่อสัปดาห์ ในการทดลองจะใส่ปุ๋ยคอกทุก 3 เดือน การกำจัดวัชพืชจะใช้วิธีการถอนและพรวนดิน กรณีเพลี้ยอ่อนจะเก็บริดใบออกร่วมกับการรดด้วยน้ำสกัดสะเดา โดยรดบริเวณรอบโคนต้นและบริเวณที่เป็นโรคต่อเนื่องประมาณ 1-2 สัปดาห์ (Herbal Research and Development Division, 1990)

การสุ่มตัวอย่าง และการเตรียมตัวอย่างทดสอบ

เมื่อต้นชุมเห็ดเทศเจริญเติบโตแข็งแรง ทำการเก็บเกี่ยวใบทุกเดือน โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบอย่างง่าย (Simple random sampling) สุ่มเก็บใบเพสลาด (ใบที่ไม่อ่อนหรือแก่จนเกินไป) ในสัปดาห์ที่ 2 ของเดือน ช่วงเวลา 8.00-9.00 น. ตำแหน่งเก็บใบ คือบริเวณเหนือใบประกอบข้อที่ 2 (เริ่มนับจากใบล่างสุด) (Gritsanapan and Nualkaew, 2001) สุ่มเก็บทุกแถว ๆ ละ 6 ต้น (ต้นละ 2-3 ใบ) รวมเก็บประมาณ 30-40 ใบต่อครั้ง จากนั้นนำไปคัดแยกสิ่งปนเปื้อนออก ล้างด้วยน้ำสะอาด ผึ่งหรือตากลมให้แห้งพอหมาด ๆ นำไปทำให้แห้งด้วย

ตู้อบลมร้อน ควบคุมอุณหภูมิประมาณ 40-45°C นานประมาณ 5 ชม. และต้องหมั่นพลิกใบบ่อย ๆ เพื่อป้องกันการตายนิ่งของใบ

เมื่อใบแห้งสนิททำการแยกใบย่อยออก แล้วนำไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดปั่นสมุนไพร ผ่านร่อนหมายเลข 150 เก็บตัวอย่างผงละเอียดใบชุมเห็ดเทศที่ได้ใส่ในถุงพลาสติกชนิดซิปล็อค เก็บไว้ในภาชนะพลาสติกทึบแสงปิดสนิท เพื่อเตรียมสำหรับนำไปทำการวิเคราะห์คุณภาพต่อไป

การประเมินคุณภาพทางเคมี

การหาปริมาณความชื้น

การหาปริมาณความชื้นใช้หลักการทำให้แห้งด้วยวิธี Loss on drying ใช้การทดสอบตามตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย (Department of Medical Sciences, 2018) โดยการชั่งน้ำหนัก (Precisa 180 A) ผงละเอียดใบชุมเห็ดเทศอย่างแม่นยำประมาณ 5 กรัม นำใส่ในถ้วยระเหยที่อบแห้งและทราบน้ำหนักคงที่แล้ว จากนั้นนำไปอบให้ความร้อนเพื่อไล่ความชื้นในตู้อบลมร้อน (Memmert UNP 600) ที่อุณหภูมิ 105°C นาน 3 ชม. หรือจนน้ำหนักคงที่ บันทึกน้ำหนักที่ได้ คำนวณหาปริมาณความชื้นเป็นร้อยละของน้ำหนักที่หายไป

ปริมาณความชื้น = $\frac{[\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบร้อน (กรัม)} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบร้อน (กรัม)}] \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบร้อน (กรัม)}}$

การหาปริมาณสารอนุพันธ์ไฮดรอกซีแอนทราซินรวม (Total hydroxyanthracene derivatives content)

วิเคราะห์ปริมาณร้อยละของสารอนุพันธ์ไฮดรอกซีแอนทราซินรวม ตามวิธีทดสอบของตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย (Department of Medical Sciences, 2018) ชั่งผงละเอียดใบชุมเห็ดเทศน้ำหนัก 0.150 กรัม นำใส่ในขวดแก้วกันกลมขนาด 100 มล. เติมน้ำกลั่นปริมาตร 30.0 มล. เขย่าเบา ๆ ให้เข้ากัน นำไปตั้งพร้อม

บันทึกน้ำหนักที่ได้ (ทศนิยม 3 ตำแหน่ง) นำตัวอย่างไปรีฟลักซ์ (Reflux) บนหม้ออ่างไอน้ำนาน 15 นาที จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เติมน้ำกลั่นปรับให้ได้น้ำหนักเท่ากับที่บันทึกไว้ นำไปปั่นแยกเอาสารละลายส่วนใสด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง (Hettich U-320R) ความเร็วรอบ 4,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง นาน 20 นาที จากนั้นดูดสารละลายใสส่วนบน ปริมาตร 20.0 มล. ใส่ในกรวยแยก เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเจือจาง 2 โมลาร์ ปริมาตร 0.1 มล. เขย่าให้เข้ากัน นำไปสกัดด้วยคลอโรฟอร์มปริมาตร 15 มล. (จำนวน 3 ครั้ง) รวมสารสกัดชั้นน้ำที่ได้ เติมน้ำเค็มโซเดียมคลอไรด์และเขย่านาน 3 นาที จากนั้นนำไปปั่นแยกและดูดสารละลายส่วนใส ปริมาตร 10.0 มล. เติมสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ 10.5 % (ก./มล.) ปริมาตร 20 มล. นำไปรีฟลักซ์บนหม้ออ่างไอน้ำนาน 20 นาที เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นปริมาตร 1 มล. แล้วรีฟลักซ์ต่ออีก 20 นาที พร้อมทั้งเขย่าขวดเป็นระยะ ๆ เพื่อให้ตะกอนละลายหมด จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำสารละลายที่ได้ไปสกัดด้วยอีเธอร์ ปริมาตร 25 มล. (จำนวน 3 ครั้ง) รวมสารสกัดชั้นอีเธอร์ที่ได้ นำไปล้างด้วยน้ำปริมาตร 15 มล. (จำนวน 2 ครั้ง) นำสารสกัดชั้นอีเธอร์ที่ได้ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มล. แล้วปรับปริมาตรให้ครบด้วยอีเธอร์ เขย่าสารละลายให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน ดูดสารละลายปริมาตร 25 มล. นำไประเหยให้แห้งโดยใช้อุณหภูมิต่ำ จากนั้นเติมน้ำกลั่น 10 มล. จะได้สารละลายสีชมพูม่วง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงทันที ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Varian Australia Model CARY 1 E) ที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร. ใช้สารละลายแมกนีเซียมอะซิเตดในเมทานอล 0.5% (ก./มล.) เป็นสารละลายควบคุม คำนวณหาปริมาณสารอนุพันธ์ไฮดรอกซีแอนทราซินรวม โดยคำนวณเป็นค่าร้อยละเรอิน-8-กลูโคไซด์ ของน้ำหนักผงสมุนไพรที่ปราศจากความชื้น โดยใช้สูตร

$\% \text{ Rhein-8-glucoside} = (A \times 0.4283) / W$
เมื่อ A คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง
ที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร
W คือ น้ำหนักผงใบชุมเห็ดเทศที่ปราศจากความชื้น
ในหน่วยเป็นกรัม

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ปริมาณสารแต่ละตัวอย่างจำนวน 6 ครั้ง (n=6) แสดงผลเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean±SD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกับเกณฑ์มาตรฐาน โดยใช้สถิติ Student's *t*-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการวิจัยและวิจารณ์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระยะการเจริญเติบโตที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวใบชุมเห็ดเทศให้ได้สารอนุพันธ์ไฮดรอกซีแอนทราซินปริมาณสูงตามเกณฑ์มาตรฐาน โดยเฉพาะกล้ำจากเมล็ดชุมเห็ดเทศ และคัดเลือกต้นกล้าที่สมบูรณ์ แข็งแรง ปลูกลงแปลงทดลอง (ตรงกับเดือนมกราคม) ดูแล บำรุงรักษาต้นให้แข็งแรงต่อเนื่องเป็นเวลาสองปี สังเกตระยะการเจริญเติบโตของต้นชุมเห็ดเทศ ผลการศึกษาพบว่า ต้นชุมเห็ดเทศเพาะปลูกง่าย เจริญเติบโตได้ดี โดยจะเริ่มแทงช่อดอกประมาณเดือนตุลาคม ดอกจะเริ่มบานจนสมบูรณ์ จากนั้นช่อดอกจะเริ่มร่วงโรยในเดือนพฤศจิกายน และติดฝักในเดือนธันวาคม เมื่อต้นแก่ฝักจะมีสีน้ำตาลและแห้ง ส่วนกิ่งและก้านจะเริ่มแก่และแห้งตามเป็นลำดับ (Figure 2) การเจริญเติบโตของต้นชุมเห็ดเทศ ในลักษณะแบบนี้จะถือเป็นการเจริญในหนึ่งฤดูปลูก เมื่อพิจารณาตามฤดูกาลพบว่าชุมเห็ดเทศเจริญเติบโตได้ดีในฤดูฝน ติดดอกและติดผลในช่วงฤดูหนาว ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลการเพาะปลูกชุมเห็ดเทศที่ระบุในคู่มือสมุนไพรเพื่อการสาธารณสุขมูลฐาน (Herbal Research and Development Division, 1990; Research and Development of

Herbal Product, 2002) และจากงานวิจัยของ Panichayupakaranant and Intaraksa (2003) รายงานช่วงระยะการเริ่มออกดอกและการติดผลของชุมเห็ดเทศคือ ประมาณเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคมเช่นเดียวกัน

การเก็บเกี่ยวใบชุมเห็ดเทศจะเก็บเฉพาะใบเพสลาด เนื่องจากเป็นใบที่ไม่อ่อนหรือแก่จนเกินไป และเป็นช่วงใบที่เหมาะสมในการนำไปเตรียมยา (Bansiddhi *et al.*, 2002) จากการทดลองหลังจากนำต้นกล้าลงแปลงในเดือนมกราคม จะเริ่มพบใบเพสลาดได้เมื่ออายุครบ 3 เดือน ตรงกับเดือนเมษายน แต่การเจริญเติบโตปีที่ 2 พบว่าหลังจากการตัดแต่งกิ่งในเดือนธันวาคม จะเริ่มพบใบเพสลาดในเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นการเว้นระยะเพื่อการแตกกิ่งและออกใบใหม่เพียงหนึ่งเดือน ทั้งนี้เนื่องจากการเจริญเติบโตของพืชระยะแรกเป็นการเจริญเติบโตขั้นแรก (Primary growth) ซึ่งเป็นการเจริญเติบโตอย่างช้า ๆ โดยพืชจะยืดยาวขึ้น ส่วนการเจริญเติบโตในปีที่สอง เป็นการเจริญเติบโตขั้นสอง (Secondary growth) ซึ่งพืชจะเจริญเติบโตออกด้านข้างเป็นการขยายตัวและการเพิ่มจำนวนของเซลล์ของเนื้อเยื่อเจริญ ซึ่งเป็นลักษณะของพืชที่มีความแข็งแรงและสมบูรณ์มากขึ้น

เนื่องจากปริมาณสารสำคัญออกฤทธิ์ที่พบในชุมเห็ดเทศ เป็นปัจจัยบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพและประสิทธิผลของชุมเห็ดเทศ ตามตำรามาตรฐานทางยาของวัตถุดิบชุมเห็ดเทศกำหนดให้วิเคราะห์สารอนุพันธ์ไฮดรอกซีแอนทราซินรวมโดยคำนวณเป็นค่าร้อยละ Rhein-8-กลูโคไซด์ ของน้ำหนักผงสมุนไพรที่ปราศจากความชื้น (Department of Medical Sciences, 2018) ดังนั้นในการศึกษาจึงทำการประเมินคุณภาพของสมุนไพรชุมเห็ดเทศใน 2 หัวข้อ คือ 1) การหาปริมาณความชื้นเพื่อศึกษาการเตรียมวัตถุดิบผงชุมเห็ดเทศให้อยู่ในสถานะแห้งเป็นไปตามมาตรฐานวัตถุดิบคุณภาพ และ 2) การหาปริมาณสารอนุพันธ์ไฮดรอกซีแอนทราซินรวม ซึ่งเป็นสารสำคัญมีฤทธิ์ระคายเคืองพบมากในใบชุมเห็ดเทศ

การศึกษาทำการหาปริมาณความชื้นด้วยวิธี Loss on drying ผลการศึกษาพบว่า ตัวอย่างผงใบชุมเห็ดเทศที่เตรียมขึ้นเพื่อใช้วิเคราะห์คุณภาพในครั้งนี้ ตรวจพบปริมาณความชื้นร้อยละ 7.35 ± 0.097 ถึง 9.17 ± 0.181 โดยน้ำหนัก (Table 1) ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย กำหนดวัตถุุดิบสมุนไพรชุมเห็ดเทศที่มีคุณภาพต้องมีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ

11.0 โดยน้ำหนัก ดังนั้นตัวอย่างผงใบเพสลาดที่นำมาศึกษานี้เป็นตัวอย่างที่เหมาะสม การเตรียมผงใบชุมเห็ดเทศด้วยการผึ่งตัวอย่างใบสดหลังจากการที่ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด ตากลมให้แห้งพอหมาด ๆ แล้วนำไปทำให้แห้งด้วยตู้อบลมร้อน อุณหภูมิประมาณ $40-45^{\circ}\text{C}$. นานประมาณ 5 ชม. จะสามารถกำจัดความชื้นออกจากใบชุมเห็ดเทศได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน

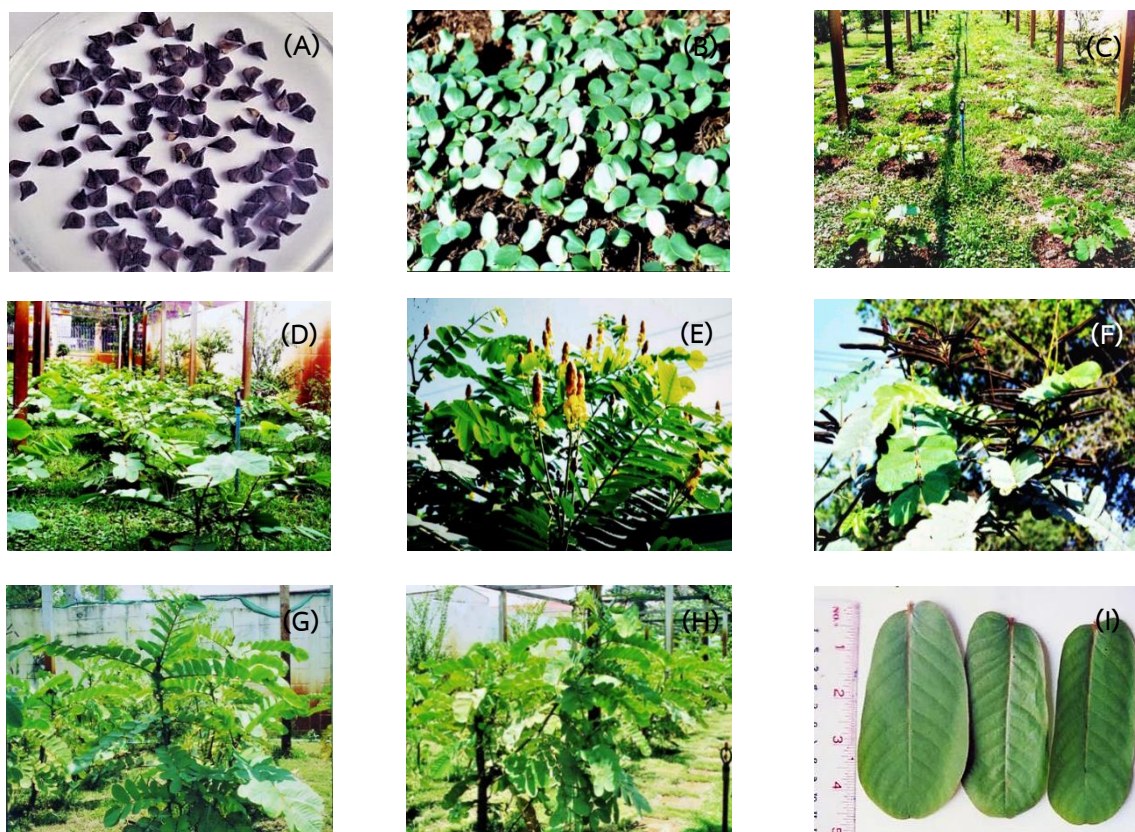


Figure 2 The growing of *Senna alata* comprised of (A) Seeds, (B) Germination, (C) two-month old plant which was in March, (D) three-month old plant which was in April, (E) inflorescence, (F) dry pod of the plant, (G) two-month old plant in the second years growing, (H) three-month old plant in the second years growing and (I) leaflets of mature leaves

การวิเคราะห์ปริมาณอนุพันธ์ไฮดรอกซีแอนทราซีนรวมอ้างอิงการวิเคราะห์ตามวิธีในตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย โดยการสกัดเรอโน-8-กลูโคไซด์ ด้วยน้ำร้อน จากนั้นทำปฏิกิริยากับสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์และกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นเพื่อทำลายพันธะกลูโคไซด์ให้

ได้เรอโนอิสระ จากนั้นนำไปทำปฏิกิริยาเคมีเฉพาะจะได้สารละลายสีแดงอมชมพู ตรวจวัดปริมาณด้วยเครื่องยูวีวิสิเบิล สเปกโทรสโกปี ตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย กำหนดวัตถุุดิบชุมเห็ดเทศที่เหมาะสมสำหรับนำไปเตรียมยาต้องมีปริมาณสารอนุพันธ์ไฮดรอกซีแอนทราซีนรวม

ไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.0 โดยน้ำหนักแห้ง ผลการวิเคราะห์ใบชุมเห็ดเทศที่เก็บเกี่ยวในระยะปีแรกของการปลูกพบว่าในแต่ละช่วงอายุต้นตรวจพบสารอนุพันธ์ไฮดรอกซีแอนทราซีนรวมปริมาณแตกต่างกัน โดยพบว่าใบชุมเห็ดเทศจากต้นที่มีอายุ 3 เดือน ตรวจพบปริมาณสารสำคัญสะสมร้อยละ 0.33 ± 0.002 โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ขณะที่ต้นอายุ 4 เดือนหลังปลูก (พฤษภาคม) ตรวจพบปริมาณสารสำคัญสูงเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน คือ พบร้อยละ 1.59 ± 0.014 โดยน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้ยังพบว่า การเก็บเกี่ยวใบเมื่ออายุต้นครบ 6, 9 และ 10 เดือนหลังปลูก ซึ่งตรงกับเดือนกรกฎาคม ตุลาคม และพฤศจิกายน จะพบปริมาณสารสำคัญสูง โดยพบร้อยละ 1.07 ± 0.080 , 1.51 ± 0.096 และ 1.26 ± 0.057 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (Table 2) เมื่อพิจารณาตามฤดูกาลเจริญเติบโตของพืช พบว่าช่วงเดือนพฤษภาคม

ซึ่งตรงกับอายุต้น 3 เดือน จนถึงเดือนกันยายน จะเป็นระยะก่อนการออกดอกของต้นชุมเห็ดเทศ ระยะการออกดอกของชุมเห็ดเทศจะเริ่มในเดือนตุลาคมจนถึงพฤศจิกายน ซึ่งตรงกับอายุต้น 9 และ 10 เดือน ในเดือนธันวาคมพบว่ากิ่งจะแห้งตายทำให้ไม่สามารถเก็บเกี่ยวใบได้ จึงต้องทำการตัดแต่งกิ่งเพื่อให้แตกใบใหม่ ดังนั้นจากผลการศึกษาการเก็บเกี่ยวใบชุมเห็ดเทศให้ได้คุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานทางยาในระยะการปลูกปีแรก อาจสรุปได้ว่า สามารถทำการเก็บเกี่ยวใบได้ทั้งระยะก่อนการออกดอก และระยะที่มีการออกดอก โดยที่ใบยังมีสารอนุพันธ์ไฮดรอกซีแอนทราซีนรวมปริมาณสูงเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน สอดคล้องกับคำแนะนำขององค์การอนามัยโลก ระบุแนวทางที่ดีในการเก็บเกี่ยวสมุนไพรส่วนใบควรเก็บในระยะที่พืชเริ่มออกดอกจนถึงระยะเริ่มติดฝัก (Herbal Research and Development Division, 1995)

Table 1 The percentage of loss on drying (w/w) from *Senna alata* leaves powder

Time of growing (month)	Loss on drying (%)		
	The first year of growing		The second year of growing
January	Started growth		NT
February	NT ¹	(1 month-old)	8.27 ± 0.056
March	NT	(2 month-old)	8.31 ± 0.153
April	9.17 ± 0.181	(3 month-old)	9.08 ± 0.054
May	7.35 ± 0.097	(4 month-old)	8.29 ± 0.090
June	8.59 ± 0.251	(5 month-old)	7.58 ± 0.120

Table 1 (Continued)

Time of growing (month)	Loss on drying (%)		
	The first year of growing		The second year of growing
July	8.23±0.092	(6 month-old)	8.74±0.082
August	7.89±0.250	(7 month-old)	9.00±0.077
September	8.87±0.140	(8 month-old)	8.83±0.107
October	7.43±0.120	(9 month-old)	8.45±0.078
November	8.30±0.040	(10 month-old)	7.83±0.035
December	NT		NT

¹ NT; no test

การเจริญเติบโตของต้นชุมเห็ดเทศเมื่อเข้าปีที่สองหลังการตัดแต่งกิ่งในเดือนธันวาคม ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารพบว่า ใบที่เก็บเกี่ยวหลังการผลัดใบตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์จนถึงพฤศจิกายน ตรวจพบปริมาณสารสำคัญสูงเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานทุกเดือนต่อเนื่อง โดยพบปริมาณร้อยละ 1.05±0.058 ถึง 2.09±0.013 โดยน้ำหนักแห้ง (Table 3) ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยของการเจริญเติบโตและความสมบูรณ์ของพืช จากผลการศึกษาพบว่า การเจริญเติบโตระยะปีที่สอง มีการสะสมปริมาณสารสำคัญสูงกว่าการเจริญเติบโตระยะแรกที่เริ่มปลูก (Figure 3) เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของปริมาณสารสำคัญตามฤดูกาลเจริญเติบโตของพืช พบว่าทั้งระยะก่อนการออกดอกซึ่งตรงกับเดือนกุมภาพันธ์ถึงกันยายน ส่วนระยะออกดอกตรงกับเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายน ใบชุมเห็ดเทศมีการสะสมสารสำคัญในปริมาณสูงตามเกณฑ์มาตรฐานทุกเดือนอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Dechatiwongse *et al.* (1998) รายงานการเก็บเกี่ยวชุมเห็ดเทศที่อายุต้น 7 เดือนครึ่ง จะให้สารสำคัญในปริมาณสูงเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่ง

จากงานวิจัยพบว่าช่วงเวลาอายุต้น 7 เดือนครึ่ง ตรงกับเดือนกุมภาพันธ์ซึ่งเป็นช่วงฤดูกาลหลังการติดฝัก และพืชเริ่มผลัดใบใหม่ของการเจริญเติบโตเข้าสู่ระยะปีที่สองของการศึกษานี้ และผลการศึกษาในครั้งนี้ยังสอดคล้องกับหลักการทั่วไปของการเก็บเกี่ยวสมุนไพรให้ได้คุณภาพและมีสรรพคุณทางยาตามต้องการนั้น ควรเก็บเกี่ยวพืชตามอายุ ตามช่วงเวลาของวัน และตามฤดูกาลเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม โดยการเก็บเกี่ยวส่วนของใบหรือทั้งต้น ควรเก็บเกี่ยวในช่วงที่พืชเจริญเติบโตเต็มที่ คือ ช่วงที่พืชกำลังเข้าสู่ระยะออกดอก (Herbal Research and Development Division, 1995; The Sub-committee on National Essential Drug List Development, 2013) ดังนั้นจากผลการศึกษาการเก็บเกี่ยวใบชุมเห็ดเทศในระยะการเจริญเติบโตปีที่สอง อาจสรุปได้ว่าสามารถเก็บเกี่ยวใบชุมเห็ดเทศได้ต่อเนื่องทุกเดือนตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืช โดยควรเก็บเกี่ยวใบตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์จนถึงเดือนพฤศจิกายน โดยยังพบปริมาณสารอนุพันธ์ไฮดรอกซีแอนทราซินรวมเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน

Table 2 Amount of total hydroxyanthracene derivatives and characteristics of plant obtained from *Senna alata* leaves at the first year of growing

The stage of <i>S. alata</i> growing (age after the planting: month)	Total hydroxyanthracene derivatives (% w/w)	Characteristics of the plant in growing period
(0)–January	NT ¹	Start planting
1–February	NT	Small herb and non-mature
2–March	NT	Leaves presenting
3–April	0.33±0.002 ²	Mature leaves presenting and non-flowering phase
4–May	1.59±0.014 ²	
5–June	0.77±0.032 ²	
6–July	1.07±0.080 ²	
7–August	0.60±0.029 ²	
8–September	0.92±0.012 ²	
9–October	1.51±0.096 ²	Mature leaves presenting with flowering phase
10–November	1.26±0.057 ²	Mature leaves presenting, booming and beginning pod
11–December	NT	Cutting the tree branch

¹NT: no test; ²Mean±S.D. are significantly different from the standard criteria by Student's *t*-test at p<0.05.

Table 3 Amount of total hydroxyanthracene derivatives and characteristics of plant obtained from *Senna alata* leaves at the second year of growing

The stage of <i>S. alata</i> growing (month)	Total hydroxyanthracene derivatives (% w/w)	Characteristics of the plant in growing period
January	NT ¹	Young leaves presenting
February	1.37±0.009 ²	Mature leaves presenting and non-flowering phase
March	2.09±0.013 ²	
April	1.81±0.095 ²	
May	1.89±0.050 ²	
June	1.53±0.069 ²	
July	1.48±0.026 ²	
August	1.97±0.014 ²	
September	1.35±0.022 ²	Mature leaves presenting with flowering phase
October	1.66±0.089 ²	
November	1.05±0.058 ²	Mature leaves presenting, booming and beginning pod
December	NT	Cutting the tree branch

¹NT: no test; ²Mean±S.D. are significantly different from the standard criteria by Student's *t*-test at p<0.05.

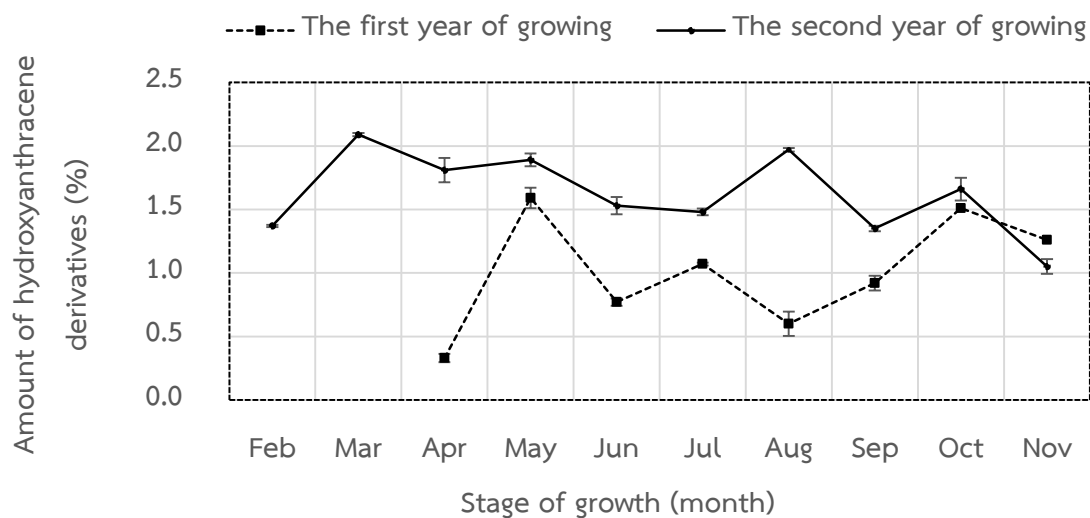


Figure 3 Trend in hydroxyanthracene derivatives yield which found in *Senna alata* (L.) Roxb leaves at different stage of growth, during 2 years

จากงานวิจัย Panichayupakaranant and Intaraksa (2003) ได้ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างใบเพสลาดจำนวนสามเดือนก่อนพืชออกดอกโดยเป็นการเว้นช่วงระยะการเก็บเกี่ยว คือ สุ่มเก็บตัวอย่างใบในเดือนมีนาคม มิถุนายน และกันยายน และเก็บเกี่ยวในระยะของการออกดอกและติดผล คือ เดือนธันวาคม โดยพบการสะสมของสารอนุพันธ์ไฮดรอกซีแอนทราซีนรวมในปริมาณสูงตามเกณฑ์มาตรฐาน คือ พบปริมาณร้อยละ 1.09 ± 0.10 ถึง 1.82 ± 0.02 โดยน้ำหนักแห้ง อย่างไรก็ตามในงานวิจัยทำการระบุเป็นเดือนหรือฤดูกาลเจริญเติบโตของพืชที่ทำการเก็บเกี่ยว ไม่ได้ระบุอายุการเจริญเติบโตของต้นชุมเห็ดเทศ นอกจากนี้ Sachati (2015) ได้รวบรวมแนวทางการเก็บเกี่ยวพืชสมุนไพรที่มีศักยภาพในการใช้รักษาหรือบรรเทาอาการไม่สบายต่าง ๆ ตามประกาศบัญชียาหลักแห่งชาติในกลุ่มบัญชียาจากสมุนไพร โดยระบุข้อแนะนำของการเก็บเกี่ยววัตถุดิบสมุนไพรที่มีใบเป็นส่วนประกอบ ให้เก็บเกี่ยววัตถุดิบดังกล่าวในระยะที่พืชออกดอก เช่น กรณีฟ้าทะลายโจร แนะนำให้เก็บเกี่ยวส่วนเหนือดินซึ่งเป็นส่วนที่ใช้ในทางยา ในระยะที่เริ่มออกดอกจนถึงระยะดอกบาน

ร้อยละ 50 และไม่ควรเกินระยะดังกล่าว ส่วนชุมเห็ดเทศแนะนำให้เก็บเกี่ยวใบเมื่อชุมเห็ดเทศมีอายุต้นสองปี แต่ผู้วิจัยไม่ได้ระบุผลวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญในใบชุมเห็ดเทศไว้ ส่วนในการศึกษาวิจัยนี้เป็นการทดลองปลูกชุมเห็ดเทศ ลงในแปลงปลูกบริเวณเดียวกัน เพื่อควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและความสมบูรณ์ของพืช ได้แก่ สภาพดิน สภาพอากาศ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ มีการดูแลรักษาเพื่อให้พืชเจริญเติบโต แข็งแรง รวมทั้งการกำจัดวัชพืช และโรคพืชที่เหมือนกัน ทำการสุ่มเก็บเกี่ยวใบเพสลาดชุมเห็ดเทศทั้งแปลงในทุกเดือน และตรวจการวิเคราะห์หาปริมาณสารอนุพันธ์ไฮดรอกซีแอนทราซีนรวม ผลการศึกษาวิจัยนี้จึงทำให้ทราบและช่วยยืนยันระยะการเจริญเติบโตที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวใบชุมเห็ดเทศให้ได้คุณภาพ โดยมีปริมาณสารสำคัญออกฤทธิ์เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานทางยา เป็นการส่งเสริมให้เกษตรกรผู้ปลูกได้แนวทางในการเก็บเกี่ยววัตถุดิบสมุนไพรชุมเห็ดเทศที่ได้คุณภาพมาตรฐาน สนับสนุนให้ประชาชนได้ใช้ชุมเห็ดเทศที่มีคุณภาพ และทดแทนยาแผนปัจจุบัน นอกจากนี้ผล

การศึกษาที่ได้ยังทำให้เกษตรกรสามารถเก็บผลผลิตได้เพิ่มขึ้น เป็นการสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจให้กับสมุนไพรชุมเห็ดเทศได้อีกทางหนึ่ง

สรุปผลการวิจัย

สมุนไพรชุมเห็ดเทศใช้สำหรับบรรเทาอาการท้องผูกตามบัญชียาหลักแห่งชาติ วัตถุประสงค์ที่มีคุณภาพจะนำไปสู่การใช้ผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพรที่มีคุณภาพและบำบัดรักษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งแนวทางที่ดีในการเก็บเกี่ยวสมุนไพรส่วนใบควรเก็บในระยะที่พืชเริ่มออกดอกจนถึงระยะเริ่มติดฝัก จากการศึกษาพบว่า การเก็บเกี่ยวใบชุมเห็ดเทศให้ได้คุณภาพทางยานั้น สามารถเก็บเกี่ยวใบชุมเห็ดเทศได้ทั้งระยะก่อนการออกดอก และระยะเริ่มออกดอกจนกระทั่งติดฝัก โดยระยะแรกของการปลูก แนะนำให้ปลูกเดือนมกราคม จะสามารถเก็บเกี่ยวใบชุมเห็ดเทศโดยยังพบปริมาณสารอนุพันธ์ไฮดรอกซีแอนทราซินรวมสูงเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานทางยา เมื่อพืชมีอายุต้น 4 และ 6 เดือน ซึ่งเป็นระยะก่อนออกดอก และเมื่ออายุต้น 9 และ 10 เดือน ซึ่งในการทดลองเป็นระยะฤดูกาลของการเริ่มออกดอกของชุมเห็ดเทศ ส่วนการเจริญเติบโตของต้นเมื่อเข้าสู่ปีที่สอง พบว่าหลังจากตัดแต่งกิ่งในเดือนธันวาคม สามารถเก็บเกี่ยวใบชุมเห็ดเทศได้ตั้งแต่ยังไม่ออกดอก คือเดือนกุมภาพันธ์จนถึงเดือนกันยายน และเก็บเกี่ยวต่อเนื่องในเดือนตุลาคมและพฤศจิกายน ซึ่งเป็นระยะที่ชุมเห็ดเทศออกดอกตามฤดูกาลปกติ ผลการศึกษานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการเก็บเกี่ยวใบชุมเห็ดเทศที่ได้คุณภาพเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานทางยา และสามารถเพิ่มผลผลิตของชุมเห็ดเทศได้ เนื่องจากสามารถเก็บเกี่ยวได้หลายครั้งต่อปี โดยไม่ต้องรอให้ต้นชุมเห็ดเทศมีอายุสองปี รวมทั้งไม่ต้องรอให้ถึงช่วงที่พืชเริ่มออกดอก

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ เกษัชกรวรวิทย์ กิตติวงศ์สุนทร อดีตที่ปรึกษาการมหาวิทยาลัยการแพทย์กระทรวงสาธารณสุข ที่ให้การสนับสนุน ตลอดจนข้อเสนอแนะและคำแนะนำต่าง ๆ และขอบคุณศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์อุบลราชธานี กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ที่ให้ทุนวิจัยสนับสนุนตลอดการศึกษาวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Bansiddhi, J., Y. Techadamrong and A. Chuthaputti. 2002. **Standard of Thai Herbal Medicine: *Senna alata* (L.) Roxb.** Bangkok: E.T.O press. 80 p. [in Thai]
- Bartnik, M. and P.C. Facey. 2017. Glycoside. pp. 101-161. In Simone B.M. and D. Rupika. **Pharmacognosy.** United Kingdom: Academic press.
- Dechatiwongse, T. and P. Chavalittumrong. 1998. Quality analysis of *Cassia alata* Linn. leaves. **TJPS.** 13(3): 309-315.
- Dechatiwongse, T., Y. Jewwachdamrongkul and W. Jirawattanapong. 1988. **Quality Evaluation of Vegetable Drugs.** Report of Phytochemical Activity under the project Thai-German Technical Cooperation for Health Medicinal Plants for Primary Health Care Programmes. Bangkok: Phytochemistry section, Division of Medical Research, Department of Medical Sciences. 67 p.

- Department of Medical Sciences, Ministry of Public Health. 2018. **Thai Herbal Pharmacopoeia 2018**. Bangkok: Prachachon Co., Ltd. 808 p.
- Elujoba A.A., O.O. Ajulo and G.O. Iweibo. 1989. Chemical and biological analyses of Nigerian Cassia species for laxative activity. **J Pharm Biomed Anal.** 7(12): 1453-1457.
- Farnsworth, N.R. and N. Bunyaphatsara. 1992. **Thai Medicinal Plants: Recommended for Primary Health Care System**. Bangkok: Medicinal Plants Information Center. 402 p.
- Gritsanapan, W. and S. Nualkaew. 2001. Variation of anthraquinone content of *Cassia surattensis*. **Warasan Phesatchasat** 28(1-4): 28-34. [in Thai]
- Hennebelle, T., B. Weniger and F. Bailleul. 2009. *Senna alata*. **Fitoterapia** 80: 385-393.
- Herbal Research and Development Division, Department of Medical Sciences Ministry of Public Health. 1990. **Herbal Guide for Primary Health Care**. 3rd. Bangkok: Text and Journal Corporation Co., Ltd. 53 p. [in Thai]
- _____. 1995. **Guideline for Herb Raw Material**. Bangkok: The War Veterans Organization Officer of Printing Mill Press. 72 p. [in Thai]
- Ogunti E.O. and A.A. Elujobi. 1993. Laxative activity of *Cassia alata*. **Fitoterapia** 64(5): 437-439.
- Panichayupakaranant, P. and N. Intaraksa. 2003. Distribution of hydroxyanthracene derivatives in *Cassia alata* and the factors affecting the quality of the raw material. **SJST**. 25(4): 497-502.
- Research and Development of Herbal Product, Department of Medical Sciences, Ministry of Public Health. 2002. **Chum Het Thet Senna alata (L.) Roxb**. Bangkok: Ro So Pho Printing House. 80 p. [in Thai]
- Sachati S. 2015. **Research and development of medicinal plants and spices potential**. 244 p. *In* Research Report. Bangkok: Department of Agriculture. [in Thai]
- Thamlikitkul, V., N. Bunyaphatsara and V. Gingsungneon. 1990. Randomized controlled trial of *Cassia alata* Linn for constipation. **J Med Assoc Thai**. 73(4): 217-222.
- The Sub-committee on National Essential Drug List Development. 2013. **A Guide of Manufacturing and Quality Assurance of Herbal in National Essential Drug List for Hospital Pharmacopoeia 2012**. Bangkok: The Agricultural Co-operative Federative of Thailand Printing Press. 164 p. [in Thai]

Wikaningtyas, P. and E.Y. Sukandar. 2016.

The antibacterial activity of selected plants towards resistant bacteria isolated from clinical specimens. **Asian Pac J Trop Biomed.** 6(1): 16-19.

Wuthi-Udomlert M., P. Kupittayanant and

W. Gritsanapan. 2010. *In vitro* evaluation of antifungal activity of anthraquinone derivatives from *Senna alata*. **J Health Res.** 24(3): 117-122.

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์และสัมประสิทธิ์เส้นทางในข้าวไร่กลายพันธุ์ชั่วที่ 3
Correlation and Path Coefficient Analysis for Yield and its Components
in M₃ Generation Upland Rice (*Oryza sativa* L.) Mutants

นุจรี ชดากาน¹ ณัฐพล จันทร์สว่าง² และวัชรินทร์ ชื่นสุวรรณ^{1*}

Nucharee Chadakan¹, Nattapon Junsawang² and Watcharin Soonsuwon^{1*}

¹สาขาวิชาวนวัฒนกรรมเกษตรและการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90110

²ศูนย์วิจัยระบบเกษตร ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90110

¹Agricultural Innovation and Management Division, Faculty of Natural Resources

Prince of Songkla University, Songkhla, Thailand 90110

²Agricultural, Resource and Environmental System Research Center, Faculty of Natural Resources

Prince of Songkla University Songkhla, Thailand 90110

*Corresponding author: watcharin.s@psu.ac.th

Received: September 03, 2020

Revised: July 03, 2021

Accepted: November 01, 2021

Abstract

An information of the relationship between of yield and other traits is very important for breeders in order to select plants in each generation. This study was conducted to determine the correlation, direct and indirect effects of yield and other agricultural traits of M₃ generation mutated upland rice. The result showed that significant positive correlations were recorded between grain yield and flag leaf length, number of tillers per plant, number of panicles per plant, number of grains per panicle and grain weight per panicle. Among these, number of panicles per plant, number of grains per panicle, and grain weight per panicle had highly positive direct effect on yield. While days to flowering, days to maturity, flag leaf length, number of panicles per plant, panicle length, number of grains per panicle, and grain weight per panicle had positive indirect effects on grain yield, via the number of tillers per plant. These traits can be used to help rice breeders to select for the high grain yield upland rice mutants.

Keywords: upland rice, mutants, yield, correlation analysis, path coefficient analysis

บทคัดย่อ

ความสัมพันธ์ของผลผลิตและลักษณะอื่น ๆ มีความสำคัญกับนักปรับปรุงพันธุ์พืช เพื่อคัดเลือกต้นพืชในแต่ละชั่ว จึงศึกษาความสัมพันธ์ อิทธิพลทางตรงและอ้อมของผลผลิตกับลักษณะอื่น ๆ ของข้าวไร่กลายพันธุ์ในชั่วที่ 3 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์และสัมประสิทธิ์เส้นทางของลักษณะทางการเกษตรของข้าวไร่กลายพันธุ์ในชั่วที่ 3 พบว่า ความยาวใบธง จำนวนหน่อต่อต้น จำนวนรวงต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อรวง และน้ำหนักเมล็ดต่อรวง มีความสัมพันธ์ทางบวกสูงกับผลผลิต จำนวนหน่อต่อต้น จำนวนรวงต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อรวง และน้ำหนักเมล็ดต่อรวง มีอิทธิพลทางตรงแบบบวกต่อผลผลิตสูง อายุวันออกดอก อายุวันสุกแก่ ความยาวใบธง จำนวนรวงต่อต้น ความยาวรวง จำนวนเมล็ดต่อรวง และน้ำหนักเมล็ดต่อรวง มีอิทธิพลทางอ้อมแบบบวกกับผลผลิตผ่านทางจำนวนหน่อต่อต้นสูง ดังนั้นในการคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวไร่กลายพันธุ์ในชั่วที่ 3 เพื่อผลผลิตสูง จึงควรพิจารณาลักษณะที่มีสหสัมพันธ์ทางบวกเป็นดัชนีช่วยในการคัดเลือก และพิจารณาอิทธิพลทางอ้อมจากลักษณะต่าง ๆ ร่วมกัน

คำสำคัญ: ข้าวไร่ กลายพันธุ์ ผลผลิต การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทาง

คำนำ

ข้าวเป็นธัญพืชที่เป็นอาหารหลักของประชากรกว่าครึ่งโลกโดยเฉพาะชาวเอเชีย เนื่องจากข้าวมีสารอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรตที่ให้พลังงานแก่ร่างกาย และมีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต (Phatthalung Rice Research Center, 2016) ข้าวที่ปลูกในประเทศไทยมีหลากหลายชนิด เช่น ข้าวไร่ และข้าวนาสวน เป็นต้น ซึ่งข้าวไร่ในประเทศไทยส่วนใหญ่ปลูกเพื่อบริโภคในครัวเรือน เป็นข้าวไวต่อช่วงแสง ปลูกได้เพียงฤดูเดียว และผลผลิตต่ำ แต่พันธุ์ข้าวไร่พื้นเมืองมีความหลากหลาย

ลักษณะ จึงเป็นแหล่งพันธุกรรมที่สำคัญสำหรับนำไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ การใช้สารเคมีก่อให้เกิดการกลายพันธุ์เป็นวิธีการหนึ่งที่ได้ผลดี เช่น สารเอทิลมีเทนซัลโฟเนต จากรายงานพบว่ามีประสิทธิภาพก่อกลายพันธุ์ที่ใช้ในข้าวและพืชอื่น ๆ เช่น งา (Rao, 1977) จึงได้มีการนำข้าวไร่พื้นเมืองพันธุ์ดอกขาว 50 ซึ่งได้รับการรับรองพันธุ์จากกรมวิชาการเกษตร ที่มีสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น วิตามินอี ชนิดัลฟาโทโคฟีรอลและแกมมาโทโคฟีรอล สารกาบ้า และสารโอเมก้า 3, 6 และ 9 (Suangul *et al.*, 2018) จึงถูกเลือกมาชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ด้วยเอทิลมีเทนซัลโฟเนต เพื่อศึกษาลักษณะที่เกิดการกลายพันธุ์ในพันธุ์ข้าวไร่ดังกล่าว โดยการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ และการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทางที่เสนอโดย Wright (1921) เพื่อแยกสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองตัว ออกเป็นอิทธิพลทางตรงจากตัวแปรอิสระ (X = อายุวันออกดอก) ไปสู่ตัวแปรตาม (Y = ผลผลิต) และอิทธิพลทางอ้อมโดยผ่านตัวแปรอื่น (Z = จำนวนหน่อต่อต้น) ตัวอย่างอิทธิพลของ X ต่อ Y โดยผ่าน Z ดังเช่น Dewey and Lu (1959) ทดลองใน Crested Wheatgrass พบความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเมล็ดหรือน้ำหนัก 100 เมล็ดกับผลผลิตเมล็ดมีค่า $r=0.005$ หรือต่ำมาก เมื่อแยกเป็นอิทธิพลทางตรงของขนาดเมล็ดพบว่ามีค่าสูง 0.228 อิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนดอกย่อย (Spikelet) 0.087 อิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนเมล็ดต่อจำนวนดอกย่อยทั้งหมด -0.790 และอิทธิพลทางอ้อมผ่านขนาดต้น 0.480

การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทางเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการคัดเลือก และช่วยในการประเมินอิทธิพลของลักษณะทางการเกษตรที่มีต่อผลผลิตข้าวผ่านการศึกษาผลกระทบทางตรงและทางอ้อม (Kishore *et al.*, 2018; Singh *et al.*, 2018; Singh and Ekka, 2019) ในการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ และเส้นทางของพืชเศรษฐกิจ เช่น ข้าว (Chuchert *et al.*, 2018) และปาล์มน้ำมัน (Krualee *et al.*, 2013) ส่วนใหญ่ศึกษาในพืชที่เป็นพันธุ์แท้ แต่ในประชากรที่ถูกชักนำให้กลายพันธุ์ในชั่วต้น ๆ ยังขาดการศึกษา ดังนั้นในการศึกษาค้นคว้า

มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ อิทธิพลทางตรง และทางอ้อมของผลผลิตที่เชื่อมโยงกับลักษณะทางการ เกษตรอื่น ๆ ในประชากรข้าวไร่กลายพันธุ์ดอกขาว 50 ที่ ถูกคัดเลือกในช่วงที่ 3 ที่ปลูกในสภาพโรงเรือน คณะทรัพยากร ธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา

อุปกรณ์และวิธีการ

การวางแผนการทดลอง การปลูก และการดูแลรักษา

เมล็ดข้าวไร่กลายพันธุ์ดอกขาว 50 ช่วงที่ 3 ที่ได้ จากการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ด้วยสารเอทิลมีเทน ซัลโฟเนต จำนวน 5 สายพันธุ์กลาย ได้แก่ M_3 1-2-1, M_3 2-1-1, M_3 36-1-1, M_3 43-1-1 และ M_3 43-2-1 ที่ผ่านการคัดเลือกต้นที่มีลักษณะการเจริญเติบโตดี แข็งแรง และผลผลิตต่อต้นสูงในช่วงที่ 2 (Awais *et al.*, 2019) มาปลูกในกระถางขนาด 12 นิ้ว วางแผนการทดลองแบบ สุ่มอย่างสมบูรณ์ ประกอบด้วย 5 สายพันธุ์กลาย เปรียบเทียบกับพันธุ์ดอกขาว 50 จำนวน 5 ซ้ำ สายพันธุ์ละ 20 กระถาง ปลูกกระถางละ 3 เมล็ด โดยปลูกหลุมละ เมล็ด เมื่อข้าวอายุได้ 15 วัน ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ปริมาณ 0.20 กรัมต่อกระถาง หลังจากนั้นใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 ปริมาณ 0.50 กรัมต่อกระถาง เมื่อข้าวอายุได้ 30 วัน และเมื่อข้าวเริ่มตั้งท้องใส่ปุ๋ยสูตร 0-0-60 ปริมาณ 5 กรัม ต่อกระถาง ในสภาพปลูกมีการให้แสงเพื่อสร้างสภาพวัน ยาว เพื่อการคัดเลือกต้นข้าวกลายพันธุ์ที่ไม่ไวแสง โดย เพิ่มจากช่วงแสงปกติวันละ 2 ชั่วโมง เวลา 18.00–20.00 น. ความเข้มแสง 1,000 ลูเมนต่อตารางเมตร ให้น้ำวันละ 2 ครั้ง ครั้งละ 15 นาที เวลา 9.00 และ 16.00 น. เมื่อ พบแมลงสิงระบาด ฉีดพ่นด้วยสารเคมีคลอริดิน 40 ใน อัตรา 40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร คัดเลือกต้นที่มีลักษณะ ทางเกษตรที่ดีและเหมือนกัน สายพันธุ์กลายละ 5 ต้น สายพันธุ์ M_3 1-2-1 และ M_3 43-2-1 ได้แยกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ลักษณะต้นสูงและต้นเตี้ย ดังนั้นสายพันธุ์กลายที่ถูก บันทึกข้อมูลทางการเกษตรมีจำนวนทั้งหมด 7 สายพันธุ์ จำนวน 35 ต้น

การบันทึกข้อมูลลักษณะทางการเกษตร

1. อายุวันออกดอก (วัน) นับจากวันงอกถึงวัน ดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์
2. อายุวันสุกแก่ (วัน) นับจากวันงอกจนถึงวันที่ เปลือกเมล็ดข้าวเปลี่ยนเป็นสีเหลืองทั้งหมด
3. ความกว้างใบธง (เซนติเมตร) วัดความกว้าง ใบธง แล้วหาค่าเฉลี่ยต่อต้น
4. ความยาวใบธง (เซนติเมตร) วัดความยาวใบ ธง แล้วหาค่าเฉลี่ยต่อต้น
5. ความสูงต้น (เซนติเมตร) วัดจากระดับพื้นดิน ถึงส่วนสูงสุดของต้นพืชในระยะเก็บเกี่ยว
6. จำนวนหน่อต่อต้น (หน่อ) นับจำนวนหน่อ ของลำต้นหลัก
7. จำนวนรวงต่อต้น (รวง) นับจำนวนรวงทั้งหมด
8. ความยาวรวง (เซนติเมตร) วัดจากคอรวงที่ เริ่มมีก้านดอกจนถึงปลายรวง แล้วหาค่าเฉลี่ยต่อต้น
9. จำนวนเมล็ดต่อรวง (เมล็ด) นับจำนวนเมล็ดดี ต่อรวง แล้วหาค่าเฉลี่ยต่อต้น
10. น้ำหนักเมล็ดต่อรวง (กรัม) ชั่งน้ำหนักเมล็ด ดีต่อรวง แล้วหาค่าเฉลี่ยต่อต้น
11. น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม) สุ่มเมล็ดดีต่อ ต้น 100 เมล็ด 5 ครั้ง คำนวณหาน้ำหนัก 1,000 เมล็ด
12. ผลผลิตต่อต้น (กรัม) โดยการนำเมล็ดดีมา ชั่งน้ำหนัก

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลนำข้อมูลลักษณะทาง การเกษตรจากจำนวน 35 ต้น วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย วิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของลักษณะทาง การเกษตร 12 ลักษณะ และค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางของ อิทธิพลทางตรงและทางอ้อมที่มีผลต่อผลผลิตผ่าน ลักษณะอื่น ๆ ตามวิธีการของ Dewey and Lu (1959)

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ลักษณะทางการเกษตรของสายพันธุ์กล้วย

ลักษณะทางการเกษตรของประชากรสายพันธุ์กล้วย มีช่วงอายุวันออกดอก 83-103 วัน เฉลี่ย 93 วัน ช่วงอายุวันสุกแก่ 106-138 วัน เฉลี่ย 113 วัน ช่วงความกว้างใบธง 1.76-2.12 ซม. เฉลี่ย 1.97 ซม. ช่วงความยาวใบธง 32.04-63.90 ซม. เฉลี่ย 44.36 ซม. ช่วงความสูงต้น 111-148 ซม. เฉลี่ย 127 ซม. ช่วงจำนวนหน่อต่อต้น 2.8-6.8 หน่อ เฉลี่ย 4.2 หน่อ ช่วงจำนวนรวงต่อต้น 3.0-6.2 รวง เฉลี่ย 4.1 รวง ช่วงความยาวรวง 28.70-35.60 ซม. เฉลี่ย 32.35 ซม. ช่วงจำนวนเมล็ดต่อรวง 134-231 เมล็ด เฉลี่ย 189 เมล็ด ช่วงน้ำหนักเมล็ดต่อรวง 3.80-6.20 กรัม เฉลี่ย 4.63 กรัม ช่วงน้ำหนัก 1,000 เมล็ด 21.64-31.40 กรัม เฉลี่ย 25.24 กรัม และช่วงผลผลิตต่อต้น 10.38-36.40 กรัม เฉลี่ย 19.73 กรัม

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์

การศึกษาสหสัมพันธ์ของลักษณะทางการเกษตร 12 ลักษณะ ของสายพันธุ์กล้วยชั่วที่ 3 (Table 1) พบว่าลักษณะที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ที่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ ลักษณะอายุวันออกดอกมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับอายุวันสุกแก่ (0.77^{**}) สอดคล้องกับการศึกษาของ Sari *et al.* (2019) และ Thorat *et al.* (2019) ที่ศึกษาในข้าวลูกผสม นอกจากนี้ยังพบว่ามีสหสัมพันธ์ทางบวกกับจำนวนหน่อต่อต้น (0.39^*) แต่มีสหสัมพันธ์ทางลบกับความกว้างใบธง (-0.54^{**}) ความสูงต้น (-0.35^*) และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด (-0.39^*) ลักษณะอายุวันสุกแก่มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับจำนวนหน่อต่อต้น (0.65^{**}) และจำนวนรวงต่อต้น (0.34^*) แต่มีสหสัมพันธ์ทางลบกับความกว้างใบธง (-0.51^{**}) และความสูงต้น (-0.54^{**})

ลักษณะความกว้างใบธงมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับความสูงต้น (0.44^{**}) สอดคล้องกับการศึกษาในข้าวลูกผสมกลับชั่วที่ 3 ของ Junsawang *et al.* (2019) และ มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับความยาวใบธง (0.38^*) น้ำหนักเมล็ดต่อรวง (0.41^*) และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด (0.36^*) ลักษณะความยาวใบธงมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับจำนวนรวงต่อต้น (0.49^{**}) ความยาวรวง (0.55^{**}) จำนวนเมล็ดต่อรวง (0.52^{**}) น้ำหนักเมล็ดต่อรวง (0.50^{**}) และผลผลิตต่อต้น (0.47^{**}) สอดคล้องกับการศึกษาในข้าวพันธุ์ลูกผสมของ Sari *et al.* (2019) แสดงว่าใบธงที่มีขนาดใหญ่ มีประสิทธิภาพการรับแสงและความสามารถในการสังเคราะห์แสงสูง ส่งผลดีต่อองค์ประกอบของผลผลิตข้าว และจะทำให้ข้าวมีผลผลิตสูง

ลักษณะความสูงต้นมีสหสัมพันธ์ทางลบกับจำนวนหน่อต่อต้น (-0.39^*) ลักษณะจำนวนหน่อต่อต้นมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับจำนวนรวงต่อต้น (0.72^{**}) จำนวนเมล็ดต่อรวง (0.48^{**}) น้ำหนักเมล็ดต่อรวง (0.43^*) และผลผลิตต่อต้น (0.73^{**}) ลักษณะจำนวนรวงต่อต้นมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับจำนวนเมล็ดต่อรวง (0.58^{**}) น้ำหนักเมล็ดต่อรวง (0.54^{**}) และผลผลิตต่อต้น (0.78^{**}) ลักษณะจำนวนเมล็ดต่อรวงมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับน้ำหนักเมล็ดต่อรวง (0.88^{**}) และผลผลิตต่อต้น (0.81^{**}) สอดคล้องกับการศึกษาในข้าวพันธุ์แท้ของ Chuchert *et al.* (2018) แต่มีสหสัมพันธ์ทางลบกับน้ำหนัก 1,000 เมล็ด (-0.40^*) ลักษณะน้ำหนักเมล็ดต่อรวงมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับผลผลิตต่อต้น (0.87^{**}) สอดคล้องกับการศึกษาในข้าวพันธุ์ลูกผสมของ Sari *et al.* (2019) และ Thorat *et al.* (2019) แสดงว่าองค์ประกอบต่าง ๆ ของผลผลิตมีผลต่อผลผลิตต่อต้นของข้าว

การวิเคราะห์เส้นทาง

การวิเคราะห์เส้นทาง (Table 2) พบว่า อายุวันออกดอกมีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตไม่สูง (0.07) แต่มีอิทธิพลทางอ้อมที่สูงผ่านจำนวนหน่อต่อต้น (0.18) อายุวันสุกแก่มีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตในทางลบ (-0.14) แต่มีอิทธิพลทางอ้อมที่สูงผ่านจำนวนหน่อต่อต้น (0.29) ความกว้างใบธงมีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตไม่สูง (0.05) แต่มีอิทธิพลทางอ้อมที่สูงผ่านน้ำหนักเมล็ดต่อรวง (0.19) ความยาวใบธงมีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตในทางลบ (-0.02) แต่มีอิทธิพลทางอ้อมที่สูงผ่านจำนวนหน่อต่อต้น (0.12) จำนวนรวงต่อต้น (0.10) และน้ำหนักเมล็ดต่อรวง (0.23)

จำนวนหน่อต่อต้นมีอิทธิพลทางตรงที่สูงต่อผลผลิต (0.45) และมีอิทธิพลทางอ้อมที่สูงผ่านจำนวนรวงต่อต้น (0.15) และน้ำหนักเมล็ดต่อรวง (0.20) จำนวนรวงต่อต้นมีอิทธิพลทางตรงที่สูงต่อผลผลิต (0.20) และมีอิทธิพลทางอ้อมที่สูงผ่านจำนวนหน่อต่อต้น (0.33) ความยาวรวงมีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตในทางลบ (-0.14) แต่มีอิทธิพลทางอ้อมที่สูงผ่านจำนวนหน่อต่อต้น (0.14) และน้ำหนักเมล็ดต่อรวง (0.13) จำนวนเมล็ดต่อรวงมีอิทธิพลทางตรงที่สูงต่อผลผลิต (0.17) และมีอิทธิพลทางอ้อมที่สูงผ่านจำนวนหน่อต่อต้น (0.22) จำนวนรวงต่อต้น (0.11) และน้ำหนักเมล็ดต่อรวง (0.41) ส่วนน้ำหนักเมล็ดต่อรวงมีอิทธิพลทางตรงที่สูงต่อผลผลิต (0.46) และมีอิทธิพลทางอ้อมที่สูงผ่านจำนวนหน่อต่อต้น (0.19) จำนวนรวง

ต่อต้น (0.11) และจำนวนเมล็ดต่อรวง (0.15) ซึ่งพบว่าจำนวนหน่อต่อต้น จำนวนรวงต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อรวง และน้ำหนักเมล็ดต่อรวง มีอิทธิพลทางตรงแบบบวกที่สูงต่อผลผลิต สอดคล้องกับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่สูงระหว่างผลผลิตและลักษณะดังกล่าว ส่วนความยาวใบ มีอิทธิพลทางตรงแบบลบที่ต่ำต่อผลผลิต (-0.02) แต่มีอิทธิพลทางอ้อมแบบบวกที่สูงต่อผลผลิตผ่านจำนวนหน่อต่อต้น (0.12)

จากการรายงานของ Chuchert *et al.* (2018) และ Singh and Ekka (2019) ศึกษาในข้าวพันธุ์แท้ Junsawang *et al.* (2019) ศึกษาในข้าวพันธุ์ลูกผสมกลับข้าวที่ 3 และ Sari *et al.* (2019) ศึกษาในข้าวพันธุ์ลูกผสม ได้ผลการศึกษาสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ ได้แก่ จำนวนรวงต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อรวง มีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตสูง

ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของการวิเคราะห์เส้นทางมีค่า 0.96 ซึ่งสูงมาก แสดงว่าค่าสัดส่วนของความผันแปรสูงถึง 96 เปอร์เซ็นต์ ของตัวแปรอายุวันออกดอก อายุวันสุกแก่ ความยาวใบธง ความกว้างใบธง ความสูงต้น จำนวนหน่อต่อต้น จำนวนรวงต่อต้น ความยาวรวง จำนวนเมล็ดต่อรวง และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด อธิบายความผันแปรของตัวแปรผลผลิตของประชากรกลายพันธุ์ข้าวที่ 3 รายงานค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่พบในข้าวไร่มีค่า 0.85-0.96 (Chuchert *et al.*, 2018; Jansawang *et al.*, 2019; Sari *et al.*, 2019)

Table 1 Phenotypic correlations of the 12 agronomic traits of Dawk Kha 50 mutants on M₃ generation

	DF	DM	FLW	FLL	PH	NT/P	NP/P	PaL	NG/Pa	GW/Pa	1,000GW	GY/P
DF		0.77**	-0.54**	0.04	-0.35*	0.39*	0.26	0.11	0.10	-0.08	-0.39*	0.09
DM			-0.51**	-0.02	-0.54**	0.65**	0.34*	0.05	0.24	0.12	0.31	-0.23
FLW				0.38*	0.44**	-0.18	0.08	0.26	0.21	0.41*	0.36*	0.24
FLL					0.16	0.27	0.49**	0.55**	0.52**	0.50**	-0.09	0.47**
PH						-0.39*	0.00	0.26	0.07	0.11	0.14	-0.03
NT/P							0.72**	0.31	0.48**	0.43*	-0.16	0.73**
NP/P								0.32	0.58**	0.54**	-0.15	0.78**
PaL									0.33	0.28	-0.15	0.26
NG/Pa										0.88**	-0.40*	0.81**
GW/Pa											0.05	0.87**
1,000GW												-0.01

d.f.= 33, ** = significant at 0.05 and 0.01 level, respectively

DF = days to flowering (no.), DM = days to maturity (no.), FLL = flag leaf length (cm), FLW = flag leaf width (cm), PH = plant height (cm), NT/P = number of tillers per plant (no.), NP/P = number of panicles per plant (no.), PaL = panicle length (cm), NG/Pa = number of grains per panicle (no.), GW/Pa = grain weight per panicle (g), 1,000GW = 1,000 grain weight (g), GY/P = grain yield per plant (g)

Table 2 Phenotypic path coefficient analysis of agronomic trait effects on yield of Dawk Kha 50 mutants on M₃ generation

Traits	Direct and indirect effect											Correlation coefficient with GY/P
	DF	DM	FLW	FLL	PH	NT/P	NP/P	PaL	NG/Pa	GW/Pa	1,000GW	
DF	0.07	-0.10	-0.03	0.00	-0.01	0.18	0.06	-0.02	0.02	-0.04	-0.03	0.09
DM	0.05	-0.14	-0.03	0.00	-0.02	0.29	0.07	-0.01	0.04	0.06	-0.02	0.31
FLW	-0.04	0.07	0.05	0.02	0.02	-0.08	0.02	-0.04	0.03	0.19	0.03	0.24
FLL	0.00	0.00	0.02	-0.02	0.01	0.12	0.10	-0.08	0.09	0.23	-0.01	0.47**
PH	-0.02	0.07	0.02	0.00	0.04	-0.18	0.00	-0.04	0.01	0.05	0.01	-0.03
NT/P	0.03	-0.09	-0.01	0.00	-0.01	0.45	0.15	-0.04	0.08	0.20	-0.01	0.73**

Table 2 (Continue)

Traits	Direct and indirect effect											Correlation coefficient with GY/P
	DF	DM	FLW	FLL	PH	NT/P	NP/P	PaL	NG/Pa	GW/Pa	1,000GW	
NPa/P	0.02	-0.05	0.00	-0.01	0.00	0.33	0.20	-0.05	0.10	0.25	-0.01	0.78**
PaL	0.01	-0.01	0.01	-0.01	0.01	0.14	0.07	-0.14	0.05	0.13	-0.01	0.26
NG/Pa	0.01	-0.03	0.01	-0.01	0.00	0.22	0.11	-0.05	0.17	0.41	-0.03	0.81**
GW/Pa	-0.01	-0.02	0.02	-0.01	0.00	0.19	0.11	-0.04	0.15	0.46	0.00	0.87**
1,000GW	-0.03	0.03	0.02	0.00	0.01	-0.07	-0.03	0.02	-0.07	0.02	0.08	-0.01

** = significant at 0.01 level

The bold numbers on diagonal show direct effect path coefficients, the rest stand for indirect effect path coefficients. Residual effect ($1-R^2$) = 0.045, DF = days to flowering (no.), DM = days to maturity (no.), FLL = flag leaf length (cm), FLW = flag leaf width (cm), PH = plant height (cm), NT/P = number of tillers per plant (no.), NP/P = number of panicles per plant (no.), PaL = panicle length (cm), NG/Pa = number of grains per panicle (no.), GW/Pa = grain weight per panicle (g), 1,000GW = 1,000 grain weight (g), GY/P = grain yield per plant (g)

สรุปผลการวิจัย

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ลักษณะทางการเกษตรของข้าวไร่กลายพันธุ์ดอกข้า 50 ในชั่วที่ 3 พบว่าลักษณะความยาวใบธง จำนวนหน่อต่อต้น จำนวนรวงต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อรวง และน้ำหนักเมล็ดต่อรวง มีความสัมพันธ์ในทางบวกที่สูงกับผลผลิต

การวิเคราะห์เส้นทาง พบว่าลักษณะน้ำหนักเมล็ดต่อรวง มีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตแบบบวกสูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ จำนวนหน่อต่อต้น จำนวนรวงต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อรวง และพบว่าอายุวันออกดอก อายุวันสุกแก่ ความยาวใบธง จำนวนรวงต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อรวง และน้ำหนักเมล็ดต่อรวง มีอิทธิพลทางอ้อมแบบบวกที่สูงผ่านทางจำนวนหน่อต่อต้น ส่วนความกว้างใบธง มีอิทธิพลทางอ้อมแบบบวกที่สูงผ่านทางน้ำหนักเมล็ดต่อรวง

ดังนั้นในการคัดเลือกสายพันธุ์กลายข้าวไร่ในชั่วที่ 3 เพื่อให้มีผลผลิตสูง จึงควรคัดเลือกลักษณะที่มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับผลผลิต เป็นดัชนีช่วยในการคัดเลือก และพิจารณาอิทธิพลทางอ้อมของลักษณะต่าง ๆ ที่ส่งผ่านไปสู่ผลผลิต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนบางส่วนจากศูนย์วิจัยความเป็นเลิศเทคโนโลยีชีวภาพเกษตรและทรัพยากรธรรมชาติ ระยะที่ 3 คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เอกสารอ้างอิง

- Awais, A., C. Nualsri and W. Soonsuwon. 2019. Induced mutagenesis for creating variability in Thailand's upland rice (cv. Dawk Pa-yawm and Dawk Kha 50) using ethyl methane sulphonate (EMS). **Sarhad Journal of Agriculture** 35(1): 293-301.
- Chuchert, S., C. Nualsri., N. Junsawang and W. Soonsuwon. 2018. Genetic diversity, genetic variability and path analysis for yield and its components in indigenous upland rice (*Oryza sativa* L. var. glutinosa). **Songklanakarin Journal Science and Technology**. 40(3): 609-616. [in Thai]
- Dewey, D.R. and K.H. Lu. 1959. A correlation and path-coefficient analysis of components of crested wheatgrass seed production. **Agronomy Journal** 51: 515-518.
- Junsawang, N., N. Sawatsri, K. Phengkaew and W. Soonsuwon. 2019. Correlation and path analysis in BC₂F₃ population of upland rice (*Oryza sativa* L.). **Songklanakarin Journal of Plant Science** 6(1): 2-6. [in Thai]
- Kishore, C., A. Kumar, A.K. Pal, V. Kumar B.D. Prasad and A. Kumar. 2018. Character association and path analysis for yield components in traditional rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences** 7(3): 283-291
- Krualee, S., S. Sdoodee, T. Eksomtramage and V. Sereeprasert. 2013. Correlation and path analysis of palm oil yield components in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). **Kasetsart Journal (Natural Science)** 47(4): 528-533.
- Phatthalung Rice Research Center. 2016. Upland rice varieties are sensitive to light. [Online]. Available <http://www.ricethailand.go.th/Rkb/> (20 May 2019). [in Thai]
- Rao, G.M. 1977. Efficiency and effectiveness of gamma rays and EMS in rice. **Journal of Cytologia**. 42: 443-450.
- Sari, W.K., C. Nualsri, N. Junsawang and W. Soonsuwon. 2019. Path analysis for yield and its components in F₁ upland rice hybrids and their parental lines. **Songklanakarin Journal Science and Technology** 41(6): 1419-1425.
- Singh, A. and R.E. Ekka. 2019. Correlation and path analysis in aromatic and pigmented genotypes of rice (*Oryza sativa* L.). **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences** 8(4): 1832-1837.
- Singh, R., V. Yadav, D.N. Mishra and A. Yadav. 2018. Correlation and path analysis in rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry** 1: 2084-2090.

Suangul, C., R. Panitkit, A. Songkrait
S. Kongprapuech, O. Thongdet
R. Preecha, C. Klinmanee
A. Boonyanupong, E. Kaewnango
S. Tampawisit, B. Soonliang and
S. Taprab. 2018. Dawk Kha 50,
a Non-glutinous Rice Variety. **Thai Rice
Research Journal** 9(1): 21-29. [in Thai]

Thorat B.S., R.L. Kunkerkar, S.M. Raut, S.S. Desai,
M.P. Gavai, M.H. Keluskar and
J.S. Dhekale. 2019. Correlation studies
in hybrid rice (*Oryza sativa* L.).
**International Journal of Current
Microbiology and Applied Sciences**
8(4): 1158-1164.

Wright, S. 1921. Correlation and causation.
Journal of Agriculture and Research
20: 557-585.

ผลของการเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุอาหารพืชต่อความงอกและการเจริญเติบโต
ของต้นกล้าถั่วพuraa

Effect of Seed Coating with Plant Nutrients on Germination
and Seedling Growth of Jack Bean (*Canavalia ensiformis*)

จักรพงษ์ กางโสภา* เพชรรัตน์ จีเพชร ทิพย์เกสร นุ่มเนื้อ วรนุช ยะแบน และวริศตรา คนอ้วน

Jakkrapong Kangsopa*, Phetcarat Jeepet, Thipkeson Numnea

Woranut Yaban and Warissara Khonuan

สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Division of Agronomy, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: jakkrapong_ks@mju.ac.th

Abstract

Received: September 22, 2020

Revised: February 15, 2021

Accepted: February 23, 2021

In northeast Thailand, many provinces grow jack beans in a large number of areas. This is because farmers are able to sell jack bean seeds at a higher price compared to other bean seeds. However, there are problems that can be encountered, such as slow seed germination, interferences by diseases and pests, un-uniform seed germination, and low flowering and fruit setting rates. These problems lead to yield reduction. Coating seed with plant nutrients can offer an alternative solution to this problem. This experiment was conducted at the Seed Technology Laboratory, Agronomy Major, Faculty of Agricultural Production, Maejo University. This experiment relied on Completely Randomized Design (CRD) with 4 replications of each set of experiment which included non-coated seeds and seeds coated with: PVP-K30 + Chitosan; PVP-K30 + Chitosan, and 0.5, 1.0, 1.5, and 2.0 grams of $C_6H_8O_6$; PVP-K30 + Chitosan, and 0.5, 1.0, 1.5, and 2.0 grams of $MgSO_4$; PVP-K30 + Chitosan, and 0.5, 1.0, 1.5, and 2.0 grams of $CaCl_2$. The results were as follows: Jack bean seeds coated with all ratios of $MgSO_4$ and $CaCl_2$ had better germination percentage, mean germination time, seedling fresh weight when compare to non-coated seeds. Particularly, seeds coated with 0.5 grams of $MgSO_4$ had a higher shoot length, better total seedling length, and were heavier when dried compared to non-coated seeds when tested under a laboratory condition. It was also found that seeds coated with all ratios of $C_6H_8O_6$ had better

germination percentage compared to non-coated seeds. Seeds coated with 0.5 grams of $C_6H_8O_6$ had a higher shoot length, were heavier when fresh, and were heavier when dried compared to other experiment methods when tested under greenhouse conditions

Keywords: seed enhancement, seed coating, coating substance, seed quality, plant nutrient

บทคัดย่อ

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยมีพื้นที่การปลูกถั่วพรางกระจายในหลายจังหวัด เนื่องจากเกษตรกรยังสามารถขายเมล็ดถั่วพรางได้ราคาสูงกว่าเมล็ดถั่วชนิดอื่น ๆ อย่างไรก็ตามการปลูกถั่วพรางยังประสบปัญหาเมล็ดงอกน้อย การเข้าทำลายของโรคและแมลง ต้นกล้าที่งอกไม่มีความสม่ำเสมอ ต้นถั่วพรางไม่มีดอกและไม่ติดฝัก จึงส่งผลให้ได้ผลผลิตน้อย จากปัญหาดังกล่าว ทำให้การเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุอาหารพืชเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ดำเนินการทดลองที่ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ การทดลองนี้วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย เมล็ดไม่เคลือบ การเคลือบเมล็ดด้วยสารเคลือบ PVP-K30+ไคโตซาน และการเคลือบเมล็ดด้วยสารเคลือบ PVP-K30+ไคโตซาน ผสมรวมกับ $C_6H_8O_6$, $MgSO_4$ และ $CaCl_2$ ในอัตราที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม โดยมีผลการทดลองดังนี้ การเคลือบเมล็ดพันธุ์ถั่วพรางด้วย $MgSO_4$ และ $CaCl_2$ ทุกอัตรา ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอก เวลาเฉลี่ยในการงอก น้ำหนักสดต้นกล้า และน้ำหนักแห้งต้นกล้าดีกว่าเมล็ดที่ไม่ได้เคลือบ เมื่อทดสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ ส่วนการเคลือบเมล็ดด้วย $C_6H_8O_6$ ทุกอัตรามีความงอกมากกว่าเมล็ดไม่เคลือบ และเมื่อเคลือบเมล็ดด้วย $C_6H_8O_6$ อัตรา 0.5 กรัม ทำให้เมล็ดมีความยาวลำต้น น้ำหนักสดลำต้นต้นกล้า และน้ำหนักแห้งลำต้นต้นกล้ามากกว่าวิธีการอื่น ๆ เมื่อทดสอบในสภาพเรือนทดลอง

คำสำคัญ: การยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ การเคลือบเมล็ดพันธุ์ สารเคลือบเมล็ดพันธุ์ คุณภาพเมล็ดพันธุ์ ธาตุอาหารพืช

คำนำ

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยมีพื้นที่การปลูกถั่วพรางกระจายในหลายจังหวัด ทั้งในระดับอำเภอ ตำบล และหมู่บ้าน โดยเกษตรกรได้รับการส่งเสริมให้ปลูกถั่วพรางจากกรมพัฒนาที่ดิน ตามโครงการพัฒนาเกษตรกรให้ปลูกพืชสำหรับปรับปรุงดิน และเพื่อสร้างรายได้เสริมให้กับเกษตรกรหลังฤดูทำนา เนื่องจากเกษตรกรสามารถนำผลผลิตถั่วพรางที่ได้มาขายให้กับกรมพัฒนาที่ดินได้ราคากิโลกรัมละ 18 บาท โดยไม่จำกัดจำนวน อีกทั้งการปลูกพืชชนิดอื่น เช่น ถั่วเขียว แม้จะได้ราคาซื้อสูง แต่เกษตรกรต้องแบกรับภาระในการลงทุนซื้อเมล็ดพันธุ์ด้วยตนเองในราคาค่อนข้างสูง คือกิโลกรัมละ 160 บาท และเกษตรกรจะต้องหาตลาดรับซื้อด้วยตนเอง ในขณะที่การปลูกถั่วพรางได้รับการส่งเสริมเมล็ดพันธุ์จากกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งช่วยลดต้นทุนการผลิตให้กับเกษตรกร ในขณะเดียวกันยังมีความแน่นอนของตลาดรับซื้อ อีกทั้งการปลูกถั่วพรางยังช่วยปรับปรุงดินเป็นปุ๋ยที่ให้อาหาร โดยเฉพาะแปลงนาข้าวอินทรีย์ให้มีความอุดมสมบูรณ์ และมีผลผลิตมีคุณภาพสูง (Ket-Petch, 2020) อย่างไรก็ตามเมล็ดพันธุ์ถั่วพรางโดยปกติแล้วมีการงอกที่ต่ำและงอกสม่ำเสมอ แต่ส่วนใหญ่เกษตรกรมักประสบปัญหาจากสภาพแวดล้อมที่ไม่แน่นอน ทั้งสภาพอากาศร้อนและฝนทิ้งช่วง แปลงปลูกขาดความชื้น ทำให้ประสบปัญหาเมล็ดงอกน้อย การเข้าทำลายของโรคและแมลง ต้นกล้าที่

งอกไม่มีความสม่ำเสมอ ต้นกล้าพรวนไม่มีดอกและติดฝัก จึงส่งผลกระทบต่อผลผลิตน้อย ทำให้เกษตรกรไม่สามารถขายผลผลิตได้ รวมถึงแปลงนาที่ใช้เพาะปลูกสูญเสียโอกาสการใช้ประโยชน์เป็นพืชบำรุงดิน และเป็นแหล่งรวมโรคที่ก่อให้เกิดปัญหาในระยะต้นกล้าของข้าวอินทรีย์ (Ket-Petch, 2020)

จากปัญหาดังกล่าวจึงได้มีแนวทางการแก้ไข ปัญหา โดยนำเทคโนโลยีการเคลือบเมล็ดพันธุ์มาใช้ ปัจจุบันเทคโนโลยีการเคลือบเมล็ดพันธุ์มีราคาลดลงจากเดิม เนื่องจากประเทศไทยสามารถพัฒนาสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ขึ้นใช้เองภายในประเทศ จึงมีต้นทุนการสร้างสารเคลือบต่ำ ทำให้ประโยชน์ของสารเคลือบสามารถใช้ได้กับเมล็ดที่มีทั้งราคาสูงและราคาต่ำ การเคลือบเมล็ดพันธุ์ คือการนำสารพอลิเมอร์ที่มีลักษณะบางเบา มาฉาบยึดเกาะให้สม่ำเสมอไปบนผิวของเมล็ดพันธุ์ (Film coating) โดยเมล็ดจะถูกห่อหุ้มเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ จำพวก Thin polymer (Ramsey, 1975; Scott, 1975; Taylor *et al.*, 1998; Afzal *et al.*, 2020; Cross *et al.*, 2020) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นตัวกลางนำพาสารออกฤทธิ์ให้ติดไปกับเมล็ดพันธุ์เพื่อสนับสนุนส่งเสริมให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกและความแข็งแรงเพิ่มขึ้นจากเดิม (Siri, 2015) โดยเฉพาะการประยุกต์ใช้สารเคลือบชนิด Polyvinylpyrrolidone (PVP- K30) และไคโตซาน เนื่องจากสารเคลือบทั้ง 2 ชนิดมีต้นทุนต่ำและหาได้ภายในประเทศ โดย PVP-K30 มีคุณสมบัติดูดซับความชื้นและละลายน้ำได้ดี (Dumrongprad and Chukamsat, 2006) ส่วนไคโตซานเป็นสารพอลิเมอร์ที่ผลิตขึ้นจากวัสดุธรรมชาติ มีความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม ย่อยสลายได้ง่าย และมีฤทธิ์ในการต่อต้านเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค (Suvathi, 2012) จึงทำให้สารเคลือบทั้ง 2 ชนิดเหมาะสมนำมาใช้เพื่อเป็นสารเคลือบสำหรับการเตรียมความพร้อมให้กับเมล็ดพันธุ์ข้าวสำหรับการเพาะปลูกในสภาพความชื้นในแปลงปลูกน้อย นอกจากนี้การเคลือบเมล็ดพันธุ์

ร่วมกับธาตุอาหารเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการตั้งตัวและการเจริญเติบโตของต้นกล้าได้ (Ascher *et al.*, 1994) ยกตัวอย่างเช่น แคลเซียมมีบทบาทในการสร้างเกลือแคลเซียมเพคเตต (Calcium pectate) และเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีน ส่งเสริมให้เมล็ดดูด $\text{NO}_3\text{-N}$ อีกทั้งมีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์บางชนิด และทำให้ Mitochondria เพิ่มจำนวนขึ้น (Liu *et al.*, 2011) แมกนีเซียมจะกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเมแทบอลิซึมคาร์โบไฮเดรต และส่งเสริมการดูดและเคลื่อนย้ายฟอสเฟตในเมล็ด (Tobe *et al.*, 2002) และวิตามินซีมีความจำเป็นต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมการเจริญเติบโต และเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Sathiyamoorthy and Nakamura, 1995)

ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาชนิดและอัตราของธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมต่อการเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าว และติดตามการเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าว ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้จะเป็นอีกหนึ่งทางเลือกเพื่อยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์และการเพาะปลูกข้าวให้มีผลผลิตและคุณภาพเพิ่มสูงขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ MJU-01 จากสาขาวิชาพืชไร่ ความชื้นก่อนเคลือบของเมล็ดพันธุ์ข้าว คือ 9% ดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ และโรงเรียนทดลอง สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตรมหาวิทยาลัยแม่โจ้ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2563 ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการทดลองดังต่อไปนี้

การเคลือบเมล็ดพันธุ์ (Seed coating)

การศึกษาการเคลือบเมล็ดพันธุ์ถั่วพรางใช้ Polyvinylpyrrolidone (PVP-K30) และไคโตซานเป็นสารเคลือบ แล้วนำมาผสมร่วมกับสารออกฤทธิ์ 3 ชนิด คือ $C_6H_8O_6$, $MgSO_4$ และ $CaCl_2$ โดยมีกรรมวิธีการทดลองตาม Table 1 ต่อเมล็ดพันธุ์ถั่วพราง 45 กรัม ในแต่ละกรรมวิธี การเคลือบเมล็ดพันธุ์ใช้เครื่องเคลือบรุ่น

JK-MJU01 ที่ความเร็ว 30 รอบ/นาที การเคลือบเมล็ดพันธุ์ในแต่ละกรรมวิธีใช้สารเคลือบปริมาตร 5 มิลลิลิตร ใช้เวลา 1 นาทีในการเคลือบ/กรรมวิธีการทดลอง จากนั้นนำเมล็ดพันธุ์หลังผ่านการเคลือบไปลดความชื้นโดยการผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จนความชื้นของเมล็ดเหลือ 8-9% เท่ากับความชื้นเริ่มต้น

Table 1 Seed coating formulation of Jack bean seed and applied to 45 g/seeds per treatment

Active ingredient	Seed coating formulation of Jack bean													
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14
PVP-K30 ¹ (g)	-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Chitosan (ml)		2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
$C_6H_8O_6$ (g)	-	-	0.5	1.0	1.5	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-
$MgSO_4$ (g)	-	-	-	-	-	-	0.5	1.0	1.5	2.0	-	-	-	-
$CaCl_2$ (g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5	1.0	1.5	2.0
water (ml)	-	97.0	96.5	96.0	95.5	95.0	96.5	96.0	95.5	95.0	96.5	96.0	95.5	95.0

¹PVP-K30: Polyvinylpyrrolidone

การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์

1. การตรวจสอบความงอกในสภาพห้องปฏิบัติการ สุ่มเมล็ดพันธุ์ถั่วพรางที่ผ่านกระบวนการเคลือบและไม่เคลือบเมล็ดจำนวน 3 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ด มาทดสอบความงอกโดยวิธี Between Paper (BP) โดยนำไปไว้ในตู้เพาะความงอกที่อุณหภูมิ 30°C (8 ชั่วโมง) และ 20°C (16 ชั่วโมง) ตรวจนับความงอกหลังการเพาะที่ 10 วัน จากนั้นนำมาประเมินผลหาเปอร์เซ็นต์ความงอก (Final germination)

ความงอกในสภาพห้องปฏิบัติการ (%)

$$= \frac{\text{จำนวนต้นกล้าปกติทั้งหมดที่งอกในวันสุดท้าย}}{\text{จำนวนเมล็ดทั้งหมดที่เพาะทดสอบ}}$$

2. การตรวจสอบความงอกในสภาพเรือนทดลอง

สุ่มเมล็ดพันธุ์ถั่วพรางที่ผ่านกระบวนการเคลือบและไม่เคลือบจำนวน 3 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ด มาทดสอบความงอกในสภาพเรือนทดลอง ซึ่งใช้พีทมอส (Peat moss) เป็นวัสดุเพาะ ต้นกล้า ประเมินผลการงอกที่ 10 วัน เช่นเดียวกับวิธีการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

3. การตรวจสอบความเร็วในการงอกในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลอง

สุ่มเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านกระบวนการเคลือบและไม่เคลือบทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ด นับจำนวนเมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้าปกติและจำนวนวันที่งอกตั้งแต่เริ่มเพาะ (First count) จนถึงวันสุดท้าย (Final count) คือ 1-10 วัน แล้วนำผลการนับมาคำนวณหาความเร็วในการงอกตามสูตร

ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน) = ผลรวมของ

$$\left[\frac{\text{จำนวนต้นกล้าปกติที่งอกในแต่ละวัน}}{\text{จำนวนวันหลังเพาะ}} \right]$$

4. เวลาเฉลี่ยในการงอกในสภาพห้องปฏิบัติการ และสภาพเรือนทดลอง เพาะเมล็ดถั่วพรางเช่นเดียวกับวิธีการทดสอบความงอกมาตรฐาน ตรวจนับจำนวนต้นกล้าปกติทุกวัน เป็นเวลา 10 วัน ทำ 3 ซ้ำในแต่ละกรรมวิธีการทดลอง จากนั้นคำนวณเวลาเฉลี่ยในการงอกจากสูตร (Ellis and Roberts, 1980) ดังนี้

เวลาเฉลี่ยในการงอก (วัน)

$$= \frac{(G_1 \times D_1 + G_2 \times D_2 + \dots + G_n \times D_n)}{\text{จำนวนต้นกล้าปกติทั้งหมด}}$$

เมื่อ $G_{1, 2, \dots, n}$ คือ จำนวนต้นกล้าปกติที่งอกวันที่ 1, 2, ..., n (n=10)
 $D_{1, 2, \dots, n}$ คือ จำนวนวันที่ 1, 2, ..., n (n=10) หลังจากวันเพาะเมล็ด

5. การตรวจสอบความยาวต้น ความยาวราก และความยาวต้นกล้า การตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ ประเมินความยาวต้นและความยาวรากที่ 10 วันหลังเพาะทั้งหมด ทำ 3 ซ้ำ ๆ ละ 10 ต้น โดยการประเมินความยาวต้นวัดจากโคนลำต้นอ่อน (Hypocotyl) จนถึงปลายใบ ส่วนความยาวรากวัดจากโคนรากแก้วจนถึงปลายราก ส่วนการประเมินความยาวต้นกล้าทำ 3 ซ้ำ ๆ ละ 10 ต้น ประเมินตรวจวัดตั้งแต่ปลายรากจนถึงปลายใบ โดยใช้ไม้บรรทัดมีหน่วยเป็นเซนติเมตร ส่วนการตรวจสอบในสภาพเรือนทดลองประเมินในวันที่ 10 ของการเพาะเมล็ด ทำโดยสุ่มต้นกล้าจำนวน 3 ซ้ำ ๆ ละ 10 ต้น แล้วนำมาวัดความยาวต้นโดยวัดตั้งแต่โคนลำต้นอ่อน (Hypocotyl) จนถึงปลายใบของต้นกล้าโดยมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

6. น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งต้นกล้า การตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ ประเมินที่ 10 วันหลังเพาะทดสอบ โดยการสุ่มต้นกล้าปกติ ทำ 3 ซ้ำ ๆ ละ 10 ต้น ที่มีส่วนของรากและลำต้นแล้วนำไปตรวจสอบน้ำหนักสดต้นกล้าแล้วบันทึกข้อมูล จากนั้นนำต้นกล้าหลังการตรวจวัดไปตรวจสอบน้ำหนักแห้งต้นกล้า โดยนำไปอบในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 60°C. เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นซึ่งประเมินหาน้ำหนักแห้งของต้นกล้า ส่วนการตรวจสอบในสภาพเรือนทดลอง ประเมินที่ 10 วันหลังเพาะทดสอบ ทำโดยสุ่มตัดลำต้นของต้นกล้าชนิดวัสดุปลูก ทำ 3 ซ้ำ ๆ ละ 10 ต้น จากนั้นนำส่วนลำต้นของต้นกล้าไปตรวจสอบน้ำหนักสดลำต้นแล้วบันทึกข้อมูล จากนั้นนำต้นกล้าปกติหลังการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ และส่วนลำต้นของต้นกล้าหลังการตรวจสอบในสภาพเรือนทดลองในแต่ละวิธีการทดลอง ไปอบในตู้ควบคุมอุณหภูมิเช่นเดียวกันกับการทดสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ แล้วประเมินผลโดยมีหน่วยเป็นกรัม

7. ดัชนีความแข็งแรง (Vigor index) ทำโดยนำเปอร์เซ็นต์ความงอก และความยาวของต้นกล้าที่ได้มาประเมินหาดัชนีความแข็งแรง ทั้งหมดทำ 4 ซ้ำ ตามสูตร Abdul-Baki and Anderson (1973)

ดัชนีความแข็งแรง

$$= \text{ความงอก (\%)} \times \text{ความยาวของต้นกล้า (ซม.)}$$

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพเมล็ดพันธุ์และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วพรางตามลักษณะต่าง ๆ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) แปลงข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดเพื่อวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้วิธี Arcsine Transformation เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการวิจัย

การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วพรางหลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืช

การเคลือบเมล็ดพันธุ์ถั่วพรางร่วมกับธาตุอาหารพืชด้วยชนิดและอัตราแตกต่างกันพบว่า การเคลือบเมล็ดทุกวิธีการมีความงอกที่ทดสอบในสภาพเรือนทดลองดีกว่าการไม่เคลือบเมล็ด ส่วนการตรวจสอบความเร็วในการงอกพบว่า เมล็ดไม่เคลือบและการเคลือบเมล็ดด้วย $C_6H_8O_6$ อัตรา 2.0 กรัม มีความเร็วในการงอกดีกว่าวิธีการอื่น ๆ แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการเคลือบเมล็ดด้วยสารเคลือบเพียงอย่างเดียว และการเคลือบเมล็ดด้วย $C_6H_8O_6$ อัตรา 0.5 กรัม และ 1.0 กรัม เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ ส่วนการตรวจสอบในสภาพเรือนทดลองพบว่า การเคลือบเมล็ดทุกวิธีทำให้เมล็ดมีความงอกดีกว่าและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบเมล็ด ส่วนการเคลือบเมล็ดด้วย $MgSO_4$ อัตรา 0.5 กรัม ทำให้เมล็ดมีความเร็วในการงอกดีกว่าและแตกต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ๆ แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ T3, T8, T9 และ T12 (Table 2)

จากการตรวจสอบเวลาเฉลี่ยในการงอกพบว่า การเคลือบเมล็ดด้วย $MgSO_4$ ทุกอัตรา (T7-T10) ทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด คือ 1.12-1.40 วัน และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ๆ ส่วนการตรวจสอบดัชนีความแข็งแรงพบว่า การเคลือบเมล็ดด้วย $MgSO_4$ อัตรา 0.5 กรัม ทำให้เมล็ดมีดัชนีความแข็งแรงดีกว่าและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ๆ แต่ไม่พบความแตกต่างกับการเคลือบเมล็ดด้วย $MgSO_4$ อัตรา 2.0 กรัม และการเคลือบเมล็ดด้วย $CaCl_2$ อัตรา 0.5 กรัม และ 1.0 กรัม เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ ส่วนการตรวจสอบในสภาพเรือนทดลองพบว่า การเคลือบเมล็ดด้วย $MgSO_4$ อัตรา 0.5 กรัม ยังคงทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกที่เร็วที่สุด คือ 1.34 วัน และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ๆ (Table 3)

Table 2 Germination percentage and speed of germination of Jack bean after seed coating with difference type and ratio of plant nutrients when tested under laboratory and greenhouse conditions

Treatment ³	Laboratory condition		Greenhouse condition	
	Germination (%)	Speed of germination (plant/day)	Germination (%)	Speed of germination (plant/day)
T1	95 b ^{1,2}	27.81 a	81 b	9.41 d
T2	97 ab	25.24 ab	93 a	10.00 cd
T3	99 ab	26.92 ab	96 a	10.75 a-c
T4	99 ab	25.64 ab	96 a	10.58 bc
T5	100 a	23.06 b	94 a	10.21 cd
T6	98 ab	27.76 a	92 a	10.40 bc
T7	100 a	12.81 c	93 a	11.73 a
T8	99 ab	13.07 c	93 a	11.31 ab
T9	98 ab	12.35 c	90 a	11.28 ab
T10	99 ab	13.20 c	93 a	11.03 a-c

Table 2 (Continued)

Treatment ³	Laboratory condition		Greenhouse condition	
	Germination (%)	Speed of germination (plant/day)	Germination (%)	Speed of germination (plant/day)
T11	100 a	12.65 c	89 a	10.60 bc
T12	99 ab	12.16 c	93 a	10.84 a-c
T13	100 a	12.88 c	92 a	10.29 b-d
T14	100 a	13.58 c	92 a	10.56 bc
F-test	*	**	*	**
CV.(%)	5.58	12.36	5.48	5.00

*,**Significantly different at $P \leq 0.05$ and $P \leq 0.01$, respectively

¹Means within a column followed by the same letter are not significantly at $P \leq 0.05$ by DMRT.

²Data are transformed by the arcsine before statistical analysis and back transformed data are presented.

³T1 = non-coated seed, T2 = coated seed with PVP-K30 + chitosan, T3 = coated seed with $C_6H_8O_6$ 0.5 g, T4 = coated seed with $C_6H_8O_6$ 1.0 g, T5 = coated seed with $C_6H_8O_6$ 1.5 g, T6 = coated seed with $C_6H_8O_6$ 2.0 g, T7 = coated seed with $MgSO_4$ 0.5 g, T8 = coated seed with $MgSO_4$ 1.0 g, T9 = coated seed with $MgSO_4$ 1.5 g, T10 = coated seed with $MgSO_4$ 2.0 g, T11 = coated seed with $CaCl_2$ 0.5 g, T12 = coated seed with $CaCl_2$ 1.0 g, T13 = coated seed with $CaCl_2$ 1.5 g and T14 = coated seed with $CaCl_2$ 2.0 g

Table 3 Mean germination time and vigour index of Jack bean after seed coating with difference type and ratio of plant nutrients when tested under laboratory and greenhouse conditions

Treatment ²	Laboratory condition		Greenhouse condition
	Mean germination time (Day)	Vigour index	Mean germination time (Day)
T1	2.55 a ¹	2193 d	2.35 a
T2	2.13 ab	2394 d	2.48 ab
T3	2.06 b	2480 d	2.30 ab
T4	2.23 ab	2286 d	2.37 ab
T5	2.27 ab	2343 d	2.38 ab
T6	2.22 ab	2179 d	2.33 ab
T7	1.12 c	3848 a	1.34 e
T8	1.40 c	3115 c	1.83 d
T9	1.26 c	3468 b	1.95 c
T10	1.32 c	3671 ab	1.62 d
T11	2.12 ab	3550 ab	2.20 b

Table 3 (Continued)

Treatment ²	Laboratory condition		Greenhouse condition
	Mean germination time (Day)	Vigour index	Mean germination time (Day)
T12	2.26 ab	3526 ab	2.25 ab
T13	2.10 b	3637 ab	2.25 ab
T14	2.00 b	3399 bc	2.28 ab
F-test	**	**	**
CV.(%)	11.52	6.51	6.39

**Significantly different at $P \leq 0.01$

¹Means within a column followed by the same letter are not significantly at $P \leq 0.05$ by DMRT.

²T1 = non-coated seed, T2 = coated seed with PVP-K30 + chitosan, T3 = coated seed with $C_6H_8O_6$ 0.5 g, T4 = coated seed with $C_6H_8O_6$ 1.0 g, T5 = coated seed with $C_6H_8O_6$ 1.5 g, T6 = coated seed with $C_6H_8O_6$ 2.0 g, T7 = coated seed with $MgSO_4$ 0.5 g, T8 = coated seed with $MgSO_4$ 1.0 g, T9 = coated seed with $MgSO_4$ 1.5 g, T10 = coated seed with $MgSO_4$ 2.0 g, T11 = coated seed with $CaCl_2$ 0.5 g, T12 = coated seed with $CaCl_2$ 1.0 g, T13 = coated seed with $CaCl_2$ 1.5 g and T14 = coated seed with $CaCl_2$ 2.0 g

การเจริญเติบโตของต้นกล้าถั่วพว้าที่งอกจากเมล็ดที่ผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืช

การเคลือบด้วย $MgSO_4$ อัตรา 0.5 กรัม (T7) ทำให้ต้นกล้ามีความยาวต้นมากกว่าและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับต้นกล้าที่งอกจากเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบและวิธีการอื่น ๆ แต่ไม่พบความแตกต่างกับ T9, T10, T11 และ T13 ส่วนการตรวจสอบความยาวรากพบว่า การเคลือบเมล็ดด้วย $MgSO_4$ อัตรา 2.0 กรัม (T10) ส่งผลให้ต้นกล้ามีความยาวรากมากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ๆ แต่ไม่พบความแตกต่างกับ T3, T7, T12, T13 และ T14 ส่วนความยาวของต้นกล้าพบว่า เมล็ดถั่วพว้าที่ผ่านการเคลือบเมล็ดด้วย $MgSO_4$ อัตรา 0.5 กรัม (T7) มีความยาวของต้นกล้ามากกว่าและแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ๆ แต่ไม่พบความแตกต่างกับวิธีการ T9-T13 เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ ส่วนการตรวจสอบในสภาพเรือนทดลองพบว่า เมล็ดที่ผ่านการเคลือบด้วย $C_6H_8O_6$ อัตรา 1.0 กรัม (T4) มีความยาวต้นของต้นกล้ามากกว่าและแตกต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบ (Table 4)

ส่วนการตรวจสอบน้ำหนักสดต้นกล้าพบว่า การเคลือบเมล็ดด้วย $MgSO_4$ และ $CaCl_2$ ทุกอัตรา ทำให้มีน้ำหนักสดต้นกล้าสูงที่สุดและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ๆ ส่วนการตรวจสอบน้ำหนักแห้งต้นกล้าพบว่า การเคลือบเมล็ดด้วย $MgSO_4$ อัตรา 0.5 กรัม ทำให้มีน้ำหนักแห้งต้นกล้ามากกว่าและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ๆ แต่ไม่พบความแตกต่างกับวิธีการ T9, T10, T11 และ T13 เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ ส่วนการตรวจสอบในสภาพเรือนทดลองพบว่า การเคลือบเมล็ดด้วย $C_6H_8O_6$ อัตรา 1.0 กรัม (T4) ทำให้มีน้ำหนักสดลำต้นของต้นกล้ามากกว่าและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้เคลือบ ส่วนการตรวจสอบน้ำหนักแห้งลำต้นพบว่า เมล็ดที่ผ่านการเคลือบด้วย $C_6H_8O_6$ อัตรา 1.0 กรัม (T4) ยังคงทำให้มีน้ำหนักแห้งลำต้นของต้นกล้ามากกว่าและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้เคลือบ (Table 5)

Table 4 Shoot length, root length, seedling length of Jack bean after seed coating with difference type and ratio of plant nutrients when tested under laboratory and greenhouse conditions

Treatment ²	Laboratory condition		Greenhouse condition	
	Shoot length (cm)	Root length (cm)	Seedling length (cm)	Shoot length (cm)
T1	6.83 c ¹	15.68 d-f	22.51 d	22.24 b-e
T2	7.73 c	16.52 b-f	24.25 d	22.24 b-e
T3	8.14 c	16.82 a-e	24.96 d	23.17 a-c
T4	6.49 c	16.51 b-f	23.00 d	24.18 a
T5	7.58 c	15.85 c-f	23.43 d	23.34 ab
T6	7.98 c	14.38 f	22.37 d	22.62 a-d
T7	20.22 a	18.81 ab	39.03 a	21.28 d-e
T8	16.52 b	15.05 ef	31.56 c	21.68 c-e
T9	18.10 ab	18.04 a-d	36.14 ab	22.22 b-e
T10	18.19 ab	19.05 a	37.25 ab	22.20 b-e
T11	17.84 ab	17.66 a-d	35.50 ab	20.71 e
T12	17.34 b	18.17 a-c	35.51 ab	21.37 de
T13	18.08 ab	18.29 ab	36.37 ab	22.85 a-d
T14	17.26 b	16.73 a-f	33.99 bc	22.43 b-d
F-test	**	**	**	**
CV.(%)	9.65	7.31	6.61	3.80

**Significantly different at $P \leq 0.01$

¹Means within a column followed by the same letter are not significantly at $P \leq 0.05$ by DMRT.

²T1 = non-coated seed, T2 = coated seed with PVP-K30 + chitosan, T3 = coated seed with $C_6H_8O_6$ 0.5 g, T4 = coated seed with $C_6H_8O_6$ 1.0 g, T5 = coated seed with $C_6H_8O_6$ 1.5 g, T6 = coated seed with $C_6H_8O_6$ 2.0 g, T7 = coated seed with $MgSO_4$ 0.5 g, T8 = coated seed with $MgSO_4$ 1.0 g, T9 = coated seed with $MgSO_4$ 1.5 g, T10 = coated seed with $MgSO_4$ 2.0 g, T11 = coated seed with $CaCl_2$ 0.5 g, T12 = coated seed with $CaCl_2$ 1.0 g, T13 = coated seed with $CaCl_2$ 1.5 g and T14 = coated seed with $CaCl_2$ 2.0 g

Table 5 Seedling fresh weight, seedling dry weight, shoot fresh weight and shoot dry weight of Jack bean after seed coating with difference type and ratio of plant nutrients when tested under laboratory and greenhouse conditions

Treatment ²	Laboratory condition		Greenhouse condition	
	Seedling fresh weight (g)	Seedling dry weight (g)	Shoot fresh weight (g)	Shoot dry weight (g)
T1	12.32 b ¹	1.33 c	33.25 b-e	5.14 bc
T2	13.01 b	1.37 c	36.73 a-c	4.72 c
T3	13.90 b	1.50 c	37.32 ab	5.37 a-c

Table 5 (Continued)

Treatment ²	Laboratory condition		Greenhouse condition	
	Seedling fresh weight (g)	Seedling dry weight (g)	Shoot fresh weight (g)	Shoot dry weight (g)
T4	12.28 b	1.30 c	40.32 a	6.07 a
T5	13.90 b	1.47 c	37.47 ab	5.57 ab
T6	13.38 b	1.40 c	35.25 a-d	5.35 a-c
T7	25.72 a	3.71 a	31.54 c-e	5.41 a-c
T8	22.60 a	3.06 b	31.16 de	4.77 bc
T9	25.23 a	3.35 ab	34.37 b-e	5.28 a-c
T10	24.49 a	3.45 ab	33.49 b-e	5.19 bc
T11	24.80 a	3.41 ab	29.61 e	5.08 bc
T12	22.39 a	3.21 b	36.96 a-c	5.51 a-c
T13	25.06 a	3.34 ab	34.27 b-e	5.47 a-c
T14	22.08 a	3.04 b	37.30 ab	5.44 a-c
F-test	**	**	**	*
CV.(%)	11.30	9.53	8.22	7.97

*, **:Significantly different at $P \leq 0.05$ and $P \leq 0.01$, respectively

¹Means within a column followed by the same letter are not significantly at $P \leq 0.05$ by DMRT.

²T1 = non-coated seed, T2 = coated seed with PVP-K30 + chitosan, T3 = coated seed with $C_6H_8O_6$ 0.5 g, T4 = coated seed with $C_6H_8O_6$ 1.0 g, T5 = coated seed with $C_6H_8O_6$ 1.5 g, T6 = coated seed with $C_6H_8O_6$ 2.0 g, T7 = coated seed with $MgSO_4$ 0.5 g, T8 = coated seed with $MgSO_4$ 1.0 g, T9 = coated seed with $MgSO_4$ 1.5 g, T10 = coated seed with $MgSO_4$ 2.0 g, T11 = coated seed with $CaCl_2$ 0.5 g, T12 = coated seed with $CaCl_2$ 1.0 g, T13 = coated seed with $CaCl_2$ 1.5 g and T14 = coated seed with $CaCl_2$ 2.0 g

วิจารณ์ผลการวิจัย

การเคลือบเมล็ดพันธุ์ด้วยพวามีแนวโน้มทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกเพิ่มขึ้น เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลอง โดยเฉพาะการทดสอบในสภาพเรือนทดลองแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าเมล็ดที่ผ่านการเคลือบทุกวิธีการมีความงอกสูงมากกว่าเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบ ทั้งนี้ $C_6H_8O_6$ คือ วิตามินซี ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่จำเป็นต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมเพื่อส่งเสริมการงอกของเมล็ด โดย Sathiyamoorthy and Nakamura (1995) ได้อธิบายว่าการป้องกันสารอินทรีย์ที่จะถูกออกซิไดส์ได้ง่ายโดยใช้สารบางชนิด เช่น วิตามินซี และวิตามินอี จับกับอนุมูลอิสระแทนที่อนุมูล

อิสระจะจับกับสารอินทรีย์ภายในเซลล์เมล็ดจนทำให้เกิดการเสียสภาพ เป็นวิธีการหนึ่งที่ลดการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ จึงทำให้ความงอกของเมล็ดเพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับ Sikhao and Siri (2006) ที่พบว่าการแช่เมล็ดพันธุ์พริกหวานสดด้วยวิตามินซี เป็นเวลา 30 และ 60 นาที โดยใช้อุณหภูมิ 25°C. ทำให้ความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้น นอกจากนี้การเคลือบเมล็ดด้วย $MgSO_4$ ยังมีผลช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์หลายชนิดที่เกี่ยวข้องกับการช่วยเคลื่อนย้ายน้ำตาล (Tongaram, 2003; Pongthai *et al.*, 2017) โดยเฉพาะในรูปของ Sucrose ซึ่งจะถูกส่งจากใบเลี้ยงไปยังส่วนของ Axis อีกทั้ง Glucose เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการ Metabolism เปลี่ยนเป็น Pyruvic acid โดยกระบวนการ

Glycolysis แล้วจึงเข้าสู่วัฏจักร Kerbs ต่อไป ซึ่งการเคลื่อนย้ายน้ำตาลดังกล่าวมีส่วนช่วยยกระดับกระบวนการหายใจและสร้างพลังงานสำหรับใช้ในกระบวนการงอกของเมล็ด (Chanprasert, 2010) นอกจากนี้หลังจากการเคลือบเมล็ดด้วย CaCl_2 อาจมีบทบาทสำคัญสนับสนุน Alpha-amylase ย่อยแบ่งให้สั้นลงเหมือนเดกซ์ทริน และให้อยู่ในรูปของน้ำตาลโมเลกุลคู่ คือ มอลโทส และน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว คือ กลูโคส ซึ่งมีความจำเป็นต่อการสร้างพลังงานเพื่อใช้ในกระบวนการงอกของเมล็ด (Chanprasert, 2010) นอกจากนี้เคลือบเมล็ดยังมีบทบาทในการเคลื่อนย้ายแบ่งไปยังส่วนอื่น ๆ ของพืช และช่วยย่อยสลายแบ่งในเอนโดสเปิร์มของเมล็ดพืชให้มีโมเลกุลเล็กลงเพื่อใช้ในกระบวนการงอก (Bush, 1995; Anil and Rao, 2001)

ส่วนความเร็วในการงอกนั้น การเคลือบเมล็ดด้วย $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ อัตรา 0.5, 1.0 และ 2.0 กรัม ทำให้เมล็ดมีความเร็วในการงอกไม่แตกต่างจากเมล็ดที่ไม่เคลือบเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ แต่การเคลือบเมล็ดด้วย MgSO_4 ทำให้เมล็ดมีแนวโน้มของความเร็วในการงอกดีมากกว่า $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ และ CaCl_2 เมื่อตรวจสอบในสภาพเรือนทดลอง ซึ่งการเพาะทดสอบในสภาพเรือนทดลองเป็นการบ่งบอกถึงความสามารถในการงอกได้ดีในสภาพไร่ แสดงว่าการเคลือบเมล็ดด้วย MgSO_4 มีส่วนช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์เพื่อเป็นแหล่งพลังงานสำหรับใช้ในกระบวนการงอก (Jothityangkoon, 2016) จึงทำให้เมล็ดพันธุ์ถั่วพรางที่ผ่านการเคลือบเมล็ดด้วย MgSO_4 มีแนวโน้มของความเร็วในการงอกหรือความแข็งแรงสูงมากกว่าวิธีการอื่น ๆ แต่การเคลือบเมล็ดด้วย MgSO_4 และ CaCl_2 ทุกอัตราทำให้เมล็ดพันธุ์ถั่วพรางมีความเร็วในการงอกช้ากว่าวิธีการอื่น ๆ ทั้งนี้ MgSO_4 และ CaCl_2 เป็นเกลือที่มีความเข้มข้นสูง (Barker and Pilbeam, 2015) การทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วพรางยังไม่มีวิธีมาตรฐานจากสมาคมทดสอบเมล็ดพันธุ์นานาชาติ (ISTA, 2019) ทำให้การทดสอบความงอกโดยวิธี Between Paper ทำให้เมล็ดได้รับความชื้นและกรด

เกลือจาก MgSO_4 และ CaCl_2 ตลอดระยะเวลา 10 วัน เมล็ดพันธุ์ถั่วพรางจึงงอกได้ช้ามากกว่าวิธีการอื่น ๆ เมล็ดพันธุ์ถั่วพรางอาจมีการสูญเสียความแข็งแรงของเยื่อหุ้มเซลล์ จึงทำให้คุณสมบัติในการควบคุมของเยื่อเลือกผ่านบกพร่อง การทำงานของเอนไซม์หลายชนิดที่เกี่ยวข้องกับการช่วยเคลื่อนย้ายน้ำตาลและการย่อยสลายแบ่งลดลง (Siri, 2015) อีกทั้งทำให้โปรตีนใน Mitochondria เกิดและเพิ่มสูงขึ้น (Liu *et al.*, 2011) แต่การเคลือบเมล็ดด้วย MgSO_4 และ CaCl_2 ทุกอัตราทำให้เมล็ดมีดัชนีความแข็งแรงสูงมากกว่าวิธีการอื่น ๆ

ทั้งนี้เมื่อพิจารณาความงอกยังคงพบว่า การเคลือบเมล็ดด้วย MgSO_4 และ CaCl_2 มีแนวโน้มของความงอกสูงมากกว่าเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบเมล็ด ซึ่งเห็นได้ชัดหลังจากการทดสอบความงอกในสภาพเรือนทดลอง ซึ่งเมล็ดที่ผ่านการเคลือบด้วย $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$, MgSO_4 และ CaCl_2 มีความงอกสูงมากกว่าและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ ทั้งนี้เมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงสูงจะสามารถงอกและตั้งตัวในสภาพไร่ในที่ที่ไม่เหมาะสมได้ดีกว่าเมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงต่ำ จึงสอดคล้องกับผลของเวลาเฉลี่ยในการงอก โดยเฉพาะการเคลือบเมล็ดด้วย MgSO_4 ทุกอัตราทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วมากกว่าเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบและวิธีการอื่น ๆ เมื่อตรวจสอบทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลอง โดยแมกนีเซียมมีประสิทธิภาพในการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเมแทบอลิซึมคาร์โบไฮเดรตและส่งเสริมการดูดและเคลื่อนย้ายฟอสเฟตในเมล็ด (Tobe *et al.*, 2002) ทำให้เกิดกระบวนการการสร้างแบ่งการช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ และช่วยให้รากพืชสามารถดูดน้ำและอาหารได้ดียิ่งขึ้น จึงทำให้ต้นกล้าถั่วพรางงอกได้เร็วมากขึ้นกว่าวิธีการอื่น ๆ ส่วนวิตามินซียังมีประสิทธิภาพในการเพิ่มความแข็งแรงให้แก่เมล็ดถั่ว ยกตัวอย่างการทดสอบแช่เมล็ดในสารละลายวิตามินซีความเข้มข้น 50 uM ก่อนปลูกประมาณ 12-24 ชั่วโมง พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของลิกนินและฟีนอลิก ซึ่งมีความสำคัญ

ต่อการเพิ่มความแข็งแรงให้กับเซลล์พืช และควบคุมกระบวนการเมแทบอลิซึม (Burguires *et al.*, 2007)

ส่วนการเจริญเติบโตของต้นกล้าพบว่า การเคลือบเมล็ดด้วย $MgSO_4$ และ $CaCl_2$ ทำให้ต้นกล้าของถั่วพรางมีความยาวลำต้น น้ำหนักสดต้นกล้า และน้ำหนักแห้งต้นกล้ามากกว่าและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ๆ เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ ในทางตรงกันข้ามเมื่อตรวจสอบในสภาพเรือนทดลองพบว่า การเคลือบเมล็ดด้วย $C_6H_8O_6$ อัตรา 1.0 กรัม ทำให้ต้นกล้ามีความสูงต้นมากกว่าและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบ ทั้งนี้ $MgSO_4$ มีบทบาทสำคัญสนับสนุนการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์หลายชนิดที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์แสง (Tongaram, 2003) อีกทั้งกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ให้กระตุ้นการสลายน้ำในปฏิกิริยาการใช้แสง (Pairohakul, 2016) ต้นกล้าพืชเมื่อออกและมีพัฒนาการของต้นกล้าที่มีใบจริง จึงทำให้ต้นกล้าถั่วพรางมีระบบการสังเคราะห์แสงได้ดีมากขึ้น จึงมีพลังงานเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตของต้นกล้ามากขึ้นกว่าเดิม ซึ่งการเคลือบเมล็ดด้วย $MgSO_4$ อัตรา 0.5 กรัม แสดงให้เห็นว่ามีพัฒนาการของต้นกล้า (ผลรวมต้นกล้า) สูงเพิ่มขึ้น 73% เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบ อีกทั้งการเคลือบเมล็ดด้วย $CaCl_2$ มีส่วนช่วยสนับสนุนความแข็งแรงของเนื้อเยื่อและเซลล์พืชที่จำเป็นต่อการแบ่งเซลล์และการเจริญเติบโตของเซลล์ และช่วยลดการเป็นพิษของกรดออกซาลิก ซึ่งถ้ามีมากเกินไปจะเป็นอันตรายต่อต้นพืชในระยะต้นกล้า (Tongaram, 2003) จึงทำให้ต้นกล้าถั่วพรางมีพัฒนาการของต้นกล้าเพิ่มมากขึ้นกว่าเดิม

ส่วนการตรวจสอบความยาวรากของต้นกล้าพบว่า การเคลือบเมล็ดด้วย $MgSO_4$ อัตรา 2.0 กรัม มีความยาวรากมากกว่าและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ได้เคลือบ ทั้งเมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับแมกนีเซียมอาจจะมีความสำคัญต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง แต่จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าต้นกล้าพืชมีพัฒนาการของลำต้นได้ดีมาก จึงทำให้ต้นกล้าถั่วพรางสามารถสังเคราะห์แสงได้สูง จึงมีส่วนทำให้พัฒนาการของรากดีตามไปด้วย อย่างไรก็ตามเมื่อตรวจสอบในสภาพเรือนทดลองพบว่า การเคลือบเมล็ดด้วย $C_6H_8O_6$ อัตรา 1.0 กรัม มีความยาวลำต้น น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งลำต้นต้นกล้ามากกว่า และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบ โดยวิตามินซีความจำเป็นต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของการเจริญเติบโต และเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเมื่อนำไปเพาะในสภาพเรือนทดลอง อีกทั้งช่วยให้เซลล์พืชรักษาสภาวะสมดุลได้ดีอีกด้วย (Babu and Devaraj, 2008) โดยเฉพาะสภาพแปลงปลูกจะช่วยลดการเกิดกระบวนการ Lipid peroxidation ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นจากสาร Reactive Oxygen Species (ROS) ที่เกิดขึ้นเมื่อเมล็ดพันธุ์อยู่ในสภาวะเครียด ได้แก่ ความชื้นต่ำและอุณหภูมิสูง เป็นต้น (Siri, 2015) นอกจากนี้วิตามินซียังสามารถส่งเสริมการดูดซับน้ำและแร่ธาตุต่าง ๆ ไว้ได้ดี และควบคุมการปลดปล่อยแร่ธาตุและสารอาหารให้แก่ต้นกล้าพืชได้ (Kongthong, 2008) จึงทำให้เมล็ดพันธุ์ถั่วพรางที่เคลือบร่วมกับวิตามินซี ($C_6H_8O_6$) มีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นได้ดีมากกว่าวิธีการอื่น ๆ ส่วนการเคลือบเมล็ดโดยใช้โคโตซานซึ่งเป็นหนึ่งในส่วนผสมของสารเคลือบที่มีคุณสมบัติช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับเมล็ดพันธุ์และเซลล์ของต้นกล้า อีกทั้งโคโตซานยังช่วยป้องกันเมล็ดพันธุ์หลังปลูกจากการเข้าทำลายของเชื้อรา และยังช่วยกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันแก่เมล็ดพันธุ์พืช ทำให้ต้นกล้าเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและแข็งแรง (Bhaskara *et al.*, 1999; Chandkrachang, 2000; Kasselaki *et al.*, 2008)

สรุปผลการวิจัย

การเคลือบเมล็ดพันธุ์ถั่วพว้าร่วมกับธาตุอาหารพืชชนิดและอัตราแตกต่างกัน จากนั้นนำไปตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังการเคลือบในสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน จึงสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การเคลือบเมล็ดพันธุ์ถั่วพว้าด้วย $MgSO_4$ ทุกอัตรา ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกและมีเวลาเฉลี่ยในการงอกดีขึ้น เมื่อทดสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

2. การเคลือบเมล็ดด้วย $MgSO_4$ อัตรา 0.5 กรัม ทำให้มีความยาวลำต้น ผลรวมต้นกล้าและน้ำหนักแห้งต้นกล้ามากกว่าวิธีการอื่น ๆ เมื่อทดสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

3. การเคลือบเมล็ดด้วย $C_6H_8O_6$ ทุกอัตรามีความงอกมากกว่าเมล็ดไม่เคลือบ เมื่อทดสอบในสภาพเรือนทดลอง

4. การเคลือบเมล็ดด้วย $C_6H_8O_6$ อัตรา 0.5 กรัม ทำให้เมล็ดมีความยาวลำต้น น้ำหนักสดลำต้นต้นกล้า และน้ำหนักแห้งลำต้นต้นกล้ามากกว่าวิธีการอื่น ๆ เมื่อทดสอบในสภาพเรือนทดลอง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนางไพโร เกษเพชร เกษตรกรผู้ปลูกถั่วพว้า จังหวัดหนองบัวลำภู สำหรับข้อมูลการเพาะปลูกและปัญหาการเพาะปลูกถั่วพว้าในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

เอกสารอ้างอิง

Abdul-Baki, A.A. and J.D. Anderson. 1973. Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. **Crop Sci.** 13(6): 630-633.

Afzal, I., T. Javed, M. Amirkhani and A.G. Taylor. 2020. Modern seed technology: seed coating delivery systems for enhancing seed and crop performance. **Agriculture** 10(11): 526.

Anil, V.S. and K.S. Rao. 2001. Calcium mediated signal transduction in plants: a perspective on the role of Ca^{2+} and CDPKs during early plant development. **J. Plant Physiol.** 158(10): 1237-1256.

Ascher, J.S., R.D. Graham, D.E. Elliott, J.M. Scott and R.S. Jessop. 1994. Agronomic Value of Seed with High Nutrient Content. pp. 297-308. In Saunderson, D.A. and G.P. Hellel (ed.). **Wheat in Heat-Stressed Environments: Irrigated, Dry Areas and Rice-Wheat Farming Systems.** Mexico City: CIMMYT.

Babu, N.R. and V.R. Devaraj. 2008. High temperature and salt stress response in French bean (*Phaseolus vulgaris*). **Aust. J. Crop Sci.** 2(2): 40-48.

Barker, A.V. and D.J. Pilbeam. 2015. **Handbook of Plant Nutrition.** 2nd. Boca Raton: CRC Press. 773 p.

Bhaskara, M.V., A. Joseph, A. Paul and C. Luc. 1999. Chitosan treatment of wheat seeds induces resistance to *Fusarium graminearum* and improves seed quality. **J. Agric. Food Chem.** 47(3): 1208-1216.

Burguières, E., P. McCue, Y. Kwon and K. Shetty. 2007. Effect of vitamin C and folic acid on seed vigour response and phenolic-linked antioxidant activity. **Bioresour. Technol.** 98(7): 1393-1404.

- Bush, D.S. 1995. Calcium regulation in plant cells and its role in signaling. **Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.** 46: 95-122.
- Chandrkrachang, S. 2000. Knowledge of Chitin-Chitosan for Farmers. pp. 3-8. *In The Conference and an Exhibition on Modern Farmers with Chitin-Chitosan Phase 2*. Bangkok: Kasetsart University. [in Thai]
- Chanprasert, W. 2010. **Seed Physiology**. Bangkok: Department of Agronomy Kasetsart University. 167 p. [in Thai]
- Cross, A.T., S. Pedrini and K.W. Dixon. 2020. Foreword: international standards for native seeds in ecological restoration. **Restor. Ecol.** 28(S3): S216-S218.
- Dumrongprat, K. and K. Chukamsat. 2006. **Influence of Plasticizers on the Release of Water-soluble Drug from Microporous Osmotic Pump Tablets**. A Special Project. Bangkok: Faculty of Pharmacy, Mahidol University. 46 p. [in Thai]
- Ellis, R.A. and E.H. Roberts. 1980. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. **Seed Sci. Technol.** 9(2): 373-409.
- ISTA (International Seed Testing Association). 2019. **International Rules for Seed Testing, Edition 2019**. Bassersdorf: International Seed Testing Association. 20 p.
- Jothityangkoon, D. 2016. **Biology and Seed Science Technology**. Khon Kaen: Department of Plant science and Agricultural Resources, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University. 279 p. [in Thai]
- Kasselaki, A.M., N.E. Malathrakis, D.E. Gouma, J.M. Cooper and C. Leifert. 2008. Effect of alternative treatments on seed-borne *Didymella lycopersici* in tomato. **J. Appl. Microbiol.** 105(1): 36-41.
- Ket-Petch, P. 2020. **Personal Communication (Interview)**. November 10, 2020. [in Thai]
- Kongthong, S. 2008. Chitin-chitosan. **Journal of Industrial Education** 3(1): 1-7. [in Thai]
- Liu, T.W., F.H. Wu, W.H. Wang, J. Chen, Z.J. Li, X.J. Dong, J. Patton, Z.M. Pei and H.L. Zheng. 2011. Effects of calcium on seed germination, seedling growth and photosynthesis of six forest tree species under simulated acid rain. **Tree Physiol.** 31(4): 402-413.
- Pairohakul, S. 2016. **Biology**. Bangkok: Active Print Co., Ltd. 567 p. [in Thai]
- Pongthai, T., J. Onthong and K. Khawmee. 2017. Effect of magnesium on nutrient concentration and growth of rubber tree sapling. **Journal of Agr. Research & Extension** 34(1): 1-12. [in Thai]
- Ramsey, J.C. 1975. Seed coating. **Rangeman's Journal** 5(2): 145.

- Sathiyamoorthy, P. and S. Nakamura. 1995. Free radical induced lipid peroxidation in seeds. **Isr. J. Plant Sci.** 43(4): 295-302.
- Scott, D. 1975. Effects of seed coating on establishment. **New Zeal. J. Agr. Res. J.** 18(1): 59-67.
- Sikhao, P. and B. Siri. 2006. The effects of seed separating with different types of solution and wet seed priming with different chemicals on sweet pepper seeds. **Agricultural Sci. J.** 37(Suppl.6): 177-180. [in Thai]
- Siri, B. 2015. **Seed Conditioning and Seed Enhancements.** Khon Kaen: Klunghanawitthaya Press. 239 p. [in Thai]
- Taylor, A.G., P.S. Allen, M.A. Bennett, K.J. Bradford, J.S. Burris and M.K. Misra. 1998. Seed enhancements. **Seed Sci. Res.** 8(2): 245-256.
- Tobe, K., X. Li and K. Omasa. 2002. Effects of sodium, magnesium and calcium salts on seed germination and radicle survival of a halophyte, *Kalidium caspicum* (Chenopodiaceae). **Aust. J. Bot.** 50(2): 163-169.
- Tongaram, D. 2003. **Soilless Culture.** 3rd Edition. Bangkok: Pimdeekarnpim Co., Ltd. 816 p. [in Thai]

ศักยภาพของธาตุสังกะสีและโบรอนต่อการลดอาการผิดปกติของเปลือกลำไย

The Potential of Zinc and Boron Fertilization to Reduce Longan Peel Reddening Disorder

วินัย วิริยะอลงกรณ์^{1*} และวัชรินทร์ จันทวรรณ²

Winai Wiriya-Alongkorn^{1*} and Watcharin Jantawan²

¹สาขาไม้ผล คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

¹Pomology Division, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

²The Office of Agricultural Research and Extension, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: naimiat56@gmail.com

Received: August 11, 2020

Revised: March 16, 2021

Accepted: March 16, 2021

Abstracts

Since potassium chlorate ($KClO_3$) has been found to reliably induce longan flowering, Thai farmers are able to sustain longan production all year round. However, the continuous use of $KClO_3$ is affecting longan trees by causing disorders during certain phonological stages. Among those is the longan peel reddening disorder (PRD). When affected by PRD the skin of the fruit turns red and hard, preventing it from growing. Meanwhile, in Northern Thailand PRD has a considerable economic impact on longan farming and method for remediation are sought. The aim of this study was to identify ways of combatting PRD through improving the micro nutritional status of the longan trees. Therefore, boron (B) and Zinc (Zn) were applied by foliar sprays and the effect on longan fruit growth was compared to non-treated trees. The experiment was organized following a completely randomized design (CRD) with 7 treatments and 5 replications. The treatments were as follows; 1) control (no micronutrient spray), 2) 0.1% B, 3) 0.2% B, 4) 0.1 Zn, 5) 0.2% Zn, 6) 0.1% B + 0.1% Zn, 7) 0.2% B + 0.2% Zn. As a result, in the first month, the control had a higher significantly fruit set per bunch as compared to the foliar application of Zn and B. Analyzing fruit quality at harvest, was found that the foliar application of Zn and B resulted in a significantly higher flesh and fruit weight per bunch as compared to the control and the treatments with only one micro-nutrient applied. With respect to width and length of fruit, total soluble solids, peel weight and seed weight no significant differences were found. However, the skin color differed significantly among the treatments: After zinc and boron 0.2 concentration foliar application fruits developed from light green into bright yellow at the harvesting stage. Leaves treated with Zn and B foliar sprays showed higher concentrations of both micro-nutrients as compared to non-treated. This

showed that the Zn and B foliar application can be absorbed by the leaves and accumulated in the plant tissue in order to ensure the sufficient supply in every growth stage. While the experimental set-up was not appropriate to prove that PRD was the effect of micro-nutrient deficiency, it was shown that the foliar application of Zn and B can reduce the occurrence of PRD in longan. In order to ensure sufficient supply of Zn and B foliar spray applications can be recommended.

Keyword: zinc, boron, *Dimocarpus longan*, fruit set, potassium chlorate ($KClO_3$)

บทคัดย่อ

ตั้งแต่มีการค้นพบว่าสารโพแทสเซียมคลอเรตชักนำการออกดอกของลำไยได้ เกษตรกรไทยจึงเชื่อว่าสามารถผลิตลำไยได้อย่างต่อเนื่องตลอดทั้งปี อย่างไรก็ตามการใช้สารโพแทสเซียมคลอเรตอย่างต่อเนื่องจะส่งผลกระทบต่อต้นลำไย โดยทำให้มีลักษณะอาการผิดปกติบางอย่าง คือ เปลือกเป็นสีแดงและแข็ง ทำให้ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ซึ่งมีผลกระทบทางเศรษฐกิจอย่างมากต่อการทำสวนลำไยในภาคเหนือของไทย จึงจำเป็นต้องหาทางแก้ปัญหาดังกล่าว การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขปัญหาเปลือกสีแดงที่เกิดขึ้นและการปรับปรุงธาตุอาหารของต้นลำไย ดังนั้นจึงมีการใช้สังกะสีและโบรอนโดยการฉีดพ่นทางใบต่อการเจริญเติบโตของผลลำไยเปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้พ่น วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) แบ่งการทดลองเป็น 7 กรรมวิธี ๆ ละ 5 ซ้ำ โดยใช้ต้นเป็นซ้ำคือ กรรมวิธีควบคุม (พ่นน้ำเปล่า) กรรมวิธีที่ 2 โบรอน 0.1% กรรมวิธีที่ 3 โบรอน 0.2% กรรมวิธีที่ 4 สังกะสี 0.1% กรรมวิธีที่ 5 สังกะสี 0.2% กรรมวิธีที่ 6 โบรอน + สังกะสี 0.1% และกรรมวิธีที่ 7 โบรอน + สังกะสี 0.2% ในเดือนแรกของการทดลอง พบว่าต้นควบคุมมีจำนวนผลต่อช่อมากกว่าต้นที่ฉีดพ่นสังกะสีและโบรอน โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังการเก็บเกี่ยว

พบว่าในด้านคุณภาพของผล ต้นที่ได้รับสังกะสีและโบรอนมีน้ำหนักเนื้อและน้ำหนักผลสูงขึ้นมากกว่าการพ่นน้ำเปล่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนความกว้าง ความยาวของผล ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ น้ำหนักเปลือก และน้ำหนักเมล็ด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามสีผิวเปลือกของลำไยพบว่า การพ่นโบรอนร่วมกับสังกะสี ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ลำไยมีสีผิวเปลือกเป็นสีเขียวและเหลืองได้อย่างชัดเจนเมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยว โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนใบลำไยที่ได้รับสังกะสีและโบรอนพบว่า หลังการพ่นปริมาณของธาตุทั้งสองในใบมีการเพิ่มมากขึ้นกว่าค่ามาตรฐาน แสดงให้เห็นว่าการใช้สังกะสีและโบรอนทางใบสามารถดูดซึมเข้าทางใบไปเก็บสะสมและนำไปใช้ในทุกระยะการเจริญเติบโต แม้ว่าการกำหนดแผนการทดลองอาจจะไม่เหมาะสมที่จะพิสูจน์ว่าสามารถช่วยลดอาการเปลือกสีแดงได้ในลำไยที่เป็นผลมาจากการขาดธาตุอาหารเสริม แต่ก็แสดงให้เห็นว่าการใช้สังกะสีและโบรอนทางใบสามารถลดการเกิดอาการเปลือกสีแดงในลำไยได้ ดังนั้นควรฉีดพ่นธาตุสังกะสีและโบรอนทางใบให้เพียงพอ

คำสำคัญ: สังกะสี โบรอน ลำไย การติดผล
สารโพแทสเซียมคลอเรต

คำนำ

ปัจจุบันเป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปว่าสารโพแทสเซียมคลอไรด์ชักนำการออกดอกของลำไยได้ และเกษตรกรสามารถผลิตและดูแลรักษาลำไยได้อย่างต่อเนื่องตลอดทั้งปี อย่างไรก็ตามในการผลิตลำไยอย่างต่อเนื่องอาจส่งผลกระทบต่อลำไย โดยทำให้มีลักษณะอาการผิดปกติบางอย่าง คือ เปลือกเป็นสีแดงและแข็ง ทำให้ไม่เจริญเติบโต ซึ่งพบเห็นได้ในอำเภอดอยเต่าและอำเภอมะแตงบางส่วน ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจอย่างมาก และเกษตรกรยังไม่สามารถแก้ปัญหานี้ได้ อย่างยั่งยืน (Threenet *et al.*, 2017)

อาการเปลือกสีแดงของลำไย (Longan peel reddening disorder) เป็นลักษณะความผิดปกติทางสรีรวิทยาอย่างหนึ่งของลำไยที่พบในปัจจุบัน โดยเกิดอาการที่ผลลำไยมีลักษณะผิวเปลือกมีสีค่อนข้างแดงในระหว่างช่วงระยะการเจริญเติบโตของผลและมีลักษณะแข็ง ทำให้ลำไยมีลักษณะผลที่เล็กไม่สามารถเจริญเติบโตเป็นผลขนาดใหญ่ได้ ส่งผลกระทบต่อผลผลิตของเกษตรกร โดยพบอาการดังกล่าวในหลายพื้นที่ที่มีการปลูกลำไยทางภาคเหนือ เช่น บางพื้นที่ในจังหวัดเชียงใหม่และบางพื้นที่ในจังหวัดลำพูน แต่การเกิดในแต่ละพื้นที่จะมีการแสดงออกของกลุ่มอาการที่มีลักษณะที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ เช่น ลักษณะขนาดของผลที่มีขนาดเล็ก ลักษณะสีผิวของเปลือกที่มีลักษณะสีเข้มขึ้นหรืออาจรวมถึงลักษณะเนื้อของผลลำไยที่มีลักษณะแห้งและมีสีที่แตกต่างไปจากลักษณะลำไยปกติ สำหรับสาเหตุของอาการดังกล่าวยังไม่สามารถระบุสาเหตุที่แน่นอน แต่ได้มีการศึกษาเบื้องต้นมาแล้วด้านโปรตีน (Threenet *et al.*, 2017) ซึ่งคล้ายกับการรายงานของ Khaosumain *et al.* (2005) พบว่าลำไยที่ขาดจุลธาตุจะทำให้ผลผลิตไม่ได้คุณภาพ ผลไม่โต ต้นโทรมเร็ว ต่อมาจะกลายเป็นโรคหงอยที่พบในปัจจุบัน Wiriya-Alongkorn *et al.* (2016) รายงานว่าบริเวณแหล่งเพาะปลูกดังกล่าวที่มีอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาของผิวเปลือกลำไย มักมีจุลธาตุ

ไม่เพียงพอ เช่น โบรอนและสังกะสี ตลอดจนเกิดการแสดงออกของโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสะสมอาหาร เช่น Vegetative storage protein และโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการรับส่งธาตุไอออน Plasma membrane-associated cation-binding protein 1 เกิดขึ้น (Paimprom *et al.*, 2019) นอกจากนี้ Wiriya-Alongkorn *et al.* (2016) ยังพบว่า อาการโรคหงอยหรือใบแสดงอาการไหม้ มักจะมีจุลธาตุไม่เพียงพอทำให้ผลลำไยไม่ได้คุณภาพโดยเฉพาะการขาดสังกะสี และโบรอน จะทำให้แคระแกรน ใบไหม้และข้อปล้องหดสั้นลงอย่างชัดเจน ซึ่งมีผลให้ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ ในโตรเจน และโบรอนในใบต่ำกว่าในใบของต้นที่ไม่ขาดอย่างชัดเจน จากปัญหาดังกล่าวจึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาผลของสังกะสีและโบรอนในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว เพื่อให้การช่วยเหลือเกษตรกรที่ประสบปัญหาเรื่องของผิวเปลือกของลำไยเปลี่ยนเป็นสีแดง ทำให้ผิวเปลือกแข็งไม่ได้คุณภาพ ถ้าสามารถแก้ปัญหาได้อย่างยั่งยืนจะทำให้ต้นลำไยของเกษตรกรอายุยืน และผลผลิตมีคุณภาพดี ไม่แสดงอาการของเปลือกสีแดงหรือผิดปกติอีกต่อไป เป็นผลให้เกษตรกรชาวสวนลำไยมีผลผลิตที่มีคุณภาพดี และส่งผลให้มีรายได้ที่เพิ่มขึ้น เสริมสร้างคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นจากงานวิจัยนี้

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกต้นลำไยพันธุ์อีดอที่มีอายุประมาณ 10 ปี ขนาดทรงพุ่มประมาณ 6 เมตร จากสวนเกษตรกรบ้านภูดิน ตำบลแม่หอพระ อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ที่มีประวัติของอาการความผิดปกติทางสรีรวิทยาของเปลือกลำไยทุกปี โดยการมีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยแบ่งการทดลองเป็น 7 กรรมวิธี ๆ ละ 5 ซ้ำ ใช้จำนวนต้นทั้งหมด 35 ต้น ดังนี้ กรรมวิธีควบคุม (พ่นน้ำเปล่า) กรรมวิธีที่ 2 พ่นสารละลายโบรอนความเข้มข้น 0.1% (w/w) กรรมวิธีที่ 3 พ่นสารละลายโบรอนความเข้มข้น 0.2% (w/w) กรรมวิธีที่ 4 พ่นสารละลาย

สังกะสีความเข้มข้น 0.1% (w/w) กรรมวิธีที่ 5 พ่นสารละลายสังกะสีความเข้มข้น 0.2% (w/w) กรรมวิธีที่ 6 พ่นสารละลายโบรอนความเข้มข้น 0.1% (w/w) ร่วมกับสารละลายสังกะสีความเข้มข้น 0.1% (w/w) และกรรมวิธีที่ 7 พ่นสารละลายโบรอนความเข้มข้น 0.2% (w/w) ร่วมกับสารละลายสังกะสีความเข้มข้น 0.2% (w/w) โดยสารละลายสังกะสีเตรียมจาก 13.2% Fe-EDTA ของ Haifa Micro และโบรอนเตรียมจาก 15% Boric acid ของ Fertiber ให้ธาตุอาหารพืชทางใบจำนวน 5 ครั้ง ตั้งแต่ก่อนการออกดอก ระยะแทงช่อดอก (ก่อนดอกบาน) ระยะติดผลขนาดเล็ก (ผลมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มม.) ระยะผลกำลังเจริญเติบโต (ผลมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 ซม.) และระยะก่อนการเก็บเกี่ยว (เมล็ดในดำ) โดยฉีดพ่นในช่วงเวลาที่มีแสงแดดอ่อนในช่วงเช้า 06.00-10.00 น. เพื่อหลีกเลี่ยงช่วงแดดจัดที่จะทำให้เกิดอาการไหม้ของใบ ฉีดพ่นโดยใช้เครื่องพ่นแบบเครื่องยนต์สะพายหลังให้เป็นละอองเล็ก ๆ พ่นเฉพาะต้น และป้องกันการไปโดนต้นข้างเคียงโดยสุมต้นเว้นต้น เก็บใบคู่ที่ 3-4 เพื่อวิเคราะห์ธาตุสังกะสีและโบรอน ก่อนและหลังการพ่น แต่ละระยะเก็บข้อมูลอย่างละ 5 ซ้ำ ๆ ละ 1 ต้น ๆ ละ 20 ผล

การบันทึกข้อมูล

บันทึกสภาพอากาศจากสถานีวัดอากาศที่อยู่ใกล้เคียงของหน่วยงาน NECTEC และบันทึกการติดผลและการร่วงของผลแต่ละระยะการเจริญเติบโตของผล โดยการนับจำนวนผลที่เหลือต่อช่อทุก ๆ สัปดาห์ แล้วนำมาคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การร่วงของผล หลังการฉีดพ่นธาตุสังกะสีและโบรอน การวัดค่าสีผิวโดยการนำผลมาวัดจำนวน 5 ผลต่อซ้ำ ทุกระยะที่ทำการพ่นสังกะสีและโบรอน ใช้เครื่องวัดสีรุ่น Minolta CR10 plus Colorimeter ผลิตจากประเทศญี่ปุ่น วัดขนาดของผล วิเคราะห์ปริมาณธาตุสังกะสีและโบรอนทางใบ โดยการเก็บใบคู่ที่ 3-4 เป็นตัวแทน กรรมวิธีละ 10 ใบ และบันทึกคุณภาพของผลผลิต จำนวน 10 ช่อผลต่อต้น ทำการวัดความกว้าง ความยาวของผล หน่วยเป็นเซนติเมตร โดยใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ บันทึกน้ำหนักผลต่อช่อหน่วยเป็นกรัม ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids: TSS) น้ำหนักเปลือก น้ำหนักผล น้ำหนักเนื้อ มีหน่วยเป็นกรัม ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Sirichai statistic V.9 (วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test: DMRT)

Table 1 Research activity at longan plantation of Ban Phu Din, Mae Taeng district, Chiang Mai

Activity	Day/month/year
Soil applications with potassium chlorate (20 g/m ²)	29 December 2018
1 st Foliar application with potassium chlorate (3 g/20Liter water)	3 January 2019
2 nd Foliar application with potassium chlorate (3 g/20Liter water)	11-12 January 2019
1 st Foliar application with zinc and boron before flowering	16 January 2019
2 nd Foliar application with zinc and boron after flowering	13 February 2019
3 rd Foliar application with zinc and boron small fruit	5 April 2019
4 th Foliar application with zinc and boron fruit growth	20 March 2019
5 th Harvesting	28 August 2019

ผลการวิจัยและวิจารณ์

สภาพภูมิอากาศ

ความแปรปรวนของสภาพอากาศแสดงใน Figure 1 ในระหว่างการทดลอง ปี พ.ศ. 2562 ระหว่างเดือนมกราคม ถึง เดือนสิงหาคม มีอุณหภูมิสูงเฉลี่ย 35.14 ± 2.90 °ซ. และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 22.87 ± 3.28 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศค่อนข้างต่ำ ขณะเดียวกันเป็นช่วงที่มีการระเหยของน้ำมากเช่นกันหรือเรียกว่าเป็นช่วงแล้ง (Figure 2) ระยะนี้เป็นช่วงที่ลำไยกำลังติดผลและอยู่ในช่วงที่ผลกำลังเจริญเติบโต ถ้ามีน้ำไม่เพียงพอหรืออุณหภูมิสูงเกินไปมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำจะมีผลต่อการ

ติดผล (Manochai, 2002) ใบไหม้ และผิวเปลือกลำไยไหม้ได้เช่นกัน (Wiriya-Alongkorn *et al.*, 2015) ซึ่งเป็นช่วงสำคัญถ้ามีการให้น้ำไม่เพียงพอหรือขาดแคลนธาตุอาหารจะทำให้ใบลำไยหรือผิวเปลือกลำไยไม่สามารถทนต่อสภาพอากาศร้อนจัดได้โดยแสดงอาการใบไหม้ ช่วงเวลาดังกล่าวลำไยมีการติดผลผิวเปลือกของผลลำไยจึงเกิดอาการไหม้หรืออาจเกิดจากเซลล์บางส่วนไม่สามารถทนต่อสภาพอากาศที่ร้อนจัดได้ ซึ่งคล้ายกับในลิ้นจี่ที่พบว่าใบแสดงอาการไหม้หรือเรียกว่า Sunburn (Roygrong, 2009) และในลำไยเกิดอาการเช่นเดียวกับลิ้นจี่ (Wiriya-alongkorn *et al.*, 2007)

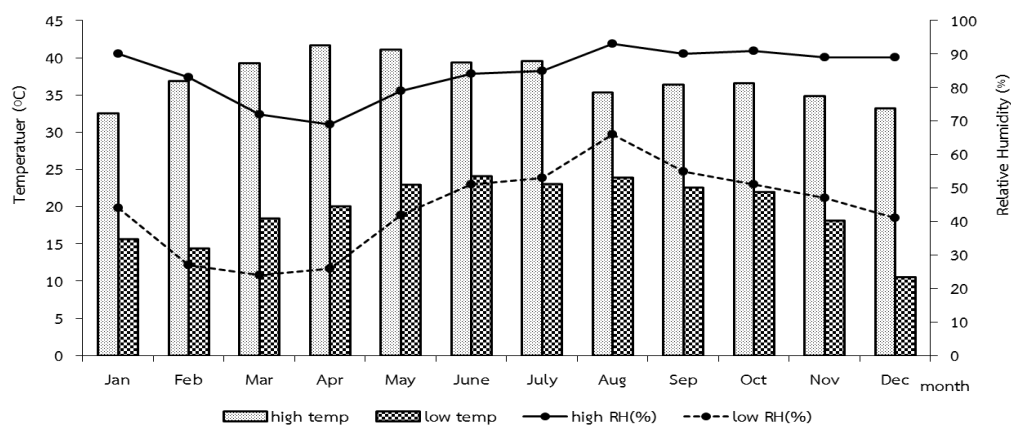


Figure 1 The highest temperature, lowest average temperature and relative humidity at Baan Phu Din, Amphoe MaeTaeg, Chiang Mai in 2019

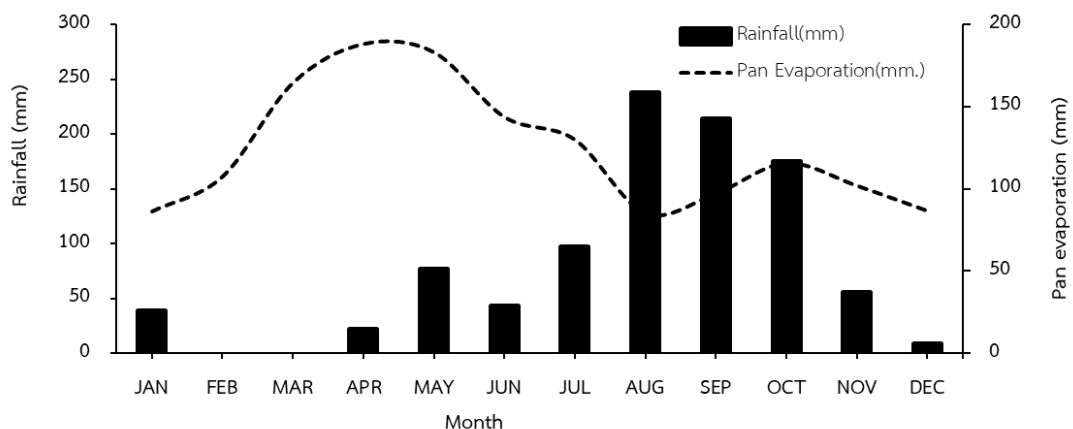


Figure 2 Monthly rainfall and evaporation at Baan Phu Din, Amphoe MaeTaeg, Chiang Mai in 2019

จำนวนผลที่เหลือต่อช่อและเปอร์เซ็นต์การร่วงของผล

การฉีดพ่นธาตุสังกะสีและโบรอนกับลำไยที่แสดงอาการผิดปกติทางผิวเปลือกลำไยพบว่า จำนวนผลต่อช่อ ก่อนและหลังการฉีดพ่นธาตุสังกะสีและโบรอน ในระยะแรกของการติดผลได้ 1 เดือน ลำไยมีการติดผลไม่สม่ำเสมอ ต้นควบคุมมีการติดผลดกมากกว่าต้นอื่น ๆ เฉลี่ย 40 ผลต่อช่อ ขณะที่หลังการติดผล 1 เดือน ลำไยต้นที่พ่นธาตุสังกะสีและโบรอนมีการติดผลเฉลี่ย 19-35 ผลต่อช่อ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามหลังการฉีดพ่นธาตุสังกะสีและโบรอนได้ 4 เดือน ลำไยมีการร่วงของผลค่อนข้างมาก โดยเฉพาะต้นที่ไม่ได้ฉีดพ่นธาตุสังกะสีและโบรอนมีการร่วงถึง 31% ขณะที่ต้นที่ฉีดพ่นโบรอนความเข้มข้น 0.2% ร่วมกับสังกะสีความเข้มข้น 0.2% มีการร่วงของผลเพียง 16% ส่วนระยะก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิต (6 เดือนหลังการติดผล) ต้นที่พ่นโบรอนและสังกะสี และต้นที่ไม่พ่นมีการร่วงสะสมไม่แตกต่างกัน โดยมีการร่วงระหว่าง 39-57% แสดงว่า

การฉีดพ่นธาตุสังกะสีและโบรอนสามารถลดการหลุดร่วงของผลได้ระดับหนึ่งโดยเฉพาะช่วงแรกของการติดผล เป็นที่สังเกตว่าต้นที่พ่นน้ำเปล่ามีการติดผลมากกว่าต้นที่พ่นธาตุสังกะสีและโบรอน แต่การติดผลลดลงหรือมีการร่วงของผลมากกว่าต้นอื่น ๆ แสดงให้เห็นว่าสังกะสีและโบรอนมีความจำเป็นต่อการติดผล จะเห็นได้จากต้นที่พ่นสังกะสีและโบรอนมีการสะสมในใบเพิ่มขึ้นและลำไยสามารถนำไปใช้ได้ทันที จากรายงานของ Menzel (1983) ได้พ่นสังกะสีและโบรอนกับลิ้นจี่ตั้งแต่ก่อนออกดอก ระยะออกดอก และระยะผลเจริญเติบโต สามารถทำให้เพิ่มการออกดอก และจำนวนผล รวมทั้งมีคุณภาพของผลดีขึ้นกว่าไม่ได้พ่นสังกะสีและโบรอน อาจเป็นเพราะธาตุสังกะสีเป็นธาตุที่มีความจำเป็นต่อการสร้างฮอร์โมนออกซินที่มีบทบาทต่อการแบ่งเซลล์ การพัฒนาใบ ยอด และผล ในระยะแรก ๆ ของการเจริญเติบโต (Jeyakumar *et al.*, 2001) (Table 2, Figure 3 และ Figure 4)

Table 2 Number of fruit set per bunch after fruit set to harvest

Treatment	Number of fruit set per bunch			
	1 month	2 month	4 month	6 month
Water spraying (control)	40.08±12.38a ¹	27.55±11.46	21.00±4.41	17.15±4.63
Foliar application by boron 0.1%	35.54±6.53ab	27.23±5.86	18.82±2.52	17.46±2.41
Foliar application by boron 0.2%	27.22±4.37abc	21.66±4.03	18.58±3.01	16.40±3.50
Foliar application by zinc 0.1%	27.14±2.13abc	20.72±1.72	20.82±1.86	14.76±1.31
Foliar application by zinc 0.2%	25.10±6.10bc	18.05±6.01	16.38±4.81	12.58±3.95
Foliar application by boron 0.1% + zinc 0.1%	19.28±6.67c	15.11±6.16	13.70±4.02	8.93±4.62
Foliar application by boron 0.2% + zinc 0.2%	24.28±4.03bc	20.23±4.03	15.96±4.60	14.53±4.95
F-test	**	ns	ns	ns
CV. (%)	25.10	57.15	22.28	55.79

¹Means in the same column followed by different alphabets show significant differences at 95% ($p \leq 0.05$) by the Duncan's New Multiple Range Test (DMRT). ns = non significant differences; ** = significant differences ($p \leq 0.01$)

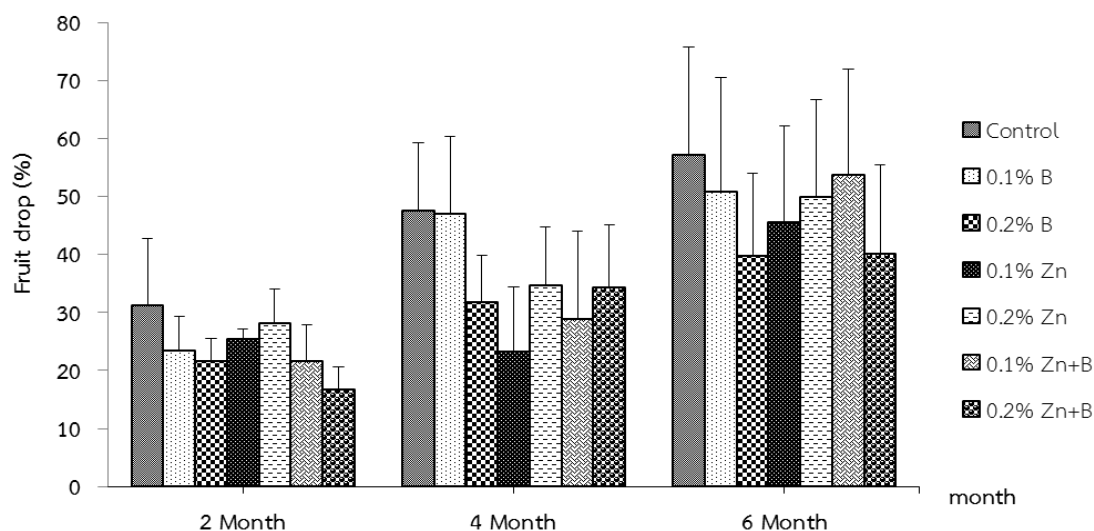


Figure 4 Monthly fruit drop after treatment and during fruit development, fruit set to harvest

องค์ประกอบของผลผลิต

การฉีดพ่นธาตุโบรอนและสังกะสีมีผลทำให้ผลและเนื้อมีน้ำหนักมากกว่าต้นที่พ่นน้ำเปล่าอย่างชัดเจน โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่เปลือกและเมล็ดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3) จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าโบรอนและสังกะสีสามารถกระตุ้นให้ผลมีน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะส่วนของเนื้อพบว่าโบรอนและสังกะสี ความเข้มข้น 0.2% ทำให้เนื้อมีน้ำหนักมากกว่าความเข้มข้นอื่น ๆ และต้นที่ไม่ได้พ่นธาตุสังกะสีและโบรอนซึ่งมีน้ำหนักเนื้อน้อยที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำหนักโดยรวมของ

องค์ประกอบของผลผลิตยังตอบสนองต่อการพ่นโบรอนและสังกะสีทางใบ ความเข้มข้น 0.2% มากที่สุด โดยมีน้ำหนักถึง 101.92 กรัม ซึ่งมากกว่าความเข้มข้นอื่น ๆ ส่วนเปอร์เซ็นต์ส่วนที่รับประทานได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าการให้ธาตุโบรอนและสังกะสีพร้อม ๆ กันทางใบ ทำให้เปอร์เซ็นต์ของส่วนที่รับประทานได้มากกว่าการให้ธาตุโบรอนหรือสังกะสีเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้ความกว้าง ความยาว และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) พบว่าทุกปริมาณความเข้มข้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3 และ Table 4)

Table 3 Fruit weight, peel weight, fresh weight, seed weight and total weight of longan fruit after foliar application with zinc and boron (n=5)

Treatment	Weight of parts of product			
	Fruit (g)	Peel (g)	Fresh (g)	Seed (g)
Water (control)	40.80c ¹	0.60	32.20c	8.00
Foliar application by boron 0.1%	44.19bc	0.59	35.60bc	8.00
Foliar application by boron 0.2%	47.68ab	0.68	38.80abc	8.20

Table 3 (Continue)

Treatment	Weight of parts of product			
	Fruit (g)	Peel (g)	Fresh (g)	Seed (g)
Foliar application by zinc 0.1%	47.46ab	0.66	38.80abc	8.00
Foliar application by zinc 0.2%	48.57ab	0.77	40.60ab	7.20
Foliar application by boron 0.1 + zinc 0.1%	52.73a	0.73	40.60ab	7.80
Foliar application by boron 0.2 + zinc 0.2%	49.15ab	0.75	44.20a	7.80
F-test	*	ns	**	ns
CV. (%)	9.75	22.73	11.10	9.38

¹Means in the same column followed by different alphabets show significant differences at 95 % ($p \leq 0.01$) using by the Duncan's new multiple range test (DMRT). ns = non significant differences; ** = significant differences ($p \leq 0.01$); * = significant differences ($p \leq 0.05$)

Table 4 Fruit weight per bunch, width, length and total soluble solid (TSS) of longan after foliar application of zinc and boron

Treatment	Fruit weight per bunch (g)	Width (cm)	Length (cm)	TSS (°Brix)
	n=1	n=5	n=5	n=5
Water (control)	214.00a ¹	2.42	2.78	20.83
Foliar application by boron 0.1%	189.44ab	2.46	2.76	21.32
Foliar application by boron 0.2%	195.24a	2.56	2.92	20.82
Foliar application by zinc 0.1%	192.42a	2.50	2.89	21.56
Foliar application by zinc 0.2%	161.52ab	2.57	2.95	21.70
Foliar application by boron 0.1 + zinc 0.1%	132.86b	2.61	3.00	20.74
Foliar application by boron 0.2 + zinc 0.2%	132.54b	2.53	28.18	20.46
F-test	*	ns	ns	ns
CV. (%)	24.78	3.46	4.51	4.81

¹Means in the same column followed by different alphabets show significant differences at 95% ($p \leq 0.05$) using by the Duncan's New Multiple Range Test (DMRT). ns = non significant differences; * = significant differences ($p \leq 0.05$)

ค่าสีผิว

โดยทั่วไปการแบ่งเกรดของลำไยหรือกำหนดคุณภาพของลำไยจะใช้ปัจจัยอยู่หลาย ๆ ปัจจัย ซึ่งสีผิวของเปลือกลำไยเป็นปัจจัยหนึ่งที่เป็นตัวกำหนดคุณภาพของผลลำไยได้ โดยดูลักษณะความสว่าง และสีเหลืองของเปลือกลำไยเป็นเกณฑ์ ในส่วนของค่าสี ($L^* a^* b^*$) ที่เป็นค่านิยมในการประเมินลักษณะที่ปรากฏของตัวอย่างที่ทำการศึกษา โดยค่า L^* ที่เข้าใกล้ 100 หมายถึง ตัวอย่างมีความสว่างมากจนเป็นสีขาวหรือสีขาว ๆ แต่ถ้าค่า L^* เข้าใกล้ 0 หมายถึง ตัวอย่างมีความสว่างน้อยลงจนเป็นสีคล้ำ ส่วนค่า a^* ที่เป็นบวก แสดงว่าตัวอย่างเป็นสีแดงหรือองค์ประกอบมีสีแดง แต่ค่า a^* ที่เป็นลบ แสดงว่าตัวอย่างเป็นสีเขียว และในค่า b^* ที่เป็นบวกแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีเหลือง แต่ถ้าค่า b^* เป็นลบแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีน้ำเงิน (Somsang, 2008) ลักษณะของเปลือกของลำไยโดยทั่วไปจะมีสีน้ำตาลปนเหลืองหรือปนเขียว ผลใกล้สุกจะมีเปลือกสีเหลือง หรือมีน้ำตาลอมแดง (Jarenkit, 2017) หลังการฉีดพ่นธาตุสังกะสีและโบรอนได้ 6 เดือน พบว่าการฉีดพ่นสังกะสีร่วมกับโบรอนความเข้มข้น 0.2% ทำให้ค่า L^* สูงถึง 51.28-52.02 แสดงให้เห็นว่าเปลือกลำไยมีความสว่างมากที่สุดไม่แสดงลักษณะดำคล้ำ ขณะที่สังกะสีร่วมกับโบรอนความเข้มข้น 0.1% ส่งผลให้ค่า a^* ต่ำสุด คือ 8.91 และค่า b^* เท่ากับ 35.99 แสดงถึงลักษณะสีเปลือกมีสีแดงน้ำตาลน้อยกว่าความเข้มข้นอื่น ๆ และมีสีออกเหลืองมากที่สุด (Table 5) จากผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าสังกะสีและโบรอนมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของลำไยได้ระดับหนึ่ง อาจเป็นเพราะสังกะสีเป็นองค์ประกอบในการสร้างคลอโรฟิลล์ และส่วนที่มีสีเขียวในคลอโรพลาสต์ โดยเฉพาะกระบวนการสังเคราะห์แสง (Suksawat, 2001) ส่วนโบรอนเป็นธาตุที่ช่วยในเรื่องการขยายขนาด

ของเซลล์ซึ่งผลลำไยสามารถเจริญเติบโตได้ดีเมื่อมีการฉีดพ่นร่วมกับสังกะสี จากงานทดลองจะเห็นว่าต้นที่ไม่ได้พ่นสังกะสีและโบรอนจะมีผิวเปลือกสีแดงมากกว่าปกติและกลายเป็นอาการผิดปกติ ทำให้การเจริญเติบโตของผลลำไยไม่เป็นไปตามปกติ

นอกจากนี้ในสภาพที่มีอากาศร้อน โดย Roygrong (2009) ได้นำเสนอว่าควรทำร่มเงาให้กับพืชหรือผลผลิตจะทำให้พืชไม่ได้รับความเสียหายอันเนื่องจากการขาดสังกะสีได้ เช่น ลิ้นจี่ที่ได้รับแสงแดดจัดในช่วงบ่ายจะเกิดอาการใบไหม้ได้ แก้ไขได้โดยทำร่มเงาและให้ธาตุสังกะสีเพิ่มเติมจะแก้ไขอาการดังกล่าวได้ สอดคล้องกับ Manochai *et al.* (2007) พบว่าลำไยที่อยู่ภายใต้ร่มเงาของทรงพุ่มจะมีสีผิวสวยกว่าผลลำไยที่อยู่ภายนอกทรงพุ่ม นอกจากนี้ Jaroenkit *et al.* (2010) พบว่าการห่อผลลำไยทำให้ลำไยมีสีสวยขึ้นกว่าการไม่ห่อผลเช่นกัน ส่วนอาการผิวสีแดงของเปลือกลำไยอาจมีสาเหตุมาจากการขาดธาตุอาหารเสริมบางชนิด เช่น โบรอน นอกจากนี้โบรอนยังมีบทบาทต่อการเคลื่อนย้ายน้ำตาลมาเลี้ยงยอดอ่อนที่กำลังเจริญเติบโตทั้งด้านการแบ่งเซลล์และการขยายตัวของเซลล์ (Suksawat, 2001) ในสภาพสวนของเกษตรกรมีการใช้สังกะสีและโบรอนน้อยทำให้ดินที่ปลูกพืชเกิดการขาดได้ง่าย เมื่อแสดงอาการขาดแล้วก็ยากต่อการแก้ไขหรือแก้ไขได้ไม่ทันเหตุการณ์ ซึ่งจากรายงานของ Khaosumain *et al.* (2005) พบว่าลำไยที่ขาดโบรอนและสังกะสีในสภาพสวนของเกษตรกรมีลักษณะอาการใบเล็กอย่างชัดเจน และต้นแคระแกรน สอดคล้องกับการสำรวจของ Wiriya-Alongkorn *et al.* (2007) ที่สำรวจสวนลำไยพบว่า ใบลำไยของสวนที่มีปริมาณโบรอนและสังกะสีต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานจะมีลักษณะใบเล็กต้นแคระแกรนกว่าสวนที่มีความเข้มข้นของโบรอนและสังกะสีอยู่ในระดับมาตรฐาน

Table 5 Skin color value of longan peel after foliar

Treatment	Skin color											
	1 month			2 month			3 month			6 month		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Water (control)	56.80	1.10a ¹	13.58ab	46.12	0.06	31.45ab	48.12a	8.16	30.30	48.20c	9.87ab	30.02b
Foliar application boron 0.1%	57.22	-0.54b	13.12b	47.51	0.03	32.24a	49.08	7.12	30.52	49.68bc	9.70abc	30.37b
Foliar application boron 0.2%	57.52	-0.11b	14.62a	46.72	-0.20	32.76a	48.88	11.60	32.46	50.32abc	10.13a	30.51b
Foliar application zinc 0.1%	58.12	-0.20b	14.67a	46.62	0.47	31.29b	47.28	7.28	32.33	50.04abc	9.78ab	30.60b
Foliar application zinc 0.2%	57.32	-0.66b	13.54ab	48.24	-0.42	31.76ab	47.40	7.44	31.96	49.26bc	10.05a	29.58b
Foliar application boron 0.1% + zinc 0.1%	57.18	-0.073b	13.27b	46.55	-0.11	30.30b	49.74	5.27	32.68	51.28ab	8.91c	35.99a
Foliar application boron 0.2 % + zinc 0.2%	56.64	-0.086b	12.76b	47.50	-0.36	30.48b	49.32	5.55	32.92	52.02a	9.08bc	31.75ab
F-test	ns	**	**	ns	ns	**	ns	ns	ns	*	*	**
CV. (%)	1.70	-190.55	4.85	2.87	-689.40	2.88	3.13	64.49	5.32	3.23	6.33	8.07

¹Means in the same column followed by different alphabets show significant differences at 95% ($p \leq 0.05$) using by the Duncan's New Multiple Range Test (DMRT).

ns = non significant differences; * = significant differences ($p \leq 0.05$); ** = significant differences ($p \leq 0.01$)

การสะสมธาตุสังกะสีและโบรอนในใบ

การฉีดพ่นธาตุสังกะสีและโบรอนทางใบลำไย ตั้งแต่ระยะก่อนออกดอกถึงระยะก่อนเก็บเกี่ยว พบว่า ก่อนการออกดอกลำไยมีสังกะสีและโบรอนสะสมในใบค่อนข้างต่ำกว่าระดับมาตรฐาน หลังจากพ่นธาตุสังกะสีทางใบพบว่า สังกะสีที่ความเข้มข้น 0.1 และ 0.2% ทำให้มีการสะสมธาตุสังกะสีเพิ่มขึ้นเล็กน้อยแต่มากกว่าระดับมาตรฐาน ตั้งแต่ระยะการเจริญเติบโตของผลถึงระยะเก็บเกี่ยว (Figure 5) แสดงให้เห็นว่าสังกะสีที่ฉีดพ่นสามารถซึมเข้าไปในใบได้อย่างมีประสิทธิภาพ และลำไยสามารถนำไปสะสมเพื่อเก็บไว้ใช้ในช่วงที่ต้องการได้ ขณะที่ต้นที่ฉีดพ่นโบรอนมีผลให้สังกะสีลดลงอย่างเด่นชัด แสดงให้เห็นว่าลำไยมีการใช้สังกะสีในระยะเริ่มออกดอก ถึงระยะการเจริญเติบโตของผล ลักษณะเดียวกันต้นที่พ่นโบรอนความเข้มข้น 0.2% มีผลให้ความเข้มข้นของโบรอน

สูงถึงระดับมาตรฐานกว่าต้นที่ไม่ได้พ่น เป็นที่น่าสังเกตว่าโบรอนมีปริมาณต่ำกว่ามาตรฐานในระยะเจริญเติบโตของผลที่ใหญ่ขึ้น เป็นไปได้ว่ามีการใช้โบรอนในระยะนี้มากขึ้น แต่เพิ่มสูงขึ้นในระยะสุดท้ายก่อนการเก็บเกี่ยว แสดงให้เห็นว่าระยะเก็บเกี่ยวเป็นระยะที่ลำไยหยุดการขยายขนาดของเซลล์แล้ว ดังนั้นลำไยอาจจะไม่ได้ใช้โบรอนมาก (Figure 6) เนื่องจากธาตุทั้งสองเป็นธาตุที่ไม่เคลื่อนย้ายหรือเคลื่อนย้ายได้ช้าทำให้การสะสมช้า และลำไยมีการใช้ธาตุทั้งสองในการเจริญเติบโตจึงถูกนำไปใช้ในกระบวนการเมตาบอลิซึมก่อนการออกดอกค่อนข้างมาก โดย Roygrong (2009) รายงานว่าสังกะสีและโบรอนเป็นองค์ประกอบของกระบวนการสังเคราะห์แสงทำให้ได้มาซึ่งสารอาหารและองค์ประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกดอกและติดผล

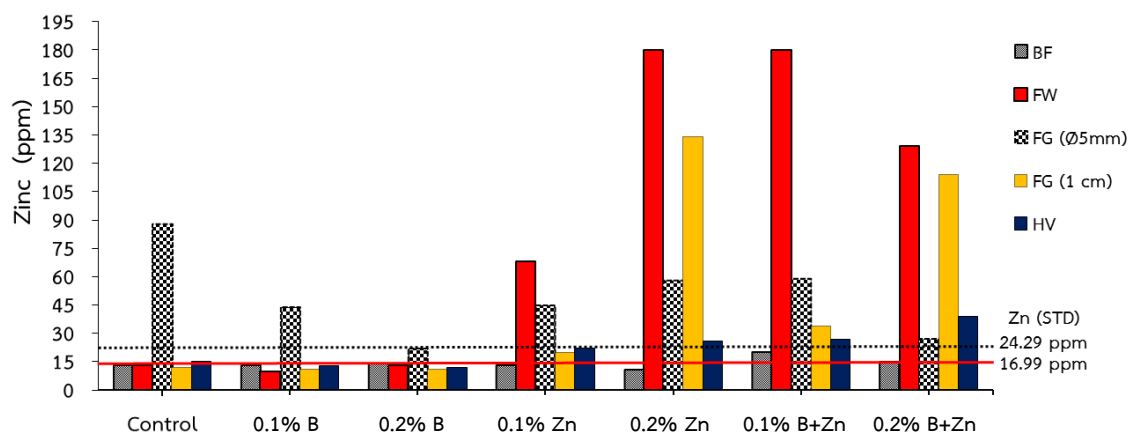


Figure 5 Zinc in longan leaves after foliar application with concentrations and at different stage of longan (BF= Before flower, FW= Flowering, FG= Fruit growth, HV= Harvest) Zinc Standard (STD) at 16.99-24.29 ppm by Khaosumain *et al.* (2005)

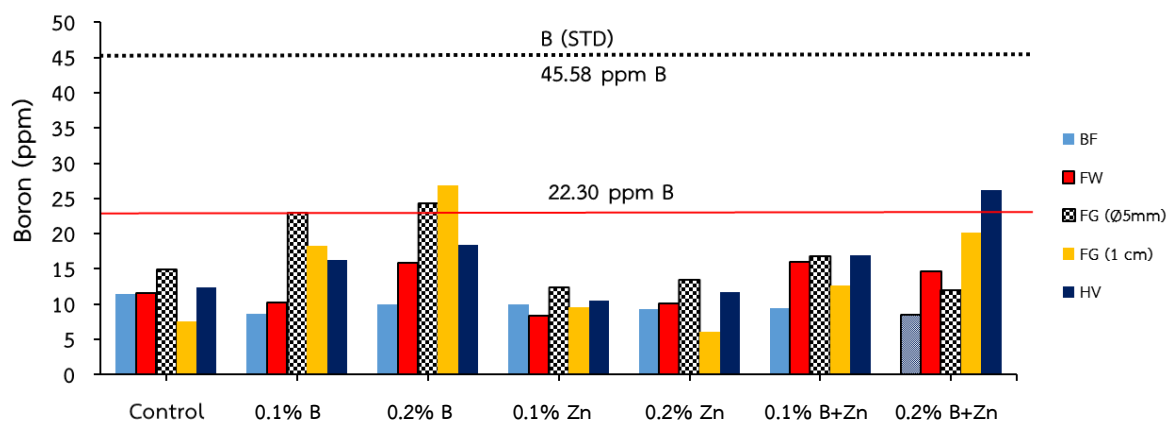


Figure 6 Boron in longan leaves after foliar application different concentrations and differ stage of longan (BF= Before flower, FW= Flowering, FG= Fruit growth, HV= Harvest), Boron Standard (STD) at 22.30-45.58 ppm by Khaosumain *et al.* (2005)

สรุปผลการวิจัย

การฉีดพ่นธาตุสังกะสีและโบรอน ความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่า ต้นควบคุม (พ่นน้ำเปล่า) มีการติดผลมากกว่าต้นที่พ่นสังกะสีและโบรอนทางใบทุกความเข้มข้น แต่มีเปอร์เซ็นต์การร่วงของผลมากกว่าต้นที่พ่นสังกะสีและโบรอน นอกจากนี้ ต้นควบคุมยังมีน้ำหนักผลและน้ำหนักเนื้อน้อยกว่าต้นที่พ่นสังกะสีและโบรอนทุกความเข้มข้นโดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่าความสว่างของสีผิวเปลือกพบว่า การพ่นสังกะสีร่วมกับโบรอนความเข้มข้น 0.2% ส่งผลให้มีผิวเปลือกสว่างกว่าความเข้มข้นอื่น ๆ และต้นควบคุมมีค่าความสว่างน้อยที่สุด แสดงให้เห็นว่าการพ่นสังกะสีและโบรอนทางใบช่วยให้ผิวสีของเปลือกลำไยสีสวยหรือเป็นสีเหลืองมากขึ้น ซึ่งเป็นที่ต้องการของตลาดและชาวสวนลำไยในขณะนี้ ส่วนใบลำไยที่ได้รับสังกะสีและโบรอนพบว่า หลังการพ่นธาตุทั้งสอง

ในใบมีการเพิ่มมากขึ้นกว่าค่ามาตรฐาน แสดงให้เห็นว่าการให้สังกะสีและโบรอนทางใบสามารถดูดซึมเข้าทางใบไปเก็บสะสมและนำไปใช้ในทุกระยะการเจริญเติบโต แม้ว่าการกำหนดแผนการทดลองอาจจะไม่เหมาะสมที่จะพิสูจน์ว่าสามารถช่วยลดอาการเปลือกสีแดงได้ในลำไยที่เป็นผลมาจากการขาดธาตุอาหารเสริม แต่ก็แสดงให้เห็นว่าการใช้สังกะสีและโบรอนทางใบสามารถลดการเกิดอาการเปลือกสีแดงในลำไยได้ ดังนั้นควรฉีดพ่นธาตุสังกะสีและโบรอนทางใบให้เพียงพอ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 ผ่านสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Jaroenkit, T. 2017. **Maejo: Knowledge of Longan Varieties**. Chiang Mai: Maejo University. 12 p.
- Jaroenkit, T., S. Maichoo, P. Manochai and S. Ratanamano. 2010. Effect of fruit bagging on chemical compositions and skin pigments of fresh longan (*Dimocarpus longan* Lour.). **Acta Hort** 863: 397-399.
- Jeyakumar, P., D. Durgadevi and N. Kumar. 2001. Effect of zinc and boron fertilization on improving fruit yields in papaya (*Carica papaya* L.) cv. Co5. pp. 356-357. *In* **Plant Nutrition Developments in Plant and Soil Sciences, Springer**. DOI: 10.1007/0-306-47624-X_172.
- Khaosumain, Y., C. Sritontip and S. Changjaraja. 2005. Nutritional status of declined and healthy longan trees in Northern Thailand. Proc. 2nd ISHS on Lychee, Longan, Rambutan & Other Sapindaceae Plants. **Acta Hort** 665: 275-280.
- Manochai, P., W. Sutton, C. Senanan and J. Srijan. 2007. **The Development of training system for the reduction cost by the cultivation of dwarf longan trees**. 42 p. *In* Research Report. Chiang Mai: Maejo University. [in Thai]
- Manochai, P. 2002. **Tropical Fruit**. Chiang Mai: Department of Horticulture, Faculty of Agricultural Production, Maejo University. 173 p.
- Menzel, C.M. 1983. The control of floral initiation in lychee: a review. **Scientia Horticulturae** 21(3): 201-205.
- Paimprom, A., W. Wiriya-alongkorn and E. Threenet. 2019. Protein Biomarkers from Physiological Disorder Syndrome in Seed of Longan on Fruit Growth Using 2-D Gel Coupled with LC-MS/MS. pp. 440-447. *In* **Proceedings of Conference on National Congress**. Khonkaen: Khonkaen University. [in Thai]
- Roygrong, S. 2009. **Role of Boron and Zinc in Growth and Flowering of Lychee (*Litchi chinensis* Sonn.)**. Doctoral Dissertation. Institute of Plant Nutrition Rhizosphere and Fertilization Universität Hohenheim. 10 p.
- Suksawat, M. 2001. **Soil Fertility**. Bangkok: Odeon Store. 344 p. [in Thai]
- Somsang, S. 2008. **Comparison of Colour Change of Lychee (*Lichi chinensis* Sonn. (cv. Guang Jao)) Preserved by Ultra High Pressure and Heat Treatments**. Master Thesis. Chiangmai University. 108 p.

Threenet, E., A. Kleawkla, W. Wiriyaalongkorn and A. Joomwong. 2017. **Evaluation of protein markers for identification of physiological disorder syndromes in longan fruit.** Research Report. Chiang Mai: Maejo University. 107 p. [in Thai].

Wiriya-Alongkorn, W., S. Roygrong, W. Spreer, S. Ongprasert, V. Römheld and T. Müller. 2007. Effectiveness of Micro-nutrient Fertilization in Off-season Longan Production in Northern Thailand. Topentag 2007. pp. 1-16. *In Conference on International Agricultural Research for Development, October 9-11.* Germany: University of Kassel-Witzenhausen and University of Göttingen.

Wiriya-Alongkorn, W., J. Sananan, W. Spreer and C. Kanjanaphachot. 2015. **The impact of climatic variation on phenological change, yield and fruit quality of longan (*Dimocarpus longan* Lour.) C.V. “Daw” in Northern Thailand.** 14 p. *In* Research Report. Chiang Mai: Maejo University.

Wiriya-Alongkorn, W., W. Spreer, S. Ongprasert, K. Spohrer and J. Müller. 2016. Influence of water supply on CO₂ concentration in the root-zone of split-root potted longan trees. *ICIRA* 2: 346-356.

คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระและชีวเคมีของโปรตีนไฮโดรไลเซตจากกากเมล็ดดาวอินคา

Antioxidant and Biochemical Properties of Protein Hydrolysates

Prepared from Sacha Inchi Meal

ศรัญญา สุวรรณอังกุล^{1*} และชนิษฐา รุตรัตนมงคล²

Saranya Suwanangul^{1*}, and Khanitta Ruttarattanamongkol²

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

¹Program of Food Science and Technology, Faculty of Engineering and Agro-Industry

Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

²Department of Agro-Industry, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment

Naresuan University, Phitsanulok, Thailand 65000

*Corresponding author: saranya_sw@mju.ac.th

Received: February 15, 2022

Revised: May 02, 2022

Accepted: May 31, 2022

Abstract

The oil from sacha inchi is one type of oil which is very popular, especially among health-conscious people. However, after the oil extraction process, 50 % of meal (residue) from the initial material remained, which is high in protein. This seems suitable to produce protein hydrolysate and peptide which is beneficial in bioactivity. This research aimed to produce the protein hydrolysate and peptide, which are good sources of antioxidants and have a biochemical effect to restrain the enzyme causing chronic diseases while also adding the value to the sacha inchi meal. Enzymatic hydrolysate was extracted from sacha inchi meal protein isolate by using flavourzyme. The sacha inchi protein hydrolysate (SPH) was further fractionated into peptide sizes of 1, 3, 5 and 10 kDa using membrane ultrafiltration. The <1 kDa peptides exhibited significantly better ($p < 0.05$) diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) and hydroxyl radical scavenging activities when compared to peptide fractions of higher molecular weights. The high activity of <1 kDa peptides in these antioxidant assay systems may be related to the high levels of total hydrophobic and aromatic amino acids. In comparison to glutathione, the SPH and its membrane fractions had higher ability to chelate metal ions. In addition, the <1 kDa peptides had the greatest ACE-inhibition (Hypertension), DPP-IV inhibition (Type 2 Diabetes), α -amylase

inhibition and α -glucosidase inhibition (Obesity) an IC_{50} value of 1.56, 2.31, 3.77 and 1.84 mg/ml, respectively. Antioxidant activities and enzyme inhibition were determined by the molecular weight and amino acid from peptide fractions.

Keywords: sacha inchi meals, protein hydrolysate, antioxidant properties, bioactive peptide

บทคัดย่อ

น้ำมันจากเมล็ดดาวอินคาเป็นหนึ่งในน้ำมันที่คนนิยมรับประทาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ที่รักสุขภาพ เนื่องจากภายหลังการบีบน้ำมันจะได้ผลผลิตพลอยได้ (กากเมล็ดดาวอินคา) ประมาณร้อยละ 50 ของปริมาณวัตถุดิบเริ่มต้น ซึ่งผลผลิตพลอยได้ดังกล่าวอุดมด้วยโปรตีนที่มีคุณภาพ เหมาะสำหรับผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตและเปปไทด์ ที่มีประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตและเปปไทด์ที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระและออกฤทธิ์ทางชีวเคมีในการยับยั้งเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโรคเรื้อรัง เพื่อเพิ่มมูลค่าผลผลิตพลอยได้จากกากเมล็ดดาวอินคา โปรตีนไฮโดรไลเซตถูกเตรียมจากกากเมล็ดดาวอินค้าย่อยด้วยเอนไซม์ฟลาโวไซม์ จากนั้นโปรตีนไฮโดรไลเซต (SPH) ถูกกรองผ่านเยื่อกรองเมมเบรนระดับอัลตราฟิลเตรชันขนาด 1, 3, 5 และ 10 กิโลดาลตัน พบว่าเปปไทด์ขนาดต่ำกว่า 1 กิโลดาลตัน สามารถกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH และอนุมูลไฮดรอกซิลสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับเปปไทด์ที่มีขนาดใหญ่ อาจเนื่องจากพบกรดอะมิโนที่ไม่ชอบน้ำและกรดอะมิโนอะโรมาติกอยู่จำนวนมาก ทั้งนี้ SPH และเปปไทด์มีความสามารถดักจับอนุมูลของโลหะได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลูตาไรโอน นอกจากนี้เปปไทด์ขนาดต่ำกว่า 1 กิโลดาลตัน มีบทบาทสำคัญในการยับยั้งเอนไซม์ ACE (โรคความดันโลหิตสูง) DPP-IV (โรคเบาหวานชนิดที่ 2) α -amylase และ α -glucosidase (โรคอ้วน) มีค่า IC_{50} เท่ากับ 1.56 2.31 3.77 และ 1.84 มก./มล. ตามลำดับ

อย่างไรก็ตามกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระและการยับยั้งเอนไซม์ถูกกำหนดโดยน้ำหนักโมเลกุลและกรดอะมิโน

คำสำคัญ: กากเมล็ดดาวอินคา โปรตีนไฮโดรไลเซต สมบัติต้านอนุมูลอิสระ เปปไทด์ที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ

คำนำ

ดาวอินคาหรือถั่วดาวอินคา (Sacha inchi) เป็นพืชให้น้ำมันในตระกูล Euphorbiaceae ซึ่งอุดมด้วยน้ำมันร้อยละ 35-60 ที่มีคุณภาพ เนื่องจากมีกรดไขมันจำเป็นในปริมาณสูง ได้แก่ กรดไขมันโอเมก้า 3 ร้อยละ 45-63 กรดไขมันโอเมก้า 6 ร้อยละ 34-39 และกรดไขมันโอเมก้า 9 ร้อยละ 6-10 (Wang and Kakuda, 2018) นอกจากนี้ยังอุดมด้วยโปรตีนร้อยละ 27-33 และวิตามินและแร่ธาตุหลายชนิด (Jagersberger, 2013; Maurer et al., 2012) จากศักยภาพที่ดีด้านคุณภาพของน้ำมันเมล็ดดาวอินคาส่งผลให้แนวโน้มความต้องการทางการตลาดเพิ่มสูงขึ้น และมีผลผลิตพลอยได้จากกระบวนการบีบน้ำมัน (กากเมล็ดดาวอินคา) ในปริมาณมหาศาลหรือคิดเป็นร้อยละ 50 ของปริมาณวัตถุดิบเริ่มต้น ทั้งนี้กากเมล็ดดาวอินคามีปริมาณโปรตีนสูงถึงร้อยละ 56.63 และประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นหลายชนิด เช่น Cysteine, Tyrosine, Threonine และ Tryptophan ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าเมล็ดพืชที่ให้น้ำมันหลาย ๆ ชนิด (Jagersberger, 2013) การนำผลผลิตพลอยได้ดังกล่าวมาเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจด้วยเหตุผลทางด้านคุณค่าทาง

โภชนาการที่มีอยู่สูงในกากเมล็ดอินคา โดยเฉพาะอย่างยิ่งโปรตีน ถือเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่น่าสนใจ และยังสามารถแก้ไขปัญหาระบบการจذبกากเมล็ดอินคาหรือการจัดจำหน่ายในรูปแบบอาหารสัตว์ที่มีราคาต่ำ

การบริโภคโปรตีนจากพืชมักนิยมบริโภคโปรตีนธรรมชาติที่ยังไม่ผ่านการย่อยสลายโปรตีน ส่งผลให้การย่อยและการดูดซึมตลอดจนการนำไปใช้ประโยชน์ในร่างกายเป็นไปได้ช้ากว่าโปรตีนที่ผ่านการย่อยสลายหรือที่เรียกว่าโปรตีนไฮโดรไลเซต (Awosika and Aluko, 2019) โปรตีนไฮโดรไลเซตเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซ์ หรือการย่อยสลายพันธะเปปไทด์ของโปรตีนได้เปปไทด์ที่มีขนาดโมเลกุลแตกต่างกันและกรดอะมิโนอิสระ กระบวนการผลิตสามารถทำได้โดยการใช้สารเคมีหรือเอนไซม์โปรตีเอส นอกจากนี้การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตสามารถผลิตได้จากแหล่งโปรตีนที่หลากหลาย หนึ่งในแหล่งโปรตีนที่สำคัญคือโปรตีนจากพืช ซึ่งมีบทบาทสำคัญทางด้านอุตสาหกรรมอาหาร นิยมนำมาประยุกต์ใช้ในแง่ของคุณค่าโภชนาการ และสารต้านอนุมูลอิสระ โดยโปรตีนดังกล่าวยังเหมาะสำหรับบุคคลที่มีข้อจำกัดทางด้านอาหาร เช่น ผู้ที่ทานมังสวิรัต ผู้ที่แพ้โปรตีนจากสัตว์ หรือผู้ที่มีปัญหาด้านการย่อยโปรตีนในเนื้อสัตว์ มีงานวิจัยหลายฉบับรายงานว่าโปรตีนไฮโดรไลเซตจากพืชมีฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ สารต้านจุลินทรีย์ ยับยั้งเอนไซม์ก่อโรคเรื้อรังต่าง ๆ เช่น เอนไซม์ ACE เอนไซม์ DPP-IV รวมทั้งสามารถยับยั้งเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับโรคอ้วน เช่น α -amylase และ α -glucosidase เป็นต้น (Santos *et al.*, 2018; Han *et al.*, 2019; Awosika and Aluko, 2019)

ปัจจุบันกระบวนการเมมเบรนระดับอัลตราฟิลเตรชันถือเป็นเทคโนโลยีที่ดีที่สุดเทคโนโลยีหนึ่ง ที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการแยกขนาดเปปไทด์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับโรคเรื้อรัง (Connolly *et al.*, 2015) นอกจากนี้กระบวนการดังกล่าวยังมีบทบาทสำคัญในการ

ทำให้เข้มข้น การทำให้บริสุทธิ์ และการแยกสารทั้งในอุตสาหกรรมอาหาร ยา และเทคโนโลยีชีวภาพ (Foh *et al.*, 2010) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตและเปปไทด์ที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระและออกฤทธิ์ทางชีวเคมีในการยับยั้งเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโรคเรื้อรัง เพื่อเพิ่มมูลค่าผลพลอยได้จากกากเมล็ดอินคา

อุปกรณ์และวิธีการ

ขั้นตอนการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตจากกากเมล็ดอินคา

การเตรียมโปรตีนไฮโดรไลเซตจากกากเมล็ดอินคา ดัดแปลงจากวิธีของ Adebisi and Aluko (2011) โดยนำกากเมล็ดอินคาที่ผ่านการสกัดน้ำมันโดยการบีบเย็นจาก บริษัท ไท.ซี.เอ็ม.เอส สเตนดาร์ด อินดัสเทรียล จำกัด จังหวัดเชียงราย ปริมาณ 100 กรัม ผสมกับน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:10 (w/v) ปรับ pH เป็น 11.5 ด้วย 2 โมลาร์ NaOH จากนั้นนำไปต้มที่อุณหภูมิ 60°C. เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และนำสารละลายปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 10,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 25°C. เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำสารละลายส่วนใสมาตกตะกอนโปรตีนที่ pH 7.0 ด้วย 2 โมลาร์ของกรดไฮโดรคลอริก และปั่นเหวี่ยงอีกครั้งจะได้ตะกอนโปรตีนไฮโดรไลเซต (SPI) นำ SPI ผสมกับน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:10 (w/v) ปรับ pH 6.5 ด้วย 2 โมลาร์ของกรดไฮโดรคลอริก และต้มที่ 55°C. เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นเติมเอนไซม์ฟลาโวไซม์ร้อยละ 1 (Flavourzyme from *Aspergillus oryzae*) ร่วมกับการกวนด้วยเครื่อง Overhead stirrer ที่ความเร็ว 350 รอบต่อนาที พร้อมทั้งควบคุม pH และอุณหภูมิให้คงที่ตลอดระยะเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ด้วยการต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 15 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นและนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที จะได้สารละลายส่วนใส คือ โปรตีนไฮโดรไลเซต (SPH) และนำไปทำแห้งด้วยการแช่เยือกแข็ง

การแยกขนาดเปปไทด์ตามน้ำหนักโมเลกุลด้วยเมมเบรนระดับอัลตราฟิลเตรชัน

นำสารละลาย SPH แยกขนาดเปปไทด์ตามน้ำหนักโมเลกุล โดยใช้เทคโนโลยีเมมเบรนระดับอัลตราฟิลเตรชันชนิด Amicon stirred ultrafiltration ที่มี Molecular weight cut off ที่ขนาดแตกต่างกันคือ 1, 3, 5 และ 10 กิโลดาลตัน เพื่อให้เปปไทด์มีความบริสุทธิ์และมีขนาดที่เฉพาะมากยิ่งขึ้น การแยกขนาดเปปไทด์เริ่มจากนำสารละลาย SPH กรองผ่านเมมเบรนขนาด 1 กิโลดาลตัน ซึ่งจะได้ Peptide fraction ขนาดต่ำกว่า 1 จากนั้นนำสารละลาย SPH ที่เหลือกรองผ่านเมมเบรนขนาด 3, 5 และ 10 กิโลดาลตัน ซึ่งจะได้ Peptide fraction ขนาด 1-3, 3-5 และ 5-10 กิโลดาลตัน ตามลำดับ หลังจากนั้นนำ Peptide fraction ทำแห้งโดยกระบวนการแช่เยือกแข็ง (Awosika and Aluko, 2019) เพื่อคำนวณปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Lowry (Markwell *et al.*, 1978) และร้อยละผลผลิตของ SPH และเปปไทด์

ร้อยละผลผลิตของ SPH = (ปริมาณโปรตีนของ SPH/น้ำหนักเริ่มต้นของ SPI) × 100%

ร้อยละผลผลิตของเปปไทด์ = (ปริมาณโปรตีนของเปปไทด์/น้ำหนักเริ่มต้นของ SPH) × 100%

วิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนอิสระ

กระบวนการย่อยสลายโปรตีนทำให้เกิดเปปไทด์และกรดอะมิโนอิสระ ทั้งนี้กรดอะมิโนอิสระที่เกิดขึ้นสนับสนุนการทำงานที่แตกต่างกัน (Awosika and Aluko, 2019) กรดอะมิโนอิสระของ SPI, SPH และเปปไทด์ตรวจสอบด้วยเครื่อง HPLC (SpectraLab Scientific Inc, แคนาดา) โดยใช้คอลัมน์ Pico-Tag ทำการย่อยตัวอย่างด้วย 6M HCl เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นแยกสารละลายด้วย Performic acid เพื่อให้สามารถตรวจเมไทโอนีนและซิสเทอีนได้ ในขณะเดียวกันปริมาณทริปโตเฟนถูกตรวจสอบด้วย NaOH (Landry and Delhay, 1992)

การวิเคราะห์ระดับการย่อยสลาย (Degree of hydrolysis) ด้วยวิธี OPA assay

ดัดแปลงวิธีจาก Malomo *et al.* (2015) ด้วยการเตรียม OPA reagent ดังนี้ 12.5 มล. ของ 100 มิลลิโมลาร์ของโซเดียมเตตระโบเรต เติมน้ำใน 1.25 มล. ของ 20% โซเดียมเตตระโบเรตเคาไฮเดรทที่ผสมกับ 20 มก. ของ OPA และ 50 ไมโครลิตร ของ 2-mercaptoethanol โดยส่วนผสมทั้งหมดละลายในเมทานอลและปรับปริมาตรเป็น 500 ไมโครลิตร จากนั้นปิเปต OPA reagent ปริมาตร 200 ไมโครลิตร ผสมกับ 10 ไมโครลิตรของ SPH จากนั้นตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 2 นาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 340 นาโนเมตร ทั้งนี้จำนวนหมู่อะมิโนอิสระของ SPI ตรวจสอบด้วยการย่อยใน 6 โมลาร์ของกรดไฮโดรคลอริก ที่ 110°C ด้วยเครื่อง Auto-digestion system เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และคำนวณระดับการย่อยสลายดังนี้

$$(\%DH) = \frac{[(NH_2)_{tx} - (NH_2)_{t0}]}{[(NH_2)_{total} - (NH_2)_{t0}]} \times 100$$

เมื่อ $(NH_2)_{tx}$ คือ จำนวนหมู่อะมิโนอิสระ ณ เวลา X นาที

$(NH_2)_{total}$ คือ จำนวนหมู่อะมิโนอิสระของ SPI

$(NH_2)_{t0}$ คือ จำนวนหมู่อะมิโนอิสระที่เวลา 0 นาทีของ SPH

ทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ดัดแปลงวิธีจาก Girgih *et al.* (2011) เตรียมสารละลาย DPPH reagent โดยละลาย DPPH 0.0040 กรัม ในเมทานอล ปริมาตร 100 มล. และละลายตัวอย่างที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ ใน 0.1 โมลาร์ของโซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 7.0 ที่มี Triton X-100 ทดสอบการออกฤทธิ์ด้วยการปิเปตสารละลายตัวอย่างปริมาตร 100 ไมโครลิตรลงใน 96 Well plate จากนั้นเติม Reagent ปริมาตร 100 ไมโครลิตร และตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที จากนั้น

วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร โดยเปรียบเทียบกับกลูตาไรโอนและใช้สารละลายบัฟเฟอร์เป็นตัวอย่างควบคุม สามารถคำนวณจากสมการดังนี้

$$\% \text{Inhibition} = [(A_{\text{control}} - A_{\text{sample}})/A_{\text{control}}] \times 100$$

การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีดักจับอนุมูลไฮดรอกซิลดัดแปลงวิธีจาก Girgih *et al.* (2011) ตัวอย่างที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ถูกละลายด้วย 0.1 โมลาร์ของโซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 7.4 ทดสอบการออกฤทธิ์ด้วยการปิเปตตัวอย่างปริมาตร 50 ไมโครลิตร ลงใน 96 Well plate จากนั้นเติมสาร 3 มิลลิโมลาร์ของ 1,10-phenanthroline ปริมาตร 50 ไมโครลิตร และ 3 มิลลิโมลาร์ของ FeSO₄ ปริมาตร 50 ไมโครลิตร รวมทั้ง 0.01% Hydroperoxide ปริมาตร 50 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37°C นาน 1 ชั่วโมง จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตร และอ่านค่าการดูดกลืนแสงทุก ๆ 10 นาที จนครบ 1 ชั่วโมง โดยเปรียบเทียบกับกลูตาไรโอนและใช้สารละลายบัฟเฟอร์เป็นตัวอย่างควบคุม สามารถคำนวณจากสมการ ดังนี้

$$\% \text{Inhibition} = [(\Delta A/\text{min})_{\text{control}} - (\Delta A/\text{min})_{\text{sample}}]/(\Delta A/\text{min})_{\text{control}} \times 100$$

การเกิดคีเลชันของโลหะดัดแปลงวิธีจาก Girgih *et al.* (2011) ตัวอย่างที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ถูกละลายในน้ำกลั่น ทดสอบการออกฤทธิ์ด้วยการปิเปตตัวอย่างปริมาตร 500 ไมโครลิตร ลงใน 96 Well plate จากนั้นเติมสาร 5 มิลลิโมลาร์ ของ Ferrozene ปริมาตร 50 ไมโครลิตร น้ำกลั่นปริมาตร 925 ไมโครลิตร และ 2 มิลลิโมลาร์ของ FeCl₂ ปริมาตร 25 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน และตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 562 นาโนเมตร โดยเปรียบเทียบกับกลูตาไรโอนและใช้น้ำกลั่นเป็นตัวอย่างควบคุม สามารถคำนวณจากสมการ ดังนี้

$$\% \text{Inhibition} = [(A_{\text{control}} - A_{\text{sample}})/A_{\text{control}}] \times 100$$

ทั้งนี้การออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระแสดงเป็นค่า EC₅₀ คือ ความเข้มข้นของตัวอย่างที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ 50% โดยคำนวณจากกราฟระหว่างความเข้มข้นของตัวอย่างกับค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งโดยใช้โปรแกรม Graph Pad 6.05

ทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ต่าง ๆ

การยับยั้ง Angiotensin-converting enzyme (ACE) ทดสอบด้วย ACE activity assay kit เติมตัวอย่างแต่ละความเข้มข้นที่ละลายใน 50 มิลลิโมลาร์ ของ Tris-HCl buffer pH 7.5 ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ลงใน 96 Well plates จากนั้นเติมเอนไซม์ ACE ปริมาตร 10 ไมโครลิตร และ 0.5 มิลลิโมลาร์ของ FAPGG ปริมาตร 170 ไมโครลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 345 นาโนเมตร โดยอ่านค่าการดูดกลืนแสงทุก ๆ 1 นาที จนครบ 30 นาที โดยเปรียบเทียบกับแคปโตพริลและใช้สารละลายบัฟเฟอร์เป็นตัวอย่างควบคุมการยับยั้งจากสมการ ดังนี้

$$\% \text{Inhibition} = [(slop_{\text{control}} - slop_{\text{sample}})/slop_{\text{control}}] \times 100$$

การยับยั้ง Dipeptidyl peptidase-IV (DPP-IV) ทดสอบด้วย DPP-IV activity assay kit เติมตัวอย่างแต่ละความเข้มข้นที่ละลายใน 100 มิลลิโมลาร์ของ Tris-HCl buffer pH 8.0 ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ลงใน 96 Well plates จากนั้นเติมเอนไซม์ DPP-IV ปริมาตร 30 ไมโครลิตร และซับสเตรท (0.75 มิลลิโมลาร์ของ Gly-Pro-p-NA) ปริมาตร 100 ไมโครลิตร บ่มที่ 37°C เป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 405 นาโนเมตร โดยเปรียบเทียบกับ Tripeptide diprotin A (Ile-Pro-Ile) และใช้สารละลายบัฟเฟอร์เป็นตัวอย่างควบคุม สามารถคำนวณการยับยั้งจากสมการ ดังนี้

$$\% \text{Inhibition} = 1 - [(A_{\text{test sample}} - A_{\text{test sample blank}})/(A_{\text{positive control}} - A_{\text{negative control}})] \times 100$$

เมื่อ $A_{\text{test sample}}$ คือ ตัวอย่าง+ซบสเตรท+เอนไซม์ DPP-IV
 $A_{\text{test sample blank}}$ คือ ตัวอย่างที่+ซบสเตรท+บัฟเฟอร์
 $A_{\text{positive control}}$ คือ บัฟเฟอร์+ซบสเตรท+เอนไซม์ DPP-IV
 $A_{\text{negative control}}$ คือ บัฟเฟอร์+สารตั้งต้น

การยับยั้งเอนไซม์ α -amylase ดัดแปลงจากวิธีของ Awosika and Aluko (2019) ตัวอย่างแต่ละความเข้มข้นที่ละลายใน 0.02 โมลาร์ ของโซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 6.9 ปริมาตร 100 ไมโครลิตร บ่มที่ 37°C. เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นเติมเอนไซม์ α -amylase ที่ความเข้มข้น 1 มก./มล. ปริมาตร 100 ไมโครลิตร และละลายแบ่ง 100 ไมโครลิตร บ่มที่ 25°C. เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นเติมสารละลาย DNS ปริมาตร 200 ไมโครลิตร (96 มิลลิโมลาร์ของ DNS, 2 โมลาร์ของ Sodium potassium tartrate tetrahydrate และ 2 โมลาร์ของ NaOH) และนำไปต้มเป็นเวลา 5 นาที เมื่อสารละลายเย็นตัวเติมน้ำกลั่น 3 มล. และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตร โดยเปรียบเทียบกับอะคาโบสและคำนวณการยับยั้งจากสมการ ดังนี้

$$\% \text{Inhibition} = [A_{\text{control}} - (A_{\text{sample}} - A_{\text{sample blank}}) / (A_{\text{control}})] \times 100$$

เมื่อ A_{control} คือ เติมน้ำบัฟเฟอร์แทนตัวอย่าง
 A_{sample} คือ ไม่เติมน้ำบัฟเฟอร์ และ
 $A_{\text{sample blank}}$ คือ เติมน้ำบัฟเฟอร์แทนเอนไซม์

การยับยั้งเอนไซม์ α -glucosidase ดัดแปลงวิธีจาก Awosika and Aluko (2019) เตรียมเอนไซม์อย่างหยาบ (Rat intestinal acetone power) 300 มก. ละลายใน 0.9% NaCl ปริมาตร 9 มล. จากนั้นปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 3,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที ดูดสารละลายส่วนใสและเก็บแช่แข็งรอจนกว่าจะนำมาวิเคราะห์ ปิเปตตัวอย่างแต่ละความเข้มข้นที่ละลายใน 0.1 โมลาร์ ของโซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 6.9 ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ลงใน 96 Well plates และเติมเอนไซม์อย่างหยาบ 50 ไมโครลิตร บ่มที่ 37°C. เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นเติมซบสเตรท 5 มิลลิโมลาร์ ของ PNP-

glycoside ปริมาตร 100 ไมโครลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 405 นาโนเมตร โดยอ่านค่าการดูดกลืนแสงทุก ๆ 30 วินาที จนครบ 30 นาที โดยเปรียบเทียบกับอะคาโบสและคำนวณการยับยั้งจากสมการ ดังนี้

$$\% \text{Inhibition} = [(A_{\text{control}} - A_{\text{control blank}}) / (A_{\text{sample}} - A_{\text{sample blank}})] \times 100$$

เมื่อ A_{control} คือ บัฟเฟอร์+เอนไซม์+ซบสเตรท
 $A_{\text{control blank}}$ คือ บัฟเฟอร์+ซบสเตรท
 A_{sample} คือ ตัวอย่าง+เอนไซม์+ซบสเตรท
 $A_{\text{sample blank}}$ คือ ตัวอย่าง+บัฟเฟอร์+ซบสเตรท

ทั้งนี้การออกฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ต่าง ๆ แสดงด้วยค่า IC_{50} คือความเข้มข้นของตัวอย่างที่สามารถยับยั้งเอนไซม์ 50% โดยคำนวณจากกราฟระหว่างความเข้มข้นของตัวอย่างกับค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งโดยใช้โปรแกรม Graph Pad 6.05

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ปริมาณโปรตีนและร้อยละผลผลิต

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนของโปรตีนไอโซเลท (SPI) โปรตีนไฮโดรไลเซท (SPH) และเปปไทด์ขนาดต่าง ๆ พบว่า SPI มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 91.23 ซึ่งสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ SPH ซึ่งมีโปรตีนร้อยละ 90.16 ในขณะที่เปปไทด์ขนาดต่ำกว่า 1, 1-3, 3-5 และ 5-10 กิโลดาลตัน มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 59.00, 82.83, 90.18 และ 90.09 ตามลำดับ ทั้งนี้ SPI ที่ได้มีปริมาณโปรตีนสูง ซึ่งเหมาะแก่การนำไปใช้เป็นแหล่งโปรตีนตั้งต้นในการผลิต SPH (โปรตีนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80) โดยโปรตีนตั้งต้นจะช่วยส่งเสริมการทำงานของเอนไซม์โปรติเอสให้มีความว่องไวมากยิ่งขึ้น (Zheng *et al.*, 2015) นอกจากนี้เมื่อนำเปปไทด์ขนาดต่าง ๆ มาวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนพบว่า เปปไทด์ขนาดต่ำกว่า 1 กิโลดาลตันมีปริมาณโปรตีนน้อยที่สุด อาจเกิดจากการรวมกันของ

เปปไทด์กับสารละลาย NaOH ซึ่งส่งผลให้การละลายลดลงเมื่อทดสอบด้วยวิธี Lowry ซึ่งสอดคล้องกับจากงานวิจัยของ Adebiyi and Aluko (2011) รายงานว่าเปปไทด์ที่มีขนาดโมเลกุลต่ำกว่า 3 กิโลดาลตัน จะมีปริมาณโปรตีนลดลงซึ่งเกิดจากการปรากฏตัวของส่วนประกอบที่ไม่ใช่โปรตีน เช่น โพลีฟีนอล ซึ่งมีผลต่อการขัดขวางการทำปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนและสารที่ใช้ติดตามปริมาณโปรตีน เมื่อพิจารณาร้อยละผลผลิตรวมทั้งหมดของเปปไทด์ขนาดต่าง ๆ พบว่าเปปไทด์ทั้ง 4 กลุ่มมีผลรวมของผลผลิตเท่ากับร้อยละ 47.31 ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่า SPH เนื่องจากเปปไทด์ที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่กว่า 10 กิโลดาลตัน ไม่สามารถซึมผ่านเมมเบรนได้ จึงทำให้ผลรวมของผลผลิตของเปปไทด์ทั้ง 4 กลุ่ม มีปริมาณผลผลิตรวมต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ SPH ที่มีปริมาณผลผลิตร้อยละ 65.10

ปริมาณกรดอะมิโนอิสระ

การวิเคราะห์กรดอะมิโนมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณกรดอะมิโนอิสระที่สำคัญในเชิงโภชนาการ นอกจากนี้กรดอะมิโนอิสระที่เกิดขึ้นยังช่วยสนับสนุนการออกฤทธิ์ที่แตกต่างกัน (Awosika and Aluko, 2019) ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนอิสระของ SPI, SPH และเปปไทด์ขนาดต่าง ๆ พบว่า SPH มีกลูตามิกร้อยละ 10.76 และแอสปาร์ติกกร้อยละ 10.04 สูงขึ้น โดยกรดอะมิโนทั้งสองจัดเป็นกรดอะมิโนที่ให้รสอร่อย และ SPH พบกรดอะมิโนชนิดจำเป็นมากกว่า SPI

ได้แก่ วาลีน เมไทโอนีน ไอโซลูซีน ลิวซีน ฟีนิลอะลานีน ฮีสทีดีน ไลซีน และทริปโตเฟน นอกจากนี้เปปไทด์ทั้ง 4 กลุ่ม มีปริมาณกรดอะมิโนที่ไม่ชอบน้ำและกรดอะมิโนอะโรมาติกเพิ่มขึ้น เช่น อะลานีน ลิวซีน ไอโซลูซีน ฟีนิลอะลานีน เมื่อเทียบกับกรดอะมิโนอิสระของ SPI (Table 1) ปริมาณกรดอะมิโนอิสระที่เพิ่มขึ้นอาจเนื่องมาจากการย่อยสลายโปรตีนด้วยเอนไซม์ฟลาโวไซม์ ซึ่งเป็นเอนไซม์ชนิดผสมระหว่าง Endo-exo peptidases ส่งผลให้สามารถย่อยสลายพันธะเปปไทด์ได้ทั้งภายในสายและปลายสายของโปรตีน ทำให้มีระดับการย่อยสลายเปปไทด์สายสั้น ๆ หรือกรดอะมิโนอิสระที่หลากหลายมากกว่าเอนไซม์ที่เป็น Endopeptidases ที่ย่อยสลายภายในสายเพียงอย่างเดียว ในขณะเดียวกันปริมาณกรดอะมิโนอิสระที่ลดลงอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในของอะมิโนเป็นรูปแบบอื่น (Theerakarunwong *et al.*, 2021) นอกจากนี้เปปไทด์ที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพส่วนใหญ่ มักมีลำดับกรดอะมิโนสายสั้น ๆ 2-20 ตัว ซึ่งสามารถจับกับบริเวณที่ออกฤทธิ์ได้ง่ายกว่าเมื่อเทียบกับเปปไทด์สายยาว (Awosika and Aluko, 2019) โดยกรดอะมิโนอิสระเหล่านี้ช่วยส่งเสริมการออกฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระ (Fasuan *et al.*, 2018) ขณะที่ Udenigwe and Aluko (2011) ระบุว่ากรดกลูตามิกและกรดแอสปาร์ติกมีฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระที่แข็งแกร่ง เนื่องจากสามารถให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระ

Table 1 Amino acid compositions (%) of SPI, SPH and fractionated peptides

Amino acid	SPI	SPH	<1 kDa	1-3 kDa	3-5 kDa	5-10 kDa
Aspartic acid	7.61 ^b	10.04 (2.43) ^a	3.96 (-3.65) ^e	2.15 (-5.46) ^f	5.14 (-2.47) ^d	5.38 (-2.23) ^c
Threonine*	3.74 ^b	3.53 (-0.21) ^c	4.97 (1.23) ^a	2.50 (-1.24) ^f	3.33 (-0.41) ^d	2.76 (-0.98) ^e
Serine	3.40 ^e	5.31 (1.91) ^b	5.69 (2.29) ^a	3.27 (-0.13) ^f	4.08 (0.68) ^d	4.70 (1.30) ^c
Glutamic acid	9.09 ^d	10.76 (1.67) ^b	9.92 (0.83) ^c	6.93 (-2.16) ^f	8.02 (-1.07) ^e	11.84 (2.75) ^a
Proline	2.76 ^d	3.22 (0.46) ^b	4.87 (2.11) ^a	3.11 (0.35) ^c	2.79 (0.03) ^d	2.04 (-0.72) ^e
Glycine	3.42 ^c	4.25 (0.83) ^b	4.96 (1.54) ^a	2.12 (-1.30) ^e	2.61 (-0.81) ^d	1.07 (-2.35) ^f
Alanine	2.15 ^f	3.09 (0.94) ^d	3.91 (1.76) ^a	2.72 (0.57) ^e	3.24 (1.09) ^c	3.85 (1.70) ^b
Cysteine	1.10 ^c	1.16 (0.06) ^b	1.22 (0.12) ^a	1.13 (0.03) ^b	1.21 (0.11) ^a	0.85 (-0.25) ^d
Valine*	3.06 ^d	4.16 (1.10) ^c	5.54 (2.48) ^a	4.87 (1.81) ^b	1.96 (-1.10) ^e	1.56 (-1.50) ^f
Methionine*	0.53 ^e	1.01 (0.48) ^b	1.72 (1.19) ^a	0.51 (-0.02) ^e	0.67 (0.14) ^d	0.84 (0.31) ^c
Isoleucine*	2.10 ^f	3.16 (1.06) ^c	5.02 (2.92) ^a	2.55 (0.45) ^e	3.18 (1.08) ^d	3.83 (1.73) ^b
Leucine*	3.31 ^d	5.12 (1.81) ^b	7.12 (3.81) ^a	4.46 (1.15) ^c	5.11 (1.80) ^b	5.03 (1.72) ^b
Tyrosine	2.50 ^f	3.43 (0.93) ^e	5.19 (2.69) ^a	3.70 (1.20) ^d	4.46 (1.96) ^c	4.56 (2.06) ^b
Phenylalanine*	1.02 ^f	1.35 (0.33) ^d	2.39 (1.37) ^a	1.81 (0.79) ^c	1.10 (0.08) ^e	2.22 (1.20) ^b
Histidine*	1.11 ^f	2.06 (0.95) ^c	3.57 (2.46) ^a	1.23 (0.12) ^e	1.51 (0.04) ^d	2.54 (1.43) ^b
Lysine*	2.20 ^f	3.57 (1.37) ^b	4.54 (2.34) ^a	2.54 (0.34) ^d	2.82 (0.62) ^c	2.42 (0.22) ^e
Arginine	4.92 ^f	8.14 (3.22) ^b	5.01 (0.09) ^e	6.22 (1.30) ^c	5.77 (0.85) ^d	8.73 (3.81) ^a
Tryptophan*	0.96 ^e	1.55 (2.44) ^d	2.44 (1.48) ^b	2.17 (1.21) ^c	2.57 (1.61) ^a	2.11 (1.15) ^c

*Essential amino acid, SPI (sacha inchi protein isolate) and SPH (sacha inchi protein hydrolysate); The information in parentheses means the difference of datas when compared to SPI. For each row, data values that contain different alphabets are significantly different at $p < 0.05$.

ระดับการย่อยสลาย

ผลการศึกษาระยะเวลาต่อระดับการย่อยสลายของ SPH ภายใต้สภาวะที่กำหนดและตรวจสอบระดับการย่อยสลายที่ระยะเวลา 30 ถึง 240 นาที พบว่าการย่อยสลาย SPH ในช่วง 120 นาทีแรก มีระดับการย่อยสลายเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด (Figure 1) เนื่องจาก SPH มีโปรตีนกลูบูลินและอัลบูมินเป็นกลุ่มโปรตีนหลัก (Sathe *et al.*, 2012) ซึ่งโปรตีนทั้งสองกลุ่มนี้สามารถละลายได้ดีในน้ำและน้ำเกลือ จึงถูกไฮโดรไลซ์อย่างรวดเร็วในช่วงระยะเวลาแรก ๆ ของการเกิดปฏิกิริยา (Parrado *et al.*,

1993) แต่เมื่อระยะเวลาการย่อยสลายเพิ่มขึ้นจาก 120 นาที พบว่าระดับการย่อยสลายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเนื่องจากกลุ่มของโปรตีนที่ละลายน้ำได้ดีที่เป็นสับสเตรทถูกไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์ทำให้ได้เปปไทด์สายสั้น ๆ หรือกรดอะมิโนอิสระ ส่งผลให้เอนไซม์ไม่สามารถไฮโดรไลซ์ได้อีก ทำให้สับสเตรทไม่เพียงพอต่อเอนไซม์หรือเกิด Product inhibition ซึ่งส่งผลให้ค่าระดับการย่อยสลายคงที่ (Jack and Mona, 1966) อย่างไรก็ตามพบว่า ระดับการย่อยสลายของ SPH มีระดับการย่อยสลายสูงสุดเมื่อทำการย่อยสลายโปรตีนเป็นระยะเวลา 240 นาที เมื่อ

เปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Chirinos *et al.* (2020) พบว่าโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเมล็ดดาวอินคาที่สกัดน้ำมันด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ เมื่อย่อยด้วยเอนไซม์ฟลาโวไซม์ มีระดับการย่อยสลายต่ำกว่าร้อยละ 5 ทั้งนี้ประสิทธิภาพ

ในการย่อยที่แตกต่างกันอาจเป็นผลมาจากวัตถุดิบที่นำมาใช้ ขั้นตอนการย่อย โครงสร้างโปรตีน องค์ประกอบและ/หรือลำดับกรดอะมิโน (Barbana and Boye, 2010)

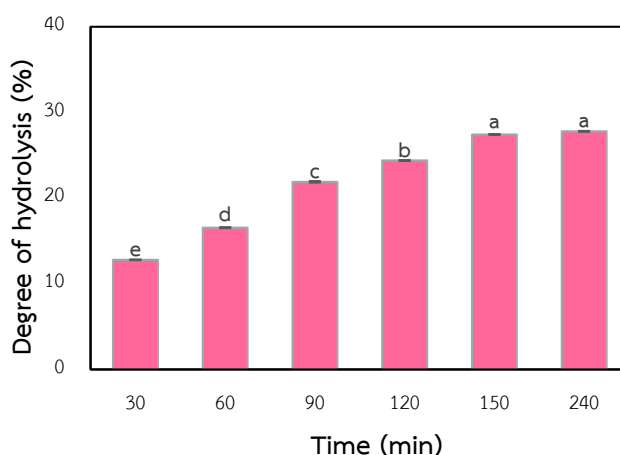


Figure 1 Degree of hydrolysis of sachinchi protein hydrolysate (SPH) after 240 min of reaction; For each plot, bars with different alphabets have mean values that are significantly ($p < 0.05$) different.

ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

EC₅₀ เป็นพารามิเตอร์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการวัดประสิทธิภาพในการต้านสารอนุมูลอิสระ กล่าวคือ EC₅₀ ต่ำบ่งชี้ถึงกิจกรรมการขจัดอนุมูลอิสระสูง พบว่าเปปไทด์ขนาดต่ำกว่า 1 กิโลดาลตัน มีประสิทธิภาพขจัดอนุมูลอิสระ DPPH และอนุมูลไฮดรอกซิลสูงสุดด้วยค่า EC₅₀ เท่ากับ 0.97 และ 0.39 มก./มล. ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า SPH และเปปไทด์มีความสามารถดักจับอนุมูลของโลหะได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานกลูตาไธโอนอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) (Table 2) ทั้งนี้อนุมูลอิสระมีความสำคัญต่อกระบวนการเสื่อมของเซลล์และการเกิดโรคเรื้อรังต่าง ๆ เช่น โรคที่เกี่ยวข้องกับความผิดปกติของสมอง โรคเบาหวาน โรคกล้ามเนื้อหัวใจและโรคหลอดเลือดหัวใจ (Lepping *et al.*, 2011) การมีอยู่ของกรดอะมิโนบางชนิด เช่น ฟีนอลอะลานีน ไทโรซีน

เมไทโอนีน ฮิสติดีน และทริปโตเฟน มีบทบาทสำคัญในการปรับปรุงคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ (Udenigwe and Aluko, 2011) จากการพิจารณา Table 1 พบว่าเปปไทด์ที่มีขนาดต่ำกว่า 1 กิโลดาลตัน มีกรดอะมิโนดังกล่าวสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างอื่น ๆ ผลการวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยของ Girgih *et al.* (2011) พบว่าเปปไทด์ที่มีขนาดโมเลกุลต่ำกว่า 1 กิโลดาลตัน มีประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง นอกจากนี้การมีอยู่ของไลซีน ฮิสติดีน และอาร์จินีน ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจับอนุมูลของโลหะได้ดี (Saiga *et al.*, 2003) จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของเปปไทด์ที่ช่วยลดปริมาณอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในร่างกาย ไม่ให้ส่งผลกระทบต่อหรือลดระดับของการทำลายโครงสร้างและหน้าที่ของสารชีวโมเลกุล ไม่ว่าจะเป็นไขมัน โปรตีน และดีเอ็นเอ ซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิด

โรคได้ นอกจากนี้เปปไทด์สายสั้นสามารถดูดซึมและสามารถจับกับบริเวณไซต์แอคทีฟได้ง่ายกว่าเมื่อเทียบกับเปปไทด์สายยาว (Awosika and Aluko, 2019) จึง

ส่งผลให้เปปไทด์สายสั้น (ต่ำกว่า 10 กิโลดาลตัน) มีประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเปปไทด์สายยาว (SPH และ SPI)

Table 2 Antioxidant and biochemical properties of SPI, SPH and fractionated peptides

Sample	EC ₅₀ (mg/ml)			IC ₅₀ (mg/ml)			
	DPPH	HSRA	Fe ²⁺ chelating	ACE-inhibition	DPP-IV inhibition	α -amylase	α -glucosidase
SPI	4.05 ^a	0.87 ^a	5.55 ^a	5.14 ^a	11.83 ^a	6.13 ^a	4.11 ^a
SPH	1.89 ^c	0.56 ^b	1.91 ^c	3.75 ^b	7.45 ^b	5.64 ^b	4.03 ^b
<1 kDa	0.97 ^f	0.39 ^d	1.50 ^f	1.56 ^f	2.31 ^f	3.77 ^f	1.84 ^f
1-3 kDa	1.37 ^e	0.44 ^c	1.61 ^e	1.80 ^e	4.10 ^e	3.82 ^e	2.05 ^e
3-5 kDa	1.58 ^d	0.41 ^c	1.54 ^f	1.95 ^d	5.69 ^d	4.05 ^d	3.23 ^d
5-10 kDa	1.93 ^b	0.50 ^b	1.82 ^d	3.16 ^c	7.09 ^c	5.18 ^c	3.47 ^c
Standard	0.31 ^g	0.17 ^e	3.45 ^b	0.47 ^g	0.73 ^g	0.21 ^g	0.46 ^g

SPI (sacha inchi protein isolate) and SPH (sacha inchi protein hydrolysate); Reference standard; antioxidant activity is glutathione (GSH). ACE-inhibition is captopril. DPP-IV inhibition is tripeptide diprotin. A (Ile-Pro-Ile), α -amylase and α -glucosidase are acarbose. For each column, data values that contain different alphabets are significantly different at $p < 0.05$.

ฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ต่าง ๆ

จากการวิเคราะห์ฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์ต่าง ๆ พบว่าเปปไทด์ที่มีขนาดต่ำกว่า 1 กิโลดาลตัน มีฤทธิ์การยับยั้ง ACE (IC₅₀=1.56 มก./มล.) สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ซึ่งผลดังกล่าวสอดคล้องกับการออกฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ DPP-IV เอนไซม์ α -amylase และเอนไซม์ α -glucosidase โดยมีค่า IC₅₀ เท่ากับ 2.31, 3.77 และ 1.84 มก./มล. ตามลำดับ (Table 2) ทั้งนี้เปปไทด์จะทำหน้าที่เป็นตัวยับยั้งที่มีโครงสร้างคล้ายกับสารตั้งต้นและเข้าไปเกาะบริเวณแอคทีฟไซต์ของเอนไซม์ ทำให้สารตั้งต้นไม่สามารถเข้าไปเกาะบริเวณแอคทีฟไซต์ได้ จึงสามารถช่วยระงับอาการหรือลดภาวะการเกิดโรคของผู้ป่วยได้ (Aluko, 2019) นอกจากนี้เปปไทด์สายสั้นสามารถเข้าสู่บริเวณไซต์แอคทีฟของเอนไซม์ได้ง่าย และมีโอกาสในการดูดซึมในลำไส้ได้มากขึ้น (โดยไม่ทำให้โครงสร้างเกิดความ

เสียหาย) เมื่อเปรียบเทียบกับเปปไทด์สายยาว และปริมาณกรดอะมิโนที่ไม่ชอบน้ำสามารถเพิ่มการออกฤทธิ์ทางชีวเคมีได้ดีกว่าเปปไทด์สายยาว (Aluko, 2019) นอกจากนี้กรดอะมิโนทริปโตเฟน ฟีนิลอะลานีน และอะลานีน สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการการยับยั้งเอนไซม์ DPP-IV (Lan *et al.*, 2015) และการยับยั้งเอนไซม์ α -amylase และ α -glucosidase ที่เกี่ยวข้องกับโรคอ้วนได้ (Malomo *et al.*, 2015)

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของโปรตีนไฮโดรไลเซตและเปปไทด์ในการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยเปปไทด์ขนาดต่ำกว่า 1 กิโลดาลตัน มีประสิทธิภาพขจัดอนุมูลอิสระ DPPH อนุมูลไฮดรอกซิล และมี

ความสามารถดักจับอออนของโลหะได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเปปไทด์ขนาดอื่น ๆ รวมถึง SPH และ SPI นอกจากนี้เปปไทด์สายสั้น (ขนาดต่ำกว่า 10 กิโลดาลตัน) สามารถยับยั้งเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับโรคเรื้อรังต่าง ๆ เช่น ยับยั้งเอนไซม์ ACE (โรคความดันโลหิตสูง) เอนไซม์ DPP-IV (โรคเบาหวานชนิดที่ 2) เอนไซม์ α -amylase และ เอนไซม์ α -glucosidase (โรคอ้วน) พบว่าเปปไทด์ขนาดต่ำกว่า 1 กิโลดาลตัน มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 1.56, 2.31, 3.77 และ 1.84 มก./มล. ตามลำดับ นอกจากนี้โปรตีนไฮโดรไลเซตและเปปไทด์สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาสูตรอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ และยังสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับกากเมล็ดดาวอินคาซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการสกัดน้ำมัน อย่างไรก็ตาม การนำสารสกัดจากพืชมาใช้ทดแทนยาสังเคราะห์ จำเป็นต้องมีการศึกษาระดับความเป็นพิษต่อเซลล์ ดังนั้น การทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์จะดำเนินการในลำดับต่อไป เพื่อสร้างโอกาสในการพัฒนารักษาโรคในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณตัวอย่างกากเมล็ดดาวอินคาที่ได้รับการสนับสนุนจากบริษัท ไทย.ซี.เอ็ม.เอส สแตนดาร์ด อินดัสเทรียล จำกัด จังหวัดเชียงราย ตลอดจนห้องปฏิบัติการสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เอกสารอ้างอิง

- Adebisi, A.P. and R.E. Aluko. 2011. Functional properties of protein fractions obtained from commercial yellow field pea (*Pisum sativum* L.) seed protein isolate. **Food Chem.** 128(4): 902-908.
- Aluko, R.E. 2019. Food protein-derived renin-inhibitory peptides: in vitro and in vivo properties. **J. Food Biochem.** 43: e12648.
- Awosika, T.O. and R.E. Aluko. 2019. Inhibition of the in vitro activities of α -amylase, α -glucosidase and pancreatic lipase by yellow field pea (*Pisum sativum* L.) protein hydrolysates. **Int. J. Food Sci. Technol.** 54(6): 2021-2034.
- Barbana, C. and J.I. Boye. 2010. Angiotensin I-converting enzyme inhibitory activity of chickpea and pea protein hydrolysates. **Food Res. Int.** 43(6): 1642-1649.
- Chirinos, R., R. Pedreschi and D. Campos. 2020. Enzyme-assisted hydrolysates from sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) protein with in vitro antioxidant and antihypertensive properties. **J. Food Process. Preserv.** 44(12): e14969.

- Connolly, A., M.B. O’Keeffe, C.O. Piggott, A.B. Nongonierma and R.J. FitzGerald. 2015. Generation and identification of angiotensin converting enzyme (ACE) inhibitory peptides from a brewers’ spent grain protein isolate. **Food Chem.** 176: 64-71.
- Fasuan, T.O., S.O. Gbadamosi and T.O. Omobuwajo. 2018. Characterization of protein isolate from *Sesamum indicum* seed: In vitro protein digestibility, amino acid profile, and some functional properties. **Food Sci. Nutr.** 6(6): 1715-1723.
- Foh, M.B.K., I. Amadou, B.M. Foh, M.T. Kamara and W. Xia. 2010. Functionality and antioxidant properties of tilapia (*Oreochromis niloticus*) as influenced by the degree of hydrolysis. **Int. J. Mol. Sci.** 11(4): 1851-1869.
- Girgih, A.T., C.C. Udenigwe and R.E. Aluko. 2011. In vitro antioxidant properties of hemp seed (*Cannabis sativa* L.) protein hydrolysate fractions. **J. Am. Oil Chem. Soc.** 88(3): 381-389.
- Han, R., J. Maycock, B.S. Murray and C. Boesch. 2019. Identification of angiotensin converting enzyme and dipeptidyl peptidase-IV inhibitory peptides derived from oilseed proteins using two integrated bioinformatic approaches. **Food Res Int.** 115: 283-291.
- Jack, F.K. and I. Monaghan. 1966. The kinetics of the papain-catalyzed hydrolysis of esters of carbobenzoxyglycine evidence for an acyl-enzyme Intermediate. **J. Biochem.** 5(2): 783-791.
- Jagersberger, J. 2013. **Development of Novel Products on Basis of Sacha Inchi-Use of Press Cakes and Hulls.** Austria: University of Vienna. 125 p.
- Lan, V.T., K. Ito, M. Ohno, T. Motoyama, S. Ito and Y. Kawarasaki. 2015. Analyzing a dipeptide library to identify human dipeptidyl peptidase IV inhibitor. **Food Chem.** 175: 66-73.
- Landry, J. and S. Delhaye. 1992. Simplified procedure for the determination of tryptophan of foods and feedstuffs from barytic hydrolysis. **J. Agric. Food Chem.** 40(5): 776-779.
- Lepping, P., J. Delieu, R. Mellor, J.H.H. Williams, P.R. Hudson and C. Hunter-Lavin. 2011. Antipsychotic medication and oxidative cell stress: A systematic review. **J. Clin. Psychiatry.** 72(3): 273-285.
- Malomo, S.A., J.O. John, A.T. Girgih and R.E. Aluko. 2015. Structural and antihypertensive properties of enzymatic hemp seed protein hydrolysates. **Nutrients** 7(9): 7616-7632.
- Markwell, M.A.K., S.M. Haas, L.L. Bieber and N.E. Tolbert. 1978. A modification of the Lowry procedure to simplify protein determination in membrane and lipoprotein samples. **Anal. Biochem.** 87(1): 206-210.

- Maurer, N.E., B. Hatta-Sakoda, G. Pascual-Chagman and L.E. Rodriguez-Saona. 2012. Characterization and authentication of a novel vegetable source of omega-3 fatty acids, sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil. **Food Chem.** 134(2): 1173-1180.
- Parrado, J., F. Millan, I. Hernandez-Pinzon, J. Bautista and A. Machado. 1993. Characterization of enzymatic sunflower protein hydrolyzates. **J. Agric. Food Chem.** 41(11): 1821-1825.
- Saiga, A., S. Tanabe and T. Nishimura. 2003. Antioxidant activity of peptides obtained from porcine myofibrillar proteins by protease treatment. **J. Agric. Food Chem.** 51(12): 3661-3667.
- Santos, P.M., D.L.J. Batista, L.A.F. Ribeiro, E.F. Boffo, M.D. Cerqueira, D. Martins, R.D. Castro, L.C. Souza-Neta, E. Pinto, L. Zambotti-Villelae, P. Colepicoloe, L.G. Fernandez, G.A.B. Canuto and P.R. Ribeiro. 2018. Identification of antioxidant and antimicrobial compounds from the oilseed crop *Ricinus communis* using a multiplatform metabolite profiling approach. **Ind. Crops Prod.** 124(15): 834-844.
- Sathe, S.K., H.H. Kshirsagar and G.M. Sharma. 2012. Solubilization, fractionation, and electrophoretic characterization of Inca peanut (*Plukenetia volubilis* L.) proteins. **Plant Foods Hum. Nutr.** 67(3): 247-255.
- Theerakarunwong, P., P. Sanporkha, C. Hattakosol and N. Laohakulchit. 2021. Effect of flavozyme concentration and degradation time on chemical properties-physics of protein hydrolyzate from sacha inchi meal. **Prawarun Agr. J.** 18(2): 69-79. [in Thai]
- Udenigwe, C.C. and R.E. Aluko. 2011. Chemometric analysis of the amino acid requirements of antioxidant food protein hydrolysates. **Int. J. Mol. Sci.** 12(5): 3148-3161.
- Wang, S., F. Zhu and Y. Kakuda. 2018. Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.): Nutritional composition, biological activity, and uses. **Food Chem.** 265: 316-328.
- Zheng, L., Y. Zhao, C. Xiao, D. Sun-Waterhouse, M. Zhao and G. Su. 2015. Mechanism of the discrepancy in the enzymatic hydrolysis efficiency between defatted peanut flour and peanut protein isolate by flavorzyme. **Food Chem.** 168: 100-106.

ผลของรูปแบบการปลูกยางพาราต่อตัวชี้บอคุณภาพดินด้านการเก็บกักน้ำของดินร่วนเนื้อหยาบ

Effect of Rubber Plantation Patterns on Soil Quality Indicator as Water Storage of Coarse-loamy Textured Soils

จุฑามาศ แก้วมโน

Chutharmard Kaewmano

สาขานวัตกรรมเกษตรและการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ สงขลา 90110

Agricultural Innovation and Management Division, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University

Hat Yai Campus, Songkhla, Thailand 90110

Corresponding author: chutharmard.k@psu.ac.th

Received: July 02, 2020

Revised: January 21, 2021

Accepted: March 16, 2021

Abstract

Soil quality, particularly in the root zone strongly affected the crop production and ecosystem health and it is easy to change by land use and management. The purpose of the study was to investigate the effects of rubber plantation pattern on soil physical quality indicators in the aspect of water storage of coarse-loamy textured soils. Soils were selected from fields of polyculture, mixed culture and monoculture rubber plantations. Soil physical and chemical properties were analyzed. Results of the study revealed that monoculture rubber plantation significantly increased bulk density in the subsoils (25-50 cm) to a high level (1.64 g cm^{-3}). Whereas, polyculture and mixed-culture rubber plantations enhanced soil porosity of both topsoils (0-25 cm) and subsoils which maintained their bulk densities ($1.35\text{-}1.60 \text{ g cm}^{-3}$) at the optimum range for plant growth and promoting water storage of soils. Organic matter content ($6.79\text{-}15.79 \text{ g kg}^{-1}$), total porosity (37-48%), available water capacity ($80\text{-}90 \text{ mm m}^{-1}$) and water holding capacity at depth of 0-50 cm (184-206 mm) did not significantly differ for different patterns of rubber plantation. Therefore, polyculture and mixed-culture rubber plantations which are conservation soil management, best promoted soil water storage quality. Bulk density and organic matter are important factors controlling water storage quality of coarse-loamy textured soils.

Keywords: soil quality indicator, soil water, plantation pattern, rubber tree

บทคัดย่อ

คุณภาพดินในเขตรากพืชมีอิทธิพลมากต่อการให้ผลผลิตของพืชและสุขภาพระบบนิเวศ และมีการเปลี่ยนแปลงได้ง่ายตามรูปแบบการใช้และจัดการดิน จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของรูปแบบการปลูกยางพาราต่อสมบัติดินทางกายภาพและเคมี ที่ใช้เป็นตัวชี้บอกคุณภาพดินด้านการกักเก็บน้ำในดินร่วนที่มีเนื้อหยาบ โดยเก็บดินที่ปลูกยางพาราต่างกัน 3 รูปแบบ ซึ่งอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกันในพื้นที่เดียวกันประกอบด้วย การปลูกแบบผสมผสาน แบบมีพืชร่วม และแบบเชิงเดี่ยว และวิเคราะห์สมบัติดินทางกายภาพและเคมี ผลการศึกษาพบว่า การปลูกยางพาราแบบเชิงเดี่ยวทำให้ชั้นดินล่างมีความหนาแน่นรวมเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับสูง (1.64 กรัม/ลบ.ซม.) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการปลูกยางพาราแบบผสมผสานและแบบมีพืชร่วม ช่วยส่งเสริมความพรุนรวมทั้งในชั้นดินบน (0-25 ซม.) และดินล่าง (25-50 ซม.) ซึ่งช่วยรักษาความหนาแน่นรวมของดิน (1.35-1.60 กรัม/ลบ.ซม.) ให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ส่งเสริมความสามารถในการเก็บกักน้ำ ดินปลูกยางพาราทุกรูปแบบมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (6.79-15.79 กรัม/กก.) ความพรุนรวม (ร้อยละ 37-48) ความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ (80-90 มม./เมตร) และความจุการอุ้มน้ำภายในความลึก 50 ซม. (184-206 มม.) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นการจัดการดินปลูกยางพาราเชิงอนุรักษ์ในลักษณะแบบผสมผสานและแบบมีพืชร่วม ช่วยส่งเสริมคุณภาพดินด้านการเก็บกักน้ำโดยปริมาณอินทรีย์วัตถุและความหนาแน่นรวมดินเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมคุณภาพดินด้านการเก็บกักน้ำของดินร่วนเนื้อหยาบที่ใช้ปลูกยางพารา

คำสำคัญ: ตัวชี้บอกคุณภาพดิน น้ำในดิน รูปแบบการปลูกยางพารา

คำนำ

ดินปลูกยางพาราส่วนใหญ่ในประเทศไทยมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำ และมีเนื้อดินตั้งแต่กลุ่มเนื้อหยาบถึงเนื้อละเอียด (Rubber Research Institute, 2010) ธรรมชาติของกลุ่มดินเนื้อหยาบมักมีความสามารถในการเก็บกักน้ำส่วนที่ใช้ประโยชน์ได้ต่ำกว่ากลุ่มดินเนื้อละเอียด (Lal and Shukla, 2004) การปลูกยางพารามี 2 ลักษณะ คือ การปลูกยางพาราแบบเชิงเดี่ยวซึ่งมีการปลูกยางพาราเพียงอย่างเดียว และแบบอนุรักษ์โดยมีการปลูกพืชร่วมกับยางพาราในลักษณะของพืชคลุมดินพืชแซม และพืชร่วมที่เป็นไม้ผลและไม่ยืนต้น (วนเกษตร) แต่ส่วนใหญ่เป็นการปลูกแบบเชิงเดี่ยว (Kungpisdan, 2009) การปลูกยางพาราดิตต่อกันเป็นเวลานานในรูปแบบการปลูกที่แตกต่างกันมีผลต่อสมบัติของดินในด้านเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ของน้ำและเก็บกักน้ำในดิน (Boonyawat and Kongsom, 1989) และการลดลง (Zhang *et al.*, 2007) และการเพิ่มขึ้น (Njar *et al.*, 2011) ของปริมาณอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารในดิน โดยเฉพาะปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อสมบัติทางฟิสิกส์ของดินที่ใช้เป็นตัวชี้บอกคุณภาพดินทางฟิสิกส์

คุณภาพดินในแง่ของการผลิตพืชทางการเกษตรคือ ความสามารถของดินในการทำหน้าที่เพื่อให้พืชเจริญเติบโตโดยไม่ทำให้เกิดการเสื่อมโทรมของดิน หรือเกิดความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อม (Gregorich and Carter, 1997) โดยประเมินได้จากตัวชี้วัดซึ่งเป็นสมบัติของดินที่ง่ายต่อการเปลี่ยนแปลงเนื่องมาจากการใช้และการจัดการดินในแต่ละช่วงเวลาและพื้นที่ (Blanco and Lal, 2008) ด้วยเหตุดังกล่าว คุณภาพดินในเขตรากพืชจึงมีผลกระทบอย่างมากต่อการผลิตพืชและคุณภาพของระบบนิเวศ โดยคุณภาพดินทางฟิสิกส์มีอิทธิพลต่อการเก็บกักและส่งผ่านน้ำ การถ่ายเทอากาศ และความแข็งแรง

ของดิน น้ำในดินและการเคลื่อนที่ของน้ำในเขตรากช่วยให้พืชได้รับทั้งน้ำและธาตุอาหาร มีผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ ตลอดจนการดูดซับและระบายน้ำลงสู่ชั้นดินล่างและเป็นน้ำใต้ดินซึ่งมีส่วนช่วยลดการกร่อนของดิน (Gregorich and Carter, 1997) การกร่อนดินในพื้นที่ปลูกยางพาราทำให้สูญเสียดินและธาตุอาหาร (Kiriratnikom and Photisuntorn, 2011) และยังเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ผลผลิตภาพของดินลดลง โดยส่วนหนึ่งเนื่องจากดิน (ชั้นบน) มีปริมาณอินทรีย์วัตถุลดลงทำให้ลดคุณภาพของดินในด้านการเก็บกักน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Alliaume *et al.*, 2013) สมบัติที่สำคัญของดินที่มีศักยภาพในการใช้เป็นตัวชี้บอกคุณภาพดินทางฟิสิกส์ในด้านการเก็บกักน้ำของดิน ได้แก่ เนื้อดิน ความหนาแน่นรวม ความพรุนรวม โครงสร้างดิน ความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ และปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Topp *et al.*, 1997) ซึ่งสมบัติส่วนใหญ่เหล่านี้เปลี่ยนแปลงได้ง่ายตามการใช้และจัดการดิน

ปัจจุบันได้มีการคำนึงถึงความมั่นคงด้านอาหารเนื่องจากสถานการณ์ความเสื่อมโทรมของดินและต้นทุนปัจจัยการผลิตทางการเกษตรที่สูงขึ้น ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ในเขตร้อนมีฤดูร้อน (แห้งแล้ง) ยาวนาน การระเหยของน้ำเพิ่มขึ้น และปริมาณน้ำที่กักเก็บในดินลดลง ปัญหาเหล่านี้มีผลกระทบต่อคุณภาพของดินที่ใช้ปลูกยางพารา ประกอบกับดินในพื้นที่ภาคใต้ที่มีความเหมาะสมสำหรับปลูกยางพารามีอยู่อย่างจำกัด และทั้งหมดอยู่ในพื้นที่ตอนที่มีความลาดตั้งแต่ต่ำถึงสูง จึงส่งเสริมให้ผิวหน้าดินถูกกร่อนได้มาก ปัจจุบันข้อมูลในด้านรูปแบบการปลูกยางพาราที่มีผลต่อคุณภาพดินทางฟิสิกส์ ในแง่ของการเก็บรักษาหรือส่งเสริมความเป็นประโยชน์ของน้ำในดิน ภายใต้สภาพแวดล้อมแบบมรสุมเขตร้อนของภาคใต้ยังไม่มีการศึกษา ดังนั้นจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของรูปแบบการปลูกยางพาราต่อสมบัติดินที่ใช้เป็นตัวชี้บอกคุณภาพดินทางฟิสิกส์ในด้านการเก็บน้ำของดินร่วม

เนื้อหยาบ สำหรับใช้เป็นแนวทางในการจัดการดินปลูกยางพาราให้มีความชื้นในดินเพียงพอในพื้นที่ภาคใต้ โดยเฉพาะในเขตพื้นที่เหมาะสมสำหรับปลูกยางพาราให้มีความยั่งยืนมากขึ้น และสามารถนำความรู้ที่ได้ไปกำหนดเป็นมาตรการในการใช้และจัดการดินสำหรับยางพาราที่ถูกต้องตามหลักการอนุรักษ์ดินและน้ำสำหรับภาคใต้ ซึ่งช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินช่วงฤดูร้อนหรือฝนทิ้งช่วง อีกทั้งเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยให้เกษตรกรชาวสวนยางมีความมั่นคงในอาชีพการทำสวนยางมากขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษาปลูกยางพาราพันธุ์ RRIM 600 ในสภาพที่ตอนซึ่งส่วนใหญ่เป็นแบบลูกคลื่นลอนลาดและมีความลาดชันร้อยละ 3-4 อำเภอหาดใหญ่ (Site 3) นาหม่อม (Site 2) และจะนะ (Site 1 และ 4) จังหวัดสงขลา โดยแต่ละพื้นที่ที่มีการปลูกยางพาราที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบ คือ แบบผสมผสานในลักษณะวนเกษตร แบบมีพืชร่วมและแบบเชิงเดี่ยว รวมแปลงที่ศึกษาทั้งหมด 12 แปลง (Table 1) แปลงปลูกยางพาราแบบผสมผสานในลักษณะวนเกษตรมีความหลากหลายของพันธุ์ไม้มากกว่า 10 ชนิด โดยไม้ยืนต้นส่วนใหญ่ที่ปลูกร่วมกับยางพารา ได้แก่ กฤษณา (*Aquilaria crassna* Pierre ex Lec.) ตะเคียน (*Hopea odorata* Roxb.) สลละ (*Salacca zalacca* (Gaertn.) Voss ex Vilm.) เหลียง (*Gnetum gnemon* Linn.) กระพ้อ (*Licuala spinosa* Thunb.) มังคุด (*Garcinia mangostana* Linn.) สะตอ (*Parkia speciosa* Hassk.) และลองกอง (*Aglaia dookoo* Giff.) ส่วนแปลงปลูกยางพาราแบบมีพืชร่วมมีการปลูกพืชร่วม 1 ชนิด ระหว่างแถวยางพารา พืชร่วม ได้แก่ เหลียง (พื้นที่ 1 และ 2) สะเดาเทียม (*Azadirachta excelsa* (Jack) Jacobs.) (พื้นที่ 3) และสลละ 1 แถวสลับกับเหลียง 1 แถว (พื้นที่ 4) โดยทุกแปลงมีการปล่อยเศษชิ้นส่วนพืชร่วมหลังการเก็บเกี่ยวให้ปกคลุมผิวดิน

เก็บตัวอย่างดินในแปลงโดยแบ่งเก็บเป็น 3 ช่วง ระดับความลึก คือ ชั้นดินบน (Ap) ที่ความลึก 0-10 (ชั้นผิวดิน) และ 10-25 (ชั้นดินบนตอนล่าง) และชั้นดินล่าง (Bt) 25-50 ซม. และเก็บดิน 2 แบบ คือ แบบตัวอย่างดินที่ถูกรบกวน โดยเก็บส้อมแบบ X-shape แปลงละ 9 จุด สำหรับนำไปศึกษาสมบัติทางฟิสิกส์และเคมี และแบบตัวอย่างดินสภาพธรรมชาติ เก็บแปลงละ 2 จุด โดยใช้กระบอกลูกเต๋าดู (Core) เพื่อนำมาศึกษาสมบัติทางฟิสิกส์บางประการ

เตรียมตัวอย่างและวิเคราะห์สมบัติดินทางเคมี (Onthong and Poonpakdee, 2004) และทางฟิสิกส์ (Klute, 1986) โดยนำตัวอย่างดินที่ถูกรบกวนมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม ร่อนดินผ่านตะแกรงขนาดช่องเปิด 0.5 มม. เพื่อนำไปหาอินทรีย์วัตถุโดยวิธี Walkley and Black และโดยการร่อนดินผ่านตะแกรงขนาดช่องเปิด 2 มม.

เพื่อนำไปวิเคราะห์ฟิสิกส์ของดิน โดยใช้ไนโตรเจนในอัตราส่วนดินต่อน้ำเท่ากับ 1:5 การกระจายขนาดอนุภาคดินโดยวิธี Pipette method ผลที่ได้จากการวิเคราะห์นำมาแจกแจงประเภทของดินโดยการเปรียบเทียบกับชนิดดินตามเกณฑ์ของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (USDA Textural Class) สำหรับตัวอย่างดินสภาพธรรมชาติ นำมาวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมโดยวิธี Core Method และความชื้นในดินโดยวิเคราะห์ความจุการเก็บน้ำทั้งหมดของดิน โดยวัดค่าแรงดึงน้ำในดินภายใต้แรงดันที่ 0 บรรยากาศ และความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้โดยวัดค่าแรงดึงน้ำในดินภายใต้แรงดันที่ 1/3 บรรยากาศ (ความจุความชื้นสนาม) และที่ 15 บรรยากาศ (จุดเหี่ยวถาวร) โดยใช้ Pressure plate apparatus และความพรุนรวมของดินซึ่งคำนวณจากความสัมพันธ์ของความหนาแน่นดิน

Table 1 Environmental setting of studied soils

Site	Soil	Plantation pattern	Group of soil series ^{1/}	Age (years)	
				Rubber trees	Polyculture/ Mixed culture
1	S1	Polyculture	39	25	12
	S2	Mixed culture	39	25	6
	S3	Monoculture	39	25	
2	S4	Polyculture	39	30	25
	S5	Mixed culture	39	15	5
	S6	Monoculture	39	15	
3	S7	Polyculture	34	20	14
	S8	Mixed culture	34	18	10
	S9	Monoculture	34	18	
4	S10	Polyculture	34	20	15
	S11	Mixed culture	34	10	6
	S12	Monoculture	34	15	

^{1/} Data based on the soil map of soil survey report

ศึกษาผลของรูปแบบการปลูกยางพาราต่อสมบัติดินที่ใช้เป็นตัวชี้บอกคุณภาพดินด้านการเก็บกักน้ำ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผลวิเคราะห์หากข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติและความแปรปรวนเท่ากัน (Homogeneity of variance) โดยการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test และกรณีข้อมูล (ค่าความพรุนรวม) ไม่มีการแจกแจงแบบปกติ ทำการเปรียบเทียบค่ากลางของข้อมูลโดยวิธี Median Test และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Correlation) ของสมบัติดินที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 และ 99%

ผลการวิจัย

เนื้อดินและขนาดอนุภาคดิน

ดินปลูกยางพาราทุกรูปแบบการปลูก ส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มดินร่วนที่มีเนื้อหยาบและมีเนื้อดินเป็นดิน

ร่วนปนทรายทั้งชั้นดินบนและดินล่าง (Figure 1) ยกเว้นชั้นดินบนของพื้นที่ 2 ในแปลงปลูกส่วนใหญ่ และพื้นที่ 3 ในแปลงปลูกแบบผสมผสานที่มีเนื้อหยาบกว่า ซึ่งจัดอยู่ในประเภทดินทรายปนร่วนและดินทราย และชั้นดินล่างของพื้นที่ 1 ในแปลงปลูกแบบมีพืชร่วม และพื้นที่ 4 ในแปลงปลูกแบบเชิงเดี่ยว ที่มีเนื้อละเอียดกว่าซึ่งจัดอยู่ในประเภทดินร่วนเหนียวปนทราย ดินทุกบริเวณมีอนุภาคขนาดทรายเป็นลักษณะเด่น มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 68-78 (Table 2) ปริมาณอนุภาคขนาดทรายเฉลี่ยมีค่าลดลงตามความลึกอนุภาคขนาดทรายแบ่งมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างสม่ำเสมอในหน้าตัดดิน และแปลงปลูกแบบมีพืชร่วมมีค่าสูงกว่าแบบผสมผสานและแบบเชิงเดี่ยว ส่วนกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียวมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นตามความลึก

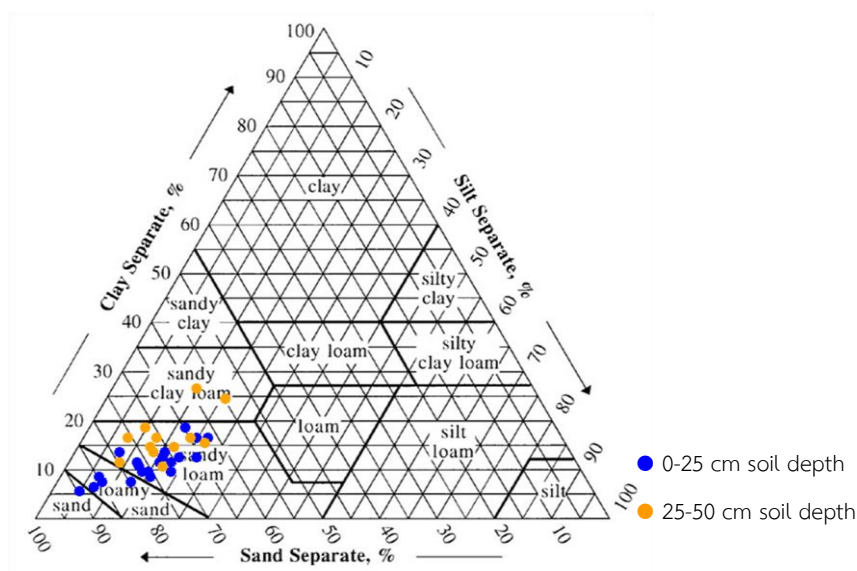


Figure 1 Textural classes of the 2 mm fraction of soils

Table 2 Particle size content of soils under different patterns of rubber plantation (mean $\pm$ SD, n=4)

Particle Size Content (%)	Patterns of rubber plantation / Depth (cm)								
	Polyculture			Mixed culture			Monoculture		
	0-10	10-25	25-50	0-10	10-25	25-50	0-10	10-25	25-50
Sand	78 $\pm$ 9	74 $\pm$ 6	72 $\pm$ 4	76 $\pm$ 7	70 $\pm$ 8	68 $\pm$ 10	78 $\pm$ 9	74 $\pm$ 8	71 $\pm$ 9
Silt	13 $\pm$ 6	14 $\pm$ 4	14 $\pm$ 4	15 $\pm$ 5	16 $\pm$ 7	15 $\pm$ 7	13 $\pm$ 5	13 $\pm$ 5	13 $\pm$ 4
Clay	8 $\pm$ 3	12 $\pm$ 3	14 $\pm$ 3	9 $\pm$ 2	14 $\pm$ 2	17 $\pm$ 5	9 $\pm$ 3	13 $\pm$ 4	14 $\pm$ 2

สมบัติบางประการของดิน

ปริมาณอินทรีย์วัตถุและความพรุนรวมทุกช่วงความลึกของดินในแปลงปลูกยางพาราไม่แตกต่างกัน แต่ความหนาแน่นรวมของชั้นดินล่างในแปลงปลูกยางพารามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามรูปแบบการปลูก ทั้งนี้ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ความหนาแน่นรวมและความพรุนรวมดินแตกต่างกันตามช่วงความลึกดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3) โดยดินในแปลงปลูกยางพาราทุกรูปแบบมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในชั้นผิวดินสูงกว่าชั้นดินล่าง ชั้นผิวดินของแปลงปลูกแบบผสมผสานและแบบเชิงเดี่ยวมีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับปานกลาง แต่หากพิจารณาทั้งชั้นดินบน (0-25 ซม.) พบว่าทุกรูปแบบมีอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ (ค่าเฉลี่ย 11.77-12.17 กรัม/กก.) ส่วนชั้นดินล่างมีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับต่ำ โดยมีแนวโน้มต่ำสุดในแปลงปลูกแบบเชิงเดี่ยว โดยมีรายงานว่า การปลูกยางพาราเชิงเดี่ยวติดต่อกันหลายปี ทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุลดลง (Zhang *et al.*, 2007) แต่หากมีการจัดการพืชคลุมในสวนยางพาราที่ปลูกต่อเนื่อง สามารถทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มขึ้น (Njar *et al.*, 2011)

ความหนาแน่นรวมในชั้นดินบนของแปลงปลูกยางพาราแบบผสมผสานและแบบมีพืชร่วมมีค่าใกล้เคียงกัน และมีแนวโน้มต่ำกว่าในแปลงปลูกแบบเชิงเดี่ยว โดยแปลงปลูกทุกรูปแบบมีความหนาแน่นรวมบริเวณชั้นผิวดินอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ ส่วนในชั้นดินบนตอนล่างอยู่ในระดับปานกลาง แต่ชั้นดินล่างของดินในแปลงปลูกแบบเชิงเดี่ยวมีความหนาแน่นรวมอยู่ในระดับสูง และสูงกว่าแบบมีพืชร่วมและแบบผสมผสานซึ่งมีค่าจัดอยู่ในระดับปานกลาง นอกจากนี้แปลงปลูกแบบมีพืชร่วมมีความหนาแน่นรวมในชั้นดินบนต่ำกว่าชั้นดินล่าง ส่วนแปลงปลูกแบบผสมผสานและแบบเชิงเดี่ยว มีแนวโน้มของความหนาแน่นรวมสูงขึ้นในชั้นดินล่าง ความพรุนรวมของชั้นดินบนในแปลงปลูกแบบเชิงเดี่ยวมีแนวโน้มต่ำกว่าแบบผสมผสานและแบบมีพืชร่วม ส่วนความพรุนรวมของชั้นดินล่างในแปลงปลูกแบบมีพืชร่วมมีแนวโน้มสูงกว่าแบบผสมผสานและแบบเชิงเดี่ยว ทั้งนี้แปลงปลูกแบบผสมผสานมีความพรุนรวมในชั้นดินบนสูงกว่าดินชั้นล่าง ส่วนแปลงปลูกแบบมีพืชร่วมและแบบเชิงเดี่ยวมีแนวโน้มของความพรุนรวมลดลงในชั้นดินล่าง

Table 3 Chemical and physical properties of soils under different patterns of plantation (mean±SD, n = 4)

Soil Properties	Patterns of rubber plantation			<i>P</i> <0.05
	Polyculture	Mixed culture	Monoculture	
Organic matter (g kg ⁻¹)				
0-10 cm	15.79±4.02A	14.24±2.13A	15.23±3.31A	ns
10-25 cm	10.76±2.31AB	10.13±2.19AB	9.98±1.22AB	ns
25-50 cm	7.14±2.45B	7.74±3.39B	6.79±1.07B	ns
<i>P</i> <0.05	*	*	*	
Bulk Density (g cm ⁻³)				
0-10 cm	1.35±0.12	1.35±0.20B	1.40±0.21	ns
10-25 cm	1.41±0.10	1.46±0.12AB	1.51±0.12	ns
25-50 cm	1.50±0.07b	1.60±0.05abA	1.64±0.13a	*
<i>P</i> <0.05	ns	*	ns	
Total Porosity (%)				
0-10 cm	48.16±7.75A	48.00±4.21	46.33±8.01	ns
10-25 cm	44.15±4.14AB	46.03±4.30	42.94±4.14	ns
25-50 cm	38.16±1.46B	42.91±3.33	37.42±4.67	ns
<i>P</i> <0.05	*	ns	ns	

The different uppercase letters in the column and the different lowercase letters in the row indicate significant difference at 0.05 probability level according to DMRT; ns = not significant

การปลูกยางพาราในรูปแบบแบบเชิงเดี่ยวทำให้ชั้นดินล่างมีความหนาแน่นรวมอยู่ในระดับสูงชัดเจน ซึ่งการเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นรวมในดินล่างเนื่องจากการลดลงของปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Figure 2A) ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารเชื่อมอนุภาคดิน (Lal and Shukla, 2004) และเนื่องจากการสะสมของอนุภาคขนาดดินเหนียวในชั้นดินล่างเพิ่มขึ้น (Table 2) นอกจากนี้ความหนาแน่นรวมของดินอาจได้รับอิทธิพลจากการชอนไชของรากพืชที่ทำให้ดินมีปริมาณช่องเพิ่มขึ้น ระบบรากขนาดใหญ่ของพืชสามารถเพิ่มความพรุนของช่องขนาดใหญ่ (Macroporosity) ของดินได้ร้อยละ 30 ส่วนพืชที่มีระบบรากขนาดเล็กหนาแน่นจะช่วยส่งเสริมการเกิดช่องในดินและทำให้มีช่องขนาดเล็กปริมาณมากขึ้น (Bodner *et al.*, 2014) อย่างไรก็ตาม

อิทธิพลของรากพืชยังขึ้นอยู่กับอายุของพืชในแปลง เมื่อพืชมีอายุมากขึ้นทำให้การแผ่กระจายและความหนาแน่นของรากมากขึ้น รวมถึงทำให้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมากขึ้นเนื่องจากลำต้นมีขนาดใหญ่ขึ้นซึ่งอาจส่งผลให้มีการหมุนเวียนธาตุอาหารเพิ่มขึ้นจากการร่วงหล่นของชิ้นส่วนพืชที่มีมากขึ้น (Njar *et al.*, 2011) ทั้งนี้ปริมาณช่องในดินแตกต่างกันตามรูปแบบการปลูกซึ่งมีความหลากหลายของพรรณพืชต่างกัน (Table 1) แปลงปลูกยางพาราแบบผสมผสานมีความหลากหลายของชนิดและโครงสร้างพรรณพืชมากกว่า จึงมีพืชทั้งระบบรากลึกและรากตื้น และมีการแผ่กระจายและความหนาแน่นของรากในหน้าตัดดินได้มากกว่า รวมทั้งมีโอกาสเพิ่มปริมาณเศษพืชร่วงหล่นลงสู่ดินได้มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับแปลง

ปลูกแบบมีพืชร่วมและแบบเชิงเดี่ยว ตามลำดับ โดยเห็นได้จากการปลูกยางพาราแบบผสมผสานช่วยเพิ่มความพรุนในชั้นดินบน และส่งเสริมความพรุนของชั้นดินล่าง เช่นเดียวกับการปลูกยางพาราแบบมีพืชร่วมที่ช่วยส่งเสริม

ความพรุนของดินมากกว่าการปลูกแบบเชิงเดี่ยว (Table 3) ซึ่งสอดคล้องกับที่พบว่าดินมีความพรุนรวมเพิ่มขึ้นเมื่อความหนาแน่นรวมของดินลดลง (Figure 2B)

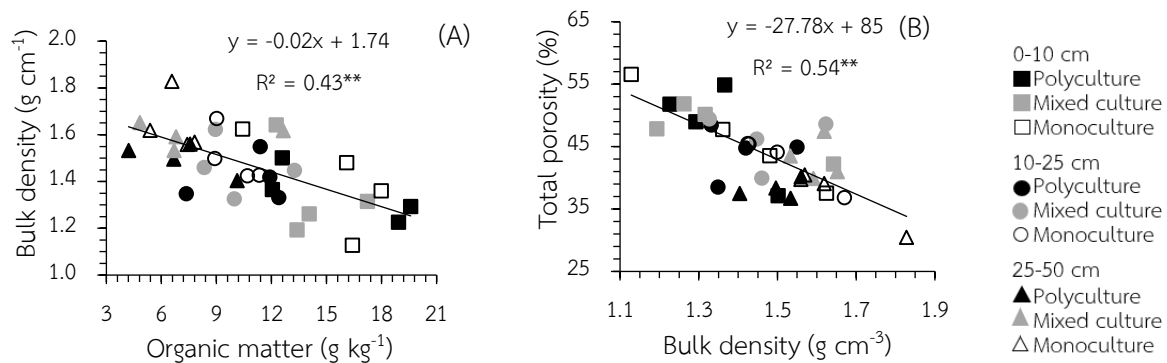


Figure 2 The relationship between soil properties (n=36)

** Significant at 0.01 probability level

ปริมาณน้ำในดิน

แปลงปลูกยางพาราทุกรูปแบบมีปริมาณน้ำในดินที่ความจุความชื้นสนาม จุดเหี่ยวถาวร ความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ (Table 4) ความจุในการเก็บกักน้ำส่วนที่ใช้ประโยชน์ในหน้าตัดดิน และความจุการเก็บกักน้ำทั้งหมด (Figure 3) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยหากพิจารณาเฉพาะปริมาณน้ำในส่วนที่เป็นประโยชน์ต่อพืช พบว่าความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ในชั้นดินบนของทุกแปลงปลูกมีแนวโน้มสูงกว่าชั้นดินล่าง และชั้นดินล่างของแปลงปลูกแบบเชิงเดี่ยวมีแนวโน้มต่ำกว่าแบบมีพืชร่วมและแบบผสมผสานทุกช่วงความลึก สำหรับความจุในการเก็บกักน้ำส่วนที่ใช้ประโยชน์ได้ภายในหน้าตัดดินที่ระดับความลึก 1 เมตร พบว่าแปลงแบบผสมผสาน (90.32 มม.) มีแนวโน้มสูงกว่าแบบมีพืชร่วม (87.37 มม.) และแบบเชิงเดี่ยว (80.43 มม.) (Figure 3A) เช่นเดียวกับความจุการเก็บกักน้ำทั้งหมดของดินซึ่งเป็นปริมาณน้ำที่ดินสามารถเก็บไว้ในช่องว่างทั้งหมด พบว่าแปลงปลูกแบบผสมผสานมีแนวโน้มของความจุการเก็บกักน้ำทั้งหมดมากกว่า

แปลงปลูกแบบมีพืชร่วมและแบบเชิงเดี่ยว คิดเป็นร้อยละ 6 และ 11 ตามลำดับ (Figure 3B)

รูปแบบของการปลูกยางพารามีแนวโน้มทำให้ความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ในหน้าตัดดินต่างกัน โดยดินปลูกยางพาราแบบเชิงเดี่ยวมีแนวโน้มต่ำกว่าดินปลูกยางพาราเชิงอนุรักษ์ทั้งในลักษณะแบบมีพืชร่วมและแบบผสมผสาน (Figure 3A) เป็นผลจากดินส่วนใหญ่ของแปลงปลูกยางพาราแบบเชิงเดี่ยวมีความจุความชื้นสนามทั้งในชั้นดินบนและดินล่างต่ำกว่าแปลงปลูกแบบมีพืชร่วมและแบบผสมผสาน (Table 4) ซึ่งสอดคล้องกับที่พบว่าความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้เพิ่มขึ้นเมื่อความจุความชื้นสนามของดินเพิ่มขึ้น (Figure 4A) โดยปริมาณความชื้นที่ระดับความจุสนามของดินที่ลดลงเป็นผลจากการลดลงของปริมาณอนุภาคขนาดทรายแบ่งในดิน (Figure 4B) และจากการเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นรวมของดินโดยเฉพาะในชั้นดินล่าง (Figure 4C) สอดคล้องกับที่พบว่าดินส่วนใหญ่ในแปลงปลูกยางพาราแบบเชิงเดี่ยวมีอนุภาคขนาดทรายแบ่งต่ำกว่าแบบมีพืชร่วมและแบบผสมผสาน

และมีความหนาแน่นรวมในชั้นดินล่างอยู่ในระดับสูง (>1.60 กรัม/ลบ.ซม.) ในขณะที่ดินในแปลงปลูกแบบผสมผสานและแบบมีพืชร่วม มีความหนาแน่นรวมอยู่จัดอยู่ในช่วงที่เหมาะสม (1.3-1.6 กรัม/ลบ.ซม.) ต่อการเจริญเติบโตของพืชทั้งในชั้นดินบนและล่าง ทั้งนี้การจัดเรียงตัวกันของอนุภาคขนาดทรายแป้งและดินเหนียวในดิน ส่วนใหญ่จะเกิดเป็นช่องขนาดเล็ก โดยเฉพาะการ

เกาะกันของอนุภาคขนาดทรายแป้งเป็นเม็ดดินมักทำให้เกิดเป็นช่องเล็กที่มีขนาดพอเหมาะในการดูดซับน้ำส่วนที่เป็นประโยชน์กับพืช (Hazelton and Murphy, 2007) ในขณะที่การเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นรวมทำให้ปริมาณช่องทั้งหมดในดินลดลง (Figure 2B) ซึ่งมีผลต่อปริมาณของช่องขนาดเล็กโดยเฉพาะส่วนที่ใช้เก็บน้ำที่เป็นประโยชน์กับพืช

Table 4 Soil water characteristic under different patterns of rubber plantation (mean±SD, n=4)

Water content (% weight)	Rubber tree plantation pattern		
	Polyculture	Mixed culture	Monoculture
Field capacity			
0-10 cm	19.08±7.56	17.47±5.34	15.59±4.52
10-25 cm	18.07±4.29	15.22±4.24	15.43±4.68
25-50 cm	14.49±4.17	14.47±3.80	13.54±4.57
Permanent wilting point			
0-10 cm	11.54±6.91	9.93±3.32	8.22±1.79
10-25 cm	10.16±4.09	9.05±2.60	7.71±1.35
25-50 cm	8.82±3.43	9.13±2.33	9.13±3.12
Available water capacity			
0-10 cm	7.54±1.92	7.53±3.13	7.37±2.81
10-25 cm	7.91±2.89	6.17±1.74	7.72±3.74
25-50 cm	5.68±0.82	5.34±1.80	4.42±1.66

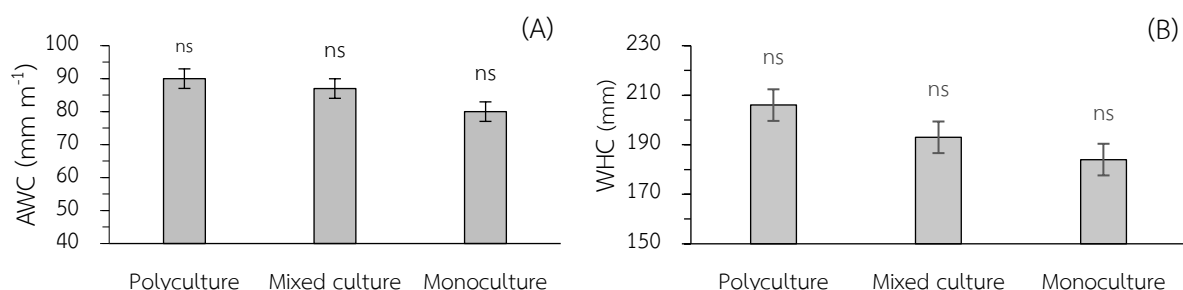


Figure 3 Available water capacity (AWC) and water holding capacity (WHC) soils under different patterns of plantation (n=4)

ns = not significant at 0.01 probability level

หากพิจารณาจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำและสมบัติของดินใน Figure 4 พบว่ากลุ่มดินที่มีความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ต่ำกว่าร้อยละ 5 (มีค่าระหว่างร้อยละ 2.0-3.6) เป็นดินที่ปลูกยางพาราแบบมีพืชร่วมและแบบเชิงเดี่ยวในพื้นที่ 2 (อำเภอนาหม่อม) ซึ่งกลุ่มดินเหล่านี้เป็นดินเนื้อหยาบที่มีปริมาณอนุภาคขนาดทรายแป้งต่ำ (ร้อยละ 6-7) มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำ (9.01-12.26 กรัม/กก.) และมีความหนาแน่นรวมสูง (1.59-1.83 กรัม/ลบ.ซม.) เมื่อเปรียบเทียบกับดินปลูกยางพาราแบบผสมผสานของพื้นที่ 2 ที่มีอนุภาคขนาดทรายแป้งต่ำ (ร้อยละ 6-9) และมีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำ (7.56-12.59 กรัม/กก.) เช่นเดียวกัน จะพบว่าดินมีความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้มากกว่าร้อยละ 5 และมีความหนาแน่นรวมอยู่ระหว่าง 1.46-1.56 กรัม/ลบ.ซม. แสดงให้เห็นว่า

ความหนาแน่นรวมของดินตั้งแต่ 1.60 กรัม/ลบ.ซม. มีผลต่อความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ของดินปลูกยางพาราที่ทำการศึกษา นอกจากนี้ ความหนาแน่นรวมที่เพิ่มขึ้นจนทำให้ดินเกิดการอัดแน่นขึ้นแล้ว ยังทำให้ดินมีความสามารถในการเก็บกักน้ำไว้ในช่องทั้งหมดลดลงด้วย (Figure 4D) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณและขนาดของช่องในดินซึ่งทำให้มีการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ของน้ำในดิน (Boonyawat and Kongsom, 1989) มีผลต่อปริมาณการดูดซับน้ำลงสู่ชั้นดินล่างและเป็นน้ำใต้ดิน ปริมาณการเกิดน้ำไหลบ่า และการกร่อนดิน อีกทั้งยังทำให้ต้นยางพารามีความเสี่ยงต่อการเกิดอาการเปลือกแห้ง เนื่องจากการเจริญเติบโตของระบบรากถูกจำกัดซึ่งทำให้ความสามารถในการดูดน้ำและธาตุอาหารของต้นยางพาราลดลง (Nandris *et al.*, 2004)

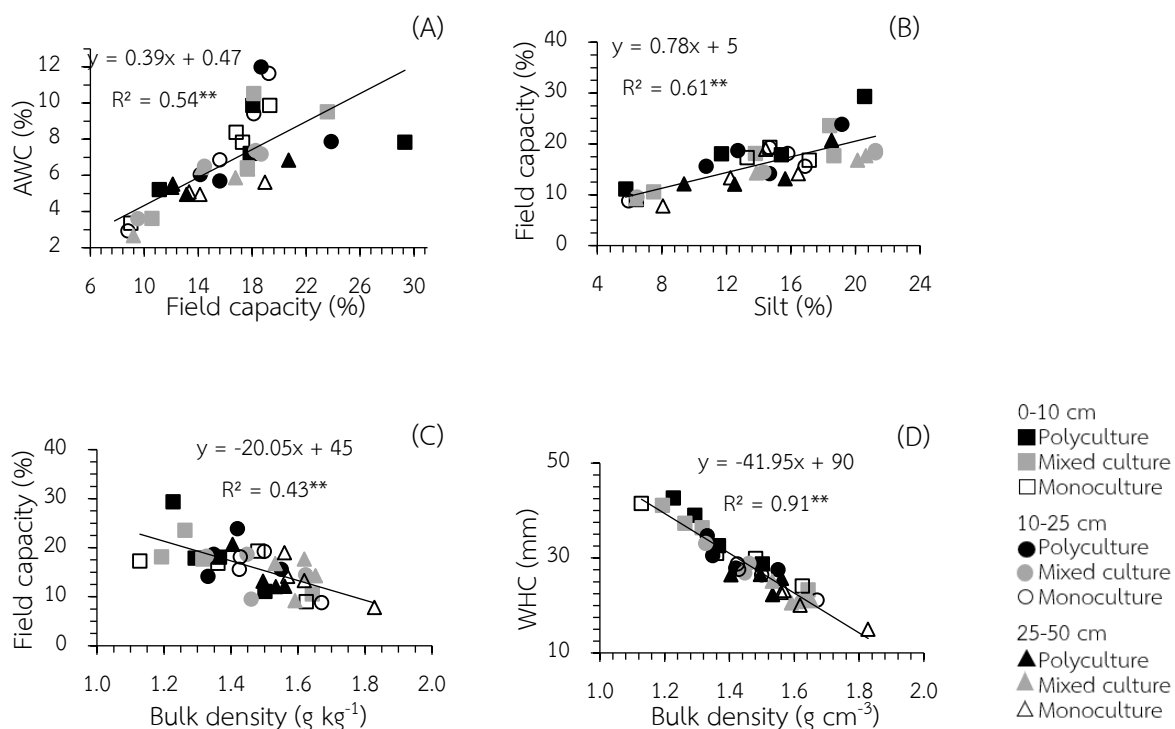


Figure 4 The relationship between soil water content (% by weight) and some soil properties (n=36)

****** Significant at 0.01 probability level; AWC = available water capacity; WHC = water holding capacity

อย่างไรก็ตาม คุณภาพดินด้านการเก็บกักน้ำของดินที่ปลูกยางพาราทุกรูปแบบ โดยเฉพาะการเก็บน้ำส่วนที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ภายในความลึก 1 เมตร ซึ่งเป็นความลึกที่เหมาะสมสำหรับดินปลูกยางพารา (Yogaratanam, 2000) ยังจัดว่าอยู่ในระดับต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม (100-200 มม./เมตร) สำหรับดินทางการเกษตร (Hazelton and Murphy, 2007) (Figure 3A) เนื่องจากเป็นดินร่วนที่มีเนื้อหยาบ (Figure 1) มีสัดส่วนของอนุภาคขนาดทรายเด่น (Table 2) ส่งผลให้มีปริมาณการกระจายของช่องขนาดใหญ่มากกว่าช่องขนาดเล็ก (Lal and Shukla, 2004) เป็นผลให้ดินมีความสามารถในการเก็บน้ำส่วนที่ใช้ประโยชน์ได้เป็นไปตามธรรมชาติของดินร่วนที่มีเนื้อหยาบ (75-160 มม./เมตร) และเนื่องจากดินยังมีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับต่ำ (<17.1 กรัม/กก.) ไม่เพียงพอต่อการส่งเสริมลักษณะทางกายภาพของดิน (Hazelton and Murphy, 2007) และการกักเก็บน้ำในดินที่มีเนื้อหยาบ (Hudson, 1994) โดยเฉพาะในบริเวณชั้นผิวดินซึ่งพบว่าดินปลูกยางพาราทุกรูปแบบมีปริมาณอินทรีย์วัตถุใกล้เคียงกัน (14.24-15.79 กรัม/กก.) แต่ทั้งนี้ระบบรากของพืชที่แตกต่างกันตามชนิดของพรรณพืช (Bodner *et al.*, 2014) และอายุของพืช (Njar *et al.*, 2011) มีอิทธิพลต่อทั้งปริมาณและขนาดของช่องในดิน จึงทำให้แปลงปลูกยางพาราแบบผสมผสานซึ่งมีความหลากหลายของพืชพรรณมากกว่า 10 ชนิด มีคุณภาพดินสำหรับการเก็บกักน้ำไว้ในหน้าตัดดินได้สูงที่สุด ส่วนแปลงปลูกยางพาราแบบเชิงเดี่ยวซึ่งมีพืชหลักเพียงชนิดเดียวจึงคุณภาพดินสำหรับการเก็บกักน้ำไว้ในหน้าตัดดินได้ต่ำที่สุด

สรุปผลการวิจัย

ดินปลูกยางพาราทุกบริเวณมีการกระจายของกลุ่มอนุภาคขนาดทรายเป็นลักษณะเด่น ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินปลูกยางพาราทั้งแบบเชิงอนุรักษ์ในลักษณะผสมผสานและมีพีชร่วม และแบบเชิงเดี่ยวมีค่า

ใกล้เคียงกันทั้งในชั้นดินบนและดินล่าง และส่วนใหญ่อยู่ในระดับค่อนข้างต่ำถึงต่ำ ทำให้สมบัติดินส่วนใหญ่ที่เป็นตัวชี้บอกคุณภาพดินด้านการเก็บน้ำมีลักษณะไม่แตกต่างกันชัดเจนตามรูปแบบการปลูกยางพารา ยกเว้นความหนาแน่นรวมของดิน คุณภาพด้านการเก็บน้ำโดยเฉพาะความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ยังอยู่ในระดับต่ำ โดยดินปลูกยางพาราแบบเชิงเดี่ยวมีแนวโน้มต่ำกว่าดินปลูกยางพาราเชิงอนุรักษ์ทั้งในลักษณะแบบมีพีชร่วมและแบบผสมผสาน รูปแบบการปลูกยางพาราแบบเชิงเดี่ยวมีผลกระทบชัดเจนต่อความหนาแน่นรวมของดิน โดยทำให้ชั้นดินล่างมีความหนาแน่นรวมเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับสูงซึ่งมีผลทำให้ทั้งความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้และความจุการเก็บน้ำทั้งหมดภายในหน้าตัดดินลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับ การปลูกยางพาราแบบมีพีชร่วมและแบบผสมผสาน ระดับความหนาแน่นรวมดินตั้งแต่ 1.6 กรัม/ลบ.ซม. มีผลต่อความจุในการเก็บน้ำของดิน รูปแบบการปลูกยางพาราแบบผสมผสานช่วยเพิ่มความพรุนในชั้นดินบนและส่งเสริมความพรุนของชั้นดินล่าง ส่วนรูปแบบการปลูกยางพาราแบบมีพีชร่วมช่วยส่งเสริมความพรุนของดินมากกว่าการปลูกแบบเชิงเดี่ยว

ดังนั้นการปลูกยางพาราทั้งแบบเชิงอนุรักษ์และแบบเชิงเดี่ยวในกลุ่มดินเนื้อหยาบในเขตที่มีฝนตกชุก ควรมีการจัดการอินทรีย์วัตถุทั้งในแง่ของการเพิ่มและการรักษาไว้ในดิน สำหรับส่งเสริมความหนาแน่นรวมและช่องในดินให้เหมาะสม เพื่อทำให้ดินมีความชื้นที่ระดับความจุความชื้นสนามเพิ่มขึ้นซึ่งส่งเสริมให้ดินมีความจุในการอุ้มน้ำใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น ร่วมกับการจัดการความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยการใส่ปุ๋ยซึ่งถือวิธีหนึ่งในการอนุรักษ์ดิน โดยส่งเสริมการเจริญเติบโตของรากและส่วนเหนือดินให้ขึ้นปกคลุมดินได้ดีขึ้น ทั้งเป็นแนวทางหนึ่งในการป้องกันการเกิดการอัดแน่นของดินโดยเฉพาะในดินที่มีการปลูกยางพาราแบบเชิงเดี่ยว อย่างไรก็ตามในดินกลุ่มเนื้อหยาบ ควรปลูกยางพาราแบบเชิงอนุรักษ์มากกว่าแบบเชิงเดี่ยว

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ได้
สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- Alliaume, F., W.A.H. Rossing, M. García, K.E. Giller and S. Dogliotti. 2013. Changes in soil quality and plant available water capacity following systems re-design on commercial vegetable farms. **European Journal of Agronomy** 46: 10-19.
- Blanco, H. and R. Lal. 2008. **Principles of Soil Conservation and Management**. Kansas: Springer+Business Media. 617 p.
- Bodner, G., D. Leitner and H.P. Kaul. 2014. Coarse and fine root plants affect pore size distributions differently. **Plant Soil** 380: 133-151.
- Boonyawat, S. and C. Kongsom. 1989. Pore size distribution of soils in the tropical rain forest and the rubber plantation in Southern Thailand. **Thai Journal of Forestry** 8: 42-59. [in Thai]
- Gregorich, E.G. and M.R. Carter. 1997. **Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health**. Amsterdam: Elsevier Science B.V. 448 p.
- Hazelton, P.A. and B.W. Murphy. 2007. **Interpreting Soil Test Results: What do all the number mean?** Australia: CSIRO PUBLISHING. 152 p.
- Hudson, B.D. 1994. Soil organic matter and available water capacity. **Journal of Soil and Water Conservation** 49: 189-194.
- Kiriratnikom, A. and S. Photisuntorn. 2011. Soil and nutrient loss by soil erosion in para rubber planting area, Thamohd district, Phatthalung province. **Journal of Forest Management** 5: 33-42. [in Thai]
- Klute, A. (Editor). 1986. **Methods of Soil Analysis Part 1: Physical and Mineralogical Methods**. Wisconsin: American Society of Agronomy, Inc. 1188 p.
- Kungpisdan, N. 2009. **Sustainable Rubber Plantation Management: Soil, Water and Nutrient**. Bangkok: Rubber Research Institute, Department of Agriculture. 210 p. [in Thai]
- Lal, R. and M.K. Shukla. 2004. **Principles of Soil Physics**. New York: Marcel Dekker, Inc. 716 p.
- Nandris, D., R. Moreau, F. Pellegrin, H. Chrestin, J. Abina, and P. Angui. 2004. Rubber tree (*Hevea brasiliensis*) bark necrosis syndrome: II. First comprehensive report on causal stresses. **Plant Disease** 88(9): 1047. [Online]. Available <https://www.apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/PDIS.2004.88.9.1047A> (20 January 2021).

- Njar, G.N., A.I. Iwara, U.E. Ekukinam, T.N. Deekor and S.O. Amiolemen. 2011. Organic carbon and total nitrogen status of soils under rubber plantation of various ages, south-southern Nigeria. **Journal of Environmental Science and Resource Management** 3: 1-13.
- Onthong, J. and C. Poonpakdee. 2004. **Manual of Soil and Plant analysis**. Songkhla: Earth Science Department, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University. 175 p. [in Thai]
- Rubber Research Institute. 2010. **Kho Mun Wi Cha Kan Yang Pha Ra**. Bangkok: Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives. 124 p. [in Thai]
- Topp, G.C., W.D. Reynolds, F.J. Cook, J.M. Kirby and M.R. Carter. 1997. Physical Attributes of Soil Quality. pp. 21-58. *In* Gregorich, E.G. and M.R. Carter (eds.). **Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health**. Netherlands: Elsevier Science B.V.
- Yogaratnam, N. 2000. Rubber land suitability evaluation. **Bulletin of the Rubber Research Institute of Sri Lanka** 41: 33-38.
- Zhang, H., G.L. Zhang, Y.G. Zhao, W.J. Zhao and Z.P. Oi. 2007. Chemical degradation of a Ferralsol (Oxisol) under intensive rubber (*Hevea brasiliensis*) farming in tropical China. **Soil and Tillage Research** 93: 109-116.

ผลการทดแทนปลาป่นด้วยผลพลอยได้จากกระบวนการแล่เนื้อปลาในอาหาร
ต่อการเจริญเติบโตของปลาลูกผสมบึกสยามแม่โจ้
Effect of Fish Meal Replacement with Filleting Waste in Fish Feed
for Maejo Buk Siam Hybrid Catfish on Growth Performance

เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน* สุภาพร สัตตัง ธนทัต สุขศรี และสุดาพร ตงศิริ

Kriangsak Mengumphan*, Supaporn Sattag, Thanathat Suksri and Sudaporn Tongsir

ศูนย์ความเป็นเลิศปลาบึกและปลาลูกผสมบึกสยามแม่โจ้ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Excellent Center of Pla Buk and Buk Siam Hybrid, Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resource

Maejo University Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: kriang1122sak@gmail.com

Received: March 09, 2020

Revised: August 17, 2020

Accepted: October 22, 2020

Abstract

The study of the effect of fish meal replacement with filleting waste (FW) on growth performance of the Maejo Buk Siam hybrid catfish (*Pangasianodon gigas* x *P. hypophthalmus*) was conducted by feeding the hybrid with diets in which fish meal was supplemented with 3 levels of FW, 1) 0% (control), 2) 25% and 3) 50%. The study which was conducted in cages showed that the 25 and 50% replacement of fish meal with FW resulted in higher weight gain than the 0% FW feed (control) ($p < 0.05$). Moreover, the replacement of fish meal with FW 25 and 50% reduced fish feed cost by 1.27 and 2.14 Baht/kg while the production cost per a kg of fish was reduced by 8.72 and 8.34 Baht/kg, respectively.

Keywords: growth performance, Maejo Buk Siam hybrid catfish, processing waste, fishmeal-replaced feed

บทคัดย่อ

การศึกษผลการทดแทนปลาป่นด้วยผลพลอยได้จากกระบวนการแล่เนื้อปลาต่อการเจริญเติบโตของปลาลูกผสมบึกสยามแม่โจ้ (ปลาบึก x ปลาสร้อย) โดยให้อาหารปลาลูกผสมฯ ที่เสริมด้วยผลพลอยได้จากกระบวนการแล่เนื้อปลา 3 ระดับ 1) 0% (ชุดควบคุม) 2) 25% และ 3) 50% การศึกษาในกระชัง พบว่าการทดแทนปลาป่นด้วย FW 25 และ 50% ทำให้น้ำหนักตัว

เพิ่มขึ้นสูงกว่าการให้อาหาร FW 0% (ควบคุม) ($p < 0.05$) นอกจากนี้การทดแทนปลาป่นด้วย FW 25 และ 50% ลดต้นทุนค่าอาหารปลาได้ 1.27 และ 2.14 บาท/กก. ในขณะที่ต้นทุนการผลิตปลาต่อกิโลกรัมลดลง 8.72 และ 8.34 บาท/กก. ตามลำดับ

คำสำคัญ: การเจริญเติบโต ปลาลูกผสมบึกสยามแม่โจ้ การแปรรูปผลพลอยได้ อาหารทดแทนปลาป่น

คำนำ

ปลาป่นเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตอาหารปลา มีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการเจริญพันธุ์ แต่เนื่องจากปลาป่นในปัจจุบันมีราคาสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว โดยปลาป่นที่ซื้อมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารปลา ในปี พ.ศ. 2562 มีราคาสูงถึง 56 บาท/กก. เนื่องจากปริมาณปลาเปิดที่ป้อนเข้าสู่โรงงานปลาป่นมีปริมาณน้อยลง เห็นได้จากปลาเปิดที่ขึ้นที่ท่าเทียบเรือจังหวัดชุมพร สงขลา ปัตตานี ระนอง และภูเก็ต ในปี พ.ศ. 2562 มีปริมาณปลาเปิดเพียง 22,877 ตัน (Sritrakul, 2019) ลดลง 42.97% เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2558 ที่มีปริมาณปลาเปิดสูงถึง 40,113.05 ตัน (Patcharotiwat, 2015) ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องลดปริมาณการใช้ปลาป่นในการผลิตอาหารปลา ซึ่งสามารถทำได้โดยหาวัตถุดิบอื่นที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่ดี มาใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อทดแทนปลาป่น ตลอดจนเป็นแนวทางในการลดต้นทุนหลักจากค่าอาหารปลาให้กับเกษตรกรได้

ผลพลอยได้จากกระบวนการแล่นเนื้อปลาถูกผสมบิกสยามแม่โจ้ (ปลาบึก x ปลาสร้อย) เป็นอีกตัวเลือกที่สำคัญเพื่อใช้ทดแทนปลาป่นในการผลิตอาหารปลา ซึ่งประกอบด้วยหัว ไช้กระดูก เนื้อติดกระดูก และหนัง เมื่อนำมาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการเบื้องต้น พบว่ามีระดับโปรตีน 28.64% แคลเซียม 5.09% ฟอสฟอรัส 2.52% พลังงาน 6,110 แคลอรี/กรัม และกรดไขมันที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของปลาน้ำจืด เช่น โอเมก้า 9 (Oleic acid) โอเมก้า 6 (Linoleic acid) และโอเมก้า 3 (Linolenic acid) ซึ่งกรดไขมัน ฟอสฟอรัส และแคลเซียมทำหน้าที่เป็นส่วนประกอบของกระดูกและเกล็ดของปลา โดยปลาที่มีฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบประมาณ 0.4-0.5% ของน้ำหนักตัว (Li and Mathias, 1994) และมีแคลเซียมประมาณ 0.5-1% ของน้ำหนักตัวปลา (Chuapoechuk, 1990) มีรายงานการใช้เศษปลาข้างเหลือง (*Selaroides leptolepis*) ประกอบด้วยหัวและเครื่องในจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำผ่านกระบวนการหมัก

ด้วยจุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) และนำมาผสมในสูตรอาหารปลานิลแดงชนิดจมน้ำ โปรตีน 35% ในสัดส่วน 0, 10, 20 และ 30% เลี้ยงลูกปลานิลแดงแปลงเพศ นาน 8 สัปดาห์ พบว่าค่า FCR, PER และ NPU มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) กับอาหารที่ไม่ผสม (Koedprang and Phumee, 2015) นอกจากนี้ มีรายงานการใช้กระดูกปลาป่นและผลพลอยได้ปูป่นจากโรงอุตสาหกรรมปู มาใช้ในการทดแทนปลาป่น อัตรา 180 ก./กก. และ 150 ก./กก. พบว่าสามารถเป็นใช้วัตถุดิบในการผลิตอาหารปลาที่มีประสิทธิภาพและมีคุณค่าสำหรับปลา Atlantic cod (Jogei *et al.*, 2006)

ปลาลูกผสมบิกสยามแม่โจ้เป็นปลาที่พัฒนาโดยการผสมข้ามชนิดปลาในวงศ์ปลาสร้อย (Pangasidae) ระหว่างพ่อปลาบึกกับแม่ปลาสร้อย ซึ่งเป็นปลาลูกผสมรุ่นที่ 2 (F_2) มีลักษณะเด่น คือ เนื้อแน่น มีเนื้อสีเหลืองขาวอมชมพู เปอร์เซ็นต์เนื้อ 40-45% อัตราการรอดตายสูง มีการเจริญเติบโตและต้านทานโรคได้ดี สามารถเลี้ยงได้ทั้งในบ่อดินและกระชัง ปัจจุบันกำลังได้รับความนิยมจากผู้บริโภคมากขึ้น ซึ่งปริมาณผลผลิตของธุรกิจปลาลูกผสมบิกสยามแม่โจ้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558-2561 มีปริมาณผลผลิตปลาเพิ่มขึ้นจาก 5,000 กก./ปี เป็น 29,777 กก./ปี ตามลำดับ (Mengamphan and Kitcheree, 2020) แสดงให้เห็นถึงความต้องการในการเลี้ยงปลาลูกผสมบิกสยามแม่โจ้ที่มากขึ้น ซึ่งการเลี้ยงปลาให้ประสบความสำเร็จนั้นอาหารปลาถือเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญและผู้เลี้ยงปลาต้องแบกรับต้นทุนค่าอาหารปลามากที่สุด

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์ที่จะนำผลพลอยได้จากกระบวนการแล่นเนื้อปลาถูกผสมบิกสยามแม่โจ้มาเป็นวัตถุดิบทดแทนปลาป่นในการผลิตอาหารปลา สำหรับใช้เลี้ยงปลาลูกผสมบิกสยามแม่โจ้ต่อการเจริญเติบโตและต้นทุนค่าอาหารปลา เพื่อเป็นแนวทางในการลดต้นทุนค่าปลาป่นและอาหารปลา ส่งเสริมการเพิ่มมูลค่าผลพลอยได้จากกระบวนการแล่นเนื้อปลาถูกผสมบิกสยามแม่โจ้ให้มีมูลค่าเพิ่มขึ้นและใช้ประโยชน์ได้อย่างสูงสุดต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การวางแผนการทดลอง

การทดลองนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลอง ชุดละ 3 ซ้ำ เลี้ยงปลาด้วยอาหารปลาทดแทนปลาปนด้วยผลพลอยได้จากกระบวนการแล่นื้อปลาลูกผสมบิกสยามแม่โจ้ (Filleting waste; FW) 3 ระดับ ได้แก่ FW 0% (ชุดควบคุม) FW 25% และ FW 50%

การเตรียมผลพลอยได้จากกระบวนการแล่นื้อปลา

โดยการนำส่วนหัว โครงกระดูก เนื้อติดกระดูก และหนัง ของปลาลูกผสมบิกสยามแม่โจ้มาสับให้มีขนาดชิ้นเล็กลง จากนั้นล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า และ

นำไปต้มในหม้อหนึ่งความดันนาน 3 ชั่วโมง เมื่อครบตามเวลาดังตั้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องและปั่นละเอียดด้วยเครื่องปั่น จากนั้นทำให้แห้งโดยการอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70°C. ระยะเวลา 72 ชั่วโมง แล้วปั่นให้ละเอียดอีกครั้ง

การเตรียมอาหารปลา

ผลิตอาหารปลาอัดเม็ดชนิดลอยน้ำ โปรตีนประมาณ 30% ด้วยการใช้วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของอาหารปลา ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เถ้า เยื่อใย ตามวิธีของ AOAC (2000) และวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมัน (Fatty acid composition) โดยเครื่อง GC (Gas-Chromatography) ด้วยวิธีการ In House Method TE-CH-208 (AOAC, 2012) ส่วนประกอบของวัตถุดิบในการผลิตอาหารปลาแสดงดัง Table 1

Table 1 Ingredient of the experimental diets containing filleting waste (FW) from the Buk Siam hybrid catfish at 0, 25 and 50%

Ingredient	FW 0%	FW 25%	FW 50%
Fish meal	15	11.25	7.5
Soybean meal	36	39	42
Broken-milled rice	32	33	33
Rice bran	16	12	9
Cure fish oil	1	1	1
Filleting waste (FW)	0	3.75	7.5
Total (kg)	100	100	100

การเตรียมปลาทดลอง

เตรียมปลาลูกผสมบิกสยามแม่โจ้ ที่ได้จากการเพาะขยายพันธุ์โดยการผสมเทียมของศูนย์ความเป็นเลิศปลาบึกและปลาลูกผสมบิกสยามแม่โจ้ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่มีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 40.07 ± 1.55 กรัม เลี้ยงในกระชังขนาด 1x1x1.5 เมตร โดยกางกระชังในบ่อดินขนาด

10x20x2 เมตร จำนวน 9 กระชัง ปล่อยปลากระชังละ 20 ตัว ให้อาหาร 3% ต่อวัน วันละ 2 ครั้ง เวลา 09.00 น. และ 16.00 น. เป็นระยะเวลา 3 เดือน ตรวจวัดคุณภาพน้ำ (อุณหภูมิ ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และพีเอช) และเปลี่ยนถ่ายน้ำอาทิตย์ละ 1 ครั้ง เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตโดยการชั่งน้ำหนักและวัดความยาวเดือนละ 1 ครั้ง โดยสุ่มปลากระชังละ 15 ตัว เพื่อวิเคราะห์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น

อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพของการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และ อัตราการรอดตาย ตามสูตรดังนี้ (Bagenal, 1978; Panase and Tipdacho, 2017)

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Weight gain: WG) = น้ำหนักสุดท้าย (กรัม) - น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)

อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (Average Daily Growth: ADG) = (น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง [กรัม] - น้ำหนักเมื่อเริ่มทดลอง [กรัม]) / จำนวนวันที่ทำการทดลอง

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed Conversion Ratio: FCR) = น้ำหนักอาหารที่ให้ (กรัม) / น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม)

ประสิทธิภาพของการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed Conversion Efficiency: FCE) = (น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น [กรัม] x 100) / จำนวนวันที่ทำการทดลอง

อัตราการรอดตาย (Survival Rate: SR) = (จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง x 100) / จำนวนปลาเริ่มต้น

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบแจกแจงทางเดียว (One-way ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มการทดลองด้วยวิธีของ Tukey's test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Statistic Package Scieance (SPSS) version 17

ผลการวิจัย

คุณค่าทางโภชนาการในอาหารปลา

คุณค่าทางโภชนาการในอาหารปลาที่ใช้ในการทดลอง พบว่าโปรตีนอยู่ระหว่าง 29.41-31.12% และมีปริมาณแคลเซียมอยู่ระหว่าง 12.00-52.52 กรัม/กก. ซึ่งมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามการทดแทนปลาป่นด้วย FW (Table 2) เช่นเดียวกับปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid) ในอาหารปลา เช่น โอเมก้า 6 และโอเมก้า 9 (Table 3)

Table 2 Proximate compositions of the experimental diets containing FW 0, 25 and 50%

Proximate compositions (%)	FW 0%	FW 25%	FW 50%
Crude Protein	29.41	30.42	31.12
Crude Fat	3.11	2.87	3.15
Ash	8.59	8.95	10.15
Crude fiber	4.13	3.49	3.31
NFE ^a	45.24	45.73	47.73
Calcium (g/kg)	12.00	31.72	52.52
Energy (Kcal)	406	413	420

^a Nitrogen-free extract (NFE) = 100 - (protein + fat + ash + fiber)

Table 3 Fatty acid composition of experimental diet containing FW 0, 25 and 50%

Fatty acid composition (g 100g ⁻¹)	FW 0%	FW 25%	FW 50%
Myristic acid (C14:0)	0.05	0.46	0.74
Palmitic acid (C16:0)	0.49	3.20	5.08
Heptadecanoic acid (C17:0)	0.02	-	-
Stearic acid (C18:0)	0.12	0.53	0.79
Arachidic acid (C20:0)	0.01	0.02	0.02
Behenic acid (C22:0)	-	0.02	0.02
Saturated fatty acid	0.70	4.24	6.66
Palmitoleic acid (C16:1n7)	0.08	0.23	0.25
cis-9-Oleic acid (C18:1n9c)	0.68	3.27	4.71
cis-11-Eicosenoic acid (C20:1n11)	0.01	0.03	0.08
Monounsaturated fatty acid	0.78	3.53	5.04
Cis-9,12-Linoleic acid (C18:2n6)	0.50	0.95	0.97
Gamma-linolenic acid (C18:3n6)	-	0.01	0.02
Alpha-linolenic acid (C18:3n3)	0.03	0.05	0.06
Cis-11,14-Eicosadienoic acid (C20:2)	-	0.02	0.03
Cis-8,11,14-Eicosatrienoic acid (C20:3n3)	-	0.03	0.04
Arachidonic acid (C20:4n6)	0.02	0.06	0.08
Cis-13,16,-Docosadienoic acid (C22:2)	-	-	0.01
Cis-5,8,11,14,17,-Eicosapentaenoic acid (C20:5n3)	0.05	0.04	0.03
4,7,10,13,16,19,-Docosaheptaenoic acid (C22:6n3)	0.09	0.07	0.05
Polyunsaturated fatty acid	0.70	1.23	1.29
Unsaturated fatty acid	1.47	4.76	6.33
n-3 fatty acid	1.68	1.53	1.36
n-6 fatty acid	5.20	10.51	11.16
n-9 fatty acid	6.86	32.57	47.06

การเจริญเติบโต

การเจริญเติบโตของปลาที่เลี้ยงในกระชัง พบว่า น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตต่อวันของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารทดแทนปลาปนด้วย FW 25% มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม (FW 0%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนอาหารที่ทดแทนด้วย FW 50% มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตต่อวันไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุมและชุดที่ทดแทนด้วย

FW 25% และจากการสังเกตปลาที่กินอาหารทดแทนปลาปนด้วย FW 0, 25 และ 50% พบว่าการเพิ่มระดับ FW ในอาหารปลาที่มีแนวโน้มทำให้ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเพิ่มสูงขึ้น (มีค่าเท่ากับ 58.90, 69.64 และ 71.52% ตามลำดับ) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อในปลาที่กินอาหารทดแทนปลาปนด้วย FW 25 และ 50% มีแนวโน้มต่ำกว่ากลุ่มควบคุม (FW 0%) แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (Table 4)

Table 4 Growth performances of hybrid catfish fed with FW 0, 25 and 50% in cages

Growth performances	FW 0%	FW 25%	FW 50%
Initial weight (g)	41.73±3.44 ^a	40.47±0.42 ^a	38.00±4.01 ^a
WG (g/fish)	75.68±5.83 ^b	184.83±20.40 ^a	116.78±50.49 ^{ab}
ADG (g/fish/day)	0.82±0.11 ^b	2.14±0.58 ^a	1.15±0.55 ^{ab}
FCR	1.71±0.19 ^a	1.44±0.08 ^a	1.51±0.56 ^a
FCE (%)	58.90±6.74 ^a	69.64±3.92 ^a	71.52±21.51 ^a
SR (%)	70.00±5.00 ^a	71.67±2.89 ^a	70.00±5.00 ^a

Display value is mean±standard deviation (SD), n=180.

^{a, b} Means with different superscript in a row was significantly different ($p<0.05$).

ต้นทุนค่าอาหารปลา

ต้นทุนค่าอาหารปลาที่ใช้ในการทดลองมีราคาอยู่ระหว่าง 23.39-25.53 บาท/กก. โดยอาหารปลาทดแทนปลาปนด้วย FW 25 และ 50% สามารถลดต้นทุนได้ประมาณ 1.27 และ 2.14 บาท/กก. ตามลำดับ (Table 5)

และต้นทุนค่าอาหารปลาต่อการผลิตปลา 1 กก. โดยใช้ค่า FCR ในการคิดต้นทุน พบว่าอาหารปลาทดแทนปลาปนด้วย FW 25 และ 50% เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารปลา FW 0% สามารถลดต้นทุนได้ถึง 8.72 และ 8.34 บาท/กก. ตามลำดับ

Table 5 The cost of fish diet used in the experiment

Ingredient	Costs (Baht/kg)	Diets					
		FW 0%		FW 25%		FW 50%	
		Kg	Baht	Kg	Baht	Kg	Baht
Fish meal	56	15	840	11.5	644	7.5	420
Soybean meal	23.75	36	855	39	926.25	42	997.5
Rice bran	15	16	240	12	180	9	135
Broken-milled rice	19	32	608	33	627	33	627
Cure fish oil	10	1	1	1	10	1	10
Filleting waste (FW)	20	0	0	3.75	75	7.5	150
Total		100	2,553	100	2,462.25	100	2,339.50
Cost (Baht/kg)		25.53		24.26		23.39	

วิจารณ์ผลการวิจัย

การเจริญเติบโตในปลาลูกผสมบิกสยามแม่โจ้

จากผลการศึกษาด้านการเจริญเติบโตในปลาลูกผสมบิกสยามแม่โจ้ที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาทดแทนปลาป่นด้วยผลพลอยได้จากกระบวนการแล่นเนื้อปลา (Filleting Waste; FW) ที่ระดับ 25% มีผลต่อน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และ ADG มีค่าสูงที่สุด และมีความแตกต่างทางสถิติกับ FW 0% ($p < 0.05$) ซึ่งระดับโปรตีนในอาหารปลาที่สูงขึ้นมีผลต่อการเจริญเติบโตของปลา จากคุณค่าทางโภชนาการในอาหารปลา (Table 2) จะเห็นได้ว่าอาหารปลาทดแทนปลาป่นด้วย FW 25% มีเปอร์เซ็นต์โปรตีน (30.42%) สูงกว่า FW 0% (29.41%) สอดคล้องกับ Kim and Lee (2005) ทดลองเลี้ยงลูกปลา Bagrid catfish โดยให้อาหารที่มีระดับโปรตีน 4 ระดับ (22, 32, 42 และ 52%) พบว่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) ของลูกปลา Bagrid catfish เพิ่มขึ้นตามระดับโปรตีนที่เพิ่มขึ้นในอาหาร เช่นเดียวกันกับในปลา Black catfish (Salhi *et al.*, 2004) ขณะที่อาหารปลาทดแทนปลาป่นด้วย FW 50% ถึงแม้จะมีระดับโปรตีนและระดับพลังงานสูงที่สุด กลับพบว่าอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติจาก FW 25% ($p > 0.05$) แสดงให้เห็นว่า อาหารปลาทดแทนปลาป่นด้วย FW 25% มีระดับโปรตีนและพลังงานเพียงพอต่อความต้องการนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของปลา สอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ Alvarez-Gonzalez *et al.* (2001) พบว่าปลาซังกะวาดเหลืองที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 25, 30 และ 35% มีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน โดยอาหารปลาที่มีระดับโปรตีน 25% เป็นระดับที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลาซังกะวาดเหลืองขนาด 10 ซม. และเมื่อระดับโปรตีนในอาหารเพิ่มขึ้นส่งผลทำให้การเจริญเติบโตของปลา มีแนวโน้มลดลง และสอดคล้องกับ Hephher (1988) กล่าวว่าอาหารปลาที่มีระดับโปรตีนสูงเกินระดับที่เหมาะสม ปลาจะสูญเสียพลังงานเพื่อขับโปรตีนส่วนเกินออก ส่งผลทำให้ปลามีการเจริญเติบโตลดลง

ปริมาณแคลเซียม (Ca) ในอาหารปลาทดแทนปลาป่นด้วย FW 25 และ 50% มีค่าสูงกว่า FW 0% มีผลต่อน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และ ADG ของปลาลูกผสมบิกสยามแม่โจ้ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ Liang *et al.* (2018) ศึกษาการเลี้ยงปลา Bighead carp ขนาดน้ำหนัก 105 กรัม ด้วยอาหาร 6 สูตร (โปรตีน 31.0% ไขมัน 6.0%) โดยให้อาหารปลาที่มีระดับ Ca ตั้งแต่ 0.41, 0.72,

0.93, 1.15, 1.26 และ 1.59% พบว่าน้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเติบโตจำเพาะ (SGR) เพิ่มขึ้นตามระดับ Ca ในอาหารที่เพิ่มขึ้นถึง 1.26% นอกจากนี้ Paul *et al.* (2006) รายงานว่าการเพิ่ม แคลเซียมและฟอสฟอรัสในอาหารปลา สามารถเพิ่ม ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของลูกปลา *Labeo rohita* อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับปลาที่ได้รับอาหารชุด ควบคุม ซึ่งในสัตว์น้ำแคลเซียม (Ca) ถือว่าเป็นแร่ธาตุที่สำคัญที่สุดชนิดหนึ่งและจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโต การพัฒนาโครงสร้าง และกระบวนการทางสรีรวิทยา (Lall, 2002; National Research Council, 2011) มีความจำเป็นต่อการสร้างกระดูก การถ่ายเทพลังงานผ่าน ATP และส่วนประกอบที่จำเป็นของระบบบัฟเฟอร์ใน เลือด (Nwana and Oni, 2018)

นอกจากนี้ องค์ประกอบของกรดไขมันในอาหาร ปลาทดแทนปลาป่นด้วย FW 25 และ 50% มีกรดไขมัน ชนิดไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid) สูงกว่า FW 0% เช่น cis-9-Oleic acid (C18:1n9c), Cis-9,12-Linoleic acid (C18:2n6), Arachidonic acid (C20:4n6), n-6 fatty acid และ n-9 fatty acid (Table 3) และมีปริมาณ ไขมันรวมในอาหารปลาอยู่ระดับที่ดี 2.87-3.15% โดย ปริมาณไขมันในอาหารปลาควรมีระดับที่เหมาะสม ถ้ามี ปริมาณมากเกินไปจะส่งผลทำให้การเจริญเติบโตลดลง เช่นเดียวกันกับปลาโฌงควรมีปริมาณไขมันในอาหารปลา อยู่ระหว่าง 6-9% และไม่ควรเกิน 12% (Somboon and Semachai, 2014) ซึ่งปลามีความต้องการกรดไขมัน Docosahexaenoic (C22:6n3; DHA), Eicosapentaenoic (C20:5n3; EPA) และ Arachidonic acid (C20:4n6) ที่มี ผลต่อพัฒนาการด้านการเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ ทำ หน้าที่รักษาความสมบูรณ์ของโครงสร้างและการทำงานของ เยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Bessonart *et al.* (1999) รายงานว่าอัตราการเติบโตของ ปลา *Saparus aurata* เพิ่มขึ้นเมื่อให้อาหารที่มีการเพิ่ม กรดไขมัน Arachidonic acid 1% ในขณะที่อัตราการ รอดตายเพิ่มขึ้นเมื่อให้อาหารที่เพิ่มกรดไขมัน

Arachidonic acid 1.8% นอกจากนี้ อาหารปลาที่มีการ ทดแทนปลาป่นด้วย FW 25 และ 50% พบว่ามีปริมาณ กรดไขมันโอเมก้า 9 สูงกว่าอาหารชุดควบคุม ซึ่งกรด ไขมันโอเมก้า 9 จากน้ำมันปลาน้ำจืดเมื่อนำเสริมใน อาหารปลานิลที่ระดับ 1 และ 1.5% พบว่าช่วยให้ปลานิล มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (Rattanapot *et al.*, 2018)

ต้นทุนค่าอาหารปลา

การทดแทนปลาป่นด้วย FW (25 และ 50%) ใน ระดับที่มากขึ้นส่งผลทำให้ต้นทุนค่าอาหารปลาถูกลงกว่า FW 0% เท่ากับ 24.26, 23.39 และ 25.53 บาท/กก. ตามลำดับ โดยในอาหารปลาทดแทนปลาป่นด้วย FW 25% สามารถลดต้นทุนค่าอาหารปลาต่อการผลิตปลา 1 กก. ได้ถึง 8.72 บาท/กก. อีกทั้งยังสามารถทำให้ปลา ลูกผสมบิกสยามแม่โจ้มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นและอัตราการ เจริญเติบโตต่อวัน (ADG) สูงที่สุด ขณะที่การใช้กาก ถั่วลิสงทดแทนปลาป่นในอาหารปลาสาวย 3 ระดับ (0, 50 และ 100%) พบว่าไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต แต่การ ทดแทนปลาป่นที่ระดับ 50 และ 100% สามารถลดต้นทุน ได้ 1.73 และ 5.39 บาท/กก. (Mapor *et al.*, 2010) นอกจากนี้ Chimsumg *et al.* (2006) ทดลองใช้หัวกุ้งป่น ทดแทนปลาป่นในอาหารปลานิลแดงแปลงเพศ 5 ระดับ (0, 25, 50, 75, 100%) เปรียบเทียบกับอาหารเม็ด สำเร็จรูปปลาตุ๊ก พบว่าการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่าง กัน และการทดแทนปลาป่นด้วยหัวกุ้งป่นทุกระดับมีต้นทุน ค่าอาหารปลา และต้นทุนค่าอาหารปลาต่อการผลิตปลา 1 กก. (11.19-13.14 และ 15.86-18.97 บาท/กก.) ต่ำกว่า อาหารเม็ดสำเร็จรูปปลาตุ๊ก (19.25 และ 19.06 บาท/กก.) ตามลำดับ ซึ่งจากข้อมูลธุรกิจปลาลูกผสมบิกสยามแม่โจ้ ของบริษัท Life Farm Land ในปี พ.ศ. 2562 สามารถผลิต ปลาแล่นเนื้อได้ 900 กก. (ปลาขนาด 1.5-2 กก.) ซึ่งต้องใช้ปลา ทั้งตัวประมาณ 2,000 กก. จากฟาร์มเกษตรกร 8 กลุ่ม ทำให้เกิดผลพลอยได้จากกระบวนการแล่นเนื้อปลา

(หัว โครงกระดูก เนื้อติดกระดูก และหนัง) ประมาณ 1,100 กก. (Mengamphan and Kitcheree, 2020) เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าผลพลอยได้ดังกล่าวและลดต้นทุนค่าอาหารปลา ดังนั้น การทดแทนปลาป่นด้วย FW จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจสำหรับเกษตรกร สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตอาหารปลา เพื่อใช้ในการเลี้ยงปลาลูกผสมบิกสยามแม่ไก่และปลาชนิดอื่น ๆ ต่อไป

สรุปผลการวิจัย

ผลการทดแทนปลาป่นด้วย FW 25% มีผลต่อการเจริญเติบโตของปลาลูกผสมบิกสยามแม่ไก่ โดยสามารถเพิ่มน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นและอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG) ได้สูงที่สุด อีกทั้งยังสามารถลดต้นทุนค่าอาหารปลาได้ 2.14 บาท/กก. และต้นทุนค่าอาหารปลาต่อการผลิตปลา 1 กก. ได้ถึง 8.72 บาท/กก. อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาประสิทธิภาพการย่อยได้ในอาหารปลา ตลอดจนคุณภาพเนื้อและปริมาณเนื้อของปลาขนาดตลาดต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ศูนย์ความเป็นเลิศบริการวิชาการด้านปลาบึกและปลาลูกผสมบิกสยามแม่ไก่ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่อนุเคราะห์ทรัพยากรสถานที่และอำนวยความสะดวกในการทำงานวิจัยในครั้งนี้จนเสร็จสิ้นสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

- Alvarez-Gonzalez, C.A., R. Civera-Cerecedo, T.L. Ortiz-Galindo, S. Dumas, M. Moreno Legorreta and T. Grayeb-Del Alamo. 2001. Effect of dietary protein level on growth and body composition of juvenile spotted sand bass, *Paralabrax maculatofasciatus*, fed practical diets. **Aquaculture** 194: 151-159.
- AOAC. 2000. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 17th ed. Maryland: AOAC International. 2200 p.
- AOAC. 2012. **Official Method 996.06 Fat. (Total, Saturated, and Unsaturated) in Foods**. Maryland: AOAC International. 5 p.
- Bagenal, T. 1978. **Methods for Assessment of Fish Production in Fresh Waters**. 3rd ed. London: Blackwell Scientific Publication. 365 p.
- Bessonart, M., M.S. Izquierdo, M. Salhi, C.M. Hernández-Cruz, M.M. González and H. Fernández-Palacios. 1999. Effect of dietary arachidonic acid levels on growth and fatty acid composition of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) larvae. **Aquaculture** 179(1-4): 265-275.

- Chimsumg, N., N. Chealoh, P. Pimolrat and C. Tantikitti. 2006. Use of Shrimp Head Meal as Partial Substitute for Fish Meal in Sex-reversed Red Tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*, Diet. pp. 589-597. In **Proceedings of the 44th Kasetsart University Annual Conference, Kasetsart, 30 January-2 February**. Bangkok: Kasetsart University. [in Thai]
- Chuapoehuk, W. 1990. **Nutrition and Aquatic Animal Feeding**. 1st ed. Bangkok: Kasetsart University. 255 p. [in Thai]
- Hepher, B. 1988. **Nutrition of Pond Fishes**. Israel: Fish and Aquaculture Research Station. 318 p.
- Jogeir, T., A. Anders, H. Britt and A. Sissel. 2006. Inclusion of fish bone and crab by-products in diets for Atlantic cod, *Gadus morhua*. **Aquaculture** 253(1-4): 636-645.
- Kim, L.O. and S.M. Lee. 2005. Effects of the dietary protein and lipid levels on growth and body composition of bagrid catfish, *Pseudobagrus fulvidraco*. **Aquaculture** 243(1-4): 323-329.
- Koedprang, W. and P. Phumee. 2015. Appropriate proportion of fish waste silage in fish meal replacement in red tilapia diet (*Oreochromis niloticus* *mossambicus*). **Journal of Fisheries Technology Research** 9(2): 34-42. [in Thai]
- Lall, S.P. 2002. The Minerals. pp. 182-193. In Halver, J.E. and R.W. Hardy (Eds.). **Fish Nutrition**. 3rd ed. New York: Academic Press.
- Liang, H., H. Mi, K. Ji, X. Ge, M. Re and J. Xie. 2018. Effects of dietary calcium levels on growth performance, blood biochemistry and whole body composition in juvenile bighead carp (*Aristichthys nobilis*). **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences** 18(4): 623-631.
- Li, S.F. and J.A. Mathias. 1994. **Freshwater Fish Culture in China**. Amsterdam: Elsevier. 462 p.
- Mapor, A., G. Pimthong, and S. Tongsiri. 2010. Effect of partial replacement of fish meal by peanut meal in *Pangasianodon hypophthalmus* diets. **Journal of Agricultural Research and Extension** 27(1): 28-35. [in Thai]
- Mengamphan, K. and N. Kitcheree. 2020. **Manual for the Development of Productivity System Value Standard and Brand Hybrid Catfish for Community Enterprises**. 1st ed. Chiang Mai: Wanida Printing Press. 60 p. [in Thai]
- National Research Council (NRC). 2011. **Nutrient Requirement of Fish and Shrimp**. Washington, DC.: National Academy Press. 392 p.

- Nwanna, L.C. and O.V. Oni. 2018. Determination of optimum calcium and phosphorous ratio for the production of African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). **Journal of Applied Sciences and Environmental Management** 22(5): 689-692.
- Panase, P. and P. Tiptacho. 2017. Preliminary use of *Polygonum minus* Linn. leaf extract on growth performance, feed utilization, and some hematological indices of *Anabas testudineus* (Bloch, 1792). **Comparative Clinical Pathology** 27(1): 147-153.
- Patcharotiwat, A. 2015. **Situation of trash fish and fish meal products in Thailand 2015**. [Online]. Available https://www.Fisheries.go.th/strategy/fisheconomic/pdf/สถานการณ์ปลาแปดปลาปนq4_2558.pdf (4 August 2020). [in Thai]
- Paul, B.N., S. Sarkar, S.S. Giri, S.N. Mohanty and P.K. Mukhopadhyay. 2006. Dietary calcium and phosphorus requirements of Rohu *Labeo rohita* fry. **Animal Nutrition and Feed Technology** 6: 257-263.
- Rattanapot T., K. Mengumphan, S. Tongsiri and D. Amornlerdpison. 2018. Fatty acid composition of freshwater fish oil and its efficiency on growth performance in Nile tilapia. **Journal of Agricultural Research and Extension** 35(2)(Suppl.): 11-20. [in Thai]
- Salhi, M., M. Bessonart, G. Chediak, M. Bellagamba and D. Carnevia. 2004. Growth, feed utilization and body composition of black catfish, *Rhamdia quelen*, fry fed diets containing different protein and energy levels. **Aquaculture** 231(1-4): 435-444.
- Somboon, S. and W. Semachai. 2014. The Effects of Dietary Lipid Amount and Fatty Acids Composition on Growth Performance of Basa Catfish (*Pangasius bocourti* Sauvage, 1880). pp. 266-274. **In Proceedings of 52nd Kasetsart University Annual Conference: Fisheries, Agricultural Extension and Home Economics**. Bangkok: Kasetsart University. [in Thai]
- Sritrakul, J. 2019. **Situation of trash fish and fish meal products in the first 6 months for Thailand 2019**. [Online]. Available https://www.fisheries.go.th/strategy/UserFiles/files/q2_2562.pdf (7 January 2020). [in Thai]

การทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพของฟอร์มาลิน จุนสี กรดน้ำส้มสายชู ต่างทับทิม และไตรคลอโรฟอน (Dipterex®) ในการกำจัดเห็บกระจกที่พบในลูกปลานิล (*Oreochromis niloticus*)

Comparison of the Efficacy of Formalin, Copper Sulfate, Acetic Acid Potassium Permanganate, and Trichlorfon (Dipterex®) on *Trichodina* spp. in Nile Tilapia Fingerlings (*Oreochromis niloticus*)

วรรณิา ศิริมานะพงษ์^{1*} พิมพชนก ประจําคํา² ศุภกาญจัน อุไรรัตน์² สุภานัน สินธุมา²

อริชา ศรีสุทธากการ² และอรไพลิน ประยูรศุข²

Wanna Sirimanapong^{1*}, Pimchanok Prachamkhai², Suphakarn Urairat², Supanan Sintuma²

Athicha Srisutthakarn² and Ornphilin Prayoonsuk²

¹หน่วยวิจัยและดูแลสุขภาพสัตว์น้ำทางสัตวแพทย์ ภาควิชาเวชศาสตร์คลินิกและการสาธารณสุข คณะสัตวแพทยศาสตร์

มหาวิทยาลัยมหิดล นครปฐม 73170

²คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล นครปฐม 73170

¹Veterinary Aquatic Animal Research Health Care Unit, Department of Clinical Science and Public Health

Faculty of Veterinary Science, Mahidol University, Nakhon Pathom, Thailand 73170

²Faculty of Veterinary Science, Mahidol University, Nakhon Pathom, Thailand 73170

*Corresponding author: wanna.sir@mahidol.edu

Abstract

Received: February 27, 2020

Revised: April 20, 2021

Accepted: May 03, 2022

The objective of this research was to compare the efficacy of formalin, copper sulfate, acetic acid, potassium permanganate and trichlorfon (Dipterex®) on controlling trichodiniasis in Nile tilapia fingerlings. Fish were randomly sampled from earthen pond that had heavy *Trichodina* spp. infection and raised in 6 tanks of 30 fish each. Each tank was supplemented with each of the 5 chemicals or left untreated for negative control and left for 24 hours. Skin and gill scraping of fish before and after treatment were performed for treatment efficacy evaluation. The results of this study showed significant difference among chemical treatments for inactivation of *Trichodina* spp. ($p<0.01$). Formalin, acetic acid and potassium permanganate can eradicate *Trichodina* spp. of Nile tilapia.

Keywords: comparison of the efficacy, chemicals, Nile tilapia, *Trichodina* spp.

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารเคมี 5 ชนิด ที่ใช้กำจัดเห็บระฆังในปลานิล ได้แก่ ฟอรัมาลิน จุนสี กรดน้ำส้ม ต่างทับทิม และไตรคลอโรฟอน (Dipterex®) โดยทำการสุ่มปลานิลจากบ่อดินที่ตรวจพบเห็บระฆังในฟาร์มมาเลี้ยงในบ่อดทดลอง 6 บ่อ บ่อละ 30 ตัว ในแต่ละบ่อจะใส่สารเคมีทั้ง 5 ชนิดที่แตกต่างกัน และบ่อที่ไม่ใส่สารเคมีเป็นกลุ่มควบคุมเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทั้งนี้ได้มีการสุ่มชุดตรวจปลานิลในบ่อดทดลองก่อนและหลังใส่สารเคมี และตรวจคุณภาพน้ำในบ่อดทดลองเพื่อประเมินประสิทธิภาพของสารเคมี จากการศึกษาพบว่าชนิดสารเคมีที่ใช้ในบ่อเลี้ยงที่แตกต่างกัน มีผลต่อการพบและจำนวนของเห็บระฆังในปลานิลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยฟอรัมาลิน กรดน้ำส้ม และต่างทับทิมสามารถกำจัดเห็บระฆังที่พบในปลานิลได้

คำสำคัญ: การทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพ
สารเคมี ปลานิล เห็บระฆัง

คำนำ

ปลานิล (Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*) เป็นปลาน้ำจืดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย เนื่องจากเป็นอาหารโปรตีนที่มีคุณค่าทางอาหารสูง ไขมันต่ำ เลี้ยงง่าย และเจริญเติบโตเร็ว แต่ถึงแม้ว่าปลานิลจะสามารถเลี้ยงได้ในทุกสภาพทั้งในบ่อดินและในกระชัง อุตสาหกรรมที่สำคัญของการเพาะเลี้ยง คือ โรคติดเชื้อและโรคไม่ติดเชื้อ ซึ่งเกิดจากการเลี้ยงที่หนาแน่น ขาดการจัดการที่ดี รวมทั้งสภาวะแวดล้อมที่มีความแปรปรวนสูง โดยโรคติดเชื้อที่พบได้บ่อยที่สุดในปลานิล คือ โรคติดเชื้อปรสิต เช่น เห็บระฆัง ปลิงใส และเห็บปลา โรคติดเชื้อแบคทีเรียแอโรโมนาส (*Aeromonas* spp.) สเตรปโตคอคคัส (*Streptococcus* spp.) ฟลาโวแบคทีเรีย (*Flavo*

bacterium spp.) เป็นต้น (Cai *et al.*, 2004; Eissa *et al.*, 2010; Natividad *et al.*, 1986; Shoemaker and Klesius, 1997)

เห็บระฆัง (*Trichodina* spp.) เป็นเชื้อโปรโตซัวอยู่ในแฟมิลี Trichodinidae ซึ่งประกอบด้วยจิ้นสทริโคดิดา (*Trichodina*) พาราทริโคดิดา (*Paratrachodina*) ทริโคโดเนลลา (*Trichodonella*) ทริพาเทลลา (*Tripartiella*) และเวาโซเมีย (*Vauchomia*) เห็บระฆังมีรูปร่างวงกลม เมื่อบริเวณด้านบน และครึ่งวงกลมเมื่อบริเวณด้านข้าง มีเส้นผ่านศูนย์กลางยาว 25-100 ไมโครเมตร มีซีเลียรอบตัวและช่องปากเพื่อใช้ในการเคลื่อนที่และหาอาหาร พบได้ทั่วไปตามธรรมชาติทั้งในน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม (Smith and Schwarz, 2009) เคลื่อนที่โดยการหมุนไปเกาะติดที่เหงือกและผิวหนังของปลาได้อย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในช่วงที่ปลาอ่อนแอและสามารถติดได้ในปลาหลายชนิด โดยพบในปลาวัยรุ่น (Juvenile) มากที่สุด

นอกจากนี้ยังพบได้ในลูกปลาวัยอ่อน (Fry) และลูกปลาระยะโพสต์ลาร์วา (Post larva) การที่ปลาติดเชื้อจำนวนน้อยมักไม่ก่อให้เกิดโรค (Koyuncu and Toksen, 2010) แต่ถ้ามีปริมาณมากจะก่อให้เกิดโรคที่เรียกว่าทริโคดิดิโนซิส (Trichodiniasis) โดยปลาจะแสดงอาการคัน ว่ายน้ำผิดปกติ ซึม อ่อนแรง ไม่กินอาหาร ผลผลิตเริ่มลดลง จนเห็นเป็นหมอกปุยสีขาว ๆ ที่ผิวหนัง เกิดแผลหลุม ครีบเปื่อยยุ่ย หากโรคเกิดที่เหงือกจะทำให้เหงือกบวม หายใจลำบาก (Sharma *et al.*, 2012) การก่อโรคมักเกิดจากการเลี้ยงปลาอย่างหนาแน่นและให้อาหารปริมาณมาก จนทำให้ความเข้มข้นของแอมโมเนียสูงขึ้นหรือมีสารอินทรีย์ในน้ำมากซึ่งเหมาะสมต่อการเพิ่มจำนวนของเห็บระฆัง (Madsen *et al.*, 2000)

สารเคมีหลากหลายชนิดมีคุณสมบัติในการกำจัดเห็บระฆัง เช่น ฟอรัมาลิน (Formalin) จุนสี (Copper sulfate: CuSO_4) ต่างทับทิม (KMnO_4) กรดน้ำส้มสายชู (Acetic acid) เกลือ (NaCl) ซึ่งมีกลไกการออกฤทธิ์ ข้อดีและข้อจำกัดที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นการเลือกใช้สารเหล่านี้ควรเลือกให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์และสภาพพื้นที่ในการใช้งาน

ฟอร์มาลิน (Formalin) เป็นแก๊สฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde) ที่ละลายในน้ำ ได้รับการรับรองจาก FDA ให้ใช้เพื่อกำจัดปรสิตในปลา ออกฤทธิ์โดยกระบวนการอัลคิเลชัน (Alkylation) ที่กรดนิวคลีอิกและทำให้โปรตีนเสื่อมสภาพ มีประสิทธิภาพในการกำจัดปรสิตภายนอกในปลาน้ำจืดและปลาทะเล ได้แก่ เชื้อโปรโตซัวและพยาธิใบไม้ในกลุ่มโมโนจีนี (Monogenetic trematodes) เช่น ปลิงใส (Reardon and Harrell, 1990) แต่ข้อเสียของฟอร์มาลินเป็นพิษต่อสาหร่าย ทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง การใช้ปริมาณที่มากเกินไปจะทำให้เกิดการทำลายเหงือกปลาจนเกิดเป็นเนื้อตายได้ นอกจากนี้ยังเป็นสารก่อมะเร็ง (Carcinogen) และเป็นแก๊สพิษ ดังนั้นผู้ที่ใช้สารเคมีต้องสวมอุปกรณ์ป้องกันและเก็บในภาชนะที่ปิดสนิท (Ruth, 1996) การสลายตัวของฟอร์มาลินขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำและการให้อากาศในน้ำ ถ้าน้ำมีอุณหภูมิสูงและมีการให้อากาศจะทำให้ฟอร์มาลินสลายตัวเร็ว ฟอร์มาลินในระดับความเข้มข้น 25 ppm จะสลายตัวหมดภายในเวลาไม่เกิน 36 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 27-30°C. ปริมาณสารที่แนะนำ คือ 1) 15-25 ppm 24 ชั่วโมงในบ่อ เพิ่มเครื่องตีน้ำและงดอาหาร 2) 125-250 ppm 1 ชั่วโมง 3) 1,000-2,000 ppm 15 นาที สำหรับกำจัดเชื้อราที่ไข่ปลา (Leal et al., 2018) จากการศึกษาของ Yu et al. (2020) ศึกษาการใช้ฟอร์มาลินในการรักษาการติดเชื้อปรสิต *Mesanocephalus* sp. ของปู (*Portunus trituberculatus*) นอกจากนี้ฟอร์มาลินความเข้มข้น 30-40 ppm สามารถใช้ในการรักษาการติดเชื้อปรสิตที่พบในปลา Silver perch (*Bidyanus bidyanus* Mitchell) ที่เลี้ยงในบ่อดิน (Rowland et al., 2006)

จุนสี (Copper sulfate: CuSO_4) ใช้ในการรักษาการติดเชื้อปรสิตอะมีบะไลโอโดเนียม โอซิลาทัม (*Amyloodinium ocellatum*) และคริปโทคาริออน เออร์แทนส์ (*Cryptocaryon irritans*) กำจัดเห็บกระซัง (*Trichodina* spp.) ไคซิลโดเนลลา (*Chilodonella* spp.) คอสเทีย (*Costia* spp.) อีพิสไทลิส (*Epistylis* spp.) และอิคโทอพอไทเรียส มัลติฟิเลียส (*Ichthyophthirius*

multifiliis) โดยยังไม่ทราบกลไกที่แน่นอน (Yanong, 2010) แต่เนื่องจากจุนสีมีองค์ประกอบของคอปเปอร์ (II) ไอออน (Cu^{2+}) ซึ่งง่ายต่อการเกิดพิษกับปลาโดยที่จะไปทำลายเนื้อเยื่อเหงือกและรบกวนการควบคุมไอออน (Reardon and Harrell, 1990) ทำลายเนื้อเยื่ออื่น ๆ เช่น ตับ ไต ระบบประสาทและระบบภูมิคุ้มกัน ดังนั้นการใช้สารนี้จึงควรคำนึงถึงค่าความกระด้างซึ่งเกิดจากแคลเซียม (Calcium hardness) และค่าความเป็นด่างของน้ำ (Alkalinity) รวมด้วยเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของสองค่านี้จะช่วยในการลดความเป็นพิษของ Cu^{2+} ได้โดยที่แคลเซียมจะแย่ง Cu^{2+} จับที่เหงือกของปลาและคาร์บอเนต (Carbonate) จะจับตัวกับ Cu^{2+} ทำให้ความเข้มข้นของ Cu^{2+} ในน้ำลดลง Cu^{2+} จะไม่มีการสลายตัวแต่จะมีการเปลี่ยนรูปได้เมื่อจับกับสารประกอบอื่น ๆ ปริมาณสารที่แนะนำ คือ 0.15-0.20 ppm 24 ชั่วโมงในบ่อ โดยค่า Alkalinity ต้องมากกว่า 50 ppm (Yanong, 2010) จากการศึกษาของ Owatari et al. (2020) ใช้จุนสีความเข้มข้น 0.2 ppm ในการรักษาการติดเชื้อ *Amyloodinium ocellatum* ในปลาซาร์ดินหรือปลาพิลชาร์ด Brazilian sardines (*Sardinella brasiliensis*) นอกจากนี้ในปลาตุ๊กแอฟริกา (*Clarias gariepinus*) มีการทดสอบความเป็นพิษของจุนสีที่พบว่า จุนสีความเข้มข้น 37.47-44.58 ppm สามารถทำให้เกิดการตายในปลาตุ๊กแอฟริกาที่ 96 ชั่วโมง (Wani et al., 2018)

ต่างทับทิม (Potassium permanganate: KMnO_4) เป็นสารออกซิไดซ์ มีประโยชน์ในทางสัตวน้ำ คือ ใช้เพื่อกำจัดเห็บกระซัง ไคโลโดเนลลา (*Chilodonella* spp.) คอสเทีย (*Costia* spp.) แอมบิฟิยา (*Ambiphrya* spp.) รักษาโรคเหงือกและแผลหลุมจากเชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา รักษาโรคซิกลิโดจิโรเอซิส (Cichlidogyrasis) ในปลานิล ออกซิไดซ์สารอินทรีย์และตะกอนก้นบ่อ ช่วยลดค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลชีพใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Biological Oxygen Demand: BOD) และปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังกำจัดสาหร่ายซึ่งมีผลทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำต่ำลงได้ ดังนั้นควร

เตรียมเครื่องต้นน้ำให้พร้อมเมื่อมีการใช้สารนี้และไม่ใช้บ่อยจนเกินไป ต่างทับทิมเป็นสารออกซิไดซ์ที่รุนแรง อาจทำให้เกิดอันตรายต่อผิวหนัง ดวงตา และส่วนอื่น ๆ ของร่างกายมนุษย์ บริเวณที่สัมผัสจะเป็นสีน้ำตาล ดังนั้นผู้ที่ทำงานกับสารนี้ควรใช้อุปกรณ์ป้องกัน เช่น ถุงมือ แวนตาเสื้อผ้าป้องกัน และหน้ากากอนามัย เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้น (Marking and Bills, 1975) ปริมาณสารที่แนะนำคือ 1) 2 ppm หรือละลายต่างทับทิมในน้ำแล้วได้เป็นสีชมพูอ่อนในบ่อเลี้ยง (กรณีที่มีสีขุ่นให้ทำการไทเทรตเพื่อหาปริมาณที่เหมาะสม) และหลังการทำปฏิกิริยาภายใน 24 ชั่วโมง น้ำควรเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของ MnO_2 กรณีที่ไม่มีการเปลี่ยนสีของน้ำแสดงว่าปริมาณของต่างทับทิมมากเกินไป 2) 4-8 ppm เพื่อกำจัดแพลงก์ตอน (Tucker and Boyd, 1977) ความเป็นพิษที่สามารถทำให้ปลาตายร้อยละ 50 ที่ 96 ชั่วโมง ในปลาดุก (Channel catfish: *Ictalurus punctatus*) ความเข้มข้น 0.750 ppm ปลาทอง (*Carassius auratus*) 3.60 ppm และยังพบว่าความเป็นพิษของต่างทับทิมจะสูงขึ้นถ้าละลายในน้ำกระด้างหรือมีความเป็นกรดต่ำสูง (Marking and Bills, 1975) การใช้ต่างทับทิมความเข้มข้น 4 ppm สามารถใช้กำจัด *Flexibacter columnaris* ในปลา Fathead minnows (*Pimephales promelas*) (Jee and Plumb, 1981) ในขณะที่ต่างทับทิมความเข้มข้น 20 ppm 20 นาที 22°C. ลดการติดปรสิต *Pseudodactylogyrus* spp. ในปลาไหลญี่ปุ่น (*Anguilla japonica*) (Chan and Wu, 1984)

กรดน้ำส้มสายชู (Acetic acid) เป็นสารฆ่าเชื้อและมีประโยชน์ในทางสัตว์น้ำโดยการกำจัดเชื้อปรสิตภายนอกของปลา (Ruangpan, 1988) รวมทั้งเห็บระฆังออกฤทธิ์โดยแตกตัวเป็นไฮโดรเจนไอออน (H^+) ซึ่งสามารถทำให้โปรตีนและไขมันเกิดการเสียสภาพได้นอกจากนี้ยังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ในไซโตพลาสซึม (Cytoplasm) ทำให้ปฏิกิริยาในเซลล์ปรสิตเสียสมดุล ปริมาณสารที่แนะนำ คือ 1:500 แช่นาน 1 นาที และ 1:4,000 หรือ 1:6,000 แช่นาน 1 ชั่วโมง

(Leitritz and Lewis, 1980) กรดน้ำส้มสายชู ความเข้มข้น 2 มิลลิตรต่อลิตร แช่นาน 30-40 วินาที สามารถใช้ในการรักษาโรคในปลาทองที่ติดเชื้อได้ (Wildgoose and Lewbart, 2001)

ไตรคลอร์ฟอน (Trichlorfon: Dipterex®) เป็นสารในกลุ่มออกาโนฟอสเฟต (Organophosphate) ที่มีราคาถูก ซึ่งถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในทางสัตว์น้ำสามารถกำจัดแมลง ปลิงใส หนอนตัวกลม หนอนสมอปปลิง เห็บปลา หอยทาก และไฮดรา (*Hydra*) (Lopes et al., 2006) โดยยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส (Acetylcholinesterase) แบบไม่ผันกลับ ทำให้มีการสะสมเอนไซม์นี้ที่บริเวณปมประสาทซิมพาเทติก (Sympathetic ganglion) ปมประสาทพาราซิมพาเทติก (Parasympathetic ganglion) และรอยต่อระหว่างเส้นประสาทต่อกับกล้ามเนื้อ (Neuromuscular junction) เกิดการเพิ่มขึ้นของกระบวนการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ให้เป็นขั้วบวกมากขึ้น (Depolarization) ของเยื่อหุ้มเซลล์ประสาทหลังไซแนปส์ (Postsynaptic membrane) ตลอดเวลา ส่งผลให้มีการกระตุ้นเซลล์ประสาทอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะระบบประสาทพาราซิมพาเทติก และระบบประสาทที่ควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกาย (Bassleer, 1998) สารนี้ค่อนข้างมีความรุนแรงทั้งต่อแมลง สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง ปลา รวมทั้งมนุษย์ ไตรคลอร์ฟอนจะสลายตัวได้ดีในน้ำที่มีความเป็นด่างซึ่งจะสลายตัวได้ประมาณ 99% ภายใน 2 ชั่วโมง แต่จะเสถียรในน้ำที่เป็นกรด เมื่อผสมไตรคลอร์ฟอนลงในน้ำจะแตกตัวได้สารไดคลอร์วอส (Dichlorvos) เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะมีความคงทนในน้ำอุณหภูมิ 20°C. สารไดคลอร์วอสที่ได้จะมีปริมาณที่สามารถตรวจวัดได้ถึง 526 วัน (Lopes et al., 2006) ปริมาณสารที่แนะนำ คือ 0.25-1 ppm (Bassleer, 1998) มีการศึกษาในปลาไหลญี่ปุ่นที่ติดปรสิต *Pseudodactylogyrus* spp. สามารถใช้ไตรคลอร์ฟอนความเข้มข้น 0.27-1.0 ppm แช่ 24 ชั่วโมง ทุก 2 วัน 2 ครั้ง (Chan and Wu, 1984) ขณะที่ไตรคลอร์ฟอนความเข้มข้น 0.2-0.4 ppm แช่ 48 ชั่วโมง สามารถลดการติดเชื้อ

Lactococcus garvieae ในกุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii*) (Chang *et al.*, 2006)

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาภาคสนามในฟาร์มที่เพาะเลี้ยงปลานิล เพื่อมุ่งประโยชน์ในการเลือกใช้สารเคมีที่ถูกต้องและเหมาะสม สำหรับการกำจัดปรสิตที่เกิดขึ้นภายในฟาร์ม และจากข้อมูลข้างต้นทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของฟอร์มาลิน จุนสี กรดน้ำส้ม ด่างทับทิม และไตรคลอโรฟอน ต่อการกำจัดเห็บระฆังในปลานิล เพื่อนำมาปรับใช้ในฟาร์มต่อไป โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของฟอร์มาลิน จุนสี กรดน้ำส้ม ด่างทับทิม และไตรคลอโรฟอน ต่อการกำจัดเห็บระฆังในปลานิลที่เลี้ยงในบ่อดิน

อุปกรณ์และวิธีการ

สัตว์ทดลอง

การใช้สัตว์ทดลองได้ผ่านการพิจารณาจาก Mahidol University-Institute Animal Care and Use Committee (MU-IACUC) รหัสโครงการ MU-IACUC 2017/010

ลูกปลานิลขนาด 8.2 ± 2.3 ซม. จำนวน 180 ตัว ถูกสุ่มจากบ่อดินที่มีการระบาดของเห็บระฆัง โดยการสุ่มชุดบริเวณผิวหนัง และเหงือก (Skin and gill scraping examination) แต่ละกลุ่มการทดลองจะมีปลานิลทั้งหมด 30 ตัว เลี้ยงในบ่อไฟเบอร์กลาสขนาด 500 ลิตร จำนวน 6 บ่อ เติมน้ำจากบ่อเลี้ยงปริมาตร 300 ลิตร ในแต่ละบ่อ

การแบ่งกลุ่มการทดลอง

กลุ่มการทดลองทั้งหมด 6 กลุ่ม โดยแบ่งเป็นกลุ่มที่ 1 ฟอร์มาลิน 37% (Formalin) ปริมาณ 30 ppm (9 มิลลิลิตร/300 ลิตร) กลุ่มที่ 2 จุนสี (CuSO_4) ปริมาณ 0.25 ppm (75 มิลลิกรัม/300 ลิตร) กลุ่มที่ 3 กรดน้ำส้มเข้มข้น 98% ปริมาณ 25 ppm (7.5 มิลลิลิตร/300 ลิตร) กลุ่มที่ 4 ด่างทับทิม (KMnO_4) ปริมาณ 2 ppm (600 มิลลิกรัม/300 ลิตร) กลุ่มที่ 5 ไตรคลอโรฟอน (Dipterex®) ปริมาณ 0.25 ppm (75 มิลลิกรัม/300 ลิตร) กลุ่มที่ 6

เป็นกลุ่มควบคุมเชิงลบ (Negative control) ไม่เติมสารใด ๆ ลงในน้ำที่เลี้ยงปลาตลอดการทดลอง (Figure 1)

การทดลอง

หลังจากแบ่งกลุ่มสัตว์ทดลอง ทำการสุ่มตรวจปรสิตก่อนการใส่สารเคมี และเตรียมสารเคมีตามปริมาณที่ต้องการ นำสารเคมีเตรียมไว้ทำการแช่ (Bath) ตามกลุ่มต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง โดยมีการเติมอากาศภายในบ่อให้เพียงพอตลอดเวลา

การเก็บตัวอย่าง และการตรวจวินิจฉัย

การเก็บตัวอย่างโดยสุ่มปลาจากบ่อทดลองขึ้นมาตรวจจำนวน 5 ตัว คิดเป็นร้อยละ 15 จากจำนวนปลาทั้งบ่อ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้ ก่อนการชุดตรวจปรสิตมีวางยาซึมปลาด้วยน้ำมันกานพลู (อัตราส่วน 1 ต่อ 9 ในเอทานอล) ด้วยขนาดยา 40 ppm หลังจากปลาไม่สามารถรักษาสมดุลการทรงตัว จึงนำปลาขึ้นมาทำการเก็บตัวอย่าง การเก็บตัวอย่างโดยการใช้แผ่นปิดสไลด์ชุดบริเวณผิวหนังและเหงือก ซึ่งจะทำทั้งก่อน (ชุดด้านซ้ายของตัวปลา) และหลังการรักษา (ชุดด้านขวาของตัวปลา) โดยตำแหน่งที่ชุดบริเวณผิวหนังจะชุดที่บริเวณลำตัว ถัดจากแผ่นปิดเหงือกได้ครีบอก ขนาดกว้าง 2.2 ซม. ยาว 2.2 ซม. และบริเวณเหงือกจะชุดที่เหงือกชั้นบนสุด (Figure 1) ซึ่งตัวอย่างทั้ง 2 ชนิดจะแยกเก็บด้วยแผ่นปิดสไลด์ ตัวอย่างละแผ่น หลังจากนั้นหยด 0.9% NaCl ลงบนแผ่นสไลด์ 2 จุด และวางแผ่นปิดสไลด์ที่มีตัวอย่างลงไป โดยหันแผ่นปิดสไลด์ด้านที่ใช้ชุดเข้าหากระจกฝานำปลาไปพื้นสลับในถังที่มีออกซิเจน

ส่องตรวจภายใต้กล้องจุลทรรศน์โดยใช้กำลังขยายขนาด 50 เท่า (เลนส์วัตถุ 5X และเลนส์ตา 10X) ซึ่งจะส่องตรวจเฉพาะด้านที่ติดกระจกฝาจานวน 3 แถวและนับจำนวนปรสิตที่ตรวจพบในแต่ละตัวอย่างแยกกัน ทำซ้ำทั้งหมด 3 รอบในแต่ละกลุ่ม (Figure 1) โดยนำจำนวนปรสิตที่นับได้มาคำนวณหาค่าจำนวนปรสิตต่อจำนวนปลาที่ติดปรสิต (Mean Intensity: MI) ยกตัวอย่างเช่น มีปรสิตทั้งหมด 5 ตัว มีจำนวนปลาที่ติดปรสิตทั้งหมด 6 ตัว จะได้ $MI = 5/6 = 0.83$ และค่าความชุกของโรค

(Prevalence: P) ยกตัวอย่างเช่น ปลาที่สุ่มมาตรวจมีทั้งหมด 10 ตัว มีตัวที่เจอปรสิตทั้งหมด 8 ตัว จะได้ $P = 8 \times 100 / 10 = 80\%$ บันทึกผลที่ได้นำมาเปรียบเทียบกับในแต่ละกลุ่ม

การตรวจคุณภาพน้ำ

น้ำที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำจากบ่อดินที่ใช้ในฟาร์มที่ไม่ได้ผ่านการปรับสภาพใด ๆ ทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อนและหลังการทดลอง พารามิเตอร์ที่ตรวจ ได้แก่ ออกซิเจน (มิลลิกรัม/ลิตร) อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส: °C) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/ลิตร) ไนเตรต (มิลลิกรัม/ลิตร) แอมโมเนีย (มิลลิกรัม/ลิตร) ความเค็ม (ppt) ความเป็นต่าง (มิลลิกรัม/ลิตร) ความกระด้าง (มิลลิกรัม/ลิตร)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) มี 6 กลุ่ม การทดลอง ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ฟอर्मาลิน 37% (Formalin) กลุ่มที่ 2 จุนสี (CuSO_4) กลุ่มที่ 3 กรดน้ำส้มเข้มข้น 98% กลุ่มที่ 4 ด่างทับทิม (KMnO_4) กลุ่มที่ 5 ไตรคลอร์ฟอน (Dipterex®) กลุ่มที่ 6 กลุ่มควบคุม ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance) แบบทางเดียว (One-way analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างชุดการทดลองด้วยวิธี Kruskal-Wallis test และ Mann-Whitney U test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) ด้วยโปรแกรม SPSS version 19.0

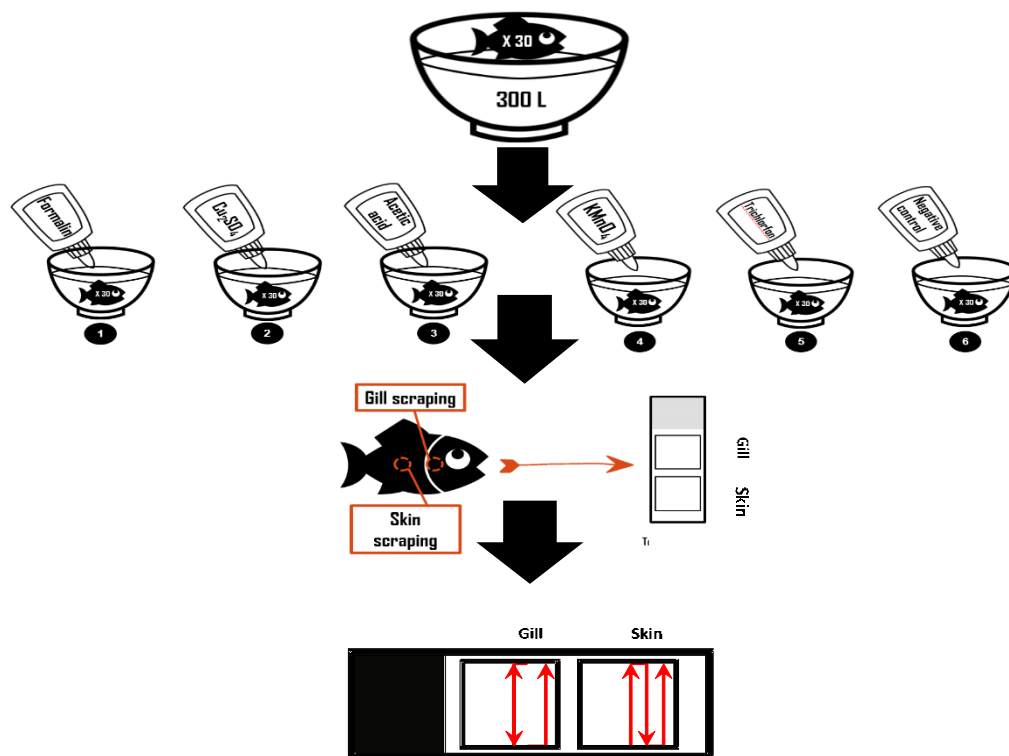


Figure 1 The sampling location and examination position under the light microscope

ผลการวิจัย

การเปรียบเทียบระหว่างจำนวนปรสิตต่อจำนวนปลาที่ติดปรสิตหรือที่เรียกว่า Mean Intensity (MI) และค่าความชุกของโรค หรือที่เรียกว่า Prevalence (P) พบว่าหลังจากมีการใช้ฟอร์มาลิน จุนสี กรดน้ำส้ม ต่างทับทิม ไตรคลอโรฟอน (Dipterex®) และกลุ่มควบคุม มีค่า MI และ P ดังแสดงใน Table 1 และ Figure 1 และ 2

ค่าความชุกของการเกิดโรค (Prevalence) และจำนวนปรสิตต่อจำนวนปลาที่ติดปรสิต (Mean intensity) ของการพบเห็บระฆังที่ผิวหนังและเหงือกปลา พบว่าก่อนรักษาในบ่อการทดลองมีค่า Prevalence และ Mean intensity เฉลี่ยทุกบ่อ เท่ากับ 0.77 และ 4.275 ตามลำดับ หลังจากทดลองให้สารเคมี 6 ชนิด ได้แก่ ฟอร์มาลิน จุนสี

กรดน้ำส้ม ต่างทับทิม และไตรคลอโรฟอน เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่ากลุ่มทดลองที่พบปรสิตลดลงอย่างชัดเจน ได้แก่ ฟอร์มาลิน กรดน้ำส้ม และต่างทับทิม ในขณะที่กลุ่มที่ใช้จุนสี ไตรคลอโรฟอน และกลุ่มควบคุม พบปรสิตมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับผลตรวจก่อนการทดลอง

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ฟอร์มาลิน กรดน้ำส้ม และต่างทับทิม สามารถกำจัดเห็บระฆังจากตัวปลาได้ โดยการพบและจำนวนเห็บระฆังเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการรักษาด้วยสาร 3 ชนิดนี้ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดเห็บระฆังของสารทั้ง 3 ชนิดนี้ กับจุนสีและไตรคลอโรฟอน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) (Figure 1 และ 2)

Table 1 Comparison of mean intensity (MI) and prevalence (P) between before and after bath groups with formalin, copper sulfate, acetic acid, potassium permanganate, trichlorfon (Dipterex®) or negative control

Times		Formalin		Copper sulfate		Acetic acid		Potassium permanganate		Trichlorfon (Dipterex®)		Negative control	
		MI	P	MI	P	MI	P	MI	P	MI	P	MI	P
1	Before	2.00	20	1.50	40	4.33	60	2.00	60	1.67	60	1.33	60
	After	0	0	1.80	50	1.00	10	0	0	5.50	100	5.13	80
2	Before	3.50	100	3.00	80	2.70	100	2.56	90	4.11	90	4.22	90
	After	0	0	13.50	100	1.00	40	1.50	40	15.80	100	4.80	100
3	Before	6.75	80	4.14	70	11.20	100	10.44	90	5.60	100	5.90	100
	After	0	0	5.80	50	0	0	2	10	6.50	80	4.22	90

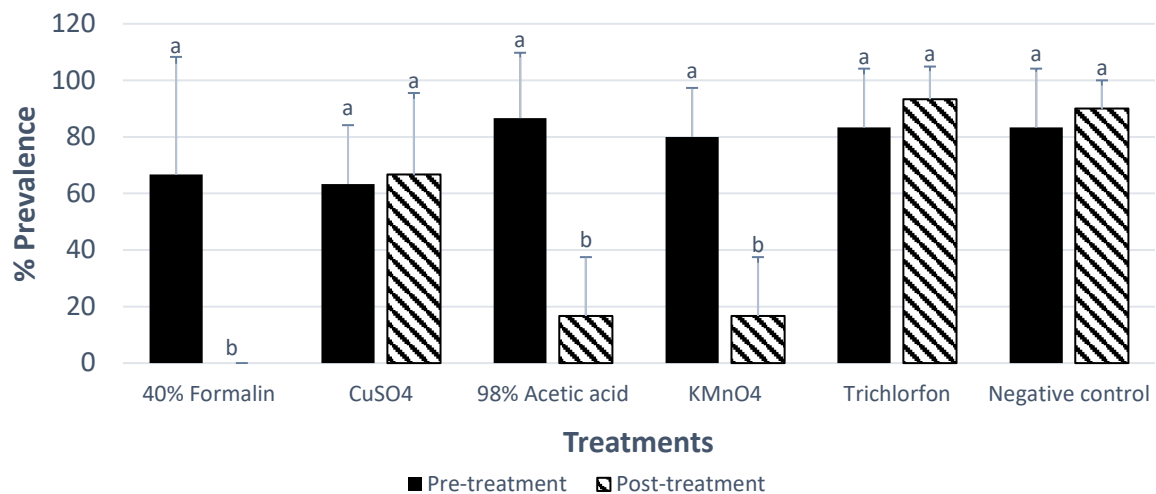


Figure 1 Comparison of prevalence (P) between before and after bath groups with formalin, copper sulfate, acetic acid, potassium permanganate, trichlorfon (Dipterex®) or negative control (mean±SD, n=30); Different letters indicate significant differences ($p < 0.05$) between groups for a given time point.

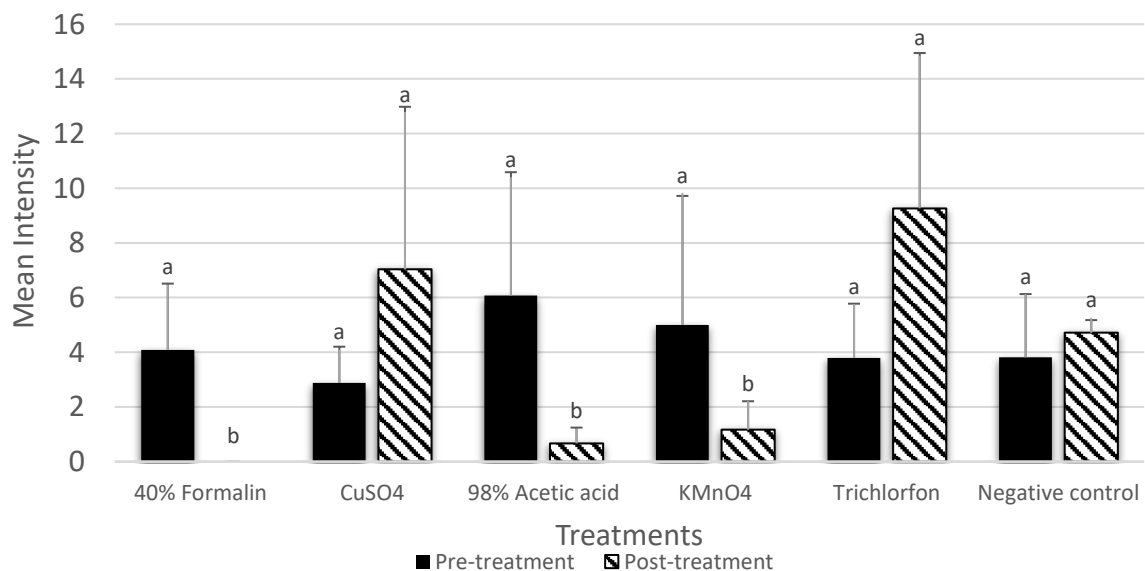


Figure 2 Comparison of mean intensity (MI) between before and after bath groups with formalin, copper sulfate, acetic acid, potassium permanganate, trichlorfon (Dipterex®) or negative control (mean±SD, n=30); Different letters indicate significant differences ($p < 0.05$) between groups for a given time point.

วิจารณ์ผลการวิจัย

การใช้สารเคมีในการกำจัดปรสิตในสัตว์น้ำมีคุณสมบัติและการออกฤทธิ์ที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของปรสิต วงจรชีวิต และสิ่งแวดล้อม การศึกษานี้พบว่า การใช้ฟอร์มาลินความเข้มข้น 30 ppm กรดน้ำส้ม 0.25 ppm และด่างทับทิม 2 ppm ในกลุ่มทดลองที่เลี้ยงปลา นิลเป็นเวลา 24 ชั่วโมง สามารถกำจัดเห็บกระดองที่พบบนตัวปลาได้ ซึ่งพบว่าสารเคมีเหล่านี้มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย (Tonguthai, 2000) และสอดคล้องกับการศึกษาของ Rowland *et al.* (2006) ใช้ฟอร์มาลิน 30-40 ppm สามารถกำจัดปลิงในปลา Silver perch (*Bidyanus bidyanus* Mitchell) แต่ถ้าใช้ฟอร์มาลิน 20-25 ppm สามารถพบการติดเชื้อซ้ำในบ่อเลี้ยงได้ นอกจากนี้การใช้ด่างทับทิม 10-20 ppm แช่เป็นเวลา 30 นาที สามารถกำจัดโปรโตซัวในปลาเทราต์ได้ (Balta *et al.*, 2008)

เนื่องจากในการทดลองครั้งนี้เป็นการทดลองในพื้นที่จริง คือ ฟาร์มเพาะเลี้ยงปลานิล และใช้น้ำจากบ่อดินที่เลี้ยงปลานิลมาใส่ในบ่อทดลอง ซึ่งน้ำจากบ่อดินนั้นจะมีตะกอนสารแขวนลอยและอินทรียสารต่าง ๆ อยู่ในปริมาณมาก อาจส่งผลให้สารเคมีบางชนิดที่ใช้ออกฤทธิ์ได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงพบว่า ในกลุ่มที่มีการใช้จุลินทรีย์ไตรโคเดอร์มา และกลุ่มควบคุม ตรวจพบปรสิตมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับผลการตรวจก่อนการทดลอง ผลการทดลองนี้แตกต่างจากการทดลองอื่นที่มีการใช้จุลินทรีย์ 1, 2 และ 3 ppm โดยการแช่ที่ความเค็ม 30 ppt เป็นเวลา 10 นาที ในลูกปลานวลจันทร์ทะเล (*Chanos chanos*) ที่ติดปรสิต *Amyloodinium ocellatum* (Virgula *et al.*, 2017) และพบว่าไตรโคเดอร์มา 0.5 ppm สามารถรักษาการติดปลิง (*Myxobolus lugubris*) ในปลาตุ๊ก (*Ictalurus punctatus*) ที่เลี้ยงในบ่อดินได้ (Morrison *et al.*, 1993) ทั้งนี้การใช้สารเคมีเพื่อกำจัดปรสิตในสัตว์น้ำนั้นควรคำนึงถึงความเข้มข้นของสารที่ออกฤทธิ์ รวมทั้งพารามิเตอร์คุณภาพน้ำที่อาจมีผลเกี่ยวข้องกับ การออกฤทธิ์ของสารเคมีที่ใช้ (Cruz-Lacierda, 2001)

การตัดสินใจเลือกใช้สารเคมีในการรักษาการ ติดเชื้อปรสิตที่เกิดขึ้นในฟาร์มนั้น นอกจากต้องคำนึงถึง ความสำเร็จในการรักษาแล้ว อีกปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงคือ ราคา ซึ่งเป็นต้นทุนในการผลิตสัตว์น้ำ ดังนั้นเมื่อ เปรียบเทียบราคาสารเคมีที่ขายในท้องตลาดระหว่างสาร 3 ชนิดนี้ เพื่อประเมินราคาต้นทุนที่ฟาร์มต้องลงทุนเพื่อใช้ ในการกำจัดเห็บกระดอง โดยมีราคาสารเคมีที่ใช้ในการ ทดลองอ้างอิงจากราคาขายปลีกในท้องตลาด ดังนี้ ฟอร์มาลิน 37% ราคา 30 บาทต่อลิตร คิดเป็นต้นทุนใน การใช้กำจัดปรสิตที่ 2.25 บาทต่อตัน จุนสี ราคา 311 บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็นต้นทุนในการใช้กำจัดปรสิตที่ 0.07 บาทต่อตัน กรดน้ำส้มเข้มข้นราคา 36 บาทต่อ กิโลกรัม คิดเป็นต้นทุนในการใช้กำจัดปรสิต 9 บาทต่อตัน ด่างทับทิม ราคา 130 บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็นต้นทุนใน การใช้กำจัดปรสิต 0.26 บาทต่อตัน และไตรโคเดอร์มา (Dipterex®) ราคา 250 บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็นต้นทุนใน การใช้กำจัดปรสิต 0.125 บาทต่อตัน จากราคาที่ เปรียบเทียบพบว่าด่างทับทิมมีราคาถูกกว่าฟอร์มาลิน และกรดน้ำส้ม และนอกจากด้านราคาแล้วการตัดสินใจ ในการเลือกใช้สารเคมีแต่ละชนิดนั้น ยังต้องคำนึงถึงเรื่อง ของความปลอดภัย และการตกค้างของสารในสัตว์และ สิ่งแวดล้อม รวมถึงอันตรายต่อผู้ใช้อย่างยิ่ง ซึ่งฟอร์มาลินเป็น สารก่อมะเร็ง (Carcinogen) และเป็นแก๊สพิษ ดังนั้นผู้ที่ ใช้สารเคมีต้องสวมอุปกรณ์ป้องกันและเก็บในภาชนะที่ปิดสนิท (Ruth, 1996) ด่างทับทิมเป็นสารออกซิไดซ์ที่รุนแรง อาจทำให้เกิดอันตรายต่อผิวหนัง ดวงตา และส่วนอื่น ๆ ของร่างกายมนุษย์ ทำให้บริเวณที่สัมผัสเป็นสีน้ำตาล ดังนั้นผู้ ที่ทำงานกับสารนี้ควรใช้อุปกรณ์ป้องกัน เช่น ถุงมือ แว่นตา เสื้อผ้าป้องกัน และหน้ากากอนามัยเพื่อป้องกันอันตราย ที่อาจเกิดขึ้น (Marking and Bills, 1975) กรดน้ำส้มสายชู สามารถทำอันตรายต่อผิวหนังและอวัยวะที่สัมผัสได้ ควร ป้องกันเช่นเดียวกับการใช้ด่างทับทิม ซึ่งในการศึกษานี้ ทางคณะผู้วิจัยจึงแนะนำให้เลือกใช้ด่างทับทิมในการรักษา เห็บกระดองที่พบในฟาร์มเลี้ยงปลานิลในบ่อดิน เนื่องจากมีราคาถูก ได้ผลดีในการกำจัดเห็บกระดอง และสลายได้

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

หากต้องการควบคุม และกำจัดปรสิตให้ได้ผลนั้น ต้องมีการกักโรคอย่างน้อย 15 วัน ถึง 3 เดือน ก่อนที่จะปล่อยปลารวมฝูง สุ่มตรวจปลาทั้งก่อนและระหว่างการเลี้ยง (Assefa and Abunna, 2018) และตรวจคุณภาพน้ำอย่างสม่ำเสมอ หากคุณภาพน้ำไม่เหมาะสมควรรีบทำการแก้ไข เนื่องจากคุณภาพน้ำบางประการ เช่น ความเข้มข้นของแอมโมเนียในน้ำสูงขึ้น หรือมีสารอินทรีย์ในน้ำเพิ่มมากขึ้น จะส่งผลให้มีการเพิ่มจำนวนของเห็บระฆัง (Madsen *et al.*, 2000) สำหรับการป้องกันอาจทำได้โดยการลดปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้ปลาเกิดความเครียด หรือมีภูมิคุ้มกันต่ำลง เช่น คุณภาพน้ำไม่ดี การเลี้ยงหนาแน่น อาหารคุณภาพต่ำ เป็นต้น (Madsen *et al.*, 2000) การกักโรคที่ดี และการลดปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้จะสามารถทำให้ปลามีสุขภาพดี แข็งแรง และลดการใช้สารเคมีในการผลิตสัตว์น้ำได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าของฟาร์ม และพนักงานเลี้ยงปลาประจำฟาร์ม ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการใช้สถานที่ และการปฏิบัติงานตลอดการทำงานวิจัย และหน่วยสัตว์น้ำ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล สำหรับเครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Assefa, A. and F. Abunna. 2018. Maintenance of fish health in aquaculture: review of epidemiological approaches for prevention and control of infectious disease of fish. **Veterinary Medicine International** 2018: 1-10.
- Balta, F.I.K.R.I., S. Kayis and I. Altinok. 2008. External protozoan parasites in three trout species in the Eastern Black Sea region of the Turkey: intensity, seasonality, and their treatments. **Bulletin European Association of Fish Pathologists** 28(4): 157-162.
- Bassleer, G. 1998. Diseases in marine aquarium fish: causes-symptoms-treatment. **The Journal of the Fish Veterinary Society** 2: 76-94.
- Cai, W.-q., S.-f. Li and J.-y. Ma. 2004. Diseases resistance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), blue tilapia (*Oreochromis aureus*) and their hybrid (female Nile tilapia x male blue tilapia) to *Aeromonas sobria*. **Aquaculture** 229(1-4): 79-87.
- Chan, B. and B. Wu. 1984. Studies on the pathogenicity, biology and treatment of *Pseudodactylogyrus* for the eels in fish farms. **Acta Zoologica Sinica** 30: 173-180.
- Chang, C.C., P.P. Lee, C.H. Liu and W. Cheng. 2006. Trichlorfon, an organophosphorus insecticide, depresses the immune responses and resistance to *Lactococcus garvieae* of the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. **Fish and Shellfish Immunology** 20(4): 574-585.

- Cruz-Lacierda, E.R. 2001. Parasitic Diseases and Pest. pp. 55-74. *In* **Health Management in Aquaculture**. Tigbauan: Aquaculture Department, Southeast Asian Fisheries Development Center.
- Eissa, A.E., M.M. Zaki and A.A. Aziz. 2010. *Flavobacterium columnare/ Myxobolus tilapiae* concurrent infection in the earthen pond reared Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) during the early summer. **Interdisciplinary Bio Central** 2(2): 5.1-5.9.
- Jee, L.K. and J.A. Plumb. 1981. Effects of organic load on potassium permanganate as a treatment for *Flexibacter columnaris*. **Transactions of the American Fisheries Society** 110(1): 86-89.
- Koyuncu, C.E. and E. Tokşen. 2010. Ectoparasitic Diseases in Freshwater Ornamental Fish and Their Treatments. pp. 683-688. *In* **2nd International Symposium on Sustainable Development**. Sarajevo: International Burch Univerdity-IBU Campus.
- Leal, J.F., M.G.P. Neves and V.I. Esteves. 2018. Use of formalin in intensive aquaculture: properties, application and effects on fish and water quality. **Reviews in Aquaculture** 10(2): 281-295.
- Leitritz, E. and R.C. Lewis. 1980. Trout and Salmon Culture: Hatchery Methods. pp. 1-197. *In* **California Fish Bulletin 164**. Oakland: University of California, Division of Agriculture Sciences.
- Lopes, R.B., L.C. Paraiba, P.S. Ceccarelli, V.L. Tornisielo. 2006. Bioconcentration of trichlorfon insecticide in pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Chemosphere** 64(1): 56-62.
- Madsen, H.C., K. Buchmann and S. Møllergaard 2000. Association between trichodiniasis in eel (*Anguilla anguilla*) and water quality in recirculation systems. **Aquaculture** 187(3-4): 275-281.
- Marking, L.L. and T.D. Bills. 1975. Toxicity of potassium permanganate to fish and its effectiveness for detoxifying antimycin. **Transactions of the American Fisheries Society** 104(3): 579-583.
- Morrison, J.R., S.R. Fox and W.A. Rogers. 1993. Control of an infestation of a fish leech (*Myxobdella lugubris*) on catfishes in tanks and earthen ponds. **Journal of Aquatic Animal Health** 5(2): 110-114.
- Natividad, J.M., M.G. Bondad-Reantaso and J.R. Arthur. 1986. Parasites of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in the Philippines. pp. 255-259. *In* **Asian Fisheries Forum 26-31 May 1986**. Manila: Asian Fisheries Society.

- Owatari, M.S., F.C. Sterzelecki, C.S. da Silva, C. Magnotti, J.L.P. Mouriño and V.R. Cerqueira. 2020. Amyloodiniosis in farmed *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879): case report of successful therapeutic control with copper sulfate. **Parasitology International** 76: 102091.
- Reardon, I.S. and R.M. Harrell. 1990. Acute toxicity of formalin and copper sulfate to striped bass fingerlings held in varying salinities. **Aquaculture** 87(3-4): 255-270.
- Rowland, S.J., M. Nixon, M. Landos, C. Mifsud, P. Read and P. Boyd. 2006. Effects of formalin on water quality and parasitic monogeneans on silver perch (*Bidyanus bidyanus* Mitchell) in earthen ponds. **Aquaculture Research** 37(9): 869-876.
- Ruangpan, L. 1988. Diseases of Cultured Seabass, *Lates calcarifer*. pp. 125-128. *In Training Course On Seabass (Lates calcarifer) Culture in Thailand 1-22 August 1988.* Satul: UNDP/FAO Regional Seafarming Project in Cooperation with the UNDP/FAO/ASEAN Small-scale Coastal Fisheries Development Project.
- Ruth, F. 1996. **Use of formalin to control fish parasites.** 3 p. *In* Research Report. Florida: Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.
- Sharma, M., A. Shrivastav and G. Pandey. 2012. Overviews of the treatment and control of common fish diseases. **International Research Journal of Pharmacy** 3(7): 123-127.
- Shoemaker, C. and P. Klesius. 1997. Streptococcal Disease Problems and Control: A Review. pp. 671-182. *In* Fitzsimmons, K. (ed.). **Tilapia Aquaculture vol. 2.** Ithaca, NY: Northeast Regional Agricultural Engineering Service.
- Smith, S.A. and M.H Schwarz. 2009. Dealing with Trichodina and Trichodina-like Species. pp. 1-3. *In* **Commercial Fish and Shellfish Technology Fact Sheet, Virginia Cooperative Extension Publication 600-205.** Virginia Tech: Virginia State University.
- Tonguthai, K. 2000. The Use of Chemicals in Aquaculture in Thailand. pp. 207-220. *In* **Proceedings of the Meeting on the Use of Chemicals in Aquaculture in Asia 20-22 May 1996.** Tigbauan: Southeast Asian Fisheries Development Center, Philippines.
- Tucker, C.S. and C.E. Boyd. 1977. Relationships between potassium permanganate treatment and water quality. **Transactions of the American Fisheries Society** 106(5): 481-488.

- Virgula, J.C., E.R. Cruz-Lacierda, E.G. Estante and V.L. Corre Jr. 2017. Copper sulfate as treatment for the ectoparasite *Amyloodinium ocellatum* (Dinoflagellida) on milkfish (*Chanos chanos*) fry. **Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation** 10(2): 365-371.
- Wani, A.A., J. Malik and S.M. Zuber. 2018. Determination of lethal toxicity of copper to *Clarias gariepinus*. **International Journal of Advance Research in Science and Engineering** 7(4): 1011-1018.
- Wildgoose, W.H. and G.A. Lewbart. 2001. Therapeutics. pp. 237-258. **In BSAVA Manual of Ornamental fish.** United Kingdom: BSAVA Library.
- Yanong, R.P. 2010. Use of Copper in Marine Aquaculture and Aquarium Systems. pp. 1-5. **In UF/IFAS Electronic Data Information System.** Florida: Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.
- Yu, Y., X. Liu, Y. Lei, S. Zhou, S. Jin, D. Qian, X. Xie, F. Yin and C. Wang. 2020. Anti-parasitic effects and toxicity of formalin on the parasite *Mesanoophrys* sp. of the swimming crab *Portunus trituberculatus*. **Experimental Parasitology** 212: 107886.

ความชุกของการติดเชื้อ *Ehrlichia canis*, *Hepatozoon canis*, *Babesia canis*
Anaplasma platys และ *Trypanosoma evansi* ในสุนัขในจังหวัดเชียงใหม่
Prevalence of *Ehrlichia canis*, *Hepatozoon canis*, *Babesia canis*
Anaplasma platys and *Trypanosoma evansi* Infections in Dogs in Chiang Mai

เพ็ญนภา ตาคำ¹ วิลาวรรณ เรือนสิทธิ์¹ Dante Fabros Jr.¹ พิชานันท์ สืบสอาด¹ อรอนงค์ เส้งเล่า¹
ทิพย์กมล อิกการาช¹ วรพัฒน์ ประชาศิลป์ชัย² ชลลดา โสดารัตน์² พชรพร ตาดี³ ไพโรจน์ พงศ์กิตติการ³
ปฐมา เจริญตันธนกุล⁴ รัญจวน อิสรรักษ์⁵ เรือนแก้ว ประพฤติ⁶ และวสิน เจริญตันธนกุล^{1*}
Pennapa Takam¹, Wilawan Ruansit¹, Dante Fabros Jr.¹, Pichanan Suebsaard¹
Onanong Seng-Lao¹, Thipkamon Thikarach¹, Worapat Prachasilchai², Chollada Sodarat²
Phacharaporn Tadee³, Phairot Phongkidakarn³, Pattama Charerntantanakul⁴
Runjuan Isararuk⁵, Reankeaw Praphet⁶ and Wasin Charerntantanakul^{1*}

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²ภาควิชาคลินิกสัตว์เลี้ยงและสัตว์ป่า คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50100

³คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

⁴คลินิกสัตว์แพทย์ปัฐ เชียงใหม่ 50290

⁵คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา สงขลา 90000

⁶สถาบันบริการตรวจสอบคุณภาพและมาตรฐานผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

¹Program in Biotechnology, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

²Department of Companion Animal and Wildlife Clinic, Faculty of Veterinary Medicine, Chiang Mai University
Chiang Mai, Thailand 50100

³Faculty of Animal Science and Technology, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

⁴Pat Veterinary Clinic, Chiang Mai, Thailand 50290

⁵Faculty of Agricultural Technology, Songkhla Rajabhat University, Songkhla, Thailand 90000

⁶Institute of Product Quality and Standardization, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: wasin@mju.ac.th

Received: May 12, 2020

Revised: April 08, 2021

Accepted: July 15, 2021

Abstract

This study determined the prevalence of blood parasite infections in dogs in Chiang Mai, using multiplex polymerase chain reaction (PCR) developed in our laboratory. It also generated database of blood parasite infections in dogs for launching veterinary services of Faculty of Veterinary Medicine, Maejo University. Blood was collected from 870 dogs in 19 districts. Multiplex PCR was conducted to detect *VirB9* gene of *Ehrlichia canis*, *18S rRNA* gene of *Hepatozoon canis* and *Babesia canis*, and *groEL* gene of *Anaplasma platys*. Single PCR was used to detect *VSG* gene of *Trypanosoma evansi*. The results

showed that dogs had the highest prevalence for *H. canis* infection (331 dogs: 56.7%), followed by *E. canis* (6 dogs: 1%), *A. platys* (5 dogs: 0.9%), and *B. canis* (2 dogs: 0.3%), respectively. Some dogs had co-infections with two or more parasites, which were *H. canis* + *B. canis* (191 dogs: 32.7%), followed by *E. Canis* + *H. canis* (15 dogs: 2.6%), *H. canis* + *A. platys* (12 dogs: 2.1%), *E. canis* + *H. canis* + *B. canis* (8 dogs: 1.4%), *H. canis* + *B. canis* + *A. platys* (8 dogs: 1.4%), *E. canis* + *H. canis* + *A. platys* (2 dogs: 0.3%), and *E. canis* + *H. canis* + *B. canis* + *A. platys* (4 dogs: 0.7%). No *T. evansi* infection was found. There was no association between blood parasite infections and gender and age range of dogs. There was a significant association between low blood parasite infection and availability of veterinary services within the 10 kilometers from the dog residences.

Keywords: prevalence, blood parasites, dog, Chiang Mai, multiplex polymerase chain reaction

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจการติดเชื้อก่อโรคพยาธิในเลือดในสุนัขในจังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้ปฏิกิริยาลูกโซ่โพลีเมอเรสแบบมัลติเพล็กซ์ที่พัฒนาขึ้นในห้องปฏิบัติการ และเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการให้บริการทางสัตวแพทย์ของคณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ทำการเจาะเก็บตัวอย่างเลือดสุนัขจำนวน 870 ตัว จาก 19 อำเภอ นำมาตรวจหาสารพันธุกรรมของยีน *VirB9* ของเชื้อ *Ehrlichia canis* ยีน *18S rRNA* ของเชื้อ *Hepatozoon canis* และ *Babesia canis* และยีน *groEl* ของเชื้อ *Anaplasma platys* ด้วยปฏิกิริยาลูกโซ่โพลีเมอเรสแบบมัลติเพล็กซ์ และยีน *VSG* ของเชื้อ *Trypanosoma evansi* ด้วยปฏิกิริยาลูกโซ่โพลีเมอเรส พบสุนัขติดเชื้อ *H. canis* มากที่สุด (331 ตัว: ร้อยละ 56.7) รองลงมาคือ *E. canis* (6 ตัว: ร้อยละ 1) *A. platys* (5 ตัว: ร้อยละ 0.9) และ *B. canis* (2 ตัว: ร้อยละ 0.3) ตามลำดับ สุนัขบางตัวติดเชื้อตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป ได้แก่ *H. canis* + *B. canis* (191 ตัว: ร้อยละ 32.7) รองลงมาคือ *E. canis* + *H. canis* (15 ตัว: ร้อยละ 2.6) *H. canis* + *A. platys* (12 ตัว: ร้อยละ 2.1) *E. canis* + *H. canis* + *B. canis* (8 ตัว: ร้อยละ 1.4) *H. canis* + *B. canis* + *A. platys* (8 ตัว: ร้อยละ 1.4) *E. canis* + *H. canis* + *A. platys*

(2 ตัว: ร้อยละ 0.3) และ *E. canis* + *H. canis* + *B. canis* + *A. platys* (4 ตัว: ร้อยละ 0.7) ไม่พบการติดเชื้อ *T. evansi* ในสุนัขทั้งหมดที่ศึกษา การติดเชื้อก่อโรคพยาธิในเลือดไม่มีความสัมพันธ์กับเพศและช่วงอายุของสุนัข แต่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการมีหน่วยบริการทางสัตวแพทย์ใกล้บ้านในระยะ 10 กิโลเมตร

คำสำคัญ: ความชุก พยาธิในเลือด สุนัข เชียงใหม่
ปฏิกิริยาลูกโซ่โพลีเมอเรสแบบมัลติเพล็กซ์

คำนำ

โรคพยาธิในเลือด (Blood parasites) ในสุนัขเป็นโรคที่เกิดจากการติดเชื้อก่อโรคหลายชนิด ได้แก่ เชื้อโปรโตซัว เช่น *Trypanosoma evansi*, *Hepatozoon canis*, *Babesia canis* และ *Babesia gibsoni* เชื้อริกเกตเซีย เช่น *Ehrlichia canis*, *Ehrlichia ewingii*, *Ehrlichia chaffeensis*, *Anaplasma platys* และ *Anaplasma phagocytophila* และเชื้อแบคทีเรีย ได้แก่ *Bartonella vinsonii* (Little, 2010; Baneth, 2011; Chomel, 2011; Solano-Gallego et al., 2016) โรคนี้สามารถพบได้ทั่วโลก และพบได้บ่อยในประเทศไทย (Suksawat et al., 2001; Piratae et al., 2015; Liu

et al., 2016; Piratae et al., 2019) สำหรับประเทศไทยพาหะที่สำคัญของโรคนี้ คือ เห็บสุนัขสีน้ำตาล (*Rhipicephalus sanguineus*) และเชื้อก่อโรคที่พบได้บ่อยคือ *E. canis* (ก่อโรค Ehrlichiosis), *H. canis* (ก่อโรค Hepatozoonosis), *B. canis* (ก่อโรค Babesiosis) และ *A. platys* (ก่อโรค Anaplasmosis) (Jittapalapong et al., 2006; Laummaunwai et al., 2014; Piratae et al., 2015; Liu et al., 2016) สุนัขติดเชื้อ *E. canis*, *B. canis* และ *A. platys* จากการถูกเห็บสุนัขสีน้ำตาลที่มีเชื้อกัดและเชื้อถูกปล่อยผ่านทางน้ำลายของเห็บเข้าสู่กระแสเลือดของสุนัข และติดเชื้อ *H. canis* จากการกินเห็บที่มีเชื้อเข้าไป (Pantchev et al., 2015) เชื้อ *T. evansi* (ก่อโรค Trypanosomiasis) เป็นเชื้อก่อโรคที่ไม่ได้ติดต่อผ่านทางเห็บสุนัขสีน้ำตาลแต่ติดต่อผ่านทางเห็บตัวเมีย (*Tabanus* spp.) ซึ่งสุนัขติดเชื้อจากการถูกเห็บตัวเมียที่มีเชื้อกัดและเชื้อถูกปล่อยผ่านทางน้ำลายของเห็บเข้าสู่กระแสเลือดของสุนัข การติดเชื้อนี้ในสุนัขพบได้ไม่บ่อยในประเทศไทย

สุนัขที่ติดเชื้อก่อโรคพยาธิในเลือดในระยะแรกมักไม่แสดงอาการป่วย โรคนี้มีระยะฟักตัวประมาณ 2-3 สัปดาห์ เชื้อจะติดเข้าสู่เซลล์เป้าหมายต่าง ๆ เช่น เชื้อ *E. canis*, *E. ewingii* และ *E. chaffeensis* จะติดเข้าสู่เซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดโมโนไซต์ (Monocyte) และลิมโฟไซต์ (Lymphocyte) เชื้อ *H. canis* ติดเข้าสู่เซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดโมโนไซต์และนิวโทรฟิล (Neutrophil) เชื้อ *B. canis* และ *B. gibsoni* ติดเข้าสู่เซลล์เม็ดเลือดแดง เชื้อ *A. platys* และ *A. phagocytophila* ติดเข้าสู่เกล็ดเลือด (Platelets) เชื้อ *B. vinsonii* ติดเข้าสู่เซลล์เยื่อบุผนังหลอดเลือด (Endothelial cells) และเชื้อ *T. evansi* แบ่งตัวเพิ่มจำนวนอยู่ในน้ำเลือด (Plasma) (Skotarczak, 2003; Carrade et al., 2009; Baneth et al., 2015) อาการทางคลินิกที่พบบ่อยของโรคพยาธิในเลือด ได้แก่ ไข้สูง ซึม โลหิตจาง และเยื่อเมือกซีด สุนัขบางตัวที่ติดเชื้อ *E. canis* จะมีเลือดกำเดาออกง่าย (Epistaxis) และอาจแสดงอาการทางประสาทร่วมด้วย สุนัขบางตัวที่ติดเชื้อ

H. canis อาจแสดงอาการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อขาหลัง ทำให้ลุกยืนลำบาก สุนัขบางตัวที่ติดเชื้อ *T. evansi* อาจแสดงอาการเยื่อบุตาอักเสบ น้ำตาไหล และกระจกตาขุ่น สุนัขอายุน้อยจะมียาการป่วยรุนแรงและอัตราการตายสูงกว่าสุนัขโต

การวินิจฉัยโรคพยาธิในเลือดสามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่ การย้อมฟิล์มเลือดบาง (Thin blood smear) ด้วยสี Wright Giemsa เพื่อตรวจหาเชื้อภายใต้กล้องจุลทรรศน์ การตรวจหาแอนติบอดี (Antibody) โดยใช้ชุดตรวจสำเร็จรูป (Rapid test kit) ซึ่งปัจจุบันสามารถตรวจหาแอนติบอดีต่อเชื้อได้เพียง 4 ชนิด คือ *E. canis*, *E. ewingii*, *A. platys* และ *A. phagocytophila* และวิธีปฏิกิริยาลูกโซ่โพลีเมอเรส (Polymerase Chain Reaction: PCR) เพื่อตรวจหาสารพันธุกรรมของเชื้อ ซึ่งเป็นวิธีที่มีความไว (Sensitivity) และความจำเพาะ (Specificity) สูง สามารถตรวจเชื้อได้ทุกชนิดและเป็นวิธีทางห้องปฏิบัติการที่ใช้ตรวจวินิจฉัยยืนยันการติดเชื้อก่อโรคพยาธิในเลือด

ในงานวิจัยก่อนหน้านี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาเทคนิค PCR แบบมัลติเพล็กซ์ (Multiplex PCR: mPCR) ที่สามารถตรวจหาสารพันธุกรรมของเชื้อ *E. canis*, *H. canis* และ *B. canis* พร้อมกันได้ (Nithikadpanich et al., 2019) และต่อมาได้พัฒนาต่อยอดเทคนิค mPCR ให้สามารถตรวจหาสารพันธุกรรมของเชื้อ *A. platys* ได้เพิ่มขึ้นอีกหนึ่งเชื้อ ซึ่งเทคนิค mPCR ที่พัฒนาขึ้นมีความจำเพาะและความไวในการตรวจพบสารพันธุกรรมของเชื้อที่มีดีเอ็นเอต้นแบบปริมาณเพียงเล็กน้อย (10^1 copy numbers) ซึ่งช่วยลดระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการตรวจวินิจฉัยทางห้องปฏิบัติการเมื่อเปรียบเทียบกับ การตรวจหาสารพันธุกรรมทีละเชื้อ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจการติดเชื้อ *E. canis*, *H. canis*, *B. canis*, *A. platys* และ *T. evansi* ในสุนัขในจังหวัดเชียงใหม่ ด้วยปฏิกิริยา mPCR และ Single PCR (สำหรับ *T. evansi*)

อุปกรณ์และวิธีการ

สุนัขและการเก็บตัวอย่างเลือด

เก็บตัวอย่างเลือดจากหลอดเลือดดำที่ขาหน้า (Cephalic vein) ของสุนัขจำนวน 870 ตัว ระหว่างเดือนมกราคมถึงกรกฎาคม พ.ศ. 2562 จาก 19 อำเภอในจังหวัดเชียงใหม่ ได้แก่ ไชยปราการ (17 ตัว) เชียงดาว (59 ตัว) จอมทอง (8 ตัว) ดอยหล่อ (21 ตัว) ดอยสะเก็ด (120 ตัว) ดอยเต่า (28 ตัว) ฝาง (52 ตัว) หางดง (21 ตัว) ฮอด (5 ตัว) กัลยาณิวัฒนา (37 ตัว) แม่อาย (71 ตัว) แม่แจ่ม (48 ตัว) แม่ออน (57 ตัว) แม่ว่าง (71 ตัว) อมก๋อย (52 ตัว) สะเมิง (72 ตัว) สันป่าตอง (75 ตัว) สันทราย (4 ตัว) และเวียงแหง (52 ตัว) (Figure 1) โดยสุนัขทั้งหมดมีสุขภาพดีและได้รับความยินยอมจากเจ้าของ

สุนัข คณะผู้วิจัยเดินเก็บเลือดสุนัขตามบ้านเรือนร่วมกับอาสาสมัครประจำหมู่บ้าน หรือเก็บเลือดสุนัขที่มารับบริการฉีดวัคซีนพิษสุนัขบ้าที่หน่วยบริการประจำอำเภอ ยกเว้น 2 อำเภอ ได้แก่ ดอยสะเก็ดและสันป่าตอง ที่สุนัขทั้งหมดอยู่ในศูนย์พักพิงสุนัขจรจัด จำนวนสุนัขที่เจาะเก็บเลือดขึ้นอยู่กับความยินยอมของเจ้าของสุนัข และความพร้อมของสุนัขในการเจาะเก็บเลือด เก็บตัวอย่างเลือดใส่ในหลอดที่มีสารกันเลือดแข็งตัวชนิด EDTA (BD Vacutainer, USA) แล้วนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4°C. เพื่อรอการสกัดดีเอ็นเอ งานวิจัยนี้ได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการกำกับดูแลการเลี้ยงและใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ (Approval No. MACUC 005S/2562)

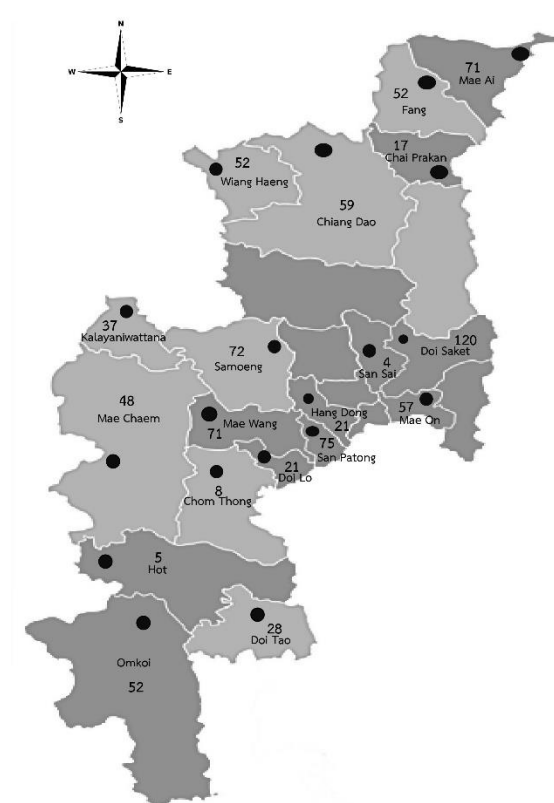


Figure 1 Geographical map illustrating districts in Chiang Mai and numbers of dogs in each district recruited for blood collection

การสกัดดีเอ็นเอ

สกัดดีเอ็นเอจากตัวอย่างเลือดภายใน 12 ชั่วโมง หลังเก็บตัวอย่าง ถ่ายตัวอย่างเลือดปริมาตร 30 ไมโครลิตร ใส่ลงในหลอดปั่นเหวี่ยง เติมน้ำกลั่นปราศจากเชื้อปริมาตร 1 มล. กลับหลอด 3-4 ครั้ง ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที จากนั้นปั่นเหวี่ยงที่ 10,000 รอบ/นาาที นาน 1 นาที ทิ้งส่วนใส และทำซ้ำ 2 ครั้งโดยเติมน้ำกลั่นปราศจากเชื้อปริมาตร 1 มล. ผสมกับตะกอนให้เข้ากัน นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 10,000 รอบ/นาาที นาน 1 นาที เสร็จแล้วเติมสาร 5% Chelex resin (Sigma-Aldrich, USA) ปริมาตร 100 ไมโครลิตร และเอนไซม์ Proteinase K (Invitrogen, USA) ปริมาตร 10 ไมโครลิตร (ความเข้มข้น 10 มก./มล.) ผสมให้เข้ากัน จากนั้นบ่มที่อุณหภูมิ 56°C. นาน 30 นาที และบ่มต่อที่อุณหภูมิ 95°C. นาน 10 นาที จากนั้นตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ปั่นเหวี่ยงที่ 10,000 รอบ/นาาที นาน 1 นาที เก็บส่วนใสใส่หลอดปั่นเหวี่ยงหลอดใหม่ ตรวจวัดปริมาณและคุณภาพของดีเอ็นเอที่สกัดได้ด้วยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 230, 260 และ 280 นาโนเมตร โดยเครื่อง Nanodrop 2000/2000C Spectrophotometer V1.0 (Thermo Fisher Scientific, USA) และเก็บดีเอ็นเอที่สกัดได้ที่อุณหภูมิ -20°C.

ปฏิกิริยา mPCR และ PCR

เตรียมปฏิกิริยา mPCR เพื่อเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรมของยีน *VirB9* ของ *E. canis* ยีน *18S rRNA* ของ *H. canis* และ *B. canis* และยีน *groEL* ของ *A. platys*

(Nithikadpanich *et al.*, 2019) โดยมีสภาวะ Initial-denaturation (94°C. นาน 3 นาที) ตามด้วยวงจร PCR ซึ่งประกอบด้วย Denaturation (94°C. นาน 30 วินาที) Annealing (58°C. นาน 30 วินาที) และ Extension (68°C. นาน 30 วินาที) จำนวน 35 รอบ และ Final extension (72°C. นาน 10 นาที) ปฏิกิริยา mPCR ประกอบด้วย Quick Taq® HS DyeMix (Toyobo, Japan) ปริมาตร 15 ไมโครลิตร ดีเอ็นเอปริมาตร 1 ไมโครลิตรไพรเมอร์ (Primer) ที่ความเข้มข้นที่เหมาะสม (Table 1) ปริมาตรรวมของปฏิกิริยาเท่ากับ 25 ไมโครลิตร

เตรียมปฏิกิริยา Single PCR เพื่อเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรมของยีน *VSG* ของเชื้อ *T. evansi* โดยมีสภาวะและวงจร PCR เช่นเดียวกับของ mPCR ปฏิกิริยา PCR ประกอบด้วย Quick Taq® HS DyeMix ปริมาตร 5 ไมโครลิตร ดีเอ็นเอปริมาตร 1 ไมโครลิตรไพรเมอร์ที่ความเข้มข้น 500 nM (Ravindran *et al.*, 2008) ปริมาตรรวมของปฏิกิริยาเท่ากับ 10 ไมโครลิตร

แยกแถบดีเอ็นเอด้วยวิธีอิเล็กโตรโฟรีซิส (Electrophoresis) โดยใช้ 1.5% อะกาโรสเจล (Agarose gel; Biobasic, Canada) ใน Tris-Borate-EDTA (TBE) buffer (Biobasic) ใช้กระแสไฟฟ้า 70 โวลต์ ในเวลา 60 นาที จากนั้นย้อมด้วยเอธิเดียมโบรไมด์ (Ethidium bromide) (Biobasic) เปรียบเทียบความเข้มของแถบดีเอ็นเอภายใต้แสงเหนือม่วง (Ultraviolet) ที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร บันทึกภาพด้วยเครื่อง GelMax® UV Gel Imager (Labortechnik, Germany)

Table 1 Primer sequences for gene specific amplification including *E. canis* *VirB9*, *H. canis* and *B. canis* *18S rRNA*, *A. platys* *groEL*, and *T. evansi* *VSG*

Pathogen	Gene	Primer name	Primer sequence (5'-3')	Conc. (nM)	Product size
<i>E. canis</i>	<i>VirB9</i>	Ehr1401F	CCATAAGCATAGCTGATAACCCCTGTTACAA	200	380
		Ehr1780R	TGGATAATAAAACCGTACTATGTATGCTAG		
<i>H. canis</i>	<i>18S</i>	Hs462F	TGTGTACAAAGGGCAGGGACG	100	462
	<i>rRNA</i>	Hs462R	GCGGCTTAATTTGACTCAACAC		
<i>B. canis</i>	<i>18S</i>	Ba103F	CCAATCCTGACACAGGGAGGTAGTGACA	200	619
	<i>rRNA</i>	Ba721R	CCCCAGAACCCAAAGACTTTGATTTCTCTCAAG		
<i>A. platys</i>	<i>groEL</i>	Ap724F	AAGGCGAAAGAAGCAGTCTTA	400	724
		Ap724R	CATAGTCTGAAGTGGAGGAC		
<i>T. evansi</i>	<i>VSG</i>	Te227F	TGCAGACGACCTGACGCTACT	500	227
		Te227R	CTCCTAGAAGCTTCGGTGTCTCT		

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้น ได้แก่ เพศ อายุ และการมีบริการทางสัตวแพทย์ในระยะ 10 กิโลเมตรจากบ้าน และตัวแปรตาม ได้แก่ การติดเชื้อ *E. canis*, *H. canis*, *B. canis*, *A. platys* และ *T. evansi* โดยใช้สถิติทดสอบแบบ Chi-square test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

ผลการวิจัยและวิจารณ์

จากสุนัขทั้งหมดจำนวน 870 ตัว พบสุนัขที่มีการติดเชื้อก่อโรคพยาธิในเลือดจำนวน 584 ตัว (คิดเป็นร้อยละ 67.1) แบ่งเป็นการติดเชื้อก่อโรคเพียงชนิดเดียว (Single infection) จำนวน 344 ตัว (ร้อยละ 58.9) และการติดเชื้อร่วมกันตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป (Combined infections) จำนวน 240 ตัว (ร้อยละ 41.1) (Table 2)

การติดเชื้อก่อโรคเพียงชนิดเดียว พบสุนัขติดเชื้อ *H. canis* มากที่สุด (331 ตัว: ร้อยละ 56.7) รองลงมาคือ

E. canis (6 ตัว: ร้อยละ 1) *A. platys* (5 ตัว: ร้อยละ 0.9) และ *B. canis* (2 ตัว: ร้อยละ 0.3) ตามลำดับ การติดเชื้อร่วมกันพบการติดเชื้อ *H. canis* + *B. canis* (191 ตัว: ร้อยละ 32.7) มากที่สุด รองลงมาคือ *E. canis* + *H. canis* (15 ตัว: ร้อยละ 2.6) *H. canis* + *A. platys* (12 ตัว: ร้อยละ 2.1) *E. canis* + *H. canis* + *B. canis* (8 ตัว: ร้อยละ 1.4) *H. canis* + *B. canis* + *A. platys* (8 ตัว: ร้อยละ 1.4) *E. canis* + *H. canis* + *B. canis* + *A. platys* (4 ตัว: ร้อยละ 0.7) และ *E. canis* + *H. canis* + *A. platys* (2 ตัว: ร้อยละ 0.3) ไม่พบการติดเชื้อ *T. evansi* ในสุนัขทั้งหมดที่ศึกษา เมื่อวิเคราะห์สัดส่วนของการติดเชื้อก่อโรคพยาธิในเลือดพบว่าสุนัขในจังหวัดเชียงใหม่ติดเชื้อ *H. canis* ในสัดส่วนมากที่สุด (ร้อยละ 67.5) รองลงมาคือ *B. canis* (ร้อยละ 25.2) *E. canis* (ร้อยละ 4.1) และ *A. platys* (ร้อยละ 3.2) ตามลำดับ การศึกษาในลักษณะเดียวกันในจังหวัดนครพนมด้วยวิธี Single PCR พบสุนัขติดเชื้อ *H. canis* (ร้อยละ 44.2) *E. canis* (ร้อยละ 9.3) และ *B. canis* (ร้อยละ 7) (Juasook et al., 2016) และในจังหวัดสงขลา

พบสุนัขติดเชื้อ *H. canis* (ร้อยละ 18.8) *B. canis* (ร้อยละ 9.4) *A. platys* (ร้อยละ 4.4) และ *E. canis* (ร้อยละ 3.9) (Liu *et al.*, 2016)

อำเภอที่มีความชุกของการติดเชื้อก่อโรคพยาธิในเลือดสูงที่สุดคือ ฮอด (5/5 ตัว: ร้อยละ 100) รองลงมาคือ สะเมิง (71/72 ตัว: ร้อยละ 98.6) ดอยเต่า (27/28 ตัว: ร้อยละ 96.4) เวียงแหง (48/52 ตัว: ร้อยละ 92.3) ดอยหล่อ (19/21 ตัว: ร้อยละ 90.5) จอมทอง (7/8 ตัว: ร้อยละ 87.5) แม่ฮอน (48/57 ตัว: ร้อยละ 84.2) เชียงดาว (48/59 ตัว: ร้อยละ 81.4) อมก๋อย (42/52 ตัว: ร้อยละ 80.8) แม่ฮาย (55/71 ตัว: ร้อยละ 77.5) ดอยสะเก็ด (90/120 ตัว: ร้อยละ 75) ไชยปราการ (12/17 ตัว: ร้อยละ 70.6) สันป่าตอง (48/75 ตัว: ร้อยละ 64) ฝาง (26/52 ตัว: ร้อยละ 50) สันทราย (2/4 ตัว: ร้อยละ 50) หางดง (10/21 ตัว: ร้อยละ 47.6) แม่แจ่ม (19/48 ตัว: ร้อยละ 39.6) แม่วาง (7/71 ตัว: ร้อยละ 9.9) และกัลยาณิวัฒนา (0/37 ตัว: ร้อยละ 0) ตามลำดับ (Table 2)

การติดเชื้อก่อโรคพยาธิในเลือดพบได้ทั้งในสุนัขเพศผู้และเพศเมียในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน (ร้อยละ 67.9 และ 66.2 ตามลำดับ) (Table 3) การติดเชื้อส่วนใหญ่พบในช่วงอายุ 7-10 ปี (ร้อยละ 74.1) รองลงมาคือ อายุ น้อยกว่า 1 ปี (ร้อยละ 70.3) 4-7 ปี (ร้อยละ 67.4) 1-4 ปี (ร้อยละ 65.8) และมากกว่า 10 ปี (53.9) ตามลำดับ ไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่าง การติดเชื้อพยาธิในเลือดกับเพศ ($p\text{-value}=0.66$) และช่วง อายุของสุนัข ($p\text{-value}=0.35$) (Table 3)

การติดเชื้อก่อโรคพยาธิในเลือดในกลุ่มอำเภอ ที่มีหน่วยบริการทางสัตวแพทย์ เช่น โรงพยาบาลสัตว์และ คลินิกรักษาสัตว์ในระยะไม่เกิน 10 กิโลเมตรจากที่เลี้ยง สุนัข พบว่ามีค่าเฉลี่ยความชุกของการติดเชื้อน้อยกว่ากลุ่ม อำเภอที่ไม่มีหน่วยบริการทางสัตวแพทย์ (ร้อยละ 64.7 และ 70.8 ตามลำดับ) โดยอำเภอที่มีหน่วยบริการทาง สัตวแพทย์ในระยะไม่เกิน 10 กิโลเมตรจากที่เลี้ยงสุนัขมี 8 อำเภอ ได้แก่ ดอยเต่า ดอยหล่อ แม่ฮอน ดอยสะเก็ด สันป่าตอง สันทราย หางดง และแม่วาง (Table 3) การที่มี หน่วยบริการทางสัตวแพทย์ใกล้กับสถานที่เลี้ยงสุนัขอาจ ทำให้สุนัขได้รับการดูแลด้านสุขภาพได้มากขึ้น โดยพบ ความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างอัตราการ ติดเชื้อก่อโรคพยาธิในเลือดที่ต่ำลงกับการมีหน่วยบริการ ทางสัตวแพทย์ในระยะไม่เกิน 10 กิโลเมตรจากที่เลี้ยง สุนัข ($p\text{-value}=0.00$)

ผลการศึกษาสร้างองค์ความรู้ใหม่ในเรื่องความ ชุกของการติดเชื้อพยาธิในเลือดในสุนัขในจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งยังไม่เคยมีการศึกษาในลักษณะนี้มาก่อน งานวิจัยนี้มี ข้อจำกัดคือ การขาดฐานข้อมูลจำนวนประชากรสุนัขใน แต่ละอำเภอของจังหวัดเชียงใหม่ ทำให้ไม่สามารถหา จำนวนตัวอย่างสุนัขที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาในแต่ละ อำเภอได้ นอกจากนั้นคือการได้รับความยินยอมจาก เจ้าของสุนัขในการเก็บตัวอย่างเลือด และความร่วมมือ ของสุนัขในการเก็บตัวอย่างเลือด เช่น วิ่งหนี ไม่ยอม ให้จับตัว และมีพฤติกรรมดุร้าย เป็นต้น

Table 2 Prevalence of blood parasite infections in dogs in Chiang Mai, Thailand

District	#Examined	# Infected																#Uninfected
		E	H	B	A	T	E+H	E+B	E+A	H+B	H+A	B+A	E+H+B	E+H+A	E+B+A	H+B+A	E+H+B+A	
Chai Prakan	17	0	8	0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	5
Chiang Dao	59	0	40	0	1	0	2	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	11
Chom Thong	8	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	1
Doi Lho	21	1	6	1	0	0	0	0	0	8	0	0	2	0	0	1	0	2
Doi Saket	120	2	43	1	3	0	3	0	0	27	5	0	2	0	0	2	2	30
Doi Tao	28	1	11	0	0	0	0	0	0	14	0	0	1	0	0	0	0	1
Fang	52	0	19	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	26
Hang Dong	21	0	5	0	0	0	0	0	0	4	0	0	1	0	0	0	0	11
Hot	5	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Kanlayaniwattana	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37
Mae Ai	71	0	36	0	0	0	0	0	0	18	1	0	0	0	0	0	0	16
Mae Chaem	48	0	11	0	0	0	0	0	0	6	1	0	0	0	0	1	0	29
Mae On	57	0	18	0	0	0	0	0	0	25	2	0	0	0	0	3	0	9
Mae Wang	71	2	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	64
Om Koi	52	0	28	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	10
Sa Moeng	72	0	53	0	0	0	4	0	0	13	0	0	1	0	0	0	0	1
San Patong	75	0	25	0	0	0	6	0	0	9	2	0	1	2	0	1	2	27
San Sai	4	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
Wiang Haeng	52	0	18	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	4
Total	870	6	331	2	5	0	15	0	0	191	12	0	8	2	0	8	4	286

E, H, B, A and T indicate *E. canis*, *H. canis*, *B. canis*, *A. platys* and *T. evansi*, respectively. E+H = *E. canis* and *H. Canis*; E+B = *E. canis* and *B. Canis*; E+A = *E. canis* and *A. Platys*;

H+B = *H. canis* and *B. canis*; H+A = *H. canis* and *A. Platys*; B+A = *B. canis* and *A. Platys*; E+H+B = *E. canis*, *H. canis*, and *B. canis*; E+H+A = *E. canis*, *H. canis*, and *A. platys*

E+B+A = *E. canis*, *B. canis*, and *A. Platys*; H+B+A = *H. canis*, *B. canis*, and *A. Platys*; E+H+B+A = *E. canis*, *H. canis*, *B. canis*, and *A. Platys*

Table 3 Risk factor analysis (gender, age group, and veterinary service availability) for blood parasite infections in dogs in Chiang Mai

Risk factor	# Examined	# Infected	# Uninfected	P-value (2-sided Pearson Chi-square)
Gender				0.66
Male	476 (54.7%)	323 (67.9%)	153 (32.1%)	
Female	394 (45.3%)	261 (66.2%)	133 (33.8%)	
Age group (year)				0.35
<1 Puppy	158 (18.2)	111 (70.3)	47 (29.8)	
1-4 Juvenile	453 (52.1)	298 (65.8)	155 (34.2)	
4-7 Adult	175 (20.1)	118 (67.4)	57 (32.6)	
7-10 Presenile	58 (6.7)	43 (74.1)	15 (25.9)	
>10 Senile	26 (3.0)	14 (53.9)	12 (46.2)	
Veterinary service availability within 10 km				0.00
Yes	397 (45.8%)	251 (63.2%)	146 (36.8%)	
No	473 (54.4%)	333 (70.4%)	140 (29.6%)	
Total	870 (100%)	584 (67.1%)	286 (32.9%)	-

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้รายงานการพบการติดเชื้อก่อโรคพยาธิในเลือดในสุนัขในจังหวัดเชียงใหม่ โดยเชื้อที่พบได้แก่ *H. canis* (พบในสัดส่วนมากที่สุด) รองลงมาคือ *B. canis*, *E. canis* และ *A. platys* ตามลำดับ และไม่พบการติดเชื้อ *T. evansi* การติดเชื้อพบในเกือบทุกอำเภอ และทุกช่วงอายุของสุนัขที่ศึกษา และอัตราการติดเชื้อที่ต่ำลงมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการมีหน่วยบริการทางสัตวแพทย์ใกล้บ้าน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยบัณฑิตศึกษาด้านการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรจาก สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ประจำปีงบประมาณ 2563

เอกสารอ้างอิง

Baneth, G. 2011. Perspectives on canine and feline hepatozoonosis. **Veterinary Parasitology** 181(1): 3-11.

- Baneth, G., S. Harrus, A. Gal and I. Aroch. 2015. Canine vector-borne co-infections: *Ehrlichia canis* and *Hepatozoon canis* in the same host monocytes. **Veterinary Parasitology** 208(1): 30-34.
- Carrade, D.D., J.E. Foley, D.L. Borjesson and J.E. Sykes. 2009. Canine granulocytic anaplasmosis: a review. **Journal of Veterinary Internal Medicine** 23: 1129-1141.
- Chomel, B. 2011. Tick-borne infections in dogs- an emerging infectious threat. **Veterinary Parasitology** 179(4): 294-301.
- Jittapalapong, S., O. Rungphisutthipongse, S. Maruyama, J.J. Schaefer and R.W. Stich. 2006. Detection of *Hepatozoon canis* in stray dogs and cats in Bangkok, Thailand. **Annals of the New York Academy of Sciences** 1081: 479-488.
- Juasook, A., T. Boonmars, P. Sriraj, R. Aukkanimart, T. Jitjuk, P. Sudsarn and W. Maleewong. 2016. Prevalence of tick-borne pathogens in quarantined dogs at Nakornpranom animal quarantine station, Thailand. **Journal of Mahanakorn Veterinary Medicine** 11(1): 1-9.
- Laummaunwai, P., P. Sriraj, R. Aukkanimart, T. Boonmars, S. Boonjaraspinyo, S. Sangmaneedet, P. Potchimlee, P. Khianman and W. Maleewong. 2014. Molecular detection and treatment of tick-borne pathogens in domestic dogs in Khon Kaen, Northeastern Thailand. **The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health** 45(5): 1157-1166.
- Little, S.E. 2010. Ehrlichiosis and anaplasmosis in dogs and cats. **Veterinary Clinics of North America; Small Animal Practice** 40(6): 1121-1140.
- Liu, M., N. Ruttayaporn, V. Saechan, C. Jirapattharasate, P. Vudriko, P.F.A. Moumouni and H. Suzuki. 2016. Molecular survey of canine vector-borne diseases in stray dogs in Thailand. **Parasitology International** 65(4): 357-361.
- Nithikadpanich, C., P. Takam and W. Charemtantanakul. 2019. Development of multiplex polymerase chain reaction for simultaneous detection of *Ehrlichia canis*, *Hepatozoon canis* and *Babesia canis* in canine blood. **Journal of Agricultural Research & Extension** 36(2): 80-90. [in Thai]

- Pantchev, N., S. Pluta, E. Huisinga, S. Nather, M. Scheufelen, M.G. Vrhovec, A. Schweinitz, H. Hampel and R.K. Straubinger. 2015. Tick-borne diseases (Borreliosis, Anaplasmosis, Babesiosis) in German and Austrian dogs; status quo and review of distribution, transmission, clinical findings, diagnostics and prophylaxis. **Parasitology Research** 114(Suppl.1): S19-54.
- Piratae, S., K. Pimpjong, K. Vaisusuk and W. Chatan. 2015. Molecular detection of *Ehrlichia canis*, *Hepatozoon canis* and *Babesia canis vogeli* in stray dogs in Mahasarakham province, Thailand. **Annals of Parasitology** 61(3): 183-187.
- Piratae, S., P. Senawong, P. Chalermchat, W. Harnarsa and B. Sae-chue. 2019. Molecular evidence of *Ehrlichia canis* and *Anaplasma platys* and the association of infections with hematological responses in naturally infected dogs in Kalasin, Thailand. **Veterinary World** 12(1): 131.
- Ravindran, R., J.R. Rao, A.K. Mishra, K.M.L. Pathak, N. Babu, C.C. Satheesh and R. Rahul. 2008. *Trypanosoma evansi* in camels, donkeys and dogs in India: comparison of PCR and light microscopy for detection. **Veterinarski Arhiv** 78: 89-94.
- Skotarczak, B. 2003. Canine ehrlichiosis. **Annals of Agricultural and Environmental Medicine** 10: 137-141.
- Solano-Gallego, L., A. Sainz, X. Roura, A. Estrada-Peña and G. Miró. 2016. A review of canine babesiosis: the European perspective. **Parasites & Vectors** 9(1): 336.
- Suksawat, J., Y. Xuejie, S.I. Hancock, B.C. Hegarty, P. Nilkumhang and E.B. Breitschwerdt. 2001. Serologic and molecular evidence of coinfection with multiple vector-borne pathogens in dogs from Thailand. **Journal of Veterinary Internal Medicine** 15(5): 453-462.

การดำรงชีพของครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้
Smallholder Para-rubber Farmer's Household Livelihoods
in Three Southern Border Provinces

บัญชา สมบูรณ์สุข¹ และปुरुวิชญ์ พิทยาภินันท์^{2*}

Buncha Somboonsuke¹ and Purawich Phitthayaphinant^{2*}

¹คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90112

²คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

¹Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkhla, Thailand 90112

²Faculty of Technology and Community Development, Thaksin University, Phatthalung, Thailand 93210

*Corresponding author: p_paratsanant@yahoo.co.th

Abstract

Received: July 30, 2020

Revised: February 03, 2021

Accepted: March 22, 2021

This research aimed to study smallholder para-rubber farmer's household livelihoods in the three southern border provinces, i.e., Yala, Narathiwat, and Pattani province. Primary data were collected using structured interviews, non-participant observations and natural conversations with a total sample of 313 smallholder para-rubber farmers, using the purposive sampling. Descriptive statistics, i.e., percentage and average, and manifest content analysis were employed to analyze the data. The findings revealed the trend most affecting the smallholder para-rubber farmers' household livelihoods was the change in natural resources and environment. Their household livelihood assets were overall at a moderate level. More than half of the smallholder para-rubber farmer households gained the supports from the related government agencies. The key livelihood strategy of the smallholder para-rubber farmer households was social adaptation. The smallholder para-rubber farmers' household livelihood outcomes were overall at a moderate level. The findings of this research will provide valuable information to policymakers as they formulate appropriate policies, e.g., encourage diversification of agricultural production activities, make occupational choices in the agricultural and non-agricultural sectors, and promote knowledge in the appropriate issues.

Keywords: livelihood, smallholder para-rubber farmer, southern border province

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการดำรงชีพของครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ได้แก่ จังหวัดยะลา นราธิวาส และปัตตานี รวบรวมข้อมูลปฐมภูมิด้วยแบบสัมภาษณ์เชิงโครงสร้าง การสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วม และการสนทนาตามธรรมชาติกับเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยจำนวน 313 ราย ซึ่งใช้การเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และการวิเคราะห์เนื้อหาที่ปรากฏ ผลการวิจัยพบว่า แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงทางทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมส่งผลกระทบมากที่สุดต่อการดำรงชีพของครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อย ครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยมีทุนในการดำรงชีพโดยภาพรวมระดับปานกลาง ครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยมากกว่าครึ่งได้รับความช่วยเหลือจากหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง กลยุทธ์ในการดำรงชีพที่สำคัญของครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยคือ การปรับตัวด้านสังคม ครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยมีผลลัพธ์ในการดำรงชีพโดยภาพรวมระดับปานกลาง ผลการวิจัยที่ได้จะเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์ต่อผู้กำหนดนโยบายของหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องสำหรับกำหนดนโยบายที่เหมาะสม เช่น เพิ่มความหลากหลายของกิจกรรมการผลิตทางการเกษตร สร้างทางเลือกในการประกอบอาชีพทั้งในและนอกภาคการเกษตร ให้ความรู้ในเรื่องที่เหมาะสม

คำสำคัญ: การดำรงชีพ เกษตรกรผู้ปลูกยางพารารายย่อย
จังหวัดชายแดนภาคใต้

คำนำ

การทำสวนยางพาราเป็นอาชีพหลักของประชากรใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ประกอบด้วย จังหวัดยะลา นราธิวาส และปัตตานี โดยในปี พ.ศ. 2562 จังหวัดดังกล่าวมีพื้นที่ปลูกยางพารา 1.24, 1.00 และ 0.37 ล้านไร่ ซึ่งเป็นพื้นที่เปิดกรีดยางพารา 1.12, 0.88 และ 0.34 ล้านไร่ และมีผลผลิตยางพารา 2.68, 1.77 และ 0.85 แสนตัน ตามลำดับ (Office of Agricultural Economics, 2020) ทั้งนี้จากผลการสำรวจเบื้องต้นโดยการสัมภาษณ์เชิงลึกกับเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง และเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยในพื้นที่จำนวน 15 ราย ซึ่งประกอบอาชีพการทำสวนยางพารามานานกว่า 20 ปี สรุปได้ว่า เกษตรกรชาวสวนยางส่วนใหญ่ในพื้นที่เป็นเกษตรกรรายย่อยที่มีสวนยางพาราขนาดเล็ก ซึ่งเผชิญกับปัญหาความไม่สงบในพื้นที่ เช่น การวางระเบิด การวางเพลิง การยิงโดยอาวุธปืน และการก่อวินาศกรรมในรูปแบบต่าง ๆ ที่ยืดเยื้อมานานกว่าทศวรรษ โดยตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2547 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2563 มีการก่อความไม่สงบใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้จำนวน 20,847 เหตุการณ์ ซึ่งมีผู้เสียชีวิตและผู้ที่ได้รับบาดเจ็บจำนวน 7,201 และ 13,394 คน ตามลำดับ (Deep South Watch, 2021) จากปัญหาดังกล่าว ทำให้เกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยในพื้นที่ไม่สามารถดำเนินชีวิตประจำวัน และปฏิบัติงานในกิจกรรมการผลิตยางพาราได้ตามปกติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการกรีดยางพารา ภายใต้บริบททางเศรษฐกิจ สังคม ตลอดจนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง ได้สร้างแรงกดดันและความปรวิติกในการดำรงชีพต่อเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อย เพราะ

เกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยต้องเผชิญกับปัญหาเงื่อนไข และข้อจำกัดต่าง ๆ เช่น กลไกตลาดที่ไม่มีประสิทธิภาพ ดังเห็นได้จากปัญหาราคายางพาราตกต่ำอย่างต่อเนื่อง ขณะที่ต้นทุนการผลิตยางพารา เช่น ค่าจ้างแรงงาน ค่าปุ๋ยเคมี และมูลค่าสินค้าเพื่อการบริโภคยังคงสูง วิธีการผลิตและการบริโภคที่เปลี่ยนแปลงไปตามความทันสมัย การมีคุณวุฒิที่ต่ำกว่าอาชีพทั่วไป ทำให้ความสามารถในการหารายได้ โอกาสในการเข้าถึงแหล่งจ้างงาน หรือทางเลือกในการประกอบอาชีพอื่นมีจำกัดตามไปด้วย การมีภาระเลี้ยงดูสมาชิกในครัวเรือนที่อยู่ในวัยพึ่งพิง ตลอดจนความแปรปรวนของสภาพลมฟ้าอากาศและฤดูกาล

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้เกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยในพื้นที่ต้องปรับตัว และมีกลยุทธ์ในการดำรงชีพที่เหมาะสม ภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดที่เผชิญอยู่ เพื่อความอยู่รอดในสถานการณ์ปัจจุบัน จึงเป็นที่มาของการศึกษาการดำรงชีพอันเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของวิถีชีวิตประชากรในชุมชนชนบท (Masae, 2015) และการยกระดับความอยู่ดีมีสุขของประชากร (Promphakping, 2012) ซึ่งไม่มีความมั่นคงทางเศรษฐกิจ อันเนื่องมาจากมีรายได้ต่ำ และไม่มีหลักประกันในการดำรงชีวิต โดยกำหนดคำถามการวิจัยว่า ครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้มีการดำรงชีพเป็นอย่างไร ทั้งนี้ในการศึกษาการดำรงชีพได้ประยุกต์แนวคิดว่าด้วยการดำรงชีพอย่างยั่งยืนของ Department for International Development (DFID) (1999) ซึ่งมีองค์ประกอบ 5 ประการ ได้แก่ 1) บริบทความเปราะบาง ประกอบด้วย 1.1) ภาวะที่ส่งผลกระทบในทันทีและอย่างรุนแรง 1.2) แนวโน้ม 2) ทุนในการดำรงชีพ ประกอบด้วย 2.1) ทุนมนุษย์ 2.2) ทุนสังคม 2.3) ทุนการเงิน 2.4) ทุนกายภาพ 2.5) ทุนธรรมชาติ 3) การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและกระบวนการ 4) กลยุทธ์ในการดำรงชีพ 5) ผลลัพธ์ในการดำรงชีพ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการดำรงชีพของครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยใน

3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ผลการวิจัยจะเป็นประโยชน์ต่อผู้กำหนดนโยบายของหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ เช่น การยางแห่งประเทศไทย (กยท.) สำนักงานเกษตรทั้งระดับจังหวัดและอำเภอ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นสำหรับนำไปใช้ประกอบการวางแผนหรือกำหนดนโยบายในพื้นที่วิจัยและพื้นที่อื่นที่มีบริบท/สภาพแวดล้อมใกล้เคียงกันหรือคล้ายคลึงกัน ตลอดจนหน่วยงานอื่น ๆ ซึ่งปฏิบัติงานร่วมกับหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ในการปฏิบัติงานกับเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยตามบริบทที่เหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับพันธกิจข้อแรก พัฒนาคุณภาพชีวิตของเกษตรกรให้มีความมั่นคง ในแผนพัฒนาการเกษตรช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560–2564) (Ministry of Agriculture and Cooperatives, 2016) และประเด็นยุทธศาสตร์ที่ 2 การพัฒนาคุณภาพชีวิตตามศักยภาพพื้นที่ ตามวิถีของชุมชน สู่หนทางความมั่นคง ในยุทธศาสตร์การพัฒนาจังหวัดชายแดนภาคใต้ พ.ศ. 2563–2565 (5th Coordination Operation Center, 2020) นอกจากนั้นนักวิจัยและผู้สนใจสามารถนำไปใช้ประกอบการทำวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีพได้

วิธีดำเนินการวิจัย

พื้นที่วิจัย คือ 1) อำเภอโคกโพธิ์ จังหวัดปัตตานี 2) อำเภอรามัน จังหวัดยะลา และ 3) อำเภอบาเจาะ จังหวัดนราธิวาส เป็นการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) เนื่องจากผลการสำรวจเบื้องต้นพบว่า ครัวเรือนเกษตรกรส่วนใหญ่ในพื้นที่เหล่านี้ ประกอบอาชีพการทำสวนยางพารา โดยอำเภอโคกโพธิ์และอำเภอรามันเป็นพื้นที่ที่มีจำนวนครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางมากที่สุดของจังหวัด คิดเป็นร้อยละ 70.02 และ 18.82 ตามลำดับ ขณะที่อำเภอบาเจาะมีจำนวนครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางร้อยละ 6.24 (Department of Agricultural Extension, 2020) นอกจากนั้นครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางยังมีประสบการณ์การทำสวน

ยางพารามากกว่า 10 ปี แสดงว่าครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางเหล่านี้มีส่วนยางพาราที่ให้ผลผลิตแล้ว (โดยทั่วไปต้นยางพาราสามารถเปิดกรีดได้เมื่ออายุประมาณ 6-7 ปี) กลุ่มตัวอย่างคือ เกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยจำนวน 313 ราย (1 ครัวเรือนต่อตัวแทนเกษตรกรชาวสวนยาง 1 ราย) ซึ่งใช้การเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง โดยกำหนดเกณฑ์ในการเลือกครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยาง คือ 1) มีสวนยางพาราขนาดเล็กหรือไม่เกิน 50 ไร่ ซึ่งเป็นที่ดินของตนเอง และสวนยางพาราที่เปิดกรีดแล้ว และ 2) ใช้แรงงานครัวเรือนเป็นแรงงานหลักในกิจกรรมการผลิตยางพารา

เครื่องมือที่ใช้รวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณ คือ แบบสัมภาษณ์เชิงโครงสร้างที่สร้างขึ้นจากการศึกษาแนวคิดว่าด้วยการดำรงชีพอย่างยั่งยืนของ DFID (1999) ดังที่ได้กล่าวข้างต้นและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน และการทดลองใช้กับเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 ราย ซึ่งมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence หรือ IOC) ในแต่ละข้อคำถามมากกว่า 0.60 แสดงว่ามีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาในระดับดี (Kispredarborisuthi, 2006) และมีค่าความเชื่อมั่นแบบความสอดคล้องภายในตามวิธีการของ Cronbach (1990) ในระดับที่ยอมรับได้ตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป (Nunnally, 1978) สำหรับการรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพเพื่อนำมาอธิบายเสริมข้อมูลเชิงปริมาณ มีการตรวจสอบสามเส้าด้านวิธีการรวบรวมข้อมูล โดยใช้วิธีการที่หลากหลาย ได้แก่ การสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วม การสนทนาตามธรรมชาติ รวมถึงการตรวจสอบสามเส้าด้านผู้วิจัยและด้านข้อมูล (ต่างบุคคล ต่างสถานที่ และต่างเวลา) (Chantavanich, 2007) เพื่อให้ผลการวิจัยมีความน่าเชื่อถือ

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ตลอดจนการวิเคราะห์เนื้อหาที่ปรากฏร่วมด้วย และนำเสนอด้วยการพรรณนา ข้อคำถามความคิดเห็นของเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยเกี่ยวกับทุน

ในการดำรงชีพประกอบด้วย 5 ประเด็น ได้แก่ 1) ความเพียงพอ คือ ทุนในการดำรงชีพมีความเพียงพอต่อการดำรงชีพ หรือความต้องการใช้ประโยชน์ของครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อย 2) ความสามารถในการเข้าถึงได้ คือ ครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยสามารถจัดหาหรือเข้าถึงทุนในการดำรงชีพได้ 3) ความสามารถในการทดแทนกันได้ คือ ครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยสามารถใช้ปัจจัยการผลิตหรือสิ่งอื่นทดแทนทุนในการดำรงชีพที่พิจารณาได้ 4) ความสามารถในการใช้ประโยชน์ คือ ครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยสามารถใช้ทุนในการดำรงชีพให้เกิดประโยชน์ในการผลิตทางการเกษตรและการดำรงชีพได้ และ 5) คุณภาพ คือ ทุนในการดำรงชีพมีความพร้อมสำหรับครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยในการนำไปใช้งานหรือใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งข้อคำถามมีลักษณะแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ คือ 5 มากที่สุด (ร้อยละ 80 ขึ้นไป) 4 มาก (ในช่วงร้อยละ 60-79) 3 ปานกลาง (ในช่วงร้อยละ 40-59) 2 น้อย (ในช่วงร้อยละ 20-39) และ 1 น้อยที่สุด (น้อยกว่าร้อยละ 20) โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินผลค่าเฉลี่ย คือ มากที่สุด (4.21-5.00) มาก (3.41-4.20) ปานกลาง (2.61-3.40) น้อย (1.81-2.60) และน้อยที่สุด (1.00-1.80)

ข้อคำถามแนวโน้มที่ส่งผลต่อการดำรงชีพและกลยุทธ์ในการดำรงชีพของครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยเป็นข้อคำถามให้เลือกตอบได้เพียงคำตอบเดียวจาก 2 ตัวเลือก คือ ใช่และไม่ใช่ สำหรับข้อคำถามความคิดเห็นของเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยเกี่ยวกับผลลัพธ์ในการดำรงชีพมีลักษณะแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ คือ 5 แทนเพียงพอมากที่สุด หรือเพิ่มขึ้นกว่าเดิมมาก หรือดีมาก 4, 3, 2 และ 1 แทนเพียงพอมาก หรือเพิ่มขึ้นกว่าเดิม หรือดีรองลงมาจนถึงเพียงพอ น้อยที่สุด หรือลดลงกว่าเดิมมาก หรือแย่มาก โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินผลค่าเฉลี่ย คือ เพียงพอมากที่สุด หรือเพิ่มขึ้นกว่าเดิมมาก หรือดีมาก (4.21-5.00) เพียงพอมาก หรือเพิ่มขึ้นกว่าเดิมเล็กน้อย หรือดี (3.41-4.20) เพียงพอ

ปานกลาง หรือเหมือนเดิม หรือปานกลาง (2.61-3.40) เพียงพอ น้อย หรือลดลงกว่าเดิมเล็กน้อย หรือแย่ (1.81-2.60) และเพียงพอ น้อยที่สุด หรือลดลงกว่าเดิมมาก หรือแย่มาก (1.00-1.80)

ผลการวิจัยและวิจารณ์

บริบทความเปราะบาง

ครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยเผชิญกับความเปราะบางเกี่ยวกับภาวะที่ส่งผลกระทบต่อพื้นที่และอย่างรุนแรง ได้แก่ อุทกภัย ภัยแล้ง พายุและลมแรง การระบาดของโรคพืชและศัตรูพืช เฉลี่ย 1.79, 0.95, 0.76 และ 0.73 ครั้งต่อปี ตามลำดับ พื้นที่ปลูกยางพาราพบในทุกเขตนิเวศ ได้แก่ ที่ราบ/ที่ราบลุ่ม (ร้อยละ 45.37) ที่ดอน/ลูกคลื่นลอนลาด (ร้อยละ 46.33) และที่สูง/ภูเขา (ร้อยละ 8.30) ซึ่งพื้นที่ปลูกยางพาราที่เป็นที่ราบ/ที่ราบลุ่มจะได้รับผลกระทบจากอุทกภัยและน้ำท่วมขัง เนื่องจากการระบายน้ำไม่ดี ทำให้ต้นยางพาราเจริญเติบโตช้า ดินเสื่อมโทรม เกิดโรคระบาดต่างขึ้น และครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางไม่สามารถกรีดยางพาราได้ ส่งผลให้จำนวนวันกรีดยางพารา รวมถึงผลผลิตยางพาราและรายได้จากการทำสวนยางพาราเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ ลดลงสำหรับพื้นที่ปลูกยางพาราที่เป็นที่สูง/ภูเขาจะได้รับผลกระทบจากพายุ/ลมแรง ทำให้ต้นยางพาราโค่นล้ม นอกจากนี้ภัยแล้งถือเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการผลิตยางพารา โดยเฉพาะในพื้นที่ดอน/ลูกคลื่นลอนลาดและพื้นที่สูง/ภูเขา เพราะก่อให้เกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำเพื่อทำการเกษตร ซึ่งส่งผลในเชิงลบ เช่น ปริมาณน้ำยางพาราลดลง ประสิทธิภาพของปุ๋ยเคมีลดลง เนื่องจากต้องใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย เพื่อให้ต้นยางพาราสามารถดูดซึมธาตุอาหารแล้วนำไปใช้ประโยชน์ได้

ในส่วนความเปราะบางเกี่ยวกับแนวโน้ม พบว่าแนวโน้มทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมส่งผลกระทบต่อการดำรงชีพของครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อย คิดเป็นร้อยละ 93.93 รองลงมาคือ แนวโน้ม

ราคาผลผลิตและปัจจัยการผลิต แนวโน้มแรงงาน แนวโน้มการตลาด แนวโน้มปัญหาสังคม และแนวโน้มอาชีพ คิดเป็นร้อยละ 88.18, 82.74, 78.59, 77.64 และ 57.51 ตามลำดับ สำหรับแนวโน้มที่ส่งผลกระทบต่อการค้าขายของครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยคือ แนวโน้มเทคโนโลยี คิดเป็นร้อยละ 56.48 ทั้งนี้เพราะการผลิตยางพาราต้องพึ่งพาลมฟ้าอากาศและน้ำฝนจากธรรมชาติ ซึ่งปัจจุบันการผลิตใบของต้นยางพารามีความไม่แน่นอน ส่งผลต่อการวางแผนการผลิตของครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อย ประกอบกับราคายางพาราตกต่ำยังคงเป็นปัญหาสำคัญในระดับประเทศ ซึ่งสร้างความเดือดร้อนให้แก่หน่วยเศรษฐกิจที่เกี่ยวข้องกับธุรกิจยางพารา โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยซึ่งมีสวนยางพาราขนาดเล็ก เป็นกลุ่มที่ได้รับผลกระทบทางเศรษฐกิจและสังคมมากที่สุดจากปัญหาราคายางพาราทกต่ำ (Charernjiratragul *et al.*, 2017) เช่น การขาดสภาพคล่องทางการเงิน การขาดแคลนแรงงานอันเนื่องมาจากการเคลื่อนย้าย/การอพยพแรงงานจากภาคการเกษตรไปสู่ภาคการผลิตอื่น หนี้สินเพิ่มขึ้น รายได้ ความสามารถในการออมและชำระหนี้ ตลอดจนคุณภาพชีวิตลดลง (Satsue and Phitthayaphinant, 2018) อีกทั้งการผลิตยางพาราต้องพึ่งพาปัจจัยการผลิตสมัยใหม่จากภายนอก เช่น ปุ๋ยเคมี สารเคมี เพราะครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยไม่สามารถผลิตเองได้ ตลอดจนครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยผลิตยางพาราเพื่อจำหน่ายเท่านั้น จึงทำให้ครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางต้องพึ่งพาตลาดสูง

นอกจากนี้ในส่วนแนวโน้มแรงงานพบว่าครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยเผชิญกับปัญหาการว่างงานมากขึ้น ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความไม่มั่นคงทางเศรษฐกิจของประชากรในพื้นที่ โดยในปี พ.ศ. 2561 จังหวัดปัตตานีมีสัดส่วนคนจนร้อยละ 39.27 ซึ่งมากที่สุด ในภาคใต้ ส่วนจังหวัดนราธิวาสและยะลามีสัดส่วนคนจนร้อยละ 30.10 และ 23.28 ซึ่งมากเป็นอันดับที่ 2 และ 4 ของภาคใต้ ตามลำดับ ขณะที่ภาคใต้และทั่วประเทศมี

สัดส่วนคนจนร้อยละ 14.26 และ 9.85 ตามลำดับ (National Statistical Office, 2020)

ผลการวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mulha *et al.* (2015) ที่พบว่าภัยธรรมชาติ การเปลี่ยนแปลงของราคาผลผลิต นโยบาย/กลไกรัฐ การย้ายถิ่นของประชากรในพื้นที่ และเศรษฐกิจแบบทุนนิยมซึ่งเน้นกำไร การผลิตเป็นจำนวนมากเพื่อจำหน่ายแบบเข้มข้น และการดำเนินธุรกิจแบบแข่งขัน เป็นเงื่อนไขที่มีอิทธิพลต่อการดำรงชีพของครัวเรือนเกษตรกร รวมทั้งงานวิจัยของ Tanangsnakool and Sutthinarakorn (2016) ที่รายงานว่า เกษตรกรชาวสวนยางในภาคใต้เผชิญกับปัญหาราคายางพาราตกต่ำในระดับมากที่สุด และปัญหาต้นทุนการผลิตยางพาราสูงในระดับมาก ตลอดจนงานวิจัยของ Kaewtathip (2017) ได้รายงานว่า เกษตรกรชาวสวนยางใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ประสบปัญหาราคายางพาราตกต่ำและไม่แน่นอนอยู่ในระดับมากที่สุด ส่วนปัญหาสภาพภูมิอากาศแปรปรวนทำให้ปริมาณน้ำยางสดลดลงรายได้จากการทำสวนยางพาราไม่เพียงพอต่อรายจ่ายปุ๋ยมีราคาแพง ขาดแคลนเงินทุนสำหรับซื้อปุ๋ย ความหวาดกลัวระหว่างเดินทางและทำงานในสวนยางพารา และการเปลี่ยนช่วงเวลากรีดยางพาราอยู่ในระดับมาก นอกจากนี้งานวิจัยของ Longpichai and Kongmanee (2019) ได้รายงานว่า ครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางที่มีสวนยางพาราเชิงเดี่ยวขนาดเล็กและเล็กมาก ตลอดจนครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางที่มีสวนยางพาราแบบหลากหลายขนาดเล็ก ให้ความสำคัญกับความเสี่ยงเกี่ยวกับการลดลงของราคายางพารามากที่สุด เนื่องจากรายได้ส่วนใหญ่ของครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางที่มีลักษณะดังกล่าวมาจากการทำสวนยางพารา

ทุนในการดำรงชีพ

ครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยมีทุนในการดำรงชีพโดยภาพรวมระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ย 2.72

เมื่อพิจารณาทุนในการดำรงชีพเป็นรายประเภทพบว่า ทุนมนุษย์ ซึ่งหมายรวมทั้งแรงงานครัวเรือนและแรงงานจ้างมีค่าเฉลี่ยสูงสุด 3.00 (Figure 1) แสดงว่าครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยมีทุนมนุษย์โดยภาพรวมระดับปานกลาง ทั้งนี้แรงงานครัวเรือนไม่ว่าจะเป็นแรงงานคู่สามี-ภรรยา แรงงานบุตรหลาน และแรงงานผู้สูงอายุที่ยังสามารถทำงานได้ และต้องการแบ่งเบาภาระของครัวเรือน มีบทบาทสำคัญในทุกกิจกรรมการผลิตยางพารา ตั้งแต่การปลูก การดูแลรักษา การกรีดยางพารา ไปจนถึงการจำหน่าย อย่างไรก็ตามแรงงานผู้สูงอายุไม่สามารถทำงานให้เกิดผลผลิตได้เท่ากับแรงงานที่อยู่ในวัยทำงาน ซึ่งทำให้ครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยมีความเสี่ยงที่จะเกิดปัญหาการขาดแคลนแรงงานในอนาคตได้ เกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยมีอายุที่ก้ำกึ่งเข้าสู่วัยสูงอายุ และประสบการณ์การประกอบอาชีพทางการเกษตรสูง เฉลี่ย 53.85 และ 16.38 ปี ตามลำดับสอดคล้องกับโครงสร้างประชากรของประเทศไทยซึ่งเริ่มเข้าสู่สังคมที่มีจำนวนผู้สูงอายุเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ขณะที่แรงงานในภาคการเกษตรมีจำนวนลดลงเรื่อย ๆ (Singhapreecha, 2015) และสมาชิกในครัวเรือนเกษตรกรที่มีอายุมากกว่า 65 ปี มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (Fongmul, 2020)

ทุนกายภาพ ประกอบด้วย 1) วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต เช่น รถไถเดินตาม เครื่องตัดหญ้า เครื่องพ่นสารเคมี ถังใส่น้ำยาง 2) ยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง เช่น รถจักรยานยนต์ รถกระบะ รถจักรยาน และ 3) สิ่งอำนวยความสะดวก เช่น โทรศัพท์ ตู้เย็น หม้อหุงข้าวไฟฟ้า เตาไฟฟ้า จานดาวเทียม โทรศัพท์มือถือ เครื่องเล่นเพลง มีค่าเฉลี่ย 2.93 แสดงว่าครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยมีทุนกายภาพโดยภาพรวมระดับปานกลาง เนื่องจากทุนกายภาพสามารถยกระดับความเป็นอยู่ของครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยให้ดีขึ้นได้ อีกทั้งทรัพย์สินดังกล่าวมีอายุการใช้งานหรือสามารถใช้งานได้นาน

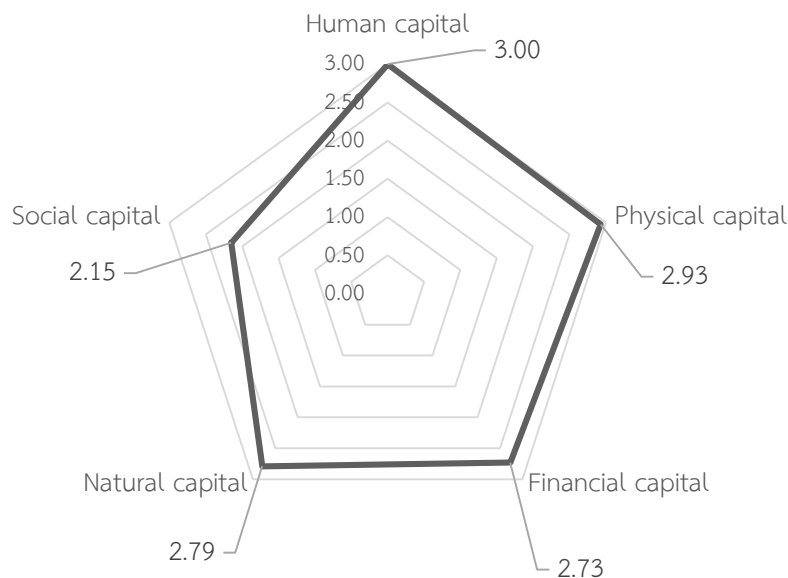


Figure 1 Smallholder para-rubber farmer households' livelihood assets in the study area

ทุนธรรมชาติประกอบด้วยที่ดิน แหล่งน้ำ และป่าไม้ ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความมั่นคงในการดำรงชีพ (Palee and Anantanathorn, 2020) มีค่าเฉลี่ย 2.79 แสดงว่าครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยมีทุนธรรมชาติโดยภาพรวมระดับปานกลาง เนื่องจากสภาพพื้นที่โดยทั่วไปยังคงมีความเป็นชนบทมากกว่าเมือง และโครงสร้างเศรษฐกิจพึ่งพาภาคการเกษตรเป็นหลัก (5th Coordination Operation Center, 2020) โดยครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยมีพื้นที่ปลูกยางพาราขนาดเล็กมาก เฉลี่ย 13.76 ไร่ รวมทั้งมีการใช้ประโยชน์จากน้ำฝนเพื่อบริโภคในครัวเรือนและทำการเกษตร ตลอดจนมีการเก็บเกี่ยวผลผลิต หรือใช้ประโยชน์จากจากพื้นที่สาธารณะและป่าไม้ เช่น หาของป่า ล่าสัตว์ ระดับปานกลาง เฉลี่ยร้อยละ 55.91 และ 42.81 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยต้องการลดค่าใช้จ่าย โดยเฉพาะค่าอาหาร ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายหลักของครัวเรือน ด้วยการหาอาหารจากแหล่งอาหารธรรมชาติที่มีอยู่ในพื้นที่ เช่น ป่า แหล่งน้ำตามธรรมชาติ จากข้อมูลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงวิถีชีวิตที่พึ่งพาและผูกพันกับทรัพยากรธรรมชาติ ซึ่งจัดเป็นทรัพย์สินร่วมที่ครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อย

สามารถเข้าถึง หรือมีสิทธิใช้ประโยชน์และเข้าไปจัดการได้อย่างเสรีโดยไม่จำกัดสถานที่และเวลา (Sinthipong, 2015) อย่างไรก็ตามครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยที่มีระดับรายได้แตกต่างกัน จะมีแบบแผนการใช้จ่ายและการบริโภคที่แตกต่างกัน

ทุนการเงิน ได้แก่ รายได้ และเงินออม ซึ่งเป็นปัจจัยด้านเศรษฐกิจที่มีผลต่อความมั่นคงในการดำรงชีพ (Palee and Anantanathorn, 2020) เพราะทำให้ครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยมีรายได้เพียงพอต่อค่าใช้จ่ายที่จำเป็นต่อการดำรงชีพ และค่าใช้จ่ายในการทำสวนยางพารา มีค่าเฉลี่ย 2.73 แสดงว่าครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยมีทุนการเงินโดยภาพรวมระดับปานกลาง โดยเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยมีรายได้จำแนกเป็น รายได้ของครัวเรือน รายได้จากภาคการเกษตร รายได้จากการทำสวนยาง และรายได้จากนอกภาคการเกษตรเฉลี่ย 196,187.83, 103,473.41, 78,090.00 และ 60,646.72 บาทต่อปี ตามลำดับ และมีเงินออมเฉลี่ย 38,641.62 บาทต่อปี ซึ่งเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยร้อยละ 62.62 และ 37.38 ออมเงินที่ธนาคารและกลุ่มออมทรัพย์ ตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าว เห็นได้ว่าครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยมีรายได้และ

เงินออมต่ำ ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องมาจากปัญหาราคายางพาราตกต่ำ อีกทั้งครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยยังมีพื้นที่ปลูกยางพาราขนาดเล็กมากดังที่ได้กล่าวไปแล้ว จึงเป็นข้อจำกัดในการสร้างรายได้ นอกจากนี้เนื่องด้วยพฤติกรรมการใช้เงินของครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยที่เปลี่ยนแปลงไป และค่าครองชีพที่สูงขึ้น โดยพบว่าดัชนีราคาผู้บริโภคทั่วไปของทั้ง 3 จังหวัด ในช่วง 3 ปี (พ.ศ. 2560–2562) เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง กล่าวคือ ในช่วงเวลาดังกล่าว จังหวัดยะลามีดัชนีราคาผู้บริโภคทั่วไป 100.95, 101.96 และ 102.02 ตามลำดับ ขณะที่จังหวัดนราธิวาสมีดัชนีราคาผู้บริโภคทั่วไป 102.42, 103.02 และ 103.61 ตามลำดับ สำหรับจังหวัดปัตตานีมีดัชนีราคาผู้บริโภคทั่วไป 102.09, 103.42 และ 104.62 ตามลำดับ (National Statistical Office, 2021)

สำหรับทุนสังคม ได้แก่ การเป็นสมาชิกกลุ่ม เช่น สหกรณ์การเกษตร สหกรณ์กองทุนสวนยาง และกลุ่มออมทรัพย์ มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด 2.15 แสดงว่าครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยมีทุนสังคมโดยภาพรวมระดับน้อย เนื่องด้วยปัญหาความไม่สงบในพื้นที่ ทำให้เกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยมีการรวมกลุ่มค่อนข้างน้อย โดยมีเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยเพียงร้อยละ 38.34 ที่เป็นสมาชิกกลุ่มทางการเกษตร ส่งผลให้เห็นภาพปรากฏที่เกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยต่างคนต่างผลิต และต่างคนต่างจำหน่ายมากกว่าภาพปรากฏที่แสดงถึงความสัมพันธ์ทางสังคม เช่น การร่วมกันคิด การร่วมกันทำ การร่วมกันซื้อปัจจัยการผลิต การร่วมกันขายผลผลิต ทั้งนี้เกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยหรือสมาชิกในครัวเรือนที่ไม่ได้เป็นสมาชิกกลุ่มใด ๆ จะไม่มีหรือมีอำนาจต่อรองกับพ่อค้าคนกลางน้อย และไม่สามารถรับความช่วยเหลือจากหน่วยงานต่าง ๆ ที่ให้การสนับสนุนผ่านกลุ่มได้ โดยจะได้รับความช่วยเหลือในระดับบุคคลเท่านั้น

การเปลี่ยนโครงสร้างและกระบวนการ

เกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยร้อยละ 60.70 เข้าร่วมกิจกรรม/โครงการ หรือได้รับความช่วยเหลือจากหน่วยงาน/องค์กร ได้แก่ กยท. องค์การบริหารส่วนตำบล (อบต.) สำนักงานเกษตร สำนักงานที่ดิน สำนักงานพัฒนาชุมชน สำนักงานปศุสัตว์ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (ธ.ก.ส.) กลุ่มออมทรัพย์ โดยเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยจะได้รับความรู้ ข้อมูลข่าวสาร บริการ คำแนะนำ และความช่วยเหลือด้านการเงินในการลงทุนทำการเกษตร (Junkaew, 2010) นอกจากนั้นนโยบายของภาครัฐถือเป็นปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อความมั่นคงในการดำรงชีพ (Palee and Anantanathon, 2020) เพราะนโยบายและโครงการต่าง ๆ ของภาครัฐก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้น หรือการพัฒนาในด้านต่าง ๆ เช่น การคมนาคมขนส่ง สาธารณูปโภค เป็นต้น

แม้นโยบายและโครงการของหน่วยงานภาครัฐจะช่วยลดข้อจำกัดด้านทุนในการดำรงชีพของครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยได้ รวมทั้งช่วยเพิ่มทางเลือกกลยุทธ์ในการดำรงชีพให้แก่ครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อย เช่น การให้เงินช่วยเหลือเกษตรกรชาวสวนยางที่ประสบอุทกภัยของ กยท. ทว่านโยบายหรือโครงการส่วนใหญ่ไม่ได้เอื้อต่อการสร้างความเข้มแข็งให้แก่ครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยในลักษณะที่ก่อให้เกิดการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพการผลิตยางพาราทั้งในแง่การเพิ่มผลผลิตยางพาราและการลดต้นทุนการผลิตยางพาราตามที่ควรจะเป็น นอกจากนี้งานวิจัยของ Kaewtathip (2017) ได้รายงานไว้ว่า เกษตรกรชาวสวนยางใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ประสบปัญหาขาดการช่วยเหลือและดูแลจากภาครัฐในระดับมาก

กลยุทธ์ในการดำรงชีพ

กลยุทธ์ในการดำรงชีพที่ครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยปฏิบัติโดยภาพรวมมากที่สุด คือ การปรับตัวด้านสังคม ประกอบด้วยการเข้าร่วมกิจกรรมทางสังคมและศาสนาเพิ่มขึ้น การรับความช่วยเหลือ (เงินอาหาร และสินค้าทุน) จากเครือญาติและเพื่อนบ้านเพิ่มขึ้น และการเข้าร่วมกลุ่มทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการผลิต การแปรรูป การตลาด และการเงินเพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 73.80 รองลงมาคือ การขอรับการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐและเอกชน การปรับเปลี่ยนรูปแบบการบริโภคอาหาร การขยายปริมาณการผลิตทางการเกษตร การปรับตัวด้านการตลาด และการเพิ่มความหลากหลายในการผลิตทางการเกษตร คิดเป็นร้อยละ 68.05, 67.41, 65.50, 63.90 และ 61.34 ตามลำดับ ซึ่งเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยจะใช้เวลารว่างจากกิจกรรมการผลิตยางพารา หรือเวลาที่สะดวก เพื่อเข้าร่วมกิจกรรมทางสังคมและศาสนา เช่น งานบุญ งานมงคลสมรส งานรื่นเริง เพื่อสร้างพลังใจและการได้รับการยอมรับจากสังคม รวมทั้งทำให้ชีวิตดำเนินไปอย่างมีคุณค่า ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความสัมพันธ์ทางสังคม อย่างไรก็ตามเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยจะเข้าร่วมกิจกรรมดังกล่าวเท่าที่จำเป็นเท่านั้น และลดน้อยลงเมื่อเทียบกับในอดีต เนื่องจากครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยประสบปัญหาเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายที่ไม่สมดุลกับรายได้ อันเป็นผลสืบเนื่องมาจากปัญหาความไม่สงบในพื้นที่ และปัญหาราคายางพาราดตกต่ำอย่างต่อเนื่อง

ด้วยปัญหา เงินไข และข้อจำกัดที่ครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยเผชิญอยู่ดังที่ได้กล่าวไปแล้ว ทำให้ครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยขอรับความช่วยเหลือจากหน่วยงานต่าง ๆ มากขึ้น แต่การให้ความช่วยเหลือยังไม่เกิดประโยชน์อย่างเต็มที่ เนื่องจากเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยขาดกระบวนการคิดวิเคราะห์ ทำให้เกิดปัญหาทั้งการผลิตและการจำหน่าย รวมถึงเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยที่เป็นสมาชิกกลุ่มทางการเกษตรมีสัดส่วนค่อนข้างน้อยดังที่ได้กล่าวไปแล้ว

เพราะไม่เล็งเห็นถึงประโยชน์ของการเป็นสมาชิกกลุ่ม เช่น เงินปันผล สินเชื่อ ความรู้ในการประกอบอาชีพ โดย Leisinger *et al.* (2002) ได้กล่าวว่า เกษตรกรผู้สูงอายุในประเทศกำลังพัฒนาจัดเป็นผู้ผลิตส่วนเพิ่ม (Marginal producer) ซึ่งมีผลิตภาพของแรงงานน้อย ทว่ามีต้นทุนการผลิตสูง และมีกำไรน้อยหรืออาจไม่มีเลย จึงต้องการความช่วยเหลือด้านการเงินหรือเงินอุดหนุนจากภาครัฐ

แม้ราคายางพาราจะตกต่ำอย่างต่อเนื่อง ทว่าครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยส่วนหนึ่งที่มีความพร้อมด้านเงินทุนและแรงงาน มีแผนที่จะขยายพื้นที่ปลูกยางพารา รวมถึงพืชเศรษฐกิจชนิดอื่น และพื้นที่เลี้ยงสัตว์เศรษฐกิจ ทั้งนี้เพราะการทำการเกษตร โดยเฉพาะการทำสวนยางพารา เป็นอาชีพที่ครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยมีความรู้และได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจนเกิดความเชี่ยวชาญ หากเปลี่ยนไปประกอบอาชีพอื่นก็มีความกังวลในเรื่องรายได้ที่จะได้รับและความเสียหายที่จะเกิดขึ้น อีกทั้งครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยได้มีการติดต่อพ่อค้า/ผู้ประกอบการนอกพื้นที่ และจำหน่ายผลผลิตยางพาราผ่านกลุ่มมากขึ้น

มีข้อสังเกตที่น่าสนใจคือ ครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยมีการปฏิบัติกลยุทธ์ในการดำรงชีพด้านอื่น ๆ น้อย ได้แก่ การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีการผลิตยางพารา การลดต้นทุนการผลิตยางพารา การจัดการทางการเงิน การปรับเปลี่ยนการใช้แรงงานนอกภาคการเกษตร การปรับเปลี่ยนการใช้แรงงานในภาคการเกษตร และการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตยางพารา คิดเป็นร้อยละ 56.55, 52.72, 50.80, 46.96, 46.65 และ 46.33 ตามลำดับ เนื่องด้วยข้อจำกัดด้านทุนในการดำรงชีพ แนวโน้มต่าง ๆ นโยบายและปัจจัยเชิงสถาบัน ดังที่ได้กล่าวไปแล้ว โดยเฉพาะข้อจำกัดด้านคุณวุฒิและความรู้ ตลอดจนการรับรู้เทคโนโลยีการผลิตที่ทันสมัย ซึ่งมีผลต่อวิถีคิด รวมถึงการเรียนรู้และพัฒนาตนเองต่อเนื่องตลอดชีวิต อันนำไปสู่พฤติกรรมที่เป็นปัญหาต่อเนื่องกัน เช่น ไม่มีการวางแผนการใช้เทคโนโลยีและปัจจัยการผลิตอย่างเหมาะสม ไม่มีการลงทุนหรือนำเทคโนโลยีการผลิต

ที่ทันสมัยมาใช้ ความสามารถในการปรับตัวน้อยกว่า ประชากรที่ทำงานนอกภาคการเกษตร ภาระหนี้สินที่เกิดขึ้นเพื่อชดเชยการลดลงของรายได้ ไม่สามารถประกอบอาชีพเสริมได้ เช่น รับจ้างทั้งในและนอกภาคการเกษตรที่ต้องใช้แรงงานมีฝีมือ ซึ่งงานวิจัยของ Kaewtathip (2017) ได้รายงานไว้ว่า เกษตรกรชาวสวนยางใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ประสบปัญหาขาดความรู้ และข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับยางพาราในระดับมาก

ผลลัพธ์ในการดำรงชีพ

ครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยมีผลลัพธ์ในการดำรงชีพโดยภาพรวมระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ย 2.83 เมื่อพิจารณาผลลัพธ์ในการดำรงชีพเป็นรายด้านพบว่า ผลลัพธ์ในการดำรงชีพด้านความมั่นคงทางอาหาร เสื้อผ้าและเครื่องนุ่งห่ม มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 3.61 รองลงมาคือ ด้านทรัพย์สิน ด้านสถานะทางการเงิน และด้านความสัมพันธ์ทางสังคม มีค่าเฉลี่ย 3.21, 2.64 และ 2.61 ตามลำดับ แสดงว่าทั้ง 4 ด้านอยู่ในระดับปานกลาง เนื่องจากอาหาร เสื้อผ้า และเครื่องนุ่งห่ม ถือเป็นปัจจัยที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต หรือปัจจัยสี่ที่มนุษย์ต้องการ ความมั่นคงเป็นลำดับแรก (Smithikrai, 2011) ซึ่งครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยส่วนหนึ่งมีระบบการผลิตยางพาราและพืชอาหาร/สัตว์เศรษฐกิจ รวมถึงสามารถหาอาหารจากแหล่งอาหารธรรมชาติดังที่ได้กล่าวไปแล้ว ทำให้ครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยดังกล่าวมีอาหารและสามารถเข้าถึงอาหารได้อย่างเพียงพอ ซึ่งงานวิจัยของ Songsom (2009) ได้รายงานไว้ว่า ทุกครัวเรือนในจังหวัดปัตตานีมีการระบุดำเนินการใช้จ่ายที่เป็นค่าอาหาร รวมทั้งค่าเสื้อผ้าและรองเท้า ทั้งนี้ผู้ที่มีรายได้ต่ำและปานกลางจะจัดสรรรายได้เพื่อเป็นค่าอาหารในสัดส่วนมากที่สุด

นอกจากนี้กระแสโลกาภิวัตน์ที่นำพาระบบเศรษฐกิจแบบทุนนิยมและการพัฒนาตามโลกตะวันตกที่เน้นวัตถุนิยมและวัฒนธรรมแบบบริโภคนิยมเข้ามาในระบบการดำรงชีพ โดยถูกเร่งผ่านการสื่อสารด้วยสื่อสมัยใหม่

ที่ทำให้ผู้คนเข้าถึงข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ และบุคคลแวดล้อม รวมทั้งระบบเศรษฐกิจแบบเงินตราที่เข้ามาเป็นสื่อกลางในการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลในกลุ่มต่าง ๆ ทำให้ครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยมีการซื้อ/จัดหา เสื้อ เครื่องนุ่งห่ม สินค้าคงทน สินค้ากึ่งคงทน หรือสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ในการดำเนินชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะในช่วงที่ราคายางพาราสูง ซึ่งทำให้ครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยมีรายได้มากพอที่จะซื้อ/จัดหาสิ่งต่าง ๆ เพื่อความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น และใช้มาจนถึงปัจจุบัน

สำหรับผลลัพธ์ในการดำรงชีพด้านสุขภาพ และด้านทรัพยากรธรรมชาติโดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ย 2.59 และ 2.34 ตามลำดับ ซึ่งถือว่าทั้ง 2 ด้านอยู่ในระดับน้อย เนื่องจากครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยผลิตยางพาราตามการเกษตรแผนปัจจุบันหรือการเกษตรกระแสหลัก ซึ่งใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ที่เป็นเคมีภัณฑ์ ส่งผลให้ครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยมีปัญหาสุขภาพจากการใช้สารเคมี อีกทั้งร่างกายที่เสื่อมไปตามวัย และพฤติกรรมในการดำเนินชีวิตที่ไม่เหมาะสม ทำให้เกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง เช่น ความดันโลหิตสูง เบาหวาน ส่งผลให้ครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยมีค่าใช้จ่ายในการรักษาและดูแลสุขภาพเกิดขึ้น อีกทั้งบุคลากรทางการแพทย์ในสถานพยาบาลมีจำนวนจำกัด ทำให้การบริการมีความล่าช้า ส่งผลให้ครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยเสียเวลาค่อนข้างมากในแต่ละครั้งที่ไปใช้บริการด้านสุขภาพ หรือเข้ารับการรักษา นอกจากนี้ ครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยยังต้องเผชิญกับปัญหาดินเสื่อมคุณภาพจากการใช้สารเคมีเป็นระยะเวลานาน และไม่ได้ปรับปรุงดินอย่างเหมาะสม รวมถึงความแปรปรวนในเรื่องภัยแล้งดังที่ได้กล่าวไปแล้ว

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดของความเป็นเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยที่ยังคงประสบปัญหาต่าง ๆ ในการ

ประกอบอาชีพ และยังไม่หลุดพ้นจากความยากจน ครั้วเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยจึงจำเป็นต้องปรับตัว และมีกลยุทธ์ในการดำรงชีพที่เหมาะสม เพื่อความสำเร็จตามบทบาทหน้าที่ (ผู้ผลิตยางพารา) และเพื่อความอยู่รอดในสภาพแวดล้อมของ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ที่เปลี่ยนแปลงไป การวิจัยครั้งนี้สรุปได้ว่า 1) บริบทความเปราะบาง อุทกภัยและภัยแล้งเป็นปัญหาสำคัญ ขณะที่แนวโน้มทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเป็นแนวโน้มสำคัญ ซึ่งส่งผลต่อการดำรงชีพของครั้วเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อย 2) ทุนในการดำรงชีพ ครั้วเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยมีทุนมนุษย์ ทุนกายภาพ ทุนธรรมชาติ และทุนการเงินระดับปานกลาง ขณะที่ทุนสังคมมีระดับน้อย 3) การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและกระบวนการ หน่วยงานภาครัฐที่ให้ความช่วยเหลือครั้วเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยโดยส่วนใหญ่ในพื้นที่ เช่น กยท. ธ.ก.ส. 4) กลยุทธ์ในการดำรงชีพ กลยุทธ์ในการดำรงชีพที่สำคัญของครั้วเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยปรากฏออกมาในลักษณะของการปรับตัวด้านสังคม และ 5) ผลลัพธ์ในการดำรงชีพ ครั้วเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยมีผลลัพธ์ในการดำรงชีพด้านความมั่นคงทางอาหาร เสื้อผ้า และเครื่องนุ่งห่ม ด้านทรัพย์สิน ด้านสถานะทางการเงิน และด้านความสัมพันธ์ทางสังคมระดับปานกลาง ขณะที่ผลลัพธ์ในการดำรงชีพด้านสุขภาพ และด้านทรัพยากรธรรมชาติมีระดับน้อย

การวิจัยครั้งนี้มีข้อเสนอแนะต่อครั้วเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยและหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องในฐานะภาคีการพัฒนา ดังนี้

1) ผลการวิจัยพบว่า การเพิ่มความหลากหลายในการผลิตทางการเกษตรเป็นกลยุทธ์ในการดำรงชีพที่ครั้วเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยปฏิบัติบ่อยกว่าที่ควรจะเป็น อีกทั้งครั้วเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยยังมีผลลัพธ์ในการดำรงชีพด้านสุขภาพ และด้านทรัพยากรธรรมชาติระดับน้อย ดังนั้นหน่วยงานภาครัฐ

ที่เกี่ยวข้องควรส่งเสริมให้ครั้วเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยดำเนินกิจกรรมการผลิตทางการเกษตรหลายอย่างไปพร้อมกัน เพื่อลดความเสี่ยงด้านรายได้ และถ้าเป็นไปได้ควรดำเนินการผลิตแบบอินทรีย์ หรือตามแนวทางการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี เพื่อลดปัญหาสุขภาพของครั้วเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อย และปัญหาดินเสื่อมคุณภาพ ทั้งนี้ครั้วเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยควรเลือกชนิดของพืชและ/หรือสัตว์เศรษฐกิจให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมและความต้องการของตลาดด้วย

2) ผลการวิจัยพบว่า ครั้วเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยเผชิญกับปัญหาการว่างงานมากขึ้น ทว่าการปรับเปลี่ยนการใช้แรงงานทั้งในและนอกภาคการเกษตรเป็นกลยุทธ์ในการดำรงชีพที่ครั้วเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยปฏิบัติบ่อย ดังนั้นหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องควรส่งเสริมให้ครั้วเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยดำเนินกิจกรรมที่สร้างรายได้ทั้งในและนอกภาคการเกษตรไปพร้อมกัน โดยแบ่งกันทำตามความเหมาะสมโดยอิงอายุหรือวัยของสมาชิกในครั้วเรือนที่แตกต่างกัน เพื่อเพิ่มรายได้ของครั้วเรือนและลดปัญหาการว่างงาน

3) แม้ครั้วเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยมีการเรียนรู้ในการทำสวนยางพาราผ่านประสบการณ์ตรงรวมทั้งกิจกรรมการเรียนรู้ในรูปแบบของการอบรม และประสบการณ์ของบุคคลอื่นจากการสนทนากับเพื่อนเกษตรกร แต่ผลการวิจัยพบว่า การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีการผลิตยางพารา การลดต้นทุนการผลิตยางพารา การจัดการทางการเงิน และการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตยางพารา เป็นกลยุทธ์ในการดำรงชีพที่ครั้วเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยปฏิบัติบ่อย จึงมีความจำเป็นต้องอาศัยการส่งเสริมและสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง โดยการให้ความรู้ในเรื่องดังกล่าว เพื่อเพิ่มความสามารถในการพึ่งพาตนเองของครั้วเรือนเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อย และลดการพึ่งพาภาครัฐในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่สนับสนุนเงินทุนสำหรับการวิจัยครั้งนี้ รวมถึงเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยทั้ง 313 ราย ที่ให้ความร่วมมือในการรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- Chantavanich, S. 2007. **Qualitative Research Methods**. 10th ed. Bangkok: Darnsutha Press. 233 p. [in Thai]
- Charernjiratragul, S., A. Romyen and P. Satsue. 2017. Development of rubber-based intercropping system in southern Thailand: problems and obstacles. **Kasetsart Journal of Social Sciences** 38(2): 588-599. [in Thai]
- Cronbach, L.J. 1990. **Essentials of Psychological Testing**. 5th ed. New York: HarperCollins. 726 p.
- Deep South Watch. 2021. **Summary of incidents in Southern Thailand, December 2020**. [Online]. Available <https://dswdatabase.info/wp-content/uploads/2021/01/DATASHEET-122020-EN.pdf> (3 February 2021).
- Department of Agricultural Extension. 2020. **Report of para-rubber farmer household in Yala, Narathiwat, and Pattani provinces 2019**. (Unpublished Document). [in Thai]
- Department for International Development (DFID). 1999. **Sustainable Livelihoods Guidance Sheets**. London: Department for International Development. 36 p.
- Fongmul, S. 2020. Effects of shortage of agricultural workers on food security in Chiang Mai. **Journal of Agricultural Research and Extension** 37(1): 118-125. [in Thai]
- Junkaew, A. 2010. **Livelihoods of Rubber Unsmoked Sheet Producing Households and Rubber Latex Producing Households: A Case Study of Namorbun Sub-district, Chulaporn District, Nakhon Si Thammarat Province**. Master Thesis. Prince of Songkla University. 237 p. [in Thai]
- Kaewtathip, W. 2017. The suffering of rubber farmers in three southern border provinces of Thailand. **Khon Kaen Agriculture Journal** 45(4): 693-702. [in Thai]
- Kispredarborisuthi, B. 2006. **Developing Techniques of Data Collection Instruments for Research**. 6th ed. Bangkok: Chamchuree Products. 302 p. [in Thai]
- Leisinger, K.M., K.M. Schmitt and R. Pandya-Lorch. 2002. **Six Billion and Counting: Population Growth and Food Security in the 21st Century**. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute. 155 p.

- Longpichai, O. and C. Kongmanee. 2019. Rubber farmers' risk perception in Southern Thailand. **Parichart Journal, Thaksin University** 32(2): 134-146. [in Thai]
- Masae, A. 2015. Enhancing sustainable rural livelihood through community-based development. **Journal of Social Development** 17(1): 89-110. [in Thai]
- Ministry of Agriculture and Cooperatives. 2016. **The Agricultural Development Plan under the Twelfth National Economic and Social Development Plan (2017–2021)**. Bangkok: Ministry of Agriculture and Cooperatives. 66 p. [in Thai]
- Mulha, S., T. Satun, M. Phuworakij, P. Tabsombat and T. Chalermasuk. 2015. Strategies used by residents of agricultural households in Bankhamphai, Muang district, Kalasin province to maintain their livelihoods. **Prae-wa Kalasin Journal of Kalasin University** 2(1): 80–111. [in Thai]
- National Statistical Office. 2020. **Head count index (expenditure) by region and province: 2009–2018**. [Online]. Available <http://statbbi.nso.go.th/staticreport/page/sector/th/08.aspx> (5 May 2020). [in Thai]
- _____. 2021. **General consumer price index by province and commodity group (base year 2015): 2010–2019**. [Online]. Available <http://statbbi.nso.go.th/staticreport/page/sector/th/14.aspx> (2 February 2021). [in Thai]
- Nunnally, J.C. 1978. **Psychometric Theory**. 2nd ed. New York: McGraw-Hill. 677 p.
- Office of Agricultural Economics. 2020. **Agricultural statistics of Thailand 2019**. [Online]. Available <http://www.oae.go.th/assets/portals/1/files/journal/2563/yearbook62edit.pdf> (18 June 2020). [in Thai]
- Palee, J. and A. Anantanathon. 2020. The security-approach for enhancing agriculturalist surviving in industrial area of Thailand. **Journal of Local Governance and Innovation** 4(1): 199-216. [in Thai]
- Promphakping, B. 2012. Wellbeing. **Humanities and Social Sciences** 29(2): 23-50. [in Thai]
- Satsue, P. and P. Phitthayaphinant. 2018. Factors related to change in quality of life of para-rubber farmers from low para-rubber prices problem in Srinakharin district, Phatthalung province. **Journal of Humanities and Social Sciences, Mahasarakham University** 37(3): 71-84. [in Thai]

- Singhapreecha, C. 2015. The impact of agricultural demographic structural change on food security in Thai agricultural sector. **Journal of the Association of Researchers** 20(1): 107-121. [in Thai]
- Sinthipong, U. 2015. Local community and the participation in the management of natural resources for sustainable use. **Executive Journal** 35(1): 104-113. [in Thai]
- Smithikrai, C. 2011. **Industrial and Organizational Psychology**. Bangkok: V. Print (1991). 455 p. [in Thai]
- Songsom, A. 2009. Household economy in Pattani province under the Southern unrest. **Journal of Humanities and Social Sciences** 5(2): 37-70. [in Thai]
- Tanangsnakool, C. and W. Sutthinarakorn. 2016. Solutions to a career stability of rubber plantation's farmers. **Kasetsart Educational Review** 31(1): 57-62. [in Thai]
- 5th Coordination Operation Center, Internal Security Operations Command. 2020. **Strategy for the development of Southern border provinces 2020–2022**. [Online]. Available https://www.isoc5.net/files/strategy_plan/%E0%B8%A%E0%B8%A1%E0%B8%9A%E0%B8%B9%E0%B8%A3%E0%B8%93%E0%B9%8C%E0%B8%A2%E0%B8%B8%E0%B8%97%E0%B8%98%E0%B8%A8%E0%B8%B2%E0%B8%AA%E0%B8%95%E0%B8%A3%E0%B9%8C%E0%B8%9E%E0%B8%B1%E0%B8%92%E0%B8%99%E0%B8%B2%20%E0%B8%A8%E0%B8%AD.%E0%B8%9A%E0%B8%95.%E0%B8%9B%E0%B8%B5%2063.pdf (27 May 2020). [in Thai]

ปัจจัยด้านทุนมนุษย์ที่มีผลต่อรายได้และผลิตภาพแรงงานของเกษตรกรผู้ปลูกยางพารา
กรณีศึกษาจังหวัดสุราษฎร์ธานี

Human Capital Factors Affecting the Income and Labor Productivity
of Rubber Farmers: Case Study of Surat Thani Province

มนาลี ศรีเปารยะ เพ็ญพงษ์

Manolee Sripaoraya Penpong

สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี 84100

Economics, Faculty of Management Sciences, Surat Thani Rajabhat University, Surat Thani, Thailand 84100

*Corresponding author: ma_mai1234@hotmail.com

Abstract

Received: September 04, 2020

Revised: June 06, 2021

Accepted: July 15, 2021

This research aimed to study the labor productivity of rubber farmers and to study human capital factors affecting the income and labor productivity of rubber farmers. Used questionnaires with sample size of 400. The statistics used for analysis were mean, standard deviation, percentage, regression analysis. The results of the study found that total labor productivity 1,803.18 kg/rai/year and average were 4.51 kg/rai/year. The human capital of the rubber farmers had found that factors agricultural experience, occupation before rubber planting, health and knowledge of rubber directly variable at a level of significance 0.05. Education level and knowledge of modern farmers was directly proportional to income at a level of significance 0.10. The factors of human capital to labor productivity, it was found that agricultural experience, health condition and modern farmers knowledge directly proportional to labor productivity at the level of significance 0.01 and education level, career before planting rubber, rubber knowledge directly proportional to labor productivity at the level of significance 0.05. Approaches to promoting rubber plantation farmers to increase their income and labor productivity should be based on the human capital potential of rubber farmers. including providing additional knowledge.

Keywords: productivity, rubber, human capital, income

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลผลิตภาพแรงงานของเกษตรกรผู้ปลูกยางพารา และเพื่อศึกษาผลกระทบจากทุนมนุษย์ของเกษตรกรผู้ปลูกยางพาราต่อรายได้และผลผลิตภาพแรงงาน โดยใช้แบบสอบถามที่มีขนาดตัวอย่างจำนวน 400 ราย สถิติที่ใช้เพื่อการวิเคราะห์ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ การวิเคราะห์สมการถดถอย ผลการศึกษาพบว่า ผลผลิตภาพแรงงานรวม 1,803.18 กิโลกรัม/ไร่/ปี และเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 กิโลกรัม/ไร่/ปี ปัจจัยทุนมนุษย์ของเกษตรกรผู้ปลูกยางพาราต่อรายได้พบว่า ประสิทธิภาพการเกษตร อาชีพก่อนปลูกยางพารา สภาวะสุขภาพ และความรู้เกี่ยวกับยางพารา แปรผันตรงในระดับนัยสำคัญ 0.05 และระดับการศึกษา ความรู้เกษตรกรยุคใหม่แปรผันตรงกับรายได้ในระดับนัยสำคัญ 0.10 ส่วนปัจจัยทุนมนุษย์ต่อผลผลิตภาพแรงงานพบว่า ประสิทธิภาพการเกษตร สภาวะสุขภาพ ความรู้เกษตรกรยุคใหม่ แปรผันตรงกับผลผลิตภาพแรงงานในระดับนัยสำคัญ 0.01 และระดับการศึกษา อาชีพก่อนปลูกยางพารา ความรู้เกี่ยวกับยางพารา แปรผันตรงกับผลผลิตภาพแรงงานในระดับนัยสำคัญ 0.05 แนวทางการส่งเสริมเกษตรกรผู้ปลูกยางพาราเพื่อเพิ่มรายได้และผลผลิตภาพแรงงาน ควรมีการนำศักยภาพเกี่ยวกับทุนมนุษย์ที่มีของเกษตรกรยางพารา รวมถึงการให้องค์ความรู้เพิ่มเติม

คำสำคัญ: ผลผลิตภาพ ยางพารา ทุนมนุษย์ รายได้

คำนำ

ยางพาราเป็นพืชอุตสาหกรรมที่สำคัญของประเทศไทยและภูมิภาคอาเซียน ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกรับอันดับหนึ่งของโลก โดยมีพื้นที่ปลูกยางพารา 18.76 ล้านไร่ ก่อให้เกิดกิจกรรมต่อเนื่องทั้งภาคการผลิต ภาคอุตสาหกรรม และภาคการตลาด เกี่ยวข้องกับทุกภาคส่วนทั้งเกษตรกร ผู้ประกอบการ และภาครัฐ กระจายอยู่

ทั่วประเทศ ในปี พ.ศ. 2562 มูลค่าการส่งออกยางดิบผลิตภัณฑ์ยาง และอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ไม้ยางพาราทำรายได้ให้ประเทศ ประมาณ 128,471.48 ล้านบาท (Office of Industrial Economics, 2019)

ยางพาราจัดได้ว่าเป็นพืชที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทุกส่วน และสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น น้ำยางพารา สามารถแปรรูปเป็นยาง ชิ้นส่วนยานพาหนะ ถุงมือยาง ยางยืด เป็นต้น ใบยางพารา สามารถนำมาประดิษฐ์เป็นของตกแต่ง หรือของที่ระลึกได้ แม้กระทั่งไม้ยางพาราสามารถนำมาแปรรูปเป็นเฟอร์นิเจอร์ได้ แม้ว่ายางพาราจะสามารถสร้างมูลค่าให้เกษตรกรได้ทุกส่วน แต่ประเทศไทยได้ประสบปัญหาด้านการยังมียางพาราในคลังเพื่อทำการส่งออก โดยมีสาเหตุมาจากการผันผวนของราคายางในตลาดโลก นอกจากนี้ ประเทศไทยได้ประสบกับปัญหาราคายางพาราที่ตกต่ำ จนนำมาสู่การประท้วงของเกษตรกรในการขอความช่วยเหลือจากรัฐ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกษตรกรพื้นที่ภาคใต้ของประเทศ เนื่องจากยางพาราเป็นพืชหลักที่สร้างรายได้ให้กับประชากรในพื้นที่ และเมื่อศึกษาด้านการปลูกยางพาราในประเทศไทยนั้น พบว่าภาคใต้มีพื้นที่ปลูกยางพารามากที่สุด รองลงมาเป็นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออกรวมภาคกลาง และภาคเหนือ ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาตามรายจังหวัดพบว่า จังหวัดที่มีพื้นที่ในการปลูกมากที่สุด คือ จังหวัดสุราษฎร์ธานี (Department of Agricultural Extension, 2019)

จังหวัดสุราษฎร์ธานีในปี พ.ศ. 2562 มีพื้นที่เพาะปลูกยางพารา 2,470,070 ไร่ มีผลผลิต 1,008,209,342 กิโลกรัม นับได้ว่ายางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัดสุราษฎร์ธานี แต่พบว่ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 นั้น ยางพารามีราคาลดต่ำลง มีความผันผวนส่งผลกระทบต่อรายได้ของเกษตรกร หนี้สินของครัวเรือนเกษตรกรเพิ่มสูงขึ้น รวมถึงคุณภาพชีวิตของเกษตรกรผู้ปลูกยางพาราที่เกิดความเหลื่อมล้ำในสังคม เกษตรกรยังประสบปัญหาหลายด้าน โดยเฉพาะในมิติของผลผลิตภาพ

(Productivity) ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่สูงและรายได้เกษตรกรมีอัตราเฉลี่ยต่ำ หากพิจารณาถึงรายจ่ายพาราในปัจจุบัน (พ.ศ. 2562) รายจ่ายเฉลี่ย 35.97 บาท (Department of Agricultural Extension, 2019) ทั้งนี้เกษตรกรประสบปัญหาด้านรายได้ รวมถึงสภาพอากาศไม่เอื้ออำนวยกับการผลิต ฝนตก หรือแล้งเกินไป ทำให้มีรายได้ไม่มากนัก ดังนั้นจากปัญหาดังกล่าวของเกษตรกรผู้ปลูกยางพาราจึงเป็นที่มาของการศึกษาโดยกำหนดวัตถุประสงค์ คือ ศึกษาผลผลิตภาพแรงงานของเกษตรกรในการผลิตยางพารา และศึกษาผลกระทบจากทุนมนุษย์ของเกษตรกรผู้ปลูกยางพาราต่อรายได้และผลผลิตภาพแรงงานในจังหวัดสุราษฎร์ธานี เพื่อนำมาสู่การเพิ่มผลผลิตภาพ โดยวัดจากองค์ความรู้ที่มีอยู่ของเกษตรกรส่งผลต่อการเพิ่มผลผลิตภาพหรือไม่อย่างไร โดยองค์ความรู้ คือ ทุนมนุษย์ที่สะสมในตัวเกษตรกร ทั้งจากประสบการณ์หรือการได้รับ

การถ่ายทอดองค์ความรู้ ซึ่งจะได้นำมาเป็นแนวทางในการพัฒนาเกษตรกรผู้ปลูกยางพาราให้ได้รับผลผลิตภาพและผลผลิตที่สูงก่อให้เกิดรายได้ที่เพิ่มขึ้นของเกษตรกรต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากร กลุ่มตัวอย่าง และการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ เกษตรกรที่ขึ้นทะเบียนผู้ปลูกยางพาราในจังหวัดสุราษฎร์ธานี มีจำนวน 81,829 ราย (Surat Thani Provincial Agriculture Office, 2018) ทั้งนี้กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยใช้จำนวน 400 ราย เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นตัวแทนที่น่าเชื่อถือมากที่สุด การสุ่มกลุ่มตัวอย่างได้กำหนดสัดส่วนจำนวนของเกษตรกรเป็นรายอำเภอ โดยทำการสำรวจภาคสนามในปี พ.ศ. 2562 (Table 1)

Table 1 Rubber farmers in Surat Thani province

District	Population (unit)	Sample (unit)
Suratthani city	2,081	10
Kanchanadit	9,269	45
Donsak	4,098	20
Koh Samui	246	1
Koh Phangan	61	1
Chaiya	4,772	23
Tha Chana	4,747	23
Khiri Rat Nikhom	5,513	27
Ban Ta Khun	1,510	7
Phanom	5,392	26
Thachang	4,916	24
Ban Na San	5,540	27

Table 1 (Continued)

District	Population (unit)	Sample (unit)
Ban Na Doem	3,357	17
Khiansa	4,555	22
Wiang Sa	5,103	25
Phrasaeng	6,342	31
Phunphin	7,648	38
Chai Buri	3,764	19
Vibhavadi	2,915	14
Total	81,829	400

เครื่องมือและโครงสร้างของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์แบ่งออกเป็น 6 ส่วน คือ เป็นข้อมูลทั่วไปของผู้ถูกสัมภาษณ์ ข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ผลผลิตภาพของเกษตรกร ข้อมูลด้านผลตอบแทนและรายได้ของเกษตรกร ข้อมูลด้านทุนมนุษย์ของเกษตรกร ข้อมูลด้านทัศนคติการเป็นเกษตรกรยุคใหม่ และปัญหาและอุปสรรคในการผลิตยางพารา

วิธีการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

การดำเนินการจัดทำแบบสอบถามนั้น ได้ดำเนินการร่างแบบสอบถามแล้วนำไปเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิ เมื่อได้รับคำแนะนำรวมถึงข้อเสนอแนะได้นำแบบสอบถามมาปรับปรุงแก้ไข เมื่อแล้วเสร็จได้นำไปทดสอบ (Pretest) กับกลุ่มตัวอย่าง 40 ชุด เพื่อตรวจสอบคุณภาพ รวมทั้งข้อบกพร่องของการเก็บแบบสอบถาม โดยแบบสอบถามได้มีการทดสอบความเชื่อมั่น โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach, 1990) มีค่าความเชื่อมั่นโดยรวมเท่ากับ 0.940 ซึ่งถือว่าเชื่อถือได้ จึงนำแบบสัมภาษณ์ไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบไปด้วย ข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิ โดยข้อมูลปฐมภูมิเป็นข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมแบบสอบถามโดยการสัมภาษณ์เกษตรกรกลุ่มตัวอย่างในจังหวัดสุราษฎร์ธานี ข้อมูลทุติยภูมิ ได้แก่ ข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลที่มีผู้ทำการรวบรวมหรือศึกษาค้นคว้าไว้แล้ว เช่น จากเว็บไซต์ หนังสือ วารสาร เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากหน่วยงานของส่วนราชการ เช่น กรมวิชาการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร สำนักงานส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศไทย สถาบันวิจัยยาง เป็นต้น

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

การวิเคราะห์ข้อมูลและสังเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติในการวิเคราะห์ดังนี้ ข้อมูลต้นทุนและผลตอบแทนของเกษตรกร ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทุนมนุษย์ของเกษตรกรผู้ปลูกยางพาราต่อรายได้ และผลผลิตภาพแรงงานใช้สถิติค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสมการถดถอยหลายตัวแปร ทั้งนี้ตัวแปรที่นำมาศึกษานั้นเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพ (Table 2)

Table 2 Characteristics of analytical variables

Variables	Data and meaning	
	1	0
Education level	primary school	other
Agricultural experience	11-15 years	other
Career before planting rubber	farmer	other
Health condition	healthy/normal	have a congenital disease
Knowledge of modern farmers	have knowledge	none
Rubber knowledge	have knowledge	none
Getting agricultural news	have knowledge	none
Training	trained	none
Agricultural knowledge	have knowledge	none

ผลการวิจัย

การศึกษางานวิจัยได้กำหนดวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลิตภาพแรงงานของเกษตรกรยางพารา และเพื่อศึกษาผลกระทบจากทุนมนุษย์ของเกษตรกรยางพาราต่อรายได้และผลิตภาพแรงงาน ซึ่งได้ผลการวิจัย ดังนี้

1. ผลการศึกษาผลิตภาพแรงงานของเกษตรกรยางพารา ผลการวิจัยเพื่อให้ได้ค่ารายได้และผลิตภาพ จึงต้องศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนในการดำเนินการเพาะปลูกยางพารา และนำไปวิเคราะห์ผลิตภาพแรงงานดังนั้นผลการประเมินต้นทุนและผลตอบแทนประกอบไปด้วย ต้นทุนในการลงทุน ต้นทุนในการ

ดำเนินงาน และผลตอบแทนในปี พ.ศ. 2562 โดยต้นทุนในการลงทุน ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในการปรับพื้นที่เฉลี่ย 56,710.43 บาท และค่าใช้จ่ายอุปกรณ์ทางการเกษตรเฉลี่ย 24,058.75 บาท ส่วนต้นทุนในการดำเนินงานพบว่าเป็นค่าใช้จ่ายในการซื้อปัจจัยการผลิตเฉลี่ย 53,627.87 บาท และค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาอุปกรณ์เฉลี่ย 168,760.01 บาท และต้นทุนรวมเฉลี่ย 303,157.05 บาท และต้นทุนเฉลี่ยต่อไร่ 17,553.97 บาท ผลผลิตเฉลี่ยในปี พ.ศ. 2562 จำนวน 6,217.20 กก. โดยมีรายได้รวมเฉลี่ย 225,891.60 บาท และรายได้ต่อไร่เฉลี่ย 13,080.00 บาท (Table 3)

Table 3 The estimated costs and benefit per rai

Detail	Average (per rai)	Standard deviation (per rai)
Cost of investment		
The cost of adjusting the area	56,710.43	36,661.02
The cost of agricultural equipment	24,058.75	51,827.04
Operating costs		
The cost of purchasing inputs	53,627.87	167,079.32
The cost of maintaining the equipment.	168,760.01	195,135.67
Total cost	303,157.05	450,703.04
Total area planted	17.27	11.14
Average cost per rai	17,553.97	40,445.38
Average number of years of planting	16.29	9.45
Productivity	6,217.20	4,011.66
Total revenue	225,891.60	145,756.95
Revenue per rai	13,080.00	13,080.00

ผลการวิเคราะห์ผลผลิตภาพแรงงานในการผลิตยางพารา ปี พ.ศ. 2562 ประกอบด้วยข้อมูลผลผลิต เวลาที่ใช้ในการทำงาน และผลผลิตภาพแรงงาน พบว่าผลผลิตภาพของเกษตรกรในการผลิตยางพารา มีผลผลิตรวม 2,486,880.00 กิโลกรัม และเฉลี่ยเท่ากับ 6,217.20 กิโลกรัม เวลาที่ใช้ในการทำงานเท่ากับ 3,373.00 ชั่วโมง เฉลี่ยเท่ากับ 8.43 ชั่วโมง โดยผลผลิตภาพแรงงานรวม 1,803.18 กิโลกรัม/ไร่/ปี และเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 กิโลกรัม/ไร่/ปี (Table 4) ดังนี้

Table 4 The analysis of the productivity of farmers in the production of rubber

Detail	Total (year)	Average (year)
Product	2,486,880.00 kg	6,217.20 kg
Time to work	3,373.00 hrs.	8.43 hrs.
Productivity	1,803.18 kg/rai	4.51 kg/rai

ผลการวิเคราะห์ทุนมนุษย์ของเกษตรกรยางพาราต่อรายได้และผลิตภาพแรงงานยางพาราในจังหวัดสุราษฎร์ธานี ตัวแปรที่ใช้ศึกษาประกอบไปด้วย ระดับการศึกษา ประสบการณ์การทำงานเกษตร อาชีพก่อนปลูกยางพารา สภาพะสุขภาพ ความรู้ในการเป็นเกษตรกรยุคใหม่ ความรู้การประกอบอาชีพยางพารา ข้อมูลข่าวสารด้านการเกษตร ผ่านการฝึกอบรม องค์ความรู้

ทางด้านการเกษตร ผลการวิเคราะห์ผลกระทบจากทุนมนุษย์ของเกษตรกรยางพาราต่อรายได้ต่อปีพบว่า ตัวแปรของทุนมนุษย์ที่แปรผันตรงกับรายได้ คือ ประสบการณ์การทำงานเกษตร อาชีพก่อนปลูกยางพารา สภาพะสุขภาพ และความรู้ยางพารา ในระดับนัยสำคัญ 0.05 และระดับการศึกษา ความรู้เกษตรกรยุคใหม่แปรผันตรงกับรายได้ ในระดับนัยสำคัญ 0.10 (Table 5) ดังนี้

Table 5 Human capital factors affecting the income of rubber farmers

Human capital	Coef.	Std. Err.	T	$p > t $	[95% Conf. interval]	
Education level	12,910.49	7,678.27	1.68	0.093***	-2,195.49	28,006.48
Agricultural experience	2,431.02	971.65	2.50	0.013**	520.69	4,341.35
Career before planting rubber	24,669.32	11,032.26	2.24	0.026**	2,979.17	46,359.46
Health condition	91,453.92	45,198.93	2.02	0.044**	2,589.87	180,318.00
Modern farmer knowledge	15,951.65	8,904.81	1.79	0.074***	1,555.78	33,459.08
Rubber knowledge	31,095.18	13,918.63	2.23	0.026**	3,730.24	59,460.13
Getting agricultural news	8,119.41	12,717.86	0.64	0.524	16,884.73	33,123.55
Trained	3,205.15	10,114.35	0.32	0.751	16,680.32	23,090.62
Agricultural knowledge	6,051.79	4,990.42	1.21	0.226	3,759.70	15,863.27
_cons	486,630.30	93,321.36	5.21	0.000*	303,154.40	670,106.10
R-squared = 0.0845; Adj R-squared = 0.0634; F-statistics = 4.31; P-value = 0.0001						

*Statistically significant level at 0.01; ** Statistically significant level at 0.05; *** Statistically significant level at 0.10

ผลการวิเคราะห์ผลกระทบจากทุนมนุษย์ของเกษตรกรยางพาราต่อผลิตภาพแรงงาน โดยตัวแปรประกอบด้วย ระดับการศึกษา ประสบการณ์การทำงานเกษตร อาชีพก่อนปลูกยางพารา สภาพะสุขภาพ ความรู้ในการเป็นเกษตรกรยุคใหม่ ความรู้การประกอบอาชีพยางพารา ข้อมูลข่าวสารด้านการเกษตร ผ่านการฝึกอบรม องค์ความรู้ทางด้านการเกษตร พบว่า

ผลกระทบจากทุนมนุษย์ของเกษตรกรยางพาราต่อผลิตภาพแรงงานพบว่า ประสบการณ์การทำงานเกษตร สภาพะสุขภาพ ความรู้เกษตรกรยุคใหม่ แปรผันตรงกับผลิตภาพแรงงานในระดับนัยสำคัญ 0.01 ส่วนระดับการศึกษา อาชีพก่อนปลูกยางพารา ความรู้ยางพารา แปรผันตรงกับผลิตภาพแรงงานในระดับนัยสำคัญ 0.05 (Table 6) ดังนี้

Table 6 Human capital factors affecting labor productivity of rubber farmers

Human capital	Coef.	Std. Err.	t	$p > t $	[95% Conf. interval]	
Education level	0.1753130	0.0866967	2.02	0.044**	0.0048616	0.3457644
Agricultural experience	0.0310434	0.0109711	2.83	0.005*	0.0094735	0.0526133
Career before planting rubber	0.2736416	0.1245672	2.20	0.029**	0.0287344	0.5185488
Health condition	1.4028030	0.5103489	2.75	0.006*	0.3994238	2.4061820
Modern farmer knowledge	0.2598335	0.1005457	2.58	0.010*	0.0621541	0.4575129
Rubber knowledge	0.3251185	0.1571577	2.07	0.039**	0.0161362	0.6341008
Agricultural news	0.0960110	0.1435995	0.67	0.504	0.1863150	0.3783371
Trained	0.0580932	0.1142028	0.51	0.611	-0.1664370	0.2826350
Agricultural knowledge	0.0467453	0.0563476	0.83	0.407	-0.0640379	0.1575284
_cons	8.8448710	1.0537070	8.39	0.000***	6.7732130	10.9165300
R-squared = 0.0998; Adj R-squared = 0.0791; F-statistics = 5.33; P-value = 0.0000						

*Statistically significant level at 0.01; ** Statistically significant level at 0.05; *** Statistically significant level at 0.10

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลิตภาพแรงงานของเกษตรกรในการผลิตยางพาราของจังหวัดสุราษฎร์ธานี ผลิตภาพแรงงานนั้นเป็นการเปรียบเทียบผลิตภาพแรงงานเฉลี่ยต่อชั่วโมงการทำงาน ซึ่งในการวัดผลิตภาพแรงงานนั้นมุ่งเพื่อสะท้อนการใช้ปัจจัยทุนว่ามีประสิทธิภาพในการผลิต และเพื่อให้เกิดการเพิ่มทักษะสำหรับแรงงาน ผลการวิจัยพบว่าผลิตภาพแรงงานรวม 1,803.18 กิโลกรัม/ไร่/ปี และเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 กิโลกรัม/ไร่/ปี การวัดผลิตภาพแรงงานนั้นพบว่า Hanpol (2011) ทำการศึกษาผลิตภาพแรงงานในการปลูกยางพาราในจังหวัดสุรินทร์ โดยทำการศึกษาในครัวเรือนขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ มีค่าตั้งแต่ 4.78, 6.21, 8.24 กิโลกรัม/ไร่/ปี ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับผลการวิจัยพบว่า ครัวเรือนของจังหวัดสุราษฎร์ธานีเป็นขนาดเล็ก และค่าผลิตภาพแรงงานไม่ได้แตกต่างกันมากนัก แม้ว่าจะไม่มีค่าสูงมากแต่ในการเพิ่มผลิตภาพแรงงานต้องควบคู่ไปกับการเพิ่มทักษะในการ

ทำงาน ความสามารถในการผลิตที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นกลไกในการเพิ่มผลิตภาพแรงงานต้องคำนึงถึงทุนมนุษย์ที่มีอยู่เพื่อสามารถดึงศักยภาพของแรงงานและต้องมีการเพิ่มทุนอย่างต่อเนื่องเพื่อให้เท่าทันยุคสมัย เช่นในปัจจุบันเป็นยุคที่ใช้สื่อทางอินเทอร์เน็ต แรงงานยางพาราจำเป็นต้องมีความรู้ ศึกษามากขึ้นซึ่งจำเป็นต้องมีการเรียนรู้ ศึกษา และนำไปพัฒนาในการผลิตยางพารา หรือเพิ่มรายได้ให้กับครัวเรือน

ผลกระทบจากทุนมนุษย์ของเกษตรกรผู้ปลูกยางพาราต่อรายได้และผลิตภาพแรงงานของเกษตรกรผู้ปลูกยางพารา ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี ผลการวิจัยพบว่าประสบการณ์ในการทำเกษตรแปรรูปตรงกับรายได้ คือถ้าผู้ที่มีประสบการณ์สูง (หลายปี) เกิดการสะสมทักษะทางด้านการผลิตจะส่งผลต่อรายได้ด้วย นั่นคือรายได้จะสูงตาม นอกจากนี้ตัวแปรด้านสภาวะสุขภาพที่ส่งผลต่อรายได้นั้น คือ ถ้าสภาวะสุขภาพดี แข็งแรง จะทำให้รายได้เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งในแนวคิดทุนมนุษย์นอกจากการสร้างองค์ความรู้ให้กับตัวบุคคลแล้วนั้น ประเด็นด้านสุขภาพก็เป็นส่วนหนึ่งของทุนมนุษย์ เนื่องจากมนุษย์สามารถ

สร้างผลตอบแทนในช่วงการทำงาน หากสุขภาพไม่ดีหรือเสียชีวิตก่อนวัยอันสมควรผลตอบแทนย่อมลดลง จึงเป็นที่มาของการที่รัฐต้องสนับสนุนสุขภาพของมนุษย์และส่งเสริมอนามัยสุขภาพของตนเองเพื่อที่สามารถประกอบอาชีพได้อย่างเต็มที่ ซึ่งเป็นไปตามผลจากการวิจัยข้างต้นที่ว่าหากสภาวะสุขภาพแข็งแรงย่อมส่งผลให้รายได้สูงขึ้น งานวิจัยของ Somsakul (2017) พบว่าด้านสุขภาพที่ส่งผลต่อความยั่งยืนของโซ่อุปทานอุตสาหกรรมยางพารา ผู้ผลิตยางพารา ความรู้ในการประกอบอาชีพยางพารา ส่งผลต่อรายได้สูงขึ้น ทั้งนี้ความรู้ในการประกอบอาชีพยางพาราจำเป็นอย่างยิ่ง เช่น ฝีมือในการกรีดยาง แรงงานที่กรีดยางต้องเป็นแรงงานที่มีทักษะ ความชำนาญ และมีฝีมือกรีดยางจึงจะให้ผลผลิตน้ำยางที่มาก รวมถึงการปลูกและดูแลรักษา โดยหากไม่มีองค์ความรู้ในการประกอบอาชีพจะทำให้เกิดต้นทุนในการผลิตที่สูงและรายได้ก็จะลดลงตามไปด้วย

ระดับการศึกษาแปรผันตรงกับรายได้ นั่นคือถ้ามีระดับการศึกษาสูงส่งผลต่อรายได้ที่สูงด้วย ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีทุนมนุษย์ในเรื่องการลงทุนทางการศึกษา ซึ่งในทัศนะของนักเศรษฐศาสตร์เห็นว่าการศึกษาเป็นการสะสมทุนมนุษย์และมีผลในการลงทุน โดยงานวิจัยของ Satsue and Phitthayaphinant (2017) พบว่าการศึกษาเป็นการจัดประสบการณ์ให้กับบุคคล ซึ่งช่วยเพิ่มพูนความรู้และความเข้าใจในโลกแห่งความเป็นจริง และทำให้บุคคลสามารถดำรงชีวิตในสังคมได้อย่างเหมาะสมและมีคุณภาพ และ Chomtohsuwan (2016) พบว่าแรงงานยิ่งสะสมทุนมนุษย์โดยรวมสูงขึ้นจะได้รับผลตอบแทนทุนมนุษย์ในอัตราที่สูงขึ้นด้วย และปัจจัยด้านความรู้เกษตรกรยุคใหม่แปรผันตรงกับรายได้ หมายความว่าถ้ามีความรู้ในประเด็นเกษตรกรยุคใหม่ที่มีความรู้มากจะส่งผลต่อรายได้ที่สูงขึ้น คือ มีความรู้ในเรื่องที่ทำอยู่ มีข้อมูลประกอบการตัดสินใจ มีการบริหารจัดการผลผลิตและตลาด มีความตระหนักถึงคุณภาพสินค้าและความ

ปลอดภัย มีความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมและสังคม และมีความภูมิใจในความเป็นเกษตรกร โดยตามหลักการการเป็นเกษตรกรยุคใหม่นั้นเกษตรกรต้องใช้เทคโนโลยีมาช่วยลดภาระในการทำเกษตรกรรม ซึ่งจะสามารถลดต้นทุนในการผลิต ทำให้รายได้เพิ่มขึ้น และได้ผลผลิตที่มีประสิทธิภาพ โดยตามหลักการเกษตรกรยุคใหม่ต้องมีรายได้ที่มั่นคง และรายได้จะต้องเพิ่มขึ้นเฉลี่ยปีละไม่ต่ำกว่า 180,000 บาท ดังนั้นหากเกษตรกรสามารถนำความรู้ด้านเกษตรกรยุคใหม่มาใช้จะส่งผลให้รายได้เพิ่มขึ้นตามไปด้วย

ส่วนผลการวิเคราะห์ผลกระทบจากทุนมนุษย์ของเกษตรกรผู้ปลูกยางพาราต่อผลิตภาพแรงงานพบว่า ปัจจัยที่ส่งผลให้ผลิตภาพของแรงงานเพิ่มขึ้น คือ ประสบการณ์การเกษตรที่สูง สภาวะสุขภาพที่ดี ความรู้เกษตรกรยุคใหม่ที่มีในระดับสูงขึ้น ระดับการศึกษาสูงขึ้น การมีความรู้เกี่ยวกับการทำสวนยางพารา และมีการประกอบอาชีพก่อนปลูกยางพาราที่หลากหลาย ส่งผลให้ผลิตภาพแรงงานสูงขึ้นด้วย ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยดังกล่าวเป็นปัจจัยเกี่ยวกับทุนมนุษย์ ซึ่งเมื่อทำการเกษตรยางพาราจะมีการนำมาใช้ในการผลิต การดำเนินกิจกรรมในการเพาะปลูกและเก็บเกี่ยวนั่นเอง ทั้งนี้จากประเด็นเกษตรกรในประเทศไทยยังประสบปัญหาหลายด้าน โดยเฉพาะในมิติของผลิตภาพ (Productivity) ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่สูงและรายได้เกษตรกรมีอัตราเฉลี่ยต่ำ เนื่องจากเกษตรกรไม่มีความรู้เพียงพอ ขาดข้อมูลเชิงลึกด้านการตลาดสำหรับวางแผนการผลิต รวมทั้งความรู้ในการผลิตสินค้าเกษตรคุณภาพสูง ที่มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ประเด็นปัญหาดังกล่าวสะท้อนว่าอาชีพเกษตรกรยังขาดการพัฒนาอย่างยั่งยืน โดยเฉพาะการสร้างคามเข้มแข็งให้สามารถพึ่งพาตนเองได้ในระยะยาว ดังนั้นหากมีการเพิ่มทุนมนุษย์ในตัวเกษตรกรย่อมส่งผลต่อผลิตภาพแรงงานตามมาด้วย

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาปัจจัยด้านทุนมนุษย์ที่มีผลต่อรายได้ และผลิตภาพแรงงานของเกษตรกรผู้ปลูกยางพารา กรณีศึกษาจังหวัดสุราษฎร์ธานี พบว่าทุนมนุษย์ประเด็น ประสพการณ์ที่ก่อให้เกิดการสะสมทักษะ สุขภาพ ระดับ การศึกษา ความรู้เกษตรกรยุคใหม่ ความรู้เกี่ยวกับ ยางพาราของเกษตรกร มีผลต่อการเพิ่มรายได้และการ เพิ่มผลิตภาพของแรงงาน เป็นไปซึ่งตามแนวคิดทุนมนุษย์ ที่ว่ามนุษย์ควรได้รับการพัฒนาส่งเสริมศักยภาพ หรือการ เรียนรู้ตลอดชีวิต เกษตรกรควรได้รับการพัฒนาส่งเสริม องค์ความรู้ การดูแลสุขภาพ การพัฒนาด้านทรัพยากร มนุษย์ เพื่อนำมาสู่การเพิ่มรายได้และผลิตภาพในการ ประกอบอาชีพการปลูกยางพารา และนำมาสู่การเป็น เกษตรกรยุคใหม่ได้

ข้อเสนอแนะ

1. การเพิ่มทักษะของแรงงานกรีดยางพารา และ การจัดการสวนยางพารา เป็นสิ่งที่ควรมีการพัฒนาอย่าง สม่ำเสมอให้กับเกษตรกร
2. เกษตรกรควรเป็นสมาชิกกลุ่มที่มีกิจกรรม ในการพัฒนาศักยภาพเชิงเกษตรกรรม หรือการจัดการ สวนยางพาราเพิ่มเติม เพื่อนำมาพัฒนาผลผลิตและวิธีการ ผลิตในสวนยางพารา
3. ผลิตภาพแรงงานมีความสัมพันธ์กับทรัพยากร มนุษย์และทุนมนุษย์ ดังนั้นการยกระดับการศึกษาและ การพัฒนาทักษะด้านแรงงาน จึงมีความจำเป็นแม้ว่าจะ อยู่ในภาคการเกษตรก็ตาม
4. เกษตรกรผู้ปลูกยางพาราควรได้รับการศึกษา ที่ต่อเนื่อง หรือพัฒนาพื้นฐานความรู้หรือองค์ความรู้ที่ทัน กับยุคสมัย เพื่อนำมาสู่การปรับตัวเปลี่ยนแปลงให้เท่าทัน ช่วงวัย และเป็นการนำมาสู่การเพิ่มผลิตภาพในการผลิต
5. ควรมีช่องทางหรือเพิ่มช่องทางของหน่วยงาน ภาครัฐในการเข้าถึงเกษตรกรผู้ปลูกยางพารา เพื่อเผยแพร่ ข่าวสารที่เป็นประโยชน์ต่อเกษตรกร

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณการสนับสนุนทุนการวิจัยจาก ทุนงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2562 ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานีที่สนับสนุนการทำ ผลงานวิจัยเพื่อตอบโจทย์ในการพัฒนาท้องถิ่น อีกทั้ง ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ตอบแบบสอบถามทุกท่านที่สละเวลา ในการให้ข้อมูล และหน่วยงานภาครัฐในการให้ข้อมูล รวมถึงผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่สละเวลาให้คำปรึกษาให้ งานวิจัยนี้ลุล่วงและได้ผลเชิงนโยบายที่สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ขอขอบคุณผู้ช่วยนักวิจัยทุกท่านที่ทำให้งานสำเร็จลุล่วงไป ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- Chomtohsuwan, T. 2016. **Study of the relationship between human capital compensation and education: a case study of Thailand.** 110 p. *In* Research Report. Pathum Thani: Rangsit University. [in Thai]
- Cronbach, L.J. 1990. **Essentials of Psychology Testing.** New York: Harper Collins Publishers Inc. 400 p.
- Department of Agricultural Extension. 2019. **Detail of rubber.** [Online]. Available <http://www.oae.go.th/> (8 August 2020). [in Thai]
- Hanpol, C. 2011. **Costs and Productivity of Labor in Rubber- Plant in Surin Province.** Master Thesis. Srinakharinwirot University. 96 p. [in Thai]

Office of Industrial Economics. 2019. **Export statistics – natural rubber.** [Online]. Available <http://rubber.oie.go.th/ImExThaiByProduct.aspx?pt=ex> (8 August 2020). [in Thai]

Satsue, P. and P. Phitthayaphinant. 2017. **The perceived impact and adaptation of the rubber planters and rubber industry from participating in the ASEAN Economic Community – a case study of Songkhla.** 160 p. *In* Research Report. Bangkok: Thailand Research Fund. [in Thai]

Somsakul, Y. 2017 **Factors that Affect the Sustainability of Rubber Industry Supply Chain A Case Study: Rubber Industry at A. Doi Luang, Chiangrai Province.** Master Thesis. Bangkok University. 93 p. [in Thai]

Surat Thani Provincial Agriculture Office. 2018. **Rubber farmers in Surat Thani province.** [Online]. Available <https://www.opsmoac.go.th/suratthani-dwl-files-411591791865> (22 May 2019). [in Thai]

**รูปแบบการบริหารต้นทุนการผลิตลำไยคุณภาพเพื่อความยั่งยืนของกลุ่มเกษตรกรลำไยคุณภาพ:
กรณีศึกษา บ้านเหล่า ตำบลป่าไผ่ อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่**

**Production Costs Management Model for Sustainable Quality Longan Farmer Group:
a Case Study of BanLao, Pa Nai Sub-district, Phrao District, Chiang Mai**

ศิริกุล ตูลาสสมบัติ* วียดา ชัยเวช ณัฐดนัย เขียววาท และมานวิน สงเคราะห์

Sirikul Tulasombat, Wiyada Chaiwet, Natdanai Kiewwath and Manawin Songkroh

สาขาการจัดการ หลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Management Majors, Bachelor of Business Administration Program, Faculty of Business Administration

Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*corresponding author: sirikul7889@gmail.com

Received: March 22, 2021

Revised: March 29, 2022

Accepted: March 30, 2022

Abstract

This research aimed to study production cost and income and to create a cost production management model for quality longan by classification and prediction techniques. In 2019, Questionnaires were collected by using purposive sampling of 38 quality longan farmers in BanLao, Pa Nai Sub-district, Phrao District, Chiang Mai. The results showed that the average chemicals cost 2,079.20 Baht per rai, the average fertilizers cost 6,937.70 Baht per rai, and the average total production cost 9,826.73 Baht per rai. The average income was 33,029.52 Baht per rai and the average profit was 23,202.79 Baht per rai. Data mining techniques were used for analysis by categorizing farmers from quality longan production factors which were numerical values of expenses. The results of the analysis could be divided into 3 types; 1) the group had high production costs; they were characterized by the high average potassium and sodium chlorate cost to stimulate flowering at 2,592.50 Baht per rai and the high average fertilizers cost at 3,642.09 Baht per rai; 2) the group had moderate production costs; they were characterized by the high average potassium and sodium chlorate cost to stimulate flowering at 2,592 Baht per rai and the low average fertilizers cost at 5,120.79 Baht per rai; 3) the group had low production costs. They were characterized by low average potassium and sodium chlorate cost to stimulate flowering at 1,897.5 Baht per rai and the low average fertilizers cost at 5,250 Baht per rai. The group with high production costs had less control over production factors. The group with moderate production costs had a high level of control over production factors such as fruit set, inflorescence thinning, and distribution channels. The group with low production costs had strict control over the production factors such as fruit set, panicle thinning, distribution channels, pruning, potassium and

sodium chlorate cost to stimulate flowering, and fertilizers cost. Therefore, the production cost management model for producing quality longan from a sample group of farmers showed clearly the cost of fertilizer and the cost of potassium and sodium chlorate to stimulate flowering could be classified among farmers. Moreover, each production cost management model had different production cost controlling which affected the revenue and profit from longan selling.

Keywords: management, production cost, quality longan, data mining

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาต้นทุนและรายได้ และการสร้างรูปแบบการบริหารต้นทุนการผลิตลำไยคุณภาพ ด้วยเทคนิคการจำแนกข้อมูลและการทำนายข้อมูล จากการทำเหมืองข้อมูล ในปี พ.ศ. 2562 เก็บข้อมูลจากแบบสอบถาม โดยการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง ผู้ปลูกลำไยคุณภาพ บ้านเหล่า ตำบลป่าไผ่ อำเภอพริ้ว จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 38 ราย ผลการวิจัยพบว่า การบริหารต้นทุนการผลิตต่อไร่มีต้นทุนการใช้สารชักนำการออกดอกเฉลี่ยต่อไร่ 2,079.20 บาท ต้นทุนการใส่ปุ๋ยเฉลี่ยต่อไร่ 6,937.70 บาท ต้นทุนการผลิตรวมเฉลี่ยต่อไร่ 9,826.73 บาท รายได้จากผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ 33,029.52 บาท กำไรเฉลี่ยต่อไร่ 23,202.79 บาท การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูล โดยใช้วิธีการแบ่งกลุ่มของเกษตรกรจากปัจจัยการผลิตลำไยคุณภาพที่เป็นตัวเลขค่าใช้จ่าย ผลการวิเคราะห์สามารถแบ่งได้เป็น 3 รูปแบบ คือ 1) กลุ่มที่มีต้นทุนการผลิตสูง มีลักษณะต้นทุนการใช้สารชักนำการออกดอกเฉลี่ยสูง คือ 2,592.50 บาทต่อไร่ และต้นทุนการใส่ปุ๋ยเฉลี่ยสูง คือ 13,642.09 บาทต่อไร่ 2) กลุ่มที่มีต้นทุนการผลิตปานกลาง มีลักษณะต้นทุนการใช้สารชักนำการออกดอกเฉลี่ยสูง คือ 2,592 บาทต่อไร่ และต้นทุนการใส่ปุ๋ยเฉลี่ยต่ำ คือ 5,120.79 บาทต่อไร่ 3) กลุ่มที่มีต้นทุนการผลิตต่ำ มีลักษณะต้นทุนการใช้สารชักนำการออกดอกเฉลี่ยต่ำ คือ 1,897.5 บาทต่อไร่ และต้นทุนการใส่ปุ๋ยเฉลี่ยต่ำ คือ 5,250 บาทต่อไร่ กลุ่มที่มีต้นทุนการผลิตสูงมี

การควบคุมปัจจัยการผลิตน้อย กลุ่มที่มีต้นทุนการผลิตปานกลาง มีการควบคุมปัจจัยการผลิตในระดับสูง ได้แก่ การติดผล การตัดช่อดอก และช่องทางการจำหน่าย และกลุ่มที่มีต้นทุนการผลิตต่ำ มีความเข้มงวดในการควบคุมปัจจัยการผลิต ได้แก่ ตัดช่อผล การตัดช่อดอก ช่องทางการจำหน่าย การตัดแต่งทรงพุ่ม การใช้สารชักนำการออกดอก และการใส่ปุ๋ย ดังนั้นรูปแบบการบริหารต้นทุนการผลิตลำไยคุณภาพจากกลุ่มตัวอย่างเกษตรกร พบว่า ต้นทุนด้านการใส่ปุ๋ยและการใช้สารชักนำการออกดอกสามารถจำแนกกลุ่มเกษตรกรได้ชัดเจน และรูปแบบการบริหารต้นทุนการผลิตแต่ละรูปแบบมีการควบคุมต้นทุนการผลิตที่ต่างกันส่งผลต่อรายได้และกำไรจากการขายลำไย

คำสำคัญ: การบริหาร ต้นทุนการผลิต ลำไยคุณภาพ
เหมืองข้อมูล

คำนำ

ลำไยถือเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย เกษตรกรสามารถผลิตลำไยออกสู่ตลาดได้ทั้งในและต่างประเทศ เนื่องจากมีพันธุ์ที่ดี สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม และมีองค์ความรู้ด้านเทคโนโลยีที่สร้างรายได้ให้กับประเทศ พบว่าลำไยมีแหล่งผลิตหลัก 8 จังหวัดภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน เชียงราย พะเยา ลำปาง ตาก แพร่ น่าน โดยมีผลผลิตจำแนกเป็นลำไยในฤดูและนอกฤดู ผลผลิตลำไยในฤดู ในปี พ.ศ. 2563

ผลผลิตมีจำนวน 386,065 ตัน ปี พ.ศ. 2562 มีจำนวน 331,335 ตัน เพิ่มขึ้น 54,730 ตัน คิดเป็นร้อยละ 16.52 เนื่องจากสภาพอากาศเอื้ออำนวย หนาวเย็นต่อเนื่อง ส่งผลให้ลำไยมีการติดดอกออกผลมาก ส่วนราคาลำไยที่เกษตรกรขายได้ ณ วันที่ 26 มิถุนายน พ.ศ. 2563 ตลาดเชียงใหม่และลำพูน แบ่งเป็นตามเกรด ดังนี้ ลำไยสดขอเกรด AA, AA+A, A, B และ C ราคา กิโลกรัมละ 33, 29, 28, 17 และ 8 บาท ตามลำดับ ส่วนลำไยนอกฤดู มีจำนวน 249,329 ตัน ปีก่อนหน้ามีจำนวน 289,044 ตัน ลดลงร้อยละ 13.74 เนื่องจากสภาพอากาศแห้งแล้ง ส่งผลให้การทำลำไยนอกฤดูไม่ได้ผลเท่าที่ควร (Office of Agricultural Economics, 2020) วิธีการขายลำไยมีหลายวิธี สำหรับลำไยคุณภาพเป็นวิธีการขายลำไยโดยผ่านพ่อค้าคนกลาง ซึ่งราคาขายเป็นการขายตามเกรด AA, A, และ B (Saensuk *et al.* 2021, Lumnoi *et al.* 2015; Kitsaranee, 2013) นอกจากนี้ยังมีการขายลำไยให้แก่ล้งจีน แบ่งเป็น 1) การจำหน่ายแบบเหมาสวน โดยที่เกษตรกรเป็นผู้ดูแลสวนลำไย 2) การจำหน่ายแบบเหมาสวน โดยที่ล้งจีนหรือตัวแทนของล้งจีน เข้ามาดูแลสวนลำไย 3) การนำผลผลิตไปจำหน่ายให้ล้งจีนที่จตุรัสซิม การจัดการหลาย ๆ แบบ เช่น เกรดจัมโบ้ A, B, C (Sitthidetand and Srikham, 2019) ผลผลิตลำไยส่วนใหญ่ออกสู่ตลาดมากในช่วงฤดูกาลปกติ คือ ปลายเดือนมิถุนายนถึงต้นเดือนกันยายน คิดเป็นร้อยละ 74.79 ส่วนผลผลิตนอกฤดูจะออกสู่ตลาดมากในเดือนมกราคม และเดือนกุมภาพันธ์ซึ่งตรงกับเทศกาลปีใหม่และตรุษจีน คิดเป็นร้อยละ 4.42 และ 4.0 ตามลำดับ เกษตรกรผลิตลำไยมีระบบการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (Good Agricultural Practices: GAP) เพื่อส่งออกลำไยไปยังประเทศจีน มีผลผลิตรวม 1,543 กิโลกรัมต่อไร่ ต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 8.956 บาทต่อกิโลกรัม (Boonyaritthongchai *et al.*, 2014) ดังนั้นลำไยจึงจัดว่าเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สร้างรายได้จากการส่งออก โดยมีตลาดหลักในการส่งออก ได้แก่ สาธารณรัฐประชาชนจีน เวียดนาม อินโดนีเซีย และตลาดประเทศฮ่องกง ตามลำดับ (Office of Agricultural

Economics, 2021) แต่ในปี พ.ศ. 2563 การส่งออกลำไยไปยังประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน และอินโดนีเซีย ยังคงได้รับผลกระทบจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ถึงแม้ว่าปัจจุบันตลาดจีนจะเริ่มเปิดการซื้อขายแล้วแต่ยังคงค่อนข้างซบเซา เนื่องจากติดปัญหาด้านการขนถ่ายสินค้า (Office of Agricultural Economics, 2020)

ลำไยของประเทศไทยประสบปัญหาราคาลำไยตกต่ำ เนื่องจากปริมาณการผลิตมีมากกว่าความต้องการของตลาด ซึ่งเป็นปัญหาหลักการผลิตลำไยในฤดู และปัญหาลำไยที่ผลิตได้ด้อยคุณภาพ เช่น ขนาดผลเล็ก ไม่เป็นที่ต้องการของตลาด เปลือกบาง และน้ำ เป็นต้น ทำให้ขายไม่ได้ตามราคาตลาดที่กำหนด ส่วนปัญหาด้านการผลิต การบังคับให้ลำไยออกดอกไม่ได้ตามเป้าหมาย โดยใช้เทคโนโลยีการผลิตเข้ามาดำเนินการ เพื่อให้เกษตรกรชาวสวนลำไยได้รับผลตอบแทนที่ดี จึงจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตลำไยโดยใช้เทคโนโลยีการบริหารต้นทุนและการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตลำไย ได้แก่ การทำลำไยนอกฤดูแบบปีเว้นปี และการแบ่งสวนสวนลำไยทยอยการผลิต เป็นการลดความเสี่ยงด้านการผลิต การตลาด และการเงิน (Thepchitra, 2016) จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการแก้ไขปัญหาด้านการผลิต และลำไยด้อยคุณภาพและราคาผลผลิตตกต่ำ ซึ่งควรมีการส่งเสริมให้ความรู้กับเกษตรกร เพื่อให้ได้ลำไยที่มีคุณภาพและลดปัญหาการขาดทุนจากราคาที่ตกต่ำ การผลิตลำไยในภาคเหนือส่วนใหญ่เป็นการผลิตลำไยในฤดู ผลผลิตลำไยออกมาในช่วงเดือน กรกฎาคม-สิงหาคม ของทุกปี ทำให้มีปัญหาเรื่องผลผลิตเกินความต้องการของตลาด และส่งผลให้ราคาผลผลิตตกต่ำในช่วงดังกล่าว เกษตรกรจึงประสบกับภาวะขาดทุน เป็นเกษตรกรรายย่อยที่มีการผลิตลำไยในฤดูมากกว่าการผลิตนอกฤดู นอกจากนี้การผลิตลำไยนอกฤดูมีต้นทุนสูงกว่า ทั้งในเรื่องของน้ำและสารเร่ง จึงจำเป็นต้องมีการอบรมให้ความรู้แก่เกษตรกร อีกทั้งมีความผันผวนของราคาซึ่งเป็นความเสี่ยงสำหรับเกษตรกร โดยจะต้องมีการวางแผนที่ดี (Sopadang *et al.*, 2009)

ส่วนเกษตรกรผู้ปลูกลำไยคุณภาพ บ้านเหล่า ตำบลป่าไผ่ อำเภอฟัว จังหวัดเชียงใหม่ มีจำนวนสมาชิกทั้งสิ้นจำนวน 38 ราย มีปัญหาด้านราคาลำไยตกต่ำเนื่องจากลำไยผลิตด้วยคุณภาพ ทำให้ต้องมีการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตให้ดีขึ้น เพื่อให้เกษตรกรมีลำไยที่มีคุณภาพและได้ผลกำไรดีขึ้น ดังนั้นทีมวิจัยจึงสนใจศึกษารูปแบบการบริหารต้นทุนการผลิตลำไยคุณภาพที่เหมาะสมสำหรับเกษตรกรผู้ปลูกลำไยคุณภาพบ้านเหล่า ตำบลป่าไผ่ อำเภอฟัว จังหวัดเชียงใหม่ เป็นอย่างไร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างรูปแบบการบริหารต้นทุนของกลุ่มผู้ผลิตลำไยคุณภาพ อาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูลโดยใช้วิธีการแบ่งกลุ่มข้อมูล การแบ่งกลุ่มของเกษตรกรใช้ปัจจัยต้นทุนการผลิตลำไยคุณภาพ เพื่อหาลักษณะของกลุ่มเกษตรกรจากต้นทุนปัจจัยการผลิตว่าปัจจัยใดมีอิทธิพลต่อการบริหารต้นทุนลำไยคุณภาพ ปัจจัยดังกล่าวจะส่งผลต่อการทำกำไรจากการขายลำไยของเกษตรกร เมื่อทราบลักษณะของกลุ่มเกษตรกรแล้วจึงใช้เทคนิคการหาความสัมพันธ์ของข้อมูล (Association rule) ด้วยวิธี FP-growth เพื่อหาความสัมพันธ์ของข้อมูลปัจจัยภายในแต่ละกลุ่มเพื่อศึกษารูปแบบในการจัดการปัจจัย เพื่อให้เห็นรูปแบบการจัดการต้นทุนการผลิตลำไยคุณภาพในแต่ละกลุ่ม ซึ่งจะประโยชน์สำหรับเกษตรกรรายอื่น ๆ ได้เห็นถึงรูปแบบที่มีผลต่อต้นทุนการผลิตลำไยและวิเคราะห์ร่วมกับการทำกำไรจากการขายลำไย

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาค้นคว้าเป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative research) โดยใช้แบบสอบถามรวบรวมข้อมูลในปี พ.ศ. 2562 แบบสอบถามมีจำนวน 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ต้นทุนการผลิต และรายได้จากการขายลำไย และตอนที่ 2 ข้อมูลปัจจัยด้านการบริหารต้นทุนการผลิตลำไย ซึ่งได้ผ่านการตรวจสอบความถูกต้อง (Validity) ของแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญด้านการเงิน

และการผลิตลำไยคุณภาพ และวัดค่าความเชื่อถือ (Reliability) มีค่า Cronbach's Alpha 0.8 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง คือ กลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกลำไยคุณภาพ บ้านเหล่า ตำบลป่าไผ่ อำเภอฟัว จังหวัดเชียงใหม่ จำนวนทั้งหมด 38 ราย ใช้การสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) คือ กลุ่มเกษตรกรที่เป็นเจ้าของกิจการ ซึ่งสามารถให้ข้อมูลทั่วไป ต้นทุนการผลิต และรายได้จากการขาย เมื่อรวบรวมข้อมูลแล้ว มีวิธีการดำเนินการวิจัย คือ 1) ศึกษาข้อมูลทั่วไป ต้นทุนการผลิต และรายได้จากการขายลำไยของเกษตรกร โดยวิเคราะห์ข้อมูลเชิงตัวเลข ความถี่ และค่าเฉลี่ย 2) ดำเนินการตามกระบวนการมาตรฐานที่ใช้สำหรับการทำเหมืองข้อมูล (Cross-industry standard process for data mining) เริ่มแรกเป็นการทำความเข้าใจธุรกิจ (Business understanding) เข้าใจปัญหาและวัตถุประสงค์โครงการ และการทำความเข้าใจข้อมูล (Data understanding) รวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามและเลือกข้อมูลที่จะวิเคราะห์

สำหรับการทำเหมืองข้อมูลประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมข้อมูล (Data preparation) จากแบบสอบถามที่เป็นไฟล์ข้อมูลรูปแบบตาราง ทำการคัดเลือกข้อมูลที่ต้องการ (Data selection) ทำการกลั่นกรองข้อมูล (Data cleaning) แปลงรูปแบบข้อมูล (Data transformation) และสรุปข้อมูลให้เป็นรูปแบบตัวเลขสำหรับการทำการแบ่งกลุ่ม (Clustering) และแปลงค่าให้เป็นรูปแบบไบนารีมีค่า 0 และ 1 (0 ไม่มีการจัดการ/ไม่มีการทำ และ 1 มีการจัดการ/มีการทำ) ขั้นตอนที่ 2 การสร้างโมเดล (Modeling) ทำการเลือกโมเดล สร้างโมเดลการทำการแบ่งกลุ่ม (Clustering) ด้วยวิธีการแบ่งกลุ่มข้อมูลแบบเคมีน (K-means) การสร้างโมเดลการหาความสัมพันธ์ของข้อมูล (Association rule) ด้วยวิธี FP-growth ขั้นตอนที่ 3 การวัดประสิทธิภาพของโมเดล (Evaluation) โดยทำการแบ่งกลุ่ม (Clustering) ด้วยวิธีการแบ่งกลุ่มข้อมูลแบบเคมีน (K-means) วัดประสิทธิภาพด้วยการหา Elbow

point คือการหาจำนวนกลุ่มหรือคลัสเตอร์ที่เหมาะสม ขั้นตอนที่ 4 การนำโมเดลไปใช้งานจริง (Deployment) นำไปวิเคราะห์ผลหาลักษณะกลุ่มของเกษตรกร รูปแบบการจัดการต้นทุนการผลิตลำไยคุณภาพและนำไปใช้ประโยชน์

ผลการวิจัย

รูปแบบการบริหารต้นทุนการผลิตลำไยคุณภาพ สามารถแบ่งผลวิจัยได้ 2 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ต้นทุนการผลิต และรายได้จากการขายของเกษตรกรผู้ผลิตลำไยคุณภาพ เกษตรกรผู้ผลิตลำไยคุณภาพ จำนวน 38 ราย ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ร้อยละ 68.4 เป็นเพศหญิง ร้อยละ 31.6 มีช่วงอายุมากที่สุดระหว่าง 47-57 ปี ร้อยละ 31.6 และส่วนใหญ่มีการศึกษาในระดับประถมศึกษา ร้อยละ 58 ค่าเฉลี่ยจำนวนพื้นที่การผลิต 5.41 ไร่ต่อคน วิธีการขายลำไยของเกษตรกรมีการขายมากกว่า 1 วิธี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพและขนาดของลำไย พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ใช้วิธีการขายเหมาหลังจากติดผลขนาดเล็ก โดยมีราคาขายโดยเฉลี่ยไร่ละ 48,286 บาท (ต่อไร่) รองลงมาคือ ใช้วิธีการขายแบบแยกเกรดแต่ไม่แยกสีผิวลำไย ซึ่งเป็นวิธีการขายที่ส่วนใหญ่พ่อค้าจะรับซื้อลำไยขนาด AA ราคาขายโดยเฉลี่ย 29 บาท (ต่อกิโลกรัม) ขณะที่การขายลำไยแบบแยกเกรดและแยกสีผิวลำไย วิธีการขายแบบนี้พ่อค้าที่รับซื้อจะรับซื้อเฉพาะขนาด AA และราคาลำไยที่รับซื้อจะขึ้นอยู่กับสีผิวลำไย โดยราคาที่สูงคือ ขนาดลำไยเกรด AA ผิวสีทอง ราคา 57 บาทต่อกิโลกรัม ส่วนราคาที่ต่ำในการขายวิธีนี้คือ ลำไยสีเขียวขายได้ราคา 30 บาท (ต่อกิโลกรัม) และอีกวิธีหนึ่งที่เกษตรกรใช้การขายลำไยคือการขายแบบรูตร่วงพบว่า ลำไยขนาด AA มีราคาขายโดยเฉลี่ย 25 บาทต่อกิโลกรัม ส่วนต้นทุนการผลิต ได้แก่ ค่าตัดแต่งกิ่งต่อต้นเท่ากับ 38.16 บาท ค่าเฉลี่ยร้อยละการติดดอกต่อต้นเท่ากับ 58.16 และค่าเฉลี่ยร้อยละการติดผลต่อต้น เท่ากับ 50.53 บาท ค่าเฉลี่ยต้นทุนการตัดแต่ง

กิ่งต่อไร่ เท่ากับ 809.83 บาท ค่าเฉลี่ยต้นทุนการใช้สารชักนำการออกดอกต่อไร่ เท่ากับ 2,079.20 บาท ค่าเฉลี่ยต้นทุนการใช้ปุ๋ยต่อไร่เท่ากับ 6,937.70 บาท และค่าเฉลี่ยต้นทุนการผลิตรวมต่อไร่ เท่ากับ 9,826.73 บาท ค่าเฉลี่ยรายได้จากผลผลิตต่อไร่เท่ากับ 33,029.52 บาท และค่าเฉลี่ยกำไรต่อไร่ เท่ากับ 23,202.78 บาท

ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูลโดยใช้วิธีการแบ่งกลุ่มข้อมูล การแบ่งกลุ่มของเกษตรกรใช้ปัจจัยต้นทุนการผลิตลำไยคุณภาพที่เป็นตัวเลขและค่าใช้จ่าย ประกอบไปด้วย จำนวนพื้นที่การปลูก (ไร่) ต้นทุนในการตัดแต่งทรงพุ่ม (บาทต่อไร่) ร้อยละการติดผล (ร้อยละ) ต้นทุนการใช้สารชักนำการออกดอก (บาทต่อไร่) ร้อยละการติดดอกต่อต้น (ร้อยละ) ร้อยละการติดผลต่อต้น (ร้อยละ) ต้นทุนการใช้ปุ๋ย (บาทต่อไร่) รายได้จากการขายลำไย (บาทต่อไร่) ดำเนินการหาจำนวนคลัสเตอร์หรือจำนวนกลุ่มที่เหมาะสม (การหา Elbow point) และหาลักษณะของกลุ่มจากปัจจัยต้นทุนการผลิตที่สามารถแยกกลุ่มเกษตรกรออกจากกันได้ชัดเจน เป็นรูปแบบการบริหารต้นทุนการผลิตลำไยคุณภาพของเกษตรกรแต่ละกลุ่ม

การจัดเตรียมข้อมูล เพื่อหาความสัมพันธ์ของข้อมูล (Association) ในแต่ละกลุ่มโดยการสร้างกฎความสัมพันธ์ของข้อมูล (Association rule) ด้วยวิธี FP-growth โดยใช้ข้อมูลดังต่อไปนี้ 1) การตัดแต่งทรงพุ่ม (มีการตัดแต่ง/ไม่มีการตัดแต่ง) 2) การติดผล (มีการติดผล/ไม่มีการติดผล) 3) การตัดช่อดอก (มีการตัดแต่งช่อ/ไม่มีการตัดแต่งช่อ) 4) การใช้สารชักนำการออกดอก (ควบคุมการใช้สาร/ไม่ควบคุมการใช้สาร) 5) การใช้ปุ๋ย (ควบคุมการใช้ปุ๋ย/ไม่ควบคุมการใช้ปุ๋ย) 6) ช่องทางการจัดจำหน่าย (มีช่องทางขาย/ไม่มีช่องทางขาย) วิธี FP-growth มีขั้นตอน 2 ขั้นตอน ขั้นแรกสร้าง Compact datastore ที่เรียกว่า FP-tree หาค่า Support โดย

$$\text{Item set } \{A\} \quad \text{Support}(A) = \frac{\text{Frequent of } A}{N}$$

$$\text{Item set } \{A,B\} \quad \text{Support}(A,B) = \frac{\text{Frequent of } B}{N}$$

การสร้างรูปแบบการควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อ
ต้นทุนที่พบบ่อย ๆ (Frequent itemset) จาก FP-tree

โดยต้องมีการกำหนดค่า Minimum support ที่ 0.5 หรือ
50% กล่าวคือต้องพบความถี่อย่างน้อยไม่น้อยกว่า 50%

Table 1 Performance measurement of model by using the mean distance from center centroid

Number of cluster	The mean distance from center centroid
2	89343461.60
3	60633622.08
4	42463694.88
5	30482950.97
6	27910932.63
7	23224790.31
8	19239544.64
9	16602548.16
10	18376145.93

Table 1 แสดงการวัดประสิทธิภาพจำนวนคลัสเตอร์
และระยะเฉลี่ยจากค่ากลางหรือจุดเซนทรอยด์
(Centroid) การหาจำนวนคลัสเตอร์ที่เหมาะสมด้วยวิธี
ของ Forgy โดยสุ่มค่า K โดยค่า K เป็นจำนวนของคลัสเตอร์
คำนวณหาค่าระยะเฉลี่ยจากจุดเซนทรอยด์ดัง Table 1
ซึ่งแสดงข้อมูลจากการประมวลผลใช้ค่า K จำนวน 9
รูปแบบ หากข้อมูลมีความคล้ายคลึงกันและเกาะกลุ่มกัน
ได้อย่างเหมาะสมโดยวัดจากค่าเฉลี่ยจากจุดศูนย์กลาง

วิธีการเลือกรูปแบบ K ที่เหมาะสม (ได้จำนวนคลัสเตอร์)
นั่นคือการหา Elbow point โดยเป็นจุดที่โค้งกลับของ
กราฟที่นำค่าระยะเฉลี่ยจากจุดเซนทรอยด์มาพล็อตจุดบน
กราฟ โดยค่าที่เหมาะสมอยู่ระหว่างค่าที่เพิ่มและลดลง
เมื่อพิจารณาจากกราฟจุดเหมาะสม คือ จุดที่มีการ
เกาะกลุ่ม 3 คลัสเตอร์ โดยถือเอาจำนวนดังกล่าวเป็น
ลักษณะที่เด่นชัดของกลุ่มรูปแบบการบริหารต้นทุนการผลิต
ลำไยคุณภาพจำนวน 3 รูปแบบ

Table 2 Number of Item for each cluster

Cluster	Number of Items
Cluster 1	10 items
Cluster 2	8 items
Cluster 3	20 items
Total number of items	38 items

Table 2 แสดงจำนวนข้อมูล (เกษตรกร) ที่มีการ
เกาะกลุ่มในแต่ละคลัสเตอร์ สามารถอธิบายทั้ง 3 คลัสเตอร์
ได้คือ คลัสเตอร์ 1 มีข้อมูลจำนวนข้อมูล (เกษตรกร) เกาะ
กลุ่มกันจำนวน 10 รายการ (ราย) คลัสเตอร์ 2 มีข้อมูล

จำนวนข้อมูล (เกษตรกร) เกาะกลุ่มกันจำนวน 8 รายการ
(ราย) และคลัสเตอร์ 3 มีข้อมูลจำนวนข้อมูล (เกษตรกร)
เกาะกลุ่มกันจำนวน 20 รายการ (ราย)

Table 3 The center of each attribute in each model

Attribute	Model 1	Model 2	Model 3
1. Amount of planting area (rai)	4.11	6.00	6.33
2. Pruning cost per Rai (Baht)	1,076.46	729.76	798.85
3. Percentage of pruning per tree	41.67	42.86	38.75
4. Potassium and sodium chlorate cost to stimulate flowering per rai (Baht)	2,592.50	2,532.00	1,897.65
5. Percentage of flowering per tree	72.22	61.43	56.50
6. Percentage of fruit setting per tree	64.44	58.57	46.50
7. Fertilizers cost per rai (Baht)	13,642.09	5,120.79	5,250.42
8. Revenue by selling longans per rai (Baht)	35,600.39	65,795.24	23,707.57

Table 3 แสดงข้อมูลจุดกึ่งกลางของแต่ละ
ปัจจัยหรือตัวแปร (Attribute) ในแต่ละคลัสเตอร์ซึ่ง
หลังจากนี้จะถือว่าคลัสเตอร์เป็นรูปแบบการจัดการต้นทุน
การผลิตลำไยคุณภาพ โดยแสดงจุดกึ่งกลางของปัจจัยต่าง ๆ
จากการประมวลผลคลัสเตอร์ ผลการวิเคราะห์ปัจจัย
ที่สามารถแบ่งชี้การแยกกลุ่มข้อมูลได้ชัดเจน คือ ต้นทุนการใช้
สารชักนำการออกดอกและต้นทุนการใช้ปุ๋ย สามารถ
แบ่งคลัสเตอร์เกษตรกรออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีต้นทุน
ปัจจัยการผลิตสูง กลุ่มที่มีปัจจัยการผลิตปานกลาง และ
กลุ่มที่มีปัจจัยการผลิตต่ำ โดยมีลักษณะโดยสรุปดังนี้ 1)

กลุ่มที่มีต้นทุนปัจจัยการผลิตสูง มีลักษณะต้นทุนการใช้
สารชักนำการออกดอกเฉลี่ยสูง (2,592.50 บาทต่อไร่) และ
ต้นทุนการใช้ปุ๋ยเฉลี่ยสูง (13,642.09 บาทต่อไร่) 2)
กลุ่มที่มีต้นทุนปัจจัยการผลิตปานกลาง มีลักษณะต้นทุน
การใช้สารชักนำการออกดอกเฉลี่ยสูง (2,592 บาทต่อไร่) และ
ต้นทุนการใช้ปุ๋ยเฉลี่ยต่ำ (5,120.79 บาทต่อไร่) 3)
กลุ่มที่มีต้นทุนปัจจัยการผลิตต่ำ มีลักษณะต้นทุนการใช้
สารชักนำการออกดอกเฉลี่ยต่ำ (1,897.5 บาทต่อไร่) และ
ต้นทุนการใช้ปุ๋ยเฉลี่ยต่ำ (5,250 บาทต่อไร่) โดยปัจจัยอื่น
ที่เหลือไม่สามารถใช้แยกกลุ่มของข้อมูลได้อย่างชัดเจน

Table 4 The support in model 1

Support	Item 1	Item 2
0.625	Pruning	
0.625	Fertilizers	
0.500	Pruning	Fertilizers

Table 4 แสดงข้อมูล ค่า Support ของข้อมูลปัจจัยของรูปแบบที่ 1 พบว่าปัจจัยที่ผ่านค่า Minimum Support ที่ 0.5 (หมายความว่ามีความถี่ของ Item พบว่าเกินกว่า 50% ของข้อมูลทั้งหมดในกลุ่ม) โดยเป็นการควบคุมปัจจัยจากการตัดแต่งทรงพุ่ม การใช้ปุ๋ย โดยมีค่า Support อยู่ที่ 0.625 และหากควบคุมทั้งการตัดแต่งทรงพุ่มและการใช้ปุ๋ย มีค่า Support อยู่ที่ 0.5 สรุปว่าในคลัสเตอร์หรือรูปแบบที่ 1 กลุ่มที่มีต้นทุนการผลิตสูง

(ต้นทุนการใช้สารเคมีสูงและต้นทุนการใช้ปุ๋ยเคมีสูง) จะเห็นได้ว่าการควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนอยู่ในระดับที่ต่ำมาก การควบคุมการตัดแต่งทรงพุ่มที่มีค่า Support ที่สูงสุดแต่ต้นทุนการตัดแต่งทรงพุ่มไม่ได้ส่งผลต่อต้นทุนของกลุ่ม การควบคุมการใช้ปุ๋ยจากข้อมูลมีค่า Support มาอันดับสองจากการตอบแบบสอบถาม คือ ตอบว่ามีการควบคุมแต่การใช้ปุ๋ยมีต้นทุน (บาท) ที่สูงมากกว่าทุกกลุ่ม

Table 5 The support in model 2

Support	Item 1	Item2
1	Fruit setting	
0.905	Distribution channel	
0.905	Flowering	
0.905	Fruit setting	Distribution channel
0.905	Fruit setting	Flowering
0.810	Distribution channel	Flowering

Table 5 แสดงข้อมูล ค่า Support ของข้อมูลปัจจัยของกลุ่มหรือรูปแบบที่ 2 ปัจจัยที่มีค่า Support ที่สูงคือ การติดผล รองลงมาเป็นลำดับคือ ช่องทางการจัดจำหน่าย การตัดช่อดอก การติดผลและช่องทางการจัดจำหน่าย การติดผลและการตัดช่อดอก โดยสรุปได้ว่าในกลุ่มหรือรูปแบบที่ 2 ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีต้นทุนปัจจัยการผลิตปานกลาง (ต้นทุนการใช้สารเคมีสูงและต้นทุน

การใช้ปุ๋ยเคมีต่ำ) มีการควบคุมปัจจัยหลายปัจจัยมากขึ้น โดยเกษตรกรในกลุ่มมีการติดผลทุกคน แสดงให้เห็นว่าการติดผลที่มาก มีการหาช่องทางจัดจำหน่ายเพื่อจำหน่ายลำไยส่งผลต่อราคาขายที่ขายลำไยได้ราคาสูง มีการตัดช่อดอกในอัตราที่สูง แสดงให้เห็นว่าการติดดอกสูง การติดดอกเนื่องมาจากการใช้สารชักนำการออกดอกในปริมาณที่มาก

Table 6 The support in model 3

Support	Item 1	Item 2
1	Fruit setting	
0.857	Distribution channel	
0.857	Potassium and sodium chlorate	
0.857	Pruning	
0.857	Fertilizers	
0.857	Fruit setting	Distribution channel
0.857	Fruit setting	Potassium and sodium chlorate
0.857	Fruit setting	Pruning
0.857	Fruit setting	Fertilizers
0.714	Distribution channel	Potassium and sodium chlorate

Table 6 แสดงข้อมูล ค่า Support ของข้อมูล ปัจจัยของกลุ่มหรือรูปแบบที่ 2 ปัจจัยที่มีค่า Support ที่สูงคือ มีการติดผล มีช่องทางการจัดจำหน่าย มีการควบคุมการใช้สารชักนำการออกดอก มีการตัดแต่งทรงพุ่ม มีการควบคุมการใช้ปุ๋ย โดยสรุปได้ว่ากลุ่มหรือรูปแบบที่ 3 กลุ่มที่มีต้นทุนปัจจัยการผลิตต่ำ (ต้นทุนการใช้สารชักนำการออกดอกเฉลี่ยต่ำและต้นทุนการใช้ปุ๋ยเฉลี่ยต่ำ)

มีการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อต้นทุนในระดับที่สูง และมีผลต่อการจำหน่ายลำไยเป็นอย่างดีจำนวน 5 ปัจจัย จาก 6 ปัจจัยที่นำไปประมวผล แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรจะสามารถประสบความสำเร็จในการบริหารต้นทุนการผลิตลำไยคุณภาพต้องควบคุมปัจจัยที่ส่งผลต่อต้นทุนการผลิตให้มากที่สุดอย่างน้อย 5 อย่าง ตามกลุ่มหรือรูปแบบที่ 3 ข้างต้น

Table 7 Production costs management model for quality longan

No	Model 1	Model 2	Model 3
1	Pruning	Fruit setting	Fruit setting
2	Fertilizers	Distribution channel	Distribution channel
3	Pruning, fertilizers	Flowering	Potassium and sodium chlorate
4		Fruit setting, distribution channel	Pruning
5		Fruit setting, flowering	Fertilizers

Table 7 แสดงข้อมูลการแบ่งกลุ่มเกษตรกรเป็นคลัสเตอร์ซึ่งเราแทนด้วยรูปแบบการบริหารต้นทุนลำไยคุณภาพ โดยแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม และอธิบายการควบคุมปัจจัยภายในแต่ละกลุ่มโดยนับความถี่ของปัจจัยที่ควบคุมต่อจำนวนสมาชิกในกลุ่มทั้งหมด (ค่า Support มากกว่า 0.5) โดยสรุปการควบคุมปัจจัยในแต่ละรูปแบบดังนี้

รูปแบบ 1 กลุ่มที่มีต้นทุนปัจจัยการผลิตสูง (ต้นทุนการใช้สารเคมีสูงและต้นทุนการใช้ปุ๋ยเคมีสูง) เกษตรกรในกลุ่มนี้มีการควบคุมการตัดแต่งทรงพุ่ม การควบคุมการใช้ปุ๋ย และการตัดแต่งทรงพุ่มรวมกับการควบคุมการใช้ปุ๋ย

รูปแบบ 2 กลุ่มที่มีต้นทุนปัจจัยการผลิตปานกลาง (ต้นทุนการใช้สารเคมีสูงและต้นทุนการใช้ปุ๋ยเคมีต่ำ) เกษตรกรในกลุ่มนี้มีการควบคุม การติดผล การหาช่องทางจัดจำหน่าย การตัดช่อดอก การติดผลคู่กับการหาช่องทางจัดจำหน่าย สุดท้ายเป็นการตัดช่อผลและการตัดช่อดอก

รูปแบบ 3 กลุ่มที่มีต้นทุนปัจจัยการผลิตต่ำ (ต้นทุนการใช้สารเคมีต่ำและต้นทุนการใช้ปุ๋ยเคมีต่ำ) เกษตรกรในกลุ่มนี้มีการควบคุมปัจจัยจำนวน 5 ปัจจัย ที่มีค่าสูง คือ การติดผล การหาช่องทางจัดจำหน่าย การใช้สารชักนำการออกดอก การตัดแต่งทรงพุ่ม การใช้ปุ๋ย

วิจารณ์ผลการวิจัย

การบริหารต้นทุนและผลตอบแทนของกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกลำไยคุณภาพบ้านเหล่า พบว่ามีจำนวนพื้นที่การผลิตเฉลี่ย 5.41 ไร่ต่อคน ราคาขายขึ้นอยู่กับคุณภาพและขนาดของลำไย เกษตรกรส่วนใหญ่จะใช้วิธีการขายเหมาหลังจากติดผลขนาดเล็กโดยมีราคาขายโดยเฉลี่ยไร่ละ 48,286 บาท ทั้งนี้เป็นราคาที่ตกลงซื้อขายเหมือนกันระหว่างเกษตรกรกับพ่อค้าคนกลาง รองลงมาคือใช้วิธีการขายแบบแยกเกรดแต่ไม่แยกสีผิวลำไย สอดคล้องกับงานวิจัย Jaitae (2021) การขายลำไยคัดเกรด

และการขายแบบรูตร่วง ส่วนด้านค่าใช้จ่ายต้นทุนการตัดแต่งกิ่งเฉลี่ยต่อไร่ 809.83 บาท ค่าเฉลี่ยต้นทุนการใช้สารชักนำการออกดอกต่อไร่เท่ากับ 2,079.20 บาท ต้นทุนการใช้ปุ๋ยเฉลี่ยต่อไร่ 6,937.70 บาท ต้นทุนการผลิตรวมเฉลี่ยต่อไร่ 9,826.73 บาท รายได้จากผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ 33,029.52 บาท กำไรเฉลี่ยต่อไร่ 23,202.78 บาท ไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lumnoi *et al.* (2015) ที่พบว่าเกษตรกรมีรายได้จากการขายลำไยเฉลี่ย 27,660.50 บาทต่อปี ต้นทุนการผลิตเฉลี่ยต่อไร่ 18,645 บาท Lilapiromkul *et al.* (2015) รายงานว่าเกษตรกรมีรายได้จากการขายลำไยเฉลี่ยต่อไร่ 64,063 บาท ต้นทุนการผลิตต่อไร่ 15,880 บาท กำไรสุทธิเฉลี่ยต่อไร่ 48,183 บาท และ Kitsaranee (2013) รายงานว่าเกษตรกรมีรายได้จากการขายผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ 26,265.21 บาท

การค้นหารูปแบบการบริหารต้นทุนการผลิตลำไยคุณภาพด้วยวิธีการแบ่งกลุ่มข้อมูล กำหนดจำนวนกลุ่มข้อมูล ได้ปัจจัยที่สามารถจำแนกกลุ่มเกษตรกรได้อย่างชัดเจน คือ การใช้สารชักนำการออกดอกและการใช้ปุ๋ย ดังนั้นสองสิ่งนี้จึงเป็นต้นทุนที่มีผลกระทบหลักของทุกกลุ่ม ซึ่งสามารถจำแนกได้ 3 รูปแบบการบริหารต้นทุนในการผลิตลำไยคุณภาพ รูปแบบที่ 1 คือ กลุ่มที่มีต้นทุนปัจจัยการผลิตสูง มีลักษณะต้นทุนการใช้สารชักนำการออกดอกเฉลี่ยสูงและต้นทุนการใช้ปุ๋ยเฉลี่ยสูง รูปแบบที่ 2 คือ กลุ่มที่มีต้นทุนปัจจัยการผลิตปานกลาง มีลักษณะต้นทุนการใช้สารชักนำการออกดอกเฉลี่ยสูงและต้นทุนการใช้ปุ๋ยเฉลี่ยต่ำ รูปแบบที่ 3 คือ กลุ่มที่มีต้นทุนปัจจัยการผลิตต่ำ มีลักษณะต้นทุนการใช้สารชักนำการออกดอกเฉลี่ยต่ำ และต้นทุนการใช้ปุ๋ยเฉลี่ยต่ำ จากทั้ง 3 รูปแบบไม่สามารถแสดงได้ว่าพื้นที่การปลูกสัมพันธ์กับต้นทุนการผลิต ดังนั้นด้านข้อมูลพื้นที่ปลูกจึงไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lumnoi, *et al.* (2015); Srijariya *et al.* (2014); Jaitae (2021) มีพื้นที่ทำการเกษตรเฉลี่ย 26.04, 15.79 และ 4.99 ไร่ รูปแบบที่ 2 กลุ่มที่มีต้นทุนปัจจัยการผลิตปานกลาง มีลักษณะต้นทุนการใช้สารชักนำการออกดอกเฉลี่ยสูงและต้นทุนการใช้ปุ๋ยเฉลี่ยต่ำ หากวิเคราะห์กำไร

เฉลี่ยเท่ากับ 57,412.69 บาท คำนวณจากรายได้เฉลี่ย 65,795.24 บาท หักต้นทุนเฉลี่ยรวม 8,382.55 บาท ($729.76+2,532.00+5,120.79$) ซึ่งถือว่าเป็นกลุ่มที่ทำกำไรสูงสุด ในการควบคุมปัจจัยของกลุ่มที่สองจะควบคุมในปัจจัย การติดผล การตัดช่อดอก การหาช่องทางการจัดจำหน่าย ในระดับสูงมาก (Support มากกว่า 0.8) ปัจจัยอื่นก็อยู่ในระดับสูง (Support มากกว่า 0.7) การตัดแต่งทรงพุ่ม การใช้ปุ๋ย การใช้สาร สอดคล้องกับงานวิจัยของ Saensuk *et al.* (2021) พบว่ารายได้จากการขายลำไยสูง เนื่องจากเกษตรกรมีผลผลิตลำไยต่อไร่สูงจากการใช้การควบคุมคุณภาพโดยวิธีการตัดแต่งช่อผล การตัดแต่งกิ่งลำไยหลังเก็บเกี่ยวผลผลิต และรูปแบบที่ 3 กลุ่มที่มีต้นทุนปัจจัยการผลิตต่ำ มีลักษณะต้นทุนการใช้สารชักนำการออกดอกเฉลี่ยต่ำและต้นทุนการใช้ปุ๋ยเฉลี่ยต่ำ การควบคุมปัจจัยที่ส่งผลต่อต้นทุนควบคุมปัจจัยในระดับที่สูงมาก จำนวนกว่า 5 ปัจจัยจาก 6 ปัจจัยประกอบไปด้วย การติดผล การหาช่องทางการจำหน่าย การใช้สารชักนำการออกดอก การใช้ปุ๋ย จากการควบคุมและจัดการปัจจัยต่าง ๆ อย่างเข้มงวดทำให้ต้นทุนในกลุ่มนี้ต่ำกว่าทุกกลุ่ม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lumnoi *et al.* (2015) การตัดแต่งกิ่งลำไย มีการใส่ปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมีทางดิน และ Saensuk *et al.* (2021) ให้ปุ๋ยผ่านทางระบบน้ำ มีการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดินใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ การตัดแต่งกิ่งลำไยหลังเก็บเกี่ยวผลผลิต การตัดแต่ง ช่อผล และ Charoenkit *et al.* (2013) การวางแผนการผลิตลำไยควรมีความรู้ในการจัดการสวนเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาต้นทุนการผลิตที่สูงจึงจำเป็นต้องควบคุมปัจจัยการผลิตในด้าน พื้นที่การเกษตร การจัดการแปลง และการดูแลหลังการเก็บเกี่ยว

การนำรูปแบบการบริหารต้นทุนลำไยคุณภาพไปใช้ประโยชน์ (ใช้ข้อมูลใน Table 3) กรณีที่ 1 หากเกษตรกรมีพื้นที่ปลูกใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างที่นำมาวิจัย คือ สวนลำไยขนาด 4-6 ไร่ สามารถเลือกรูปแบบในการบริหารต้นทุนการผลิตรูปแบบใดให้เหมาะสมกับตนเอง หากต้องการลดต้นทุนให้ต่ำให้ควบคุมปัจจัยต่าง ๆ

ดังรูปแบบที่ 3 หากต้องการรายได้จากการจำหน่ายลำไยสูงสุดให้ควบคุมปัจจัยการผลิตเหมือนรูปแบบที่ 2 คือ ยังใช้สารชักนำในการออกดอกปริมาณที่สูงแต่จำกัดการใช้ปุ๋ยเท่าที่จำเป็น แต่หากไม่ควบคุมปัจจัยสำคัญ คือ การใช้ปุ๋ยและการใช้สารชักนำการออกดอกจะทำให้ต้นทุนการผลิตสูงดังรูปแบบที่ 1 ซึ่งสรุปไม่ได้ว่าพื้นที่ปลูกนั้นมีความสัมพันธ์กับการควบคุมปัจจัยการผลิต ทำให้ไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lumnoi *et al.* (2015) มีพื้นที่ทำการเกษตรเฉลี่ย 26.04 ไร่ และต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 18,645 บาทต่อไร่ และ Srijarinya *et al.* (2014) มีพื้นที่ทำการเกษตรเฉลี่ย 15.79 ไร่

กรณีที่ 2 หากเกษตรกรมีความต้องการรายได้จากการจำหน่ายลำไยสูงสุดให้ควบคุมปัจจัยการผลิตเหมือนรูปแบบที่ 2 คือ กลุ่มที่มีต้นทุนปัจจัยการผลิตปานกลาง (ต้นทุนการใช้สารชักนำการออกดอกเฉลี่ยสูงและต้นทุนการใช้ปุ๋ยเฉลี่ยต่ำ) กล่าวคือยังใช้สารชักนำในการออกดอกปริมาณที่สูงแต่จำกัดการใช้ปุ๋ยเท่าที่จำเป็น เนื่องจากการออกดอกและการติดผลขึ้นอยู่กับการใช้สารชักนำการออกดอกเป็นหลัก แต่มีปัจจัยเข้ามาเสริมในรูปแบบที่ 2 คือ การหาช่องทางการจัดจำหน่าย ทำให้รูปแบบในกลุ่มนี้มีปริมาณผลผลิตที่สูงและทำกำไรจากการขายลำไยได้สูงที่สุด โดยเฉลี่ย 57,412.69 บาทต่อไร่ แต่ยังไม่สามารถทำรายได้เฉลี่ยได้สูงเท่ากับงานวิจัยของ Lilapiromkul *et al.* (2015); Lumnoi *et al.* (2015); Kitsaranee (2013) ที่พบว่าเกษตรกรมีรายได้จากการขายลำไย 64,063, 27,660.50 และ 26,265.21 บาทต่อไร่ต่อปีตามลำดับ

กรณีที่ 3 เมื่อเกษตรกรต้องการควบคุมปัจจัยการผลิตเพื่อลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำที่สุด ต้องดำเนินการตามรูปแบบที่ 3 นั่นคือควบคุมปัจจัยที่กระทบต่อต้นทุนการผลิต คือ การติดผล การหาช่องทางการจัดจำหน่าย การใช้สารชักนำการออกดอก การตัดแต่งทรงพุ่ม การใช้ปุ๋ย ซึ่งปัจจัยที่ควบคุมนั้นควบคุมปัจจัยหลัก คือ การจัดการใช้สารชักนำการออกดอก การตัดแต่งทรงพุ่ม การจัดการการใช้ปุ๋ย ซึ่งรูปแบบดังกล่าวนี้ทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำแต่

รายได้ไม่ได้เป็นรูปแบบที่มีรายได้สูงที่สุด เนื่องจากรายได้นั้นขึ้นอยู่กับ การออกดอกและการติดช่อ ซึ่งต้องใช้ต้นทุนในการใช้สารชักนำการออกดอกในปริมาณที่มากพอสมควร สอดคล้องกับงานวิจัยของ Charoenkit, *et al.* (2013) เกษตรกรควรมีความรู้ด้านการวางแผนการผลิตลำไย การจัดการสวน และให้ความสำคัญกับการควบคุมปัจจัยการผลิต เช่น พื้นที่ทำการเกษตร การจัดการแปลง และการดูแลหลังการเก็บเกี่ยว ดังนั้นเกษตรกรสามารถเลือกรูปแบบบริหารต้นทุนการผลิตได้ตามปัจจัยการผลิตที่มี และความต้องการควบคุมค่าใช้จ่ายในการผลิตซึ่งทำให้เกษตรกรประสบความสำเร็จในการบริหารต้นทุนการผลิตลำไยคุณภาพ

สรุปผลการวิจัย

รูปแบบการบริหารต้นทุนการผลิตลำไยคุณภาพของกลุ่มเกษตรกรบ้านเหล่า ตำบลป่าไผ่ อำเภอฟัว จังหวัดเชียงใหม่ พบว่ามีจำนวนพื้นที่การผลิตเฉลี่ย 5.41 ไร่ต่อคน ร้อยละการตัดแต่งกิ่งเฉลี่ยต่อต้นเท่ากับ 38.16 ร้อยละการติดดอกเฉลี่ยต่อต้นเท่ากับ 58.16 ค่าเฉลี่ยร้อยละการติดผลต่อต้น เท่ากับ 50.53 ต้นทุนการตัดแต่งกิ่งเฉลี่ยต่อไร่ เท่ากับ 809.83 บาท ค่าเฉลี่ยต้นทุนการใช้สารชักนำการออกดอกต่อไร่ เท่ากับ 2,079.20 บาท ต้นทุนการใช้ปุ๋ยเฉลี่ยต่อไร่ เท่ากับ 6,937.70 บาท ต้นทุนการผลิตรวมเฉลี่ยต่อไร่ เท่ากับ 9,826.73 บาท รายได้จากผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่เท่ากับ 33,029.52 บาท กำไรเฉลี่ยต่อไร่ เท่ากับ 23,202.78 บาท การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูลโดยใช้วิธีการแบ่งกลุ่มข้อมูล การแบ่งกลุ่มของเกษตรกรใช้ปัจจัยต้นทุนการผลิตลำไยคุณภาพที่เป็นตัวเลขค่าใช้จ่าย ผลการวิเคราะห์สามารถแบ่งกลุ่มของเกษตรกรออกเป็น 3 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มที่มีต้นทุนปัจจัยการผลิตสูง มีลักษณะต้นทุนการใช้สารชักนำการออกดอกเฉลี่ยสูง (2,592.50 บาทต่อไร่) และต้นทุนการใช้ปุ๋ยเฉลี่ยสูง (13,642.09 บาทต่อไร่) 2) กลุ่มที่มี

ต้นทุนปัจจัยการผลิตปานกลาง มีลักษณะต้นทุนการใช้สารชักนำการออกดอกเฉลี่ยสูง (2,592 บาทต่อไร่) และต้นทุนการใช้ปุ๋ยเฉลี่ยต่ำ (5,120.79 บาท/ไร่) 3) กลุ่มที่มีต้นทุนปัจจัยการผลิตต่ำ มีลักษณะต้นทุนการใช้สารชักนำการออกดอกเฉลี่ยต่ำ (1,897.5 บาท/ไร่) และต้นทุนการใช้ปุ๋ยเฉลี่ยต่ำ (5,250 บาทต่อไร่) จากกลุ่มของเกษตรกรทั้ง 3 กลุ่ม นำมาหาความสัมพันธ์ (Association) ของข้อมูลภายในกลุ่มโดยใช้เทคนิคการหาความสัมพันธ์ของข้อมูล (Association rule) ด้วยวิธี FP-growth สร้างกฎความสัมพันธ์พบว่า กลุ่มที่มีต้นทุนปัจจัยการผลิตสูงมีการควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนน้อย กลุ่มที่มีต้นทุนปัจจัยการผลิตปานกลาง มีการควบคุมปัจจัยในระดับสูงเกี่ยวกับการติดผล การตัดช่อดอก ช่องทางการจำหน่าย กลุ่มที่มีต้นทุนปัจจัยการผลิตต่ำ มีความเข้มงวดในการควบคุมปัจจัยการตัดช่อผล การตัดช่อดอก ช่องทางการจำหน่าย การตัดแต่งทรงพุ่ม การควบคุมการใช้สารชักนำการออกดอก การควบคุมการใช้ปุ๋ย

ส่วนข้อเสนอแนะงานวิจัย ควรนำรูปแบบการบริหารต้นทุนการผลิตลำไยคุณภาพไปใช้กับกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกลำไยคุณภาพในภาคเหนือของประเทศไทย สามารถลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้ จุดเด่น คือ เกษตรกรสามารถเลือกรูปแบบการบริหารต้นทุนการผลิตตามที่ต้องการได้จากทรัพยากรที่มี โดยปฏิบัติตามการใช้ปัจจัยการผลิตต่าง ๆ ในแต่ละรูปแบบเพื่อให้ได้ลำไยที่มีคุณภาพส่งผลต่อรายได้จากการขายและผลกำไรเพิ่มขึ้น ส่วนหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐ เอกชน องค์กรต่าง ๆ สามารถนำข้อมูลจากผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ในการส่งเสริมเกษตรกรผลิตลำไยคุณภาพ อีกทั้งยังช่วยแก้ไขปัญหาการผลิตลำไยคุณภาพที่ไม่ได้มาตรฐาน และช่วยเพิ่มพูนความรู้ด้านการผลิตลำไยคุณภาพ นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นแนวทางค้นหารูปแบบการบริหารต้นทุน ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในแต่ละพื้นที่ซึ่งมีปัจจัยการผลิตที่แตกต่างกันได้ และช่วยยกระดับการผลิตลำไยคุณภาพสู่มาตรฐานการส่งออก

ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาเปรียบเทียบรูปแบบการบริหารจัดการต้นทุนการผลิตลำไยคุณภาพกับกลุ่มตัวอย่างอื่น ๆ เพื่อทราบความแตกต่างของการบริหารต้นทุนลำไย
2. ศึกษาการวางแผนกำไรของกลุ่มผู้ปลูกลำไยคุณภาพ ทั้งการวางแผนระยะสั้นและแผนระยะยาว

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 และขอขอบคุณเกษตรกรผู้ผลิตลำไยคุณภาพบ้านเหล่า ตำบลป่าไผ่ อำเภอฟัว จังหวัดเชียงใหม่ ที่ได้อนุเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Boonyaritthongchai, P., V. Srilaong and C. Wongs-Aree. 2014. Analysis of logistics costs of longan in Chanthaburi province. **Agricultural Sci. J.** 45(2)(Suppl.): 385-388. [in Thai].
- Charoenkit, T., C. Saengchayosawad, P. Manochai and Y. Khaosumen. 2013. **Optimization for off-season longan production.** Digital Research Information Center. [Online]. Available <https://dric.nrct.go.th/Search/SearchDetail/285787> (1 August 2021). [in Thai]
- Jaitae, S. 2021. The off-season Longan production of farmer Banhong district, Lamphun province. **Management Sciences Valaya Alongkorn Review** 2(1): 35-44. [in Thai].
- Kitsaranee, T. 2013. Financial cost and benefit analysis of flower induction chemical off-season longan using in Tambon Baanpae Amphoe Jomthong Chiang Mai province. **Business Review** 5(1): 55-66. [in Thai].
- Lilapiromkul, P., P. Sripinta, and C. Imcha. 2015. **Participatory technology development for improving quality of longan in the upper north.** [Online]. Available <https://www.doa.go.th/research/attachment.php?aid=2252> (1 August 2021). [in Thai]
- Lumnnoi, C., B. Keowan and S. Krutmungdanserm. 2015. Quality Longan Production by Farmers in Tha Wang Pha District of Nan Province. pp. 1-13. **In Proceedings of The 5th STOU Graduate Research Conference.** Nonthaburi: Sukhothai Thammathirat Open University. [in Thai]
- Office of Agricultural Economics. 2020. **Longan in the North has many of flowers, OAE reveals the total output of more than 600,000 tons, the most marketed in August.** [Online]. Available <https://www.ryt9.com/s/oea/3139959> (10 February 2021). [in Thai]

- _____. 2021. **Value of imports and exports.** [Online]. Available <http://agri.oae.go.th/bigdata/dashboard/productlongan>. (10 February 2021). [in Thai]
- Saensuk, P., C. Toomhirun, J. Khlibtong and P. Manochai. 2021. Longan production technology extension model for sustainable development by longan farmers in Northern Thailand. **Journal of Social Science and Buddhist Anthropology** 6(5): 95-110. [in Thai]
- Sitthidetand, M. and W. Srikham. 2019. Impacts of Chinese traders (Lhong) on longan farmers in transition: a case study of Sripradu village, Maepang sub-district, Phrao district, Chiangmai province. **Humanity and Social Science Journal** 10(Special Issue): 125-162. [in Thai]
- Sopadang, A., K. Leksakul, C. Theasiripetch and J. Varith. 2009. **A study of longan's supply chain management in Thailand.** 398 p. *In* Research Report. Chiang Mai: Chiang Mai University. [in Thai]
- Srijariya, P., S. Seesung and P. Tangwiwat. 2014. Potentials in Organic Longan Production of Farmers in Tak Province. p. 1-12. *In Proceedings of the 4th STOU Graduate Research Conference.* Nonthaburi: Sukhothai Thammathirat Open University. [in Thai]
- Thepchitra, K. 2016. **10 technologies cost management and professionally increase productivity of Longan.** [Online]. Available https://www.technologychaoban.com/agricultural-technology/article_599 (10 February 2021). [in Thai]

ปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จของผู้ประกอบการธุรกิจจำหน่ายปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
ขนาดกลางและขนาดย่อม ในจังหวัดอุดรธานี

Factor Determining the Success of Small and Medium Agricultural Supplies
Entrepreneur in Udon Thani Province

สุรีย์พร หาจัตร์รัส และสาธิต อติโต*

Sureeporn Hachaturus and Satit Aditto*

สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand 40002

*Corresponding author: asatit@kku.ac.th

Abstract

Received : March 26, 2020

Revised : March 09, 2021

Accepted: May 03, 2021

The purpose of this study was to investigate the success factors of small and medium agricultural supplies entrepreneur in Udon Thani province. The relevant data was collected from 125 entrepreneurs. Exploratory factor analysis and multiple regression analysis were applied to investigate the relationships between the entrepreneurs' socioeconomic characteristics and succession components. The results showed that 9 success factors were group using factor analysis including marketing factor, business competitor factor, law and politic factor, entrepreneurship factor, internal management factor, government policy factor, brave and determined factor, financial planning factor and sale support factor. Multiple regression analysis results showed that gender, age, highest education, initial investment and business experiences of entrepreneur were significantly impact the succession components. The government should launch a variety of policies to support target entrepreneurs which varies in socioeconomic characteristics and perceptions of success.

Keywords: success factors, factor analysis, small and medium enterprises

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จของผู้ประกอบการธุรกิจจำหน่ายปัจจัยการผลิตทางการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อมในจังหวัดอุดรธานี โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 125 ราย วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบ

และการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณได้ถูกนำมาใช้เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมของผู้ประกอบการกับองค์ประกอบปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จ ผลการศึกษาพบว่า สามารถแบ่งกลุ่มองค์ประกอบปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จ ได้แก่ ปัจจัยการตลาด ปัจจัยธุรกิจและคู่แข่ง ปัจจัยกฎระเบียบและการเมือง ปัจจัยผู้ประกอบการ ปัจจัยการจัดการภายใน ปัจจัยนโยบาย

ภาครัฐ ปัจจัยความมุ่งมั่นและกล้าเสี่ยง ปัจจัยการวางแผนทางการเงิน และปัจจัยการบริการหลังการขาย ส่วนผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณพบว่า เพศ อายุ ระดับการศึกษาสูงสุด จำนวนเงินลงทุนเริ่มแรก และประสบการณ์ในการดำเนินธุรกิจของผู้ประกอบการ มีความสัมพันธ์กับปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ภาครัฐควรกำหนดนโยบายช่วยเหลือผู้ประกอบการอย่างหลากหลาย เพื่อให้ตรงกับความต้องการของผู้ประกอบการในแต่ละกลุ่มเป้าหมายอย่างชัดเจน ทั้งนี้เนื่องจากผู้ประกอบการมีลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมที่แตกต่างกัน และมีมุมมองในปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จของกิจการแตกต่างกัน

คำสำคัญ: ปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จ การวิเคราะห์องค์ประกอบ ธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม

คำนำ

ปัจจุบันธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อมมีบทบาทสำคัญในการขับเคลื่อนระบบเศรษฐกิจของประเทศไทย ในหลายด้าน อาทิ การสร้างงาน การสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้าและบริการ การลดการนำเข้าสินค้าจากต่างประเทศ และการเป็นจุดเริ่มต้นในการลงทุนดำเนินธุรกิจของผู้ประกอบการ เป็นต้น โดยประเภทของธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อมประกอบด้วยกิจการ การผลิตสินค้า กิจการบริการ และกิจการค้าส่งและค้าปลีก ครอบคลุมทั้งในภาคการเกษตรและภาคการผลิตอื่น ๆ ในปี พ.ศ. 2560 ประเทศไทยมีผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (GDP) มูลค่า 15,452,882 ล้านบาท โดยเป็น GDP จากธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม คิดเป็นมูลค่า 6,551,718 ล้านบาท (Office of SMEs Promotion, 2018)

อย่างไรก็ตามการดำเนินธุรกิจของผู้ประกอบการธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อมให้ประสบความสำเร็จไม่ใช่เรื่องง่าย จากรายงานของ Bank of Thailand (2018) พบว่าในปี พ.ศ. 2561 ระบบธนาคารพาณิชย์มีสินเชื่

ที่ไม่ก่อให้เกิดรายได้ (Non-performing loan: NPL) รวมทั้งสิ้นประมาณ 443,000 ล้านบาท โดยเป็น NPL ของสินเชื่อสำหรับธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ร้อยละ 4.46 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับสูง และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2560 จากแนวโน้มดังกล่าวไม่ส่งผลดีต่อระบบเศรษฐกิจโดยรวม และความสามารถในการแข่งขันของธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อมเอง สอดคล้องกับการศึกษาของ Pholphirul (2013) ที่พบว่าธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อมยังมีปัญหาและข้อจำกัดในการดำเนินธุรกิจหลายด้าน อาทิ ความสามารถในการเข้าถึงผู้บริโภค การต้องพึ่งพาธุรกิจขนาดใหญ่ การไม่ให้ความสำคัญกับระบบทรัพยากรสินทางปัญญา และการขาดแคลนบุคลากรที่มีความสามารถและมีความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งถือเป็นความท้าทายของผู้ประกอบการธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อมที่จะต้องเร่งปรับกลยุทธ์ในการดำเนินธุรกิจเพื่อให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมทางธุรกิจอย่างก้าวกระโดดในปัจจุบัน

การให้คำนิยามของปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จของผู้ประกอบการธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม จากการรายงานของ Benzing *et al.* (2005) ซึ่งได้รวบรวมงานวิจัยและแบ่งกลุ่มปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จของผู้ประกอบการออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ปัจจัยจิตวิทยาและพฤติกรรมส่วนบุคคล (Psychological and behavioral attributes) ปัจจัยทักษะการจัดการ (Management skill attributes) และปัจจัยสภาพแวดล้อมภายนอก (External environment attributes) โดย Nishantha and Pathirana (2014) ได้ใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบในการจัดกลุ่มปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จตามแนวคิดของ Benzing *et al.* (2005) กับผู้ประกอบการในประเทศศรีลังกา โดยพบปัจจัยกำหนดความสำเร็จจำนวน 6 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยคุณลักษณะส่วนตัวของผู้ประกอบการ (Entrepreneur characteristics factor) ปัจจัยทักษะการจัดการ (Management skill factor) ปัจจัยทรัพยากรมนุษย์ (Human capital factor) ปัจจัยภาครัฐ (Government connection factor) ปัจจัยทางสังคม

(Social connection factor) และปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ และการเงิน (Product and finance issue factor) นอกจากนี้ Songkramphu and Aditto (2015) ได้ประยุกต์แนวคิดปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จในการดำเนินธุรกิจการเกษตรของ Scrimgeour *et al.* (2006) และใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบในการจัดกลุ่มปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จของผู้ประกอบการธุรกิจการเกษตรขนาดกลาง และขนาดย่อมในจังหวัดขอนแก่น โดยผลการศึกษาแสดงปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จจำนวน 6 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยด้านการจัดการภายในธุรกิจ ปัจจัยด้านการตลาดและคู่แข่ง ปัจจัยด้านสภาพเศรษฐกิจและการเมือง ปัจจัยด้านเทคนิค ปัจจัยด้านนโยบายของรัฐและการส่งเสริมการลงทุน และปัจจัยด้านทรัพยากรการเกษตร ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่ผ่านมา แสดงให้เห็นว่าปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จในการดำเนินธุรกิจของผู้ประกอบการมีความแตกต่างกันตามประเภทของธุรกิจ สภาพแวดล้อม ข้อจำกัดของพื้นที่ และนโยบายที่เกี่ยวข้อง

จังหวัดอุดรธานีเป็นจังหวัดที่มีศักยภาพ และมีอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจสูง โดยจะเห็นได้จากผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด (GPP) ที่มีมูลค่าเพิ่มขึ้นจาก 124,306 ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2556 เป็น 139,116 ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2560 โดยสาขาที่มีสัดส่วนมูลค่า GPP สูงที่สุดได้แก่ สาขาการขายส่ง-ขายปลีก รองลงมา ได้แก่ สาขาอุตสาหกรรม และสาขาเกษตรกรรม ตามลำดับ (The Udon Thani Provincial Office of the Comptroller General, 2018) นอกจากนี้ยังพบว่า จังหวัดอุดรธานีเป็นแหล่งเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจที่สำคัญหลายชนิดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยในปี พ.ศ. 2560 จังหวัดอุดรธานีมีพื้นที่ปลูกอ้อยจำนวน 0.61 ล้านไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 14.74 ของพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งหมดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีพื้นที่ปลูกยางพาราจำนวน 0.53 ล้านไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 10.14 ของพื้นที่ปลูกยางพาราทั้งหมดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังจำนวน 0.26 ล้านไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 5.32 ของพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังทั้งหมดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และมีพื้นที่

ปลูกข้าวนาปีจำนวน 1.73 ล้านไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 4.73 ของพื้นที่ปลูกข้าวนาปีทั้งหมดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (Office of Agricultural Economics, 2018) ซึ่งพืชเศรษฐกิจที่สำคัญเหล่านี้จำเป็นต้องใช้ปัจจัยการผลิตจำนวนมาก ประกอบกับข้อมูลของสำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร พบว่าในจังหวัดอุดรธานีมีผู้ประกอบการธุรกิจจำหน่ายปัจจัยการผลิตทางการเกษตรที่ขึ้นทะเบียนขออนุญาตเป็นผู้ขายตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย ปุ๋ย และพันธุ์พืช รวมจำนวนมากกว่า 600 ราย (Department of Agriculture, 2018) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อมที่กระจายตัวอยู่ในทุกอำเภอเพื่อจำหน่ายปัจจัยการผลิตให้แก่เกษตรกร ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ผู้วิจัยต้องการศึกษาปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จของผู้ประกอบการจำหน่ายปัจจัยการผลิตทางการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อมในจังหวัดอุดรธานีว่าประกอบด้วยปัจจัยใดบ้าง ทั้งนี้เพื่อสร้างองค์ความรู้และความเข้าใจให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการพัฒนาศักยภาพในการดำเนินธุรกิจของผู้ประกอบการกลุ่มนี้ต่อไปในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้ คือผู้ประกอบการธุรกิจจำหน่ายปัจจัยการผลิตทางการเกษตรในจังหวัดอุดรธานี ที่ขึ้นทะเบียนขออนุญาตเป็นผู้ขายวัตถุอันตราย ปุ๋ย และพันธุ์พืช ร่วมกับกรมวิชาการเกษตรจำนวน 643 ราย สำหรับการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างใช้สูตรของ Taro Yamane (Yamane, 1973) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.10 และใช้การสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน โดยกำหนดสัดส่วนกลุ่มตัวอย่างตามอำเภอที่มีประชากรผู้ประกอบการธุรกิจจำหน่ายปัจจัยการผลิตทางการเกษตร สูงที่สุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ อำเภอเมือง อำเภอกุดจับ และอำเภอบ้านผือ การศึกษาค้างนี้ใช้การสัมภาษณ์แบบพบกันโดยตรง (Face to face interview) และใช้แบบสอบถาม

ที่มีโครงสร้าง (Structured questionnaire) เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มผู้ประกอบการธุรกิจจำหน่ายปัจจัยการผลิตทางการเกษตรตัวอย่างจำนวน 125 ราย

การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษานี้เลือกใช้ตัวแปรปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จของผู้ประกอบการจำนวน 32 ตัวแปร โดยประยุกต์จากการศึกษาของ Benzing *et al.* (2005) และ Songkrampheu and Aditto (2015) โดยผู้ประกอบการธุรกิจจำหน่ายปัจจัยการผลิตทางการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อม ในจังหวัดอุดรธานี จะให้ค่าคะแนนระดับความสำคัญของตัวแปรแต่ละตัวแปรว่ามีความสำคัญต่อความสำเร็จในการดำเนินธุรกิจของตนเองมากน้อยอย่างไร โดยการศึกษาได้จัดระดับความสำคัญของตัวแปรตามมาตรวัดของลิเคิร์ต (Likert scale) 5 ระดับ เริ่มจากระดับ 1 ตัวแปรปัจจัยนั้นสำคัญต่อความสำเร็จของธุรกิจน้อยที่สุด ระดับ 2 ตัวแปรปัจจัยนั้นสำคัญต่อความสำเร็จของธุรกิจน้อย ระดับ 3 ตัวแปรปัจจัยนั้นสำคัญต่อความสำเร็จของธุรกิจปานกลาง ระดับ 4 ตัวแปรปัจจัยนั้นสำคัญต่อความสำเร็จของธุรกิจมาก และระดับ 5 ตัวแปรปัจจัยนั้นสำคัญต่อความสำเร็จของธุรกิจมากที่สุด ตัวแปรปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จจะถูกจัดกลุ่มโดยเลือกตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันไว้ในองค์ประกอบเดียวกัน โดยใช้วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Exploratory factor analysis) (Vanichbuncha, 2012)

จากนั้นองค์ประกอบปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จของผู้ประกอบการ ที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบ จะถูกนำไปเพื่อหาความสัมพันธ์กับลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมของผู้ประกอบการ (Songkrampheu and Aditto, 2015) โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis) สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$SucF_i = a_0 + a_1Gen + a_2Age + a_3Edu + a_4Inv + a_5Exp + e \quad (1)$$

โดยกำหนดให้

$SucF_i$ คือ องค์ประกอบปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จของผู้ประกอบการ i ที่ได้ผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบ

a_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย

Gen คือ เพศของผู้ประกอบการ (โดยที่ 0=เพศชาย 1=เพศหญิง)

Age คือ อายุของผู้ประกอบการ (ปี)

Edu คือ ระดับการศึกษาสูงสุดของผู้ประกอบการ (โดยที่ 0=จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายหรือต่ำกว่า 1=จบการศึกษาระดับปริญญาตรีขึ้นไป)

Inv คือ จำนวนเงินลงทุนเริ่มแรก (บาท)

Exp คือ ประสบการณ์ในการดำเนินธุรกิจการจำหน่ายปัจจัยการผลิต (ปี)

e คือ ค่าความคลาดเคลื่อน

ผลการวิจัย

ลักษณะทั่วไปทางเศรษฐกิจและสังคมของผู้ประกอบการ

การศึกษาลักษณะทั่วไปทางเศรษฐกิจและสังคมของผู้ประกอบการธุรกิจจำหน่ายปัจจัยการผลิตทางการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อมในจังหวัดอุดรธานี จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 125 ราย พบว่าผู้ประกอบการร้อยละ 52.8 เป็นเพศชาย ผู้ประกอบการร้อยละ 40.4 มีอายุระหว่าง 41-50 ปี โดยมีอายุเฉลี่ย 42.7 ปี (S.D.=10.6) ผู้ประกอบการร้อยละ 38.4 จบการศึกษาระดับปริญญาตรีหรือสูงกว่า

ในด้านการดำเนินธุรกิจจำหน่ายปัจจัยการผลิตทางการเกษตรพบว่า ผู้ประกอบการส่วนใหญ่ร้อยละ 77.6 มีจำนวนเงินลงทุนเริ่มแรกต่ำกว่า 1 ล้านบาท โดยมีจำนวนเงินลงทุนเริ่มแรกเฉลี่ยประมาณ 673,004 บาท (S.D.=1,139,019.1) ผู้ประกอบการร้อยละ 87.2 ดำเนินกิจการแบบเจ้าของคนเดียว ผู้ประกอบการร้อยละ 70.4 มีประสบการณ์ในการดำเนินธุรกิจจำหน่ายปัจจัยการผลิต

ทางการเกษตร น้อยกว่า 10 ปี โดยมีประสบการณ์ในการดำเนินธุรกิจเฉลี่ย 9.17 ปี (S.D.=8.1) ผู้ประกอบการส่วนใหญ่ ร้อยละ 48.0 มีจำนวนพนักงานประจำในร้าน 1-3 คน โดยมีพนักงานประจำร้านเฉลี่ย 1.9 คน (S.D.=1.9) ผู้ประกอบการร้อยละ 49.6 มีการกู้ยืมเงินจากสถาบันการเงินเพื่อนำมาใช้ในการลงทุนดำเนินกิจการ โดยผู้ประกอบการร้อยละ 59.7 กู้ยืมเงินจากธนาคารของรัฐบาล เช่น ธนาคารออมสิน ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร ฯลฯ ผู้ประกอบการร้อยละ 92.8 ไม่เคยได้รับความช่วยเหลือในการดำเนินธุรกิจหรือการอบรมจากภาครัฐ

จากผลการศึกษาข้างต้นจะเห็นได้ว่า ผู้ประกอบการธุรกิจจำหน่ายปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ในจังหวัดอุดรธานี ส่วนใหญ่เป็นกิจการเจ้าของคนเดียว ขนาดเล็ก มีจำนวนเงินลงทุนไม่สูงนัก และยังมีภาระหนี้สินกับสถาบันการเงินจากการกู้ยืมเพื่อใช้ในการลงทุน และยังพบว่าผู้ประกอบการส่วนใหญ่อยู่ในช่วงวัยกลางคน มีการศึกษาดี แต่ยังมีประสบการณ์ในการดำเนินธุรกิจจำหน่ายปัจจัยการผลิตทางการเกษตรค่อนข้างน้อย

ปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จของผู้ประกอบการ

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จของผู้ประกอบการธุรกิจจำหน่ายปัจจัยการผลิตทางการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อมในจังหวัดอุดรธานี โดยใช้การสกัดองค์ประกอบด้วยเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principle component analysis) และหมุนแกนองค์ประกอบแบบมุมฉาก (Orthogonal rotation) ด้วยวิธีแวนริแมกซ์ (Varimax method) โดยก่อนการวิเคราะห์องค์ประกอบชุดข้อมูลได้ถูกนำมาวิเคราะห์ความเหมาะสม (Adequacy) พบว่ามีค่า Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) เท่ากับ 0.807 และผลการทดสอบ Bartlett's test of sphericity มีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2=1,648.55$, $p<0.01$) และค่าความสัมพันธ์กันของตัวแปร (Communality) อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม (มีค่ามากกว่า 0.40) ซึ่งแสดงว่าตัวแปรสามารถจัดอยู่ใน

องค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งได้อย่างชัดเจน ทั้งหมดนี้แสดงให้เห็นว่าชุดข้อมูลของการศึกษานี้มีความเหมาะสมในการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Hair *et al.*, 2006; Pinyo, 2018)

ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor loading) ที่จุดตัด 0.5 ซึ่งถูกใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาว่าตัวแปรใดควรจัดอยู่ในองค์ประกอบใด (Hair *et al.*, 2006) (Table 1) ซึ่งพบว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบสามารถแบ่งปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จของผู้ประกอบการได้ 9 ปัจจัย ซึ่งสามารถอธิบายความแปรปรวน (Total variance) ได้ร้อยละ 66.44 และ Figure 1 ได้แสดงกราฟ Scree plot จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของตัวแปรปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จของผู้ประกอบการ โดยทั้ง 9 ปัจจัย จะถูกตั้งชื่อตามค่าถ่วงน้ำหนักของตัวแปรในแต่ละปัจจัย ดังนี้ ปัจจัยที่ 1 (SucF₁) มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบตั้งแต่ 0.78-0.56 ประกอบไปด้วยตัวแปรจำนวน 5 ตัวแปร ซึ่งเกี่ยวข้องกับการประชาสัมพันธ์สินค้า การวางแผนการขาย การจัดรายการโปรโมชั่น การใช้เทคโนโลยีช่วยในการจัดการ และการแบ่งหน้าที่การทำงาน ปัจจัยนี้จึงถูกกำหนดชื่อเป็น “ปัจจัยการตลาด (Marketing factor)” ปัจจัยที่ 2 (SucF₂) มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบตั้งแต่ 0.80-0.63 ประกอบด้วยตัวแปรจำนวน 4 ตัวแปร ซึ่งเกี่ยวข้องกับการทำเลที่ตั้ง ความได้เปรียบด้านต้นทุน การกำหนดราคาสินค้า และการสร้างความประทับใจให้ลูกค้า ปัจจัยนี้จึงถูกกำหนดชื่อเป็น “ปัจจัยธุรกิจและคู่แข่ง (Business competitor factor)” ปัจจัยที่ 3 (SucF₃) มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบตั้งแต่ 0.68-0.52 ประกอบด้วยตัวแปรจำนวน 5 ตัวแปร ซึ่งเกี่ยวข้องกับความรู้ด้านกฎหมาย การเปลี่ยนแปลงทางการเมือง การปรับปรุงแก้ไขกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง ค่านิยมของลูกค้า และการรับรองความน่าเชื่อถือของธุรกิจ ปัจจัยนี้จึงถูกกำหนดชื่อเป็น “ปัจจัยกฎระเบียบและการเมือง (Law and politic factor)” ปัจจัยที่ 4 (SucF₄) มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบตั้งแต่ 0.79-0.50 ประกอบด้วยตัวแปรจำนวน 5 ตัวแปร ซึ่งเกี่ยวข้องกับการมีความรู้พื้นฐานด้านการเกษตร ประสบการณ์ในการ

ทำงาน การมีมนุษยสัมพันธ์ที่ดี ชอบเรียนรู้สิ่งใหม่ และมีความคิดสร้างสรรค์ ปัจจัยนี้จึงถูกกำหนดชื่อเป็น “ปัจจัยผู้ประกอบการ (Entrepreneurship factor)”

ปัจจัยที่ 5 (SucF₅) มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบตั้งแต่ 0.77-0.52 ประกอบด้วยตัวแปรจำนวน 4 ตัวแปร ซึ่งเกี่ยวกับการวางแผนงานจัดซื้อ สนใจความต้องการของลูกค้า ปรับการทำงานตามสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลง และการให้บริการด้วยสินค้าใหม่เสมอ ปัจจัยนี้จึงถูกกำหนดชื่อเป็น “ปัจจัยการจัดการภายใน (Internal management factor)” ปัจจัยที่ 6 (SucF₆) มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบตั้งแต่ 0.75-0.68 ประกอบด้วยตัวแปรจำนวน 2 ตัวแปร ซึ่งเกี่ยวข้องกับนโยบายการสนับสนุน SME และนโยบายการสนับสนุนการปลูกพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ปัจจัยนี้จึงถูกกำหนดชื่อเป็น “ปัจจัยนโยบายภาครัฐ (Government

policy factor)” ปัจจัยที่ 7 (SucF₇) มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบตั้งแต่ 0.79-0.69 ประกอบด้วยตัวแปรจำนวน 2 ตัวแปร ซึ่งเกี่ยวข้องกับความรู้ความมั่นคงในการทำงาน และความกล้าในการลงทุน ปัจจัยนี้จึงถูกกำหนดชื่อเป็น “ปัจจัยความมุ่งมั่นและกล้าเสี่ยง (Brave and determined factor)” ปัจจัยที่ 8 (SucF₈) มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบตั้งแต่ 0.69-0.58 ประกอบด้วยตัวแปรจำนวน 2 ตัวแปร ซึ่งเกี่ยวข้องกับการคิดอย่างเป็นระบบ และการมีเงินทุนหมุนเวียนในธุรกิจอย่างเพียงพอ ปัจจัยนี้จึงถูกกำหนดชื่อเป็น “ปัจจัยการวางแผนทางการเงิน (Financial planning factor)” ปัจจัยที่ 9 (SucF₉) มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบ 0.74 ประกอบด้วยตัวแปรจำนวน 1 ตัวแปร ปัจจัยนี้จึงถูกกำหนดชื่อเป็น “ปัจจัยการบริการหลังการขาย (Sale support factor)”

Table 1 Loadings of success factors

Variables	Success factors ^a									Communality
	SucF ₁	SucF ₂	SucF ₃	SucF ₄	SucF ₅	SucF ₆	SucF ₇	SucF ₈	SucF ₉	
Promote products and services in social media affecting to business operation (V27)	0.78									0.70
Using new technology to support in manage a business (V23)	0.78									0.69
Provide business sales target (V28)	0.63									0.66
Good division of work (V32)	0.56									0.64
Provide discounts and offers (V17)	0.56									0.55
Business located in a place that customer can easy to access (V3)		0.80								0.69
Business gain a cost competitiveness (V9)		0.70								0.73
Business set up a reasonable price of products and services (V5)		0.67								0.63

Table 1 (Continued)

Variables	Success factors ^a									Communa- lity
	SucF ₁	SucF ₂	SucF ₃	SucF ₄	SucF ₅	SucF ₆	SucF ₇	SucF ₈	SucF ₉	
Give customers impression (V2)	0.63									0.55
Awareness and perceived of business environment information affecting to business operation (V19)	0.68									0.69
Changes in Thailand's political situation affecting to business operation (V13)	0.67									0.54
Hazardous Substance Act affecting to business operation (V26)	0.65									0.65
Changes in customer values (V20)	0.57									0.71
Q Shop policies affecting to business operation (V30)	0.52									0.72
Thailand agricultural social structure affecting to business operation (V14)	0.38									0.59
Agricultural knowledge is important to manager in doing business (V7)	0.79									0.67
Personal experience in doing business (V4)	0.66									0.71
Human relationships skill is important to manager in doing business (V1)	0.59									0.67
Managers always challenge themselves to try new things (V18)	0.57									0.69
Creativities is important to manager in doing business (V12)	0.50									0.69
Have a good procurement plan (V21)	0.77									0.74
Always aware of customer needs (V15)	0.66									0.65
Have a management plan review and development process (V22)	0.52									0.68
Always provide new products and services to customer (V24)	0.52									0.63
SMEs promotion and development policies affecting to business operation (V29)	0.75									0.71

Table 1 (Continued)

Variables	Success factors ^a									Communality
	SucF ₁	SucF ₂	SucF ₃	SucF ₄	SucF ₅	SucF ₆	SucF ₇	SucF ₈	SucF ₉	
Cash crops promotion policies affecting to business operation (V16)						0.68				0.68
Thailand 4.0 policies affecting to business operation (V31)						0.43				0.59
Intention is important to manager in doing business (V6)							0.79			0.71
Brave is important to manager in doing business (V25)							0.69			0.66
Systematic thinking and management skills of manager's (V10)								0.69		0.75
Availability of business cash flow (V11)								0.58		0.67
Have a good after-sales service (V8)									0.74	0.62
Eigenvalues	8.33	2.79	2.02	1.79	1.58	1.37	1.18	1.16	1.04	
Percentage of total variance	10.26	9.76	9.18	7.94	7.90	6.58	6.21	4.63	3.98	
Cumulative percentage of the variance explained	10.26	20.02	29.20	37.14	45.04	51.62	57.84	62.46	66.44	

^a Factor loading for an absolute values greater than 0.4 are in **bold**.

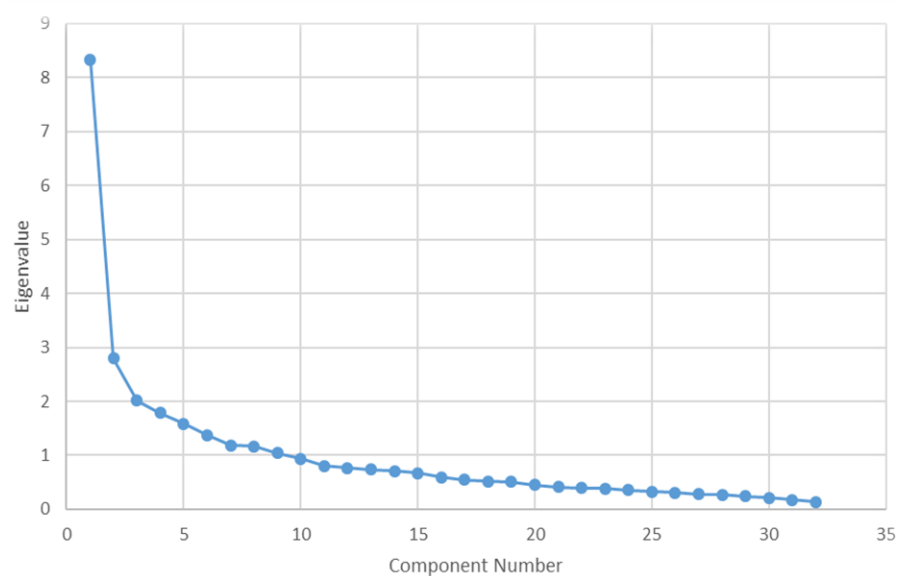


Figure 1 The scree plot of success factors

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จกับลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมของผู้ประกอบการ

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จกับลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมของผู้ประกอบการธุรกิจจำหน่ายปัจจัยการผลิตทางการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อมในจังหวัดอุดรธานี โดยใช้การวิเคราะห์สมการถดถอยพหุคูณ โดยแสดงค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรอิสระ และค่าสัมประสิทธิ์การทำนายของสมการ (Coefficient of determination; R^2) ใน Table 2 ผลการศึกษาพบว่าสมการที่ 7 ตัวแปรอิสระและตัวแปรตามมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) สมการที่ 8 ตัวแปรอิสระและตัวแปรตามมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และสมการที่ 3 และ 5 ตัวแปรอิสระและตัวแปรตามมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.10$) โดยพบว่า เพศมีอิทธิพลในทางลบกับปัจจัยกฎระเบียบและการเมืองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าผู้ประกอบการเพศชายให้ความสำคัญกับปัจจัย

กฎระเบียบและการเมืองว่าเป็นปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จของกิจการมากกว่าผู้ประกอบการเพศหญิงและเพศมีอิทธิพลในทางบวกกับปัจจัยความมุ่งมั่นและกล้าเสี่ยงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า ผู้ประกอบการเพศหญิงให้ความสำคัญกับปัจจัยความมุ่งมั่นและกล้าเสี่ยงว่าเป็นปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จของกิจการมากกว่าผู้ประกอบการเพศชาย จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าผู้ประกอบการเพศชายและหญิง ต่างมีมุมมองในปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จของกิจการต่างกัน ผู้ประกอบการเพศชายให้ความสนใจกับปัจจัยกฎระเบียบและการเมือง ว่าหากมีการเปลี่ยนแปลงในปัจจัยดังกล่าวอาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของกิจการ เช่น มาตรการการระงับการผลิต จำหน่าย นำเข้า และครอบครองสารเคมีทางการเกษตร 3 ชนิด ที่กำลังเป็นประเด็นในสังคมในขณะนี้ เป็นต้น ส่วนผู้ประกอบการเพศหญิงซึ่งเป็นเพศที่มีความละเอียดอ่อนและรอบคอบในการบริหารกิจการ ให้ความสำคัญกับปัจจัยความมุ่งมั่นและความกล้าเสี่ยง ซึ่งถือเป็นปัจจัยด้านจิตวิทยาและพฤติกรรมส่วนบุคคลที่สำคัญ (Benzing *et al.*, 2005)

Table 2 Multivariate regression coefficients of the success factors and socioeconomic characteristics of the small and medium agricultural supplies entrepreneur^a

Success factors	Independent variables						R^2
	Constant	Gen	Age	Edu	Inv	Exp	
Marketing (SucF ₁)	0.454	0.137	-0.018	0.008	8.27E-08	0.020	0.048
Business competitor (SucF ₂)	0.183	0.106	-0.006	-0.049	2.05E-08	0.002	0.007
Law and politic (SucF ₃)	0.217	-0.423**	-0.002	0.171	1.01E-07	-0.007	0.078*
Entrepreneurship (SucF ₄)	0.044	-0.165	0.001	-0.097	6.83E-08	0.001	0.013
Internal management (SucF ₅)	0.673	0.128	-0.024**	-0.114	1.34E-07*	0.025**	0.083*
Government policy (SucF ₆)	0.411	0.125	-0.080	-0.223	1.27E-07	-0.012	0.060

Table 2 (Continued)

Success factors	Independent variables						R ²
	Constant	Gen	Age	Edu	Inv	Exp	
Brave and determined (SucF ₇)	0.015	0.456***	-0.002	-0.520***	1.39E-07*	-0.005	0.141***
Financial planning (SucF ₈)	-0.326	-0.088	0.001	0.677***	-4.36E-08	0.011	0.114**
Sale support (SucF ₉)	-0.394	0.106	0.005	0.187	-3.09E-08	0.008	0.017

^avariables and models significant at * = (p<0.10); ** = (p<0.05) and *** = (p<0.01)

ปัจจัยด้านอายุมีอิทธิพลในทางลบกับปัจจัยการจัดการภายในอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าผู้ประกอบการที่มีอายุน้อยให้ความสำคัญกับปัจจัยการจัดการภายในว่าเป็นปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จของกิจการมากกว่าผู้ประกอบการที่มีอายุมาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผู้ประกอบการที่มีอายุน้อยถือเป็นคนรุ่นใหม่ มั่นใจว่าหากกิจการมีการบริหารจัดการภายในที่ดีและมีประสิทธิภาพแล้วจะสามารถช่วยทำให้กิจการประสบความสำเร็จได้

ระดับการศึกษามีอิทธิพลในทางลบกับปัจจัยความมุ่งมั่นและกล้าเสี่ยงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.01) ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า ผู้ประกอบการที่มีความรู้น้อยให้ความสำคัญกับปัจจัยความมุ่งมั่นและกล้าเสี่ยงว่าเป็นปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จของกิจการมากกว่าผู้ประกอบการที่มีความรู้สูง และระดับการศึกษามีอิทธิพลในทางบวกกับปัจจัยการวางแผนทางการเงินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.01) ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า ผู้ประกอบการที่มีความรู้สูงให้ความสำคัญกับปัจจัยการวางแผนทางการเงินว่าเป็นปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จของกิจการมากกว่าผู้ประกอบการที่มีความรู้ต่ำ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผู้ประกอบการที่มีความรู้ต่ำ เชื่อมั่นว่าการลงมือทำและมุ่งมั่นทุ่มเทจะสามารถช่วยให้กิจการประสบความสำเร็จ ซึ่งแตกต่างจากผู้ประกอบการที่มีความรู้มากที่เชื่อมั่นว่าการคิดวางแผนและจัดสรรทรัพยากรทางการเงินของกิจการอย่างมีระบบจะช่วยให้กิจการประสบความสำเร็จในการดำเนินงาน

จำนวนเงินลงทุนเริ่มแรกมีอิทธิพลในทางบวกกับปัจจัยการจัดการภายใน และปัจจัยความมุ่งมั่นและกล้าเสี่ยงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.10) ซึ่งอธิบายได้ว่าผู้ประกอบการที่มีจำนวนเงินลงทุนเริ่มแรกในกิจการสูงให้ความสำคัญกับปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จทั้ง 2 ปัจจัยว่าเป็นปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จของกิจการมากกว่าผู้ประกอบการที่มีจำนวนเงินลงทุนเริ่มแรกในกิจการน้อย เช่นเดียวกับประสบการณ์ในการดำเนินธุรกิจมีอิทธิพลในทางบวกกับปัจจัยการจัดการภายในอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ซึ่งอธิบายได้ว่าผู้ประกอบการที่มีประสบการณ์ในการดำเนินธุรกิจมานานให้ความสำคัญกับปัจจัยการจัดการภายในว่าเป็นปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จมากกว่าผู้ประกอบการที่มีประสบการณ์ในการดำเนินธุรกิจน้อย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผู้ประกอบการที่มีการลงทุนมาก และมีประสบการณ์ในการดำเนินธุรกิจมานานย่อมมีความรอบคอบและความระมัดระวังในการดำเนินธุรกิจสูง จึงเน้นและให้ความสำคัญกับการจัดการภายในกิจการอย่างเข้มข้น

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การศึกษาปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จของผู้ประกอบการธุรกิจจำหน่ายปัจจัยการผลิตทางการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อม ในจังหวัดอุดรธานี ผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบพบว่า สามารถจัดกลุ่มปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จของผู้ประกอบการได้ 9 ปัจจัย

ได้แก่ ปัจจัยด้านการตลาด ปัจจัยธุรกิจและคู่แข่ง ปัจจัยกฎระเบียบและการเมือง ปัจจัยผู้ประกอบการ ปัจจัยการจัดการภายใน ปัจจัยนโยบายภาครัฐ ปัจจัยความมุ่งมั่นและกล้าเสี่ยง ปัจจัยการวางแผนทางการเงิน และปัจจัยการบริการหลังการขาย นอกจากนี้ลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมของผู้ประกอบการมีอิทธิพลกับปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ เพศมีอิทธิพลในทางลบกับปัจจัยกฎระเบียบและการเมือง แต่เพศมีอิทธิพลในทางบวกกับปัจจัยความมุ่งมั่นและกล้าเสี่ยง อายุมีอิทธิพลในทางลบกับปัจจัยการจัดการภายใน ระดับการศึกษาไม่มีอิทธิพลในทางลบกับปัจจัยความมุ่งมั่นและกล้าเสี่ยง แต่ระดับการศึกษามีอิทธิพลในทางบวกกับปัจจัยการวางแผนทางการเงิน จำนวนเงินลงทุนเริ่มแรกมีอิทธิพลในทางบวกกับปัจจัยการจัดการภายใน และปัจจัยความมุ่งมั่นและกล้าเสี่ยง และประสบการณ์ในการดำเนินธุรกิจมีอิทธิพลในทางบวกกับปัจจัยการจัดการภายใน

จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่าผู้ประกอบการที่มีสภาพเศรษฐกิจและสังคมที่แตกต่างกัน ย่อมมีมุมมองหรือให้ความสำคัญกับปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จของกิจการที่แตกต่างกัน ดังนั้นหากภาครัฐหรือผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องต้องการกำหนดนโยบายเพื่อช่วยเหลือผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อมเหล่านี้ ควรดำเนินการดังนี้

1) ผู้กำหนดนโยบายภาครัฐหรือผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ควรออกแบบนโยบายให้มีความหลากหลายเพื่อให้ตรงกับความต้องการของผู้ประกอบการในแต่ละกลุ่มเป้าหมายนโยบายอย่างชัดเจน มาตรการสิทธิประโยชน์ทางการเงิน เช่น การลดภาษี สินเชื่อพระราชรัฐดอกเบี้ยพิเศษเพื่อธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม และกฎหมายหลักประกันทางธุรกิจเพื่อเพิ่มโอกาสเข้าถึงแหล่งเงินทุน ซึ่งอาจเหมาะสมสำหรับผู้ประกอบการที่เป็นคนรุ่นใหม่และมีความรู้สูง

2) ผู้กำหนดนโยบายภาครัฐหรือผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ไม่ควรมองข้ามปัจจัยทางด้านจิตวิทยาและพฤติกรรมส่วนบุคคลของผู้ประกอบการ เช่น การให้ความรู้เพื่อพัฒนาศักยภาพในการบริหารงานภายในของ

กิจการให้มีประสิทธิภาพ และการสร้างความมุ่งมั่นในการทำงาน น่าจะเป็นมาตรการที่น่าสนใจและสามารถเข้าถึงผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อมได้หลากหลายกลุ่มเป้าหมาย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ประกอบการธุรกิจจำหน่ายปัจจัยการผลิตทางการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อมในจังหวัดอุดรธานี ที่ได้กรุณาให้ข้อมูลเพื่อใช้ในการวิจัย และแลกเปลี่ยนข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ ทำให้งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- Bank of Thailand. 2018. **SMEs and Thai economy**. [Online]. Available https://www.bot.or.th/Thai/ResearchAndPublications/DocLib/_/article28_06_12.pdf (July 15, 2018). [in Thai]
- Benzing, C., H.M. Chu and G. Callanan. 2005. A regional comparison of the motivation and problems of Vietnamese entrepreneurs. **Journal of Development Entrepreneurship** 10(1): 3-27.
- Department of Agriculture. 2018. **Statistics of registered fertilizer store in Thailand**. [Online]. Available http://www.doa.go.th/ard/?page_id=312 (20 July 2018). [in Thai]
- Hair, J.F., W.C. Black, B.J. Babin, R.E. Anderson and R.L. Tatham. 2006. **Multivariate Data Analysis (6thed.)**. NJ: Pearson Prentice Hall. 897 p.

- Nishantha, B. and K.P.J.M. Pathirana. 2014. Motivation, perceived success factors and problems of entrepreneurs: evidence from a developing country in Asia. **International Journal of Process Management and Benchmarking** 4(3): 292-304.
- Office of Agricultural Economics. 2018. **Agricultural statistics of Thailand**. [Online]. Available <http://www.oae.go.th/assets/portals/1/files/journal/2562/yearbook2561.pdf> (July 15, 2018). [in Thai]
- Office of SMEs Promotion. 2018. **SMEs situation report**. [Online]. Available http://www.sme.go.th/upload/mod_download/download-20180912113024.pdf (12 July 2018). [in Thai]
- Pholphirul, P. 2013. Roles of Thai small and medium enterprises under creative economy. **NIDA Economic Review** 7(1): 205-250. [in Thai]
- Pinyo, T. 2018. Techniques for interpreting the results of factor analysis in research work. **Panyapiwat Journal** 10(Special Issue): 292-304. [in Thai]
- Scrimgeour, F., A. McDermott, C. Saunders, N. Shadbolt and G. Sheath. 2006. New Zealand Agribusiness Success: An Approach to Exploring the Role of Strategy, Structure and Conduct on Firm Performance. pp. 1-6. *In New Zealand Agricultural and Resource Economics Society Conference 25-27 August 2006*. Nelson: New Zealand.
- Songkramphu, J. and S. Aditto. 2015. Success factors of small and medium agribusiness enterprises (SMAEs) in Khon Kaen province. **Khon Kaen Agriculture Journal** 43(3): 525-534. [in Thai]
- The Udon Thani Provincial Office of the Comptroller General. 2018. **GPP of Udon Thani province**. [Online]. Available https://www.cgd.go.th/cs/udn/Bottom_up.html (15 July 2018). [in Thai]
- Vanichbuncha, K. 2012. **Using SPSS for Windows for Data Analysis (10thed.)**. Bangkok: Chulalongkorn University Press. 520 p. [in Thai]
- Yamane, T. 1973. **Statistics: An Introductory Analysis (3rded.)**. New York: Harper & Row. 1130 p.

องค์ประกอบมาตรฐานสินค้าเกษตรที่มีผลต่อความต้องการส่งเสริมการผลิตสับปะรด
เพื่อการส่งออกของเกษตรกรในเขตภาคเหนือของประเทศไทย
Agricultural Standard Components Affecting the Extension Needs
of Pineapple Production for Export by Farmers in Northern Thailand

เทอดพันธ์ ธรรมรัตน์พงษ์^{1*} เฉลิมศักดิ์ ตุ่มหิรัญ² และจินดา ขลิบทอง²

Thurdpan Tummarattanapong^{1*}, Chalernsak Toomhirun² and Jinda Khlibtong²

¹สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900

²แขนงวิชาส่งเสริมการเกษตร สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช นนทบุรี 11120

¹Office of Agricultural Regulation, Department of Agriculture, Bangkok, Thailand 10900

²Agricultural Extension and Development, School of Agriculture and Cooperative
Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi, Thailand 11120

*Corresponding author: Thurdpan.tum@gmail.com

Received : November 23, 2020

Revised : July 27, 2021

Accepted : November 01, 2021

Abstract

The objectives of the study were; 1) to examine the basic attributes and production process of pineapple farmers; 2) to analyze the components of agricultural standards extending pineapples production for export; 3) to investigate the components of agricultural standard affecting the farmers' needs of pineapple production for export. This mixed-method research employed an in-depth interviews for qualitative data collection with 7 key informants who involved in pineapple production for export and were selected by purposive sampling. In addition, questionnaire was administered to 660 pineapple farmers for quantitative data collection. The data was analyzed by descriptive statistics, factor analysis and multiple regression analysis.

It was found that most of pineapple famers were male with an average age of 45 years old. The pineapple production, on average, deployed 6 workers with the average production budget of 26,076.97 Baht per year, and the average profit of 17,152 Baht per rai. The study examined the variables of extension needs among farmers involving in pineapple production for export through in-depth interviews with key informants which included 29 variables. The factor analysis was correlated to minimize the variables and formulate the components of extension needs that consisted of 4 components of agricultural standard affecting the farmers' needs of pineapple production for export; i.e. 1) management of quality pineapple production for export; 2) sanitation and hygiene measures during the of packing pineapple for export; 3) quality requirements and tolerance criteria for pineapple

export; and 4) safe production of pineapple for export. The results may serve as a guideline for promoting farmers to produce high quality pineapples, safe for consumers, pest-free, and standard compliance with regulations of the destination country and export without being rejected for importation by the destination country.

Keywords: pineapple production, agricultural standard, the extension needs

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์คือ 1) เพื่อศึกษาสภาพพื้นฐานและสภาพการผลิตของเกษตรกรผู้ปลูกสับปะรด 2) เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบมาตรฐานสินค้าเกษตรที่เกษตรกรต้องการส่งเสริมการผลิตสับปะรดเพื่อการส่งออก 3) เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบมาตรฐานสินค้าเกษตรที่มีผลต่อความต้องการส่งเสริมการผลิตสับปะรดเพื่อการส่งออกของเกษตรกร การวิจัยนี้ใช้การวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed methods research) เพื่อเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยการสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้ให้ข้อมูลสำคัญ (Key informant) ด้านการผลิตและส่งออกสับปะรดจำนวน 7 คน โดยการสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง และเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ โดยใช้แบบสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ปลูกสับปะรด จำนวน 660 คน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ สถิติพรรณนา การวิเคราะห์องค์ประกอบ และการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ

ผลการศึกษาพบว่า สภาพพื้นฐานของเกษตรกรผู้ปลูกสับปะรดส่วนใหญ่เป็นเพศชาย อายุเฉลี่ย 45 ปี สภาพการผลิตสับปะรดใช้แรงงานเฉลี่ย 6 คน ใช้เงินทุนการผลิตเฉลี่ย 26,076.97 บาทต่อปี และได้กำไรในการผลิตสับปะรดส่งออกเฉลี่ยต่อไร่ เท่ากับ 17,152 บาท การศึกษาหาตัวแปรความต้องการการส่งเสริมการผลิตสับปะรดให้ได้มาตรฐานการส่งออก ได้จากการสัมภาษณ์ผู้ให้ข้อมูลสำคัญได้ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง จำนวน 29 ตัวแปร เมื่อนำตัวแปรทั้ง 29 ตัวแปร มาหาความสัมพันธ์เพื่อลดจำนวนตัวแปรลงด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบ พบว่าได้ 4 องค์ประกอบมาตรฐานสินค้าเกษตรที่เกษตรกร

ต้องการส่งเสริมการผลิตสับปะรดเพื่อการส่งออก คือ 1) การจัดการผลิตสับปะรดคุณภาพเพื่อการส่งออก 2) มาตรการสุขาภิบาลและสุขอนามัยการคัดบรรจุสับปะรดเพื่อการส่งออก 3) ข้อกำหนดด้านคุณภาพและเกณฑ์ตลาดเคลื่อนสำหรับสับปะรดส่งออก และ 4) การผลิตสับปะรดปลอดภัยสำหรับการส่งออก การวิจัยนี้เพื่อใช้เป็นแนวทางการส่งเสริมให้เกษตรกรสามารถผลิตสับปะรดได้อย่างมีคุณภาพ มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและปราศจากศัตรูพืช รวมถึงการผลิตสับปะรดให้ได้มาตรฐานตรงตามความต้องการของตลาดต่างประเทศ และสามารถส่งออกสับปะรดไปต่างประเทศได้โดยไม่ถูกส่งกลับหรือถูกปฏิเสธการนำเข้าจากประเทศปลายทาง

คำสำคัญ: การผลิตสับปะรด มาตรฐานสินค้าเกษตร ความต้องการการส่งเสริม

คำนำ

สับปะรดเป็นพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2562 มีการส่งออกสับปะรดแปรรูปไปต่างประเทศ คิดเป็นร้อยละ 95 แต่มีการส่งออกสับปะรดผลสดไปต่างประเทศได้เพียงร้อยละ 5 ทั้งนี้เนื่องจากการส่งออกสับปะรดผลสดต้องได้รับการรับรองสุขอนามัยและสุขอนามัยพืช (Sanitary and phytosanitary) เพื่อความปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค และการป้องกันการระบาดของศัตรูพืช หากสับปะรดที่ส่งออกไม่ได้รับการสุขอนามัยและสุขอนามัยพืชหรือปฏิบัติตามเงื่อนไขที่ประเทศผู้นำเข้ากำหนด จะส่งผลให้สับปะรด

ถูกกัก ถูกทำลาย หรือถูกปฏิเสธการนำเข้าประเทศ (Office of Agricultural Regulation, 2018)

คณะกรรมการขับเคลื่อนการพัฒนาและแก้ไขปัญหาด้านการผลิตสับปะรด ได้ส่งเสริมการผลิตสับปะรดผลสดในจังหวัดที่ปลูกสับปะรดแต่อยู่ห่างไกลที่ตั้งโรงงานสับปะรด ได้แก่ จังหวัดเชียงราย พะเยา ลำปาง และอุตรดิตถ์ โดยเน้นการผลิตสับปะรดตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (Good Agricultural Practice: GAP) และเน้นการผลิตสับปะรดปลอดภัยตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ สำหรับการส่งสับปะรดผลสดไปจำหน่ายยังต่างประเทศ (Office of Agricultural Economics, 2017)

National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards (2013) ได้ให้ความหมายมาตรฐานสินค้าเกษตร คือ ข้อปฏิบัติหรือข้อกำหนดให้กับผลผลิตทางการเกษตร สำหรับควบคุมและส่งเสริมการผลิตสินค้าเกษตรให้มีคุณภาพ ด้านงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความต้องการผลิตสับปะรดตามมาตรฐานสินค้าเกษตร โดย Tonabutr *et al.* (2017) ศึกษาการผลิตสับปะรดตามมาตรฐานสินค้าเกษตรของเกษตรกรในจังหวัดพิษณุโลก พบว่าเกษตรกรประสบปัญหาการผลิตสับปะรดไม่ได้มาตรฐาน จึงต้องการการส่งเสริมการผลิตสับปะรดตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีมากที่สุด รองลงมาคือ การส่งเสริมการผลิตตามมาตรฐานการปฏิบัติที่ดีในการผลิตอาหาร และการส่งเสริมการผลิตตามมาตรฐานสับปะรด เช่นเดียวกับ Ausaha (2012) ศึกษาความต้องการส่งเสริมการผลิตสับปะรดของเกษตรกรในจังหวัดเชียงราย พบว่าเกษตรกรต้องการผลิตสับปะรดปลอดภัยเพื่อการส่งออกตามมาตรฐานอินทรีย์มากที่สุด และ Tantiphiphatpong (2017) ได้เสนอแนวทางการผลิตสับปะรดเพื่อการส่งออก โดยการส่งเสริมให้เกษตรกรปฏิบัติตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี โดยเฉพาะการควบคุมการใช้ปุ๋ยและเคมีเกษตร รวมทั้งส่งเสริมให้ปฏิบัติตามมาตรฐานสับปะรด ซึ่งจะช่วยลดการสูญเสียจากสับปะรดที่ไม่ได้คุณภาพเมื่อส่งเข้าโรงงานคัดบรรจุ

จากปัญหาการปฏิเสธการนำเข้าสับปะรดผลสดที่ไม่ได้มาตรฐานของประเทศผู้นำเข้า ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาองค์ประกอบมาตรฐานสินค้าเกษตรที่มีผลต่อความต้องการส่งเสริมการผลิตสับปะรดเพื่อการส่งออกของเกษตรกรในเขตภาคเหนือของประเทศไทย ด้วยการศึกษาสภาพทั่วไปและสภาพการผลิตสับปะรดของเกษตรกร รวมทั้งวิเคราะห์องค์ประกอบมาตรฐานสินค้าเกษตรที่เกษตรกรต้องการได้รับการส่งเสริมสำหรับการผลิตสับปะรดเพื่อการส่งออก และวิเคราะห์องค์ประกอบมาตรฐานสินค้าเกษตรที่มีผลต่อความต้องการได้รับการส่งเสริมการผลิตสับปะรดเพื่อการส่งออก ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นแนวทางการส่งเสริมให้เกษตรกรสามารถผลิตสับปะรดได้ตามมาตรฐานสินค้าเกษตรและสามารถส่งออกสับปะรดไปต่างประเทศได้โดยไม่ถูกส่งกลับ หรือถูกปฏิเสธการนำเข้าจากประเทศผู้นำเข้าสับปะรด

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาวิจัย คือ ผู้ให้ข้อมูลสำคัญ (Key informants) ได้แก่ 1) ประธานศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร ในการผลิตสับปะรดคุณภาพ จำนวน 3 คน 2) นักวิชาการเกษตร กรมวิชาการเกษตร จำนวน 2 คน 3) นักวิชาการส่งเสริมการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร จำนวน 1 คน 4) เจ้าหน้าที่ด่านตรวจพืชเชิงของ จังหวัดเชียงราย จำนวน 1 คน รวมจำนวน 7 คน และเกษตรกรผู้ปลูกสับปะรดในเขตภาคเหนือ 4 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดเชียงราย ลำปาง พะเยา และอุตรดิตถ์ รวมจำนวน 1,620 คน โดยกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง ด้วยสูตรของ Yamane (1973) ที่ระดับความเชื่อมั่น 97% และยอมให้มีความคลาดเคลื่อนที่ 0.03 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง จังหวัดเชียงราย 247 คน พะเยา จำนวน 61 คน ลำปาง จำนวน 295 คน และอุตรดิตถ์ จำนวน 57 คน รวมจำนวน 660 คน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยกำหนดเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ใช้แบบสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth interview) เก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ กับกลุ่มผู้ให้ข้อมูลสำคัญ ประเด็นสัมภาษณ์ด้านมาตรฐานสินค้าเกษตรประกอบด้วย มาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี มาตรฐานการปฏิบัติที่ดีในการผลิตอาหาร มาตรฐานสับปะรดและมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ เพื่อสกัดปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตสับปะรดคุณภาพและได้มาตรฐานเพื่อการส่งออก และนำปัจจัยมาตรฐานสินค้าเกษตรที่ได้จากการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพมาเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ เกี่ยวกับความต้องการได้รับการส่งเสริมเพื่อการผลิตสับปะรดตามมาตรฐานสินค้าเกษตรเพื่อการส่งออกกับเกษตรกรผู้ปลูกสับปะรด จำนวน 4 จังหวัดในเขตภาคเหนือของประเทศไทย โดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง (Structured interview)

การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาสภาพพื้นฐานของเกษตรกรผู้ปลูกสับปะรด ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษาและประสบการณ์ในการปลูกสับปะรด และสภาพการผลิต ประกอบด้วย ปัจจัยนำเข้า กระบวนการนำเข้า และผลผลิต อธิบายโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าร้อยละ และค่าเฉลี่ย การวิเคราะห์องค์ประกอบมาตรฐานสินค้าเกษตร จากการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณด้านความต้องการส่งเสริมการผลิตสับปะรดตามมาตรฐานสินค้าเกษตร เพื่อการส่งออกของเกษตรกร ด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบโดยใช้สถิติวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor analysis) เพื่อรวมตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันมาไว้ในองค์ประกอบเดียวกัน ซึ่งพิจารณาได้จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรคู่ใดมีค่าใกล้ +1 หรือ -1 แสดงว่าตัวแปรคู่่นั้นมีความสัมพันธ์กันมากจึงควรจัดให้อยู่ในองค์ประกอบเดียวกัน หรือหากตัวแปรมีความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่นน้อยควรอยู่คนละองค์ประกอบ และเมื่อได้องค์ประกอบแล้ว ดำเนินการตั้งชื่อให้กับองค์ประกอบใหม่ที่ได้

(Vanichbuncha, 2012) หลังจากนั้นนำองค์ประกอบใหม่ที่ได้มาวิเคราะห์องค์ประกอบมาตรฐานสินค้าเกษตรที่มีผลต่อความต้องการส่งเสริมการผลิตสับปะรดตามมาตรฐานสินค้าเกษตรเพื่อการส่งออกของเกษตรกร โดยใช้สถิติวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis) และใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูปในการช่วยบันทึก วิเคราะห์ และแปลผลการวิจัย

ผลการวิจัยและวิจารณ์

สภาพพื้นฐานของเกษตรกรผู้ปลูกสับปะรด

ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรผู้ปลูกสับปะรดส่วนใหญ่ ร้อยละ 53.6 เป็นเพศชาย มีอายุอยู่ในช่วง 51-60 ปี โดยมีอายุเฉลี่ย 45 ปี จบการศึกษาระดับประถมศึกษา และมีประสบการณ์ในการปลูกสับปะรดเฉลี่ย 12 ปี

สภาพการผลิตของเกษตรกรผู้ปลูกสับปะรด

ผลการศึกษาพบว่า ด้านปัจจัยนำเข้า (Input) เกษตรกรส่วนใหญ่ใช้แรงงานในการผลิตสับปะรดเฉลี่ย 6 คน ใช้เงินทุนการผลิตเฉลี่ย 26,076.97 บาทต่อปี และได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับสับปะรดผ่านสื่อสังคมออนไลน์มากที่สุดร้อยละ 67.7 ด้านกระบวนการ (Process) พบว่าเกษตรกรส่งสับปะรดเข้าโรงงานคัดบรรจุเฉลี่ย 1.2 ตันต่อครั้ง และมีการแปรรูปสับปะรดเฉลี่ย 520 กิโลกรัมต่อวัน ด้านผลผลิต (Output) พบว่าเกษตรกรได้ผลผลิตสับปะรดเฉลี่ย 857 กิโลกรัมต่อไร่ และได้กำไรในการผลิตสับปะรดเฉลี่ยเท่ากับ 17,152 บาทต่อไร่

การวิเคราะห์องค์ประกอบมาตรฐานสินค้าเกษตรที่เกษตรกรต้องการได้รับการส่งเสริมสำหรับการผลิตสับปะรดเพื่อการส่งออก

ผู้วิจัยเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพกับกลุ่มผู้ให้ข้อมูลสำคัญ (Key informants) จำนวน 7 คน ได้ตัวแปรมาตรฐานสินค้าเกษตรที่เกี่ยวข้องกับการผลิตสับปะรดคุณภาพและได้มาตรฐานเพื่อการส่งออก จำนวน 29 ตัวแปร

และเมื่อนำตัวแปรทั้ง 29 ตัวแปร มาเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ ด้วยการสัมภาษณ์ถึงความต้องการได้รับการส่งเสริมตามมาตรฐานสินค้าเกษตรสำหรับการผลิตสับปะรดเพื่อการส่งออกกับเกษตรกรผู้ปลูกสับปะรดในเขตภาคเหนือของประเทศไทย จำนวน 660 คน ทำการวิเคราะห์

องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory factor analysis) เพื่อลดจำนวนตัวแปร โดยนำตัวแปรจำนวน 29 ตัวแปร มาหาความสัมพันธ์ โดยรวมตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันไว้เป็นองค์ประกอบเดียวกัน (Table 1)

Table 1 Total variance explained of extension needs for export pineapple production with agricultural standard of famers

Component	Extraction sums of squared loadings		
	Total	% of variance	Cumulative (%)
1	9.232	31.834	31.834
2	5.856	20.193	52.027
3	4.800	16.553	68.580
4	3.011	10.381	78.961
KMO = 0.767; Bartlett's Test = 36089.230; df = 406; Sig. = 0.000			

การวิเคราะห์องค์ประกอบมาตรฐานสินค้าเกษตร ที่เกษตรกรต้องการส่งเสริมการผลิตสับปะรดเพื่อการส่งออก พบค่า KMO (Kaiser-Meier-Olkin) เท่ากับ 0.767 ซึ่งมากกว่า 0.5 แสดงว่าตัวแปรด้านมาตรฐานสินค้าเกษตรมีความสัมพันธ์กันดี (Vanichbuncha, 2012) และจากสถิติ Bartlett's test of sphericity ซึ่งมีการแจกแจงโดยประมาณแบบ Chi-square test มีค่าเท่ากับ 36089.230 และ ค่า Sig. เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงให้เห็นว่า เมตริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรมาตรฐานสินค้าเกษตรทั้ง 29 ตัวแปร มีความสัมพันธ์กัน เมื่อทำการสกัดองค์ประกอบด้วยวิธี Principal component analysis พบว่าได้องค์ประกอบทั้งหมด 4 องค์ประกอบ เนื่องจากมีพิสัยไอเกน (Eigenvalue) มากกว่า 1 โดยมีค่าพิสัยไอเกนอยู่ระหว่าง 3.011-9.232 และสามารถอธิบายความแปรปรวนขององค์ประกอบ ทั้ง 4 ได้ร้อยละ 78.961 ซึ่งแต่ละตัวแปร

มาตรฐานสินค้าเกษตรที่เกษตรกรผู้ปลูกสับปะรดต้องการส่งเสริมการผลิตสับปะรดเพื่อการส่งออก มีแนวโน้มที่จะสามารถจัดตัวแปรทั้ง 29 ตัวแปร เข้าไปอยู่ใน 4 องค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งได้ (Table 1)

ผลการจัดตัวแปรด้านมาตรฐานสินค้าเกษตร ที่เกษตรกรผู้ปลูกสับปะรดต้องการส่งเสริมการผลิตสับปะรดเพื่อการส่งออก จำนวน 29 ตัวแปร เข้าไปอยู่ในองค์ประกอบทั้ง 4 องค์ประกอบ ภายหลังการหมุนแกนองค์ประกอบแบบหมุนฉากด้วยวิธี Varimax พบว่าแต่ละองค์ประกอบประกอบด้วยตัวแปร จำนวน 6-8 ตัวแปร โดยผู้วิจัยได้ตั้งชื่อใหม่ให้สื่อความหมายสอดคล้องครอบคลุมรายการตัวแปรในแต่ละองค์ประกอบ ทั้ง 4 องค์ประกอบ ดังนี้

องค์ประกอบที่ 1 มีค่า Eigenvalue เท่ากับ 9.232 (Table 1) และมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ระหว่าง 0.853-0.934 (Table 2) ประกอบด้วย 8 ตัวแปร คือ

X₁ : การจัดการผลิตสับปะรดให้ได้มาตรฐานการส่งออก
 X₂ : การบันทึกข้อมูลการผลิตสับปะรดทุกขั้นตอน
 X₃ : การลดการใช้สารเคมีในการกำจัดศัตรูสับปะรด
 X₄ : การจัดการเก็บเกี่ยวสับปะรดในระยะที่เหมาะสม
 X₅ : การปลูกสับปะรดบนพื้นที่ที่ไม่ปนเปื้อนสารเคมี
 X₆ : การใช้น้ำสะอาดในการผลิตสับปะรด
 X₇ : การจัดการเก็บเกี่ยวสับปะรดอย่างถูกวิธี

X₈ : ลักษณะวัตถุดิบทรายทางการเกษตรที่ถูกต้องตาม
 กฎหมาย

ตัวแปรทั้ง 8 ภายใต้อองค์ประกอบที่ 1 มีความสัมพันธ์กันด้านการจัดการผลิตสับปะรด จึงตั้งชื่อ
 องค์ประกอบว่า “การจัดการผลิตสับปะรดคุณภาพเพื่อ
 การส่งออก”

Table 2 Rotated component matrix of agricultural standard factors for pineapple production,
 export of components 1

Factors of Agricultural Standard	Component			
	1	2	3	4
X ₁	0.934	-	0.201	-
X ₂	0.932	-	0.228	0.111
X ₃	0.917	-	0.132	0.145
X ₄	0.904	-	0.220	0.114
X ₅	0.891	-	0.159	-
X ₆	0.886	-	0.166	0.165
X ₇	0.865	-	0.141	0.154
X ₈	0.853	-	0.251	-

องค์ประกอบที่ 2 มีค่า Eigenvalue เท่ากับ
 5.856 (Table 1) และมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ระหว่าง
 0.873-0.966 (Table 3) ประกอบด้วย 6 ตัวแปร คือ
 X₉ : มาตรการควบคุมการผลิต คัดบรรจุ และการขนส่ง
 ตามหลักสุขาภิบาล
 X₁₀ : กำหนดให้มีอ่างล้างมือ ห้องน้ำ และถังขยะ ในสถาน
 ปฏิบัติงาน
 X₁₁ : มาตรการจัดอบรมความรู้เกี่ยวกับสุขอนามัยส่วนบุคคล
 X₁₂ : มาตรการบำรุงรักษาเครื่องมือและอุปกรณ์
 การคัดบรรจุสับปะรดให้สะอาด

X₁₃ : ออกแบบอุปกรณ์และเครื่องมือการคัดบรรจุ
 สับปะรดให้สะอาดและปลอดภัย
 X₁₄ : มาตรการป้องกันสัตว์และแมลงเข้าไปใน
 โรงคัดบรรจุสับปะรด

ตัวแปรทั้ง 6 ภายใต้อองค์ประกอบที่ 2 มี
 ความสัมพันธ์กันด้านสุขาภิบาลและสุขอนามัยการผลิต
 สับปะรด จึงตั้งชื่อองค์ประกอบว่า “มาตรการสุขาภิบาล
 และสุขอนามัยการคัดบรรจุสับปะรดเพื่อการส่งออก”

Table 3 Rotated component matrix of agricultural standard factors for pineapple production, export of components 2

Factors of Agricultural Standard	Component			
	1	2	3	4
X ₉	-	0.966	-	-
X ₁₀	-	0.953	-	-
X ₁₁	-	0.947	-	-
X ₁₂	-	0.937	-	-
X ₁₃	-	0.917	-	-
X ₁₄	0.122	0.873	0.145	-

องค์ประกอบที่ 3 มีค่า Eigenvalue เท่ากับ 4.800 (Table 4) และมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ระหว่าง 0.739-0.883 (Table 4) ประกอบด้วย 7 ตัวแปร คือ

X₁₅ : ข้อกำหนดด้านคุณภาพสับปรดส่งออก

X₁₆ : ข้อกำหนดด้านเกณฑ์ตลาดเคลื่อนของสับปรดส่งออก

X₁₇ : ข้อกำหนดด้านสารพิษตกค้างของสับปรดส่งออก

X₁₈ : ข้อกำหนดด้านสารปนเปื้อนของสับปรดส่งออก

X₁₉ : ข้อกำหนดด้านขนาดของผลสับปรดส่งออก

X₂₀ : ข้อกำหนดเรื่องการบรรจุและหีบห่อสับปรดส่งออก

X₂₁ : สับปรดต้องไม่พบสารพิษตกค้าง

ตัวแปรทั้ง 6 ภายใต้องค์ประกอบที่ 3 มีความสัมพันธ์กันด้านการผลิตตามมาตรฐานสับปรด จึงตั้งชื่อองค์ประกอบว่า “ข้อกำหนดด้านคุณภาพและเกณฑ์ตลาดเคลื่อนสำหรับสับปรดส่งออก”

Table 4 Rotated component matrix of agricultural standard factors for pineapple production, export of components 3

Factors of Agricultural Standard	Component			
	1	2	3	4
X ₁₅	0.287	-	0.883	-
X ₁₆	0.145	0.104	0.861	-
X ₁₇	0.334	-	0.846	-

Table 4 (Continued)

Factors of Agricultural Standard	Component			
	1	2	3	4
X ₁₈	0.261	0.182	0.842	-
X ₁₉	-	-	0.841	-
X ₂₀	0.240	0.200	0.827	-
X ₂₁	0.160	0.164	0.739	-

องค์ประกอบที่ 4 มีค่า Eigenvalue เท่ากับ 3.011 (Table5) และมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ระหว่าง 0.571-0.872 (Table 5) ประกอบด้วย 8 ตัวแปร คือ
 X₂₂ : การใช้ส่วนขยายพันธุ์สับปะรดอินทรีย์มาปลูก
 X₂₃ : การป้องกันกำจัดศัตรูสับปะรดโดยไม่ใช้สารเคมี
 X₂₄ : การบำรุงรักษาสับปะรดโดยไม่ใช้สารเคมี
 X₂₅ : การเลือกพื้นที่ที่ไม่มีการปนเปื้อนสารเคมีเพื่อปลูกสับปะรด
 X₂₆ : วิธีป้องกันการปนเปื้อนที่ปะปนมาทางดิน น้ำ และอากาศ

X₂₇ : การป้องกันการปนเปื้อนสารเคมีขณะเก็บเกี่ยว
 X₂₈ : การป้องกันการปนเปื้อนสารเคมีขณะคัดบรรจุสับปะรด
 X₂₉ : การป้องกันการปนเปื้อนสารเคมีขณะส่งออกสับปะรด

ตัวแปรทั้ง 8 ภายใต้องค์ประกอบที่ 4 มีความสัมพันธ์กันด้านการผลิตเพื่อความปลอดภัยสำหรับผู้บริโภคจึงตั้งชื่อองค์ประกอบว่า “การผลิตสับปะรดปลอดภัยสำหรับการส่งออก”

Table 5 Rotated component matrix of agricultural standard factors for pineapple production, export of components 4

Factors of Agricultural Standard	Component			
	1	2	3	4
X ₂₂	-	-	-	0.872
X ₂₃	0.138	-	-	0.854
X ₂₄	-	-	-	0.849
X ₂₅	-	-	-	0.831
X ₂₆	0.126	-	-	0.800
X ₂₇	0.168	0.214	-	0.764
X ₂₈	-	0.108	0.179	0.722
X ₂₉	0.338	0.197	-	0.571

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบมาตรฐานสินค้าเกษตรที่เกษตรกรต้องการได้รับการส่งเสริมการผลิตสับปะรดเพื่อการส่งออก ประกอบด้วยองค์ประกอบ 4 ด้าน คือ 1) ด้านการจัดการผลิตสับปะรดคุณภาพเพื่อการส่งออก 2) ด้านมาตรการสุขาภิบาลและสุขอนามัยการคัดบรรจุสับปะรดเพื่อการส่งออก 3) ข้อกำหนดด้านคุณภาพและเกณฑ์ตลาดเคลื่อนสำหรับสับปะรดส่งออก และ 4) ด้านการผลิตสับปะรดปลอดภัยสำหรับการส่งออก ซึ่งหากส่งเสริมให้เกษตรกรได้ผลิตสับปะรดตามข้อปฏิบัติขององค์ประกอบทั้ง 4 ด้าน จะช่วยให้สามารถผลิตสับปะรดที่มีคุณภาพได้มาตรฐาน สามารถส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศได้โดยไม่ถูกกัก ถูกทำลาย หรือถูกปฏิเสธการนำเข้าประเทศ ซึ่งสอดคล้องกับ Tantiphiphatphong (2017) ได้เสนอแนวทางส่งเสริมการผลิตสับปะรดเพื่อการส่งออก โดยให้เกษตรกรผลิตสับปะรดตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี และสอดคล้องกับ Tonabutr *et al.* (2017) ได้เสนอแนวทางการส่งเสริมการผลิตสับปะรดตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี การปฏิบัติที่ดีสำหรับการผลิตอาหาร และมาตรฐานสับปะรด ทั้งนี้เพื่อให้ได้สับปะรดส่งออกที่มีคุณภาพมีความปลอดภัย เป็นที่เชื่อมั่นของผู้บริโภคในต่างประเทศ

การวิเคราะห์องค์ประกอบมาตรฐานสินค้าเกษตรที่มีผลต่อความต้องการได้รับการส่งเสริมการผลิตสับปะรดเพื่อการส่งออกของเกษตรกร

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบมาตรฐานสินค้าเกษตรทั้ง 4 ด้าน ที่มีผลต่อความต้องการส่งเสริมการผลิตสับปะรดตามมาตรฐานสินค้าเกษตรเพื่อการส่งออกของ

เกษตรกรผู้ปลูกสับปะรด มีค่า Sig. เท่ากับ 0.000 พบว่าน้อยกว่า 0.01 จึงยอมรับสมมติฐาน คือ องค์ประกอบมาตรฐานสินค้าเกษตร 4 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการจัดการผลิตสับปะรดคุณภาพเพื่อการส่งออก (X_1) 2) ด้านมาตรการสุขาภิบาลและสุขอนามัยการคัดบรรจุสับปะรดเพื่อการส่งออก (X_2) 3) ข้อกำหนดด้านคุณภาพและเกณฑ์ตลาดเคลื่อนสำหรับสับปะรดส่งออก (X_3) และ 4) ด้านการผลิตสับปะรดปลอดภัยสำหรับการส่งออก (X_4) ซึ่งมีผลต่อความต้องการส่งเสริมการผลิตสับปะรดตามมาตรฐานสินค้าเกษตรเพื่อการส่งออกของเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.01 และมีค่า Adjusted R^2 เท่ากับ 0.718 หรือร้อยละ 71.80 นั่นคือ องค์ประกอบมาตรฐานสินค้าเกษตรทั้ง 4 ด้าน มีผลให้เกษตรกรเกิดความต้องการผลิตสับปะรดตามมาตรฐานสินค้าเกษตรเพื่อการส่งออก ได้ถึงร้อยละ 71.80 ทั้งนี้เมื่อพิจารณาระดับความต้องการส่งเสริมการผลิตสับปะรดตามมาตรฐานสินค้าเกษตรจากค่า Beta (Standardized coefficients) สรุปได้ว่า องค์ประกอบด้านการจัดการผลิตสับปะรดคุณภาพเพื่อการส่งออก มีผลต่อความต้องการผลิตสับปะรดตามมาตรฐานสินค้าเกษตรเพื่อการส่งออกมากที่สุด (Beta = 0.404) รองลงมา คือ ด้านมาตรการสุขาภิบาลและสุขอนามัยการคัดบรรจุสับปะรดเพื่อการส่งออก (Beta = 0.339) ด้านการผลิตสับปะรดปลอดภัยสำหรับการส่งออก (Beta = 0.317) และข้อกำหนดด้านคุณภาพและเกณฑ์ตลาดเคลื่อนสำหรับสับปะรดส่งออก (Beta = 0.297) ตามลำดับ (Table 6)

Table 6 An analysis of agricultural standard components affecting the extension of pineapple production for export of farmers

Agricultural standard components	Coefficients			
	Extension needs of pineapple farmers			
	b	Beta	t	Sig.
X ₁	0.259	0.404	9.574	0.000**
X ₂	0.265	0.339	8.078	0.000**
X ₃	0.131	0.297	13.942	0.000**
X ₄	0.150	0.317	15.047	0.000**
Constant	1.381		8.821	0.000**
	R ² = 0.848	Adj.R ² = 0.718	Sig. = 0.000**	

**statistically significant level at 0.01

การวิเคราะห์องค์ประกอบมาตรฐานสินค้าเกษตรที่มีผลต่อความต้องการได้รับการส่งเสริมการผลิตสับปะรดเพื่อการส่งออกของเกษตรกรใช้วิธีการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณแบบคัดเลือกเข้า (Enter multiple regression analysis) โดยกำหนดสมมติฐานไว้ คือ องค์ประกอบมาตรฐานสินค้าเกษตร 4 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการจัดการผลิตสับปะรดคุณภาพเพื่อการส่งออก 2) ด้านมาตรการสุขาภิบาลและสุขอนามัยการคัดบรรจุสับปะรดเพื่อการส่งออก 3) ข้อกำหนดด้านคุณภาพและเกณฑ์ตลาดเคลื่อนสำหรับสับปะรดส่งออก และ 4) ด้านการผลิตสับปะรดปลอดภัยสำหรับการส่งออก มีผลต่อความต้องการส่งเสริมการผลิตสับปะรดตามมาตรฐานสินค้าเกษตรเพื่อการส่งออกของเกษตรกร โดยกำหนดให้

$\hat{Y}$ แทน ความต้องการส่งเสริมการผลิตสับปะรดตามมาตรฐานสินค้าเกษตรเพื่อการส่งออกของเกษตรกร

X₁ แทน ด้านการจัดการผลิตสับปะรดคุณภาพเพื่อการส่งออก

X₂ แทน ด้านมาตรการสุขาภิบาลและสุขอนามัยการคัดบรรจุสับปะรดเพื่อการส่งออก

X₃ แทน ข้อกำหนดด้านคุณภาพและเกณฑ์ตลาดเคลื่อนสำหรับสับปะรดส่งออก

X₄ แทน ด้านการผลิตสับปะรดปลอดภัยสำหรับการส่งออก

สามารถนำมาเขียนเป็นสมการถดถอยพหุคูณเพื่อใช้ในการพยากรณ์ ได้ดังนี้

$$\hat{Y} = 1.381 + 0.259X_1 + 0.265X_2 + 0.131X_3 + 0.150X_4$$

จากสมการแสดงให้เห็นว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุคูณของตัวแปรพยากรณ์สามารถใช้พยากรณ์การปฏิบัติตามมาตรฐานสินค้าเกษตรเพื่อการส่งออกของเกษตรกรผู้ปลูกสับปะรดได้ ดังนี้

ด้านการจัดการผลิตสับปะรดคุณภาพเพื่อการส่งออก (X₁) มีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอย เท่ากับ 0.259 หมายความว่า หากส่งเสริมให้เกิดการปฏิบัติตามองค์ประกอบ ด้านการจัดการผลิตสับปะรดคุณภาพเพื่อการส่งออก 1 หน่วย เกษตรกรจะต้องการผลิตสับปะรดตามมาตรฐานสินค้าเกษตรเพื่อการส่งออก เพิ่มขึ้น 0.259 หน่วย

ด้านมาตรการสุขาภิบาลและสุขอนามัยการคัดบรรจุสับปะรดเพื่อการส่งออก (X₂) มีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอย เท่ากับ 0.265 หมายความว่า หากส่งเสริมให้เกิดการปฏิบัติตามองค์ประกอบ ด้านมาตรการ

สุขาภิบาลและสุขอนามัยการคัดบรรจุสับปะรดเพื่อการส่งออก 1 หน่วย เกษตรกรจะต้องการผลิตสับปะรดตามมาตรฐานสินค้าเกษตรเพื่อการส่งออก เพิ่มขึ้น 0.265 หน่วย

ข้อกำหนดด้านคุณภาพและเกณฑ์ตลาดเคลื่อนสำหรับสับปะรดส่งออก (X_3) มีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอย เท่ากับ 0.131 หมายความว่า หากส่งเสริมให้เกิดการปฏิบัติตามองค์ประกอบ ข้อกำหนดด้านคุณภาพและเกณฑ์ตลาดเคลื่อนสำหรับสับปะรดส่งออก 1 หน่วย เกษตรกรจะต้องการผลิตสับปะรดตามมาตรฐานสินค้าเกษตรเพื่อการส่งออก เพิ่มขึ้น 0.131 หน่วย

ด้านการผลิตสับปะรดปลอดภัยสำหรับการส่งออก (X_4) มีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอย เท่ากับ 0.150 หมายความว่า หากส่งเสริมให้เกิดการปฏิบัติตามองค์ประกอบ ด้านการผลิตสับปะรดปลอดภัยสำหรับการส่งออก 1 หน่วย เกษตรกรจะต้องการผลิตสับปะรดตามมาตรฐานสินค้าเกษตรเพื่อการส่งออก เพิ่มขึ้น 0.150 หน่วย

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบมาตรฐานสินค้าเกษตร ทั้ง 4 ด้าน พบว่าเกษตรกรต้องการได้รับการส่งเสริมการผลิตสับปะรดตามมาตรฐานสินค้าเกษตรด้านการจัดการผลิตสับปะรดคุณภาพเพื่อการส่งออกมากที่สุด จากผลการสัมภาษณ์ผู้ให้ข้อมูลสำคัญทำให้ทราบว่า การผลิตสับปะรดให้ได้มาตรฐานส่งออก สิ่งสำคัญที่สุดต้องควบคุมคุณภาพทุกขั้นตอน เริ่มตั้งแต่กระบวนการผลิตในแปลงปลูก การคัดบรรจุในโรงงาน จนกระทั่งถึงการส่งออก โดยปฏิบัติตามให้เป็นไปตามเงื่อนไขของประเทศผู้นำเข้าสับปะรด ซึ่งสอดคล้องกับ Office of Agricultural Regulation (2018) อธิบายว่า การส่งออกสับปะรดผลสดไปต่างประเทศต้องผ่านการรับรองด้านสุขอนามัยและสุขอนามัยพืช (Sanitary and phytosanitary) เริ่มตั้งแต่การปลูกสับปะรดต้องมาจากการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (Good Agricultural Practices: GAP) การคัดบรรจุต้องปฏิบัติตามหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตอาหารอย่างปลอดภัย (Good Manufacturing Practice: GMP) (Tonabutr et al., 2017; Tantiphiphatphong,

2017) และผู้ส่งออกสับปะรดต้องได้รับการรับรองสุขอนามัยพืช (Phytosanitary certificate) ก่อนการส่งออกสับปะรดไปยังต่างประเทศ ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภคและป้องกันการเข้ารุกรานจากศัตรูพืชกักกันที่มีโอกาสแพร่ระบาดจากประเทศหนึ่งไปยังอีกประเทศหนึ่ง (Office of Agricultural Economics, 2017)

สรุปผลการวิจัย

องค์ประกอบมาตรฐานสินค้าเกษตรที่มีผลต่อความต้องการส่งเสริมการผลิตสับปะรดเพื่อการส่งออกของเกษตรกรในเขตภาคเหนือของประเทศไทย ประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญจำนวน 4 ด้าน คือ 1) ด้านการจัดการผลิตสับปะรดคุณภาพเพื่อการส่งออก 2) ด้านมาตรการสุขาภิบาลและสุขอนามัยการคัดบรรจุสับปะรดเพื่อการส่งออก 3) ข้อกำหนดด้านคุณภาพและเกณฑ์ตลาดเคลื่อนสำหรับสับปะรดส่งออก และ 4) ด้านการผลิตสับปะรดปลอดภัยสำหรับการส่งออก ทั้งนี้สามารถนำผลการวิจัยไปใช้ส่งเสริมความรู้ให้ตรงกับความต้องการของเกษตรกรโดยส่งเสริมการจัดการผลิตสับปะรดคุณภาพเพื่อการส่งออก ซึ่งจะช่วยให้เกษตรกรสามารถจัดการผลิตสับปะรดได้อย่างเป็นระบบ ทำให้ผลผลิตสับปะรดที่ได้มีคุณภาพ ได้รับการรับรองการผลิตและผลผลิตให้เป็นที่ยอมรับระหว่างผู้ผลิตกับผู้บริโภค รวมทั้งควรส่งเสริมให้เกษตรกรมีความรู้เกี่ยวกับมาตรการสุขาภิบาลและสุขอนามัยการคัดบรรจุสับปะรดเพื่อการส่งออก ด้วยการควบคุมและรักษามาตรฐานความสะอาดของผลผลิตสับปะรด รวมถึงเป็นการสร้างสุขอนามัยของเกษตรกรให้มีความปลอดภัยในขณะปฏิบัติงาน

นอกจากนี้ควรส่งเสริมการผลิตสับปะรดปลอดภัย ด้วยการส่งเสริมให้เกษตรกรผลิตสับปะรดอินทรีย์ หรือส่งเสริมให้ลดหรืองดการใช้สารเคมีในกระบวนการผลิต จะทำให้ผลผลิตสับปะรดมีความปลอดภัยจากการปนเปื้อนสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค และควรส่งเสริมการผลิตสับปะรดตาม

ข้อกำหนดด้านคุณภาพและเกณฑ์ตลาดเคลื่อนสำหรับ
สับปะรดส่งออก ด้วยการส่งเสริมให้เกษตรกรได้ผลิต
สับปะรดตามเงื่อนไขการนำเข้าของประเทศปลายทาง
และตรงตามความต้องการของผู้บริโภค จะช่วยให้การ
ผลิตสับปะรดได้มาตรฐานตรงตามข้อกำหนดของประเทศ
ผู้นำเข้า และตรงตามความต้องการของผู้บริโภคใน
ต่างประเทศ ซึ่งจะช่วยป้องกันการส่งคืนสินค้าหรือถูก
ปฏิเสธการนำเข้า เนื่องจากสินค้าไม่เป็นไปตามมาตรฐาน
ที่ประเทศปลายทางกำหนด ในส่วนของนโยบายภาครัฐ
คือ สามารถนำผลการศึกษาไปเป็นแนวทางการกำหนด
ยุทธศาสตร์เพื่อวางกลยุทธ์สำหรับการส่งเสริมการ
ผลิตสับปะรดให้ได้มาตรฐานการส่งออกอย่างครบวงจร
โดยเน้นการผลิตและการแปรรูป ให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มี
คุณภาพและได้มาตรฐานเพื่อการส่งออก นำไปสู่การ
พัฒนาที่ยั่งยืนของเกษตรกรผู้ผลิตสับปะรดในเขต
ภาคเหนือของประเทศไทย

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัย ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพื่อการ
ส่งเสริมการผลิตสับปะรด ตามมาตรฐานสินค้าเกษตรเพื่อ
การส่งออกสำหรับของเกษตรกร ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทั้ง 4 ด้าน
พบว่าเกษตรกรมีความต้องการรับการส่งเสริมด้านการ
จัดการผลิตสับปะรดคุณภาพเพื่อการส่งออกมากที่สุด
ดังนั้นหน่วยงานภาครัฐ ได้แก่ กรมส่งเสริมการเกษตร
และกรมวิชาการเกษตร หรือภาคเอกชน ควรร่วมกัน
ส่งเสริมให้เกษตรกรได้ทราบวิธีการจัดการผลิตสับปะรด
ให้ได้มาตรฐานการส่งออกเป็นอันดับแรก ด้วยการสอนให้
เกษตรกรรู้จักการวางแผนการผลิต มีการบันทึกข้อมูลการ
ผลิตสับปะรดทุกขั้นตอน และส่งเสริมการจัดการเก็บ
เกี่ยวสับปะรดในระยะที่เหมาะสม เป็นต้น ทั้งนี้เมื่อ
เกษตรกรปฏิบัติตามปัจจัยภายใต้องค์ประกอบการจัดการ
ผลิตสับปะรดคุณภาพเพื่อการส่งออกแล้ว จะทำให้ผลผลิต
สับปะรดที่จะส่งออกมีคุณภาพ เนื่องจากเป็นแนวทาง

การส่งเสริมการผลิตสับปะรดเพื่อการส่งออกตามมาตรฐาน
การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี

2. เกษตรกรมีความต้องการรับการส่งเสริมด้าน
มาตรการสุขาภิบาลและสุขอนามัยการคัดบรรจุสับปะรด
เพื่อการส่งออก ดังนั้นหน่วยงานภาครัฐ ได้แก่ กรม
ส่งเสริมการเกษตร กรมวิชาการเกษตร และสำนักงาน
คณะกรรมการอาหารและยา หรือภาคเอกชน ควรร่วมกัน
ส่งเสริมให้เกษตรกรที่ดำเนินการแปรรูปสับปะรดเพื่อการ
ส่งออก ได้ทราบมาตรการควบคุมการผลิต คัดบรรจุ และ
การขนส่งตามหลักสุขาภิบาล โดยกำหนดให้สถานที่แปรรูป
สับปะรดต้องมีอ่างล้างมือ ห้องน้ำ ถังขยะ และส่งเสริมให้
มีการมีการบำรุงรักษาและทำความสะอาดอุปกรณ์
การผลิต รวมทั้งมีการจัดอบรมความรู้เกี่ยวกับสุขอนามัย
ส่วนบุคคลให้กับเกษตรกรผู้ปลูกสับปะรด อย่างสม่ำเสมอ
เป็นต้น ทำให้สับปะรดแปรรูปที่จะส่งออกไม่มีสิ่งปนเปื้อน
ที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค เนื่องจากเป็นแนวทางการ
ส่งเสริมการผลิตสับปะรดเพื่อการส่งออกตามหลักเกณฑ์
วิธีการที่ดีในการผลิตอาหารอย่างปลอดภัย

3. เกษตรกรมีความต้องการรับการส่งเสริมด้าน
การผลิตสับปะรดปลอดภัยสำหรับการส่งออก ซึ่งประเทศ
ผู้นำเข้าหลายประเทศให้ความสำคัญกับมาตรฐานสินค้า
ปลอดภัย ได้แก่ มาตรฐานเกษตรอินทรีย์ ดังนั้นหน่วยงาน
ภาครัฐ ได้แก่ กรมส่งเสริมการเกษตร กรมวิชาการเกษตร
และสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ
หรือภาคเอกชน ควรร่วมกันส่งเสริมให้เกษตรกรเริ่มต้น
จากการเลือกใช้ส่วนผสมปุ๋ยสับปะรดอินทรีย์มาปลูก
การส่งเสริมการป้องกันกำจัดศัตรูสับปะรดและการ
บำรุงรักษาสับปะรดโดยไม่ใช้สารเคมี เป็นต้น ทำให้
ผลผลิตสับปะรดมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค เนื่องจาก
เป็นแนวทางการส่งเสริมการผลิตสับปะรดเพื่อการส่งออก
ตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์

4. เกษตรกรมีความต้องการความรู้ด้าน
ข้อกำหนดด้านคุณภาพและเกณฑ์ตลาดเคลื่อนสำหรับ
สับปะรดส่งออก ด้วยการส่งเสริมให้เกษตรกรได้ผลิต

สับปะรดตามข้อกำหนดด้านคุณภาพที่ประเทศปลายทางกำหนด ดังนั้นหน่วยงานภาครัฐ ได้แก่ กรมส่งเสริมการเกษตร กรมวิชาการเกษตร สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ และกรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ หรือภาคเอกชน ควรร่วมกันส่งเสริมให้เกษตรกรปฏิบัติตามปัจจัยภายใต้ข้อบังคับข้อกำหนดด้านคุณภาพและเกณฑ์ตลาดเคลื่อนสำหรับสับปะรดส่งออกจะทำให้คุณภาพของสับปะรดที่จะส่งออกได้มาตรฐานตามที่ประเทศปลายทางกำหนด เนื่องจากเป็นแนวทางการส่งเสริมการผลิตสับปะรดเพื่อการส่งออกตามมาตรฐานสับปะรด

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ นักวิชาการ เกษตรกรผู้ปลูกสับปะรด และคณาจารย์ แขนงวิชาส่งเสริมการเกษตร สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ที่ให้ข้อมูล คำปรึกษา งานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- Ausaha, E. 2012. A study of costs and profits of agriculturists' pineapple plantation in Ban Du sub-district, Muang district, Chiangrai province. **Journal of Management Science Chiangrai Rajabhat University** 7(2): 104-105. [in Thai]
- National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards. 2013. **AGRICULTURAL STANDARDS ACT (the 2nd Edition) B.E. 2556** . [Online]. Available http://web.acfs.go.th/km/download/thaiagrilaw_EN-2.pdf (5 October 2020). [in Thai]

Office of Agricultural Economics. 2017.

Establishing an approach to drive the pineapple manufacturing strategy phase 1 (2018-2021).

 [Online].

Available <http://www.rid5.net/2560/work/12/03.pdf> (3 October 2020). [in Thai]

Office of Agricultural Regulation. 2018. Pests, Regulations and Requirements for the Import of Plants of the Destination Country. pp. 14-404. *In Proceedings of Academic Conference 10-11 August 2018*. Bangkok: Department of Agriculture. [in Thai]

Tantiphiphatphong, G. 2017. **Guidelines for Extension of Agricultural Processing for Export – Case Study Pineapple Fruit**. Master Thesis. Thailand National Defence College. 79 p. [in Thai]

Tonabutr, P., S. Sisang and P. Saranrom. 2017. Pineapple Production Adhering to Quality Management System and Industrial Standardization by Farmers in Nakhon Thai District of Phitsanulok Province. pp. 1969-1982. *In The 8th STOU National Research Conference*. Nonthaburi: Sukhothai Thammathirat Open University. [in Thai]

Vanichbuncha, K. 2012. **Using SPSS for Windows in Data Analysis**. 20thed. Bangkok: Thammasarn Printing House. 520 p. [in Thai]

Yamane, T. 1973. **Statistics an Introductory Analysis**. 3rd. New York: Harper and Row. 1130 p.

การศึกษาและพัฒนาตัวชี้วัดทักษะชีวิตและความสุขในการดำเนินชีวิต
ของเกษตรกรในจังหวัดเชียงใหม่

A Study and Development of Farmers' Life Skill and Happiness Indicators
in Chiang Mai

พัาวรินยา สูงขาว^{1*} สีนินุช ครุทเมือง แสนเสริม¹ บำเพ็ญ เขียวหวาน¹ และสุรพล เศรษฐบุตร²
Fawarinya Soongkhaw^{1*}, Sineenuch Khrutmuang Sanserm¹, Bumpen Keowan¹
and Suraphol Sreshthaputra²

¹สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช นนทบุรี 11120

²คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

¹Major of Agriculture Extension and Cooperatives, Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi, Thailand 11120

²Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand 50200

*Corresponding author : fawarinya@gmail.com

Abstract

Received : October 17, 2021

Revised : February 02, 2022

Accepted : March 14, 2022

The purposes of this research were; 1) to study the farmers' contexts and develop the farmers' life skill and happiness indicators; 2) to assess the farmers' life skill and happiness indicators; and 3) to develop the extension model for enhancing the farmers' life skills and happiness. In this research and development, the literature was systematically reviewed on the related concepts, theories, and research in Thai and international studies in order to develop the indicators and the models for enhancing the farmers' life skills and happiness. Then the drafted indicators and models were evaluated on completeness and correctness by 15 participants who were farmer representatives and experts in agriculture in Chiang Mai. Purposive sampling was used to select the sample participants. The research instruments included an assessment form with the index of item objective congruence at 0.702, an interview, with the index of item objective congruence at 0.869, and a focus group. The results showed that there were 10 suitable indicators in total for the farmers' life skills and happiness. The life skills indicators consisted of 39 variables in 3 areas: occupation, group operation and network connection, and learning. Meanwhile, the happiness indicators consisted of 26 variables in 7 aspects: physical happiness, mental happiness, happiness in knowledge seeking, happiness in having a good job, happiness with income and being debt-free, happiness in a good family, and happiness in society. In the extension of the model, the agricultural scholars, knowledgeable people, and model farmers implemented the

model through education about the correct life skills and happiness development through online media channels such as mobile phones, LINE, and Facebook as well as offline media such as talks, training sessions, and meetings. These activities will benefit farmers, agricultural extension officers, and related agencies.

Keywords: indicator development, extension model, life skills, happiness, farmers in Chiang Mai

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาบริบทของเกษตรกรและพัฒนาตัวชี้วัดทักษะชีวิตและความสุขในการดำเนินชีวิตของเกษตรกร 2) ประเมินตัวชี้วัดทักษะชีวิตและความสุขของเกษตรกร และ 3) พัฒนาโมเดลการส่งเสริมเพื่อสร้างเสริมทักษะชีวิตและความสุขของเกษตรกร เป็นการวิจัยและพัฒนาโดยการทบทวนแนวคิดทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศอย่างเป็นระบบ เพื่อทำการพัฒนาตัวชี้วัดและพัฒนาโมเดลการส่งเสริมเพื่อสร้างเสริมทักษะชีวิต และความสุขของเกษตรกร และนำร่างตัวชี้วัดโมเดลการส่งเสริมที่ได้พัฒนาขึ้นให้ผู้แทนเกษตรกรและผู้ทรงคุณวุฒิด้านการเกษตรในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 15 คน ทำการประเมินความครบถ้วนและถูกต้องของตัวชี้วัด และใช้วิธีการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้คือ แบบประเมินมีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 0.702 แบบสัมภาษณ์มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 0.869 และการสนทนากลุ่ม ผลการวิจัยพบว่าตัวชี้วัดทักษะชีวิตและความสุขของเกษตรกรที่เหมาะสมมีจำนวนทั้งหมด 10 ตัวชี้วัด ประกอบด้วยตัวชี้วัดทักษะชีวิต 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการประกอบอาชีพ ด้านการดำเนินงานกลุ่มและการเชื่อมโยงเครือข่าย และด้านการเรียนรู้ ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 39 ตัวแปร และตัวชี้วัดความสุขมี 7 ด้าน ได้แก่ ด้านความสุขทางกาย ด้านความสุขทางใจ ด้านความสุขในการหาความรู้ ด้านความสุขในการงานที่ดี ด้านความสุขที่มีผลผลิตดี มีรายได้ และปลอดภัย ด้านความสุขที่ครอบครัวดี และด้านความสุขในสังคมดี ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 26 ตัวแปร และโมเดลการส่งเสริมควรให้

นักวิชาการด้านการเกษตรและผู้รู้ เกษตรกรต้นแบบ ที่มีความเชี่ยวชาญให้ความรู้และส่งเสริมเรื่องการพัฒนาทักษะชีวิตและความสุขที่ถูกต้อง โดยผ่านช่องทางสื่อออนไลน์ เช่น การใช้โทรศัพท์ ไลน์ เฟซบุ๊ก สื่อออนไลน์ เช่น การพูดคุย การอบรม การประชุม ซึ่งจะเป็นโยบายสนับสนุนเกษตรกรเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

คำสำคัญ: การพัฒนาตัวชี้วัด โมเดลการส่งเสริมทักษะชีวิต ความสุข เกษตรกรในจังหวัดเชียงใหม่

คำนำ

การดำรงชีวิตในปัจจุบันทักษะชีวิตและอาชีพ (Life and career skills) มีความสำคัญที่ต้องได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้เกิดทักษะที่สามารถนำไปใช้ได้ ในปัจจุบันและอนาคต (Curriculum Services Canada, 2014) การพัฒนาทักษะชีวิตยังเป็นภูมิคุ้มกันความเสี่ยงในการดำเนินชีวิตทั้งปัจจุบันและอนาคตให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้ดีและมีความสุข (World Health Organization, 1999) การมีทักษะชีวิตจะช่วยให้มนุษย์ใช้ชีวิตและประกอบอาชีพได้อย่างมีความสุข มนุษย์ที่ดำเนินชีวิตอยู่ในสังคมแล้วแต่ต้องการความสุขด้วยกันทั้งสิ้น (Palitpongpanim, 2017) จากการศึกษาข้อมูลและสภาพปัญหาในพื้นที่การวิจัยจังหวัดเชียงใหม่พบว่าพื้นที่ 4 อำเภอ ได้แก่ อำเภอสันกำแพง อำเภอสันป่าตอง อำเภอสารภี และอำเภอแมริม พบปัญหาคือ ต้นทุนการผลิตสูง ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีโรคและแมลงศัตรูพืชระบาด อำเภอสันป่าตองเมื่อเกิดวิกฤตการณ์

การแพร่ระบาดของ COVID-19 ส่งผลให้ราคาลำไยตกต่ำ และการส่งออกชะลอตัวลง อำเภอสารภีประสบกับปัญหาการผลิตลำไย เช่น สภาพดินฟ้าอากาศเปลี่ยนแปลง ปัญหาการขาดแคลนแรงงานในช่วงฤดูการเก็บเกี่ยวผลผลิต ไม่สามารถคัดแยกผลผลิตที่มีคุณภาพเพื่อจำหน่ายแก่ผู้ประกอบการส่งออกลำไยสดได้ เป็นต้น และอำเภอมะริมประสบปัญหาผลผลิตข้าวราคาต่ำ ผลกำไรจากการทำนาขายข้าวต่ำ และต้นทุนการผลิตสูง (Office of Agricultural Extension and Development, 2020) ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นกับเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ ข้างต้น อาจส่งผลให้เกษตรกรมีคุณภาพชีวิตตกต่ำลง มีความสุขลดลง และปัญหาอาจทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น จนส่งผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของเกษตรกร และครอบครัว และการเลือกทางออกที่ผิดพลาด

การสร้างตัวชี้วัดทักษะชีวิตของเกษตรกรที่มีความสอดคล้องกับบริบทของเกษตรกร ทำให้ทราบถึงแนวทางการพัฒนา และยกระดับทักษะชีวิตและความสุขของเกษตรกรให้ดียิ่งขึ้น จากความสำคัญของการพัฒนาเกษตรกรให้มีทักษะชีวิตที่ดีควบคู่กับการมีความผาสุกในการดำเนินชีวิต ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาตัวชี้วัดทักษะชีวิต และความสุขในการดำเนินชีวิตของเกษตรกรจังหวัดเชียงใหม่ เพื่อนำมาใช้เป็นกรอบมาตรฐานในการวิเคราะห์ข้อมูลทักษะชีวิต ความสุข สภาพปัญหา และความต้องการในการดำเนินชีวิตของเกษตรกร และใช้สร้างโมเดลเพื่อสร้างเสริมทักษะชีวิตและความสุขของเกษตรกรในการวิจัยระยะต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา ซึ่งได้กำหนดวิธีดำเนินการวิจัยที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัยใน 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. การศึกษาและพัฒนาตัวชี้วัดทักษะชีวิตและความสุขในการดำเนินชีวิตของเกษตรกร และบริบทของเกษตรกร ประกอบด้วย 1) ศึกษาและทบทวนแนวคิด

ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2) ศึกษาบริบทของเกษตรกรเกี่ยวกับทักษะชีวิตและความสุข 3) สร้างแบบประเมินตัวชี้วัด 4) ประเมินตัวชี้วัดทักษะชีวิตและตัวชี้วัดความสุขโดยผู้เชี่ยวชาญ 5) สร้างแบบสัมภาษณ์จากประเด็นตัวชี้วัด และ 6) การสัมภาษณ์และการสนทนากลุ่ม

2. การประเมินตัวชี้วัดทักษะชีวิต และความสุขของเกษตรกรจังหวัดเชียงใหม่

นำร่างตัวชี้วัดทักษะชีวิต และความสุขของเกษตรกรจังหวัดเชียงใหม่ในด้านต่าง ๆ ที่สังเคราะห์ได้จากแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในขั้นตอนที่ 1 มาทำการประเมินความถูกต้องและครบถ้วน โดยผู้ทรงคุณวุฒิที่ทำการคัดเลือกแบบเจาะจง จำนวนทั้งหมด 15 คน ได้แก่ ประธานกลุ่มเกษตรกร เกษตรอำเภ และนักวิชาการด้านการเกษตรในสถาบันการศึกษาที่มีความรู้และประสบการณ์ในการพัฒนา ส่งเสริม และมีส่วนร่วมในการดำเนินกิจกรรมการเกษตรในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ ทำการประเมินโดยใช้แบบประเมินและการจัดสนทนากลุ่มเพื่อรวบรวมความคิดเห็นและผลประเมินตัวชี้วัด จากนั้นคัดเลือกตัวชี้วัดที่กลุ่มตัวอย่างมากกว่าร้อยละ 70 ประเมินว่าสามารถใช้งานได้มาทำการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ และนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

3. การพัฒนาโมเดลการส่งเสริมเพื่อเสริมสร้างทักษะชีวิต และความสุขของเกษตรกรจังหวัดเชียงใหม่ ได้ทำการพัฒนาและจัดสนทนากลุ่มกับผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้และประสบการณ์ (Focus group) ผู้ทรงคุณวุฒิที่ทำการคัดเลือกแบบเจาะจง จำนวนทั้งหมด 15 คน เพื่อพิจารณาให้ความเห็นเกี่ยวกับแนวทางการสร้างเสริมทักษะชีวิตและความสุข และให้ความเห็นขั้นต้นต่อรูปแบบการส่งเสริม เพื่อสร้างเสริมทักษะชีวิตและความสุขของเกษตรกรที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น และนำผลที่ได้จากการสังเคราะห์ไปพัฒนาขอรับการยืนยันรูปแบบจากผู้เชี่ยวชาญเพื่อพิจารณารับรองโมเดลการส่งเสริม เพื่อสร้างเสริมทักษะชีวิตและความสุขของเกษตรกร

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาริบทของเกษตรกรและพัฒนาตัวชี้วัดทักษะชีวิตและความสุขในการดำเนินชีวิตของเกษตรกร

จากการศึกษาเอกสาร ในการพัฒนาตัวชี้วัด

ทักษะชีวิต และความสุขในการดำเนินชีวิตของเกษตรกร เพื่อสังเคราะห์องค์ความรู้จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนำมา กำหนดเป็นตัวแปรที่จำเป็นต่อการกำหนดตัวชี้วัดในด้านต่าง ๆ ของเกษตรกรสรุปได้ดังนี้

Table 1 Synthesis of the concepts and theories relating to the farmers' life skill indicators

Main indicators	Indicators for consideration	Used indicators	Reference concepts / Theories
1. Occupational skills	- Material/raw material	8 used indicators	Suharitdumrong (2016)
1.1 Production skills	- procurement	- Skills in production resource	Sorat (2007)
	- Product distribution	management (soil, water, genetics)	Samehjai (2014)
	- Logistics management	- Skills in planning production	National Science and
	- Production planning	- Skills in finding sources of	Technology Development
	- Purchase decision behaviors	production fund	Agency (2019)
	- Evaluation	- Skills in maintaining plant and	
	- Financing	animal production	
	- Analytical thinking	- Skills in using production	
	- Decision-making	technology	
	- Problem-solving	- Skills in processing products	
	- Product maintenance	- Skills in producing products	
	- Use of technology	with standard and quality	
	- Creative thinking	- Skills in producing agricultural	
	- Awareness	products according to market	
	- Product processing	demand	
	- Production of quality		
	products		
	- Differentiation		
	- Production according to		
	market demand		

Table 1 (Continued)

Main indicators	Indicators for consideration	Used indicators	Reference concepts / Theories
1.2 Marketing skills	- Technology (T) - Economy (E) - Natural resources and environment (Resources: R) - Moral (M) - Social (S) - Product - Price - Product distribution (Place) - Sales promotion - Product development - Marketing planning	5 used indicators - Skills in marketing planning - Skills in product development - Skills in prices - Skills in marketing management - Skills in sales promotion	Kheawwan (2011) Kotler <i>et al.</i> (2017)
2. Skills in group operation and network connection	- Sufficiency economy philosophy with 3 interlocking components and 2 conditions - Royal policy of King Rama 10 in 4 aspects - Aggregation of group members to do activities - Coordination - Planning - Problem-solving - Cooperation - Communication - Network connection - Participation - Evaluation	10 used indicators - Skills in group planning - Skills in doing group activities - Skills in group coordination - Skills in solving group problems - Skills in working together with other people - Skills in group communication - Skills in following up and evaluating group performance - Skills in connecting network with farmers in a community - Skills in connecting network with farmers outside a community - Skills in connecting farmer network with agencies	Herminia and Morten (2018) Kanchanawasi (2017) Charoenwongsak (2002)
3. Learning skills	- Teaching about knowledge of information - Knowledge and understanding construction - Knowledge identification - Knowledge acquisition - Knowledge connection and knowledge creation - Knowledge sharing - Knowledge exchange, expansion and transfer - Knowledge application and expansion - Learning evaluation	7 used indicators - Skills in knowledge identification - Skills in knowledge / information acquisition - Skills in knowledge connection and knowledge creation - Skills in knowledge sharing (learning for communication) - Skills in knowledge exchange, expansion and transfer - Skills in knowledge application and expansion - Skills in learning evaluation	Phimonrattanakan (2013) Maitawthong (2020)

1) The selected indicators are relevant to agriculture; 2) The unselected indicators are irrelevant to agriculture.

ตัวชี้วัดทักษะชีวิต

จากการสังเคราะห์แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับตัวชี้วัดทักษะชีวิตของเกษตรกรใน Table 1 พบว่าตัวชี้วัดทักษะชีวิตประกอบด้วย 3 ตัวชี้วัดหลัก ดังนี้

1. ทักษะด้านการประกอบอาชีพ จำแนกได้ 2 ทักษะย่อย ดังนี้

1) ทักษะการผลิต ประกอบด้วย 8 ตัวแปร ได้แก่ (1) ทักษะในการจัดการทรัพยากรเพื่อการผลิต (ดิน น้ำ พันธุ์กรรม) (2) ทักษะในการวางแผนในการผลิตที่เหมาะสม (3) ทักษะในการหาแหล่งทุนในการผลิต (4) ทักษะด้านการดูแลรักษาการผลิตพืชและสัตว์ (5) ทักษะในการใช้เทคโนโลยีการผลิต (6) ทักษะในการแปรรูปผลผลิต (7) ทักษะในการผลิตสินค้าที่มีคุณภาพมาตรฐาน และ (8) ทักษะในการผลิตสินค้าทางการเกษตรตรงกับความต้องการของตลาดได้

2) ทักษะการตลาด ประกอบด้วย 5 ตัวแปร ได้แก่ (1) ทักษะการวางแผนการตลาด (2) ทักษะในการพัฒนาตัวสินค้า (3) ทักษะในด้านราคา (4) ทักษะการจัดการการตลาด และ (5) ทักษะการส่งเสริมการขาย

2. ทักษะด้านการดำเนินงานกลุ่มและการเชื่อมโยงเครือข่าย ประกอบด้วย 10 ตัวแปร ได้แก่ (1) ทักษะในการวางแผนกลุ่ม (2) ทักษะในการทำกิจกรรมกลุ่ม (3) ทักษะในการประสานงานกับกลุ่ม (4) ทักษะในการแก้ไขปัญหาในกลุ่ม (5) ทักษะในการทำงานร่วมกับผู้อื่น (6) ทักษะในการสื่อสารกับกลุ่ม (7) ทักษะในการติดตามและประเมินผลการดำเนินของกลุ่ม (8) ทักษะการเชื่อมโยงเครือข่ายกับเกษตรกรภายในชุมชน (9) ทักษะการเชื่อมโยงเครือข่ายกับเกษตรกรภายนอกชุมชน และ (10) ทักษะการเชื่อมโยงเครือข่ายของเกษตรกรกับหน่วยงาน

3. ทักษะด้านการเรียนรู้ จำแนกได้ 7 ทักษะย่อย ดังนี้

1) ทักษะการบ่งชี้ความรู้ ประกอบด้วย 4 ตัวแปร ได้แก่ (1) ทักษะการทำปฏินิวัติด้วยตนเอง (2) ทักษะในการดูแลรักษาการจัดการเก็บเกี่ยวพืช

ประเภทต่าง ๆ ได้ด้วยตัวเอง (3) ทักษะในการเรียนรู้เพื่อการแก้ไขปัญหาในการจำหน่ายผลผลิตทางการเกษตรได้ด้วยตนเอง และ (4) ทักษะในการเรียนรู้การปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อม สภาพ น้ำ ลม พายุ อากาศ เพื่อเพิ่มผลผลิตให้เหมาะสมได้ด้วยตนเอง

2) ทักษะการแสวงหาความรู้/สารสนเทศ ประกอบด้วย 3 ตัวแปร ได้แก่ (1) ทักษะในการเรียนรู้ศึกษาข้อมูลข่าวสารได้ดี (2) ทักษะในการแสวงหาความรู้เกี่ยวกับการเกษตรในสื่อออนไลน์ได้ และ (3) ทักษะในการค้นพบปัญหาด้านการเกษตรแล้วนำมาพัฒนาปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้น

3) ทักษะในการเชื่อมโยงความรู้และสร้างองค์ความรู้ ประกอบด้วย 3 ตัวแปร ได้แก่ (1) ทักษะในการเรียนรู้เชื่อมโยงเครือข่ายกับตลาด (2) ทักษะในการเชื่อมโยงกับสถานการณ์หรืองานอื่น ๆ ที่ต้องการเป็นอย่างดี และ (3) ทักษะในการมองเห็นความเกี่ยวข้องเชื่อมโยงระหว่างความรู้และทักษะ/กระบวนการที่มีในเนื้อหานั้นกับงานที่เกี่ยวข้อง

4) ทักษะการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ความรู้ (เรียนรู้เพื่อสื่อสาร) ประกอบด้วย 1 ตัวแปร คือ ทักษะในการเรียนรู้ให้ความรู้ คำปรึกษา ทั้งกลุ่มเครือข่าย และคนอื่นได้ดี

5) ทักษะในการแลกเปลี่ยน ขยายผล และถ่ายทอดความรู้ ประกอบด้วย 1 ตัวแปร คือ ทักษะสร้างแบบอย่างเกษตรกรที่ดีเป็นตัวอย่างให้กับชุมชนตนเองและชุมชนใกล้เคียง และขยายผลออกไปยังชุมชนอื่น ๆ ในวงกว้างได้

6) ทักษะในการประยุกต์และต่อยอดความรู้ ประกอบด้วย 1 ตัวแปร คือ สามารถประยุกต์ที่ได้เรียนรู้มาปรับปรุงในการหาช่องทางการตลาดในการจำหน่ายผลผลิตทางการเกษตรได้

7) ทักษะการประเมินผลการเรียนรู้ ประกอบด้วย 2 ตัวแปร ได้แก่ (1) สามารถประเมินที่ได้เรียนรู้ในการปรับปรุงขั้นตอนการผลิตทางการเกษตรได้ และ (2) สามารถประเมินที่ได้เรียนรู้ในการปรับปรุงการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรได้

Table 2 Synthesis of the concepts and theories relating to the farmer's happiness indicators

Main indicators	Indicators for consideration	Used indicators	Reference concepts / Theories
1. Physical happiness	- Physical body (happy body) - Kindness (happy heart) - Moderate practice (happy relaxation) - Brain development (happy brain) - Family happiness (happy family) - Debt-free (happy money) - Happiness in good Family (happy family) - Social happiness - Religion and moral (happy soul) - Happiness from society (happy society)	6 used indicators - Happiness in good physical health - Happiness in consumption of all useful food groups - Happiness in consumption of safe food - Happiness in consumption of herbal food - Happiness in enough physical relaxation - Happiness in agricultural exercise	Phramaha Suthit Apakaro (2017)
2. Mental Happiness	- Basic needs such as food, water, clothes, and residence - Safety needs - Love and belongingness needs - Self-esteem needs - Self-actualization needs	4 used indicators - Happiness in occupational pride - Happiness in mental relaxation from agricultural occupation - Happiness in nature and peaceful mind - Happiness in living according to sufficiency economy way	Phramaha Suthit Apakaro (2017)
3. Happiness in knowledge seeking	- Good health (happy body) - Kindness (happy heart) - Relaxation (happy relaxation) - Knowledge seeking (happy brain) - Moral (happy soul) - Suitable money spending (happy money) - Good family (happy family) - Good society (happy society)	3 used indicators - Happiness in agricultural knowledge and information - Happiness in knowledge exchange with other people - Happiness in using knowledge for continuous self-development	Office of the Health Promotion Fund (2020)

Table 2 (Continued)

Main Indicators	Indicators for Consideration	Used Indicators	Reference Concepts / Theories
4. Happiness in good job	Environment, mental, moderate practice, and development of knowledge, religion, morality, economy, family and society	3 used indicators - Happiness in agricultural occupation - Happiness in agricultural progress - Happiness in stability of agricultural occupation	Phramaha Suthit Apakaro (2017)
5. Income and debt-free	- Good health (happy body) - Kindness (happy heart) - Relaxation (happy relaxation) - Knowledge seeking (happy brain) - Moral (happy soul) - Suitable money spending (happy money) - Good family (happy family) - Good society (happy society)	4 used indicators - Happiness in good productivity - Happiness in good income for supporting oneself and family - Happiness in debt-free - Happiness in income-expense management	Phramaha Suthit Apakaro (2017) Office of the Health Promotion Fund (2020)
6. Happiness in good family	- Good health (happy body) - Kindness (happy heart) - Relaxation (happy relaxation) - Knowledge seeking (happy brain) - Moral (happy soul) - Suitable money spending (happy money) - Good family (happy family) - Good society (happy society)	3 used indicators - Happiness in living closely with descendants - Happiness in descendants' agricultural occupation - Happiness in transfer of knowledge and experience to descendants	Phramaha Suthit Apakaro (2017) Office of the Health Promotion Fund (2020)
7. Happiness in good society	- Good health (happy body) - Kindness (happy heart) - Relaxation (happy relaxation) - Knowledge seeking (happy brain) - Moral (happy soul) - Suitable money spending (happy money) - Good family (happy family) - Good society (happy society)	3 used indicators - Happiness in development of people in agricultural occupation - Happiness in living together with people in agricultural society - Happiness in being accepted and admired by people in the same occupation and in the society	Kitkisuathit <i>et al.</i> (2012) Office of the Health Promotion Fund (2020)

1) The selected indicators are relevant to agriculture; 2) The unselected indicators are irrelevant to agriculture.

ตัวชี้วัดความสุข จำแนกได้ 7 ด้าน ดังนี้

จากการสังเคราะห์แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับตัวชี้วัดความสุขของเกษตรกรใน Table 2 พบว่าตัวชี้วัดความสุขประกอบด้วย 7 ตัวชี้วัดหลัก ดังนี้

1. ความสุขทางกาย ประกอบด้วย 6 ตัวแปร ได้แก่ (1) ความสุขที่มีสุขภาพร่างกายแข็งแรง (2) ความสุขที่ได้รับโภชนาการที่ครบหมู่และมีประโยชน์ (3) ความสุขที่ได้รับโภชนาการที่ปลอดภัย (4) ความสุขที่ได้บริโภคอาหารที่เป็นสมุนไพร (5) ความสุขที่ได้พักผ่อนอย่างเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย และ (6) ความสุขที่ได้ออกกำลังกายจากการทำการเกษตร
2. ความสุขทางใจ ประกอบด้วย 4 ตัวแปร ได้แก่ (1) ความสุขจากความภูมิใจในอาชีพ (2) ความสุขโดยการได้ผ่อนคลายทางจิตใจจากการทำการเกษตร (3) ความสุขที่ได้อยู่กับธรรมชาติและจิตใจที่สงบ และ (4) ความสุขที่ได้ดำรงชีวิตตามวิถีเศรษฐกิจพอเพียง
3. ความสุขในการหาความรู้ ประกอบด้วย 3 ตัวแปร ได้แก่ (1) ความสุขจากได้รับความรู้และข้อมูลในการทำอาชีพเกษตร (2) ความสุขที่ได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้กับผู้อื่น และ (3) ความสุขที่ได้นำความรู้มาพัฒนาตนเองอยู่ตลอดเวลา

4. ความสุขในการทำงานที่ดี ประกอบด้วย 3 ตัวแปร ได้แก่ (1) ความสุขในการทำการเกษตร (2) ความสุขในความก้าวหน้าในอาชีพเกษตร และ (3) ความสุขในความมั่นคงของอาชีพเกษตร

5. ความสุขที่มีผลผลิตดี รายได้ และปลอดภัย ประกอบด้วย 4 ตัวแปร ได้แก่ (1) ความสุขที่มีผลผลิตที่ดี (2) ความสุขที่มีรายได้ที่ดีสามารถเลี้ยงดูตนเองและครอบครัวได้ (3) ความสุขที่ปลอดภัย และ (4) ความสุขที่สามารถจัดการรายรับรายจ่ายได้

6. ความสุขที่ครอบครัวดี ประกอบด้วย 3 ตัวแปร ได้แก่ (1) ความสุขที่ได้อยู่ใกล้ชิดลูกหลาน (2) ความสุขที่ลูกหลานทำการเกษตร และ (3) ความสุขที่ได้ถ่ายทอดประสบการณ์และความรู้ให้กับลูกหลาน

7. ความสุขในสังคมดี ประกอบด้วย 3 ตัวแปร ได้แก่ (1) ความสุขในการได้พัฒนาเพื่อนร่วมอาชีพเกษตร (2) ความสุขในการได้อยู่ร่วมกันในสังคมผู้ประกอบอาชีพเกษตร และ (3) ความสุขที่ได้รับการยอมรับและชื่นชมจากเพื่อนร่วมอาชีพ และคนในสังคม

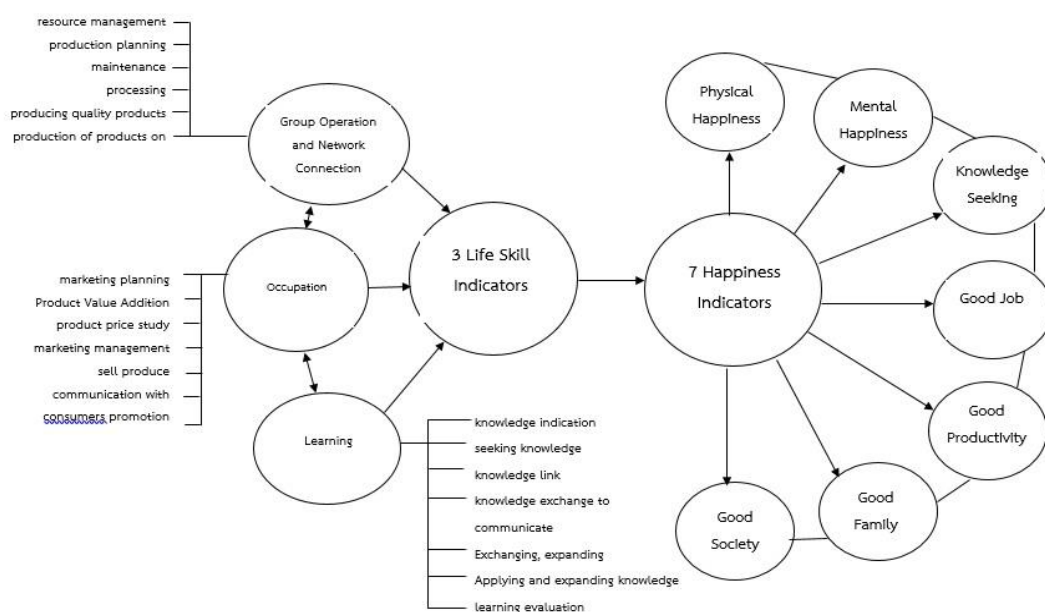


Figure 1 Indicators of the farmers' life skills and happiness

ผลการประเมินตัวชี้วัดทักษะชีวิต และความสุขของเกษตรกรจังหวัดเชียงใหม่

ผลการตรวจทานความถูกต้องและครบถ้วนของตัวชี้วัด โดยการใช้แบบประเมินและการสนทนากลุ่มกับกลุ่มผู้แทนเกษตรกรและผู้ทรงคุณด้านการเกษตร จำนวน 15 คน สรุปผลได้ดังนี้

ตัวชี้วัดทักษะชีวิต

1. ทักษะด้านการประกอบอาชีพ

1) ทักษะการผลิต กลุ่มตัวอย่างประเมินว่าตัวชี้วัดทุกตัวในด้านนี้ สามารถนำมาใช้งานได้ โดยตัวชี้วัดที่กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 100 มีความคิดเห็นว่าเป็นสามารถนำมาใช้งานได้ ได้แก่ (1) ทักษะในการจัดการทรัพยากรเพื่อการผลิต: ดิน น้ำ พันธุ์กรรม (2) ทักษะในการวางแผนในการผลิตที่เหมาะสม (3) ทักษะด้านการดูแลรักษาการผลิตพืชและสัตว์ได้ (4) ทักษะในการแปรรูปผลผลิต (5) ทักษะในการผลิตสินค้าที่มีคุณภาพมาตรฐาน และ (6) ทักษะในการผลิตสินค้าทางการเกษตรตรงกับความต้องการของตลาดได้ ส่วนตัวชี้วัดที่กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ มีความคิดเห็นว่าเป็นสามารถนำมาใช้งานได้ ได้แก่ (1) ทักษะในการใช้เทคโนโลยีการผลิต จำนวนผู้ที่คิดเห็นว่าเป็นใช้งานได้ร้อยละ 86 และ (2) ทักษะในการหาแหล่งทุนในการผลิต จำนวนผู้ที่คิดเห็นว่าเป็นใช้งานได้ร้อยละ 71

2) ทักษะการตลาด กลุ่มตัวอย่างประเมินว่าตัวชี้วัดทุกตัวในด้านนี้ สามารถนำมาใช้งานได้ โดยตัวชี้วัดที่กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 100 มีความคิดเห็นว่าเป็นสามารถนำมาใช้งานได้ ได้แก่ (1) ทักษะในการวางแผนการตลาด (2) ทักษะในการเพิ่มมูลค่าผลผลิต (3) ทักษะในการศึกษาราคาสินค้า (4) ทักษะการจัดการการตลาด (5) ทักษะจำหน่ายผลผลิตทางการเกษตรทางสื่อออนไลน์ได้ (6) ทักษะสื่อสารกับผู้บริโภค และ (7) ทักษะในการประชาสัมพันธ์สินค้าและส่งเสริมการขาย ส่วนตัวชี้วัดที่กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่าเป็นสามารถนำมาใช้งานได้ คิดเป็นร้อยละ 86 ได้แก่ ทักษะสร้างจุดเด่นของ

ผลผลิตทางการเกษตรเพื่อตีตลาดคู่แข่งทางการค้าได้ และทักษะในการกำหนดและต่อรองราคาสินค้า

2. ทักษะด้านการดำเนินงานกลุ่มและการเชื่อมโยงเครือข่าย กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 100 ประเมินว่าตัวชี้วัดทุกตัวในด้านนี้สามารถนำมาใช้งานได้

3. ทักษะด้านการเรียนรู้

1) ทักษะการบ่งชี้ความรู้กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ คิดเป็นร้อยละ 86 มีความคิดเห็นว่าเป็นตัวชี้วัดทุกตัวในด้านนี้สามารถนำมาใช้งานได้

2) ทักษะการแสวงหาความรู้/สารสนเทศ กลุ่มตัวอย่างประเมินว่า ตัวชี้วัดทุกตัวในด้านนี้สามารถนำมาใช้งานได้ โดยตัวชี้วัดที่กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 100 มีความคิดเห็นว่าเป็นสามารถนำมาใช้งานได้ คือ ทักษะในการค้นพบปัญหาด้านการเกษตรแล้วนำมาพัฒนาปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้น ส่วนตัวชี้วัดที่กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ คิดเป็นร้อยละ 86 มีความคิดเห็นว่าเป็นสามารถนำมาใช้งานได้ ได้แก่ ทักษะในการเรียนรู้ศึกษาข้อมูลข่าวสารได้ดี และทักษะในการแสวงหาความรู้เกี่ยวกับการเกษตรในสื่อออนไลน์ได้

3) ทักษะในการเชื่อมโยงความรู้และสร้างองค์ความรู้ กลุ่มตัวอย่างประเมินว่า ตัวชี้วัดทุกตัวในด้านนี้สามารถนำมาใช้งานได้ โดยตัวชี้วัดที่กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 100 มีความคิดเห็นว่าเป็นสามารถนำมาใช้งานได้ ได้แก่ (1) ทักษะในการเชื่อมโยงกับสถานการณ์หรืองานอื่น ๆ ที่ต้องการเป็นอย่างดี (2) ทักษะในการเชื่อมโยงกับสถานการณ์หรืองานอื่น ๆ ที่ต้องการเป็นอย่างดี และ (3) ทักษะในการมองเห็นความเกี่ยวข้องเชื่อมโยงระหว่างความรู้และทักษะ/กระบวนการที่มีในเนื้อหานั้นกับงานที่เกี่ยวข้องด้วย ส่วนตัวชี้วัดที่กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ คิดเป็นร้อยละ 86 มีความคิดเห็นว่าเป็นสามารถนำมาใช้งานได้ คือ ทักษะในการเรียนรู้การเชื่อมโยงเครือข่ายกับตลาด

4) ทักษะการแลกเปลี่ยนเรียนรู้เพื่อสื่อสาร กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 100 ประเมินว่า ตัวชี้วัดทุกตัวในด้านนี้สามารถนำมาใช้งานได้

5) ทักษะในการแลกเปลี่ยน ขยายผล และ ถ่ายโอนความรู้ กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 100 ประเมินว่า ตัวชี้วัดทุกตัวในด้านนี้สามารถนำมาใช้งานได้

6) ทักษะในการประยุกต์และต่อยอดความรู้ กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ คิดเป็นร้อยละ 71 มีความคิดเห็นว่า ตัวชี้วัดทุกตัวในด้านนี้สามารถนำมาใช้งานได้

7) ทักษะการประเมินผลการเรียนรู้ กลุ่ม ตัวอย่างส่วนใหญ่ คิดเป็นร้อยละ 86 มีความคิดเห็นว่า ตัวชี้วัดทุกตัวในด้านนี้สามารถนำมาใช้งานได้

ตัวชี้วัดความสุข

กลุ่มตัวอย่างประเมินว่า ตัวชี้วัดทุกตัวในด้านนี้ สามารถนำมาใช้งานได้ สามารถสรุปผลการประเมิน ในด้านย่อย ดังนี้

1. ความสุขทางกาย กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ คิด เป็นร้อยละ 86 มี ความคิดเห็นว่า ตัวชี้วัดทุกตัวในด้านนี้ สามารถนำมาใช้งานได้

2. ความสุขทางใจ กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ คิด เป็นร้อยละ 86 มี ความคิดเห็นว่า ตัวชี้วัดทุกตัวในด้านนี้ สามารถนำมาใช้งานได้

3. ความสุขในการหาความรู้ กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 100 ประเมินว่า ตัวชี้วัดทุกตัวในด้านนี้สามารถนำมา ใช้งานได้

4. ความสุขในการทำงานที่ดี กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 100 ประเมินว่า ตัวชี้วัดทุกตัวในด้านนี้ สามารถนำมาใช้ งานได้

5. ความสุขที่มีผลผลิตดี รายได้และปลอดภัย กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 100 ประเมินว่า ตัวชี้วัดทุกตัวในด้านนี้ สามารถนำมาใช้งานได้

6. ความสุขที่ครอบครัวดี กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ คิดเป็นร้อยละ 86 มี ความคิดเห็นว่า ตัวชี้วัดทุกตัวในด้านนี้ สามารถนำมาใช้งานได้

7. ความสุขในสังคมดีกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ คิด เป็นร้อยละ 86 มีความคิดเห็นว่า ตัวชี้วัดทุกตัวในด้านนี้ สามารถนำมาใช้งานได้

ทั้งนี้ สามารถสรุปผลประเมินแบบตัวชี้วัดและ การสนทนากลุ่มเกี่ยวกับทักษะชีวิตและความสุขของ เกษตรกรได้ว่า กลุ่มตัวอย่างผู้ทรงคุณวุฒิและเกษตรกร มี ความคิดเห็นต่อประเด็นตัวชี้วัดให้คงไว้ร้อยละ 100 จาก ผลการสังเคราะห์ที่ได้จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้ตัวชี้วัด จำนวนทั้งหมด 10 ตัวชี้วัด โดยจำแนกเป็น ตัวชี้วัดทักษะชีวิต 3 ด้าน จำนวนทั้งหมด 39 ตัวแปร และตัวชี้วัดความสุข 7 ด้าน จำนวนทั้งหมด 26 ตัวแปร และนำตัวชี้วัดไปทำการประเมินกับเกษตรกรเพื่อทราบ สถานการณ์ ปัญหาเกี่ยวกับทักษะชีวิตและความสุขของ เกษตรกรและกำหนดแนวทางพัฒนาเกษตรกร และ พัฒนาตัวชี้วัดที่สอดคล้องกับเกษตรกรในแต่ละบริบท และแต่ละวิถีการผลิตต่อไป

Table 3 Summary of the comparison between farmers' life skill indicators and farmers' happiness indicators from the documentary study and the expert evaluation

Indicators from the related literature	Indicators from the primary development	Indicators summarized from the expert evaluation
Agricultural Land Reform Office (2018) divides the indicators into 7 categories; education, agricultural production, food, health, agricultural products, participation, and happiness level	1. Farmers' life skill indicators 1.1 Occupation; production, marketing, product development, prices, marketing management, and sales promotion	1. Farmers' life skill indicators 1.1 Occupation: production and marketing
Office of Agricultural Economics (2019) divides the farmers' wellbeing indicators into 5 aspects; economy, sanitation, education, society, and environment.	1.2 Group management and network creation 1.3 Learning; self-study, knowledge seeking, knowledge connection (knowledge creation), knowledge sharing, knowledge exchange and expansion (learning for communication), knowledge transfer (social contribution), knowledge application (extension), and learning evaluation	1.2 Group management and network creation 1.3 Learning; knowledge identification; knowledge/information acquisition; knowledge connection and knowledge creation; knowledge exchange for communication; knowledge exchange, expansion, and transfer; knowledge application and extension, and learning evaluation
Nguyen et al. (2020) set the evaluation framework and predictors of quality of life in 3 main factors; study of standards, livelihood, and the number of family members; and 2 supporting factors; amount of money saving and health conditions	2. Farmers' happiness indicators 2.1 Happiness in knowledge seeking 2.2 Happiness in good job (production) 2.3 Happiness in good productivity, income, and debt-free 2.4 Physical happiness 2.5 Mental happiness 2.6 Happiness in good family 2.7 Happiness in good society	2. Farmers' happiness indicators 2.1 Physical happiness 2.2 Mental happiness 2.3 Happiness in knowledge seeking 2.4 Happiness in good job 2.5 Happiness in good productivity, income, and debt-free 2.6 Happiness in family 2.7 Happiness in society

การพัฒนาโมเดลการส่งเสริมเพื่อสร้างเสริมทักษะชีวิตและความสุขของเกษตรกร

โมเดลการส่งเสริมควรให้นักวิชาการด้านการเกษตรและผู้รู้ เกษตรกรต้นแบบที่มีความเชี่ยวชาญ ให้ความรู้ เรื่องการพัฒนาทักษะชีวิตและความสุขที่ถูกต้อง โดยผ่าน

ช่องทางสื่อออนไลน์ เช่น การใช้โทรศัพท์ โน้ตบุ๊ก สื่อออฟไลน์ เช่น การพูดคุย การอบรม การประชุม ซึ่งจะ เป็นประโยชน์ต่อเกษตรกร เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ดัง Figure 2

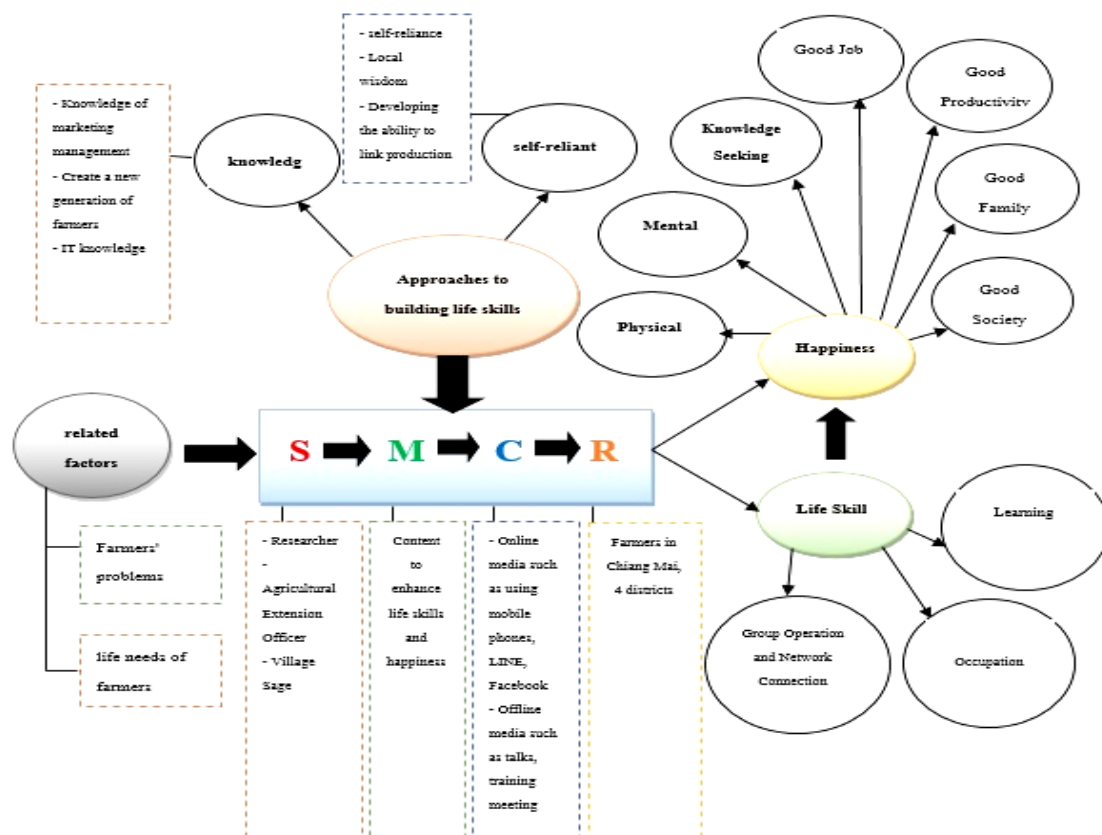


Figure 2 Extension model for enhancing the farmers' life skills and happiness

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถนำมาสังเคราะห์และสรุปเป็นกรอบการพัฒนาตัวชี้วัดทักษะชีวิตและความสุขของเกษตรกร ได้ 3 ด้าน ได้แก่ ทักษะด้านการประกอบอาชีพ ทักษะด้านการดำเนินงานกลุ่มและการเชื่อมโยงเครือข่าย และทักษะชีวิตด้านการเรียนรู้ และความสุขในการดำเนินชีวิต 7 ด้าน ได้แก่ ความสุขทางกาย ความสุขทางใจ ความสุขในการหาความรู้ ความสุขในการทำงานที่ดี ความสุขที่มีผลผลิตดี มีรายได้ และปลอดภัย ความสุขที่ครอบครัวดี และความสุขในสังคม ซึ่งในการสกัดองค์ความรู้ในครั้งนี้ ได้มาซึ่งตัวชี้วัดทักษะชีวิตในด้านการประกอบอาชีพและการผลิต และด้านการเรียนรู้ที่จะส่งเสริมให้เกษตรกรได้เข้ารับการ

อบรม และสามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยในการแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ และนำไปสู่การประเมิน ติดตาม และปรับปรุงการดำเนินอาชีพเกษตรกร ให้มีความสำเร็จ ความสำเร็จ ได้อย่างยั่งยืน ซึ่งตัวชี้วัดที่ได้มา มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Nildam et al. (2018) ที่ได้กล่าวว่า ตัวชี้วัดที่ส่งผลต่อความยั่งยืนมากที่สุด 3 อันดับ ได้แก่ แรงงานในครัวเรือน การเข้าอบรมด้านเกษตร และปัญหาน้ำเสีย และควรมีการกำหนดแนวทางให้เกษตรกรนำเอาเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในกระบวนการผลิต เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและทดแทนแรงงานภาคเกษตรที่มีแนวโน้มการขาดแคลนสูงขึ้น ทั้งนี้ในส่วนของการจัดฝึกอบรมให้ความรู้ หน่วยงานของรัฐควรเข้ามามีบทบาทในการฝึกอบรมให้มากขึ้น โดยเน้นหลักสูตรเกี่ยวกับการลดต้นทุนการผลิตและการเพิ่มผลผลิต

ในขณะเดียวกันหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการกำกับดูแลรักษาสิ่งแวดล้อมควรบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นเอกภาพและบูรณาการเพื่อให้เกษตรกรได้มีการดำรงชีวิตอยู่อย่างมีความสุขภายใต้คุณภาพสิ่งแวดล้อมที่ดี และมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Baliyan (2018) ที่ได้กำหนดตัวชี้วัดเพื่อวัดระดับทักษะและการฝึกอบรมการจัดการฟาร์ม 8 ด้าน ได้แก่ การวางแผนและทักษะการตั้งเป้าหมาย ทักษะการบัญชีและการจัดการการเงิน ทักษะการสื่อสาร ทักษะการจัดการผลิตภาพ ทักษะการจัดซื้อผลิตภัณฑ์และการตลาด ทักษะการตัดสินใจ ทักษะการบริหารความเสี่ยง และทักษะทางเทคนิค และจากการได้มาซึ่งตัวชี้วัดความสุขของเกษตรกรในงานวิจัยนี้ที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพ จิตใจ สังคม การงาน ครอบครัว และการเรียนรู้ มีความสอดคล้องกับตัวชี้วัดความสุขของ Bank for Agriculture and Agricultural Cooperatives (2018) ที่ได้ดำเนินการสำรวจความสุขของเกษตรกรไทยเพื่อสะท้อนสภาพความเป็นอยู่และพฤติกรรมของเกษตรกรตามตัวชี้วัดความสุข 6 มิติ ได้แก่ สุขภาพเงินดี (Happy money) สังคมดี (Happy society) สุขภาพดี (Happy body) ครอบครัวดี (Happy family) ใฝ่รู้ดี (Happy brain) และการงานดี (Happy work-life) รวมทั้งตัวชี้วัดความสุขของเกษตรกรที่สกัดได้ ยังมีความสอดคล้องกับมุมมองที่ได้จากงานวิจัยของ Markussen *et al.* (2018) ที่ได้กำหนดตัวชี้วัดที่มีอิทธิพลต่อความสุขของเกษตรกรทั้งทางตรงและทางอ้อม ได้แก่ การเติบโตของรายได้สถานะสุขภาพ สถานภาพครอบครัว/การสมรสและการศึกษา/การเรียนรู้

การพัฒนาโมเดลการส่งเสริมเพื่อสร้างเสริมทักษะชีวิตและความสุขของเกษตรกร หน่วยงานของรัฐควรส่งเสริมความรู้เกี่ยวกับการพัฒนาทักษะชีวิตและความสุขที่ถูกต้องโดยนักวิชาการด้านการเกษตรและผู้รู้เกษตรกรต้นแบบที่มีความเชี่ยวชาญ โดยผ่านช่องทางสื่อออนไลน์และสื่อออฟไลน์ เพื่อประโยชน์ต่อเกษตรกรเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

รวมถึงการส่งเสริมภูมิปัญญาท้องถิ่นมาใช้ในการพัฒนาทักษะชีวิตและความสุขของเกษตรกรจากการพัฒนาโมเดลครั้งนี้ ทำให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ในด้านการส่งเสริมเพื่อสร้างเสริมทักษะชีวิตและความสุขของเกษตรกร ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกร เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ (1) เกษตรกรได้รับการส่งเสริมและพัฒนาในด้านการจัดการการผลิตและการตลาด รวมทั้งทักษะในการคิดวิเคราะห์วิจารณ์ การตัดสินใจ การแก้ไขปัญหา และความคิดสร้างสรรค์ ด้านการสร้างเครือข่ายและความร่วมมือ ด้านการเรียนรู้ และด้านสวัสดิการ และการส่งเสริมจากภาครัฐ และมีการพัฒนาและส่งเสริมด้านความสุขในตนเอง และด้านความสุขในครอบครัวและสังคม (2) เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรหรือบุคลากรเกี่ยวข้อง สามารถนำความรู้จากการศึกษา ไปเป็นแนวทางการส่งเสริมทักษะชีวิตที่มั่นคงและความสุขของเกษตรกรได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล (3) หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำองค์ความรู้ใหม่จากงานวิจัย ไปกำหนดเป็นนโยบายหรือยุทธศาสตร์การส่งเสริมและพัฒนากลุ่มอื่น ๆ และ (4) ประโยชน์ด้านการพัฒนาการเกษตร ซึ่งสามารถทำให้เกษตรกรมีทักษะชีวิต ความสุขเพิ่มมากขึ้น และเกิดนวัตกรรมทางการเกษตรใหม่ ๆ จากกระบวนการส่งเสริมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ เพื่อนำนวัตกรรมและภูมิปัญญามาใช้ในการแก้ไขปัญหา

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาบริบทและพัฒนาตัวชี้วัดทักษะชีวิตและความสุขในการดำเนินชีวิตของเกษตรกรจังหวัดเชียงใหม่ พบว่ามีทั้งหมด 10 ตัวชี้วัด โดยจำแนกเป็นตัวชี้วัดทักษะชีวิต 3 ด้าน ได้แก่ ทักษะด้านการผลิต ทักษะด้านการดำเนินงานกลุ่มและการเชื่อมโยงเครือข่าย และทักษะด้านการเรียนรู้จำนวนทั้งหมด 39 ตัวแปร และตัวชี้วัดความสุข 7 ด้าน ได้แก่ ความสุขทางกาย ความสุขทางใจ ความสุขในการหาความรู้ ความสุขในการทำงานที่ดี

ความสุขที่มีผลผลิตดี ความสุขที่ครอบครัวดี และความสุขในสังคมดี จำนวนทั้งหมด 26 ตัวแปร โดยตัวชี้วัดเหล่านี้ได้ผ่านการประเมินโดยผู้แทนเกษตรกรและผู้ทรงคุณวุฒิด้านการเกษตร 15 คน และพัฒนาโมเดลการส่งเสริมเพื่อสร้างเสริมทักษะชีวิตและความสุขของเกษตรกร ซึ่งหน่วยงานของรัฐส่งเสริมความรู้เกี่ยวกับการพัฒนาทักษะชีวิตและความสุขที่ถูกต้องโดยนักวิชาการด้านการเกษตรและผู้รู้ เกษตรกรต้นแบบที่มีความเชี่ยวชาญ ให้ความรู้เรื่องการพัฒนาทักษะชีวิตและความสุขที่ถูกต้อง โดยผ่านช่องทางสื่อออนไลน์ เช่น การใช้โทรศัพท์ ไลน์ เฟซบุ๊ก สื่อออฟไลน์ เช่น การพูดคุย การอบรม การประชุม ซึ่งจะ เป็นประโยชน์ต่อเกษตรกร เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. เกษตรกรมีทักษะชีวิตและความสุขเพิ่มมากขึ้น และเกิดนวัตกรรมทางการเกษตรใหม่ ๆ จากกระบวนการส่งเสริมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ เพื่อนำนวัตกรรมและภูมิปัญญามาใช้ในการแก้ไขปัญหา
2. เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรสามารถนำความรู้จากการศึกษา ไปเป็นแนวทางการส่งเสริมทักษะชีวิตที่มั่นคงและความสุขของเกษตรกรได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล
3. หน่วยงานที่เกี่ยวข้องด้านการเกษตร สามารถนำองค์ความรู้ใหม่จากงานวิจัย ไปกำหนดเป็นนโยบาย หรือยุทธศาสตร์การส่งเสริมและพัฒนาการเกษตรกลุ่มอื่น ๆ

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

สำหรับประเด็นในการวิจัยครั้งต่อไปควรทำวิจัยในประเด็นเกี่ยวกับ

1. ควรนำตัวชี้วัดไปทำการประเมินกับเกษตรกรในพื้นที่ต่าง ๆ และทำการวิเคราะห์เพื่อค้นหาจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุง เพื่อนำมาพัฒนาโมเดลการพัฒนาเกษตรกรให้ผ่านตามเกณฑ์ของตัวชี้วัดทักษะชีวิตและ

ความสุขในประเด็นต่าง ๆ รวมถึงเพื่อพัฒนาตัวชี้วัดให้สอดคล้องและเหมาะสมกับเกษตรกรในแต่ละบริบท และแต่ละสาขาอาชีพต่อไป

2. ควรค้นหาปัจจัยสาเหตุที่ทำให้เกษตรกรมีทักษะชีวิตและความสุขไม่เป็นไปตามเกณฑ์ตัวชี้วัด เพื่อจะช่วยให้สามารถนำใช้พัฒนาและส่งเสริมเกษตรกรได้อย่างสอดคล้องและตรงประเด็นมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะอาจารย์ที่ปรึกษา สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ที่สละเวลาให้คำปรึกษาในการดำเนินงานวิจัยนี้ให้สำเร็จ ลุล่วงไปได้ด้วยดี รวมทั้งเกษตรอำเภอ ประธานกลุ่มเกษตรกร และนักวิชาการด้านการเกษตรในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ ที่ได้ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์เพื่อนำมาวิเคราะห์ และสรุปผลในงานวิจัยนี้เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ทุกประการ

เอกสารอ้างอิง

- Agricultural Land Reform Office. 2018. **Indicators and Target Value of Farmers' Quality of Life Year 2018.** Bangkok: Agricultural Land Reform Office Press. 172 p. [in Thai]
- Baliyan, S.P. 2018. Constraints in the growth of horticulture sector in Botswana. **International Journal of Economic Issues** 11(2): 203-217.
- Bank for Agriculture and Agricultural Cooperatives. 2018. **Sufficiency Tree Bank, Sustainable Wealth.** Bangkok: Bank for Agriculture and Agricultural Cooperatives. 92 p. [in Thai]

- Charoenwongsak, K. 2002. **Network Management: Strategies for Success The Success of Educational Reform.** Bangkok: S. Asia Place. 430 p. [in Thai]
- Claysang, J. 2017. **Systematically Producing and Using Media for Learning in the 21st Century.** Bangkok: Chulalongkorn University Press. 156 p. [in Thai]
- Curriculum Services Canada. 2014. **Life skills literacy: career, employment, and volunteer development.** [Online]. Available <http://www.curriculum.org/storage/258/1335553265/LifeSkillsLiteracy.pdf> (7 September 2021).
- Herminia, L. and T. Morten. 2018. **Collaborative Management Strategy.** USA: Harvard Business. 26 p.
- Kanchanawasi, S. 2017. **Theory of Performance Appraisal.** Bangkok: Chulalongkorn University Press. 356 p. [in Thai]
- Kheawwan, B. 2011. **Farmer's Society and Farmer Development Strategy in Teaching Documents, Leadership Academic Series Human Relations and Psychology for Farmers Unit 1.** Nonthaburi: Sukhothai Thammathirat Open University. 156 p. [in Thai]
- Kittisuksathit, S., C. Jamchan, C. Tangchontip And C. Holmyong. 2012. **The Concept of Qquality of life, Work and Happiness.** Bangkok: Ordinary Press Printing House Co., Ltd. 223 p. [in Thai]
- Kotle, P., H. Kartajaya and I. Setiawan. 2017. **Marketing 4.0.** Bangkok: Nationbook Publishing. 224 p.
- Maitawthong, T. 2020. **Concepts of Information Literacy.** Bangkok: Chulalongkorn University. 350 p. [in Thai]
- _____. 2020. **21st Century Information Literacy Skills.** Bangkok: Green Life Printing House Company Limited. 125 p. [in Thai]
- Markussen, T.M., T.F., Fibæk and A.D., Nguyen. 2018. The happy farmer: self-employment and subjective well-being in rural Vietnam: erratum. **Journal of Happiness Studies: An Interdisciplinary Forum on Subjective Well-Being** 19(6): 16-37.
- National Science and Technology Development Agency. 2019. **Knowledge media ready-to-use technology for agriculture and community.** [Online]. Available https://www.nstda.or.th/home/knowledge_post/book-agriculture-communities (7 September 2021).
- Nguyen, L.H., B.X. Tran, Q.N. Hoang, T.T. Tran and C.A. Latkin. 2020. Quality of farmer's life in rural areas in Vietnam. **E3S Web of Conferences** 175: 1-10.
- Nildam, T., R. Kaweeta and N. Mangkang. 2018. Sustainability of farmer's occupation in the area of Krathum Baen district, Samut Sakhon province. **Dusit Thani College Journal** 12(3): 517-561. [in Thai]

Office of Agricultural Economics. 2019.

Production and marketing situation.

[Online]. Available <http://www.oae.go.th/view/1> (7 September 2021).

Office of Agricultural Extension and

Development. 2020. **Agricultural**

Information Report Year 2019.

Chiang Mai: Office of Agricultural
Extension and Development.

450 p. [in Thai]

Office of the Health Promotion Fund. 2020.

Indicators of Happiness of People,

Families and Communities. Bangkok:

Office of the Health Promotion Fund.

246 p. [in Thai]

Palitpongpanpim, P. 2017. **Raising Children to**

be Smart. Bangkok: Preawpuendek

Amarin printing services. 250 p. [in Thai]

Phimonrattanakan, S. 2013. **Life and Social**

Skills. Bangkok: Office of the

Vocational Education. 130 p. [in Thai]

Phramaha Suthit Apakaro., S. 2017. Creation

and development of indicators of
people's happiness according to the
teachings of Buddhism. **Journal of
International Buddhist Studies**

6(1): 1-17. [in Thai]

Samehjai, C. 2014. **Concept about Bussiness**

Plan Strategic Planning. Bangkok: Se-Ed
Education Company. 187 p. [in Thai]

Sorat, T. 2007. **Applying the Logistic and**

Supply Chain. Bangkok: V-serv Logistic.
120 p. [in Thai]

Suharitdumrong, W. 2016. **Supply Chain**

Management. Bangkok: Peerson

Education Indo China. 256 p. [in Thai]

World Health Organization. 1999. **Laboratory**

**Manual for the Examination of Human
Semen and Spermcervical Mucus**

Interaction. Cambridge: Cambridge
University Press. 327 p.

วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร เป็นวารสารราย 4 เดือน กำหนดออกปีละ 3 ฉบับ โดยเริ่มฉบับที่ 1 ในเดือนมกราคม ฉบับที่ 2 ในเดือนพฤษภาคม และฉบับที่ 3 ในเดือนกันยายน มีจุดประสงค์หลักเพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ และองค์กรที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาการเกษตรทั่วประเทศ โดยมีการเผยแพร่ออนไลน์ (Journal Online) ในรูปวารสารอิเล็กทรอนิกส์ (E-ISSN 2630-0206) สำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาการเกษตร เรื่องที่จะตีพิมพ์ในวารสาร นอกจากบทความวิจัยแล้ว บทความทางวิชาการอื่นๆ ที่เป็นการแสดงความคิดใหม่ หรือสมมุติฐานใหม่ที่มีหลักฐานอ้างอิง หรือเป็นการแสดงความคิดเห็นอย่างกว้างขวางหรือลึกซึ้งในสาขาวิชาการใดสาขาวิชาการหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร หรือเป็นการรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่างๆ ที่มีสิทธิ์ได้รับการตรวจสอบทางวิชาการจากผู้ทรงคุณวุฒิที่เกี่ยวข้องกับบทความนั้นๆ อย่างน้อย 3 ท่าน พิจารณาให้ลงตีพิมพ์ ได้เช่นเดียวกัน

การเตรียมต้นฉบับ

1. **ต้นฉบับ** เผยแพร่บทความเป็นภาษาไทย โดยใช้ตัวอักษร TH Sarabun PSK ขนาดตัวอักษร 16 ตัวหนา ในส่วนของหัวข้อเรื่อง และขนาดตัวอักษร 15 ตัวปกติ ในส่วนของเนื้อหา พิมพ์หน้าเดียว เว้นขอบทั้ง 4 ด้าน 1 นิ้ว (2.5 ซม.) พร้อมระบุเลขหน้า ความยาวของเนื้อเรื่อง รวมรูปภาพ ตาราง และเอกสารอ้างอิงต้องไม่เกิน 10 หน้า
2. **ชื่อเรื่อง** ต้องมีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ควรกระชับและตรงกับเนื้อเรื่อง ขนาดตัวอักษร 18 ตัวหนา
3. **ชื่อผู้แต่ง และสถานที่ติดต่อ** ต้องมีชื่อเต็ม-นามสกุลเต็มทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาดตัวอักษร 15 ตัวหนา และระบุหน่วยงานหรือสถาบันที่สังกัด ของผู้แต่งหลักและผู้แต่งร่วมทุกคน และ E-mail address ของผู้แต่งหลักไว้ด้วย ขนาดตัวอักษร 12 ตัวปกติ
4. **บทคัดย่อ (Abstract)** บทความวิจัย/บทความทางวิชาการอื่นๆ จะต้องมีย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ความยาวไม่เกิน 15 บรรทัด โดยเขียนให้กะทัดรัด ตรงประเด็น และให้สาระสำคัญ
5. **คำสำคัญ (Keywords)** ต้องมีคำสำคัญทั้งภาษาไทย และภาษาอังกฤษไว้ท้ายบทคัดย่อของแต่ละภาษา อย่างละไม่เกิน 5 คำ
6. **เนื้อเรื่อง**

- (1) **คำนำ** อธิบายความสำคัญของปัญหาและวัตถุประสงค์ของการวิจัย อาจรวมการตรวจเอกสารเข้าไว้ด้วย ในการอ้างอิงเอกสารให้เขียนชื่อผู้แต่ง และปีที่ตีพิมพ์ อยู่ในวงเล็บเดียวกัน หรือเขียนชื่อผู้แต่ง แล้วเขียนปีที่ตีพิมพ์ ไว้ในวงเล็บแล้วแต่กรณี **เฉพาะภาษาอังกฤษ** ดังนี้ “.....โรคใบหงิกมีพบทั่วไปในประเทศบังคลาเทศ จีน อินเดีย อินโดนีเซีย ญี่ปุ่น มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ ศรีลังกา ไต้หวัน ไทย (Boccardo and Milne, 1984; Ling *et al.*, 1978) ในประเทศไทยนั้น นอกจากก่อความเสียหายกับข้าวปลูกทั้งชนิด Japonica และ Indica (*Oryza sativa*) พันธุ์ต่างๆ แล้ว Thawat (2001) ยังพบว่า ทำความเสียหายได้กับข้าวไร่และข้าวป่าต่างๆ.....”
- (2) **อุปกรณ์และวิธีการ/วิธีดำเนินการวิจัย** อธิบายเครื่องมือ พร้อมระบุวิธีการวิจัย วิธีการเก็บข้อมูล ระยะเวลาและปีที่ทำการวิจัย รวมทั้งวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล ให้บรรยายโดยสรุปและไม่จำเป็นต้องระบุวิธีการที่เป็นที่รู้จักทั่วไป
- (3) **ผลการวิจัย** ไม่จำเป็นต้องแสดงวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติ แต่ให้เสนอในรูปของตาราง และรูปภาพโดยสรุปหลังจากวิเคราะห์ทางสถิติแล้ว ทั้งนี้ **คำอธิบายและรายละเอียดต่างๆ ของตารางและรูปภาพ ต้องเป็นภาษาอังกฤษเท่านั้น** โดยมีความชัดเจน กะทัดรัด และมีหมายเลขกำกับด้านบของตารางและด้านล่างของรูปภาพ และเมื่ออ้างถึงในเนื้อหาให้ใช้เป็นคำว่า Table และ Figure
- (4) **การวิจารณ์ผล การสรุปผล และข้อเสนอแนะ** ควรวิจารณ์ผลการวิจัยพร้อมทั้งสรุปประเด็น และสาระสำคัญของงานวิจัย หรือให้ข้อเสนอแนะบนพื้นฐานของผลการวิจัย

หมายเหตุ: หน่วยวัดตามระบบต่างๆ ให้ใช้ตัวย่อตามมาตรฐานในการเขียนที่กำหนดไว้ เช่น เซนติเมตร = ซม. ตารางเมตร = ตร.ม.

มิลลิกรัมต่อกรัม = มก./กก. แต่ถ้าเป็นหน่วยวัดที่มีเพียงอย่างเดียวให้ใช้คำเต็มตามปกติ เช่น เมตร กรัม ลิตร

7. **กิตติกรรมประกาศ** เพื่อแสดงความขอบคุณแก่ผู้ให้ทุนวิจัย หรือผู้ที่ให้ความช่วยเหลือในการวิจัย
8. **เอกสารอ้างอิง** รายชื่อเอกสารที่ใช้เป็นหลักในการค้นคว้าวิจัยและมีการอ้างอิงในเนื้อหา ต้องแสดงเป็นภาษาอังกฤษเท่านั้น กรณีที่อ้างอิงจากเอกสารภาษาไทยหรือภาษาอื่นๆ ให้แปลเป็นภาษาอังกฤษ โดยมีวงเล็บกำกับท้ายเอกสาร [in Thai] หรือภาษาอื่นๆ ตามคำแนะนำวิธีการเขียน ดังนี้

การเขียนเอกสารอ้างอิง

1. บทความจากวารสารวิชาการมาตรฐาน

1.1 ผู้เขียนคนเดียวหรือหลายคน

ชื่อผู้เขียนบทความคนที่ 1/ผู้เขียนบทความคนที่ 2/และผู้เขียนบทความคนสุดท้าย./ปีที่พิมพ์./ชื่อบทความ./ชื่อวารสาร/
เลขปีที่(เลขฉบับที่):/เลขหน้า.

Koiprasert, H. and P. Niranatlumpong. 2004. Investigation of method for stainless steel welding wire as a replacement for arc wire consumables. **Songklanakarin J. Sci. Technol.** 27(1): 91-100. [in Thai]

Nadeem, M.Y. and M. Ibrahim. 2002. Phosphorus management in wheat-rice cropping system. **Pak. J. Soil Sci.** 21(4): 21-23.

Chowdhury, M.A.H., R. Begum, M.R. Kabit and H.M. Zakir. 2002. Plant and animal residue decomposition and transformation of S and P in soil. **Pakistan Journal of Biological Sciences** 5(7): 736-739.

2. หนังสือ

2.1 ผู้เขียนคนเดียวหรือหลายคน

ชื่อผู้แต่งคนที่ 1/ผู้แต่งคนที่ 2/และผู้แต่งคนสุดท้าย./ปีที่พิมพ์./ชื่อหนังสือ./ครั้งที่พิมพ์ (ถ้ามี)./สถานที่พิมพ์:สำนักพิมพ์./
จำนวนหน้า.

Peyachoknagu, S. 2000. **Pan Thu Vis Sa Wa Kum.** Bangkok: Kasetsart University Press. 256 p. [in Thai]

Aksornkoe, S. 1999. **Ecology and Management of Mangroves.** Bangkok: Kasetsart University Press. 198 p.

Rajeshwar, K. and J.G. Ibanez. 1997. **Environmental Electrochemistry.** San Diego: Academic Press. 327 p.

2.2 บทหนึ่งในหนังสือ

ชื่อผู้เขียนบทความ./ปีที่พิมพ์./ชื่อบทความ./น./เลขหน้าที่ปรากฏเรื่อง./ใน/ชื่อผู้รับผิดชอบ./ชื่อหนังสือ./รายละเอียดอื่นๆ (ถ้ามี).
//ครั้งที่พิมพ์ (ถ้ามี)//สถานที่พิมพ์:สำนักพิมพ์.

Hill, S.E. 1996. Emulsions. pp. 153-185. In Hall, G.M. (ed.). **Methods of Testing Protein Functionality.** London: Chapman & Hall.

Jacober, L.F. and A.G. Rand. 1982. Biochemical of Seafood. pp. 347-365. In Martin, R.E., G.J. Flick, C.E. Hebard and D.R. Ward (eds.). **Chemistry and Biochemistry of Marine Food Products.** Westport: AVI Inc.

2.3 หนังสือที่มีผู้รับผิดชอบในหน้าที่เป็นผู้รวบรวม ผู้เรียบเรียง หรือบรรณาธิการ

ชื่อผู้รับผิดชอบ./ (หน้าที่รับผิดชอบ)./ ปีที่พิมพ์./ชื่อเรื่อง./ครั้งที่พิมพ์ (ถ้ามี)./สถานที่พิมพ์:สำนักพิมพ์./จำนวนหน้า.

Tosirichok, K. (Editor). 1994. **Karn Rak Sa Doi Sa Moon Pri.** 1st. Bangkok: Mayik Publisher. 172 p. [in Thai]

Byrappa, K. and M. Yoshimura. (eds.). 2001. **Handbook of Hydrothermal Technology.** New Jersey: Noyes Publication. 854 p.

3. เอกสารอื่นๆ

3.1 วิทยานิพนธ์

ชื่อผู้แต่ง./ปีที่พิมพ์./ชื่อวิทยานิพนธ์./ระดับของวิทยานิพนธ์./ชื่อสถาบันการศึกษา./จำนวนหน้า.

Soitongcome, P. 1987. **Tannin Extraction from Rhizophora's Bark for Retanning.** Master Thesis. Kasetsart University. 113 p. [in Thai]

Saiklao, W. 2002. **Adaptive Bandwidth Allocation Control for Virtual Paths in Broadband Networks.** Doctoral Dissertation. Georgia Institute of Technology. 86 p.

3.2 รายงานการประชุมวิชาการ รายงานการสัมมนา ปาฐกถา รายงานประจำปี

ชื่อผู้เขียนบทความ./ปีที่พิมพ์./ชื่อบทความ./น./เลขหน้าที่ปรากฏเรื่อง./ใน/ชื่อการประชุม./รายละเอียดอื่นๆ (ถ้ามี)./ครั้งที่พิมพ์ (ถ้ามี)./สถานที่พิมพ์: สำนักพิมพ์.

Summadee, P. and B. Leenanon. 2013. Production of Probiotic Kefir Product. p. 109-116 *In Proceedings of the 12th MJU Annual Conference (Poster)*. Chiang Mai: Maejo University. [in Thai]

Coates, J. 2013. Clinical Trial for Canine Degenerative Myelopathy. pp. 29-31. *In Proceedings of ACVIM Specialty Symposium (Pre-forum) 12-15 June 2013*. Seattle: American College of Veterinary Internal Medicine (ACVIM).

3.3 รายงานผลการวิจัย

ชื่อผู้เขียนงานวิจัย./ปีที่พิมพ์./ชื่องานวิจัย./จำนวนหน้า./ใน/รายงานผลการวิจัย./สถานที่พิมพ์:ชื่อหน่วยงาน.

Pooprornpan, P., K. Duangsong and R. Sriapoern. 2001. **DNA fingerprinting of Thai native orchid *Vanda coerulea***. 62 p. *In Research Report*. Chiang Mai: Maejo University. [in Thai]

Theraumpon, N. 2003. **Automatic classification of white blood cells in bone marrow images**. 74 p. *In Research Report*. Chiang Mai: Chiang Mai University.

3.4 บทความจากนิตยสาร

ชื่อผู้เขียนบทความ./ปีที่ตีพิมพ์./ชื่อบทความ./ชื่อนิตยสาร./ปีที่ของนิตยสาร(เล่มที่): เลขที่หน้าที่อ้างอิง.

Srinuansom, K. 2018. Half-artificial breeding of *Monopterus albus*. **Maejo Vision** 18(4): 33-37. [in Thai]

3.5 บทความจากหนังสือพิมพ์

ชื่อผู้เขียนบทความ./ปีที่ตีพิมพ์./ชื่อบทความ./ชื่อหนังสือพิมพ์./ (วันที่/เดือน/ปี): เลขที่หน้าที่อ้างอิง.

Manapaisarn, S. 2006. Kra Sate Tra Korn Thai Nai A Na Koth. **Thai Rath**. (10 January 2006): 7. [in Thai]

4. แหล่งข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์

ผู้แต่งหรือผู้รับผิดชอบ./ปีที่บันทึกข้อมูล./ชื่อเรื่อง./[ระบบออนไลน์]/แหล่งที่มา/ระบุแหล่งการติดต่อเครือข่ายหรือการถ่ายโอนแฟ้มข้อมูล ชื่อแฟ้มข้อมูล/(วันที่/เดือน/ปี ที่ค้นข้อมูล).

Maythiyanon, T., N. Piriyarungroj and S. Saponarit. 2004. Novel vortex-fluidized bed combustor with two combustion chambers for rice-husk fuel. **SJST** 26(6): 875-893. [Online]. Available <http://www2.psu.ac.th/PresidentOffice/EduService/Journal/Firstpage.htm> (22 September 2005). [in Thai]

National Economic and Social Development Board (NESDB). 2001. **Input-output tables of Thailand**. [Online]. Available <http://www.nesdb.go.th> (8 August 2001).

Singh, M. and R.P. Singh. 2001. **Siderophore producing bacteria-as potential biocontrol agents of mushroom disease**. [Online]. Available <http://www.uio.no/conferences June2000.htm# Samuels> (3 July 2001).

Guide for Authors

Manuscripts submitted for publication should be of high academic merit and are accepted on condition that they are contributed solely to the Journal of Agricultural Research and Extension. Manuscripts, parts of which have been previously published in conference proceedings, may be accepted if they contain additional material not previously published and not currently under consideration for publication elsewhere.

Submission of a multi-authored manuscript implies the consent of all the participating authors. All manuscripts considered for publication will be peer-reviewed by at least 3 independent referees.

Submission checklist

Manuscript submission must include title page, abstract, keywords, text, tables, figures, acknowledgments, reference list and appendices (if necessary). The title page of this file should include the title of the article, full names, official name and affiliations of all authors, E-mail address, telephone and fax numbers and full postal address of the corresponding author.

Preparation and Submission of Manuscripts

Authors submitting manuscripts for consideration for publication should follow the following guidelines.

1. Manuscript texts must be written using high-quality language. For non-native English language authors, the article should be proof-read by a language specialist before it is sent to Journal.
2. Manuscript texts should not exceed than 10 pages and the combined number of figures and tables. The inclusion of more figures and tables will reduce the word allowance, and vice versa.
3. The manuscript text and tables should be created using Microsoft Word.
4. Manuscript texts should be prepared single column, with sufficient margins (1.0 inch) for editorial and proof-reader's marks. 15 pt TH Sarabun PSK font should be used throughout and all pages numbered consecutively.
5. Abstracts should not exceed than 200 words. About 5 keywords should also be provided.
6. All measures in the text should be reported in abbreviation
7. Tables and figures should each be numbered consecutively.
8. Acknowledgments should be as brief as possible, in a separate section before the references, not in the text or as footnotes.
9. Citations of published literature in the text should be given in the form of author and year in parentheses; (Hoffmann *et al.*, 2001), or, if the name forms part of a sentence, it should be followed by the year in parenthesis; Hoffmann *et al.* (2001). All references mentioned in the reference list must be cited in the text, and vice versa. The references section at the end of the manuscript should list all and only the references cited in the text in alphabetical order of the first author's surname. The following are examples of reference writing.

Reference to a journal article:

Chowdhury, M.A.H., R. Begum, M.R. Kabit and H.M. Zakir. 2002. Plant and animal residue decomposition and transformation of S and P in soil. **Pak. J. Bio. Sci.** 5: 736-739.

Reference to article or abstract in a conference proceedings:

Coates, J. 2013. Clinical Trial for Canine Degenerative Myelopathy. pp. 29-31. **In Proceedings of ACVIM Specialty Symposium (Pre-forum) 12-15 June 2013.** Seattle: American College of Veterinary Internal Medicine (ACVIM).

Reference to a book:

Rajeshwar, K. and J.G. Ibanez. 1997. **Environmental Electrochemistry.** San Diego: Academic Press. 327 p.

Reference to an edited book:

Hill, S.E. 1996. Emultions. pp. 153-185. *In* Hall, G.M. (ed.). **Methods of Testing Protein Functionality.** London: Chapman & Hall.

Reference to an electronic data source (used only when unavoidable): Supplier/Database name (Database identifier or number)/Item or accession number (Access date) should be included

National Economic and Social Development Board (NESDB). 2001. **Input-output tables of Thailand.** [Online]. Available <http://www.nesdb.go.th> (8 August 2001).

10. Submission of manuscript must conform to the format of the Journal of Agricultural Research and Extension and cover letter to the editor. All should be directed to the editor at the <http://tcj-thaijo.org/index.php/MJUJN/index> or <http://www.jare.mju.ac.th>

การส่งต้นฉบับ การตรวจสอบเบื้องต้น และการแก้ไข

1) ส่งไฟล์ต้นฉบับ ให้มีรายละเอียดครบตรงตามคำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ และหนังสือนำเสนอถึงบรรณาธิการ โดยนำเสนอและลงทะเบียนออนไลน์ที่ <https://www.tci-thaijo.org/index.php/MJUJN/index> หรือ <http://www.jare.mju.ac.th> ช่องทาง “ลงทะเบียนออนไลน์”

2) กองบรรณาธิการจะพิจารณาบทความเบื้องต้น ในกรณีที่ต้องแก้ไขจะแจ้งให้เจ้าของบทความทำการแก้ไข ก่อนนำเสนอให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาในลำดับต่อไป สำหรับบทความที่ไม่ได้รับการพิจารณาให้ดำเนินการต่อจะส่งต้นฉบับคืนให้เจ้าของบทความ

3) บทความที่ได้รับการพิจารณาจากกองบรรณาธิการให้ดำเนินการต่อ จะได้รับการตรวจสอบทางวิชาการจากผู้ทรงคุณวุฒิ อย่างน้อยบทความละ 3 ท่าน ที่เชี่ยวชาญในสาขาที่เกี่ยวข้องกับบทความนั้น ๆ และบทความที่ได้รับการพิจารณาให้ตีพิมพ์ กองบรรณาธิการจะส่งข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิ พร้อมทั้งต้นฉบับให้เจ้าของบทความปรับปรุงแก้ไข

4) บทความที่ได้รับการตีพิมพ์จะมีการเผยแพร่ออนไลน์ (Journal Online) ในรูปแบบวารสารอิเล็กทรอนิกส์ที่ <http://www.jare.mju.ac.th> และ <https://www.tci-thaijo.org/index.php/MJUJN/index>

JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH AND EXTENSION

Honorable Consultants:	President of Maejo University Asst. Prof. Pawin Mono chai Vice Director The Office of Agricultural Research and Extension – Academic Service Vice Director The Office of Agricultural Research and Extension – Research Affairs	
Editor-in Chief:	Assoc. Prof. Dr. Kriangsak Sri-Ngernyuang	
Associate Editor:	Asst. Prof. Dr. Witchaphart Sungpalee	
Assistant Editor:	Asst. Prof. Dr. Sutheera Hermhuk Dr. Chuthamat Atnaseo	
Editorial Board:	Prof. Emeritus Dr. Anurak Panyanuwat Prof. Emeritus Dr. Aree Wiboonpongse Prof. Emeritus Dr. Danai Boonyakiat Prof. Emeritus Dr. Sanchai Jaturasitha Prof. Dr. Dokrak Marod Prof. Dr. Uthairat Na-Nakorn Prof. Dr. Pranom Chantaranothai Prof. Dr. Prisarn Sithigorngul Prof. Dr. Siriwat Wongsiri Prof. Dr. Tanongkiat Kiatsiriroat Prof. Chalernpol Sampet Assoc. Prof. Dr. Wallratat Intaruccomporn Assoc. Prof. Dr. Boonmee Siri Assoc. Prof. Dr. Wandee Wattanachaiyingcharoen Assoc. Prof. Dr. Jaruntorn Boonyanuphap Assoc. Prof. Dr. Yanin Opatpatanakit Assoc. Prof. Dr. Prasert Janyasupab Assoc. Prof. Dr. Aphinun Suvarnaraksha Assoc. Prof. Aomtip Mekruksawannich-Kampe Assoc. Prof. Prawit Puddhanon Asst. Prof. Dr. Piyawan Suttiaprapan Asst. Prof. Dr. Piyanuch Niamsup Asst. Prof. Teerapong Sawangpanyangkura	Chiang Mai University Chiang Mai University Chiang Mai University Chiang Mai University Kasetsart University Kasetsart University Khon Kaen University Srinakharinrawit University Maejo University Chiang Mai University Chiang Mai University Chiang Mai University Khon Kaen University Naresuan University Naresuan University Maejo University Maejo University Maejo University Maejo University Maejo University Chiang Mai University Maejo University Maejo University
Operation committee:	Mrs. Thipsuda Pookmanee Ms. Ampar Sansai	Ms. Rungsima Ampawan Ms. Ranrana Kayun
PR and Publishing:	Mr. Prinya Painusa Mrs. Prapaisri Thongjang	Mr. Prasit Chaikum

Journal of Agricultural Research and Extension is a publication of the Office of Agricultural Research and Extension, Maejo University, and is intended to make available the results of technical work in the agricultural and related social sciences. Articles are contributed by MJU faculty members as well as by relevant general public. The paper must be considered by at least 3 peer reviewers. **Journal of Agricultural Research and Extension** is published three times per year, the first issue is on January, the second and the third issue are on May and September, respectively. Contact with the Journal should be addressed to:

The Editor, Journal of Agricultural Research and Extension
Academic Services Administration Division, Office of Agricultural Research and Extension
Maejo University, Chiang Mai 50290, Thailand

Tel: +66-53-87-3411 Fax: +66-53-87-3418
E-mail: Mju_journal@gmaejo.mju.ac.th
Web site: www.jare.mju.ac.th



JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH AND EXTENSION

Office of Agricultural Research & Extension

Maejo University

Vol. 39 No. 2 May – August 2022

E-ISSN 2630-0206

The Appropriate Growing Stage for Harvesting of <i>Senna alata</i> (L.) Roxb Leaves Contained High Yield of Hydroxyanthracene Derivatives according to Standard Criteria Supawadee Seubsasana1, Senee Polrach and Thaweephol Dechatiwongse Na Ayudhya.....	1-16
Correlation and Path Coefficient Analysis for Yield and its Components in M3 Generation Upland Rice (<i>Oryza sativa</i> L.) Mutants Nucharee Chadakan, Nattapon Junsawang and Watcharin Soonsuwon.....	17-25
Effect of Seed Coating with Plant Nutrients on Germination and Seedling Growth of Jack Bean (<i>Canavalia ensiformis</i>) Jakkrapong Kangsopa, Phetcarat Jeepphet, Thipkeson Numnea Woranut Yaban and Warissara Khonuan.....	26-40
The Potential of Zinc and Boron Fertilization to Reduce Longan Peel Reddening Disorder Winai Wiriya-Alongkorn and Watcharin Jantawan.....	41-54
Antioxidant and Biochemical Properties of Protein Hydrolysates Prepared from Sacha Inchi Meal Saranya Suwanangul, Theeraphol Senphan and Khanitta Ruttarattanamongkol.....	55-67
Effect of Rubber Plantation Patterns on Soil Quality Indicator as Water Storage of Coarse-loamy Textured Soils Chutharmard Kaewmano.....	68-80
Effect of Fish Meal Replacement with Filleting Waste in Fish Feed for Maejo Buk Siam Hybrid Catfish on Growth Performance Kriangsak Mengumphan, Supaporn Sattag, Thanathat Suksri and Sudaporn Tongsir.....	81-91
Comparison of the Efficacy of Formalin, Copper Sulfate, Acetic Acid Potassium Permanganate, and Trichlorfon (Dipterex®) on <i>Trichodina</i> spp. in Nile Tilapia Fingerlings (<i>Oreochromis niloticus</i>) Wanna Sirimanapong, Pimchanok Prachamkhai, Suphakarn Urairat, Supanan Sintuma Athicha Srisuthakarn and Ornphilin Prayoosuk.....	92-104
Prevalence of <i>Ehrlichia canis</i>, <i>Hepatozoon canis</i>, <i>Babesia canis</i> <i>Anaplasma platys</i> and <i>Trypanosoma evansi</i> Infections in Dogs in Chiang Mai Pennapa Takam, Wilawan Ruansit, Dante Fabros Jr., Pichanan Suebsaard, Onanong Seng-Lao Thipkamon Thikarach, Worapat Prachasilchai, Chollada Sodarar, Phacharaporn Tadee Phairot Phongkidakarn, Pattama Charentantanakul, Runjuan Isararuk Reankeaw Praphet and Wasin Charentantanakul.....	105-115
Smallholder Para-rubber Farmer's Household Livelihoods in Three Southern Border Provinces Buncha Somboonsuke and Purawich Phitthayaphinant.....	116-129
Human Capital Factors Affecting the Income and Labor Productivity of Rubber Farmers: Case Study of Surat Thani Province Manolee Sripaoraya Penpong.....	130-140
Production Costs Management Model for Sustainable Quality Longan Farmer Group: A Case Study of BanLao, Pa Nai Sub-district, Phrao District, Chiang Mai Sirikul Tulasombat, Wiyada Chaiwet, Natdanai Kiewwath and Manawin Songkroh.....	141-154
Factor Determining the Success of Small and Medium Agricultural Supplies Entrepreneur in Udon Thani Province Sureeporn Hachaturus and Satit Aditto.....	155-166
Agricultural Standard Components Affecting the Extension Needs of Pineapple Production for Export by Farmers in Northern Thailand Thurdpun Tummarattanapong, Chalerm Sak Toomhirun and Jinda Khlibtong.....	167-179
A Study and Development of Farmers' Life Skill and Happiness Indicators in Chiang Mai Province Fawarinya Soongkhaw, Sineenuch Khrutmuang Sanserm, Bumpen Keowan and Suraphol Sreshthaputra.....	180-196

AGRICULTURAL RESEARCH AND EXTENSION