วารสาร
ISSN (Print) 2651-2475 ISSN (Online)2773-9929

พลิตกรรมการเกษตร

JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION

ปีที่ 5 ฉบับที่ 2 พฤษภาคม - สิงหาคม 2566 VOL.5 NO.2 MAY - AUGUST 2023

WWW.JAP.MJU.AC.TH

วารสารผลิตกรรมการเกษตร

Journal of Agricultural Production

วารสารผลิตกรรมการเกษตร หรือ Journal of Agricultural Production (JAP) จัดทำโดย คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ มีวัตถุประสงค์เพื่อการเผยแพร่ผลงานวิจัย ด้านการเกษตรหรือที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร ของนักศึกษา คณาจารย์ นักวิจัย และนักวิชาการทั้งในและนอกสถาบัน มีกำหนดตีพิมพ์เผยแพร่ ปีละ 3 ฉบับ โดยกำหนดออกในเดือนเมษายน สิงหาคม และ ธันวาคม ของทุกปี โดยเริ่มตีพิมพ์ฉบับแรก (ปีที่ 1 ฉบับที่ 1) ในเดือนเมษายน 2562

นโยบายการจัดพิมพ์

รับบทความวิชาการด้านการเกษตร หรือสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร เช่น นวัตกรรมและเทคโนโลยีด้านการเกษตร เป็นต้น ตีพิมพ์ในรูปแบบ บทความวิจัยเต็มรูปแบบ (Full length article) แบบเนื้อหาสั้น (Short communication) รวมถึงบทความประมวลความรู้เชิงวิเคราะห์ (Review article) หรือบทความปริทัศน์ โดยบทความดังกล่าวจะต้องไม่เคยได้รับการตีพิมพ์ หรืออยู่ระหว่างการพิจารณาเพื่อตีพิมพ์ในวารสารอื่นมาก่อน บทความอาจจะเขียนโดยใช้ภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษก็ได้ แต่บทคัดย่อจะต้องมีทั้งสองภาษา บทความที่ตีพิมพ์ในวารสารจะต้องส่งในรูปแบบการเขียนตามที่กำหนด (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในคำแนะนำการเตรียมต้นฉบับสำหรับตีพิมพ์) ทุกบทความที่จะได้รับการตีพิมพ์จะทำการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาที่เกี่ยวข้องจำนวน 3 ท่าน และเมื่อผ่านการประเมินแล้วกองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการตรวจแก้ไขเรื่องที่จะส่งพิมพ์ตามที่เห็นสมควร และไม่รับพิจารณาต้นฉบับที่ไม่เป็นไปตามหลักเกณฑ์การตีพิมพ์ของวารสาร สำหรับผู้สนใจบทความสามารถเข้าถึงเนื้อหาผลงานตีพิมพ์ได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย (Open access) มีค่าธรรมเนียมการตีพิมพ์แบบปกติ 3,500 บาท หรือแบบเร่งด่วน 7,000 บาท ทั้งนี้ค่าธรรมเนียมการตีพิมพ์ดังกล่าว จะไม่ได้รับคืนไม่ว่าจะเป็นกรณีใดๆ และไม่เกี่ยวข้องกับการพิจารณาคุณภาพเพื่อตอบรับการตีพิมพ์

เนื้อหาบทความในวารสารนี้ เป็นความคิดเห็นของผู้เขียน โดยผ่านความเห็นชอบจากผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจอ่าน คณะผู้จัดทำไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยและมิใช่ความรับผิดชอบของคณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ติดต่อสอบถาม

บรรณาธิการวารสารผลิตกรรมการเกษตร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
63 หมู่ 4 ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290
อีเมล jap@mju.ac.th เว็บไซต์ http://jap.mju.ac.th
โทรศัพท์ +66 5387 3618 โทรสาร +66 5387 3628

คำบรรยายภาพปก
“ความหลากหลายทางพันธุกรรมของผีเสื้อ”
อนุเคราะห์ตัวอย่างโดย ดร.จักรพงษ์ สุภาวรรณ์ ถ่ายภาพโดย นายกานต์พนธ์ ชุมภู

วารสารผลิตกรรมการเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION
MJU

ที่ปรึกษา
อธิการบดี มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รองอธิการบดี (ผู้ช่วยศาสตราจารย์พาวิน มะโนชัย)
ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร
ศาสตราจารย์ ดร.สัญชัย จตุรสิทธา

บรรณาธิการอำนวยการ
คณบดีคณะผลิตกรรมการเกษตร (รองศาสตราจารย์ ดร.พุฒิสรรค์ เครือคำ)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ คณะผลิตกรรมการเกษตร (รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรนุช เจริญกิจ)
รองคณบดีฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ คณะผลิตกรรมการเกษตร (อาจารย์ ดร.วินัย แสงแก้ว)

บรรณาธิการ
รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรนุช เจริญกิจ

บรรณาธิการผู้ช่วย
อาจารย์ ดร.ปัทมา หาญนอก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ผานิตย์ นาขยัน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธีระ เหิมฮึก

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.ดนัย บุณยเกียรติ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ศาสตราจารย์ ดร.กมล เลิศรัตน์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ศาสตราจารย์ ดร.อานัฐ ตันโช	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รองศาสตราจารย์ ดร.ทศพล พรพรหม	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน
รองศาสตราจารย์ ดร.ธวัชชัย รัตน์ชเลศ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพล เศรษฐบุตร	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐา โพธิ์ธาภรณ์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์ ดร.ยศ บริสุทธิ์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.ชิติ ศรีตนทิพย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
รองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รองศาสตราจารย์ ดร.พุฒิสรรค์ เครือคำ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รองศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.นคเรศ รังควัต	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภธิดา อ่ำทอง	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รองศาสตราจารย์ ดร.สิริวัฒน์ สาครวาสี	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รองศาสตราจารย์ ดร.พีระศักดิ์ ฉายประสาท	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะศักดิ์ ชอุ่มพฤกษ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราพร โรจน์ทินกร	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมศรี นนทสวัสดิ์ศรี	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พหล ศักดิ์คะทัศน์	มหาวิทยาลัยแม่โจ้

คณะกรรมการดำเนินงาน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะ พละปัญญา	นางอภิชนา วงศ์วารเตชะ
นางสาวเขมินทรา ติ๊บปัญญา	นายอนุศิษฏ์ บุญทาแดง
นายกานต์พนธ์ ชุมภู	นางสาวนวลทิพย์ ชัยลิ้นฟ้า

เรื่องเล่า ... เล่มนี้

JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION

สวัสดีค่ะผู้อ่านทุกท่าน พบกันอีกตามเคย กับวารสารผลิตกรรมการเกษตร ฉบับที่ 2 ของปีที่ 5 (2566) ตามที่เคยแจ้งให้ทราบแล้วว่านับจากปี 2566 เป็นต้นไป วารสารผลิตกรรมการเกษตรจะตีพิมพ์ผลงานทางวิชาการจำนวน 15 เรื่องต่อฉบับ ซึ่งทำให้มีความหลากหลายของเนื้อหาในเล่มที่กว้างขวางมากขึ้น เช่น ทางพืช สัตว์ และการส่งเสริมและสื่อสารการเกษตร แต่ยังอยู่ในขอบเขตของวารสารเช่นเดิม ในฉบับนี้ มีทั้งเนื้อหาด้านการผลิตพืชสมุนไพร แปรรูปชา เทคโนโลยีทางด้านเมล็ดพันธุ์ ดัชนีการเก็บเกี่ยวฝรั่ง ธาตุอาหารในข้าว ฟ้าทะลายโจร หรือการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อปทุมมา เป็นต้น ซึ่งเชื่อว่าเนื้อหาจะเป็นประโยชน์ต่อท่านผู้อ่านไม่มากก็น้อยค่ะ

ส่วนข่าวคราวการพัฒนาของวารสาร ปีหน้า (2567) เป็นปีสุดท้ายที่วารสารเราจะครบอายุการรับรองเข้าในฐาน TCI กลุ่มที่ 1 ทำให้การดำเนินงานในปีนี้ต้องวางแผน จัดเตรียมเอกสารเพื่อขอรับการประเมินเข้าสู่ฐานอีกครั้งหนึ่ง และในอนาคต (ปี 2568) อาจจะมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการเขียนรายการอ้างอิงของวารสารเพื่อจัดเตรียมเอกสารสำหรับการประเมินเข้าฐานระดับนานาชาติ เช่น ACI ในอนาคตค่ะ คงต้องติดตามรับฟังข่าวสารของการปรับเปลี่ยนและพัฒนาเพื่อยกระดับวารสารเรากันต่อไปนะคะ หรือหากผู้อ่านต้องการให้คำแนะนำเพิ่มเติม สามารถแจ้งให้กองบรรณาธิการรับทราบได้ตลอดเวลาตามช่องทางต่าง ๆ ที่สะดวก หวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากผู้อ่านที่สนใจส่งบทความเข้ามาร่วมตีพิมพ์เผยแพร่กับเราต่อไปค่ะ

สวัสดีค่ะ

รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรนุช เจริญกิจ
บรรณาธิการ

สารบัญ

วารสารผลิตกรรมการเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION
MJU

ผลของอุณหภูมิต่ออุทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในชาใบหม่อนและการผลิตชาใบหม่อนผง 1
มาดีนา น้อยทับทิม วรรษมน วัฑฒนายน สิรินาถ ชูประจง ตัชนีม สมวงค์ และ วุฒิชัย ศรีช่วย

ผลของเทคนิคการผลิตรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องที่แตกต่างกันต่อการเรียนรู้ของเกษตรกร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 10
ปิยะ พละปัญญา และ ณฐิตากานต์ พยัคฆา

ผลของชนิดดาวเรืองและความเข้มข้นของสารละลายกรดจิบเบอเรลลิกในการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ 20
พิจิตรา แก้วสอน สุชานรี จันทร์ขวัญ นิตยา ชูเกาะ และ รักศักดิ์ เสริมศักดิ์

ผลของปริมาณธาตุไนโตรเจนต่อผลผลิตและปริมาณสารพฤกษเคมีในฟ้าทะลายโจรที่ปลูกในดินทราย 30
ปุญญิศา ตระกูลยิ่งเจริญ

การศึกษาสิ่งแปลกปลอมในข้าวสารของประเทศไทย 39
ขันทอง เพ็ชรนอก ก่อเกียรติ ศาสตรินทร์ และ กนกวรรณ ตุ้นสกุล

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการมีส่วนร่วมของประชาชนในการอนุรักษ์ป่าชุมชนแม่ขาน ตำบลน้ำบ่อหลวง อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ 46
ธนาคาร ทองเจริญ พหล ศักดิ์คทัศน์ นคเรศ รังควัต และ พุฒิสรรค์ เครือคำ

การประเมินความสัมพันธ์ขององค์ประกอบและคุณภาพผลผลิตของหม่อนผลพันธุ์ผสมเปิด 56
วัฒวาทิตย์ ไชยแสนท้าว ชลธิรา แสงศิริ เนตรนภา อินสลุด และ ธนพร ขจรผล

อิทธิพลของน้ำหมักชีวภาพต่อการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชจากฟางข้าว 67
ชนากานต์ แย้มฎีกา ผานิตย์ นาขยัน สาวิกา กอนแสง ภาวิณี อารีศรีสม และ วีณา นิลวงศ์

ผลของธาตุเหล็ก ผงถ่านกัมมันต์ และวุ้น ต่อการเกิดใบเหลือง และการเจริญเติบโตของปทุมมาลูกผสมสายพันธุ์สีม่วง (Violet) ที่เพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ 79
ธีรนิติ พวงกฤษ พัชรา ลาภประสานยิ่ง เฉลิมศรี ทองพึ่งสุข และ เฉลิมศรี นนทสวัสดิ์ศรี

พัฒนาการของผล ดัชนีการเก็บเกี่ยว และปริมาณความร้อนสะสมของฝรั่งพันธุ์กิมจู แตงโม และนิโกร 86
จุฑามาศ ดำแก้ว และ ธีรนุช เจริญกิจ

ผลของความเร็วรอบในการเคลือบและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง 97
ธิดารัตน์ แก้วคำ จุฑามาศ เชื้อลิ้นฟ้า และ สุทธิดา กำเนิดทอง

สารบัญ (ต่อ)

ผลของปุ๋ยยูเรียเคลือบด้วยสารยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ยูรีเอส (NBPT) ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตข้าว 106
เพ็ญนภา จักรสมศักดิ์ และ สาวิกา กอนแสง

โมเดลการส่งเสริมการปลูกผักในเมืองเพื่อสุขภาวะของผู้สูงอายุในกรุงเทพมหานคร 114
เสาวรัจ นิลเนตร บำเพ็ญ เขียวหวาน เบญจมาศ อยู่ประเสริฐ และ ทิพวรรณ ลิมังกูร

ผลของการควบคุมความขุ่นต่อการเจริญเติบโตและการรอดตายของลูกปลาดุกแอฟริกา 125
สราวุธ เย็นเอง และ อาภาพงศ์ ชั่งจันทร์

การปฏิบัติการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมของเกษตรกร ในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่โถ และหนองเขียว 136
พัชราวลี เขียวขำ นคเรศ รังควัต พุฒิสรรค์ เครือคำ และ วินัย วิริยะอลงกรณ์

คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ 145

Guide for Authors 149

วารสารผลิตกรรมการเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION
MJU

ว. ผลิตกรรมการเกษตร 5(2):1-9
J. Agri. Prod. 2023

ผลของอุณหภูมิต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในชาใบหม่อนและการผลิตชาใบหม่อนผง

Effect of Temperature on Antioxidant Activity in Mulberry Leaf Tea and Mulberry Leaf Tea Powder Production

มาดีนา น้อยทับทิม* วรรษมน วัฑฒนายน สิรินาถ ชูประจง ตัซนีม สมวงค์ และ วุฒิชัย ศรีช่วย
Madeena Noitubtim* Wassamon Wattanayon Sirinat Chooprajong Tasneem Somwong and Wutthichai Srichuay

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ จังหวัดนราธิวาส 96000
Faculty of Science and Technology, Princess of Naradhiwas University, Narathiwat 96000
* Corresponding author: madeena.n@pnu.ac.th

(Received: 4 January 2022; Revised: 8 August 2022; Accepted: 15 August 2022)

Abstract

The objectives of this research were 1) to study the effect of drying temperature at 3 levels which are 60, 70 and 80 °C on antioxidant activity of mulberry leaf tea for 1 hour 2) to assess sensory quality and overall acceptance 3) to study mulberry leaf tea powder production 4) to evaluate the shelf life of mulberry tea and mulberry leaf tea powder. The results showed that mulberry tea was dried at 60 °C when analyzed for antioxidant activity by DPPH assay, had the highest activity of scavenging DPPH with EC_{50} was 162.95±4.95 mg/ml, while 70 °C and 80 °C were 193.42±10.07 and 256.17±7.68 mg/ml, respectively. Moreover, overall acceptance quality of mulberry tea was dried at 60, 70 and 80 °C were like slightly. When storing mulberry leaf tea products which was drying at 60 °C for 3 months, it was found that the moisture content after storing for 0, 1, 2 and 3 months were 3.71%±0.06, 4.17%±0.04, 4.45%±0.07 and 4.55%±0.36, respectively. The total microbial were 3.8×10^3, 6.8×10^3, 7.8×10^3 and 8.5×10^3 CFU/g, respectively. *Salmonella* sp. and *Staphylococcus aureus* were not found. The results showed that when mulberry leaf tea product was stored at room temperature for 3 months, it was still safe for consumption according to Thai community product standard on dried mulberry for infusion. Production of mulberry tea powder products by freeze-drying, this study concluded that it is possible to improve the formula of mulberry leaf tea powder for future studies because mulberry tea powder was stored for 3 months, it was found that water activity was not different ($p>0.05$), which was in the range of 0.22-0.30. The total microbial when stored for 0, 1, 2 and 3 months were <10, <100, 3.2×10^2 and 3.8×10^2 CFU/g, respectively which according to Thai community product standard on instant mixed herbs drink.

Keywords: Mulberry leaf tea, temperature, antioxidant activity, mulberry leaf tea powder

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในการอบชาใบหม่อนที่อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 2) ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและความชอบโดยรวม 3) ศึกษาการผลิตชาใบหม่อนผง 4) ประเมินอายุการเก็บชาใบหม่อนและชาใบหม่อนผง ผลการทดลองพบว่าชาใบหม่อนอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เมื่อวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธีดีพีพีเอช มีประสิทธิภาพในการขจัดอนุมูลอิสระมากที่สุดคือ EC_{50} เท่ากับ 162.95±4.95 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ขณะที่ชาใบหม่อน อบที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียส เท่ากับ 193.42±10.07 และ 256.17±7.68 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ การยอมรับโดยรวมต่อชาใบหม่อนอบที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียสอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ชาใบหม่อนอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 เดือน พบว่า ค่าความชื้นที่ระยะเวลาเก็บ 0 1 2 และ 3 เดือนเท่ากับร้อยละ 3.71±0.06, 4.17±0.04, 4.45±0.07 และ 4.55±0.36 ตามลำดับ และมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 3.8×10^3 6.8×10^3, 7.8×10^3 และ 8.5×10^3 โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ โดยไม่พบเชื้อแซลโมเนลลาและเชื้อสแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ชาใบหม่อนที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 เดือน พบว่า ยังมีความปลอดภัยต่อการบริโภคตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเรื่องใบหม่อนแห้งชงดื่ม การผลิตชาใบหม่อนผงด้วยการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง สำหรับการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่ามีความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาสูตรชาใบหม่อนผงในการศึกษาครั้งต่อไป เนื่องจากเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ชาใบหม่อนผงเป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่า ค่าปริมาณน้ำอิสระไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 0.22-0.30 และพบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด เมื่อเก็บเป็นระยะเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน เท่ากับ น้อยกว่า 10 น้อยกว่า 100 3.2×10^2 และ 3.8×10^2 โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเรื่องสมุนไพรรวมผงสำเร็จรูป

คำสำคัญ: ชาใบหม่อน อุณหภูมิ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ชาใบหม่อนผง

คำนำ

หม่อน มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Morus alba* L. มีถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบเขตหนาวและเขตอบอุ่น ปลูกได้ในเขตร้อน เช่น ประเทศไทย เป็นต้น ทุกส่วนของต้นหม่อนสามารถใช้ประโยชน์ได้ (วสันต์ และคณะ, 2556) ดังนั้นเราจึงเห็นผลิตภัณฑ์จากต้นหม่อนหลายชนิด เช่น น้ำลูกหม่อน แยมลูกหม่อน และชาใบหม่อน เป็นต้น ชาใบหม่อนนับว่าเป็นผลิตภัณฑ์จากต้นหม่อนที่สามารถหาซื้อได้ทั่วไป ชาใบหม่อนเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำใบหม่อนมาแปรรูปด้วยวิธีการทำให้แห้งโดยใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์หรือแหล่งพลังงานอื่น (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2558) การผลิตชาใบหม่อนมีวิธีการดังนี้ เริ่มจากการคัดเลือกใบหม่อนที่มีสภาพใบสมบูรณ์มาหั่นให้ได้ขนาดแล้วไปนึ่งด้วยไอน้ำเดือด ตั้งไว้ให้เย็นแล้วนวดด้วยมือ จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ใช้เวลาอบ 1 ชั่วโมง เพื่อให้ความชื้นมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 7 (กรมหม่อนไหม, 2557) ดังนั้นหากชาใบหม่อนผ่านการแปรรูปที่ไม่เหมาะสมจะมีความชื้นสูงทำให้เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ไม่นาน การบริโภคชาสมุนไพรเพิ่มสูงขึ้นโดยเฉพาะในกลุ่มผู้สูงอายุเนื่องจากไม่มีสารคาเฟอีนและเชื่อว่ามีประโยชน์ต่อสุขภาพ ปัจจุบันไม่เพียงแต่จะปลูกต้นหม่อนเพื่อใช้ใบมาเลี้ยงไหมอย่างเดียว ได้มีการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชาใบหม่อนเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรอีกทางหนึ่ง เนื่องจากใบหม่อนมีสารต้านอนุมูลอิสระ ฟลาโวนอยด์ สารประกอบฟีนอลิก และมีไยอาหาร สามารถนำมาเป็นยาสมุนไพรต้านมะเร็ง เบาหวาน และรักษาระบบประสาทได้ (Afzal *et al.*, 2021) จากการให้อาสาสมัครจำนวน 12 ราย ดื่มสารละลายกลูโคสแล้วดื่มชาใบหม่อนสายพันธุ์บุรีรัมย์ 60 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีสาร 1-deoxynojirimycin (DNJ) สูงกว่าสายพันธุ์อื่น ห่างกันเป็นเวลา 15 นาที พบว่าช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดและช่วยส่งเสริมการทำงานของระบบประสาทพาราซิมพาเธติก เนื่องจากสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) และ DNJ ในใบหม่อนมีฤทธิ์ในการลดระดับน้ำตาลในเลือด (อุไรภรณ์ และคณะ, 2562) นอกจากนี้พบว่าสารสำคัญในใบหม่อนเป็นทางเลือกสำหรับการรักษาปัจจัยเสี่ยงทางหัวใจและเมแทบอลิกได้ (Thaipitakwong *et al.*, 2018) ทั้งนี้วิธีการและอุณหภูมิในการแปรรูปชาใบหม่อนนั้นมีผลต่อสารต้านอนุมูลอิสระ (Sarkhel and Manvi, 2021) นอกจากสารสำคัญที่มีประโยชน์ในใบหม่อนแล้ว หากใช้เทคโนโลยีที่สูงในการแปรรูปอาจจะต้องคำนึงถึงเรื่องต้นทุนในการแปรรูปชาใบหม่อนด้วย จากที่กล่าวมาข้างต้น การแปรรูปชาใบ

หม่อนนั้นมีขั้นตอนไม่ยุ่งยาก จึงมีกลุ่มแม่บ้านหรือกลุ่มวิสาหกิจชุมชนหลาย ๆ กลุ่มแปรรูปใบหม่อนเป็นผลิตภัณฑ์ขายเป็นรายได้เสริม หากใช้อุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมอาจจะทำให้สารต้านอนุมูลอิสระในชาใบหม่อนเหลืออยู่ปริมาณน้อยและเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ไม่นาน ปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรสำเร็จรูปหลากหลายรูปแบบเพื่อเพิ่มความสะดวกต่อผู้บริโภค ซึ่งสมุนไพรรวมผงสำเร็จรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการน้ำสกัดจากส่วนต่าง ๆ ของสมุนไพรอย่างน้อย 2 ชนิด มาผสมกับน้ำตาลหรือสารให้ความหวาน ปรุงแต่งกลิ่นรสด้วยเกลือหรือน้ำผึ้ง ให้ความร้อนจนเข้มข้นและแห้งเป็นเกล็ดขนาดเล็กหรือบดเป็นผง (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2556) ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในชาใบหม่อน ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและความชอบโดยรวม ศึกษาการผลิตชาใบหม่อนผง และประเมินอายุการเก็บชาใบหม่อนและชาใบหม่อนผง

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมชาใบหม่อน

1. เลือกใบหม่อนพันธุ์บุรีรัมย์ 60 ที่สะอาดปราศจากโรคและแมลง เก็บใบหม่อนตำแหน่งที่ 3-8 นับจากใบยอด นำมาทำความสะอาดจัดเรียงใบ ตัดก้านใบตรงกลางออกและหั่นใบหม่อนเป็นชิ้นประมาณ 0.5×4 เซนติเมตร ลวกน้ำร้อนอุณหภูมิ 95±2 องศาเซลเซียส เวลา 20-30 วินาที แล้วแช่น้ำเย็นอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสทันที นำใบหม่อนที่ลวกแล้วใส่ถาดผึ่งให้แห้งก่อนนำมาคั่วที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิแสดงบนเตาไฟฟ้า) เป็นเวลา 20 นาที ขณะคั่วใช้มือนวดใบหม่อนจนใบบิดเป็นเกลียว พักให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) เก็บในกล่องพลาสติกปิดสนิทสำหรับใส่อาหาร (ดัดแปลงจากวิธีของกรมหม่อนไหม, 2557)

การศึกษาผลของอุณหภูมิต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในชาใบหม่อน

1. ชั่งน้ำหนักชาใบหม่อน 200 กรัมด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้า (Mettler-Toledo รุ่น PL402-L, Switzerland) จากนั้นใส่ในถาดสเตนเลส ขนาด 30×58×3.5 เซนติเมตร เกลี่ยชาใบหม่อนให้มีความหนาสม่ำเสมอแล้วนำเข้าตู้อบลมร้อน (Memmert รุ่น UF75, Germany) อบที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำมาบดด้วยเครื่องปั่น (Panasonic รุ่น MX-GX1561, China) ให้เป็นผง นำไปร่อนด้วยตะแกรง 80 Mesh บรรจุใส่ซองเยื่อกระดาษ 3 กรัมต่อซอง แล้วเก็บในกล่องพลาสติกปิดสนิทสำหรับใส่อาหาร (Figure 1) เก็บที่อุณหภูมิห้องเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป (ดัดแปลงจากวิธีของกรมหม่อนไหม, 2557)

2. นำตัวอย่างชาใบหม่อนที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 3 ระดับ (60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส) มาสกัดด้วยวิธีการชง (infusion) โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 25 กรัม แช่ในน้ำร้อน 100 มิลลิลิตร เป็นเวลา 30 นาที กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 เก็บส่วนที่เป็นของเหลวไว้ในขวดสีชาและทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระทันทีหลังจากการสกัด (ดัดแปลงจากวิธีของ กิตติพัฒน์ และปานทิพย์, 2560)

3. ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในชาใบหม่อนอบที่อุณหภูมิ 3 ระดับ (60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส) ด้วยวิธี DPPH ได้ดัดแปลงจากวิธีของ วสันต์ และคณะ (2557) โดยใส่สารตัวอย่างที่ต้องการทดสอบลงใน 96 well plate ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลาย DPPH ในเมทานอลความเข้มข้น 90 ไมโครโมลาร์ ปริมาตร 180 ไมโครลิตรให้เข้ากันแล้วบ่มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที วัดการดูดกลืนแสงด้วย microplate reader (Power Wave$_x$, USA) ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร จากนั้นนำค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ได้ไปคำนวณเป็นร้อยละความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระของสารแอนติออกซิแดนท์ (%inhibition) แล้วนำค่า %inhibition

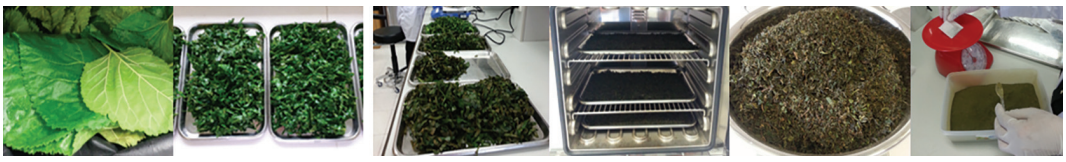


Figure 1 Process of mulberry leaf tea

ของตัวอย่างที่ได้ไปสร้างกราฟเส้นตรงเพื่อใช้คำนวณหาค่าความเข้มข้นของสารตัวอย่างที่มีผลต่อการลดจำนวนของอนุมูลอิสระลงไปครึ่งหนึ่งจากจำนวนของอนุมูลอิสระเริ่มต้น (Half maximal effective concentration; EC_{50})

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและความชอบโดยรวม

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและความชอบโดยรวมด้วยวิธี 9-point Hedonic Scale โดยคะแนนเท่ากับ 9 หมายถึงชอบมากที่สุด และคะแนนเท่ากับ 1 หมายถึงความไม่ชอบมากที่สุด โดยผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน เป็นบุคคลทั่วไปอายุระหว่าง 18-50 ปี การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้คำนึงถึงความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ชาใบหม่อนโดยเลือกผู้ทดสอบชิมเป็นผู้ที่มีสุขภาพดี เพศหญิงหรือเพศชายและจะต้องเป็นผู้ที่ไม่มีประวัติการแพ้อาหารชนิดใดชนิดหนึ่ง มีเกณฑ์การประเมินการยอมรับด้าน สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม เตรียมตัวอย่างชาใบหม่อนเพื่อทำการทดสอบ ดังนี้ ชงชาใบหม่อน 1 ซอง (3 กรัม) ในน้ำร้อน 100 มิลลิลิตร อุณหภูมิ 90±2 องศาเซลเซียส แช่เป็นเวลา 5 นาที แบ่งใส่แก้วปริมาณ 25 มิลลิลิตร พักไว้เตรียมทำการทดลองโดยอุณหภูมิของตัวอย่างชาใบหม่อนขณะเสิร์ฟประมาณ 60 องศาเซลเซียส (ดัดแปลงจากวิธีของ สุรชัย และคณะ, 2558) ซึ่งผู้วิจัยทำการแจ้งอุณหภูมิของตัวอย่างชาใบหม่อนให้ผู้ทดสอบทราบก่อนเสิร์ฟโดยให้ผู้ทดสอบชิมทีละตัวอย่าง มีทั้งหมด 3 ตัวอย่าง ทั้งนี้ผู้ทดสอบชิมจะต้องล้างปากด้วยน้ำเปล่าก่อนทดสอบตัวอย่างถัดไป วางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD)

การศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ชาใบหม่อน

เลือกชาใบหม่อนอบด้วยอุณหภูมิที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดจากขั้นตอนการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในชาใบหม่อนมาประเมินอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ชาใบหม่อน โดยนำชาใบหม่อนบรรจุเยื่อกระดาษ 3 กรัมต่อซอง เก็บรักษาในซองอลูมิเนียมฟอยล์ที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 3 เดือน วัดค่าความชื้น (AOAC, 2000) และทดสอบทางจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด เชื้อแซลโมเนลลา และเชื้อสแตฟิโลค็อกคัสออเรียส (AOAC, 2000) ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างทุก 1 เดือน วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD)

การผลิตชาใบหม่อนผง

เลือกชาใบหม่อนอบด้วยอุณหภูมิที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดจากขั้นตอนการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในชาใบหม่อนมาทำชาใบหม่อนผง ต้มชาใบหม่อนในน้ำด้วยเตาไฟฟ้าโดยมีอัตราส่วน 1 ต่อ 4 ที่อุณหภูมิ 98±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที พักไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง กรองเอาน้ำชาใบหม่อนเก็บในภาชนะปิดสนิทและนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส แล้วทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze dryer) (LABCONCO รุ่น FreeZone 2.5, Canada) นำชาใบหม่อนผงผสมน้ำตาลทรายอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 2 ต่อ 1

การศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ชาใบหม่อนผง

นำชาใบหม่อนผงบรรจุใส่ซองอลูมิเนียมฟอยล์ 5 กรัมต่อซอง เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 3 เดือน วัดค่าปริมาณน้ำอิสระด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (A_w) (Decagon, รุ่น Pawkit, USA) และทดสอบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (AOAC, 2000) ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างทุก 1 เดือน วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD)

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ผลการทดลองด้วย Analysis of variance (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Duncan's Multiple Range Test

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ผลของอุณหภูมิต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในชาใบหม่อน

การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในชาใบหม่อนผ่านการอบที่อุณหภูมิ 3 ระดับคือ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส ด้วยวิธี DPPH ซึ่งเป็นวิธีวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ด้วยสาร 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl วิธีนี้เป็นที่นิยมอย่างกว้างขวางเพื่อตรวจหาสารต้านอนุมูลอิสระ การศึกษาก่อนหน้าได้เปรียบเทียบวิธีการหาสารต้านอนุมูลอิสระ 3 วิธี พบว่าการเตรียมสารเคมีด้วยวิธี DPPH ไม่ยุ่งยากและสะดวก วิธีวิเคราะห์ง่ายและมีความรวดเร็ว ถูกต้องแม่นยำสูง

เมื่อเทียบกับวิธี ABTS และ FRAP แต่วิธี DPPH assay ไม่เหมาะกับตัวอย่างที่เป็นพลาสมาเนื่องจากโปรตีนจะตกตะกอนในแอลกอฮอล์ (Shah and Modi, 2015) สำหรับการทดลองนี้ได้รายงานเป็นค่า EC_{50} หมายถึงค่าความเข้มข้นของสารตัวอย่างที่มีผลต่อการลดจำนวนของอนุมูลอิสระเริ่มต้น โดยหากค่า EC_{50} มาก แสดงถึงประสิทธิภาพของตัวอย่างนั้นต่ำ แต่ในทางกลับกันหากค่า EC_{50} น้อยแสดงว่าตัวอย่างมีประสิทธิภาพดี (วสันต์ และคณะ, 2557) จากการทดลองได้สกัดชาใบหม่อนด้วยน้ำร้อนเพื่อจำลองสภาพความเป็นจริงเมื่อบริโภคชาจะนำชาใบหม่อนมาแช่น้ำร้อนก่อนดื่ม จากการนำชาใบหม่อนอบที่อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส พบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในชาใบหม่อนมีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) (Table 1) โดยชาใบหม่อนอบที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส มี ค่า EC_{50} เท่ากับ 162.95±4.95, 193.42±10.07 และ 256.17±7.68 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ชาใบหม่อนอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดเมื่อเทียบกับชาใบหม่อนอบที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียส ขั้นตอนการนวดขณะคั่วใบหม่อนก่อนนำไปอบเป็นขั้นตอนที่ใช้น้ำหนักกดลงที่ใบหม่อนเพื่อให้เซลล์แตกทำให้สารประกอบต่าง ๆ ที่อยู่ในเซลล์ไหลออกมานอกเซลล์และเคลือบอยู่บนใบชาส่งผลต่อกลิ่น รสชาติ รวมถึงสารต้านอนุมูลอิสระด้วย ผลการทดลองสอดคล้องกับรายงานการทำแห้งชาใบหม่อนด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส พบว่ามีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด รองลงมาคือ การทำแห้งด้วยวิธีทางธรรมชาติ การทำแห้งด้วยแช่เยือกแข็ง และการอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งการอบที่อุณหภูมิต่ำจะทำให้ชาใบหม่อนมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด (ลือชัย และคณะ, 2557) เนื่องจากความร้อนมีผลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (พัชรี และสกุลกานต์, 2558) การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของชาใบหม่อนอบด้วยเครื่องอบแบบอุโมงค์ที่อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที พบว่าการอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ชาใบหม่อนมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด แต่ความชื้นของชาใบหม่อนจากการอบที่อุณหภูมิดังกล่าวมีมากกว่าร้อยละ 15 ทำให้เก็บชาใบหม่อนได้ไม่นาน (Taufik *et al.,* 2016) การแปรรูปชาใบหม่อนนอกจากจะคำนึงถึงปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระแล้ว ควรจะพิจารณาถึงคุณภาพทางเคมีและจุลินทรีย์โดยรวมของผลิตภัณฑ์ด้วย เพราะจะส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ชาใบหม่อน

Table 1 Effect of drying temperatures of mulberry leaf tea on DPPH radical scavenging activity

Temperature (°C)	Effective concentration: EC_{50} (mg/ml)
60	$162.95±4.9^{5}$a
70	$193.42±10.07^{b}$
80	$256.17±7.68^{c}$

Remarks: $^{a-c}$ Means with the different letters in the same column were significant at $p \leq 0.05$
Values are the mean ± SD (n = 3)

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและความชอบโดยรวม

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและความชอบด้านความชอบโดยรวมแบบ 9-point Hedonic Scale โดยผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำชาใบหม่อนอบที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส (Table 2) พบว่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบสีและกลิ่นมีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) ส่วนด้านความชอบรสชาติและความชอบโดยรวมของชาใบหม่อนมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ชาใบหม่อนอบที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส ได้รับคะแนนจากผู้ทดสอบชิมด้านความชอบสีอยู่ในช่วง 6.20-6.44 ความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย ความชอบด้านกลิ่น อยู่ในช่วง 5.60-5.68 อยู่ในระดับเฉย ๆ ความชอบด้านรสชาติอยู่ในช่วง 6.14-6.22 อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย และความชอบโดยรวมอยู่ในช่วง 6.52-6.60 คือมีความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย แต่พบว่าชาใบหม่อนอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ได้รับคะแนนความชอบ

โดยรวมมากที่สุด คือ 6.60±1.84 รองลงมาคือ ชาใบหม่อนอบที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส เท่ากับ 6.52±1.58 และ 6.48±1.74 ตามลำดับ คะแนนด้านความชอบสีของชาใบหม่อนอบทั้ง 3 อุณหภูมิ อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย สอดคล้องกับรายงานการยอมรับและพฤติกรรมของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรไทยของ สุรชัย และคณะ (2558) พบว่าคุณลักษณะสีของกลุ่มตัวอย่างชา ได้แก่ ชาใบหม่อน ชาขิง ชาดอกคำฝอย ชาเจียวกู้หลาน ชามะขาม และชาเขียว ได้รับคะแนนความชอบอยู่ในช่วง 6.3-6.5 คือมีความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย

การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ชาใบหม่อน

งานวิจัยนี้เลือกชาใบหม่อนอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เนื่องจากมีสารต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดมาศึกษาอายุการเก็บรักษา โดยบรรจุชาใบหม่อนในเยื่อกระดาษแล้วเก็บในซองอลูมิเนียมฟอยล์ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 เดือน ผลการวิเคราะห์ค่าความชื้น ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด เชื้อแซลโมเนลลา และเชื้อสแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส ของชาใบหม่อน (Table 3) ผลการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน มีค่าความชื้นเท่ากับร้อยละ 3.71±0.06, 4.17±0.04, 4.45±0.07 และ 4.55±0.36 ตามลำดับ และมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด เท่ากับ 3.8×10^3, 6.8×10^3, 7.8×10^3 และ 8.5×10^3 โคโลนีต่อกรัม ไม่พบเชื้อแซลโมเนลลา และเชื้อสแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลา 3 เดือนแล้วพบว่าผลิตภัณฑ์ชาใบหม่อนยังมีความปลอดภัยต่อการบริโภคตามข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเรื่องชาใบหม่อนแห้งชงดื่ม ประเภทชาใบหม่อนแห้งชงดื่มชนิดใบหม่อนบดหยาบหรือบดละเอียดผสมส่วนผสมอื่นจากธรรมชาติ ระบุว่า ความชื้นต้องไม่เกินร้อยละ 6 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร เชื้อแซลโมเนลลาต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม และสแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส ต้องน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2558) ค่าความชื้นและปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของชาใบหม่อนเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 เดือนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น สอดคล้องกับการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ชาชงใบหม่อนผสมผลหม่อนบรรจุซองอลูมิเนียมฟอยล์เคลือบด้วยพลาสติกชนิด PET ปิดผนึกแบบสุญญากาศ เก็บที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน พบว่าความชื้นเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้นที่อุณหภูมิทั้ง 3 ระดับ (ธนกิจ และคณะ, 2561)

การผลิตชาใบหม่อนผงและอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

การผลิตชาใบหม่อนผงนั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความสะดวกต่อผู้บริโภค จากการทดลองนี้ได้เลือกชาใบหม่อนอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เนื่องจากมีสารต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด โดยนำมาทำแห้งด้วยการแช่แบบเยือกแข็ง ผลิตภัณฑ์ที่ได้นั้นสามารถชงชาใบหม่อนผง 1 ซอง (5 กรัม) โดยปริมาณน้ำร้อนที่แนะนำต่อชาใบหม่อนผง 1 ซอง คือ 100 มิลลิลิตร การผลิตชาใบหม่อนผงครั้งนี้เป็นแนวทางการพัฒนาสูตรในการศึกษาครั้งต่อไป ทั้งนี้ผู้วิจัยต้องการศึกษาความเป็นไปได้ของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ชาใบหม่อนผง เนื่องจากผลิตภัณฑ์ชาใบหม่อนผงเป็นการผสมชาใบหม่อนผงกับน้ำตาลทรายเท่านั้นโดยไม่ใช้วัตถุเจือปนอาหาร ซึ่งในปัจจุบันมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรสำเร็จรูปพร้อมดื่มเพื่อเป็นทางเลือกต่อผู้บริโภคหลากหลายชนิดด้วยกัน เช่น ชาข้าวก่ำเพาะงอกพร้อมชง (สิริการ และคณะ, 2557) น้ำตำลึงผง (เศรษฐการ, 2554) และมะตูมผงสำเร็จรูป (ศิริพร, 2561) เป็นต้น ผลการวิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำอิสระและปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Table 4) เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน ค่าปริมาณน้ำอิสระมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 0.22-0.30 และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดมีค่าน้อยกว่า 10 น้อยกว่า 100 3.2×10^2 และ 3.8×10^2 โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ โดยปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น และเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลา 3 เดือนแล้วพบว่าชาใบหม่อนผงสำเร็จรูปมีค่าปริมาณน้ำอิสระ และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเรื่องสมุนไพรรวมผงสำเร็จรูป (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2556) คือ มีปริมาณน้ำอิสระไม่เกิน 0.6 และมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์ชาใบหม่อนผงสำเร็จรูปที่พัฒนาขึ้นนั้นจัดอยู่ในกลุ่มอาหารเน่าเสียยากซึ่งมีค่าปริมาณน้ำอิสระต่ำสามารถเก็บได้นานหากเก็บไว้ในสภาวะที่เหมาะสม

Table 2 Effect of drying temperatures on the sensory quality of mulberry leaf tea

Temperature (°C)	Average sensory score			
	Color	Odor^{ns}	Flavor	Overall^{ns}
60	6.20±1.84^{a}	5.62±1.68	6.16±1.13^{a}	6.52±1.58
70	6.52±1.60^{c}	5.60±1.81	6.22±125^{b}	6.53±1.74
80	6.44±1.52^{b}	5.68±1.85	6.14±1.57^{a}	6.60±1.84

Remarks: $^{a-b}$ Means with the different letters in the same column were significant at p≤0.05
^{ns} Means not statistically significant
Values are the mean ± SD (n = 3)

Table 3 Moisture content and microbial quality of mulberry leaf tea at different storage periods

Storage period (month)	Moisture content (%)	Microbial count (CFU/g)	*Salmonella* sp.	*S. aureus*
0	3.71±0.0^{6}a	3.8 x10^{3}	nd	nd
1	4.17±0.0^{4}b	6.8 x10^{3}	nd	nd
2	4.45±0.07^{c}	7.8 x10^{3}	nd	nd
3	4.55±0.36^{c}	8.5 x1^{0}3	nd	nd

Remarks: $^{a-b}$ Means with the different letters in the same column were significant at p≤0.05
nd Means not detected
Values are the mean ± SD (n = 3)

Table 4 Water activity and microbial quality of mulberry leaf tea powder at storage periods

Storage period (month)	Water activity^{ns}	Microbial count (CFU/g)
0	0.22±0.02	<10
1	0.25±0.01	<100
2	0.27±0.04	3.2×10^{2}
3	0.30±0.04	3.8×10^{2}

Remarks: ^{ns} Means not statistically significant
Values are the mean ± SD (n = 3)

สรุปผลการวิจัย

สิ่งที่ผู้บริโภคคาดหวังในการบริโภคชาใบหม่อนคือการได้รับสารที่มีประโยชน์จากชาใบหม่อน เช่น สารต้านอนุมูลอิสระ ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อสารต้านอนุมูลอิสระและระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ชาใบหม่อนคือ อุณหภูมิการอบชาใบหม่อน การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบชาใบหม่อนคือ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เป็นอุณหภูมิที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ชาใบหม่อนมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด และมีคุณภาพด้านความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ชาใบหม่อนที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 เดือน โดยพบว่ายังมีความปลอดภัยต่อการบริโภคตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์

ชุมชนเรื่องใบหม่อนแห้งชงดื่ม สำหรับการผลิตชาใบหม่อนผงนั้นมีความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาสูตรชาใบหม่อนผงในการศึกษาครั้งต่อไป เนื่องจากสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ชาใบหม่อนผงสำเร็จรูปที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 เดือน พบว่าค่าปริมาณน้ำอิสระและปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเรื่องสมุนไพรรวมผงสำเร็จรูป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์พระบรมราชินีนาถ จังหวัดนราธิวาส ที่อนุเคราะห์ใบหม่อนเพื่อการวิจัย และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ที่สนับสนุนอุปกรณ์และสถานที่ในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

กรมหม่อนไหม. 2557. การผลิตชาใบหม่อนเชิงพาณิชย์. แหล่งข้อมูล https://qsds.go.th/wpcontent/uploads/2017/pdf/2014-11-04-tea.pdf (10 มกราคม 2564).

กิตติพัฒน์ โสภิตธรรมคุณ และปานทิพย์ รัตนศิลป์กัลชาญ. 2560. การสกัดและวิธีวัดความสามารถการต้านอนุมูลอิสระในพืชสมุนไพร. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ 3(1): 86-94.

ธนกิจ ถาหมี พิไลรัก อินธิปัญญา และดุษฎี บุญธรรม. 2561. การประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ชาชงใบหม่อนผสมผลหม่อนโดยวิธีสภาวะเร่ง. วารสารเกษตร 34(1): 157-166.

พัชรี สิริตระกูลศักดิ์ และสกุลกานต์ สิมลา. 2558. ผลของกรรมวิธีการประกอบอาหารต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในดอกชมจันทร์. แก่นเกษตร 43(1): 875-880.

ลือชัย บุตคุป อินทร์ตา ขานพรหม และศุภชัย สมัปปิโต. 2557. อิทธิพลของกระบวนการทำแห้งใบหม่อน (*Morus alba* L.) ในการผลิตชาเขียวต่อปริมาณฟลาโวนอยด์และฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 27(1): 1-11.

วสันต์ นุ้ยภิรมย์ อัญชลี โพธิ์ดี และวิโรจน์ แก้วเรือง. 2556. หม่อนผลสดและการแปรรูป. กรมหม่อนไหม. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

วสันต์ สุมินทิลี่ ปนิดา บรรจงสินศิริ จันทนา ไพรบูรณ์ และวรรณวิมล คล้ายประดิษฐ์. 2557. กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากสาหร่ายพวงองุ่น (*Caulerpa lintillifera*) สาหร่ายทุ่น (*Sargassum oligocystum*) และสาหร่ายเขากวาง (*Gracilaria changii*). วารสารเทคโนโลยีการอาหาร 9(1): 63-75.

ศิริพร สอนสมบูรณ์สุข. 2561. การพัฒนาผลิตภัณฑ์มะตูมผงสำเร็จรูปด้วยการทำแห้งแบบพ่นฝอย. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลและระบบกระบวนการ คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

เศรษฐการ นุชนิยม. 2554. การผลิตน้ำตำลึงผงโดยการทำแห้งแบบเยือกแข็ง. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 19(2): 51-63.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2556. สมุนไพรรวมผงสำเร็จรูป. แหล่งข้อมูล https://tcps.tisi.go.th/pub/tcps1441_56(สมุนไพรรวมผงสำเร็จรูป).pdf (16 มกราคม 2564).

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2558. ใบหม่อนแห้งชงดื่ม. แหล่งข้อมูล https://tcps.tisi.go.th/pub/tcps0030_58(ใบหม่อนชงดื่ม).pdf (16 มกราคม 2564).

สิริการ หนูสิงห์ ปาจารีย์ มันดี และบุศราภา ลีละวัฒน์. 2557. การพัฒนาชาข้าวก่ำเพาะงอกพร้อมชง. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 22(3): 337-346.

สุรชัย อุตมอ่าง นิรมล อุตมอ่าง และรัฐนันท์ พงศ์วิริทธิ์ธร. 2558. การยอมรับและพฤติกรรมของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรไทย. วารสารศรีนครินทรวิโรฒวิจัยและพัฒนา (สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์) 7(13): 187-199.

อุไรภรณ์ บูรณสุขสกุล อลงกต สิงโต นริศา เรืองศรี และปิยะพงษ์ ประเสริฐศร. 2562. ผลของการดื่มชาใบหม่อนต่อระดับน้ำตาลในเลือดและระดับความอิ่มในอาสาสมัครสุขภาพดี. วารสารศรีนครินทร์เวชสาร 34(3): 237-242.

Afzal, F., W. Khalid, M.N. Asif, A. Jabeen, R.P. Jha, M.Z. Khalid, C. Fizza, A. Aziz, R. Akram, A. Bashir, S. Younas, F. Nayyer, R. Yasin and M.Z. Ahmad. 2021. Role of mulberry leaves in human nutrition: a review. J. Acta Scientific Nutritional Health 5(3): 43-50.

AOAC. 2000. Official methods of analysis of AOAC International. 15th Edition. Arlington: AOAC International.

Sarkhel, S. and D. Manvi. 2021. Processing of mulberry leaves: a review. J. Int. J. of Chemical Studies 9(1): 859-865.

Shah, P. and H.A. Modi. 2015. Comparative study of DPPH, ABTS and FRAP assays for determination of antioxidant activity. J. IJRASET 3(4): 636-641.

Taufik, Y., T. Widiantara and Y. Garnida. 2016. The effect drying temperature on the antioxidant activity of black mulberry leaf tea (*Morus nigra*). J. RASAYAN J. Chem. 9(4): 889-895.

Thaipitakwonga, T., S. Numhomb and P. Aramwita. 2018. Mulberry leaves and their potential effects against cardiometabolic risks: a review of chemical compositions, biological properties and clinical efficacy. J. Pharmaceutical biology 56 (1): 109-118.

วารสารผลิตกรรมการเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION
MJU

ผลของเทคนิคการผลิตรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องที่แตกต่างกันต่อการเรียนรู้ของเกษตรกรอำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

Results of Different Camera angle Techniques in Video Program Production on Learning of Farmers in San Sai District, Chiang Mai Province

ปิยะ พละปัญญา[1] และ ณฐิตากานต์ พยัคฆา[2*]
Piya Palapanya[1] and Nathitakarn Phayakka[2*]

[1] สาขาวิชาส่งเสริมและสื่อสารเกษตร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290
[1] Department of Agricultural Extension and Communications, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290
[2] ภาควิชาพัฒนาเศรษฐกิจการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200
[2] Department of Agricultural Economy and Development, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200
[*] Corresponding author: Nathitakarn.p@gmail.com

(Received: 11 March 2022; revised: 27 April 2022; Accepted: 15 August 2022)

Abstract

The objective of this research was to compare farmers' levels of cognitive conception through video programs produced by using three different presentation techniques: (1) Objective camera angle (2) Subjective camera angle (3) Point view camera angle.

The randomized pretest-posttest control group design was used in this study. The model groups, resulted from a sample random sampling, was comprised of 120 farmers from Sansai district, Chiang Mai. The respondents were then divided into three groups of forty members. After collecting data by interviews and questionnaires, statistical analysis was conducted to determine ranges, mode, percentage, means, standard deviations, Chi square test, t-test, F-test and Lest Significant Difference (LSD) test.

The results of the study shown that 1) the cognitive learning outcome after watching the video program of the 3 groups of farmers was significantly different higher than before. The cognitive learning outcome after watching the video program of the 3 groups of farmers was significantly different. It was found that farmers who learned from video programs using Point view camera angles had the highest learning outcome followed by the video program using the Subjective camera angle, while the video program using the Objective camera angle had lowest learning outcome. When comparing means of each group, it was found that means of farmers learning outcome from Objective camera angle were not significantly different from those in Subjective camera angle ($p<0.05$). Means of farmers learning

outcomes from Subjective camera angle were not significantly different. And means of farmers learning outcomes from Point view camera angle were significantly higher than those in Objective camera angle ($p<0.05$).

Keywords: Video programs, camera angle techniques, learning, farmers, Sansai district

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยของเกษตรกร จากการชมรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องที่แตกต่างกัน 3 แบบ คือ (1) รายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบออบเจกทีฟ (Objective camera angle) (2) รายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบซับเจกทีฟ (Subjective camera angle) (3) รายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบพอยต์ออฟวิว (Point view camera angle)

การวิจัยใช้การทดลองแบบเปรียบเทียบ 2 กลุ่มขึ้นไป มีการวัดผลการทดลองก่อนและหลัง โดยมีกลุ่มตัวอย่างการวิจัยคือ เกษตรกรในอำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน จำนวนทั้งหมด 120 คน แบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 40 คน กลุ่มแรกเรียนรู้จากรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบออบเจกทีฟ กลุ่มที่สองเรียนรู้จากรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบซับเจกทีฟ กลุ่มที่สามเรียนรู้จากรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบพอยต์ออฟวิว เนื้อหาที่ใช้สร้างบทรายการวีดิทัศน์คือเรื่อง “การเสียบยอดมะม่วงพันธุ์ดี” รวบรวมโดยใช้แบบสอบถามและแบบทดสอบ จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน Chi-square, t-test, F-test และ Least Significant Difference (LSD)

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1) ผลการเรียนรู้เชิงพุทธิพิสัยหลังชมรายการวีดิทัศน์ของเกษตรกรทั้ง 3 กลุ่ม สูงกว่าก่อนชมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยผลการเรียนรู้เชิงพุทธิพิสัยหลังชมรายการวีดิทัศน์ของเกษตรกรทั้ง 3 กลุ่ม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่า เกษตรกรที่เรียนรู้จากรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบพอยต์ออฟวิว มีผลการเรียนรู้สูงสุด รองลงมาคือรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบซับเจกทีฟ ขณะที่รายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบออบเจกทีฟ มีผลการเรียนรู้ต่ำสุด 2) เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยแต่ละคู่ ผลปรากฏว่า คะแนนเฉลี่ยของเกษตรกรที่เรียนจากรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบออบเจกทีฟ กับรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบซับเจกทีฟ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, คะแนนเฉลี่ยของเกษตรกรที่เรียนจากรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบซับเจกทีฟ กับรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบพอยต์ออฟวิว ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และคะแนนเฉลี่ยของเกษตรกรที่เรียนจากรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบพอยต์ออฟวิว สูงกว่าเกษตรกรที่เรียนจากรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบออบเจกทีฟ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

คำสำคัญ: รายการวีดิทัศน์ มุมกล้อง การเรียนรู้ เกษตรกร อำเภอสันทราย

คำนำ

โทรทัศน์เป็นสื่อมวลชนที่มีบทบาทสำคัญอย่างมากและได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เพราะเป็นสื่อที่สร้างการรับรู้ได้ทั้งด้านภาพและเสียงในคราวเดียวกัน เป็นสื่อที่มีคุณสมบัติดึงดูดความสนใจของผู้ชมได้อย่างมากและรวดเร็ว ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวนั้นสร้างมโนทัศน์จากการนำเสนอภาพที่เป็นจริงให้ผู้ชมได้เห็นด้วยตาของตนเองทั้งสิ้น ทำให้ผู้รับชมสามารถรับการถ่ายทอดทางประสบการณ์ ความรู้ ทัศนคติ ด้วยคุณสมบัติข้างต้นจึงเป็นเหตุผลที่ทำให้สื่อโทรทัศน์นั้นมีบทบาทต่อชีวิตประจำวัน ในแทบทุกบ้านเรือนต่างใช้โทรทัศน์เป็นสื่อในการรับรู้ข่าวสารและความบันเทิงต่าง ๆ จากอิทธิพลของโทรทัศน์ข้างต้น สิ่งที่ผู้ผลิตรายการพึงระวังคือ การตระหนักว่ารายการที่ผลิตมีประโยชน์เป็นไปเพื่อสังคมที่ดีขึ้น หรือเป็นเพียงการยัดเยียดข่าวสาร (Sricharoen, 2016) โทรทัศน์ถือได้ว่าเป็นเครื่องมือในการถ่ายทอดความรู้และถูกนำไปใช้เพื่อการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในแง่มุมของการเรียนรู้ และรูปแบบรายการโทรทัศน์ก็ปรับเปลี่ยนออกมาในรูปแบบของสื่อต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการบันทึกลงเทปวิดีโอ DVD หรือรูปแบบรายการโทรทัศน์ออนไลน์

การถ่ายทอดความรู้สู่กลุ่มเป้าหมายโดยตรงจากรูปแบบของเครื่องรับโทรทัศน์ โดยใช้รายการวีดิทัศน์

รูปแบบต่าง ๆ เช่น DVD โทรทัศน์ออนไลน์ สามารถเปิดรับชมได้ตลอดเวลา ทวนซ้ำได้ หรือเปิดดูเมื่อมีเวลาว่าง ได้ทั้งภาพและเสียงบรรยายไปพร้อมกัน ที่เหลือคือเทคนิคพิเศษต่าง ๆ ที่จะนำมาสร้างความน่าสนใจ ซึ่งมีอยู่หลากหลายรูปแบบ อันจะมีผลทำให้เกิดการเรียนรู้ จดจำและนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยคุณสมบัติที่ได้เปรียบของภาพการวีดิทัศน์ในรูปแบบ DVD จึงทำให้สื่อดังกล่าวเป็นสื่อที่มีประสิทธิภาพ ดังนั้น การผลิตรายการวีดิทัศน์รูปแบบใดและเรื่องอะไร จะใช้เทคนิคการสร้างความสนใจให้น่าจดจำอย่างไรที่จะมีประสิทธิภาพที่สุดและเหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมายที่เป็นเกษตรกร จึงเป็นเรื่องที่น่าศึกษาและค้นคว้าทดลองอย่างจริงจัง

ดังนั้นในการจัดทำสื่อเพื่อเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้กระบวนการถ่ายทอดความรู้ประสบความสำเร็จมากยิ่งขึ้น พบว่าสื่อโทรทัศน์เป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างมากที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในกระบวนการปฏิบัติที่ยุ่งยากซับซ้อน โดยสื่อออกมาในรูปแบบของภาพและเสียงที่จะทำให้เรียนรู้ได้ง่ายขึ้น การแก้ปัญหาเรื่องการถ่ายทอดความรู้ได้ถูกนำเสนอผ่านทางโทรทัศน์ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น DVD-ROM โทรทัศน์ออนไลน์ สามารถช่วยพัฒนาความรู้ได้อย่างรวดเร็ว ดูซ้ำได้และประหยัดเวลา อาจถือได้ว่าการดูผ่านโทรทัศน์ในรูปแบบของความรู้จะช่วยนำเสนอเรื่องราวและทักษะต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี และข้อสำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ โทรทัศน์มีคุณสมบัติที่ได้เปรียบสื่ออื่น ๆ คือ สามารถเห็นจริงเห็นจัง ทำให้เกิดความเลื่อมใสศรัทธา ชักจูงให้คล้อยตามได้ง่ายกว่าสื่ออื่น ๆ เพราะให้ทั้งภาพและเสียงพร้อม ๆ กัน ลักษณะของสื่อและเทคนิคที่ใช้ทำให้ผู้รับสามารถทราบขั้นตอนลำดับ ทำให้เกิดความเข้าใจได้ง่ายและถูกต้องชัดเจนกว่าสื่ออื่น ทำให้เกิดความทรงจำติดตาได้นาน ประทับใจ ลืมยาก ให้ข่าวสารและความบันเทิงที่มีสีสันเหมือนจริง ช่วยให้เกิดภาพพจน์ชัดเจน

สำหรับในการวิจัยทางด้านสื่อสารการเกษตรนั้นยังมีหลายประเด็นและมีคำถามที่ต้องการหาคำตอบเพิ่มเติมอยู่ ซึ่งโดยส่วนใหญ่ระบุว่าสื่อมวลชนสามารถเข้าถึงเกษตรกรได้มากที่สุด ยกตัวอย่างเช่น จากงานวิจัยของ Yenjabok *et al.* (2004) พบว่าเกษตรกรเปิดรับข่าวสารเรื่องทฤษฎีใหม่จากสื่อโทรทัศน์ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ แต่แท้จริงแล้วได้แค่สร้างความสนใจเท่านั้น อาจมีเหตุผลมาจากเรื่องของเวลาที่มีจำกัด บอกได้แค่หลักการทั่ว ๆ ไป แต่ไม่ลงลึกถึงการปฏิบัติ และโทรทัศน์ก็ไม่ได้บอกแหล่งข้อมูลเพิ่มเติมที่เกษตรกรจะสามารถตามไปแสวงหาข่าวสารเพิ่มเติมได้อีก ส่วนสื่อมวลชนประเภทอื่น ๆ นั้น เช่น วิทยุ หนังสือพิมพ์ และนิตยสารมีบทบาทน้อยมากในเรื่องการสื่อสารการเกษตร มักเป็นเรื่องราวของการรายงานผลการศึกษาดูงาน การเยี่ยมชมแปลงสาธิต และเป้าหมายก็เพียงแจ้งให้ทราบ แต่ไม่เพียงพอที่จะไปปฏิบัติได้

ส่วนสื่อบุคคล บทสรุปก็พบกับอุปสรรคอยู่เสมอ ปัญหาก็คือการเข้าถึงสื่อด้านการเกษตรของเกษตรกร และจากการวิจัยของ Intaratat (2004) พบว่าเรื่องของศูนย์บริการถ่ายทอดเทคโนโลยีระดับตำบล (เกษตรตำบล) ก็ยังคงมีปัญหาเชิงโครงสร้างของศูนย์บริการว่ามีกำลังคนจำกัด และรูปแบบการสื่อสารของเจ้าหน้าที่ก็เป็นแบบทางเดียว เช่น เยี่ยมเยียน เรียกประชุม และมักจะเลือกสื่อสารข่าวสารการเกษตรและเทคโนโลยีใหม่ ๆ กับเกษตรกรที่ร่ำรวยหรือเกษตรกรรายใหญ่ ซึ่งมีโอกาสสูงในการยอมรับทดลองนวัตกรรมใหม่ ๆ

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้เป็นการสร้างสื่อการสอนที่บันทึกข้อมูลที่ประกอบด้วย ภาพ, ภาพประกอบ, เสียง ผลิตในรูปแบบ DVD-ROM และนำเสนอผ่านทางโทรทัศน์เพื่อนำเสนอให้กับเกษตรกร และเปรียบเทียบรูปแบบการลำดับขั้นตอนในองค์ประกอบของเรื่อง ซึ่งประเด็นอยู่ที่ว่าการนำเสนอในรูปแบบใดที่จะทำให้เกิดความสนใจ จดจำและเกิดกระบวนการเรียนรู้ได้

อุปกรณ์และวิธีการ

สถานที่ทำการศึกษาในครั้งนี้คืออำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งมีครัวเรือนที่ประกอบอาชีพทางด้านการเกษตรถึงร้อยละ 22.03 ทั้งนี้ลักษณะในพื้นที่อำเภอสันทรายมีทั้งหมด 12 ตำบล 125 หมู่บ้าน มีจำนวนประชากรทั้งหมดประมาณ 114,845 คน จำนวนครัวเรือนทั้งหมด 32,077 ครัวเรือน จำนวนครัวเรือนที่ทำการเกษตร 7,066 ครัวเรือน โดยผู้วิจัยทำการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Multi-Stage Random Sampling) เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่าง 120 ครัวเรือน ซึ่งวิธีการสุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขั้นตอน 1 สุ่มตำบลร้อยละ 40 จากทั้งหมด 12 ตำบล ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling)

ขั้นตอนที่ 2 สุ่มหมู่บ้านร้อยละ 40 ของตำบลในขั้นตอนที่ 1 ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling)

ขั้นตอนที่ 3 สุ่มหมู่บ้านร้อยละ 40 ของหมู่บ้านในขั้นตอนที่ 2 ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling)

ขั้นตอนที่ 4 สุ่มครัวเรือนที่ใช้ในการทดลองของหมู่บ้านในขั้นตอนที่ 3 จำนวน 120 ครัวเรือน ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) (จำนวนครัวเรือนเกษตรกรของหมู่บ้านในขั้นตอนที่ 3 คูณ 120 หารด้วย 2,460)

ขั้นตอนที่ 5 สุ่มกลุ่มตัวอย่างลงในหน่วยทดลอง (random assignment) ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) ได้แก่

กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม รายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบออบเจกทีฟ (Objective camera angle)

กลุ่มที่ 2 รายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบซับเจกทีฟ (Subjective camera angle)

กลุ่มที่ 3 รายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบพอยต์ออฟวิว (Point view camera angle)

เครื่องมือในการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองได้กำหนดแผนการทดลองแบบ randomized pretest-posttest control group design ซึ่งมีลักษณะดังนี้

R	O_1	-	O_2	Control group
R	O_1	X_1	O_2	treatment 1
R	O_1	X_2	O_2	treatment 2

โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ รายการวีดิทัศน์คอมพิวเตอร์ชนิดพกพา แบบสอบถามและแบบทดสอบ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

รายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องที่แตกต่างกันเรื่อง “การเสียบยอดมะม่วงพันธุ์ดี” ความยาว 5 นาที จำนวน 3 ชุด ซึ่งแต่ละชุดมีเทคนิคในการใช้มุมกล้องที่แตกต่างกัน คือ

ชุดที่ 1 รายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบออบเจกทีฟ (Objective camera angle)

ชุดที่ 2 รายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบซับเจกทีฟ (Subjective camera angle)

ชุดที่ 3 รายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบพอยต์ออฟวิว (Point view camera angle)

แบบสอบถามเพื่อรวบรวมข้อมูลพื้นฐานบางประการของเกษตรกร

แบบทดสอบการเรียนรู้ของเกษตรกร (แบบปรนัย) เพื่อรวบรวมคะแนน จากการทดสอบจากแบบทดสอบผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยของเกษตรกร แบ่งออกเป็น 2 ชุดคือ

ชุดที่ 1 แบบทดสอบก่อนชมรายการวีดิทัศน์ (pre-test)

ชุดที่ 2 แบบทดสอบหลังชมรายการวีดิทัศน์ (post-test)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้มีขั้นตอนและวิธีการรวบรวมข้อมูลช่วงก่อนทดลอง (pre-test) และหลังทดลอง (post-test) ดังนี้

กำหนดกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบ Multi-stage random sampling แล้วสุ่มกลุ่มของเกษตรกรออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 40 คน (ครั้งแรก) เป็นขั้นตอนแบบ Simple random sampling สุ่มกลุ่มตัวอย่างที่ได้ลงในหน่วยทดลอง (Random assignment) สร้างเครื่องมือ คือ รายการวีดิทัศน์ความยาว 5 นาที ตัดต่อเรียบเรียง script ตามเทคนิคการใช้มุมกล้องที่แตกต่างกันตามวัตถุประสงค์ ทดสอบเครื่องมือพร้อมจัดทำแบบทดสอบทั้ง pre-test และ post-test ทดสอบกับกลุ่มเกษตรกรที่ไม่ใช่กลุ่มทดลองจริง

การวิจัยครั้งนี้เป็นวิจัยเชิงทดลองแบบเปรียบเทียบ 2 กลุ่มขึ้นไป มีการวัดผลการทดลองก่อนและหลัง (Randomized pretest-posttest control group design)

เก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่างที่สุ่มได้เพื่อรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน และทดสอบความรู้ของเกษตรกรก่อนชมรายการวีดิทัศน์ (pre-test) เรื่อง “การเสียบยอดมะม่วงพันธุ์ดี” พร้อมนัดหมายวันเวลาเพื่อชมรายการวีดิทัศน์ในวันทดสอบอีกครั้ง ซึ่งการวิจัยครั้งนี้กำหนดระยะเวลาหลังจากทดสอบความรู้ก่อนชมรายการวีดิทัศน์ (pre-test) ไว้ 7 วัน หลังจากนั้น 7 วัน จึงดำเนินการทดลองโดยให้เกษตรกรทุกกลุ่มได้ชมรายการวีดิทัศน์ซึ่งการรับชมแต่ละครั้งจะกำหนดให้ชมครั้งละ 5 คน และทำแบบทดสอบหลังชมรายการวีดิทัศน์ (post-test) ทันทีหลังชมเสร็จแล้วรวบรวมข้อมูล (คะแนน) ที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าคำตอบเพื่อตรวจสอบสมมติฐานต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

รวบรวมข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ และการทดลองมาจัดหมวดหมู่เรียบเรียงค่าต่าง ๆ ของตัวแปร แล้วนำเข้ารหัสคอมพิวเตอร์ จากนั้นดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อการวิจัยทางสังคมศาสตร์ (Statistical package for social sciences; SPSS/PC+) สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ 1) ร้อยละ เพื่อแจกแจงความถี่ของข้อมูลพื้นฐานบางประการของเกษตรกร และข้อมูลจากการสัมภาษณ์ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อรายการวีดิทัศน์ 2) ค่าพิสัย, ฐานนิยม, ค่าเฉลี่ย, ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง วัดการกระจายของคะแนนจากผลการทดลอง และความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อรายการวีดิทัศน์ 3) ไคสแควร์ (Chi-Square) เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างความถี่หรือสัดส่วนของข้อมูลพื้นฐานบางประการของเกษตรกรในแต่ละหน่วยทดลอง 4) F-test เพื่อทดสอบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของคะแนนเฉลี่ย ผลการเรียนรู้ของเกษตรกรทั้ง 3 กลุ่ม 5) t-test เพื่อทดสอบความแตกต่างของคะแนนผลการเรียนรู้ก่อนและหลังชมรายการวีดิทัศน์ 6) LSD (Least Significant Difference) เพื่อทดสอบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ของคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ของเกษตรกรระหว่างกลุ่ม

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ผลการเรียนรู้ของเกษตรกรก่อนชมรายการวีดิทัศน์ (pre-test) ทั้ง 3 กลุ่ม

กลุ่มรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบออบเจกทีฟ (Objective camera angle) มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.43 คะแนน กลุ่มรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบซับเจกทีฟ (Subjective camera angle) มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.43 คะแนน กลุ่มรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบพอยต์ออฟวิว (Point view camera angle) มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.78 คะแนน จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า คะแนนเฉลี่ยของพื้นฐานความรู้เดิมเกี่ยวกับเรื่องการเสียบยอดมะม่วงพันธุ์ดี ทั้ง 3 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (F = 2.79, p<0.05) (Table 3)

ผลการเรียนรู้ของเกษตรกรก่อนและหลังชมรายการวีดิทัศน์ (pre-test/post-test) ในแต่ละกลุ่ม

กลุ่มรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบออบเจกทีฟ (Objective camera angle) มีคะแนนเฉลี่ยก่อนชมรายการวีดิทัศน์ (pre-test) เท่ากับ 5.43 มีคะแนนเฉลี่ยหลังชมรายการวีดิทัศน์ (post-test) 10.85 คะแนน และเมื่อเปรียบเทียบคะแนนทั้งสอง (pre-test และ post-test) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($t = 10.99^{**}$, $p<0.01$) (Table 1)

กลุ่มรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบซับเจกทีฟ (Subjective camera angle) มีคะแนนเฉลี่ยก่อนชมรายการวีดิทัศน์ (pre-test) เท่ากับ 6.43 มีคะแนนเฉลี่ยหลังชมรายการวีดิทัศน์ (post-test) 12.27 คะแนน และเมื่อเปรียบเทียบคะแนนทั้งสอง (pre-test และ post-test) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($t = 14.35^{**}$, $p<0.01$) (Table 1)

กลุ่มรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบพอยต์ออฟวิว (Point view camera angle) มีคะแนนเฉลี่ยก่อนชมรายการวีดิทัศน์ (pre-test) เท่ากับ 5.78 มีคะแนนเฉลี่ยหลังชมรายการวีดิทัศน์ (post-test) 12.70 คะแนน และเมื่อเปรียบเทียบคะแนนทั้งสอง (pre-test และ post-test) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($t = 21.57^{**}$, $p<0.01$) (Table 1)

Table 1 An average mean score and standard deviation of obtained scores of the farmers before and after watching the video program

	pre-test		post-test		t
	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD	
Control group	5.43	1.60	10.85	2.48	10.99**
Experimental group 1	6.43	2.18	12.27	1.70	14.35**
Experimental group 2	5.78	1.94	12.70	0.72	21.57**
Total	5.88	1.95	11.94	13.00	19.45**

ผลการเรียนรู้ของเกษตรกรหลังชมรายการวีดิทัศน์ (post-test) ในแต่ละกลุ่ม

กลุ่มรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบออบเจกทีฟ (Objective camera angle) มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 10.85 คะแนน กลุ่มรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบซับเจกทีฟ (Subjective camera angle) มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 12.27 คะแนน กลุ่มรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบพอยต์ออฟวิว (Point view camera angle) มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 12.70 คะแนน จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ผลการเรียนรู้ของเกษตรกรหลังชมรายการวีดิทัศน์ทั้ง 3 กลุ่ม โดยเปรียบเทียบจากคะแนนเฉลี่ยจะเห็นว่ารายการวีดิทัศน์ทั้ง 3 กลุ่ม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($F = 11.76^{**}$, $p<0.01$) (Figure 1) และเมื่อทดสอบความแตกต่างคะแนนเฉลี่ยใน แต่ละคู่ด้วย Least Significant Difference (LSD) (Table 2)

1. กลุ่มรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบซับเจกทีฟ (Subjective camera angle) กับกลุ่มรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบพอยต์ออฟวิว (Point view camera angle) มีผลการเรียนรู้ที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ
2. กลุ่มรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบพอยต์ออฟวิว (Point view camera angle) มีคะแนนผลการเรียนรู้สูงกว่ากลุ่มรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบออบเจกทีฟ (Objective camera angle)
3. กลุ่มรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบซับเจกทีฟ (Subjective camera angle) มีคะแนนผลการเรียนรู้สูงกว่ากลุ่มรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบออบเจกทีฟ (Objective camera angle)

Table 2 An analysis of one-way variance of the learning outcomes score (post–test) after watching video program

Source of variance	df	SS	MS	F-Ratio
Among groups	2	75.11	37.56	11.76^{**}
Within group	117	373.68	3.19	
Total	119	448.79		

ผลต่างของคะแนนเฉลี่ยก่อนชมรายการวีดิทัศน์ กับคะแนนเฉลี่ยหลังชมรายการวีดิทัศน์ (Differences) ในแต่ละกลุ่ม

กลุ่มรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบออบเจกทีฟ (Objective camera angle) มีคะแนนผลต่างเฉลี่ยเท่ากับ 5.42 คะแนน กลุ่มรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบซับเจกทีฟ (Subjective camera angle) มีคะแนนผลต่างเฉลี่ยเท่ากับ 5.84 คะแนน กลุ่มรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบพอยต์ออฟวิว (Point view camera angle) คะแนนผลต่างเฉลี่ยเท่ากับ 6.92 คะแนน

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า คะแนนผลต่างเฉลี่ยของเกษตรกรจากสไลด์เทปทั้ง 3 กลุ่ม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F = 3.49^{*}$, $p<0.05$) และเมื่อทดสอบความแตกต่างค่าคะแนนเฉลี่ยในแต่ละคู่ด้วย Least Significant Difference (LSD) (Table 3)

1. กลุ่มรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบออบเจกทีฟ (Objective camera angle) กับกลุ่มรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบซับเจกทีฟ (Subjective camera angle) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
2. กลุ่มรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบซับเจกทีฟ (Subjective camera angle) กับกลุ่มรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบพอยต์ออฟวิว (Point view camera angle) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
3. กลุ่มรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบพอยต์ออฟวิว (Point view camera angle) กับกลุ่มรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบออบเจกทีฟ (Objective camera angle) มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 0.05

Table 3 Scores of learning outcomes of the farmers before and after watching the video program and the difference in the scores between and after watching the video program of each farmers group

	Control group		Experimental group 1		Experimental group 2		F-Ratio
	$\bar{\chi}$	SD	$\bar{\chi}$	SD	$\bar{\chi}$	SD	
pre-test	5.43[a]	1.60	6.43[a]	2.18	5.78[a]	1.94	2.79[ns]
post-test	10.85[b]	2.48	12.27[a]	1.70	12.70[a]	0.72	11.76[**]
differences	5.42[a]	3.12	5.84[ab]	2.58	6.92[b]	2.03	3.49[*]

Remarks: Control group = Objective camera angle
Experimental group 1 = Subjective camera angle
Experimental group 2 = Point view camera angle
ns = Not statistical difference
* = Statistical significance level at 0.05
** = Statistical significance level at 0.01

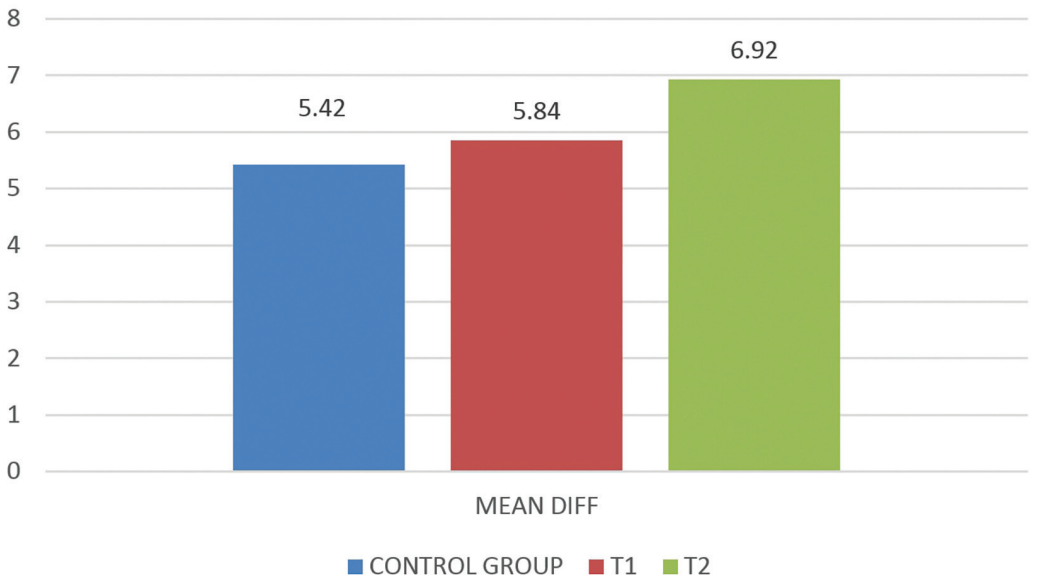


Figure 1 The difference of learning outcomes before and after watching the video program

พื้นฐานความรู้ของเกษตรกรก่อนชมรายการวีดิทัศน์ (pre-test) ในแต่ละกลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ย่อมหมายความว่าเกษตรกรแต่ละกลุ่มมีระดับความรู้ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการเปรียบเทียบการเรียนรู้หลังชมรายการวีดิทัศน์จึงอยู่ในวิสัยที่จะเปรียบเทียบผลการเรียนรู้หลังชมรายการวีดิทัศน์ (post-test) ได้เป็นอย่างดี และเมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยของแต่ละกลุ่ม (Table 2) ประกอบกับผลการวิเคราะห์ความรู้เกี่ยวกับเรื่องการเสียบยอดมะม่วงพันธุ์ดี พบว่าสัดส่วนการมีความรู้โดยเกษตรกรส่วนใหญ่ร้อยละ 69.16 ไม่มีความรู้เลยเกี่ยวกับเรื่องการเสียบยอดมะม่วงพันธุ์ดี รองลงมาร้อยละ 18.33 มีความรู้น้อยเกี่ยวกับการเสียบยอดมะม่วงพันธุ์ดี ร้อยละ 10.83 มีความรู้ปานกลาง และร้อยละ 1.67 มีความรู้เรื่องการเสียบยอดมะม่วงพันธุ์ดี ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าคะแนนก่อนชมรายการวีดิทัศน์ในแต่ละกลุ่มน่าจะมาจากการคาดเดามากกว่าจากการมีความรู้ของเกษตรกรเอง

ผลการเรียนรู้ของเกษตรกรก่อนและหลังชมรายการวีดิทัศน์ (pre-test/post-test) ในแต่ละกลุ่ม พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($t = 10.99^{**}$, $p<0.01$) จากผลของการเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ของเกษตรกรก่อนและหลังชมรายการวีดิทัศน์ (pre-test และ post-test) ในแต่ละกลุ่มข้างต้น พบว่า หลังชมรายการวีดิทัศน์ผ่านไปแล้ว เกษตรกรมีคะแนนสูงกว่าก่อนชมรายการวีดิทัศน์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ และนั่นก็หมายความว่ารายการวีดิทัศน์ที่นำเสนอนั้นมีผลทำให้เกษตรกรเกิดการเรียนรู้เพิ่มขึ้น ซึ่งผลการวิจัยสอดคล้องกับ Khotchum (2019) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาสื่อวีดิทัศน์เพื่อประกอบการเรียนรู้รายวิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี เรื่องการจัดและตกแต่งสวนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการจัดและตกแต่งสวนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้สื่อวีดิทัศน์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยหลังใช้สื่อมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยสูงกว่าก่อนเรียน และตรงกับการศึกษาของ Pungsri (2018) เรื่องการพัฒนาบทเรียนวีดิทัศน์ออนไลน์วิชาถ่ายภาพ เรื่อง Advance Flash Photography ซึ่งมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนิสิตที่เรียนด้วยบทเรียนวีดิทัศน์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ดังนั้นในด้านการศึกษาเราสามารถใช้รายการวีดิทัศน์เข้ามาช่วยในการถ่ายทอดความรู้ และใช้เทคนิคที่ส่งเสริมการเรียนรู้เข้ามาช่วย ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากผลการวิจัยของแต่ละเทคนิคที่จะกล่าวต่อไป

ผลต่างของคะแนนเฉลี่ยก่อนชมรายการวีดิทัศน์กับคะแนนเฉลี่ยหลังชมรายการวีดิทัศน์ (differences) ในแต่ละกลุ่ม โดยเปรียบเทียบจากคะแนนเฉลี่ยจะเห็นว่ารายการวีดิทัศน์ทั้ง 3 กลุ่ม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F = 3.49^{*}$, $p<0.05$) และเมื่อทดสอบความแตกต่างคะแนนเฉลี่ยใน แต่ละคู่ด้วย Least Significant Difference (LSD) ผลปรากฏดังนี้

กลุ่มรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบออบเจกทีฟ (Objective camera angle) กับกลุ่มรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบซับเจกทีฟ (Subjective camera angle) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่เมื่อดูจากคะแนนกลุ่มรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบออบเจกทีฟ (Objective camera angle) มีคะแนนผลต่างเฉลี่ยเท่ากับ 5.42 คะแนน ซึ่งต่ำกว่ากลุ่มรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบซับเจกทีฟ (Subjective camera angle) คะแนนผลต่างเฉลี่ยเท่ากับ 5.85 คะแนน ซึ่งสอดคล้องกับ Yamongkon (1990) ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ด้านทักษะของเกษตรกรจากการชมรายการวีดิทัศน์ 2 เรื่อง คือ รายการวีดิทัศน์เรื่องการผูกเชือกแบบเงื่อนกระตุก และรายการวีดิทัศน์เรื่องการเปลี่ยนยอดมะม่วงโดยวิธีเสียบเปลือก ที่ใช้มุมกล้องต่างกัน 3 แบบ คือ มุมผู้ชม มุมผู้กระทำ และมุมผู้ชมกับการซ้อนหัวข้อย่อยและจุดสำคัญ โดยผลการวิจัยพบว่า ในรายการวีดิทัศน์เรื่องการผูกเชือกแบบเงื่อนกระตุก ผลการเรียนรู้ด้านทักษะของเกษตรกรหลังชมรายการวีดิทัศน์ทั้ง 3 กลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p>0.01$) โดยกลุ่มมุมผู้กระทำกับกลุ่มมุมผู้ชมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยพบว่ามุมผู้กระทำมีคะแนนสูงกว่า ส่วนในรายการวีดิทัศน์เรื่องการเปลี่ยนยอดมะม่วงโดยวิธีเสียบเปลือก ผลการเรียนรู้ด้านทักษะของเกษตรกรหลังชมรายการวีดิทัศน์ทั้ง 3 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และสอดคล้องกับ Panpeng (2016) ที่ระบุว่ามุมกล้องแบบซับเจกทีฟ (Subjective camera angle) มุมกล้องมุมนี้ใช้กล้องแทนผู้ดู ทำให้ผู้ดูเป็นเสมือนผู้แสดงที่อยู่นอกจอ ผู้แสดงจะมองหรือพูดกับเลนส์กล้อง ทำให้รู้สึกว่าผู้แสดงในจอ มองหรือพูดกับผู้ดูโดยตรง ทำให้ผู้ดูรู้สึกว่าเข้าไปมีส่วนร่วม

กลุ่มรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบซับเจกทีฟ (Subjective camera angle) กับกลุ่มรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบพอยต์ออฟวิว (Point view camera angle) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อดูจากคะแนนกลุ่มรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบซับเจกทีฟ (Subjective camera angle) มีคะแนนผลต่างเฉลี่ยเท่ากับ 5.84 คะแนน ซึ่งต่ำกว่ากลุ่มรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบพอยต์ออฟวิว (Point view camera angle) คะแนนผลต่างเฉลี่ยเท่ากับ 6.93 คะแนน ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับแนวคิดของ Cummins *et al*. (2012) ที่เสนอว่า ภาพ Point view camera angle ก่อให้เกิดการตอบสนองที่เร้าอารมณ์จากผู้ชมบ่อยขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Jungbauer (2018) ที่ทำการศึกษาผลกระทบของ Motion dynamics และภาพ POV ต่อผู้ชมภาพยนตร์การมีส่วนร่วมในเชิงบรรยายการเอาใจใส่และความเร้าอารมณ์ โดยผลการศึกษาพบว่าการถ่าย POV (Point of View) ทำให้การตอบสนองทางความคิด อารมณ์ และการมีส่วนร่วมทางอารมณ์ของผู้ชมที่มีต่อฉากภาพยนตร์เพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ตามสามารถทำให้เกิดผลกระทบที่ไม่พึงปรารถนา กล่าวคือ POV (Point of View) ลดความเข้าใจในการเล่าเรื่องของผู้ชม ยิ่งไปกว่านั้น พลวัตการเคลื่อนไหว (Motion Dynamics) และ POV (Point of View) ของการถ่ายทำไม่ได้ส่งผลต่อการมีส่วนร่วมในการเล่าเรื่องการเอาใจใส่หรือการปลุกเร้าอารมณ์ของผู้ชม

กลุ่มรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบพอยต์ออฟวิว (Point view camera angle) กับกลุ่มรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบออบเจกทีฟ (Objective camera angle) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยพบว่ากลุ่มรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบพอยต์ออฟวิว (Point view camera angle) มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่า สนับสนุนแนวคิดของ Carroll (1993) ที่สอดคล้องกับ Quintero Johnson and Sangalang (2017) ที่กล่าวว่าภาพ Point view camera angle สามารถดึงดูดผู้ชม ส่งผลกระทบต่อผู้ชมภาพยนตร์ทางอารมณ์ และทางปัญญา สามารถสื่อสารอารมณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และทำให้ผู้ชมเพลิดเพลินกับรายการมากขึ้น เป็นไปในทิศทางเดียวกับ John (2013) ที่ระบุว่า มุมกล้องแบบพอยต์ออฟวิว (Point view camera angle) เป็นการผสมผสานที่น่าสนใจของมุมกล้องแบบออบเจกทีฟ (Objective camera angle) และมุมกล้องแบบซับเจกทีฟ (Subjective camera angle) แต่อย่างไรก็ตามยังถือว่าเป็นมุมออบเจกทีฟ (Objective camera angle) หรือมุมแอบมอง และส่วนใหญ่ขนาดภาพที่ใช้มักเป็นภาพระยะใกล้กับระยะปานกลาง เพื่อให้สามารถมองเห็นภาพแสดงออกของใบหน้าตัวละคร เห็นรายละเอียดชัดเจน การใช้มุมกล้องแบบพอยต์ออฟวิวนี้อาจใช้สำหรับกรณีที่ต้องการให้คนดูเข้าไปมีส่วนในเหตุการณ์ ทำให้ผู้ชมกลุ่มรายการวีดิทัศน์ที่ใช้มุมกล้องแบบพอยต์ออฟวิว (Point view camera angle) รู้สึกถึงการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้จากรายการวีดิทัศน์ ส่งผลให้มีผลการเรียนรู้ที่ดีกว่า

สรุปผลการวิจัย

สำหรับนักสื่อสารผู้ปฏิบัติการที่มีหน้าที่ผลิตรายการวีดิทัศน์ทางการเกษตร รวมถึงผู้ชำนาญในการใช้สื่อการผลิตรายการวีดิทัศน์ทางการเกษตรเพื่อใช้ถ่ายทอดความรู้ให้กับเกษตรกรนั้น ผู้ผลิตควรจะใช้เทคนิคที่ใช้มุมกล้องแบบพอยต์ออฟวิว (Point view camera angle) เพราะจากการวิจัยพบว่ามีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด ในกรณีที่ไม่สามารถผลิตรายการวีดิทัศน์โดยใช้เทคนิคที่ใช้มุมกล้องแบบพอยต์ออฟวิว (Point view camera angle) ได้ ควรใช้มุมกล้องแบบซับเจกทีฟ (Subjective camera angle) ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยรองลงมา

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากคณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ตลอดจนเกษตรกรในอำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ที่ให้ความร่วมมือและสนับสนุนการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Carroll, N. 1993. Toward a theory of point-of-view editing: communication, emotion, and the movies. Poetics Today 14(1): 123-141.

Cummins, R.G., J.R. Keene and B.H. Nutting. 2012. The impact of Subjective camera in sports on arousal and enjoyment. Mass Communication and Society 15(1): 74-97.

Intaratat, K. 2004. Communication Pattern and Strategy for Participatory Development among the Community, The Tambon Agricultural Service and Transfer Center, The Community Learning Center, and Relevant Agencies. Bangkok: Extension and Training Office Kasetsart University. [In Thai]

Khotchum, A. 2019. Development of Video Learning Materials for Occupations and Technology Course Garden Design and Decoration for Mattayomseuksa 2 Level. Journal of Project in Computer Science and Information Technology 5(2): 67-76. [In Thai]

John, R.S. 2013. Photographic Psychology: Image and Psyche. [Online]. Available: http://truecenterpublishing.com/photopsy/article_index.htm (October 22, 2020).

Jungbauer, L. 2018. The Effect of Motion Dynamics and POV shots on Film Viewers' Narrative Engagement, Empathy and Arousal. (Bachelor thesis Communication and Information Science Specialization: Human Aspects of Information Technology Tilburg University, Tilburg. Netherlands.)

Panpeng, Y. 2016. Movie Creation with a Digital DSLR Camera. [Online]. Available: https://www.chonburi.spu.ac.th/comm/index.php?p=knowledge_detail&detail=774093531 (October 22, 2020). [In Thai]

Pungsri, A. 2018. The Development of Online Video Lesson Subject Photography Technology Tiile "Advance Flash Photography". (Independent Study M.Ed. in Educational Technology and Communication, Naresuan University, Phitsanulok.) [In Thai]

Quintero, J.M., and A. Sangalang. 2017. Testing the explanatory power of two measures of narrative involvement: An investigation of the influence of transportation and narrative engagement on the process of narrative persuasion. Media Psychology 20(1): 144-173.

Sricharoen, P. 2016. Audience's Viewing Behavior and Satisfaction of AT TEN DAY Television Program on Channel 3. (Independent Study M.A. in Mass Communication Administration Journalism and Mass Communication Thammasat University, Bangkok.) [In Thai]

Yamongkon, D. 1990. Effects of different camera angles with and without subtitles and main points in video production upon farmer's skill learning. (Master of Agricultural (Agricultural Extension) Maejo Institute of Agricultural Technology. Chiang Mai.) [In Thai]

Yenjabok, P., S. Saengpetch and T. Sittirangsan. 2004. Agricultural development communication for the new theory of King Bhumipol Adulyadej. Bangkok: The Thailand Research Fund (TRF). [In Thai]

วารสารผลิตกรรมการเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION
MJU

ผลของชนิดดาวเรืองและความเข้มข้นของสารละลายกรดจิบเบอเรลลิกในการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์

Effects of Marigold Species and Concentration of GA_3 Solutions in Seed Priming on Seed Germination and Vigor

พิจิตรา แก้วสอน[1*] สุชานรี จันทร์ขวัญ[2] นิตยา ชูเกาะ[1] และ รักศักดิ์ เสริมศักดิ์[3]
Pichittra Kaewsorn[1*] Suchanaree Chankhwan[2] Nittaya Chookoh[1] and Raksak Sermsak[3]

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900
[2] หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเกษตรเขตร้อน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
[2] Bachelor of Science Program in Tropical Agriculture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900
[3] ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
[3] Department of Farm Mechanics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900
[*] Corresponding author: pichittra.k@ku.th

(Received: 5 May 2022; Revised: 22 July 2022; Accepted: 15 August 2022)

Abstract

Marigold is one of the most important commercially grown in Thailand, which grown in a year-round, but marigold production often has problems of slow germination and non-uniformity. Therefore, the objective of this research was to study the effects of marigold species and concentrations of GA_3 solutions in seed priming on seed germination and vigor in order to enhance the speed of germination and uniformity. The experiment was designed in 2x5 factorial in completely randomized design with 2 factors. Factor A was the species of marigold including African marigold (*Tagetes erecta*) and France marigold (*T. patula*). Factor B was the GA_3 concentrations of 0 [reverse osmosis (RO) water], 25, 50, 100 mg/L and non-primed seeds with 4 replicates and 50 seeds per replicate. Seeds were soaked in the solutions for 24 hours and then reduced the moisture content approximately 6%. The results showed that marigold seeds in different species had affected on priming methods with different GA_3 solutions. There were interaction effects between marigold species and GA_3 concentrations, especially seed priming of France marigold was reduced germination percentage. On the other hand, seed priming of African marigold had no effect on germination, when compared with non-primed seeds, but priming with 25 and 100 mg/L GA_3 had the days to emergence (DTE), the time to reach 50% germination (T_{50}) and mean germination time (MGT) faster than that of non-primed seeds.

Keywords: *Tagetes erecta, Tagetes patula,* germination speed, time to reach 50% germination

บทคัดย่อ

ดาวเรืองเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญในประเทศไทย สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี แต่การผลิตดาวเรืองมักมีปัญหาเมล็ดงอกช้าและไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของชนิดดาวเรืองและความเข้มข้นของสารละลายกรดจิบเบลเรลลิก (GA_3) ในการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ต่อการงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์เพื่อทำให้เมล็ดงอกได้เร็วและสม่ำเสมอ โดยจัดสิ่งทดลองแบบ 2×5 แฟคทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัย A คือ ชนิดดาวเรือง มี 2 ชนิด ได้แก่ ดาวเรืองแอฟริกัน (*Tagetes erecta*) และดาวเรืองฝรั่งเศส (*T. patula*) และปัจจัย B คือ ความเข้มข้นของสารละลาย GA_3 ได้แก่ 0 [น้ำ reverse osmosis (RO)], 25, 50, 100 มก./ล. และเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด แช่เมล็ดในสารละลายเป็นเวลา 24 ชม. จากนั้นลดความชื้นของเมล็ดลงประมาณ 6% ผลการทดลองพบว่าเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองต่างชนิดกันมีผลต่อวิธีการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย GA_3 แตกต่างกัน โดยพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดดาวเรืองกับความเข้มข้นของสารละลาย GA_3 โดยเฉพาะกับการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองฝรั่งเศสมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ความงอกลดลง ในขณะที่การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองแอฟริกันด้วยสารละลาย GA_3 ไม่มีผลต่อความงอกเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ แต่ที่ระดับความเข้มข้น 25 และ 100 มก./ล. มีผลต่อจำนวนวันที่รากงอก เวลาในการงอกถึง 50% และเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์

คำสำคัญ: ดาวเรืองแอฟริกัน ดาวเรืองฝรั่งเศส ความเร็วในการงอก เวลาที่ใช้ในการงอกถึง 50%

คำนำ

ดาวเรือง (*Tagetes* spp.) อยู่ในวงศ์ Asteraceae หรือ Compositae เป็นไม้ดอกพื้นเมืองของประเทศเม็กซิโกและกัวเตมาลา ซึ่งใช้เป็นยาพื้นบ้านของคนเม็กซิกัน (Neher, 1968) ในประเทศไทยนิยมปลูกดาวเรืองหลายชนิดหลายพันธุ์ เช่น ดาวเรืองแอฟริกัน *T. erecta* พันธุ์พาวเวอร์โกลด์ ซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสม ดอกมีสีเหลืองทอง ขนาด 8-10 เซนติเมตร ต้นแข็งแรงสูง 30-40 เซนติเมตร ทรงพุ่มสวย เหมาะสำหรับปลูกเป็นไม้กระถาง ออกดอก 50-60 วันหลังเพาะเมล็ด และดาวเรืองฝรั่งเศส *T. patula* พันธุ์ดูแรงโก้ บี ซึ่งเป็นพันธุ์ผสมเปิด มีทรงพุ่มขนาด 35-40 เซนติเมตร ดอกมีขนาดใหญ่บานพร้อมกัน กลีบดอกซ้อนชั้นเดียว ก้านดอกแข็งแรง แตกกิ่งก้านดี ออกดอก 60-70 วันหลังเพาะเมล็ด (บริษัท ที เอส เอ จำกัด, 2565) ดาวเรืองเป็นไม้ดอกชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยที่สร้างรายได้ให้แก่เกษตรกร เนื่องจากปลูกง่าย เจริญเติบโตได้ในทุกสภาพพื้นที่ โตเร็ว ปลูกได้ตลอดปี อายุเก็บเกี่ยวสั้น ตัดดอกจำหน่ายได้ภายใน 60-70 วัน ดอกมีสีสันสวยงาม อายุใช้งานได้หลายวัน นิยมปลูกเพื่อตัดดอกจำหน่ายในงานพิธีทางศาสนา ใช้ร้อยพวงมาลัยไหว้พระ หรือคล้องคอในงานพิธีต่าง ๆ นอกจากนี้ยังใช้เป็นไม้ประดับแปลงหรือไม้กระถางที่สวยงามโดดเด่นที่นิยมใช้ในการตกแต่งภูมิทัศน์ (สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2558) นอกจากนั้นยังมีการใช้ประโยชน์จากดอกแห้งสำหรับชงเป็นชาดื่มบำรุงสายตา เนื่องจากดอกดาวเรืองมีสาร lutein และสาร zeaxanthin ซึ่งเป็นสารในกลุ่ม carotenoid (Madhavan *et al*., 2018)

การขยายพันธุ์ดาวเรืองนิยมใช้การเพาะเมล็ด แต่สามารถใช้วิธีตัดส่วนยอดมาปักชำได้แต่ไม่นิยม เพราะต้นที่ได้จะให้ดอกขนาดเล็กลง และให้ผลผลิตน้อย (สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2558) ปัญหาที่มักพบในการผลิตดอกดาวเรืองเพื่อการค้า คือ ปริมาณและคุณภาพของผลผลิตไม่สม่ำเสมอ (ธีระวัฒน์, 2562) ซึ่งมีสาเหตุเกิดจากเมล็ดงอกได้ไม่สม่ำเสมอ เช่น เมล็ดดาวเรืองฝรั่งเศสมีขนาดเล็ก มีอาหารสะสมภายในเมล็ดน้อย (สลาลีวัลย์ และปิยะณัฏฐ์, 2563) การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (seed priming) เป็นวิธีการกระตุ้นความงอกของเมล็ด โดยอาศัยหลักการดูดน้ำของเมล็ดให้ความชื้นเพียงพอต่อกระบวนการทางชีวเคมีภายในเมล็ด แต่ไม่สูงพอที่จะทำให้รากปรากฏได้ โดยเมล็ดจะผ่านการดูดน้ำในระยะที่ 1 และระยะที่ 2 (ระยะงัน หรือ lag phase) ของรูปแบบการดูดน้ำ จากนั้นลดความชื้นของเมล็ดลงให้ใกล้เคียงกับความชื้นเริ่มต้น เมื่อนำเมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ไปปลูก เมล็ดจะงอกได้เร็วและสม่ำเสมอมากขึ้น (McDonald, 2000) การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ในปัจจุบันมีหลายวิธี เช่น การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ (hydropriming) การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารควบคุมแรงดันออสโมซิส (osmopriming) การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย

เกลือ (halopriming) และการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (hormonal priming) ซึ่งเป็นวิธีการกระตุ้นความงอกของเมล็ดด้วยการแช่เมล็ดในสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เช่น กรดจิบเบอเรลลิก (gibberellic acid; GA_3) ซึ่งมีคุณสมบัติทำลายการพักตัวของเมล็ด (Bhowmick, 2018; Devika *et al.*, 2021; Pawar and Laware, 2018) มีรายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองหลายชนิดด้วยสารละลาย GA_3 เช่น Goud *et al.* (2021) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองแอฟริกัน 2 พันธุ์ ได้แก่ PusaBasanti และ Kalyani-2 ด้วยสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด คือ 92.97 เปอร์เซ็นต์ และ 94.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มีความงอกต่ำที่สุด 79.66 เปอร์เซ็นต์ และ 81.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ จินตนา (2563) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองฝรั่งเศสด้วยสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 250 500 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ไม่มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกและดัชนีความงอก (germination index; GI) แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำและเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ นอกจากนั้น Sedghi *et al.* (2010) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองหม้อ (*Calendula officinalis*) ด้วยสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด 71 เปอร์เซ็นต์ และไม่แตกต่างทางสถิติกับการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำกลั่น (70 เปอร์เซ็นต์) และเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (62 เปอร์เซ็นต์) Karimi and Varyani (2016) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองหม้อด้วยน้ำกลั่น และการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มีความงอกเพียง 60 เปอร์เซ็นต์ จากปัญหาเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองงอกช้าและไม่สม่ำเสมอ ทำให้ต้นกล้าเจริญไม่พร้อมกัน ส่งผลต่อการย้ายปลูกและได้ผลผลิตไม่สม่ำเสมอ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของชนิดดาวเรืองและความเข้มข้นของสารละลาย GA_3 ในการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ เพื่อทำให้เมล็ดงอกได้เร็วและสม่ำเสมอใช้ประโยชน์ในการผลิตต้นกล้าดาวเรือง

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง 2 ชนิด ได้แก่ ดาวเรืองแอฟริกัน (*T. erecta*) พันธุ์พาวเวอร์โกลด์ ซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสมชั่วที่หนึ่ง (F1 hybrid variety) และดาวเรืองฝรั่งเศส (*T. patula*) พันธุ์ดูแรงโก้ บี ซึ่งเป็นพันธุ์ผสมเปิด (open pollinated variety; OP) เป็นเมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวใหม่และผ่านการปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์แล้ว ซึ่งมีคุณภาพเริ่มต้น ได้แก่ เมล็ดมีน้ำหนัก 3.98 และ 3.23 กรัมต่อ 1,000 เมล็ด ตามลำดับ ความชื้นเมล็ดประมาณ 6 เปอร์เซ็นต์ และมีความงอก 80 เปอร์เซ็นต์ และมีความบริสุทธิ์ทางกายภาพ 98 เปอร์เซ็นต์เท่ากัน มาศึกษาวิธีการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย GA_3 ด้วยความเข้มข้นต่าง ๆ ระหว่างเดือนมิถุนายน ถึงกรกฎาคม พ.ศ. 2564 ณ ห้องปฏิบัติการหน่วยวิจัยวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์พืช และศูนย์วิทยาการขั้นสูงเพื่อเกษตรและอาหาร อาคารวชิรานุสรณ์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

วิธีการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์

แช่เมล็ดดาวเรืองแอฟริกัน และดาวเรืองฝรั่งเศสในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0 (น้ำ RO) 25 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 50 มิลลิลิตรต่อ 200 เมล็ด ที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดตามระยะเวลาแล้วล้างเมล็ดผ่านน้ำ RO ไหลและซับเมล็ดให้แห้ง จากนั้นลดความชื้นเมล็ดลงในตู้ลดความชื้นไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 40±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง โดยเมล็ดมีความชื้นประมาณ 6 เปอร์เซ็นต์

จัดสิ่งทดลองแบบ 2×5 แฟคทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัย A คือ ชนิดดาวเรือง มี 2 ชนิด ได้แก่ ดาวเรืองแอฟริกัน และดาวเรืองฝรั่งเศส และปัจจัย B คือ ความเข้มข้นของสารละลาย GA_3 ได้แก่ 0 25 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด การบันทึกข้อมูล ได้แก่

1. เปอร์เซ็นต์ความงอก (germination percentage) นำเมล็ดดาวเรืองมาทดสอบความงอกในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยเพาะเมล็ดลงบนกระดาษชื้นด้วยวิธี top of paper (TP) วางกล่องเพาะเมล็ดไว้ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (germination cabinet) ที่อุณหภูมิสลับระหว่าง 20 และ 30 องศา

เซลเซียส โดยที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง ในสภาพมืด และที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ในสภาพมีแสง ประเมินความงอกตามกฎของสมาคมทดสอบเมล็ดพันธุ์นานาชาติ (ISTA, 2018) นับครั้งแรก (first count) ที่ 3 วันหลังเพาะเมล็ด โดยนับเฉพาะต้นอ่อนปกติที่มีระบบรากสมบูรณ์ ลำต้นอ่อนใต้ใบเลี้ยง (hypocotyl) ตั้งตรง และมีใบเลี้ยง (cotyledon) สีเขียว 2 ใบ และนับครั้งสุดท้าย (final count) ที่ 14 วันหลังเพาะเมล็ด โดยนับต้นอ่อนปกติ ต้นอ่อนผิดปกติ เมล็ดสดไม่งอก และเมล็ดตาย คำนวณความงอกมีหน่วยเป็น เปอร์เซ็นต์ ตามสูตร เปอร์เซ็นต์ความงอก = (จำนวนต้นอ่อนปกติทั้งหมด / จำนวนเมล็ดทั้งหมด) × 100

2. จำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก (days to emergence; DTE) นับเมล็ดที่มีรากยาวประมาณ 2 มิลลิเมตร ทุกวัน เป็นเวลา 14 วันหลังเพาะเมล็ด มีหน่วยเป็น วัน คำนวณจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอกตามสูตร DTE = $\sum(nd) / \sum n$ โดย n = จำนวนเมล็ดที่มีรากงอกในวันที่เก็บข้อมูล, d = จำนวนวันที่ 1, 2, ..., 14 วันหลังเพาะเมล็ด (Dhillon, 1995)

3. เวลาที่ใช้ในการงอกถึง 50 เปอร์เซ็นต์ (time to reach 50% germination; T_{50}) นับจำนวนต้นอ่อนปกติทุกวัน เป็นเวลา 14 วันหลังเพาะเมล็ด มีหน่วยเป็น วัน คำนวณเวลาที่ใช้ในการงอกถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ตามสูตร $T_{50} = t_i + [[((N + 1) / 2 - n_i) / (n_j - n_i)] \times (t_j - t_i)]$ โดย t_i = เวลาก่อนที่เมล็ดงอกได้ครึ่งหนึ่ง, t_j = เวลาที่ถัดจากเวลา t_i, n_i = จำนวนเมล็ดที่งอก ณ เวลา t_i, n_j = จำนวนเมล็ดที่งอก ณ เวลา t_j, N = จำนวนเมล็ดที่งอกเป็นต้นอ่อนปกติทั้งหมด (Coolbear *et al*., 1984)

4. เวลาเฉลี่ยในการงอก (mean germination time; MGT) นับต้นอ่อนปกติทุกวัน เป็นเวลา 14 วันหลังเพาะเมล็ด มีหน่วยเป็น วัน คำนวณเวลาเฉลี่ยในการงอกตามสูตร MGT = $\sum(nd) / \sum n$ โดย n = จำนวนต้นอ่อนปกติในวันที่เก็บข้อมูล, d = จำนวนวันที่ 1, 2, ..., 14 วันหลังเพาะเมล็ด (Ellis and Robert, 1980)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วยวิธี analysis of variance เพื่อหาค่า F-test และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสถิติ R

ผลการวิจัยและวิจารณ์

เปอร์เซ็นต์ความงอก

เมล็ดดาวเรืองฝรั่งเศสมีความงอกที่การนับครั้งแรกสูงกว่าเมล็ดดาวเรืองแอฟริกัน (53.8 เปอร์เซ็นต์ และ 22.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) (Table 1) แสดงว่าเมล็ดดาวเรืองฝรั่งเศสมีความแข็งแรงมากกว่าเมล็ดดาวเรืองแอฟริกัน จึงมีความงอกสูงโดยใช้ระยะเวลาในการงอกและพัฒนาเป็นต้นอ่อนปกติเพียง 3 วันหลังเพาะเมล็ด อาจเป็นเพราะชนิดหรือพันธุ์ที่แตกต่างกัน จึงมีความสามารถหรือความเร็วในการงอกแตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาความงอกที่การนับครั้งสุดท้าย (Table 1) ให้ผลในทางตรงกันข้าม กลับพบว่าเมล็ดดาวเรืองแอฟริกันมีความงอกสูงกว่าเมล็ดดาวเรืองฝรั่งเศส (99.7 เปอร์เซ็นต์ และ 86.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) อาจเป็นเพราะคุณภาพเริ่มต้นของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองทั้งสองชนิดแตกต่างกัน โดยเมล็ดดาวเรืองแอฟริกันเป็นพันธุ์ลูกผสมที่มีน้ำหนัก 3.98 กรัมต่อ 1,000 เมล็ด ซึ่งหนักมากกว่าเมล็ดดาวเรืองฝรั่งเศสที่เป็นพันธุ์ผสมเปิดที่มีน้ำหนัก 3.23 กรัมต่อ 1,000 เมล็ด แสดงว่าเมล็ดดาวเรืองแอฟริกันมีขนาดใหญ่กว่าเมล็ดดาวเรืองฝรั่งเศส จึงมีอาหารสะสมภายในเมล็ดมากเพื่อใช้สำหรับกระบวนการงอก เช่นเดียวกับ สลาลีวัลย์ และปิยะณัฏฐ์ (2563) รายงานว่าเมล็ดดาวเรืองฝรั่งเศสมีขนาดเล็ก มีอาหารสะสมภายในเมล็ดน้อย ทำให้เมล็ดมีความงอกต่ำ นอกจากนี้ ดาวเรืองแอฟริกันพันธุ์พาวเวอร์โกลด์ยังเป็นเมล็ดพันธุ์ลูกผสม ซึ่งเกิดขึ้นรุ่นแรกของการผสมระหว่างพ่อและแม่ที่มีลักษณะแตกต่างกัน จึงมีลักษณะที่ดีเด่นกว่าพ่อและแม่ (heterosis) จึงทำให้เมล็ดมีคุณภาพสูง เช่น มีความงอกสูง ให้ผลผลิตที่มีคุณภาพ และมีความสม่ำเสมอทางพันธุกรรมสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ผสมเปิด (บุญส่ง, 2558)

การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองด้วยสารละลาย GA_3 ทุกความเข้มข้น ไม่มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกที่การนับครั้งแรกแตกต่างทางสถิติ (35.8-41.8 เปอร์เซ็นต์) เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (35.0 เปอร์เซ็นต์) (Table 1) แต่การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองด้วยสารละลาย GA_3 ทุกความเข้มข้น ไม่มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกที่การนับครั้งสุดท้ายแตกต่างทางสถิติอยู่ระหว่าง 90.8-93.8 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) ซึ่งแตกต่างจากเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มีความงอกสูงที่สุด 96.5 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม แสดงค่าไม่แตกต่างทางสถิติกับการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย GA_3

ที่ความเข้มข้น 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร (92.8 เปอร์เซ็นต์ และ 93.8 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ) จะเห็นได้ว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 0 (น้ำ RO) และ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความงอกต่ำที่สุด 92.0 เปอร์เซ็นต์ และ 90.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยพบว่าเมล็ดตายค่อนข้างสูง 4.3 เปอร์เซ็นต์ และ 5.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมาจัดเป็นต้นอ่อนผิดปกติที่มีรากสั้น เกิดจากเมล็ดงอกช้า 1.8 เปอร์เซ็นต์ และ 3.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมล็ดสดไม่งอก 2.0 เปอร์เซ็นต์ และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (data not shown) แสดงว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้นต่ำที่ระดับ 0 (น้ำ RO) และ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เมล็ดมีความงอกต่ำกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ อาจเป็นเพราะค่าชลศักย์ (water potential) ของน้ำ RO และสารละลาย GA_3 ความเข้มข้นต่ำ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าสูงกว่าค่าชลศักย์ของสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงทำให้น้ำและออกซิเจนเกิดกระบวนการแพร่ซึมผ่านเข้าไปภายในเมล็ด และเกิดกระบวนการออสโมซิส (osmosis) ขึ้นอย่างรวดเร็วกว่าสารละลายที่ความเข้มข้นสูงที่มีค่าชลศักย์ต่ำ ทำให้เมล็ดดูดซึมน้ำได้ จึงทำให้กระบวนการงอกเกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ (McDonald, 2000) การแช่เมล็ดในสารละลายความเข้มข้นต่ำหรือค่าชลศักย์สูงเป็นระยะเวลานานเกินไป อาจทำให้เมล็ดได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอสำหรับกระบวนการงอก จึงทำให้เกิดเซลล์ตายหรือเซลล์ผิดปกติได้ (Woodstock, 1988)

เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดดาวเรืองและความเข้มข้นของสารละลาย GA_3 ต่อความงอกที่การนับครั้งแรก พบว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน (Table 1) แต่แสดงปฏิสัมพันธ์กันในการนับครั้งสุดท้าย (Table 2) โดยการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองแอฟริกันด้วยสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 0, 25, 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เมล็ดมีความงอกอยู่ระหว่าง 99.5-100 เปอร์เซ็นต์ และไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดดาวเรืองแอฟริกันที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มีความงอก 99.0 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าวิธีการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ RO หรือสารละลาย GA_3 ทุกความเข้มข้น ไม่มีผลในการกระตุ้นความงอกของเมล็ด เนื่องจากเมล็ดดาวเรืองแอฟริกันที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นเมล็ดที่เก็บเกี่ยวใหม่ มีความงอกสูงถึง 99.0 เปอร์เซ็นต์ และไม่มีเมล็ดพักตัว จึงไม่จำเป็นต้องนำมาผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ โดยเมล็ดสามารถให้เปอร์เซ็นต์ความงอกได้ดีอยู่แล้ว สอดคล้องกับ ประนอม (2558) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองฝรั่งเศสด้วยน้ำ เป็นเวลา 12 หรือ 24 ชั่วโมง ไม่มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกในสภาพห้องปฏิบัติการแตกต่างกันทางสถิติ (95 เปอร์เซ็นต์) กับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (94 เปอร์เซ็นต์)

วิธีการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองฝรั่งเศสด้วยสารละลาย GA_3 พบว่าสารละลาย GA_3 ทุกความเข้มข้นมีผลต่อความงอกที่การนับครั้งสุดท้ายเพียง 82.0-87.5 เปอร์เซ็นต์ และมีเมล็ดตายค่อนข้างสูง 8.5-11.0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมล็ดมีความงอกต่ำกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (94.0 เปอร์เซ็นต์) (Table 2) แสดงว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองฝรั่งเศสด้วยน้ำ RO หรือสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 25, 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เกิดเมล็ดตายสูง อาจเป็นเพราะเมล็ดดาวเรืองฝรั่งเศสมีขนาดเล็กกว่าดาวเรืองแอฟริกัน จึงมีพื้นที่ผิวในการสัมผัสกับอนุภาคน้ำมากกว่าเมล็ดที่มีขนาดใหญ่ (Boyd and Acker, 2004) นอกจากนี้การแช่เมล็ดดาวเรืองฝรั่งเศสในสารละลาย GA_3 เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง อาจนานจนเกินไป จึงทำให้เนื้อเยื่อภายในเมล็ดเต่งจนฉีกขาด และเกิดการรั่วไหลของสารอาหารจากภายในเมล็ดออกสู่ภายนอก (McDonald, 2000) เช่นเดียวกับ Kouchebagh *et al.* (2014) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองหม้อด้วยน้ำ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีความงอกเพียง 29 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (45 เปอร์เซ็นต์)

จำนวนวันที่มีรากงอก

เมื่อพิจารณาความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองสองชนิดจากความเร็วในการงอกราก พบว่าความแตกต่างของชนิด/พันธุ์มีผลทำให้เมล็ดมีจำนวนวันที่มีรากงอกแตกต่างทางสถิติ (Table 1) โดยเมล็ดดาวเรืองฝรั่งเศสมีจำนวนวันที่มีรากงอกเร็วกว่าเมล็ดดาวเรืองแอฟริกัน คือ 1.63 และ 2.20 วัน ตามลำดับ แสดงว่าเมล็ดดาวเรืองฝรั่งเศสสามารถงอกรากได้เร็วกว่าเมล็ดดาวเรืองแอฟริกันประมาณ 0.57 วัน หรือ 13.67 ชั่วโมงหลังการเพาะเมล็ด แต่เมล็ดดาวเรืองฝรั่งเศสมีความงอกต่ำกว่าเมล็ดดาวเรืองแอฟริกัน คือ 86.6 เปอร์เซ็นต์ และ 99.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 1) อาจเป็นเพราะเมล็ดดาวเรืองฝรั่งเศส

ที่นำมาใช้ในการศึกษามีความแข็งแรงมากกว่าเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองแอฟริกัน แต่มีความงอกต่ำกว่า ทั้งนี้อาจเกิดจากลักษณะทางพันธุกรรม หรือลักษณะประจำพันธุ์ (บุญส่ง, 2558)

การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองด้วยสารละลาย GA_3 ทุกความเข้มข้น ไม่มีผลทำให้เมล็ดมีจำนวนวันที่มีรากงอกแตกต่างกัน (1.87-1.91 วัน) แต่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (Table 1) โดยเมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ทำให้เมล็ดมีรากงอกเร็ว อย่างไรก็ตาม เมล็ดดาวเรืองที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำหรือสารละลาย GA_3 ทุกความเข้มข้นที่ศึกษา ทำให้เมล็ดมีรากงอกเร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ เนื่องจากการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์เป็นวิธีการที่ทำให้เมล็ดได้รับน้ำหรือสารละลายในระดับที่เพียงพอต่อกระบวนการงอกในระยะที่ 2 (lag phase) ของรูปแบบการดูดน้ำ โดยเมล็ดยังไม่ปรากฏรากแรกเกิด เมื่อเมล็ดได้รับน้ำอีกครั้งจะทำให้เมล็ดดูดน้ำและเข้าสู่ระยะที่ 2 เร็วขึ้นและเป็นระยะเวลาสั้นลง เมล็ดจึงเข้าสู่ระยะที่ 3 เร็ว จึงปรากฏรากแรกเกิดเร็ว (Pawar and Laware, 2018) ดังนั้น การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองด้วยน้ำ RO เพียงพอที่จะทำให้เมล็ดงอกได้เร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์

เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างชนิดดาวเรืองและความเข้มข้นของสารละลาย GA_3 ต่อจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอกใน Table 2 แสดงให้เห็นว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองฝรั่งเศสด้วยสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เมล็ดมีจำนวนวันที่มีรากงอกเร็วกว่าประมาณ 0.18 วัน หรือ 4.32 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดดาวเรืองฝรั่งเศสที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (1.72 วัน) แสดงว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองฝรั่งเศสด้วยสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เมล็ดมีรากงอกเร็ว อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้นของสารละลาย GA_3 ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ยังให้ผลไม่แตกต่างกับเมล็ดดาวเรืองฝรั่งเศสที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ อาจเป็นเพราะ GA_3 ในระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมมีผลในการกระตุ้นการผลิตเอนไซม์ α-amylase ในชั้น aleurone layer ของเมล็ด ได้เป็นน้ำตาลและกรดอะมิโนเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการงอกต่อไป (Gupta and Chakrabarty, 2013) นอกจากนี้ GA_3 ยังช่วยสังเคราะห์เอนไซม์ ช่วยเคลื่อนย้ายธาตุอาหาร และกระตุ้นการถอดรหัส mRNA ของเอนไซม์ไฮโดรไลติก กิจกรรม carbonic anhydrase เพิ่มการซึมผ่านของเยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane) และการดูดซึมธาตุอาหาร เมล็ดจึงแทงรากแรกเกิดได้เร็วขึ้น (Pawar and Laware, 2018) เช่นเดียวกับ Karimi and Varyani (2016) รายงานว่าต้นกล้าดาวเรืองหม้อจากเมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 72 ชั่วโมง มี catalase activity เพิ่มขึ้น แสดงว่าต้นกล้ามีความแข็งแรง

การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองแอฟริกันด้วยสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 25 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เมล็ดมีจำนวนวันที่มีรากงอก 2.12 และ 2.15 วัน ตามลำดับ ซึ่งเร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ มีจำนวนวันที่มีรากงอกช้าที่สุด คือ 2.33 วัน ซึ่งแตกต่างกันประมาณ 0.81-0.21 วัน (Table 2) แสดงว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองแอฟริกันด้วยสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 25 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เมล็ดแข็งแรง จึงมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันที่มีผลต่อจำนวนวันที่ทำให้รากงอกเร็วขึ้น ประมาณ 4.32-5.04 ชั่วโมง เช่นเดียวกับ Karimi and Varyani (2016) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองหม้อด้วยน้ำกลั่น และสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 100 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกรากเร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์

เวลาที่ใช้ในการงอกถึง 50 เปอร์เซ็นต์

จากการศึกษาความเร็วในการงอกและสามารถพัฒนาเป็นต้นอ่อนปกติของเมล็ดดาวเรืองทั้งสองชนิดด้วยค่าเวลาที่เมล็ดใช้ในการงอกถึง 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่าเมล็ดดาวเรืองฝรั่งเศสใช้เวลาเร็วกว่าเมล็ดดาวเรืองแอฟริกัน (2.80 และ 3.51 วัน ตามลำดับ) ซึ่งสอดคล้องกับค่าความงอกที่การนับครั้งแรก (53.8 เปอร์เซ็นต์ และ 22.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) และจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก (1.63 และ 2.20 วัน ตามลำดับ) (Table 1) แสดงว่าเมล็ดดาวเรืองฝรั่งเศสที่ใช้ในการศึกษานี้มีความแข็งแรงสูงกว่าเมล็ดดาวเรืองแอฟริกัน จึงสามารถพัฒนาเป็นต้นอ่อนปกติได้เร็วกว่าประมาณ 0.71 วัน หรือ 17.04 ชั่วโมง ในขณะที่วิธีการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองด้วยสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 0, 25, 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ใช้เวลาในการงอกถึง 50 เปอร์เซ็นต์ อยู่ระหว่าง 3.07-3.18 วัน

ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติ (Table 1) ส่วนเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ใช้เวลาในการงอกถึง 50 เปอร์เซ็นต์ช้าที่สุด คือ 3.36 วัน ผลของการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ RO หรือสารละลาย GA_3 ทุกความเข้มข้น ทำให้เมล็ดพัฒนาเป็นต้นอ่อนปกติได้เร็ว สอดคล้องไปตามจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก (Table 1) ทั้งนี้เนื่องจากการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์เป็นวิธีการกระตุ้นการงอกของเมล็ด ช่วยให้เมล็ดงอกได้เร็วและสม่ำเสมอ (McDonald, 2000) อย่างไรก็ตาม การใช้น้ำ RO หรือสารละลาย GA_3 ทุกความเข้มข้น ไม่มีผลทำให้เมล็ดใช้เวลาในการงอกถึง 50 เปอร์เซ็นต์แตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างชนิดดาวเรืองและความเข้มข้นของสารละลาย GA_3 ต่อเวลาที่เมล็ดใช้ในการงอกถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ใน Table 2 แสดงให้เห็นว่าเวลาในการงอกถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ของการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองฝรั่งเศสด้วยสารละลาย GA_3 ทุกความเข้มข้นไม่แตกต่างจากเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มีค่าอยู่ระหว่าง 2.70-2.92 วัน เช่นเดียวกับ Mukhtar *et al.* (2013) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองฝรั่งเศสด้วยน้ำร่วมกับการให้อากาศ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ไม่มีผลทำให้เมล็ดใช้เวลาในการงอกถึง 50 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ สำหรับเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองแอฟริกันที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ RO หรือสารละลาย GA_3 ทุกความเข้มข้นมีผลทำให้เมล็ดใช้เวลาในการงอกถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ประมาณ 3.35-3.48 วัน ได้เร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (3.81 วัน) เช่นเดียวกับ Goud *et al.* (2021) รายงานว่าต้นกล้าดาวเรืองแอฟริกันสองพันธุ์จากเมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร มีดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้า (seedling vigor index) สูงกว่าต้นกล้าจากเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์

เวลาเฉลี่ยในการงอก

เมล็ดดาวเรืองฝรั่งเศสใช้เวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วกว่าเมล็ดดาวเรืองแอฟริกันประมาณ 0.43 วัน หรือ 10.32 ชั่วโมง (Table 1) แสดงว่าเมล็ดดาวเรืองฝรั่งเศสงอกและพัฒนาเป็นต้นอ่อนปกติได้เร็วกว่าดาวเรืองแอฟริกัน โดยสารละลาย GA_3 ทุกความเข้มข้น ไม่มีผลทำให้เมล็ดใช้เวลาเฉลี่ยในการงอกแตกต่างทางสถิติ (Table 1) โดยเมล็ดใช้เวลาเฉลี่ยในการงอกอยู่ระหว่าง 3.73-3.89 วัน ซึ่งเร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ใช้เวลาเฉลี่ยในการงอกช้าที่สุด คือ 4.10 วัน

เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างชนิดดาวเรืองและความเข้มข้นของสารละลาย GA_3 ต่อเวลาเฉลี่ยในการงอก ใน Table 2 แสดงให้เห็นว่า เมล็ดใช้เวลาเฉลี่ยในการงอกของการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองฝรั่งเศสด้วยสารละลาย GA_3 ทุกความเข้มข้นไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (3.76 วัน) แสดงว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองฝรั่งเศสด้วยน้ำหรือสารละลาย GA_3 ไม่มีผลต่อเวลาเฉลี่ยในการงอก เช่นเดียวกับเวลาที่ใช้ในการงอกถึง 50 เปอร์เซ็นต์ (Table 2) สอดคล้องกับ Sedghi *et al.* (2010) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองหม้อด้วยสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ไม่มีผลทำให้เมล็ดใช้เวลาเฉลี่ยในการงอกแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ ในขณะที่เมล็ดดาวเรืองแอฟริกันที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย GA_3 ทุกความเข้มข้น ใช้เวลาเฉลี่ยในการงอกอยู่ระหว่าง 3.92-4.09 วัน ซึ่งเร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ที่ใช้เวลาเฉลี่ยในการงอกช้าที่สุด คือ 4.44 วัน (Table 2) เนื่องจากการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์เป็นวิธีการที่ทำให้เมล็ดดูดซับน้ำเข้าไปภายในเมล็ดอย่างเพียงพอสำหรับกระตุ้นให้เกิดกระบวนการทางชีวเคมี โดยผ่านการดูดน้ำในระยะที่ 1 เข้าสู่ระยะที่ 2 และหยุดการดูดน้ำโดยทำให้เมล็ดแห้งลง เมื่อนำเมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มาดูดน้ำอีกครั้งจะทำให้เกิดการดูดน้ำอย่างรวดเร็วและเข้าสู่ระยะที่ 2 ในระยะเวลาสั้น จากนั้นเข้าสู่ระยะที่ 3 เมล็ดจึงแทงรากได้เร็วขึ้น (McDonald, 2000) เช่นเดียวกับ Karimi and Varyani (2016) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองหม้อด้วยน้ำกลั่นและสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 100 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เมล็ดใช้เวลาเฉลี่ยในการงอกราก 6.00 6.20 และ 6.50 วัน ตามลำดับ ซึ่งเร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ 7.00 วัน

Table 1 Effects of 2 marigold species and different GA_3 concentrations on germination, days to emergence (DTE), time to reach 50% germination (T_{50}) and mean germination time (MGT) of primed seeds

Factor	Germination (%)		DTE (days)	T_{50} (days)	MGT (days)
	1st count	Final count			
Species (A)					
African marigold	22.8 ± 11.34 b	99.7 ± 0.98 a	2.20 ± 0.12 a	3.51 ± 0.22 a	4.08 ± 0.26 a
French marigold	53.8 ± 7.56 a	86.6 ± 6.06 b	1.63 ± 0.11 b	2.80 ± 0.14 b	3.65 ± 0.17 b
F-test	*	*	*	*	*
GA_3 concentrations (B)					
Non-primed seeds	35.0 ± 22.01	96.5 ± 3.82 a	2.02 ± 0.34 a	3.36 ± 0.50 a	4.10 ± 0.38 a
0 mg/L GA_3	38.5 ± 23.64	92.0 ± 9.01 b	1.91 ± 0.33 b	3.09 ± 0.45 b	3.80 ± 0.34 b
25 mg/L GA_3	40.5 ± 16.99	90.8 ± 10.25 b	1.89 ± 0.27 b	3.07 ± 0.37 b	3.73 ± 0.25 b
50 mg/L GA_3	35.8 ± 16.78	92.8 ± 8.28 ab	1.87 ± 0.37 b	3.18 ± 0.33 b	3.89 ± 0.24 b
100 mg/L GA_3	41.8 ± 14.95	93.8 ± 7.52 ab	1.89 ± 0.27 b	3.07 ± 0.34 b	3.81 ± 0.23 b
F-test	ns	*	*	*	*
A×B	ns	*	*	*	*
CV (%)	25.31	3.79	5.22	4.63	4.77

Remarks: ns = not significantly different, * = significantly different at p≤0.05
Means ± SD in the same column followed by the same letter are not significantly different at p≤0.05 by DMRT.

Table 2 Interaction between species and GA_3 concentrations on germination percentage, days to emergence (DTE), time to reach 50% germination (T_{50}) and mean germination time (MGT) of primed marigold seed

Factor		Germination (%)	DTE (days)	T_{50} (days)	MGT (days)
Species (A)	GA_3 concentrations (B)				
African marigold	Non-primed seeds	99.0 ± 2.00 ab	2.33 ± 0.11 a	3.81 ± 0.12 a	4.44 ± 0.09 a
	0 mg/L GA_3	100 ± 0.00 a	2.20 ± 0.12 ab	3.48 ± 0.25 b	4.02 ± 0.34 bc
	25 mg/L GA_3	99.5 ± 1.00 a	2.12 ± 0.09 b	3.41 ± 0.08 b	3.92 ± 0.12 bcd
	50 mg/L GA_3	100 ± 0.00 a	2.21 ± 0.11 ab	3.48 ± 0.06 b	4.09 ± 0.06 b
	100 mg/L GA_3	100 ± 0.00 a	2.15 ± 0.09 b	3.35 ± 0.23 b	3.94 ± 0.25 bcd
French marigold	Non-primed seeds	94.0 ± 3.65 b	1.72 ± 0.06 c	2.92 ± 0.20 c	3.76 ± 0.16 cde
	0 mg/L GA_3	84.0 ± 4.32 c	1.62 ± 0.12 cd	2.70 ± 0.08 c	3.57 ± 0.14 e
	25 mg/L GA_3	82.0 ± 6.32 c	1.66 ± 0.14 cd	2.73 ± 0.07 c	3.54 ± 0.21 e
	50 mg/L GA_3	85.5 ± 4.43 c	1.54 ± 0.05 d	2.87 ± 0.10 c	3.70 ± 0.18 de
	100 mg/L GA_3	87.5 ± 5.26 c	1.64 ± 0.07 cd	2.79 ± 0.12 c	3.69 ± 0.13 de
F-test		*	*	*	*
CV (%)		3.79	5.22	4.77	4.63

Remarks: * = significantly different at p≤0.05
Means ± SD in the same column followed by the same letter are not significantly different at p≤0.05 by DMRT.

สรุปผลการวิจัย

1. เมล็ดพันธุ์ดาวเรืองต่างชนิดกันมีผลต่อวิธีการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย GA_3 แตกต่างกัน

2. การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองแอฟริกันด้วยสารละลาย GA_3 ทุกระดับความเข้มข้น ไม่มีผลทำให้เมล็ดมีเปอร์เซ็นต์ความงอกแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ แต่ที่ระดับความเข้มข้น 25 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีผลทำให้เมล็ดมีจำนวนวันที่มีรากงอก เมล็ดใช้เวลาในการงอกถึง 50 เปอร์เซ็นต์ และเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์

3. การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองฝรั่งเศสด้วยสารละลาย GA_3 ทุกระดับความเข้มข้น มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกต่ำกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ และไม่มีผลต่อจำนวนวันที่มีรากงอก เวลาในการงอกถึง 50 เปอร์เซ็นต์ และเวลาเฉลี่ยในการงอกเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์

เอกสารอ้างอิง

จินตนา สงฤทธิ์. 2563. การยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองฝรั่งเศสโดยวิธีการทำ seed priming. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน, คณะผลิตกรรมการเกษตร, มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

ธีระวัฒน์ วงศ์วิชิต. 2562. ดาวเรือง (ไม้ตัดดอก). กรมส่งเสริมการเกษตร. แหล่งข้อมูล http://www.agriman.doae.go.th/home/news/2562/77-78.pdf (2 เมษายน 2565).

บริษัท ที เอส เอ จำกัด. 2565. กลุ่มดาวเรือง. แหล่งข้อมูล http://www.thaiseed.co.th/index.php?ContentID=ContentID-17110211240059307 (12 เมษายน 2565).

บุญส่ง เอกพงษ์. 2558. เทคนิคการผลิตเมล็ดพันธุ์ผักลูกผสม. พิมพ์ครั้งที่ 1. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

ประนอม ยังคำมั่น. 2558. ผลของการกระตุ้นการงอกเมล็ดด้วยน้ำและโปแตสเซียมไนเตรทต่อการงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองฝรั่งเศส. รายงานการประชุมวิชาการประจำปี 2558, มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 8-9 ธันวาคม 2558, มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. น. 1-8.

สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2558. งานวิจัยและพัฒนาพันธุ์ดาวเรืองเกษตร. แหล่งข้อมูล https://www3.rdi.ku.ac.th/?p=18932 (28 เมษายน 2565).

สลาลีวัลย์ แน่นแฟ้น และปิยะณัฏฐ์ ผกามาศ. 2563. ผลของการเตรียมความพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธี Nano-Bubbles priming ต่อการงอกของต้นกล้าดาวเรืองฝรั่งเศส. แก่นเกษตร 48(3): 515-526.

Bhowmick, M.K. 2018. Seed priming: a low-cost technology for resource-poor farmers in improving pulse productivity. pp. 190-209. *In*: A. Rakshit and H.B. Singh (eds.). Advances in Seed Priming. Springer Nature Singapore Pte Ltd., Singapore.

Boyd, N.S. and R.C.V. Acker. 2004. Imbibition response of green foxtail, canola, wild mustard and wild oat seeds to different osmotic potentials. Can. J. Bot. 82(6): 801-806.

Coolbear, P., A. Francis and D. Grierson. 1984. The effect of low temperature pre-sowing treatment on the germination performance and membrane integrity of artificially aged tomato seeds. J. Exp. Bot. 35(11): 1609-1617.

Devika, O.S., S. Singh, D. Sarkar, P. Barnwal, J. Suman and A. Rakshit. 2021. Seed priming: a potential supplement in integrated resource management under fragile intensive ecosystems. Front. Sustain. Food Syst. 5: 1-11.

Dhillon, N.P.S. 1995. Seed priming of male sterile muskmelon (*Cucumis melo* L.) for low temperature germination. Seed Sci. Technol. 23(3): 881-884.

Ellis, R.H. and E.H. Roberts. 1980. Improved equation for the prediction of seed longevity. Ann. Bot. 45(1): 13-30.

Goud, S., A. Dayal, P.K. Rai, N. Thomas, V.P. Sahi and A. Kerketta. 2021. Influence of botanicals, fungicides, plant growth regulator treatments on seedling characters of marigold (*Tagetes erecta* L.) variety: pusabasanti and kalyan-2. AJSST. 7(4): 257-264.

Gupta, R. and S.K. Chakrabarty. 2013. Gibberellic acid in plant. Plant Signal. Behav. 8(9): e25504-1-5.

ISTA. 2018. International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland.

Karimi, M. and M. Varyani. 2016. Role of priming technique in germination parameters of calendula (*Calendula officinalis* L.) seeds. J. Agric. Sci. 61(3): 215-226.

Kouchebagh, B.S., M. Sohrabi, P.G. Kouchebagh and A.R. Khanlou. 2014. Seed germination and yield of marigold (*Calendula officinalis* L.) as affected by biophysical priming techniques. Int. J. Biosci. 5(5): 113-118.

Madhavan, J., S. Chandrasekharan, M.K. Priya and A. Godavarthi. 2018. Modulatory effect of carotenoid supplement constituting lutein and zeaxanthin (10:1) on antioxidant enzymes and macular pigments level in rats. Pharmacogn. Mag. 14(54): 268-274.

McDonald, M.B. 2000. Seed priming. pp. 287-325. *In*: M. Black and J.D. Bewley (eds.). Seed Technology and Its Biological Basis. Sheffield Academic Press, England.

Mukhtar, K., I. Afzal, M. Qasim, S.M.A. Basra and M. Shahid. 2013. Does priming promote germination and early stand establishment of French marigold (*Tagetes patula* L.) seeds by inducing physiological and biochemical changes? Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus. 12(3): 13-21.

Neher, N.T. 1968. The ethnobotany of tagetes. Econ Bot. 22(4): 317-325.

Pawar, V.A. and S.L. Laware. 2018. Seed priming: a critical review. Int. J. Sci. Res. in Biological Sciences 5(5): 94-101.

Sedghi, M., A. Nemati and B. Esmaielpour. 2010. Effect of seed priming on germination and seedling growth of two medicinal plants under salinity. Emir. J. Food Agric. 22(2): 130-139.

Woodstock, L.W. 1988. Seed imbibition: a critical period for successful germination. J. Seed Technol. 12(1): 1-5.

วารสารผลิตกรรมการเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION

ผลของปริมาณธาตุไนโตรเจนต่อผลผลิตและปริมาณสารพฤกษเคมีในฟ้าทะลายโจรที่ปลูกในดินทราย

Effects of Nitrogen Content on Yield and Phytochemical Concentration of *Andrographis paniculate* Planting in Sandy Soils

ปุญญิศา ตระกูลยิ่งเจริญ*
Punyisa Trakoonyingcharoen*

ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140
Soil Science Department, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

* Corresponding author: agrpyst@ku.ac.th

(Received: 25 May 2022; Revised: 25 July 2022; Accepted: 15 August 2022)

Abstract

Nitrogen played the important role on quantity and quality of economic crops. However, no researches had been conducted the suitable nitrogen content in medicinal plants as *Andrographis paniculate.* Therefore, the objective of this experiment was to determine the effects of nitrogen content on yield and phytochemical concentration of *Andrographis paniculate* planting in sandy soils. Complete randomized design experiment was carried out with 5 treatments of different nitrogen content and 5 replications. The five treatments were difference in N-P_2O_5-K_2O of chemical fertilizer as treatment 1 (T1) recommended nutrient content 30-30-30 kg/rai/crop; treatment 2 (T2) 30-0-30; treatment 3 (T3) 15-0-30; treatment 4 (T4) 7.5-0-30 and treatment 5 (T5) 0-0-30. The fertilizer was split evenly and applied for 3 times 5, 21 and 41 days after planting. Fresh mass (FM) and dry mass (DM) of root and shoot, length of root and shoot, total chlorophyll, andrographolide content, H_2O_2 content, nitrogen and potassium concentrations in *Andrographis paniculate* were collected at harvest stage. The results showed that fresh and dry mass of shoot and root of T3 was significantly higher than other treatments. Root length, and root and shoot mass ratio of T1 and T2 was significant lowest among treatments. Nitrogen concentration in leave had positive correlation with total chlorophyll at r = 0.73, consistency with nitrogen application. H_2O_2 did not differ significantly between treatments. Andrographolide content in plant (andrographolide by weight multiplied with shoot dry mass) was significant highest for treatment 3 (50% of recommended nitrogen). We concluded that nitrogen content reduction could increase phytochemical concentration with no effect on *Andrographis paniculate* yield.

Keywords: Nitrogen, phytochemical, *Andrographis paniculate,* sandy soils

บทคัดย่อ

ไนโตรเจนมีบทบาทความสำคัญต่อปริมาณและคุณภาพผลผลิตในพืชเศรษฐกิจทั่วไป แต่ในพืชสมุนไพรเช่นฟ้าทะลายโจรยังไม่มีงานวิจัยที่ชี้ให้เห็นปริมาณไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการปลูกฟ้าทะลายโจร งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการทราบผลของปริมาณธาตุไนโตรเจนต่อผลผลิตและสารพฤกษเคมีในฟ้าทะลายโจรที่ปลูกในดินเนื้อทราย วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ 5 ซ้ำ 5 ตำรับการทดลอง แต่ละตำรับการทดลองได้รับปริมาณธาตุอาหาร N-P_2O_5-K_2O (กิโลกรัมต่อไร่ต่อรอบปลูก) จากปุ๋ยเคมีแตกต่างกันดังนี้ T1: 30-30-30 (ธาตุอาหารแนะนำ), T2: 30-0-30 T3: 15-0-30 T4: 7.5-0-30 และ T5: 0-0-30 โดยแบ่งใส่ปุ๋ย 3 ครั้ง ที่ 5 21 และ 41 วันหลังย้ายกล้า วิเคราะห์ผลผลิตเมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 113 วัน ได้แก่ มวลสดและมวลแห้งของรากและส่วนเหนือดิน ความยาวราก ความยาวลำต้น สัดส่วนมวลของรากต่อลำต้น ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมในใบและลำต้นของฟ้าทะลายโจร ผลการทดลองพบว่า T3 ให้มวลสดและมวลแห้งในส่วนเหนือดินและรากสูงที่สุดและมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับ T1 และ T2 ซึ่งได้รับปริมาณไนโตรเจนตามคำแนะนำ ให้ความยาวราก และสัดส่วนมวลของรากต่อส่วนเหนือดินน้อยที่สุด ทั้งนี้ปริมาณไนโตรเจนในใบพืชและคลอโรฟิลล์มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณไนโตรเจนที่กำหนดในตำรับการทดลองซึ่งมีค่า r = 0.73 สำหรับปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระ พบว่าไม่มีความแตกต่างการทางสถิติ แสดงถึงความเครียดของพืชใกล้เคียงกัน อีกทั้งปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ต่อต้น (ปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์คูณกับมวลแห้งส่วนเหนือดิน) มีค่าสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติใน T3 แสดงให้เห็นว่าการลดไนโตรเจนในระดับที่เหมาะสมสามารถเพิ่มสารพฤกษเคมีโดยไม่มีผลกระทบต่อผลผลิตในการปลูกฟ้าทะลายโจร

คำสำคัญ: ไนโตรเจน สารพฤกษเคมี ฟ้าทะลายโจร ดินทราย

บทนำ

บทบาทธาตุอาหารมีผลต่อผลผลิตและคุณภาพโดยตรงกับพืช โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนเป็นธาตุองค์ประกอบที่สำคัญในการสังเคราะห์กรดอะมิโน วิตามิน สาร ATP และเป็นธาตุที่ใช้สร้างโปรตีนซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญที่สุดของโพรโทพลาสซึม ไนโตรเจนยังเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ต่าง ๆ เช่น nitrate reductase pyruvate kinase rubisco ที่ช่วยเร่งและควบคุมปฏิกิริยาต่าง ๆ ในพืชให้ดำเนินไปอย่างปกติ (Kishorekumar *et al.,* 2020) ธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสง (Bassi *et al.,* 2018) เมื่อให้ธาตุไนโตรเจนเหมาะสมแก่พืช จะทำให้ใบมีสีเขียวขึ้นและช่วยทำให้การเจริญเติบโตและความแข็งแรงของใบและลำต้นสูงขึ้น แต่หากพืชได้รับไนโตรเจนมากเกินไป อาจเป็นปฏิปักษ์กับธาตุโพแทสเซียม ทองแดง เหล็ก และโบรอนได้ ทำให้คุณภาพและปริมาณผลผลิตลดลง ลำต้นอ่อนแอ หักล้มง่าย ความต้านทานโรคลดลง (Sun *et al.,* 2020) และมีผลทำให้ดินได้รับผลตกค้างจากกรดมากขึ้น (Schroder *et al.,* 2011) ในทางกลับกันพืชที่ได้รับไนโตรเจนน้อยจนขาดแคลน ทำให้การสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ลดลง จึงส่งผลให้การสังเคราะห์แสงลดลง พืชที่แสดงอาการขาดไนโตรเจนจะสังเกตเห็นใบเป็นสีเหลือง ลำต้นสูงผอม พืชโตช้า และปริมาณผลผลิตต่ำ (Zhang *et al.,* 2015) ขณะที่พืชที่มีการขาดไนโตรเจนเล็กน้อยและไม่รุนแรง จะมีผลดีกับอัตราการเติบโต (growth rate) ได้แก่ การเพิ่มมวล การเพิ่มจำนวนเซลล์ใหม่และขยายเซลล์เก่า ส่วนอัตราการนำไนโตรเจนไปใช้ประโยชน์ (assimilation rate) จะลดลง (Shitan, 2016; Ncube and Van Staden, 2015) กระบวนการภายในเซลล์พืชจะเกิดการสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรตและสะสมในเซลล์เป็นปริมาณมาก แต่การสังเคราะห์โปรตีนจะลดลง ปริมาณโปรตีนที่ลดลงเป็นการกระตุ้นให้เซลล์พืชสร้างโมเลกุลสัญญาณ ได้แก่ อนุมูลอิสระ หรือฮอร์โมนต่าง ๆ ซึ่งอนุมูลอิสระที่ได้พบทั่วไปและมีบทบาทมากในการส่งสัญญาณให้พืชปรับตัว คือ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) เมื่อพืชรับรู้ถึงสัญญาณ พืชจะสร้างกลไกขึ้นมา 2 ด้านเพื่อพืชปรับตัวให้มีชีวิตรอด คือ สร้างสารต้านอนุมูลอิสระหรือสร้างสารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิ และปรับกลไกการทำงานหรือปรับสรีระพืช เช่น เร่งการปิดปากใบ กระตุ้นการแตกราก ให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงภายในเซลล์ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าปริมาณอนุมูลอิสระมีผลดีในการส่งสัญญาณทำให้กระตุ้นการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ หรือสร้างสารกลุ่มเมแทบอไลท์ทุติยภูมิเพื่อกำจัดปริมาณอนุมูลอิสระให้ลดลง (Huang *et al.,* 2019) แต่หากพืชได้รับความเครียด เช่น การขาดธาตุอาหาร ขาดความชื้น ฯลฯ ในระยะเวลาที่นานหรือรุนแรงมากเกินไป การสังเคราะห์อนุมูลอิสระจะมากจนเกิดภาวะออกซิเดชันที่สูงเกินไป (oxidative

injury) ทำให้กระบวนการเมแทบอลิซึมหยุดทำงาน และพืชจะตายในที่สุด (ยงยุทธ, 2559)

ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าปริมาณธาตุไนโตรเจน มีความสำคัญในหลายกระบวนการของเซลล์พืช รวมทั้งกระบวนการสังเคราะห์แสงและกระบวนการสังเคราะห์พฤกษเคมี ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพมนุษย์ในการป้องกันหรือรักษาโรคต่าง ๆ และช่วยให้พืชได้รับอันตรายจากสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอย่างรุนแรง (Borquaye *et al.,* 2017; Kishorekumar *et al.,* 2020) เช่น สารแอนโดรกราโฟไลด์ในฟ้าทะลายโจร เป็นสารกลุ่มไดเทอร์พีนแลตโตน (diterpene lactones) มีฤทธิ์ลดไข้ ต้านการอักเสบ ต้านเชื้อไวรัส (กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก, 2564) แต่ยังไม่มีงานวิจัยที่แสดงปริมาณธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์สารพฤกษเคมีให้ได้ความเข้มข้นสูงในฟ้าทะลายโจร จะมีของบางหน่วยงานที่แนะนำให้ใช้ปุ๋ยคอก 2.5 ตันต่อไร่และปุ๋ยสูตรเสมอ (15-15-15) อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ จำนวน 2 ครั้งต่อรอบการปลูก คิดเป็นปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ได้ทั้งจากปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมีประมาณ 52.5 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ (กรมวิชาการเกษตร, 2564) ซึ่งทำให้ปริมาณผลผลิตสูง แต่จากที่กล่าวมาการสร้างสภาพให้พืชมีข้อจำกัดของธาตุไนโตรเจนมีโอกาสที่จะทำให้ความเข้มข้นของสารพฤกษเคมีต่อมวลสูงขึ้น เช่น การทดลองของ Bukhori *et al.* (2020) พบว่าการใช้อัตราปุ๋ยไนโตรเจนและโพแทสเซียมที่สัดส่วน 0 : 30 ให้แก่สมุนไพรแปะตำปึง ทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบต่ำกว่าการให้ในสัดส่วน 90 : 0 ขณะที่ปริมาณทั้งหมดของคาร์โบไฮเดรต ฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ กลับสูงกว่าพืชที่ได้รับปุ๋ยในสัดส่วน 90 : 0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รายงานของ ธัญญกานต์ (2565) พบว่า การใส่ปุ๋ยหมักปริมาณสูงถึง 4 ตันต่อไร่ ทำให้ฟ้าทะลายโจรมีสารแอนโดรกราโฟไลด์ที่สังเคราะห์ได้ปริมาณต่ำกว่าการปลูกในสภาพดินป่าที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ งานวิจัยของ Allahdadi and Farzane (2018) พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณที่สูงขึ้นทำให้สารพฤกษเคมีในต้นอะติโชกมีปริมาณลดลง และได้แนะนำให้ใส่ไนโตรเจน 16 กิโลกรัม N/ไร่ (100 กิโลกรัม N/เฮกตาร์) เพื่อใช้ผลิตในเชิงการแพทย์ การจัดการธาตุอาหารเพื่อมุ่งหวังปริมาณผลผลิตสูง อาจส่งผลเชิงคุณภาพโดยเฉพาะปริมาณสารพฤกษเคมีในพืชสมุนไพรได้ ดังนั้นการลดปริมาณธาตุไนโตรเจนให้พืชเกิดความเครียดเพียงเล็กน้อย น่าจะช่วยเพิ่มการสังเคราะห์สารพฤกษเคมีในพืชสมุนไพรได้ และช่วยลดต้นทุนด้านปุ๋ยได้อีกด้วย จึงเป็นวัตถุประสงค์ในการทดลองนี้ คือ เพื่อให้ทราบแนวทางการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน ที่ทำให้ผลผลิตและสารพฤกษเคมีในฟ้าทะลายโจรมีปริมาณสูง

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 5 ตำรับการทดลอง จำนวน 5 ซ้ำ โดยใช้ปริมาณธาตุอาหารตามคำแนะนำการใช้ปุ๋ยในฟ้าทะลายโจรของกรมวิชาการเกษตร (2564) กำหนดปริมาณธาตุอาหารทั้งหมดที่พืชจะได้รับในหนึ่งรอบการปลูก ซึ่งกำหนดให้มีการใช้ปุ๋ยคอก (ปุ๋ยมูลวัว) จำนวน 2.5 ตันต่อไร่ ใส่ก่อนปลูกครั้งเดียว และปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ปริมาณ 50 กิโลกรัมต่อไร่ จำนวน 2 ครั้งต่อรอบการปลูก ดังนั้น ในหนึ่งรอบการปลูกจึงมีการให้ปุ๋ยเคมีรวมเป็น 100 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณธาตุอาหาร N-P_2O_5-K_2O จากการใช้ปุ๋ยคอกตามคำแนะนำ คิดเป็นร้อยละ 1.50-1.35-1.49 ดังนั้น เมื่อรวมปริมาณธาตุอาหารตามคำแนะนำจากปุ๋ยทั้งสองชนิดจึงได้ปริมาณ N-P_2O_5-K_2O เป็น 52.50-48.75-52.25

สำหรับการทดลองนี้ใช้ปุ๋ยคอก 1.5 ตันต่อไร่ จึงคำนวณธาตุอาหารที่จะใส่จากปุ๋ยเคมีเพิ่ม เพื่อให้ไนโตรเจนเท่ากับปริมาณธาตุอาหารตามคำแนะนำ ในตำรับการทดลองที่ 1 ได้ใช้ปุ๋ยสูตรเสมอ (15-15-15) ให้เหมือนกับคำแนะนำ ปริมาณรวมของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมจึงสูงกว่าคำแนะนำเล็กน้อยเป็น 52.50-50.50-52.35 ส่วนตำรับการทดลองอื่น ลดปริมาณไนโตรเจนลง แสดงใน Table 1 ซึ่งสังเกตได้ว่า ตำรับการทดลอง T2, T3, T4 และ T5 ไม่ได้ให้ธาตุฟอสฟอรัสจากปุ๋ยเคมีเพิ่ม เนื่องจากในทุกตำรับการทดลองได้ผสมมูลวัวแห้งในดินก่อนปลูก ซึ่งในมูลวัวมีปริมาณฟอสฟอรัสจำนวนหนึ่งแล้ว ประกอบกับฟ้าทะลายโจรเป็นพืชล้มลุกที่เน้นการเจริญทางกิ่งใบ มีการใช้ธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมเป็นโคแฟกเตอร์หลักสำหรับกระบวนการสังเคราะห์แสงและกระบวนการสังเคราะห์พฤกษเคมี (Borquaye *et al.,* 2017)

ในการทดลองนี้ได้ปลูกฟ้าทะลายโจรในกระถางที่บรรจุดินบนของชุดดินน้ำพอง (Grossarenic Haplustalfs) หนัก 6 กิโลกรัม ซึ่งเป็นดินทรายจัด มีการชะละลายสูง และมีปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดินต่ำมาก ร้อยละ 0.1, 0.005 และ 0.008 ตามลำดับ จึงมีการแบ่งใส่ปุ๋ย 3 ครั้ง ครั้งละเท่า ๆ กัน ดังแสดงในคอลัมน์สุดท้ายของ Table 1

Table 1 Treatments for experimental research

Treatment	N-P_2O_5-K_2O applied in research kg/rai/crop		Chemical fertilizer applied in g/pot/cycle			Chemical fertilizer applied g/pot/application		
	N-P_2O_5-K_2O organic fertilizer	N-P_2O_5-K_2O chemical fertilizer	15-15-15	NH_4SO_4	KCl	15-15-15	NH_4SO_4	KCl
T1: nutrient recommendation	22.5-20.5-22.35	30-30-30	3.84			1.28		
T2: nitrogen recommendation	22.5-20.5-22.35	30-0-30		2.76	0.96		0.92	0.32
T3: 50% of nitrogen recommendation	22.5-20.5-22.35	15-0-30		1.36	0.96		0.46	0.32
T4: 75% of nitrogen recommendation	22.5-20.5-22.35	7.5-0-30		0.68	0.96		0.23	0.32
T5: without nitrogen	22.5-20.5-22.35	0-0-30		0	0.96		0	0.32

การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อทำการเพาะเมล็ดฟ้าทะลายโจรพันธุ์พื้นเมืองกำแพงแสน ในวัสดุเพาะกล้า จนอายุ 55 วันจึงย้ายกล้าลงในกระถางขนาด 8 นิ้ว ที่มีการผสมดิน 6 กิโลกรัมกับปุ๋ยคอก 29 กรัม ก่อนย้ายปลูก 2 สัปดาห์ ทดลองปลูกพืชในโรงเรือนที่พรางแสง 60 เปอร์เซ็นต์ ด้วยตาข่ายสีดำ เมื่อฟ้าทะลายโจรมีอายุ 5, 21 และ 41 วันหลังย้ายกล้า ใส่ปุ๋ยสูตรเสมอ ในตำรับการทดลองที่ 1 และแอมโมเนียมซัลเฟต (NH_4SO_4) กับโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ในตำรับการทดลองอื่น ๆ ตามปริมาณธาตุอาหารที่กำหนดใน Table 1 ให้น้ำวันละ 2 ครั้ง ครั้งละ 200 มิลลิลิตรเท่ากันในทุกตำรับการทดลอง เมื่อฟ้าทะลายโจรอายุ 113 วัน ทำการเก็บตัวอย่างพืชเพื่อนำมาวิเคราะห์ ดังต่อไปนี้

ด้านผลผลิต ได้แก่ มวลสดส่วนเหนือดิน (shoot fresh mass) มวลสดราก (root fresh mass) มวลแห้งส่วนเหนือดิน (shoot dry mass) มวลแห้งราก (root dry mass) ความยาวราก (root length) ความยาวลำต้น (shoot length)

สารพฤกษเคมี วิเคราะห์ปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ต่อน้ำหนัก จากส่วนเหนือดินอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 250 ไมครอน นำไปเตรียมตัวอย่างตามวิธีของ Wongkittipong, *et al.* (2004) แล้ววัดด้วยเครื่อง High-performance liquid chromatography (Pump Delta 600E, USA) คำนวณสารแอนโดรกราโฟไลด์ต่อต้นโดยนำปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ต่อมวลแห้งคูณกับมวลแห้งส่วนเหนือดิน สำหรับปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดใช้ใบสด สกัดด้วย acetone ที่ความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ แล้ววิเคราะห์การดูดกลืนแสงด้วย spectrophotometer (Genesy 10 S UV-vis spectrophotometer, USA) โดยใช้แสงที่ความยาวคลื่น 645 และ 663 นาโนเมตร ค่าการดูดกลืนแสงถูกคำนวณเป็นปริมาณคลอโรฟิลล์ตามสมการของ Arnon, (1949)

ปริมาณอนุมูลอิสระ วิเคราะห์ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โดยใช้ใบสดสกัดด้วย 1% trichloro acetic acid (TCA) สารละลายถูกวัดด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 390 นาโนเมตร (Velikova *et al.,* 2000)

ปริมาณธาตุอาหาร ปริมาณไนโตรเจนในใบและลำต้นแห้งวิเคราะห์ด้วยวิธี Kjeldahl (Bremner, 1965) ปริมาณโพแทสเซียมในใบและลำต้นแห้งสกัดด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้น และวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Atomic adsorption spectrophotometer (Savant AA, Australia) (ทัศนีย์และจงรัก, 2542)

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) ของข้อมูลผลผลิตฟ้าทะลายโจรและปริมาณสารสำคัญต่าง ๆ พร้อมเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเหล่านี้ด้วยวิธี Duncan's multiple range tests (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ Pearson correlation coefficient (r) ด้วยโปรแกรม SPSS

ผลการวิจัยและวิจารณ์

มวลส่วนเหนือดินและมวลราก

มวลสดของส่วนเหนือดินจากทุกตำรับการทดลองนี้มีค่าเฉลี่ย 77 ถึง 115 กรัม และมีความแตกต่างทางสถิติ (Table 2) โดยพบว่า ตำรับที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (T5) มีมวลส่วนเหนือดินน้อยที่สุดคือ 77 กรัม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับตำรับอื่น ๆ โดยตำรับการทดลองที่ 3 มีมวลส่วนเหนือดินสูงที่สุดและสูงมากกว่าตำรับที่ 1 และ 2 ซึ่งเป็นตำรับการทดลองที่ได้รับธาตุไนโตรเจนสูงที่สุด เป็นไปได้ว่าตำรับการทดลองที่ 1 และ 2 เป็นปริมาณไนโตรเจนที่ฟ้าทะลายโจรได้รับมากเกินไป ทำให้เกิดสภาวะปฏิปักษ์กับธาตุอาหารอื่น การใช้ธาตุอาหารอื่นจึงไม่มีประสิทธิภาพ หรือการลดปริมาณไนโตรเจนลงร้อยละ 50 ของคำแนะนำในตำรับการทดลองที่ 3 พืชได้รับไนโตรเจนลดลงเล็กน้อย ทำให้มวลเพิ่มขึ้น แต่ตำรับการทดลองที่มีการลดปริมาณไนโตรเจนลงร้อยละ 75 ของคำแนะนำของตำรับการทดลองที่ 4 และการไม่ใส่ไนโตรเจนเลยในตำรับการทดลองที่ 5 มีมวลสดส่วนเหนือดินน้อยที่สุด อาจเป็นเพราะปริมาณไนโตรเจนไม่เพียงพอกับความต้องการของพืช และเมื่อสังเกตจากปริมาณคลอโรฟิลล์พบว่า มีค่าน้อยกว่าตำรับการทดลองอื่น (Table 3) ซึ่งคลอโรฟิลล์มีผลต่อการสังเคราะห์แสง (Ncube and Van Staden, 2015) จึงเป็นการจำกัดการเจริญของเซลล์พืช

สำหรับมวลสดรากมีค่าระหว่าง 8.2-55.7 กรัม และมวลแห้งรากมีค่าระหว่าง 1.03-9.95 กรัม ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างตำรับการทดลอง โดยตำรับการทดลองที่ 5 ซึ่งไม่ได้รับไนโตรเจนมีมวลสดรากและมวลแห้งรากมากที่สุด ส่วนตำรับที่ได้รับไนโตรเจนลดลงร้อยละ 50 และ 75 (T3 และ T4) มีมวลสดรากมากกว่าตำรับที่ได้รับไนโตรเจนปริมาณสูงสุด (T1 และ T2)

Table 2 Mean values of growth for various nitrogen applications in *Andrographis paniculate*

Treatment	shoot FM (g)	root FM (g)	root length (cm)	shoot length (cm)	shoot DM (g)	root DM (g)	root shoot DM
T1	106bc	15.8ab	17.7a	68	14.97a	1.88ab	0.125a
T2	100b	8.20a	17.9a	66	15.69a	1.03a	0.082a
T3	115c	34.2c	34.9b	68	20.63b	6.08c	0.295b
T4	95b	20.6b	27.7b	65	17.34ab	3.78b	0.217ab
T5	77a	55.7d	34.6b	66	13.7a	9.95d	0.736c
P-value	0.002	<0.000	0.036	0.865	0.011	<0.000	<0.000
%C.V	15.2	37.2	33.6	5.42	23.3	44.0	42.9

Remarks: Values followed by the same letter in a column are not significant at 5% level by the Duncan Multiple Range Test

Table 3 Mean values of phytochemical, radicals (H_2O_2) and nutrients in various nitrogen applications in *Andrographis paniculate*

Treatment	Chlorophyll	H_2O_2	N in leave	N in stem	K in leave	Andrographolide	Andrographolide in plant
	(mg/g)	(µmol/g)	(%)	(%)	(%)	(% w/w)	(g/plant)
T1	0.326b	2.75	2.88bc	1.89	1.53	3.13	0.460ab
T2	0.447c	2.48	3.20c	1.91	1.67	3.06	0.371a
T3	0.273b	3.49	1.88a	1.23	1.75	3.97	0.825c
T4	0.241ab	3.15	2.34ab	1.60	1.74	3.80	0.660bc
T5	0.167a	3.75	1.73a	2.06	1.80	4.04	0.545ab
P-value	0.028	0.641	0.007	0.22	0.498	0.493	0.023
%C.V	36.6	33.6	28.5	27.4	25.2	23.6	35.6

สัดส่วนมวลแห้งของรากต่อส่วนเหนือดิน พบว่าตำรับการทดลองที่ลดไนโตรเจนและตำรับการทดลองที่ไม่ได้รับไนโตรเจน (T3, T4, T5) มีสัดส่วนมวลแห้งของรากต่อส่วนเหนือดินสูงกว่าตำรับการทดลองที่ได้รับไนโตรเจนสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) ความสัมพันธ์ของปริมาณไนโตรเจนในใบผกผันกับสัดส่วนของมวลแห้งรากต่อส่วนเหนือดิน ที่ r = -0.67 (Table 4)

Table 4 Correlation matrix of collected data in different nitrogen content application

Property	shoot FM	shoot DM	root FM	root DM	root shoot	root length	total chlorophyll	H_2O_2	N leave+ stem	N leave	Andrographolide in plant
	g	g	g	g	DM	cm	mg/g	µmol/g	%	%	g/plant
N leave	0.15	-0.19	-0.75**	-0.75**	-0.67**	-0.75**	0.73**	-0.27	0.89**	1	
Andrographolide in plant	0.37	0.66*	0.38	0.40	0.19	0.41	-0.36	0.39	-0.72**	-0.52*	1

Remarks: ** r was statistically significant at 1% level.; * r was statistically significant at 5% level

ความยาวรากและลำต้น

การได้รับไนโตรเจนในปริมาณที่ลดลงไม่มีผลต่อความยาวของส่วนเหนือดิน แต่มีผลต่อความยาวราก โดยตำรับที่ 3 4 และ 5 มีความยาวรากมากกว่าตำรับที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) การได้รับไนโตรเจนสูงทำให้การเจริญส่วนเหนือดินมากกว่าส่วนของราก จึงเห็นความสัมพันธ์เชิงลบของปริมาณไนโตรเจนในใบพืชกับความยาวราก ที่ r = -0.75 ($p<0.001$) ดัง Table 4 ที่แสดงให้เห็นว่า การลดปริมาณไนโตรเจน ทำให้พืชมีความเครียดมากขึ้น พืชจึงเกิดการปรับตัวทางสรีรวิทยา โดยการกระตุ้นการยืดตัวของราก (Zhang *et al.,* 2007) และสร้างรากแขนงมากขึ้นเพื่อหาธาตุอาหาร (Chen *et al.,* 2020) จึงส่งผลให้สัดส่วนของมวลแห้งรากต่อส่วนเหนือดินมีค่ามากขึ้นดังเช่นผลการวิจัยก่อนหน้า และหากพืชได้รับไนโตรเจนเพียงพอ การใช้คาร์โบไฮเดรตเพื่อสร้างโปรตีนและโปรโตพลาสซึมของส่วนเหนือดินจะมากขึ้น คาร์โบไฮเดรตจึงเคลื่อนย้ายลงสู่รากลดลง การเจริญส่วนเหนือดินจึงเป็นไปในอัตราที่เร็วกว่าส่วนราก (ยงยุทธ, 2558)

ปริมาณธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมในใบพืช

ปริมาณธาตุไนโตรเจนในใบพืชแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละตำรับการทดลอง ซึ่งสัมพันธ์กับ

ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ โดยตำรับที่ได้รับธาตุไนโตรเจนอัตราสูงคือตำรับการทดลองที่ 1 และ 2 มีปริมาณไนโตรเจนในใบพืชสูงที่สุด คือ 2.88-3.20 เปอร์เซ็นต์ ต่างจากตำรับที่ได้รับไนโตรเจนลดลงและไม่ได้รับไนโตรเจน (T3, T4 และ T5) ซึ่งมีการสะสมไนโตรเจนต่ำกว่าชัดเจน (1.73-2.34 เปอร์เซ็นต์) ดังแสดงใน Table 3 เนื่องจากเป็นตำรับที่ได้รับไนโตรเจนลดลงและไม่ได้รับไนโตรเจน พืชจะนำไนโตรเจนเท่าที่มีอยู่ไปใช้สังเคราะห์เซลล์เพื่อสร้างการเจริญ เช่น ขยายหรือสร้างเซลล์ จึงเหลือไนโตรเจนสะสมในรูปของสารประกอบไนโตรเจนหรือโมเลกุลของสารอินทรีย์น้อย (Shitan, 2016; Ncube and Van Staden, 2015) ซึ่งให้ผลการทดลองที่ตรงข้ามกับตำรับที่ได้รับไนโตรเจนปริมาณสูง

ปริมาณโพแทสเซียมในใบพืชไม่มีความแตกต่างระหว่างสำหรับการทดลองเนื่องจากทุกตำรับการทดลองได้รับโพแทสเซียมปริมาณเท่ากัน การที่ทุกตำรับการทดลองยังคงกำหนดการให้ปริมาณโพแทสเซียม เนื่องจากธาตุโพแทสเซียมในพืชมีบทบาทสำคัญหลายด้าน เช่น กระตุ้นกิจกรรมชีวเคมีที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ต่าง ๆ ในกระบวนการต่าง ๆ และสะสมโภชนสารที่สำคัญ ซึ่งเกิดขึ้นในไซโทซอลและออร์กาเนลล์ต่าง ๆ รวมทั้งสร้างสมดุลของประจุในเซลล์และควบคุมการเปิดปิดปากใบในเซลล์คุม ซึ่งพืชดูดใช้โพแทสเซียมได้ในปริมาณที่สูงพอ ๆ กับไนโตรเจน และสูงกว่าฟอสฟอรัสหลายเท่า (Ali *et al.,* 2020; Singh *et al.,* 2021) จึงจำเป็นต้องให้โพแทสเซียมทุกตำรับการทดลองเพื่อส่งเสริมกิจกรรมต่าง ๆ ให้ฟ้าทะลายโจรเจริญเติบโตและสังเคราะห์สารสำคัญ

ปริมาณคลอโรฟิลล์

ปริมาณคลอโรฟิลล์มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์เฉลี่ยระหว่าง 0.167-0.447 มิลลิกรัม/กรัม และพบความสัมพันธ์เชิงบวกของคลอโรฟิลล์ทั้งหมดกับไนโตรเจนในพืชที่ r = 0.73 (Table 4) ผลความสัมพันธ์ดังกล่าวเนื่องจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญมากของคลอโรฟิลล์ (Uysal, 2018; Bojović and Marković, 2009) เมื่อพืชได้รับไนโตรเจนมากจึงนำไปใช้สังเคราะห์คลอโรฟิลล์ได้มาก

ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นอนุมูลอิสระชนิดหนึ่งทำหน้าที่เป็นตัวส่งสัญญาณให้พืชปรับตัวทั้งด้านสรีรวิทยาและการสังเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระหรือสารพฤกษเคมี พืชจะสังเคราะห์ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มากเมื่อพืชได้รับความเครียดจากสภาพแวดล้อมยาวนานหรือรุนแรง (ยงยุทธ, 2559) แต่ถ้าพืชเครียดรุนแรงหรือยาวนานจะทำให้มีการสังเคราะห์อนุมูลอิสระปริมาณมากเกินไปจนพืชตายได้ ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เฉลี่ยที่ตรวจวัดได้มีค่าระหว่าง 2.48-3.75 ไมโครโมล/กรัม โดยไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละตำรับการทดลอง พบว่าการให้ไนโตรเจนสูงสุดของตำรับการทดลองที่ 1 และ 2 มีปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์น้อยกว่าตำรับที่ได้รับไนโตรเจนลดลงของตำรับการทดลองที่ 3 และ 4 และตำรับที่ไม่ได้รับไนโตรเจนของตำรับการทดลองที่ 5 ดัง Table 3 อาจเนื่องจากปริมาณไนโตรเจนของตำรับการทดลองที่ 1 และ 2 เป็นปริมาณที่มากพอ และไม่ได้ทำให้พืชเครียดจนส่งผลให้เพิ่มการสังเคราะห์อนุมูลอิสระปริมาณมาก ขณะที่ตำรับการทดลองที่เหลือได้รับความเครียดจากการลดลงของไนโตรเจน ทำให้เกิดการสังเคราะห์อนุมูลอิสระได้มากกว่า จึงพบปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มากกว่า

ปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์

ร้อยละสารแอนโดรกราโฟไลด์ต่อมวลแห้งระหว่างตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 3) แต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในตำรับที่ได้รับไนโตรเจนลดลง (ตำรับการทดลองที่ 3 และ 4) และตำรับที่ไม่ได้รับไนโตรเจน (ตำรับการทดลองที่ 5) เมื่อพิจารณาปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ต่อต้น (ปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์คูณกับมวลแห้งของส่วนเหนือดิน) พบว่ามีความแตกต่างทางสถิติ โดยตำรับการทดลองที่ 3 ให้ปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ต่อต้นสูงที่สุด และพบความสัมพันธ์เชิงลบของปริมาณไนโตรเจนในใบพืชและไนโตรเจนในใบรวมกับลำต้นกับปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ต่อต้นที่ r = -0.52 และ -0.72 ดัง Table 4 จากการที่พืชได้รับไนโตรเจนลดลง ทำให้พืชเกิดการสังเคราะห์อนุมูลอิสระ (H_2O_2) มากขึ้นดัง Table 3 และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทำหน้าที่ส่งสัญญาณให้เซลล์พืชสังเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระและสารพฤกษเคมีมากขึ้น ซึ่งเป็นการปรับตัวของพืชเมื่อได้รับความเครียด (ยงยุทธ, 2559) สอดคล้องกับงานวิจัยจำนวนมาก เช่น การพบสารแอนโดรกราโฟไลด์ในฟ้าทะลายโจรที่ปลูกในดินป่าอุดมสมบูรณ์ต่ำ ซึ่งมีปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์มากกว่าในแปลงปลูกฟ้าทะลายโจรที่มีการจัดการธาตุอาหาร (ธัญญกานต์, 2565) และงานวิจัย

ของ Allahdadhi and Farzane (2018) พบความสัมพันธ์ผกผันของปริมาณไนโตรเจนต่อปริมาณสารพฤกษเคมีในต้นอาร์ทิโชก โดยตำรับการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ยเลยให้สารพฤกษเคมีสูงที่สุด อย่างไรก็ตามหากปลูกเชิงการค้าและเพื่อความยั่งยืนของทรัพยากรดิน แนะนำให้ใส่ไนโตรเจนปริมาณ 16 กิโลกรัม N/ไร่ (100 กิโลกรัม N/เฮกตาร์) ซึ่งเป็นอัตราไนโตรเจนต่ำที่สุดของงานวิจัยดังกล่าว จึงเห็นได้ว่าการใช้ธาตุอาหารเพื่อสังเคราะห์สารพฤกษเคมีของฟ้าทะลายโจรมีความแตกต่างจากการผลิตในพืชเศรษฐกิจทั่วไป เพราะพืชทั่วไปต้องการไนโตรเจนปริมาณมากและมากเท่า ๆ กับโพแทสเซียม (Ali *et al.,* 2020; Singh *et al.,* 2021) ขณะที่การลดปริมาณธาตุไนโตรเจนแต่ยังคงปริมาณโพแทสเซียม ทำให้ผลผลิตและสารพฤกษเคมีในฟ้าทะลายโจรสูงที่สุด

สรุปผลการวิจัย

การทดลองนี้พบว่า การให้ปริมาณธาตุไนโตรเจนต่างกันมีผลต่อปริมาณผลผลิตและคุณภาพของฟ้าทะลายโจร การลดปริมาณไนโตรเจนต่ำกว่าคำแนะนำลงครึ่งหนึ่ง ทำให้ผลผลิต และปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ทั้งต้นมีปริมาณสูงสุด อาจจะเป็นแนวทางการใช้ปุ๋ยในพืชสมุนไพรอื่นได้ด้วย แต่การลดปริมาณไนโตรเจนมากเกินไปมีผลต่อมวลสดและปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์ต่อต้น ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับการเกิดอนุมูลอิสระที่มากเกินไปจนเกิดความเสียหายกับพืชได้ จึงต้องระมัดระวังในการลดการใช้ไนโตรเจน สำหรับการให้ไนโตรเจนสูงตามคำแนะนำ ทำให้พืชมีผลผลิตสูง แต่พืชสังเคราะห์สารแอนโดรกราโฟไลด์ได้ต่ำกว่าพืชที่ได้รับไนโตรเจนลดลงจากคำแนะนำหรือไม่ได้รับไนโตรเจน ดังนั้นการผลิตฟ้าทะลายโจรสามารถลดปริมาณปุ๋ยลงจากคำแนะนำได้ระดับหนึ่ง โดยไม่กระทบต่อปริมาณแต่ยังช่วยเพิ่มคุณภาพได้ รวมทั้งลดต้นทุนได้มาก

เอกสารอ้างอิง

กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก. 2564. ข้อควรรู้เกี่ยวกับการใช้ “สารแอนโดรกราโฟไลด์” ในผลิตภัณฑ์ “ฟ้าทะลายโจร” เพื่อ “การรักษาโควิด-19”. (พิมพ์ครั้งที่ 1). บริษัทบียอนด์ พับลิสชิ่ง จำกัด. กรุงเทพฯ. 16 หน้า.

กรมวิชาการเกษตร. 2564. คู่มือสำหรับเกษตรกร การผลิตฟ้าทะลายโจร. กรมวิชาการเกษตร.

ทัศนีย์ อัตตะนันท์ และจงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธัญญกานต์ เซ้งเครือ. 2565. รายงานความก้าวหน้าโครงการทดสอบสาธิตการปลูกพืชสมุนไพรตามศักยภาพของพื้นที่สนับสนุนเป้าหมายการขับเคลื่อนและพัฒนาคุณภาพวัตถุดิบสมุนไพรของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ศูนย์ศึกษาวิธีการฟื้นฟูที่ดินเสื่อมโทรมเขาชะงุ้มอันเนื่องมาจากพระราชดำริ.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2558. ธาตุอาหารพืช. (พิมพ์ครั้งที่ 4). สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2559. ความเครียดของพืชและการบรรเทาความเครียด. วารสารดินและปุ๋ย 38: 47-78.

Ali, S., A. Hafeez, X. Ma, S. Atta Tung and G. Yang. 2020. Relative potassium ratio balanced the carbon-nitrogen assimilation in cotton leaf under reducing nitrogen application. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 20: 761-774.

Allahdadi, M. and P. Farzane. 2018. Influence of different levels of nitrogen fertilizer on some phytochemical characteristics of artichoke (*Cynara scolymus* L.) leaves. Journal of Medicinal Plants Studies 6(1): 109-115.

Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiol. 24: 1-15.

Bassi, D., M. Menossi and L. Mattiello. 2018. Nitrogen supply influences photosynthesis establishment along the sugarcane leaf. Scientific Reports 8: 2327. doi:10.1038/s41598-018-20653-1.

Bojović, B. and A. Marković. 2009. Correlation between nitrogen and chlorophyll content in wheat (*Triticum aestivum* L.). Kragujevac J. Sci. 31: 69-74.

Borquaye, L.S., G. Darko, M.K. Laryea, E.N. Gasu, N.A.A. Amponsah and E.N.J.C.F. Appiah. 2017.

Nutritional and anti-nutrient profiles of some Ghanaian spices. 3: 1348185.

Bremner, J.M. 1965. Total Nitrogen. Methods of Soil Analysis, pp. 1149-1178. *In* A.G. Norman (eds.), Agronomy Monographs. https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.c32.

Chen, J., L. Liu, Z. Wang, Y. Zhang, H. Sun and S. Song. 2020. Nitrogen fertilization increases root growth and coordinates the root–shoot relationship in cotton. 11. doi:10.3389/fpls.2020.00880.

Cui, J., I. Pottosin, E. Lamade and G. Tcherkez. 2020. What is the role of putrescine accumulated under potassium deficiency? Plant, Cell & Environment 43: 1331-1347.

Huang, H., F. Ullah, D.-X. Zhou, M. Yi and Y. Zhao. 2019. Mechanisms of ROS regulation of plant development and stress responses. 10. doi:10.3389/fpls.2019.00800.

Kishorekumar, R., M. Bulle, A. Wany and K.J. Gupta. 2020. An Overview of Important Enzymes Involved in Nitrogen Assimilation of Plants. Methods in molecular biology (Clifton, N.J.) 2057: 1-13. doi:10.1007/978-1-4939-9790-9_1.

Ncube, B. and J. Van Staden. 2015. Tilting plant metabolism for improved metabolite biosynthesis and enhanced human benefit. Molecules (Basel, Switzerland) 20: 12698-12731. doi:10.3390/molecules200712698.

Schroder, J.L., H. Zhang, K. Girma, W.R. Raun, C.J. Penn and M.E.J.S.S.S.o.A.J. Payton. 2011. Soil acidification from long-term use of nitrogen fertilizers on winter wheat. 75: 957-964.

Shitan, N. 2016. Secondary metabolites in plants: transport and self-tolerance mechanisms. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry 80: 1283-1293. doi:10.1080/09168451.2016.1151344.

Singh, V.K., B.S. Dwivedi, S.S. Rathore, R.P. Mishra, T. Satyanarayana and K. Majumdar. 2021. Timing Potassium Applications to Synchronize with Plant Demand, pp. 363-384. *In* T.S. Murrell (eds.), Improving Potassium Recommendations for Agricultural Crops.

Sun, J., W. Li, C. Li, W. Chang, S. Zhang and Y. Zeng. 2020. Effect of different rates of nitrogen fertilization on crop yield, soil properties and leaf physiological attributes in banana under subtropical regions of China. 11. doi:10.3389/fpls.2020.613760.

Uysal, E. 2018. Effects of nitrogen fertilization on the chlorophyll content of apple. Fruit Science 5: 12-17.

Velikova, V., I. Yordanov and A. Edereva. 2000. Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain treated bean plants. Protective role of exogenous polyamines. Plant Sci. 151: 59-66.

Wongkittipong, R., L. Prat, S. Damronglerd and C. Gourdon. 2004. Solid-liquid extraction of andrographolide from plants—experimental study, kinetic reaction and model. Separation and Purification Technology 40: 147-154. doi:https://doi.org/10.1016/j.seppur.2004.02.002.

Zhang, H., H. Rong and D. Pilbeam. 2007. Signaling mechanisms underlying the morphological responses of the root system to nitrogen in *Arabidopsis thaliana*. Journal of experimental botany 58: 2329-2338. doi:10.1093/jxb/erm114.

Zhang, X., E.A. Davidson, D.L. Mauzerall, T.D. Searchinger, P. Dumas and Y. Shen. 2015. Managing nitrogen for sustainable development. Nature 528: 51-59. doi:10.1038/nature15743.

การศึกษาสิ่งแปลกปลอมในข้าวสารของประเทศไทย

The Study of Filth in Rice of Thailand

ขันทอง เพ็ชรนอก* ก่อเกียรติ ศาสตรินทร์ และ กนกวรรณ ตุ้นสกุล
Kuntong Pednog* Kokeiat Sarttarin and Kanogwan Toonsakool

สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ถนนติวานนท์ อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี 11000
Bureau of Quality and Safety of Food, Department of Medical Sciences, Tiwanon Road, Mueang District, Nonthaburi 11000

* Corresponding author: kuntong.p@dmsc.mail.go.th

(Received: 2 February 2022; Revised: 19 August 2022; Accepted: 25 August 2022)

Abstract

This study aimed to evaluate the quality of rice from 5 regions of Thailand. Therefore, it has been analyzed for filth in rice during January 2018 to March 2019, 116 samples were categorized into jasmine rice, brown rice, colour rice and glutinous rice 34, 29, 28 and 25 samples, respectively. The visual examination were found live insects in jasmine rice, brown rice, colour rice and glutinous rice into 16 (47.0%), 22 (75.9%), 15 (53.6%) and 7 (28.0%) of each rice sample and examined under a microscope more than 225 insect fragments were found that did not meet the Defect Action Levels (DAL) requirement, 10 (8.6%) samples were found in jasmine rice, brown rice and glutinous rice into 3 (8.8%), 4 (13.8%) and 3 (12.0%) of each rice sample. It was found that the rice type was statistically related to the number of live insects and light filth samples. It is found in brown rice more than other types of rice. The data from the studies indicates that manufacturers should strict on hygiene and good manufacturing practices to upgrade the quality of products to be of good quality consistently for consumer acceptance and for export.

Keywords: Rice, filth, light filth

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณภาพข้าวสารจาก 5 ภูมิภาคของประเทศไทย จึงได้ตรวจวิเคราะห์หาสิ่งแปลกปลอมในข้าวสาร ในช่วงเดือนมกราคม 2561 ถึงเดือนมีนาคม 2562 จำนวน 116 ตัวอย่าง แบ่งเป็น ข้าวขาวหอมมะลิ ข้าวกล้อง ข้าวสี และข้าวเหนียว จำนวน 34, 29, 28 และ 25 ตัวอย่าง ตามลำดับ ผลตรวจด้วยตาเปล่าพบแมลงมีชีวิตในข้าวขาวหอมมะลิ ข้าวกล้อง ข้าวสี และข้าวเหนียว จำนวน 16, 22, 15 และ 7 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 47.0, 75.9, 53.6 และ 28.0 ของตัวอย่างข้าวแต่ละชนิด และตรวจภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบชิ้นส่วนแมลงมากกว่า 225 ชิ้น ที่ทำให้ไม่ผ่านเกณฑ์ข้อกำหนด Defect Action Levels (DAL) จำนวน 10 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 8.6 พบในข้าวขาวหอมมะลิ ข้าวกล้อง และข้าวเหนียว จำนวน 3, 4 และ 3 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 8.8, 13.8 และ 12.0 ของตัวอย่างข้าวแต่ละชนิด และพบว่าชนิดข้าวสารมีความสัมพันธ์กับจำนวนตัวอย่างที่พบแมลงมีชีวิต และสิ่งแปลกปลอม

ขนาดเล็ก น้ำหนักเบา (light filth) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบในข้าวกล้องมากกว่าข้าวชนิดอื่น ข้อมูลจากการศึกษาบ่งชี้ว่าผู้ผลิตควรเข้มงวดเรื่องสุขลักษณะและกรรมวิธีที่ดีในการผลิต เพื่อยกระดับคุณภาพผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพดีสม่ำเสมอ เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคและเพื่อการส่งออก

คำสำคัญ: ข้าวสาร สิ่งแปลกปลอม สิ่งแปลกปลอมขนาดเล็กน้ำหนักเบา

คำนำ

ข้าว เป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของประเทศ ทั้งในด้านการบริโภคเป็นอาหาร และเป็นสินค้าเกษตรส่งออกอันดับหนึ่งของประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศสหรัฐอเมริกานำเข้าข้าวสารจากประเทศไทยมากที่สุด และจะเข้มงวดกับความสะอาดของผลิตภัณฑ์อาหารในเรื่องสิ่งที่น่ารังเกียจ (filth) เช่น ขนและสิ่งขับถ่ายของหนูและสัตว์อื่น แมลง ชิ้นส่วนแมลงและสิ่งขับถ่าย รวมทั้งสิ่งแปลกปลอมขนาดเล็กน้ำหนักเบา (light filth) ได้แก่ แมลง ชิ้นส่วนแมลง และขนสัตว์ฟันแทะ ซึ่งสิ่งแปลกปลอมประเภทนี้จะเป็นดัชนีบ่งชี้ถึงกรรมวิธีการผลิตที่ไม่ถูกสุขลักษณะ ได้กำหนดใน Defect Action Levels (DAL) (FDA, 1995) ที่ระบุถ้าพบชิ้นส่วนแมลง ≥225 ชิ้น หรือขนหนู ≥4.5 เส้น ในตัวอย่าง 225 กรัม ถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด สำหรับมาตรฐานข้าวของไทยระบุไว้ในมาตรฐานสินค้าเกษตร ข้าวหอมมะลิไทย (มกษ. 4000-2560a) ข้าวหอมไทย (มกษ. 4001-2560b) ข้าวไทย (มกษ. 4004-2560c) และข้าวสีไทย (มกษ. 4006-2560d) ของสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ ที่กำหนดลักษณะเฉพาะคุณภาพข้าวต้องปราศจากแมลงและไรที่มีชีวิต และมาตรฐาน ISO 7301 (TISI, 2011) ที่ระบุจะต้องไม่พบแมลงมีชีวิต จึงได้การศึกษาสิ่งแปลกปลอมในข้าวสารจาก 5 ภูมิภาคของประเทศไทย เพื่อประเมินคุณภาพข้าวสาร และรวบรวมเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับเผยแพร่แก่ผู้ผลิตและผู้ส่งออกนำไปใช้ในการปรับปรุงแก้ไขกรรมวิธีการผลิตให้ถูกสุขลักษณะ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีสม่ำเสมอ เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และช่วยลดปัญหาทางการค้าระหว่างประเทศ ซึ่งการศึกษาครั้งนี้การตรวจข้าวสารด้วยตาเปล่าจึงพิจารณาตามเกณฑ์มาตรฐานสินค้าเกษตร ส่วนการตรวจหาสิ่งแปลกปลอมขนาดเล็กน้ำหนักเบา (light filth) ต้องตรวจภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พิจารณาตามเกณฑ์ข้อกำหนด DAL เป็นแนวทางในการพิจารณาเกณฑ์ตัดสินคุณภาพ ซึ่งการตรวจพบแมลง ชิ้นส่วนแมลง และขนสัตว์จัดเป็นสิ่งแปลกปลอมซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับ หรือน่ารังเกียจเป็นตัวบ่งชี้ถึงระบบควบคุมคุณภาพ และอาจนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการกีดกันทางการค้าสำหรับการส่งออกไปจำหน่ายต่างประเทศ

อุปกรณ์และวิธีการ

เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง กล้องจุลทรรศน์ชนิด widefield zoom stereo microscope และ compound microscope อ่างน้ำเย็น (cooling bath) เตาให้ความร้อนพร้อมเครื่องกวนแม่เหล็ก (hot plate stirrer) ชุดเครื่องกรอง, Wildman-trap flask, แท่งกวน (stirring rod), beaker, petri dish และกระดาษกรอง whatman เบอร์ 8

ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา เป็นข้าวสารจากพื้นที่เพาะปลูกใน 14 จังหวัด 5 ภูมิภาคของประเทศไทย ได้แก่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (อุบลราชธานี สุรินทร์ นครราชสีมา อุดรธานี ขอนแก่น) ภาคเหนือ (นครสวรรค์ พิจิตร พิษณุโลก เชียงราย ตาก) ภาคกลาง (สุพรรณบุรี พระนครศรีอยุธยา สระบุรี ปทุมธานี สมุทรปราการ) ภาคตะวันออก (ฉะเชิงเทรา ชลบุรี สระแก้ว) ภาคใต้ (นครศรีธรรมราช พัทลุง) การวางแผนการเก็บตัวอย่าง โดยร่วมมือกับศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ (ศวก.) ในพื้นที่ จำนวน 9 แห่ง ได้แก่ ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ อุบลราชธานี นครราชสีมา อุดรธานี ขอนแก่น นครสวรรค์ พิษณุโลก เชียงราย ชลบุรี และสุราษฎร์ธานี เก็บตัวอย่างข้าวสารจำนวน 116 ตัวอย่าง แบ่งเป็น 4 ชนิด ได้แก่ ข้าวขาว (ข้าวขาวหอมมะลิ) จำนวน 34 (ตักแบ่ง 17, บรรจุถุง 17), ข้าวกล้อง 29 (ตักแบ่ง 14, บรรจุถุง 15) ข้าวสี 28 (ตักแบ่ง 15, บรรจุถุง 13) และข้าวเหนียว 25 (ตักแบ่ง 12, บรรจุถุง 13) ตัวอย่าง ตามลำดับ เป็นตัวอย่างข้าวที่ผลิตในปี 2559-2560 ตรวจวิเคราะห์ในช่วงเดือนมกราคม 2561 ถึงเดือนมีนาคม 2562

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีวิเคราะห์แบ่งเป็น 2 ขั้นตอนตามชนิดของสิ่งแปลกปลอม คือตรวจหาสิ่งแปลกปลอมที่มองเห็นด้วยตาเปล่า และตรวจหาสิ่งแปลกปลอมขนาดเล็กน้ำหนักเบา (light filth) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ซึ่งการตรวจหาสิ่งแปลกปลอมที่มองเห็นด้วยตาเปล่า (FDA, 1984) โดยตรวจความผิดปกติต่าง ๆ ที่อาจมองเห็นด้วยตาเปล่า หากสามารถจำแนกชนิดได้ต้องระบุชนิดและขนาด จากนั้นตรวจสิ่งแปลกปลอมขนาดเล็กน้ำหนักเบา (light filth)

ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ตามวิธี AOAC 950.86, Light Filth (External) in Grains and Seeds (Whitlock, 2019) โดยชั่งตัวอย่างข้าวสาร 225 กรัม ลงใน trap flask ขนาด 2,000 มิลลิลิตร เติม 40% ethanol ให้ได้ปริมาตร 600 มิลลิลิตร นำไปต้มบน hot plate stirrer ให้เดือดเบา ๆ นาน 5 นาที พร้อมกวนตัวอย่างบ่อย ๆ โดยใช้ stirring rod แล้วนำ trap flask ไปทำให้เย็นลง โดยแช่ในอ่างน้ำเย็นให้อุณหภูมิลดลงถึงอุณหภูมิห้อง จึงเติม 40% ethanol ให้ได้ปริมาตร 900 มิลลิลิตร แล้วเติม heptane 50 มิลลิลิตร และกวนตัวอย่างนาน 1 นาที แล้วเติม 40% ethanol ให้ชั้น heptane อยู่ในช่วงคอ trap flask กวนทุก 3-6 นาที จนครบ 20 นาที ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที เทชั้น heptane ลงใน beaker ล้าง stirring rod และคอ flask ด้วย 40% ethanol เก็บน้ำล้างลงใน beaker นำชั้น heptane ไปกรองด้วยชุดเครื่องกรอง แล้วนำกระดาษกรองไปตรวจหาสิ่งแปลกปลอมภายใต้ widefield zoom stereo microscope ที่กำลังขยาย 30 เท่า (Whitlock, 2019) และตรวจจำแนกชนิดชิ้นส่วนแมลงหรือขนสัตว์ภายใต้ compound microscope โดยเปรียบเทียบกับลักษณะอ้างอิงจากสมุดภาพ (Gentry *et al*., 1991)

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ข้าวสาร 116 ตัวอย่าง เมื่อตรวจด้วยตาเปล่า พบแมลงมีชีวิต ได้แก่ ด้วงงวง (*Sitophilus* spp.), มอดฟันเลื่อย (*Oryzaephilus* spp.), มอดข้าวเปลือก (*Rhyzopertha dominica*), มอดแป้ง (*Tribolium* spp.), มอดหนวดยาว (*Cryptolestes pusillus*), เหาหนังสือ (*Liposcelis* spp.), และไร ในตัวอย่างข้าวสารจำนวน 60 ตัวอย่าง คิดเป็น ร้อยละ 51.7 พบในข้าวขาวหอมมะลิ ข้าวกล้อง ข้าวสี และข้าวเหนียว จำนวน 16, 22, 15 และ 7 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 47.0, 75.9, 53.6 และ 28.0 ของตัวอย่างข้าวแต่ละชนิด (Figure 1)

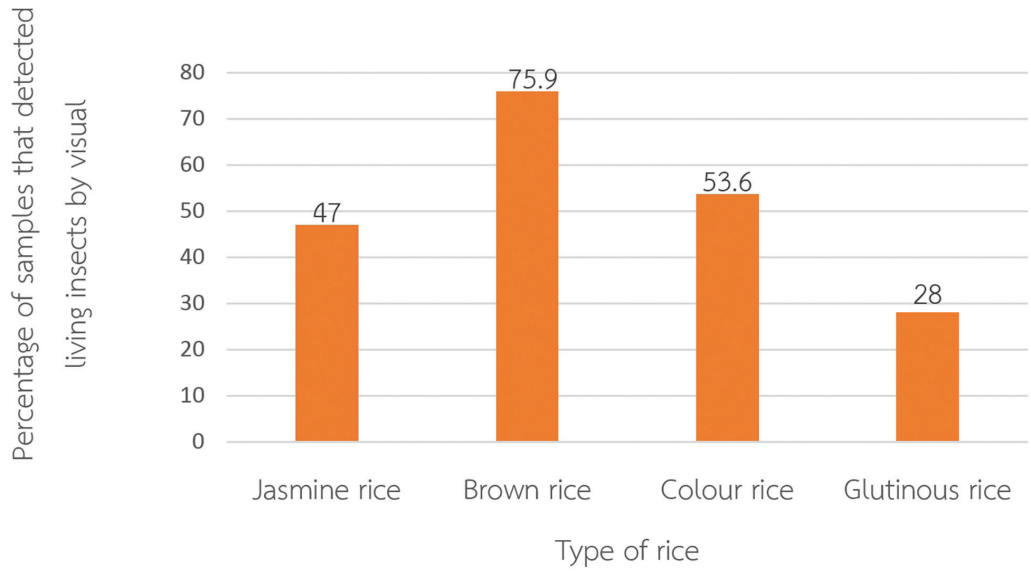


Figure 1 Number of samples detected living insects by visual in 4 types of rice

การตรวจพบแมลงมีชีวิต เมื่อแบ่งตามประเภทภาชนะบรรจุโดย ข้าวสารตักแบ่ง : ข้าวสารบรรจุถุง พบในข้าวขาวหอมมะลิ ข้าวกล้อง ข้าวสี และข้าวเหนียว พบจำนวน 9 : 7, 12 : 10, 10 : 5, และ 4 : 3 คิดเป็นร้อยละ 52.9 : 41.2, 85.7 : 66.7, 66.7 : 38.5 และ 33.3 : 23.1 ของตัวอย่างข้าวแต่ละชนิดตามประเภทภาชนะบรรจุ (Figure 2)

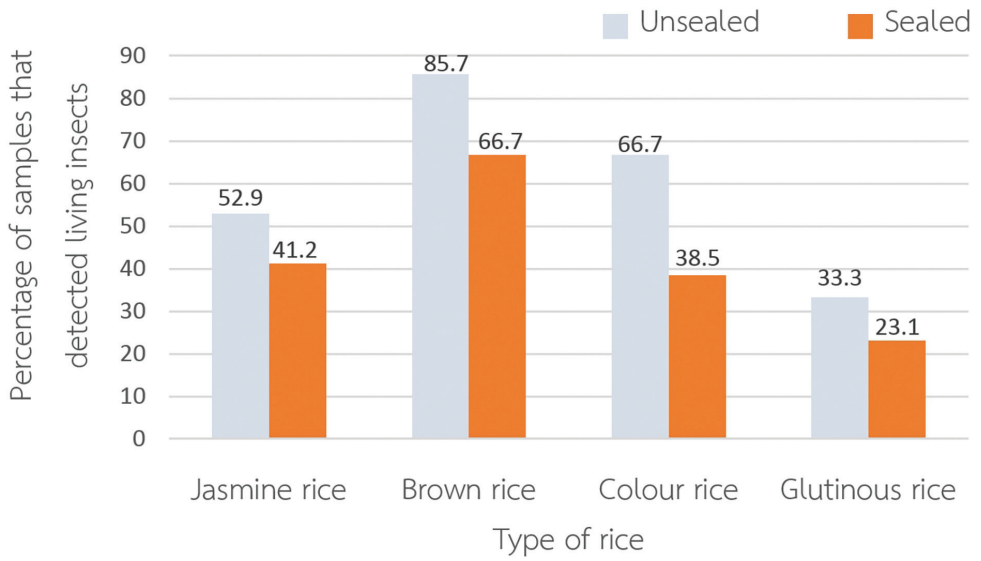


Figure 2 Number of samples detected living insects according to packaging in 4 types of rice

การตรวจสิ่งแปลกปลอมขนาดเล็กน้ำหนักเบา (light filth) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์

เมื่อตรวจภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบ light filth 105 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 90.5 โดยพบแมลงไม่มีชีวิต 1-10 ตัว (ได้แก่ ด้วงงวง มอดฟันเลื่อย มอดข้าวเปลือก มอดแป้ง มอดหนวดยาว เหาหนังสือ และไร) ชิ้นส่วนแมลง 1-≥300 ชิ้น และขนสัตว์ 1-2 เส้น (ได้แก่ขนคน ขนแมว/สุนัข ขนหนู และขนนก) พบในข้าวขาวหอมมะลิ ข้าวกล้อง ข้าวสี และข้าวเหนียว จำนวน 32, 28, 22 และ 21 ตัวอย่าง ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 94.1, 96.6, 78.6 และ 84.0 ของตัวอย่างข้าวแต่ละชนิด (Figure 3)

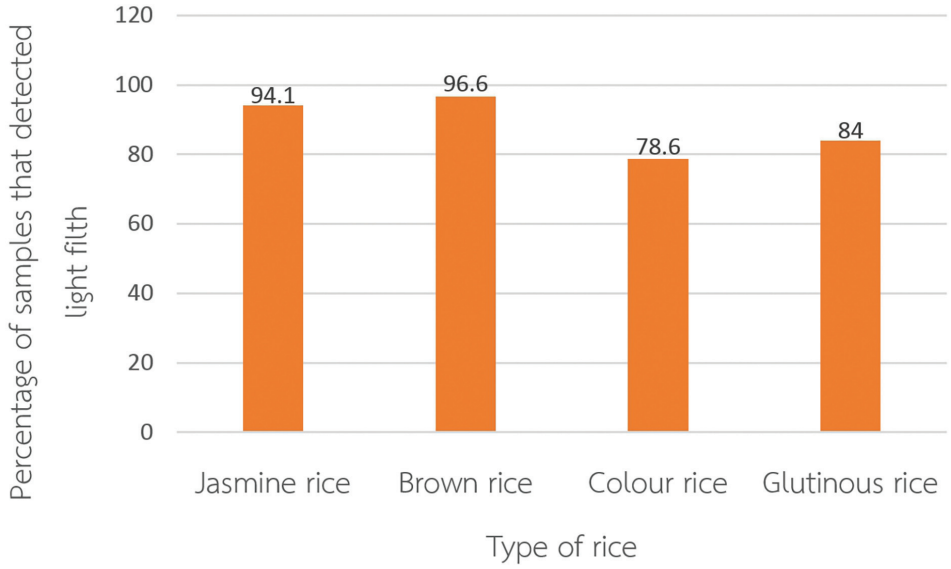


Figure 3 Number of samples detected light filth in 4 types of rice

พบชิ้นส่วนแมลง ≥225 ชิ้น ทำให้ไม่ผ่านเกณฑ์ข้อกำหนด DAL จำนวน 10 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 8.6 พบในข้าวขาวหอมมะลิ ข้าวกล้อง และข้าวเหนียว จำนวน 3, 4 และ 3 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 8.8, 13.8 และ 12.0 ของตัวอย่างข้าวแต่ละชนิด แต่ไม่พบในข้าวสี เมื่อแบ่งตามภาชนะบรรจุโดย ข้าวสารตักแบ่ง : ข้าวสารบรรจุถุง พบในข้าวขาวหอมมะลิ ข้าวกล้อง และข้าวเหนียว เป็น 2 : 1, 3 : 1, และ 2 : 1 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 11.8 : 5.9, 21.4 : 6.7, และ 16.7 : 7.7 ของตัวอย่างข้าวแต่ละชนิด (Figure 4)

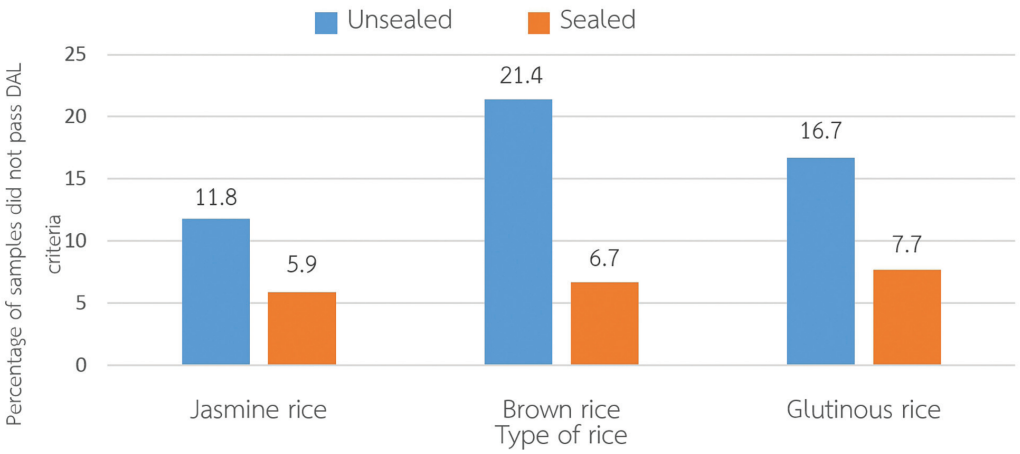


Figure 4 Number of samples did not pass DAL criteria in 3 types of rice

เมื่อนำมาหาความสัมพันธ์โดยคำนวณค่าไคสแควร์ (Chi-Square Test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่าชนิดข้าวสารมีความสัมพันธ์กับจำนวนตัวอย่างที่พบแมลงมีชีวิต และ light filth อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบแมลงมีชีวิตและสิ่งแปลกปลอมประเภท light filth ในข้าวกล้องมากกว่าข้าวชนิดอื่น (Table 1)

Table 1 Number of samples (percentage) detected living insects and light filth in 4 types of rice

Types of rice	Number of samples (percentage)		χ^2 - test
	Detected	Not detected	
Detected living insects			
Jasmine rice	16 (47.06)	18 (52.94)	
Brown rice	22 (75.86)	7 (24.14)	12.74*
Colour rice	15 (53.57)	13 (46.43)	
Glutinous rice	7 (28.00)	18 (72.00)	
Detected light filth			
Jasmine rice	32 (94.12)	2 (5.88)	
Brown rice	28 (96.55)	1 (3.45)	6.24*
Colour rice	22 (78.57)	6 (21.43)	
Glutinous rice	21 (84.00)	4 (16.00)	

Remarks: * The type of rice was correlated with the number of living insect and light filth was statistically significant ($p \leq 0.05$)

จากการตรวจพบแมลงมีชีวิตในตัวอย่างข้าวทุกชนิด ทำให้ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพของมาตรฐานสินค้าเกษตรที่ระบุใน ข้าวหอมมะลิไทย (มกษ. 4000-2560) ข้าวหอมไทย (มกษ. 4001-2560) ข้าวไทย (มกษ. 4004-2560) ข้าวสีไทย (มกษ. 4006-2560) และไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ISO 7301 (TISI, 2011) ซึ่งแมลงทุกชนิดที่ตรวจพบเป็นแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรที่พบในโรงเก็บ (stored pest) ที่ก่อให้เกิดความเสียหายกับผลิตผลเกษตร โดยเฉพาะเมล็ดข้าวจะสูญเสียน้ำหนัก สูญเสียคุณค่าทางอาหาร และเป็นสาเหตุให้สูญเสียคุณภาพ เมื่อมีการทำลายสูง ผู้ผลิตควรต้องมีการป้องกัน กำจัดแมลงดังกล่าวในระหว่างการเก็บในยุ้งฉางหรือไซโล เพื่อรอการบริโภค จำหน่ายหรือการแปรรูป ด้วยวิธีการรักษาความสะอาดโรงเก็บและลดความชื้นในเมล็ด การควบคุมสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิโดยการใช้ความร้อนหรือความเย็นและควบคุมความชื้นไม่ให้เหมาะต่อการขยายพันธุ์ของแมลงที่จะทำให้แมลงเจริญเติบโต ออกไข่ ฟักเป็นตัวหนอน ตัวอ่อนและตัวเต็มวัย มีการเก็บรักษาที่ถูกวิธี เช่นการใช้ภาชนะบรรจุชนิดต่าง ๆ ที่ปิดสนิทสามารถป้องกันการเจาะทำลายของแมลงได้ (พรทิพย์, 2551) นอกจากนี้การรักษาความสะอาดโรงเก็บอย่างสม่ำเสมอ การควบคุมอุณหภูมิที่ -2 ถึง -5 องศาเซลเซียส และการเก็บรักษาในสภาพสุญญากาศหรือสภาพที่ปิดผนึกแน่น หรือการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในการกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลทางการเกษตร จะช่วยลดการปนเปื้อนของแมลงต่าง ๆ ได้ (ใจทิพย์, 2551) เมื่อตรวจภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบข้าวสารไม่ผ่านเกณฑ์ข้อกำหนด DAL จากการพบชิ้นส่วนแมลง ≥225 ชิ้น อาจเกิดจากแมลงหรือชิ้นส่วนแมลงที่ปนปลอมมาในขั้นตอนการเก็บเกี่ยว การตากเพื่อลดความชื้น การเก็บรักษาในโรงเก็บ โดยเฉพาะการเก็บรักษาในภาชนะที่ไม่มีการปิดสนิท เมื่อนำข้าวเปลือกมาผ่านกรรมวิธีการขัดสีเป็นข้าวสารทำให้แมลงหรือชิ้นส่วนแมลงแตกเป็นชิ้นเล็ก ๆ กระจายในตัวอย่างข้าวเป็นจำนวนมาก เมื่อเปรียบเทียบข้าวสารตักแบ่งกับข้าวสารบรรจุถุง พบว่าข้าวสารตักแบ่งพบแมลงมีชีวิตและชิ้นส่วนแมลงมากกว่าข้าวสารบรรจุถุง ผู้ผลิตควรมีระบบการป้องกันและการกำจัดแมลง รวมทั้งการเก็บรักษาที่ถูกวิธีก่อนบรรจุ นอกจากนี้ผู้จำหน่ายข้าวสารตักแบ่งควรระวังและมีมาตรการป้องกันการปนปลอมของแมลงในระหว่างรอจำหน่ายด้วย ซึ่งการตรวจพบแมลงและชิ้นส่วนแมลงในข้าวสาร บ่งชี้ถึงกระบวนการผลิตที่ไม่เป็นตามหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตอาหาร (Good Manufacturing Practice; GMP) และจากการหาความสัมพันธ์ด้วยค่าไคสแควร์ (Chi-Square Test) พบว่าชนิดของข้าวมีความสัมพันธ์กับจำนวนตัวอย่างข้าวที่ตรวจพบแมลงมีชีวิตและชิ้นส่วนแมลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยข้าวกล้องพบแมลงมีชีวิตและชิ้นส่วนแมลงมากกว่าข้าวชนิดอื่น อาจเกิดจากข้าวกล้องเป็นข้าวที่ผ่านการกะเทาะเอาเปลือกออกเท่านั้น ยังคงมีสารอาหารที่ไม่ถูกขัดสีออกจึงเป็นอาหารที่ดีของแมลง (มกษ. 4004-2560)

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษา พบแมลงมีชีวิตและชิ้นส่วนแมลง ซึ่งเป็นสาเหตุให้คุณภาพข้าวสารของประเทศไทยไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานสินค้าเกษตรในกรณีตรวจพบแมลงมีชีวิต และไม่ผ่านเกณฑ์ข้อกำหนดข้อกำหนด DAL ในกรณีพบชิ้นส่วนแมลงมากกว่า 225 ชิ้น ผู้ผลิตควรปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีและสม่ำเสมอ เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคหรือส่งออก

เอกสารอ้างอิง

ใจทิพย์ อุไรชื่น. 2551. การป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร. หน้า 99-110. *ใน* อมร ชินภูติ รังสิมา เก่งการพานิช ลักขณา ร่มเย็น และอัจฉรา เพชรโชติ (บ.ก.). การควบคุมศัตรูผลิตผลเกษตร. กรุงเทพฯ: อาร์ตควอลิไฟท์.

พรทิพย์ วิสารทานนท์ และอัจฉรา เพชรโชติ. 2551. แมลงศัตรูผลิตผลเกษตรและแมลงศัตรูธรรมชาติ. หน้า 1-31. *ใน* อมร ชินภูติ รังสิมา เก่งการพานิช ลักขณา ร่มเย็น และอัจฉรา เพชรโชติ (บ.ก.). การควบคุมศัตรูผลิตผลเกษตร. กรุงเทพฯ: อาร์ตควอลิไฟท์.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2560a. มาตรฐานสินค้าเกษตร ข้าวหอมมะลิไทย (มกษ. 4000-2560a). แหล่งข้อมูล https://www.acfs.go.th›standard›download› (9 ธันวาคม 2564).

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2560b. มาตรฐานสินค้าเกษตร ข้าวหอมไทย (มกษ. 4001-2560b). แหล่งข้อมูล https://www.acfs.go.th›standard›download› (9 ธันวาคม 2564).

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2560c. มาตรฐานสินค้าเกษตร ข้าว (มกษ. 4004-2560c). แหล่งข้อมูล https://www.acfs.go.th›standard›download› (9 ธันวาคม 2564).

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2560d. มาตรฐานสินค้าเกษตร ข้าวสีไทย (มกษ. 4006-2560d). แหล่งข้อมูล http://odric.ricethailand.go.th›images›pdf›TAS (9 ธันวาคม 2564).

Food and Drug Administration Center for Food Safety and Applied Nutrition Department of Health and Human Services. 1995. Food Defect Action Levels. USA: Washington, DC.

Food and Drug Administration. 1984. FDA Technical Bulletin Number 5 Macroanalytical Procedures Manual. USA: Washington, DC.

Gentry J.H., and K.L., Harris. 1991. Microanalytical entomology for sanitation control. Florida: LithoGraphics Altamonte Springs.

Thai Industrial and Standards Institute. 2011. International Organization for Standardization 7301: Rice Specification. Third edition 2011-03-01.

Whitlock, L.L. 2019. Official Method of Analysis of AOAC International, 21th ed. AOAC International, Maryland.

วารสารผลิตกรรมการเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION
MJU

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการมีส่วนร่วมของประชาชนในการอนุรักษ์ป่าชุมชนแม่ขาน ตำบลน้ำบ่อหลวง อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่

Factors Related to People Participation in Mae Khan Community Forest Conservation at Nam Bor Luang Sub-district, Sanpatong District, Chiang Mai Province

ธนาคาร ทองเจริญ* พหล ศักดิ์คทัศน์ นคเรศ รังควัต และ พุฒิสรรค์ เครือคำ
Tanakarn Tongchareon* Phahol Sakkatat Nakarate Rungkawat and Phutthisun Kruekum

สาขาวิชาพัฒนาทรัพยากรและส่งเสริมการเกษตร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290
Resources Development and Agriculture Extension, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290

* Corresponding author: Tanakarn.tcr@gmail.com

(Received: 15 December 2021; Revised: 11 August 2022; Accepted: 2 September 2022)

Abstract

The objectives of this study were to Investigate: 1) socio-economic attributes of people participation in the conservation of Mae Khan community forest; 2) factors related to people participation In Mae Khan community forest conservation; and 3) problems encountered and suggestion of people participating in the conservation of Mae Khan community forest. The sample group in This study consisted of 343 household heads in Nam Bor Luang Obtained by simple random sampling. A set of semi-structured Questionnaires was used for data collection and analyzed by Using Multiple regression and content analysis.

Results of the study revealed that more than one-half of the respondents (56.60%) were male, married, Bachelor's degree Graduates, and 39.29 years old on average. Each respondent occupied area of 16.55 rai on average and 61.80 percents were mainly engaged in agriculture with an annual income of 439,603.49 bath. Most of the respondents (70.00%) attend a training and educational trip. They contracted the agricultural extension worker twice a year (60.30%) and joined community activities once a year (65.11%). Few of the respondents (8.20%) were volunteers. Less than one-half of the respondents (30.00%) perceived news about forest conservation through television. The respondents had been living in their community for 33.91 years on average. As a whole, the respondents had a highest level of the participation in the forest conservation ($\overline{X}$=4.24). Based on its details, the following were found at a highest level: project implementation, benefit sharing and decision-making ($\overline{X}$=4.29 $\overline{X}$=4.24 and $\overline{X}$=4.22, respectively). It was found that the following had a relationship with the participation in the forest conservation: training, agricultural extension worker contact and news/ information perception.

For problems encountered, the following were found: lack of knowledge, skill, and experience about forest conservation both in Planning and implementation. The respondents suggested that their community leaders should ask for support from the public sector in terms of budgets and knowledge extension.

Keywords: Participation, conservation of forest resource, Mae Khan community forest

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) การมีส่วนร่วมของประชาชนในการอนุรักษ์ป่าชุมชนแม่ขาน 2) ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ป่าชุมชนแม่ขาน และ 3) ปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะของประชาชนในการมีส่วนร่วมอนุรักษ์ป่าชุมชนแม่ขาน ประชากร คือ ตัวแทนครัวเรือนที่อาศัยอยู่ในตำบลน้ำบ่อหลวง อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ กลุ่มตัวอย่าง คือ ตัวแทนครัวเรือน ซึ่งเป็นหัวหน้าครัวเรือน จำนวน 343 คน โดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลซึ่งเป็นแบบสอบถามชนิดกึ่งโครงสร้าง วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ และการวิเคราะห์เนื้อหา

ผลวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศชาย 56.60 เปอร์เซ็นต์ อายุเฉลี่ย 39.29 ปี จบปริญญาตรี 32.10 เปอร์เซ็นต์ สถานภาพสมรส 60.30 เปอร์เซ็นต์ ประกอบอาชีพเกษตรกรรม 61.80 เปอร์เซ็นต์ มีรายได้เฉลี่ย 439,603.49 บาทต่อปี และถือครองที่ดินเฉลี่ย 16.55 ไร่ ส่วนใหญ่เข้าร่วมฝึกอบรมและดูงานปีละครั้ง 70.00 เปอร์เซ็นต์ ติดต่อกับเจ้าหน้าที่ 2 ครั้งต่อปี 60.30 เปอร์เซ็นต์ เข้าร่วมกิจกรรมชุมชนปีละครั้ง 65.11 เปอร์เซ็นต์ เป็นอาสาสมัคร 8.20 เปอร์เซ็นต์ ได้รับข่าวสารการอนุรักษ์ป่าจากโทรทัศน์ 30.00 เปอร์เซ็นต์ อาศัยอยู่ในชุมชนเฉลี่ย 33.91 ปี ภาพรวมการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ป่าอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$=4.24) ซึ่งด้านการดำเนินการ การร่วมรับผลประโยชน์ และการตัดสินใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$=4.29 $\overline{X}$=4.24 และ $\overline{X}$=4.22 ตามลำดับ) ส่วนการติดตามประเมินผลอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$=4.20) ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ป่าในภาพรวม คือ การรับการฝึกอบรม การติดต่อเจ้าหน้าที่ และการรับข้อมูลข่าวสาร สำหรับปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ขาดความรู้ ทักษะ และประสบการณ์ในการอนุรักษ์ป่าทั้งด้านการวางแผนและการดำเนินการ โดยกลุ่มตัวอย่างเสนอให้ผู้นำชุมชนขอการสนับสนุนจากภาครัฐทั้งด้านความรู้และงบประมาณ

คำสำคัญ: การมีส่วนร่วม การอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ ป่าชุมชนแม่ขาน

คำนำ

ประเทศไทยในปัจจุบันมีพื้นที่ป่าไม้ทั่วประเทศในปี พ.ศ. 2561-2562 จำนวน 102,484,072.71 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 31.68 ของพื้นที่ประเทศ ซึ่งลดลงจากปี พ.ศ. 2560-2561 จำนวน 4,229.48 ไร่ โดยที่ในภาคเหนือมีป่าไม้ร้อยละ 63.99 ของพื้นที่ภูมิภาค (มูลนิธิสืบนาคะเสถียร, 2563) เมื่อสืบค้นข้อมูลเฉพาะจังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ในปี พ.ศ. 2560-2561 มีพื้นที่ป่าจำนวน 9,661,526.03 ไร่ และในปี พ.ศ.2561-2562 มีพื้นที่ป่าจำนวน 9,627,355.98 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 69.59 ของพื้นที่ทั้งจังหวัด ซึ่งสังเกตได้ว่าลดลงร้อยละ 0.35 (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2562) พื้นที่ป่าไม้ของจังหวัดเชียงใหม่ประกอบด้วย ป่าธรรมชาติ สวนป่า และป่าฟื้นฟูตามธรรมชาติ (จังหวัดเชียงใหม่, 2563) โดยสาเหตุการลดลงของพื้นที่ป่าเกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น การลักลอบตัดไม้ทำลายป่า การตัดโค่นป่าของเกษตรกรเพื่อใช้เป็นที่ดินทำกิน การทำไร่เลื่อนลอย หรือการแผ้วถางป่าไม้ให้หมดสภาพเพื่อให้สอดคล้องกับหลักเกณฑ์การขอหลักฐานสิทธิทำกิน เช่น หนังสือสิทธิทำกินในเขตป่าไม้ (สทก.) หรือหนังสืออนุญาตให้เข้าทำประโยชน์ในเขตปฏิรูปที่ดินในที่ของรัฐ (ส.ป.ก.4-01) เป็นต้น (จักรพงษ์, 2552) พื้นที่ป่าของจังหวัดเชียงใหม่ลดลงอย่างรวดเร็วและเหลือป่าไม้น้อยลง ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพสังคมเศรษฐกิจทั้งระดับครัวเรือนและระดับประเทศ จากปัญหาดังกล่าวจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องดำเนินการอนุรักษ์ป่าไม้ เช่น การตั้งชมรมอนุรักษ์ป่า ตลอดจนการสร้างป่าชุมชนขึ้นหลาย ๆ แห่ง ซึ่งปัจจุบันมีป่าชุมชนเกิดขึ้นทั่วประเทศ เช่นเดียวกันกับตำบลน้ำบ่อหลวง อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ ที่มีป่าแม่ขานเป็นพื้นที่ป่าชุมชน

ตำบลน้ำบ่อหลวง อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ มีลักษณะพื้นที่เป็นชุมชนที่หนาแน่น มีการเพิ่มขึ้นของประชากรอย่างต่อเนื่อง โดยกิจกรรมของคนในชุมชนเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ป่าไม้ถูกทำลาย เช่น การเข้าไปยึดถือครอบครองป่าเพื่อตนเองโดยไม่ได้รับอนุญาต การบุกรุกพื้นที่ป่าของกลุ่มนายทุน การเข้าไปขุดเจาะน้ำบาดาลโดยไม่ได้รับอนุญาต เป็นต้น (เชียงใหม่นิวส์, 2564) พื้นที่ป่าชุมชนแม่ขานในอดีตมีประมาณ 300 ไร่ และจากสถานการณ์ที่ป่าไม้ถูกทำลาย ทั้งการเผาป่า การลักลอบการตัดไม้ทำลายป่า ทำให้พื้นที่ป่าลดลงเหลือประมาณ 180 ไร่ ในปี พ.ศ 2558 (กรมป่าไม้จังหวัดเชียงใหม่, 2558) ซึ่งได้ส่งผลกระทบตามมาอีกมากมาย ทั้งผลกระทบทางเศรษฐกิจ สังคม และวัฒนธรรม ตลอดจนระบบของความสมดุลทางธรรมชาติ ซึ่งประชาชนขาดการมีส่วนร่วมในการดูแลรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในชุมชน ขาดความรู้และขาดความรับผิดชอบ นำมาซึ่งเห็นสาเหตุหลักที่ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในชุมชนเสื่อมโทรมลงอย่างรวดเร็ว (เชียงใหม่นิวส์, 2561)

จากสาเหตุและความสำคัญดังกล่าวผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการมีส่วนร่วมของประชาชนในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าแม่ขาน ตำบลน้ำบ่อหลวง อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ และต้องการค้นหาปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ป่าแม่ขาน ตลอดจนข้อเสนอแนะของประชาชนในการอนุรักษ์ป่าแม่ขาน เพื่อเป็นการหาแนวทางป้องกันอนุรักษ์พื้นที่ป่าที่ยังเหลืออยู่และเป็นการพัฒนาป่าแม่ขานที่เสื่อมโทรมของชุมชนให้ดีขึ้นอีกทางหนึ่ง ทั้งนี้เพื่อประชาชนในชุมชนจะได้มีทรัพยากรธรรมชาติที่อุดมสมบูรณ์และสามารถใช้ประโยชน์จากทรัพยากรป่าแม่ขานได้อย่างยาวนาน

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยนี้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปริมาณ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ ของการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชุมชนแม่ขานของประชาชน ตำบลน้ำบ่อหลวง อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีการดำเนินการวิจัยดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ ตัวแทนครัวเรือนที่อาศัยอยู่ในตำบลน้ำบ่อหลวง อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 2,405 คน (องค์การบริหารส่วนตำบลน้ำบ่อหลวง, 2564) กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตร Yamane (1973 อ้างใน ณรงค์, 2563) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 343 คน

เครื่องมือการวิจัย การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพ

การวิจัยครั้งนี้เก็บรวบรวมข้อมูลจากตัวแทนครัวเรือนที่อาศัยอยู่ในตำบลน้ำบ่อหลวง อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ โดยเก็บข้อมูลหัวหน้าครัวเรือน จำนวน 343 คน ใช้แบบสอบถามชนิดกึ่งโครงสร้างเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งมีจำนวน 3 ตอน ประกอบด้วย ตอนที่ 1 คำถามข้อมูลลักษณะส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคม ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการอนุรักษ์ป่าชุมชนแม่ขาน ใน 4 ด้าน คือ ด้านการตัดสินใจ ด้านการดำเนินการ ด้านการร่วมรับผลประโยชน์ และด้านการติดตามประเมินผล และตอนที่ 3 ปัญหาอุปสรรค และข้อเสนอแนะในการมีส่วนร่วมอนุรักษ์ป่าชุมชนแม่ขานของกลุ่มตัวอย่าง โดยแบบสอบถามนี้ผ่านคณะกรรมการจำนวน 3 ท่านในการตรวจสอบ ซึ่งได้ค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่า 0.5 ทุกข้อ และได้ทำการทดสอบกับชุมชนป่าใกล้เคียงคือ ชุมชนป่าแม่วางจำนวน 30 คน ได้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟ่าเท่ากับ 0.86 แสดงให้เห็นว่าแบบสอบถามนี้มีความเที่ยง น่าเชื่อถือและให้ผลแม่นยำสามารถนำไปเก็บข้อมูลได้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ทำการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามชนิดกึ่งโครงสร้าง ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างในพื้นที่ป่าแม่ขาน ตำบลน้ำบ่อหลวง อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ จากนั้นนำข้อมูลที่เก็บได้มาตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล ก่อนนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อแปลผล และสรุปผลการวิจัยต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 4 ประเภท คือ

1) วิเคราะห์ข้อมูลลักษณะส่วนบุคคล โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ ค่าความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ค่าสูงสุด (Maximum) และค่าต่ำสุด (Minimum) ค่าเฉลี่ย (Mean) การวัดแนวโน้มเข้าสู่

ส่วนกลาง (Weighed Mean Score) เพื่อใช้ในการแจกแจงความถี่และจัดลำดับของข้อมูล

2) การวิเคราะห์การมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ป่าชุมชนแม่ขานของกลุ่มตัวอย่างในประเด็นต่าง ๆ เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลแบบมาตราส่วนประมาณค่า (rating scale) ชนิด 5 ระดับ ตามแบบของ Likert (1961 อ้างใน Siriwan *et al*., 2020) ดังนี้คือ

มีส่วนร่วมมากที่สุด = 5 คะแนน
มีส่วนร่วมมาก = 4 คะแนน
มีส่วนร่วมปานกลาง = 3 คะแนน
มีส่วนร่วมน้อย = 2 คะแนน
มีส่วนร่วมน้อยที่สุด = 1 คะแนน

โดยการแปลผลค่าเฉลี่ยของการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ป่าชุมชนแม่ขานของกลุ่มตัวอย่างสามารถแปลผลค่าเฉลี่ยตามแบบของ ลิเคิร์ทสเกล (Likert Scale) 5 ระดับ โดย ลิเคิร์ท (Likert, 1961) โดยมีเกณฑ์คะแนนเฉลี่ย ดังนี้ต่อไปนี้

ค่าคะแนนเฉลี่ย	ความหมายค่าคะแนนเฉลี่ย
4.51-5.00	มีส่วนร่วมในระดับมากที่สุด
3.51-4.50	มีส่วนร่วมในระดับมาก
2.51-3.50	มีส่วนร่วมในระดับปานกลาง
1.51-2.60	มีส่วนร่วมในระดับน้อย
1.00-1.50	มีส่วนร่วมในระดับน้อยที่สุด

3) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ การมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ป่าชุมชนแม่ขาน ใช้การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน การกำหนดเกณฑ์การแปลความหมาย 5 ระดับ (Davis, 1971 อ้างใน ผ่องพรรณ ตรัยมงคลกูล และสุภาพ ฉัตรตาภรณ์, 2555) ดังนี้

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่ามากกว่า 0.70
มีความสัมพันธ์ในระดับสูงมาก
ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าตั้งแต่ 0.50-0.69
มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง
ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าตั้งแต่ 0.30-0.49
มีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง
ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าตั้งแต่ 0.10-0.29
มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ
ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าตั้งแต่ 0.01-0.09
มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำมาก
หรือแทบจะไม่มีความสัมพันธ์

4) การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ป่าชุมชนแม่ขาน ใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (Stepwise Multiple Regression Analysis) เพื่อวิเคราะห์หาเหตุปัจจัยจากทั้ง 13 ตัวแปร ที่ส่งผลต่อการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ป่าชุมชนแม่ขานของกลุ่มตัวอย่าง และอธิบายผลการวิเคราะห์เชิงพรรณนา (Descriptive Explanation)

5) การวิเคราะห์ปัญหา และข้อเสนอแนะ ด้วยการจัดหมวดหมู่ข้อมูลและการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) การแสดงความคิดเห็นของประชาชนที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรป่าไม้แม่ขาน

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ผลการวิจัยจะแบ่งเป็นตามลักษณะของตัวแปร ดังนี้ ลักษณะส่วนบุคคล พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (ร้อยละ 56.60) อายุเฉลี่ย 39.29 ปี จบปริญญาตรี (ร้อยละ 32.10) มีสถานภาพสมรส (ร้อยละ 60.30) ลักษณะทางเศรษฐกิจ พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม (ร้อยละ 61.80) มีรายได้เฉลี่ย 439,603.49 บาทต่อปี และถือครองที่ดินเฉลี่ย 16.55 ไร่ จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างอยู่ในวัยทำงาน ซึ่งเป็นวัยที่มีทั้งความรู้และประสบการณ์ในด้านต่าง ๆ มีรายได้เฉลี่ยต่อปีสูงกว่ารายได้ภาพรวมต่อหัวของจังหวัดเชียงใหม่ 3.2 เท่า (สำนักงานจังหวัดเชียงใหม่, 2563) และมีการถือครองที่ดินจำนวนมาก ซึ่งแตกต่างจากผลการวิจัยของ สุนันทา และคณะ (2564) ที่ศึกษาเรื่องการวิเคราะห์องค์ประกอบในการตัดสินใจประกอบอาชีพเกษตรกรรมหลังสำเร็จการศึกษาของนักศึกษาเกษตร ภาคเหนือตอนบน พบว่า บิดามารดาประกอบอาชีพเกษตรกรรมมีรายได้เฉลี่ย 120,524.32 บาทต่อปี เท่านั้น โดยอาจกล่าวได้ว่าการมีที่ดินทำกินมากทำให้มีรายได้มากตามไปด้วย ดังนั้นประชาชนกลุ่มตัวอย่างที่มีที่ดินทำกินมากมีรายได้มากจึงไม่เป็นอุปสรรคต่อการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าแม่ขาน

ลักษณะทางสังคม พบว่า ส่วนใหญ่เคยเข้าร่วมฝึกอบรมและดูงานปีละครั้ง (ร้อยละ 70.00) มีการติดต่อกับเจ้าหน้าที่ 2 ครั้งต่อปี (ร้อยละ 60.30) เคยเข้าร่วมกิจกรรมชุมชนปีละครั้ง (ร้อยละ 65.11) เป็นอาสาสมัครเพียง (ร้อยละ 8.20) ได้รับข่าวสารการอนุรักษ์ป่าจากสื่อโทรทัศน์ มากกว่า 10 ครั้งต่อปี (ร้อยละ 30.00) และอาศัยอยู่ในชุมชนเฉลี่ย 33.91 ปี ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกัน

กับงานวิจัยของ จักรพงษ์ และคณะ (2556) ที่ศึกษาเรื่องการพัฒนารูปแบบการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการป่าชุมชน: กรณีศึกษา บ้านทาป่าเปา ตำบลทาปลาดุก อำเภอแม่ทา จังหวัดลำพูน พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่อายุเฉลี่ย 44 ปี และเกือบทั้งหมดเป็นเจ้าของที่ดินและมีเอกสารสิทธิ์ในการใช้ประโยชน์ นอกจากนี้ยังอาศัยอยู่ในชุมชนตั้งแต่เกิด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อกาลเวลาผ่านไปมีการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ป่าเพิ่มมากขึ้นทำให้ทรัพยากรป่าลดลง ประชาชนจึงมีจิตสำนึกในการมีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรป่าเร็วขึ้นอันสังเกตได้จากอายุเฉลี่ยที่ลดลงของกลุ่มตัวอย่าง

ผลการวิจัยการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ป่าแม่ขานในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$=4.24) เมื่อพิจารณาเป็นรายประเด็น พบว่า ประเด็นด้านการดำเนินการ ด้านการรับผลประโยชน์ และด้านการตัดสินใจ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$=4.29 $\bar{X}$=4.24 และ $\bar{X}$=4.22 ตามลำดับ) ส่วนการมีส่วนร่วมด้านการติดตามประเมินผล อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$=4.20) (Table 1) ซึ่งการมีส่วนร่วมในภาพรวมของการจัดการป่าชุมชนเป็นไปในทิศทางบวก โดยงานวิจัยของจักรพงษ์ และคณะ (2556) ที่ศึกษาเรื่องการพัฒนารูปแบบการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการป่าชุมชน: กรณีศึกษาบ้านทาป่าเปา ตำบลทาปลาดุก อำเภอแม่ทา จังหวัดลำพูน พบว่า ชาวบ้านมีส่วนร่วมในการจัดการป่าชุมชนในระดับปานกลาง (=3.58) และการวิจัยของ นงค์รินทร์ (2559) เรื่องการมีส่วนร่วมของสมาชิกชุมชนต่อการจัดการป่าชุมชน ตำบลบ้านปวง อำเภอทุ่งหัวช้าง จังหวัดลำพูน พบว่า การมีส่วนร่วมของสมาชิกชุมชนต่อการจัดการป่าชุมชนโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ซึ่งเป็นไปในทิศทางบวก และเป็นที่น่าสังเกตได้ว่าการมีส่วนร่วมของการจัดการป่าชุมชนในภาพรวมของประชาชนในพื้นที่มีระดับการมีส่วนร่วมที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากลักษณะของพื้นที่ป่ามีลักษณะคล้ายกันมีการใช้ประโยชน์จากป่าชุมชนที่คล้ายกัน นอกจากนี้ปัจจุบันมีการใช้ประโยชน์จากพื้นป่ามากขึ้นทำให้ป่าชุมชนเริ่มลดน้อยลง ดังนั้นจึงต้องมีการอนุรักษ์ป่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

Table 1 Average and level of public participation in community forest conversation as a whole

(n=343)

Participation in forest resource management	$\bar{X}$	SD	Level of participation
1. Decision	4.22	0.34	Highest
2. Performance	4.29	0.29	Highest
3. Receiving Benefits	4.24	0.33	Highest
4. Follow-up assessment	4.20	0.31	High
Total	**4.24**	**0.24**	**Highest**

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ป่าชุมชนแม่ขาน ใช้การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน โดยการแปลผลความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีความสัมพันธ์การมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ป่าชุมชนแม่ขาน มีการกำหนดเกณฑ์การแปลความหมาย 5 ระดับ (Davis, 1971 อ้างใน ผ่องพรรณ ตรัยมงคลกูล และสุภาพ ฉัตรตาภรณ์, 2555) ดังนี้

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่ามากกว่า 0.70	มีความสัมพันธ์ในระดับสูงมาก
ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าตั้งแต่ 0.50-0.69	มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง
ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าตั้งแต่ 0.30-0.49	มีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง
ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าตั้งแต่ 0.10-0.29	มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ
ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าตั้งแต่ 0.01-0.09	มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำมาก หรือแทบจะไม่มีความสัมพันธ์

ผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามการมีส่วนร่วมด้านภาพรวม พบว่า ตัวแปร เพศ ระดับการศึกษา อาชีพ การรับการฝึกอบรม การติดต่อเจ้าหน้าที่ การร่วมกิจกรรมชุมชน และการรับข้อมูลข่าวสาร ซึ่งมีความสัมพันธ์กันในทิศทางบวกทั้งหมด 53 คู่ โดยมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 จำนวน 11 ตัวแปร มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.00 จำนวน 6 ตัวแปร ส่วนตัวแปรอิสระที่เหลือมีความสัมพันธ์ในทางกลับกัน และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระต่าง ๆ มีค่าค่อนข้างต่ำ แสดงให้เห็นว่าไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ ซึ่งเป็นตามเงื่อนไขของการวิเคราะห์การถดถอย ดังนั้นจึงสามารถนำตัวแปรอิสระเหล่านี้มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ในรูปแบบของสมการถดถอยได้ (Table 2) โดยให้สัญลักษณ์ในตัวแปรดังนี้

X1 (เพศ), X2 (อายุ), X3 (สถานภาพ), X4 (ระดับการศึกษา), X5 (อาชีพ), X6 (รายได้), X7 (จำนวนถือครองที่ดิน), X8 (การฝึกอบรม), X9 (การติดต่อเจ้าหน้าที่), X10 (การร่วมกิจกรรมชุมชน), X11 (การเป็นสมาชิกลุ่ม), X12 (การรับรู้ข้อมูลข่าวสาร) และ X13 (ระยะเวลาที่อาศัยอยู่ในชุมชน)

Table 2 The correlation matrix between independent and overall participation variables was used in the analysis

Variable	PART	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12
X1	.011												
X2	-.014	-.046											
X3	-.021	-.049	.268**										
X4	.077	.059	-.048	.021									
X5	.015	.037	.104	-.012	.053								
X6	-.004	.040	.115*	.063	-.024	-.093							
X7	-.023	.132*	.055	-.062	-.065	-.009	.363**						
X8	-.051	-.020	.062	.087	-.054	-.026	.043	-.047					
X9	.156**	.087	-.030	-.038	.431**	-.038	-.037	-.056	-.050				
X10	.179**	.011	-.030	.051	-.024	-.122*	.194**	.025	.003	.083			
X11	.072	.051	.072	.057	.388**	-.008	.034	.015	-.098	.331**	.039		
X12	.101*	.074	.003	.056	.085	-.020	.092	.008	.054	.108*	.155**	.127*	
X13	-.075	-.048	.463**	.172**	-.330**	.016	.048	.103	-.066	-.148**	.031	-.143**	-.056

Remarks: * = significant (p≤0.05) ** = highly significant (p≤0.01)

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ป่าชุมชนแม่ขาน ใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (Stepwise Multiple Regression Analysis) พบว่า ตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ป่าชุมชนแม่ขานในภาพรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทางบวก (F value = 16.720) โดยมีปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ มี 3 ตัวแปร คือ การรับการฝึกอบรม การติดต่อเจ้าหน้าที่ และการรับข้อมูลข่าวสาร โดยที่ตัวแปรการรับการฝึกอบรม และการติดต่อเจ้าหน้าที่ มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และตัวแปรการรับข้อมูลข่าวสาร มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งทั้งหมดสามารถอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม หรือการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ป่าชุมชนแม่ขานในภาพรวมได้ร้อยละ 44.60 (R^2=0.446) (Table 3)

จาก Table 3 แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ป่าชุมชนแม่ขานในภาพรวม คือ การรับการฝึกอบรม การติดต่อเจ้าหน้าที่ และการรับข้อมูลข่าวสาร โดยมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ป่าชุมชนแม่ขาน อาจเนื่องมาจากประชาชนกลุ่มตัวอย่างได้มีโอกาสได้เข้ารับการฝึกอบรม

มีการติดต่อกับเจ้าหน้าที่ และการรับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการอนุรักษ์ป่าชุมชนแม่ขานอย่างสม่ำเสมอ ทำให้ประชาชนกลุ่มตัวอย่างเกิดความรู้ ความเข้าใจ ในการอนุรักษ์ป่าชุมชนแม่ขานมากยิ่งขึ้น และก่อให้เกิดความรู้สึกหวงแหนทรัพยากรป่าไม้ของชุมชน ตลอดจนส่งผลให้เกิดการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ป่าชุมชนแม่ขานของประชาชนกลุ่มตัวอย่างมากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ ณรงค์ และคณะ (2563) เรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการทรัพยากรป่าไม้ในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติป่าขุนแม่ทา ตำบลแม่ทา อำเภอแม่ออน จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า การฝึกอบรมและดูงาน และการรับรู้ข้อมูลข่าวสารด้านการจัดการทรัพยากรป่าไม้มีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรป่าไม้ ผลการศึกษาด้านการติดต่อกับเจ้าหน้าที่นั้นยังไปสอดคล้องกับการศึกษาของสวรรค์ญา (2563) เรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ของประชาชนในพื้นที่หมู่บ้านสหกรณ์ 4 ตำบลบ้านสหกรณ์ อำเภอแม่ออน จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า การที่ประชาชนมีการติดต่อกับเจ้าหน้าที่เพิ่มขึ้น 1 ครั้งต่อปี จะส่งผลการให้คะแนนการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้เพิ่มขึ้น 0.1 คะแนน ดังนั้นการที่ประชาชนกลุ่มตัวอย่างติดต่อกับเจ้าหน้าที่เพิ่มขึ้นทำให้มีความรู้เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ประชาชนกลุ่มตัวอย่างมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ป่าชุมชนแม่ขานมากยิ่งขึ้น

Table 3 Analysis of the relationship between personal, socioeconomic factors and participation in Mae Khan forest conservation

Independent Variable	Participation in forest resource management		
	b	t	sig
1. Sex	.002	.064	.949
2. Age	.000	.088	.930
3. Status	.004	.133	.894
4. Education	-.016	-.462	.645
5. Occupation	.001	.051	.959
6. Income	8.774E-8	1.022	.308
7. Amount of land held	.000	-.487	.626
8. Group Membership	-.012	-.814	.416
9. Receiving Training	.051	2.884**	.004
10. Contacting Staff	.050	3.419**	.001
11. Participating in community activities	.021	.502	.616
12. Receiving Information	.005	1.820*	.050
13. Length of stay in the community	-.001	-.934	.351
Constant	4.330	51.078	.000
R^2		0.446	(44.6%)
F		16.720	
Sig. F		0.000	

Remarks: * = significant (p≤0.05) ** = highly significant (p≤0.01)

ผลการวิจัยด้านปัญหา และข้อเสนอแนะของประชาชนที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ป่าชุมชนแม่ขาน พบว่า ปัญหาของประชาชนที่มีต่อการอนุรักษ์ป่าชุมชนแม่ขานมีประเด็นของปัญหา คือ 1) ปัญหาด้านการวางแผน โดยประชาชนให้ความเห็นว่าตนขาดความรู้ ทักษะ และประสบการณ์ในการอนุรักษ์ป่าชุมชน 2) ด้านการดำเนินการ ประชาชนให้ความเห็นว่าการดำเนินการค่อนข้างล่าช้า ไม่แน่นอน และงบประมาณจากหน่วยงานภาครัฐที่สนับสนุนน้อยมาก ไม่เพียงพอต่อการดำเนินการ 3) ด้านการรับผลประโยชน์ ประชาชนให้ข้อมูลว่ามีบุคคลภายนอกบุกรุกพื้นที่ป่าเพื่อมาหาของป่าและมีการลักลอบตัดไม้ตลอดจนการบุกรุกพื้นที่ป่าเพื่อครอบครองเป็นที่ดินทำกิน ดังเช่นข่าวการบุกจับการบุกรุกพื้นที่ป่าเมื่อปี 2564 (เชียงใหม่นิวส์, 2564) เจ้าหน้าที่ตำรวจ กองกำกับการ 4 บก.ปทส. พร้อมกับเจ้าหน้าที่ศูนย์ปราบปรามการลักลอบตัดไม้ทำลายป่า ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม สำนักงานตำรวจแห่งชาติ เจ้าหน้าที่ตำรวจ ตชด.33 เจ้าหน้าที่ตำรวจสถานีตำรวจภูธรแม่วาง เจ้าหน้าที่หน่วยป้องกันรักษาป่าที่ ชม.13 (สันป่าตอง) เจ้าหน้าที่ฝ่ายปกครองอำเภอแม่วาง นำกำลังเข้าตรวจค้นพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติป่าแม่ขานและป่าแม่วาง บ้านห้วยแก้ว ตำบลดอนเปา อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ หลังได้รับแจ้งจากชาวบ้านว่ามีกลุ่มนายทุนบุกรุกพื้นที่ป่า นั่นแสดงให้เห็นว่าในการอนุรักษ์ป่าชุมชนนั้นต้องให้ความรู้แก่ประชาชนในชุมชนถึงการได้ประโยชน์แก่ตนเองและชุมชนที่ยั่งยืนได้ เพื่อลดปัญหาการลักลอบตัดไม้ทำลายป่า และเพื่อเป็นการปลูกฝังการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติของชุมชน ซึ่งการศึกษาของจักรพงษ์ และคณะ (2556) ได้ศึกษาเรื่องการพัฒนารูปแบบการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการป่าชุมชน: กรณีศึกษาบ้านทาป่าเปา ตำบลทาปลาดุก อำเภอแม่ทา จังหวัดลำพูน พบว่าการใช้เทคนิคการพัฒนารูปแบบการมีส่วนร่วม A-I-C การพัฒนาการมีส่วนร่วมขั้นเห็นคุณค่า (A) ผลจากการทำลายป่าในอดีตทำให้ปัจจุบันชาวบ้านหันมาฟื้นฟูป่าด้วยกิจกรรมต่าง ๆ อย่างจริงจัง ซึ่งชาวบ้านต้องการส่งเสริมการเผยแพร่ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับประโยชน์ของป่าชุมชนและทรัพยากรธรรมชาติ ในขั้นปฏิสัมพันธ์ (I) ชุมชนวางแผนการลำดับความสำคัญในการวางแผนโครงการส่งเสริมจัดการป่าชุมชนให้ประสบความสำเร็จดียิ่งขึ้น และขั้นควบคุม (C) คนในชุมชนได้มีการร่วมมือกันวางแผนดำเนินโครงการอนุรักษ์ป่าชุมชนและมีผู้รับผิดชอบแต่ละโครงการชัดเจน ทำให้เกิดความรับผิดชอบและเกิดการตื่นตัวในการร่วมมือกันอนุรักษ์ป่าชุมชนมากยิ่งขึ้น อีกทั้ง ภาวดี (2561) เรื่อง การจัดการป่าชุมชนในพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้นที่ 3 จังหวัดศรีสะเกษ โดยการมีส่วนร่วมของประชาชน พบว่า การจัดการป่าชุมชนต้องหากิจกรรมและแนวทางการจัดการป่าชุมชนโดยการมีส่วนร่วมของประชาชนในชุมชน โดยภาครัฐให้ความร่วมมือและให้การสนับสนุนในกิจกรรมการป้องกันและฟื้นฟูป่า การเพิ่มพื้นที่ป่าตามบริเวณพื่ที่ในชุมชน ตลอดจนการให้การสนับสนุนการจัดการป่าชุมชนโดยผ่านมิติวัฒนธรรม ประเพณีและความเชื่อที่สอดคล้องกับบริบทของชุมชน

สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า การมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ป่าแม่ขานของประชาชนตำบลน้ำบ่อหลวง อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ในภาพรวม พบว่า การมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ป่าชุมชนแม่ขานของประชาชนอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$=4.24) เมื่อพิจารณาเป็นรายประเด็น พบว่า ด้านการดำเนินการ การร่วมรับผลประโยชน์ และการตัดสินใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$=4.29 $\overline{X}$=4.24 และ $\overline{X}$=4.22 ตามลำดับ) ส่วนการติดตามประเมินผลอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$=4.20)

สำหรับปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ป่าชุมชนแม่ขาน ในภาพรวม คือ การรับการฝึกอบรม การติดต่อเจ้าหน้าที่ โดยมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และการรับข้อมูลข่าวสารมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และในด้านปัญหาอุปสรรคและข้อเสนอแนะของประชาชนกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ประชาชนกลุ่มตัวอย่างขาดความรู้ทักษะ และประสบการณ์ในการอนุรักษ์ป่าทั้งด้านการวางแผนและด้านการดำเนินการ โดยมีการเสนอให้ผู้นำชุมชนขอหน่วยงานภาครัฐมาให้การฝึกอบรม และขอสนับสนุนงบประมาณเพิ่มขึ้นเพื่อให้เพียงพอต่อการจัดกิจกรรมในการอนุรักษ์ป่าแม่ขาน

ข้อเสนอแนะ

แนวทางการอนุรักษ์ป่าแม่ขานของประชาชนในชุมชนที่สำคัญต้องได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐอย่างต่อเนื่องทั้งด้านงบประมาณและการร่วมกิจกรรม เช่น การผลัดกันเป็นผู้รับผิดชอบโครงการในการอนุรักษ์ป่าแม่ขาน

เป็นต้น ซึ่งการผลัดกับเป็นผู้รับผิดชอบโครงการจะเป็นการกระตุ้นให้ประชาชนในชุมชนได้มีการตื่นตัวในการร่วมรับผิดชอบโครงการ ทำให้การดำเนินโครงการอนุรักษ์ป่าแม่ขานได้รับความร่วมมือมากขึ้น

ด้านการมีส่วนร่วมของภาครัฐนั้นนอกจากสนับสนุนเรื่องงบประมาณแล้วจำเป็นต้องสนับสนุนเรื่ององค์ความรู้ในด้านการวางแผนงาน การเขียนโครงการในการของบประมาณสนับสนุน และอำนวยความสะดวกในการประสานงานขอความช่วยเหลือด้านต่าง ๆ ของประชาชน

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

เพื่อเป็นการต่อยอดงานวิจัยด้านการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ป่าชุมชน เพื่อให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ป่าแม่ขานมากยิ่งขึ้น นักวิจัยรุ่นต่อไปอาจจะต้องวิจัยเชิงคุณภาพและเชิงทดลอง เช่น การค้นหาว่ากิจกรรมประเภทใดที่ทำให้ประชาชนในชุมชนมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ป่าแม่ขาน และจัดโครงการขึ้นจริง ซึ่งจะทำให้เห็นบริบทของประชาชนและการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ป่าแม่ขานของประชาชนในชุมชนที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กรมป่าไม้จังหวัดเชียงใหม่. 2558. ข้อมูลทั่วไป. หน่วยฟื้นฟูสภาพป่าสงวนแห่งชาติ ป่าแม่ขานและป่าแม่วาง ที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่.

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2562. บทสรุปผู้บริหารโครงการจัดทำข้อมูลสภาพพื้นที่ป่าไม้ ปี พ.ศ. 2561-2562. สำนักจัดการที่ดินป่าไม้ กรมป่าไม้.

จักรพงษ์ พวงงามชื่น. 2552. การบริหารจัดการป่าชุมชน: กรณีศึกษาบ้านป่าสักงาม ตำบลลวงเหนือ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่. วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. 32(4): 407-422.

จักรพงษ์ พวงงามชื่น สวิชญา ศุภอุดมฤกษ์ ตรีรัตน์ และนคเรศ รังควัต. 2556. การพัฒนารูปแบบการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการป่าชุมชน: กรณีศึกษาบ้านทาป่าเปา ตำบลทาปลาดุก อำเภอแม่ทา จังหวัดลำพูน. วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. 36 (2): 215-234.

จังหวัดเชียงใหม่. 2563. รายงานสรุปผลการดำเนินโครงการตามแผนปฏิบัติราชการประจำปีจังหวัดเชียงใหม่ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563.

เชียงใหม่นิวส์. 2561. แม่วางทุกภาคส่วนบูรณาการ จับมอดไม้รุกป่าแม่ขาน-แม่วาง ได้ทั้งไม้แปรรูป เลื่อยไฟฟ้า พ่วงด้วยปืนกับยาบ้า. แหล่งที่มา https://www.chiangmainews.co.th/page/archives/847059/ (15 พฤศจิกายน 2564).

เชียงใหม่นิวส์. 2564. เชียงใหม่สนธิกำลังเจ้าหน้าที่บุกจับนายทุนบุกรุกป่าเตรียมขายทำบ้านพักตากอากาศในเขตป่าสงวนแห่งชาติป่าแม่ขาน. แหล่งที่มา https://www.chiangmainews.co.th/page/archives/1688900/ (20 พฤศจิกายน 2564).

ณรงค์ เป็งเส้า สายสกุล ฟองมูล พหล ศักดิ์คะทัศน์ และพุฒิสรรค์ เครือคำ. 2563. ปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการทรัพยากรป่าไม้ในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติป่าขุนแม่ทา ตำบลแม่ทา อำเภอแม่ออน จังหวัดเชียงใหม่. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 38(2): 144-156.

นงค์รินทร์ ใจมะสิทธิ์. 2559. การมีส่วนร่วมของสมาชิกชุมชนต่อการจัดการป่าชุมชนตำบลบ้านปวง อำเภอทุ่งหัวช้าง จังหวัดลำพูน. ค้นคว้าอิสระ หลักสูตรรัฐประศาสนศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเนชั่น.

ภาวดี ทะไกรราช. 2561. การจัดการป่าชุมชนในพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้นที่ 3 จังหวัดศรีสะเกษ โดยการมีส่วนร่วมของประชาชน. วารสารวิชาการ 12(3): 108-122.

มูลนิธิสืบนาคะเสถียร. 2563. สถานการณ์ป่าไม้ไทย. แหล่งข้อมูล https://www.seub.or.th/document/สถานการณ์ป่าไม้ไทย/รายงานสถานการป่าไม้ไ-6/ (29 พฤศจิกายน 64).

สวรรค์ญา อ่วมจิ๋ว. 2563. ปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ของประชาชนในพื้นที่หมู่บ้านสหกรณ์ 4 ตำบลบ้านสหกรณ์ อำเภอแม่ออน จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพัฒนาทรัพยากรและส่งเสริมการเกษตร, คณะผลิตกรรมการเกษตร, มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

สำนักงานจังหวัดเชียงใหม่. 2563. สภาพทางเศรษฐกิจ: ภาพรวมเศรษฐกิจ. บรรยายสรุปจังหวัดเชียงใหม่. กลุ่มงานยุทธศาสตร์และข้อมูลเพื่อการพัฒนาจังหวัดเชียงใหม่.

สุนันทา ศรีรัตนา จักรพงษ์ พวงงามชื่น นคเรศ รังควัต และพุฒิสรรค์ เครือคำ. 2564. การวิเคราะห์องค์ประกอบในการตัดสินใจประกอบอาชีพเกษตรกรรมหลังสำเร็จการศึกษาของนักศึกษาเกษตร ภาคเหนือตอนบน. วารสาร มจร สังคมศาสตร์ปริทรรศน์ 10 (3): 169-183.

องค์การบริหารส่วนตำบลน้ำบ่อหลวง. 2564. สภาพทั่วไปและข้อมูลพื้นฐานสำคัญของท้องถิ่น. จำนวนประชากร. แหล่งข้อมูล http://www.namboluang.go.th/about.php?id=1 (20 พฤศจิกายน 2562).

Likert, R.A. 1961. New patterns of management. New York: McGraw-Hill Book Company, Inc.

Siriwan, T., J. Poung-ngamchuen, N. Rungkawat and P. Kruekum. 2020. Rationale Factors Affecting Participation in Managiral Administration of Chiwavitee Community Enterprise Group's Members in Nam Kian Sub-district, Phu Phiang District, Nan Provinced. Journal of Environmental Treatment Techniques 8(4): 1611-1617.

Yamane, T. 1973. Statistic: An Introductory Analysis. 3rd ed. Tokyo: Herper International Edition.

วารสารผลิตกรรมการเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION
MJU

การประเมินความสัมพันธ์ขององค์ประกอบและคุณภาพผลผลิตของหม่อนผลพันธุ์ผสมเปิด

Assessment of Composition and Yield Quality Relationship of Mulberry Fruit OP Breeding Lines

วัฒวาทิตย์ ไชยแสนท้าว[1] ชลธิรา แสงศิริ[2] เนตรนภา อินสลุด[3] และ ธนพร ขจรผล[1*]
Wattawatit Chaisaentao[1] Chontira Sangsiri[2] Nednapa Insalud[3] and Tanaporn Kajonphol[1*]

[1] คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติจังหวัดสกลนคร จังหวัดสกลนคร 47000
[1] Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University, Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus, Sakon Nakhon 47000
[2] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี จังหวัดกาญจนบุรี 71150
[2] Agricultural Sciences Program, Mahidol University, Kanchanaburi Campus, Kanchanaburi 71150
[3] คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290
[3] Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290
[*] Corresponding author: tanaporn.k@ku.th

(Received: 21 December 2021; Revised: 3 August 2022; Accepted: 2 September 2022)

Abstract

The purpose of this research was to assess the relationship between various characteristics of six selected open pollinated (op) mulberry lines and Chiangmai variety hereafter referred as control. The results showed that the variety 1037 and 1102 gave a higher branch length (312.60 and 295.56 cm.), total yield (2,127.00 and 1,536.30 g.), TSS/TA (47.13 and 47.48) total phenolic content (1,243.60 and 1,214.00 mg GAE/100g.) than the control. Total Soluble Solid (TSS) varied from 13.67-20.83 °Brix. TSS/TA showed ranged 21.27-47.48. The correlation among 14 characters revealed the significantly positive correlations to total yields per plant were observed for fruit weight (0.73), fruit width (0.59) and fruit length (0.61). Branches per plant, fruit weight, fruit width, fruit length and total yield were positively correlated with total soluble solid (TSS) (0.87, 0.82, 0.87, 0.88 and 0.62). Moreover, 1037 and 1102 had a high of number yield per plant and TSS/TA which revealed outstanding performance for the market of fresh mulberry consumption. This study can be used to select and develop the varieties that are suitable for Sakon Nakhon province planting areas.

Keywords: Fruit mulberry, open pollinated breeding lines, fruit quality, correlation of characters

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความสัมพันธ์ของลักษณะที่แสดงออกของหม่อนผลพันธุ์ผสมเปิดที่ได้จากการคัดเลือก 6 สายพันธุ์ เปรียบเทียบกับพันธุ์เชียงใหม่ ผลการศึกษาพบว่าสายพันธุ์ 1037 และ 1102 มีลักษณะความยาวกิ่ง (312.60 และ 295.56 ซม.) ผลผลิตรวมต่อต้น (2,127.00 และ 1,536.30 ก.) TSS/TA (47.13 และ 47.48) และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (1,243.60 และ 1,214.00 มก. สมมูลของกรดแกลลิคต่อ 100 ก. น้ำหนักแห้ง) มากกว่าพันธุ์เชียงใหม่ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (TSS) อยู่ในช่วง 13.67-20.83 องศาบริกซ์ สัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ต่อปริมาณกรดที่สามารถไทเทรตได้ (TSS/TA) อยู่ในช่วง 21.27-47.48 ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะจำนวน 14 ลักษณะ พบว่า น้ำหนักผลผลิตรวมมีความค่าสัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ น้ำหนักผล (r = 0.73) ความกว้างผล (0.59) และ ความยาวผล (0.61) ส่วนจำนวนกิ่ง น้ำหนักต่อผล ความกว้างผล ความยาวผล และผลผลิตต่อต้น มีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (TSS) (0.87, 0.82, 0.87, 0.88 และ 0.62 ตามลำดับ) นอกจากนั้น สายพันธุ์ 1037 และ 1102 ซึ่งมีผลผลิตรวมต่อต้น และ TSS/TA สูง แสดงถึงศักยภาพเหมาะสมต่อตลาดหม่อนผลสด ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปใช้ในการคัดเลือกและพัฒนาสายพันธุ์หม่อนผลสดให้เหมาะสมต่อพื้นที่ปลูกในจังหวัดสกลนครได้

คำสำคัญ: หม่อนผล พันธุ์ผสมเปิด คุณภาพผล สหสัมพันธ์ของลักษณะ

คำนำ

หม่อน อยู่ในวงศ์ Moraceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Morus* sp. กระจายพันธุ์ทั่วไปในเขตอบอุ่น กึ่งเขตร้อน หรือเขตร้อนของโลก เช่น เอเชีย ยุโรป อเมริกาใต้ อเมริกาเหนือ ตะวันตกเฉียงเหนือของอเมริกาใต้ และบางพื้นที่ของแอฟริกา สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพภูมิอากาศ ภูมิประเทศ และดินที่หลากหลาย (Hosseini *et al*., 2018) พืชในสกุล *Morus* มีประมาณ 24 สปีชีส์ แต่ละสปีชีส์มีย่อยลงมาอย่างน้อย 100 สายพันธุ์ (Ercisli and Orhan, 2007) สายพันธุ์ที่รู้จักกันมากที่สุดในสกุล *Morus* ได้แก่ หม่อนขาว (*Morus alba* L.) หม่อนดำ (*Morus nigra* L.) และหม่อนแดง (*Morus rubra* L.) (Gundogdu *et al*., 2011) การปลูกต้นหม่อนเป็นภูมิปัญญาเพื่อใช้ใบเป็นอาหารสำหรับหนอนไหม (*Bombyx mori* L.) อาหารสัตว์ และเป็นไม้ประดับ (Vijayan, 2010) การบริโภคหม่อนมีทั้งรูปแบบสดและแปรรูป เช่น น้ำผลไม้ แยม น้ำเชื่อม ผลไม้แห้ง รวมถึงนำมาใช้เป็นสีย้อมธรรมชาติ (Ercisli and Orhan, 2007; Gundogdu *et al*., 2011) จากการศึกษาพบว่า ผลหม่อนอาจมีผลในเชิงบวกต่อสุขภาพของมนุษย์โดยเฉพาะในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ที่เกิดจากการรับประทานอาหารที่มีไขมันมาก ขาดการออกกำลังกาย มักพบในผู้ใหญ่อายุ 40 ปีขึ้นไป (Wang *et al*., 2013) ในทำนองเดียวกัน ใบหม่อนช่วยในการทุเลาอาการเบาหวานและลดความดันโลหิตได้เช่นเดียวกัน (Wu *et al*., 2013; Jeszka-Skowron *et al*., 2014) ในผลหม่อนมีสารที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ที่อุดมไปด้วยสารประกอบฟีนอลิก รวมทั้งฟลาโวนอลและวิตามิน ตลอดจนสารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ในกรณีของผลหม่อนแดงและดำ ปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญเหล่านั้นจะมีปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดพันธุ์และสภาพแวดล้อมของการปลูก (Juan *et al*., 2012) หม่อนสามารถปรับตัวได้ดีภายใต้สภาพอากาศที่หลากหลาย สามารถปลูกได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ภูเขา ที่ราบ และหุบเขา การปรับตัวภายใต้สภาวะรอน้ำฝน ตลอดจนสภาพแวดล้อมในเขตชลประทาน (Srivastava *et al*., 2003) และสามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินที่อุดมสมบูรณ์ ดินทรายหรือดินเหนียว พื้นที่ที่แห้งแล้งและมีธาตุอาหารต่ำ (Han, 2007) หม่อนมีระบบรากที่แข็งแรงและลึก โดยรากทุติยภูมิและตติยภูมิในดิน ช่วยให้สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมที่แห้งแล้ง การกระจายพันธุ์หม่อนไปทวีปต่าง ๆ ภายใต้สภาวะที่หลากหลายบ่งชี้ถึงความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่หลากหลายได้ดี (Huang and Wang, 2012)

การปรับปรุงพันธุ์และคัดเลือกพันธุ์หม่อนผลมีวัตถุประสงค์เพื่อได้ข้อมูลสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง ขนาดผลใหญ่หรือยาว รวมถึงด้านรสชาติ และอื่น ๆ เช่น Krishna *et al.* (2020) ศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาและสารแอนติออกซิแดนซ์ของสายพันธุ์หม่อน (*Morus* spp.) พบสายพันธุ์หม่อนที่มีผลแดงดำ มีความสัมพันธ์กับสารแอนติออกซิแดนซ์

ในปริมาณสูง ในขณะที่ Ebrahimi *et al.* (2021) ศึกษาพบสายพันธุ์หม่อนกลุ่มที่มีลักษณะดีด้านสัณฐานวิทยา และสรีรวิทยา ได้แก่ น้ำหนักผลสดและแห้ง เป็นต้น กลุ่มที่มีลักษณะทางเคมีที่ดี เช่น วิตามินซี ความหวาน เป็นต้น นอกจากนั้นยังพบว่า ขนาดผล และรสชาติ มีความสัมพันธ์ทางบวกกับลักษณะทางใบ ปริมาณสารฟีโนลิกมีความสัมพันธ์ทางบวกกับสารแอนติออกซิแดนซ์ และปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมด หม่อนเป็นพืชผสมข้ามตามธรรมชาติ มีทั้งต้นตัวผู้ ต้นตัวเมีย และต้นที่มี 2 เพศในต้นเดียวกัน ซึ่งลักษณะทางพันธุกรรมส่วนใหญ่เป็นแบบเฮเทอโรไซกัส (Thriveni *et al.*, 2021) การสร้างประชากรพันธุ์ผสมเปิดของหม่อนผลสดเป็นวิธีการหนึ่งในการสร้างความหลากหลายของหม่อนกินผลซึ่งนำไปสู่การคัดเลือกสายพันธุ์ดี เหมาะสมต่อการปลูกในพื้นที่ได้ต่อไป โดยการเปรียบเทียบลักษณะที่ต้องการ และการวัดค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ เป็นเครื่องมือในการคัดเลือกสายพันธุ์หม่อนที่ต้องการ การวัดค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ จะทำให้ทราบระดับความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงต้นกับปริมาณผลผลิต ขนาดผลกับปริมาณสารแอนโทไซยานิน เป็นต้น ซึ่งใช้ในการคัดเลือกลักษณะหนึ่งที่มีผลต่ออีกลักษณะหนึ่งได้อีกด้วย ซึ่งเป็นประโยชน์มากในงานการปรับปรุงสายพันธุ์หม่อน การศึกษาด้านสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะในหม่อนผลสด ยังมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกลักษณะในงานปรับปรุงพันธุ์หม่อนผลสด เช่นเดียวกับการทดลองของ Nonthakod *et al.* (2019) ที่หาความสัมพันธ์ของลักษณะจำนวนกิ่งต่อต้นและจำนวนตาต่อกิ่งมีผลต่อผลผลิตของหม่อนผลสด ในปัจจุบันการพัฒนาสายพันธุ์หม่อนให้มีผลผลิตสูงและตอบสนองต่อพื้นที่มีความต้องการอย่างต่อเนื่อง เพื่อหาสายพันธุ์ที่มีความแตกต่างจากเดิมและใช้ประโยชน์ได้เพิ่มมากขึ้น การทดลองนี้ได้ทำการศึกษาในพื้นที่จังหวัดสกลนคร ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการปลูกและใช้ประโยชน์จากหม่อนผลสดอยู่เป็นอย่างมาก โดยทำการศึกษาลักษณะผลผลิต และคุณภาพของผลหม่อน จากสายพันธุ์หม่อนพันธุ์ผสมเปิดจำนวน 6 สายพันธุ์ในสภาพแปลงทดลอง และใช้พันธุ์เชียงใหม่เป็นพันธุ์ควบคุม เพื่อหาสายพันธุ์หม่อนที่ให้ลักษณะสัณฐานวิทยาดี ให้ผลผลิตสูง และผลหม่อนคุณภาพดี โดยบันทึกลักษณะสำคัญบางประการ ได้แก่ ความยาวกิ่ง จำนวนตาต่อกิ่ง ความยาวข้อปล้อง จำนวนกิ่งต่อต้น น้ำหนักต่อผล ความกว้างและความยาวผล น้ำหนักผลรวมต่อต้น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไตรเตรทได้ สัดส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไตรเตรทได้ ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (DPPH) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) และวิตามินซี เพื่อใช้หาความแตกต่างของหม่อนแต่ละสายพันธุ์ และนำข้อมูลที่ได้ไปคัดเลือกสายพันธุ์หม่อน เพื่อการใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ต่อไป ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ข้อมูลสายพันธุ์หม่อนผลที่เหมาะสมต่อการปลูกในเขตพื้นที่จังหวัดสกลนคร และข้อมูลความสัมพันธ์ของลักษณะบางประการ เพื่อใช้ในคัดเลือกสายพันธุ์หม่อนที่ต้องการต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การประเมินความสัมพันธ์ขององค์ประกอบและคุณภาพผลผลิตของหม่อนผลพันธุ์ผสมเปิด

ใช้หม่อนพันธุ์ผสมเปิดอายุ 2 ปี จำนวน 6 สายพันธุ์ ได้แก่ 1006 1022 1037 1102 1107 และ 2104 เปรียบเทียบกับพันธุ์เชียงใหม่ ทำการศึกษาระหว่างเดือนมกราคม-เมษายน พ.ศ. 2563 ณ ศูนย์ศึกษาการพัฒนาภูพานอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดสกลนคร (17°05´58´´ N, 104°02´20´´E) วางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกอย่างสมบูรณ์ (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ตัดแต่งต้นหม่อนให้สูงจากระดับพื้นดิน 30 เซนติเมตร บันทึกข้อมูลจากกิ่งที่เกิดใหม่ต่อต้น ได้แก่ ความยาวกิ่ง (เซนติเมตร) (โดยสุ่มวัดจากกิ่งแบบ Primary ที่เกิดใหม่หลังการตัดแต่งกิ่ง 5 กิ่งต่อต้น) จำนวนตาต่อกิ่ง (ตา) (5 กิ่งต่อต้น) ความยาวข้อปล้อง (เซนติเมตร) (5 กิ่งต่อต้น) จำนวนกิ่งต่อต้น (กิ่ง) น้ำหนักต่อผล (กรัม) (5 ผลต่อต้น) ความกว้างและความยาวผล (มิลลิเมตร) (5 ผลต่อต้น) น้ำหนักผลรวมต่อต้น (กรัม) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์) (5 ผลต่อต้น) ปริมาณกรดที่ไตรเตรทได้ (เปอร์เซ็นต์) (5 ผลต่อต้น) สัดส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไตรเตรทได้ ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (DPPH) (เปอร์เซ็นต์) ตามวิธีการของ Iqbal *et al.* (2012) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) (มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิคต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) ตามวิธีการของ (Iqbal *et al.*, 2012) และ วิตามินซี (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) ตามวิธีการของ A.O.A.C. (1990)

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีผลหม่อน

วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Total Soluble Solid; TSS) ตามวิธีการของ A.O.A.C. (1990) วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ด้วย Hand Refractometer วิเคราะห์ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (Titratable Acidity; TA) โดยนำน้ำคั้นที่ได้จากผลหม่อน มาคำนวณหาปริมาณกรดที่ได้ ตามวิธีของ A.O.A.C. (1990) วิเคราะห์ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (DPPH) โดยเตรียมสารละลาย DPPH ตามวิธีการทดลอง และนำมาคำนวณหาความสามารถในการต้านทานอนุมูลอิสระตามวิธีการของ Iqbal *et al.* (2012) วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) โดยการวิเคราะห์ Total Phenolic Content ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu reagent assay แล้วนำมาคำนวณตามวิธีการของ Iqbal *et al.* (2012) วิเคราะห์วิตามินซีโดยชั่งตัวอย่างผลหม่อนที่บดละเอียดแล้ว นำไปคำนวณปริมาณวิตามินซีตามวิธีของ A.O.A.C. (1990)

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลตามแผนการทดลองและเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรม *R*-program v. 2.8.1 (http://www.r-project.org/) และหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ (Phenotypic correlation coefficients between the traits) ด้วยวิธีของ Johnson and Kuby (2004)

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาและลักษณะคุณภาพของหม่อนผลพันธุ์ผสมเปิด

ผลการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและคุณภาพของผลหม่อนสด รวม 14 ลักษณะ พบว่า ความยาวกิ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 1) มีความยาวระหว่าง 157.43-312.60 เซนติเมตร โดยสายพันธุ์ 1037 มีความยาวของกิ่งมากที่สุด (312.60 เซนติเมตร) รองลงมาคือ สายพันธุ์ 1006 และ 1102 (299.40 และ 295.56 เซนติเมตร ตามลำดับ) ส่วนหม่อนพันธุ์เชียงใหม่ มีความยาวของกิ่งน้อยที่สุด (157.43 เซนติเมตร) ด้านจำนวนตาต่อกิ่งพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพันธุ์เชียงใหม่มีจำนวนตาต่อกิ่งมากที่สุด (32.67 ตา) รองลงมาคือ สายพันธุ์ 1022, 1102 และ 1107 (26.67, 26.33 และ 26.33 ตา ตามลำดับ) ในขณะที่ความยาวข้อปล้อง พบว่า สายพันธุ์ 2104 มีความยาวมากที่สุด เท่ากับ 4.30 เซนติเมตร รองลงมาคือ สายพันธุ์ 1006 และ 1037 (4.28 และ 3.85 เซนติเมตร ตามลำดับ) ส่วนพันธุ์เชียงใหม่มีข้อปล้องสั้นที่สุด (3.54 เซนติเมตร) ด้านจำนวนกิ่งต่อต้น พบว่า มีจำนวนระหว่าง 7.00-14.75 กิ่ง โดยพันธุ์เชียงใหม่ มีจำนวนกิ่งต่อต้นมากที่สุด คือ 14.75 กิ่ง รองลงมาคือ สายพันธุ์ 1102, 1037 และ 1107 (13.33, 11.33 และ 11.00 กิ่ง ตามลำดับ) (Table 1)

นอกจากนี้พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของน้ำหนักต่อผล โดยพบว่า น้ำหนักต่อผลอยู่ระหว่าง 0.82-5.62 กรัม น้ำหนักต่อผลมากที่สุด คือ สายพันธุ์ 1107 (5.62 กรัม) รองลงมาคือ สายพันธุ์ 1102 และ 1037 มีน้ำหนัก 4.14 และ 2.71 กรัม ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าพันธุ์เชียงใหม่ มีน้ำหนัก คือ 2.60 กรัม และด้านขนาดผล พบว่า ความกว้างและยาวของผลมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผลมีความกว้างระหว่าง 9.33-17.67 มิลลิเมตร ซึ่งพันธุ์เชียงใหม่ มีความกว้างผลมากที่สุด คือ 17.67 มิลลิเมตร รองลงมาคือ สายพันธุ์ 1102 (16.67 มิลลิเมตร) ด้านความยาวผล มีความยาวระหว่าง 15.67-45.67 มิลลิเมตร โดยสายพันธุ์ที่มีความยาวผลมากที่สุด คือ 1107 (45.67 มิลลิเมตร) รองลงมาได้แก่ สายพันธุ์ 1102 (39.33 มิลลิเมตร) ส่วนพันธุ์เชียงใหม่ มีความยาวผลเท่ากับ 35.67 มิลลิเมตร ในส่วนของน้ำหนักผลผลิตต่อต้นมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์เชียงใหม่ซึ่งมีน้ำหนักผลผลิตต่อต้น เท่ากับ 1,525 กรัม พบว่า สายพันธุ์ 1037 มีน้ำหนักผลผลิตต่อต้นมากที่สุดคือ 2,127 กรัม และสายพันธุ์ 1107 มีน้ำหนักผลผลิตต่อต้นน้อยที่สุด คือ 514.20 กรัม ซึ่งลักษณะขนาดผลสดนั้นสอดคล้องกับงานวิจัยของ Krishna *et al.* (2020) ที่ได้ศึกษาลักษณะขนาดผลสดและน้ำหนักผลสดของหม่อน 10 สายพันธุ์ จากประเทศอินเดีย ผลการทดลองพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของแต่ละพันธุ์และแต่ละชนิด ซึ่งความยาวผลสดอยู่ในช่วง 10.00-56.00 มิลลิเมตรใกล้เคียงกับงานวิจัยนี้ แต่ในส่วนของความกว้างผลมีขนาดน้อยกว่าคืออยู่ระหว่าง 5.00-10.60 มิลลิเมตร เนื่องจากพันธุกรรมและแหล่งปลูกที่แตกต่างกันในด้านความชื้น แสง อุณหภูมิและสมบัติของดิน

ส่วนคุณภาพผลผลิตที่เกี่ยวข้องกับรสชาติ (Table 2) พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) อยู่ในช่วง 11.67-20.83 องศาบริกซ์ โดยสายพันธุ์ 1107 มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 20.83 องศาบริกซ์ รองลงมาคือ พันธุ์เชียงใหม่ และ 1002 (20.17 และ 20.00 องศาบริกซ์ ตามลำดับ) แต่ทั้งนี้ในส่วนปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (Titratable Acidity; TA) พบว่า อยู่ในช่วง 0.37-0.92 เปอร์เซ็นต์ โดยพันธุ์เชียงใหม่มีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้มากที่สุด เท่ากับ 0.92 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ สายพันธุ์ 2104 และ 1107 (0.64 และ 0.56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) และเมื่อคิดเป็นอัตราส่วน TSS/TA พบว่า ในสายพันธุ์ 1102 และ 1037 มีค่าเท่ากับ 47.48 และ 47.13 ตามลำดับ สูงสุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับพันธุ์เชียงใหม่ (21.64) ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับงานก่อนหน้าที่พบว่าลักษณะทางชีวเคมีบางลักษณะ (biochemical traits) ของผลหม่อนมีอิทธิพลมาจากปัจจัยทางด้านพันธุกรรม สภาพภูมิอากาศ โครงสร้างดิน และอื่น ๆ (Gundogdu *et al*., 2011) และค่าของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ที่แตกต่างกันระหว่างสายพันธุ์ เกิดจากอิทธิพลของความแตกต่างของพันธุกรรมในแต่ละสายพันธุ์ลูกผสมแบบเปิด สอดคล้องกับงานของ Yilmaz *et al*. (2012) และ Krishna *et al.* (2020) ซึ่งพบว่า แต่ละสายพันธุ์และแต่ละชนิดมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ที่มีความแปรปรวนที่กว้าง อยู่ในช่วง 14.6-43.3 องศาบริกซ์ (Table 2)

จากผลการทดลองสามารถประเมินได้ว่า สายพันธุ์ 1037 และ 1102 เป็นสายพันธุ์ที่มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาด้านผลผลิต และคุณภาพผลผลิตที่ดีกว่าพันธุ์เชียงใหม่ โดยสายพันธุ์ 1037 มีความยาวกิ่งหลังการตัดแต่งกิ่ง 312.60 เซนติเมตร มากกว่าพันธุ์เชียงใหม่ที่มีความยาวกิ่ง 157.43 เซนติเมตร อย่างชัดเจน ด้านผลผลิตและคุณภาพผลผลิต สายพันธุ์ 1037 มีน้ำหนักผลผลิตรวมต่อต้นมากที่สุด (2,127.00 กรัม) และมากกว่าพันธุ์เชียงใหม่ (1,525.10 กรัม) นอกจากนั้น สายพันธุ์ 1037 ยังมีค่า TSS/TA ที่เกี่ยวข้องในด้านรสชาติ และเกี่ยวข้องกับความหวานและความเปรี้ยวของผลหม่อนสด (Jiang and Nei, 2015; Gundongdu *et al.*, 2011) ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (DPPH) และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) ที่มากกว่าพันธุ์เชียงใหม่ซึ่งเป็นพันธุ์ควบคุมอีกด้วย ซึ่งมีค่าเท่ากับ 47.13, 63.47 เปอร์เซ็นต์ และ 1,243.60 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิคต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ส่วนพันธุ์เชียงใหม่มีค่าเท่ากับ 21.64, 46.30 เปอร์เซ็นต์ และ 1109.97 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิคต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ส่วนสายพันธุ์ 1102 เป็นอีกหนึ่งสายพันธุ์ที่มีลักษณะทางสัณฐานวิทยา ด้านผลผลิต และคุณภาพผลผลิตที่ดีมากกว่าพันธุ์เชียงใหม่ โดยมีความยาวกิ่งหลังการตัดแต่งกิ่ง 295.56 เซนติเมตร มากกว่าพันธุ์เชียงใหม่ (157.43 เซนติเมตร) อย่างเห็นได้ชัด มีความกว้างผลที่ใกล้เคียงกับพันธุ์เชียงใหม่ แต่มีความยาวผลที่มากกว่าพันธุ์เชียงใหม่ อีกทั้งยังมีน้ำหนักผลผลิตรวมต่อต้นมากกว่าพันธุ์เชียงใหม่ ซึ่งเท่ากับ 1,536.30 กรัม ส่วนพันธุ์เชียงใหม่มีน้ำหนักผลผลิตรวมต่อต้น เท่ากับ 1,525.10 กรัม นอกจากนั้น สายพันธุ์ 1102 ยังมีค่า TSS/TA และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) ที่มากกว่าพันธุ์เชียงใหม่ อีกด้วย โดยมีค่าเท่ากับ 47.48 และ 1,214.00 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิคต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ส่วนพันธุ์เชียงใหม่มีค่าเท่ากับ 21.64 และ 1,109.97 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิคต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

Table 1 Analysis of morphological characters of six open pollinated mulberry lines and a control variety

Accessions	Branch length (cm)	Number of buds per branch (bud)	Internode length (cm)	Branches per plants	Fruit weight (g/fruit)	Fruit width (mm)	Fruit length (mm)	total yield (g)
1006	299.40±64.27^{a}	23.33±0.58^{c}	4.28±0.10^{a}	7.00±1.73^{d}	1.18±0.21^{d}	9.33±1.53^{d}	23.00±1.00^{d}	596.00±60.10^{b}
1022	243.66±40.55^{ab}	26.67±2.08^{b}	3.76±0.29^{ab}	7.33±1.93^{d}	0.82±0.09^{d}	9.53±1.58^{d}	15.67±4.51^{e}	773.50±40.30^{b}
1037	312.60±34.59^{a}	26.00±2.00^{bc}	3.85±0.30^{ab}	11.33±2.31^{bc}	2.71±0.27^{c}	14.33±2.08^{bc}	33.00±3.00^{c}	2127.00±43.25^{a}
1102	295.56±6.69^{a}	26.33±1.53^{bc}	3.80±0.22^{ab}	13.33±0.58^{ab}	4.14±0.63^{b}	16.67±0.58^{ab}	39.33±0.58^{b}	1536.30±30.50^{ab}
1107	292.40±69.08^{a}	26.33±1.15^{bc}	3.80±0.17^{ab}	11.00±3.46^{bc}	5.62±0.69^{a}	14.53±1.70^{bc}	45.67±2.08^{a}	514.20±29.20^{b}
2104	252.26±4.37^{ab}	23.33±2.08^{c}	4.30±0.40^{a}	9.33±0.58^{cd}	2.70±0.39^{c}	13.33±0.58^{c}	33.67±2.08^{c}	1163.50±60.78^{ab}
Chiang Mai (control)	157.43±9.55^{b}	32.67±2.08^{a}	3.54±0.52^{b}	14.75±1.30^{a}	2.60±0.20^{c}	17.67±0.58^{a}	35.67±3.06^{bc}	1525.10±35.90^{ab}
mean	264.80	26.40	3.90	10.53	2.80	13.60	32.30	1176.50
F-test	**	*	*	**	*	*	*	*
CV (%)	15.57	6.56	8.03	18.18	14.54	9.98	8.16	37.69

Remarks: [1/]Different English letters in the same column by means of Duncan's new multiple range test, * = significant at 0.05, ** = significant at 0.01, ± = Standard deviation

Table 2 Analysis of fruit quality of six open pollinated mulberry lines and a control variety

Accessions	TSS (°Brix)	Titratable acidity (%)	TSS/TA	DPPH (%)	TPC (mg GAE/100g)	Vitamin C (mg/g)
1006	13.83±0.76^{bc}	0.39±0.07^{c}	35.46±1.96^{b}	47.63±5.23^{b}	1056.67±63.82^{b}	4.40±0.35^{bc}
1022	11.67±1.15^{c}	0.37±0.06^{c}	31.86±6.63^{b}	39.53±8.06^{b}	1206.00±24.73^{a}	4.00±0.04^{c}
1037	17.50±1.32^{ab}	0.37±0.03^{c}	47.13±5.97^{a}	63.47±5.58^{a}	1243.60±29.63^{a}	4.97±0.12^{b}
1102	20.00±2.00^{a}	0.42±0.03^{c}	47.48±5.62^{a}	44.30±4.75^{b}	1214.00±95.10^{a}	4.10±0.25^{c}
1107	20.83±2.75^{a}	0.56 ±0.11^{b}	39.02±10.73^{ab}	42.60±4.88^{b}	422.40±67.76^{d}	4.50±0.49^{bc}
2104	13.67±2.08^{bc}	0.64±0.05^{b}	21.27±1.65^{c}	63.23±9.69^{a}	865.20±26.54^{c}	2.73±0.05^{d}
Chiang Mai (control)	20.17±1.26^{a}	0.92 ±0.03^{a}	21.64±0.98^{c}	46.30±3.82^{b}	1109.97±68.23^{ab}	7.17±0.66^{a}
mean	16.80	0.50	34.80	49.60	1016.80	4.60
F-test	**	*	**	**	**	**
CV (%)	10.34	10.82	2.14	12.73	7.42	7.74

Remarks: [1/]Different English letters in the same column by means of Duncan's new multiple range test, * = significant at 0.05, ** = significant at 0.01, ± = Standard deviation

ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบและคุณภาพผลผลิตของหม่อนผลลูกผสมเปิด

ผลการศึกษาค่าสหสัมพันธ์ขององค์ประกอบของผลผลิต และองค์ประกอบทางเคมีของสายพันธุ์หม่อนของทั้ง 14 ลักษณะ (Table 3) พบดังนี้

ความยาวกิ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางลบกับจำนวนตาต่อกิ่ง (r = -0.77) จำนวนตาต่อกิ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางลบกับความยาวข้อปล้อง (r = -0.91) จำนวนตาต่อกิ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางบวกกับจำนวนกิ่งต่อต้น (r = 0.73) สอดคล้องกับงานทดลองของ Rahman and Isman (2020) ที่รายงานว่า ความยาวกิ่งมีความสัมพันธ์ทางลบกับสัดส่วนจำนวนตาต่อความยาวกิ่งคือ r = -0.261 สัดส่วนจำนวนตาต่อกิ่งกับความยาวข้อปล้องมีความสัมพันธ์ทางลบคือ r = -0.975 และสัดส่วนจำนวนตาต่อกิ่งกับจำนวนกิ่งต่อต้นมีความสัมพันธ์ทางบวกคือ r = 0.221 นอกจากนี้จำนวนกิ่งต่อต้นมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางลบกับความยาวข้อปล้อง (r = -0.71) สอดคล้องกับงานของ Rahman and Isman (2020) ซึ่งรายงานว่า จำนวนกิ่งต่อต้นมีความสัมพันธ์ทางลบกับความยาวข้อปล้อง (r = -0.262) ในหม่อนที่ปลูกในประเทศบังกลาเทศ และ Peris *et al.* (2014) ที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนกิ่งต่อต้น กับความยาวข้อปล้องของหม่อนที่ปลูกในประเทศเคนยา พบว่าทั้ง 2 ลักษณะมีความสัมพันธ์กันทางลบ (r = -0.342)

น้ำหนักผลมีความค่าสัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับความกว้างผล (0.65) และความยาวผล (0.95) สอดคล้องกับ Hosseini *et al.* (2018) ซึ่งพบว่า น้ำหนักของผลมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางบวกต่อความยาวผล (r = 0.91) และความกว้างผล (r = 0.91) ในขณะที่ Hashemi and Khadivi (2020) พบว่า น้ำหนักของผลมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางบวกต่อความยาวผล (r = 0.92) และความกว้างผล (r = 0.83) และผลงานวิจัยของ Krishna *et al.* (2020) ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์ทางบวกระหว่างผลผลิตรวมกับความยาวผลที่ 0.65 และผลผลิตรวมกับความกว้างผลที่ 0.80 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Nonthakod *et al.* (2019) ที่พบว่า น้ำหนักผลมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความกว้างผล (r = 0.86) และความยาวผลหม่อน (r = 0.91) ที่ทำการศึกษาอีกทั้ง จำนวนกิ่งต่อต้น น้ำหนักผล ความกว้างผล ความยาวผล และผลผลิตต่อต้น มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Total Soluble Solid; TSS) เท่ากับ 0.87, 0.82, 0.87, 0.88 และ 0.62

ทั้งนี้ ในการคัดเลือกหม่อนผลที่มีจำนวนกิ่ง น้ำหนักต่อผล ความกว้างและความยาวผลมาก จะทำให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Total Soluble Solid; TSS) มากด้วยเช่นกัน อีกทั้งในการคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีจำนวนตาต่อกิ่งมาก จะได้สายพันธุ์ที่มีระยะห่างข้อปล้องน้อยลงเช่นกัน ในการคัดเลือกหม่อนผลสดที่มีความกว้างผล ความยาวผล และน้ำหนักต่อผลมาก จะได้สายพันธุ์ที่มีน้ำหนักรวมต่อต้นมากด้วยเช่นกัน (Krishna *et al.*, 2020)

จากการประเมินด้านสัณฐานวิทยา ด้านผลผลิต คุณภาพผลผลิต ของหม่อนผลพันธุ์ผสมเปิด 6 สายพันธุ์ โดยเปรียบเทียบกับหม่อนผลพันธุ์เชียงใหม่ซึ่งเป็นพันธุ์ส่งเสริมให้เกษตรกรปลูก (ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ เชียงใหม่, 2550) และศึกษาลักษณะความสัมพันธ์ขององค์ประกอบและคุณภาพผลผลิต พบว่าหม่อนผลลูกผสมเปิดสายพันธุ์ 1037 และ 1102 มีความยาวกิ่ง และระยะห่างข้อปล้องมากกว่าหม่อนผลพันธุ์เชียงใหม่ สายพันธุ์ 1037 มีน้ำหนักผลใกล้เคียงกับพันธุ์เชียงใหม่ ในขณะที่พันธุ์ 1102 มีน้ำหนักผลมากกว่าพันธุ์เชียงใหม่ ด้านปริมาณผลผลิต พบว่า ทั้ง 2 สายพันธุ์มีผลผลิตมากกว่าพันธุ์เชียงใหม่ ในด้านคุณภาพผลผลิต พบว่า หม่อนผลทั้ง 2 สายพันธุ์ มีความหวานมากกว่าพันธุ์เชียงใหม่เมื่อเปรียบเทียบจากค่า TSS/TA อีกทั้งหม่อนสายพันธุ์ 1037 ยังมีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (DPPH) และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) มากกว่าพันธุ์เชียงใหม่ ส่วนสายพันธุ์ 1102 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) มากกว่าพันธุ์เชียงใหม่

Table 3 Correlation of yield components and chemical components of six open pollinated mulberry lines and a control variety

	No. of buds per branch	Internode length	Branches per plants	Fruit weight	Fruit width	Fruit length	total yield	TSS	Titratable acidity	TSS/TA	DPPH	TPC	Vitamin C
Branches length	-0.77*	0.51	-0.38	0.23	-0.33	0.08	-0.06	-0.07	-0.83*	0.80*	0.20	-0.11	-0.57
Number of buds per branch		-0.91**	0.73*	0.10	0.62	0.20	0.32	0.54	0.71*	-0.25	-0.35	0.17	0.88**
Internode length			-0.71*	-0.28	-0.61	-0.28	-0.30	-0.62	-0.46	-0.07	0.48	-0.12	-0.73*
Branches per plants				0.56	0.98**	0.71	0.61	0.87*	0.59	0.07	0.01	0.05	0.63
Fruit weight					0.65*	0.95**	0.73*	0.82*	0.22	0.34	-0.06	-0.65	0.02
Fruit width						0.80*	0.59*	0.87*	0.59	0.05	0.10	-0.05	0.50
Fruit length							0.61*	0.88**	0.41	0.21	0.12	-0.56	0.16
total yield								0.62*	0.06	0.26	0.57	0.59	0.32
TSS									0.33	0.32	-0.14	-0.29	0.55
Titratable acidity										-0.70	-0.03	-0.31	0.61
TSS/TA											-0.06	0.16	-0.11
DPPH												0.11	-0.24
TPC													0.19

Remarks: *, ** Correlation is significant at the 0.05 level and 0.01 level respectively

สรุปผลการวิจัย

การทดลองนี้เป็นการศึกษาองค์ประกอบและคุณภาพผลผลิตของหม่อนผลพันธุ์ผสมเปิดจำนวน 6 สายพันธุ์ เปรียบเทียบกับพันธุ์เชียงใหม่ ในพื้นที่จังหวัดสกลนคร พบว่า สายพันธุ์หม่อนที่ให้ผลผลิตดีที่สุดคือ สายพันธุ์ 1037 และ 1102 มีผลผลิตต่อต้นเท่ากับ 2,127.00 และ 1,536.30 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าพันธุ์เชียงใหม่ที่ใช้เป็นพันธุ์ควบคุม นอกจากนี้พบความกว้างผล ความยาวผล และน้ำหนักต่อผล มีความสัมพันธ์ทางบวกกับน้ำหนักรวมต่อต้น ส่วนจำนวนกิ่ง น้ำหนักต่อผล ความกว้างและความยาวผล และผลผลิตต่อต้น มีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (TSS)

เอกสารอ้างอิง

ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ เชียงใหม่. 2550. หม่อนพันธุ์แนะนำ: หม่อนผลสดพันธุ์เชียงใหม่. แหล่งข้อมูล http://chiangmaisilk.blogspot.com/2007/07/blog-post_2391.html (2 สิงหาคม 2565).

A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis. 15th Edition, Association of Official Analytical Chemist, Washington DC.

Ebrahimi, A., A. Poursalavati, M.M. Esboei, S.R. Monfared, M. Sahebi, M.R. Amerian and H.H. Khoshro. 2021. Population and individual multivariate analysis of white (*Morus alba*), red (*Morus rubra*) and black (*Morus nigra*) mulberry genotypes: applications for breeding, conservation and development. Euphytica. 217: 1-27.

Ercisli, S. and E. Orhan. 2007. Chemical composition of white (*Morus alba*), red (*Morus rubra*) and black (*Morus nigra*) mulberry fruits. Food chem. 103(4): 1380-1384.

Gundogdu, M., F. Muradoglu, R.G. Sensoy and H. Yilmaz. 2011. Determination of fruit chemical properties of *Morus nigra* L., *Morus alba* L. and *Morus rubra* L. by HPLC. Sci. Hortic. 132: 37-41.

Han, S.Y. 2007. The ecological value of mulberry and its ecological cultivation models for planting mulberry from eastern to western areas in Guizhou. Guizhou Agric. Sci. 35(5): 140-142.

Hashemi, S. and A. Khadiv. 2020. Morphological and pomological characteristics of white mulberry (*Morus alba* L.) accessions. Sci. Hortic. 259: 1-9.

Hosseini, A.S., M. Akramian, A. Khadivi and H. Salehi-Arjmand. 2018. Phenotypic and chemical variation of black mulberry (*Morus nigra*) genotypes. Biol. Ind. Crop. Prod. 117: 260-271.

Huang, F. and D. Wang. 2012. The introduction to mulberry to ecological restoration. North Sericulture. 33(4): 52-54.

Iqbal, S., U. Younas, K.W. Chan, R.A. Sarfraz and M.K. Uddin. 2012. Proximate composition and antioxidant potential of leaves from three varieties of Mulberry (*Morus* sp.): a comparative study. Int. J. Mol. Sci. 13(6): 6651-6664.

Jeszka-Skowron, M., E. Flaczyk, J. Jeszka, Z. Krejpcio, E. Król and M.S. Buchowski. 2014. Mulberry leaf extract intake reduces hyperglycaemia in streptozotocin (STZ)-induced diabetic rats fed high-fat diet. J. Funct. Foods. 8: 9-17.

Jiang, Y. and W.J. Nei. 2015. Chemical properties in fruits of mulberry species from the Xinjiang province of China. Food Chem. 174: 460-466.

Johnson, R. and P. Kuby. 2004. Elementary Statistics, Thomson Learning, Inc., USA.

Juan, C., K. Jianquan, T. Junni, C. Zijian and L. Ji. 2012. The profile in polyphenols and volatile compounds in alcoholic beverages from different cultivars of mulberry. J. Food Sci. 77(4). 430-436.

Krishna, H., D. Singh, R.S. Singh, L. Kumar and B.D. Sharma. 2020. Morphological and antioxidant characteristics of mulberry (*Morus* spp.). J. Saudi Soc. Agric. Sci. 19: 136-145.

Nonthakod, S., P. Wiwacharn, C. Sangsiri and T. Kajonphol. 2019. Correlation and path coefficient for economic traits of fruit mulberry (*Morus* spp.) based on criteria mulberry selection. Appl. Mech. Mater. 891: 66-70.

Peris, N.W., K.M. Gacheri, M.M. Theophillus amd N. Lucas. 2014. Morphological characterization of mulberry (*Morus* spp.) accessions grown in Kenya. Sustain. Agric. Res. 3(1): 10-17.

Rahman, S.M. and S.S. Islam. 2020. Genetic variability and correlation studies of mulberry (*Morus alba* L.) genotypes in Bangladesh. Bangladesh J. Bot. 49(3): 685-691.

Srivastava, S., R. Kapoor, A. Thathola and R.P. Srivastava. 2003. Mulberry (*Morus* alba) leaves as human food: a new dimension of sericulture. Int. J. Food Sci. Nutr. 54(6). 411-416.

Thriveni, M.C., R. Mondal, G. Thanavendan, G. Ravikumar and B.T. Sreenivasa. 2021. Characterization of mulberry genetic resources for multiple traits. IJAB. 1(2): 8-15.

Vijayan, K. 2010. The emerging role of genomic tools in mulberry (*Morus*) genetic improvement. Tree Genet. Genomes. 6(4): 613-625.

Wang, Y., L. Xiang, C. Wang, C. Tang and X. He. 2013. Antidiabetic and antioxidant effects and phytochemicals of mulberry fruit (*Morus alba* L.) polyphenol enhanced extract. PloS one. 8(7): 1-10.

Wu, C.H., S.C. Chen, T.T. Ou, C.C. Chyau, Y.C. Chang and C.J. Wang. 2013. Mulberry leaf polyphenol extracts reduced hepatic lipid accumulation involving regulation of adenosine monophosphate activated protein kinase and lipogenic enzymes. J. Funct. Foods. 5(4). 1620-1632.

Yilmaz, K.U., Y. Zengin, S. Ercisli, M.N. Demirtas, T. Kan and A.R. Nazli. 2012. Morphological diversity on fruit characteristics among some selected mulberry genotypes from Turkey. J. Animal Plant Sci. 22(1): 211-214.

วารสารผลิตกรรมการเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION
MJU

ว. ผลิตกรรมการเกษตร 5(2):67-78
J. Agri. Prod. 2023

อิทธิพลของน้ำหมักชีวภาพต่อการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชจากฟางข้าว

Influence of Bio-extracts on Plant Nutrient Release from Rice Straw

ชนากานต์ แย้มฎีกา[1] ผานิตย์ นาขยัน[2] สาวิกา กอนแสง[3] ภาวิณี อารีศรีสม[4] และ วีณา นิลวงศ์[4*]
Chanakan Yamdeeka[1] Phanit Nakayan[2] Sawika Konsaeng[3] Pawinee Areesrisom[4] and Weena Nilawonk[4*]

[1] สาขาวิชาปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290
[1] Division of Soil Science, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290
[2] สาขาการพัฒนาภูมิสังคมอย่างยั่งยืน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290
[2] Division of Geosocial Based Sustainable Development, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290
[3] สาขาวิชาเกษตรเคมี คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290
[3] Division of Agricultural Chemistry, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290
[4] สาขาการจัดการและพัฒนาทรัพยากร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290
[4] Division of Resources Management and Development, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290
[*] Corresponding author: w_nilawonk@hotmail.com

(Received: 10 February 2022; Revised: 22 August 2022; Accepted: 6 September 2022)

Abstract

The objective of this study was to determine the influence of bio-extract types, concentration, and proportion of straw to bio-extracts on the changes and releases of plant nutrients from rice straw. The experiment was conducted in a 3×3×2 factorial organized in a CRD with 3 replications. The first factor was the bio-extract; 1) fish bio-extract (BF), 2) pineapple bio-extract (BP), and 3) microbial activator PD2 (BM). The second factor was bio-extract concentrations; 1) stock (C1), 2) 10x dilution (C2), and 3) 15x dilution (C3), and the third factor was rice straw to bio-extract ratio; 1) 1:10 (R1) and 2) 1:25 (R2) w/v. The treatments were incubated at room temperature for 12 weeks. The results showed that the bio-extracts, concentration of bio-extracts, and rice straw to bio-extract ratios were significantly influenced on the changes and released of plant nutrients from rice straw ($p<0.05$). The BFC1R1 treatment showed the highest content of total nitrogen in incubated straw and solution (1.96% and 0.40%), BFC2R1 and BFC2R2 showed the highest content of total phosphorus (2.16% and 0.11% in incubated straw and solution) and calcium (0.11% in solution). The BMC1R1, BMC2R2, BMC1R2, and BMC2R1 showed the highest content of total potassium, calcium, and magnesium in incubated straw and solution. The results indicate that the efficiency of straw degradation and plant nutrient release depend on the bio-

extracts, concentration of bio-extract, and straw to bio-extract ratio. The best treatment for straw compost production is the fish bio-extract with 1:10 of straw to bio-extract proportion for 12 weeks of compost, that contain largest amount of N and P.

Keywords: Bio-extracts, plant nutrients released, rice straw

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของชนิดน้ำหมักชีวภาพ ความเข้มข้น และอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพต่อการเปลี่ยนแปลงและการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชจากฟางข้าว โดยวางแผนการทดลองแบบ 3×3×2 Factorial in CRD จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วยปัจจัยที่ 1 คือ ชนิดของน้ำหมักชีวภาพ ได้แก่ 1) น้ำหมักปลา 2) น้ำหมักสับปะรด และ 3) สารเร่งซุปเปอร์ พด.2 ที่ขยายเชื้อ ปัจจัยที่ 2 คือ ความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพ ได้แก่ 1) ไม่มีการเจือจาง 2) เจือจาง 10 เท่า และ 3) เจือจาง 15 เท่า และปัจจัยที่ 3 คือ อัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ ได้แก่ 1:10 และ 1:25 ทำการหมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่า ชนิดของน้ำหมักชีวภาพ ความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพ และอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงและปลดปล่อยธาตุอาหารพืชจากฟางข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กรรมวิธีการใช้น้ำหมักปลาที่ไม่เจือจาง อัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:10 ทำให้มีปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุดทั้งในส่วนของฟางข้าวและสารละลายที่ได้จากการหมักเท่ากับ 1.96% และ 0.40% และเมื่อเจือจางน้ำหมักปลา 10 เท่า อัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:10 และ 1:25 ทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัส (2.16% ในฟางข้าว และ 0.11% ในสารละลาย) และแคลเซียมทั้งหมด (0.11% ในสารละลาย) สูงที่สุด ในขณะที่กรรมวิธีการใช้ พด.2 ที่ไม่เจือจางและเจือจาง 10 เท่า ในอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:10 และ 1:25 ทำให้ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมทั้งหมดในฟางข้าวและสารละลายหลังหมักสูงที่สุด ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าชนิดของน้ำหมักชีวภาพ ความเข้มข้น และอัตราส่วนของฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพมีผลต่อประสิทธิภาพการย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุอาหารพืชจากฟางข้าวที่แตกต่างกันออกไป โดยสูตรที่เหมาะสำหรับการผลิตปุ๋ยหมักฟางข้าวที่มีปริมาณธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส) สูงที่สุดได้แก่ การหมักด้วยน้ำหมักปลาที่ไม่เจือจาง อัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหนักชีวภาพ 1:10 เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

คำสำคัญ: น้ำหมักชีวภาพ การปลดปล่อยธาตุอาหารพืช ฟางข้าว

คำนำ

“ฟางข้าว” เป็นวัสดุอินทรีย์เหลือทิ้งจากไร่นาซึ่งมีฟางข้าวเฉลี่ยประมาณปีละ 25.45 ล้านตัน และมีปริมาณตอซังข้าวที่ตกค้างอยู่ในนาข้าวปีละประมาณ 16.9 ล้านตัน ซึ่งการจัดการฟางข้าวและตอซังข้าวมีหลายวิธีการ เช่น การไถกลบ การเผา การทำปุ๋ยหมัก เป็นต้น แต่การไถกลบตอซังร่วมกับการไถแปรและทำเทือก ทำให้มีการปล่อยก๊าซมีเทนตลอดฤดูปลูกเพิ่มขึ้น 633-642% เมื่อเปรียบเทียบกับการไถกลบตอซังเพียงอย่างเดียว (อัจฉราวดี, 2552) ในขณะที่การเผาเป็นวิธีที่ง่าย สะดวก ประหยัดเงินและเวลามากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการจัดการตอซังวิธีอื่น ๆ (อนุสรา, 2560) ซึ่งการเผาฟางข้าวในที่โล่งทำให้เกิดมลพิษทางอากาศและส่งผลต่อภาวะโลกร้อนตลอดจนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Romasanta *et al.,* 2017) และทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง (บังอร และคณะ, 2559) ดังนั้นการนำฟางข้าวมาใช้ประโยชน์ทางด้านการเกษตรด้วยการทำปุ๋ยหมักเพื่อเพิ่มปริมาณธาตุอาหารพืชให้แก่ดินจึงน่าจะเป็นแนวทางที่ดีที่สุดในการแก้ปัญหาการจัดการฟางข้าวที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ฟางข้าวมีองค์ประกอบของธาตุอาหารพืช ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 1.14% ฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากับ 0.11% และโพแทสเซียมทั้งหมดเท่ากับ 0.89% นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบของเซลลูโลส (39.56%) เฮมิเซลลูโลส (27.36%) และลิกนิน (14.12%) ทำให้ฟางข้าวมีอัตราการย่อยสลายค่อนข้างช้า (พันธ์ทิพย์ และปฐมพร, 2561; วิภาดา และนุษรา, 2556) จุลินทรีย์จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่นำมาช่วยในการย่อยสลายและเพิ่มประสิทธิภาพการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชจากฟางข้าว น้ำหมักชีวภาพเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการเป็นแหล่งจุลินทรีย์ที่สามารถช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชโดยการย่อยสลายสารอินทรีย์แปรสภาพไปเป็นสารอนินทรีย์

และเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับธาตุอาหาร นอกจากนี้ กรดอินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพยังสามารถช่วยละลายแร่ธาตุให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช โดยจุลินทรีย์จะขับเอนไซม์บางชนิดออกมา เช่น เอนไซม์เซลลูเลสทำหน้าที่ย่อยสลายเซลลูโลส เอนไซม์โปรติเอสทำหน้าที่ย่อยโปรตีน และเอนไซม์ฟอสฟาเทสทำหน้าที่ปลดปล่อยธาตุฟอสฟอรัสที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชให้เป็นประโยชน์ต่อพืช เป็นต้น (โสพส, 2559) น้ำหมักปลาที่พัฒนาสูตรการผลิตโดยกรมพัฒนาที่ดิน (2558) ประกอบด้วยจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ เช่น *Bacillus* sp. *Aspergillus* sp. และ *Lactobacillus* sp. ในขณะที่สารเร่งซุปเปอร์ พด.2 ที่ขยายเชื้อเพื่อใช้สำหรับเป็นต้นเชื้อในการผลิตสารชีวภาพประกอบด้วยกลุ่มจุลินทรีย์ที่ช่วยในการย่อยสลายเศษซากพืช ซากสัตว์ ได้แก่ *Pichia* sp., *Lactobacillus* sp., *Bacillus* sp. และ *Burkholderia* sp. (สำนักนิเทศและการถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน, 2550) นอกจากนี้ อัจฉรา และคณะ (2561) ได้ผลิตน้ำหมักชีวภาพจากสับปะรดที่มีจุลินทรีย์ *Lactobacillus* sp. ที่ทำหน้าที่ผลิตกรดแลคติกซึ่งปลดปล่อย H^+ ออกมาช่วยลดการสูญเสียไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของ NH_3 เมื่อนำจุลินทรีย์ *Lactobacillus* sp. มาใช้เป็นส่วนผสมของปุ๋ยหมักทำให้มีปริมาณไนโตรเจนในปุ๋ยหมักเพิ่มสูงขึ้น (Nie *et al.*, 2020) ในขณะที่ พันธ์ทิพย์ และปฐมพร (2561) ได้ศึกษาคุณภาพของปุ๋ยหมักจากการหมักฟางข้าวร่วมกับน้ำเสียฟาร์มสุกร พบว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของปุ๋ยหมักฟางข้าวเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากได้รับไนโตรเจนจากน้ำเสียฟาร์มสุกร จะเห็นได้ว่าปัจจัยที่สามารถช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชในปุ๋ยหมักได้มาจากส่วนผสมที่ใช้ในการหมักและกลุ่มจุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ย่อยสลายอินทรีย์สารให้เป็นอนินทรีย์สาร และปลดปล่อยธาตุอาหารพืชออกมาอยู่ในรูปที่สามารถละลายได้ง่ายและเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงอิทธิของชนิดน้ำหมักชีวภาพ ความเข้มข้น และอัตราส่วนที่เหมาะสมของฟางข้าวต่อน้ำหมัก ที่มีประสิทธิภาพต่อการย่อยสลายของฟางข้าวและการปลดปล่อยธาตุอาหารพืช เพื่อนำผลวิจัยที่ได้ไปใช้เป็นแนวทางและพัฒนาการผลิตปุ๋ยหมักฟางข้าว และการส่งเสริมการย่อยสลายของฟางข้าวในสภาพหลังนา

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการศึกษาในห้องปฏิบัติการโดยการหมักฟางข้าว ณ อุณหภูมิห้อง วางแผนการทดลองแบบ 3×3×2 Factorial in CRD จำนวน 3 ซ้ำ ปัจจัยที่ 1 คือ ชนิดของน้ำหมักชีวภาพ ได้แก่ 1. น้ำหมักปลา (Fish bio-extract; BF) 2. น้ำหมักสับปะรด (Pineapple bio-extract; BP) และ 3. สารเร่งซุปเปอร์ พด.2 ที่ขยายเชื้อ (Microbial activators PD2; BM) ปัจจัยที่ 2 คือ ความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพ ได้แก่ 1. ไม่มีการเจือจาง (C1) 2. เจือจาง 10 เท่า (C2) และ 3. เจือจาง 15 เท่า (C3) และปัจจัยที่ 3 คือ อัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ ได้แก่ 1:10 (R1) และ 1:25 (R2) กรัม/มิลลิลิตร

การเตรียมน้ำหมักชีวภาพ

การเตรียมน้ำหมัก 3 ชนิด ด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ ได้แก่ สูตรที่ 1 น้ำหมักปลา ประกอบด้วย เศษปลา ผลไม้ กาก น้ำตาล น้ำเปล่า และสารเร่งซุปเปอร์ พด.2 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558) สูตรที่ 2 น้ำหมักสับปะรด ประกอบด้วย สับปะรด น้ำตาลทรายแดง และน้ำเปล่า (อัจฉรา และคณะ, 2561) และสูตรที่ 3 สารเร่งซุปเปอร์ พด.2 ที่ขยายเชื้อ ประกอบด้วย สารเร่งซุปเปอร์ พด.2 กากน้ำตาล และน้ำเปล่า (สำนักนิเทศและถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน, 2550)

การหมักฟางข้าว

นำฟางข้าวที่สับจนมีขนาดความยาวไม่เกิน 1 เซนติเมตร น้ำหนัก 10 กรัม ใส่ในขวดพลาสติกขนาด 500 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำหมักชีวภาพตามกรรมวิธีต่าง ๆ ปิดผ้าขาวที่ปากขวดเพื่อให้ออกซิเจนสามารถผ่านเข้าไปได้ แล้วทำการบ่มทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 12 สัปดาห์ หลังจากนั้นทำการกรองแยกส่วนของสารละลายออกจากฟางข้าวที่หมักไว้เพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารพืช

ทำการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีเบื้องต้นของวัสดุและน้ำหมักแต่ละชนิด ได้แก่ ฟางข้าว สับปะรด น้ำหมักชีวภาพทั้ง 3 ชนิด ฟางข้าวที่หมักแล้ว และสารละลายที่ได้หลังจากการหมักฟางข้าว โดยการวัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ด้วยเครื่อง pH meter ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ด้วยเครื่อง Electrical conductivity meter (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553) ปริมาณกรดซิตริกทั้งหมด (Citric acid) และปริมาณกรดแลคติก

ทั้งหมด (Lactic acid) ใช้วิธีของ AOAC (1980) ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) และอัตราส่วน C:N ประยุกต์ใช้วิธีของ Walkley and Black method ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total-N) วิเคราะห์โดยการย่อยด้วย conc. $HClO_4$ แล้วกลั่นสารละลายที่ได้ด้วยวิธี Kjeldahl method ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total-P) วิเคราะห์โดยใช้วิธี Vanadomolydate แล้ววัดด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total-K) ปริมาณแคลเซียมทั้งหมด (Total-Ca) และแมกนีเซียมทั้งหมด (Total-Mg) วิเคราะห์โดยทำการวัดสารละลายตัวอย่างที่ได้ด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553) สมบัติทางเคมีของน้ำหมักชนิดต่าง ๆ และวัสดุที่ใช้ในการหมักที่ได้จากการวิเคราะห์แสดงดัง Table 1

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยใช้วิธี analysis of variance (ANOVA) และวิธี DMRT (Duncan's new multiple range test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

Table 1 Properties of bio-extracts and organic materials.

Properties	Bio-extract			Organic material	
	Fish	Pineapple	Microbial Activators PD2	Rice straw	Pineapple
pH	3.21	4.19	4.15	-	-
EC (dS/cm)	14.06	2.56	19.60	-	-
OM (%)	12.11	4.48	10.81	-	-
C:N ratio	19.77	297.14	49.07	236	235
Total-N (%)	0.36	0.009	0.13	0.21	0.24
Total-P (%)	0.63	0.002	0.03	0.03	0.10
Total-K (%)	1.09	0.05	0.90	8.18	1.53
Total-Ca (%)	0.88	0.32	0.03	0.27	0.32
Total-Mg (%)	0.33	0.01	0.28	3.97	0.34
Moisture (%)	-	-	-	12.22	85.05
Citric acid (%)	2.40	2.61	1.28	-	2.61
Lactic acid (%)	3.25	4.38	2.12	-	4.38

ผลการวิจัยและวิจารณ์

อิทธิพลของน้ำหมักชีวภาพต่อการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารพืชในฟางข้าว

จากการศึกษาพบว่า ชนิดของน้ำหมักชีวภาพ ความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพ และอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) ในฟางข้าวที่ผ่านการหมักเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ดังนี้

ไนโตรเจน (Nitrogen: N)

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในฟางข้าวมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยพบว่า การหมักฟางข้าวด้วยน้ำหมักปลาทำให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในฟางข้าวสูงที่สุดเท่ากับ 1.49% ซึ่งมากกว่าการหมักด้วยน้ำหมักสับปะรดและสารเร่งซุปเปอร์ พด.2 ที่ขยายเชื้อซึ่งมีปริมาณไนโตรเจน เท่ากับ 0.90% และ 1.09% ตามลำดับ ในขณะที่การหมักฟางข้าวด้วยน้ำหมักชีวภาพที่ไม่มีการเจือจางทำให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในฟางข้าวสูงที่สุด

เท่ากับ 1.32% ซึ่งมากกว่าการหมักฟางข้าวด้วยน้ำหมักชีวภาพเจือจาง 10 และ 15 เท่า (1.13% และ 1.03% ตามลำดับ) แต่อัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพไม่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในฟางข้าว โดยอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพที่ 1:10 มีแนวโน้มทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในฟางข้าวสูงที่สุดเท่ากับ 1.18% เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของน้ำหมักชีวภาพ ความเข้มข้น และอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ พบว่ามีปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน โดยกรรมวิธีที่ใช้น้ำหมักปลาที่ไม่เจือจาง อัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:10 ส่งผลให้มีปริมาณไนโตรเจนในฟางข้าวสูงที่สุดเท่ากับ 1.96% (Table 2)

ฟอสฟอรัส (Phosphorus: P)

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในฟางข้าวมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดยพบว่า การหมักฟางข้าวด้วยน้ำหมักปลาทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในฟางข้าวสูงที่สุดเท่ากับ 1.11% ซึ่งมากกว่าการหมักด้วยน้ำหมักสับปะรดและสารเร่งซุปเปอร์ พด.2 ที่ขยายเชื้อ (0.90% และ 0.21% ตามลำดับ) ในขณะที่การหมักฟางข้าวด้วยน้ำหมักชีวภาพที่ไม่มีการเจือจางทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงที่สุดเท่ากับ 0.88% ซึ่งมากกว่าการหมักฟางข้าวด้วยน้ำหมักชีวภาพเจือจาง 10 และ 15 เท่า (0.61% และ 0.71% ตามลำดับ) แต่การใช้อัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพนั้นไม่มีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในฟางข้าว โดยการใช้อัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:10 มีแนวโน้มทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในฟางข้าวสูงที่สุดเท่ากับ 0.81% เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของน้ำหมักชีวภาพ ความเข้มข้น และอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ พบว่า มีปฏิสัมพันธ์กัน โดยกรรมวิธีที่ใช้น้ำหมักปลาที่ไม่มีการเจือจางในอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:10 ทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในฟางข้าวสูงที่สุดเท่ากับ 2.16% (Table 2)

โพแทสเซียม (Potassium: K)

ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในฟางข้าวมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดยพบว่า การหมักฟางข้าวด้วยสารเร่งซุปเปอร์ พด.2 ที่ขยายเชื้อทำให้มีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในฟางข้าวสูงที่สุดเท่ากับ 2.95% ซึ่งมากกว่าการหมักด้วยน้ำหมักปลาและน้ำหมักสับปะรดเท่ากับ 18.47% และ 96.67% ตามลำดับ ในขณะเดียวกันการหมักฟางข้าวด้วยน้ำหมักชีวภาพที่ไม่มีการเจือจางทำให้มีปริมาณโพแทสเซียมในฟางข้าวสูงที่สุดเท่ากับ 3.42% ซึ่งมากกว่าการหมักฟางข้าวด้วยน้ำหมักชีวภาพเจือจาง 10 และ 15 เท่า (2.36% และ 1.12%) ส่วนการใช้อัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:10 ทำให้มีปริมาณโพแทสเซียมในฟางข้าวสูงที่สุดเท่ากับ 2.59% เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของน้ำหมักชีวภาพ ความเข้มข้น และอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ พบว่ามีปฏิสัมพันธ์กัน โดยกรรมวิธีสารเร่งซุปเปอร์ พด.2 ที่ขยายเชื้อที่ไม่มีการเจือจางในอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:10 ส่งผลให้มีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในฟางข้าวสูงที่สุดเท่ากับ 5.79% (Table 2)

แคลเซียม (Calcium: Ca)

ปริมาณแคลเซียมทั้งหมดในฟางข้าวมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดยพบว่า การหมักฟางข้าวด้วยน้ำหมักปลาทำให้มีปริมาณแคลเซียมทั้งหมดในฟางข้าวสูงที่สุดเท่ากับ 6.43% มากกว่าการใช้น้ำหมักสับปะรดและสารเร่งซุปเปอร์ พด.2 ที่ขยายเชื้อ ซึ่งมีปริมาณแคลเซียมทั้งหมดในฟางข้าวเท่ากับ 0.80% และ 1.93% ตามลำดับ ในขณะที่การหมักฟางข้าวด้วยน้ำหมักชีวภาพที่ไม่มีการเจือจางทำให้มีปริมาณแคลเซียมทั้งหมดในฟางข้าวเท่ากับ 4.25% ซึ่งมากกว่าการหมักฟางข้าวด้วยน้ำหมักชีวภาพเจือจาง 10 และ 15 เท่า (2.43% และ 2.46% ตามลำดับ) และการใช้อัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:10 ทำให้มีปริมาณแคลเซียมทั้งหมดในฟางข้าวสูงที่สุดเท่ากับ 3.79% ซึ่งมากกว่าการใช้อัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:25 (2.31%) เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของน้ำหมักชีวภาพ ความเข้มข้น และอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ พบว่ามีปฏิสัมพันธ์กัน โดยกรรมวิธีที่ใช้น้ำหมักปลาที่เจือจาง 15 เท่าในอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:10 ทำให้มีปริมาณแคลเซียมทั้งหมดในฟางข้าวสูงที่สุดเท่ากับ 7.10% (Table 2)

แมกนีเซียม (Magnesium: Mg)

ปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมดในฟางข้าวมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดยพบว่า การหมักฟางข้าวด้วยสารเร่งซุปเปอร์ พด.2 ที่ขยายเชื้อมีแนวโน้มทำให้ปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมดในฟางข้าวสูงที่สุดเท่ากับ 1.27%

ในขณะที่การหมักฟางข้าวด้วยน้ำหมักชีวภาพที่ไม่มีเจือจางทำให้มีปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมดในฟางข้าวเฉลี่ยสูงสุดกับ 1.38% ซึ่งมากกว่าการหมักฟางข้าวด้วยน้ำหมักชีวภาพเจือจาง 10 และ 15 เท่า (0.86% และ 0.49% ตามลำดับ) การใช้อัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:10 ทำให้มีปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมดในฟางข้าวสูงที่สุดเท่ากับ 1.10% ซึ่งมากกว่าการใช้อัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:25 (0.72%) เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของน้ำหมักชีวภาพ ความเข้มข้น และอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ พบว่ามีปฏิสัมพันธ์กัน โดยกรรมวิธีที่ใช้สารเร่งซุปเปอร์ พด.2 ที่ขยายเชื้อและไม่มีการเจือจางในอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:10 ทำให้มีปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมดในฟางข้าวสูงที่สุดเท่ากับ 3.27% (Table 2)

อิทธิพลของน้ำหมักชีวภาพต่อปริมาณธาตุอาหารพืชในสารละลายที่ถูกปลดปล่อยจากฟางข้าว

จากการศึกษาพบว่า ชนิดของน้ำหมักชีวภาพ ความเข้มข้น และอัตราส่วนของฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพมีอิทธิพลต่อการปลดปล่อยปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมทั้งหมดสู่สารละลายที่ได้จากการหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ไนโตรเจน (Nitrogen: N)

การหมักฟางข้าวด้วยน้ำหมักปลาทำให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในสารละลายสูงที่สุดเท่ากับ 0.14% ซึ่งมากกว่าการหมักฟางข้าวด้วยน้ำหมักสับปะรดและสารเร่งซุปเปอร์ พด.2 ที่ขยายเชื้อ (0.01% และ 0.09% ตามลำดับ) ในขณะที่การหมักฟางข้าวด้วยน้ำหมักชีวภาพที่ไม่มีการเจือจางทำให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในสารละลายสูงที่สุดเท่ากับ 0.12% ซึ่งมากกว่าการใช้น้ำหมักชีวภาพเจือจาง 10 และ 15 เท่า (0.11% และ 0.02% ตามลำดับ) ในขณะที่อัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพไม่มีผลต่อปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในสารละลาย โดยพบว่าการใช้อัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:10 มีแนวโน้มทำให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงที่สุดเท่ากับ 0.09% เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของน้ำหมักชีวภาพ ความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพ และอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ พบว่ามีปฏิสัมพันธ์กัน แต่ไม่พบปฏิสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของน้ำหมักชีวภาพและอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ โดยกรรมวิธีที่ใช้น้ำหมักปลาที่ไม่มีการเจือจางในอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:10 ทำให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดถูกปลดปล่อยออกมาสู่สารละลายสูงที่สุดเท่ากับ 0.40% (Table 3)

ฟอสฟอรัส (Phosphorus: P)

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในสารละลายมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดยพบว่า การหมักฟางข้าวด้วยน้ำหมักปลาทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในสารละลายสูงที่สุดเท่ากับ 0.04% ซึ่งมากกว่าการใช้น้ำหมักสับปะรดและสารเร่งซุปเปอร์ พด.2 ที่ขยายเชื้อ (0.005% และ 0.009% ตามลำดับ) ในขณะที่การหมักฟางข้าวด้วยน้ำหมักชีวภาพที่เจือจาง 10 เท่าทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในสารละลายสูงที่สุดเท่ากับ 0.03% ซึ่งมากกว่าการหมักฟางข้าวด้วยน้ำหมักชีวภาพที่ไม่มีการเจือจางและเจือจาง 15 เท่า (0.02% และ 0.01% ตามลำดับ) ส่วนการใช้อัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:10 และ 1:25 ทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากัน คือ 0.02% เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของน้ำหมักชีวภาพ ความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพ และอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ พบว่ามีปฏิสัมพันธ์กัน แต่ไม่พบปฏิสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของน้ำหมักชีวภาพและอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ โดยกรรมวิธีที่ใช้น้ำหมักปลาเจือจาง 10 เท่าในอัตราส่วนของฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:25 มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในสารละลายสูงที่สุดเท่ากับ 0.11% (Table 3)

โพแทสเซียม (Potassium: K)

ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในสารละลายมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดยพบว่า การหมักฟางข้าวด้วยสารเร่งซุปเปอร์ พด.2 ที่ขยายเชื้อทำให้มีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในสารละลายสูงที่สุดเท่ากับ 0.55% ซึ่งมากกว่าการใช้น้ำหมักปลาและน้ำหมักสับปะรด (0.48% และ 0.13% ตามลำดับ) และการหมักฟางข้าวด้วยน้ำหมักชีวภาพที่ไม่มีการเจือจางทำให้มีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในสารละลายสูงที่สุดเท่ากับ 0.58% ซึ่งมากกว่าการหมักฟางข้าวด้วยน้ำหมักชีวภาพเจือจาง 10 และ 15 เท่า (0.47% และ 0.11% ตามลำดับ) ในขณะที่อัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:10 ทำให้มีปริมาณโพแทสเซียม

ในสารละลายสูงที่สุดเท่ากับ 0.42% เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของน้ำหมักชีวภาพ ความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพ และอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ พบว่ามีปฏิสัมพันธ์กัน โดยกรรมวิธีที่ใส่สารเร่งซุปเปอร์ พด.2 ที่ไม่มีการเจือจางในอัตราส่วนของฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:10 ทำให้มีปริมาณโพแทสเซียมถูกปลดปล่อยจากฟางข้าวออกมาสู่สารละลายสูงที่สุดเท่ากับ 1.36% (Table 3)

แคลเซียม (Calcium: Ca)

ปริมาณแคลเซียมทั้งหมดในสารละลายมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดยพบว่า การหมักฟางข้าวด้วยสารเร่งซุปเปอร์ พด.2 ที่ขยายเชื้อแล้วทำให้มีปริมาณแคลเซียมทั้งหมดในสารละลายสูงที่สุดเท่ากับ 0.03% ซึ่งมากกว่าการใช้น้ำหมักปลาและน้ำหมักสับปะรด (0.02% และ 0.01% ตามลำดับ) ในขณะที่การหมักฟางข้าวด้วยน้ำหมักชีวภาพเจือจาง 10 เท่าทำให้มีปริมาณแคลเซียมทั้งหมดสูงที่สุดเท่ากับ 0.03% สำหรับการใช้อัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:10 และ 1:25 ทำให้มีปริมาณแคลเซียมทั้งหมดในสารละลายเฉลี่ยเท่ากัน คือ 0.02% เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของน้ำหมักชีวภาพ ความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพ และอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ พบว่ามีปฏิสัมพันธ์กัน โดยกรรมวิธีสารเร่งซุปเปอร์ พด.2 เจือจาง 10 เท่าในอัตราส่วนของฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:25 ทำให้มีปริมาณแคลเซียมถูกปลดปล่อยออกมาจากฟางข้าวสู่สารละลายสูงที่สุดเท่ากับ 0.12% (Table 3)

แมกนีเซียม (Magnesium: Mg)

ปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมดในสารละลายมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดยพบว่า การหมักฟางข้าวด้วยสารเร่งซุปเปอร์ พด.2 ที่ขยายเชื้อทำให้มีปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมดในสารละลายสูงที่สุดเท่ากับ 0.15% ซึ่งมากกว่าการใช้น้ำหมักปลาและน้ำหมักสับปะรด (0.03% และ 0.005% ตามลำดับ) ในขณะที่การหมักฟางข้าวด้วยน้ำหมักชีวภาพเจือจาง 10 เท่า ทำให้มีปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมดในสารละลายสูงที่สุดเท่ากับ 0.10% สำหรับการใช้อัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:25 ทำให้มีปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมดในสารละลายสูงที่สุดเท่ากับ 0.07% ซึ่งมากกว่าการใช้อัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:10 (0.05%) เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของน้ำหมักชีวภาพ ความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพ และอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ พบว่ามีปฏิสัมพันธ์กัน ในขณะที่กรรมวิธีสารเร่งซุปเปอร์ พด. 2 เจือจาง 10 เท่าในอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:25 ทำให้มีปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมดในสารละลายสูงที่สุดเท่ากับ 0.49% (Table 3)

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าชนิดของน้ำหมักชีวภาพ ความเข้มข้น และอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน กล่าวคือ กรรมวิธีน้ำหมักปลาที่ไม่มีการเจือจางในอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:10 ส่งผลให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และแคลเซียมทั้งหมดเพิ่มปริมาณสูงขึ้นในฟางข้าวเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณที่พบในฟางข้าวและน้ำหมักชีวภาพก่อนการหมัก อาจเป็นไปได้ว่าประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพขึ้นอยู่กับชนิด ความเข้มข้น และสัดส่วนการนำไปใช้ในการหมักฟางข้าว ซึ่งการหมักฟางข้าวในช่วงระยะเวลา 12 สัปดาห์ ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของฟางข้าวและสารละลายที่ได้จากการหมัก โดยฟางข้าวที่ผ่านการหมักมีสมบัติในการดูดซับธาตุอาหารพืชจากน้ำหมักซึ่งมีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และแคลเซียมสูงกว่าในฟางข้าว โดยน้ำหมักปลาที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีปริมาณธาตุอาหารพืชสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหมักสับปะรดและสารเร่งซุปเปอร์ พด.2 นอกจากนี้จุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำหมักปลา เช่น *Aspergillus* sp. *Lactobacillus* sp. และ *Bacillus* sp. ที่สามารถผลิตเอนไซม์โปรติเอส (protease) ออกมาทำหน้าที่ย่อยโปรตีนส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนเพิ่มสูงขึ้น และยังผลิตเอนไซม์ฟอสฟาเทสทำหน้าที่เปลี่ยนธาตุฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชให้เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ (โสพส, 2559) นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของไนโตรเจนในฟางข้าวหลังหมักอาจเป็นสาเหตุจากการเกิดกระบวนการ Immobilization ของไนโตรเจนเพิ่มขึ้น โดยจากการศึกษาของ Lalremruati and Devi (2021) พบว่าการทำปุ๋ยหมักโดยการหมักเศษอาหารและน้ำหมักปลาทำให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดก่อนการหมัก เนื่องจากน้ำหมักปลามีกลุ่มจุลินทรีย์ที่สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้โดยอิสระ เช่น *Azotobacter* ที่สามารถเจริญได้ดีในสภาพที่มีอากาศ และ *Clostridium* สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่ไม่มีอากาศ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2554) นอกจากนี้

อาจเป็นได้ว่ากรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นในกระบวนการหมักของน้ำหมักชีวภาพในสภาพที่มีออกซิเจน เช่น กรดแลคติกจะปลดปล่อย H^+ ออกมาซึ่งช่วยลดการสูญเสียไนโตรเจนในรูปของ NH_3 ได้ (Nie *et al.,* 2020) อย่างไรก็ตามปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในฟางข้าวที่เพิ่มขึ้นในการศึกษาครั้งนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาของ พันธ์ทิพย์ และปฐมพร (2561) ที่พบว่าการทำปุ๋ยหมักฟางข้าวร่วมกับน้ำเสียฟาร์มสุกรทำให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในฟางข้าวเพิ่มขึ้นมีค่าอยู่ในช่วง 1.03-2.22% ในขณะที่การเพิ่มขึ้นของปริมาณฟอสฟอรัสสอดคล้องกับการศึกษาของ Li *et al.* (2019) ที่พบว่าการผลิตปุ๋ยหมักมูลสุกรร่วมกับฟางข้าวโพด โดยการเติมเชื้อจุลินทรีย์ผสม (*Acinetobacter pittii*, *Bacillus subtilis* sub sp. *Stercoris* และ *Bacillus altitudinis*) ทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเพิ่มขึ้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.2-2.6% มากกว่ากรรมวิธีควบคุมที่มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ในช่วง 1.8-2.3% ในขณะเดียวกัน กรรมวิธีสารเร่งซุปเปอร์ พด.2 ที่ไม่มีการเจือจางในอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:10 ทำให้มีปริมาณโพแทสเซียมและแมกนีเซียมทั้งหมดในฟางข้าวหลังการหมักสูงที่สุด แต่ยังมีปริมาณน้อยกว่าก่อนการหมัก ซึ่งชี้ให้เห็นว่ามีบางส่วนของโพแทสเซียมและแมกนีเซียมในฟางข้าวได้ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์และถูกปลดปล่อยออกมาสู่สารละลายที่ได้จากการหมัก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ พันธ์ทิพย์ และปฐมพร (2561) ที่พบว่าการหมักฟางข้าวร่วมกับน้ำเสียฟาร์มสุกรทำให้มีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยหมักฟางข้าวลดลงมีค่าอยู่ในช่วง 0.10-0.27% เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดของฟางข้าวก่อนทำการหมักซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.89% เนื่องจากบางส่วนถูกละลายและชะล้างสูญเสียไปในขั้นตอนการทำปุ๋ยหมัก ในขณะที่การใช้สารเร่งซุปเปอร์ พด.2 ทำให้มีปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมดในฟางข้าวลดลง เนื่องจากการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ที่ทำให้แมกนีเซียมในฟางข้าวถูกปลดปล่อยออกมาอยู่ในส่วนของสารละลายเพิ่มขึ้น

Table 2 Influence of bio-extracts on the changes of plant nutrients in rice straw after 12 weeks incubation

Treatments	Total-N (%)	Total-P (%)	Total-K (%)	Total-Ca (%)	Total-Mg (%)
Bio-extract types (A)					
Fish (BF)	1.49^{a}	1.11^{a}	2.46^{b}	6.43^{a}	1.0^{a}
Pineapple (BP)	0.90^{c}	0.90^{b}	1.50^{c}	0.80^{c}	0.46^{b}
Microbial Activators PD2 (BM)	1.09^{b}	0.21^{c}	2.95^{a}	1.93^{b}	1.27^{a}
Bio-extract conc. (B)					
stock (C1)	1.32^{a}	0.88^{a}	3.42^{a}	4.25^{a}	1.38^{a}
-10 (C2)	1.13^{b}	0.61^{b}	2.36^{b}	2.43^{b}	0.86^{b}
-15 (C3)	1.03^{c}	0.71^{ab}	1.12^{c}	2.46^{b}	0.49^{c}
Rice straw: Bio-extract (C)					
1:10 (R1)	1.18	0.81	2.59^{a}	3.79^{a}	1.10^{a}
1:25 (R2)	1.14	0.67	2.01^{b}	2.31^{b}	0.72^{b}
F-test					
A	*	*	*	*	*
B	*	*	*	*	*
C	ns	ns	*	*	*
A × B	*	*	*	*	*
A × C	ns	ns	ns	*	ns
B × C	*	*	*	*	*
A × B × C	*	*	*	*	*

Table 2 Influence of bio-extracts on the changes of plant nutrients in rice straw after 12 weeks incubation (Cont.)

Treatments	Total-N (%)	Total-P (%)	Total-K (%)	Total-Ca (%)	Total-Mg (%)
BFC1R1	1.96^{a}	2.16^{a}	4.67^{b}	-	2.12^{b}
BFC1R2	1.40^{bc}	0.30^{ef}	2.59^{de}	2.67^{d}	0.58^{def}
BFC2R1	1.42^{bc}	0.28^{ef}	2.43^{def}	2.58^{de}	0.58^{def}
BFC2R2	1.53^{b}	1.29^{b}	2.61^{de}	6.54^{a}	0.91^{de}
BFC3R1	1.22^{cd}	1.36^{b}	1.25^{hij}	7.10^{a}	1.17^{cd}
BFC3R2	1.40^{bc}	1.25^{b}	1.18^{hij}	4.45^{c}	0.63^{def}
BPC1R1	1.01^{e}	1.29^{b}	2.39^{def}	1.29^{fg}	0.48^{def}
BPC1R2	1.01^{e}	1.15^{bc}	2.11^{ef}	0.91^{g}	0.90^{de}
BPC2R1	0.90^{ef}	1.09^{bcd}	1.95^{fg}	0.83^{g}	0.97^{de}
BPC2R2	0.68^{g}	0.66^{def}	1.02^{hij}	0.77^{g}	0.23^{ef}
BPC3R1	0.78^{fg}	0.48^{ef}	0.77^{ij}	0.50^{g}	0.09^{f}
BPC3R2	1.01^{e}	0.74^{cde}	0.75^{j}	0.50^{g}	0.09^{f}
BMC1R1	1.46^{b}	0.19^{f}	5.79^{a}	3.78^{c}	3.27^{a}
BMC1R2	1.06^{de}	0.22^{f}	2.97^{cd}	1.66^{defg}	0.91^{de}
BMC2R1	0.90^{ef}	0.21^{f}	2.62^{de}	1.36^{fg}	0.66^{def}
BMC2R2	1.34^{bc}	0.16^{f}	3.51^{c}	2.50^{def}	1.80^{bc}
BMC3R1	0.95^{ef}	0.21^{f}	1.44^{gh}	1.44^{efg}	0.56^{def}
BMC3R2	0.80^{fg}	0.24^{f}	1.36^{hi}	0.77^{g}	0.40^{def}
CV. (%)	9.46	35.37	14.06	21.72	44.74

Remarks: * = Significantly different at $p<0.05$; ns = Nonsignificant; Means in each column followed by different letters indicate significant differences using DMRT (Duncan's new multiple range test) at $p<0.05$

Table 3 Influence of bio-extracts on plant nutrient release from rice straw to solution

Treatments	Total-N (%)	Total-P (%)	Total-K (%)	Total-Ca (%)	Total-Mg (%)
Bio-extract types (A)					
Fish (BF)	0.14^{a}	0.04^{a}	0.48^{b}	0.02^{b}	0.03^{b}
Pineapple (BP)	0.01^{c}	0.005^{c}	0.13^{c}	0.01^{c}	0.005^{c}
Microbial Activators PD2 (BM)	0.09^{b}	0.009^{b}	0.55^{a}	0.03^{a}	0.15^{a}
Bio-extract conc. (B)					
Stock (C1)	0.12^{a}	0.02^{b}	0.58^{a}	0.02^{b}	0.07^{b}
-10 (C2)	0.11^{b}	0.03^{a}	0.47^{b}	0.03^{a}	0.10^{a}
-15 (C3)	0.02^{c}	0.006^{c}	0.11^{c}	0.01^{c}	0.01^{c}

Table 3 Influence of bio-extracts on plant nutrient release from rice straw to solution (Cont.)

Treatments	Total-N (%)	Total-P (%)	Total-K (%)	Total-Ca (%)	Total-Mg (%)
Rice straw: Bio-extract (C)					
1:10 (R1)	0.09	0.02	0.42^{a}	0.02	0.05^{b}
1:25 (R2)	0.08	0.02	0.36^{b}	0.02	0.07^{a}
F-test					
A	*	*	*	*	*
B	*	*	*	*	*
C	ns	ns	*	ns	*
A × B	*	*	*	*	*
A × C	ns	ns	*	*	*
B × C	*	*	*	*	*
A × B × C	*	*	*	*	*
BFC1R1	0.40^{a}	0.09^{b}	1.23^{b}	0.06^{b}	0.04^{d}
BFC1R2	0.04^{d}	0.01^{def}	0.26^{e}	0.02^{def}	0.01^{e}
BFC2R1	0.04^{d}	0.008^{ef}	0.21^{efg}	0.02^{de}	0.01^{e}
BFC2R2	0.34^{b}	0.11^{a}	0.99^{d}	0.01^{g}	0.09^{c}
BFC3R1	0.03^{d}	0.01^{cde}	0.12^{hijkl}	0.007^{g}	0.006^{e}
BFC3R2	0.02^{d}	0.007^{ef}	0.08^{jkl}	0.007^{g}	0.007^{e}
BPC1R1	0.03^{d}	0.005^{ef}	0.18^{efghi}	0.008^{g}	0.009^{e}
BPC1R2	0.02^{d}	0.008^{ef}	0.20^{efgh}	0.007^{g}	0.005^{e}
BPC2R1	0.02^{d}	0.005^{f}	0.16^{fghij}	0.02^{d}	0.004^{e}
BPC2R2	0.01^{d}	0.007^{ef}	0.11^{ijkl}	0.006^{g}	0.008^{e}
BPC3R1	0.006^{d}	0.005^{f}	0.07^{kl}	0.008^{g}	0.002^{e}
BPC3R2	0.005^{d}	0.001^{f}	0.06^{l}	0.01^{g}	0.002^{e}
BMC1R1	0.21^{c}	0.02^{cd}	1.36^{a}	0.04^{c}	0.34^{b}
BMC1R2	0.04^{d}	0.004^{f}	0.25^{e}	0.01^{g}	0.02^{de}
BMC2R1	0.03^{d}	0.005^{f}	0.24^{ef}	0.01^{g}	0.02^{de}
BMC2R2	0.20^{c}	0.02^{c}	1.11^{c}	0.12^{a}	0.49^{a}
BMC3R1	0.02^{d}	0.004^{f}	0.19^{efghi}	0.009^{g}	0.03^{de}
BMC3R2	0.02^{d}	0.004^{f}	0.15^{ghijk}	0.01^{fg}	0.02^{e}
CV. (%)	0	26.88	11.53	16.51	0

Remarks: * = Significantly different at $p<0.05$; ns = Nonsignificant; Means in each column followed by different letters indicate significant differences using DMRT (Duncan's new multiple range test) at $p<0.05$

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาจะเห็นได้ว่าชนิดของน้ำหมักชีวภาพความเข้มข้น และอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงและการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชในฟางข้าวที่ผ่านการหมัก 12 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยพบว่ากรรมวิธีการใช้น้ำหมักปลาที่ไม่เจือจาง อัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:10 ทำให้มีปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัสทั้งหมดในฟางข้าวหลังหมักเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 1.96 และ 2.16% ตามลำดับ ในขณะที่กรรมวิธีการใช้สารเร่งซุปเปอร์ พด.2 ที่ไม่มีการเจือจาง อัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:10 ทำให้มีปริมาณโพแทสเซียม และแมกนีเซียมทั้งหมดในฟางข้าวหลังหมักสูงที่สุด เท่ากับ 5.79 และ 3.27%

ในส่วนของการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชจากฟางข้าวสู่สารละลายหลังการหมัก 12 สัปดาห์ พบว่ากรรมวิธีที่ใช้น้ำหมักปลาที่ไม่มีการเจือจาง อัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:10 ทำให้มีปริมาณไนโตรเจนในสารละลายเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 0.40% กรรมวิธีที่ใช้น้ำหมักปลาเจือจาง 10 เท่า ในอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักปลา 1:25 ทำให้มีฟอสฟอรัสทั้งหมดเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 0.11% ในขณะที่กรรมวิธีที่ใส่สารเร่งซุปเปอร์ พด.2 ที่ไม่มีการเจือจาง และเจือจาง 10 เท่า ในอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:10 และ 1:25 ทำให้มีปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมทั้งหมดสูงที่สุด เท่ากับ 1.36 0.12 และ 0.49% ตามลำดับ

ซึ่งจากผลการศึกษาสามารถชี้ให้เห็นว่า สูตรการหมักฟางข้าวที่ใช้น้ำหมักปลาที่ไม่เจือจาง อัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:10 เป็นสูตรที่ทำให้ได้ปุ๋ยหมักที่มีธาตุอาหารพืชหลัก คือ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส สูงที่สุด ในขณะที่สูตรการใช้สารเร่งซุปเปอร์ พด.2 ที่ไม่มีการเจือจาง อัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:10 เป็นสูตรที่ทำให้ปุ๋ยหมักมีปริมาณธาตุอาหารพืชรอง คือ โพแทสเซียม และแมกนีเซียม สูงที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากแหล่งทุนสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ภายใต้โครงการทดสอบและพัฒนาเทคโนโลยีระบบการปลูกพืชหลังนาในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2553. คู่มือปฏิบัติงาน กระบวนการวิเคราะห์พืช ปุ๋ย และสิ่งปรับปรุงดิน. กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2558. คู่มือการพัฒนาที่ดิน สำหรับหมอดินอาสาและเกษตรกร. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2554. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 9. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

บังอร อุบล ชัยสิทธ์ ทองจู จุฑามาศ ร่มแก้ว และศุภชัย อำคา. 2559. ผลของการจัดการตอซังข้าวร่วมกับการเตรียมดินและชนิดของปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตผลผลิตข้าว และสมบัติของดินบางประการ. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ 3(2): 39-49.

พันธ์ทิพย์ กล่อมเจ๊ก และปฐมพร น้อยจันทร์. 2561. การศึกษาคุณภาพของปุ๋ยหมักจากการหมักร่วมระหว่างฟางข้าวและน้ำเสียฟาร์มสุกร. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 37(5): 647-658.

วิภาดา ศิริอนุสรณ์ศักดิ์ และนุษรา สินบัวทอง. 2556. การปรับสภาพฟางข้าวทางเคมีเพื่อเป็นสารตั้งต้นในการผลิตพลังงานทดแทน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักนิเทศและการถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน. 2550. การขยายเชื้อจุลินทรีย์ในสารเร่ง พด.1 พด.2 พด.3 ของกรมพัฒนาที่ดิน. กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

โสพส แซ่ลิ้ม. 2559. ปุ๋ยอินทรีย์และการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย. แหล่งข้อมูล http: //www1.ldd.go.th/WEB_PSD/Employee%20Assessment/wean/pch/pch38/3.pdf (28 พฤศจิกายน 2562).

อนุสรา สมรัก. 2560. ความรู้และการปฏิบัติของเกษตรกรผู้เข้าอบรมการลดการเผาตอซังพืช ในอำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

อัจฉรา เพิ่ม อัสมา มาลินี และ ฮุสนา ดอเลาะ. 2561. ฤทธิ์ของน้ำหมักชีวภาพจากสับปะรด มะเขือเทศ ผลยอ และผลไม้รวมในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Staphylococcus aureus* และ *Salmonella*

Typhimurium. รายงานการประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 2, มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์, บุรีรัมย์. น. 1,093-1,101.

อัจฉราวดี เครือภักดี. 2552. ผลของการเตรียมดิน การใช้ตอซังและปุ๋ยหมักฟางข้าวต่อผลผลิตข้าวอินทรีย์และพลวัตของอินทรีย์คาร์บอนในดินนา. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

AOAC. 1980. Official Methods of Analysis of AOAC. Available: https://archive.org/details/gov.law.aoac.methods.1980/page/n775/mode/2up (August 30, 2020).

Lalremruati M. and A.S. Devi. 2021. Changes in physico-chemical properties during composting of three common household organic solid wastes amended with garden soil. Bioresource Technology Reports. 15: 1-7.

Li C., H. Li, T. Yao, M. Su, F. Ran, B. Han, J. Li, X. Lan, Y. Zhang, X, Yang and S. Gun. 2019. Microbial inoculation influences bacterial community succession and physicochemical characteristics during pig manure composting with corn straw. Bioresource Technology. 289: 1-11.

Nie, E., G. Ding and Z. Guodi. 2020. Effects of lactic acid on modulating the ammonia emissions in co-composts of poultry litter with slaughter sludge. Bioresource Technology. 315: 1-10.

Romasanta, R.R., B.O. Sander, Y.K. Gaihre, M.C. Alberto, M. Gummert, J. Quilty, V.H. Nguyen, A.G. Castalone, C. Balingbing, J. Sandro, T.C. Jr and R. Wassmann. 2017. How does burning of rice straw affect CH_4 and N_2O emissions? A comparative experiment of different on-field straw management practices. Agriculture, Ecosystems and Environment. 239: 143-153.

วารสารผลิตกรรมการเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION
MJU

ว. ผลิตกรรมการเกษตร 5(2):79-85
J. Agri. Prod. 2023

ผลของธาตุเหล็ก ผงถ่านกัมมันต์ และวุ้น ต่อการเกิดใบเหลือง และการเจริญเติบโตของปทุมมาลูกผสมสายพันธุ์สีม่วง (Violet) ที่เพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ

Effects of Iron, Activated Charcoal and Agar on Leaf Chlorosis and Growth of *In Vitro* Curcuma hybrid cv. Violet

ธีรนิติ พวงกฤษ* พัชรา ลาภประสานยิ่ง เฉลิมศรี ทองพึ่งสุข และ เฉลิมศรี นนทสวัสดิ์ศรี
Theeraniti Puangkrit* Phatchara Labprasanying Chaloemsri Tongpeungsook and Chalermsri Nontaswatsri

สาขาพืชสวนประดับ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290
Division of Ornamental Horticulture, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290

* Corresponding author: theeraniti@yahoo.com

(Received: 1 September 2021; Revised: 28 April 2022; Accepted: 8 September 2022)

Abstract

The effects of iron, activated charcoal, and agar showed against yellowing leaves and growth of *in vitro* curcuma hybrid cv. Violet. The curcuma plantlets were cultured on the MS medium containing 3% sucrose, activated charcoal, iron, and agar at various levels. The concentration of agar affected the occurrence of leaf yellowness and the growth of curcuma. Using iron (2.78 g L^{-1}) in combination with 0.2% activated charcoal and 2.8 g L^{-1} agar in culturing the curcuma hybrid cultivar, Violet, resulted in the lowest level of leaf yellowness and growing well was found.

Keywords: Iron, activated charcoal, agar, leaf chlorosis

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของธาตุเหล็ก ผงถ่านกัมมันต์ และวุ้น ต่อการเกิดใบเหลือง และการเจริญเติบโต ของปทุมมาลูกผสมสายพันธุ์สีม่วง (Violet) ในสภาพปลอดเชื้อ โดยเพาะเลี้ยงต้นปทุมมาบนอาหารสังเคราะห์ สูตร MS ที่ประกอบด้วย น้ำตาลซูโครส 3% ผงถ่านกัมมันต์ เหล็ก และวุ้นในระดับต่าง ๆ พบว่า ความเข้มข้นของธาตุเหล็ก ผงถ่านกัมมันต์ และระดับความเข้มข้นของวุ้น มีผลต่อการเกิดใบเหลืองและการเจริญเติบโตของปทุมมาที่แตกต่างกัน การใช้ธาตุเหล็ก 1 เท่า (2.78 g L^{-1}) ร่วมกับผงถ่านกัมมันต์ 0.2% และวุ้น 2.8 g L^{-1} ในการเพาะเลี้ยงปทุมมาสายพันธุ์สีม่วง (Violet) ทำให้มีระดับความเหลืองของใบน้อยที่สุด และมีการเจริญเติบโตดี

คำสำคัญ: ธาตุเหล็ก ผงถ่านกัมมันต์ วุ้น การเกิดใบเหลือง

คำนำ

การขยายพันธุ์ปทุมมาด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นการเพิ่มปริมาณพืชเพื่อให้ได้จำนวนมากในเวลาอันรวดเร็ว โดยการเพาะเลี้ยงจากส่วนของช่อดอกอ่อนจากต้นที่ไม่เป็นโรค และยังมีกาบใบห่อหุ้มอยู่ จะช่วยลดการปนเปื้อนจากภายนอก

ธาตุเหล็ก (Iron; Fe) เป็นธาตุอาหารที่กระตุ้นการสร้างคลอโรฟิลล์ ทำให้ใบพืชมีสีเขียว เป็นแหล่งในการสังเคราะห์แสงของพืช เป็นตัวส่งถ่ายอิเล็กตรอนในขบวนการสังเคราะห์แสง และขบวนการหายใจเพื่อให้ได้พลังงานในการดำรงชีวิตของพืช พืชที่ขาดธาตุเหล็กใบจะมีสีเหลืองซีด (บุญยืน, 2544) โดย Vadim *et al*., 2019 รายงานว่าการขาดธาตุเหล็กเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดอาการใบเหลืองของราสเบอร์รีที่เพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ ในปัจจุบันมีการใช้เหล็กที่อยู่ในรูป Fe-EDTA ซึ่งสะดวกในการเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมากขึ้น โดยทั่วไปจะใช้ธาตุเหล็กประมาณ 1 ไมโครโมลาร์ (ประสาทพร, 2541)

การเติมผงถ่านกัมมันต์ (Activated Charcoal; AC) ในอาหาร ในปริมาณ 0.5-30 เปอร์เซ็นต์ จะช่วยดูดซับสารที่เนื้อเยื่อพืชปลดปล่อยออกมา (Phenolic Compound) ทำให้เนื้อเยื่อพืชไม่ได้รับอันตรายจากสารเหล่านั้นซึ่ง บุญยืน (2544) ได้กล่าวถึงอิทธิพลของการใส่ผงถ่านกัมมันต์ โดยอาจเกิดขึ้นดังนี้ คือ การดูดซับสารประกอบที่ยับยั้งการเจริญเติบโต (Absorption of Inhibitor Compound) การดูดซับสารเร่งการเจริญจากอาหาร (Absorption of Growth Regulator from Culture Media) หรือการทำให้อาหารมีสีดำ (Darkening of the Medium) ทำให้มองเห็นลักษณะของพืชที่ทำการเพาะเลี้ยงได้ชัดเจนขึ้น การใส่ผงถ่านกัมมันต์อาจช่วยส่งเสริมหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดพืชและปัจจัยอื่น ๆ ร่วมด้วย (ชลธิชา และคณะ, 2558) โดยรายงานของ กรณ์ (2558) พบว่า ผงถ่านกัมมันต์สามารถชักนำให้เกิดรากได้ดีในขมิ้นชัน รากมีการเจริญดี มีรากฝอยจำนวนมาก รากจะไม่กระจายขึ้นข้างบนและมีทิศทางตามแนวแรงโน้มถ่วงของโลก แต่รายงานของชลธิชา และคณะ (2558) กล่าวว่า ผงถ่านกัมมันต์ส่งผลต่อการเกิดยอดและใบของขิง โดยทำให้จำนวนยอดและจำนวนใบลดลง แต่ไม่มีผลกับการสร้างเหง้าของขิง ในบางครั้งพบว่าการใส่ผงถ่านกัมมันต์จะช่วยลดอาการใบเหลืองของพืชได้ (Wu *et al*., 2009)

ปริมาณของวุ้น (Agar) หรือสารเพิ่มความแข็งให้อาหารที่ใช้ในอาหารจะขึ้นอยู่กับความต้องการให้อาหารแข็งมากหรือน้อยเพียงใด วุ้นบางชนิดสามารถทำให้เกิดอาการยอดเหลืองของราสเบอร์รีในการเพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อได้ (Vadim *et al*., 2019) ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชบางชนิดมีการใช้ KELCOGEL®(Gellan gum) แทนการใช้วุ้น Agar ซึ่ง KELCOGEL®(Gellan gum) เป็นสารให้ความแข็งของอาหารคุณภาพสูงชนิดหนึ่ง ที่มีลักษณะใส สามารถมองเห็นการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ได้ชัดเจน (เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุกรรม, 2554) การใช้ KELCOGEL®(Gellan gum) จะต้องปรับปริมาณของประจุบวกที่มักดูจากแคลเซียมกับแมกนีเซียมให้มีปริมาณ 4-8 มิลลิโมลาร์ เพื่อการแข็งตัว หากต่ำกว่าหรือมากกว่า อาหารอาจจะไม่แข็งตัว การใช้ KELCOGEL®(Gellan gum) มักจะพบว่าพืชจะมีอาการฉ่ำน้ำมากกว่าพืชที่เลี้ยงในวุ้น (ประสาทพร, 2541)

อุปกรณ์และวิธีการ

ปทุมมาลูกผสมสายพันธุ์สีม่วง (Violet) ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขนาด 8 ออนซ์ คัดเลือกต้นปทุมมาที่มีขนาดเท่ากัน เพื่อใช้ในการทดลอง โดยใช้แผนการทดลองแบบปัจจัยร่วมในสุ่มสมบูรณ์ (2×2×3 Factorial in CRD) โดยมี 3 ปัจจัยหลัก คือ ธาตุเหล็ก (Fe-EDTA) มีความเข้มข้น 2 ระดับ ได้แก่ 2.78 และ 5.56 กรัมต่อลิตร ผงถ่านกัมมันต์ (Activated charcoal) มี 2 ระดับ ได้แก่ 0 เปอร์เซ็นต์ และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ และสารเพิ่มความแข็งของอาหาร KELCOGEL®(Gellan gum) มี 3 ระดับ ได้แก่ 2.6, 2.8 และ 3.0 กรัมต่อลิตร โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ต้น

เตรียมอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อปทุมมาโดยใช้สูตร Murashige and Skoog (1962); MS (Murashige and Skoog, 1962) ทำการเพาะเลี้ยงในห้องควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส ให้แสง 16 ชั่วโมงต่อวัน โดยใช้หลอดฟลออเรสเซนต์ ความสว่าง 30 ไมโครโมลาร์ต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที

การบันทึกข้อมูลหลังจากการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 9 สัปดาห์ โดยวัดความสูงต้น (เซนติเมตร) จำนวนใบต่อต้น จำนวนหน่อที่แตกใหม่ต่อต้น ความยาวราก (เซนติเมตร) จำนวนราก และความเหลืองใบ โดยแบ่งระดับความเหลืองของใบ จำนวน 4 ระดับ ดังนี้

ระดับที่ 1 หมายถึง ไม่มีอาการใบเหลือง (Figure 1A)
ระดับที่ 2 หมายถึง เริ่มมีอาการใบเหลือง 1-10 เปอร์เซ็นต์ (Figure 1B)
ระดับที่ 3 หมายถึง มีอาการใบเหลืองอยู่ในระดับปานกลาง 11-30 เปอร์เซ็นต์ (Figure 1C)
ระดับที่ 4 หมายถึง มีอาการใบเหลืองอยู่ในระดับมาก >30 เปอร์เซ็นต์ (Figure 1D)

Figure 1 The level of in *vitro* culture of curcuma leaf yellowness A) leaf yellowness level 1; B) leaf yellowness level 2; C) leaf yellowness level 3; and D) leaf yellowness level 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์

จากการศึกษาปัจจัยของธาตุเหล็ก ผงถ่านกัมมันต์ และวุ้น ในการเพาะเลี้ยงปทุมมาลูกผสมสายพันธุ์สีม่วง (Violet) ในสภาพปลอดเชื้อ พบว่า ทั้งสามปัจจัยไม่ส่งผลให้การเจริญเติบโตด้านความสูง จำนวนใบ จำนวนยอด และจำนวนราก มีความแตกต่างทางสถิติ แต่ความยาวรากมีความแตกต่างกัน (Table 1) โดยมีความยาวของรากมากที่สุดเมื่อมีการใช้ผงถ่านกัมมันต์ 0.2 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะความเหลืองของใบมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยการใช้เหล็ก 5.56 กรัมต่อลิตร ร่วมกับผงถ่านกัมมันต์ 0.2 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยระดับความเหลืองใบมากที่สุด เท่ากับ 2.53 และ 3.13 ตามลำดับ ซึ่งการใช้เหล็ก 2.78 กรัมต่อลิตร ร่วมกับผงถ่านกัมมันต์ 0.2 เปอร์เซ็นต์ และการใช้เหล็ก 5.56 กรัมต่อลิตร โดยไม่ใส่ผงถ่านกัมมันต์ มีค่าเฉลี่ยระดับความเหลืองของใบเท่ากับ 1.53 และ 1.40 ตามลำดับ (Table 2)

Table 1 The effects of iron (Fe-EDTA), activated charcoal (AC), and agar on curcuma hybrid cv. Violet height, leaf numbers, new shoots number, leaf yellowness level, root length, and the root number after culturing on MS medium for 9 weeks

Factors			Plant Height (cm)	Leaf No.	Shoot No.	Leaf yellowness	Root No.	Root length (cm)
Fe	AC (%)	Agar (g L^{-1})						
(2.78 g L^{-1})	0.2	2.6	13.04	3.2	0.2	1.0^{c}	6.0	4.90^{c}
		2.8	14.32	2.6	0.6	2.2^{bc}	7.4	8.30^{ab}
		3.0	12.72	3.2	0.2	1.4^{c}	6.4	5.36^{c}
	0	2.6	12.98	2.6	0.4	2.6^{ab}	6.2	6.34^{bc}
		2.8	12.78	3.4	0.4	2.2^{bc}	7.2	6.22^{bc}
		3.0	13.24	3.0	0.8	2.8^{ab}	8.2	5.12^{c}
(5.56 g L^{-1})	0.2	2.6	13.80	3.2	0.0	3.2^{a}	7.0	5.72^{c}
		2.8	13.46	3.0	0.8	3.2^{a}	7.4	5.84^{c}
		3.0	14.26	3.0	0.2	3.0^{a}	7.0	9.26^{a}
	0	2.6	12.32	3.0	0.4	1.8^{bc}	5.2	5.84^{c}
		2.8	12.28	3.0	0.6	1.0^{c}	6.8	5.20^{c}
		3.0	12.66	3.0	0.4	1.4^{c}	6.8	5.34^{c}
F-Test			ns	ns	ns	**	ns	**
C.V.%			12.46	16.61	17.09	52.21	24.61	27.92

Remarks: Mean values follow by different letters in column indicate significant differences by Duncan's new multiple range test, the alpha level of $p<0.05$
** = significant differences at the confidence level 99%
ns = non-significant differences

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างการใช้ธาตุเหล็กร่วมกับผงถ่านกัมมันต์ มีอิทธิพลต่อระดับความเหลืองของใบ ซึ่งการใช้ธาตุเหล็ก 5.56 กรัมต่อลิตร โดยไม่ใส่ผงถ่านกัมมันต์ ทำให้มีค่าเฉลี่ยระดับความเหลืองของใบน้อยที่สุดเท่ากับ 1.40 (Table 2) โดยปกติธาตุเหล็กเป็นธาตุอาหารที่กระตุ้นการสร้างคลอโรฟิลล์ เป็นแหล่งในการสังเคราะห์แสงของพืช เป็นตัวส่งถ่ายอิเล็กตรอนในขบวนการสังเคราะห์แสง ทำให้ใบพืชมีสีเขียว (บุญยืน, 2544) ซึ่งการรายงานของ Vadim *et al*. (2019) ได้กล่าวว่า การขาดธาตุเหล็ก คือสาเหตุหลักของอาการใบเหลืองที่พบในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช การเพิ่มความเข้มข้นของธาตุเหล็กเป็น 2 เท่าในอาหารสังเคราะห์เพื่อลดการเกิดใบเหลืองในราสเบอร์รีที่เพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ (Wu *et al*., 2009) ซึ่งในการทดลองการเพาะเลี้ยงปทุมมาลูกผสมสายพันธุ์ (Violet) ในอาหารสังเคราะห์ที่มีการเพิ่มปริมาณธาตุเหล็กขึ้นเป็น 5.56 กรัมต่อลิตรนั้น สามารถทำให้มีค่าเฉลี่ยระดับความเหลืองของใบลดลง เมื่อเทียบกับอาหารสังเคราะห์ที่มีการใช้ธาตุเหล็กเพียง 2.78 กรัมต่อลิตร ปริมาณธาตุเหล็กที่เพิ่มขึ้นจึงมีส่วนช่วยให้พืชสังเคราะห์แสงได้ดี ทำให้ใบพืชมีสีเขียว และจากการทดลองยังพบอีกว่า การใช้ธาตุเหล็ก 5.56 กรัมต่อลิตร ร่วมกับผงถ่านกัมมันต์ 0.2 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ใบมีค่าเฉลี่ยระดับความเหลืองของใบน้อยที่สุดเช่นกัน (Table 2) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Wu *et al*. (2009) ที่กล่าวว่า การใส่ผงถ่านกัมมันต์สามารถช่วยส่งเสริมเจริญเติบโตของหน่อและสามารถลดการเกิดใบเหลืองของราสเบอร์รีที่เพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อได้ โดยปกติการเติมผงถ่าน

กัมมันต์ในอาหารสังเคราะห์สำหรับเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช จะช่วยดูดซับสารพิษ (Phenolic compound) ที่เนื้อเยื่อพืชปลดปล่อยออกมา ทำให้เนื้อเยื่อพืชไม่ได้รับอันตรายจากสารพิษเหล่านั้น (อรุณี, 2559) อาจช่วยส่งเสริมหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดพืชและปัจจัยอื่น ๆ ร่วมด้วย (ชลธิชา และคณะ, 2558)

Table 2 The effects of interaction between iron (Fe-EDTA) and activated charcoal (AC) on leaf yellowness of curcuma hybrid cv. Violet

Factor	Average of leaf yellowness
2.78 g L^{-1} Fe-EDTA + 0.2% AC	1.53^{c}
2.78 g L^{-1} Fe-EDTA + 0% AC	2.53^{b}
5.56 g L^{-1} Fe-EDTA + 0.2% AC	3.13^{a}
5.56 g L^{-1} Fe-EDTA + 0% AC	1.40^{c}

Remarks: Mean values follow by different letters in column indicate significant differences by Duncan's new multiple range test, the alpha level of $p<0.05$

นอกจากนี้การใช้เหล็ก 2.78 กรัมต่อลิตร ร่วมกับวุ้น 2.8 กรัมต่อลิตร และการใช้เหล็ก 5.56 กรัมต่อลิตร ร่วมกับวุ้น 3.0 กรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยความยาวรากมากที่สุด เท่ากับ 7.26 และ 7.30 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าการใช้เหล็ก 2.78 กรัมต่อลิตร ร่วมกับวุ้น 2.6 กรัมต่อลิตร (Table 3) ปฏิสัมพันธ์ระหว่างผงถ่านกัมมันต์กับวุ้น (Table 4) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยการใช้ผงถ่านกัมมันต์ 0.2 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับวุ้น 2.8 กรัมต่อลิตร และการใช้ผงถ่านกัมมันต์ 0.2 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับวุ้น 3.0 กรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยความยาวรากมากที่สุด เท่ากับ 7.07 และ 7.31 เซนติเมตร ตามลำดับ รองลงมาคือ การใช้วุ้น 2.6 กรัมต่อลิตร โดยไม่ใส่ผงถ่านกัมมันต์ และการใช้วุ้น 2.8 กรัมต่อลิตร โดยไม่ใส่ผงถ่านกัมมันต์มีค่าเฉลี่ยความยาวราก เท่ากับ 6.09 และ 5.71 เซนติเมตร ตามลำดับ

Table 3 The effect of interaction between iron (Fe-EDTA) and agar on root length of curcuma hybrid cv. Violet

Factor	Average root length (cm)
2.78 g L^{-1} Fe-EDTA + 2.6 g L^{-1} Agar	5.62^{b}
2.78 g L^{-1} Fe-EDTA + 2.8 g L^{-1} Agar	7.26^{a}
2.78 g L^{-1} Fe-EDTA + 3.0 g L^{-1} Agar	5.24^{b}
5.56 g L^{-1} Fe-EDTA + 2.6 g L^{-1} Agar	5.78^{b}
5.56 g L^{-1} Fe-EDTA + 2.8 g L^{-1} Agar	5.52^{b}
5.56 g L^{-1} Fe-EDTA + 3.0 g L^{-1} Agar	7.30^{a}

Remarks: Mean values follow by different letters in column indicate significant differences by Duncan's new multiple range test, the alpha level of $p<0.05$

Table 4 The effect of interaction between activated charcoal (AC) and agar on root length of curcuma hybrid cv. Violet

Factor	Average root length (cm)
0.2% AC + 2.6 g L^{-1} Agar	5.31[c]
0.2% AC + 2.8 g L^{-1} Agar	7.07[a]
0.2% AC + 3.0 g L^{-1} Agar	7.31[a]
0% AC + 2.6 g L^{-1} Agar	6.09[b]
0% AC + 2.8 g L^{-1} Agar	5.71[bc]
0% AC + 3.0 g L^{-1} Agar	5.23[c]

Remarks: Mean values follow by different letters in column indicate significant differences by Duncan's new multiple range test, the alpha level of $p<0.05$

จากการรายงานของ รัฐภัทร์ และคณะ (2553) ที่ได้ทำการเพาะเลี้ยงใบอ่อนของรากดำใบยาว โดยมีการเติมผงถ่านกัมมันต์ในอาหารสังเคราะห์ พบว่าอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่เติมผงถ่านกัมมันต์ระดับความเข้มข้น 1.0 กรัมต่อลิตร ทำให้เพิ่มจำนวนใบอ่อนและจำนวนรากได้มากที่สุด และใบอ่อนที่เกิดขึ้นใหม่ไม่แสดงลักษณะอาการบวมหรือ อวบน้ำ หรือแสดงอาการขาดธาตุอาหาร เช่น อาการใบเหลือง บุญยืน (2544) ได้กล่าวว่า ผงถ่านกัมมันต์มีความสามารถในการดูดซับสารบางตัวออกจากอาหารได้ เนื่องจากผงถ่านมีช่องว่างที่ละเอียดมาก มีพื้นที่ผิวในช่องว่างสูง มักใช้ในความเข้มข้น 0.2-3.0 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารสังเคราะห์สำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ จึงใช้ผงถ่านในการดูดซับสารพิษ นอกจากนี้อาจใช้ผงถ่านในระยะที่เกิดรากเพื่อลดปริมาณการได้รับแสงบริเวณราก และทำให้รากเจริญเติบโตได้ดี ผงถ่านจึงสำคัญต่อการสร้างเป็นต้นใหม่ ซึ่งสามารถชักนำให้เกิดรากได้ดีในขมิ้นชัน (กรณ์ และคณะ, 2560) และในบางครั้งการใส่ผงถ่านกัมมันต์ก็อาจยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชได้ ดังรายงานของ ชลธิชา และคณะ (2558) กล่าวว่า ผงถ่านกัมมันต์ส่งผลต่อการเกิดยอดและใบของขิง โดยทำให้จำนวนยอดและจำนวนใบลดลงแต่ไม่มีผลกับการสร้างเหง้าของขิง

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการผลของธาตุเหล็ก ผงถ่านกัมมันต์ และวุ้น ต่อการเกิดใบเหลือง และการเจริญเติบโตของปทุมมาลูกผสมสายพันธุ์สีม่วง (Violet) ที่เพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 3 ปัจจัย พบว่าความเข้มข้นของธาตุเหล็ก ผงถ่านกัมมันต์ และระดับความเข้มข้นของวุ้น มีผลต่อการเกิดใบเหลืองและการเจริญเติบโตของปทุมมาลูกผสมสายพันธุ์สีม่วง (Violet) การใช้ธาตุเหล็ก 2.78 กรัมต่อลิตร ร่วมกับผงถ่านกัมมันต์ 0.2 เปอร์เซ็นต์ และวุ้น 2.8 กรัมต่อลิตร ทำให้มีระดับใบเหลืองน้อยที่สุด และมีการเจริญเติบโตที่ดี อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบจำนวนชุดตัวอย่าง ปัจจัยที่ทำให้เกิดใบเหลืองและระดับความเข้มข้นที่หลากหลายมากขึ้น เพื่อให้ได้ผลที่ชัดเจนมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กรณ์ กรภัทร์ชัยกุล. 2558. การขยายพันธุ์ขมิ้นชัน (*Curcuma Longa* L.) ด้วยตายอดจากเหง้าอ่อน. วารสารวิทยาศาสตร์ มศว 31(1): 175-188.

กรณ์ กรภัทร์ชัยกุล ศักดิ์ชัย กรรมารางกูร และจีรนันท์ กล่อมนรา แก้วรักษา. 2560. การเกิดต้นจากการเพาะเลี้ยงแคลลัสของขมิ้นชันในหลอดทดลอง. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา 22: 1-13.

เกษตรชูไทย. ม.ป.ป. เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช (ออนไลน์). แหล่งข้อมูล https://sites.google.com/site/kasetchoothai/karkestr/-tissue-culture/-thekhnikh-kar-leiyng-neuxyeux-phuch (21 สิงหาคม 2562).

ชลธิชา ใจมาแก้ว ศิวาพร ธรรมดี และจามจุรี โสตถิกุล. 2558. ผลของน้ำตาลซูโครส ถ่านกัมมันต์ และระยะเวลาการให้แสงต่อการสร้างเหง้าของขิงในสภาพปลอดเชื้อ. วารสารเกษตร 32(1): 9-17.

เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุกรรม. 2554. อาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช (ออนไลน์). แหล่งข้อมูล https://vittayasat.blogspot.com/2011/07/blogpost_4478.html?fbclid=IwAR2kqu4e3jjNf5i36QErsEx0VvCXCD4Pb3E9XAiZh2dJmCca5KrCZ-mTct4 (9 พฤศจิกายน 2562).

บุญยืน กิจวิจารณ์. 2544. เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช. พิมพ์ครั้งที่ 2. ขอนแก่น: โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา.

ประสาทพร สมิตะมาน. 2541. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ: เทคนิคและการประยุกต์ใช้. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

รังสฤษฎ์ กาวีต๊ะ. 2545. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รัฐภัทร์ ประดิษฐ์สรรพ์ กาญจนรี พงษ์ฉวี และวรรณดา พิพัฒน์เจริญชัย. 2553. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อรากดำใบยาว *Microsorium pteropus* (Blume) Ching, 1933. สถาบันวิจัยสัตว์น้ำสวยงามและพรรณไม้น้ำ.

อนุพันธ์ กงบังเกิด และวีระชน ยานะฝั่น. 2548. ผลของแสง น้ำตาล และสารชะลอการเจริญเติบโตต่อการชักนำให้เกิดเหง้าจิ๋วของขมิ้นชันในหลอดทดลอง. NU Science Journal 2(1): 73-86.

อรุณี ม่วงแก้วงาม. 2559. การขยายพันธุ์ดาหลาขาวด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ. ว.พืชศาสตร์สงขลานครินทร์ 3(ฉบับพิเศษ 2): 8-11.

Chae, W.B., G.W. Choi and I.S. Chung. 2004. Plant Regeneration Depending on Explant Type in Chrysanthemum coronarium L. J. Plant Biotechnol. 6(4): 253-258.

Lebedev, V., M. Arkaev, M. Dremova, I. Pozdniakov, and K. Shestibratov. 2018. Effects of Growth Regulators and Gelling Agents on Ex Vitro Rooting of Raspberry. Pushchino: Russia.

Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bio-rassays with Tobacco tissue culture. Physiology Plant. 15: 473-474.

Vadim L., M. Arkaev, M. Dremova, I. Pozdniakov, and K. Shestibratov. 2019. Effects of Growth Regulators and Gelling Agents on *Ex Vitro* Rooting of Raspberry. Plants. 8(3).

Wu, J.-H., S.A. Miller, H.K. Hall and P.A. Mooney. 2009. Factors affecting the eficiency of micropropagation from lateral buds and shoot tips of Rubus. J. 8(3): 1-10.

วารสารผลิตกรรมการเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION
MJU

พัฒนาการของผล ดัชนีการเก็บเกี่ยว และปริมาณความร้อนสะสมของฝรั่งพันธุ์กิมจู แตงโม และนิโกร

Fruit Development, Harvest Index and Growing Degree Day of 'Kimju', 'Teangmo' and 'Nikro' guavas

จุฑามาศ ดำแก้ว* **และ ธีรนุช เจริญกิจ**
Jutamas Damkaew* **and Theeranuch Jaroenkit**

สาขาวิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290
Division of Horticulture, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290
* Corresponding author: JutamasD2004@hotmail.com

(Received: 2 May 2022; Revised: 18 August 2022; Accepted: 14 September 2022)

Abstract

Study on fruit growth, fruit quality and growing degree day (GDD) for suitable harvesting period of three guava cultivars: 'Kimju', 'Teangmo' and 'Nikro' grown in Chiang Mai Province. There were two major objectives including: 1) study of fruit growth and development using three replications. For each cultivar, both physical and chemical characteristics were determined for each stage of development. 2) study of suitable period of harvesting by consideration of fruit quality, sensory assessment and GDD. The results showed that pattern of guava fruit growth was double sigmoidal curve separating in to three stages. For first stage (7-42 DAF), width of the fruit gradually increased with time before shifting to second stage (49-84 DAF) which slow rate of fruit growth and finally the third stage (91-118 DAF) after rapidly growth, fruit entered maturity and ripening. For quality of fruit, it was found that when the guava ripened, the rind was light green, edible portion percentage (EP) and total soluble solids content (TSS) increased, while firmness, titratable acid (TA) and vitamin C decreased, the best harvesting period indicated for eating fruit fresh by assessment of physical, chemical and organoleptic qualities, It was found that Kimju cultivar should be harvested at 108-116 DAF with 2,204-2,346 GDD, Teangmo cultivar should be harvested at 104-110 DAF with 2,238-2,351 GDD, while Nikro cultivar should be harvested at 99-101 DAF with 2,142-2,176 GDD.

Keywords: Growth and development, fruit quality, harvest index, growing degree day

บทคัดย่อ

ศึกษาการเจริญเติบโต คุณภาพผล และปริมาณความร้อนสะสมในระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของฝรั่ง 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์กิมจู พันธุ์แตงโม และพันธุ์นิโกร ที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและพัฒนาการของผลแต่ละพันธุ์ โดยประเมินลักษณะทางกายภาพและเคมีแยกตามระยะพัฒนาการ ใช้ระยะละ 3 ซ้ำ 2) เพื่อศึกษาระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมจากการประเมินคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี ประสาทสัมผัส และปริมาณความร้อน

สะสม ผลการศึกษาพบว่า ฝรั่งทั้ง 3 พันธุ์มีการเจริญเติบโตของผลแบบ double sigmoidal curve แบ่งได้ 3 ระยะ โดยระยะแรก (7-42 วันหลังดอกบาน) ความกว้างของผลค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตามระยะของพัฒนาการจนกระทั่งเข้าสู่ระยะที่ 2 (49-84 วันหลังดอกบาน) ความกว้างของผลมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยและค่อนข้างช้า และระยะที่ 3 (91-118 วันหลังดอกบาน) ผลพัฒนาเข้าสู่ระยะแก่และสุก ความกว้างของผลมีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและช้าลงเมื่อผลสุกเต็มที่ ส่วนการเปลี่ยนแปลงด้านคุณภาพผลพบว่า เมื่อผลฝรั่งเข้าสู่ระยะสุก ผิวสีเขียวจางลง เปอร์เซ็นต์ส่วนที่รับประทานได้และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความแน่นเนื้อของผล ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณวิตามินซีโดยการไทเทรตมีแนวโน้มมีค่าลดลง ส่วนระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมสำหรับรับประทานผลสดจากการประเมินคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัส พบว่า พันธุ์กิมจูมีระยะเก็บเกี่ยวที่ช่วงอายุ 108-116 วันหลังดอกบาน มีปริมาณความร้อนสะสมอยู่ในช่วง 2,204-2,346 GDD พันธุ์แตงโมมีระยะเก็บเกี่ยวที่ช่วงอายุ 104-110 วันหลังดอกบาน มีปริมาณความร้อนสะสมอยู่ในช่วง 2,238-2,351 GDD และพันธุ์นิโกรมีระยะเก็บเกี่ยวที่ช่วงอายุ 99-101 วันหลังดอกบาน มีปริมาณความร้อนสะสมอยู่ในช่วง 2,142-2,176 GDD ตามลำดับ

คำสำคัญ: การเจริญเติบโต คุณภาพผล ดัชนีการเก็บเกี่ยว ปริมาณความร้อนสะสม

บทนำ

ฝรั่ง (*Psidium guajava* L.) เป็นผลไม้ที่มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนชื้นของทวีปอเมริกาใต้และอินเดีย สามารถปลูกได้ในพื้นที่เขตร้อนและกึ่งร้อน ปรับตัวได้ในสภาพอากาศที่หลากหลาย สามารถขยายพันธุ์ เพาะปลูก และดูแลรักษาง่าย ให้ผลผลิตได้ตลอดทั้งปี มีประโยชน์ในด้านอาหารและมีคุณค่าทางโภชนาการสูง อุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุ โดยเฉพาะวิตามินซี ซึ่งพบว่าในเนื้อฝรั่งสด 100 กรัม ให้วิตามินซีถึง 200 มิลลิกรัม ซึ่งมากกว่าส้มถึง 4 เท่า จึงส่งผลให้ฝรั่งเป็นผลไม้อีกชนิดหนึ่งที่ได้รับความสนใจในหลาย ๆ ประเทศ และจากการเปิดการค้าเสรีทั่วโลก ทำให้ฝรั่งเป็นสินค้าที่ได้รับความนิยมทั้งในรูปผลไม้สดและผลิตภัณฑ์แปรรูป โดยแหล่งผลิตสำหรับตลาดโลกในการผลิตฝรั่งแปรรูปหรือฝรั่งคั้นน้ำ ได้แก่ ฮาวาย อินเดีย เม็กซิโก เวเนซุเอลา และบราซิล ส่วนฝรั่งรับประทานสดมีการผลิตมากในแถบเอเชีย ได้แก่ ไทย มาเลเซีย เวียดนาม และไต้หวัน เป็นต้น (ธีรนุช, 2555) ฝรั่งแต่ละสายพันธุ์มีลักษณะการเจริญเติบโตและพัฒนาการแต่ละระยะแตกต่างกัน การเก็บเกี่ยวไปใช้ประโยชน์จึงต้องเลือกระยะที่เหมาะสมแตกต่างกัน เช่น การใช้แปรรูปหรือคั้นน้ำจะเก็บเกี่ยวผลในระยะสุก (ripening) ส่วนรับประทานสดเก็บเกี่ยวในระยะแก่ (maturity) ที่โดยทั่วไปนิยมสังเกตการเปลี่ยนแปลงจากสีและพื้นผิวของผลจากสีเขียวเข้มเป็นสีเขียวที่จางลง (จริงแท้, 2549) ซึ่งต้องอาศัยประสบการณ์และความชำนาญในการเก็บเกี่ยว ซึ่งอาจส่งผลต่อคุณภาพผลผลิตและการยอมรับของผู้บริโภคได้ อีกทั้งปัจจุบันเริ่มมีฝรั่งสายพันธุ์ต่างประเทศที่มีลักษณะสีของผลที่หลากหลาย ทั้งที่มีลักษณะผลสีแดงเนื้อสีชมพู ผลสีเขียวเนื้อสีชมพู ด้วยความแตกต่างของชนิดพันธุ์และลักษณะนี้ส่งผลให้ดัชนีการเก็บเกี่ยวของผลแตกต่างกัน จึงมีความจำเป็นต้องศึกษาดัชนีการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมเพื่อให้ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวมีคุณภาพและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งการหาดัชนีการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมจำเป็นต้องทราบถึงพัฒนาการการเจริญเติบโต และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลระหว่างการเจริญเติบโต เพื่อให้ทราบถึงช่วงเวลาการบริบูรณ์ของผลที่สามารถเก็บเกี่ยวได้ และใช้เป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมสำหรับรับประทานสดต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พันธุ์ฝรั่งที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ พันธุ์กิมจู (มีผิวสีเขียวเนื้อขาว) พันธุ์แตงโม (มีผิวสีเขียวเนื้อชมพู) และพันธุ์นิโกร (มีผิวสีม่วงแดงเนื้อชมพู) อายุ 2 ปี 5 เดือน จำนวนพันธุ์ละ 3 ต้น ปลูกในแปลงรวบรวมพันธุ์ฝรั่ง ศูนย์พัฒนาพันธุ์พืชจักรพันธ์เพ็ญศิริ กองพลทหารราบที่ 7 จังหวัดเชียงใหม่ ดำเนินการทดลองในช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2563 ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2564

การศึกษาการเจริญเติบโตของผล

ดำเนินการติดป้ายดอกที่เริ่มบานพร้อมกันพันธุ์ละ 5 ดอก ให้จำนวนดอกเป็นซ้ำ ซ้ำละ 1 ดอก มีทั้งหมด 5 ซ้ำ นำไปบันทึกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงด้านการเจริญเติบโตโดยวัดขนาดความกว้างและความยาวของผลในทุกสัปดาห์หลังดอกบานจนผลสุก (1-18 สัปดาห์) โดยใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์มีหน่วยเป็นเซนติเมตร จากนั้นนำข้อมูลแต่ละ

ระยะของแต่ละพันธุ์ไปหาค่าเฉลี่ยและสร้างกราฟการเจริญเติบโตของผลโดยใช้โปรแกรม SigmaPlot 12.0

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลทางด้านกายภาพและทางเคมี

ใช้ฝรั่ง 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์กิมจู พันธุ์แตงโม และพันธุ์นิโกร วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) ให้ระยะพัฒนาการเป็นทรีตเมนต์โดยแต่ละพันธุ์ใช้ระยะเวลาที่แตกต่างกัน กำหนดให้ 1 ระยะมี 3 ซ้ำ จำนวนซ้ำละ 1 ผล ดำเนินการศึกษาโดยติดป้ายดอกที่เริ่มบานพร้อมกันระยะละ 5 ดอก โดยช่วง 1-2 สัปดาห์แรกทำการติดป้ายดอกแบบวันเว้นวัน และหลังจากผลที่ติดป้ายครั้งแรกอายุได้ประมาณ 2 สัปดาห์ จะติดป้ายดอกสัปดาห์ละ 1 ครั้ง จนผลที่ทำการติดป้ายครั้งแรกสุกแล้วเก็บเกี่ยวพร้อมกัน จากนั้นเลือกระยะผลที่ใกล้แก่ของแต่ละพันธุ์โดยการประเมินจากสีและขนาดของผลในแต่ละระยะของแต่ละพันธุ์ระยะละ 3 ผล นำไปบันทึกข้อมูลด้านกายภาพ ดังนี้ 1) น้ำหนักผล 2) ขนาดผลโดยวัดความกว้างและความยาวผล 3) สีผิวบริเวณกึ่งกลางผลโดยใช้เครื่องวัดสี Colorimeter ระบบ Hunter's scale (Chromameter รุ่น CR-10, Minoltan, Japan) แสดงค่าเป็น L*, a*, b* 4) ความแน่นเนื้อตำแหน่งกึ่งกลางผลโดยใช้ Fruit pressure tester (FT 327, TR-Tuoni, Italy) หัววัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร 5) ความหนาเนื้อ ดำเนินการโดยผ่าผลฝรั่งตามยาว จากนั้นวัดความหนาของเนื้อผลโดยใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ มีหน่วยเป็นเซนติเมตร และ 6) เปอร์เซ็นต์ส่วนที่รับประทานได้ของผล (ส่วนของเนื้อผล) จากนั้นนำไปประเมินการยอมรับของผู้บริโภคทางด้านประสาทสัมผัสโดยให้จำนวนผู้เข้าทดสอบเป็นจำนวนซ้ำมีทั้งหมด 10 ซ้ำ ใช้การให้คะแนนแบบ Ballot มีเกณฑ์คะแนนจากชอบน้อยถึงชอบมากที่สุด 0-14 คะแนน และบันทึกข้อมูลคุณภาพผลทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรด และปริมาณวิตามินซีโดยการไทเทรต และปริมาณไลโคปีน (ดัดแปลงตามวิธีการของ Fish *et al*., 2002; Kong *et al*., 2010) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยแต่ละระยะของแต่ละพันธุ์และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรม SPSS

การหาดัชนีการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม

หาระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากค่าการยอมรับของผู้บริโภคและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, R) ระหว่างลักษณะทางกายภาพและเคมีของผลกับการประเมินความยอมรับของผู้บริโภคทางด้านประสาทสัมผัส (overall satisfaction, OS) เมื่อได้ระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมแล้วนำมาหาปริมาณความร้อนสะสมที่ใช้ในการพัฒนาผล โดยใช้อุณหภูมิที่บันทึกในแปลงด้วยตัวลงบันทึกข้อมูล (data logger) นำไปคำนวณหาปริมาณความร้อนสะสมตามวิธีของ Rasmidatta, (1984) จากสูตร GDD = ∑ [(max.temp + min.temp)/2- Baseline temperature] ซึ่ง Base Line temperature ของฝรั่งเท่ากับ 6 องศาเซลเซียส (Chen *et al.,* 2017)

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. การเจริญเติบโตของผล

จากการศึกษารูปแบบการเจริญเติบโตของผลจากความกว้างของผลหลังดอกบาน พบว่า ฝรั่งทั้ง 3 พันธุ์ มีรูปแบบการเจริญเติบโตแบบ double sigmoidal curve แบ่งได้ 3 ระยะ สอดคล้องกับรายงานของ ปาริฉัตร (2554) โดยจากผลการศึกษาพบว่า ระยะแรก (7-42 วัน) ความกว้างของผลค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตามระยะของพัฒนาการ มีความกว้างของผลอยู่ในช่วง 2.99-3.18 เซนติเมตร ระยะที่ 2 (49-84 วัน) การเจริญเติบโตในด้านความกว้างของผลค่อนข้างคงที่ สังเกตได้จากความชันของกราฟที่ลดลง เนื่องจากช่วงนี้ผลมีการพัฒนาในส่วนของเมล็ดมากกว่าส่วนของเนื้อผล (Yusof and Suhaila, 1987) ซึ่งความกว้างของผลอยู่ในช่วง 3.48-3.78 เซนติเมตร และระยะที่ 3 (91-118 วัน) เป็นระยะที่ผลพัฒนาเข้าสู่กระบวนการแก่และสุก การเจริญเติบโตด้านความกว้างของผลจึงเป็นไปอย่างรวดเร็วและค่อย ๆ ช้าลงเมื่อผลเข้าสู่ระยะสุกเต็มที่ (Figure 1) ซึ่งระยะนี้เริ่มเห็นได้ชัดว่า แต่ละพันธุ์มีความกว้างของผลและเวลาที่ใช้พัฒนาผลตั้งแต่ดอกบานจนกระทั่งผลสุกนิ่มที่แตกต่างกัน โดยพันธุ์กิมจูมีความกว้างของผลมากที่สุดเฉลี่ยอยู่ที่ 8.69 เซนติเมตร ใช้เวลาอยู่ที่ 118 วัน รองลงมาเป็นพันธุ์นิโกรมีความกว้างของผลเฉลี่ย 7.71 เซนติเมตร ใช้เวลา 104 วัน และพันธุ์แตงโมมีความกว้างของผลเฉลี่ย 6.99 เซนติเมตร ใช้เวลา 114 วัน ตามลำดับ (Table 1) นอกจากนี้ยังพบอีกว่า ฝรั่งทั้ง 3 พันธุ์มีการพัฒนาของผลระยะที่ 1 และ 2 ใกล้เคียงกัน

แต่การพัฒนาเข้าสู่ระยะที่ 3 แตกต่างกัน โดยพันธุ์กิมจูเข้าสู่ระยะที่ 3 เร็วที่สุด (77 วัน) รองลงมาคือ พันธุ์นิโกร (84 วัน) และพันธุ์แตงโมช้าที่สุดที่ 91 วัน (ลูกศรสีแดงใน Figure 1)

ในช่วงการเจริญเติบโตของผลฝรั่ง พบการเปลี่ยนแปลงของสีผิวและเนื้อผล ซึ่งมีความแตกต่างกันตามลักษณะประจำพันธุ์ (Figure 2) พันธุ์กิมจูมีลักษณะผลกลมแป้น ผิวสีเขียวเนื้อผลสีขาว ตลอดระยะการเจริญเติบโตไม่พบการเปลี่ยนแปลงในส่วนของสีเนื้อ แต่พบการเปลี่ยนแปลงของสีผิว โดยมีการเปลี่ยนแปลงจากสีเขียวเข้มไปเป็นสีเขียวที่จางลงเมื่อใกล้แก่ (Figure 2A) ในขณะที่พันธุ์แตงโมมีลักษณะผิวสีเขียวเนื้อสีชมพู รูปร่างผลมีลักษณะผลทรงรีรูปไข่ ระหว่างการเจริญเติบโตพบการเปลี่ยนแปลงของสีเนื้อจากสีขาวเป็นสีชมพูโดยเริ่มสังเกตได้ตั้งแต่อายุผล 100 วัน ไปจนถึงระยะที่ผลสุกเต็มที่ (114 วัน) ด้านสีผิวพบการเปลี่ยนแปลงจากสีเขียวเข้มเป็นสีเขียวที่จางลง และเมื่อผลสุกเต็มที่ผิวของผลจะมีลักษณะสีเหลืองแกมชมพู (Figure 2B) ส่วนพันธุ์นิโกรมีลักษณะผลสีม่วงแดงเนื้อชมพู ทรงผลมีลักษณะทรงกลมแป้น ระหว่างการเจริญเติบโตพบการเปลี่ยนแปลงในด้านสีเนื้อจากสีชมพูเข้มเป็นสีชมพูที่จางลงเล็กน้อย ส่วนสีผิวของผลมีการเปลี่ยนแปลงจากสีม่วงดำเป็นสีม่วงแดงและค่อนไปทางชมพูเมื่อผลสุก (Figure 2C)

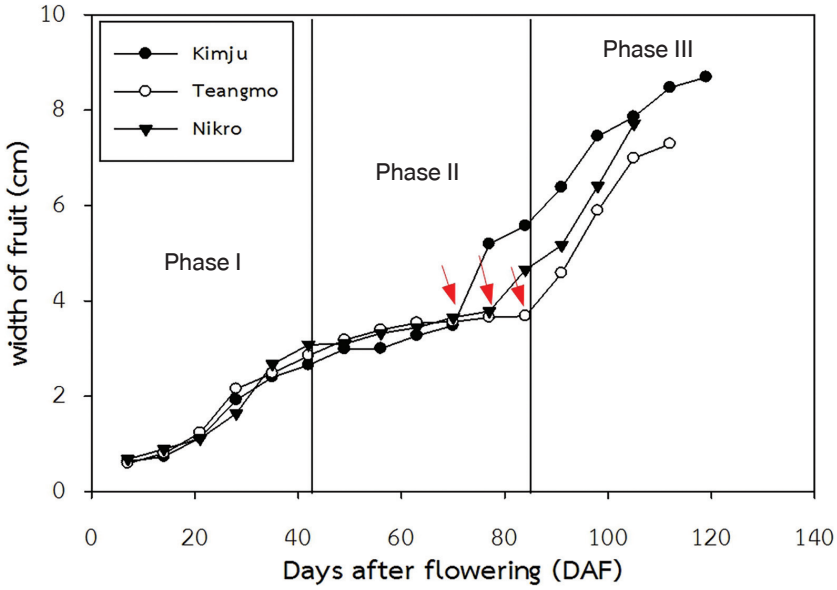


Figure 1 Development of fruit width of three guava cultivars

Table 1 Guava fruit width during three development phases

Cultivars	Phase I		Phase II		Phase III	
	DAF	Width (cm)	DAF	Width (cm)	DAF	Width (cm)
Kimju	7-42	2.99	49-70	3.48	77-118	8.69
Teangmo	7-42	3.18	49-84	3.68	91-114	6.99
Nikro	7-42	3.10	49-77	3.78	84-104	7.71

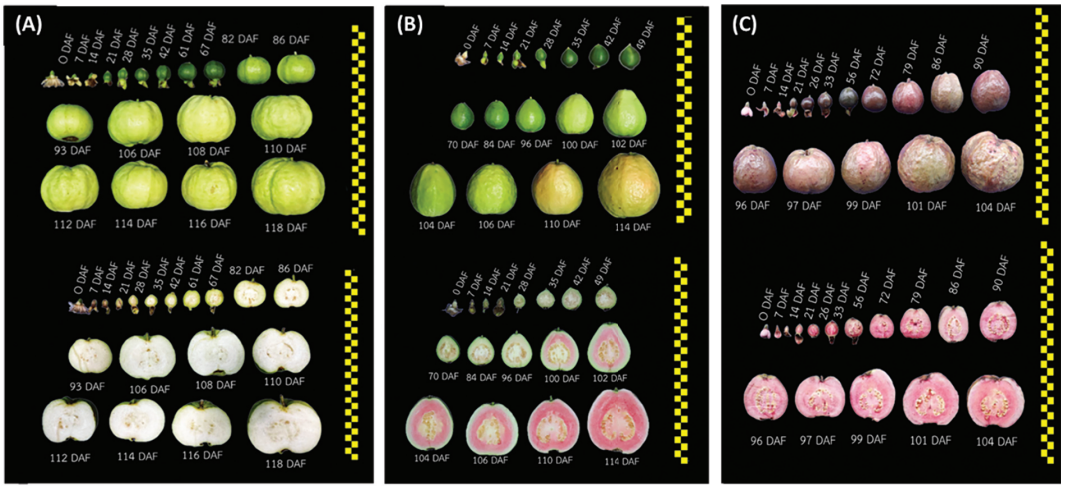


Figure 2 Fruit appearance and flesh color of Kimju (A), Teangmo (B) and Nikro (C) guava fruits during fruit development

2. การเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพของผลฝรั่งทางด้านกายภาพและทางเคมี

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลด้วยการเลือกระยะพัฒนาการของผลที่ใกล้แก่จนกระทั่งสุกนิ่ม โดยการประเมินจากสีและขนาดของผลพบว่าฝรั่งทั้ง 3 พันธุ์ มีอายุหลังดอกบานแตกต่างกันดังนี้ พันธุ์กิมจูอายุ 93-118 วัน พันธุ์แตงโมอายุ 100-114 วัน และพันธุ์นิโกรอายุ 97-104 วัน นำไปเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพและเคมี ดังนี้

น้ำหนักผลและค่าความสว่างผล (L*value) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะของพัฒนาการ โดยพบว่าพันธุ์กิมจูมีน้ำหนักผลเพิ่มขึ้นจาก 94.57 กรัม เป็น 394.15 กรัม และค่าความสว่างของผล (L*value) เพิ่มขึ้นจาก 59.33 เป็น 66.33 (Table 2) ในขณะที่พันธุ์แตงโมมีน้ำหนักผลเพิ่มขึ้นจาก 90.26 กรัม เป็น 202.96 กรัม และค่าความสว่างของผล (L*value) มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 57.13 เป็น 65.23 (Table 3) ส่วนพันธุ์นิโกรมีน้ำหนักผลเพิ่มขึ้นจาก 173.34 กรัม เป็น 391.92 กรัม และค่าความสว่างของผล (L*value) มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 37.97 เป็น 42.93 (Table 4) ตามลำดับ จากผลการศึกษาพบว่า น้ำหนักมีค่าเพิ่มขึ้นมากในช่วงท้ายของการเจริญเติบโต เช่น พันธุ์กิมจูที่อายุผล 116 วัน มีน้ำหนักผลเท่ากับ 221.73 กรัม เมื่อเข้าสู่ระยะสุกที่อายุผล 118 วัน น้ำหนักผลมีการเพิ่มขึ้นเป็น 394.15 กรัม อาจเนื่องจากตัวอย่างที่ใช้ในการเก็บข้อมูลไม่ใช่ผลเดิมและจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในแต่ละระยะมีน้อยส่งผลให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักที่ได้มีความต่างกัน

ความแน่นเนื้อของผล (Firmness) มีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุผลเพิ่มขึ้น โดยพบว่าพันธุ์กิมจูมีค่าความแน่นเนื้อจาก 74.53 นิวตัน เป็น 27.95 นิวตัน (Table 2) ในขณะที่พันธุ์แตงโมจาก 87.22 นิวตัน เป็น 23.19 นิวตัน (Table 3) และพันธุ์นิโกรจาก 75.78 นิวตัน เป็น 33.97 นิวตัน (Table 4) ตามลำดับ ซึ่งความแน่นเนื้อที่ลดลงเมื่อผลมีอายุมากขึ้น เนื่องมาจากการสลายโมเลกุลของอาหารสะสมและผนังเซลล์ ได้แก่ สารประกอบจำพวกเพคติน เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ทำให้ประสิทธิภาพการยึดตัวของเซลล์และความแข็งแรงของเนื้อเยื่อลดลง (ดนัย, 2556)

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solids; TSS) พบว่า พันธุ์กิมจูมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นตามระยะของพัฒนาการ และมีค่าลดลงเมื่อผลเข้าสู่ระยะสุกเต็มที่ โดยค่า TSS เพิ่มขึ้นจาก 7.70 องศาบริกซ์ ที่อายุผล 93 วัน เป็น 8.12-9.20 องศาบริกซ์ ที่อายุผลระหว่าง 106-116 วัน และมีค่าลดลงเป็น 7.37 องศาบริกซ์ ที่ระยะผลสุก (118 วัน) (Table 2) โดยค่า TSS ที่ลดลงนี้อาจเนื่องมาจากผลฝรั่งเข้าสู่กระบวนการสุกเต็มที่ สารอาหารสะสมที่เกิดการสลายและเริ่มถูกนำไปใช้ในกระบวนการหายใจ ส่งผลให้ปริมาณ TSS ลดลง ส่วนพันธุ์แตงโมและนิโกรมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะพัฒนาการ

จนกระทั่งผลสุก โดยมีค่า TSS อยู่ในช่วง 8.63-9.67 องศาบริกซ์ (Table 3) และ 7.70-9.27 องศาบริกซ์ (Table 4) ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Bashir and Abu-Goukh (2003) ที่รายงานว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้จะมีค่าที่เพิ่มขึ้นตามระยะพัฒนาการของผลที่เพิ่มขึ้น และจะมีความแตกต่างกันไปตามชนิดของพันธุ์ เช่น ฝรั่งพันธุ์กัมพูชาที่ระยะผลสุกมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 7.0 องศาบริกซ์ (Lazan and Ali, 1998) พันธุ์ Allahabad 13.0 องศาบริกซ์ (Tandon *et al*., 1983) และพันธุ์เจินจู 11.0 องศาบริกซ์ (ปาริฉัตร, 2554)

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable acidity; TA) สำหรับฝรั่งพันธุ์กิมจูที่อายุผล 106-118 วัน ไม่พบความแตกต่างของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ โดยค่าที่ได้อยู่ในช่วง 0.21-0.26 เปอร์เซ็นต์ (Table 2) ส่วนพันธุ์แตงโมและนิโกรมีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุผลเพิ่มขึ้น โดยมีค่า TA อยู่ในช่วง 0.20-0.39 เปอร์เซ็นต์ (Table 3) และ 0.28-0.39 เปอร์เซ็นต์ (Table 4) ตามลำดับ ซึ่งผลสอดคล้องกับรายงานของ Lazan and Ali (1998) ที่ได้กล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของฝรั่ง ในช่วงแรกการเจริญเติบโตจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะการเจริญเติบโต และค่าลดลงเมื่อผลเข้าสู่ระยะแก่และสุก โดยปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในฝรั่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.20-1.10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งขึ้นกับชนิดของพันธุ์และระยะการพัฒนาของผล (Bashir and Abu-Goukh, 2003)

ปริมาณวิตามินซี สำหรับฝรั่งพันธุ์แตงโม พบว่าปริมาณวิตามินซีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะพัฒนาการ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 206.8-307.6 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด (Table 3) ส่วนพันธุ์กิมจูและนิโกรมีปริมาณวิตามินซีลดลงเมื่ออายุผลเพิ่มขึ้น โดยมีปริมาณวิตามินซีอยู่ในช่วง 109.5-345.5 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด (Table 2) และ 194.7-248.1 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด (Table 4) ตามลำดับ ซึ่งรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซีที่แตกต่างกันระหว่างพันธุ์แตงโมกับพันธุ์กิมจูและนิโกรอาจเป็นผลเนื่องมาจากพันธุ์ที่ต่างกัน เช่นในรายงานของ Bashir *et al*., (2002) รายงานว่า ปริมาณวิตามินซีในฝรั่งพันธุ์เนื้อสีชมพูมีแนวโน้มลดลงเมื่อผลมีอายุมากขึ้น ในขณะที่ Cavalini *et al*., (2006) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลของฝรั่งพันธุ์กุมมาไกและปาลูมา พบว่า ปริมาณวิตามินซีของผลฝรั่งทั้งสองพันธุ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุผลเพิ่มขึ้น ดังนั้นจะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ด้วย

ปริมาณไลโคปีน จากการศึกษาปริมาณไลโคปีนในเนื้อฝรั่งที่มีสีชมพู คือ พันธุ์แตงโมและนิโกร พบว่า ฝรั่งทั้งสองพันธุ์มีสารไลโคปีนซึ่งเป็นชนิดเดียวกับมะเขือเทศ โดยปริมาณที่พบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะของพัฒนาการ โดยพันธุ์แตงโมมีไลโคปีนอยู่ในช่วง 4.53-11.50 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง (Table 3) ในขณะที่พันธุ์นิโกรอยู่ในช่วง 44.08-66.95 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง (Table 4) ซึ่งพบปริมาณที่มากกว่าในพันธุ์แตงโม ส่วนพันธุ์กิมจูไม่พบปริมาณไลโคปีนในเนื้อทุกระยะพัฒนาการเนื่องจากเนื้อเป็นสีขาว

3. ดัชนีการเก็บเกี่ยวของฝรั่ง 3 พันธุ์

3.1 ลักษณะทางกายภาพและเคมี และการยอมรับของผู้บริโภค

จากการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางกายภาพและเคมีกับการประเมินความยอมรับของผู้บริโภคทางด้านประสาทสัมผัส (Overall satisfaction; OS) โดยพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient; r) พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของฝรั่งพันธุ์แตงโมและพันธุ์นิโกรยังไม่ชัดเจนและไม่สามารถยืนยันความสัมพันธ์ได้ เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้มีความสัมพันธ์ในระดับต่ำ ($r<0.50$) ยกเว้นฝรั่งพันธุ์กิมจูที่พบว่า ค่าการยอมรับของผู้บริโภค (OS) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) มากที่สุด โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.62 กล่าวคือ เมื่อปริมาณ TSS มีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงจะส่งผลให้ค่าการยอมรับของผู้บริโภคเพิ่มขึ้นหรือลดลงด้วยที่ร้อยละ 62 (Table 5)

เมื่อหาระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมจากลักษณะคุณภาพผลทางกายภาพและเคมี และการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า ทั้ง 3 พันธุ์มีระยะเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน โดยพันธุ์กิมจูมีช่วงเก็บเกี่ยวที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุดช่วงอายุ 108-116 วัน มีน้ำหนักผลอยู่ที่ 170.13-221.73 กรัม มี TSS อยู่ในช่วง 8.12-9.20 องศาบริกซ์ มีค่า TA อยู่ในช่วง 0.21-0.26 เปอร์เซ็นต์ และความแน่นเนื้อของผลอยู่ที่ 35.06-52.96 นิวตัน โดยช่วงอายุ 108-110 วัน เป็นช่วงที่ผลมีความกรอบมากที่สุด มีความแน่นเนื้อของผลอยู่ในช่วง

47.52-52.96 นิวตัน ส่วนช่วงอายุผล 112-116 วัน ความกรอบจะลดลงอยู่ในช่วง 35.06-37.75 นิวตัน ตามลำดับ (Table 2) ในขณะที่พันธุ์แตงโมมีช่วงเก็บเกี่ยวที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุดช่วงอายุ 102-114 วัน มีน้ำหนักผลอยู่ที่ 84.67-202.96 กรัม มี TSS อยู่ในช่วง 9.23-9.67 องศาบริกซ์ มีค่า TA อยู่ในช่วง 0.20-0.37 เปอร์เซ็นต์ และความแน่นเนื้อของผลอยู่ที่ 23.19-78.72 นิวตัน ตามลำดับ (Table 3) อย่างไรก็ตาม สำหรับพันธุ์แตงโมเมื่อพิจารณาองค์ประกอบของผลเพื่อจำหน่ายในช่วงอายุผล 102 วัน น้ำหนักผลอยู่ที่ 84.67 กรัม ไม่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวเพื่อจำหน่ายตามมาตรฐานของ มกอช. ซึ่งกำหนดไว้ว่า ฝรั่งต้องมีน้ำหนักในช่วง 100-450 กรัม (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2553) ส่วนช่วงอายุผล 114 วัน มีค่าความแน่นเนื้อของผลอยู่ที่ 23.19 นิวตัน เป็นช่วงที่ผลเข้าสู่ระยะสุกนิ่ม จึงไม่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาหลังจากการเก็บเกี่ยว เพราะอาจทำให้ผลผลิตเสื่อมคุณภาพเร็วขึ้นและอายุการเก็บรักษาสั้นลง ฉะนั้นหากต้องการเก็บเกี่ยวฝรั่งพันธุ์แตงโมเพื่อจำหน่ายควรเลือกเก็บที่ช่วงอายุ 104-110 วันจึงเหมาะสมที่สุด ส่วนพันธุ์นิโกรมีช่วงเก็บเกี่ยวที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุดช่วงอายุ 99-104 วัน มีน้ำหนักผลอยู่ที่ 202.05-391.92 กรัม มี TSS อยู่ในช่วง 8.20-9.27 องศาบริกซ์ มีค่า TA อยู่ในช่วง 0.28-0.30 เปอร์เซ็นต์ และความแน่นเนื้อของผลอยู่ที่ 33.97-64.02 นิวตัน เมื่อพิจารณาจากองค์ประกอบของผลสำหรับการเก็บเกี่ยวเพื่อจำหน่ายที่ระยะผล 104 วันหลังดอกบาน ค่าความแน่นเนื้อของผลมีค่าอยู่ที่ 33.97 นิวตัน เป็นช่วงที่ผลเข้าสู่ระยะสุกมีความนิ่มมาก จึงไม่เหมาะสมสำหรับเก็บเพื่อจำหน่ายและเก็บรักษาระยะยาว ฉะนั้นระยะที่เหมาะสมจึงควรเก็บเกี่ยวในช่วงอายุผล 99-101 วัน (Table 4)

Table 2 Fruit components and quality of 'kimju' guava fruit developed during 93-118 days after flowering

DAF	Weight (g)	Fruit skin color			Firmness (N)	Flesh Thickness (cm)	Edible Portion (%)	TSS (°Brix)	TA (%)	TSS/TA (°Brix/%)	Vitamin C (mg ascorbic acid/100 g.FW)	Lycopene Content (mg/100g.DW)	Overall satisfaction
		L*	a*	b*									
93	94.57 c	59.33 b	-5.70 c	36.97	74.53 a	1.62 c	82.97 b	7.70 bc	0.26	31.05 b	345.53 a	-	4.51 c
106	169.14 b	67.05 ab	-4.23 bc	33.78	56.88 a	2.38 ab	90.71 a	8.22 ab	0.21	40.69 ab	251.17 b	-	5.63 bc
108	170.13 b	62.80 ab	-3.55 bc	33.17	52.96 a	2.37 ab	90.89 a	8.12 ab	0.22	37.64 ab	222.72 b	-	7.05 ab
110	233.99 b	68.95 a	-3.10 bc	33.80	47.52 bc	2.43 ab	90.93 a	9.20 a	0.23	42.44 ab	228.73 b	-	9.01 a
112	210.27 b	69.13 a	-3.07 bc	35.98	37.75 cd	2.26 bc	89.39 a	8.92 ab	0.21	54.10 a	203.04 bc	-	7.99 ab
114	218.19 b	68.45 a	-2.55 a	37.10	37.75 cd	2.25 bc	88.23 a	8.45 ab	0.22	40.46 ab	193.05 c	-	8.37 a
116	221.73 b	67.80 ab	-2.37 a	37.33	35.06 d	2.72 a	90.86 a	8.97 a	0.26	31.05 b	198.63 bc	-	7.23 ab
118	394.15 a	66.33 ab	-2.22 a	34.88	27.95 d	2.89 a	90.93 a	7.37 c	0.26	29.02 b	109.51 d	-	3.95 c
F-test	**	**	**	ns	**	**	*	**	ns	**	**	-	**
CV%	9.77	5.06	30.95	7.22	15.40	14.26	26.54	6.51	19.44	15.62	13.70	-	3.42

Remarks: ns = Not significant difference, *, ** = Significant difference at probability level 0.05 and 0.01, respectively by DMRT, DAF = Days after flowering

Table 3 Fruit components and quality of 'Teangmo' guava fruit developed during 100-114 days after flowering

DAF	Weight (g)	Fruit skin color			Firmness (N)	Flesh Thickness (cm)	Edible Portion (%)	TSS (°Brix)	TA (%)	TSS/TA (°Brix/%)	Vitamin C (mg ascorbic acid/100 g.FW)	Lycopene Content (mg/100g.DW)	Overall satisfaction
		L*	a*	b*									
100	90.26 c	57.13 c	3.26 b	36.93	87.22 a	1.07 c	75.93	8.63	0.39 a	21.99 c	254.73 b	-	4.88 b
102	84.67 c	58.86 c	3.80 b	36.13	78.72 a	1.25 bc	72.84	9.23	0.37 a	20.23 c	256.80 b	-	5.38 ab
104	128.96 bc	60.16 bc	-5.43 a	37.07	74.15 a	1.43 bc	67.10	9.37	0.32 bc	30.39 b	244.28 b	4.53	6.70 ab
106	160.76 ab	64.40 ab	-4.40 a	36.50	51.61 b	1.55 ab	71.10	9.50	0.30 bc	30.17 b	268.84 b	-	7.75 a
110	181.02 ab	64.40 ab	-4.06 a	31.87	50.30 b	1.67 a	68.43	9.60	0.31 bc	30.06 b	252.02 b	-	7.46 a
114	202.96 a	65.23 a	-2.56 a	33.47	23.19 c	1.80 a	77.73	9.67	0.20 c	47.27 a	307.62 a	11.50	7.73 a
F-test	**	**	**	ns	**	**	ns	ns	**	**	*	-	*
CV%	24.31	4.11	17.54	5.81	12.92	9.18	10.08	11.40	13.31	13.18	8.15	-	5.43

Table 4 Fruit components and quality of 'Nikro' guava fruit developed during 97-104 days after flowering

DAF	Weight (g)	Fruit skin color			Firmness (N)	Flesh Thickness (cm)	Edible Portion (%)	TSS (°Brix)	TA (%)	TSS/TA (°Brix/%)	Vitamin C (mg ascorbic acid/100 g.FW)	Lycopene Content (mg/100g.DW)	Overall satisfaction
		L*	a*	b*									
97	173.34 b	37.97 ab	10.23	12.90 b	75.78 a	1.85 b	81.08	7.77 c	0.39 a	19.84 c	248.16 a	-	3.37 b
99	202.05 b	35.10 b	8.80	10.83 b	64.02 ab	1.86 b	79.50	8.20 bc	0.29 b	27.45 b	221.09 ab	44.08	4.92 a
101	232.81 b	43.67 a	9.07	16.10 a	61.74 b	1.89 b	76.48	8.87 ab	0.28 b	31.01 a	212.81 ab	-	5.31 a
104	391.92 a	42.93 a	10.77	17.47 a	33.97 c	2.49 a	84.39	9.27 a	0.30 b	30.56 a	194.76 c	66.95	5.40 a
F-test	**	*	Ns	**	**	**	ns	*	**	**	**	-	**
CV%	17.72	7.04	16.16	5.82	10.97	5.06	9.09	11.61	5.98	3.44	3.47	-	6.14

Remarks: ns = Not significant difference, *, ** = Significant difference at probability level 0.05 and 0.01, respectively by DMRT, DAF = Days after flowering

Table 5 Correlation coefficient (r) between overall satisfaction (OS), days after flowering, firmness, total soluble solid (TSS), titratable acidity (TA), total soluble solids per titratable acidity ratios of 'kimju', 'Teangmo', and 'Nikro' guava fruit

Trait	Overall satisfaction		
	Kimju	Teangmo	Nikro
DAF	0.21*	0.32**	0.32*
Firmness	-0.18	0.05	-0.32*
TSS	0.62**	0.18	0.33*
TA	0.39**	0.11	-0.44**
TSS/TA	0.46**	-0.11	0.42**

Remarks: *, ** represents significance at the 0.05 and 0.01 level (2-tailed), respectively

3.2 ปริมาณความร้อนสะสม (growing degree day; GDD)

จากการศึกษาปริมาณความร้อนสะสมเพื่อกำหนดระยะการเก็บเกี่ยวของฝรั่ง 3 พันธุ์ ในช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2563 ถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2564 พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยแต่ละเดือนอยู่ในช่วง 21.90-27.54 องศาเซลเซียส (Table 6) ช่วงที่อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส ในช่วงเดือนธันวาคมถึงกุมภาพันธ์และช่วงอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส ในช่วงเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม (Figure 3)

Table 6 Temperature and growing degree day (GDD) for each month

Month	Minimum (°C)	Maximum (°C)	Average (°C)	GDD
17-31 December	16.80	27.08	22.84	261.05
1-31 January	12.20	34.70	21.90	530.35
1-28 February	13.20	37.30	23.50	532.25
1-31 March	13.10	41.10	26.81	684.00
1-30 April	18.90	39.80	27.11	671.70
1-31 May	18.10	37.50	27.54	624.55
Mean	**15.38**	**36.25**	**24.95**	-

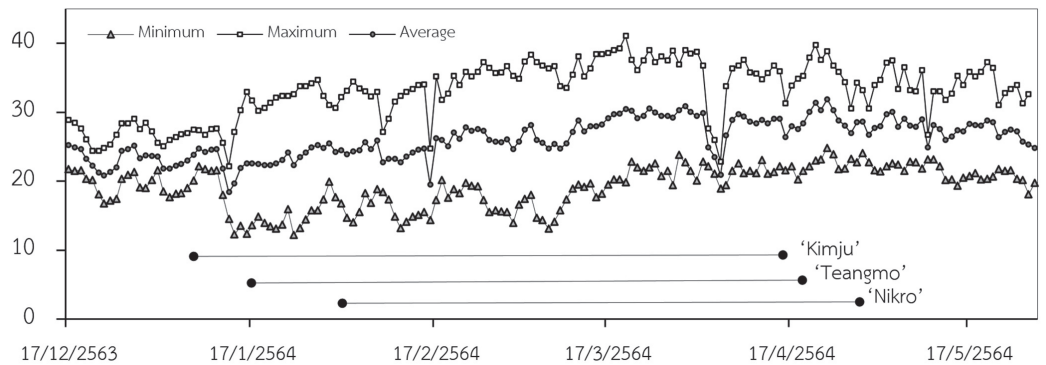


Figure 3 Daily temperature during the guava study period in Chiang Mai

เมื่อนำอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดในแต่ละวันไปคำนวณหาปริมาณความร้อนสะสม โดยใช้อุณหภูมิพื้นฐานเท่ากับ 6 องศาเซลเซียส (Chen *et al*., 2017) และใช้ระยะการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมจากการนับวันหลังดอกบานของฝรั่งทั้ง 3 พันธุ์ พบว่า พันธุ์กิมจูมีช่วงเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมที่อายุผล 108-116 วัน และมีปริมาณความร้อนสะสมอยู่ในช่วง 2,204-2,346 GDD (Table 7) ใกล้เคียงกับฝรั่งพันธุ์กิมจูซึ่งปลูกในพื้นจังหวัดนราธิวาส จากการนับวันหลังดอกบาน พบว่า มีช่วงเก็บเกี่ยวที่อายุ 100-115 วัน มีค่าปริมาณความร้อนสะสมอยู่ในช่วง 2,222-2,308 GDD (จักรพงศ์ และคณะ, 2564) ในขณะที่พันธุ์แตงโมมีอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมในช่วง 104-110 วัน ปริมาณความร้อนสะสมอยู่ในช่วง 2,238-2,351 GDD ส่วนพันธุ์นิโกรมีอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมในช่วง 99-101 วัน ปริมาณความร้อนสะสมอยู่ในช่วง 2,142-2,176 GDD (Table 7) ซึ่งใกล้เคียงกับปริมาณความร้อนสะสมของฝรั่งพันธุ์แป้นสีทอง เย็นสอง และกลมสาลี่ ที่มีรายงานว่าปริมาณความร้อนสะสมอยู่ในช่วง 2,182-2,489 GDD (จิราวรรณ, 2543) จากผลการศึกษาเห็นได้ว่า อิทธิพลของสภาพแวดล้อมและพื้นที่ทางภูมิศาสตร์มีผลต่อจำนวนวันในการพัฒนาผลแตกต่างกัน เช่น ฝรั่งพันธุ์กิมจูที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดนราธิวาสเริ่มเก็บเกี่ยวได้ที่อายุผล 100 วัน (จักรพงศ์ และคณะ, 2564) ในขณะที่ของจังหวัดเชียงใหม่เก็บเกี่ยวได้ที่อายุ 108 วัน อาจเนื่องมาจากอุณหภูมิเฉลี่ยทางภาคใต้สูงกว่าทางภาคเหนือ จึงส่งผลให้ฝรั่งใช้เวลาในการพัฒนาผลและสะสมความร้อนได้เร็วขึ้น แต่พันธุ์ที่แตกต่างกันจะมีค่าปริมาณความร้อนสะสมที่แตกต่างกันซึ่งอาจเกิดจากลักษณะและองค์ประกอบของผลที่ต่างกันตามลักษณะประจำพันธุ์ และปริมาณความร้อนสะสมที่แตกต่างกันแสดงให้เห็นว่า ฝรั่งแต่ละพันธุ์มีพัฒนาการและการเจริญเติบโตแตกต่างกัน

Table 7 Harvest time, growing degree days (GDD) and period of harvest of 'kimju', 'Teangmo', and 'Nikro' guava fruit

Cultivars	Harvest time (DAF)	Period of harvest (days)	GDD	
			Range	Average
Kimju	108-116	9	2,204 - 2,346	2,276
Teangmo	104-110	7	2,238 - 2,351	2,289
Nikro	99-101	3	2,142 - 2,176	2,159

สรุปผลการวิจัย

การเจริญเติบโตของฝรั่ง 3 พันธุ์ มีการเติบโตแบ่งเป็น 3 ระยะเหมือนกัน แต่ฝรั่งพันธุ์กิมจูเข้าสู่ระยะที่ 3 เร็วกว่าพันธุ์อื่น ส่วนระยะที่เก็บเกี่ยวได้จะอยู่ในระยะที่ 3 ของการเจริญเติบโต ซึ่งเป็นช่วงที่ผลพัฒนาเข้าสู่ระยะแก่และสุก ฝรั่งที่ศึกษาแต่ละพันธุ์จะใช้เวลาในช่วงพัฒนาการผลจากดอกบานถึงผลสุกแตกต่างกัน โดยพันธุ์กิมจูใช้เวลาพัฒนาผลรวม 118 วัน มีระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมสำหรับรับประทานสดในช่วง 108-116 วัน ในขณะที่พันธุ์แตงโมใช้เวลาพัฒนาผลรวม 114 วัน มีระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมสำหรับรับประทานสดในช่วง 104-110 วัน ส่วนพันธุ์นิโกรใช้เวลาพัฒนาผลรวม 104 วัน มีระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมสำหรับรับประทานสดในช่วง 99-101 วัน แต่ละพันธุ์ใช้ปริมาณความร้อนสะสมเพื่อพัฒนาผลจนถึงระยะเก็บเกี่ยวสำหรับรับประทานสด ดังนี้ พันธุ์กิมจูมีปริมาณความร้อนสะสมในช่วง 2,204-2,346 GDD พันธุ์แตงโมอยู่ในช่วง 2,238-2,351 GDD และพันธุ์นิโกรอยู่ในช่วง 2,142-2,176 GDD ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากโครงการปรับปรุงพันธุ์ไม้ผล ศูนย์พัฒนาพันธุ์พืชจักรพันธ์เพ็ญศิริ มูลนิธิชัยพัฒนา ปีงบประมาณ 2562-2564

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช. ภาควิชาพืชสวน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

จักรพงศ์ จิระแพทย์ ธนกฤต ใจดี และสุดารัตน์ พูลเทพ. 2564. อุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของฝรั่งพันธุ์กิมจู. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ 13(2): 386-399.

จิราวรรณ ปอประสิทธิ์. 2543. ค่าหน่วยความร้อนสะสมของฝรั่งพันธุ์การค้า 3 สายพันธุ์. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, ภาควิชาพืชสวน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ดนัย บุณยเกียรติ. 2556. สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลพืชสวน. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.

ธีรนุช เจริญกิจ. 2555. เอกสารประกอบการสอนวิชาไม้ผลเขตร้อน. คณะผลิตกรรมการเกษตร, มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

ปาริฉัตร เพ่งผล. 2554. การเจริญของผลฝรั่งพันธุ์เซินจู. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาพืชสวน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วรกานต์ สวัสดิ์ฟัก. 2557. การเปลี่ยนแปลงสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของผลฝรั่ง ‘หวานพิรุณ’ และ ‘กิมจู’. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาพืชสวน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2553. มาตรฐานสินค้าเกษตร: ฝรั่ง มกษ. 16-2553. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

Bashir, H. and A. Abu-Goukh. 2003. Compositional changes during guava fruit ripening. Food chemistry 80: 557-563.

Cavalini, F., A. Jacomino, M. Lochoski, R. Kluge and E. Ortega. 2006. Maturity indexes for ‘Kumagai’ and ‘Paluma’ guavas. Revista Brasileira de Fruticultura 28: 176-179.

Chen, P., M. Huang, M. Lin, S. Roan and I. Chen. 2017. Temperature growth models of guava (*Psidium guajava* L.), Acta Horticulture 157-160.

Fish, W., P. Veazie and K. Collins. 2002. A quantitative assay for lycopene that utilizes reduce volumeof organic solvents. Journal of food composition and analysis 15: 309-317.

Kong, K., W. Khoo, K. Prasad, A. Ismail, C. Tan and N. Rajab. 2010. Revealing the power of the natural red pigment lycopene. Molecules 15: 959-987.

Lazan, H. and Z. Ali. 1998. Guava In: PE Tropical and subtropical fruits. Shaweta (eds.) Ag. science Inc, Auburndale FL, pp. 446-485.

Rasmidatta, V. 1984. Growing degree day. Thai Journal of Agricultural Science 17(4): 155-158.

Tandon, D., S. Kalra, H. Singh and K. Chada. 1983. Physio-chemical characteristics of some guava cultivars. Progressive Horticulture 15(1-2): 42-44.

Yusof, S. and M. Suhaila. 1987. Physio-chemical in guava (*Psidium guajava* L.) during development and maturation. J. Science Food Agric 38(1): 31-39.

ผลของความเร็วรอบในการเคลือบและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

Effects of Coating Speed and Storage Period on Seed Quality of Soybean Seed

ธิดารัตน์ แก้วคำ* จุฑามาศ เชื้อลิ้นฟ้า และ สุทธิดา กำเนิดทอง
Tidarat Kaewkham* Juthamat Chuealinfa and Suttida Kamnoedthong

สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290
Division of Postharvest technology, Faculty of Engineering and Agro-Industry, Maejo University, Chiang Mai 50290

* Corresponding author: Tidarat_kk@mju.ac.th

(Received: 9 May 2022; Revised: 3 October 2022; Accepted: 24 November 2022)

Abstract

This study was conducted to investigate the effects of seed coating speed and storage period on germination and vigor of soybean seed. It was studied in order to evaluate its shelf life at laboratory of seed technology, Faculty of Engineering and Agro-Indutry, Maejo University. The 4×4 factorial arrangements in the completely randomized design (CRD) consisted of two factors. Factor A was coating speed: noncoated seed, seed coating at speed 76 rpm, seed coating at speed 117 rpm and seed coating at speed 151 rpm. Factor B was storage period: 0, 2, 4 and 6 months in storage room with control conditions (15 ℃, 50% RH). The results showed that after coated soybean seeds with a rotary coater at different coating speeds were had average of both seed germination in laboratory and greenhouse conditions about 89%. In comparison between seed coating speed, it showed that coating speed 151 rpm affected on germination in laboratory condition, germination index, seed vigor and viability of seeds were significantly difference from other treatments including no coated seed ($p \leq 0.05$). The storability of seed showed that coated soybean seed and no coated seed decreased seed germination and seed vigor in both laboratory and greenhouse conditions after stored for 6 months. The seed germination in laboratory and greenhouse conditions and germination index differed significantly among sample due to the interaction between seed coating speed and storage period. It showed that the coated seed at 151 rpm decreased seed quality compared with no coated seeds after the 4-6 months storage.

Keywords: seed coater, soybean, accelerated aging, germination index

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความเร็วรอบในการเคลือบด้วยเครื่องเคลือบแบบจานหมุนและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ณ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จัดสิ่งทดลองแบบ 4×4 Factorial ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัย A คือ ความเร็วรอบในการเคลือบเมล็ดพันธุ์ ได้แก่ เมล็ดที่ไม่เคลือบ (ควบคุม) เมล็ดที่เคลือบด้วยความเร็วรอบที่ 76 รอบต่อนาที เมล็ดที่เคลือบด้วยความเร็วรอบที่ 117 รอบต่อนาที และเมล็ดที่เคลือบด้วยความเร็วรอบที่ 151 รอบต่อนาที ปัจจัย B คือ ระยะเวลาการเก็บรักษา ได้แก่ 0 2 4 และ 6 เดือน บรรจุเมล็ดในถุงพลาสติกและนำไปเก็บรักษาในสภาพห้องที่มีการควบคุมอุณหภูมิ (15 °C; 50% RH) ผลการทดลองพบว่าการเคลือบเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองด้วยเครื่องเคลือบแบบจานหมุนที่ความเร็วรอบที่แตกต่างกันพบว่ามีความงอกในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพโรงเรือนหลังการเคลือบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 89% เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีการเคลือบพบว่า การเคลือบที่ความเร็วรอบ 151 รอบต่อนาที มีผลทำให้ความงอกในสภาพห้องปฏิบัติการ ดัชนีการงอก ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ และความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ มีความแตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีการเคลือบอื่น ๆ และเมล็ดที่ไม่เคลือบสาร ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาถึงอายุการเก็บรักษาพบว่าเมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านการเคลือบและไม่เคลือบ เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน มีผลทำให้ความงอกในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพโรงเรือนลดลง รวมถึงความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ที่มีค่าลดลงด้วยเช่นกัน เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างความเร็วรอบที่ใช้ในการเคลือบและระยะเวลาการเก็บรักษาพบว่า มีอิทธิพลร่วมกันต่อความงอกในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพโรงเรือน และดัชนีการงอก โดยพบว่าเมล็ดที่ผ่านการเคลือบที่ความเร็วรอบที่ 151 รอบต่อนาที และมีการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4-6 เดือน มีผลทำให้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้เคลือบ

คำสำคัญ: เครื่องเคลือบเมล็ดพันธุ์ ถั่วเหลือง การเร่งอายุ ดัชนีการงอก

คำนำ

ถั่วเหลืองเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย เนื่องจากสามารถนำมาใช้ประโยชน์ทั้งเพื่อการบริโภคและนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น เต้าหู้ เต้าเจี้ยว ซอสถั่วเหลือง น้ำนมถั่วเหลือง ตลอดจนอุตสาหกรรมน้ำมันพืชและอาหารสัตว์ รวมถึงอาหารแปรรูปเป็นโปรตีนเพื่อทดแทนเนื้อสัตว์ (สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดสุโขทัย, 2560) แต่ในปัจจุบันมีการผลิตถั่วเหลืองในประเทศเพียง 1.3 เปอร์เซ็นต์ ของความต้องการใช้ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องพึ่งพาการนำเข้าจากต่างประเทศถึง 98.7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งหากเกิดเหตุการณ์ที่ส่งผลกระทบต่อการนำเข้าจะส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมถั่วเหลืองของประเทศไทย ดังนั้นการเพิ่มปริมาณการผลิตถั่วเหลืองในประเทศไทยจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องปฏิบัติ ซึ่งปัญหาที่พบในการคือขาดแคลนเมล็ดพันธุ์ดี ส่งผลทำให้มีผลต่อผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ และผลผลิตที่ได้มีคุณภาพต่ำ (สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดแม่ฮ่องสอน, 2561) ซึ่งการใช้เมล็ดพันธุ์ที่ดีจะส่งเสริมให้ผลผลิตต่อไร่ที่ได้สูงขึ้น เมล็ดพันธุ์ที่ดีคือเมล็ดที่มีอัตราการงอกสูง ความแข็งแรงสูง และสามารถเจริญเติบโตเป็นต้นกล้าที่สมบูรณ์ (บุญมี และคณะ, 2555) ปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีการเคลือบเมล็ดพันธุ์เข้ามาใช้ในกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ ซึ่งการเคลือบเมล็ดพันธุ์คือการนำพาสารป้องกันโรคและแมลงให้ติดแน่นกับเมล็ด (Simone, 2020) ส่งผลทำให้สามารถป้องกันโรคและแมลงในระหว่างการเก็บรักษาและสามารถป้องกันโรคในระยะกล้าได้อีกด้วย (จักรพงษ์, 2562) โดยเครื่องเคลือบที่มีการใช้ในปัจจุบันมีอยู่ 2 ประเภท คือ เครื่องเคลือบเมล็ดพันธุ์แบบฉีดพ่น และเครื่องเคลือบเมล็ดพันธุ์แบบจานหมุน การเคลือบเมล็ดพันธุ์ที่ดีและถูกต้องจะต้องไม่ส่งผลต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์หลังการเคลือบและหลังการเก็บรักษา (บุญมี, 2558; วันชัย, 2542) โดยเฉพาะเมล็ดถั่วเหลืองที่มีลักษณะของเยื่อหุ้มเมล็ดที่บางและได้รับความกระทบกระเทือนจากเครื่องจักรกลได้ง่าย หรืออาจได้รับผลกระทบต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า คือ ความเสียหายที่มองไม่เห็น (latent effect) (วันชัย, 2542) ดังนั้นการเคลือบเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองจึงต้องมีการศึกษาหาวิธีการเคลือบที่เหมาะสมต่อการเคลือบโดยการใช้เครื่องเคลือบแบบจานหมุนที่ถูกต้อง ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความเร็วรอบในการเคลือบและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

อุปกรณ์และวิธีการ

การเคลือบเมล็ดพันธุ์

ดำเนินการศึกษาวิจัยที่ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 มีเปอร์เซ็นต์ความงอกเริ่มต้นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ และมีความชื้นของเมล็ดพันธุ์เริ่มต้นเท่ากับ 12.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ จากนั้นนำเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองมาคัดแยกสิ่งเจือปนด้วยเครื่องคัดแยกเมล็ดแบบตะแกรงและแรงลมก่อนการศึกษาวิจัย และเคลือบเมล็ดพันธุ์ด้วยเครื่องเคลือบแบบจานหมุนรุ่น PHT1 โดยใช้สารเคลือบทางการค้าของบริษัทเซเรสอินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด (สีแดง) อัตราส่วนระหว่างสารเคลือบต่อตัวทำละลาย (น้ำ) ที่ใช้เท่ากับ 60 ต่อ 40 โดยใช้สารเคลือบประมาณ 25 มิลลิลิตรต่อเมล็ดถั่วเหลือง 1 กิโลกรัม และวางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD มี 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัย A คือ ความเร็วรอบในการเคลือบเมล็ดพันธุ์ ได้แก่ เมล็ดที่ไม่ได้เคลือบ เคลือบเมล็ดพันธุ์ที่ความเร็ว 76 รอบ/นาที เคลือบเมล็ดพันธุ์ที่ความเร็ว 117 รอบ/นาที เคลือบเมล็ดพันธุ์ที่ความเร็ว 151 รอบ/นาที และปัจจัย B คือ ระยะเวลาการเก็บรักษา ได้แก่ 0 2 4 และ 6 เดือน โดยหลังจากการเคลือบนำเมล็ดพันธุ์มาลดความชื้นด้วยเครื่องลดความชื้นแบบลมแห้งรุ่น KSD-60 (38 °C; 3 ชั่วโมง) จนมีความชื้นของเมล็ดพันธุ์เท่ากับความชื้นก่อนการเคลือบ จากนั้นนำทุกกรรมวิธีการทดลองมาตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์หลังการเคลือบและบรรจุในถุงพลาสติกและนำไปเก็บรักษาในห้องที่มีการควบคุมอุณหภูมิ (15 °C; 50% RH) และสุ่มตรวจสอบความงอกเดือนที่ 2 4 และ 6

การบันทึกข้อมูล

ความงอกในสภาพห้องปฏิบัติการ: ทดสอบด้วยวิธีการเพาะเมล็ดระหว่างกระดาษชื้น (between paper; BP) จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด จากนั้นวางไว้ในตู้เพาะเมล็ดที่อุณหภูมิสลับระหว่าง 20 °C (ในสภาพมืด) เป็นเวลา 16 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 30 °C (ในสภาพมีแสง) เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ตรวจประเมินความงอกของเมล็ดพันธุ์โดยวันแรกที่เริ่มนับ (First count) คือ 5 วันหลังจากเพาะ และวันสุดท้ายที่ตรวจนับ (Final count) คือ 8 วันหลังจากเพาะ คำนวณผลเป็นเปอร์เซ็นต์ความงอกจากสูตร ความงอกของเมล็ดพันธุ์ (%) = (จำนวนต้นกล้าปกติทั้งหมด/จำนวนเมล็ดทั้งหมด) × 100 (ISTA, 2017)

ความงอกในสภาพโรงเรือน: เพาะเมล็ดในถาดหลุมพลาสติกขนาด 104 หลุม จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด โดยใช้พีทมอสเป็นวัสดุเพาะ นับเฉพาะต้นอ่อนปกติเป็นเวลา 8 วัน (ISTA, 2017) จากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณผลเป็นเปอร์เซ็นต์ความงอกจากสูตร ความงอกของเมล็ดพันธุ์ (%) = (จำนวนต้นกล้าปกติทั้งหมด/จำนวนเมล็ดทั้งหมด) × 100

ดัชนีความงอก: ตรวจนับจำนวนต้นกล้าปกติที่งอกหลังจากเพาะได้ 5 และ 8 วัน ของเมล็ดถั่วเหลืองที่เพาะในสภาพห้องปฏิบัติการ จากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณหาดัชนีการงอกจากสูตร (ISTA, 2017) ดัชนีความงอก = (ผลรวมของ [จำนวนต้นกล้าปกติที่งอกในแต่ละวัน])/จำนวนวันที่ตรวจนับ)

ความเร็วในการงอก: ตรวจนับจำนวนต้นกล้าปกติที่งอกทุกวันหลังเพาะเมล็ดถั่วเหลืองที่เพาะในสภาพเรือนทดลอง แล้วนำมาคำนวณหาความเร็วในการงอกจากสูตร (ISTA, 2017) ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน) = (ผลรวมของ [จำนวนต้นกล้าปกติที่งอกในแต่ละวัน])/จำนวนวันหลังเพาะ)

ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์: นำเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองจำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด ใส่ในตะแกรงขวดโหลซึ่งบรรจุน้ำปริมาตร 100 มิลลิลิตร ปิดฝาให้สนิท และนำขวดโหลที่บรรจุตัวอย่างเมล็ดวางไว้ในตู้อบที่อุณหภูมิ 41 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดระยะเวลาให้นำเมล็ดพันธุ์ทุกกรรมวิธีตรวจสอบความงอกโดยวิธี Between Paper (BP) ประเมินผลความงอกโดยนับเฉพาะจำนวนต้นกล้าปกติที่ยาวกว่า 2 นิ้วโดยวัดจากฐานของ Cotyledon ลงมา คำนวณผลเป็นเปอร์เซ็นต์ความงอกจากสูตร ความงอกของเมล็ดพันธุ์ (%) = (จำนวนต้นกล้าปกติทั้งหมด/จำนวนเมล็ดทั้งหมด) × 100

ความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์: การตรวจสอบใช้วิธีเตตราโซเลียม (TZ test) โดยนำเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองจำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด แช่น้ำสะอาดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำเยื่อหุ้มเมล็ดออก ใส่ในบีกเกอร์แล้วเทสารละลายเตตราโซเลียมที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ให้ท่วมเมล็ดเล็กน้อย ใส่ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเทสารละลาย

เตตราโซเลียมออก ล้างด้วยน้ำเปล่า แล้วทำการประเมินการติดสีของเมล็ดพันธุ์โดยเมล็ดพันธุ์ที่มีชีวิตจะติดสีแดงเข้มบริเวณส่วนของเอ็มบริโอและรายงานผลเป็นเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ (%) = (เมล็ดที่ติดสีทั้งหมด/จำนวนเมล็ดทั้งหมด) × 100 (ISTA, 2017)

ความเสียหายของเมล็ดพันธุ์: ตรวจสอบความเสียหายเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองใช้วิธีการคลอร็อกซ์โซค โดยสุ่มเมล็ด 200 เมล็ด/กรรมวิธี แบ่งเป็น 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด และเตรียมสารละลายคลอร็อกซ์ 3 เปอร์เซ็นต์ นำเมล็ดใส่ในบีกเกอร์ แล้วเทสารละลายคลอร็อกซ์ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที โดยให้หมั่นคนเบา ๆ เมื่อครบเวลาเทสารละลายคลอร็อกซ์ออก ผึ่งเมล็ดให้แห้งบนกระดาษ ตรวจวัดเมล็ดที่ดูดน้ำบวมโต และประเมินผลที่ความเสียหายโดยเมล็ดที่บวมโตคือเมล็ดที่ได้รับความเสียหาย จากนั้นรายงานผลเป็นเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของเมล็ดพันธุ์ (%) = (เมล็ดที่ติดสีทั้งหมด /จำนวนเมล็ดทั้งหมด) × 100 (ISTA, 2017)

การวิเคราะห์ข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบ Factorial in Completely Randomized Design และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference (LSD)

ผลการวิจัยและวิจารณ์

จากการเคลือบเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองด้วยเครื่องเคลือบแบบจานหมุนโดยใช้ความเร็วรอบที่แตกต่างกัน คือ 76, 177 และ 151 รอบต่อนาที พบว่าความงอกในสภาพห้องปฏิบัติการมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่าการเคลือบเมล็ดที่ความเร็วรอบที่ 151 รอบต่อนาที มีผลทำให้ความงอกใสภาพห้องปฏิบัติการน้อยกว่ากรรมวิธีการเคลือบอื่น ๆ (Table 1) แต่เมื่อตรวจสอบความงอกในสภาพโรงเรือนพบว่าทุกกรรมวิธีการเคลือบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และมีค่าเฉลี่ยความงอกของทุกกรรมวิธีการเคลือบเท่ากับ 96 เปอร์เซ็นต์ (Table 1)

เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ผ่านการเคลือบด้วยความเร็วรอบที่แตกต่างกันและเก็บรักษาเป็นระยะเวลาต่าง ๆ พบว่ามีความงอกในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพโรงเรือนแตกต่างกันทางสถิติ (Table 1) โดยเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 0 เดือน (ก่อนการเก็บรักษา) มีความงอกในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพโรงเรือนสูงที่สุด คือ 100 เปอร์เซ็นต์ และ 98 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อมีการเก็บรักษาในเดือนที่ 4 และเดือนที่ 6 โดยมีความงอกในสภาพห้องปฏิบัติการเท่ากับ 96 เปอร์เซ็นต์ และ 97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีความงอกในสภาพโรงเรือนเท่ากับ 94 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) ซึ่งการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองนานขึ้นมีผลทำให้ความงอกลดลง (Shelar *et al.*, 2008) แต่เปอร์เซ็นต์ความงอกยังคงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คือ มีความงอกไม่น้อยกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ (พระราชบัญญัติพันธุ์พืช, 2518) ซึ่งเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ผ่านการเคลือบด้วยเครื่องเคลือบแบบจานหมุนที่ใช้ความเร็วรอบที่แตกต่างกันสามารถเก็บรักษาได้นานกว่า 6 เดือน เมื่อเก็บไว้ในสภาพที่มีการควบคุมอุณหภูมิ (15 °C; 50% RH)

Table 1 Seed germination in laboratory and greenhouse conditions, germination index and speed of germination of soybean seed and after coating with rotary machine

Factor[1/]	Seed germination (%)		Germination index	Speed of germination (plant/day)
	Laboratory	Greenhouse		
Coating speed (A)				
Non coated seed	98 a	97	30.7 a	30
Coated at 76 rpm	98 a	96	30.1 ab	29
Coated at 117 rpm	98 a	96	29.8 b	28
Coated at 151 rpm	96 b	96	29.8 b	29
F-test	**	ns	**	ns
Storage period (B)				
0 month	100 a	98 a	30.9 a	31 a
2 months	97 b	97 a	30.9 a	29 ab
4 months	96 b	94 b	29.0 b	28 b
6 months	97 b	94 b	29.4 b	28 b
F-test	**	**	**	*
A × B	**	*	*	ns
C.V. (%)	1.96	2.77	2.58	11.06

Remarks: [1/] Means within a column followed by the same letter are not significantly at p<0.01 by LSD
ns = not significant *, ** = significant at p<0.01, and p<0.05 respectively

ในส่วนของดัชนีการงอกและความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ โดยพบว่าเมล็ดพันธุ์ที่มีค่าดัชนีการงอกและความเร็วในการงอกสูง แสดงว่าเมล็ดนั้นมีความสามารถในการงอกในแปลงได้ดีและเมล็ดพันธุ์มีความแข็งแรงสูง (จวงจันทร์, 2529; วันชัย, 2538) และจากการตรวจสอบดัชนีการงอกและความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ผ่านการเคลือบที่ความเร็วรอบที่ 117 และ 151 รอบต่อนาที พบว่ามีค่าดัชนีการงอกน้อยกว่าเมล็ดที่ไม่เคลือบและเมล็ดที่เคลือบที่ความเร็วรอบที่ 76 รอบต่อนาที และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 1) แต่เมื่อตรวจสอบความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์พบว่าทุกกรรมวิธีการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยเมล็ดที่ไม่เคลือบและเคลือบที่ความเร็วรอบที่ 76, 117 และ 151 รอบต่อนาที มีค่าความเร็วในการงอกเท่ากับ 29.8, 29.1, 27.5 และ 28.9 ต้นต่อวัน ตามลำดับ (Table 1) และเมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาการเก็บรักษาพบว่าเมื่อเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลืองที่ไม่เคลือบและเมล็ดที่เคลือบทุกกรรมวิธีการทดลอง พบว่ามีค่าดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 และ 6 เดือน มีค่าลดลงประมาณ 1.9 และ 1.5 ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเดือนที่ 0 และเดือนที่ 2 (Table 1) และเมื่อตรวจสอบความเร็วในการงอกต่อระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่าเมื่อเก็บรักษาเมล็ดนานขึ้นคือเดือนที่ 4 และเดือนที่ 6 ส่งผลทำให้ค่าความเร็วในการงอกลดลงประมาณ 3 ต้นต่อวัน เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเก็บรักษา และมีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 1)

Table 2 Seed vigor, seed viability, seed damage and conductivity of soybean seed after coating with rotary machine

Factor[1/]	Seed vigor (%)	Seed viability (%)	Seed damage (%)
Coating speed (A)			
Non coated	87 a	83 a	12
Coated at 76 rpm	86 a	79 b	11
Coated at 117 rpm	81 a	79 b	14
Coated at 151 rpm	76 c	77 b	11
F-test	**	*	ns
Storage period (B)			
0 month	91 a	83 a	10 b
2 months	87 a	81 a	10 b
4 months	78 b	78 b	10 b
6 months	73 c	77 b	20 a
F-test	**	**	**
A × B	**	ns	**
C.V. (%)	5.81	5.16	33.10

Remarks: [1/] Means within a column followed by the same letter are not significantly at p<0.01 by LSD
ns = not significant and ** = significant at p<0.01 respectively

จากการประเมินความแข็งแรงของเมล็ดถั่วเหลืองด้วยวิธีการเร่งอายุ พบว่าเมล็ดที่เคลือบด้วยความเร็วรอบที่ 151 รอบต่อนาที มีค่าความแข็งแรงต่ำกว่าเมล็ดที่ไม่เคลือบและเมล็ดที่เคลือบที่ความเร็วรอบที่ 76 และ 117 รอบต่อนาที และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 2) และเมื่อตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ต่อระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่าเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 และ 6 เดือน เมล็ดมีค่าความแข็งแรงลดลงประมาณ 13 เปอร์เซ็นต์ และ 18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 2) ดังเช่นที่ Steven (2017) กล่าวว่าระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ความแข็งแรงของเมล็ดลดลง

การตรวจสอบความมีชีวิตของเมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านการเคลือบและเก็บรักษาที่ระยะเวลาต่าง ๆ ด้วยวิธีเตตราโซเลียม พบว่าเมล็ดถั่วเหลืองที่เคลือบด้วยความเร็วรอบที่ 76, 117 และ 151 รอบต่อนาที มีผลทำให้ความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้เคลือบ และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 2) นอกจากนี้เมื่อเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลืองเป็นระยะเวลา 4 และ 6 เดือน มีผลทำให้ความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ลดลงเท่ากับ 5 เปอร์เซ็นต์ และ 6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 2) เมื่อตรวจสอบความเสียหายของเมล็ดถั่วเหลืองด้วยวิธีคลอร็อกซ์โซค พบว่าทุกกรรมวิธีการทดลองมีเปอร์เซ็นต์ความเสียหายที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน ส่งผลทำให้เมล็ดถั่วเหลืองมีเปอร์เซ็นต์ความเสียหายสูงที่สุดคือ 20 เปอร์เซ็นต์ (Table 2)

เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างความเร็วในการเคลือบและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อความงอกในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพโรงเรือนพบว่ามีอิทธิพลร่วมกัน (Table 4) แสดงว่าการเคลือบเมล็ดที่ความเร็วรอบที่ 76, 117 และ 151 รอบต่อนาที และเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0, 2, 4 และ 6 เดือน มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพโรงเรือนแตกต่างกันทางสถิติ โดยเมล็ดพันธุ์ที่เคลือบด้วยความเร็วรอบที่สูง คือ 117 รอบต่อนาที และ 151 รอบต่อนาที มีผลทำให้ความงอกในสภาพโรงเรือนของเดือนที่ 4 และ 6 ลดลงกว่ากรรมวิธีการอื่น ๆ

ซึ่งการเคลือบด้วยเครื่องเคลือบแบบจานหมุนเมล็ดอาจจะได้รับความเสียหายทั้งแบบที่ปรากฏทันที (immediate effect) เช่น การแตกหักของเมล็ด และการแตกร้าวที่เปลือกของเมล็ด และความเสียหายแฝงหรือความเสียหายที่ไม่สามารถมองเห็น (latent effect) ซึ่งจะปรากฏเมื่อเมล็ดได้ผ่านการเก็บรักษาเป็นระยะเวลาหนึ่ง (วันชัย, 2542; บุญมี, 2558)

เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างความเร็วรอบในการเคลือบและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อดัชนีการงอก พบว่ามีอิทธิพลร่วมกัน (Table 3) โดยพบว่าการเคลือบทุกกรรมวิธี เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 และ 6 เดือน มีผลทำให้ดัชนีการงอกลดลงกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้เคลือบ แต่เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมของวิธีการเคลือบกับความเร็วในการงอกพบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมกัน (Table 3) คือความเร็วในการเคลือบและระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 0, 2, 4 และ 6 เดือน ไม่มีผลต่อความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง แต่เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมของทั้ง 2 ปัจจัยต่อความแข็งแรงของเมล็ดพบว่ามีอิทธิพลร่วมกัน (Table 4) แสดงว่าการเคลือบที่ความเร็วรอบที่ 117 รอบต่อนาที และ 151 รอบต่อนาที มีผลทำให้ความแข็งแรงของเมล็ดถั่วเหลืองลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการศึกษาการเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดไร่ด้วยเครื่องเคลือบแบบจานหมุนพบว่าเมล็ดพันธุ์ที่เคลือบด้วยเครื่องเคลือบแบบจานหมุนและผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ควบคุมอุณหภูมิเป็นระยะเวลา 6 เดือน มีความแข็งแรงลดลงประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ (ธิดารัตน์ และคณะ, 2565)

Table 3 Interaction between coating speed and storage period on seed germination in laboratory and greenhouse condition, germination index and speed of germination of coated soybean seed after coating with rotary machine

Factor[1/]		Seed germination (%)		Germination index	Speed of germination (plants/day)
Coated speed (A)	Storage period (B) month	Laboratory	Greenhouse		
Non coated	0	99 ab	98 a	31.1 a	31.2
Coated speed at 76 rpm	0	100 a	98 a	31.2 a	30.8
Coated speed at 117 rpm	0	99 ab	98 a	30.7 a	30.4
Coated speed at 151 rpm	0	99 a-c	98 a	30.9 a	30.5
Non coated	2	98 a-c	96 a-c	30.6 a	31.2
Coated speed at 76 rpm	2	99 a-c	98 a	31.1 a	30.3
Coated speed at 117 rpm	2	98 a-c	97 a	31.1 a	30.9
Coated speed at 151 rpm	2	94 d	97 a	31.0 a	29.7
Non coated	4	99 ab	97 a	30.5 a	31.2
Coated speed at 76 rpm	4	98 a-c	93 b-d	29.0 bc	31.1
Coated speed at 117 rpm	4	99 a-c	92 cd	28.6 bc	29.8
Coated speed at 151 rpm	4	94 d	91 d	28.0 c	29.7
Non coated	6	97 bc	96 ab	30.4 a	31.2
Coated speed at 76 rpm	6	97 bc	93 b-d	29.1 bc	31.3
Coated speed at 117 rpm	6	96 c	91 d	28.7 bc	30.3
Coated speed at 151 rpm	6	99 a-c	96 ab	29.1 b	30.7
F-test		**	*	*	ns
C.V. (%)		1.90	2.85	2.62	2.60

Remarks: [1/] Means within a column followed by the same letter are not significantly at p<0.01 and p<0.05 by LSD
ns = not significant and *, ** = significant at p<0.01 and p<0.05 respectively

เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างความเร็วในการเคลือบและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อความเสียหายของเมล็ด พบว่ามีอิทธิพลร่วมกัน (Table 4) แสดงว่าการเคลือบเมล็ดถั่วเหลืองและการเก็บรักษาที่ระยะเวลา 0, 2, 4 และ 6 เดือน มีผลทำให้ความเสียหายของเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้น โดยการเคลือบที่ความเร็วรอบ 76, 117 และ 151 รอบต่อนาที มีผลทำให้ความเสียหายของเมล็ดถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 และ 6 เดือน (Table 4) แต่เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมของทั้ง 2 ปัจจัยต่อความมีชีวิตของเมล็ดพบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมกัน (Table 4) คือ แสดงว่าการเคลือบด้วยความเร็วรอบที่แตกต่างกัน ไม่ส่งผลต่อความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์เมื่อเก็บรักษาที่ระยะเวลาต่าง ๆ

Table 4 Interaction between coating speed and storage period on seed vigor, seed viability, seed damage and conductivity of coated soybean seed after coating with rotary machine

Factor[1/]		Seed vigor (%)	Seed viability (%)	Seed damage (%)
Coating speed (A)	Storage period (B) (month)			
Non coated	0	95	86	11 e-g
Coated speed at 76 rpm	0	91	84	6 g
Coated speed at 117 rpm	0	86	80	13 d-f
Coated speed at 151 rpm	0	91	81	9 fg
Non coated	2	93	85	11 e-g
Coated speed at 76 rpm	2	86	80	6 g
Coated speed at 117 rpm	2	84	83	13 d-f
Coated speed at 151 rpm	2	87	79	9 fg
Non coated	4	80	80	8 fg
Coated speed at 76 rpm	4	74	79	9 e-g
Coated speed at 117 rpm	4	70	79	8 fg
Coated speed at 151 rpm	4	87	74	15 c-e
Non coated	6	76	79	19 a-c
Coated speed at 76 rpm	6	72	75	25 a
Coated speed at 117 rpm	6	65	75	24 ab
Coated speed at 151 rpm	6	78	74	18 b-d
F-test		ns	ns	**
C.V. (%)		5.50	5.16	33.1

Remarks: [1/] Means within a column followed by the same letter are not significantly at p<0.01 by LSD
ns = not significant and ** = significant at p<0.01 respectively

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของความเร็วรอบในการเคลือบและระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง พบว่าการเคลือบเมล็ดด้วยเครื่องเคลือบแบบจานหมุนรุ่น PHT 1 ควรใช้ความเร็วรอบที่ 76 รอบต่อนาที จึงจะไม่ส่งผลต่อความงอกทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพโรงเรือน และไม่ส่งผลต่อความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองทั้งหลังการเคลือบและหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และขอขอบคุณศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเพื่อนำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2529. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. กลุ่มหนังสือเกษตรกร, กรุงเทพฯ.

จักรพงษ์ กางโสภา. 2562. การเคลือบเมล็ดพันธุ์. วารสารผลิตกรรมเกษตร 1(2): 63-76.

ธิดารัตน์ แก้วคำ ทองลา ภูคำวงศ์ ยงยุทธ ข้ามสี่ จักรพงษ์ พิมพ์พิมล และดวงใจ น้อยวัน. 2565. ผลของการเคลือบด้วยเครื่องเคลือบแบบจานหมุนต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดไร่หลังการเก็บรักษา. แก่นเกษตร 1(ฉบับพิเศษ): 501-507.

บุญมี ศิริ ปราณี แก้วกลาง และวิทวัส วรพันธรรมกุล. 2555. ผลของการเคลือบเมล็ดด้วยธาตุอาหารพืชต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสม. วารสารแก่นเกษตร 40(ฉบับพิเศษ): 171-176.

บุญมี ศิริ. 2558. การปรับปรุงสภาพและการยกระดับคุณภาพเม็ดพันธุ์. ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

พระราชบัญญัติพันธุ์พืช. 2518. ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพ และวิธีเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ควบคุม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2556. ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 130 ตอนพิเศษที่ 148ง, หน้า 32-33.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ. 2538. สรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 213 หน้า.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ. 2542. เทคโนโลยีเมล็ดพืชไร่. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดแม่ฮ่องสอน. 2561. ฐานข้อมูลเพื่อการวางแผนการผลิตสินค้าเกษตรจังหวัดแม่ฮ่องสอน. แหล่งข้อมูล: https://www.opsmoac.go.th/maehongson-dwl-preview-421591791894 (22 เมษายน 2565).

สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดสุโขทัย. 2560. ถั่วเหลือง เรื่องข้อมูลเพื่อการวางแผนสินค้าเกษตรจังหวัดสุโขทัย. แหล่งข้อมูล: https://www.opsmoac.go.th/sukhothai-dwl-files-401891791927 (20 เมษายน 2565).

ISTA. 2017. International Rules for Seed Testing, International Seed Testing Association, Bassersdof, Switzerland.

Shelar, V.R., R.S. Shaikh and A.S. Nikam. 2008 Soybean seed quality during storage: a review. Agriculture Reviews 29(2): 125-131.

Simone, P., B. Alma, D.M. Matthew, B. Khiraj, P.H. Stuart, W.D. Kingsley and A.K. Olga. 2020 Seed enhancement: getting seeds restoration-ready. Restoration Ecology 28(S3): 266-275.

Steven, P.C. Groot. 2017. Seed storage Don't waste your efforts. Available: https://www.researchgate.net/publication/320502151 (22 April 2022).

วารสารผลิตกรรมการเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION
MJU

ผลของปุ๋ยยูเรียเคลือบด้วยสารยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ยูรีเอส (NBPT) ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตข้าว

Effect of Urea Coated with Urease Inhibitor (NBPT) on Rice Growth, Yield and Yield Components

เพ็ญนภา จักรสมศักดิ์ และ สาวิกา กอนแสง*
Pennapa Jaksomsak and Sawika Konsaeng*

สาขาวิชาเกษตรเคมี คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290
Program in Agricultural Chemistry, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290
* Corresponding author: sawika.k@gmail.com

(Received: 29 August 2022; Revised: 12 November 2022; Accepted: 24 November 2022)

Abstract

This research was carried out to determine the effect of urea coated with N-(n-butyl)-thiophosphoric triamide (NBPT) on rice growth, yield and yield components in farmer's field at Chiang Mai province. Rice, variety San-pah-tawng 1, was grown as farmer's practice and applied with seven treatments of different nitrogen fertilizers including: no application of nitrogen fertilizer, application of urea coated with NBPT and without coated at 60, 90 and 120 kg N/ha. The result found that the application of coated urea with NBPT had no effect on plant growth of both stages in term of shoot dry weight, plant height, numbers of tiller per hill, SPAD value and nitrogen content in YEB and flag leaf which were increased with increasing of nitrogen rate. However, plant height at flowering stage showed no difference among nitrogen fertilizer treatments. Moreover, rice supplied with urea coated with NBPT at 120 kg N/ha gave the highest yield and yield components including grain yield, tiller number per hill and panicle number per hill. The results from this study is useful for efficient management of urea application for increasing yield productivity and reducing impact to environment.

Keywords: N-(n-butyl)-thiophosphoric triamide (NBPT), urea, rice, yield and yield components

บทคัดย่อ

งานวิจัยเพื่อศึกษาผลของปุ๋ยยูเรียที่เคลือบด้วยสาร N-(n-butyl)-thiophosphoric triamide (NBPT) ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์สันป่าตอง 1 ดำเนินการทดลองในแปลงเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ ประกอบด้วย 7 กรรมวิธี ได้แก่ ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปยูเรียที่ไม่เคลือบและด้วย NBPT ในอัตรา 60, 90 และ 120 กิโลกรัม N/เฮกตาร์ จากผลการทดลองไม่พบความแตกต่างด้านการเจริญเติบโตระหว่างปุ๋ยที่เคลือบ NBPT และไม่เคลือบ โดยน้ำหนักแห้งทั้งต้น ความสูง จำนวนหน่อต่อกอ ค่า SPAD และปริมาณไนโตรเจนในใบอ่อนที่แผ่ขยายเต็มที่ และใบธง เพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นในทั้งสองระยะการเจริญเติบโต ยกเว้นความสูงในระยะดอกบานที่ไม่พบความแตกต่างกันตามระดับไนโตรเจนที่ได้รับ สำหรับผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต พบว่าการใส่ปุ๋ยยูเรียที่เคลือบด้วย NBPT อัตรา

120 กิโลกรัม N/เฮกตาร์ ให้ผลผลิตเมล็ด จำนวนหน่อ และจำนวนรวงต่อกอเพิ่มขึ้นสูงสุด ทั้งนี้ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยสามารถนำไปใช้ประโยชน์สำหรับการจัดการปุ๋ยยูเรียในนาข้าวให้เพิ่มประสิทธิภาพทั้งในด้านผลผลิต และลดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมได้

คำสำคัญ: N-(n-butyl)-thiophosphoric triamide (NBPT) ยูเรีย ข้าว ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

คำนำ

ข้าวเป็นหนึ่งในแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่มนุษย์บริโภคเป็นอาหารหลัก ทำให้เกษตรกรหรือผู้ประกอบการมุ่งเน้นการผลิตข้าวที่มีประสิทธิภาพสูง ทั้งนี้เพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิต และเพื่อให้ได้ผลผลิตข้าวมีคุณภาพที่ดีเพียงพอต่อความต้องการของประชากรที่มีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (Yamano *et al*., 2016) อย่างไรก็ตาม ในการผลิตข้าวมักพบปัญหาผลผลิตข้าวที่ลดลงและขาดคุณภาพ สาเหตุหลักเกิดจากการที่เกษตรกรผู้ปลูกข้าวใช้ประโยชน์จากที่ดินเป็นเวลานานทำให้ดินเสื่อมโทรม ขาดธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของข้าว ทั้งนี้ปุ๋ยไนโตรเจนถือเป็นธาตุอาหารหลักที่มักพบการขาดในพื้นที่ปลูกข้าว ดังนั้นการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมจึงเป็นวิธีที่ดีและรวดเร็วที่สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตและการเพิ่มผลผลิตของข้าว (ยงยุทธ, 2558) เนื่องจากไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบหลักของคลอโรฟิลล์ที่มีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง รวมทั้งเป็นส่วนประกอบหลักของโปรตีน กรดนิวคลีอิก โคเอนไซม์ เอนไซม์ ไฟโตฮอร์โมน และสารทุติยภูมิที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสรีรวิทยาต่าง ๆ ดังนั้นไนโตรเจนจึงมีบทบาทต่อปริมาณผลผลิตและคุณภาพของข้าว โดยทำให้ข้าวมีการแตกกอเพิ่มขึ้น มีการเพิ่มพื้นที่ใบส่งเสริมการสร้างและเติมเต็มเมล็ด (Dobermann and Fairhurst, 2000)

ยูเรีย ($CO(NH_2)_2$) เป็นปุ๋ยไนโตรเจนที่เกษตรกรนิยมใช้โดยจะปลดปล่อยแอมโมเนียม (NH_4^+) ซึ่งเป็นไนโตรเจนรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชผ่านปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส (hydrolysis) ที่มีเอนไซม์ยูรีเอส (urease) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา การปลูกข้าวในสภาพน้ำขัง เกิดการสูญเสีย NH_4^+ ได้ง่าย ส่งผลให้ข้าวใช้ประโยชน์จากปุ๋ยยูเรียได้น้อย (ยงยุทธ, 2558) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง หากเกิดขึ้นภายใต้เขตภูมิอากาศร้อนชื้น ทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ยูรีเอสเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว ส่งผลทำให้ยูเรียสูญเสียไปจากดินได้สูงถึง 60 เปอร์เซ็นต์ โดยการสูญเสียส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากกระบวนการ ammonia volatilization เปลี่ยนรูปเป็นก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) และปลดปล่อยสู่บรรยากาศ สูงถึง 16 เปอร์เซ็นต์ หรือคิดเป็น 40 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณยูเรียที่ใส่ลงไปในดิน (Cantarella *et al*., 2018) จากที่กล่าวมาข้างต้น ส่งผลให้เกษตรกรสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายอันเนื่องมาจากการใช้ปุ๋ยเพิ่มขึ้นเพื่อให้ข้าวได้รับไนโตรเจนอย่างเพียงพอ และอาจเกิดการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมหากมีการให้ในปริมาณที่มากเกินความต้องการของพืช ดังนั้นการชะลอการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจน จึงเป็นแนวทางที่น่าสนใจในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยยูเรียในนาข้าวที่มีน้ำขัง ทั้งนี้มีรายงานของ Cantarella *et al*. (2018) ที่พบว่า N-(n-butyl)-thiophosphoric triamide (NBPT) เป็นสารที่มีการผลิตเชิงการค้าและจำหน่ายอย่างกว้างขวางในหลายประเทศ ซึ่งสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ยูรีเอสหลายชนิดได้

NBPT เป็นสารยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ยูรีเอส โดยจะแข่งกับ active site ของเอนไซม์ยูรีเอส ส่งผลให้เอนไซม์ยูรีเอสทำงานได้ลดลง และทำให้เกิดการสูญเสียก๊าซแอมโมเนียสู่บรรยากาศน้อยลง (Ray *et al*., 2021) จากรายงานของ Silva *et al*. (2017) ที่ได้รวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปุ๋ยยูเรียที่เคลือบด้วยสาร NBPT ที่มีผลยับยั้งการปลดปล่อยแอมโมเนีย และเพิ่มผลผลิตของพืชอาหารหลัก เช่น ข้าวโพด และข้าวสาลี พบว่าปุ๋ยยูเรียที่ไม่เคลือบ NBPT มีการสูญเสียแอมโมเนียประมาณ 31.0 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ปุ๋ยยูเรียเคลือบ NBPT สูญเสียแอมโมเนียเพียง 14.8 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าการสูญเสียลดลงถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ของการใช้ปุ๋ยยูเรียที่ไม่เคลือบ NBPT นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้ปุ๋ยยูเรียเคลือบ NBPT ช่วยให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นประมาณ 5.30 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ Meng *et al*. (2020) ได้รายงานว่า การใช้ปุ๋ยยูเรียที่เคลือบด้วย DCD (dicyadiamide) NP (nitrapyrin) และ NBPT ในนาข้าว ส่งผลให้ข้าวมีการดูดใช้ไนโตรเจนได้ดีขึ้นและลดการสูญเสียไนโตรเจนสู่บรรยากาศ อย่างไรก็ตามข้อมูลการใช้ปุ๋ยยูเรียเคลือบ NBPT ในพื้นที่ปลูกข้าวนาน้ำขังในประเทศไทยยังมีอยู่ค่อนข้างน้อย ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปุ๋ยยูเรียที่เคลือบด้วยสาร NBPT ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตข้าวพันธุ์สันป่าตอง 1 เพื่อใช้เป็นข้อมูลการจัดการธาตุอาหารไนโตรเจนในแปลงปลูกข้าวให้เหมาะสมต่อการสร้างผลผลิตและมีประสิทธิภาพสูงสุด

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินงานวิจัยในแปลงของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในเขตอำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ วิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการของดินในแปลงทดลองก่อนปลูกใช้วิธีการวิเคราะห์ตามคู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช (นงลักษณ์, 2548) ผลวิเคราะห์ดินแสดงดัง Table 1 โดยดินในแปลงเป็นกรดจัดมาก มีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ระดับต่ำมาก อินทรียวัตถุ ไนโตรเจนทั้งหมด และแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับต่ำ มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ระดับปานกลาง ปลูกข้าวพันธุ์สันป่าตอง 1 ในฤดูนาปี พ.ศ. 2563 ด้วยวิธีนาดำตามรูปแบบการปลูกของเกษตรกร ขนาดแปลงย่อย 2×5 เมตร ใช้ต้นกล้าข้าวอายุ 1 เดือน ปลูกโดยใช้ต้นกล้า 2-3 ต้น ระยะปลูก 25×25 เซนติเมตร ขนาดคันนาของแปลงย่อยและขนาดร่องน้ำล้อมรอบแปลงย่อย 0.5 เมตร รักษาระดับน้ำในแปลงปลูกประมาณ 10-15 เซนติเมตร วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design; RCBD) กรรมวิธีในการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 7 กรรมวิธี (Table 2) จำนวน 4 ซ้ำ

Table 1 Soil properties in the rice field

Soil properties	Results	Soil test levels
pH	4.69	Very strongly acidic
Organic matter (%)	1.38	Very low
Total N (%)	0.07	Very low
Available P (mg/kg)	10.5	Moderate
Exchangeable K (mg/kg)	18	Very low
Exchangeable Ca (mg/kg)	901	Low
Exchangeable Mg (mg/kg)	134.5	Moderate

Remarks: Soil analysis methods: pH-1:1 soil: water, Organic matter-Walkley and Black, total N-Kjeldahl, available P-Bray II, exchangeable K, exchangeable Ca and exchangeable Mg-extracted by ammonium acetate and analyzed by atomic absorption spectrophotometer

Table 2 Treatments of nitrogen fertilizer application in this study

Treatment	Description	Nitrogen rate (kg N/ha)
N0	No nitrogen supply	0
N60-urea	Nitrogen supply as simple urea	60
N60-urea-NBPT	Nitrogen supply as NBPT coated urea	60
N90-urea	Nitrogen supply as simple urea	90
N90-urea-NBPT	Nitrogen supply as NBPT coated urea	90
N120-urea	Nitrogen supply as simple urea	120
N120-urea-NBPT	Nitrogen supply as NBPT coated urea	120

Remarks: NBPT coated urea = coated urea by commercial product of N-(n-butyl)-thiophosphoric triamide at the rate 3 ml/kg fertilizer

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ใช้ปุ๋ยยูเรียที่เคลือบ และไม่เคลือบ NBPT แบ่งใส่ 2 ครั้ง ในอัตราที่เท่ากัน ตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ครั้งที่ 1 ใส่ที่ระยะแตกกอสูงสุด โดยมีการให้ปุ๋ยฟอสฟอรัส (0-42-0) อัตรา 30 กิโลกรัม P/เฮกตาร์ และโพแทสเซียม (0-0-60) อัตรา 30 กิโลกรัม K/เฮกตาร์ พร้อมกับปุ๋ยไนโตรเจน สำหรับการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 ใส่ที่ระยะดอกบาน เฉพาะปุ๋ยไนโตรเจนที่เหลืออีกครึ่งหนึ่ง อัตราการให้ปุ๋ยในงานวิจัยนี้อ้างอิงจาก Dobermann and Fairhurst (2000) หลังจากใส่ปุ๋ย 10 วัน สุ่มเก็บตัวอย่างต้นข้าว จำนวน 3 ต้น ทั้งระยะแตกกอ และระยะดอกบาน จากแต่ละแปลงที่มีการให้ปุ๋ยยูเรียในกรรมวิธีที่แตกต่างกัน เพื่อเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต ได้แก่ น้ำหนักต้น ความสูงของต้น จำนวนหน่อต่อต้น ค่า SPAD โดยใช้เครื่อง SPAD meter (SPAD-502Plus) วัดใบอ่อนที่แผ่ขยายเต็มที่ (YEB) ที่ระยะแตกกอ และใบธงที่ระยะดอกบาน และนำตัวอย่างใบไปวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน โดยวิธี Kjeldahl method ที่ระยะสุกแก่ สุ่มเก็บตัวอย่างพื้นที่ 1×1 เมตร ในแปลงที่มีกรรมวิธีการให้ปุ๋ยไนโตรเจนที่แตกต่างกัน บันทึกข้อมูล ได้แก่ ความสูงต้น จำนวนหน่อต่อกอ จำนวนรวงต่อกอ ผลผลิตฟางแห้ง และผลผลิตเมล็ดที่ความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ สุ่มเก็บรวงข้าว 10 รวง นับจำนวนเมล็ดดีและเมล็ดลีบต่อรวง แล้วคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี

วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ของอิทธิพลของกรรมวิธีการให้ปุ๋ยไนโตรเจนต่อลักษณะต่าง ๆ โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ Statistix 8 และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยใช้ค่า least significant difference (LSD) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์สันป่าตอง 1 ที่ระยะแตกกอและระยะดอกบาน มีการตอบสนองในทิศทางบวกต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น โดยจะเห็นได้จากน้ำหนักแห้งทั้งต้น ความสูง จำนวนหน่อต่อกอ ค่า SPAD และปริมาณไนโตรเจนในใบ YEB และใบธง มีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น ยกเว้นความสูงในระยะดอกบานที่ไม่มีความแตกต่างกัน (Table 3 และ Table 4) สำหรับการเจริญเติบโตที่ระยะแตกกอพบว่า การให้ปุ๋ย N120-urea-NBPT มีผลให้ทุกค่าลักษณะของการเจริญเติบโตที่สูงที่สุด คือ มีน้ำหนักแห้ง 52.3 กรัม/กอ ความสูง 94.5 เซนติเมตร จำนวนหน่อ 17.8 หน่อ/กอ ค่า SPAD 41.5 หน่วย และปริมาณไนโตรเจนในใบ YEB 3.02 เปอร์เซ็นต์ และกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (N0) มีค่าน้อยที่สุดในทุกผลวิเคราะห์ คือ มีน้ำหนักแห้ง 47.1 กรัม/กอ ความสูง 85.4 เซนติเมตร จำนวนหน่อ 12.0 หน่อ/กอ ค่า SPAD 36.2 unit และปริมาณไนโตรเจนในใบ YEB 2.23 เปอร์เซ็นต์ (Table 3) เมื่อถึงระยะดอกบาน กรรมวิธี N120-urea-NBPT ยังคงส่งผลให้ข้าวมีการเจริญเติบโตสูงที่สุดเช่นเดียวกัน โดยมีน้ำหนักแห้ง 86.6 กรัม/กอ จำนวนหน่อ 17.3 หน่อ/กอ ค่า SPAD 40.8 หน่วย และปริมาณไนโตรเจนในใบธง 2.88 เปอร์เซ็นต์ ส่วนต้นข้าวที่ไม่ใส่ปุ๋ย มีการเจริญเติบโตที่น้อยที่สุด คือ มีน้ำหนักแห้ง 60.8 กรัม/กอ จำนวนหน่อ 11.1 หน่อ/กอ ค่า SPAD 35.2 และปริมาณไนโตรเจนในใบธง 2.04 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกรรมวิธีในการใส่ปุ๋ยที่มีผลต่อความสูงของต้นข้าวซึ่งมีความสูง 94.2-98.5 เซนติเมตร (Table 4)

Table 3 Dry weight of rice plant, plant height, number of tillering, SPAD value and nitrogen content in YEB of San-pah-tawng 1 variety at tillering stage under different urea fertilizer application

Urea application	Dry weight (g/hill)	Height (cm)	No. tiller/hill	SPAD (unit)	N (%)
N0	47.1 C	85.4 D	12.0 D	36.2 D	2.23 C
N60-urea	48.9 BC	89.8 C	14.1 C	37.6 CD	2.70 B
N60-urea-NBPT	50.9 AB	90.7 BC	15.5 BC	38.0 BCD	2.67 B
N90-urea	51.3 AB	92.9 AB	15.3 BC	38.2 BC	2.93 A
N90-urea-NBPT	51.6 AB	92.8 AB	15.3 BC	38.5 ABC	2.95 A
N120-urea	51.8 AB	93.1 AB	16.3 AB	40.2 AB	2.97 A
N120-urea-NBPT	52.3 A	94.5 A	17.8 A	41.5 A	3.02 A
P-value	*	***	***	**	***
$LSD_{0.05}$	3.0	3.0	1.5	2.5	0.17

Remarks: Different uppercase letters designate a significant difference between means for urea application with LSD at $p<0.05$
*, ** and *** means significant different at $p<0.05$, 0.01 and 0.001, respectively

Table 4 Dry weight of shoot, plant height, number of tillering, SPAD value and nitrogen content in flag leaf of rice, San-pah-tawng 1 variety, at flowering stage under different urea fertilizer application

Urea application	Dry weight (g/hill)	Height (cm)	No. tiller/hill	SPAD (unit)	N (%)
N0	60.8 C	94.2	11.1 D	35.2 D	2.04 D
N60-urea	73.8 B	98.1	12.3 D	38.9 C	2.60 C
N60-urea-NBPT	78.1 AB	98.5	14.8 C	39.1 BC	2.72 BC
N90-urea	80.6 AB	96.3	15.3 C	39.9 ABC	2.76 AB
N90-urea-NBPT	84.9 A	97.3	17.0 BC	40.1 ABC	2.82 AB
N120-urea	85.3 A	95.9	15.6 AB	40.5 AB	2.81 AB
N120-urea-NBPT	86.6 A	95.9	17.3 A	40.8 A	2.88 A
P-value	***	ns	***	***	***
$LSD_{0.05}$	10.4	-	1.5	1.5	0.14

Remarks: Different uppercase letters designate a significant difference between means for urea application with LSD at $p<0.05$
ns means non-significant difference, *** means significant different at $p<0.001$

การให้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อข้าวพันธุ์สันป่าตอง 1 ทั้งในด้านผลผลิตในส่วนฟางและเมล็ด รวมทั้งองค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ จำนวนหน่อต่อกอ จำนวนรวงต่อกอ และจำนวนเมล็ดต่อรวงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงใน Table 5 โดยการใส่ปุ๋ย N120-urea-NBPT มีผลทำให้ผลผลิตฟางมากที่สุด (1,327.5 กิโลกรัม/ไร่) แต่ไม่แตกต่างกับ N120-urea และ N90-urea-NBPT สำหรับผลผลิตเมล็ดนั้นพบว่า N120-urea-NBPT ทำให้ข้าวมีผลผลิตเมล็ดมากที่สุด (1,151.6 กิโลกรัม/ไร่) เช่นกัน รองลงมา คือ N120-urea และ N90-urea-NBPT (1,048.8 และ 1,031.0 กิโลกรัม/ไร่) สำหรับองค์ประกอบผลผลิต พบว่า การใส่ปุ๋ย N120-urea-NBPT มีผลให้จำนวนหน่อต่อกอ และจำนวนรวงต่อกอ มากที่สุดด้วยเช่นกัน (14.3 หน่อ/กอ และ 12.2 รวง/กอ) รองลงมาคือ N120-urea (13.0 หน่อ/กอ และ 11.0 รวง/กอ) โดย N120-urea-NBPT มีจำนวนหน่อต่อกอ และจำนวนรวงต่อกอมากกว่า N120-urea คิดเป็น 9 และ 11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อีกทั้งยังพบว่า กรรมวิธี N120-urea-NBPT และ N120-urea ทำให้ข้าวพันธุ์สันป่าตอง 1 มีจำนวนเมล็ดต่อรวงมากที่สุด (164.3 และ 158.6 เมล็ด) รองลงมาคือ การให้ปุ๋ยกรรมวิธี N60 และ N90 ทั้งแบบเคลือบและไม่เคลือบ NBPT ซึ่งทำให้ข้าวมีจำนวนเมล็ดต่อรวงอยู่ในช่วง 137.0-144.7 เมล็ด ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตามการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (N0) ทำให้ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยในทุกกรรมวิธี โดยให้น้ำหนักฟาง 887.1 กิโลกรัม/ไร่ ผลผลิตเมล็ด 761.6 กิโลกรัม/ไร่ จำนวนหน่อต่อกอ 11.0 หน่อ/กอ จำนวนรวงต่อกอ 8.8 รวง/กอ และจำนวนเมล็ดต่อรวง 122.0 เมล็ด แต่ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกรรมวิธีการให้ปุ๋ยต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี ซึ่งพบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 85.4-91.3 เปอร์เซ็นต์

Table 5 Straw yield, grain yield and yield components (number of tillering per hill, numbers of panicle per hill, numbers of spikelet per panicle and percent of filled grain) at maturity stage under different urea fertilizer applications

Urea application	Straw yield (kg/ rai)	Grain yield (kg/ rai)	No. tiller/ hill	No. panicle/hill	Spikelet/ panicle	Filled grain (%)
N0	887.1 E	761.6 D	11.0 D	8.8 D	122.0 C	85.4
N60-urea	1,092.1 D	927.3 C	11.9 C	10.0 C	137.0 B	88.0
N60-urea-NBPT	1,109.3 CD	970.6 BC	12.2 BC	10.3 BC	144.3 B	87.6
N90-urea	1,207.2 BC	976.6 BC	12.4 BC	10.3 BC	140.0 B	90.6
N90-urea-NBPT	1,222.2 AB	1,031.0 B	12.6 BC	10.6 BC	144.7 B	90.9
N120-urea	1,228.5 AB	1,048.8 B	13.0 B	11.0 B	158.6 A	87.1
N120-urea-NBPT	1,327.5 A	1,151.6 A	14.3 A	12.2 A	164.3 A	91.3
P-value	***	***	***	***	***	ns
$LSD_{0.05}$	112.7	95.9	0.9	0.8	13.0	-

Remarks: Different uppercase letters designate a significant difference between means for urea application with LSD at $p<0.05$
ns means non-significant difference, *** means significant different at $p<0.001$

เมื่อพิจารณาผลการศึกษา ซึ่งไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างการเคลือบและไม่เคลือบ NBPT ต่อการเจริญเติบโตของข้าวในระยะแตกกอ (Table 3) แต่ในระยะดอกบาน พบว่า การให้ปุ๋ยที่อัตรา N60 การเคลือบและไม่เคลือบ NBPT ทำให้จำนวนหน่อต่อกอแตกต่างกัน โดย N60-urea-NBPT มีจำนวนหน่อต่อกอเพิ่มขึ้น 20.3 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับ N60-urea (Table 4) นอกจากนี้ยังพบว่า การใส่ปุ๋ยยูเรียเคลือบ NBPT อัตรา N120 ให้ผลผลิตเมล็ด จำนวนหน่อ และจำนวนรวงต่อกอในระยะเก็บเกี่ยว สูงกว่าการใส่ปุ๋ยยูเรียที่ไม่เคลือบคิดเป็น 10, 9 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 5) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Dillon *et al*. (2012) ที่รายงานว่าการใส่ปุ๋ยยูเรียเคลือบ NBPT อัตรา 168 กิโลกรัม N/เฮกตาร์ ทำให้การระเหยของก๊าซแอมโมเนียลดลง และส่งผลให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยยูเรียที่ไม่เคลือบ อาจอธิบายได้ว่า การที่ NBPT มีคุณสมบัติยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ยูรีเอสในดิน ช่วยลดการสูญเสียของแอมโมเนีย การใส่ปุ๋ยยูเรียที่เคลือบ NBPT จึงช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุไนโตรเจนของพืชได้ดีกว่าปุ๋ยที่ไม่เคลือบ (Khan *et al*., 2014; Linquist *et al*., 2013) นอกจากนี้ ยังทำให้ข้าวมีการสะสมไนโตรเจนเพื่อใช้ในสร้างผลผลิตได้มากขึ้น เนื่องจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของโปรตีน คลอโรฟิลล์ที่ทำหน้าที่ในการสังเคราะห์แสง ดีเอ็นเอ (DNA) และอาร์เอ็นเอ (RNA) ฮอร์โมนพืช ได้แก่ ออกซินและไซโตไคนิน และสารอินทรีย์อื่น ๆ ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิตของพืช (Marschner, 2012)

ค่า SPAD ที่วัดได้ในแปลงทดสอบ และปริมาณไนโตรเจนในใบ YEB ที่ระยะแตกกอ และใบธงที่ระยะดอกบาน พบว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างมากในทิศทางบวก (Table 6) จากความสัมพันธ์นี้จึงเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาการตอบสนองไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิตข้าวในอนาคตได้ โดยที่สามารถเลือกใช้วิธีการใดวิธีหนึ่งที่เหมาะสมต่องานทดลอง เช่น การประเมินจากค่า SPAD เป็นวิธีการหนึ่งที่สะดวก รวดเร็วในการประเมินเบื้องต้น เนื่องจากประหยัดเวลา สามารถวัดได้ง่ายในแปลงปลูก ไม่ต้องเก็บตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ทำให้ทราบค่าได้ทันที อีกทั้งยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการได้ ซึ่งโดยทั่วไปค่า SPAD ที่เหมาะสมต่อพืชจะมีค่ามากกว่า 35 (Esfahani *et al*., 2008) แต่ในกรณีที่ต้องการทราบปริมาณไนโตรเจนที่พอเพียงและเหมาะสมต่อพืชเพื่อใช้ในงานวิจัยเชิงสรีรวิทยาในการดูดใช้และเคลื่อนย้ายธาตุอาหาร การวิเคราะห์

ไนโตรเจนจึงเป็นวิธีที่เหมาะสม อย่างเช่นในงานทดลองนี้ สามารถบ่งบอกได้ว่า ปริมาณไนโตรเจนในส่วนใบในระยะแตกกอพบว่า กรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ย (N0) N60-urea และ N60-urea-NBPT มีค่าปริมาณไนโตรเจนในส่วนใบ YEB อยู่ในช่วง 2.2-2.7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าค่าที่เหมาะสม (2.9-4.2 เปอร์เซ็นต์) ส่วนในใบธงที่ระยะออกดอกมีเพียงกรรมวิธี N0 ที่มีค่าไนโตรเจนต่ำกว่าค่าที่เหมาะสม (2.2-3.0 เปอร์เซ็นต์) โดยมีค่าเท่ากับ 2.0 เปอร์เซ็นต์ (Dobermann and Fairhurst, 2000)

Table 6 Correlation between SPAD value and N content in leaf at tillering and flowering stages

Correlation (r)	SPAD	
	Tillering	Flowering
N content	0.82 (p>0.05)	0.99 (p>0.001)
Equation	y = 5.13x + 24.34	y = 6.53x + 21.83

สรุปผลการวิจัย

การใส่ปุ๋ยยูเรียที่เคลือบด้วย NBPT ในข้าวส่งผลให้ผลผลิตเมล็ด และองค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ จำนวนหน่อต่อกอ จำนวนเมล็ดต่อรวงมากกว่าการใส่ปุ๋ยยูเรียที่ไม่เคลือบ โดยควรใช้ที่อัตรา N120 กิโลกรัม/เฮกตาร์ ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยสามารถนำไปใช้ประโยชน์สำหรับการจัดการไนโตรเจนในรูปยูเรียในนาข้าวให้เกิดประสิทธิภาพทั้งด้านผลผลิตและลดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากบริษัทเจริญโภคภัณฑ์โปรดิ๊วส จำกัด ขอขอบคุณ คุณพนมวัน บุญช่วย ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้ใช้พื้นที่สำหรับจัดทำแปลงในการศึกษาวิจัยนี้ ขอขอบคุณ คุณวราภรณ์ ภูมิพิพัฒน์ และคุณนุจรีย์ พรมโสภา เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการหน่วยวิเคราะห์ดิน น้ำ พืช และปุ๋ยอินทรีย์ สาขาวิชาปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่อำนวยความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการ

เอกสารอ้างอิง

นงลักษณ์ ปูระณะพงษ์. 2548. คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช. มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2558. ความต้องการธาตุอาหารของข้าว. น. 218-345. *ใน*: ยงยุทธ โอสถสภา (บ.ก.). ดิน ธาตุอาหารและปุ๋ยข้าว. สมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

Cantarella, H., R. Otto, J.R. Soares and A.G.B. Silva. 2018. Agronomic efficiency of NBPT as a urease inhibitor: A review. J. Adv. Res. 13: 19-27.

Dillon, K.A., T.W. Walker, D.L. Harrell, L.J. Krutz, J.J. Varco, C.H. Koger and M.S. Cox. 2012. Nitrogen sources and timing effects on nitrogen loss and uptake in delayed flood rice. Agron. J. 104(2): 466-472.

Dobermann, A. and T. Fairhurst. 2000. Rice: Nutrient Disorders and Nutrient Management. Oxford Graphic Printers, Singapore.

Esfahani, M., H.R.A. Abbasi, B. Rabiei and M. Kavousi. 2008. Improvement of nitrogen management in rice paddy fields using chlorophyll meter (SPAD). Paddy Water Environ. 6(2): 181-188.

Khan, M.J., A. Malik, M. Zaman, Q. Khan, H. ur Rehman and Kalimullah. 2014. Nitrogen use efficiency and yield of maize crop as affected by Agrotain coated urea in arid calcareous soils. Plant Soil Environ. 33 (1): 1-6.

Linquist, B.A., L. Liu, C. van Kessel and K.J. van Groenigen. 2013. Enhanced efficiency nitrogen fertilizers for rice systems: Meta-analysis of yield and nitrogen uptake. Field Crops Res. 154: 246-254.

Marschner, P. 2012. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. 3rd ed. Academic Press, San Diego.

Meng, X., Y. Li, H. Yao, J. Wang, F. Dai, Y. Wu and S. Chapman. 2020. Nitrification and urease inhibitors improve rice nitrogen uptake and prevent denitrification in alkaline paddy soil. Appl. Soil Ecol. 154: 103665, doi: 10.1016/j.apsoil.2020.103665.

Ray, A., C. Nkwonta, P. Forrestal, M. Danaher, K. Richards, T. O'Callaghan, S. Hogan and E. Cummins. 2021. Current knowledge on urease and nitrification inhibitors technology and their safety. Rev. Environ. Health 36(4): 477-491.

Silva, A.G.B., C.H. Sequeira, R.A. Sermarini and R. Otto. 2017. Urease Inhibitor NBPT on ammonia volatilization and crop productivity: A meta-analysis. Agron. J. 109(1): 1-13.

Yamano, T., A. Arouna, R.A. Labarta, Z.M. Huelgas and S. Mohanty. 2016. Adoption and impacts of international rice research technologies. Glob. Food Sec. 8: 1-8.

วารสารผลิตกรรมการเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION
MJU

โมเดลการส่งเสริมการปลูกผักในเมืองเพื่อสุขภาวะของผู้สูงอายุในกรุงเทพมหานคร

Urban Vegetable Growing Extension Model for Elderly Well-being in Bangkok Metropolitan Administration

เสาวรัจ นิลเนตร[1*] บำเพ็ญ เขียวหวาน[1] เบญจมาศ อยู่ประเสริฐ[1] และ ทิพวรรณ ลิมังกูร[2]
Saowarach Nilnet[1*] Bumpen Kaewwan[1] Benchamas Uprasert[1] and Tippaawan Limuggura[2]

[1] สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ แขนงวิชาส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช จังหวัดนนทบุรี 11120

[1] School of Agriculture and Cooperative Program in Agriculture Extension and Development, Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi 11120

[2] คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

[2] School of Agriculture Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

[*] Corresponding author: rujnil@hotmail.com

(Received: 28 November 2022; Revised: 22 December 2022; Accepted: 11 January 2023)

Abstract

The objective of this research was to study the Urban Vegetable Growing Extension for the elderly well-being in Bangkok Metropolitan Administration. The samples were 201 elderly people, 107 agricultural extension officers, 30 experts and 6 organizations. Data were collected using an interview, focus group, seminars and analyzed by descriptive statistics, comparative statistics and testing the hypothesis by using multiple regression analysis.

Results of the study revealed that most of the elderly were female with an average age of 69.53 years old. The overall well-being was at a high level. The knowledge of vegetable growing was at a moderate level. The overall opinions on growing and consumption of vegetables were at a high level. The overall opinions of vegetable growing skill was at a moderate level. The overall vegetable growing content requirements were at a high level. The overall media demand was at a moderate level. The urban vegetable growing extension model for the elderly well-being in Bangkok Metropolitan Administration, its main components were planning, executing, monitoring and improving by using SMMCES principles as a framework for operation including (Sender: S), (Message: M), (Method: M), (Channel: C), (Elderly: E) and (Support: S). The experiment on knowledge transfer method before and after the training found that the knowledge and skills were different. The opinions about growing vegetables and consuming vegetables were not different. The factors which affected the elderly well-being were the level of opinions of vegetables growing, the level of knowledge of vegetables growing,

and the skill level of vegetable growing. From the model assessment at the seminar, it is considered to be appropriate. Thus, it sees as appropriate to publish to relevant agencies for utilize.
Keywords: Elderly well-being, urban vegetable model, Bangkok

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการส่งเสริมการปลูกผักในเมืองเพื่อสุขภาวะของผู้สูงอายุในกรุงเทพมหานคร กลุ่มตัวอย่างคือ ผู้สูงอายุ จำนวน 201 คน เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร จำนวน 107 คน ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 30 คน และองค์กร 6 องค์กร เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์ การสนทนากลุ่ม การสัมมนา วิเคราะห์ข้อมูลโดยสถิติพรรณนา สถิติเปรียบเทียบ และทดสอบสมมติฐานด้วยการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ ผลการศึกษาพบว่า ผู้สูงอายุส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุเฉลี่ย 69.53 ปี สุขภาวะภาพรวมอยู่ระดับมาก ความรู้ด้านการปลูกผักอยู่ระดับปานกลาง ความคิดเห็นเกี่ยวกับการปลูกและการบริโภคผักภาพรวมอยู่ในระดับมาก ความคิดเห็นเกี่ยวกับทักษะการปลูกผักภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ความต้องการด้านเนื้อหาการปลูกผักภาพรวมอยู่ในระดับมาก ความต้องการด้านสื่อภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง โมเดลการส่งเสริมการปลูกผักในเมืองเพื่อสุขภาวะของผู้สูงอายุในกรุงเทพมหานคร มีองค์ประกอบหลัก ได้แก่ การวางแผน การดำเนินการส่งเสริม การตรวจสอบและปรับปรุง โดยใช้หลัก SMMCES เป็นกรอบในการดำเนินการ ได้แก่ ผู้ส่งสาร (Sender: S), ตัวสาร (Message: M), วิธีการส่งเสริม (Method: M), ช่องทางการส่งเสริม (Channel: C), ผู้สูงอายุ (Elderly: E), การสนับสนุน (Support: S), การทดลองวิธีการถ่ายทอดความรู้ก่อนและหลังการฝึกอบรม พบว่าด้านความรู้และทักษะแตกต่างกัน ความคิดเห็นเกี่ยวกับการปลูกผักและบริโภคผักไม่แตกต่างกัน ปัจจัยที่มีผลต่อสุขภาวะของผู้สูงอายุ ได้แก่ ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับการปลูกผัก ระดับความรู้เกี่ยวกับการปลูกผัก และระดับทักษะการปลูกผัก การประเมินโมเดลจากเวทีสัมมนาเชิงประเมินมีความเห็นว่าเหมาะสม เห็นควรเผยแพร่ให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องใช้ประโยชน์ต่อไป
คำสำคัญ: สุขภาวะผู้สูงอายุ โมเดลการปลูกผักในเมือง กรุงเทพมหานคร

คำนำ

องค์การสหประชาชาติได้นิยามผู้สูงอายุ หมายถึงประชากรเพศหญิงและชายที่มีอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไป (รัชนี, 2561) ในปี พ.ศ. 2563 (31 ธันวาคม 2563) ประเทศไทยมีประชากร จำนวน 66.2 ล้านคน มีผู้สูงอายุที่อายุ 60 ปีขึ้นไปประมาณ 11.6 ล้านคน หรือคิดเป็นร้อยละ 17.5 และกรุงเทพมหานคร มีจำนวนประชากรทั้งหมด 5,588,222 คน โดยมีผู้สูงอายุ 60 ปีขึ้นไป จำนวน 1,108,219 คน คิดเป็นร้อยละ 19.83 (กรมกิจการผู้สูงอายุ, 2563) ผู้สูงอายุเมื่อมีอายุยาวนานจะมีปัญหาต่าง ๆ ตามมา จากข้อมูลสำนักส่งเสริมสุขภาพ (2561) ระบุว่าปัญหาที่พบกับผู้สูงอายุ ได้แก่ ปัญหาทางสุขภาพจากโรคทางกาย และทางสมอง ปัญหาทางด้านเศรษฐกิจ ปัญหาทางด้านความรู้ ปัญหาทางสังคม ปัญหาทางด้านจิตใจ รวมถึงปัญหาการรับประทานอาหารของผู้สูงอายุ คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล (2563) ระบุว่าการเลือกรับประทานอาหารที่เหมาะสมต่อสุขภาพของผู้สูงอายุเป็นเรื่องสำคัญ จึงได้แนะนำโภชนะบัญญัติ 9 ประการสำหรับผู้สูงอายุ ดังนี้ 1) กินอาหารให้หลากหลายในสัดส่วนที่เหมาะสมและหมั่นดูแลน้ำหนักตัว 2) กินข้าวเป็นหลัก เน้นข้าวกล้อง ข้าวขัดสีน้อย 3) กินผักและผลไม้ตามฤดูกาลให้มากและเป็นประจำ 4) กินปลา ไข่ เนื้อไม่ติดมัน ถั่วและผลิตภัณฑ์จากถั่วเป็นประจำ 5) ดื่มนมและผลิตภัณฑ์จากนมเป็นประจำ 6) หลีกเลี่ยงอาหารไขมันสูง หวานจัด เค็มจัด 7) ดื่มน้ำสะอาดให้เพียงพอ ควรหลีกเลี่ยงเครื่องดื่มรสหวาน 8) กินอาหารสะอาด ปลอดภัย และ 9) งดหรือลดเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์

ผักเป็นอาหารที่สำคัญกับผู้สูงอายุ ศูนย์วิจัยสุขภาพกรุงเทพ (2561) ระบุว่า ผักต่าง ๆ ได้แก่ ผักใบเขียว เช่น ผักบุ้ง ผักกาดขาว ผักคะน้า และผักกวางตุ้ง ฯลฯ ผักประเภทผล ได้แก่ แตงกวา มะระ และฟักทอง ฯลฯ เป็นอาหารที่อุดมด้วยสารอาหารประเภทวิตามิน และเกลือแร่ ผู้สูงอายุสามารถกินได้ไม่จำกัด แต่ควรกินหลายชนิดสลับกัน ควรกินผักนึ่งหรือต้มสุก ไม่ควรกินผักดิบเพราะย่อยยากทำให้ท้องอืดได้ ผู้สูงอายุมีโอกาสที่จะขาดวิตามินแทบทุกชนิด ที่พบบ่อยคือการขาดวิตามินซี พบในรายที่รับประทานผักและผลไม้น้อย เป็นโรคโลหิตจาง เนื่องจากการขาดธาตุเหล็ก และโรค

ที่สำคัญที่พบ คือ โรคกระดูกพรุน เนื่องจากการขาดแคลเซียม และมีภาวะขาดโปรตีน วิตามินดี ผู้สูงอายุที่อาศัยในเขตเมือง จำเป็นต้องพึ่งพาอาหารต่าง ๆ เช่น พืชผักจากแหล่งภายนอก เนื่องจากไม่สามารถปลูกผักได้เอง และไม่สามารถรับรู้ได้ว่า พืชผักที่ซื้อจะปลอดภัยจากสารเคมีตกค้าง จากข้อมูล สวนชีววิถี ไทรม้า นนทบุรี (2562) แจ้งผลการตรวจผักและ ผลไม้ประจำปี 2562 จำนวน 286 ตัวอย่าง (ผัก 15 ชนิด และผลไม้ 9 ชนิด) จากห้างค้าปลีก ตลาดสดทั่วไปในเขต กรุงเทพมหานคร เชียงใหม่ ขอนแก่น ยโสธร สระแก้ว จันทบุรี ราชบุรี และสงขลา พบว่าผักและผลไม้มีสารพิษ ตกค้างเกินมาตรฐานร้อยละ 41 โดยผักที่พบสารตกค้าง มากที่สุด คือ กวางตุ้ง คะน้า กะเพรา ผักชี พริก และ กะหล่ำดอก ส่วนผลไม้ที่พบสารพิษตกค้างฯ มากที่สุด คือ ส้ม ชมพู่ ฝรั่ง และองุ่น

สุขภาวะของคนในเขตกรุงเทพมหานคร ปรภัต (2561) ระบุว่าองค์การอนามัยโลกได้ให้ข้อมูลหากกินผักและผลไม้ อย่างน้อยวันละ 400 กรัม จะลดความเสี่ยงต่อโรคไม่ติดต่อ เรื้อรังได้ และหากไม่เริ่มกินผักและผลไม้ จะต้องใช้เงิน ไปกับค่ารักษาพยาบาลเป็นอย่างมาก Sirinya *et al.* (2020) ได้ศึกษาพฤติกรรมการกินผักและผลไม้ของคนไทย พบว่า ร้อยละ 65.6 กินผักและผลไม้ไม่เพียงพอ เฉลี่ย 336.9 กรัม ต่อวัน โดยกลุ่มวัยที่มีอายุระหว่าง 15-29 ปี และกลุ่ม ผู้สูงอายุ (60 ปีขึ้นไป) มีแนวโน้มกินผักและผลไม้ไม่เพียงพอ กว่าวัยอื่น และคนกรุงเทพมหานครมีแนวโน้มกินผักและ ผลไม้ไม่เพียงพอกว่าคนในพื้นที่อื่น

แนวคิดเรื่องเกษตรในเมือง ปิยะพงษ์ (2555) ระบุว่าเกษตรในเมือง คือการปลูกหรือการเลี้ยงดู การทำให้ เพิ่มพูน การนำเข้าสู่กระบวนการที่เกี่ยวข้อง และการกระจาย ผลผลิตที่เป็นอาหารอย่างเนื้อสัตว์ ผัก ผลไม้ และผลผลิต ที่ไม่ใช่อาหารอย่างพืชที่เป็นยาสมุนไพร รวมถึงการใช้และ นำกลับมาใช้ใหม่ของทรัพยากร ผลิตภัณฑ์ และการบริการ ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมเหล่านั้นซึ่งเกิดขึ้น และมีอยู่ใน และรอบ ๆ พื้นที่เมือง ซึ่งกิจกรรมเหล่านั้นมุ่งเน้นดำเนินไป เพื่อตอบสนองคนที่อาศัยอยู่ในเมืองนั้นเป็นสำคัญ โดยแบ่ง ประเภทของเกษตรในเมือง 3 เกณฑ์ ได้แก่ 1) พื้นที่ โดย แบ่งเป็นเกษตรในเมือง เน้นปรับตัวเพื่อลดรายจ่ายทางด้าน อาหาร การบริโภคอาหารที่ปลอดภัย การมีแหล่งอาหาร ยามวิกฤติ โดยมุ่งเน้นการพึ่งตนเองเป็นหลัก และเกษตร ชานเมือง เน้นเรื่องการกระจายอาหารในเมืองเพื่อลดการ เดินทางของอาหาร การสงวนพื้นที่สีเขียวในเมือง โดยเน้น การผลิตเพื่อจำหน่ายเป็นหลัก 2) การใช้ที่ดิน หมายถึง การใช้พื้นที่ส่วนรวม พื้นที่ส่วนบุคคล พื้นที่เฉพาะ เช่น พื้นที่ ริมถนนหรือเกาะกลางถนน พื้นที่กันไฟ พื้นที่สาธารณะ พื้นที่ที่ไม่สามารถพัฒนาสิ่งปลูกสร้าง เช่น พื้นที่เขื่อมระบบ ไฟฟ้า และพื้นที่เอกชนที่ว่างเปล่าและอนุญาตให้ใช้ และ 3) ผู้ขับเคลื่อนและได้ประโยชน์ ได้แก่ ภาครัฐ ภาคเอกชน ภาควิชาการ ชุมชน และเครือข่ายต่าง ๆ ที่สนใจ

กิจกรรมเกษตรในเมืองกับผู้สูงอายุ เป็นแนวทางสำคัญ ที่จะทำให้ผู้สูงอายุได้เข้าถึงแหล่งอาหารที่มั่นคงและปลอดภัย นาถศิริ (2557) กล่าวว่าประโยชน์ของการปลูกผักสวนครัว เพื่อบริโภคในบ้าน นอกจากจะมีผักที่สด สะอาด ปลอดภัย ไว้บริโภค ยังเพิ่มพื้นที่สีเขียวภายในบ้าน เป็นที่พักผ่อน สายตา เป็นงานอดิเรก และทำกิจกรรมร่วมกับสมาชิกในบ้าน นคร และคณะ (2533) ได้แนะนำการปลูกผัก ควรเริ่มจาก ปลูกผักที่ชอบ สอดคล้องกับฤดูกาล และวิถีชีวิตตนเอง ใช้วัสดุที่อยู่รอบตัว เริ่มจากพื้นที่น้อยและขยายพื้นที่ ขึ้นเรื่อย ๆ เป็นนักเรียนรู้และทำความเข้าใจกับธรรมชาติ ผู้สูงอายุกับการปลูกผัก จากข้อมูลสวนผักคนเมือง (2563) กล่าวว่าคนเมืองผู้สูงวัยสวนผักชุมชนบูรพา 7 อยู่ในพื้นที่ เขตดอนเมือง มีสมาชิก 300 ครัวเรือน สมาชิกได้ร่วมพัฒนา พื้นที่รกร้างในชุมชน ประมาณ 400 ตารางเมตร จัดสรร เป็นแปลงผัก บ่อเลี้ยงปลา และเลี้ยงไก่ไข่ การปลูกผักเป็น กิจกรรมหลักของกลุ่มและได้สร้างความภาคภูมิใจแก่ สมาชิกซึ่งส่วนมากเป็นผู้สูงอายุ โดยตัวแทนสมาชิกได้กล่าว ว่าการปลูกผักเป็นได้มากกว่าการแบ่งปันผลผลิต คือการ ปันความสุข การใช้เวลาให้เป็นประโยชน์ การได้อยู่กับ ธรรมชาติ และทำให้เห็นคุณค่าของตนเอง

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น การส่งเสริมการปลูกผัก เพื่อสุขภาวะของผู้สูงอายุในเมืองมีความสำคัญเป็นอย่างมาก จึงควรมีการศึกษาวิจัยเรื่องโมเดลการส่งเสริมการปลูกผัก ในเมืองเพื่อสุขภาวะของผู้สูงอายุในกรุงเทพมหานคร เพื่อ ใช้เป็นแนวทางการส่งเสริมการปลูกผักในเมืองให้เหมาะสม กับผู้สูงอายุ

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยครั้งนี้เป็นรูปแบบการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) และเป็นการวิจัยกึ่งการทดลอง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ผู้สูงอายุ อายุ 60 ปีขึ้นไป จาก 50 เขตที่ขึ้นทะเบียนกับกรุงเทพมหานคร จำนวน 14,903 คน โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน จำนวน 12 เขต ได้แก่ สายไหม ลาดพร้าว สวนหลวง สาทร วังทองหลาง ดินแดง คันนายาว สะพานสูง จอมทอง ทวีวัฒนา บางแค และราษฎร์บูรณะ จำนวน 201 คน จากการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยสูตรของ Yamane (1973) ที่ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ที่ระดับ 0.07 เนื่องจากเป็นประชากรมีลักษณะคล้ายคลึงกัน

2. เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร จากหน่วยงานของกรุงเทพมหานคร และกรมส่งเสริมการเกษตร จำนวน 145 คน กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยสูตรของ Yamane (1973) ที่ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ที่ระดับ 0.05 ได้จำนวน 107 คน ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย

3. เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร จากหน่วยงานของกรุงเทพมหานคร และกรมส่งเสริมการเกษตร จำนวน 30 คน ใช้วิธีการคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง กำหนดคุณสมบัติเป็นเจ้าหน้าที่ที่รับผิดชอบด้านการส่งเสริมการเกษตรในพื้นที่กรุงเทพฯ อย่างน้อย 5 ปี

4. องค์กรราชการและเอกชน จำนวน 3 องค์กร ใช้วิธีการคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง กำหนดคุณสมบัติเป็นองค์กรที่ดำเนินการส่งเสริมด้านการปลูกผักในพื้นที่กรุงเทพฯ และกลุ่มผู้สูงอายุ จำนวน 3 กลุ่ม ใช้วิธีการคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง กำหนดคุณสมบัติเป็นกลุ่มฯ ที่มีกิจกรรมการปลูกผักอย่างเป็นรูปธรรมอย่างน้อย 1 ปี อยู่ในพื้นที่กรุงเทพฯ

5. ผู้สูงอายุ จำนวน 30 คน ใช้วิธีการคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง กำหนดคุณสมบัติ เป็นสมาชิกโรงเรียนผู้สูงอายุเขตดินแดง มีความสนใจด้านการปลูกผัก และสมัครใจเข้าร่วมฝึกอบรม

6. เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร จากหน่วยงานของกรุงเทพมหานคร และกรมส่งเสริมการเกษตร ชุมชน และผู้สูงอายุ จำนวน 20 คน ใช้วิธีการคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง กำหนดคุณสมบัติเป็นเจ้าหน้าที่ที่รับผิดชอบด้านการส่งเสริมการเกษตรในพื้นที่กรุงเทพฯ อย่างน้อย 5 ปี เป็นกรรมการชุมชน และเป็นผู้สูงอายุที่เคยปลูกผักอย่างน้อย 1 ปี

ขั้นตอนการวิจัย

ขั้นตอนการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ระยะ

ระยะที่ 1 การสำรวจ วิเคราะห์ข้อมูล เกี่ยวกับ 1) สภาพทั่วไปส่วนบุคคล สุขภาวะ ความรู้ ทัศนคติ และทักษะการปลูกผักฯ ความต้องการการส่งเสริมการปลูกผักฯ โดยเก็บข้อมูลจากผู้สูงอายุ จำนวน 201 คน ใช้แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง ประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่ สภาพพื้นฐานของผู้สูงอายุ สุขภาวะของผู้สูงอายุ ความรู้ ทัศนคติ และทักษะเกี่ยวกับการปลูกผักฯ และความต้องการการส่งเสริมการปลูกผักฯ ปัญหา และข้อเสนอแนะในการส่งเสริมการปลูกผักฯ โดยมีข้อคำถามเป็นปลายปิดและปลายเปิด การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้วัดความตรง (Validity) ของแบบสัมภาษณ์ ได้ค่า IOC = 1 และทดสอบความเที่ยง (reliability) ในส่วนสุขภาวะของผู้สูงอายุ ความรู้ ทัศนคติ และทักษะการปลูกผักฯ ความต้องการการส่งเสริมการปลูกผักฯ ปัญหาและข้อเสนอแนะในการส่งเสริมการปลูกผักฯ โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟา (Coefficient of alpha) ของ Cronbach โดยทดสอบกับกลุ่มเป้าหมายที่ไม่ได้อยู่ในกลุ่มตัวอย่างของการวิจัยนี้ จำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่า มีความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.819, 0.894, 0.939 และ 0.949 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความเที่ยงมากกว่า 0.70 แสดงว่าแบบสัมภาษณ์ในการวิจัยครั้งนี้ผ่านเกณฑ์การยอมรับได้ สามารถนำไปใช้เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างต่อไป การวิเคราะห์ข้อมูลวิจัย ใช้สถิติพรรณนา ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย การจัดอันดับ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ 2) บทบาทของหน่วยงานในการส่งเสริมการปลูกผักฯ โดยเก็บข้อมูลจากเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรจากกรุงเทพมหานคร และกรมส่งเสริมการเกษตร จำนวน 107 คน โดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง โดยมีข้อคำถามเป็นปลายปิด และปลายเปิด ประกอบด้วย 8 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม การวางแผน การจัดหน่วยงาน การจัดตัวบุคคล การอำนวยการ การประสานงาน การรายงาน การบริหารงบประมาณของหน่วยงาน และปัญหาและข้อเสนอแนะในการส่งเสริมการปลูกผักฯ การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้วัดความตรง (Validity) ของแบบสัมภาษณ์ ได้ค่า IOC = 1 และทดสอบความเที่ยง (reliability) ในส่วนของการวางแผน การจัดหน่วยงาน การจัดตัวบุคคล การอำนวยการ การประสานงาน การรายงาน การบริหารงบประมาณของหน่วยงาน และปัญหาและข้อเสนอแนะในการส่งเสริมการปลูกผักฯ โดยใช้

สัมประสิทธิ์แอลฟา (Coefficient of alpha) ของ Cronbach โดยทดสอบกับกลุ่มเป้าหมายที่ไม่ได้อยู่ในกลุ่มตัวอย่างของการวิจัยนี้ จำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่ามีความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.969, 0.965, 0.850, 0.960, 0.822, 0.947, 0.931 และ 0.929 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความเที่ยงมากกว่า 0.70 แสดงว่าแบบสัมภาษณ์ในการวิจัยครั้งนี้ผ่านเกณฑ์การยอมรับได้ สามารถนำไปใช้เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างต่อไป การวิเคราะห์ข้อมูลวิจัย ใช้สถิติพรรณนา ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย การจัดอันดับ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน องค์กรราชการและเอกชน จำนวน 3 องค์กร และกลุ่มผู้สูงอายุ จำนวน 3 กลุ่ม เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์เชิงลึก การวิเคราะห์ข้อมูลวิจัยโดยการวิเคราะห์เนื้อหา และการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสุขภาวะของผู้สูงอายุโดยใช้สถิติอ้างอิงเพื่อทดสอบสมมติฐาน คือ การวิเคราะห์ถดถอยพหุ ด้วยวิธี Enter และนำเสนอผลการวิเคราะห์แบบพรรณนา

ระยะที่ 2 การพัฒนาโมเดลการส่งเสริมการปลูกผักในเมืองเพื่อสุขภาวะของผู้สูงอายุในกรุงเทพมหานคร โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 10 คน ที่เกี่ยวข้องกับโมเดลการส่งเสริมการปลูกผักฯ การวิเคราะห์ข้อมูลวิจัยโดยการวิเคราะห์เนื้อหา

ระยะที่ 3 การทดสอบและประเมินโมเดลการส่งเสริมการปลูกผักในเมืองเพื่อสุขภาวะของผู้สูงอายุในกรุงเทพมหานคร

3.1 การทดสอบโมเดลการส่งเสริมฯ โดยการจัดอบรมการปลูกผักในเมืองเพื่อสุขภาวะของผู้สูงอายุในกรุงเทพมหานคร (วิธีการถ่ายทอดความรู้) และทำการทดสอบก่อนและหลังการฝึกอบรมกับผู้สูงอายุเขตดินแดง จำนวน 30 คน โดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวน paired sample t-test ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS

3.2 การประเมินผลการเปลี่ยนแปลงด้านสุขภาวะของผู้สูงอายุในกรุงเทพมหานคร ด้านกาย จิต สังคม และปัญญา โดยการสัมภาษณ์ความคิดเห็นผู้สูงอายุ จำนวน 30 คน ที่ผ่านการฝึกอบรมฯ จากข้อ 3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลวิจัย ใช้สถิติพรรณนา ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย การจัดอันดับ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.3 การประเมินโมเดลการส่งเสริมการปลูกผักในเมืองเพื่อสุขภาวะของผู้สูงอายุในกรุงเทพมหานคร โดยการสัมมนาเชิงประเมิน จากผู้เชี่ยวชาญและผู้สูงอายุที่เกี่ยวข้องกับโมเดลการส่งเสริมการปลูกผักฯ จำนวน 20 คน การวิเคราะห์ข้อมูลวิจัยโดยการวิเคราะห์เนื้อหา

การวิจัยนี้เก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนมีนาคม พ.ศ. 2562 ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2564

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ระยะที่ 1 ผลการวิจัยเชิงสำรวจ

ด้านสภาพทั่วไปส่วนบุคคล จากการศึกษาพบว่า ผู้สูงอายุ ร้อยละ 79.1 เป็นเพศหญิง อายุเฉลี่ย 69.53 ปี ร้อยละ 50.3 จบการศึกษาในระดับประถมศึกษา ร้อยละ 66.6 มีอาชีพแม่บ้าน ร้อยละ 57.2 มีรายได้ต่ำกว่า 10,000 บาทต่อปี ร้อยละ 63.7 แต่งงานแล้ว และร้อยละ 48.3 อาศัยอยู่บ้านเดี่ยว

ด้านสุขภาวะของผู้สูงอายุในการส่งเสริมการปลูกผักฯ พบว่า ผู้สูงอายุมี 1) สุขภาวะด้านกาย ภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 3.28, S.D. = 0.823) 2) สุขภาวะด้านจิต ภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง (เฉลี่ย 3.40, S.D. = 0.797) 3) สุขภาวะด้านสังคม ภาพรวมอยู่ในระดับมาก (เฉลี่ย 3.61, S.D. = 0.726) 4) สุขภาวะด้านปัญญา ภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง (เฉลี่ย 3.32, S.D. = 0.655) และ 5) ด้านสุขภาวะ ภาพรวมอยู่ในระดับมาก (เฉลี่ย 3.46, S.D. = 0.791)

ด้านความรู้เกี่ยวกับการปลูกผักฯ พบว่า ผู้สูงอายุร้อยละ 46.2 มีระดับความรู้มาก ร้อยละ 40.8 มีระดับความรู้ปานกลาง ร้อยละ 7.0 มีระดับความรู้น้อย และร้อยละ 6.0 มีระดับความรู้มากที่สุด โดยตอบคำถามความรู้เกี่ยวกับการปลูกผักฯ ถูกต้องเฉลี่ย 12.6 ข้อ (S.D. = 2.601) จาก 20 ข้อ

ด้านความคิดเห็นเกี่ยวกับการปลูกผักและการบริโภคผัก พบว่า ผู้สูงอายุมีความคิดเห็นเกี่ยวกับการปลูกผักฯ ภาพรวมอยู่ในระดับมาก (เฉลี่ย 3.76, S.D. = 0.679) และความคิดเห็นเกี่ยวกับการบริโภคผักฯ ภาพรวมอยู่ในระดับมาก (เฉลี่ย 3.79, S.D. = 0.820)

ความคิดเห็นเกี่ยวกับทักษะการปลูกผักฯ พบว่า ผู้สูงอายุมีความคิดเห็นเกี่ยวกับทักษะการปลูกผัก ภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง (เฉลี่ย 2.94, S.D. = 1.046)

ความต้องการการส่งเสริมการปลูกผักฯ พบว่า ผู้สูงอายุมีความต้องการด้านเนื้อหาการปลูกผักฯ ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก (เฉลี่ย 3.59, S.D. = 0.885) และความต้องการด้านสื่อในการส่งเสริมการปลูกผักฯ พบว่า ผู้สูงอายุต้องการสื่อ ในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 3.15, S.D. = 1.009) และเมื่อแยกเป็นรายประเด็น พบว่า ผู้สูงอายุต้องการสื่อในระดับมาก 1 ประเด็น คือสื่อกิจกรรม

(ค่าเฉลี่ย 3.54, S.D. = 0.983) รองลงมาคือ ต้องการสื่อในระดับปานกลาง 2 ประเด็น ได้แก่ ประเด็นสื่อบุคคล (ค่าเฉลี่ย 3.38, S.D. = 0.954) และประเด็นสื่อสิ่งพิมพ์ (ค่าเฉลี่ย 3.12, S.D. = 0.896) และต้องการสื่อในระดับน้อย 1 ประเด็น คือประเด็นสื่ออิเล็กทรอนิกส์ (ค่าเฉลี่ย 2.56, S.D. = 1.246)

บทบาทของหน่วยงานในการส่งเสริมการปลูกผักในเมือง พบว่า ภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 3.14, S.D. = 1.017) และปัญหาในการส่งเสริมการปลูกผักฯ ของหน่วยงาน พบว่า ภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 3.10, S.D. = 0.946)

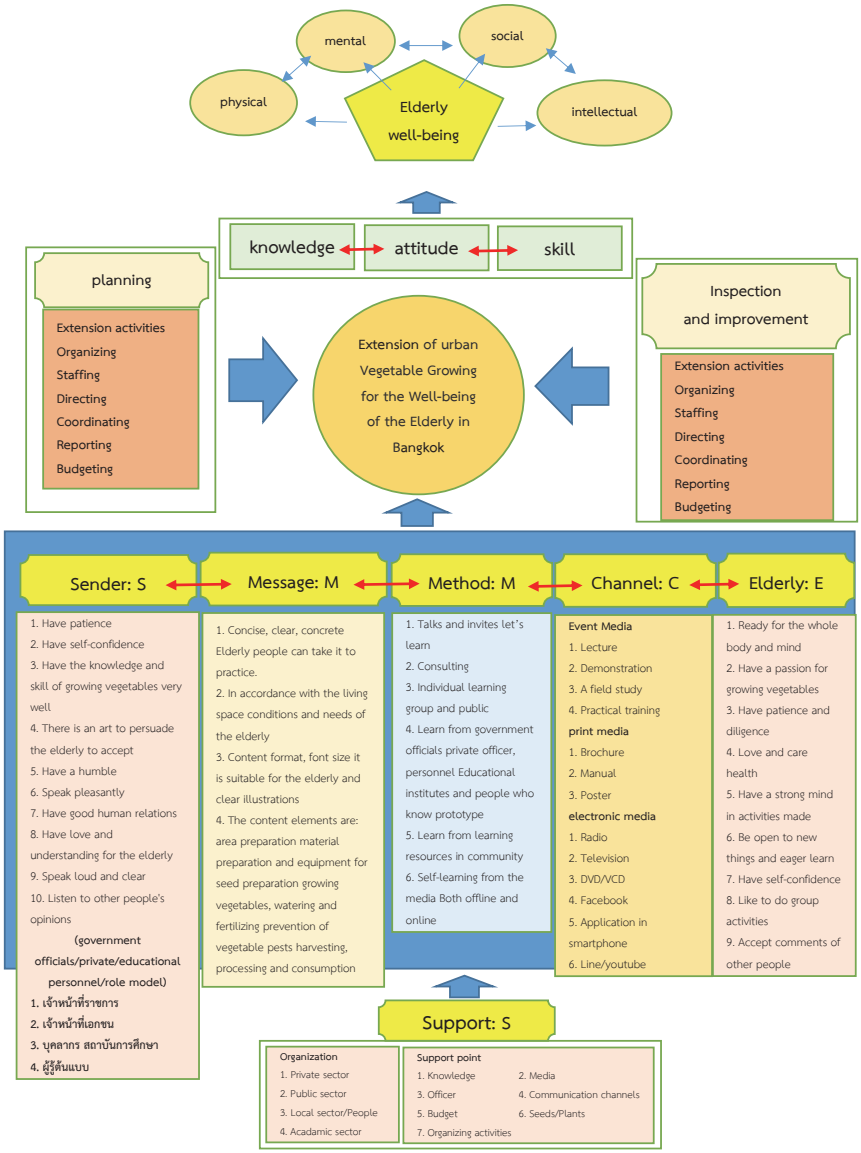


Figure 1 Urban Vegetable Growing Extension Model for Elderly Well-being In Bangkok Metropolitan Administration

Source: Research (2021)

ระยะที่ 2 การพัฒนาโมเดลการส่งเสริมการปลูกผักในเมืองเพื่อสุขภาวะของผู้สูงอายุในกรุงเทพมหานคร

โมเดลการส่งเสริมการปลูกผักในเมืองเพื่อสุขภาวะของผู้สูงอายุในกรุงเทพมหานคร โดยใช้แนวคิดวงจรเด็มมิ่ง (Deming cycle) แนวคิดการบริหารจัดการองค์กร (POSDCoRB) และแบบจำลองการสื่อสาร (SMCR Model) มาเป็นกรอบการสร้างโมเดลการส่งเสริมการปลูกผักในเมืองเพื่อสุขภาวะของผู้สูงอายุในกรุงเทพมหานคร (Figure 1) โดยมีรายละเอียดของโมเดลการส่งเสริมการปลูกผักในเมืองเพื่อสุขภาวะของผู้สูงอายุในกรุงเทพมหานคร ดังนี้

1. การวางแผน (Planning: P) ใช้หลักการบริหารจัดการองค์กร 7 ประการ มาใช้ในการวางแผน ได้แก่

การวางแผนการส่งเสริมการปลูกผักเพื่อสุขภาวะในเมือง (Planning: P) หมายถึง มีแผนการส่งเสริมการปลูกผักในเมืองฯ โดยกำหนดขอบเขตพื้นที่ และกลุ่มเป้าหมายอย่างชัดเจน บุคลากรมีส่วนร่วมในการวางแผนการส่งเสริมการปลูกผักฯ มีการวางแผนการติดตามประเมินผล มีแผนการส่งเสริมการปลูกผักฯ เป็นระยะต่อเนื่อง มีการวางแผนการสนับสนุนบุคลากร ด้านวิชาการ วัสดุ อุปกรณ์ ยานพาหนะในการส่งเสริมการปลูกผักฯ และมีแผนการประชาสัมพันธ์การส่งเสริมการปลูกผักฯ เป็นต้น

การจัดการองค์กร (Organizing: O) หมายถึง มีการกำหนดหน่วยงานที่รับผิดชอบโดยตรงในการส่งเสริมการปลูกผักฯ มีโครงสร้างขององค์กรในการส่งเสริมการปลูกผักฯ อย่างชัดเจน มีการมอบหมายหน้าที่บุคลากรในการส่งเสริมการปลูกผักฯ อย่างชัดเจน เป็นต้น

การจัดการด้านบุคลากร (Staffing: S) หมายถึง มีการจัดตัวบุคลากรที่รับผิดชอบด้านการส่งเสริมการปลูกผักในเมืองที่เหมาะสม มีบุคลากรเพียงพอต่อการทำโครงการหรือกิจกรรมการส่งเสริมการปลูกผักฯ บุคลากรมีความรู้ ประสบการณ์ และทักษะการส่งเสริมการปลูกผักฯ บุคลากรได้รับการพัฒนาความรู้ความสามารถด้านการส่งเสริมการปลูกผักฯ อย่างสม่ำเสมอ

การควบคุมสั่งการ (Directing: D) หมายถึง มีการมอบหมายภารกิจให้บุคลากรในการส่งเสริมการปลูกผักฯ มีกิจกรรมสร้างขวัญและกำลังใจในการทำงานของบุคลากร มีคำสั่งการดำเนินการส่งเสริมการปลูกผักฯ อย่างชัดเจน มีการให้คำปรึกษา แนะนำการดำเนินโครงการหรือกิจกรรมการส่งเสริมการปลูกผักฯ ให้กับบุคลากร มีระบบการควบคุม และตรวจสอบการปฏิบัติงานของบุคลากร

การประสานงาน (Coordinating: C) หมายถึง มีการประสานความร่วมมือภายในและภายนอกองค์กร มีการประสานงานความร่วมมือกับกลุ่มผู้สูงอายุในการปลูกผักในเมืองฯ

การรายงาน (Report: R) หมายถึง มีระบบการรายงานโครงการหรือกิจกรรมการส่งเสริมการปลูกผักฯ มีการจัดประชุมเพื่อรับฟังการรายงานผลการปฏิบัติงานของบุคลากร มีการจัดช่องทางต่าง ๆ ในการรายงานผลการปฏิบัติงานให้ทุกฝ่ายรับทราบ

การจัดการงบประมาณ (Budgeting: B) หมายถึง มีการจัดสรรงบประมาณในการทำโครงการหรือกิจกรรมการส่งเสริมการปลูกผักฯ มีการนำงบประมาณไปใช้ตามวัตถุประสงค์ และมีงบประมาณเพียงพอต่อการจัดทำโครงการหรือกิจกรรมการส่งเสริมการปลูกผักฯ

2. การดำเนินการส่งเสริมการปลูกผักเพื่อสุขภาวะในเมือง (Doing: D) หมายถึงการส่งเสริมการปลูกผักฯ เพื่อให้ผู้สูงอายุมีการพัฒนาด้านความรู้ด้านการปลูกผักฯ มีทัศนคติด้านการปลูกผักฯ การบริโภคผักฯ และมีทักษะด้านการปลูกผักเพื่อสุขภาวะของผู้สูงอายุ โดยใช้หลัก SMMCES มาเป็นองค์ประกอบในการดำเนินการส่งเสริม ได้แก่

ผู้ส่งสารหรือผู้ส่งเสริม (Sender: S) หมายถึง เจ้าหน้าที่ภาครัฐ ภาคเอกชน บุคลากรสถานศึกษา และผู้รู้ต้นแบบ โดยมีคุณลักษณะ เช่น มีความอดทน ใจเย็น มีความเชื่อมั่นในตนเอง มีความรู้และทักษะการปลูกผักเป็นอย่างดี มีศิลปะในการโน้มน้าวให้ผู้สูงอายุยอมรับ มีความอ่อนน้อมถ่อมตัว และมีสัมมาคารวะ พูดจาไพเราะน่าฟัง มีมนุษยสัมพันธ์ที่ดี มีความรักและความเข้าใจผู้สูงอายุ พูดจาเสียงดัง ชัดถ้อยชัดคำ และรับฟังความคิดเห็นของคนอื่น

เนื้อหาด้านการปลูกผักเพื่อสุขภาวะ (Message: M) หมายถึง เนื้อหาการปลูกผักสำหรับผู้สูงอายุมีลักษณะกระชับ ชัดเจน เป็นรูปธรรมผู้สูงอายุสามารถนำไปปฏิบัติได้ สอดคล้องกับสภาพพื้นที่อาศัยและความต้องการของผู้สูงอายุ รูปแบบของเนื้อหาและขนาดตัวอักษรมีเหมาะสมกับผู้สูงอายุ มีรูปภาพประกอบที่ชัดเจน มีองค์ประกอบของเนื้อหา ได้แก่ การเตรียมพื้นที่ การเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ การเตรียมเมล็ดพันธุ์ การปลูกผัก การให้น้ำและปุ๋ย การป้องกันกำจัดศัตรูพืชผัก การเก็บเกี่ยว การแปรรูป และการบริโภค

วิธีการส่งเสริม (Method: M) หมายถึง วิธีการส่งเสริมรูปแบบต่าง ๆ เช่น การพูดคุยและเชิญชวนมาเรียนรู้

การเป็นที่ปรึกษา ให้คำชี้แนะ การเรียนรู้เป็นรายบุคคล กลุ่ม และมวลชน เรียนรู้จากเจ้าหน้าที่ราชการ เจ้าหน้าที่เอกชน บุคลากรสถาบันการศึกษา และผู้รู้ต้นแบบ เรียนรู้จากแหล่งเรียนรู้ในชุมชน เรียนรู้ด้วยตนเองจากสื่อต่าง ๆ ทั้งออฟไลน์และออนไลน์

ช่องทางการส่งเสริม (Channel: C) หมายถึง ช่องทางการส่งเสริมด้านต่าง ๆ ประกอบด้วย สื่อกิจกรรม เช่น การบรรยาย การสาธิต การดูงาน และการฝึกปฏิบัติจริง สื่อสิ่งพิมพ์ เช่น แผ่นพับ คู่มือแนะนำ โปสเตอร์ สื่ออิเล็กทรอนิกส์ เช่น วิทยุ โทรทัศน์ ดีวีดี/วีซีดี เฟซบุ๊ก แอปพลิเคชันในสมาร์ตโฟน ไลน์/ยูทูป

ผู้สูงอายุ (Elderly: E) หมายถึง ลักษณะของผู้สูงอายุ เช่น มีความพร้อมทั้งร่างกายและจิตใจ มีใจรักด้านการปลูกผัก มีความอดทน และขยัน มีใจรักและใส่ใจด้านสุขภาพ มีจิตใจตั้งมั่นในกิจกรรมที่ทำ เปิดใจรับสิ่งใหม่และใฝ่เรียนรู้ มีความมั่นใจในตนเอง ชอบทำกิจกรรมกลุ่ม ยอมรับความคิดเห็นของคนอื่น

การสนับสนุน (Support: S) หมายถึง องค์กรหรือหน่วยงานต่าง ๆ ที่สนับสนุน เช่น ภาคเอกชน ภาครัฐ ภาคท้องถิ่น/ประชาชน และภาควิชาการ โดยมีประเด็นที่สนับสนุน เช่น องค์ความรู้ สื่อ เจ้าหน้าที่ ช่องทางในการติดต่อสื่อสาร งบประมาณ เมล็ดพันธุ์ผัก/ต้นพันธุ์ และการจัดกิจกรรมต่าง ๆ

3. การตรวจสอบ (Checking: C) **และการปรับปรุง** (Action: A) หมายถึง การตรวจสอบ ติดตาม ประเมิน และปรับปรุงแก้ไขตามกระบวนการดำเนินการต่าง ๆ ในด้านกิจกรรมการส่งเสริม การจัดหน่วยงาน การจัดตัวบุคคล การอำนวยการ การประสานงาน การรายงาน และงบประมาณอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้การดำเนินการบรรลุตามเป้าหมาย

4. สุขภาวะผู้สูงอายุ หมายถึง ผู้สูงอายุเมื่อพัฒนาด้านความรู้ ด้านการปลูกผักฯ ทัศนคติด้านการปลูกผักและการบริโภคผัก และทักษะด้านการปลูกผักฯ จะส่งผลให้สุขภาวะต่าง ๆ เช่นด้านกาย จิต สังคม และปัญญาดีขึ้น

ระยะที่ 3 การทดลองและประเมินโมเดลการส่งเสริมการปลูกผักในเมืองเพื่อสุขภาวะของผู้สูงอายุในกรุงเทพมหานคร

ผลการทดลองโมเดลการส่งเสริมการปลูกผักในเมืองเพื่อสุขภาวะของผู้สูงอายุในกรุงเทพมหานคร ประเด็นการถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับการปลูกผัก ความคิดเห็นเกี่ยวกับการปลูกผักและการบริโภคผัก และความคิดเห็นเกี่ยวกับระดับทักษะ (ความสามารถที่ปฏิบัติได้) (Table 1)

Table 1 Testing of knowledge of growing vegetables. Opinions on growing vegetables and consuming vegetables and skill level (practical ability) before and after training

n=30 person

Issue	score before training $\bar{X}$	score after training $\bar{X}$	t	P
knowledge of growing vegetables.	13.70	16.23	-6.567**	0.000
opinions on growing vegetables and consuming vegetables.	3.97	4.11	-1.214	0.234
opinions on skill level (practical ability)	3.34	3.81	-2.683*	0.012

Remarks: * = significance at =0.05, ** α = significance at α = 0.01

จาก Table 1 ผลการวิเคราะห์การทดลองใช้โมเดลการส่งเสริมการปลูกผักเพื่อสุขภาวะของผู้สูงอายุในเมือง (การถ่ายทอดความรู้) จากกลุ่มทดลอง จำนวน 30 คน ปรากฏว่า

ความรู้เกี่ยวกับการปลูกผักในเมืองเพื่อสุขภาวะของผู้สูงอายุ ได้ ค่า t = -6.567 และค่า P = 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.01 แสดงว่า ความคิดเห็นของผู้เข้าอบรมก่อนและหลังการใช้โมเดลการส่งเสริมการปลูกผักเพื่อสุขภาวะของผู้สูงอายุในเมือง (การถ่ายทอดความรู้) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยก่อนการอบรม มีค่าความคิดเห็นเฉลี่ย 13.70 (S.D. = 2.086) และหลังอบรม มีค่าความคิดเห็นเฉลี่ย 16.23 (S.D. = 1.381)

ความคิดเห็นเกี่ยวกับการปลูกผักและการบริโภคผัก ได้ค่า t = -1.214 และค่า P = 0.234 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 แสดงว่า ความคิดเห็นของผู้เข้าอบรมก่อนและหลังการใช้โมเดลการส่งเสริมการปลูกผักเพื่อสุขภาวะของผู้สูงอายุในเมือง (การถ่ายทอดความรู้) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยก่อนการอบรม มีค่าความคิดเห็นเฉลี่ย 3.97 (S.D. = 0.642) และหลังอบรม มีค่าความคิดเห็นเฉลี่ย 4.11 (S.D. = 0.395)

ความคิดเห็นเกี่ยวกับระดับทักษะ (ความสามารถที่ปฏิบัติได้) ได้ ค่า t = -2.683* และค่า P = 0.012 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่า ความคิดเห็นของผู้เข้าอบรมก่อนและหลังการใช้โมเดลการส่งเสริมการปลูกผักเพื่อสุขภาวะของผู้สูงอายุในเมือง (การถ่ายทอดความรู้) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยก่อนการอบรม มีค่าความคิดเห็นเฉลี่ย 3.34 (S.D. = 1.055) และหลังอบรม มีค่าความคิดเห็นเฉลี่ย 3.81 (S.D. = 0.533) สอดคล้องกับ กิติ์ธเนศ และคณะ (2562) พบว่า ผู้สูงอายุมีทักษะทางปัญญาในภาพรวมและทุกด้านหลังการใช้หลักสูตรฝึกอบรมสูงกว่าก่อนใช้หลักสูตรฝึกอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ด้านสุขภาวะ พบว่าภาพรวมของผู้สูงอายุอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.92, S.D. = 0.666) และเมื่อพิจารณาในแต่ละประเด็น ด้านกาย พบว่าภาพรวมของผู้สูงอายุอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.05, S.D. = 0.633) ด้านจิต พบว่าภาพรวมของผู้สูงอายุอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.00, S.D. = 0.640) ด้านสังคม พบว่าภาพรวมของผู้สูงอายุอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.91, S.D. = 0.754) ด้านปัญญา พบว่าภาพรวมของผู้สูงอายุอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.73, S.D. = 0.637) สอดคล้องกับ อัญรัช (2564) พบว่าระดับคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในเขตภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร ภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านสิ่งแวดล้อม อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมา คือ ด้านร่างกาย ด้านจิตใจ และด้านความสัมพันธ์ทางสังคม อยู่ในระดับมาก

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสุขภาวะของผู้สูงอายุ

จากการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ และตัวแปรตาม โดยใช้การวิเคราะห์ถดถอยพหุ เพื่อวิเคราะห์หาความเกี่ยวข้องระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม ในการวิเคราะห์ครั้งนี้ใช้ตัวแปรอิสระที่คัดเลือกมาทั้งหมด 6 ตัวแปร ได้แก่ 1) ระดับปัญหาเกี่ยวกับการส่งเสริมการปลูกผักในกรุงเทพมหานคร 2) ระดับปัญหาเกี่ยวกับการปลูกผัก 3) คะแนนความรู้เกี่ยวกับการปลูกผักเพื่อสุขภาวะในเมือง 4) ระดับทักษะการปลูกผักในเมืองเพื่อสุขภาวะของผู้สูงอายุ 5) ระดับรายได้ และ 6) ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับการปลูกผัก และตัวแปรตาม คือ ระดับสุขภาวะของผู้สูงอายุ (Table 2)

Table 2 Multiple correlation regression analysis of variables

variable	coefficient regression (b)	t	Sig.
constant	1.406	6.866	0.000
The level of problems related to the promotion of vegetable growing in Bangkok (X_1)	0.080	1.168	0.183
Level of problems with growing vegetables in Bangkok (X_2)	0.080	1.337	0.183
Knowledge points about growing vegetables for urban health (X_3)	0.185	3.090*	0.002
The skill level of urban vegetable growing for the well-being of the elderly (X_4)	0.227	3.181*	0.002
income range (X_5)	0.024	0.411	0.681
Level of opinions about growing vegetables (X_6)	0.399	6.651**	0.000
R^2 = 0.336 SEE = 0.31202 F = 17.732 Sig of F = 0.000			

Remarks: * = significance at α = 0.05, ** = significance at α =0.01

จาก Table 2 ตัวแปรทั้งหมดสามารถอธิบายความเกี่ยวข้องกับระดับสุขภาวะของผู้สูงอายุอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.01 (F = 17.732 Sig. of F = 0.000) โดยมีอำนาจพยากรณ์ประมาณร้อยละ 34 (R^2 = 0.336) และมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการพยากรณ์ (SEE) เท่ากับ 0.31202 ส่วนผลการวิเคราะห์ความเกี่ยวข้องระหว่างระดับปัญหาเกี่ยวกับการส่งเสริมการปลูกผักในกรุงเทพมหานคร ระดับปัญหาเกี่ยวกับการปลูกผักในกรุงเทพมหานคร คะแนนความรู้เกี่ยวกับการปลูกผักเพื่อสุขภาวะในเมือง ระดับทักษะการปลูกผักในเมืองเพื่อสุขภาวะของผู้สูงอายุ ช่วงรายได้ และระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับการปลูกผัก กับระดับสุขภาวะของผู้สูงอายุ (Y) พบว่าในค่าตัวแปรอิสระ 6 ตัวแปร มีตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปรมีความสัมพันธ์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และมี 2 ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 คือ คะแนนความรู้เกี่ยวกับการปลูกผักเพื่อสุขภาวะในเมือง และระดับทักษะการปลูกผักในเมืองเพื่อสุขภาวะของผู้สูงอายุ มีผลในเชิงบวก แสดงว่าตัวแปรมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน เมื่อผู้สูงอายุมีความรู้ และทักษะการปลูกผัก สุขภาวะของผู้สูงอายุมีแนวโน้มดีขึ้น และพบว่ามี 1 ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.01 คือระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับการปลูกผักมีผลในเชิงบวก แสดงว่าตัวแปรมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ เมื่อผู้สูงอายุมีความคิดเห็นที่ดีต่อการปลูกผัก จะส่งผลต่อระดับสุขภาวะของผู้สูงอายุมีแนวโน้มดีขึ้นด้วย

โดยมีสมการทำนายคือ $Y = 1.406 + 0.080X_1 + 0.080X_2 + 0.185X_3 + 0.227X_4 + 0.024X_5 + 0.399 X_6$

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาพบว่า ผู้สูงอายุส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุเฉลี่ย 69.53 ปี ร้อยละ 50.3 จบการศึกษาในระดับประถมศึกษา ด้านสุขภาวะของผู้สูงอายุ พบว่าสุขภาวะภาพรวมอยู่ในระดับมาก ด้านความรู้เกี่ยวกับการปลูกผักในเมืองฯ พบว่า ร้อยละ 46.2 มีระดับความรู้มาก โดยตอบคำถามถูกต้องเฉลี่ย 12.6 ข้อ จาก 20 ข้อ ด้านความคิดเห็นเกี่ยวกับการปลูกผักและการบริโภคผักภาพรวมอยู่ในระดับมาก ความคิดเห็นเกี่ยวกับทักษะการปลูกผักภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ความต้องการการส่งเสริมการปลูกผักฯ พบว่าด้านเนื้อหาการปลูกผักฯ ภาพรวมอยู่ในระดับมาก และความต้องการด้านสื่อในการส่งเสริมการปลูกผักฯ พบว่าภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง และเมื่อแยกเป็นรายประเด็น พบว่า ผู้สูงอายุต้องการสื่อกิจกรรมอยู่ในระดับมาก รองลงมาคือต้องการสื่อบุคคล และสื่อสิ่งพิมพ์อยู่ในระดับปานกลาง และต้องการสื่ออิเล็กทรอนิกส์อยู่ในระดับน้อย บทบาทและปัญหาของหน่วยงานในการส่งเสริมการปลูกผักในเมือง พบว่าภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง โมเดลการส่งเสริมการปลูกผักในเมืองเพื่อสุขภาวะของผู้สูงอายุในกรุงเทพมหานคร มีองค์ประกอบหลัก ได้แก่ การวางแผน การดำเนินการส่งเสริม การตรวจสอบและปรับปรุง โดยใช้หลัก SMMCES เป็นกรอบในการดำเนินการ ได้แก่ ผู้ส่งเสริม (Sender: S), ตัวสาร (Message: M), วิธีการส่งเสริม (Method: M), ช่องทางการส่งเสริม (Channel: C), ผู้สูงอายุ (Elderly: E) และการสนับสนุน (Support: S) การทดลองวิธีการถ่ายทอดความรู้ก่อนและหลังการฝึกอบรม พบว่าด้านความรู้และทักษะแตกต่างกัน ความคิดเห็นเกี่ยวกับการปลูกผักและบริโภคผักไม่แตกต่างกัน ปัจจัยที่มีผลต่อสุขภาวะของผู้สูงอายุ ได้แก่ ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับการปลูกผักฯ ระดับความรู้เกี่ยวกับการปลูกผักฯ และระดับทักษะการปลูกผักฯ การประเมินโมเดลฯ จากการสัมมนาเชิงประเมินมีความเห็นว่าเหมาะสม

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. กรุงเทพมหานคร กรมส่งเสริมการเกษตร และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง สามารถนำโมเดลการส่งเสริมการปลูกผักในเมืองเพื่อสุขภาวะของผู้สูงอายุในกรุงเทพมหานครไปใช้หรือประยุกต์ใช้ในการส่งเสริมการปลูกผักในเมืองเพื่อสุขภาวะของผู้สูงอายุในกรุงเทพมหานคร และที่อื่น ๆ

2. เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรภาครัฐ และเอกชน สามารถนำผลการวิจัย ประเด็นความต้องการเนื้อหาการปลูกผักฯ ประเด็นความต้องการสื่อฯ และประเด็นปัจจัยที่มีผลต่อสุขภาวะของผู้สูงอายุ ไปปรับใช้หรือวางแผนการส่งเสริมการปลูกผักในเมืองเพื่อสุขภาวะของผู้สูงอายุในกรุงเทพมหานคร และที่อื่น ๆ

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อไป

ควรทำการวิจัยรูปแบบการปลูกผักเพื่อสุขภาวะที่เหมาะสมกับบริบทของผู้สูงอายุ เนื่องจากผู้สูงอายุ

มีข้อจำกัดด้านต่าง ๆ เช่น การมองเห็น การเคลื่อนไหว หรือความปลอดภัยในการปฏิบัติกิจกรรม

เอกสารอ้างอิง

กรมกิจการผู้สูงอายุ. 2565. สถิติผู้สูงอายุของประเทศไทย 77 จังหวัด ณ วันที่ 31 ธันวาคม 2563. แหล่งข้อมูล: http://www.dop.go.th (16 กรกฎาคม 2565).

กิติ์ธเนศ สว่างวรนาถ และชมสุภัค ครุฑกะ. 2562. การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมทักษะทางปัญญาของผู้สูงอายุ. วารสารพยาบาลทหารบก ปีที่ 20(1): 207-215.

คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล. 2563. โภชนาอาหารสำหรับผู้สูงอายุ. แหล่งข้อมูล: www.gi.mahidol.ac.th (15 กันยายน 2563).

นคร ลิมปคุปตถาวร ชูเกียรติ โกเมน และสรานนท์ ใยบำรุง. 2553. คู่มือการปลูกผักสวนครัวฉบับคนเมือง. โครงการสวนผักคนเมือง.

นาถศิริ โกมลพันธุ์. 2557. สวนผักคนเมือง. โครงการสวนผักคนเมือง มูลนิธิเกษตรกรรมยั่งยืน (ประเทศไทย).

ปรภัต จูตระกูล. 2561. กินผักอย่างไร ให้ได้ 400 กรัม. แหล่งข้อมูล: https://www.thaihealth.or.th/Content/41424-.html (22 มีนาคม 2561).

ปิยะพงษ์ บุษบงก์. 2555. ปลูกเมืองปลูกชีวิต แนวคิดและแนวทางการพัฒนาเกษตรในเมือง. โครงการสวนผักคนเมือง มูลนิธิเกษตรกรรมยั่งยืน (ประเทศไทย).

รัชนี โตอาจ. 2561. สังคมผู้สูงอายุ: นัยต่อการพัฒนาเศรษฐกิจ. แหล่งข้อมูล: http://www.stou.ac.th/stouonline/lom/data/sec/Lom12/05-01.html (17 ตุลาคม 2561).

ศูนย์วิจัยสุขภาพกรุงเทพ. 2561. อาหารการกินในวัยผู้สูงอายุ. แหล่งข้อมูล: http://www.bangkokhealth.com/health/article (20 ตุลาคม 2561).

สวนชีววิถี ไทรม้า นนทบุรี. 2562. ไทยแพนเปิดผลตรวจผักผลไม้พบสารตกค้างเกินมาตรฐาน 41% ผักห้างแย่กว่าผักตลาดสด ตะลึงพบสารพิษห้ามใช้ในประเทศไทยตกค้างอื้อ 12 ชนิด. แหล่งข้อมูล: thaipan.org (15 กรกฎาคม 2565).

สวนผักคนเมือง. 2563. คนเมืองผู้สูงวัยกับพื้นที่สวนผัก ณ สวนผักชุมชนบูรพา 7. แหล่งข้อมูล: thaicityfarm.com (17 มิถุนายน 2565).

สำนักส่งเสริมสุขภาพ. 2561. การเปลี่ยนแปลงและเตรียมตัวเมื่อเข้าสู่วัยผู้สูงอายุ. แหล่งข้อมูล: http://hp.anamai.moph.go.th/soongwai/statics/health/prepared/topic001.php (16 เมษายน 2561).

อัญรัช สาริกัลป์ยะ. 2564. คุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในเขตภาษีเจริญกรุงเทพมหานคร. วารสารการวิจัยการบริหารการพัฒนาปีที่ 11(1) มกราคม-มีนาคม: 102-112. แหล่งข้อมูล https://so01.tci-thaijo.org/index.php/JDAR/article/view/245831/166776 (16 เมษายน 2565).

Sirinya, P., S. Thapsuwan, N. Thongcharoenchupong, R. Gray and A. Chamratrithirong. 2020. Sociodemographic differences affecting insufficient fruit and vegetable intake A population-based household survey of Thai people. Journal. Health Research 34(5): 419-429.

Yamane, T. 1973. Statistics: An Introductory Analysis. Harper and Row Publications. New York.

ผลของการควบคุมความขุ่นต่อการเจริญเติบโตและการรอดตายของลูกปลาดุกแอฟริกา

Effects of Turbidity Controls on Growth and Survival of African Catfish (*Clarias gariepinus*) Fingerlings

สราวุธ เย็นเอง* และ อาภาพงศ์ ชั่งจันทร์
Sarawut Yeneng[1] and Arpapong Changjan

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330
Faculty of Science and Technology, Pathumwan Institute of Technology, Bangkok 10330
* Corresponding author: sarawut068700@gmail.com

(Received: 14 November 2022; Revised: 26 December 2022; Accepted: 12 January 2023)

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effects of turbidity controls with various levels on the growth and survival rate of African catfish (*Clarias gariepinus*) fingerlings, and study the change of water quality throughout the nursing period. The experiment was conducted in 5 treatments with 3 replications. Treatment 1: exchanging 50% of water every day. Treatment 2-4: exchanging 50% of water when turbidity range 22-23 cm (≤80 NTU.), 13-14 cm (≤120 NTU.), 8-9 cm (≤160 NTU.) and Treatment 5: without exchanging water throughout the nursing period, respectively. Experimental fingerlings were carried out with 21 days old. The average Initial weight was 1.90 g and 6.25 cm in the average Initial length. Floating pelleted feed containing 35% protein was fed *Ad libitum* three times a day. Nursing in a black plastic tank containing 50 liters freshwater with 50 fingerlings per tank for 30 days. The results found that, turbidity control was not less than 13-14 cm (not more than 120 NTU.) throughout the nursing period. It was a suitable situation for this nursing. This condition exchanges the water 13 times that uses only 7.5 liters of water per fingerlings. This condition the final average weight of fingerlings was 14.03±2.64 g/fish The average daily growth was 0.41±0.09 g/day and survival rate were 92% Under this condition on the last day, pH 7.87±0.42 water temperature 27.35±0.07 °C dissolved oxygen 0.20±0.00 mg/L total ammonia was 11.85±0.53 mg/L and turbidity was 120.43±1.64 NTU.
Keywords: Turbidity, growth, survival, african catfish fingerlings

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของการควบคุมความขุ่นต่อการเจริญเติบโต การรอดตายของลูกปลา และศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำตลอดช่วงอนุบาล การทดลองประกอบด้วย 5 การทดลอง การทดลองละ 3 ซ้ำ คือ การทดลองที่ 1 เปลี่ยนถ่ายน้ำ 50 เปอร์เซ็นต์ ทุกวัน การทดลองที่ 2-4 เปลี่ยนถ่ายน้ำ 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อความขุ่นต่ำกว่า 22-23 เซนติเมตร (ไม่เกิน 80 NTU.), 13-14 เซนติเมตร (ไม่เกิน 120 NTU.), 8-9 เซนติเมตร (ไม่เกิน 160 NTU.) และ

การทดลองที่ 5 ไม่เปลี่ยนถ่ายน้ำตลอดช่วงการอนุบาล ตามลำดับ ลูกปลาทดลองมีอายุเริ่มต้น 21 วัน น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 1.90 กรัม ความยาวเฉลี่ยเริ่มต้น 6.25 เซนติเมตร อนุบาลด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่มีโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ ให้กินจนอิ่ม วันละ 3 ครั้ง ทดลองในถังพลาสติกสีดำความจุ 50 ลิตร ระดับน้ำ 45 เซนติเมตร ใส่ลูกปลาถังละ 50 ตัว ใช้เวลาทดลอง 30 วัน ผลการทดลองพบว่า การควบคุมความขุ่นให้มีค่าไม่ต่ำกว่า 13-14 เซนติเมตร (ไม่เกิน 120 NTU.) ตลอดช่วงการอนุบาล เป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับอนุบาลลูกปลาชนิดนี้ สภาวะนี้เปลี่ยนถ่ายน้ำ 13 ครั้ง ใช้น้ำ 7.5 ลิตรต่อตัว ลูกปลามีน้ำหนักสุดท้าย 14.03±2.64 กรัมต่อตัว มีการเจริญเติบโต 0.41±0.09 กรัมต่อวัน และรอดตาย 92 เปอร์เซ็นต์ สภาวะนี้คุณภาพน้ำวันสุดท้าย มีค่าต่าง ๆ ดังนี้ ความเป็นกรด-ด่าง 7.87±0.42 อุณหภูมิน้ำ 27.35±0.07 องศาเซลเซียส ออกซิเจนละลายน้ำ 0.20±0.00-มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนียรวม 11.85±0.53 มิลลิกรัมต่อลิตร และความขุ่น 120.43±1.64 เอ็นทียู ตามลำดับ

คำสำคัญ: ความขุ่น การเจริญเติบโต การรอดตาย ลูกปลาดุกแอฟริกา

คำนำ

ปลาดุกแอฟริกา (*Clarias gariepinus*) มีชื่อเรียกอื่น ๆ ได้แก่ ปลาดุกยักษ์ ปลาดุกรัสเซีย ปลาดุกเทศ มีถิ่นกำเนิดในทวีปแอฟริกา เป็นปลาน้ำจืดที่ไม่มีเกล็ดที่ทนทานต่อสภาพน้ำที่เน่าเสียได้ดี เจริญเติบโตได้ดีในน้ำที่เป็นโคลนขุ่น และในสภาวะที่มีออกซิเจนต่ำได้ เนื่องจากมีอวัยวะพิเศษลักษณะคล้ายพุ่มไม้ช่วยในการหายใจอยู่ในช่องเหงือก ปลาชนิดนี้เลี้ยงได้ง่าย โตเร็ว สามารถเลี้ยงที่ความหนาแน่นสูง ให้ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่สูง และใช้เวลาเลี้ยงสั้น (Van Weerd, 1995) ข้อมูลสถิติการประมงแห่งประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2563 รายงานว่าปลาดุกมีผลผลิต 101,579 ตัน หรือคิดเป็น 21.56 เปอร์เซ็นต์ ของผลผลิตปลาน้ำจืดที่ผลิตได้ทั้งหมด มีผลผลิตสูงเป็นอันดับสองของประเทศไทยรองจากปลานิล และมีมูลค่าการผลิตเป็นอันดับ 3 รองจากกุ้งก้ามกราม ความต้องการผลผลิตปลาดุกในปี พ.ศ. 2564 ทั้งด้านปริมาณและมูลค่ามีแนวโน้มสูงขึ้น คาดว่าปริมาณการผลิตเพิ่มขึ้น 2.2 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากราคาที่ปรับสูงขึ้น แสดงให้เห็นได้จากราคาปลาดุกทุกขนาดที่เกษตรกรขายได้หน้าฟาร์ม ในช่วงเดือนมกราคม-มิถุนายน พ.ศ. 2563 ปรับราคาสูงขึ้นสูงสุดถึง 9.56 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเดียวกันของปีที่ผ่านมา (กรมประมง, 2565) ข้อมูลชี้ให้เห็นว่าสถานการณ์การผลิตปลาดุกมีแนวโน้มการผลิตสูงขึ้น ส่งผลให้ลูกพันธุ์ปลาดุกที่ผลิตจากโรงเพาะฟักเป็นที่ต้องการของฟาร์มเลี้ยงปลาเพิ่มขึ้น ดังนั้นการผลิตลูกพันธุ์ปลาให้มีคุณภาพดี สุขภาพแข็งแรง ต้านทานโรค ปลอดภัย ควรให้ความสำคัญในการควบคุมคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม เนื่องจากผลผลิตปลาที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำทางกายภาพ เคมีและชีวภาพ (Bhatnagar and Devi, 2013) การเติบโตและสุขภาพของปลามีความสัมพันธ์โดยตรงกับคุณภาพน้ำที่ใช้เลี้ยงปลา (Viadero, 2005) แต่เกษตรกรมักให้ความสำคัญกับการเพิ่มปริมาณผลผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการที่สูงขึ้นมากกว่าการจัดการคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงที่ดี ทั้งนี้เนื่องจากเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิต อย่างไรก็ตามเกษตรกรควรปฏิบัติตามข้อแนะนำในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ดีสำหรับฟาร์มเพาะพันธุ์และอนุบาลสัตว์น้ำจืด (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2561) และต้องควบคุมคุณภาพน้ำทิ้งของฟาร์มไม่ให้เกินมาตรฐานที่กำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษ (กรมควบคุมมลพิษ, 2554) การเลี้ยงปลาชนิดนี้ที่ความหนาแน่นสูงด้วยอาหารโปรตีนสูง ให้อาหารปริมาณมาก หากการเปลี่ยนถ่ายน้ำไม่เหมาะสม อาจส่งผลให้มีความเสี่ยงต่อการตกค้างของธาตุอาหารซึ่งเกิดจากเศษอาหารที่เหลือจากปลา และสิ่งขับถ่ายของปลา สิ่งเหล่านี้เมื่อย่อยสลายเกินสภาวะสมดุลจะทำให้เกิดปัญหาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำที่ไม่เหมาะสม ส่งผลกระทบต่อสุขภาพลูกปลาและน้ำเสียจำนวนมากที่ปล่อยลงสู่แหล่งธรรมชาติก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำ (Ehiagbonare and Ogundiran, 2010)

จากการค้นคว้ารายงานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับตัวชี้วัดคุณภาพน้ำที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของลูกปลาชนิดนี้ แสดงให้เห็นได้จากรายงานของ Marimuthua *et al.* (2019) ได้แนะนำค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำในช่วงอนุบาลลูกปลาชนิดนี้ ควรอยู่ในช่วง 6.7-7.5 รายงานของ Prokesova *et al.* (2015) ได้แนะนำช่วงอุณหภูมิน้ำที่เหมาะสมต่อการอนุบาลลูกปลาชนิดนี้ ควรอยู่ในช่วง 22.9-30.3 องศาเซลเซียส ตามลำดับ รายงานของ Toko *et al.* (2006) และ Van Weerd (1995) ได้รายงานว่าลูกปลาชนิดนี้สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ภายใต้สภาวะที่ออกซิเจนละลายน้ำต่ำเพียง 0.9-1.2

และ 0.23 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ Schram *et al.* (2010) รายงานว่าแอมโมเนียในรูปไม่แตกตัวที่ความเข้มข้น 0.34 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้การเจริญเติบโตและการกินอาหารของปลาดุกแอฟริกาลดลง สำหรับตัวชี้วัดความขุ่นที่เหมาะสมสำหรับการอนุบาลลูกปลาชนิดนี้ ผู้ศึกษาพบว่าที่ผ่านมายังไม่มีข้อมูลรายงานการศึกษาในลูกปลาชนิดนี้ มีเพียงรายงานการศึกษาในลูกปลาเทร้า ซึ่งพบในรายงานของ Sweka and Hartman (2001) รายงานว่าลูกปลาเทร้า (*Salvelinus fontinalis*) เจริญเติบโตลดลงถึง 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อน้ำที่มีความขุ่นเพิ่มขึ้นเป็น 10 เอ็นทียู ในรายงานของ Barrett *et al.* (1992) รายงานว่าลูกปลาเรนโบว์เทร้า (*Oncorhynchus mykiss*) เจริญเติบโตลดลงถึง 45 เปอร์เซ็นต์ ในน้ำที่มีความขุ่น 30 เอ็นทียู ในรายงานของมั่นสิน และไพพรรณ (2544) ได้แนะนำค่าความขุ่นสำหรับการเลี้ยงปลาน้ำจืด ควรมีค่าอยู่ในช่วง 5-10 เอ็นทียู และค่าความขุ่นของน้ำในรูปของแข็งแขวนลอย ควรมีค่าอยู่ในช่วง 25-80 มิลลิกรัมต่อลิตร ในรายงานของ Emokaro *et al.* (2010) ได้แนะนำค่าความขุ่นสำหรับการเลี้ยงปลา ควรมีค่า 30-60 เซนติเมตร การค้นคว้าข้อมูลงานวิจัยที่ผ่านมาชี้ให้เห็นว่ายังไม่มีทฤษฎีที่ยืนยันได้อย่างแน่ชัดในประเด็นช่วงความขุ่นของน้ำที่เหมาะสมสำหรับอนุบาลลูกปลาชนิดนี้อย่างแท้จริง ข้อมูลที่แนะนำในรายงานที่ผ่านมาเป็นข้อมูลสำหรับปลาน้ำจืดทั่วไป อาจจะไม่สามารถนำมาใช้ชี้วัดสำหรับลูกปลาชนิดนี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้เนื่องจากลูกปลาชนิดนี้สามารถทนทานต่อสภาพน้ำที่เน่าเสียได้ดี อีกทั้งสามารถเจริญเติบโตได้ดีในน้ำที่เป็นโคลนขุ่น แสดงให้เห็นได้จากรายงานในลูกปลาชนิดที่ใกล้เคียงกับลูกปลาชนิดนี้ในรายงานของ Poli *et al.* (2015) ได้รายงานว่าลูกปลาดุกสายพันธุ์อเมริกาใต้ (*Rhamdia quelen*) สามารถเจริญเติบโตได้ในน้ำที่มีสภาวะความขุ่นสูง วัดจากปริมาณของแข็งแขวนลอยมีค่าสูงถึง 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

การวัดค่าความขุ่นของน้ำสามารถวัดได้หลายวิธี เช่น การวัดการกระเจิงและการดูดกลืนแสงโดยอนุภาคในน้ำเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานความขุ่น ใช้หน่วยวัด Nephelometric Turbidity Units และการวัดปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำใช้หน่วยวัดเป็นหน่วยน้ำหนัก (mg/L) (Borok, 2014) ซึ่งการวัดด้วยวิธีเหล่านี้ต้องใช้เครื่องมือราคาแพง อาจต้องใช้เวลานานในการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ อีกทั้งอาจทำให้ไม่สามารถแก้ปัญหาคุณภาพน้ำได้ทันที เกษตรกรอาจไม่สามารถเข้าถึงการวิเคราะห์ด้วยวิธีเหล่านี้ การวัดความขุ่นของน้ำสามารถวัดได้อีกวิธี คือ การวัดค่าความโปร่งแสงของน้ำ เป็นวิธีหนึ่งที่สะดวกรวดเร็ว สามารถทราบผลการวัดและแก้ปัญหาคุณภาพน้ำได้ทันที หลักการของวิธีนี้ คือ วัดระยะความลึกของน้ำที่แสงสามารถส่องผ่านลงไปในน้ำได้ลึกที่สุด วัดด้วยแผ่นวงกลมแถบสีขาว-ดำ ที่เรียกกันว่า เซคิดิสก์ (Secchi disc) โดยหย่อนเซคิดิสก์ลงในน้ำแล้ววัดระยะความลึกที่มองไม่เห็นแผ่นวงกลมนี้ ค่าความขุ่นจะช่วยบ่งบอกถึงปริมาณของสิ่งที่ทำให้น้ำเกิดความขุ่นที่เกิดจากอนุภาคแขวนลอย สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ แพลงก์ตอน แบคทีเรีย แร่ธาตุต่าง ๆ สิ่งเหล่านี้ขัดขวางไม่ให้แสงส่องลงไปได้ลึก (Boyd, 2001) เนื่องจากการใช้ตัวชี้วัดความขุ่นโดยพิจารณาจากระดับความลึกที่วัดด้วยแผ่นเซคิดิสก์ เป็นวิธีที่สามารถทราบผลการวัดได้ทันที ต้นทุนต่ำ เกษตรกรสามารถเข้าถึงวิธีเหล่านี้ได้ จึงควรพิจารณานำมาใช้เพื่อค้นหาสภาวะความขุ่นของน้ำที่เหมาะสมสำหรับการอนุบาลลูกปลาชนิดนี้ การศึกษาครั้งนี้ ผู้ศึกษาจึงมุ่งศึกษาผลของการเปลี่ยนถ่ายน้ำ เพื่อควบคุมความขุ่นที่ช่วงต่างกัน 5 ระดับ ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต การรอดตาย และศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำตลอดช่วงการอนุบาล ผลจากการศึกษาครั้งนี้จะทำให้ทราบช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับตัดสินใจเปลี่ยนถ่ายน้ำ โดยใช้ช่วงความขุ่นเป็นตัวชี้วัด ผลการศึกษาครั้งนี้จะเกิดประโยชน์ต่อเกษตรกรหรือผู้ประกอบการอนุบาลลูกปลาชนิดนี้ ช่วยให้เกษตรกรสามารถแก้ปัญหาคุณภาพน้ำด้วยวิธีที่ประหยัด สะดวก และทราบผลการวัดได้ทันที ช่วยให้เกษตรกรมีข้อมูลหลักวิชาการที่ถูกต้องในการกำหนดช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับเปลี่ยนถ่ายน้ำ ช่วยให้การบริหารจัดการน้ำที่มีจำกัดเกิดประโยชน์คุ้มค่าสูงสุด ลดปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ อีกทั้งสามารถนำองค์ความรู้นี้ไปใช้เป็นแนวทางในการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานค่าความขุ่นหรือค่าความโปร่งแสงของน้ำที่เหมาะสมสำหรับการอนุบาลลูกปลาชนิดนี้อย่างแท้จริง

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองประกอบด้วย 5 การทดลอง แต่ละการทดลองทำซ้ำกัน 3 ซ้ำ มีดังนี้ การทดลองที่ 1 (T1) เปลี่ยนถ่ายน้ำ 50 เปอร์เซ็นต์ ทุกวัน (Turbidity more than 23 cm, T.B. >23 cm) (Control) การทดลองที่ 2 (T2) เปลี่ยนถ่ายน้ำ 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อความขุ่น 22-23 เซนติเมตร หรือ

ความขุ่น ไม่เกิน 80 เอ็นทียู (Turbidity range, T.B. 22-23 cm, ≤80 NTU.) การทดลองที่ 3 (T3) เปลี่ยนถ่ายน้ำ 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อความขุ่น 13-14 เซนติเมตร หรือความขุ่นไม่เกิน 120 เอ็นทียู (Turbidity range, T.B. 13-14 cm, ≤120 NTU.) การทดลองที่ 4 (T4) เปลี่ยนถ่ายน้ำ 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อความขุ่น 8-9 เซนติเมตร หรือความขุ่นไม่เกิน 160 เอ็นทียู (Turbidity range, T.B. 8-9 cm 160, ≤160 NTU.) การทดลองที่ 5 (T5) ไม่เปลี่ยนถ่ายน้ำตลอดช่วงการอนุบาล ความขุ่นน้อยกว่า 8 เซนติเมตร หรือความขุ่นมากกว่า 160 เอ็นทียู (Turbidity less than 8 cm, T.B. <8 cm, >160 NTU.)

การเตรียมน้ำที่ใช้ทดลอง ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำธรรมชาติของวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช พักน้ำในถังพลาสติก ขนาด 2,000 ลิตร เป็นเวลา 7 วัน ก่อนนำน้ำมาใช้ทดลอง วิเคราะห์คุณภาพน้ำ 5 ตัวชี้วัด ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิน้ำ ออกซิเจนละลายน้ำ แอมโมเนีย และความขุ่น

การเตรียมสัตว์ทดลอง ลูกปลาที่ใช้ในการทดลองได้รับจากฟาร์มเพาะพันธุ์ปลาเอกชนในจังหวัดนครศรีธรรมราช มีอายุเริ่มต้น 15 วัน ฝึกลูกปลาให้กินอาหารเม็ดสำเร็จรูปลอยน้ำที่มีโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ จนลูกปลาอายุครบ 21 วันขึ้นไป ลูกปลามีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 1.90 กรัม มีขนาดเริ่มต้นเฉลี่ย 6.25 เซนติเมตร นำลูกปลามาใช้ในการทดลอง

การเตรียมพื้นที่ทดลอง ทดลองในอาคารเพาะพันธุ์ปลา วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนครศรีธรรมราช ภาชนะที่ใช้อนุบาลลูกปลาเป็นถังพลาสติกรูปทรงกระบอกสีดำ เติมน้ำใบละ 50 ลิตร ไม่มีการให้ออกซิเจนตลอดช่วงการอนุบาล ใส่ลูกปลาถังละ 50 ตัว ตรวจวัดสภาพแวดล้อมสถานที่ทดลองทุกวัน (เวลา 9.00 และ 15.00 น.) เป็นเวลา 30 วัน ซึ่งอุณหภูมิห้อง 28.60-32.45 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ย 30.77 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 62.50-81.50 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ย 67.65 เปอร์เซ็นต์ และความเข้มแสง 288.00-361.38 ลักซ์ ค่าเฉลี่ย 328.00 ลักซ์

อาหารและการให้อาหาร อนุบาลด้วยอาหารสำเร็จรูปลอยน้ำ มีโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 4 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 4 เปอร์เซ็นต์ ความชื้น 11 เปอร์เซ็นต์ ให้อาหารช่วงกลางวัน วันละ 3 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 5 ชั่วโมง (เวลา 9.00, 14.00 และ 19.00 น.) โดยให้กินทีละน้อยจนอิ่ม (Satiation) ตามความต้องการของลูกปลา ตลอดช่วงการทดลอง

การเปลี่ยนถ่ายน้ำ ใช้วิธีเปิดวาล์วระบายน้ำก้นถังจนระดับน้ำลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรน้ำทั้งหมด แล้วเติมน้ำทดแทนน้ำที่ระบายออกด้วยน้ำปริมาตรเท่ากัน เปลี่ยนถ่ายน้ำช่วงเย็น เวลา 15.30-16.00 น. การเปลี่ยนถ่ายน้ำพิจารณาจากค่าความขุ่นของน้ำที่ตรวจวัดในช่วงเวลา 15.00 น. ของแต่ละสิ่งทดลอง เมื่อค่าความขุ่นมีค่าอยู่ในช่วงที่กำหนดไว้จึงดำเนินการเปลี่ยนถ่ายน้ำทันที

การเก็บรวบรวมข้อมูล เก็บข้อมูลทุกวันต่อเนื่องกันเป็นเวลา 30 วัน โดยสุ่มตัวอย่างลูกปลา ครั้งละ 5 ตัว ที่ช่วงเวลา 16.00-16.30 น. ทุกวัน ชั่งน้ำหนัก คำนวณน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Weigth gain; WG) อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (Average daily growth; ADG) และอัตราการรอดตาย (Survival rate; SR) ตามวิธีของ Salazar *et al*. (2006) วิเคราะห์คุณภาพน้ำในภาชนะเลี้ยงวันละ 2 ครั้ง ช่วงเช้า (8.00 น.) และช่วงบ่าย (15.00 น.) ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิน้ำ ความขุ่น และออกซิเจนละลายน้ำ เก็บตัวอย่างน้ำทุกวัน วันละ 1 ครั้ง ช่วงเช้า (8.00-8.30 น.) ตัวชี้วัดคุณภาพน้ำแต่ละตัวอย่าง วิเคราะห์ซ้ำกัน 3 ซ้ำ ได้แก่ วิเคราะห์แอมโมเนียไนโตรเจน ใช้วิธี Phenate methods และความขุ่น ใช้วิธี Absorbtometic Methords ตามวิธีการที่แนะนำของ APHA (2005)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One Way Analysis of Variance; ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างสิ่งทดลองด้วยพหุคูณพิสัยใหม่ของดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test; DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ วิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางคอมพิวเตอร์

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การศึกษาการเจริญเติบโตและการรอดตายของลูกปลาที่การอนุบาลภายใต้สภาวะควบคุมความขุ่นช่วงต่างกัน พบว่า สภาวะเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกวัน (ชุดควบคุม) สภาวะควบคุมความขุ่น 22-23 เซนติเมตร และสภาวะควบคุมความขุ่น 13-14 เซนติเมตร ส่งผลให้ลูกปลาเจริญเติบโตต่อวัน เท่ากับ 0.44±0.03, 0.43±0.04 และ 0.41±0.09 กรัมต่อวัน ตามลำดับ สูงกว่าสภาวะควบคุมความขุ่น 8-9 เซนติเมตร (0.33±0.04) และสภาวะไม่เปลี่ยนถ่ายน้ำ (0.28±0.05) อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสภาวะควบคุมความขุ่น 8-9 เซนติเมตร และสภาวะไม่เปลี่ยนถ่ายน้ำ ทั้ง 2 สภาวะนี้การเจริญเติบโตของลูกปลาไม่มีความ

แตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) เมื่อพิจารณาการใช้น้ำ พบว่าสภาวะเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกวัน (ชุดควบคุม) สภาวะนี้เปลี่ยนถ่ายน้ำ 30 ครั้ง ใช้น้ำ 16 ลิตรต่อตัว และลูกปลารอดตาย 92 เปอร์เซ็นต์ สภาวะควบคุมความขุ่น 22-23 เซนติเมตร (เปลี่ยนถ่ายน้ำ 22 ครั้ง) ใช้น้ำ 12 ลิตรต่อตัว และลูกปลารอดตาย 94 เปอร์เซ็นต์ สภาวะควบคุมความขุ่น 13-14 เซนติเมตร (เปลี่ยนถ่ายน้ำ 13 ครั้ง) ใช้น้ำ 7.5 ลิตรต่อตัว และลูกปลารอดตาย 92 เปอร์เซ็นต์ สภาวะควบคุมความขุ่น 8-9 เซนติเมตร (เปลี่ยนถ่ายน้ำ 4 ครั้ง) ใช้น้ำ 3 ลิตรต่อตัว และลูกปลารอดตาย 92 เปอร์เซ็นต์ และสภาวะที่ไม่เปลี่ยนถ่ายน้ำ สภาวะนี้ใช้น้ำ 1 ลิตรต่อตัว และลูกปลารอดตาย 94 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) และพบว่าทุกสภาวะของการทดลอง ในช่วงการอนุบาล 11 วันแรก ลูกปลาเจริญเติบโตในทิศทางที่ใกล้เคียงกัน และตั้งแต่วันที่ 12 ของการอนุบาลเป็นต้นไป ลูกปลาที่อนุบาลภายใต้สภาวะเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกวัน (ชุดควบคุม) สภาวะควบคุมความขุ่น 22-23 และ 13-14 เซนติเมตร ทั้ง 3 สภาวะนี้ ลูกปลาเจริญเติบโตในทิศทางที่ดีกว่าสภาวะควบคุมความขุ่น 8-9 เซนติเมตร และสภาวะไม่เปลี่ยนถ่ายน้ำอย่างชัดเจน (Figure 1) อีกทั้งยังพบว่าตั้งแต่วันที่ 20 ของการอนุบาลเป็นต้นไป ในสภาวะควบคุมความขุ่น 8-9 เซนติเมตร ลูกปลาเจริญเติบโตดีกว่าสภาวะไม่เปลี่ยนถ่ายน้ำอย่างชัดเจน เมื่อพิจารณาสาเหตุที่สภาวะเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกวัน (ชุดควบคุม) ไม่ได้ส่งผลให้การเจริญเติบโตของลูกปลาดีกว่าสภาวะควบคุมความขุ่น 22-23 เซนติเมตร และ 13-14 เซนติเมตร ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสภาวะที่เปลี่ยนถ่ายน้ำทุกวันส่งผลให้คุณภาพน้ำมีการเปลี่ยนแปลงค่าสูงต่ำบ่อยครั้งในรอบวัน ซึ่งอาจเกิดผลเสียต่อการปรับสมดุลชีวเคมีในร่างกายสัตว์น้ำ อาจทำให้ลูกปลาเกิดความเครียด หรือส่งผลต่อการกินอาหารของลูกปลา สอดคล้องกับรายงานของ Poon *et al.* (2002) รายงานว่าการเปลี่ยนถ่ายน้ำบ่อยครั้งส่งผลกระทบต่อพลวัตของระบบบ่อเลี้ยง คุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงบ่อยครั้งทำให้กลไกชีวเคมีในตัวปลาปรับสมดุลบ่อยครั้ง อาจทำให้ปลาเกิดความเครียด ส่งผลเสียต่อการกินอาหารและเจริญเติบโต อีกทั้งสอดคล้องกับรายงานของ Marietta (1990) รายงานว่าการเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกวันอาจไม่จำเป็นสำหรับการอนุบาลลูกปลานวลจันทร์ทะเล เพราะอาจทำให้เครียดและปลาตายในที่สุด ดังนั้นผลการทดลองครั้งนี้จึงแสดงให้เห็นว่าสภาวะควบคุมความขุ่น 13-14 เซนติเมตร เป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการอนุบาลลูกปลาชนิดนี้ เนื่องจากสภาวะนี้ลูกปลาเจริญเติบโตไม่แตกต่างกับสภาวะที่เปลี่ยนถ่ายน้ำอย่างสม่ำเสมอ สภาวะนี้ยังให้ผลด้านการเจริญเติบโตดีกว่าสภาวะที่เปลี่ยนถ่ายน้ำจำนวนน้อยครั้ง ผลการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับรายงานของ Okomoda *et al.* (2016) รายงานว่าการขยายเวลาเปลี่ยนถ่ายน้ำให้อยู่ในช่วงทุก ๆ 4 วัน และสัปดาห์ละครั้ง ส่งผลให้ลูกปลาดุกแอฟริกากินอาหารดีขึ้น และส่งผลในทิศทางที่ดีต่อการเจริญเติบโต แต่การขยายเวลาเปลี่ยนถ่ายน้ำนานกว่านี้จะส่งผลในทิศทางลบด้านการเจริญเติบโต และสอดคล้องกับรายงานของ Orji and Esabi (2006) ซึ่งได้แนะนำว่าควรเปลี่ยนถ่ายน้ำทุก ๆ 6 วัน จะส่งผลให้การเจริญเติบโตและการรอดตายของลูกปลาดุกแอฟริกาดีที่สุด

ผลการทดลองครั้งนี้จึงแสดงให้เห็นชัดเจนว่าช่วงความขุ่นของน้ำ 13-14 เซนติเมตร หรือ ไม่เกิน 120 เอ็นทียู เป็นช่วงความขุ่นที่เหมาะสมสำหรับอนุบาลลูกปลาชนิดนี้อย่างแท้จริง ซึ่งผลการทดลองครั้งนี้ไม่สอดคล้องกับระดับที่แนะนำ ในรายงานของ Emokaro *et al.* (2010) ซึ่งได้แนะนำค่าความขุ่นสำหรับการเลี้ยงปลา ควรมีค่า 30-60 เซนติเมตร นอกจากนี้ผลการทดลองครั้งนี้ยังมีค่าสูงกว่ามากเมื่อเปรียบเทียบกับระดับที่แนะนำในรายงานของ มั่นสิน และไพพรรณ (2544) ซึ่งได้แนะนำค่าความขุ่นสำหรับการเลี้ยงปลาน้ำจืด ควรมีค่าอยู่ในช่วง 5-10 เอ็นทียู สภาวะความขุ่นที่เหมาะสมสำหรับลูกปลาชนิดนี้ยังมีค่าสูงกว่าสภาวะที่ทดลองที่ผ่านมาในลูกปลาเทร้า (*Salvelinus fontinalis*) ซึ่งรายงานว่าลูกปลาเทร้า (*Salvelinus fontinalis*) เจริญเติบโตลดลงถึง 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อน้ำที่มีความขุ่น 10 เอ็นทียู (Sweka and Hartman, 2001) และรายงานของ Barrett *et al.* (1992) รายงานว่าลูกปลาเรนโบว์เทร้า (*Oncorhynchus mykiss*) เจริญเติบโตลดลงถึง 45 เปอร์เซ็นต์ ในน้ำที่มีความขุ่น 30 เอ็นทียู แสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่แนะนำความขุ่นในรายงานที่ผ่านมาจึงไม่สามารถนำมาใช้เป็นตัวชี้วัดสำหรับลูกปลาชนิดนี้ได้ สอดคล้องกับรายงานของ Poli *et al.* (2015) ได้รายงานว่าลูกปลาดุกสายพันธุ์อเมริกาใต้ (*Rhamdia quelen*) สามารถเจริญเติบโตได้ในน้ำที่มีสภาวะความขุ่นสูง วัดจากปริมาณของแข็งแขวนลอย มีค่าสูงถึง 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับผลการทดลองที่พบว่าสภาวะความขุ่น 8-9 เซนติเมตร และสภาวะไม่เปลี่ยนถ่ายน้ำส่งผลให้การเจริญเติบโตลดลง ทั้งนี้เนื่องจากสภาวะนี้มีสารแขวนลอยสะสม

ในปริมาณมาก สารเหล่านี้อาจเข้าไปอุดตันภายในช่องเหงือกของลูกปลา ทำให้การแลกเปลี่ยนออกซิเจนลดประสิทธิภาพลง นอกจากนี้สิ่งขับถ่ายและเศษอาหารตกค้างมีการสะสมจนถึงระดับที่ส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโตของลูกปลา ของเสียเหล่านี้เป็นสารประกอบไนโตรเจน เมื่อเน่าเปื่อยหรือถูกย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์จะเกิดการสะสมของแอมโมเนียเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นจากปริมาณแอมโมเนียรวมในวันสุดท้ายของการทดลอง มีค่าสูงเกินระดับที่ปลอดภัยต่อสัตว์น้ำ ตามข้อแนะนำของ MacIntrye *et al.* (2008) (ไม่ควรเกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร) ภายใต้สภาวะนี้ ค่าออกซิเจนละลายน้ำมีค่าลดลง และความเป็นกรด-ด่างมีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางสูงขึ้น ซึ่งส่งผลให้ความเป็นพิษของแอมโมเนียต่อสัตว์น้ำเพิ่มขึ้น (Boyd, 2001; Wajsbrol *et al.,* 1991; Lemarie *et al.,* 2004) ส่งผลให้ลูกปลาเจริญเติบโตลดลง อย่างไรก็ตามทุกสภาวะที่ทดลองลูกปลาตายจำนวนไม่มากนัก ทั้งนี้อาจเนื่องจากตลอดช่วงการอนุบาล แอมโมเนียสะสมค่อย ๆ เพิ่มปริมาณทีละน้อย ไม่ได้เพิ่มปริมาณสูงอย่างรวดเร็วจนก่อให้เกิดการตายฉับพลัน จึงทำให้ลูกปลาสามารถปรับสภาพสมดุลชีวเคมีในร่างกายหรือทนทานต่อสภาพน้ำที่เปลี่ยนแปลงได้ แต่ก็ส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโต เนื่องจากลูกปลากินอาหารลดลง สอดคล้องกับรายงานของ Pinto *et al.* (2007) รายงานว่าเมื่อนำปลาไปเลี้ยงที่ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียที่ไม่ทำให้ปลาตาย จะมีผลทำให้ปลากินอาหารและมีการเจริญเติบโตลดลง สอดคล้องกับรายงานของ Lawson (1995) รายงานว่าเมื่อแอมโมเนียในน้ำสูงเกินไปทำให้แอมโมเนียเข้าไปสะสมในเลือดและเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้น ทำให้เลือดมีความเป็นกรด-ด่างสูงขึ้น โครงสร้างเนื้อเยื่อ เยื่อบุเซลล์เสื่อมสภาพ เซลล์เม็ดเลือดแดงและเนื้อเยื่อถูกทำลาย ปฏิกิริยาต่าง ๆ ของเอนไซม์ทำงานผิดปกติ ดังนั้นการเจริญเติบโตของลูกปลาภายใต้สภาวะนี้จึงอยู่ในระดับต่ำกว่าสภาวะอื่น

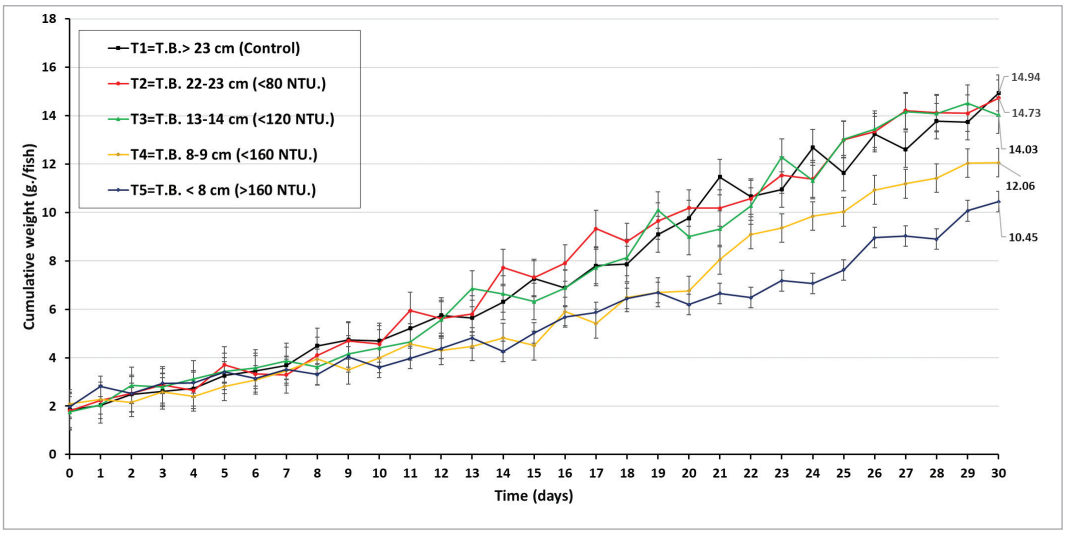


Figure 1 Growth of African catfish (fingerlings), under different turbidity condition

Remarks: T1 = Exchanging 50% of water every day. (T.B. >23 cm) (Control), T2 = Exchanging 50% of water when turbidity (T.B.) 22-23 cm (≤80 NTU.), T3 = Exchanging 50% of water when turbidity (T.B.) 13-14 cm (≤120 NTU.), T4 = Exchanging 50% of water when turbidity (T.B.) 8-9 cm (≤160 NTU.) and T5 = Without exchanging water throughout the nursing period (T.B. <8 cm) (Turbidity >160 NTU.)

Table 1 Growth, survival rate and water exchange for African Catfish (fingerlings) nursing, under different turbidity condition

Indicators	Water exchange 50% with different turbidity range (means±S.D.)				
	T1 T.B. >23 cm	T2 T.B. 22-23 cm	T3 T.B. 13-14 cm	T4 T.B. 8-9 cm	T5 T.B. <8 cm
Growth					
MIW (g/fish)	1.85±0.11[a]	1.81±0.11[a]	1.76±0.44[a]	2.09±0.32[a]	1.97±0.14[a]
MFW (g/fish)	14.94±1.10[a]	14.73±1.12[a]	14.03±2.64[ab]	12.06±1.00[bc]	10.50±1.50[c]
MWG (g/fish)	13.09±1.07[a]	12.92±1.07[a]	12.27±2.65[a]	9.97±1.20[b]	8.53 ±1.58[b]
ADG (g/day)	0.44±0.03[a]	0.43±0.04[a]	0.41±0.09[a]	0.33±0.04[b]	0.28±0.05[b]
SR (%)	92.00±2.00[a]	94.00±0.00[a]	92.00±2.00[a]	92.00±0.00[a]	94.00±2.00[a]
water exchange					
NTWX (times)	30	22	13	4	0
WXP (date)	1-30	3,6,8,11-29	8,11,14,16,18, 20-22,24-27,29	14,20,22,27	0
WC (L.)	800	600	375	150	50
AWC (L/fish)	16	12	7.5	3	1

Remarks: Means on the same row with different superscript differ significantly ($p<0.05$)
MIW = Mean initial weight, MFW = Mean final weight, MWG = Mean weight gain, ADG = Average daily growth, SR = Survival rate, NTWX = Number of times to water exchange, WXP = water exchange date programs, WC = water consumption, AWC = Average water consumption

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำตลอดช่วงการอนุบาลลูกปลา ภายใต้สภาวะควบคุมความขุ่นของน้ำที่ช่วงต่างกัน ส่งผลให้ตัวชี้วัดคุณภาพน้ำ ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิน้ำ ออกซิเจนละลายน้ำ แอมโมเนีย และความขุ่น มีการเปลี่ยนแปลง ตลอดช่วงการอนุบาล 30 วัน (Figure 2) ผลการทดลอง มีดังนี้

ความเป็นกรด-ด่าง ผลการทดลองพบว่าการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของน้ำทุกสภาวะที่ทดลอง มีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเพิ่มขึ้นจากค่าต่ำไปหาค่าสูงตลอดช่วงการอนุบาล โดยเฉพาะในช่วง 12 วันแรก มีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะสูงต่ำแบบผันผวน ทั้งนี้เนื่องจากการหายใจของลูกปลาและจุลินทรีย์ในน้ำทำให้เกิดการสะสมของคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซเหล่านี้เมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำในสภาวะที่น้ำมีค่าความเป็นด่างต่ำ คาร์บอนไดออกไซด์จึงแตกตัวเป็นกรดคาร์บอนิก จึงทำให้ความเป็นกรด-ด่างน้ำในช่วงแรกมีค่าต่ำ หลังจากนั้นการเปลี่ยนแปลงมีลักษณะเพิ่มขึ้นทีละน้อย โดยพบว่าสภาวะที่น้ำมีค่าความขุ่นระดับสูง (น้อยกว่า 13-14 เซนติเมตร) สภาวะเหล่านี้มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำจำนวนน้อยครั้ง จึงเกิดสารสะสมของสารแขวนลอย สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ เช่น เกลือไบคาร์บอเนต คาร์บอเนต และแอมโมเนีย สารเหล่านี้เกิดจากสิ่งขับถ่ายและเศษอาหารที่ตกค้าง สารเหล่านี้จะส่งผลให้ค่าความเป็นด่างของน้ำมีค่าสูงขึ้น เมื่อน้ำมีความเป็นด่างสูง การเปลี่ยนเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างจึงมีค่าสูงขึ้นทีละน้อย มีค่าค่อนข้างคงที่ และมีค่าไม่เกิน 9 สอดคล้องกับทฤษฎีของ มั่นสิน และไพพรรณ (2544) ได้รายงานว่า เมื่อน้ำมีความเป็นด่างสูงขึ้น จะป้องกันไม่ให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเปลี่ยนแปลงมาก ถ้าความเป็นด่างต่ำการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดด่างในรอบวันจะเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว สอดคล้องกับทฤษฎีของ Tucker and Hargreaves (2004) ซึ่งรายงานว่าการหายใจของสิ่งมีชีวิตในน้ำทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ในสภาวะไม่มีการสังเคราะห์แสง จะมีผลทำให้ความเป็นกรด-ด่างของน้ำลดลง และเมื่อคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงก็ทำให้กรดคาร์บอนิกลดลงด้วย ค่าความเป็นกรด-ด่าง จึงกลับมาสูง

อีกครั้ง อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของทุกสิ่งทดลอง มีค่าอยู่ในช่วงเหมาะสมที่แนะนำโดย มั่นสิน และไพพรรณ (2544) แนะนำ 6.5-8.5 รายงานของ Boyd (2001) แนะนำค่าสูงกว่า 7 แต่ต่ำกว่า 9 รายงานของ Wurts and Durborow (1992) แนะนำ 6.5-9.0 รายงานของ Bhatnagar and Devi (2013) แนะนำ 6.5-9.0 รายงานของ Marimuthua *et al.* (2019) แนะนำการอนุบาลปลาดุกแอฟริกา ควรมีค่า 6.7-7.5

อุณหภูมิน้ำ ผลการทดลองพบว่าทุกสภาวะของการทดลอง อุณหภูมิของน้ำมีการเปลี่ยนแปลงสูงต่ำในทิศทางเดียวกันกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศในพื้นที่ทดลอง ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงสูงต่ำในรอบวัน ไม่เกิน 2 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงการอนุบาล จากผลการทดลองที่พบว่า ทุกสภาวะของการทดลองอุณหภูมิน้ำมีค่าใกล้เคียงกันตลอดช่วงการอนุบาล ทั้งนี้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมเหนือผิวน้ำ ได้แก่ แสง ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิอากาศ สิ่งเหล่านี้เป็นอิทธิพลภายนอกที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำ และยังส่งผลต่อการกินอาหารและมีผลการเจริญเติบโตของลูกปลา (Prokesova *et al.,* 2015) ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำทุกสภาวะที่ทดลองยังมีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการอนุบาลลูกปลา คือ อยู่ในช่วง 25-32 องศาเซลเซียส (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2561) และมีค่าอยู่ในช่วงที่แนะนำสำหรับการอนุบาลลูกปลาดุกแอฟริกา คือ 22.9-30.3 องศาเซลเซียส (Prokesova *et al*., 2015)

ออกซิเจนละลายน้ำ ผลการทดลองพบว่าการเปลี่ยนแปลงออกซิเจนละลายน้ำในทุกสภาวะของการทดลอง มีลักษณะลดลงจากสูงไปหาต่ำตลอดช่วงการอนุบาล โดยเฉพาะสภาวะที่น้ำมีความขุ่นระดับสูง (สูงกว่า 120 NTU.) ปริมาณออกซิเจนจะมีค่าลดลงเร็วกว่าสภาวะอื่น ทั้งนี้เนื่องจากลูกปลานำออกซิเจนไปใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมเพื่อการดำรงชีพตลอดเวลา รวมทั้งจุลินทรีย์ในน้ำก็ใช้ออกซิเจนเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ที่เกิดจากสิ่งขับถ่าย ทำให้ปริมาณออกซิเจนมีการเปลี่ยนแปลงลดลงอย่างรวดเร็วตามช่วงเวลาอนุบาล ซึ่งค่าที่วัดได้มีค่าต่ำกว่าระดับที่แนะนำของ สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2561) ที่แนะนำว่าการอนุบาลสัตว์น้ำจืดออกซิเจนไม่ควรต่ำกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร อย่างไรก็ตามสภาวะที่น้ำขาดออกซิเจนกลับไม่ส่งผลทำให้จำนวนลูกปลาตายมากนัก ทั้งนี้เนื่องมาจากออกซิเจนจากบรรยากาศสามารถแพร่กระจายผ่านผิวน้ำได้ ทำให้บริเวณผิวน้ำยังคงมีออกซิเจนละลายอยู่ อีกทั้งลูกปลาชนิดนี้มีอวัยวะพิเศษช่วยหายใจอยู่ในช่องเหงือก (Van Weerd, 1995) ลูกปลาจึงสามารถดึงออกซิเจนบริเวณผิวน้ำได้โดยตรง จึงทำให้ลูกปลาทนทานอยู่ได้ในสภาวะที่มีออกซิเจนละลายในน้ำต่ำได้ สอดคล้องกับรายงานของ Toko *et al.* (2006) ได้รายงานว่าลูกปลาชนิดนี้สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาวะที่ออกซิเจนละลายน้ำที่มีค่าต่ำ อยู่ในช่วง 0.9-1.2 มิลลิกรัมต่อลิตร และ Van Weerd (1995) รายงานว่าลูกปลาชนิดนี้สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาวะที่ออกซิเจนละลายน้ำต่ำเพียง 0.23 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่อย่างไรก็ตามลูกปลากินอาหารลดลงอย่างชัดเจน ในสภาวะที่น้ำมีความขุ่นสูง (มากกว่า 120 NTU.) สอดคล้องกับรายงานของ Buentello *et al.* (2000), Pichavant *et al*. (2001), O'Bryen and Lee (2007) ได้รายงานว่าปลาเริ่มเบื่ออาหารเมื่อปริมาณออกซิเจนลดลงต่ำกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ ของระดับความอิ่มตัว

แอมโมเนีย ผลการทดลองพบว่าการเปลี่ยนแปลงแอมโมเนียของทุกสภาวะที่ทดลองมีลักษณะเพิ่มขึ้นจากค่าต่ำไปหาค่าสูงตลอดช่วงการอนุบาล โดยเฉพาะสภาวะที่ไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ สภาวะนี้แอมโมเนียมีค่าเพิ่มขึ้นเร็วกว่าสภาวะอื่น สำหรับสภาวะที่ควบคุมความขุ่น มากกว่า 23 เซนติเมตร 22-23 เซนติเมตร 13-14 เซนติเมตร และ 8-9 เซนติเมตร สภาวะเหล่านี้ส่งผลให้แอมโมเนียมีค่าสูงต่ำเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาการเปลี่ยนถ่ายน้ำ โดยมีค่าลดลงในวันที่เปลี่ยนถ่ายน้ำและมีค่าสูงขึ้นในวันที่ไม่เปลี่ยนถ่ายน้ำ สาเหตุที่ในสภาวะที่น้ำมีความขุ่นสูง ส่งผลให้เกิดการสะสมของแอมโมเนียสูงกว่าสภาวะที่น้ำมีความขุ่นต่ำ เนื่องจากปริมาณของเสียที่เกิดจากการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำรวมทั้งเศษอาหารที่ตกค้าง ของเสียเหล่านี้มีการสะสมในมากกว่าสภาวะอื่น เมื่อของเสียเหล่านี้ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์จะได้แอมโมเนียกลับคืนสู่มวลน้ำ (Schram *et al*., 2010) ข้อมูลชี้ให้เห็นว่าแอมโมเนียสะสมทุกสภาวะที่ทดลองยังมีค่าสูงเกินระดับที่แนะนำของ FAO./NACA. (1995) (ไม่ควรเกิน 1.2 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีค่าสูงเกินระดับที่แนะนำของสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2561) คือ ไม่ควรเกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความขุ่น ผลการทดลองพบว่าการเปลี่ยนแปลงความขุ่นของทุกสภาวะที่ทดลองมีลักษณะเพิ่มขึ้นจากค่าต่ำไปหาค่าสูงตลอดช่วงการอนุบาล โดยเฉพาะสภาวะที่ไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ (ความขุ่น มากกว่า 160 เอ็นทียู) สภาวะนี้ความขุ่นมีค่าเพิ่มขึ้นเร็วกว่าสภาวะอื่นชัดเจน

เนื่องจากสภาวะนี้มีการสะสมของสารอินทรีย์ อนุภาคของสารแขวนลอย สารอนินทรีย์ แร่ธาตุต่าง ๆ มากกว่าสภาวะอื่น สิ่งเหล่านี้เกิดจากสิ่งขับถ่ายและเศษอาหารตกค้าง ซึ่งขัดขวางแสงไม่ให้แสงส่องลงไปได้ลึก แต่ค่าความขุ่นในสภาวะการทดลองครั้งนี้ไม่ได้เกิดจากการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนพืช เนื่องจากบ่ออนุบาลอยู่ภายในอาคารที่มีความเข้มแสงต่ำ (ค่าเฉลี่ย 328.00 ลักซ์) อย่างไรก็ตามหากมีการอนุบาลลูกปลาชนิดนี้ในสภาวะบ่อกลางแจ้ง ค่าความขุ่นของน้ำอาจมีค่าแตกต่างไปจากการทดลองครั้งนี้ เนื่องจากสารอินทรีย์สารแขวนลอยที่สะสมในบ่อกลางแจ้งเป็นแหล่งพลังงานของแพลงก์ตอนพืชสำหรับการสังเคราะห์แสง ซึ่งการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนพืชจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความขุ่น และความเป็นกรด-ด่างของน้ำ การทดลองครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าค่าความขุ่นของทุกสภาวะที่ทดลองมีค่าสูงเกินระดับที่แนะนำตามข้อแนะนำสำหรับการเลี้ยงปลาทั่วไป ซึ่งกำหนดค่าความขุ่น ควรมีค่าอยู่ในช่วง 5-10 เอ็นทียู (มั่นสิน และไพพรรณ, 2544) อีกทั้งยังมีค่าต่ำกว่าระดับที่แนะนำ คือ อยู่ในช่วง 30-60 เซนติเมตร (Emokaro *et al*, 2010) (Figure 2)

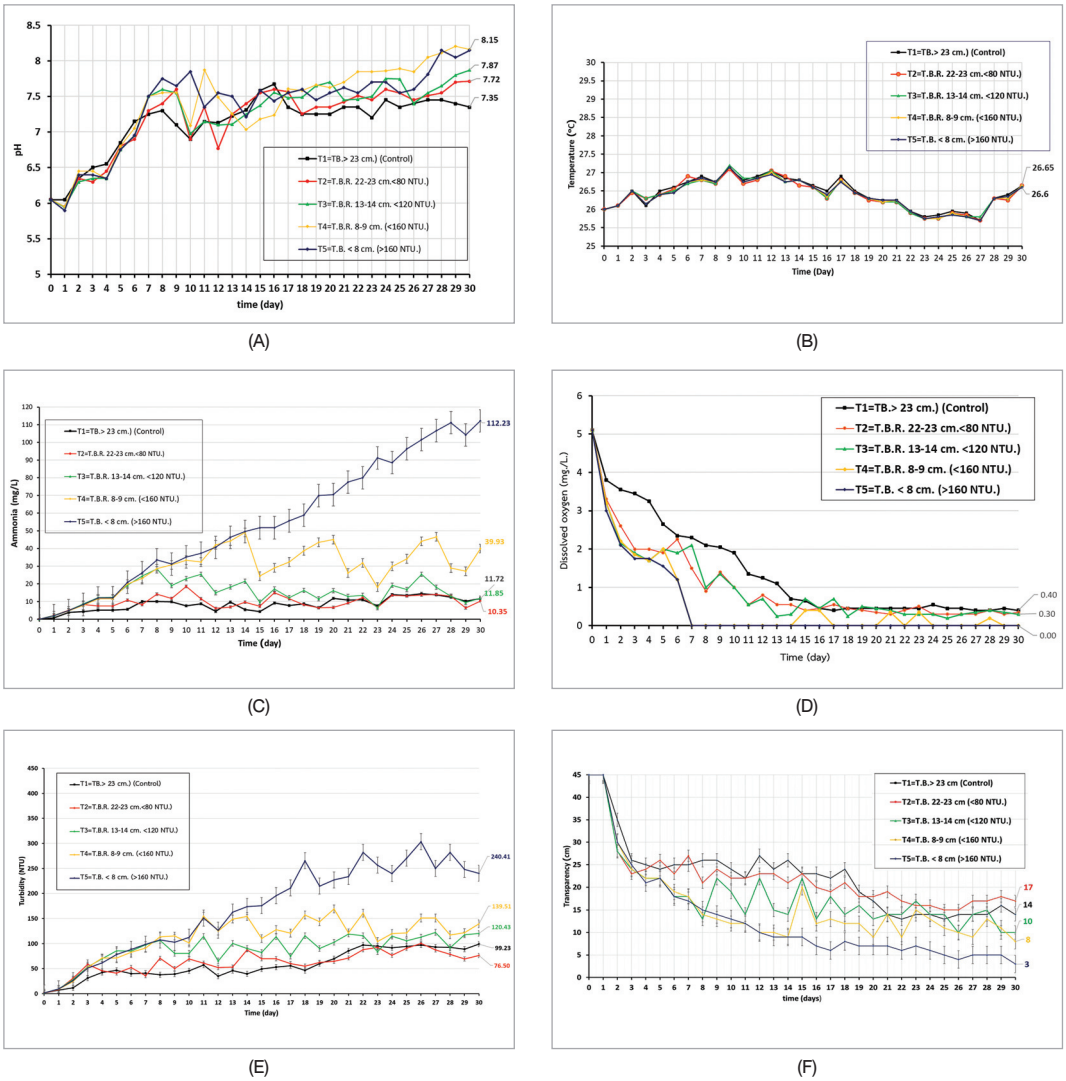


Figure 2 The change of water quality under different turbidity condition for 30 days. (A) pH (B) Water temperature (C) Ammonia (D) Dissolved oxygen (E) Turbidity (F) water transparency

สรุปผลการวิจัย

สภาวะที่เหมาะสมในการควบคุมความขุ่นของน้ำ คือ ควรเปลี่ยนถ่ายน้ำ 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อความขุ่น 13-14 เซนติเมตร หรือไม่เกิน 120 เอ็นทียู สภาวะนี้ลูกปลาเจริญเติบโตดีที่สุด ซึ่งไม่แตกต่างกับสภาวะที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกวัน แต่ใช้น้ำน้อยกว่า ใช้น้ำเพียง 7.5 ลิตรต่อลูกปลา 1 ตัว สภาวะนี้คุณภาพน้ำในวันสุดท้ายมีค่าต่าง ๆ คือ ความเป็นกรด-ด่าง 7.87±0.42 อุณหภูมิน้ำ 27.35±0.07 องศาเซลเซียส ออกซิเจนละลายน้ำ 0.30±0.53 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนีย 11.85±0.53 มิลลิกรัมต่อลิตร และความขุ่น 120.43±1.64 เอ็นทียู

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2554. คู่มือการประเมินปริมาณน้ำทิ้งและปริมาณมลพิษจากกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

กรมประมง. 2565. สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2563. กองนโยบายและแผนพัฒนาการประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และ ไพพรรณ พรประภา. 2544. การจัดการคุณภาพน้ำ และการบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่น ๆ. (พิมพ์ครั้งที่ 4). สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2561. การปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ดีสำหรับฟาร์มเพาะพันธุ์และอนุบาลสัตว์น้ำจืด มกษ. 7421 (G)-2561. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

APHA. 2005. Standard methord for the examination of water and wastewater. (21st ed.). American public health association, Washington D.C.

Barrett, J. C., G. Grossman. and R. Josenfeld. 1992. Turbidity-induced changes in reactive distance of rainbow trout. Trans. Am. Fish. Soc. 121: 437-443.

Bhatnagar, A. and P. Devi. 2013. Water quality guidelines for the management of pond fish culture. J. environ. sci. 3(6): 1980-2009.

Borok, A. 2014. Turbidity technical review. (6thed.). Oregon department of environmental quality, Portland.

Boyd, C.E. 2001. Water quality standards. Glob. aquac advocate. 4: 42-44.

Buentello, J.A., D.M. Gatlin and W.H. Neill. 2000. Effects of water temperature and dissolved oxygen on daily feed consumption, feed utilization and growth of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Aquac. 182: 339-352.

Ehiagbonare, J.E. and Y.O.O. gundiran. 2010. Physico-chemical analysis of fish pond waters in Okada and its environmemts Nigeria Africa. J. biotechnol. 9 (36): 5922-5928.

Emokaro, C.O., P.A. Ekunwe and A. Achille. 2010. Profitability and viability of catfish farming in Kogi State Nigeria. Res. j. agric. biol. Sci. 6: 215-219.

FAO/NACA. 1995. Report on a reginal study and workshop on the environmental assessment and management of aquaculture devement. Regional office for Asia and The Pacific; Network of aquaculture centres in Asia-Pacific, Bangkok.

Lawson, T.B. 1995. Fundamentals of aquaculture engineering. Chapman and Hall, New York.

Lemarie, G., A. Dosdat, D. Coves, G. Dutto, E. Gasset and J.P. Ruyet. 2004. Effect of chronic ammonia exposure on growth of european seabass juveniles. Aquac. 229: 471-491.

Maclntyre, C.M., T. Ellis, B.P. North and J.F. Turbull. 2008. The Influences of water quality on the welfare of farmed rainbow trout, a review in fish welfare. Blackwell Publishing, Singapore.

Marietta, N.D. 1990. water management for rearing milkfish larvae. SEAFDEC Asian aquaculture. 12: 8-9.

Marimuthua, K., H. Palaniandya and Z.A. Muchlisin. 2019. Effect of different water pH on hatching and survival rates of African catfish *Clarias gariepinus* (Pisces: Clariidae). Aceh j. anim. sci. 4(2): 80-88.

O'Bryen, P.J. and C.S. Lee. 2007. Effect of diet food consumption growth and retention of protein and energy. Doctoral Dissertation, Auburn University Auburn, Alabama. 51 pp.

Okomoda, V.T., T.O., Lateef. and M. Iortim. 2016. The effect of water renewal on growth of *Clarias gariepinus* fingerling. Croat. j. fish. 74: 25-29.

Orji, R.C. and K.E. Esabi. 2006. Effects of water replacement frequency on the growth and survival of *Heterobranchus Longifilis* (valenciennnes, 1980) fingerlings reared. JAFS. 4(2): 109-114

Pichavant, K., J. Pearson-Le-Ruyet, N. Le BayonSevere, A. Le Roux and G. Beouf. 2001. Comparative effects of long-term hypoxia on growth feeding and oxygen consumption in juvenile turbot and European sea bass. J. fish. biol. 59: 875-883.

Pinto, W., C. Aragao, F. Soares, M.T. Dinis and L.E.C. Conceicao. 2007. Growth, stress response and free amino acid levels in Senegalese sole (*Solea senegalensis,* kaup 1858) chronically exposed to exogenous ammonia. Aquat. res. 38: 1198-1204.

Poli, M.A., R. Schveitzer and A.P.O. Nuner. 2015. The use of biofloc technology in a South american catfish (*Rhamdia quelen*) hatchery, effect of suspended solids in the performance of larvae. Aquac. eng. 66: 17-21.

Poon, W.L., C.Y. Hung and D.J. Randall. 2002. The effect of aquatic hypoxia on fish. Department of biology and chemistry. University of Hongkong, Kowloon, Hongkong.

Prokesova, M., B. Drozd, J. Kouril, V. Stejskal and J. Matousek. 2015. Effect of water temperature on early life history of African sharp-tooth catfish *Clarias gariepinus* (burchell, 1822). J. appl. Ichthyol. 31: 18-29.

Salazar, L., E.V. Estrada and E.S. Velasques. 2006. Effect of the exposure to fasciola hepatica on life history traits of Lymnaea cousin. Exp. parasit. 144: 77-83.

Schram, E., J.A.C. Roques, W. Abbink, T. Spanings, P. de Vries, S.M. Bierman and J.W. van de Vis. 2010. The impact of elevated water ammonia concentration on physiology growth and feed intake of African catfish (*Clarias gariepinus*). Aquac. 306: 108-115.

Sweka, J.A. and K.J. Hartman. 2001. Effects of turbidity on prey consumption and growth in brook trout and implications for bioenergetics modeling. Can. j. fish. aquat. sci. 58: 386-393.

Toko, I., E.D. Fiogbe, B. Koukpode and P, Kestemont. 2006. Rearing of African catfish (*Clarias gariepinus*) and Vundu catfish (*Heterobranchus longifilis*) in traditional fish ponds (whedos) effect of stocking density on growth, production and body composition. Aquac. 262: 65-72.

Tucker, C.S., and .J.A. Hargreaves. 2004. Biology and culture of Channel catfish. Develop. aquac. fish. sci. 34: 68-72.

Van Weerd, J.H. 1995. Nutrition and growth in Clarias species, a review. Aquat living resour. 8(4): 395-401.

Viadero, R.C. 2005. Factors affecting fish growth and production. Water Encyclopedia. 3: 129-133.

Wajsbrot, N., A. Gasith, M.D. Krom and D.M. Popper. 1991. Acute toxicity of ammonia to juvenile gilthead seabream (*Sparus aurata*) under reduced oxygen levels. Aquac. 164: 227-288.

Wurts, W.A. and R.M. Durborow. 1992. Interactions of pH carbon dioxide alkalinity and hardness in fish ponds. SRAC Publication. Southern Regional Aquaculture Center.

วารสารผลิตกรรมการเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION
MJU

การปฏิบัติการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมของเกษตรกรในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่โถ และหนองเขียว

Avocado Production in Good Agricultural Practices of Farmers in Maetho and NongKhiaw Royal Project Development Center

พัชราวลี เขียวขำ[1] นคเรศ รังควัต[1*] พุฒิสรรค์ เครือคำ[1] และ วินัย วิริยะอลงกรณ์[2]
Patcharawaree Kaeiwkum[1] Nakarate Rungkawat[1*] Phutthisun Kruekum[1] and Winai Wiriyaalongkorn[2]

[1] สาขาวิชาการส่งเสริมการเกษตรและการพัฒนาชนบท คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290
[1] Division of Agricultural Extension and Rural Development, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290
[2] สาขาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290
[2] Division of Horticulture, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290
[*] Corresponding author: nakarate@mju.ac.th

(Received: 1 December 2022; Revised: 9 January 2023; Accepted: 19 January 2023)

Abstract

This study aimed to investigate: 1) Socio-economic attributes of farmers; 2) knowledge about good practice of avocado production of the farmers; 3) a level of good practice of avocado production of the farmers; 4) factors effecting good practice of avocado production; and 5) problems encountered and suggestions about good practice of avocado production at The Royal Project Development Center of Maetho and Nong Khiew. A set of questionnaires was used for data collection administered with a sample group of 144 farmers growing avocado. Findings shoed that most of the respondents were male, 44 years old on average, elementary school graduates and below, married and their an average yearly income was 265,946 baht. Most of them used their own experience in planting avocado and had a high level of knowledge about good practice of avocado production (92.10%). This was in terms of the following: water source, planting area, use of agricultural hazardous substances, quality management and production process prior to harvest, harvest and postharvest practice, produce suspension, personal hygiene, and data recording. Factors effecting good practice of avocado production were: capital source, news about avocado production from various media, experience in avocado production and knowledge about good practice of avocado production. Problems encountered were: 1) water source management in the dry season which needed the assistance of technology and 2) knowledge and understanding about use of chemicals in the good agriculture practice system.

Keywords: Avocado production, GAP system, The Royal Project Development Center of Maetho and Nong Khiew

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคมของเกษตรกร 2) ศึกษาความรู้ในการปฏิบัติการผลิตอาโวคาโดดีที่เหมาะสมของเกษตรกร 3) ศึกษาระดับการปฏิบัติในการปฏิบัติการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมของเกษตรกร 4) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิบัติการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมของเกษตรกร และ 5) ศึกษาปัญหาอุปสรรคและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมของเกษตรกรในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียวและแม่โถ เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 114 คน ผลการศึกษาพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่เป็นชาย มีอายุเฉลี่ย 44 ปี จบการศึกษาในระดับประถมศึกษาหรือต่ำกว่า ส่วนใหญ่มีสถานภาพสมรส มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 4 คน มีแรงงานในครัวเรือน 2 คน รายได้รวมเฉลี่ยต่อปี 265,946 บาท ใช้ทุนตนเองในการปลูกอาโวคาโด ได้ผลผลิตอาโวคาโดเฉลี่ย 614.08 กิโลกรัมต่อปี มีการรับรู้ข้อมูลและข่าวสารการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมเฉลี่ย 93 ครั้งต่อปี โดยติดต่อเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรเฉลี่ย 5 ครั้งต่อปี ได้เข้าร่วมอบรมและดูงานด้านการเกษตรเฉลี่ย 0.9 ครั้งต่อปี ส่วนใหญ่ใช้ประสบการณ์ของตนเองในการปลูกอาโวคาโดและมีการแลกเปลี่ยนความรู้ภายในกลุ่ม เกษตรกรร้อยละ 92.10 มีความรู้ในการปฏิบัติการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมอยู่ในระดับมาก โดยคะแนนความรู้ทั้งหมด 20 ข้อ เกษตรกรมีความรู้เฉลี่ย 16.83 คะแนน คะแนนต่ำสุด 13 คะแนน และสูงสุด 20 คะแนน มีระดับการปฏิบัติการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมของเกษตรกรในระดับมากทั้ง 8 ด้าน ได้แก่ 1) แหล่งน้ำ 2) พื้นที่ปลูก 3) การใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตร 4) การจัดการคุณภาพและกระบวนการผลิตก่อนการเก็บเกี่ยว 5) การเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว 6) การพักผลผลิต การขนย้ายในแปลงปลูก 7) สุขลักษณะส่วนบุคคลและ 8) การบันทึกข้อมูลและการตามสอบ โดยปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิบัติการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมของเกษตรกรมีจำนวน 4 ตัวแปร ได้แก่ แหล่งเงินทุน แหล่งข่าวสารจากสื่อต่าง ๆ เกี่ยวกับการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสม ประสบการณ์การปลูกอาโวคาโด และความรู้ในการปฏิบัติการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสม ซึ่งมีความสัมพันธ์กัน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ปัญหาที่พบในการปฏิบัติการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมของเกษตรกร คือปัญหาการจัดการแหล่งน้ำในฤดูแล้งที่ต้องการความรู้และเทคโนโลยีมาช่วยในการจัดการน้ำในพื้นที่ รวมถึงความรู้และความเข้าใจการใช้สารเคมีในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมของเกษตรกร

คำสำคัญ: การผลิตอาโวคาโด ระบบการผลิต GAP ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่โถและหนองเขียว

คำนำ

ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่โถและหนองเขียว ได้ดำเนินการส่งเสริมให้เกษตรกรทำการผลิตอาโวคาโดให้ได้ตามนโยบายการจัดคุณภาพระบบเกษตรดีที่เหมาะสม (Good Agricultural Practice) มาใช้อย่างต่อเนื่อง แต่จากการดำเนินงานที่ผ่านมาพบว่าหน่วยงานด้านการส่งเสริมยังขาดข้อมูลเกี่ยวกับการปฏิบัติตามมาตรฐานในระบบการผลิต GAP ในอาโวคาโดของเกษตรกรในพื้นที่ ทั้งนี้มาตรฐานเกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับการผลิตอาโวคาโดในศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ประกอบด้วยข้อกำหนดหลายข้อกำหนดและหลายขั้นตอน จึงเป็นเรื่องยากที่เกษตรกรจะปฏิบัติการผลิตอาโวคาโดตามมาตรฐานเกษตรดีที่เหมาะสมได้ ซึ่งจะมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องอยู่หลายปัจจัย ทั้งปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจ ปัจจัยภายนอกที่มีผลกระทบต่อกิจกรรมต่าง ๆ เช่น โรคและแมลง สภาพพื้นที่ ปัจจัยทางด้านสังคม เช่น การได้รับข่าวสาร การติดต่อกับเจ้าหน้าที่ การฝึกอบรมและศึกษาดูงาน ประสบการณ์ด้านการปลูกอาโวคาโด ซึ่งปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้คาดว่าจะส่งผลต่อการปฏิบัติการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมของเกษตรกรทั้งสิ้น คณะผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคล ลักษณะทางเศรษฐกิจ ลักษณะทางสังคม และปัจจัยเสริมของเกษตรกรเพื่อให้ทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิบัติการผลิตอาโวคาโดของเกษตรกร ข้อมูลที่ได้จะนำไปเป็นแนวทางในการวางแผนการดำเนินงานส่งเสริมการผลิตอาโวคาโดและพืชอื่น ๆ ให้เกิดประสิทธิภาพสูงต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) ผู้วิจัยได้วางแผนดำเนินการวิจัยตาม

ขั้นตอนประกอบด้วยสถานที่ดำเนินการวิจัย ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การทดสอบเครื่องมือ การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีรายละเอียดการดำเนินการวิจัยดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการวิจัยเรื่องการปฏิบัติการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรที่ดีที่เหมาะสมของเกษตรกรในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ได้แก่ เกษตรกรผู้ผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่โถและศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว จำนวนเกษตรกรทั้งหมด 160 คน จากนั้นคำนวณขนาดตัวอย่างโดยใช้สูตรการคำนวณของ Yamane (1967) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และระดับความคลาดเคลื่อน 0.05 ได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 114 คน

การเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย

การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ 1) ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูลการวิจัย จำนวน 114 ชุด เก็บข้อมูลจากเกษตรกร 2) ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) เป็นการรวบรวมข้อมูลโดยการศึกษาค้นคว้าจากตำรา หนังสือ บทความวิชาการ วารสาร สิ่งตีพิมพ์ รวมถึงข้อมูลที่ค้นคว้าผ่านระบบออนไลน์ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง มูลนิธิโครงการหลวง

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลและนำเสนอข้อมูล ประกอบด้วย 4 ส่วน ดังนี้ 1) ข้อมูลลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจและสังคม ของเกษตรกรผู้ผลิตอาโวคาโดในระบบดีที่เหมาะสม โดยใช้สถิติพรรณนา (Descriptive Statistics) เพื่ออธิบายข้อมูลทางสถิติที่ใช้ในการแปรความหมายประกอบด้วย ค่าสถิติร้อยละ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าต่ำสุด (Minimum) ค่าสูงสุด (Maximum) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เพื่อวัดแนวโน้มเข้าสู่ศูนย์กลาง 2) ข้อมูลระดับความรู้ในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมของเกษตรกร เกณฑ์การให้คะแนนคำตอบ ถ้าตอบคำถามไม่ถูกต้องจะได้คะแนนเท่ากับ 0 คะแนน และถ้าตอบคำถามถูกต้องจะได้คะแนนเท่ากับ 1 คะแนน จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เพื่ออธิบายข้อมูล โดยใช้ค่าคะแนนเฉลี่ย (Mean) และค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (Weight Mean Score) จากนั้นนำค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักที่ได้และปรับเป็นระดับความรู้ออกเป็น 3 ระดับ จากการคำนวณขนาดความกว้างของชั้นหรืออันตรภาคชั้น (ปรีดาภรณ์ กาญจนสำรวญวงศ์, 2560) 3) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคมกับการปฏิบัติการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมของเกษตรกรในศูนย์โครงการหลวง โดยการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) และ 4) วิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะ ในการปฏิบัติการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมของเกษตรกรในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงโดยการจัดหมวดหมู่และอธิบายเชิงบรรยาย

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ สังคม ของเกษตรกร

ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่าง 114 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศชายซึ่งเป็นบุคคลสำคัญในการตัดสินปัญหาของครอบครัวและผู้นำในการปฏิบัติทางการเกษตร อายุเฉลี่ยอยู่ที่ 44 ปี โดยอายุต่ำสุดอยู่ที่ 23 ปี และสูงสุดอยู่ที่ 88 ปี เกษตรกรร้อยละ 53.5 มีระดับการศึกษาในชั้นประถมศึกษาหรือต่ำกว่า และเกษตรกรร้อยละ 92 มีสถานภาพสมรส มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 4.44 คน โดยจำนวนสมาชิกน้อยที่สุด คือ 1 คน และสมาชิกในครัวเรือนมากที่สุด คือ 10 คน จำนวนแรงงานที่ทำการเกษตรในครัวเรือนเฉลี่ย 2.41 คน โดยมีจำนวนแรงงานน้อยสุด 1 คน และมีจำนวนแรงงานมากที่สุด 7 คน สำหรับรายได้รวมของครัวเรือนเฉลี่ยอยู่ที่ 265,946 บาทต่อปี และรายได้สูงสุด 3,480,000 บาท ทั้งนี้รายได้ของเกษตรกรจะขึ้นอยู่กับ จำนวนที่ดิน ทุน แรงงาน ชนิดพืชที่ปลูก ส่วนมากเกษตรกรใช้ทุนของตนเองและบางรายกู้ยืมจากสหกรณ์ หรือธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร โดยมีปริมาณผลผลิตอาโวคาโดเฉลี่ย 614.08 กิโลกรัมต่อปี ปริมาณผลผลิตสูงสุด คือ 5,000 กิโลกรัมต่อปี แต่มีบางแปลงยังไม่ให้ผลผลิตในปีที่ทำการศึกษาวิจัย

แหล่งข้อมูลและการได้รับข่าวสารของเกษตรกร ร้อยละ 93.10 ได้รับข้อมูลข่าวสารการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมจากเจ้าหน้าที่ รองลงมา

ร้อยละ 8.80 รับรู้ข่าวสารจากโทรทัศน์ อินเทอร์เน็ต ร้อยละ 7.10 วิทยุร้อยละ 3.60 และน้อยที่สุดคือจากสื่อสิ่งพิมพ์เพียงร้อยละ 0.90 โดยมีการติดต่อกับเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรเฉลี่ยปีละ 4.53 ครั้ง มากที่สุดคือปีละ 20 ครั้ง มีบางรายที่ยังไม่เคยพบเจ้าหน้าที่เพราะหมู่บ้านเป้าหมายตั้งอยู่ไกลทำให้การเดินทางมีความลำบาก เกษตรกรมีการเข้าร่วมอบรมและดูงานเพียงปีละ 1 ครั้ง เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่เป็นชาวเขา การเดินทางไม่ค่อยสะดวก มีประสบการณ์การปลูกอาโวคาโดเฉลี่ย 8.67 ปี มีประสบการณ์มากที่สุด 25 ปี และบางรายเพิ่งปลูกอาโวคาโดเป็นปีแรก แต่ก็มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลให้แก่กันภายในกลุ่ม

ข้อมูลระดับความรู้และความเข้าใจของเกษตรกรเกี่ยวกับการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสม

การวัดความรู้ความเข้าใจของเกษตรกรเกี่ยวกับการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมมีทั้งหมด 20 ข้อคำถาม จากนั้นนำมาตรวจนับคะแนนเพื่อจัดทำเป็นระดับความรู้โดยแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ คะแนน 0-7 มีความรู้ระดับน้อย คะแนน 8-14 มีความรู้ระดับปานกลาง และคะแนนมากกว่า 14 มีความรู้ระดับมาก พบว่า ระดับความรู้และความเข้าใจของเกษตรกรเกี่ยวกับการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสม โดยเกษตรกรมีความรู้มากที่สุด 20 คะแนน และน้อยที่สุดคือ 13 คะแนน ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่มีความรู้อยู่ในระดับมากร้อยละ 92.10 ระดับปานกลางร้อยละ 7.90 ความรู้ก่อนปลูกอาโวคาโดเกี่ยวกับการอนุรักษ์ดินและน้ำ มีการจัดการบำรุงดิน และจัดการระบบชลประทาน ความรู้การจัดการผลผลิตที่เสียหายจากการเก็บเกี่ยว และมีตำหนิจากโรคและแมลงที่จะต้องทำการคัดแยกออกก่อนจัดเรียงลงในภาชนะบรรจุและการบันทึกข้อมูลการผลิตอาโวคาโดตามระบบเกษตรดีที่เหมาะสมหลังจากปฏิบัติงานทุกครั้ง เป็นคำถามที่เกษตรกรตอบถูกต้องทั้งหมด ส่วนคำถามที่ตอบถูกน้อยกว่าครึ่งหนึ่งเป็นความรู้เกี่ยวกับระบบการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมที่เกี่ยวกับการห้ามใช้สารเคมีทุกชนิด

ข้อมูลการปฏิบัติในการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมของเกษตรกรในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่โถและหนองเขียว

การปฏิบัติในการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมของเกษตรกรในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่โถและหนองเขียว แบ่งการปฏิบัติออกเป็น 8 ด้าน ได้แก่ 1) แหล่งน้ำ 2) พื้นที่ปลูก 3) การใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตร 4) การจัดการคุณภาพและกระบวนการผลิตก่อนการเก็บเกี่ยว 5) การเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว 6) การพักผลผลิต การขนย้ายในแปลงปลูก 7) สุขลักษณะส่วนบุคคล และ 8) การบันทึกข้อมูลและการตามสอบ จากนั้นจึงนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อจัดระดับของการปฏิบัติในผลิตอาโวคาโดของเกษตรกร ผลการศึกษาดังนี้

Table 1 A level of avocado production in good agricultural practices in Maetho and Nongkhiaw royal project development center

Good Agricultural Practice in avocado production	Mean	S.D.	Level
1. Water	3.82	.483	high
2. Planting area	4.00	.261	high
3. Pesticides	4.26	.459	high
4. Pre-harvest quality management	3.60	.290	high
5. Harvest and postharvest handlings	4.04	.636	high
6. Holding, moving produce in planting plot, and storage	4.37	.512	high
7. Personal hygiene	4.02	.508	high
8. Record keeping and traceability	3.12	.585	moderate
Total	**3.90**	**.467**	**มาก**

Remarks: 4.21-5.00 highest, 3.41-4.20 high, 2.61-3.40 moderate, 1.81-2.60 low, 1.00-1.80 lowest

จาก Table 1 กลุ่มตัวอย่างเกษตรกรส่วนใหญ่มีการปฏิบัติในการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมของเกษตรกร รวมทุกด้านอยู่ในระดับปฏิบัติมาก (Mean = 3.90) โดยเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า การปฏิบัติในการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมมากที่สุดอยู่ในด้านการพักผลผลิต และการขนย้ายในแปลงปลูก (Mean = 4.37) รองลงมาได้แก่ ด้านวัตถุอันตรายทางการเกษตร (Mean = 4.26) ด้านการเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว (Mean = 4.04) ด้านสุขลักษณะส่วนบุคคล (Mean = 4.02) ด้านพื้นที่ปลูก (Mean = 4.00) ด้านแหล่งน้ำ (Mean = 3.82) ด้านการจัดการคุณภาพและกระบวนการผลิตก่อนการเก็บเกี่ยว (Mean = 3.60) และด้านการบันทึกข้อมูล (Mean = 3.12) (Table 1)

การศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิบัติในการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมของเกษตรกรในพื้นที่โครงการหลวงแม่โถและหนองเขียว

การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิบัติในผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมของเกษตรกร โดยการใช้สถิติวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบคัดเลือกเข้า (Enter Multiple Regression Analysis) ซึ่งเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม (ตัวแปรเกณฑ์) 1 ตัว กับตัวแปรอิสระ (ตัวแปรพยากรณ์) ตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป (วาโร, 2553) ว่าตัวแปรอิสระใดมีความสัมพันธ์เชิงบวกหรือเชิงลบกับตัวแปรตาม และมีระดับความสัมพันธ์มากน้อยเพียงใดหรือมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ โดยการวิเคราะห์ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้คัดเลือกตัวแปรอิสระจากการทบทวนวรรณกรรมทั้งหมด 14 ตัวแปร ได้แก่ เพศ (GENDER) อายุ (AGE) ระดับการศึกษา (EDU) สถานภาพ (STAT) จำนวนสมาชิกในครัวเรือน (FAMEMBER) จำนวนแรงงาน (LABOR) รายได้รวมของครัวเรือน (INC) แหล่งเงินทุน (FUND) จำนวนผลผลิตที่ได้ (YIELD) แหล่งข้อมูลข่าวสาร (INFORM) การติดต่อกับเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร (CONNECT) การฝึกอบรมและดูงานด้านการเกษตร (TRAIN) ประสบการณ์การปลูกอาโวคาโด (EXP) และความรู้เกี่ยวกับการปฏิบัติในการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสม (KNOW) เพื่อหาว่าตัวแปรอิสระใดมีผลต่อการปฏิบัติในการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมของเกษตรกร (PAC) ซึ่งจะได้รูปแบบสมการถดถอยพหุคูณ ดังนี้

$$PAC = b_0 + b_1\ GENDER + b_2\ AGE + b_3\ EDU + b_4\ STA + b_5\ FAMEMBER + b_6\ LABOR + b_7\ INC + b_8\ FUND + b_9\ YIELD + b_{10}\ INFORM + b_{11}\ CONNECT + b_{12}\ TRAIN + b_{13}\ EXP + b_{14}\ KNOW$$

โดยที่ PAC = ตัวแปรตามของสมการถดถอยพหุคูณ (การปฏิบัติในการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมของเกษตรกร)

b_0 = ค่าคงที่

$b_1, b_2, ..., b_{14}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรอิสระ

Table 2 Factors affecting in the good agricultural practices of avocado production

Independent variables	Dependent variable		
	Good Agricultural Practice in avocado production		
	B	t	Sig.
1. gender	-.021	-.416	.678
2. age	-.002	-.953	.343
3. edu	-.004	-.140	.889
4. sta	.141	1.591	.115
5. fammember	-.020	-1.119	.266
6. labor	.043	1.663	.100
7. inc	2.058E-7	1.300	.197
8. fund	.176	2.148	.034*
9. yield	-1.870E-5	-.439	.662
10. inform	.033	1.987	.050*
11. connect	-.004	-.568	.571
12. train	.017	.510	.611
13. exp	.018	2.856	.005**
14. know	-.030	-2.052	.043*
R = 0.160 (16.00%)	F = 2.183	Sig. of F = 0.029	

Remarks: * Statistically significant level at 0.05, ** Statistically significant level at 0.01

ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่า Sig. น้อยกว่า .05 แสดงว่ามีตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัว ที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตัวแปรตาม (Table 2) และเมื่อพิจารณาตัวแปรอิสระที่มีผลต่อการปฏิบัติในการปลูกอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมของเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 พบว่ามีทั้งหมด 4 ตัวแปร ได้แก่ แหล่งเงินทุน (fund) การได้รับข่าวสารจากสื่อต่าง ๆ เกี่ยวกับการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสม (inform) ประสบการณ์การปลูกอาโวคาโด (exp) และความรู้ในการปฏิบัติการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสม (know) ซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งตัวแปรอิสระทั้งหมด 14 ตัว สามารถพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม คือ การปฏิบัติในการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมของเกษตรกร อยู่ร้อยละ 16.00 (R^2 = 0.160) ขณะที่อีก 84.00 มาจากปัจจัยอื่น ๆ

ตัวแปรอิสระที่มีผลต่อการปฏิบัติในการผลิตอาโวคาโดตามมาตรฐานระบบเกษตรดีที่เหมาะสมของเกษตรกร มีทั้งหมด 4 ตัวแปร ได้แก่ แหล่งเงินทุน การได้รับข่าวสารจากสื่อต่าง ๆ เกี่ยวกับการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสม ประสบการณ์การปลูกอาโวคาโด และความรู้ในการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสม มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. แหล่งเงินทุน สามารถอธิบายได้ว่า เกษตรกรที่ใช้เงินลงทุนของตนเองจะมีค่าเฉลี่ยการปฏิบัติในการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมมากกว่าเกษตรกรที่ใช้เงินทุนจากแหล่งอื่น อยู่ที่ 0.043 คะแนน แสดงให้เห็นว่าการที่เกษตรกรมีเงินลงทุนของตนเองในการปฏิบัติตามข้อกำหนดได้อย่างครบถ้วนกว่าเกษตรกรที่ใช้เงินทุนจากที่อื่นซึ่งไม่สามารถมีเงินมาลงทุนในเรื่องของ GAP สอดคล้องกับการศึกษาของ ณัฐวุฒิ จั่นทอง (2560) เมื่อเกษตรกรมีแหล่งเงินทุนในการปลูกข้าวโพดจะมีค่าเฉลี่ย GAP สูง เนื่องจากข้าวโพด GAP เป็นที่ต้องการของตลาด ทำให้เกษตรกรผู้เพาะปลูกมีรายได้เพิ่มขึ้นจึงทำให้เกิดการยอมรับระบบการปลูกแบบ GAP มากขึ้นไปด้วย

2. การได้รับข่าวสารจากสื่อต่าง ๆ เกี่ยวกับการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมเพิ่มขึ้นมากกว่า 1 ครั้งต่อปี จะมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยการปฏิบัติในการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมของเกษตรกรสูงขึ้นอีก 0.033 คะแนน ทั้งนี้เกษตรกรควรมีการรับรู้การปฏิบัติในการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสม และปรับใช้ความรู้ใหม่เกี่ยวกับการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมจากการที่ได้รับข้อมูลข่าวสาร สอดคล้องกับงานวิจัยของ นราดล และคณะ (2558) พบว่าการรับรู้ข้อมูลของครัวเรือนมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการยอมรับวิธีการผลิตข้าวนาปีมากกว่าเกษตรกรที่ไม่ได้ติดตามข้อมูลหรือแลกเปลี่ยนข่าวสารกับคนในกลุ่มหรือในชุมชน เพราะการรับข่าวสารทำให้ทราบถึงความเคลื่อนไหวเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเพื่อช่วยในการตัดสินใจอย่างถูกต้อง รวมถึงทำให้ทราบความเจริญก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีและกิจกรรมต่าง ๆ อันจะเป็นประโยชน์ต่อการประกอบอาชีพและการดำรงชีวิต

3. ประสบการณ์การปลูกอาโวคาโด สามารถอธิบายได้ว่า เมื่อเกษตรกรมีประสบการณ์ในการปลูกอาโวคาโดเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยการปฏิบัติในการปฏิบัติการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมของเกษตรกรสูงขึ้นอีก 0.018 คะแนน ดังนั้นเมื่อเกษตรกรมีประสบการณ์เกี่ยวกับการปฏิบัติการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมสามารถถ่ายทอดในรูปแบบทฤษฎี การสาธิต และการให้ฝึกปฏิบัติจริง ทำให้โอกาสที่เกษตรกรจะนำไปปฏิบัติจริงได้ดีมากขึ้นไปด้วย เช่นเดียวกับ ณัฐวุฒิ จั่นทอง (2560) ที่พบว่าประสบการณ์การปลูกข้าวโพดมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการยอมรับการผลิตข้าวโพดตามการปฏิบัติทางการการเกษตรที่ดี (GAP) เนื่องจากเกษตรกรที่มีประสบการณ์ในการปลูกข้าวโพดมากเป็นผู้ที่พร้อมพัฒนาตนเองและพร้อมยอมรับวิทยาการใหม่ ๆ อยู่เสมอ จึงมีแนวโน้มในการยอมรับมากขึ้นด้วย อีกทั้งประสบการณ์ถือเป็นสิ่งสำคัญมาก เพราะเป็นสิ่งที่ทำมาในอาชีพทั้งหมด คือการสั่งสมความรู้และการแก้ปัญหาต่าง ๆ ประสบการณ์ต้องใช้เวลาหลายปีกว่าจะศึกษาและสั่งสมประสบการณ์จึงมีความสำคัญในการประกอบอาชีพและมีโอกาสที่จะใช้ประสบการณ์นั้นในการช่วยเหลือแนะนำผู้อื่นได้

4. ความรู้ในการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสม หากเกษตรกรไม่มีความรู้ในการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสม จะทำให้ค่าเฉลี่ยการปฏิบัติการผลิตดาโวคาโดของเกษตรกรลดลง -0.030 คะแนน ฉะนั้นควรมีการทบทวน และแลกเปลี่ยนความรู้เกี่ยวกับการปฏิบัติการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมเป็นประจำและต่อเนื่องเพื่อกระตุ้นให้เกษตรกรคงไว้ในสิ่งที่ปฏิบัติดีแล้วและปรับปรุงการปฏิบัติในสิ่งที่ยังมีข้อบกพร่อง เช่นเดียวกับงานวิจัยของ สมถวิล (2555) ได้สรุปว่าความรู้นั้นเริ่มต้นจากระดับง่าย ๆ ก่อนแล้วเพิ่มขึ้นตามความสามารถในการนำความรู้นั้นไปใช้ โดยมีการพัฒนาความรู้ตามลำดับด้วยสติปัญญาแบ่งออกเป็น 5 ขั้น คือ ความรู้ ความเข้าใจ การนำความรู้ไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินผล และความรู้นั้นสามารถวัดได้โดยเครื่องมือที่ใช้ทดสอบความรู้หรือการนำไปปฏิบัติจริง โดยมีการเผยแพร่และแบ่งปันอย่างต่อเนื่อง

ปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการปฏิบัติการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมของเกษตรกรในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่โถ และหนองเขียว

ปัญหาที่เกษตรกรพบมากที่สุดคือการขาดแคลนน้ำในการทำการเกษตร โดยต้องมีแนวทางในการใช้น้ำล่วงหน้าร่วมกับเกษตรกรที่ปลูกพืชชนิดอื่นในพื้นที่ เพื่อแก้ไขปัญหาในระยะยาว เพราะน้ำถือเป็นปัจจัยสำคัญในการปฏิบัติการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสม จึงมีข้อเสนอแนะให้หน่วยงานของภาครัฐในพื้นที่ควรมีการวางแผนการจัดการน้ำอย่างมีส่วนร่วมของผู้ใช้น้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่ที่ประสบปัญหา พร้อมทั้งจัดหาเทคโนโลยีที่เหมาะสมมาช่วยบริหารจัดการน้ำให้แก่เกษตรกร

สรุปผลการวิจัย

ปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิบัติการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมของเกษตรกรมี 4 ปัจจัย ได้แก่ 1) รายได้รวมของครัวเรือน 2) การได้รับข่าวสารจากสื่อต่าง ๆ เกี่ยวกับการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสม 3) ประสบการณ์การปลูกอาโวคาโด และ 4) ความรู้ในการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสม เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมของเกษตรกร ในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียวและแม่โถ วางแนวทางดังนี้

1) การส่งเสริมให้เกษตรกรใช้เงินทุนของตนเองในการหมุนเวียนทำการเกษตร สามารถเพิ่มกำลังการผลิต

หรือขยายพื้นที่ปลูกได้มากขึ้น โดยไม่ต้องกังวลเรื่องทุนสำรองหรือการกู้ยืมเงิน รวมไปถึงสามารถใช้เงินลงทุนในระบบ GAP ได้ครบถ้วน ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรส่งเสริมให้เกษตรกรเพิ่มรายได้ด้วยการเพิ่มมูลค่าสินค้าเกษตรเพื่อให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น โดยการเพิ่มมูลค่าสินค้าเกษตรทำได้ทั้งสินค้าที่เป็นอาหารและไม่ใช่อาหาร สร้างช่องทางการจำหน่ายที่หลากหลายและผู้บริโภคเข้าถึงสินค้าและผลิตภัณฑ์ได้ง่ายเมื่อเกษตรกรมีรายได้เพิ่มสูงขึ้นนั่นหมายความว่ามีเงินสำรองและหมุนเวียนเพื่อทำการเกษตรโดยไม่ต้องกู้ยืมเงินหรือหาเงินจากแหล่งอื่น

2) การแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสม โดยการให้เจ้าหน้าที่ส่งเสริมทำสื่อที่เกษตรกรเข้าถึงได้ง่ายและรวดเร็ว เพื่อกระจายข้อมูล ข่าวสารทั้งด้านการผลิตและการตลาดตลอดจนขั้นตอนการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมที่เกษตรกรยังปฏิบัติได้ในระดับน้อย โดยสื่อสารให้เข้าใจง่าย มีการประชาสัมพันธ์ให้เกษตรกรทราบ หรือถ่ายทอดเทคโนโลยีผ่านผู้นำชุมชน ผ่านผู้ใหญ่บ้าน ผ่านนักส่งเสริมการเกษตร เป็นวิธีที่จะช่วยให้เกษตรกรมีความเข้าใจในการปฏิบัติตามได้อย่างถูกต้อง

3) การสร้างเสริมประสบการณ์การปลูกอาโวคาโดภายในกลุ่มเกษตรกร ด้วยการแลกเปลี่ยนประสบการณ์การศึกษาดูงานพื้นที่ผลิตอาโวคาโดที่มีคุณภาพสูง เมื่อเกษตรกรมีประสบการณ์จากการลงมือปฏิบัติ การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และการศึกษาดูงานนอกพื้นที่จะมีผลทำให้การปฏิบัติในการปฏิบัติการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมของเกษตรกรสูงขึ้น

4) ควรมีการจัดการความรู้อย่างถูกต้องและเหมาะสมสำหรับถ่ายทอดให้กับเกษตรกรในพื้นที่ เริ่มต้นด้วยการรวมกลุ่มขนาดเล็กและให้เกษตรกรถ่ายทอดกันเองภายในกลุ่มโดยมีเจ้าหน้าที่ส่งเสริมหรือนักวิชาการการเกษตรเป็นผู้แนะนำเชิงวิชาการควบคู่กันไป

ข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยได้เสนอแนวคิดอันจะเป็นประโยชน์ต่อองค์กรหน่วยงานภาครัฐและเอกชน และกลุ่มผู้ผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมของเกษตรกรในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่โถและหนองเขียว ในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

1. เกษตรกรควรมีและสำรองทุนหมุนเวียนในการทำการเกษตร และเพิ่มกำลังการผลิตหรือขยายพื้นที่ปลูกได้มากขึ้น ดังนั้นควรส่งเสริมให้เกษตรกรเพิ่มมูลค่าแก่สินค้าเกษตร โดยการนำผลผลิตมาเพิ่มลักษณะพิเศษหรือจุดเด่นให้ต่างไปจากเดิม เพื่อให้ตรงต่อความต้องการของผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น

2. การได้รับข่าวสารจากสื่อต่าง ๆ เกี่ยวกับการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมได้หลายช่องทาง โดยการให้เจ้าหน้าที่ส่งเสริมทำสื่อให้เกษตรกรได้รับรู้เกี่ยวกับขั้นตอนการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสม โดยการสื่อสารที่เข้าใจง่าย มีการประชาสัมพันธ์ให้เกษตรกรทราบเป็นวงกว้างในเวลาที่รวดเร็ว หรือถ่ายทอดเทคโนโลยีผ่านผู้นำชุมชน ผ่านผู้ใหญ่บ้าน ผ่านนักส่งเสริมการเกษตรประจำตำบล เป็นวิธีที่จะช่วยให้เกษตรกรมีความเข้าใจในการปฏิบัติตาม เช่น เจ้าหน้าที่มาพบเกษตรกรที่บ้านพักหรือพื้นที่การเกษตร เจ้าหน้าที่ติดต่อเกษตรกรผ่านทางโทรศัพท์ เกษตรกรจะได้เข้าถึงแหล่งข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ ได้มากขึ้น

3. ควรมีการจัดการถ่ายทอดความรู้ให้กับผู้ที่ยังไม่มีประสบการณ์ในการปลูกอาโวคาโด เป็นการรวมกลุ่มกันจัดอบรมให้กับเกษตรกร เพื่อให้เกษตรกรรายอื่นเข้าใจในการผลิตอาโวคาโดในระบบเกษตรดีที่เหมาะสม

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณาจารย์ และบุคลากรสาขาวิชาการพัฒนาทรัพยากรและส่งเสริมการเกษตร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ทุกท่าน ที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำในการศึกษาวิจัย การติดต่อประสานงานในการดำเนินงานวิจัยมาโดยตลอด และขอขอบคุณเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างที่กรุณาให้ข้อมูลการผลิตอาโวคาโด และศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่โถ และหนองเขียว ที่ได้สละเวลาอันมีค่าในการให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการศึกษาวิจัยจนเสร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

จิราวรรณ เลิศคุณลักษณ์ ปัญญา หมั่นเก็บ และธำรง เมฆโหรา. 2556. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเข้าร่วมโครงการผลิตมะม่วงตามแนวทางเกษตรที่ดีที่เหมาะสมของเกษตรกรในพื้นที่อำเภอปากช่อง

จังหวัดนครราชสีมา. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 30(2): 13-21.

ณัฐวุฒิ จั่นทอง. 2560. การสื่อสารทางการเกษตร. พระนครศรีอยุธยา: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.

นราดล ประไพศรี กังสดาล กนกหงส์ นคเรศ รังควัต และพหล ศักดิ์คะทัศน์. 2558. การยอมรับวิธีการผลิตข้าวนาปีของเกษตรกรในอำเภอแม่อาย จังหวัดเชียงใหม่. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 32(1): 39-46.

ปรีดาภรณ์ กาญจนสำราญวงศ์. 2560. หลักสถิติเบื้องต้น. นนทบุรี: ไอดีซี พรีเมียร์.

มูลนิธิโครงการหลวง งานไม้ผล. 2560. อาโวคาโด. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.royalprojectthailand.com/front (10 พฤศจิกายน 2563).

วาโร เพ็งสวัสดิ์. 2553. การวิจัยพัฒนารูปแบบ. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร 2(4): 2-15.

สมถวิล ผลสอาด. 2555. การรับรู้. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.

สายฝน ซอพิมาย เบญจมาศ อยู่ประเสริฐ และบำเพ็ญ เขียวหวาน. 2560. ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้สารอินทรีย์เพื่อลดการใช้สารเคมีทางการเกษตรของเกษตรกรจังหวัดสระแก้ว. แก่นเกษตร 45(ฉบับพิเศษ 1): 1605-1610.

Yamane, T. 1967. Statistics: An Introductory Analysis, 2nd Edition, New York: Harper and Row.

คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ

1. **การพิมพ์** ต้นฉบับพิมพ์โดยโปรแกรมไมโครซอฟต์เวิร์ด ใช้รูปแบบฟอนต์ **Thai Sarabun PSK** ขนาด 16 points สำหรับชื่อเรื่อง และ 15 points สำหรับที่เหลือ พิมพ์หน้าเดียวในกระดาษ A4 เว้นขอบทั้ง 4 ด้าน 2.5 ซม. ความยาวของบทความรวมทุกอย่างไม่เกิน 10 หน้า
2. **การเรียงเนื้อหา** เนื้อหาประกอบด้วยส่วนต่างๆ รวม 8 หัวข้อ ควรเรียงตามลำดับ ดังนี้
   2.1 ชื่อเรื่อง (Title) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ควรสั้น กระชับและสื่อเป้าหมายหลักของการวิจัย ชื่อวิทยาศาสตร์ใช้ตัวเอน และการพิมพ์ภาษาละติน เช่น *in vivo*, *in vitro*, *Ad libitum*, หรือ *et al.* ให้พิมพ์ด้วยตัวเอน ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ ให้ขึ้นต้นคำด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ทุกคำ ยกเว้นคำบุพบท
   2.2 ชื่อผู้เขียน (Authors) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ส่วนที่อยู่ทั้งภาษาไทยและอังกฤษ ให้ใส่เป็นเชิงอรรถที่ท้ายชื่อหากมีผู้แต่งมาจากหลายที่ โดยอธิบายเชิงอรรถไว้ในหน้าแรกของบทความ ที่อยู่ควรเป็นที่อยู่ที่ติดต่อได้ทางไปรษณีย์ รวมรหัสไปรษณีย์ด้วย ใส่เครื่องหมายดอกจัน (*) หลังชื่อคนที่รับผิดชอบบทความ (corresponding author) พร้อมอีเมลติดต่อ
   2.3 บทคัดย่อ (Abstract) ควรสั้น กระชับ ได้ใจความในการทำวิจัย วิธีการ ผลการศึกษาและสรุป ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ไม่ควรเกิน 300 คำ
   2.4 คำสำคัญ (Keywords) ให้ระบุคำสำคัญ ไม่เกิน 4 คำ ท้ายบทคัดย่อแต่ละภาษา โดยวางในตำแหน่งชิดด้านซ้ายของหน้ากระดาษ (บทความประมวลความรู้เชิงวิเคราะห์ หรือบทความปริทัศน์ ไม่ต้องมีบทคัดย่อ)
   2.5 คำนำ (Introduction) แสดงเหตุผลหรือความสำคัญที่ทำวิจัย อาจรวมการตรวจเอกสารและวัตถุประสงค์ไว้ด้วย
   2.6 อุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods) รายละเอียดวัสดุ อุปกรณ์ วิธีการ และแบบจำลองการศึกษาที่ชัดเจน สมบูรณ์และเข้าใจง่าย
   2.7 ผลการวิจัยและวิจารณ์ (Results and Discussion) อธิบายผลการทดลอง พร้อมเสนอข้อมูลในรูปแบบ ตาราง (Table) หรือภาพประกอบ (Figure) โดยตารางหรือภาพ ให้จัดทำเป็นภาษาอังกฤษทั้งหมดและแทรกอยู่ในเนื้อหา คำอธิบายตารางให้อยู่เหนือตาราง ส่วนคำอธิบายภาพให้วางอยู่ใต้ภาพ หน่วยในตารางให้ใช้ตัวย่อในระบบเมตริก ส่วนวิจารณ์ผล ให้แสดงความคิดเห็นของผลการศึกษาโดยเชื่อมโยงกับสมมติฐานหรืออ้างอิงที่เชื่อถือได้ โดยไม่ต้องแยกเป็นอีกหัวข้อ
   2.8 สรุปผลการวิจัย (Conclusion) สรุปผลที่ได้ว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่
3. **กิตติกรรมประกาศ**
   อาจมีหรือไม่มีก็ได้ เป็นการแสดงความขอบคุณผู้ที่มีส่วนร่วมในการวิจัย เช่น แหล่งทุน แต่ไม่ได้มีชื่อร่วมวิจัย
4. **เอกสารอ้างอิง**
   4.1 ในเนื้อหา ระบบที่ใช้อ้างอิงคือ ระบบชื่อและปี (Name-and-year System) ในเอกสารภาษาไทยใช้ชื่อตัวและปี พ.ศ. เช่น
      4.1.1 คนเดียว ใช้รูปแบบ พาวิน (2556) รายงานว่า.... หรือ .... (พาวิน, 2556) ในบทความภาษาอังกฤษใช้ Yong (1996) หรือ .... (Yong, 1996)
      4.1.2 สองคน ใช้คำเชื่อมและ เช่น พาวิน และสมชาย (2557) หรือ .... (พาวิน และสมชาย, 2557) ในบทความภาษาอังกฤษใช้ Young and Smith (2000) หรือ .... (Young and Smith, 2000)

4.1.3 มากกว่า 2 คนขึ้นไป ใช้ชื่อคนแรกตามด้วยคำว่า และคณะ เช่น พาวิน และคณะ (2560) รายงานว่า หรือ .... (พาวิน และคณะ, 2560) ในบทความภาษาอังกฤษใช้ Young *et al.* (2005) หรือ .... (Young *et al*., 2005) แต่ในส่วนบัญชีเอกสารอ้างอิงท้ายบทความ ให้ใช้ชื่อผู้เขียนเต็มทุกคน

4.2 ในบัญชีเอกสารอ้างอิง ให้เรียงลำดับเอกสารภาษาไทยก่อนภาษาอังกฤษ โดยเรียงลำดับชื่อตามตัวอักษรในแต่ละภาษา ตามรูปแบบการเขียนดังนี้

4.2.1 **วารสาร** (Standard Journal)

แสงทอง พงษ์เจริญกิต จันทร์เพ็ญ สะระ ธีรนุช เจริญกิจ และฉันทนา วิชรัตน์. 2559. การศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลำไยด้วยเทคนิคดีอาร์เอพีดี. วารสารเกษตร 32(1): 1-8.

Shternshi, M., O. Tomilova, T. Shpatova and K. Soytong. 2005. Evaluation of ketomium-mycofungicide on siberian isolates of phytopathogenic Fungi. J. Agri. Technol. 1(2): 247-253.

4.2.2 **หนังสือ หรือตำรา** (Books/ Textbook) ไม่ต้องระบุจำนวนหน้า

จักรพงษ์ พิมพ์พิมล. 2555. การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผลลำไยสดเชิงการค้า. ดอคคิวเมนทารี ดีไซน์, เชียงใหม่.

Steel, R.G.D., J.H. Torrie and D.A. Dickie. 1997. Principal and procedures of atatistic-abiometric approach. 3rd Edition. McGraw-Hill Publishing Company, Toronto.

4.2.3 **เรื่องย่อยในหนังสือหรือตำราที่มีผู้เขียนแยกบทและมีบรรณาธิการ** (Section in Books with Editors)

สมชาย องค์ประเสริฐ. 2543. การให้น้ำลำไย. น. 44-49. *ใน*: นพดล จรัสสัมฤทธิ์ พาวิน มะโนชัย นพมณี โทปุญญานนท์ ธีรนุช จันทรชิต วินัย วิริยะอลงกรณ์ พิชัย สมบูรณ์วงศ์ (บ.ก.). การผลิตลำไย. สิรินาฏการพิมพ์, เชียงใหม่.

Kubo, T. 2003. Molecular analysis of the honeybee socially. pp. 3-20. *In*: T. Kikuchi, N. Azuma and S. Higashi (eds.). Gene, Behaviors and Evolution of Social Insects. Hokkaido University Press, Sapporo.

4.2.4 **วิทยานิพนธ์** (Thesis)

ทรงศักดิ์ ธรรมจำรัส. 2554. การศึกษาหาดัชนีการเก็บเกี่ยวลำไยพันธุ์ดอในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้อายุผลและปริมาณความร้อนสะสม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน, คณะผลิตกรรมการเกษตร, มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

Chantrachit, T. 1994. Anaerobic conditions and off-flavor development in ripening banana (*Carvendishii spp*.). M.S. Thesis in Horticulture, Oregon State University.

4.2.5 **ประชุมวิชาการ** (Proceeding/ Conference)

วรรณพร จิรารัตน์ สมกิจ อนะวัชกุล ปิยศักดิ์ คงวิริยะกุล และสมบัติ พนเจริญสวัสดิ์. 2550. ผลของการเสริมดอกปีบในอาหารสุกรขุนต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซาก. รายงานการประชุมวิชาการ ครั้งที่ 45, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 30 มกราคม – 2 กุมภาพันธ์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. น. 308-314.

Yamagishi, Y., H. Mitamura, N. Arai, Y. Mitsunaga, Y. Kawabata, M. Khachapicha, and T. Viputhamumas. 2005. Feeding habits of hatchery-reared young Mekong giant catfish in fish pond and Mae Peum reservoir. Proceeding of the 2nd Internationl Symposium on SEASTAR 2000 and Asian Bio-Logging Science, Kyoto. pp. 17-22.

4.2.6 **สื่ออิเล็กทรอนิกส์** (Internet)

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2561. การปลูกผักแบบไม่ใช้ดิน (ไฮโดรโปนิกซ์). แหล่งข้อมูล http://www.servicelink.doae.go.th/corner%20book/book%2005/Hydropronic.pdf (25 กรกฎาคม 2561).

Linardakis, D.K. and B.I. Manois. 2005. Hydroponics culture of strawberries in Perlite. Available: http://www.schunder.com/strawberries.html (April 21, 2005.)

5. ตัวอย่างรูปแบบและคำแนะนำที่เป็นภาษาอังกฤษ

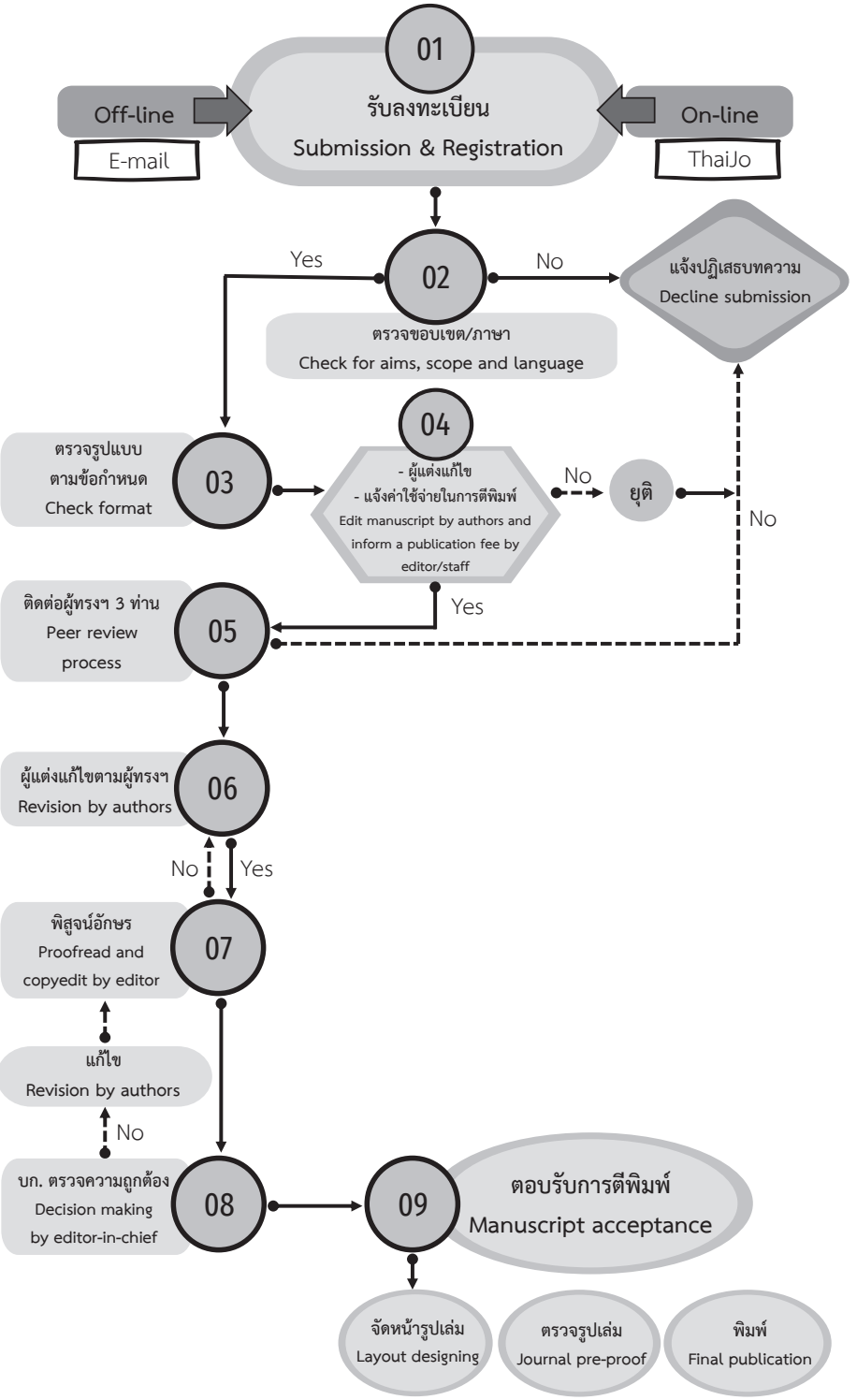
ตัวอย่างรูปแบบและคำแนะนำศึกษาเพิ่มเติมได้ที่ www.jap.mju.ac.th

การส่งบทความ

อีเมล	jap@mju.ac.th
ThaiJo	https://li01.tci-thaijo.org/index.php/japmju
เว็บไซต์	www.jap.mju.ac.th
เบอร์โทรติดต่อ	+66 5387 3618
ที่อยู่ติดต่อวารสาร	สำนักงานวารสารผลิตกรรมการเกษตร อาคารรัตนโกสินทร์ 200 ปี คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 63 หมู่ 4 ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290
หมายเหตุ	ทุกช่องทางการส่งบทความ ให้ส่ง**ใบลงทะเบียนส่งบทความ** (แบบฟอร์ม วผก.1) ที่กรอกเอกสารเรียบร้อยแล้ว แนบไปพร้อมกับบทความทุกครั้ง

การตรวจแก้ไขและการยอมรับการตีพิมพ์

1. การติดต่อผู้เขียนจะติดต่อผ่านอีเมล ตามที่อยู่ของ corresponding author หรือหากจำเป็นเร่งด่วนจะติดต่อทางเบอร์โทรศัพท์หรือไปรษณีย์ตามที่อยู่ที่ติดต่อได้
2. เรื่องที่ผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน จึงจะได้รับให้ลงตีพิมพ์ในวารสาร โดยจะตอบรับการตีพิมพ์หรือปฏิเสธบทความ ภายใน 180 วัน หลังวันรับลงทะเบียนบทความ
3. กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการตรวจแก้ไขเรื่องที่จะส่งตีพิมพ์ทุกเรื่องตามที่เห็นสมควร ในกรณีที่จำเป็นจะต้องส่งต้นฉบับที่แก้ไขแล้วคืนให้ผู้เขียน เพื่อความเห็นชอบอีกครั้งก่อนตีพิมพ์



แผนผังขั้นตอนการพิจารณาบทความ เพื่อตีพิมพ์ในวารสารผลิตกรรมการเกษตร
(ภายใน 180 วัน หลังรับลงทะเบียน)
Acceptance Pathway : 180 days after submission

Guide for Authors

The submitted Manuscripts should be of high academic merit and are accepted on condition that they are contributed solely to the Journal of Agricultural Production. Submission of a multi-authored manuscript implies the consent of all the participating authors. All manuscripts considered for publication will be subjected in a process of double-blinded peer-review by at least 3 independent referees and it is free of charge.

Submission checklist

Manuscript submission must include title page, abstract, keywords, text, tables, figures, acknowledgements, reference list and appendices (if necessary). For a title page section, a title of the article, a list of author, affiliations and E-mail address for corresponding author need to be provided. The total manuscript should not exceed 10 pages.

Preparation of the manuscript

All manuscript submission for publication in the journal should followed 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 submission.
2. The manuscript text, tables and figures should be created using Microsoft Word.
3. If possible, all text throughout the manuscript should be used 15 pt ~TH SarabunPSK except a title using 16 pt, otherwise, Browallia new would be replaced.
4. Manuscript texts should be prepared as a single column, with a sufficient margin (2.5 centimeters for each side).
5. Abstract should not exceed 300 words and provide only 4 keywords for each manuscript.
6. All measurement in the text should be reported in abbreviation, using metric system.
7. Each Tables and figures should be numbered consecutively.
8. Acknowledgments should be as brief as possible, in a separate section before the references.
9. In-text citation should be given in the form of author and year in parentheses; (Pawin *et al.*, 2012) or if the author's name is a part of sentence, it should be followed by the year in parentheses; Pawin *et al.* (2012). All references mentioned in the reference list must be cited in the text, and vice versa.
10. The reference list at the end of the manuscript should be listed alphabetically. The following are examples of reference format.

Standard journal:

Shternshi, M., O. Tomilova, T. Shpatova and K. Soytong. 2005. Evaluation of ketomium-mycofungicide on Siberian isolates of phytopathogenic fungi. J. Ari. Tech. 1(2): 247-253.

Books/ Textbook:

Steel, R.G.D., J.H. Torrie, and D.A. Dickie. 1997. Principal and procedures of atatisticabiometric approach. 3rd Editon. McGraw-Hill Publishing Company, Toronto.

Section in Books with Editors:

Kubo, T. 2003. Molecular analysis of the honeybee socially. pp. 3-20. *In*: T. Kikuchi, N. Azuma and S. Higashi (eds.). Gene, Behaviors and Evolution of Social Insects. Hokkaido University Press. Sapporo.

Thesis:

Chantrachit, T. 1994. Anaerobic conditions and off-flavor development in ripening banana (*Carvendishii* spp.). M.S. Thesis in Horticulture, Oregon State Universtiy.

Proceeding/ Conference:

Yamagishi, Y., H. Mitamura, N. Arai, Y. Mitsunaga, Y. Kawabata, M. Khachapicha, and T. Viputhamumas. 2005. Feeding habits of hatchery-reared young Mekong giant catfish in fish pond and Mae Peum reservoir. Precedding of the 2nd Internationl Symposium on SEASTAR 2000 and Asian Bio-Logging Science. Kyoto, Japan. pp. 17-22.

Internet:

Linardakis, D.K. and B.I. Manois. 2005. Hydroponics culture of strawberries in Perlite. Available: http://www.schunder.com/strawberries.html (April 21, 2005.)

Submission (Author chooses one of the following channels for submission)

1. E-mail jap@mju.ac.th
2. ThaiJo **https://li01.tci-thaijo.org/index.php/japmju**

Remarks

For all channels of submission, attachment of registration form (JAP 01) that was completely filled is required.

Contact us

Phone +66 5387 3618
E-mail jap@mju.ac.th
Website www.jap.mju.ac.th

MJU
JOURNAL OF
AGRICULTURAL
PRODUCTION

MJU JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION

คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

63 หมู่ 4 ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

อีเมล jap@mju.ac.th

เว็บไซต์ http://jap.mju.ac.th

โทรศัพท์ +66 5387 3618

โทรสาร +66 5387 3628