ISSN 2651-2475

วารสาร

พลิตกรรมการเกษตร

JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION

ปีที่ 3 ฉบับที่ 1 มกราคม-เมษายน 2564 VOL. 3 NO. 1 JANUARY - APRIL 2021

วารสารผลิตกรรมการเกษตร

Journal of Agricultural Production

วารสารผลิตกรรมการเกษตร หรือ Journal of Agricultural Production (JAP) จัดทำโดย คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ มีวัตถุประสงค์เพื่อการเผยแพร่ผลงานวิจัยด้านการเกษตรหรือที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร ของนักศึกษา คณาจารย์ นักวิจัย และนักวิชาการทั้งในและนอกสถาบัน มีกำหนดตีพิมพ์เผยแพร่ ปีละ 3 ฉบับ โดยกำหนดออกในเดือนเมษายน สิงหาคม และ ธันวาคม ของทุกปี

นโยบายการจัดพิมพ์

รับบทความวิชาการด้านการเกษตร หรือสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร เช่น นวัตกรรมและเทคโนโลยีด้านการเกษตร เป็นต้น ตีพิมพ์ในรูปแบบ บทความวิจัยเต็มรูปแบบ (Full length article) โดยบทความดังกล่าวจะต้องไม่เคยได้รับการตีพิมพ์ หรืออยู่ระหว่างการพิจารณาเพื่อตีพิมพ์ในวารสารอื่นมาก่อน บทความอาจจะเขียนโดยใช้ภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษก็ได้ แต่บทคัดย่อจะต้องมีทั้งสองภาษา บทความที่ตีพิมพ์ในวารสารจะต้องส่งในรูปแบบการเขียนตามที่กำหนด (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในคำแนะนำการเตรียมต้นฉบับสำหรับตีพิมพ์) ทุกบทความที่จะได้รับการตีพิมพ์ จะทำการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาที่เกี่ยวข้องอย่างน้อย 2 ท่าน และเมื่อผ่านการประเมินแล้ว กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการตรวจแก้ไขเรื่องที่จะส่งพิมพ์ตามที่เห็นสมควร และไม่รับพิจารณาต้นฉบับที่ไม่เป็นไปตามหลักเกณฑ์การตีพิมพ์ของวารสาร สำหรับผู้สนใจบทความสามารถเข้าถึงเนื้อหาผลงานตีพิมพ์ได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย (Open access)

เนื้อหาบทความในวารสารนี้ เป็นความคิดเห็นของผู้เขียน โดยผ่านความเห็นชอบจากผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจอ่าน คณะผู้จัดทำไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยและมิใช่ความรับผิดชอบของคณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ติดต่อสอบถาม

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

คำบรรยายภาพปก

ประเพณีปีใหม่ไทย

ภาพถ่ายโดย รองศาสตราจารย์ ดร.นคเรศ ธังควัต

ที่ปรึกษา

อธิการบดี มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รองอธิการบดี ฝ่ายวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร
ศาสตราจารย์ ดร.สัญชัย จตุรสิทธา

บรรณาธิการอำนวยการ

คณบดีคณะผลิตกรรมการเกษตร (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เรืองชัย จูวัฒนสำราญ)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศมาพร แสงยศ)
รองคณบดีฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พุฒิสรรค์ เครือคำ)
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พาวิน มะโนชัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชินพันธ์ ธนารุจ

บรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรนุช เจริญกิจ

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ศาสตราจารย์ ดร.อานัฐ ตันโช	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ศาสตราจารย์ ดร.ดนัย บุญเกียรติ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ศาสตราจารย์ ดร.กมล เลิศรัตน์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ศาสตราจารย์ ดร.ทศพล พรพรหม	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน
รองศาสตราจารย์ ดร.นพมณี โทปุญญานนท์	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รองศาสตราจารย์ ดร.นคเรศ รังควัต	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รองศาสตราจารย์ ดร.ยศ บริสุทธิ์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.ธวัชชัย รัตน์ชเลศ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพล เศรษฐบุตร	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์ ดร.ชิติ ศรีตนทิพย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พหล ศักดิ์คะทัศน์	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราพร โรจน์ทินกร	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมศรี นนทสวัสดิ์ศรี	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะศักดิ์ ชอุ่มพฤกษ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พีระศักดิ์ ฉายประสาท	มหาวิทยาลัยนเรศวร

คณะกรรมการดำเนินงาน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ผานิตย์ นาขยัน	อาจารย์ ดร.ปัทมา หาญนอก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะ พละปัญญา	นางกนกพร นันทดี
นางอภิชนา วงศ์วารเตชะ	นางสาวเขมินทรา ติ๊บปัญญา
นางสาวปาณิศา วงค์ใส	นายอนุศิษฏ์ บุญทาแดง
นายกานต์พนธ์ ชมภู	

เรื่องเล่า ... เล่มนี้

JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION

สวัสดีค่ะผู้อ่านทุกท่าน พบกันรอบนี้ขึ้นปีที่สามแล้วนะคะ เหมือนฝันพอสมควร เพราะนั่นแสดงว่าวารสารเราได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ออกมาครบ 6 ฉบับแล้ว และในเดือนกุมภาพันธ์ที่ผ่านมา ทางคณะทำงานวารสารได้รวบรวมเอกสารและรายละเอียดบทความต่างๆ ตามข้อกำหนด ส่งให้ศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย หรือ Thai-Journal Citation Index Centre (TCI) เรียบร้อยแล้ว ที่ทำได้ต่อจากนี้คือรอฟังผลการประเมินการจัดอันดับคุณภาพของวารสารเพื่อประเมินเข้าฐาน TCI ต่อไปค่ะ

การเตรียมต้นฉบับฉบับนี้ยังคงอยู่ในบรรยากาศแบบเดิมของช่วงเวลาเดียวกันกับปีที่ผ่านมา คือในบรรยากาศ work from home (WFH) เนื่องจากพิษโควิด-19 ที่ได้รับผลกระทบระลอกที่สามค่ะ มหาวิทยาลัยแม่โจ้เองนอกจากจะออกประกาศให้อาจารย์และเจ้าหน้าที่ WFH ตั้งแต่วันที่ 16 – 30 เมษายน 2564 แล้ว ทางมหาวิทยาลัยยังอนุญาตให้ทางจังหวัดเชียงใหม่เข้าไปตั้งโรงพยาบาลสนามแห่งที่ 2 ของจังหวัดด้วย แสดงให้เห็นถึงปริมาณคนป่วยที่เพิ่มมากขึ้น และแน่นอนภาระหนักจะไปตกที่นักรบชุดขาวของเราที่มีกำลังคนเท่าเดิม ดังนั้น Stay alone at home นะคะ เพื่อช่วยชาติและแบ่งเบาภาระของเจ้าหน้าที่กันค่ะ

กลับมาเรื่องบทความรวม 8 เรื่องในฉบับแรกของปีที่สามนี้ เนื้อหาเน้นหนักไปทางพืชสวน ได้แก่ มะคาเดเมีย ฝรั่ง ลำไย ขิง มัลเบอร์รี่ เป็นหลัก มีบทความเดียวที่เป็นพืชนอกกลุ่มคือปาล์มน้ำมัน ส่วนเนื้อหาจะเน้นหนักไปทางด้านไหนบ้างนั้น ผู้อ่านควรจะต้องเปิดอ่านเองนะคะ

ท้ายที่สุดขอประชาสัมพันธ์ช่องทางการส่งบทความเข้าร่วมตีพิมพ์เผยแพร่เพิ่มเติม ผ่านช่องทางวารสารไทยออนไลน์ (Thai Journals Online หรือ ThaiJo) ได้แล้วนะคะ โดยสืบค้นผ่านชื่อ “วารสารผลิตกรรมการเกษตร” ในระบบ ThaiJo (tci-thaijo.org) และส่งบทความได้โดยตรงค่ะ ผู้เขียนสามารถศึกษารูปแบบข้อกำหนดต่างๆ ของการเขียนบทความ จากหน้าปกในหรือใบรองปกหลังของวารสาร หรือสามารถติดตามได้จากเว็บไซต์ http://jap.mju.ac.th หรือสอบถามโดยตรงทางอีเมล japmju@gmail.com ซึ่งหวังเป็นอย่างยิ่งว่าเราจะได้พบกันในโอกาสต่อไปค่ะ

สวัสดีค่ะ

รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรนุช เจริญกิจ

บรรณาธิการ

สารบัญ

ความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากพืชที่มีผลต่อหนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura* Fabricius) 1
จักรพงษ์ สุภาวรรณ์ ดาวพระศุกร์ เอกชัยวีรกูล ศราวดี แสนศรี และ ณัฐดนัย ลิขิตตระการ

การทดสอบและถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขิงปลอดโรคในสภาพไร่ 13
จิตอาภา จิจุบาล ไว อินต๊ะแก้ว ลัดดาวัลย์ อินทร์สังข์ และ สนอง จรินทร

การประเมินปาล์มน้ำมันพันธุ์การค้าในพื้นที่จังหวัดพัทลุง 25
ธนนต์ รุ่งนิลรัตน์ ธีรภาพ แก้วประดับ พรเลิศ เทพบุตร และ ธีรพล ฆังคมณี

การศึกษาอิทธิพลของการควั่นกิ่งต่อการเสียบยอดมะคาเดเมีย 37
อนันต์ ปัญญาเพิ่ม สมคิด รัตนบุรี อนุ สุวรรณโฉม และ เหรียญชัย เกิดพงษ์

ผลของ IBA ต่อการทาบกิ่งมะคาเดเมีย พันธุ์เชียงใหม่ 700 53
อนันต์ ปัญญาเพิ่ม สมคิด รัตนบุรี อนุ สุวรรณโฉม และ เหรียญชัย เกิดพงษ์

การศึกษาแนวทางการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพในการผลิตลำไยนอกฤดู 61
นพดล จรัสสัมฤทธิ์ มลธิดา ธิศาเวช วรรณอุษา ผาคำ และ บุรินทร์ พิชัยรัตน์

ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของมัลเบอร์รี่ โดยใช้ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน ITS และ matK 71
ทัศนัย ปัญจันทร์สิงห์ กีรติ ตันเรือน วิโรจน์ ลิขิตตระกูลวงศ์ ณัฐดนัย ลิขิตตระการ และ พิสิษฐ์ พูลประเสริฐ

ความคงตัวทางพันธุกรรมของฝรั่ง 87
จันทร์เพ็ญ สะระ ฉันทนา วิชรัตน์ ธีรนุช เจริญกิจ และ แสงทอง พงษ์เจริญกิต

วารสารผลิตกรรมการเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION
MJU

ว. ผลิตกรรมการเกษตร 3(1):1-11
J. Agri. Prod.

ความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากพืชที่มีผลต่อหนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura* Fabricius)

Toxicity of Plants Crude Extract on Common Cutworm (*Spodoptera litura* Fabricius)

จักรพงษ์ สุภาวรรณ์* ดาวพระศุกร์ เอกชัยวีรกูล ศราวดี แสนศรี และ ณัฐดนัย ลิขิตตระการ

Jakarpong Supawan* Daophrasuk Aekchaiweerakul Sarawadee SanSri and Natdanai Likhitrakarn

สาขาวิชาอารักขาพืช คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

Division of Plant Protection, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290

* Corresponding author: Jakarpong@mju.ac.th

(Received: 6 November, 2020; Revised: 22 March, 2021; Accepted: 1 April, 2021)

Abstract

The toxicity of plants crude extracts from neem (*Azadirachta indica*), turmeric (*Curcuma longa*) and Siam weed (*Chromolaena odorata*) in controlling cotton leafworm, *Spodoptera litura*, was conducted in the laboratory. Each crude extract (1, 3, 5 and 10% w/v) was tested for contact and oral toxicity. In term of contact toxicity, the results indicated that the 10% turmeric crude extract was the highest effective to cause *Spodoptera litura* die 83.33% in 7 days, followed by 10% Siam weed crude extract for 63.33% and 1% neem crude extract was lowest effective (6.67%) . The LC_{50} values at 7 days of turmeric, Siam weed and neem were 5.66, 6.92 and 24.55, respectively. According to oral toxicity, 10% Siam weed extract caused *Spodoptera litura* die 43.33% highest than that of all crude extracts. The LC_{50} values of oral toxicity at 7 days of Siam weed, neem and turmeric were 10.47, 14.57 and 14.78, respectively. In summary, 10% crude extract of turmeric and Siam weed have high ability of controlling *Spodoptera litura* within 7 days and could be used in planning insect pests control, reducing and replacing chemical use in control method.

Keywords: crude extract, common cutworm, *Spodoptera litura*

บทคัดย่อ

การทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดหยาบจากสะเดา (*Azadirachta indica*) ขมิ้นชัน (*Curcuma longa*) และสาบเสือ (*Chromolaena odorata*) ในการควบคุมหนอนกระทู้ผักได้ดำเนินการในห้องปฏิบัติการ โดยสารสกัดหยาบจากพืชในแต่ละความเข้มข้น (1, 3, 5, 7 และ 10% w/v) นำมาทดสอบความเป็นพิษโดยวิธีการสัมผัสและโดยวิธีการกิน พบว่าสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันที่ 10% ทำให้หนอนกระทู้ผักตายมากที่สุดภายใน 7 วันถึง 83.33% รองลงมาคือสารสกัดหยาบจากสาบเสือ 10% โดยมีอัตราการตายที่ 63.33% ส่วนสารสกัดหยาบของสะเดาที่ 1% พบว่ามีค่าการตายน้อยที่สุด (6.67%) ค่า LC_{50} ของขมิ้นชัน สาบเสือ และสะเดาเท่ากับ 5.66, 6.92 และ 24.55 ตามลำดับ ส่วนการทดสอบโดยวิธีการกินพบว่า สารสกัดหยาบ 10% จากสาบเสือทำให้หนอนกระทู้ผักตายมากที่สุดภายใน 7 วัน เท่ากับ 43.33% เมื่อเทียบกับสารสกัดหยาบชนิดอื่น ค่า LC_{50} ของการทดสอบความเป็นพิษโดยการกินสาบเสือ สะเดา และขมิ้นชันเท่ากับ 10.47, 14.57 และ 14.78 ตามลำดับ ดังนั้นสรุปได้ว่าสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันและสาบเสือที่ 10% สามารถควบคุมหนอนกระทู้ผักได้ภายใน 7 วัน และสามารถนำสารสกัดหยาบนี้มาใช้ในการวางแผนการกำจัดแมลงศัตรูพืชเพื่อลดและทดแทนการใช้สารเคมีในการควบคุมได้

คำสำคัญ: สารสกัดหยาบ หนอนกระทู้ผัก *Spodoptera litura*

คำนำ

พืชผักเป็นหนึ่งอาหารที่สำคัญในชีวิตประจำวัน มีการบริโภคทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากปัจจุบันผู้บริโภคคำนึงถึงการบริโภคอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการและมีประโยชน์ต่อสุขภาพทำให้ความต้องการสินค้าในกลุ่มพืชผักมีปริมาณสูงขึ้น แต่การผลิตพืชผักมักประสบปัญหาที่สำคัญคือ การตกค้างของสารพิษในผลผลิต เนื่องจากพืชผักส่วนใหญ่มีรายงานชนิดของแมลงศัตรูพืชเข้าทำลายจำนวนมาก เช่น หนอนใยผัก (*Plutella xylostella*) เพลี้ยไฟพริก (*Scirtothrips dorsalis*) เพลี้ยอ่อนฝ้าย (*Aphis gossypii*) ไรแดง (*Eutetranychus africanus*) ไรขาวพริก (*Polyphagotarsonemus latus*) เป็นต้น จึงทำให้มีการใช้สารเคมีควบคุมศัตรูพืชในปริมาณที่มาก ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ผลิตผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อมโดยรอบ แมลงศัตรูที่สำคัญของพืชผักที่สร้างความเสียหายให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกผักอยู่เสมอคือ หนอนกระทู้ผัก *Spodoptera litura* (Fabricius, 1775) อันดับ Lepidoptera วงศ์ Noctuidae (สมภพ, 2542) โดยหนอนกระทู้ผักชนิดนี้สามารถกินพืชอาหารหลายชนิด ได้แก่ กะหล่ำปลี กะหล่ำดอก ผักคะน้า ผักกาดหัว ผักกาดหอม ผักกาดขาวใหญ่ ยาสูบ ข้าวโพด ยางพารา ถั่วเขียว ตลอดจนไม้ผลและไม้ดอกไม้ประดับหลายชนิด โดยสร้างความเสียหายแก่พืชปลูกในช่วงที่เป็นตัวหนอนระยะต่าง ๆ โดยตัวหนอนจะเริ่มกัดกินใบพืชตั้งแต่ฟักออกมาจากไข่และจะอยู่รวมกันเป็นกลุ่มในระยะแรก เมื่อเจริญเติบโตเข้าระยะที่ 2 ตัวหนอนจะเริ่มแยกย้ายกระจายตัวไปทำลายต้นพืชโดยรอบ โดยเข้ากัดกินใบ ยอด ก้าน ดอก หัว และทุกส่วนของพืช (Hill,

1983) ในการควบคุมหนอนกระทู้ผักนี้เกษตรกรนิยมใช้สารเคมีสังเคราะห์ในการป้องกันกำจัด ทำให้แมลงเกิดการดื้อต่อสารเคมีกำจัดแมลงดังกล่าว รวมถึงยังสามารถทำลายแมลงศัตรูธรรมชาติที่มีประโยชน์ ซึ่งเป็นหนึ่งในต้นเหตุของการทำให้เกิดแมลงศัตรูชนิดใหม่ที่จะสามารถเข้ามาระบาดในพื้นที่ได้ ทั้งยังเกิดการตกค้างของสารเคมีในสิ่งแวดล้อม สร้างความเป็นพิษต่อมนุษย์และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมในระบบห่วงโซ่อาหารขึ้นอย่างต่อเนื่อง (อารมณ์, 2536) ดังนั้นการใช้สารสกัดจากพืชควบคุมหนอนกระทู้ผักก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการช่วยลดปริมาณการใช้สารเคมีสังเคราะห์ให้น้อยลง ซึ่งจะมีความปลอดภัยกับมนุษย์ สัตว์และสิ่งแวดล้อมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การสกัดสารจากพืช

เก็บรวบรวมชนิดพืชที่นำมาใช้ในการศึกษา ได้แก่ ใบสะเดา (*Azadirachta indica* A. Juss.), เหง้าขมิ้นชัน (*Curcuma longa* L.) และใบสาบเสือ (*Chromolaena odorata* (L.)) บริเวณตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ มาล้างทำความสะอาด ต่อจากนั้นหั่นให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ และซับน้ำออกแล้วจึงปล่อยให้แห้ง นำไปอบในเครื่องอบลมร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นชั่งตัวอย่างของพืชที่แห้งสนิท ชนิดละ 100 กรัม แช่ในเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วน 1 : 5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร ทำการคนชิ้นส่วนพืชที่แช่ในเอทานอลอย่างสม่ำเสมอ เมื่อครบกำหนดเป็นเวลา 7 วัน นำสารละลายที่ได้ไปกรองด้วยผ้าขาวบางและกระดาษกรอง แล้วนำไประเหยเอาเอทานอลออกด้วยเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (rotary evaporator) จากนั้นเก็บสารสกัดหยาบที่ได้จากการระเหย เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

การศึกษาผลของสารสกัดจากพืชต่อหนอนกระทู้ผัก

1. การเพาะเลี้ยงหนอนกระทู้ผักเพื่อการทดสอบ

เก็บตัวอย่างหนอนกระทู้ผักจากแปลงปฏิบัติการสาขาวิชาพืชผัก มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยเก็บกลุ่มหนอนมาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการให้กลายเป็นตัวเต็มวัย จากนั้นนำต้นคะน้าที่ปลูกเตรียมไว้มาใส่ในกรงเลี้ยงแมลงเพื่อให้ตัวเต็มวัยตัวเมียวางไข่ เก็บกลุ่มไข่หนอนกระทู้ผักที่ได้แยกออกมาเพื่อนำมาเพาะเลี้ยงหนอนระยะที่ 2 ให้ได้ปริมาณตัวหนอนมากพอกับการทดลอง

2. การทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดจากพืชโดยวิธีการสัมผัส (contact toxicity)

นำสารสกัดหยาบจากใบสะเดา ขมิ้นชัน และสาบเสือที่เตรียมไว้ในขั้นตอนแรกมาปรับปริมาณความเข้มข้นให้เป็นสารละลายเข้มข้นร้อยละ 1, 3, 5 และ 10 (น้ำหนัก/ปริมาตร) โดยใช้ตัวทำละลายเอทานอล 95% เป็นตัวควบคุม ใช้ตัวหนอนกระทู้ผักระยะที่ 2 จำนวน 10 ตัวต่อ 1 ความเข้มข้นของสารสกัด โดยทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ นำสารสกัดที่เตรียมไว้ในแต่ละความเข้มข้น มาหยดลงบนส่วนอกของหนอนกระทู้ผักบริเวณปล้องที่ 3 โดยใช้ไมโครปิเปต (Proline®) ปริมาณ 2 ไมโครลิตร จากนั้นปล่อยทิ้งไว้ให้แห้งก่อน ย้ายหนอนกระทู้ผักลงในจานทดลองที่มีอาหารเทียมที่ใช้เลี้ยงหนอนโดยดัดแปลงตามสูตรของอุทัย (2530) ทำการเปลี่ยนอาหารเทียมที่ใช้เลี้ยงตัวหนอนทุกวัน สังเกตและบันทึกอัตราการตายของหนอนกระทู้ผักทุกวัน เป็นเวลา 7 วัน (อธิราช, 2550)

3. การทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดจากพืชโดยวิธีการกิน (oral toxicity)

นำสารสกัดหยาบจากใบสะเดา ขมิ้นชัน และสาบเสือจากเตรียมในขั้นตอนแรกมาปรับปริมาณให้เป็นสารละลายเข้มข้นร้อยละ 1, 3, 5 และ 10 (น้ำหนัก/ปริมาตร) โดยใช้ตัวทำละลายเอทานอล 95% เป็นตัวควบคุม ตัดใบคะน้าเป็นวงกลมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร แล้วทำการหยดสารสกัดที่เตรียมไว้ในแต่ละความเข้มข้นโดยใช้ไมโครปิเปต (Proline®) จำนวน 30 ไมโครลิตรบนใบคะน้า จากนั้นปล่อยหนอนกระทู้ผักระยะที่ 2 จำนวน 10 ตัวต่อหนึ่งความเข้มข้นของสารสกัดลงบนใบคะน้าจำนวน 1 ตัวต่อ 1 ใบ โดยทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ ปล่อยให้หนอนกระทู้ผักกินใบคะน้าที่หยดสารสกัดลงไปจนหมด จากนั้นย้ายหนอนกระทู้ผักลงในจานทดลองที่มีอาหารเทียมสำหรับเลี้ยงหนอน ซึ่งจะมีการเปลี่ยนอาหารเทียมทุกวัน สังเกตและบันทึกอัตราการตายของหนอนกระทู้ผักทุกวันเป็นเวลา 7 วัน

การวิเคราะห์ผลข้อมูล

นำข้อมูลอัตราการตายของหนอนกระทู้ผักจากสารสกัดมาวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี Duncan Multiple Rang Test (DMRT) และวิเคราะห์หาค่า LC_{50}, LC_{90} โดยวิธี Probit analysis (Abbott, 1925)

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ความเป็นพิษของสารสกัดจากพืชโดยวิธีการสัมผัส

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากใบสะเดา ขมิ้นชัน และสาบเสือ ต่อหนอนกระทู้ผักโดยวิธีการสัมผัสที่ทดสอบในห้องปฏิบัติการ หลังจากทดสอบ 7 วัน พบว่าสารสกัดจากขมิ้นชันที่ความเข้มข้น 10% ให้ผลการตายของหนอนกระทู้ผักดีที่สุดแตกต่างจากผลการทดลองในระดับความเข้มข้นอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าภายใน 24 ชั่วโมง ตัวหนอนมีอัตราการตายเท่ากับ 70% และเพิ่มสูงสุดในวันที่ 3 ที่มีอัตราการตายสูงถึง 83.33% เมื่อเปรียบเทียบกับผลการตายของหนอนจากการทดลองอื่น รองลงมาได้แก่ สารสกัดจากสาบเสือที่ระดับความเข้มข้น 10% มีอัตราการตายสูงสุดในวันที่ 4 เท่ากับ 63.33% ส่วนสารสกัดจากสะเดา ในทุกความเข้มข้นให้อัตราการตายของหนอนกระทู้ผักน้อยที่สุด (6.67, 16.67, 20.00 และ 20.00 ตามลำดับ) (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ วัชระ (2554) ที่ได้รายงานว่า ขมิ้นชันที่สกัดด้วยตัวทำละลายแอลกอฮอล์ ที่ระดับความเข้มข้น 20% สามารถฆ่าหนอนกระทู้ผักเท่ากับ 56.67% ภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง แต่อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของสารสกัดขมิ้นชันอาจมีความแตกต่างหากใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกัน เช่น หากนำสารสกัดจากขมิ้นชันที่สกัดด้วยสารละลายของปิโตรเลียมอีเทอร์และเมทิลแอลกอฮอล์ มาทดสอบกับหนอนกระทู้ผักผลปรากฏว่าที่เวลา 24 ชั่วโมง การตายของหนอนกระทู้ผักลดลงเหลือเพียง 4.55% เท่านั้น (ฐิตินันท์, 2548) หรือหากสกัดขมิ้นชันด้วยตัวทำละลายเฮกเซน คลอโรฟอร์ม น้ำ และเมทิลแอลกอฮอล์ ในความเข้มข้นที่ 0.3% สามารถทำให้ตัวหนอนกระทู้ผักตายได้ 70% (มยุรา และศจีรัตน์, 2547) นอกจากนี้ Tavares และคณะ (2013) ได้รายงานว่าสารสกัดขมิ้นชันความเข้มข้น 1% ผสมลงอาหารเทียมสามารถใช้กำจัดด้วงงวงข้าวตัวเต็มวัย และสามารถกำจัดหนอนกระทู้ข้าวโพดได้ถึง 58% อุดมลักษณ์

(2540) ได้รายงานว่า สารออกฤทธิ์ที่สำคัญในขมิ้นชันที่มีผลต่อการตายของแมลง ได้แก่ สารพิมเสน (borneol) เฟลแลนดรีน (phellandrene) และไพนีน (pinene) สารออกฤทธิ์เหล่านี้สามารถนำมาใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชชนิดอื่นได้อีก เช่น ด้วงถั่วเขียว มอดแป้ง มอดข้าวเปลือก หนอนกระทู้หอม หนอนใยผัก เป็นต้น

ในทางกลับกัน อัตราการตายของหนอนกระทู้ผักกับสารสกัดจากสะเดาที่พบค่อนข้างต่ำ เนื่องจากสารอะซาไดแรคติน (azadirachtin) ที่เป็นสารออกฤทธิ์หลักนั้นมีผลในการยับยั้งการกิน การเจริญเติบโต รวมไปถึงการสืบพันธุ์ของแมลงเป็นหลัก ดังนั้นอัตราการตายของหนอนกระทู้ผักจึงมีผลที่ไม่สูงมากนัก แต่อัตราการตายของหนอนกระทู้ผักที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เป็นผลสืบเนื่องจากสาเหตุดังกล่าว เช่น การตายของตัวหนอนระหว่างเปลี่ยนระยะการเจริญเติบโตการตายที่พบในระยะดักแด้ รวมทั้งลักษณะความผิดปกติที่เกิดขึ้นของตัวเต็มวัย นอกจากนี้สะเดายังมีฤทธิ์เป็นสารไล่แมลง มีผลต่อตัวหนอนและตัวเต็มวัยได้อีกด้วย (Gadi, 2017; Sithisarn *et al*., 2009)

ค่า LC_{50} และ LC_{90} (ความเข้มข้นของสารสกัดที่ทำแมลงตาย 50% และ 90%) ที่ 7 วันของสารสกัดจากใบสะเดา เท่ากับ 24.55% และ 49.50% สารสกัดจากขมิ้นชันเท่ากับ 5.66% และ 11.36% สารสกัดจากสาบเสือเท่ากับ 6.92% และ 18.90% (Table 3) พบว่าแตกต่างจาก วัชระ (2554) ที่ได้รายงานว่าค่า LC_{50} จากสารสกัดขมิ้นชันที่สกัดด้วยแอลกอฮอล์เท่ากับ 13.47% ที่ 24 ชั่วโมง โดยประสิทธิภาพขององค์ประกอบในขมิ้นชันขึ้นอยู่กับปัจจัยทางพันธุกรรม และองค์ประกอบทางสิ่งแวดล้อมที่เพาะปลูกในช่วงเวลานั้น โดยความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหย (essential oil) (α และ β-turmerones, myrcene, 1, 8-cineole และ *p*-cymene) ในขมิ้นชันนั้นจะสามารถแปรผันไปตามฤดูกาลและสถานที่ปลูกนั้น (Bansal *et al*., 2002)

ความเป็นพิษของสารสกัดจากพืชโดยวิธีการกิน

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากใบสะเดา ขมิ้นชัน และสาบเสือ ต่อหนอนกระทู้ผัก โดยวิธีการกินในห้องปฏิบัติการ หลังจากทดสอบ 7 วัน พบว่าสารสกัดจากสาบเสือที่ความเข้มข้น 10% ให้ผลการตายของหนอนกระทู้ผักสูงที่สุด เท่ากับ 43.33% แตกต่างจากการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบว่า สารสกัดจากสาบเสือที่ 5% สารสกัดจากขมิ้นชันที่ 5%, 10% และสารสกัดจากสะเดาที่ 3%, 5%, 10% มีค่าผลการตายของหนอนกระทู้ผักระหว่าง 23.3-36.67% นั้น ทำให้หนอนกระทู้ผักมีอัตราการตายไม่แตกต่างกัน ส่วนสารสกัดจากสะเดา 1% สารสกัดจากขมิ้นชัน 1% และ 3% สารสกัดจากสาบเสือที่ 1% และ 3% มีอัตราการตายไม่แตกต่างกับชุดควบคุม (Table 2) สอดคล้องกับอุดมลักษณ์ (2540) ที่รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากใบสาบเสือมีสาร α-pinene, cadiene, α-camphor, limonene, β-caryophyllene และ cadinol โดยมีสาร α-pinene สามารถออกฤทธิ์กำจัดแมลงกับหนอนใยผัก หนอนกระทู้ผัก จากการทดลองจะเห็นได้ว่าอัตราการตายของหนอนกระทู้ผักจากวิธีการกินมีค่าน้อยกว่าวิธีสัมผัส (43.33% และ 63.33%) และจากการวิจัยของ Sahayraj and Paulraj (2000) ที่นำพืชในวงศ์ทานตะวัน (Asteraceae) มาใช้ในขับไล่หนอนกระทู้ผักออกจากแปลงปลูกถั่วลิสง โดยพบว่าหากเพิ่มความเข้มข้นจะทำให้การหลบหนีของหนอนกระทู้ผักจะเพิ่มขึ้นด้วย ส่วนสารสกัด

Table 1 Average mortality percentage of *Spodoptera litura* by contact toxicity with plant extracts under laboratory

Treatment	Average mortality percentage at various days after spraying ± S.E.[1/]						
	1	2	3	4	5	6	7
Control	0.00 ± 0.00^{e}	0.00 ± 0.00^{e}	0.00 ± 0.00^{f}	0.00 ± 0.00^{f}	0.00 ± 0.00^{g}	0.00 ± 0.00^{g}	0.00 ± 0.00^{f}
1% of *Azadirachta indica* extract	3.33 ± 3.33^{d}	3.33 ± 3.33^{d}	6.67 ± 3.33^{e}	6.67 ± 3.33^{e}	6.67 ± 3.33^{f}	6.67 ± 3.33^{f}	6.67 ± 3.33^{e}
3% of *A. indica* extract	3.33 ± 3.33^{d}	3.33 ± 3.33^{d}	6.67 ± 6.67^{e}	6.67 ± 6.67^{e}	13.33 ± 8.82^{e}	13.33 ± 8.82^{e}	16.67 ± 6.67^{d}
5% of *A. indica* extract	3.33 ± 3.33^{d}	6.67 ± 3.33^{c}	13.33 ± 3.33^{d}	10.00 ± 0.00^{d}	16.67 ± 6.67^{d}	16.67 ± 6.67^{e}	20.00 ± 5.77^{d}
10% of *A. indica* extract	6.67 ± 3.33^{d}	6.67 ± 3.33^{c}	16.67 ± 3.33^{c}	20.00 ± 5.77^{c}	20.00 ± 5.77^{c}	20.00 ± 5.77^{d}	20.00 ± 5.77^{d}
1% of *Curcuma longa* extract	3.33 ± 3.33^{d}	3.33 ± 3.33^{d}	13.33 ± 6.67^{d}	13.33 ± 6.67^{d}	13.33 ± 6.67^{e}	16.67 ± 3.33^{e}	20.00 ± 0.00^{d}
3% of *C. longa* extract	10.00 ± 5.77^{d}	20.00 ± 0.00^{c}	30.00 ± 5.77^{c}	30.00 ± 5.77^{c}	30.00 ± 5.77^{c}	30.00 ± 5.77^{c}	30.00 ± 5.77^{c}
5% of *C. longa* extract	26.67 ± 3.33^{c}	33.33 ± 8.82^{b}	36.67 ± 6.67^{c}	36.67 ± 8.82^{c}	36.67 ± 8.82^{c}	43.33 ± 6.67^{c}	43.33 ± 6.67^{c}
10% of *C. longa* extract	70.00 ± 0.00^{a}	76.67 ± 3.33^{a}	83.33 ± 3.33^{a}	83.33 ± 3.33^{a}	83.33 ± 3.33^{a}	83.33 ± 3.33^{a}	83.33 ± 3.33^{a}
1% of *Chromolaena odorata* extract	16.67 ± 8.82^{c}	23.33 ± 8.82^{c}	23.33 ± 8.82^{c}	26.67 ± 8.82^{c}	26.67 ± 8.82^{c}	26.67 ± 8.82^{c}	26.67 ± 8.82^{c}
3% of *C. odorata* extract	16.67 ± 3.33^{c}	20.00 ± 5.77^{c}	30.00 ± 5.77^{c}	30.00 ± 5.77^{c}	30.00 ± 5.77^{c}	30.00 ± 5.77^{c}	30.00 ± 5.77^{c}
5% of *C. odorata* extract	30.00 ± 10.00^{b}	33.33 ± 13.33^{b}	33.33 ± 13.33^{c}	36.67 ± 12.02^{c}	40.0 ± 10.0^{c}	40.00 ± 10.00^{c}	43.33 ± 8.82^{c}
10% of *C. odorata* extract	43.33 ± 3.33^{b}	46.67 ± 3.33^{b}	56.67 ± 6.67^{b}	63.33 ± 6.67^{b}	63.33 ± 6.67^{b}	63.33 ± 6.67^{b}	63.33 ± 6.67^{b}

[1/]Mean within columns followed by the same letter are not significantly different at 5% by DMRT.

Table 2 Average mortality percentage of *Spodoptera litura* by oral toxicity with plant extracts under laboratory

reatment	Average mortality percentage at various days after spraying ± S.E.[1/]						
	1	2	3	4	5	6	7
Control	0.00 ± 0.00[a]	0.00 ± 0.00[a]	0.00 ± 0.00[a]	0.00 ± 0.00[b]	0.00 ± 0.00[b]	0.00 ± 0.00[b]	0.00 ± 0.00[c]
1% of *Azadirachta indica* extract	0.00 ± 0.00[a]	0.00 ± 0.00[a]	0.00 ± 0.00[a]	3.33 ± 3.33[b]	13.33 ± 3.33[b]	16.67 ± 3.33[b]	16.67 ± 3.33[c]
3% of *A. indica* extract	3.33 ± 3.33[a]	3.33 ± 3.33[a]	3.33 ± 3.33[a]	3.33 ± 3.33[b]	13.33 ± 3.33[b]	20.00 ± 5.77[b]	23.33 ± 6.67[b]
5% of *A. indica* extract	3.33 ± 3.33[a]	3.33 ± 3.33[a]	6.67 ± 6.67[a]	6.67 ± 6.67[b]	10.00 ± 10.00[b]	16.67 ± 12.02[b]	30.00 ± 15.27[b]
10% of *A. indica* extract	0.00 ± 0.00[a]	0.00 ± 0.00[a]	3.33 ± 3.33[a]	6.67 ± 3.33[b]	13.33 ± 8.82[b]	16.67 ± 3.33[b]	36.67 ± 12.02[b]
1% of *Curcuma longa* extract	0.00 ± 0.00[a]	0.00 ± 0.00[a]	3.33 ± 3.33[a]	6.67 ± 3.33[b]	10.00 ± 0.00[b]	10.00 ± 0.00[b]	10.00 ± 0.00[c]
3% of *C. longa* extract	0.00 ± 0.00[a]	3.33 ± 3.33[a]	6.67 ± 6.67[a]	6.67 ± 6.67[b]	20.00 ± 10.00[b]	20.00 ± 10.00[b]	26.67 ± 6.67[c]
5% of *C. longa* extract	3.33 ± 3.33[a]	3.33 ± 3.33[a]	3.33 ± 3.33[a]	10.00 ± 5.77[b]	20.00 ± 5.77[b]	26.67 ± 3.33[b]	30.00 ± 5.77[b]
10% of *C. longa* extract	0.00 ± 0.00[a]	0.00 ± 0.00[a]	0.00 ± 0.00[a]	3.33 ± 3.33[b]	16.67 ± 6.67[b]	30.00 ± 11.55[b]	33.33 ± 8.82[b]
1% of *Chromolaena odorata* extract	0.00 ± 0.00[a]	0.00 ± 0.00[a]	0.00 ± 0.00[a]	3.33 ± 3.33[b]	3.33 ± 3.33[b]	3.33 ± 3.33[b]	6.67 ± 3.33[c]
3% of *C. odorata* extract	0.00 ± 0.00[a]	0.00 ± 0.00[a]	0.00 ± 0.00[a]	3.33 ± 3.33[b]	13.33 ± 3.33[b]	20.00 ± 0.00[b]	20.00 ± 0.00[c]
5% of *C. odorata* extract	0.00 ± 0.00[a]	0.00 ± 0.00[a]	0.00 ± 0.00[a]	6.67 ± 6.67[b]	26.67 ± 8.82[b]	33.33 ± 8.82[a]	33.33 ± 8.82[b]
10% of *C. odorata* extract	3.33 ± 3.33[a]	6.67 ± 3.33[a]	10.00 ± 0.00[a]	20.00 ± 10.00[a]	30.00 ± 20.00[a]	33.33 ± 23.33[a]	43.33 ± 18.60[a]

[1/] Mean within columns followed by the same letter are not significantly different at 5% by DMRT.

จากขมิ้นชันและสะเดา แม้ว่าให้อัตราการตายของหนอนกระทู้ผักที่ต่ำกว่าสารสกัดจากสาบเสือ แต่ก็ยังสามารถนำมาใช้ควบคุมหนอนกระทู้ผักได้ สอดคล้องกับ วัชระ (2554) ที่รายงานว่าสารสกัดจากขมิ้นชันสามารถกำจัดหนอนกระทู้ผัก โดยมีอัตราการตาย 16.67% ที่ความเข้มข้น 20% ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ Koul *et al*. (1996) ได้อธิบายถึงสารประกอบ salannin และ nimbinene ในสะเดาว่าไม่มีผลถึงความเป็นพิษกับหนอนกระทู้ผักแต่จะมีผลในด้านการยับยั้งการรับรู้ของสารเคมี (chemoreceptor) และเป็นผลกับการยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้ผัก

ค่า LC_{50} และ LC_{90} (ความเข้มข้นของสารสกัดที่ทำแมลงตาย 50% และ 90%) ที่ 7 วัน ของสารสกัดจากใบสะเดา เท่ากับ 14.57% และ 34.31% สารสกัดจากขมิ้นชันเท่ากับ 14.78% และ 33.34% สารสกัดจากสาบเสือเท่ากับ 10.47% และ 20.90% (Table 4) สอดคล้องกับรายงานของ Tran *et al.* (2020) ที่ได้รายงานว่าสารสกัดจากใบสาบเสือ สามารถใช้กำจัดหนอนกระทู้ผักได้ โดยมีค่า LD_{50} เท่ากับ 0.57 ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง

Table 3 LC_{50}, LC_{90} and regression parameter estimates of plant extracts by contact toxicity with plant extracts under laboratory

Parameter/Treated	*Azadirachta indica* extract	*Curcuma longa* extract	*Chromolaena odorata* extract
LC_{50}	24.55	5.66	6.92
LC_{90}	49.50	11.36	18.90
Parameter estimates*			
A	-1.32	-1.28	-0.77
Slope	0.06	0.23	0.11
Coefficient of determination (R^2)	0.55	0.99	0.98

*Parameter estimates for regression line Y = A + Slope * X

Table 4 LC_{50}, LC_{90} and regression parameter estimates of plant extracts by oral toxicity with plant extracts under laboratory

Parameter/Treated	*Azadirachta indica* extract	*Curcuma longa* extract	*Chromolaena odorata* extract
LC_{50}	14.57	14.78	10.47
LC_{90}	34.31	33.34	20.90
Parameter estimates*			
A	-0.96	-1.09	-0.77
Slope	0.07	0.08	0.11
Coefficient of determination (R^2)	0.91	0.61	0.98

*Parameter estimates for regression line Y = A + Slope * X

สรุปผลการวิจัย

ผลการทดสอบพบว่าสารสกัดจากขมิ้นชันและสาบเสือที่ความเข้มข้น 10% สามารถกำจัดหนอนกระทู้ผักได้ดีกว่าสารสกัดจากสาบเสือและสะเดาที่ความเข้มข้นอื่น ๆ โดยวิธีการสัมผัส ภายในระยะเวลา 7 วัน นอกจากนี้ผลการทดสอบจากการกินของหนอนกระทู้ผักพบว่าสารสกัดหยาบจากสาบเสือที่ความเข้มข้น 10% ทำให้หนอนกระทู้ผักตายมากที่สุด อย่างไรก็ตามสารสกัดหยาบจากขมิ้นชันและสะเดายังคงพบว่าสามารถกำจัดหนอนกระทู้ผักได้ แต่จะใช้เวลานานกว่า 7 วัน โดยเฉพาะสารสกัดหยาบจากสะเดาเพราะสะเดามีฤทธิ์ในการยับยั้งการกินของหนอนกระทู้ผัก จึงทำให้ใช้ระยะเวลาที่นานกว่าตัวหนอนจะตาย แม้ว่าความเป็นพิษของสารสกัดจากพืชทั้งสามชนิดโดยวิธีการกินนั้นจะมีค่าที่ค่อนข้างต่ำ แต่หากพิจารณาถึงแนวทางการฉีดพ่นให้สัมผัสกับตัวหนอนโดยตรงก็ยังคงมีประสิทธิภาพที่ดี สามารถนำไปพัฒนาเพื่อใช้กำจัดหนอนกระทู้ผักได้เป็นอย่างดี นอกจากนั้นควรทำการศึกษาประสิทธิภาพการป้องกันกำจัดต่อแมลงศัตรูพืชชนิดอื่นต่อไป

เอกสารอ้างอิง

ฐิตินันท์ พันธ์นิกุล. 2548. อิทธิพลของสารสกัดธรรมชาติที่มีต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์สำลีอีสานและการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าวโพด. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาพืชสวน, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

มยุรา สุนย์วีระ และศจีรัตน์ กางกั้น. 2547. ผลของสารสกัดจากขมิ้นชันต่อการตายและการเจริญเติบโตของหนอนกระทู้ผัก. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 20(2): 16-21.

วัชระ ทองสุขนอก. 2554. ประสิทธิภาพและการออกฤทธิ์ในการเป็นสารกำจัดแมลงของสารสกัดจากขมิ้นชัน (*Curcuma longa* Linn.) ต่อ

หนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura* Fabricius). วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชากีฏวิทยา, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมภพ ฐิตะวสันต์. 2542. หลักการผลิตผัก ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืชและเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

อธิราช หนูสีดำ. 2550. ประสิทธิภาพของสารสกัดจากใบส้มจี้ในการควบคุมหนอนกระทู้ผัก *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อารมณ์ แสงวนิชย์. 2536. การใช้สารธรรมชาติในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช. น. 118-122. ในรายงานการสัมมนา การใช้สารสกัดจากพืชเพื่อป้องกันกำจัดศัตรูทางการเกษตร, 6-8 พฤษภาคม 2536, คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อุดมลักษณ์ อุ่นจิตต์วรรธนะ. 2540. สารออกฤทธิ์จากพืช. วารสารวัตถุมีพิษ 24(1): 33-36.

อุทัย เกตุนุติ. 2530. การเลี้ยงแมลงด้วยอาหารเทียม. ในรายงานการสัมมนาเชิงปฏิบัติการเรื่อง การควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี ครั้งที่ 2, กลุ่มงานวิจัยการปราบศัตรูพืชทางชีวภาพ กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร.

Abbott, W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. Journal of Economic Entomology. 18(2): 265-267.

Bansal, R.P., J.R. Bahl, S.N. Garg, A.A. Naqvi and S. Kumar. 2002. Differential chemical compositions of the essential oils of the shoot organs, rhizomes and rhizoids in the turmeric *Curcuma longa* grown in indograngetic plains. Pharmaceutical Biology. 40(5): 384-389.

Gadi, N. 2017. Effect of *Azadirachta indica* Extracts on oriental leafworm, *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). Chronicle of The New Researcher. 2(1): 1-5.

Hill, D.S. 1983. Agricultural insect pest of the tropics and their control. New York: Cambridge University Press.

Koul, O., J.S. Shankar and R.S. Kapil. 1996. The effect of neem allelochemicals on nutritional physiology of larval *Spodoptera litura*. Entomol Exp Appl. 79: 43-50.

Sahayaraj, K. and M.G. Paulraj. 2000. Impact of *Tridax procimbens* leaf extract on *Spodoptera litura* Fab. behavior and biometry. Insect Environment. 5(4): 149-150.

Sithisarn P., R. Supabhol and W. Gritsanapan. 2009. Antioxidant activity of Siamese neem tree (VP1209). Journal of Ethnopharmacology. 99: 109-112.

Tavares W.S, S.S Freitas, G.H. Grazziotti, L.M.L. Parente Liao and J.C. Zanuncio. 2013. Ar-turmerone from Curcuma longa (Zingiberaceae) rhizomes and effects on Sitophilus zeamais (Coleoptera: Curculionidae) and Spodoptera frugiperda (Lepidoptera:

Noctuidae). Industrial Crops and Products. 46(1): 158-16.

Tran, H.T., N. Luong and T.H. Tran. 2020. Antifeedant and larvicidal activities of leaf essential oils from *Hyptis suaveolens* (L.) Poit., *Chromoleaena odorata* (L.) R.M. King and *Lantana camara* L. against *Spodoptera litura* Fab. (Lepidoptera: Noctuidae). Science and Technology Development Journal. 3(4): 244-251.

วารสารผลิตกรรมการเกษตร JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION MJU

ว. ผลิตกรรมการเกษตร 3(1):13-23 J. Agri. Prod. 13

การทดสอบและถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตขิงปลอดโรคในสภาพไร่

Testing Disease-free Ginger Production Technology and Transferring in farm conditions

จิตอาภา จิจุบาล[1*] ไว อินต๊ะแก้ว[2] ลัดดาวัลย์ อินทร์สังข์[3] และ สนอง จรินทร[2]

Jitarpa Jijuban[1*] Wii Intrakraw[2] Laddawan Insung[3] and Sanong Jarinthorn[3]

[1] ศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ ตำบลสะเดาะพง อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ 67270

[2] ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย ตำบลป่าอ้อดอนชัย อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย 57000

[3] สถาบันวิจัยพืชสวน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[1] Phetchabun Highland Agricultural Research Center, Department of Agriculture, Thailand

[2] Chiangrai Horticultural Research Center, Department of Agriculture, Thailand

[3] Horticulture Research Institute, Department of Agriculture, Thailand

[*] Corresponding author: Jitapa55@gmail.com

(Received: 16 November, 2020; Revised: 6 April, 2021; Accepted: 9 April, 2021)

Abstract

Increasing threats of ginger from bacterial wilt: *Ralstonia solanacearum*, is impacted to ginger production. The objective of this study was to finding the integrated ginger production system that was produced high yield stability and able to replanted in the same area for farmer's well-being sustainable development. This study evaluated the integrated ginger production technology consist of soil preparation with soil fumigation was mixed with lime and urea fertilizer rate of 800:80 kg/rai or 0.5:5.0 tons/hectare (1:10 ratio). After that, the soil was applied with bioproduct from *Bacillus subtilis* BS-DOA 24 strain for controlling bacterial wilt of ginger and disease-free rhizomes seeds from tissue culture of ginger three generations (G3, G4 and G5) at Phetchabun Highland Agricultural Research Center during 2016-2020. The rhizomes seed production after planting 11 months was free from bacterial wilt disease. The number of DOA's G3 branches per rhizome (17 branches) was higher than other generation. In contrast, rhizome weight of G3 in DOA technology (433 g/rhizome) was lower than another treatment however DOA's G5

(1,409 g/rhizome) was significantly heavier than farmer's technology (910 g/rhizome). Total yield of DOA's technology in G3, G4 and G5 showed 3,248, 10,133 and 10,568 kg/rai, respectively that the yield of DOA's G5 was significantly higher than farmer method (6,725 kg/rai) or 36.36% increased. The production costs of rhizomes ginger in G3 (28,817 baht/rai) were higher than another treatment due to high - value of seeds prices in this generation. Net income of DOA's G5 showed the highest of value as 211,360 baht/rai therefore the profit (186,060 baht/rai) also was higher than farmer's technology or 41.08% profit increased then BCR showed 7.35. During 2019-2020, 19 farmers were established field demonstration by using DOA's techniques and these knowledges were transferred to 137 farmers for apply in their farming. Diseases-free rhizome seeds (9,040 kg) were planted in 20.1 rai of farmer fields at Khao Kho, Phetchabun. In summary, the disease-free ginger production was shown to increase productivity, decrease unit cost and increase net income and net profit, and BS - DOA 24 strain bioproduct was controlled bacterial wilt in all generations after replanted in the same area.

Keywords: Disease-free ginger, bacterial wilt, BS-DOA 24, *Bacillus subtilis*

บทคัดย่อ

โรคเหี่ยวจากเชื้อ *Ralstonia solanacearum* ของขิง จะแสดงอาการใบเหี่ยวม้วนจากต้นถึงปลายยอด โคนต้นและเหง้ามีลักษณะฉ่ำน้ำ เน่าเปื่อยมีกลิ่นเหม็น เมื่อผ่าหัวหรือต้นจุ่มน้ำจะมีเมือกข้นสีขุ่นขาวคล้ายน้ำนมไหลเป็นทาง อาการทั้งหมดใช้เวลา 5-7 วัน แพร่ระบาดในแปลงปลูกอย่างรวดเร็วด้วยความชื้นและน้ำ ทำความเสียหายอย่างสูงต่อการผลิตและการตลาดของขิง ทุกพื้นที่ปลูกขิงทั้งในเขตร้อนและเขตกึ่งร้อนทั่วโลก เชื้อโรคเหี่ยวจะอาศัยอยู่ทั้งในหัวพันธุ์ขิง ในพืชอาศัยตระกูลขิงและตระกูลมะเขือ อาศัยอยู่ในดินและแปลงปลูก การปลูกขิงของเกษตรกรจึงมีการย้ายพื้นที่ปลูกใหม่ทุกปีเพื่อหลีกเลี่ยงการแพร่ระบาดของโรค แหล่งปลูกขิงส่วนใหญ่อยู่ตามพื้นที่ลาดชันแนวภูเขา จึงก่อเกิดปัญหาการทำลายป่า หน้าดินถูกชะล้างพังทลาย สภาพแวดล้อมและโครงสร้างของดินเปลี่ยน ดินเสื่อมความอุดมสมบูรณ์ เกิดการตกค้างของสารเคมีเป็นพิษต่อดิน น้ำและชุมชน เกิดการดื้อยาและระบาดของโรคและแมลง จากปัญหาที่เกิดขึ้น ได้ดำเนินการวิจัยหาแนวทางการปลูกขิงปลอดโรคเหี่ยวอย่างยั่งยืนเพื่อให้เกษตรกรสามารถปลูกขิงซ้ำพื้นที่ได้ ด้วยเทคโนโลยีการผลิตขิงแบบผสมผสาน คือ การฆ่าเชื้อโรคในแปลงปลูกด้วยการหว่านปูนขาวผสมยูเรีย อัตรา 800:80 กิโลกรัม/ต่อไร่ ไถกลบนาน 1 เดือน การใช้เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus subtilis* สายพันธุ์ BS-DOA 24 และการใช้หัวพันธุ์ขิงปลอดโรคที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยปลูกซ้ำแปลงเดิมต่อเนื่อง 3 ปี และปลูกเปรียบเทียบกับการผลิตขิงของเกษตรกรที่ศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ ในปี 2559-2563 พบว่า หลังจากปลูก 11 เดือน ผลผลิตขิงทุกรุ่นปราศจาก

โรคเหี่ยว โดยหัวพันธุ์ขิงรุ่น G3 มีจำนวนแง่งต่อเหง้าเฉลี่ยมากที่สุด 17 แง่ง สูงกว่าหัวพันธุ์รุ่นอื่น ๆ มีน้ำหนักต่อเหง้าเฉลี่ยต่ำสุด 433 กรัม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับขิงทุกรุ่น ขิง G5 มีน้ำหนักต่อเหง้าเฉลี่ยมากที่สุด 1,409 กรัม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับขิงที่การผลิตขิงของเกษตรกรซึ่งมีน้ำหนักต่อเหง้าเฉลี่ย 910 กรัม หัวพันธุ์ขิงรุ่น G3, G4 และ G5 ให้ผลผลิตต่อไร่ 3,248 10,133 และ 10,568 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งขิงรุ่น G5 ที่ปลูกซ้ำแปลงเดิมปีที่ 3 ตามกรรมวิธีของกรมวิชาการเกษตรให้ผลผลิตต่อไร่สูงกว่าแปลงปลูกขิงของเกษตรกรที่ได้ผลผลิต 6,725 กิโลกรัม ผลผลิตเพิ่มขึ้นจากแปลงของเกษตรกรคิดเป็น 36.36% ต้นทุนการผลิตขิงรุ่น G3 มีต้นทุน 28,817 บาท/ไร่ สูงกว่าขิงทุกรุ่นเนื่องจากหัวพันธุ์มีราคาแพงเกษตรกรที่ปลูกขิงรุ่น G5 มีรายได้เฉลี่ย 211,360 บาท/ไร่ ส่งผลให้ได้กำไรสุทธิสูงถึง 186,060 บาท/ไร่ สูงกว่าการผลิตขิงของเกษตรกร คิดเป็น 41.08% ส่งผลให้ค่า BCR สูงสุด 7.35 ปี 2562-2563 ขยายผลและถ่ายทอดเทคโนโลยี โดยจัดทำเอกสารองค์ความรู้ แปลงต้นแบบศูนย์เรียนรู้ ขยายผลสู่แปลงต้นแบบศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร (ศพก.) เขาค้อ และวิสาหกิจชุมชนบริการองค์ความรู้และศึกษาดูงานในแปลงปลูกแก่เกษตรกร 137 ราย พร้อมทั้งสนับสนุนปัจจัยการผลิต หัวพันธุ์ขิงปลอดโรครุ่น G4 และ G5 น้ำหนัก 9,040 กิโลกรัม ปลูกในพื้นที่ 20.1 ไร่ ของเกษตรกรอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ การผลิตขิงโดยใช้หัวพันธุ์ปลอดโรคร่วมกับการจัดการดิน และการใช้ BS-DOA 24 จะทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ปลอดโรค ปลูกซ้ำได้ในพื้นที่เดิม ส่งผลให้เกษตรกรลดต้นทุน และมีรายได้เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: ขิงปลอดโรค โรคเหี่ยวเขียว BS-DOA 24 แบคทีเรียปฏิปักษ์

คำนำ

ขิง (*Zingiber officinale*) เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว อยู่ในวงศ์ Zingiberaceae (Shoaib *et al*., 2016) แหล่งปลูกขิงที่สำคัญในประเทศไทยอยู่เขตพื้นที่สูงภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ระหว่างปี 2559-2561 มีพื้นที่ปลูกขิงเฉลี่ย 6,486 ไร่ ผลผลิตรวมเฉลี่ย 24,491 ตัน ส่วนใหญ่ส่งออกไปยังต่างประเทศ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) การผลิตขิงในประเทศไทย นิยมปลูกโดยใช้ท่อนพันธุ์ (Jayashree *et al*., 2015) เก็บเกี่ยวผลผลิตได้เมื่อขิงอ่อนอายุ 3 เดือนขึ้นไปจนถึงขิงแก่อายุ 12 เดือน (สนอง และคณะ, 2558) ปัญหาที่พบคือการระบาดของโรคเหี่ยวในขิง ที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Ralstonia solanacearum* (Hayward, 1991) โดยเชื้อสาเหตุโรคสามารถเข้าสู่พืชได้เมื่อเกิดบาดแผล หรืออาจมีการเข้าภายในพืชได้ตามช่องเปิดธรรมชาติของพืช (Meng, 2013) มักมีการระบาดอย่างรวดเร็ว โดยใช้เวลา 5-7 วัน ในการเกิดโรคทั่วทั้งแปลงปลูก (Raghu, 2011) เชื้อนี้สามารถติดไปกับหัวพันธุ์ (rhizome borne) และอาศัยอยู่ในดินได้เป็นเวลานานเป็นแหล่งของเชื้อที่สำคัญ ทำให้เกิดการระบาดในแปลงปลูก โดยเฉพาะเมื่อมีฝนตกหรือมีการให้น้ำแบบปล่อยในร่อง (Nelson, 2013) โดยเชื้อจะเข้าไปอุดตันในท่อลำเลียงน้ำ ทำให้ต้นขิงที่เป็นโรคแสดงอาการใบเหลืองม้วนงอเหี่ยว (White *et al*., 2013) เกิดการระบาดทั่วแปลงสร้างความเสียหายต่อผลผลิตมากกว่า 50% (Yu *et al*., 2003) การปลูกขิง

หนีโรคเหี่ยวของเกษตรกรคือย้ายพื้นที่ปลูกใหม่ทุกปี และใช้หัวพันธุ์ขิงจากแหล่งอื่น ซึ่งไม่สามารถป้องกันโรคเหี่ยวขิงได้ 100 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากสาเหตุของโรคเกิดจากหลายปัจจัย (จิตอาภา, 2563)

การทดสอบเทคโนโลยีการผลิตขิงแบบผสมผสานในสภาพไร่ ตามขั้นตอนการปฏิบัติของกรมวิชาการเกษตร ตั้งแต่ขั้นตอนก่อนการปลูกพืชจนถึงการเก็บเกี่ยว ได้แก่ การใช้หัวพันธุ์ขิงปลอดโรค การทำลายเชื้อในดิน และการใช้เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ (จิตอาภา, 2563) โดยใช้หัวพันธุ์ขิงที่ปลอดเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (Kirdmanee *et al.,* 2004) และการปลูกพืชในดินที่ปลอดเชื้อ การอบฆ่าเชื้อในดิน การจัดการดินด้วยการใช้ยูเรีย และปูนขาว เพื่อลดจำนวนเชื้อแบคทีเรีย (White *et al*., 2013) ร่วมกับการใช้เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus subtilis* BS-DOA 24 ที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคเหี่ยวในขิง (ณัฏฐิมา และคณะ, 2547) โดยคลุกหัวพันธุ์ด้วยเชื้อแบคทีเรีย BS-DOA 24 และราดแปลงปลูกในอัตรา 40 กรัม/น้ำ 20 ลิตร ทุกเดือนอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 4 เดือน ขุดต้นที่เป็นโรคออกจากแปลง โรยด้วยปูนขาวผสมยูเรียในอัตราส่วน 800:80 กิโลกรัม/ไร่ เพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันโรคเหี่ยวขิงในแปลงปลูกได้ (ณัฏฐิมา และคณะ, 2551) การใช้หัวพันธุ์ขิงปลอดโรค มีความสำคัญอย่างยิ่งในระบบการผลิตขิงแบบผสมผสาน จึงได้ดำเนินการผลิตหัวพันธุ์ขิงปลอดโรคจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อรุ่น G1 และ G2 ในปี 2557-2558 (ไว และคณะ, 2562) แต่หัวพันธุ์ที่ได้มีขนาดเล็ก ต้นทุนการผลิตยังมีราคาสูง การจะถ่ายทอดให้เกษตรกรนำไปปลูกจะต้องใช้หัวพันธุ์ปริมาณมาก (ลัดดาวัลย์ และคณะ, 2558) จึงนำเทคโนโลยีดังกล่าวมาปรับใช้ในการผลิตขิงปลอดโรค G3-G5 ในแปลงปลูกเดิมต่อเนื่อง 3 ปี เพื่อให้ได้หัวพันธุ์ขิงปลอดโรคและเทคโนโลยีการผลิตที่เหมาะสำหรับปลูกในสภาพไร่ คือการเตรียมดินโดยใช้ปูนขาวผสมยูเรียต่อไร่ในอัตรา 800:80 กิโลกรัม และการใช้เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ BS-DOA 24 ช่วยลดความเสียหายของผลผลิต ลดต้นทุน ขิงมีคุณภาพดี มีมาตรฐานตรงตามความต้องการของตลาด สามารถปลูกซ้ำพื้นที่เดิมได้ ลดความเสี่ยงจากการย้ายพื้นที่ปลูก มีความสะดวกในการจัดการแปลง มีความเป็นอยู่อย่างยั่งยืน ทั้งด้านคุณภาพชีวิตและสภาพแวดล้อม

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

หัวพันธุ์ขิงปลอดโรคจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อรุ่น G3 G4 G5 หัวพันธุ์ขิงจากแปลงเกษตรกร วัสดุการเกษตร ได้แก่ ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ ปูนขาว สารเคมีป้องกันกำจัดโรคและแมลง เชื้อแบคทีเรีย BS-DOA 24 ภาชนะบรรจุ เครื่องมือปลูก ตลับเมตร เครื่องชั่งน้ำหนัก เครื่องมือเก็บข้อมูล

วิธีการดำเนินการ

การผลิตขิงปลอดโรคในสภาพไร่

ทดสอบสมมุติฐาน เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มคือ เทคโนโลยีการผลิตขิงแบบผสมผสานของกรมวิชาการเกษตร เปรียบเทียบกับวิธีการผลิตขิงของเกษตรกร แบบ Independent t-test โดยมีการดำเนินงานที่แตกต่างกัน ดังนี้

วิธีการใช้เทคโนโลยีการผลิตขิงแบบผสมผสานของกรมวิชาการเกษตร โดยการใช้หัวพันธุ์ ขิงปลอดโรครุ่น G3, G4 และ G5 เตรียมแปลงปลูก โดยการอบดินด้วยปูนขาวผสมยูเรียในอัตรา 800:80 กิโลกรัมต่อไร่ ไถกลบนาน 1 เดือน และใช้เชื้อ

แบคทีเรียปฏิปักษ์ BS-DOA 24 ในการปลูกและระหว่างขิงเจริญเติบโต

วิธีการปลูกของเกษตรกร โดยใช้พันธุ์ขิงแปลงปลูกใหม่จากการปลูกรุ่นต่อรุ่น เตรียมแปลงปลูกในพื้นที่ใหม่ ที่ไม่มีการปลูกขิงมาก่อน และ ไม่ใช้เชื้อ BS-DOA 24 ในการปลูกและระหว่างขิงเจริญเติบโต

การบันทึกข้อมูล

เปอร์เซ็นต์การงอก เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค คุณภาพของหัวพันธุ์ขิง จำนวนแง่งต่อกอ น้ำหนักต่อกอ ผลผลิตต่อไร่ ต้นทุนการผลิต ผลตอบแทน การถ่ายทอดเทคโนโลยี

ระยะเวลาและสถานที่

เดือนตุลาคม 2558 ถึง กันยายน 2563 ดำเนินการทดลองในพื้นที่ศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การทดสอบเทคโนโลยีการผลิตขิงปลอดโรค G3 G4 และ G5 ในสภาพไร่

คุณภาพของหัวพันธุ์

ลักษณะหัวพันธุ์ขิง G3 G4 และ G5 และขิงจากวิธีการผลิตของเกษตรกร มีความสมบูรณ์ ผิวมัน เนื้อแน่น ตาเต่ง ไม่มีร่องรอยการทำลายของโรคและแมลง ไม่พบการระบาดของโรคเหี่ยวจากเชื้อ *R. Solanacearum*

เปอร์เซ็นต์การงอก

ด้านเปอร์เซ็นต์การงอกของขิงหลังปลูกได้ 2 เดือน พบว่า ขิงรุ่น G3 G4 G5 และขิงปลูกตามวิธีของเกษตรกร มีเปอร์เซ็นต์การงอกและมีอัตราการงอกเพิ่มสูงขึ้นในแต่ละรุ่น โดยผลผลิตขิงตามเทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรในรุ่น G3 มีอัตราการงอกของตา 92 เปอร์เซ็นต์ รุ่น G4 มี 97 เปอร์เซ็นต์ และรุ่น G5 มี 99 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกับขิงของเกษตรกร (98 เปอร์เซ็นต์) การเริ่มงอกของตาเกิดขึ้นจากกระบวนการหายใจและการสูญเสียความชุ่มชื้นอย่างรวดเร็ว (Hayward, 1991) ขิงเป็นพืชวันสั้น ช่วงระยะแรกของการเจริญเติบโตต้องการช่วงแสงยาวเพื่อช่วยในการเจริญของลำต้น หลังจากนั้นต้องการช่วงแสงสั้นเพื่อชักนำให้มีการเจริญเติบโตของหัวใต้ดิน (Smith and Hamill, 1996) อุณหภูมิของดินที่มีความเหมาะสมต่อการงอกอยู่ระหว่าง 25-26 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตคือ 27.5 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิที่สูงกว่า 32 องศาเซลเซียส อาจเป็นสาเหตุทำให้ขิงเกิดอาการใบไหม้ นอกจากนี้อุณหภูมิต่ำอาจทำให้เกิดการพักตัวของหัวพันธุ์ และการเจริญของหัวใต้ดินที่เหมาะสมควรได้รับแสงในช่วงระยะเวลา 10-16 ชั่วโมง (Fikre and Kifle, 2013)

เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค

ด้านเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคขิง G3 G4 และ G5 ที่ใช้เทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรและขิงปลูกตามกรรมวิธีเกษตรกร ไม่มีอาการเกิดโรคเหี่ยวจากเชื้อแบคทีเรีย *R. solanacearum* และไม่พบเชื้อสาเหตุในดิน จากการเก็บตัวอย่างพืชและดินส่งวิเคราะห์เชื้อสาเหตุที่หน่วยงานวิจัยแบคทีเรียกลุ่มโรคพืช สำนักวิจัยและพัฒนาการอารักขาพืช

ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

จำนวนแง่งต่อเหง้า

จำนวนแง่งต่อเหง้าขิงเริ่มลดลงในการปลูกแต่ละรุ่น โดยเริ่มตั้งแต่รุ่นที่ 3 ที่มีขนาดเล็ก และ

เริ่มขนาดใหญ่มากขึ้นในรุ่นที่ 5 จำนวนแง่งต่อเหง้าขิง G3 มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 17 แง่ง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับขิง G4 ที่มีจำนวนแง่งเท่ากับ 12 แง่ง และขิง G4 มีจำนวนแง่งมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับขิง G5 ที่มีจำนวนแง่งเฉลี่ยเท่ากับ 7 แง่ง แต่เมื่อเปรียบเทียบจำนวนแง่งในรุ่นที่ 5 ที่ใช้เทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตร (7 แง่งต่อเหง้า) น้อยกว่าขิงของเกษตรกร (9 แง่งต่อเหง้า) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ขนาดของเหง้าที่ได้จากการใช้เทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตร จะมีขนาดใหญ่กว่าวิธีการผลิตขิงของเกษตรกร ซึ่งผลการทดลองมีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Thaveechai *et al*. (1997) ที่แสดงให้เห็นว่าหัวพันธุ์ขิงที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมีการผลิตกอและแง่งได้ในจำนวนที่มากกว่า (Table 1)

Table 1 The total yield and yield components of DOA's technology (G3 G4 and G5 rhizome seed) were compared with farmer's technology in ginger production during 2016-2019.

Yield and Yield Components	DOA's Technology			Farmer's Technology	P-value
	G3	G4	G5	G5	
Sprout germination (%)	92	97	99	98	-
sprouts/rhizome	17	12	7	9	0.055^{ns}
Rhizome weight (g/rhizome)	433	1,351	1,409	910	0.002*
Yield (kg/rai)	3,248	10,133	10,568	6,725	-

Remarks: Means followed by the same letter with in a column are not significantly different at 5% level of significance by independent T-test method.

น้ำหนักต่อเหง้า

น้ำหนักของเหง้าขิงที่ใช้เทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรในรุ่น G3 รุ่น G4 และรุ่นที่ 5 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นในแต่ละรุ่น ซึ่งขิงรุ่น G4 มีน้ำหนักต่อเหง้าเฉลี่ย 1,351 กรัม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับขิงรุ่น G3 ที่มีน้ำหนักเหง้าเฉลี่ย 433 กรัม และไม่แตกต่างทางสถิติกับขิงรุ่น G5 ที่มีน้ำหนักต่อเหง้าเฉลี่ยมากที่สุด 1,409 กรัม และขิงรุ่น G5 มีน้ำหนักต่อเหง้าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับขิงของเกษตรกร ซึ่งมีน้ำหนักต่อเหง้าเฉลี่ย 910 กรัม (Table 1) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า *B. subtilis* ช่วยป้องกันโรคและเพิ่มผลผลิตของขิง เช่นเดียวกับการใช้จุลินทรีย์สามชนิด ได้แก่ *B. subtilis, Trichoderma album* และ *Trichoderma hamatum* มีผลในการเพิ่มน้ำหนักของหัวมันฝรั่ง (Abd – El-Khair and Self El-Nasr HI, 2011) นอกจากนี้ขิงรุ่น G3 มีจำนวนแง่งต่อเหง้ามากกว่าขิงรุ่น G4 เมื่อเทียบสัดส่วนจำนวนแง่งต่อ

น้ำหนัก พบว่าแต่ละแง่งมีน้ำหนักน้อยกว่าขิงรุ่น G4 ที่มีจำนวนแง่งน้อยกว่าแต่น้ำหนักต่อเหง้ามากกว่า ขิงรุ่น G5 มีจำนวนแง่งขิงน้อยกว่าขิงรุ่น G4 มีน้ำหนักต่อเหง้ามากกว่าและไม่แตกต่างกันทางสถิติกับขิงรุ่น G4 แต่มีน้ำหนักต่อเหง้ามากกว่าและแตกต่างกันทางสถิติกับขิงที่ปลูกวิธีของเกษตรกร

ผลผลิตต่อไร่

ผลผลิตรวมต่อไร่ของขิงในรุ่น G5 ที่ใช้เทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตร (10,568 กิโลกรัมต่อไร่) ให้ผลผลิตได้มากกว่าในรุ่น G4 (10,133 กิโลกรัมต่อไร่) และรุ่น G3 (3,248 กิโลกรัมต่อไร่) ตามลำดับ (Table 1) และให้ผลผลิตมากกว่าขิงของเกษตรกร (6,725 กิโลกรัมต่อไร่) ซึ่งผลผลิตขิงรุ่น G4 มีอัตราการเพิ่มขึ้นของผลผลิตเมื่อเปรียบเทียบกับขิงรุ่น G3 เท่ากับ 67.95 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับขิงของเกษตรกร 32.65 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตขิงต่อไร่ที่ปลูกซ้ำแปลงเดิมในปีที่ 3 หรือรุ่น G5 เพิ่มขึ้น 4.12 เปอร์เซ็นต์ รุ่น G4 เพิ่มขึ้น 69.27 เปอร์เซ็นต์ และรุ่น G3 เพิ่มขึ้น 35.42 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่า แบคทีเรีย *B. subtilis* เป็นจุลินทรีย์มีคุณสมบัติในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช โดยยับยั้งการเกิดโรคของเชื้อก่อโรคเหี่ยว และช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตในการเก็บเกี่ยว (Hashem *et al*., 2019) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kositcharoenkul *et al*. (2014) รายงานว่าการใช้สารชีวภัณฑ์ BS-DOA 24 ช่วยให้ผลผลิตขิงเพิ่มมากกว่า 4,288.03 กิโลกรัมต่อไร่ นอกจากนี้ Wang *et al*. (2019) ประยุกต์ใช้ผลิตภัณฑ์จากจุลินทรีย์สายพันธุ์ *B. subtilis* ที่อยู่บริเวณดินรอบรากของต้นมันฝรั่ง ช่วยส่งเสริมการเพิ่มผลผลิตในหัวมันฝรั่งได้

ต้นทุนและผลตอบแทนการผลิตขิง

ต้นทุนหลักในการปลูกขิง ได้แก่ ค่าหัวพันธุ์ ค่า BS-DOA 24 ค่าแรงงาน โดยต้นทุนรวมต่อไร่มีมูลค่าสูงสุดในแปลงเกษตรกรที่ใช้เทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรรุ่น G3 (28,817 บาทต่อไร่) รองลงมา ได้แก่ รุ่น G4 (25,425 บาทต่อไร่) รุ่น G5 (25,300 บาทต่อไร่) และการผลิตขิงด้วยวิธีของเกษตรกร (24,875 บาทต่อไร่) ตามลำดับ (Table 2) เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตขิงแต่ละรุ่นที่ลดลง ซึ่งสัมพันธ์กับราคาค่าหัวพันธุ์และสัดส่วนผลผลิตที่เพิ่มขึ้น พบว่า ขิงรุ่น G4 มีต้นทุนต่ำกว่ารุ่น G3 เท่ากับ 12 เปอร์เซ็นต์ และขิงรุ่น G5 มีต้นทุนต่ำกว่าขิงรุ่น G4 และขิงที่ปลูกด้วยเทคโนโลยีของเกษตรกร เท่ากับ 1 เปอร์เซ็นต์ และ 2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาเฉพาะต้นทุนหัวพันธุ์ขิง พบว่าต้นทุนหัวพันธุ์ขิงของเกษตรกร (10,108 บาทต่อไร่) มีต้นทุนสูงกว่าเทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรในรุ่น G3 (6,156 บาทต่อไร่), รุ่น G5 (2,128 บาทต่อไร่) และรุ่น G4 (1,748 บาทต่อไร่) ตามลำดับ นอกจากนี้การใช้เทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรด้วยการใช้ BS-DOA 24 ควบคุมโรคเหี่ยวเขียวในขิง เป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิตขิงในแต่ละรุ่น แต่ทำให้ปริมาณผลผลิตขิงเพิ่มขึ้น ทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้นและทำให้มีกำไรเพิ่มมากขึ้น

รายได้รวมต่อไร่ เทียบกับราคากลาง 20 บาทต่อกิโลกรัม พบว่าขิงรุ่น G3 มีรายได้รวมเท่ากับ 64,696 บาท รุ่น G4 เท่ากับ 202,660 บาท รุ่น G5 เท่ากับ 211,360 บาท และรายได้วิธีการผลิตขิงของเกษตรกรเท่ากับ 134,500 บาท เมื่อหักต้นทุนด้านการผลิต พบว่าขิงรุ่น G3 G4 G5 และการผลิตขิงของเกษตรกร มีกำไรสุทธิต่อไร่เท่ากับ 36,143 177,235 186,060 และ 109,625 บาท ตามลำดับ

และมีอัตราส่วนผลตอบแทนต่อการลงทุน (BCR) เท่ากับ 1.25 6.97 7.35 และ 4.41 (Table 2) โดยรายได้และผลตอบแทนสุทธิต่อไร่ของการผลิตขิงในรุ่น G5 ก่อให้เกิดรายได้สูงสุด (211,360 บาทต่อไร่) และสูงกว่าการผลิตขิงของเกษตรกร (134,500 บาทต่อไร่) เพราะผลผลิตขิงที่เพิ่มขึ้นและต้นทุนค่าหัวพันธุ์ที่ลดลง ทำให้ได้กำไรสุทธิได้มากที่สุด (186,060 บาทต่อไร่) ทำให้มีกำไรสุทธิมากกว่าขิงรุ่น G3 (80.57 เปอร์เซ็นต์) G4 (4.74 เปอร์เซ็นต์) และขิงของเกษตรกร (41.08 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับ NdaNmadu (2013) แสดงให้เห็นว่าต้นทุนส่วนใหญ่ของการปลูกขิง ได้แก่ ต้นทุนแรงงาน หัวพันธุ์ ปุ๋ย มีความเกี่ยวข้องอย่างมีนัยสำคัญ ต่อผลลัพธ์ที่ได้พบว่าเกษตรกรที่ใช้เทคโนโลยีปลูกขิงแบบผสมผสานมีผลผลิตเพิ่มขึ้น 18.55 เปอร์เซ็นต์ ต้นทุนส่วนใหญ่จะเป็นค่าแรงงาน (50.57 เปอร์เซ็นต์) และต้นทุนหัวพันธุ์ (30.38 เปอร์เซ็นต์) (Ewuziem and Onyenobi, 2012)

Table 2 The production cost of DOA's technology (G3, G4, and G5 rhizome seed) were compared with farmer's technology in ginger productions during 2016-2019.

Item	DOA's Technology			Farmer's Technology
	G3	G4	G5	G5
Ginger rhizome seed (Baht/rai)	6,156	1,748	2,128	10,108
Material cost (Baht/rai)	13,461	14,477	13,972	9,967
Bacillus subtilis (Baht/rai)	4,400	4,400	4400	-
Labor cost (Baht/rai)	4,800	4,800	4,800	4,800
Total costs (Baht/rai)	28,817	25,425	25,300	24,875
Income (Baht/rai)	64,960	202,660	211,360	134,500
Profit (Baht/rai)	36,143	177,235	186,060	109,625
BCR	1.25	6.97	7.35	4.41

Remarks: DOA's technology = cultivate management, bioproduct from *Bacillus subtilis* BS-DOA 24 strain and disease

การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่เกษตรกร

หลังสิ้นสุดการดำเนินงานมีการถ่ายทอดเทคโนโลยี โดยผ่านกิจกรรมต่าง ๆ ได้แก่ การฝึกอบรม (จำนวน 100 ราย) การพาไปศึกษาดูงาน (จำนวน 37 ราย) และการจัดทำแปลงต้นแบบ ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีพบว่า หลังจากการสิ้นสุดการอบรม เกษตรกรที่เข้ารับการอบรมมีความรู้เรื่องการปลูกขิงซ้ำพื้นที่เพิ่มขึ้นจาก ร้อยละ 25 เป็นร้อยละ 80

จากการศึกษาดูงาน ทำให้เกษตรกรเข้าใจวิธีการจัดการโรคเหี่ยวขิงมากขึ้น ทำให้มีร้อยละการเกิดโรคเหลือร้อยละ 1-5 จากเดิมที่เป็นโรคร้อยละ 50 และแปลงต้นแบบมีผลผลิตเพิ่มขึ้นจาก 4,000 กิโลกรัมต่อไร่ เป็น 8,000 กิโลกรัมต่อไร่

มีรายได้เพิ่มขึ้นในปีที่ 1 เท่ากับ 120,000 บาทต่อไร่ และปีที่ 2 เท่ากับ 61,460 บาทต่อไร่

สรุปผลการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อแก้ไขปัญหาแก่เกษตรกรผู้ปลูกขิงที่ประสบปัญหาการระบาดของโรคเหี่ยว ทำให้ไม่สามารถปลูกซ้ำพื้นที่เดิมได้ ต้องย้ายพื้นที่ปลูกใหม่ทุกปี การใช้เทคโนโลยีการผลิตขิงแบบผสมผสานช่วยแก้ไขปัญหาการระบาดของโรคเหี่ยวขิงและสามารถปลูกซ้ำได้ในพื้นที่เดิมได้ ด้วยวิธีการจัดการแปลงปลูก คืออบดินด้วยปูนขาวผสมยูเรียอัตรา 800:80 กิโลกรัมต่อไร่ การใช้เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus subtilis* BS-DOA 24 และการใช้หัวพันธุ์ขิงปลอดโรคที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ปลูกในแปลงเดิมจนได้รุ่น G3 G4 และ G5 ปลูกเปรียบเทียบกับวิธีการผลิตขิงของเกษตรกรที่ศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ ปี 2558-2563 พบว่า การใช้เทคโนโลยีการปลูกแบบผสมผสานสามารถปลูกขิงซ้ำพื้นที่ต่อเนื่อง 5 ปี โดยผลผลิตขิงทุกรุ่นหลังจากปลูก 11 เดือน มีคุณภาพปราศจากโรคเหี่ยว การปลูกโดยใช้หัวพันธุ์ขิงรุ่น G4 และ G5 จะให้ผลผลิตต่อไร่ 10,133 และ 10,568 กิโลกรัม สูงกว่าแปลงปลูกขิงของเกษตรกรที่ได้ผลผลิต 6,725 กิโลกรัม และมีรายได้เพิ่มสูงกว่ากรรมวิธีเกษตรกร โดยขิงรุ่น G5 มีรายได้เฉลี่ย 211,360 บาทต่อไร่ ส่งผลให้ได้กำไรสุทธิสูงถึง 186,060 บาทต่อไร่ สูงกว่าการปลูกตามกรรมวิธีเกษตรกร คิดเป็น 41.08 เปอร์เซ็นต์

ดังนั้น การปลูกขิงตามขั้นตอนนี้สามารถปลูกซ้ำในพื้นที่เดิม หรือปรับใช้วิธีการโดยปลูกสลับหมุนเวียนกับพืชชนิดอื่น ปีต่อปีในพื้นที่เดิม เป็นแนวทางช่วยให้เกษตรกรมีความสะดวกในการดำเนินกิจกรรมในแปลงปลูก คาดว่าผลที่ได้รับจะได้ตรงตามเป้าหมายที่วางไว้ คือ เกษตรกรสามารถผลิตขิงที่มีคุณภาพในพื้นที่เดิมโดยปราศจากโรคเหี่ยวได้ ช่วยลดพื้นที่การปลูกขิงในพื้นที่ใหม่ ได้มากกว่า 2,000 ไร่ ช่วยให้เกษตรกรมีความสะดวกในการจัดการแปลงปลูก ลดต้นทุน ลดความเสี่ยงจากความสูญเสียจากการเกิดโรคขิง มีผลผลิตและรายได้เพิ่ม รวมถึงได้ช่วยฟื้นคืนสภาพแวดล้อมบนพื้นที่สูงให้มีความยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

จิตอาภา จิจุบาล. 2563. ปลูกขิงซ้ำพื้นที่เดิม. หนังสือพิมพ์กสิกร. 93(5): 65-73.

ณัฏฐิมา โฆษิตเจริญกุล รัศมี ฐิติเกียรติพงศ์ และบุษราคัม อุดมศักดิ์. 2551. พัฒนาสูตรสำเร็จแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* ควบคุมโรคเหี่ยวในขิง. รายงานผลการวิจัยประจำปี 2551. กลุ่มวิจัยโรคพืช, สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช.

ณัฏฐิมา โฆษิตเจริญกุล วงศ์ บุญสืบสกุล อรพรรณ วิเศษสังข์ และทัศนาพร ทัศคร. 2547. การศึกษาการใช้ประโยชน์จากเชื้อ *Bacillus* spp. ในการควบคุมโรคเหี่ยวของขิงและมะเขือเทศ. น. 115-126 ในรายงานผลการวิจัยประจำปี 2547. กลุ่มวิจัยโรคพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร.

ลัดดาวัลย์ อินทร์สังข์ บูรณี พั่ววงษ์แพทย์ จิตอาภา ชมเชย ศศิธร วรปิติรังสี สนอง จรินทร ไว อินต๊ะแก้ว เสาวลักษณ์ บันเทิงสุข พรอนันต์ แข็งขัน สุรชาติ คูอาริยะกุล วิมล แก้วสีดา ทัศนีย์ ดวงแย้ม ณัฏฐิมา โฆษิตเจริญกุล และสุภา สุขโชคกุศล. 2558. รายงานโครงการวิจัยการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตขิงคุณภาพ. แหล่งข้อมูล http://www.doa.

go.th/research/attachment.php?aid=2152. (5 เมษายน 2563).

ไว อินต๊ะแก้ว ณัฏฐิมา โฆษิตเจริญกุล จิตอาภา จิจุบาล ศิริลักษณ์ พุทธวงค์ ทิพย์ดรุณี สิทธินาม สนอง จรินทร และลัดดาวัลย์ อินทร์สังข์. 2562. โครงการวิจัยพันธุ์และเทคโนโลยีการผลิตขิงคุณภาพ. รายงานโครงการวิจัยเรื่องเต็ม. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร.

สนอง จรินทร ทัศนีย์ ดวงแย้ม บูรณีย์ พั่ววงษ์แพทย์ และลัดดาวัลย์ อินทร์สังข์. 2558. การศึกษาระยะปลูกของขิงจากต้นกล้าและหัวพันธุ์ขิงปลอดโรคเพื่อผลิตหัวพันธุ์ขิง (mini rhizome) และขิงปลอดโรค (G0) ในสภาพโรงเรือน. แหล่งข้อมูล http://www.doa.go.th/hort/wp-cntent/uploads/201911 (29 กันยายน 2563).

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. สถิติการส่งออก (Export) ขิงแห้งและขิงสด: ปริมาณและมูลค่าการส่งออกรายเดือน. แหล่งข้อมูล http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/ export_result.php. (29 กันยายน 2563).

Abd-El-Khair, H. and H.I. Self El-Nasr. 2011. Applications of *Bacillus subtilis* and *Trichoderma* spp. for controlling the potato brown rot in field. Arch PhytopatholPflanzenschutz 45(1): 1-15.

Ewuziem, J.E. and V.O. Onyenobi. 2012. Cost and return analysis of ginger production in the Guinea Savannah of Nigeria. J. Trop. Agric. Food. Sci. 10(2): 26-36.

Fikre, T. and A. Kifle. 2013. Ginger (*Zingiber Oficinale*Rosec.): Production, postharvest handling, processing and marketing-a comprehensive extension package manual. FARM AFRICA, Ethiopia Country Office.

Hashem, A., B. Tabassum and E. Fathi Abd Alldh. 2019. *Bacillus subtilis*: a plant-growth promoting rhizobacterium that also impacts biotic stress. Saudi. J. Biol. Sci. 26: 1291-1297.

Hayward, A.C. 1991. Biology and epidemiology of bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*. Ann. Rev. of Phytopathology 29: 65-87.

Jayashree, E., K. Kandiannan, D. Prasath, P. Rashid, B. Sasikumar, C.M.K. Senthil, V. Srinivasan, R.B. Suseela and C.K. Thankamani. 2015. Ginger. ICAR-Indian Institute of Spices Research, Kozhikode, Kerala, India.

Kirdmanee, C., K. Mosaleeyanon and M. Tanticharoen. 2004. A Novel approach of bacteria-free rhizome production of ginger through biotechnology. Acta Hortic. 629: 457-461.

Kositcharoenkul, N., B. Puawongphat, T. Kanhayart and R. Tongkreng. 2014. Development of bioproduct of *Bacillus subtilis* BS-DOA 24 strain for controlling bacterial wilt of ginger. In Annual Report of Plant Protection Research and Development Office, Department

of Agriculture in 2004. Thai Agric. 32(3): 234-251.

Meng, F. 2013. *Ralstonia Solanacearum* species complex and bacterial wilt disease. J. Bacteriol. Parasitol. 4: 2.

NdaNmadu, J. 2013. Efficiency of ginger production in selected local government areas of Kaduna State, Nigeria. IJFAEC 1(2): 39-52.

Nelson, S. 2013. Bacterial wilt of edible ginger in Hawaii. Plant Disease. Department of Plant and Environmental Protection Sciences.

Raghu, S. 2011. Studies on management of rhizome wilt of ginger with special reference to *Ralstonia solanacearum* (E.F. Smith) Yabuuchi *et al*. Master of Science (Agriculture) in Plant Pathology. University of Agricultural Sciences, Dharwad, Karnataka, India.

Shoaib, M., A. Shehzad, M.S. Butt, M. Saeed, H. Raza, S. Niazi, I.M. Khan and A. Shakeel. 2016. An overview: ginger, a treamendous herb. J. glob. innov. agric. soc. sci. 4(4): 172-187.

Smith, M.K. and S.D. Hamill. 1996. Field evaluation of micropropagated and conventionally propagated ginger in subtropical Queensland. Aust J Exp Agric 36: 347-354.

Thaveechai, N., O. Sahavacharin, C. Sagwansupyalorn and P. Rama Raj. 1997. Effect of planting material on growth and seed rhizome yield of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). Kasetsart Journal (Natural Sciences) (Thailand) 31(4): 445-451.

Wang, Z, Y. Li, L. Zhuang, Y. Yu, J. Liu, Z. Lixia, G. Zhenjiang, W. Yufeng, G. Wa, D. Guo-chun and W. Qi. 2019. A Rhizosphere-derived consortium of *Bacillus subtilis* and *Trichoderma harzianum* suppresses common scab of potato and increases yield. Comput. Struct. Biotechnol. J 17: 645-653.

White, F., S. Motomura, S. Miyasaka and B.A. Kratky. 2013. A Simplified method of multiplying bacterial wilt-free edible ginger (*Zingiber officinale*) in pots. Plant Disease. College of Tropocal Agriculture and Human Resource. University of Hawai au Manoa.

Yu, Q., A.M. Alvarez, P.H. Moore, F. Zee, M.S. Kim, A. de Silva, P.R. Hepperly and R. Ming. 2003. Molecular diversity of *Ralstonia solanacearum* isolated from ginger in Hawaii. Phytopathology 93(9): 1124-1130.

การประเมินปาล์มน้ำมันพันธุ์การค้าในพื้นที่จังหวัดพัทลุง

Assessment of Commercial Oil Palm Varies (*Elaeis guineensis* Jacq.) in Phatthalung Province

ธนนต์ รุ่งนิลรัตน์[1*] ธีรภาพ แก้วประดับ[1] พรเลิศ เทพบุตร[1] และ ธีรพล ฆังคมณี[1]

Tanon Rungninrut[1*] Theerapap Kaewpradab1[1] Ponloet Theppabud[1] and Teerapol Kangkamanee[1]

[1] ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112

[1] Department of Plant Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University Thailand, 90112

[*] Corresponding author: rungninrut.t@gmail.com

(Received: 16 November, 2020; Revised: 17 March, 2021; Accepted: 1 April, 2021)

Abstract

This research was studied at Tha Chiat Research Station, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Phatthalung Province. The experiment was carried out from February 2018 - February 2019, studied in the commercial oil palm tenera 8 varieties, 8 years of age, including; UT PR S7 S2 GT CP PU1 and CR. The experimental method was Randomized complete block design (RCBD), Growth and number of bunches data were collected from 4 replications/ varieties, 3 plants/replications and collected every 3 months for 1 year. Average bunch weight, bunch components and oil yield data were collected from 3 bunches/replications/year. The analysis of variance of Physical and chemical properties of soil levels was found to be low, analysis of characteristic variance found that UT oil palm is best grown with rachis length, S2 oil palm is best grown with leaflet number and petiole width, CR oil palm is best grown with plant height. The characteristics of the fresh fruit bunch, yield component, bunch component and oil yield were found that the oil palm variety of PU1 had fresh fruit bunch, average bunch weight and oil yield was the highest out of all 8 varieties. It was found that the UT varieties had the highest

of number of bunch. PR varieties had the highest of %wet mesocarp/fruit. S7 varieties had the highest of %fruit/bunch and %oil/bunch. CP varieties had the highest of %oil/dry mesocarp. The genetic rate found that the characteristics that should be used as the criteria for selection were rachis length, leaflet number, petiole width, plant height, fresh fruit bunches, average bunch weight, %oil/dry mesocarp and oil yield. Because there is a moderate genetic rate. When these traits were used for selection, UT S2 and CR showed good growth, whereas those of PU1 and CP showed good yields.

Keywords: Oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.), Growth, Oil yield, Yield components

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาที่สถานีวิจัยท่าเชียด คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดพัทลุง ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2561-2562 ใช้ปาล์มน้ำมันพันธุ์ลูกผสมทางการค้าจำนวน 8 พันธุ์ อายุ 8 ปี ได้แก่ UT PR S7 S2 GT CP PU1 และ CR วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและจำนวนทะลายทุก 3 เดือนจนครบ 1 ปี ใช้ 4 ซ้ำ/พันธุ์ ซ้ำละ 3 ต้น น้ำหนักทะลายเฉลี่ย องค์ประกอบทะลายและผลผลิตน้ำมันเก็บตัวอย่างพันธุ์ละ 3 ทะลาย/ซ้ำ/ปี พบว่าธาตุอาหารและสมบัติทางเคมีของดินอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ การเจริญเติบโตทางลำต้นพบว่า พันธุ์ UT มีความยาวทางใบสูง พันธุ์ S2 มีจำนวนใบย่อย ความกว้างโคนก้านใบ ส่วน CR มีความสูงต้นสูง ที่ลักษณะผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต องค์ประกอบทะลาย และผลผลิตน้ำมัน พบว่า พันธุ์ PU1 มีผลผลิตทะลายสด น้ำหนักทะลายเฉลี่ย และผลผลิตน้ำมันสูง ส่วนพันธุ์ UT มีจำนวนทะลายสูง พันธุ์ PR มีเปอร์เซ็นต์เนื้อปาล์มสดต่อผลสูง พันธุ์ S7 มีค่าเปอร์เซ็นต์ผลต่อทะลาย และเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลายสูง ส่วนพันธุ์ CP มีเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้งสูง ค่าอัตราพันธุกรรมพบว่าลักษณะที่ควรใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือก คือ ความยาวทางใบ จำนวนใบย่อย ความกว้างโคนทางใบ ความสูงต้น ผลผลิตทะลายสด น้ำหนักทะลายเฉลี่ย น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้ง และผลผลิตน้ำมัน เนื่องจากมีอัตราพันธุกรรมที่ระดับปานกลาง เมื่อใช้ลักษณะเหล่านี้ในการคัดเลือกพบว่า พันธุ์ UT S2 และCR มีการเจริญเติบโตที่ดี ส่วนพันธุ์ PU1 และ CP ให้ผลผลิตดี

คำสำคัญ: ปาล์มน้ำมัน การเจริญเติบโต ผลผลิตน้ำมัน องค์ประกอบผลผลิต

คำนำ

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชน้ำมันที่มีศักยภาพในการแข่งขันสูงกว่าพืชน้ำมันชนิดอื่น ทั้งด้านการผลิตและการตลาด เนื่องจากเป็นพืชที่ให้ผลผลิตน้ำมันต่อหน่วยพื้นที่สูง ทำให้มีต้นทุนการผลิตและราคาต่ำกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่น (ธีระ, 2554) น้ำมันปาล์มสามารถใช้ประโยชน์ได้หลายด้านทั้งในสินค้าอุปโภค บริโภค และพลังงานทดแทน เช่น ใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมผลิตสบู่ อุตสาหกรรมอาหาร เช่น นมข้นหวาน ไอศกรีม เนยขาว ทั้งยังใช้เป็นไบโอดีเซลได้อีกด้วย (Yusof, 2007) ประเทศไทยมีการขยายพื้นที่ปลูกปาล์มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันประมาณ 5.2 ล้านไร่ โดยมีการขยายพื้นที่ปลูกในภาคตะวันออก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือบางส่วน (Office of Agricultural Economics, 2018) โดยไม่คำนึงถึงความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมันซึ่งไม่สามารถแข่งขันและไม่คุ้มกับการลงทุนเนื่องจากคุณภาพของพันธุ์ปาล์มน้ำมันและประสิทธิภาพในการจัดการสวนที่ดีไม่พอเมื่อเทียบกับพื้นที่ภาคใต้ ดังนั้นพันธุ์ปาล์มน้ำมันที่ดีต้องปรับตัวและตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมได้ดี พันธุ์ปาล์มน้ำมันที่นิยมปลูกเป็นการค้าในปัจจุบัน คือ พันธุ์ลูกผสมเทเนอราที่ได้จากการผสมระหว่างแม่พันธุ์ดูราและพ่อพันธุ์พิสิเฟอรา ธีระ (2554) รายงานว่า พันธุ์ปาล์มน้ำมันที่ดีต้องผ่านกระบวนการปรับปรุงพันธุ์ และสามารถ ยืนยันได้ว่า เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตน้ำมันต่อหน่วยพื้นที่สูงสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมในแหล่งปลูกได้ดีแต่ในปัจจุบันเกษตรกรยังขาดความเข้าใจในการเลือกใช้พันธุ์ปาล์มน้ำมันที่ดี ทำให้เกิดปัญหาในการ พัฒนาปาล์มน้ำมันของไทย และเกิดผลเสียหายต่อเกษตรกรเองรวมทั้งเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศด้วย การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเบื้องต้นเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับพื้นที่ปลูกรวมทั้งประเมินอัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง ของลักษณะการเจริญเติบโต ผลผลิตทะลาย องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตน้ำมัน ของลูกผสมเทเนอราในพื้นที่จังหวัดพัทลุง ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาจะนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการทดลองต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยนี้ดำเนินงาน ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2561 ถึง เดือน กุมภาพันธ์ 2562 ที่แปลงรวบรวมพันธุ์ปาล์มน้ำมัน สถานีวิจัยท่าเชียด คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ พื้นที่ปลูกมีการขุดร่องคูระบายน้ำมีน้ำตลอดทั้งปี พันธุ์ที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วยปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราพันธุ์การค้าอายุ 8 ปี (ระยะปลูก 9x9x9 เมตร) จำนวน 8 สายพันธุ์ ได้แก่ UT PR S7 S2 GT CP PU1 และ CR วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) ข้อมูลปริมาณธาตุอาหารในดิน โดยเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0 - 30 เซนติเมตร วิเคราะห์ข้อมูลดินที่ศูนย์ปฏิบัติการวิเคราะห์กลางคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เก็บข้อมูลการเจริญเติบโต 4 ซ้ำต่อพันธุ์ ซ้ำละ 3 ต้น เก็บข้อมูลทุก 3 เดือนเป็นเวลา 1 ปี การบันทึกลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นโดยวิธีวิเคราะห์แบบไม่ทำลายต้นของ Corley และ Tinker (2003) โดยเก็บจากทางใบที่ 17 มีดังนี้ ความกว้างใบย่อย (วัดจากการสุ่มใบย่อย จำนวน 5 ใบ อยู่ตรงบริเวณสันของทางใบเริ่มเปลี่ยนจากสันใบเรียบเป็นสันใบเหลี่ยม) ความยาวใบย่อย (วัดจากการแบ่งพื้นที่ของทางใบเป็น 5 ส่วน

หลังจากนั้นวัดความยาวของใบย่อยในแต่ละส่วน โดยในแต่ละส่วนทำการวัดเพียง 1 ใบ) ความกว้างและหนาทางใบ (ตำแหน่งที่วัดอยู่ที่จุดกำเนิดของใบย่อยล่างสุด) ความยาวทางใบ (วัดจากจุดกำเนิดใบย่อยล่างสุดไปจนถึงปลายทางใบ) จำนวนใบย่อย (นับจากจำนวนใบย่อยรวมทั้ง 2 ข้างของใบ) ความสูงทั้งหมด (วัดความสูงจากโคนต้นจนถึงโคนทางใบที่ 1) ความสูงของต้น (วัดจากโคนต้นไปจนถึงโคนของใบย่อยของทางใบที่ 17) และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น (วัดจากบริเวณกึ่งกลางลำต้นเหนือระดับผิวดิน 1 เมตร)

พื้นที่ใบ สามารถหาได้จากสมการของ Henson (1993)

LA = -0.25+0.45nlw
เมื่อ n = จำนวนใบย่อย
lw = ค่าเฉลี่ยของความยาวใบย่อย x ค่าเฉลี่ยความกว้างใบย่อย

เก็บข้อมูลจำนวนทะลายโดยการนับจำนวนทะลายในแต่ละรอบที่เก็บและทำเครื่องหมายทุกทะลายโดยใช้ต้นที่เก็บการเจริญเติบโต 4 ซ้ำต่อพันธุ์ ซ้ำละ 3 ต้น เก็บข้อมูลทุก 3 เดือนเป็นเวลา 1 ปี

เก็บข้อมูลน้ำหนักทะลายเฉลี่ย องค์ประกอบทะลายและผลผลิตน้ำมันโดยวิธีการของ ธีระ (2554) โดยเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มน้ำมันที่สุกแก่เต็มที่จากต้นที่เก็บตัวอย่างพันธุ์ละ 3 ทะลาย/ซ้ำ/ปี นำมาชั่งทะลายสด จากนั้นใช้ขวานสับแยกก้าน ช่อผลย่อยออกจากแกนทะลาย ชั่งน้ำหนักแกน ทะลายสดและก้านช่อผลย่อย หลังจากนั้นสับย่อยแกนทะลายสดแล้วอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น สุ่มเลือกก้านช่อผลย่อยประมาณ 1/4 ของก้านช่อผลย่อยทั้งหมด นำมาชั่งน้ำหนัก และแยกผลปาล์มออกจากก้านช่อผลย่อย นำผลปาล์มมาคัดแยกเป็นผลปาล์มดีและผลปาล์มลีบ ชั่งน้ำหนักผลปาล์มดี 25-50 ผล ชั่งน้ำหนักสด หลังจากนั้นแยกเนื้อปาล์มออกจากเมล็ด แล้วชั่งน้ำหนักเนื้อปาล์มสดและเมล็ดปาล์ม จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักหลังอบ บดเนื้อปาล์มแห้งให้ละเอียด แล้วนำมาวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์น้ำมันของเนื้อปาล์มแห้ง ส่วนเมล็ดปาล์มแห้ง นำมาแยกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของกะลาปาล์มและส่วนของเนื้อในเมล็ด แยกชั่งน้ำหนักและนำเนื้อในเมล็ดแห้งมาบดให้ละเอียด เพื่อวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้ง โดยนำเนื้อปาล์มที่บดละเอียดแล้วใส่ถุงบรรจุ ปิดผนึกให้เรียบร้อย ชั่งน้ำหนัก นำมาแช่ในน้ำมันเบนซินนานติดต่อกัน 5 วัน โดยต้องเปลี่ยนน้ำมันเบนซินใหม่ทุกวัน เมื่อครบ 5 วัน นำถุงบรรจุมาผึ่งในที่ร่มให้แห้ง ชั่งน้ำหนักและบันทึกน้ำหนักเส้นใยแห้ง วิเคราะห์ข้อมูลองค์ประกอบทะลาย องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตน้ำมัน ด้วยวิธี Nigerian Institute for Oil Palm Research (NIFOR) (Corley and Tinker, 2003) โดยเลือกลักษณะเปอร์เซ็นต์ผลต่อทะลาย เปอร์เซ็นต์เนื้อปาล์มสดต่อผล เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้ง และเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลาย ที่มีสหสัมพันธ์ในทางบวกสูงกับผลผลิตน้ำมัน (ณัฐพงศ์, 2557) วิเคราะห์หาความแปรปรวนของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้น และผลผลิตเพื่อตรวจสอบความแตกต่างระหว่างพันธุ์โดยวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม R (R-language and environment for statistical computing and graphics) โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) การประเมินอัตราพันธุกรรม อัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง ($h^2_{b.s.}$) เป็นอัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนทางพันธุกรรมทั้งหมดต่อความแปรปรวนที่สังเกต

ได้ทั้งหมดคำนวณได้จากสูตรของ Srinives (1982) การประเมินค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของฟีโนไทป์และจีโนไทป์ สามารถคำนวณได้จากสูตร Burton and De Vane (1953)

ผลการวิจัย

สมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารในดิน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารสมบัติทางเคมีภายในแปลงปาล์มน้ำมัน พบว่า ระดับปริมาณธาตุอาหารอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ ค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าความเหมาะต่ำ คือ 6.79 1:5 H_2O ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมมีค่าความเหมาะสมอยู่ในระดับต่ำมีค่า 5.23 มิลลิกรัม/กิโลกรัม, 0.44%, 0.05%, 7.28 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และ 25.64 มิลลิกรัม/กิโลกรัมตามลำดับ (Table 1)

Table 1 Physical and chemical properties of soil in Tha Chiat research station

Chemical properties	Tha Chiad	
	0-30 cm.	Level
Soil pH (1:5 H_2O)	6.79	low
CEC (mg/kg)	5.23	low
OC (%)	0.44	low
Total N (%)	0.05	low
Avai. P (mg/kg)	7.28	low
Exch. K (mg/kg)	25.64	low

CEC = Cation Exchange Capacity, OC = Organic Carbon, Total N = Total Nitrogen content, Avai. P = Available Phosphorus, Exch. K = Exchangeable Potassium

การเจริญเติบโตทางลำต้นของปาล์มน้ำมัน

ผลการศึกษาการเจริญเติบโตทางลำต้นของปาล์มน้ำมันทั้ง 8 พันธุ์ พบว่า ลักษณะความยาวทางใบของปาล์มน้ำมันพันธุ์ UT มีค่าของลักษณะนี้สูงที่สุดมีค่า 551.04 เซนติเมตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ PR S2 GT PU1 และCR ส่วนพันธุ์ S7 มีค่าของลักษณะนี้ต่ำที่สุด คือ 426.89 เซนติเมตร ลักษณะความยาวใบย่อยพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติของปาล์มน้ำมันทั้ง 8 พันธุ์ โดยพันธุ์ GT มีแนวโน้มให้ค่าของลักษณะนี้สูงสุดมีค่า 82.95 เซนติเมตร ส่วนพันธุ์ UT มีค่าของลักษณะต่ำที่สุดมีค่า 73.69 เซนติเมตร ลักษณะความกว้างใบย่อยไม่มีความแตกต่างทางสถิติของปาล์มน้ำมันทั้ง 8 พันธุ์ โดยปาล์มน้ำมันพันธุ์ UT มีค่าสูงที่สุดมีค่า 5.79 เซนติเมตร ส่วนพันธุ์ CR มีค่าของลักษณะนี้ต่ำสุดมีค่า 5.11 เซนติเมตร ลักษณะจำนวนใบย่อยปาล์มน้ำมันพันธุ์ S2 มีจำนวนใบมากที่สุดคือ 321.70 ใบ ซึ่งไม่มีความแตกต่าง

ทางสถิติกับปาล์มน้ำมันพันธุ์ UT PR GT CP PU1 และ CR ส่วนพันธุ์ S7 มีจำนวนใบย่อยต่ำที่สุด 281.26 ใบ ลักษณะความกว้างโคนก้านใบพันธุ์ S2 มีค่าของลักษณะสูงที่สุดมีค่า 80.11 มิลลิเมตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ UT S7 GT CP PU1 และพันธุ์ CR ส่วนพันธุ์ PR มีค่าของลักษณะต่ำสุดคือ 61.96 มิลลิเมตร ลักษณะความหนาโคนก้านใบไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับปาล์มน้ำมันทั้ง 8 พันธุ์ โดยพันธุ์ S2 มีแนวโน้มให้ค่าของลักษณะสูงที่สุดมีค่า 41.17 มิลลิเมตร ส่วนพันธุ์ PR มีแนวโน้มให้ค่าของลักษณะนี้ต่ำที่สุด 34.79 มิลลิเมตร ลักษณะความสูงลำต้นปาล์มน้ำมันพันธุ์ CR มีค่าสูงที่สุดในลักษณะนี้มีค่า 391.74 เซนติเมตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ UT PR S2 GT CP และ PU1 ส่วนพันธุ์ S7 มีความสูงน้อยที่สุดคือ 290.59 เซนติเมตร ลักษณะเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับปาล์มน้ำมันทั้ง 8 พันธุ์ โดยปาล์มน้ำมันพันธุ์ PR มีแนวโน้มให้ค่าเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นสูงที่สุดมีค่า 71.15 เซนติเมตร ส่วนพันธุ์ CP มีแนวโน้มให้ค่าเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นต่ำที่สุดมีค่า 65.96 เซนติเมตร ลักษณะพื้นที่ใบพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับปาล์มน้ำมันทั้ง 8 พันธุ์ โดยปาล์มน้ำมันพันธุ์ GT มีแนวโน้มให้ค่าพื้นที่ใบสูงที่สุดมีค่า 6.55 ตารางเมตร ส่วนพันธุ์ CP มีแนวโน้มให้ค่าพื้นที่ใบต่ำที่สุดมีค่า 5.52 ตารางเมตร (Table 2)

Table 2 Growth characteristics of 8 oil palm genotypes in Tha Chiat research station

Genotypes	RL	LL	LW	LN	PW	PD	H	TD	LA
UT	551.04a[1]	73.69	5.79	318.89a	71.18ab	41.02	350.11ab	69.70	6.20
PR	526.59ab	74.47	5.58	313.33ab	61.96b	34.79	341.26ab	71.15	5.95
S7	426.89c	81.03	5.29	281.26b	71.43ab	39.13	290.59b	68.59	5.64
S2	513.04ab	76.71	5.58	321.70a	80.11a	41.17	357.59ab	66.00	6.21
GT	535.89ab	82.95	5.73	303.11ab	67.70ab	38.63	346.33ab	67.30	6.55
CP	491.37b	79.89	5.17	293.26ab	72.85ab	38.03	317.26ab	65.96	5.52
PU1	511.00ab	76.46	5.64	293.04ab	72.46ab	38.58	351.30ab	66.85	5.76
CR	535.67ab	77.39	5.11	307.78ab	73.89ab	37.36	391.74a	68.67	5.55
F-test	**	ns	ns	**	**	ns	**	ns	ns
CV.	6.23	6.67	10.56	6.32	12.49	11.25	12.77	5.45	15.92

[1] = Values followed by different letters are significantly different according to DMRT.

RL = rachis length (cm), LL = leaflet length (cm), LW = leaflet width (cm), LN = leaflet number (leaf), PW = petiole width (mm), PD = petiole depth (mm), H = height (cm), TD = trunk diameter (cm), LA = leaf area (m^2)

ผลผลิตน้ำมันและผลผลิตทะลาย

1. ลักษณะผลผลิตทะลาย

ลักษณะผลผลิตทะลายสดพบว่าปาล์มน้ำมันพันธุ์ PU1 ให้ผลผลิตทะลายสดสูงที่สุดถึง 723.67 กิโลกรัม/ต้น/ปี ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ UT ส่วนพันธุ์เปารงค์ให้ผลผลิตทะลายสดต่อปีน้อยที่สุดเพียง 465.67 กิโลกรัม/ต้น/ปี และที่จำนวนทะลายพบว่าพันธุ์ UT มีจำนวนทะลายสูงที่สุดเท่ากับ 35.33 ทะลาย/ต้น/ปี ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์GT PU1 และพันธุ์ CR ส่วนพันธุ์ PR และ S7 ให้จำนวนทะลายต่ำที่สุดเพียง 29.00 ทะลาย/ต้น/ปี น้ำหนักทะลายเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทั้ง 8 พันธุ์ โดยพันธุ์ PU1 มีน้ำหนักทะลายเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 22.67 กิโลกรัม/ทะลาย ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ S7 และพันธุ์ S2 ส่วนพันธุ์เปารงค์มีน้ำหนักทะลายเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 16.00 กิโลกรัม/ทะลาย (Table 3)

2. ลักษณะองค์ประกอบทะลาย

ที่ลักษณะเปอร์เซ็นต์ผลต่อทะลายพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติจากทั้ง 8 พันธุ์โดยพันธุ์ S7 มีค่าของลักษณะนี้สูงที่สุดมีค่า 75.41 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ UT S2 GT CP PU1 และ CR ส่วนพันธุ์ที่มีค่าของลักษณะต่ำที่สุดคือพันธุ์ PR มีค่าเพียง 64.90 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะเปอร์เซ็นต์เนื้อปาล์มสดต่อผลพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากทั้ง 8 พันธุ์ โดยพันธุ์ PR มีค่าลักษณะนี้สูงสุดมีค่า 89.31 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ UT S2 PU1 และ CR ส่วนพันธุ์ CP ให้เปอร์เซ็นต์เนื้อปาล์มสดต่อผลต่ำที่สุดเพียง 76.63 เปอร์เซ็นต์ ที่ลักษณะเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้งพบว่าพันธุ์ CP มีค่าของลักษณะนี้สูงที่สุดคือ 73.33 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ UT S7 S2 GT PU1 และพันธุ์ CR ส่วนพันธุ์ PR ให้ค่าต่ำที่สุดมีค่า 52.89 เปอร์เซ็นต์ และลักษณะเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลายพบว่าพันธุ์ S7 ให้ค่าสูงที่สุดคือ 34.56 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ UT S2 GT CP PU1 และ CR และพันธุ์เปารงค์ให้ค่าต่ำที่สุดเพียง 22.56 เปอร์เซ็นต์ (Table 3)

3. ผลผลิตน้ำมัน

ผลผลิตน้ำมันของปาล์มน้ำมันทั้ง 8 พันธุ์ มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยปาล์มน้ำมันพันธุ์PU1 มีผลผลิตน้ำมันสูงที่สุด 204.84 กิโลกรัม/ต้น/ปี ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ UT S7 S2 GT CP และพันธุ์ CR ส่วนพันธุ์ PR มีผลผลิตน้ำมันต่ำที่สุดเท่ากับ 105.45 กิโลกรัม/ต้น/ปี (Table 3)

สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของฟีโนไทป์ สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของจีโนไทป์ของลักษณะการเจริญเติบโตและผลผลิต

ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของลักษณะฟีโนไทป์ (PCV) และจีโนไทป์ (GCV) ของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้น พบว่า ลักษณะฟีโนไทป์ของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้น มีค่าระหว่าง 6.45-24.82 เปอร์เซ็นต์ โดยผลผลิตน้ำมันมีค่าสูงสุด 24.82 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นมีค่าต่ำที่สุด 6.45 เปอร์เซ็นต์ ส่วนจีโนไทป์ของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้น มีค่าระหว่าง 2.81-17.35 เปอร์เซ็นต์ โดยค่าผลผลิตน้ำมันมีค่าสูงสุด 17.35 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์ผลต่อทะลายมีค่าน้อยที่สุด 2.81 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งฟีโนไทป์มีค่ามากกว่าจีโนไทป์ทุกลักษณะ (Table 4)

Table 3 Yield, Yield components, Bunch components and Oil yield of 8 oil palm genotypes in Tha Chiat research station

Genotypes	FFB	Yield components		Bunch components				OY
		BN	ABW	%F/B	%WM/F	%O/DM	%O/B	
UT	635.33ab[1]	35.33a	18.00bcd	70.64ab	88.05ab	72.89a	32.01ab	202.70a
PR	465.67c	29.00b	16.00d	64.90b	89.31a	52.89b	22.56b	105.45b
S7	597.33b	29.00b	20.67ab	76.41a	79.82bc	67.11a	34.56a	199.10a
S2	596.67b	29.33b	20.33ab	75.88a	84.97abc	71.33a	32.75ab	194.78a
GT	576.67bc	33.33ab	17.33cd	70.68ab	77.34c	69.67a	26.08ab	149.79ab
CP	569.33bc	30.00b	19.00bc	70.344ab	76.63c	73.33a	27.61ab	158.05ab
PU1	723.67a	32.00ab	22.67a	70.39ab	82.97abc	67.56a	28.37ab	204.84a
CR	572.00bc	30.67ab	18.67bcd	71.48ab	81.91abc	71.67a	28.67ab	164.35ab
F-test	**	*	**	*	*	**	*	*
CV.	9.94	8.61	7.78	7.25	5.93	4.72	20.67	17.75

[1] = Values followed by different letters are significantly different according to DMRT.

FFB = fresh fruit bunch (kg/plant/year), BN = number of bunch (bunch/plant/year), ABW = average bunch weight (kg/bunch), %F/B = %fruit/bunch, %WM/F = %wet mesocarp/fruit, %O/DM = %oil/dry mesocarp, %O/B = %oil/bunch, OY = oil yield (kg/plant/year)

อัตราพันธุกรรมของลักษณะการเจริญเติบโตและผลผลิต

ค่าอัตราพันธุกรรมของปาล์มน้ำมันทั้ง 8 พันธุ์ มีค่าอยู่ระหว่าง 8.07-80.47 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะที่มีค่าอัตราพันธุกรรมระดับสูง คือ ความยาวทางใบและเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้ง มีค่า 80.47 และ 79.58 เปอร์เซ็นต์ ส่วนลักษณะที่มีค่าอัตราพันธุกรรมระดับปานกลาง คือ ความยาวใบย่อย จำนวนใบย่อย ความกว้างโคนก้านใบ ความสูงต้น ผลผลิตทะลายสด น้ำหนักทะลาย และผลผลิตน้ำมัน มีค่า 44.98, 56.15, 40.47, 44.85, 50.81, 53.84, 62.42, 48.86 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 4)

Table 4 Broad sense heritability of Vegetative growths, Yield, Yield components, Bunch components and Oil yield of oil palm genotypes

Traits/Genetic Parameter	Mean	PCV (%)	GCV (%)	$h^2_{b.s.}$ (%)
Vegetative growths				
Rachis length	511.44	14.09	12.64	80.47
Leaflet length	77.82	8.99	6.03	44.98
Leaflet width	5.49	11.90	5.49	21.25
Number of leaflet	304.05	9.54	7.15	56.15
Petiole width	71.45	16.19	10.30	40.47
Petiole depth	38.59	12.97	6.45	24.70
Height	200.34	23.52	15.75	44.85
Trunk diameter	68.03	6.45	3.45	28.60
Leaf area	5.92	16.94	5.79	11.66
Fresh fruit bunch (kg/plant/year)	592.08	14.63	10.74	53.84
Yield components				
Bunch number (bunch/plant/year)	31.08	10.21	5.48	28.84
Average bunch weight (kg/plant)	19.08	12.70	10.04	62.42
Bunch components				
%Fruit/Bunch	71.34	7.78	2.81	13.03
%Wet Mesocarp/Fruit	82.62	7.43	4.48	36.40
%Oil/Dry Mesocarp	68.31	10.45	9.32	79.58
%Oil/Bunch	29.08	21.55	6.12	8.07
Oil yield	172.38	24.82	17.35	48.86

PCV = Phenotypic Coefficient of Variation, GCV = Genotypic Coefficient of Variation, $h^2_{b.s.}$ = broad sense heritability

วิจารณ์ผล

สมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารในดิน เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณธาตุอาหารในดินที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมัน พบว่า ดินมีความเป็นกรดอ่อน pH 6.79 ซึ่ง pH ที่เหมาะสมสำหรับปลูกปาล์มน้ำมันควรอยู่ที่ 5.5-6.5 (ธีระ และธีระพงศ์, 2558) อาจส่งผลให้มีธาตุอาหารรองได้แก่ อะลูมิเนียม แมงกานีส และเหล็ก ละลายออกมาน้อยเกินไปจนพืชที่ปลูกได้รับธาตุอาหารไม่เพียงพอ (ณัฐพล และคณะ, 2563) วิธีแก้โดยการใช้ปุ๋ยคอกอัตรา 0.5 ตันต่อไร่ นอกจากนี้ภายในแปลงปาล์มน้ำมันมีระดับปริมาณธาตุอาหารอยู่ในระดับต่ำ แสดงให้เห็นว่าปริมาณธาตุอาหารหรือสมบัติทางเคมีในดินที่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม อาจเกิดจากการใช้ประโยชน์จากที่ดินติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน ขาดการปรับปรุงและบำรุงรักษาดิน เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ดินในพื้นที่มีความอุดมสมบูรณ์ลดลงจากเดิม การปรับปรุงบำรุงดินเป็นการรักษาคุณภาพดินเพื่อให้ดินคงความอุดมสมบูรณ์ ใช้เพาะปลูกพืชได้อย่างยั่งยืน จำเป็นต้องปรับปรุงบำรุงดินอย่างต่อเนื่อง ถูกวิธี เหมาะสมกับลักษณะและสมบัติของดิน (กองวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน, 2563) ผลผลิตทะลายสดของแต่ละพันธุ์จะมีการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมสูง เช่นเดียวกับการศึกษาของ Okoye *et al*. (2009) รายงานว่าผลผลิตทะลายสดจะมีการตอบสนองเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมสูง ซึ่งลักษณะที่สำคัญในการคัดเลือกพันธุ์ปาล์มน้ำมันคือผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ ผลผลิตจากจำนวนทะลายและน้ำหนักทะลายเป็นเกณฑ์ที่จะให้ผลผลิตน้ำมันต่อพื้นที่สูงสุด จากการศึกษาค่าของฟีโนไทป์มีค่ามากกว่าจีโนไทป์ทุกลักษณะ ซึ่งการศึกษาของ Marhalil *et al*. (2013) and Okwuagwu *et al*. (2008) รายงานว่า สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของฟีโนไทป์ที่สูงกว่าจีโนไทป์แสดงถึงอิทธิพลของสภาพแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้องสูงในลักษณะนั้นๆ ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะความยาวทางใบ เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้ง ความยาวใบย่อย จำนวนใบย่อย ความกว้างโคนก้านใบ ความสูงต้น ผลผลิตทะลายสด น้ำหนักทะลาย และผลผลิตน้ำมันมีค่าระดับปานกลาง สอดคล้องกับรายงานของ ธนนต์ และธีระ (2558) พบว่า อัตราพันธุกรรมของลักษณะผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตทะลาย และองค์ประกอบผลผลิตมีค่าระดับปานกลาง เนื่องจากลักษณะดังกล่าวมียีนควบคุมจำนวนมากและมีอิทธิพลของสภาพแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้องสูง และ ธีระ (2548) รายงานว่า การคัดเลือกปาล์มน้ำมันที่เหมาะสมต่อพื้นที่ปลูกในแต่ละพื้นที่จะพิจารณาลักษณะผลผลิตทะลายสดเป็นลักษณะสำคัญอันดับต้น ๆ เนื่องจากเป็นลักษณะที่เกษตรกรจะเลือกพันธุ์ไปใช้ปลูกมากที่สุด

สรุปผลการวิจัย

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารภายในแปลงปาล์มน้ำมันมีระดับปริมาณธาตุอาหารอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่เหมาะสม การศึกษาลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นของปาล์มน้ำมันทั้ง 8 พันธุ์ พบว่า การเจริญเติบโตทางลำต้น พบว่าพันธุ์ UT มีความยาวทางใบสูง พันธุ์ S2 มีจำนวนใบย่อย ความกว้างโคนก้านใบ ส่วน CR มีความสูงต้นสูง ที่ลักษณะผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต องค์ประกอบทะลาย และผลผลิตน้ำมัน พบว่าปาล์มน้ำมันพันธุ์ PU1 มีผลผลิตทะลายสด น้ำหนักทะลายเฉลี่ย และผลผลิตน้ำมันสูงที่สุดจากทั้ง 8 พันธุ์ ส่วนพันธุ์ UT มีจำนวนทะลายสูงที่สุด พันธุ์ PR มีเปอร์เซ็นต์เนื้อปาล์มสดต่อผลสูงที่สุด

พันธุ์ S7 มีค่าเปอร์เซ็นต์ผลต่อทะลาย และเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลายสูงที่สุด ส่วนพันธุ์ CP มีเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้งสูงที่สุด ค่าอัตราพันธุกรรมพบว่าลักษณะสำคัญที่ควรใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกคือ ความยาวทางใบ จำนวนใบย่อย ความกว้างโคนทางใบ ความสูงต้น ผลผลิตทะลายสด น้ำหนักทะลายเฉลี่ย น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้ง และผลผลิตน้ำมัน เนื่องจากลักษณะดังกล่าวมีอัตราพันธุกรรมที่ระดับปานกลาง (h^2 = 40.47-80.47%) เมื่อใช้ลักษณะเหล่านี้ในการคัดเลือกพบว่า พันธุ์ UT S2 และCR มีการเจริญเติบโตที่ดี ส่วนพันธุ์ PU1 และ CP มีผลผลิตที่ดี การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเบื้องต้นในพื้นที่จังหวัดพัทลุง ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาจะนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กองวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน. 2563. ข้อมูลการจัดการดิน. แหล่งข้อมูล. http://www.ldd.go.th/Web_Soil/ acid.htm. (10 ตุลาคม 2563).

ณัฐพงศ์ สงฤทธิ์. 2557. อัตราพันธุกรรมและสหสัมพันธ์ของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นและองค์ประกอบผลผลิตในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเกษตรศาสตร์, คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ณัฐพล จันทร์สว่าง ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ ประมวล หน่อสกูล ชมพูนุท บัวเผื่อน ธีรภาพ แก้วประดับ ประกิจ ทองคำ รุ่งรัตน์ แซ่หยาง และธนนต์ รุ่งนิลรัตน์. 2563. การประเมินศักยภาพของปาล์มน้ำมันพันธุ์ทรัพย์ ม.อ.1 อายุ 5 ปี ในพื้นที่นาร้าง: กรณีศึกษาจังหวัดสงขลา. วารสารผลิตกรรมการเกษตร 2(3): 37-49.

ธนนต์ รุ่งนิลรัตน์ และธีระ เอกสมทราเมษฐ์. 2558. การทดสอบชั่วรุ่นลูกของปาล์มน้ำมันในจังหวัดสงขลา. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ 2(4): 6-10.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์. 2554. การปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมัน. โอ เอส พริ้นติ้ง เฮาส์, กรุงเทพฯ.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ และธีระพงศ์ จันทรนิยม. 2558. คู่มือปาล์มน้ำมัน. หาดใหญ่ ดิจิตอล พริ้นท์, สงขลา.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ ชัยรัตน์ นิลนนท์ ธีระพงศ์ จันทรนิยม ประกิจ ทองคำ และสมเกียรติ สีสนอง. 2548. เส้นทางสู่ความสำเร็จการผลิตปาล์มน้ำมัน. สงขลา. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์. 2525. พันธุศาสตร์ปริมาณที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืช. กรุงเทพฯ. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Burton, G. W. and E. H. De Vane. 1953. Estimating heritability in tall Fescue (*Festuca arundinacea.*) from replicated clonal material. Agronomy Journal 45: 478-481.

Corley, R. H. V. and P. B. Tinker. 2003. The Oil Palm. Blackwell Science Ltd, Oxford.

Henson, I.E. 1993. Assessing frond dry matter production and leaf area development in young oil palm. Proceedings of the 1991 PORIM International Palm Oil Conference – Module 1 (Agriclture). PORIM, Bangi, Malaysia. pp. 473-478.

Marhalil, M., M.Y. Rafii, M.M.A. Afizi, I.W. Arolu, A. Noh, A. Mohd Din, A. Kushairi, A. Norziha, N. Rajanaidu, M.A. Latif and M.A. Malek. 2013. Genetic variability in yield and vegetative traits in elite germplasm of MPOB-Nigerian dura x AVROS pisifera progenies. Journal of Food, Agriculture and Environment. 11: 515-519.

Office of Agricultural Economics. 2018. The Farmers' Agenda for farmers on "FTA Funds to prepare 100 million Baht to help palm plantation improve competitiveness". Bangkok: Office of Agricultural Economics Research, Office of Agricultural Economics, Ministry of Agriculture and Cooperatives.

Okoye, M.N., C.O. Okwuagwu and M.I. Uguru. 2009. Population improvement for fresh fruit bunch yield and yield components in oil palm (Elaeis guineensis Jacq.) American-Eurasian Journal of Scientific Research. 4: 59-63.

Okwuagwu, C.O., M.N. Okoye, E.C. Okdo, C.D. Ataga and M.I. Uguru. 2008. Genetic variability of fresh fruit bunch yield in Deli/dura x tenera breeding populations of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) in Nigeria. Journal of Tropical Agriculture. 46: 52-57.

Yusof, B. 2007. Palm oil production through sustainable plantations. European Journal of Lipid Science and Technology. 109: 289-295.

วารสารผลิตกรรมการเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION
MJU

ว. ผลิตกรรมการเกษตร 3(1):37-51
J. Agri. Prod.
37

การศึกษาอิทธิพลของการควั่นกิ่งต่อการเสียบยอดมะคาเดเมีย

Effects of girdling on cleft grafting of Macadamia

อนันต์ ปัญญาเพิ่ม* สมคิด รัตนบุรี อนุ สุวรรณโฉม และ เหรียญชัย เกิดพงษ์

A-nun Punyaperm Somkid Rattanaburi Anu Suwannachom and Rianchai Koetphong

ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ตำบลหนองควาย อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ 50230

Royal Agricultural Research Centre, Chiang Mai NongKhwai Sub-district, Hang Dong District, Chiang Mai 50230

* Corresponding author: anun.punyaperm@gmail.com

(Received: 26 November, 2020, Revised: 9 April, 2021; Accepted: 19 April, 2021)

Abstract

Cleft grafting is one of asexual propagation which most commonly used for macadamia. The achievement propagation of macadamia depended on various factors included scion branch, rootstock, endosperm, plant hormones and environmental factors because it is a timber tree and very difficult to cutting propagation. This study was demonstrated in three periods including May, July and November for approach grafting on macadamia. The experiments arrangement was a randomized complete block (RCBD) with four replications in four treatments as follow: (1) control (no girdling) (2) girdling at 4 week (3) girdling at 6 week and (4) girdling at 8 week, using 25 plants per replications. The experiment was conducted at Chiang Mai Royal Agricultural Research Center in Maehea and Khunwang substations during 2016-2018. At Maehea substation showed the results of cleft grafting in May that the girdling at eight weeks was the highest survival rate of scion at 76% with significantly different from the control. Besides the cleft grafting in July, the results of the girdling at eight weeks showed the highest survival rate at 85% and significantly different from the control (47%). And the cleft grafting in November, the girdling at eight weeks was the highest survival rate at 63% and significantly different from the control (40%). In a same as the previous station, the results from Khunwang substation

showed the girdling at eights in May, July and November was the highest survival rate at 62, 65, and 75% respectively and significantly different from control. In summary, girdling the scion branch at eight weeks was the highest survival rate in cleft grafting. In addition, the timing of cleft grafting at Maehea substation was showed higher survival rate in July while, Khunwang substation was represented in November.

Keywords: girdling, cleft grafting

บทคัดย่อ

การขยายพันธุ์มะคาเดเมีย นิยมใช้วิธีการขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ซึ่งวิธีที่นิยมทั่วไปมี 2 วิธีคือ การเสียบกิ่งและทาบกิ่ง มะคาเดเมียเป็นไม้เนื้อแข็งจึงมีความยากในการขยายพันธุ์ ซึ่งความสำเร็จของการขยายพันธุ์ขึ้นกับหลายปัจจัยทั้งส่วนของกิ่งพันธุ์ดีและต้นตอ เช่น อาหารสะสม ฮอร์โมนของพืช รวมถึงปัจจัยสภาพแวดล้อม จึงได้ทำการศึกษาการเสียบกิ่งมะคาเดเมีย ในช่วงเวลาต่าง ๆ 3 ช่วงเวลา มี 3 การทดลอง คือ 1. การศึกษาการเสียบกิ่งมะคาเดเมียช่วงเดือนพฤษภาคม 2. การศึกษาการเสียบกิ่งมะคาเดเมียช่วงเดือนกรกฎาคม และ 3. การศึกษาการเสียบกิ่งมะคาเดเมียช่วงเดือนพฤศจิกายน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทำ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 25 ต้น มี 4 กรรมวิธี คือ 1. ไม่ควั่นกิ่ง (control) 2. ควั่นกิ่ง 4 สัปดาห์ 3. ควั่นกิ่ง 6 สัปดาห์ และ 4. ควั่นกิ่ง 8 สัปดาห์ ดำเนินการ 2 สถานที่ คือ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่แปลงทดลองแม่เหียะ และแปลงทดลองขุนวาง ระหว่างปี 2558-2561 มีผลการทดลองดังนี้ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่แปลงทดลองแม่เหียะ พบว่า การเสียบกิ่งเดือนพฤษภาคม กรรมวิธีที่ 4 ควั่นกิ่ง 8 สัปดาห์มีเปอร์เซ็นต์รอดตายสูงสุด 76% แตกต่างทางสถิติกับการไม่ควั่นกิ่ง(control) การเสียบกิ่งเดือนกรกฎาคม พบว่า กรรมวิธีที่ 4 ควั่นกิ่ง 8 สัปดาห์ให้เปอร์เซ็นต์การรอดตายของกิ่งสูงสุดเช่นกันคือ 85% แตกต่างทางสถิติกับการไม่ควั่นกิ่งซึ่งรอดตาย 47% ส่วนการเสียบกิ่งในเดือนพฤศจิกายน พบว่า กรรมวิธีที่ 4 ให้เปอร์เซ็นต์การรอดตายของกิ่งสูงสุดเช่นกัน คือ 63% แตกต่างทางสถิติกับการไม่ควั่นกิ่งซึ่งรอดตาย 40% สำหรับแปลงทดลองขุนวางให้ผลทำนองเดียวกับแปลงทดลองแม่เหียะ โดยการเสียบกิ่ง 3 ช่วงเวลาดังกล่าวพบว่ากรรมวิธีที่ 4 ให้เปอร์เซ็นต์รอดตายสูงสุด 62 65 และ 75% แตกต่างทางสถิติกับ control ซึ่งให้เปอร์เซ็นต์รอดตายต่ำสุด คือ 38 27 และ 11% ตามลำดับ จากผลการดำเนินการทั้ง 2 สถานที่จะเห็นได้ว่า วิธีการควั่นกิ่งไว้ 8 สัปดาห์ก่อนตัดมาเสียบ ให้เปอร์เซ็นต์ต้นรอดตายสูงสุด ด้านระยะเวลาการเสียบกิ่ง แปลงทดลองแม่เหียะ การเสียบกิ่งช่วงเดือนกรกฎาคมมีเปอร์เซ็นต์ต้นรอดตายสูงสุด ส่วนแปลงทดลองขุนวาง พบว่า การเสียบกิ่งช่วงเดือนพฤศจิกายนมีเปอร์เซ็นต์ต้นรอดตายสูงสุด

คำสำคัญ: การควั่นกิ่ง การทาบกิ่งแบบเสียบยอด

คำนำ

มะคาเดเมียเป็นพืชที่มีศักยภาพทางเศรษฐกิจ ชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Macadamia integrifolia*. จัดอยู่ในวงศ์ Proteaceae เป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ มีใบเขียวตลอด ไม่ผลัดใบ (evergreen tree) ลักษณะของผลมีเปลือกแข็งและหนา (nut) มีแหล่งกำเนิดในบริเวณใกล้เขตร้อนและฝนตกชุกของรัฐนิวเซาท์เวลส์ และควีนส์แลนด์ เครือรัฐออสเตรเลีย นอกจากนี้ยังมีการนำมาขยายพันธุ์ในพื้นที่ต่าง ๆ ทั่วโลก เช่น รัฐฮาวายในประเทศสหรัฐอเมริกา กัวเตมาลา เคนย่า ซิมบับเว มาลาวี แอฟริกาใต้ รวมทั้งประเทศไทย (Xavier *et al*., 2016)

จากสถานการณ์การผลิตและการตลาดมะคาเดเมียในประเทศไทยปี 2561 พบว่า มีพื้นที่ปลูกมะคาเดเมียภายในประเทศจำนวน 10,733 ไร่ โดยสามารถให้ผลผลิตรวม 12,704,721 กิโลกรัม คิดเป็นผลผลิต 2,565 กิโลกรัมต่อไร่ (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, 2562) ปี 2562 มีการนำเข้ามะคาเดเมียในปริมาณ 1,701,434 กิโลกรัม มูลค่า 272,277,009 บาท และมีการส่งออกมะคาเดเมีย ปริมาณ 1,411,397 กิโลกรัม มูลค่า 137,762,841 บาท ซึ่งมีมูลค่าน้อยกว่าการนำเข้าประมาณ 2 เท่า จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ประเทศไทยยังมีผลผลิตน้อยกว่าความต้องการของผู้บริโภค เนื่องจากปัญหาด้านการผลิตต้นกล้าที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของเกษตรกร

การขยายพันธุ์พืชมะคาเดเมียที่นิยมทั่วไปมี 2 วิธี คือ การทาบกิ่งและการเสียบยอด การจะเลือกใช้วิธีไหนขึ้นอยู่กับความเหมาะสม ความชำนาญ และความต้องการของผู้ปลูก โดยทั้งสองวิธีจะต้องใช้ต้นตอที่เหมาะสม โดยในประเทศไทยใช้ต้นตอจากพันธุ์ H_2 ≠344 OC และเชียงใหม่ 700 (≠ 741) เนื่องจากระบบรากมีการเจริญเติบโตได้ดีและแผ่กว้าง ซึ่งปัจจุบันใช้พันธุ์ H_2 เป็นหลักในการผลิตต้นตอ (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2563)

สำหรับการเสียบยอดหรือการเสียบกิ่งมะคาเดเมีย เป็นวิธีการขยายพันธุ์ที่นิยมวิธีหนึ่งตามที่กล่าวมาแล้ว การขยายพันธุ์โดยการเสียบยอดจะมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในส่วนของกิ่งพันธุ์ดี (scion) ต้นตอ (rootstock) และปัจจัยของสภาพแวดล้อม ซึ่งในส่วนของกิ่งพันธุ์ดีจะมีผลอย่างมากต่อปริมาณและคุณภาพผลผลิต ส่วนของต้นตอจะมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของการหาอาหาร ส่งผลต่อขนาด ความแข็งแรงรวมทั้งผลผลิตของมะคาเดเมีย (Nagao *et al*., 1992) Fukumaga (1951) กล่าวว่าความสำเร็จในการเสียบกิ่งของมะคาเดเมีย ปัจจัยหนึ่งจะขึ้นกับอายุของกิ่งพันธุ์ดี กิ่งพันธุ์ดีที่มีอายุหลายปีจะประสบความสำเร็จมากกว่ากิ่งที่อายุน้อยกว่า Cho และ Kawabata (2016) กล่าวว่าการเสียบกิ่งมะคาเดเมียจะมีความยุ่งยากในตอนต้นเพราะมะคาเดเมียเป็นไม้เนื้อแข็ง ซึ่งต้องอาศัยความชำนาญของผู้ขยายพันธุ์ โดยแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ 1) การเตรียมต้นตอ 2) การเตรียมกิ่งพันธุ์ดี และ 3) การเชื่อมต่อกิ่งพันธุ์ดีและต้นตอเข้าด้วยกัน ซึ่งในส่วนของการเตรียมกิ่งพันธุ์ดี ควรเป็นกิ่งที่มีอายุแก่ เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5-0.75 นิ้ว และทำการควั่นกิ่งความยาวประมาณ 1 นิ้ว และปล่อยทิ้งไว้เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 6 สัปดาห์ เพื่อให้มีการขัดขวางการเคลื่อนย้ายของคาร์โบไฮเดรตที่สร้างที่ใบและส่งไปต้น ทำให้มีอาหารสะสมในกิ่งพันธุ์ดีเหนือรอยควั่นมากขึ้น ซึ่งระดับของปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่สะสมในส่วนของกิ่งพันธุ์ดีมีความสำคัญต่อความสำเร็จในการขยายพันธุ์ กิ่งพันธุ์ดีควรมีการควั่นกิ่งก่อน 4-6 สัปดาห์ (Bennell, 1984)

การควั่นกิ่ง (cincturing หรือ girdling) วิธีนี้เป็นการตัดเส้นทางลำเลียงอาหารที่ใบพืชสังเคราะห์ได้ไม่ให้มีการเคลื่อนย้ายลงไปยังส่วนด้านล่างเป็นการชั่วคราว ทำให้มีการสะสมอาหารอยู่ทางส่วนยอดมากขึ้น และยังเป็นการช่วยลดการผลิใบอ่อนได้ คาดว่าการควั่นกิ่งอาจมีผลต่อการสะสมอาหารและยับยั้งการเจริญเติบโต (growth inhibitors) (Menzel and Paxton, 1987) และ ธีรวุธ และคณะ (2551) ได้กล่าวว่าการควั่นกิ่งสามารถเพิ่มจำนวนตาที่แตกออกมาได้มากขึ้นและแตกตาได้เร็วกว่ากิ่งที่ไม่ได้ควั่น

สำหรับปัจจัยของความสำเร็จในการขยายพันธุ์มะคาเดเมีย ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับต้นพืชทั้งในส่วนของต้นพันธุ์ดีและต้นตอแล้ว พบว่าปัจจัยสภาพแวดล้อมก็มีส่วนเกี่ยวข้องด้วยเช่นกัน Rodrigues, *et al*. (1960) กล่าวถึงฤดูกาลมีผลต่อความสำเร็จในการขยายพันธุ์อาโวกาโด โดยพบว่าการเสียบกิ่งช่วงฤดูหนาวและต้นฤดูใบไม้ผลิ โดยเฉพาะช่วงเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และต้นเดือนมีนาคม ประสบความสำเร็จเกือบ 100% ขณะที่ปลายฤดูใบไม้ผลิ ฤดูร้อน และต้นฤดูใบไม้ร่วงเปอร์เซ็นต์ความสำเร็จจะต่ำกว่า

จากปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความสำเร็จในการขยายพันธุ์โดยการเสียบยอด จะขึ้นกับปัจจัยของพืชและปัจจัยสภาพแวดล้อม ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาระยะเวลาในการควั่นกิ่งมะคาเดเมีย รวมทั้งช่วงเวลาในการเสียบกิ่ง ที่มีต่อความสำเร็จในการเสียบกิ่งมะคาเดเมีย เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตกิ่งมะคาเดเมียพันธุ์ดีให้เพียงพอกับความต้องการของผู้ปลูก

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย วัสดุการเกษตร เช่น ต้นพันธุ์มะคาเดเมีย 741 (พันธุ์ดี) และต้นตอ H2 อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น มีดขยายพันธุ์, กรรไกรตัดกิ่ง เทปพันกิ่ง, เชือกฟาง, ถุงเพาะชำ ขนาด 3½ × 12 นิ้ว, ดิน, กระบะทรายเพาะต้นตอ, ป้ายTag วัสดุก่อสร้าง งานครัว และอุปกรณ์สำนักงานต่าง ๆ

วิธีการทดลอง

ทำการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ดำเนินการทดสอบในพื้นที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 2 สถานที่ คือ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (แม่เหียะ) อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ และศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ รวมระยะเวลา 3 ปี (ปี 2559-2561) มี 3 การทดลอง ตามช่วงเวลาการเสียบกิ่ง ดังนี้

การทดลองที่ 1 การศึกษาการเสียบกิ่งมะคาเดเมียในช่วงเดือนพฤษภาคม (ปี 2560)

การทดลองที่ 2 การศึกษาการเสียบกิ่งมะคาเดเมียในช่วงเดือนกรกฎาคม (ปี 2560)

การทดลองที่ 3 การศึกษาการเสียบกิ่งมะคาเดเมียในช่วงเดือนพฤศจิกายน (ปี 2560)

ในแต่ละการทดลอง ประกอบด้วย 4 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 25 ต้น ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 ไม่ควั่นกิ่ง (control)

กรรมวิธีที่ 2 ควั่นกิ่ง 4 สัปดาห์

กรรมวิธีที่ 3 ควั่นกิ่ง 6 สัปดาห์

กรรมวิธีที่ 4 ควั่นกิ่ง 8 สัปดาห์

การเพาะเมล็ดทำต้นตอ

เตรียมกระบะเพาะ ขนาดสูง 30 เซนติเมตร ปูด้วยลวดตาข่าย เพื่อป้องกันหนู ใส่ทรายหยาบสูงประมาณ 20-25 เซนติเมตร คัดแยกเมล็ดโดยการแช่เมล็ดในน้ำ เลือกที่จมน้ำไปเพาะ วางเมล็ดเป็นแถว ระยะ 2 × 1-1.5 นิ้ว กลบเมล็ดหนา 1 นิ้ว ราดสารเคมีกำจัดโรค เช่น แมนโคเซบ และแมลง เช่น คาร์บาริล ดูแลจนต้นกล้าที่มีอายุ 8-12 เดือน พร้อมที่ใช้เสียบกิ่ง

การเตรียมการก่อนการเสียบกิ่ง

เตรียมต้นตอ (พันธุ์ H2) โดยถอนต้นกล้าอายุประมาณ 1 เดือน ย้ายลงถุง ขนาด 3½ × 12 นิ้ว เพื่อดูแลต้นกล้าในโรงเรือนเพาะชำ 8-12 เดือน และเตรียมกิ่งพันธุ์ดี (พันธุ์ 741) โดยการควั่นกิ่งทิ้งไว้ 4, 6 และ 8 สัปดาห์ ก่อนการเสียบกิ่ง

การเสียบกิ่งแบบเสียบลิ่ม

ทำการคัดเลือกต้นพันธุ์โดยการตัดกิ่งพันธุ์มะคาเดเมีย ความยาวประมาณ 25-30 เซนติเมตร และตัดยอดต้นตอทิ้งให้มีความสูงใกล้เคียงกันคือ 20 เซนติเมตร เฉือนยอดกิ่งพันธุ์ที่เตรียมไว้เสียบแบบลิ่มประกบกัน พันด้วยเทปพันกิ่งจากด้านล่างขึ้นบน พันธุ์ที่เสียบกิ่งเรียบร้อยแล้ว นำไม้มาปักแล้วมัดด้วยเชือกฟาง เพื่อป้องกันลำต้นเอนหรือล้ม นำต้นพันธุ์ไปเก็บพักฟื้นในโรงเรือนพลาสติก ให้ระบบแบบน้ำพ่นฝอยสัปดาห์ละครั้ง ประมาณ 2-3 เดือน สังเกตต้นพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์การเสียบติดโดยสมบูรณ์

การปฏิบัติหลังการทาบกิ่ง

เมื่อรอยแผลติดกันสนิทและรากต้นตอเจริญดี ให้ตัดยอดและแกะถุงออก นำมาตัดแต่งกิ่ง และจุ่มฮอร์โมนเร่งราก นำต้นกล้าลงถุงเพาะชำ ขนาด 3½ × 12 นิ้ว และเลี้ยงดูต้นกล้าในโรงเรือนพลาสติก ควบคุมความชื้น ประมาณ 1½-2 เดือน รากเจริญดีและแตกยอดใหม่ จึงนำออกมาเลี้ยงดูในโรงเรือนพรางแสง 70-80% เพื่อให้ต้นกล้ามีการเจริญเติบโตและปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม เพื่อให้พร้อมปลูกทดสอบ

การบันทึกผล

บันทึกเปอร์เซ็นต์การรอดตาย (%) และการเจริญเติบโตของกิ่งเสียบ หลังการเสียบกิ่งประมาณ 60 วัน

ผลการทดลอง

แปลงทดลอง แม่เหียะ

การทดลองที่ 1 การศึกษาการเสียบกิ่งมะคาเดเมียในช่วงเดือนพฤษภาคม

เปอร์เซ็นต์การรอดตาย

ผลการเสียบกิ่งมะคาเดเมียในช่วงเดือนพฤษภาคม พบว่ากรรมวิธีที่ 4 ทำการควั่นกิ่ง 8 สัปดาห์ มีเปอร์เซ็นต์การรอดตายสูงสุด 76% แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 1 (ไม่ควั่นกิ่ง) และกรรมวิธีที่ 3 ควั่นกิ่งไว้ 6 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยทั้ง 2 วิธีการมีเปอร์เซ็นต์การรอดตาย 2.33 และ 54.0% แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 2 ควั่นกิ่งไว้ 4 สัปดาห์ มีเปอร์เซ็นต์การรอดตาย 66.7% ส่วนวิธีการควั่นกิ่งไว้ 4 และ 6 สัปดาห์ ให้เปอร์เซ็นต์ต้นรอดตายไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 1) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่ากรรมวิธีที่ไม่ควั่นกิ่ง มีเปอร์เซ็นต์การรอดตายต่ำสุด 2.33% ส่วนการควั่นกิ่งทุกกรรมวิธีให้เปอร์เซ็นต์การรอดตายสูงกว่าการไม่ควั่นกิ่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากการควั่นกิ่งเป็นการเตรียมกิ่งพันธุ์ดีให้มีการสะสมปริมาณคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น

ทำให้กิ่งพันธุ์ดีมีอาหารสะสมและมีความสมบูรณ์กว่าการไม่ควั่นกิ่ง เมื่อนำกิ่งพันธุ์ดีดังกล่าวมาเสียบกับต้นตอ หลังจากรอยแผลจากการเสียบกิ่งเชื่อมประสานกันดีแล้ว ส่วนของต้นตอก็จะส่งอาหารมาเลี้ยงส่วนของยอด ซึ่งถ้าส่วนของยอดมีอาหารสะสมอยู่มากก็พร้อมที่จะแตกตาและเจริญต่อไป จึงทำให้การควั่นกิ่งทุกกรรมวิธีมีเปอร์เซ็นต์การรอดตายมากกว่าการไม่ควั่นกิ่ง สอดคล้องกับ Bennell (1984) พบว่าการควั่นกิ่งก่อน 4-6 สัปดาห์ก่อนการตัดกิ่งมาเสียบ ทำให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในกิ่งเพิ่มขึ้น นอกจากนี้พบว่าปริมาณ total non-structural carbohydrate ในเนื้อไม้ เปลือก และใบจะขึ้นสูงในช่วงฤดูหนาว-กลางฤดูร้อน

การเจริญเติบโตด้านความสูงของกิ่ง

ด้านการเจริญเติบโตหลังการเสียบกิ่ง 60 วัน พบว่า กรรมวิธีควั่นกิ่ง 8 สัปดาห์ ให้การเจริญเติบโตด้านความสูงมากสุด 37.5 เซนติเมตร แตกต่างทางสถิติกับทุกกรรมวิธีทั้งการไม่ควั่นกิ่งและการควั่นกิ่ง 4 และ 6 สัปดาห์ ซึ่งมีความสูงกิ่ง 0 (ไม่แตกกิ่ง) 16.3 และ 16.8 เซนติเมตร (Table 1) ซึ่งจะเห็นได้ว่าทุกกรรมวิธีที่ควั่นกิ่ง กิ่งพันธุ์ดีมีการแตกตาและแตกยอดใหม่ ส่วนการไม่ควั่นกิ่ง กิ่งพันธุ์ดีส่วนใหญ่จะตายโดยมีเปอร์เซ็นต์การรอดตายเพียง 2.33% ซึ่งต่ำสุด และกิ่งพันธุ์ดีที่รอดตายก็ไม่มีการแตกตาใหม่จึงทำให้ไม่มีการเจริญเติบโต ซึ่งการควั่นกิ่งที่ช่วยให้มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมในกิ่งเพิ่มขึ้น ทำให้กิ่งสมบูรณ์ ตาของกิ่งพร้อมที่จะแตกใหม่หลังจากที่รอยแผลจากการเสียบกิ่งเชื่อมประสานกันดีแล้ว ดังนั้นการเตรียมกิ่งพันธุ์ดีโดยการควั่นกิ่งจะช่วยให้มีเปอร์เซ็นต์การรอดตายสูงและกิ่งพันธุ์ดีมีการแตกตาและเจริญเติบโตได้รวดเร็ว ซึ่งการควั่นกิ่งไว้ 8 สัปดาห์ ให้ผลดีที่สุดทั้งเปอร์เซ็นต์การรอดตายและความสูงของกิ่ง

Table 1 Percentage of survival of the scion branches and the growth of young branch of cleft grafting scion of macadamia in May at Maehea substation

Treatment	Conjuring on cleft grafting in May at at Maehea substation	
	Percentage of survival of the scion branches (%)	The growth of young branch (cm)
Not cincturing (control)	2.33c	0.00
Cincturing 4 weeks	66.7ab	16.3b
Cincturing 6 weeks	54.0b	16.8b
Cincturing 8 weeks	76.0a	37.5a
F-test	*	*
C.V. (%)	17.7	23.2

* = Significant difference at probability level 0.05 by DUNCAN

การทดลองที่ 2 การศึกษาการเสียบกิ่งมะคาเดเมียในช่วงเดือนกรกฎาคม

เปอร์เซ็นต์การรอดตาย

ผลการเสียบกิ่งมะคาเดเมียในช่วงเดือนกรกฎาคม พบว่า กรรมวิธีควั่นกิ่ง 8 สัปดาห์ ให้เปอร์เซ็นต์การรอดตายสูงสุด 85% แตกต่างทางสถิติกับการไม่ควั่นกิ่ง และการควั่นกิ่ง 6 สัปดาห์ (47.0 และ 59.0%) แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีควั่นกิ่ง 4 สัปดาห์ ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การรอดตาย 78% (Table 2) ซึ่งจากผลการทดลองเป็นไปในทำนองเดียวกับการเสียบกิ่งในช่วงเดือนพฤษภาคม คือ 85 และ 76% ทั้งนี้ในส่วนของการควั่นกิ่งที่ให้เปอร์เซ็นต์การรอดตายสูง ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการควั่นกิ่งเป็นการขัดขวางการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตจากส่วนที่ใบสร้างส่งไปลำต้นและรากตามที่กล่าวมาแล้ว แต่สิ่งที่พบคือการเสียบกิ่งในช่วงเดือนกรกฎาคมมีเปอร์เซ็นต์การรอดตายสูงกว่าในทุกกรรมวิธี เมื่อเปรียบเทียบกับการเสียบกิ่งในช่วงเดือนพฤษภาคม (Table 1 และ Table 2) ทั้งนี้ส่วนหนึ่งอาจเป็นผลมาจากช่วงเวลา หากพิจารณาจากสภาพภูมิอากาศในช่วงเดือนกรกฎาคม ซึ่งในขั้นตอนตั้งแต่การควั่นกิ่ง และช่วงเวลาหลังการเสียบกิ่ง (พฤษภาคม-กันยายน) จะอยู่ในช่วงของฤดูฝน ซึ่งเป็นช่วงที่ต้นมะคาเดเมียมีการเจริญเติบโตทางลำต้น (vegetative) มาก มีการสร้างและสะสมคาร์โบไฮเดรตในกิ่งมาก รวมทั้งสภาพอุณหภูมิสูงสุดหลังการเสียบกิ่งต่ำกว่าในช่วงเดือนพฤษภาคม และมีความชื้นสัมพัทธ์อากาศมากกว่า ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์การรอดตายมากกว่าในช่วงเดือนพฤษภาคม

การเจริญเติบโตด้านความสูงของกิ่ง

หลังการเสียบกิ่ง 60 วัน พบว่า การควั่นกิ่ง 8 สัปดาห์ และให้การเจริญเติบโตด้านความสูงมากสุด 47.4 เซนติเมตร แตกต่างทางสถิติกับการไม่ควั่นกิ่ง ซึ่งมีความสูง 21.4 เซนติเมตร และพบว่าการควั่นกิ่งทุกกรรมวิธีให้การเจริญเติบโตด้านความสูงไม่แตกต่างทางสถิติ และทุกกรรมวิธีของการควั่นกิ่งแตกต่างทางสถิติกับการไม่ควั่นกิ่ง (Table 2) ซึ่งผลการเจริญเติบโตของกิ่งที่เสียบในช่วงเดือนกรกฎาคมจะมีการเจริญเติบโตมากกว่าช่วงเดือนพฤษภาคมในทุกกรรมวิธี ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากสภาพแวดล้อมซึ่งอยู่ในช่วงฤดูฝน ต้นมะคาเดเมียมีการเจริญเติบโตสร้างและสะสมคาร์โบไฮเดรตมากตามที่กล่าวมาแล้ว ซึ่ง Beaumont และ Moltzau (1937) และ Bones และ Beaumont (1937) กล่าวว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมในกิ่งพันธุ์ดี จะเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้มีความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาในการเสียบกิ่ง ส่วนปัจจัยสภาพแวดล้อมทั้งในส่วนของอุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน และความชื้นสัมพัทธ์ที่แตกต่างจะมีผลต่อทั้งเปอร์เซ็นต์การรอดตายและการเจริญเติบโตด้านความสูงกิ่ง (Table 2)

Table 2 Percentage of survival of the scion branches and the growth of young branch of cleft grafting scion of macadamia in July at Maehea substation

Treatment	Conjuring on cleft grafting in July at at Maehea substation	
	Percentage of survival of the scion branches (%)	Percentage of survival of the scion branches (%)
Not cincturing (control)	47.0c	21.4b
Cincturing 4 weeks	74.0ab	38.6a
Cincturing 6 weeks	59.0bc	38.6a
Cincturing 8 weeks	85.0a	47.4a
F-test	*	*
C.V. (%)	14.5	20.7

* = Significant difference at probability level 0.05 by DUNCAN

การทดลองที่ 3 การศึกษาการเสียบกิ่งมะคาเดเมียในช่วงเดือนพฤศจิกายน

เปอร์เซ็นต์การรอดตาย

ผลการเสียบกิ่งมะคาเดเมียในช่วงเดือนพฤศจิกายน พบว่า กรรมวิธีควั่นกิ่ง 8 สัปดาห์ ให้เปอร์เซ็นต์การรอดตายสูงสุด 63% แตกต่างทางสถิติกับการไม่ควั่นกิ่ง และการควั่นกิ่ง 4 สัปดาห์ แต่ทุกกรรมวิธีของการควั่นกิ่งให้เปอร์เซ็นต์การรอดตายมากกว่าการไม่ควั่นกิ่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3) ซึ่งผลการควั่นกิ่งเป็นไปในทำนองเดียวกันกับการเสียบกิ่งในช่วงเดือนพฤษภาคมและกรกฎาคม ยกเว้นกรรมวิธีไม่ควั่นกิ่งมีเปอร์เซ็นต์การรอดตายมากกว่าในช่วงเดือนพฤษภาคม (40.0 และ 2.33%) ซึ่งความแตกต่างด้านสภาพภูมิอากาศระหว่างช่วงเวลาหลังการเสียบกิ่งคือสภาพของอุณหภูมิช่วงหลังเดือนพฤศจิกายนมีอุณหภูมิต่ำเข้าสู่ช่วงฤดูหนาวและไม่มีปริมาณฝนจึงอาจส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์การรอดตายลดลง แต่ในส่วนของการไม่ควั่นกิ่งมีเปอร์เซ็นต์การรอดตายมากกว่าเดือนพฤษภาคม น่าจะเป็นผลมาจากปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมในกิ่งมากกว่า ซึ่งจากการศึกษาการผลิใบของต้นมะคาเดเมียที่แปลงทดลองแม่เหียะ (พื้นราบ) พบว่า มีการผลิใบ 4-5 ครั้งต่อปี มีการผลิใบมากในช่วงเดือนมิถุนายน รองลงมาคือเดือนสิงหาคม และตุลาคม แล้วจึงเริ่มพักตัว ไม่มีการผลิใบในช่วงเดือนพฤศจิกายน ดังนั้นในกรรมวิธีการไม่ควั่นกิ่งและการควั่นกิ่งเพื่อมาเสียบกิ่งในช่วงเดือนพฤศจิกายน กิ่งพันธุ์ดีที่นำมาใช้จะมีการสะสมปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งความสำเร็จของเปอร์เซ็นต์การรอดตายขึ้นกับปัจจัยของพืช คือ ปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมและช่วงเวลาในการเสียบกิ่ง

การเจริญเติบโตด้านความสูง

พบว่ากรรมวิธีควั่นกิ่ง 8 สัปดาห์ ให้การเจริญเติบโตด้านความสูงกิ่งมากสุด 42.0 เซนติเมตร แตกต่างทางสถิติกับทุกกรรมวิธี และการไม่ควั่นกิ่งมีความสูงกิ่งต่ำสุด 2.95 เซนติเมตร แต่อย่างไรก็ตาม การควั่นกิ่งทุกกรรมวิธีให้ความสูงกิ่งมากกว่าการไม่ควั่นกิ่ง (Table 3) หากพิจารณาการเจริญเติบโตจะพบว่า การเสียบกิ่งในช่วงเดือนกรกฎาคมมีการเจริญเติบโตด้านความสูงมากสุด ส่วนการเสียบกิ่งช่วงเดือนพฤษภาคมและเดือนพฤศจิกายนจะมีความสูงของกิ่งใกล้เคียงกัน (Table 1, 2 และ 3) ทั้งนี้จะเป็นผลมาจากด้านปริมาณอาหารสะสมในกิ่งและสภาพแวดล้อมตามที่กล่าวมาแล้ว การควั่นกิ่งในช่วงที่พืชมีการเจริญเติบโต สร้างและสะสมคาร์โบไฮเดรตมากจะส่งผลต่อทั้งเปอร์เซ็นต์การรอดตาย การแตกตา และการเจริญเติบโตของกิ่งพันธุ์ดี

Table 3 Percentage of survival of the scion branches and the growth of young branch of cleft grafting scion of macadamia in November at Maehea substation

Treatment	Conjuring on cleft grafting in November at at Maehea substation	
	Percentage of survival of the scion branches (%)	Percentage of survival of the scion branches (%)
Not cincturing (control)	40.0c	2.95d
Cincturing 4 weeks	55.0b	16.3c
Cincturing 6 weeks	59.0ab	32.9b
Cincturing 8 weeks	63.0a	42.0a
F-test	*	*
C.V. (%)	4.64	11.1

* = Significant difference at probability level 0.05 by DUNCAN

แปลงทดลอง ขุนวาง

การทดลองที่ 1 การศึกษาการเสียบกิ่งมะคาเดเมียในช่วงเดือนพฤษภาคม

เปอร์เซ็นต์การรอดตาย

การเสียบกิ่งมะคาเดเมียในช่วงเดือนพฤษภาคมที่แปลงทดลองขุนวางซึ่งมีความสูงจากระดับน้ำทะเล 1,400 เมตร พบว่าการควั่นกิ่ง 8 สัปดาห์ ให้เปอร์เซ็นต์การรอดตายสูงสุด 62% แตกต่างทางสถิติกับการไม่ควั่นกิ่ง และการควั่นกิ่ง 6 สัปดาห์ ซึ่งรอดตาย 38 และ 53% แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับการควั่นกิ่ง 4 สัปดาห์ ซึ่งรอดตาย 59% (Table 4) ซึ่งผลของการควั่นกิ่งจะมีส่วนช่วยในการสะสมปริมาณคาร์โบไฮเดรตในกิ่ง (Bennell, 1984) โดยปริมาณคาร์โบไฮเดรตจะเพิ่มขึ้นภายใน 30 วัน

หลังการควั่นกิ่ง แต่เมื่อหลัง 70 วัน ปริมาณคาร์โบไฮเดรตจะลดลง ดังนั้นจะเห็นได้ว่าทุกกรรมวิธีที่ควั่นกิ่งมีเปอร์เซ็นต์การรอดตายมากกว่าการไม่ควั่นกิ่ง ซึ่งปัจจัยหนึ่งน่าจะมาจากปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมในกิ่งที่เพิ่มขึ้น เป็นผลมาจากการควั่นกิ่งตามที่กล่าวมา หากเปรียบเทียบกับสภาพพื้นที่คือแปลงทดลองแม่เหียะซึ่งอยู่พื้นราบ สิ่งที่พบคือความแตกต่างของสภาพภูมิอากาศแปลงขุนวางจะมีอุณหภูมิต่ำกว่า ปริมาณฝนมากกว่า ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าเล็กน้อย จะเห็นได้ว่าผลการทดลองเป็นไปในทำนองเดียวกัน แต่ที่แปลงทดลองขุนวางกรรมวิธีการควั่นกิ่ง มีเปอร์เซ็นต์การรอดตายของกิ่งต่ำกว่าที่แปลงทดลองแม่เหียะ ยกเว้นกรรมวิธีที่ไม่ควั่นกิ่ง มีเปอร์เซ็นต์การรอดตายมากกว่า 38.0 และ 2.3% (Table 1 และ Table 4) ซึ่งในลักษณะของมะคาเดเมียที่ปลูกพื้นที่สูงขุนวาง พบว่าจะมีการผลิใบมากกว่าช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม ซึ่งในการเสียบกิ่งช่วงเดือนพฤษภาคมจะมีการควั่นกิ่งในช่วงตั้งแต่ มีนาคม-เมษายน ซึ่งเป็นช่วงที่มีการผลิใบ มีการสร้างอาหารสะสมในกิ่ง แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากที่ขุนวางช่วงเดือนหลังการเสียบกิ่ง คือพฤษภาคม มิถุนายน และกรกฎาคม จะมีปริมาณฝนปี 60 และ 61 ค่อนข้างมาก 124.4 315.2 371.9 และ 366.9 312.6 243.4 มิลลิเมตร มีวันฝนตก 12 24 26 และ 19 21 22 วัน ส่วนแปลงทดลองแม่เหียะมีปริมาณฝนตกมากอาจส่งผลต่อทั้งการเจริญเติบโตและการสะสมอาหารของกิ่ง และการเกิดเชื้อรากับรอยแผลที่เสียบจะเชื่อมประสานทำให้รอยแผลเน่าหรือไม่ติดได้ซึ่งน่าจะเป็นปัจจัยรองจากความสมบูรณ์ของกิ่ง

ด้านความสูงของกิ่ง

ผลการทดลองพบว่า ความสูงของกิ่งหลังการเสียบกิ่ง 60 วัน ทุกกรรมวิธีที่ควั่นกิ่งให้ความสูงกิ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีความสูงระหว่าง 16.4-18.7 เซนติเมตร ส่วนการไม่ควั่นกิ่งไม่มีการแตกยอดใหม่ (Table 4) ซึ่งจะเห็นได้ว่ามะคาเดเมียที่เสียบกิ่งบนพื้นที่สูง (แปลงขุนวาง) จะมีการเจริญด้านความสูงต่ำกว่ามะคาเดเมียที่เสียบกิ่งที่พื้นที่ราบ (แปลงแม่เหียะ) โดยเฉพาะกรรมวิธีควั่นกิ่ง 8 สัปดาห์ ค่อนข้างมาก 16.4 และ 37.5 เซนติเมตร (Table 1 และ Table 4) แต่การควั่นกิ่งทุกกรรมวิธีที่แปลงขุนวางจะไม่แตกต่างทางสถิติ แต่ที่แปลงแม่เหียะกรรมวิธีควั่นกิ่ง 8 สัปดาห์ มีการเจริญเติบโตในด้านความสูงกิ่งสูงสุด ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากปัจจัยสภาพแวดล้อมโดยเฉพาะปริมาณฝนและจำนวนวันที่ฝนตกตามที่กล่าวมาแล้ว ซึ่งที่แปลงทดลอง มีปริมาณฝนและจำนวนวันที่ฝนตกมากจะส่งผลต่อปริมาณแสงที่พืชจะใช้ในการสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างอาหารส่งไปให้กิ่ง ลำต้น และราก รวมถึงถ้าฝนตกมาก ดินหรือวัสดุปลูกในถุงและระยะเวลา ประสิทธิภาพการทำงานของรากที่จะดูดธาตุอาหารส่งไปเลี้ยงต้นพืชจะมีประสิทธิภาพต่ำลง จึงส่งผลต่อการเจริญเติบโตในด้านความสูงของกิ่งตามที่ปรากฏ

Table 4 Percentage of survival of the scion branches and the growth of young branch of cleft grafting scion of macadamia in May at Khunwang substation

Treatment	Conjuring on cleft grafting in May at at Khunwang substation	
	Percentage of survival of the scion branches (%)	Percentage of survival of the scion branches (%)
Not cincturing (control)	38.0c	0
Cincturing 4 weeks	59.0ab	18.7
Cincturing 6 weeks	53.0b	17.7
Cincturing 8 weeks	62.0a	16.4
F-test	*	ns
C.V. (%)	7.12	51.8

* = Significant difference at probability level 0.05 by DUNCAN ns = Not significant difference

การทดลองที่ 2 การศึกษาการเสียบกิ่งมะคาเดเมียในช่วงเดือนกรกฎาคม

เปอร์เซ็นต์การรอดตาย

พบว่ากรรมวิธีควั่นกิ่ง 8 สัปดาห์ ให้เปอร์เซ็นต์การรอดตายสูงสุด 65.0% แตกต่างกันทางสถิติกับการไม่ควั่นกิ่งซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การรอดตายต่ำสุด 27% แต่ไม่ต่างกับการควั่นกิ่งที่ 4 และ 6 สัปดาห์ (56.0 และ 59.0%) และทุกกรรมวิธีที่ควั่นกิ่งให้เปอร์เซ็นต์การรอดตายมากกว่าการไม่ควั่นกิ่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 5) จากผลการทดลองจะเป็นไปในทำนองเดียวกับแปลงทดลองที่แม่เหียะ คือกรรมวิธีควั่นกิ่ง 8 สัปดาห์ ให้เปอร์เซ็นต์การรอดตายสูงสุด (Table 2 และ Table 5) แต่เปอร์เซ็นต์การรอดตายแปลงขุนวางซึ่งเป็นแปลงบนพื้นที่สูงมีเปอร์เซ็นต์การรอดตายต่ำกว่าแปลงพื้นที่ราบ (แปลงแม่เหียะ) ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากนิสัยการเจริญเติบโตของมะคาเดเมีย ที่ต่างกันตามที่กล่าวมาแล้วรวมถึงปัจจัยสภาพแวดล้อมโดยเฉพาะอุณหภูมิ ปริมาณฝน และจำนวนวันที่ฝนตก ซึ่งที่แปลงขุนวางจะมีอุณหภูมิต่ำกว่า แต่ปริมาณฝนและจำนวนวันฝนตกมากกว่า ส่งผลต่อการสังเคราะห์แสง การสะสมอาหารภายในกิ่ง รวมถึงการเกิดโรคจากเชื้อราของกิ่งเสียบได้ ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การรอดตายต่ำ

ด้านความสูงของกิ่ง

พบว่าหลังการเสียบกิ่ง 60 วัน กรรมวิธีควั่นกิ่ง 8 สัปดาห์ มีความสูงกิ่งมากที่สุด 72.8 เซนติเมตร แตกต่างทางสถิติกับทุกกรรมวิธี และกรรมวิธีที่ 6 มีความสูงกิ่งมากกว่าการควั่นกิ่งที่ 4 สัปดาห์ (63.6 และ 48.0 เซนติเมตร) และทุกกรรมวิธีของการควั่นกิ่งมีความสูงกิ่งมากกว่าการไม่ควั่นกิ่ง (30.0 เซนติเมตร) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 5) ซึ่งผลจากการเจริญเติบโตด้านความสูงครั้งนี้จะมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการควั่นกิ่ง ซึ่งระยะเวลาการควั่นกิ่งนานส่งผลให้กิ่งมีการสะสมอาหารในกิ่งมาก และเมื่อมี

การแตกตาจึงมีการเจริญเติบโตสูงสุด สอดคล้องกับ Bennell (1984) ที่พบว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้นภายใน 30 วัน หลังการควั่นกิ่ง และจะลดลงหลังการควั่นกิ่ง 70 วัน ซึ่งอาจเนื่องจากรอยแผลจากการควั่นกิ่งมีการเชื่อมประสาน ทำให้การขัดขวางการส่งอาหารจากใบไปลำต้น ราก มากขึ้น

Table 5 Percentage of survival of the scion branches and the growth of young branch of cleft grafting scion of macadamia in July at Khunwang substation

Treatment	Conjuring on cleft grafting in July at at Khunwang substation	
	Percentage of survival of the scion branches (%)	Percentage of survival of the scion branches (%)
Not cincturing (control)	27.0b	30.0d
Cincturing 4 weeks	56.0a	48.0c
Cincturing 6 weeks	59.0a	63.6b
Cincturing 8 weeks	65.0a	72.8a
F-test	*	*
C.V. (%)	12.0	8.99

* = Significant difference at probability level 0.05 by DUNCAN

การทดลองที่ 3 การศึกษาการเสียบกิ่งมะคาเดเมียในช่วงเดือนพฤศจิกายน

เปอร์เซ็นต์การรอดตาย

พบว่าการควั่นกิ่ง 8 สัปดาห์ ให้เปอร์เซ็นต์การรอดตายสูงสุด 75% แตกต่างทางสถิติทุกกรรมวิธี การควั่นกิ่งที่ 4 และ 6 สัปดาห์ ให้เปอร์เซ็นต์การรอดตาย 50.0 และ 61.0% ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ทุกกรรมวิธีที่ควั่นกิ่งมีเปอร์เซ็นต์การรอดตายมากกว่าการไม่ควั่นกิ่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 6) และเมื่อเปรียบเทียบกับการเสียบกิ่งในช่วงเดือนพฤษภาคมและกรกฎาคม คือ 75 62 และ 65% (Table 4 5 และ 6) ซึ่งจากนิสัยของมะคาเดเมียที่ปลูกบนพื้นที่สูงในช่วงเดือนตุลาคมถึงมกราคม เข้าสู่ระยะพักตัวจึงทำให้มีการสะสมอาหารในกิ่งเพิ่มขึ้นประกอบกับการควั่นกิ่งจะมีส่วนช่วยในการสะสมในกิ่งเพิ่มขึ้น เมื่อนำกิ่งมาเสียบส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การรอดตายเพิ่มขึ้น

ด้านความสูงของกิ่ง

พบว่าการควั่นกิ่ง 8 สัปดาห์ ให้ความสูงกิ่งมากสุด 63.8 เซนติเมตร แตกต่างทางสถิติกับทุกกรรมวิธี การควั่นกิ่งที่ 4 และ 6 สัปดาห์ ให้ความสูงกิ่งไม่แตกต่างทางสถิติ (44.8 และ 36.1 เซนติเมตร) และทุกกรรมวิธีที่ควั่นกิ่งให้ความสูงกิ่งมากกว่าการไม่ควั่นกิ่ง (11.1 เซนติเมตร) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 6) ซึ่งการเจริญของกิ่งขึ้นกับอาหาร

สะสมในกิ่ง รอยประสาน ประสิทธิภาพของต้นตอ และสภาพแวดล้อม ซึ่งความแตกต่างน่าจะเป็นผลมาจากอาหารสะสมในกิ่งที่ควั่นกิ่งในระยะเวลาต่างกัน ซึ่งคาร์โบไฮเดรตสะสมเพิ่มหลังการควั่นกิ่ง 70 วัน ตามผลการศึกษาของ (Bennel, 1984)

Table 6 Percentage of survival of the scion branches and the growth of young branch of cleft grafting scion of macadamia in November at Khunwang substation

Treatment	Conjuring on cleft grafting in November at at Khunwang substation	
	Percentage of survival of the scion branches (%)	Percentage of survival of the scion branches (%)
Not cincturing (control)	11.0c	11.1c
Cincturing 4 weeks	50.0b	36.1b
Cincturing 6 weeks	61.0b	44.8b
Cincturing 8 weeks	75.0a	63.8a
F-test	*	*
C.V. (%)	15.5	25.3

* = Significant difference at probability level 0.05 by DUNCAN

วิจารณ์ผลการทดลอง

การควั่นกิ่งจะช่วยให้การยับยั้งการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตที่สร้างจากใบและจะส่งไปกิ่ง ลำต้น และรากพืช ทำให้มีอาหารสะสมในกิ่งเพิ่มขึ้นตามที่กล่าวมาแล้ว เมื่อตัดกิ่งมาเสียบบนต้นตอเมื่อรอยแผลประสานดีและรากส่งอาหารมาเลี้ยงกิ่งพันธุ์ดี (scion) ที่สมบูรณ์ตาที่กิ่งพร้อมที่จะแตกตาเจริญเติบโตเป็นกิ่งใหม่จึงทำให้การเสียบกิ่งประสบความสำเร็จเพิ่มมากขึ้น จะเห็นได้ว่าการควั่นกิ่งจะช่วยให้การแตกตาเร็วขึ้นส่งผลให้การเจริญเติบโตของกิ่งใหม่ที่แตกมีความสูงมากกว่าการไม่ควั่นกิ่ง แต่ในบางช่วงเวลาคือช่วงพฤษภาคม การไม่ควั่นกิ่งจะไม่มีการแตกตาและไม่มีกิ่งใหม่ที่เจริญเติบโต นอกจากนี้ในสภาพความแตกต่างของพื้นที่คือที่แม่เหียะจะเป็นแปลงพื้นที่ราบ ส่วนแปลงขุนวางเป็นแปลงบนที่สูง มีความสูงจากระดับน้ำทะเล 1,400 เมตร สิ่งที่มีความแตกต่างคือสภาพภูมิอากาศทั้งด้านอุณหภูมิ ปริมาณฝน จำนวนวันที่ฝนตกตลอดจนความชื้นสัมพัทธ์อากาศ ซึ่งจะส่งผลต่อทั้งนิสัยการเจริญเติบโตของต้นมะคาเดเมียแตกต่างกัน เช่น มะคาเดเมียที่แปลงทดลองแม่เหียะจะมีการแตกใบปีละ 4-5 ครั้ง มีการผลิใบมากช่วงเดือนมิถุนายน รองมาคือสิงหาคม และเริ่มพักตัวช่วงเดือนพฤศจิกายน-มกราคม ส่วนที่แปลงขุนวาง มีการผลิใบมากช่วงเดือนสิงหาคม-กันยายน และเข้าสู่ระยะการพักตัวช่วงเดือนตุลาคม-มกราคม และเริ่ม

ผลิใบใหม่ช่วงเดือนกุมภาพันธ์-มีนาคม (จำลอง, 2544) ซึ่งลักษณะนิสัยการเจริญเติบโตพืชที่ปรับตามสภาพภูมิอากาศจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่นำมาใช้ในการจัดการผลิตพืชให้ตรงตามช่วงเวลาพัฒนาการของพืช ในส่วนของการขยายพันธุ์จะต้องเตรียมกิ่งพันธุ์ดีให้สมบูรณ์ มีอาหารสะสมในกิ่งมาก เพื่อให้แตกตาและเจริญเติบโตได้เร็วขึ้น วิธีการควั่นกิ่งจึงเป็นวิธีการหนึ่งในการเตรียมกิ่งพันธุ์ดีสำหรับใช้ในการเสียบกิ่ง ในส่วนของสภาพภูมิอากาศเช่น อุณหภูมิ ปริมาณฝน จำนวนวันที่ฝนตกน่าจะมีผลต่อความสำเร็จในการขยายพันธุ์พืชด้วยเช่นกัน โดยเฉพาะปริมาณฝน จะมีผลต่อการขยายพันธุ์ทั้งในส่วนที่น้ำอาจซึมเข้ารอยแผล ทำให้แผลไม่ติด เกิดเชื้อรา หรือฝนมากและติดต่อกันจะมีผลต่อทั้งรอยแผลและการเชื่อมประสานของต้นตอและกิ่งพันธุ์ดี

สรุปผลการทดลอง

จากผลการดำเนินการเสียบกิ่งมะคาเดเมียในช่วงเวลาต่าง ๆ 3 ช่วงเวลา คือ ช่วงเดือนพฤษภาคม กรกฎาคม และพฤศจิกายน ใน 2 พื้นที่ คือแปลงทดลองแม่เหียะและแปลงทดลองขุนวาง ใน 3 ช่วงเวลาที่แตกต่างกันพบว่า กรรมวิธีการควั่นกิ่งทุกกรรมวิธีให้เปอร์เซ็นต์กิ่งที่รอดตายมากกว่าการไม่ควั่นกิ่ง และการควั่นกิ่งไว้ 8 สัปดาห์ ให้ผลดีสุดทั้ง 2 พื้นที่ แต่เนื่องจากแปลงที่ขุนวางมีอุณหภูมิต่ำกว่า แต่มีปริมาณฝนมากกว่ารวมทั้งจำนวนวันที่ฝนตกมากกว่าแปลงที่แม่เหียะ ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์กิ่งรอดตายต่ำกว่าแปลงที่แม่เหียะ ดังนั้นจึงต้องมีการจัดการโรงเรือนเพาะชำอย่างดีด้วยเพื่อให้การขยายพันธุ์มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ทั้ง 2 พื้นที่ ที่ปฏิบัติงานทดลองนี้อย่างอุตสาหะ ทำให้ได้ผลงานนี้ออกมาเป็นประโยชน์แก่เกษตรกรที่สนใจปลูกมะคาเดเมียสืบต่อไป

เอกสารอ้างอิง

จำลอง ดาวเรือง. 2544. การขยายพันธุ์มะคาเดเมีย. ใน: มะคาเดเมีย (MACADAMIA NUTS) ประจำปี 2554. น. 53-57. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 เชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ธีรวุธ ปัทมาศ สุรินทร์ นิลสำราญจิต และจตุรพร รักษ์งาร. 2551. ผลของการควั่นกิ่งและไฮโดรเจนไซยานาไมด์ต่อการแตกตาและคุณภาพผลของกีวีฟรุต. น. 81-845. ในการประชุมทางวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 7 พืชสวนไทยใต้ร่มพระบารมี 26-30 พฤษภาคม 2551. โรงแรมอัมรินทร์ลากูน พิษณุโลก. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 เชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

พัชรียา บุญกอแก้ว. 2560. สารควบคุมการเจริญเติบโตในพืชสวน. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. 2562. มะคาเดเมีย: ปีเพาะปลูก 2561. ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมส่งเสริมการเกษตร.

สถาบันวิจัยพืชสวน. 2563. เอกสารวิชาการการจัดการความรู้ “เทคโนโลยีการผลิตมะคาเดเมีย”. สถาบันพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

อุทัย นพคุณวงศ์ จำรอง ดาวเรือง และฉัตรนภา ข่มอาวุธ. 2551. การขยายพันธุ์มะคาเดเมีย. ใน: มะคาเดเมีย ประจำปี 2551. น. 49-53. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 เชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

Beaumont J.H. and R.H. Moltzau. 1937. Nursery propagation and topworking of the macadamia. Hawaiian Agric Exp StnCirc.

Bennell, M. R. 1984. Aspects of the Biology and Culture of the Macadamia. A Thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the Degree of Master of Agriculture. Department of Agronomy University of Sydney and Horticultural Science.

Cho, A. and A. Kawabata. 2016. Grating Macadamia Trees in Hawaii. Available: www.etahr.hawaii.edu. (February 9, 2021)

Fukunaga, E. T. 1951. Grafting and topworking the macadamia. University of Hawaii Agricultural Extension. Circ.

Menzel, C.M. and B.F. Paxton. 1987. The effect of cincturing on growth and flowering of lychee several season in subtropical Queensland. Aust. J of Exp. Agri. 27: 733-738.

Nagao, M.A. and H. H. Hirae. 1992. Macadamia: Cultivation and physiology. Critical Reviews in Plant Sciences. p 441-470.

Rodrigues, J., G.F. Ryan, and E.F. Frolich. 1960. California Avocado Society, University of California, Los Angeles: p. 89-92.

SAMAC. 2020. Macadamia South Africa NPC. Available: https://www.samac.org.za/ (February 17, 2021)

Southern African Macadamia Grower Association. 2018. STATISTICS ON THE SOUTHERN AFRICAN MACADAMIA INDUSTRY. Updated 14 May 2018. Available: https://samac.org.za/industry-statistics-southern-african-macadamia-industry. (July 26, 2018).

Weaver, R. J. 1972. Plant Growth Substances in Agriculture. W. H. Freemann and Company, San Francisco.

Xavier T. P., T. S. Lira, J. M. A. Schettino and M. A. S. Barrozo. 2016. A study of pyrolysis of macadamia nut shell: parametric sensitivity analysis of the IPR model. Brazilian Journal of Chemical Engineering 33(1): 115-122.

ผลของ IBA ต่อการทาบกิ่งมะคาเดเมีย พันธุ์เชียงใหม่ 700

Effect of Indole-3-butyric acid (IBA) Concentration on Approach Grafting Macadamia (Macadamia integrifolia cv. MAUKA, HAES 741)

อนันต์ ปัญญาเพิ่ม* สมคิด รัตนบุรี อนุ สุวรรณโฉม และ เหรียญชัย เกิดพงษ์

A-nun Punyaperm* Somkid Rattanaburi Anu Suwannachom and Rianchai Koetphong

ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ตำบลหนองควาย อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ 50230

Royal Agricultural Research Centre, Chiang Mai NongKhwai Sub-district, Hang Dong District, Chiang Mai 50230

* Corresponding author: anun.punyaperm@gmail.com

(Received: 26 November, 2020, Revised: 21 December, 2020, Accepted: 3 March, 2021)

Abstract

Effect of Indole-3-butyric acid (IBA) Concentration on approach grafting Macadamia tree was carried out at the Chiangmai Royal Agricultural Research Center (CMRARC), Maehea and Kunwang substation in 2015-2018. The study divided into 3 experiments 1) Study of IBA concentrations on approach grafting Macadamia in May. 2) Study of IBA concentrations on approach grafting Macadamia in July. 3) Study of IBA concentrations on approach grafting Macadamia in November. There are 5 treatments as water (control) and sprayed with IBA concentration of 2000, 4000, 6000 and 8000 ppm. There were 8 replication (20 plants/replication). The results showed that the highest root weight were found in May at Chiang Mai Royal Agricultural Research Center (Maehea) with the highest root weight of grafting using IBA at a concentration of 8,000 ppm was 15.68 g. As well as the highest percentage of survival of approach grafting branches using IBA at a concentration of 8,000 ppm of the Chiang Mai Royal Agricultural Research Center (Maehea) in November was 85.63%. However, there was non-statistically different with IBA at 6,000 ppm with

survival of approach grafting branches of 79.38%. In conclusion there was non-statistically different between the concentration of 8,000 ppm IBA and 6,000 ppm IBA. Therefore, the concentration of 6,000 ppm IBA are most suitable for approach grafting Macadamia because it is effective in approach grafting Macadamia and the most breakeven.
Keywords: Approach grafting macadamia, Indole-3-butyric acid (IBA)

บทคัดย่อ

ผลของ IBA ต่อการทาบกิ่งมะคาเดเมีย ทำการทดลองที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (แปลงทดลองแม่เหียะ และขุนวาง) ในปี 2558-2561 โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลอง คือ 1) การศึกษาความเข้มข้น IBA ในการทาบกิ่งมะคาเดเมียช่วงเดือนพฤษภาคม 2) การศึกษาความเข้มข้น IBA ในการทาบกิ่งมะคาเดเมียช่วงเดือนกรกฎาคม และ 3) การศึกษาความเข้มข้น IBA ในการทาบกิ่งมะคาเดเมียช่วงเดือนพฤศจิกายน มี 5 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 8 ซ้ำ ซ้ำละ 20 ต้น กรรมวิธีที่ 1 จุ่มรากของต้นตอด้วย น้ำเปล่า (กรรมวิธีควบคุม) กรรมวิธีที่ 2, 3, 4 และ 5 คือจุ่มด้วย IBA ความเข้มข้น 2,000, 4,000, 6,000, และ 8,000 ppm พบว่า น้ำหนักรากของการทาบกิ่งที่มากที่สุดอยู่ในเดือนพฤษภาคมของศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (แม่เหียะ) มีน้ำหนักรากของการทาบกิ่งสูงที่สุด โดยการใช้ IBA ความเข้มข้น 8,000 ppm มีค่าเท่ากับ 15.68 กรัม เช่นเดียวกับเปอร์เซ็นต์การรอดตายของกิ่งทาบสูงสุดโดยการใช้ IBA ความเข้มข้น 8,000 ppm ของศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (แม่เหียะ) ในเดือนพฤศจิกายนมีค่าเท่ากับ 85.63% ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับ IBA ความเข้มข้น 6,000 ppm ที่มีเปอร์เซ็นต์การรอดตายของกิ่งทาบ คือ 79.38% ซึ่งสรุปได้ว่าการใช้ IBA ที่ความเข้มข้น 8,000 ppm และ IBA ที่ความเข้มข้น 6,000 ppm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ดังนั้น IBA ที่ความเข้มข้น 6,000 ppm มีความเหมาะสมสำหรับการทาบกิ่งมะคาเดเมียที่สุด เนื่องจาก ทำให้มีประสิทธิภาพในการทาบกิ่งมะคาเดเมีย และมีความคุ้มทุนที่สุด
คำสำคัญ: การทาบกิ่งมะคาเดเมีย กรดอินโดล-3-บิวทีริก (IBA)

คำนำ

Southern African Macadamia Grower Association (2018) รายงานว่าจากข้อมูลพื้นที่ปลูกและการพยากรณ์ผลผลิตมะคาเดเมียจากแหล่งปลูกสำคัญของโลกที่ได้แก่ ประเทศแอฟริกาใต้ ออสเตรเลีย สหรัฐอเมริกา เคนยา มาลาวี กัวเตมาลา บราซิล จีน เวียดนาม และซิมบับเว พบว่า ในปี 2558 ประเทศจีนมีพื้นที่ปลูกมากที่สุดคือ 65,000 เฮกแตร์ (406,250 ไร่) และมีอัตราการปลูกเพิ่มปีละ 10,000 เฮกแตร์ต่อปี (62,500 ไร่) สำหรับผลการพยากรณ์ผลผลิตปี 2563 ประเทศแอฟริกาใต้มีผลผลิตมากที่สุดคือ 64,800 ตัน (nut in shell) สถานการณ์ด้านราคาในปี 2559 พบว่า แต่ละประเทศแตกต่างกันไปคือ ประเทศออสเตรเลียราคา 5.2-5.6 ดอลลาร์

(US)/kg. of NIS ส่วนประเทศแอฟริกาใต้ราคา 5.46-5.76 ดอลลาร์ (US)/kg. of NIS (Hort Innovation, 2018) ในปี 2561 พบว่า ราคาของมะคาเดเมียแตกต่างกันขึ้นกับแหล่งที่มาคือ มะคาเดเมียที่ปลูกภายใต้ระบบ GAP ราคา 5.20 ดอลลาร์/kg of NIS ส่วนมะคาเดเมียอินทรีย์ราคา 6.3 ดอลลาร์/kg of NIS (Macadamia Processing Company, 2018) ซึ่งราคามีแนวโน้มสูงขึ้น แม้ว่าราคาจะสูงขึ้นไม่มาก แต่ราคาก็ยังไม่เคยลดลง

มะคาเดเมียเป็นพืชที่มีศักยภาพทางเศรษฐกิจ เป็นไม้ยืนต้นที่ต้องการอุณหภูมิต่ำกว่า 18-20 องศาเซลเซียส นานประมาณ 1 เดือน ในการพัฒนาเป็นตาดอกและต้องการปริมาณความชื้นที่เหมาะสม สามารถปลูกทดแทนพื้นที่ป่าได้ดี แต่เนื่องจากในประเทศไทยยังขาดพันธุ์และเทคโนโลยีในการผลิตที่เหมาะสม กรมวิชาการเกษตรจึงได้ดำเนินการวิจัยเกี่ยวกับมะคาเดเมียตั้งแต่ปี 2527 จนกระทั่งในปี 2559-2564 ได้ดำเนินโครงการปรับปรุงพันธุ์และศึกษาเทคโนโลยีการผลิตมะคาเดเมียเป้าหมายเพื่อให้ได้มะคาเดเมียพันธุ์ที่เหมาะสมกับพื้นที่ต่ำกว่า 700 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง และเทคโนโลยีการผลิต (ขยายพันธุ์/ตัดแต่งกิ่ง/การจัดการแมลงและสัตว์ศัตรู) ไปพร้อมกัน

กรมวิชาการเกษตรได้ทำการศึกษาการขยายพันธุ์โดยการทาบกิ่ง และเสียบกิ่งพันธุ์ดี เพื่อให้ได้วิธีการและกิ่งพันธุ์ที่มีคุณภาพ ลดปริมาณการนำเข้าและพัฒนาเป็นอุตสาหกรรมส่งออกต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พืชทดลองใช้ต้นกล้ามะคาเดเมีย พันธุ์เชียงใหม่ 700 อายุประมาณ 1 ปี ปลูกในพื้นที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวง (แม่เหียะ)

วิธีการทดลอง

ทำการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) การศึกษาผลของ IBA ต่อการทาบกิ่งมะคาเดเมีย พันธุ์เชียงใหม่ 700 ได้ดำเนินการทดสอบในพื้นที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ปี 2559-2561 โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลอง คือ

การทดลองที่ 1 การศึกษาความเข้มข้น IBA ในการทาบกิ่งมะคาเดเมียช่วงเดือนพฤษภาคม (ปี 2560)

การทดลองที่ 2 การศึกษาความเข้มข้น IBA ในการทาบกิ่งมะคาเดเมียช่วงเดือนกรกฎาคม (ปี 2560)

การทดลองที่ 3 การศึกษาความเข้มข้น IBA ในการทาบกิ่งมะคาเดเมียช่วงเดือนพฤศจิกายน (ปี 2560)

ประกอบด้วย 5 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 8 ซ้ำ ซ้ำละ 20 ต้น ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 จุ่มรากของต้นตอใน น้ำเปล่า (กรรมวิธีควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 จุ่มรากของต้นตอใน IBA ความเข้มข้น 2,000 ppm

กรรมวิธีที่ 3 จุ่มรากของต้นตอใน IBA ความเข้มข้น 4,000 ppm

กรรมวิธีที่ 4 จุ่มรากของต้นตอใน IBA ความเข้มข้น 6,000 ppm

กรรมวิธีที่ 5 จุ่มรากของต้นตอใน IBA ความเข้มข้น 8,000 ppm

วิธีการดำเนินการทดลอง

ต้นกล้ามะคาเดเมียที่มีอายุประมาณ 1 ปี พร้อมที่ใช้ทาบกิ่ง นำมาอัดตุ้มต้นตอ โดยนำต้นตอ

ที่ได้มาตัดแต่ง ตัดส่วนใบ และราก ออกบางส่วน ต้นตอที่ผ่านการตัดแต่งแล้วให้ตัดแต่งรากให้ได้ความยาวประมาณ 5 เซนติเมตร เตรียมขุยมะพร้าวรดน้ำให้พอหมาด ๆ จากนั้นทำการแช่ต้นตอลงในสารฮอร์โมนเร่งราก IBA ตามความเข้มข้นตามกรรมวิธีที่เตรียมไว้ประมาณ 10 วินาที จากนั้นนำออกมาพักให้แห้งพอหมาด แล้วทำการอัดตุ้มต้นตอมะคาเดเมียในขุยมะพร้าวลงถุงพลาสติก (ชนิดถุงเย็น) ขนาด 4×6 นิ้ว

การปฏิบัติหลังการทาบกิ่ง

ให้ตัดกิ่งพันธุ์ดีเมื่อรอยแผลติดกันสนิท และรากต้นตอเจริญดี ตัดยอดและแกะถุงออก นำมาตัดแต่งกิ่ง และจุ่มฮอร์โมนเร่งราก นำต้นกล้าลงถุงเพาะชำ ขนาด 3½×12 นิ้ว และเลี้ยงดูต้นกล้าในโรงเรือนพลาสติกควบคุมความชื้น ประมาณ 1½-2 เดือน รากเจริญดีและแตกยอดใหม่ จึงนำออกมาเลี้ยงดูในโรงเรือนพรางแสง 70-80 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้ต้นกล้ามีการเจริญเติบโต และปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม เพื่อให้พร้อมปลูก

การบันทึกผล

1. เปอร์เซ็นต์การรอดตายของกิ่งทาบ (%)
2. น้ำหนักราก (กรัม)

เวลาและสถานที่

ระยะเวลา (เริ่มต้น-สิ้นสุด)

ปี 2559-2561

สถานที่ดำเนินการ

ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (แม่เหียะ) อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่

ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่

ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 การศึกษาความเข้มข้น IBA ในการทาบกิ่งมะคาเดเมียช่วงเดือนพฤษภาคม

1. เปอร์เซ็นต์การรอดตายของกิ่งทาบ (%)

เปอร์เซ็นต์การรอดตายของกิ่งทาบ (%) ในการศึกษาความเข้มข้น IBA ในการทาบกิ่งมะคาเดเมียช่วงเดือนพฤษภาคม ของทั้งสองสถานที่ (แม่เหียะ และ ขุนวาง) พบว่า IBA ความเข้มข้น 8,000 ppm ให้เปอร์เซ็นต์การรอดตายของกิ่งทาบสูงสุด ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับ IBA ความเข้มข้น 6,000 ppm และ 4,000 ppm แต่มีความแตกต่างทางสถิติกับความเข้มข้น 2,000 ppm และกรรมวิธีควบคุม โดย IBA ความเข้มข้น 8,000 ppm ให้เปอร์เซ็นต์การรอดตายของกิ่งทาบสูงสุดของขุนวางและแม่เหียะ คือ 86.25 และ 83.75% ตามลำดับ (Table 1)

2. น้ำหนักรากของกิ่งทาบ (กรัม)

น้ำหนักรากของกิ่งทาบ (กรัม) ในการศึกษาความเข้มข้น IBA ในการทาบกิ่งมะคาเดเมียช่วงเดือนพฤษภาคม พบว่า ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (แม่เหียะ) IBA ความเข้มข้น 8,000 ppm ให้น้ำหนักรากของกิ่งทาบเฉลี่ยสูงสุด คือ 15.68 กรัม ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ IBA ที่ความเข้มข้น 6,000, 4,000, 2,000 ppm และกรรมวิธีควบคุม ที่มีค่าเท่ากับ 9.63, 7.75, 5.05 และ 2.90 กรัม ตามลำดับ และ ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) IBA ความเข้มข้น 8,000 ppm ให้น้ำรากของการทาบกิ่งสูงที่สุดอยู่ที่ 8.63 กรัม ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับ IBA ความเข้มข้น 6,000 ppm ที่มีค่าเท่ากับ 7.08 กรัม โดยทั้งสองความเข้มข้นนี้ แตกต่างทางสถิติกับ IBA ที่ความเข้มข้น 2,000 ppm และกรรมวิธีควบคุม (Table 1)

Table 1 Effect of IBA on approach grafting branches and root weight of Macadamia in May

Treatment	Percentage of survival of approach grafting branches (%)		Root weight (g)	
	Maehea	Kunwang	Maehea	Kunwang
water (control)	61.25c	62.50c	2.90d	1.25b
2000 ppm	73.75b	75.63b	5.05cd	1.80b
4,000 ppm	77.50ab	79.38ab	7.75bc	3.30b
6,000 ppm	79.38ab	81.88ab	9.63b	7.08a
8,000 ppm	83.75a	86.25a	15.68a	8.63a
F-test	*	*	*	*
C.V. (%)	10.00	8.64	22.66	41.99

* Significant difference at probability level 0.05 by DUNCAN ns = Not significant difference

การทดลองที่ 2 การศึกษาความเข้มข้น IBA ในการทาบกิ่งมะคาเดเมียช่วงเดือนกรกฎาคม

1. เปอร์เซ็นต์การรอดตายของกิ่งทาบ (%)

การศึกษาความเข้มข้น IBA ในการทาบกิ่งมะคาเดเมียช่วงเดือนกรกฎาคม พบว่าการใช้ IBA ที่ความเข้มข้น 8,000 ppm มีเปอร์เซ็นต์การรอดตายของกิ่งทาบสูงสุด ทั้งศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (แม่เหียะ) และศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) โดยแม่เหียะ IBA ความเข้มข้น 8,000 ppm มีค่าเท่ากับ 81.25% ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับ IBA ความเข้มข้น 6,000 ppm ที่มีค่าเท่ากับ 76.88% แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ IBA ความเข้มข้น 4,000, 2,000 ppm และกรรมวิธีควบคุม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 73.13, 71.88, และ 67.50 % ตามลำดับ ในขณะที่ขุนวาง IBA ความเข้มข้น 8,000 ppm ที่มีค่า 80.63% ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับ IBA ความเข้มข้น 6,000 และ 4,000 ppm ซึ่งมีค่าเท่ากับ 72.50, 68.13% ตามลำดับ แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ IBA ความเข้มข้น 2,000 และกรรมวิธีควบคุม ที่มีค่าเปอร์เซ็นต์การรอดตายของกิ่งทาบ คือ 66.25 และ 51.25% ตามลำดับ (Table 2)

2. น้ำหนักรากของกิ่งทาบ (กรัม)

การศึกษาความเข้มข้น IBA ในการทาบกิ่งมะคาเดเมียช่วงเดือนกรกฎาคม พบว่า การใช้ IBA ที่ความเข้มข้น 8,000 ppm มีน้ำหนักรากของกิ่งทาบสูงสุด ทั้งศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (แม่เหียะ) และศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) มีค่าเท่ากับ 7.38 และ 6.78 กรัม ตามลำดับ โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม IBA ความเข้มข้น 2,000, 4,000 และ 6,000 ppm ทั้งสองสถานที่ โดย ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (แม่เหียะ) กรรมวิธีควบคุม IBA ความ

เข้มข้น 2,000, 4,000 และ 6,000 ppm มีค่าน้ำหนักรากของกิ่งทาบเท่ากับ 2.23, 3.35, 4.10 และ 5.65 กรัม ตามลำดับ และ ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) ค่าน้ำหนักรากของกิ่งทาบของกรรมวิธีควบคุม IBA ความเข้มข้น 2,000, 4,000 และ 6,000 ppm เท่ากับ 2.00, 3.05, 3.90 และ 5.13 กรัม ตามลำดับ (Table 2)

Table 2 Effect of IBA on approach grafting branches and root weight of Macadamia in July

Treatment	Percentage of survival of approach grafting branches (%)		Root weight (g)	
	Maehea	Kunwang	Maehea	Kunwang
water (control)	67.50c	51.25c	2.23d	2.00d
2,000 ppm	71.88bc	66.25b	3.35cd	3.05cd
4,000 ppm	73.13bc	68.13ab	4.10c	3.90bc
6,000 ppm	76.88ab	72.50ab	5.65b	5.13b
8,000 ppm	81.25a	80.63a	7.38a	6.78a
F-test	*	*	*	*
C.V. (%)	9.75	18.79	18.41	24.08

* Significant difference at probability level 0.05 by DUNCAN ns = Not significant difference

การทดลองที่ 3 การศึกษาความเข้มข้น IBA ในการทาบกิ่งมะคาเดเมียช่วงเดือนพฤศจิกายน

1. เปอร์เซ็นต์การรอดตายของกิ่งทาบ (%)

เปอร์เซ็นต์การรอดตายของกิ่งทาบ (%) ในการศึกษาความเข้มข้น IBA ในการทาบกิ่งมะคาเดเมียช่วงเดือนพฤศจิกายน พบว่า ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (แม่เหียะ) และศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) IBA ที่ความเข้มข้น 8,000 ppm มีเปอร์เซ็นต์การรอดตายของกิ่งทาบสูงที่สุด ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับ IBA ความเข้มข้น 6,000 ppm แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ IBA ความเข้มข้น 4,000, 2,000 ppm และกรรมวิธีควบคุม โดย ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (แม่เหียะ) เปอร์เซ็นต์การรอดตายของกิ่งทาบของความเข้มข้น 8,000, 6,000, 4,000, 2,000 ppm และกรรมวิธีควบคุม มีค่าเท่ากับ 85.63, 79.38, 78.13, 73.13 และ 69.38% ตามลำดับ ในขณะที่ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) มีเปอร์เซ็นต์การรอดตายของกิ่งทาบของความเข้มข้น 8,000, 6,000, 4,000, 2,000 ppm และกรรมวิธีควบคุม เท่ากับ 85.00, 78.75, 76.25, 72.50 และ 55.63% ตามลำดับ (Table 3)

2. น้ำหนักรากของกิ่งทาบ (กรัม)

การศึกษาความเข้มข้น IBA ในการทาบกิ่งมะคาเดเมียช่วงเดือนพฤศจิกายน พบว่า ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (แม่เหียะ) น้ำหนักรากของกิ่งทาบสูงสุด คือ การใช้ IBA ความเข้มข้น 8,000 ppm มีค่าเท่ากับ 8.93 กรัม ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ IBA ความเข้มข้น 6,000, 4,000, 2,000 ppm และกรรมวิธีควบคุม โดยมีน้ำหนักรากของกิ่งทาบ เท่ากับ 5.88, 3.30, 2.00 และ 0.70 กรัม ตามลำดับ เช่นเดียวกับศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) ที่ IBA ความเข้มข้น 8,000 ppm มีค่าน้ำหนักรากของกิ่งทาบสูงสุดเท่ากับ 9.60 กรัม โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ IBA ความเข้มข้น 6,000, 4,000, 2,000 ppm และกรรมวิธีควบคุม ที่มีค่าน้ำหนักรากของกิ่งทาบ เท่ากับ 6.45, 5.48, 4.20 และ 2.70 กรัม ตามลำดับ (Table 3)

Table 3 Effect of IBA on approach grafting branches and root weight of Macadamia in November

Treatment	Percentage of survival of approach grafting branches (%)		Root weight (g)	
	Maehea	Kunwang	Maehea	Kunwang
water (control)	69.38c	55.63c	0.70c	2.70c
2,000 ppm	73.13bc	72.50b	2.00c	4.20bc
4,000 ppm	78.13b	76.25b	3.30c	5.48bc
6,000 ppm	79.38ab	78.75ab	5.88b	6.45b
8,000 ppm	85.63a	85.00a	8.93a	9.60a
F-test	*	*	*	*
C.V. (%)	8.99	10.36	39.86	33.93

* Significant difference at probability level 0.05 by DUNCAN ns = Not significant difference

วิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาความเข้มข้น IBA ในการทาบกิ่งมะคาเดเมีย พบว่า ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (แม่เหียะ) ในเดือนพฤศจิกายน มีเปอร์เซ็นต์การรอดตายของกิ่งทาบสูงสุดโดยการใช้ IBA ความเข้มข้น 8,000 ppm มีค่าเท่ากับ 85.63% ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับ IBA ความเข้มข้น 6,000 ppm ที่มีเปอร์เซ็นต์การรอดตายของกิ่งทาบ คือ 79.38% ขณะที่ในเดือนพฤษภาคมของศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (แม่เหียะ) มีน้ำหนักรากของการทาบกิ่งสูงที่สุด โดยการใช้ IBA ความเข้มข้น 8,000 ppm มีค่าเท่ากับ 15.68 กรัม และ ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) มีเปอร์เซ็นต์การรอดตายของกิ่งทาบสูงสุดโดยการใช้ IBA ความเข้มข้น

8,000 ppm อยู่ในเดือนพฤษภาคม มีค่าอยู่ที่ 86.25% ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับ IBA ความเข้มข้น 6,000 และ 4,000 ppm ที่มีเปอร์เซ็นต์การรอดตายของกิ่งทาบ อยู่ที่ 81.88 และ 79.38% ตามลำดับ ในขณะที่ในเดือนพฤศจิกายน การใช้ IBA ความเข้มข้น 8,000 ppm ทำให้น้ำหนักรากของการทาบกิ่งมีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 9.60 กรัม โดยจากการทดลอง พบว่าน้ำหนักรากของการทาบกิ่งที่สุดที่สุดอยู่ในเดือนในเดือนพฤษภาคมของศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (แม่เหียะ) มีน้ำหนักรากของการทาบกิ่งสูงที่สุด โดยการใช้ IBA ความเข้มข้น 8,000 ppm มีค่าเท่ากับ 15.68 กรัม เช่นเดียวกับเปอร์เซ็นต์การรอดตายของกิ่งทาบสูงสุดโดยการใช้ IBA ความเข้มข้น 8,000 ppm ของศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (แม่เหียะ) ในเดือนพฤศจิกายน มีค่าเท่ากับ 85.63% ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับ IBA ความเข้มข้น 6,000 ppm ที่มีเปอร์เซ็นต์การรอดตายของกิ่งทาบ คือ 79.38%

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสรุปได้ว่า การใช้ IBA ที่ความเข้มข้น 8,000 ppm และ IBA ที่ความเข้มข้น 6,000 ppm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จึงควรเลือกใช้ IBA ที่ความเข้มข้น 6,000 เนื่องจากทำให้มีประสิทธิภาพในการทาบกิ่งมะคาเดเมีย และมีความคุ้มทุนที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ทั้ง 2 แห่ง ที่ปฏิบัติงานทดลองนี้อย่างอุตสาหะ ทำให้ได้ผลงานนี้ออกมาเป็นประโยชน์แก่เกษตรกรที่สนใจปลูกมะคาเดเมียสืบต่อไป

เอกสารอ้างอิง

จำลอง ดาวเรือง. 2544. การขยายพันธุ์มะคาเดเมีย. ใน: มะคาเดเมีย (MACADAMIA NUTS) ประจำปี 2554. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 เชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

อุทัย นพคุณวงศ์ จำรอง ดาวเรือง และฉัตรนภา ข่มอาวุธ. 2551. การขยายพันธุ์มะคาเดเมีย. ใน: มะคาเดเมีย ประจำปี 2551. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 เชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

Hort Innovation. 2018. Macadamia Strategic Investment Plan 2017-2020. Available: https://horticulture.com.au/wp-content/uploads/2017/07/HortInnovation-SIP-Macadamia.pdf. (July 26, 2018.)

Macadamia Processing Company. 2018. 2018 Price Offer. Available: https://mpcmacs.com.au/2018-price-offer/. (July 26, 2018.)

Southern African Macadamia Grower Association. 2018. Statistics on the Southern African Macadamia Industry. Updated 14 May 2018. Available: https://samac.org.za/industry-statistics-southern-african-macadamia-industry. (July 26, 2018.)

วารสารผลิตกรรมการเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION
MJU

ว. ผลิตกรรมการเกษตร 3(1):61-69
J. Agri. Prod.

การศึกษาแนวทางการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพในการผลิตลำไยนอกฤดู

The study of effective fertilizer applications in off-season longan (*Dimocarpus longan* Lour.) production

นพดล จรัสสัมฤทธิ์[1*] มลธิดา ธิศาเวช[1] วรรณอุษา ผาคำ[1] และ บุรินทร์ พิชัยรัตน์[2]

Nopadol Jarassamrit[1*] Monthida Thisawech[1] Wannausa Phakham[1] and Burin Phichairath[2]

[1] สาขาไม้ผล คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

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

[2] บริษัท ไทยเซ็นทรัลเคมี จำกัด (มหาชน) แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพฯ 10120

[2] Thai Central Chemical Public Limited, Thung Maha Mek, Sathon, Bangkok 10120

[*] Corresponding author: nopadol88jaras@gmail.com

(Received: 15 December, 2020; Revised: 5 April, 2021; Accepted: 9 April, 2021)

Abstract

A good fertilizer management, according to plant development, is an important method for longan production to promote growth for good quantity and quality. For the fertilizer application with 7 fertilizer formulae on “Daw”, 7-9 years old longan trees for 3 years during March 2017 to July 2020. The results showed that all treatments were no significant differences among treatments over 3 years on number of fruits per kilogram in the first year ranged from 110.82-121.93 fruit/kg, and tended to decrease in the second year (104.10-120.77 fruit/kg) and the third year (91.14-115.31 fruit/kg), this *indicated the* increase in fruit size. The yields per tree in 3 years were ranged from 24.68-46.28 kg/tree, 11.00-35.13 kg/tree and 21.03-46.86 kg/tree, respectively. There were no significant differences over 3 years in aril weight ranged from 6.23-6.87 g, 7.33-8.24 g and 6.16-7.73 g and total soluble solid ranged from 19.08-21.68 °Brix, 17.61-19.22 °Brix and 19.19-21.23 °Brix, respectively

Keywords: Off-season longan, Fertilizer application

บทคัดย่อ

การจัดการปุ๋ยที่เหมาะสมตามระยะการพัฒนาของพืช สำหรับการผลิตลำไยเป็นวิธีที่สำคัญเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตกับต้นลำไยนำไปสู่การผลิตลำไยให้ได้ปริมาณและคุณภาพที่ดี การศึกษานี้ใช้ปุ๋ยทั้งหมด 7 สูตรกับต้นลำไยพันธุ์ดอ อายุ 7-9 ปี เป็นเวลา 3 ปี ระหว่างเดือนมีนาคม 2560 – กรกฎาคม 2563 ผลการทดลอง พบว่า การให้ปุ๋ยทุกกรรมวิธีกับลำไยตลอด 3 ปีที่ศึกษากับจำนวนผลต่อกิโลกรัม ซึ่งในปีที่ 1 อยู่ในช่วง 110.82-121.93 ผล/กิโลกรัม และมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องในปีที่ 2 (104.10-120.77 ผล/กิโลกรัม) และปีที่ 3 (91.14-115.31 ผล/กิโลกรัม) ชี้ให้เห็นว่า ผลลำไยมีขนาดเพิ่มขึ้น แต่ยังไม่ส่งผลให้เกิดความแตกต่างกันทางสถิติรวมถึงน้ำหนักผลผลิตต่อต้นตั้งแต่ปีที่ 1-3 อยู่ในช่วง 24.68-46.28 กิโลกรัม/ต้น, 11.00-35.13 กิโลกรัม/ต้น และ 21.03-46.86 กิโลกรัม/ต้น ตามลำดับ ตลอดจนไม่ส่งผลให้เกิดความแตกต่างกันทางสถิติกับคุณภาพผลในน้ำหนักเนื้อ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ พบว่าน้ำหนักเนื้ออยู่ในช่วง 6.23-6.87 กรัม, 7.33-8.24 กรัม และ 6.16-7.73 กรัม และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำอยู่ในช่วง 19.08-21.68 °Brix, 17.61-19.22 °Brix และ 19.19-21.23 °Brix ตามลำดับ

คำสำคัญ: ลำไยนอกฤดู การใช้ปุ๋ย

คำนำ

การผลิตลำไยนอกฤดูมีจุดประสงค์เพื่อช่วยทำให้มีการกระจายตัวของฤดูกาลในการผลิตลำไยกว้างมากขึ้น จึงเป็นที่ทราบกันดีว่าการผลิตลำไยให้ออกดอกนอกฤดูกาลนั้นจะสามารถจำหน่ายผลผลิตได้ในราคาสูงขึ้น (พาวิน, 2544) โดยความต้องการผลผลิตลำไยมีตลอดทั้งปีและมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น แต่ส่วนใหญ่มักจะออกสู่ตลาดในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน เนื่องจากตรงกับเทศกาลสำคัญของประเทศจีน (อรุณี และคณะ, 2554) ซึ่งได้แก่ ตรุษจีน สารทจีน และปีใหม่ จึงส่งผลทำให้ลำไยในช่วงเวลาดังกล่าวมีราคาสูง (สุรพล, 2553) แต่เกษตรกรส่วนใหญ่ก็ยังมีการปลูกลำไยตามฤดูกาลปกติ บางครั้งจึงทำให้ผลผลิตที่ได้ด้อยคุณภาพและส่งผลทำให้ราคาต่ำ ซึ่งมีแนวทางในการแก้ปัญหาคือการกระจายฤดูกาลผลิตให้กว้างขึ้นด้วยการผลิตลำไยนอกฤดู และปรับปรุงผลผลิตให้ได้คุณภาพตรงตามความต้องการของตลาด (พาวิน และคณะ, 2550) ความต้องการธาตุอาหารในพืชส่วนใหญ่แล้วในปุ๋ยเคมีที่ใช้บำรุงดินจะประกอบด้วยธาตุอาหารหลักคือไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการปริมาณมากจึงเพียงพอต่อการเจริญเติบโตตามปกติ (ยงยุทธ, 2543) ในสภาพที่พืชได้รับธาตุอาหารพอเหมาะกับความต้องการ ไนโตรเจนปริมาณที่พอเหมาะจะช่วยกระตุ้นให้พืชมีการเจริญเติบโตแข็งแรง ส่งเสริมการเจริญเติบโตของใบและลำต้น ทำให้ใบมีสีเขียว ควบคุมการออกดอกและติดผล และช่วยเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้นสำหรับฟอสฟอรัสจะสร้างเสริมการเจริญเติบโตและความแข็งแรงของพืช ส่วนบทบาทของโพแทสเซียมที่มีความสำคัญต่อกระบวนการสะสมต่าง ๆ ได้แก่ กระบวนการสร้างน้ำตาลและแป้ง กระบวนการสังเคราะห์แสง และการหายใจ รวมถึงคุณภาพของผักและผลไม้ (ยงยุทธ และคณะ, 2541) การให้ธาตุอาหารที่เหมาะสมและเพียงพอต่อความต้องการจะช่วยเพิ่มปริมาณและคุณภาพของลำไยได้ ดังนั้น งานวิจัยนี้

จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลผลิตและคุณภาพในการผลิตลำไยนอกฤดูที่ได้รับปุ๋ยสูตรต่าง ๆ

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาแนวทางการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพในการผลิตลำไยนอกฤดู ณ แปลงลำไยสาขาไม้ผล (บ้านโปง) ตำบลป่าไผ่ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ โดยศึกษากับต้นลำไยพันธุ์ดอ อายุ 7-9 ปี มีทรงพุ่ม 2 ขนาด คือ 3-4 เมตร และ 5-6 เมตร วางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design (RCBD) มี 7 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 5 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ต้น รวมเป็น 35 ต้น ดังนี้ กรรมวิธีที่ 1 ถึง 4 (T1-T4) คือ สูตรปุ๋ยตามคำแนะนำของบริษัทไทยเซ็นทรัลเคมี จำกัด (มหาชน) กรรมวิธีที่ 5 (T5) คือ สูตรปุ๋ยที่ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ กรรมวิธีที่ 6 (T6) คือ สูตรปุ๋ยตามที่เกษตรกรใช้ และกรรมวิธีที่ 7 (T7) คือ ปุ๋ยสูตร 15-15-15 การใส่ปุ๋ยโดยการหว่านเม็ดปุ๋ยใต้ทรงพุ่มเดือนละ 1 ครั้ง ในอัตรา 400 กรัมต่อขนาดทรงพุ่ม 3-4 เมตร อัตรา 800 กรัมต่อขนาดทรงพุ่ม 5-6 เมตร ส่วนกรรมวิธีที่ 6 ใส่ปุ๋ยในอัตรา 500 กรัมต่อขนาดทรงพุ่ม 3-4 เมตร และ 1 กิโลกรัมต่อขนาดทรงพุ่ม 5-6 เมตร (นพดล และคณะ, 2562) โดยเปลี่ยนสูตรปุ๋ยตามระยะพัฒนาการของต้น 4 ระยะ ได้แก่ ระยะฟื้นต้น (3 เดือนหลังตัดแต่งกิ่ง) ระยะกระตุ้นการเกิดดอก (2 เดือนก่อนชักนำให้ออกดอก) ระยะติดผลอ่อน (3 เดือนหลังติดผล) และระยะก่อนการเก็บเกี่ยว (2 เดือนก่อนเก็บเกี่ยว) (Table 1)

Table 1 Fertilizer formulae (N-P_2O_5-K_2O) used in different growth stages of longan in each treatment

Treatment	Vegetative stage	Flower induction stage	Fruit setting stage	Pre-harvest stage
T1	15-15-15	9-24-24	9-24-24	9-24-24
T2	15-15-15	9-24-24	13-13-21	13-13-21
T3	15-15-15	12-24-12	12-9-21	9-24-24
T4	15-15-15	9-24-24	12-12-17	12-12-17
T5	16-16-16	8-24-24	15-9-20	15-9-20
T6	25-7-7	15-15-15	15-15-15	0-0-60
T7	15-15-15	15-15-15	15-15-15	15-15-15

ช่วงระยะเวลาของการชักนำให้ลำไยออกดอกนอกฤดูหลังจากการตัดแต่งกิ่ง โดยให้มีการแตกใบใหม่ 2 ครั้ง แล้วทำการชักนำให้ออกดอกโดยราดสารโพแทสเซียมคลอเรต 1 ครั้ง อัตรา 20 กรัมต่อตารางเมตร และฉีดพ่นทางใบ 1 ครั้ง อัตรา 40 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร (Table 2) จากนั้นทำการบันทึกข้อมูลในจำนวนผลต่อกิโลกรัม ปริมาณผลผลิตต่อต้น น้ำหนักเนื้อ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ โดยวิเคราะห์ข้อมูลความแตกต่างทางสถิติด้วยโปรแกรม Statistical Analysis System version 9.0 (SAS ver.9.0) และบันทึกปริมาณรวมปุ๋ย N, P_2O_5 และ K_2O ที่ลำไยได้รับในแต่ละปีของการทดลอง

Table 2 The period of off-season longan productions each year

Year	Pruning	Flower induction with *Potassium chlorate*	Harvesting
1	March 2017	July 2017	March 2018
2	March 2018	August 2018	April 2019
3	May 2019	November 2019	July 2020

ผลการวิจัยและวิจารณ์

จำนวนผลต่อกิโลกรัมและน้ำหนักผลผลิตต่อต้น

จากการศึกษาการใช้ปุ๋ยในการผลิตลำไยนอกฤดู 3 ปีต่อเนื่อง พบว่า จำนวนผลต่อกิโลกรัมในปีที่ 1 ปีที่ 2 และปีที่ 3 กับการให้ปุ๋ยทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยจำนวนผลต่อกิโลกรัมในปีที่ 1 อยู่ในช่วง 110.82-121.93 ผล/กิโลกรัม และมีจำนวนผลลดลงอย่างต่อเนื่องในปีที่ 2 อยู่ในช่วง 104.10-120.77 ผล/กิโลกรัม และในปีที่ 3 อยู่ในช่วง 91.14-115.32 ผล/กิโลกรัม ซึ่งจำนวนผลต่อกิโลกรัมในการใช้ปุ๋ยกรรมวิธีที่ 1, 3, 6 และ 7 มีจำนวนผลมากในการให้ปุ๋ยในปีที่ 1 เนื่องจากผลมีขนาดเล็ก แต่การให้ปุ๋ยในปีที่ 2 และปีที่ 3 จำนวนผลต่อกิโลกรัมลดลงตามลำดับ ชี้ให้เห็นว่า การให้ปุ๋ยตามกรรมวิธีดังกล่าวมีแนวโน้มส่งผลดีต่อขนาดของผลลำไยทำให้ผลมีขนาดใหญ่ขึ้น (Figure 1) จากการรายงานของยุทธนา และคณะ (2545) ที่ให้ปริมาณธาตุอาหาร 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 4.0 เท่าของธาตุอาหารที่ประเมินได้ พบว่าผลผลิตต่อต้นที่ได้อยู่ในช่วง 10.25-36.85 กิโลกรัม และ Senanan *et al.* (2010) ทดลองให้ปุ๋ยร่วมกับการจัดทรงต้น พบว่า ปริมาณผลผลิต ขนาดผล น้ำหนักผล และจำนวนผลต่อกิโลกรัมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

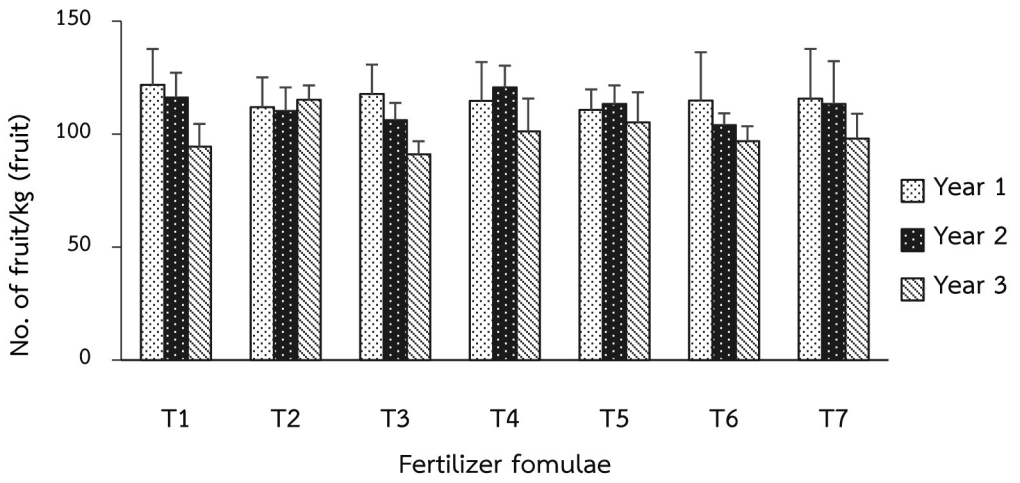

Figure 1 Effect of fertilizer applications on number of fruits per kilogram

ปริมาณผลผลิตต่อต้นกับการให้ปุ๋ยทั้งหมด 7 กรรมวิธี พบว่า น้ำหนักผลผลิตต่อต้นปีที่ 1 อยู่ในช่วง 24.68-46.28 กิโลกรัม/ต้น และมีน้ำหนักผลผลิตลดลงในปีที่ 2 อยู่ในช่วง 11.00-35.13 กิโลกรัม/ต้น ในปีที่ 2 มีน้ำหนักผลผลิตต่อต้นลดลงเกือบทุกกรรมวิธีอาจมีผลมาจากการผลิตลำไยนอกฤดูในพื้นที่ภาคเหนือจะตรงกับฤดูฝน ช่วงที่ทำการราดสารโพแทสเซียมคลอเรตมีฝนตกชุกติดต่อกันหลายวันทำให้ความเข้มข้นของสารไม่เพียงพอต่อการชักนำให้ลำไยออกดอกหรือออกดอกน้อย จึงกระทบต่อการติดผลซึ่งไม่ได้เป็นผลมาจากการให้ปุ๋ยโดยตรง และลำไยจะออกดอกได้ดีควรราดสารโพแทสเซียมคลอเรตช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อน (พิทยา และพาวิน, 2545) ดังนั้นขั้นตอนการทำให้ลำไยออกดอกจึงสำคัญอย่างมาก เพราะถ้าลำไยออกดอกในเกณฑ์ที่ดีจะส่งผลต่อปริมาณผลผลิต นอกจากนี้ยังมีอายุใบ สายพันธุ์ ความสมบูรณ์ของต้น และการดูแลรักษาอย่างเหมาะสมเป็นปัจจัยที่ควรพิจารณาในแต่ละรอบปีที่ผลิต (พาวิน, 2544) ในปีที่ 3 น้ำหนักผลผลิตเพิ่มขึ้นเกือบทุกกรรมวิธี อยู่ในช่วง 21.03-46.86 กิโลกรัม/ต้น แต่การให้ปุ๋ยกับลำไยตลอดการทดลองก็ไม่ได้ส่งผลให้เกิดความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) (Figure 2)

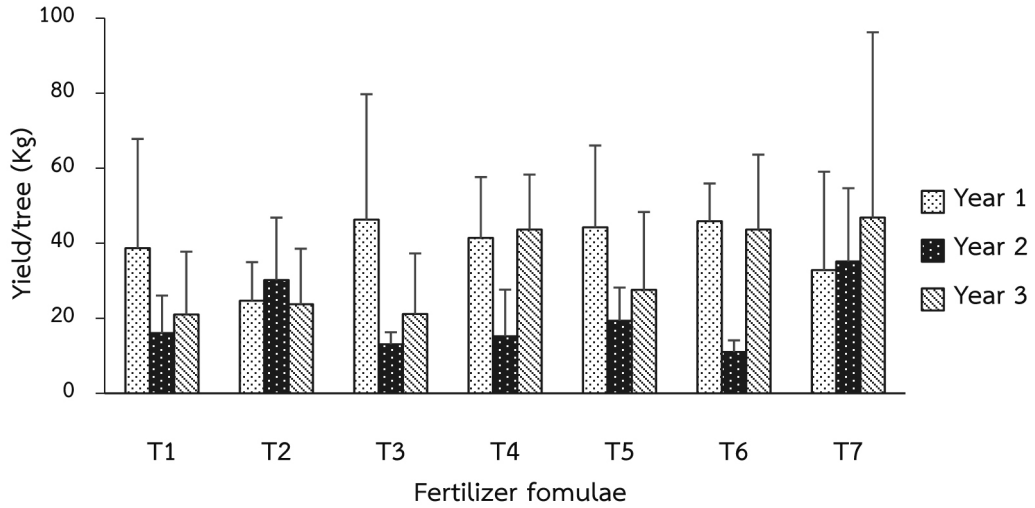

Figure 2 Effect of fertilizer applications on yield per tree

น้ำหนักเนื้อและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

การให้ปุ๋ยทุกกรรมวิธีกับต้นลำไยต่อคุณภาพผลในด้านน้ำหนักเนื้อ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ โดยน้ำหนักเนื้อในการให้ปุ๋ยปีที่ 1 มีน้ำหนักอยู่ในช่วง 6.23-6.87 กรัม และมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นในปีที่ 2 กับการให้ปุ๋ยทุกกรรมวิธีอยู่ในช่วง 7.33-8.24 กรัม แต่การให้ปุ๋ยในปีที่ 3 พบว่าน้ำหนักเนื้อลดลงเกือบทุกกรรมวิธีเมื่อเปรียบเทียบกับปีที่ 2 แต่การลดลงของน้ำหนักเนื้อไม่ส่งผลให้เกิดความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ในการให้ปุ๋ยทั้ง 3 ปีการทดลอง (Figure 3)

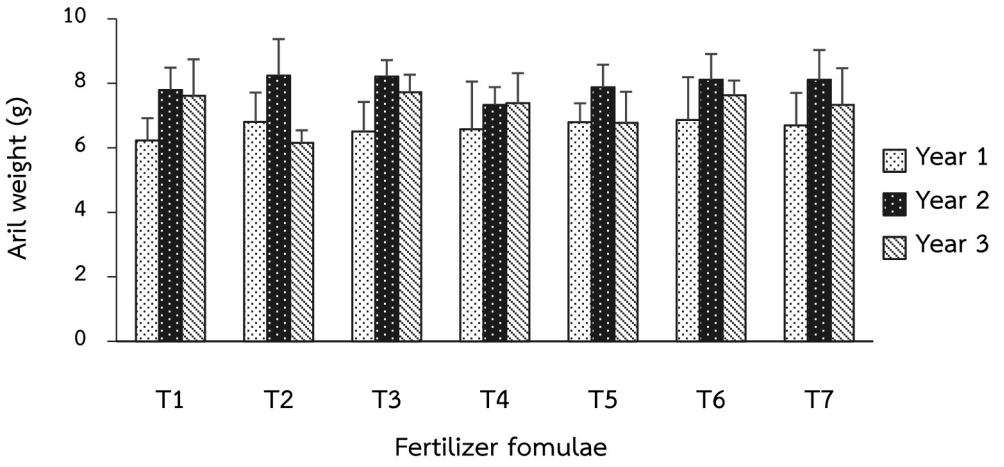

Figure 3 Effect of fertilizer applications on aril weight

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของการให้ปุ๋ยทั้งหมด 7 กรรมวิธีทั้งหมด 3 ปีที่ทำการทดลอง พบว่าในปีที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง 19.08-21.68 °Brix ปีที่ 2 อยู่ในช่วง 17.61-19.22 °Brix ซึ่งกรรมวิธีส่วนใหญ่มีค่าลดลงในการทดลองปีที่ 2 และเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในปีที่ 3 อยู่ในช่วง 19.19-21.23 °Brix และไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) กับการให้ปุ๋ยทุกกรรมวิธีตลอดช่วงการทดลอง จากรายงานของ Rai *et al*. (2002) ที่ทดสอบอิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติในการพัฒนาขนาดและคุณภาพของลิ้นจี่ และสอดคล้องกับจิรนันท์ (2551) ทำการทดลองให้ปุ๋ยปริมาณ 0.5, 1.0 และ 2.0 เท่าของปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียไปกับผลผลิต และการให้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน พบว่า การให้ปุ๋ยทุกระดับไม่ส่งผลให้เกิดความแตกต่างทางสถิติต่อคุณภาพผลผลิต ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้อยู่ในช่วง 21.12-21.82 °Brix ซึ่งโดยปกติดัชนีการเก็บเกี่ยวลำไยถ้าวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้จะอยู่ในช่วง 16-22 °Brix (พาวิน, 2544) ซึ่งปุ๋ยโพแทสเซียมสูงสามารถช่วยเพิ่มปริมาณแป้งและน้ำตาลได้ (จีราภรณ์, 2557) (Figure 4)

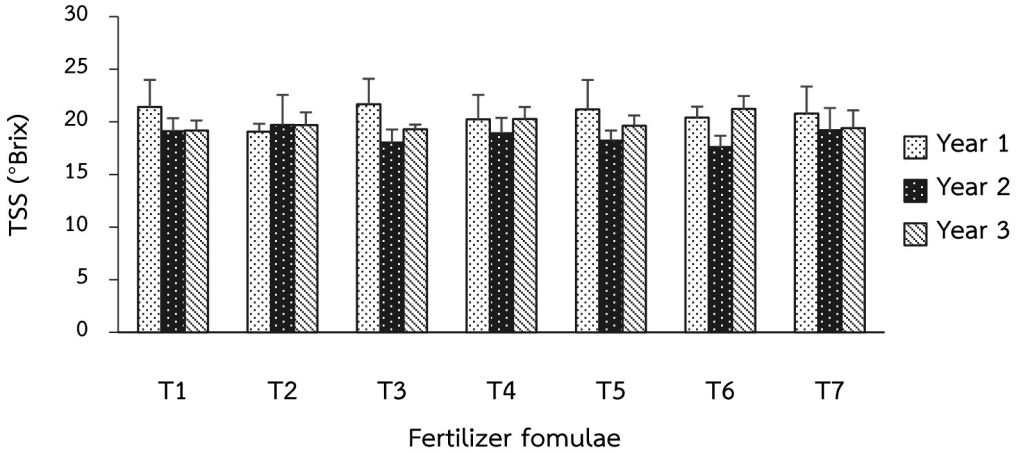

Figure 4 Effect of fertilizer applications on total soluble solid (TSS)

จากปริมาณรวมปุ๋ย N, P_2O_5 และ K_2O ที่ต้นลำไยได้รับตลอดการทดลองทั้ง 3 ปี จะเห็นได้ว่าต้นลำไยได้รับปุ๋ยเป็นปริมาณที่สูงแตกต่างกัน โดยปริมาณปุ๋ยที่ลำไยได้รับในปีที่ 1 เกิดจากข้อมูลอ้างอิงค่าวิเคราะห์ดินก่อนการทดลอง ส่วนในปริมาณปุ๋ยที่ให้กับต้นลำไยในปีที่ 2 มีปริมาณเพิ่มขึ้นเกือบ 2 เท่าจากปีที่ 1 แต่ก็ยังไม่ส่งผลให้เกิดความแตกต่างกันทางสถิติต่อผลผลิตและคุณภาพลำไย และในปีที่ 3 ปริมาณปุ๋ยที่ต้นได้รับลดลงเกือบ 2 เท่าจากปีที่ 2 พบว่า ปริมาณปุ๋ยที่ให้กับลำไยทุกกรรมวิธีในแต่ละรอบที่ทำการทดลองไม่ส่งผลให้เกิดความแตกต่างกันทางสถิติกับผลผลิตและคุณภาพของลำไยอย่างชัดเจน จากปริมาณรวมปุ๋ย N, P_2O_5 และ K_2O ที่ต้นลำไยได้รับตลอดการทดลองในแต่ละปีจะเห็นได้ว่ามีปริมาณที่สูงมากเมื่อเทียบกับการใช้ปุ๋ยลำไยนอกฤดูในจังหวัดจันทบุรีที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.8 เมตร (Changthom and Sutisa, 2016) อัตราส่วน N : P_2O_5 : K_2O เท่ากับ 183-1,456 กรัม : 44-352 กรัม : 200-1,600 กรัมเท่านั้น และจากปริมาณปุ๋ยที่ให้ในงานทดลองดังกล่าวก็ไม่ได้ทำให้ปริมาณและคุณภาพผลผลิตแตกต่างกันชัดเจน จากคำแนะนำของ Khoi and Tri (2003) ปริมาณปุ๋ยที่ให้ต่อต้นลำไยในระยะให้ผลผลิต โดยให้ไนโตรเจนปริมาณ 400-500 กรัม/ต้น ฟอสฟอรัส 80-240 กรัม/ต้น และโพแทสเซียม 300-480 กรัม/ต้น ตามลำดับ และมีรายงานของ Yan (2002) ได้วิเคราะห์ความต้องการธาตุอาหารในแต่ละปีของลำไยที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7-8 เมตร เท่ากับไนโตรเจน 1,500-2,500 กรัม ฟอสฟอรัส 200-300 กรัม และโพแทสเซียม 1,300-2,000 กรัม และ Paull and Odilo (2011) ในระยะแทงช่อดอกใช้ปุ๋ยสูตร 10-20-20 และระยะหลังเก็บเกี่ยวสูตร 14-14-14 ปริมาณ 1-1.5 กิโลกรัม/ต้น แต่ทั้งนี้ควรพิจารณาถึงความต้องการธาตุอาหารของพืชด้วย โดยทั่วไปมักวิเคราะห์ใบและวิเคราะห์ดินร่วมกับการจัดการธาตุอาหาร (ยงยุทธ, 2543) จากการให้ปุ๋ยในช่วงให้ผลผลิตแล้ว แนะนำให้ใส่ 4 ครั้ง คือ ครั้งแรกใส่หลังเก็บเกี่ยวและตัดแต่งกิ่ง ครั้งที่ 2 ใส่ในช่วงที่เริ่มมีดอก ครั้งที่ 3 ใส่เมื่อลำไยเริ่มติดผล และครั้งที่ 4 ใส่เมื่อผลใกล้แก่ซึ่งเป็นระยะสร้างเนื้อ (สมชาย และพาวิน, 2543) ปกติการเจริญเติบโตของพืชไม่ได้เกิดจากธาตุอาหารเพียงอย่างเดียว แต่เกิดจากปัจจัยของสิ่งแวดล้อมร่วมด้วย ได้แก่ แสง สภาพภูมิอากาศ น้ำ และการจัดการโรคและแมลง (สมบุญ, 2548) ซึ่งอาจเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้การใส่ปุ๋ยในทุกกรรมวิธีไม่ส่งผลให้เกิดความแตกต่างกันของจำนวนผลต่อกิโลกรัม น้ำหนักผลผลิตต่อต้น น้ำหนักเนื้อ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้ง 3 ปีการทดลอง (Table 3)

Table 3 The amount of fertilizers (N-P_2O_5-K_2O) each longan tree received in different treatment

Treatment	N (g)			P_2O_5 (g)			K_2O (g)		
	Year 1	Year 2	Year 3	Year 1	Year 2	Year 3	Year 1	Year 2	Year 3
T1	910	1,774	1,504	1,382	2,982	1,806	1,382	2,982	1,806
T2	1,106	1,928	1,183	843	1,613	1,498	1,232	2,866	1,722
T3	1,049	1,984	1,176	737	2,562	1,596	1,209	2,394	1,513
T4	1,057	1,890	1,155	794	2,520	1,470	1,039	2,713	1,470
T5	1.200	2,033	1.260	647	2,474	1,428	1,186	2,898	1,764
T6	962	1,190	700	647	647	1,295	647	647	1,698
T7	941	2,310	1,365	941	2.310	1,365	941	2,310	1,365

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาการใช้ปุ๋ยในการผลิตลำไยนอกฤดูทั้ง 7 กรรมวิธีตลอดจนปริมาณปุ๋ย N : P_2O_5 : K_2O ที่ลำไยได้รับในแต่ละปี พบว่า ไม่ส่งผลให้เกิดความแตกต่างกันทางสถิติกับจำนวนผลต่อกิโลกรัม น้ำหนักผลผลิตต่อต้น น้ำหนักเนื้อ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้ง 3 ปีที่ศึกษา

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัทไทยเซ็นทรัลเคมี จำกัด (มหาชน) ที่ให้การสนับสนุนทุนในการทำวิจัย และสาขาไม้ผล คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

จิรนันท์ เสนาหาญ. 2551. การตอบสนองของลำไยพันธุ์อีดอต่อการจัดการทรงต้นและการจัดการปุ๋ย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน, คณะผลิตกรรมการเกษตร, มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

จีราภรณ์ อินทสาร. 2557. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. ดีพริ้นท์, เชียงใหม่.

นพดล จรัสสัมฤทธิ์ มลธิดา ธิศาเวช วรรณอุษา ผาคำ และบุรินทร์ พิชัยรัตน์. 2562. การศึกษาอัตราการใช้ปุ๋ยเคมีในการผลิตลำไยนอกฤดู. วารสารผลิตกรรมการเกษตร 1(2): 77-84.

พาวิน มะโนชัย. 2544. ไม้ผลเขตกึ่งร้อน. ภาควิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

พาวิน มะโนชัย วรินทร์ สุทนต์ ชาตรี สิทธิกุล เยาวลักษณ์ จันทร์บาง ยุทธนา เขาสุเมรุ และดารณี เกียรติสกุล. 2550. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการ การผลิตลำไยคุณภาพดีต้นทุนต่ำ. รายงานต่อ สกว. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

พิทยา สรวมศิริ และพาวิน มะโนชัย. 2545. การผลิตลำไยนอกฤดูอย่างมืออาชีพ. ธนบรรณการพิมพ์, เชียงใหม่.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2543. ธาตุอาหารพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ยงยุทธ โอสถสภา ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชัยสิทธิ์ ทองจู. 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ยุทธนา เขสสุเมรุ ชิติ ศรีตนทิพย์ และสันติ ช่างเจรจา. 2545. การจัดการดินและปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อการผลิตลำไย. รายงานผลการวิจัย. ลำปาง: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

สมชาย องค์ประเสริฐ และพาวิน มะโนชัย. 2543. การให้ปุ๋ยลำไย. น. 50-53. *ใน* :นพดล จรัสสัมฤทธิ์ พาวิน มะโนชัย นพมณี โทปุญญานนท์ ธีรนุช จันทรชิต วินัย วิริยะอลงกรณ์ พิชัย สมบูรณ์วงศ์ (บ.ก.). การผลิตลำไย. สิรินาฏการพิมพ์, เชียงใหม่.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2548. สรีรวิทยาของพืช. จามจุรีโปรดักท์, กรุงเทพฯ.

สุรพล ทองเที่ยง. 2553. การส่งเสริมการผลิตลำไยนอกฤดูในอำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ ปี 2562. รายงานผลการดำเนินงาน. สำนักงานเกษตรจังหวัดแม่ฮ่องสอน, แม่ฮ่องสอน.

อรุณี วัฒนวรรณ ชูชาติ วัฒนวรรณ ศรีนวล สุราษฎร์ ชนะศักดิ์ จันปุ่ม เกษสิริ ฉันทะพิริยะพูน อานันท์ เลิศรัตน์ และพุฒนา รุ่งระวี. 2554. วิจัยและพัฒนาการผลิตลำไยนอกฤดูคุณภาพเพื่อการส่งออก. น. 475-487. ในการประชุมวิชาการระบบเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 7, 8-10 สิงหาคม. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

Changthom, A. and C. Sutisa. 2016. Study on NPK fertilizer rate on flowering and yield of Longan (*Dimocapus longan* Lour.) in Chanthaburi province. Journal of Agricultural Technology. 12(7.1): 1399-1408.

Khoi, B. X. and M. V. Tri. 2003. Fertilizer recommendations for sustainable production of orchard fruit in the south of Vietnam. ASPAC Food and fertilizer technology center, Vietnam. 535: 1-10.

Paull, R. and D. Odilo. 2011. Tropical Fruits. 2nd Edition, Volume 1. C.A.B. International, USA.

Rai, M. R., P. Dey, K. K. Gangopadhyay, B. Das, V. Nath, N. REDD and H. P. SINGI-F. 2002. Influence of nitrogen, phosphorus and potassium on growth parameters, leaf nutrient composition and yield of litchi (*Litchi chinensis*). Indian Journal Agricultural. Science. 72(5): 267-70.

Senanan, C., S. Ongprasert, P. Manochai, and S. Ussahatanonta. 2010. The response of longan trees to training system and fertilizer management. Acta Horticulturae. 863: 351-356.

Yan, D. 2002. Longan improving yield and quality. Department of Primary Industries, Queensland Horticulture Institute.

ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของมัลเบอร์รี่ โดยใช้ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน ITS และ matK

Genetic Relationships in the Mulberry (*Morus alba*) Inferred from the ITS and matK Sequences

ทัศนัย ปัญจันทร์สิงห์[1] กีรติ ตันเรือน[2] วิโรจน์ ลิขิตตระกูลวงศ์[3] ณัฐดนัย ลิขิตตระการ[4] และ พิสิษฐ์ พูลประเสริฐ[2*]

Tasanai Punjansing[1] Keerati Tanruean[2] Wirot Likittrakulwong[3] Natdanai Likhitrakarn[4] and Pisit Poolprasert[2*]

[1] สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี 41000

[1] Biology Program, Faculty of Science, Udon Thani Rajabhat University, Udon Thani, 41000

[2] สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก 65000

[2] Biology Program, Faculty of Science and Technology, Pibulosongkram Rajabhat University, Phitsanulok, 65000

[3] สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก 65000

[3] Animal Science Program, Faculty of Food and Agricultural technology, PibulsongkramRajabhat University

[4] สาขาอารักขาพืช คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

[4] Division of Plant Protection, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290

[*] Corresponding author: poolprasert_p@psru.ac.th

(Received: 26 January, 2021, Revised: 5 April, 2021, Accepted: 9 April, 2021)

Abstract

Over the years, the mulberry is popular with people due to it is rich in phenolic compounds which possess the ability to inhibit oxidation. It is considered as alternative economic plant and can be exported. Nevertheless, the mulberry is a high genetic diversity and discrimination using morphological traits often require long and difficult to identify. This current research, therefore, aimed to identify cultivar and to analyze the genetic variation of mulberry (*Morus alba*) in Phitsanulok province inferred from ITS (805 bp) and matK (830 bp) sequences. Afterwards, the phylogenetic tree using Maximum Likelihood

(ML) method was constructed. It was found that ITS Sequence based phylogenetic relationship demonstrated as monophyly. Whereas phylogeny inferred from matK sequence obviously displayed as two main clades. In this regard, the nucleotide diversities among mulberry verities from both nucleotide sequences were relatively low. However, these obtained results provide the information for parental line selection in the future breeding program.

Keywords: Mulberry, DNA barcoding, ITS, matK

บทคัดย่อ

ในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมา มัลเบอร์รี่ได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจากเป็นแหล่งของสารประกอบฟีนอลิกที่มีการศึกษาถึงความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ จึงจัดเป็นพืชเศรษฐกิจทางเลือกใหม่ และสามารถส่งออกไปยังต่างประเทศ อย่างไรก็ตาม มัลเบอร์รี่เป็นพืชที่มีความหลากหลายทางพันธุกรรมค่อนข้างสูง อีกทั้งการจำแนกมัลเบอร์รี่โดยใช้ลักษณะสัณฐานวิทยามักต้องใช้ระยะเวลา และมีความยุ่งยาก ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการจำแนกพันธุ์ และการวิเคราะห์ความแปรผันทางพันธุกรรมของมัลเบอร์รี่ในจังหวัดพิษณุโลก โดยอาศัยการวิเคราะห์จากลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีนบริเวณ ITS และ matK ขนาด 805 และ 830 คู่เบส นำมาสร้างเป็นแผนภูมิต้นไม้ด้วยวิธี Maximum Likelihood (ML) จากผลการศึกษาพบว่า การสร้างแผนภูมิต้นไม้จากลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีนบริเวณ ITS แสดงเป็นกลุ่มเดียวกัน ในขณะที่ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีนบริเวณ matK สามารถแบ่งกลุ่มของมัลเบอร์รี่พันธุ์ต่าง ๆ ได้เป็นสองกลุ่มอย่างชัดเจน ทั้งนี้ความผันแปรนิวคลีโอไทด์ระหว่างพันธุ์ จากทั้งยีนทั้งสองบริเวณมีค่าต่ำ อย่างไรก็ตาม การจัดกลุ่มนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการคัดเลือกพันธุ์พ่อแม่เพื่อการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

คำสำคัญ: มัลเบอร์รี่ ดีเอ็นเอบาร์โค้ด ยีน ITS ยีน matK

คำนำ

มัลเบอร์รี่ (mulberry) หรือหม่อนเป็นพืชในวงศ์ Moraceae มีหลายชนิด (species) เช่น ไวท์มัลเบอร์รี่ (white mulberry; *Morus alba*), เร้ดมัลเบอร์รี่ (red mulberry; *Morus rubra*) และแบล็คมัลเบอร์รี่ (black mulberry; *Morus nigra*) เป็นต้น ที่ผ่านมาในประเทศไทยส่วนใหญ่พบมัลเบอร์รี่ 2 ชนิด คือ ไวท์มัลเบอร์รี่ที่ปลูกเพื่อนำใบไปเลี้ยงตัวไหม (silkworm) ซึ่งชนิดนี้มีใบขนาดใหญ่และแบล็คมัลเบอร์รี่ที่ปลูกเพื่อรับประทานผล (ลือชัย, 2555) ขณะที่ในปัจจุบัน มัลเบอร์รี่กำลังได้รับความนิยมจากผู้ที่ชื่นชอบในการดูแลสุขภาพเป็นอย่างมากเนื่องจากมัลเบอร์รี่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) และมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) สูง อันเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ระบบต่าง ๆ ภายในร่างกายทำงานผิดปกติ และส่งผลให้เกิดความแก่ชราเร็วขึ้น ทั้งยังเป็นสาเหตุของโรคอีกหลายชนิด

เช่น โรคมะเร็ง โรคอัลไซเมอร์ โรคหัวใจ และโรคที่เกี่ยวกับหลอดเลือดหัวใจ (Yuan and Walsh, 2006) เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบว่ามีฤทธิ์ต้านเอนไซม์ไทโรซิเนส (anti-tyrosinase) ฤทธิ์ต้านการอักเสบ (anti-inflammatory activity) และฤทธิ์ยับยั้งการสังเคราะห์เมลานิน (anti-melanogenesis) (ปัญญดา และคณะ, 2556; Lee *et al*., 2002; Chang *et al*., 2011) โดยผลมัลเบอร์รี่สามารถรับประทานสดหรือนำไปแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่า และเป็นการยืดอายุการเก็บรักษา ซึ่งผลจากความนิยมต่อมัลเบอร์รี่ทำให้มีการปลูก และจำหน่ายกิ่งพันธุ์กันอย่างแพร่หลายโดยเฉพาะจังหวัดพิษณุโลกที่มีการปลูก และจำหน่ายกิ่งพันธุ์ของมัลเบอร์รี่ทั้งพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์ต่างถิ่นเพื่อประโยชน์ในการเลี้ยงไหม และการบริโภคเป็นจำนวนมาก โดยมีแนวโน้มว่าจะได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นอีกในอนาคต อย่างไรก็ตาม ข้อมูลทางความหลากหลายทางพันธุกรรมของมัลเบอร์รี่ในพื้นที่ยังมีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจที่จะทำการจำแนกพันธุ์ (cultivar) ของมัลเบอร์รี่ด้วยเทคนิคดีเอ็นเอบาร์โค้ด (DNA barcoding) และวิเคราะห์ความแปรผันทางพันธุกรรมของมัลเบอร์รี่ เพื่อจัดทำฐานข้อมูลพันธุ์ของมัลเบอร์รี่ในจังหวัดพิษณุโลกเพื่อเป็นการอนุรักษ์พันธุ์ดั้งเดิม และส่งเสริมพันธุ์ที่ให้ผลผลิตดีต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บและเตรียมตัวอย่างเพื่อจำแนกพันธุ์

เก็บตัวอย่างมัลเบอร์รี่พันธุ์ต่าง ๆ จากฟาร์มในเขตอำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก แล้วนำมาจำแนกพันธุ์ โดยใช้ทั้งลักษณะสัณฐานวิทยา และข้อมูลดีเอ็นเอในการจำแนกพันธุ์ ซึ่งจะทำการตรวจสอบลักษณะสัณฐานวิทยา โดยเปรียบเทียบลักษณะของใบ และผลของมัลเบอร์รี่แต่ละพันธุ์เปรียบเทียบตัวอย่างมัลเบอร์รี่กับฐานข้อมูลพืชจากองค์การสวนพฤกษศาสตร์ (http://www.qsbg.org) ฐานข้อมูลออนไลน์ของ Plant of the World online (http://www.plantsoftheworldonline.org/) พร้อมทั้งใช้คู่มือการจำแนกของ Berg *et al*. (2011) และ Heuzé *et al*. (2019) จากนั้นทำการเปรียบเทียบกับผลของพันธุ์ ที่ได้จากการตรวจวิเคราะห์ดีเอ็นเอ

การสกัดดีเอ็นเอจากตัวอย่างมัลเบอร์รี่

นำตัวอย่างใบอ่อนของมัลเบอร์รี่แต่ละพันธุ์มาสกัดดีเอ็นเอโดยดัดแปลงตามวิธีของ Sambrook *et al*. (1989) โดยบดให้ละเอียดแล้วเติมสารละลาย CTAB เข้มข้น 2% ปริมาตร 200 ไมโครลิตร (µl) และสารละลาย Rnase A ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (µg/ml) จากนั้นนำไป vortex และบ่มที่ อุณหภูมิ 65 °C เป็นเวลา 60 นาที โดยจะทำการพลิกกลับหลอดไปมา 2-3 ครั้ง เมื่อครบเวลานำไป vortex และปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 12,000 รอบต่อนาที (rpm) ที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 10 นาที ดูดส่วนน้ำใสที่อยู่ด้านบนใส่ในหลอด microcentrifuge ใหม่แล้วเติมสารละลาย phenol: chloroform: isoamyl alcohol (อัตรา 25: 24: 1) (Research organics, USA) ปริมาตร 1 เท่าของส่วนน้ำใสที่เก็บได้ นำไป vortex และปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 12,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 5 นาที ดูดส่วนน้ำใสด้านบนใส่ในหลอด microcentrifuge ใหม่ แล้วเติมสารละลาย sodium acetate (NaOAc) เข้มข้น 3 โมลาร์ (Molarity, M) ที่แช่เย็นในปริมาณ 1/10 เท่าของปริมาตรน้ำใส เติมสารละลาย isopropanol ที่แช่เย็น ในปริมาตร 1 เท่าของ

ปริมาตรทั้งหมด แล้วพลิกกลับหลอดไปมาให้เข้ากันเบา ๆ นำไปแช่ในน้ำแข็งเป็นเวลา 30 นาที และปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 12,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 20 นาที เทส่วนน้ำทิ้ง เติมสารละลาย ethanol เข้มข้น 70% ที่แช่เย็น ปริมาตร 300 ไมโครลิตร นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 12,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 10 นาที เทส่วนน้ำทิ้ง และปล่อยทิ้งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นเติมน้ำที่ปราศจากเอนไซม์ Dnase และ Rnase ปริมาณ 20-50 ไมโครลิตร แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 °C จนกว่าจะนำไปใช้

การตรวจสอบหาปริมาณดีเอ็นเอที่สกัดได้

การตรวจสอบปริมาณและคุณภาพของดีเอ็นเอที่สกัดได้ด้วยเทคนิค Gel electrophoresis โดยเตรียมอะกาโรส (agarose gel) ความเข้มข้น 1% โดยผสมผงอะกาโรส 0.5 กรัม ในสารละลาย 1X TAE buffer ปริมาณ 50 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ (micro wave) ที่ 360 นาน 3 นาที จนอะกาโรสเจลละลายหมด เทเจลใส่ลงถาดที่เตรียมไว้ มีหวี (comb) เสียบไว้อยู่แล้ว ทิ้งไว้ให้เจลเย็นและแข็งตัว ดึงหวีออกจะได้เจลที่เป็นหลุม (well) นำเจลที่ได้ใส่ลงใน gel chamber ที่มีสารละลาย 1X TAE buffer อยู่ ผสมสารละลายดีเอ็นเอตัวอย่างปริมาตร 3 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลาย loading dye ปริมาตร 1 ไมโครลิตร หยดสารละลายที่ผสมแล้วลงในหลุมเจล โดยหยดสารละลายดีเอ็นเอมาตรฐานปริมาตร 7 ไมโครลิตร ใช้กระแสไฟฟ้า 100 โวลต์ เป็นเวลา 30 นาที นำเจลที่ได้มาตรวจสอบแถบดีเอ็นเอภายใต้แสงอัลตราไวโอเลตด้วยเครื่องกำเนิดแสงอัลตราไวโอเลตสำหรับส่องเจล (UV-transilluminator) (Gel DocTH XR+) พร้อมทั้งปรับภาพพื้นหลังให้มีความคมชัดของแถบดีเอ็นแบบกลับพื้นดำเป็นพื้นขาว (invert) ผ่านโปรแกรม Image Lab Software 5.0

การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอของยีน matK และ ITS ด้วยปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส

นำดีเอ็นเอที่สกัดได้ไปเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอของยีน matK และ ITS ด้วยปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส (polymerase chain reaction; PCR) โดยมีปริมาตรรวมทั้งหมด 25 ไมโครลิตร ประกอบด้วย 1xPCR buffer, 0.4 mM dNTP, 2.0 mM $MgCl_2$, 0.5 uM primer, 0.5 unit *Taq* polymerase (Vivantis) และดีเอ็นเอต้นแบบ 20 นาโนกรัม (ng) โดยคู่ไพรเมอร์ที่ใช้สำหรับเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ คือ ITS: 18d (5'-CAC ACC GCC CGT CGC TCC TAC CGA-3') 28cc (5'-ACT CGC CGT TAC TAG GGG AA-3') (Sitthithaworn *et al*., 2010) และ matK: matK-390f (CGATCTATTCATTCAATATTTC) และ matK-1326r (TCTAGCACACGAAA GTCGAAGT) (Cuenoud *et al*., 2002) แล้วทำการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอในเครื่องเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ (Polymerase Chain Reaction (PCR) machine) ซึ่งโปรแกรมที่ใช้ในปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส ประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้ pre-denaturation ที่ 94 °C (5 นาที) 1 รอบ denaturation ที่ 94 °C (1 นาที) annealing 50 °C (1 นาที) และ extension ที่ 72 °C (2 นาที) เป็นจำนวน 30 รอบ และ final extension ที่ 72 °C (10 นาที) 1 รอบ หลังจากเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอแล้วนำดีเอ็นเอที่ได้มาตรวจสอบขนาดด้วยวิธีอะกาโรสเจลอิเล็กโตรโฟรีซีส (Agarose gel electrophoresis) ด้วยชุดเครื่องเจลอิเล็กโตร

โฟรีซิส โดยเปรียบเทียบกับ ขนาดดีเอ็นเอมาตรฐาน (100 bp DNA ladder marker) ใช้ความเข้มข้นของเจลอะกาโรส 1% ใน สารละลายบัฟเฟอร์ 0.5X TBE (Amresco) ใช้กระแสไฟฟ้าที่ความต่างศักย์ 100 โวลต์ เป็นเวลา 30 นาที นำไปตรวจสอบแถบดีเอ็นเอภายใต้แสงอัลตราไวโอเลตด้วยเครื่องกำเนิดแสงอัลตราไวโอเลตสำหรับส่องเจล และบันทึกภาพ

การทำชิ้นดีเอ็นเอให้บริสุทธิ์

การทำชิ้นส่วนดีเอ็นเอให้บริสุทธิ์โดยการสกัดดีเอ็นเอออกจากผลผลิตพีซีอาร์ด้วยชุด GenUP PCR /Gel Cleanup Kit โดยทำตามวิธีการของผู้ผลิต (Biotechrabbit, Germany) โดยถ่ายโอนผลผลิตพีซีอาร์ (PCR product) ลงในหลอด micro-centrifuge tube ขนาด 1.5 มิลลิลิตร แล้วเติมบัฟเฟอร์ BINDING BP ปริมาตร 500 ไมโครลิตร แล้วผสมให้เข้ากันจากนั้นทำการถ่ายสารที่ได้ลงใน Mini filter ที่ต่อกับ Collection tube นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 12,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นนำ Mini filter ไปต่อกับหลอด Elution tube 1.5 มิลลิลิตร ทำการเติมบัฟเฟอร์ ELUTION ปริมาตร 10-15 ไมโครลิตร ลงตรงกลางของ Mini filter ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลานาน 2 นาที แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที แล้วดึงส่วน Mini filter ทิ้ง จากนั้นนำสารที่ได้ไปเก็บ 4 °C เพื่อนำส่งไปเข้าขั้นตอนการหาลำดับดีเอ็นเอ (DNA sequencing) ต่อไป

การวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์

นำลำดับเบสหรือนิวคลีโอไทด์ที่ได้ไปเทียบกับฐานข้อมูลของมัลเบอร์รี่ใน GenBank (http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank) ด้วยการ BLAST (http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi) จากนั้นทำการศึกษารูปแบบพันธุกรรมด้วยการสร้างแผนภูมิวิวัฒนาการ (phylogenetic tree) แบบวิธี Maximum Likelihood (ML) โดยใช้โมเดลคำนวณ Kimura-2-parametera (K2P) ผ่านโปรแกรม MEGA 7.0 (Kumar *et al*., 2016) ทำการวิเคราะห์หาความหลากหลายทางพันธุกรรม (Genetic Diversity) ของตัวอย่างมัลเบอร์รี่ที่สำรวจได้โดยคำนวณหาค่า mtDNA haplotypes (h) haplotype diversity (hd), nucleotide diversity (π), total number of mutations (m) mean และ number of pairwise nucleotide differences (k) โดยใช้โปรแกรม DnaSP version 5 (Librodo and Rozas, 2009)

ผลการวิจัย

การตรวจสอบลักษณะสัณฐานวิทยา

เก็บตัวอย่างมัลเบอร์รี่พันธุ์ต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วย 9 พันธุ์ โดยเป็นพันธุ์จากต่างประเทศ 7 พันธุ์ คือ ไวท์คิง สหรัฐอเมริกา มังกร สหรัฐอเมริกาขาว ฝรั่งเศส ไต้หวัน เร้ดคิง และพันธุ์พื้นถิ่นที่ใช้เป็นพันธุ์อ้างอิง จำนวน 2 พันธุ์ คือ กำแพงแสน และบุรีรัมย์ ตามลำดับ จากนั้นนำมาจำแนกพันธุ์ โดยใช้สัณฐานวิทยาและดีเอ็นเอทำการตรวจสอบลักษณะสัณฐานวิทยา โดยเปรียบเทียบลักษณะของใบ และผลของมัลเบอร์รี่แต่ละพันธุ์ เปรียบเทียบกับฐานข้อมูลพืช และใช้เปรียบเทียบกับผลของพันธุ์ ที่ได้จากการตรวจวิเคราะห์ดีเอ็นเอ ซึ่งโครงสร้างลักษณะโดยทั่วไปของใบในแต่ละพันธุ์ มีความแตกต่างกันออกไป (Figure 1)

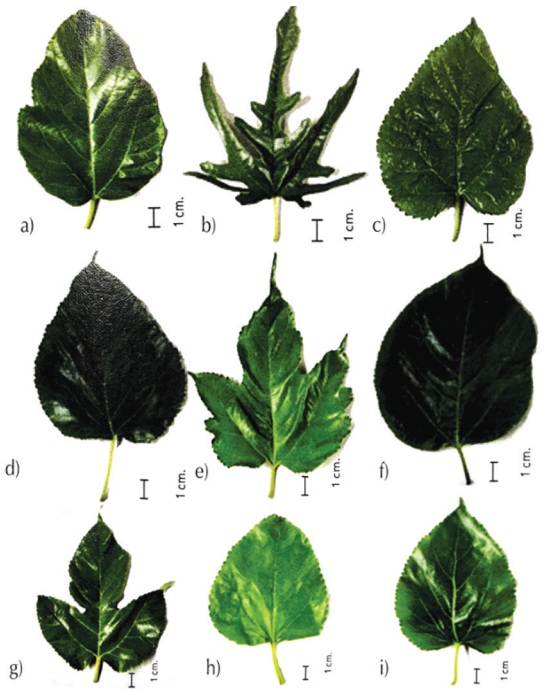

Figure 1 General external morphology of mulberry leaves in different varieties. **(a)** White king (AUSW) **(b)** United State of America (USA) **(c)** Mungkorn (MK) **(d)** White United State of America (USAW) **(e)** French **(f)** Taiwan **(g)** Red king (AUSR) **(h)** Kampaengsaeng (KPS) and **(i)** Buriram (BRR).

การศึกษาทางชีวโมเลกุล

หลังจากนำดีเอ็นเอที่สกัดได้ไปเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอของยีน matK และ ITS ด้วยปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส (polymerase chain reaction; PCR) โดยมีปริมาตรรวมทั้งหมด 25 ไมโครลิตร ประกอบด้วย 1xPCR buffer, 0.4 mM dNTP, 2.0 mM $MgCl_2$, 0.5 µM primer, 0.5 unit Taq polymerase (Vivantis) และดีเอ็นเอต้นแบบ 20 นาโนกรัม โดยคู่ไพรเมอร์ที่ใช้สำหรับเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ คือ ITS: 18d (5'-CAC ACC GCC CGT CGC TCC TAC CGA- 3') 28cc (5'-ACT CGC CGT TAC TAG GGG AA-3') (Sitthithaworn *et al*., 2010) และ matK: matK-390f (CGATCTATTCATT CAATATTTC) และ matK-1326r (TCTAGCA CACGAAAGTCGAAGT) (Cuenoud *et al*., 2002) แล้วทำการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอในเครื่อง PCR ซึ่งโปรแกรมที่ใช้ในปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรสประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้ pre-denaturation ที่ 94 °C (5 นาที) 1 รอบ denaturation ที่ 94 °C (1 นาที) annealing 50 °C (1 นาที) และ extension ที่ 72 °C (2 นาที) เป็นจำนวน 30 รอบ และ final extension ที่ 72 °C (10 นาที) 1 รอบ และทำการตรวจสอบผลผลิตพีซีอาร์ (PCR product) ผลการศึกษาสามารถเพิ่มผลผลิตพีซีอาร์ในแต่ละพันธุ์ จากยีนทั้ง 2 บริเวณ โดยพบแถบขนาดประมาณ 850 คู่เบส (basepair, bp) (Figure 2)

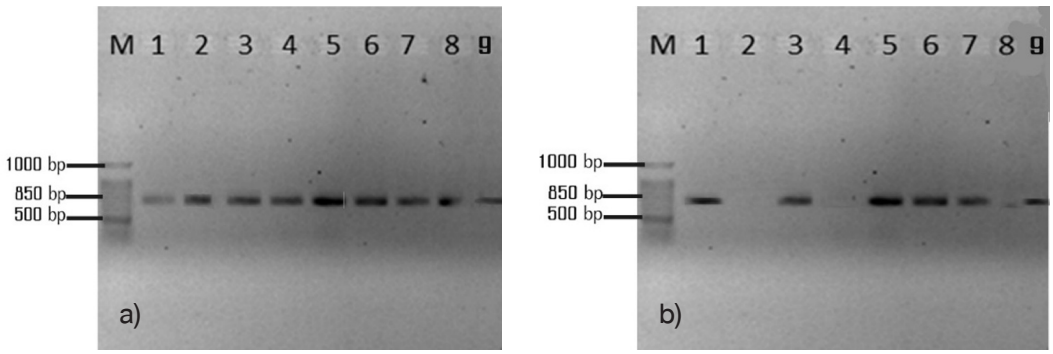

Figure 2 DNA bands of ITS **(a)** and matK **(b)** from different mulberry strains (Marker **(M)** = 1,000 bp ladder DNA) **(1)** White king (AUSW) **(2)** United State of America (USA) **(3)** Mungkorn (MK) **(4)** White United State of America (USAW) **(5)** French **(6)** Taiwan **(7)** Red king (AUSR) **(8)** Kampaengsaeng (KPS) **(9)** Buriram (BRR)).

จากผลการสังเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ พบว่ายีนบริเวณ ITS ของมัลเบอร์รี่สามารถสังเคราะห์ได้เกือบทุกพันธุ์ ยกเว้น พันธุ์ ฝรั่งเศส (FR) และมีขนาดประมาณ 805 คู่เบส ขณะที่ยีนบริเวณ matK สามารถสังเคราะห์ได้เพียงในพันธุ์ไวท์คิง (AUSW) พันธุ์สหรัฐอเมริกาขาว (USAW) พันธุ์ไต้หวัน (TW) พันธุ์มังกร (MK) และพันธุ์บุรีรัมย์ (BRR) โดยมีขนาดประมาณ 830 คู่เบส เมื่อนำลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีนทั้งสองบริเวณที่ได้ไปเทียบกับลำดับนิวคลีโอไทด์ที่อยู่ในฐานข้อมูล NCBI (National Center for Biotechnology Information) พบว่า ลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ได้ตรงกับลำดับนิวคลีโอไทด์ของแต่ละยีนในพืช จากนั้นได้ฝากเก็บข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน ITS และ matK ของมัลเบอร์รี่ทุกพันธุ์ที่วิเคราะห์ได้ ลงในฐานข้อมูล NCBI และได้รับหมายเลขเฉพาะ (accession number) (Table 1)

Table 1 Accession numbers obtained from ITS and matK sequences of different mulberry varieties.

Mulberries	Accession numbers	
	ITS (805 bps)	matK (830 bps)
Red king (AUSR)	MH187214	-
White king (AUSW)	MH187215	MH187244
United State of America (USA)	MH187216	-
White United State of America (USAW)	MH187217	MH187245
French (FR)	-	-
Taiwan (TW)	MH187218	MH187246
Mungkorn (MK)	MH187219	MH187247
Kampaengsaen (KPS)	MH187220	-
Buriram (BRR)	MH187221	MH187248

เมื่อเปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์โดยใช้โปรแกรม ClustalW พบว่า มีเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของนิวคลีโอไทด์ (Nucleotide composition) ในมัลเบอร์รี่แต่ละพันธุ์ โดยในยีนบริเวณ ITS มีสัดส่วนของ Thymine (T = 20.4%) และ Adenine (A = 21.8%) ต่ำ และมีสัดส่วนของ Cytosine (C = 28.0%) และ Guanine (G =29.8%) สูง ในขณะที่ยีนบริเวณ matK มีสัดส่วนของ Thymine (T = 36.9%) และ Adenine (A = 30.2%) สูง และมีสัดส่วนของ Cytosine (C = 16.8%) และ Guanine (G =16.0%) ต่ำ และการกระจายความถี่ของนิวคลีโอไทด์โดยรวมตำแหน่งโคดอนที่ 1, 2 และ 3 ของยีนบริเวณ ITS มีค่าเป็น A = 22.7%, 19.4% และ 23.2%; C = 28.5%, 30.9% และ 24.5%; G = 31.6%, 26.9% และ 30.9% และ T = 17.0%, 23.0% และ 21.0% ตามลำดับ ส่วนการกระจายความถี่ของนิวคลีโอไทด์โดยรวมตำแหน่งโคดอนที่ 1, 2 และ 3 ของยีนบริเวณ matK มีค่าเป็น A = 29.6%, 32.1% และ 29.0%; C = 19.9%, 16.6% และ 14.0%; G = 16.6%, 16.3% และ 15.2% และ T = 34.0%, 35.0% และ 42.0% ตามลำดับ (Table 2)

Table 2 Compositional properties of ORFs and nucleotide composition in each codon of ITS and matK genes of different mulberry varieties.

	Mulberries															
ITS	T(U)	C	A	G	T-1	C-1	A-1	G-1	T-2	C-2	A-2	G-2	T-3	C-3	A-3	G-3
AUSR	20.4	28.1	21.9	29.7	17	28.6	22.7	31.6	23	31.0	19.4	26.9	21	24.6	23.5	30.6
AUSW	20.4	28.1	21.7	29.8	17	28.6	22.7	31.6	23	31.0	19.4	26.9	21	24.6	23.1	31.0
USA	20.6	27.8	21.9	29.7	17	28.3	22.7	31.6	23	30.6	19.4	26.9	21	24.6	23.5	30.6
USAW	20.7	27.7	21.9	29.7	17	28.3	23.0	31.2	23	31.0	19.4	26.9	22	23.9	23.1	31.0
TW	20.2	28.1	21.7	29.9	17	28.6	22.7	31.6	22	31.0	19.4	27.2	21	24.6	23.1	31.0
MK	20.4	28.1	21.7	29.8	17	28.6	22.7	31.6	23	31.0	19.4	26.9	21	24.6	23.1	31.0
KPS	20.4	28.1	21.7	29.8	17	28.6	22.7	31.6	23	31.0	19.4	26.9	21	24.6	23.1	31.0
BRR	20.4	28.1	21.7	29.8	17	28.6	22.7	31.6	23	31.0	19.4	26.9	21	24.6	23.1	31.0
Average	**20.4**	**28.0**	**21.8**	**29.8**	**17**	**28.5**	**22.7**	**31.6**	**23**	**30.9**	**19.4**	**26.9**	**21**	**24.5**	**23.2**	**30.9**
matK																
AUSW	37.0	16.7	30.2	16.0	34	19.9	29.6	16.6	35	16.6	32.1	16.2	42	13.8	29.0	15.2
USAW	36.9	16.9	30.1	16.1	34	19.9	29.6	16.6	35	16.6	31.8	16.6	42	14.1	29.0	15.2
TW	36.9	16.9	30.2	16.0	34	19.9	29.6	16.6	35	16.6	32.1	16.2	42	14.1	29.0	15.2
MK	37.0	16.7	30.2	16.0	34	19.9	29.6	16.6	35	16.6	32.1	16.2	42	13.8	29.0	15.2
BRR	36.9	16.9	30.2	16.0	34	19.9	29.6	16.6	35	16.6	32.1	16.2	42	14.1	29.0	15.2
Average	**36.9**	**16.8**	**30.2**	**16.0**	**34**	**19.9**	**29.6**	**16.6**	**35**	**16.6**	**32.1**	**16.3**	**42**	**14.0**	**29.0**	**15.2**

Note: AUSR (Red king), AUSW (White king), USA (United State of America), USAW (White United State of America) TW (Taiwan), MK (Mungkon), KPS (Kampaengsaeng) and BPP (Buriram).

ตำแหน่งที่เกิดการเปลี่ยนแปลงลำดับนิวคลีโอไทด์ (point mutation) หรือการกลายพันธุ์ระดับยีน (Gene mutation) ของมัลเบอร์รี่พันธุ์ต่าง ๆ โดยการเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์ทุก ๆ พันธุ์ จากยีนบริเวณ ITS พบว่า มีลำดับการเปลี่ยนแปลงของลำดับนิวคลีโอไทด์ หรือ ตำแหน่งพอลิมอร์ฟิซึม (polymorphic site, S) ถึง 9 ตำแหน่ง โดยเกิดที่ตำแหน่งที่ 6 ของทุก ๆ พันธุ์ (A<->G) พันธุ์ไต้หวัน (TW) ตำแหน่งที่ 50 (T<->G) พันธุ์สหรัฐอเมริกา (USA) ตำแหน่งที่ 555 (T<->G) พันธุ์สหรัฐอเมริกาขาว (USAW) (G<-A) ตำแหน่งที่ 675 (C<->T) ตำแหน่งที่ 685 (C<->T) ตำแหน่งที่ 687 (C<->T) ตำแหน่งที่ 687 (G<-A) พันธุ์สหรัฐอเมริกา (USA) ตำแหน่งที่ 754 (C<->T) และตำแหน่งที่ 773 (C<->T) ตามลำดับ ขณะที่ยีนบริเวณ matK มีตำแหน่งพอลิมอร์ฟิซึมเกิดขึ้นเพียง 2 ตำแหน่ง คือ ในพันธุ์สหรัฐอเมริกาขาว (USAW) พันธุ์ไต้หวัน (TW) และพันธุ์บุรีรัมย์ (BRR) ในตำแหน่งที่ 153 (T<->C) และพันธุ์สหรัฐอเมริกาขาว (USAW) ตำแหน่งที่ 827 (A<->G) ตามลำดับ ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงลำดับนิวคลีโอไทด์ที่เกิดขึ้นเป็นได้ทั้งลักษณะ transition (A<->G หรือ C<->T) และ transversion (A<->C, A<->T, G<->C และ G<->T)

นอกจากนี้ เมื่อวิเคราะห์ความหลากหลายทางพันธุกรรม (Genetic diversity) ของมัลเบอร์รี่ทุกพันธุ์ ในยีนบริเวณ ITS พบจำนวน haplotype (No.) เท่ากับ 5 รูปแบบ, number of polymorphic (segregating) sites (S) เท่ากับ 9 ตำแหน่ง, haplotype diversity (hd) (±SD) เท่ากับ 0.786 (±0.151), nucleotide diversity (π) (±SD) เท่ากับ 0.00280 (±0.00144), total number of mutations (m) เท่ากับ 9 ตัว และ mean number of pairwise nucleotide differences (k) เท่ากับ 2.250 ตามลำดับ สำหรับในยีนบริเวณ matK จำนวน haplotype (No.) เท่ากับ 3 รูปแบบ, number of polymorphic (segregating) sites (S) เท่ากับ 2 ตำแหน่ง, haplotype diversity (hd) (±SD) เท่ากับ 0.800 (±0.164), nucleotide diversity (π) (±SD) เท่ากับ 0.00120 (±0.00082), total number of mutations (m) เท่ากับ 2 ตัว และ mean number of pairwise nucleotide differences (k) เท่ากับ 1.000 ตามลำดับ

เมื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ทางสายวิวัฒนาการ (Phylogenetic relationship) ของมัลเบอร์รี่ระดับพันธุ์ จากลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน ITS ด้วยวิธี Maximum likelihood (ML) ด้วยโปรแกรม MEGA version 6.0 โดยพืชสกุล *Trophis* และ *Sorocea* เป็น outgroup สำหรับแผนภูมิต้นไม้ (phylogenetic tree) พบว่าไม่สามารถแบ่งกลุ่มพันธุ์ ของมัลเบอร์รี่ออกจากกันได้ (Figure 3) ในขณะที่ การวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์จากยีน matK พบว่า สามารถแบ่งกลุ่มได้เป็น 2 กลุ่ม (clade) คือ clade A ประกอบด้วย พันธุ์ไวท์คิง (AUSW) และพันธุ์มังกร (MK) และ clade B ประกอบด้วย พันธุ์บุรีรัมย์ (BRR) พันธุ์ไต้หวัน (TW) และพันธุ์สหรัฐอเมริกาขาว (USAW) (Figure 4)

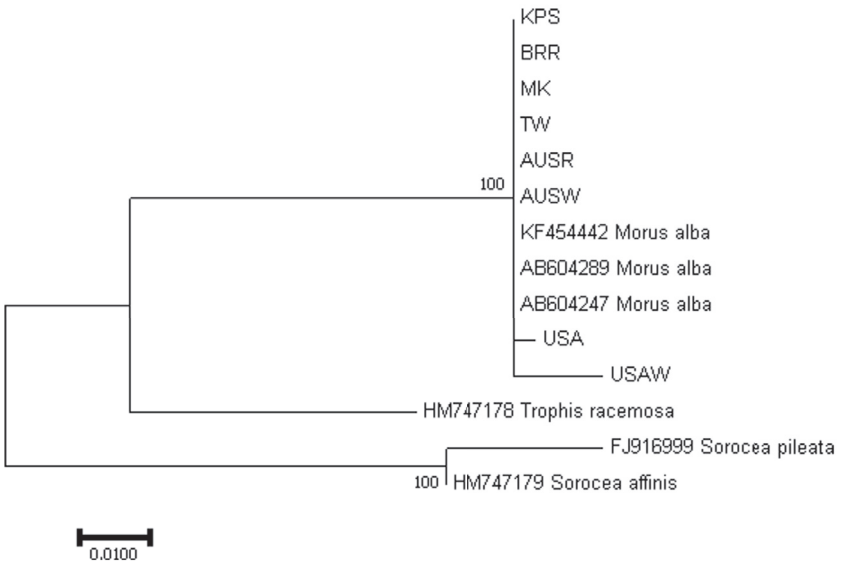

Figure 3 Phylogenetic tree based on ITS gene of the eight mulberry varieties using Maximum Likelihood (ML) method and confidence level was calculated with the bootstrap test (1,000 replicates). AUSR (Red king), AUSW (White king), USA (United State of America), USAW (White United State of America), TW (Taiwan), MK (Mungkon), KPS (Kampaengsaeng) and BPP (Buriram).

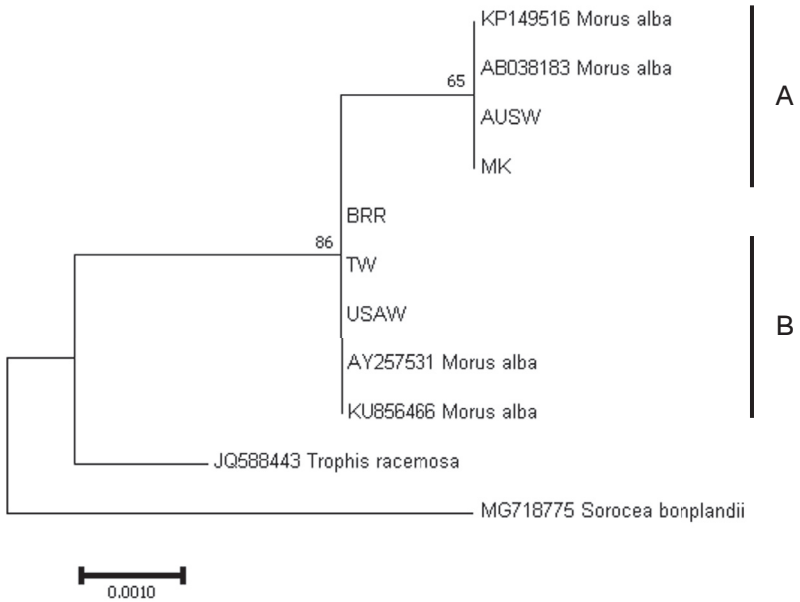

Figure 4 Phylogenetic tree based on ITS gene of the five mulberry varieties using Maximum Likelihood (ML) method and confidence level was calculated with the bootstrap test (1,000 replicates). AUSW (White king), USAW (White United State of America), TW (Taiwan), MK (Mungkon) and BPP (Buriram).

วิจารณ์ผล

จากการศึกษาการจำแนกพันธุ์ และการวิเคราะห์ความแปรผันทางพันธุกรรมของมัลเบอร์รี่ 9 พันธุ์ โดยเป็นพันธุ์ ต่างประเทศ 7 พันธุ์ คือ ไวท์คิง สหรัฐอเมริกา มังกร สหรัฐอเมริกาขาว ฝรั่งเศส ไต้หวัน เร้ดคิง และพันธุ์พื้นถิ่นซึ่งใช้เป็นพันธุ์อ้างอิงจำนวน 2 พันธุ์ คือ กำแพงแสนและบุรีรัมย์ ตามลำดับ ในจังหวัดพิษณุโลก โดยอาศัยการวิเคราะห์จากลำดับ นิวคลีโอไทด์ของยีนบริเวณ ITS และ matK โดยในผลผลิตพีซีอาร์ (PCR product) จากยีนบริเวณ ITS สามารถให้ขนาดคู่เบสได้ 805 คู่เบส ในขณะที่ ยีนบริเวณ matK สามารถให้ผลผลิต PCR ได้ประมาณ 830 คู่เบส แต่เมื่อสังเคราะห์ลำดับเบสหรือนิวคลีโอไทด์ พบว่าบริเวณยีน ITS ให้ผลการสังเคราะห์มัลเบอร์รี่ได้เพียง 8 พันธุ์ (ยกเว้น พันธุ์ฝรั่งเศส) ในทางตรงกันข้าม การสังเคราะห์นิวคลีโอไทด์จากบริเวณยีน matK จากมัลเบอร์รี่ ให้ผลได้เพียง 5 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ไวท์คิง (AUSW) พันธุ์สหรัฐอเมริกาขาว (USAW) พันธุ์ไต้หวัน (TW) พันธุ์มังกร (MK) และพันธุ์บุรีรัมย์ (BRR) อาจเป็นผลจากกระบวนการเตรียมตัวอย่าง หรือขั้นตอนกำหนดการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยเครื่อง PCR ยังไม่มีความเหมาะสมสำหรับในบางพันธุ์ อย่างไรก็ตาม ลำดับนิวคลีโอไทด์ที่สามารถสังเคราะห์ (sequencing) ได้ เมื่อทำการเทียบความคล้ายคลึงทางชนิด (identity) จากฐานข้อมูลทางพันธุกรรม (GenBank) พบว่าแต่ละพันธุ์ถูกระบุเป็นมัลเบอร์รี่ชนิด *Morus alba* โดยมีความคล้ายคลึงหรือเหมือนกันในฐานข้อมูลตั้ง 99-100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเหมือนการรายงานที่ผ่านการใช้ยีนทั้งสองบริเวณสำหรับการระบุชนิดนั้นให้ผลได้ดี เช่นการใช้ ITS ในการระบุพันธุ์ มัลเบอร์รี่ 8 พันธุ์ (Zeng *et al*., 2015) หรือแม้แต่หม่อนในสกุลเดียว (*Morus*) แต่แตกต่างชนิดอย่างชัดเจนและลูกผสมพันธุ์ต่าง ๆ (Weiguo *et al*., 2005) ได้เป็นผลสำเร็จ จากผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่าความแปรผันทางพันธุกรรมระหว่างมัลเบอร์รี่พันธุ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากการวิเคราะห์ในบริเวณทั้งสองค่อนข้างต่ำ อาจเป็นไปได้ที่ลักษณะอัตราการกลายพันธุ์ (mutation) ไม่ได้มีการเปลี่ยนกันมาก ซึ่งอาจต้องใช้ปรับปรุงพันธุ์ให้มีความหลากหลายมากขึ้น และใช้ระยะในการให้เกิดการแปรผันมากขึ้นต่อไป ทั้งนี้จากการจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการของลำดับนิวคลีโอไทด์จากบริเวณยีน ITS นั้นไม่สามารถแยกกลุ่มของมัลเบอร์รี่พันธุ์ต่าง ๆ ออกจากกันได้ ในขณะที่การใช้ลำดับนิวคลีโอไทด์จากบริเวณยีน matK นั้น สามารถแบ่งออกได้เป็นสองกลุ่มหลัก แม้ว่า ยีนบริเวณ ITS จะให้ผลผลิต PCR ที่ดีกว่า matK ก็ตาม ซึ่งจากการรายงานการศึกษาวงศ์วานวัฒนาการในพืชที่ผ่านมา มีข้อแนะนำถึงการใช้ matK เป็นดีเอ็นเอบาร์โค้ดมาตรฐานสำหรับการระบุชนิดและการวิเคราะห์ความแปรผันทางพันธุกรรม (Hollingsworth *et al*., 2009; วุฒิพงศ์, 2554) และยังคงใช้ยีนบริเวณนี้กับงานวิจัยของกลุ่มพืชในหลาย ๆ กลุ่มมาจวบจนปัจจุบัน (Chase *et al*., 2007; Asahina *et al*., 2010; มัทนา และคณะ, 2552; พรรษา และคณะ, 2556; นฤมล และคณะ, 2557ก, ข)

การศึกษาของ นฤมล และคณะ (2557ก) ที่ได้ทำการจำแนกพันธุ์ และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม ของกล้วยไม้สกุลกุหลาบด้วยลำดับนิวคลีโอไทด์ของตำแหน่งจำเพาะ โดยพบว่า การใช้ยีนบริเวณ matK สามารถจำแนกพันธุ์กล้วยไม้ออกจากกันได้ 11 พันธุ์ โดยไม่สามารถแยกเอื้องกุหลาบชมพูกระบี่กับเอื้องกุหลาบน่านออกจากกัน แต่พบว่า บริเวณ ITS ไม่เหมาะสมที่จะนำ

มาใช้เนื่องจากไม่สามารถเพิ่มปริมาณชิ้นดีเอ็นเอของกล้วยไม้ได้ครบทั้ง 13 พันธุ์ นอกจากนี้ยังได้มีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของกล้วยไม้สิงโตกลอกตาหมู่สิงโตโดยใช้ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีนจำเพาะ กลับพบว่า การใช้บริเวณ matK เพียงลำพังนั้นไม่สามารถแยกสิงโตก้ามปูใหญ่ และก้ามปูแดง สิงโตอาจารย์เต็มกับสิงโตงาม และสิงโตอีคอร์กับสิงโตสุคิรินออกจากกันได้ ซึ่งมีข้อแนะนำว่าให้ใช้ยีน matK ร่วมกับยีน rbcL เพื่อให้การจำแนกได้ดีขึ้น ซึ่งเหมือนกับการรายงานในอดีตที่ผ่านมาเช่นกัน (Sugita *et al*., 1985; นฤมล และคณะ, 2557ข) นอกจากนี้เพื่อความเหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้กับพืชชนิดต่าง ๆ จึงได้มีการเสนอให้ใช้ร่วมกันเป็น 2-3 บริเวณ (Kress and Ericson, 2007; Newmaster *et al*., 2008; Kress *et al*., 2009) หรือ 3 บริเวณร่วมกัน (Chase *et al*., 2007) และการเลือกใช้ผสมผสาน 3-4 บริเวณ (Fazekas *et al*., 2008) เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตาม เพื่อการจำแนกชนิดของมัลเบอร์รี่พันธุ์ต่าง ๆ ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และครอบคลุม มีข้อแนะนำว่า ควรศึกษาในข้อมูลส่วนอื่นประกอบ อาทิ การศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาทั้งสายพันธุ์ไวท์มัลเบอร์รี่ (white mulberry; *Morus alba*), เร้ดมัลเบอร์รี่ (red mulberry; *Morus rubra*) และแบล็คมัลเบอร์รี่ (black mulberry; *Morus nigra*) การกระจายตัวทางภูมิศาสตร์ รวมทั้งการวิเคราะห์ด้วยยีนร่วมหลายบริเวณร่วมกัน เช่น rbcL, rpoB, rpoC1, trnH และ psbA เป็นต้น

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาทางสัณฐานวิทยาเพียงอย่างเดียวอาจไม่สามารถระบุสายพันธุ์มัลเบอร์รี่ที่ได้ จึงต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของอณูชีววิทยา ซึ่งการศึกษาการจำแนกพันธุ์ในครั้งนี้อาศัยการวิเคราะห์จากลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีนบริเวณ ITS และ matK พบว่า แผนภูมิต้นไม้จากลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีนบริเวณ ITS มีวัฒนาการเชิงเดี่ยว ในขณะที่ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีนบริเวณ matK สามารถจัดกลุ่มของมัลเบอร์รี่พันธุ์ต่าง ๆ ได้เป็นสองกลุ่มอย่างชัดเจน ทั้งนี้ความผันแปรนิวคลีโอไทด์ระหว่างพันธุ์จากทั้งยีนทั้งสองบริเวณมีค่าค่อนข้างต่ำ จึงมีข้อแนะนำให้วิเคราะห์ด้วยยีนหลายบริเวณร่วมกัน เพื่อให้เกิดความมีประสิทธิภาพของการจัดกลุ่มตามวงศ์วานวิวัฒนาการต่อไป อีกทั้งต้องทำการพัฒนาปรับปรุงพันธุ์ต่าง ๆ เพื่อการอนุรักษ์พันธุ์มัลเบอร์รี่ในเขตพื้นที่ต่อไปอีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณแหล่งทุนจากการสนับสนุนการวิจัยโครงการวิจัยสนองพระราชดำริโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (อพ. สธ., 2562) ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม งบประมาณแผ่นดิน ปีงบประมาณ 2562 ที่สนับสนุนงบประมาณการวิจัยในครั้งนี้ ทั้งนี้คณะผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่ให้ความอนุเคราะห์ทางด้านเครื่องมือ และห้องอุปกรณ์ในการวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยจึงกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

นฤมล ธนานันต์ วริสรา แทนสง่า และธีระชัย ธนานันต์. 2557ก. การจำแนกพันธุ์และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม ของกล้วยไม้สกุลกุหลาบด้วยลำดับนิวคลีโอไทด์ของตำแหน่งจำเพาะ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 21(5): 664-673.

นฤมล ธนานันต์ วริสรา แทนสง่า และธีระชัย ธนานันต์. 2557ข. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของกล้วยไม้สิงโตกลอกตาหมู่สิงโตสยามโดยใช้ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีนจำเพาะ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 22(4): 523-530.

ปัญญดา ปัญญาทิพย์ ปิยะสุดา โทสวนจิตร สุธาสินี ทัพพสารพงศ์ ปราโมทย์ มหคุณากร เพลินทิพย์ ภูทองกิ่ง และบรรลือ สังข์ทอง. 2556. การวิเคราะห์ปริมาณเมลาโทนินและการศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของสารสกัดจากใบหม่อน. วารสารเภสัชศาสตร์อีสาน 9(1): 58-59.

พรรษา มนต์แข็ง อรุณรัตน์ ฉวีราช ธวัดชัย ธานและรุ่งลาวัลย์ สุดมูล. 2556. ดีเอ็นเอบาร์โค้ดเพื่อการระบุชนิดสมุนไพรแปรรูปสกุลขี้เหล็ก (*Senna*). วารสารวิจัย มข. (บศ.) 13(2): 18-30.

มัทนา จองกา ดวงกมล แม้นศิริ และสุรพล แสนสุข. 2552. ดีเอ็นเอบริเวณยีน matK สำหรับใช้เป็นดีเอ็นเอบาร์โค้ดเพื่อระบุชนิดพืชสกุล *Alpinia* Roxb. น. 1403-1412. ในการประชุมทางวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 12 (สาขาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ), ขอนแก่น.

ลือชัย บุตคุป. 2555. การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์การต้านออกซิเดชันในผลหม่อนพันธุ์ต่าง ๆ. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).

วุฒิพงศ์ มหาคำ. 2554. DNA barcodes ของพืช: หลักการพื้นฐาน การประยุกต์ใช้และข้อจำกัด. วารสารพฤกษศาสตร์ไทย 3(1): 1-30.

Asahina, H., J. Shinozaki, K. Masuda, Y. Morimitsu, and M. Satake. 2010. Identification of medicinal Dendrobium species by phylogenetic analyses using matK and rbcL sequences. Journal of Natural Medicines 64: 133-138.

Berg, C.C., N. Pattharahirantricin, and B. Chantarasuwan. 2011. *Moraceae*. pp. 475- 675. In: T. Santisuk, and K. Larsen (eds.). Flora of Thailand vol. 10 part 4. The Forest Herbarium, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok.

Chang, L.W., L.J. Juang, B.S. Wang, M.Y. Wang, H.M. Ta, W.J. Hung, Y.J. Chen, and M.H. Huang. 2011. Antioxidant and antityrosinase activity of mulberry (*Morus alba* L.) twigs and root bark. Food and Chemical Toxicology 49: 785-790.

Chase, M.W., R.S. Cowan, P.M. Hollingsworth, C. van den Berg, S. Madriñán, G. Petersen, O. Seberg, T. Jørgsensen, K.M. Cameron, M. Carine, N. Pedersen, T.A.J. Hedderson, F. Conrad, G.A. Salazar, J.E. Richardson, M.L. Hollingsworth, T.G. Barraclough, L.Kelly, and M. Wilkinson.

2007. A Proposal for a Standardized Protocol to Barcode All Land Plants. Taxon 56(2): 295-299.

Cuenoud, P., V. Savolainen, L.W. Chatrou, M. Powell, R.J. Grayer, and M.W. Chase. 2002. Molecular phylogenetics of Caryophyllales based on nuclear 18S rDNA and plastid rbcL, atpB, and matK DNA sequences. American Journal of Botany 89: 132-144.

Fazekas, A.J., K.S. Burgess, P.R. Kesanakurti, S.W. Graham, S.G. Newmastwer, B.C. Husband, D.M. Percy, M. Hajibabaei, and S.C.H. Barrett. 2008. Multiple multilocus DNA barcodes from the plastid genome discriminate plant species equally well. PLoS ONE 3(7): e2802.

Heuzé, V., G. Tran, D. Bastianelli and F. Lebas. 2019. White mulberry (*Morus alba*). Feedipedia, a programme by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO. https://www.feedipedia.org/node/123 Last updated on November 13: 17-47.

Hollingsworth, P.M., L.L. Forrest, J.L. Spouge, M. Hajibabaei, S. Ratnasingham, M. van der Bank, M.W. Chase, R.S. Cowan, D.L. Erickson, A.J. Fazekas, S.W. Graham, K.E. James, K. Kim, W.J. Kress, H. Schneider, J. van AlphenStahl, S.C.H. Barrett, C. van den Berg, D. Bogarin, K.S. Burgess, K.M. Cameron, M. Carine, J. Chacón, A. Clark, J.J. Clarkson, F. Conrad, D.S. Devey, C.S. Ford, T.A.J. Hedderson, M.L. Hollingsworth, B.C. Husband, L.J. Kelly, P.R. Kesanakurti, J.S. Kim, Y. Kim, R. Lahaye, H. Lee, D.G. Long, S. Madriñán, O. Maurin, I. Meusnier, S. G. Newmaster, C. Park, D.M. Percy, G. Petersen, J.E. Richardson, G.A. Salazar, V. Savolainen, O. Seberg, M.J. Wilkinson, D. Yi, and D.P. Little. 2009. A DNA barcode for land plants. PNAS 106(31): 12794-12797.

Kress, W.J. and D.L. Erickson. 2007. A Two-Locus Global DNA Barcode for Land Plants: The Coding rbcL Gene Complements the NonCoding trnH-psbA Spacer Region. PLoS ONE 2(6): e508.

Kress, W.J., D.L. Erickson, F.A. Jones, N.G. Swenson, R. Perez, O. Sanjur, and E. Bermingham. 2009. Plant DNA barcodes and a community phylogeny of a tropical forest dynamics plot in Panama. Proceedings of the National Academy of Sciences 106: 18621-18626.

Kumar, S., G. Stecher, and K. Tamura. 2016. MEGA7; Molecular evolutionary genetics analysis version 7.0 for bigger datasets. Molecular Biology and Evolution 33: 1870-1873.

Lee, S.H., S.Y. Choi, H. Kim, J.S. Hwang, B.G. Lee, and J.J. Gao. 2002. Mulberroside F isolated from the leaves of *Morus*

alba inhibits melanin biosynthesis. Biological & Pharmaceutical Bulletin 25: 1045-1048.

Librado, P. and J. Rozas. 2009. DnaSP v5: A software for comprehensive analysis of DNA polymorphism data. Bioinformatics 25: 1451-1452.

Newmaster, S.G., A.J. Fazekas, R.A.D Steeves, and J. Janovec. 2008. Testing candidates plant barcode regions in the Myristicaceae. Molecular Ecology Resources 8: 480-490.

Sambrook, J., E.F. Fritsch, and T. Maniatis. 1989. Moleular cloning. A laboratory manual, 2nd eds. Cold springer Habour Laboratory Press, New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press.

Sitthithaworn, W., J. Wungsintaweekul, T. Sirisuntipong, T. Charoonratana, Y. Ebizuka, and W. De-Eknamkul. 2010. Cloning and expression of 1-deoxy-d-xylulose 5-phosphate synthase cDNA from *Croton stellatopilosus* and expression of 2C-methyl-d-erythritol 4-phosphate synthase and geranylgeranyl diphosphate synthase, key enzymes of plaunotol biosynthesis. Journal of Plant Physiology 167(4): 292-300.

Sugita, M., K. Shinozaki, and M. Sugiura. 1985. Tobacco chloroplast tRNA Lys (UUU) gene contains a 2.5-kilobase-pair intron: An open reading frame and a conserved boundary sequence in the intron, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 82: 3557-3561.

Weiguo, Z., P. Yile, Z.Z.J. Zhifang, M. Xuexia, and H. Yongping. 2005. Phylogeny of the genus *Morus* (Urticales: Moraceae) inferred from ITS and *trn*L-F sequences. African Journal of Biotechnology 4: 563-569.

Yuan Y.V. and N.A. Walsh. 2006. Antioxidant and antiproliferative activities of extracts from a variety of edible seaweeds. Food and Chemical Toxicology 4: 1,144-1,150.

Zeng, Q., H. Chen, C. Zhang, M. Han, T. Li, X. Qi, Z. Xiang, and N. He. 2015. Definition of Eight Mulberry Species in the Genus *Morus* by Internal Transcribed Spacer-Based Phylogeny. PLOS ONE 10(8): e0135411.

วารสารผลิตกรรมการเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION
MJU

ว. ผลิตกรรมการเกษตร 3(1):87-97
J. Agri. Prod.

ความคงตัวทางพันธุกรรมของฝรั่ง

Genetic Stability of Guava (*Psidium guajava* L.)

จันทร์เพ็ญ สะระ[1*] ฉันทนา วิชรัตน์[2] ธีรนุช เจริญกิจ[3] และ แสงทอง พงษ์เจริญกิต[4]

Junpen Sara[1*] Chantana Witcharat[2] Theeranuch Jaroenkit[2] and Saengtong Pongjaroenkit[4]

[1] สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ ประเทศไทย 50290

[2] สาขาวิชาพืชผัก คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ ประเทศไทย 50290

[3] สาขาวิชาไม้ผล คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ ประเทศไทย 50290

[4] สาขาวิชาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ ประเทศไทย 50290

[1] The Office of Agricultural Research and Extension, Maejo University, Chiang Mai, Thailand, 50290

[2] Division of Vegetable Technology, Faculty of Agriculture Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand, 50290

[3] Division of Pomology Technology, Faculty of Agriculture Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand, 50290

[4] Program in Genetics, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand, 50290

[*] Corresponding author: junpen_s@mju.ac.th

(Received: 9 February, 2021; Revised: 7 April, 2021; Accepted: 9 April, 2021)

Abstract

Guava (*Psidium guajava* Linn.) is a fruit which has high vitamin C content. The major guava production had been done several countries including Thailand. There are numerous guavas in Thailand, however history and genetics database of guava were not varietally clear. Guava identification is useful for breeding program. In this study, eighteen guava varieties were detected genetic stability by phenotype and DNA fingerprint. The phenotype was collected characteristic with leaves color, fruit color, pulp fruit color and leaves color of selfing progenies segregation. The DNA fingerprint was verified nine SSR markers. The result shows that, the seedling segregation of 18 guava cultivars were separated into 2 groups follow by the seedling leaves color; 1) the leaves color of progenies different from mother plant was 12 cultivars 2) the leaves color of progenies not different from

mother plant was 6 cultivars. There was indicated non-genetic stability 6 guava cultivars by phenotype. The DNA fingerprint were examined among 18 guava cultivars with SSR markers. There was found that, only Putsa variety shows DNA pattern the same with their mother form nine SSR markers while 17 guava cultivars appeared the DNA pattern different from their mother and within progenies group. Thus, both of the phenotype and DNA fingerprint be able to demonstrate Putsa as highest genetic stability guava.
Keywords: guava, genetic stability, phenotype, DNA fingerprint

บทคัดย่อ

ฝรั่ง (*Psidium guajava* L.) เป็นผลไม้ที่มีวิตามินซีสูง มีแหล่งผลิตอยู่ในหลายประเทศรวมถึงประเทศไทย ซึ่งฝรั่งหลายพันธุ์มีประวัติพันธุ์ไม่ชัดเจน แต่การจำแนกพันธุ์ฝรั่งมีความจำเป็นในการปรับปรุงพันธุ์ในอนาคต ในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความคงตัวทางพันธุกรรมของฝรั่งจำนวน 18 พันธุ์ ด้วยลักษณะปรากฏโดยเก็บข้อมูลลักษณะสีใบ สีผิวของผล สีเนื้อ และการกระจายตัวของลูกที่ได้จากการผสมตัวเอง ร่วมกับการตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอด้วยเครื่องหมาย SSR จำนวน 9 ไพรเมอร์ ผลการศึกษา พบว่า จากลักษณะที่ปรากฏของลูกที่ได้จากการผสมตัวเองมี 2 กลุ่ม คือ กลุ่มสีใบของต้นลูกไม่แตกต่างจากต้นแม่ มีจำนวน 12 พันธุ์ และกลุ่มสีใบของต้นลูกแตกต่างจากต้นแม่ มีจำนวน 6 พันธุ์ ซึ่งกลุ่มหลังสามารถระบุได้ว่าฝรั่งพันธุ์เหล่านี้ไม่มีความคงตัวทางพันธุกรรม เมื่อตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอของฝรั่งจำนวน 18 พันธุ์ ด้วยเครื่องหมาย SSR พบว่า มีเพียงพันธุ์พุทรามีลายพิมพ์ดีเอ็นเอของต้นแม่และลูกเหมือนกันทุกต้นในทุกเครื่องหมายที่ใช้ในการศึกษาแสดงว่าฝรั่งพันธุ์พุทรามีความคงตัวทางพันธุกรรมสูงสุด ในขณะที่ฝรั่งอีก 17 พันธุ์ ไม่มีความคงตัวทางพันธุกรรม เนื่องจากมีลายพิมพ์ดีเอ็นเอของต้นแม่และต้นลูกมีความแตกต่างกันในบางเครื่องหมาย จึงสามารถสรุปได้ว่าฝรั่งพันธุ์พุทรามีความคงตัวทางพันธุกรรมสูงจากทั้งลักษณะปรากฏและลายพิมพ์ดีเอ็นเอ
คำสำคัญ: ฝรั่ง ความคงตัวทางพันธุกรรม ลักษณะปรากฏ ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ

คำนำ

ฝรั่ง (*Psidium guajava* L.) มีจำนวนโครโมโซม 2n=22 (Mehmood *et al*., 2016) มีถิ่นกำเนิดอยู่ในเขตร้อน เป็นผลไม้ที่อุดมไปด้วยเส้นใย วิตามินเอ วิตามินซี และกรดโฟลิค (Ahmed *et al*., 2011) โดยเฉพาะวิตามินซีมีมากกว่าส้ม 3-6 เท่า (Youssef and Ibrahim, 2016) มีแหล่งผลิตที่สำคัญอยู่ในหลายประเทศทั่วโลก (Shiva *et al*., 2017) รวมถึงประเทศไทยที่สามารถปลูกฝรั่งได้ในทุกภูมิภาคของประเทศไทย มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อม (พจณีย์, 2554) ซึ่งประเทศไทยมีฝรั่งหลายพันธุ์ ทั้งที่เป็นพันธุ์พื้นเมืองของไทยและพันธุ์ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ จากการสำรวจพบว่ามีฝรั่งจำนวน 15 พันธุ์ที่ขึ้นทะเบียนกับ

สำนักคุ้มครองพันธุ์พืช (สำนักคุ้มครองพันธุ์พืช, 2563) โดยการปลูกฝรั่งในประเทศไทยยังคงเป็นการปลูกเชิงเดี่ยว เนื่องจากพันธุ์ฝรั่งนิยมขายในท้องตลาดส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ที่มีผลสีเขียว เช่น กิมจู และแป้นสีทอง เป็นต้น การปรับปรุงพันธุ์ฝรั่งจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากในปัจจุบันสภาพแวดล้อมมีความแปรปรวนตลอดเวลา (กระทรวงพลังงาน, 2563) ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นพืช รวมทั้งส่งเสริมให้โรคและแมลงต่าง ๆ ปรับตัวให้เข้าทำลายพืชได้มากยิ่งขึ้น หากมีการเข้าทำลายของโรคหรือแมลงที่จำเพาะกับพันธุ์ฝรั่งบางพันธุ์จะส่งผลกระทบอย่างมาก การปรับปรุงพันธุ์ฝรั่งในประเทศไทยสามารถแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ การคัดเลือกและผสมข้ามพันธุ์ ซึ่งการปรับปรุงพันธุ์เพื่อให้ได้พันธุ์ใหม่นั้นใช้เวลานาน เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการคัดเลือกยาวนาน ประกอบกับในไม้ผลจะมีระยะเยาว์วัย (juvenile) ยาวนาน อย่างไรก็ตามประวัติความเป็นมาของฝรั่งในประเทศไทยยังมีหลายพันธุ์ที่ไม่ปรากฏความเป็นมาแน่ชัด ดังนั้นการคัดเลือกพันธุ์ต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ในโครงการปรับปรุงพันธุ์จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยเฉพาะถ่ายทอดลักษณะต่าง ๆ จากรุ่นพ่อแม่ไปยังรุ่นลูก เนื่องจากจะมีผลต่อวิธีการคัดเลือกในการปรับปรุงพันธุ์ ซึ่งปัจจัยสำคัญที่จะทำให้การปรับปรุงพันธุ์พืชประสบความสำเร็จ คือ การคัดเลือกลักษณะที่ต้องการได้อย่างถูกต้องแม่นยำ และมีประสิทธิภาพ (อรรัตน์, 2548)

ปัจจุบันมีการนำเครื่องหมายดีเอ็นเอมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ เนื่องจากเป็นการคัดเลือกในระดับดีเอ็นเอ ซึ่งอิทธิพลของสภาพที่แวดล้อมไม่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลง (อรรัตน์, 2548) เช่น การใช้เครื่องหมาย Simple Sequence DNA Repeats (SSR) ในการตรวจสอบมะม่วงลูกผสม (กิตติพัฒน์และธัญพิสิษฐ์, 2545) การตรวจสอบลำไยลูกผสมด้วยเครื่องหมาย Sequence Characterized Amplified Region (SCAR) (จันทร์เพ็ญ และคณะ, 2560) การสร้างแผนที่พันธุกรรมในฝรั่ง โดยใช้เครื่องหมาย Sequence-Related Amplified Polymorphic (SRAP) และ SSR (Padmaker *et al*., 2015) นอกจากนี้ยังสามารถตรวจสอบความบริสุทธิ์ทางพันธุกรรมในข้าว ข้าวโพดพันธุ์ต่าง ๆ และพืชตระกูลกะหล่ำ (จรรยา และคณะ, 2553; ศุภลักษ์ และจิระ, 2560; Yea *et al*., 2013) ในงานวิจัยครั้งนี้จึงได้ทำการศึกษาความคงตัวทางพันธุกรรมของฝรั่งพันธุ์ต่าง ๆ ในระยะต้นกล้า ด้วยลักษณะปรากฏ (phenotype) และตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอ (DNA finger print) ด้วยเครื่องหมาย SSR ของต้นลูกที่ได้จากการผสมตัวเองของฝรั่งที่ใช้ในการศึกษาเพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้น ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงพันธุ์ฝรั่งต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

พันธุ์ฝรั่งที่ใช้ในการวิจัย

พันธุ์ฝรั่งที่ใช้ในการวิจัยเป็นฝรั่งที่มีเมล็ด จำนวน 18 พันธุ์ ได้แก่ พุทรา (Putsa) แป้นสีทอง (Paenseethong) ฮ่องเต้ (Hongta) กิมจู (Kimju) วังชมภู (Wangchompoo) แม่โจ้ 343 (Maejo 343) ปุยฝ้าย (Puyphai) ขี้นก (Kheenok) ชมพูพันธุ์ทิพย์ (Chompoopuntip) ขี้นกไส้แดง (Kheenok-Saidang) รจนา (Rotjana) สามสีกรอบ (Samsikrob) แป้นไส้แดง (Paen-Saidang) ไข่มุกไต้หวัน (Kaimooktaiwan) เพชรน้ำผึ้ง (Petnamphueng) พิจิตร 13-10 (Pijit 13-10) ม่วง (Mung) และแดง (Dang)

การศึกษาลักษณะปรากฏของฝรั่ง

เก็บข้อมูลลักษณะปรากฏของฝรั่ง ได้แก่ สีใบ สีผิวของผล สีเนื้อ แล้วทำการครอบดอกฝรั่งทั้ง 18 พันธุ์ เพื่อป้องกันการผสมข้ามโดยแมลง เมื่อผลฝรั่งอายุประมาณ 5 เดือน นำมาเพาะเมล็ดจนกระทั่งต้นกล้ามีใบอ่อนเกิดขึ้น จากนั้นเก็บข้อมูลการกระจายตัวของต้นกล้าต้นลูกฝรั่ง โดยสังเกตลักษณะสีของใบ เนื่องจากเป็นลักษณะที่เห็นได้ง่าย จากนั้นสุ่มเก็บใบอ่อนของต้นแม่และต้นกล้าที่ได้จากการผสมตัวเองของต้นแม่ จำนวน 10 ต้น เพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป

การศึกษาลายพิมพ์ดีเอ็นเอของฝรั่ง

การสกัดดีเอ็นเอ

นำใบอ่อนของฝรั่งประมาณ 0.2 กรัม มาบดในสารละลาย mCTAB เพื่อสกัดดีเอ็นเอ โดยใช้วิธี CTAB ดัดแปลง (Hwang and Kim, 2000) ตรวจสอบคุณภาพและปริมาณดีเอ็นเอด้วยการทำ 1% อะกาโรสเจล อิเล็กโทรฟอรีซิส ในสารละลาย TBE ความเข้มข้น 1 เท่า ใช้กระแสไฟฟ้า 100 โวลต์ เป็นเวลา 30 นาที ย้อมชิ้นส่วนดีเอ็นเอด้วย RedSafe™ Nucleic Acid Staining Solution (iNtRON Biotechnology, Korea) เก็บสารละลายดีเอ็นเอไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะใช้งาน

การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยไพรเมอร์ SSR

นำดีเอ็นเอที่สกัดได้มาเพิ่มปริมาณด้วยเทคนิค PCR ร่วมกับไพรเมอร์ SSR (Padmakar *et al*., 2015) จำนวน 9 ไพรเมอร์ (Table 1) เพื่อวิเคราะห์ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ โดยปฏิกิริยาประกอบด้วยดีเอ็นเอประมาณ 20 นาโนกรัมต่อปฏิกิริยาบัฟเฟอร์สำเร็จรูป 1 เท่า MyTaq™ Red Mix (BIOLINE, USA) ใช้ไพรเมอร์ความเข้มข้นสุดท้าย 0.5 ไมโครโมล่าร์ สภาวะที่ใช้ คือ 94 องศาเซลเซียส 4 นาที สำหรับขั้นตอนการ denaturing จากนั้นทำ 35 รอบของ denaturing ที่ 94 องศาเซลเซียส 30 วินาที, annealing 55 องศาเซลเซียส 60 วินาที และ extension 72 องศาเซลเซียส 90 วินาที ตามด้วย final extension 72 องศาเซลเซียส นาน 7 นาที วิเคราะห์ผลผลิต PCR ด้วย 3% อะกาโรสเจล อิเล็กโทรฟอรีซิส ในสารละลาย TBE ความเข้มข้น 1 เท่า ใช้กระแสไฟฟ้า 100 โวลต์ เป็นเวลา 60 นาที ย้อมชิ้นส่วนดีเอ็นเอด้วย RedSafe™ Nucleic Acid Staining Solution (iNtRON Biotechnology, Korea)

Table 1 The SSR primer sequences used for DNA amplification in this study

Primer name	Forward sequence (5' to 3')	Reverse sequence (5' to 3')
mPgCIR19	AAAATCCTGAAGACGAAC	TATCAGAGGCTTGCATTA
mPgCIR27	AGCACTTAGGGACAAATTCA	CTCACTCTCCTCCATTCAAG
mPgCIR31	TCTCACTGATGCAACTTTTC	CCCATTTTCATCTCAAAGTC
mPgCIR93	GCATCATGTGTTTGAACGAT	AAGTGTGCGTTCTCCATCT
mPgCIR96	ACGCTGCAAACGATACTAAT	AACTCACACGAGCACAGAG
mPgCIR100	CTAGAAGTCGAAGAATGGAA	TTTGTTAGTATCGGAGTCGAG
mPgCIR102	AATTGGTGTAGCATCTGGA	GCCTACCATGAACAGAGAAA
mPgCIR105	CCTCCTTCGCTCTACATAAA	ATTACCCCACGAACATATCA
mPgCIR111	CAACCTCGTTTGAGTCTTCT	AACATCATTGGGACCATTC

การวิเคราะห์ความคงตัวทางพันธุกรรมของฝรั่ง

หลังจากทำการเก็บข้อมูลลักษณะปรากฏแล้ว ถ้าพบว่ามีการกระจายตัวของสีใบในต้นลูก จะระบุได้ทันทีว่าฝรั่งเหล่านั้นไม่มีความคงตัวทางพันธุกรรม จากนั้นจะทำการศึกษาลายพิมพ์ดีเอ็นเอด้วยเครื่องหมาย SSR เพื่อดูการกระจายตัวต่อไป หากพบว่าลายพิมพ์ดีเอ็นเอของต้นลูกมีความแตกต่างกัน ก็จะถูกระบุว่าฝรั่งเหล่านั้นไม่มีความคงตัวทางพันธุกรรมเช่นเดียวกัน

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การศึกษาลักษณะปรากฏของฝรั่ง

การศึกษาลักษณะปรากฏของฝรั่งจำนวน 18 พันธุ์ พบว่า สามารถแบ่งฝรั่งออกเป็น 5 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 ใบและผลมีสีเขียว เนื้อในมีสีขาว และสีใบของต้นลูก มีสีเขียว มีจำนวนทั้งหมด 8 พันธุ์ ได้แก่ พุทรา แป้นสีทอง ฮ่องเต้ กิมจู วังชมพู แม่โจ้ 343 ปุยฝ้าย และขี้นก กลุ่มที่ 2 ใบและผลมีสีเขียว เนื้อในมีสีแดง และสีใบของต้นลูก มีสีเขียว มีจำนวน 3 พันธุ์ ได้แก่ ชมพูพันธุ์ทิพย์ ขี้นกไส้แดง และรจนา กลุ่มที่ 3 ใบและผลมีสีเขียว เนื้อในมีสีแดง และสีใบของต้นลูกมีการกระจายตัวออกเป็นสีเขียวและสีแดง จำนวน 5 พันธุ์ ได้แก่ สามสีกรอบ แป้นไส้แดง ไข่มุกไต้หวัน เพชรน้ำผึ้ง และพิจิตร 13-10 กลุ่มที่ 4 ใบ ผล เนื้อในมีสีแดง แต่สีใบของต้นลูก มีการกระจายตัวออกสีเขียวและสีแดง มีเพียงพันธุ์เดียว คือ ม่วง และกลุ่มที่ 5 ใบ ผล เนื้อในรวมทั้งสีใบของต้นลูกมีสีแดง มีเพียงพันธุ์เดียว คือ แดง (Table 2)

Table 2 Characteristics of guava cultivars and their progenies

No.	Name of cultivar	Leaves color	Fruit color	pulp fruit color	Leaves color of progenies
1	Putsa	green	green	white	green
2	Paenseethong	green	green	white	green
3	Hongta	green	green	white	green
4	Kimju	green	green	white	green
5	Wangchompoo	green	green	white	green
6	Maejo 343	green	green	white	green
7	Puyphai	green	green	white	green
8	Kheenok	green	green	white	green
9	Chompoopuntip	green	green	red	green
10	Kheenok-Saidang	green	green	red	green
11	Rotjana	green	green	red	green
12	Samsikrob	green	green	red	green/red
13	Paen- Saidang	green	green	red	green/red
14	Kaimooktaiwan	green	green	red	green/red
15	Petnamphueng	green	green	red	green/red
16	Pijit 13-10	green	green	red	green/red
17	Mung	red	red	red	green/red
18	Dang	red	red	red	red

จากข้อมูลการกระจายตัวของลักษณะสีใบของต้นกล้าในรุ่นลูกในฝรั่งแต่ละพันธุ์ สามารถแบ่งกลุ่มได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มสีใบของต้นลูกไม่แตกต่างจากต้นแม่ มีจำนวน 12 พันธุ์ และกลุ่มสีใบของต้นลูกแตกต่างจากต้นแม่ มีจำนวน 6 พันธุ์ ทำให้สามารถสรุปได้ว่าฝรั่งพันธุ์สามสีกรอบ แป้นไส้แดง ไข่มุกไต้หวัน เพชรน้ำผึ้ง และพิจิตร 13-10 ไม่มีความคงตัวทางพันธุกรรม ซึ่งในการปรับปรุงพันธุ์ถ้าต้นพ่อหรือแม่ไม่มีความคงตัวทางพันธุกรรมส่งผลให้เกิดการกระจายในรุ่นลูกได้ (ศุภลักษ์ และจิระ, 2558) ซึ่งหลักการนี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์ฝรั่งพันธุ์ใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้นในประเทศไทย เช่น การปรับปรุงฝรั่งพันธุ์หวานพิรุณที่อาศัยต้นแม่พันธุ์แป้นยักษ์สีทองซึ่งไม่มีความคงตัวทางพันธุกรรม มาเพาะเมล็ดและปลูกคัดเลือกฝรั่งพันธุ์เคยูการ์ด เบอร์ 1 ที่เกิดจากการคัดเลือกพันธุ์จากลูกผสมเปิดของฝรั่งพันธุ์พื้นเมือง ฝรั่งพันธุ์พันธุ์แม่โจ้ 341 เกิดจากการคัดเลือกมาจากต้นเพาะเมล็ดพันธุ์โบมองท์ (Beaumont) (สำนักคุ้มครองพันธุ์พืช, 2564)

การศึกษาลายพิมพ์ดีเอ็นเอของฝรั่ง

ฝรั่งจำนวน 18 พันธุ์ ถูกนำมาศึกษาลายพิมพ์ดีเอ็นเอด้วยเครื่องหมาย SSR จำนวน 9 ไพรเมอร์ โดยเปรียบเทียบกับพันธุ์แม่ พบว่า มีฝรั่งพันธุ์พุทรา (Putsa) เพียงพันธุ์เดียวที่มีลายพิมพ์ดีเอ็นเอของต้นแม่และต้นลูก ทั้ง 10 ต้น ไม่แตกต่างกันและแสดงแถบดีเอ็นเอเหมือนต้นแม่ทั้ง 9 ไพรเมอร์ (Figure 1) แสดงว่า ฝรั่งพันธุ์พุทรามีความคงตัวทางพันธุกรรมสูงที่สุด

ในขณะที่พันธุ์แป้นสีทอง สามสีกรอบ และแป้นไส้แดง มีลายพิมพ์ดีเอ็นเอของต้นลูกทั้ง 10 ต้น แตกต่างกัน จำนวน 3 ไพรเมอร์ และ มีลายพิมพ์ดีเอ็นเอของต้นลูกทั้ง 10 ต้น ไม่แตกต่างกัน จำนวน 6 ไพรเมอร์ พันธุ์ขี้นกไส้แดง และพิจิตร 13-10 มีลายพิมพ์ดีเอ็นเอของต้นลูกทั้ง 10 ต้น แตกต่างกัน จำนวน 4 ไพรเมอร์ และมีลายพิมพ์ดีเอ็นเอของต้นลูกทั้ง 10 ต้น ไม่แตกต่างกันจำนวน 5 ไพรเมอร์ พันธุ์แม่โจ้ 343 เพชรน้ำผึ้ง และปุยฝ้าย มีลายพิมพ์ดีเอ็นเอของต้นลูกทั้ง 10 ต้น แตกต่างกัน จำนวน 5 ไพรเมอร์ และลายพิมพ์ดีเอ็นเอของต้นลูกทั้ง 10 ต้น ไม่แตกต่างกัน จำนวน 4 ไพรเมอร์ พันธุ์กิมจูมีลายพิมพ์ดีเอ็นเอของต้นลูกทั้ง 10 ต้น แตกต่างกัน จำนวน 6 ไพรเมอร์ และมีลายพิมพ์ดีเอ็นเอของต้นลูกทั้ง 10 ต้น ไม่แตกต่างกัน จำนวน 3 ไพรเมอร์ พันธุ์ม่วงและไข่มุกไต้หวันมีลายพิมพ์ดีเอ็นเอของต้นลูกทั้ง 10 ต้น แตกต่างกัน จำนวน 7 ไพรเมอร์ และมีลายพิมพ์ดีเอ็นเอของต้นลูกทั้ง 10 ต้น ไม่แตกต่างกัน จำนวน 2 ไพรเมอร์ พันธุ์ฮ่องเต้และวังชมภูมีลายพิมพ์ดีเอ็นเอของต้นลูกทั้ง 10 ต้น แตกต่างกัน จำนวน 8 ไพรเมอร์ และลายพิมพ์ดีเอ็นเอของต้นลูกทั้ง 10 ต้น ไม่แตกต่างกันจำนวน 1 ไพรเมอร์ พันธุ์ชมพูพันธุ์ทิพย์รจนา และขี้นกมีลายพิมพ์ดีเอ็นเอของต้นลูกทั้ง 10 ต้น แตกต่างกัน ทั้ง 9 ไพรเมอร์ แสดงว่าเป็นกลุ่มมีความไม่คงตัวทางพันธุกรรมสูงที่สุด ในขณะที่พันธุ์แดงมีลายพิมพ์ดีเอ็นเอของต้นลูกทั้ง 10 ต้น แตกต่างกันเพียงแค่เครื่องหมายเดียว คือ เครื่องหมาย mPgCIR 19 (Figure 2) และมีลายพิมพ์ดีเอ็นเอของต้นลูกทั้ง 10 ต้น ไม่แตกต่างกัน จำนวน 8 ไพรเมอร์ (Table 3) แสดงว่าเป็นฝรั่งที่มีความไม่คงตัวทางพันธุกรรมต่ำที่สุด

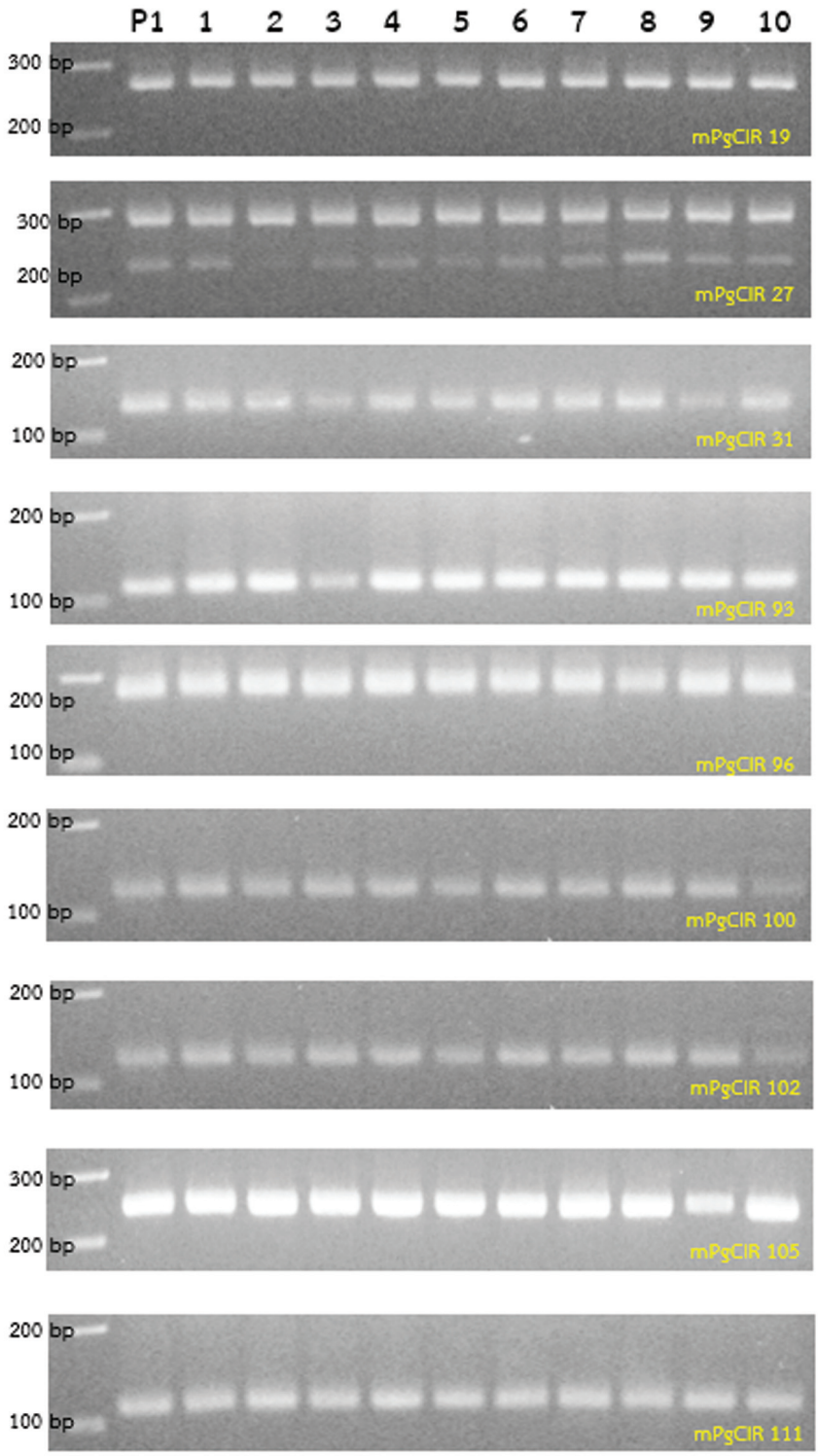

Figure 1 DNA amplification with 9 SSR markers of Putsa (P1) and their progenies (1-10)

จะเห็นได้ว่าจากการตรวจสอบด้วยลักษณะปรากฏจะพบว่าพันธุ์ฝรั่งไม่มีความคงตัวทางพันธุกรรมเพียงจำนวน 6 พันธุ์ แต่เมื่อนำมาตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอด้วยเครื่องหมาย SSR สามารถระบุพันธุ์ฝรั่งได้มากถึง 17 พันธุ์ ที่ไม่มีความคงตัวทางพันธุกรรม จากการตรวจสอบด้วยเครื่องหมาย SSR มากถึง 9 ตำแหน่ง ซึ่งใช้เครื่องหมายมากกว่าการตรวจสอบความบริสุทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวโพดหวานลูกผสมพันธุ์สงขลา 84-1 ที่ใช้เครื่องหมาย SSR เพียงแค่ 3 ตำแหน่ง (ศุภลักษ์ และจิระ, 2015) และการตรวจสอบการปนเปื้อนของข้าววัชพืชในเมล็ดพันธุ์ข้าว ที่ใช้เครื่องหมาย SSR ในการตรวจสอบจำนวน 7 ตำแหน่ง (จรรยา และคณะ, 2553) และการศึกษาความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์กะหล่ำปลีด้วยเครื่องหมาย SSR, RAPD, ISSR และ SRAP จำนวน 7 เครื่องหมาย (Yea *et al*., 2013) ดังนั้นหากต้องการศึกษาแผนที่ยีนของฝรั่ง สามารถใช้ประชากรในรุ่นที่ 1 แทนประชากร 2 ตามกระบวน Pseudo-Testcross (Grattapagli and Sederoff, 1994; วิภาวี และคณะ, 2553) ซึ่งสามารถนำข้อมูลมาต่อยอดในการปรับปรุงพันธุ์ฝรั่งได้ต่อไปในอนาคต

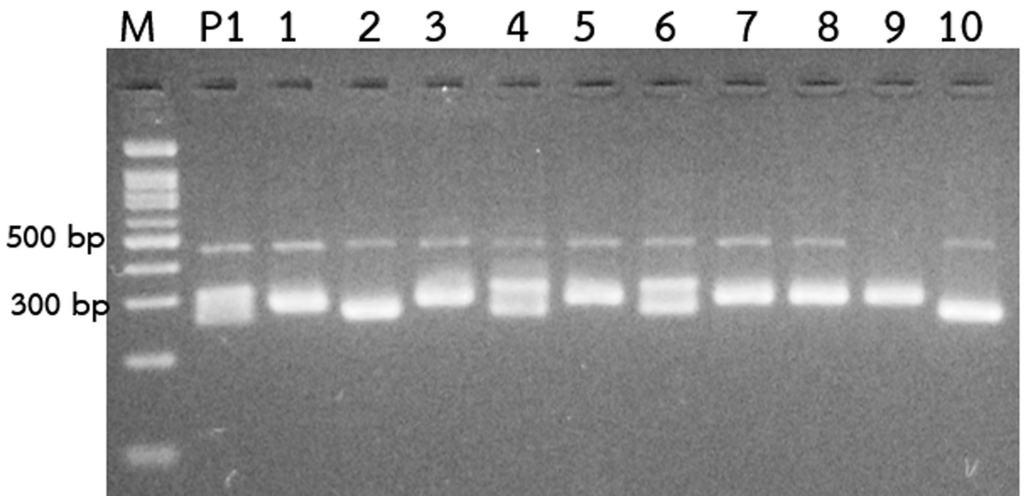

Figure 2 DNA amplification with mPgCIR 19 markers of Dang and their progenies

Table 3 Genotyping of guava progenies with 9 SSR markers

No.	Name of cultivar	Leaves color of F_1 progenies	mPgCIR 19	mPgCIR 27	mPgCIR 31	mPgCIR 93	mPgCIR 96	mPgCIR 100	mPgCIR 102	mPgCIR 105	mPgCIR 111
1	Putsa	green	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2	Paenseethong	green	✓	✓	x	x	x	✓	✓	✓	✓
3	Hongta	green	x	x	x	x	x	x	x	✓	x
4	Kimju	green	x	✓	✓	x	x	x	✓	x	x
5	Wangchompoo	green	x	x	x	x	x	x	x	✓	x
6	Maejo 343	green	x	✓	✓	x	x	✓	✓	x	x
7	Puyphai	green	x	✓	x	✓	x	x	✓	✓	x
8	Kheenok	green	x	x	x	x	x	x	x	x	x
9	Chompoopuntip	green	x	x	x	x	x	x	x	x	x
10	Kheenok-Saidang	green	✓	✓	✓	x	x	x	x	✓	✓
11	Rotjana	green	x	x	x	x	x	x	x	x	x
12	Samsikrob	green-red	x	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x
13	Paen- Saidang	green-red	x	x	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓
14	Kaimooktaiwan	green-red	x	x	✓	x	✓	x	x	x	x
15	Petnamphueng	green-red	x	x	x	x	✓	✓	✓	x	✓
16	Pijit 13-10	green-red	✓	✓	✓	✓	x	x	x	✓	x
17	Mung	green-red	x	x	x	x	✓	x	x	✓	x
18	Dang	red	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Remark: ✓ = DNA bands of progenies are the same pattern; X = DNA bands of progenies are not the same pattern

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาความคงตัวทางพันธุกรรมของฝรั่งจำนวน 18 พันธุ์ พบว่า เมื่อตรวจสอบด้วยลักษณะปรากฏมีการกระจายตัวของสีใบของต้นกล้าของลูกในพันธุ์ฝรั่งจำนวน 6 พันธุ์ ซึ่งสามารถระบุได้ว่าไม่มีความคงตัวทางพันธุกรรมด้วยลักษณะปรากฏ และจากตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอของฝรั่งด้วยเครื่องหมาย SSR จำนวน 9 ไพรเมอร์ พบว่า ฝรั่งพันธุ์พุทรามีความคงตัวทางพันธุกรรมสูงที่สุด ในขณะที่พันธุ์อื่น ๆ อีก 17 พันธุ์ ไม่มีความคงตัวทางพันธุกรรม ซึ่งจากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นนี้สามารถนำพันธุ์ที่ไม่มีความคงตัวทางพันธุกรรม

เหล่านี้ไปปลูกเพื่อคัดเลือกในรุ่นลูกชั่วที่ 1 โดยไม่ต้องทำการผสมข้ามพันธุ์ ซึ่งทำให้เกิดฝรั่งพันธุ์ใหม่ ๆ ต่อไปในอนาคตได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากโครงการปรับปรุงพันธุ์ไม้ผลศูนย์พัฒนาพันธุ์พืชจักรพันธ์เพ็ญศิริ รหัสโครงการ ชัยพัฒนา-62-001 มูลนิธิชัยพัฒนา ปีงบประมาณ 2562-2564

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงพลังงาน. 2563. “ลดโลกร้อน” ด้วยตัวเรา. แหล่งข้อมูล http://www.eppo.go.th/images/Infromation_service/Publication/Knowledge/green%20the%20earth.pdf (20 ธันวาคม 2563)

กิตติพัฒน์ อุโฆษกิจ และธัญสิษฐ์ พวงจิก. 2545. การปรับปรุงพันธุ์มะม่วงไทยโดยการใช้เครื่องหมายโมเลกุล SSR. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ.

จรรยา มณีโชติ วันเพ็ญ ศรีทองชัย ศันสนีย์ จำจด และกิ่งกาญจน์ พิชญกุล. 2553. การใช้เทคนิคทางชีวโมเลกุลเพื่อตรวจสอบการปนเปื้อนของข้าววัชพืชในเมล็ดพันธุ์ข้าว. แหล่งข้อมูล https://www.doa.go.th/research/attachment.php?aid=978 (22 ธันวาคม 2563)

จันทร์เพ็ญ สะระ ฉันทนา วิชรัตน์ ธีรนุช เจริญกิจ พาวิน มะโนชัย และแสงทอง พงษ์เจริญกิต. 2560. การพัฒนาเครื่องหมาย SCAR ด้วยเทคนิค Touchdown PCR เพื่อตรวจสอบลำไยลูกผสม. น. 46-54. 7-8 ธันวาคม. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่.

พจณีย์ มะลิชื่น. 2554. การศึกษาการผสมพันธุ์ชั่วที่ 1 จากการผสมข้ามฝรั่ง 3 พันธุ์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน, คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิภาวี ชั้นโรจน์ กัลยารัตน์ ภู่สุดแสวง ขวัญใจ พิพัฒน์เจริญวงศ์ และกิตติพัฒน์ อุโฆษกิจ. 2553. การสร้างแผนที่พันธุกรรมของปาล์มน้ำมัน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 18(4): 1-11.

ศุภลักษ์ สัตยสมิทสถิต และจิระ สุวรรณประเสริฐ. 2560. การตรวจสอบความบริสุทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวโพดหวานลูกผสมพันธุ์ชัยนาท 2 โดยเครื่องหมายโมเลกุลชนิด SSRs. น. 224-232. 31 มกราคม-3 กุมภาพันธ์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สำนักคุ้มครองพันธุ์พืช. 2563. รายชื่อพันธุ์พืชขอขึ้นทะเบียน และพันธุ์พืชที่ได้รับการขึ้นทะเบียนแล้ว (ร.พ.2). แหล่งข้อมูล http://www.doa.go.th/pvp/?page_id=509 (15 ธันวาคม 2563)

อรรัตน์ มงคลพร. 2548. เครื่องหมายโมเลกุลเพื่อการปรับปรุงพันธุ์พืช. จรัลสนิทวงศ์การพิมพ์, กรุงเทพฯ.

Ahmed, B., M.A. Mannan and S.A. Hossain. 2011. Molecular characterization of guava (*Psidium guajava* L.) germplasm by RAPD analysis. International Journal of Natural Sciences. 1(3): 62-67.

Grattapaglia, D. and R. Sederoff. 1994. Genetic Linkage Maps of *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus urophylla* Using a Pseudo-Testcross: Mapping

Strategy and RAPD Markers. Genetics. 137: 1121-1137.

Mehmood, A., S. Luo, N. M. Ahmad, C. Dong, T. Mahmood, Y. Sajjad, M. J. Jaskani and P. Sharp. 2016. Molecular variability and phylogenetic relationships of guava (*Psidium guajava* L.) cultivars using inter-primer binding site (iPBS) and microsatellite (SSR) markers. Genet Resour Crop Evol. 63: 1345-1361.

Padmakara, B., C. Kanupriyaa, P. Madhavi Lathaa, K. S. Prashanta, M. R. Dineshb, D. Sailaja and C. Aswatha. 2015. Development of SRAP and SSR marker-based genetic linkage maps of guava (*Psidium guajava* L.). Scientia Horticulturae. 192: 158-165.

Shiva, B., A. Nagaraja, R. Singh and M. Srivastav. 2017. Genetic Diversity of Guava Genotype Evaluated Using RAPD Molecular Marker. International Journal of Genetics. 9(5): 272-274.

Yea, S., Y. Wanga, D. Huangb, J. Li, Y. Gonga, L. Xua and L. Liua. 2013. Genetic purity testing of F1 hybrid seed with molecular markers in cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*). Scientia Horticulturae. 155: 92-96.

คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ

1. **การพิมพ์** ต้นฉบับพิมพ์โดยโปรแกรมไมโครซอฟท์เวิร์ด ใช้รูปแบบฟอนต์ **Thai Sarabun PSK** ขนาด 16 points สำหรับชื่อเรื่อง และ 15 points สำหรับที่เหลือ พิมพ์หน้าเดียวในกระดาษ A4 เว้นขอบทั้ง 4 ด้าน 2.5 ซม. พร้อมระบุเลขหน้าที่ด้านมุมบนขวามือ ความยาวของบทความรวมทุกอย่างไม่เกิน 10 หน้า
2. **การเรียงเนื้อหา**
   2.1 ชื่อเรื่อง (Title) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ควรสั้น กระชับและสื่อเป้าหมายหลักของการวิจัย ชื่อวิทยาศาสตร์ ใช้ตัวเอน และการพิมพ์ภาษาละติน เช่น *in vivo*, *in vitro*, *Ad libitum*, หรือ *et al.* ให้พิมพ์ด้วยตัวเอน ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ ขึ้นต้นตัวใหญ่เฉพาะคำแรกและคำเฉพาะ
   2.2 ชื่อผู้เขียน (Authors) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ส่วนที่อยู่ให้ใส่เป็นเชิงอรรถที่ท้ายชื่อ และอธิบายไว้ในหน้าแรกของบทความ ใส่เครื่องหมายดอกจัน (*) ชื่อคนที่รับผิดชอบบทความ (corresponding author) พร้อมอีเมลติดต่อ
   2.3 บทคัดย่อ (Abstract) ควรสั้น กระชับ ได้ใจความในการทำวิจัย วิธีการ ผลการศึกษาและสรุป ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ไม่ควรเกิน 300 คำ (เรียง Abstract ก่อน บทคัดย่อ)
   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 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล (Results and Discussion) อธิบายผลการทดลอง พร้อมเสนอข้อมูลในรูปแบบตาราง (Table) หรือภาพประกอบ (Figure) **โดยตารางหรือภาพ ให้จัดทำเป็นภาษาอังกฤษทั้งหมด (รวมทั้งคำอธิบาย) และแทรกอยู่ในเนื้อหา** คำอธิบายตารางให้อยู่เหนือตาราง ส่วนคำอธิบายภาพให้วางอยู่ใต้ภาพ หน่วยในตารางให้ใช้ตัวย่อ ในระบบเมตริกซ์ ส่วนวิจารณ์ผล ให้แสดงความคิดเห็นของผลการศึกษาโดยเชื่อมโยงกับสมมติฐานหรืออ้างอิงที่เชื่อถือได้ กราฟไม่ใส่เส้นกรอบ และตารางไม่ใช้เส้นแนวตั้ง หรือหากจำเป็น สามารถแยกหัวข้อผลการทดลอง ออกจากวิจารณ์ผลได้ ขึ้นอยู่กับดุลพินิจของ บรรณาธิการวารสาร
   2.8 สรุปผลการศึกษา (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) แต่ในส่วนบัญชีเอกสารอ้างอิงท้ายบทความให้ใช้ชื่อผู้เขียนเต็มทุกคน

4.2 ในบัญชีเอกสารอ้างอิง ให้เรียงลำดับเอกสารภาษาไทยก่อนภาษาอังกฤษ โดยเรียงลำดับชื่อตามตัวอักษรในแต่ละภาษา ตามรูปแบบการเขียนดังนี้

4.2.1 วารสาร (Standard Journal) ถ้าวารสารมีชื่อย่อให้ใช้ชื่อย่อ

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. Ari. Tech. 1(2): 247-253.

4.2.2 หนังสือ หรือตำรา (Books/ Textbook) ไม่ต้องระบุจำนวนหน้า

จักรพงษ์ พิมพ์พิมล. 2555. การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผลลำไยสดเชิงการค้า. ดอคคิว เมนทารี ดีไซน์, เชียงใหม่.

Steel, R.G.D., J.H. Torrie, and D.A. Dickie. 1997. Principal and procedures of atatistic-abiometric approach. 3rd Editon. McGraw-Hill Publishing Company, Toronto.

4.2.3 เรื่องย่อยในหนังสือหรือตำราที่มีผู้เขียนแยกบทและมีบรรณาธิการ (Section in Books with Editors)

สมชาย องค์ประเสริฐ. 2543. การให้น้ำลำไย. น. 44-49. *ใน*: นพดล จรัสสัมฤทธิ์ พาวินมะโนชัย 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 Universtiy.

4.2.5 ประชุมวิชาการ (Proceeding/ Conference)

ณวรรณพร 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. Precedding of the 2nd Internationl Symposium on SEASTAR 2000 and Asian Bio-Logging Science. Kyoto, Japan. 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 เว็บไซต์ http://jap.mju.ac.th

การส่งบทความ สามารถเลือกช่องทางที่สะดวก จากรูปแบบต่างๆ ดังนี้

1. ทางไปรษณีย์ ซีดี 1 แผ่น และเอกสาร 3 ชุด พร้อมแบบลงทะเบียนส่งบทความหรือจดหมายนำส่งที่
   บรรณาธิการวารสารผลิตกรรมการเกษตร
   คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
   63 หมู่ 4 ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290
2. อีเมล japmju@gmail.com (ส่งไฟล์ พร้อมแบบลงทะเบียนส่งบทความ ที่กรอกข้อความแล้ว)
3. Online (ThaiJo) เข้าเว็บไซต์ http://www.tci-thaijo.org แล้วเลือกชื่อวารสาร Journal of Agricultural Production เพื่อส่งบทความออนไลน์ (ต้องลงทะเบียนสมัครสมาชิกวารสารก่อน (ไม่มีค่าใช้จ่าย) จึงจะสามารถส่งบทความได้)

การตรวจแก้ไขและการยอมรับการตีพิมพ์

1. การติดต่อผู้เขียนจะติดต่อผ่านอีเมล ตามที่อยู่ของ correspondent author หรือหากจำเป็นจะติดต่อทางไปรษณีย์หรือเบอร์โทรศัพท์ตามที่อยู่ที่ติดต่อได้
2. เรื่องที่ผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิอย่างน้อย 2 ท่าน จึงจะได้รับให้ลงตีพิมพ์ในวารสาร โดยจะตอบรับการตีพิมพ์หรือปฏิเสธบทความ ภายในไม่เกิน 120 วัน
3. กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการตรวจแก้ไขเรื่องที่จะส่งตีพิมพ์ทุกเรื่องตามที่เห็นสมควร ในกรณีที่จำเป็นจะส่งต้นฉบับที่แก้ไขแล้วคืนให้ผู้เขียน เพื่อความเห็นชอบอีกครั้งก่อนตีพิมพ์

Guide for Authors

Manuscripts submitted for publication should be of high academic merit and are accepted on condition that they are contributed solely to the Journal of Agricultural Production. Submission of a multi-authored manuscript implies the consent of all the participating authors. All manuscripts considered for publication will be peer-reviewed by at least 2 independent referees.

Submission checklist

Manuscripts submission must include title page, abstract, keyword, text, tables, figures, acknowledgements, reference list and appendices (if necessary). The title page of this file should be include the title of the article, full name, official name and affiliations of all authors and E-mail address for corresponding author. The total manuscript should not exceed 10 pages.

Preparation of the manuscript

All manuscripts 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 the title topic using 16-pt, otherwise, Browallia new would be replaced.
4. Manuscript texts should be prepared as single column, with sufficient margin (2.5 centimeters for each side).
5. Abstract should not exceed than 300 words and provide only 4 key-words for each manuscript.

6. All measurement in the text should be reported in abbreviation, using metric system.
7. Tables and figures should each be numbered consecutively.
8. Acknowledgments should be as brief as possible, in a separate section before the references.
9. Citations of published literature in the text should be given in the form of author and year in parentheses; (Pawin *et al*., 2012) or if the name forms part of a 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. The reference list at the end of the manuscript should be listed alphabetically. The following are examples of reference writing.

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 atatistic-abiometric 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

1. Via regular mail	3 sets of hard-copy with CD and cover letter (download from website http://jap.mju.ac.th) sent to Editor of the JAP Journal Faculty of Agricultural Production Maejo University, T Nongharn, A sansei, Chiang Mai 50290
2. Via E-mail	attach file and cover letter to japmju@gmail.com
3. Online (ThaiJo)	Register as Journal's member of Journal Agricultural Production in Website ThaiJo (http://www.tci-thaijo.org) before submission (free of charge)

MJU
JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION

MJU JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION

คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

63 หมู่ 4 ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

อีเมล japmju@gmail.com

เว็บไซต์ http://jap.mju.ac.th

โทรศัพท์ +66 5387 3618

โทรสาร +66 5387 3628