วารสารเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURE
วารสารวิชาการของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ปีที่ 37 ฉบับที่ 2 พฤษภาคม-สิงหาคม 2564

ISSN 0857-0841

คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ

เรื่องที่ตีพิมพ์

1. เป็นบทความวิจัย บทความปริทัศน์ หรือบทความวิชาการ ทางด้านเกษตรศาสตร์และสาขาที่เกี่ยวข้อง

2. ต้องไม่เคยได้รับตีพิมพ์มาก่อน (ต้นฉบับ หรือส่วนหนึ่งส่วนใดของต้นฉบับ) และต้นฉบับต้องไม่ได้อยู่ระหว่างกระบวนการพิจารณาลงตีพิมพ์ในวารสารหรือสิ่งตีพิมพ์อื่นใด

การเตรียมต้นฉบับ

1. **ภาษา** เป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ

2. **การพิมพ์**

1) พิมพ์หน้าเดียวบนกระดาษขนาด A4 พิมพ์แนวตั้ง (portrait orientation) ด้วยโปรแกรมไมโครซอฟต์ เวิร์ด (Microsoft Word for Windows) ตัวอักษรใช้ Cordia New โดยทั่วไปใช้ระยะบรรทัดปกติคือ 1 เท่า หรือ Single ความยาวต้นฉบับไม่เกิน 10 หน้า

2) ชื่อเรื่องให้พิมพ์ด้วยตัวอักษร Cordia New ขนาด 18 points พิมพ์ตัวหนา (bold) และจัดกึ่งกลางหน้า กระดาษ สำหรับชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ กำหนดให้อักษรตัวแรกของคำให้พิมพ์ด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ (capital letter)

3) ชื่อผู้เขียนให้พิมพ์ด้วยตัวอักษร Cordia New ขนาด 15 points พิมพ์ตัวหนา และจัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ

4) ที่อยู่และที่อยู่อีเมลของผู้เขียนให้พิมพ์ด้วยตัวอักษร Cordia New ขนาด 12 points พิมพ์ตัวเอียงธรรมดา (normal italic) และจัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ

5) บทคัดย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษให้พิมพ์ด้วยตัวอักษร Cordia New ขนาด 14 points พิมพ์ตัวธรรมดา (normal) ยกเว้นเฉพาะคำ บทคัดย่อ และ Abstract ให้พิมพ์ตัวหนาและจัดชิดซ้าย

6) เนื้อหาให้พิมพ์ด้วยตัวอักษร Cordia New ขนาด 14 points พิมพ์ตัวธรรมดา (normal)

7) หัวข้อหลัก ได้แก่ คำนำ อุปกรณ์และวิธีการ ผลการทดลองและวิจารณ์ สรุป เอกสารอ้างอิง ให้พิมพ์ด้วยตัวอักษร Cordia New ขนาด 16 points พิมพ์ตัวหนา และจัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ

8) หัวข้อย่อย ให้พิมพ์ตัวหนาและจัดชิดซ้าย

9) คำอธิบายตารางและภาพให้พิมพ์ด้วยตัวอักษร Cordia New ขนาด 14 points พิมพ์ตัวหนา โดยคำอธิบายตารางให้พิมพ์เหนือตารางและจัดชิดซ้าย ส่วนคำอธิบายภาพให้พิมพ์ใต้ภาพและจัดกึ่งกลางหน้า และคำอธิบายตารางและภาพถ้ามีมากกว่าหนึ่งบรรทัดให้เริ่มต้นพิมพ์บรรทัดถัดมาตรงกับข้อความของบรรทัดแรก

10) หากมีชื่อวิทยาศาสตร์ปรากฏในบทความ ให้เขียนตามหลักเกณฑ์การเขียนชื่อวิทยาศาสตร์ ในครั้งแรกที่ปรากฏชื่อนี้ให้สะกดเต็ม เช่น *Meloidogyne incognita* และหลังจากนั้นถ้ามีการระบุชื่อนี้อีกให้ย่อชื่อสกุล โดยเขียนเป็น *M. incognita*

11) คำว่า *et al.* และ *P* (*P*-value) ให้พิมพ์เอน

ข้อแนะนำการใช้ภาษา

1) ใช้คำศัพท์ตามพจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน และประกาศของราชบัณฑิตยสภา

2) การเขียนชื่อเฉพาะหรือคำแปลจากภาษาต่างประเทศ ควรพิมพ์ภาษาเดิมของชื่อนั้น ๆ ไว้ในวงเล็บในครั้งแรกที่ปรากฏในบทความ โดยพิมพ์เป็นอักษรตัวพิมพ์เล็กทั้งหมด ยกเว้นชื่อเฉพาะให้พิมพ์เฉพาะอักษรตัวแรกเป็นตัวพิมพ์ใหญ่

3) ไม่ควรใช้ภาษาต่างประเทศถ้ามีภาษาไทยใช้อยู่แล้ว

4) รักษาความสม่ำเสมอในการใช้คำ คำศัพท์ และตัวย่อ โดยตลอดทั้งบทความ

การเรียงลำดับหัวข้อ ให้เรียงตามลำดับดังนี้

1. **ชื่อเรื่อง** (Title) ควรสั้น ชัดเจน และต้องสื่อเป้าหมายหลักของการศึกษาวิจัย มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ต้นฉบับที่เป็นภาษาไทยให้พิมพ์ชื่อเรื่องที่เป็นภาษาไทยก่อนแล้วตามด้วยชื่อเรื่องภาษาอังกฤษในบรรทัดถัดมา หากต้นฉบับเป็นภาษาอังกฤษ ให้พิมพ์ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษก่อนแล้วตามด้วยภาษาไทย

2. **ชื่อผู้เขียน** ให้ใช้ชื่อเต็มทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ หากผู้เขียนมีหลายคนและมีที่อยู่หรือสังกัดแตกต่างกัน ให้ใช้เลขตัวยก (superscript) ที่ต่างกัน กำกับไว้ท้ายนามสกุลของผู้เขียนที่มีที่อยู่ต่างกันนั้น หากมีผู้เขียนคนเดียว หรือหลายคนที่มีที่อยู่เดียวกัน ไม่ต้องใช้เลขตัวยกกำกับท้ายนามสกุลของผู้เขียน นอกจากนี้ ให้ใส่เครื่องหมายดอกจัน (*) กำกับไว้ที่ท้ายนามสกุลของผู้เขียนที่ให้ติดต่อ (corresponding author) ด้วย

3. **ที่อยู่ หรือสังกัด** ให้ระบุเฉพาะที่อยู่หรือสังกัดของผู้เขียนเท่านั้น มีทั้งที่เป็นภาษาไทยและภาษาอังกฤษ หากที่อยู่มีหลายแห่ง ให้พิมพ์ภาษาไทยของที่อยู่แห่งแรกก่อนแล้วตามด้วยภาษาอังกฤษ จากนั้นพิมพ์ภาษาไทยของที่อยู่แห่งที่สองแล้วตามด้วยภาษาอังกฤษ สลับกันในลักษณะนี้เรื่อยไปหากมีมากกว่าสองแห่ง ในกรณีผู้เขียนเป็นนักศึกษา ให้ระบุที่อยู่ตามที่อยู่หรือสังกัดของอาจารย์ที่ปรึกษาเท่านั้น นอกจากนี้ บรรทัดถัดจากที่อยู่ ให้พิมพ์ที่อยู่อีเมล (email address) ของผู้เขียนที่ให้ติดต่อ (corresponding author) ด้วย

4. **บทคัดย่อ** (Abstract) ควรเป็นเนื้อหาที่สั้น ชัดเจนและเข้าใจง่าย โดยรวมเหตุผลในการศึกษาวิจัย อุปกรณ์ วิธีการ ตลอดจนผลการศึกษาและสรุปด้วย ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ไม่ควรเกิน 250 คำ และให้ระบุคำสำคัญ (keywords) ไว้ท้ายบทคัดย่อแต่ละภาษาด้วย คำสำคัญไม่ควรเกิน 5 คำ ต้นฉบับที่เป็นภาษาไทยให้พิมพ์บทคัดย่อภาษาอังกฤษก่อนบทคัดย่อภาษาไทย หากต้นฉบับเป็นภาษาอังกฤษ ให้พิมพ์บทภาษาไทยก่อนบทคัดย่อภาษาอังกฤษ

5. **เนื้อหา** (Text) ประกอบด้วย

5.1 **คำนำ** (Introduction) แสดงความเป็นมาและเหตุผลที่นำไปสู่การศึกษาวิจัย อาจรวมการตรวจเอกสาร (review of literature) และวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัยไว้ด้วย

5.2 **อุปกรณ์และวิธีการ** (Materials and Methods) ให้บอกรายละเอียดของวัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ ในการทดลอง ตลอดจนวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติ และแบบจำลองการศึกษาวิจัยที่ชัดเจนและสมบูรณ์

5.3 **ผลการทดลองและวิจารณ์ หรือ ผลการศึกษาและวิจารณ์** (Results and Discussion) ให้บรรยายผลการศึกษาวิจัย พร้อมเสนอข้อมูลในรูปแบบตารางหรือภาพประกอบได้ โดยตารางหรือภาพรวมทั้งคำอธิบายให้จัดทำเป็นภาษาอังกฤษทั้งหมด ถ้ามีตารางหรือภาพในบทความให้อ้างตารางหรือภาพนั้นในเนื้อหาด้วย สำหรับการวิจารณ์ ควรเชื่อมโยงกับผลการศึกษาว่าสอดคล้องกับสมมุติฐาน หรือแตกต่างไปจากผลงานวิจัยที่มีผู้รายงานไว้ก่อนหรือไม่อย่างไรและด้วยเหตุใด โดยมีพื้นฐานการอ้างอิงที่เชื่อถือได้

5.4 **สรุป** (Conclusion) เป็นการสรุปผลที่ได้รับจากการศึกษาวิจัย อาจมีข้อเสนอแนะหรือระบุอุปสรรคและแผนงานวิจัยที่จะดำเนินการต่อไป

5.5 **กิตติกรรมประกาศ** (Acknowledgement) อาจมีหรือไม่มีก็ได้ เป็นการแสดงความขอบคุณแก่ผู้ให้ทุนวิจัย หรือผู้ที่ช่วยเหลือในงานวิจัย แต่ไม่ได้เป็นผู้ร่วมงานวิจัย

5.6 **เอกสารอ้างอิง** (References) ให้เรียงเอกสารตามตัวอักษร

หลักการอ้างอิงและการเขียนเอกสารอ้างอิง

เนื่องจากวารสารเกษตรกำลังปรับเข้าสู่ฐานข้อมูล ACI (ASEAN Citation Index) ข้อกำหนดประการหนึ่งก็คือ เอกสารอ้างอิง (reference) ต้องจัดทำเป็นภาษาอังกฤษทั้งหมด ถ้าเป็นภาษาอื่น เช่น ภาษาไทย ต้องแปลเป็นภาษาอังกฤษ แล้ววงเล็บท้ายข้อความว่า in Thai เป็นต้น หลักการอ้างอิงและการเขียนเอกสารอ้างอิง มีดังนี้

1. **การอ้างอิงในเนื้อเรื่อง** ไม่ควรอ้างอิงถึงเรื่องที่ไม่เกี่ยวข้อง ระบบที่ใช้อ้างอิงคือ ระบบชื่อและปี (Name-and-year System) ให้ใช้ชื่อสกุลและปี ค.ศ. เช่น Kubo (2003).....หรือ.....(Kubo, 2003) ถ้าผู้เขียนมี 2 คน ให้ใช้เป็น Muthita and Kuanprasert (2004) .....หรือ.....(Muthita and Kuanprasert, 2004) หากมีมากกว่า 3 คน ให้ใช้เป็น Bukhari *et al.* (2011).....หรือ.....(Bukhari *et al.*, 2015) สำหรับในบัญชีเอกสารอ้างอิง ให้ระบุชื่อผู้เขียนทุกคน ห้ามใช้คำว่า และคณะ หรือ *et al.*

(ดูคำแนะนำการเขียนเอกสารอ้างอิง การส่งต้นฉบับเพื่อตีพิมพ์ และการพิจารณาบทความได้ที่ปกหลังด้านใน)

วารสารเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURE

ผู้จัดพิมพ์	คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	Publisher	Faculty of Agriculture, Chiang Mai University
กำหนดการพิมพ์	วารสารราย 4 เดือน (3 ฉบับ/ปี) คือ ฉบับที่ 1 มกราคม-เมษายน ฉบับที่ 2 พฤษภาคม-สิงหาคม ฉบับที่ 3 กันยายน-ธันวาคม	Publication	Tri-annually Issue 1 January-April Issue 2 May-August Issue 3 September-December
วัตถุประสงค์	เพื่อเผยแพร่วิทยาการด้านการเกษตร และสาขาที่เกี่ยวข้อง	Objective	To disseminate academic knowledge in agriculture and related fields
ที่ปรึกษา	คณบดีคณะเกษตรศาสตร์ รองคณบดีฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ	Consultants	Dean, Faculty of Agriculture; Associate Dean for Research and Academic Services
บรรณาธิการ	รศ.ดร. ณัฐา โพธาภรณ์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	Editor	Nuttha Potapohn, Ph.D., Assoc. Prof. Chiang Mai University
รองบรรณาธิการ	ผศ.ดร. ชูชาติ สันธทรัพย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	Vice Editor	Choochad Santasup, Ph.D., Assist. Prof. Chiang Mai University
กองบรรณาธิการ ฝ่ายวิชาการ	ผศ.ดร. ต่อนภา ผุสดี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	Editorial Board (Academic)	Tonapa Pusadee, Ph.D., Assist. Prof. Chiang Mai University
	รศ.ดร. รุจ ศิริสัญลักษณ์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่		Ruth Sirisunyaluck, Ph.D., Assoc. Prof. Chiang Mai University
	ผศ.ดร. บุศรา ลิ้มนิรันดร์กุล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่		Budsara Limnirankul, Ph.D., Assist. Prof. Chiang Mai University
	รศ.ดร. ชนากานต์ เทโบลต์ พรมอุทัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่		Chanakan Thebault Prom-u-thai, Ph.D., Assoc. Prof. Chiang Mai University
	รศ.ดร. พิชญา พูลลาภ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่		Pichaya Poonlarp, Ph.D., Assoc. Prof. Chiang Mai University
	ผศ.ดร. เยาวลักษณ์ จันทร์บาง มหาวิทยาลัยเชียงใหม่		Yaowaluk Chanbang, Ph.D., Assist. Prof. Chiang Mai University
	ผศ.ดร. อรอุมา เรืองวงษ์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่		On-Uma Ruangwong, Ph.D., Assist. Prof. Chiang Mai University
	ผศ.ดร. ฉันทลักษณ์ ติยายน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่		Chantalak Tiyayon, Ph.D., Assist. Prof. Chiang Mai University
	ผศ.ดร. พิมพ์ใจ สีหะนาม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่		Pimjai Seehanam, Ph.D., Assist. Prof. Chiang Mai University
	ผศ.ดร. จิรวรรณ กิจชัยเจริญ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่		Jirawan Kitchaicharoen, Ph.D., Assist. Prof. Chiang Mai University
	ผศ.ดร. เสาวลักษณ์ แย้มหมื่นอาจ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่		Saowaluck Yammuen-art, Ph.D., Assist. Prof. Chiang Mai University

บทบรรณาธิการ

วารสารเกษตร ฉบับนี้เป็นปีที่ 37 ฉบับที่ 2 ประจำเดือนพฤษภาคม - สิงหาคม พ.ศ. 2564 ประกอบด้วยบทความทางวิชาการที่มีเนื้อหาสาระที่เข้มข้น จำนวน 10 เรื่อง ซึ่งประกอบด้วยบทความทางวิชาการจากสาขาวิชาพืชสวน 5 บทความ ปฐพีศาสตร์ 2 บทความ กีฏวิทยา 2 บทความ และสัตวศาสตร์ 1 บทความ

วารสารเกษตร ขอขอบพระคุณนักวิชาการและนักวิจัยทางการเกษตรทุกท่านที่ให้ความไว้วางใจตีพิมพ์ผลงานและสนใจติดตามผลงานวิจัยในวารสารมาโดยตลอด หากท่านมีข้อเสนอแนะที่จะทำให้วารสารเกษตรมีความน่าสนใจยิ่งขึ้น ท่านสามารถเสนอแนะได้ที่ E-mail: agjournal22@gmail.com ขอให้ทุกท่านรักษาสุขภาพห่างไกลจากโควิด-19 ด้วยนะคะ แล้วพบกันใหม่ในฉบับหน้าค่ะ

รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐา โพธาภรณ์
บรรณาธิการวารสารเกษตร

ผลของกรดจิบเบอเรลลิก บราสซิน และออกซิน ต่อคุณภาพผลของอะโวกาโดพันธุ์พิงเคอร์ตัน

Effects of Gibberellic Acid, Brassin, and Auxin on Fruit Quality of 'Pinkerton' Avocado

ศรายุทธ หอมนาน[1] นพพร บุญปลอด[2] และ ดรุณี นาพรหม[1*]
Sarayut Homnan[1], Nopporn Boonplod[2] and Daruni Naphrom[1*]

[1]ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200
[1]Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200, Thailand
[2]สาขาวิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ. เชียงใหม่ 50290
[2]Division of Horticulture, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, 50290, Thailand
**Corresponding author: Email: daruni.n@cmu.ac.th*

(Received: 22 October 2020; Accepted: 30 April 2021)

Abstract: Study on the effect of plant growth regulators on fruit quality of the 'Pinkerton' avocado, was conducted at Thung Roeng Royal Project Development Center, Hang Dong district, Chiang Mai province. The experimental design was a completely randomized design (CRD) with 3 replications and 7 treatments; 1) control (tap water), 2) 25 mg / L gibberellic acid (GA_3), 3) 50 mg / L GA_3, 4) 0.5 mg / L brassin (BR), 5) 1.0 mg / L BR, 6) 15 mg / L Maxim® (3, 5, 6 - TPA) and 7) 30 mg / L Maxim®. All treatments were sprayed on fruit for 2 times, the first time was at 1 month after fruit setting at 50 mm of fruit width and 80 mm of fruit length and the second time was at 1 month before harvesting. Results showed that spraying 25 mg / L GA_3 resulted in more fruit width increasing in September (23.99 %) than control (19.67 %) significantly. Whereas, increasing in fruit length of all treatments were not different. Spraying 0.5 mg / L BR and 15 mg / L Maxim® resulted in higher fruit weight at harvesting time than the control fruit significantly. Moreover, both concentrations of Maxim® gave high skin thickness. Spraying 0.5 mg / L BR and GA_3 50 mg / L increased total fatty acid as compared to control. Furthermore, spraying 15 mg / L Maxim® gave the highest percentage of palmitoleic acid and linoleic acid. All spraying treatments of PGRs, especially 50 mg / L GA_3, showed the increasing in oleic acid (unsaturated fat) significantly as compared to all treatments.

Keywords: Maxim®, fatty acid, plant growth regulators

บทคัดย่อ: การศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการพัฒนาคุณภาพผลอะโวกาโดพันธุ์พิงเคอร์ตัน ทดลอง ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเริง อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 7 กรรมวิธี ได้แก่ 1) กรรมวิธีควบคุม (พ่นน้ำเปล่า) 2) กรดจิบเบอเรลลิก (GA_3) 25 มิลลิกรัมต่อลิตร 3) กรดจิบเบอเรลลิก 50 มิลลิกรัมต่อลิตร 4) บราสซิน (BR) 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร 5) บราสซิน 1 มิลลิกรัมต่อลิตร 6) Maxim® (3, 5, 6 - TPA) 15 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 7) Maxim® 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ในทุกกรรมวิธีทำการพ่นสาร 2 ครั้ง ที่ส่วนของผล พ่นครั้งที่ 1 ในระยะติดผลขนาดความกว้างผลประมาณ 50 มิลลิเมตร ความยาวผลประมาณ 80 มิลลิเมตร และพ่นครั้งที่ 2 ก่อนเก็บผลผลิต 1 เดือน ผลการศึกษา พบว่า การพ่น GA_3 25 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการเพิ่มขึ้นของความกว้างผลในเดือนกันยายน 23.99 % ซึ่งมากกว่า 19.67 % ของกรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่การเพิ่มขึ้นของความยาวผลไม่มีความแตกต่างกันในทุกกรรมวิธี การพ่น BR 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และ Maxim® 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้มีน้ำหนักผลในระยะเก็บเกี่ยวมากกว่าผลในกรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ การพ่น Maxim® ทั้งสองความเข้มข้นมีผลให้ความหนาเปลือกสูง การพ่น BR 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และ GA_3 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ปริมาณกรดไขมันรวมเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม นอกจากนี้ กรรมวิธีที่พ่น Maxim® 15 มิลลิกรัมต่อลิตร มีเปอร์เซ็นต์กรด palmitoleic และกรด linoleic สูงที่สุด การพ่น PGRs ทุกกรรมวิธีโดยเฉพาะ GA_3 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้กรดไขมัน oleic ซึ่งเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวเพิ่มขึ้นมากกว่าทุกกรรมวิธีอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: แมกซ์ซิม กรดไขมัน สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช

คำนำ

อะโวกาโด มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Persea americana* Mill. จัดเป็นพืชในวงศ์ Luaraceae เช่นเดียวกับอบเชย อยู่ในสกุล *Persea* อะโวกาโดพันธุ์พิงเคอร์ตันมีการพัฒนาสายพันธุ์มาจากพันธุ์ Hass ผสมกับพันธุ์ Rincon ในรัฐแคลิฟอร์เนีย (Sippel *et al.,* 1992) อะโวกาโดพันธุ์พิงเคอร์ตันมีปัญหาเกี่ยวกับการติดผลหลายชุด จึงทำให้การพัฒนาคุณภาพของผลไม่สมบูรณ์ พันธุ์พิงเคอร์ตันมีลักษณะของผลใกล้เคียงกับพันธุ์ Hass ซึ่งประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว เช่น oleic มีปริมาณ 50 - 60 % palmitoleic 6 - 10 % linoleic 11 - 15 % และ linolenic ประมาณ 1 % มีกรดไขมันอิ่มตัว palmitic 15 - 20 % ของกรดไขมันทั้งหมด (Magwaza and Tesfay, 2015) นอกจากนี้ อะโวกาโดพันธุ์พิงเคอร์ตันสามารถปลูกในพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเล 670 เมตร (Royal Project Foundation and Highland Research and Development Institute, n.d.) จึงมีศักยภาพในการขยายพื้นที่ปลูกได้

ปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของผลและคุณภาพผลผลิต คือ สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (plant growth regulators; PGRs) สำหรับเกษตรกรที่มีการนำไปใช้เพื่อการพัฒนาผลผลิตให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งส่งผลต่อพืชที่แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับ ความเข้มข้น ชนิดพืช และช่วงการพัฒนาของพืช โดยในช่วงการพัฒนาขนาดผล เกิดกระบวนการเมแทบอลิซึมทำให้เกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำตาลกับการใช้ PGRs จึงมีการนำมาใช้พัฒนาคุณภาพผลผลิต มีรายงานการใช้สารกลุ่มออกซิน เช่น Tipimon® (2, 4, 5 - trichlorophenoxypropionic acid) และ Maxim® (3, 5, 6 - trichloro - 2 - pyridyloxyacetic acid) โดยพ่นกับลิ้นจี่ในระยะติดผลที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ขนาดและน้ำหนักผลเพิ่มขึ้น (Stern *et al.,* 2000) และมีการใช้ 3, 5, 6 TPA 15 มิลลิกรัมต่อลิตร พ่นที่ผลโลควอทเมื่อผลมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 13 - 15 มิลลิเมตร สามารถเร่งการเจริญเติบโต เพิ่มปริมาณคาร์โบไฮเดรต และน้ำหนักของผลโลควอทได้ (Reig *et al.,* 2016) นอกจากนี้มีการนำ GA_3 มาใช้ในองุ่น ความเข้มข้น 1 ถึง 5 มิลลิกรัมต่อลิตร พ่นหรือชุบช่อผลหลังดอกบานประมาณ 10 วัน สามารถช่วยให้ผลองุ่นมีขนาดและน้ำหนักเพิ่มขึ้นได้ (Jarassamrit, 1994) จิบเบอเรลลินเป็นสารที่ส่งเสริมการพัฒนาและ

การเจริญเติบโตของพืช ช่วยกระตุ้นการยืดตัวของเซลล์และการขยายเซลล์ (Pramanik *et al.,* 2017) บราสซิน (BR) เป็นสารกลุ่มสเตียรอยด์ที่ออกฤทธิ์ต่อการเจริญเติบโตของพืชได้หลากหลาย ส่งเสริมให้มีการยืดตัวของเซลล์ การแบ่งเซลล์ และสามารถส่งเสริมฮอร์โมนกลุ่มอื่นหรือสามารถทำงานร่วมกันได้ (Wei and Li, 2016) มีการพ่นบราสซินที่ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ GA_3 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้กับผลสาลี่ในช่วง 15 วันหลังจากกลีบดอกร่วง สามารถเพิ่มขนาดและน้ำหนักของผลสาลี่ได้ (Thapliyal *et al.,* 2016) ดังนั้น งานทดลองนี้จึงต้องการศึกษาการใช้ออกซิน จิบเบอเรลลิน และบราสซิน เพื่อปรับปรุงคุณภาพผลผลิตของอะโวคาโดพันธุ์พิงเคอร์ตันให้มีคุณภาพผลผลิตที่ดีขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

เลือกต้นอะโวกาโดพันธุ์พิงเคอร์ตัน อายุต้น 6 ปี ที่สม่ำเสมอกัน จำนวน 21 ต้น ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเริง อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ ละติจูด 18.791233 ลองจิจูด 98.809993 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) 3 ซ้ำ (1 ต้นเท่ากับ 1 ซ้ำ) ประกอบด้วย 7 กรรมวิธี ดังนี้ 1) กรรมวิธีควบคุม (พ่นน้ำเปล่า) 2) GA_3 25 มิลลิกรัมต่อลิตร 3) GA_3 50 มิลลิกรัมต่อลิตร 4) BR 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร 5) BR 1 มิลลิกรัมต่อลิตร 6) Maxim® (3, 5, 6-TPA) 15 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 7) Maxim® 30 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยเลือกผลอะโวกาโดที่มีขนาดใกล้เคียงกัน 10 ผลต่อต้น พ่นสารตามกรรมวิธีต่าง ๆ จำนวน 2 ครั้งให้ชุ่มโดยรอบทั้งผล พ่นครั้งที่ 1 เมื่อผลมีความกว้างประมาณ 50 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 80 มิลลิเมตร ในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2558 และครั้งที่ 2 ในเดือนกันยายน พ.ศ. 2558 บันทึกการเจริญเติบโตของผลโดยการวัดความกว้าง และความยาวผล ด้วยเวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์แบบดิจิตอล เดือนละ 1 ครั้ง และบันทึกคุณภาพผลเมื่อเก็บเกี่ยวในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ได้แก่ น้ำหนักผล น้ำหนักเมล็ด ขนาดผล ขนาดเมล็ด ความหนาเนื้อ ความหนาเปลือก น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของเนื้อผล ปริมาณกรดไขมันรวมด้วยวิธีการ Soxhlet extraction (Luque de Castro and Priego - Capote, 2010) และปริมาณกรดไขมันแต่ละชนิด ได้แก่ palmitoleic, linoleic, oleic และ palmitic ด้วยเครื่อง GC-MS (Hurtado-Fernandez *et al.*, 2015) โดยใช้ column HP-5 MS Agilent (0.25 mm x 30 m x 0.25 µm) ใช้แก๊สฮีเลียมเป็นแก๊สพา ที่มีอัตราการไหล 1 มิลลิลิตรต่อนาที ปริมาณสารที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ 1 ไมโครลิตร (อุณหภูมิ 220 °C split mode 150:1) เป็นเวลา 30 นาที วิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยโปรแกรม Statistic 8 (SXW Tallahassee, FL, U.S.A.) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี least significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การพัฒนาของผล

ในเดือนกันยายน ผลอะโวกาโดพันธุ์พิงเคอร์ตันที่ได้รับการพ่น GA_3 25 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการเพิ่มขึ้นของความกว้างผลจากเดือนมิถุนายน 23.99 % ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการพ่น Maxim® 30 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการเพิ่มขึ้นของความกว้างผลเท่ากับ 21.48 % ซึ่งไม่แตกต่างจากการพ่น GA_3 25 มิลลิกรัมต่อลิตร BR 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และกรรมวิธีควบคุม แต่มีการเพิ่มขึ้นของความกว้างผลมากกว่าการพ่น GA_3 50 มิลลิกรัมต่อลิตร และ Maxim® 15 มิลลิกรัมต่อลิตร อย่างมีนัยสำคัญ (Table 1) ในขณะที่การเพิ่มขึ้นของความยาวผลไม่มีความแตกต่างกันในทุกกรรมวิธี โดยมีความยาวผลเพิ่มขึ้น 15 - 20 % (Table 2) จากงานวิจัยของ Binenbaum *et al.* (2018) พบว่า การใช้ GA_3 กับพืชมีบทบาทต่อกระบวนการพัฒนา การยืดและขยายอวัยวะ ช่วยการพัฒนาการเจริญเติบโตของไทรโคม (trichome) ในการเจริญเติบโตของเซลล์พืช และในงานวิจัยของ Nilnond *et al.* (1996) มีการใช้ GA_3 กับองุ่นพันธุ์ไวท์มะละกาหลังดอกบาน 3, 5 และ 7 วัน ซึ่งมีแนวโน้มทำให้ความยาวผลมากกว่าการไม่ใช้สาร เนื่องมาจาก GA_3 ช่วยกระตุ้นการยืดตัวของเซลล์ทำให้ผลองุ่นมีความยาว รวมถึงช่วยขยายความกว้างผล

Table 1. Effect of gibberellic acid, brassin, and Maxim® on fruit width of 'Pinkerton' avocado

Treatments	Fruit width (mm)				Increasing in fruit width[1] (%)
	June	July	August	September	
1. Control	48.02 ± 0.24 [b]	49.80 ± 0.28 [b]	54.87 ± 0.37 [b]	57.47 ± 0.33 [b]	19.67 ± 0.28 [b]
2. GA_3 25 mg / L	51.40 ± 0.39 [ab]	55.64 ± 0.33 [ab]	60.17 ± 0.28 [ab]	63.71 ± 0.34 [ab]	23.99 ± 0.40 [a]
3. GA_3 50 mg / L	57.18 ± 0.58 [a]	59.05 ± 0.56 [a]	62.39 ± 0.56 [ab]	66.64 ± 0.56 [a]	16.60 ± 0.35 [c]
4. BR 0.5 mg / L	55.16 ± 0.32 [ab]	60.03 ± 0.36 [a]	63.54 ± 0.37 [a]	66.65 ± 0.40 [a]	20.81 ± 0.26 [b]
5. BR 1.0 mg / L	51.06 ± 0.51 [ab]	54.17 ± 0.51 [ab]	57.08 ± 0.52 [ab]	61.65 ± 0.55 [ab]	20.75 ± 0.24 [b]
6. Maxim® 15 mg / L	52.75 ± 0.44 [ab]	53.29 ± 0.45 [ab]	57.90 ± 0.44 [ab]	61.14 ± 0.47 [ab]	15.89 ± 0.05 [c]
7. Maxim® 30 mg / L	52.20 ± 0.60 [ab]	54.55 ± 0.60 [ab]	62.29 ± 0.67 [ab]	63.42 ± 0.68 [ab]	21.48 ± 0.26 [ab]
Significance	*	*	*	*	*

Means within column followed with the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$ by LSD

[1] Increasing in fruit width calculated from fruit width in September comparing to June

Table 2. Effect of gibberellic acid, brassin, and Maxim® on fruit length of 'Pinkerton' avocado

Treatments	Fruit length (mm)				Increasing in fruit length[1] (%)
	June	July	August	September	
1. Control	84.32 ± 0.67 [b]	85.40 ± 0.68 [d]	93.78 ± 0.66 [b]	99.59 ± 0.54 [c]	18.16 ± 0.32
2. GA_3 25 mg / L	89.41 ± 0.45 [ab]	92.74 ± 0.37 [abcd]	104.35 ± 0.62 [ab]	107.57 ± 0.64 [abc]	20.36 ± 0.69
3. GA_3 50 mg / L	94.22 ± 0.44 [a]	100.09 ± 0.48 [a]	105.96 ± 0.49 [a]	112.91 ± 0.36 [a]	19.86 ± 0.31
4. BR 0.5 mg / L	93.93 ± 0.57 [a]	99.83 ± 0.40 [ab]	103.89 ± 0.35 [ab]	111.30 ± 0.41 [ab]	18.59 ± 0.59
5. BR 1.0 mg / L	85.46 ± 0.51 [ab]	89.42 ± 0.57 [cd]	98.93 ± 0.46 [ab]	102.42 ± 0.45 [bc]	19.91 ± 0.57
6. Maxim® 15 mg / L	88.49 ± 0.46 [ab]	90.95 ± 0.50 [bcd]	98.61 ± 0.69 [ab]	102.07 ± 0.62 [bc]	15.30 ± 0.47
7. Maxim® 30 mg / L	92.55 ± 0.66 [ab]	96.32 ± 0.58 [abc]	104.92 ± 0.70 [a]	109.92 ± 0.65 [abc]	18.94 ± 0.81
Significance	*	*	*	*	NS

NS = not significantly different

Means within column followed with the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$ by LSD

[1] Increasing in fruit length calculated from fruit width in September comparing to June

น้ำหนักช่อผล และการติดผลมากขึ้นด้วย การพ่น GA_3 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร กับลิ้นจี่พันธุ์ Yu Her Pau ในไต้หวัน หลังดอกบาน 14 วัน สามารถเพิ่มความยาวผล ความกว้างผล น้ำหนักผล น้ำหนักเมล็ด และน้ำหนักแห้งของเนื้อ รวมถึงปริมาณ TSS (Chang and Lin, 2006) เนื่องจาก PGRs ทั้ง 3 กลุ่มเป็นกลุ่มกระตุ้นการเจริญเติบโต สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชหลายด้าน เช่น การแบ่งเซลล์ การยืดขยายของเซลล์ การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ การสังเคราะห์ DNA RNA โปรตีน และการสังเคราะห์แสง จึงส่งผลต่อความกว้างของผลที่เพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารที่เหมาะสมในแต่ละชนิดพืช (Rademacher, 2015)

คุณภาพผล

การศึกษาผลของ PGRs ต่อคุณภาพผลในระยะเก็บเกี่ยว พบว่า การพ่น BR 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และ Maxim® 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้มีน้ำหนักผลเท่ากับ 248.09 และ 231.97 กรัม ตามลำดับ มากกว่ากรรมวิธีควบคุมซึ่งมีน้ำหนักผลเท่ากับ 149.64 กรัม อย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่การพ่น PGRs กรรมวิธีอื่น ๆ ให้น้ำหนักผลไม่แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม แต่การพ่น PGRs ทุกกรรมวิธีให้น้ำหนักเมล็ดมากกว่ากรรมวิธีควบคุมยกเว้นการพ่น GA_3 25 มิลลิกรัมต่อลิตร และ Maxim 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนขนาดความกว้างและความยาวของเมล็ดไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (Table 3) จากการใช้ PGRs ในปริมาณความเข้มข้นและพ่นในเวลาที่เหมาะสมจึงส่งผลทำให้มีน้ำหนักผลที่เพิ่มขึ้นมากกว่ากรรมวิธีควบคุม โดยมีงานวิจัยพบว่า PGRs กลุ่มออกซิน ส่งเสริมในการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตมาสะสมไว้ที่ผลซึ่งเป็น strong sink ได้ และการพ่นออกซิน (3, 5, 6 - TPA) ทำให้ผลโลควอทมีปริมาณความเข้มข้นของคาร์โบไฮเดรตสูงขึ้นเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (Reig *et al.,* 2016) นอกจากนี้การใช้ 3, 5, 6 - TPA กับผลท้อ สามารถเพิ่มน้ำหนักผล สีผล ความแน่นเนื้อ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ทำให้ผลมีน้ำหนักมากขึ้น และสีผิวสวยขึ้น (Agusti *et al.,* 1999) ในกลุ่ม GA_3ช่วยกระตุ้นกิจกรรมเมแทบอลิซึมของแหล่งสร้าง (source) ในขั้นตอนการสังเคราะห์แสง ซึ่ง GA_3 ส่งเสริมกิจกรรมของเอนไซม์-อินเวอร์เทสในการสร้างน้ำตาลซูโครสเพื่อส่งไปที่แหล่งเก็บ (sink) (Iqbal *et al.,* 2011) กลุ่มของ BR มีกลุ่มสเตียรอยด์เป็นโมเลกุลสำคัญที่ส่งสัญญาณให้พืชมีการเจริญเติบโตเป็นไปอย่างปกติในการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ คุณสมบัติเยื่อหุ้มเซลล์ การสังเคราะห์ DNA RNA และโปรตีน ในกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งมีผลต่อกระบวนการยืดยาว การขยายตัวของเซลล์ และการแบ่งเซลล์ (Friedrichsen and Chory, 2001) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาผลของ BR ต่อปริมาณและคุณภาพผลผลิตของเชอร์รีหวาน ที่ความเข้มข้น 0, 0.25, 0.5 และ 0.75 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า การใช้ BR ที่ความเข้มข้น 0.75 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถเพิ่มปริมาณแอนโทไซยานิน วิตามินซี และปริมาณฟีนอล และส่งผลต่อความแน่นเนื้อ น้ำหนักผล ขนาดความกว้าง ความยาวของผลเชอร์รีหวาน ทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (Roghabadi and Pakkish, 2014)

Table 3. Effect of gibberellic acid, brassin, and Maxim® on fruit qualities of 'Pinkerton' avocado

Treatments	Fruit weight (g)	Seed weight (g)	Seed size (mm)		Thickness (mm)	
			Width	Length	Flesh	Skin
1. Control	149.64 ± 1.73 [b]	20.52 ± 0.41 [c]	31.41 ± 0.71	43.41 ± 0.77	12.23 ± 0.35	0.91 ± 0.11 [b]
2. GA_3 25 mg / L	188.55 ± 0.82 [ab]	28.76 ± 0.40 [bc]	33.42 ± 0.52	46.60 ± 0.52	12.83 ± 0.23	0.94 ± 0.13 [b]
3. GA_3 50 mg / L	206.32 ± 0.63 [ab]	32.78 ± 0.77 [ab]	34.74 ± 0.47	45.69 ± 0.57	13.23 ± 0.23	1.13 ± 0.14 [ab]
4. BR 0.5 mg / L	248.09 ± 1.85 [a]	40.36 ± 0.54 [a]	37.60 ± 0.43	49.62 ± 0.63	14.47 ± 0.52	1.09 ± 0.14 [ab]
5. BR 1.0 mg / L	153.91 ± 1.64 [b]	32.43 ± 0.68 [ab]	31.93 ± 0.64	47.76 ± 1.12	13.33 ± 0.30	1.08 ± 0.07 [ab]
6. Maxim® 15 mg / L	231.97 ± 1.74 [a]	32.97 ± 0.61 [ab]	35.25 ± 0.75	42.17 ± 0.77	12.94 ± 0.32	1.43 ± 0.09 [a]
7. Maxim® 30 mg / L	179.50 ± 1.94 [ab]	26.51 ± 0.56 [bc]	32.41 ± 0.51	41.26 ± 0.49	13.47 ± 0.21	1.33 ± 0.12 [ab]
Significance	*	*	NS	NS	NS	*

NS = not significantly different

Means within column followed with the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$ by LSD

ความหนาของเนื้อผลในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่การใช้ Maxim® 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ความหนาของเปลือกเท่ากับ 1.43 มิลลิเมตร ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีควบคุมและกรรมวิธีที่ได้รับ GA_3 25 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่มีความหนาเปลือกเท่ากับ 0.91 และ 0.94 มิลลิเมตร ตามลำดับ (Table 3) เนื่องจากสารกลุ่มออกซินกระตุ้นการแบ่งเซลล์และขยายขนาดของเซลล์ รวมถึงกระตุ้นให้เซลล์สร้างผนังเซลล์มากขึ้นในชั้น pericarp จึงส่งผลทำให้ชั้น exocarp เป็นส่วนของชั้นเปลือกหนาขึ้น (Jarassamrit, 1994) ซึ่งความหนาเปลือกมีผลกับการขนส่งของผลไม้เกือบทุกชนิดทำให้ผลคงสภาพระหว่างขนส่ง

การใช้ BR 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ผลอะโวกาโดมีปริมาณกรดไขมันรวมมากที่สุด 74.50 % รองลงมาคือการใช้ GA_3 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้กรดไขมันรวม 64.50 % ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่มีปริมาณไขมัน 54.50 % ในขณะที่กรรมวิธีอื่น มีปริมาณกรดไขมันรวมน้อยกว่าหรือเท่ากับกรรมวิธีควบคุม (Table 4) ในผลอะโวกาโดมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวปริมาณมาก ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่โดดเด่น เนื้อผลอุดมไปด้วย palmitoleic, linoleic, oleic และ palmitic acids (Villa-Rodriguez *et al*., 2011) ซึ่งในผลการทดลองนี้ พบว่า การใช้ Maxim® 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้มีปริมาณไขมันไม่อิ่มตัว palmitoleic ในเนื้อผลมากที่สุดเท่ากับ 13.12 % เมื่อเทียบกับกรรมวิธีอื่น และรองลงมาคือการใช้ GA_3 25 มิลลิกรัมต่อลิตร Maxim® 30 มิลลิกรัมต่อลิตร และ BR 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณ 10.26, 10.25 และ 10.01 % ตามลำดับ สูงกว่ากรรมวิธีควบคุมซึ่งมีปริมาณ 8.18 % นอกจากนี้การใช้ Maxim® 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ยังทำให้มีปริมาณกรดไขมัน linoleic มากที่สุดเท่ากับ 12.95 % เมื่อเทียบกับกรรมวิธีอื่น และที่น่าสนใจคือการใช้ PGRs ทุกกรรมวิธีทำให้กรดไขมัน oleic มากกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะ GA_3 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้มีปริมาณ oleic เท่ากับ 51.03 % รองลงมาคือการใช้ GA_3 25 มิลลิกรัมต่อลิตร BR 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร Maxim® 30 มิลลิกรัมต่อลิตร BR 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และ Maxim® 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ให้ปริมาณ oleic เท่ากับ 48.72, 48.31, 48.01, 47.53 และ 42.71 % ตามลำดับ ในขณะที่กรรมวิธีควบคุมมีปริมาณ oleic เท่ากับ 36.87 % การใช้ PGRs ทุกกรรมวิธีทำให้มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัว palmitic ในเนื้อผลน้อยกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

มีรายงานว่าการใช้ PGRs กับสบู่ดำด้วยวิธีการพ่นทางใบส่งผลทำให้ปริมาณไฮโดรคาร์บอน โปรตีน และปริมาณกรดไขมันของเมล็ดสบู่ดำเพิ่มขึ้น

Table 4. Effect of gibberellic acid, brassin, and Maxim® on fatty acid of 'Pinkerton' avocado

Treatments	Total fatty acid (%)	Fatty acid (%)			
		Palmitoleic	Linoleic	Oleic	Palmitic
1. Control	54.50 ± 0.66 ^{c}	8.18 ± 0.19 ^{c}	10.00 ± 0.20 ^{b}	36.87 ± 0.23 ^{d}	44.95 ± 0.27 ^{a}
2. GA_3 25 mg / L	44.50 ± 0.65 ^{d}	10.26 ± 0.29 ^{b}	10.90 ± 0.27 ^{b}	48.72 ± 0.16 ^{b}	30.12 ± 0.33 ^{e}
3. GA_3 50 mg / L	64.50 ± 0.71 ^{b}	9.33 ± 0.25 ^{bc}	7.570 ± 0.22 ^{c}	51.03 ± 0.28 ^{a}	32.07 ± 0.20 ^{d}
4. BR 0.5 mg / L	74.50 ± 0.67 ^{a}	10.01 ± 0.26 ^{b}	6.73 ± 0.27 ^{cd}	47.53 ± 0.27 ^{b}	35.73±0.28 ^{c}
5. BR 1.0 mg / L	54.50 ± 0.64 ^{c}	6.70 ± 0.28 ^{d}	5.49 ± 0.21 ^{d}	48.31 ±0.24 ^{b}	39.50 ± 0.20 ^{b}
6. Maxim® 15 mg / L	44.50 ± 0.65 ^{d}	13.12 ± 0.29 ^{a}	12.95 ± 0.11 a	42.71 ± 0.46 ^{c}	31.22 ± 0.23 ^{de}
7. Maxim® 30 mg / L	34.50 ± 0.67 ^{e}	10.25 ± 0.16 ^{b}	7.03 ± 0.16 ^{cd}	48.01 ± 0.14 ^{b}	34.71 ± 0.16 ^{c}
Significance	*	*	*	*	*

Means within column followed with the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$ by LSD

(Abdelgadir *et al*., 2010) ซึ่งประกอบด้วยธาตุสามชนิดเช่นเดียวกับคาร์โบไฮเดรต ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน จึงสามารถเพิ่มปริมาณกรดไขมันในผลของอะโวกาโดได้ เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ Hass ซึ่งมีปริมาณกรดไขมัน palmitoleic 12.86 %, oleic 50.20 %, linoleic 12.17 % และ palmitic 23.76 % (Klinhom *et al*., 2005) เป็นที่น่าสนใจว่าการใช้ Maxim® 15 มิลลิกรัมต่อลิตร เพิ่มปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิด palmitoleic และ linoleic ส่วนการใช้ GA_3 50 มิลลิกรัมต่อลิตร เพิ่มปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิด oleic ให้มากกว่าพันธุ์ Hass การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตจึงต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ เช่น ชนิดของพืช ชนิดและความเข้มข้นของสาร วิธีการใช้สารสภาพแวดล้อมในขณะที่ใช้ สภาพและความพร้อมของต้นพืช เนื่องจากการใช้สารเพียงเล็กน้อยสามารถเปลี่ยนกระบวนการภายในพืชได้ทำให้ส่งผลต่อการพัฒนาที่แตกต่างกัน

สรุป

การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชสามารถเพิ่มคุณภาพของผลอะโวกาโดได้ โดยการใช้ GA_3 25 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้การเพิ่มขึ้นของความกว้างผลมากกว่ากรรมวิธีควบคุม ในขณะที่การเพิ่มขึ้นของความยาวผลไม่มีความแตกต่างกันในทุกกรรมวิธี ส่วนการใช้ BR 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และ Maxim® 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ผลอะโวกาโดมีน้ำหนักมากกว่าผลในกรรมวิธีควบคุม การพ่น Maxim® 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ความหนาของเปลือกเท่ากับ 1.43 มิลลิเมตร ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีควบคุม ส่วนการพ่น BR 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และ GA_3 50 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถเพิ่มปริมาณกรดไขมันรวมในเนื้อผลเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม นอกจากนี้การใช้ GA_3 50 มิลลิกรัมต่อลิตร และ Maxim® 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เนื้อผลอะโวคาโดมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว oleic และ linoleic มากที่สุดตามลำดับ ดังนั้นเกษตรกรผู้ปลูกสามารถเลือกใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตดังกล่าวในการพัฒนาคุณภาพของผลอะโวคาโดพันธุ์พิงเคอร์ตันได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเริง อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ ที่ให้พื้นที่ในการทดลอง ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการทางสาขาไม้ผล คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ที่สนับสนุนห้องปฏิบัติการ

เอกสารอ้างอิง

Abdelgadir, H.A., A.K. Jager, S.D. Johnson and J. Van Staden. 2010. Influence of plant growth regulators on flowering, fruiting, seed oil content, and oil quality of *Jatropha curcas*. South African Journal of Botany 76(3): 440-446.

Agusti, M., V. Almela, I. Andreu, M. Juan and L. Zacarias. 1999. Synthetic auxin 3, 5, 6-TPA promotes fruit development and climacteric in *Prunus persica* L. Batsch. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology 74(5): 556-560.

Binenbaum, J., R. Weinstain and E. Shani. 2018. Gibberellin localization and transport in plants. Trends in Plant Science 23(5): 410-421.

Chang, J.C. and T.S. Lin. 2006. GA_3 increases fruit weight in 'Yu Her Pau' litchi. Scientia Horticulturae 108(4): 442-443.

Friedrichsen, D. and J. Chory. 2001. Steroid signaling in plants: from the cell surface to the nucleus. Bioessays 23(11): 1028-1036.

Hurtado-Fernández, E., T. Pacchiarotta, O.A. Mayboroda, A. Fernández-Gutiérrez and A. Carrasco-Pancorbo. 2015. Metabolomic analysis of avocado fruits by GC-APCI-TOF

MS: effects of ripening degrees and fruit varieties. Analytical and Bioanalytical Chemistry 407: 547-555.

Iqbal, N., R. Nazar, M.I.R. Khan, A. Masood and N.A. Khan. 2011. Role of gibberellins in regulation of source-sink relations under optimal and limiting environmental conditions. Current Science 100(7): 998-1007.

Jarassamrit, N. 1994. Plant Hormones and Plant Growth Regulators. Sahamit Printing, Bangkok. 128 p. (in Thai)

Klinhom, J., J. Phunturuksa and N. Utama-Ang. 2005. Chemical compositions and physical properties of avocado mesocarp cultivated in Chiang Mai. Journal of Agriculture 21(2): 117-125. (in Thai)

Luque de Castro, M.L. and F. Priego-Capote. 2010. Soxhlet extraction: Past and present panacea. Journal of Chromatography A 1217(16): 2383-2389.

Magwaza, L.S. and S.Z. Tesfay. 2015. A review of destructive and non-destructive methods for determining avocado fruit maturity. Food and Bioprocess Technology 8(10): 1995-2011.

Nilnond, S., R. Yuwansiri, C. Sukumalanandana and P. Kermanee. 1996. Effects of gibberellic acid on seed and berry development in 'White Malaga' grape at Doi Inthanon, Chiang Mai province. Kasetsart Journal (Natural Science) 30(2): 157-162. (in Thai)

Pramanik, K., S.P. Das, L.K. Acharya and D. Jayapuria. 2017. Role of gibberellic acid on growth, yield and quality of tomato: A review. International Journal of Chemical Studies 5(6): 826-830.

Rademacher, W. 2015. Plant growth regulators: backgrounds and uses in plant production. Journal of Plant Growth Regulation 34(4): 845-872.

Reig, C., C. Mesejo, A. Martínez-Fuentes and M. Agustí. 2016. Synthetic auxin 3, 5, 6-TPA increases fruit size of loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) by reducing cell turgor pressure. Scientia Horticulturae 210: 213-219.

Roghabadi, M.A. and Z. Pakkish. 2014. Role of brassinosteroid on yield, fruit quality and postharvest storage of 'Tak Danehe Mashhad' sweet cherry (*Prunus avium* L.). Agricultural Communications 2(4): 49-56.

Royal Project Foundation and Highland Research and Development Institute. n.d. Avocado. Chiang Mai. 39 p. (in Thai)

Sippel, A.D., W. Conradie and N.J.F. Claassens. 1992. Growth rates of Pinkerton avocado fruit. South African Avocado Growers' Association Yearbook 15: 72-74.

Stern, R.A., D. Stern, M. Harpaz and S. Gazit. 2000. Applications of 2, 4, 5-TP, 3, 5, 6-TPA, and combinations thereof increase lychee fruit size and yield. HortScience 35(4): 661-664.

Thapliyal, V.S., P.N. Rai and L. Bora. 2016. Influence of pre-harvest application of gibberellin and brassinosteroid on fruit growth and quality characteristics of pear (*Pyrus pyrifolia* (Burm.) Nakai) cv. Gola. Journal of Applied and Natural Science 8(4): 2305-2310.

Villa-Rodriguez, J.A., F.J. Molina-Corral, J.F. Ayala-Zavala, G. I. Olivas and G. A. Gonzalez-Aguilar. 2011. Effect of maturity stage on the content of fatty acids and antioxidant activity of 'Hass' avocado. Food Research International 44(5): 1231-1237.

Wei, Z. and J. Li. 2016. Brassinosteroids regulate root growth, development, and symbiosis. Molecular Plant 9(1): 86-100.

ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตและคุณภาพของแสงต่อการงอกของเมล็ดกล้วยไม้ดินลิ้นมังกรในหลอดทดลอง

Effects of Plant Growth Regulators and Light Quality on *In Vitro* Seed Germination of *Habenaria rhodocheila* Hance.

พฤกษ์ ล้อมวนวงศ์[1] เซอิจิ ฟูกาอิ[2] วีณัน บัณฑิตย์[1] และ ณัฐา โพธาภรณ์[1*]

Phruek Lomwanawong[1], Seiichi Fukai[2], Weenun Bundithya[1] and Nuttha Potapohn[1*]

[1]ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

[1]Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

[2]Division of Bioresource Production Science, Graduate School of Agriculture, Kagawa University, Kagawa 761-0795, Japan

**Corresponding author: Email: natorchid@gmail.com*

(Received: 18 November 2020; Accepted: 31 March 2021)

Abstract: *Habenaria rhodocheila* Hance. is one of the orchids which shows low seed germination even though culturing *in vitro*. The aim of this study was to improve seed germination of *H. rhodocheila.* Two sets of experiments were conducted. Firstly, the effect of pre - treatment on seeds with plant growth regulators at different concentrations using α - naphthaleneacetic acid (NAA), 6 - benzylaminopurine (BAP), and ethephon for 24 hours. After pre-treatment, the seeds were cultured on Malmgren modified terrestrial orchid medium (MM). The result showed that 0.1 mg L^{-1} NAA, 1.0 mg L^{-1} BAP, 10.0 mg L^{-1}, and 1000.0 mg L^{-1} ethephon significantly promoted seed germination compared with control (free - plant growth regulator) and other treatments. Secondly, light quality treatments, seeds were sown on Murashige and Skoog medium (MS) and they were kept under six different wavelengths of light including control (under darkness). After two months of culturing, the seeds under darkness, violet (405 nm), green (546 nm), and yellow (595 nm) lights showed significantly high total seed germination than far - red light.

Keywords: *Habenaria rhodocheila* Hance., seed germination, plant growth regulators, light quality

บทคัดย่อ: เมล็ดกล้วยไม้ดินลิ้นมังกรมีอัตราการงอกต่ำ ถึงแม้ว่าจะนำมาเพาะในสภาพปลอดเชื้อ การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการเพิ่มอัตราการงอกของเมล็ดกล้วยไม้ลิ้นมังกร โดยทำการศึกษา 2 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองที่ 1 ศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการงอกของเมล็ด โดยแช่เมล็ดในสารควบคุมการเจริญเติบโต ได้แก่ α-naphthaleneacetic acid (NAA), 6-benzylaminopurine (BAP) และ เอทธิฟอน ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปเพาะบนอาหารสูตร Malmgren modified terrestrial orchid medium (MM) จากผลการทดลอง พบว่า การแช่เมล็ดในสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร, BAP 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และ เอทธิฟอน 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งเสริมอัตราการงอกของเมล็ดกล้วยไม้ลิ้นมังกรได้ดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต ชุดการทดลองที่แช่เมล็ดในสารละลาย NAA ที่ระดับความเข้มข้น 1.0 และ 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และ ชุดการทดลองที่แช่เมล็ดในสารละลาย BAP ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร การทดลองที่ 2 ทำการทดสอบประสิทธิภาพของแสงต่อการงอกของเมล็ดโดยเพาะเมล็ดบนอาหารสูตร Murashige and Skoog (MS) ภายใต้แสงที่มีความยาวคลื่นแตกต่างกัน 6 แบบ ที่ระดับ ความเข้มแสง 5.0 μmol m^{-2} s^{-1} และชุดควบคุม (สภาพมืด) ตลอดเวลา เมื่อผ่านไป 2 เดือน พบว่า เมล็ดที่เพาะไว้ในที่มืด แสงสีม่วง (405 นาโนเมตร) แสงสีเขียว (546 นาโนเมตร) และแสงสีเหลือง (595 นาโนเมตร) มีอัตราการงอกของเมล็ดที่สูงกว่าเมล็ดที่เพาะภายใต้แสงไกลแดง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: กล้วยไม้ดินลิ้นมังกร การงอกของเมล็ด สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช คุณภาพของแสง

คำนำ

กล้วยไม้ดินสกุลลิ้นมังกร (*Habenaria*) อยู่ในวงศ์ Orchidaceae มีกระจายพันธุ์อยู่ในป่า เช่น ป่าเบญจพรรณ ป่าสนเขา และป่าไม้ไผ่ (Kurzweil, 2009) ในประเทศไทย เมียนมา กัมพูชา และ ลาว (Royal Botanical Gardens, Kew, 2017) มีกล้วยไม้ดินสกุลลิ้นมังกรชนิดหนึ่ง ซึ่งสามารถพบได้ในประเทศไทยเช่นกัน คือ กล้วยไม้ลิ้นมังกร (*Habenaria rhodocheila* Hance.) มีดอกสีชมพูจนถึงสีชมพูอมส้ม ได้รับความนิยมในบรรดาผู้ที่ชื่นชอบกล้วยไม้ดิน ในสภาพธรรมชาติกล้วยไม้ลิ้นมังกรมีจำนวนลดลงค่อนข้างมาก เนื่องจากเมล็ดงอกได้น้อย ถึงแม้จะมีการนำมาเพาะในสภาพปลอดเชื้อ ก็ยังมีเปอร์เซ็นต์การงอกที่ต่ำ ประมาณ 0.29 ถึง 5.48 % (Piyatrakul, 2004) สาเหตุที่เมล็ดกล้วยไม้งอกได้น้อยอาจจะมาจากเมล็ดมีคัพภะที่มีอาหารสะสมอยู่น้อยมาก ซึ่งในธรรมชาติเมล็ดกล้วยไม้จะสามารถงอกได้โดยการอาศัยเชื้อราไมคอร์ไรซาแบบจำเพาะ (Nigel and Dixon, 2009) ซึ่งพบในกล้วยไม้ชนิดอื่นเช่นกัน เช่น การศึกษาของ Batty *et al.* (2006) รายงานว่าฝักของกล้วยไม้ *Caladenia arenicola* มีจำนวนเมล็ดประมาณ 30,000 ± 2,000 เมล็ดต่อฝัก แต่สามารถงอกได้เพียง 1 % เท่านั้น

ที่ผ่านมามีงานวิจัยที่ทำการศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการงอกของเมล็ดกล้วยไม้ ผลการทดลอง พบว่า สารควบคุมการเจริญเติบโตบางชนิดส่งเสริมการงอก แต่บางชนิดก็ยับยั้งการงอกของเมล็ดกล้วยไม้ (Stewart, 2007) Miyoshi and Mii (1995) พบว่า การนำเมล็ดของกล้วยไม้ *Calanthe discolor* ไปแช่ในสารละลาย NAA ที่ระดับความเข้มข้น 1 ถึง 100 มิลลิกรัมต่อลิตร นาน 7 วัน ทำให้เมล็ดงอกเพิ่มขึ้น 50 % ส่วนการแช่เมล็ดในเอทธิฟอน ที่ระดับความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งเสริมการสร้างโปรโตคอร์ม Stewart and Kane (2006) รายงานว่าสารควบคุมการเจริญเติบโต กลุ่มไซโทไคนิน (ไคเนติน ซีเอติน และ BAP) ที่ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมส่งเสริมการงอกของเมล็ดกล้วยไม้ *Habenaria macroceratitis* และ Piyatrakul (2004) รายงานว่าการให้สารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร NAA ควบคู่กับ BAP ที่ระดับความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถเพิ่มการงอกของเมล็ดกล้วยไม้ลิ้นมังกรได้

นอกจากสารควบคุมการเจริญเติบโตแล้ว อีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการงอกของเมล็ดกล้วยไม้ คือ แสง ซึ่งผลของแสงต่อการงอกของเมล็ดกล้วยไม้ขึ้นอยู่กับชนิดของกล้วยไม้ด้วย เช่น เมล็ดของกล้วยไม้ประเภทรากอากาศต้องการแสงในการงอก ส่วนเมล็ดของกล้วยไม้ดินไม่ต้องการแสงในการงอก (Kauth *et al*., 2006) โดยมีรายงานว่าเมล็ดของกล้วยไม้ *Dactylorhiza majalis* (Rasmussen *et al*., 1990) *Calanthe* Satsuma (Fukai *et al.,* 1997*)* และ *H. macroceratitis* (Stewart, 2007) งอกได้ดีในที่มืด อย่างไรก็ตาม เมล็ดของกล้วยไม้ดินบางชนิดมีรายงานว่าต้องการแสงในการงอก เช่น กล้วยไม้ดินของออสเตรเลีย ต้องการแสงนาน 16 ชั่วโมงต่อวันในการงอก และเมล็ดกล้วยไม้ดินในเขตร้อนก็สามารถงอกได้ เมื่อได้รับแสงในสภาพวันปกติ (Rasmussen, 1995)

งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตและผลของคุณภาพของแสงต่อการงอกของเมล็ดกล้วยไม้ลิ้นมังกร เพื่อใช้ในการเพิ่มปริมาณต้นของกล้วยไม้ชนิดนี้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การเตรียมเมล็ด

ใช้ฝักของกล้วยไม้ลิ้นมังกร (*H. rhodocheila*) ที่ได้จากการผสมตัวเองจำนวน 20 ฝัก เมื่อฝักอายุครบ 8 สัปดาห์ เก็บเกี่ยวและผึ่งฝักของกล้วยไม้ไว้ที่อุณหภูมิ 25 ± 2 °C ประมาณ 2 สัปดาห์ เพื่อกำจัดชั้นเยื่อหุ้มเมล็ด (testa) ซึ่งเป็นเยื่อหุ้มซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้เมล็ดงอกช้า ซึ่งได้ทำการทดลองแล้วว่าการผึ่งฝักทิ้งไว้จนแห้งให้ความงอกที่ดีกว่าการนำฝักไปเพาะทันที หลังจากครบ 2 สัปดาห์แล้ว เปิดฝักนำเมล็ดกล้วยไม้ออกมาแล้วฟอกฆ่าเชื้อด้วยโซเดียม-ไฮโปคลอไรท์ (NaOCl) ความเข้มข้น 10 % นาน 15 นาที แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นสะอาดที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้ว จำนวน 3 ครั้ง ผึ่งให้เมล็ดแห้ง โดยทั้งสองการทดลองใช้เมล็ดคนละชุดกัน

การศึกษาผลของควบคุมการเจริญเติบโตต่อการงอกของเมล็ดกล้วยไม้ลิ้นมังกร

นำเมล็ดกล้วยไม้ลิ้นมังกรที่ได้รับการฆ่าเชื้อแล้วแช่ลงในสารควบคุมการเจริญเติบโตที่ปลอดเชื้อโดยการนึ่งเพื่อฆ่าเชื้อ ซึ่งมีชนิดและความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ได้แก่ NAA (0.1,1.0 และ 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร) BAP (0.1,1.0 และ 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร) และเอทธิฟอน (10.0, 100.0 และ 1000.0 มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่อุณหภูมิ 25 ± 2 °C นาน 24 ชั่วโมง แล้วนำเมล็ดประมาณ 100 ถึง 300 เมล็ด ไปเพาะบนอาหารแข็งสูตร Malmgren modified terrestrial orchid medium (MM) (Phyto Technology Labolatory, KS, USA) ที่ใส่น้ำตาลซูโครส 3 % ในจานเพาะเชื้อขนาด 6 มิลลิเมตร แล้วนำไปเพาะเลี้ยงในห้องที่อุณหภูมิ 25 ± 2 °C ให้แสงสว่างด้วยหลอดไฟฟลูออเรสเซ็นต์ ที่ความเข้มแสง 31.5 $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$ นาน 16 ชั่วโมงต่อวัน

ผลของคุณภาพของแสงต่อการงอกของเมล็ดกล้วยไม้ลิ้นมังกร

นำเมล็ดกล้วยไม้ลิ้นมังกรมาเพาะบนอาหารวุ้นสูตร Murashige and Skoog medium (MS) (Murashige and Skoog, 1962) ประมาณ 100 ถึง 300 เมล็ด ในจานเพาะเชื้อขนาด 6 มิลลิเมตร หลังจากนั้นนำจานเพาะไปวางไว้ในห้องเพาะเลี้ยง อุณหภูมิ 25 ± 2 °C ให้แสงสว่างด้วย หลอด monochromatic LED ที่มีความยาวคลื่นแตกต่างกัน ได้แก่ แสงสีม่วง (405 nm) แสงสีคราม (451 nm) แสงสีเขียว (546 nm) แสงสีเหลือง (595 nm) แสงสีแดง (671 nm) แสงสีไกลแดง (774 nm) โดยให้แสงตลอดเวลา และสภาพมืด (ชุดควบคุม)

การวางแผนการทดลองและบันทึกผล

การทดลองนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) แต่ละการทดลองประกอบด้วย 3 ซ้ำ ซ้ำละ 1 จาน

เมื่อเมล็ดงอก คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การงอก และนำไปแปลงเป็นค่า arcsin และใช้โปรแกรม SPSS version 24.0 statistical software (IBM Corporation; Somers, NY) คำนวณสถิติ โดยใช้ one-way analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$)

การทดลองผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการงอกของกล้วยไม้ลิ้นมังกร บันทึกผลการทดลอง

เมื่อเวลา 3 เดือนหลังเริ่มเพาะเมล็ด ส่วนผลของคุณภาพของแสงต่อการงอกของกล้วยไม้ลิ้นมังกร เก็บผลการทดลองหลังจากเพาะเมล็ด 2 เดือน เมื่อครบกำหนด นำเมล็ดที่เพาะมาตรวจสอบพัฒนาการของเมล็ดภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบ (Olympus, CX12i, Tokyo, Japan) ที่กำลังขยาย 100 เท่า โดยการนับเมล็ดทั้งหมดและเมล็ดที่งอก ซึ่งเมล็ดที่งอกแบ่งออกเป็น 3 ระยะการเจริญเติบโต ดังนี้ 1) ระยะ pre - protocorm คือ เมล็ดที่เริ่มบวม 2) ระยะ protocorm คือ เมล็ดที่พัฒนาไปเป็นโปรโตคอร์ม 3) ระยะ post - protocorm คือ เมล็ดที่พัฒนาไปเป็นต้นอ่อนที่มียอด (Figure 1)

เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ด

เมื่อครบกำหนดระยะเวลาของการทดลอง นำเมล็ดมานับเพื่อศึกษาเปอร์เซ็นต์การงอกและศึกษาคุณภาพของการงอกโดยแยกเมล็ดที่งอกออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะ pre - protocorm, ระยะ protocorm และ ระยะ post - protocorm (Figure 1)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการงอกของเมล็ดกล้วยไม้ลิ้นมังกร

เมล็ดกล้วยไม้ลิ้นมังกรที่แช่ด้วยสารควบคุมการเจริญเติบโตทั้ง 3 ชนิด มีเปอร์เซ็นต์การงอกที่แตกต่างกัน โดยเมล็ดกล้วยไม้ลิ้นมังกรที่แช่ใน NAA ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และ BAP ที่ระดับความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และ เอทธิฟอน ที่ระดับความเข้มข้น 10.0 และ 1,000.0 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการงอกดีกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ที่ พบว่า NAA ส่งเสริมการงอกของเมล็ดและการสร้างโปรโตคอร์มในกล้วยไม้หลาย ๆ ชนิด เช่น Miyoshi and Mii (1995) รายงานว่า เมื่อแช่เมล็ดของกล้วยไม้ *C. discolor* ใน NAA ที่ระดับความเข้มข้น ความเข้มข้น 1 ถึง 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ช่วยให้เมล็ดกล้วยไม้งอกได้มากกว่า 50 % แต่หากแช่ด้วยความเข้มข้นที่สูงขึ้นทำให้การงอกของเมล็ดกล้วยไม้ชนิดนี้ลดลง

เมื่อพิจารณาระยะพัฒนาการของโปรโตคอร์ม พบว่า การนำเมล็ดมาแช่ใน NAA ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร กระตุ้นการสร้างโปรโตคอร์มและโปรโตคอร์มสามารถพัฒนาไปเป็นระยะ post - protocorm ได้ดี แต่เมื่อแช่เมล็ดกล้วยไม้ใน NAA ที่ระดับความเข้มข้นที่สูงกว่านี้กลับยับยั้งการพัฒนาไปเป็นโปรโตคอร์มและต้นอ่อนในระยะ post - protocorm โดยเฉพาะการแช่เมล็ดใน NAA ที่ระดับความเข้มข้น 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า เมล็ดพัฒนาเพียงระยะ pre - protocorm เท่านั้น

สำหรับสารควบคุมการเจริญเติบโต BAP พบว่า สามารถส่งเสริมการงอกของเมล็ดกล้วยไม้ได้ โดยพบว่า BAP ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร. เป็นระดับที่เหมาะสมสำหรับเพิ่มการงอก มีจำนวนโปรโตคอร์มและต้นอ่อนในระยะ post - protocorm stage มากที่สุดเมื่อเทียบกับที่ความเข้มข้น 0.1 และ 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Shin *et al.* (2011) ที่รายงานว่า BAP ที่ระดับความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งเสริมการงอกของกล้วยไม้ *Calanthe* ลูกผสม ได้ดีกว่า

Figure 1. Developmental stages of *H. rhodocheila* seeds, A: swollen seed in pre - protocorm stage (arrow), B: protocorm stage (arrow), C: protocorm with shoot in post - protocorm stage, scale bar = 500 µm (A and C) and 2 mm (B)

Table 1. Effects of plant growth regulators on *in vitro* seed germination of *H. rhodocheila* at three months after culturing

Plant growth regulators	Concentration (mg L^{-1})	Pre - protocorm stage (%)[1]	Protocorm stage (%)[1]	Post - protocorm stage (%)[1]	Total (%)[1]
PGR free		0.68 ± 0.45 [b]	0.18 ± 0.18 [bc]	0.00 [d]	0.86 ± 0.45 [c]
NAA	0.1	2.90 ± 1.46 [ab]	6.82 ± 4.42 [a]	6.30 ± 3.78 [bc]	16.00 ± 2.65 [a]
	1.0	1.03 ± 1.03 [ab]	1.65 ± 1.65 [abc]	0.00 [d]	2.67 ± 2.67 [bc]
	10.0	0.41 ± 0.21 [c]	0.00 [c]	0.00 [d]	0.41 ± 0.21 [c]
BAP	0.1	0.98 ± 0.50 [ab]	0.21 ± 0.21 [bc]	0.00 [d]	1.19 ± 0.60 [c]
	1.0	4.69 ± 0.69 [a]	2.29 ± 1.11 [abc]	6.96 ± 1.88 [b]	13.60 ± 1.27 [a]
	10.0	1.05 ± 0.53 [ab]	0.27 ± 0.27 [bc]	2.47 ± 1.47 [bcd]	3.79 ± 2.13 [bc]
Ethephon	10.0	2.37 ± 1.20 [ab]	3.46 ± 1.02 [abc]	17.00 ± 5.23 [a]	22.90 ± 6.52 [a]
	100.0	0.59 ± 0.29 [b]	3.34 ± 1.66 [abc]	0.00 [d]	3.93 ± 1.48 [bc]
	1,000.0	1.28 ± 1.55 [ab]	7.25 ± 2.30 [a]	1.46 ± 0.56 [cd]	9.99 ± 3.10 [ab]
CV (%)		56.96	70.36	60.01	75.72

[1] Means ± SE within the same column follow by different letters showed significantly difference between treatments by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$

ความเข้มข้นอื่น ๆ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการให้ระดับความเข้มข้นของ BAP ที่ค่อนข้างต่ำ ช่วยให้เมล็ดกล้วยไม้งอกได้ดีกว่าที่ความเข้มข้นสูง

เมื่อพิจารณาผลของเอทธิฟอน พบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 10.0 และ 1,000.0 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถช่วยให้เมล็ดกล้วยไม้ลิ้นมังกรงอกได้ดี ในขณะที่ระดับความเข้มข้น 10.0, 100.0 และ 1000.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้จำนวนต้นอ่อนที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อพิจารณาในภาพรวม จะเห็นได้ว่า เอทธิฟอนที่ระดับความเข้มข้น 10.0 และ 1000.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งเสริมให้เมล็ดงอกได้ดี แต่ที่ระดับความเข้มข้น 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถทำให้เมล็ดพัฒนาไปเป็นต้นได้ดีที่สุด มีรายงานว่า เอทธิฟอนที่ระดับ 2 ถึง 8 มิลลิกรัมต่อลิตร กระตุ้นการงอกในกล้วยไม้ *Galeola septentrionalis* (Nakamura *et al*., 1975) และเอทธิฟอนที่ระดับความเข้มข้น 1000.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งเสริมการสร้างโปรโตคอร์มในกล้วยไม้ *C. discolor* (Miyoshi and Mii, 1995)

จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การนำเมล็ดกล้วยไม้ดินลิ้นมังกรไปแช่ในสารควบคุมการเจริญเติบโต ได้แก่ NAA ที่ระดับ 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร BAP ที่ระดับ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เอทธิฟอนที่ระดับ 10.0 และ 1000.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ช่วยส่งเสริมการงอกของเมล็ดกล้วยไม้ได้ดี โดยการใช้เอทธิฟอนที่ระดับ 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร กระตุ้นให้เกิดการพัฒนาไปจนถึงระดับ post - protocorm stage ได้ดีที่สุดอีกด้วย

ผลของคุณภาพของแสงต่อการงอกของกล้วยไม้ลิ้นมังกร

แสงมีผลต่อการงอกของกล้วยไม้ จากผลการศึกษา พบว่า เมล็ดของกล้วยไม้ลิ้นมังกรที่เพาะในสภาพมืด มีการงอกในภาพรวมที่ดีกว่า เมื่อเทียบกับแสงสีคราม (451 nm) และแสงไกลแดง (774 nm) ส่วนการเพาะเมล็ดในแสงสีม่วง (405 nm) สีเขียว (546 nm) สีเหลือง (595 nm) และสีแดง (671 nm) ก็มี

การงอกที่ดีเช่นกัน (Table 2) การเพาะเมล็ดภายใต้สภาพแสงที่มีความยาวคลื่นต่างกัน มีผลต่อพัฒนาการของเมล็ด

เมื่อครบ 2 เดือน เมล็ดที่เพาะเลี้ยงทั้งในสภาพมืด แสงสีม่วง แสงสีเขียว แสงสีเหลือง และแสงสีแดง พัฒนาไปเป็นโปรโตคอร์มได้ดี ทั้งนี้ผลดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานที่มีมาก่อนหน้าหลายรายงาน เช่น การศึกษาของ Baque *et al*. (2011) ที่รายงานว่า เมล็ดของกล้วยไม้ *Calanthe* ลูกผสมสามารถงอกได้ทั้งที่มืดและที่มีแสงสว่าง แต่การเลี้ยงในสภาพที่มีแสงมีการงอกที่ดีกว่าการเลี้ยงในสภาพมืด ซึ่งสอดคล้องกับกรณีของเมล็ดกล้วยไม้ลิ้นมังกรที่สามารถงอกได้ดีในที่มืดและแสงบางชนิด และ Dutra *et al*. (2009) ที่รายงานว่า เมล็ดของกล้วยไม้ *Cyrtopodium punctatum* งอกได้ดีในสภาพมืด (0/24 h L/D) เมื่อเทียบกับ การให้แสงที่ 16/8 h L/D Stewart (2007) ที่รายงานว่า กล้วยไม้ *H. macroceratitis* ต้องการความมืดในการงอก เช่นเดียวกันกับกล้วยไม้ *C.* Satsuma (Fukai *et al*., 1997) และ *D. majalis* (Rasmussen *et al*., 1990)

เมล็ดของกล้วยไม้ลิ้นมังกรที่เพาะไว้ในสภาพมืดและภายใต้แสงสีม่วง แสงสีเขียว แสงสีเหลือง และแสงสีแดง สามารถพัฒนาไปเข้าสู่ระยะ protocorm ได้ดีกว่าแสงสีครามและแสงไกลแดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Fukai *et al*. (1997) ที่รายงานว่า การเลี้ยงในสภาพแสงโดยเฉพาะแสงสีแดงช่วยพัฒนาการสร้างโปรโตคอร์มของกล้วยไม้ *C.* Satsuma

ในประเด็นของแสงที่มีผลต่อการงอกนี้มีรายงานว่า ไฟโตโครมอาจเกี่ยวข้องกับกระบวนการงอก ซึ่งเมล็ดโดยทั่วไป แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) positively photoblastic seed คือ เมล็ดที่ต้องการแสงในการงอก เช่น สลัด ยาสูบ และหญ้าต่าง ๆ 2) negatively photoblastic seed คือ เมล็ดที่ต้องการความมืดในการงอก เช่น มะเขือเทศ และหอมหัวใหญ่ และ 3) non - photoblastic seed คือ เมล็ดที่สามารถงอกได้ทั้งสภาพที่มีและไม่มีแสง (Bradbeer, 1988) ซึ่งไฟโตโครม มี 2 ประเภท ได้แก่ Pr คือไฟโตโครมในรูปที่ไม่ทำงาน และ Pfr คือไฟโตโครมในรูปที่ทำงาน ในพืชกลุ่มผักสลัด การเพาะเมล็ดสลัดภายใต้แสงสีแดงทำให้เมล็ดงอกได้ดีเพราะ ไฟโตโครมในกลุ่ม Pr จะดูดซับแสงสีแดง ที่ความยาวคลื่นประมาณ 600 ถึง 670 nm แล้ว Pr จะแปลงไปเป็นไฟโตโครมในรูป Pfr ทำให้เมล็ดสลัดงอกได้ ในขณะที่การเพาะเลี้ยงเมล็ดสลัดในแสงไกลแดง ที่ความยาวคลื่น 700 ถึง 730 nm ไฟโตโครม Pfr จะเปลี่ยนรูป

Table 2. Effects of light quality on seed germination of *H. rhodocheila* at two months after culturing

Wavelength (nm)	Color	Pre - protocorm stage (%)[ns]	Protocorm stage (%)[1]	Total (%)[1]
Darkness		6.56 ± 0.73	56.5 ± 6.38 [a]	63.1 ± 6.22 [a]
405	Violet	7.23 ± 3.98	40.3 ± 2.86 [ab]	47.5 ± 5.48 [abc]
451	Indigo	7.80 ± 0.53	31.2 ± 6.14 [bc]	39.0 ± 5.98 [cd]
546	Green	8.20 ± 4.44	41.9 ± 2.29 [ab]	50.1 ± 2.23 [abc]
595	Yellow	6.11 ± 2.26	52.6 ± 5.38 [a]	58.7 ± 6.59 [ab]
671	Red	3.65 ± 0.92	41.5 ± 2.51 [ab]	45.1 ± 2.71 [bc]
774	Far - red	2.96 ± 0.39	24.6 ± 5.43 [c]	27.6 ± 5.46 [d]
CV (%)		19.28	20.73	22.27

[1] Means ± SE within the same column follow by different letters showed significantly difference between treatments by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$

[ns] Not significantly different

ไปเป็น Pr ที่เป็นสถานะที่ไม่ทำงาน ส่งผลให้เมล็ดของสลัดไม่งอก (Contreras *et al*., 2009) สำหรับเมล็ดประเภท negatively photoblastic seed นั้น ถ้าหากให้แสงไกลแดงจะส่งผลทำให้การงอกของเมล็ดลดลง แสดงให้เห็นว่า ไฟโตโครมมีผลต่อการงอกของเมล็ด ในเมล็ดที่แก่ปริมาณของไฟโตโครมในรูป Pfr จะหยุดสร้าง แล้วแปลงไปเป็นรูป Pr เมื่อได้รับแสงไกลแดง ซึ่งส่งผลให้เกิดการชะลอหรือยับยั้งการงอกของเมล็ด (Mohr and Schopfer, 1995) ซึ่งในการศึกษานี้พบว่า การเพาะเมล็ดกล้วยไม้ลิ้นมังกรภายใต้แสงไกลแดง ทำให้เมล็ดงอกน้อย เมื่อเทียบกับการเพาะเมล็ดภายใต้แสงสีแดง และจากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า เมล็ดกล้วยไม้ดินลิ้นมังกรมีความงอกค่อนข้างที่จะจำเพาะเจาะจงต่อความยาวคลื่นของแสง ในความมืดนั้นไม่มีความยาวคลื่นของแสง ในขณะที่แสงไกลแดงที่ใช้ในการทดลองมีความยาวคลื่นของแสงที่ 774 nm ซึ่งที่ความยาวคลื่นในระดับนี้อาจจะไม่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดกล้วยไม้ดินลิ้นมังกร ซึ่งคล้ายกับกรณีของเมล็ดสลัดในรายงานของ Contreras *et al*. (2009) ดังนั้นเมล็ดของกล้วยไม้ลิ้นมังกรจึงจัดเป็นเมล็ดประเภท negatively photoblastic seed

สำหรับแสงสีอื่น ๆ นั้นมีรายงานในกล้วยไม้ชนิดอื่น ๆ เช่น *C.* Satsuma งอกได้ดีในสภาพแสงสีแดง แต่งอกได้น้อยในสภาพแสงสีน้ำเงิน (Fukai *et al*., 1997) ส่วนเมล็ดของกล้วยไม้ *Cattleya walkeriana* งอกได้ดีเมื่อได้รับแสงสีแดง สีเหลือง และแสงสีม่วง แต่งอกได้น้อยเมื่อได้รับแสงสีเขียว (Islam *et al*., 1999) และกล้วยไม้ลิ้นมังกร งอกได้ดีหากได้รับแสงสีม่วง สีเขียวและสีเหลือง ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ชนิดของกล้วยไม้ต้องการแสงที่แตกต่างกันในการงอก

อย่างไรก็ตาม ผลการทดลองนี้ พบว่า เมล็ดกล้วยไม้ลิ้นมังกรงอกได้ดีที่สุดในที่มืด ดังนั้นในการแนะนำการขยายพันธุ์ในเชิงพาณิชย์ การนำเมล็ดที่เพาะแล้วไปวางไว้ในที่มืดจะช่วยลดต้นทุนในการผลิตลงมากกว่าการให้แสงสว่างจากหลอดไฟ

สรุป

การกระตุ้นการงอกของเมล็ดกล้วยไม้ดินลิ้นมังกร สามารถทำได้โดยการนำเมล็ดไปแช่ในสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ที่ระดับ 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือ BAP ที่ระดับ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือ เอทธิฟอน ที่ระดับ 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ก่อนนำไปเพาะบนอาหารเลี้ยงเชื้อสูตร MS ที่ใช้แสงฟลูออเรสเซนต์ความเข้มแสง 31.5 $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$ นาน 16 ชั่วโมงต่อวัน ช่วยกระตุ้นให้เมล็ดงอกได้ดีขึ้น และการเพาะเมล็ดในที่มืดทำให้เมล็ดมีการงอกดีกว่าที่เพาะภายใต้แสงที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ

เอกสารอ้างอิง

Baque, M.A., Y.K. Shin, T. Elshmari, E.J. Lee and K.Y. Paek. 2011. Effect of light quality, sucrose and coconut water concentration on the micropropagation of *Calanthe* hybrids (‘Bukduseong’ × ‘Hyesung’ and ‘Chunkwang’ × ‘Hyesung’). Australian Journal of Crop Science 5(10): 1247-1254.

Batty, A.L., M.C. Brundrett, K.W. Dixon and K. Sivasithamparam. 2006. New methods to improve symbiotic propagation of temperate terrestrial orchid seedlings from axenic culture to soil. Australian Journal of Botany 54(4): 367-374.

Bradbeer, J.W. 1988. Seed Dormancy and Germination. Blackie and Son Ltd., Glasgow. 145 p.

Contreras, S., M.A. Bennett, J.D. Metzger, D. Tay and H. Nerson. 2009. Red to far-red ratio during seed development affects lettuce seed germinability and longevity. HortScience 44(1): 130-134.

Dutra, D., M.E. Kane and L. Richardson. 2009. Asymbiotic seed germination and *in vitro* seedling development of *Cyrtopodium*

punctatum: a propagation protocol for an endangered Florida native orchid. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 96: 235-243.

Fukai, S., K. Fujiwara, K. Okamoto, A. Hasegawa and M. Goi. 1997. Effects of red and blue light on germination and protocorm growth of *Calanthe* Satsuma. Lindleyana 12(4): 169-171.

Islam, M.O., S. Matsui and S. Ichihashi. 1999. Effects of light quality on seed germination and seedling growth of *Cattleya* orchids *in vitro*. Journal of The Japanese Society for Horticultural Science 68(6): 1132-1138.

Kauth, P.J., W.A. Vendrame and M.E. Kane. 2006. *In vitro* seed culture and seedling development of *Calopogon tuberosus*. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 85: 91-102.

Kurzweil, H. 2009. The genus *Habenaria* (Orchidaceae) in Thailand. Thai Forest Bulletin (Special issue): 7-105.

Miyoshi, D. and M. Mii. 1995. Phytohormone pre-treatment for the enhancement of seed germination and protocorm formation by the terrestrial orchid, *Calanthe discolor* (Orchidaceae), in asymbiotic culture. Scientia Horticulturae 63: 263-267.

Mohr, H. and P. Schopfer. 1995. Plant Physiology. Springer-Verlag, Berlin. 629 p.

Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bio-assays with tobacco tissue cultures. Physiologia Plantarum 15: 473-497.

Nakamura, S.J., T. Uchida and M. Hamada. 1975. Atmospheric condition controlling the seed germination of an achlorophyllous orchid, *Galeola septentrionalis*. The Botanical Magazine 88: 103-109.

Nigel, D.S. and K.W. Dixon. 2009. Terrestrial orchid conservation in the age of extinction. Annals of Botany 104(3): 543-556.

Piyatrakul, P. 2004. Factors influencing germination and seedling development of *Habenaria rhodocheila* Hance. Ph.D. Thesis. Chiang Mai University, Chiang Mai 171 p. (in Thai)

Rasmussen, H.N. 1995. Terrestrial Orchids: From Seed to Mycotrophic Plant. Cambridge University Press, Cambridge. 444 p.

Rasmussen, H.N., T.F. Andersen and B. Johansen. 1990. Light stimulation and darkness requirement for the symbiotic germination of *Dactylorhiza majalis* (Orchidaceae) *in vitro*. Physiologia Plantarum 79: 226-230.

Royal Botanical Gardens, Kew. 2017. *Habenaria* willd. (Online). Available: http://www.plantsoftheworldonline.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:638021-1 (January, 28, 2018).

Shin, Y.K., M.A. Baque, S. Elghamedi, E.J. Lee and K.Y. Paek. 2011. Effects of activated charcoal, plant growth regulators and ultrasonic pre-treatments on *in vitro* germination and protocorm formation of *Calanthe* hybrids. Australian Journal of Crop Science 5(5): 582-588.

Stewart, S.L. 2007. Intergrated conservation of florida Orchidaceae in the genera *Habenaria* and *Spiranthes*: Model orchid conservation systems for the Americas. Ph.D. Thesis. University of Florida, Gainesville. 226 p.

Stewart, S.L. and M.E. Kane. 2006. Asymbiotic seed germination and *in vitro* seedling development of *Habenaria macroceratitis* (Orchidaceae), a rare Florida terrestrial orchid. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 86: 147-158.

การเพาะเมล็ดกล้วยไม้เอื้องนางลมในสภาพปลอดเชื้อ

In Vitro Seed Culture of *Dendrobium peguanum* Lindl.

อรรถพร จันทร์ดี* วีณัน บัณฑิตย์ และ ณัฐา โพธาภรณ์

Attaporn Jandee*, Weenun Bundithya and Nuttha Potapohn

ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

**Corresponding author: Email: attaporn_jan@elearning.cmu.ac.th*

(Received: 14 December 2020; Accepted: 9 April 2021)

Abstract: *Dendrobium peguanum* Lindl. is a small orchid that distributes in India, Nepal, Myanmar, and Thailand. This research aimed to use tissue culture technique with some plant growth regulators for *in vitro* propagation. After pollination, seed pods of *D. peguanum* Lindl. were harvested at 6, 8, 10 and 12 week. Seeds viability were evaluated by lacto - propionic orcein staining, and then they were culture on Murashige and Skoog medium (MS) without plant growth regulator. It was found that 6 - week - old seed pods could not germinate while those at 12 - week - old could germinate well. After that, seedlings were subcultured onto ½ MS medium containing some plant growth regulators i.e. α - naphthalene acetic acid (NAA), 6 - benzylaminopurine (BA), kinetin, and coconut water. It was found that plants grown on media with NAA 0.5 and 1.0 ppm at 120 days had better growth in term of height than other treatments, but number of shoot per plant was not differ.

Keywords: Seed germination, Murashige and Skoog medium, α - naphthalene acetic acid, 6 - benzylaminopurine, kinetin, coconut water

บทคัดย่อ: กล้วยไม้เอื้องนางลมเป็นกล้วยไม้ขนาดเล็ก มีการกระจายพันธุ์ที่ประเทศอินเดีย เนปาล พม่า และไทย โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโตบางชนิดมาขยายพันธุ์กล้วยไม้เอื้องนางลมในสภาพปลอดเชื้อ โดยทำการผสมเกสรกล้วยไม้เอื้องนางลมเป็นเวลา 6, 8, 10 และ 12 สัปดาห์ แล้วนำเมล็ดมาย้อมด้วยสี lacto - propionic orcein เพื่อตรวจสอบความมีชีวิตของเมล็ด เมื่อเพาะเมล็ดบนอาหารสูตร MS ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต พบว่า ฝักที่มีอายุ 6 สัปดาห์ไม่มีการงอกของเมล็ด ส่วนฝักที่มีอายุ 12 สัปดาห์มีเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดที่สูงที่สุด จากนั้นทำการย้ายต้นกล้วยไม้เอื้องนางลมลงในอาหารสูตร ½ MS ที่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโตบางชนิด ได้แก่ NAA BA Kinetin และน้ำมะพร้าว พบว่า เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารที่เติม NAA 0.5 และ 1.0 ppm เป็นเวลา 120 วัน กล้วยไม้เอื้องนางลมมีความสูงของลำลูกกล้วยที่มากที่สุด ในขณะที่จำนวนยอดของกล้วยไม้เอื้องนางลมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

คำสำคัญ: การงอกของเมล็ด Murashige and Skoog medium α - naphthalene acetic acid 6 - benzylaminopurine ไคเนติน น้ำมะพร้าว

คำนำ

กล้วยไม้เอื้องนางลมเป็นกล้วยไม้อิงอาศัยในสกุลหวาย มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Dendrobium peguanum* Lindl. ลำลูกกล้วยมีขนาดเล็ก รูปร่างค่อนข้างกลม สูงประมาณ 3 ถึง 3.5 เซนติเมตร ออกดอกบริเวณปลายยอดลำลูกกล้วย มีขนาดดอกประมาณ 1 ถึง 1.5 เซนติเมตร มีกลิ่นหอม กลีบดอกและกลีบเลี้ยงมีสีขาว กลีบปากมีสีตั้งแต่น้ำตาลเข้มไปจนถึงสีม่วง ออกดอกช่วงเดือนธันวาคมไปจนถึงเดือนกุมภาพันธ์ พบการกระจายตัวที่ประเทศอินเดีย เนปาล พม่า และไทย (Kumar *et al.,* 2011)

สถานการณ์ในปัจจุบันของกล้วยไม้มีความเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ จากการที่ดอกของกล้วยไม้มีสีสันที่สวยงามซึ่งได้รับความนิยมจากผู้เพาะเลี้ยง จึงมีการลักลอบนำกล้วยไม้ออกจากป่าเป็นจำนวนมาก ทำให้การขยายพันธุ์ในธรรมชาติไม่เพียงพอ (Prasertsongskun and Ma, 2009) การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เป็นวิธีการที่ช่วยขยายพันธุ์ได้ในปริมาณที่มากและใช้ระยะเวลาที่สั้นกว่าการขยายพันธุ์ตามธรรมชาติ เนื่องจากเมล็ดกล้วยไม้มีอาหารสะสมภายในเมล็ดน้อยมาก ไม่เพียงพอต่อการงอกของเมล็ด (Subthira *et al*., 2013) ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้มีหลายปัจจัยที่ส่งเสริมการเจริญเติบโต แต่หนึ่งในปัจจัยสำคัญที่นิยมใช้คือ การเติมสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (plant growth regulators; PGRs) ในกลุ่มของออกซินและไซโทไคนินลงไปในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ซึ่งสารควบคุมการเจริญเติบโตจะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ในระยะโพรโตคอร์มไปจนกระทั่งเจริญเติบโตเป็นต้นที่สมบูรณ์ (Tipchote and Kongbangkerd, 2010)

ตัวอย่างการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตในการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้สกุลหวาย เช่น ในการทดลองของ Pradhan and Pant (2009) ได้เพาะเมล็ดเอื้องม่อนไข่เหลี่ยม (*Dendrobium densiflorum* Lindl.) โดยการใช้อาหารเพาะเลี้ยงสูตร MS ร่วมกับ 6 - benzylaminopurine (BA) และ α - naphthalene acetic acid (NAA) พบว่าในแต่ละระยะการเติบโตมีการตอบสนองต่อการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตต่างกัน โดยระยะแรกการได้รับ NAA ที่ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตรให้ผลที่ดีที่สุด ระยะการเกิดโพรโตคอร์มการได้รับ BA ความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตรให้ผลดีที่สุด และระยะที่เริ่มมีการสร้างใบแรกการได้รับ BA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตรให้ผลดีที่สุด และการทดลองของ Subthira *et al.* (2013) ได้ใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตชักนำให้เอื้องสายล่องแล่ง (*Dendrobium aphyllum* (Roxb.) Fischer) เจริญเป็นต้นที่สมบูรณ์ โดยพบว่า การได้รับ BA ความเข้มข้นที่ 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 2.0

มิลลิกรัมต่อลิตรส่งผลให้เกิดจำนวนยอดมากที่สุด และการได้รับ BA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตรส่งผลให้ความยาวของลำลูกกล้วยเอื้องสายล่องแล่งมากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานการศึกษาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในกล้วยไม้เอื้องนางลม การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโตบางชนิดในการขยายพันธุ์กล้วยไม้เอื้องนางลม

อุปกรณ์และวิธีการ

การผสมเกสรและการเพาะเมล็ด

กล้วยไม้เอื้องนางลมเป็นกล้วยไม้ที่มีดอกขนาดเล็ก การผสมเกสรต้องใช้ความประณีตเป็นอย่างมาก การผสมเกสรต้องผสมหลังจากดอกบานเต็มที่ ดอกที่ผสมต้องไม่มีเกสรเพศผู้เข้าไปผสมปนเปื้อนก่อน การผสมเกสรควรผสมในช่วงเวลาที่อากาศไม่ร้อนจัด โดยช่วงเวลาที่เหมาะสมคือเวลาประมาณ 8:00 - 10:00 น. (Inwong, 2010) โดยเริ่มต้นจากการเด็ดกลีบปากของกล้วยไม้ออก แล้วใช้ไม้จิ้มฟันสะอาดเปิดฝาครอบเส้าเกสรเพศผู้ นำเกสรเพศผู้ออกมา นำมาแตะบริเวณแอ่งเกสรเพศเมีย บันทึกวันที่ผสม และติดป้ายที่ระบุ วัน เดือน ปี ที่ผสมไว้บริเวณก้านดอก ย้ายปลูกในโรงเรือนที่มีตาข่ายพรางแสง 50 % รดน้ำวันละ 1 ครั้ง เก็บฝักที่มีอายุ 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 สัปดาห์หลังจากการผสมเกสรมาย้อมสีเมล็ดโดยวิธีการจาก Wongnan (2010) โดยเขี่ยเมล็ดจากฝักลงบนแผ่นสไลด์ตามด้วยสีย้อม lacto - propionic orcein จำนวน 1 หยด ทิ้งไว้ 10 นาที ปิดด้วยแผ่นปิดสไลด์ ตรวจดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบ บันทึกการย้อมติดสีและขนาดของเมล็ด นับจำนวนเมล็ดที่ย้อมติดสี โดยทดลองจำนวน 3 ฝัก ฝักละ 5 ซ้ำ จากนั้นนำเมล็ดมาเพาะในอาหารสูตร Murashige and Skoog (Murashige and Skoog, 1962) ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ในสภาพปลอดเชื้อที่อุณหภูมิ 25 °C ได้รับแสง 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 30 วัน แล้วนำเมล็ดมาสังเกตภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบเพื่อนับจำนวนเมล็ดที่งอก โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) และวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย Tukey's test (honestly significant difference; HSD)

ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตบางชนิดต่อการเจริญ

ย้ายกล้วยไม้เอื้องนางลมที่เพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อความยาวของลำลูกกล้วยประมาณ 2 - 3 มิลลิเมตร มาเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร half strength Murashige and Skoog medium (½ MS) ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตแบ่งเป็น 11 กรรมวิธี ดังต่อไปนี้ กรรมวิธีที่ 1, 2 และ 3 เติม NAA ความเข้มข้น 0.5, 1.0 และ 1.5 ppm ตามลำดับ กรรมวิธีที่ 4, 5 และ 6 เติม BA ความเข้มข้น 0.5, 1.0 และ 1.5 ppm ตามลำดับ กรรมวิธีที่ 7, 8 และ 9 เติม kinetin ความเข้มข้น 0.5, 1.0 และ 1.5 ppm ตามลำดับ กรรมวิธีที่ 10 เติมน้ำมะพร้าวอ่อนความเข้มข้น 10 % และกรรมวิธีที่ 11 ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต เพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อที่อุณหภูมิ 25 °C ได้รับแสง 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 120 วัน บันทึกความสูงของลำลูกกล้วย และจำนวนยอดที่เกิด ทุก 30 วัน โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดย Tukey's test

ผลการทดลองและวิจารณ์

การเพาะเมล็ด และเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ด

จากการผสมเกสรกล้วยไม้เอื้องนางลมภายในดอกเดียวกัน พบว่า ไม่สามารถผสมตัวเองแล้วให้ฝักได้ แต่การผสมเกสรข้ามต้นสามารถผสมแล้วให้ฝักได้ การไม่สามารถผสมตัวเองได้ในกล้วยไม้สกุลหวาย พบได้ในการทดลองของ Johansen (1990) ที่ได้ผสมเกสรกล้วยไม้ในสกุลหวายจำนวน 61 ชนิด มากกว่า 1,700 ดอกภายในดอกเดียวกัน พบว่า 72 % ในจำนวนดอกทั้งหมดไม่สามารถผสมตัวเองติด และการทดลองของ Pinheiro *et al.* (2015) ที่ได้ผสมเกสรกล้วยไม้ในสกุลหวายจำนวน 103 ชนิด ประมาณ 2,500

ดอกภายในดอกเดียวกัน พบว่า 76 ชนิด ไม่สามารถผสมตัวเองได้

เมื่อผสมเกสรแล้วเกิดการติดฝักของกล้วยไม้ ฝักของกล้วยไม้มีการขยายขนาดขึ้นตามลำดับ โดยในสัปดาห์ที่ 2 และ 4 เมล็ดมีการพัฒนาการแต่เมล็ดยังไม่สามารถแยกออกมาเป็นเมล็ดเดี่ยว ดังภาพที่ 1A - B พัฒนาการของเมล็ดเห็นได้ชัดเจนและสามารถวัดขนาดของเมล็ดได้ ในสัปดาห์ที่ 6 เมล็ดมีขนาดโดยเฉลี่ยที่ 71.5 µm สัปดาห์ที่ 8 เมล็ดมีขนาดโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 97.0 µm ดังภาพที่ 1C - D และในสัปดาห์ที่ 10 และ 12 เมล็ดมีขนาดเพิ่มขึ้น โดยขนาดเมล็ดเฉลี่ยเท่ากับ 227.8 และ 230.4 µm ตามลำดับ ดังภาพที่ 1E - F และตารางที่ 1 ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Udomdee *et al.* (2014) ที่ผสมเกสรกล้วยไม้หวายโนบิเลลูกผสม แล้วนำฝักที่มีอายุ 2 ถึง 5 เดือนมาตรวจดูเมล็ดภายใน พบว่า เมล็ดมีขนาดใหญ่ขึ้นตามอายุฝักหลังจากการผสมเกสร และแทบไม่เพิ่มขนาดขึ้นหลังจากอายุ 4 เดือน

หลังจากนำเมล็ดที่ได้จากฝักที่อายุ 6 ถึง 12 สัปดาห์มาเพาะในอาหารสูตร MS เป็นเวลา 30 วัน พบว่า เมล็ดจากฝักที่มีอายุ 12 สัปดาห์หลังจากการผสมเกสร มีเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดที่มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 98.4 % รองลงมาเมล็ดจากฝักที่มีอายุ 10 สัปดาห์มีเปอร์เซ็นต์การงอกที่ 96.0 % ในขณะที่เมล็ดจากฝักที่มีอายุ 8 สัปดาห์มีเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดเพียง 15.2 % และเมล็ดจากฝักที่มีอายุ 6 สัปดาห์ไม่พบการงอกของเมล็ด (Table 1) เนื่องมาจากกระบวนการพัฒนาของเมล็ดต้องเกิดขึ้นจนกระทั่งถึงจุดหนึ่งที่เมล็ดพร้อมที่จะงอก เมื่อนำเมล็ดอ่อนมาเพาะเลี้ยงต้องใช้เวลาในการพัฒนาคัพภะจนถึงจุดที่พร้อมงอก (Piyatrakul and Apavatjrut, 2004) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Ramesh *et al.*

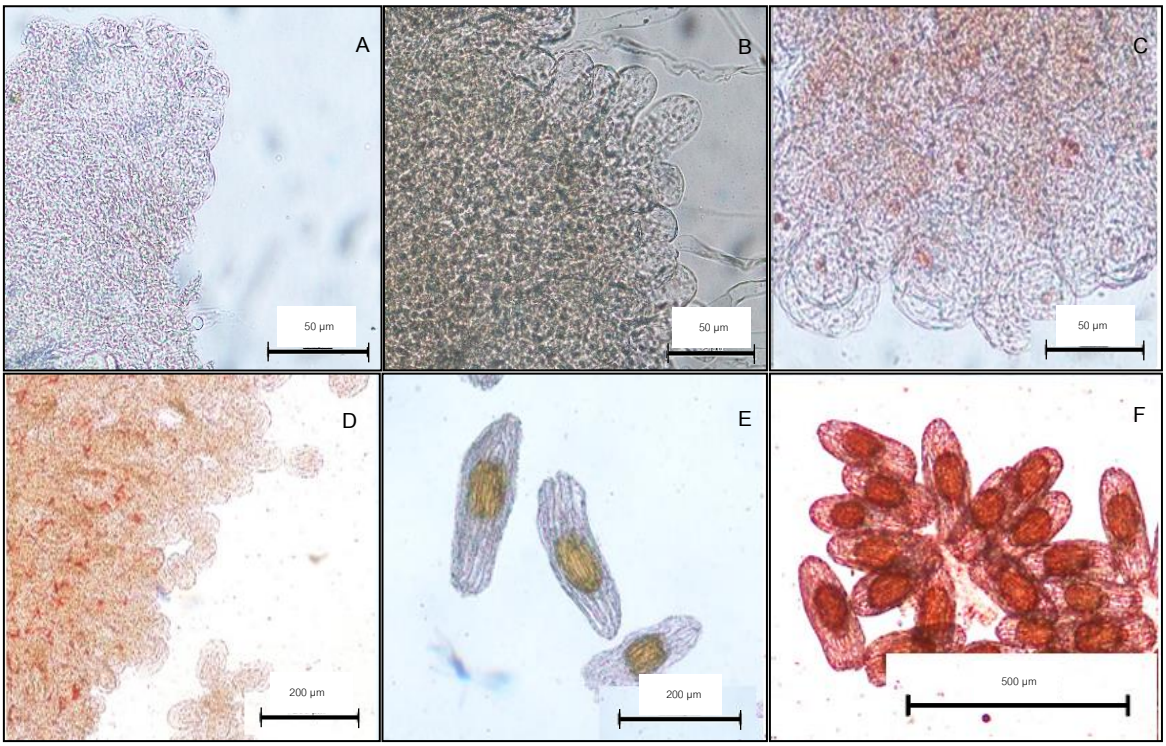

Figure 1. *Dendrobium peguanum* seeds at different seed pod age (A) 2 - weeks, (B) 4 - weeks, (C) 6 - weeks, (D) 8 - weeks, (E) 10 - weeks, and (F) 12 - weeks after pollination

Table 1. Seed size and germination at different D. *peguanum* seed pod age

Seed after pollination (weeks)	Seed size (μm)	Germination (%)
6	71.5 ± 8.9 [c]	0 [d]
8	97.0 ± 14.4 [b]	15.2 ± 1.0 [c]
10	227.8 ± 23.8 [a]	96.0 ± 0.4 [b]
12	230.4 ± 20.3 [a]	98.4 ± 0.2 [a]
F - test	*	*

Remarks: Values with different letters in columns are significantly different ($P \leq 0.05$) by Tukey's test

(2019) ที่ได้เพาะเมล็ดเอื้องแววมยุรา (*Dendrobium fimbriatum* Hook.) พบว่า เมล็ดจากฝักที่มีอายุ 280 วัน มีเปอร์เซ็นต์การงอกมากที่สุดเมื่อเทียบกับเมล็ดจากฝักที่มีอายุน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และสอดคล้องกับการทดลองของ Udomdee *et al.* (2014) ที่ได้ทดลองในกล้วยไม้หวายโนบิเลลูกผสม พบว่า เมล็ดจากฝักที่มีอายุ 4 เดือน มีเปอร์เซ็นต์การงอกมากที่สุดเมื่อเทียบกับเมล็ดจากฝักที่มีอายุน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ถ้าฝักมีอายุมากกว่า 4 เดือน มีเปอร์เซ็นต์การงอกที่ลดลงแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และลูกผสมบางรหัสไม่สามารถนำมาเพาะเมล็ดได้ เนื่องจากฝักแตก

ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตบางชนิดต่อการเจริญ

หลังจากย้ายต้นกล้วยไม้เอื้องนางลมลงในอาหารสูตร ½ MS ที่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน เมื่อผ่านไป 120 วัน พบว่า ต้นที่ปลูกในอาหารที่มี NAA 0.5 และ 1.0 ppm มีความสูงของลำลูกกล้วยมากกว่าการใช้ BA, kinetin และน้ำมะพร้าวอ่อนอย่างมีนัยสำคัญที่ 8.8 และ 12.1 มิลลิเมตร ตามลำดับ (Figure 2, Table 2) ในขณะที่การใช้ NAA ที่ความเข้มข้น 1.5 ppm ไม่ส่งผลทำให้ความสูงแตกต่างจากการใช้ plant growth regulators อื่น ๆ และ น้ำมะพร้าว สอดคล้องกับการทดลองของ Subthira *et al.* (2013) ที่ทำการทดลองใช้ BA และ NAA ในเอื้องสายล่องแล่ง พบว่า ลำลูกกล้วยที่ปลูกในอาหารที่เติม NAA มีความสูงมากกว่าที่เติม BA อย่างมีนัยสำคัญ และการทดลองของ Basker and Narmatha Bai (2010) ที่ทำการทดลองใน *Eria bambusifolia* โดยพบว่า ต้นที่ปลูกใน NAA 2.0 ppm มีความสูงของลำลูกกล้วยมากที่สุด และต้นที่ปลูกใน BA 0.5 ppm และ kinetin 0.5 ppm มีความสูงของลำลูกกล้วยน้อยที่สุดเนื่องจาก NAA เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มออกซิน หากใช้ในปริมาณที่เหมาะสม มีคุณสมบัติในการกระตุ้นให้เนื้อเยื่อแบ่งเซลล์เพิ่มจำนวน ช่วยเพิ่มขนาดของเซลล์ และมีบทบาทในการเพิ่มความยาวของเซลล์ (Surapha *et al,* 2017; Supinrach and Supinrach, 2017) ในส่วนจำนวนยอดของกล้วยไม้เอื้องนางลมเมื่อผ่านไป 120 วัน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกกรรมวิธี ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Das *et al.* (2008) ที่ทำการทดลองในเอื้องสายม่วง (*Dendrobium lituiflorum*) โดยใช้ NAA และ BA พบว่า จำนวนยอดที่เกิดจากกรรมวิธีที่ได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตทั้ง 2 ชนิดนี้ไม่มีความแตกต่างกัน และสอดคล้องกับการทดลองของ Parthibhan *et al.* (2015) ที่ได้กระตุ้นการเกิดยอดใน *Dendrobium aqueum* โดยใช้ BA และ Kinetin พบว่า จำนวนยอดที่เกิดจากกรรมวิธีที่ได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตทั้ง 2 ชนิดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดย BA kinetin และน้ำมะพร้าว เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มไซโทไคนินมีผลต่อการกระตุ้นการแบ่งเซลล์ และการเจริญเติบโตด้านข้างของพืช แต่ความเข้มข้นของไซโทไคนินที่สูงจะส่งผลต่อการยับยั้งการเกิดยอดใหม่ของกล้วยไม้ (Kuichucheep, 2011; Santarunai, 2015)

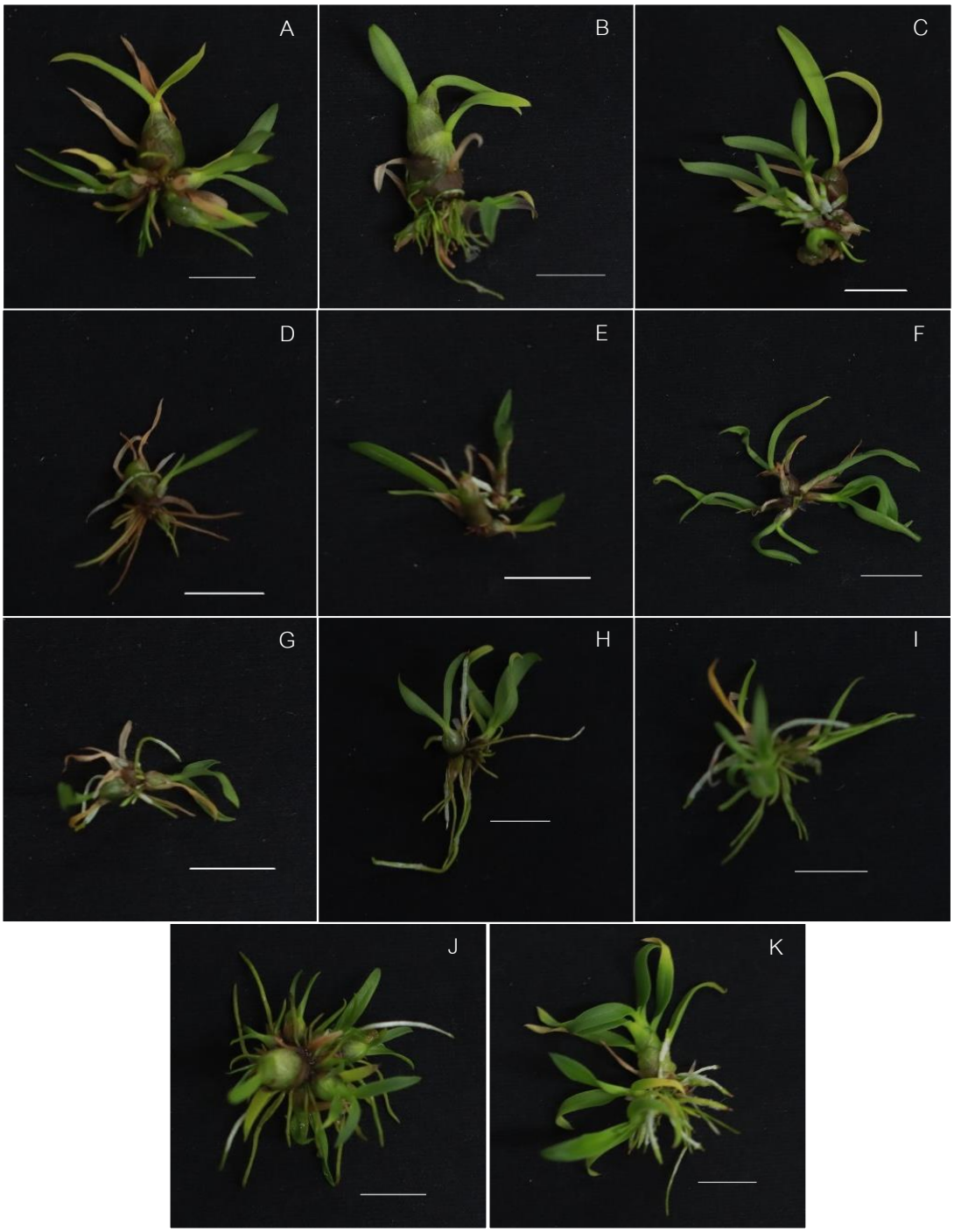

Figure 2. Growth of *Dendrobium peguanum in vitro* at 120 day after culture (A - C) NAA at 0.5, 1.0 and 1.5 ppm, (D - F) BA at 0.5, 1.0 and 1.5 ppm, (G - I) kinetin at 0.5, 1.0 and 1.5 ppm, (J) coconut water at 10 % and (K) free hormone; bar = 1 cm

Table 2. Effect of plant growth regulators on *Dendrobium peguanum* plant height and number of shoot per plant at 120 - day after culture

PGRs	Concentration	Height (mm)	Number of shoots per plant
NAA	0.5 ppm	8.8 ± 0.8 [ab]	2.2 ± 0.4
NAA	1.0 ppm	12.1 ± 1.4 [a]	2.7 ± 0.4
NAA	1.5 ppm	7.8 ± 1.4 [b]	2.8 ± 0.7
BA	0.5 ppm	6.0 ± 0.8 [b]	1.8 ± 0.3
BA	1.0 ppm	6.3 ± 0.3 [b]	3.2 ± 0.4
BA	1.5 ppm	6.2 ± 0.3 [b]	3.5 ± 0.5
Kinetin	0.5 ppm	5.8 ± 0.5 [b]	2.4 ± 0.3
Kinetin	1.0 ppm	5.5 ± 0.4 [b]	3.1 ± 0.5
Kinetin	1.5 ppm	6.3 ± 0.4 [b]	2.5 ± 0.3
CW	10 %	7.6 ± 0.5 [b]	3.6 ± 0.8
FH	-	8.3 ± 0.7 [b]	2.9 ± 0.6
F - test		*	ns

Remarks: Values with different letters in columns are significantly different ($P \leq 0.05$) by Tukey's test; CW = coconut water, FH = free hormone, ns = not significant

สรุป

กล้วยไม้เอื้องนางลม เป็นกล้วยไม้ที่ต้องผสมเกสรข้ามต้นจึงสามารถติดฝักได้ดี และอายุฝักที่เหมาะสมต่อการนำมาเพาะเมล็ดคือ 12 สัปดาห์หลังจากการผสมเกสร และฝักที่มีอายุ 6 สัปดาห์หลังการผสมเกสรไม่มีการงอกของเมล็ด หลังจากที่ต้นงอกจากเมล็ดแล้ว การย้ายปลูกเลี้ยงกล้วยไม้เอื้องนางลมให้ต้นมีความสมบูรณ์ ควรย้ายต้นอ่อนลงเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร ½ MS ที่มีการเติม NAA ความเข้มข้น 1.0 ppm ซึ่งมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้เอื้องนางลมมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

Basker, S. and V. Narmatha Bai. 2010. *In vitro* propagation of an epiphytic and rare orchid *Eria bambusifolia* Lindl. Research in Biotechnology 1: 15-20.

Das, M.C., S. Kumaria and P. Tandon. 2008. *In vitro* Propagation and Conservation of *Dendrobium lituiflorum* Lindl Through Protocorm-like Bodies. Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology 17(2): 177-180.

Inwong, M. 2010. Intersectional crossability of Thai and commercial *Dendrobium* cultivar. M.S. Thesis. Chiang Mai University, Chiang Mai. 66 p. (in Thai)

Johansen, B. 1990. Incompatibility of *Dendrobium* (Orchidaceae). Botanical Journal of the Linnean Society 103(2): 165-196.

Kuichucheep, A. 2011. Utilizing coconut water mixed bio - extracted water as plant supplements for soybean production. M.S. (Environmental Management) Thesis. National Institute of Development Administration, Bankok. 170 p. (in Thai)

Kumar, P., G.S. Rawat and H.P. Wood. 2011. Diversity and Ecology of *Dendrobiums* (Orchidaceae) in Chotanagpur Plateau, India. Taiwania 56(1): 23-36

Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A Revised Medium for Rapid Growth and Bio Assays with Tobacco Tissue Cultures. Physiologia Plantarum 15: 473-497.

Parthibhan, S., M.V. Rao and T.S. Kumar. 2015. *In vitro* regeneration from protocorms in *Dendrobium aqueum* Lindley - An imperiled orchid. Journal of Genetic Engineering and Biotechnology 13(2): 227-233.

Pinheiro, F., D. Cafasso, S. Cozzolino and G. Scopece. 2015. Transitions between self-compatibility and self-incompatibility and the evolution of reproductive isolation in the large and diverse tropical genus *Dendrobium* (Orchidaceae). Annals of Botany 116(3): 457-467.

Piyatrakul, P. and P. Apavatjrut. 2004. Affect of Pod Age on Seed Germination of *Habenaria rhodocheila* Hance in Aseptic Conditions. Journal of Agriculture 20(3): 230-235. (in Thai)

Pradhan, S. and B. Pant. 2009. *In vitro* seed germination in *Cymbidium elegans* Lindl. and *Dendrobium densiflorum* Lindl. ex Wall. (Orchidaceae). Journal of Plant Science 6: 100-102.

Prasertsongskun, S. and S. Ma. 2009. Effect of plant growth regulator on plant tissue culture of *Dendrobium hercoglossum* Rchb.f. Journal of Yala Rajabhat University 4(2): 85-91. (in Thai)

Ramesh, T., P. Renganathan and M. Prabhakaran. 2019. *In vitro* studies on *Dendrobium fimbriatum* Hk.F - An endangered orchid. Journal of Applied and Advanced Research 4(4): 100- 103.

Santarunai, N. 2015. Effect of Medium and Plant Growth Regulator on Development and (*Dendrobium friedericksianum* Rchb. f.) of Orchid *In vitro*. The National Conference and Research Presentation 2: 155-162. (in Thai)

Subthira,T., S. Suntaranond and S. Bunnag. 2013. Effects of plant growth regulator on *in vitro* culture of *Dendrobium aphyllum* (Roxb.). KKU Research Journal (Graduate Studies) 13(1): 1-13. (in Thai)

Supinrach, S. and I. Supinrach. 2014. Effects of IBA and NAA on Rooting for the Orchid Plantlet *Rhynchostylis gigantea* (Lindl.) Ridl. 'Cartoon'. Thai Science and Technology Journal 22(4): 507-514. (in Thai)

Surapha, K., K. Sareetid, M. Srinongnooch, T. Sri-in and K. Tangjitman. 2017. Effect of NAA (Naphthalene Acetic Acid) and IBA (Indolebutyric Acid) concentration on rooting of *Grammatophyllum specinocum* BL. shoot *in Vitro*. KRU National Academic Conference 5: 166-173. (in Thai)

Tipchote, A. and A. Kongbangkerd. 2010. Effect of sericin on growth and development of protocorm of *Grammatophyllum speciosum* Bl. NU International Journal of Science 6(2): 221-229. (in Thai)

Udomdee, W., P.J. Wen, C.Y. Lee, S.W. Chin and F.C. Chen. 2014. Effect of sucrose concentration and seed maturity on *in vitro* germination of *Dendrobium* nobile hybrids. Plant Growth Regulation 72(3): 249-255.

Wongnan, O. 2010. Intersectional crossability of some *Cymbidium* species. M.S. Thesis. Chiang Mai University, Chiang Mai. 85 p. (in Thai)

การวิเคราะห์พันธุกรรมของกล้วยไม้รองเท้านารีแดงสิงขร

Genetic Analysis of *Paphiopedilum myanmaricum*

วิชรุจญ์ ทองคำ ณัฐา โพธาภรณ์ ฉันทลักษณ์ ติยายน และ วีณัน บัณฑิตย์*

Wicharuj Tongkham, Nuttha Potapohn, Chantalak Tiyayon and Weenun Bundithya*

ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

**Corresponding author: Email: weenun.b@cmu.ac.th*

(Received: 2 February 2020; Accepted: 24 February 2020)

Abstract: *Paphiopedilum myanmaricum* is a new species in subgenus *Brachypetalum* recently discovered in 2017. Leaf and flower characters are very similar to *Paphiopedilum josianae*. This research applied RAPD (random amplified polymorphic DNA) technique to compare *P. myanmaricum* with 10 other species in the same subgenus. Thirty RAPD primers were screened, 7 of which were able to amplify clear polymorphic bands with sizes ranging from 180 to 2000 bp. Similarity coefficients were calculated and dendrogram was constructed by UPGMA using NTSYS (version 2.2). The results showed that 11 *Paphiopedilum* species in subgenus *Brachypetalum* could be divided into 2 clusters of 4 subgroups with similarity coefficients ranging from 0.400 to 0.850. Genetic variation was in accordance with flower characteristics of each species. Some common flower characters, however, could be identified within each subgroup. Dendrogram analysis revealed close relationship between *Paphiopedilum concolor* and *P. concolor* var. *hennisianum* with the highest similarity coefficients of 0.850 and between *P. myanmaricum* and *P. josianae* with similarity coefficients of 0.663. The RAPD results enable genetic assessment of *P. myanmaricum* among other species in subgenus *Brachypetalum*. Chromosome study of *P. myanmaricum* by Feulgen squash method indicated a chromosome number 2n = 26. This information can be applied for plant identification and breeding program.

Keywords: Subgenus *Brachypetalum*, genetic analysis, RAPD technique, chromosome number

บทคัดย่อ: กล้วยไม้รองเท้านารีแดงสิงขรจัดเป็นรองเท้านารีสายพันธุ์ใหม่ในสกุลย่อย *Brachypetalum* ที่ค้นพบในปี พ.ศ. 2560 ลักษณะใบและดอกมีความใกล้เคียงกับรองเท้านารีเหลืองสิงขร งานวิจัยนี้ใช้เทคนิคอาร์เอพีดี (random amplified polymorphic DNA) เพื่อเปรียบเทียบรองเท้านารีแดงสิงขรกับรองเท้านารีอีก 10 สายพันธุ์ในสกุลย่อยเดียวกัน เมื่อคัดกรองไพรเมอร์ 30 ไพรเมอร์ พบว่า 7 ไพรเมอร์ให้แถบดีเอ็นเอที่ชัดเจนและมีรูปแบบต่างกัน ขนาด 180 - 2000 คู่เบส การคำนวณค่าดัชนีความเหมือนด้วยโปรแกรม NTSYS (เวอร์ชัน 2.2) โดยวิธีจัดกลุ่ม UPGMA พบว่า สามารถจัดกลุ่มรองเท้านารี 11 สายพันธุ์ในสกุลย่อย *Brachypetalum* ออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ 4 กลุ่มย่อย โดยมีค่าดัชนีความเหมือน 0.400 - 0.850 ความต่างทางพันธุกรรมมีความสอดคล้องกับลักษณะเฉพาะของดอกในแต่ละสายพันธุ์ อย่างไรก็ตาม ดอกภายในกลุ่มย่อยมีลักษณะทั่วไปบางประการร่วมกัน จากแผนภูมิความสัมพันธ์พบว่า รองเท้านารีเหลืองปราจีนและรองเท้านารีเหลืองอุดรมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกันมากที่สุด มีค่าดัชนีความเหมือน 0.850 ส่วนรองเท้านารีแดงสิงขรและรองเท้านารีเหลืองสิงขรมีค่าดัชนีความเหมือน 0.663 ดังนั้น การใช้เทคนิคอาร์เอพีดีสามารถประเมินความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของรองเท้านารีแดงสิงขรกับรองเท้านารีสายพันธุ์อื่นในสกุลย่อย *Brachypetalum* ได้ การศึกษาโครโมโซมของรองเท้านารีแดงสิงขรด้วยวิธี Feulgen squash พบว่า มีจำนวนโครโมโซม 2n = 26 ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้ในการวางแผนการจัดจำแนกพืชและการปรับปรุงพันธุ์ต่อไปได้

คำสำคัญ: สกุลย่อยบราคีเพทาลัม การวิเคราะห์พันธุกรรม เทคนิคอาร์เอพีดี จำนวนโครโมโซม

คำนำ

กล้วยไม้รองเท้านารีหรือ “lady slipper” เป็นกล้วยไม้ที่มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนและเขตหนาวของโลก จัดอยู่ในวงศ์ Orchidaceae ปัจจุบันพบ 5 สกุล คือ *Cypripedium*, *Maxipedium*, *Paphiopedilum*, *Phragmipedium* และ *Selenipedium* (Cribb, 1998) ซึ่งกล้วยไม้รองเท้านารีสกุล *Paphiopedilum* พบในเขตร้อนของทวีปเอเชีย ประกอบด้วย 90 สายพันธุ์และอีก 17 สายพันธุ์เป็นลูกผสมตามธรรมชาติ (Renz, 2011) รองเท้านารีเป็นกล้วยไม้ที่หายาก และมีความสวยงามทั้งในด้านรูปทรงและสีสันดอกที่หลากหลายและอายุการบานของดอกที่ยาวนาน 1 ถึง 2 เดือน ลักษณะเฉพาะของกล้วยไม้รองเท้านารีคือกลีบปากได้เปลี่ยนรูปเป็นถุงห้อยคล้ายหัวรองเท้า จึงทำให้รองเท้านารีเป็นกล้วยไม้ที่ได้รับความนิยมในกลุ่มนักเลี้ยงและนักสะสมกล้วยไม้จากทั่วโลก (Koopowitz, 2008) บริเวณเทือกเขาหินปูนในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้แถบประเทศไทย เมียนมาร์ ลาว และเวียดนาม เป็นถิ่นกำเนิดของกล้วยไม้รองเท้านารีหลายสายพันธุ์ โดยเฉพาะสกุลย่อย *Brachypetalum* ซึ่งมีลักษณะหน้าใบลายแบบลายหินอ่อนสีเขียวเข้มสลับเขียวเทาและใต้ใบมีจุดสีม่วงขึ้นหนาแน่น ก้านช่อดอกค่อนข้างสั้น สามารถออกดอกได้ 1 - 2 ดอกในหนึ่งก้านช่อ ดอกขนาดกลาง สีขาว สีครีมไปจนถึงสีเหลืองเข้ม และมักมีจุดประสีม่วงกระจายบนกลีบดอก กลีบปากรูปทรงรีขอบกลีบบนพับม้วนเข้าสตามิโนด (staminode) รูปทรงไข่ หรือรูปทรงคล้ายหัวใจขนาดเล็ก (Cribb, 1998) รองเท้านารีในสกุลย่อย *Brachypetalum* ในประเทศไทยพบได้ 9 สายพันธุ์ คือ รองเท้านารีฝาหอย (*Paphiopedilum bellatulum*) รองเท้านารีเหลืองปราจีน (*Paphiopedilum concolor*) รองเท้านารีเหลืองอุดร (*Paphiopedilum concolor* var. *hennisianum*) รองเท้านารีเหลืองกาญจน์ (*Paphiopedilum concolor* var. *striatum*) รองเท้านารีเหลืองตรัง (*Paphiopedilum leucochilum*) รองเท้านารีขาวชุมพร (*Paphiopedilum godeforyae*) รองเท้านารีช่องอ่างทอง (*Paphiopedilum* x *ang - thong*) รองเท้านารีขาวสตูล (*Paphiopedilum niveum*) และรองเท้านารีขาวพังงา (*Paphiopedilum thaianum*)

ในปี ค.ศ. 2017 Koopowitz *et al.* ค้นพบรองเท้านารีสายพันธุ์ใหม่ในสกุลย่อย *Brachypetalum* และตั้งชื่อว่า *Paphiopedilum myanmaricum* Koopowitz, Iamwir. & Laohap. 2017 ซึ่งมีชื่อไทยว่า “รองเท้านารีแดงสิงขร” โดยถิ่นกำเนิดของรองเท้านารีสายพันธุ์นี้

พบได้ที่เทือกเขาหินปูนทางตอนใต้ของเมียนมาร์ โดยจะเกาะอาศัยอยู่ตามหน้าผาหรือซอกผาหินปูน ใบมีลักษณะเป็นรูปแถบขอบขนาน หน้าใบลายแบบลายหินอ่อนสีเขียวเข้มสลับเขียวเทาและใต้ใบมีจุดสีม่วงขึ้นหนาแน่น ก้านช่อดอกสั้นโค้งอ่อนลงและมีขนสั้นสีขาวขึ้นปกคลุมโดยทั่ว ดอกมีขนาดใหญ่เมื่อบานเต็มที่มีขนาด 6.8 - 8 เซนติเมตร ดอกมีสีเหลืองอ่อนถึงเหลือง และมีลายเส้นสีม่วงแดงกระจายเรียงตัวค่อนข้างเป็นแนวยาวตามกลีบดอกและกลีบเลี้ยง กลีบปากเป็นรูปไข่ ขอบกลีบปากด้านบนพับกลับเข้าและมีจุดสีม่วงแดงกระจายทั่วทั้งกลีบปาก สตามิโนดเป็นรูปทรงคล้ายหัวใจปลายล่างแหลมมีจุดสีม่วงแดงขนาดเล็กกระจายค่อนข้างหนาแน่น ช่วงปลายล่างมีขนสีขาวบริเวณขอบด้านบนและมีจุดสีเหลืองอมเขียวอยู่ตรงกลาง (Koopowitz *et al*., 2017) ซึ่งรองเท้านารีแดงสิงขรนี้มีลักษณะดอกและใบค่อนข้างคล้ายกับรองเท้านารีเหลืองสิงขร (*P. josianae*) การจำแนกรองเท้านารีสองสายพันธุ์นี้ด้วยลักษณะใบเพียงอย่างเดียวไม่สามารถแยกความแตกต่างได้ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้จึงประยุกต์เทคนิคอาร์เอพีดีเพื่อวิเคราะห์พันธุกรรมรองเท้านารีแดงสิงขร รองเท้านารีเหลืองสิงขร และรองเท้านารีอีก 9 สายพันธุ์ในสกุลย่อย *Brachypetalum* และศึกษาจำนวนโครโมโซมของรองเท้านารีแดงสิงขรซึ่งเป็นรองเท้านารีสายพันธุ์ใหม่ล่าสุดในสกุลย่อยนี้ ซึ่งข้อมูลทั้งหมดที่ได้สามารถนำไปใช้ในการวางแผนการจัดจำแนกพืชและการปรับปรุงพันธุ์ได้

อุปกรณ์และวิธีการ

กล้วยไม้รองเท้านารีสกุล *Paphiopedilum* ที่ใช้ในการศึกษา

กล้วยไม้รองเท้านารีสกุลย่อย *Brachypetalum* 11 สายพันธุ์ได้แก่ รองเท้านารีฝาหอย (*P. bellatulum*) รองเท้านารีเหลืองปราจีน (*P. concolor*) รองเท้านารีเหลืองอุดร (*P. concolor* var. *hennisianum*) รองเท้านารีเหลืองกาญจน์ (*P. concolor* var. *striatum*) รองเท้านารีเหลืองตรัง (*P. leucochilum*) รองเท้านารีเหลืองสิงขร (*P. josianae*) รองเท้านารีแดงสิงขร (*P. myanmaricum*) รองเท้านารีขาวชุมพร (*P. godeforyae*) รองเท้านารีช่องอ่างทอง (*P.* x *ang - thong*) รองเท้านารีขาวสตูล (*P. niveum*) และรองเท้านารีขาวพังงา (*P. thaianum*) (Figure 1)

การสกัดและเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ

ใช้ใบอ่อนของรองเท้านารีเพื่อสกัดดีเอ็นเอตามวิธีของ CTAB จาก Doyle and Doyle (1990) และ Duangkhet *et al*. (2014) และคัดกรองไพรเมอร์อาร์เอ-พีดี 30 ไพรเมอร์ คือ OPA01, OPA02, OPA03, OPA04, OPA05, OPA06, OPA07, OPA08, OPA09, OPA10, OPF01, OPF02, OPF03, OPF06, OPF07, OPF08, OPF09, OPF11, OPF12, OPF13, OPN02, OPN04, OPN05, OPN06, OPN07, OPN08, OPN10, OPN14, OPN16 และ OPN18

เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยเทคนิคพีซีอาร์ ประกอบด้วยดีเอ็นเอ 20 ng ไพรเมอร์ 100 ng PCR master mix (SOLIS BIODYNE) 4 µl และ dH_20 14 µl ปริมาตรรวม 20 µl ปฏิกิริยามี 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 บ่มที่อุณหภูมิ 94 °C นาน 4 นาที จำนวน 1 รอบ ขั้นตอนที่ 2 บ่มที่อุณหภูมิ 94 °C นาน 30 วินาที 37 °C นาน 1 นาที 72 °C นาน 2 นาที รวม 44 รอบ ขั้นตอนที่ 3 บ่มที่อุณหภูมิ 72 °C นาน 10 นาที โดยใช้วิธีของ Taywiya *et al.* (2008) จากนั้นตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอโดยทำอิเล็กโทรโฟรีซิสในเจลอะกาโรสความเข้มข้น 1.8 %

การวิเคราะห์ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ

บันทึกข้อมูลลายพิมพ์ดีเอ็นเอของรองเท้านารี ในสกุลย่อย *Brachypetalum* ทั้ง 11 สายพันธุ์ ที่ได้จากเทคนิคอาร์เอพีดี คำนวณค่าดัชนีความเหมือน (similarity coefficient) และวิเคราะห์การจัดกลุ่ม (cluster analysis) โดยสร้างแผนภูมิความสัมพันธ์ (dendrogram) ด้วยวิธีการจัดกลุ่มแบบ UPGMA (unweighted pair group method with arithmetic average) ด้วยโปรแกรม NTSYS - pc version 2.2

การศึกษาจำนวนโครโมโซมของรองเท้านารีแดงสิงขร

การปลูกเลี้ยงรองเท้านารีแดงสิงขรในเครื่องปลูกที่มีส่วนผสมของหินภูเขาไฟ ไฮโดรตอน เปลือกสน และกาบมะพร้าวสับขนาดเล็ก อัตราส่วน 1 : 1 : 1 : 1 ให้ปุ๋ยน้ำสูตรเสมอ 20 - 20 - 20 และให้

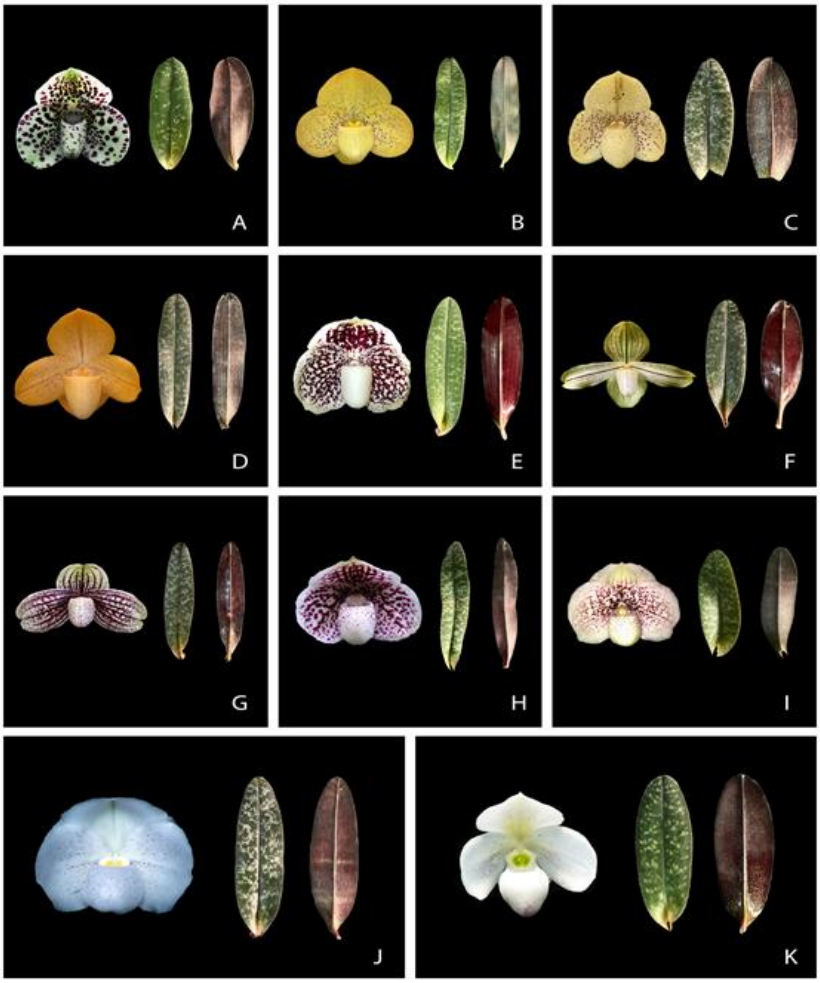

Figure 1. Flower and leaf characters of 11 *Paphiopedilum* species (subgenus *Brachypetalum*) in this study. A) *P. bellatulum*, B) *P. concolor*, C) *P. concolor* var. *hennisianum*, D) *P. concolor* var. *striatum*, E) *P. leucochilum*, F) *P. josianae*, G) *P. myanmaricum*, H) *P. godeforyae*, I) *P.* x *ang - thong*, J) *P. niveum* and K) *P. thaianum*

สารละลาย NAA เพื่อเร่งรากสัปดาห์ละหนึ่งครั้ง ใช้มีดผ่าตัด ตัดปลายรากใหม่ความยาวประมาณ 1 เซนติเมตร ในช่วงเช้าเวลา 9:00 - 10:00 น. ศึกษาจำนวนโครโมโซมจากเซลล์ปลายรากโดยใช้เทคนิค Feulgen squash และตามวิธีของ Sanpote (2009) และ Górniak *et al*. (2014) โดยนับจำนวนโครโมโซมจากเซลล์ระยะเมทาเฟสจำนวน 20 เซลล์ ถ่ายภาพโครโมโซมภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 1000 X

ผลการทดลองและวิจารณ์

การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยไพรเมอร์อาร์เอพีดี

จากการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอกล้วยไม้รองเท้านารีสกุลย่อย *Brachypetalum* ทั้ง 11 สายพันธุ์ ใช้ไพรเมอร์จำนวน 30 ไพรเมอร์ พบว่ามีไพรเมอร์ 15 ไพรเมอร์ ที่สามารถเพิ่มปริมาณจำนวนแถบดีเอ็นเอได้ คิดเป็น 50 % เมื่อคัดเลือกไพรเมอร์ที่ให้แถบดีเอ็นเอจำนวนมากและชัดเจน (Figure 2) มี 7 ไพรเมอร์ ให้

แถบรวม 80 แถบ ขนาดประมาณ 180 ถึง 2,000 คู่เบส เป็น monomorphic band 1 แถบ (1.25 %) และ polymorphic band 79 แถบ (98.75 %) ไพรเมอร์ที่ให้เฉพาะ polymorphic band จำนวน 6 ไพรเมอร์ ได้แก่ OPA10, OPF06, OPN04, OPN05, OPN10 และ OPN16 (Table 1)

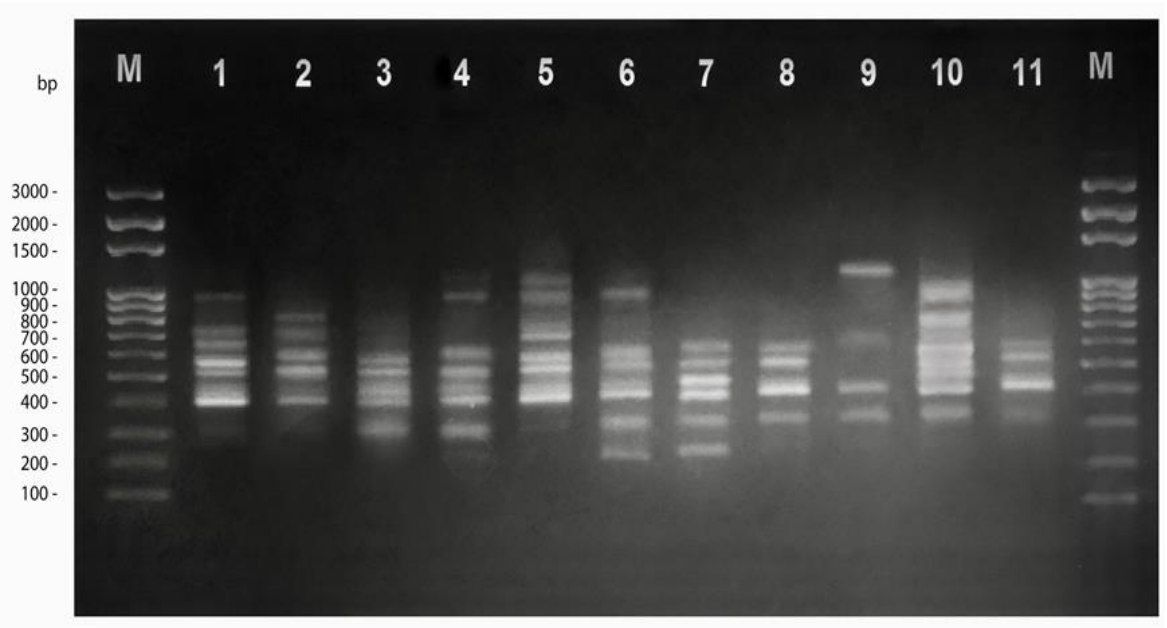

Figure 2. Genomic DNA fingerprint of 11 *Paphiopedilum* species generated by RAPD - PCR using OPN04 primer.1) *P. bellatulum*, 2) *P. josianae,* 3) *P. myanmaricum,* 4) *P. concolor,* 5) *P. concolor* var. *striatum*, 6) *P. concolor* var. *hennisianum,* 7) *P. leucochilum,* 8) *P. godeforyae,* 9) *P.* x *ang - thong,* 10) *P. niveum* and 11) *P. thaianum*

Table 1. Nucleotide sequence of each primer, number of total bands, number of polymorphic bands and number of monomorphic bands of 11 *Paphiopedilum* species

Primer	Nucleotide Sequence 5' → 3'	Total bands	Polymorphic bands	Monomorphic bands	Polymorphism (%)
OPA02	TGCCGAGCTG	7	6	1	85.71
OPA10	GTGATCGCAG	13	13	0	100
OPF06	GGGAATTCGG	14	14	0	100
OPN04	GACCGACCCA	9	9	0	100
OPN05	ACTGAACGCC	13	13	0	100
OPN10	ACAACTGGGG	8	8	0	100
OPN16	AAGCGACCTG	16	16	0	100
Total		80	79	1	-
Average		11.43	11.28	0.15	97.96

ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของกล้วยไม้รองเท้านารีในสกุลย่อย *Brachypetalum*

เมื่อใช้ข้อมูลการปรากฏแถบดีเอ็นเอโดยใช้ไพรเมอร์อาร์เอพีดี 7 ไพรเมอร์ สามารถคำนวณดัชนีความเหมือน ระหว่างตัวอย่าง โดย *P. concolor* และ *P. niveum* มีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมน้อยที่สุด มีค่าดัชนีความเหมือน 0.400 และ *P. concolor* และ *P. concolor* var. *hennisianum* มีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมใกล้ชิดกันมากที่สุด มีค่าดัชนีความเหมือน 0.850 (Table 2) สอดคล้องกับลักษณะทางสัณฐานของ *P. concolor* ที่มีลักษณะดอกสีเหลืองมีจุดสีม่วงกระจายบนกลีบดอก ก้านช่อดอกสั้น ซึ่งต่างกันมากกับ *P. niveum* ที่มีลักษณะดอกสีขาวมีจุดสีม่วงขนาดเล็กกระจายเล็กน้อยบนกลีบดอก ก้านช่อดอกค่อนข้างยาว ในทางกลับกัน *P. concolor* และ *P. concolor* var. *hennisianum* มีลักษณะดอกที่เหมือนกันมาก ดอกมีสีเหลืองมีจุดสีม่วงกระจายบนกลีบดอก ก้านช่อดอกสั้น แต่มีความต่างกันที่ลักษณะใบและแหล่งกำเนิด โดยที่ใต้ใบของ *P. concolor* มีจุดสีม่วงกระจายไม่หนาแน่น มีแหล่งกำเนิดอยู่ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างของไทยเรื่อยเข้าไปทางภาคตะวันออกและในประเทศกัมพูชา แต่ *P. concolor* var. *hennisianum* ใต้ใบมีจุดสีม่วงกระจายหนาแน่น มีแหล่งกำเนิดอยู่ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของไทยเรื่อยเข้าไปจนถึงประเทศลาว (Cribb, 1998)

เมื่อวิเคราะห์แผนภูมิความสัมพันธ์ด้วยวิธีการจัดกลุ่มแบบ UPGMA พบว่า รองเท้านารีในสกุลย่อย *Brachypetalum* ทั้ง 11 สายพันธุ์ สามารถจัดเป็น 2 กลุ่มใหญ่เมื่อพิจารณาค่าดัชนีความเหมือนที่ 0.560 ซึ่งรองเท้านารีทุกสายพันธุ์ในสองกลุ่มใหญ่มีลักษณะหน้าใบลายคล้ายหินอ่อนสีเขียวเข้มสลับเขียวเทาคล้ายคลึงกัน แต่ลักษณะทางสัณฐานของดอกในแต่ละกลุ่มมีความแตกต่างกัน กลุ่มใหญ่กลุ่มที่ 1 สามารถแบ่งออกได้เป็นอีก 2 กลุ่มย่อยเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความเหมือนที่ 0.588 โดยสมาชิกในกลุ่ม 1.1 ประกอบด้วย *P. bellatulum P. niveum* และ *P. thaianum* สมาชิกในกลุ่มที่ 1.2 ประกอบด้วย *P. josianae* และ *P. concolor* var. *striatum* กลุ่มใหญ่กลุ่มที่ 2 สามารถแบ่งออกได้เป็นอีก 2 กลุ่มย่อยเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความเหมือนที่ 0.634 โดยสมาชิกในกลุ่มที่ 2.1 ประกอบด้วย *P. myanmaricum P. leucochilum P. godeforyae* และ *P.* x *ang - thong* สมาชิกในกลุ่มที่ 2.2 ประกอบด้วย *P. concolor* และ *P. concolor* var. *hennisianum* (Figure 3)

เมื่อพิจารณาสมาชิกกลุ่ม 1.1 *P. niveum* และ *P. thaianum* ดอกมีสีขาวและมีจุดสีม่วงกระจายเล็กน้อยบนกลีบดอกเหมือนกัน ต่างกันที่ขนาดดอกโดยเฉลี่ยของ *P. thaianum* มีขนาดเล็กกว่า *P. niveum* และสัณฐานของดอกมีความต่างสำคัญที่สตามิโนด โดย *P. thaianum* มีลักษณะเป็นแผ่นแบนรูปรีคล้ายหัวใจและมีเส้นร่างแหสีเขียวอ่อนอยู่ตรงกลาง ต่างจาก *P. niveum* ที่มีลักษณะเป็นแผ่นแบนรูปรีและมีจุดสีเหลืองอยู่ตรงกลาง (Iamwiriyakul, 2006) เมื่อพิจารณาสมาชิกกลุ่ม 1. 2 *P. josianae* และ *P. concolor* var. *striatum* ลักษณะดอกของ *P. concolor* var. *striatum* ที่กลีบเลี้ยงบนและกลีบดอกค่อนข้างแคบ รูปทรงดอกกางผึ่งออกคล้ายกับลักษณะดอกของ *P. josianae* แต่ 2 สายพันธุ์นี้มีลักษณะสตามิโนดต่างกันเล็กน้อย โดยใน *P. josianae* สตามิโนดส่วนบนค่อนข้างโค้งมนมีขนสีขาวขึ้นบริเวณขอบบนและไม่หยักเป็นร่องลึกรูปตัววีเหมือนที่พบใน *P. concolor* var. *striatum* (Koopowitz *et al*., 2018) เมื่อพิจารณาสมาชิกกลุ่ม 2.1 *P. leucochilum*, *P. godeforyae* และ *P.* x *ang - thong* ทั้ง 3 สายพันธุ์มีลักษณะดอกใกล้เคียงกัน และมีการกระจายพันธุ์ในเขตพื้นที่ใกล้เคียงกันทางภาคใต้ของไทย (Cribb, 1998) สำหรับสมาชิกกลุ่ม 2.2 *P. concolor* และ *P. concolor* var. *hennisianum* มีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมใกล้ชิดกันมากที่สุด มีค่าดัชนีความเหมือน 0.850 ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะทางสัณฐานโดยมีลักษณะดอกที่ใกล้เคียงกันมาก แตกต่างกันเฉพาะลักษณะจุดประสีม่วงที่ใต้ใบ ซึ่งการจำแนกสายพันธุ์ในกลุ่ม 2.1 และ 2.2 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Thanananta *et al*. (2017) ที่ศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมและการระบุสายพันธุ์ของกล้วยไม้รองเท้านารีสกุลย่อย *Brachypetalum* ด้วยเครื่องหมาย สก๊อต (SCoT)

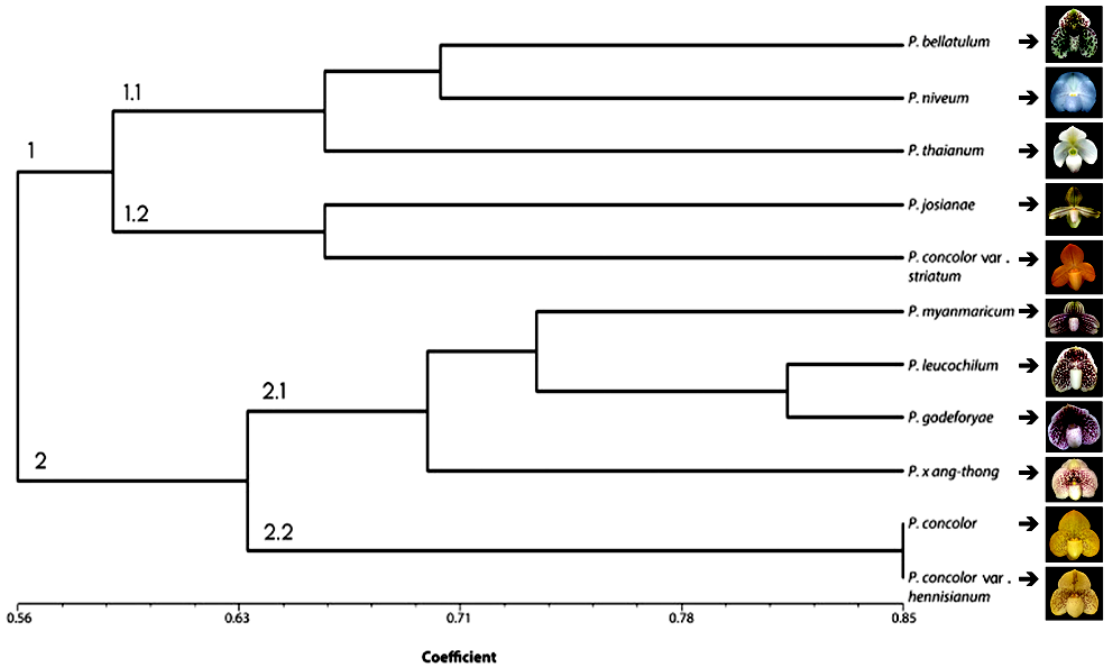

Figure 3. Dendrogram of 11 *Paphiopedilum* species in subgenus *Brachypetalum* by UPGMA

Table 2. Similarity coefficient of 11 *Paphiopedilum* species in subgenus *Brachypetalum*

Species	1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)	8)	9)	10)	11)
1)	1.000										
2)	0.675	1.000									
3)	0.613	0.663	1.000								
4)	0.525	0.550	0.688	1.000							
5)	0.588	0.663	0.675	0.638	1.000						
6)	0.525	0.525	0.713	0.850	0.613	1.000					
7)	0.588	0.588	0.675	0.588	0.475	0.688	1.000				
8)	0.625	0.675	0.788	0.600	0.513	0.625	0.813	1.000			
9)	0.538	0.688	0.675	0.588	0.525	0.613	0.650	0.763	1.000		
10)	0.700	0.525	0.438	0.400	0.613	0.425	0.463	0.450	0.513	1.000	
11)	0.700	0.600	0.613	0.550	0.563	0.575	0.638	0.650	0.638	0.6253	1.000

1)= *P. bellatulum*, 2) = *P. josianae*, 3) = *P. myanmaricum*, 4) = *P. concolor*, 5) = *P. concolor* var. *striatum*, 6) = *P. concolor* var. *hennisianum*, 7) = *P. leucochilum*, 8) = *P. godeforyae*, 9) = *P.* x *ang-thong*, 10) = *P. niveum*, 11) = *P. thaianum*

เมื่อพิจารณาระหว่าง *P. josianae* และ *P. myanmaricum* พบว่า มีลักษณะดอกที่ใกล้เคียงกัน ส่วนลักษณะใบเหมือนกันจนไม่สามารถจำแนกสายพันธุ์ได้ เมื่อจำแนกด้วยเทคนิคอาร์เอพีดี พบว่า รองเท้านารี 2 สายพันธุ์นี้มีค่าดัชนีความเหมือน 0.663 และผลจากแผนภูมิความสัมพันธ์ พบว่า *P. josianae* และ *P. myanmaricum* ถูกแยกต่างกลุ่มอย่างชัดเจน โดยที่ *P. josianae* ถูกจัดให้อยู่กลุ่ม 1.2 ร่วมกับ *P. concolor* var. *striatum* และ *P. myanmaricum* ถูกจัดให้อยู่กลุ่ม 2.1 ร่วมกับ *P. leucochilum*, *P. godeforyae* และ *P.* x *ang - thong* สอดคล้องกับการศึกษาของ Chung *et al*. (2006) ที่ศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมระหว่างกล้วยไม้รองเท้านารีสกุล *Paphiopedilum* และสกุล *Phragmipedium* โดยใช้เทคนิคอาร์เอพีดี ซึ่งผลจากการศึกษา พบว่า กล้วยไม้รองเท้านารีทั้งสองสกุลสามารถจำแนกออกจากกันได้อย่างชัดเจนและสอดคล้องกับลักษณะทางสัณฐาน ดังนั้นจึงสามารถใช้เทคนิคอาร์เอพีดีซึ่งทำได้ไม่ยากมากและสามารถให้ข้อมูลการจัดจำแนกได้ดีในการจำแนกสายพันธุ์ของรองเท้านารีทั้ง 11 สายพันธุ์ในสกุลย่อย *Brachypetalum* ได้

จำนวนโครโมโซมของรองเท้านารีแดงสิงขร

รองเท้านารีแดงสิงขรเป็นรองเท้านารีสายพันธุ์ใหม่ล่าสุดในสกุลย่อย *Brachypetalum* ซึ่งยังไม่มีข้อมูลการศึกษาเกี่ยวกับจำนวนโครโมโซม จากการศึกษาจำนวนโครโมโซมในเซลล์ระยะเมทาเฟสจากเซลล์ปลายรากโดยใช้เทคนิค Feulgen squash พบว่า *P. myanmaricum* มีจำนวนโครโมโซม 2n = 26 (Figure 4) สอดคล้องกับการรายงานของ Cribb (1998) พบว่ารองเท้านารีทุกสายพันธุ์ในสกุลย่อย *Brachypetalum* มีจำนวนโครโมโซม 2n = 26 เช่นเดียวกันกับการศึกษาของ Sanpote (2009) ได้ศึกษาจำนวนโครโมโซมของรองเท้านารี *P. bellatulum*, *P. leucochilum*, *P. godeforyae* และ *P.* x *ang - thong* ในสกุลย่อย *Brachypetalum* พบว่า รองเท้านารีทั้ง 4 สายพันธุ์มีจำนวนโครโมโซม 2n = 26

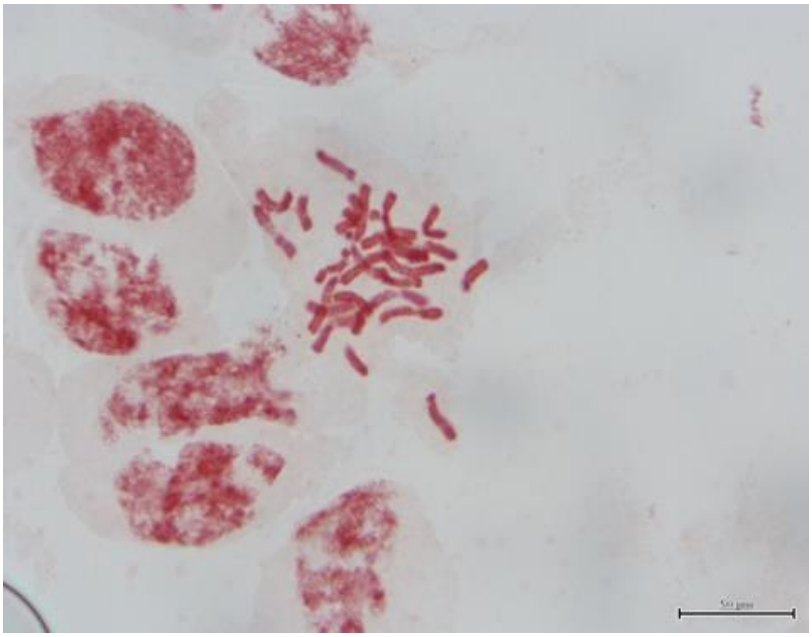

Figure 4. Chromosome number of *Paphiopedilum myanmaricum* 2n = 26 at 1000 X magnification, scale bar 50 µm

สรุป

การจัดจำแนกกล้วยไม้รองเท้านารีสกุลย่อย *Brachypetalum* 11 สายพันธุ์ ด้วยเทคนิคอาร์เอพีดี โดยใช้ไพรเมอร์ 30 ไพรเมอร์ พบว่า มีไพรเมอร์ 7 ไพรเมอร์ที่สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้จำนวนมากและให้แถบที่ชัดเจน 80 แถบ มีขนาดประมาณ 180 ถึง 2,000 คู่เบส การวิเคราะห์ค่าดัชนีความเหมือนและการจัดกลุ่มแบบ UPGMA พบว่า สามารถจัดกลุ่มรองเท้านารี 11 สายพันธุ์ออกเป็น 2 กลุ่ม โดยมีค่าดัชนีความเหมือน 0.400 - 0.850 จากแผนภูมิความสัมพันธ์ พบว่า การจัดกลุ่มสอดคล้องกับสัณฐานของดอก โดย *P. concolor* และ *P. concolor* var. *hennisianum* มีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมใกล้ชิดกันมากที่สุด มีค่าดัชนีความเหมือน 0.850 ส่วน *P. josianae* และ *P. myanmaricum* มีค่าดัชนีความเหมือน 0.663 และถูกแยกให้อยู่ต่างกลุ่มกัน และการศึกษาจำนวนโครโมโซมระยะเมทาเฟสจากปลายรากของ *P. myanmaricum* พบว่า รองเท้านารีสายพันธุ์นี้มีจำนวนโครโมโซม 2n = 26

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

เอกสารอ้างอิง

Chung. S.Y., S.H. Choi, M.J. Kim, K.E. Yoon, G.P. Lee, J.S. Lee and K.H. Ryu. 2006. Genetic relationship and differentiation of *Paphiopedilum* and *Phragmipedium* based on RAPD analysis. Scientia Horticulturae 109(2): 153-159.

Cribb, P.J. 1998. The Genus *Paphiopedilum*. 2nd ed. Natural History Publications (Borneo) Sdn. BHd., Kota Kinabalu, Sabah. 427 p.

Doyle. J.J. and J.L. Doyle. 1990. Isolation of plant DNA from fresh tissue. Focus 12(1): 13-15.

Duangkhet. M., N. Potapohn and W. Bundithya. 2014. Genetic relationship analysis of dwarf *Doritis pulcherrima* Lindl. by RAPD and ISSR techniques. Journal of Agriculture 30(2): 99-109. (in Thai)

Górniak, M., D.L Szlachetko, A.K. Kowalkowska, J. Bohdanowicz and C.X. Canh. 2014. Taxonomic placement of *Paphiopedilum canhii* (Cypripedioideae; Orchidaceae) based on cytological, molecular and micromorphological evidence. Molecular Phylogenetics and Evolution 70: 429-441.

Iamwiriyakul, P. 2006. *Paphiopedilum thaianum*, a new species of *Paphiopedilum* from Thailand. The Orchid Review 114(1271): 278-281.

Koopowitz, H. 2008. Tropical Slipper Orchids: *Paphiopedilum* and *Phragmipedium* Species and Hybrids. Timber Press Ins., Portland, Oregon. 411 p.

Koopowitz. H., P. Iamwiriyakul and S. Laohapatcharin. 2017. *Paphiopedilum myanmaricum*, a new species of slipper orchid (Cypripedioideae, Orchidaceae). Phytotaxa 324(1): 97-100.

Koopowitz. H., P. Iamwiriyakul and S. Laohapatcharin. 2018. *Paphiopedilum myanmaricum*, a new species of slipper orchid (Cypripedioideae, Orchidaceae). Orchid Digest 82(1): 10-15.

Renz, J. 2011. Renziana Vol.1: *Paphiopedilum*. Swiss Orchid Foundation. Friedrich Reinhardt Verlag, Basel. 100 p.

Sanpote, P. 2009. Chromosome numbers and karyotypes of some Orchidaceae genus *Paphiopedilum* in Thailand. Naresuan University Science Journal 6(1): 89-100. (in Thai)

Taywiya. P., W. Bundithya and N. Potapohn. 2008. Analysis of genetic relationship of genus *Phalaenopsis* by RAPD technique. Acta Horticulturae 788: 39-46.

Thanananta. T., T. Meesangiem and N. Thanananta. 2017. Genetic relationship assessment and identification of *Paphiopedilum* subgenus *Brachypetalum* section Brachypetalum Using SCoT markers. Thai Journal of Science and Technology 6(2): 161-170. (in Thai)

ผลผลิตในรอบปีของปาล์มน้ำมัน 8 สายพันธุ์ทางการค้า

Annual Yield of Eight Commercial Varieties of Oil Palm

ธีรภาพ แก้วประดับ[1] ธนนต์ รุ่งนิลรัตน์[1*] ศุภัครชา อภิรติกร[2]
ธีรพล ฆังคมณี[1] และ จารี ทองสกูล[1]

Theerapap Kaewpradub[1], Tanon Rungninrut[1*], Supakracha Apiratikorn[2],
Teerapol Kangkamanee[1] and Jaree Thongsakul[1]

[1]คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ อ. หาดใหญ่ จ. สงขลา 90112
[1]Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkhla 90112, Thailand
[2]คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา อ. เมืองสงขลา จ. สงขลา 90000
[2]Faculty of Agricultural Technology, Songkhla Rajabhat University, Songkhla 90000, Thailand
**Corresponding author: Email: Rungninrut.t@gmail.com*

(Received: 11 January 2021; Accepted: 16 April 2021)

Abstract: Yield study of 6 years old of 8 commercial oil palm varieties was conducted at Tha - Chiat Research Station, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Bang Kaeo district, Phatthalung province (7°36'63.9 "N latitude and 100°13'12.2" E longitude). The experiment was conducted in 2018, the planted area is a marshy, flooded area, adjusting the area by digging a single row of drainage flow. A randomized complete block design was used with 8 treatments (varieties) including PR, UT, S2, S7, GT, CP, PS, and CR with three replications (three plants per replication). The bunches number and bunches weight were recorded every months (12 times). The growth characteristics were recorded every 4 months for one year. The result found that PR, GT and PS varieties tend to have the highest yield. Moreover, January, February, and March had higher price than other months. For income, the results showed that GT oil palm variety gave the highest income at 11,697.5 baht, followed by PR and PS varieties (11,629.7 and 11,553.8 baht, respectively). For comparison of growth characters, the result showed no significant difference among varieties in terns of leaflet length, leaflet width, petiole depth, trunk diameter and leaf area. Moreover, oil yield of PS was not significant different with other varieties, but was significantly higher than PR. So, farmers should be encouraged to grow three varieties above in the same plot for good produce, yield quality, and to raise farm income and oil palm farmer security in Southern Thailand.

Keywords: Oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.), growth, oil yield, yield components

บทคัดย่อ: การศึกษาการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมันพันธุ์การค้าอายุ 6 ปี จำนวน 8 สายพันธุ์ ทำการทดลอง ณ สถานีวิจัยท่าเชียด คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.บางแก้ว จ.พัทลุง (ละติจูด 7°36'63.9"N และ ลองจิจูด 100°13'12.2"E) ทำการทดลองในปี พ.ศ. 2561 พื้นที่ปลูกเป็นที่ลุ่ม น้ำท่วมขัง มีการปรับสภาพพื้นที่โดยการขุดร่องคูระบายน้ำแบบร่องปลูกเดี่ยว วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ มี 8 กรรมวิธี (สายพันธุ์) ได้แก่ PR, UT, S2, S7, GT, CP, PS และ CR แต่ละกรรมวิธีมีจำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ต้น บันทึกลักษณะผลผลิต ได้แก่ จำนวนทะลาย และน้ำหนักทะลาย จำนวน 12 เดือน บันทึกลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นทุก 4 เดือน จนครบ 1 ปี พบว่า ผลผลิตของปาล์มน้ำมันสายพันธุ์ PR, GT และ PS มีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงที่สุด และพบว่าช่วงเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม มีราคาผลผลิตต่อกิโลกรัมที่สูงกว่าเดือนอื่น ๆ จากการคำนวณรายได้ พบว่า ปาล์มน้ำมันสายพันธุ์ GT ให้รายได้สูงสุดเท่ากับ 11,697.5 บาท รองลงมาคือสายพันธุ์ PR และ PS (11,629.7 และ 11,553.8 บาท ตามลำดับ) การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยลักษณะการเจริญเติบโต พบว่า ความยาวใบย่อย ความกว้างใบ ความหนาทางใบ ขนาดลำต้น และพื้นที่ใบไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่างพันธุ์ ลักษณะผลผลิตน้ำมันของสายพันธุ์ PS ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับสายพันธุ์อื่นแต่มีค่าสูงกว่าสายพันธุ์ PR อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นจากการพิจารณาลักษณะทั้งหมดจึงควรส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกปาล์มน้ำมันทั้ง 3 พันธุ์นี้ในแปลงเดียวกันเพื่อทำให้มีผลผลิตที่ดีมีคุณภาพ และเพื่อยกระดับรายได้และความมั่นคงให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย

คำสำคัญ: ปาล์มน้ำมัน การเจริญเติบโต ผลผลิตน้ำมัน องค์ประกอบผลผลิต

คำนำ

ปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.) จัดเป็นพืชน้ำมันที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจทั้งในประเทศไทยและในระดับโลก เนื่องจากปาล์มน้ำมันเป็นพืชน้ำมันที่ให้น้ำมันต่อหน่วยพื้นที่สูงกว่าพืชน้ำมันชนิดอื่น ๆ และสามารถให้ผลิตได้ในเขตร้อนชื้นเท่านั้น ซึ่งมีเพียง 42 ประเทศที่สามารถให้ผลผลิตได้ ประเทศที่สามารถปลูกปาล์มน้ำมันให้ได้ผลดี คือประเทศมาเลเซีย โคลัมเบีย ไทย และอินโดนีเซีย (Eksomtramage, 2015) สำหรับประเทศไทย ปาล์มน้ำมันได้ถูกนำเข้ามาปลูกในภาคใต้ของประเทศ และมีการขยายพื้นที่ปลูกอย่างรวดเร็ว ในขณะเดียวกันได้มีการขยายตัวของธุรกิจการแปรรูปปาล์มน้ำมันอย่างรวดเร็วเช่นกัน ทำให้ปัจจุบันปาล์มน้ำมันเป็นพืชน้ำมันที่มีศักยภาพในการผลิตน้ำมันเพื่อใช้สำหรับการอุปโภคและบริโภคในประเทศสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับพืชน้ำมันอื่น (Sanputawong *et al*., 2017) อย่างไรก็ตาม เนื่องจากปาล์มน้ำมันเป็นพืชยืนต้นที่มีอายุการเก็บเกี่ยวยาวนานมากกว่า 25 ปี ประกอบกับมีเกษตรกรรายใหม่หันมาปลูกปาล์มน้ำมันเพิ่มมากขึ้นทุกปี แต่ผลผลิตทะลายสดต่อพื้นที่ที่ให้ผลผลิตยังอยู่ในเกณฑ์ต่ำ อาจเนื่องจากเกษตรกรปลูกปาล์มน้ำมันในพื้นที่ที่ไม่เหมาะสม หรือพันธุ์ที่ไม่สามารถปรับตัวกับสภาพแวดล้อมของพื้นที่ปลูกนั้น ๆ ได้ การจัดการสวนและการจัดการปุ๋ยไม่เหมาะสมกับความต้องการของต้นปาล์มน้ำมัน นอกจากปัจจัยของสภาพแวดล้อมดังกล่าวจะส่งผลกระทบต่อการให้ผลผลิตทะลายแล้ว พันธุกรรมก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกระทบเช่นกัน เกิดจากเกษตรกรเลือกใช้ปาล์มน้ำมันเพียงสายพันธุ์เดียวมาปลูก (Singin *et al.,* 2018) ซึ่งปาล์มน้ำมันเหล่านี้ใช้วิธีคัดเลือกแบบวงจรซึ่งมีการผสมตัวเองหรือผสมระหว่างพี่น้องในประชากรแม่พันธุ์และพ่อพันธุ์ส่งผลให้เกิดโฮโมไซกัสยีน กล่าวคือเมื่อนำแม่พันธุ์และพ่อพันธุ์มาผสมกัน ทำให้ประชากรลูกผสมเทเนอรามีความคงตัวทางพันธุกรรมลักษณะที่แสดงออกจึงมีความใกล้เคียงกันทั้งแปลง อนึ่งถึงแม้ว่าจะมีการจัดการที่ดีการเลือกพันธุ์ที่ดีมาปลูกแล้วแต่ในบางช่วงเวลานั้นพบได้ว่ายังมีช่วงที่ปาล์มน้ำมัน

ในแปลงไม่ให้ผลผลิตหรือให้ผลผลิตต่ำ ส่งผลให้เกษตรกรขาดรายได้ไปในช่วงนั้น (Eksomtramage, 2015; Eksomtramage and Jantaraniyom, 2015)

การเลือกใช้สายพันธุ์ปาล์มน้ำมันควรเลือกสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงและสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมมีการเจริญเติบโตที่ดี ในปัจจุบันนั้นแหล่งผลิตกล้าปาล์มสายพันธุ์ต่าง ๆ ไม่ว่าสายพันธุ์จากทางหน่วยงานของรัฐหรือเอกชนมีการปรับปรุงพันธุ์ให้มีผลผลิตทั้งปีที่สูง แต่ยังไม่สามารถให้ผลผลิตที่สม่ำเสมอตลอดทั้งปี ฉะนั้นแนวทางในการปรับปรุงพันธุ์ต่อไปควรผลิตลูกผสมที่มีผลผลิตสม่ำเสมอตลอดทั้งปี หรือ ผลิตลูกผสมให้มีผลผลิตที่สูงในช่วงเดือนที่ผลผลิตทะลายปาล์มทั้งประเทศขาดแคลน จึงสามารถทำให้เกษตรกรมีรายได้สูงสุดอย่างแท้จริง เพราะปาล์มที่ให้ผลผลิตรวมสูงสุดตลอดทั้งปี อาจไม่ใช้ปาล์มที่ทำให้มีรายได้สูงสุดเสมอไป ผลจากปัญหานี้นำมาสู่การศึกษาช่วงเวลาการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมันพันธุ์ต่าง ๆ 8 สายพันธุ์ เพื่อหาสายพันธุ์ที่มีช่วงเวลาการให้ผลผลิตสม่ำเสมอ หรือสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตที่คาบเกี่ยวกันลดช่องว่างของช่วงที่ผลผลิตปาล์มน้ำมันลดลงส่งผลทำให้เกษตรกรมีผลผลิตออกจำหน่ายทั้งปี วัตถุประสงค์ของการทดลองนี้เพื่อศึกษาการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมันแต่ละสายพันธุ์ในแต่ละช่วงเวลาในรอบปี ศึกษาการเจริญเติบโตทางลำต้นและผลผลิตของปาล์มน้ำมันลูกผสมการค้า 8 สายพันธุ์ที่ปลูกในพื้นที่ลุ่ม และศึกษาเปอร์เซ็นต์น้ำมันของปาล์มน้ำมันแต่ละสายพันธุ์

อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาที่สถานีวิจัยท่าเชียด คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ตำบลโคกสัก อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง พื้นที่ปลูกเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำท่วมขังและมีการปรับสภาพพื้นที่โดยการขุดร่องคูระบายน้ำแบบร่องปลูกเดี่ยว ซึ่งเคยเป็นพื้นที่นาข้าวมาก่อนในอดีต

การศึกษาลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นของต้นปาล์มน้ำมัน

ศึกษาลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นของต้นปาล์มน้ำมันพันธุ์ลูกผสมเพื่อการค้า 8 สายพันธุ์ ได้แก่ หนองเป็ด (PR), อุติพันธุ์ปาล์ม (UT), สุราษฎร์ธานี 2 (S2), สุราษฎร์ธานี 7 (S7), โกลเด้นเทเนอรา (GT), คอม - แพ็ค (CP), ทรัพย์ มอ.1 (PS) และ คอสตาริกา (CR) ใช้ต้นปาล์มน้ำมันอายุ 6 ปี สายพันธุ์ละ 9 ต้น บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตเป็นเวลา 1 ปี บันทึก 3 ครั้งทุก 4 เดือน นำข้อมูลที่ได้มาเฉลี่ยเป็นการเจริญเติบโตใน 1 รอบปี ซึ่งได้แก่ลักษณะ ขนาดลำต้นปาล์มน้ำมัน โดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่บริเวณกึ่งกลางลำต้นปาล์มน้ำมัน ความสูงของต้นปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นในรอบปี โดยทำเครื่องหมายทางใบที่ 17 ในครั้งแรกที่ทำการศึกษา เมื่อถึงระยะเวลา 1 ปี วัดความสูงจากโคนต้นจนถึงโคนทางใบที่ 17 ที่ได้ทำเครื่องหมายในครั้งแรก และทำการวัดลักษณะเดียวกันจากโคนต้นไปจนถึงโคนทางไปที่ 17 ของรอบถัดไป การเจริญเติบโตของลักษณะที่เก็บและบันทึกข้อมูลจากทางใบที่ 17 ของต้นปาล์มน้ำมัน ประกอบด้วย ความกว้างใบย่อย โดยการสุ่มใบย่อยจำนวน 5 ใบที่อยู่ตรงบริเวณที่สันของทางใบเริ่มเปลี่ยนจากสันใบเรียบเป็นสันใบเหลี่ยม วัดความกว้างใบย่อยและหาค่าเฉลี่ย วัดความยาวใบย่อย โดยการแบ่งพื้นที่ของทางใบเป็น 5 ส่วน หลังจากนั้นวัดความยาวของใบย่อยในแต่ละส่วน (เพียง 1 ใบ) นำค่าความยาวใบย่อยทั้ง 5 ส่วน มาหาค่าเฉลี่ย ตำแหน่งที่วัดความกว้างและความหนาของทางใบอยู่ที่จุดกำเนิดของใบย่อยล่างสุด ตำแหน่งที่วัดความยาวทางใบอยู่ที่จุดกำเนิดของใบย่อยล่างสุดไปจนถึงปลายทางใบ จำนวนใบย่อย

พื้นที่ใบปาล์มน้ำมัน หาจากสมการของ Henson (1993)

$$LA = -0.25 + 0.455\ nlw$$

เมื่อ LA = พื้นที่ใบ (leaf area) ($ม^2$)

n = จำนวนใบย่อย

lw = ค่าเฉลี่ยของความยาวใบย่อย x ค่าเฉลี่ยความกว้างใบย่อย

การศึกษาผลผลิตของปาล์มน้ำมัน

ปริมาณผลผลิตปาล์มน้ำมัน ได้จากน้ำหนักสดทะลายและนับจำนวนทะลายปาล์มน้ำมัน เก็บ

ตัวอย่างทะลายสดที่สุกเต็มที่จากต้นปาล์มน้ำมันทั้ง 8 สายพันธุ์ นำมาชั่งน้ำหนัก โดยชั่งทุกครั้งที่เก็บผลผลิตและชั่งทุกทะลายที่ถูกเก็บเกี่ยวในทุกรอบของการเก็บเกี่ยวผลผลิต แล้วนำไปหาค่าผลผลิตทะลายสดของแต่ละสายพันธุ์ การคำนวณรายได้ทำโดยการใช้ผลผลิตทะลายสดคูณกับราคาเฉลี่ยย้อนหลัง 4 ปี การวิเคราะห์องค์ประกอบของทะลายปาล์มน้ำมัน โดยเก็บตัวอย่างทะลายปาล์มน้ำมัน 3 ทะลายในแต่ละสายพันธุ์มาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทะลาย องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตน้ำมันตามวิธีการของ Corley and Tinker (2003)

การวิเคราะห์ข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) (Soonsuwon, 2006) มีทั้งหมด 8 กรรมวิธี (สายพันธุ์) โดยแบ่งเป็น 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ต้น ในลักษณะผลผลิตซึ่งได้แก่จำนวนทะลายและน้ำหนักทะลายบันทึกข้อมูลทุกเดือน สำหรับลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นนั้นบันทึกข้อมูลทุก ๆ 4 เดือน วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม R (R - language and environment for statistical computing and graphics) version 2.14.0 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) (R Development Core Team, 2008)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการเก็บข้อมูลผลผลิตในแต่ละเดือนจนครบ 1 ปี พบว่า ปาล์มน้ำมันสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงสุด 3 อันดับแรกได้แก่ PR, GT และ PS (3,198, 3,174 และ 3,153 กิโลกรัม ตามลำดับ) ส่วนสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตต่ำสุดคือ CP (2,506 กิโลกรัม) เมื่อพิจารณาการให้ผลผลิตในแต่ละเดือน ปาล์มน้ำมันแต่ละสายพันธุ์ให้ผลผลิตสูงอยู่ในช่วงเดือนเมษายนถึง สิงหาคม ซึ่งในเดือนสิงหาคมปาล์มน้ำมันให้ผลผลิตสูงสุด คือ 411 กิโลกรัม และผลผลิตลดต่ำลงมากในช่วงเดือน มกราคม ถึง มีนาคม โดยเฉพาะเดือนมีนาคมนั้นปาล์มน้ำมันให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำที่สุดในรอบปี คือ 95 กิโลกรัม จะเห็นได้ว่าสายพันธุ์ PR, GT มีความสามารถในการให้ผลผลิตที่สูงและสม่ำเสมอ อีกทั้งมีความสามารถในปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมแบบพื้นที่นาร้างเดิมก่อนเปลี่ยนมาปลูกปาล์มน้ำมัน เพราะมีค่าเฉลี่ยผลผลิตสูงกว่าค่าเฉลี่ยรวมอยู่ 8 เดือน ส่วนพันธุ์ CP สามารถปรับตัวเข้ากับพื้นที่นาร้างเดิมได้ต่ำที่สุด มีค่าเฉลี่ยผลผลิตสูงกว่าค่าเฉลี่ยรวมอยู่เพียง 3 เดือน (Table 1) การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยผลผลิตของแต่ละสายพันธุ์กับค่าเฉลี่ยรวมของทุกสายพันธุ์ทำให้สามารถมองเห็นศักยภาพของแต่ละสายพันธุ์ถึงการให้ผลผลิตที่สม่ำเสมอ การให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมันว่ามีมากหรือน้อยนั้นปัจจัยที่สำคัญคือสัดส่วนเพศ สัดส่วนเพศหมายถึงสัดส่วนของช่อดอกเพศเมียต่อช่อดอกทั้งหมด Corley and Gray (1976) รายงานว่าสัดส่วนเพศลดลงตามอายุของปาล์มจาก 90 % ในปาล์ม 4 ปี หลังปลูก เป็น 60 % ในปาล์มอายุ 15 ปี ทั้งในประเทศมาเลเซียและไนจีเรีย และอีกประการหนึ่งคือการผลิตทางใบของปาล์มน้ำมันแต่ละสายพันธุ์ส่งผลโดยตรงกับสัดส่วนเพศ และจำนวนทะลายที่เกิดขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ กล่าวคือถ้าสายพันธุ์ใดมีการผลิตทางใบต่อปีที่สูง มีโอกาสที่ส่งผลต่อผลผลิตที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากในหนึ่งทางใบมีหนึ่งตาดอก ซึ่งสามารถพัฒนาไปเป็นดอกเพศผู้หรือดอกเพศเมียก็ได้ขึ้นอยู่กับความชื้นในบรรยากาศ และจำนวนของทางใบใหม่ที่ผลิตขึ้นมีจำนวนน้อยในปีแรกหลังปลูก หลังจากนั้นเพิ่มเป็น 40 ทางใบต่อปี ในปีที่ 2 หลังปลูก เมื่อปาล์มมีอายุมากขึ้นการผลิตทางใบลดลง (Jacquemard, 1979; Gerritsma and Soebagyo, 1999) การผลิตทางใบของปาล์มหลังอายุ 8 - 12 ปี อยู่ที่ประมาณ 20 - 24 ทางใบต่อปี อัตราการผลิตทางใบมีความแตกต่างกัน เนื่องมาจาก ปุ๋ย ระบบการชลประทาน และความหนาแน่นของการปลูก การศึกษาของ Okoye *et al.* (2009) รายงานว่าผลผลิตทะลายสดมีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมสูง นั่นคือเมื่อสามารถจัดการปัจจัยสภาพแวดล้อมได้และใช้สายพันธุ์ที่มีความสามารถในการปรับตัวได้ทั่วไปผลผลิตปาล์มน้ำมันที่ได้ในแปลงนั้น ๆ มีจำนวนมากและสม่ำเสมออย่างแน่นอน

Table 1. Fresh fruit bunch weight of eight varieties of oil palm for twelve months in 2018

Varieties	Weight of fresh fruit bunch (kg / month)												
	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	Total
UT	155	24	12	452	287	295	323	386	140	269	108	240	2,691
PR	94	168	113	486	371	309	221	563	196	382	132	163	3,198
S7	120	89	101	464	236	177	269	243	199	327	178	225	2,628
S2	118	203	78	226	272	335	304	520	209	292	178	284	3,019
GT	161	191	163	479	313	173	377	464	172	287	152	242	3,174
CP	206	137	60	285	191	120	247	406	118	240	137	359	2,506
PS	182	117	146	517	390	244	236	320	158	347	218	278	3,153
CR	103	131	89	189	308	320	357	387	120	219	156	201	2,580
Mean	142	132	95	387	296	246	291	411	164	295	157	249	2,868

JAN = January, FEB = February, MAR = March, APR = April, MAY = May, JUN = June, JUL = July, AUG = August, SEP =September, OCT = October, NOV = November, DEC = December

เมื่อพิจารณารายได้จากการจำหน่ายผลผลิตปาล์มน้ำมันในแต่ละเดือนของแต่ละสายพันธุ์ พบว่า รายได้จากการจำหน่ายผลผลิตปาล์มน้ำมันนั้นสายพันธุ์ GT มีค่าสูงสุดคือ 11,697.5 บาท รองลงมาคือสายพันธุ์ PR และ PS (11,629.7, 11,553.9 บาท ตามลำดับ) (Table 2) แต่เมื่อดูผลผลิตที่ได้ปรากฏว่า PR กลับให้ผลผลิตที่สูงกว่าทุกสายพันธุ์ (Table 1) จากผลดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าการเลือกสายพันธุ์ลูกผสมเทเนอราที่คำนึงถึงการให้ผลผลิตสูงนั้นไม่เพียงพอ สิ่งที่สำคัญกว่าคือการเลือกสายพันธุ์ลูกผสมเทเนอราที่มีผลผลิตรวมทั้งปีที่สูง และให้ผลผลิตที่สูงได้ในช่วงเดือนที่สายพันธุ์อื่นไม่มีผลผลิตคือช่วงเดือนมกราคมถึงมีนาคม เพราะในช่วงนี้ราคาผลผลิตทะลายปาล์มสูงกว่าเดือนอื่น ๆ ในรอบปี ราคาของปาล์มน้ำมันนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ซึ่งเกษตรกรนั้นทำได้เพียงการผลิตปาล์มน้ำมันให้มีผลผลิตต่อไร่ที่สูงและมีต้นทุนที่ต่ำ (Jantaraniyom, 2018) โดยการใช้องค์ความรู้ด้านการจัดการสวนและการจัดการปุ๋ยอย่างถูกต้อง อนึ่งในบางครั้งถึงแม้ว่ามีการจัดการสวนและการจัดการปุ๋ยที่ถูกต้องแล้วแต่ผลผลิตยังอยู่ในเกณฑ์ต่ำเป็นเพราะเกษตรกรเลือกใช้พันธุ์ที่มีศักยภาพในการปรับตัวและให้ผลผลิตต่ำนำมาปลูก หรือบางครั้งนำสายพันธุ์จากแหล่งที่ไม่ได้มาตรฐานหรือไม่มีที่มาชัดเจน ทำให้มีความเสี่ยงสูงที่ได้พันธุ์ปลอมมาปลูก สาเหตุหนึ่งเป็นเพราะไม่ได้มีการวางแผนการปลูกล่วงหน้า เมื่อถึงเวลาปลูกจึงไม่สามารถหาสายพันธุ์ที่ดีมาปลูกได้ ส่งผลให้จำเป็นต้องเลือกซื้อกล้าปาล์มที่เหลืออยู่ในแปลงลงปลูก การนำพันธุ์ปลอมมาปลูกนั้นทำให้ผลผลิตลดลงจากพันธุ์ที่มีมาตรฐาน 30 - 40 % เมื่อคิดเป็นรายได้ตลอดอายุปาล์มจะลดลง 30 - 40 % เช่นกัน ปาล์มน้ำมันที่ปลูกจากเมล็ดใต้โคนให้ผลผลิตต่ำกว่าการใช้พันธุ์ดีถึง 30,976 กิโลกรัมต่อไร่ถ้าคิดมูลค่าที่เกษตรกรต้องสูญเสียรายได้เป็นจำนวนเงิน 92,930 บาทต่อไร่ (Eksomtramage, 2015) เมื่อพิจารณาย้อนไปสู่การให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมัน ใน Table 1 พบว่า ช่วงเวลาในเดือนมกราคมถึงมีนาคม ผลผลิตปาล์มน้ำมันอยู่ในช่วงที่ต่ำที่สุดในรอบปี ส่งผลให้มีความต้องการทะลายปาล์มน้ำมันมากกว่าช่วงเดือนอื่น ๆ เมื่อมีความต้องการทะลายปาล์มน้ำมันมากส่งผลให้ราคาสูงขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ Office of Agricultural Economics (2020) รายงานว่า ราคาทะลายปาล์มน้ำมันเฉลี่ย 4 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2560 ถึง 2563 พบว่า มีราคาเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.4 - 4.7 บาทต่อกิโลกรัม โดยมีราคาปาล์มน้ำมันสูงกว่าช่วงปกติอยู่ 3 เดือน คือ เดือน มกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม คือ 4.7, 4.7 และ 4.0 บาทต่อกิโลกรัมตามลำดับ

Table 2. The amount of income from sold bunches yield of each month for all varieties

Varieties	Income from sold bunches yield (baht)												
	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	Total
UT	733.2	112.8	48.4	1,518.7	978.7	1,114.0	1,172.5	1,339.4	511.0	928.1	384.5	907.2	9,748.4
PR	444.6	789.6	455.4	1,633.0	1,265.1	1,166.8	802.2	1,953.6	715.4	1,317.9	469.9	616.1	11,629.7
S7	567.6	418.3	407.0	1,559.0	804.8	668.4	976.5	843.2	726.4	1,128.2	633.7	850.5	9,583.5
S2	558.1	954.1	314.3	759.4	927.5	1,263.0	1,103.5	1,804.4	762.9	1,007.4	633.7	1,073.5	11,161.8
GT	761.5	897.7	656.9	1,609.4	1,067.3	652.2	1,368.5	1,610.1	627.8	990.2	541.1	914.8	11,697.5
CP	974.4	643.9	241.8	957.6	651.3	452.4	896.6	1,408.8	430.7	828.0	487.7	1,357.0	9,330.3
PS	860.9	549.9	588.4	1,737.1	1,329.9	919.9	856.7	1,110.4	576.7	1,197.2	776.1	1,050.8	11,553.9
CR	487.2	615.7	358.7	635.0	1,050.3	1,206.4	1,295.9	1,342.9	438.0	755.6	555.4	759.8	9,500.8
Mean	673.44	622.75	383.86	1,301.15	1,009.36	930.39	1,059.05	1,426.6	598.61	1,019.08	560.26	941.21	10,525.74
Average price (baht / kg)	4.73	4.70	4.03	3.36	3.41	3.77	3.63	3.47	3.65	3.45	3.56	3.78	3.80

JAN = January, FEB = February, MAR = March, APR = April, MAY = May, JUN = June, JUL = July, AUG = August, SEP = September, OCT = October, NOV = November, DEC = December

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของลักษณะความยาวทางใบ พบว่า สายพันธุ์ UT มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ 552 เซนติเมตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับสายพันธุ์ PR, S2, GT, PS และ CR แต่มีความยาวกว่าทางใบของสายพันธุ์ S7 และCP ที่มีค่าเฉลี่ย 426.9 และ 491.4 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อพิจารณาลักษณะจำนวนใบย่อย พบว่า สายพันธุ์ S2 มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ 321.7 ใบ ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับสายพันธุ์ UT, PR, GT, CP, PS และ CR แต่มีจำนวนใบย่อยมากกว่าสายพันธุ์ S7 ที่มีค่าเฉลี่ย 281.3 ใบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ลักษณะที่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติคือ ความยาวใบย่อย ความกว้างใบย่อย ความหนาทางใบ เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และพื้นที่ใบ (Table 3)

การเปรียบเทียบลักษณะองค์ประกอบทะลายและผลผลิตน้ำมันของปาล์มน้ำมันแต่ละสายพันธุ์ พบว่า ปาล์มน้ำมันสายพันธุ์ S7 มีลักษณะเปอร์เซ็นต์ผลต่อทะลายสูงสุด คือ 76.4 ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับสายพันธุ์ UT, S2, GT,CP, PS และ CR แต่สูงกว่าสายพันธุ์ PR ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 64.9 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ลักษณะเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลาย พบว่า สายพันธุ์ S7 มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ 34.6 ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับสายพันธุ์อื่นยกเว้นสายพันธุ์ PR ที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ 22.6 ในลักษณะผลผลิตน้ำมัน พบว่า สายพันธุ์ PS มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ 204.8 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับสายพันธุ์อื่นยกเว้นสายพันธุ์ PR ซึ่งมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ 105.5 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี (Table 4)

Table 3. Growth characteristics of 8 oil palm varieties (n = 3)

Varieties	RL (cm)	LL (cm)	LW (cm)	LN (leaf)	PW (mm)	PD (mm)	H (cm)	TD (cm)	LA (m^2)
UT	552.0 [a 1]	73.7	5.8	318.9 [a]	71.2 [ab]	41.0	350.1 [ab]	69.7	6.2
PR	526.6 [ab]	74.5	5.6	313.3 [ab]	62.0 [b]	34.8	341.3 [ab]	71.2	6.0
S7	426.9 [c]	81.0	5.3	281.3 [b]	71.4 [ab]	39.1	290.6 [b]	68.6	5.6
S2	513.0 [ab]	76.7	5.6	321.7 [a]	80.1 [a]	41.2	357.6 [ab]	66.0	6.2
GT	535.9 [ab]	83.0	5.7	303.1 [ab]	67.7 [ab]	38.6	346.3 [ab]	67.3	6.6
CP	491.4 [b]	79.9	5.2	293.3 [ab]	72.9 [ab]	38.0	317.3 [ab]	66.0	5.5
PS	511.0 [ab]	76.5	5.6	293.0 [ab]	72.5 [ab]	38.6	351.3 [ab]	66.9	5.8
CR	535.7 [ab]	77.4	5.1	307.8 [ab]	73.9 [ab]	37.4	391.7 [a]	68.7	5.6
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 at $p \leq 0.05$ (*) and $p \leq 0.01$ (**). RL = Rachis length, LL = Leaflet length, LW = Leaflet width, LN = leaflet Number, PW = Petiole width, PD = Petiole depth, H = Height, TD = Trunk diameter, LA = Leaf area

Table 4. Bunch components and oil yield of 8 oil palm varieties

Varieties	Bunch components				OY (kg / plant / year)
	% F / B	% WM / F	% O / DM	% O / B	
UT	70.6 [ab 1]	88.1 [ab]	72.9 [a]	32.0 [ab]	202.7 [a]
PR	64.9 [b]	89.3 [a]	52.9 [b]	22.6 [b]	105.5 [b]
S7	76.4 [a]	79.8 [bc]	67.1 [a]	34.6 [a]	199.1 [a]
S2	75.9 [a]	81.0 [a-c]	71.3 [a]	32.8 [ab]	194.8 [a]
GT	70.7 [ab]	77.3 [c]	69.7 [a]	26.1 [ab]	149.8 [ab]
CP	70.3 [ab]	76.6 [c]	73.3 [a]	27.6 [ab]	158.1 [ab]
PS	70.4 [ab]	83.0 [a-c]	67.6 [a]	28.4 [ab]	204.8 [a]
CR	71.5 [ab]	81.9 [a-c]	71.7 [a]	28.7 [ab]	164.4 [ab]
F-test	*	*	**	*	*
CV.	7.25	5.93	4.72	20.67	17.75

[1] Values followed by different letters are significantly different according to DMRT at $p \leq 0.05$ (*) and $p \leq 0.01$ (**). % F / B = % fruit / bunch, % WM / F = % wet mesocarp / fruit, % O / DM = % oil / dry mesocarp, % O / B = oil / bunch, OY= oil yield

สรุป

ผลผลิตของปาล์มน้ำมันสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงสุด 3 อันดับแรกได้แก่ PR, GT และ PS ในด้านรายได้ปาล์มน้ำมันนั้นมีราคาที่สูงกว่าปกติอยู่ 3 เดือน คือ เดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม เมื่อคำนวณรายได้จากผลผลิตปาล์มน้ำมันนั้นสายพันธุ์ GT ทำให้มีรายได้จากสูงสุด รองลงมาคือสายพันธุ์ PR และ PS ตามลำดับ การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้น พบว่า ปาล์มน้ำมันพันธุ์ PR, GT และ PS มีการเจริญเติบโตดีซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ที่มีค่าของลักษณะนั้น ๆ สูงที่สุด จึงสามารถปลูกร่วมกันได้ทั้งสามสายพันธุ์เพราะมีการเจริญเติบโตที่สม่ำเสมอง่ายต่อการจัดการ จากลักษณะองค์ประกอบผลผลิต องค์ประกอบทะลาย และผลผลิตน้ำมัน พบว่า ปาล์มน้ำมันพันธุ์ PS มีผลผลิตน้ำมันที่สูง เมื่อพิจารณาจากลักษณะทั้งหมดที่กล่าวมาจึงควรส่งเสริมให้เกษตรปลูกปาล์มน้ำมันทั้ง 3 พันธุ์ ได้แก่ PR, GT และ PS ในแปลงเดียวกันเพื่อทำให้มีผลผลิตและรายได้ตลอดปี

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินกองทุนวิจัยคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่อนุเคราะห์ให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Corley, R.H.V. and P.B. Tinker. 2003. The Oil Palm. 4th ed. Blackwell Publishing Company, Oxford. 592 p.

Corley, R.V.H. and B.S. Gray. 1976. Yield and yield components. pp. 77-86. *In*: R.H.V. Corley, J.J. Hardon and B.J. Wood (eds.). Oil Palm Research. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.

Eksomtramage, T. 2015. Oil Palm Breeding. Faculty of Natural Resources. 2nd ed. Prince

of Songkla University, Songkhal. 463 p. (in Thai)

Eksomtramage, T. and T. Jantaraniyom. 2015. Oil Palm Handbook. 1st ed. Hatyai Digital Print, Songkhal. 60 p. (in Thai)

Gerritsma, W. and F.X. Soebagyo. 1999. An analysis of the growth of leaf area of oil palms in Indonesia. Experimental Agriculture 35(3): 293-308.

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

Jacquemard, J. C. 1979. Contribution to the study of the height growth of the stems of *Elaeis guineensis* Jacq. Study of the L2T x D10D cross. Oleagineux 34(11): 492-497.

Jantaraniyom, T. 2018. Farmer Manual: Efficient Oil Palm Production. 1st ed. Oil Palm Research and Development Center, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkhla. 123 p. (in Thai)

Office of Agricultural Economics. 2020. Oil palm: Daily purchase price of agricultural products at the central market. [Online]. Available: https://bit.ly/39jB28i (November 18, 2020). (in Thai)

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(2): 59-63.

R Development Core Team. 2008. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.

Sanputawong, S., K. Chansathean, N. Peakchantuk and C. Chuiruy. 2017. Study of proper fertilizer management on growth and yield of oil palm (*Eleais guineensis* Jacq.). International Journal of Agricultural Technology 13(7.3): 2631-2639.

Singin, C., W. Rattanasupha and S. Krualee. 2018. Flowering pattern of 3 oil palm cultivars in Thung Yai distrist, Nakhon Si Thammarat province. Songklanakarin Journal of Plant Science 5(4): 1-8. (in Thai)

Soonsuwon, W. 2006. Agricultural research. 1st ed. Agricultural Innovation and Management Division (Plant Science), Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkhla. 294 p. (in Thai)

การประเมินสมบัติตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์กรมวิชาการเกษตร และการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชของปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตจากลีโอนาร์ไดต์

Property Assessment Complying with the Organic Fertilizer Standard of Department of Agriculture and Plant Nutrient Release of Leonardite - based Organic Fertilizers

แสงดาว แลนรอด (เขาแก้ว)[1,2*] จุฬาลักษณ์ จงสุพรรณพงศ์[2] และ จริยา อามาตย์มนตรี[2]

Saengdao Landrot (Khaokaew)[1,2*], Chulaluck Chongsuphanpong[2] and Chariya Armartmontree[2]

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

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

[2] ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[2] Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

**Corresponding author: Email: agrsdk2@yahoo.com*

(Received: 15 February 2021; Accepted: 26 April 2021)

Abstract: This research aimed to study property following the organic fertilizer standard of Department of Agriculture (std. DOA) of six leonardite - based organic fertilizers (SuperLeo) obtained by mixing 40 - 45 % by weight of leonardite and 55 - 60 % other additives i.e. rice husk biochar (25 - 35 %) or peanut shell biochar (25 - 35 %) + rice bran (25 %) or soybean meal (20 %) + dolomite (0 - 10 %). The release kinetics of extractable (Water - ext.) N, P and K by deionized (DI), acid or alkaline water were determined at various desorption time periods (DT) to be used as a preliminary information to assess the environmental impact. Results showed that all fertilizer formulas had organic matter contents ranged from 28 to 46 %, higher than the std. DOA value (20 %). The properties of all fertilizers met the std. DOA, except pH and germination index values in some formulas. The release patterns of Water - ext. N, P and K were different from each other. The release of Water - ext. N was slow, and the relative release (RR) was < 0.5 % at every DT. The release of Water - ext. P was initially slow and increased with increasing DT. The RR varied from 0.2 to 70 %. The Water - ext. K released rapidly and trended to decrease with increasing DT. The RR ranged from 43 to 80 %. The amount of Water-ext. N, P and K were highest when extracted by DI water while alkaline water could extract the lowest amount of Water - ext. P. Based on the fertilizer's properties and the Water - ext. N , P and K release patterns, the SuperLeo fertilizers could be considered as an environmentally friendly fertilizer.

Keywords: Leonardite, organic fertilizer, alkaline soil, biochar, plant nutrient release

บทคัดย่อ: การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติตามข้อกำหนดมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร (std. DOA) ของปุ๋ยอินทรีย์ลีโอนาร์ไดต์ (SuperLeo) 6 สูตร ที่ได้จากการผสมลีโอนาร์ไดต์ 40 - 45 % โดยน้ำหนัก กับวัสดุตัวเติมอื่น 55 - 60 % (ไบโอชาร์แกลบ (25 - 35 %) หรือ ไบโอชาร์เปลือกถั่วลิสง (25 - 35 %) + รำละเอียด (25 %) หรือ กากถั่วเหลือง (20 %) + โดโลไมต์ (0 - 10 %)) และศึกษาการปลดปล่อย N, P และ K ที่สกัดได้ด้วยน้ำ (Water-ext.) ปราศจากไอออน (DI) น้ำกรด หรือน้ำด่าง ที่ระยะเวลาการสกัด (DT) ต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ผลการศึกษา พบว่า ปุ๋ยทุกสูตรมีปริมาณอินทรียวัตถุสูง อยู่ในช่วง 28-46 % สูงกว่าค่า std. DOA (20 %) และมีสมบัติทุกประการผ่าน std. DOA ยกเว้นค่าพีเอชและการย่อยสลายสมบูรณ์ในบางสูตร รูปแบบการปลดปล่อย Water-ext. ของ N, P และ K ของปุ๋ยแตกต่างกัน การปลดปล่อย Water-ext. N มีค่าต่ำ ค่าการปลดปล่อยสัมพัทธ์ (RR) < 0.5 % ที่ทุก DT Water-ext. P ปลดปล่อยช้าและเพิ่มขึ้นตาม DT ค่า RR อยู่ในช่วง 0.2-70 % การปลดปล่อย Water-K เกิดขึ้นเร็วและมีแนวโน้มลดลงตาม DT ที่เพิ่มขึ้น ค่า RR อยู่ในช่วง 43-80 % น้ำ DI สามารถสกัด Water-ext. N P K ได้สูงที่สุด ในขณะที่น้ำด่างสกัด Water-ext. P ได้ต่ำที่สุด เมื่อพิจารณาจากสมบัติของปุ๋ยและรูปแบบการปลดปล่อย Water-ext. N, P และ K ปุ๋ย SuperLeo สามารถพิจารณาได้ว่าเป็นปุ๋ยที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ: ลีโอนาร์ไดต์ ปุ๋ยอินทรีย์ ดินด่าง ไบโอชาร์ การปลดปล่อยธาตุอาหารพืช

คำนำ

การเกษตรถือเป็นรากฐานสำคัญของชีวิตมนุษย์เนื่องจากเป็นแหล่งที่มาของปัจจัยสี่ การเกษตรมีหลายรูปแบบและมีแนวปฏิบัติแตกต่างกัน เช่น เกษตรแผนใหม่หรือเกษตรเคมี เกษตรปลอดภัย เกษตรปลอดสารพิษ และเกษตรอินทรีย์ ปัจจุบันทั่วโลกให้ความสนใจกับ *"เกษตรอินทรีย์หรือเกษตรวิธีธรรมชาติ"* มากขึ้น โดยมูลค่าทางการตลาดเพิ่มจาก 15.1 พันล้านยูโร ในปี ค.ศ. 2000 มาเป็น 96.7 พันล้านยูโรในปี ค.ศ. 2018 และจำนวนผู้ผลิตเพิ่มจาก 200,000 ราย ในปี ค.ศ. 1999 มาเป็น 2.8 ล้านราย ในปี ค.ศ. 2018 (IFOAM, 2019) แม้ความหมายและแนวทางปฏิบัติสากลของเกษตร-อินทรีย์นั้นยังไม่มีการกำหนดชัดเจนแต่โดยภาพรวม คือ การเกษตรที่อยู่บนพื้นฐานสมดุลของธรรมชาติเพื่อคงไว้ซึ่งความหลากหลายทางชีวภาพ ไม่พึ่งพาวัตถุหรือสารเคมีสังเคราะห์ใด ๆ ไม่อนุญาตให้ใช้สารกำจัดศัตรูพืช ปุ๋ยเคมี วัสดุปรับปรุงดินสังเคราะห์ ฮอร์โมน สารเร่งการเจริญเติบโต ยาปฏิชีวนะ พืชและสัตว์ที่ดัดแปลงพันธุกรรม (EC, 2008; EGTOP, 2018; IFOAM, 2019) เนื่องจากระบบเกษตรอินทรีย์ไม่อนุญาตให้ใช้ปุ๋ยเคมี ดังนั้นการหาแหล่งที่มาของธาตุอาหารจากวัสดุธรรมชาติและปุ๋ยอินทรีย์ทางเลือกต่าง ๆ จากวัสดุที่มีในประเทศถือเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้ประเทศไทยก้าวสู่การเป็นผู้นำการผลิตเกษตรอินทรีย์ของโลกได้อย่างยั่งยืน อย่างไรก็ตามแม้การใช้ปุ๋ยเป็นสิ่งจำเป็นในการผลิตพืช ปุ๋ยบางธาตุ เช่น ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำได้เร็วและปริมาณมากในระยะเวลาสั้น ๆ มีโอกาสส่งผลกระทบเชิงลบกับสิ่งแวดล้อม เช่น น้ำใต้ดินและผิวดิน (Terlingen *et al*., 2014) ดังนั้นปัจจุบันปุ๋ยที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (environmentally friendly fertilizer) จึงเป็นที่ต้องการของภาคการเกษตร ซึ่งปุ๋ยดังกล่าวควรมีสมบัติที่ดี เช่น ปลดปล่อยธาตุอาหารช้า เพื่อลดการปลดปล่อยธาตุบางตัวที่เกินความต้องการของพืชสู่สิ่งแวดล้อม ช่วยปรับพีเอชดินให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม กักเก็บความชื้น และเพิ่มอินทรียวัตถุให้กับดิน (Chen *et al*., 2018)

ลีโอนาร์ไดต์ (leonardite) เป็นวัสดุธรรมชาติที่เกิดจากการออกซิเดชันของลิกไนต์ (Kalaitzidis *et al*., 2003; Olivella *et al*., 2011) ลีโอนาร์ไดต์ที่เป็นผลพลอยได้โดยตรงจากการทำเหมืองแร่ (unprocessed leonardite) มีการอนุญาตให้ใช้ในระบบเกษตรอินทรีย์ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2008 (EC, 2008; EGTOP, 2018) เนื่องจากลีโอนาร์ไดต์เป็นวัสดุธรรมชาติที่มีอินทรียวัตถุสูง มีสารฮิวมิค รวมทั้งมีธาตุอาหารพืชหลายธาตุเป็นองค์ประกอบ (Hoffman *et al*., 1993; Kalaitzidis *et al*., 2003; Olivella *et al*., 2011;

Pertuit *et al*., 2001; Tothirakul *et al*., 2009) จึงมีการนำลีโอนาร์ไดต์มาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรทั้งในรูปของลีโอนาร์ไดต์และสารสกัดฮิวมิค เพื่อช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตของพืชหลายชนิด เช่น ดอกอาร์นิกา *Arnica montana* L. (Sugier *et al*., 2013) อะโวกาโด (Akinremi *et al*., 2000) มะเขือเทศ (Pertuit *et al*., 2001) ถั่ว (Ece *et al*., 2007) และมันฝรั่ง (Sanli *et al*., 2013) อีกทั้งยังช่วยปรับปรุงสมบัติบางประการของดินได้ เช่น เพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุ (Ece *et al*., 2007; Supsuan *et al*., 2018) ความพรุนของดิน (Kolodziej *et al*., 2013) กำมะถันและแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ (Supsuan *et al*., 2018) ในประเทศไทยลีโอนาร์ไดต์แหล่งใหญ่อยู่ที่เหมืองแม่เมาะ จังหวัดลำปาง (ประมาณ 1 - 2 ล้านตัน) และพบกระจายอยู่จังหวัดอื่นบ้างที่พบถ่านหินลิกไนต์ (Ratanaprommanee *et al*., 2017; Tothirakul *et al*., 2009) ลีโอนาร์ไดต์จากเหมืองแม่เมาะมีสมบัติที่ดีต่อการเกษตรหลายประการ (Landrot *et al*., 2014; Pochadom *et al*., 2013) แต่ลีโอนาร์ไดต์เป็นกรดจัดและมีไนโตรเจนต่ำ การใช้ในระยะยาวกับดินทั่วไปที่ไม่ใช่ดินด่างอาจทำให้ดินเป็นกรดได้ ดังนั้นเพื่อเพิ่มมูลค่าและความหลากหลายในการใช้ประโยชน์ลีโอนาร์ไดต์ให้แก่เกษตรกร วิสาหกิจชุมชน และผู้สนใจ รวมทั้งป้องกันผลกระทบเชิงลบใด ๆ ที่อาจเกิดขึ้นต่อดินและสิ่งแวดล้อมอื่นในระยะยาว จึงทำการศึกษาเพื่อหาแนวทางผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร โดยใช้ลีโอนาร์ไดต์จากเหมืองแม่เมาะมาทดลองผสมกับวัสดุตัวเติมต่าง ๆ ที่มีธาตุไนโตรเจนสูง ได้แก่ กากถั่วเหลืองแห้ง และรำละเอียด วัสดุที่เป็นด่างที่เกษตรกรสามารถหาซื้อหรือผลิตเองได้ เช่น ไบโอชาร์แกลบ และโดโลไมต์ (Landrot (Khaokaew) *et al*. (2020)) และวัสดุอินทรีย์ที่พบมากและสามารถผลิตได้ในพื้นที่จังหวัดลำปางและจังหวัดใกล้เคียง ได้แก่ ไบโอชาร์เปลือกถั่วลิสง รวมทั้งศึกษารูปแบบการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชเพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จากการละลายของธาตุอาหารพืชบางตัวจากปุ๋ยอินทรีย์ลีโอนาร์ไดต์โดยใช้น้ำที่มีพีเอชต่างกันที่สามารถพบได้จริงในพื้นที่การเกษตร

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมลีโอนาร์ไดต์ การคัดเลือกชนิด และสัดส่วนวัสดุตัวเติม การผสมปุ๋ย และการวิเคราะห์สมบัติต่าง ๆ

ใช้ตัวอย่างลีโอนาร์ไดต์ (Leo) จากเหมืองแม่เมาะ จังหวัดลำปาง เป็นวัสดุหลักในการผสมปุ๋ย การกำหนดปริมาณ Leo ในสูตรการผสม และรายละเอียดหลักการคัดเลือกวัสดุตัวเติมได้แก่ ไบโอชาร์แกลบ (rice husk biochar: RHB) กากถั่วเหลืองแห้งโปรตีนสูงไม่ต่ำกว่า 43 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (soybean meal: SBM) และรำข้าวละเอียดแห้ง (rice bran: RB) ไบโอชาร์เปลือกถั่วลิสง (peanut shell biochar: PNSB) และโดโลไมต์ (Dolo) ใช้ข้อมูลและปรับจาก Landrot (Khaokaew) *et al*. (2020) ทำการบดตัวอย่าง Leo และวัสดุตัวเติมต่าง ๆ ที่มีขนาดใหญ่กว่า 2 มิลลิเมตร และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร แล้วนำตัวอย่างที่ได้ใช้ในการผสมปุ๋ยและการวิเคราะห์สมบัติต่าง ๆ ทำการผสมปุ๋ยจำนวน 6 สูตร ตามสัดส่วนการผสมแสดงใน Table 1 โดยผสม

Table 1. Formulation of leonardite - based organic fertilizers

	Fertilizer formula	Leo	RHB	PNSB	SBM	RB	Dolo
1	SuperLeo 1	45 %	35 %	0	20 %	0	0
2	SuperLeo 2	45 %	25 %	0	20 %	0	10 %
3	SuperLeo 3	40 %	25 %	0	0	25 %	10 %
4	SuperLeo 4	45 %	0	35 %	20 %	0	0
5	SuperLeo 5	40 %	0	25 %	0	25 %	10 %
6	SuperLeo 6	40 %	0	35 %	0	25 %	0

2 แบบ คือ 1) ผสมแห้ง (ไม่เติมน้ำ) สำหรับ SuperLeo 1, 4 และ 6 และ 2) ผสมเปียก สำหรับสูตรที่เติมโดโลไมต์ ได้แก่ SuperLeo 2, 3 และ 5 โดยเติมน้ำปราศจากไอออน (deionized water: DI) ลงไปในปุ๋ยผสม เพื่อให้ปุ๋ยผสมมีความชื้น 70 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ทำการผสมสูตรละ 3 ซ้ำ

หลังจากตัวอย่างปุ๋ยแห้งสุ่มตัวอย่างปุ๋ยทั้ง 6 สูตร Leo วัสดุตัวเติมต่าง ๆ ไปวิเคราะห์สมบัติ ได้แก่ พีเอช (pH) การนำไฟฟ้า (EC) ไนโตรเจนทั้งหมด (total-N) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (total-P_2O_5) โพแทสเซียมทั้งหมด (total-K_2O) การวิเคราะห์การย่อยสลายที่สมบูรณ์ (germination index: GI) อินทรียวัตถุ (OM) สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ธาตุอันตราย (Cd, Cr, Cu, Pb, Zn และ As) ตามเงื่อนไขและวิธีการวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อขึ้นทะเบียนของกรมวิชาการเกษตร (Department of Agriculture, 2005, 2008, 2012, 2014) สรุปโดยย่อดังนี้ ค่า pH และ EC ใช้อัตราส่วนของปุ๋ยหรือวัสดุต่อ DI เท่ากับ 1 : 2 และ 1 : 10 แล้ววัดด้วย pH meter และ electrical conductivity meter สำหรับค่า pH และ EC ตามลำดับ ปริมาณ OM โดยวิธีของ Walkley and Black total-N โดยวิธี Kjeldahl method total-P_2O_5 และ total-K_2O ทั้งหมด โดยการย่อยด้วยกรดผสม $HClO_4$: HNO_3 (อัตรา 1 : 1) วิเคราะห์ปริมาณ As, Cd, Cr, Cu และ Pb โดยการย่อยด้วยกรดผสม HNO_3 : H_2O_2 (อัตรา 5 : 1) ส่วนค่า GI ของปุ๋ยใช้วิธีการทดสอบดัชนีการงอกของเมล็ด ใช้ตัวอย่างปุ๋ยและน้ำกลั่นในอัตราส่วนปุ๋ย : น้ำ เท่ากับ 1 : 10 เขย่าที่ความเร็ว 180 ครั้งต่อนาที นาน 1 ชั่วโมง กรองตัวอย่างด้วยกระดาษกรองแล้วนำสารละลายที่ได้ไปทดสอบอัตราการงอกของเมล็ดผักในจานเพาะ โดยส่งตัวอย่างวิเคราะห์สมบัติต่าง ๆ ที่ห้องปฏิบัติการกลางแห่งประเทศไทย ยกเว้นค่าความชื้น ขนาดของปุ๋ย ปริมาณหิน กรวด pH และ EC ทำการวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ การศึกษานี้ไม่ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติระหว่างสูตรปุ๋ย เนื่องจากการวางสูตรปุ๋ยไม่ได้ต้องการเปรียบเทียบระหว่างสูตร แต่ต้องการนำค่าวิเคราะห์ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามพระราชบัญญัติปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร (2555)

การปลดปล่อยธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ส่วนที่สกัดได้ด้วยน้ำที่มีพีเอชต่าง ๆ จากปุ๋ยอินทรีย์

ทำการศึกษาการปลดปล่อยธาตุ N, P และ K ส่วนที่สกัดได้ด้วยน้ำ (Water ext.)ในตัวอย่างปุ๋ย 3 ตัวอย่าง ที่คัดเลือกมาจากการทดลองแรก โดยใช้น้ำที่มี pH ต่างกัน คือ น้ำ DI (pH = 7.31) น้ำกรด (acid water, pH = 2.98) และน้ำด่าง (alkaline water, pH = 8.09) น้ำกรดและน้ำด่างนั้นใช้น้ำจากแหล่งธรรมชาติในพื้นที่การเกษตรจริง โดยน้ำกรดเก็บตัวอย่างน้ำมาจากพื้นที่ดินกรดจัดอำเภอสองพี่น้อง จังหวัดสุพรรณบุรี ส่วนน้ำด่างนั้นเป็นน้ำบาดาลที่เก็บมาจากอำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี ทำการสกัดโดยใช้สัดส่วนปุ๋ยต่อน้ำเท่ากับ 1 : 10 ระยะเวลาการสกัด 3 เวลา คือ 30, 60 และ 120 นาที ด้วยวิธี batch technique (Figure 1) เวลาที่คัดเลือกมาทดลองนี้ปรับมาจากเวลาที่รายงานใน Kleinman *et al.*

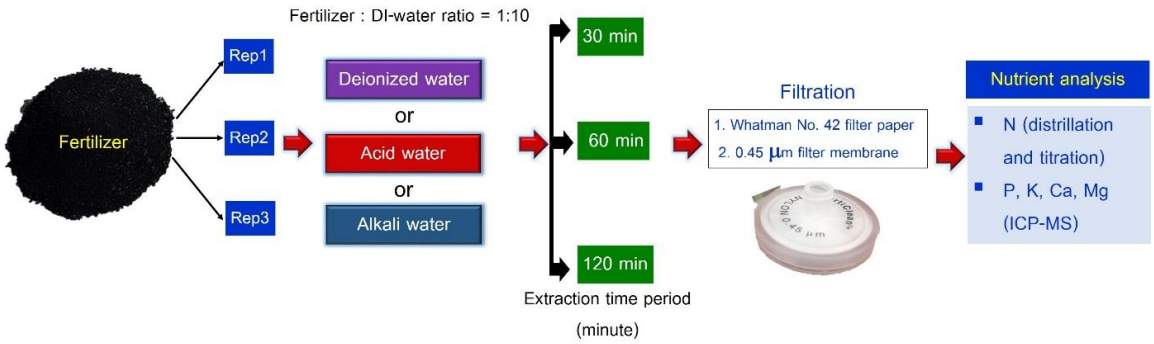

Figure 1. Water extractable release kinetics of N, P and K in leonardite-based fertilizers using a batch technique

(2005); Sharpley and Moyer (2000) และ Zhang *et al*. (2011) เมื่อสกัดแล้วนำสารละลายที่สกัดได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนด้วยวิธีการกลั่นและไตเตรต (Kjeldahl, 1883) และวิเคราะห์หาปริมาณ P และ K ด้วยเครื่อง ICP-MS

ผลการศึกษาและวิจารณ์

สมบัติของลีโอนาร์ไดต์ วัสดุตัวเติม และปุ๋ยสูตรต่างๆ เปรียบเทียบกับมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์กรมวิชาการเกษตร

ผลการศึกษาสมบัติต่าง ๆ ตามข้อกำหนดปุ๋ยอินทรีย์มาตรฐานกรมวิชาการเกษตร (Department of Agriculture, 2005, 2014) ของลีโอนาร์ไดต์ วัสดุตัวเติม และปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 6 สูตร รวมทั้งค่ามาตรฐานแสดงใน Table 2 โดยจากผลการศึกษา พบว่า ลีโอนาร์ไดต์จากเหมืองแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ก่อนการผสมกับวัสดุตัวเติมมีสมบัติไม่ผ่านข้อกำหนดปุ๋ยอินทรีย์มาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร วัสดุตัวเติมเกือบทุกชนิด ได้แก่ กากถั่วเหลือง รำละเอียด เปลือกถั่วลิสง และไบโอชาร์แกลบ มีสมบัติไม่ผ่านมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์เช่นกัน โดยสมบัติที่ทำให้ลีโอนาร์ไดต์และวัสดุตัวเติมดังกล่าวไม่ผ่านข้อกำหนดนั้นแตกต่างกันตามชนิดของวัสดุ สามารถสรุปแยกเป็น 3 กลุ่มหลัก คือ 1) กลุ่มที่ไม่ผ่านเพราะค่า GI ต่ำกว่าข้อกำหนดปุ๋ยอินทรีย์มาตรฐานกรมวิชาการเกษตร (std. DOA) ได้แก่ ลีโอนาร์-ไดต์ กากถั่วเหลือง และรำละเอียด โดยค่า GI เป็นสมบัติที่สำคัญในการบ่งบอกถึงคุณภาพของวัสดุปลูกและปุ๋ย เนื่องจากเป็นสมบัติหนึ่งที่ทำให้ทราบว่าปุ๋ยนั้นมีผลต่อการงอกของพืชมากน้อยเพียงไร (Barbi *et al*., 2020) 2) กลุ่มที่ไม่ผ่านเพราะผลรวมของธาตุอาหาร N, P หรือ K ต่ำกว่า 2 % ได้แก่ ลีโอนาร์ไดต์ 3) กลุ่มที่ไม่ผ่านเพราะมีค่า C/N ratio หรือ ปริมาณ OM ต่ำกว่า std. DOA ได้แก่ รำละเอียด ลีโอนาร์ไดต์ เปลือกถั่วลิสงบด และไบโอชาร์แกลบ ตามลำดับ สำหรับวัสดุตัวเติมที่มีสมบัติทุกประการผ่านข้อกำหนดปุ๋ยอินทรีย์ std. DOA ได้แก่ ไบโอชาร์เปลือกถั่วลิสง ดังนั้นจากผลการศึกษานี้ทำให้ทราบว่า เปลือกถั่วลิสงแห้งหากนำมาเผาเป็นไบโอชาร์แล้วมีสมบัติเป็นปุ๋ยอินทรีย์มาตรฐานได้ ปุ๋ยอินทรีย์ที่ผสมทั้ง 6 สูตร มีปริมาณ OM สูงกว่า 25 % สูงกว่ามาตรฐาน std. DOA จึงมีศักยภาพในการนำไปใช้เพื่อเพิ่ม OM ให้กับดินของประเทศไทยได้ จัดว่ามีสมบัติที่ดีเข้าหลักปุ๋ยที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Chen *et al*., 2018; Terlingen *et al*., 2014) ซึ่งมากกว่า 60 % ของดินที่ใช้ทำการเกษตรของประเทศไทยมีอินทรียวัตถุต่ำกว่า 1.5 % (Land Development Department, 2002) ปุ๋ยอินทรีย์เกือบทุกสูตรที่ทำการผสมมีสมบัติทุกประการผ่านมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์กรมวิชาการเกษตรยกเว้นค่าพีเอชในสูตรที่ 1 และ 6 และค่า GI ในสูตรที่ 2 และ 4 (Table 2) ซึ่งการที่ค่า GI ในสูตรที่ 2 และ 4 ต่ำกว่าสูตรอื่นๆ นั้นเป็นผลมาจากชนิดและสัดส่วนของวัสดุตัวเติม โดยสูตรที่ 2 และ 4 มีการใช้กากถั่วเหลืองและไบโอชาร์เปลือกถั่วลิสงผสม (Table 1) กากถั่วเหลืองใช้เป็นตัวเพิ่มไนโตรเจนให้ปุ๋ยที่ผสมนั้นมีค่า GI ต่ำกว่ารำละเอียด และไบโอชาร์เปลือกถั่วลิสงที่ใช้ผสมในสูตรที่ 4 มีค่า GI ต่ำไบโอชาร์แกลบ (Table 2) โดยในการผสมปุ๋ยอินทรีย์ลีโอนาร์ไดต์ค่า GI ถือเป็นสมบัติหลักสมบัติหนึ่งที่ทำให้ปุ๋ยไม่ผ่านมาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร (Landrot (Khaokaew) *et al*., 2020) โดยจากผลวิเคราะห์สมบัติวัสดุตัวเติมทำให้ทราบว่าวัสดุตัวเติมที่สามารถช่วยเพิ่มค่า GI ให้ปุ๋ยที่ผสมได้ คือ เปลือกถั่วลิสง ไบโอชาร์แกลบ และไบโอชาร์เปลือกถั่วลิสง ซึ่งวัสดุตัวเติมทั้งสามชนิดนี้มีค่า GI สูงกว่า 85 % สำหรับปุ๋ย SuperLeo 1 และ 6 นั้น เห็นได้ว่าสมบัติทุกประการผ่าน std. DOA ยกเว้นค่าพีเอช ซึ่งส่วนหนึ่งเกิดจากคณะผู้วิจัยต้องการผสมให้เหมาะกับดินด่างจัดหรือบริเวณที่มีน้ำเป็นด่างจัด เช่น น้ำบาดาลบางแห่งของประเทศไทย โดยหากผู้สนใจต้องการปรับพีเอชให้ผ่าน std. DOA อาจทำได้โดยการลดสัดส่วนของลีโอนาร์ไดต์ลง 10 % แล้วใช้ไบโอชาร์แกลบ หรือไบโอชาร์เปลือกถั่วลิสงแทนส่วนที่ลดไปในสูตร SuperLeo 1 หรือ SuperLeo 6 ตามลำดับ นอกจากนี้หากในอนาคตเกษตรกร กลุ่มวิสาหกิจชุมชน หรือผู้สนใจทำปุ๋ยอินทรีย์จากลีโอนาร์-ไดต์เพื่อใช้เองแต่อาจต้องการเลือกวัสดุตัวเติมอื่นนอกเหนือจากที่มีรายงานจากการศึกษานี้ โดยอาจเป็นวัสดุที่หาหรือเตรียมได้ง่ายกว่า หรือราคาต่ำกว่า

Table 2. Properties of eight organic fertilizers and raw materials used to make leonardite - based organic fertilizers as well as value of DOA standard for each fertilizer parameter. The sign ND means not detected and the sign hyphen (-) means not analyzed

	Parameter	Standard value by DOA	Leo	Dolo	SBM	RB	PNS	PNSB	RHB	Leonardite - based organic fertilizer formula (SuperLeo) 1	2	3	4	5	6
1	Total - N (%)	> 1 Or all	0.3	ND	7.6	2.1	1.3	1.9	0.9	2.1	2.0	1.1	2.2	1.1	1.5
2	Total - P_2O_5 (%)	> 0.5 combin	ND	ND	1.1	4.0	0.29	0.70	0.9	0.29	0.29	0.7	0.29	0.7	1.0
3	Total K_2O (%)	> 0.5 ed ≥ 2	ND	ND	2.5	1.5	0.56	0.90	0.71	0.71	0.64	0.57	0.59	0.54	0.7
4	OM (%)	20	34.9	ND	72.6	89.9	57.7	30	5.5	36.9	28.5	36.2	41.1	36.0	46.6
5	C / N ratio	< 20 : 1	68 : 1	-	6 : 1	25 : 1	26	17.5	3.6	10.19	8.27	19.04	10.94	18.98	18.02
6	GI (%)	> 80	0	61.6	22.9	34.4	98.6	89.4	97.7	91.3	56.7	97.7	58.8	100	89.6
7	pH	5.5 - 8.5	2.6	8.3	6.3	6.2	6.07	7.53	7.63	5.36	6.93	5.67	5.10	5.93	5.0
8	EC (dS / m)	< 10	4.5	0.1	5.6	2.3	5.27	5.27	0.80	3.79	5.69	2.09	5.64	4.98	4.38
9	Na (%)	< 1	0.15	-	-	-	0.52	0.17	< 0.01	< 1 %					
10	Sieving size (mm)	< 12.5 x 12.5	-	-	-	-	-	-	-	All fertilizer sizes were less than 2 mm.					
11	Gravel size > 5 mm	< 2 %	None							None					
12	Moisture content %	< 30	All materials were air-dried							< 20					
13	As (mg / kg)	< 50	32.57	-	-	-	-	1.48	0.81	< 20					
14	Cd (mg / kg)	< 5	0.18	-	-	-	-	0.06	0.25						
15	Cr (mg / kg)	< 300	15.98	-	-	-	-	-	-	Below maximum value allowed by DOA based on materials used to make fertilizer					
16	Cu (mg / kg)	< 500	41.68	-	-	-	-	-	-						
17	Pb (mg / kg)	< 500	8.31	-	-	-	-	-	-						
18	Hg (mg / kg)	< 2	0.18	-	-	-	-	-	-						

ก็สามารถทำได้ แต่จำเป็นต้องคำนึงถึง 5 ประเด็นหลัก คือ 1) วัสดุตัวเติมควรมีธาตุ N, P และ K เป็นองค์ประกอบบ้าง โดยเฉพาะไนโตรเจน เพื่อทำให้เมื่อผสมมาแล้วมีโอกาสได้ผลรวมของธาตุ N, P และ K เกิน 2 % และค่า C/N ratio ของปุ๋ยที่ผสมออกมาไม่เกิน 20 : 1 ตามค่ากำหนด std. DOA 2) วัสดุตัวเติมควรมีค่า GI สูง เนื่องจากค่า GI ของลีโอนาร์ไดต์ต่ำมาก 3) วัสดุตัวเติมควรมีสมบัติเป็นด่าง เนื่องจากลีโอนาร์-ไดต์เป็นกรดจัดมาก ซึ่งลีโอนาร์ไดต์อาจมีประโยชน์ในการใช้เพื่อปรับลดพีเอชของดินด่างจัดแทนกำมะถันผง แต่ถ้าใช้กับดินทั่วไปที่มีพีเอชไม่สูงมากระยะยาวอาจทำให้พีเอชดินลดลงได้ 4) วัสดุตัวเติมต้องมีธาตุไม่พึงประสงค์ เช่น Cd, Hg, Pb, Cr และ As ไม่เกินค่ากำหนด std. DOA และ 5) ไม่ควรใช้ลีโอนาร์ไดต์เกิน 50 % โดยน้ำหนักของวัสดุผสมทั้งหมด โดยสูตรการผสมทั้ง 6 สูตรในการศึกษานี้ใช้ช่วยเป็นแนวทางในการผสมให้กับเกษตรกรหรือวิสาหกิจชุมชนได้ ซึ่งค่าตัวเลขสมบัติของปุ๋ยที่ผสมเองใหม่อาจแตกต่างไปจากนี้ได้บ้างตามสมบัติของวัสดุตัวเติมที่ใช้ โดยเฉพาะหากค่าวิเคราะห์ของวัสดุที่ใช้แตกต่างมากจากค่าสมบัติวัสดุที่รายงานใน Table 2

จากผลการศึกษา ดังแสดงใน Table 2 ทำการคัดเลือกปุ๋ยสามสูตร คือ SuperLeo 1, 5 และ 6 ไปทำการศึกษาการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชที่ระยะการสกัดต่างๆ เนื่องจากเป็นสูตรที่มีสมบัติผ่านเงื่อนไขปุ๋ยอินทรีย์มาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร ซึ่งสำหรับสูตร SuperLeo 1 และ 6 นั้น แม้ปุ๋ยจะมีค่าพีเอชต่ำกว่า 5.5 แต่สมบัติอื่นๆ ทุกประการของปุ๋ยผ่านตามเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์มาตรฐาน ซึ่งปุ๋ยทั้งสองสูตรนี้ที่มีศักยภาพสำหรับนำไปใช้กับดินที่มีพีเอชสูง ดังที่กล่าวไว้ข้างต้น

การปลดปล่อยธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ส่วนที่สกัดได้ด้วยน้ำที่มีพีเอชต่างๆ จากปุ๋ยอินทรีย์

ผลการศึกษาปริมาณการปลดปล่อยธาตุ N, P และ K โดยการสกัดด้วยน้ำ DI, acid water และ alkaline water ที่ระยะเวลาการสกัด 30, 60 และ 120 นาที ของปุ๋ยอินทรีย์ 3 สูตร คือ SuperLeo 1, 5 และ 6 (Figure 2) แสดงใน Figure 3 และร้อยละการปลดปล่อยสัมพัทธ์ส่วนที่ละลายน้ำได้ (ปริมาณที่สกัดได้เปรียบเทียบกับปริมาณความเข้มข้นทั้งหมดของธาตุนั้น ๆ ในปุ๋ยแต่ละสูตร) แสดงใน Table 3 โดยจากผลการศึกษา พบว่า รูปแบบการปลดปล่อย Water-ext. N, P และ K แตกต่างกัน โดยการปลดปล่อย Water-ext. N มีค่าใกล้เคียงกันที่ทุกระยะเวลาการสกัด และมีค่าใกล้เคียงกันในทั้ง 3 น้ำสกัด โดยปริมาณที่สกัดได้ต่ำกว่า 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Figure 3) ซึ่งเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การปลดปล่อยสัมพัทธ์แล้ว ปุ๋ยทุกสูตรมีค่า Water-ext. N < 0.5 % ต่ำกว่าค่าจากปุ๋ยมูลไก่ (Zhang *et al.*, 2011) เมื่อพิจารณาจากสูตรการผสมปุ๋ยทั้งสามสูตร (Table 1) สมบัติของลีโอนาร์-ไดต์และวัสดุตัวเติม (Table 2) เห็นได้ว่าปริมาณ N ในปุ๋ย SuperLeo 1 โดยหลักมาจากกากถั่วเหลือง (และไบโอชาร์แกลบ)

SuperLeo 1 SuperLeo 5 SuperLeo 6

Figure 2. Physical appearances of SuperLeo 1, 5 and 6

Table 3. Water extractable N, P and K relative release percentage of leonardite - organic based fertilizers

	Extraction time (min)	SuperLeo 1				SuperLeo 5				SuperLeo 6			
		Total ($mg.kg^{-1}$)	Relative release (%)			Total ($mg.kg^{-1}$)	Relative release (%)			Total ($mg.kg^{-1}$)	Relative release (%)		
			DI	Acid	Alkaline		DI	Acid	Alkaline		DI	Acid	Alkaline
N	30		0.12	0.07	0.05		0.38	0.22	0.36		0.33	0.29	0.30
	60	2.1	0.08	0.06	0.05	1.1	0.44	0.35	0.39	1.5	0.33	0.28	0.31
	120		0.08	0.07	0.06		0.41	0.39	0.45		0.33	0.31	0.32
P	30		3.85	4.17	2.93		1.38	1.73	1.39		1.03	1.19	0.82
	60	0.29	1.97	1.82	0.45	0.7	0.49	0.75	0.21	1.0	0.30	0.29	0.22
	120		70.3	58.2	24.3		24.3	24.1	9.88		17.9	15.6	6.12
K	30		60.7	57.7	60.6		72.6	75.9	79.7		61.6	58.5	61.4
	60	0.71	44.0	43.4	47.5	0.54	57.9	57.0	62.5	0.7	44.6	44.0	48.2
	120		54.9	51.7	53.3		70.4	68.0	70.1		55.7	52.4	54.1

ส่วน SuperLeo 5 และ 6 นั้นมาจากรำละเอียด (และไบโอชาร์เปลือกถั่วลิสง) (Table 2) ซึ่งไนโตรเจนในกากถั่งเหลืองและรำละเอียดนั้นอยู่ในรูป crude protein (Amissah *et al*., 2003; Ibanez *et al*., 2020; Patil *et al*., 2016) สามารถเป็นประโยชน์กับพืชหลังผ่านกระบวนการย่อยสลายจากจุลินทรีย์ ซึ่งไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์โดยผ่านกระบวนการนี้จัดเป็นปุ๋ยละลายช้า (Terlingen *et al*., 2014) การปลดปล่อยไนโตรเจนจาก crude protein เช่น ในรำข้าว สามารถปลดปล่อยได้นานกว่า 30 วัน และพืชบางชนิด เช่น ข้าว ข้าวฟ่าง และข้าวโพด สามารถดูดกินอินทรีย์ N ในรูปของกรดอะมิโนบางชนิดจากสารประกอบโปรตีนนี้ได้โดยตรง (Okamoto and Okada, 2004) แสดงให้เห็นว่าไนโตรเจนที่มีในปุ๋ยอินทรีย์ลีโอนาร์ไดต์เป็นรูปที่ละลายน้ำได้น้อยและช้า มีศักยภาพที่จะนำไปใช้เป็นปุ๋ยละลายช้า ซึ่งปุ๋ยที่ละลายได้อย่างช้า ๆ นั้นสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยและลดผลกระทบกับสิ่งแวดล้อม ถือเป็นสมบัติหนึ่งที่สำคัญของปุ๋ยที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Chen *et al*., 2018; Gau *et al*., 2020)

รูปแบบการปลดปล่อย Water-ext. P ในปุ๋ยทุกสูตรและทุกชนิดของน้ำที่ใช้สกัดเหมือนกันคือการปลดปล่อยช้าในช่วง 60 นาทีแรก (< 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ <2 % ของปริมาณ total P_2O_5) และสูงสุดที่ระยะเวลาการสกัด 120 นาที (< 2,100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในปุ๋ยทุกสูตรปริมาณ Water-ext. P ที่สกัดได้จากน้ำทั้ง 3 ชนิดแตกต่างกัน เรียงลำดับดังนี้ DI > acid water > alkaline water (Figure 3) ปุ๋ย SuperLeo 1 มีค่า Water-ext. P สัมพัทธ์ในช่วง 0.4-70 % สูงกว่าปุ๋ย SuperLeo 5 และ 6 ซึ่งมีค่าการปลดปล่อยสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 0.2-24 %(Table 3) เมื่อเปรียบเทียบที่ระยะเวลาการสกัดเท่ากัน (60 นาที) ปริมาณ Water-ext. P ทั้งหมดที่สกัดได้จากปุ๋ย SuperLeo 1, 5 และ 6 มีค่า <100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ต่ำกว่าปุ๋ยอินทรีย์อื่นหลายชนิด เช่น Sharpley and Moyer (2000) รายงานว่ามูลสัตว์สามารถพบปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดได้ตั้งแต่ 2,600-40,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แตกต่างกันไปตามชนิดสัตว์และอาหารที่สัตว์ได้รับและค่า Water-ext. P ที่เวลาสกัด 60 นาที มีค่าเท่ากับ 1,630-8,520 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม Kleinman *et al*. (2005) สำรวจปุ๋ยมูลสัตว์ 140 แห่ง พบว่า ปริมาณ Water-ext. P ที่ระยะเวลาการสกัด 60 นาทีของปุ๋ยมีค่าอยู่ในช่วง 200-16,780 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (4-94 % ของปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด) นอกจากนี้ยังมีรายงานของ Liang *et al*. (2014) ที่พบว่า Water-ext. P ที่ระยะเวลาการสกัด 60 นาทีในปุ๋ยมูลโคเท่ากับ 762 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดังนั้น

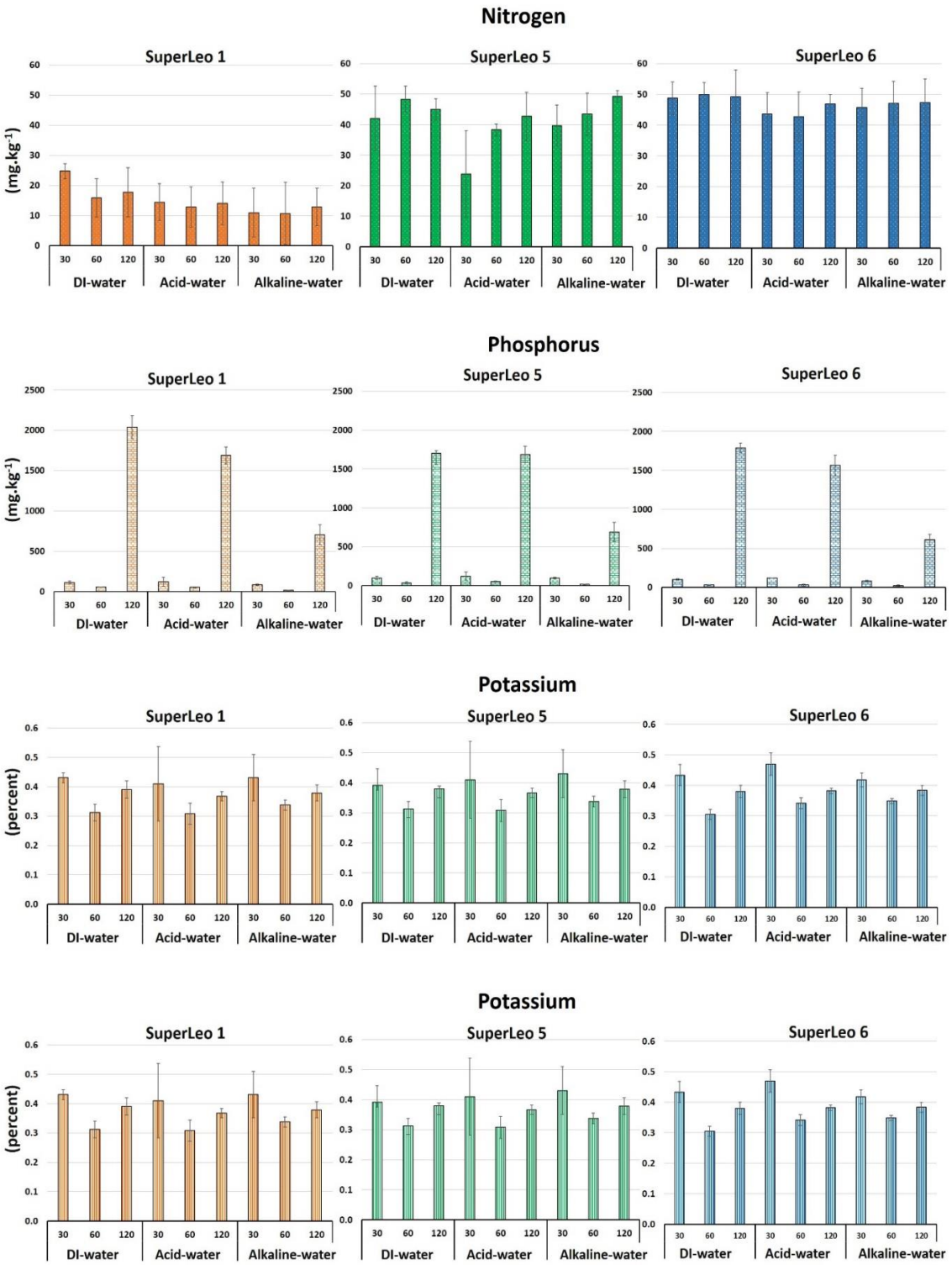

Figure 3. Water extractable release kinetics of nitrogen, phosphorus and potassium in SuperLeo 1, 5 and 6 (Data corresponds to means ± SD values, N = 3)

เมื่อเปรียบเทียบค่า Water-ext. P ของปุ๋ยมูลสัตว์กับค่าในปุ๋ยอินทรีย์ลีโอนาร์ไดต์ทั้งสามสูตรโอกาส P จากปุ๋ยจะละลายกับน้ำออกมาจนเกิดปัญหากับสิ่งแวดล้อมถือว่าน้อยมากและน้อยกว่าปุ๋ยมูลสัตว์

การปลดปล่อย Water-K ในปุ๋ยทุกสูตรมีรูปแบบเดียวกันคือเกิดขึ้นเร็วและใกล้เคียงกันทุกระยะเวลาการสกัด (Figure 3, Table 3) แสดงให้เห็นว่า K ที่เป็นประโยชน์ได้ในปุ๋ยอินทรีย์ลีโอนาร์ไดต์ปลดปล่อยเร็ว พืชสามารถดูดกิน Kในส่วนนี้ได้ง่ายซึ่งธาตุ K นั้นไม่มีรายงานผลกระทบเชิงลบกับระบบนิเวศน์เหมือนกรณีของธาตุ N และ P อีกทั้งยังเป็นธาตุประจุบวกที่มีโอกาสดูดจับโดยสารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์ในดินได้ดีกว่ากรณีของธาตุประจุลบเช่น N และ P

สรุปและข้อเสนอแนะ

ปุ๋ยอินทรีย์ลีโอนาร์ไดต์ 6 สูตร ที่ได้จากการผสมลีโอนาร์ไดต์ 40-45 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักกับวัสดุตัวเติมอื่น 55-60 % (ไบโอชาร์แกลบ (25-35 %) หรือ ไบโอชาร์เปลือกถั่วลิสง (25-35 %) + รำละเอียด (25 %) หรือกากถั่วเหลือง (20 %) + โดโลไมต์ (0-10 %)) มีสมบัติทุกประการผ่านข้อกำหนดปุ๋ยอินทรีย์มาตรฐานของกรมวิชาการเกษตรยกเว้นบางสูตรมีค่าพีเอชหรือการย่อยสลายสมบูรณ์ต่ำกว่าค่าที่กำหนดสำหรับปุ๋ยอินทรีย์มาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร ปุ๋ยทุกสูตรมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงกว่า 25 % ซึ่งสูงกว่าค่ากำหนดสำหรับปุ๋ยอินทรีย์มาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร รูปแบบการปลดปล่อย N และ P ส่วนที่สกัดได้ด้วยน้ำที่มีพีเอชเป็นกลาง กรดจัด และด่างจัดมีโอกาสเกิดผลกระทบเชิงลบกับสิ่งแวดล้อมต่ำมาก โดยทั้ง N และ P ในปุ๋ยจัดได้ว่าละลายช้า ปุ๋ยลีโอนาร์ไดต์ที่ได้จากการศึกษานี้จึงถือว่ามีศักยภาพสูงที่จะนำไปใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ทางเลือกที่ช่วยเพิ่มธาตุอาหารให้กับพืชอย่างช้าๆ รวมทั้งเพิ่มอินทรียวัตถุให้กับดิน อย่างปลอดภัยกับสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ผู้สนใจสามารถใช้ข้อมูลสมบัติของปุ๋ยและวัสดุตัวเติมต่าง ๆ ที่รายงานในการศึกษานี้เป็นแนวในการปรับสูตรปุ๋ยและสัดส่วนการผสมที่สอดคล้องกับวัสดุที่มีในพื้นที่ของตนหรือมีธาตุอาหารเฉพาะเจาะจงกับชนิดพืชที่ปลูกได้ แต่การเลือกวัสดุผสมควรพิจารณา 5 ประเด็นที่ได้เสนอไว้ในผลการศึกษา

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เหมืองแม่เมาะ จังหวัดลำปาง และ รองศาสตราจารย์ ดร. ชิติ ศรีตนทิพย์ ในการช่วยหาแหล่งซื้อเปลือกถั่วลิสงจากกลุ่มเกษตรกรในจังหวัดลำปาง

เอกสารอ้างอิง

Akinremi, O.O., H.H. Janzen, R.L. Lemke and F.J. Larney. 2000. Response of canola, wheat and green beans to leonardite additions. Canadian Journal of Soil Science 80(3): 437-443.

Amissah, J.G.N., W.O. Ellis, I. Oduro and J.T. Manful. 2003. Nutrient composition of bran from new rice varieties under study in Ghana. Food Control 14(1): 21-24.

Barbi, S., F. Barbieri, F. Andreola, I. Lancellotti, L. Barbieri and M. Montorsi. 2020. Preliminary study on sustainable NPK slow-release fertilizers based on byproducts and leftovers: A design-of-experiment approach. ACS Omega 5(42): 27154-27163.

Chen, J., S. Lu, Z. Zhang, X. Zhao, X. Li, P. Ning and M. Liu. 2018. Environmentally friendly fertilizers: A review of materials used and their effects on the environment. Science of the Total Environment 613-614: 829-839.

Department of Agriculture. 2005. Announcement of the Department of Agriculture subject: Organic fertilizer standard, 2005. (Online). Available: http://www.ratchakitcha.soc.go.th

/DATA/PDF/2548/00172707.PDF (January 30, 2021). (in Thai)

Department of Agriculture. 2008. Organic fertilizer analysis method guide. (Online). Available: http://lib.doa.go.th/multim/e-book/EB00061.pdf (January 30, 2021). (in Thai)

Department of Agriculture. 2012. Announcement of the Department of Agriculture request for registration issue of registration certificate request to amend the registration list and the amendment of the organic fertilizer registration list B.E. 2012. (Online). Available: file:///C:/Users/Administrator/Downloads/Law_1_818_TH.pdf (January 29, 2021). (in Thai)

Department of Agriculture. 2014. Announcement of the Department of Agriculture subject to specifying the organic fertilizer criteria. (Online). Available: https://www.doa.go.th/ard/wpcontent/uploads/2019/11/FEDOA11.pdf (January 22, 2021). (in Thai)

EC. 2008. Commission regulation (EC) No 889/2008. (Online). Available: https://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2008R0889:20100701:EN:PDF (September 2, 2020)

Ece, A., K. Saltali, N. Eryigit and F. Uysal. 2007. The effect of leonardite applications on climbing bean (*Phaseolus vulgaris* L.) yield and the some soil properties. Journal of Agronomy 6(3): 480-483.

EGTOP. 2018. Final report on fertilizers (III). (Online). Available: https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/food-farming-fisheries/farming/documents/final-report-egtop-fertilizers-iii_en.pdf (January 29, 2021)

Guo, Y., M. Zhang, Z. Liu, C. Zhao, H. Lu, L. Zheng and Y.C. Li. 2020. Applying and optimizing water-soluble, slow-release nitrogen fertilizers for water-saving agriculture. ACS Omega 5(20): 11342-11351.

Hoffman, G.L., D.J. Nikols, S. Stuhec and R.A. Wilson. 1993. Evaluation of leonardite (humalite) resources of Alberta. Open File Report 1993-18. Alberta Research Council, Alberta, 45 p.

Ibanez, M.A., C. de Blas, L. Camara and G.G. Mateos. 2020. Chemical composition, protein quality and nutritive value of commercial soybean meals produced from beans from different countries: A meta-analytical study. Animal Feed Science and Technology 267: 114531, doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114531

IFOAM. 2019. Consolidated annual report of IFOAM - Organics international & its action group. (Online). Available: https://www.ifoam.bio/sites/default/files/2020-12/AnnualReport 2019.pdf (February 2, 2021).

Kalaitzidis, S., S. Papazisimou, A. Giannouli, A. Bouzinos and K. Christanis. 2003. Preliminary comparative analyses of two Greek leonardites. Fuel 82(7): 859-861.

Kjeldahl, J. 1883. A New Method for the Determination of Nitrogen in Organic Matter. Zeitschrift für Analytische Chemie 22: 366-382.

Kleinman, P.J.A., A.M. Wolf, A.N. Sharpley, D.B. Beegle and L.S. Saporito. 2005. Survey of water-extractable phosphorus in livestock manures. Soil Science Society of America Journal 69(3): 701-708.

Kolodziej, B., D. Sugier and E. Bielinska. 2013. The effect of leonardite application and various plantation modalities on yielding and quality of roseroot (*Rhodiola rosea* L.) and soil

enzymatic activity. *Journal of Geochemical Exploration* 129: 64-69.

Land Development Department. 2002. Handbook of government officials on soil improvement with organic matter, Soil and Water Conservation Division, Land Development Department, Bangkok. 197 p.

Landrot, G., K. Jutamanee, P. Sooksamiti and S. Khaokaew. 2014. Capacity of humic acids extracted at the large scale from Mae-Moh leonardite to be used as soil amenments based on their chemical properties, p. 2960. *In*: Proceedings of the 20th World Congress of Soil Science. Jeju International Convention Center, Jeju, South Korea.

Landrot (Khaokaew), S., C. Armartmontree, C. Khongkaew and K. Jutamanee. 2020. Leonardite-based organic fertilizer production complying with the organic fertilizer standard of the Department of Agriculture. King Mongkut's Agricultural Journal 38(1):93-103. (in Thai)

Liang, Y., X. Cao, L. Zhao, X. Xu and W. Harris. 2014. Phosphorus release from dairy manure, the manure-derived biochar, and their amended soil: effects of phosphorus nature and soil property. Journal of Environmental Quality 43(4): 1504-1509.

Olivella, M.A., M. Sole, R. Gorchs, C. Lao and F.X.C. de las Heras. 2011. Geochemical characterization of a spanish leonardite coal. Archives of Mining Sciences 56(4): 789-804.

Okamoto, M. and K. Okada. 2004. Differential responses of growth and nitrogen uptake to organic nitrogen in four gramineous crops. Journal of Experimental Botany 55(402): 1577-1585.

Patil, S. S., A. Kar and D. Mohapatra. 2016. Stabilization of rice bran using microwave: Process optimization and storage studies. Food and Bioproducts Processing 99: 204-211.

Pertuit, A.J., J.B. Dudley and J.E. Toler. 2001. Leonardite and fertilizer levels influence tomato seedling growth. HortScience 36(5): 913-915.

Pochadom, S., S. Khaokaew, P. Sooksamiti, K. Jutamanee and G. Landrot. 2013. Chemical characterizations of leonardite from Mae Moh mine for agricultural applications. pp. 243-249. *In*: Proceedings of the 51st Kasetsart University Annual Conference, Bangkok. (in Thai)

Ratanaprommanee, C., K. Chinachanta, F. Chaiwan and A. Shutsrirung. 2017. Chemical characterization of leonardite and its potential use as soil conditioner and plant growth enhancement. Asia-Pacific Journal of Science and Technology 22(4), Article ID: APST-22-04-01.

Sanli, A., T. Karadogan and M. Tonguc. 2013. Effects of leonardite applications on yield and some quality parameters of potatoes (*Solanum tuberosum* L.). Turkish Journal of Field Crops 18(1): 20-26.

Sharpley, A. and B. Moyer. 2000. Phosphorus forms in manure and compost and their release during simulated rainfall. Journal of Environmental Quality 29(6): 1462-1469.

Sugier, D., B. Kolodziej and E. Bielinska. 2013. The effect of leonardite application on *Arnica montana* L. yielding and chosen chemical properties and enzymatic activity of the soil. Journal of Geochemical Exploration 129: 76-81.

Supsuan, P., S. Seubkrasair, S. Boonmee and S. Yampracha. 2018. Effects of leonardite and cow manure on growth and yield of marigold (*Tagetes erecta* L.) and change of soil properties after harvesting. Thai Journal of Soils and Fertilizers 40(2): 6-18. (in Thai)

Terlingen, J.G.A., M. Hojjatie and F. Carney. 2014. Review of analytical methods for slow- and controlled-release fertilizers. (Online). Available: https://www.researchgate.net/publication/269708640_Review_of_Analytical_Methods_for_Slow-_and_Controlled-_Release_Fertilizers (January 29, 2021).

Tothirakul, V., P. Sooksamiti and J. Tokamontham. 2009. Research Paper: Preparation of humate salt compounds from coal-mixed soil from Mae Moh lignite mine, Lampang province. (Online). Available: http://www.dpim.go.th/articles/article?catid=128&articleid=701 (January 29, 2021). (in Thai)

Zhang, M., Z. He, A. Zhao, H. Zhang, D.M. Endale and H.H. Schomberg. 2011. Water-extractable soil organic carbon and nitrogen affected by tillage and manure application. Soil Science 176(6): 307-312.

การประมาณผลผลิตข้าวด้วยค่าดัชนีพืชพรรณ โดยใช้ข้อมูลภาพแบบหลายช่วงคลื่นจากอากาศยานไร้คนขับ

Rice Yield Estimation with Vegetation Index Using Multispectral Imagery from Unmanned Aerial Vehicle

พงศ์ หลวงมูล* และ **ถาวร อ่อนประไพ**

Pong Loungmoon* and Thaworn Onpraphai

ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

**Corresponding author: Email: Pong_loungmoon@cmu.ac.th*

(Received: 30 November 2020; Accepted: 18 March 2021)

Abstract: Multispectral high - resolution imagery from unmanned aerial vehicle (UAV) of rice (Chai Nat 1 varieties) in the research plots at Mae Hia Agricultural Research, Demonstration and Training Center, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University was analyzed spatially to crop spectral parameters with a program of geographic information system (GIS) in terms of three vegetation index (VI) including two physical collaborating parameters. These parameters were developed collaborating with the rice yield data from crop cutting as the models in terms of simple and multiple linear regression equations to estimate rice yield in experimental plots. As a result, found that, the most reliable model was developed with all crop spectral parameters from unmanned aerial vehicle (UAV) in terms of multiple linear regression equation that is $Y = -430.86 - 5108.88X_1 - 447.9X_2 + 2751.09X_3 + 282.36X_4 - 254.2X_5$ with the most determination coefficient of 0.879. In conclusion, the model can provided closely rice yield estimation with observed yields. It can be usefully implemented to predict rice yield at the plot level.

Keywords: Unmanned aerial vehicle, multispectral imagery, vegetation index, rice yield estimation

บทคัดย่อ: ข้อมูลภาพแบบหลายช่วงคลื่น จากอากาศยานไร้คนขับ (UAV) ของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ในแปลงวิจัยที่ศูนย์วิจัยสาธิตและฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้ถูกนำมาวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์การสะท้อนช่วงคลื่นของพืชในเชิงพื้นที่ด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) ในลักษณะค่าดัชนีพืชพรรณ (VI) 3 รูปแบบ และค่าตัวแปรร่วมทางกายภาพ 2 ค่า และถูกนำมาพัฒนาเป็นแบบจำลองในรูปแบบสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายและพหุคูณเพื่อประมาณการผลผลิตข้าวในแปลงทดลองร่วมกับค่าผลผลิตข้าวที่ได้จากการตั้งแปลงเก็บเกี่ยว ผลการศึกษา พบว่า แบบจำลองที่น่าเชื่อถือมากที่สุดถูกพัฒนาด้วยค่าพารามิเตอร์การสะท้อนช่วงคลื่นของพืชทั้งหมดจากอากาศยานไร้คนขับในรูปแบบสมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ คือ $Y = -430.86 - 5108.88X_1 - 447.9X_2 + 2751.09X_3 + 282.36X_4 - 254.2X_5$ ด้วยค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) มากที่สุดเท่ากับ 0.879 ผลการทดสอบสรุปได้ว่าแบบจำลองสามารถให้ค่าประมาณการผลผลิตข้าวที่ใกล้เคียงกับค่าผลผลิตจริง สามารถใช้เป็นประโยชน์ต่อการพยากรณ์ผลผลิตข้าวในระดับแปลงได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: อากาศยานไร้คนขับ ข้อมูลภาพแบบหลายช่วงคลื่น ค่าดัชนีพืชพรรณ การประมาณการผลผลิตข้าว

คำนำ

ข้าวเป็นพืชหลักที่ใช้บริโภคภายในประเทศและส่งออกตลาดต่างประเทศ ในปีการเพาะปลูก 2561/62 ประเทศไทยมีผลผลิตจากการเก็บเกี่ยวข้าวนาปีปริมาณรวมทั้งสิ้น 25,177,856 ตัน โดยสามารถส่งออกได้ประมาณ 8,000,000 ตัน มูลค่าประมาณ 136,000 ล้านบาท (Office of Agricultural Economics, 2019) อย่างไรก็ตาม ที่ผ่านมาเกษตรกรผู้ผลิตข้าวมักประสบปัญหาปริมาณผลผลิตข้าวตกต่ำและราคาขายไม่แน่นอน โดยหากผู้ผลิตสามารถทราบข้อมูลผลผลิตและความสมบูรณ์ของข้าวในช่วงระยะที่เหมาะสมแล้ว จะทำให้สามารถบริหารจัดการและแก้ไขปัญหาได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ (Land Development Department, 2006) ในปัจจุบัน หลายประเทศได้ปรับเปลี่ยนไปสู่ยุคการเกษตรสมัยใหม่ที่มีการวิจัยพัฒนาด้วยเทคโนโลยีและนวัตกรรมต่าง ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดระยะเวลาเพื่อตอบสนองความต้องการด้านอาหารของมนุษย์ที่เพิ่มมากขึ้น

ในปัจจุบัน อากาศยานไร้คนขับ (unmanned aerial vehicle: UAV) เป็นเครื่องมือหนึ่งในการสำรวจข้อมูลระยะไกล (remote sensing) ที่ถูกนำมาใช้อย่างมากในการเกษตรสมัยใหม่เพื่อการสำรวจพื้นที่เพาะปลูก การทำแผนที่ความอุดมสมบูรณ์ของดิน การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต และการติดตามผลผลิตทางการเกษตร ตลอดจนการเฝ้าระวังความเสียหายที่อาจเกิดจากโรคและแมลงศัตรูพืช รวมถึงเพื่อการฉีดพ่นสารทางการเกษตรที่จำเป็น ที่สำคัญคือสามารถใช้คาดการณ์ผลผลิตพืชในแปลงเพาะปลูกได้ (Gevaert *et al.,* 2014) ซึ่งชุดข้อมูลคาดการณ์ผลผลิตสุดท้ายที่น่าจะเป็นไปได้เป็นสิ่งสำคัญ โดยทั่วไปเรียกว่า “การประมาณผลผลิต” ซึ่งใช้หลักการวิเคราะห์ข้อมูลอย่างเป็นระบบจากหลายปัจจัยที่สำคัญ เช่น ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ธาตุอาหาร ภูมิอากาศ และข้อมูลผลผลิตก่อนหน้านี้ (Krishna, 2018) ซึ่งเทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับสามารถบันทึกภาพผลผลิตทางเกษตรและบูรณาการร่วมกับเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (geo - informatics technology) ทำการคำนวณพารามิเตอร์ค่าการสะท้อนช่วงคลื่นของพืช (crop spectral parameters) ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายฯ ในรูปแบบต่าง ๆ ของค่าดัชนีพืชพรรณ (vegetation index: VI) เพื่อใช้เป็นปัจจัยหนึ่งในการประมาณการผลผลิตพืชได้อย่างแม่นยำ

ค่าดัชนีพืชพรรณ (VI) เป็นค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากดวงอาทิตย์กับพืชพรรณที่สะท้อนปริมาณแสงตกกระทบในพื้นที่เพาะปลูกพืชด้วยสัดส่วนที่แตกต่างกันในช่วงเวลาที่ต่างกัน ทำให้ได้ข้อมูลสถานะของพืชรวมถึงสภาพความแข็งแรงและความผิดปกติของพืชนั้นในพื้นที่แปลงปลูก ซึ่งสิ่งปกคลุมที่เป็นพืชพรรณสมบูรณ์แข็งแรงถูกอธิบายด้วยการดูดซับของใบพืชในช่วงคลื่นแสงสีแดง (Red: 0.6 - 0.7 μm) ของพลังงานคลื่น

แม่เหล็กไฟฟ้า และสะท้อนค่าช่วงคลื่นแสงอินฟราเรดใกล้ (NIR: 0.7 and 1.1 μm). เป็นส่วนใหญ่ (López-Pérez *et al.,* 2015) ทั้งนี้ ค่าดัชนีพืชพรรณ (VI) เป็นการวัดค่าแบบอัตราส่วนด้วยช่วงค่าระหว่าง - 1.000 ถึง 1.000 โดยค่าเป็นลบ (- 1.000 ถึง 0.000) มีความสัมพันธ์กับข้อมูลความชื้นและแหล่งน้ำ สำหรับค่าบวกแต่ค่อนข้างต่ำและเข้าใกล้ 0.000 (ประมาณ 0.200 to 0.400) แสดงถึงพื้นที่ที่มีพืชอยู่บ้างแต่น้อยมาก เช่น พุ่มไม้ ทุ่งหญ้า ในขณะที่ค่าเป็นบวกและยิ่งสูงมาก (เข้าใกล้ 1.000) เป็นพื้นที่พืชพรรณสีเขียวที่มีความอุดมสมบูรณ์ เช่น พื้นที่ป่าฝนเขตร้อน ป่าดิบชื้น เป็นต้น (Weier and Herring, 2000)

โดยทั่วไปค่าดัชนีพืชพรรณ (VI) สามารถประยุกต์วิธีการคำนวณไปตามวัตถุประสงค์ของการใช้งานได้อย่างหลากหลาย ตัวอย่างเช่น ค่าดัชนีความต่างของพืชพรรณ (normalized difference vegetation index: NDVI) (Rouse *et al.,* 1974; Thompson *et al.,* 2015) ค่าดัชนีความต่างของพืชพรรณด้วยช่วงคลื่นแสงสีเขียว (green normalized difference vegetation index: GNDVI) (Gitelson *et al.,* 1996) และค่าดัชนีพืชพรรณแบบปรับปรุงด้วยข้อมูล 2 ช่วงคลื่น (two - band enhanced vegetation index: EVI2) (Jiang *et al.,* 2008) เป็นต้น

ในปัจจุบันมีการใช้อากาศยานไร้คนขับ (UAV) เพื่อบันทึกข้อมูลภาพและวิเคราะห์ค่าดัชนีพืชพรรณ (VI) ในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อประยุกต์ใช้ในการจัดการทรัพยากรและการประมาณการผลผลิตพืชทางการเกษตรเชิงพื้นที่จำนวนมาก (Krishna, 2018) ตัวอย่างเช่น Basso *et al.* (2013) ใช้อากาศยานไร้คนขับบันทึกภาพและวิเคราะห์ค่าดัชนีความต่างของพืชพรรณ (NDVI) ค่าดัชนีความต่างของพืชพรรณสีเขียวและข้อมูลแบบจำลองพื้นผิวของพื้นที่ปลูกพืช (crop surface model: CSM) เพื่อจำแนกชนิดพืช ติดตามการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูก และร่วมกับสมการถดถอยเชิงเส้นเพื่อการคาดการณ์ผลผลิตพืชในแปลง ในขณะที่ Grassi (2014) ใช้อากาศยานไร้คนขับทำแผนที่ค่าดัชนีความต่างของพืชพรรณ (NDVI) ของแปลงเพาะปลูกพืชในฤดูกาลเพื่อวางแผนการให้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพในระบบการเกษตรแบบแม่นยำ (precision agriculture)

ค่าดัชนีพืชพรรณ (VI) เป็นค่าที่อ่อนไหวและสัมพันธ์กับพืชพรรณในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ปริมาณความชื้น (humidity) มวลชีวภาพ (biomass) ความเข้มของคลอโรฟิลล์ (chlorophyll concentration) ดัชนีพื้นที่ใบ (leaf area index; LAI) ความหนาแน่นของพืชพรรณ (vegetation density) ระยะการเจริญเติบโต (growth stages) ช่วงการออกดอก (panicle stage) ไนโตรเจนในพืช (nitrogen in the plant) และการตรวจจับวัชพืช (weed detection) เป็นต้น (Barrero *et al.,* 2016) ด้วยคุณสมบัติเหล่านี้ของค่าดัชนีพืชพรรณ (VI) จึงทำให้สามารถประเมินสถานภาพของพืชชนิดต่าง ๆ รวมถึงต้นข้าวที่อยู่ในแปลงได้

นอกจากนี้ ค่าสัดส่วนการปกคลุมของต้นข้าว (canopy cover : CC) และค่าความสูงของต้นข้าว (plant height: PH) ยังมีส่วนช่วยในการพัฒนาแบบจำลองเพื่อการประมาณผลผลิตของข้าวในฐานะเป็นค่าตัวแปรร่วมทางกายภาพของข้าว โดยค่าสัดส่วนการปกคลุมของต้นข้าว (CC) สามารถคำนวณได้โดยตรงจากข้อมูลภาพแปลงทดลองปลูกข้าวโดยกำหนดได้จากค่าสัดส่วนของการปกคลุมพื้นที่ของต้นข้าวต่อพื้นที่ส่วนล่างทั้งหมด (หรือพื้นที่แปลงทดลองทั้งหมดที่ปลูกข้าว) (Guevara-Escobar *et al.,* 2005) Guevara-Escobar *et al.* (2005) อธิบายว่า ค่าสัดส่วนการปกคลุมของต้นข้าว (CC) ที่มีความสัมพันธ์และเหมาะสมกับค่าผลผลิตข้าวที่ดีที่สุดจะอยู่ในช่วงระหว่าง 0.65 - 0.75 ในขณะที่ ค่าความสูงของต้นข้าว (PH) โดยทั่วไปจะมีความสัมพันธ์กับค่าผลผลิตข้าวซึ่งในชุดข้อมูลภาพที่บันทึกได้จากอากาศยานไร้คนขับ (UAV) ซึ่งคำนวณได้โดยตรงจากแบบจำลองพื้นผิวเชิงเลขของภูมิประเทศ (digital surface model: DSM) ของแปลงทดลอง

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ใช้ข้อมูลภาพแบบหลายช่วงคลื่น จากอากาศยานไร้คนขับ (UAV) ของแปลงปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ณ ศูนย์วิจัยสาธิตและฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ นำมาวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์การสะท้อนช่วงคลื่นของพืช (crop spectral parameters) ด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (geographic information system: GIS) ในลักษณะ

ค่าดัชนีพืชพรรณ (VI) 3 รูปแบบ ได้แก่ (1) ค่าดัชนีความต่างของพืชพรรณ (2) ดัชนีความต่างของพืชพรรณสีเขียว และ (3) ดัชนีความเขียวแบบสามเหลี่ยม (triangular greenness index: TGI) รวมถึงค่าตัวแปรร่วมทางกายภาพของข้าว 2 ค่า คือ (4) ค่าสัดส่วนการปกคลุมของต้นข้าวและ (5) ค่าความสูงของต้นข้าว เพื่อนำมาพัฒนาเป็นสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายและพหุคูณ (simple and multiple linear regression) เพื่อการประมาณการผลผลิตของข้าวในแปลงทดลองร่วมกับค่าผลผลิตข้าวที่ได้จากการตั้งแปลงเก็บเกี่ยว (crop cutting) เพื่อทำการประเมินหาแบบจำลองที่ดีที่สุดสำหรับการวางแผนและพัฒนาปรับปรุงผลผลิตข้าวต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการศึกษา:

ดำเนินการปลูกด้วยวิธีการปักดำข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ในพื้นที่ 600 ตารางเมตร แบ่งแปลงทดลองขนาด 4 x 3 เมตร (12 ตารางเมตร) จำนวน 48 แปลง ณ ศูนย์วิจัยสาธิตและฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เมื่อวันที่ 15 สิงหาคม พ.ศ. 2561 โดยเก็บบันทึกข้อมูลภาพแบบหลายช่วงคลื่น ด้วยกล้องบันทึกข้อมูลภาพเชิงเลข จำนวน 2 ตัว แบ่งเป็น (1) กล้องบันทึกข้อมูลภาพในช่วงคลื่นที่สายตามองเห็น 3 ช่วงคลื่น (visible: blue, green, red) sensor 1"CMOS Sony Exmor IMX206 และ(2) กล้องบันทึกข้อมูลภาพในช่วงคลื่นที่สายตามองเห็นแสงสีแดง (visible: red) และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near - Infrared) MAPIR Survey 2 Camera - NDVI ที่ระดับความสูงบิน 20 เมตร ด้วยอากาศยานไร้คนขับ (UAV) ยี่ห้อ DJI รุ่น Phantom 4 Pro โดยใช้หลักการรังวัดภาพถ่ายทางอากาศ (aerial photogrammetry) ในวันที่ 7 พฤศจิกายน พ.ศ. 2561 ซึ่งเป็นช่วงระยะการเจริญเติบโตของข้าว 90 วันหลังการปลูกและอยู่ในระยะการพัฒนารวง (reproductive phase) เพื่อนำข้อมูลภาพมาทำการวิเคราะห์ค่าการสะท้อนช่วงคลื่นของพืชจากกล้องบันทึกข้อมูลจำนวน 2 ตัว (Figure 1) มาทำการวิเคราะห์ค่าดัชนีพืชพรรณ (VI) ใน 3 รูปแบบที่คาดว่าจะสามารถตอบสนองและมีความสัมพันธ์กับค่าผลผลิตของข้าวในแปลงทดลองได้อย่างใกล้เคียงที่สุด ได้แก่ (1) ค่าดัชนีความต่างของพืชพรรณ (NDVI) (2) ค่าดัชนีความต่างของพืชพรรณด้วยช่วงคลื่นแสงสีเขียว (GNDVI) และ (3) ค่าดัชนีความเขียวแบบสามเหลี่ยม (TGI) รวมถึงค่าตัวแปรร่วมทางกายภาพของข้าว 2 ค่า ได้แก่ (4) ค่าสัดส่วนการปกคลุมของต้นข้าว (CC) (Hunt *et al.,* 2011)

Figure 1. Example of mosaicking and partial images of a rice plot from UAV with visible (R,G,B) and Red - Near Infrared (Red - NIR) bands

และ (5) ค่าความสูงของต้นข้าว (PH) ค่าดัชนีเหล่านี้ถูกใช้อย่างแพร่หลายในการติดตามความสมบูรณ์แข็งแรงและประมาณการผลผลิตและชีวมวลของพืช (Ren *et al.*, 2008) สำหรับค่าดัชนีความเขียวแบบสามเหลี่ยม (TGI) เป็นค่าดัชนีพืชพรรณที่ได้มาจากข้อมูลภาพในช่วงคลื่นที่สายตามนุษย์มองเห็น (visible: red, green, blue) (Figure 2) ซึ่งเป็นค่าสะท้อนของการตอบสนองของปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพืชที่มีผลต่อการติดตามพัฒนาการของพืชและผลผลิต (Hunt *et al.*, 2013) ส่วนค่าความสูงของต้นข้าว (PH) ถูกคำนวณจากแบบจำลองพื้นผิวเชิงเลขของภูมิประเทศที่วัดค่าความสูงต่างเรือนยอดและพื้นผิวภูมิประเทศ ซึ่งคำนวณได้ด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ArcGIS 10.5 สมการต่าง ๆ ดัง Table 1

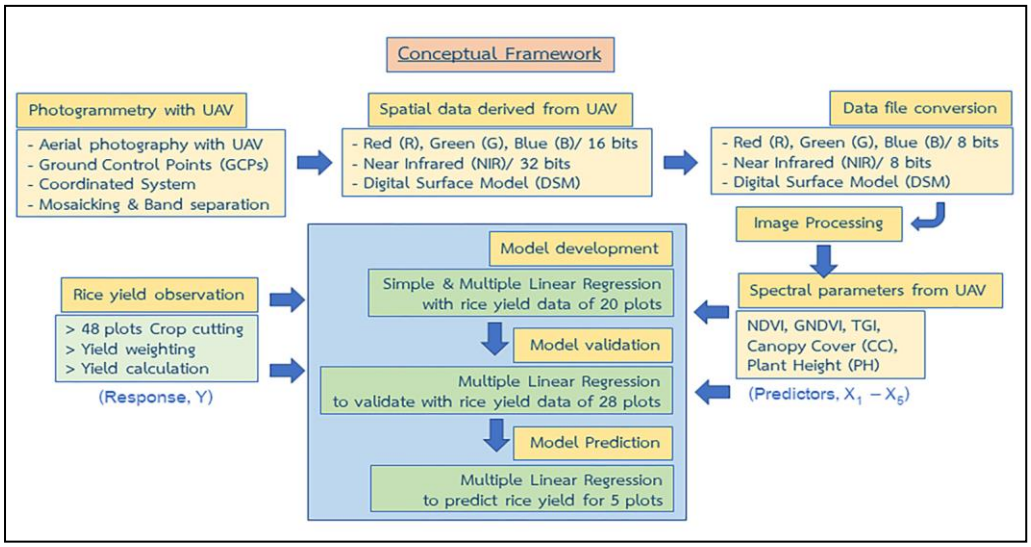

Figure 2. Conceptual framework of the research

Table 1. Spectral parameters derived from two digital cameras with UAV

Cameras	Parameters	Equations	References
Multispectral	NDVI	= NIR – Red / NIR + Red [1]	Rouse *et al.*, 1974; Thompson *et al.*, 2015;
	GNDVI	= NIR – Green / NIR + Green [2]	Gitelson et al., 1996; Hunt *et al.*, 2011
	Canopy Cover (CC)	$= \frac{\text{no. of crop pixels in AOI}}{\text{overall number of pixels in the AOI}}$ [3]	Hunt *et al.*, 2011
RGB	Triangular Greenness Index (TGI)	= Green - (0.39 x RED) - (0.61× Blue)	Hunt *et al.*, 2011
	Plant Height (PH)	= (Crop canopy - Soil surface)	Malambo *et al.*, 2018

Remark [1] NIR and Red are pixel values in near infrared and red channels, respectively

[2] Green are pixel values in green channel / 3 AOI is Areas of Interest

จากนั้นทำการสุ่มตัวอย่างข้อมูลผลผลิตข้าวโดยวิธีการตั้งแปลงเก็บเกี่ยวในพื้นที่ขนาด 1 ตารางเมตร จำนวน 48 แปลง ชั่งวัดน้ำหนักเมล็ดและปรับความชื้นเมล็ดที่ 14 % ในวันที่ 3 ธันวาคม พ.ศ. 2561 เพื่อพัฒนาแบบจำลองประมาณการผลผลิตข้าวด้วยสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายและพหุคูณ โดยแบ่งขั้นตอนออกเป็น (1) การพัฒนาแบบจำลอง (2) การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง และ (3) การทำนายผลผลิตข้าวโดยใช้ข้อมูลผลผลิตข้าวและค่าการสะท้อนช่วงคลื่นของพืชจากแปลงทดลองจำนวน 20, 28, และ 5 แปลง ตามลำดับ (Figure 2) และประเมินค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) ที่บ่งบอกความเชื่อมั่นของสมการ (Chenga *et al.,* 2014)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ค่าการสะท้อนช่วงคลื่นของพืชจากอากาศยานไร้คนขับ (Crop spectral parameters from UAV)

ผลจากกรรมวิธีประมวลผลภาพ (image processing) ทำให้ได้ค่าการสะท้อนช่วงคลื่นของพืช (crop spectral parameters) จากอากาศยานไร้คนขับ (UAV) จากนั้นนำไปแปลงค่าข้อมูลเชิงเลข (digital number: DN) ให้เป็นค่ามาตรฐาน 8 bits เพื่อนำไปคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณ (VI) ใน 3 รูปแบบ ได้แก่ (1) ค่าดัชนีความต่างของพืชพรรณ (NDVI) (2) ค่าดัชนีความต่างของพืชพรรณด้วยช่วงคลื่นแสงสีเขียว (GNDVI) และ (3) ค่าดัชนีความเขียวแบบสามเหลี่ยม (TGI) รวมถึงค่าตัวแปรร่วมทางกายภาพของข้าว ได้แก่ (4) ค่าสัดส่วนการปกคลุมของต้นข้าว (CC) และ (5) ค่าความสูงของต้นข้าว (PH) (Figure 3) โดยพบว่าค่าดัชนีความต่างของพืชพรรณ (NDVI) มีค่าอยู่ระหว่าง - 0.123 ถึง - 0.093; ค่าดัชนีความต่างของพืชพรรณสีเขียว (GNDVI) - 0.114 ถึง 0.015; ค่าดัชนีความเขียวแบบสามเหลี่ยม (TGI) 0.356 ถึง 0.498; ค่าสัดส่วนการปกคลุมของต้นข้าว (CC) 0.630 ถึง 0.846 และ ค่าความสูงของต้นข้าว (PH) 0.611 ถึง 0.766 ตามลำดับ (Figure 3) ซึ่งค่าดัชนีพืชพรรณและค่าตัวแปรร่วมทางกายภาพของข้าวเหล่านี้ จะใช้เป็นตัวแปรประมาณการ (predictors, X_1 - X_5) ในการพัฒนาแบบจำลองประมาณการผลผลิตข้าวโดยคาดว่าจะมีความสัมพันธ์กับค่าผลผลิตของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ในแปลงทดลอง

2. ค่าผลผลิตข้าวในแปลงทดลอง (Rice yield observation)

ค่าผลผลิตข้าวต่อไร่ในแปลงทดลองได้จากวิธีการตั้งแปลงเก็บเกี่ยว (crop cutting) โดยทำการเก็บข้อมูลเมื่อวันที่ 3 ธันวาคม พ.ศ. 2561 ในพื้นที่ขนาด

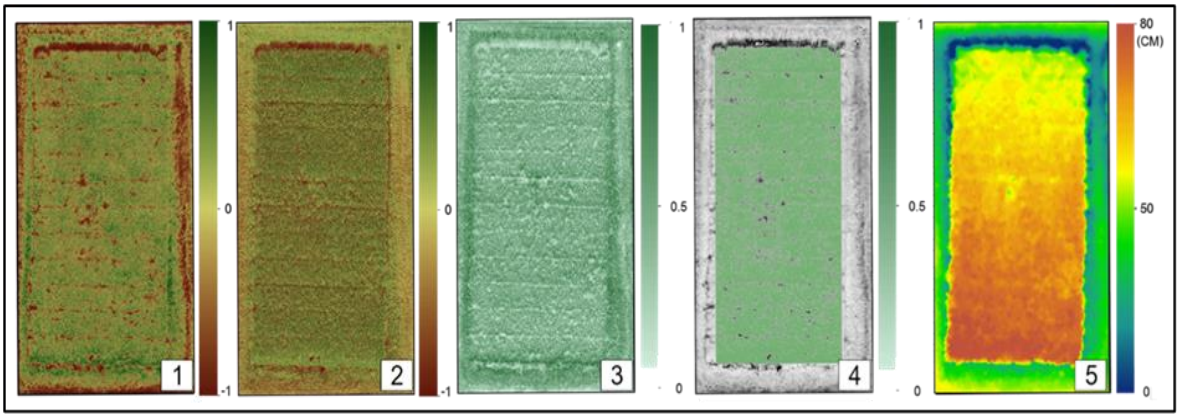

Figure 3. Map shows (1) Normalized difference vegetation index (NDVI), (2) Green normalized difference vegetation index (GNDVI), (3) Triangular greenness index (TGI), (4) Canopy cover (CC), and (5) Plant height (PH)

12 ตารางเมตร จำนวน 48 แปลง นำเมล็ดข้าวมาชั่งวัดน้ำหนักและปรับความชื้นเมล็ดให้เป็นมาตรฐานเดียวกันที่ 14 % ได้ผลผลิตข้าวต่อไร่ของทั้ง 48 แปลง (Table 2) โดยพบว่า ผลผลิตข้าวที่ได้ต่ำที่สุดเท่ากับ 889.63 กิโลกรัมต่อไร่ (แปลงที่ 35) ผลผลิตข้าวที่สูงที่สุดเท่ากับ 1,637.93 กิโลกรัมต่อไร่ (แปลงที่ 33) โดยเฉลี่ยผลผลิตข้าวทั้ง 48 แปลง เท่ากับ 1,176.17 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งผลผลิตข้าวต่อไร่ที่ได้จากวิธีการตั้งแปลงเก็บเกี่ยวนี้จะใช้เป็นตัวแปรตอบสนอง (Response, Y) ในการพัฒนาแบบจำลองประมาณการผลผลิตข้าวต่อไป

Table 2. Rice yield estimation (in the stage of model development and validation) with spectral parameters by multispectral high - resolution imagery from unmanned aerial vehicle (UAV) in November 7, 2018

Group	Plot	Rice yield (crop cutting) (kg / rai)	Rice yield estimation Kg / rai	Residuals
1	1	1,340.64	1,392.11	- 51.47
	2	1,362.68	1,458.29	- 95.61
	3	1,368.94	1,403.69	- 34.75
	4	1,508.69	1,463.78	44.91
	5	1,454.19	1,463.60	- 9.41
	6	1,590.92	1,518.81	72.11
	7	1,238.79	1,227.82	10.97
	8	1,344.12	1,402.33	- 58.21
	9	1,359.44	1,268.14	91.30
	10	1,217.96	1,241.90	-23.94
	11	1,545.41	1,491.67	53.74
	12	1,359.02	1,417.50	-58.48
	13	1,301.75	1,337.44	- 35.69
	14	1,441.47	1,422.81	18.66
	15	1,312.84	1,274.16	38.68
	16	1,344.92	1,319.06	25.86
	17	1,378.96	1,380.98	- 2.02
	18	1,322.58	1,351.85	- 29.27
	19	1,510.03	1,463.01	47.02
	20	1,230.08	1,234.48	- 4.40
2	21	1,433.58	1,390.28	43.31
	22	1,235.70	1,431.38	- 195.68
	23	1,475.84	1,295.68	180.16
	24	1,528.74	1,250.46	278.29
	25	1,090.72	1,416.73	- 326.01
	26	1,074.83	1,423.23	- 348.40
	27	1,500.95	1,453.95	47.00

Table 2. Continued

Group	Plot	Rice yield (crop cutting) (kg / rai)	Rice yield estimation Kg / rai	Residuals
	27	1,500.95	1,453.95	47.00
	28	1,146.11	1,453.10	- 307.00
	29	1,550.28	1,287.53	262.76
	30	1,204.91	1,342.84	- 137.93
	31	1,537.88	1,297.34	240.53
	32	1,231.02	1,393.14	- 162.12
	33	1,904.58	1,390.06	514.52
	34	1,111.26	1,371.87	- 260.61
	35	1,034.46	1,378.72	- 344.26
	36	1,334.53	1,427.57	- 93.04
	37	1,311.14	1,450.61	- 139.47
	38	1,510.56	1,316.54	194.03
	39	1,708.48	1,357.41	351.07
	40	1,247.92	1,366.21	- 118.29
	41	1,235.77	1,413.92	- 178.16
	42	1,140.98	1,299.09	- 158.11
	43	1,553.49	1,440.86	112.63
	44	1,220.56	1,343.56	- 123.00
	45	1,498.04	1,276.91	221.13
	46	1,110.97	1,444.30	- 333.34
	47	1,371.00	1,208.69	162.31
	48	1,790.73	1,408.57	382.16
Average		1,367.26	1,372.17	- 4.91

3. ผลการพัฒนาแบบจำลองประมาณการผลผลิตข้าว (Model development of rice yield estimation)

1.1 การพัฒนาแบบจำลองประมาณการผลผลิตข้าวในรูปแบบสมการถดถอยเชิงเส้น (Model development of rice yield estimation with the regression equation)

ทำการพัฒนาแบบจำลองประมาณการผลผลิตข้าวด้วยสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายและพหุคูณ (simple and multiple linear regression) ด้วยความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตอบสนอง (response, Y) คือ ผลผลิตข้าวต่อไร่ที่ได้จากวิธีการตั้งแปลงเก็บเกี่ยวโดยการสุ่มตัวอย่างในแปลงทดลองกลุ่มที่ 1 (แปลงที่ 1 - 20) จำนวน 20 แปลง และตัวแปรประมาณการ (predictors, X_1 - X_5) จากค่าพารามิเตอร์การสะท้อนช่วงคลื่นของพืชได้แก่ ค่าดัชนีพืชพรรณ (VI) 3 รูปแบบ คือ (1) ค่าดัชนีความต่างของพืชพรรณ (NDVI) (2) ค่าดัชนีความต่างของพืชพรรณด้วยช่วงคลื่นแสงสีเขียว (GNDVI) และ (3) ค่าดัชนีความเขียวแบบสามเหลี่ยม (TGI) ร่วมกับค่าตัวแปรร่วมทางกายภาพของข้าว คือ (4) ค่าสัดส่วนการปกคลุมของต้นข้าว (CC) และ (5)

ค่าความสูงของต้นข้าว (PH) ทำให้ได้สมการประมาณการผลผลิตข้าวใน 4 รูปแบบ (Table 3 และ Table 4) ซึ่งทำการคัดเลือกสมการที่ดีที่สุดโดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ประกอบกับค่า RMSE (Root Mean Square Error) เพื่อจะนำไปใช้ในการทดสอบความถูกต้อง (model validation) และพยากรณ์ผลผลิต (yield prediction) ต่อไป โดยพบว่า สมการที่ (4) ซึ่งเป็นสมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ โดยที่ ตัวแปรตอบสนอง คือ ผลผลิตข้าว (Y) มีความสัมพันธ์กับตัวแปรประมาณการ (X_1 - X_5) คือ ค่าดัชนีความต่างของพืชพรรณ (NDVI; X_1) ค่าดัชนีความต่างของพืชพรรณด้วยช่วงคลื่นแสงสีเขียว (GNDVI; X_1) ค่าดัชนีความเขียวแบบสามเหลี่ยม (TGI; X_1) ค่าสัดส่วนการปกคลุมของต้นข้าว (CC; X_1) ค่าความสูงของต้นข้าว (PH; X_1) คือ $Y = -430.86 - 5108.88X_1 - 447.9X_2 + 2751.09X_3 + 282.36X_4 - 254.2X_5$ มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สูงที่สุดเท่ากับ 0.879 จากนั้นได้ทำการทดสอบใช้สมการเพื่อประมาณการผลผลิตข้าวรายแปลง (modelling rice yield) ในแปลงทดลองกลุ่มที่ 1 ดังกล่าว จำนวน 20 แปลง เพื่อเปรียบเทียบกับค่าผลผลิตข้าวที่ได้จากการตั้งแปลงเก็บเกี่ยวซึ่งเป็นค่าผลผลิตจริง (observed rice yield) พบว่า การประมาณการผลผลิตข้าวได้สูงสุดที่ 1,590.92 กิโลกรัมต่อไร่ (แปลงที่ 6) และต่ำสุดที่ 1,230.08 กิโลกรัมต่อไร่ (แปลงที่ 20) ด้วยค่าผลผลิตเฉลี่ยที่ 1,376.67 กิโลกรัมต่อไร่

Table 3. Regression models to predict rice yield with R2 and RMSE

Models	R^2	RMSE (kg / rai)	
$Y = 2163.36 + 7981.99X_1 - 1728.41X_2$	0.661	75.492	(1)
$Y = -530.19 - 5526.26X_1 + 2989.44X_3$	0.861	51.146	(2)
$Y = 420.89 - 786.60X_2 + 2101.19X_3$	0.853	52.533	(3)
$Y = -430.86 - 5108.88X_1 - 447.90X_2 + 2751.09X_3 + 282.36X_4 - 254.20X_5$	0.879	47.909	(4)

กำหนดให้

Y	=	Rice yield estimation	
NDVI	=	Normalized difference vegetation index	(X1)
GNDVI	=	Green normalized difference vegetation index	(X2)
TGI	=	Triangular greenness index	(X3)
CC	=	Canopy cover	(X4)
PH	=	Plant height	(X5)

Table 4. ANOVA of multiple linear regression with NDVI, GNDVI, TGI, CC and PH

Value	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	5	156427.973	31285.595	9.541	< 0.001
Residual	14	45907.066	3279.076		
Total	19	202335.039			

3.2 การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองประมาณการผลผลิตข้าว (Model validation of rice yield estimation)

แบบจำลองประมาณการผลผลิตข้าวในรูปแบบสมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ คือ $Y = -430.86 - 5108.88X_1 - 447.90X_2 + 2751.09X_3 + 282.36X_4 - 254.20X_5$ ($R^2 = 0.879$) ถูกนำมาทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (model validation) โดยใช้สมการทำการประมาณการค่าผลผลิตข้าว (modelling rice yield) ในแปลงทดลองกลุ่มที่ 2 จำนวน 28 แปลง (Table 2) โดยเปรียบเทียบกับค่าผลผลิตข้าวที่ได้จากการตั้งแปลงเก็บเกี่ยวซึ่งเป็นค่าผลผลิตจริง (observed rice yield) พบว่า การประมาณการผลผลิตข้าวได้สูงสุดที่ 1,453.10 กิโลกรัมต่อไร่ (แปลงที่ 28) และผลผลิตต่ำสุดที่ 1,208.69 กิโลกรัมต่อไร่ (แปลงที่ 47) ด้วยค่าผลผลิตเฉลี่ยที่ 1,368.95 กิโลกรัมต่อไร่ โดยค่าเฉลี่ยจากการประมาณการผลผลิตด้วยสมการน้อยกว่าค่าเฉลี่ยที่ได้จากผลผลิตจริง (residuals) 8.41 กิโลกรัมต่อไร่

3.3 การพยากรณ์ผลผลิตข้าวด้วยแบบจำลองฯ (Rice yield prediction with the model)

นำสมการแบบจำลองการประมาณการผลผลิตข้าว (สมการที่ 4) ที่ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องแล้ว (model validation) ไปใช้ในการทดสอบการพยากรณ์ (prediction) ผลผลิตจริงของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ในแปลงปลูกข้าวข้างเคียง(แยกต่างหากจากแปลงทดลองที่ใช้พัฒนาแบบจำลอง) ขนาด 18 x 6 เมตร (108 ตารางเมตร) จำนวน 5 แปลง พบว่า การประมาณการผลผลิตข้าวได้สูงสุดที่ 1,588.78 กิโลกรัมต่อไร่ (แปลงที่ 4) และต่ำสุดที่ 1,267.55 กิโลกรัมต่อไร่ (แปลงที่ 5) ด้วยค่าผลผลิตเฉลี่ยที่ 1,483.36 กิโลกรัมต่อไร่ โดยค่าเฉลี่ยจากการประมาณการผลผลิตด้วยสมการน้อยกว่าค่าเฉลี่ยที่ได้จากผลผลิตจริง (residuals) 96.86 กิโลกรัมต่อไร่ อย่างไรก็ตาม เป็นที่น่าสังเกตว่า ผลผลิตเฉลี่ยของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ในการศึกษาครั้งนี้ (1,367.26 กิโลกรัมต่อไร่) สูงกว่าผลผลิตเฉลี่ยที่เป็นลักษณะประจำพันธุ์ชัยนาท 1 (740 กิโลกรัมต่อไร่) ที่ได้รับการรับรองพันธุ์เมื่อ 9 กันยายน 2536 (Department of Agriculture, 1993) ทั้งนี้ อาจเนื่องจาก การศึกษาในครั้งนี้ดำเนินการในสภาพแปลงวิจัย ที่มีหน่วยทดลองขนาดเล็ก มีการจัดการปัจจัยการผลิตและการจัดการแปลงอย่างเต็มประสิทธิภาพ จึงทำให้ศักยภาพในการให้ผลผลิตนั้นสูงกว่าค่าเฉลี่ยทั่วไป (Table 5)

โดยผลการประมาณผลผลิตข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ในขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลอง การทดสอบความถูกต้อง และประมาณการผลผลิตข้าวในแปลงข้างเคียง พบว่า แบบจำลองประมาณการผลผลิต ที่ถูกพัฒนาขึ้นจากค่าพารามิเตอร์การสะท้อนช่วงคลื่นของพืช (crop spectral parameters) จากอากาศยานไร้คนขับ (UAV) นี้ ให้ค่าประมาณการผลผลิตข้าวที่

Table 5. Rice yield estimation (in the stage of yield prediction) with spectral parameters by multispectral high - resolution imagery from unmanned aerial vehicle (UAV) in November 7, 2018

Plot	NDVI	GNDVI	TGI	CC	PH	Rice yield (crop cutting)	Rice yield estimation	Residuals
						kg / rai	kg / rai	
1	- 0.0874	- 0.0191	0.5238	0.7829	1.0097	1,296.19	1,429.63	- 133.43
2	- 0.0849	- 0.0442	0.5406	0.8312	0.8598	1,317.33	1,526.06	- 208.73
3	- 0.0860	- 0.0363	0.5390	0.8047	1.0450	1,474.99	1,469.18	5.82
4	- 0.0801	0.0146	0.5807	0.8650	0.8845	1,576.42	1,588.78	- 12.37
5	- 0.0956	0.0131	0.4685	0.7172	0.5505	1,267.55	1,403.14	- 135.59
Average						1,386.50	1,483.36	- 96.86

ใกล้เคียงกับค่าผลผลิตจริง ซึ่งสามารถใช้เป็นประโยชน์ต่อการพยากรณ์ผลผลิตข้าวในระดับแปลงได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้ตัวแปรร่วมของข้อมูลค่าดัชนีพืชพรรณและค่าทางกายภาพของข้าวที่มีมากกว่าหนึ่งค่าจะเป็นการเพิ่มศักยภาพของสมการประมาณการผลผลิตที่แม่นยำมากกว่าการใช้ค่าดัชนีพืชพรรณอย่างใดอย่างหนึ่งเพียงค่าเดียว (Bai *et al*., 2016) และเนื่องจากในปัจจุบันเทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ (UAV) ได้ใช้กันอย่างกว้างขวางในด้านการเกษตรกรรม จึงเป็นที่น่าสนใจสำหรับการพัฒนาต่อยอดให้แบบจำลองได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นที่จะสามารถพยากรณ์ผลผลิตข้าวและพืชอื่น ๆ ได้มากยิ่งขึ้นต่อไป

สรุป

การพัฒนาแบบจำลองด้วยค่าพารามิเตอร์การสะท้อนช่วงคลื่นของพืชจากอากาศยานไร้คนขับ (UAV) ในลักษณะค่าดัชนีพืชพรรณ (VI) 3 รูปแบบ และค่าตัวแปรร่วมทางกายภาพของข้าว 2 ค่า ทำให้ได้สมการประมาณการผลผลิตข้าว ด้วยตัวแปรตอบสนอง (response, Y) คือ ผลผลิตข้าวต่อไร่จากแปลงทดสอบ จำนวน 20 แปลง และตัวแปรประมาณการ (predictors, X_1 - X_5) คือ ค่าพารามิเตอร์การสะท้อนช่วงคลื่นของพืชในรูปแบบค่าดัชนีพืชพรรณ (VI) 3 รูปแบบ ร่วมกับค่าตัวแปรร่วมทางกายภาพของข้าว 2 ค่า ทำให้ได้สมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณเพื่อประมาณการผลผลิตข้าว โดยที่ตัวแปรตอบสนอง คือ ผลผลิตข้าว (Y) มีความสัมพันธ์กับตัวแปรประมาณการ (X_1 - X_5) คือ ค่าดัชนีความต่างของพืชพรรณ (NDVI; X_1) ค่าดัชนีความต่างของพืชพรรณด้วยช่วงคลื่นแสงสีเขียว (GNDVI; X_1) ค่าดัชนีความเขียวแบบสามเหลี่ยม (TGI; X_1) ค่าสัดส่วนการปกคลุมของต้นข้าว (CC; X_1) ค่าความสูงของต้นข้าว (PH; X_1) คือ $Y = -430.86 - 5108.88X_1 - 447.90X_2 + 2751.09X_3 + 282.36X_4 - 254.20X_5$ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สูงสุดที่ 0.879 โดยได้ค่าประมาณการผลผลิตข้าวเฉลี่ย 1,376.67 กิโลกรัมต่อไร่ จากนั้นได้นำไปทดสอบความถูกต้อง (model validation) กับผลผลิตข้าวจากแปลงตัวอย่าง 28 แปลง พบว่าค่าประมาณการผลผลิตข้าวเฉลี่ย 1,368.95 กิโลกรัมต่อไร่ โดยค่าเฉลี่ยจากการประมาณผลผลิตด้วยสมการน้อยกว่าค่าเฉลี่ยที่ได้จากผลผลิตจริง 8.41 กิโลกรัมต่อไร่ และเมื่อนำสมการแบบจำลองไปพยากรณ์ผลผลิตข้าวข้าวพันธุ์ชัยนาท 1ในแปลงปลูกข้าวข้างเคียง จำนวน 5 แปลง พบว่า ได้ค่าผลผลิตเฉลี่ย 1,483.36 กิโลกรัมต่อไร่ โดยค่าเฉลี่ยจากการประมาณผลผลิตด้วยสมการน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของผลผลิตจริง 96.86 กิโลกรัมต่อไร่

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชนากานต์ เทโบลต์ พรมอุทัย ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่กรุณาให้คำแนะนำและสนับสนุนข้อมูลการเพาะปลูกข้าวที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัย สาธิตและฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่อนุเคราะห์สถานที่ในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Bai, G., Y. Ge, W. Hussain, P.S. Baenziger and G. Graef. 2016. A multi-sensor system for high throughput field phenotyping in soybean and wheat breeding. Computers and Electronics in Agriculture 128: 181-192.

Barrero, O., D. Rojas, C. Gonzalez and S. Perdomo. 2016. Weed detection in rice fields using aerial images and neural networks. pp. 1-4. In: Proceedings of XXI Symposium on Signal Processing, Images and Artificial Vision IEEE, Bucaramanga.

Basso, B., D. Cammarano and E. Carfagna. 2013. Review of crop yield forecasting methods and early warning systems. (Online). Available: http://www.fao.org/fileadmin/templates/ess/documents/meetings_and_workshops/GS_SAC_2013/Improving_methods_for_crops_estimates/Crop_Yield_Forecasting_Methods_and_Early_Warning_Systems_Lit_review.pdf (December 18, 2020).

Chenga, C.-L., Shalabh and G. Garg. 2014. Coefficient of determination for multiple measurement error models. Journal of Multivariate Analysis 126: 137-152.

Department of Agriculture. 1993. Rice Varieties Chai Nat 1. Technical Documents. Thailand Rice Science Institute, Department of Agriculture, Bangkok. 20 p. (in Thai)

Gevaert, C.M., J. Tang, F.J. García-Haro, J. Suomalainen and L. Kooistra. 2014. Combining hyperspectral UAV and multispectral Formosat-2 imagery for precision agriculture applications. doi: 10.1109/WHISPERS.2014.8077607. *In*: Proceedings of 6th Workshop on Hyperspectral Image and Signal Processing: Evolution in Remote Sensing (WHISPERS), Lausanne.

Gitelson, A.A., Y.J. Kaufman and M.N. Merzlyak. 1996. Use of a green channel in remote sensing of global vegetation from EOS-MODIS. Remote Sensing of Environment 58(3): 289-298.

Grassi, M. 2014. Five actual uses for drones in precision agriculture today. (Online). Available: http://drone life.com/2014/12/30/5-actual-uses-drones-precision-agriculture-today/ (June 20, 2020).

Guevara-Escobar, A., J. Tellez and E. Gonzalez-Sosa. 2005. Use of digital photography for analysis of canopy closure. Agroforestry Systems 65(3): 175-185.

Hunt, E.R., P.C. Doraiswamy, J.E. McMurtrey, C.S.T. Daughtry, E.M. Perry and B. Akhmedov. 2013. A visible band index for remote sensing leaf chlorophyll content at the canopy scale. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 21: 103-112.

Hunt, E.R., W.D. Hively, G.W. McCarty, C.S.T. Daughtry, P.J. Forrestal, R.J. Kratochvil, J.L. Carr, N.F. Allen, J.R. Fox- Rabinovitz and C.D. Miller. 2011. NIR-green-blue high-resolution digital images for assessment of winter cover crop biomass. GIScience and Remote Sensing 48(1): 86-98.

Jiang, Z., A.R. Huete, K. Didan and T. Miura. 2008. Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band. Remote Sensing of Environment 112(10): 3833-3845.

Krishna, K.R. 2018. Agricultural Drones: A Peaceful Pursuit. Apple Academic Press, Burlington. 412 p.

Land Development Department. 2006. Forecasting of Rice Yield in 2006 by Remote Sensing Technology and Geographic Information System. Technical Documents. Office of Soil Survey and Land Use Planning, Land Development Department, Bangkok. 402 p. (in Thai)

López-Pérez, A., M.R. Martinez-Menes and D.S. Fernández-Reynoso. 2015. Priorización de áreas de intervención mediante análisis morfométrico e índice de

vegetación. Tecnología y Ciencias del Agua 6(1): 121-137

Malambo, L., S.C. Popescu, S.C. Murray, E. Putman, N.A. Pugh, D.W. Horne, G. Richardson, R. Sheridan, W.L. Rooney, R. Avant, M. Vidrine, B. McCutchen, D. Baltensperger and M. Bishop. 2018. Multitemporal field-based plant height estimation using 3D point clouds generated from small unmanned aerial systems high-resolution imagery. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 64: 31-42.

Office of Agricultural Economics. 2019. Important Agricultural Product Situations and Trends in 2020. Final Report. Office of Agricultural Economics, Bangkok. 235 p. (in Thai)

Ren, J., Z. Chen, Q. Zhou and H. Tang. 2008. Regional yield estimation for winter wheat with MODIS-NDVI data in Shandong. China. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 10(4): 403-413

Rouse, J.W., R.H. Haas, J.A. Schell and D.W. Deering. 1974. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS, pp. 309-317. *In*: Proceedings of the Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium. NASA, Washington, D.C.

Thompson, L.J., R.B. Ferguson, N. Kitchen, D.W. Frazen, M. Mamo, H. Yang and J.S. Schepers. 2015. Model and sensor-based recommendation approaches for in-season nitrogen management in corn. Agronomy Journal 107(6): 2020-2030.

Weier, J. and D. Herring. 2000. Measuring Vegetation (NDVI & EVI). (Online). Available: https://earthobservatory.nasa.gov/features/MeasuringVegetation (Sep 30, 2020).

การตอบสนองของพันธุ์ข้าวต่อการเข้าทำลายของหนอนห่อใบข้าว

Response of Rice Varieties to Rice Leaffolder Infestation

รุ่งนภา วงษ์สกุล[1] วิภา หอมหวล[1*] วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ[1] เยาวลักษณ์ จันทร์บาง[2]
จิราพร กุลสาริน[2] และ คณิตา เกิดสุข[3]

Rungnapha Wongsakul[1], Wipa Homhaul[1*], Weerathep Pongprasert[1],
Yaowaluk Chanbang[2], Jiraporn Kulsarin[2] and Kanita Kerdsuk[3]

[1]ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จ. พิษณุโลก 65000

[1]Department of Agricultural Science, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand

[2]ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

[2]Department of Entomology and Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

[3]ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก อ.วังทอง จ. พิษณุโลก 65130

[3]Phitsanulok Rice Research Center, WangThong, Phitsanulok 65130, Thailand

**Corresponding author: Email: Wipah@nu.ac.th*

(Received: 23 November 2020; Accepted: 18 March 2021)

Abstract: The objectives of this research were to study the response of rice varieties popularly grown in lower northern Thailand and their morphological characters on the infestation of rice leaffolder (*Cnaphalocrocis medinalis* (Guenee)) in greenhouse. The rice varieties: PSL 2, RD29, RD31, RD41, RD43, RD49, RD61 and RD71 were planted in cement tanks covered with fabric insect net and placed in the greenhouse. The rice leaffolder adult were released into those insect net when the rice was 30 days old. Then the number of rice leaffolder larva, the number of damaged leaves and also the morphological characters of rice in each variety were determined and recorded every week for up to 5 weeks. The result revealed that the lowest average numbers of rice leaffolder was found on RD43, RD61 and RD41 at 0.09, 0.10 and 0.11 insects / plant as well as the lowest average numbers of damaged leaves at 13.2, 14.7 and 14.0 leaves / plant, respectively. The infesting insect numbers on those rice varieties were positively correlated to tillering ability at 66 % and negatively correlated to panicle type at 61 %. Meanwhile the numbers of damaged leaves of those were highly positively correlated to leaf angle, sterile lemma color and amylose content of the grain at 96, 96 and 92 %, respectively, and highly negatively correlated to scent at 96 %.

Keywords: Rice varieties, *Oryza sativa* L., rice leaffolder, rice morphological characters

บทคัดย่อ: วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ คือ การตอบสนองของพันธุ์ข้าวที่นิยมปลูกในเขตภาคเหนือตอนล่าง และความสัมพันธ์กับลักษณะสำคัญประจำพันธุ์ต่อการเข้าทำลายของหนอนห่อใบข้าว โดยปลูกข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2, กข29, กข31, กข41, กข43, กข49, กข61 และ กข71 ในกระบะปูนซีเมนต์ที่คลุมด้วยมุ้งตาข่ายภายใต้สภาพโรงเรือน เมื่ออายุข้าว 30 วัน ปล่อยผีเสื้อหนอนห่อใบข้าวในมุ้งตาข่าย ทำการบันทึกจำนวนตัวหนอนห่อใบข้าว จำนวนใบข้าวที่เสียหาย ทุกสัปดาห์เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ และบันทึกลักษณะประจำของพันธุ์ข้าวทดสอบ ผลการศึกษาพบว่า พันธุ์ข้าว กข43, กข 61 และ กข41 มีจำนวนหนอนห่อใบข้าวลงทำลายเฉลี่ยต่อต้นน้อยที่สุด 0.09, 0.10 และ 0.11 ตัวต่อต้น ตามลำดับ และเป็นพันธุ์ที่พบความเสียหายน้อยที่สุด เช่นกัน คือ เฉลี่ย 13.2, 14.7 และ 14.0 ใบต่อต้น ตามลำดับ ผลการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของจำนวนแมลงที่ลงทำลาย และจำนวนใบที่เสียหายกับลักษณะสำคัญประจำพันธุ์ของข้าวพันธุ์ทดสอบ พบว่า จำนวนหนอนที่พบต่อต้นเฉลี่ยตลอดฤดูปลูกมีความสัมพันธ์เชิงบวกสูงสุดกับความสามารถในการแตกกอ (tillering ability) ร้อยละ 66 และมีความสัมพันธ์เชิงลบสูงสุดกับลักษณะของรวง (panicle type) ร้อยละ 61 ในขณะที่อัตราความเสียหายของใบข้าวเฉลี่ยตลอดฤดูปลูกมีความสัมพันธ์เชิงบวกสูงสุดกับมุมของยอดแผ่นใบ (leaf angle) สีกลีบรองดอก (sterile lemma color) และปริมาณอะไมโลส (amylose content of the grain) ในเมล็ดข้าว ร้อยละ 96, 96 และ 92 ตามลำดับ และมีความสัมพันธ์เชิงลบสูงสุดกับกลิ่นหอม (scent) ร้อยละ 96

คำสำคัญ: พันธุ์ข้าว หนอนห่อใบข้าว ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของข้าว

คำนำ

ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นธัญพืชในสกุลหญ้า (Poaceae) ที่จัดเป็นพืชอาหารหลักของประชากรในประเทศไทยและมากกว่า 2,000 ล้านคนทั่วโลก ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่ปลูกครอบคลุมในทุกภาคของประเทศไทย ซึ่งในเขตนาชลประทานภาคเหนือตอนล่างเป็นพื้นที่นาชลประทาน ซึ่งมีโครงข่ายระบบส่งน้ำเพื่อการเกษตรได้อย่างทั่วถึง และรองรับการทำการเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งนาข้าวได้เพียงพอตลอดทั้งปี เกษตรกรในพื้นที่จึงสามารถปลูกข้าวในพื้นที่ขนาดใหญ่ได้อย่างต่อเนื่อง 2 - 3 ครั้งต่อปี ซึ่งการทำเกษตรในลักษณะดังกล่าวมีผลทำให้แมลงศัตรูข้าวมีแหล่งอาหารที่อุดมสมบูรณ์ตลอดทั้งปีเช่นกัน และกลายเป็นปัญหาสำคัญที่มีผลทำให้ผลผลิตข้าวลดลงหรือเสียหายถึงร้อยละ 20 - 30 ทุกปี เมื่อมีการระบาดเกิดขึ้น

หนอนห่อใบข้าว *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenee) (Lepidoptera: Pyralidae) เป็นแมลงศัตรูข้าวที่สำคัญลงทำลายกัดกินใบข้าวและสร้างความเสียหายต่อระบบนิเวศนาข้าวอย่างมาก หากมีการระบาดรุนแรงความเสียหายอาจสูงถึงร้อยละ 80 ได้ (Gangwar, 2015; Nirala *et al*., 2015) โดยหนอนห่อใบข้าวชักใยดึงขอบใบข้าวห่อตัวหนอนและแทะกัดกินส่วนสีเขียวภายในของใบข้าวที่ห่อ ทำให้ใบข้าวเสียหายไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ และมีผลทำให้ผลผลิตข้าวลดลง (Fraenkel and Fallil, 1981; Khan *et al*., 1989) ถึงร้อยละ 50 ได้ (Kushwaha and Singh, 1984)

ในอดีตที่ผ่านมาหนอนห่อใบข้าวเป็นเพียงแมลงศัตรูข้าวที่มีการระบาดเป็นครั้งคราวและไม่รุนแรงจนถึงระดับที่มีความสำคัญ เพราะมีแมลงศัตรูธรรมชาติหลายชนิดที่ควบคุมและเป็นตัวห้ำตัวเบียนไม่ให้หนอนห่อใบข้าวมีปริมาณประชากรสูงจนเกิดการระบาดทำความเสียหายได้ แต่ปัจจุบันนี้การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ ระบบนิเวศนาข้าว การเปลี่ยนแปลงการจัดการ และรูปแบบการปลูก ดูแล บำรุงรักษาแปลงนาของเกษตรกร (Dale, 1994; Senthil Nathan *et al*., 2004) รวมทั้งการเร่งการเจริญเติบโตของข้าวเพื่อเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้นด้วยการใส่ปุ๋ยเป็นจำนวนมาก ทำให้สภาพแวดล้อมมีความเหมาะสมกับการเพิ่มจำนวนของหนอนห่อใบข้าวจนกลายเป็นแมลงศัตรูข้าวที่สำคัญทางเศรษฐกิจ

พบการระบาดรุนแรงครอบคลุมพื้นที่ในวงกว้างมากขึ้น (Murugesan and Chelliah, 1987) และที่สำคัญหนอนห่อใบข้าวลงทำลายข้าวได้ทั้งในฤดูนาปีและฤดูนาปรัง (Chiengwattana, 2003)

การแก้ไขปัญหามักนิยมใช้สารฆ่าแมลงเป็นหลัก (Chimphaka and Pongprasert, 2005) แต่เนื่องจากระบบการเกษตรในอนาคตมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไปสู่การเกษตรแบบปลอดภัย หรือเกษตรอินทรีย์ ซึ่งไม่สนับสนุนการใช้สารฆ่าแมลงในทางการเกษตร การพัฒนาพันธุ์ข้าวต้านทานหรือทนทานต่อการเข้าทำลายของแมลงศัตรูข้าวจึงเป็นหนึ่งในทางเลือกที่มีบทบาทสำคัญ เนื่องจากไม่มีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมหลังจากปลูก มีความปลอดภัยต่อมนุษย์และสภาพแวดล้อม รวมทั้งสามารถใช้ร่วมกับวิธีการควบคุมอื่น ๆ ได้อย่างหลากหลาย สอดคล้องกับการแก้ไขปัญหาแมลงศัตรูข้าวในระบบการเกษตรแผนใหม่ได้อย่างเหมาะสม

ในปัจจุบัน กรมการข้าวได้ส่งเสริมเกษตรกรปลูกข้าวพันธุ์ต่าง ๆ หลากหลาย ในเขตชลประทานภาคเหนือตอนล่าง ได้แก่ พิษณุโลก 2, กข29, กข31, กข41, กข43, กข49, กข61 และ กข71 โดยข้าวแต่ละพันธุ์มีคุณสมบัติในการต้านทาน ทนทาน ต่อการเข้าทำลายแมลงศัตรูข้าวแตกต่างกัน (Rehman *et al*., 2005) อย่างไรก็ตามในส่วนของหนอนห่อใบข้าวที่ลงทำลายพันธุ์ข้าวดังกล่าว ในพื้นที่ยังมีการทดสอบและรายงานน้อยมาก ดังนั้น จึงได้ทำการศึกษาการตอบสนองของข้าวพันธุ์ต่าง ๆ ที่นิยมปลูกในภาคเหนือตอนล่างต่อหนอนห่อใบข้าว ร่วมกับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับลักษณะทางสัณฐานวิทยาของข้าวเพื่อใช้เป็นแนวทางในการคัดพันธุ์ข้าวและปรับปรุงพันธุ์ข้าวต้านทานหนอนห่อใบข้าวได้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บรวบรวมผีเสื้อหนอนห่อใบข้าว

เก็บผีเสื้อหนอนห่อใบข้าวจากแปลงเกษตรกรที่ปลูกข้าวในจังหวัดพิษณุโลกและจังหวัดพิจิตร นำมาเลี้ยงเพิ่มจำนวนด้วยข้าวพันธุ์ TN1 ในกรงเลี้ยงแมลงขนาด กว้าง 1.48 เมตร ยาว 8.8 เมตร สูง 1.5 เมตร จำนวน 5 กรง เพื่อให้มีจำนวนตัวเต็มวัยและตัวหนอนในปริมาณมากพอสำหรับการทดสอบ

การตอบสนองของข้าว 8 พันธุ์ที่นิยมปลูกในเขตภาคเหนือตอนล่างกับหนอนห่อใบข้าวในเรือนทดลอง

ศึกษาการตอบสนองของข้าว 8 พันธุ์ที่นิยมปลูกในเขตภาคเหนือตอนล่างกับหนอนห่อใบข้าวในสภาพโรงเรือนทดลอง ณ ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลกในฤดูนาปรัง พ.ศ. 2561 โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 10 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ โดยปลูกข้าว 10 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ พิษณุโลก 2, กข29, กข31, กข41, กข43, กข49, กข61, และ กข71 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่รับรองโดยกรมการข้าว เปรียบเทียบกับพันธุ์ข้าวมาตรฐานอ่อนแอและพันธุ์ข้าวต้านทาน คือ พันธุ์ TN1 และ พันธุ์ PTB33 ตามลำดับในกระบะปูนซีเมนต์ขนาด กว้าง 73 x ยาว 84 x สูง 42 เซนติเมตร ที่บรรจุดินสูง 25 เซนติเมตร จากระดับพื้นกระบะปูน และเตรียมดินให้พร้อมสำหรับปลูกข้าวแบบปักดำ เมื่อต้นกล้าข้าวแต่ละพันธุ์มีอายุ 14 วัน ทำการปักดำข้าวในกระบะปูนซีเมนต์ โดยมีระยะปลูก 17 x 8 เซนติเมตร และปลูกจำนวน 1 ต้นต่อกอ ซึ่งกระบะปลูกข้าวถูกจัดวางในโรงเรือนกรงตาข่ายถี่ที่ทำด้วยโครงเหล็กเส้นขนาด กว้าง 4.45 x ยาว 8 x สูง 2 เมตร และทำการคลุมพันธุ์ข้าวแต่ละพันธุ์ด้วยมุ้งตาข่ายสีขาว สำหรับการจัดการน้ำในแต่ละกระบะปลูกข้าว ระดับน้ำจะถูกควบคุมให้สูงจากผิวดิน 5 เซนติเมตร ตลอดระยะเวลาปลูก ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 เมื่อข้าวอายุ 25 วัน เกรด 16 - 20 - 0 อัตรา 7.61 กรัมต่อกระบะปูนซีเมนต์ ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 เมื่อข้าวอายุ 50 วัน เกรด 46 - 0 - 0 อัตรา 4.57 กรัมต่อกระบะปูนซีเมนต์ และเมื่ออายุข้าว 30 วัน ทำการปล่อยผีเสื้อหนอนห่อใบข้าว จำนวน 20 คู่ ในกระบะปลูกข้าวแต่ละพันธุ์ที่คลุมด้วยมุ้งตาข่ายสีขาว หลังจากนั้น 14 วัน ทำการสุ่มสำรวจนับจำนวนตัวหนอนห่อใบข้าวต่อต้น และสุ่มนับจำนวนใบข้าวที่เสียหายจากหนอนห่อใบข้าวลงทำลายต่อต้น จากต้นข้าวทั้งหมดที่ปลูกในกระบะปูนซีเมนต์ ทุกสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ และบันทึกข้อมูล

เก็บรวบรวมลักษณะทางสัณฐานวิทยาของพันธุ์ข้าวศึกษาจำนวน 46 ลักษณะ ตามมาตรฐานสำหรับกำหนดพันธุ์ข้าวของกรมการข้าวและ International Rice Research Institute (IRRI, 2013) ทั้งนี้ลักษณะเชิงคุณภาพ เชิงปรากฏ เช่น หางข้าว กลิ่น การเป็นท้องไข่ (ไม่มี = 0 และ มี = 1) เชิงเปรียบเทียบขั้นกว่า เช่น ความแข็งของลำต้น การยืดของคอรวง (ใช้ลำดับ 0, 1, 2, 3, 4, 5) เช่นเดียวกับเฉดสี เช่น สีปล้อง สียอดดอก สีเปลือกเมล็ด โดยใช้รหัสตามมาตรฐานของ IRRI เป็นเกณฑ์

วิเคราะห์จำนวนหนอนห่อใบข้าวเฉลี่ยต่อต้น จำนวนใบที่ถูกทำลายเฉลี่ยต่อต้น และเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลค่าเฉลี่ย โดยวิธี DMRT (Duncan's new multiple range test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (correlation analysis) ของจำนวนหนอนห่อใบข้าวเฉลี่ยต่อต้นและจำนวนใบที่ถูกทำลายเฉลี่ยต่อต้นกับลักษณะทางสัณฐานวิทยาของพันธุ์ข้าว

ผลการศึกษา

การตอบสนองของข้าว 10 พันธุ์กับหนอนห่อใบข้าวในเรือนทดลอง จากการสุ่มนับจำนวนหนอนห่อใบข้าวจำนวน 5 สัปดาห์

ผลการสุ่มนับจำนวนหนอนห่อใบข้าวในพันธุ์ข้าว 10 พันธุ์ จำนวน 5 สัปดาห์ พบว่า การสุ่มนับจำนวนหนอนห่อใบข้าวมีความแตกต่างไปตามพันธุ์ข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้ง 5 สัปดาห์ โดยจำนวนหนอนห่อใบข้าวเริ่มพบในข้าวทุกพันธุ์ ตั้งแต่สัปดาห์แรกของการสำรวจ เฉลี่ย 0 - 0.03 ตัวต่อต้น และข้าวทดสอบทุกพันธุ์พบจำนวนหนอนห่อใบข้าวเฉลี่ย 0.0 - 0.02 ตัวต่อต้น ซึ่งต่ำกว่าหรือเทียบเท่า พันธุ์ PTB33 ซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวต้านทานที่ใช้เปรียบเทียบ ในสัปดาห์ที่ 2 พันธุ์พิษณุโลก 2 พบสูงสุดเฉลี่ย 0.2 ตัวต่อต้น ในขณะที่ พันธุ์ กข31 กข43 และกข61 พบเฉลี่ยต่ำสุด 0.08 - 0.1 ตัวต่อต้น ในสัปดาห์ที่ 3 พันธุ์พิษณุโลก 2 และ กข49 พบสูงสุดเฉลี่ยที่ 0.29 และ 0.26 ตัวต่อต้น ตามลำดับ โดย พันธุ์ กข61, กข43, กข41 และ กข29 พบจำนวนหนอนห่อใบข้าวเฉลี่ยต่ำสุด 0.1 - 0.13 ตัวต่อต้น ในขณะที่สัปดาห์ที่ 4 พันธุ์ กข31 และ กข49 พบเฉลี่ยสูงสุดที่ 0.31 และ 0.30 ตัวต่อต้น ตามลำดับ โดย พันธุ์ กข71, กข43, พิษณุโลก 2, และ กข61 พบจำนวนหนอนห่อใบข้าวเฉลี่ยต่ำสุด 0.19 - 0.23 ตัวต่อต้น ในสัปดาห์ที่ 5 จำนวนหนอนห่อใบข้าวลดลงอย่างรวดเร็ว เฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.04 - 0.13 ตัวต่อต้น โดยพันธุ์ พิษณุโลก 2 พบสูงสุดเฉลี่ย 0.13 ตัวต่อต้น ในขณะที่ พันธุ์ กข43, กข41 และกข61 พบจำนวนหนอนห่อใบข้าวเฉลี่ยต่ำสุด 0.04 - 0.06 ตัวต่อต้น ซึ่งพันธุ์ข้าวที่พบจำนวนหนอนห่อใบข้าวเฉลี่ยต่อต้นตลอดฤดูปลูกน้อยที่สุด 3 อันดับแรก คือ พันธุ์ กข43, กข61 และ กข41 ค่าเฉลี่ย 0.09, 0.10 และ 0.11 ตัวต่อต้น ตามลำดับ เปรียบเทียบกับพันธุ์ต้านทานคือ PTB33 ที่มีค่าเฉลี่ย 0.12 ตัวต่อต้น (Figure 1)

การตอบสนองของข้าว 10 พันธุ์กับหนอนห่อใบข้าวในเรือนทดลอง จากการสุ่มนับจำนวนใบข้าวที่เสียหายจากหนอนห่อใบข้าวลงทำลาย จำนวน 5 สัปดาห์

ผลการตรวจนับจำนวนใบข้าวที่เสียหายเฉลี่ยสะสมจากหนอนห่อใบข้าวลงทำลายเฉลี่ยต่อต้นในข้าว 10 พันธุ์ จำนวน 5 สัปดาห์ พบว่า จำนวนใบข้าวที่เสียหายเฉลี่ยสะสมมีความแตกต่างไปตามพันธุ์ข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้ง 5 สัปดาห์ โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกพันธุ์ และสูงสุดในสัปดาห์ที่ 5 พันธุ์ข้าวที่มีการเปลี่ยนแปลงของจำนวนใบข้าวที่เสียหายตลอดฤดูปลูกอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าหรือเทียบเท่ากับที่พบในข้าวพันธุ์ต้านทานเปรียบเทียบ PTB33 ประกอบด้วย พันธุ์ กข29, กข31, กข41, กข43 และกข61 โดยในสัปดาห์ที่ 5 พันธุ์ข้าวที่พบความเสียหายน้อยที่สุด 3 อันดับ คือ พันธุ์ กข43, กข41 และ กข61 เฉลี่ย 13.2, 14.0 และ 14.7 ใบต่อต้น ตามลำดับ ในขณะที่ พันธุ์ PTB33 พบเฉลี่ย 17.0 ใบต่อต้น (Figure 2)

ศึกษาการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของจำนวนหนอนห่อใบข้าวเฉลี่ยต่อต้น และจำนวนใบที่ถูกทำลายเฉลี่ยต่อต้น กับลักษณะมาตรฐานทางสัณฐานวิทยาของข้าว

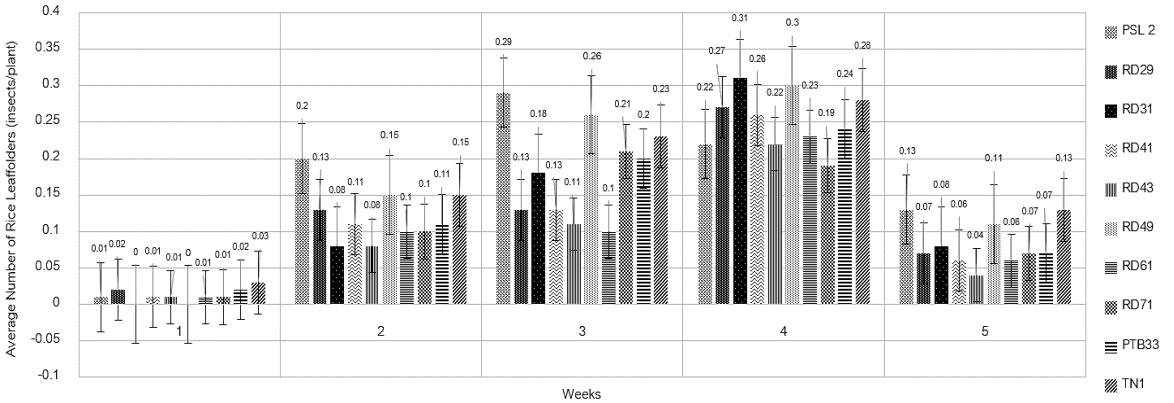

Figure 1. The change of average number with standard error bar of rice leaffolder infesting 10 rice varieties from 1 - 5 weeks after 30 days old

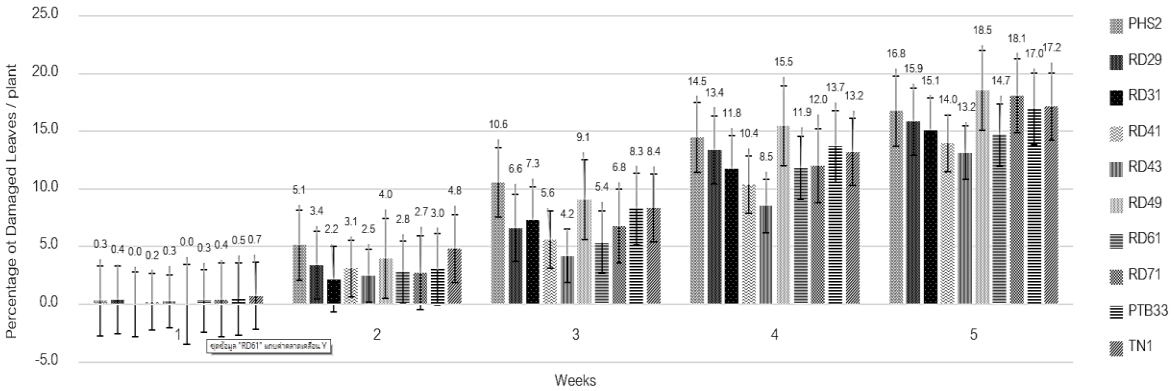

Figure 2. The accumulation of damage leaf numbers / plant with standard error bars caused by the infestation of rice leafrollers on 10 rice varieties from 1 - 5 weeks after 30 days old

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของจำนวนหนอนห่อใบข้าวเฉลี่ยต่อต้น และจำนวนใบที่ถูกทำลายเฉลี่ยต่อต้น กับลักษณะมาตรฐานทางสัณฐานวิทยาสำหรับกำหนดพันธุ์ข้าวจากกรมการข้าว และ International Rice Research Institute (IRRI) ของข้าวพันธุ์ต่าง ๆ จำนวน 46 ลักษณะ พบว่า มี 37 ลักษณะที่สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ได้ โดยความสัมพันธ์ของจำนวนหนอนห่อใบข้าวที่พบต่อต้นเฉลี่ยตลอดฤดูปลูก มีความสัมพันธ์เชิงบวกสูงสุดกับความสามารถในการแตกกอ (tillering ability) ร้อยละ 66 และมีความสัมพันธ์เชิงลบสูงสุดกับลักษณะของรวง (panicle type) ร้อยละ 61 ส่วนของความสัมพันธ์ของอัตราความเสียหายของใบข้าวเฉลี่ยตลอดฤดูปลูก พบว่า มีความสัมพันธ์เชิงบวกสูงสุดกับมุมของยอดแผ่นใบ (leaf angle), สีกลีบรองดอก (sterile lemma color), ปริมาณอะไมโลสในเมล็ดข้าว (amylose content of the grain), สีแผ่นของใบ (leaf blade color), ลักษณะใบธง (flag leaf angle) ร้อยละ 96, 96, 92, 66 และ 63 ตามลำดับ และมีความสัมพันธ์เชิงลบสูงสุดกับ กลิ่นหอม (scent) และการนวด (panicle thresh ability) ร้อยละ 96 และ 64 ตามลำดับ (Figure 3)

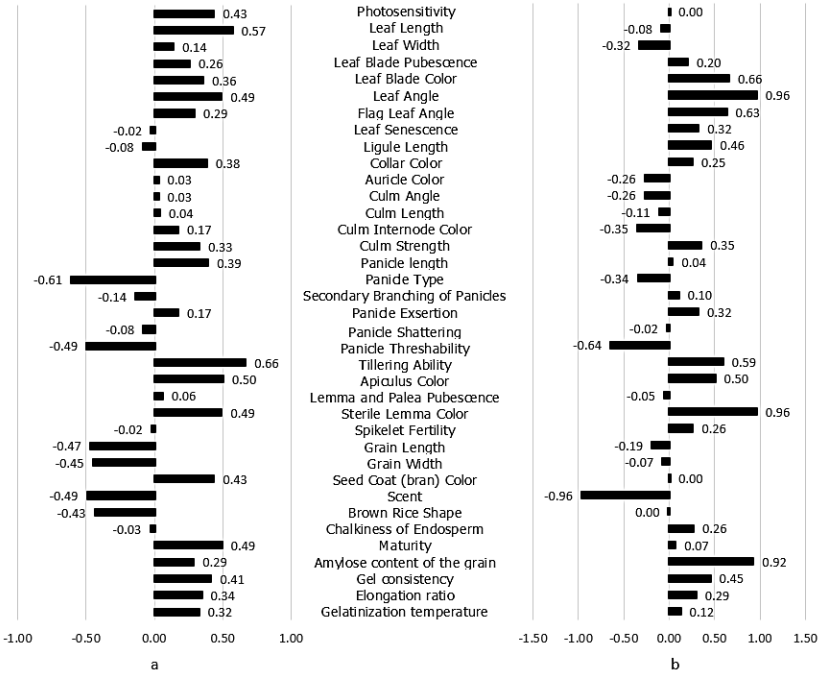

Figure 3. Correlation coefficient values (R) of the rice morphological characters and average number of rice leaffolders (a) and damage leaves numbers/plant (b) on 10 rice varieties

วิจารณ์

หนอนห่อใบข้าวทำลายข้าวโดยตัวหนอนกัดแทะเนื้อเยื่อผิวใบข้าวที่เป็นสีเขียว โดยใช้ใยเหนียวจากปากยึดขอบใบข้าวทั้ง 2 ด้าน ให้ติดกันเป็นหลอดห่อหุ้มอยู่ภายใน ทำให้เห็นรอยสีขาวใสเป็นทางยาวบนใบข้าวในข้าวอายุ 20 - 50 วัน หรือในระยะข้าวกล้าต้นเล็กถึงระยะแตกกอสูงสุด (Ruay-aree, 2001) ในทำนองเดียวกันกับการศึกษาในครั้งนี้ หลังทำการปล่อยผีเสื้อหนอนห่อใบข้าวเมื่ออายุข้าว 30 วัน ในข้าวทั้ง 10 พันธุ์ พบว่า การตั้งรกรากด้วยการวางไข่ การเจริญของหนอนห่อใบข้าวบนต้นข้าวแต่ละพันธุ์ และความเสียหายจากการกัดกินใบข้าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากสัปดาห์แรก และสูงสุดในสัปดาห์ที่ 4 หรืออายุข้าว 30 วัน หลังการปักดำ ซึ่งเป็นช่วงของข้าวระยะแตกกอ ตั้งท้องและออกดอก สอดคล้องกับรายงานของ Lawanprasert *et al*. (2004) ที่พบว่าการทำลายและความเสียหายของใบข้าวมากสุดในระยะแตกกอ หรือที่ 30 วันหลังปักดำ และผลการวิจัยของ Padmavathi *et al*. (2013) ที่พบว่า ความเสียหายที่เกิดจากหนอนห่อใบข้าวเริ่มพบได้ในระยะการเจริญเติบโตของลำต้นข้าว หรือช่วงที่ข้าวกำลังแตกกอ เนื่องจากเป็นระยะที่ใบข้าวมีสีเขียวมีลักษณะสัณฐานวิทยาของใบที่มีขนาดขยายใหญ่ รองรับพฤติกรรมในการม้วนใบข้าวของหนอนห่อใบข้าวมากที่สุด (Islam and Karim, 1997) อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงจำนวนของหนอนห่อใบข้าวที่ลงทำลายและความเสียหายที่เพิ่มขึ้นนั้นมีความแตกต่างไปตามพันธุ์ข้าวทดสอบ และเมื่อเปรียบเทียบกับระดับเศรษฐกิจของหนอนห่อใบข้าวที่เท่ากับจำนวนผีเสื้อหนอนห่อใบข้าว ในแปลงนา 4 - 5 ตัวต่อตารางเมตร หรือ ใบข้าวถูกทำลายมากกว่าร้อยละ 15 ซึ่งเป็นความหนาแน่นของผีเสื้อหนอนห่อใบข้าวและอัตราการลงทำลายที่สามารถสร้างความเสียหายให้กับผลผลิตข้าวได้ (Bureau of Rice Research and Development, 2010) พบว่า ในการศึกษานี้พันธุ์ข้าวที่ถูกทำลายมากกว่าร้อยละ 15 ในสัปดาห์ที่ 4 และ 5

หลังการปักดำ และมีแนวโน้มส่งผลกระทบต่อผลผลิตได้ คือ พิษณุโลก2, กข49, กข 71, TN1 และ PTB33

นอกจากนี้ผลการเปรียบเทียบทำให้ พบว่า พันธุ์ข้าว กข41, กข43 และ กข61 มีอัตราการลงทำลายอยู่ในระดับต่ำกว่าร้อยละ 15 และมีแนวโน้มของการตอบสนองที่ต้านทานหรือทนทานต่อการลงทำลายของหนอนห่อใบข้าวมากที่สุด และอยู่ในระดับที่สูงกว่าพันธุ์ข้าว PTB33 ซึ่งจัดเป็นพันธุ์ข้าวมาตรฐานต้านทานเปรียบเทียบ (Punithavalli *et al*., 2013) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสัปดาห์ที่ 3 มีระดับที่สูงกว่าถึง 1.5, 1.8 และ 2.0 เท่า ตามลำดับ ในขณะเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบพันธุ์ข้าวทดสอบกับพันธุ์ข้าวมาตรฐานอ่อนแอเปรียบเทียบ คือ TN1 (Punithavalli *et al*., 2013) พบว่า ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2, กข49 และ กข31 มีแนวโน้มอ่อนแอต่อหนอนห่อใบข้าวในระดับสูงกว่า TN1 ได้

ส่วนความสัมพันธ์ของจำนวนหนอนห่อใบข้าวและความเสียหายของใบข้าวที่เป็นผลจากการลงทำลายของหนอนห่อใบข้าวนั้น ในรายงานของ Dakshayani *et al*. (1993); Hanifa and Subramanian (1973); Islam and Karim (1997); Majumder *et al.* (1984); Punithavalli *et al*. (2013); Saxena and Khan (1991) ต่างระบุว่าลักษณะทางสัณฐานวิทยาของข้าว เช่น ความสูงของต้น จำนวนต้นต่อกอ ความยาวของใบข้าว ความกว้างของใบข้าว และความหนาของใบข้าวมีความสัมพันธ์กับการลงทำลายของหนอนห่อใบข้าวและความเสียหายของใบข้าว โดยความสัมพันธ์อาจเป็นได้ทั้งเชิงบวกและลบ อย่างไรก็ตามการศึกษานี้พบว่า จำนวนหนอนห่อใบข้าวมีความสัมพันธ์เชิงบวกสูงสุดกับความสามารถในการแตกกอ ร้อยละ 66 โดยการที่ข้าวแตกกอมากขึ้นทำให้จำนวนต้นและจำนวนใบเพิ่มขึ้น ซึ่งหมายถึงแหล่งอาหารที่ดึงดูดให้แมลงลงทำลายมากขึ้น และมีความสัมพันธ์เชิงลบสูงสุดกับลักษณะของรวง ร้อยละ 61 โดยรวงข้าวที่มีเมล็ดแน่นมาก พบว่า จำนวนหนอนห่อใบข้าวลงทำลายน้อยกว่ารวงข้าวที่มีเมล็ดกระจายตัวมาก ในส่วนของความกว้างและความยาวของใบข้าว Appala Raju *et al*. (2018) รายงานว่าความกว้างของใบข้าวมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการตั้งรกรากและการลงทำลายของหนอนห่อใบข้าวสูงถึงร้อยละ 78.5 และ 62.5 ตามลำดับ และความยาวของใบข้าวมีผลต่อการลงทำลายน้อยมาก ร้อยละ 5 ซึ่งแตกต่างจากผลการทดลองครั้งนี้ที่พบความสัมพันธ์ในส่วนของความกว้างของใบข้าวเพียงร้อยละ 14 เท่านั้น ในขณะที่ความยาวของใบข้าวมีความสัมพันธ์ร้อยละ 57

สำหรับเรื่องความเสียหายของใบข้าวนั้น มีแนวโน้มเกิดจากปัจจัยการเลือกลงทำลายต้นข้าวที่มีใบกว้าง ยาว หยาบ และสภาพของขอบใบที่เรียบหรือบิดเล็กน้อย (Islam and Karim, 1997) มากกว่าจำนวนหนอนห่อใบข้าวที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากความเสียหายของใบข้าวมีความสัมพันธ์กับจำนวนหนอนห่อใบข้าวในระดับปานกลางร้อยละ 69.8 เท่านั้น จากผลการศึกษาของ Punithavalli *et al*. (2013) พบว่า ความเสียหายของข้าวมีความสัมพันธ์เชิงลบกับความสูงของข้าว ความยาวของใบ และความยาวของขน ร้อยละ 65, 53 และ 43 ตามลำดับ ในขณะที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความกว้างของใบ ร้อยละ 30 แตกต่างจากการศึกษาครั้งนี้ที่พบว่า ความเสียหายของใบมีความสัมพันธ์กับความยาวของใบ ความกว้างของใบ จำนวนขน ร้อยละ -0.8, -0.32 และ 20 เท่านั้น และกลับพบว่า มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับมุมของยอดแผ่นใบ สีกลีบรองดอก และปริมาณอะไมโลสในเมล็ดข้าวสูงมากถึงร้อยละ 96, 96 และ 92 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์เชิงบวกของปริมาณอะไมโลสในเมล็ดข้าวกับความเสียหายนั้น เป็นผลที่ยังไม่สามารถระบุชัดเจนได้เนื่องจากความสัมพันธ์ดังกล่าวเป็นผลที่ต่อเนื่องของปฏิสัมพันธ์ระหว่างหนอนห่อใบข้าวกับต้นข้าว ตั้งแต่ในระยะที่ข้าวอยู่ในช่วงกำลังเจริญเติบโตต่อเนื่องจนถึงการสร้างดอกและเมล็ดข้าว จากผลการศึกษาสามารถแสดงแนวโน้มได้ว่าพันธุ์ข้าวที่มีเมล็ดร่วนแข็งเนื่องจากมีปริมาณอะไมโลสสูง (Kumer and Khush, 1986) อาจเป็นพันธุ์ที่ได้รับความเสียหายจากการลงทำลายของหนอนห่อใบข้าวได้สูงเท่านั้น ส่วนในเรื่องของกลิ่นหอมนั้น พบว่า ความเสียหายของใบมีความสัมพันธ์เชิงลบร้อยละ 96 สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Dhaliwal *et al*. (1979) ที่พบว่า หนอนห่อใบข้าวชอบลงทำลายข้าวที่ไม่มีกลิ่นหอม

สรุป

การศึกษาการตอบสนองของพันธุ์ข้าว 8 พันธุ์ คือ พิษณุโลก 2, กข29, กข31, กข41, กข43, กข49, กข61 และ กข71 ต่อหนอนห่อใบข้าวและความสัมพันธ์กับลักษณะสำคัญประจำพันธุ์ เปรียบเทียบกับพันธุ์มาตรฐานต้านทาน คือ PTB33 และมาตรฐานอ่อนแอ คือ TN1 พบว่า พันธุ์ข้าว กข43, กข 61 และ กข41 มีจำนวนหนอนลงทำลายเฉลี่ยต่อต้นน้อยที่สุด 0.09, 0.10 และ 0.11 ตัวต่อต้น ตามลำดับ ในขณะเดียวกันเป็นพันธุ์ที่พบความเสียหายจากการลงทำลายของหนอนห่อใบข้าวในระดับต่ำสุดคือ เฉลี่ย 13.2, 14.7 และ 14 ใบต่อต้น ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าระดับเศรษฐกิจของหนอนห่อใบข้าวที่อัตราความเสียหายที่ร้อยละ 15 จึงทำให้ในภาพรวมข้าวทั้ง 3 พันธุ์มีศักยภาพมากที่สุดสำหรับแนะนำส่งเสริมให้เกษตรกรในพื้นที่ที่มีการระบาดของหนอนห่อใบข้าวได้เลือกใช้เป็นพันธุ์ข้าวปลูกในพื้นที่ และเมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของจำนวนหนอนห่อใบข้าวที่ลงทำลายและจำนวนใบข้าวที่เสียหายกับข้อมูลลักษณะสำคัญประจำพันธุ์ของพันธุ์ข้าวทดสอบ พบว่า จำนวนหนอนห่อใบข้าวเฉลี่ยต่อต้นตลอดฤดูปลูกมีความสัมพันธ์เชิงบวกสูงสุดกับความสามารถในการแตกกอ ร้อยละ 66 และมีความสัมพันธ์เชิงลบสูงสุดกับลักษณะของรวง ร้อยละ 61 ในขณะที่อัตราความเสียหายของใบข้าวเฉลี่ยตลอดฤดูปลูกมีความสัมพันธ์เชิงบวกสูงสุดกับ มุมของยอดแผ่นใบ สีกลีบรองดอก และปริมาณอะไมโลสในเมล็ดข้าว ร้อยละ 96, 96 และ 92 ตามลำดับ และมีความสัมพันธ์เชิงลบสูงสุดกับ กลิ่นหอมร้อยละ 96

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก ที่ให้การสนับสนุน สถานที่ บุคลากร อุปกรณ์และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ในการทำวิจัย ขอขอบคุณ คุณสุรเดช ปาละวิสุทธิ์ คุณเบญจวรรณ พลโคต คุณเปรมกมล มูลนิลตา และคุณสุมาลี สังข์เปรม ที่ให้ความอนุเคราะห์และแนะแนวองค์ความรู้เรื่องข้าว

เอกสารอ้างอิง

Appala Raju, K., P.V. Krishnayya, D.V. Sai Ram Kumar, B. Krishnaveni and V. Manoj Kumar. 2018. Correlation studies and multiple linear regression analysis of rice leaf folder, *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenee) incidence with morphological characters of leaves of the rice varieties. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 7(3): 2516-2521.

Bureau of Rice Research and Development. 2010. Rice Insect Pests and Natural Enemies: Assessment and Diagnosis. Bureau of Rice Research and Development, Rice Department, Bangkok. 78 p. (in Thai)

Chiengwattana, N. 2003. Integrated control of rice leaffolder in lower northern region. Phitsanulok Rice Research Center, Phitsanulok. 59 p. (in Thai)

Chimpaka, S. and W. Pongprasert. 2005. Factors affecting farmers pesticide use for controlling rice pests in Taphan Hin district, Phichit province. Naresuan Agriculture Journal 8(1): 77-94. (in Thai)

Dakshayani, K., J.S. Bentur and M.B. Kalode. 1993. Nature of resistance in rice varieties against leaffolder *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenee). International Journal of Tropical Insect Science 14(1): 107-114.

Dale, D. 1994. Insect pests of the rice plant their biology and ecology. pp. 363-485. *In*: E.A. Heinrichs. (ed.). Biology and Management of Rice Insects. Wiley Eastern Limited & New Age International Limited, New Delhi.

Dhaliwal, G.S., H.N. Shahi, P.S. Gill and M.S. Maskina. 1979. Field reaction of rice varieties to leaf folder at various nitrogen levels. International Rice Research Newsletter 4(3): 7.

Fraenkel, G. and F. Fallil. 1981. The spinning (stitching) behaviour of the rice leaffolder, *Cnaphalocrocis medinalis*. Entomologia Experimentalis et Applicata 29(2): 138-146.

Gangwar, R.K. 2015. Life cycle and abundance of rice leaf folder, *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenee) - A review. Journal of Natural Sciences Research 5(15): 103-105.

Hanifa, A.M. and T.R. Subramanian. 1973. Association of leaf roller resistance with certain plant characters in rice. Madras Agricultural Journal 60(9): 1805.

International Rice Research Institute. 2013. Standard Evaluation System for Rice (SES). 5th ed. International Rice Research Institute, Los Banos. 57 p.

Islam, Z. and A.N.M.R. Karim. 1997. Leaf folding behaviour of *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenee) and *Marasmia patnalis* Bradley, and the influence of rice leaf morphology on damage incidence. Crop Protection 16(3): 215-220.

Khan, Z.R., B.P. Rueda and P. Caballero. 1989. Behavioral and physiological responses of rice leaf folder, *Cnaphalocrocis medinalis* to selected wild rices. Entomologia Experimentalis et Applicata 52(1): 7-13.

Kumar, I. and G.S. Khush. 1986. Genetics of amylose content in rice (*Oryza sativa* L.). Journal of Genetics 65(1-2): 1-11.

Kushwaha, K.S. and R. Singh. 1984. Leaf folder outbreak in Haryana, India. International Rice Research Newsletter 9(6): 20.

Lawanprasert, A., S. Thongdeetare and B. Nicharatana. 2004. Damage and rice loss by leaf folder infestation at different age. pp. 677-732. *In*: Research Report 2001-2003. Pathumthani Rice Research Center, PathumThani. (in Thai)

Majumder, N.D., K.A. Pathak and D.N. Borthakur. 1984. Reaction of rice genotypes to leaf folder *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenee). Oryza 21(4): 205-208.

Murugesan, S. and S. Chelliah. 1987. Yield losses and economic injury by rice leaf folder. Indian Journal of Agricultural Science 56: 282-285.

Nirala, Y.S., C.M. Sahu, S.K. Ghirtlahre, K.L. Painkra and G. Chandrakar. 2015. Studies on the seasonal incidence of leaf folder, *Cnaphalocrocis medinalis* Guenee in midland SRI and normal transplanted rice ecosystem. International Journal of Tropical Agriculture 33(2): 547-551.

Padmavathi, C., G. Katti, A.P. Padmakumari, S.R. Voleti and L.V. Subba Rao. 2013. The effect of leaffolder *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenee) (Lepidoptera: Pyralidae) injury on the plant physiology and yield loss in rice. Journal of Applied Entomology 137(4): 249-256.

Punithavalli, M., N.M. Muthukrishnan and M. Balaji. Rajkumar. 2013. Influence of rice genotypes on folding and spinning behaviour of leaffolder (*Cnaphalocrocis medinalis*) and its interaction with leaf damage. Rice Science 20(6): 442-450.

Rehman, A., M. Saleem, M. Ramzan and M. Akram, 2005. Some bio-ecological studies on leaf folder: A major pest of rice in Pakistan. pp. 262-274. *In*: Proceedings of the International Seminar on Rice Crop. Rice Research Institute, Kala Shah Kaku.

Ruay-aree, S. 2001. Learning Management of Rice Pest by Integrated Method. The Agricultural Cooperative Federation of Thailand Limited, Bangkok. 262 p. (in Thai)

Saxena, R.C. and Z.R. Khan. 1991. Electronic recording of feeding behavior of *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Pyralidae) on resistant and susceptible rice cultivars. Annals of the Entomological Society of America 84(3): 316-318.

Senthil Nathan, S., P.G. Chung and K. Murugan. 2004. Effect of botanical insecticides and bacterial toxins on the gut enzyme of the rice leaffolder *Cnaphalocrocis medinalis*. Phytoparasitica 32(5): 433-443.

พลวัตประชากรของแมลงหล่า *Scotinophara coarctata* (Fabricius) และการควบคุมด้วยสารฆ่าแมลง

Population Dynamics of Rice Black Bug (*Scotinophara coarctata* (Fabricius)) and Insecticidal Control

ชโลทร หลิมเจริญ[1] วิภา หอมหวล[1*] วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ[1] เยาวลักษณ์ จันทร์บาง[2] จิราพร กุลสาริน[2] และคณิตา เกิดสุข[3]

Chalotorn Limcharoen[1], Wipa Homhaul[1*], Weerathep Pongprasert[1], Yaowaluk Chanbang[2], Jiraporn Kulsarin[2] and Kanita Kerdsuk[3*]

[1]ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จ. พิษณุโลก 65000

[1]Department of Agricultural Science, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand

[2]ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

[2]Department of Entomology and Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

[3]ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก อ.วังทอง จ. พิษณุโลก 65130

[3]Phitsanulok Rice Research Center, WangThong, Phitsanulok 65130, Thailand

**Corresponding author: Email: Wipah@nu.ac.th*

(Received: 1 December 2020; Accepted: 16 March 2021)

Abstract: The objectives of this research were to study on the population dynamics of rice black bug (*Scotinophara coarctata* (Fabricius)), to investigate their relationships to some abiotic factors and to determine efficacy of some insecticides to control. The experiment was performed during May, 2017 - April, 2018 at Phitsanulok Rice Research Center. It was found that the number of insects was not found on all plants in the sampling units when using the direct count sampling technique but continuously found when using light traps. The highest average number of insects per week was occurred during December (1,666.14 insects / trap) and lowest on September (0.29 insect / trap). Abiotic factors: relative humidity, maximum temperature, minimum temperature and rainfall affected on the rice black bug population only 0.17, 2.05, 4.79 and 1.63 % (R^2 = 0.0017, 0.0205, 0.0479, 0.0163), respectively. The efficacy of 9 insecticides: carbosulfan, clothianidin, ethiprole, etofenprox, lambda - cyhalothrin, profenofos, benfuracarb, prothiofos and triazophos were determined on rice black bug. The result showed that the highest efficacy of insecticide was carbosulfan and clothianidin at 1 hour after application and completely control was occurred at 6 hours after application with LT_{50} = 0.695 and 0.766 hours, respectively.

Keywords: Rice black bug, population dynamics, insecticide

บทคัดย่อ: วัตถุประสงค์การวิจัยคือ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงประชากรของแมลงหล่า ความสัมพันธ์กับปัจจัยทางกายภาพ และประสิทธิภาพสารฆ่าแมลงในการควบคุม ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก ระหว่างเดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2560 - เมษายน พ.ศ. 2561 พบว่า การสุ่มนับโดยตรงจากกอข้าวทุกกอข้าวในหน่วยสุ่ม ไม่พบประชากรแมลงหล่าในทุกครั้งที่ทำการสำรวจ ในขณะที่การสุ่มสำรวจด้วยดักแสงไฟพบการเปลี่ยนแปลงประชากรแมลงหล่าอย่างต่อเนื่อง โดยพบจำนวนเฉลี่ยต่อสัปดาห์มากที่สุดในเดือนธันวาคม 1,666.14 ตัวต่อกับดัก และน้อยที่สุดในเดือนกันยายน 0.29 ตัวต่อกับดัก ปัจจัยกายภาพคือความชื้นสัมพัทธ์ ระดับอุณหภูมิสูงและต่ำ และปริมาณน้ำฝน มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงประชากรของแมลงหล่าที่จับได้จากกับดักแสงไฟน้อยมาก เพียงร้อยละ 0.17, 2.05, 4.79 และ 1.63 ตามลำดับ (R^2 = 0.0017, 0.0205, 0.0479, 0.0163) การศึกษาการควบคุมแมลงหล่าด้วยสารฆ่าแมลง 9 ชนิด คือ คาร์โบซัลแฟน, โคลไทอะนิดิน, อิทิโพรล์, อีโทเฟนพรอกซ์, แลมบ์ดา ไซฮาโลทริน, โพรฟีโนฟอส, เบนฟูราคาร์บ, โพรไทโอฟอส และไตรอะโซฟอส พบว่า สารฆ่าแมลงคาร์โบซัลแฟน และโคลไทอะนิดิน มีประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงหล่ารวดเร็วที่สุดที่ 1 ชั่วโมงหลังพ่นสาร และให้ผลควบคุมร้อยละ 100 ที่ 6 ชั่วโมงหลังพ่นสโดยมีค่า LT_{50} ที่ 0.695 และ 0.766 ชั่วโมงตามลำดับ

คำสำคัญ: แมลงหล่า การเปลี่ยนแปลงประชากร สารฆ่าแมลง

คำนำ

แมลงหล่า *Scotinophara coarctata* (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae) เป็นแมลงศัตรูข้าวที่มีความสำคัญชนิดหนึ่งในเอเชีย ทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัยดูดกินน้ำเลี้ยงจากกาบใบข้าวบริเวณโคนต้นข้าว ทำให้ต้นข้าวที่ถูกทำลายกลายเป็นสีน้ำตาลแดงหรือเหลือง ต้นข้าวแคระแกร็น แตกกอน้อย (Cuaterno, 2007; Pathak and Khan,1994; Rillo, 2010) ถ้าอยู่ระยะตั้งท้องทำให้รวงสั้นและเมล็ดลีบ หากเกิดการทำลายรุนแรงต้นข้าวจะแห้งตายคล้ายการทำลายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ทำให้ผลผลิตเสียหาย (Bureau of Rice Research and Development, 2010; Sriratanasak *et al.,* 2011) โดยแมลงหล่า 10 ตัวต่อกอ สามารถทำให้ผลผลิตข้าวเสียหายร้อยละ 35 (International Rice Research Institute, 2017)

การระบาดของแมลงหล่าเกิดขึ้นเป็นครั้งคราว แต่ในการระบาดแต่ละครั้งมักทำความเสียหายรุนแรง รายงานการระบาดครั้งแรกเกิดขึ้นที่จังหวัดนราธิวาส ในปี พ.ศ. 2538 มีนาข้าวถูกทำลาย 3.6 หมื่นไร่ (ร้อยละ 23 ของพื้นที่ทำนา) (Ruay-aree, 2001) และในพื้นที่ภาคกลางเริ่มพบการระบาดแต่ไม่รุนแรงในปี พ.ศ. 2545 ที่อำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี ต่อมาในปี พ.ศ. 2557 เริ่มพบรายงานการระบาดในเขตภาคเหนือตอนล่างที่จังหวัดพิจิตร และมีการระบาดต่อเนื่องในปี พ.ศ. 2558 ที่จังหวัดพิจิตร นครสวรรค์ พิษณุโลก อุทัยธานี เพชรบูรณ์ อ่างทอง ชัยนาท ลพบุรี และสิงห์บุรี (Promotion and Soil-Fertilizer Management Division, 2015) ซึ่งมีพื้นที่ปลูกข้าวรวม 8,507,653 ไร่ (Office of Agricultural Economics, 2016) ในการระบาดครั้งแรก ในเขตนาชลประทานภาคเหนือตอนล่าง จังหวัดพิจิตร พ.ศ. 2557 นั้น เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่รู้จักแมลงศัตรูข้าวชนิดนี้ เนื่องจากแมลงหล่าไม่ใช่แมลงศัตรูข้าวที่สำคัญในพื้นที่ วิธีการที่เกษตรกรใช้ในการแก้ปัญหาคือการใช้สารฆ่าแมลง โดยสารเคมีหลักที่เกษตรกรใช้พ่นควบคุมแมลงหล่าก็คือสารฆ่าแมลงที่นิยมใช้ควบคุมแมลงศัตรูข้าวโดยทั่วไปในขณะนั้น ได้แก่ คลอร์ไพรีฟอส, คาร์โบซัลแฟน และไซเปอร์เมทริน (Chimpaga and Pongprasert, 2005; Soinark *et al.,* 2015) และแม้ว่าการใช้สารฆ่าแมลงมีผลกระทบอย่างมากต่อมนุษย์และสภาพแวดล้อม แต่ในกรณีของแมลงหล่านี้การใช้สารฆ่าแมลงยังจัดว่ามีความจำเป็นเนื่องจากวิธีการควบคุมแบบอื่น ๆ ยังไม่สามารถรองรับได้อย่างชัดเจน และที่สำคัญเมื่อประชากรแมลงหล่าเพิ่มขึ้นเกินระดับเศรษฐกิจ อย่างไรก็ตามแนวทางการเลือกใช้สารฆ่าแมลงที่เหมาะสม

และการควบคุมที่สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงประชากรของแมลงหล่านั้น ยังมีข้อมูลรองรับน้อยมาก ดังนั้น จึงได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงประชากรแมลงหล่า และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงชนิดต่าง ๆ เพื่อเป็นข้อมูลการระบาดและแนวทางในการจัดการ สำหรับแนะนำเกษตรกรในการควบคุมแมลงหล่าได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงประชากรของแมลงหล่า

ทำการปลูกข้าวพันธุ์ กข 41 ด้วยวิธีการปักดำด้วยเครื่อง ในพื้นที่แปลงนาทดลองของศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 10 ไร่ เมื่อข้าวอายุ 25 วัน ทำการสำรวจจำนวนแมลงหล่าด้วยวิธีการสุ่มสำรวจ 2 วิธีการ วิธีการแรก คือ การสุ่มสำรวจโดยตรงด้วยหน่วยสุ่มขนาด 1 x 1 เมตร ทำ 10 จุดต่อครั้งของการสำรวจ ดำเนินการทุก ๆ 10 วัน จนข้าวถึงระยะเก็บเกี่ยว สำหรับวิธีการที่สอง สุ่มสำรวจโดยใช้กับดักแสงไฟ ทำการติดตั้งกับดักแสงไฟ ขนาดกำลังไฟฟ้า 40 วัตต์ จำนวน 1 กับดัก ตามวิธีการของ Janlapha (2017) บริเวณแปลงนาและเปิดไฟเพื่อดึงดูดแมลงตั้งแต่เวลา 18.00 - 21.00 น. ทำการเก็บตัวอย่างแมลงจากกับดักทุกวันเป็นเวลา 1 ปี ตรวจนับจำนวนแมลงหล่า ในห้องปฏิบัติการ โดยคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยต่อสัปดาห์ เก็บรวบรวมข้อมูล ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้น จากเครื่องตรวจวัดสภาพอากาศอัตโนมัติ นำข้อมูลคำนวณค่าเฉลี่ยรายสัปดาห์ จากนั้นทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของประชากรและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ร่วมกับปัจจัยทางกายภาพต่าง ๆ คือ ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และความชื้น

ศึกษาการควบคุมแมลงหล่าด้วยสารฆ่าแมลง

ทำการเพาะเลี้ยงแมลงหล่าในกรงเลี้ยงแมลงขนาด 1 x 1 x 1 เมตร ภายในมีข้าวพันธุ์ กข 41 ปลูกในกระถาง เป็นแหล่งอาหาร จนได้ปริมาณตามที่ต้องการ แล้วจึงนำไปทดสอบประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ 3 ซ้ำ สิ่งทดลองประกอบด้วยสารฆ่าแมลง 9 ชนิด ได้แก่ คาร์โบซัลแฟน, โคลไทอะนิดิน, อิทิโพรล์, อีโทเฟนพรอกซ์, แลมบ์ดา ไซฮาโลทริน, โพรฟีโนฟอส, เบนฟูราคาร์บ, โพรไทโอฟอส และไตรอะโซฟอส หน่วยทดลองคือตัวเต็มวัยแมลงหล่าจำนวน 25 ตัวต่อหน่วย เลี้ยงบนต้นข้าว อายุ 30 วัน จำนวน 1 ต้นปลูกในภาชนะพลาสติกซึ่งอยู่ภายในกรงเลี้ยงแมลงขนาด 1 x 1 x 1 เมตร หลังปล่อยแมลงหล่า 1 วัน ทำการพ่นสารฆ่าแมลงแต่ละชนิด โดยใช้อัตราสูงสุดตามคำแนะนำที่ระบุไว้บนภาชนะบรรจุ ดังนี้ คาร์โบซัลแฟน อัตรา 50 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร, โคลไทอะนิดิน อัตรา 5 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร, อิทิโพรล์ อัตรา 100 ซีซีต่อไร่, อีโทเฟนพรอกซ์ อัตรา 10 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร, แลมบ์ดา ไซฮาโลทริน อัตรา 30 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร, โพรฟีโนฟอส อัตรา 40 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร, เบนฟูราคาร์บ อัตรา 50 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร, โพรไทโอฟอส อัตรา 20 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร และไตรอะโซฟอส อัตรา 40 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร ตรวจนับจำนวนแมลงหล่าหลังจากพ่นสารฆ่าแมลง 1, 6, 12, 18, 24 และ 30 ชั่วโมง วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วย Analysis of variance และเปรียบเทียบความแตกต่างด้วย Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ค่าความเชื่อมั่น 95 %

ผลการศึกษา

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงประชากรของแมลงหล่า

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงประชากรแมลงหล่า พบว่า ในการสุ่มนับโดยตรง (direct count) จากกอข้าวทุกกอในแต่ละหน่วยสุ่ม ระหว่างวันที่ 29 กรกฎาคม พ.ศ. 2560 - 23 ตุลาคม พ.ศ. 2560 ตั้งแต่ข้าวอายุ 25 - 85 วัน จำนวน 7 ครั้ง ไม่พบประชากรแมลงหล่า ในทุกครั้งที่ทำการสำรวจ ในขณะที่การสุ่มสำรวจด้วยดักแสงไฟ (light trap) ในช่วงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2560 ถึง เดือนเมษายน พ.ศ. 2561 เป็นระยะเวลา 1 ปี พบประชากรแมลงหล่าจากกับดักแสงไฟอย่างต่อเนื่อง โดยพบจำนวนเฉลี่ยต่อสัปดาห์มากที่สุด ในเดือนธันวาคม ซึ่งเป็นฤดูการทำนาปรัง 1,666.14 ตัวต่อกับดัก และพบจำนวนเฉลี่ยต่อสัปดาห์น้อยที่สุดใน

เดือนกันยายน ซึ่งเป็นฤดูการทำนาปี 0.29 ตัวต่อกับดัก เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงประชากรของแมลงหล่าในภาพรวมทั้งปี พบว่า ประชากรแมลงหล่ามีการเปลี่ยนแปลงที่มีลักษณะต่อเนื่องเป็น 2 ช่วงใหญ่ ๆ คือ ในช่วงแรกมีการเปลี่ยนแปลงประชากรเป็นช่วงสั้น ๆ ในระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึง สิงหาคม โดยมีจุดสูงสุด 5 ครั้ง เฉลี่ยต่อสัปดาห์ ที่ 93.0, 130.14, 128.43, 183.43 และ 111.14 ตัวต่อกับดัก ตามลำดับ และในช่วงที่สอง พบการเปลี่ยนแปลงประชากรของแมลงหล่าที่ได้จากกับดักแสงไฟในระดับที่สูงมากในช่วงปลายเดือนตุลาคมถึงต้นเดือนกุมภาพันธ์ โดยมีจุดสูงสุด 4 ครั้ง เฉลี่ยต่อสัปดาห์ ที่ 211.43, 1,666.14, 386.50 และ 770.0 ตัวต่อกับดัก (Figure 1) เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงประชากรของ

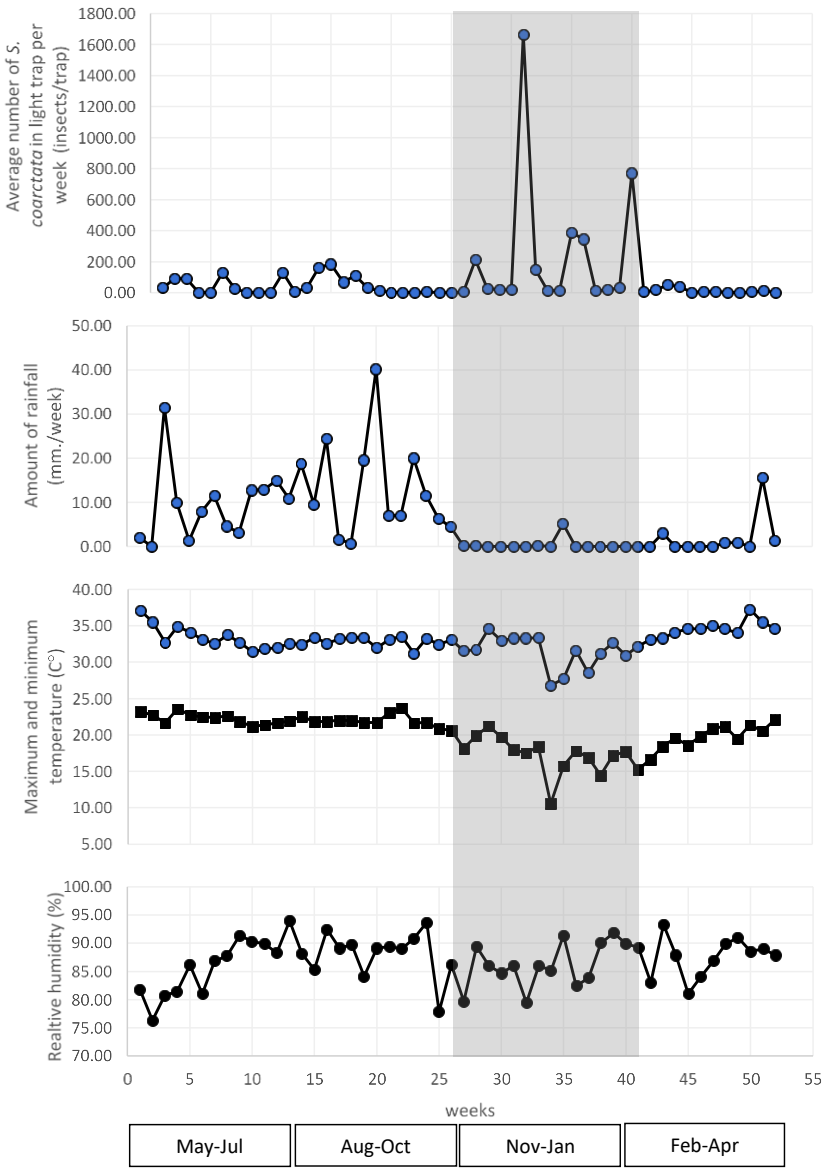

Figure 1. Population dynamics of *Scotinophara coarctata* (Fabricius) compared to the amount of rainfalls, relative humidity, and temperature (Max. and Min.) during May 2018 - April 2019

แมลงหล่าที่จับได้จากกับดักแสงไฟกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเฉลี่ยในระดับสูงและต่ำ ปริมาณน้ำฝนและความชื้น พบว่า ช่วงของการเปลี่ยนแปลงประชากรของแมลงหล่าที่ระดับสูงมากในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธุ์นั้น เป็นช่วงที่ระดับอุณหภูมิลดลงต่ำสุดในรอบปี โดยระดับอุณหภูมิสูงสุดอยู่ในช่วง 26.80 - 34.59 °C และระดับอุณหภูมิต่ำสุดอยู่ในช่วง 21.23 - 10.57 °C โดยในช่วงเวลาดังกล่าวมีฝนตกน้อยมาก วัดปริมาณได้ 5.13 มิลลิเมตร เท่านั้น แต่ในส่วนของความชื้นสัมพัทธ์นั้นมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงตลอดเวลาในระดับปกติเทียบกับช่วงระยะเวลาอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าระดับอุณหภูมิสูงและต่ำและปริมาณน้ำฝนมีแนวโน้มต่อการเปลี่ยนแปลงประชากรของแมลงหล่าที่ดักจับได้จากกับดักแสงไฟ แต่เมื่อทำการวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยดังกล่าวต่อประชากรของแมลงหล่าตลอดทั้งปีกลับพบว่ามีอิทธิพลในระดับต่ำมาก โดยระดับอุณหภูมิสูงมีอิทธิพลเพียงร้อยละ 2.05 (R^2 = 0.0205) ภายใต้สมการความสัมพันธ์ y = -19.402x + 734.92 อุณหภูมิระดับสูงที่พบจำนวนแมลงหล่าสูงสุดเฉลี่ยต่อสัปดาห์ 1,666.14 ตัวต่อกับดัก คือ 33.31 °C ในขณะที่ระดับอุณหภูมิต่ำมีอิทธิพลเพียงร้อยละ 4.79 (R^2 = 0.0479) ภายใต้สมการความสัมพันธ์ y = -21.264x + 525.41 โดยอุณหภูมิระดับต่ำที่พบจำนวนแมลงหล่าสูงสุดเฉลี่ยต่อสัปดาห์ 770.0 - 1,666.14 ตัวต่อกับดัก คือ 17.69 - 17.97 °C ในส่วนของปริมาณน้ำฝนนั้นมีอิทธิพลเพียงร้อยละ 1.63 (R^2 = 0.0163) ภายใต้สมการความสัมพันธ์ y = -3.6991x + 118.25 โดยปริมาณน้ำฝนที่พบจำนวนแมลงหล่าสูงสุดเฉลี่ยต่อสัปดาห์ 1,666.14 ตัวต่อกับดัก คือ 0.0 มิลลิเมตร ส่วนความชื้นสัมพัทธ์มีอิทธิพลเพียงร้อยละ 0.17 (R^2 = 0.0017) ภายใต้สมการความสัมพันธ์ y = -2.5408x + 316.14 โดยระดับความชื้นสัมพัทธ์พบจำนวนแมลงหล่าสูงสุดเฉลี่ยต่อสัปดาห์ 1,666.14 ตัวต่อกับดัก คือ ร้อยละ 83

ศึกษาประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงบางชนิดในการควบคุมแมลงหล่า

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลง 9 ชนิด ได้แก่ คาร์โบซัลแฟน, โคลไทอะนิดิน, อิทิโพรล์, อีโทเฟนพรอกซ์, แลมบ์ดา ไซฮาโลทริน, โพรฟีโนฟอส, เบนฟูราคาร์บ, โพรไทโอฟอส และไตรอะโซฟอส พบว่าที่ 1 ชั่วโมงหลังฉีดพ่น สารที่พบอัตราการตายของแมลงหล่าสูงสุดคือ คาร์โบซัลแฟน และโคลไทอะนิดิน คิดเป็นร้อยละ 88 และ 81 ตามลำดับ และอัตราการตายเพิ่มขึ้นสูงสุดถึงร้อยละ 100 ที่ 6 ชั่วโมงหลังการพ่นสาร โดยสารที่พบอัตราการตายในระดับสูงที่ 6 ชั่วโมงหลังการพ่นสารเพิ่มเติมคือ อีโทเฟนพรอกซ์ และแลมบ์ดาไซฮาโลทริน ร้อยละ 93 เท่ากัน โดยพบอัตราการตายเพิ่มขึ้นต่อเนื่องจนสูงสุดร้อยละ 100 ที่ 18 ชั่วโมงหลังพ่นสาร ส่วนสารเบนฟูราคาร์บ และโพรฟีโนฟอส พบอัตราการตายร้อยละ 100 ที่ 18 ชั่วโมงหลังพ่นสารเช่นกัน สารที่พบอัตราการตายของแมลงหล่าไม่ถึงร้อยละ 100 ที่ระยะเวลา 30 ชั่วโมง หลังการพ่นสาร ได้แก่ โพรไทโอฟอส, ไตรอะโซฟอส และอิทิโพรล์ พบอัตราการตายที่ ร้อยละ 84, 79 และ 77 ตามลำดับ โดยในส่วนของความเป็นพิษ ซึ่งประเมินจากระยะเวลาที่พบอัตราการตายเกินร้อยละ 50 (LT_{50}) สารที่มีผลต่อการตายของแมลงหล่ารวดเร็วที่สุดคือ คาร์โบซัลแฟน, โคลไทอะนิดิน, แลมบ์ดาไซฮาโลทริน และอีโทเฟนพรอกซ์ มีค่า LT_{50} ที่ 0.695, 0.766, 1.658 และ 1.85 ชั่วโมง ตามลำดับ ในขณะที่สารอื่น ๆ ที่ทดสอบให้ผลในการควบคุมที่สูงเช่นกัน แม้สารอิทิโพรล์, ไตรอะโซฟอส และโพรไทโอฟอส พบอัตราการตายต่ำสุด ร้อยละ 77 - 84 ที่ 30 ชั่วโมง (Table 1)

วิจารณ์

การเปลี่ยนแปลงประชากรแมลงหล่า พบปริมาณสูงสุด 1,666.14 ตัวต่อกับดัก ในเดือนธันวาคม ช่วงฤดูนาปรัง และพบน้อยที่สุด 0.29 ตัวต่อกับดัก ในเดือนกันยายนช่วงฤดูนาปี สอดคล้องกับรายงานของ Hendarsih-Suharto *et al.* (2007) ที่พบว่า ปริมาณประชากรแมลงหล่าพบได้ในจำนวนมากในฤดูนาปรังมากกว่าฤดูนาปี โดยมักพบในแปลงนาแบบหว่านน้ำตมมากกว่าแปลงนาดำเนื่องจากแปลงนาหว่านน้ำตมมีความหนาแน่นของต้นข้าวมากกว่า ทำให้เหมาะแก่การอยู่อาศัยของแมลงหล่ามาก (Patirupanusara

and Patirupanusara, 2012) การสุ่มสำรวจแมลงหล่าจากแปลงนาโดยตรง จำนวนแมลงหล่าที่พบมักไม่มีความสัมพันธ์กับจำนวนแมลงหล่าที่จับได้จากกับดักแสงไฟ (Ferrer and Shepard, 1987) การดักจับแมลงหล่าด้วยแสงไฟ แสงจากหลอดไฟเป็นสิ่งเร้าดึงดูดแมลงเข้ามาสู่กับดักโดยตรง แตกต่างจากจำนวนแมลงหล่าที่สุ่มสำรวจในนาข้าว เนื่องจากในสภาพการลงทำลายพืชนั้นแมลงหล่ามีพืชอาศัยที่เป็นหญ้าชนิดต่าง ๆ มากมายที่อยู่บริเวณรอบแปลงนา (Reissing *et al*., 1986) ทำให้แมลงหล่าการกระจายตัวแบบกระจัดกระจายมาก และข้าวในแปลงนาเป็นเพียงส่วนหนึ่งของแหล่งอาหารที่เป็นทางเลือกของแมลงหล่าเท่านั้น ประกอบกับการสำรวจโดยตรงเป็นไปตามจุดที่ทำการสุ่ม และมีพื้นที่ตามขนาดของหน่วยสุ่ม ทำให้มีโอกาสพบแมลงหล่าได้น้อยมาก ดังนั้น ในผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า การสุ่มสำรวจแมลงหล่าโดยตรงจากแปลงนาจึงไม่พบแมลงหล่าแต่กลับพบแมลงหล่าอย่างต่อเนื่องในการสำรวจด้วยกับดักแสงไฟ

เมื่อทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณประชากรแมลงหล่ากับปัจจัยทางกายภาพต่าง ๆ ได้แก่ อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ความชื้นและปริมาณน้ำฝน พบว่าการเปลี่ยนแปลงประชากรแมลงหล่าไม่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยทางกายภาพดังกล่าว ซึ่งในการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยทางกายภาพต่อการเปลี่ยนแปลงประชากรของแมลงในสภาพนาข้าวนั้นพบได้เสมอว่ามีความสัมพันธ์ต่อกันในระดับน้อยมาก สอดคล้องกับรายงานของ Fakkam *et al.* (2018); Rattanapun (2014); Soinark *et al.* (2015); Sorapongpaisal *et al*. (2011); Srinil *et al*. (2014) แม้ผลการเปรียบเทียบด้วยภาพของการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยทางกายภาพกับการเปลี่ยนแปลงประชากรของแมลงหล่าในการศึกษานี้ได้แสดงถึงแนวโน้มอิทธิพลของปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิระดับต่ำที่มีผลกระทบเชื่อมโยงต่อกัน รวมทั้งการสนับสนุนจากข้อมูลรายงานการวิจัยต่าง ๆ เช่น Piyaphongkul *et al*. (2018) ที่พบว่าอุณหภูมิมีผลต่อการพัฒนาของตัวอ่อน และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นถึง 30 °C จำนวนตัวอ่อนมีโอกาสรอดเพียงร้อยละ 50 และที่ 35 °C ไม่พบตัวอ่อนของแมลงหล่ารอดชีวิตเลย รวมทั้งพบว่าที่ อุณหภูมิ 25 และ 30 °C เป็นช่วงอุณหภูมิที่พบการจับคู่ผสมพันธุ์ของ

Table 1. The average percentage of mortality values of *Scotinophara coarctata* (Fabricius) after exposing to insecticides at 1, 6, 12, 18, 24 and 30 hours with LT_{50} values

Treatment	Classification	LT50	Mortality after application (%) (± SD)					
		Day	1 hours	6 hours	12 hours	18 hours	24 hours	30 hours
Carbosulfan	Carbamate	0.695	88 ± 6.93 [a]	100 [a]	100 [a]	100 [a]	100 [a]	100 [a]
Benfuracarb	Carbamate	6.824	4 ± 4 [c]	60 ± 4 [b]	83 ± 8.33 [ab]	100 [a]	100 [a]	100 [a]
Etofenprox	Pyrethroids	1.85	71 ± 6.11 [b]	93 ± 8.33 [a]	97 ± 4.62 [a]	100 [a]	100 [a]	100 [a]
Lambda-cyhalotrin	Pyrethroids	1.658	76 ± 6.93 [b]	93 ± 6.11 [a]	97 ± 2.31 [a]	100 [a]	100 [a]	100 [a]
Clothianidin	Neonicotinoids	0.766	81 ± 2.31 [ab]	100 [a]	100 [a]	100 [a]	100 [a]	100 [a]
Ethiprole	Phenylpyrazoles	12.929	11 ± 4.62 [c]	53 ± 36.30 [b]	60 ± 35.55 [bc]	75 ± 34.02 [a]	76 ± 34.87 [a]	77 ± 35.85 [a]
Profenofos	Organophosphate	7.086	13 ± 12.22 [c]	56 ± 8 [b]	75 ± 6.11 [abc]	100 [a]	100 [a]	100 [a]
Prothiofos	Organophosphate	14.656	4 ± 4 [c]	13 ± 6.11 [c]	61 ± 6.11 [bc]	75 ± 8.33 [a]	83 ± 16.17 [a]	84 ± 16 [a]
Triazophos	Organophosphate	15.163	5 ± 4.62 [c]	20 ± 8 [c]	51 ± 23.44 [c]	79 ± 36.95 [a]	79 ± 36.95 [a]	79 ± 36.95 [a]
CV (%)			16.7	21.5	20.4	20.2	20.8	20.7

[1] Means within the same column follow by different letters showed significantly different between treatments by DMRT test

แมลงหล่าสูงเกินกว่าร้อยละ 50 แต่ในการศึกษานี้พบแนวโน้มของกิจกรรมในการเคลื่อนที่และเข้าติดกับดักของแมลงหล่ามีสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดต่ำลง และปริมาณฝนที่ลดลงเท่านั้น

เมื่อพบช่วงของการเพิ่มขึ้นของประชากรแมลงหล่าที่ชัดเจน การเฝ้าระวังและการเตรียมการที่เหมาะสมในการควบคุมจำนวนประชากรของแมลงหล่าให้ลดลงสู่ระดับที่ไม่มีความสำคัญนั้น สามารถจัดการได้สะดวกรวดเร็วและหากมีแนวโน้มของการเพิ่มจำนวนที่สูงเกินระดับเศรษฐกิจ คือ 5 ตัวต่อกอหรือกลุ่มข้าว การพ่นสารฆ่าแมลงยังคงเป็นสิ่งที่มีความจำเป็น เนื่องจากสามารถลดจำนวนแมลงหล่าได้รวดเร็วและชัดเจน ในการใช้สารฆ่าแมลงเพื่อควบคุมแมลงหล่านั้นพบรายงานเพียงเล็กน้อย เนื่องจากในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมาแมลงหล่าจัดเป็นแมลงศัตรูข้าวที่พบปัญหาน้อยมาก การทดสอบส่วนใหญ่พบในแมลงฉงและมวนเขียวข้าว (Brown *et al*., 2012; Cherry *et al*., 2018; Gupta and Kumar, 2017; Kay *et al*., 1993; Tiwari *et al*., 2014) ส่วนแมลงหล่า Subramanian *et al*. (1986) รายงานว่าที่รัฐทมิฬนาดูร ของอินเดีย สารโมโนโครโตฟอส มีประสิทธิภาพสูงสุดในการควบคุมแมลงหล่าสามารถลดจำนวนแมลงหล่าลงได้ถึงร้อยละ 91 ในขณะที่สาร เอนโดซัลแฟน, ฟอสซาโลน, ควินาฟอส และไดคลอร์วอส สามารถลดจำนวนแมลงหล่าลงได้ร้อยละ 58 - 61 นอกจากนี้ Anandhi and Pillai (2006) ศึกษาผลของสารฆ่าแมลงบางชนิดต่อไข่ของแมลงหล่า พบว่า อะซีเฟต และอิมิดาโคลพริดมีประสิทธิภาพในการฆ่าไข่ของแมลงหล่าสูงสุดที่ร้อยละ 100 และ 95.83 อย่างไรก็ตามสารคลอไพรีฟอส, โพรฟีโนฟอส และโมโนโครโตฟอส พบอัตราการตายของไข่สูงมากเช่นกัน คือร้อยละ 91.67, 89.62 และ 87.52 ตามลำดับ ซึ่งในประเทศไทยสารในกลุ่มดังกล่าวข้างต้นปัจจุบันมี ฟอสซาโลน (คาร์บาเมต), ควินาฟอส (ออร์กาโนฟอสเฟต), ไดคลอร์วอส (ออร์กาโนฟอสเฟต), อะซีเฟต (ออร์กาโนฟอสเฟต), โพรฟีโนฟอส (ออร์-กาโนฟอสเฟต), อิมิดาโคลพริด (นีโอนิโคตินอยด์) ที่ผ่านการรับรอง โดยสารส่วนใหญ่ยังไม่มีการทดสอบในแมลงหล่า มีเพียงโพรฟีโนฟอส ที่พบรายงานการทดสอบ (Sumathi and Ramasubramamian, 2013) ซึ่งในการศึกษานี้ให้ผลการควบคุมที่มีประสิทธิภาพสูงเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ Sriratanasak and Tepandung (2009) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงในการป้องกันกำจัดแมลงหล่า พบว่า สารที่มีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมแมลงหล่าที่ 24 ชั่วโมง คือ อีทิโพรล, โคลไทอะนิดิน, คาร์โบซัลแฟน และอีโทเฟนพรอกซ์ พบอัตราการตายที่ ร้อยละ 95, 85, 80 และ 65 ตามลำดับ โดยในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมาสภาพการปลูกข้าว ทั้งในส่วนของพันธุ์ข้าว ระบบการปลูก รูปแบบการควบคุมแมลงศัตรูข้าว สภาพแวดล้อม รวมทั้งในส่วนของแมลงหล่า ฯลฯ มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา มีผลทำให้สารฆ่าแมลงบางชนิดมีประสิทธิภาพเปลี่ยนแปลงด้วยเช่นกัน กล่าวคือในการศึกษานี้สารฆ่าแมลงหล่าที่มีประสิทธิภาพสูงเพิ่มมากขึ้น ให้ผลการควบคุมชัดเจนร้อยละ 100 ใน 6 ชั่วโมงหลังการพ่นสาร คือ คาร์โบซัลแฟน ซึ่งเป็นสารในกลุ่มคาร์บาเมต ที่ใช้ควบคุมแมลงศัตรูพืชต่าง ๆ มายาวนาน และโคลไทอะนิดินในกลุ่มสารนีโอนิโคตินอยด์ ซึ่งเป็นสารกลุ่มใหม่ที่จัดว่ามีความปลอดภัยต่อมนุษย์และสภาพแวดล้อมเช่นเดียวกับ อีโทเฟนพรอกซ์ ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นที่ร้อยละ 100 ที่ 18 ชั่วโมงหลังการพ่นสาร ซึ่งผลการควบคุมรวดเร็วและชัดเจนกว่าเดิมมาก ในขณะที่ อีทิโพรลสารในกลุ่มสารเฟนนีลไพราโซล ให้ผลการควบคุมลดลงจากเดิม ร้อยละ 95 ที่ 24 ชั่วโมง เป็นร้อยละ 76 เท่านั้น เป็นไปในทิศทางเดียวกับรายงานของ Murthy (2007) ที่พบว่า สารแลมบ์ดา ไซฮาโลทริน, โพรฟีโนฟอส และไตรอะโซฟอส เป็นสารฆ่าแมลงที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมประชากรแมลงหล่าได้ดีร้อยละ 100 อย่างไรก็ตามในส่วนของกรมวิชาการเกษตร และกรมการข้าว สารฆ่าแมลงที่แนะนำสำหรับควบคุมแมลงหล่าคือ คาร์โบซัลแฟน, โคลไทอะนิดิน และอีทิโพรล (Division of Rice Research and Development, 2011; Plant Protection Research and Development Office, 2010) ซึ่งผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารดังกล่าวในครั้งนี้ยังคงยืนยันว่า สารคาร์โบซัลแฟน, โคลไทอะนิดิน และอีทิโพรล เป็นสารที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงหล่าได้ดี

สรุป

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงประชากรของแมลงหล่า และความสัมพันธ์กับปัจจัยทางกายภาพ และทดสอบประสิทธิภาพสารฆ่าแมลงที่เหมาะสมในการควบคุม จากผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงประชากรแมลงหล่า พบว่าการสุ่มนับโดยตรง จากกอข้าวในหน่วยสุ่มไม่พบประชากรแมลงหล่าในทุกครั้งที่ทำการสำรวจ ขณะที่การสุ่มสำรวจด้วยดักแสงไฟ พบการเปลี่ยนแปลงประชากรแมลงหล่าอย่างต่อเนื่อง โดยพบจำนวนเฉลี่ยต่อสัปดาห์สูงที่สุดใน เดือนธันวาคม 1,666.14 ตัวต่อกับดัก และน้อยที่สุดในเดือนกันยายน 0.29 ตัวต่อกับดัก โดยปัจจัยทางกายภาพ คือ ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และความชื้น มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงประชากรของแมลงหล่าในระดับต่ำมาก เพียงร้อยละ 0.017 - 0.0479

สารฆ่าแมลงที่ทำการศึกษาประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงหล่าในครั้งนี้เน้นสารฆ่าแมลงที่มีวางจำหน่ายโดยทั่วไปในภาคเหนือตอนล่าง คือ สารในกลุ่มสารคาร์บาเมต ได้แก่ คาร์โบซัลแฟน และเบนฟูราคาร์บ สารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ได้แก่ โพรไธโอฟอส, โพรฟิโนฟอส และไตรอะโซฟอส สารกลุ่มไพรีทอยด์ ได้แก่ แลมด้า ไซฮาโลทริน อิโทรเฟนฟอกซ์ สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ ได้แก่ โคลไทอะนิดิน และสารกลุ่มเฟนนีลไพราโซล ได้แก่ อีทิโพรล โดยสารที่มีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมแมลงหล่า ประกอบด้วย คาร์โบซัลแฟน, โคลไทอะนิดิน, แลมบ์ดาไซฮาโลทริน และอีโทเฟนพรอกซ์ มีค่า LT_{50} ที่ 0.695, 0.766, 1.658 และ 1.85 ชั่วโมงตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ และสถานที่ที่ใช้ในงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Anandhi, P. and M.A.K. Pillai. 2006. Ovicidal activity of some insecticides against *Scotinophara coarctata* (Fab.) (Hemiptera: Pentatomidae) on rice. Journal of Entomological Research 30(1): 65-66.

Brown, S.A., J.A. Davis and A.R. Richter. 2012. Efficacy of foliar insecticides on eggs of *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae). Florida Entomologist 95(4): 1182-1186.

Bureau of Rice Research and Development. 2010. Rice Insect Pests and Natural Enemies: Assessment and Diagnosis. Bureau of Rice Research and Development, Rice Department, Bangkok. 78 p. (in Thai)

Cherry, R., C. Odero, M. Karounos and J. Fernandez. 2018. Insecticidal control for the rice stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) complex found in Florida rice. Journal of Entomological Science 53(3): 372-378.

Chimpaga, S. and W. Pongprasert. 2005. Factors affecting the use of chemical pesticides by farmers, Taphanhin, Phichit. Naresuan Agricultural Journal 8(1): 77-94. (in Thai)

Cuaterno, W.R. 2007. Current status of rice black bug and its management in the Philippines. pp. 653-660. *In*: R. C. Joshi, A.T. Barrion and L. S. Sebastian (eds.). Rice Black Bugs: Taxonomy, Ecology, and Management of Invasive Species. Philippine Rice Research Institute, Maligaya.

Division of Rice Research and Development. 2011. Insect - Animal Pests and Their Control. Rice Department, Bangkok. 65 p. (in Thai)

Fakkam, W., W. Pongprasert, S. Buranapanichpan, P. Sinchayakul and W. Sorapongpisal. 2018. Effect of ecological engineering

system on diversity of insects and spiders in rice paddy field. Journal of Agriculture 34(2): 235-243. (in Thai)

Ferrer, E.R. and B.M. Shepard. 1987. Sampling malayan black bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in rice. Environmental Entomology 16(1): 259-263.

Gupta, K. and A. Kumar. 2017. Field efficacy of certain insecticides against rice gundhi bug (*Leptocorisa acuta* (Thunberg)) under agro-climatic condition of Allahabad, India. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 6(8): 343-345.

Hendarsih-Suharto, T. Suryana and S.E. Baehaki. 2007. Rice black bug: a potential rice insect pest in Indonesia. pp. 539-546. *In*: R.C. Joshi. A.T. Barrion and L.S. Sebastian (eds.). Rice Black Bugs: Taxonomy, Ecology, and Management of Invasive Species. Philippine Rice Research Institute, Maligaya.

International Rice Research Institute. 2017. Rice black bug. (Online). Available: http://www.knowledgebank.irri.org/index.php?option=com_zoo&task=item&item_id=926&Itemid=757 (May 6, 2007).

Janlapha, W., S. Prakobboon, W. Sriratnasak, J. Chaiwong, C. Chalermpolyotin and O. Khamtanod. 2017. Relationship between the brown planthopper population caught in light traps to develop outbreak warning system in Nakhon Nayok rice cultivation area. Thai Rice Research Journal 8(1): 52-65. (in Thai)

Kay, I.R., J.D. Brown and R.J. Mayer. 1993. Insecticidal control of *Eysarcoris trimaculatus* (Distant) (Heteroptera: Pentatomidae) and *Leptocorisa acuta* (Thunberg) (Heteroptera: Alydidae) on rice in north Queensland, Australia. Crop Protection 12(4): 310-314.

Murthy, K.S.R.K. 2007. Chemical control of rice black bug *Scotinophara coarctata*. pp. 435-456. *In*: R.C. Joshi. A.T. Barrion and L.S. Sebastian (eds.). Rice Black Bugs: Taxonomy, Ecology and Management of Invasive Species. Philippine Rice Research Institute, Maligaya.

Office of Agricultural Economics. 2016. Agricultural statistics of Thailand 2016. Office of Agricultural Economics, Bangkok. 232 p. (in Thai)

Pathak, M.D. and Z.R. Khan.1994. Insect Pests of Rice. International Rice Research Institute, Manila. 89 p.

Patirupanusara, T. and P. Patirupanusara. 2012. Rice Pests and Natural Enemies in the Lower Northern and Upper Central Thailand. Bureau of Rice Research and Development, Rice Department, Bangkok. 303 p. (in Thai)

Piyaphongkul, J., S. Arunmit, O. Bo-kaew and W. Sriratanasak. 2018. Effects of temperature and photoperiod on reproduction of the rice black bug, *Scotinophara coarctata* (Fabricius). Journal of Food Health and Bioenvironmental Science 11(3): 25-31.

Plant Protection Research and Development Office. 2010. Introduction to Control Insect and Animal Pests 2010. Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture, Bangkok. 303 p. (in Thai)

Promotion and Soil-Fertilizer Management Division. (2015). Outbreak of rice black bug.

(Online). Available: http://www.agriqua.doae.go.th/forecast/week/week50/05_111150/rice%20black%20bug05_111150.html (May 10, 2007).

Rattanapun, W. 2014. Population dynamic of rice bug, *Leptocoriza oratorius* (Hemiptera: Alydidae) in the paddy field. Khon Kaen Agriculture Journal 42(Suppl. 1): 518-523. (in Thai)

Reissig, W.H., E.A. Heinrichs, J.A. Litsinger, K. Moody, L. Fiedler, T.W. Mew and A.T. Barrion. 1986. Illustrated Guide to Integrated Pest Management in Rice in Tropical Asia. International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños. 410 p.

Rillo, G.S. 2010. Rice black bug (RBB). Philippine Rice Research Institute, Maligaya. 3 p.

Ruay-aree, S. 2001. Insect Pest Management. Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture, Bangkok. 262 p. (in Thai)

Soinark, V., W. Pongprasert, S. Tanasinchayakul, W. Sorapongpisal and K. Kerdsuk. 2015. Insect and spider diversity in irrigated paddy fields at Phitsanulok province. Journal of Agriculture 31(3): 281-290. (in Thai)

Sorapongpaisal, W., S. Tanasinchayakul, W. Promwong, C. Wootisarn and P. Dokchan. 2011. Species diversity of rice insect pests and natural enemies in organic rice paddy field. Journal of Agriculture 27(1): 39-48. (in Thai)

Srinil, K., N. Jungkhun, T. Yuenying, K. Kanta, A. Tonmit and N. Pumhan. 2014. Population dynamics of major rice insect pests in Chiang Rai province from effect of climate change. pp. 211-224. *In*: Proceedings of Seminar on Rice: Upper and Lower Northern Rice Research Centers. Rice Department, Bangkok. (in Thai)

Sriratanasak, W. and S. Tepandung. 2009. Determining on insectocode efficacy for controlling rice black bug, *Scotinophara coarctata* (Fabricious). pp. 231-242. *In*: Proceedings of Seminar on Rice: Rice and Temperate Cereals. Rice Department, Bangkok. (in Thai)

Sriratanasak, W., S. Arunmit, J. Chaiwong and U. Boolpramuk. 2011. Insect-Animal Pests and Their Control. Bureau of Rice Research and Development, Bangkok. 198 p. (in Thai)

Subramanian, A., S. Murugesan, R. Rajendran and P.C.S. Babu. 1986. Occurrence and control of rice black bug at Coimbatore. International Rice Research Newsletter 11(3): 24.

Sumathi, E. and G.V. Ramasubramanian. 2013. Evaluation of biopesticides against rice black bug. JBiopest 6(2): 117-119.

Tiwari, A., J.P. Pandey, K. Tripathi, D. Pandey, B. Pandey and N. Shukla. 2014. Effectiveness of insecticides and biopesticides against gundhi bug of rice crop in district Rewa (M.P.), India. International Journal of Scientific and Research Publications 4(1): 1-4.

การจำแนกระบบการทำฟาร์มที่มีการเลี้ยงแพะเนื้อในจังหวัดสตูล

Classification of Farming System with Raising Meat Goat in Satun Province

ฐิตินันท์ โสระบุตร[1*] วิโชติ จงรุ่งโรจน์[1] และ ปิ่น จันจุฬา[2]

Thitinan Sorabut[1*], Vichot Jongrungrot[1] and Pin Chanjula[2]

[1]สาขาวิชานวัตกรรมการเกษตรและการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ. สงขลา 90112

[1]Agricultural Innovation and Management Division, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkhla 90112, Thailand

[2]สาขาวิชานวัตกรรมการการผลิตสัตว์และการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ. สงขลา 90112

[2]Animal Production Innovation and Management Division, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkhla 90112, Thailand

**Corresponding author: Email: thiti_tk249@hotmail.com*

(Received: 9 November 2020; Accepted: 17 February 2021)

Abstract: The study of the classification of raising meat goat in the farming systems in Satun province aimed to 1) classify of raising meat goat agricultural household farming systems, 2) study on cost analysis and benefits, and 3) create a farming system model for households raising meat goats. Structured interviews were used for data collection for the sample group of 118 households raising meat goats Also, OLYMPE was used for the analysis of the economic model with the sample group of 20 households. From the results it was found that raising goat meat in the farming systems could be classified into four types. In terms of cost analysis and benefits in 2018, it was found that the margin (the profit excluded variable cost) of raising goats ranged around 1,182.70 - 2,316.67 Baht per Head, the margin of plantation ranged around 11,275.36 - 19,929.60 Baht per Rai. Considering the whole farming system, it was found that raising meat goat along with rubber trees and oil palm farming system (G_4) was an interesting farming system with higher benefits than the other farming systems. Factors that caused different benefits were operation cost, production quantity, production value, and production management as well as marketing. The suggestion of farming system development is the agricultural household should focus on adaption to reduce cost and increase incomes in order to reduce the risk of production that will lead to the target of production under the current circumstance.

Keywords: Classification, raising meat goat, farming system

บทคัดย่อ: การศึกษาการจำแนกระบบการทำฟาร์มที่มีการเลี้ยงแพะเนื้อ ในจังหวัดสตูล มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) จำแนกประเภทของระบบการทำฟาร์มของครัวเรือนเกษตรที่มีการเลี้ยงแพะเนื้อ 2) ศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนระบบการทำฟาร์ม และ 3) สร้างแบบจำลองระบบการทำฟาร์มของครัวเรือนที่มีการเลี้ยงแพะเนื้อ โดยใช้แบบสัมภาษณ์เชิงโครงสร้าง เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่มีการเลี้ยงแพะเนื้อ จำนวน 118 ครัวเรือน การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การจัดกลุ่มเชิงชั้น และโปรแกรม OLYMPE วิเคราะห์แบบจำลองทางเศรษฐกิจกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 ครัวเรือน ผลการศึกษา พบว่า ระบบการทำฟาร์มที่มีการเลี้ยงแพะเนื้อในจังหวัดสตูลมี 4 ระบบ ด้านการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนระบบการทำฟาร์มในปี พ.ศ. 2561 พบว่า รายได้สุทธิ (รายได้หลังหักต้นทุนผันแปร) จากการเลี้ยงแพะอยู่ระหว่าง 1,182.70 - 2,316.67 บาทต่อตัว รายได้สุทธิจากการปลูกพืช อยู่ระหว่าง 11,275.36 - 19,929.60 บาทต่อไร่ และเมื่อพิจารณาทั้งระบบการทำฟาร์ม พบว่า ระบบการทำฟาร์มการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับสวนยางพาราและสวนปาล์มน้ำมัน (G_4) เป็นระบบที่น่าสนใจ เนื่องจากให้ผลตอบแทนสูงกว่าระบบอื่น ซึ่งปัจจัยที่ทำให้ผลตอบแทนแตกต่างกัน คือ ต้นทุนดำเนินงาน ปริมาณผลผลิต มูลค่าผลผลิต การจัดการผลิต ตลอดจนระบบการตลาด ข้อเสนอแนะการพัฒนาระบบการทำฟาร์ม คือ ครัวเรือนเกษตรควรมีการปรับตัวเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มรายได้เพื่อลดความเสี่ยงในการผลิตที่นำไปสู่เป้าหมายในการผลิตภายใต้สถานการณ์ปัจจุบัน

คำสำคัญ: การจำแนก การเลี้ยงแพะเนื้อ ระบบการทำฟาร์ม

บทนำ

จังหวัดสตูล มีพื้นที่ทั้งหมด 1,754,701 ไร่ โดยแบ่งเป็นพื้นที่ถือครองเพื่อทำการเกษตร 635,847 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 36.24 ของพื้นที่ทั้งหมด พืชเศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัดสตูล ได้แก่ ยางพารา ปาล์มน้ำมัน ข้าว และไม้ผล (Satun Provincial Administrative Organization, 2018) ส่วนด้านการเลี้ยงสัตว์ มีเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ จำนวน 19,940 ราย ซึ่งเป็นเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะจำนวน 4,985 ราย คิดเป็นร้อยละ 25 ของเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ทั้งหมด ที่ผ่านมาภาครัฐได้มีนโยบาย และยุทธศาสตร์ต่าง ๆ ที่มีเป้าหมายให้จังหวัดสตูล เป็นศูนย์จำหน่ายแพะที่ใหญ่ที่สุดในภาคใต้ ซึ่งเป็นนโยบายที่จูงใจให้เกษตรกรหันมาเลี้ยงแพะกันมากขึ้น แต่เกษตรกรส่วนใหญ่ต้องเผชิญกับปัญหาการเลี้ยง การจัดการฟาร์ม และการตลาด บางรายไม่ประสบความสำเร็จในการเลี้ยงจึงต้องเลิกเลี้ยงไป และเกษตรกรบางรายยังอยู่ในช่วงตัดสินใจในระหว่างตัดสินใจลงทุนเลี้ยงแพะ (Suthummanon, et al., 2011) การดำเนินกิจกรรมทางการเกษตร มีทั้งปัจจัยทางกายภาพ ชีวภาพ เศรษฐกิจ และสังคม ซึ่งปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้มีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ทำให้ระบบเกษตรเป็นระบบที่ซับซ้อน การใช้แนวทางเชิงระบบในการวิจัยและพัฒนาการเกษตรจึงได้รับการยอมรับว่าเป็นเรื่องจำเป็น การผลิตทางการเกษตรจะต้องคำนึงถึงการอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติควบคู่กันไปด้วย (Patanothai, 2000) ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาการพัฒนาทางด้านการเกษตรมักจะคำนึงถึงการพัฒนาในด้านเทคโนโลยี โดยขาดการวิเคราะห์เชิงระบบและที่สำคัญคือ เกษตรกรแต่ละกลุ่มมีความแตกต่างกัน จึงเป็นสาเหตุทำให้ไม่สามารถช่วยเหลือเกษตรกรให้บรรลุวัตถุประสงค์การทำฟาร์มได้ นอกจากนี้การจำแนกประเภทของเกษตรกรยังไม่มีความชัดเจน ทำให้การใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ ไม่สามารถตอบสนองต่อเกษตรกรกลุ่มต่าง ๆ ได้ ด้วยเหตุผลดังกล่าวประกอบกับความสำคัญของการส่งเสริมการเลี้ยงแพะซึ่งเป็นสัตว์ที่มีอนาคตไกล การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อจำแนกประเภทระบบการทำฟาร์ม การวิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนของระบบการทำฟาร์มประเภทต่าง ๆ และสร้างแบบจำลองทางเศรษฐกิจ เพื่อนำผลการศึกษาไปเป็นข้อมูลพื้นฐานในการตัดสินใจวางแผนการผลิต และเป็นแนวทางในการตัดสินใจลงทุนต่อไปในอนาคต

วิธีดำเนินการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้ทำการวิจัยระบบการทำฟาร์มของครัวเรือนเกษตรในพื้นที่ จังหวัดสตูล โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คัดเลือกจากประชากรเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะเนื้อตามบัญชีรายชื่อขึ้นทะเบียนในระบบสารสนเทศของกรมปศุสัตว์ คัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้สูตร Taro Yamane (Yamane, 1973) กำหนดจำนวนกลุ่มตัวอย่าง และความคลาดเคลื่อนจากการสุ่มตัวอย่างไม่เกินร้อยละ 10 ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้มีประชากรจากทั้ง 7 อำเภอในจังหวัดสตูล มีครัวเรือนเกษตรที่เลี้ยงแพะเนื้อจำนวนทั้งสิ้น 5,159 ครัวเรือน ได้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 99 ครัวเรือน ทั้งนี้ผู้วิจัยได้สำรองกลุ่มตัวอย่างเพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนหรือความผิดพลาดจากการเก็บข้อมูลอีกร้อยละ 20 หรือ 19 ครัวเรือน ดังนั้นขนาดกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้จึงเท่ากับ 118 ครัวเรือน จากนั้นทำการเก็บรวบรวมข้อมูลกลุ่มตัวอย่างโดยการสัมภาษณ์หัวหน้าครัวเรือนด้วยแบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง

2. นำข้อมูลการผลิตทางการเกษตรของครัวเรือนเกษตรที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง มาจำแนกประเภทของระบบการทำฟาร์ม โดยการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยเทคนิค hierarchical cluster analysis (Vanichbuncha, 2015) จากนั้นคัดเลือกครัวเรือนเกษตรโดยใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างร้อยละ 15 ได้จำนวน 17 ครัวเรือน นอกจากนี้ยังสำรองกลุ่มตัวอย่างเชิงลึกอีก ร้อยละ 15 หรือ 3 ครัวเรือน ดังนั้น ขนาดกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงลึกเท่ากับ 20 ครัวเรือน คัดเลือกจากครัวเรือนเกษตรในจำนวน 118 ครัวเรือน ซึ่งผู้วิจัยพิจารณากำหนดคุณสมบัติขั้นต้นว่ามีลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมของครัวเรือนเกษตรที่คล้ายกัน เช่น เป็นสมาชิกของกลุ่มผู้เลี้ยงแพะ เกษตรกรมีอายุใกล้เคียงกัน เป็นต้น สามารถให้ข้อมูลได้อย่างครบถ้วน และครัวเรือนเกษตรที่มีกิจกรรมทางการเกษตรคล้ายคลึงกัน เพื่อใช้เป็นกรณีศึกษา รวม 4 ระบบ จำนวน 5 ครัวเรือนต่อระบบ รวม 20 ครัวเรือน โดยใช้แบบสัมภาษณ์เชิงลึกเป็นเครื่องมือในการเก็บรวมรวมข้อมูล ซึ่งคำถามมีเนื้อหาครอบคลุมเกี่ยวกับ ต้นทุน รายได้ รายได้สุทธิ (margin) และกำไรสุทธิ ของระบบฟาร์มต่าง ๆ

3. นำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึกของครัวเรือนเกษตรที่คัดเลือกมา รวมจำนวน 15 ครัวเรือน แยกเป็น 5 ครัวเรือนต่อ 1 ระบบการทำฟาร์ม มาลงโปรแกรม OLYMPE (ศูนย์ความร่วมมือระหว่างประเทศด้านการวิจัยเกษตรกรรมเพื่อการพัฒนาประเทศฝรั่งเศส) เพื่อวิเคราะห์ต้นทุน และผลตอบแทนของระบบการทำฟาร์มในปี พ.ศ. 2561 และสร้างแบบจำลองทางเศรษฐกิจของระบบการทำฟาร์มในระยะเวลา 10 ปี (พ.ศ. 2561 - 2570) คิดต้นทุนและผลตอบแทนเฉพาะที่เป็นตัวเงินที่เกิดขึ้น ข้อมูลทางเศรษฐกิจส่วนใหญ่ที่นำมาวิเคราะห์ได้จากการสอบถามครัวเรือนเกษตรที่ใช้เป็นกรณีศึกษา โดยใช้ราคาคงที่ปี พ.ศ. 2561 ในกรณีที่ครัวเรือนมีการทำสวนยางพารากำหนดให้มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณผลผลิตของยางพาราตามช่วงอายุ 7 - 9 ปี, 10 - 12 ปี, 13 - 15 ปี, 16 - 18 ปี และ 19 ปีขึ้นไป โดยมีปริมาณผลผลิตเฉลี่ยตามช่วงอายุร้อยละ 64.47, 100.00, 80.00, 60.32 และ 56.84 ตามลำดับ ส่วนครัวเรือนที่มีการปลูกปาล์มน้ำมันกำหนดให้มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณผลผลิตของปาล์มน้ำมันตามช่วงอายุ 4 ปี, 5 ปี, 6 ปี, 7 ปี, 8 - 21 ปี, 22 ปี, 23 ปี และ 24 ปีขึ้นไป มีปริมาณผลผลิตเฉลี่ยตามช่วงอายุร้อยละ 25.71, 28.57, 68.57, 85.71, 100.00, 97.43, 80.00 และ 57.14 ตามลำดับ (Udomphon, 2011)

4. ขนาดฟาร์มแพะในการศึกษาครั้งนี้ ได้แบ่งตามจำนวนแพะที่ครัวเรือนเกษตรเลี้ยงในฟาร์ม แบ่งออกเป็น 3 ขนาด คือ ฟาร์มขนาดเล็กเลี้ยงแพะเนื้อเฉลี่ยน้อยกว่า 16 ตัว ฟาร์มขนาดกลางเลี้ยงแพะเนื้อเฉลี่ย 16 - 30 ตัว และฟาร์มขนาดใหญ่เลี้ยงแพะเนื้อเฉลี่ยมากกว่า 30 ตัว

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ประเภทระบบการทำฟาร์มในพื้นที่

สำหรับประเภทของระบบการทำฟาร์มของครัวเรือนที่มีการเลี้ยงแพะเนื้อในพื้นที่ศึกษา สามารถ

จำแนกประเภทของระบบการทำฟาร์มของครัวเรือนเกษตรในพื้นที่ออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่

1. ระบบการทำฟาร์มที่มีการเลี้ยงแพะเนื้ออย่างเดียว (G_1)

ครัวเรือนเกษตรของระบบการทำฟาร์มประเภทนี้ คิดเป็นร้อยละ 12.71 เน้นการเลี้ยงแพะเนื้อเป็นอาชีพหลัก หัวหน้าครัวเรือนเกษตรที่เลี้ยงแพะเนื้อมีอายุเฉลี่ย 50 ปี ระบบการทำฟาร์มประเภทนี้มีพื้นที่ทำการเกษตรเป็นเพียงพื้นที่ที่ใช้เลี้ยงแพะเนื้อเท่านั้น ซึ่งเป็นฟาร์มเลี้ยงแพะเนื้อขนาดกลางโดยมีแพะเนื้อในฟาร์มเฉลี่ย 21.80 ตัว โดยมีจำนวนแม่พันธุ์แพะเนื้อในปัจจุบันเฉลี่ย 15 ตัว แรงงานที่ใช้ในฟาร์มเป็นแรงงานในครัวเรือนไม่มีการจ้างแรงงานจากภายนอก สำหรับกิจกรรมการเลี้ยงแพะเนื้อของครัวเรือนเกษตรในฟาร์มประเภทนี้ส่วนใหญ่มีวัตถุประสงค์การเลี้ยงแพะเนื้อเพื่อจำหน่ายในเชิงธุรกิจ เนื่องจากครัวเรือนเกษตรมีความเชื่อมั่นในอาชีพการเลี้ยงแพะเนื้อว่าเป็นอาชีพที่ให้ผลตอบแทนที่มั่นคงกว่าการทำกิจกรรมการเกษตรอื่น ๆ รวมทั้ง พบว่า ครัวเรือนเกษตรมีข้อจำกัดในเรื่องพื้นที่ทำการเกษตร ฟาร์มประเภทนี้มีการสร้างโรงเรือนสำหรับเลี้ยงแพะอย่างมั่นคงถาวร มีการแบ่งโรงเรือนแพะออกเป็นคอกย่อยเพื่อแยกประเภทแพะที่เลี้ยง กิจกรรมภายในฟาร์มส่วนใหญ่จะใช้ไปในการตัดพืชอาหารสัตว์ให้แพะ เนื่องจากฟาร์มประเภทนี้เลี้ยงแพะแบบขังคอกตลอดเวลา ส่วนกิจกรรมอื่น ๆ เช่น การกำจัดพยาธิและการฉีดวัคซีน ครัวเรือนเกษตรจะทำปีละ 1 - 2 ครั้ง ซึ่งเป็นการบริการจากเจ้าหน้าที่

2. ระบบการทำฟาร์มที่มีการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับการทำสวนยางพารา (G_2)

ระบบการทำฟาร์มที่มีการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับการทำสวนยางพารา คิดเป็นร้อยละ 61.87 ครัวเรือนเกษตรประเภทนี้อาชีพหลักคือทำสวนยางพารา มีพื้นที่การทำสวนยางพาราเฉลี่ย 10.31 ไร่ การเลี้ยงแพะเนื้อเป็นอาชีพเสริม ครัวเรือนเกษตรเลือกทำกิจกรรมการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับการทำสวนยางพาราเพราะหวังว่าจะมีรายได้จากการจำหน่ายแพะเนื้อเพิ่มขึ้นเพื่อช่วยแก้ปัญหารายได้ที่ไม่แน่นอนจากราคายางพาราที่มีความผันผวนอย่างต่อเนื่องทุกปี อีกทั้งครัวเรือนเกษตรยังเห็นว่าการเลี้ยงแพะเนื้อไม่กระทบต่อการทำงานภายในสวนยางพารา ซึ่งแรงงานที่ใช้ในฟาร์มเป็นแรงงานในครัวเรือนไม่มีการจ้างแรงงานจากภายนอกเช่นเดียวกับฟาร์มส่วนใหญ่ในพื้นที่ สำหรับกิจกรรมการเลี้ยงแพะเป็นฟาร์มขนาดกลางมีแพะเนื้อเฉลี่ย 16.71 ตัว ส่วนใหญ่มีวัตถุประสงค์ในการเลี้ยงเพื่อจำหน่ายและบริโภคในครัวเรือน มีลักษณะการเลี้ยงแบบปล่อยให้แพะแทะเล็มหญ้าอิสระในสวนยางพาราในช่วงเวลากลางวัน แล้วต้อนขึ้นโรงเรือนในเวลากลางคืน โรงเรือนแพะมีลักษณะปล่อยโล่งไม่มีการแบ่งเป็นคอกย่อย

3. ระบบการทำฟาร์มที่มีการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับการทำสวนปาล์มน้ำมัน (G_3)

ครัวเรือนเกษตรประเภทนี้คิดเป็นร้อยละ 12.71 มีกิจกรรมเลี้ยงแพะเนื้อเป็นอาชีพเสริม ส่วนอาชีพที่สร้างรายได้หลักให้กับครัวเรือนเกษตรคือทำสวนปาล์มน้ำมัน ระบบฟาร์มประเภทนี้มีพื้นที่ทำสวนปาล์มน้ำมันเฉลี่ย 10.20 ไร่ แรงงานที่ใช้ในฟาร์มเป็นแรงงานในครัวเรือนไม่มีการจ้างแรงงานจากภายนอกเช่นเดียวกับฟาร์มส่วนใหญ่ ในพื้นที่ กิจกรรมการเลี้ยงแพะเนื้อครัวเรือนเกษตรจะใช้เวลาว่างหลังจากการทำกิจกรรมหลักมาเลี้ยง ซึ่งการเลือกเลี้ยงแพะเป็นอาชีพเสริมนั้นเนื่องจากการทำสวนปาล์มน้ำมันบางส่วนยังอยู่ในระยะที่ยังไม่ได้รับผลตอบแทน สำหรับกิจกรรมการเลี้ยงแพะถึงแม้ครัวเรือนเกษตรจะเลี้ยงแพะเป็นเพียงอาชีพเสริม แต่ขนาดฟาร์มเป็นฟาร์มขนาดกลางมีแพะที่เลี้ยงไว้ทั้งหมดในฟาร์มโดยเฉลี่ย 18.26 ตัว ลักษณะการเลี้ยงส่วนใหญ่จะเลี้ยงแบบขังคอกและปล่อยให้แพะแทะเล็มหญ้าอิสระในเวลากลางวัน และส่วนใหญ่ใช้เวลาไปกับการตัดหญ้ามาเสริมให้แพะได้กินในคอกในเวลากลางคืน

4. ระบบการทำฟาร์มที่มีการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับการทำสวนยางพาราและสวนปาล์มน้ำมัน (G_4)

ระบบฟาร์มประเภทนี้ คิดเป็นร้อยละ 12.71 มีกิจกรรมการเลี้ยงแพะเนื้อเป็นอาชีพเสริมเช่นเดียวกับฟาร์มส่วนใหญ่ในพื้นที่ มีการทำสวนยางพาราและสวนปาล์มน้ำมันเป็นกิจกรรมหลักที่สามารถสร้างรายได้

หลักให้กับครัวเรือนเกษตร พื้นที่สวนยางพาราและสวนปาล์มน้ำมันเฉลี่ย 15.50 และ 9.80 ไร่ ตามลำดับ มีแรงงานในครัวเรือนเป็นแรงงานหลัก และมีการจ้างแรงงานจากภายนอกเป็นแรงงานชั่วคราวเพื่อมาทำบางกิจกรรมในระบบการผลิตปาล์มน้ำมันในบางครั้งเท่านั้น ส่วนกิจกรรมการเลี้ยงแพะจะใช้แรงงานภายในครัวเรือนเท่านั้น กิจกรรมการเลี้ยงแพะเนื้อระบบฟาร์มประเภทนี้ถือว่าเป็นฟาร์มขนาดใหญ่ มีแพะที่เลี้ยงทั้งหมดในฟาร์มเฉลี่ย 37.35 ตัว มีวัตถุประสงค์ในการเลี้ยงแพะเพื่อจำหน่ายและบริโภคในครัวเรือน ลักษณะการเลี้ยงแพะส่วนใหญ่จะเลี้ยงแบบขังคอกและปล่อยให้แพะแทะเล็มหญ้าทั้งแบบปล่อยอิสระและแบบมีรั้วล้อมรอบ โรงเรือนแพะจะเป็นโรงเรือนที่มีลักษณะปล่อยโล่งไม่มีการแบ่งคอกย่อย

จากผลการศึกษาครั้งนี้ สามารถจำแนกประเภทของระบบการทำฟาร์มของครัวเรือนที่มีการเลี้ยงแพะเนื้อ ได้เป็น 4 ประเภท ซึ่งแตกต่างจากผลการศึกษาของ Madting, 2014 ที่ทำการศึกษาระบบการทำฟาร์มที่มีการเลี้ยงแพะร่วมกับกิจกรรมการเกษตรอื่น พบว่าระบบการทำฟาร์มที่มีการเลี้ยงแพะควบคู่กับกิจกรรมอื่น ๆ สามารถจำแนกออกได้เป็น 6 ประเภท

การเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนของระบบการทำฟาร์ม

สำหรับในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการคัดเลือกระบบการทำฟาร์มมา 4 ระบบ คือ (G_1), (G_2), (G_3) และ (G_4) เพื่อใช้เป็นกรณีศึกษาในเชิงลึกให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างต้นทุนและผลตอบแทนระหว่างระบบการทำฟาร์มทั้ง 4 ระบบ โดยคัดเลือกครัวเรือนเกษตรมาศึกษา จำนวน 5 ครัวเรือนต่อระบบการทำฟาร์ม รวมทั้งหมด 20 ครัวเรือน ผลการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนในแต่ละระบบได้จากการคำนวณโดยใช้ค่าเฉลี่ยในแต่ละระบบ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ต้นทุนและผลตอบแทนจากการเลี้ยงแพะ ปี 2561

ผลการศึกษาต้นทุนการเลี้ยงแพะเนื้อ (Figure 1) พบว่า ระบบการทำฟาร์มที่มีการเลี้ยงแพะเนื้ออย่างเดียว (G_1) มีต้นทุนดำเนินงานสูงสุดสูงสุด (1,830.58 บาทต่อตัวต่อปี) แบ่งเป็นต้นทุนคงที่เพียงร้อยละ 2.16 ส่วนใหญ่เป็นต้นทุนผันแปร ร้อยละ 97.84 โดยต้นทุนผันแปรส่วนใหญ่ เป็นค่าอาหารข้น รองลงมา คือ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงรถจักรยานยนต์ในการเดินทางไปตัดหญ้าให้แพะ เนื่องจากครัวเรือนเกษตรในระบบการทำฟาร์มประเภทนี้ เน้นการเลี้ยงแพะด้วยอาหารข้นมากกว่าระบบการทำฟาร์มประเภทอื่น ๆ และระบบการทำฟาร์มประเภทนี้ไม่มีพื้นที่ในการปลูกหญ้าให้แพะจึงทำให้ต้องเดินทางไปตัดหญ้าในพื้นที่สาธารณะมาเสริมให้แพะ และระบบการทำฟาร์มที่มีการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับสวนยางพาราและสวนปาล์มน้ำมัน (G_4) มีต้นทุนดำเนินงานสูงเป็นอันดับสอง (1,332 บาทต่อตัวต่อปี) แบ่งเป็นต้นทุนคงที่ร้อยละ 3.65 และที่เหลือเป็นต้นทุนผันแปรคิดเป็นร้อยละ 96.35 โดยต้นทุนผันแปรส่วนใหญ่เป็นค่าอาหารข้นสำหรับเลี้ยงแพะ รองลงมาคือ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ได้แก่ การเดินทางไปคอกแพะ เพราะครัวเรือน

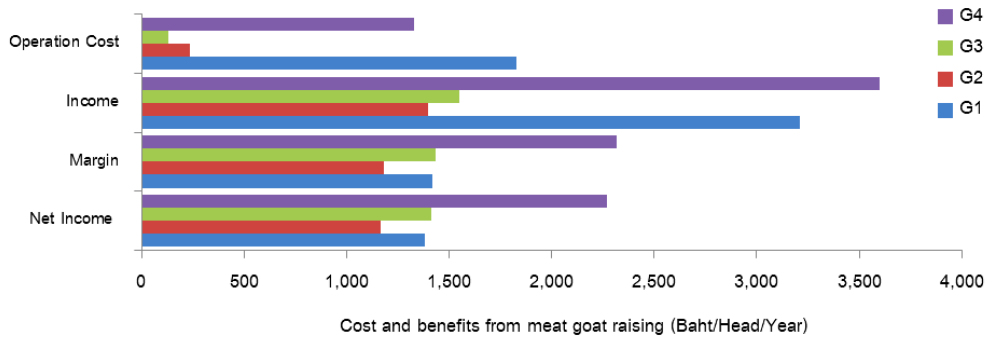

Figure 1. The comparative cost and benefits from meat goat raising in 2018

เกษตรสร้างโรงเรือนแพะไว้ในสวนปาล์มน้ำมันซึ่งห่างจากบ้านประมาณ 3 กิโลเมตร และค่าน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับบดสับทางปาล์มให้แพะ และมีเพียงร้อยละ 1.45 ของต้นทุนผันแปรเป็นค่ายารักษาโรคบางชนิด ส่วนยารักษาโรคชนิดอื่น ๆ และเวชภัณฑ์ รวมถึงแร่ธาตุก้อน ครัวเรือนเกษตรได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐ และระบบการทำฟาร์มที่มีการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับสวนปาล์มน้ำมัน (G_3) มีต้นทุนดำเนินงานต่ำสุด (133.77 บาทต่อตัวต่อปี) แบ่งเป็นต้นทุนคงที่ร้อยละ 14.47 และต้นทุนผันแปรร้อยละ 85.53 โดยต้นทุนผันแปรส่วนใหญ่เป็นค่าแร่ธาตุก้อน รองลงมาเป็นค่ายารักษาโรคและเวชภัณฑ์ ซึ่งไม่ได้รับการสนับสนุนปัจจัยการผลิตจากหน่วยงานภาครัฐ จึงมีค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ค่อนข้างสูง ประกอบกับรูปแบบการเลี้ยงแพะของครัวเรือนเกษตรเป็นแบบกึ่งขังกึ่งปล่อย โดยปล่อยให้แพะได้แทะเล็มหญ้าอย่างเต็มที่ในเวลากลางวัน ส่วนตอนเย็นมีการเสริมทางปาล์มที่ได้จากการตัดแต่งทางปาล์มในบางครั้งแต่ไม่มีการเสริมอาหารข้นให้แพะเลย ในด้านผลตอบแทนจากการเลี้ยงแพะ ได้แก่ รายได้ รายได้สุทธิ และกำไรสุทธิ พบว่า ระบบการทำฟาร์มที่มีการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับสวนปาล์มน้ำมัน (G_4) มีรายได้ รายได้สุทธิ และกำไรสุทธิจากการเลี้ยงแพะสูงสุด คือ 3,600, 2,316.67 และ 2,268 บาทต่อตัวต่อปี ตามลำดับ เนื่องจากมีเน้นการเลี้ยงแพะเพื่อขุนจำหน่ายจึงมีการเสริมทางปาล์มบด และอาหารข้นให้แพะ ส่งผลให้แพะสมบูรณ์สามารถจำหน่ายได้ตามความต้องการของตลาด ส่วนระบบการทำฟาร์มการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับสวนยางพารา (G_2) มีรายได้ รายได้สุทธิ และกำไรสุทธิจากการเลี้ยงแพะต่ำสุด คือ 1,400, 1,182.70 และ 1,164.03 บาทต่อตัวต่อปี ตามลำดับ เนื่องจากแม่พันธุ์สามารถผลิตลูกได้เพียง 1 ครอกเท่านั้นทำให้มีผลผลิตออกมาจำหน่ายได้ค่อนข้างน้อย

จากการศึกษาครั้งนี้มีข้อสังเกต พบว่า ค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่ในการเลี้ยงแพะเนื้อของทุกระบบการทำฟาร์ม คือ ค่าอาหารข้น การที่มีค่าใช้จ่ายในส่วนค่าอาหารข้นแสดงให้เห็นว่าอาหารหยาบซึ่งได้แก่ หญ้าประเภทต่าง ๆ ทางปาล์มสด หรือต้นข้าวโพดที่นำมาใช้เป็นอาหารแพะเนื้อ โดยเฉพาะหญ้า ซึ่งส่วนใหญ่เป็นหญ้าที่ขึ้นเองตามธรรมชาติ ในพื้นที่สาธารณะ สวนยางพารา หรือสวนปาล์มน้ำมัน นั้นมีคุณค่าทางอาหารสัตว์ต่ำ ผลผลิตน้อย และไม่เพียงพอในช่วงฤดูแล้ง จึงจำเป็นต้องเสริมอาหารข้น รองลงมา คือ ค่าน้ำมันในกิจกรรมต่าง ๆ ในการเลี้ยงแพะเนื้อ โดยเฉพาะการเดินทางไปตัดหญ้าตามพื้นที่ต่าง ๆ

2. ต้นทุนและผลตอบแทนจากการปลูกพืช ปี 2561

ผลการศึกษาต้นทุนการปลูกพืช (Figure 2) ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วยการทำสวนยางพาราและปาล์มน้ำมัน พบว่า ระบบการทำฟาร์มที่มีการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับสวนปาล์มน้ำมัน (G_3) มีต้นทุนดำเนินงานสูงสุด (4,779 บาทต่อไร่ต่อปี) โดยค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่เป็นค่าจ้างแรงงานในการเก็บเกี่ยวผลผลิตปาล์มน้ำมัน คิดเป็นร้อยละ 60.31 รองลงมาคือ ค่าปุ๋ยเคมี คิดเป็นร้อยละ 37.23 ส่วนระบบการทำฟาร์มที่มีการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับสวนยางพาราและสวน

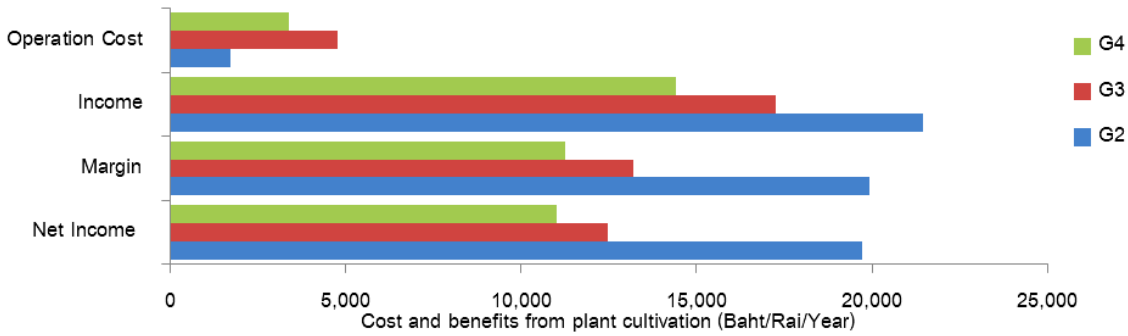

Figure 2. The comparative cost and benefits from plant cultivation in 2018

ปาล์มน้ำมัน (G_4) และระบบการทำฟาร์มที่มีการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับสวนยางพารา (G_2) มีต้นทุนดำเนินงาน 3,390.41 และ1,743 บาทต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ โดยระบบการทำฟาร์มที่มีการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับสวนยางพาราและสวนปาล์มน้ำมัน (G_4) มีค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่เป็นค่าจ้างแรงงานในการเก็บเกี่ยวผลผลิตปาล์มน้ำมัน คิดเป็นร้อยละ 81.37 รองลงมาร้อยละ 17.84 เป็นค่าปุ๋ยเคมี ในขณะที่ระบบการทำฟาร์มที่มีการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับสวนยางพารา (G_2) ค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่ร้อยละ 60.94 เป็นค่าปุ๋ยเคมี ส่วนของผลตอบแทนจากการปลูกพืช พบว่า ระบบการทำฟาร์มที่มีการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับสวนยางพารา (G_2) มีรายได้ รายได้สุทธิและกำไรสุทธิจากการปลูกพืชสูงกว่าระบบอื่น คือ 21,465.60, 19,9292.60 และ 19,722.60 บาทต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ ในขณะที่ ระบบการทำฟาร์มที่มีการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับสวนยางพาราและสวนปาล์มน้ำมัน (G_4) มีรายได้ต่ำสุด (14,406.23 บาทต่อไร่ต่อปี) และระบบการทำฟาร์มที่มีการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับสวนปาล์มน้ำมัน (G_3) มีรายได้สุทธิ และกำไรสุทธิจากการปลูกพืชต่ำกว่าครัวเรือนเกษตรรายอื่น ๆ คือ 11,275.36 และ 11,015.82 บาทต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ

จากผลการศึกษาครั้งนี้มีข้อสังเกต พบว่า การทำสวนปาล์มน้ำมัน มีสัดส่วนค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่เป็นค่าจ้างแรงงานเพื่อเก็บเกี่ยวผลผลิต และสัดส่วนค่าปุ๋ยเคมีและค่าจ้างแรงงานแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ในขณะที่การทำสวนยางพาราเพียงอย่างเดียวสัดส่วนค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่เป็นค่าปุ๋ยเคมี ทั้งนี้เนื่องจากกิจกรรมการเก็บเกี่ยวผลผลิตปาล์มน้ำจำเป็นต้องใช้แรงงานจำนวนมาก ใช้เวลาในการทำงานค่อนข้างนาน และไม่จำเป็นต้องใช้แรงงานที่มีฝีมือ ครัวเรือนเกษตรเลือกที่จะจ้างแรงงานจากภายนอกมา ส่วนกิจกรรมในสวนยางพารา เช่น การกรีดยาง จำเป็นต้องใช้แรงงานที่มีฝีมือในการทำงาน ครัวเรือนเกษตรจึงเลือกที่จะทำด้วยตัวเองและใช้แรงงานภายในครัวเรือนเป็นส่วนใหญ่

3. ผลตอบแทนจากระบบการทำฟาร์ม ปี 2561

จากการวิเคราะห์ผลตอบแทนของระบบการทำฟาร์มทั้งระบบ (Table 1) จะเห็นว่ารายได้สุทธิจากการทำฟาร์มมีการกระจายอย่างมากซึ่งสัดส่วนรายได้สุทธิส่วนใหญ่เป็นรายได้จากการปลูกพืช ในขณะที่สัดส่วนรายได้สุทธิจากการเลี้ยงแพะอยู่ระหว่างร้อยละ 15.11 - 25.17 เมื่อพิจารณาจะเห็นว่ารายได้สุทธิจากการทำฟาร์มแปรผันตามกิจกรรมที่ทำในฟาร์ม โดยระบบการทำฟาร์มที่มีการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับสวนยางพาราและสวนปาล์มน้ำมัน (G_4) มีรายได้สุทธิจากการทำฟาร์มสูงสุด คือ 317,558 บาทต่อปี ซึ่งส่วนใหญ่ร้อยละ 78.11 มาจากกิจกรรมการปลูกพืช แบ่งเป็นยางพาราและปาล์มน้ำมัน ร้อยละ 47.19 และร้อยละ 30.93 ตามลำดับ เนื่องจากมีพื้นที่เพาะปลูกสูงกว่าระบบการทำฟาร์มอื่น ๆ และมีกิจกรรมภายในฟาร์มมากกว่าครัวเรือนเกษตรอื่น ๆ ประกอบกับมีการจัดการฟาร์มที่ดี เช่น แบ่งการใส่ปุ๋ยเป็นช่วง ๆ และใส่ปุ๋ยเคมีสลับกับปุ๋ยคอก จึงทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ ยางพาราและปาล์มน้ำมันได้รับสารอาหาร

Table 1. On - farm margin origin per farm type (2018)

Type	Meat goat		Rubber		Oil palm		Total	
	Margin (Baht/Year)	% ∑M	Margin (Baht/Year)	% ∑M	Margin (Baht/Year)	% ∑M	Margin (Baht/Year)	% ∑M
G_1	374,600	100	0	0.00	0	0.00	374,600	100
G_2	35,481	15.11	199,296	84.89	0	0.00	234,777	100
G_3	44,453	25.17	0	0.00	132,190	65.73	176,643	100
G_4	69,500	21.89	149,849	47.19	98,209	30.93	317,558	100

อย่างเต็มที่และให้ผลผลิตเต็มที่ แต่จาก Table 2 เมื่อวิเคราะห์กำไรสุทธิจากระบบฟาร์มต่อหน่วยแรงงานต่อไร่ แสดงให้เห็นว่าระบบการทำฟาร์มประเภทนี้มีประสิทธิภาพการทำงานต่ำกว่าระบบการทำฟาร์มอื่น ๆ ในขณะที่ระบบการทำฟาร์มที่มีการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับสวนปาล์มน้ำมัน (G_3) มีพื้นที่ทำการเกษตร 10 ไร่ มีแรงงานหลักในครัวเรือนในการทำฟาร์มเพียง 2 คน รายได้สุทธิจากการเลี้ยงแพะมีเพียงร้อยละ 25.17 ที่เหลือร้อยละ 74.83 เป็นรายได้สุทธิจากการปลูกปาล์ม และเมื่อเปรียบเทียบกำไรสุทธิจากระบบฟาร์มต่อหน่วยแรงงานต่อไร่ ในปี พ.ศ. 2561 พบว่า สูงเป็นอันดับสอง การศึกษาครั้งนี้สังเกต พบว่า สัดส่วนรายได้สุทธิจากการเลี้ยงแพะและสัดส่วนรายได้สุทธิจากการปลูกพืชแตกต่างกันอย่างชัดเจน เนื่องจากการเลี้ยงแพะเป็นการเลี้ยงแพะเพื่อเสริมรายได้จากราคาผลผลิตยางพาราและปาล์มน้ำมันตกต่ำและเป็นการใช้เวลาว่างที่เหลือจากกิจกรรมในสวนยางพาราและสวนปาล์มน้ำมันมาเลี้ยงแพะ แต่อย่างไรก็ตามการเลี้ยงแพะจำเป็นต้องมีการใช้เวลาในการทำงานในแต่ละวันค่อนข้างนาน ครัวเรือนเกษตรที่มีกิจกรรมภายในฟาร์มที่หลากหลายจำเป็นต้องมีการบริหารเวลาในการทำงานในแต่ละวันให้ดี สอดคล้องกับการศึกษาของ Kongkaitjira, 2013 พบว่า ครัวเรือนเกษตรเลือกเลี้ยงแพะเนื้อควบคู่กับกิจกรรมทางการเกษตรอื่น ๆ ครัวเรือนเกษตรจำเป็นต้องมีการจัดการฟาร์มอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ เพื่อที่จะไม่ให้เกิดความขัดแย้งในเรื่องการใช้แรงงานหรือชั่วโมงการทำงานที่ทับซ้อนกัน หากครัวเรือนเกษตรไม่สามารถจัดสรรเวลาในการทำงานได้อย่างลงตัวจะส่งผลกระทบต่อกิจกรรมการเกษตรอื่น ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกิจกรรมการเลี้ยงแพะเนื้อที่ต้องทำทุกวัน และเป็นกิจกรรมที่ต้องมีการเอาใจใส่เป็นอย่างมากเพื่อให้ผลผลิตมีคุณภาพและเป็นไปตามความต้องการของตลาด นอกจากนี้ การศึกษาของ Jongrungrot, 2014 พบว่า ความแตกต่างของรายได้สุทธิต่อไร่ของแปลงปลูกพืชร่วมกับยาง ขึ้นอยู่กับ ปริมาณผลผลิตยางต่อไร่ ปริมาณและมูลค่าผลผลิตพืชร่วมยางต่อไร่ และต้นทุนการดำเนินงานต่อไร่ นอกจากนี้การผสมผสานการเลี้ยงแพะเนื้อเข้ากับกิจกรรมทางการเกษตรอื่น ๆ ได้เป็นอย่างดี โดยนำมูลแพะมาใช้ในกิจกรรมการปลูกพืชของครัวเรือน เพื่อลดต้นทุนการผลิตในการซื้อปุ๋ยคอก และสามารถนำเศษเหลือทางการเกษตร เช่น ทางปาล์ม ต้นข้าวโพด มาใช้ในการเลี้ยงแพะ

แบบจำลองทางเศรษฐกิจของระบบการทำฟาร์ม

การวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์แบบจำลองต้นทุนและผลตอบแทนของระบบการทำฟาร์มครัวเรือนเกษตรทั้ง 3 ประเภท ในช่วงเวลา 10 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2561 ถึง พ.ศ. 2570 โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ระบบการทำฟาร์มที่มีการเลี้ยงแพะเนื้ออย่างเดียว (G_1)

1.1 การจัดการฟาร์ม

การจัดการฟาร์มในปี พ.ศ. 2561 ของระบบการทำฟาร์มประเภทนี้ มีพื้นที่ทำการเกษตรทั้งหมด 2 ไร่ กิจกรรมในฟาร์ม คือ เลี้ยงแพะเป็นอาชีพหลักเพียงอย่างเดียว ครัวเรือนเกษตรมีพ่อพันธุ์ 5 ตัว

Table 2. The productivity of farming system in 2018

Main factors	Type			
	G_1	G_2	G_3	G_4
Total cultivation area (Rai)	2	10	10	22
The total main family labours (Person)	2	2	2	2
Gross income (Baht)	105,116	232,147	168,543	310,388
Net Profit (Baht)	52,557.75	11,607.35	8,427.15	7,054.27

แม่พันธุ์ 40 ตัว รูปแบบการเลี้ยงแพะเป็นแบบขังคอกตลอดเวลา โรงเรือนแพะมีลักษณะแบ่งแยกเป็นคอกย่อย เนื่องจากมีพื้นที่จำกัด ครัวเรือนเกษตรจึงมีรูปแบบการเลี้ยงแพะแบบขังคอกตลอดเวลา ใช้วิธีการตัดใบกระถินให้กินทุกวัน วันละ 2 รอบ และมีการเสริมอาหารข้นวันละ 1 ครั้ง โดยแม่พันธุ์จะให้อาหารข้น 0.5 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน พ่อพันธุ์ แพะรุ่น และแพะสาวให้ 0.3 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน การผลิตแพะเนื้อเพื่อจำหน่ายโดยจะไม่ชำแหละเองแต่จะจำหน่ายเป็นตัว โดยประเมินราคาตามอายุ และขนาดของแพะ โดยขุนจนกระทั่งแพะอายุ 1 ปี จึงจะจำหน่าย ส่วนพ่อพันธุ์ - แม่พันธุ์จะปลดระวางทุก ๆ 5 ปี จากการสัมภาษณ์ครัวเรือนเกษตร ตลอดระยะเวลา 5 ปีที่เลี้ยงแม่พันธุ์ จะสามารถให้ลูกได้ทั้งหมด 7 ครอก ซึ่งจะได้ลูกแพะเฉลี่ย 76 ตัวต่อปี อัตราการตายของลูกแพะในฟาร์มเท่ากับ ร้อยละ 5 การตายของลูกแพะจะตายในช่วงแรกเกิดถึงอายุ 7 วัน ซึ่งจะพบว่า ลูกแพะตายจากแพะสาวที่ให้ลูกครั้งแรก หลังจากที่แพะคลอดลูก 2.5-3 เดือนจะเริ่มทำการผสมแพะใหม่อีกครั้ง

1.2 การวิเคราะห์แบบจำลองทางเศรษฐกิจ

ผลผลิตจากฟาร์ม มีเพียงแพะเนื้อเท่านั้น จากการวิเคราะห์แบบจำลองทางเศรษฐกิจในช่วง 10 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2561-2570 (Figure 3) โดยใช้ราคาคงที่ปี พ.ศ. 2561 พบว่า รายได้สุทธิจากการเลี้ยงแพะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ขึ้นอยู่กับปริมาณการให้ลูกของแม่พันธุ์ แต่จะเพิ่มสูงขึ้น พบว่า ใน พ.ศ. 2561 ครัวเรือนเกษตรมีรายได้สุทธิของฟาร์ม อยู่ที่ 122,378 บาทต่อปี โดยในปี พ.ศ. 2565 และ พ.ศ. 2566 เป็นปีที่มีรายได้สุทธิของฟาร์มสูงสุด เนื่องจาก ในปี พ.ศ. 2565 จำหน่ายแพะพ่อพันธุ์ - แม่พันธุ์ปลดระวาง และ พ.ศ. 2565 - 2566 สามารถจำหน่ายผลผลิตจากแพะได้สูงกว่าปีอื่น ๆ เนื่องจากสามารถจำหน่ายแพะ ได้ 2 ครอก ซึ่งเป็นครอกที่สามารถให้ลูกแฝดทั้งหมด

2. ระบบการทำฟาร์มที่มีการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับสวนยางพารา (G_2)

2.1 การจัดการฟาร์ม

การจัดการฟาร์มในปี พ.ศ. 2561 ของระบบการทำฟาร์มประเภทนี้ มีพื้นที่ทำการเกษตรทั้งหมด 10 ไร่ กิจกรรมในฟาร์ม คือ การเลี้ยงแพะร่วมกับการทำสวนยางพารา สำหรับการเลี้ยงแพะ ครัวเรือนเกษตรมีพ่อพันธุ์ 1 ตัว แม่พันธุ์ 15 ตัว รูปแบบการเลี้ยงแพะเป็นแบบขังคอกตลอดเวลา โรงเรือนแพะมีลักษณะแบ่งแยกเป็นคอกย่อย การให้อาหารจะตัดหญ้าให้แพะวันละ 1 ครั้ง นอกจากนี้จะยังมีการเสริมทางปาล์มให้แพะด้วย ด้านการดูแลสุขภาพแพะ แพะในฟาร์มจะได้รับการฉีดวัคซีนป้องกันโรคจากเจ้าหน้าที่กรมปศุสัตว์เป็นประจำทุกปี ด้านการจัดการผลผลิตในฟาร์ม ครัวเรือนเกษตรจะเริ่มจำหน่ายเมื่อแพะอายุตั้งแต่ 6 เดือนขึ้นไป โดยจำหน่ายเพียง ร้อยละ 85 ของผลผลิตลูกแพะ อีกร้อยละ 15 จะจำหน่ายเมื่อแพะอายุครบ 2 ปี และจำหน่ายแพะพ่อพันธุ์ - แม่พันธุ์ปลดระวางทุก ๆ 5 ปี อัตราการตายของลูกแพะในฟาร์มเท่ากับ ร้อยละ 5 การตายของลูกแพะจะตายในช่วงแรกเกิดถึงอายุ 15 วัน ซึ่งจะพบว่า ลูกแพะที่ตายจากแม่แพะสาวที่ให้ลูกครั้งแรก หลังจากที่แพะคลอดลูก 1.5 - 2 เดือนจะเริ่มทำการผสมแพะใหม่อีกครั้ง

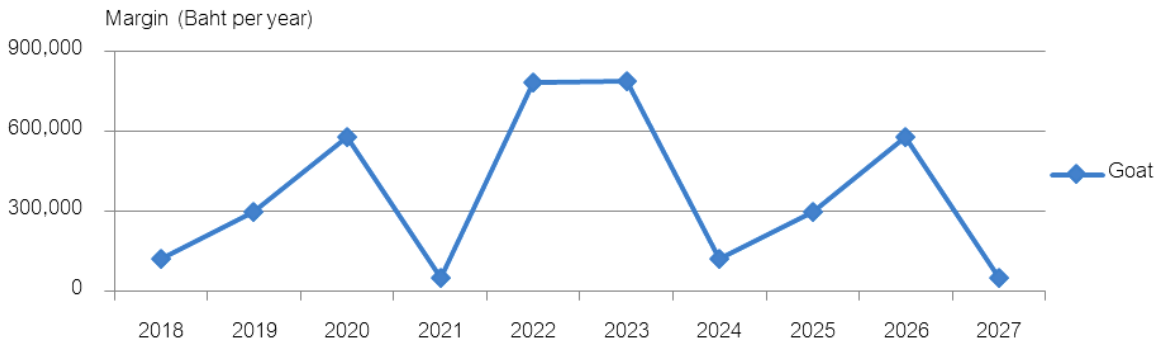

Figure 3. Margin of raising only meat goat farming system (G1)

การทำสวนยางพารามี จำนวน 10 ไร่ ในปี พ.ศ. 2561 ยางอายุ 13 ปี ยางพาราที่ปลูกเป็นยางพาราพันธุ์ RRIM 600 มีระยะปลูก 6½ x 3 เมตร จำนวน 75 ต้นต่อไร่ เรื่องการจัดการสวนยางพาราครัวเรือนเกษตรจะใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับการใส่ปุ๋ยคอก โดยปุ๋ยเคมีจะใส่ปีละ 2 ครั้ง ๆ ละ 40 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนปุ๋ยคอก (มูลแพะ) ในช่วงปีที่ 1 - 5 จะใส่ปีละ 2 ครั้ง ส่วนปีที่ 6 ขึ้นไปจะใส่ปีละ 1 ครั้ง ปริมาณที่ใส่ 40 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนการกำจัดวัชพืช จะใช้วิธีการตัดหญ้ามาให้แพะกินทุกวัน และจะมีการกำจัดวัชพืชทั่วทั้งแปลงปีละ 2 ครั้ง ด้านการผลิต ครัวเรือนเกษตรเริ่มทำการกรีดยางครั้งแรกเมื่อ ยางพาราอายุ 6 ปี ระบบกรีดเป็นระบบกรีดครึ่งลำต้น สี่วันเว้นหนึ่งวัน (1/2S 4d/5) ใน 1 ปี จะสามารถเก็บผลผลิตได้ 120 วัน เปอร์เซ็นต์น้ำยางแห้ง (DRC) ของทั้ง 2 แปลงเท่ากันคือ ร้อยละ 35 ปริมาณผลผลิตน้ำยางสดเฉลี่ย 120 กิโลกรัมต่อวัน แรงงานที่ใช้ในการทำสวนยางเป็นแรงงานในครัวเรือน จำนวน 2 คน

2.2 การวิเคราะห์แบบจำลองทางเศรษฐกิจ

ผลผลิตจากฟาร์มประกอบด้วยแพะ และยางพารา ใน พ.ศ. 2561 ปริมาณผลผลิตน้ำยางสด 12 กิโลกรัมต่อไร่ จากการวิเคราะห์แบบจำลองทางเศรษฐกิจในช่วง 10 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2561 - 2570 (Figure 4) โดยใช้ราคาคงที่ปี พ.ศ. 2561 พบว่า รายได้สุทธิจากการเลี้ยงแพะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ขึ้นอยู่กับปริมาณการให้ลูกของแม่พันธุ์ แต่จะเพิ่มสูงขึ้นในปี พ.ศ. 2565 และ พ.ศ. 2570 เนื่องจากมีการจำหน่ายพ่อ - แม่พันธุ์ปลดระวาง ในขณะที่รายได้สุทธิจากการทำสวนยางพาราจะค่อย ๆ ลดลงเป็นลำดับ เนื่องจากผลผลิตยางลดลงตามช่วงอายุ ในปีสุดท้ายของแบบจำลอง (พ.ศ. 2570) รายได้สุทธิจากการเลี้ยงแพะและรายได้สุทธิจากการทำสวนยางพาราใกล้เคียงกัน คือ 126,891 และ 125,376 ตามลำดับ ส่งผลทำให้ครัวเรือนเกษตรมีรายได้สุทธิรวมเท่ากับ 252,267 บาท ซึ่งมากกว่าในปี พ.ศ. 2561 เพียงร้อยละ 7.45 เท่านั้น ในขณะเดียวกัน รายได้สุทธิรวมของระบบการทำฟาร์มของครัวเรือนเกษตรรายนี้จะเห็นได้ว่ามีลักษณะผันแปรตามรายได้สุทธิจากการเลี้ยงแพะเป็นหลัก ส่วนรายได้จากการทำสวนยางพารามีการเปลี่ยนแปลงไม่มากเท่ารายได้จากการเลี้ยงแพะ

3. ระบบการทำฟาร์มที่มีการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับสวนปาล์มน้ำมัน (G_3)

3.1 การจัดการฟาร์ม

การจัดการฟาร์มในปี พ.ศ. 2561 ของระบบการทำฟาร์มประเภทนี้ มีพื้นที่ทำการเกษตรทั้งหมด 10 ไร่ กิจกรรมในฟาร์ม คือ การเลี้ยงแพะร่วมกับการทำสวนปาล์มน้ำมัน โดยการสร้างโรงเรือนเลี้ยงแพะในสวนปาล์มน้ำมัน สำหรับการเลี้ยงแพะ ครัวเรือนเกษตรมีพ่อพันธุ์ 4 ตัว แม่พันธุ์ 15 ตัว มี รูปแบบการเลี้ยงแพะเป็นแบบกึ่งขังกึ่งปล่อย โดยจะปล่อยให้แพะได้แทะเล็มหญ้าอย่างอิสระในสวนปาล์มน้ำมันในเวลากลางวัน และต้อนกลับเข้าคอกในตอนเย็น นอกจากนี้ยังมีการตัดทางปาล์มมาให้แพะกินที่คอกด้วย โรงเรือน

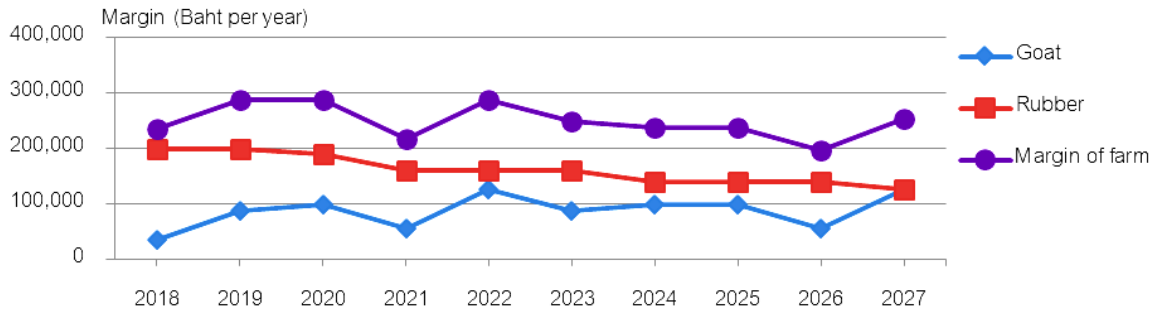

Figure 4. Margin of raising meat goat along with rubber trees farming system (G2)

แพะไม่มีการแบ่งแยกคอกย่อย ใช้วิธีขังแพะทุกรุ่นร่วมกัน ด้านการดูแลสุขภาพแพะ แพะในฟาร์มได้รับการฉีดวัคซีนป้องกันโรคจากเจ้าหน้าที่กรมปศุสัตว์เป็นประจำทุกปี ด้านการจัดการผลผลิตในฟาร์มครัวเรือนเกษตรจะเริ่มจำหน่ายแพะเมื่ออายุตั้งแต่ 6 เดือนขึ้นไป และจำหน่ายแพะพ่อพันธุ์-แม่พันธุ์ปลดระวางทุก 8 ปี อัตราการตายของลูกแพะในฟาร์มเท่ากับ ร้อยละ 20 การตายของลูกแพะจะตายในช่วงแรกเกิดถึงอายุ 1 เดือน หลังจากที่แพะคลอดลูก 2.5 - 3 เดือน จะเริ่มทำการผสมแพะใหม่อีกครั้ง

ส่วนการทำสวนปาล์มน้ำมัน เนื้อที่ 10 ไร่ ปาล์มน้ำมันที่ปลูกเป็นพันธุ์เทเนอร่า ในปี พ.ศ. 2561 อายุ 8 ปี ระยะปลูก 8 x 9 เมตร จำนวน 25 ต้นต่อไร่ เริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อปาล์มน้ำมันอายุ 4 ปี โดยเก็บเกี่ยวเดือนละ 2 ครั้ง ปริมาณผลผลิตปาล์มน้ำมันเฉลี่ย 163 กิโลกรัมต่อไร่ต่อครั้ง การจัดการสวนปาล์มน้ำมัน ใส่ปุ๋ยเคมีปีละ 1 ครั้ง ปริมาณปุ๋ยเคมีที่ใช้ 3 กิโลกรัมต่อต้น หรือ 75 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนปุ๋ยคอกจะอาศัยมูลแพะที่ได้จากการปล่อยแพะเลี้ยงในสวนปาล์มน้ำมัน และกำจัดวัชพืชในสวนปาล์มน้ำมันปีละ 2 ครั้ง แรงงานที่ใช้ในสวนปาล์มน้ำมันเป็นแรงงานจ้าง โดยจ้างแรงงานครั้งละ 3 คน

3.2 การวิเคราะห์แบบจำลองทางเศรษฐกิจ

ผลผลิตจากฟาร์ม ประกอบด้วยแพะ และปาล์มน้ำมัน ใน พ.ศ. 2561 ปริมาณผลผลิตปาล์มน้ำมันเฉลี่ย 3,912 กิโลกรัมต่อไร่ จากการวิเคราะห์แบบจำลองทางเศรษฐกิจในช่วง 10 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2561 - 2570 (Figure 5) โดยใช้ราคาคงที่ปี พ.ศ. 2561 พบว่า รายได้สุทธิจากการเลี้ยงแพะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ขึ้นอยู่กับปริมาณการให้ลูกของแม่พันธุ์และระยะเวลาการเลี้ยงแม่พันธุ์ โดยในปี พ.ศ. 2567 ครัวเรือนเกษตรมีรายได้สุทธิจากการเลี้ยงแพะสูงสุด คือ 93,365 บาท ซึ่งสูงกว่าในปี พ.ศ. 2561 มากกว่าเท่าตัว เนื่องจากสามารถจำหน่ายแพะได้จำนวน 2 ครอก และในปี พ.ศ. 2569 ครัวเรือนเกษตรมีรายได้สุทธิจากการเลี้ยงแพะลดลงอีก เนื่องจากในปี พ.ศ. 2568 มีการเปลี่ยนแปลงพ่อแม่พันธุ์ใหม่ทำให้สามารถผลิตลูกแพะได้เพียง 1 ครอก ในขณะที่รายได้สุทธิจากการทำสวนปาล์มน้ำมันคงที่ตลอดระยะเวลาที่ศึกษาเนื่องจากเป็นช่วงที่ปาล์มน้ำมันให้ผลผลิตคงที่ และเป็นช่วงที่ให้ผลผลิตสูงสุด ในปีสุดท้ายของแบบจำลอง (พ.ศ. 2570) พบว่า ครัวเรือนเกษตรมีรายได้สุทธิรวมเท่ากับ 224,607 บาท ซึ่งมีสัดส่วนรายได้สุทธิจากการเลี้ยงแพะร้อยละ 41.15 และรายได้สุทธิจากการทำสวนปาล์มน้ำมันร้อยละ 58.85 ในขณะเดียวกัน รายได้สุทธิรวมของระบบการทำฟาร์มของครัวเรือนเกษตรรายนี้จะเห็นได้ว่ามีลักษณะผันแปรตามรายได้สุทธิจากการเลี้ยงแพะเป็นหลัก

4. ระบบการทำฟาร์มที่มีการเลี้ยงแพะเนื้อร่วมกับสวนยางพาราและสวนปาล์มน้ำมัน (G_4)

4.1 การจัดการฟาร์ม

การจัดการฟาร์มในปี พ.ศ. 2561 ของระบบการทำฟาร์มประเภทนี้ มีพื้นที่ทำการเกษตรทั้งหมด 22 ไร่ กิจกรรมในฟาร์มคือ การเลี้ยงแพะร่วมกับการทำ

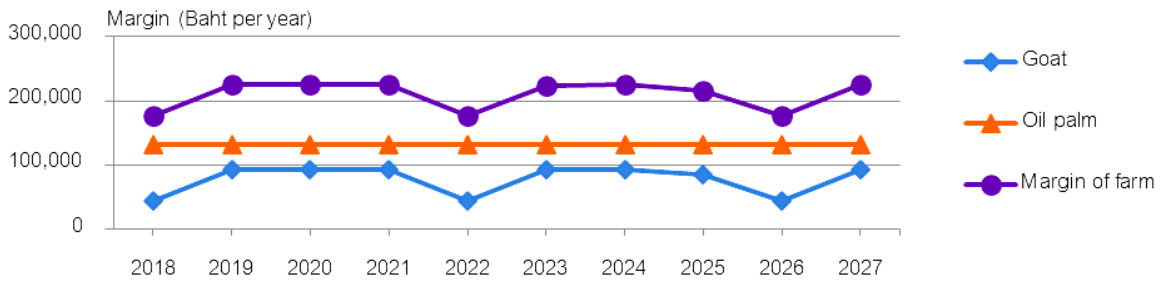

Figure 5. Margin of raising meat goat along with oil palm farming system (G3)

สวนยางพาราและสวนปาล์มน้ำมัน การเลี้ยงแพะ ครัวเรือนเกษตรทำโรงเรือนแพะไว้ในสวนปาล์มน้ำมัน เป็นโรงเรือนยกพื้นสูง ปัจจุบันมีแพะพ่อพันธุ์ 1 ตัว และแม่พันธุ์ 15 ตัว แบ่งเป็นคอกย่อย โดยการขังแพะแยกเป็นรุ่น การจัดการฟาร์ม ครัวเรือนเกษตรจะปล่อยแพะให้แทะเล็มหญ้าในสวนปาล์มน้ำมันตั้งแต่เวลา 11.00 น. จนกระทั่ง 12.00 น. จะต้อนแพะขึ้นคอก และหลังจากนั้น เวลา 15.00 น. จะปล่อยแพะให้แทะเล็มหญ้าอีกครั้ง เวลา 17.00 น. ต้อนแพะขึ้นคอก ตัดหญ้าและทางปาล์มให้แพะได้กินในคอก นอกจากนี้ยังมีการเสริมอาหารข้นให้แพะอีกด้วย แพะแม่พันธุ์ 2.5 กิโลกรมต่อตัวต่อวัน พ่อพันธุ์ แพะรุ่น และแพะสาว 0.2 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน การทำวัคซีนครัวเรือนเกษตรจะได้รับการบริการจากเจ้าหน้าที่ปศุสัตว์เป็นประจำทุกปี การจัดการผลผลิต ครัวเรือนเกษตรจะเริ่มจำหน่ายลูกแพะเมื่ออายุครบ 6 เดือนขึ้นไป โดยจะจำหน่าย ร้อยละ 85 และ ร้อยละ 15 จะจำหน่ายเมื่อแพะอายุครบ 2 ปี นอกจากนี้ยังจำหน่ายพ่อพันธุ์-แม่พันธุ์ปลดระวาง ทุก ๆ 6 ปี อัตราการตายของลูกแพะในฟาร์มเฉลี่ย ร้อยละ 7 หลังจากที่แพะคลอดลูก 2.5 - 3 เดือน จะเริ่มทำการผสมแพะใหม่อีกครั้ง

สำหรับการทำการเกษตรแบ่งเป็น แปลงที่ 1 ปลูกยางพารา จำนวน 6 ไร่ ยางพาราที่ปลูกเป็นพันธุ์ RRIT 251 ในปี พ.ศ. 2561 อายุ 7 ปี ระยะปลูก 7 x 3 เมตร จำนวน 75 ต้นต่อไร่ การจัดการสวนยางพารา ครัวเรือนเกษตร ใส่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยคอกปีละ 2 ครั้ง ปริมาณปุ๋ยเคมีที่ใช้ 70 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ปุ๋ยคอก 50 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี และมีการกำจัดวัชพืชปีละ 1 ครั้ง ด้านการจัดการผลผลิต ครัวเรือนเกษตรเริ่มกรีดยางครั้งแรกเมื่อยางพาราอายุ 7 ปี ระบบการกรีดเป็นแบบกรีดครึ่งลำต้นสี่วันเว้นหนึ่งวัน (1/2S 4d/5) ใน 1 ปี จะสามารถกรีดยางได้ 100 วัน เปอร์เซ็นต์น้ำยางแห้ง (DRC) เท่ากับ ร้อยละ 30 ปริมาณผลผลิตน้ำยางสดเฉลี่ย 150 กิโลกรัมต่อวัน แรงงานที่ใช้ในสวนยางพาราเป็นแรงงานในครัวเรือนจำนวน 2 คน

แปลงที่ 2 ปลูกปาล์มน้ำมัน จำนวน 16 ไร่ ปาล์มน้ำมันพันธุ์มาเลเซีย ในปี พ.ศ. 2561 อายุ 14 ปี ระยะปลูก 8 x 8 เมตร จำนวน 22 ต้นต่อไร่ โดยการจัดการสวนปาล์มน้ำมัน ครัวเรือนใส่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยคอกปีละ 1 ครั้ง ปุ๋ยเคมีที่ใช้ 60 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี และปุ๋ยคอก 110 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี และกำจัดวัชพืชปีละ 1 ครั้ง เริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิต เมื่อปาล์มน้ำมันอายุ 4 ปี ซึ่งครัวเรือนเกษตรจะเก็บเกี่ยวผลผลิตเดือนละ 2 ครั้ง ปริมาณผลผลิตปาล์มน้ำมันเฉลี่ย 173 กิโลกรัมต่อไร่ต่อครั้ง แรงงานในสวนปาล์มน้ำมันเป็นแรงงานจ้าง ซึ่งเป็นแรงงานชั่วคราว ที่ใช้ในการเก็บผลผลิตและนำผลผลิตไปจำหน่าย

4.2 การวิเคราะห์แบบจำลองทางเศรษฐกิจ

ผลผลิตจากฟาร์ม ประกอบด้วยแพะ ยางพารา และปาล์มน้ำมัน ใน พ.ศ. 2561 ปริมาณผลผลิตน้ำยางสดเฉลี่ย 150 กิโลกรัมต่อวัน และปริมาณผลผลิตปาล์มน้ำมันเฉลี่ย 4,152 กิโลกรัมต่อไร่ จากการวิเคราะห์แบบจำลองทางเศรษฐกิจในช่วง 10 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2561 - 2570 (Figure 6) โดยใช้ราคาคงที่ปี พ.ศ. 2561 พบว่า

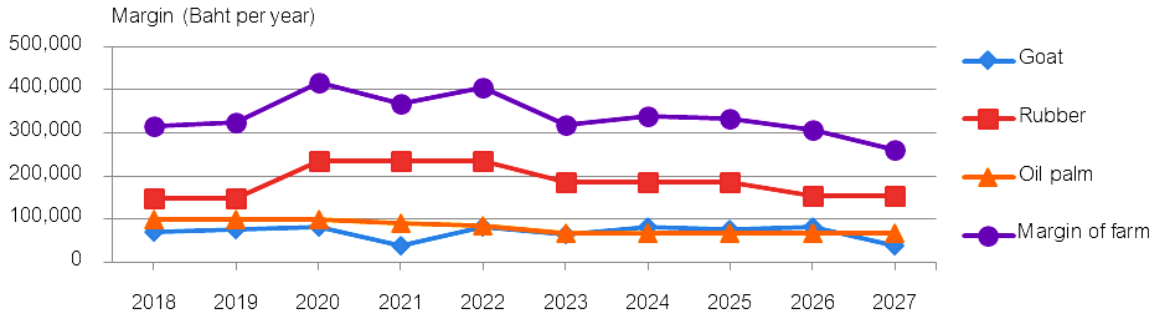

Figure 6. Margin of raising meat goat along with rubber trees and oil palm farming system (G4)

รายได้สุทธิจากการเลี้ยงแพะมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด โดยในช่วงแรกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปีจนกระทั่งในปี พ.ศ. 2564 ลดลง แต่จะเพิ่มขึ้นอีกครั้งในปี พ.ศ. 2565 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณการให้ลูกของแม่พันธุ์ ปริมาณการจำหน่ายแพะ และระยะเวลาการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ ในขณะที่รายได้จากการทำสวนยางพารามีการเปลี่ยนแปลงตามอายุยาง โดยในปี พ.ศ. 2563 - 2565 เป็นช่วงที่ยางพาราให้ผลผลิตสูงสุด หลังจากนั้นค่อย ๆ ลดลง ส่วนรายไดสุทธิจาการทำสวนปาล์มน้ำมันในช่วงปี พ.ศ. 2561 - 2563 เป็นช่วงที่ปาล์มน้ำมันให้ผลผลิตสูงสุด หลังจากนั้นลดลงตามช่วงอายุปาล์มน้ำมัน ในปีสุดท้ายของแบบจำลอง (พ.ศ. 2570) พบว่า ครัวเรือนเกษตรมีรายได้สุทธิรวมเท่ากับ 261,926 บาท โดยสัดส่วนรายได้สุทธิจากการเลี้ยงแพะ เท่ากับร้อยละ 14.82 รายได้สุทธิจากการทำสวนยางพารา ร้อยละ 58.89 และรายได้สุทธิจากการทำสวนปาล์มน้ำมัน ร้อยละ 26.28

จากการวิเคราะห์แบบจำลองทางเศรษฐกิจของครัวเรือนเกษตรในระบบการทำฟาร์มที่แตกต่างกัน 3 ครัวเรือน พบว่า รายได้สุทธิจาการเลี้ยงแพะขึ้นลงสลับกันตาม วงรอบการเลี้ยงแพะพ่อแม่พันธุ์ ปริมาณการให้ลูกของแม่พันธุ์ในแต่ละครอก ในขณะที่รายได้จากสวนยางพาราและปาล์มน้ำมันขึ้นอยู่กับปริมาณการให้ผลผลิตตามช่วงอายุ

การสร้างแบบจำลองทางเศรษฐกิจของระบบการทำฟาร์มของครัวเรือนเกษตรที่มีการเลี้ยงแพะเนื้อทั้ง 3 ประเภท โดยคัดเลือกมา 5 ครัวเรือนต่อ 1 ประเภท ในช่วงระยะเวลาวิเคราะห์ 10 ปี (พ.ศ. 2561-2570) โดยใช้โปรแกรม OLYMPE version 1.34 พบว่า สิ่งที่ทำให้รายได้สุทธิของเกษตรกรแตกต่างกันนั้น ประกอบด้วย ปริมาณผลผลิต มูลค่าผลผลิต ต้นทุนดำเนินงาน การจัดการการผลิตตลอดจนระบบการตลาด ซึ่งรายได้สุทธิในระบบการทำฟาร์มของครัวเรือนเกษตรไม่แปรผันเพิ่มตามจำนวนกิจกรรมที่เพิ่มขึ้นในฟาร์ม ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. เกษตรกรที่ให้ความสนใจในการเลี้ยงแพะและมีเป้าหมายในการเลี้ยงแพะอย่างชัดเจน เอาใจใส่ต่อการเลี้ยงการจัดการฟาร์มเป็นอย่างดี ให้อาหารข้นและอาหารหยาบตามความต้องการของแพะตามช่วงวัย ส่งผลให้แพะในฟาร์มเจริญเติบโตสมบูรณ์แข็งแรง ไม่ชะงักการเจริญเติบโต จะสามารถให้ผลผลิตที่เป็นไปตามความต้องการของเกษตรกร

2. เกษตรกรที่สามารถจัดการพ่อแม่พันธุ์ โดยดูแลจัดการเลี้ยง ให้มีความสมบูรณ์พันธุ์ โดยได้รับอาหารที่มีโปรตีนตามความต้องการ แม่พันธุ์สามารถกลับสัดได้เร็ว จะสามารถลดช่วงห่างของการให้ลูกได้และมีผลผลิตลูกแพะเพื่อจำหน่ายได้มากขึ้น

3. เกษตรกรที่มีความเอาใจใส่ มีเวลาในการดูแลจัดการฟาร์มในช่วงที่แพะคลอดลูกใหม่ๆ หรือช่วงที่ลูกแพะยังเล็ก ดูแลความสะอาดให้ความอบอุ่นทำให้ลดอัตราการตายของลูกแพะ

4. เกษตรที่สามารถลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในเรื่องอาหารข้นโดยการซื้อวัตถุดิบอาหารสัตว์มาผสมเอง จะสามารถลดต้นทุนการผลิต และทำให้มีกำไรจากการเลี้ยงแพะเพิ่มมากขึ้น

5. เกษตรกรที่สามารถจำหน่ายแพะได้อย่างต่อเนื่อง โดยสร้างเครือข่ายกับพ่อค้าที่มารับซื้อแพะจะสามารถสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรได้อย่างต่อเนื่อง

6. แพะสามารถให้ผลผลิตอย่างเต็มที่เจริญเติบโตสมบูรณ์แข็งแรง และเป็นที่ต้องการของตลาดในช่วงที่มีความต้องการมาก จะสามารถขายได้ราคาที่สูงขึ้น

7. เกษตรกรที่มีบทบาทหน้าที่ในสังคมหลายตำแหน่ง และไม่มีแรงงานในครัวเรือนช่วยในการเลี้ยงแพะ ทำให้มีค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานชั่วคราวมาช่วยงาน และทำให้ผลผลิตภายในฟาร์มไม่สมบูรณ์แข็งแรงเท่าที่ควร ทำให้สามารถจำหน่ายได้น้อยและได้ราคาไม่ดี

8. เกษตรกรที่มีความเอาใจใส่ ดูแลสุขภาพแพะ มีการถ่ายพยาธิ การทำวัคซีนให้แพะอย่างสม่ำเสมอ ทำให้แพะมีสุขภาพแข็งแรง ไม่เจ็บป่วยหรือเป็นโรค จะส่งผลให้แพะภายในฟาร์มมีคุณภาพ และมีผลผลิตที่ดีออกสู่ตลาด

สรุป

จากผลการวิเคราะห์การจัดกลุ่ม ด้วยวิธี hierarchical cluster analysis สามารถจำแนกประเภทของระบบการทำฟาร์มของครัวเรือนเกษตรที่มีการเลี้ยงแพะเนื้อในพื้นที่ออกเป็น 4 ระบบ ส่วนผลตอบแทนของระบบการทำฟาร์มในแต่ละระบบพบว่า ระบบการทำฟาร์มทุกประเภทมีต้นทุนทั้งหมดในการผลิตส่วนใหญ่เป็นต้นทุนผันแปร ได้แก่ ค่าพ่อพันธุ์ - แม่พันธุ์แพะ ค่าอาหารข้น ค่ายารักษาโรค และค่าแร่ธาตุก้อน ค่าปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าจ้างแรงงานในการเก็บเกี่ยวผลผลิตบางกิจกรรม เป็นต้น ซึ่งระบบการทำฟาร์มทุกประเภทมีผลตอบแทนที่แตกต่างกัน โดยปัจจัยที่ทำให้ผลตอบแทนแตกต่างกันนั้นขึ้นอยู่กับ ปริมาณผลผลิต มูลค่าผลผลิต และต้นทุนการผลิต เป็นต้น และ จากแบบจำลองทางเศรษฐกิจสะท้อนให้เกษตรกรทราบว่าการเลี้ยงแพะเสริมร่วมกับการทำฟาร์มสวนยางพาราและ/หรือสวนปาล์มน้ำมัน นั้น ทำให้เกษตรกรเกิดรายได้ที่เพิ่มขึ้น สามารถลดความเสี่ยงทางด้านต่าง ๆ ทั้งนี้หากยางพาราและปาล์มน้ำมันมีอายุมากสมควรที่จะโค่นทิ้ง เกษตรกรสามารถนำแบบจำลองนี้มาใช้ในการวางแผนการเลี้ยงแพะเพิ่ม หรือการปลูกพืชทดแทนหรือแซมในอนาคต นอกจากนี้แบบจำลองทางเศรษฐกิจนี้ยังสามารถนำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการตัดสินใจลงทุนการทำฟาร์มเบื้องต้นได้ระดับหนึ่ง

ข้อเสนอแนะ

1. ต้นทุนและรายได้ของครัวเรือนเกษตรมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงในแต่ละปี ดังนั้น ครัวเรือนเกษตรควรมีการปรับตัวเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มรายได้เพื่อลดความเสี่ยงด้านการผลิตและการตลาด การที่ครัวเรือนเกษตรมีการเพิ่มความหลายหลายของกิจกรรมภายในระบบการทำฟาร์ม แทนการผลิตพืชหรือสัตว์อย่างใดอย่างหนึ่งเพียงอย่างเดียว นับว่าเป็นแนวทางที่จะช่วยให้ครัวเรือนเกษตรมีรายได้เพิ่มมากขึ้น และเป็นการลดความเสี่ยงด้านราคาผลผลิตอีกด้วย แต่ครัวเรือนเกษตรจำเป็นต้องมีการจัดสรรเวลาในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ให้ลงตัวเพื่อให้มีประสิทธิภาพและผลผลิตที่มีคุณภาพจากกิจกรรมต่าง ๆ ตลอดจนควรพัฒนาการผลิตเพื่อให้มีผลผลิตอย่างเพียงพอต่อความต้องการของตลาดในช่วงที่ราคาผลผลิตสูงขึ้น

2. เกษตรกรควรรู้จักนำผลพลอยได้ต่าง ๆ จากการเกษตรภายในฟาร์มมาใช้ให้เกิดประโยชน์ให้ได้มากที่สุด เศษเหลือบางชนิดที่สามารถนำมาใช้เป็นอาหารแพะให้ได้เป็นอย่างดี ซึ่งวัสดุเหลือใช้เหล่านั้นบางชนิดมีคุณค่าทางโภชนะสูง พร้อมที่จะนำมาใช้เป็นอาหารแพะได้ บางชนิดอาจต้องมีการแปรรูป จำกัดปริมาณการใช้ ตลอดจนปรับปรุงคุณภาพก่อน เพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้สูงขึ้น ก็จะเป็นการลดต้นทุนการผลิตแพะได้เป็นอย่างดี

กิตติกรรมประกาศ

ผลงานนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการพัฒนาอาจารย์และบุคลากรสำหรับสถาบันอุดมศึกษาในเขตพัฒนาเฉพาะกิจจังหวัดชายแดนใต้ หลักสูตรภายในประเทศ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

เอกสารอ้างอิง

Jongrungrot, V. 2014. The economic efficiency and social security of smallholder farming system which practices associate crops in rubber plots in Southern Thailand. Ph.D. Thesis. Prince of Songkla University, Songkhla. 279 p. (in Thai)

Kongkaitjira, C. 2013. Goat production and marketing in Bamnet Narong district, Chaiyaphum province. M.S. Independente Study. Khon Kaen University, Khon Kaen. 121 p. (in Thai)

Madting, P. 2014. A study on farming systems of goat raising with other agricultural activities in Tambon Tha Phae, Amphoe Tha Phae, Changwat Satun. M.S. Thesis. Prince of Songkla University, Songkhla. 177 p. (in Thai)

Patanothai, A. 2000. Systematic agricultural research: Current directions and status. pp. 15-17. *In*: Proceeding of the 1st Thailand National Agricultural System Seminar, Bangkok. (in Thai)

Satun Provincial Administrative Organization. 2018. General data. (Online). Available: http://www.satunpao.go.th/general_data/?page=2 (December 15, 2018) (in Thai)

Suthummanon, S., N. Sirivongpaisal, P. Pallapat and V. Rattana. 2011. Supply chain management of goat industry in Satun province. (Online). Available: elibraly.trf.or.th/project_content.asp?PJID=RDG544008 (October 15, 2020) (in Thai)

Udomphon, U. 2011. Modeling of rubber farming system and oil palm farming system in Amphoe Khongthom, Changwat Krabi. M.S. Thesis. Prince of Songkla University, Songkhla. 178 p. (in Thai)

Vanichbuncha, K. 2015. Statistics for Research. 9th ed. Chulalongkorn University Press, Bangkok. 320 p. (in Thai)

Yamane, T. 1973. Statistics: An Introductory Analysis. 3rd ed. Harper and Row, New York.

คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ (ต่อ)

2. **การเขียนเอกสารอ้างอิง** มีรูปแบบการเขียนมีดังนี้

วารสาร (Journals)

ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่อง. ชื่อวารสาร (เขียนเต็ม) ปีที่(ฉบับที่): เลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าที่สิ้นสุด.

Muthita, W. and N. Kuanprasert. 2004. Cytogenetics and flower color inheritance of fuchsias. Journal of Agriculture 20(1): 10-18. (in Thai)

Barcenas, N.M., T.R. Unruh and L.G. Neven. 2005. DNA diagnostics to identify internal feeders (Lepidoptera: Tortricidae) of pome fruits of quarantine importance. Journal of Economic Entomology 98(2): 299-306.

ในกรณีที่เป็นวารสารออนไลน์ ไม่สามารถระบุเลขหน้าเริ่มต้นและเลขหน้าสิ้นสุดได้ ให้ระบุ doi แทน

Bukhari, T., W. Takken and C.J.M. Koenraadt. 2011. Development of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* formulations for control of malaria mosquito larvae. Parasites & Vectors 4: 23, doi: 10.1186/1756-3305-4-23.

หนังสือ และตำรา (Books & Textbooks)

ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. ชื่อหนังสือ. สำนักพิมพ์, เมืองที่พิมพ์. จำนวนหน้าทั้งหมด.

Ek-amnuay, P. 2016. Diseases and Pests of Economic Importance. 5th ed. Amarin Printing and Publishing PCL, Bangkok. 704 p. (in Thai)

Gullan, P.J. and P.S. Cranston. 2005. The Insects: An Outline of Entomology. 3rd ed. Blackwell Publishing, Malden. 505 p.

เรื่องย่อยในตำราหรือหนังสือที่มีผู้เขียนแยกเรื่องเขียน และมีบรรณาธิการ

ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่องย่อย. หน้า เลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าที่สิ้นสุด. *ใน*: ชื่อบรรณาธิการ (บก.). ชื่อหนังสือ. สำนักพิมพ์, เมืองที่พิมพ์.

Krairiksh, S. and W. Namruangsri. 1997. Integrated pest control of mango. pp. 137-144. *In*: K. Jumroenma (ed.). Integrated Pest Control. The Agricultural Cooperative Federation of Thailand, Ltd., Bangkok. (in Thai)

Kubo, T. 2003. Molecular analysis of the honeybee sociality. pp. 3-20. *In*: T. Kikuchi, N. Azuma and S. Higashi (eds.). Gene, Behaviors and Evolution of Social Insects. Hokkaido University Press, Sapporo.

รายงานการประชุม สัมมนา (Reports and Proceedings)

ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่องย่อย. หน้า เลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าที่สิ้นสุด. *ใน*: รายงานการประชุม สัมมนา. สถานที่จัดประชุม.

Tantarawongsa, P. and D. Ketrot. 2017. Diuron residue in soils under pineapple cultivation. pp. 17-24. *In*: Proceedings of 55th Kasetsart University Annual Conference: Plants, Animals, Veterinary Medicine, Fisheries, Agricultural Extension and Home Economics, Bangkok. (in Thai)

Feigenbaum, S., A. Bar-Tal and D.L. Sparks. 1990. Dynamics of soil potassium in multicationic systems. pp. 145-161. *In*: Proceedings of the 22nd Colloquium of the International Potash Institute, Bern.

วิทยานิพนธ์ (Thesis)

ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่อง. ระดับวิทยานิพนธ์. สถาบันการศึกษา, เมืองที่พิมพ์. จำนวนหน้าทั้งหมด.

Maneepong, A. 2004. Effects of ozone treatments on postharvest quality and pesticide residue of Mandarin cv. Sai Nam Pung. M.S. Thesis. Chiang Mai University, Chiang Mai. 100 p. (in Thai)

Liquido, N.J. 1982. Population ecology of *Cyrtorhinus lividipennis* Reuter (Heteroptera: Miridae). Ph.D. Dissertation. University of Hawaii, Honolulu. 175 p.

เอกสารวิชาการอื่น ๆ

ชื่อผู้เขียน หรือหน่วยงาน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่องหรือชื่อหนังสือ. ประเภทของเอกสาร. สถาบันหรือหน่วยงานที่จัดพิมพ์, เมืองที่พิมพ์. จำนวนหน้าทั้งหมด.

Shutsrirung, A., C. Santasup and K. Kunasakdakul. 2010. Screening of bio-organic inputs for high quality tea production. Final Report. The Thailand Research Fund, Bangkok. 109 p. (in Thai)

Siriphontangmun, S., U. Nounart, S. Roumchaiapikun and S. Srijuntra. 2016. Insect Pests of Vegetable, Mushroom and Cut Flower. Technical Document. Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture, Bangkok. 74 p. (in Thai)

สื่ออิเล็กทรอนิกส์

ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่อง. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: ที่อยู่ของไฟล์หรือเว็บไซต์ (URL) (เดือน วันที่, ปีที่ สืบค้นข้อมูล).

(ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลปีที่ตีพิมพ์ ให้ระบุเป็นปีที่เข้าไปสืบค้นข้อมูล)

Department of Agricultural Extension. 2005. Hydroponics. (Online). Available: http://www.doae.go.th/ proster/nondin/htm (April 21, 2005). (in Thai)

Marja, L.L. 2000. How Mycostop® acts in the control of fungal plant diseases. (Online). Available: http://www.shkagro.com/otros/efecto_fungicida.pdf (April 1, 2016).

การส่งต้นฉบับเพื่อตีพิมพ์

ให้ส่งบทความทาง online เท่านั้น ได้ที่ http://web.agri.cmu.ac.th/agjournal/submission/

การพิจารณาบทความ

1) ต้นฉบับที่ไม่ปฏิบัติตามคำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับของวารสารเกษตร จะไม่ได้รับการพิจารณา

2) ทุกบทความที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารเกษตร ต้องผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิไม่น้อยกว่า 2 ท่าน

3) กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการตรวจและแก้ไขบทความทุกเรื่องที่เสนอเพื่อการตีพิมพ์ในวารสารเกษตร (The Editorial Board claims a right to review and correct all articles submitted for publishing in Journal of Agriculture)

สำนักงานและการติดต่อสอบถาม (Office and Inquiries)

กองบรรณาธิการวารสารเกษตร

งานบริหารงานวิจัยและวิเทศสัมพันธ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

โทร. 0 5394 4089-92 ต่อ 12 โทรสาร 0 5394 4089-92 ต่อ 12

Editorial Board, Journal of Agriculture

Division of Research and International Affairs, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

Tel: 0 5394 4089-92 ext. 12 Fax: 0 5394 4089-92 ext. 12

Email: agjournal22@gmail.com

(ดูตัวอย่างต้นฉบับที่เป็นทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษที่ http://journal.agri.cmu.ac.th/Document/49030001.pdf)

JOURNAL OF AGRICULTURE

A Technical Journal of Faculty of Agriculture, Chiang Mai University

Volume 37, Issue 2 May - August 2021

ISSN 0857-0841

วารสารเกษตร ปีที่ 37 ฉบับที่ 2 พฤษภาคม-สิงหาคม 2564 หน้า 131-241 Journal of Agriculture Volume 37, Issue 2 May-August 2021 pp. 131-241