วารสารเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURE

วารสารวิชาการของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ปีที่ 35 ฉบับที่ 1 มกราคม - เมษายน 2562

ISSN 0857-0841

TCI กลุ่มที่ 1

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 ควรพิมพ์ภาษาเดิมของชื่อนั้นๆ 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 ทั้งภาษาไทย และภาษาอังกฤษ 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)** ให้เรียงลำดับเอกสารภาษาไทยก่อนภาษาอังกฤษ โดยเรียงตามลำดับตัวอักษรในแต่ละภาษา

หลักการอ้างอิงและการเขียนเอกสารอ้างอิง

1. **การอ้างอิงในเนื้อเรื่อง** ไม่ควรอ้างอิงถึงเรื่องที่ไม่เกี่ยวข้อง ระบบที่ใช้อ้างอิงคือ ระบบชื่อ และปี (Name-and-year System) ในเอกสารภาษาไทย ให้ใช้ชื่อตัวและปี พ.ศ. เช่น ทวีศักดิ์ (2544) รายงานว่า.....หรือ.....(ทวีศักดิ์, 2544) หากมีผู้เขียน 2 คน ให้ใช้เป็น วันทนา และณัฐา (2547) รายงานว่า.....หรือ.....(วันทนา และณัฐา, 2547) และถ้ามีผู้เขียนตั้งแต่ 3 คนขึ้นไป ให้ใช้ชื่อคนแรกแล้วตามด้วยคำว่า และคณะ เช่น ดนัย และคณะ (2552) รายงานว่า.....หรือ.....(ดนัย และคณะ, 2552) ในกรณีเอกสารเป็นภาษาอังกฤษ ให้ใช้ชื่อสกุลและปี ค.ศ. เช่น Kubo (2003).....หรือ.....(Kubo, 2003) ถ้าผู้เขียนมี 2 คน ให้ใช้เป็น Gullan and Cranston (2005) .....หรือ.....(Gullan and Cranston, 2005) 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 ศ. เชี่ยวชาญพิเศษ ดร. สัญชัย จตุรสิทธา	Consultants	Dean, Faculty of Agriculture; Associate Dean for Research and Academic Services Sanchai Jaturasitha, Dr.sc.agr., Prof.
บรรณาธิการ	ศ.ดร. ดนัย บุณยเกียรติ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	Editor	Danai Boonyakiat, Ph.D., Prof. Chiang Mai University
รองบรรณาธิการ	รศ.ดร. ไสว บูรณพานิชพันธุ์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	Vice Editor	Sawai Buranapanichpan, Ph.D., Assoc. Prof. Chiang Mai University
กองบรรณาธิการ ฝ่ายวิชาการ	รศ.ดร. เกวลิน คุณาศักดากุล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	Editorial Board (Academic)	Kaewalin Kunasakdakul, Ph.D., Assoc. Prof. Chiang Mai University
	รศ.ดร. สุนทร คำยอง มหาวิทยาลัยเชียงใหม่		Soontorn Khamyong, Ph.D., Assoc. Prof. Chiang Mai University
	รศ.ดร. รุจ ศิริสัญลักษณ์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่		Ruth Sirisunyaluck, Ph.D., Assoc. Prof. Chiang Mai University
	รศ.ดร. ชนากานต์ เทโบลต์ พรมอุทัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่		Chanakan Prom-u-thai, Ph.D., Assoc. Prof. Chiang Mai University
	ผศ.ดร. สุรินทร์ นิลสำราญจิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่		Surin Nilsamranchit, Ph.D., Assist. Prof. Chiang Mai University
	ผศ.ดร. เยาวลักษณ์ จันทร์บาง มหาวิทยาลัยเชียงใหม่		Yaowaluk Chanbang, Ph.D., Assist. Prof. Chiang Mai University
	ผศ.ดร. ฉันทลักษณ์ ติยายน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่		Chantalak Tiyayon, 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
	อ.ดร. ชูชาติ สันธทรัพย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่		Choochad Santasup, Ph.D. Chiang Mai University

พิมพ์ที่โรงพิมพ์: สมศักดิ์การพิมพ์ 47/3 ถนนแก้วนวรัฐ ต.วัดเกต อ.เมือง จ.เชียงใหม่ โทร. 053-242164, 089-4333989

บทบรรณาธิการ

วารสารเกษตรเล่มนี้เป็นฉบับแรกของปีที่ 35 ในฉบับนี้ประกอบด้วยบทความวิจัยทั้งหมด 15 เรื่อง ซึ่งเป็นบทความจากสาขาวิชาต่าง ๆ เช่น พืชไร่ พืชสวน โรคพืช ปฐพีศาสตร์ วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว เศรษฐศาสตร์การเกษตร และส่งเสริมและเผยแพร่การเกษตร กองบรรณาธิการขอขอบคุณทุกท่านที่ไว้วางใจส่งผลงานวิชาการมาตีพิมพ์ในวารสารเกษตร ปัจจุบันวารสารเกษตรมีค่า Impact Factor (IF) เท่ากับ 0.613 เพื่อพัฒนาวารสารให้มีคุณภาพสูงขึ้นไปอีกระดับหนึ่ง กองบรรณาธิการอยู่ระหว่างปรับปรุงรูปแบบของวารสารเพื่อก้าวไปสู่ฐานข้อมูล ACI (ASEAN Citation Index) รูปแบบที่เปลี่ยนไปชัดเจนคือ ในส่วนของเอกสารอ้างอิงท้ายบทความ ต้องจัดทำเป็นภาษาอังกฤษทั้งหมด หากเป็นภาษาไทย ให้แปลเป็นภาษาอังกฤษ แล้วระบุท้ายข้อความว่า (in Thai) คาดว่าวารสารเกษตรรูปแบบใหม่นี้จะเริ่มตั้งแต่ฉบับที่ 3 ของปีที่ 35 เป็นต้นไป

เพื่อความรวดเร็วในการจัดพิมพ์วารสารฉบับต่อ ๆ ไป กองบรรณาธิการขอความร่วมมือจากผู้ส่งบทความให้ปฏิบัติตามคำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับของวารสารเกษตรอย่างเคร่งครัด โดยสามารถดูคำแนะนำดังกล่าวได้ที่ http://journal.agri.cmu.ac.th/Document/49030001.pdf

ศาสตราจารย์ ดร. ดนัย บุณยเกียรติ

บรรณาธิการวารสารเกษตร

การเร่งการสุกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ต่อคุณลักษณะทางเคมีกายภาพและสารหอมระเหย

Acceleration of 'Nam Dok Mai' Mango Ripening Effecting Physicochemical and Volatile Characteristics

วรวลัญช์ ฉิมพะเนาว์*

Warawaran Shimbhanao *

วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จ. เชียงใหม่ 50300

College of Integrated Science and Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Mai 50300, Thailand

**Corresponding author: Email: warawaran@rmutl.ac.th*

(Received: 13 November 2017 ; Accepted: 8 June 2018)

Abstract: The effects of ethephon (250, 500, 750 and 1,000 mg/L) and calcium carbide on the physicochemical changes and volatile compounds characteristics in Nam Dok Mai mango fruits was investigated. The results of this research showed that using ethephon at 750 and 1,000 mg/L and calcium carbide as ripening accelerators caused mangoes became ripening after 3 days. However, the fruits ripening characteristics and taste were different. Ethephon at 750 and 1,000 mg/L, provided mango peel as yellowish green, yellow mango flesh similarly to ripen fruit, however, it was still firm in texture and sweet to sour taste. The mango texture and taste quality was suitable for processing. For commercial purpose, the use of ethephon at 750 mg/L was the best choice in terms of quality, safety and cost-effectiveness. In contrast, the use of calcium carbide led to the inconsistent ripeness of mango fruits, too soften of texture, and too sweet taste. Thus, it was not suitable for further processing. Volatile compounds of mango pulp were identified by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS), the most common volatile compounds found in the ripe mangoes was butanoic acid; followed by 3-carene, 4-carene, α-pinene, octanoic acid, 1,3,6-octatriene, β-caryophyllene, α-caryophyllene and (3E,5Z)-undeca-1,3,5-triene. In addition, using ethephon at 750 mg/L and calcium carbide to accelerate the ripeness, the mango flesh contained volatile compounds twice times compared to the control group (mangoes that were naturally ripened).

Keywords: Mango, ethephon, calcium carbide, physicochemical characteristics, volatile compounds

บทคัดย่อ: ผลของสารเอทีฟอน (250, 500, 750 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร) และการใช้ถ่านแก๊สหรือแคลเซียมคาร์ไบด์ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางเคมีกายภาพและสารหอมระเหยในเนื้อมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง พบว่าผลมะม่วงดิบ ที่นำมาเร่งการสุกโดยการใช้สารละลายเอทีฟอนความเข้มข้น 750 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และการใช้แคลเซียมคาร์ไบด์ เริ่มสังเกตเห็นการสุกของเนื้อมะม่วงเมื่อเวลาผ่านไป 3 วัน เท่ากัน แต่มีลักษณะการสุกและรสชาติแตกต่างกัน โดยการใช้สารละลายเอทีฟอนความเข้มข้น 750 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เปลือกมะม่วงมีสีเหลืองปนเขียว เนื้อมะม่วงมีสีเหลืองแบบมะม่วงสุก แต่ยังมีลักษณะแข็งและแน่นอยู่ เนื้อมะม่วงมีรสหวานอมเปรี้ยว ซึ่งลักษณะเนื้อมะม่วงที่ได้รวมถึงรสชาติมีความเหมาะสมสำหรับการนำไปแปรรูปต่อ ซึ่งหากนำไปใช้ทางการค้า การใช้สารละลายเอทีฟอนความเข้มข้น 750 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความเหมาะสมมากที่สุด ทั้งคุณภาพผลมะม่วงสุกที่ได้รวมถึงความปลอดภัยและความประหยัด ในขณะที่การใช้แคลเซียมคาร์ไบด์ ผลมะม่วงที่ได้มีการสุกที่ไม่สม่ำเสมอ รวมถึงลักษณะเนื้อมะม่วงที่มีลักษณะนิ่มเกินไปและรสชาติที่หวานเกินไป จึงไม่เหมาะสมสำหรับการนำไปแปรรูปต่อ เมื่อวิเคราะห์สารหอมระเหยในเนื้อมะม่วงโดยใช้ gas chromatography - mass spectrometry (GC-MS) พบว่าสารประกอบระเหยที่พบมากในเนื้อมะม่วงสุกคือ butanoic acid และ รองลงมาคือ สาร 3-carene, 4-carene, α-pinene, octanoic acid, 1,3,6-octatriene, β-caryophyllene, α-caryophyllene และ (3E,5Z)-undeca-1,3,5-triene นอกจากนี้ ยังพบว่าการเร่งการสุกโดยใช้สารละลายเอทีฟอนความเข้มข้น 750 มิลลิกรัมต่อลิตร และการใช้แคลเซียมคาร์ไบด์ ทำให้เนื้อมะม่วงมีปริมาณสารหอมระเหยมากกว่าเนื้อมะม่วงที่ปล่อยให้สุกเองถึงเกือบ 2 เท่า

คำสำคัญ: มะม่วง เอทีฟอน แคลเซียมคาร์ไบด์ คุณลักษณะทางเคมีกายภาพ สารหอมระเหยให้กลิ่น

คำนำ

มะม่วงเป็นไม้ผลเมืองร้อนที่เป็นสินค้าเกษตรที่สำคัญ (โจฮันเนส และคณะ, 2561) เป็นผลไม้ประเภทไคลแมคเทอริค เมื่อผลเริ่มสุก อัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีน (C_2H_4) จะเพิ่มมากขึ้นจนถึงระดับสูงสุดแล้วกลับลดลง รวมทั้งองค์ประกอบทางเคมีมีการเปลี่ยนแปลงไป มีปริมา ณของแข็งที่ละลายได้ (total soluble solids) และปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น ทำให้รสชาติของเนื้อมะม่วงหวานขึ้น เนื้อสัมผัสอ่อนนุ่มลง และมีกลิ่นเฉพาะตัวเกิดขึ้น (Kader and Mitcham, 2008) โดยเกิดจากสารระเหยประกอบไปด้วยสารประกอบ esters, aldehydes และ ketones เป็นส่วนใหญ่ เช่น hexanol, caryophyllene, elemene และ amorphene เป็นต้น (Luangprasert *et al*., 2010) โดยทั่วไปแล้วมะม่วงสามารถปล่อยให้สุกเองได้ แต่อาจช้าและทำให้เกิดการเน่าเสีย เนื่องจากการทำลายของเชื้อโรคต่าง ๆ และหากเก็บเกี่ยวผลที่มีความบริบูรณ์ไม่สม่ำเสมอ จะทำให้ผลสุกไม่พร้อมกัน ผลมะม่วงมีคุณภาพต่ำ สีผิวไม่สวย และสูญเสียน้ำหนักมาก การบ่ม จึงถูกนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว รวมถึงใช้ในการกำหนดวันสุกของผลไม้ (อภิตา, 2556)

การบ่มผลไม้โดยทั่ว ๆ ไปมีด้วยกันหลายวิธี ได้แก่ การบ่มด้วยแก๊สเอทิลีน (ethylene) การใช้ถ่านแก๊สหรือแคลเซียมคาร์ไบด์ (calcium carbide, CaC_2) การใช้สารเอทีฟอน (ethephon) และการบ่มโดยใช้อุณหภูมิ (Kader, 1985) การบ่มผลไม้ด้วยแก๊สเอทิลีน ซึ่งเป็นฮอร์โมนพืชที่ช่วยเร่งการสุกของผลไม้ ทำได้โดยการนำผลไม้ไปรวมกันในสถานที่หรือภาชนะปิดที่มีการถ่ายเทอากาศเกิดขึ้นได้น้อย เช่น การคลุมด้วยผ้าหนา ๆ หรือกระสอบ เพื่อให้เอทิลีนไปกระตุ้นให้ผลไม้สุก ทิ้งไว้ระยะหนึ่งก็เอาผลไม้ออกมาวางไว้ข้างนอก เพื่อปล่อยให้สุกตามธรรมชาติ วิธีนี้มีการใช้ทั่วไปในต่างประเทศ (Kader and Mitcham, 2008) ส่วนในประเทศไทยจะเหมาะสำหรับการบ่มผลไม้ปริมาณมาก ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเพื่อการส่งออก มีการใช้สารต่าง ๆ ในบ่มผลไม้ ได้แก่ แก๊สเอทิลีน อะเซทิลีน และเอทีฟอน (อภิตา, 2556) อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปแล้วชาวสวนหรือพ่อค้าขายส่งในประเทศไทย นิยมใช้ถ่านแก๊สหรือแคลเซียมคาร์ไบด์ในการเร่งการสุกของผลไม้ อัตราส่วน 10 กรัม ต่อผลไม้ 3-5 กิโลกรัม ซึ่งแคลเซียมคาร์ไบด์จะทำปฏิกิริยากับถ่านแก๊สได้เป็นแก๊สอะเซทิลีน ซึ่งมีสมบัติเร่งการสุกของผลไม้ได้ คล้ายกับเอทิลีนที่ช่วยเร่งให้ผลไม้สุกเร็วขึ้น (อภิตา, 2556) ประเทศ

ในแถบยุโรปได้ห้ามใช้แคลเซียมคาร์ไบด์กับผลิตผลทางการเกษตรทั้งก่อนและหลังเก็บเกี่ยว เนื่องจากแคลเซียมคาร์ไบด์ทำให้มีกลิ่นติดผลิตผล และการใช้ในปริมาณมาก ๆ สามารถก่อให้เกิดอันตรายกับระบบทางเดินหายใจได้ (จริงแท้, 2544) สำหรับการบ่มผลไม้โดยการใช้สารเอทีฟอน ซึ่งเป็นสารปลดปล่อยแก๊สเอทิลีนที่มีชื่อการค้าต่าง ๆ กัน เช่น อีเทรล โปรเทรล และฟลอเรล เป็นต้น โดยปกติจะเป็นของเหลว เมื่อจะใช้ก็นำมาผสมน้ำให้เจือจางแล้วจุ่มผลไม้ก็จะเร่งการสุกได้ หลักการคือ สารนี้ถ้าอยู่ในสภาพที่ไม่ใช่กรด จะเกิดการแตกตัวปล่อยแก๊สเอทิลีนออกมา ทำให้ผลไม้สุกเหมือนการบ่มด้วยแก๊สเอทิลีนโดยตรง (Kader and Mitcham, 2008) เอทีฟอนแม้ถูกจัดว่าเป็นสารที่มีอันตรายชนิดหนึ่ง แต่ยังคงมีรายงานการใช้ในการบ่มผลไม้ทางการค้าโดยทั่วไป เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ไม่ยุ่งยากและมีต้นทุนไม่สูงนัก ซึ่ง US-EPA ได้รายงานว่า อัตราที่ยอมรับให้เข้าสู่ร่างกายโดยไม่เป็นอันตรายคือ 7.5 มก./กก./วัน ปริมาณสูงสุดที่คนปกติจะรับเข้าสู่ร่างกายได้คือ ไม่เกิน 4.5 มก./วัน หรือในระดับความเข้มข้นไม่เกิน 2,500 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้น ในการใช้งานจึงควรมีการศึกษาถึงปริมาณที่เหมาะสม (จริงแท้, 2544)

จากงานวิจัยการบ่มมะม่วง (Slaughter, 2009) และกล้วย (Quoc and Duy, 2014) ด้วยสารละลายเอทีฟอนความเข้มข้น 200-1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยจุ่มผลมะม่วงและกล้วยลงในสารละลายดังกล่าวแล้วยกขึ้นโดยไม่ต้องแช่ไว้ แล้วนำมาผึ่งหรือวางกองเรียงกัน พบว่าทั้งผลมะม่วงและกล้วยนั้นก็จะเริ่มสุกได้ภายใน 3 วัน หลังจากนั้น โดยจะสุกอย่างสม่ำเสมอพร้อมกัน สำหรับการบ่มกล้วยหอมทองนั้นสามารถบ่มให้สุกได้ที่สภาพอุณหภูมิห้อง แต่กล้วยหอมพันธุ์แกรนเนนต้องบ่มที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส (Quoc and Duy, 2014) Slaughter (2009) ศึกษาการเร่งการสุกของผลมะม่วงดิบพันธุ์ Haden, Tommy Atkins, Van Dyke, Carrie, Palmerand และ Edwards โดยจุ่มลงในสารละลายเอทีฟอนที่ความเข้มข้น 500 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส พบว่าผลมะม่วงดิบพันธุ์ Carrie มีการสุกเกิดขึ้นภายหลังการจุ่มเป็นเวลา 3 วัน สำหรับผลมะม่วงดิบพันธุ์อื่น ๆ มีการสุกเกิดขึ้นภายหลังการจุ่มเป็นเวลา 4-5 วัน และภายหลังการสุกของผลมะม่วงพบว่า มีการเปลี่ยนสีผิวจากเขียวเป็นเหลืองในลักษณะที่สม่ำเสมอ เนื้อมะม่วงมีความอ่อนนุ่มลง ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ที่บ่งบอกปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น และค่า pH ที่บ่งบอกปริมาณกรดลดลง ทำให้รสชาติโดยรวมหวานขึ้น สำหรับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ผลแก่บริบูรณ์ (อายุ 90-105 วัน) ควรบ่มที่อุณหภูมิ 20-22 องศาเซลเซียส (Jha *et al*., 2010)

ผลไม้สุกจากการบ่มอาจมีรสชาติไม่เหมือนกับผลไม้ที่สุกตามธรรมชาติ เพราะในการสุกของผลไม้ตามธรรมชาติ มีกระบวนการเปลี่ยนแปลงหลายกระบวนการ เช่น การเปลี่ยนสตาร์ชเป็นน้ำตาล การสลายตัวของกรด การอ่อนนุ่มของเนื้อ การเปลี่ยนสี และการเปลี่ยนกลิ่นที่มาจากสารหอมระเหย ซึ่งกระบวนการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ มีอัตราความเร็วของการเปลี่ยนแปลงไม่เท่ากัน แต่ผลไม้ที่บ่มให้สุกด้วยเอทิลีน สามารถเร่งกระบวนการสุกของผลไม้ได้ในระยะเวลาอันสั้น และทำให้ผลไม้สุกพร้อมกันและมีคุณภาพดีขึ้น (นิธิยา และดนัย, 2548) นอกจากนี้ ยังได้รับโจทย์จากทางบริษัทลานนาเกษตรอุตสาหกรรม จำกัด ผู้ผลิตมะม่วงแช่เยือกแข็งรายใหญ่ของทางภาคเหนือ ที่มีความต้องการในการเร่งการสุกผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองก่อนเข้าสู่กระบวนการแปรรูปโดยการแช่เยือกแข็ง โดยมีความสนใจในการใช้สารเอทีฟอนและการใช้แคลเซียมคาร์ไบด์ในการเร่งการสุก ซึ่งมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองนั้น ยังไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับการบ่มผลมะม่วงพันธุ์ดังกล่าวมากนัก งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารเอทีฟอนและการใช้แคลเซียมคาร์ไบด์ ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางเคมีกายภาพและสารหอมระเหยในเนื้อมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

อุปกรณ์และวิธีการ

การเร่งการสุกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองดิบที่มีอายุใกล้เคียงกัน นำมาเร่งการสุก โดยการใช้สารละลายเอทีฟอนความเข้มข้น 250, 500, 750 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และการใช้ถ่านแก๊สหรือแคลเซียมคาร์ไบด์

เปรียบเทียบกับผลมะม่วงที่ปล่อยให้สุกตามธรรมชาติ (ชุดควบคุม) ทำทรีตเมนต์ละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 1 ตระกร้า ๆ ละ 30 ผล วางแผนการทดลองแบบ CRD การใช้สารละลายเอทีฟอนทำได้โดยแช่ผลมะม่วงในสารละลายเอทีฟอน (ชื่อทางการค้า อีเทรล® 48 พีจีอาร์, Ethrel® 48 PGR) ที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ ใช้เวลานาน 1 นาที นำผลมะม่วงมาตั้งทิ้งไว้ในห้องบ่ม รอให้ผิวมะม่วงแห้ง จึงบรรจุลงในตะกร้าพลาสติกชนิด High-density polyethylene (HDPE) จากนั้นทำการคลุมด้วยผ้าเต๊นท์ โดยมีการเปิดผ้าเต๊นท์ออกในเวลา 12.00-18.00 น. ของทุกวัน บันทึกอุณหภูมิระหว่างการเร่งการสุกอยู่ที่ 28-34 องศาเซลเซียส สำหรับการใช้แคลเซียมคาร์ไบด์ในการเร่งการสุกนั้น โดยนำถ่านแก๊สหรือแคลเซียมคาร์ไบด์มาทุบให้มีขนาดเล็กลง ห่อด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์ ห่อละ 10 กรัม ใส่ตะกร้าละ 5 ห่อ ให้ทั่วตะกร้าพลาสติกที่บรรจุผลมะม่วงและคลุมตะกร้าพลาสติกด้วยผ้าเต๊นท์ สำหรับผลมะม่วงชุดควบคุมที่ปล่อยให้สุกตามธรรมชาตินั้น ผลมะม่วงจะถูกบรรจุไว้ในตะกร้าพลาสติกมีการคลุมด้วยผ้าเต็นท์และเปิดออกในลักษณะเดียวกัน จากนั้นติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางเคมีกายภาพของผลมะม่วงทุกวันจนครบ 7 วัน สำหรับการเปลี่ยนแปลงสารหอมระเหยในเนื้อมะม่วง ทำการวิเคราะห์ในเนื้อผลมะม่วงที่ผ่านการเร่งการสุก โดยคัดเลือกความเข้มข้นของสารละลายเอทีฟอนที่เหมาะสมต่อการเร่งการสุกของผลมะม่วงมากที่สุด ผลมะม่วงที่เร่งการสุกด้วยถ่านแก๊ส และผลมะม่วงจากชุดควบคุม จากนั้นนำไปวิเคราะห์สารหอมระเหยในเนื้อมะม่วง

การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพและสารหอมระเหย

การวิเคราะห์ค่าสีเปลือกของผลมะม่วงด้วยเครื่องวัดสี (colorimeter, Hunter Associates Laboratory, ColorQuest XE, USA.) โดยวัดค่าสีเปลือกบนเปลือกผลมะม่วงบริเวณจุดกึ่งกลางของผลและปลายทั้งสองด้าน ด้านละ 3 จุด ค่าสีที่วัดได้บันทึกเป็นค่า L*, chroma และ hue angle (McGuire, 1992) การวิเคราะห์ความแน่นเนื้อของผลมะม่วง (firmness) โดยการใช้เครื่อง fruit pressure tester (Newton, N) (FACCHINI-48011, ALFONSINE, Italy) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในเนื้อมะม่วง ทำการวิเคราะห์ตามวิธีของ AOAC (2005) และการวิเคราะห์องค์ประกอบสารให้กลิ่นโดยใช้วิธี dynamic headspace-solid phase microextraction gas chromatography mass spectrometer (DHS-SPME-GC-MS, Agilent Technology) (Wongpornchai *et al.*, 2003) ด้วยเครื่อง gas chromatograph-mass spectrometer (GC-MS, Agilent 7890A, Agilent Technologies, Palo Alto, California, USA) ที่มีการใช้ไฟเบอร์ในการดักจับกลิ่นของเนื้อมะม่วงสุก โดยไฟเบอร์ที่ใช้คือ 100 µm Polydimethysiloxane DVB/Carboxen™/PDMS StableFlex™ โดยทำการอุ่นสารตัวอย่างจำนวน 5 กรัม ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ให้ไฟเบอร์ดูดซับไอสารระเหยเป็นเวลา 20 นาที และฉีดเข้าเครื่อง GC-MS ที่อุณหภูมิ injector 250 องศาเซลเซียส นาน 42 นาที วิเคราะห์โดยใช้คอลัมน์ชนิด DB5-MS (Agilent Technologies) (ความยาว 30 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร หนา 0.25 ไมโครเมตร) มีแก๊สฮีเลียมเป็นตัวพาที่อัตราไหลคงที่ 1.5 มิลลิลิตรต่อนาที ตั้งโปรแกรมระบบอุณหภูมิของ oven ที่ 40 องศาเซลเซียส เพิ่มอุณหภูมิที่อัตรา 5 องศาเซลเซียสต่อนาที จนถึง 200 องศาเซลเซียส คงที่ไว้ 10 นาที วิเคราะห์สารหอมระเหยด้วยเครื่อง mass spectrometer detector (MSD 5975C, Agilent Technology) (scan rage 50-550 amu) ที่อุณหภูมิ 230 องศาเซลเซียส ที่ภาวะเครื่อง 70 eV โดยบ่งชี้คุณลักษณะของสารระเหยเทียบกับ Wiley 275 Mass Spectral Library และ NIST Mass Spectral Library ที่ %quality match ร้อยละ 80

ผลการทดลอง

การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของผลมะม่วง

ผลมะม่วงดิบเมื่อเริ่มต้นการทดลองเปลือกมีสีเขียวทั่วทั้งผล วัดสีเปลือกของผลมะม่วงเป็นค่า L*, chroma และ hue angle ดังแสดงในตารางที่ 1-3 จากผลการทดลองพบว่า สีเปลือกของผลมะม่วงดิบมีค่า L* เท่ากับ 55.87 ค่า chroma เท่ากับ 29.14 และค่า hue angle เท่ากับ 91.28 เริ่มสังเกตเห็นผลมะม่วงเข้าสู่ระยะ

Table 1. L* value change of mango peel subjected to ethephon and calcium carbide

Treatment	Day 1	Day 3	Day 4	Day 5	Day 6	Day 7
Control	55.87	61.08^{d}	61.26^{d}	61.20^{c}	63.40^{b}	63.80
250 mg/L Ethephon	55.87	63.92^{c}	65.12^{c}	67.45^{b}	64.27^{a}	
500 mg/L Ethephon	55.87	63.82^{c}	69.80^{b}	71.33^{a}		
750 mg/L Ethephon	55.87	67.22^{b}	71.71^{ab}	71.35^{a}		
1,000 mg/L Ethephon	55.87	67.00^{ab}	72.24^{a}	70.32^{a}		
Calcium carbide	55.87	69.17^{a}	70.56^{ab}	70.38^{a}		
$LSD_{0.05}$	ns	2.01	2.14	2.13	0.43	

Data are expressed as mean values. Mean values with different superscripts in the same column differ significantly at $P \leq 0.05$

Table 2. Chroma value change of mango peel subjected to ethephon and calcium carbide

Treatment	Day 1	Day 3	Day 4	Day 5	Day 6	Day 7
Control	29.14	35.02^{d}	33.71^{e}	37.91^{c}	43.43^{b}	44.28
250 mg/L Ethephon	29.14	40.80^{bc}	44.45^{cd}	44.78^{b}	45.13^{a}	
500 mg/L Ethephon	29.14	38.38^{c}	43.37^{d}	46.59^{ab}		
750 mg/L Ethephon	29.14	40.87^{bc}	47.34^{ab}	45.18^{ab}		
1,000 mg/L Ethephon	29.14	42.15^{b}	49.32^{a}	46.79^{a}		
Calcium carbide	29.14	47.69^{a}	46.40^{bc}	46.91^{a}		
$LSD_{0.05}$	ns	2.76	2.58	2.01	1.07	

Data are expressed as mean values. Mean values with different superscripts in the same column differ significantly at $P \leq 0.05$

Table 3. Hue angle change of mango peel subjected to ethephon and calcium carbide

Treatment	Day 1	Day 3	Day 4	Day 5	Day 6	Day 7
Control	90.98	91.34^{a}	91.36^{b}	91.40^{a}	88.46	88.47
Control	91.28	91.48^{a}	91.52^{a}	88.48^{d}	88.49	
250 mg/L Ethephon	91.12	91.44^{a}	88.49^{e}	88.56^{c}		
500 mg/L Ethephon	91.15	89.82^{ab}	88.60^{c}	88.62^{b}		
750 mg/L Ethephon	90.95	89.51^{b}	88.58^{cd}	88.58^{bc}		
Calcium carbide	91.27	88.54^{b}	88.61^{c}	88.59^{bc}		
$LSD_{0.05}$	ns	1.68	0.03	0.03	ns	

Data are expressed as mean values. Mean values with different superscripts in the same column differ significantly at $P \leq 0.05$

การสุก เมื่อเปลือกเปลี่ยนจากสีเขียวทั้งผลเป็นสีเหลืองปนเขียว ในระยะนี้สีเปลือกของผลมะม่วงมีค่า L* เพิ่มขึ้นเป็น 67-68 ค่า chroma เพิ่มขึ้นเป็น 40-41 และค่า hue angle ลดลงเหลือ 88-89 จนเมื่อผลมะม่วงสุกเต็มที่แล้ว เปลือกเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเกือบทั่วทั้งผลและมีสีเหลืองเข้มขึ้น เมื่อวัดสีเปลือกของผลมะม่วงที่สุกเต็มที่ พบว่าค่า L* เพิ่มขึ้นเป็น 71-72 ค่า chroma เพิ่มขึ้นเป็น 44-45 และค่า hue angle ลดลงเหลือ 88

การเร่งการสุกโดยการใช้สารละลายเอทีฟอนที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ การใช้แคลเซียมคาร์ไบด์ และการปล่อยให้สุกตามธรรมชาติ ทำให้ผลมะม่วงเข้าสู่กระบวนการสุกในระยะเวลาแตกต่างกัน และมีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยพบว่าผลมะม่วงดิบที่ผ่านการเร่งการสุกโดยการใช้แคลเซียมคาร์ไบด์และการใช้สารละลายเอทีฟอนที่ความเข้มข้น 750 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เริ่มเข้าสู่ระยะการสุก โดยเปลือกเปลี่ยนจากสีเขียวทั้งผลเป็นสีเหลืองปนเขียว เมื่อเวลาผ่านไป 3 วัน เท่ากัน สำหรับการใช้สารละลายเอทีฟอนความเข้มข้น 500 และ 250 มิลลิกรัมต่อลิตร เริ่มสังเกตเห็นการสุกและการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของผลมะม่วง เมื่อเวลาผ่านไป 4 และ 5 วัน ตามลำดับ ส่วนผลมะม่วงที่ปล่อยให้สุกเองตามธรรมชาติ เมื่อเวลาผ่านไป 6 วัน การใช้แคลเซียมคาร์ไบด์และการใช้สารละลายเอทีฟอนที่ความเข้มข้น 750 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ผลมะม่วงเข้าสู่ระยะการสุกในเวลาที่รวดเร็วที่สุดคือ 3 วัน โดยการใช้สารละลายเอทีฟอนทำให้การสุกและการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของผลมะม่วงนั้นมีความสม่ำเสมอกัน ในขณะที่การใช้แคลเซียมคาร์ไบด์ทำให้ผลมะม่วงมีการสุกและการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกไม่สม่ำเสมอ โดยผลมะม่วงบางส่วนมีสีเหลืองปนเขียว บางผลสุกแต่ไม่เปลี่ยนสี และบางส่วนเปลี่ยนเป็นสีเหลืองไม่สม่ำเสมอ

การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของผลมะม่วง

ผลมะม่วงดิบเมื่อเริ่มต้นการทดลองเนื้อผลมีลักษณะแข็งและแน่น วัดความแน่นเนื้อมีค่าเท่ากับ 0.81 นิวตัน เมื่อผลมะม่วงเริ่มเข้าสู่ระยะการสุก ค่าความแน่นเนื้อลดลงเหลือ 0.55-0.57 นิวตัน จนเมื่อผลมะม่วงสุกเต็มที่ ค่าความแน่นเนื้อลดลงเหลือ 0.45-0.47 นิวตัน (ตารางที่ 4) การเร่งการสุกโดยการใช้สารละลายเอทีฟอนที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ การใช้แคลเซียมคาร์ไบด์ และการปล่อยให้สุกตามธรรมชาติ ทำให้ผลมะม่วงเข้าสู่กระบวนการสุกในระยะเวลาแตกต่างกัน และมีการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยพบว่าผลมะม่วงดิบที่ผ่าน การเร่งการสุกโดยการใช้แคลเซียมคาร์ไบด์และการใช้สารละลายเอทีฟอนที่ความเข้มข้น 750 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เริ่มสังเกตเห็นการสุกของผลมะม่วง โดยเนื้อผลมีลักษณะอ่อนลงและมีค่าความแน่นเนื้อลดลง เมื่อเวลาผ่านไป 3 วัน เท่ากัน เนื้อมะม่วงมีค่าความแน่นเนื้อลดลงเหลือ 0.49, 0.57 และ 0.55 นิวตัน ตามลำดับ การใช้สารละลายเอทีฟอนความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเวลาผ่านไป 4 วัน โดยมีค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 0.52 นิวตัน และการใช้สารละลายเอทีฟอนความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเวลาผ่านไป 5 วัน โดยมีค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 0.55 นิวตัน สำหรับผลมะม่วงที่ปล่อยให้สุกเองตามธรรมชาติ เมื่อเวลาผ่านไป 6 วัน โดยมีค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 0.51 นิวตัน

Table 4. Hardness change of mango pulp subjected to ethephon and calcium carbide

Treatment	Day 1	Day 3	Day 4	Day 5	Day 6	Day 7
Control	0.81	0.75^{a}	0.67^{a}	0.58^{a}	0.51^{a}	0.39
Control	0.81	0.71^{ab}	0.62^{b}	0.55^{a}	0.47^{b}	
250 mg/L Ethephon	0.81	0.68^{b}	0.52^{c}	0.48^{b}		
500 mg/L Ethephon	0.81	0.57^{c}	0.52^{cd}	0.47^{b}		
750 mg/L Ethephon	0.81	0.55^{c}	0.53^{cd}	0.45^{b}		
Calcium carbide	0.81	0.49^{d}	0.49^{d}	0.40^{c}		
$LSD_{0.05}$		ns	0.04	0.04	0.03	

Data are expressed as mean values. Mean values with different superscripts in the same column differ significantly at $P \leq 0.05$

การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (TA) และค่า TSS/TA

ผลมะม่วงดิบเมื่อเริ่มต้นการทดลอง มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 9.50 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 2.12 เปอร์เซ็นต์ และค่า TSS/TA เท่ากับ 4.48 เมื่อผลมะม่วงเริ่มเข้าสู่ระยะการสุก เนื้อมะม่วงจะมีรสชาติหวานขึ้น พร้อมกับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำเพิ่มขึ้นเป็น 18 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ลดลงเหลือ 0.35-4 เปอร์เซ็นต์ และค่า TSS/TA เพิ่มขึ้นเป็น 25-30 โดยเนื้อมะม่วงมีรสชาติหวานอมเปรี้ยวเมื่อค่า TSS/TA เท่ากับ 25 และเนื้อมะม่วงมีรสชาติหวานเมื่อค่า TSS/TA มากกว่า 30

จากการทดลองพบว่าการเร่งการสุกโดยการใช้สารละลายเอทีฟอนที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ การใช้แคลเซียมคาร์ไบด์ และการปล่อยให้สุกตามธรรมชาติ ทำให้ผลมะม่วงเข้าสู่กระบวนการสุกในระยะเวลาแตกต่างกัน การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ และค่า TSS/TA มีการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 5 ผลมะม่วงดิบที่นำมาเร่งการสุกโดยการใช้แคลเซียมคาร์ไบด์และการใช้สารละลายเอทีฟอนความเข้มข้น 750 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เริ่มสังเกตการสุกในเนื้อมะม่วง เมื่อเวลาผ่านไป 3 วันเท่ากัน แต่มีรสชาติแตกต่างกัน โดยในวันที่ 3 ผลมะม่วงที่เร่งการสุกโดยการใช้แคลเซียมคาร์ไบด์ เนื้อมะม่วงมีรสชาติหวานและมีค่า TSS/TA เท่ากับ 33.99 ในขณะที่ผลมะม่วงที่เร่งการสุกโดยใช้สารละลายเอทีฟอนความเข้มข้น 750 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื้อมะม่วงมีรสชาติหวานอมเปรี้ยว และมีค่า TSS/TA เท่ากับ 24.07 และ 22.72 ตามลำดับ สำหรับการใช้สารละลายเอทีฟอนความเข้มข้น 500 และ 250 มิลลิกรัมต่อลิตร เริ่มสังเกตเห็นการสุกของผลมะม่วง เมื่อเวลาผ่านไป 4 และ 5 วัน ตามลำดับ และมีค่า TSS/TA เท่ากับ 43.14 และ 88.90 ตามลำดับ สำหรับผลมะม่วง ที่ปล่อยให้สุกเองตามธรรมชาติ เริ่มสังเกตเห็นการสุกของเนื้อมะม่วงตั้งแต่วันที่ 5 ภายหลังการเร่งการสุกแล้ว แต่การสุกปรากฏอย่างชัดเจนภายหลังการเร่งการสุก 6 วัน และมีค่า TSS/TA เท่ากับ 84.60

จากผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและความแน่นเนื้อของผลมะม่วง รวมถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ และ TSS/TA ที่ส่งผลต่อรสชาติของเนื้อมะม่วง พบว่าผลมะม่วงดิบที่เร่งการสุกโดยการใช้สารละลายเอทีฟอนความเข้มข้น 750 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เข้าสู่ระยะการสุกเมื่อเวลาผ่านไป 3 วัน โดยเปลือกมะม่วงมีสีเหลืองปนเขียว เนื้อมะม่วงมีสีเหลืองแบบมะม่วงสุก แต่เนื้อยังมีลักษณะแน่นและแข็งอยู่ เนื้อมะม่วงมีรสหวานอมเปรี้ยว และผลมะม่วงมีการสุกสม่ำเสมอเท่ากัน ซึ่งลักษณะสีเปลือกและความแน่นเนื้อรวมถึงรสชาติที่ได้ มีความเหมาะสมสำหรับการนำไปแปรรูปต่อ ซึ่งหากนำไปใช้ทางการค้าการใช้สารละลายเอทีฟอนความเข้มข้น 750 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความเหมาะสมมากที่สุด เมื่อคำนึงถึงความปลอดภัยและประหยัดร่วมด้วย ผลมะม่วงดิบที่เร่งการสุกโดยการใช้ถ่านแก๊สหรือแคลเซียมคาร์ไบด์ พบว่าเข้าสู่ระยะการสุกเมื่อเวลาผ่านไป 3 วัน เช่นกัน แต่ผลมะม่วงมีการสุกที่ไม่สม่ำเสมอกัน

Table 5. TSS/TA ratio change of mango pulp subjected to ethephon and calcium carbide

Treatment	Day 1	Day 3	Day 4	Day 5	Day 6	Day 7
Control	4.48	13.21^{f}	16.73^{e}	35.44^{e}	84.60^{b}	150.71
Control	4.48	16.45^{d}	16.39^{e}	48.67^{d}	90.45^{a}	
250 mg/L Ethephon	4.48	13.93^{e}	43.14^{d}	87.42^{b}		
500 mg/L Ethephon	4.48	24.07^{b}	61.72^{a}	88.90^{a}		
750 mg/L Ethephon	4.48	22.72^{c}	55.34^{c}	74.37^{c}		
Calcium carbide	4.48	33.99^{a}	57.08^{b}	49.48^{d}		
$LSD_{0.05}$	ns	0.97	1.36	1.06	0.49	

Data are expressed as mean values. Mean values with different superscripts in the same column differ significantly at $P \leq 0.05$

เปลือกผลมะม่วงเปลี่ยนสีไม่สม่ำเสมอ บางส่วนมีสีเหลืองปนเขียว และบางผลสุกแต่ผลไม่เปลี่ยนสี รวมถึงลักษณะเนื้อมะม่วงที่ได้มีลักษณะนิ่มเกินไป จึงไม่เหมาะสมสำหรับการนำไปแปรรูปต่อ สำหรับผลมะม่วงที่สุกตามธรรมชาติ เริ่มสังเกตเห็นการสุกของเนื้อมะม่วงตั้งแต่วันที่ 5 แต่การสุกปรากฏชัดเจนในวันที่ 6 เปลือกของผลมะม่วงมีสีเหลืองปนเขียว เนื้อมะม่วงมีสีเหลือง ลักษณะนิ่มเละและมีรสหวาน แต่การสุกโดยธรรมชาตินั้น นอกจากจะใช้เวลานานแล้ว การสุกของผลมะม่วงโดยรวมไม่มีความสม่ำเสมอ ซึ่งแต่ละผลจะมีความสุกไม่เท่ากัน สีเปลือกมีการเปลี่ยนแปลงไม่เท่ากัน เนื้อผลมีลักษณะนิ่มเละไม่เหมาะสมสำหรับการนำไปแปรรูปต่อ

สารหอมระเหยในเนื้อมะม่วง

การวิเคราะห์สารหอมระเหยในเนื้อมะม่วง โดยนำผลมะม่วงที่ได้จากการเร่งการสุกโดยการใช้สารละลายเอทีฟอนความเข้มข้น 750 มิลลิกรัมต่อลิตร และการใช้แคลเซียมคาร์ไบด์ เมื่อเวลาผ่านไป 3 วัน มาทำการวิเคราะห์สารหอมระเหยในเนื้อมะม่วงเปรียบเทียบกับผลมะม่วงที่ปล่อยให้สุกเองตามธรรมชาติ เมื่อเวลาผ่านไป 6 วัน ผลการทดลองพบว่า ผลมะม่วงสุกทุกหน่วยทดลองมีสารหอมระเหยให้กลิ่นกว่า 20 ชนิด โดยมี butanoic acid เป็นสารหอมระเหยหลัก และรองลงมาคือ สาร 3-carene, 4-carene, α-pinene, octanoic acid, 1,3,6-octatriene, β-caryophyllene, α-caryophyllene และ (3E,5Z)-undeca-1,3,5-triene ดังแสดงในตารางที่ 6 นอกจากนี้ยังพบว่าการเร่งการสุกโดยการใช้สารละลายเอทีฟอนความเข้มข้น 750 มิลลิกรัมต่อลิตร และการใช้แคลเซียมคาร์ไบด์ ทำให้เนื้อของผลมะม่วงดังกล่าวมีปริมาณสารหอมระเหยมากกว่าผลมะม่วงที่ปล่อยให้สุกเองถึงเกือบ 2 เท่า ดังแสดงในภาพที่ 1a-b ซึ่งสอดคล้องกับการตรวจสอบระหว่างการทดลอง ที่พบว่าผลมะม่วงที่ผ่านการเร่งการสุกจะมีกลิ่นที่ชัดเจนกว่าผลมะม่วงที่ปล่อยให้สุกเอง

วิจารณ์

จากการทดลองพบว่า การใช้สารละลายเอทีฟอนและการใช้แคลเซียมคาร์ไบด์ ช่วยเร่งการสุกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ได้เร็วขึ้น เนื่องจากเอทีฟอนเป็นสารที่ปลดปล่อยเอทิลีน (Kader and Mitcham, 2008) ซึ่งเป็นฮอร์โมนพืชชนิดหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการเร่งการสุกของ

Table 6. Volatile constituents identified in the aromas of mango pulp subjected to 750 mg/L ethephon and calcium carbide

No	Compound	Peak	Odor quality	Percent corrected area			
				Natural ripening	750 mg/L Ethephon	Calcium carbide	$LSD_{0.05}$
1	octanoic acid	1	fruit	2.17^{c}	3.75^{a}	3.57^{b}	0.16
2	1,3,6-octatriene	3	passion fruit	1.92^{c}	3.42^{a}	3.28^{b}	0.17
3	(3E,5Z)-undeca-1,3,5-triene	6	pineapple	1.43^{c}	1.98^{a}	1.71^{b}	0.24
4	butanoic acid	8	fruit	26.55^{c}	43.32^{a}	41.77^{b}	1.44
5	α-pinene	11	pine	0.83^{c}	3.79^{a}	2.67^{b}	0.14
6	3-carene	14	citrus	15.84^{c}	17.14^{b}	17.40^{a}	0.34
7	4-carene	17	citrus	10.51^{b}	12.64^{a}	12.77^{a}	0.38
8	β-caryophyllene	23	citrus	2.48^{b}	4.76^{a}	4.77^{a}	0.37
9	α-caryophyllene	25	citrus	0.68^{c}	3.41^{a}	3.33^{b}	0.07
10	napthalene	26	burning" odor	0.23^{c}	0.30^{a}	2.69^{b}	0.27

Data are expressed as mean values. Mean values with different superscripts in the same row differ significantly at $P \leq 0.05$

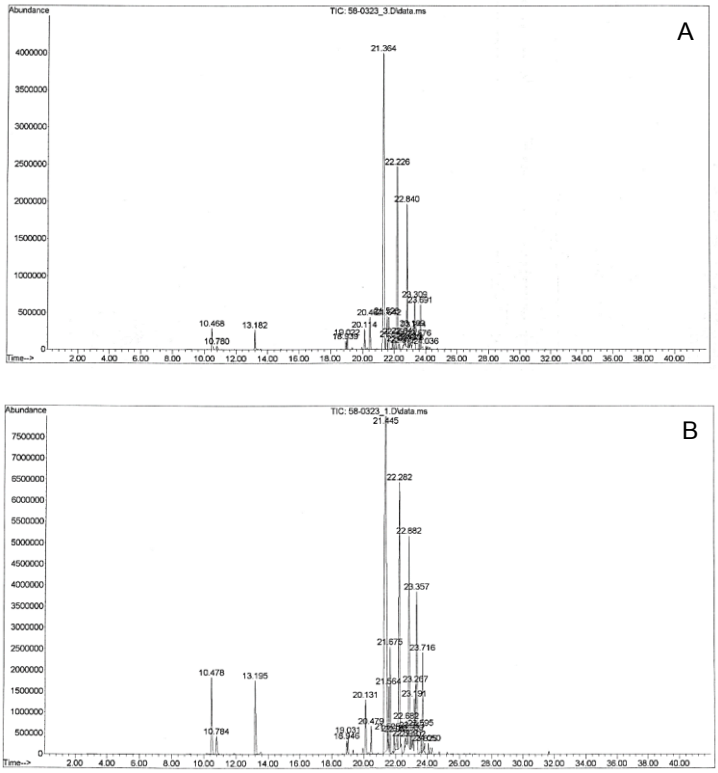

Figure 1. GC chromatogram of volatile compounds extracted from fresh mango after 6 days of natural ripening (a) and subjected to 750 mg/L ethephon after 3 days (b)

ผลไม้ เช่น การเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล การอ่อนตัวของเนื้อเยื่อ การสร้างสารสี และสารหอมระเหย (Yang, 1985) โดยมีการนำมาใช้บ่มผลิตผลสดหลังการเก็บเกี่ยวในประเทศไทยหลายชนิด เช่น มังคุด ทุเรียน และมะม่วง ซึ่งมีรายงานว่าไม่ควรใช้ในระดับความเข้มข้นมากกว่า 2,500 มิลลิกรัมต่อลิตร เพราะว่าเอทีฟอนจัดเป็นสารที่มีพิษชนิดหนึ่ง (จริงแท้, 2544) ส่วนแคลเซียมคาร์ไบด์จะปลดปล่อยแก๊สอะเซทิลีน ซึ่งมีสมบัติเร่งการสุกของผลไม้คล้ายกับเอทิลีน (อภิตา, 2556) นอกจากนี้ยังพบอีกว่า การใช้สารละลายเอทีฟอนที่มีความเข้มข้นสูงขึ้น ช่วยเร่งการสุกของผลมะม่วงได้เร็วขึ้น คล้ายคลึงกับการศึกษาของธีรนุตและคณะ (2546) ที่พบว่า การใช้เอทิลีนความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ช่วยเร่งการสุกของผลมะม่วงได้เร็วขึ้น และการศึกษาของกฤษณา และคณะ (2555) ที่พบว่า การใช้สารละลายเอทีฟอนความเข้มข้นที่สูงขึ้น (50 มิลลิกรัมต่อลิตร) ทำให้ผลทุเรียนมีการสุกเร็วขึ้น มีการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณน้ำตาลสูงกว่าการใช้สารละลายเอทีฟอนที่ความเข้มข้นต่ำ (10 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร)

สำหรับการใช้แคลเซียมคาร์ไบด์นั้นพบว่า ช่วยเร่งการสุกของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ได้เร็วขึ้น เช่นเดียวกับการศึกษาของกาญจนา (2537) ที่พบว่า การใช้แคลเซียมคาร์ไบด์ 10 และ 20 กรัม/มะม่วง 1 กิโลกรัม บ่มนาน 24 ชั่วโมง ทำให้ผลมะม่วงพันธุ์แก้วจุกสุกเร็วและดีกว่าการปล่อยให้สุกตามธรรมชาติ และให้ผลไม่แตกต่างกับการบ่มด้วยเอทิลีน อัตรา 200 ไมโครลิตร/ลิตร แต่ในการศึกษาครั้งนี้ การบ่มผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ด้วยแคลเซียมคาร์ไบด์ ทำให้ผลมะม่วงสุกไม่สม่ำเสมอ และคุณภาพที่ปรากฏให้เห็นจากภายนอกต่ำกว่าการใช้สารละลายเอทีฟอน โดยพบว่าสีเปลือกของผลมะม่วงมีการเปลี่ยนแปลงไม่สม่ำเสมอ และบางผลไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Sornsrivichai *et al.* (2000) ที่พบว่า การใช้แคลเซียมคาร์ไบด์ในการบ่มผลมะม่วง เกิดการสุกได้

ภายใน 3 วัน แต่การเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกจากสีเขียวเป็นสีเหลืองน้อยมาก และบางผลเปลือกยังคงมีสีเขียวอยู่

การวิเคราะห์สารหอมระเหยในเนื้อมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ผ่านการเร่งการสุกโดยใช้สารละลายเอทีฟอนและแคลเซียมคาร์ไบด์ เปรียบเทียบกับการปล่อยให้สุกตามธรรมชาติพบว่า การใช้สารละลายเอทีฟอนและแคลเซียมคาร์ไบด์ ทำให้เนื้อมะม่วงมีปริมาณสารหอมระเหยมากกว่าที่ปล่อยให้สุกตามธรรมชาติเกือบ 2 เท่า เนื่องจากผลมะม่วงมีการสุกมากกว่า ซึ่งธีระ (2545) ได้รายงานว่า ปริมาณของสารหอมระเหยของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อผลมีการสุกเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ ในการศึกษาครั้งนี้ยังพบอีกว่า ผลมะม่วงสุกมีสารหอมระเหยให้กลิ่นมากกว่า 20 ชนิด โดยมีสาร butanoic acid เป็นสารหอมระเหยหลัก และรองลงมาคือสาร 3-carene, 4-carene และ α-pinene ซึ่งคล้ายคลึงกับการศึกษาของ Munafo *et al*. (2016) ที่พบว่า ผลมะม่วงพันธุ์ Haden เมื่อผลสุกมีสารหอมระเหยให้กลิ่นมากกว่า 24 ชนิด โดยมีสารกลุ่ม ethyl 2-methylbutanoate, (3E,5Z)-undeca-1,3,5-triene, ethyl 3-methylbutanoate และ ethyl butanoate เป็นสารหอมระเหยหลัก รองลงมาคือ (2E,6Z)-nona-2,6-dienal (cucumber-like), ethyl 2-methylpropanoate (fruity), (E)-β-damascenone (cooked apple-like), ethyl hexanoate (fruity), 4-hydroxy-2,5-dimethyl-3(2H)-furanone (caramel-like) และ γ-decalactone (peach-like) และการศึกษาของธีระ (2545) ที่พบว่า ปริมาณสารหอมระเหยหลักของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ คือ butyric acid รองลงมาคือ สาร β-pinene (pine-like), 3-carene และ β-phellandrene

สรุป

การใช้สารละลายเอทีฟอนความเข้มข้น 750 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิระหว่าง 28-34 องศาเซลเซียส สามารถนำมาใช้ในการเร่งการสุกของผลมะม่วงก่อนนำไปแปรรูปได้เหมาะสมที่สุด โดยทำให้ผลมะม่วงเข้าสู่ระยะการสุกเมื่อเวลาผ่านไป 3 วัน เปลือกของผลมะม่วงมีสีเหลืองปนเขียว เนื้อมะม่วงมีสีเหลืองแบบมะม่วงสุก แต่ยังมีลักษณะแน่นและแข็ง มีรสหวานอมเปรี้ยว และผลมะม่วงมีการสุกและการเปลี่ยนสีเปลือกสม่ำเสมอกัน ซึ่งสีเปลือก ลักษณะความแน่นเนื้อ รวมถึงรสชาติที่ได้ภายหลังการเร่งการสุก มีความเหมาะสมสำหรับการนำไปแปรรูปเป็นมะม่วงแช่เยือกแข็งต่อ นอกจากนี้ ยังพบว่าการเร่งการสุกโดยการใช้สารละลายเอทีฟอนความเข้มข้น 750 มิลลิกรัมต่อลิตร และการใช้แคลเซียมคาร์ไบด์ ทำให้เนื้อมะม่วงมีปริมาณสารหอมระเหยมากกว่าผลมะม่วงที่ปล่อยให้สุกเองตามธรรมชาติเกือบ 2 เท่า

เอกสารอ้างอิง

กฤษณา หงษ์คู ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น. 2555. การเร่งการสุกของทุเรียนหมอนทองต่อคุณลักษณะทางเคมีกายภาพและสารหอมระเหย. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 43(2) (พิเศษ): 417-420.

กาญจนา เหลืองสุวาลัย. 2537. การศึกษาการเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี ดัชนีการเก็บเกี่ยว การเก็บรักษา และการบ่มผลมะม่วง (*Mangifera indica* L.) พันธุ์แก้วจุก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 156 หน้า.

โจฮันเนส มึลล์เลอร์ มัทธิอัส เพลวา วิชชา สอาดสุด และวูลแฟรม สเปรียร์. 2561. การประเมินศักยภาพในการปรับปรุงกระบวนการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวในการผลิตมะม่วงในรัฐฉานตอนใต้ประเทศพม่า. วารสารเกษตร 34(1): 111-121.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2544. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 396 หน้า.

ธีรนุต ร่มโพธิ์ภักดิ์ เจริญ ขุนพรม สมนึก ทองบ่อ และรุ่งนภา ก่อประดิษฐ์สกุล. 2546. สรีรวิทยาและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ภายหลังการเก็บเกี่ยว. รายงานวิจัย. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), กรุงเทพฯ. 124 หน้า.

ธีระ วัฒนศิริเวช. 2545. การศึกษาชนิดและปริมาณสารหอมระเหย น้ำตาล และกรดบางชนิดในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่มีระยะการสุกและสภาวะการสุกแตกต่างกัน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 103 หน้า.

นิธิยา รัตนาปนนท์ และ ดนัย บุณยเกียรติ. 2548. การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 236 หน้า.

อภิตา บุญศิริ. 2556. การบ่ม. หน้า 125-158. *ใน*: ธวัชชัย รัตน์ชเลศ วิลาวัลย์ คำปวน และ ธีรนุช เจริญกิจ (บก.). มะม่วง-การผลิตและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา, กรุงเทพฯ. 836 หน้า.

AOAC. 2005. Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th ed. AOAC International, Gaithersburg, Maryland. 2200 p.

Jha, S.K., S. Sethi, M. Srivastav, A.K. Dubey, R.R. Sharma, D.V.K. Samuel and A.K. Singh. 2010. Firmness characteristics of mango hybrids under ambient storage. Journal of Food Engineering 97(2): 208-212.

Kader, A.A. 1985. Postharvest biochemistry and technology: An overview. pp. 3-7. *In*: A.A. Kader, R.F. Kasmire, F.G. Mitchell, M.S. Reid, N.F. Sommer and J.F. Thompson (eds.). Postharvest Technology of Horticultural Crops. University of California, Davis, California.

Kader, A.A. and B. Mitcham. 2008. Optimum procedures for ripening mangoes. pp. 47-48. *In*: C.H. Crisosto and J.F. Thompson (eds.). Fruit Ripening and Ethylene Management. University of California, Davis, California.

Luangprasert, K., J. Uthaibutra and K. Saengnil. 2010. The effect of sugar application on the concentrations of anthocyanin and flavonol of 'Mahajanaka' mango (*Mangifera indica* L. cv. Mahajanaka) fruit. Chiang Mai Journal of Science 37(2): 355-362.

McGuire, R.G. 1992. Reporting of objective colour measurement. HortScience 27(12): 1254-1255.

Munafo J.P.Jr., J. Didzbalis, R.J. Schnell and M. Steinhaus. 2016. Insights into the key aroma compounds in mango (*Mangifera indica* L. 'Haden') fruits by stable isotope dilution quantitation and aroma simulation experiments. Journal of Agricultural and Food Chemistry 64(21): 4312-4318.

Quoc, L.P.T. and T.H. Duy. 2015. Effect of nopal gel solution on the preservation of banana (*Musa paradisiaca*). Agricultural and Biological Sciences Journal 3(1): 95-99.

Slaughter, D.C. 2009. Methods for management of ripening in mango: A review of literature. (Online). Available: www.mango.org/media/./methods_for_management_of_ripening.pdf (May 3, 2017).

Sornsrivichai, J., J. Uthaibutra and T. Yantarasri. 2000. Controlling of peel and fresh color development of mango by perforation of modified atmosphere package at different temperatures. Acta Horticulturae 509: 387-394.

Wongpornchai, S., T. Sriseadka and S. Choonvisase. 2003. Identification and quantitation of the rice aroma compound, 2-Acetyl-1-pyrroline, in bread flowers (*Vallaris glabra* Ktze). Journal of Agricultural and Food Chemistry 5(2): 457-462.

Yang, S.F. 1985. Biosynthesis and action of ethylene. HortScience 20: 41-45.

ผลของสารละลายซิลเวอร์ไนเทรตและ NAA ต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะของดอกฟักข้าว (*Momordica cochinchinensis*) เพศเมีย

Effects of Silver Nitrate Solution and NAA on Characteristic Changes of Gac (*Momordica cochinchinensis*) Female Flowers

ศิริกาญจน์ กอบเกียรติถวิล ปริยานุช จุลกะ พิจิตรา แก้วสอน และ เฌอมาลย์ วงศ์ชาวจันท์*

Sirikan Kobkeattawin, Pariyanuj Chulaka, Pichittra Kaewsorn and Shermarl Wongchaochant*

ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Chatujak, Bangkok 10900, Thailand

**Corresponding author: Email: agrsmw@ku.ac.th*

(Received: 25 April 2018; Accepted: 19 September 2018)

Abstract: This research aimed to study the effects of silver nitrate ($AgNO_3$) solution and $AgNO_3$ with NAA on characteristic changes of gac female flowers. The solution of 500 mg/L $AgNO_3$ was sprayed on 6 months female plants at 17.30 p.m. After 1 week, the changes were recorded when the first flower emerged. The results showed that filament and anther were induced in female flowers of the three sample groups; Thailand, Lao People's Democratic Republic, and Socialist Republic of Vietnam. However, pollen grain was not found inside the induced anthers. Applications of 500 mg/L $AgNO_3$ with 1,000 mg/L or 2,000 mg/L NAA on two sample female; Thailand, and the hybrid between Lao People's Democratic Republic × Socialist Republic of Vietnam could produce the sterile stamens similar to the result of using $AgNO_3$ solution only. The treated ovaries developed to be fruits, whereas red aril part and normal seeds were not found in the fruits. The fruits had pedicel necrosis and dropped before the harvesting period.

Keywords: Sex expression, Cucurbitaceae, hermaphrodite flower, silver nitrate

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเทรต ($AgNO_3$) และสารละลายซิลเวอร์ไนเทรตร่วมกับ NAA ต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะของดอกฟักข้าวเพศเมีย โดยพ่นสารละลายซิลเวอร์ไนเทรตความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ต้นฟักข้าวเพศเมียที่มีอายุประมาณ 6 เดือน พ่นสารละลายในเวลา 17.30 น. หลังจากนั้นประมาณ 1 สัปดาห์เมื่อฟักข้าวออกดอกแรกบันทึกผลการเปลี่ยนแปลง ผลการศึกษาพบว่าสามารถชักนำให้เกิดการสร้างก้านชูและอับละอองเกสรเพศผู้ในฟักข้าวเพศเมียทั้งสามกลุ่มตัวอย่างได้แก่ กลุ่มตัวอย่างจากประเทศไทย สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว และประเทศเวียดนาม แต่ไม่มีการสร้างละอองเกสรเพศผู้เกิดขึ้น เมื่อพ่นสารละลายซิลเวอร์ไนเทรตความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 1,000 หรือ 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้กับสองตัวอย่างฟักข้าวจากประเทศไทย และลูกผสมระหว่างสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวกับประเทศเวียดนาม พบว่าดอกฟักข้าวเพศเมียมีการสร้างก้านชูและอับละอองเกสร ซึ่งละอองเกสรเพศผู้เป็นหมันเช่นเดียวกับการใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเทรตเพียงอย่างเดียว รังไข่พัฒนาเป็นผลแต่ไม่พบการสร้างเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดงและเมล็ดที่สมบูรณ์ ผลมีอาการขั้วผลแห้งดำและเกิดการหลุดร่วงของผลก่อนถึงระยะเก็บเกี่ยว

คำสำคัญ: การแสดงออกของเพศ พืชวงศ์แตง ดอกสมบูรณ์เพศ ซิลเวอร์ไนเทรต

คำนำ

ฟักข้าว (*Momordica cochinchinensis*) เป็นหนึ่งในพืชวงศ์แตงที่มีการใช้ประโยชน์จากส่วนเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดง (aril) ภายในผล ซึ่งมีสาระสำคัญในกลุ่มแคโรทีนอยด์สูง ได้แก่ เบต้าแคโรทีน และไลโคพีน (ปวันรัตน์ และคณะ, 2557; Aoki *et al*., 2002; Vuong *et al*., 2006) ด้วยคุณประโยชน์ของสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์นี้ จึงทำให้เกษตรกรเพิ่มพื้นที่ปลูกฟักข้าวเป็นจำนวนมาก เพื่อขยายปริมาณการผลิตในระดับครัวเรือนให้เป็นระดับอุตสาหกรรม โดยมีการแปรรูปฟักข้าวเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ทั้งเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ อาหารเพื่อสุขภาพเช่นน้ำสลัดฟักข้าว (เพ็ญศิริ, 2560) และผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง (พัชริน, 2555; สมพร และคณะ, 2551) รวมถึงมีการส่งเยื่อหุ้มเมล็ดแบบแช่แข็งจำหน่ายให้กับประเทศเวียดนาม ซึ่งเป็นตลาดการผลิตฟักข้าวที่ใหญ่ที่สุดและเป็นผู้นำการแปรรูปในปัจจุบัน ซึ่งยังมีแนวโน้มว่าจะมีการขยายสู่ตลาดโลกเพิ่มขึ้น (กานต์ดา, 2556; วรรณภา, 2554) จากความต้องการของฟักข้าวเพื่อนำไปใช้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์มากขึ้น การปลูกให้ได้ผลผลิตจำนวนมากจึงมีความสำคัญ โดยสัดส่วนในการปลูกที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลผลิตที่เพียงพอต่อความต้องการของตลาดคือต้นเพศผู้ต่อต้นเพศเมียในสัดส่วน 1 ต่อ 10 (กรณ์กาญจน์, 2556) ดังนั้นการควบคุมสัดส่วนของเพศจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการผลิตฟักข้าว

เอทิลีน (ethylene) และออกซิน (auxin) เป็นฮอร์โมนหลักในการกระตุ้นให้เกิดการสร้างดอกเพศเมียในพืชวงศ์แตง ในขณะที่ดอกเพศผู้นั้นถูกควบคุมการสร้างจากจิบเบอเรลลิน (gibberellin) (Kumar *et al*., 2009; Thomas, 2004) ซึ่งในการปลูกพืชวงศ์แตงทางการค้า เช่น แตงกวา มะระ จะใช้ฮอร์โมนสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน (GA_3, GA_{4+7}) หรือสารละลายซิลเวอร์ไนเทรต ($AgNO_3$), ซิลเวอร์ไธโอซัลเฟต ($Ag(S_2O_3)_2$) ในการชักนำให้ดอกเพศเมียสร้างเกสรเพศผู้เพื่อให้เกิดการผสมตัวเอง ช่วยเพิ่มผลผลิตทางการค้าและลดต้นทุนในการดูแลต้นพ่อพันธุ์ (Behera *et al*., 2011; den Nijs and Visser, 1979; Jadhav *et al*., 2018) การใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเทรตในแตงโมสามารถชักนำดอกเพศเมียให้พัฒนาเป็นดอกสมบูรณ์เพศได้ (Zhang *et al*., 2017) Sanwal *et al*. (2011) ได้ทดลองใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเทรตในฟักข้าวเพื่อชักนำการเปลี่ยนดอกเพศเมียให้สร้างเกสรเพศผู้เป็นดอกสมบูรณ์เพศได้สำเร็จ นอกจากนี้มีการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มออกซิน เช่น napthalene acetic acid (NAA), indole-3-acetic acid (IAA), 4-chlorophenoxy acetic acid (4-CPA) ซึ่งช่วยส่งเสริมการทำงานของเอทิลีนในการเปลี่ยนเพศดอกของแตงกวา (Galun *et al*., 1965; Trebitsh *et al*., 1987) และยังช่วย

ในการขยายขนาดของรังไข่โดยเกิดผลแบบ parthenocarpy ในแตงกวา (Kim *et al*., 1992; Qian *et al*., 2018) และแตงไทย (Li *et al*., 2011) ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่ต้องการของผู้บริโภค ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเทรตและสารละลายซิลเวอร์ไนเทรตร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มออกซินที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะของดอกฟักข้าวเพศเมีย เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพผลผลิตในการปลูกฟักข้าวเชิงการค้า

อุปกรณ์และวิธีการ

ฟักข้าวที่นำมาใช้ทดลองรวบรวมจากศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน (Tropical Vegetable Research Center (TVRC)) ประเทศไทย จำนวน 2 ตัวอย่าง ได้แก่ กลุ่มเมล็ดพันธุ์ฟักข้าวของประเทศไทยและสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว และอีกกลุ่มตัวอย่างเป็นเมล็ดพันธุ์ที่รวบรวมจากประเทศเวียดนาม โดยนำเมล็ดมาเพาะในกล่องเพาะเมล็ด ใช้วัสดุเพาะทรายละเอียด นำกล่องวางไว้ในตู้เพาะเมล็ดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เมื่อต้นกล้ามีอายุ 14 วันหลังเพาะเมล็ดหรือมีใบจริง 4-6 คู่ใบ ย้ายต้นกล้าลงปลูกในกระถางพลาสติกขนาด 20.32 เซนติเมตร ภายใต้สภาพโรงเรือนรดน้ำวันละ 1 ครั้ง เมื่อต้นกล้ามีอายุประมาณ 45 วันจึงย้ายลงถุงปลูกพลาสติกสีดำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 33.02 เซนติเมตร ใช้วัสดุปลูกผสม ดินร่วน : ปุ๋ยคอก : กาบมะพร้าวสับ ในอัตราส่วน 4 : 1 : 1 ระยะปลูก 50 เซนติเมตร ทำค้างสำหรับให้ต้นเลื้อย ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 เมื่อต้นมีอายุ 3 เดือนหลังย้ายปลูก ใส่ปุ๋ยสูตร 8-24-24 ในระยะที่ต้นสมบูรณ์ก่อนแทงช่อดอก รดน้ำวันละ 1 ครั้ง บันทึกลักษณะดอกของต้นเพศผู้และเพศเมียทั้ง 3 กลุ่มตัวอย่าง จำนวนวันตั้งแต่เพาะเมล็ดจนกระทั่งดอกแรกบาน ความยาวกลีบดอก ลักษณะกลีบเลี้ยง ความกว้างของรังไข่ในต้นเพศเมีย ช่วงระยะเวลาตั้งแต่ดอกตูมจนกระทั่งดอกบาน และคัดเลือกต้นเพศเมียที่แข็งแรงให้ผลผลิตสูงเพื่อใช้ในการทดลอง

ผลของการใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเทรตต่อการชักนำการสร้างเกสรเพศผู้ในดอกเพศเมีย

คัดเลือกต้นฟักข้าวจาก 3 กลุ่มตัวอย่างในต้นเพศเมียที่มีอายุประมาณ 6 เดือน ก่อนที่ต้นฟักข้าวเกิดดอก ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดยใช้พืชเป็นกรรมวิธี เตรียมสารละลายซิลเวอร์ไนเทรตความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับการชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเพศดอก ตามวิธีการของ Sanwal *et al*. (2011) พ่นสารละลายซิลเวอร์ไนเทรตที่ใบทั่วทั้งต้น ปริมาตร 125 มิลลิลิตรต่อต้น สัปดาห์ละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในกลุ่มตัวอย่างชุดควบคุมพ่นด้วยน้ำ reverse osmosis (RO) พ่นสารละลายในช่วงเวลา 17.30 น. หลังจากพ่นสารละลายซิลเวอร์ไนเทรต 1 สัปดาห์ เมื่อต้นฟักข้าวเริ่มสร้างตาดอกบันทึกลักษณะของดอกเพศเมียที่เปลี่ยนแปลงไปสร้างเกสรเพศผู้และลักษณะผิดปกติที่เกิดขึ้น อาการใบไหม้ ดอกอ่อนไหม้ กลีบดอกสั้น รังไข่บิดเบี้ยว วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลของการใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเทรตร่วมกับ NAA ต่อการพัฒนาของผล

คัดเลือกต้นเพศเมียที่ใช้ทดลอง 2 กลุ่มตัวอย่าง โดยใช้ต้นเพศเมียในกลุ่มตัวอย่างที่รวบรวมในประเทศไทยและลูกผสมระหว่างสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวและประเทศเวียดนาม ต้นอายุประมาณ 1 ปี ฉีดพ่นสารละลายในระยะก่อนเกิดดอกสารละลายซิลเวอร์ไนเทรตร่วมกับ NAA ประกอบด้วย 2 กรรมวิธี คือ กรรมวิธีที่ 1 พ่นสารละลายซิลเวอร์ไนเทรต ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร สลับกับ NAA ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ในแต่ละสัปดาห์ กรรมวิธีที่ 2 พ่นสารละลายซิลเวอร์ไนเทรต ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร สลับกับ NAA ความเข้มข้น 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยพ่นสารทั้งสองชนิดเว้นระยะ 3 วัน เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในช่วงเวลา 17.30 น. ใช้สารแต่ละอย่างปริมาตร 125 มิลลิลิตรต่อต้นต่อครั้ง พ่นให้กระจายไปที่บริเวณใบ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดยใช้สารละลายเป็นกรรมวิธี จำนวน 3 ซ้ำ หลังจากนั้นอีกหนึ่งสัปดาห์เมื่อ

ต้นฟักข้าวเริ่มสร้างตาดอกบันทึกลักษณะของดอกที่เปลี่ยนแปลงไปสร้างเกสรเพศผู้ เปอร์เซ็นต์การติดผล ลักษณะผล เมล็ด และเยื่อหุ้มเมล็ด วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้วิธี t-test

ผลการทดลองและวิจารณ์

ลักษณะของดอกฟักข้าว

ดอกฟักข้าวเป็นดอกไม่สมบูรณ์เพศ ดอกเป็นดอกเดี่ยวออกตามซอกใบ โดยดอกแยกเพศและแยกต้นแบบ dioecy ช่วงเวลาการออกดอกแรกของดอกเพศผู้ใช้เวลา 105.5-135.6 วันหลังเพาะเมล็ด ส่วนดอกเพศเมียมีช่วงการบานใช้เวลา 150.6-226.7 วันหลังเพาะเมล็ด (ตารางที่ 1)

ดอกเพศผู้มีกลีบเลี้ยง (sepal) หุ้มตั้งแต่ระยะดอกตูมจนกระทั่งดอกบาน เป็นเวลา 17.7-19.4 วัน (ตารางที่ 1 และภาพที่ 1A-C) กลีบดอกสีขาวแกมเหลือง บริเวณโคนกลีบดอกมีสีเข้มกว่าบริเวณปลาย กลีบดอกยาวประมาณ 5.5-6.5 เซนติเมตร จำนวน 5 กลีบ วงกลีบด้านในประกอบด้วย 3 กลีบ บริเวณโคนกลีบเป็นสีม่วงเข้มแกมดำ และวงกลีบด้านนอกอีก 2 กลีบ (ภาพที่ 2A) เกสรเพศผู้มี 3 พู โดยมีสองพูที่เป็นแฉกสมบูรณ์และอีกหนึ่งพู มีความยาวเป็นครึ่งหนึ่งของสองพูแรก ละอองเกสรเพศผู้มีขนาดเล็กกว่า 0.1 มิลลิเมตร มีสีส้ม สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า อยู่บริเวณแฉกส่วนปลายด้านข้างของก้านชูอับละอองเกสรและบริเวณอับละอองเกสรเพศผู้มีของเหลวเหนียวใส อยู่ในถุงขนาดเล็ก ล้อมรอบบริเวณอับละอองเกสร (ภาพที่ 2B)

ดอกเพศเมียมีทั้งที่มีและไม่มีกลีบใบเลี้ยงหุ้ม กลุ่มตัวอย่างจากประเทศไทยไม่มีกลีบใบเลี้ยงหุ้ม ส่วนกลุ่มตัวอย่างสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว และประเทศเวียดนามพบทั้งที่มีและไม่มีกลีบเลี้ยงหุ้ม การพัฒนาของดอกตั้งแต่ตาดอกจนกระทั่งดอกบานใกล้เคียงกับดอกเพศผู้ใช้เวลา 18.1-20.5 วัน (ตารางที่ 1 และภาพที่ 1D-F) ดอกเพศเมียมีขนาดเล็กกว่าดอกเพศผู้เมื่อเปรียบเทียบในกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน กลีบดอกมีสีขาวแกมเหลือง บริเวณโคนกลีบมีสีเข้มกว่าปลาย กลีบยาว 5.4-5.6 เซนติเมตร มีจำนวน 5 กลีบ วงกลีบด้านใน 3 กลีบ บริเวณโคนกลีบมีสีม่วงเข้มแกมดำเช่นเดียวกับดอกเพศผู้ วงกลีบด้านนอกมี 2 กลีบ (ภาพที่ 2C) เกสรเพศเมียมี 3 พู พูละ 2 แฉก โดยรวมกันเป็นก้อนอยู่บนก้านชูเกสรเพศเมีย มีสีเหลืองเหมือนกำมะหยี่ บริเวณโคนก้านชูเกสรเพศเมียมีก้านชูเกสรเพศผู้ที่พัฒนาไม่สมบูรณ์ ยาว 0.5 เซนติเมตร อยู่ล้อมรอบ มีฐานรองกลีบดอกสีเขียวหรือสีดำ รังไข่อยู่ใต้กลีบเลี้ยงในระยะดอกบานมีความยาว 1.8-2.3 เซนติเมตร จัดเป็นแบบ inferior และมีหนามขนาดเล็กสีเขียวล้อมรอบรังไข่ (ภาพที่ 2D)

ผลของสารละลายซิลเวอร์ไนเทรตต่อการชักนำการสร้างเกสรเพศผู้ในดอกเพศเมีย

หลังจากพ่นสารละลายซิลเวอร์ไนเทรต ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 4 ครั้ง ต้นฟักข้าว

Table 1. Characteristics of gac flowers differed between three sample groups in this study

Samples	Sex	Days to flowering after sowing	Length of petal (cm)	Sepal	Width of ovary (cm)	Days from unopened to blooming flower (days)
TH	male	105.5 ± 10.7	5.5 ± 0.5	have	-	17.8 ± 1.7
	female	152.1 ± 20.0	5.6 ± 0.5	not have	1.8 ± 0.2	18.1 ± 0.8
LAOS	male	106.9 ± 11.8	6.2 ± 0.8	have	-	17.7 ± 1.3
	female	150.6 ± 24.5	5.4 ± 0.5	have/not have	1.8 ± 0.2	18.5 ± 1.1
VT	male	135.6 ± 10.5	6.5 ± 0.5	have	-	19.4 ± 1.0
	female	226.7 ± 35.5	5.5 ± 0.5	have/not have	2.3 ± 0.2	20.5 ± 0.5

Remarks: TH: Thailand; LAOS: Lao People's Democratic Republic; VT: Socialist Republic of Vietnam; Mean ± standard deviation (SD)

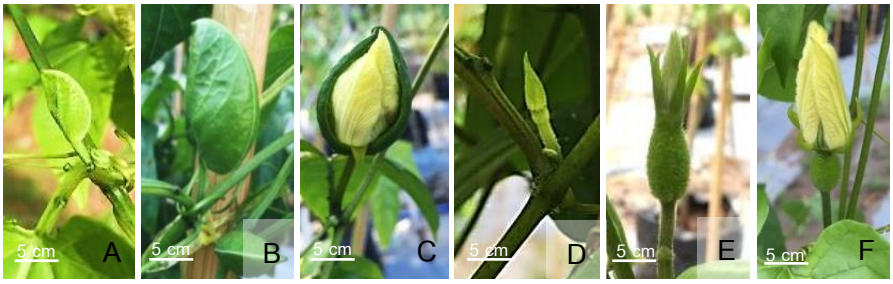

Figure 1. Development of male gac flower (A-C) and female gac flower (D-F) from unopened flower to the day before anthesis; unopened flower (A,D); 10 days (B,E) and the day before anthesis (C,F)

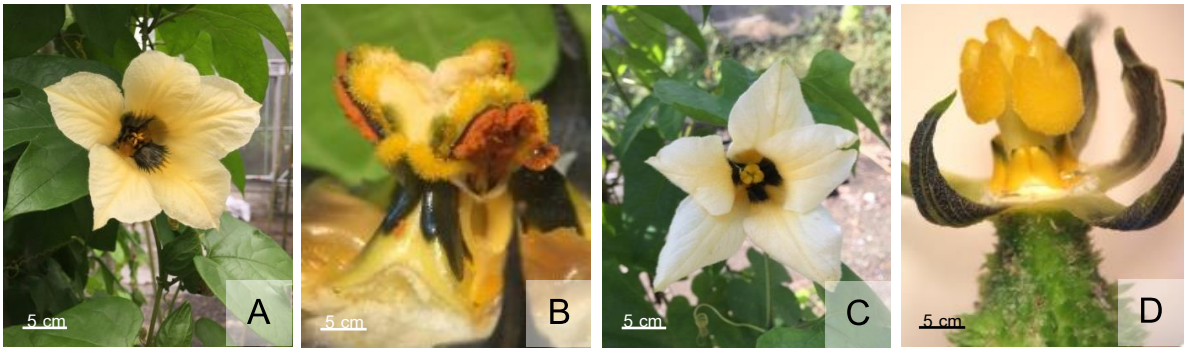

Figure 2. Male gac flower (A) and stamen (B); female gac flower (C) and pistil (D)

เพศเมียที่ไม่ได้รับสารละลายซิลเวอร์ไนเทรตไม่เกิดการพัฒนาเกสรเพศผู้ ส่วนดอกฟักข้าวเพศเมียที่เกิดจากต้นที่ได้รับสารละลายซิลเวอร์ไนเทรต ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ดอกตูมบางส่วนไม่สามารถเจริญเติบโตและแสดงอาการหลุดร่วง ส่วนดอกที่เจริญเติบโตต่อได้มีการพัฒนาเกสรเพศผู้เป็นดอกสมบูรณ์เพศ 59.9-68.9 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งดอกที่พัฒนาเป็นดอกสมบูรณ์เพศทั้งสามกลุ่มตัวอย่างมีจำนวนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2)

ดอกเพศเมียที่พัฒนาเป็นดอกสมบูรณ์เพศหลังได้รับสารละลายซิลเวอร์ไนเทรต บริเวณก้านชูอับละอองเกสรเพศผู้มีการพัฒนา 2 แบบ คือ ก้านชูอับละอองเกสรอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าและอยู่ในระดับเดียวกับเกสรเพศเมีย บริเวณก้านชูอับละอองเกสรมีการสร้างถุงของเหลวเหนียวใสเช่นเดียวกับในดอกเพศผู้ปกติแต่ภายในอับละอองเกสรไม่พบการสร้างละอองเกสรเพศผู้ทั้งสามกลุ่มตัวอย่าง (ภาพที่ 3)

สารละลายซิลเวอร์ไนเทรตมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเพศดอก มีการทำงานเหมือนกับจิบเบอเรลลินในการชักนำให้เกิดการสร้างเกสรเพศผู้ จากผลการทดลองแสดงการเปลี่ยนแปลงเพศดอกเกิดขึ้นในทุกกลุ่มตัวอย่างของต้นเพศเมียที่พ่นด้วยสารละลายซิลเวอร์ไนเทรตความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร จำนวน 4 ครั้ง อีกทั้งไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงในชุดควบคุมที่พ่นด้วยน้ำถึงแม้ว่าดอกเพศเมียมีอับละอองเกสรเกิดขึ้นแต่ไม่มีการสร้างละอองเกสรเพศผู้อยู่ภายใน ซึ่งการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าสารละลายซิลเวอร์ไนเทรตเพียงอย่างเดียวไม่สามารถชักนำให้เกิดการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ที่สมบูรณ์ได้ เช่นเดียวกับการทดลองของ Ghadge *et al*. (2014) ได้ใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเทรตเปลี่ยนเพศดอกตำลึง (*Coccinia grandis*) โดยพบว่าที่ความเข้มข้น 30 และ 35 มิลลิโมล สามารถชักนำการสร้างเกสรเพศผู้ แต่ในดอกสมบูรณ์เพศมีละอองเกสรที่สร้างขึ้นเป็นหมัน (sterile pollen) ซึ่งเกสรเพศผู้ที่มีชีวิตและสมบูรณ์พบเฉพาะในต้นเพศผู้เท่านั้น โดยปัจจัยที่ทำให้

Table 2. Percentage of hermaphrodite flowers developed from female plants treated with 0 and 500 mg/L $AgNO_3$ for 4 times

Sample	Percentage of hermaphrodite flowers (%)	
	0 (Control)	500 mg/L $AgNO_3$
TH	0	59.9
LAOS	0	68.9
VT	0	62.4
F-test	ns	ns

Remarks: TH: Thailand; LAOS: Lao People's Democratic Republic; VT: Socialist Republic of Vietnam; ns = not significantly

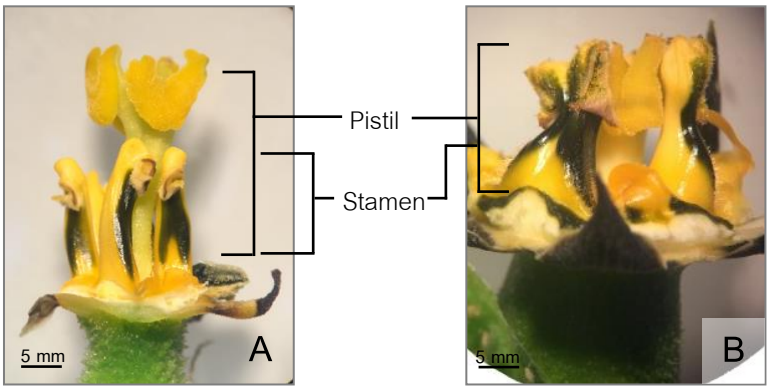

Figure 3. The stamen development of female flower treated with 500 mg/L $AgNO_3$ for 4 times. The stamens were lower than pistil (A) and some flowers showed the same level of stamen and pistil (B)

ไม่เป็นหมัน (male fertility) เกิดจากยีนบนโครโมโซม Y ซึ่งไม่พบโครโมโซม Y ในต้นเพศเมีย และต้นเพศเมียที่ชักนำให้เป็นดอกสมบูรณ์เพศ เป็นไปตามผลการศึกษาของ Yamasaki and Manabe (2011) ได้อธิบายเกี่ยวกับเอทิลีนภายในดอกแตงกวาว่าเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเซลล์ไปทำหน้าที่สร้างเซลล์สืบพันธุ์ในช่วงเริ่มต้น เมื่อมีการประยุกต์ใช้ aminoethoxyvinyl glycine (AVG) และสารละลายซิลเวอร์ไนเทรตกับแตงกวาสายพันธุ์ที่เป็นเพศเมีย พบว่า AVG ยับยั้งการสังเคราะห์เอทิลีนส่งผลให้เกิดการสร้างเกสรเพศผู้ในดอกเพศเมีย ในขณะที่สารละลายซิลเวอร์ไนเทรตทำให้เกิดการสร้างส่วนของเกสรเพศผู้ ซึ่งความยาวของก้านชูเกสรเพศผู้มีสัดส่วนไม่เท่ากับความยาวของเกสรเพศเมียและไม่มีการสร้างละอองเกสรเพศผู้เกิดขึ้น โดยเกิดจากการที่ซิลเวอร์ไนเทรตไปขัดขวางการทำงานของเอทิลีนภายในดอก จึงสอดคล้องกับผลการวิจัยครั้งนี้ในฟักข้าว

จากการพ่นสารละลายซิลเวอร์ไนเทรตความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 4 ครั้ง ทำให้เกิดลักษณะอาการใบไหม้สีน้ำตาล ดอกอ่อนไหม้ กลีบดอกสั้น รังไข่บิดเบี้ยว พบว่าทั้งสามกลุ่มตัวอย่างได้รับผลกระทบที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงของพืชและทำให้การเจริญเติบโตของต้นฟักข้าวชะงักไป ดอกและผลผิดปกติได้ ในกลุ่มตัวอย่างฟักข้าวที่รวบรวมในประเทศไทยเกิดผลกระทบหลังจากพ่นสารละลายซิลเวอร์ไนเทรตมากที่สุด รองลงมาคือกลุ่มตัวอย่างจากสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว และเวียดนาม ตามลำดับ ความแข็งแรงของต้นฟักข้าวมีส่วนเกี่ยวข้องกับผลกระทบที่เกิดขึ้นด้วย ในกลุ่มตัวอย่างฟักข้าวที่รวบรวมจากประเทศเวียดนามส่วนใหญ่ต้นมีลักษณะเถาใหญ่ ใบใหญ่ ดอกเพศเมียมีรังไข่ขนาดใหญ่กว่ากลุ่มตัวอย่างจากที่อื่น เมื่อถูกพ่นสารละลายซิลเวอร์ไนเทรต

ในปริมาณที่เท่ากัน มีส่วนใบ ลำต้น ยอด ยังพัฒนาและสังเคราะห์แสงต่อได้ จึงได้รับผลกระทบที่น้อยกว่า (ตารางที่ 3) ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ den Nijs and Visser (1979) พบว่าการพ่นสารละลายซิลเวอร์ไนเทรตที่มีความเข้มข้นมากกว่า 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้เกิดอาการใบเหลืองและเนื้อเยื่อเสียหายจากอาการ necrosis ทำให้การเจริญเติบโตหยุดชะงัก

ผลของการใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเทรตร่วมกับ NAA ต่อการพัฒนาผลฟักข้าว

ในการวิจัยนี้เลือกใช้ต้นเพศเมียในกลุ่มตัวอย่างของประเทศไทย (TH) และกลุ่มตัวอย่างฟักข้าวลูกผสมระหว่างสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวกับประเทศเวียดนาม (F_1LV) ที่ให้ผลผลิตจำนวนมาก หลังจากการพ่นสารละลายซิลเวอร์ไนเทรต ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 1,000 หรือ 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร จำนวน 4 ครั้ง พบว่าดอกฟักข้าวของทั้งสองกลุ่มตัวอย่าง มีการสร้างก้านชูและอับละอองเกสรเพศผู้ในดอกเพศเมีย และไม่พบการสร้างละอองเกสรเช่นเดียวกับดอกเพศเมียที่ได้รับสารละลายซิลเวอร์ไนเทรตเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้ NAA ทำให้เกิดการเพิ่มจำนวนเซลล์บริเวณรังไข่ของดอกเพศเมียที่ได้รับสาร รังไข่มีขนาดใหญ่ขึ้นเหมือนดอกที่ได้รับการผสมเกสร ซึ่งการพ่นสารละลายซิลเวอร์ไนเทรตร่วมกับ NAA ทั้งสองความเข้มข้น ทำให้การติดผลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4) เป็นไปตามผลการศึกษาในแตงกวาของ Qian *et al.* (2018) และในมะระของ Tolentino and Cadiz (2005) ที่พบว่า NAA ส่งผลให้เกิดผลแบบ parthenocarpy ในดอกเพศเมียที่ไม่ได้รับการผสมเกสร ผนังเซลล์ด้านนอกของรังไข่มีการขยายขนาด ผลที่ได้มีขนาดและลักษณะ ใกล้เคียงกับผลที่ได้รับการผสมเกสร แต่ผลแบบ parthenocarpy นั้นมีองค์ประกอบของสารสำคัญในผล เช่น ปริมาณน้ำตาล กรดฟีนอลิก วิตามินซี และสารกลุ่มอัลคาลอยด์ลดน้อยลง เมื่อผลฟักข้าวอายุ 7 สัปดาห์หลังพ่นสารครั้งสุดท้าย สีผิวของผลเริ่มเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีส้มอ่อนบริเวณขั้วผลที่ได้รับ NAA ทั้งสองความเข้มข้นแสดงอาการเน่า ทำให้ผลฟักข้าวร่วงก่อนถึงระยะการเก็บเกี่ยว เป็นผลจากการทำงานของ NAA ลดน้อยลง ซึ่งโดยปกติพืชจะสร้างออกซินได้เองจากบริเวณปลายยอดและระยะผลอ่อน เพื่อใช้ในการแบ่งเซลล์ของเนื้อเยื่อเจริญ การขยายขนาดของเซลล์ และป้องกันการหลุดร่วงของผล (พัชรียา, 2560) เมื่อเข้าสู่ระยะก่อนการเก็บเกี่ยวการทำงานของเอทิลีนเพิ่มมากขึ้น ส่งเสริมการพัฒนาการสุกแก่ของผล และกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์เซลลูเลส (cellulase) เพื่อย่อยเซลลูโลสที่ผนังเซลล์ ส่งผลให้ผนังเซลล์เกาะกันอย่างหลวม ๆ และเกิดรอยแยกหลุดร่วงได้ง่าย (พัชรียา, 2560) รวมถึงผลที่เกิดการพัฒนาขึ้นไม่ได้เกิดจากการปฏิสนธิ จึงทำให้มีการร่วงของผลที่ไม่สมบูรณ์ตามธรรมชาติ และพบบางผลที่พัฒนาจนถึงระยะเก็บเกี่ยว เมล็ดมีการพัฒนาไม่สมบูรณ์ มีเนื้อเยื่อสีน้ำตาลหุ้มส่วนของเมล็ด และไม่พบการสร้างส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดง (aril) ซึ่งเกิดจากเมื่อผลฟักข้าวถูกยับยั้งการทำงานของเอทิลีนโดยสารละลายซิลเวอร์ไนเทรตจึงไม่เกิดการสะสมสารกลุ่มแคโรทีนอยด์ในเยื่อหุ้มเมล็ด (Yuan *et al.*, 2015) จึงพบว่าสีของเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวเป็นสีน้ำตาลอ่อน

Table 3. Percentage of abnormal female flowers treated with 500 mg/L $AgNO_3$ for 4 times

Samples	Percentage of abnormal characteristics (%)			
	Necrosis leaves	Necrosis flowers	Short petal	Distorted ovary
TH	97.0 b	40.1 b	12.4 c	11.3 c
LAOS	92.0 ab	31.1 a	8.9 b	6.4 b
VT	85.0 a	37.6 b	0 a	0 a
F-test	*	*	*	*

Remarks : TH: Thailand; LAOS: Lao People's Democratic Republic; VT: Socialist Republic of Vietnam

: Values with different letters in columns are significantly different ($P \leq 0.05$)

Table 4. Percentage of fruit set after treated female plants with 500 mg/L $AgNO_3$ and 1,000, 2,000 mg/L NAA for 4 times

Treatment	Percentage of fruit set (%)	
	TH	F_1LV
$AgNO_3$ + 1,000 mg/L NAA	66.7	43.3
$AgNO_3$ + 2,000 mg/L NAA	63.3	56.7
t-test	ns	ns

Remarks: TH: Thailand; F_1LV: F_1 hybrid between LAOS and Vietnam group sample plants; ns = not significantly

สรุป

สารละลายซิลเวอร์ไนเทรตความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดการสร้างก้านชูและอับละอองเกสรเพศผู้ในดอกฟักข้าวเพศเมียทั้งสามกลุ่มตัวอย่าง แต่ไม่พบการสร้างละอองเกสรเพศผู้ให้ผลเช่นเดียวกับการพ่นสารละลายซิลเวอร์ไนเทรตความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 1,000 หรือ 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร รังไข่ที่พัฒนาจากต้นที่ได้รับสารละลายซิลเวอร์ไนเทรตร่วมกับ NAA มีการพัฒนาเป็นผลได้ แต่เมล็ดไม่สมบูรณ์และไม่มีการสร้างเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดง ผลส่วนใหญ่หลุดร่วงก่อนถึงระยะเก็บเกี่ยว

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนงานวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปี พ.ศ. 2559 และขอขอบคุณ คุณจำนอง โสมกุล จาก Tropical Vegetable Research Center (TVRC) ประเทศไทย ที่สนับสนุนเมล็ดพันธุ์ฟักข้าวในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรณ์กาญจน์ ภมรประวัติ. 2556. ฟักข้าว พืชพื้นบ้านมากคุณค่า. สำนักพิมพ์หมอชาวบ้าน, กรุงเทพฯ. 48 หน้า.

กานต์ดา บุญเถื่อน. 2556. ติดปีก 'ฟักข้าว' ด้วยวิทยาศาสตร์. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.bangkokbiznews.com/news/detail/537208 (3 มีนาคม 2561).

ปวันรัตน์ วิหงส์ พัชริน ส่งศรี พลัง สุริหาร คมศร ลมไธสง และ กมล เลิศรัตน์. 2557. ปริมาณสารไลโคปีนและเบต้าแคโรทีนในตัวอย่างฟักข้าวจากสายต้นต่าง ๆ. แก่นเกษตร 42(1)(พิเศษ): 166-171.

พัชริน ส่งศรี. 2555. ฟักข้าวพืชพื้นบ้านคุณค่าสูงเพื่อสุขภาพ. แก่นเกษตร 40(1): 1-6.

พัชรียา บุญกอแก้ว. 2560. สารควบคุมการเจริญเติบโตในพืชสวน. สหมิตรพริ้นติ้งแอนด์พับลิซซิ่ง จำกัด, กรุงเทพฯ. 230 หน้า.

เพ็ญศิริ คงสิทธิ์. 2560. ปริมาณฟักข้าวที่เหมาะสมในการทำน้ำสลัดชนิดข้น. วารสารเกษตร 33(1): 153-161.

วรรณภา เสนาดี. 2554. ฟักข้าว ซูเปอร์ฟรุ๊ต สุดยอดพืชพื้นบ้าน. วารสารเคหการเกษตร 35(4): 75-90.

สมพร ภูติยานันต์ ศิริพร โอโกโนกิ เกษร นันทจิต บงกชวรรณ สุตะพาหะ และ บรรยง คันธวะ. 2551. มาตรฐานทางเภสัชเวทฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย และเชื้อรา และการพัฒนาเภสัชภัณฑ์จากสารสกัดใบฟักข้าวรักษาโรคผิวหนัง. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.), กรุงเทพฯ. 219 หน้า.

Aoki, H., N.Y.M. Kieu, N. Kuze, K. Tomisaka and N.V. Chuyen. 2002. Carotenoid pigments in gac fruit (*Momordica cochinchinensis* Spreng). Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry 66(11): 2479-2482.

Behera, T.K., S. Mishra and A. Pal. 2011. Use of silver thiosulfate and gibberellic acid for induction of hermaphrodite flower in gynoecious lines of bitter gourd (*Momordica charantia* L.). Cucurbit Genetics Cooperative Report 33-34: 60-61.

den Nijs, A.P.M. and D.L. Visser. 1979. Silver compounds inducing male flowers in gynoecious cucumbers. Cucurbit Genetics Cooperative Report 2: 14-15.

Galun, E., S. Izhar and D. Atsmon. 1965. Determination of relative auxin content in hermaphrodite and andromonoecious *Cucumis sativus* L. Plant Physiology 40(2): 321-326.

Ghadge, A. G., K. Karmakar, R. S. Devani, J. Banerjee, B. Mohanasundaram, R. K. Sinha, S. Sinha and A. K. Banerjee. 2014. Flower development, pollen fertility and sex expression analyses of three sexual phenotypes of *Coccinia grandis*. BMC Plant Biology 14: 325, doi: 10.1186/s12870-014-0325-0.

Jadhav, B.P., M.B. Patil, S.Y. Patil, I.S. Halakude and J.C. Rajput. 2018. Development and maintenance of novel source of gynoecy in bitter gourd (*Momordica charantia* L.). International Journal of Current Research 10(1): 63802-63805.

Kim, I.S., H. Okubo and K. Fujieda. 1992. Endogenous levels of IAA in relation to parthenocarpy in cucumber (*Cucumis sativus* L.). Scientia Horticulturae 52(1-2): 1-8.

Kumar, V., G. Parvatam and G.A. Ravishankar. 2009. $AgNO_3$-a potential regulator of ethylene activity and plant growth modulator. Electronic Journal of Biotechnology 12(2), doi: 10.2225/vol12-issue2-fulltext-1.

Li, X.X., F. Kobayashi, H. Ikeura and Y. Hayata. 2011. Chlorophenoxyacetic acid and chloropyridylphenylurea accelerate translocation of photoassimilates to parthenocarpic and seeded fruits of muskmelon (*Cucumis melo*). Journal of Plant Physiology 168(9): 920-926.

Qian, C., N. Ren, J. Wang, Q. Xu, X. Chen and X. Qi. 2018. Effects of exogenous application of CPPU, NAA and GA_{4+7} on parthenocarpy and fruit quality in cucumber (*Cucumis sativus* L.). Food Chemistry 243: 410-413.

Sanwal, S.K., M. Kozak, S. Kumar, B. Singh and B.C. Deka. 2011. Yield improvement through female homosexual hybrids and sex genetics of sweet gourd (*Momordica cochinchinensis* Spreng.). Acta Physiologiae Plantarum 33(5): 1991-1996.

Thomas, T.D. 2004. *In vitro* modification of sex expression in mulberry (*Morus alba*) by ethrel and silver nitrate. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 77(3): 277-281.

Tolentino, M.F. and N.M. Cadiz. 2005. Effects of naphthaleneacetic acid (NAA) and gibberellic acid (GA_3) on fruit morphology, parthenocarpy, alkaloid content and chlorophyll content in bittergourd (*Momordica charantia* L. 'Makiling'). The Philippine Agricultural Scientist 88(1): 35-39.

Trebitsh, T., J. Rudich and J. Riov. 1987. Auxin, biosynthesis of ethylene and sex expression in cucumber (*Cucumis sativus*). Plant Growth Regulation 5(2): 105-113.

Vuong, L.T., A.A. Franke, L.J. Custer and S.P. Murphy. 2006. *Momordica cochinchinensis* Spreng. (gac) fruit carotenoids reevaluated.

Journal of Food Composition and Analysis 19(6-7): 664-668.

Yamasaki, S. and K. Manabe. 2011. Application of silver nitrate induces functional bisexual flowers in gynoecious cucumber plants (*Cucumis sativus* L.). Journal of the Japanese Society for Horticultural Science 80(1): 66-75.

Yuan, H., J. Zhang, D. Nageswaran and L. Li. 2015. Carotenoid metabolism and regulation in horticultural crops. Horticulture Research 2: 15036, doi: 10.1038/hortres.2015.36.

Zhang, J., J. Shi, G. Ji, H. Zhang, G. Gong, S. Guo, Y. Ren, J. Fan, S. Tian and Y. Xu. 2017. Modulation of sex expression in four forms of watermelon by gibberellin, ethephon and silver nitrate. Horticultural Plant Journal 3(3): 91-100.

ความหลากหลายอัลลีลของยีน *BADH2* และโมเลกุลไมโครแซทเทลไลท์ในข้าวหอมพื้นเมืองที่สูง

Diversity of *BADH2* Alleles and Microsatellite Molecules in Highland Fragrant Rice Landraces

ภัคจิรา จันทร์อินทร์[1] ศันสนีย์ จำจด[1, 2] นริศ ยิ้มแย้ม[3] และ ต่อนภา ผุสดี[1, 2*]

Phukjira Chan-in[1], Sansanee Jamjod[1, 2], Narit Yimyam[3] and Tonapha Pusadee[1, 2*]

[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]ศูนย์วิจัยข้าวล้านนา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

[2]Lanna Rice Research Center, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

[3]ภาควิชาเกษตรที่สูงและทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

[3]Department of Highland Agriculture and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

**Corresponding author: Email: tonapha.p@cmu.ac.th*

(Received: 10 April 2018; Accepted: 16 July 2018)

Abstract: Fragrance is one of the most highly valued grain quality traits in rice. The fragrant rice is fetching very high price in the world market and the consumers demand is increasing over the world. Highland rice landraces has unique characteristics, containing high level of genetic diversity and some populations are fragrant rice. Therefore, the purposes of this study were to evaluate the genetic diversity and fragrant allelic variation of highland fragrant rice landraces in northern Thailand. Genetic diversity were assessed by using 12 microsatellite loci. Sensory test for aroma and headspace - gas chromatography (HS-GC) for 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) in grain were evaluated. Re-sequencing at exon 7 of *BADH2* was performed. The result showed that Buer Ner Moo contained low level of genetic diversity illustrated by heterozygosity (h = 0.012) and average gene diversity (H_S= 0.015) in spite of high level of genetic differentiation (F_{ST} = 0.941). Probably, it is the consequence from farmer's selection and preferences, as well as the genetic drift from the genetic bottleneck which was the consequence of farmers' seed conserving for next season and adaptation to the specific local environment. There was *BADH2* allelic variation found among the nine Buer Ner Moo populations, while BNM4 had the highest 2AP concentration (2.96 ppm) and illustrated the *badh2-E7* deletion on *BADH2* gene similar to KDML105 and PTT1, the popular fragrant rice in Thailand. The present results suggested that "Buer Ner Moo" rice landraces could be potentially introduced as genetic resources for fragrant rice breeding program by pure-line selection method or improved variety. The genetic analysis of rice landraces could also be used as a decision-making tool in the selection for conservation strategies.

Keywords: Fragrant rice, highland local rice, 2-acetyl-1-pyrroline, *BADH2* gene

บทคัดย่อ: ความหอมเป็นหนึ่งในลักษณะคุณภาพเมล็ดที่ทำให้ข้าวหอมมีมูลค่าสูง ในตลาดโลก เนื่องจากมีกลิ่นหอมที่เป็นเอกลักษณ์ ในขณะที่ความต้องการบริโภคข้าวหอมก็เพิ่มสูงขึ้นทั่วโลก ข้าวพันธุ์พื้นเมืองมีลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นเอกลักษณ์ มีความหลากหลายทางพันธุกรรมสูง และพบว่าบางประชากรข้าวพื้นเมืองเป็นข้าวที่มีกลิ่นหอม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมและอัลลีลของยีนที่ควบคุมลักษณะความหอมในข้าวหอมพื้นเมืองที่สูงทางภาคเหนือของประเทศไทย โดยประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมด้วยเครื่องหมายโมเลกุล microsatellite จำนวน 12 ตำแหน่ง และประเมินความหอมในเมล็ดข้าวด้วยวิธีการเบื้องต้นโดยการดมและประเมินปริมาณสาร 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) ด้วยวิธี headspace - gas chromatography (HS-GC) รวมทั้งศึกษาอัลลีลบริเวณเอกซอน 7 ของยีน *BADH2* จากการศึกษาพบว่าข้าวพันธุ์ บือเนอมู มีค่าความหลากหลายภายในประชากรต่ำ (H_S = 0.015) แต่มีค่าความแตกต่างระหว่างประชากรสูง (F_{ST} = 0.941) ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการคัดเลือกในลักษณะความหอมและรูปร่างเมล็ดของเกษตรกร รวมถึงการเปลี่ยนแปลงความถี่ของอัลลีล (genetic drift) จากกระบวนการ genetic bottleneck ซึ่งเป็นผลมาจากการเก็บเมล็ดพันธุ์ของเกษตรกรสำหรับปลูกในปีถัดไป และการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมท้องถิ่น ความหลากหลายของ *BADH2* อัลลีลในกลุ่มประชากรข้าวบือเนอมูทั้ง 9 โดยประชากร ข้าวบือเนอมู 4 มีปริมาณ 2AP สูงที่สุด (2.96 ppm) และมีการขาดหายไปของยีน *BADH2* แบบ *badh2-E7* ที่คล้ายคลึงกับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และปทุมธานี 1 ที่เป็นพันธุ์ข้าวหอมยอดนิยมของประเทศไทย ซึ่งผลที่ได้ชี้ให้เห็นว่าข้าวพื้นเมืองพันธุ์บือเนอมูสามารถใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมเพื่อพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์ข้าวหอมได้ โดยการปรับปรุงพันธุ์ให้เป็นสายพันธุ์บริสุทธิ์หรือพัฒนาให้เป็นพันธุ์สมัยใหม่ นอกจากนี้การประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมข้าวพันธุ์พื้นเมืองยังสามารถใช้เป็นตัวตัดสินใจในการเลือกแนวทางในการอนุรักษ์พันธุ์ข้าว

คำสำคัญ: ข้าวหอม ข้าวพื้นเมืองที่สูง 2-acetyl-1-pyrroline ยีน *BADH2*

คำนำ

ข้าวที่มีกลิ่นหอมเป็นกลุ่มข้าวที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน เนื่องจากข้าวหอมเป็นข้าวที่มีคุณภาพในการบริโภค มีความนุ่ม มีกลิ่นหอม ทำให้ได้รับความนิยมและเกิดความต้องการในการบริโภคข้าวหอมที่เพิ่มมากขึ้น (รัตนา และคณะ, 2559) จึงเกิดการขยายตัวของตลาดข้าวหอม แต่มีความสามารถในการผลิตได้ต่ำ เนื่องจากมีความสามารถในการปรับตัวต่อสภาพแวดล้อม การทนโรคและแมลงต่ำ อีกทั้งยังพบว่าข้าวหอมบางสายพันธุ์สามารถเพาะปลูกได้เพียงฤดูเดียว แต่ในกลุ่มข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่มีลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นเอกลักษณ์ มีความสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมท้องถิ่นได้ดี มีความหลากหลายทางพันธุกรรมสูงทั้งภายในประชากรและระหว่างประชากร และยังพบว่าบางกลุ่มของประชากรข้าวพื้นเมืองเป็นกลุ่มข้าวที่มีกลิ่นหอมอีกด้วย ดังนั้นข้าวพันธุ์พื้นเมืองจึงสามารถนำมาใช้เป็นฐานพันธุกรรมในการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ได้ หรือนำไปพัฒนาให้เป็นสายพันธุ์ข้าวที่บริสุทธิ์ได้ในอนาคต

สำหรับลักษณะความหอมในข้าวถือเป็นลักษณะพิเศษที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ที่มีผลต่อการบริโภคและเป็นตัวกำหนดราคาข้าว ทั้งในตลาดภายในประเทศและต่างประเทศ (Sakthivel *et al*., 2009) และยังทำให้ข้าวหอมมีมูลค่าสูงกว่าข้าวทั่วไป โดยลักษณะของกลิ่นหอมในข้าวเกิดจากการผสมผสานของสารหอมระเหยหลายชนิด แต่กลิ่นหอมหลักที่พบในข้าวหอมเกิดจากสาร 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) ที่มีกลิ่นคล้ายข้าวโพดคั่วหรือกลิ่นใบเตย (Buttery *et al*., 1982) ซึ่งจากการศึกษาลักษณะความหอมพบว่า ลักษณะความหอมถูกควบคุมด้วยยีนด้อย ที่ตำแหน่ง *fgr* บนโครโมโซมคู่ที่ 8 (Ahn *et al*., 1992) เช่นเดียวกันกับการศึกษาของ Bradbury *et al*. (2005) ที่พบลักษณะการเกิดการขาดหายไปของ 8 นิวคลีโอไทด์และการเกิด single nucleotide polymorphism (SNPs) 3 ตำแหน่งบนเอกซอน 7 นอกจากนี้ Amarawathi *et al*. (2008) ยังพบการเกิดการ

ขาดหายไปแบบไม่ต่อเนื่องของ 5+3 นิวคลีโอไทด์ และเกิด SNP 1 ตำแหน่งบนเอกซอน 7 ของยีน *badh2* รวมถึงการเกิดการเพิ่มขึ้นของนิวคลีโอไทด์จำนวน 7 นิวคลีโอไทด์ บนเอกซอน 8 เป็นต้น ต่อมาพบว่าลักษณะความหอมถูกควบคุมด้วยยีน *badh2* บนโครโมโซมคู่ที่ 8 และยีน *badh1* บนโครโมโซมคู่ที่ 4 ตามลำดับ (Bradbury *et al.*, 2005; Chen *et al.*, 2008; Shao *et al.*, 2011) โดยการเกิดการกลายพันธุ์บนยีน *badh2* จะนำไปสู่กระบวนการการสะสมสาร 2AP ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัลลีลของยีนที่ควบคุมลักษณะความหอม (*BADH2*) ในข้าวหอมพื้นเมืองและประเมินความหลากหลายของข้าวหอมพื้นเมืองที่สูงทางภาคเหนือของประเทศไทย เพื่อนำข้าวหอมพื้นเมืองมาใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมในด้านการปรับปรุงพันธุ์ข้าวและสามารถนำไปพัฒนาให้เป็นสายพันธุ์ข้าวหอมที่บริสุทธิ์ได้ในอนาคต เพื่อสร้างเอกลักษณ์และสามารถพัฒนาให้เป็นสินค้าสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ต่อไปได้ นอกจากนั้นยังเป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อการพัฒนาพันธุ์ข้าวหอมชนิดอื่น ๆ เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาดและผู้บริโภคที่เพิ่มมากขึ้นได้

อุปกรณ์และวิธีการ

พันธุกรรม

งานวิจัยนี้ใช้ข้าวหอมพันธุ์พื้นเมืองที่สูง พันธุ์บือเนอมู จำนวน 3 ชื่อพันธุ์ จากเกษตรกร 9 ราย ได้แก่ พันธุ์บือเนอมู (BNM1-6) บือเนอมูโพปริ๊ (BNM7-8) และบือเนอมูพะโด่ (BNM9) ในพื้นที่ทางภาคเหนือของประเทศไทย และใช้พันธุ์เปรียบเทียบจำนวน 5 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ข้าวบือเนอมู มช. (BNM-CMU) เจ้าเปลือกดำ (JPD) ขาวดอกมะลิ 105 (KDML105) ปทุมธานี 1 (PTT1) และสันป่าตอง 1 (SPT1) ในการศึกษานี้จะแบ่งเมล็ดพันธุ์ข้าวออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนแรกนำไปประเมินความหอมและส่วนที่สองนำไปปลูกเพื่อศึกษาในระดับโมเลกุล

การประเมินความหอม (2AP: 2-acetyl-1-pyrroline)

ประเมินความหอมขั้นต้นด้วยวิธีการดมกลิ่นโดยอาสาสมัคร โดยนำเมล็ดข้าวที่แกะเปลือกหุ้มเมล็ดออก จำนวน 1 กรัม ใส่ในหลอดทดลองขนาด 15 มิลลิลิตร เติมสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 1.7% ปริมาณ 10 มิลลิลิตร ปิดหลอดทดลอง และแช่เมล็ดทิ้งไว้นาน 10 นาที (ดัดแปลงจากวิธีของ งามชื่น, 2547) จากนั้นนำมาทดสอบด้วยการดมกลิ่นโดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 10 คน ดมกลิ่นหอมของข้าวทีละตัวอย่าง โดยทิ้งช่วงห่าง 10 วินาที บันทึกข้อมูลที่ได้จากผู้ทดสอบ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนความหอม (aroma score) ดังนี้ คะแนน 2 มีกลิ่นหอมขึ้นจมูกหรือมีกลิ่นหอมคล้ายกลิ่นใบเตย คะแนน 1 มีความหอมน้อยกว่าระดับคะแนน 2 หรือมีกลิ่นหอมอ่อน ๆ และคะแนน 0 ไม่มีกลิ่นหอม หลังจากการประเมินความหอมในขั้นต้นด้วยการดม (sensory test) นำเมล็ดข้าวกล้องจำนวน 10 กรัม วิเคราะห์หาปริมาณสาร 2AP ด้วยวิธี headspace - gas chromatography (HS-GC) (Wongpornchai *et al.*, 2004) ณ ห้องปฏิบัติการเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

การสกัดดีเอ็นเอ และปฏิกิริยาพีซีอาร์

เพาะเมล็ดข้าวทั้ง 14 พันธุ์ในแก้วพลาสติก และย้ายลงปลูกในกระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร กระถางละ 5 ต้น ที่โรงเรือนทดลอง สาขาวิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เมื่อต้นข้าวอายุครบ 1 เดือน เก็บตัวอย่างใบข้าว แบบแยกต้น บดตัวอย่างใบข้าวให้ละเอียดโดยใช้ไนโตรเจนเหลวก่อนสกัดดีเอ็นเอด้วยวิธี CTAB ที่ดัดแปลงจากวิธีของ Doyle and Doyle (1987) และเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอในหลอดทดลองด้วยปฏิกิริยาพีซีอาร์ (polymerase chain reaction: PCR) ปริมาตร 10 ไมโครลิตร ประกอบด้วย ดีเอ็นเอต้นแบบ (DNA template) ที่มีความเข้มข้น 50 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร ปริมาตร 1 ไมโครลิตร, 10X buffer ปริมาตร 1 ไมโครลิตร, 25 มิลลิโมลของ $MgCl_2$ ปริมาตร 0.5 ไมโครลิตร, 25 มิลลิโมลของ dNTP ปริมาตร 0.08 ไมโครลิตร, Forward และ Reverse primer (100 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร) อย่างละ ปริมาตร 0.1 ไมโครลิตร, 5 ยูนิตต่อไมโครลิตรของ *taq*-DNA polymerase (Thermo Scientific) ปริมาตร 0.05 ไมโครลิตร และน้ำกลั่นบริสุทธิ์ (ddH_2O) ปริมาตร 8.0 ไมโครลิตร

การศึกษาลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีนความหอม (*badh2*)

ศึกษาลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีนความหอมบริเวณเอกซอน 7 ในตัวอย่างข้าวทั้ง 14 ประชากร ได้แก่ พันธุ์ BNM1-9, BNM-CMU, JPD และใช้ข้าวหอมพันธุ์ KDML105, PTT1 และ SPT1 ที่เป็นพันธุ์ไม่หอม เป็นพันธุ์มาตรฐานเปรียบเทียบ (positive และ negative control ตามลำดับ) เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอโดยใช้ไพร์เมอร์ที่มีความจำเพาะเจาะจงกับยีนความหอม (*Badh2/badh2*) (ตารางที่ 1) โดยเริ่มปฏิกิริยาพีซีอาร์ในขั้นตอน denaturation ที่อุณหภูมิ 94 องศาเซลเซียส 2 นาที ตามด้วย 40 รอบของ 94 องศาเซลเซียส 45 วินาที, 50 องศาเซลเซียส 45 วินาที และ 72 องศาเซลเซียส 1 นาที และขั้นตอน final extension ที่ 72 องศาเซลเซียส 5 นาที ตรวจสอบผลิตภัณฑ์ด้วยการแยกขนาดของแถบดีเอ็นเอ (band) โดยใช้เทคนิค 1.5% agarose gel electrophoresis จากนั้นตรวจสอบขนาดของแถบดีเอ็นเอจากการย้อมสี MaestroSafe™ Nucleic Acid Stains (MAESTROGEN, Taiwan) ภายใต้เครื่อง BLooK LED transilluminator (GeneDireX) ก่อนการส่งผลิตภัณฑ์พีซีอาร์เพื่อนำไปวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ที่บริษัท Macrogen ประเทศเกาหลี และนำผลข้อมูลลำดับ นิวคลีโอไทด์ที่ได้มาเปรียบเทียบความเหมือนกับข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน *Badh2/badh2* ในข้าวที่มีรายงานไว้ในฐานข้อมูล GenBank ได้แก่ ข้าวพันธุ์ SuYuNuo เป็นพันธุ์ข้าวหอม และพันธุ์ Nanjing11 เป็นพันธุ์ข้าวไม่หอม (accession numbers EU7703020 และ EU710319.1 ตามลำดับ) ของ national center for biotechnology information (NCBI), USA ด้วยโปรแกรม BLAST (https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi) และโปรแกรม MEGA7 (Kumar *et al*., 2016) จากนั้นวิเคราะห์ความสัมพันธ์ haplotype network เริ่มจากการสร้างข้อมูล haplotype ด้วยโปรแกรม DnaSP version 5.10.1 (Librado and Rozas, 2009) และตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่าง haplotype โดยใช้วิธีการ median joining (MJ) haplotype network โดยใช้โปรแกรม Network 5.0 (Bandelt *et al*., 1999)

ประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมข้าวหอมพันธุ์พื้นเมือง

สร้างลายพิมพ์ดีเอ็นเอของข้าว 13 ประชากร ได้แก่ พันธุ์พื้นเมือง 9 ประชากร (BNM1-9) และพันธุ์เปรียบเทียบ 4 ประชากร (BNM-CMU, JPD, KDML105 และ PTT1) ด้วยเทคนิค microsatellite marker จำนวน 12 ตำแหน่ง (ตารางที่ 2) (www.gramene.org) โดยเริ่มปฏิกิริยาพีซีอาร์ในขั้นตอน denaturation ที่อุณหภูมิ 94 องศาเซลเซียส 2 นาที ตามด้วย 40 รอบของ 94 องศาเซลเซียส 30 วินาที, 50-55 องศาเซลเซียส 30 วินาทีและ 72 องศาเซลเซียส 30 วินาที และขั้นตอน final extension ที่ 72 องศาเซลเซียส 5 นาที แยกขนาดของแถบดีเอ็นเอ (band) โดยใช้เทคนิค 10% polyacrylamide gel electrophoresis ตรวจสอบการเกิดลายพิมพ์ดีเอ็นเอจากการย้อมสี MaestroSafe™ Nucleic Acid Stains (MAESTROGEN, Taiwan) ภายใต้เครื่อง BLooK LED transilluminator (GeneDireX) แล้วบันทึกภาพด้วยกล้องดิจิตอล วิเคราะห์แยกชนิดย่อยของข้าว (subspecies type) โดยใช้ organelle markers จำนวน 3 ตำแหน่ง

Table 1. A list of pairs used for sequencing *badh2/Badh2* alleles on exon 7

Primer	Sequence (5'-3')	Size of PCR (bp)	Reference
Badh2P5	F: CCTCCGTGTTAATGCAGCTC	1026	Shao *et al.* (2011)
	R: CATAGCAAGTGGCATGTACC		
Badh2P6	F: GGTTGGTCTTCCTTCAGGTG	926	
	R: GTCCTTCCTAACTGCCTTCC		
FM*badh2-E7*	F: GGTTGCATTTACTGG	260/268 bp	Shi *et al.* (2008)
	R: CAGTGAAACAGGCTG	(*badh2-E7/Badh2*)	

F: Forward primer, R: Reverse primer

Table 2. Sequences of microsatellite markers used in the study

Primer	Chr.	Sequence (5'-3')	Repeat motify	Tm. (ºC)	Expected size (bp)
RM84	1	F: TAAGGGTCCACAAGAGT R: TTGCAAATGCAGCTAGAGTAC	(TCT)10	55	113
RM318	2	F: GTACGGAAAACATGGTAGGAAG R: TCGAGGGAAGGATCTGGTC	(GT)15	55	134-154
RM251	3	F: GAATGGCAATGGCGCTAG R: ATGAGGTTCAAGATTCGATC	(CT)29	55	95-154
RM241	4	F: GAGCCAAATAAGATCGCTGA R: TGAAAGCAGCAGATTTAGTG	(CT)31	55	100-160
RM122	5	F: GAGTCGATGTAATGTCATCAGTGC R: GAAGGAGGTATCGCTTTGTTGGAC	(GA)7A(GA)2A(GA)11	55	227
RM584	6	F: AGAAAGTGGATCAGGAAGGC R: GATCCTGCAGGTAACCACAC	(CT)14	55	169
RM11	7	F: TCTCCTCTTCCCCCGATC R: ATAGCGGGCGAGGCTTAG	(GA)17	55	140
RM477	8	F: TCTCGCGGTATAGTTTGTGC R: ACCACTACCAGCCTCTG	(AATT)5	55	218-227
RM316	9	F: CTAGTTGGGCATACGATGGC R: ACGCTTATATGTTACGTCAAC	(GT)8-(TG)9(TTTG)4(TG)4	55	152-251
RM258	10	F: TGCTGTATGTAGCTCGCACC R: TGGCCTTTAAAGCTGTAGC	(GA)21(GGA)3	55	148
RM167	11	F: GATCCAGCCTGAGGAACACGT R: AGTCCGACCACAAGGTGCGTTGTC	(GA)16	55	128
RM247	12	F: TAGTGCCGATCGATGTAACG R: CATATGGTTTTGACAAAGCG	(CT)16	55	119-173

F: Forward primer, R: Reverse primer

ตามวิธีการของ Okoshi *et al.* (2015) วิเคราะห์ข้อมูลความหลากหลายทางพันธุกรรม โดยวิเคราะห์โครงสร้างประชากรโดยใช้โปรแกรม STRUCTURE 2.3.4 (Pritchard *et al.*, 2000), ความแปรปรวนทางพันธุกรรม (AMOVA) และจัดกลุ่มความสัมพันธ์ด้วยวิธี principle coordinate analysis (PCA) โดยใช้โปรแกรม GenAlEx version 6.1 (Peakall and Smouse, 2006) และคำนวณค่าระยะห่างระหว่างพันธุกรรม (genetic distance) (Nei, 1973) ด้วยโปรแกรม FSTAT version 2.9.3 (Goudet, 2001)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ความหอม

จากการประเมินปริมาณ 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) พบว่าข้าวทั้ง 13 ประชากร ยกเว้นพันธุ์ SPT1 มีระดับความหอมที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยข้าวพันธุ์ KDML105 มีปริมาณของ 2AP สูงที่สุด รองลงมาได้แก่ BNM-CMU, BNM4 และ PTT1 ตามลำดับ โดยมีปริมาณ 2AP อยู่ในช่วง

4.48-2.14 ppm ในขณะที่ประชากรอื่น ๆ มีปริมาณของ 2AP ในเมล็ดต่ำ อยู่ในช่วง 0.46 - 2.07 ppm ซึ่งสอดคล้องกับการประเมินความหอมเบื้องต้นด้วยการดม (sensory test) (ตารางที่ 3) ที่พบว่าพันธุ์ KDML105 มีความหอมมาก

Table 3. The nucleotide substitution and in/del positions of *badh2*, concentration of 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) by HS-CG technique and sensory test in 9 highland fragrant rice landraces and 4 cultivars rice

Population	Nucleotide position								Concentration of 2AP (ppm)		Sensory test[##]
	3684	4169	4171	4173-4180	4181	4500	4652	4747			
SuYuNuo**	insertion G	T	T	8 deletion	T	G	C	T	-	-	-
KDML105	insertion G	T	T	8 deletion	T	G	C	T	4.48	a	Strong aromatic
BNM_CMU	insertion G	T	T	8 deletion	T	G	C	T	3.28	b	Moderately aromatic
BNM4	insertion G	T	T	8 deletion	T	G	C	T	2.96	c	Moderately aromatic
PTT1	insertion G	T	T	8 deletion	T	G	C	T	2.14	d	Moderately aromatic
BNM1	-	A	A	No deletion	C	A	G	C	2.07	de	Moderately aromatic
BNM8	-	A	A	No deletion	C	A	G	C	1.95	ef	Moderately aromatic
BNM5	-	A	A	No deletion	C	A	G	C	1.84	fg	Moderately aromatic
BNM3	-	A	A	No deletion	C	A	G	C	1.74	g	Non aromatic
BNM2	-	A	A	No deletion	C	A	G	C	1.57	h	Non aromatic
BNM7	-	A	A	No deletion	C	A	G	C	1.57	h	Moderately aromatic
BNM9	-	A	A	No deletion	C	A	G	C	1.43	i	Moderately aromatic
BNM6	-	A	A	No deletion	C	A	G	C	1.43	i	Moderately aromatic
JPD	insertion G	A	A	No deletion	C	G	C	T	0.46	j	Non aromatic
SPT1	-	A	A	No deletion	C	A	G	C	ND	-	Non aromatic
Nanjing11**	-	A	A	No deletion	C	A	G	C	-	-	-
F-test									*		
$LSD_{0.05}$									0.13		
CV (%)									3.63		

[#] Concentration of 2AP (ppm) by using headspace - gas chromatography (HS-GC) method (Wongpornchai *et al.*, 2004), [##] Sensory test from 10 testers, * Significant at 5% level, * * Check varieties from NCBI accession numbers EU770320 and EU710319. 1 respectively, *ND* not determined

ลำดับนิวคลีโอไทด์ยีน *Badh2* และความสัมพันธ์ haplotype network

จากการใช้ไพร์เมอร์ที่ออกแบบให้จำเพาะเจาะจงกับยีน *Badh2* ที่มีการขาดหายไปบริเวณเอกซอน 7 (FM*badh2-E7*) ที่จะให้ผลิตภัณฑ์พีซีอาร์ขนาด 260 คู่เบส สำหรับอัลลีลชนิดที่มีการขาดหายไป 8 คู่เบส ที่บริเวณเอกซอน 7 (*badh2*-E7) และ 268 คู่เบส สำหรับอัลลีลชนิดที่ไม่มีการขาดหายไป (*Badh2*) พบว่าข้าวพันธุ์ BNM4, BNM-CMU, PTT1 และ KDML105 มีการขาดหายไปแบบ *badh2-E7* ที่เป็นตำแหน่งเดียวกันกับพันธุ์เปรียบเทียบ SuYuNuo ที่ได้จาก NCBI (accession numbers EU770320) (ตารางที่ 3)

เมื่อนำลำดับนิวคลีโอไทด์ของบริเวณเอกซอน 7 ที่ได้จากการทำพีซีอาร์ข้างต้นมาหาความสัมพันธ์ด้วย haplotype network (ภาพที่ 1) พบว่า สามารถแบ่งข้าวทั้ง 14 ประชากร ได้เป็น 3 ชนิด โดย haplotype ที่ 1 ประกอบด้วยประชากร BNM1, BNM2, BNM3, BNM5, BNM6, BNM7, BNM8, BNM9 และ SPT1 โดยจัดเป็นข้าวกลุ่มไม่หอมที่ไม่พบลักษณะการขาดหายไปแบบ *badh2*-E7 haplotype ที่ 2 ประกอบด้วยกลุ่มข้าวหอมที่มีการขาดหายไปแบบ *badh2*-E7 ได้แก่ ประชากร BNM4, BNM-CMU, KDML105 และ PTT1 และ haplotype ที่ 3 คือ ประชากร JPD โดยจะพบว่าประชากร JPD มีลักษณะการเกิด SNPs ที่ตำแหน่งอื่น ๆ คล้ายคลึงกับกลุ่มข้าวที่มียีนความหอม (haplotype ที่ 2) แต่ไม่พบลักษณะการขาดหายไปแบบ *badh2*-E7

ความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าวหอมพื้นเมือง

เมื่อนำดีเอ็นเอของข้าว 13 ประชากร ได้แก่ พันธุ์พื้นเมือง 9 ประชากร (BNM1-9) และพันธุ์เปรียบเทียบ 4 ประชากร (BNM-CMU, JPD, KDML105 และ PTT1) มาวิเคราะห์แยกชนิด (species type) โดยใช้ organelle markers จำนวน 3 ตำแหน่ง พบว่าข้าวทุกพันธุ์มี species type เป็นชนิด *indica* ทั้งหมด และเมื่อประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมด้วยเทคนิคเครื่องหมายโมเลกุล microsatellite จำนวน 12 ตำแหน่ง พบว่าข้าวหอมพื้นเมืองมีค่าความหลากหลายทางพันธุกรรม (h = 0.012) และค่าเฉลี่ยความหลากหลายภายในประชากร (H_S= 0.015) ต่ำ แต่มีค่าความแตกต่างระหว่างประชากรสูง (F_{ST} = 0.941) (ตารางที่ 4) เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนทางโมเลกุล (AMOVA) ภายในประชากรและระหว่างประชากรของข้าวหอมพันธุ์พื้นเมืองที่แบ่งกลุ่มตามชื่อเรียกของเกษตรกร พบว่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นเกิดจากความ

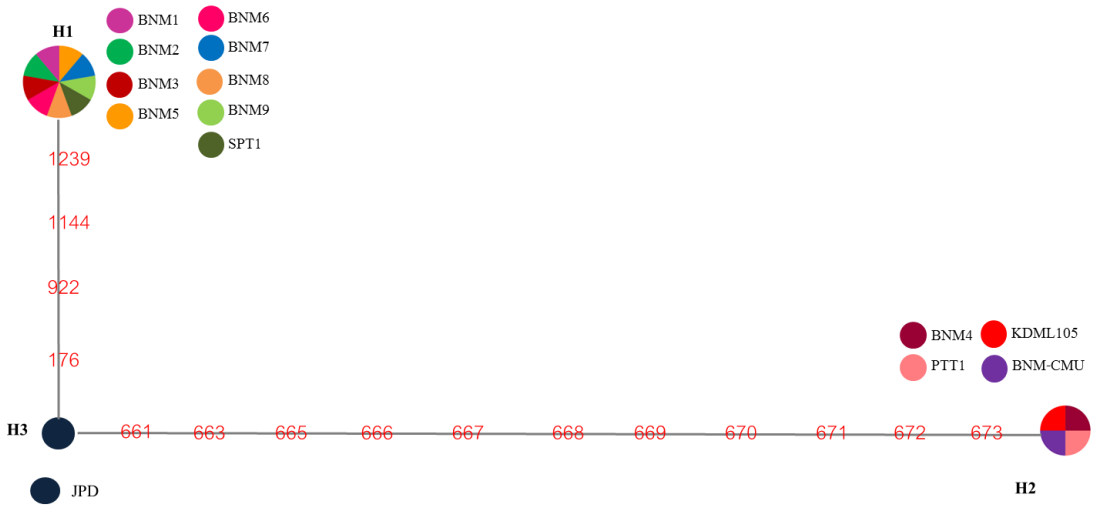

Figure 1. The haplotype network of *BADH2* gene. Letters next to circle correspond to the haplotype name. The number on the lines indicates the position of nucleotide substitution polymorphisms. The color in the circle corresponds to the rice accessions. The size of each circle is proportional to the number of individuals possessing that haplotype

Table 4. Genetic diversity of 9 highland fragrant rice landraces (BNM1-BNM9) and 4 cultivars rice (BNM-CMU, JPD, KDML105 and PTT1) based on 12 microsatellite markers and species type based on 3 organelle markers

Varieties	Population	N	n	H_e	H_S	H_T	F_{ST}	Species type*
Buer Ner Moo	BNM1	1	5	0				*indica*
	BNM2	1	5	0				*indica*
	BNM3	1	5	0				*indica*
	BNM4	1	5	0				*indica*
	BNM5	1	5	0.027				*indica*
	BNM6	1	5	0.027				*indica*
	Total (BNM1-BNM6)	6	30	0.009	0.011	0.169	0.934	
Buer Ner Moo Po Phi	BNM7	1	5	0.027				*indica*
Buer Ner Moo Pha Do	BNM8	1	5	0				*indica*
Buer Ner Moo Pha Do	BNM9	1	5	0.027				*indica*
	Total (BNM7-BNM9)	3	15	0.018	0.022	0.152	0.854	
Total Local varieties		9	45	0.012	0.015	0.251	0.941	
Improved varieties (BNM-CMU and JPD)		2	10	0.11	0.138	0.244	0.436	*indica*
Commercial varieties (KDML105 and PTT1)		2	10	0	0	0.315	1	*indica*
All check varieties		4	20	0.055	0.069	0.33	0.791	
Overall		13	65	0.025	0.031	0.36	0.919	

Number of accessions (N), number of individual (n), gene diversity (H_e), average gene diversity (H_s), total gene diversity (H_t), and genetic differentiation among subpopulations (F_{ST}) , *according to Okoshi *et al.* (2015)

แตกต่างระหว่างพันธุ์ 42% และเกิดจากความแตกต่างระหว่างประชากร 54% และเกิดจากความแตกต่างระหว่างต้นเพียงแค่ 4% (ตารางที่ 5)

ความหลากหลายภายในประชากรที่ต่ำ แต่ความแตกต่างระหว่างประชากรที่สูง ที่พบในข้าวหอมพื้นเมืองที่สูงของข้าว “พันธุ์บือเนอมู” ในการศึกษาครั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการคัดเลือกในลักษณะความหอม และความชอบในลักษณะอื่น ๆ เช่น ลักษณะรูปร่างเมล็ดที่แตกต่างกันของเกษตรกรแต่ละราย รวมถึงความเกี่ยวข้องของพันธุ์ข้าวกับวัฒนธรรมในกลุ่มชาติพันธุ์ (Tu *et al.*, 2007) และการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมในท้องถิ่น (local adaptation) (Pusadee *et al.,* 2009) โดยผ่านการคัดเลือกโดยธรรมชาติ (สภาพภูมิอากาศ โรคและแมลง) ผสมผสานกับการคัดเลือกของเกษตรกร (farmers' selection) ที่อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมโดยการคัดเลือกเฉพาะ phenotype ที่ต้องการ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของอัลลีล (genetic drift) เนื่องจากกระบวนการ genetic bottleneck ที่ทำให้ความแปรปรวนภายในประชากรลดน้อยลง เพิ่มความแตกต่างระหว่างประชากร (Hufbauer and Roderick, 2005) และเพิ่มการเข้าสู่ homogeneity ของข้าวพันธุ์พื้นเมืองเนื่องจากการปลูกและคัดเลือกเก็บบาง genotype เพื่อเพาะปลูกในฤดูกาลต่อ ๆ ไป

โครงสร้างประชากร

เมื่อวิเคราะห์โครงสร้างทางพันธุกรรม โดยใช้โปรแกรม STRUCTURE พบว่ากลุ่ม (K = the number of distinct genetic groups) ที่ได้จากการประมาณ ad hoc statistic ΔK ได้แก่ K = 2 และ K=3 โดยที่ K=2 สามารถแบ่งกลุ่มตัวอย่างข้าวทั้ง 13 ประชากรได้เป็น 2 กลุ่ม

Table 5. Analysis of molecular variance (AMOVA) results for 45 individuals of 9 highland fragrant rice landraces populations which divided by the name of species collected from the farmer

Source	*df*	SS	MS	Variance component	% of the total variance
Among varieties	1	47.40	47.40	0.89	42
Among populations	7	81.53	11.65	1.15	54
Among individuals	36	6.40	0.18	0.09	4
Total	89	135.33		2.13	100

โดยกลุ่มแรกประกอบด้วย ประชากร BNM4, BNM-CMU,KDML105, และ PTT1 ซึ่งพบว่าสอดคล้องกลุ่มของข้าวที่มีปริมาณ 2AP สูง (สีเทาอ่อน) และกลุ่มที่สองประกอบด้วย ประชากร BNM1, BNM2, BNM3, BNM5, BNM6, BNM7, BNM8, BNM 9, และ JPD ซึ่งสอดคล้องกับกลุ่มข้าวที่มีปริมาณ 2AP ต่ำ (สีเทาเข้ม) แต่อย่างไรก็ตามพบว่าประชากร BNM-CMU และ JPD ยังคงมีความแปรปรวนทางพันธุกรรมของทั้งสองลักษณะ (admixture) (ภาพที่ 2a)

ส่วนที่ K=3 แบ่งกลุ่มตัวอย่างข้าวทั้ง 13 ประชากรได้เป็น 3 กลุ่ม โดยกลุ่มแรกเป็นกลุ่มประชากรข้าวพื้นเมืองที่มีชื่อพันธุ์บือเนอมู ได้แก่ BNM1-BNM6 (สีดำ) ส่วนกลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มประชากรข้าวที่มีชื่อพันธุ์บือเนอมูโพปริ๊ ได้แก่ BNM7 และ BNM8, บือเนอมูพะโด่ ได้แก่ BNM9 และเจ้าเปลือกดำ (JPD) (สีเทาอ่อน) และกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มที่ประกอบด้วยประชากร BNM-CMU KDML105 และ PTT1 (สีเทาเข้ม) ซึ่ง BNM-CMU มีความแปรปรวนทางพันธุกรรมของทั้งสองลักษณะ (admixture) เนื่องจากเป็นประชากรที่ได้จากการผสมระหว่างพันธุ์ BNM และ PTT1 (ภาพที่ 2b)

การจัดกลุ่มทางพันธุกรรม (principle component analysis)

จัดกลุ่มความคล้ายกันทางพันธุกรรม (principle component analysis, PCA) ของตัวอย่างข้าวที่ศึกษาโดยเปรียบเทียบภายในกลุ่มตัวอย่างข้าวทั้งหมด 13 ประชากร (ภาพที่ 3) สามารถอธิบายความแปรปรวนทางพันธุกรรมที่เกิดขึ้นได้ 56.28% แบ่งกลุ่มข้าวทั้งหมดได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ตามแกน Coor. 1 โดยทางซ้ายของกราฟประกอบด้วยประชากรข้าวที่มีปริมาณ 2AP สูง จัดให้อยู่ในกลุ่มของข้าวที่มีกลิ่นหอม (สีเทาอ่อน) ประกอบด้วย BNM4, BNM-CMU, KDML105 และ PTT1 ส่วนประชากรข้าวที่อยู่ทางขวามือของกราฟประกอบด้วยข้าวที่มีปริมาณ 2AP ต่ำ จัดให้อยู่ในกลุ่มของข้าวไม่หอม (สีเทาเข้ม) ประกอบด้วย BNM1-3, BNM5-9 และ JPD แต่เมื่อพิจารณา Coor.2 ประกอบ พบว่าสามารถแยกข้าวออกเพิ่มได้เป็น 3 กลุ่ม โดยข้าวที่อยู่ทางขวาบนของกราฟได้แก่ประชากรข้าวบือเนอมู (BNM 1-6) ส่วนประชากรขวาล่าง ได้แก่ประชากรข้าวบือเนอมูโพปริ๊ (BNM7 และ BNM8), บือเนอมูพะโด่ (BNM9) และเจ้าเปลือกดำ (JPD) และประชากรทางด้านซ้ายของกราฟ ได้แก่ประชากรข้าวบือเนอมู มช. (BNM-CMU), ขาวดอกมะลิ 105 (KDML105) และปทุมธานี 1 (PTT1)

ข้าวหอมพันธุ์พื้นเมืองที่ศึกษาครั้งนี้มีโครงสร้างประชากรตามความหอมและชื่อพันธุ์ที่เกษตรเรียกต่างกัน เนื่องจากเกษตรกรในแต่ละท้องถิ่นจะมีการเรียกชื่อพันธุ์ข้าวแต่ละพันธุ์แตกต่างกัน ตามลักษณะภายนอกที่ตนเองคัดเลือก เช่น ตามลักษณะรูปร่างเมล็ด หรือสีของเมล็ด ซึ่งข้าวบือเนอมูที่ศึกษาครั้งนี้เป็นข้าวของกลุ่มชาติพันธุ์ปกาเกอะญอซึ่งคำว่า โพปริ๊ แปลว่า เมล็ดเล็ก และคำว่า พะโด่ แปลว่า เมล็ดใหญ่ จะเห็นได้ว่า เป็นคำขยายที่ใช้เรียกลักษณะของเมล็ด แสดงให้เห็นถึงการคัดเลือกของเกษตรกรที่ชอบรูปร่างของเมล็ดข้าวที่แตกต่างกัน รวมถึงแม้ในบางครั้งจะเป็นข้าวชนิดเดียวกันหรือมีชื่อพันธุ์ข้าวที่เหมือนกันแต่อาจจะเป็นคนละพันธุ์กัน ซึ่งชื่อเรียกอาจจะเรียกตามพื้นที่ที่อาศัย หรือเรียกตามลักษณะที่ปรากฏให้เห็น (ฉวีวรรณ, 2543) ผลที่ได้มีความคล้ายคลึงกับงานศึกษาของ Ootsuka *et al*. (2014) ที่ศึกษาความ

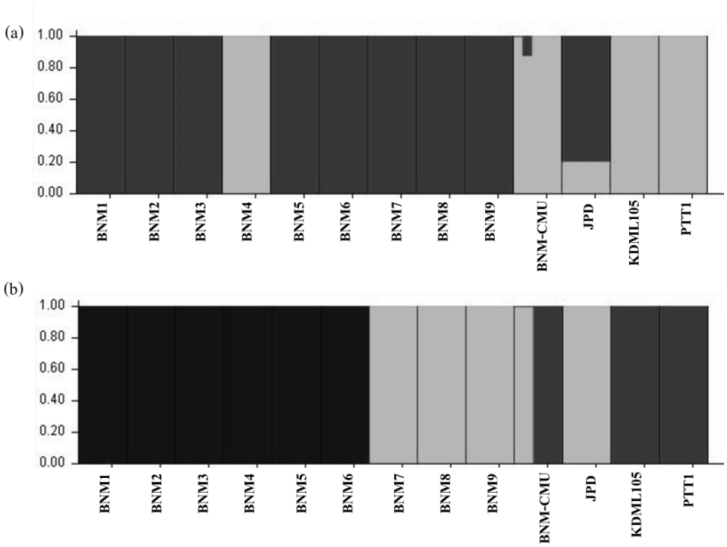

Figure 2. Population assignment using STUCTURE analysis of 9 highland fragrant rice landraces populations and 4 cultivars rice with K=2 (a) and K=3 (b) clusters. Each bar representing each population consists of 5 individuals

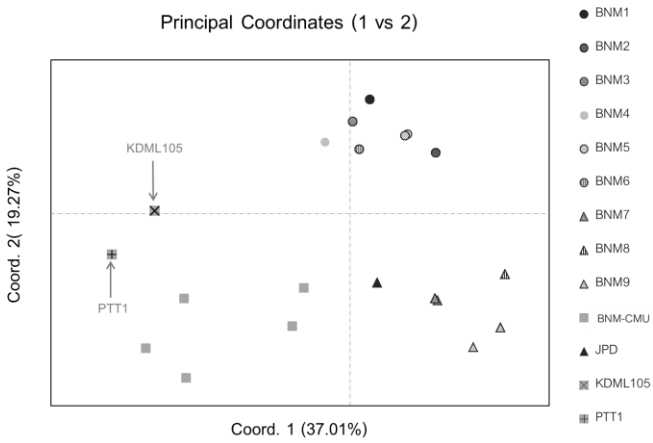

Figure 3. Principle Component Analysis (PCA) of 9 highland fragrant rice landraces population and 4 cultivars rice based on 12 microsatellite markers. Different symbols of highland fragrant rice landraces represent different group which divided by the name of species collected from the farmer and different colors of highland fragrant rice landraces samples represent different fragrance group

หลากหลายทางพันธุกรรมของข้าวหอมพันธุ์พื้นเมืองญี่ปุ่นและการมีอัลลีลใหม่ที่เกี่ยวข้องกับยีนความหอมในภาคเหนือของประเทศญี่ปุ่น โดยทดสอบในกลุ่มข้าวหอมที่เป็นพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์สมัยใหม่ จำนวน 82 พันธุ์ เมื่อจัดกลุ่มความคล้ายกันทางพันธุกรรม (principle component analysis, PCA) ซึ่งสามารถแบ่งข้าวได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ข้าวญี่ปุ่นพันธุ์พื้นเมืองไม่หอมและพันธุ์ปรับปรุงสมัยใหม่, ข้าวหอมพื้นเมืองญี่ปุ่น และข้าวหอมพันธุ์ต่าง ๆ จากหลาย ๆ แหล่งที่มา และยังสามารถแบ่งกลุ่มข้าวหอมพื้นเมืองญี่ปุ่นออกจากข้าวพันธุ์

พื้นเมืองไม่หอมได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ยังพบว่าภายในประชากรข้าวหอมพันธุ์พื้นเมืองจำนวน 5 สายพันธุ์ เป็นพันธุ์ข้าวพื้นเมืองไม่หอม ซึ่งมีชื่อเรียกเดียวกันกับพันธุ์ที่หอม แสดงให้เห็นว่าถึงแม้จะมีชื่อพันธุ์เดียวกันแต่ก็มีลักษณะของความหอมและยีนความหอมที่แตกต่างกัน

สรุป

จากการศึกษาในระดับโมเลกุลของประชากรข้าวบือเนอมูทั้ง 9 ประชากร พบว่าข้าวพันธุ์บือเนอมู มีค่าความหลากหลายภายในประชากรต่ำ แต่มีค่าความแตกต่างระหว่างประชากรสูง และสามารถแบ่งข้าวได้เป็น 2 กลุ่มตามลักษณะอัลลีลของยีนความหอม และยังพบว่าข้าวพันธุ์ บือเนอมู 4 (BNM4) มีปริมาณสารความหอม 2AP สูง (2.96 ppm) ใกล้เคียงกับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และยีน *Badh2* บริเวณเอกซอน 7 มีอัลลีลแบบ *badh2-E7* ที่คล้ายคลึงกับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และปทุมธานี 1 ที่เป็นพันธุ์ข้าวหอมที่นิยมปลูกในประเทศไทย สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมสำหรับการปรับปรุงพันธุ์ข้าวหอม โดยการปรับปรุงพันธุ์ให้เป็นสายพันธุ์บริสุทธิ์หรือพัฒนาเป็นพันธุ์สมัยใหม่ เพื่อสร้างเอกลักษณ์และสามารถพัฒนาให้เป็นสินค้าเฉพาะถิ่นหรือสินค้าที่มีเอกลักษณ์ที่มีสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ต่อไปได้ นอกจากนี้การประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมข้าวพันธุ์พื้นเมืองยังสามารถใช้เป็นตัวตัดสินใจในการเลือกแนวทางในการอนุรักษ์พันธุ์ข้าวได้ไม่ว่าจะเป็นการอนุรักษ์ในถิ่นที่อยู่ (*in situ*) หรือการอนุรักษ์นอกถิ่นที่อยู่อาศัย (*ex situ*)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณงบประมาณในการวิจัย จากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (TRG5780091) สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง

งามชื่น คงเสรี. 2547. คุณภาพข้าวและการตรวจสอบข้าวหอมมะลิไทย. เอกสารวิชาการ. กรมวิชาการเกษตร และ สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ. 124 หน้า.

ฉวีวรรณ วุฒิญาโณ. 2543. ข้าวพื้นเมืองไทย. เอกสารวิชาการ. ศูนย์ปฏิบัติการและเก็บเมล็ดเชื้อพันธุ์ข้าวแห่งชาติ สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 215 หน้า.

รัตนา ม่วงรัตน์ จารุวรรณ จินดากุล และ วรณัฐ อินปันบุตร. 2559. การสกัดร่วมกับการกักเก็บสารหอม 2-Acetyl-1-Pyrroline จากใบเตยด้วยแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการเกิดเจลาติไนเซชันภายใต้สภาวะหม้อนึ่งอัดไอเพื่อใช้เคลือบข้าวขาวพิจิตร. วารสารเกษตร 33(2): 299-310

Ahn, S.N., C.N. Bollich and S.D. Tanksley. 1992. RFLP tagging of a gene for aroma in rice. Theoretical and Applied Genetics 84(7-8): 825-828.

Amarawathi, Y., R. Singh, A.K. Singh, V.P. Singh, T. Mohapatra, T.R. Sharma and N.K. Singh. 2008. Mapping of quantitative trait loci for basmati quality traits in rice (*Oryza sativa* L.). Molecular Breeding: New Strategies in Plant Improvement 21(1): 49-65.

Bandelt, H.J., P. Forster and A. Rohl. 1999. Median-joining networks for inferring intraspecific phylogenies. Molecular Biology and Evolution 16: 37-48.

Bradbury, L.M.T., R.J. Henry, Q. Jin, R.F. Reinke and D.L.E. Waters. 2005. A perfect marker for fragrance genotyping in rice. Molecular Breeding 16(4): 279-283.

Buttery, R.G., L.C. Ling and B.O. Juliano. 1982. 2-acetyl-1-pyrroline: An important aroma component of cooked rice. Chemistry and Industry 12: 958-959.

Chen, S., Y. Yang, W. Shi, Q. Ji, F. He, Z. Zhan and M. Xu. 2008. *Badh2*, encoding betaine aldehyde dehydrogenase, inhibits the biosynthesis of 2-acetyl-1-pyrroline, a major component in rice fragrance. Plant Cell 20(7): 1850-1861.

Doyle, J. J. and J. L. Doyle. 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. Focus 12: 13-15.

Goudet, J. 2001. FSTAT version 2. 9. 3. A program to estimate and test gene diversities and fixation indices. (Online). Available: https://www2.unil.ch/popgen/softwares/fstat.htm (October 11, 2016).

Hufbauer, R. A. and G. K. Roderick. 2005. Microevolution in biological control: mechanisms, patterns, and processes. Biological Control 35(3): 227-239.

Kumar, S., G. Stecher and K. Tamura. 2016. MEGA7: Molecular evolutionary genetics analysis version 7.0 for bigger datasets. Molecular Biology and Evolution 33: 1870-1874.

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

Nei, M. 1973. Analysis of gene diversity in subdivided populations. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 70: 3321-3323.

Okoshi, M., K. Matsuno, K. Okuno, M. Ogawa, T. Itani and T. Fujimura. 2015. Genetic diversity in Japanese aromatic rice (*Oryza sativa* L.) as revealed by nuclear and organelle DNA markers. Genetic Resources and Crop Evolution 63(2): 199-208.

Ootsuka, K., I. Takahashi, K. Tanaka, T. Itani, H. Tabuchi, T. Yoshihashi and R. Ishikawa. 2014. Genetic polymorphisms in Japanese fragrant landraces and novel fragrant allele domesticated in northern Japan. Breeding Science 64(2): 115-124.

Peakall, R. and P.E. Smouse. 2006. GENALEX 6: genetic analysis in excel. Population genetic software for teaching and research. Molecular Ecology 6: 288-295.

Pritchard, J.K., M. Stephens and P. Donnelly. 2000. Inference of population structure using multilocus genotype data. Genetics 155: 945-959.

Pusadee, T., S. Jamjod, Y. C. Chiang, B. Rerkasem and B. A. Schaal. 2009. Genetic structure and isolation by distance in a landrace of Thai rice. Proceedings of the National Academy of Sciences 106(33): 13880-13885.

Sakthivel, K., R.M. Sundaram, N.S. Rani, S.M. Balachandran and C.N. Neeraja. 2009. Genetic and molecular basis of fragrance in rice. Biotechnology Advances 27(4): 468-473.

Shao, G.N., A. Tang, S.Q. Tang, J. Luo, G.A. Jiao, J. L. Wu and P.S. Hu. 2011. A new deletion mutation of fragrant gene and the development of three molecular markers for fragrance in rice. Plant Breeding 130(2): 172-176.

Shi, W., Y. Yang, S. Chen and M. Xu. 2008. Discovery of a new fragrance allele and the development of functional markers for the breeding of fragrant rice varieties. Molecular Breeding 22(2): 185-192.

Tu, M., B.R. Lu, Y. Zhu and Y. Wang. 2007. Abundant within-varietal genetic diversity in rice germplasm from Yunnan province of

China revealed by SSR fingerprints. Biochemical Genetics 45(11-12): 789-801.

Wongpornchai, S., K. Dumri, S. Jongkaewwattana and B. Siri. 2004. Effects of drying methods and storage time on the aroma and milling quality of rice (*Oryza sativa* L.) cv. Khao Dawk Mali 105. Food Chemistry 87: 407-414.

ประสิทธิภาพและการตกค้างของสารโบรมาซิลและไดยูรอนสำหรับการควบคุมวัชพืชในแปลงปลูกสับปะรด

Efficacy and Residues of Bromacil and Diuron for Weed Control in Pineapple Fields

ณัฏฐยา เรือนแป้น[1] กรรณิการ์ สัจจาพันธ์[2] และ ทศพล พรพรหม[1*]

Nathaya Ruanpan[1], Kannika Sajjaphan[2] and Tosapon Pornprom[1*]

[1]ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

[1]Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand

[2]ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

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

**Corresponding author: Email: agrtpp@ku.ac.th*

(Received: 13 February 2018; Accepted: 7 May 2018)

Abstract: The widespread use of bromacil and diuron in pineapple fields raises the possibility of residue accumulation following repeated applications. This can impact health, food and environmental safety. Therefore, the objectives of this study were to evaluate the effect of herbicide following repeated applications on pineapple fields and determine the herbicide residues in soil by UPLC-MS/MS. Field experiments were conducted from November 2015 to August 2016 in Chon Buri. The experiment was a RCBD with four replications. The treatments were 1) weed check, 2) hand weeding, 3) bromacil 2,000 + diuron 2,000 g a.i./ ha, and 4) bromacil 5,000 + diuron 2,500 g a.i./ ha. Herbicide applied at 0, 90 and 180 DAP. Evaluation the effect of herbicide for weed control following repeated applications on pineapple fields. With the application of bromacil 2,000 + diuron 2,000 g a.i./ ha was sufficient to provide satisfactory full-season control of several weed species, caused no visible crop injury and had no effect on plant growth but effect on final yield. Bromacil 5,000 + diuron 2,500 g a.i./ ha caused visible crop injury after herbicide applications. The visual injury seen in pineapple after herbicide application was chlorosis and transient and had no effect on plant growth but effect on final yield. In addition, determination of herbicide residues were showed low levels of bromacil and diuron in soil at 90 DAA. The application of bromacil 5,000 + diuron 2,500 g a.i./ ha caused the highest herbicide residues in soil. Bromacil residues were higher than of diuron residues in soil. In the dry season, herbicide residues was showed accumulation in soil. In the rainy season, herbicide residues was not accumulation in soil. The results indicated that after 3 times of application, bromacil 2,000 + diuron 2,000 g a.i./ ha was the optimal dosage for weed control. Herbicide residues were present in soil which are not above the maximum permissible concentration as restricted by the Pollution Control Department.

Keywords: Uracil, phenylurea, herbicide residues, environmental safety

บทคัดย่อ: การใช้โบรมาซิลและไดยูรอนอย่างแพร่หลายในแปลงสับปะรด อาจเกิดการตกค้างสะสมตามปริมาณการใช้สารซ้ำ ๆ ในพื้นที่เดิม ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ ความปลอดภัยทางด้านอาหารและสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชในการควบคุมวัชพืช เมื่อมีการใช้สารซ้ำ ๆ มากถึง 3 ครั้ง ในหนึ่งรอบฤดูปลูกสับปะรด และตรวจหาสารกำจัดวัชพืชตกค้างในดิน โดยใช้ UPLC-MS/MS ดำเนินการทดลองในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2558 - สิงหาคม 2559 วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์จำนวน 4 ซ้ำ 4 กรรมวิธี ประกอบด้วย 1) ไม่ควบคุมวัชพืช 2) ควบคุมวัชพืชด้วยการถอนมือ 3) ควบคุมวัชพืชด้วยโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 2,000 + 2,000 g a.i./ha 4) ควบคุมวัชพืชด้วยโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 5,000 + 2,500 g a.i./ha พ่นสารกำจัดวัชพืชที่ 0, 90 และ 180 วันหลังจากปลูก พบว่า การใช้โบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 2,000 + 2,000 g a.i./ha มีประสิทธิภาพควบคุมวัชพืชได้หลายชนิดตลอดฤดูปลูก ไม่พบความเป็นพิษและไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสับปะรด แต่มีผลกระทบต่อผลผลิต ในขณะที่การใช้โบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 5,000 + 2,500 g a.i./ha พบว่า มีความเป็นพิษต่อสับปะรด ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต แต่มีผลกระทบต่อผลผลิต การตรวจหาสารกำจัดวัชพืชตกค้างในดิน พบว่า มีสารโบรมาซิลและไดยูรอนตกค้างในดิน ที่ 90 วันหลังจากได้รับสาร สารโบรมาซิลจะตกค้างในดินสูงกว่าไดยูรอน การใช้โบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 5,000 + 2,500 g a.i./ha มีปริมาณสารกำจัดวัชพืชตกค้างในดินสูงที่สุด ในฤดูแล้งพบปริมาณสารกำจัดวัชพืชตกค้างสะสมในดินมากขึ้น ในฤดูฝนไม่พบการสะสมของสารกำจัดวัชพืชในดิน ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า หลังการใช้สารกำจัดวัชพืชติดต่อกัน 3 ครั้ง การใช้โบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 2,000 + 2,000 g a.i./ha เป็นอัตราที่เหมาะสมสำหรับควบคุมวัชพืชในแปลงสับปะรด พบการตกค้างของสารกำจัดวัชพืชในดินแต่ไม่เกินกว่าค่ามาตรฐานที่กรมควบคุมมลพิษกำหนด

คำสำคัญ: ยูราซิล ฟีนิลยูเรีย สารกำจัดวัชพืชตกค้าง ความปลอดภัยทางด้านสิ่งแวดล้อม

คำนำ

สับปะรด (*Ananas comosus* (L.) Merr.) เป็นพืชสำคัญทางเศรษฐกิจปลูกทั่วทุกภาคของประเทศไทย นิยมปลูกกันมากในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ระยอง พิษณุโลก ราชบุรี เพชรบุรี กาญจนบุรี ชลบุรี อุทัยธานี เชียงราย และลำปาง ในปี พ.ศ. 2559 มีพื้นที่ปลูก 473,871 ไร่ ได้ผลผลิต 1,843,126 ตัน ผลผลิตต่อไร่ 3,990 กิโลกรัม โดยร้อยละ 80 นำไปใช้เป็นวัตถุดิบในโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูป มีมูลค่าส่งออกผลิตภัณฑ์แปรรูป ปีละประมาณ 20,000 ล้านบาท ซึ่งประเทศไทยเป็นผู้นำการผลิตและการส่งออกสับปะรดที่สำคัญของโลก โดยมีส่วนแบ่งการตลาดโลก ประมาณร้อยละ 45 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) สับปะรดมีอายุการเก็บเกี่ยวที่ยาวนาน (18-20 เดือน) จึงทำให้มีช่วงเวลาที่วัชพืชจะเข้ามาทำความเสียหายได้เป็นระยะเวลานาน ระยะเวลาวิกฤตที่สับปะรดไม่ต้องการให้มีวัชพืชขึ้นแข่งขันจะอยู่ในช่วง 1-6 เดือนหลังจากปลูก หากไม่มีการป้องกันกำจัดวัชพืชหรือการกำจัดวัชพืชไม่มีประสิทธิภาพ จะทำให้การเจริญเติบโตของสับปะรดลดลง 19.8 เปอร์เซ็นต์ สับปะรดสูญเสียผลผลิตประมาณ 40-50 เปอร์เซ็นต์ (เกลียวพันธ์ และคณะ, 2545) วัชพืชจึงเป็นปัญหาศัตรูพืชทางการเกษตรที่สำคัญในการผลิตสับปะรด

ในปัจจุบันนี้ เกษตรกรนิยมใช้สารกำจัดวัชพืชมากกว่าใช้แรงงานคนเพราะประหยัดและรวดเร็ว สารกำจัดวัชพืชที่เกษตรกรนิยมนำมาใช้ควบคุมวัชพืชในแปลงสับปะรด คือ การใช้สารไดยูรอน อัตรา 360-448 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ สามารถควบคุมวัชพืชใบกว้างได้ดี และการใช้สารโบรมาซิล อัตรา 400-720 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ สามารถควบคุมวัชพืชใบแคบได้ดี หรือการใช้สารไดยูรอนร่วมกับโบรมาซิล อัตรา 160-320 + 240-320 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ พ่นทันทีหลังจากปลูกสับปะรด สามารถควบคุมวัชพืชทั้งใบแคบและใบกว้างได้นาน 2-3 เดือน เกษตรกรจึงจำเป็นต้องพ่นสารกำจัดวัชพืชจำนวน 3-4 ครั้ง ในช่วง 8 เดือนหลังจากปลูก การใช้สารป้องกันกำจัดวัชพืชในปริมาณมากเกินความจำเป็นซ้ำ ๆ

ติดต่อกันเป็นระยะนาน ก่อให้เกิดการสะสมและการตกค้างของสารกำจัดวัชพืชในดินตามปริมาณและจำนวนครั้งของการใช้สารกำจัดวัชพืช เนื่องจากสารโบรมาซิลและไดยูรอนมีความคงทนในดิน มีครึ่งชีวิตในดินประมาณ 150 และ 90 วัน ตามลำดับ แต่ถ้าใช้ในอัตราสูงจะสามารถคงอยู่ในดินได้ยาวนานมากกว่าหนึ่งปี (EPA, 1996, 2001) จากรายงานการนำเข้าสารกำจัดวัชพืชของไทย มีการนำเข้าสารโบรมาซิลมากกว่า 5 แสนกิโลกรัมต่อปี สารไดยูรอนประมาณ 2.5 ล้านกิโลกรัมต่อปี (กรมวิชาการเกษตร, 2559) เราจึงควรตระหนักถึงการปนเปื้อนสารกำจัดวัชพืชในพื้นที่เพาะปลูก และการเคลื่อนย้ายสารกำจัดวัชพืชไปสู่สภาพแวดล้อมอื่น ๆ มีรายงานว่า การใช้สารโบรมาซิล อัตรา 288-544 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ เป็นเวลา 6 ปี ในพื้นที่ปลูกสับปะรดประเทศสหรัฐอเมริกา ตรวจพบการปนเปื้อนสารโบรมาซิลในดิน 105-1,338 นาโนกรัม/กรัม (Alavi *et al*., 2008; Zhu and Li, 2002) ในขณะที่แหล่งปลูกสับปะรดของประเทศคอสตาริกา ตรวจพบสารโบรมาซิลและไดยูรอน ปริมาณสูงสุด 2,000 นาโนกรัมต่อลิตร ในลุ่มน้ำ Río Jiménez (Echeverría-Sáenz *et al*., 2012)

หากเกษตรกรยังใช้สารกำจัดวัชพืชอย่างไม่ถูกต้องเหมาะสมจะนำมาซึ่งความเสียหายของผลผลิตสับปะรดและการใช้สารกำจัดวัชพืชในพื้นที่เดิมซ้ำ ๆ อาจเกิดการตกค้างและสะสมของสารกำจัดวัชพืชในดินและสิ่งแวดล้อม ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ ความปลอดภัยทางด้านอาหารและสิ่งแวดล้อม มีการรายงานว่าสารไดยูรอนสามารถก่อให้เกิดมะเร็งตับ ไต มะเร็งเต้านมในสตรี มีผลกระทบต่อระบบสืบพันธุ์ ระบบโลหิต และพัฒนาให้เกิดความเสียหายต่อสุขภาพ สารไดยูรอนก่อให้เกิดมะเร็งกระเพาะปัสสาวะ ไต และต่อมน้ำนมในหนู (Huovinen *et al*., 2015) เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ มีผลต่อระบบสืบพันธุ์ ระดับฮอร์โมนและการสร้างสเปิร์มในปลานิล (Pereira *et al*., 2015) มีเป็นพิษต่อจุลินทรีย์โดยเฉพาะโปโตซัว (Mansano *et al*., 2016) สารโบรมาซิลมีความเป็นพิษต่อสาหร่ายสีเขียว (*Chlorella pyrenoidosa*) และแบคทีเรียสังเคราะห์แสง (*Vibrio qinghaiensis* sp.-Q67) (Liu *et al*., 2013) มีความเป็นพิษต่อมนุษย์ โดยสามารถก่อให้เกิดมะเร็ง มีผลกระทบต่อต่อมไทรอยด์ และต่อมหมวกไต หากสัมผัสโดยตรงจะเกิดการระคายเคืองผิวหนัง ปาก และตา ทำให้น้ำหนักร่างกายลดลงมีได้รับสารอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ผลผลิตสับปะรดและกล้วยส่งออกของประเทศคอสตาริกา ตรวจพบสารไดยูรอนตกค้างแต่ปริมาณที่ตรวจพบต่ำกว่าค่า MRLs (maximum residue limits) ที่สหภาพยุโรปกำหนด (EFSA, 2017) ดังนั้น การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อทำการประเมินประสิทธิภาพของการใช้สารโบรมาซิลและไดยูรอนในการควบคุมวัชพืช รวมทั้งตรวจสอบการตกค้างของสารโบรมาซิลและไดยูรอนในดินปลูกสับปะรด เมื่อทำการพ่นสารกำจัดวัชพืชติดต่อกันมากถึง 3 ครั้ง (ที่ 0, 90 และ 180 วันหลังจากปลูก) จากศึกษาในครั้งนี้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการควบคุมวัชพืชที่เป็นปัญหาสำคัญในการผลิตสับปะรดอย่างมีประสิทธิภาพให้กับเกษตรกรในพื้นที่เขตภาคตะวันออกและภาคตะวันตกของประเทศไทย ซึ่งเป็นพื้นที่หลักในการผลิตสับปะรด และนำไปใช้ในการอธิบายเกี่ยวกับความปลอดภัยทางด้านสิ่งแวดล้อมในการผลิตสับปะรดต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การประเมินประสิทธิภาพของสารโบรมาซิลและไดยูรอนในการควบคุมวัชพืช

ทำการศึกษาในสภาพแปลงปลูกสับปะรดของเกษตรกร ในเขตพื้นที่อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี ระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2558 ถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2559 วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) จำนวน 4 กรรมวิธี (ตารางที่ 1) ทำ 4 ซ้ำ ใช้จุกสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย ปลูกแบบแถวคู่ระยะระหว่างแถวคู่ 0.50 เมตร แปลงทดลองมีขนาด 5 x 6 เมตร จำนวน 5 ร่อง ระยะปลูก 0.28 x 0.50 เมตร (9,000 ต้นต่อไร่) พ่นสารโบรมาซิล (bromacil; 80% WP) ชื่อการค้า โบรมาเท็กซ์ บริษัท เจียไต๋ จำกัด และสารไดยูรอน (diuron; 80% WP) ชื่อการค้า ไอรอน 80 (Airon 80) บริษัท ไอยราเคมีเกษตร จำกัด ครั้งที่ 1 ในวันปลูกสับปะรด (ก่อนวัชพืชงอก) หลังจากปลูกสับปะรด ตามกรรมวิธีทดลองที่ 3 และ 4 (ตารางที่ 1) การพ่นสารกำจัดวัชพืช ครั้งที่ 2 และ 3 ดำเนินการที่ 90 และ 180 วันหลังจากปลูก (หรือวัชพืชมี

Table 1. Weed control treatments used during the experiment

Treatments	Dosage (g a.i./ ha)[1]	Site of action	Application timing
1. Weedy check	-	-	-
2. Hand weeding	-	-	once a month
3. bromacil + diuron	2,000 + 2,000	Photosynthesis inhibitors	Pre-emergence (0 DAP[2]) Post-emergence (90 and 180 DAP)
4. bromacil + diuron	5,000 + 2,500	Photosynthesis inhibitors	Pre-emergence (0 DAP) Post-emergence (90 and 180 DAP)

[1] g a.i./ ha = grams active ingredient per hectare (1 ha = 6.25 rai)

[2] DAP = days after planting

การเจริญเติบโตอยู่ในระยะ 2-4 ใบ) โดยใช้ถังพ่นสารขนาดบรรจุ 20 ลิตร ใช้หัวพ่นรูปพัดริมเสมอ (flat fan) แรงดัน 1.50 - 3.00 บาร์ ใช้ปริมาณน้ำ 80 ลิตรต่อไร่ ตอนยกร่องใส่สารปรับปรุงดิน (dolomite) อัตรา 600 กิโลกรัมต่อไร่ มูลไก่แกลบ 1.67 ตันต่อไร่ และปุ๋ยสูตร 15-1-15 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อสับปะรดอายุได้ 2 เดือน ใส่ปุ๋ยสูตร 21-0-0 ปริมาณ 17 กรัมต่อต้น จากนั้น 2-3 เดือน จึงใส่อีกครั้ง และใส่ครั้งสุดท้ายเมื่อสับปะรดอายุได้ 8 เดือน การให้น้ำอาศัยน้ำฝน

การบันทึกข้อมูล ประเมินประสิทธิภาพของสารในการควบคุมวัชพืชและความเป็นพิษต่อพืช ที่ 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 วันหลังจากได้รับสาร โดยการประเมินด้วยสายตา ให้คะแนนตั้งแต่ระดับ 1 ถึง 9 โดยที่ 1 หมายถึง วัชพืชตายหมด และไม่มีผลต่อพืชปลูก และ 9 หมายถึง ควบคุมวัชพืชไม่ได้เลย และพืชปลูกตาย (Burrill and Locatelli, 1976) สุ่มนับจำนวนชนิดและปริมาณของวัชพืชที่ 30, 60 และ 90 วันหลังจากได้รับสาร โดยใช้ quadrat ขนาด 0.25 ตารางเมตร จำนวน 4 จุดต่อแปลง แล้วคำนวณเป็นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร วัดความสูงของต้นสับปะรด (จากโคนถึงปลายยอด) โดยสุ่มจำนวน 10 ต้นต่อแปลงที่ 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 วันหลังจากได้รับสาร และเมื่อสับปะรดถึงอายุเก็บเกี่ยว เก็บข้อมูลน้ำหนักผลผลิตสับปะรด (น้ำหนักต้องไม่ต่ำ 1 กิโลกรัมต่อลูก) คิดเป็นน้ำหนักต่อแปลง แล้วนำมาคำนวณเป็น ตันต่อเฮกตาร์ นำข้อมูลการประเมินประสิทธิภาพของสารในการควบคุมวัชพืชและความเป็นพิษต่อพืชมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ย โดยใช้ Fisher's protected LSD test ส่วนความสูงต้นและผลผลิตสับปะรดวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติตามแผนการทดลองแบบ RCBD และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ย โดยใช้ Fisher's protected LSD test

2. การตรวจสอบปริมาณสารกำจัดวัชพืชตกค้างในดินปลูกสับปะรด โดยใช้ UPLC-MS/MS

การตรวจสอบสารกำจัดวัชพืชตกค้างในดินปลูกสับปะรด เริ่มจาก สุ่มตัวอย่างดินในแปลง จำนวน 5 จุดต่อแปลง ที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร ที่ 0 (หลังจากฉีดสาร) และ 90 วันหลังจากได้รับสาร นำตัวอย่างดินมาตรวจหาสารโบรมาซิล (In-house method CH-102-TM based on AOAC, 2007) และไดยูรอน (In-house method CH-104-TM based on AOAC, 2012) ตกค้างในดิน โดยใช้ UPLC-MS/MS ที่ห้องปฏิบัติการของบริษัท Overseas Merchandise Inspection Co., Ltd. (OMIC) กรุงเทพฯ นำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติตามแผนการทดลองแบบ RCBD และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ย โดยใช้ Fisher's protected LSD test

การเตรียมตัวอย่างดินสำหรับวิเคราะห์ตรวจหาสารโบรมาซิลตกค้างโดยใช้ UPLC-MS/MS เริ่มจากชั่งตัวอย่างดิน 10 กรัม ใส่ในหลอด centrifuge ขนาด 50 มิลลิลิตร เติม acetonitrile จำนวน 10 มิลลิลิตร เขย่าด้วยมือนาน 1 นาที แล้วเติมสาร anhydrous $MgSO_4$, sodium acetate, trisodium citrate dehydrate และ disodium hydrogen citrate sesquihydrate จำนวน 4, 1, 1 และ 0.5 กรัม ตามลำดับ เขย่าด้วยเครื่อง vortex นาน 1 นาที แล้วนำไป centrifuge ด้วยความเร็ว 3,400 รอบต่อ

นาที เป็นเวลา 5 นาที ย้ายสารสกัดส่วนใสจำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอด micro centrifuge ขนาด 2 มิลลิลิตร ที่มีสาร anhydrous $MgSO_4$ และ PSA จำนวน 150 และ 25 มิลลิกรัม ตามลำดับ เขย่าด้วยเครื่อง vortex นาน 30 วินาที แล้วนำไป centrifuge ด้วยความเร็ว 3,400 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที ย้ายสารสกัดส่วนใสเข้าไปในขวด LC โดยผ่านตัวกรองไนลอนขนาด 0.22 ไมโครเมตร ตามวิธี In-house method CH-102-TM based on AOAC (2007)

การเตรียมตัวอย่างดินสำหรับวิเคราะห์ตรวจหาสารไดยูรอนตกค้าง โดยการใช้ UPLC-MS/MS เริ่มจากชั่งตัวอย่างดิน 10 กรัม ใส่ในหลอด centrifuge ขนาด 50 มิลลิลิตร เติม formic acid ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 10 มิลลิลิตร เขย่าด้วยมือ 5 นาที แล้วเติมสาร $MgSO_4$, NaCl, sodium citrate tribasic dehydrate และ sodium citrate dibasic sesquihydrate จำนวน 4, 1, 1 และ 0.5 กรัม ตามลำดับ เขย่าด้วยมือ 1 นาที นำไป centrifuge ที่ความเร็ว 3,400 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที ย้ายสารสกัดใสส่วนบนเข้าไปในหลอด centrifuge ขนาด 50 มิลลิลิตร ที่มีสาร $MgSO_4$, C18 powder และ Al-N จำนวน 1.5, 0.25 และ 0.10 กรัม ตามลำดับ เขย่า 1 นาที แล้วนำไป centrifuge ที่ความเร็ว 3,400 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที ย้ายสารสกัดใสส่วนบนเข้าไปในหลอดแก้ว ขนาด 10 มิลลิลิตร และนำไปประเหยจนได้สารละลาย 0.5 มิลลิลิตร โดยใช้เครื่อง nitrogen evaporator ด้วยน้ำ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1 มิลลิเมตร ด้วยสารละลาย mixture A แล้วนำไป sonicate และ swirl นาน 1 นาที ย้ายสารสกัดเข้าไปในขวด LC โดยผ่านตัวกรองไนลอนขนาด 0.22 ไมโครเมตร ตามวิธี In-house method CH-104-TM based on AOAC (2012)

การวิเคราะห์สารตกค้าง นำสารละลายตัวอย่างในขวด LC จากการเตรียมตัวอย่างมาทำการตรวจวิเคราะห์ หาสารกำจัดวัชพืชตกค้างในดิน โดยการใช้ UPLC-MS/MS ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์ จะถูกบันทึกลงเครื่องคอมพิวเตอร์ และพิมพ์ เป็นเอกสารรายงานในลักษณะของกราฟและนำกราฟที่ได้เปรียบเทียบกับค่าที่บันทึกไว้ใน reference library ซึ่งจะทำให้ทราบถึงชนิดและปริมาณของสารกำจัดวัชพืชต่าง ๆ ที่ทำการวิเคราะห์ได้โดยมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ผลการศึกษาและวิจารณ์

1. การประเมินประสิทธิภาพของสารโบรมาซิลและไดยูรอนในการควบคุมวัชพืช

หลังจากการใช้สารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอนครั้งแรก (0 วันหลังจากปลูก) พบว่า การใช้สารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอนทั้งสองอัตรา สังเกตไม่พบความเป็นพิษต่อสับปะรด และมีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 2) โดยที่การใช้สารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 5,000 + 2,500 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ สามารถควบคุมวัชพืชในแปลงสับปะรดได้ดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาวิจัยของสิริชัย และคณะ (2554) รายงานว่า การใช้สารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 2,500 + 2,500 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ พ่นหลังการปลูกสับปะรด (ก่อนวัชพืชงอก) สามารถควบคุมวัชพืชได้ดี และไม่พบความเป็นพิษต่อสับปะรด

การใช้สารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน ครั้งที่สอง (90 วันหลังจากปลูก) พบว่า การใช้สารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอนทั้งสองอัตรา มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชแตกต่างกันทางสถิติ ที่ 45, 60, 75 และ 90 วันหลังจากได้รับสาร (ตารางที่ 3)

หลังจากการใช้สารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอนครั้งที่สอง พบว่า การใช้สารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 5,000 + 2,500 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ สามารถควบคุมวัชพืชในแปลงสับปะรดได้ดีที่สุด แต่สังเกตพบความเป็นพิษต่อสับปะรด ใบสับปะรดเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ไม่พบรอยช้ำ หรือรอยไหม้ ไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของต้นสับปะรด แต่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตสับปะรด ในขณะที่การใช้สารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 2,000 + 2,000 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ สังเกตไม่พบความเป็นพิษต่อสับปะรด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของถวัลย์ (2557) รายงานว่า การใช้สารไดยูรอนร่วมกับโบรมาซิล อัตรา 5,000 + 2,500 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ พ่นแบบหลังงอก สามารถ

Table 2. Effect of herbicides application on weed cover and crop injury after the 1st application at 0 day after planting

Treatment	Weed cover score[1] (Days after application)						Crop injury score[2] (Days after application)					
	15	30	45	60	75	90	15	30	45	60	75	90
1. Weedy check	9 a[3]	9 a	9 a	9 a	9 a	9 a	1	1	1	1	1	1
2. Hand weeding	9 a	9 a	2 b	4 b	2 b	4 b	1	1	1	1	1	1
3. bromacil 2,000 + diuron 2,000 g a.i./ha	2 b	1 b	1 c	1 c	1 b	2 c	1	1	1	1	1	1
4. bromacil 5,000 + diuron 2,500 g a.i./ha	2 b	1 b	1 c	1 c	1 b	1 c	1	1	1	1	1	1
SD	3.50	4.00	3.34	3.27	3.36	3.10	0	0	0	0	0	0
F-test	**	**	**	**	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns

[1] Weed cover score using a scale of 1 to 9 where 1 represents no weed cover, and 9 completely weedy plot

[2] Crop injury score using a scale of 1 to 9 where 1 no effect (all foliage green and alive), and 9 complete kill

[3] Means with in a column followed by different letter are significantly different according to Fisher's protected LSD test;

** = Significant difference at $P < 0.01$; ns = Non significant

Table 3. Effect of herbicides application on weed cover and crop injury after the 2nd application at 90 days after planting

Treatment	Weed cover score[1] (Days after application)						Crop injury score[2] (Days after application)					
	15	30	45	60	75	90	15	30	45	60	75	90
1. Weedy check	9 a[3]	9 a	9 a	9 a	9 a	9 a	1 b	1 b	1 b	1 b	1 b	1 b
2. Hand weeding	3 b	3 b	2 b	3 b	2 b	3 b	1 b	1 b	1 b	1 b	1 b	1 b
3. bromacil 2,000 + diuron 2,000 g a.i./ha	1 c	1 c	2 b	2 bc	2 b	2 bc	1 b	1 b	1 b	1 b	1 b	1 b
4. bromacil 5,000 + diuron 2,500 g a.i./ha	1 c	1 c	1 c	1 c	1 c	1 c	3 a	3 a	3 a	2 a	4 a	2 a
SD	3.30	3.28	3.20	3.16	3.28	3.18	1.00	1.00	1.00	0.43	1.30	0.43
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

[1] Weed cover score using a scale of 1 to 9 where 1 represents no weed cover, and 9 completely weedy plot

[2] Crop injury score using a scale of 1 to 9 where 1 no effect (all foliage green and alive), and 9 complete kill

[3] Means with in a column followed by different letter are significantly different according to Fisher's protected LSD test;

** = Significant difference at $P<0.01$

ควบคุมวัชพืชอยู่ในเกณฑ์ดี (ระดับ 2-4) สังเกตพบความเป็นพิษต่อสับปะรดและส่งผลกระทบต่อผลผลิต

ในขณะที่การใช้สารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอนครั้งที่ 3 (ที่ 180 วันหลังจากปลูก) พบว่า การใช้สารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอนทั้งสองอัตรา มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ 30, 45, 60, 75 และ 90 วันหลังจากได้รับสาร (ตารางที่ 4) โดยที่การใช้สารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 5,000 + 2,500 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ มีแนวโน้มในการควบคุมวัชพืชได้ดีกว่าการใช้สารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 2,000 + 2,000 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ (สามารถควบคุมวัชพืชได้ 100 เปอร์เซ็นต์) การใช้สารโบรมาซิลร่วมกับ

Table 4. Effect of herbicides application on weed cover and crop injury after the 3rd application at 180 days after planting

Treatment	Weed cover score[1] (Days after application)						Crop injury score[2] (Days after application)					
	15	30	45	60	75	90	15	30	45	60	75	90
1. Weedy check	9 a[3]	9 a	9 a	9 a	9 a	9 a	1 b	1 b	1	1	1	1
2. Hand weeding	2 b	4 b	4 b	6 b	3 b	3 b	1 b	1 b	1	1	1	1
3. bromacil 2,000 + diuron 2,000 g a.i./ha	2 b	1 c	1 c	1 c	2 c	2 c	1 b	1 b	1	1	1	1
4. bromacil 5,000 + diuron 2,500 g a.i./ha	1 c	1 c	1 c	1 c	1 b	1 c	4 a	2 a	1	1	1	1
SD	3.22	3.27	3.27	3.42	3.13	3.13	1.30	0.56	0	0	0	0
F-test	**	**	**	**	**	**	**	*	ns	ns	ns	ns

[1] Weed cover score using a scale of 1 to 9 where 1 represents no weed cover, and 9 completely weedy plot

[2] Crop injury score using a scale of 1 to 9 where 1 no effect (all foliage green and alive), and 9 complete kill

[3] Means with in a column followed by different letter are significantly different according to Fisher's protected LSD test;

* = Significant difference at $P< 0.05$; ** = Significant difference at $P<0.01$; ns = Non significant

ไดยูรอน อัตรา 5,000 + 2,500 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ สังเกตพบความเป็นพิษต่อสับปะรด ใบสับปะรดเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ไม่พบรอยช้ำ หรือรอยไหม้ ที่ 15 และ 30 วันหลังจากได้รับสาร และไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของต้นสับปะรด ความเป็นพิษที่พบจะลดลงเรื่อย ๆ ที่ 45 วันหลังจากได้รับสาร สังเกตพบว่าสีของใบเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีเขียวหมดทั้งต้น ในขณะที่หลังการใช้สารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 2,000 + 2,000 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ สังเกตไม่พบความเป็นพิษต่อสับปะรด

จากข้อมูลการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ จะเห็นได้ว่ามีความสอดคล้องกับรายงานของมงคล (2557) กล่าวคือ การใช้สารไดยูรอนร่วมกับโบรมาซิล อัตรา 5,000 + 2,500 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดี (ระดับ 2-6) พบความเป็นพิษต่อสับปะรดและส่งผลกระทบต่อผลผลิต (ระดับ 3-6) นอกจากนี้ Grichar *et al.* (2015) รายงานว่า การใช้สารไดยูรอน อัตรา 1,120-2,240 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ พ่นแบบหลังงอก มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชใบกว้างได้ดี (> 80 เปอร์เซ็นต์) พบความเป็นพิษ และส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชปลูกในช่วง 14-30 วันหลังจากใช้สาร

จากการสุ่มนับจำนวนชนิดของวัชพืช พบวัชพืชวงศ์หญ้า ได้แก่ ปากควาย (*Dactyloctenium aegyptium* L.) ตีนกา (*Eleusine indica* L.) ตีนนก (*Digitaria sanguinalis* L.) ตีนติด (*Brachiaria reptans* L.) ไข่เหา (*Panicum incomtum* Trin.) และขจรจบ (*Pennisetum pedicellatum*) วัชพืชใบกว้าง ได้แก่ เบี้ยหิน (*Trianthema portulacastrum* L.) ขยุมตีนหมา (*Ipomoea pes-tigridis*) สะอึก (*Ipomoea obscura* (L.) Ker Gawl) ถั่วผี (*Macroptilium lathyroides* (L.) Urb.) ผักโขม (*Amaranthus viridis* L.) และสาบม่วง (*Praxelis clematidea*) จำนวนประชากรของวัชพืชวงศ์หญ้าและวัชพืชใบกว้างในกรรมวิธีที่ใช้สารกำจัดวัชพืช พบน้อยกว่ากรรมวิธีที่ไม่ได้ใช้สารกำจัดวัชพืช ที่ 30, 60 และ 90 วันหลังจากได้รับสาร (ภาพที่ 1) ที่ 90 วันหลังจากได้รับสารจำนวนประชากรของวัชพืชเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับระยะที่ 30 และ 60 วันหลังจากได้รับสาร แต่ค่าประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืชอยู่ในระดับคะแนน 1-2 จึงถือว่าสามารถควบคุมวัชพืชได้ แสดงให้เห็นว่า การใช้สารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอนทั้งสองอัตรามีประสิทธิภาพควบคุมวัชพืชวัชพืชวงศ์หญ้าและวัชพืชใบกว้างได้หลากหลายชนิดตลอดฤดูปลูก

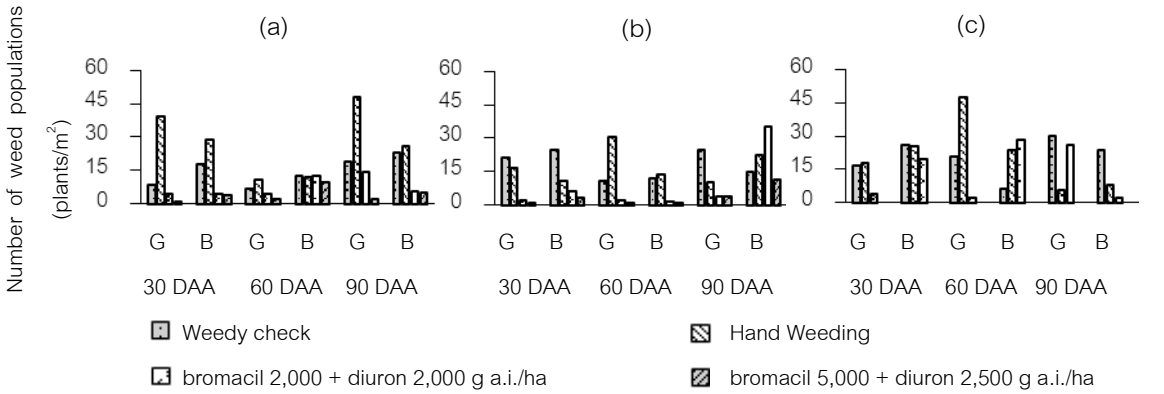

Figure 1. Effect of herbicides application on number weed populations in pineapple fields (a) the 1st herbicide applications (b) the 2nd herbicide applications (c) the 3rd herbicide applications. G is gramineae including goose grass, running grass, fingergrass, crowfoot grass, scandent pani and feather pennisetum. B is broadleaf including horse purslane, morning glory, obscure morning glory, phasey bean, slender amaranth, praxelis. DAA is day after application

กรรมวิธีที่ใช้สารกำจัดวัชพืชทั้งสองอัตราและกรรมวิธีที่กำจัดวัชพืชด้วยมือส่งผลให้ความสูงของต้นสับปะรดไม่แตกต่างทางสถิติ แต่แตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีที่ไม่ได้ควบคุมวัชพืช (ตารางที่ 5) โดยกรรมวิธีที่ไม่ได้ควบคุมวัชพืช ความสูงต้นสับปะรดน้อยที่สุด ในขณะที่กรรมวิธีที่ใช้สารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 2,000 + 2,000 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ ส่งผลให้ผลผลิตของสับปะรดมีความแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่กำจัดด้วยมือและไม่ได้ควบคุมวัชพืช แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่พ่นสารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 5,000 + 2,500 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ การกำจัดวัชพืชด้วยมือมีผลผลิตไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ไม่ได้ควบคุมวัชพืชและการพ่นสารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 5,000 + 2,500 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ แต่กรรมวิธีที่ไม่ได้ควบคุมวัชพืชและการพ่นสารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 5,000 + 2,500 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์มีความแตกต่างกันทางสถิติ

การกำจัดวัชพืชด้วยมือมีผลผลิตต่ำกว่าการใช้สารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 2,000 + 2,000 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ อาจเนื่องมาจากหลังการพ่นสารครั้งที่ 3 อยู่ในช่วงฤดูฝน วัชพืชจึงงอกขึ้นใหม่และเจริญเติบโตได้ดี ประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืชทำได้ไม่ดีเท่ากรรมวิธีที่พ่นสารกำจัดวัชพืช และหลังการพ่นสารครั้งที่ 3 ไปแล้ว 90 วัน ยังอยู่ในช่วงปลายฤดูฝน แต่ไม่ได้มีการกำจัดวัชพืชทุกเดือนแล้ว จึงทำให้ในแปลงทดลองมีวัชพืชมาก จึงอาจส่งผลกระทบต่อผลผลิตสับปะรดได้ แสดงให้เห็นว่า การใช้สารกำจัดวัชพืชทั้งสองอัตราและการกำจัดวัชพืชด้วยมือไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของต้นสับปะรดเมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ได้ควบคุมวัชพืช แต่การใช้สารกำจัดวัชพืชทั้งสองอัตรามีผลกระทบในทางบวกต่อผลผลิตสับปะรด นั่นคือมีผลผลิตของสับปะรดสูงกว่าการกำจัดวัชพืชด้วยมือ

การประเมินประสิทธิภาพของสารโบรมาซิลและไดยูรอนในการควบคุมวัชพืชในการผลิตสับปะรด จากผลการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จะเห็นได้ว่า หลังการใช้สารกำจัดวัชพืช 3 ครั้ง การใช้สารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 2,000 + 2,000 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ มีประสิทธิภาพควบคุมวัชพืชได้หลากหลายชนิดตลอดฤดูปลูก ไม่พบความเป็นพิษต่อสับปะรด ไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตแต่มีผลกระทบในทางบวกต่อผลผลิตสับปะรด นั่นคือมีผลผลิตของสับปะรดสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการกำจัดวัชพืชด้วยมือ ส่วนการใช้สารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 5,000 + 2,500 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ มีประสิทธิภาพควบคุมวัชพืชได้หลากหลายชนิดตลอดฤดูปลูก สังเกตพบความเป็นพิษต่อสับปะรดเพียงเล็กน้อย ไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโต

Table 5. Effect of herbicides application on plant height and yield of pineapple

Treatment	Plant height (cm)									Yield (ton/ha)
	1st application			2nd application			3rd application			
	30 DAA[1]	60 DAA	90 DAA	30 DAA	60 DAA	90 DAA	30 DAA	60 DAA	90 DAA	
1. Weedy check	8.22	8.98	10.60 b[2]	12.50 c	14.12 b	14.90 b	15.82 b	23.00 b	23.62 b	24.90 c
2. Hand weeding	8.64	9.21	12.18 a	13.40 bc	17.32 a	17.85 a	22.20 a	30.35 a	31.28 a	47.99 bc
3. bromacil 2,000 + diuron 2,000 g a.i./ha	8.16	9.42	12.78 a	14.70 a	18.08 a	18.27 a	22.00 a	30.72 a	34.10 a	74.59 a
4. bromacil 5,000 + diuron 2,500 g a.i./ha	8.11	9.47	12.18 a	13.80 ab	16.73 a	17.15 a	20.82 a	29.52 a	31.72 a	69.23 ab
C.V. (%)	11.25	6.23	6.29	5.52	6.28	7.97	9.06	12.99	9.04	27.99
LSD	1.49	1.32	1.21	1.20	2.39	2.17	2.93	8.48	4.36	2.26
F-test	ns	ns	**	*	**	*	**	*	**	**

Remarks: 1st application = 0 day after planting; 2nd application = 90 days after planting; and 3rd application = 180 days after planting

[1] DAA = days after application

[2] Means with in a column followed by different letter are significantly different according to LSD test;

* = Significant difference at $P< 0.05$; ** = Significant difference at $P<0.01$; ns = Non significant

แต่มีผลกระทบต่อผลผลิตของสับปะรดเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ได้ควบคุมวัชพืช ดังนั้น อัตราที่เหมาะสมสำหรับควบคุมพืชในแปลงสับปะรด คือ การใช้สารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 2,000 + 2,000 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ เนื่องจากไม่พบความเป็นพิษต่อสับปะรด

2. การตรวจสอบปริมาณสารกำจัดวัชพืชตกค้างในดินปลูกสับปะรด โดยใช้ UPLC-MS/MS

การตรวจสอบสารกำจัดวัชพืชตกค้างในดิน ที่ 90 วันหลังจากได้รับสาร พบว่ามี สารโบรมาซิลและไดยูรอนตกค้างในดิน แต่ไม่เกินกว่าค่ามาตรฐานที่กรมควบคุมมลพิษกำหนด (ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 25 (พ.ศ. 2547) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพดิน กำหนดให้ในดินมีการปนเปื้อนสารกำจัดวัชพืช (อะทราซีน) ต้องไม่เกิน 22 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และไม่ได้ระบุสารกำจัดวัชพืชชนิดอื่นอีกเลย จึงใช้เกณฑ์ข้อนี้เป็นสำคัญว่า สารกำจัดวัชพืชในดินต้องพบไม่เกิน 22 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) โดยพบปริมาณสารโบรมาซิลตกค้างในดินสูงกว่าสารไดยูรอนเมื่อใช้ในอัตราเท่ากัน และการใช้โบรมาซิลร่วมกับไดยูรอนในอัตราสูงตรวจพบปริมาณสารกำจัดวัชพืชตกค้างในดินสูงกว่าการใช้สารในอัตราต่ำ (ตารางที่ 6) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Zhu and Li (2002) รายงานว่า มีการตกค้างของสารโบรมาซิลในดินปลูกสับปะรด ปริมาณ 0.105-1.338 และ 0.026-0.473 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ระดับความลึก 0-60 และมากกว่า 400 เซนติเมตร ตามลำดับ เช่นเดียวกับการศึกษาวิจัยของ Alavi *et al.* (2008) รายงานว่า การใช้สารโบรมาซิลในอัตรา 1,800 และ 2,250 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ ที่ 102 วันหลังจากได้รับสาร ตรวจพบสารตกค้างในดิน 1.341 และ 1.374 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และที่ 290 วันหลังจากได้รับสาร พบสารตกค้าง 0.640 และ 0.995 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ นอกจากนี้ จากการศึกษาวิจัยของมงคล (2557) รายงานว่า การใช้สารไดยูรอนร่วมกับโบรมาซิล อัตรา 5,000 + 2,500 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ ที่ 120 วันหลังจากได้รับสาร พบว่า มีปริมาณสารไดยูรอนและโบรมาซิลตกค้างในดินปลูกสับปะรด 0.021 และ 0.250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ปริมาณสารกำจัดวัชพืชตกค้าง ที่ 90 วันหลังจากได้รับสาร ครั้งที่ 1 (90 วันหลังจากปลูก) เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณสารกำจัดวัชพืชตกค้าง ที่ 90 วันหลังจากได้รับสาร ครั้งที่ 2 (180 วันหลังจากปลูก) พบว่า

Table 6. Determination of herbicide residues in soil

Treatment	Bromacil residues (mg/kg dry soil)						Diuron residues (mg/kg dry soil)					
	1st application		2nd application		3rd application		1st application		2nd application		3rd application	
	0 DAA[1]	90 DAA	0 DAA	90 DAA	0 DAA	90 DAA	0 DAA	90 DAA	0 DAA	90 DAA	0 DAA	90 DAA
1. Weedy check	0.15 c[2]	0.13 c	0.13 b	0.11 c	0.11 c	0.04 c	0.015 c	0.015 c	0.015 c	0.027 c	0.027 c	0.029 b
2. Hand weeding	0.15 c	0.13 c	0.13 b	0.11 c	0.11 c	0.04 c	0.015 c	0.015 c	0.015 c	0.027 c	0.027 c	0.029 b
3. bromacil 2,000 + diuron 2,000 g a.i./ha	0.66 b	0.57 b	10.40a	3.40 b	10.20b	0.46 b	0.086 b	0.034 b	0.630 b	0.470 b	7.400 b	0.230 a
4. bromacil 5,000 + diuron 2,500 g a.i./ha	1.40 a	0.79 a	10.70a	4.90 a	33.80a	1.10 a	0.110 a	0.041 a	0.800 a	0.620 a	9.600 a	0.230 a
C.V. (%)	1.52	0.73	0.13	0.33	0.06	1.72	6.50	1.01	1.51	1.14	0.23	3.27
LSD	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.03	0.01
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

Remarks: 1st application = 0 day after planting; 2nd application = 90 days after planting; and 3rd application = 180 days after planting

[1] DAA = days after application

[2] Means with in a column followed by different letter are significantly different according to Fisher's protected LSD test;

* = Significant difference at $P<0.05$; ** = Significant difference at $P< 0.01$

ปริมาณการตกค้างของสารโบรมาซิลและไดยูรอนในดินปลูกสับปะรดมีค่าสูงขึ้น (ตารางที่ 6) แสดงให้เห็นว่า สารกำจัดวัชพืชมีการตกค้างสะสมมากขึ้น ในขณะที่ 90 วันหลังจากได้รับสาร ครั้งที่ 3 (270 วันหลังจากปลูก) ปริมาณสารกำจัดวัชพืชมีค่าลดลงต่ำกว่า ที่ 90 วันหลังจากได้สารครั้งที่ 2 แสดงให้เห็นว่า สารกำจัดวัชพืชมีการตกค้างแต่ไม่มีการสะสมเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากอิทธิพลของน้ำชะล้าง (leaching) หรือน้ำไหลบ่าหน้าดิน (runoff) เคลื่อนย้ายสารกำจัดวัชพืชออกไปจากดิน เพราะการใช้สารกำจัดวัชพืชครั้งที่ 3 อยู่ในช่วงฤดูฝน (พฤษภาคม - สิงหาคม) แต่การใช้สารกำจัดวัชพืชครั้งที่ 2 และ 1 อยู่ในช่วงฤดูร้อน (กุมภาพันธ์ - พฤษภาคม) และฤดูแล้ง (พฤศจิกายน - กุมภาพันธ์) หรืออาจกล่าวได้ว่าในฤดูแล้งพบปริมาณสารกำจัดวัชพืชตกค้างสะสมในดินมากขึ้น ในฤดูฝนไม่พบการสะสมของสารกำจัดวัชพืชในดิน

การใช้สารกำจัดวัชพืชซ้ำ ๆ ในพื้นที่เดิมติดต่อกัน 3 ครั้ง จะเห็นได้ว่า การใช้สารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 2,000 + 2,000 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ ตรวจพบค่าสารโบรมาซิลและไดยูรอนตกค้างในดินต่ำกว่าการใช้สารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 5,000 + 2,500 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ ที่ 90 วันหลังจากได้รับสาร ดังนั้น การลดปริมาณการใช้สารกำจัดวัชพืชจะสามารถช่วยลดปริมาณสารกำจัดวัชพืชตกค้างในดินปลูกสับปะรดได้ ในช่วงฤดูร้อนและฤดูแล้งควรลดความถี่ในการใช้สารกำจัดวัชพืชจาก 2-3 เดือนครั้ง เป็น 3-4 เดือนครั้ง โดยหันมาใช้การควบคุมวัชพืชด้วยมือแทนในช่วงเดือนที่ 3- 4 เป็นการใช้สารกำจัดวัชพืช ร่วมกับการควบคุมวัชพืชด้วยมือ เพื่อลดปริมาณสารกำจัดวัชพืชตกค้างสะสมมากขึ้น ในช่วงฤดูฝนไม่ควรเพิ่มอัตราการใช้สารกำจัดวัชพืชหรือใช้สารซ้ำหลายครั้ง เพื่อเพิ่มระยะเวลาในการควบคุมวัชพืช แต่ควรใช้การควบคุมวัชพืชด้วยมือร่วมกับการใช้สารกำจัดวัชพืช เพราะในฤดูฝนเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินสูง จะเกิดการสูญเสียสารกำจัดวัชพืชไปน้ำไหลลงสู่แหล่งน้ำได้สูง หรืออาจนำหญ้าโขย่งมาใช้คลุมหน้าดิน เพื่อลดการไหลบ่าของหน้าดิน ทั้งนี้การใช้หญ้าโขย่งในลักษณะของการคลุมด้วยหญ้า ส่งผลทำให้ความหนาแน่นของประชากรวัชพืชในแปลงลดลง (อภิรัฐ และทศพล, 2560) การเพิ่มอัตราการใช้สารจึงเป็นการเพิ่มการปนเปื้อนสารกำจัดวัชพืชในแหล่งน้ำอันเนื่องมาจากการไหลบ่าหน้าดินได้ อย่างไรก็ตาม การศึกษาวิจัยในขั้นตอนต่อไป จะทำการพิจารณาเกี่ยวกับการเคลื่อนย้ายสารกำจัดวัชพืชจากดินในแหล่งปลูก

สับปะรดไปสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ โดยอิทธิผลของน้ำไหลบ่าหน้าดินและการชะล้างในดิน ผลกระทบของสิ่งมีชีวิตในดินและน้ำที่มีสารกำจัดวัชพืชปนเปื้อน และสุขภาพของเกษตรกรต่อไป

สรุป

1. การใช้สารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 2,000 + 2,000 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ เป็นอัตราที่เหมาะสมสำหรับควบคุมวัชพืชในแปลงสับปะรด เนื่องจากมีประสิทธิภาพควบคุมวัชพืชได้หลายชนิดตลอดฤดูปลูก ไม่พบความเป็นพิษต่อสับปะรด ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต และมีผลผลิตสับปะรดสูงกว่าการกำจัดวัชพืชด้วยมือ

2. การใช้สารโบรมาซิลร่วมกับไดยูรอน อัตรา 2,000 + 2,000 และ 5,000 + 2,500 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์สำหรับควบคุมวัชพืชในแปลงสับปะรด ที่ 90 หลังจากได้รับสาร ตรวจพบสารโบรมาซิลและไดยูรอนตกค้างในดิน โดยพบว่าสารโบรมาซิลตกค้างในดินสูงกว่าสารไดยูรอนเมื่อใช้ในอัตราเท่ากัน อย่างไรก็ตาม ค่าที่ตรวจพบไม่เกินกว่าค่ามาตรฐานที่กรมควบคุมมลพิษกำหนด

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ได้รับการสนับสนุนการวิจัยภายใต้แผนงานเสริมสร้างศักยภาพและพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ ตามทิศทางยุทธศาสตร์การวิจัยและนวัตกรรม ประเภทบัณฑิตศึกษา จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2562 รวมทั้งโครงการสนับสนุนและส่งเสริมการวิจัยของภาควิชาพืชไร่-นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปี 2562

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2559. รายงานสรุปการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตรปี พ.ศ. 2559. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.doa.go.th/ard/FileUpload/hazzard/4.2/Profile%20Import%20of%20Hazardous%20(B.E.%20%202559).pdf (3 สิงหาคม 2560).

เกลียวพันธ์ สุวรรณรักษ์ ไพบูลย์ รู้จา และ เสริมศิริ คงแสงดาว. 2545. การควบคุมสะอึกดอกขาวเล็ก *Ipomoea obscura* (L.) KG. ในสับปะรดด้วยสารกำจัดวัชพืช. หน้า 77-83. *ใน*: รายงานการประชุมวิชาการกองพฤกษศาสตร์และวัชพืช. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

ถวัลย์ ประมวล. 2557. ประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชที่ใช้แบบหลังงอกและการวิเคราะห์สารตกค้างในสับปะรด โดยใช้ GC-MS และ LC-MS/MS. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 70 หน้า.

มงคล ศรีเพียงจันทร์. 2557. ทางเลือกของการใช้สารแบบหลังงอกสำหรับการควบคุมวัชพืชในสับปะรด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 123 หน้า.

สิริชัย สาธุวิจารณ์ มัลลิกา นวลแก้ว จรรยา มณีโชติ และ วนิดา ธารถวิล. 2554. ทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชของสารกำจัดวัชพืชประเภทก่อนงอก (pre-emergence) และหลังงอก (post-emergence) ในสับปะรด. หน้า 189-201. *ใน*: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2554 เล่มที่ 1. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560. สารสนเทศเศรษฐกิจการเกษตรรายสินค้าปี 2559. เอกสารสถิติการเกษตรเลขที่ 42.สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กรุงเทพฯ. 111 หน้า.

อภิรัฐ บัณฑิต และ ทศพล พรพรหม. 2560. การประเมินคุณลักษณะทางอัลลีโลพาธีจากหญ้าโขย่งต่อการยับยั้งการเติบโตของวัชพืชในสภาพแปลง. วารสารเกษตร 33(2): 193-202.

Alavi, G., M. Sanda, B. Loo, R.E. Green and C. Ray. 2008. Movement of bromacil in a Hawaii soil

under pineapple cultivation – a field study. Chemosphere 72: 45-52.

AOAC. 2007. Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th ed. AOAC International, Gaithersburg, Maryland.

AOAC. 2012. Official Methods of Analysis of AOAC International. 19th ed. AOAC International, Gaithersburg, Maryland.

Burrill, J.C. and E. Locatelli. 1976. Field Manual for Weed Control Research. International Plant Protection Center, Oregon State University, Corvallis, Oregon.

Echeverría-Sáenz, S., F. Mena, M. Pinnock, C. Ruepert, K. Solano, E. de la Cruz, B. Campos, J. Sánchez-Avila, S. Lacorte and C. Barata. 2012. Environmental hazards of pesticides from pineapple crop production in the Río Jiménez watershed (Caribbean Coast, Costa Rica). Science of the Total Environment 440: 106-114.

EPA. 1996. Reregistration eligibility decision (RED): Bromacil. (Online). Available: https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/reregistration/fs_PC-012301_1-Aug-96.pdf (July 17, 2017).

EPA. 2001. Environmental risk assessment for the reregistration of diuron. (Online). Available: https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/cleared_reviews/csr_PC-035505_27-Aug-01_043.pdf (July 17, 2017).

EFSA. 2017. The 2015 European Union report on pesticide residues in food. (Online). Available: http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2017.4791/epdf (July 17, 2017).

Grichar, W.J., P.A. Dotray and C.L. Trostle. 2015. Castor (*Ricinus communis* L.) tolerance and weed control with pre-emergence herbicides. Industrial Crops and Products 76: 710-716.

Huovinen, M., J. Loikkanen, J. Naarala and K. Vähäkangas. 2015. Toxicity of diuron in human cancer cells. Toxicology in Vitro 29: 1577-1586.

Liu, S.-S., C.-L. Wang, J. Zhang, X.-W. Zhu and W. Li. 2013. Combined toxicity of pesticide mixtures on green algae and photobacteria. Ecotoxicology and Environmental Safety 95: 98-103.

Mansano, A.S., R.A. Moreira, M. Pierozzi, T.M.A. Oliveira, E.M. Vieira, O. Rocha and M.H. Regali-Seleghim. 2016. Effects of diuron and carbofuran pesticides in their pure and commercial forms on *Paramecium caudatum*: The use of protozoan in ecotoxicology. Environmental Pollution 213: 160-172.

Pereira, T.S.B., C.N.P. Boscolo, D.G.H. Silva, S.R. Batlouni, D. Schlenk and E.A. Almeida. 2015. Anti-androgenic activities of diuron and its metabolites in male Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquatic Toxicology 164: 10-15.

Zhu Y. and Q.X. Li. 2002. Movement of bromacil and hexazinone in soils of Hawaiian pineapple fields. Chemosphere 49: 669-674.

การคัดเลือกและการจำแนกชนิดแบคทีเรียเอนโดไฟท์ จากดินปลูกข้าวหอมมะลิแดงอินทรีย์

Screening and Identification of Endophytic Bacteria from Organic Red Jasmine Rice Soil

สมคิด ดีจริง* และ อนุตตรีย์ บุญต่อ

Somkid Deejing* and Anuttree Buntor

สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ. เชียงใหม่ 50290

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

**Corresponding author: Email: kittydeejing@gmail.com, somkid_d@mju.ac.th*

(Received: 28 November 2017; Accepted: 17 May 2018)

Abstract: Microorganisms have relationship with plants. Endophytic bacteria colonize inner plant tissue without damaging. These bacteria show an important role in plant growth promotion. Thus, they can contribute to increase efficiency of organic based system of rice Intensification (SRI). The purpose of this study to analyze soil properties, screen and identify of phosphate solubilizing and indole acetic acid (IAA) endophytic bacteria from organic red jasmine rice tissue. It was found that ten years organic soil have low to moderate content of organic matter, available phosphorus and exchangeable potassium, bulk density, field capacity and saturated hydraulic conductivity. Endophytic bacteria, RSPVK-2 , RRPVK-4 , RRTSA-5, RRTSA-6, RLISP2 -1 , RRTSA-3, RRPVK-1, RRTSA-1 and RSISP2 -1 solubilized phosphate in PVK broth at 191.78, 92.65, 91.80, 73.22, 73.17, 71.23, 70.93, 69.93 and 67.49 mgPO_4^{2-}/L, respectively. Also, bacteria RSTSA-6 could produce indole-3-acetic acid (IAA) 20.55 mg/L. The genetic sequencing on 16S rRNA of RSPVK-2 , RRPVK-4 , RRTSA-6, RLISP2 -1 , RRTSA-1 and RSISP2-1 had similar to *Burkholderia cenocepacia, Paenibacillus favisporus*, *Paenibacillus alvei*, *Bacillus thuringiensis, Bacillus subtilis* and *Ralstonia pickettii*, respectively. RRTSA-5, RRTSA-3, RRPVK-1 were identified as *Bacillus pumilus*.

Keywords: Soil analysis, endophytic bacteria, phosphate solubilizing bacteria, indole-3-acetic acid producing

บทคัดย่อ: จุลินทรีย์มีความสัมพันธ์กับพืช มีแบคทีเรียเอนโดไฟท์อาศัยอยู่ภายในเนื้อเยื่อพืชโดยไม่ก่ออันตราย ซึ่งแบคทีเรียกลุ่มนี้มีบทบาทสำคัญที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชและน่าจะประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการปลูกข้าวอินทรีย์ได้ งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน คัดเลือก และจำแนกชนิดของแบคทีเรียเอนโดไฟท์ที่สามารถละลายฟอสเฟตและผลิตกรดอินโดลซิติกจากข้าวหอมมะลิแดงเกษตรอินทรีย์อายุ 10 ปี พบว่า ดินมีอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ความหนาแน่นดิน ความจุความชื้นภาคสนาม และสภาพการนำน้ำขณะอิ่มตัวของดิน อยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง และพบว่า มีแบคทีเรียเอนโดไฟท์ที่ละลายฟอสเฟตได้ดี ได้แก่ แบคทีเรีย RSPVK-2, RRPVK-4, RRTSA-5, RRTSA-6, RLISP2-1, RRTSA-3, RRPVK-1, RRTSA-1 และ RSISP2-1 ที่ละลายฟอสเฟตได้ 191.78, 92.65, 91.80, 73.22, 73.17, 71.23, 70.93, 69.93 และ 67.49 มิลลิกรัมฟอสเฟตต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งแบคทีเรีย RSTSA-6 ยังสามารถผลิตกรดอินโดลอะซิติกได้ 20.55 มิลลิกรัมต่อลิตร การจำแนกชนิดของแบคทีเรียข้างต้นโดยดูลำดับเบส 16S rRNA พบว่า แบคทีเรีย RSPVK-2, RRPVK-4, RRTSA-6, RLISP2-1, RRTSA-1 และ RSISP2-1 เป็น *Burkholderia cenocepacia, Paenibacillus favisporus*, *Paenibacillus alvei*, *Bacillus thuringiensis, Bacillus subtilis* และ *Ralstonia pickettii* ตามลำดับ ส่วน RRTSA-5, RRTSA-3, RRPVK-1 เป็น *Bacillus pumilus*

คำสำคัญ: การวิเคราะห์ดิน แบคทีเรียเอนโดไฟท์ แบคทีเรียละลายฟอสเฟต แบคทีเรียผลิตกรดอินโดลอะซิติก

คำนำ

จุลินทรีย์มีความสำคัญต่อการเกษตร มีบทบาททำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ การทราบคุณสมบัติของดินทำให้สามารถจัดการดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและและผลผลิตของพืชได้ ซึ่งในระบบเกษตรอินทรีย์ อาจได้ผลผลิตพืชต่ำในช่วงแรกแต่การปรับปรุงดินด้วยอินทรียวัตถุจะส่งผลดีในระยะยาวได้มากกว่าเกษตรทั่วไป และใช้เวลามากกว่า 2 ปี ขึ้นไป ในการปรับปรุงคุณภาพดินให้มีสภาพคงตัวเพื่อให้ได้ผลผลิตข้าวสูงขึ้น (Surekha *et al*., 2014) มีจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อของพืชโดยไม่ก่ออันตรายต่อพืช ที่เรียกว่า เอนโดไฟท์ (endophyte) มีข้อได้เปรียบกว่าจุลินทรีย์ที่อยู่นอกต้นพืชคือ อาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อพืชโดยตรงจึงมีบทบาทช่วยพืชได้มาก (Araújo *et al*., 2002) ซึ่ง สมคิด และวิชญาพร (2560) คัดเลือกแบคทีเรียเอนโดไฟท์ที่แยกได้จากรากข้าวอินทรีย์อายุ 1 ปี พบว่า ละลายฟอสเฟตได้ 114.32 มิลลิกรัมฟอสเฟตต่อลิตร และ Olayemi and Odedara (2017) คัดเลือกแบคทีเรียเอนโดไฟท์จากส่วนราก ลำต้น และใบ ของข้าวในไนจิเรีย พบว่า มี 5, 8 และ 4 ไอโซเลทที่ละลายฟอสเฟต ผลิต IAA และผลิตไฮโดรเจนไซยาไนด์ได้ และจำแนกชนิดเป็น Bacillus, Pseudomonas, Enterobacter, Klebsiella, Staphylococcus, Citrobacter และ Escherichia ซึ่งพบว่า เชื้อข้างต้นช่วยเพิ่มอัตราการงอกของเมล็ดข้าวจาก 81.48 เป็น 100 เปอร์เซ็นต์ และพบว่า มี 8 ไอโซเลท ที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อราก่อโรคพืช *Fusarium oxysporum* และ *Rhizoctonia solani* ซึ่งน่าจะนำไปประยุกต์เป็นหัวเชื้อในเพิ่มการเจริญและเพิ่มผลผลิตของข้าวได้ ซึ่งเอนโดไฟท์ *Bacillus* sp. ที่แยกได้จากข้าวอินทรีย์ ช่วยเพิ่มความยาวของลำต้น จำนวนต้น และรากของเมล็ดข้าวที่กำลังงอกได้ (Duangpaeng *et al*., 2012) และมีเอนโดไฟท์ *Bacillus amyloliquefaciens*, *B. methylotrophicus* และ *B. subtilis* ช่วยควบคุมโรคไหม้ในข้าวที่เกิดจากแบคทีเรีย *Xanthomonas oryzae* pv. oryzae และช่วยเพิ่มน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของข้าวได้ (Ahmed *et al*., 2015) และ *B. oryzicola* ช่วยให้พืชต้านทานต่อโรคพืชและผลิตสารปฏิชีวนะยับยั้งเชื้อรา *Fusarium fujikuroi* ที่ก่อโรคถอดฝักดาบในข้าว (Hossain *et al*., 2016) จากประโยชน์ของแบคทีเรียเอนโดไฟท์ตามที่กล่าวข้างต้น งานวิจัยนี้ จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน คัดเลือกและจำแนกชนิดแบคทีเรียเอนโดไฟท์ที่สามารถละลายฟอสเฟตและผลิตกรดอินโดลอะซิติกจากข้าวหอมมะลิแดงเกษตรอินทรีย์อายุ 10 ปี เพื่อนำเชื้อที่คัดเลือกได้ไปประยุกต์ใช้เพื่อช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตในระบบการปลูกข้าวอินทรีย์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน

เก็บตัวอย่างดินจากแปลงข้าวหอมมะลิแดงที่ทำเกษตรอินทรีย์ระยะเวลา 10 ปี จากอำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ มาวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ตามวิธีของ Peech (1965) หาปริมาณอินทรียวัตถุ ตามวิธีการของ Walkley (1947) ส่วนการหาปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ทำตามวิธีของ Bray and Kurtz (1945) และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้วิเคราะห์ ตามวิธีการของ Jackson (1958) และการหาค่าความหนาแน่นดินตามวิธีของ Blake (1965) และหาความจุความชื้นภาคสนาม ตามวิธีของ Gardner (1986) และหาค่าสภาพการนำน้ำขณะอิ่มตัวของดิน ตามวิธีของ Klute and Dirksen (1986)

การแยกแบคทีเรียเอนโดไฟท์จากข้าวหอมมะลิแดง

นำต้นข้าวมะลิแดงในระยะต้นข้าวแตกกอ จากแปลงข้าวที่ทำเกษตรอินทรีย์เป็นเวลา 10 ปี มาตัดชิ้นส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ราก ลำต้น และใบ แล้วฆ่าเชื้อบริเวณพื้นผิวด้วยแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ นาน 2 นาที แล้วเติมโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ แช่ไว้ 15 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่น 8 ครั้ง จากนั้นวางชิ้นส่วนของข้าวที่ฆ่าเชื้อแล้วบนอาหารแข็ง 4 ชนิด ได้แก่ tryptic soy agar (TSA), plate count agar (PCA), Pikovskaya's medium (PVK) และ international streptomyces projected medium 2 (ISP2) บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 48-72 ชั่วโมง และเพาะเลี้ยงเชื้อจากน้ำสุดท้ายที่ได้จากการล้างชิ้นส่วนของข้าวในอาหารแข็ง Nutrient agar (NA) ด้วยวิธี pour plate บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง เลือกเชื้อที่มีลักษณะแตกต่างกัน มาทำให้ได้เชื้อบริสุทธิ์โดยวิธี cross streak และเก็บเชื้อบริสุทธิ์ไว้ใช้ในขั้นตอนต่อไป

การคัดเลือกแบคทีเรียเอนโดไฟท์ละลายฟอสเฟตและการวิเคราะห์

การคัดเลือกแบคทีเรียที่ละลายฟอสเฟตขั้นต้น โดยนำแบคทีเรียที่แยกได้จากส่วนต่าง ๆ ของต้นข้าวจำนวน 41 ไอโซเลท มาทำ point inoculation บนอาหารแข็ง Pikovskaya (PVK) agar ประกอบด้วย (g/L) glucose (10), $Ca_3(PO_4)_2$ (5), $(NH_4)_2SO_4$ (0.5), KCl (0.2), $MgSO_4.7H_2O$ (0.1) และ วุ้น (15) บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24-48 ชั่วโมง วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใส คัดเลือกเชื้อที่เกิดวงใสไว้ใช้ต่อไป

การวิเคราะห์การละลายฟอสเฟต โดยนำเชื้อที่เกิดวงใสมาเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว PVK broth ซึ่งบรรจุในหลอดทดลองปริมาตรอาหาร 5 มิลลิลิตร โดยใช้เชื้อเริ่มต้นที่มีค่าความขุ่นเท่ากับ McFarland No. 1.0 (มีจำนวนเซลล์ 10^8 CFU/mL) ปริมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรอาหาร บ่มบนเครื่องเขย่า 130 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วเก็บส่วนใสมาวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟต ตามวิธีการของ Bray and Kurt (1945) เลือกแบคทีเรียที่สามารถละลายฟอสเฟตได้ดีไว้ศึกษาต่อไป

การคัดเลือกแบคทีเรียเอนโดไฟท์ที่ผลิตกรดอินโดลอะซิติกและการวิเคราะห์

ทดสอบการผลิตกรดอินโดลอะซิติกขั้นต้น โดยเพาะเลี้ยงเชื้อที่แยกได้ในอาหารเหลว Tryptone broth ที่บรรจุในหลอดทดลองปริมาตรอาหาร 5 มิลลิลิตร เลี้ยงเชื้อบนเครื่องเขย่า 130 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำอาหารเหลวที่มีเชื้อเจริญอยู่มาหยด Kovac's reagent หากมีสีแดงเกิดขึ้นที่ผิวหน้าอาหารแสดงว่าให้ผลบวก แต่ถ้าไม่มีสีแดงเกิดขึ้นที่ผิวหน้าอาหารแสดงว่าเป็นผลลบ เก็บเชื้อที่ให้ผลบวกไว้ศึกษาต่อไป

การวิเคราะห์ปริมาณกรดอินโดลอะซิติก โดยนำเชื้อที่ให้ผลบวกมาศึกษาโดยเพาะเลี้ยงเชื้อเริ่มต้น 2 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรอาหาร ลงในอาหารเหลว nutrient broth ที่เติม tryptophan 0.2 เปอร์เซ็นต์ ที่บรรจุในหลอดทดลองปริมาตร 5 มิลลิลิตร บ่มบนเครื่องเขย่า 130 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เก็บส่วนใสวิเคราะห์ปริมาณกรดอิน-โดลอะซิติก ตามวิธีของ Ahmad *et al*. (2008) เก็บเชื้อที่ผลิตกรดอินโดลอะซิติกได้สูงไว้ใช้ต่อไป

การจำแนกชนิดของแบคทีเรียเอนโดไฟท์ที่คัดเลือกได้

ศึกษาคุณลักษณะของแบคทีเรียละลายฟอสเฟตและผลิตกรดอินโดลอะซิติกที่คัดเลือก โดยดูลักษณะการเจริญบนอาหารแข็ง บันทึกลักษณะโคโลนี และศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา โดยการย้อมสีแบบแกรม แล้วส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบ บันทึกการติดสีแกรม รูปร่าง และการเรียงตัวของเซลล์ และทดสอบลักษณะทางสรีรวิทยาและชีวเคมี เช่น การผลิตเอนไซม์ออกซิเดส คะตะเลส รวมทั้งการใช้แหล่งคาร์บอนชนิดต่าง ๆ โดยเพาะเลี้ยงเชื้อในอาหารเหลวที่มีฟรุคโตส กาแลคโตส กลูโคส แลคโตส แมนนิทอล มอลโตส ซูโครส และไซลิทอล บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 24 ชั่วโมง

การหาลำดับเบสของ 16S rRNA ของแบคทีเรียเอนโดไฟท์ โดยการสกัดดีเอ็นเอด้วยชุดสกัดสำเร็จรูป (Geneaid, Taiwan) และเพิ่มปริมาณยีน 16S rRNA โดยใช้ universal primer คือ 27F ซึ่งมีลำดับนิวคลีโอไทด์ คือ 5'-AGA GTT TGA TCC TGG CTC AG-3' และวิเคราะห์ผลลำดับเบสของ 16S rRNA เปรียบเทียบกับฐานข้อมูลใน GenBank

ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน

ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน (ตารางที่ 1) พบว่า ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุ 0.98 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 4.00 และ 10.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.7 ค่าความหนาแน่นดิน ความจุความชื้นภาคสนาม และการนำน้ำของดินในสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำเท่ากับ 1.19 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร 40.83 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และ 0.19 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ

ผลการแยกแบคทีเรียเอนโดไฟท์จากข้าวหอมมะลิแดง

ผลการแยกแบคทีเรียเอนโดไฟท์จากข้าวหอมมะลิแดงบนอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดต่าง ๆ พบได้แบคทีเรียเอนโดไฟท์จากส่วนของราก ลำต้น และใบของข้าวหอมมะลิแดงจำนวน 20, 10 และ 11 ไอโซเลท รวมทั้งหมด 41 ไอโซเลท (ตารางที่ 2)

Table 1. Physiological and chemical properties of ten years organic rice soil

Organic matter (%)	Available phosphorus (mg/kg)	Exchangeable potassium (mg/kg)	pH	Bulk density (g/cm^3)	Field capacity (% by weight)	Saturated hydraulic conductivity (cm/hr)
0.98	4.00	10.00	4.7	1.19	40.83	0.19

Table 2. Isolation of endophytic bacteria from red jasmine rice on various kinds of culture media

Culture media	Number of endophytic bacteria (isolates)			Total
	Roots	Stems	Leaves	
PCA	7	3	3	13
PVK	4	2	2	8
TSA	6	3	2	11
ISP2	3	2	4	9
Total	20	10	11	41

ผลการคัดเลือกขั้นต้นของแบคทีเรียเอนโดไฟท์ละลายฟอสเฟต

ผลการทดสอบแบคทีเรียละลายฟอสเฟตขั้นต้นบนอาหารแข็ง PVK agar พบว่า เกิดวงใสรอบโคโลนี จำนวน 24 ไอโซเลท และพบว่ามีแบคทีเรียที่สามารถละลายฟอสเฟตได้ดีในอาหารเหลว PVK broth จำนวน 9 ไอโซเลท ได้แก่ RSPVK-2, RRPVK-4, RRTSA-5, RRTSA-6, RLISP2-1, RRTSA-3, RRPVK-1, RSTSA-1 และ RSISP2-1 โดยละลายฟอสเฟตได้ 191.78, 92.65, 91.80, 73.22, 73.17, 71.23, 70.93, 69.93 และ 67.49 มิลลิกรัมฟอสเฟตต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ผลการคัดเลือกแบคทีเรียเอนโดไฟท์ที่ผลิตกรดอินโดลอะซิติก

ผลการคัดเลือกแบคทีเรียเอนโดไฟท์ที่ผลิตกรดอินโดอะซิติกขั้นต้น พบว่า มีเพียง 1 ไอโซเลท คือ แบคทีเรีย RRTSA-6 ที่ให้ผลบวก โดยสามารถผลิตกรดอินโดลอะซิติกได้ 20.55 มิลลิกรัมต่อลิตร

ผลการจำแนกชนิดของแบคทีเรียเอนโดไฟท์

แบคทีเรียละลายฟอสเฟตและแบคทีเรียผลิตกรดอินโดลซิติก เป็นแบคทีเรียแกรมบวก รูปร่างท่อน คือ แบคทีเรีย RRPVK-1, RRPVK-4, RRTSA-3, RRTSA-5, RRTSA-6, RSTSA-1, RLISP2-1 และ RSISP2-1 มีเพียงแบคทีเรีย RSPVK-2 ที่เป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปร่างท่อน ซึ่งแบคทีเรีย RRTSA-6 เป็นแบคทีเรียที่มีความสามารถทั้งละลายฟอสเฟตและผลิต IAA ได้ มีลักษณะทางชีวเคมี เช่น ผลิตออกซิเดส และหมักฟรุคโตส ซูโครส มอลโตส กลูโคส และกาแลคโตส แต่ไม่หมักไซลิทอล แลคโตส และแมนนิทอล ซึ่งคุณลักษณะทางชีวเคมีของแบคทีเรียแต่ละไอโซเลท แสดงในตารางที่ 4

ผลการหาลำดับเบสบน 16S rRNA ของแบคทีเรีย RSPVK-2, RRPVK-4, RRTSA-5, RRTSA-6, RLISP2-1, RRTSA-3, RRPVK-1, RSTSA-1, RSISP2-1 พบว่า เป็น *Burkholderia cenocepacia*, *Paenibacillus favisporus*, *Bacillus pumilus*, *Paenibacillus alvei*, *Bacillus thuringiensis*, *B. pumilus*, *B. pumilus*, *Bacillus subtilis* และ *Ralstonia pickettii* ตามลำดับ ที่ระดับความเหมือน 100, 100, 100, 100, 100, 100, 100, 100 และ 98 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 5) ซึ่งพบว่าแบคทีเรีย RRTSA-6 มีความสามารถทั้งละลายฟอสเฟตและผลิตกรดอินโดลอะซิติกได้

Table 3. Phosphate solubilization of endophytic bacteria in PVK broth

Parts of rice	Bacterial isolate	Phosphate content ($mgPO_4^{2-}/L$)
Roots	RRPVK-1	70.93
Roots	RRPVK-4	92.65
Stems	RSPVK-2	191.78
Roots	RRTSA-3	71.23
Roots	RRTSA-5	91.80
Roots	RRTSA-6	73.22
Stems	RSTSA-1	69.93
Stems	RSISP2-1	67.49
Leaves	RLISP2-1	73.17

Table 4. Characteristics of selected endophytic bacteria

Bacterial Isolate	Cultural characteristic	Morphological characteristic	Biochemical and physiological characteristics									
			Catalase	Oxidase	Fruc	Su	Mal	Glu	Gal	Xy	Lac	Man
RRPVK-1	CF:circular, CM:entire, CE:raised	Gram positive Rods, Chains	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
RRPVK-4	CF:circular, CM:entire, CE:flat	Gram positive Rods, Chains	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-
RSPVK-2	CF:irregular, CM:undulate CE:convex	Gram negative Rods, Single	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-
RRTSA-3	CF:circular, CM:entire CE:raised	Gram positive Rods, Chains	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-
RRTSA-5	CF:circular, CM:entire CE:raised	Gram positive Rods, Chains	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-
RRTSA-6	CF:circular, CM:entire CE:flat	Gram positive Rods, Chains	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-
RSTSA-1	CF:irregular, CM:undulate CE:raised	Gram positive Rods, Chains	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-
RSISP2-1	CF:irregular, CM:undulate CE:raised	Gram positive Rods, Chains	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-
RLISP2-1	CF:irregular, CM:undulate CE:raised	Gram positive Rods, Chains	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-

Remark: CF=colony form, CM=colony margin, CE= colony elevation, Fruc=Fructose, Su=Sucrose, Mal=Maltose, Glu=Glucose, Xy=Xylitol, Lac=Lactose, Man=Manitol

Table 5. Identification of selected endophytic bacteria by16S rRNA genes sequencing

Bacterial isolate	Bacteria	Accession number	Query cover	Identities
RRPVK-1	*Bacillus pumilus* strain NJ-M2	NZ_CP012329.1	100%	840/840 (100%)
RRPVK-4	*Paenibacillus favisporus*	LC127090.1	100%	680/680 (100%)
RSPVK-2	*Burkholderia cenocepacia* J2315	NC_011000.1	100%	754/756 (99%)
RRTSA-3	*Bacillus pumilus* strain NJ-M2	NZ_CP012329.1	100%	676/676 (100%)
RRTSA-5	*Bacillus pumilus* strain NJ-M2	NZ_CP012329.1	100%	685/685 (100%)
RRTSA-6	*Paenibacillus alvei* DSM 29 PAV_2c	NZ_AMBZ01000002	100%	686/690 (99%)
RSTSA-1	*Bacillus subtilis* ssp. *subtilis* strain 168	NC_000964.3	100%	745/745 (100%)
RSISP2-1	*Ralstonia pickettii* 12J	NC_010682.1	98%	738/738 (100%)
RLISP2-1	*Bacillus thuringiensis* serovar *konkukian* strain 97-27	NC_005957.1	100%	767/767 (100%)

วิจารณ์

ข้อมูลการวิเคราะห์ดิน พบว่า ดินแปลงข้าวเกษตรอินทรีย์อายุ 10 ปี เป็นดินกรดจัด มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้และอินทรียวัตถุอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง ซึ่งดินที่เป็นกรดจัดจะทำให้ฟอสเฟตทำปฏิกิริยากับธาตุอื่น ๆ เช่น เหล็ก อะลูมิเนียม แล้วอยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ไม่ได้ ซึ่งหากพืชขาดฟอสเฟตมีผลทำให้รากพืชไม่เจริญ มีรากฝอยน้อย ต้นแคระแก็รน การเจริญเติบโตหยุดชะงัก (Arai and Sparks, 2007) นอกจากนี้ Kemmitt *et al.* (2006) พบว่า การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างในดิน ส่งผลกระทบต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินและมีผลกับอัตราการเกิดของวัฏจักรคาร์บอนและไนโตรเจนในดินอีกด้วย ซึ่งค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่เหมาะสมแก่การปลูกพืชอยู่ระหว่าง 6.0-7.0 ส่วนปริมาณอินทรียวัตถุของดินในการทดลองนี้อยู่ในระดับต่ำ หากปริมาณอินทรียวัตถุน้อยกว่า 1.0 เปอร์เซ็นต์ ถือว่าดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ซึ่งปริมาณอินทรียวัตถุที่เหมาะสมต่อการปลูกพืชควรอยู่ระหว่าง 2.5-4.5 เปอร์เซ็นต์ (อภิรดี, 2542) ซึ่งการใส่อินทรียวัตถุในดินเป็นการช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของดินทั้งทางกายภาพและเคมีของดินให้ดีขึ้น เช่น ช่วยส่งเสริมให้อนุภาคของดินจับตัวเป็นก้อน ดินมีโครงสร้างดีและร่วนมีอากาศถ่ายเทได้สะดวก การระบายน้ำดี ความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น และยังช่วยเพิ่มปริมาณธาตุอาหารพืชในดิน เพิ่มการดูดซับธาตุอาหารของพืช และยังช่วยเพิ่มความต้านทานการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของดิน นอกจากนี้ ยังเป็นแหล่งธาตุอาหารของจุลินทรีย์ในดิน จึงมีผลช่วยเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์และลดจำนวนจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุโรคพืชได้ (บัญชา, 2555) และในการทดลองนี้ พบว่า ความหนาแน่นของดิน ค่าความจุความชื้นภาคสนาม และสภาพการนำน้ำขณะอิ่มตัวของดินอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง ซึ่งความหนาแน่นรวมของดินที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกพืชเฉลี่ย 1.32 กรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งความหนาแน่นรวมของดินมีผลต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน ในด้านปริมาณน้ำและอากาศในดิน เมื่อดินมีความหนาแน่นรวมสูงขึ้นสัดส่วนของน้ำจะมีมากขึ้น เพราะช่องว่างที่เก็บน้ำมากขึ้น นอกจากนี้ ความหนาแน่นของดินยังมีผลต่อการแพร่กระจายของรากพืช ดินที่มีความหนาแน่นรวมมากเกินไป หรือไม่เหมาะสม มีผลทำให้จำกัดการเจริญเติบโตของพืช ควรปรับปรุงดินด้วยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ และค่าความจุความชื้นภาคสนามของดินในการทดลองนี้ มีค่าสูงกว่าค่าที่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูกพืช ซึ่งค่าความชื้นในภาคสนามของเนื้อดินมีค่าประมาณ 34.60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะมีน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอยู่ 14.30 เปอร์เซ็นต์ (เกษมศรี, 2541) และ Xue *et al.* (2017) พบว่า ดินที่มีปริมาณน้ำมากมีผลกระทบต่อการหายใจของดินสูงขึ้น 2 เท่า และพบชีวมวลของจุลินทรีย์ในดินที่มีค่าความจุความชื้นภาคสนาม 10 เปอร์เซ็นต์สูงกว่าที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ และหากปริมาณน้ำในดินมากยังมีผลทำให้การใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนของพืชลดลงอีกด้วย ในการทดลองนี้ พบว่า ค่าสภาพการนำน้ำขณะอิ่มตัวของดินอยู่ในระดับต่ำ หากดินมีค่าการนำน้ำของดินในสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำน้อยกว่า 0.5 cm/hr ถือว่าดินมีอัตราซาบซึมของน้ำช้า ซึ่งความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านได้ของดินจะเป็นตัวจำกัดการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการปลูกพืช ดินที่มีความสามารถในการซาบซึมน้ำช้าเหมาะสมสำหรับนาข้าว ดินที่มีความสามารถในการซาบซึมน้ำปานกลาง โดยมากจะเหมาะสมสำหรับพืชไร่ หรือไม้ยืนต้นทั่วไป ส่วนดินที่มีความสามารถในการซาบซึมน้ำได้เร็วมักไม่เหมาะสมในการปลูกพืช เพราะนอกจากน้ำในดินจะซึมหายไปเร็วแล้วโอกาสที่ธาตุอาหารจะสูญเสียไปจากดินโดยการชะล้างลงสู่ข้างล่างจะมีมากอีกด้วย ซึ่ง Whelan *et al.* (2013) พบว่า การใส่ปุ๋ยหมักลงไปในดินจะทำให้มีผลต่อค่าการนำน้ำของดินในสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำของดินเพิ่มขึ้น ทำให้มีรูพรุนในดินมีขนาดใหญ่ขึ้น และปุ๋ยหมักยังช่วยเพิ่มให้การกักเก็บน้ำของดินดีขึ้นอีกด้วย นอกจากนี้ ปริมาณน้ำในดินมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในดิน เช่น สัตว์ พืช รวมทั้งจุลินทรีย์อีกด้วย ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลจากการวิเคราะห์ดินมีผลช่วยให้เกษตรกร หรือผู้เพาะปลูกพืชมีข้อมูลในการจัดการดินให้มีความอุดมสมบูรณ์ เช่น การจัดการธาตุอาหาร หรือการให้ปุ๋ยแก่พืชเพื่อให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชให้สูงขึ้นได้ โดย Surekha *et al.* (2013) พบว่า การจัดการดินในระบบเกษตรอินทรีย์ มีผลช่วยปรับปรุงคุณภาพ

ทางด้านกายภาพ เคมี และชีววิทยาของดิน ซึ่งการทำเกษตรอินทรีย์หลังจาก 5 ปี เป็นดัชนีบ่งบอกถึงความยั่งยืนของดิน และยังพบว่า ช่วยเพิ่มคุณภาพทางโภชนาการของข้าวที่มีสีน้ำตาลอีกด้วย นอกจากนี้ Xia *et al.* (2015) พบว่า การจัดการระบบเกษตรอินทรีย์จะช่วยให้มีจำนวนและความหลากหลายของจุลินทรีย์เอนโดไฟท์มากกว่าระบบเกษตรทั่วไป ซึ่งการเติมอินทรียวัตถุลงในดินแปลงเกษตรอินทรีย์ระยะเวลายาวนาน จะช่วยเพิ่มความสามารถในการกักเก็บน้ำและลดความหนาแน่นของดิน รวมทั้งส่งเสริมกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินให้ดีขึ้น (Sihi *et al*., 2017) ส่วนการเพิ่มอินทรียวัตถุ ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ส่งผลให้มีอินทรียวัตถุและมีการปลดปล่อยฟอสเฟตในดินเพิ่มขึ้น และยังช่วยให้ดินมีค่าการนำไฟฟ้าดีขึ้นด้วย (Zhang *et al*., 2013)

แบคทีเรียเอนโดไฟท์ละลายฟอสเฟต ในการทดลองนี้ แยกได้จากส่วนรากข้าวมากกว่าส่วนอื่น เนื่องจากรากเป็นบริเวณที่สัมผัสกับดิน และรากพืชมีการขับสารบางอย่าง เช่น กรดอะมิโน น้ำตาล ที่เป็นประโยชน์ต่อจุลินทรีย์ จึงทำให้พบจุลินทรีย์อาศัยอยู่หนาแน่น (Edwards *et al*., 2015) การเกิดวงใสบนอาหารแข็งของแบคทีเรียละลายฟอสเฟตในการคัดเลือกขั้นต้น เกิดจากแบคทีเรียปลดปล่อยกรดอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ออกมา เช่น ซัคซินิค ออกซาลิก และ โพรพิโอนิก รวมทั้งยังเป็นผลมาจากกิจกรรมของเอนไซม์ฟอสฟาเตสอีกด้วย (Anand *et al*., 2016) มีรายงานการคัดเลือกแบคทีเรียเอนโดไฟท์ที่แยกได้จากบริเวณรอบรากข้าว โดย ภัทธนวรรณ์ (2557) พบว่า แบคทีเรียละลายฟอสเฟตที่แยกได้จากดินบริเวณรอบรากข้าวหอมมะลิแดงละลายฟอสเฟตได้สูงสุด 191.02 มิลลิกรัมฟอสเฟตต่อลิตร และเมื่อเชื้อสร้างกรดปริมาณสูงขึ้นทำให้ละลายฟอสเฟตมากขึ้น ส่วน Duangpaeng *et al*. (2012) พบว่า แบคทีเรียเอนโดไฟท์ที่แยกได้จากข้าวอินทรีย์อายุ 4 ปี ละลายฟอสเฟตได้ 52.90-98.90 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่ง Phetcharat and Duangpaeng (2012) รายงานว่า แบคทีเรียเอนโดไฟท์ที่แยกได้จากรากข้าวอินทรีย์อายุ 1-3 ปี ผลิตกรดอินโดลอะซิติกได้ 14. 58 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และสุจิตตรา และคณะ (2556) พบว่า แบคทีเรียเอนโดไฟท์ที่แยกได้จากรากข้าวเจ้าหอมสุพรรณบุรีละลายฟอสเฟตและผลิตกรดอินโดลอะซิติกได้ 465.90 และ 12 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ นอกจากนี้ จีราภรณ์ และคณะ (2560) พบว่า แบคทีเรียเอนโดไฟท์ *Brevibacillus agri* ที่แยกได้จากดินรอบรากพืชในพื้นที่ของศูนย์พัฒนาพันธุ์พืชจักรพันธ์เพ็ญศิริ จังหวัดเชียงราย สามารถผลิตกรดอินโดลอะซิติกได้สูงสุดเท่ากับ 126 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และยังพบว่า เชื้อข้างต้นมีผลส่งเสริมการเจริญเติบโตของพริกขี้หนูโดยช่วยเพิ่มจำนวนใบต่อต้น ความสูง ความยาวของราก น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งทั้งในส่วนที่เหนือดินและส่วนของรากให้มากขึ้นอีกด้วย

ในการทดลองนี้ พบแบคทีเรียละลายฟอสเฟตส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียแกรมบวก รูปร่างท่อน ซึ่ง ภัทธนาวรรณ์ (2557) รายงานว่า แบคทีเรียที่แยกได้จากรากข้าวหอมมะลิแดง ส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียแกรมบวกรูปร่างท่อนเช่นกัน แบคทีเรีย RRTSA-6 เป็นแบคทีเรียที่มีความสามารถทั้งละลายฟอสเฟตและผลิตกรดอินโดลอะซิติกได้ มีคุณลักษณะทางชีวเคมี และการหมักน้ำตาลชนิดต่าง ๆ ได้คล้ายกับแบคทีเรีย *P. alvei* ที่แยกได้จากตัวผึ้ง (Djordjevic *et al*., 2000) และสอดคล้องกับผลการศึกษาลำดับเบสของแบคทีเรีย RRTSA-6 ที่มีลักษณะเหมือนกับ *Paenibacillus alvei* ที่ระดับความเหมือน 100 เปอร์เซ็นต์ ในการทดลองนี้ พบว่า เชื้อที่ละลายฟอสเฟตได้ดีเป็นเชื้อ *P. favisporus*, *B. cenocepacia*, *B. subtilis*, *R. pickettii*, *P. alevei* และ *B. thuringiensis* ซึ่งพบว่า *B. cenocepacia* เป็นเชื้อที่ละลายฟอสเฟตได้สูงสุด จากรายงานของ Gofar *et al.* (2015) พบว่า แบคทีเรียเอนโดไฟท์ *Burkhoeria pseudomallei* ที่แยกได้จากเนื้อเยื่อของข้าวที่ปลูกในพื้นที่ลุ่มสามารถผลิตกรดอินโดลอะซิติกได้ และมีผลช่วยเพิ่มน้ำหนักแห้งของลำต้นและรากของข้าวได้ นอกจากนี้ Xuan *et al.* (2016) พบว่า แบคทีเรียเอนโดไฟท์ *Burkholderia vietnamiensis* สามารถประยุกต์ใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพไปปรับใช้กับดินที่อยู่ในสภาวะดินที่เป็นกรด เพื่อให้ได้ผลผลิตของข้าวสูงขึ้น และยังเป็นสายพันธุ์ที่ปลอดภัยสำหรับการเกษตร ส่วน Midekssa *et al.* (2015) พบว่า แบคทีเรียเอนโดไฟท์ *Burkholderia* sp. และ *B. subtilis* นอกจากจะผลิตกรดอินโดลอะซิติกได้แล้วยังสามารถยับยั้งเชื้อรา *Fusarium oxysporum* ที่ก่อโรคพืชได้ และยังมีรายงานว่า

Paenibacillus sp. สามารถผลิตสารต้านจุลินทรีย์ได้ เช่น lantibiotics, lipopeptides และ macrolide (Wu *et al.* 2011) นอกจากนี้ Rodrigues *et al.* (2006) พบว่า lipopeptides มีฤทธิ์ในการต้านไวรัส ช่วยเสริมคุ้มกัน หรือยับยั้งสารพิษหรือเอนไซม์อย่างจำเพาะ

ในการทดลองนี้ พบว่า แบคทีเรีย RRTSA-6 ซึ่งเป็นแบคทีเรียเอนโดไฟท์ที่แยกได้จากรากข้าว มีคุณสมบัติทั้งการผลิตกรดอินโดลอะซิติกและละลายฟอสเฟตได้ ดังนั้น น่าจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งที่ได้เชื้อที่มีคุณสมบัติทั้งสองลักษณะข้างต้นอยู่ในเชื้อเดียวกัน นอกจากนี้ ในการทดลองนี้ ยังแยกได้เชื้อที่มีประโยชน์ในทางการเกษตร เช่น *B. thruringiensis* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่ช่วยในการกำจัดแมลงศัตรูพืช เป็นเชื้อที่มีความจำเพาะ ปลอดภัย และมีประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูพืชได้ดี (Roh *et al.,* 2007) นอกจากนี้ ยังมีรายงานของ Shrestha *et al.* (2016) พบว่า แบคทีเรีย *B. subtilis* และ *Bacillus methylotrophicus* ที่แยกได้จากข้าวมีศักยภาพในการควบคุมโรคข้าวที่เกิดจากเชื้อรา *Rhizoctonia solani* ซึ่งจุลินทรีย์ที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชมีประโยชน์ต่อพืช 3 ด้าน ได้แก่ ช่วยให้พืชทนทานต่อสภาวะเครียด ช่วยให้พืชทนทานต่อเชื้อก่อโรคพืช และเป็นปุ๋ยชีวภาพ ช่วยส่งเสริมการเจริญของพืช (de Souza *et al.*, 2015) โดย Khan *et al.* (2009) กล่าวว่า หากใช้แบคทีเรียละลายฟอสเฟตร่วมกับจุลินทรีย์อื่น ๆ เช่น จุลินทรีย์ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชและไมคอไรซา โดยใช้ในรูปแบบเชื้อผสมจะทำให้มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชดียิ่งขึ้น

สรุป

ดินจากแปลงข้าวเกษตรอินทรีย์อายุ 10 ปี มีคุณภาพระดับต่ำถึงปานกลาง ซึ่งพบเชื้อที่แยกได้จากส่วนต่าง ๆ ของข้าวหอมมะลิแดงที่สามารถละลายฟอสเฟตได้ดีที่สุดคือ *Burkholderia cenocepacia* RSPVK-2 และพบว่า *Paenibacillus alvei* RRTSA-6 สามารถทั้งละลายฟอสเฟตและผลิตกรดอินโดลอะซิติกได้ ซึ่งน่าประยุกต์ใช้เชื้อข้างต้นช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน นอกจากนี้ ยังมีแนวทางที่จะหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตกรดอินโดลอะซิติกเพื่อใช้ในการกำจัดวัชพืช หรือการใช้เชื้อที่คัดเลือกได้ร่วมกับเชื้ออื่น รวมทั้ง การหาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพอื่น ๆ จากเชื้อข้างต้นแล้วนำไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำน้อย หรือพื้นที่แห้งแล้งอันเกิดจากภาวะภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง เพื่อช่วยเพิ่มผลผลิตข้าวอินทรีย์ให้สามารถแข่งขันกับนานาประเทศได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่สนับสนุนทุนวิจัยนี้ รวมทั้งขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และสถานที่ในการปฏิบัติงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

เกษมศรี ซับซ้อน. 2541. ปฐพีวิทยา. นานาสิ่งพิมพ์, กรุงเทพฯ. 286 หน้า.

จีราภรณ์ อินทสาร ฉัตรปวีณ์ เดชจิรรัตนสิริ และ ประวิทย์ บุญมี. 2560. ผลของแบคทีเรียที่ผลิตสาร indole-3-acetic acid (IAA) ต่อการเจริญเติบโตและปริมาณธาตุอาหารของพริกขี้หนู. วารสารเกษตร 33(3): 333-344.

บัญชา รัตนีทู. 2555. ปุ๋ยอินทรีย์กับการปรับปรุงดินเสื่อมคุณภาพ. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ 4(2): 115-127.

ภัทธนาวรรณ์ ฉันท์รัตนโยธิน. 2557. การคัดแยกเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการสลายฟอสเฟตจากดินรอบรากของข้าวหอมมะลิแดง. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 55 หน้า.

สุจิตรา ปะนันโต ภาคภูมิ ตันเตชสาธิต ศิริลักษณ์ จิตรอักษร รังสฤษดิ์ กาวีต๊ะ และ กรรณิการ์ สัจจาพันธ์. 2556. เอนโดไฟติกแบคทีเรียและผลในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าว. แก่นเกษตร 41(4): 457-468.

สมคิด ดีจริง และ วิชญาพร ปาวงค์. 2560. การแยก การคัดเลือกและการระบุชนิดของแบคทีเรียเอนโด-ไฟท์ละลายฟอสเฟตจากข้าวแปลงเกษตรอินทรีย์ 5 ปี. หน้า 144-151. *ใน*: รายงานประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 55. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อภิรดี อิ่มเอิบ. 2542. แนวทางปรับปรุงคุณภาพทางเคมีของดินในประเทศไทย. วารสารพัฒนาที่ดิน 36 (376): 24-38.

Ahmad, F., I. Ahmad and M.S. Khan. 2008. Screening of free-living rhizospheric bacteria for their multiple plant growth promoting activities. Microbiological Research 163(2): 173-181.

Ahmed, S.A., E. Shakh, K.U. Kakar, X. Wang, A.A. Almoneafy, M.R. Ojaghian M.R., B. Li, S.I. Anjum and G. Xie. 2015. Controlling bacterial leaf blight of rice and enhancing the plant growth with endophytic a rhizobacterial *Bacillus* strains. Toxicological and Environmental Chemistry 97(6): 55-63.

Anand, K., B. Kumari and M.A. Mallick. 2016. Phosphate solubilizing microbes: An effective and alternative approach as biofertilizers. International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences 8(2): 37-40.

Arai, Y. and D.L. Sparks. 2007. Phosphate reaction dynamics in soils and soil minerals: a multiscale approach. Advances in Agronomy 94: 135-179.

Araújo, W.L., J. Marcon, W. Maccheroni, Jr., J.D. Van Elsas, J.W. Van Vuurde and J.L. Azevedo. 2002. Diversity of endophytic bacterial populations and their interaction with *Xylella fastidiosa* in citrus plants. Applied and Environmental Microbiology 68(10): 4906-4914.

Blake, G.R. 1965. Particle density. pp. 371-373. *In*: G.R. Blake (ed.). Methods of Soil Analysis. Part I: Physical and Mineralogical Properties, Including Statistics of Measurement and Sampling. American Society of Agronomy, Inc., Madison, Wisconsin.

Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils. Soil Science 59: 39-45.

de Souza, R., A. Ambrosini and L.M. Passaglia. 2015. Plant growth-promoting bacteria as inoculants in agricultural soils. Genetics and Molecular Biology 38(4): 401-419.

Djordjevic, S.P., W.A. Forbes, L.A. Smith and M.A. Hornitzky. 2000. Genetic and biochemical diversity among Isolates of *Paenibacillus alvei* cultured from Australian honeybee (*Apis mellifera*) colonies. Applied and Environmental Microbiology 66(3): 1098-1106.

Duangpaeng, A., P. Phetcharat, S. Chanthapho, N. Boonkantong and N. Okuda. 2012. The study and development of endophytic bacteria for enhancing organic rice growth. Procedia Engineering 32: 172-176.

Edwards, J., C. Johnson, C. Santos-Medellín, E. Lurie, N.K. Podishetty, S. Bhatnagar, J.A. Eisen and V. Sundaresan. 2015. Structure, variation, and assembly of the root-associated microbiomes of rice. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 112(8): E911-20, doi: 10.1073/pnas.1414592112.

Gardner, W.H. 1986. Water content. pp. 493- 544. *In*: A. Klute (ed.). Methods of Soil Analysis. Part I: Physical and Mineralogical Methods.

American Society of Agronomy, Inc., Madison, Wisconsin.

Gofar, N., H. Widjajanti and N. Marlina. 2015. Stimulate the growth of rice using endophytic bacteria from lowland rice plant tissue. Journal of Soil Science and Agroclimatology 12(2): 45-52.

Hossain, M.T., A. Khan, E.J. Chung, M.H. Rashid and Y.R. Chung. 2016. Biological control of rice bakanae by an endophytic *Bacillus oryzicola* YC7007. Plant Pathology Journal 32(3): 228-241.

Jackson, M.L. 1958. Soil Chemical Analysis. Practice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. 521 p.

Kemmitt, S.J., D. Wright, K.W.T. Goulding and D.L. Jones. 2006. pH regulation of carbon and nitrogen dynamics in two agricultural soils. Soil Biology and Biochemistry 38(5): 898-911.

Khan, A.A., G. Jilani, M.S. Akhtar, S.M.S Naqvi and M. Rasheed. 2009. Phosphorus solubilizing bacteria: occurrence, mechanisms and their role in crop production. Journal of Agriculture and Biological Sciences 1(1): 48-58.

Klute, A. and C. Dirksen. 1986. Hydraulic conductivity and diffusivity: Laboratory methods. pp. 687-734. *In*: A. Klute (ed.). Methods of Soil Analysis. Part I: Physical and Mineralogical Methods. American Society of Agronomy, Inc., Madison, Wisconsin.

Midekssa, M.J., C.R. Löscher, R.A. Schmitz and F. Assefa. 2015. Characterization of phosphate solubilizing rhizobacteria isolated from lentil growing areas of Ethiopia. African Journal of Microbiology Research 9(25): 1637-1648.

Olayemi, O.P. and O.O. Odedara. 2017. Screening of endophytic plant growth-promoting bacteria isolated from two Nigerian rice varieties. Nigerian Journal of Biotechnology 33: 1-10.

Peech, M. 1965. Soil pH by glass electrode pH meter. pp. 687-734. *In*: A. Klute (ed.). Methods of Soil Analysis. Part II: Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy, Inc., Madison, Wisconsin.

Phetcharat, P. and A. Duangpaeng. 2012. Screening of endophytic bacteria from organic rice tissue for indole acetic acid production. Procedia Engineering 32: 177-183.

Rodrigues, L., I.M. Banat, J. Teixeira and R. Oliveira. 2006. Biosurfactants: potential applications in medicine. Journal of Antimicrobial Chemotherapy 57(4): 609-618.

Roh, J.Y., J.Y. Choi, M.S. Li, B.R. Jin and Y.H. Je. 2007. *Bacillus thuringiensis* as a specific, safe, and effective tool for insect pest control. Journal of Microbiology and Biotechnology 17(4): 547-559.

Shrestha, B.K., H.S. Karki, D.E. Groth, N. Jungkhun and J.H. Ham. 2016. Biological control activities of rice associated *Bacillus* sp. strains against sheath blight and bacterial panicle blight of rice. PLoS One 11(1): e0146764, doi: 10.1371/journal.pone. 0146764.

Sihi, D., B. Dari, D.K. Sharma, H. Pathak, L. Nain and O.P. Sharma. 2017. Evaluation of soil health in organic vs. conventional farming of basmati rice in North India. Journal of Nutrition and Soil Science 180(3): 389-406.

Surekha, K., K.V. Rao, N. S. Rani, P.C. Latha and R.M. Kumar. 2013. Evaluation of organic

and conventional rice production systems for their productivity, profitability, grain quality and soil health. Agrotechnology S11: 1-6.

Surekha, K.K. and Y.S., Satishkumar. 2014. Productivity, nutrient balance, soil quality, and sustainability of rice (*Oryza sativa* L.) under organic and conventional production systems. Communications In Soil Science and Plant Analysis 45(4): 415-428.

Whelan, A., C. Kechavarzi, F. Coulon, R. Sakrabani and R. Load. 2013. Influence of compost amendments on the hydraulic functioning of brownfield soils. Soil Use and Management 29: 260-270.

Wu, X.C., C.D. Qian, H.H. Fang, Y.P. Wen, J.Y. Zhou, Z.J. Zhan, R. Ding, O. Li and H. Gao. 2011. Paenimacrolidin, a novel macrolide antibiotic from *Paenibacillus* sp. F6–B70 active against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. Microbial Biotechnology 4(4): 491–502.

Xia, Y., S. DeBolt, J. Dreyer, D. Scott and M.A. Williams. 2015. Characterization of culturable bacterial endophytes and their capacity to promote plant growth from plants grown using organic or conventional practices. Frontiers in Plant Science 6: 490, doi: 10.3389/fpls.2015.00490.

Xuan, L.N.T., T.V. Dung, N.N. Hung and C.N. Diep. 2016. Isolation and characterization of rice endophytic bacteria in acid bacteria in acid sulphate soil of Mekong delta Vietnam. World Journal of Phamacy and Pharmaceutical Sciences 5(8): 301-317.

Xue, R., Y. Shen Y. and P. Marschner. 2017. Soil water content during and after plant growth influence nutrient availability and microbial biomass. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 17(3): 702-715.

Zhang, X., L. Chen, Q. Li, X. Qi and S. Yang. 2013. Increase in soil nutrients in intensively managed cash-crop agricultural ecosystems in the Guanting Reservoir catchment, Beijing, China. Geoderma 193-194: 102-108.

ผลของชนิดปุ๋ยพืชสดร่วมกับการจัดการปุ๋ยต่อผลผลิต การดูดใช้ธาตุอาหาร และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของข้าวพันธุ์ กข47 ที่ปลูกในชุดดินอยุธยา

Effects of Green Manures and Fertilizer Managements on Yield, Nutrient Uptake and Economic Return of Rice cv. RD47 Grown in Ayutthaya Soil Series

สายชล สุขญาณกิจ[1*] ธนภัทร ปลื้มพวก[2] และ ธนวรรณ พาณิชพัฒน์[3]

Saychol Sukyankij[1*], Thanapat Pluemphuak[2] and Thanawan Panich-pat[3]

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จ. พระนครศรีอยุธยา 13000

[1]Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phranakhon Si Ayutthaya 13000, Thailand

[2]ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

[2]Central Laboratory and Greenhouse Complex, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand

[3]ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

[3]Department of Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand

**Corresponding author: Email: saychol.agri@gmail.com*

(Received: 25 April 2018; Accepted: 5 October 2018)

Abstract: Due to the current situation of rice prices decline. Management of production factors, especially the use of fertilizers by farmers, is important in agricultural practice. The objective of this research was focused to study the effect of green manures and fertilizer managements on yield, nutrient uptake and the economic return of rice cv. RD47 cultivated in Ayutthaya soil series. The experiment was arranged in a factorial in randomized complete block design with three replications. The first factor consisted of no green manure (A1), mungbean (A2) and soybean (A3). The second factor consisted of no fertilizer (B1), chemical fertilizers at the same rate of nutrients from organic fertilizers at 500 kg/rai (B2) and organic fertilizer at 500 kg/rai (B3). The results showed that the application of soybean as a green manure with organic fertilizer gave the highest yield (1,048.0 kg/rai). In addition, the highest nutrient uptake both seeds and whole plants (10.5, 2.4 and 3.7 kg N-P-K/rai in seed and 15.4, 3.2 and 23.4 kg N-P-K/rai in whole plant). However, when considering the economic return, it was found that the treatment of soybean as the green manure with chemical fertilizer gave the highest economic return (9,242.78 baht/rai). Soil properties after harvest were found that the use of mungbean as green manure with chemical fertilizer tended to maintain the highest soil fertility.

Keywords: Green manure, chemical fertilizer, organic fertilizer, rice cv. RD47, Ayutthaya soil series

บทคัดย่อ: สืบเนื่องจากสถานการณ์ราคาข้าวตกต่ำในปัจจุบัน การจัดการปัจจัยการผลิตโดยเฉพาะการใช้ปุ๋ยของเกษตรกรจึงเป็นสิ่งสำคัญในการทำการเกษตร โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของชนิดปุ๋ยพืชสดร่วมกับการจัดการปุ๋ยต่อผลผลิต การดูดใช้ธาตุอาหาร และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของข้าวพันธุ์ กข47 ที่ปลูกในชุดดินอยุธยา วางแผนการทดลองแบบ factorial in randomized complete block จำนวน 3 ซ้ำ ปัจจัยที่ 1 คือ ไม่ปลูกพืชปุ๋ยสด (A1) ปลูกถั่วเขียว (A2) และปลูกถั่วเหลืองเป็นปุ๋ยพืชสด (A3) ปัจจัยที่ 2 คือ การจัดการปุ๋ย ได้แก่ ไม่ใส่ปุ๋ย (B1) ใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราเทียบเท่าปริมาณธาตุอาหารที่ได้จากปุ๋ยอินทรีย์ 500 กก./ไร่ (B2) และใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 500 กก./ไร่ (B3) ผลการทดลองพบว่ากรรมวิธีการใช้ถั่วเหลืองเป็นปุ๋ยพืชสดร่วมกับใช้ปุ๋ยอินทรีย์ทำให้ข้าวมีผลผลิตเมล็ดสูงที่สุด (1,048.0 กก./ไร่) นอกจากนี้ยังมีผลให้การดูดใช้ธาตุอาหารในเมล็ดและโดยรวมทั้งต้นสูงที่สุด (10.5, 2.4 และ 3.7 กก.N-P-K/ไร่ ในเมล็ด และ 15.4, 3.2 และ 23.4 กก.N-P-K/ไร่ โดยรวมทั้งต้น) แต่เมื่อพิจารณาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจพบว่ากรรมวิธีการใช้ถั่วเหลืองเป็นปุ๋ยพืชสดร่วมกับใช้ปุ๋ยเคมีให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงที่สุด (9,242.78 บาท/ไร่) ด้านสมบัติดินหลังเก็บเกี่ยวพบว่าการใช้ถั่วเขียวเป็นปุ๋ยพืชสดร่วมกับปุ๋ยเคมีมีแนวโน้มให้ดินคงความอุดมสมบูรณ์ได้สูงที่สุด

คำสำคัญ: ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ ข้าวพันธุ์ กข47 ชุดดินอยุธยา

คำนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่คนไทยรู้จักวิธีการเพาะปลูกมาเป็นเวลาช้านาน เนื่องจากเป็นพืชอาหารหลักที่บริโภคกันในครัวเรือน อีกทั้งสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศก็เอื้ออำนวยในการเพาะปลูกพืชชนิดนี้ จังหวัดพระนครศรีอยุธยาถือเป็นจังหวัดที่มีการปลูกข้าวที่สำคัญของประเทศโดยมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวกว่า 948,000 ไร่ (สำนักงานเกษตรจังหวัดพระนครศรีอยุธยา, 2559) อันเนื่องมาจากสภาพภูมิประเทศที่มีแม่น้ำไหลผ่านถึง 4 สาย ได้แก่ แม่น้ำเจ้าพระยา ป่าสัก ลพบุรี และแม่น้ำน้อย ทำให้มีแหล่งน้ำเพียงพอสำหรับการเพาะปลูกทั้งนาปีและนาปรัง แต่ในระยะ 3 ถึง 4 ปีที่ผ่านมา ประเทศไทยประสบปัญหาภัยแล้ง ทำให้ภาครัฐลดการปล่อยน้ำจากเขื่อนต่าง ๆ ลง เพื่อคงไว้ให้เพียงพอแค่การอุปโภคบริโภค และรักษาสมดุลของระบบนิเวศของแหล่งน้ำเท่านั้น ประกอบกับสถานการณ์ราคาข้าวปัจจุบันที่มีแนวโน้มต่ำลง โดยราคาข้าวเปลือกความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์ ตามรายงานของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2560) มีราคาเพียง 8,080 บาท/ตัน แต่ในสภาพการขายข้าวจริงของเกษตรกรนั้นจะเก็บเกี่ยวที่ความชื้นประมาณ 20 ถึง 25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งทำให้ราคาต่ำลงไปอีก โดยจากการสอบถามเกษตรกรในพื้นที่ ราคาข้าวที่เกษตรกรขายได้จริงจะอยู่ที่ประมาณ 6,500 ถึง 7,000 บาท/ตันเท่านั้น พันธุ์ข้าวที่เกษตรกรในพื้นที่นิยมปลูกได้แก่พันธุ์ กข41 และ กข47 อาจมี กข51 และ กข53 บ้างแต่ก็ถือว่ามีปริมาณน้อยกว่า 2 พันธุ์แรก ข้าวพันธุ์ กข47 ที่ใช้ในการทดลองนี้จัดว่าเป็นพันธุ์ที่มีความโดดเด่น เนื่องจากให้ผลผลิตสูง ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลดีกว่าพันธุ์ กข41 ต้านทานโรคไหม้ได้ดี อีกทั้งคุณภาพเมล็ดทางกายภาพและคุณภาพในการสีดี โดยเป็นพันธุ์ที่เหมาะสมอย่างมากในการปลูกในนาเขตชลประทานภาคกลาง (กรมการข้าว, 2559) ด้านทรัพยากรดินของจังหวัดพระนครศรีอยุธยานั้น ชุดดินอยุธยา ถือว่าเป็นชุดดินหลักในพื้นที่ โดยมีสมบัติทั่วไปเป็นดินลึก ดินบนเป็นกรดปานกลาง (พีเอชดินประมาณ 6) เนื้อดินเป็นดินเหนียว พบจุดประสีเหลืองฟางข้าวของแร่จาโรไซต์ที่ระดับความลึกมากกว่า 100 ซม. (กรมพัฒนาที่ดิน, 2559) จัดว่าเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างสูงเนื่องจากวัตถุต้นกำเนิดดินเป็นตะกอนน้ำพา (สายชล และคณะ 2560; Sukitprapanon *et al*., 2016) การจัดการดินจะเน้นที่การปรับปรุงความเป็นกรดของดินเป็นหลัก โดยทั่วไปใช้วิธีเติมปูนเพื่อลดความเป็นกรดของดิน หรืออาจใช้วิธีเติมอินทรียวัตถุก็ได้ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2559) ปุ๋ยพืชสดจัดว่าเป็นปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่ง (ยงยุทธ และคณะ, 2556) ซึ่งมีศักยภาพในการเพิ่มธาตุอาหารและอินทรียวัตถุแก่ดิน ซึ่งส่วนใหญ่มักอยู่ในกลุ่มของพืชตระกูลถั่ว ข้อดีของปุ๋ยพืชสดคือนอกจากจะช่วยเพิ่มปริมาณธาตุอาหารและอินทรียวัตถุแก่ดินแล้ว ยังสามารถ

นำมาใช้เป็นอาหารได้ เช่น ถั่วเขียว และถั่วเหลือง เป็นต้น ซึ่งพืชทั้ง 2 ชนิดนี้ถือว่ามีความเหมาะสมที่จะนำมาปลูกในช่วงฤดูแล้งในพื้นที่ (ประมาณเดือนมีนาคม ถึงมิถุนายน) เนื่องจากเป็นพืชใช้น้ำน้อยเหมาะสมที่เกษตรกรจะปลูกเป็นพืชรองก่อนที่จะปลูกข้าวซึ่งเป็นพืชหลักต่อไป นอกจากจะช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินแล้ว เกษตรกรยังมีรายได้จากการเก็บผลผลิตถั่วเพื่อการบริโภคหรือจำหน่ายอีกด้วย จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นจึงเป็นที่มาของงานวิจัยในครั้งนี้ เพื่อศึกษาผลของการใช้พืชตระกูลถั่วเป็นปุ๋ยพืชสดร่วมกับการจัดการปุ๋ยต่อผลผลิต การดูดใช้ธาตุอาหาร และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของข้าวพันธุ์ กข47 ที่ปลูกในชุดดินอยุธยา

อุปกรณ์และวิธีการ

การวางแผนการทดลอง: ดำเนินการทดลองในแปลงเกษตรกร ตำบลกระแชง อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ซึ่งเป็นดินที่อยู่ในชุดดินอยุธยา (Vertic Endoaquepts) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2559) วิเคราะห์สมบัติดินเบื้องต้นตามวิธีการของ National Soil Survey Center (1996) ทำการทดลองในระหว่างเดือนมกราคม ถึงกรกฎาคม พ.ศ. 2560 ใช้ข้าวพันธุ์ กข47 เป็นพืชทดลอง แปลงทดลองมีขนาด 3x4 ม. วางแผนการทดลองแบบ factorial in randomized complete block จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 การจัดการปุ๋ยพืชสด 3 กรรมวิธี คือ ไม่ปลูกพืชปุ๋ยสด (A1) ปลูกถั่วเขียวเป็นปุ๋ยพืชสดอัตราเมล็ด 5 กก./ไร่ (A2) และปลูกถั่วเหลืองเป็นปุ๋ยพืชสดอัตราเมล็ด 8 กก./ไร่ (A3) ปัจจัยที่ 2 การจัดการปุ๋ย 3 กรรมวิธี คือ ไม่ใส่ปุ๋ย (B1) ใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราเทียบเท่าปริมาณธาตุอาหารที่ได้จากปุ๋ยอินทรีย์ 500 กก./ไร่ ซึ่งเทียบเท่ากับปุ๋ยเคมีอัตรา 11.25-2.60-9.35 กก. N-P_2O_5-K_2O/ไร่ โดยใช้ปุ๋ยเคมีในรูปปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) จำนวน 19.93 กก./ไร่ ปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟต (16-20-0) จำนวน 13 กก./ไร่ และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) จำนวน 15.58 กก./ไร่ (B2) และใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดอัดเม็ด (ปริมาณธาตุอาหารเท่ากับ 2.25 N- 0.52 P_2O_5- 1.87 K_2O เปอร์เซ็นต์) อัตรา 500 กก./ไร่ (B3) ด้านการไถกลบถั่วนั้นจะทำการไถเมื่อเก็บผลผลิตถั่วเสร็จเรียบร้อยแล้ว หลังจากนั้นจึงทำการขังน้ำในแปลงทดลองเพื่อทำเทือกและปลูกข้าวโดยวิธีหว่านอัตราเมล็ด 20 กก./ไร่ สำหรับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์จะใส่ครั้งเดียวเป็นปุ๋ยรองพื้นพร้อมการเตรียมแปลง ส่วนปุ๋ยเคมีแบ่งใส่ 2 ครั้ง คือที่ระยะ 25 และ 50 วันหลังหว่านเมล็ด โดยใส่ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟต และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ จำนวน 9.965, 6.5 และ 7.79 กก./ไร่/ครั้ง

การบันทึกข้อมูล: ที่ระยะเก็บเกี่ยว (107 วันหลังหว่านเมล็ด) บันทึกความสูงของต้นข้าว จำนวนต้นต่อกอ จากนั้นใช้เคียวตัดต้นข้าวสูงจากพื้น 5 เซนติเมตร ในพื้นที่เก็บเกี่ยวขนาด 1 ตารางเมตรของแต่ละแปลงย่อย ตัวอย่างข้าวที่ได้นำมาแยกเมล็ดและตอซังออกจากกัน โดยผึ่งตอซังให้แห้งในโรงเรือนนาน 2 สัปดาห์ จนน้ำหนักคงที่แล้วบันทึกเป็นน้ำหนักแห้งตอซัง ส่วนเมล็ดที่ได้นำมาวัดความชื้นด้วยเครื่องวัดความชื้น (LANDTEK, MC-7806) แล้วคำนวณหาน้ำหนักเมล็ดที่ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนัก 100 เมล็ด เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ ตามลำดับ จากนั้นนำเมล็ดข้าวและตอซังไปอบจนแห้งอีกครั้ง แล้วบดเพื่อนำไปหาความเข้มข้นของธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในเมล็ดและตอซัง ตามวิธีการของทัศนีย์และจงรักษ์ (2542) แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณค่าการดูดใช้ธาตุอาหาร โดยนำค่าความเข้มข้นของธาตุอาหารคูณกับน้ำหนักแห้งพืช (Akinrinde and Gaizer, 2006) วิเคราะห์สมบัติดินหลังเก็บเกี่ยวข้าวได้แก่ ปริมาณอินทรียวัตถุ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ตามวิธีการของ National Soil Survey Center (1996) และคำนวณความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจตามวิธีการของ อุไรวรรณ (2557ก) โดยใช้จำนวนเงินที่ขายข้าวและถั่วจากแต่ละกรรมวิธีทดลองลบด้วยต้นทุนต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิต

การวิเคราะห์ข้อมูล: ผลการทดลองวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 17 หาค่าความแปรปรวนโดยวิธี analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธีทดลองด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P \leq 0.05$)

ผลการศึกษา

สมบัติของดินที่ใช้ในการทดลอง

จากการวิเคราะห์สมบัติดินเบื้องต้น (ตารางที่ 1) พบว่าดินที่ใช้ในการทดลองมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว ค่าพีเอชดินเป็นดินกรดจัดมาก ไม่เป็นดินเค็ม ปริมาณอินทรียวัตถุและไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในระดับสูงมาก ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีค่าอยู่ในระดับค่อนข้างสูง และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูงมาก (FAO Project Staff and Land Classification Division, 1973) ส่วนสมบัติของปุ๋ยเคมีที่ใช้ทดลอง (ตารางที่ 2) พบว่ามีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามประกาศกรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2548 (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

การเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิต

การเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตพิจารณาจากความสูง จำนวนต้น/กอ น้ำหนักแห้งตอซัง น้ำหนัก 100 เมล็ด เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ และน้ำหนักเมล็ดต่อไร่ (ตารางที่ 3) จากผลการทดลองพบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดปุ๋ยพืชสดและการจัดการปุ๋ยส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ความสูง จำนวนต้นต่อกอ น้ำหนักแห้งตอซัง และน้ำหนักผลผลิตเมล็ดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ส่วนเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบพบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ขณะที่น้ำหนัก 100 เมล็ดพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) กรรมวิธีใช้ถั่วเขียวเป็นปุ๋ยพืชสดร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมี (A2B2) ให้ค่าความสูง จำนวนต้นต่อกอ และน้ำหนักแห้งตอซังสูงที่สุด (112.50 ซม., 6.67 ต้น/กอ และ 854.4 กก./ไร่ ตามลำดับ) ซึ่งค่าจำนวนต้นต่อกอไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธี A3B1 ขณะที่ค่าน้ำหนักแห้งตอซังพบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธี A1B2, A3B2 และ A3B3 กรรมวิธีใช้ถั่วเหลืองเป็นปุ๋ยพืชสดร่วมกับใช้ปุ๋ยอินทรีย์ (A3B3) ให้ค่าน้ำหนักผลผลิตเมล็ดสูงที่สุด (1,048.0 กก./ไร่) ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธี A3B2 ขณะที่กรรมวิธีใช้ถั่วเหลืองเป็นปุ๋ยพืชสดร่วมกับใช้ปุ๋ยเคมี (A3B2) ให้ค่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบสูงที่สุด (12.34%) ซึ่งค่าที่ได้ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธี A2B2, A2B3, A3B1 และ A3B3

Table 1. Physical and chemical properties of soil used in the experiment before plantation

Particle size (%)			Soil	EC_e	OM	Total N	Avail. P	Exch. K
Sand	Silt	Clay	pH	(dS/m)	(%)	(%)	(mg/kg)	(mg/kg)
2.00	38.72	59.82	4.89	1.30	4.83	0.29	27.67	139.31
Texture class			Clay					

EC_e: saturated electrical conductivity; OM: organic matter; Total N: total nitrogen; Avail. P: available phosphorus; Exch. K: exchangeable potassium

Table 2. Properties of organic fertilizer used in the experiment

	Total N (%)	Total P_2O_5 (%)	Total K_2O (%)	OM (%)
Analytical result	2.25	0.52	1.87	30.35
Standard value[1]	> 1.0	> 0.5	> 0.5	> 20
	pH	$EC_{1:10}$ (dS/m)	C:N ratio	Gravel (%)
Analytical result	8.1	5.86	8:1	0
Standard value[1]	5.5-8.5	< 10	< 20:1	<2

[1] Department of Agriculture (2005)

Table 3. Effect of green manures and fertilizer management on growth, yield and yield component of rice

Methodology	Height (cm)[1]	Tillers per plant[1]	100 grain weight (g)[1]	Infertile grains (%)[1]	Straw weight (kg/rai)[1]	Grain yield (kg/rai)[1]
Green manures (A)						
No green manure (A1)	95.88 [c]	3.50	2.79 [b]	6.16 [c]	649.6 [c]	619.2 [c]
Mungbean (A2)	101.50 [a]	4.72	2.80 [b]	8.50 [b]	712.0 [b]	720.0 [b]
Soybean (A3)	98.88 [b]	4.11	2.83 [a]	10.70 [a]	758.4 [a]	931.2 [a]
F-test	**	ns	*	**	**	**
Fertilizer management (B)						
No fertilizer (B1)	97.56 [b]	4.00 [ab]	2.78 [b]	8.12	622.4 [b]	691.2 [c]
Chemical fertilizer (B2)	105.22 [a]	4.72 [a]	2.82 [a]	9.03	838.4 [a]	824.0 [a]
Organic fertilizer (B3)	93.50 [c]	3.16 [b]	2.82 [a]	8.12	644.8 [b]	756.8 [b]
F-test	**	ns	*	ns	**	**
Interaction (AxB)						
A1B1	95.50 [de]	3.83 [b]	2.74	6.11 [b]	616.0 [c]	553.6 [e]
A1B2	99.83 [bc]	4.16 [b]	2.82	5.56 [b]	809.6 [ab]	740.8 [cde]
A1B3	92.33 [e]	2.50 [b]	2.81	6.80 [b]	523.2 [c]	565.5 [de]
A2B1	99.50 [bcd]	3.50 [b]	2.79	7.08 [b]	680.0 [bc]	728.0 [cde]
A2B2	112.50 [a]	6.67 [a]	2.80	9.19 [ab]	854.4 [a]	772.8 [bcd]
A2B3	92.50 [e]	4.00 [b]	2.80	9.24 [ab]	601.6 [c]	660.0 [cde]
A3B1	97.67 [cd]	4.66 [ab]	2.82	11.45 [a]	614.4 [c]	790.4 [bc]
A3B2	103.33 [b]	3.33 [b]	2.83	12.34 [a]	852.8 [a]	942.4 [ab]
A3B3	95.66 [de]	4.33 [b]	2.85	8.23 [ab]	808.0 [ab]	1,048.0 [a]
F-test	**	**	ns	*	**	**

[1] Means within the same column followed by the same letters indicate no significant differences among treatment using by DMRT, *,** Significant different at 0.05 and 0.01 probability levels, [ns] not significant

ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหาร

ในส่วนของการดูดใช้ธาตุอาหาร (nutrient uptake) พิจารณาจากการดูดใช้ธาตุอาหารในเมล็ดและตอซัง อีกทั้งจากผลรวมของการดูดใช้ทั้งในเมล็ดและตอซัง แสดงในตารางที่ 4 จากผลการทดลองพบว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดปุ๋ยพืชสดและการจัดการปุ๋ยมีผลต่อปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนในเมล็ด ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในตอซังและโดยรวมทั้งในเมล็ดและตอซังมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ส่วนปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในเมล็ดพบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในส่วนการดูดใช้ธาตุอาหารในเมล็ด กรรมวิธีการใช้ถั่วเหลืองเป็นปุ๋ยพืชสดร่วมกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ (A3B3) ให้ค่าการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในเมล็ดและโดยรวม (เมล็ด+ตอซัง) สูงที่สุด (10.5, 2.4 และ 3.7 กก. N-P-K/ไร่ ในเมล็ด และ 15.4, 3.2 และ 23.4 กก.N-P-K/ไร่ โดยรวม) ในส่วนของการดูดใช้ธาตุอาหารในตอซังพบว่า กรรมวิธีใช้ถั่วเขียวเป็นปุ๋ยพืชสดร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี (A2B2) ให้ค่าการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส

และโพแทสเซียม ในตอซังสูงที่สุด (6.4, 0.8 และ 19.8 กก.N-P-K/ไร่ ในตอซัง) เมื่อพิจารณาการดูดใช้ธาตุอาหารโดยรวมจะพบว่า กรรมวิธี A1B2, A2B2 และ A3B2 ให้ค่าการดูดใช้ไนโตรเจน กรรมวิธี A3B2 ให้ค่าการดูดใช้ฟอสฟอรัส และกรรมวิธี A1B2, A2B1, A2B2 และ A3B2 ให้ค่าการดูดใช้โพแทสเซียมที่ไม่แตกต่างทางสถิติจากกรรมวิธี A3B3 ซึ่งเป็นกรรมวิธีที่ให้ค่าการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมโดยรวมสูงที่สุด

สมบัติของดินหลังเก็บเกี่ยว

สมบัติดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวพิจารณาจากปริมาณอินทรียวัตถุ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ตารางที่ 5) พบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างการจัดการปุ๋ยพืชสดร่วมกับการจัดการปุ๋ยส่งผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) กรรมวิธีใช้ถั่วเขียวเป็นปุ๋ยพืชสดร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมี

Table 4. Effect of green manures and fertilizer management on nutrient uptake in rice

Methodology	Grain (kg/rai)[1]			Straw (kg/rai)[1]			Total (kg/rai)[1]		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Green manures (A)									
No green manure (A1)	6.7 ^{c}	1.5 ^{b}	2.2 ^{c}	4.3 ^{b}	0.6	14.8 ^{b}	11.0 ^{c}	2.1 ^{c}	17.1 ^{c}
Mungbean (A2)	7.7 ^{b}	1.6 ^{b}	2.4 ^{b}	4.8 ^{a}	0.6	16.2 ^{a}	12.5 ^{b}	2.3 ^{b}	18.7 ^{b}
Soybean (A3)	9.4 ^{a}	2.0 ^{a}	3.7 ^{a}	4.2 ^{b}	0.6	17.3 ^{a}	13.7 ^{a}	2.8 ^{a}	20.7 ^{a}
F-test	**	**	**	*	ns	**	**	**	**
Fertilizer management (B)									
No fertilizer (B1)	7.2 ^{b}	1.6 ^{b}	2.4 ^{b}	3.9 ^{b}	0.5 ^{c}	13.9 ^{b}	11.2 ^{b}	2.2 ^{b}	16.4 ^{b}
Chemical fertilizer (B2)	8.8 ^{a}	1.8 ^{a}	2.8 ^{a}	5.5 ^{a}	0.7 ^{a}	19.7 ^{a}	14.3 ^{a}	2.6 ^{a}	22.5 ^{a}
Organic fertilizer (B3)	7.3 ^{b}	1.8 ^{a}	2.8 ^{a}	3.3 ^{b}	0.6 ^{b}	14.7 ^{b}	11.7 ^{b}	2.5 ^{a}	17.6 ^{b}
F-test	**	*	**	**	**	**	**	**	**
Interaction (AxB)									
A1B1	6.1 ^{d}	1.3 ^{c}	2.0 ^{d}	4.1 ^{bc}	0.6 ^{ab}	12.7 ^{b}	10.2 ^{e}	1.9 ^{c}	14.8 ^{b}
A1B2	8.1 ^{bcd}	1.7 ^{bc}	2.5 ^{bcd}	5.5 ^{ab}	0.7 ^{ab}	20.2 ^{a}	13.7 $^{a-d}$	2.5 ^{bc}	22.7 ^{a}
A1B3	6.0 ^{d}	1.4 ^{c}	2.2 ^{cd}	3.2 ^{c}	0.5 ^{b}	11.4 ^{b}	9.2 ^{e}	1.9 ^{c}	13.6 ^{b}
A2B1	7.5 ^{bcd}	1.5 ^{bc}	2.3 ^{cd}	4.4 ^{bc}	0.6 ^{ab}	15.4 ^{ab}	11.9 $^{b-d}$	2.2 ^{bc}	18.1 ^{ab}
A2B2	8.7 ^{abc}	1.7 ^{bc}	2.5 ^{bcd}	6.4 ^{a}	0.8 ^{a}	19.8 ^{a}	15.1 ^{ab}	2.5 ^{bc}	22.4 ^{a}
A2B3	6.9 ^{cd}	1.6 ^{bc}	2.5 ^{bcd}	3.6 ^{bc}	0.6 ^{ab}	13.1 ^{b}	10.6 ^{de}	2.2 ^{bc}	15.6 ^{b}
A3B1	8.1 ^{bcd}	2.0 ^{bc}	3.0 ^{abc}	3.2 ^{c}	0.5 ^{b}	13.4 ^{b}	11.3 $^{c-e}$	2.5 ^{bc}	16.4 ^{b}
A3B2	9.6 ^{ab}	2.0 ^{bc}	3.2 ^{bc}	4.6 ^{abc}	0.7 ^{ab}	19.0 ^{a}	14.3 $^{a-c}$	2.7 ^{ab}	22.3 ^{a}
A3B3	10.5 ^{a}	2.4 ^{a}	3.7 ^{a}	4.9 ^{abc}	0.82 ^{a}	19.6 ^{a}	15.4 ^{a}	3.2 ^{a}	23.4 ^{a}
F-test	**	*	*	**	**	**	**	**	**

[1] Means within the same column followed by the same letters indicate no significant differences among treatment using by DMRT, *,** Significant different at 0.05 and 0.01 probability levels, ^{ns} not significant

Table 5. Effects of green manures and fertilizer management on some soil properties after plantation

Methodology	Organic matter (%)[1]	Total nitrogen (%)[1]	Available phosphorus (mg/kg)[1]	Exchangeable potassium (mg/kg)[1]
Green manures (A)				
No green manure (A1)	4.88 [b]	0.26	19.93 [c]	121.5 [b]
Mungbean (A2)	5.26 [a]	0.28	24.85 [a]	121.0 [b]
Soybean (A3)	4.87 [b]	0.27	22.99 [b]	142.0 [a]
F-test	**	ns	**	**
Fertilizer management (B)				
No fertilizer (B1)	4.94 [b]	0.27	21.27 [c]	128.9 [a]
Chemical fertilizer (B2)	4.94 [b]	0.27	23.84 [a]	129.2 [a]
Organic fertilizer (B3)	5.13 [a]	0.28	22.66 [b]	126.4 [b]
F-test	**	ns	**	*
Interaction (AxB)				
A1B1	4.59 [c]	0.25 [d]	17.31 [c]	137.1 [ab]
A1B2	4.94 [b]	0.26 [bcd]	20.92 [bc]	128.0 [abc]
A1B3	5.12 [ab]	0.27 [abc]	21.57 [b]	89.4 [c]
A2B1	5.31 [a]	0.28 [ab]	23.28 [b]	105.3 [bc]
A2B2	5.30 [a]	0.29 [a]	27.90 [a]	131.3 [abc]
A2B3	5.17 [ab]	0.28 [ab]	23.38 [b]	126.3 [abc]
A3B1	4.91 [bc]	0.27 [abc]	23.23 [b]	144.3 [a]
A3B2	4.60 [c]	0.25 [d]	22.70 [b]	128.2 [abc]
A3B3	5.10 [ab]	0.28 [ab]	23.05 [b]	153.6 [a]
F-test	**	**	**	**

[1] Means within the same column followed by the same letters indicate no significant differences among treatment using by DMRT, *,** Significant different at 0.05 and 0.01 probability levels, [ns] not significant

(A2B2) ให้ปริมาณอินทรียวัตถุ ไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงที่สุด (5.30, 0.29 เปอร์เซ็นต์ และ 27.90 มก./กก.) ส่วนโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้นั้น กรรมวิธีใช้ถั่วเหลืองเป็นปุ๋ยพืชสดร่วมกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ (A3B3) ให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงที่สุด (153.6 มก./กก.) ซึ่งค่าที่ได้นี้ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธี A1B1, A1B2, A2B2, A2B3, A3B1 และ A3B2

ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจพิจารณาจากรายรับหลังหักค่าใช้จ่ายจากต้นทุนการผลิต (ตารางที่ 6) พบว่าต้นทุนตั้งต้น ได้แก่ การเตรียมแปลง (300 บาท/ไร่) และค่าเมล็ดพันธุ์ข้าว (400 บาท/ไร่) มีค่ารวมเท่ากับ 700 บาท/ไร่ เมื่อมีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมด้วยต้นทุนในการผลิตจะเพิ่มเป็น 4,200 บาท (ค่าปุ๋ยอินทรีย์เท่ากับ 3,500 บาท/ไร่) แต่เมื่อใช้ปุ๋ยเคมีจะมีต้นทุนเท่ากับ 1,385 บาท/ไร่ (ค่าปุ๋ยเคมีเท่ากับ 685 บาท/ไร่) ส่วนการใช้ปุ๋ยพืชสดทั้ง

Table 6. Effects of green manures and fertilizer management on production cost and economic returns

Methodology	Production cost (baht/rai)	Income of legume (baht/rai)	Income of rice (baht/rai)	Total income (baht/rai)	Gross profit (baht/rai)
Green manures (A)					
No green manure (A1)	700	-	5,003.13	5,003.13	4,303.13
Mungbean (A2)	850	2,898.09	5,817.60	8,715.69	7,865.69
Soybean (A3)	880	3,171.68	7,524.09	10,695.77	9,815.77
Fertilizer management (B)					
No fertilizer (B1)	700	-	5,584.90	5,584.90	4,884.90
Chemical fertilizer (B2)	1,385	-	6,657.92	6,657.92	5,272.92
Organic fertilizer (B3)	4,200	-	6,114.94	6,114.94	1,914.94
Interaction (AxB)					
A1B1	700	-	4,473.08	4,473.08	3,773.08
A1B2	1,385	-	5,985.66	5,985.66	4,600.66
A1B3	4,200	-	4,569.24	4,569.24	369.24
A2B1	850	2,935.24	5,882.24	8,817.48	7,967.48
A2B2	1,535	2,786.62	6,244.22	9,030.84	7,495.84
A2B3	4,350	2,974.40	5,332.80	8,307.20	3,957.20
A3B1	880	3,067.35	6,386.43	9,453.78	8,573.78
A3B2	1,565	3,193.19	7,614.59	10,807.78	9,242.78
A3B3	4,380	3,256.11	8,467.84	11,723.95	7,343.95

Provided: Fertilizer 46-0-0 = 11.20 baht/kg, Fertilizer 16-20-0 = 13.35 baht/kg, Fertilizer 0-0-60 = 18.45 baht/kg, Organic fertilizer = 7.00 baht/kg, Land preparation = 300 baht/rai, Rice seed cost = 20 baht/kg, Mungbean seed cost = 30 baht/kg, Soybean seed cost = 20 baht/kg, Grain price = 8.08 baht/kg, Mungbean price = 24.77 baht/kg and Soybean price = 15.73 baht/kg

2 ชนิด มีต้นทุนการการผลิตเท่ากับ 850 และ 880 บาท/ไร่ สำหรับถั่วเขียวและถั่วเหลือง ตามลำดับ โดยเป็นค่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว 150 บาท และถั่วเหลือง 180 บาท การใช้ถั่วเหลืองเป็นปุ๋ยพืชสดร่วมกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ (A3B3) ทำให้มีรายได้จากการขายข้าวและถั่วสูงที่สุดเท่ากับ 11,723.95 บาท/ไร่ โดยเป็นรายได้ที่มาจากการขายข้าว 8,467.84 บาท/ไร่ รายได้จากการขายถั่ว 3,256.11 บาท/ไร่ แต่มีต้นทุนการผลิตสูงที่สุดเท่ากับ 4,380 บาท/ไร่ ดังนั้นเมื่อหักลบต้นทุนการผลิตแล้วจะพบว่ากรรมวิธีที่ให้ผลตอบแทนสูงที่สุดคือกรรมวิธีใช้ถั่วเหลืองเป็นปุ๋ยพืชสดร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี (A3B2) ซึ่งให้ผลตอบแทนหลังหักต้นทุนการผลิตเท่ากับ 9,242.78 บาท/ไร่ โดยเป็นรายได้ที่มาจากการขายข้าว 7,614.59 บาท/ไร่ รายได้จากการขายถั่ว 3,193.19 บาท/ไร่ และมีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 1,565 บาท/ไร่

วิจารณ์

การเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิต พิจารณาจากความสูงที่ระยะเก็บเกี่ยว จำนวนต้น/กอ น้ำหนักตอซัง น้ำหนัก 100 เมล็ด เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ และปริมาณผลผลิตเมล็ดที่ความชื้น

15 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าข้าวมีการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยทั้งในรูปของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี และชนิดของปุ๋ยพืชสดที่เหมาะสมคือถั่วเหลืองเนื่องจากช่วยส่งเสริมให้ข้าวมีผลผลิตเมล็ดสูงที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 3 จากข้อมูลจะพบว่ากรรมวิธีใช้ถั่วเหลืองเป็นปุ๋ยพืชสดร่วมกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ให้ผลผลิตเมล็ดสูงซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีใช้ถั่วเหลืองเป็นปุ๋ยพืชสดร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมี ซึ่งอาจเป็นเพราะดินที่ใช้ทำการทดลองมีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างสูง ประกอบกับมีการปลูกพืชปุ๋ยสดร่วมด้วย สาเหตุดังกล่าวจึงมีส่วนสำคัญในการลดบทบาทของปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ที่เติมลงไปในรอบการปลูกพืชปกติ แต่ทั้งนี้ในรอบการปลูกพืชปกติก็ยังคงมีความจำเป็นต้องมีการใส่ปุ๋ย เพื่อรักษาระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน และช่วยให้ดินมีปริมาณธาตุอาหารในรูปที่เป็นประโยชน์เพียงพอต่อความต้องการของพืช ซึ่งข้อมูลนี้เป็นข้อมูลสำคัญในการตัดสินใจเลือกใช้ปุ๋ยของเกษตรกรในพื้นที่ โดยข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการใช้ปุ๋ยพืชสด และการใช้ปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ ต่อการผลิตพืชนั้นถือว่ามีการรายงานอย่างแพร่หลาย (อุไรวรรณ, 2557ก, ข; Whitbread *et al*., 1999) ธงชัย (2550) รายงานว่าปุ๋ยพืชสดที่มีประสิทธิภาพในการให้ธาตุไนโตรเจนแก่ดินส่วนใหญ่เป็นพืชที่ไม่ใช่พืชอาหารเช่น ปอเทือง และพืชในกลุ่มโสนชนิดต่าง ๆ จะมีประสิทธิภาพในการให้ธาตุไนโตรเจนแก่ดินสูง (10-20 กก. N/ไร่) ขณะที่พืชวงศ์ถั่ว เช่น ถั่วเขียว และถั่วเหลือง ซึ่งสามารถปลูกเพื่อใช้ในการบริโภคของมนุษย์ จะให้ธาตุไนโตรเจนภายหลังการไถกลบต่ำกว่า (5-6 กก.N/ไร่) ซึ่งส่วนใหญ่มักปลูกในอัตราเมล็ด 5 และ 8 กก./ไร่ สำหรับถั่วเขียว และถั่วเหลือง ตามลำดับ และทำการไถกลบเมื่อพืชออกดอกได้ 50 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ Whitbread *et al.* (1999) ศึกษาการจัดการฟางข้าว ปุ๋ยเคมี และการใช้เศษใบพืชชนิดต่าง ๆ เป็นปุ๋ยในการปลูกข้าวเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พบว่า การใช้เศษใบถั่วมะแฮะอัตรา 120 กก./ไร่ ช่วยเพิ่มผลผลิตเมล็ดข้าวได้สูงที่สุดถึง 48 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือการใช้เศษใบกระถินณรงค์ ไคร้หางนาค และก้ามปูในอัตรา 240 กก./ไร่ สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตเมล็ดข้าวได้ 35, 32 และ 23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ทั้งนี้เนื่องจากเศษใบถั่วมะแฮะสามารถย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาได้ง่ายกว่าเศษใบพืชชนิดอื่น ๆ ขณะที่ อุไรวรรณ (2557ก) ศึกษาการใช้ปุ๋ยหมักร่วมกับการจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่ต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตข้าวพันธุ์ปทุมธานีในชุดดินสรรพยา พบว่าการใช้ปุ๋ยหมัก 500 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน (4-3-1 กก. N-P_2O_5-K_2O/ไร่) ให้ผลผลิตเมล็ดข้าวสูงที่สุด แต่กรรมวิธีดังกล่าวไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับการใช้ปุ๋ยหมัก 500 กก./ไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 0.5 และ 2 เท่าตามค่าวิเคราะห์ดิน จากการสัมภาษณ์เกษตรกรในพื้นที่พบว่า เกษตรกรมีการใช้ปุ๋ยเคมีในปริมาณสูง โดยใช้ปุ๋ยยูเรียประมาณ 25 กก./ไร่ และปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟต (16-20-0) ประมาณ 50 กก./ไร่ เมื่อคำนวณต้นทุนค่าปุ๋ย ค่าเมล็ดพันธุ์ข้าว และค่าเตรียมแปลงปลูกแล้วมีค่าประมาณ 1,550 บาท/ไร่ ส่วนผลผลิตที่ได้อยู่ระหว่าง 800-1,000 กก./ไร่ ซึ่งผลผลิตที่ได้มีความใกล้เคียงกันกับผลที่ได้จากการทดลอง คือ 1,048 และ 942.4 กก./ไร่ ในกรรมวิธีที่ใช้ถั่วเหลืองเป็นปุ๋ยพืชสดร่วมกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 500 กก./ไร่ และใช้ถั่วเหลืองเป็นปุ๋ยพืชสดร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราเทียบเท่าปริมาณธาตุอาหารที่ได้จาปุ๋ยอินทรีย์ 500 กก./ไร่ ตามลำดับ โดยการทดลองนี้ใช้ปุ๋ยพืชสด 2 ชนิด คือ ถั่วเขียว และถั่วเหลือง ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีปริมาณธาตุอาหารเท่ากับ 2.25-0.52-1.87 เปอร์เซ็นต์ N-P_2O_5-K_2O อัตรา 500 กก./ไร่ และปุ๋ยเคมีในอัตราเทียบเท่าปริมาณธาตุอาหารที่ได้จากปุ๋ยอินทรีย์ 500 กก./ไร่ เทียบเท่ากับปุ๋ยยูเรียจำนวน 19.93 กก./ไร่ ปุ๋ยนาสูตร 16-20-0 จำนวน 13 กก./ไร่ และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์จำนวน 15.58 กก./ไร่ ดังนั้นกรรมวิธีที่ได้จากการทดลองจึงมีความเป็นไปได้ที่เกษตรกรจะสามารถนำไปใช้ได้จริงกับพื้นที่ ทั้งนี้นอกจากจะช่วยคงปริมาณผลผลิตข้าวให้อยู่ในระดับที่น่าพอใจ ยังช่วยลดความเสี่ยงอันเนื่องมาจากปัญหาน้ำที่ไม่เพียงพอในฤดูกาลเพาะปลูกอีกด้วย

การดูดใช้ธาตุอาหาร เป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณธาตุอาหารที่ถูกดูดไปสะสมในส่วนต่าง ๆ Yousaf *et al.* (2017) ศึกษาผลของการให้ปุ๋ยต่อผลผลิตพืชและสมรรถนะในการใช้ธาตุอาหารภายใต้ระบบการปลูกข้าวร่วมกับ rapeseed แบบหมุนเวียนพบว่า กรรมวิธีให้ธาตุอาหารหลักครบถ้วน (N-P-K) ทำให้ข้าวมีการดูดใช้ธาตุ

อาหารสูงที่สุด และกรรมวิธีที่ให้เฉพาะธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม (P-K) ทำให้ข้าวดูดใช้ธาตุอาหารต่ำที่สุด ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าไนโตรเจนเป็นธาตุที่มีบทบาทสำคัญอย่างมากต่อการเจริญเติบโตและการดูดใช้ธาตุอาหารของพืช นอกจากนี้ค่าการดูดใช้ธาตุอาหารยังเป็นค่าที่สามารถใช้อธิบายถึงปริมาณธาตุอาหารที่สามารถสูญเสียออกไปจากพื้นที่ผ่านทางการติดไปกับผลผลิต (crop removal) เช่น เมล็ด ซึ่งเป็นส่วนที่เกษตรกรขายออกไป นอกจากนี้หากเกษตรกรมีการเผาตอซังภายหลังการเก็บเกี่ยวด้วย ก็จะเป็นการสูญเสียธาตุอาหารในตอซังผ่านทางการเผาด้วยนั่นเอง จากข้อมูล (ตารางที่ 4) แสดงให้เห็นว่ากรรมวิธีที่มีโอกาสในการสูญเสียธาตุอาหารผ่านทางการติดไปกับเมล็ดสูงที่สุดคือ กรรมวิธีใช้ถั่วเหลืองเป็นปุ๋ยพืชสดร่วมกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งมีปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม) สูงที่สุด (10.5, 2.4 และ 3.7 กก.N-P-K/ไร่) นอกจากนี้กรรมวิธีดังกล่าวยังมีผลให้การดูดใช้ธาตุอาหารโดยรวมทั้งต้นสูงที่สุดอีกด้วย (15.4, 3.2 และ 23.4 กก.N-P-K/ไร่) ขณะที่การดูดใช้ธาตุอาหารในตอซังสูงที่สุดพบในกรรมวิธีใช้ถั่วเขียวเป็นปุ๋ยพืชสดร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี (6.4, 0.8 และ 19.8 กก.N-P-K/ไร่ ในตอซัง) การสูญเสียธาตุอาหารผ่านทางการติดไปกับผลผลิตนั้นเป็นกระบวนการที่เกษตรกรหลีกเลี่ยงไม่ได้ เนื่องจากจำเป็นต้องขายผลผลิตออกจากพื้นที่ แต่ในกรณีของตอซังข้าวนั้นเกษตรกรสามารถใช้วิธีการไถกลบตอซัง หรือใช้วิธีไม่เผาตอซังแต่ปล่อยให้เกิดการย่อยสลายตามธรรมชาติก็จะสามารถหลีกเลี่ยงการสูญเสียธาตุอาหารในส่วนของตอซังได้ Saothongnoi *et al.* (2014) ศึกษาผลของการไถกลบฟางข้าวต่อสมบัติดินและผลผลิตข้าวพบว่า การไถกลบฟางข้าวลงดินช่วยเพิ่มค่าความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยเฉพาะปริมาณอินทรียวัตถุ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ซึ่งมีส่วนช่วยในการปรับปรุงบำรุงดินและเพิ่มผลผลิตข้าว ทั้งนี้ทั้งนั้นขึ้นกับการตัดสินใจของเกษตรกรเนื่องจากวิธีการเผาเป็นวิธีการที่ง่าย และสะดวก อีกทั้งประหยัดต้นทุนการผลิตมากกว่าการไถกลบ หรือการปล่อยให้ฟางย่อยสลายเองตามธรรมชาติ ซึ่งต้องใช้ระยะเวลาที่นานมากกว่า การเผาฟางจึงเป็นเหมือนเหตุจูงใจให้เกษตรกรในพื้นที่ใช้วิธีการนี้ แต่หากพิจารณาถึงผลในระยะยาวจะพบว่าการไถกลบหรือการปล่อยให้ฟางเกิดการย่อยสลายตามธรรมชาติจะมีส่วนช่วยรักษาระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน เพิ่มผลผลิตพืช อีกทั้งช่วยลดปริมาณการใช้ปุ๋ยของเกษตรกรในรอบการปลูกฤดูกาลถัดไปลงได้ (สายชล และคณะ, 2560; Sinkumkoon *et al.*, 2015)

สมบัติดินหลังเก็บเกี่ยว พิจารณาจากปริมาณอินทรียวัตถุ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ จากผลการทดลองชี้ให้เห็นถึงการใช้ถั่วเขียวเป็นปุ๋ยพืชสดมีแนวโน้มช่วยคงระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินเมื่อเทียบกับกรรมวิธีการใช้ถั่วเหลืองเป็นปุ๋ยพืชสด และกรรมวิธีไม่ปลูกถั่ว กรรมวิธีปลูกถั่วเขียวเป็นปุ๋ยพืชสดให้ค่าปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในพิสัย 5.17-5.31 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดิน เช่นเดียวกันกับปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ กรรมวิธีปลูกถั่วเขียวเป็นปุ๋ยพืชสดร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีให้ค่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงที่สุด สายชล และคณะ (2560) ศึกษาการจัดการฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยพืชสดต่อสมบัติทางเคมีของดินในชุดดินอยุธยา พบว่าการการไถกลบต้นถั่วเขียวเป็นปุ๋ยพืชสดทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุ และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงกว่าการไถกลบถั่วเหลืองและกรรมวิธีควบคุม ขณะที่ปริมาณไนโตรเจนพบว่าการไถกลบพืชตระกูลถั่วทั้ง 2 ชนิด ให้ปริมาณไนโตรเจนในดินไม่ต่างกันทางสถิติ พรทิพย์ และคณะ (2557) และ Wong *et al.* (2001) รายงานปริมาณสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนในถั่วเขียวและถั่วเหลืองมีค่าประมาณ 28:1 และ 11:1 ตามลำดับ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการไถกลบถั่วเหลืองมีแนวโน้มที่จะเกิดการย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุอาหารได้มากกว่าถั่วเขียว ลักษณะเช่นนี้จะมีผลให้พืชที่ปลูกตามมาสามารถดูดใช้ธาตุอาหารได้มากขึ้นตามไปด้วย สอดคล้องกับผลการทดลองที่ได้ โดยผลิตข้าวที่ได้จากกรรมวิธีการไถกลบถั่วเหลืองเป็นปุ๋ยพืชสดมีค่าสูงกว่ากรรมวิธีการไถกลบถั่วเขียว และกรรมวิธีควบคุม ขณะที่สมบัติดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวนั้นจะเห็นได้ว่า กรรมวิธีการไถกลบถั่วเขียวเป็นปุ๋ยพืชสดมีแนวโน้มทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์สูงกว่ากรรมวิธีอื่น ซึ่งอาจเพราะค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อ

ไนโตรเจนที่สูงกว่าถั่วเหลือง ทำให้เกิดกระบวนการปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาช้ากว่า ปริมาณที่เหลือตกค้างในดินจึงมีค่าสูงกว่ากรรมวิธีปลูกถั่วเหลืองเป็นปุ๋ยพืชสด และกรรมวิธีควบคุม ซึ่งปริมาณธาตุอาหารที่เหลือตกค้างเหล่านี้จะเป็นประโยชน์ต่อพืชในรอบฤดูกาลปลูกถัดไป

ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ จากผลการทดลองพบว่า กรรมวิธีใช้ถั่วเหลืองเป็นปุ๋ยพืชสดร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ให้ผลตอบแทนต่อไร่สูงที่สุด (11,723.95 บาท/ไร่) แต่เมื่อหักลบต้นทุนการผลิตแล้วกลับพบว่า กรรมวิธีใช้ถั่วเหลืองเป็นปุ๋ยพืชสดร่วมกับปุ๋ยเคมี ให้ผลตอบแทนภายหลังหักค่าใช้จ่ายสูงที่สุด (9,242.78 บาท/ไร่) เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบต้นทุนในการผลิตพบว่า ต้นทุนการผลิตในกรรมวิธีใช้ปุ๋ยอินทรีย์มีค่าสูงถึง 4,200 บาท/ไร่ ขณะที่ต้นทุนการผลิตในกรรมวิธีใช้ปุ๋ยเคมีมีค่าเพียง 1,385 บาท/ไร่ เป็นสาเหตุให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการผลิตในกรรมวิธีการปุ๋ยอินทรีย์ให้ผลตอบแทนต่ำกว่ากรรมวิธีใช้ปุ๋ยเคมี มีงานวิจัยหลายงานที่รายงานถึงรายได้หลังหักค่าใช้จ่ายที่ได้จากการใช้ปุ๋ยในรูปแบบต่าง ๆ ทั้งในข้าว รวมถึงพืชไร่ชนิดอื่น ๆ (นันทนา และคณะ 2553; เบ็ญจพร และวันเฉลิม, 2560; อุไรวรรณ, 2557ก, ข) โดยอุไรวรรณ (2557ก) รายงานว่า การใช้ปุ๋ยหมักอัตรา 500 กก./ไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้ผลตอบแทนหลังหักค่าใช้จ่ายสูงกว่ากรรมวิธีอื่นที่ทำการทดลอง นอกจากนี้ยังทำการทดลองโดยศึกษาเฉพาะปัจจัยด้านการใช้ปุ๋ยอัตราต่าง ๆ เพียงอย่างเดียว ซึ่งให้ข้อมูลที่คล้ายคลึงกันคือ กรรมวิธีการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้ผลตอบแทนหลังหักค่าใช้จ่ายสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ (อุไรวรรณ, 2557ข) ขณะที่ นันทนา และคณะ (2553) ศึกษาการใช้ปุ๋ยเคมีในนาข้าวตามค่าการวิเคราะห์ดิน พบว่ากรรมวิธีใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินของกรมการข้าวอัตรา 12-3-0 ให้ผลตอบแทนหลังหักค่าใช้จ่ายสูงที่สุด ด้านเบ็ญจพร และวันเฉลิม (2560) ศึกษาการจัดการปุ๋ยต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่ากรรมวิธีใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-8 อัตรา 40 กก./ไร่ และสูตร 46-0-0 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยพืชสดปอเทืองอัตราเมล็ด 5 กก./ไร่ ให้ผลตอบแทนหลังหักค่าใช้จ่ายสูงที่สุด ดังนั้นการใช้ปุ๋ยอินทรีย์สำหรับการปลูกข้าวในพื้นที่จึงอาจยังไม่ใช่กรรมวิธีที่เหมาะสม เนื่องจากมีต้นทุนการผลิตที่สูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีหลายเท่าตัว

สรุป

จากการศึกษาชนิดของปุ๋ยพืชสดร่วมกับการจัดการปุ๋ยสรุปได้ว่า การปลูกข้าวพันธุ์ กข47 ในชุดดินอยุธยานั้น การใช้ถั่วเหลืองเป็นปุ๋ยพืชสดร่วมกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ทำให้ข้าวมีผลผลิตสูงที่สุด นอกจากนี้ยังทำให้มีการดูดใช้ธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ทั้งในส่วนของเมล็ดและโดยรวมทั้งต้นสูงที่สุด แต่กรรมวิธีดังกล่าวให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจต่ำกว่ากรรมวิธีใช้ถั่วเหลืองเป็นปุ๋ยพืชสดร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมี อันเนื่องมาจากต้นทุนปุ๋ยอินทรีย์ที่สูงกว่าปุ๋ยเคมี ดังนั้นกรรมวิธีที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวพันธุ์ กข47 ในชุดดินอยุธยาคือ การใช้ถั่วเหลืองเป็นปุ๋ยพืชสดร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมี เนื่องจากให้ผลตอบแทนหลังหักค่าใช้จ่ายแก่เกษตรกรสูงที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดินประจำปี พ.ศ. 2560 ของมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ขอขอบคุณศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง ศูนย์วิจัยและบริการวิชาการ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ตัวอย่างทดลอง

เอกสารอ้างอิง

กรมการข้าว. 2559. องค์ความรู้เรื่องข้าว. สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว, กรุงเทพฯ.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2559. ลักษณะและสมบัติของชุดดินภาคกลาง. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล. www. ldd. go. th/ thaisoils_museum/ pf_desc/ central/Ay.html (22 กรกฎาคม 2559).

กรมวิชาการเกษตร. 2548. มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2548. ราชกิจจานุเบกษา หน้า 9, เล่มที่ 122 ตอนพิเศษ 109 ง.

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ และ จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 108 หน้า.

ธงชัย มาลา. 2550. ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ: เทคนิคการผลิตและการใช้โยชน์. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 300 หน้า.

นันทนา ชื่นอิ่ม วิวัฒน์ อิงคะประดิษฐ์ สมชาย กรีฑาภิรมย์ และ นุษรา สินบัวทอง. 2553. การใช้ปุ๋ยเคมีในนาข้าวตามค่าวิเคราะห์ดิน. หน้า 325-332. *ใน*: รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48 สาขาพืช, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

เบ็ญจพร กุลนิตย์ และ วันเฉลิม ศรีบุญโรจน์. 2560. การจัดการปุ๋ยต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105. วารสารเกษตรพระวรุณ 14(1): 61-70.

พรทิพย์ ศรีมงคล วิมลนันทน์ กันเกตุ และ ศุภสิทธิ์ สิทธาพานิช. 2557. ผลของซากพืชต่อการปลดปล่อยไนโตรเจนและการดูดใช้ไนโตรเจนของข้าว. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 45(2)(พิเศษ): 521-524.

ยงยุทธ โอสถสภา อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และ ชวลิต ฮงประยูร. 2556. ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 519 หน้า.

สายชล สุขญาณกิจ สิริวรรณ สมิทธิอาภรณ์ และ ธนภัทร ปลื้มพวก. 2560. ผลของการจัดการฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยพืชสดต่อสมบัติทางเคมีของดินในชุดดินอยุธยา. หน้า 2507-2517. *ใน*: รายงานการประชุมวิชาการแห่งชาติ ครั้งที่ 14 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

สำนักงานเกษตรจังหวัดพระนครศรีอยุธยา. 2559. ข้อมูลพื้นฐานการเกษตรสำนักงานเกษตรจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ปี 2558/2559. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล. www.ayutthaya.doae.go.th/index_files/pakart/datayutthaya.pdf (25 สิงหาคม 2559).

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560. ราคาข้าวเปลือกเจ้า ความชื้น 15% รายเดือนที่เกษตรกรขายได้ที่ไร่นา ทั้งประเทศ ปี 2541-2561. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล. http://www.oae.go.th/download/ price/ monthlyprice/ paddy 14-15.pdf (15 กรกฎาคม 2560).

อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ์. 2557ก. ผลของการใช้ปุ๋ยหมักร่วมกับการจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่ต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตข้าวพันธุ์ปทุมธานีในชุดดินสรรพยา. วารสารแก่นเกษตร 42(3): 369-347.

อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ์. 2557ข. การจัดการปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนของข้าวที่ปลูกในชุดดินสรรพยา. วารสารเกษตร 30(2): 133-140.

Akinrinde, E.A. and T. Gaizer. 2006. Differences in the performance and phosphorus use efficiency of some tropical rice (*Oryza sativa* L.) varieties. Pakistan Journal of Nutrition 5(3): 206-211.

Department of Agriculture. 2005. Standards for Organic Fertilizers B.E. 2548. Government Gazette, pp. 9 issue 122, special part 109.

FAO Project Staff and Land Classification Division. 1973. Soil Interpretation Handbook for Thailand. Land Development Department, Bangkok.

National Soil Survey Center. 1996. Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report No. 42, Version 3.0.

Natural Resources Conservation Service, USDA, Washington, D.C.

Saothongnoi, V. , S. Amkha, K. Inubushi and K. Smakgahn. 2014. Effect of rice straw incorporation on soil properties and rice yield. Thai Journal of Agricultural Science 47(1): 7-12.

Sinkumkoon, P., S. Thanachit, S. Anusontpornperm, I. Kheoruenromne, P. Petprapai and R. Bowichean. 2015. Influences of green manures and N-fertilizer management on nutrient uptakes and yield of cassava on a degraded sandy soil. Kasetsart Journal (Natural Science) 49(3): 375-389.

Sukitprapanon, T. , A. Suddhiprakarn, I. Kheoruenromne, S. Anusontpornperm and R.J. Gilkes. 2016. A comparison of potential, active and post-active acid sulfate soils in Thailand. Geoderma Regional 7(3) : 346-356.

Whitbread, A. , G. Blair, K. Naklang, R. Lefroy, S. Wonprasaid, Y. Konboon and D. Suriya-arunroj. 1999. The management of rice straw, fertilisers and leaf litters in rice cropping systems in Northeast Thailand. Plant and Soil 209(1): 29-36.

Wong, J.W.C., K.F. Mark, N.W. Chan, A. Lam, M. Fang, L.X. Zhou, Q.T. Wu and X.D. Liao. 2001. Co-composting of soybean residues and leaves in Hong Kong. Bioresource Technology 76(2): 99-106.

Yousaf, M., J. Li, J. Lu, T. Ren, R. Cong, S. Fahad and X. Li. 2017. Effects of fertilization on crop production and nutrient supplying capacity under rice-oilseed rape rotation system. Scientific Repotrs 7: 1270, doi: 10.1038/s41598-017-01412-0.

การตรวจสอบเชื้อไวรัสในเมลอนและแคนตาลูปที่ปลูก ในจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และลำพูน

Detection of Viruses in Melon and Cantaloupe Planted in Chiang Mai, Chiang Rai and Lamphun Provinces

ศลิษฏ์ ศุภกิจธนากร[1, 2] และ อรอุมา เรืองวงษ์[1, 2*]

Salit Supakitthanakorn[1, 2] and On-Uma Ruangwong[1, 2*]

[1]สาขาวิชาโรคพืช ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

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

[2]ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10900

[2]Center of Excellence on Agricultural Biotechnology: (AG-BIO/PERDO-CHE), Bangkok 10900, Thailand

**Corresponding author: Email: On-uma.r@cmu.ac.th*

(Received: 2 April 2018; Accepted: 10 August 2018)

Abstract: Collection of melon and cantaloupe leaf samples showing virus disease symptoms were carried out in the production areas both greenhouse and open field in Chiang Mai, Chiang Rai and Lamphun provinces of northern Thailand. Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) with monoclonal and polyclonal antibodies were used for virus detection. The results showed that after virus detection from total 163 leaves samples, the highest disease incidence was 68.87% caused by *Melon yellow spot virus* (MYSV) followed by the genus *Begomovirus* (4.9%), *Papaya ringspot virus* (PRSV) (2.4%) and *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV) (2.4%). While *Begomovirus* and *Watermelon silver mottle virus* (WSMoV) were minimally detected with 1.8% and 1.2%, respectively. MYSV co-infected with *Begomovirus* were the highest incidence of mixed infections. Triple virus infections (PRSV, WSMoV and ZYMV) was detected from cantaloupe leaf. Virus particles were observed by using transmission electron microscope (TEM), the result showed that the average size of enveloped nearly-spherical particles of MYSV with 80-150 nm diameter, flexuous particle of PRSV with 650-850 nm long and twinned-icosahedral particles of *Begomovirus* with 25 x 35 nm diameter. The results indicated that MYSV was the most threatening virus for melon and cantaloupe production in northern Thailand under both greenhouse and field conditions.

Keywords: Virus, melon, cantaloupe, ELISA, transmission electron microscope

บทคัดย่อ: เก็บตัวอย่างใบเมลอนและแคนตาลูปที่แสดงอาการของโรคไวรัส จากพื้นที่ปลูกในจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และลำพูน ทั้งในสภาพโรงเรือนและแปลงเปิด ตรวจสอบเชื้อไวรัสโดยใช้เทคนิค enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) ร่วมกับโมโนโคลนอลแอนติบอดีและโพลีโคลนอลแอนติบอดี ซึ่งจากการตรวจตัวอย่างใบพืชทั้งหมด 163 ตัวอย่าง ด้วยวิธี ELISA พบว่า *Melon yellow spot virus* (MYSV) เป็นเชื้อไวรัสที่ตรวจพบได้มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 68.7 รองลงมาคือสกุล *Begomovirus* (ร้อยละ 4.9), *Papaya ringspot virus* (PRSV) (ร้อยละ 2.4) และ *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV) (ร้อยละ 2.4) ในขณะที่ตรวจพบสกุล *Begomovirus* และ *Watermelon silver mottle virus* (WSMoV) เป็นจำนวนร้อยละ 1.8 และ 1.2 ตามลำดับ นอกจากนี้ จากการสำรวจ พบการเข้าทำลายร่วมกัน ของเชื้อไวรัสมากกว่า 1 ชนิด ได้แก่ MYSV ที่เข้าทำลายร่วมกับสกุล *Begomovirus* ซึ่งพบได้มากที่สุด นอกจากนี้ พบการเข้าทำลายร่วมกันของเชื้อไวรัส 3 ชนิด ได้แก่ PRSV, WSMoV และ ZYMV เมื่อตรวจสอบลักษณะอนุภาคของเชื้อไวรัสภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน พบว่า MYSV มีรูปร่างค่อนข้างกลมและมีเยื่อหุ้มอนุภาค มีขนาดเฉลี่ยเท่ากับ 80-150 นาโนเมตร พบอนุภาคไวรัสลักษณะเป็นเส้นยาวคดของ PRSV มีขนาดเฉลี่ยเท่ากับ 650-85 นาโนเมตร และอนุภาคไวรัสที่อยู่เป็นทรงกลมคู่ของสกุล *Begomovirus* มีขนาดเฉลี่ยเท่ากับ 22 x 38 นาโนเมตร จากผลการตรวจสอบตัวอย่างใบเมลอนและแคนตาลูปที่แสดงอาการโรคไวรัสใน 3 จังหวัด สามารถสรุปได้ว่า MYSV เป็นเชื้อไวรัสที่สร้างความเสียหายมากที่สุดต่อการปลูกเมลอนและแคนตาลูป ทั้งในสภาพโรงเรือนและแปลงเปิด

คำสำคัญ: ไวรัส เมลอน แคนตาลูป ELISA กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน

คำนำ

เมลอน (melon) และแคนตาลูป (cantaloupe) (*Cucumis melo* L. และ *C. melo* var. *cantalupensis* ตามลำดับ) จัดอยู่ในพืชวงศ์แตง (Cucurbitaceae) เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย นิยมปลูกมากในเขตภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แหล่งปลูกที่สำคัญในภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ และลำพูน (อภิชาติ และสุธิพงศ์, 2558) ปัญหาสำคัญในการปลูกเมลอนและแคนตาลูปคือโรค ซึ่งโรคที่พบในเมลอนและแคนตาลูปสามารถเกิดจากเชื้อสาเหตุโรคได้หลายชนิด เช่น โรคผลเน่าที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Acidovorax citrulli* (สุดารัตน์ และคณะ, 2561) โรคต้นแตกยางไหลที่เกิดจากเชื้อรา *Stagonosporopsis cucurbitacearum* (จันทรา และอรอุมา, 2561) อย่างไรก็ตาม โรคที่มีความสำคัญเป็นอันดับต้น ๆ คือโรคที่เกิดจากเชื้อไวรัส ซึ่งมีผลกระทบทำให้ผลผลิตลดลงมากกว่าร้อยละ 50 และผลผลิตที่ได้มีคุณภาพต่ำกว่ามาตรฐาน (Trkulja *et al*., 2013) เชื้อไวรัสที่สร้างความเสียหายให้กับพืชวงศ์แตงมีหลายชนิด เช่น *Cucumber mosaic virus* (CMV), *Papaya ringspot virus* (PRSV), *Watermelon mosaic virus*-2 (WMV-2) และ *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV) เป็นต้น (Ali *et al*., 2012; Romay *et al*., 2014) จากรายงานของ Lecoq *et al*. (2003) ในการตรวจหาเชื้อไวรัสจากผลเมลอนที่แสดงอาการด่างเหลืองอย่างรุนแรงด้วยเทคนิคทางเซรุ่มวิทยาและชีวโมเลกุล พบว่า PRSV และ ZYMV เป็นเชื้อไวรัสที่ทำให้เกิดอาการผิดปกติบนผลเมลอน นอกจากนี้ Peng *et al*. (2011) รายงานว่า ผลเมลอนที่ถูก *Melon yellow spot virus* (MYSV) เข้าทำลาย มีขนาด รูปร่าง และสีผิวที่ผิดปกติไป เชื้อไวรัสโดยส่วนมากมีแมลงเป็นพาหะในการถ่ายทอด (insect transmission) ตัวอย่างเช่น แมลงหวี่ขาว (whitefly) สามารถถ่ายทอดเชื้อไวรัสในสกุล *Begomovirus* เพลี้ยไฟ (thrips) สามารถถ่ายทอดเชื้อไวรัสในสกุล *Tospovius* และเพลี้ยอ่อน (aphids) สามารถถ่ายทอดเชื้อไวรัสได้หลายสกุล เช่น *Cucumovirus* และ *Potyvirus* เป็นต้น (Whitfield *et al*., 2015)

Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) เป็นเทคนิคทางเซรุ่มวิทยา (serology) ที่ได้รับความนิยมนำมาใช้ในการตรวจสอบและจัดจำแนกชนิด

ของเชื้อไวรัส โดยอาศัยความจำเพาะระหว่างแอนติเจน (เชื้อไวรัส) และแอนติบอดี (Mowat and Dawson, 1987) จากรายงานของ ยุทธ และเพชรรัตน์ (2551) ใช้เทคนิค ELISA ในการตรวจสอบเชื้อไวรัสที่เข้าทำลายพืชวงศ์แตง ได้แก่ เมลอน แตงกวา แตงโม น้ำเต้า และสควัอช ที่ปลูกในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยสามารถตรวจพบเชื้อไวรัสได้ทั้งหมด 5 ชนิด ได้แก่ *Papaya ringspot virus*-W (PRSV-W), *Cucumber green mottle mosaic virus* (CGMMV), *Tospovirus* serogroup IV และ *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV) นอกจากนี้กัลยาณี และคณะ (2552) ใช้เทคนิค ELISA ในการตรวจประเมินความต้านทานของมะเขือเทศที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์ เพื่อให้ต้านทานต่อ *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV)

การวินิจฉัยและการศึกษาลักษณะอนุภาคของเชื้อไวรัสโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (transmission electron microscope; TEM) เป็นวิธีการที่ให้ผลการตรวจสอบแม่นยำและมีความรวดเร็ว ขึ้นอยู่กับลักษณะและรูปแบบของการเตรียมตัวอย่าง เทคนิค dip preparation เป็นเทคนิคที่นิยมนำมาใช้ในการเตรียมตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบเชื้อไวรัสพืช เนื่องจากมีวิธีการเตรียมที่ไม่ซับซ้อนและรวดเร็ว นอกจากนี้ การย้อมสีแบบ negative staining สามารถทำให้มองเห็นอนุภาคของเชื้อไวรัสได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น (Zechmann and Zellnig, 2009) ดังนั้น วัตถุประสงค์ของงานวิจัยในครั้งนี้ คือ ตรวจสอบชนิดของเชื้อไวรัสที่เข้าทำลายเมลอนและแคนตาลูปที่ปลูกใน 3 จังหวัดภาคเหนือของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และลำพูน โดยใช้เทคนิค ELISA และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน เพื่อเป็นข้อมูลในการวางแผนป้องกันกำจัดเชื้อไวรัสและแมลงพาหะได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างใบเมลอนและแคนตาลูปที่แสดงอาการคล้ายโรคไวรัสตั้งแต่ระยะการเจริญเติบโตจนถึงระยะก่อนการเก็บเกี่ยว เช่น อาการใบด่าง ใบเกิดจุดสีเหลือง ใบเกิดจุดตายของเนื้อเยื่อ ใบมีรูปร่างผิดปกติ และใบที่แสดงอาการตุ่มนูน โดยเก็บตัวอย่างเป็นจำนวน 3 ใบต่อต้น จากพื้นที่ปลูกในจังหวัดเชียงใหม่ 5 แห่ง โดยแบ่งออกเป็น ในโรงเรือน 3 แห่ง ได้แก่ อ.ดอยหล่อ อ.หางดง และ อ.สันป่าตอง และอีก 2 แห่ง ในแปลงเปิด ได้แก่ อ.เมือง และ อ.แม่วาง สำหรับจังหวัดเชียงราย เก็บตัวอย่างพืชที่ปลูกในโรงเรือนจาก อ.แม่จัน และ อ.แม่สาย และพื้นที่ปลูกในจังหวัดลำพูนเป็นแปลงเปิดทั้ง 2 แห่ง ได้แก่ อ.เมือง และ อ.ป่าซาง นอกจากนี้ สังเกตและจดบันทึกชนิดของแมลงพาหะเชื้อไวรัสที่พบบนใบพืชนำตัวอย่างพืชมาตรวจเชื้อไวรัสในห้องปฏิบัติการ

2. การตรวจด้วยเทคนิค ELISA

2.1 เทคนิค indirect plate-trapped antigen (PTA)-ELISA

ใช้เทคนิค PTA-ELISA ร่วมกับโมโนโคลนอลแอนติบอดี (monoclonal antibody) สำหรับการตรวจหาเชื้อ *Cucumber green mottle mosaic virus* (CGMMV) (รหัส 9F11), *Melon yellow spot virus* (MYSV) (รหัส 5E7), *Watermelon mosaic virus*-2 (WMV-2) (รหัส 1H5) และสกุล *Potyvirus* (รหัส 1G8) (ผลิตโดยศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ) นอกจากนี้ใช้โพลีโคลนอลแอนติบอดี (polyclonal antibody) สำหรับการตรวจหาเชื้อ *Cucumber mosaic virus* (CMV), *Papaya ringspot virus* (PRSV) และ *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV) (ผลิตโดยคลินิกสุขภาพพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน) เตรียมตัวอย่างตามวิธีการที่ดัดแปลง มาจาก Gajanandana *et al*. (2006) ดังนี้ บดตัวอย่างใบพืชใน carbonate coating buffer pH 9.6 ในอัตราส่วนใบพืช 0.1 กรัม ต่อบัปเฟอร์ 1 มิลลิลิตร นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำส่วนใสด้านบน (supernatant) มาหยดลงในหลุมไมโครเพลท ในปริมาตร 100 ไมโครลิตรต่อหลุม บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หรือบ่มข้ามคืนที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ล้างหลุมเพลทด้วย washing buffer (phosphate saline buffer with Tween-20; PSBT) ปริมาตร 200 ไมโครลิตรต่อหลุม จำนวน 4 ครั้ง ครั้งละ 3 นาที เติม blocking buffer ปริมาตร 100

ไมโครลิตรต่อหลุม นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ล้างเพลทด้วย washing buffer จากนั้นเติมโมโนโคลนอลหรือโพลีโคลนอลแอนติบอดีที่จำเพาะต่อไวรัสแต่ละชนิด ปริมาตร 100 ไมโครลิตรต่อหลุม นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ล้างเพลทด้วย washing buffer เติม alkaline phosphatase conjugated goat anti-mouse IgG (Sigma, USA) ปริมาตร 100 ไมโครลิตรต่อหลุม นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ล้างเพลทด้วย washing buffer และเติม p-nitrophenyl phosphate (PNPP) substrate (Sigma, USA) ปริมาตร 100 ไมโครลิตรต่อหลุม นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 405 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง MicroPlate Reader รุ่น Synergy H1 (BioTek, USA) ตัวอย่างที่มีเชื้อไวรัสจะมีค่าการดูดกลืนแสงที่สูงกว่าชุดควบคุม 2 เท่า เมื่อได้ผลการตรวจเชื้อไวรัสแล้ว นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาร้อยละของการเกิดโรค (disease incidence) ตามวิธีการของ Ali *et al.* (2014) ดังนี้

$$\text{Percentage of disease incidence (PDI)} = \frac{\text{No. of infected plants}}{\text{Total no. of observed plants}} \times 100$$

2.2 **เทคนิค** indirect double antibody sandwich (DAS)-ELISA

ใช้เทคนิค DAS-ELISA ร่วมกับโมโนโคลนอลแอนติบอดีในการตรวจ *Watermelon silver mottle virus* (WSMoV) (รหัส 18D11) เชื้อไวรัสในสกุล *Begomovirus* (รหัส M1 และ D2) (ผลิตโดยศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ) โดยหยดแอนติบอดีตัวจับ (capture หรือ primary antibody) ซึ่งเป็นโพลีโคลนอลแอนติบอดีที่จำเพาะต่อเชื้อไวรัสแต่ละชนิด ปริมาตร 100 ไมโครลิตรต่อหลุม นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นทำตามวิธีการในข้อ 2.1

3. **การตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน** (transmission electron microscope; TEM)

นำตัวอย่างใบเมลอนที่ได้รับการปลูกเชื้อ MYSV และ PRSV และตัวอย่างใบเมลอนที่ตรวจพบ *Begomovirus* ด้วยเทคนิค ELISA มาตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาของอนุภาคไวรัสภายใต้ TEM โดยเตรียมตัวอย่างแบบ dip preparation และย้อมสีแบบ negative staining ตามวิธีการที่ดัดแปลงมาจาก Kumar *et al.* (2014) ดังนี้ บดตัวอย่างใบพืชร่วมกับ phosphate buffer ความเข้มข้น 0.1 โมล่าร์ ในอัตราส่วน 1 กรัมต่อ 0.5 มิลลิลิตร นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 12,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที นำส่วนใสด้านบนปริมาตร 7 ไมโครลิตร หยดลงบนกริดทองแดงที่เคลือบด้วยฟอร์มวาร์ (formvar-coated carbon grid) ขนาด 300 mesh ทิ้งไว้นาน 2 นาที ล้างออกด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อจำนวน 2 ครั้ง ครั้งแรกล้างด้วยการหยดน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อปริมาตร 1 มิลลิลิตร และครั้งที่ 2 นำกริดไปคว่ำลงบนหยดน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ เป็นเวลา 3 นาที เมื่อครบเวลานำกระดาษกรองมาซับน้ำออก จากนั้นคว่ำกริดลงบน 1% glutaraldehyde นาน 5 นาที ซับ glutaraldehyde ออกด้วยกระดาษกรอง หยด 2% uranyl acetate ปริมาตร 7 ไมโครลิตรลงบนกริด ทิ้งไว้นาน 4 นาที ซับออกด้วยกระดาษกรอง และนำไปตรวจสอบลักษณะของอนุภาคไวรัสภายใต้ TEM รุ่น JEM-2200FS (JOEL, USA) ที่กำลังขยาย 40,000-60,000 เท่า

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. **การเก็บตัวอย่าง**

สามารถเก็บตัวอย่างใบพืชได้ทั้งหมด 163 ตัวอย่าง โดยแบ่งออกเป็นใบเมลอน 118 ตัวอย่าง และใบแคนตาลูป 45 ตัวอย่าง (ตารางที่ 1) โดยอาการของคล้ายโรคไวรัสที่ตรวจพบส่วนมาก มีลักษณะดังนี้ ใบยอดแสดงอาการด่าง ใบยอดมีรูปร่างผิดปกติ ใบยอดแสดงอาการตุ่มนูน ใบยอดม้วนงอ ใบแก่แสดงอาการจุดตายของเนื้อเยื่อ ใบยอดและใบแก่แสดงอาการใบเหลือง และต้นแคระแกร็น เป็นต้น นอกจากนี้พบแมลงพาหะโรคไวรัส 3 ชนิด ได้แก่ เพลี้ยไฟ (ภาพที่ 1A) ซึ่งพบมากด้านใต้

Table 1. Number of melon and cantaloupe leaf samples collected from 3 provinces in northern Thailand and percentage of virus incidence detected by ELISA

Locations	Types of cultivation	Plants	No. of collection	Virus incidence (%)
Chiang Mai	greenhouse	melon	31	MYSV (80.6%), *Begomovirus* (3.2%) and WSMoV (6.4%)
	open field	cantaloupe	12	PRSV (25.0%), ZYMV (25.0%) and MYSV (8.3%)
		melon	4	No virus detected
Chiang Rai	greenhouse	melon	12	MYSV (58.3%)
Lamphun	greenhouse	melon	14	MYSV (78.5%), and *Begomovirus* (16.7%)
	open field	cantaloupe	33	MYSV (66.6%), *Begomovirus* (6.0%), PRSV (3.0%), WSMoV (3.0%) and ZYMV (3.0%)
		melon	57	MYSV (80.7%), *Begomovirus* (1.7%)
		Total	163	MYSV (68.7%), *Begomovirus* (6.1%), PRSV (2.4%), ZYMV (2.4%) and WSMoV (1.8%)

Remarks: MYSV: *Melon yellow spot virus*, PRSV: *Papaya ringspot virus*, WSMoV: *Watermelon silver mottle virus* and ZYMV: *Zucchini yellow mosaic virus*

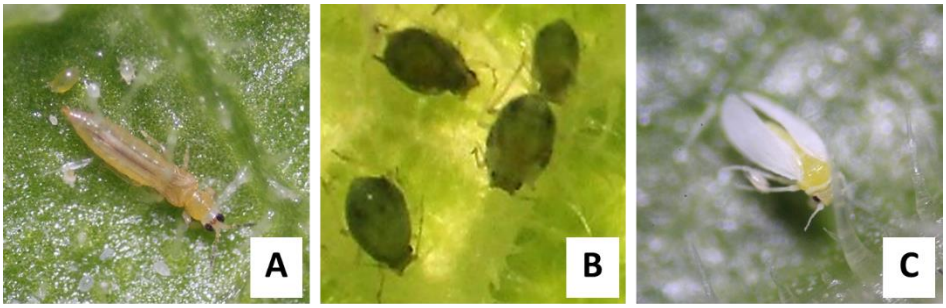

Figure 1. Insect vectors of viruses found on melon and/or cantaloupe leaves observed under stereo microscope (20X magnification), thrips (A), aphids (B) and whitefly (C)

ใบอ่อนและใบแก่ของเมลอนและแคนตาลูปที่แสดงอาการจุดสีเหลืองและจุดตายของเนื้อเยื่อ เพลี้ยอ่อน (ภาพที่ 1B) พบด้านใต้ใบแคนตาลูปที่แสดงอาการตุ่มนูน และพบแมลงหวี่ขาว (ภาพที่ 1C) บนใบอ่อนของเมลอนที่แสดงอาการม้วนงอ โดยในแปลงเปิดสามารถพบแมลงได้ทั้ง 3 ชนิด ส่วนในโรงเรือนพบเพลี้ยไฟและแมลงหวี่ขาวแต่ไม่พบเพลี้ยอ่อน

2. การตรวจด้วยเทคนิค ELISA และลักษณะอาการของโรคที่เกิดจากเชื้อไวรัสแต่ละชนิด

เมื่อตรวจสอบเชื้อไวรัสจากตัวอย่างใบ 163 ตัวอย่าง (เมลอน 118 ตัวอย่าง และแคนตาลูป 45 ตัวอย่าง) พบว่า MYSV เป็นเชื้อไวรัสที่พบได้มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 68.7 จากตัวอย่างใบพืชที่ปลูกในโรงเรือนและแปลงเปิดโดยแบ่งเป็น พบในเมลอนที่ปลูกในโรงเรือนที่สำรวจในจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และลำพูน คิดเป็นร้อยละ 80.6, 58.3 และ 78.5 ตามลำดับ และตรวจพบในเมลอนที่ปลูกในแปลงเปิดของจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน คิดเป็นร้อยละ 8.3 และ 80.7 ตามลำดับ (ตารางที่ 1) สำหรับแคนตาลูปที่ปลูกในแปลงเปิดของจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน พบการเข้าทำลายของ MYSV คิดเป็นร้อยละ 25.0 และ 66.6 ตามลำดับ (ตารางที่ 1) เชื้อไวรัสที่ตรวจพบมากรองลงมาคือ สกุล *Begomovirus* คิดเป็น ร้อยละ 16.7 ในขณะที่ตรวจพบ PRSV และ ZYMV ได้ในร้อยละที่

เท่ากัน คือ 2.4 นอกจากนี้ ตรวจพบ WSMoV คิดเป็นร้อยละ 1.8 (ตารางที่ 1)

เพลี้ยไฟและแมลงหวี่ขาวที่พบได้ทั้งในโรงเรือนและแปลงเปิด มีความสัมพันธ์กับชนิดของเชื้อไวรัส ซึ่งตามรายงานการศึกษาของ Kato *et al*. (2000) พบว่า MYSV สามารถถ่ายทอดผ่านทางเพลี้ยไฟได้ และจากรายงานของ Whitfield *et al*. (2015) พบว่า แมลงหวี่ขาวสามารถถ่ายทอดเชื้อไวรัสในสกุล *Begomovirus* นอกจากนี้ Dombrovsky *et al*. (2005) รายงานว่า เชื้อไวรัสในสกุล *Potyvirus* มีเพลี้ยอ่อนเป็นแมลงพาหะในการถ่ายทอด ซึ่งจากผลการตรวจตัวอย่างใบพืชในโรงเรือน ไม่พบพลี้ยอ่อน สอดคล้องกับการตรวจไม่พบเชื้อไวรัสในสกุล *Potyvirus* (PRSV และ ZYMV) จากตัวอย่างใบพืชในโรงเรือนที่นำมาตรวจสอบ

ผลการตรวจสอบเชื้อไวรัสในตัวอย่างใบพืชจาก 3 จังหวัดในภาคเหนือ พบว่า MYSV พบมากที่สุด ซึ่งมีความแตกต่างจากรายงานของ ยุทธ และเพชรรัตน์ (2551) ที่รายงานการตรวจเชื้อไวรัสในแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์พืชวงศ์แตงของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ เมลอน แตงกวา น้ำเต้า และสควอช โดยพบว่า CMV เป็นเชื้อไวรัสที่สามารถตรวจพบได้มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 44 รองลงมาคือ PRSV-W และ CGMMV โดยคิดเป็นร้อยละ 28 และ 25 ตามลำดับ ในขณะที่งานวิจัยในครั้งนี้ตรวจไม่พบ CMV, CGMMV และ WMV-2 จากตัวอย่างเมลอนและแคนตาลูปจำนวนทั้งหมด 163 ตัวอย่าง

ผลการตรวจ PRSV ด้วยเทคนิค ELISA ไม่สามารถระบุได้ว่า PRSV ที่ตรวจพบเป็นสายพันธุ์ (type) ใด ระหว่าง watermelon -infecting type (W type) หรือ papaya-infecting type (P type) เนื่องจากทั้งสองสายพันธุ์นั้นสามารถเข้าทำลายพืชวงศ์แตงได้เหมือนกัน ซึ่งไม่สามารถใช้เทคนิคทางเซรุ่มวิทยาในการจัดจำแนกได้ ซึ่งการจัดจำแนกสามารถทำได้โดยการปลูกเชื้อลงบนพืชทดสอบเท่านั้น (Mansilla *et al*., 2013)

ลักษณะอาการเฉพาะของโรคที่เกิดจากเชื้อไวรัสแต่ละสกุลที่ได้ทำการสำรวจในครั้งนี้ สามารถสรุปได้ว่า อาการจุดตายของเนื้อเยื่อพืช (ภาพที่ 2A-C) เป็นอาการเฉพาะที่เกิดจากเชื้อไวรัสในสกุล *Tospovius* ซึ่งในงานวิจัยนี้สามารถตรวจพบได้ 2 ชนิด คือ MYSV และ WSMoV สำหรับเชื้อไวรัสในสกุล *Begomovirus* พบว่าทำให้ใบพืชแสดงอาการใบม้วนงอลง เกิดปื้นสีเหลือง และแสดงอาการเหลืองทั้งใบ (ภาพที่ 2D-F) นอกจากนี้เชื้อไวรัสในสกุล *Potyvirus* ได้แก่ PRSV และ ZYMV พบว่าทำให้ใบพืชเกิดอาการใบด่างร่วมกับเกิดตุ่มนูน (ภาพที่ 2G, H)

การเข้าทำลายร่วมกันของเชื้อไวรัสมากกว่า 1 ชนิด สามารถตรวจพบได้จากตัวอย่างที่สำรวจ (ภาพที่ 2I-K และภาพที่ 3A-C) โดยพบว่า MYSV เข้าทำลายร่วมกับสกุล *Begomovirus* มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 4.2 (ภาพที่ 3A) จากใบเมลอนทั้งในโรงเรือนและแปลงเปิด ที่แสดงอาการด่างอย่างรุนแรงร่วมกับอาการยอดแคระแกร็น (shoot stunting) (ภาพที่ 2I) พบใบแคนตาลูปที่ปลูกในแปลงเปิดที่ตรวจพบ PRSV และ ZYMV เข้าทำลายร่วมกัน คิดเป็นร้อยละ 6.6 (ภาพที่ 3B) นอกจากนี้พบตัวอย่างแคนตาลูปที่ปลูกในแปลงเปิดของจังหวัดลำพูน ที่ตรวจพบการเข้าทำลายร่วมกันของเชื้อไวรัส 3 ชนิด ได้แก่ PRSV, WSMoV และ ZYMV คิดเป็นร้อยละ 2.2 (ภาพที่ 3B) บนใบพืชที่แสดงอาการใบด่าง และมีจุดตายของเนื้อเยื่อร่วมด้วย (ภาพที่ 2K) ในธรรมชาติสามารถตรวจพบการเข้าทำลายร่วมกันของเชื้อไวรัสได้หลายชนิด เช่น Fattouh (2003) ตรวจพบการเข้าทำลายร่วมกันของ CMV และ ZYMV ในซุกินี นอกจากนี้ Gil-Salas *et al*. (2012) ตรวจพบแตงกวาที่เข้าทำลายโดย *Cucumber vein yellowing virus* (CVYV) ร่วมกับ *Cucurbit yellow stunting disorder virus* (CYSDV) โดยปฏิสัมพันธ์ของการเข้าทำลายร่วมกันของเชื้อไวรัสอาจเป็นแบบส่งเสริม (synergism) หรือปฏิปักษ์ (antagonist) ซึ่งส่งผลต่อการแสดงออกของอาการของโรค โดยขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อไวรัส และพืชอาศัย (Syller, 2012) อย่างไรก็ตาม จากการตรวจสอบพบเชื้อไวรัสในสกุล *Begomovirus* ที่เข้าทำลายเมลอนและแคนตาลูป แต่ยังไม่สามารถระบุชนิดของเชื้อไวรัสด้วยเทคนิค ELISA เพียงอย่างเดียว จำเป็นต้องมีการตรวจสอบด้วยวิธีการอื่นเพิ่มเติมต่อไป

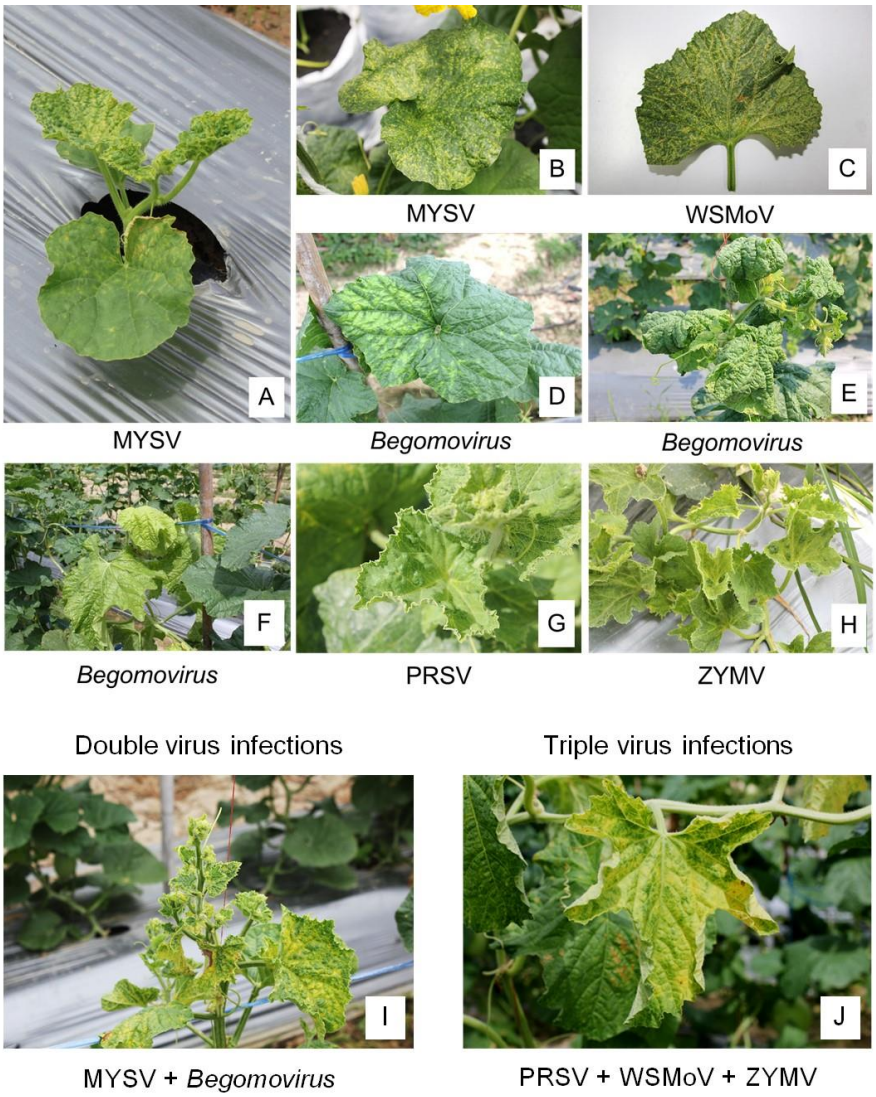

Figure 2. Symptoms of virus infection on melon and cantaloupe, melon infected by *Melon yellow spot virus* (MYSV) showing severe mosaic symptom on leaves and stunting (A), numerous chlorotic spots on melon leaves caused by MYSV (B), numerous chlorotic with necrotic spots on melon leaf infected by *Watermelon silver mottle virus* (WSMoV) (C), yellow patch symptom on melon leaf infected by *Begomovirus* (D), leaf curl symptom of melon leaves infected with *Begomovirus* (E), yellowing of cantaloupe leaves caused symptoms by *Begomovirus* (F), blistering symptom on cantaloupe leaves caused by *Papaya ringspot virus* (PRSV) (G), blistering and mosaic symptoms on cantaloupe infected by *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV) (H), double virus infection of MYSV+*Begomovirus*-infected melon leaves showing severe mosaic with shoot stunting symptoms (I), and PRSV+WSMoV+ZYMV-infected cantaloupe leaves showing severe mosaic with necrotic spots symptoms (J)

การตรวจสอบด้วยกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (Transmission electron microscope; TEM)

จากการตรวจสอบอนุภาคของเชื้อไวรัสด้วย TEM พบว่า MYSV มีลักษณะอนุภาคค่อนข้างกลมและมีเยื่อหุ้มปกคลุมอยู่ชั้นนอกของอนุภาคไวรัส (enveloped nearly-spherical particle) โดยมีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของอนุภาคเท่ากับ 80-150 นาโนเมตร (ภาพที่ 4A) ซึ่งผลการตรวจนี้สอดคล้องกับรายงานของ Kato *et al*. (2000) ที่ได้ค้นพบเชื้อไวรัสชนิดใหม่ที่เข้าทำลายเมลอนในประเทศญี่ปุ่น ซึ่งมีลักษณะของอนุภาคค่อนข้างกลมและมีเยื่อหุ้มมีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 80-100 นาโนเมตร และได้ตั้งชื่อว่า *Melon yellow spot virus* (MYSV) ในกรณีของ PRSV จากการตรวจสอบ พบว่า มีลักษณะอนุภาคแบบเส้นยาวคด (flexuous particle) มีขนาดความยาวเฉลี่ยประมาณ 650-850 นาโนเมตร (ภาพที่ 4B) โดยมีความใกล้เคียงกับรายงานของ ณัฐธิกา และเกวลิน (2559) ที่ได้ตรวจสอบอนุภาคของเชื้อไวรัสในสกุล *Potyvirus* จากน้ำคั้นใบหอมแดงและพบว่าอนุภาคไวรัสมีขนาดยาวประมาณ 600-760 นาโนเมตร นอกจากนี้ จากการตรวจสอบพบอนุภาคทรงกลมที่อยู่เป็นคู่ (twinned-icosahedral) ของเชื้อไวรัสสกุล *Begomovirus* โดยมีขนาดของแต่ละอนุภาคเฉลี่ยเท่ากับ 25 x 35 นาโนเมตร (ภาพที่ 4C) ซึ่งมีลักษณะรูปร่างที่ใกล้เคียงกับเชื้อไวรัสในวงศ์ Geminiviridae ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 22 x 38 นาโนเมตร (Zerbini *et al*., 2017)

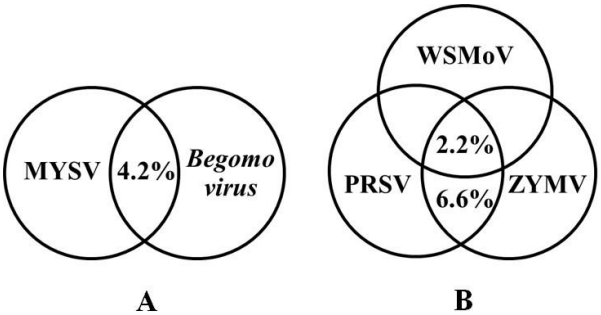

Figure 3. Percentage of mixed infection incidence detected by ELISA, double virus infection of *Melon yellow spot virus* (MYSV) + *Begomovirus* in melon (A), *Papaya ringspot virus* (PRSV) + *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV) in cantaloupe (B) and triple virus infection of PRSV + ZYMV + *Watermelon silver mottle virus* (WSMoV) in cantaloupe (B)

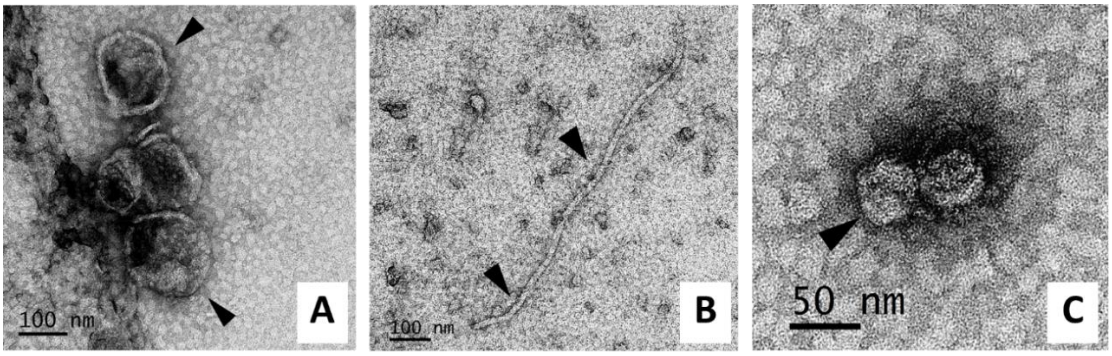

Figure 4. Transmission electron micrograph of viruses in melon (indicated by arrowheads) at 40,000-60,000 magnification, enveloped-spherical particles of *Melon yellow spot virus* (MYSV) (A), flexuous rod particle of *Papaya ringspot virus* (B) and twinned-icosahedral particles of *Begomovirus* (C)

สรุป

จากการตรวจสอบเชื้อไวรัสในเมลอนและแคนตาลูปที่ปลูกในจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และ ลำพูน รวมทั้งหมด 163 ตัวอย่าง โดยใช้เทคนิค ELISA พบว่า MYSV เป็นเชื้อไวรัสที่ตรวจพบได้มากที่สุด (ร้อยละ 68.7) รองลงมาคือเชื้อไวรัสในสกุล *Begomovirus* (ร้อยละ 6.1) PRSV (ร้อยละ 2.4) และ ZYMV (ร้อยละ 2.4) ในขณะที่ตรวจพบ WSMoV เป็นจำนวนน้อย โดยคิดเป็นร้อยละ 1.8 นอกจากนี้ตรวจพบการเข้าทำลายร่วมกันของเชื้อไวรัส โดยพบมากที่สุด คือ MYSV เข้าทำลายร่วมกับเชื้อไวรัสในสกุล *Begomovirus* รองลงมาคือ PRSV เข้าทำลายร่วมกับ ZYMV และตรวจพบการเข้าทำลายของเชื้อไวรัส 3 ชนิด ได้แก่ PRSV, WSMoV และ ZYMV ลักษณะอนุภาคของเชื้อไวรัสเมื่อตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน พบว่า MYSV มีลักษณะอนุภาคแบบค่อนข้างกลมและมีเยื่อหุ้ม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 80-150 นาโนเมตร อนุภาคของ PRSV มีลักษณะเป็นเส้นยาวคด มีขนาดความยาวเฉลี่ยประมาณ 650-850 นาโนเมตร และสกุล *Begomovirus* มีลักษณะอนุภาคไวรัสเป็นทรงกลมที่อยู่เป็นคู่ มีขนาดเฉลี่ยของแต่ละอนุภาคเท่ากับ 25 x 35 นาโนเมตร นอกจากนี้พบว่า ในสภาพโรงเรือนไม่พบเพลี้ยอ่อนซึ่งเป็นแมลงพาหะของเชื้อไวรัสในสกุล *Potyvirus* และตรวจไม่พบเชื้อไวรัสในสกุล *Potyvirus* จากตัวอย่างใบเมลอนและแคนตาลูปที่ปลูกในโรงเรือน แสดงว่าการปลูกเมลอนและแคนตาลูปในโรงเรือนสามารถช่วยลดความเสี่ยงต่อการเข้าทำลายของเชื้อไวรัสสกุลนี้ได้ อย่างไรก็ตาม ในสภาพโรงเรือนจำเป็นต้องมีการป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟและแมลงหวี่ขาว เนื่องจากเป็นแมลงพาหะของเชื้อไวรัส MYSV และสกุล *Begomovirus* ตามลำดับ ซึ่งเป็นเชื้อไวรัสที่ตรวจพบได้มากทั้งในโรงเรือนและแปลงเปิด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่สนับสนุนทุนวิจัยในการศึกษาครั้งนี้ และขอขอบคุณ ดร.อรวรรณ หิมานันโต จากห้องปฏิบัติการโมโนโคลนอลแอนติบอดีศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ ที่ได้อนุเคราะห์แอนติบอดีสำหรับงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กัลยาณี ชัยชนะ ประสาทพร สมิตะมาน และ มณีฉัตร นิกรพันธุ์. 2552. การปรับปรุงพันธุ์ต้านทานโรคไวรัสใบหงิกเหลืองของมะเขือเทศ. วารสารเกษตร 25(3): 219-227.

จันทรา อุปาลี และ อรอุมา เรืองวงษ์. 2561. การคัดเลือกไวโซแบคทีเรียที่เป็ นปฏิปักษ์ต่อเชื้อสาเหตุโรคต้นแตกยางไหลของเมลอน. วารสารเกษตร 34(2): 179-191.

ณัฐธิกา วรรณรัตน์ และ เกวลิน คุณาศักดากุล. 2559. การผลิตหอมแดงปลอดเชื้อไวรัสด้วยเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ. วารสารเกษตร 32(3): 347-356.

ยุทธ ทนโม๊ะ และ เพชรรัตน์ ธรรมเบญจพล. 2551. โรคไวรัสในแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์พืชวงศ์แตงภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. หน้า 12-18. *ใน*: รายงานสัมมนาวิทยาศาสตร์เกษตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น ครั้งที่ 28, ขอนแก่น.

สุดารัตน์ แก้วน้ำอ่าง อังสนา อัครพิศาล และ อรอุมา เรืองวงษ์. 2561. การคัดเลือกไวโซแบคทีเรียในการควบคุมโรคผลเน่าที่เกิดจากแบคทีเรียของเมลอน. วารสารเกษตร 34(2): 193-204.

อภิชาต ศรีสะอาด และ สุธิพงศ์ ถิ่นเขาน้อย. 2558. เมลอน & แคนตาลูป เงินล้าน. นาคาอินเตอร์-มีเดีย, กรุงเทพฯ. 136 หน้า.

Ali, A., A. Hussain and M. Ahmad. 2014. Occurrence and molecular characterization of *Cucumber green mottle mosaic virus* in cucurbit crops of KPK, Pakistan. Brazilian Journal of Microbiology 45(4): 1247-1253.

Ali, A., O. Mohammad and A. Khattab. 2012. Distribution of viruses infecting cucurbit crops and isolation of potential new virus-like sequences from weeds in Oklahoma. Plant Disease 96(2): 243-248.

Dombrovsky, A., H. Huet, N. Chejanovsky and B. Raccah. 2005. Aphid transmission of a *Potyvirus* depends on suitability of the helper component and the N terminus of the coat protein. Archives of Virology 150(2): 287-298.

Fattouh, F.A. 2003. Double infection of a cucurbit host by *Zucchini yellow mosaic virus* and *Cucumber mosaic virus*. Pakistan Journal of Plant Pathology 2: 85-90.

Gajanandana, O., C. Seepiban, S. Pansa-ard, A. Bhunchoth, A. Warin, O. Himananto, P. Pongsapic, P. Chiemsombat and R. Hongprayoon. 2006. Production of antibodies for detection of tospoviruses in Thailand. pp. 556-563. *In*: Proceedings of the 44th Kasetsart University Annual Conference. Kasetsart University, Bangkok.

Gil-Salas, F.M., J. Peters, N. Boonham, I.M. Cuadrado and D. Janssen. 2012. Co-infection with *Cucumber vein yellowing virus* and *Cucurbit yellow stunting disorder virus* leading to synergism in cucumber. Plant Pathology 61: 468-478.

Kato, K., K. Handa and M. Kameya-Iwaki. 2000. *Melon yellow spot virus*: a distinct species of the genus *Tospovirus* isolated from melon. Phytopathology 90(4): 422-426.

Kumar, S., A. Sankarlingam and R. Rabindran. 2014. Characterization and confirmation of *Papaya ringspot virus*-W strain infecting *Trichosanthes cucumerina* at Tamil Nadu, India. Journal of Plant Pathology and Microbiology 5: 225, doi: 10.4172/2157-7471.1000225.

Lecoq, H., C. Desbiez, C. Wipf-Scheibel and M. Girard. 2003. Potential involvement of melon fruit in the long distance dissemination of cucurbit Potyviruses. Plant Disease 87(8): 955-959.

Mansilla, P.J., A.G. Moreira, A.P.O.A. Mello, J.A. M. Rezende, J. A. Ventura, V. A. Yuki and F. J. Levatti. 2013. Importance of cucurbits in the epidemiology of *Papaya ringspot virus* type P. Plant Pathology 62(3): 571-577.

Mowat, W.P. and S. Dawson. 1987. Detection and identification of plant viruses by ELISA using crude sap extracts and unfractionated antisera. Journal of Virological Methods 15(3): 233-247.

Peng, J.C., S.D. Yeh, L.H. Huang, J.T. Li, Y.F. Cheng and T.C. Chen. 2011. Emerging threat of thrips-borne *Melon yellow spot virus* on melon and watermelon in Taiwan. European Journal of Plant Pathology 130: 205-214.

Romay, G., H. Lecoq, F. Geraud-Pouey, D.T. Chirinos and C. Desbiez. 2014. Current status of cucurbit viruses in Venezuela and characterization of Venezuelan isolates of *Zucchini yellow mosaic virus*. Plant Pathology 63(1): 78-87.

Syller, J. 2012. Facilitative and antagonistic interactions between plant viruses in mixed infections. Molecular Plant Pathology 13(2): 204-216.

Trkulja, V., D. Kovacic, B. Curkovic, A. Vucurovic, I. Stankovic, A. Bulajic and B. Krstic. 2013. First report of *Cucumber mosaic virus* on melon in Bosnia and Herzegovina. Plant Disease 97(8): 1124.

Whitfield, A.E., B.W. Falk and D. Rotenberg. 2015. Insect vector-mediated transmission of plant viruses. Virology 479-480: 278-289.

Zechmann, B. and G. Zellnig. 2009. Rapid diagnosis of plant virus diseases by transmission electron microscopy. Journal of Virological Methods 162(1-2): 163-169.

Zerbini, F.M., R.W. Briddon, A. Idris, D.P. Martin, E. Moriones, J. Navas-Castillo, R. Rivera-Bustamante, P. Roumagnac and A. Varsani. 2017. ICTV Virus Taxonomy Profile: Geminiviridae. The Journal of General Virology 98(2): 131-133.

การตรวจสอบเชื้อไวรัสในเมลอนและแคนตาลูปที่ปลูก ในจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และลำพูน

Detection of Viruses in Melon and Cantaloupe Planted in Chiang Mai, Chiang Rai and Lamphun Provinces

ศลิษฏ์ ศุภกิจธนากร[1, 2] และ อรอุมา เรืองวงษ์[1, 2*]

Salit Supakitthanakorn[1, 2] and On-Uma Ruangwong[1, 2*]

[1]สาขาวิชาโรคพืช ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

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

[2]ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10900

[2]Center of Excellence on Agricultural Biotechnology: (AG-BIO/PERDO-CHE), Bangkok 10900, Thailand

**Corresponding author: Email: On-uma.r@cmu.ac.th*

(Received: 2 April 2018; Accepted: 10 August 2018)

Abstract: Collection of melon and cantaloupe leaf samples showing virus disease symptoms were carried out in the production areas both greenhouse and open field in Chiang Mai, Chiang Rai and Lamphun provinces of northern Thailand. Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) with monoclonal and polyclonal antibodies were used for virus detection. The results showed that after virus detection from total 163 leaves samples, the highest disease incidence was 68.87% caused by *Melon yellow spot virus* (MYSV) followed by the genus *Geminivirus* (4.9%), *Papaya ringspot virus* (PRSV) (2.4%) and *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV) (2.4%). While *Begomovirus* and *Watermelon silver mottle virus* (WSMoV) were minimally detected with 1.8% and 1.2%, respectively. MYSV co-infected with *Geminivirus* were the highest incidence of mixed infections and followed by *Begomovirus* co-infected with *Geminivirus*. Triple virus infection (PRSV, WSMoV and ZYMV) was detected from cantaloupe leaf. Virus particles were observed by using transmission electron microscope (TEM), the result showed that the average size of enveloped nearly-spherical particles of MYSV with 80-150 nm diameter, flexuous particle of PRSV with 650-850 nm long and twinned-icosahedral particles of *Geminivirus* with 25 x 35 nm diameter. The results indicated that MYSV was the most threatening virus for melon and cantaloupe production in northern Thailand under both greenhouse and field conditions.

Keywords: Virus, melon, cantaloupe, ELISA, transmission electron microscope

บทคัดย่อ: เก็บตัวอย่างใบเมลอนและแคนตาลูปที่แสดงอาการของโรคไวรัส จากพื้นที่ปลูกในจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และลำพูน ทั้งในสภาพโรงเรือนและแปลงเปิด ตรวจสอบเชื้อไวรัสโดยใช้เทคนิค enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) ร่วมกับโมโนโคลนอลแอนติบอดีและโพลีโคลนอลแอนติบอดี ซึ่งจากการตรวจตัวอย่างใบพืชทั้งหมด 163 ตัวอย่าง ด้วยวิธี ELISA พบว่า *Melon yellow spot virus* (MYSV) เป็นเชื้อไวรัสที่ตรวจพบได้มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 68.7 รองลงมาคือสกุล *Geminivirus* (ร้อยละ 4.9), *Papaya ringspot virus* (PRSV) (ร้อยละ 2.4) และ *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV) (ร้อยละ 2.4) ในขณะที่ตรวจพบสกุล *Begomovirus* และ *Watermelon silver mottle virus* (WSMoV) เป็นจำนวนร้อยละ 1.8 และ 1.2 ตามลำดับ นอกจากนี้ จากการสำรวจ พบการเข้าทำลายร่วมกัน ของเชื้อไวรัสมากกว่า 1 ชนิด ได้แก่ MYSV ที่เข้าทำลายร่วมกับสกุล *Geminivirus* ซึ่งพบได้มากที่สุด รองลงมาคือสกุล *Begomovirus* ที่เข้าทำลายร่วมกับสกุล *Geminivirus* และพบการเข้าทำลายร่วมกันของ PRSV กับ ZYMV นอกจากนี้ พบการเข้าทำลายร่วมกันของเชื้อไวรัส 3 ชนิด ได้แก่ PRSV, WSMoV และ ZYMV เมื่อตรวจสอบลักษณะอนุภาคของเชื้อไวรัสภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน พบว่า MYSV มีรูปร่างค่อนข้างกลมและมีเยื่อหุ้มอนุภาค มีขนาดเฉลี่ยเท่ากับ 80-150 นาโนเมตร พบอนุภาคไวรัสลักษณะเป็นเส้นยาวคดของ PRSV มีขนาดเฉลี่ยเท่ากับ 650-85 นาโนเมตร และอนุภาคไวรัสที่อยู่เป็นทรงกลมคู่ของสกุล *Geminivirus* มีขนาดเฉลี่ยเท่ากับ 22 x 38 นาโนเมตร จากผลการตรวจสอบตัวอย่างใบเมลอนและแคนตาลูปที่แสดงอาการโรคไวรัสใน 3 จังหวัด สามารถสรุปได้ว่า MYSV เป็นเชื้อไวรัสที่สร้างความเสียหายมากที่สุดต่อการปลูกเมลอนและแคนตาลูป ทั้งในสภาพโรงเรือนและแปลงเปิด

คำสำคัญ: ไวรัส เมลอน แคนตาลูป ELISA กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน

คำนำ

เมลอน (melon) และแคนตาลูป (cantaloupe) (*Cucumis melo* L. และ *C. melo* var. *cantalupensis* ตามลำดับ) จัดอยู่ในพืชวงศ์แตง (Cucurbitaceae) เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย นิยมปลูกมากในเขตภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แหล่งปลูกที่สำคัญในภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ และลำพูน (อภิชาติ และสุธิพงศ์, 2558) ปัญหาสำคัญในการปลูกเมลอนและแคนตาลูปคือโรค ซึ่งโรคที่พบในเมลอนและแคนตาลูปสามารถเกิดจากเชื้อสาเหตุโรคได้หลายชนิด เช่น โรคผลเน่าที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Acidovorax citrulli* (สุดารัตน์ และคณะ, 2561) โรคต้นแตกยางไหลที่เกิดจากเชื้อรา *Stagonosporopsis cucurbitacearum* (จันทรา และอรอุมา, 2561) อย่างไรก็ตาม โรคที่มีความสำคัญเป็นอันดับต้น ๆ คือโรคที่เกิดจากเชื้อไวรัส ซึ่งมีผลกระทบทำให้ผลผลิตลดลงมากกว่าร้อยละ 50 และผลผลิตที่ได้มีคุณภาพต่ำกว่ามาตรฐาน (Trkulja *et al*., 2013) เชื้อไวรัสที่สร้างความเสียหายให้กับพืชวงศ์แตงมีหลายชนิด เช่น *Cucumber mosaic virus* (CMV), *Papaya ringspot virus* (PRSV), *Watermelon mosaic virus*-2 (WMV-2) และ *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV) เป็นต้น (Ali *et al*., 2012; Romay *et al*., 2014) จากรายงานของ Lecoq *et al*. (2003) ในการตรวจหาเชื้อไวรัสจากผลเมลอนที่แสดงอาการด่างเหลืองอย่างรุนแรงด้วยเทคนิคทางเซรุ่มวิทยาและชีวโมเลกุล พบว่า PRSV และ ZYMV เป็นเชื้อไวรัสที่ทำให้เกิดอาการผิดปกติบนผลเมลอน นอกจากนี้ Peng *et al*. (2011) รายงานว่า ผลเมลอนที่ถูก *Melon yellow spot virus* (MYSV) เข้าทำลาย มีขนาด รูปร่าง และสีผิวที่ผิดปกติไป เชื้อไวรัสโดยส่วนมากมีแมลงเป็นพาหะในการถ่ายทอด (insect transmission) ตัวอย่างเช่น แมลงหวี่ขาว (whitefly) สามารถถ่ายทอดเชื้อไวรัสในสกุล *Begomovirus* และ *Geminivirus* เพลี้ยไฟ (thrips) สามารถถ่ายทอดเชื้อไวรัสในสกุล *Tospovius* และเพลี้ยอ่อน (aphids) สามารถถ่ายทอดเชื้อไวรัสได้หลายสกุล เช่น *Cucumovirus* และ *Potyvirus* เป็นต้น (Whitfield *et al*., 2015)

Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) เป็นเทคนิคทางเซรุ่มวิทยา (serology) ที่ได้รับ

ความนิยมนำมาใช้ในการตรวจสอบและจัดจำแนกชนิดของเชื้อไวรัส โดยอาศัยความจำเพาะระหว่างแอนติเจน (เชื้อไวรัส) และแอนติบอดี (Mowat and Dawson, 1987) จากรายงานของ ยุทธ และเพชรรัตน์ (2551) ใช้เทคนิค ELISA ในการตรวจสอบเชื้อไวรัสที่เข้าทำลายพืชวงศ์แตง ได้แก่ เมลอน แตงกวา แตงโม น้ำเต้า และสควัอช ที่ปลูกในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยสามารถตรวจพบเชื้อไวรัสได้ทั้งหมด 5 ชนิด ได้แก่ *Papaya ringspot virus*-W (PRSV-W), *Cucumber green mottle mosaic virus* (CGMMV), *Tospovirus* serogroup IV และ *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV) นอกจากนี้กัลยาณี และคณะ (2552) ใช้เทคนิค ELISA ในการตรวจประเมินความต้านทานของมะเขือเทศที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์ เพื่อให้ต้านทานต่อ *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV)

การวินิจฉัยและการศึกษาลักษณะอนุภาคของเชื้อไวรัสโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (transmission electron microscope; TEM) เป็นวิธีการที่ให้ผลการตรวจสอบแม่นยำและมีความรวดเร็ว ขึ้นอยู่กับลักษณะและรูปแบบของการเตรียมตัวอย่าง เทคนิค dip preparation เป็นเทคนิคที่นิยมนำมาใช้ในการเตรียมตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบเชื้อไวรัสพืช เนื่องจากมีวิธีการเตรียมที่ไม่ซับซ้อนและรวดเร็ว นอกจากนี้ การย้อมสีแบบ negative staining สามารถทำให้มองเห็นอนุภาคของเชื้อไวรัสได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น (Zechmann and Zellnig, 2009) ดังนั้น วัตถุประสงค์ของงานวิจัยในครั้งนี้ คือ ตรวจสอบชนิดของเชื้อไวรัสที่เข้าทำลายเมลอนและแคนตาลูปที่ปลูกใน 3 จังหวัดภาคเหนือของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และลำพูน โดยใช้เทคนิค ELISA และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน เพื่อเป็นข้อมูลในการวางแผนป้องกันกำจัดเชื้อไวรัสและแมลงพาหะได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างใบเมลอนและแคนตาลูปที่แสดงอาการคล้ายโรคไวรัสตั้งแต่ระยะการเจริญเติบโตจนถึงระยะก่อนการเก็บเกี่ยว เช่น อาการใบด่าง ใบเกิดจุดสีเหลือง ใบเกิดจุดตายของเนื้อเยื่อ ใบมีรูปร่างผิดปกติ และใบที่แสดงอาการตุ่มนูน โดยเก็บตัวอย่างเป็นจำนวน 3 ใบต่อต้น จากพื้นที่ปลูกในจังหวัดเชียงใหม่ 5 แห่ง โดยแบ่งออกเป็น ในโรงเรือน 3 แห่ง ได้แก่ อ.ดอยหล่อ อ.หางดง และ อ.สันป่าตอง และอีก 2 แห่ง ในแปลงเปิด ได้แก่ อ.เมือง และ อ.แม่วาง สำหรับจังหวัดเชียงราย เก็บตัวอย่างพืชที่ปลูกในโรงเรือนจาก อ.แม่จัน และ อ.แม่สาย และพื้นที่ปลูกในจังหวัดลำพูนเป็นแปลงเปิดทั้ง 2 แห่ง ได้แก่ อ.เมือง และ อ.ป่าซาง นอกจากนี้ สังเกตและจดบันทึกชนิดของแมลงพาหะเชื้อไวรัสที่พบบนใบพืชนำตัวอย่างพืชมาตรวจเชื้อไวรัสในห้องปฏิบัติการ

2. การตรวจด้วยเทคนิค ELISA

2.1 เทคนิค indirect plate-trapped antigen (PTA)-ELISA

ใช้เทคนิค PTA-ELISA ร่วมกับโมโนโคลนอลแอนติบอดี (monoclonal antibody) สำหรับการตรวจหาเชื้อ *Cucumber green mottle mosaic virus* (CGMMV) (รหัส 9F11), *Melon yellow spot virus* (MYSV) (รหัส 5E7), *Watermelon mosaic virus*-2 (WMV-2) (รหัส 1H5) และสกุล *Potyvirus* (รหัส 1G8) (ผลิตโดยศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ) นอกจากนี้ใช้โพลีโคลนอลแอนติบอดี (polyclonal antibody) สำหรับการตรวจหาเชื้อ *Cucumber mosaic virus* (CMV), *Papaya ringspot virus* (PRSV) และ *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV) (ผลิตโดยคลินิกสุขภาพพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน) เตรียมตัวอย่างตามวิธีการที่ดัดแปลง มาจาก Gajanandana *et al*. (2006) ดังนี้ บดตัวอย่างใบพืชใน carbonate coating buffer pH 9.6 ในอัตราส่วนใบพืช 0.1 กรัม ต่อบัปเฟอร์ 1 มิลลิลิตร นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำส่วนใสด้านบน (supernatant) มาหยดลงในหลุมไมโครเพลทในปริมาตร 100 ไมโครลิตรต่อหลุม บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หรือบ่มข้ามคืนที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ล้างหลุมเพลทด้วย washing buffer (phosphate saline buffer with Tween-20; PSBT) ปริมาตร 200 ไมโครลิตรต่อหลุม จำนวน 4 ครั้ง ครั้งละ

3 นาที เติม blocking buffer ปริมาตร 100 ไมโครลิตรต่อหลุม นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ล้างเพลทด้วย washing buffer จากนั้นเติมโมโนโคลนอลหรือโพลีโคลนอลแอนติบอดีที่จำเพาะต่อไวรัสแต่ละชนิด ปริมาตร 100 ไมโครลิตรต่อหลุม นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ล้างเพลทด้วย washing buffer เติม alkaline phosphatase conjugated goat anti-mouse IgG (Sigma, USA) ปริมาตร 100 ไมโครลิตรต่อหลุม นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ล้างเพลทด้วย washing buffer และเติม p-nitrophenyl phosphate (PNPP) substrate (Sigma, USA) ปริมาตร 100 ไมโครลิตรต่อหลุม นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 405 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง MicroPlate Reader รุ่น Synergy H1 (BioTek, USA) ตัวอย่างที่มีเชื้อไวรัสจะมีค่าการดูดกลืนแสงที่สูงกว่าชุดควบคุม 2 เท่า เมื่อได้ผลการตรวจเชื้อไวรัสแล้ว นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาร้อยละของการเกิดโรค (disease incidence) ตามวิธีการของ Ali *et al.* (2014) ดังนี้

$$\text{Percentage of disease incidence (PDI)} = \frac{\text{No. of infected plants}}{\text{Total no. of observed plants}} \times 100$$

2.2 **เทคนิค** indirect double antibody sandwich (DAS)-ELISA

ใช้เทคนิค DAS-ELISA ร่วมกับโมโนโคลนอลแอนติบอดีในการตรวจ *Watermelon silver mottle virus* (WSMoV) (รหัส 18D11) เชื้อไวรัสในสกุล *Begomovirus* (รหัส M1) และเชื้อไวรัสในสกุล *Geminivirus* (รหัส D2) (ผลิตโดยศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ) โดยหยดแอนติบอดีตัวจับ (capture หรือ primary antibody) ซึ่งเป็นโพลีโคลนอลแอนติบอดีที่จำเพาะต่อเชื้อไวรัสแต่ละชนิด ปริมาตร 100 ไมโครลิตรต่อหลุม นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นทำตามวิธีการในข้อ 2.1

3. **การตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน** (transmission electron microscope; TEM)

นำตัวอย่างใบเมลอนที่ได้รับการปลูกเชื้อ MYSV และ PRSV และตัวอย่างใบเมลอนที่ตรวจพบ *Geminivirus* ด้วยเทคนิค ELISA มาตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาของอนุภาคไวรัสภายใต้ TEM โดยเตรียมตัวอย่างแบบ dip preparation และย้อมสีแบบ negative staining ตามวิธีการที่ดัดแปลงมาจาก Kumar *et al.* (2014) ดังนี้ บดตัวอย่างใบพืชร่วมกับ phosphate buffer ความเข้มข้น 0.1 โมล่าร์ ในอัตราส่วน 1 กรัมต่อ 0.5 มิลลิลิตร นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 12,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที นำส่วนใสด้านบนปริมาตร 7 ไมโครลิตร หยดลงบนกริดทองแดงที่เคลือบด้วยฟอร์มวาร์ (formvar-coated carbon grid) ขนาด 300 mesh ทิ้งไว้นาน 2 นาที ล้างออกด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อจำนวน 2 ครั้ง ครั้งแรกล้างด้วยการหยดน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อปริมาตร 1 มิลลิลิตร และครั้งที่ 2 นำกริดไปคว่ำลงบนหยดน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ เป็นเวลา 3 นาที เมื่อครบเวลานำกระดาษกรองมาซับน้ำออก จากนั้นคว่ำกริดลงบน 1% glutaraldehyde นาน 5 นาที ซับ glutaraldehyde ออกด้วยกระดาษกรอง หยด 2% uranyl acetate ปริมาตร 7 ไมโครลิตรลงบนกริด ทิ้งไว้นาน 4 นาที ซับออกด้วยกระดาษกรอง และนำไปตรวจสอบลักษณะของอนุภาคไวรัสภายใต้ TEM รุ่น JEM-2200FS (JOEL, USA) ที่กำลังขยาย 40,000-60,000 เท่า

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. **การเก็บตัวอย่าง**

สามารถเก็บตัวอย่างใบพืชได้ทั้งหมด 163 ตัวอย่าง โดยแบ่งออกเป็นใบเมลอน 118 ตัวอย่าง และใบแคนตาลูป 45 ตัวอย่าง (ตารางที่ 1) โดยอาการของคล้ายโรคไวรัสที่ตรวจพบส่วนมาก มีลักษณะดังนี้ ใบยอดแสดงอาการด่าง ใบยอดมีรูปร่างผิดปกติ ใบยอดแสดงอาการตุ่มนูน ใบยอดม้วนงอ ใบแก่แสดงอาการจุดตายของเนื้อเยื่อ ใบยอดและใบแก่แสดงอาการใบเหลือง และต้นแคระแกร็น เป็นต้น นอกจากนี้พบแมลงพาหะโรคไวรัส 3 ชนิด ได้แก่ เพลี้ยไฟ (ภาพที่ 1A) ซึ่งพบมากด้านใต้

Table 1. Number of melon and cantaloupe leaf samples collected from 3 provinces in northern Thailand and percentage of virus incidence detected by ELISA

Locations	Types of cultivation	Plants	No. of collection	Virus incidence (%)
Chiang Mai	greenhouse	melon	31	MYSV (80.6%), *Begomovirus* (3.2%) and WSMoV (6.4%)
	open field	cantaloupe	12	PRSV (25.0%), ZYMV (25.0%) and MYSV (8.3%)
		melon	4	No virus detected
Chiang Rai	greenhouse	melon	12	MYSV (58.3%)
Lamphun	greenhouse	melon	14	MYSV (78.5%), *Geminivirus* (9.6%) and *Begomovirus* (7.1%)
	open field	cantaloupe	33	MYSV (66.6%), *Geminivirus* (6.0%), PRSV (3.0%), WSMoV (3.0%) and ZYMV (3.0%)
		melon	57	MYSV (80.7%), *Geminivirus* (1.7%)
		Total	163	MYSV (68.7%), *Geminivirus* (4.9%), PRSV (2.4%), ZYMV (2.4%), WSMoV (1.8%) and *Begomovirus* (1.2%)

Remarks: MYSV: *Melon yellow spot virus*, PRSV: *Papaya ringspot virus*, WSMoV: *Watermelon silver mottle virus* and ZYMV: *Zucchini yellow mosaic virus*

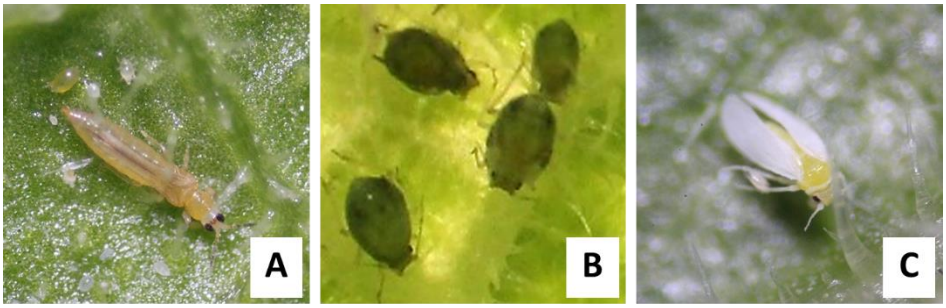

Figure 1. Insect vectors of viruses found on melon and/or cantaloupe leaves observed under stereo microscope (20X magnification), thrips (A), aphids (B) and whitefly (C)

ใบอ่อนและใบแก่ของเมลอนและแคนตาลูปที่แสดงอาการจุดสีเหลืองและจุดตายของเนื้อเยื่อ เพลี้ยอ่อน (ภาพที่ 1B) พบด้านใต้ใบแคนตาลูปที่แสดงอาการตุ่มนูน และพบแมลงหวี่ขาว (ภาพที่ 1C) บนใบอ่อนของเมลอนที่แสดงอาการม้วนงอ โดยในแปลงเปิดสามารถพบแมลงได้ทั้ง 3 ชนิด ส่วนในโรงเรือนพบเพลี้ยไฟและแมลงหวี่ขาวแต่ไม่พบเพลี้ยอ่อน

2. การตรวจด้วยเทคนิค ELISA และลักษณะอาการของโรคที่เกิดจากเชื้อไวรัสแต่ละชนิด

เมื่อตรวจสอบเชื้อไวรัสจากตัวอย่างใบ 163 ตัวอย่าง (เมลอน 118 ตัวอย่าง และแคนตาลูป 45 ตัวอย่าง) พบว่า MYSV เป็นเชื้อไวรัสที่พบได้มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 68.7 จากตัวอย่างใบพืชที่ปลูกในโรงเรือนและแปลงเปิดโดยแบ่งเป็น พบในเมลอนที่ปลูกในโรงเรือนที่สำรวจในจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และลำพูน คิดเป็นร้อยละ 80.6, 58.3 และ 78.5 ตามลำดับ และตรวจพบในเมลอนที่ปลูกในแปลงเปิดของจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน คิดเป็นร้อยละ 8.3 และ 80.7 ตามลำดับ (ตารางที่ 1) สำหรับแคนตาลูปที่ปลูกในแปลงเปิดของจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน พบการเข้าทำลายของ MYSV คิดเป็นร้อยละ 25.0 และ 66.6 ตามลำดับ (ตารางที่ 1) เชื้อไวรัสที่ตรวจพบมากรองลงมาคือ สกุล *Geminivirus* คิดเป็น ร้อยละ 4.9 ในขณะที่ตรวจพบ PRSV และ ZYMV ได้ในร้อยละที่

เท่ากัน คือ 2.4 นอกจากนี้ ตรวจพบ WSMoV และสกุล *Begomovirus* คิดเป็นร้อยละ 1.8 และ 1.2 ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

เพลี้ยไฟและแมลงหวี่ขาวที่พบได้ทั้งในโรงเรือนและแปลงเปิด มีความสัมพันธ์กับชนิดของเชื้อไวรัส ซึ่งตามรายงานการศึกษาของ Kato *et al*. (2000) พบว่า MYSV สามารถถ่ายทอดผ่านทางเพลี้ยไฟได้ และจากรายงานของ Whitfield *et al*. (2015) พบว่า แมลงหวี่ขาวสามารถถ่ายทอดเชื้อไวรัสในสกุล *Geminivirus* นอกจากนี้ Dombrovsky *et al*. (2005) รายงานว่า เชื้อไวรัสในสกุล *Potyvirus* มีเพลี้ยอ่อนเป็นแมลงพาหะในการถ่ายทอด ซึ่งจากผลการตรวจตัวอย่างใบพืชในโรงเรือน ไม่พบพลี้ยอ่อน สอดคล้องกับการตรวจไม่พบเชื้อไวรัสในสกุล *Potyvirus* (PRSV และ ZYMV) จากตัวอย่างใบพืชในโรงเรือนที่นำมาตรวจสอบ

ผลการตรวจสอบเชื้อไวรัสในตัวอย่างใบพืชจาก 3 จังหวัดในภาคเหนือ พบว่า MYSV พบมากที่สุด ซึ่งมีความแตกต่างจากรายงานของ ยุทธ และเพชรรัตน์ (2551) ที่รายงานการตรวจเชื้อไวรัสในแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์พืชวงศ์แตงของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ เมลอน แตงกวา น้ำเต้า และสควอช โดยพบว่า CMV เป็นเชื้อไวรัสที่สามารถตรวจพบได้มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 44 รองลงมาคือ PRSV-W และ CGMMV โดยคิดเป็นร้อยละ 28 และ 25 ตามลำดับ ในขณะที่งานวิจัยในครั้งนี้ตรวจไม่พบ CMV, CGMMV และ WMV-2 จากตัวอย่างเมลอนและแคนตาลูปจำนวนทั้งหมด 163 ตัวอย่าง

ผลการตรวจ PRSV ด้วยเทคนิค ELISA ไม่สามารถระบุได้ว่า PRSV ที่ตรวจพบเป็นสายพันธุ์ (type) ใด ระหว่าง watermelon -infecting type (W type) หรือ papaya-infecting type (P type) เนื่องจากทั้งสองสายพันธุ์นั้นสามารถเข้าทำลายพืชวงศ์แตงได้เหมือนกัน ซึ่งไม่สามารถใช้เทคนิคทางเซรุ่มวิทยาในการจัดจำแนกได้ ซึ่งการจัดจำแนกสามารถทำได้โดยการปลูกเชื้อลงบนพืชทดสอบเท่านั้น (Mansilla *et al*., 2013)

ลักษณะอาการเฉพาะของโรคที่เกิดจากเชื้อไวรัสแต่ละสกุลที่ได้ทำการสำรวจในครั้งนี้ สามารถสรุปได้ว่า อาการจุดตายของเนื้อเยื่อพืช (ภาพที่ 2A-C) เป็นอาการเฉพาะที่เกิดจากเชื้อไวรัสในสกุล *Tospovius* ซึ่งในงานวิจัยนี้สามารถตรวจพบได้ 2 ชนิด คือ MYSV และ WSMoV สำหรับเชื้อไวรัสในสกุล *Geminivirus* ซึ่งรวมถึงสกุล *Begomovirus* พบว่าทำให้ใบพืชแสดงอาการใบม้วนงอลง เกิดปื้นสีเหลือง และแสดงอาการเหลืองทั้งใบ (ภาพที่ 2D-F) นอกจากนี้เชื้อไวรัสในสกุล *Potyvirus* ได้แก่ PRSV และ ZYMV พบว่า ทำให้ใบพืชเกิดอาการใบด่างร่วมกับเกิดตุ่มนูน (ภาพที่ 2G, H)

การเข้าทำลายร่วมกันของเชื้อไวรัสมากกว่า 1 ชนิด สามารถตรวจพบได้จากตัวอย่างที่สำรวจ (ภาพที่ 2I-K และภาพที่ 3A-C) โดยพบว่า MYSV เข้าทำลายร่วมกับสกุล *Geminivirus* มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 4.2 (ภาพที่ 3A) จากใบเมลอนทั้งในโรงเรือนและแปลงเปิด ที่แสดงอาการด่างอย่างรุนแรงร่วมกับอาการยอดแคระแกร็น (shoot stunting) (ภาพที่ 2I) รองลงมาคือสกุล *Begomovirus* ที่เข้าทำลายร่วมกับสกุล *Geminivirus* คิดเป็นร้อยละ 3.3 (ภาพที่ 3B) จากใบเมลอนทั้งในโรงเรือนและแปลงปลูกที่แสดงอาการใบม้วนงอร่วมกับอาการใบด่าง (ภาพที่ 2J) พบแคนตาลูปที่ปลูกในแปลงเปิดที่ตรวจพบ PRSV และ ZYMV เข้าทำลายร่วมกัน คิดเป็นร้อยละ 6.6 (ภาพที่ 3C) นอกจากนี้ พบตัวอย่างแคนตาลูปที่ปลูกในแปลงเปิดของจังหวัดลำพูน ที่ตรวจพบการเข้าทำลายร่วมกันของเชื้อไวรัส 3 ชนิด ได้แก่ PRSV, WSMoV และ ZYMV คิดเป็นร้อยละ 2.2 (ภาพที่ 3C) บนใบพืชที่แสดงอาการใบด่าง และมีจุดตายของเนื้อเยื่อร่วมด้วย (ภาพที่ 2K) ในธรรมชาติสามารถตรวจพบการเข้าทำลายร่วมกันของเชื้อไวรัสได้หลายชนิด เช่น Fattouh (2003) ตรวจพบการเข้าทำลายร่วมกันของ CMV และ ZYMV ในซุกินี นอกจากนี้ Gil-Salas *et al*. (2012) ตรวจพบแตงกวาที่เข้าทำลายโดย *Cucumber vein yellowing virus* (CVYV) ร่วมกับ *Cucurbit yellow stunting disorder virus* (CYSDV) โดยปฏิสัมพันธ์ของการเข้าทำลายร่วมกันของเชื้อไวรัสอาจเป็นแบบส่งเสริม (synergism) หรือปฏิปักษ์ (antagonist) ซึ่งส่งผลต่อการแสดงออกของอาการของโรคโดยขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อไวรัส และพืชอาศัย (Syller, 2012) อย่างไรก็ตาม จากการตรวจสอบพบเชื้อไวรัสในสกุล *Begomovirus* และ *Geminivirus* ที่เข้าทำลายเมลอนและแคนตาลูป แต่ยังไม่สามารถระบุชนิดของเชื้อ

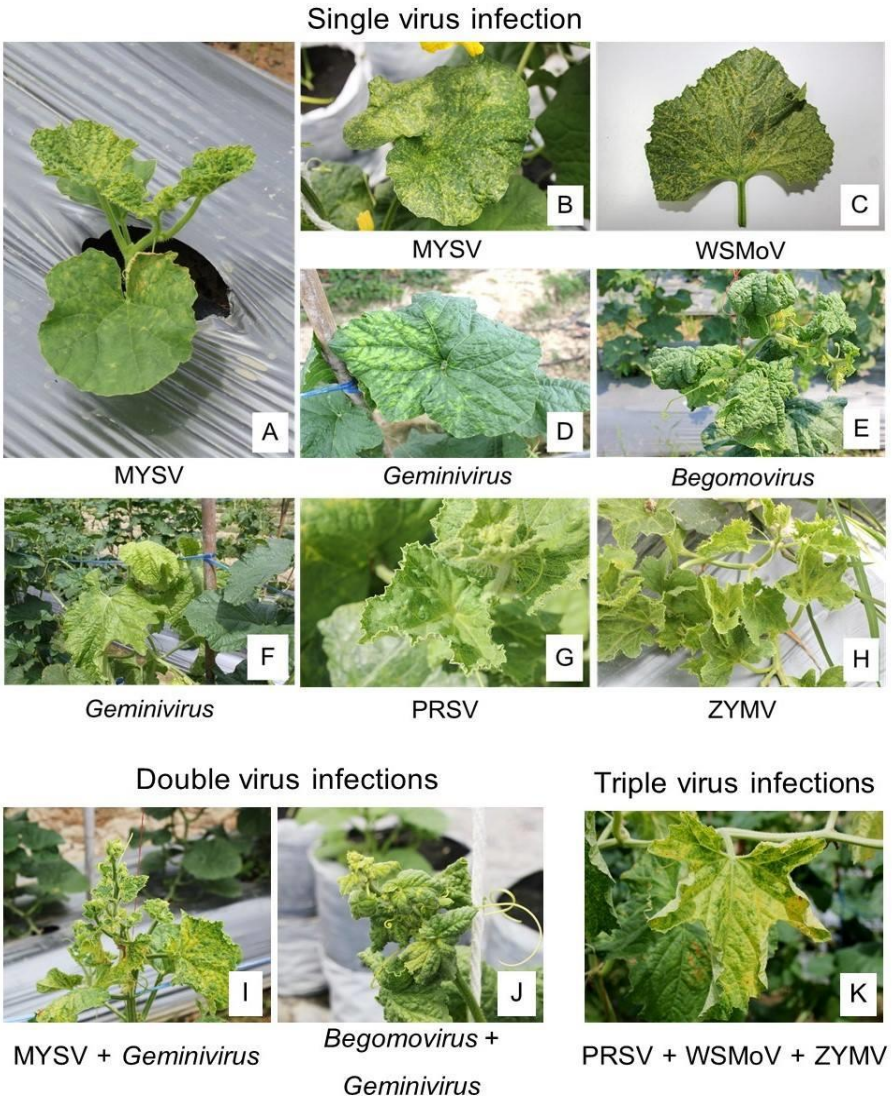

Figure 2. Symptoms of virus infection on melon and cantaloupe, melon infected by *Melon yellow spot virus* (MYSV) showing severe mosaic symptom on leaves and stunting (A), numerous chlorotic spots on melon leaves caused by MYSV (B), numerous chlorotic with necrotic spots on melon leaf infected by *Watermelon silver mottle virus* (WSMoV) (C), yellow patch symptom on melon leaf infected by *Geminivirus* (D), leaf curl symptom of melon leaves infected with *Begomovirus* (E), yellowing of cantaloupe leaves caused symptoms by *Geminivirus* (F), blistering symptom on cantaloupe leaves caused by *Papaya ringspot virus* (PRSV) (G), blistering and mosaic symptoms on cantaloupe infected by *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV) (H), double virus infection of MYSV+*Geminivirus*-infected melon leaves showing severe mosaic with shoot stunting symptoms (I), *Begomovirus*+*Geminivirus*-infected melon leaves showing leaf curl with mosaic symptoms (J) and PRSV+WSMoV+ZYMV-infected cantaloupe leaves showing severe mosaic with necrotic spots symptoms (K)

ไวรัสด้วยเทคนิค ELISA เพียงอย่างเดียว จำเป็นต้องมีการตรวจสอบด้วยวิธีการอื่นเพิ่มเติมต่อไป

3. **การตรวจสอบด้วยกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน** (Transmission electron microscope; TEM)

จากการตรวจสอบอนุภาคของเชื้อไวรัสด้วย TEM พบว่า MYSV มีลักษณะอนุภาคค่อนข้างกลมและมีเยื่อหุ้มปกคลุมอยู่ชั้นนอกของอนุภาคไวรัส (enveloped nearly-spherical particle) โดยมีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของอนุภาคเท่ากับ 80-150 นาโนเมตร (ภาพที่ 4A) ซึ่งผลการตรวจนี้สอดคล้องกับรายงานของ Kato *et al*. (2000) ที่ได้ค้นพบเชื้อไวรัสชนิดใหม่ที่เข้าทำลายเมลอนในประเทศญี่ปุ่น ซึ่งมีลักษณะของอนุภาคค่อนข้างกลมและมีเยื่อหุ้มมีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 80-100 นาโนเมตร และได้ตั้งชื่อว่า *Melon yellow spot virus* (MYSV) ในกรณีของ PRSV จากการตรวจสอบ พบว่า มีลักษณะอนุภาคแบบเส้นยาวคด (flexuous particle) มีขนาดความยาวเฉลี่ยประมาณ 650-850 นาโนเมตร (ภาพที่ 4B) โดยมีความใกล้เคียงกับรายงานของ ณัฐธิกา และเกวลิน (2559) ที่ได้ตรวจสอบอนุภาคของเชื้อไวรัสในสกุล *Potyvirus* จากน้ำคั้นใบหอมแดงและพบว่าอนุภาคไวรัสมีขนาดยาวประมาณ 600-760 นาโนเมตร นอกจากนี้ จากการตรวจสอบพบอนุภาคทรงกลมที่อยู่เป็นคู่ (twinned-icosahedral) ของ

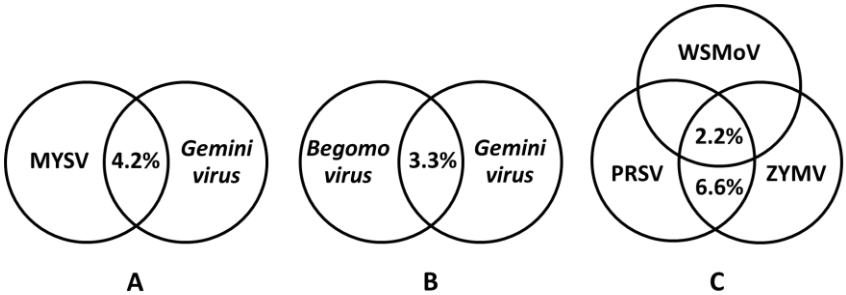

Figure 3. Percentage of mixed infection incidence detected by ELISA, double virus infection of *Melon yellow spot virus* (MYSV) + *Geminivirus* in melon (A), *Begomovirus* + *Geminivirus* in melon (B), *Papaya ringspot virus* (PRSV) + *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV) in cantaloupe (C) and triple virus infection of PRSV + ZYMV + *Watermelon silver mottle virus* (WSMoV) in cantaloupe (C)

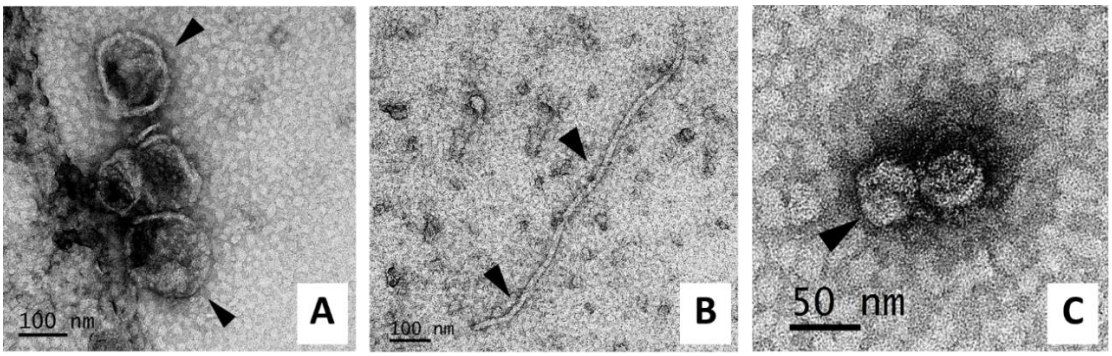

Figure 4. Transmission electron micrograph of viruses in melon (indicated by arrowheads) at 40,000-60,000 magnification, enveloped-spherical particles of *Melon yellow spot virus* (MYSV) (A), flexuous rod particle of *Papaya ringspot virus* (B) and twinned-icosahedral particles of *Geminivirus* (C)

สกุล *Geminivirus* โดยมีขนาดของแต่ละอนุภาคเฉลี่ยเท่ากับ 25 x 35 นาโนเมตร (ภาพที่ 4C) ซึ่งมีลักษณะรูปร่างที่ใกล้เคียงกับเชื้อไวรัสในวงศ์ Geminiviridae ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 22 x 38 นาโนเมตร (Zerbini *et al*., 2017)

สรุป

จากการตรวจสอบเชื้อไวรัสในเมลอนและแคนตาลูปที่ปลูกในจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และ ลำพูน รวมทั้งหมด 163 ตัวอย่าง โดยใช้เทคนิค ELISA พบว่า MYSV เป็นเชื้อไวรัสที่ตรวจพบได้มากที่สุด (ร้อยละ 68.7) รองลงมาคือเชื้อไวรัสในสกุล *Geminivirus* (ร้อยละ 4.9) PRSV (ร้อยละ 2.4) และ ZYMV (ร้อยละ 2.4) ในขณะที่ตรวจพบ WSMoV และ *Begomovirus* เป็นจำนวนน้อย โดยคิดเป็นร้อยละ 1.8 และ 1.2 ตามลำดับ นอกจากนี้ตรวจพบการเข้าทำลายร่วมกันของเชื้อไวรัส โดยพบมากที่สุด คือ MYSV เข้าทำลายร่วมกับเชื้อไวรัสในสกุล *Geminivirus* รองลงมาคือสกุล *Begomovirus* ที่เข้าทำลายร่วมกับเชื้อไวรัสในสกุล *Geminivirus* และตรวจพบการเข้าทำลายของเชื้อไวรัส 3 ชนิด ได้แก่ PRSV, WSMoV และ ZYMV ลักษณะอนุภาคของเชื้อไวรัสเมื่อตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน พบว่า MYSV มีลักษณะอนุภาคแบบค่อนข้างกลมและมีเยื่อหุ้ม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 80-150 นาโนเมตร อนุภาคของ PRSV มีลักษณะเป็นเส้นยาวคด มีขนาดความยาวเฉลี่ยประมาณ 650-850 นาโนเมตร และสกุล *Geminivirus* มีลักษณะอนุภาคไวรัสเป็นทรงกลมที่อยู่เป็นคู่ มีขนาดเฉลี่ยของแต่ละอนุภาคเท่ากับ 25 x 35 นาโนเมตร นอกจากนี้พบว่า ในสภาพโรงเรือนไม่พบเพลี้ยอ่อนซึ่งเป็นแมลงพาหะของเชื้อไวรัสในสกุล *Potyvirus* และตรวจไม่พบเชื้อไวรัสในสกุล *Potyvirus* จากตัวอย่างใบเมลอนและแคนตาลูปที่ปลูกในโรงเรือน แสดงว่าการปลูกเมลอนและแคนตาลูปในโรงเรือนสามารถช่วยลดความเสี่ยงต่อการเข้าทำลายของเชื้อไวรัสสกุลนี้ได้ อย่างไรก็ตาม ในสภาพโรงเรือนจำเป็นต้องมีการป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟและแมลงหวี่ขาว เนื่องจากเป็นแมลงพาหะของเชื้อไวรัส MYSV และสกุล *Geminivirus* ตามลำดับ ซึ่งเป็นเชื้อไวรัสที่ตรวจพบได้มากทั้งในโรงเรือนและแปลงเปิด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่สนับสนุนทุนวิจัยในการศึกษาครั้งนี้ และขอขอบคุณ ดร.อรวรรณ หิมานันโต จากห้องปฏิบัติการโมโนโคลนอลแอนติบอดีศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ ที่ได้อนุเคราะห์แอนติบอดีสำหรับงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กัลยาณี ชัยชนะ ประสาทพร สมิตะมาน และ มณีฉัตร นิกรพันธุ์. 2552. การปรับปรุงพันธุ์ต้านทานโรคไวรัสใบหงิกเหลืองของมะเขือเทศ. วารสารเกษตร 25(3): 219-227.

จันทรา อุปาลี และ อรอุมา เรืองวงษ์. 2561. การคัดเลือกไรโซแบคทีเรียที่เป็ นปฏิปักษ์ต่อเชื้อสาเหตุโรคต้นแตกยางไหลของเมลอน. วารสารเกษตร 34(2): 179-191.

ณัฐธิกา วรรณรัตน์ และ เกวลิน คุณาศักดากุล. 2559. การผลิตหอมแดงปลอดเชื้อไวรัสด้วยเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ. วารสารเกษตร 32(3): 347-356.

ยุทธ ทนโม๊ะ และ เพชรรัตน์ ธรรมเบญจพล. 2551. โรคไวรัสในแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์พืชวงศ์แตงภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. หน้า 12-18. *ใน*: รายงานสัมมนาวิทยาศาสตร์เกษตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น ครั้งที่ 28, ขอนแก่น.

สุดารัตน์ แก้วน้ำอ่าง อังสนา อัครพิศาล และ อรอุมา เรืองวงษ์. 2561. การคัดเลือกไรโซแบคทีเรียในการควบคุมโรคผลเน่าที่เกิดจากแบคทีเรียของเมลอน. วารสารเกษตร 34(2): 193-204.

อภิชาต ศรีสะอาด และ สุธิพงศ์ ถิ่นเขาน้อย. 2558. เมลอน & แคนตาลูป เงินล้าน. นาคาอินเตอร์-มีเดีย, กรุงเทพฯ. 136 หน้า.

Ali, A., A. Hussain and M. Ahmad. 2014. Occurrence and molecular characterization of *Cucumber green mottle mosaic virus* in cucurbit crops of KPK, Pakistan. Brazilian Journal of Microbiology 45(4): 1247-1253.

Ali, A., O. Mohammad and A. Khattab. 2012. Distribution of viruses infecting cucurbit crops and isolation of potential new virus-like sequences from weeds in Oklahoma. Plant Disease 96(2): 243-248.

Dombrovsky, A., H. Huet, N. Chejanovsky and B. Raccah. 2005. Aphid transmission of a *Potyvirus* depends on suitability of the helper component and the N terminus of the coat protein. Archives of Virology 150(2): 287-298.

Fattouh, F.A. 2003. Double infection of a cucurbit host by *Zucchini yellow mosaic virus* and *Cucumber mosaic virus*. Pakistan Journal of Plant Pathology 2: 85-90.

Gajanandana, O., C. Seepiban, S. Pansa-ard, A. Bhunchoth, A. Warin, O. Himananto, P. Pongsapic, P. Chiemsombat and R. Hongprayoon. 2006. Production of antibodies for detection of tospoviruses in Thailand. pp. 556-563. *In*: Proceedings of the 44th Kasetsart University Annual Conference. Kasetsart University, Bangkok.

Gil-Salas, F.M., J. Peters, N. Boonham, I.M. Cuadrado and D. Janssen. 2012. Co-infection with *Cucumber vein yellowing virus* and *Cucurbit yellow stunting disorder virus* leading to synergism in cucumber. Plant Pathology 61: 468-478.

Kato, K., K. Handa and M. Kameya-Iwaki. 2000. *Melon yellow spot virus*: a distinct species of the genus *Tospovirus* isolated from melon. Phytopathology 90(4): 422-426.

Kumar, S., A. Sankarlingam and R. Rabindran. 2014. Characterization and confirmation of *Papaya ringspot virus*-W strain infecting *Trichosanthes cucumerina* at Tamil Nadu, India. Journal of Plant Pathology and Microbiology 5: 225, doi: 10.4172/2157-7471.1000225.

Lecoq, H., C. Desbiez, C. Wipf-Scheibel and M. Girard. 2003. Potential involvement of melon fruit in the long distance dissemination of cucurbit Potyviruses. Plant Disease 87(8): 955-959.

Mansilla, P.J., A.G. Moreira, A.P.O.A. Mello, J.A. M. Rezende, J. A. Ventura, V. A. Yuki and F. J. Levatti. 2013. Importance of cucurbits in the epidemiology of *Papaya ringspot virus* type P. Plant Pathology 62(3): 571-577.

Mowat, W.P. and S. Dawson. 1987. Detection and identification of plant viruses by ELISA using crude sap extracts and unfractionated antisera. Journal of Virological Methods 15(3): 233-247.

Peng, J.C., S.D. Yeh, L.H. Huang, J.T. Li, Y.F. Cheng and T.C. Chen. 2011. Emerging threat of thrips-borne *Melon yellow spot virus* on melon and watermelon in Taiwan. European Journal of Plant Pathology 130: 205-214.

Romay, G., H. Lecoq, F. Geraud-Pouey, D.T. Chirinos and C. Desbiez. 2014. Current status of cucurbit viruses in Venezuela and characterization of Venezuelan isolates of *Zucchini yellow mosaic virus*. Plant Pathology 63(1): 78-87.

Syller, J. 2012. Facilitative and antagonistic interactions between plant viruses in mixed infections. Molecular Plant Pathology 13(2): 204-216.

Trkulja, V., D. Kovacic, B. Curkovic, A. Vucurovic, I. Stankovic, A. Bulajic and B. Krstic. 2013. First report of *Cucumber mosaic virus* on melon in Bosnia and Herzegovina. Plant Disease 97(8): 1124.

Whitfield, A.E., B.W. Falk and D. Rotenberg. 2015. Insect vector-mediated transmission of plant viruses. Virology 479-480: 278-289.

Zechmann, B. and G. Zellnig. 2009. Rapid diagnosis of plant virus diseases by transmission electron microscopy. Journal of Virological Methods 162(1-2): 163-169.

Zerbini, F.M., R.W. Briddon, A. Idris, D.P. Martin, E. Moriones, J. Navas-Castillo, R. Rivera-Bustamante, P. Roumagnac and A. Varsani. 2017. ICTV Virus Taxonomy Profile: Geminiviridae. The Journal of General Virology 98(2): 131-133.

ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์บริเวณรอบรากผักกระเฉด ที่ผลิตสารทุติยภูมิเพื่อยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคพืชทางดิน

Efficiency of Antagonistic Rhizobacteria from *Neptunia natans* and Their Secondary Metabolites Against Soil-borne Plant Pathogenic Fungi

ชนากานต์ รัตนศักดิ์ชัยชาญ และ ปิลันธนา ฐาปนพงษ์วรกุล*

Chanakarn Ratanasakchaicharn and Pilunthana Thapanapongworakul*

ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

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

**Corresponding author: Email: pilunthanana.t@cmu.ac.th*

(Received: 30 April 2018; Accepted: 18 September 2018)

Abstract: This study aims to select potential rhizobacteria from *Neptunia natans* to inhibit mycelial growth of soil-borne pathogens such as *Sclerotium rolfsii*, *Rhizoctonia solani*, *Pythium* sp. and *Fusarium oxysporum* which cause root and stem rot disease in lettuce. Using dual culture and volatilization by sealed plate method, the results showed that four soil-borne phytopathogenic fungi were significantly inhibited by ten isolates of rhizobacteria, R1016, R1029, R1033, R1036, J3002, Rr4007, Rr4053, Rr4058, Rr4082 and Rr4084 ($P<0.05$). These isolates exhibited high percentage of mycelial growth inhibition at 75-100% for *S. rolfsii* and *Pythium* sp., 53-57% for *R. solani*, and 12% for *F. oxysporum*. Moreover, the volatiles produced by the rhizobacteria induced qualitative morphological abnormalities, such as lysis and degradation of fungal structures and quantitative effects of fungal growth on potato dextrose agar (PDA). The result suggested that antagonistic rhizobacteria had antifungal activities against a wide spectrum of soil-borne fungal pathogens. Five rhizobacteria isolates, R1033, Rr4053, Rr4058, Rr4082 and Rr4084, completely inhibited mycelial growth of *S. rolfsii*. When mycelial plugs were transferred to fresh PDA agar plates, the pathogen could not grow, and some rhizobacteria can also produce secondary metabolites, suggesting their potential role in biological control. This study contributes to understanding the use of antifungal volatiles in suppression of root and stem rot disease and promote growth of plant.

Keywords: Rhizobacteria, *Neptunia natans*, volatiles, soil-borne pathogenic fungi, secondary metabolite

บทคัดย่อ: การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์บริเวณรอบรากผักกระเฉดที่มีศักยภาพยับยั้งการเจริญเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรคพืชทางดิน ได้แก่ *Sclerotium rolfsii*, *Rhizoctonia solani*, *Pythium* sp. และ *Fusarium oxysporum* สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าของผักสลัด เมื่อทำการทดสอบด้วยวิธี dual culture และผลการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคพืชโดยสารระเหย (volatiles) ด้วยวิธี sealed plate พบว่า เชื้อแบคทีเรีย จำนวน 10 ไอโซเลท คือ R1016, R1029, R1033, R1036, J3002, Rr4007, Rr4053, Rr4058, Rr4082 และ Rr4084 สามารถยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคทางดินทั้ง 4 ชนิดได้ และผลของสารระเหยของเชื้อแบคทีเรียทั้ง 10 ไอโซเลท ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรค พบว่า สามารถยับยั้งการเจริญเส้นใยของเชื้อราได้ทุกชนิด ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อรา *S. rolfsii* และ *Pythium* sp. สูงสุดอยู่ในช่วง 75-100 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ เชื้อรา *R. solani* มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งสูงสุดอยู่ในช่วง 53-57 เปอร์เซ็นต์ และเชื้อรา *F. oxysporum* มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งได้สูงสุด 12 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ ผลของสารระเหยที่ผลิตจากเชื้อแบคทีเรียบางไอโซเลท ทำให้เส้นใยมีลักษณะผิดปกติ และส่งผลกระทบต่อปริมาณการเจริญของเส้นใยบนอาหาร potato dextrose agar (PDA) พบ 5 ไอโซเลท ได้แก่ R1033, Rr4053, Rr4058, Rr4082 และ Rr4084 สามารถยับยั้งการเจริญเส้นใยของเชื้อรา *S. rolfsii* ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อนำเส้นใยย้ายไปวางบนอาหาร PDA เชื้อไม่สามารถเจริญได้ อีกทั้งเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์บางไอโซเลทสามารถสร้างสารทุติยภูมิได้ กล่าวได้ว่า สารระเหยและสารทุติยภูมิมีบทบาทสำคัญในการควบคุมโรคโดยชีววิธี การศึกษานี้เป็นแนวทางการใช้สารระเหยที่ผลิตจากเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์เพื่อควบคุมโรครากเน่าโคนเน่าและส่งเสริมการเจริญของพืช

คำสำคัญ: เชื้อแบคทีเรียบริเวณรอบรากพืช ผักกระเฉด สารระเหย เชื้อราสาเหตุโรคพืชทางดิน สารทุติยภูมิ

คำนำ

โรครากเน่าโคนเน่า (root and stem rot disease) ของผักหลายชนิด มีสาเหตุเกิดจากเชื้อรา *Pythium* spp., *Phytophthora* spp., *Fusarium* spp., *Rhizoctonia solani* และ *Sclerotium rolfsii* เป็นโรคที่มีความสำคัญและก่อความเสียหายต่อผลผลิตเป็นอย่างมาก เนื่องจากสามารถเข้าทำลายพืชผักได้อย่างกว้างขวาง การแพร่ระบาดของโรคเกิดได้อย่างรวดเร็วและรุนแรง โดยพืชจะแสดงอาการเป็นแผลสีน้ำตาลบริเวณโคนต้นใบเหลืองเหี่ยวหลุดร่วง ลำต้นแคระแกร็น ซึ่งเชื้อราสาเหตุโรคสามารถเข้าทำลายได้ตั้งแต่ระยะต้นกล้าจนถึงระยะเก็บเกี่ยว จึงทำให้มีการนำวิธีการควบคุมโรคมาใช้หลายวิธี โดยเฉพาะการใช้สารเคมีทางการเกษตรซึ่งเกษตรกรนิยมใช้กันอย่างมาก เนื่องจากให้ผลในการควบคุมโรคได้อย่างรวดเร็ว แต่การใช้สารเคมีมากเกินความจำเป็นนอกจากจะส่งผลต่อต้นทุนการผลิตแล้ว ยังส่งผลต่อสุขภาพของผู้ใช้ ผู้บริโภค และเป็นมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม รวมถึงกระตุ้นให้เชื้อสาเหตุโรคพืชเกิดการกลายพันธุ์อีกด้วย (ปิลันธนา และชนากานต์, 2559; Burr *et al*., 1988; Ekman *et al*., 2014; Richard, 2004)

ปัจจุบันจึงมีการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี (biological control) ด้วยการใช้เชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (antagonistic microorganism) เพื่อลดหรือทดแทนการใช้สารเคมี นำไปสู่การควบคุมโรคอย่างยั่งยืนต่อไปในอนาคต โดยเฉพาะการใช้เชื้อแบคทีเรียที่อาศัยอยู่บริเวณรอบรากพืชหรืออาจอยู่ภายในรากพืช (plant growth-promoting rhizobacteria: PGPR) เชื้อแบคทีเรียที่อยู่ในกลุ่ม PGPR ได้แก่ *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Azotobacter*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Rhizobium* และ *Serratia* เป็นต้น เชื้อแบคทีเรียดังกล่าวมีกลไกยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคได้ต่างกัน เช่น การสร้างและหลั่งเอนไซม์ การละลายธาตุอาหารในดิน การสร้างสาร siderophore การสร้างสารปฏิชีวนะ กระตุ้นให้พืชเกิดความต้านทาน และส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชอีกด้วย โดยเชื้อแบคทีเรียกลุ่ม PGPR ต่างชนิดและต่างสายพันธุ์กันก็มีกลไกการแสดงออกที่แตกต่างกัน (Kai *et al*., 2007; van Loon *et al*., 1998)

อย่างไรก็ตาม การศึกษาเชื้อแบคทีเรียกลุ่ม PGPR ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคด้วยวิธี dual culture พบมีรายงานว่า สามารถยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคพืชได้หลายชนิด เช่น *Phytophthora megasperma*, *Pythium ultimum*, *Fusarium* sp., *Fusarium oxysporum, Macrophomina phaseolina* และ *Rhizoctonia solani*. (Antoun *et al*., 1998; Deshwal *et al*., 2003; Harman *et al*., 2004; Homma *et al*., 1989) ที่น่าสนใจคือ การศึกษาเชื้อแบคทีเรียที่สามารถผลิตสารประกอบอินทรีย์ระเหย (volatile organic compounds: VOCs) ได้นั้น ปัจจุบันยังมีข้อมูลการศึกษาน้อยมากและการทดสอบสารระเหยที่ผลิตจากเชื้อแบคทีเรียต่อการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคพืชยังมีจำกัดอยู่ โดยนักวิจัยส่วนใหญ่ให้ความสนใจเชื้อแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในดินบริเวณรอบรากพืชต่าง ๆ หลากหลายชนิด ในขณะที่ พืชที่อาศัยและเจริญเติบโตได้ทั้งบนดินและบนผิวน้ำ มีรากที่สามารถลอยตัวและสร้างปมช่วยในการตรึงไนโตรเจนได้ ยังไม่ได้รับความสนใจและเป็นพืชที่มีการศึกษาอย่างจำกัดนั่นคือ ผักกระเฉด (*Neptunia natans* (L.f.) Druce) มีรายงานว่า สารระเหยที่ผลิตจากเชื้อแบคทีเรียมีศักยภาพในการต้านเชื้อรา (Alstrom, 2001; Wheatley, 2002) และมีการยืนยันว่าสารระเหยที่ปล่อยออกมาจากเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์มีผลต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *R. solani* สาเหตุโรคพืชทางดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Kai *et al*., 2007) และ Fiddaman and Rossall (1994) กล่าวว่า สารระเหยที่ผลิตจากเชื้อแบคทีเรียสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรค ทำให้เส้นใยเกิดการสลายตัว แตกสลาย และยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อราสาเหตุโรคอีกด้วย (Nelson *et al*., 1986) นอกจากนี้ จากการศึกษาของ Astrom and Gerhardson (1988) และ Kurze *et al*. (2001) พบว่าสารระเหยที่ผลิตจากเชื้อแบคทีเรียสกุล *Bacillus, Serratia*, *Pseudomonas* และ *Rhizobium* สามารถยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคพืชทางดินได้หลายชนิด เช่น *Fusarium culmorum*, *Pythium* spp., *R. solani*, *Sclerotinia sclerotiorum* และ *Verticillium dahliae* เป็นต้น ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียบริเวณรอบรากผักกระเฉดที่มีศักยภาพผลิตสารระเหยและสารทุติยภูมิอื่น ๆ (secondary metabolites)ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรคพืชทางดิน โดยการทดสอบด้วยวิธี dual culture และการสร้างสาระเหยด้วยวิธี sealed plate ในสภาพห้องปฏิบัติการ

อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บตัวอย่างและรวบรวมเชื้อราสาเหตุโรคพืชทางดิน

เก็บตัวอย่างผักสลัด (lettuce: *Lactuca sativa* Linn) ที่แสดงอาการโรครากเน่าโคนเน่าจากโรงเรือนปลูกผักสลัดในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (hydroponics) นำมาส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบ stereo microscope ตรวจดูลักษณะโครงสร้าง และสปอร์ของเชื้อราสาเหตุโรคภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบ compound microscope และแยกให้ได้เชื้อราบริสุทธิ์ด้วยวิธี hyphal tip isolation บนอาหาร potato dextrose agar (PDA) จากนั้นทดสอบความสามารถในการเกิดโรคตามวิธีของ Koch's postulate (Agrios, 2005) และเก็บเชื้อราสาเหตุโรคบริสุทธิ์เพื่อใช้ทดสอบในขั้นตอนต่อไป

เก็บตัวอย่างและรวบรวมเชื้อแบคทีเรียจากรอบรากผักกระเฉด

สุ่มเก็บตัวอย่างรากของผักกระเฉด (water mimosa: *Neptunia natans* (L.f.) Druce) จากพื้นที่ 3 แห่ง ในอำเภอแม่ริม และอำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ นำมาคัดแยกหาเชื้อแบคทีเรียโดยล้างรากพืชผ่านน้ำไหลเป็นเวลา 5 นาที เพื่อล้างดินและเชื้อจุลินทรีย์ที่เกาะรากพืชแบบหลวม ๆ ออกไปก่อน จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ 3 ครั้ง นำรากที่ผ่านการล้างมาเขย่าในน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ เป็นเวลา 10 นาที เพื่อคัดแยกเชื้อจุลินทรีย์ที่ยึดเกาะผิวรากได้ดีออกมา แล้วนำไป spread บนอาหาร nutrient agar (NA) บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน และเลือกเก็บโคโลนีเพื่อใช้ทดสอบในขั้นตอนต่อไป

ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียจากรอบรากผักกระเฉดต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคพืชทางดิน

ทดสอบด้วยวิธี dual culture

ทดสอบเชื้อแบคทีเรียรอบรากผักกระเฉดที่แยกได้ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าของผักสลัด ด้วยวิธี dual culture โดยนำเชื้อแบคทีเรียทดสอบบนอาหาร nutrient agar (NA) แบบ spot inoculum ห่างจากขอบจานอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 เซนติเมตร จากนั้นใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร เจาะปลายเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรคที่เจริญบนอาหาร PDA เป็นเวลา 5 วัน วางตรงกลางจานอาหารเลี้ยงเชื้อเดียวกัน บ่มที่อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส วัดขนาดรัศมีโคโลนีของเชื้อราสาเหตุโรคที่เจริญ

ทดสอบการสร้างสารระเหย

ทดสอบการสร้างสารระเหยด้วยวิธี sealed plate โดยเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียในอาหาร nutrient broth (NB) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำเซลล์แขวนลอย (cell suspension) ของเชื้อปริมาตร 200 ไมโครลิตร มา spread plate บนอาหาร NA บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำจานอาหาร PDA ที่เลี้ยงเชื้อรา *S. rolfsii*, *R. solani*, *Pythium* sp. และ *F. oxysporum* มาประกบกับจานอาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 72 ชั่วโมง วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 3 ซ้ำ วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อราสาเหตุโรคที่เจริญเพื่อใช้ทดสอบในขั้นตอนต่อไป

ผลของสารระเหยที่ผลิตโดยเชื้อแบคทีเรียต่อเชื้อราสาเหตุโรครากเน่าโคนเน่า

ความผิดปกติของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรค

ตรวจสอบความผิดปกติของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรคพืชทางดิน ด้วยวิธี sealed plate ที่เวลา 72 ชั่วโมง โดยตัดปลายเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรคที่ถูกยับยั้ง และนำมาตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบ compound microscope บันทึกลักษณะความผิดปกติของเส้นใยเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

การยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรค

ตรวจสอบความผิดปกติของเชื้อราสาเหตุโรคพืชทางดิน ด้วยวิธี sealed plate ที่เวลา 72 ชั่วโมง ตามวิธีของ Chaurasia *et al*. (2005) โดยใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร เจาะบริเวณปลายเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรคที่ถูกยับยั้ง นำชิ้นวุ้นของเชื้อราสาเหตุโรคมาตรวจสอบ ด้วยวิธี serial dilution ดูดสารแขวนลอย ปริมาตร 10 ไมโครลิตร มา spread plate บนอาหาร PDA บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง ตรวจนับโคโลนีของเชื้อราสาเหตุโรคและคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง colony forming units (cfus) จากสูตร (C1-C2/C1)x100 โดยที่ C1 คือ โคโลนีในชุดควบคุม และ C2 คือ โคโลนีในชุดทดสอบ

การทดสอบคุณสมบัติในการสร้างสารทุติยภูมิของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์

การสร้างสาร siderophore

ตรวจสอบการสร้างสาร siderophore บนอาหาร chrome azurol S (CAS) agar ตามวิธีของ Bhatia *et al*. (2005) นำเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์เลี้ยงบนจานอาหาร CAS และบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน บันทึกขนาดวงใสรอบโคโลนีเชื้อแบคทีเรีย

การละลายฟอสเฟต

ทดสอบการละลายฟอสเฟตตามวิธีของ Bhatia *et al*. (2005) นำเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์เลี้ยงบนอาหาร Pikovskaya's medium และบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน บันทึกขนาดวงใสรอบโคโลนีเชื้อแบคทีเรีย

การย่อยสลายเซลลูโลส

ตรวจสอบการสร้างเอนไซม์เซลลูเลสบนอาหาร carboxymethyl cellulose (CMC) ตามวิธีของ Khianngam *et al*. (2014) โดยนำเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์เลี้ยงบนจานอาหาร CMC และบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นนำสารละลาย congo red 0.1 เปอร์เซ็นต์ เทลงบนอาหารเพื่อเป็นการย้อมสี เป็นเวลา 20 นาที แล้วเททิ้ง จากนั้นล้างด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1 โมล เป็นเวลา

15 นาที แล้วเทสารละลายทิ้ง บันทึกขนาดวงใสรอบโคโลนีเชื้อแบคทีเรีย

การสร้างฮอร์โมน IAA (indole-3-acetic acid)

ทดสอบการสร้างฮอร์โมน IAA ตามวิธีของมานะและคณะ (2556) โดยเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ในอาหาร NB ปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ที่เลี้ยงไว้ ปริมาตร 100 ไมโครลิตร หยดลงบนกระดาษ nitrocellulose วางบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ NA ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ที่ผสมสาร L-TRP (ความเข้มข้น 5 mM) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร บ่มในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ตรวจสอบการผลิต IAA โดยหยดสาร Salkowski reagent ลงบนกระดาษ nitrocellulose บ่มทิ้งไว้ เป็นเวลา 15 นาที ถ้าเชื้อแบคทีเรียสามารถผลิต IAA ได้จะเกิดสีชมพู (+) และถ้าเชื้อแบคทีเรียไม่สามารถผลิต IAA ได้จะเกิดสีเหลือง (-)

ผลการทดลองและวิจารณ์

เก็บตัวอย่างและรวบรวมเชื้อราสาเหตุโรคพืชทางดิน

จากการเก็บตัวอย่างผักสลัดที่แสดงอาการโรครากเน่าโคนเน่า พบแสดงอาการใบเหี่ยว ฟุบตัวลง บริเวณโคนต้นมีแผลสีน้ำตาลเข้มถึงดำ ช้ำ ฉ่ำน้ำ เละ และระบบรากถูกทำลาย เมื่อแยกเชื้อสาเหตุโรคให้บริสุทธิ์และตรวจดูลักษณะโครงสร้าง และสปอร์ของเชื้อราสาเหตุโรคภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบ compound microscope พบเชื้อราสาเหตุโรค 4 ชนิด คือ เชื้อรา *S. rolfsii*, *R. solani*, *Pythium* sp. และ *F. oxysporum* (ภาพที่ 1A, B) เมื่อทดสอบความสามารถในการเกิดโรค พบว่า โคนต้นบริเวณคอดินถูกเข้าทำลาย แผลมีสีน้ำตาล ฉ่ำน้ำ และพบเส้นใยของเชื้อราเจริญในบริเวณที่แสดงอาการ (ภาพที่ 1C) ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Richard (2004) และ Ekman *et al.* (2014) ที่รายงานว่า โรคที่สำคัญของผักสลัดมีสาเหตุเกิดจากเชื้อรา *Pythium* spp., *R. solani*, *S. rolfsii*, *F. oxysporum* และ *Fusarium* spp.

เก็บตัวอย่างและรวบรวมเชื้อแบคทีเรียจากรอบรากผักกระเฉด

จากการเก็บตัวอย่างรากผักกระเฉดจากพื้นที่ 3 แห่ง ในจังหวัดเชียงใหม่ สามารถแยกเชื้อแบคทีเรียรอบรากได้ทั้งหมด จำนวน 142 ไอโซเลท โดยในอำเภอแม่ริม จำนวน 54 ไอโซเลท และอำเภอแม่วาง จำนวน 88 ไอโซเลท

ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียจากรอบรากผักกระเฉดต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคพืชทางดิน

ทดสอบด้วยวิธี dual culture

ผลจากการศึกษาเบื้องต้น พบว่า จากเชื้อแบคทีเรียรอบรากผักกระเฉด จำนวน 142 ไอโซเลท

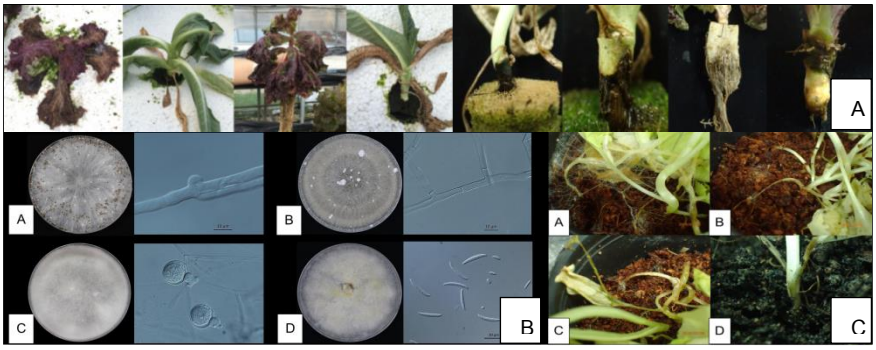

Figure 1. Natural infection of root and stem rot disease of lettuce (A), Colony of pathogens on PDA and morphological characteristic of pathogens under compound microscope (B): A) *Sclerotium rolfsii*, B) *Rhizoctonia solani*, C) *Pythium* sp. and D) *Fusarium oxysporum*, and the pathogenicity test of fungal pathogens causing root and stem rot disease (C): A) *Sclerotium rolfsii* B) *Rhizoctonia solani* C) *Pythium* sp. and D) *Fusarium oxysporum* at 5 days after inoculation

มีเพียง 10 ไอโซเลท ได้แก่ ไอโซเลท R1016, R1029, R1033, R1036, J3002, Rr4007, Rr4053, Rr4058, Rr4082 และ Rr4084 ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรค *S. rolfsii*, *R. solani*, *Pythium* sp. และ *F. oxysporum* ด้วยวิธี dual culture บนอาหาร NA ได้ดี (ตารางที่ 1) จากงานวิจัยของ Tenorio-Salgado *et al*. (2013) พบเชื้อแบคทีเรีย *Burkholderia tropica* สายพันธุ์ MTo293 สามารถยับยั้งการเจริญเส้นใยของเชื้อรา *S. rolfsii* และ *F. oxysporum* ได้ ส่วน Calvo *et al*. (2010) รายงานว่า เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus* spp. จำนวน 63 สายพันธุ์ สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *R. solani* อยู่ในช่วง 69-91 เปอร์เซ็นต์ และรายงานวิจัยของ Bardin *et al*. (2004) ทดสอบเชื้อแบคทีเรีย *Rhizobium leguminosarum* bv. *viceae* จำนวน 10 ไอโซเลท ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Pythium* sp. พบมีเพียง 1 ไอโซเลท ที่สามารถยับยั้งได้ ซึ่งความสามารถในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคโดยตรงอาจมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งมากหรือน้อยนั้นไม่สามารถทราบกลไกได้แต่ศักยภาพการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคที่เกิดขึ้นอาจเนื่องจากการสร้างและหลั่งสารต่าง ๆ มายับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคทั้งทางตรงและทางอ้อม และอาจช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชอีกด้วย จากรายงานการศึกษาดังกล่าว จึงได้คัดเลือกเชื้อแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคได้ทั้ง 4 ชนิด นำมาทดสอบการสร้างสารระเหยต่อไป

ทดสอบการสร้างสารระเหย

นำเชื้อแบคทีเรีย จำนวน 10 ไอโซเลท มาทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรคทางดิน 4 ชนิด ด้วยวิธี sealed plate ที่เวลา 72 ชั่วโมง (ภาพที่ 2 และตารางที่ 2) พบเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์สามารถยับยั้งการเจริญเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรคได้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) มี 7 ไอโซเลท คือ R1016, R1033, J3002, Rr4053, Rr4058, Rr4082 และ Rr4084 สามารถยับยั้งการเจริญเส้นใยของเชื้อรา *S. rolfsii* ได้ดีที่สุดอยู่ในช่วง 71.43-100 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ 5 ไอโซเลท คือ R1033, Rr4053, Rr4058, Rr4082 และ Rr4084 สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *R. solani* ได้ดีที่สุดอยู่ในช่วง 46.67-57.78 เปอร์เซ็นต์ และมี 7 ไอโซเลท คือ R1016, R1033, J3002, Rr4053, Rr4058, Rr4082 และ Rr4084 สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Pythium* sp. ได้ดีที่สุดอยู่ในช่วง 45.18-85.93 เปอร์เซ็นต์ มีเพียง 1 ไอโซเลท คือ J3002 สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใย เชื้อรา

Table 1. The efficacy of 10 antagonistic rhizobacteria isolates against 4 soil-borne pathogens by dual culture method on PDA

Isolates	Inhibition mycerial growth/fungal pathogens			
	Sclerotium rolfsii	*Rhizoctonia solani*	*Pythium* sp.	*Fusarium oxysporum*
R1016	+++[1]	+++	+++	+++
R1029	+++	+++	+++	+++
R1033	+++	+++	+++	+++
R1036	+++	+	+++	+
J3002	+++	+++	+++	+
Rr4007	+++	+++	+++	+++
Rr4053	+++	+++	+++	+
Rr4058	+++	+	+++	+
Rr4082	+++	++	+++	+++
Rr4084	+++	+	++	+++

[1] Four ratings were used: –; no inhibition zone (0%), +; inhibition zone and on growth of fungal on the bacteria (26-50%), ++; 1-5 mm inhibition zone (51-75%), +++; more than5 mm inhibition zone (76-100%)

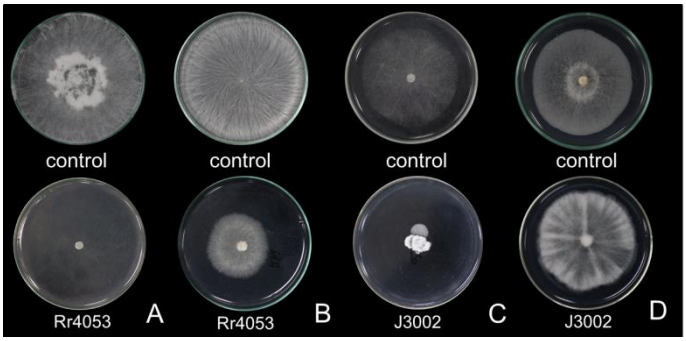

Figure 2. The efficacy of antagonistic rhizobacteria isolates Rr4053 and J3002 for suppression the mycelial growth of 4 soil-borne pathogens by sealed plate method at 72 hours: A) *Sclerotium rolfsii*, B) *Rhizoctonia solani,* C) *Pythium* sp. and D) *Fusarium oxysporum*

Table 2. Antagonistic activity of 10 rhizobacteria volatiles against the mycelial growth of 4 soil borne pathogens at 72 hours

Isolates	Percent inhibition of radial growth			
	Sclerotium rolfsii	*Rhizoctonia solani*	*Pythium* sp.	*Fusarium oxysporum*
R1016	76.19B[1]	35.56D	45.18D	4.00C
R1029	7.62E	21.11E	3.70F	4.00C
R1033	100.00A	46.67C	48.15D	0.00D
R1036	28.57D	17.78E	20.74E	8.67B
J3002	71.43C	34.44D	85.93A	12.00A
Rr4007	1.91F	6.67F	3.70F	4.00C
Rr4053	100.00A	57.78A	58.52C	0.00D
Rr4058	100.00A	57.78A	61.48C	0.00D
Rr4082	100.00A	53.33B	75.56B	4.00C
Rr4084	100.00A	55.55AB	85.18A	0.00D
$LSD_{(0.05)}$	1.54	4.15	5.86	0.62
CV (%)	1.32	6.30	7.05	9.96

[1] Means within the same column followed by the same letter are not significantly different at the 0.05 level by LSD test

F. oxysporum ได้ดีที่สุดเท่ากับ 12.00 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับรายงานของ Tenorio-Salgado *et al*. (2013) พบว่า สารระเหยจากเชื้อแบคทีเรีย *Burkholderia tropica* ส่งผลต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *S. rolfsii* มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งสูงสุดเท่ากับ 86 เปอร์เซ็นต์ และ Kai *et al*. (2007) รายงานว่า สารระเหยจากเชื้อแบคทีเรีย *Serratia plymuthica* 3Re4-18, *Bacillus subtilis* B2g และ *Pseudomonas fluorescens* L13-6-12 สามารถยับยั้งการเจริญเส้นใยของเชื้อรา *R. solani* มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 85, 82 และ 79 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในทางตรงกันข้าม Fiddaman and Rossall (1993) รายงานว่า สารระเหยที่ผลิตจากเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *R. solani* ได้สูงสุดเท่ากับ 44.44 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *P. ultimum* ได้ ในขณะที่ Chaurasia *et al*. (2005) ทดสอบสารระเหยของเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* เช่นเดียวกัน แต่ผลปรากฏว่า สารระเหยที่สร้างจากเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* สามารถยับยั้ง

การเจริญของเชื้อรา *P. afertile* ได้มากที่สุดเท่ากับ 84 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ ยังมีรายงานของ Arfaoui *et al.* (2006) ทดสอบสารระเหยจากเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว จำนวน 12 ไอโซเลท ต่อการยับยั้งเชื้อรา *F. oxysporum* f. sp. *ciceris* พบว่า เชื้อแบคทีเรียทั้ง 12 ไอโซเลท มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอยู่ในช่วง 9.18-10.71 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น

ผลของสารระเหยที่ผลิตโดยเชื้อแบคทีเรียต่อเชื้อรา สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่า

ความผิดปกติของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรค

เมื่อศึกษาความผิดปกติของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรครากเน่าโคนเน่า ได้แก่ *S. rolfsii*, *R. solani*, *Pythium* sp. และ *F. oxysporum* ด้วยวิธี sealed plate method ที่เวลา 72 ชั่วโมง โดยเปรียบเทียบกับเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรคชุดควบคุม ดังแสดงในภาพที่ 3A, 4A, 5A และ 6A ตามลำดับ พบว่า เส้นใยเชื้อรา *S. rolfsii* มีลักษณะไม่เรียบ โค้งงอ เป็นคลื่น (ภาพที่ 3B) เส้นใยบวมพองขึ้นบางส่วนคอดเล็กลง ปลายเส้นใยบวมพอง (ภาพที่ 3C) และพบการแตกสลาย (degradation) ของเส้นใย (ภาพที่ 3D) เส้นใยเชื้อรา *R. solani* มีลักษณะบิดเบี้ยว ไม่แน่นอน เนื่องจากเส้นใยส่วนหนึ่งบวมพอง แต่ส่วนหนึ่งคอดลงอย่างเห็นได้ชัด (ภาพที่ 4B) และพบการสลายตัว (lysis) ของเส้นใย (ภาพที่4C, D) ซึ่งสอดคล้องกับ Fiddaman and Rossall (1993) ที่รายงานว่า สารระเหยจากเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* ส่งผลให้ปลายเส้นใยของเชื้อรา *R. solani* บวมพองขึ้น และ ปิลันธนา และศราวิชญ์ (2558) ทดสอบเชื้อแบคทีเรีย *B. megaterium* ในการยับยั้งเชื้อรา *R. solani* ด้วยวิธี dual culture และ pour plate พบปลายเส้นใยเชื้อรามีลักษณะฉีกขาด และผนังเซลล์ถูกย่อยสลาย สำหรับเส้นใยเชื้อรา *Pythium* sp. มีลักษณะคดงอและไม่แน่นอน ปลายเส้นใยบวมพองขยายขึ้น และมีการแตกของปลายเส้นใยที่ผิดปกติไป (ภาพที่ 5B, C, D) และเส้นใยเชื้อรา *F. oxysporum* มีลักษณะคดงอเล็กน้อยถึงปานกลาง และปลายเส้นใยบวมพองขึ้น (ภาพที่ 6B, C, D) มีความคล้ายคลึงกับรายงานของ Chaurasia *et al.* (2005) พบว่า สารระเหยของเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* ทำให้เส้นใยเชื้อรา *F. oxysporum* มีลักษณะผิดปกติ บวมพอง และเกิดการสลายตัว

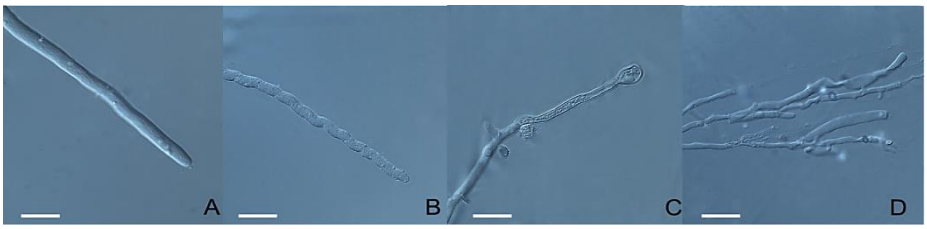

Figure 3. Morphological effects of 3 rhizobacteria volatiles on *Sclerotium rolfsii*: (A) control hyphae, (B) irregular of hyphal (R1036), (C) swelling of hyphal tip (Rr4053) and (D) lysis of fungal hyphae (Rr4084) (bar = 20 μm)

Figure 4. Morphological effects of 3 rhizobacteria volatiles on *Rhizoctonia solani*: (A) control hyphae, (B) swelling and to irregular of hyphal (R1033) and (C-D) lysis of fungal hyphae (Rr4053 and Rr4058) (bar = 20 μm)

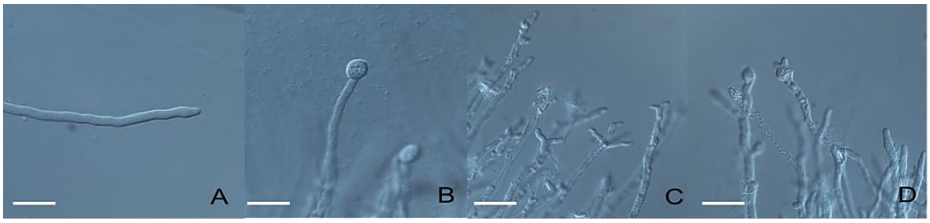

Figure 5. Morphological effects of 3 rhizobacteria volatiles on *Pythium* sp.: (A) control hyphae and (B-D) swelling and to irregular of hyphal (J3002, Rr4058 and Rr4084) (bar = 20 μm)

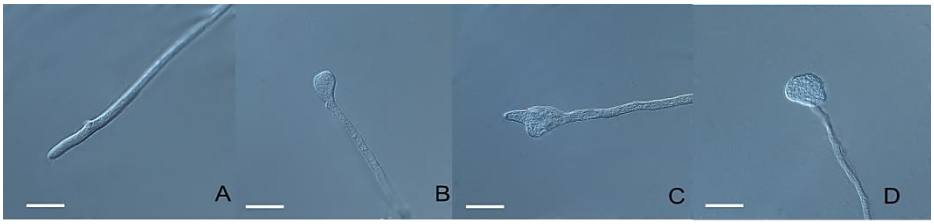

Figure 6. Morphological effects of 3 rhizobacteria volatiles on *Fusarium oxysporum*: (A) control hyphae and (B-D) swelling and to irregular of hyphal (R1036, J3002 and Rr4082) (bar = 20 μm)

การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรค

จากการศึกษาการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรคทั้ง 4 ชนิด ที่เวลา 72 ชั่วโมง ด้วยเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ทั้ง 10 ไอโซเลท (ตารางที่ 2) พบว่ามีเพียง 5 ไอโซเลท คือ J3002, Rr4053, Rr4058, Rr4082 และ Rr4084 ที่สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรคได้อย่างชัดเจน เมื่อนำเชื้อราสาเหตุโรคทั้ง 4 ชนิด มาเลี้ยงบนอาหาร PDA ไม่พบการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *S. rolfsii* และ *R. solani* ในขณะที่ผลของสารระเหยทำให้เส้นใยของเชื้อรา *Pythium* sp. และ *F. oxysporum* ยังเจริญได้แต่มีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญของเส้นใยอยู่ในช่วง 72.73-100 และ 77.27-100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 3) สอดคล้องกับรายงานของ Chaurasia *et al.* (2005) พบว่า สารระเหยจากเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์สามารถยับยั้งการเจริญโคโลนีของเชื้อราได้ดีกว่าการใช้เซลล์แบคทีเรียปฏิปักษ์โดยตรง โดยสารระเหยจากเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ที่มีประสิทธิภาพยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคสามารถแพร่กระจายได้ระยะไกล ทำให้เชื้อราสาเหตุโรคไม่สามารถเจริญในบริเวณที่สารระเหยคงอยู่ หากเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรคสามารถเจริญได้แต่เส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรครวมถึงส่วนขยายพันธุ์อาจผิดปกติไปจนส่งผลต่อปริมาณและคุณภาพของเชื้อราสาเหตุโรค อีกทั้ง Fernando and Linderman (1995) ได้ศึกษาผลของสารระเหยจากเชื้อแบคทีเรีย กล่าวว่า สารระเหยมีบทบาทในการควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี เนื่องจากสามารถทำลายสปอร์ที่อยู่ในดินรวมถึงจำกัดการเข้าทำลายและการเกิดโรคพืชอีกด้วย

การทดสอบคุณสมบัติในการสร้างสารของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์

เมื่อทดสอบเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ทั้ง 10 ไอโซเลท ในการผลิตเอนไซม์ cellulase บนอาหาร CMC พบว่า มี 4 ไอโซเลท ที่สามารถผลิตเอนไซม์ cellulase ได้ โดยไอโซเลท Rr4053 เกิดวงใสมากที่สุดเท่ากับ 20 มิลลิเมตร เมื่อทดสอบการละลาย phosphate บนอาหาร Pikovskaya's medium พบว่า มี 3 ไอโซเลท สามารถย่อยสลาย phosphate เกิดวงใสรอบโคโลนีได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น และเมื่อทดสอบการสร้างสาร siderophore บนอาหาร CAS พบว่า มี 7 ไอโซเลท ที่สามารถสร้างสาร siderophore โดยไอโซเลท Rr4082 มีวงสีใหญ่ที่สุดเท่ากับ 10 มิลลิเมตร และมีเพียง 2 ไอโซเลท คือ R1033 และ J3002 ที่สามารถสร้างสาร IAA ได้ (ภาพที่ 7 และตารางที่ 4) ซึ่งผลการทดสอบสอดคล้องตามรายงานว่าเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Azobacter* และ *Rhizobium* สามารถสร้างสารและหลั่งสารทุติยภูมิเพื่อยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคได้ (Bhatia *et al.*, 2005;

Table 3. Five isolates of antagonistic rhizobacteria colony forming units developed from the control and antagonized pathogenic fungi

Isolates	Control		Volatiles			
	cfu[1]/control plates		cfu/antagonised plates		Percent inhibition of radial growth[2]	
	Py	Fu	Py	Fu	Py	Fu
J3002	11	23	3	2	72.73	91.30
Rr4053	2	21	0	0	100.00	100.00
Rr4058	6	25	0	2	100.00	92.00
Rr4082	8	22	1	5	87.50	77.27
Rr4084	3	28	0	0	100.00	100.00

[1] cfu = nx10^3 cells/ml; in all other cases cfu = nx10^4 cells/ml

[2] Percent inhibition at 72 hour: *Pythium* sp. (Py) and *Fusarium oxysporum* (Fu)

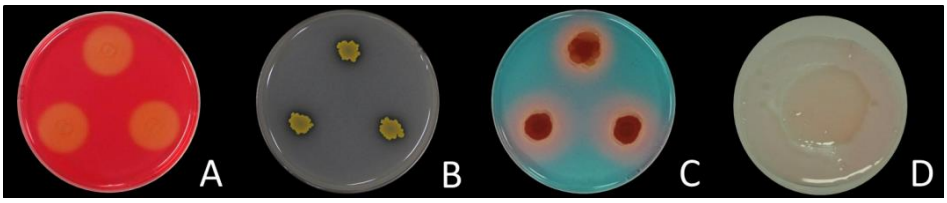

Figure 7. Beneficial properties of antagonistic rhizobacteria 4 isolates: (A) Cellulase production (Rr4053), (B) Phosphate solubilization (Rr4082), (C) Siderophore production (Rr4082) and (D) IAA production (J3002)

Table 4. Potential antagonistic rhizobacteria 10 isolates from *Neptunia natans* with some secondary metabolites in vitro

Isolates	Cellulase production	Phosphate solubilization	Siderophore production	IAA production
R1016	–[1]	–	+	–
R1029	–	–	+	–
R1033	–	–	+	+
R1036	–	–	+	–
J3002	–	–	+	+
Rr4007	+	–	–	–
Rr4053	+	+	–	–
Rr4058	+	+	–	–
Rr4082	+	+	+	–
Rr4084	–	–	+	–

[1]+; Positive, –; Negative

Calvo *et al*., 2010) อย่างไรก็ตาม Deshwal *et al*. (2003) กล่าวว่า เชื้อแบคทีเรียที่สามารถสร้างสาร phytohormones และหลั่งสารทุติยภูมิ เช่น การสร้างเอนไซม์ สร้างสารปฏิชีวนะ การสร้างสาร HCN และการสร้างสาร siderophore สามารถเป็นตัวควบคุมทางชีวภาพโดยการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราสาเหตุโรค

เนื่องจากเชื้อสาเหตุโรคไม่สามารถสร้างสาร siderophore ทำให้ขาดธาตุเหล็กส่งผลต่อการดำรงชีวิตและการสืบพันธุ์ของเชื้อสาเหตุโรค อีกทั้งเชื้อแบคทีเรียแต่ละชนิดที่อาศัยอยู่บริเวณรอบรากพืชหรือภายในรากพืชยังมีกลไกในการควบคุมโรค และการกระตุ้นให้เกิดความต้านทานขึ้นในพืชแตกต่างกันรวมถึงส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชอีกด้วย (van Loon *et al*., 1998)

สรุป

การทดสอบเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์จากบริเวณรอบรากผักกระเฉด จำนวน 10 ไอโซเลท ด้วยวิธี dual culture สามารถยับยั้งการเจริญเส้นใยของเชื้อรา *S. rolfsii*, *R. solani*, *Pythium* sp. และ *F. oxysporum* สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าของผักสลัดได้ แต่ประสิทธิภาพการยับยั้งไม่เท่ากันในแต่ละเชื้อราสาเหตุโรค เมื่อทดสอบด้วยวิธี sealed plate method มีเพียง 7 ไอโซเลท คือ R1016, R1033, J3002, Rr4053, Rr4058, Rr4082 และ Rr4084 สามารถสร้างสารระเหยที่มีประสิทธิภาพยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราสาเหตุ *S. rolfsii*, *R. solani* และ *Pythium* sp. ได้ โดยพบ 5 ไอโซเลท คือ R1033, Rr4053, Rr4058, Rr4082 และ Rr4084 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *S. rolfsii* ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเชื้อรา *R. solani* พบ 4 ไอโซเลท คือ Rr4053, Rr4058, Rr4082 และ Rr4084 มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งสูงสุด 57 เปอร์เซ็นต์ และเชื้อรา *Pythium* sp. มีเพียง 2 ไอโซเลท คือ J3002 และ Rr4084 มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งสูงสุดถึง 85 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งผลของสารระเหยทำให้เส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรคมีลักษณะผิดปกติเกิดการสลายตัวและการแตกสลาย แสดงให้เห็นว่า เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์บางไอโซเลทสามารถผลิตสารระเหยและสารทุติยภูมิอื่น ๆ ที่มีศักยภาพต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคแบบ antibiosis ทำให้สามารถคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียรอบรากผักกระเฉดได้ อย่างไรก็ตาม จำเป็นต้องมีการศึกษาและวิเคราะห์ชนิดของสารระเหย และจัดจำแนกเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์เพื่อนำไปใช้ในการควบคุมโรคพืชในสภาพเรือนทดลองต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในการสนับสนุนทุนวิจัยบางส่วนในการทำวิจัยเพื่อเป็นวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณภาควิชาพืชศาสตร์ และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้ห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางดิน เพื่อดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ปิลันธนา ฐาปนพงษ์วรกุล และ ชนากานต์ รัตนศักดิ์ชัยชาญ. 2559. ประสิทธิภาพของน้ำสกัดชีวภาพจากเศษเหลือพริกต่อการยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ในสภาพห้องปฏิบัติการ. วารสารเกษตร 32(1): 61-72.

ปิลันธนา ฐาปนพงษ์วรกุล และ ศราวิชญ์ สายมงคล. 2558. ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus megaterium* สายพันธ์ No.16 ในการควบคุมโรคกาบใบแห้งของข้าวพันธุ์ กข6. วารสารเกษตร 31(3): 301-310.

มานะ กาญจนมณีเสถียร อัจฉรา เพ็งหนู ฤดีกร วิวัฒนปัฐพี และ วานิด รอดเนียม. 2556. การคัดเลือกแบคทีเรียปฏิปักษ์และการพัฒนาผลิตภัณฑ์แบคทีเรียปฏิปักษ์เพื่อควบคุมโรคพืชที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์. สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม. 58 หน้า.

Agrios, G.N. 2005. Plant Pathology. 5th ed. Academic Press, New York. 592 p.

Alstrom, S. 2001. Characteristics of bacteria from oilseed rape in relation to their biocontrol activity against *Verticillium dahliae*. Journal of Plant Pathology 149(2): 57-64.

Antoun, H., C.J. Beauchamp, N. Goussard, R. Chabot and R. Lalande. 1998. Potential of *Rhizobium* and *Bradyrhizobium* species as plant growth promoting rhizobacteria on

non-legumes: Effect on radishes (*Raphanus sativus* L.). Plant and Soil 204(1): 57-67.

Arfaoui, A., B. Sifi, A. Boudabous, I.E. Hadrami and M. Chérif. 2006. Identification of *Rhizobium* isolates possessing antagonistic activity against *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*, The causal agent of fusarium wilt of chickpea. Journal of Plant Pathology 88(1): 67-75.

Astrom, B. and B. Gerhardson. 1988. Differential reactions of wheat and pea genotypes to root inoculation with growth-affecting rhizosphere bacteria. Plant and Soil 109(2): 263-269.

Bardin, S.D., H.C. Huang, J. Pinto, E.J. Amundsen and R.S. Erickson. 2004. Biological control of *Pythium* damping-off of pea and sugar beet by *Rhizobium leguminosarum* bv. *viceae*. Canadian Journal of Botany 82(3): 291-296.

Bhatia, S., R.C. Dubey and D.K. Maheshwari. 2005. Enhancement of plant growth and suppression of collar rot of sunflower caused by *Sclerotium rolfsii* through fluorescent *Pseudomonas*. Indian Phytopathology 58(1): 17-24.

Burr, T.J., B.H. Katz, A.L. Bishop, C.A. Meyers and V.L. Mittak. 1988. Effect of shoot age and tip culture propagation of grapes on systemic infestations by *Agrobacterium tumefaciens* biovar 3. American Journal of Enology and Viticulture 39: 67-70.

Calvo, P., E. Ormeño-Orrillo, E. Martínez-Romero and D. Zúñiga. 2010. Characterization of *Bacillus* isolates of potato rhizosphere from Andean soils of Peru and their potential PGPR characteristics. Brazilian Journal of Microbiology 41(4): 899-906.

Chaurasia, B., A. Pandey, L.M. S. Palni, P. Trivedi, B. Kumar and N. Colvin. 2005. Diffusible and volatile compounds produced by an antagonistic *Bacillus subtilis* strain cause structural deformations in pathogenic fungi in vitro. Microbiological Research 160(1): 75-81.

Deshwal, V.K., P. Pandey, S.C. Kang and D.K. Maheshwari. 2003. Rhizobia as a biological control agent against soil borne plant pathogenic fungi. Indian Journal of Experimental Biology 41(10): 1160-1164.

Ekman, J., L. Tesoriero and S. Grigg. 2014. Pests, Diseases and Disorders of Babyleaf Vegetables: A Field Identification Guide. Applied Horticultural Research, New South Wales.114 p.

Fernando, W.G.D. and R.G. Linderman. 1995. Inhibition of *Phytophthora vignae* and stem and root rot of cowpea by soil bacteria. Biological Agriculture and Horticulture 12(1): 1-14.

Fiddaman, P.J. and S. Rossall. 1993. The production of antifungal volatiles by *Bacillus subtilis*. Journal of Applied Microbiology 74(2): 119-126.

Fiddaman, P.J. and S. Rossall. 1994. Effect of substrate on the production of antifungal volatiles from *Bacillus subtilis*. Journal of Applied Microbiology 76(4): 395-405.

Harman, G.E., C.R. Howell, A. Viterbo, I. Chet and M. Lorito. 2004. *Trichoderma* species: opportunistic, avirulent plant symbionts. Nature Reviews Microbiology 2(1): 43-56.

Homma, Y., Z. Sato, F. Hirayama, K. Konno, H. Shirahama and T. Suzui. 1989. Production of antibiotics by *Pseudomonas cepacia* as an agent for biological control of soilborne

plant pathogens. Soil Biology and Biochemistry 21(5): 723-728.

Kai, M., U. Effmert, G. Berg and B. Piechulla. 2007. Volatiles of bacterial antagonists inhibit mycelial growth of the plant pathogen *Rhizoctonia solani*. Archives of Microbiology 187(5): 351-360.

Khianngam, S., Y. Pootaeng-on, T. Techakriengkrai and S. Tanasupawat. 2014. Screening and identification of cellulase producing bacteria isolated from oil palm meal. Journal of Applied Pharmaceutical Science 4(4): 090-096.

Kurze, S., H. Bahl, R. Dahl and G. Berg. 2001. Biological control of fungal strawberry diseases by *Serratia plymuthica* HRO-C48. Plant Disease 85(5): 529-534.

Nelson, E.B., W.L. Chao, J.M. Norton, G.T. Nash and G.E. Harman. 1986. Attachment of *Enterobacter cloacae* to hyphae of *Pythium ultimum*: possible role in the biological control of *Pythium* preemergence damping-off. Phytopathology 76(3): 327-335.

Richard, N.R. 2004. Lettuce diseases and their management. pp. 121-147. *In*: S.A.M.H. Naqvi (ed.). Diseases of Fruits and Vegetables. Vol. 2. Springer, Dordrecht.

Tenorio-Salgado, S., R. Tinoco, R. Vazquez-Duhalt, J. Caballero-Mellado and E. Perez-Rueda. 2013. Identification of volatile compounds produced by the bacterium *Burkholderia tropica* that inhibit the growth of fungal pathogens. Bioengineered 4(4): 236-243.

Van Loon, L.C., P.A.H.M. Bakker and C.M.J. Pieterse. 1998. Systemic resistance induced by rhizosphere bacteria. Annual Review of Phytopathology 36: 453-483.

Wheatley, R.E. 2002. The consequences of volatile organic compound mediated bacterial and fungal interactions. Antonie Van Leeuwenhoek 81: 357-364.

การเข้าทำลายและการถ่ายทอดทางเมล็ดของ *Columnea latent viroid* ในพริก

Infection and Seed Transmission of *Columnea latent viroid* in Peppers

ษมาภร ภูวิธกรณ์[1*] จิราพร ปอสูงเนิน[1] สุภาพร กลิ่นคง[1] และ คนึงนิตย์ เหรียญวรากร[1, 2, 3]

Samabhorn Bhuvitarkorn[1*], Jiraporn Porsoongnurn[1], Supaporn Klinkong[1]

and Kanungnit Reanwarakorn[1, 2, 3]

[1]ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

[1]Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand

[2]ศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

[2]Center for Agricultural Biotechnology, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand

[3]ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10900

[3]Center of Excellence on Agricultural Biotechnology: (AG-BIO/PERDO-CHE), Bangkok 10900, Thailand

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

(Received: 28 February 2018; Accepted: 12 July 2018)

Abstract: *Columnea latent viroid* (CLVd) could infect into six varieties of pepper plants in this study with 67-100% infection, detected by reverse transcription-polymerase chain reaction (RT-PCR) technique. The infected pepper plants showed symptomless or delayed expression in bird chili (*Capsicum frutescens*) which expressed apical leaf distortion, epinasty and small leaves, abnormal flowers with light green petals, less fruit setting and seedless at 6 months post inoculation. For the sweet pepper 2, displayed 100% infected plants and seeds. The 100 seeds of the sweet pepper 2 variety were sown for grow-out test under plant nursery condition. The 26 seedlings germinated from 100 seeds (26% germination) and showed 16 of 26 pepper seedlings of CLVd infection (61.5% seed transmission) by RT-PCR technique at 10 weeks post sowing. Base on this work, the CLVd was seed transmission in sweet pepper. Its infection and transmission would be the risk of disease spreading in planting areas due to difficulty to eradicate the symptomless plants. Thus, control of pepper viroid disease should be using disease free seeds.

Keywords: Viroid, pepper, seed transmission

บทคัดย่อ: *Columnea latent viroid* (CLVd) สามารถเข้าทำลายพริก 6 พันธุ์ ที่นำมาศึกษาในครั้งนี้และเมื่อตรวจสอบด้วยเทคนิค reverse transcription-polymerase chain reaction (RT-PCR) พบว่ามีอัตราการเข้าทำลาย 67-100% โดยต้นพริกที่ติดเชื้อจะไม่แสดงอาการ หรือแสดงอาการหลังการติดเชื้ออย่างช้า ๆ ได้แก่ พริกขี้หนู (*Capsicum frutescens*) มีลักษณะอาการใบยอดผิดปกติ ปลายใบม้วนพับไปด้านหลังและมีขนาดลดลง ดอกผิดปกติและกลีบดอกมีสีเขียวอ่อน ติดผลน้อยและไม่มีการพัฒนาของเมล็ดภายในผลหลังได้รับการปลูกเชื้อนาน 6 เดือน เมื่อศึกษาการถ่ายทอดทางเมล็ดของเชื้อไวรอยด์ในพริกหวาน 2 (Sweet pepper 2) ที่ตรวจพบการติดเชื้อของต้น 100% และมีการติดเมล็ด พบว่าเมื่อนำเมล็ดที่ได้ไปปลูกในสภาพโรงเรือน มีต้นพริกที่งอกจำนวนทั้งหมด 26 ต้นจากเมล็ดที่นำมาทดสอบ 100 เมล็ด (ความงอก 26%) เมื่อต้นพริกอายุครบ 10 สัปดาห์ นำใบมาตรวจหาเชื้อ CLVd ด้วยเทคนิค RT-PCR เพื่อยืนยันการถ่ายทอดผ่านทางเมล็ดสู่ต้นอ่อน ผลการตรวจพบ 16 ต้น จาก 26 ต้น ตรวจพบเชื้อ CLVd ซึ่งคิดเป็นอัตราการถ่ายทอดผ่านทางเมล็ดของเชื้อ CLVd ในพริกหวาน 2 ดังกล่าวเท่ากับ 61.5% จากงานทดลองนี้สามารถยืนยันได้ว่าเชื้อ CLVd สามารถถ่ายทอดทางเมล็ดพริกหวานได้ ส่งผลให้เกิดความเสี่ยงในการแพร่ระบาดของเชื้อ CLVd ในแปลงปลูกพริก เนื่องจากพริกส่วนใหญ่ไม่แสดงอาการทำให้ยากที่จะขจัดต้นติดเชื้อออกไปจากพื้นที่ปลูก ดังนั้นการใช้เมล็ดพันธุ์พริกที่ปลอดโรคจะสามารถควบคุมโรคที่เกิดจากเชื้อไวรอยด์ได้ดีที่สุด

คำสำคัญ: ไวรอยด์ พริก การถ่ายทอดทางเมล็ด

คำนำ

พริก (*Capsicum annuum*) เป็นพืชในวงศ์เดียวกับ มะเขือเทศ มะเขือ ยาสูบ และมันฝรั่ง มีถิ่นกำเนิดจากอเมริกาใต้และแพร่กระจายพันธุ์ปลูกไปทั่วโลก จากข้อมูลปริมาณการนำเข้าเมล็ดพันธุ์ควบคุมของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2558 จำนวน 4,272 ตัน มีปริมาณการนำเข้าเมล็ดมะเขือเทศ พริก และมะเขือยาว จำนวน 2.6, 1.8 และ 2.8 ตัน ตามลำดับ และปริมาณการนำเข้าเมล็ดพันธุ์ควบคุมในปี พ.ศ. 2559 จำนวน 7,600 ตัน มีปริมาณการนำเข้าเมล็ดมะเขือเทศ พริก มะเขือยาว จำนวน 2.9, 21.6 และ 0.7 ตัน ตามลำดับ (สมาคมการค้าเมล็ดพันธุ์ไทย, 2560) เป็นที่ทราบกันดีว่าการนำเข้าชิ้นส่วนและเมล็ดพันธุ์พืชจากต่างประเทศต้องมีการตรวจสอบเพื่อให้ปราศจากศัตรูพืชเป็นสิ่งต้องห้ามตามพระราชบัญญัติกักพืช พ.ศ. 2507 (ฉบับที่ 6) พ.ศ. 2550 ซึ่งได้ระบุเชื้อไวรอยด์ไว้ทั้งหมด 15 ชนิด และหลายชนิดก่อให้เกิดความเสียหายกับพืชเศรษฐกิจ เช่น พริก มะเขือเทศ มันฝรั่ง และพืชผักวงศ์แตงที่มีรายงานแล้วมี 12 ชนิด ได้แก่ *Potato spindle tuber viroid* (PSTVd) (Diener, 1987), *Citrus exocortis viroid* (CEVd) (Fagoaga and Duran-Vila, 1996), *Columnea latent viroid* (CLVd) (Hammond *et al*., 1989), *Chrysanthemum stunt viroid* (CSVd) (Lawson, 1987), *Tomato apical stunt viroid* (TASVd) (Walter, 1987), *Pepper chat fruit viroid* (PCFVd) (Verhoeven *et al*., 2009), *Tomato planta macho viroid* (TPMVd) (Galindo *et al.,* 1982), *Maxican papita viroid* (MPVd) (Verhoeven *et al*., 2011), *Tomato chlorotic dwarf viroid* (TCDVd) (Singh *et al*., 1999), *Tomato bunchy top viroid* (TBTVd) (Mishra *et al*., 1991), *Hop stunt viroid* (HSVd) (Shikata, 1987) และ *Cucumber pale fruit viroid* (CPFVd) (Sano *et al*., 1984)

เชื้อไวรอยด์จัดเป็นสาเหตุโรคพืชที่มีขนาดเล็กที่สุด ลักษณะโครงสร้างเป็นเส้นอาร์เอ็นเอสายเดี่ยววงปิด ไม่มีโปรตีนห่อหุ้มและไม่สามารถสังเคราะห์โปรตีนเองได้ เพิ่มปริมาณภายในเซลล์ของพืชอาศัยและส่งเสริมให้แสดงอาการโรคอย่างรุนแรงในพืชที่มีความอ่อนแอ เช่น มันฝรั่ง และมะเขือเทศ เชื้อไวรอยด์ชนิดแรกที่พบ คือ *Potato spindle tuber viroid* (PSTVd) ซึ่งรายงานเข้าทำลายในมันฝรั่ง (Diener, 1987) นอกจากนี้มีรายงานพบเชื้อไวรอยด์หลายชนิดในพริก เช่น CLVd, CSVd, CEVd, HSVd และ PSTVd ปริเชษฐ์ และคณะ (2548) รายงานการสำรวจพบเชื้อ CLVd จากตัวอย่างมะเขือเทศที่แสดง

อาการต้นเตี้ย แคระแกร็น ยอดแตกเป็นพุ่ม ใบหดลดรูปย่น และมีอาการเซลล์ตายที่บริเวณเส้นใบ ก้านใบ กิ่งและลำต้น และได้ติดตามการกักกันพืชหลังการเข้ามาในปี พ.ศ. 2550 รายงานการสำรวจเชื้อไวรอยด์ในพื้นที่จังหวัดสกลนคร ขอนแก่น อุดรธานี มุกดาหาร กาฬสินธุ์ และมหาสารคาม ตรวจพบเชื้อไวรอยด์ดังกล่าว 11 ตัวอย่าง จากแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์ที่ใช้เมล็ดพันธุ์พ่อแม่จากต่างประเทศ เพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสม (ปริเชษฐ์ และคณะ, 2554) และในปี พ.ศ. 2554-2555 ทำการสำรวจเชื้อไวรอยด์ในแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่ใช้เมล็ดพันธุ์พ่อแม่จากต่างประเทศ ตรวจพบการติดเชื้อ CLVd ในมะเขือเทศ จำนวน 4 ตัวอย่าง และมะอึก 1 ตัวอย่าง (ปริเชษฐ์ และคณะ, 2555) ต่อมามีการสำรวจพบ PCFVd ในมะเขือเทศของประเทศไทย (Reanwarakorn *et al*., 2011) ซึ่งเป็นเชื้อที่มีรายงานการถ่ายทอดทางเมล็ดพันธุ์พริกได้ โดยความเสียหายจากเชื้อไวรอยด์ชนิดนี้ในประเทศเนเธอแลนด์ทำให้ผลผลิตลดลงมากกว่า 50% (Verhoeven *et al*., 2009) รายงานความเสียหายเนื่องจากเชื้อ CLVd ในหลายประเทศทั่วโลก ได้แก่ ปี ค.ศ. 2007 พบเชื้อไวรอยด์เข้าทำลายมะเขือเทศพันธุ์ Angelle และ Santazian ในประเทศอังกฤษอัตรา 50-60% และคาดว่าความเสียหายของผลผลิตที่เกิดขึ้นมีมากกว่าการเข้าทำลายจาก PSTVd (Nixon *et al*., 2010; Singh, 1983) และรายงานความเสียหายของมะเขือเทศในประเทศแคนาดา (Singh *et al*., 1992) เยอรมนี (Spieker, 1996) และฝรั่งเศส (Steyer *et al*., 2009) นอกจากนี้ผลผลิตมันฝรั่งในสภาพโรงเรือนปลูกพืชทดลองมีความเสียหายถึง 82% จากการเข้าทำลายจากเชื้อไวรอยด์ดังกล่าวอีกด้วย (Hadidi *et al*., 2003; Sano, 1984; Singh *et al*., 1992; Spieker, 1996; Verhoeven *et al*., 2004)

จากรายงานการถ่ายทอดผ่านทางเมล็ดพันธุ์ของเชื้อ CLVd ในมะเขือเทศ และพริก (Matsushita and Tsuda, 2016) วัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาการถ่ายทอดผ่านทางเมล็ด (seed transmission) ของเชื้อไวรอยด์ดังกล่าวในพริกเพื่อใช้เป็นข้อมูลที่สำคัญในการหาแนวทางในการป้องกันการระบาดและกำจัดเชื้อไวรอยด์ที่ติดมากับเมล็ด พัฒนาเทคโนโลยีการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์เพื่อการนำเข้าและส่งออก เนื่องจากยังไม่มีมาตรการกำจัดเชื้อไวรอยด์ที่ถ่ายทอดผ่านทางเมล็ดที่มีประสิทธิภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมพืชทดสอบ

พันธุ์พริกที่ใช้ในการทดสอบจำนวนทั้งหมด 6 พันธุ์ ได้แก่ พริกขี้หนู *(Capsicum frutescens)* จำนวน 1 พันธุ์ และ *C. annuum* L. เป็นพริกลูกผสมชั่วที่ 1 (F1 hybrid) จำนวน 4 พันธุ์ได้แก่ พริกขี้หนูพันธุ์เทวี 60 (Tevee 60) พริกหยวกพันธุ์กิ่งเพชร (Kingpetch) พริกหวาน 1 (Sweet pepper 1) และ พริกหวาน 2 (Sweet pepper 2) และพริกพันธุ์ผสมเปิด (OP) ได้แก่ พริกมันดำ (PBC365)

เพาะเมล็ดพริกทั้งหมดลงในกระบะเพาะและย้ายปลูกเมื่อมีอายุ 21 วัน หรือมีใบจริง 2-3 ใบ ลงในถุงปลูกขนาด 15 นิ้ว ใช้พีทมอสและดินอบฆ่าเชื้อเป็นวัสดุปลูก ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ทุก 2 สัปดาห์ และใช้มะเขือเทศพันธุ์ Rutgers เป็นพันธุ์อ่อนแอควบคุม (susceptible check) จำนวนพืชทดสอบอย่างน้อย 6 ต้นต่อพันธุ์ พืชปกติจำนวน 2 ต้นต่อพันธุ์ อายุพืชที่ใช้ในการปลูกเชื้อ คืออายุประมาณ 30 วันหลังงอกหรือมีใบจริง 3-4 ใบ

2. การเตรียมเชื้อเพื่อทดสอบโรค (inoculum) และปลูกเชื้อ

การเตรียมเชื้อ CLVd ในการปลูกเชื้อให้พืชทดสอบ ใช้เชื้อ CLVd ไอโซเลท NK-KUKPS1 accession no. KY235369 โดยใช้ใบสดของมะเขือเทศพันธุ์ Rutgers ที่ติดเชื้อ CLVd น้ำหนัก 1 กรัม ต่อบัฟเฟอร์ (0.1M phosphate buffer, pH 9.0 ที่เติม 0.1%(w/v) Na_2SO_3 ก่อนการใช้งาน) 5 มิลลิลิตร บดใบพืชในบัฟเฟอร์จนละเอียด กรองเอาเศษพืชออก และเติมผงคาร์โบรันดัมอัตรา 0.1%(w/v) ปลูกเชื้อด้วยวิธีกลโดยทาน้ำคั้นลงบนใบของพืชทดสอบ และทาบัฟเฟอร์ที่เติมผงคาร์โบรันดัมลงบนใบของพืชปกติ (negative control) ทิ้งไว้ประมาณ 1-2 นาที และล้างใบด้วยน้ำสะอาดจากนั้นนำพืชที่ได้รับการปลูกเชื้อและพืชปกติไปปลูกในโรงเรือนกันแมลง ที่มี

อุณหภูมิระหว่าง 30-35 องศาเซลเซียส (Hammond *et al*., 1989) รับแสงอย่างน้อย 12 ชั่วโมงต่อวัน ทำการปลูกเชื้อ 2 ครั้ง โดยครั้งที่ 2 ห่างจากครั้งแรก 1 สัปดาห์ ปล่อยให้พริกทุกต้นติดเมล็ดตามธรรมชาติ และนำใบมาตรวจสอบการติดเชื้อ CLVd หลังปลูกเชื้อ 8 สัปดาห์

3. การสกัดอาร์เอ็นเอจากตัวอย่างพืช

ทำการสกัดแยกอาร์เอ็นเอจากตัวอย่างใบ และเมล็ด ด้วยวิธี CTAB (Reanwarakorn *et al*., 2011) โดยบดตัวอย่างพืชน้ำหนัก 0.05-0.1 กรัม กับไนโตรเจนเหลวจนตัวอย่างพืชละเอียด และเติม CTAB extraction buffer (2% w/v CTAB, 100 mM Tris-HCl, pH 8.0, 20 mM EDTA, 1.4 M NaCl และเติม 1.0% w/v Na_2SO_3 และ 2.0% w/v PVP-40 ก่อนใช้งาน) และละลายตะกอนสุดท้ายด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อที่ปราศจาก *RNase* ปริมาตร 100 ไมโครลิตร เก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

4. การตรวจสอบการเข้าทำลายของเชื้อ CLVd ด้วยเทคนิค reverse transcription-polymerase chain reaction (RT-PCR)

ตรวจสอบการเข้าทำลายของเชื้อ CLVd ด้วยเทคนิค RT-PCR จากตัวอย่างอาร์เอ็นเอที่สกัดได้ ด้วยชุดไพรเมอร์ CL-P2 ที่มีความจำเพาะเจาะจงต่อเชื้อ CLVd (สาย cCL-P2 ลำดับเบสประกอบด้วย 5'-CTGCAGCCATGCAAAGA- 3' จำนวน 17 เบส และสาย hCL-P2 ลำดับเบสประกอบด้วย 5'-GGTCAGGTGTGAACCAC-3' จำนวน 17 เบส) ดีเอ็นเอผลผลิตแบบครบจีโนมของเชื้อ CLVd ขนาด 370 นิวคลีโอไทด์ (ศศิประภา, 2551) แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนแรก เป็นขั้นตอนการสังเคราะห์ cDNA ของเชื้อไวรอยด์ด้วยวิธีการ reverse transcription (RT) ปฏิกิริยาปริมาตร 20 ไมโครลิตร ประกอบไปด้วย ไพรเมอร์สายลบ (cCL-P2) ความเข้มข้น 1 ไมโครโมลาร์ และตัวอย่างอาร์เอ็นเอ 3.5 ไมโครลิตร นำเข้าเครื่อง thermal cycler ยี่ห้อ Biometra รุ่น T1 (Biometra GmbH) โดยตั้งโปรแกรมการทำงานดังนี้คือ 96 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที 1 รอบ จากนั้นนำมาแช่น้ำแข็งทันที 2 นาที และนำเข้าเครื่อง thermal cycler อีกครั้ง โดยตั้งโปรแกรมการทำงานที่ 37 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที 1 รอบ จากนั้นนำมาเติม reverse transcriptase buffer ความเข้มข้น 1X, *d*NTPs ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ และเอ็นไซม์ reverse transcriptase ความเข้มข้น 100 ยูนิต แล้วจึงนำเข้าเครื่อง thermal cycler โดยตั้งโปรแกรมการทำงานที่ 42 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง 1 รอบ

ขั้นตอนที่สอง เป็นขั้นตอนการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอจาก cDNA ที่ได้จากขั้นตอนแรกด้วยเทคนิค PCR เพื่อให้มีปริมาณของผลผลิตดีเอ็นเอมากพอที่จะตรวจสอบในขั้นตอนต่อไปได้ ปฏิกิริยาปริมาตร 20 ไมโครลิตร ประกอบด้วย 1x PCR buffer (Thermo Scientific™) $MgCl_2$ ความเข้มข้น 2 มิลลิโมลาร์ *d*NTPs ความเข้มข้น 0.25 มิลลิโมลาร์ ไพรเมอร์ cCL-P2 และ hCL-P2 ความเข้มข้น 0.1 ไมโครโมลาร์ *Taq*. DNA polymerase (Thermo Scientific™) ความเข้มข้น 1 ยูนิต cDNA ปริมาตร 2.0 ไมโครลิตร และปรับปริมาตรสุดท้ายด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อที่ปราศจาก *RNase* จากนั้นนำเข้าเครื่อง thermal cycler โดยโปรแกรมการทำงานดังนี้คือ ขั้นที่1 อุณหภูมิ 94 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที จำนวน 1 รอบ ขั้นที่ 2 อุณหภูมิ 94 องศาเซลเซียสนาน 40 วินาที ขั้นที่ 3 อุณหภูมิ 54 องศาเซลเซียสนาน 40 วินาที ขั้นที่ 4 อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียสนาน 40 วินาที โดยทำซ้ำขั้นที่ 2-4 จำนวน 39 รอบ และขั้นที่ 5 อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียสนาน 7 นาที จำนวน 1 รอบ

ตรวจสอบขนาดของดีเอ็นเอผลผลิตจากปฏิกิริยา RT-PCR ที่ได้ข้างต้น ด้วยวิธี gel electrophoresis โดยใช้ 2% agarose gel ละลายใน 0.5 X TBE buffer แล้วนำมาผ่านสนามไฟฟ้าที่ความต่างศักย์ 100 โวลต์ เป็นเวลา 40 นาที จากนั้นนำ agarose gel ย้อมด้วย ethidium bromide นาน 15 นาที แช่ในน้ำ 5 นาที และนำไปตรวจดูแถบของดีเอ็นเอด้วยเครื่อง UV-transilluminator และบันทึกภาพ

5. การตรวจสอบการเข้าทำลายและการถ่ายทอดเชื้อทางเมล็ด

สังเกตและบันทึกลักษณะอาการผิดปกติของพืชทดสอบที่ได้รับการปลูกเชื้อ CLVd เปรียบเทียบกับพืช

ปกติ และเก็บตัวอย่างใบพืชทดสอบที่ได้รับการปลูกเชื้อนาน 8 สัปดาห์ และต้นปกติ มาสกัดอาร์เอ็นเอและตรวจสอบหาเชื้อ CLVd ด้วยเทคนิค RT-PCR ตามขั้นตอนในข้อ 3 และ 4 จากนั้นนำผลการตรวจสอบด้วยเทคนิค RT-PCR มาหาเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของเชื้อ CLVd ในพริกทุกพันธุ์ที่นำมาทดสอบ

เก็บเมล็ดพริกจากต้นที่ได้รับการปลูกเชื้อนาน 8 สัปดาห์ และต้นปกติ มาทำการนับจำนวนเมล็ด จากนั้นนำเมล็ดที่ได้มาสกัดอาร์เอ็นเอและตรวจสอบหาเชื้อ CLVd ด้วยเทคนิค RT-PCR เพื่อหาสายพันธุ์พริกที่มีเมล็ดติดเชื้อไวรอยด์ จากนั้นเมล็ดที่เหลือจากการตรวจพบเชื้อไวรอยด์ในขั้นต้นนี้จะถูกนำไปทดสอบหาการถ่ายทอดทางเมล็ดพันธุ์ โดยการปลูกลงในกระถางขนาด 6 นิ้ว เพื่อสังเกตอาการของโรคในสภาพโรงเรือน (grow-out test, GOT) เปรียบเทียบกับต้นที่ปลูกจากเมล็ดที่ได้จากต้นปกติเป็นเวลา 10 สัปดาห์ และยืนยันผลการถ่ายทอดไวรอยด์ผ่านทางเมล็ดด้วยการตรวจสอบหาเชื้อ CLVd จากใบพืชทดสอบอายุ 10 สัปดาห์หลังปลูก ด้วยเทคนิค RT-PCR ตามวิธีการข้างต้น

ผลการทดลอง

การตรวจสอบการเข้าทำลายของเชื้อ CLVd ในพริก 6 พันธุ์

จากการทดลองพบว่าพันธุ์พริกที่ใช้ในการทดสอบจำนวนทั้งหมด 6 พันธุ์ ถูกเข้าทำลายโดยเชื้อ CLVd ได้ และมีเพียงพริกขี้หนู (*C. frutescens*) ที่แสดงอาการของโรคที่เกิดจากการเข้าทำลายของเชื้อไวรอยด์ โดยมีอาการใบยอดผิดปกติ ปลายใบม้วนพับไปด้านหลังและมีขนาดลดลง ดอกผิดปกติและกลีบดอกมีสีเขียวอ่อน ติดผลน้อยและไม่มีการพัฒนาของเมล็ดภายในผล (ภาพที่ 1) เมื่อตรวจสอบอาร์เอ็นเอจากใบของพริกทั้งหมดด้วยเทคนิค RT-PCR คิดเป็นอัตราการเข้าทำลายของเชื้อ CLVd ในพริกขี้หนู (*C. frutescens*) ที่ 83% พริกขี้หนูพันธุ์เทวี 60 ที่ 67% พริกหยวกพันธุ์กิ่งเพชร พริกหวาน 1 และ พริกหวาน 2 และพริกมันดำ (PBC365) ที่ 100% ตามลำดับ (ตารางที่ 1 และ ภาพที่ 1)

การตรวจสอบการถ่ายทอดเชื้อ CLVd ทางเมล็ด

จากการทดลองพริกจำนวน 3 พันธุ์ จาก 6 พันธุ์ มีการติดผลและเมล็ดหลังจากได้รับการปลูกเชื้อ CLVd ได้แก่ พริกขี้หนูพันธุ์เทวี 60 พริกหยวกพันธุ์กิ่งเพชร และพริกหวาน 2 (ตารางที่ 1) เมื่อทำการตรวจสอบหาเชื้อ CLVd จากอาร์เอ็นเอที่สกัดได้จากเมล็ดพริกทั้ง 3 สายพันธุ์ด้วยเทคนิค RT-PCR ปรากฏว่าตรวจไม่พบเมล็ดติดเชื้อ CLVd จากพริกขี้หนูพันธุ์เทวี 60 และพริกหยวกพันธุ์กิ่งเพชร จากจำนวนเมล็ดที่นำมาตรวจสอบทั้งหมด 516 และ 140 เมล็ด ตามลำดับ อย่างไรก็ตามพบว่าเมล็ดพริกหวาน 2 ที่สุ่มมาตรวจสอบจำนวน 10 เมล็ด พบ 5 เมล็ดติดเชื้อ CLVd จึงนำเมล็ดที่เหลือไปปลูกทดสอบในสภาพโรงเรือน เพื่อยืนยันการถ่ายทอดเชื้อสู่ต้นอ่อน (embryo) (ภาพที่ 2)

ผลการตรวจสอบยืนยันการถ่ายทอดเชื้อ CLVd ทางเมล็ดในพริกหวาน 2 ซึ่งตรวจพบเชื้อไวรอยด์จากเมล็ดที่สุ่มตรวจในเบื้องต้นพบเมล็ดที่ติดเชื้อ 50% (ติดเชื้อ 5 เมล็ดจาก 10 เมล็ด) ด้วยเทคนิค RT-PCR นั้น หลังนำเมล็ดที่เหลือจำนวน 100 เมล็ดมาปลูกทดสอบในสภาพโรงเรือน เปรียบเทียบกับเมล็ดที่ได้จากพริกหวาน 2 ต้นปกติ พบว่ามีจำนวนต้นที่งอกทั้งหมด 26 ต้น (ความงอก 26%) ในขณะที่เมล็ดจากพริกหวาน 2 ต้นปกติ มีจำนวนต้นที่งอกทั้งหมด 89 ต้นจากจำนวน 100 เมล็ด (ความงอก 89%) โดยต้นพริกที่งอกจากเมล็ดที่ได้จากต้นติดเชื้อไวรอยด์ไม่พบอาการผิดปกติ เมื่อเปรียบเทียบกับต้นพริกที่งอกจากเมล็ดที่ได้จากต้นปกติที่มีอายุ 10 สัปดาห์เท่ากัน และเมื่อตรวจสอบยืนยันการถ่ายทอดเชื้อ CLVd สู่ต้นอ่อนด้วยเทคนิค RT-PCR พบว่าพริกหวาน 2 ที่งอกทั้งหมด 26 ต้น มีต้นพริกที่ติดเชื้อไวรอยด์จำนวน 16 ต้น คิดเป็นการถ่ายทอดเชื้อ CLVd ทางเมล็ด เท่ากับ 61.5% ดังแสดงผลในตารางที่ 1 และภาพที่ 3 แต่ไม่พบต้นติดเชื้อ CLVd จากพริกหวาน 2 ซึ่งปลูกจากเมล็ดที่ได้จากต้นปกติเมื่อตรวจสอบยืนยันด้วยเทคนิค RT-PCR (ไม่ได้แสดงผล)

Table 1. Detection of *Columnea latent viroid* infection in six pepper cultivars by reverse transcription-polymerase chain reaction (RT-PCR)

Pepper cultivar	Symptom	Total seed[2]	RT-PCR			
			% Plant infection	Infected seed /total seed test	Grow-out test (infected/ total germinated plant)	% seed transmission[3]
C. frutescens	+ (L-dist)[1]	0	83 (5/6)	NT	NT	NT
Tevee 60	-	516	67 (4/6)	0/516	NT	NT
Kingpetch	-	140	100 (6/6)	0/140	NT	NT
Sweet pepper 1	-	0	100 (6/6)	NT	NT	NT
Sweet pepper 2	-	110	100 (6/6)	5/10	16/26	61.5
PBC365	-	0	100 (6/6)	NT	NT	NT

[1] L-dist = abnormal apical, leaf epinasty and reducing leaf size, [2] total seed from CLVd infected plant,
[3] % seed transmission = (CLVd infected plant /total germinated plants) x 100, NT= No test

Figure 1. Symptoms of *Columnea latent viroid* infected on chili pepper (*C. frutescens*) at 6 months post inoculation; (A) healthy (B) abnormal apical, reducing of leaf size, abnormal flowers with light green petals

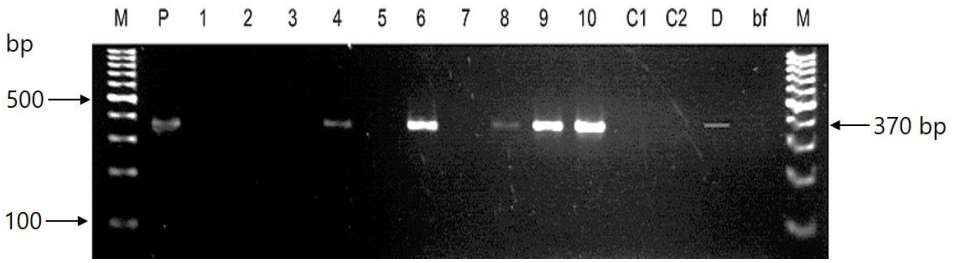

Figure 2. RT-PCR results of *Columnea latent viroid* detection of seed from Sweet pepper 2 plant, the target size of DNA product was 370 bp; M= 100 bp. molecular weight markers, P= CLVd infected Rutgers tomato, 1-10 = seed no. 1 to no. 10, C1 and C2 = healthy pepper seed, D= CLVd infected pepper leaf, bf= buffer

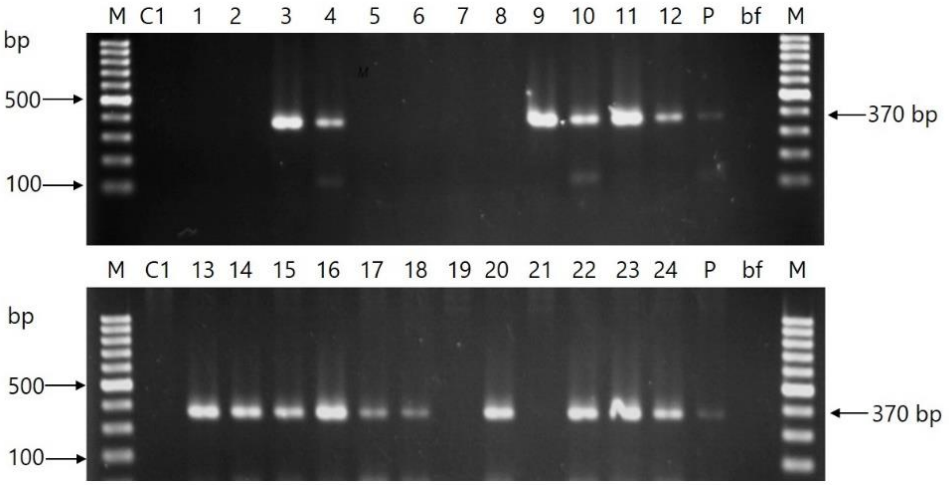

Figure 3. RT-PCR results of seedling at 10 weeks post sowing on grow-out test of *Columnea latent viroid* infected seed lot Sweet pepper 2, the target size of DNA product was 370 bp; M= 100 bp. molecular weight marker, P= CLVd infected Rutgers tomato, 1-24 = plant no. 1 to 24, C1= healthy pepper, bf= buffer

วิจารณ์

ลักษณะอาการโรคที่เกิดจากเชื้อ CLVd จากการปลูกเชื้อด้วยวิธีกลบนพริกทุกสายพันธุ์ที่นำมาศึกษา พบว่าพริกทุกสายพันธุ์มีการแสดงความต้านทานแบบทนทาน (tolerance) ต่อการเข้าทำลายของเชื้อ CLVd เนื่องจากไม่แสดงอาการโรค หรือแสดงอาการภายหลังการติดเชื้ออย่างช้า ๆ เนื่องจากเชื้อไวรอยด์มีลักษณะแฝงอยู่ภายในต้นพืช และเมื่อตรวจสอบด้วยเทคนิค RT-PCR อัตราการเข้าทำลายของเชื้อ CLVd บนพริกทั้ง 6 พันธุ์อยู่ในระดับสูง คือ 67-100% ซึ่งผลที่ได้แสดงให้เห็นถึงความเสี่ยงในการแพร่ระบาดของเชื้อ CLVd ไปกับต้นพริกที่ติดเชื้อแต่ไม่แสดงอาการ ซึ่งทำให้ยากต่อการกำจัดเชื้อไวรอยด์ให้หมดไปจากแปลงปลูก และจะเป็นแหล่งของเชื้อที่สามารถเข้าทำลายพืชผักและไม้ดอกซึ่งเป็นพืชปลูกเศรษฐกิจที่มีรายงานแล้วว่ามีความอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของเชื้อ CLVd เช่น มะเขือเทศ มะเขือ แตงกวา พิทูเนีย และ gloxinea (Hammond *et al*., 1989; Matsushita and Tsuda, 2015; Nielsen and Nicolaisen, 2010; Yanagisawa and Matsushita, 2017) เป็นต้น

ผลการทดลองการตรวจสอบการถ่ายทอดเชื้อ CLVd ทางเมล็ดข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการเข้าทำลายของเชื้อ CLVd มีผลต่อการพัฒนาดอก ผล และการติดเมล็ดของพริกทั้ง 6 สายพันธุ์แตกต่างกัน ได้แก่ แบบแรก เชื้อไวรอยด์ทำให้พริก 3 พันธุ์ได้แก่ พริกขี้หนู (*C. frutescens*) พริกหวาน 1 และพริกมันดำ (PBC365) ได้รับผลกระทบจากการเข้าทำลายค่อนข้างมาก เนื่องจากบางต้นสามารถติดผลได้แต่ไม่มีการพัฒนาของเมล็ด และบางต้นไม่มีการติดผลหลังจากได้รับการปลูกเชื้อ เมื่อเปรียบเทียบกับต้นปกติที่ปลูกเชื้อด้วยบัฟเฟอร์ยังคงติดผลและเมล็ดได้ อาจเนื่องมาจากการเข้าทำลายของเชื้อไวรอยด์มีผลทำให้ละอองเกสร (pollen) มีความผิดปกติ เมื่อเกิดการปฏิสนธิจึงไม่เกิดการพัฒนาเปลือกหุ้มเมล็ด (seed coat) และต้นอ่อนภายในเมล็ด แบบที่สอง คือ พริกพันธุ์ที่ได้รับการปลูกเชื้อไวรอยด์สามารถออกดอก ติดผลและมีการพัฒนาของเมล็ดเช่นเดียวกับต้นปกติ ได้แก่ พริกขี้หนูพันธุ์เทวี 60 พริกหยวกพันธุ์กิ่งเพชร และพริกหวาน 2 แสดงว่าเชื้อไวรอยด์ดังกล่าวอาจส่งผลกระทบต่อการพัฒนาละอองเกสรและการปฏิสนธิน้อยกว่าของพริก 3 พันธุ์แรกที่ไม่ติดเมล็ดดังกล่าว หรือกล่าวได้ว่าพริกแต่ละสายพันธุ์มีความทนทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อไวรอยด์ได้แตกต่างกัน

อย่างไรก็ตามการศึกษาการถ่ายทอดของเชื้อ CLVd ผ่านเมล็ดพริกในครั้งนี้ สามารถยืนยันเป็นครั้งแรกได้ว่าเชื้อ CLVd สามารถถ่ายทอดผ่านทางเมล็ดของพริกหวานได้ ซึ่งจากการทดลองก่อนหน้านี้พบว่าเชื้อ CLVd มีรายงานการถ่ายทอดผ่านเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ 5.5-100% แต่ไม่มีรายงานการถ่ายทอดผ่านเมล็ดพริกและมะเขือ (Matsushita and Tsuda, 2016) รายงานการศึกษาเชื้อ PSTVd ก็พบว่าเชื้อไวรอยด์สามารถถ่ายทอดผ่านเมล็ดพันธุ์พริก 2 สายพันธุ์ คือ *C. annuum* var. *grossum4* และ *C. annuum* var. *angulosum3* ที่ 0.3% และ 0.5% ตามลำดับ ถ่ายทอดผ่านเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่ 90% (Matsushita and Tsuda, 2016) การถ่ายทอดผ่านเมล็ดพิทูเนียที่ 97% (Verhoeven *et al*., 2009) และรายงานการถ่ายทอดทางเมล็ดของเชื้อ PCFVd ในพริกหวานสายพันธุ์ Jaguar ที่ 19% ซึ่งทำให้ผลพริกมีขนาดลดลงอย่างมาก สามารถเข้าทำลายมะเขือเทศและมันฝรั่ง ทำให้มีลักษณะอาการโรคคล้ายกับการเข้าทำลายโดย PSTVd (Owens *et al.,* 1978) นอกจากนี้การศึกษาตรวจติดตามการสะสมของ PSTVd ในเนื้อเยื่อส่วนต่าง ๆ ของเมล็ดมะเขือเทศที่ได้จากต้นที่ติดเชื้อและมีการถ่ายทอดทางเมล็ดด้วยวิธี *in situ* hybridization พบว่าการที่เชื้อ PSTVd มีเปอร์เซ็นต์การถ่ายทอดผ่านทางเมล็ดสูงถึง 90% เนื่องจากเชื้อไวรอยด์ดังกล่าวสะสมอยู่ในต้นอ่อน ปลายราก (radical) เอ็นโดสเปิร์ม (endosperm) และเปลือกหุ้มเมล็ด ดังนั้นเมื่องอกเป็นต้นอ่อนเชื้อจึงสามารถเจริญเพิ่มปริมาณในต้นอ่อนได้ และสามารถถ่ายทอดผ่านทางวิธีกลหากมีการสัมผัสกัน (Matsushita and Tsuda, 2016) เนื่องจาก PSTVd และ PCFVd จัดอยู่ในสกุล (genus) *Pospiviroid* เช่นเดียวกันกับ CLVd (Matsushita and Tsuda, 2016; Owens *et al*., 1978; Verhoeven *et al*., 2009) จึงเป็นที่น่าสนใจว่าเชื้อไวรอยด์ในสกุลนี้ มีความสามารถในการเข้าทำลายและถ่ายทอดทางเมล็ดพันธุ์พืชเศรษฐกิจ เช่น มะเขือเทศ และพริกได้ ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายต่อการผลิตผลสดและการผลิตเมล็ดพันธุ์เพื่อการส่งออกและนำเข้า ถูกจัดให้เป็นเชื้อกักกันเนื่องจากก่อให้เกิดความเสียหายรุนแรงในหลายประเทศทั่วโลก นอกจากนี้การนำเมล็ดพริกมาฆ่าเชื้อที่ผิวด้วยสารบางชนิด เช่น sodium hypochlorite (สวิตา และคณะ, 2560) ยังไม่มีรายงานว่าสามารถใช้ฆ่าเชื้อไวรอยด์ในเมล็ดได้ ดังนั้นจึงมีความสำคัญอย่างมากในการตรวจสอบเชื้อ CLVd ในเมล็ดพันธุ์พริกก่อนการนำเข้าและส่งออกไปต่างประเทศด้วยเทคนิคที่มีความแม่นยำสูง นอกจากนี้การสุ่มตัวอย่างเมล็ดเพื่อใช้ในการตรวจสอบควรมีจำนวนที่เพียงพอในการตรวจสอบ

สรุป

เชื้อ CLVd สายพันธุ์ NK-KUKPS1 ที่นำมาใช้ทดสอบเพื่อศึกษาการเข้าทำลายและการถ่ายทอดทางเมล็ดในพริก มีความสามารถในการเข้าทำลายพริกทุกพันธุ์ที่นำมาศึกษา โดยพริกเกือบทุกพันธุ์ไม่แสดงอาการของโรค เมื่อตรวจสอบยืนยันผลด้วยเทคนิค RT-PCR ร่วมกับไพรเมอร์ที่มีความจำเพาะเจาะจงสูงต่อเชื้อ CLVd พบว่าเชื้อไวรอยด์สายพันธุ์ดังกล่าวนี้ สามารถถ่ายทอด

ผ่านเมล็ดพริกหวาน 1 พันธุ์ จากพริกทั้งหมด 6 พันธุ์ และพบว่าต้นพริกที่ได้จากเมล็ดติดเชื้อ ไวรอยด์ไม่แสดงอาการของโรค ทำให้ยากต่อการตรวจหาเชื้อในเบื้องต้นด้วยสายตาและทำลายต้นเป็นโรค หากเกิดการหลุดรอดของต้นติดเชื้อจะทำให้เกิดการแพร่ระบาดของเชื้อได้อย่างกว้างขวาง อย่างไรก็ตามการถ่ายทอดทางเมล็ดของ เชื้อ CLVd จะมีเปอร์เซ็นต์สูงหรือไม่ ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ ชนิดและสายพันธุ์ของเชื้อไวรอยด์ ความรุนแรงของเชื้อ ชนิดและพันธุ์พืช ความอ่อนแอของพืช และสภาพแวดล้อม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (สวพ.มก.) ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) และศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

เอกสารอ้างอิง

ปริเชษฐ์ ตั้งกาญจนภาสน์ คนึงนิตย์ เหรียญวรากร เสริมศิริ จันทร์เปรม และ รัชนี ฮงประยูร 2548. ไพรเมอร์สำหรับตรวจสอบไวรอยด์ที่ก่อให้เกิดโรคในมะเขือเทศ 6 ชนิดในกลุ่ม *Pospiviroid* ด้วยเทคนิค RT-PCR. วารสารโรคพืช 19: 13-21.

ปริเชษฐ์ ตั้งกาญจนภาสน์ วันเพ็ญ ศรีทองชัย กาญจนาวาระวิชะนี และ วันเพ็ญ ศรีชาติ 2554. การตรวจติดตามเชื้อ *Columnea latent viroid* (CLVd) ที่ติดเข้ามากับเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่นำเข้าจากต่างประเทศ. หน้า 1570-1576. *ใน*: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2554. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

ปริเชษฐ์ ตั้งกาญจนภาสน์ วันเพ็ญ ศรีทองชัย กาญจนาวาระวิชะนี และ วันเพ็ญ ศรีชาติ 2555. การตรวจติดตามเชื้อ *Columnea latent viroid* (CLVd) ที่ติดเข้ามากับเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่นำเข้าจากต่างประเทศ. หน้า 1859-1889. *ใน*: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2555. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

สมาคมการค้าเมล็ดพันธุ์ไทย. 2560. สถิตินำเข้า-ส่งออกเมล็ดพันธุ์ควบคุม. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : http://www.thasta.com/web/index.php/2016-05-29-01-47-24/2016-05-29-01-48-39 (12 สิงหาคม 2560).

สวิตา สุวรรณรัตน์ ปัฐวิภา สงกุมาร Siegrid Steinkellner และ สมศิริ แสงโชติ 2560. การแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ cutinase และ endopolygalacturonase ของเชื้อรา *Colletotrichum capsici* ในช่วงการเข้าทำลายบนผลพริก. วารสารเกษตร 33(3): 357-366.

ศศิประภา มาราช 2551. โคลนก่อโรคของเชื้อ *Columnea latent viroid* และผลกระทบต่อมะเขือเทศพันธุ์การค้า. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 86 หน้า.

Diener, T. O. 1987. The Viroids. Plenum Press, Inc., New York. 344 p.

Fagoaga, C. and N. Duran-Vila. 1996. Naturally occurring variants of *Citrus exocortis viroid* in vegetable crops. Plant Pathology 45: 45-53.

Galindo, J.A., D.R. Smith and T.O. Diener. 1982. Etiology of planta macho, a viroid disease of tomato. Phytopathology 72: 49-54.

Hadidi, A., R. Flores, J.W. Randles and J.S. Semancik. 2003. Viroids. CSIRO Publishing, Collingwood, Vic. 370 p.

Hammond, R., D.R. Smith and T.O. Diener. 1989. Nucleotide sequence and proposed

secondary structure of *Columnea latent viroid*: a natural mosaic of viroid sequences. Nucleic Acids Research 17: 10083-10094.

Lawson, R.H. 1987. *Chrysanthemum stunt*. pp. 247-259. *In*: T.O. Diener (ed.). The Viroids. Plenum Press, New York. 344 p.

Matsushita, Y. and S. Tsuda. 2015. Host ranges of *Potato spindle tuber viroid*, *Tomato chlorotic dwarf viroid, Tomato apical stunt viroid* and *Columnea latent viroid* in horticultural plants. European Journal of Plant Pathology 141: 193-197.

Matsushita, Y. and S. Tsuda. 2016. Seed transmission of *Potato spindle tuber viroid, Tomato chlorotic dwarf viroid, Tomato apical stunt viroid* and *Columnea latent viroid* in horticultural plants. European Journal of Plant Pathology 145: 1007-1011.

Mishra, M.D., R.W. Hammond, R.A. Owens, D.R. Smith and T.O. Diener. 1991. Indian bunchy top disease of tomato plants is caused by a distinct strain of *Citrus exocortis viroid*. Journal of General Virology 722: 1781-1785.

Nielsen, S.L. and M. Nicolaisen. 2010. First report of *Columnea latent viroid* (CLVd) in *Gloxinia gymnostoma*, *G. nematanthodes* and *G. purpurascens* in a botanical garden in Denmark. New Disease Reports 22: 4.

Nixon, T., R. Glover, S. Mathews-Berry, M. Daly, E. Hobden, C. Lambourne, V. Harju and A. Skelton. 2010. *Columnea latent viroid* (CLVd) in tomato: the first report in the United Kingdom. New Disease Reports 59: 392.

Owens, R.A., D.R. Smith and T.O. Diener. 1978. Measurement of viroid sequence homology by hybridization with complementary DNA prepared *in vitro*. Virology 89: 388-394.

Reanwarakorn, K., S. Klinkong and J. Porsoongnurn. 2011. First report of natural infection of *Pepper chat fruit viroid* in tomato plants in Thailand. New Disease Reports 24: 6.

Sano, T., L. Uyeda and E. Shikata. 1984. Comparative studies of *Hop stunt viroid* and *Cucumber pale fruit viroid* by polyacrylamide gel electrophoretic analysis and electron microscopic examination. Annual Phytopathology Society Japan 50: 339-345.

Shikata, E. 1987. *Hop stunt*. pp. 279-289. *In*: T.O. Diener (ed.). The Viroids. Plenum Press, New York. 344 p.

Singh, R.P. 1983. Viroids and their potential danger to potatoes in hot climates. Canadian Plant Disease Survey 63: 13-18.

Singh, R.P., X. Nie and M. Singh. 1999. *Tomato chlorotic dwarf viroid*: an evolutionary link in the origin of *Pospiviroids*. Journal of General Virology 80: 2823-2828.

Singh, R.P, D.K. Lakshman, A. Boucher and S. M. Tavantzis. 1992. A viroid from *Nematanthus wettsteinii* plants closely related to the *Columnea latent viroid*. Journal of General Virology 73: 2769-2774.

Spieker, R.L. 1996. A viroid from *Brunfelsia undulata* closely related to the *Columnea latent viroid*. Archives of Virology 141: 1823-1832.

Steyer, S., T. Olivier, A. Skelton, T. Nixon and E. Hobden. 2010. *Columnea latent viroid* (CLVd): first report in tomato in France. Plant Pathology 59: 794-794.

Verhoeven, J.T.J., C.C.C. Jansen, J.W. Roenhorst, R. Flores and M. de la Pena. 2009. *Pepper chat fruit viroid*: biological and molecular properties of a proposed new species of

the genus *Pospiviroid*. Virus Research 144: 209-214.

Verhoeven, J.T.J., C.C.C. Jansen, T.M. Willemen, L. F.F. Kox, R.A. Owens and J.W. Roenhorst. 2004. Natural infections of tomato by *Citrus exocortis viroid*, *Columnea latent viroid*, *Potato spindle tuber viroid* and *Tomato chlorotic dwarf viroid*. European Journal of Plant Pathology 110: 823-831.

Verhoeven, J.T.J., R.A. Owens and J.W. Roenhorst. 2011. *Mexican papita viroid* and *Tomato planta macho viroid* belong to a single species in the genus *Pospiviroid*. Archives of Virology 156: 1433-1437.

Walter, B. 1987. *Tomato apical stunt*. pp. 321-327. *In*: T. O. Diener (ed.). The Viroids. Plenum Press, New York. 344 p.

Yanagisawa, H. and Y. Matsushita. 2 0 1 7 . Host ranges and seed transmission of *Tomato planta macho viroid* and *Pepper chat fruit viroid*. European Journal of Plant Pathology 149: 211-217.

การประเมินความต้านทานต่อโรคกาบใบเน่าและโรคเมล็ดด่างข้าวที่เกิดจากเชื้อรา *Sarocladium oryzae*

Evaluation of Resistance to Sheath Rot and Dirty Panicle Disease of Rice Caused by *Sarocladium oryzae*

วนิดา ธรรมธุระสาร[1] ศิริพร ดอนเหนือ[1] ศิริพร กออินทร์ศักดิ์[2] และ จินตนา อันอาตม์งาม[1*]

Wanida Thamthurasan[1], Siriporn Donnua[1], Siriporn Korinsak[2] and Jintana Unartngam[1*]

[1]ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

[1]Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand

[2]ห้องปฏิบัติการค้นหาและใช้ประโยชน์ยีนข้าว ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

[2]Rice Gene Discovery Laboratory, BIOTEC, NSTDA, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand

**Corresponding author: Email: agrjne@ku.ac.th*

(Received: 23 May 2018; Accepted: 21 September 2018)

Abstract: Sheath rot and dirty panicle disease of rice is one of the major diseases caused by *Sarocladium oryzae*. This disease decreases the quantity and quality of rice production in Thailand. This research aimed to develop methods for screening and evaluating the resistance to sheath rot and dirty panicle disease of rice caused by *S. oryzae* in the greenhouse. In addition, we also attempted to find the resistant source in rice varieties to sheath rot and dirty panicle disease caused by *S. oryzae*. A survey and sampling of sheath rot and dirty panicle disease were conducted from the selected regions in central and northeastern Thailand. Fungal pathogens were isolated by using tissue transplanting method from sheath and seed. The morphological characteristics indicated that the 20 obtained isolates were identified as *S. oryzae*. The most virulent isolate was NPT0136 and then this isolate was used for the evaluation on 15 rice varieties with moderately resistant to resistant phenotypes to *Bipolaris oryzae*, *Curvularia lunata* and *Fusarium incarnatum*. The results showed that 'DH103', '0-39 Kamphaeng Phet' and 'RD6 short plant' varieties, were moderately resistant and resistant to *S. oryzae* after inoculation into panicles and leaf sheaths. Therefore, these three of rice varieties can be used as potential resistant sources to sheath rot and dirty panicle disease caused by *S. oryzae* for breeding programs in the future.

Keywords: Rice, sheath rot disease, dirty panicle disease, *Sarocladium oryzae*

บทคัดย่อ: โรคกาบใบเน่าและโรคเมล็ดด่างข้าวถือเป็นโรคหนึ่งที่สำคัญที่เกิดจากเชื้อรา *Sarocladium oryzae* เป็นสาเหตุทำให้ปริมาณและคุณภาพของผลผลิตข้าวในประเทศไทยลดลง การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการคัดเลือกและประเมินความต้านทานต่อโรคกาบใบเน่าและโรคเมล็ดด่างสาเหตุจากเชื้อรา *S. oryzae* ในสภาพโรงเรือน และค้นหาแหล่งพันธุกรรมต้านทานโรคนี้ โดยสำรวจและเก็บตัวอย่างโรคกาบใบเน่าและโรคเมล็ดด่างในบางพื้นที่ของภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย นำมาแยกเชื้อราสาเหตุด้วยวิธี tissue transplanting จากกาบใบและเมล็ด จากลักษณะทางสัณฐานวิทยาพบว่า เชื้อรา 20 ไอโซเลทที่แยกได้นั้น จำแนกเป็นเชื้อรา *S. oryzae* โดยไอโซเลทที่มีความรุนแรงมากที่สุด คือ NPT0136 เป็นไอโซเลทที่นำไปใช้สำหรับการประเมินบนข้าว 15 พันธุ์ ที่มีลักษณะต้านทานปานกลางถึงต้านทานต่อเชื้อรา *Bipolaris oryzae*, *Curvularia lunata* และ *Fusarium incarnatum* ผลการทดสอบพบว่า ข้าวพันธุ์ DH103, 0-39 กำแพงเพชร และ กข6 ต้นเตี้ย มีลักษณะต้านทานปานกลางและต้านทานต่อเชื้อรา *S. oryzae* หลังจากปลูกเชื้อราที่บริเวณรวงและกาบใบ ดังนั้น ข้าวทั้ง 3 พันธุ์นี้ จึงสามารถใช้เป็นแหล่งความต้านทานต่อโรคกาบใบเน่าและโรคเมล็ดด่างที่เกิดจากเชื้อรา *S. oryzae* ในโปรแกรมปรับปรุงพันธุ์ได้ต่อไป

คำสำคัญ: ข้าว โรคกาบใบเน่า โรคเมล็ดด่าง *Sarocladium oryzae*

คำนำ

ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นธัญพืชสำคัญที่ใช้เป็นอาหารของมนุษย์ ประเทศไทยและอีกหลายประเทศทั่วโลกบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก ในภาคการเกษตรของประเทศไทยนั้นเกษตรกรส่วนใหญ่มีอาชีพทำนาปลูกข้าว ผลผลิตที่ได้ไม่เพียงแต่ใช้บริโภคภายในประเทศเท่านั้น ยังเป็นสินค้าเกษตรที่มีการส่งออกเป็นอันดับต้นของประเทศอีกด้วย ปัจจุบันประเทศไทยประสบปัญหาในการปลูกข้าวจากปัจจัยหลายอย่างที่ทำให้ผลผลิตลดลง โรคของข้าวนั้นถือเป็นปัญหาสำคัญอย่างหนึ่งที่สร้างความเสียหายและเป็นสาเหตุให้ผลผลิตลดลง โรคกาบใบเน่า (sheath rot) เกิดจากเชื้อรา *Sarocladium oryzae* (Gams and Hawksworth, 1975) ชื่อเดิม คือ *Acrocylindrium oryzae* พบครั้งแรกในไต้หวัน ในปี ค.ศ. 1922 (Mew and Gonzales, 2002) เป็นโรคที่กำลังมีความสำคัญโรคหนึ่งโดยเฉพาะกับข้าวต้นเตี้ยและมีการใช้ปุ๋ยปริมาณสูง (Mew *et al*., 2004) พบว่า มีการระบาดแพร่หลายในข้าวนาปรัง ข้าวแสดงอาการในระยะตั้งท้อง บางครั้งเรียกโรคนี้ว่า ข้าวตายทั้งกลมหรือข้าวแท้ง (สมคิด, 2532) อาการส่วนใหญ่จะปรากฏแผลรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าสีน้ำตาล ตรงกลางมีสีเทาอ่อน ขอบแผลสีน้ำตาลเข้ม กระจายไปตามกาบใบ เมื่อแผลขยายและรวมตัวกันครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของกาบใบทำให้มีผลกระทบต่อการแทงรวง (Lanoiselet *et al*., 2012) ส่งผลให้เมล็ดลีบและเป็นหมัน จำนวนดอกข้าวต่อรวงลดลง (Sakthivel, 2001) นอกจากนี้ เชื้อรา *S. oryzae* เป็นหนึ่งในเชื้อราสาเหตุของโรคเมล็ดด่างข้าว (dirty panicle) (กวินธรรพ์ และคณะ, 2559) โดยแสดงอาการในระยะออกดอก สร้างความเสียหายให้กับผลผลิตเมื่อนำไปสีเป็นข้าวสาร มีจำนวนเมล็ดแตกหักสูง ปริมาณและคุณภาพของผลผลิตลดลง (ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี, 2539) เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับผลผลิตข้าว การพัฒนาพันธุ์ต้านทานจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยแก้ปัญหานี้ได้ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการคัดเลือกและประเมินความต้านทานต่อโรคกาบใบเน่าและโรคเมล็ดด่างที่เกิดจากเชื้อรา *S. oryzae* กับพันธุ์ข้าวที่มีความต้านทานปานกลาง (moderately resistant) ถึงต้านทาน (resistant) ต่อโรคเมล็ดด่างที่ประเมินและคัดเลือกมาจากการปลูกเชื้อด้วยเชื้อรา *Bipolaris oryzae*, *Curvularia lunata* และ *Fusarium incarnatum* ในสภาพโรงเรือน

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การสำรวจและเก็บตัวอย่างโรคกาบใบเน่าและโรคเมล็ดด่างข้าว

สำรวจและเก็บตัวอย่างโรคในพื้นที่เพาะปลูกข้าวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ จ. ขอนแก่น

อุดรธานี นครราชสีมา มหาสารคาม ชัยภูมิ และร้อยเอ็ด และภาคกลาง คือ จ. นครปฐม โดยสุ่มเก็บตัวอย่างในแปลงข้าวเป็นตัว Z แต่ละจุดห่างกัน 10 เมตร สุ่มเก็บจุดละ 10 รวงพร้อมกาบใบ เก็บรักษาตัวอย่างเมล็ดโดยตากตัวอย่างให้แห้งสนิท เก็บเมล็ดและกาบใบข้าวใส่ถุงกระดาษ แช่ไว้ในตู้เย็นที่ 4 องศาเซลเซียส และนำมาแยกเชื้อราเพื่อนำไปศึกษาต่อไปในห้องปฏิบัติการ

2. การแยกเชื้อราสาเหตุและการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา

การแยกเชื้อรา โดยเก็บรวบรวมตัวอย่างข้าวที่เป็นโรคกาบใบเน่า แยกเชื้อราด้วยวิธี tissue transplanting โดยตัดชิ้นส่วนของพืชขนาด 2×2 มิลลิเมตร โดยให้มีส่วนที่ปกติและแสดงอาการอย่างละครึ่ง แช่ 10% คลอรอกซ์ 3 นาที แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ 2 รอบ ๆ ละ 3 นาที จึงนำมาซับบนกระดาษทิชชูที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ นำชิ้นส่วนพืชไปวางบนอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) 4 ชิ้น สำหรับเมล็ดข้าวทำการแช่ 10% คลอรอกซ์ 5 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ 3 นาที แล้วนำมาวางบนกระดาษทิชชูที่นึ่งฆ่าเชื้อจนแห้ง นำเมล็ดข้าวไปวางบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA จำนวน 10 เมล็ดต่อจานเลี้ยงเชื้อ บ่มเชื้อไว้ประมาณ 2-4 วัน จากนั้นย้ายเชื้อบริสุทธิ์บนอาหารเลี้ยงเชื้อต่อไป

การแยกปลายเส้นใยเชื้อรา โดยการเตรียมสปอร์แขวนลอยโดยเทน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อลงบนผิวหน้าอาหาร PDA ที่มีเชื้อราเจริญอยู่ ใช้แท่งแก้วรูปตัวแอล (L) ขูดผิวหน้าอาหารเบา ๆ และดูดสปอร์แขวนลอย 100 ไมโครลิตร นำไปเกลี่ยบนผิวหน้าอาหาร water agar (WA) ด้วยแท่งแก้วรูปตัวแอลเกลี่ยให้ทั่วผิวหน้าอาหาร บ่มไว้ 24 ชั่วโมง จึงนำมาตัดปลายเส้นใย (hyphal tip) ภายใต้กล้อง stereo microscope และย้ายปลายเส้นใยไปเลี้ยงบนอาหาร PDA

การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา โดยนำเชื้อราที่ได้จากการแยกสปอร์เดี่ยวมาจำแนกชนิดโดยอาศัยลักษณะทางสัณฐานวิทยาต่าง ๆ ได้แก่ ลักษณะโคโลนี (colony) ลักษณะก้านชูโคนิเดีย (conidiophores) ลักษณะโคนิเดีย (conidia) เช่น สี รูปร่าง ขนาด และจำนวนเซลล์ของโคนิเดียภายใต้กล้อง compound microscope

3. การปลูกเชื้อทดสอบโรค

การเตรียมต้นข้าว โดยเตรียมพันธุ์ข้าวที่คัดเลือกมาได้จากการปลูกเชื้อด้วยเชื้อรา *B. oryzae*, *C. lunata* และ *F. incarnatum* โดยเลือกพันธุ์ที่มีลักษณะต้านทานปานกลาง (moderately resistant) ถึงต้านทาน (resistant) จำนวน 15 พันธุ์ (กวินธรรพ์, 2559) ได้แก่ ปทุมธานี 1, 41 พวงสูง, ขาวประภาษ, 0-39 กำแพงเพชร, พวงแก้ว, กข6 ต้นเตี้ย, กข31, กข41, กข49, FL496, IR62266, IR72, DH103, Mudgo และ Abhaya และข้าวพันธุ์เปรียบเทียบที่มีลักษณะอ่อนแอต่อโรค คือ ปิ่นเกษตร 4 แช่เมล็ดข้าว พันธุ์ละ 20 เมล็ดในจานเลี้ยงเชื้อแบบพลาสติก เปลี่ยนน้ำที่ใช้แช่เมล็ดทุกวันจนครบ 7 วัน ย้ายเมล็ดพันธุ์ข้าวที่งอกแล้วปลูกในกระถางขนาด 15 นิ้ว กระถางละ 1 ต้น พันธุ์ละ 5 กระถาง

การเตรียมเชื้อรา โดยนำเชื้อรา *S. oryzae* ที่รวบรวมได้ทั้งหมด มาคัดเลือกไอโซเลทที่มีศักยภาพในการก่อโรคมากที่สุด โดยพิจารณาอัตราการเจริญเติบโตบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA และจำนวนสปอร์ที่เชื้อราสร้าง จากนั้นเพิ่มปริมาณเชื้อราไอโซเลทที่คัดเลือกได้ โดยเลี้ยงเชื้อราบนอาหาร PDA ที่อุณหภูมิห้อง (28 °C) เป็นเวลา 14 วัน แล้วนำเชื้อรามาเตรียมสปอร์แขวนลอยปรับความเข้มข้นให้ได้ 10^5 สปอร์ต่อมิลลิลิตร

การปลูกเชื้อในระยะแตกกอ ปลูกเชื้อราโดยวิธีการหยอดสปอร์แขวนลอยของเชื้อราที่ความเข้มข้น 10^5 สปอร์ต่อมิลลิลิตร เข้าไปในกาบหุ้มรวงของข้าวในระยะตั้งท้อง ส่วนในระยะออกดอก ปลูกเชื้อราโดยวิธีการพ่นสปอร์แขวนลอยของเชื้อราที่ความเข้มข้น 10^5 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ลงบนรวงและกาบใบ โดยแยกการทดสอบกับวิธีการแรก (กวินธรรพ์, 2559)

การประเมินโรค โดยวัดขนาดแผลที่กาบใบข้าวและประเมินโรคในข้าวระยะออกรวงโดยสังเกตอาการที่แสดงบนรวงข้าวด้วยสายตา ในวันที่ 3, 7, 10, 14 และ 21 วันหลังปลูกเชื้อรา เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม แยกลักษณะอาการของโรคเมล็ดด่าง ดังตารางที่ 1 โดยดัดแปลงวิธีของ พรทิพย์ (2545) และโรคกาบใบเน่า

ดังตารางที่ 2 (IRRI, 2013) ที่ระดับต่าง ๆ เมื่อครบ 21 วันหลังปลูกเชื้อรา วิเคราะห์ความรุนแรงของโรคเมล็ดด่างและกาบใบเน่า โดยการหาดัชนีการเกิดโรค (disease index) และเปรียบเทียบลักษณะที่แสดงออก (phenotype) สำหรับการประเมินโรคในสภาพโรงเรือน (ตารางที่ 3)

วิเคราะห์ความรุนแรงของโรคเมล็ดด่าง โดยการหาดัชนีการเกิดโรค (McMaugh, 2005) ตามสูตร

ดัชนีการเกิดโรค (%) = [(na × 0) + (nb × 1) + (nc × 2) + (nd × 3) + (ne × 4) + (nf × 5) ÷ (N × 5)] × 100

เมื่อ na, nb, nc, nd, ne และ nf แทนจำนวนเมล็ดที่มีคะแนนการเกิดโรคเป็น 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ และ N แทนจำนวนเมล็ดทั้งหมดที่ได้จากการสุ่ม (400 เมล็ด)

วิเคราะห์ความรุนแรงของโรคกาบใบเน่า โดยการหาดัชนีการเกิดโรค (McMaugh, 2005) ตามสูตร

ดัชนีการเกิดโรค (%) = [(A × 0) + (B × 1) + (C × 2) + (D × 3) + (E × 4) + (F × 5) ÷ (N × 5)] × 100

เมื่อ A, B, C, E และ F แทนจำนวนรวงที่มีคะแนนการเกิดโรคเป็น 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ และ N แทนจำนวนรวงทั้งหมดที่ทดสอบ

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การสำรวจและเก็บตัวอย่างโรคกาบใบเน่าและโรคเมล็ดด่างข้าว

จากการสำรวจและเก็บตัวอย่างโรคกาบใบเน่าและโรคเมล็ดด่างข้าวในแปลงนาจาก 7 จังหวัด แยกและคัดเลือกเชื้อราสาเหตุโรคได้ 20 ไอโซเลท ประกอบด้วย

Table 1. Describe the symptoms of rice dirty panicle disease at different scores

Level	Disease severity
0	No symptoms
1	Show spot lesions smaller than 0.1 mm, less than 5% of seed area
2	Show spot lesions larger than 0.1 mm, 6-25% of seed area
3	Show black lesions less than 50% of seed area
4	Show black lesions larger than 50% of seed area
5	Show black lesions larger than 75% of seed area and undeveloped kernels

Table 2. Describe the symptoms of rice sheath rot disease at different scores

Level	Disease severity
0	No symptoms
1	Show spot lesions less than 1% on flag leaf sheath area and panicle emergence normal
2	Show spot lesions from 1-5% on flag leaf sheath area and panicle emergence normal
3	Show spot lesions from 6-25% on flag leaf sheath area and 75% of the panicle is emerged
4	Show spot lesions from 26-50% on flag leaf sheath area and 50% of the panicle is emerged
5	Show spot lesions from 51-100% on flag leaf sheath area and 25% of the panicle is emerged

Table 3. The reaction was categorized based on disease index

Disease index (%)	Phenotype	Disease index (%)	Phenotype
0	Highly resistant (HR)	26-50	Moderately susceptible (MS)
1-10	Resistant (R)	51-75	Susceptible (S)
11-25	Moderately resistant (MR)	76-100	Highly susceptible (HS)

จ.นครปฐม 3 ไอโซเลท จ.ขอนแก่น 6 ไอโซเลท จ.อุดรธานี 5 ไอโซเลท จ.นครราชสีมา 2 ไอโซเลท จ.มหาสารคาม 2 ไอโซเลท จ.ชัยภูมิ 1 ไอโซเลท และ จ.ร้อยเอ็ด 1 ไอโซเลท โดยมีร้อยละการเกิดโรคเมล็ดด่างในแปลงอยู่ในช่วง 26.5-100 จากการแยกระดับความรุนแรงของอาการโรคเมล็ดด่างจากตัวอย่างที่สำรวจมาพบว่า มีความรุนแรงของโรคบนเมล็ดอยู่ในช่วง 12-79.5% สำหรับร้อยละการเกิดโรคกาบใบเน่า อยู่ในช่วง 1-50 จากการแบ่งระดับความรุนแรงของอาการโรคกาบใบเน่าจากตัวอย่างที่สำรวจมาพบว่า มีความรุนแรงของโรคอยู่ในช่วง 10-45.5% จากการสำรวจแปลงนาข้าว 20 จังหวัด ในภาคใต้ ภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันตก โดยกวินธรรพ์ และคณะ (2559) พบว่า ทุกจังหวัดมีการระบาดของโรคเมล็ดด่างแต่มีร้อยละของการเกิดโรคแตกต่างกัน

2. การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา

เชื้อราที่แยกได้จากเมล็ดและกาบใบข้าวที่เป็นโรคมีลักษณะโคโลนีมีสีส้มปนสีขาว ก้านชูสปอร์ (conidiophore) มี phialides แตกเป็นกิ่งออกมา 3-4 กิ่ง ที่ปลายมีลักษณะคล้ายปากแจกันสั้น ๆ หนึ่งก้านสามารถผลิตสปอร์ (conidia) ใสได้หนึ่งสปอร์ สปอร์มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก ไม่มีผนังกั้น หัวท้ายมน เป็นเซลล์เดียว ขนาด 4-7×1-2 ไมโครเมตร ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Bigirimana *et al.* (2015) ที่ได้ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาไว้ จึงจำแนกให้เป็นเชื้อรา *S. oryzae* ซึ่งมีหลายไอโซเลท (ภาพที่ 1) เมื่อนำเชื้อราไอโซเลทต่าง ๆ ที่แยกได้มาคัดเลือกเบื้องต้นสำหรับใช้ทดสอบโรค ไอโซเลทที่มีแนวโน้มความรุนแรงมากที่สุด คือ NPT0136 มีจำนวนสปอร์มากที่สุด เท่ากับ 5×10^7 สปอร์ต่อมิลลิลิตร มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด เท่ากับ 3.17 มิลลิเมตรต่อวัน (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.5 มิลลิเมตรต่อวัน) นำไปใช้ทดสอบโรคกับข้าวพันธุ์ที่มีลักษณะต้านทาน (R) และต้านทานปานกลาง (MR) ต่อเชื้อรา *B. oryzae*, *C. lunata* และ *F. incarnatum* จำนวน 15 พันธุ์ ที่ทดสอบโรคตามรายงานของ กวินธรรพ์ (2559) และพันธุ์ที่มีลักษณะอ่อนแอ 1 พันธุ์

3. การปลูกเชื้อทดสอบโรค

การพัฒนาวิธีการคัดเลือกและประเมินความต้านทานต่อโรคกาบใบเน่าและโรคเมล็ดด่างข้าวที่เกิดจากเชื้อรา *S. oryzae* โดยใช้ 2 วิธี คือ วิธีพ่นสปอร์แขวนลอยและวิธีหยอดสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา โดยการปลูกเชื้อราด้วยวิธีพ่นสปอร์แขวนลอยพบว่า ที่ 21 วันหลังการปลูกเชื้อ มีความรุนแรงของโรคเมล็ดด่าง ตั้งแต่ 2-48% โดยพันธุ์ที่มีความรุนแรงของโรคเมล็ดด่างต่ำสุด คือ พันธุ์ กข6 ต้นเตี้ย (2%) และพันธุ์ที่มีความรุนแรงสูงสุด คือ พันธุ์ Abhaya (48%) เมื่อพิจารณาจากดัชนีการเกิดโรคเมล็ดด่างพบว่า พันธุ์ข้าวที่มีลักษณะต้านทาน ได้แก่ DH103, กข49, 0-39 กำแพงเพชร, พวงแก้ว และ กข6 ต้นเตี้ย มีดัชนีการเกิดโรคเมล็ดด่าง เท่ากับ 3.8, 7.0, 4.6, 8.4 และ

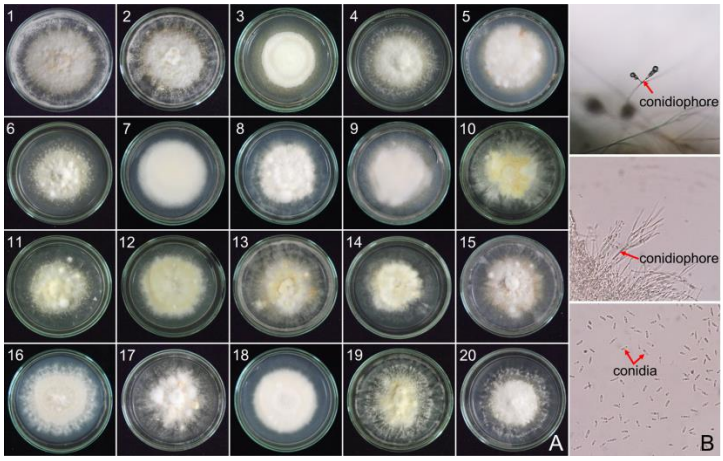

Figure 1. Morphological characteristics of *Sarocladium oryzae* isolated from seven provinces of Thailand. A: colony characters of 20 isolates on PDA and B: conidia and conidiophores

1.4% ตามลำดับ โดยพันธุ์ดังกล่าวมีลักษณะต้านทานปานกลางต่อโรคกาบใบเน่า และข้าวพันธุ์ที่แสดงอาการบนเมล็ดที่มีลักษณะต้านทานปานกลาง ได้แก่ IR72, กข 31, 41 พวงสูง และขาวประภาษ มีดัชนีการเกิดโรคเมล็ดด่าง เท่ากับ 14.6, 13.4, 12.6 และ 20.2% ตามลำดับ โดยพันธุ์ดังกล่าวมีลักษณะต้านทานปานกลางต่อโรคกาบใบเน่าเช่นกัน เมื่อปลูกเชื้อด้วยวิธีการหยอดสปอร์แขวนลอย พบว่า ที่ 21 วันหลังการปลูกเชื้อ มีความรุนแรงของโรคเมล็ดด่าง ตั้งแต่ 4.2-79.5% โดยพันธุ์ที่มีความรุนแรงของโรคเมล็ดด่างต่ำสุด คือ พันธุ์ กข6 ต้นเตี้ย (4.2%) และพันธุ์ที่มีความรุนแรงสูงสุด คือ พันธุ์ Abhaya (79.5%) เมื่อพิจารณาจากดัชนีการเกิดโรคเมล็ดด่างพบว่า หลังการปลูกเชื้อ 21 วัน ข้าวพันธุ์ที่แสดงอาการบนเมล็ดที่มีลักษณะต้านทาน คือ กข6 ต้นเตี้ย โดยมีดัชนีการเกิดโรคเมล็ดด่าง เท่ากับ 2.0% และลักษณะต้านทานปานกลางต่อโรคกาบใบเน่า และข้าวพันธุ์ที่แสดงอาการบนเมล็ดที่มีลักษณะต้านทานปานกลาง ได้แก่ DH103, 0-39 กำแพงเพชร และพวงแก้ว มีดัชนีการเกิดโรคเมล็ดด่างเท่ากับ 10.2, 12.0 และ 17.6% ตามลำดับ โดยพันธุ์ที่มีลักษณะต้านทานปานกลางต่อโรคกาบใบเน่า ได้แก่ DH103 และ 0-39 กำแพงเพชร (ตารางที่ 4-5, ภาพที่ 2-3) จากผลการทดสอบพบว่า จำนวนพันธุ์ข้าวที่มีลักษณะต้านทานปานกลางและต้านทานที่ปลูกเชื้อโดยวิธีหยอดสปอร์แขวนลอยของเชื้อราในระยะตั้งท้องนั้นมีจำนวนน้อยกว่าปลูกเชื้อโดยวิธีพ่นสปอร์แขวนลอยของเชื้อราในระยะออกดอกเนื่องจากในระยะตั้งท้อง (ภาพที่ 4) รวงข้าวถูกห่อหุ้มด้วยกาบหุ้มรวงทำให้มีความชื้นภายในสูง จึงเหมาะสมต่อการเพิ่มปริมาณและพัฒนาโรคของเชื้อราสาเหตุ เป็นสาเหตุให้ข้าวแสดงความรุนแรงของโรคมากกว่า (กวินธรรพ์ และคณะ, 2559) สำหรับพันธุ์ข้าวเหนียว กข6 ต้นเตี้ย ธีรยุทธ (2557) ได้พัฒนาพันธุ์ข้าวให้มีความต้านทานโรคไหม้และโรคขอบใบแห้ง โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลที่เกี่ยวข้องกับยีนต้านทานโรคและคุณภาพหุงต้มในการคัดเลือกร่วมกับการปรับปรุงพันธุ์แบบวิธีการดั้งเดิม ส่วนพันธุ์ Abhaya พบว่า มียีนต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (วีรเทพ และคณะ, 2560) แต่มีความอ่อนแอต่อความเค็ม (ดวงใจ และคณะ, 2548)

Figure 2. The symptoms on panicles and flag leaf sheaths at 21 days after inoculation by spraying with spore suspension in each rice varieties. A, J: control, B: Pathum Thani 1, C: FL496, D: IR62266, E: DH103, F: Mudgo, G: Abhaya, H: IR72, I: RD31, K: RD49, L: 0-39 Kamphaeng Phet, M: 41 Puang Soong, N: Khao Pra Pat, O: Puang Kaew, P: RD41, Q: RD6 short plant and R: Pin Kaset 4 (susceptible check)

Table 4. Disease severities, levels, disease indexes and phenotypes of each rice varieties react to the fungi by spraying with spore suspension (21 days after inoculation)

No.	Variety names	*Bipolaris oryzae*		*Curvularia lunata*		*Fusarium incarnatum*		*Sarocladium oryzae*							
								Dirty panicle disease				Sheath rot disease			
		Level	Phenotype	Level	Phenotype	Level	Phenotype	%Disease severity	Level	Disease index	Phenotype	%Disease severity	Level	Disease index	Phenotype
1	Pathum Thani 1	2	MR	2	MR	1	R	35	3	31.4	MS	24.5	3	22.7	MR
2	FL496	1	R	1	R	1	R	38	3	30.6	MS	45	4	38.3	MS
3	IR62266	2	MR	2	MR	1	R	40	3	38.6	MS	35	4	20	MR
4	DH103	2	MR	2	MR	1	R	5	1	3.8	R	24.5	3	20	MR
5	Mudgo	2	MR	2	MR	1	R	39.5	3	34.8	MS	24	3	30	MS
6	Abhaya	2	MR	2	MR	1	R	48	3	42	MS	42.5	4	32	MS
7	IR72	1	R	1	R	1	R	20	2	14.6	MR	24.5	3	21.3	MR
8	RD31	1	R	1	R	1	R	20	2	13.4	MR	25	3	22.7	MR
9	RD49	1	R	2	MR	1	R	12.5	2	7	R	24	3	20	MR
10	0-39 Kamphaeng Phet	1	R	1	R	1	R	7.2	2	4.6	R	25	3	21.4	MR
11	41 Puang Soong	1	R	1	R	1	R	19	2	12.6	MR	28	4	24.3	MR
12	Khao Pra Pat	2	MR	2	MR	1	R	26.5	3	20.2	MR	27.5	4	23.1	MR
13	Puang Kaew	2	MR	2	MR	1	R	13.8	2	8.4	R	29	4	20	MR
14	RD41	1	R	1	R	1	R	46.8	3	33.6	MS	36	4	30.7	MS
15	RD6 short plant	2	MR	2	MR	1	R	2	1	1.4	R	24.5	3	20	MR
16	Pin Kaset 4	-	-	-	-	-	-	91	5	88	HS	51	5	44	MS

วารสารเกษตร 35(1): 113 - 123 (2562)

Table 5. Disease severities, levels, disease indexes and phenotypes of each rice varieties react to the fungi by dropping with spore suspension (21 days after inoculation)

No.	Variety names	*Bipolaris oryzae*		*Curvularia lunata*		*Fusarium incarnatum*		*Sarocladium oryzae*							
								Dirty panicle disease				Sheath rot disease			
		Level	Phenotype	Level	Phenotype	Level	Phenotype	%Disease severity	Level	Disease index	Phenotype	%Disease severity	Level	Disease index	Phenotype
1	Pathum Thani 1	2	MR	2	MR	1	R	35	3	30.6	MS	25	3	21.4	MR
2	FL496	1	R	1	R	1	R	65.7	4	56.2	S	49.5	4	40	MS
3	IR62266	2	MR	2	MR	1	R	73	4	66.6	S	28	4	22.7	MR
4	DH103	2	MR	2	MR	1	R	15	2	10.2	MR	24.5	3	20	MR
5	Mudgo	2	MR	2	MR	1	R	67	4	52	S	45	4	41.7	MS
6	Abhaya	2	MR	2	MR	1	R	79.5	5	68.2	S	45.5	4	37.3	MS
7	IR72	1	R	1	R	1	R	68	4	57.2	S	38	4	33.3	MS
8	RD31	1	R	1	R	1	R	55	4	41.8	MS	30.5	4	25.3	MS
9	RD49	1	R	2	MR	1	R	58.9	4	39.4	MS	35	4	29.3	MS
10	0-39 Kamphaeng Phet	1	R	1	R	1	R	25	2	12	MR	25	3	24.4	MR
11	41 Puang Soong	1	R	1	R	1	R	63.6	4	43	MS	34	4	31.7	MS
12	Khao Pra Pat	2	MR	2	MR	1	R	35	3	25.2	MS	28	4	25.3	MS
13	Puang Kaew	2	MR	2	MR	1	R	23	2	17.6	MR	32	4	25.3	MS
14	RD41	1	R	1	R	1	R	50	3	44.2	MS	42.5	4	38.7	MS
15	RD6 short plant	2	MR	2	MR	1	R	4.2	1	2	R	25	3	24	MR
16	Pin Kaset 4	-	-	-	-	-	-	95.5	5	91.8	HS	63	5	52	S

Figure 3. The symptoms on panicles and flag leaf sheaths at 21 days after inoculation by dropping with spore suspension in each rice varieties. A, J: control, B: Pathum Thani 1, C: FL496, D: IR62266, E: DH103, F: Mudgo, G: Abhaya, H: IR72, I: RD31, K: RD49, L: 0-39 Kamphaeng Phet, M: 41 Puang Soong, N: Khao Pra Pat, O: Puang Kaew, P: RD41, Q: RD6 short plant and R: Pin Kaset 4 (susceptible check)

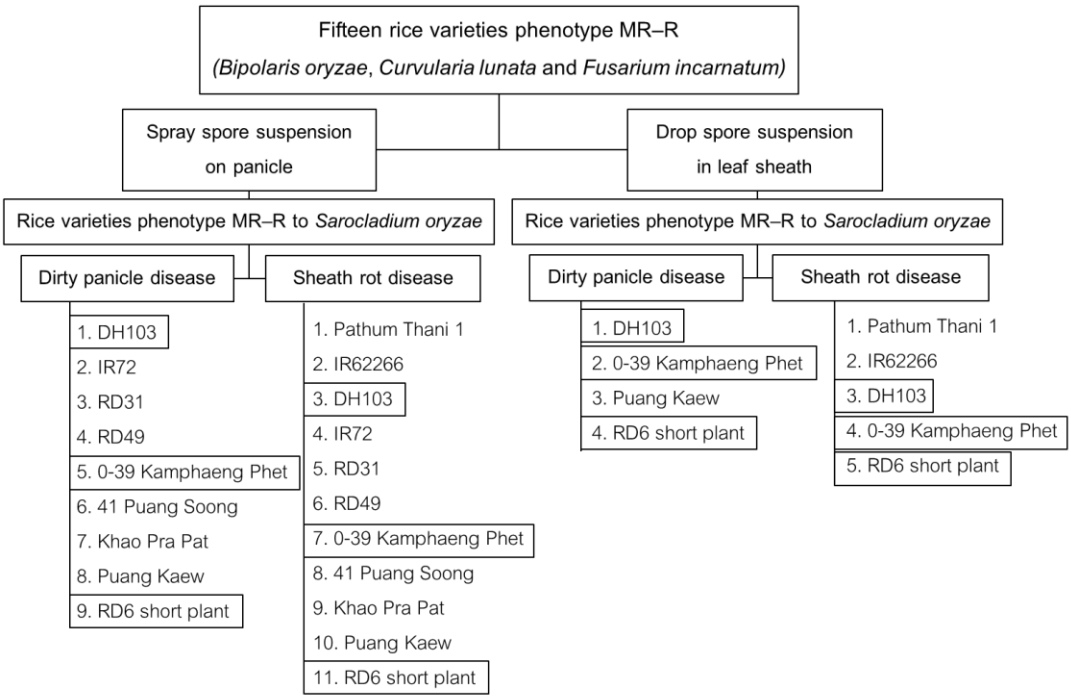

Figure 4. Rice varieties with moderately resistant and resistant to rice dirty panicle and sheath rot disease caused by *Sarocladium oryzae*

สรุป

จากการสำรวจโรคกาบใบเน่าและโรคเมล็ดด่างข้าวในแปลงปลูกข้าวในภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือหลายจังหวัด พบว่าทุกจังหวัดที่ทำการสำรวจมีการระบาดของโรคกาบใบเน่าและโรคเมล็ดด่างข้าว สาเหตุจากเชื้อรา *S. oryzae* พันธุ์ข้าวที่มีลักษณะต้านทานปานกลางและต้านทานต่อโรคกาบใบเน่าและโรคเมล็ดด่าง เมื่อปลูกเชื้อด้วยวิธีพ่นและหยอดสปอร์แขวนลอยที่รวงข้าวในระยะออกดอกและระยะตั้งท้อง ได้แก่ พันธุ์ DH103, 0-39 กำแพงเพชร และ กข6 ต้นเตี้ย ดังนั้น ข้าวทั้ง 3 พันธุ์นี้จึงสามารถนำไปเป็นแหล่งความต้านทานต่อโรคกาบใบเน่าและโรคเมล็ดด่างที่เกิดจากเชื้อรา *S. oryzae* ในโปรแกรมปรับปรุงพันธุ์ได้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณฝ่ายบริหารคลัสเตอร์และโปรแกรมวิจัย ด้านบริหารจัดการการวิจัย สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่สนับสนุนทุนในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าวและห้องปฏิบัติการค้นหาและใช้ประโยชน์ยีนข้าว ที่ให้ความอนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์ข้าว และภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่อนุเคราะห์เครื่องมือ อุปกรณ์ต่าง ๆ ตลอดจนพื้นที่สำหรับการทดลองครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กวินธรรพ์ บุบผา. 2559. การจำแนก Physiological Races ของเชื้อราสาเหตุโรคเมล็ดด่างข้าวและการประเมินโรคบนข้าวพันธุ์ต่าง ๆ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 164 หน้า.

กวินธรรพ์ บุบผา เทิดศักดิ์ สวัสดิ์สุข รัศมี ฐิติเกียรติพงศ์ ศิริพร กออินทร์ศักดิ์ และ จินตนา อันอาตม์งาม. 2559. การสำรวจโรคเมล็ดด่างข้าวที่เกิดจากเชื้อราและการพัฒนาวิธีการประเมินโรคในสภาพโรงเรือน. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 47(3): 339-349.

ดวงใจ สุริยาอรุณโรจน์ ประเสริฐ ไชยวัฒน์ หนูเรียง จันทร์เสนา และ นพพร สุภาพจน์. 2548. การปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้ทนต่อดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. กลุ่มวิจัย ศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 4, อุบลราชธานี. 48 หน้า.

ธีรยุทธ ตู้จินดา. 2557. พันธุ์ข้าวเหนียว กข6 ต้นเตี้ยต้านทานโรคไหม้และโรคขอบใบแห้ง. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://58.97.40.52/provtech/node/26 (13 มีนาคม 2561).

พรทิพย์ ถาวงศ์. 2545. ผลของโรคเมล็ดด่างที่มีต่อความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าว. วารสารวิชาการเกษตร 20(2): 111-120.

วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ สมชาย ธนสินชยกุล ไสว บูรณพานิชพันธุ์ เจตน์ คชฤกษ์ และ คณิตา เกิดสุข. 2560. ปฏิกิริยาของข้าวลูกผสมกลับ BC_4F_{3-4} (ขาวดอกมะลิ 105/อาบาญ่า) × ชัยนาท 1 กับเพลี้ยกระโดดหลังขาว. วารสารเกษตร 33(1): 21-30.

ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี. 2539. ข้าว: ความรู้คู่ชาวนา. เอกสารวิชาการ. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 191 หน้า.

สมคิด ดิสถาพร. 2532. ชาวนาปราบโรคข้าว. สมาคมนักโรคพืชแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ. 116 หน้า.

Bigirimana, V. de P., G.K.H. Hua, O.I. Nyamangyoku and M. Höfte. 2015. Rice sheath rot: An emerging ubiquitous destructive disease complex. Frontiers in Plant Science 6: 1066, doi: 10.3389/fpls.2015.01066.

Gams, W. and D.L. Hawksworth. 1975. Identity of *Acrocylindrium oryzae* Sawada and a similar fungus causing sheath-rot of rice. Kavaka 3: 57-61.

International Rice Research Institute (IRRI). 2013. Standard Evaluation System (SES) for Rice. 5th ed. IRRI, Manila. 65 p.

Lanoiselet, V., M. P. You, Y. P. Li, C. P. Wang, R. G. Shivas and M. J. Barbetti. 2012. First report of *Sarocladium oryzae* causing sheath rot on rice (*Oryza sativa*) in Western Australia. Plant Disease 96(9): 1382.

McMaugh, T. 2005. Guidelines for Surveillance for Plant Pests in Asia and the Pacific. ACIAR Monograph No.119, ACIAR, Canberra. 192 p.

Mew, T. W. and P. Gonzales. 2002. A Handbook of Rice Seedborne Fungi. International Rice Research Institute, Manila and Science Publishers, Inc., Enfield, N.H. 83 p.

Mew, T. W., H. Leung, S. Savary, C. M. Vera Cruz and J. E. Leach. 2004. Looking ahead in rice disease research and management. Critical Reviews in Plant Sciences 23(2): 103-127.

Sakthivel, N. 2001. Sheath rot disease of rice: Current status and control strategies. pp. 271-283. *In*: S. Sreenivasaprasad and R. Johnson (eds.). Major Fungal Diseases of Rice: Recent Advances. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

การปรับตัวของผู้ปลูกข้าวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในอำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่

Rice Growers' Adaptation to Climate Change in Doi Saket District, Chiang Mai Province

ปวีณรัตน์ สิงสิน[1] รุจ ศิริสัญลักษณ์[1*] บุศรา ลิ้มนิรันดร์กุล[1] และ แสงทิวา สุริยงค์[2]

Paweenrut Singsin[1], Ruth Sirisunyaluk[1*], Budsara Limnirunkul[1] and Sangtiwa Suriyong[2]

[1]ภาควิชาพัฒนาเศรษฐกิจการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

[1]Department of Agricultural Economy and Development, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

[2]ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

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

**Corresponding author: Email: ruth.si@cmu.ac.th*

(Received: 17 April 2018; Accepted: 18 July 2018)

Abstract: The objectives of this research were to study: 1) The impact of climate change on rice growers in Doi Saket district, Chiang Mai province 2) rice growers' adaptation and problem solving to climate change and 3) the problems obstracles and suggestion of rice growers on adaptation to climate change. The researcher used mixed method (exploratory mixed method design) to conduct the research. This design involved the process of collecting qualitative data for surveying and then collecting quantitative data. In qualitative research, 7 rice growers were used for in-depth interviewed and 13 farmers for group discussion. Then the researcher used qualitative data for developing questionnaire in order to collected quantitative data (from 97 rice growers). The quantitative data was analyzed using descriptive statistics and qualitative data was analyzed using content analysis. The results of climate change studies showed that, there were lot of diseases and insect pests, dry soil and lack of water due to long-term rainfall decline. For rice growers, climate adaptation strategies can be grouped into 8 strategies according to the data from group interviews. In in-depth interviews, there were two strategies that rice growers used for adaptation at the highest level including a changing of planting dates and changing of planting method. From quantitative research, the results revealed in consistant with qualitative results which found that 54.6% of the rice growers changed of planting dates and 49.5% of the farmers changed planting method. The problems and obstracles of rice growers' adaptation to climate change were lack of both knowledge in adaptation and supported from extension office, also the rice growers need fund for adaptation. Rice growers recommended that information are very important for adaptation to climate change. So training for knowledge management to climate change adaptation are very important for rice growers to adapt in effective way.

Keywords: Adaptation, climate change

บทคัดย่อ: การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อผู้ปลูกข้าวในอำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ 2) การปรับตัวและการแก้ไขปัญหาในการปลูกข้าวของผู้ปลูกข้าว ภายใต้สภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง และ 3) ปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะของผู้ปลูกข้าวในการปรับตัวภายใต้สภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง การวิจัยที่ใช้เป็นแบบ mixed method (exploratory mixed method design) เป็นการวิจัยที่มีขั้นตอนการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพก่อนแล้วจึงทำการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ การวิจัยเชิงคุณภาพผู้วิจัยสัมภาษณ์เชิงลึกเกษตรกร จำนวน 7 ราย และสัมภาษณ์กลุ่ม จำนวน 13 ราย แล้วนำข้อมูลที่ได้มาสร้างแบบสัมภาษณ์เพื่อใช้เก็บข้อมูลเชิงปริมาณ โดยมีการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 97 ราย วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณใช้สถิติพรรณนาและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพใช้การวิเคราะห์เนื้อหา ผลการศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศพบว่า ผู้ปลูกข้าว ได้รับผลกระทบจากการเกิดโรคระบาดและแมลงศัตรูพืช ดินแห้ง อีกทั้งปัญหาน้ำไม่เพียงพอต่อการปลูกข้าว ด้านการปรับตัว ผู้วิจัยแบ่งออกเป็น 8 ด้านตามแนวทางที่ได้จากการสัมภาษณ์กลุ่ม จากการสัมภาษณ์เชิงลึก เกษตรกรให้ความสำคัญกับการปรับตัว 2 ด้าน โดยเลือกที่จะใช้ในการปรับตัวมากที่สุด คือการปรับตัวด้านเวลาในการปลูกและการปรับตัวด้านวิธีการปลูกซึ่งการวิจัยเชิงปริมาณก็ได้ผลสอดคล้องกับเชิงคุณภาพ คือการปรับเวลาการปลูก (54.6%) และการปรับวิธีการปลูก (49.5%) ปัญหาและอุปสรรคในการปรับตัวของผู้ปลูกข้าว พบว่าขาดความรู้ ขาดการส่งเสริมเรื่องการปรับตัว และสนับสนุนจากหน่วยงาน ขาดงบประมาณในการปรับตัวต่อสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง ผู้ปลูกข้าวเสนอว่าหน่วยงานรัฐควรวางแผนการจัดการน้ำ ให้การสนับสนุนด้านความรู้ และให้ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศ ดังนั้นเพื่อให้การปรับตัวเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นการจัดอบรมและให้ความรู้เกี่ยวกับการปลูกข้าวในสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงเป็นสิ่งสำคัญยิ่ง

คำสำคัญ: การปรับตัว การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

คำนำ

ปัจจุบันประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก ประสบภัยพิบัติด้านภูมิอากาศ เช่น ภัยแล้ง (Xiong *et al*., 2009) น้ำท่วม (Wilby *et al*., 2007) พายุ (Bengtsson and Hodges, 2006) คลื่นความร้อน (Hayhoe *et al*., 2010) และไฟป่า (Fried *et al*., 2004) เพิ่มขึ้น เหตุการณ์เหล่านี้โดยมากเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งภูมิอากาศเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อการเกษตร (Chavas *et al*., 2009) จากงานวิจัยของ Calzadilla *et al*. (2014) ที่ศึกษาเรื่อง climate change and agriculture: Impacts and adaptation options in South Africa พบว่าแอฟริกาใต้มีแนวโน้มที่จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นและฝนน้อยลง อันเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยเกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำและความชื้นในดินซึ่งส่งผลกระทบต่อผลผลิตของพื้นที่เพาะปลูกที่นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงในการผลิตอาหารและการส่งออกระหว่างประเทศ

ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศดังจะเห็นได้จากการที่ประเทศไทยต้องเผชิญกับภาวะภัยแล้ง น้ำท่วมที่รุนแรงมากขึ้นและอุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศที่สูงขึ้นทุกฤดูกาล (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2553) จากงานวิจัยในประเทศไทยภายใต้โครงการผลกระทบของภาวะโลกร้อนต่อผลผลิตข้าว อ้อย มันสำปะหลังและข้าวโพด ซึ่งพบว่า ผลผลิตทางการเกษตรในประเทศไทยโดยทั่วไปไม่ได้รับผลกระทบที่รุนแรงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แต่อย่างไรก็ตามรูปแบบความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศในอนาคต จะส่งผลให้ผลผลิตทางการเกษตรมีความแปรปรวนไปด้วย และถึงแม้ว่าผลผลิตโดยรวมของประเทศจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่รุนแรงมากนัก แต่บางพื้นที่จัดว่าเป็นพื้นที่วิกฤตต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งผลผลิตในอนาคตจะมีการเปลี่ยนแปลงมาก ได้แก่ พื้นที่ทำนาน้ำฝนหรือข้าวนาปีตลอดจนพื้นที่ปลูกอ้อยและมันสำปะหลังทางภาคเหนือของประเทศ และ

ในช่วงฤดูแล้ง พื้นที่ทำนาข้าวและพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดที่ได้รับผลกระทบจะขยายขอบเขตไปในหลายพื้นที่ ผลจากการ ประเมินพบว่า สาเหตุหลักที่ทำให้ผลผลิตข้าวลดลง ได้แก่ ธาตุอาหารในดินและการกระจายตัวของฝน ส่วนสาเหตุที่ผลผลิตมันสำปะหลังลดลง เนื่องจากคุณสมบัติของดินและปริมาณน้ำฝนที่ไม่สัมพันธ์กัน การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเป็นปัญหาหลักในบริเวณภาคเหนือตอนล่าง นอกจากนี้ผลผลิตข้าวโพดจะลดลงเนื่องจากการขาดน้ำในระยะออกดอก โดยเฉพาะในช่วงข้าวโพดออกไหมและช่วงที่ปรากฏช่อเกสรตัวผู้ (เกริก และคณะ, 2552)

อำเภอดอยสะเก็ดเป็นอำเภอหนึ่งในจังหวัดเชียงใหม่ที่ถูกประกาศให้เป็นพื้นที่ภัยแห้งแล้ง เนื่องจากประสบปัญหาภัยแล้งอย่างหนักโดยมีพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจำนวน 13 ตำบลจาก 14 ตำบล เนื่องจากขาดแคลนน้ำ จากการที่ฝนทิ้งช่วงเป็นเวลานาน ทำให้ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเกษตรลดลง โดยมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยลดลงอย่างต่อเนื่องจากปี พ.ศ. 2557 เป็นต้นมาซึ่งในปี พ.ศ. 2557 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,317.3 มม. แต่ในปี พ.ศ. 2558 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยลดลงเหลือเพียง 1,168.9 มม. (ศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคเหนือตอนบน, 2558) และยังพบว่าเขื่อนแม่กวงอุดมธาราในอำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ มีปริมาณน้ำทั้งสิ้น 31 ล้านลูกบาศก์เมตร สามารถใช้น้ำได้จริงเหลือเพียง 72,522 ลูกบาศก์เมตรเท่านั้น (โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเขื่อนแม่กวงอุดมธารา, 2558) จากสถานการณ์น้ำดังกล่าวส่งผลต่อเกษตรกรที่มีพื้นที่เพาะปลูกอยู่ในพื้นที่อำเภอดอยสะเก็ด โดยมีน้ำไม่เพียงพอในการทำการเกษตร ทำให้พื้นที่ปลูกข้าวในอำเภอดอยสะเก็ดได้รับผลกระทบจากสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป ปัญหาดังกล่าวเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อการปลูกข้าวของเกษตรกรในด้านผลผลิตและรายได้จากการปลูกข้าว จากการศึกษา Sekaleli and Sebusi (2013) พบว่า เกษตรกรใน Ts'akholo และชุมชน Kolo ในอำเภอ Mafeteng ประเทศ Lesotho ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศคือมีความแห้งแล้ง น้ำท่วม การกัดเซาะหน้าดิน และการระบาดของโรคและแมลง ซึ่งเกษตรกรได้มีการปรับตัวโดยใช้วิธีการกักเก็บน้ำ ไว้ใช้ในช่วงแห้งแล้ง การอนุรักษ์ดิน การใช้ระบบวนเกษตร และการประยุกต์ใช้ยาฆ่าแมลงที่สกัดมาจากชีวภาพเพื่อควบคุมโรคและแมลง

การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยมีความต้องการเพื่อให้ได้คำตอบว่าเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในอำเภอดอยสะเก็ด ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างไร และเกษตรกรผู้ปลูกข้าวมีการปรับตัวอย่างไรต่อเหตุการณ์ดังกล่าว ในพื้นที่ดอยสะเก็ดยังขาดการศึกษาที่ชัดเจนในประเด็นของผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการปลูกข้าวของเกษตรกรและยังขาดข้อมูลในด้านการปรับตัวตลอดจนการแก้ไขปัญหาของเกษตรกรเมื่อเกิดภาวะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จึงจำเป็นที่จะต้องสำรวจว่าเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในอำเภอดอยสะเก็ดได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างไรบ้าง และเกษตรกรมีการปรับตัวเพื่อแก้ไขปัญหาอย่างไร เกษตรกรมีความต้องการความช่วยเหลืออย่างไรบ้าง ทั้งนี้เพื่อเป็นประโยชน์แก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้นำข้อมูลมาเป็นแนวทางในการส่งเสริมให้เกษตรกรสามารถแก้ไขปัญหาและช่วยเหลือพึ่งพาตนเองได้ นอกจากนี้จะได้นำข้อมูลเหล่านี้ไปประกอบการวางแผน แก้ไขปัญหา และช่วยเหลือเกษตรกรต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยที่ใช้เป็นแบบผสม (mixed method) ชนิด exploratory mixed method design เป็นการวิจัยที่มีขั้นตอนการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพแล้วจึงทำการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ ในการวิจัยเชิงคุณภาพผู้วิจัยสัมภาษณ์เชิงลึกเกษตรกรและทำการสนทนากลุ่ม (group discussion) แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้มาสร้างแบบสัมภาษณ์เพื่อนำไปใช้เก็บข้อมูลเชิงปริมาณ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ เกษตรกรผู้ปลูกข้าวใน 13 ตำบลของอำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ รวมทั้งหมด 2,869 ราย ในการวิจัยเชิงปริมาณผู้วิจัยกำหนดขนาดตัวอย่างโดยใช้สูตรการคำนวณหาขนาดกลุ่มตัวอย่างของ Taro Yamane (Yamane, 1973) ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 97 ราย สำหรับการวิจัยเชิงคุณภาพ

ผู้วิจัยกำหนดกลุ่มตัวอย่างเพื่อสัมภาษณ์เชิงลึกจำนวน 7 ราย แล้วทำการสนทนากลุ่ม จำนวน 13 ราย โดยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง (purposive sampling) เกษตรกรผู้ปลูกข้าวที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและมีการปรับตัวในการผลิต

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบสัมภาษณ์เป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล ซึ่งมีการทดสอบความน่าเชื่อถือได้ (reliability) โดยนำไปสัมภาษณ์ประชากรที่มีลักษณะใกล้เคียงกับประชากรที่ใช้ศึกษา จำนวน 20 ราย ในอำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ หลังจากนั้นนำแบบสัมภาษณ์ตอนที่ 2 ผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงของผู้ปลูกข้าว มาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาค่า reliability coefficient ตามวิธีการของ Cronbach ผลปรากฏว่าแบบสัมภาษณ์มีค่าสัมประสิทธิ์อัลฟา (Cronbach's alpha) แยกเป็น 2 หัวข้อ ดังนี้ 1) ความคิดเห็นต่อสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง มีค่าสัมประสิทธิ์อัลฟา เท่ากับ 0.705 และ 2) ความคิดเห็นต่อระยะต่าง ๆ ในการเจริญเติบโตของข้าวที่ได้รับผลกระทบมีค่าสัมประสิทธิ์อัลฟา เท่ากับ 0.854 ส่วนเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพประกอบด้วยแบบสัมภาษณ์เชิงลึกและการสนทนากลุ่ม การสัมภาษณ์เชิงลึกมีการสัมภาษณ์ผู้ปลูกข้าวโดยมีหัวข้อในการสนทนากลุ่ม ดังนี้ ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและรูปแบบการปรับตัวต่อสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงของผู้ปลูกข้าว ทั้งนี้เพื่อให้ได้แนวทางในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของผู้ปลูกข้าวแล้วนำข้อมูลที่ได้มาสร้างแบบสัมภาษณ์เพื่อใช้ในการสัมภาษณ์เชิงปริมาณต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

วิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูปเพื่อการวิจัยทางสังคมศาสตร์ สถิติที่ใช้ คือ สถิติพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าต่ำสุด สูงสุด และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis) ที่ได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึกและการสนทนากลุ่ม

ผลการศึกษา

ลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคม

ผลการวิจัยพบว่า ผู้ปลูกข้าวร้อยละ 57.7 เป็นเพศชาย ร้อยละ 41.2 มีอายุอยู่ระหว่าง 51-60 ปี โดยมีอายุเฉลี่ย 59.6 ปี ในด้านการศึกษาพบว่าร้อยละ 69.1 จบการศึกษาในระดับประถมศึกษาตอนต้น ส่วนใหญ่ ร้อยละ 53.6 มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนอยู่ระหว่าง 1 ถึง 3 คน มีจำนวนแรงงานในครัวเรือนเฉลี่ย 2 คน พื้นที่ถือครองทั้งหมดอยู่ระหว่าง 1 ถึง 10 ไร่ มีต้นทุนต่อไร่ในการปลูกข้าวอยู่ระหว่าง 2,401 ถึง 4,300 บาท มีรายได้รวมต่อปีเฉลี่ย 89,012 บาท เกษตรกรมีประสบการณ์ในการปลูกข้าวเฉลี่ย 31.2 ปี ผู้ปลูกข้าวส่วนใหญ่ใช้แหล่งน้ำในการปลูกข้าวจากชลประทาน ส่วนใหญ่มีระบบการปลูกข้าวเป็นแบบการปลูกข้าวเพียงอย่างเดียว มีการเข้าร่วมกลุ่มและเป็นสมาชิกกลุ่มต่าง ๆ ทั้งภายในและภายนอกชุมชน

ความเข้าใจของผู้ปลูกข้าวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

การศึกษาความเข้าใจของผู้ปลูกข้าวในเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ผู้วิจัยได้แบ่งเป็นประเด็นความเข้าใจออกเป็น 3 เรื่อง ได้แก่ ความหมายของภาวะโลกร้อน ความหมายของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และสาเหตุที่ทำให้เกิดสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง

จากการศึกษาเชิงคุณภาพโดยการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้ปลูกข้าวจำนวน 7 รายในเรื่องความหมายของภาวะโลกร้อน พบว่า ผู้ปลูกข้าว 5 รายจาก 7 รายตอบภาวะโลกร้อนเป็นการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของโลก โดยนาง ก (นามสมมุติ) หนึ่งในผู้ให้การสัมภาษณ์ตอบว่าในรอบ 10 ปีที่ผ่านมา เห็นว่าอุณหภูมิในพื้นที่เพิ่มขึ้นจากเดิมเป็นอย่างมาก นอกจากนี้น้ำฝนและแหล่งน้ำมี

ปริมาณลดลงไม่เพียงพอต่อความต้องการในการทำการเกษตร โดยการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเห็นได้ชัดมากจึงคิดว่าภาวะโลกร้อนคือการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ย และนาง จ ได้ให้ข้อมูลในทางเดียวกันว่าในช่วง 10 ปีที่ผ่านมามีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างมากดังสังเกตได้จาก ดินที่แห้งแล้งและฝนที่ทิ้งช่วงทำให้ผลผลิตลดลง แต่มีผู้ปลูกข้าว 2 รายจาก 7 รายดังกล่าวเข้าใจว่าภาวะโลกร้อน เป็นผลมาจากการกระทำของมนุษย์ ซึ่งไม่ได้ให้ความหมายภาวะโลกร้อนไว้ โดยนาย ฉ หนึ่งในผู้ให้สัมภาษณ์ระบุว่าภาวะโลกร้อนเกิดจากการกระทำของมนุษย์ทั้งการตัดไม้ทำลายป่า การเผาป่า เป็นการส่งผลให้เกิดภาวะโลกร้อนทั้งสิ้น เมื่อถามถึงความหมายของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศผู้ปลูกข้าว 6 รายจาก 7 รายเข้าใจว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นสภาวะน้ำท่วมและสภาวะแห้งแล้ง โดย นาย ง หนึ่งในผู้ให้การสัมภาษณ์ได้ให้ความเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศคือการที่เกิดสภาวะแห้งแล้งยาวนานหรือสภาวะน้ำมากเกินปกติจนเกิดน้ำท่วม นอกจากนี้อุณหภูมิในแต่ละฤดูยังเพิ่มสูงขึ้นอีกด้วย ในด้านสาเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศผู้ปลูกข้าวทั้ง 7 ราย ตอบเป็นแนวเดียวกันว่ามีสาเหตุมาจากการกระทำของมนุษย์ โดยนาย ค หนึ่งในผู้ให้การสัมภาษณ์ได้ให้เหตุผลว่าปัจจุบันมีการตัดไม้ทำลายป่าและเผาป่าเพิ่มขึ้นจากเดิมมากทำให้อากาศในปัจจุบันเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม นาย ช ผู้สัมภาษณ์อีกรายหนึ่งได้ให้เหตุผลสนับสนุนว่า ปัจจุบันมีการเผาป่าเพิ่มมากขึ้นทำให้ปริมาณต้นไม้ที่มีอยู่มีจำนวนลดลง ส่งผลให้สภาพภูมิอากาศในปัจจุบันเปลี่ยนไปจากเดิม ซึ่งจากการสัมภาษณ์ผู้ปลูกข้าวส่วนใหญ่ตอบว่าสาเหตุที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศคือการกระทำของมนุษย์โดยให้เหตุผลว่าเป็นสาเหตุที่เห็นได้ชัดที่สุดและเป็นเรื่องที่ใกล้ตัว

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาเชิงปริมาณโดยสัมภาษณ์ผู้ปลูกข้าว 97 รายในเรื่องความหมายของภาวะโลกร้อน และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ตลอดจนสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พบว่า ในประเด็นความหมายภาวะโลกร้อน ผู้ปลูกข้าวร้อยละ 81.4 เข้าใจว่าภาวะโลกร้อนคือการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยบนโลก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาเชิงคุณภาพ แต่ยังมีผู้ปลูกข้าวร้อยละ 52.6 เข้าใจว่าภาวะโลกร้อนเกิดจากการกระทำของมนุษย์ซึ่งผู้ปลูกข้าวยังไม่ทราบถึงความหมายของภาวะโลกร้อนที่แน่นอน แต่รู้ถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดโลกร้อนจึงมีการตอบถึงสาเหตุของภาวะโลกร้อนแทนซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาเชิงคุณภาพเช่นกัน

ในด้านความหมายของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณพบว่า ผู้ปลูกข้าวร้อยละ 75.3 เข้าใจว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นภาวะแห้งแล้งที่ยาวนานหรือภาวะน้ำท่วมที่มีความถี่ขึ้นหรือรุนแรงขึ้นและร้อยละ 74.2 เข้าใจว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกที่มากขึ้นผิดปกติซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาเชิงคุณภาพ แต่จะมีผู้ปลูกข้าวเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่เข้าใจว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นการเปลี่ยนแปลงปริมาณและการกระจายตัวของน้ำฝน อากาศไม่เป็นไปตามฤดูกาลและอื่น ๆ

เมื่อถามถึงประเด็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ผู้ปลูกข้าวจำนวนร้อยละ 94.9 ตอบว่าสาเหตุที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมาจากการกระทำของมนุษย์ อย่างเช่น การตัดไม้ทำลายป่า การเผาป่า เป็นต้น ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณสอดคล้องกับการศึกษาเชิงคุณภาพ และยังมีผู้ปลูกข้าวจำนวนร้อยละ 35.1 ที่เข้าใจว่าสาเหตุที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศคือการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และร้อยละ 23.7 เข้าใจว่าสาเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศคือการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติโดยสาเหตุทั้งสองข้อผู้ปลูกข้าวได้ระบุว่าเป็นเรื่องที่ไม่ทราบแน่ชัดว่าเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศหรือไม่ โดยรายละเอียดของข้อมูลเชิงปริมาณแสดงในตารางที่ 1

ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อผู้ปลูกข้าว

การศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อผู้ปลูกข้าว ผู้วิจัยศึกษา เกี่ยวกับ ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการปลูกข้าว ผลกระทบต่อพื้นที่ปลูกข้าว ผลกระทบในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา

Table 1. Rice growers's perception of climate change

n = 97

Perception	Frequency	Percent
Meaning of global warming (Can choose more than one item)		
- An increase in temperature	79	81.4
- Global warming caused by human actions	51	52.6
Meaning of climate change (Can choose more than one item)		
- An increase in temperature	72	74.2
- Drought or floods are more frequent or harsh	73	75.3
- Change in rainfall	19	19.6
- Change in weather of season	19	19.6
- Other	3	3.1
Cause of climate change (Can choose more than one item)		
- Climate change caused by human actions	92	94.9
- Natural change	23	23.7
- Greenhouse effect	34	35.1

และผลกระทบต่อการดำเนินชีวิต ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพและข้อมูลเชิงปริมาณ สรุปได้ดังนี้

จากการศึกษาเชิงคุณภาพโดยการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้ปลูกข้าวจำนวน 7 รายในเรื่องผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการปลูกข้าวพบว่า ในด้านผลกระทบต่อการปลูกข้าว ผู้ปลูกข้าว 5 รายจาก 7 ราย ตอบว่าทำ ให้เกิดโรคระบาดและแมลงศัตรูพืชเป็นจำนวนมากโดยนาง ก หนึ่งในผู้ให้การสัมภาษณ์ให้ข้อมูลว่ามีการระบาดของโรคและแมลงทำให้นาง ก ต้องมีภาระในการป้องกันและกำจัดโรคแมลงมากขึ้น โดยพ่นสารฆ่าแมลงเพิ่มขึ้นปีละ 5 ครั้งจากเดิมที่มีการฉีดพ่นปีละ 3 ครั้ง เนื่องจากโรคและแมลงศัตรูพืชเพิ่มขึ้นจำนวนมากจึงจำเป็นต้องมีการใช้สารฆ่าแมลงเพิ่มขึ้นไปด้วย

ในด้านผลกระทบต่อพื้นที่ปลูกข้าว พบว่า ผู้ปลูกข้าว 2 รายจาก 7 ราย ตอบว่าทำให้พื้นที่ปลูกข้าวแห้งแล้งและขาดความชุ่มชื้น โดยนาย ค กล่าวว่าตนเพิ่มการให้ปุ๋ยปีละ 4 ครั้งจากเดิมที่มีการให้ปุ๋ยเพียงปีละ 2 ครั้งเนื่องจากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทำให้ดินในพื้นที่ปลูกมีความแห้งแล้ง จึงจำเป็นต้องมีการบำรุงข้าวและบำรุงดินเพื่อรักษาผลผลิตให้ได้มากที่สุด

เมื่อถามเกษตรกรถึงสภาพภูมิอากาศในช่วง 10 ปีที่ผ่านมามีผลอย่างไรต่อพื้นที่ทำการเกษตร ผู้ปลูกข้าว 5 รายจาก 7 รายตอบว่าน้ำไม่เพียงพอต่อการทำการเกษตร โดยนาย ข เล่าว่าเดิมมีการปลูกข้าว 2 ช่วง (ทั้งนาปีและนาปรัง) แต่ปัจจุบันมีการปลูกข้าวได้เพียงครั้งเดียวคือ นาปี เพราะมีน้ำไม่เพียงพอจึงงดการทำนาปรัง ผู้ปลูกข้าวต้องทำคันนาขนาดใหญ่เพื่อให้น้ำอยู่ได้นาน

จากการสัมภาษณ์เชิงลึกเกี่ยวกับผลกระทบจากสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงต่อการดำเนินชีวิต พบว่ามีผู้ปลูกข้าวรายหนึ่งให้ข้อมูลว่ามีรายได้ลดลงเนื่องจากผลผลิตทางการเกษตรลดลง โดยเล่าว่าเดิมปลูกข้าว 2 ช่วง (ทั้งนาปีและนาปรัง) แต่ปัจจุบันมีการปลูกข้าวเพียงครั้งเดียวคือ นาปี การใช้น้ำในการปลูกข้าวนาปีจากเดิมเคยใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติอย่างเพียงพอก็ต้องมีการสูบน้ำบาดาลมาใช้ในการปลูกข้าว การปลูกข้าวได้เพียงครั้งเดียวจึงทำให้รายได้ลดลง และยังมีรายจ่ายเพิ่มในการสูบน้ำบาดาล การซื้อปุ๋ย และสารฆ่าแมลง

การศึกษาเชิงปริมาณในด้านผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยสัมภาษณ์ผู้ปลูกข้าวจำนวน 97 ราย พบว่า ในด้านผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการปลูกข้าว ผู้ปลูกข้าว

ร้อยละ 83.5 ตอบว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลให้เกิดโรคระบาดและแมลงศัตรูพืชเป็นจำนวนมาก เมื่อถามถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อพื้นที่ปลูกข้าว ผู้ปลูกข้าวส่วนใหญ่ร้อยละ 81.4 บอกว่าพื้นที่ปลูกข้าวได้รับผลกระทบคือดินมีความแห้งแล้ง ขาดความชุ่มชื้น ในด้านผลกระทบต่อการปลูกข้าวในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา พบว่า ร้อยละ 85.6 ตอบว่าประสบปัญหาน้ำไม่เพียงพอต่อการปลูกข้าวเนื่องจากฝนทิ้งช่วงเป็นเวลานาน และในเรื่องผลกระทบจากสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงต่อการดำเนินชีวิต ผู้ปลูกข้าวร้อยละ 91.8 ตอบว่ามีรายได้ลดลงเนื่องจากผลผลิตทางการเกษตรลดลง จะเห็นได้ว่าการศึกษาข้อมูลเชิงปริมาณได้สนับสนุนผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพเป็นอย่างยิ่ง โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 2 ต่อไปนี้

การปรับตัวและการแก้ไขปัญหาในการปลูกข้าวของเกษตรกรภายใต้สภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง

จากการศึกษาเชิงคุณภาพเกี่ยวกับการปรับตัวในการปลูกข้าวของเกษตรกรภายใต้สภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง โดยการสนทนากลุ่มกับเกษตรกรผู้ปลูกข้าวจำนวน 13 ราย พบว่าผู้ปลูกข้าวมีการปรับตัว 8 แนวทาง ได้แก่ 1) การปรับเปลี่ยนชนิดพืชปลูกโดยมีการปลูกพืชที่ใช้น้ำน้อยแทน อย่างเช่น ถั่วเหลือง ถั่วเขียว หอมแดง เป็นต้น 2) การปรับเปลี่ยนเวลาในการปลูกโดยเลื่อนเวลาปลูกให้เร็วขึ้นหรือเลื่อนให้ช้าลงเพื่อรอน้ำฝน 3) การปรับเปลี่ยนวิธีการปลูกโดยเปลี่ยนจากวิธีการปลูกเป็นการหว่านเนื่องจากการหว่านจะใช้น้ำน้อยกว่า 4) การปรับเปลี่ยนการจัดการน้ำโดยการเจาะน้ำบาดาลเพิ่มขึ้น 5) การปรับเปลี่ยนการดำเนินชีวิต เช่น การป้องกันตนเองจากแสงแดดโดยการสวมหมวกหรือผ้าคลุมหน้า เสื้อแขนยาวเมื่อทำงานกลางแจ้ง เป็นต้น 6) การปรับเปลี่ยน

Table 2. The impact of climate change on rice growers (Can choose more than one item)

n = 97

Impact of climate change	Frequency	Percentage
Impact on rice cultivation (Can choose more than one item)		
- Reduction growing	58	59.8
- Increase the intensity of some diseases and insect pests	81	83.5
- Decrease rice yields	43	44.3
Impact on cultivated area (Can choose more than one item)		
- Dry soil	79	81.4
- Poor soil fertility	25	25.8
- Crop and insect pests outbreaks	74	76.3
- Soil erosion	1	1.0
Impact of climate change in the past 10 years on the cultivated area (Can choose more than one item)		
- Flood	32	33.0
- Inadequate water /rainfall	83	85.6
- Plant diseases and insect pests are increasing	66	68.0
Impact of climate change on living (Can choose more than one item)		
- Income decreased due to declining of agricultural product	89	91.8
- Increase infective disease from mosquitoes and insect pests	43	44.3
- Health problems from higher temperatures	39	40.2

อาชีพ เช่น การทำอาชีพเสริมเพื่อเพิ่มรายได้ให้แก่ครอบครัว 7) การประยุกต์ใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่น เช่น มีการทำน้ำหมัก ปุ๋ยหมักชีวภาพ สำหรับปลูกข้าว เป็นต้น และ 8) การวางแผนระดับชุมชนในการป้องกันภัยแล้งและน้ำท่วม อย่างเช่น การวางแผนการใช้น้ำให้เพียงพอกับคนในชุมชน เป็นต้น จากการสัมภาษณ์เชิงลึกเกษตรกรจำนวน 7 ราย พบว่า การปรับตัวใน 8 ด้านดังกล่าวมีเพียง 2 ด้านที่ผู้ปลูกข้าวเลือกใช้มากที่สุดในการปรับตัว คือการปรับตัวด้านเวลาในการปลูกและการปรับตัวด้านวิธีการปลูก เนื่องจากผู้ปลูกข้าวได้ระบุว่ามีข้อจำกัดทางการปรับตัวทำให้ผู้ปลูกข้าวต้องเลือกวิธีการปรับตัวที่มีการลงทุนน้อยที่สุด และมีความรู้และข้อมูลมากพอที่จะทำได้ ส่วนการปรับตัวอีก 6 ด้านมีผู้ปลูกข้าวเป็นจำนวนน้อยที่ทำการปรับตัว เนื่องจากเป็นวิธีการที่ต้องใช้ความรู้และข้อมูลเพิ่มเติมและต้องอาศัยข้อมูลการส่งเสริมจากรัฐ รวมทั้งต้องมีการลงทุนมากทำให้เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่เลือกปรับตัวใน 6 ด้านดังกล่าว

จากการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้ปลูกข้าวจำนวน 7 ราย พบว่า ผู้ปลูกข้าว 3 ใน 7 ราย ตอบว่ามีการปรับตัวด้านเวลาในการปลูก โดยการปรับเปลี่ยนเวลาให้ตรงกับการจ่ายน้ำหรือช่วงมีฝนตกและเพื่อรักษาผลผลิตข้าวไว้ให้ได้มากที่สุด โดยนาง ก ให้ข้อมูลว่ามีการปลูกข้าวเร็วขึ้นจากเดิมที่มีการปลูกในต้นเดือนสิงหาคมเป็นปลายเดือนกรกฎาคมเพื่อปลูกรอน้ำฝน และ นาย ค ได้ให้รายละเอียดอีกว่า ในการปลูกข้าว น้ำเป็นส่วนสำคัญที่สุดในการปลูกข้าวเมื่อไม่มีน้ำการปลูกข้าวจึงเป็นไปได้ยากขึ้น นาย ค ปรับเปลี่ยนเวลาปลูกให้ช้าลงเนื่องจากรอน้ำฝนที่ตกลงมา แต่ถ้าผ่านช่วงเดือนสิงหาคมไปจนถึงเดือนกันยายนยังไม่มีฝนตกลงมาก็จะไม่มีการปลูกข้าวในปีนั้น นอกจากนี้ผู้ปลูกข้าว 4 ราย จาก 7 ราย ตอบว่ามีการปรับตัวด้านวิธีการปลูกคือเลือกวิธีการหว่านเนื่องจากใช้น้ำน้อยกว่าและสามารถหว่านลงไปในแปลงข้าวที่ไม่มีน้ำได้เลยเพื่อรอน้ำฝน โดยนาย ง เล่าว่า ใช้วิธีการหว่านซึ่งจะใช้วิธีการไถกลบก่อนเพื่อบำรุงดินให้ดินมีความชุ่มชื้นและมีความอุดมสมบูรณ์ก่อน แล้วจึงจะหว่านเมล็ดข้าวลงไป ซึ่งการหว่านจะเป็นการหว่านแห้งเพื่อรอน้ำที่จะปล่อยมา และการไถกลบยังเป็นการลดต้นทุนค่าปุ๋ยได้เป็นอย่างดี

จากข้อมูลเชิงคุณภาพดังกล่าว ผู้วิจัยได้นำมาเป็นแนวทางในการสัมภาษณ์เชิงปริมาณโดยเก็บข้อมูลจากผู้ปลูกข้าวจำนวน 97 ราย ว่ามีวิธีการปรับตัวต่อสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงอย่างไร โดยตั้งคำถามการปรับตัวทั้งหมด 8 ด้านตามแนวทางที่ได้มาจากการสนทนากลุ่ม การศึกษาเชิงปริมาณ พบว่า ในด้านการปรับตัวโดยเปลี่ยนชนิดพืชปลูก ผู้ปลูกข้าวร้อยละ 17.5 เลือกพืชที่ใช้น้ำน้อย เช่น ถั่วเหลือง ถั่วเขียว หอมแดง เป็นต้น ในการปรับตัวด้านเวลาในการปลูก ผู้ปลูกข้าวร้อยละ 54.6 ปรับเปลี่ยนเวลาในการปลูกโดยเลื่อนเวลาปลูกให้เร็วขึ้นจากการปลูกเดิมในช่วงกลางเดือนสิงหาคมเป็นช่วงปลายเดือนกรกฎาคมจนถึงต้นเดือนสิงหาคมและเลื่อนให้ช้าลงจากการปลูกเดิมในช่วงกลางเดือนสิงหาคมเป็นช่วงปลายเดือนสิงหาคมจนถึงปลายเดือนกันยายน วิธีนี้ถ้าไม่มีน้ำฝนที่เพียงพอหลังจากปลายเดือนกันยายนผู้ปลูกข้าวจะงดการทำนาในปีนั้น การปรับตัวด้านวิธีการปลูกผู้ปลูกข้าวร้อยละ 49.5 มีการปรับวิธีการปลูกโดยส่วนใหญ่เปลี่ยนจากการปลูกเป็นหว่านเนื่องจากการหว่านจะใช้น้ำที่น้อยกว่าและสามารถหว่านลงไปในแปลงข้าวที่ไม่มีน้ำได้เลยเพื่อรอน้ำฝน การปรับตัวด้านการจัดการน้ำเกษตรกรร้อยละ 24.7 มีการเจาะน้ำบาดาลเพื่อช่วยในเรื่องของปัญหาน้ำไม่เพียงพอต่อการเกษตร การปรับตัวด้านการปรับเปลี่ยนอาชีพเกษตรกรร้อยละ 33.0 มีการทำอาชีพเสริมเพื่อเพิ่มรายได้ เช่น การรับจ้างทั่วไป เป็นต้น ในด้านการปรับตัวด้านการดำเนินชีวิตพบว่าผู้ปลูกข้าวร้อยละ 15.5 มีความรอบคอบในการดำเนินชีวิตมากขึ้นเนื่องจากสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง ยกตัวอย่างเช่น การออกไปแปลงข้าวจะเลือกไปในตอนเช้าและตอนเย็นเนื่องจากกลางวันมีอากาศร้อนมากทำให้ไม่สามารถทำงานได้ เป็นต้น ในการปรับตัวด้านการประยุกต์ใช้ภูมิปัญญา ผู้ปลูกข้าวจำนวนร้อยละ 18.6 มีการนำน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยหมักทำเองมาใช้ในการบำรุงดิน เนื่องจากสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงทำให้ดินขาดความอุดมสมบูรณ์และต้องการการดูแลเพิ่มมากขึ้น และการปรับตัวในด้านอื่น ๆ ร้อยละ 25.3 มีการปรับตัวในระดับชุมชนโดยมีการวางแผนการใช้น้ำให้เพียงพอกับคนในชุมชน การเจาะน้ำบาดาลส่วนรวมเพื่อไว้ใช้ในยามฉุกเฉิน เป็นต้น รายละเอียดดังตารางที่ 3

Table 3. Climate adaptation strategies of rice growers (Can choose more than one item)

n = 97

Adaptation strategy	Frequency	Percentage
- Planting different type of crop	17	17.5
- Changing of planting dates	53	54.6
- Changing of planting method	48	49.5
- Using appropriate water management	24	24.7
- Occupational adjustment	32	33.0
- Living adjustment	15	15.5
- Applied local wisdom	18	18.6
- Adaptive planning within the community	25	25.8

การศึกษาครั้งนี้ พบว่า บุคคลสำคัญที่มีส่วนในการช่วยเหลือในระดับมาก เมื่อเกิดปัญหาสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง คือ คนในชุมชน เครือญาติ และครอบครัว และเมื่อถามถึงการได้รับการช่วยเหลือจากหน่วยงานรัฐ พบว่าผู้ปลูกข้าว ส่วนใหญ่ได้รับการช่วยเหลือจากหน่วยงานรัฐในด้านการให้การสนับสนุนด้านปัจจัยการผลิต อย่างเช่น ปุ๋ย สารฆ่าแมลง เป็นต้น และมีเพียงเกินครึ่งเล็กน้อยที่ได้รับบริการให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาจากเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรในด้านการปลูกข้าวภายใต้สภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง เมื่อศึกษาแหล่งข้อมูลที่ผู้ปลูกข้าวได้รับเกี่ยวกับการปรับตัวจากสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง ผู้ปลูกข้าวร้อยละ 70.1 ได้รับข้อมูลจากโทรทัศน์ รองลงมาร้อยละ 56.7 ได้รับข้อมูลจากนักส่งเสริมการเกษตร

วิจารณ์

การศึกษาการปรับตัวของผู้ปลูกข้าวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. จากการศึกษาความเข้าใจของผู้ปลูกข้าวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พบว่า ผู้ปลูกข้าวมีความเข้าใจความหมายของภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ตลอดจนสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้อย่างถูกต้องตามคำนิยามของกรมอุตุนิยมวิทยา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2555) เนื่องจากผู้ปลูกข้าวมีความสนใจศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีผลต่อการปลูกข้าวและมีประสบการณ์ในการปลูกข้าวมานานทำให้มีสังเกตการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในรอบ 10 ปีที่ผ่านมาแล้วนำมาปรับใช้ในการปลูกข้าว ซึ่งประสบการณ์ในการปลูกข้าวนำมาสู่การปรับตัวและพัฒนาศักยภาพของเกษตรกรในด้านการปรับตัวจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ นิรมล และรุจ (2561) ศึกษาเรื่องศักยภาพการผลิตกุหลาบเชิงพาณิชย์ของเกษตรกรบ้านบวกเต๋ย อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระดับศักยภาพในการผลิตกุหลาบเชิงพาณิชย์ของเกษตรกร ได้แก่ การพบปะเจ้าหน้าที่ การเป็นสมาชิกกลุ่ม และประสบการณ์ในการปลูกกุหลาบ

2. ด้านผลกระทบต่อผู้ปลูกข้าวจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พบว่า ในพื้นที่ดอยสะเก็ด เกษตรกรส่วนมากได้รับผลกระทบในเรื่อง ฝนแล้ง น้ำไม่เพียงพอต่อการทำการเกษตร และอุณหภูมิอากาศที่สูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงดังกล่าวอำเภอดอยสะเก็ดประสบปัญหาภัยแห้งแล้งโดยมีการประกาศว่าเป็นพื้นที่ภัยแล้ง 1 ในจำนวน 21 อำเภอจาก 25 อำเภอในจังหวัดเชียงใหม่ อำเภอดอยสะเก็ดมีพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจำนวน 13 ตำบลจาก 14 ตำบล เนื่องจากการขาดแคลนน้ำ เพราะฝนที่ทิ้งช่วงเป็นเวลานาน ทำให้ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเกษตรลดลง และส่งผลทำให้ปริมาณผลผลิตข้าวลดลงไปด้วย พีระยศ และอนันต์ (2539) ศึกษาเรื่องผลของการขาดน้ำในระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโต และ

ผลิตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่า ข้าวขาดน้ำในระยะเจริญเติบโตทางลำต้น ร่วมกับระยะกำเนิดช่อดอก และออกดอกทำให้ผลผลิตของข้าวลดลงมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับที่ไม่ได้รับการขาดน้ำ โดยการขาดน้ำในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นมีผลทำให้ผลผลิตลดลงมากที่สุด และรองลงมาเป็นการขาดน้ำในระยะออกดอกมีผลทำให้ผลผลิตลดลงเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจากทั้งสองระยะการเจริญเติบโตมีผลต่อการแตกกอของข้าว

3. ด้านการปรับตัวของผู้ปลูกข้าวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอำเภอดอยสะเก็ด มีการใช้วิธีในการปรับตัว 8 วิธี ได้แก่ การเปลี่ยนชนิดพืชที่ปลูก การเปลี่ยนวันปลูก การเปลี่ยนวิธีการปลูก การจัดการน้ำ การปรับเปลี่ยนอาชีพ การปรับเปลี่ยนด้านการดำเนินชีวิต การประยุกต์ใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นในการปรับตัว และการวางแผนปรับตัวระดับชุมชน เป็นวิธีการที่ค่อนข้างเหมาะสมดังจะเห็นได้จากการวิจัยของ Okpe and Aye (2014) ที่ศึกษาเรื่อง Adaptation to climate change by farmer in Makurdi, Nigeria พบว่าเกษตรกรประมาณ 58% มีการปรับตัวจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดย การเพาะปลูกพืชชนิดต่าง ๆ การลดระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืช การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ในการปลูกพืช การใช้น้ำชลประทาน การใช้สารเคมี ปุ๋ย การปลูกพืชคลุมดิน การปลูกพืชพันธุ์ต้านทานโรคพืช เปลี่ยนวันปลูก การปรับใช้เทคนิคใหม่ ๆ และการใช้ระบบระบายน้ำ จะเห็นได้ว่ามีบางวิธีที่ประเทศไนจีเรียใช้ในการปรับตัวต่อสภาพภูมิอากาศแต่ยังไม่พบในอำเภอดอยสะเก็ด อย่างเช่น การปลูกพืชคลุมดิน การปลูกพืชพันธุ์ต้านทานโรคพืช การนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ และการใช้ระบบระบายน้ำ โดยอาจเป็นเพราะผู้ปลูกข้าวที่ดอยสะเก็ดยังขาดความรู้ในด้านดังกล่าวจึงยังไม่พบการปรับตัวในด้านนี้ และเนื่องจากทางรัฐยังให้ความสำคัญในการแก้ไขปัญหาโดยการสนับสนุนปัจจัยการผลิตมากกว่าการส่งเสริมความรู้ในเรื่องวิธีการปรับตัว จึงทำให้เกษตรกรมีความรู้ไม่เพียงพอต่อการปรับตัว ดังนั้นการให้ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป และวิธีการปรับตัวในการปลูกข้าวจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างมากเพื่อให้เกษตรกรสามารถพึ่งตนเองและแก้ไขปัญหาได้ในระยะยาว

สรุป

ในพื้นที่ดอยสะเก็ดส่วนมากเป็นการได้รับผลกระทบในเรื่องของ ฝนแล้ง น้ำไม่เพียงพอต่อการทำการเกษตร และอากาศร้อน ซึ่งเกิดการขาดแคลนน้ำ จากฝนที่ทิ้งช่วงเป็นเวลานาน เกษตรกรในพื้นที่ดอยสะเก็ดมีการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยใช้วิธีการ ดังนี้ การเปลี่ยนชนิดพืชที่ปลูก การเปลี่ยนเวลาปลูก การเปลี่ยนวิธีการปลูก การจัดการน้ำ การปรับเปลี่ยนอาชีพ การปรับเปลี่ยนด้านการดำเนินชีวิต การประยุกต์ใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นในการปรับตัว และการวางแผนปรับตัวระดับชุมชน ซึ่งวิธีดังกล่าวเป็นวิธีที่ผู้ปลูกข้าวได้มาจากประสบการณ์การปลูกข้าวเป็นส่วนใหญ่ การปรับตัวดังกล่าวยังเป็นไปอย่างจำกัดเนื่องจากเกษตรกรขาดความรู้ ขาดการส่งเสริม และการสนับสนุนจากหน่วยงาน และต้องใช้งบประมาณมากในการปรับตัว เกษตรกรให้ข้อเสนอแนะว่าหน่วยงานของรัฐควรวางแผนการจัดการน้ำและการสนับสนุนด้านข่าวสารและความรู้ในการปรับตัวต่อสภาพภูมิอากาศ เพื่อให้การปรับตัวเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการวิจัยบางส่วนในการทำการวิจัยจาก สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตรและพัฒนาชนบท

ขอบคุณผู้ประสานงานภาควิชาพัฒนาเศรษฐกิจการเกษตรทุกท่านที่ทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ตลอดจนผู้ปลูกข้าวอำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ ทุกท่านที่ได้ให้ความร่วมมือและให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์กับงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2555. ภาวะโลกร้อน. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : http://climate.tmd.go.th/content/file/11 (26 กันยายน 2558).

เกริก ปั้นเหน่งเพ็ชร สหัสชัย คงทน แคทลิยา เอกอุ่น อิสระ พุทธสิมมา สุกิจ รัตนศรีวงษ์ สมปอง นิลพันธ์ ชิษณุชา บุดดาบุญ วิภารัตน์ ดำริเข้ม ตระกูล ปรีชา กาเพ็ชร สมชาย บุญประดับ วินัย ศรวัต และ กิ่งแก้ว คุณเขต. 2552. ผลกระทบของภาวะโลกร้อนต่อการผลิต ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และข้าวโพดของประเทศไทย. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://climatechange.jgsee.org/Admin/spaw2/uploads/files/Final%20report/PRECIS/ Final%2 0 report%2 0 sugarcane%2 0 cassava%2 0 maize).pdf (26 กันยายน 2558).

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเขื่อนแม่กวงอุดมธารา. 2558. ปริมาณน้ำแม่กวงอุดมธาราปี 2558. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.maekuangudomthara.com/water/dam_detail/286 (19 ตุลาคม 2558).

นิรมล ลี และ รุจ ศิริสัญลักษณ์. 2561. ศักยภาพการผลิตกุหลาบเชิงพาณิชย์ของเกษตรกรบ้านบวกเต๋ย อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่. วารสารเกษตร 34(1): 101-110.

พีระยศ แข็งขัน และ อนันต์ พลธานี. 2539. ผลของการขาดน้ำในระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโต และผลิตของข้าวขาวดอกมะลิ 105. วารสารเกษตร 12(3): 256-262.

ศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคเหนือตอนบน. 2558. ปริมาณน้ำฝนอำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: HTTP://HYDRO-1.NET/08HYDRO/HD-03/3-02.HTML (25 ตุลาคม 2558).

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2553. ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.onep.go.th/index.php (15 ตุลาคม 2558).

Bengtsson, L. and K.I. Hodges. 2006. Storm tracks and climate change. Journal of Climate 19(15): 3518-3543.

Calzadilla, A., T. Zhu, K. Rehdanz, R.S.J. Tol and C. Ringler. 2014. Climate change and agriculture: Impacts and adaptation options in South Africa. Journal of Water Resources and Economics 5(1): 24-48.

Chavas, D.R., R.C Izaurralde, A.M. Thomson and X. Gao. 2009. Long-term climate change impacts on agricultural productivity in eastern China. Agricultural and Forest Meteorology 149(6-7): 1118-1128.

Fried, J.S., M.S. Torn and E. Mills. 2004. The Impact of climate change on wildfire severity: a regional forecast for northern California. Climatic Change 64(1-2): 169–191.

Hayhoe, K., S. Sheridan, L. Kalkstein and S. Greene. 2010. Climate change, heat waves, and mortality projections for Chicago. Journal of Great Lakes Research 36(2): 65-73.

Okpe, B. and G.C. Aye. 2014. Adaptation to climate change by farmers in Makurdi, Nigeria. Journal of Agriculture and Ecology Research International 2(1): 46-57.

Sekaleli, T.S.T. and K. Sebusi. 2013. African technology policy studies: Farmers' response and their adaptation strategies to climate change in Mafeteng District, Lesotho. ATPS Publishing, Lesotho. 22 p.

Wilby, R.L., K.J. Beven and N.S. Reynard. 2007. Climate change and fluvial flood risk in the UK: more of the same? Hydrological Processes 22(14): 2511-2523.

Xiong, W., I. Holman, E. Lin, D. Conway, J. Jiang, Y. Xu and Y. Li. 2009. Climate change, water availability and future cereal production in

China. Agriculture, Ecosystems & Environment 135(1-2): 58-69.

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

แรงจูงใจของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตร ของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร จังหวัดเชียงใหม่

Farmers' Motivation to Participate in Crop Insurance Project of Bank for Agriculture and Agricultural Cooperatives in Chiang Mai Province

ฐิติมา จันทร์หอม สุรพล เศรษฐบุตร* จุฑาทิพย์ เฉลิมผล และ พรสิริ สืบพงษ์สังข์

Thitima Chanhom, Suraphol Sreshthaputra*, Juthatip Chalermphol and Pornsiri Suebphongsung

ภาควิชาพัฒนาเศรษฐกิจการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

Department of Agricultural Economy and Development, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

**Corresponding author: Email: suraphol.s@cmu.ac.th*

(Received: 11 April 2018; Accepted: 1 August 2018)

Abstract: The purposes of this study are to study 1) personal, and socio economic background of the farmers who participated in the Agricultural Insurance Program of the Bank for Agriculture and Agricultural Cooperatives in Chiang Mai province, 2) motivational factors which affect farmers to participate in the agricultural insurance scheme, and 3) recommendations to the agricultural insurance scheme. The research populations involved in this study were 262 farmers participating in the Agricultural Insurance Program of the Bank for Agriculture and Agricultural Cooperatives in Chiang Mai province. 128 people were chosen by simple random sampling. The data were collected by using questionnaire and analyzed by using descriptive statistics and factor analysis. The study indicated that 57.81% of the farmers were male. The average age was 56.32 years old. The farm area was 11.94 rai in average. There were 1 - 2 farm laborers from each family. Based on varimax analysis, it was found that motivation for participation in the Agricultural Insurance Program consisted of 6 factors which are farmers' attitude toward the program, government's support policy, adaptation of farmers, their experiences of receiving help, quality of service, and receiving information factors. These factors influenced the participation in the agricultural insurance scheme of farmers at the high level ($\bar{x}$ = 3.83). According to the results of this study, the farmers suggested that there should be proper public relations about the knowledge of agricultural insurance in all area.

Keywords: Motivation, farmer to participate, crop insurance project

บทคัดย่อ: การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคม ของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตรของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร จังหวัดเชียงใหม่ 2) ปัจจัยด้านแรงจูงใจที่ทำให้เกษตรกรเข้าร่วมโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตร 3) ข้อเสนอแนะต่อโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตร ประชากรที่ใช้ศึกษาในครั้งนี้เป็นเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตร ของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 262 คน สุ่มตัวอย่างจำนวน 128 ราย โดยวิธีการสุ่มแบบง่าย เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา และการวิเคราะห์ปัจจัย ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรร้อยละ 57.81 เป็นเพศชาย อายุเฉลี่ยอยู่ที่ 56.32 ปี มีขนาดพื้นที่ทำการเกษตรเฉลี่ย 11.94 ไร่ มีจำนวนแรงงานเกษตรในครัวเรือน 1 - 2 คน จากการวิเคราะห์ปัจจัยโดยวิธี varimax พบว่า ปัจจัยที่เป็นแรงจูงใจในการเข้าร่วมโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตรของเกษตรกร มี 6 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยด้านทัศนคติที่ดีต่อโครงการ ปัจจัยด้านนโยบายสนับสนุนจากรัฐบาล ปัจจัยด้านการปรับตัวของเกษตรกร ปัจจัยด้านประสบการณ์ในการได้รับความช่วยเหลือ ปัจจัยด้านคุณภาพการให้บริการ และปัจจัยด้านการรับรู้ข้อมูลข่าวสาร ซึ่งปัจจัยที่เป็นแรงจูงใจเหล่านี้มีผลต่อการเข้าร่วมโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตรของเกษตรกรในระดับมาก ($\bar{x}$ =3.83) การศึกษาครั้งนี้เกษตรกรให้ข้อเสนอแนะว่า ควรประชาสัมพันธ์เผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับการประกันภัยพืชผลการเกษตรแก่เกษตรกรอย่างต่อเนื่องละครอบคลุมทุกพื้นที่

คำสำคัญ: แรงจูงใจ เกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการ โครงการประกันภัยพืชผลการเกษตร

คำนำ

ปัจจุบันทั่วโลกได้ให้ความสนใจเกี่ยวกับสภาวะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมากขึ้น เนื่องจากมีหลายพื้นที่ได้รับผลกระทบจากภาวะดังกล่าวไม่ว่าจะเป็นภัยแล้ง พายุฝนรุนแรง น้ำท่วม คลื่นความร้อน พืชผลการเกษตรเสียหาย ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร เห็นถึงสภาพภูมิอากาศของโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงรวมถึงภัยพิบัติทางธรรมชาติที่ทวีความรุนแรงขึ้นส่งผลกระทบต่อการผลิตของเกษตรกรและทุกภาคส่วนภายในประเทศ รวมถึงภาครัฐต้องให้ความเยียวยาช่วยเหลือ เพื่อแก้ไขความเดือดร้อนในการประกอบอาชีพของสมาชิก สร้างความเข็มแข็งให้ภาคเกษตร รัฐบาลจึงมีนโยบายในการจัดการความเสี่ยงด้านการผลิตให้แก่เกษตรกร โดยร่วมมือกับส่วนงานภาคเอกชน และ ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร จัดทำโครงการประกันภัยพืชผลทางการเกษตร เพื่อช่วยให้เกษตรกรได้มีเครื่องมือบริหารการจัดการความเสี่ยงด้านการผลิต นอกเหนือจากความช่วยเหลือจากภาครัฐ โครงการประกันภัยพืชผลทางการเกษตร ถือเป็นหนึ่งช่องทางที่ช่วยลดความเสี่ยงในการประกอบอาชีพเกษตรกรรม ขณะเดียวกันยังจะช่วยสร้างความมั่นใจในอาชีพให้กับเกษตรกรด้วย ช่วยให้เกษตรกรไม่เผชิญชะตากรรมโดยลำพัง เพราะปัญหาภัยธรรมชาติทั้งน้ำท่วมและภัยแล้งมีโอกาสเกิดขึ้นสูงมาก และไม่รู้ว่าจะเกิดขึ้นเมื่อใด การมีระบบประกันภัยจะช่วยให้อุ่นใจและป้องกันความเสี่ยงได้มากขึ้นสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก

จังหวัดเชียงใหม่เป็นอีกจังหวัดหนึ่งที่อยู่ในพื้นที่ที่เข้าร่วมโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตร ของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร โดยมีเกษตรกรเข้าร่วมโครงการทั้งหมด 16 อำเภอ 27 สาขา จำนวน 262 ราย (จำนวนเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตร ธ.ก.ส. ปีการผลิต 2558) ซึ่งเป็นจำนวนน้อย โดยส่วนใหญ่ยังไม่มีผู้ที่เล็งเห็นถึงความสำคัญของโครงการประกันภัยพืชผลมากนัก ทั้งที่ปัญหาภัยธรรมชาติทั้งน้ำท่วมและภัยแล้งเพิ่มขึ้นสูงมากและนับวันจะทวีความรุนแรงมากขึ้น โดยอาชีพเกษตรกรเป็นอาชีพที่มีความเสี่ยงสูง เนื่องจากการทำการเกษตรต้องพึ่งพิงปัจจัยทางธรรมชาติอย่างมาก เกษตรกรต้องประสบทั้งภัยธรรมชาติ น้ำท่วม ภัยแล้ง ฝนทิ้งช่วง จากปัญหาดังกล่าว จึงเป็นประเด็นที่ต้องสำรวจว่าผู้ที่เข้าร่วมโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตร มีแรงจูงใจอะไรบ้างในการเข้าร่วมโครงการ ผู้ที่เข้าร่วมได้รับผลประโยชน์หรือ

การช่วยเหลืออย่างไรจากโครงการนี้ ทั้งนี้เพื่อเป็นประโยชน์แก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้นำข้อมูลมาเป็นแนวทางในการประชาสัมพันธ์หรือประกอบการวางแผนแก้ไขปัญหา และช่วยเหลือเกษตรให้เล็งถึงความสำคัญในการประกันภัยพืชผลการเกษตรเมื่อเกิดปัญหาภัยธรรมชาติต่อไป

ดังนั้นผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาวิจัยเรื่อง แรงจูงใจของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตร ของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการวิจัยไปปรับใช้ในการวางแผนดำเนินโครงการปีต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ เกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตร ของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร จังหวัดเชียงใหม่ จำนวนทั้งหมด 262 ราย จาก16 อำเภอ 27 สาขา โดยทำการสุ่มแบบแบ่งตามลักษณะภูมิศาสตร์ของพื้นที่ 4 ทิศ ได้จำนวน 5 อำเภอ ได้แก่ จุดศูนย์กลางคืออำเภอเมือง สาขารวมโชค ทิศเหนือคืออำเภอฝาง สาขาฝาง ทิศใต้คืออำเภอดอยเต่า สาขาดอยเต่า ทิศตะวันออกคืออำเภอดอยสะเก็ด สาขาดอยสะเก็ด และทิศตะวันตกคืออำเภอเวียงแหง สาขาเวียงแหง จำนวน 189 ราย จากนั้นได้กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรการคำนวณหาขนาดกลุ่มตัวอย่างของ Taro Yamane (Yamane, 1973) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างกระจายแบบง่าย (simple random sampling) ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 128 ราย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยใช้แบบสัมภาษณ์ เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยกำหนดขอบเขตคำถามตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ซึ่งประกอบด้วยคำถามปลายเปิด (open-ended question) และคำถามปลายปิด (close-ended question) โดยมีการตรวจสอบความถูกต้องตามเนื้อหา (content validity) แล้วจึงนำไปทดสอบกับประชากรที่มีลักษณะใกล้เคียงกับประชากรที่ใช้ศึกษาเป็นจำนวน 20 ราย ในอำเภอสารภี นำมาวิเคราะห์ค่า Cronbach's alpha เพื่อวัดความเชื่อถือได้ของแบบสัมภาษณ์ แล้วนำคำตอบที่ได้จากแบบสัมภาษณ์ (ปัจจัยด้านแรงจูงใจที่มีผลต่อการเข้าร่วมโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตรของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร จังหวัดเชียงใหม่) มาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาค่า reliability coefficients ตามวิธีการของ Cronbach ปรากฏว่าแบบสัมภาษณ์ ด้านแรงจูงใจที่มีผลต่อการเข้าร่วมโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตร ของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร จังหวัดเชียงใหม่ มีค่าสัมประสิทธิ์อัลฟา (Cronbach's alpha) เท่ากับ 0.862

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูปเพื่อการวิจัยทางสังคมศาสตร์ สถิติที่ใช้คือ สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ ร้อยละ ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์ปัจจัย (factor analysis) เพื่อจัดกลุ่มตัวแปรตามปัจจัยต่าง ๆ ที่คาดว่า เป็นแรงจูงใจในการเข้าร่วมโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตรของเกษตรกร

ผลการศึกษา

ลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคล

จากการศึกษา ลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคลของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตรของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร จังหวัดเชียงใหม่ จากกลุ่มตัวอย่าง 128 คน พบว่าเกษตรกรร้อยละ 57.81 เป็นเพศชาย ร้อยละ 36.72 มีอายุระหว่าง 55-61 ปี ร้อยละ 63.28 จบการศึกษาในระดับประถมศึกษา ร้อยละ 50.00 มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนระหว่าง 2-4 คน ส่วนใหญ่ร้อยละ 97.66 ประกอบอาชีพทำนา และเกษตรกรส่วนใหญ่ร้อยละ 83.59 มีระยะเวลาที่เข้าร่วมโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตร 1-2 ปี

ด้านเศรษฐกิจ

ด้านเศรษฐกิจของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตร ของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าเกษตรกรร้อยละ 59.38 มีขนาดพื้นที่ทำการเกษตรระหว่าง 1-10 ไร่ ร้อยละ 77.34 มีจำนวนแรงงานเกษตรในครัวเรือน 1-2 คน ส่วนใหญ่ร้อยละ 78.13 มีต้นทุนจากการทำการเกษตรน้อยกว่า 98,000 บาท เกษตรกรร้อยละ 46.09 มีรายได้ในครัวเรือนทั้งหมดระหว่าง 131,001-262,000 บาท ร้อยละ 47.66 มีรายได้ที่ได้รับจากการทำการเกษตรระหว่าง 98,001-196,000 บาท เกษตรกรร้อยละ 85.94 มีค่าใช้จ่ายในครัวเรือนน้อยกว่า156,000 บาท และส่วนใหญ่ร้อยละ 72.66 มีหนี้สินน้อยกว่า 398,000 บาท

ด้านสังคม

ด้านสังคมของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตรของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าเกษตรกรร้อยละ 34.38 มีประสบการณ์ในการการทำการเกษตร10-20 ปี ร้อยละ 46.88 มีลักษณะพื้นที่ที่ใช้ทำการเกษตรเป็นที่ราบ เกษตรกรส่วนใหญ่ร้อยละ 75.78 ใช้แหล่งน้ำที่ในการทำการเกษตรเป็นน้ำธรรมชาติ (ห้วย หนอง คลอง บึง) เกษตรกรส่วนใหญ่ร้อยละ 69.53 เคยได้รับความเสียหายจากภัยพิบัติ และชนิดของภัยพิบัติที่เกษตรกรส่วนใหญ่ร้อยละ 53.91 ได้รับความเสียหาย คือภัยแล้ง

ด้านแรงจูงใจที่มีผลต่อการเข้าร่วมโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตร ของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร จังหวัดเชียงใหม่

ในภาพรวมด้านแรงจูงใจที่มีผลต่อการเข้าร่วมโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตร ของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าปัจจัยด้านแรงจูงใจที่มีผลต่อการเข้าร่วมโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตร ของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร จังหวัดเชียงใหม่ มีค่าเฉลี่ยระดับแรงจูงใจของเกษตรกรอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.83)

จากการวิเคราะห์ปัจจัย (factor analysis) หรือเรียกว่าการวิเคราะห์องค์ประกอบ ซึ่งเป็นเทคนิคที่จะจับกลุ่มหรือรวมตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ไว้ในกลุ่มหรือ factor เดียวกัน ผู้วิจัยได้ใช้วิธีองค์ประกอบหลัก (principal component method) และทำการหมุนแกนปัจจัย (factor rotated) โดยวิธี varimax ทำการทดสอบค่า KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) ซึ่งเป็นค่าที่ใช้วัดความเหมาะสมของข้อมูลตัวอย่างที่จะนำมาวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Factor Analysis โดยทั่วไปถ้าค่า KMO < 0.50 จะถือว่าข้อมูลที่มีอยู่ไม่เหมาะสมที่จะใช้เทคนิค factor analysis พบว่ามีค่า KMO เท่ากับ 0.693 ซึ่งมากกว่า 0.50 แสดงว่า ข้อมูลเหมาะสมที่จะใช้การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค factor analysis และได้ทำการทดสอบ Bartlett's test of sphericity

H_0 : ตัวแปรต่าง ๆ ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1 : ตัวแปรต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กัน

สถิติทดสอบ จะมีการแจกแจงโดยประมาณแบบ chi-square = 1088.628 ได้ค่า significance = 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 นั่นคือตัวแปร มีความสัมพันธ์กัน จึงต้องใช้ factor analysis วิเคราะห์ โดยรายละเอียดของข้อมูล KMO and Bartlett's test แสดงในตารางที่ 1

ข้อคำถามด้านแรงจูงใจที่มีผลต่อการเข้าร่วมโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตรของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร จังหวัดเชียงใหม่ ประกอบไปด้วยคำถามจำนวน 29 ข้อ (29 ตัวแปร) โดยพิจารณาค่า factor loading ที่มีค่ามากกว่า 0.30 ของคำถามแต่ละข้อ พบว่าตัวแปร ทั้งหมดมีปัจจัยร่วมกัน 6 ปัจจัย ดังนี้

ปัจจัยที่ 1 มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบตั้งแต่ 0.875-0.388 ประกอบไปด้วยข้อคำถาม (ตัวแปรสังเกต) จำนวน 8 ข้อ คือคำถามข้อที่ 14 “โครงการประกันภัยพืชผลการเกษตร มีความมั่นคงเชื่อถือได้” ข้อที่ 15 “โครงการประกันภัยพืชผลการเกษตรเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกร” ข้อที่ 13 “โครงการประกันภัยพืชผลการเกษตรเพิ่มความมั่นใจให้เกษตรกร ว่าทุนและแรงงานที่ลงไปไม่สูญเปล่า” ข้อที่ 8 “โครงการประกันภัยพืชผลการเกษตรช่วยลดความเสี่ยงในการลงทุนของเกษตรกร” ข้อที่ 3 “ความเชื่อมั่นในการจ่ายคืนค่าเบี้ยประกันภัยของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร” ข้อที่ 4

Table 1. KMO and Bartlett's test of farmers' motivation to participate in crop insurance

Kaiser-Meyer-Olkin measure of sampling adequacy		0.693
Bartlett's test of sphericity	Approx. chi-square	1088.628
	df	406
	Sig.	0.000

"การประชาสัมพันธ์เผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตรของเจ้าหน้าที่ ธ.ก.ส." ข้อที่ 7 "เกษตรกรมีความเข้าใจต่อโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตร มีความชัดเจน" ข้อที่ 1 "ความพอใจในค่าสินไหมทดแทนที่เกษตรกรได้รับเมื่อเกิดความเสียหายจากภัยพิบัติ" ผู้วิจัยได้กำหนดชื่อปัจจัยกลุ่มนี้ว่า ปัจจัยด้านทัศนคติที่ดีต่อโครงการ

ปัจจัยที่ 2 มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบตั้งแต่ 0.658-0.358 ประกอบไปด้วยข้อคำถาม (ตัวแปรสังเกต) จำนวน 6 ข้อ คือคำถามข้อที่ 5 "เงื่อนไขกรมธรรม์ประกันภัย" ข้อที่ 12 "การจัดทำคำขอเอาประกันภัยไม่มีความยุ่งยากซับซ้อน" ข้อที่ 2 "อัตราค่าเบี้ยประกันภัยที่เกษตรกรต้องชำระ" ข้อที่ 6 "ความเหมาะสมระยะเวลาคุ้มครองตามกรมธรรม์ ของบริษัทประกันภัย" ข้อที่ 10 "พื้นที่ทำการเพาะปลูกของเกษตรกรมีความเสี่ยงต่อการเกิดภัยพิบัติ" ข้อที่ 20 "การพบปะพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเจ้าหน้าที่ ธ.ก.ส. เกี่ยวกับโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตร" ผู้วิจัยได้กำหนดชื่อปัจจัยกลุ่มนี้ว่า ปัจจัยด้านนโยบายสนับสนุนจากรัฐบาล

ปัจจัยที่ 3 มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบตั้งแต่ 0.828-0.358 ประกอบไปด้วยข้อคำถาม (ตัวแปรสังเกต) จำนวน 4 ข้อ คือคำถามข้อที่ 17 "เกษตรกรที่มีรายได้น้อยสามารถจ่ายค่าเบี้ยประกันภัยได้ โดยไม่เพิ่มภาระ/หนี้สินของเกษตรกร" ข้อที่ 11 "การชำระค่าเบี้ยประกันภัยมีความสะดวก ไม่ยุ่งยาก" ข้อที่ 27 "ท่านเคยได้รับความเสียหายจากภัยพิบัติประเภทน้ำท่วม" ข้อที่ 28 "ท่านเคยได้รับความเสียหายจากภัยพิบัติประเภท ภัยแล้ง" ผู้วิจัยได้กำหนดชื่อปัจจัยกลุ่มนี้ว่า ปัจจัยด้านการปรับตัวของเกษตรกร

ปัจจัยที่ 4 มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบตั้งแต่ 0.637-0.365 ประกอบไปด้วยข้อคำถาม (ตัวแปรสังเกต) จำนวน 3 ข้อ คือคำถามข้อที่ 24 "เกษตรกรสามารถติดต่อเจ้าหน้าที่ ธ.ก.ส. ได้สะดวก รวดเร็ว เวลาที่เกิดปัญหา" ข้อที่ 22 "สภาพดิน ฟ้า อากาศ มีความปรวนแปรไม่แน่นอน" ข้อที่ 26 "เกษตรกรเคยเข้าร่วมโครงการอื่นของ ธ.ก.ส." ผู้วิจัยได้กำหนดชื่อปัจจัยกลุ่มนี้ว่า ปัจจัยด้านประสบการณ์ในการได้รับความช่วยเหลือ

ปัจจัยที่ 5 มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบตั้งแต่ 0.613-0.391 ประกอบไปด้วยข้อคำถาม (ตัวแปรสังเกต) จำนวน 4 ข้อ คือคำถามข้อที่ 19 "การเป็นสมาชิกกลุ่ม ธ.ก.ส." ข้อที่ 25 "เกษตรกรได้รับบริการ ดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดีจากเจ้าหน้าที่ ธ.ก.ส." ข้อที่ 29 "เกษตรกรเรียนรู้ที่จะพึ่งพาตนเอง เป็นการสร้างภูมิคุ้มกันตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง" ข้อที่ 21 "การพบปะพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนเกษตรกร เกี่ยวกับโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตร" ผู้วิจัยได้กำหนดชื่อปัจจัยกลุ่มนี้ว่า ปัจจัยด้านคุณภาพการให้บริการ

ปัจจัยที่ 6 มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบตั้งแต่ -0.639-0.519 ประกอบไปด้วยข้อคำถาม (ตัวแปรสังเกต) จำนวน 3 ข้อ คือคำถามข้อที่ 23 "เจ้าหน้าที่ ธ.ก.ส. ให้คำแนะนำ ติดตามดูแลเกษตรกรเกี่ยวกับโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตร" ข้อที่ 18 "การได้รับรู้ข้อมูลข่าวสาร เกี่ยวกับโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตร" ข้อที่ 19 "สามารถหาแหล่งเงินกู้ยืมได้สะดวกขึ้น โดยอาศัยกรมธรรม์เป็นหลักประกันในการกู้ยืม" ผู้วิจัยได้กำหนดชื่อปัจจัยกลุ่มนี้ว่า ปัจจัยด้านการรับรู้ข้อมูลข่าวสาร 2

การวิเคราะห์ปัจจัยหรือเรียกว่าการวิเคราะห์องค์ประกอบ เป็นเทคนิคที่จะจับกลุ่มหรือรวมตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ไว้ในกลุ่มเดียวกัน ทำให้ได้รู้ผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบจะได้กลุ่มของความสัมพันธ์ระหว่างข้อคำถามต่าง ๆ ในเชิงเส้นตรงที่เรียกว่าองค์ประกอบ องค์ประกอบแต่ละตัวจะเป็นอิสระจากกัน เมื่อมีการสร้างองค์ประกอบ คลื่นองค์ประกอบนี้จะเข้าไปสัมพันธ์กับข้อคำถามแต่ละข้อ ทำให้เกิดเป็นน้ำหนัก

องค์ประกอบ factor loading ขึ้นมา ดังนั้น น้ำหนักขององค์ประกอบแต่ละตัวจะแทนค่าสหสัมพันธ์ของเครื่องมือกับองค์ประกอบแต่ละตัว ดังภาพที่ 1 ซึ่งมี 6 ปัจจัย ประโยชน์หลักของการวิเคราะห์องค์ประกอบ คือการรวมตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กันไว้ด้วยกันโดยการสร้างกลุ่มตัวแปรใหม่หรือเรียกว่าองค์ประกอบ กัลยา (2551)

ตัวแปร (Yi) คือ การวิเคราะห์ปัจจัยของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตรของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร มีปัจจัยร่วมกัน 6 ปัจจัย ได้แก่

Y1 = ปัจจัยด้านทัศนคติที่ดีต่อโครงการ

Y2 = ปัจจัยด้านนโยบายสนับสนุนจากรัฐบาล

Y3 = ปัจจัยด้านการปรับตัวของเกษตรกร

Y4 = ปัจจัยด้านประสบการณ์ในการได้รับความช่วยเหลือ

Y5 = ปัจจัยด้านคุณภาพการให้บริการ

Y6 = ปัจจัยด้านการรับรู้ข้อมูลข่าวสาร

โดยรายละเอียดของข้อมูล factor loading แสดงในตารางที่ 2

ข้อเสนอแนะของเกษตรต่อโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตร

1) เกษตรกรได้รับความเสียหายจากภัยพิบัติ แต่ไม่ได้รับค่าสินไหมทดแทน เนื่องจากไม่มีประกาศจากจังหวัดให้เป็นพื้นที่ประสบภัยพิบัติ จึงอยากให้มีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ประสบภัยพิบัติให้แคบลง

2) เกษตรกรต้องการให้ภาครัฐ/หน่วยงานที่เกี่ยวข้องช่วยดูแล ช่วงที่ได้รับผลกระทบจากภัยพิบัติ

3) เกษตรกรต้องการให้มีการเพิ่มค่าสินไหมทดแทนเมื่อได้รับความเสียหายจากภัยพิบัติ เนื่องจากเกษตรกรมีต้นทุนในการทำการเกษตรที่สูง ราคาผลผลิตตกต่ำ ตลอดจนปัญหาภัยธรรมชาติที่ส่งผลกระทบต่อเกษตรกร

เกษตรกรต้องการให้ประชาสัมพันธ์เผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับการประกันภัยพืชผลการเกษตรแก่เกษตรกรอย่างต่อเนื่องละครอบคลุมทุกพื้นที่

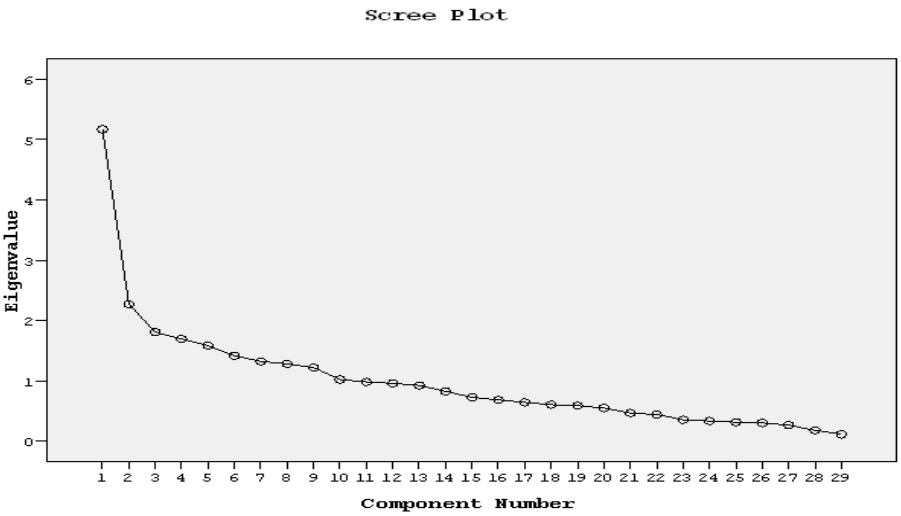

Figure 1. Scree plot of farmers' motivation to participate in crop insurance

Table 2. Factor loading of farmers' motivation to participate in crop insurance

n = 128

X	Variables	Factor loading					
		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6
14	The project is reliable	0.875					
15	The project is beneficial to farmers	0.787					
13	Increase confidence for farmers	0.761					
8	Reduce the risk of farmers investment	0.712					
3	Confidence in reimbursement	0.666					
4	Public relations of the officials	0.515					
7	Farmers have an understanding of the project	0.485					
1	Satisfaction in compensation	0.388					
5	Policy Terms		0.658				
12	The application for insurance is not complicated		0.656				
2	The premiums paid by farmers		0.614				
6	Appropriateness of the coverage period under the policy		0.477				
10	Planting areas are at risk of disaster		0.436				
20	Exchange of opinions with officials		0.385				
17	Farmers with low income can pay a premium			0.828			
11	The payment is not easy			0.739			
27	Has been damaged by flood disaster			-0.362			
28	Have been damaged by a drought disaster			0.358			
24	Farmers can contact staff quickly				0.637		
22	Weather is unstable				0.470		
26	Farmers have joined other BAAC projects				0.365		
19	BAAC membership					0.613	
25	Farmers receive good care from BAAC staff					0.528	
29	Farmers learn to rely on themselves the immune system is based on the philosophy of sufficiency economy					0.484	
21	Meetings, exchanges with farm friends					0.391	
23	Advisory staff Follow up on the project						-0.639
18	To get information about project						-0.582
9	Find the source of the loan more convenient by policy						0.519
16	Farmers are aware of the importance of the project						

อภิปราย

การวิจัยเรื่องแรงจูงใจของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตร ของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร จังหวัดเชียงใหม่ สามารถอภิปรายปัจจัยต่าง ๆ ทั้งหมด 6 ปัจจัย ได้ดังนี้

ปัจจัยที่ 1 ด้านทัศนคติที่ดีต่อโครงการ การวิจัยครั้งนี้พบว่าเกษตรกรมีทัศนคติที่ดีต่อโครงการ ประกันภัยพืชผลการเกษตรได้เห็นถึงประโยชน์ที่เข้าร่วมโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตร ว่าช่วยลดความเสี่ยงของเกษตรกรเมื่อได้รับภัยพิบัติ เพิ่มความมั่นใจให้เกษตรกรว่าทุนและแรงงานที่ลงไปไม่สูญเปล่า สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศันสนีย์ และสุดารัตน์ (2559) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ปัจจัยที่สัมพันธ์กับแรงจูงใจของทายาทเกษตรกรในการสานต่ออาชีพเกษตรในอำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ทัศนคติต่อการประกอบอาชีพเกษตรของทายาทเกษตรกรมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับแรงจูงใจในการสานต่ออาชีพเกษตรของทายาทเกษตรกร หมายความว่า ทายาทเกษตรกรที่มีทัศนคติด้านบวกต่อการประกอบอาชีพเกษตร จะมีแรงจูงใจในการสานต่ออาชีพเกษตรของครอบครัวมาก สามารถอธิบายได้ว่า ทัศนคติสะท้อนสิ่งต่าง ๆ ภายในจิตใจซึ่งส่งผลต่อพฤติกรรมที่หลากหลาย เป็นการสะท้อนมุมมองของบุคคลที่มีต่อสิ่งต่าง ๆ และมีแนวโน้มที่จะแสดงออกตามทัศนคติเพื่อให้เกิดพฤติกรรมที่ต้องการได้

ปัจจัยที่ 2 ด้านนโยบายสนับสนุนจากรัฐบาล มีตัวแปรภายในกลุ่มคือ เงื่อนไขกรมธรรม์ประกันภัย ที่ได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาล ทำให้เกษตรกรให้ความสนใจในเงื่อนไขของกรมธรรม์ประกันภัยที่ทาง ธ.ก.ส. ได้ระบุไว้ในโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตร ซึ่งสอดคล้องกับ ณัฐิกา (2558) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของปัจจัยที่ส่งผลต่อการเข้าร่วมแผนการออม เพื่อการบำนาญยามชราภาพผ่านกองทุนการออมแห่งชาติของแรงงานนอกระบบ จังหวัดอ่างทอง พบว่า ปัจจัยด้านนโยบายสนับสนุนจากรัฐบาล มีอิทธิพลทางอ้อมเชิงบวกต่อสิทธิประโยชน์ที่จะได้รับจากการเข้าร่วมแผนการออม โดยผ่านปัจจัยด้านสถาบันการออม

ปัจจัยที่ 3 ด้านการปรับตัวของเกษตรกร มีตัวแปรภายในกลุ่มคือ เกษตรกรเคยได้รับความเสียหายจากภัยพิบัติประเภทภัยแล้ง ซึ่งเป็นตัวแปรที่นำไปสู่กระบวนการวิเคราะห์องค์ประกอบด้านแรงจูงใจของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตร งานวิจัยของ สุชนีย์ และคณะ (2561) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การจำแนกครัวเรือนเกษตรกรที่มีระบบการทำฟาร์มแบบปลูกข้าวเป็นพืชหลักในจังหวัดกำแพงเพชร พบว่า ภัยแล้งก็เป็นองค์ประกอบหนึ่งของตัวแปรที่สำคัญสู่กระบวนการจำแนกครัวเรือนเกษตรกรด้วย

ปัจจัยที่ 4 ด้านประสบการณ์ในการได้รับความช่วยเหลือ จากประสบการณ์ต่าง ๆ ที่เกษตรกรเคยประสบทั้งเรื่องความแปรปรวนของสภาพดิน ฟ้า อากาศ และเมื่อเกิดปัญหาสามารถติดต่อเจ้าหน้าที่ได้สะดวก ได้รับความช่วยเหลือจากภาครัฐ เป็นแรงจูงใจในการเข้าร่วมโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตร สอดคล้องกับ สำนักงานเศรษฐกิจการคลัง (2553) กล่าวว่า ปัญหาความเสี่ยงภัยที่เกิดขึ้นและรุนแรงสำหรับเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างคือภัยแล้ง ซึ่งเกษตรกรมีการบริหารจัดการความเสี่ยงด้วยตนเองเช่น การเปลี่ยนแปลงชนิดพืชการจัดหาแหล่งน้ำการใช้สารปราบศัตรูพืชตลอดจนการขอความช่วยเหลือจากภาครัฐ

ปัจจัยที่ 5 ด้านคุณภาพการให้บริการ จะเห็นได้ว่าเกษตรกรได้รับบริการดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดีจากเจ้าหน้าที่ ธ.ก.ส. คุณภาพการบริการเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการตัดสินใจของเกษตรกร ทำให้เกษตรกรเกิดความประทับใจและมั่นใจในการเข้าร่วมโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตร Chenet *et al.* (2010) พบว่า คุณภาพการให้บริการจะมีบทบาทต่อการสร้างความพึงพอใจและมีผลกระทบเชิงบวกต่อการทำตลาดแบบปากต่อปาก ซึ่งจะช่วยให้ธุรกิจมีผลลัพธ์ในทางบวก Deka (2016) พบว่า คุณภาพการให้บริการเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สะท้อนให้เห็นถึงการตัดสินใจของผู้บริโภค ซึ่งโดยปกติผู้บริโภคจะพยายามซื้อสินค้าและบริการที่มีคุณภาพดี

ปัจจัยที่ 6 ด้านการรับรู้ข้อมูลข่าวสาร จากการศึกษาพบว่า เกษตรกรได้รับข้อมูลข่าวสารจาก ธ.ก.ส. และเสียงตามสาย การประชาสัมพันธ์เผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับการประกันภัยพืชผลการเกษตรแก่เกษตรกรอย่างต่อเนื่องละครอบคลุมทุกพื้นที่ สร้างความเข้าใจให้แก่

เกษตรกรว่าการประกันภัยสามารถช่วยเหลือเกษตรกรที่ประสบภัยพิบัติได้ ทำให้เกษตรกรมีแรงจูงใจในการเข้าร่วมโครงการ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ประภัสสร (2556) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจไม่ทำประกันภัยข้าวนาปี ปีการผลิต 2554 ของเกษตรกรตำบลโป่งน้ำร้อน อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า เกษตรกรทั้งหมดไม่เคยมีใครทำประกันภัยข้าวนาปีเลย โครงการการประกันภัยข้าวนาปียังประชาสัมพันธ์ไม่ทั่วถึงเกษตรกรยังไม่ทราบข้อมูล และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ นงณพร (2556) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ความรู้ความเข้าใจและความคิดเห็นของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวกลุ่มจังหวัดอีสานตอนใต้ที่มีต่อโครงการประกันรายได้เกษตรกร พบว่า ปริมาณข่าวสารมีอิทธิพลต่อความคิดเห็นของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวกลุ่มจังหวัดอีสานตอนใต้ ซึ่งปริมาณข่าวสารที่ครอบคลุมมากยิ่งขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งการประกาศราคากลางอ้างอิงจะส่งผลให้ความคิดเห็นของเกษตรกรดียิ่งขึ้น

สรุป

จากการศึกษาเรื่องแรงจูงใจของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตร ของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 128 คน พบว่า เกษตรกรร้อยละ 57.81 เป็นเพศชาย อายุเฉลี่ยอยู่ที่ 56.32 ปี มีขนาดพื้นที่ทำการเกษตรเฉลี่ย 11.94 ไร่ มีจำนวนแรงงานเกษตรในครัวเรือน 1 - 2 คน จากการวิเคราะห์ปัจจัยโดยวิธี varimax พบว่า ปัจจัยที่เป็นแรงจูงใจในการเข้าร่วมโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตรของเกษตรกร มี 6 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยด้านทัศนคติที่ดีต่อโครงการ ปัจจัยด้านนโยบายสนับสนุนจากรัฐบาล ปัจจัยด้านการปรับตัวของเกษตรกร ปัจจัยด้านประสบการณ์ในการได้รับความช่วยเหลือ ปัจจัยด้านคุณภาพการให้บริการ และปัจจัยด้านการรับรู้ข้อมูลข่าวสาร ซึ่งปัจจัยที่เป็นแรงจูงใจเหล่านี้มีผลต่อการเข้าร่วมโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตรของเกษตรกรในระดับมาก ($\bar{x}$ =3.83) การวิจัยในครั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางแก่หน่วยงาน เพื่อใช้ข้อมูลประกอบการวางแผนประชาสัมพันธ์ และช่วยเหลือให้เกษตรกรเห็นถึงความสำคัญและเข้าร่วมโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตรต่อไป

ข้อเสนอแนะ

ปัจจัยด้านทัศนคติที่ดีต่อโครงการ ควรพิจารณาให้สิทธิพิเศษในการกู้ยืมเงิน เช่นลดอัตราดอกเบี้ยของเกษตรกรที่นำมาลงทุนซื้อประกันภัยพืชผลการเกษตรให้กับเกษตรกรผู้เข้าร่วมโครงการ เพื่อชักจูงผู้ที่ไม่ได้เข้าร่วมโครงการมาเข้าร่วมโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตรมากขึ้น

ปัจจัยด้านนโยบายสนับสนุนจากรัฐบาล ควรเพิ่มเงื่อนไขกรมธรรม์ประกันภัยที่เกษตรกรให้ความสนใจมีสิทธิพิเศษ ใช้เป็นส่วนลดในการลดหย่อนภาษี

ปัจจัยด้านการปรับตัวของเกษตรกร ควรสร้างความเข้าใจให้เกษตรกร การทำการเกษตร ต้องพึ่งพิงสภาพดิน ฟ้า อากาศ ซึ่งเกษตรกรไม่สามารถคาดการณ์ไว้ได้เลย การทำประกันภัยพืชผลการเกษตรก็เป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยลดความเสี่ยงเมื่อเกิดภัยพิบัติ และควรให้ความรู้แก่เกษตรกร ในเรื่องของการปรับตัวของเกษตรกรเมื่อได้รับความเสียหายภัยธรรมชาติ

ปัจจัยด้านประสบการณ์ในการได้รับความช่วยเหลือ ควรมีการเปรียบเทียบผลกระทบ ข้อดี และข้อเสียของเกษตรกรที่ทำประกันภัยพืชผลการเกษตร กับเกษตรกรที่ไม่ได้ทำประกันภัยพืชผลการเกษตร ให้เห็นความแตกต่างเพื่อช่วยให้เกษตรกรตัดสินใจได้ง่ายขึ้น

ปัจจัยด้านคุณภาพการให้บริการ ควรจะมีแผนรองรับภัยพิบัติ เช่น การปลูกพืชต้านทานภัยแล้ง เช่น ปลูกหอมแดง หอมใหญ่ มันสำปะหลัง ในฤดูน้ำหลาก ควรมีการส่งเสริมอาชีพเสริมให้เกษตรกร เช่น การรวมกลุ่มแปรรูปสินค้าการเกษตร การทำหัตถกรรม

ปัจจัยด้านการรับรู้ข้อมูลข่าวสาร ควรส่งเสริมการดำเนินการด้านการประชาสัมพันธ์เผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับการประกันภัยพืชผลการเกษตรแก่เกษตรกรอย่างต่อเนื่องละครอบคลุมทุกพื้นที่

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณอาจารย์และผู้ประสานงานภาควิชาพัฒนาเศรษฐกิจการเกษตร สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตรและพัฒนาชนบท คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ทุกท่าน ที่ทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ตลอดจนเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตร ของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร จังหวัดเชียงใหม่ ทุกท่านที่ได้ให้ความร่วมมือและให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์กับงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กัลยา วานิชบัญชา. 2551. การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor analysis). (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: https://rci2010.files.wordpress.com/2010/06/factor-analysis.doc (15 ตุลาคม 2559).

ณัฐิกา ธนะขว้าง. 2558. การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของปัจจัยที่ส่งผลต่อการเข้าร่วมแผนการออม เพื่อการบำนาญยามชราภาพผ่านกองทุนการออมแห่งชาติของแรงงานนอกระบบ จังหวัดอ่างทอง. ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม. 217 หน้า.

ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร. 2558. จำนวนเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตร ธ.ก.ส. ปีการผลิต 2558 จังหวัดเชียงใหม่. รายงานโครงการประกันภัยพืชผลการเกษตร ธ.ก.ส. ปีการผลิต 2558 จังหวัดเชียงใหม่, เชียงใหม่.

นงณพร ทับทิมทวีโชค. 2556. ความรู้ความเข้าใจและความคิดเห็นของ เกษตรกรผู้ปลูกข้าวกลุ่มจังหวัดอีสานตอนใต้ที่มีต่อโครงการประกันรายได้เกษตรกร. วารสารการจัดการภาครัฐและภาคเอกชน 20(2): 5-32.

ประภัสสร คำใบสี. 2556. ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจไม่ทำประกันภัยข้าวนาปีของ เกษตรกรตำบลโป่งน้ำร้อน อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 86 หน้า.

ศันสนีย์ กระจ่างโฉม และ สุดารัตน์ อุทธารัตน์. 2559. ปัจจัยที่สัมพันธ์กับแรงจูงใจของทายาทเกษตรกรในการสานต่ออาชีพเกษตรในอำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่. วารสารเกษตร 32(1): 29-38.

สำนักงานเศรษฐกิจการคลัง. 2553. การพัฒนาเครื่องมือทางการเงินสำหรับเกษตรกร: กรณีศึกษาการประกันภัยพืชผลโดยใช้ดัชนีสภาพอากาศในประเทศไทย. รายงานฉบับสมบูรณ์. สำนักงานเศรษฐกิจการคลัง, กรุงเทพฯ. 125 หน้า.

สุชนีย์ ทรัพย์สมบูรณ์ เบญจพรรณ เอกะสิงห์ ชาญชัย แสงชโยสวัสดิ์ จิรวรรณ กิจชัยเจริญ และ พนมศักดิ์ พรหมบุรมย์. 2561. การจำแนกครัวเรือนเกษตรกรที่มีระบบการทำฟาร์มแบบปลูกข้าวเป็นพืชหลักในจังหวัดกำแพงเพชร. วารสารเกษตร 34(2): 255-267.

Chenet, P., T.S. Dagger and D. O'Sullivan. 2010. Service quality, trust, commitment and service differentiation in business relationships. Journal of Services Marketing 24(5): 336-346.

Deka, P.K. 2016. Segmentation of young consumers of north-east India based on their decision-making styles. The IUP Journal of Marketing Management 15(2): 65-85.

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

การเปรียบเทียบการปฏิบัติงานกับภาระงานที่กำหนดไว้ของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย

Comparison Between Job Performance and Job Description of Agricultural Extension Agents in the Upper North of Thailand

พชร ถือแก้ว[1] รุจ ศิริสัญลักษณ์[1*] อาวรณ์ โอภาสพัฒนกิจ[1] และ จิรวัฒน์ พัสระ[2]

Phatchara Thuekaew[1], Ruth Sirisunyaluk[1*], Avorn Opatpatanakit[1] and Chirawath Phatsara[2]

[1]ภาควิชาพัฒนาเศรษฐกิจการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

[1]Department of Agricultural Economy and Development, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

[2]ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

[2]Department of Animal and Aquatic Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

**Corresponding author: Email: ruth.si@cmu.ac.th*

(Received: 4 June 2018; Accepted: 29 August 2018)

Abstract: The objectives of this research were: 1) to study working conditions of agricultural extension agents in the upper north of Thailand, 2) to study the performance of the agricultural extension agents in accordance with the work assigned in job description of the Department of Agricultural Extension, and 3) to study the problems and recommendations in the performance of agricultural extension agents. The researcher used survey research designs to conduct research. The sample for the study was 238 agricultural extension agents in upper northern Thailand. Data was analyzed using descriptive statistics. The results revealed that 52.1% of the agricultural extension agents worked in lowland and 60.5% responsible for 1 district. Most of them have field work experience from 1 to 5 years. Moreover, the agricultural extension agents are responsible for 501-1,000 households. It was found that the agricultural extension agents were working their task in high level ($\bar{x}$ = 3.78) considering with job description such as analyze potential of agricultural and communal area; promote knowledge transfer in agricultural production; consultation and support farmer and communities to participate in the agricultural development plan, etc. From the study of agricultural extension agents opinions toward their job description, it was found that overall agricultural extension agents agreed ($\bar{x}$ = 3.92) with their job description. They agreed that the agency focus on job description, they understand the job description, they had ability to follow job description, the benefits of the job description, etc. This study found that agricultural extension officers had problems in getting more tasks from the request of cooperation from other agencies and they perform other tasks than delegated tasks. The agricultural extension officers suggested that the assignment should follow the job description and reduce the task from other agencies for agricultural extension officers to perform in effective way.

Keywords: Agricultural extension agents, working, Job description

บทคัดย่อ: การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) สภาพการปฏิบัติงานส่งเสริมการเกษตรของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรในเขตภาคเหนือตอนบน 2) การปฏิบัติหน้าที่ของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรตามภาระงานจริงกับภาระงานที่กำหนดไว้ในลักษณะงานของกรมส่งเสริมการเกษตร และ 3) ปัญหา อุปสรรคและข้อเสนอแนะในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรในเขตภาคเหนือตอนบน เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ โดยเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรจำนวน 238 ราย วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพรรณนา ผลการศึกษาสภาพการปฏิบัติงาน พบว่า เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรร้อยละ 52.1 ปฏิบัติงานในพื้นที่ราบ ร้อยละ 60.5 รับผิดชอบงาน 1 ตำบล ส่วนใหญ่มีประสบการณ์ทำงานในพื้นที่ 1-5 ปี และรับผิดชอบครัวเรือนเกษตรกรจำนวน 501-1,000 ครัวเรือน ในด้านการปฏิบัติงาน พบว่า โดยภาพรวมเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรปฏิบัติงานอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.78) ซึ่งเป็นการปฏิบัติงานในด้านการติดตามประเมินผลการส่งเสริมการเกษตร วิเคราะห์ศักยภาพของพื้นที่ของเกษตรกรและชุมชน ให้บริการส่งเสริมอาชีพและดำเนินการเกี่ยวกับการส่งเสริมและพัฒนาเกษตรกร ดำเนินงานตามแผนงานโครงการส่งเสริมการเกษตร เมื่อศึกษาถึงความคิดเห็นของเจ้าหน้าที่ต่อคำบรรยายลักษณะงาน พบว่า ภาพรวมเจ้าหน้าที่มีความคิดเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วย ($\bar{x}$ = 3.92) โดยเห็นด้วยว่าหน่วยงานให้ความสำคัญกับคำบรรยายลักษณะงาน มีความเข้าใจในคำบรรยายลักษณะงาน การปฏิบัติงานตามคำบรรยายลักษณะงาน ประโยชน์ของคำบรรยายลักษณะงานต่อการปฏิบัติงาน และข้อเสนอแนะในการนำไปปฏิบัติ เจ้าหน้าที่ส่งเสริมมีปัญหาและอุปสรรคในการปฏิบัติงานคือ การปฏิบัติงานนอกเหนือจากงานหลักมากเกินไปจนไม่มีเวลาปฏิบัติงานหลัก และงานที่ได้รับมอบหมายมีความหลากหลายมากเกินไป เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรเสนอว่าควรมอบหมายงานให้ตรงตามคำบรรยายลักษณะงานและลดงานฝากจากหน่วยงานอื่นให้น้อยลงเพื่อให้การปฏิบัติงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร การปฏิบัติงาน คำบรรยายลักษณะงาน

คำนำ

การส่งเสริมการเกษตรเป็นกลไกสำคัญในการพัฒนาประเทศโดยสามารถเป็นแนวทางสนับสนุนการผลิตอาหารและลดความเสียหายที่เกิดขึ้นกับผลผลิต (Wesley and Faminow, 2014) ในศตวรรษที่ 21 การส่งเสริมการเกษตร ได้กลายเป็นเครื่องมือสำหรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน (Adetayo and Eunice, 2013) นอกจากนี้การส่งเสริมยังเป็นการให้ความช่วยเหลือแก่เกษตรกรและชาวประมงเพื่อถ่ายทอดความรู้และหาแนวทางแก้ไขปัญหาในการผลิต การจัดการฟาร์มและการตลาด โดยผ่านการแลกเปลี่ยนข้อมูล เทคนิควิธีการ ระหว่างเกษตรกร นักส่งเสริม ผู้ผลิตวัตถุดิบ แหล่งสินเชื่อ และผู้ประกอบการค้า (Davis and Heemskerk, 2012) ในด้านการบริการการส่งเสริมการเกษตรเป็นการให้ความรู้แก่เกษตรกรว่าจะปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตอย่างไร นอกจากนี้การส่งเสริมยังเป็นการนำผลการวิจัยไปใช้ให้เกิดประโยชน์แก่เกษตรกร (Davies *et al*., 2009) จากการประชุมคณะทำงานระดับสูงของสหประชาชาติเกี่ยวกับความมั่นคงด้านอาหารและโภชนาการ (HLPE) ที่ประชุมได้ให้ข้อเสนอแนะว่า เพื่อให้การพัฒนาประเทศเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ รัฐบาลในแต่ละประเทศควรให้ความสนใจและลงทุนอย่างเต็มที่ในด้านการส่งเสริมการเกษตรและการวิจัย (HLPE, 2013)

งานส่งเสริมการเกษตรจะดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพจะต้องมีองค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งคือเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร ซึ่งจะเห็นได้ว่าความสำเร็จของงานส่งเสริมการเกษตรในหลาย ๆ โครงการมีความสัมพันธ์หรือขึ้นอยู่กับความสามารถและความสนใจเอาใจใส่ในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร จากงานวิจัยของ Ragasa *et al*. (2016) ในสาธารณรัฐประชาธิปไตยคองโกพบว่า ความล้มเหลวและไม่ประสบผลสำเร็จของงานส่งเสริมการเกษตรในด้านการให้ความรู้ เทคนิค และวิธีการ แก่พื้นที่ชนบท มีสาเหตุมาจากการขาดการประสานงานที่ดีของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร การไม่มีนโยบายที่ชัดเจนและเป็นเอกภาพ

ขาดเงินทุน และเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรมีความสามารถต่ำ ขาดความคล่องตัวและขาดปฏิสัมพันธ์กับเกษตรกร สำหรับงานส่งเสริมการเกษตรในประเทศไทยนั้น กรมส่งเสริมการเกษตร (2554) ได้ระบุว่าเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรในประเทศไทยประสบปัญหาในการปฏิบัติงาน 3 ด้าน คือ 1) มีภาระงานมาก กล่าวคือ ในระดับตำบล เกษตรตำบล 1 ราย มีพื้นที่รับผิดชอบ 1-2 ตำบล มีทั้งงานหลักในภาระงานที่ได้รับมอบหมายประมาณร้อยละ 40 และงานที่เกี่ยวข้องกับนโยบายเร่งด่วนจากนโยบายรัฐบาลหรือองค์การส่วนท้องถิ่นประมาณร้อยละ 60 2) ขาดทักษะการสอนและการถ่ายทอดความรู้ เพราะเจ้าหน้าที่ไม่ได้รับการอบรมฝึกฝนเพื่อการเพิ่มพูนความรู้ทักษะประสบการณ์ที่จำเป็นอย่างต่อเนื่อง และ 3) มีภาวะหนี้สินที่เกิดจากค่าตอบแทนที่ได้รับต่ำแต่มีค่าใช้จ่ายสูง ซึ่งจะเห็นได้ว่า ภาระงานที่มากเกินไปนั้นมีผลกระทบต่อการปฏิบัติงานในภาระหน้าที่หลักของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร และอาจจะทำให้เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรไม่มีเวลาพัฒนาตนเองในการทำงาน และการพักผ่อนตลอดจนการสันทนาการที่พึงมีขาดการฝึกฝนอบรมเพื่อการเพิ่มพูนความรู้ทักษะประสบการณ์ที่จำเป็นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรในด้านการทำวิจัยทางส่งเสริมการเกษตร พบว่าเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรยังมีการวิจัยในพื้นที่ปฏิบัติการเป็นจำนวนน้อย เนื่องจากขาดแรงจูงใจในการทำการวิจัยของเจ้าหน้าที่ และยังพบว่าเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร ไม่ค่อยมีการนำผลการวิจัยจากสถาบันวิชาการต่าง ๆ ไปใช้ประโยชน์กับเกษตรกร ซึ่งจะมีผลกระทบต่อการพัฒนางานด้านการส่งเสริมการเกษตร นอกจากนี้กรมส่งเสริมการเกษตร (2556) ได้ระบุว่าปัญหาของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร คือ มีการปฏิบัติงานเพิ่มมากขึ้นโดยมีงานที่ได้รับมอบหมายจากหน่วยงานอื่น ๆ นอกเหนือจากงานอันเป็นภาระหน้าที่หลักของกรมส่งเสริมการเกษตร

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยต้องการศึกษาว่าเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรมีสภาพการปฏิบัติงานส่งเสริมการเกษตรอย่างไร และมีการปฏิบัติหน้าที่ตามภาระงานจริงเมื่อเทียบกับภาระงานที่กำหนดไว้ในคำบรรยายลักษณะงานของกรมส่งเสริมการเกษตรเป็นอย่างไร ผู้วิจัยได้เลือกศึกษาในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทยเนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีความหลากหลายของทรัพยากรธรรมชาติ และวัฒนธรรมของกลุ่มชาติพันธุ์ต่าง ๆ มากกว่า 13 เผ่าพันธุ์ (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2554) และยังเป็นแหล่งผลิตพืชสำคัญ เช่น ข้าว อ้อย ข้าวโพด และถั่วเหลือง (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2552) ตลอดจนมีเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรประจำอยู่เป็นจำนวนมาก แต่ในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนยังขาดการศึกษาที่ชัดเจนในประเด็นของสภาพการปฏิบัติงานส่งเสริมการเกษตรของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรโดยเฉพาะการปฏิบัติงานตามภาระงานจริงเมื่อเทียบกับภาระงานที่กำหนดไว้ในลักษณะงานของกรมส่งเสริมการเกษตร ตลอดจนปัญหา อุปสรรคและข้อเสนอแนะในการปฏิบัติงาน ประโยชน์ของการทำวิจัยในครั้งนี้คาดว่าจะสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางสำหรับการวางแผนปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรและการพัฒนาปรับปรุงคำบรรยายลักษณะงานให้ชัดเจนเพื่อให้เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรทำงานได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้แบบการวิจัยเชิงสำรวจ (survey research designs) ซึ่ง Creswell (2012) ให้ความหมายของแบบการวิจัยเชิงสำรวจว่าเป็นกระบวนการของการวิจัยเชิงปริมาณที่ผู้วิจัยใช้สำรวจข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างหรือประชากรทั้งหมด เพื่อที่จะอธิบายทัศนคติ ความคิดเห็น พฤติกรรมหรือลักษณะของประชากร โดยการวิจัยครั้งนี้มีวิธีดำเนินงานเกี่ยวกับประชากร กลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยดังต่อไปนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาคือ เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย จำนวน 589 ราย ผู้วิจัยได้กำหนดขนาดของตัวอย่างโดยใช้สูตรการคำนวณหาขนาดกลุ่มตัวอย่างของ Taro Yamane

(Yamane, 1973) ได้จำนวนตัวอย่าง 238 ราย และใช้วิธีการสุ่มแบบสัดส่วนชั้นภูมิ (proportionate stratified sampling) (ชูศรี, 2546) โดยทำการสุ่มเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรในภาคเหนือตอนบนตามสัดส่วนขนาดของประชากรในแต่ละจังหวัด แล้วใช้วิธีสุ่มกระจายแบบง่าย (simple random sampling) (กัลยา, 2555) ให้ได้จำนวนตัวอย่างเท่ากับที่คำนวณได้ในแต่ละจังหวัด

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบสัมภาษณ์ (questionnaire) เป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล ซึ่งมีการทดสอบความน่าเชื่อถือได้ (reliability) โดยนำไปสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรที่มีลักษณะใกล้เคียงกับประชากรที่ใช้ศึกษา จำนวน 20 ราย ในจังหวัดอุตรดิตถ์ หลังจากนั้นนำแบบสัมภาษณ์ มาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาค่า reliability coefficient ตามวิธีการของ Cronbach ผลปรากฏว่าแบบสัมภาษณ์มีค่าสัมประสิทธิ์อัลฟา (Cronbach's alpha) ดังนี้ 1) การปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร มีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.908 และ 2) ความคิดเห็นของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรต่อคำบรรยายลักษณะงาน มีค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาเท่ากับ 0.789

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูปเพื่อการวิจัยทางสังคมศาสตร์ สถิติที่ใช้คือ สถิติพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ ร้อยละ ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับคำถามที่ให้แสดงความคิดเห็นตามมาตรประมาณค่า 5 ระดับ ของ Likert's scale วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (weight mean score)

ผลการศึกษา

ลักษณะพื้นฐานบางประการทาง เศรษฐกิจ สังคม และสภาพการปฏิบัติงาน

ผลการวิจัยพบว่า เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร ร้อยละ 55.5 เป็นเพศหญิง ร้อยละ 42.9 มีอายุอยู่ในช่วง 51-60 ปี โดยมีอายุเฉลี่ย 44.64 ปี ในด้านระดับการศึกษา พบว่าร้อยละ 73.5 จบการศึกษาระดับปริญญาตรี เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรจำนวนร้อยละ 51.3 ไม่มีอาชีพเสริม ร้อยละ 39.5 มีเงินเดือนมากกว่า 35,000 บาท และจำนวนร้อยละ 80.7 มีการกู้ยืมจากแหล่งสินเชื่อต่าง ๆ ส่วนด้านสภาพการปฏิบัติงาน พบว่า เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรร้อยละ 40.8 มีประสบการณ์ในการปฏิบัติงาน 1 ถึง 10 ปี จำนวนร้อยละ 53.8 มีตำแหน่งทางวิชาการเป็นนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรชำนาญการ เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรจำนวนร้อยละ 52.1 ปฏิบัติงานในพื้นที่ราบ จำนวนร้อยละ 60.5 มีพื้นที่รับผิดชอบงาน 1 ตำบลและร้อยละ 39.5 รับผิดชอบมากกว่า 1 ตำบล เจ้าหน้าที่ส่งเสริมร้อยละ 50.4 มีประสบการณ์ทำงานในพื้นที่เป็นเวลา 1-5 ปี โดยร้อยละ 40.3 รับผิดชอบเกษตรกร 501-1,000 ครัวเรือน

การปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรตามภาระงานจริงเทียบกับภาระงานที่กำหนดไว้ในลักษณะงานของกรมส่งเสริมการเกษตร

การศึกษาการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร ผู้วิจัยได้แบ่งเป็น 2 ประเด็น คือความคิดเห็นต่อการปฏิบัติงานจริงตามคำบรรยายลักษณะงานและความคิดเห็นของเจ้าหน้าที่ต่อคำบรรยายลักษณะงานของกรมส่งเสริมการเกษตร

จากการศึกษาการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรตามคำบรรยายลักษณะงาน 12 ด้าน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2557) พบว่า โดยภาพรวมเจ้าหน้าที่ได้ปฏิบัติงานตามบทบาทหน้าที่ที่กำหนดไว้อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.78) และเมื่อพิจารณาแต่ละประเด็นพบว่า เจ้าหน้าที่ส่งเสริมมีการปฏิบัติงานอยู่ในระดับมาก 9 ด้าน ได้แก่ 1) ติดตามประเมินผลและรายงานผลการส่งเสริมการเกษตรในพื้นที่ 2) ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายจากผู้บังคับบัญชา 3) ประสานการแก้ไขปัญหาการผลิตแก่เกษตรกรและช่วยเหลือเกษตรกรผู้ประสบภัยธรรมชาติ 4) ศึกษาวิเคราะห์ศักยภาพของพื้นที่ ของเกษตรกรและชุมชน 5) ส่งเสริมและประสานการถ่ายทอดความรู้ด้านการผลิต 6) ให้บริการส่งเสริมอาชีพการเกษตรและการพัฒนาเกษตรกร องค์กรเกษตรกร และวิสาหกิจ

ชุมชน 7) ดำเนินงานตามแผนงานโครงการและมาตรการส่งเสริมการเกษตร 8) ให้คำปรึกษาแนะนำและสนับสนุนแก่เกษตรกรและชุมชนมีส่วนร่วมในการจัดทำแผนพัฒนาการเกษตร และ 9) ปฏิบัติงานอื่นที่เกี่ยวข้องหรืองานตามที่ได้รับมอบหมาย ส่วนประเด็นที่เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรปฏิบัติอยู่ในระดับปานกลาง ได้แก่ 1) งานที่ได้รับมอบหมายจากภารกิจตามคำสั่ง ระดับตำบล อำเภอ และจังหวัด 2) งานขอความร่วมมือจากหน่วยงานอื่นในเรื่องต่าง ๆ และ 3) งานที่กรมอื่นฝากทำ เนื่องจากกรมส่งเสริมการเกษตรมีเจ้าหน้าที่ประจำอยู่ในพื้นที่จำนวนมาก รายละเอียดดังตารางที่ 1

จะเห็นได้ว่าภาระงานที่เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรได้ปฏิบัติในระดับมาก เป็นงานหลักที่นักส่งเสริมจะต้องทำ เช่น วางแผนจัดทำโครงการในด้านต่าง ๆ งานแก้ไขปัญหาการผลิตแก่เกษตรกร วิเคราะห์ศักยภาพของพื้นที่ ของเกษตรกรและชุมชน การดำเนินงานตามแผนการโครงการต่าง ๆ และการให้คำปรึกษา แนะนำเกษตรกร และงานที่ได้รับมอบหมายจากผู้บังคับบัญชา เช่น การเข้าประชุมในเรื่องต่าง ๆ การทำงานเฉพาะด้านในหน่วยงาน เช่น การใช้วัสดุครุภัณฑ์ ซึ่งถ้าพิจารณาภาระงานส่วนใหญ่ที่เจ้าหน้าที่ได้ปฏิบัติแล้ว ก็นับได้ว่าเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรได้ปฏิบัติงานในระดับมากตามบทบาทหน้าที่ที่ได้กำหนดไว้ในคำบรรยายลักษณะงานของกรมส่งเสริมการเกษตร

Table 1. Job performance of agricultural extension officers following the job description of the Department of Agricultural Extension

n = 238

Job description	Level of performance		
	$\bar{x}$	S.D.	Meaning
1. Analyze potential of agricultural and communal area	4.02	0.713	High
2. Promote knowledge transfer in agricultural production	3.98	0.771	High
3. Agricultural extension services and farmers organizations development	3.97	0.774	High
4. Consultation and support farmers and communities to participate in the agricultural development plan	3.89	0.748	High
5. Implementation of the plan and measures to promote agriculture	3.92	0.750	High
6. Coordinate the production problem solving to farmers and help farmers whose suffering natural disaster	4.13	0.716	High
7. Monitor, evaluate and report the results of extension agricultural in the area	4.21	0.808	High
8. Perform related other tasks or tasks as assigned	3.84	0.992	High
9. Jobs assigned by supervisors	4.16	0.731	High
10. Tasks from the request of cooperation from other agencies because department of agricultural extension has many staff in the area	2.64	0.824	Moderate
11. Tasks assigned by district and province	3.40	0.803	Moderate
12. Other tasks such as lecturer, help collect the information	3.21	0.911	Moderate
Total	3.78	0.795	High

Note: Indicator for the level of performance. $\bar{x}$ = 1.00 - 1.50: Lowest, $\bar{x}$ = 1.51 - 2.50: Low, $\bar{x}$ = 2.51 - 3.50: Moderate, $\bar{x}$ = 3.51 - 4.50: High, $\bar{x}$ = 4.51 - 5.00: Highest

เมื่อศึกษาถึงภาระหน้าที่รับผิดชอบที่เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรให้ความเห็นว่า ได้ปฏิบัติอยู่ในระดับปานกลางพบว่าส่วนใหญ่เป็นงานที่ได้รับมอบหมายจากภารกิจตามคำสั่ง ระดับตำบล อำเภอ และจังหวัด และงานขอความร่วมมือในเรื่องต่าง ๆ เช่น เป็นผู้ติดต่อประสานงานและให้บริการข้อมูลวิชาการทางด้านการเกษตร ส่วนงานที่กรมอื่นขอความร่วมมือ เช่น การขึ้นทะเบียนสัตว์น้ำ เป็นต้น จะเห็นได้ว่านอกจากภารกิจหลักที่ได้ปฏิบัติเป็นจำนวนมากแล้ว เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรยังต้องทำงานที่กรมอื่นหรือหน่วยงานอื่นฝากมา เนื่องจากกรมส่งเสริมการเกษตรมีบุคลากรปฏิบัติงานในภาคสนามอยู่ในพื้นที่เป็นจำนวนมาก โดยงานต่าง ๆ ที่ได้รับมอบหมายจากหน่วยงานอื่น เป็นภาระงานที่ใช้เวลามากพอสมควร งานดังกล่าวมีผลกระทบต่อการปฏิบัติหน้าที่หลักและประสิทธิภาพในการทำงาน ของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร ทำให้มีเวลาเหลือน้อยที่จะพัฒนาศักยภาพการทำงานของตนเอง รวมถึงมีผลกระทบต่อเวลาที่ต้องพักผ่อนหรือสันทนาการ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาคุณภาพชีวิตและครอบครัว

จากการเปรียบเทียบการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรกับภาระงานที่กำหนดไว้ในคำบรรยายลักษณะงาน พบว่า เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรได้ปฏิบัติงานอยู่ในระดับมาก ส่วนใหญ่เป็นงานที่กำหนดไว้ในคำบรรยายลักษณะงานที่เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรจะต้องปฏิบัติ เช่น การวิเคราะห์ศักยภาพของพื้นที่ งานในด้านการส่งเสริมและประสานงานถ่ายทอดความรู้ด้านการผลิตการจัดการผลผลิต เป็นต้น งานดังกล่าวเป็นไปตามวัตถุประสงค์หลักของการส่งเสริมการเกษตร คือ เพื่อพัฒนาการเกษตรของประเทศ โดยเผยแพร่ความรู้และเทคโนโลยีทางการเกษตรเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกร การศึกษาครั้งนี้ยังพบว่า เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรได้ปฏิบัติงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในระดับปานกลาง ซึ่งเป็นงานที่กรมหรือหน่วยงานอื่น ๆ ฝากทำ เช่น งานด้านการช่วยเหลือกรมปศุสัตว์ในด้านการขึ้นทะเบียนโคกระบือ งานที่ได้รับมอบหมายตามคำสั่งระดับตำบล อำเภอ และจังหวัด เช่น เป็นกรรมการพิจารณาโครงการที่ของบประมาณของกระทรวงมหาดไทย และงานที่กรมอื่นขอความร่วมมือ

ในการศึกษาความคิดเห็นของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรต่อการปฏิบัติงานตามคำบรรยายลักษณะงานที่กรมส่งเสริมการเกษตรกำหนด พบว่า โดยภาพรวมเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรมีความคิดเห็นต่อคำบรรยายลักษณะงานอยู่ในระดับเห็นด้วย ($\bar{x}$ = 3.92) ซึ่งประเด็นหลักที่เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรมีความคิดเห็นต่อคำบรรยายลักษณะงานที่สำคัญ ได้แก่ 1) หน่วยงานที่สังกัดให้ความสำคัญกับคำบรรยายลักษณะงานอยู่ในระดับเห็นด้วย ($\bar{x}$ = 3.77) โดยเห็นด้วยว่าหน่วยงานที่สังกัดมีการแจ้งให้ทราบถึงคำบรรยายลักษณะงาน มีการกำหนดคำบรรยายลักษณะงานอย่างชัดเจน ยึดหลักการปฏิบัติงานตามคำบรรยายลักษณะงาน มีการติดตามรวมถึงการนิเทศการปฏิบัติงานตามคำบรรยายลักษณะงาน ผู้บังคับบัญชาให้ความสำคัญกับการปฏิบัติตามคำบรรยายลักษณะงาน และหน่วยงานมีระบบการทบทวนการปฏิบัติงานตามคำบรรยายลักษณะงาน 2) ความเข้าใจในเรื่องคำบรรยายลักษณะงาน เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรให้ความเห็นในระดับเห็นด้วย ($\bar{x}$ = 3.94)โดยเห็นด้วยว่าเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรมีความเข้าใจและรู้ว่าจะต้องทำงานอะไรบ้างตามคำบรรยายลักษณะงาน 3) การปฏิบัติตามคำบรรยายลักษณะงาน เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรมีความคิดเห็นในระดับเห็นด้วย ($\bar{x}$ = 3.85) โดยเห็นว่าตนสามารถปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายจากผู้บังคับบัญชาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตนมีความชำนาญในเรื่องการปฏิบัติงานตรงตามคำบรรยายลักษณะงาน มีการปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายทันตามกำหนดการ คำบรรยายลักษณะงานตรงตามที่ตนเองถนัด และพึงพอใจต่องานที่ได้รับมอบหมายตามคำบรรยายลักษณะงาน ขณะเดียวกันเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรมีความคิดเห็นต่อประเด็นคำถามเชิงลบ (เชิงนิเสธ) ในระดับเห็นด้วยว่า ตนได้ปฏิบัติงานนอกเหนือจากงานที่ได้รับมอบหมายมากเกินความจำเป็น เจ้าหน้าที่ส่งเสริมต้องรับงานเพิ่มขึ้นเนื่องจากหน่วยงานอื่นขอให้ช่วย ทั้งนี้จากการศึกษาพบว่าเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรมีการปฏิบัติงานนอกเหนือจากงานที่ได้รับมอบหมายตามคำบรรยาย

ลักษณะงานเป็นจำนวนมาก ($\bar{x}$ = 3.92) ทำให้เกิดการทำงานที่เร่งรีบ ส่งผลให้งานที่ออกมาไม่มีประสิทธิภาพ ปฏิบัติงานได้ไม่เต็มความสามารถ 4) ในด้านประโยชน์ต่อการปฏิบัติงาน เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรมีความคิดเห็นในระดับเห็นด้วย ($\bar{x}$ = 4.08) โดยเห็นว่าคำบรรยายลักษณะงานที่เหมาะสมจะทำให้มีผลต่อการปฏิบัติงานที่ดี และ 5) ด้านข้อเสนอแนะที่จะนำไปปฏิบัตินั้น เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรมีความคิดเห็นในระดับเห็นด้วย ($\bar{x}$ = 3.96) โดยเห็นว่าควรมีการคุยถึงปัญหาที่เกิดขึ้นเมื่อไม่สามารถปฏิบัติตามคำบรรยายลักษณะงาน และควรมีการปรับปรุงแก้ไขคำบรรยายลักษณะงานตามสภาพพื้นที่การปฏิบัติงาน เนื่องจากสภาพพื้นที่ในการปฏิบัติงานแต่ละพื้นที่ไม่เหมือนกันจึงทำให้ไม่สามารถใช้มาตรฐานเดียวกันได้ทุกพื้นที่ และควรมีการนำคำบรรยายลักษณะงานของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรมาทำการปรับปรุงและแก้ไขตามสถานการณ์ทางการเกษตรให้เป็นปัจจุบัน

จะเห็นได้ว่าโดยภาพรวมเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรเห็นด้วยกับคำบรรยายลักษณะงานของกรมส่งเสริมการเกษตร โดยส่วนใหญ่มีความเข้าใจและมองเห็นประโยชน์ของคำบรรยายลักษณะงานและคิดว่าสามารถปฏิบัติตามคำบรรยายลักษณะงานได้ แต่ก็มีความเห็นว่ายังมีภาระงานบางอย่างที่อยู่นอกเหนือภาระงานหลัก ทำให้การปฏิบัติงานหลักเป็นไปอย่างล่าช้าและไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร รายละเอียดดังตารางที่ 2

Table 2. The opinion of agricultural extension officer toward job description of the Department of Agricultural Extension

n = 238

Item	$\bar{x}$	S.D.	Meaning
1. The agency focus on job description	3.77	0.568	Agree
1.1 Notify the staff	3.94	0.640	Agree
1.2 Adhere to the job description	3.79	0.735	Agree
1.3 Follow up the performance through job description	3.77	0.694	Agree
1.4 Supervisors focus on job description	3.72	0.774	Agree
1.5 Have a review system for job description	3.63	0.821	Agree
2. Understand the job description	3.94	0.606	Agree
2.1 The agency clearly defined job description	3.92	0.680	Agree
2.2 Understand and know what to do with job description	3.97	0.675	Agree
3. Ability to follow job description	3.85	0.453	Agree
3.1 Can work effectively	3.90	0.743	Agree
3.2 Has expertise in practice	3.86	0.613	Agree
3.3 Tasks done at a scheduled time	3.81	0.838	Agree
3.4 Tasks fully operation	3.76	0.926	Agree
3.5 The job is handled exactly where they are	3.68	0.756	Agree
3.6 Satisfied with assigned tasks	3.74	0.730	Agree
3.7 Perform other tasks than delegated tasks	3.92	0.818	Agree
3.8 Get more work from the request of cooperation from other agencies	4.12	0.883	Agree
4. The benefits of job description	4.08	0.631	Agree
5. Suggestion for implementation	3.96	0.638	Agree
5.1 should discuss the problem when it can't be put into practice	3.95	0.712	Agree
5.2 Should be adjusted according to the operating area	3.91	0.779	Agree
Total	3.92	0.393	Agree

Note: Indicator for the level of opinion. $\bar{x}$ =1.00-1.50: Strongly disagree, $\bar{x}$ = 1.51-2.50: disagree, $\bar{x}$ = 2.51-3.50: Undecided, $\bar{x}$ = 3.51-4.50: Agree, $\bar{x}$ = 4.51-5.00: Strongly agree

จากการศึกษาปัญหาและข้อเสนอแนะในการปฏิบัติงานตามคำบรรยายลักษณะงานที่กำหนดไว้ พบว่า เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรร้อยละ 21.8 ประสบปัญหาในเรื่อง การมอบหมายงานนอกเหนือจากงานหลักมากเกินไป ทำให้ดูแลเกษตรกรไม่ทั่วถึง โดยที่เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรมีงานรับผิดชอบมากพอสมควรอยู่แล้วแต่ก็ยังต้องรับงานจากกรมอื่นเพิ่มขึ้น รวมถึงงานเร่งด่วนตามนโยบายของรัฐบาล เช่น เป็นวิทยากรในระดับต่าง ๆ ของทางกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จนไม่มีเวลาเพียงพอในการปฏิบัติงานตามที่ได้รับมอบหมาย โดยเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรร้อยละ 20.8 ได้เสนอแนะว่าควรมีการมอบหมายงานให้ตรงกับลักษณะของงานที่กำหนดไว้ให้ของกรมส่งเสริมการเกษตร

วิจารณ์

การศึกษาเปรียบเทียบการปฏิบัติงานจริงกับภาระงานที่กำหนดไว้ของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทยสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. สภาพการปฏิบัติงานส่งเสริมการเกษตร ของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรในเขตภาคเหนือตอนบน พบว่า เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร มีการปฏิบัติงานในพื้นที่ราบและพื้นที่สูง และรับผิดชอบงานในพื้นที่ 1 ตำบลหรือมากกว่า โดยจำนวนครึ่งหนึ่งมีการปฏิบัติงานในพื้นที่มาเป็นเวลา 1-5 ปี และรับผิดชอบจำนวนครัวเรือนเกษตรกรตั้งแต่ 500 ครัวเรือน จนถึงมากกว่า 2,000 ครัวเรือน นับว่าเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร มีพื้นที่และจำนวนครัวเรือนเกษตรกรที่รับผิดชอบมาก ซึ่งเป็นการปฏิบัติงานที่สอดคล้องกับ กรมส่งเสริมการเกษตร (2552) ระเบียบกรมส่งเสริมการเกษตรว่าด้วยแนวทางปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรระดับตำบล พ.ศ. 2552 ซึ่งระบุว่า เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรต้องรับผิดชอบงานในพื้นที่ 1 คนต่อ 1 ตำบลและครัวเรือนที่รับผิดชอบมีตั้งแต่ 500 ครัวเรือนขึ้นไป เมื่อพิจารณาสัดส่วนความรับผิดชอบของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมต่อครัวเรือนเกษตรกร พบว่า เจ้าหน้าที่ส่งเสริมมีภาระรับผิดชอบมากเมื่อเทียบกับประเทศต่าง ๆ ได้แก่ จีน (1 : 620) เคนย่า (1 : 950) และดีอาร์คองโก (1 : 540) (Davis *et al*., 2010)

2. งานส่งเสริมการเกษตรเป็นงานที่ต้องใช้ความรู้ความสามารถของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร ในการทำงานโดยมีเป้าหมายหลักในการพัฒนาศักยภาพการผลิตของเกษตรกรและชุมชนเกษตร ทำให้สามารถเพิ่มรายได้และยกฐานะความเป็นอยู่ของครอบครัวให้ดีขึ้น การศึกษาครั้งนี้ พบว่า เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรปฏิบัติงานจริงในระดับมาก เมื่อเทียบกับภาระงานที่กำหนดไว้ในคำบรรยายลักษณะงาน โดยปฏิบัติงานในด้านการวิเคราะห์ศักยภาพของพื้นที่ งานในด้านการส่งเสริมและประสานงานถ่ายทอดความรู้ด้านการผลิตการจัดการผลผลิต การให้คำปรึกษาแนะนำและสนับสนุนให้เกษตรกรและชุมชนมีส่วนร่วมในการจัดทำแผนพัฒนาการเกษตร ซึ่งเป็นภาระหน้าที่หลักของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร ในขณะเดียวกันก็ได้ปฏิบัติงานอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากคำบรรยายลักษณะงานอยู่ในระดับปานกลาง ได้แก่ งานที่กรมหรือหน่วยงานอื่น ๆ ฝากทำ เช่น งานด้านการช่วยเหลือกรมปศุสัตว์ในด้านการขึ้นทะเบียนโคกระบือ งานที่ได้รับมอบหมายตามคำสั่งระดับตำบล อำเภอ และจังหวัด เช่น เป็นกรรมการพิจารณาโครงการที่ของบประมาณของกระทรวงมหาดไทย และงานที่กรมอื่นขอความร่วมมือ โดยเป็นภาระงานที่มีปริมาณมากเมื่อเทียบกับเวลาทำงานมาตรฐานที่กระทรวงแรงงานได้กำหนดไว้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อรนุช (2550) ที่ศึกษาเรื่อง การปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรผู้รับผิดชอบศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตรประจำตำบล ในจังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ปัญหาที่มีผลกระทบต่อการปฏิบัติงานคือการที่นักส่งเสริมมีภาระหน้าที่ในการรับผิดชอบมาก ทำให้มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงาน ถึงแม้ว่าเจ้าหน้าที่จะมีความเข้าใจดีและมองเห็นถึงความสำคัญของคำบรรยายลักษณะงานของกรมส่งเสริมการเกษตร แต่การปฏิบัติภารกิจอื่น ๆ ที่เป็นงานนอกเหนือจากงานในคำบรรยายลักษณะงาน มีผลกระทบต่อเวลาในการปฏิบัติงานหลัก ทำให้ส่งผลกระทบไปถึงประสิทธิภาพการปฏิบัติงานในการที่จะบรรลุเป้าหมายสำคัญของการส่งเสริมการเกษตร ดังนั้นการลดงานอื่นลงและมุ่งให้เอาใจใส่กับการทำงาน

หลักให้มีประสิทธิภาพ การให้เวลาพักผ่อน สันทนาการและพัฒนาคุณภาพชีวิตแก่เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร ตลอดจนพัฒนาศักยภาพในการทำงาน เช่น การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรควรมีเวลาและโอกาสในการเข้ารับการฝึกอบรมในด้านนี้ จากงานวิจัยของ กนกรัตน์ และ วรทัศน์ (2560) ศึกษาเรื่องความรู้และความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงราย พบว่า เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรยังมีความรู้ในด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งความรู้ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศจะมีประโยชน์ในการทำงานทางด้านการส่งเสริมการเกษตร และสามารถถ่ายทอดความรู้ด้านการเกษตรให้แก่เกษตรกรได้ จึงเป็นสิ่งสำคัญที่ผู้บริหารสูงสุดควรคำนึงที่จะกำหนดนโยบายและหาแนวทางในการสนับสนุนให้เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรทำงานได้อย่างประสิทธิภาพและมีความสุขในการทำงาน เพื่อที่จะมีความรักในอาชีพการงานและปฏิบัติงานอย่างมีประสิทธิภาพตลอดอายุการทำงาน การที่เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรได้ปฏิบัติงานจริงในภาคสนามในระดับมากนับว่าเป็นการใช้เวลาทำงานในแต่ละวัน แต่ละสัปดาห์ เป็นไปตามเวลาทำงานที่กำหนดไว้ในกฎหมายแรงงาน กระทรวงแรงงาน (2552) คือ ไม่เกิน 8 ชั่วโมงต่อวันและไม่เกิน 48 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ การปฏิบัติงานที่ใช้เวลาไม่เหมาะสม ไม่ว่าจะมากไปหรือน้อยไป ย่อมมีผลต่อประสิทธิภาพของการทำงาน ซึ่งจะส่งผลต่อความสำเร็จของงานตามเป้าหมายที่วางไว้ Socialist Courier (2012) ได้เสนอสโลแกนของโรเบิร์ต โอเวน ที่ให้ไว้ว่าช่วงเวลาที่เหมาะสมในการใช้ชีวิตของคนว่าควรทำงานวันละ 8 ชั่วโมง มีการสันทนาการ 8 ชั่วโมงและนอน 8 ชั่วโมง เพื่อให้คุณภาพชีวิตของคนทำงานดีขึ้น และประดิษฐ์ (2560) เสนอผลการประชุมสมาพันธ์แพทย์โรงพยาบาลศูนย์/ทั่วไปร่วมกับแพทยสมาคมแห่งประเทศไทยเรื่องเวลาการทำงาน สุขภาพ และความปลอดภัยว่าคนเรานอกจากเวลาทำงานและนอนแล้ว จะใช้เวลากับครอบครัวและมีเวลาทำกิจกรรมอื่นในสังคม เพื่อให้เกิดความสมดุลในชีวิต หากเวลาทำงานมากขึ้น เวลาสำหรับตนเองครอบครัวและสังคมลดลง จะทำให้เกิดความล้าความเครียดมากขึ้น เป็นการทำลายสุขภาพ

3. งานอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากงานหลักที่กำหนดไว้ในคำบรรยายลักษณะงาน ซึ่งเป็นงานที่กรมหรือหน่วยงานอื่น ๆ ฝากทำ เช่น งานด้านการช่วยเหลือกรมปศุสัตว์ในด้านการขึ้นทะเบียนโค กระบือ งานที่ได้รับมอบหมายตามคำสั่งระดับตำบล อำเภอ และจังหวัด เช่น เป็นคณะกรรมการพิจารณาโครงการที่ของบประมาณของกระทรวงมหาดไทย เป็นคณะกรรมการต่าง ๆ ในระดับตำบล เป็นต้น นอกจากนี้เจ้าหน้าที่ยังต้องปฏิบัติงานที่เป็นงานเร่งด่วนต่าง ๆ ของรัฐบาลที่มอบหมายให้กระทรวงเกษตรและสหกรณ์รับผิดชอบ จะเห็นได้ว่างานเหล่านี้แม้เจ้าหน้าที่ส่งเสริมจะให้ความเห็นว่าตนได้ปฏิบัติโดยรวมอยู่ในระดับปานกลางก็ตาม แต่ก็เป็นงานที่ใช้เวลาในการปฏิบัติมาก ยิ่งเป็นงานที่เร่งด่วนที่ต้องทำในเวลาอันจำกัดแล้ว ย่อมมีผลกระทบต่องานประจำที่เป็นงานหลักตามคำบรรยายลักษณะงานที่กำหนดให้เป็นภารกิจที่ต้องปฏิบัติ จากการวิเคราะห์ภาระงานที่เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรได้ปฏิบัติ จะเห็นได้ว่าเป็นภาระงานที่มีจำนวนค่อนข้างมาก การปฏิบัติงานที่ใช้เวลาไม่เหมาะสม ไม่ว่าจะมากไปหรือน้อยไป ย่อมมีผลต่อประสิทธิภาพของการทำงาน จากการศึกษาของ Virtanen *et al.* (2012) พบว่า การทำงานมากกว่า 55 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานของร่างกายลดลงเมื่อเทียบกับคนที่ทำงานไม่เกิน 40 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ และยังมีการศึกษาเพิ่มเติมพบว่า การทำงานมากจนเกินไปมีความเสี่ยงที่จะเป็นโรคความจำเสื่อม โรคเครียด และโรคหัวใจ เพิ่มขึ้นอีกด้วย ดังนั้นผู้บริหารของกรมส่งเสริมการเกษตร ควรพิจารณาให้ความสำคัญด้านความเหมาะสมของเวลาและปริมาณงานที่ให้เจ้าหน้าที่ส่งเสริมที่ปฏิบัติงานในพื้นที่ ทั้งนี้เพื่อให้เจ้าหน้าที่ส่งเสริมปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยมีสุขภาพและความเป็นอยู่ที่ดีและมีความรักในอาชีพการส่งเสริมการเกษตร

สรุป

การปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย เจ้าหน้าที่ได้

ปฏิบัติงานตามลักษณะงานที่กำหนดไว้ของกรมส่งเสริมการเกษตรอยู่ในระดับมาก และมีงานอื่นที่ปฏิบัติในระดับปานกลางซึ่งเป็นงานที่อยู่นอกเหนือคำบรรยายลักษณะงานได้แก่ งานที่กรมอื่นฝากทำ งานเร่งด่วนจากภารกิจตามคำสั่ง และงานที่ขอความร่วมมือในเรื่องต่าง ๆ เจ้าหน้าที่ส่งเสริมมีความคิดเห็นในระดับเห็นด้วยต่อการปฏิบัติงานตามคำบรรยายลักษณะงาน โดยเห็นด้วยว่าหน่วยงานให้ความสำคัญกับคำบรรยายลักษณะงาน มีความเข้าใจในคำบรรยายลักษณะงาน สามารถปฏิบัติตามคำบรรยายลักษณะงานได้ คำบรรยายลักษณะงานเป็นประโยชน์กับการปฏิบัติงาน และควรแก้ไขคำบรรยายลักษณะงานให้เหมาะสมกับเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร และเจ้าหน้าที่ส่งเสริมได้ให้ข้อชี้แนะในการปฏิบัติงานว่าควรลดงานฝากหรืองานเร่งด่วนจากหน่วยงานอื่นลง ทั้งนี้เพราะ ต้องปฏิบัติงานตามที่ได้รับให้เสร็จทันตามกรอบระยะเวลาที่กำหนดของกรมส่งเสริมการเกษตร ดังนั้น กรมส่งเสริมการเกษตรควรเน้นให้เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรปฏิบัติงานหลักให้มีประสิทธิภาพ มีเวลาในการพักผ่อนสันทนาการ และพัฒนาคุณภาพชีวิต เพื่อให้เป็นบุคลากรที่มีศักยภาพในการปฏิบัติงานส่งเสริมการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยในเรื่องนี้ได้รับการสนับสนุนในส่วนต่าง ๆ ในการทำวิจัยจาก สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตรและพัฒนาชนบท คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ขอบคุณผู้ประสานงานและบุคลากรทุกท่านในภาควิชาพัฒนาเศรษฐกิจการเกษตรที่มีส่วนร่วมทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ตลอดจนเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรในภาคเหนือตอนบนทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ร่วมมือและให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กนกรัตน์ นันทะเสน และ วรทัศน์ อินทรัคคัมพร. 2561. ความรู้และความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ ของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงราย. วารสารเกษตร 34(1): 89-99.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2552. ระเบียบกรมส่งเสริมการเกษตรว่าด้วยแนวทางปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรระดับตำบล พ.ศ. 2552. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: https://www.gotoknow.org/posts/312591 (2 กุมภาพันธ์ 2561).

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2554. สภาพปัญหาด้านการส่งเสริมการเกษตรของประเทศ. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://eleaning.doae.go.th/courseware/doae/exe/_9.html (16 พฤษภาคม 2561).

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2556. แผนยุทธศาสตร์กรมส่งเสริมการเกษตร. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.person.doae.go.th/ (11 พฤศจิกายน 2558).

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2557. แบบบรรยายลักษณะงานกรมส่งเสริมการเกษตร. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.person.doae.go.th/person2011/sites/default/files/new57/sys/zoning/province/1.pdf (11 พฤศจิกายน 2558).

กระทรวงแรงงาน. 2552. “สิทธิตามกฎหมายแรงงาน”. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.mol.go.th/employee/rihgt_labor%20low (1 เมษายน 2561).

กัลยา วานิชย์บัญชา. 2555. การใช้ SPSS FOR WINDOWS ในการวิเคราะห์ข้อมูล. ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 260 หน้า.

ชูศรี วงศ์รัตนะ. 2546. เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย. เทพนิมิตรการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 382 หน้า.

ธนาคารแห่งประเทศไทย. 2552. โครงสร้างเศรษฐกิจภาคเหนือ. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: https://www.bot.or.th/Thai/MonetaryPolicy/Northern/EconomicReport/Pages/Economic_Structure.aspx.n (10 เมษายน 2561).

ประดิษฐ์ ไชยบุตร. 2560. เวลาการทำงาน สุขภาพ และความปลอดภัย. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: https://www.facebook.com/photo.php?fbid=1439844316066872&set=a.1439844269400210.1073741867.100001239514505&type=3&theater (21 เมษายน 2561).

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 2554. นโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2555 – 2559). (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.surdi.su.ac.th/wp-content/uploads/2014/02/strategy551.pdf (21 เมษายน 2561).

อรนุช ใจแก้ว. 2550. การปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรผู้รับผิดชอบศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตรประจำตำบล ในจังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 130 หน้า.

Adetayo, A.J. and B.L. Eunice. 2013. Privatization of agricultural extension services in Nigeria: A fallacy? Asian Journal of Agricultural Extension, Economics & Sociology 2(1): 14-22.

Creswell, J.W. 2012. Research Design: Qualitative, Quantitative and Mixed Methods Approaches. 3rd ed. SAGE Publications, Los Angeles, CA. 251 p.

Davies, B., D. Baulcombe, I. Crute, J. Dunwell, M. Gale, J. Jones, J. Pretty, W. Sutherland and C. Toulmin. 2009. Reaping the Benefits: Science and the Sustainable Intensification of Global Agriculture. Techset Composition Limited, London. 72 p.

Davis, K. and W. Heemskerk. 2012. Agricultural Innovation Systems: An Investment Sourcebook. The World Bank, Washington, D.C. 658 p.

Davis, K., B. Swanson, D. Amudavi, D, A. Mekonnen, A. Flohrs, J. Riese, C. Lamb and E. Zerfu. 2010. In-depth Assessment of the Public Agricultural Extension System of Ethiopia and Recommendations for Improvement. IFPRI Discussion Paper 01041. International Food Policy Research Institute, Washington, D.C. 66 p.

High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition (HLPE). 2013. Investing in Smallholder Agriculture for Food Security and Nutrition. Policy Recommendations. World Food Security, Rome. 7 p.

Ragasa, C., J. Ulimwengu, J. Randriamamonjy and T. Badibanga. 2016. Factors affecting performance of agricultural extension: evidence from Democratic Republic of Congo. The Journal of Agricultural Education and Extension 22(2): 113-143.

Socialist Courier. 2012. Robert Owen and New Lanark. (Online). Available: https://socialist-courier.blogspot.com/2012/06/robert-owen-and-new-lanark.html (April 25, 2018).

Virtanen, M., K. Heikkilä, M. Jokela, J.E. Ferrie, G.D. Batty, J. Vahtera and M. Kivimäki. 2012. Long working hours and coronary heart disease: A systematic review and meta-analysis. American Journal of Epidemiology 176(7): 586-596.

Wesley, A.S. and M. Faminow. 2014. Research and Development and Extension Services in Agriculture and Food Security. ADB Economics Working Paper Series. Asian Development Bank, Manila. 24 p.

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

ความรู้และการปฏิบัติในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช ของเกษตรกรผู้ปลูกหอมหัวใหญ่ อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่

Knowledge and Practices in Pesticide Use of Onion Growers, Mae Wang District, Chiang Mai Province

พงศ์ศาสตร์ นาพรม[1] รุจ ศิริสัญลักษณ์[1*] บุศรา ลิ้มนิรันดร์กุล[1] และ เยาวลักษณ์ จันทร์บาง[2]

Phongsart Naprom[1], Ruth Sirisunyaluk[1*], Budsara Limnirunkul[1] and Yaowaluk Chanbang[2]

[1]ภาควิชาพัฒนาเศรษฐกิจการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

[1]Department of Agricultural Economy and Development, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, 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

**Corresponding author: Email: ruth.si@cmu.ac.th*

(Received: 4 June 2018; Accepted: 29 August 2018)

Abstract: The purposes of this research were 1) to study anti-pesticide chemicals used by the onion growers in Mae Wang district, Chiang Mai province. 2) to study knowledge and practices on using anti-pesticide chemicals. 3) to study problems and recommendations on the use of anti-pesticide chemicals by onion growers in Mae Wang district, Chiang Mai province. The questionnaires were used as an instrument for interviewing the onion growers in Mae Wang district, Chiang Mai province. The sample size was 100 growers. Frequency, percentage, mean, standard deviation, minimum, maximum, and multiple regression analysis were used to analyze the data. The research found that most onion growers used onion seed trade name Superex. Most common plant disease was an anthracnose and common insect pest was beet armyworm (*Spodoptera exigua* Hubner). Most onion growers apply correct pesticides regarding the recommendation on pest species however, there were some growers applied pesticides higher than the label rates. This study revealed that the onion growers had knowledge of anti-pesticide chemicals used in high level. The study of onion growers' practicing found that growers had a high level of accuracy in the use of anti-pesticide chemicals. The results of multiple regression analysis showed that factors that had statistically significant related to the level of correct used of anti-pesticide chemicals by the onion growers were the experience of training and getting information about anti-pesticide chemicals utilization. In part of problems and suggestions of pesticides using by onion growers, it was founded that the pesticide was expensive, also there were weather issues including natural disasters such as strong winds, heavy rains that affect the efficiency of chemical pesticides. The onion growers had provided suggestions on the use of pesticides that the relevant organization should support and promote more knowledge about chemicals using to onion growers.

Keywords: Pesticide, correct used, knowledge, onion growers

บทคัดย่อ: การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาสภาพการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกหอมหัวใหญ่ อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ 2) ศึกษาความรู้และการปฏิบัติในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร 3) ศึกษาถึงปัญหาและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร ผู้วิจัยใช้แบบสัมภาษณ์เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรผู้ปลูกหอมหัวใหญ่จำนวน 100 ราย วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และสถิติอนุมาน คือ การวิเคราะห์ถดถอยพหุ ผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ใช้หอมหัวใหญ่พันธุ์ซุปเปอร์เร็กซ์ (Superex) โรคพืชที่พบเป็นส่วนใหญ่ คือ โรคแอนแทรคโนส แมลงศัตรูพืชที่พบเป็นส่วนใหญ่ คือ หนอนกระทู้หอม เกษตรกรส่วนใหญ่เลือกใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชได้ถูกต้องเหมาะสมและเฉพาะเจาะจงกับชนิดของศัตรูพืชที่พบ แต่มีเกษตรกรบางส่วนที่ใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูในปริมาณมากกว่าที่ระบุไว้ในฉลาก เกษตรกรมีความรู้ในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชอยู่ในระดับมาก ในด้านการปฏิบัติ พบว่า เกษตรกรมีระดับความถูกต้องในการปฏิบัติในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชอยู่ในระดับมาก เมื่อศึกษาถึงปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระดับความถูกต้องในการปฏิบัติในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร พบว่า ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ การได้รับการฝึกอบรมเรื่องการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช และการได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช จากการศึกษาปัญหาและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกหอมหัวใหญ่ พบว่า เกษตรกรมีปัญหาด้านสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชมีราคาแพง และสภาพอากาศ รวมถึงภัยธรรมชาติ เช่น ลมแรง ฝนตกหนัก ซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพของการพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช เกษตรกรได้ให้ข้อเสนอแนะว่า หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรจัดกิจกรรมสนับสนุนและส่งเสริมการให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้สารเคมีให้แก่เกษตรกรให้มากขึ้น

คำสำคัญ: สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช ความถูกต้องในการใช้ ความรู้ เกษตรกรผู้ปลูกหอมหัวใหญ่

คำนำ

อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ เป็นพื้นที่แหล่งผลิตหอมหัวใหญ่ที่ใหญ่ที่สุดของประเทศไทย เนื่องจากมีสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศรวมถึงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหอมหัวใหญ่ ทำให้เกษตรกรหันมาปลูกหอมหัวใหญ่เป็นจำนวนมาก ดังจะเห็นได้จากในฤดูกาลเพาะปลูก ปีการผลิต 2557/2558 อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ มีเกษตรกรผู้ปลูกหอมหัวใหญ่ 457 ราย และมีพื้นที่เพาะปลูก 2,015.50 ไร่ (สำนักงานเกษตรอำเภอแม่วาง, 2558) มีการผลิตและส่งออกไปยังต่างประเทศ โดยเฉพาะประเทศญี่ปุ่นที่มีความต้องการบริโภคหอมหัวใหญ่สดของประเทศไทยมากถึงประมาณปีละ 6,000-8,000 ตัน (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) อย่างไรก็ตามในการผลิตหอมหัวใหญ่ของเกษตรกรยังคงต้องการที่จะเพิ่มปริมาณผลผลิตให้มากกว่าเดิมและพัฒนาคุณภาพของผลผลิตให้ดียิ่งขึ้นเพื่อให้เป็นที่ต้องการของตลาดและเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร อย่างไรก็ตามการปลูกหอมหัวใหญ่ในอำเภอแม่วางมีโรคและแมลงศัตรูพืชระบาดเนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตที่มีสภาพภูมิอากาศร้อนชื้น ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลทำให้เกิดการแพร่ระบาดของโรคและแมลงศัตรูพืชนั้นเป็นไปอย่างรวดเร็วและเข้าทำลายหอมหัวใหญ่อย่างต่อเนื่องตลอดช่วงฤดูกาลเพาะปลูก เกษตรกรจึงแสวงหาวิธีการต่าง ๆ เพื่อที่จะดำเนินการป้องกันรวมถึงกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืช เพื่อยับยั้งและลดความเสียหายอันที่จะส่งผลต่อผลผลิตทั้งยังเป็นการป้องกันไม่ให้ศัตรูพืชเข้าทำลายหอมหัวใหญ่ การใช้สารเคมีจึงเป็นทางเลือกที่เกษตรกรนำมาใช้ เพราะสามารถควบคุมและลดการระบาดของโรคและแมลงศัตรูพืชได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังทันท่วงทีต่อสถานการณ์การแพร่ระบาดที่เกิดขึ้น ส่งผลให้การใช้สารเคมีในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืชเป็นที่นิยมของเกษตรกรอย่างแพร่หลายและเกษตรกรก็สามารถที่จะเข้าถึงแหล่งของสารเคมีได้ง่าย จนเกษตรกรเห็นว่าสารเคมีกลายเป็นปัจจัยการผลิตที่จำเป็นสำหรับการเพาะปลูกพืช โดยจะเห็นได้จากประเทศไทยมี

การนำเข้าสารเคมีเป็นปริมาณมาก ซึ่งในปี พ.ศ. 2557 มีการนำเข้าสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชกว่า 134,377 ตัน คิดเป็นมูลค่า 19,357 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557) เนื่องจากสารเคมีเหล่านี้เป็นวัตถุอันตรายที่มีสารพิษ เกษตรกรจึงต้องใช้ด้วยความระมัดระวัง เพื่อเป็นการป้องกันมิให้เป็นอันตรายต่อตัวผู้ใช้เองรวมถึงสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ทั้งนี้ในการผลิตหอมหัวใหญ่นั้น มีการนำสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชเข้ามาใช้แทบจะทุกขั้นตอนของการผลิตและทุกระยะการเจริญเติบโตของหอมหัวใหญ่ แต่การใช้สารเคมีของเกษตรกรนั้นเป็นไปอย่างอิสระตามประสบการณ์การเพาะปลูกหอมหัวใหญ่ของเกษตรกร อีกทั้งเกษตรกรยังขาดความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและใช้ในปริมาณที่ไม่ถูกต้องเหมาะสม ขาดความตระหนักถึงพิษภัยที่ร้ายแรงของสารเคมีแต่ละชนิด ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อเกษตรกรผู้ปลูกหอมหัวใหญ่โดยตรง ทั้งในเรื่องของรายได้เนื่องจากต้นทุนการผลิตสูงและอาจก่อให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ รวมถึงในระยะยาวอาจส่งผลกระทบร้ายแรงต่อสุขภาพของเกษตรกรเอง ดังจะเห็นได้จากงานวิจัยของ ดรุพัน (2537) เรื่อง ความตระหนักเกี่ยวกับพิษภัยของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรสมาชิกสหกรณ์ผู้ปลูกหอมหัวใหญ่สันป่าตอง กิ่งอำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มีความตระหนักเกี่ยวกับพิษภัยของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในระดับปานกลาง โดยมีความตระหนักเกี่ยวกับพิษภัยของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทั้งต่อตัวเกษตรกรเองและต่อสิ่งแวดล้อมในระดับปานกลาง

จากการตรวจหาระดับสารเคมีในกระแสเลือดของเกษตรกร ในตำบลบ้านกาด และตำบลดอนเปา อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ โดยสำนักงานสาธารณสุขอำเภอแม่วาง พบว่า เกษตรกรในตำบลดอนเปา มีผลการตรวจเลือดในระดับเสี่ยงภัย 116 คน และระดับไม่ปลอดภัย 74 คน จาก 314 คน ส่วนเกษตรกรในตำบลบ้านกาด มีผลการตรวจเลือดในระดับเสี่ยงภัย 182 คน และระดับไม่ปลอดภัย 179 คน จาก 488 คน (สำนักงานสาธารณสุขอำเภอแม่วาง, 2558) จากสถานการณ์ดังกล่าว ผู้วิจัยจึงเห็นความจำเป็นที่จะศึกษาความรู้และการปฏิบัติในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกหอมหัวใหญ่ อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อที่จะได้ทราบถึงสภาพการใช้สารเคมีของเกษตรกรในพื้นที่ รวมถึงความรู้และการปฏิบัติในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกหอมหัวใหญ่ ตลอดจนศึกษาปัญหาและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาสารพิษตกค้างในการผลิตหอมหัวใหญ่ให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และเป็นแนวทางในการที่จะส่งเสริมให้เกษตรกรผู้ปลูกหอมหัวใหญ่ใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชได้อย่างถูกต้อง เพื่อความปลอดภัยของเกษตรกรและผู้บริโภคต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ เกษตรกรที่ขึ้นทะเบียนผู้ปลูกพืชหอมหัวใหญ่ ในปีการผลิต 2557/2558 กับสำนักงานเกษตรอำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 457 ราย ผู้วิจัยกำหนดขนาดตัวอย่างโดยใช้สูตรการคำนวณหาขนาดกลุ่มตัวอย่างของ Taro Yamane (Yamane, 1973) โดยยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการสุ่มตัวอย่างได้ร้อยละ 10.00 หรือเท่ากับ 0.10 ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 100 ราย จากนั้นทำการสุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (simple random sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบสัมภาษณ์ (questionnaire) เป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล ซึ่งประกอบด้วยคำถามจำนวน 5 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับลักษณะพื้นฐานบางประการส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคมของเกษตรกรผู้ปลูกหอมหัวใหญ่ ตอนที่ 2 สภาพการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร ตอนที่ 3 ความรู้ในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร ตอนที่ 4 การปฏิบัติในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร และตอนที่ 5 ปัญหาและข้อเสนอแนะในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร ซึ่งมีการทดสอบความน่าเชื่อถือได้

(reliability) โดยนำไปสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ปลูกหอมหัวใหญ่ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับประชากรที่ใช้ศึกษา จำนวน 20 ราย ในอำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ จากนั้นนำแบบสัมภาษณ์มาวิเคราะห์เพื่อหาค่า reliability coefficient ตามวิธีของ Cronbach ได้ค่า Cronbach's alpha ของแบบสัมภาษณ์ที่เป็นคำถามเกี่ยวกับการปฏิบัติในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช เท่ากับ 0.703

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูป เพื่อการวิจัยทางสังคมศาสตร์ สถิติที่ใช้ คือ สถิติพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติอนุมานโดยใช้การวิเคราะห์ถดถอยพหุ (multiple regression analysis) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระหลายตัวกับตัวแปรตาม

ผลการศึกษา

ลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคม

ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างเกษตรกรผู้ปลูกหอมหัวใหญ่ร้อยละ 58.00 เป็นเพศชาย มีอายุเฉลี่ย 55.61 ปี ส่วนใหญ่จบการศึกษาในระดับประถมศึกษาต้อนต้น (ป. 4) โดยมีประสบการณ์ในการปลูกหอมหัวใหญ่เฉลี่ย 25.65 ปี มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 3.74 คน และส่วนใหญ่มีรายได้จากการปลูกหอมหัวใหญ่ตั้งแต่ 100,000 บาทต่อปีขึ้นไป ส่วนใหญ่กู้เงินจากธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร

สภาพการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกหอมหัวใหญ่

การศึกษาสภาพการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกหอมหัวใหญ่ พบว่า เกษตรกรร้อยละ 60.00 ปลูกหอมหัวใหญ่ในเดือนพฤศจิกายนและเก็บเกี่ยวในเดือนกุมภาพันธ์ ส่วนใหญ่ใช้หอมหัวใหญ่พันธุ์ซุปเปอร์เร็กซ์ (Superex) แหล่งน้ำที่ใช้ในการปลูกหอมหัวใหญ่ คือ แหล่งน้ำธรรมชาติ โรคพืชที่พบเป็นส่วนใหญ่ คือ โรคแอนแทรคโนส แมลงศัตรูพืชที่พบเป็นส่วนใหญ่ คือ หนอนกระทู้หอม และวัชพืชที่พบเป็นวัชพืชชนิดใบกว้าง ชนิดใบแคบ และชนิดกก เกษตรกรส่วนใหญ่เลือกใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชได้ถูกต้องเหมาะสมในปริมาณความเข้มข้นและเฉพาะเจาะจงกับชนิดของศัตรูพืชที่พบ มีเกษตรกรเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่ใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูไม่เหมาะสมกับชนิดของศัตรูพืชและใช้ในปริมาณมากกว่าที่ระบุไว้ในฉลาก การวิจัยครั้งนี้พบว่าเกษตรกรร้อยละ 87.00 เลือกใช้สารเคมีได้ถูกต้องเหมาะสมกับชนิดของโรคพืชที่พบ ซึ่งส่วนใหญ่ใช้สารเคมีป้องกันกำจัดโรคแอนแทรคโนส โดยใช้สารเคมีที่มีชื่อการค้าว่า สกอร์ (ชื่อสามัญ: difenoconazole) แต่อย่างไรก็ตาม เกษตรกรอีกร้อยละ 13.00 ใช้สารเคมีไม่ถูกต้องเหมาะสมกับโรคแอนแทรคโนส เช่น ใช้ รอฟรัล (ชื่อสามัญ: iprodione) ซึ่งเป็นสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืชที่เกิดจากเชื้อราเช่นกัน แต่ในฉลากไม่ได้มีการแนะนำให้ใช้กับโรคแอนแทรคโนส เป็นต้น และในขณะเดียวกันเกษตรกรร้อยละ 82.00 ใช้สารเคมีป้องกันกำจัดโรคแอนแทรคโนส ในปริมาณที่ถูกต้องเหมาะสม โดยใช้สารเคมีสกอร์ (ชื่อสามัญ: difenoconazole) ในอัตราส่วนการใช้ที่ฉลากแนะนำคือ 20 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร แต่มีเกษตรกรร้อยละ 18.00 ใช้ในอัตราส่วนที่ไมถูกต้องคือ ใช้ในอัตราส่วน 30 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร ไปจนถึง 100 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร

แมลงศัตรูพืชที่พบในแปลงเพาะปลูกหอมหัวใหญ่ของเกษตรกร พบว่า หอมหัวใหญ่ถูกทำลายโดยหนอนกระทู้หอม เพลี้ยไฟ และหนอนชอนใบ ซึ่งเกษตรกรทั้งหมดเลือกใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดได้ถูกต้องเหมาะสมกับชนิดของแมลงศัตรูพืชที่พบ แต่เกษตรกรร้อยละ 10.00 ใช้สารเคมีในปริมาณมากกว่าที่ระบุไว้ในฉลาก

ในด้านวัชพืชที่พบในแปลงเพาะปลูกหอมหัวใหญ่ของเกษตรกร พบว่า เป็นวัชพืชชนิดใบกว้าง ชนิดใบแคบ และชนิดกก โดยเกษตรกรทั้งหมดเลือกใช้สารเคมีป้องกันกำจัดวัชพืชได้ถูกต้องเหมาะสมกับชนิดของวัชพืชที่พบ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดวัชพืชก่อนวัชพืชงอก หรือที่เกษตรกรเรียกว่า “ยาคุมหญ้า” อย่างไรก็ตามในการป้องกันกำจัดวัชพืชชนิดใบ

กว้าง เกษตรกรร้อยละ 25.00 ใช้สารเคมีในปริมาณมากกว่าที่ระบุไว้ในฉลาก การป้องกันกำจัดวัชพืชชนิดใบแคบ เกษตรกรร้อยละ 20.00 ใช้สารเคมีในปริมาณมากกว่าที่ระบุไว้ในฉลาก และในการป้องกันกำจัดวัชพืชชนิดกก เกษตรกรร้อยละ 6.00 ใช้สารเคมีในปริมาณมากกว่าที่ระบุไว้ในฉลาก โดยรายละเอียดแสดงในตารางที่ 1

ความรู้และการปฏิบัติในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกหอมหัวใหญ่

การศึกษาระดับความรู้ในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกหอมหัวใหญ่ ผู้วิจัยใช้แบบทดสอบความรู้เกี่ยวกับการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช จำนวน 30 ข้อ แบบให้เลือกตอบถูกผิด ถ้าตอบถูกต้องได้ 1 คะแนน พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มีความรู้ในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชอยู่ในระดับมาก โดยมีคะแนนความรู้เฉลี่ย 25.69 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน คะแนนต่ำสุด 21 คะแนน และคะแนนสูงสุด 29 คะแนน ซึ่งคำถามที่เกษตรกรส่วนใหญ่ (ร้อยละ 90 ขึ้นไป) สามารถตอบได้ถูกต้องที่สำคัญ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ต้องมีการระบุชื่อการค้า ชื่อเคมีและชื่อสามัญของสารออกฤทธิ์ พร้อมทั้งปริมาณสารออกฤทธิ์และสารผสมอื่น ๆ แถบสีแสดงระดับความเป็นพิษบนฉลาก สีแดง หมายถึงสารเคมีที่มีความเป็นพิษสูงถึงสูงมากมักใช้ร่วมกับสัญลักษณ์กะโหลกไขว้ และควรเก็บสารเคมีป้องกันกำจัดศตรูพืชในที่แห้ง เย็น และไม่ถูกแสงแดด เป็นต้น

ในด้านการปฏิบัติในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกหอมหัวใหญ่ ผู้วิจัยใช้แบบสอบถามพฤติกรรมการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช จำนวน 30 ข้อ พบว่า โดยภาพรวมเกษตรกรมีการปฏิบัติที่ถูกต้องตามหลักวิชาการอยู่ในระดับมาก โดยประเด็นคำถามที่เกษตรกรปฏิบัติได้ถูกต้องในระดับมาก ได้แก่ การเลือกใช้สารเคมีที่มีฤทธิ์เฉพาะเจาะจงและออกฤทธิ์ได้ดีกับศัตรูพืชนั้น ๆ การตัดสินใจใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชแต่ละครั้งต้องมีความจำเป็นและเหมาะสม และการทิ้งระยะเวลาหลังการพ่นสารเคมีครั้งสุดท้ายก่อนการเก็บเกี่ยวให้เพียงพอ ไม่เก็บเกี่ยวผลผลิตก่อนที่สารเคมีจะสลายตัว แต่ก็มีคำถามบางข้อที่เกษตรกร

Table 1. Appropriateness on pesticide use of onion growers

n = 100

Pest	Pesticides		Label rates	
	Correct (%)	Incorrect (%)	Correct (%)	Incorrect (%)
Plant disease				
Anthracnose	87	13	82	18
Leaf blight	100	0	93	7
Downy mildew	100	0	97	3
Purple blotch	100	0	91	9
Damping-off	93	7	98	2
Insect pest				
Beet armyworm (*Spodoptera exigua* Hubner)	100	0	90	10
Onion thrips (*Thrips tabaci* Lindeman)	100	0	98	2
Leaf miner fly (*Liriomyza* sp.)	100	0	95	5
Weed				
Narrow-leaved	100	0	75	25
Broad-leaved	100	0	80	20
Reed	100	0	94	6

ปฏิบัติได้ถูกต้องตามหลักวิชาการในระดับปานกลาง ได้แก่ การติดป้ายห้ามเข้าบริเวณที่มีการพ่นสารเคมี การทำความสะอาดภาชนะบรรจุหรืออุปกรณ์เครื่องพ่นสารเคมีในแหล่งน้ำสาธารณะเพื่อความสะดวก ในการศึกษาครั้งนี้ยังพบว่า มีบางประเด็นคำถามที่เกษตรกรปฏิบัติไม่ถูกต้อง ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญที่ควรระวัง ได้แก่ การใช้ผ้าขาวม้าพันปิดจมูกและปากแทนการใช้หน้ากากป้องกันสารพิษจากสารเคมี การระมัดระวังไม่ให้สารเคมีปนเปื้อนสู่สภาพแวดล้อม ซึ่งเกษตรกรบางรายทำไปตามความเคยชินและความสะดวกจึงไม่ได้ระมัดระวังไม่ให้สารเคมีปนเปื้อนสู่สภาพแวดล้อม เช่น แหล่งน้ำสาธารณะและแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งอยู่ในบริเวณใกล้กับแปลงเพาะปลูกของเกษตรกร ทั้งยังล้างทำความสะอาดอุปกรณ์ที่ใช้พ่นสารเคมีในแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งการกระทำดังกล่าว เป็นการปฏิบัติที่ไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ เนื่องจากจะทำให้สารเคมีปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำและอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมรวมถึงสุขภาพของคนในพื้นที่ ประเด็นต่อมา คือ การเทสารเคมีที่เหลือจากการพ่นลงบ่อปลาหรือแหล่งน้ำธรรมชาติ ถึงแม้จะมีเกษตรกรปฏิบัติในจำนวนที่ไม่มากแต่การเทสารเคมีที่เหลือรวมถึงล้างอุปกรณ์ที่ใช้ในการพ่นสารเคมีลงในแหล่งน้ำธรรมชาติที่ใกล้เคียงกับแปลงเพาะปลูกนั้น เป็นอันตรายต่อทั้งสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของเกษตรกรรวมถึงสุขภาพของผู้อื่น ทั้งนี้เกษตรกรควรเตรียมสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชสำหรับใช้ให้หมดในคราวเดียว ไม่ควรเหลือติดค้างในถังพ่นหรือเททิ้งลงในบ่อปลาหรือแหล่งน้ำธรรมชาติ ปฏิบัติงานด้วยความระมัดระวังเพื่อป้องกันไม่ให้สารเคมีปนเปื้อนสู่สภาพแวดล้อมโดยเฉพาะแหล่งน้ำ และสวมหน้ากากที่กระชับใบหน้าซึ่งออกแบบมาเพื่อใช้ป้องกันสารพิษโดยเฉพาะในขณะพ่นสารเคมี

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระดับความถูกต้องในการปฏิบัติในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกหอมหัวใหญ่

การวิจัยในครั้งนี้ใช้การวิเคราะห์ถดถอยพหุ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระจำนวน 10 ตัวแปร โดยแบ่งออกเป็น 3 ปัจจัย ได้แก่

1. ปัจจัยลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา และประสบการณ์ในการปลูกหอมหัวใหญ่

2. ปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจ ได้แก่ พื้นที่เพาะปลูกหอมหัวใหญ่ จำนวนแรงงานในครอบครัว และเงินทุนที่ใช้ซื้อสารเคมี

3. ปัจจัยทางด้านสังคม ได้แก่ การได้รับการฝึกอบรมเรื่องการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช การได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช และการพบปะเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร

ตัวแปรตาม คือ ระดับความถูกต้องในการปฏิบัติในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกหอมหัวใหญ่ อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่

เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระแต่ละคู่ พบว่า ไม่มีตัวแปรอิสระคู่ใดที่มีความสัมพันธ์กันสูงกว่า 0.80 ที่ก่อให้เกิดปัญหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระด้วยกันเอง (multicollinearity) อันเป็นการละเมิดข้อสมมุติฐานที่กำกับเทคนิคการวิเคราะห์ถดถอยพหุ ผู้วิจัยได้กำหนดแบบจำลองความสัมพันธ์ของตัวแปรในสมการถดถอยและใช้สัญลักษณ์แทนตัวแปรต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + \ldots + b_{10}x_{10}$$

เมื่อ

Y = ระดับความถูกต้องในการปฏิบัติในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกหอมหัวใหญ่ อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่

a = ค่าคงที่

$b_{1...10}$ = ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระแต่ละตัวกับตัวแปรตาม

X_1 = เพศ (หญิง = 0, ชาย = 1)

X_2 = อายุ (ปี)

X_3 = ระดับการศึกษา (จำนวนปีที่ได้รับการศึกษา = ปี)

X_4 = ประสบการณ์ในการปลูกหอมหัวใหญ่ (ปี)

X_5 = พื้นที่เพาะปลูกหอมหัวใหญ่ (ไร่)

X_6 = จำนวนแรงงานในครอบครัว (คน)

X_7 = เงินทุนที่ใช้ซื้อสารเคมี (บาท/ไร่)

X_8 = การได้รับการฝึกอบรม (1 = เคย, ไม่เคย = 0)

X_9 = การได้รับข้อมูลข่าวสาร (5 = มากที่สุด, 4 = มาก, 3 = ปานกลาง, 2 = น้อย, 1 = น้อยที่สุด)

X_{10} = การพบปะเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร (1 = เคย, ไม่เคย = 0)

จากการวิเคราะห์ถดถอยพหุโดยนำตัวแปรอิสระทั้ง 10 ตัวแปร ไปเข้าสมการแล้วคำนวณโดยใช้วิธีปกติ (enter) ปรากฏว่าได้ค่า F = 3.350; *P*-value = 0.001 หมายความว่า มีตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามในรูปเชิงเส้น เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจเชิงพหุ (multiple coefficient of determination, R^2) ปรากฏว่า R^2 มีค่าเท่ากับ 0.273 หมายความว่า ตัวแปรอิสระทั้งหมดสามารถอธิบายการผันแปร (การเปลี่ยนแปลง) ของตัวแปรตาม (ระดับความถูกต้องในการปฏิบัติในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกหอมหัวใหญ่) ได้ร้อยละ 27.30 ในบรรดาตัวแปรอิสระทั้ง 10 ตัวแปร มีตัวแปรอิสระจำนวน 2 ตัวแปร ที่มีผลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 คือ การได้รับการฝึกอบรม (X_8) และการได้รับข้อมูลข่าวสาร (X_9)

การวิจัยครั้งนี้ พบว่า มีปัจจัย 2 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระดับความถูกต้องในการปฏิบัติในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร ซึ่งปัจจัยดังกล่าว คือ การได้รับการฝึกอบรมเรื่องการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช และปริมาณการได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช โดยปัจจัยทั้งสองมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับระดับความถูกต้องในการปฏิบัติในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร ซึ่งอธิบายได้ว่า ถ้าเกษตรกรได้รับการฝึกอบรมเรื่องการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช จะมีแนวโน้มในการปฏิบัติได้ถูกต้องมากกว่าเกษตรกรที่ไม่ได้รับการฝึกอมรม และเกษตรกรที่ได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชมากขึ้นเพียงใด จะมีแนวโน้มในการปฏิบัติได้ถูกต้องมากกว่าเกษตรกรที่ได้รับข้อมูลข่าวสารในปริมาณที่น้อยกว่า โดยรายละเอียดแสดงในตารางที่ 2

ปัญหาและข้อเสนอแนะในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกหอมหัวใหญ่

จากการศึกษาปัญหาเกี่ยวกับการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกหอมหัวใหญ่ อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า เกษตรกรร้อยละ

Table 2. Multiple regression analysis of independent variables and level of correct use of pesticides

Variables	B	t	Sig.
Constant	1.036	6.000	0.000
Gender (1 = man, 0 = woman)	0.004	0.153	0.879
Age (year)	0.001	0.309	0.758
Education (year)	-0.005	-1.124	0.264
Experience in growing onions (year)	-0.003	-1.742	0.085
Size of the planting area (rai)	-0.001	-0.170	0.865
Number of household labors (person)	0.023	1.140	0.258
Chemical purchasing cost (baht)	3.92E-006	1.123	0.264
Training on pesticide use (1 = ever, 0 = never)	0.051	3.055	0.003
Access to information (5 = highest, 4 = high, 3 = moderate, 2 = low, 1 = lowest)	0.121	3.699	0.000
Meeting with agricultural extension officer (1 = ever, 0 = never)	-0.032	-1.968	0.052

R = 0.523 R^2 = 0.273 SEE = 0.132 F = 3.350 *P*-value = 0.001

27.00 มีปัญหาด้านสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชมีราคาแพง รองลงมาร้อยละ20.00 มีปัญหาเรื่องสภาพอากาศรวมถึงภัยธรรมชาติ เช่น ลมแรง ฝนตกหนัก ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพของการพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช

ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกหอมหัวใหญ่ คือ เกษตรกรร้อยละ7.00 ต้องการให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องจัดกิจกรรมสนับสนุนและส่งเสริมการให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้สารเคมีแก่เกษตรกรให้มากขึ้น และร้อยละ 2.00 ต้องการให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องนำนวัตกรรมใหม่ ๆ มาสนับสนุนให้แก่เกษตรกร เช่น เครื่องทุ่นแรงที่ใช้ในการพ่นสารเคมี

วิจารณ์

จากผลการศึกษาเรื่อง ความรู้และการปฏิบัติในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกหอมหัวใหญ่ อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า เกษตรกรทั้งหมดมีความรู้ในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชอยู่ในระดับมาก ผลการศึกษาสอดคล้องกับ ชรินทร (2556) ที่ได้ศึกษาเรื่อง ความรู้ ทัศนคติ และการปฏิบัติในการใช้สารเร่ง พ.ด.7 ของเกษตรกร เพื่อการป้องกันแมลงศัตรูพืช อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า เกษตรกรมีความรู้ในการใช้สารเร่ง พ.ด.7 เพื่อการป้องกันแมลงศัตรูพืชอยู่ในระดับมากเช่นกัน การที่เกษตรกรจำนวนทั้งหมด (ร้อยละ 100) มีความรู้เรื่องการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชอยู่ในระดับมาก เนื่องมาจากส่วนใหญ่ได้รับการฝึกอบรมเรื่องการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและมีประสบการณ์ในการใช้สารเคมีมานาน ตลอดจนมีการเปิดรับข้อมูลข่าวสารจากสื่อต่าง ๆ ในเรื่องการใช้และพิษภัยของสารเคมีและมีการบอกต่อ ๆ กันระหว่างเพื่อนบ้านรวมถึงญาติพี่น้อง

ในด้านการปฏิบัติในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกหอมหัวใหญ่ ในอำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า เกษตรกรผู้ปลูกหอมหัวใหญ่มีการปฏิบัติที่มีความถูกต้องอยู่ในระดับมาก และเมื่อศึกษาการปฏิบัติในแต่ละประเด็น พบว่า ส่วนใหญ่ปฏิบัติในลักษณะทำเป็นประจำหรือในระดับมากในประเด็นต่าง ๆ ที่สำคัญ เช่น การเลือกใช้สารเคมีที่มีฤทธิ์เฉพาะเจาะจงและออกฤทธิ์ได้ดีกับศัตรูพืชนั้น ๆ การตัดสินใจใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชแต่ละครั้งต้องมีความจำเป็นและเหมาะสม และการพ่นสารเคมีในช่วงเช้าหรือในช่วงเย็น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จันทรวรรณ (2547) ที่ได้ทำการศึกษาเรื่อง ความรู้และการปฏิบัติเกี่ยวกับการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูถั่วเหลืองของเกษตรกรในอำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มีการปฏิบัติเกี่ยวกับการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูถั่วเหลืองในระดับปฏิบัติมากเช่นกัน อย่างไรก็ตามยังมีบางประเด็นที่เกษตรกรปฏิบัติไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการซึ่งเป็นประเด็นสำคัญที่ควรระวัง ได้แก่ การใช้ผ้าขาวม้าพันปิดจมูกและปากแทนการใช้หน้ากากป้องกันสารพิษจากสารเคมี การล้างทำความสะอาดอุปกรณ์ที่ใช้พ่นสารเคมีในแหล่งน้ำธรรมชาติ และการเทสารเคมีที่เหลือจากการพ่นลงบ่อปลาหรือแหล่งน้ำธรรมชาติ ถึงแม้จะมีเกษตรกรปฏิบัติในจำนวนที่ไม่มาก แต่การกระทำดังกล่าวนั้น เป็นอันตรายต่อทั้งสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของเกษตรกรรวมถึงสุขภาพของผู้อื่น ทั้งนี้เกษตรกรควรเตรียมสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชสำหรับใช้ให้หมดในคราวเดียว ไม่ควรเหลือติดค้างในถังพ่นหรือเททิ้งลงในบ่อปลาหรือแหล่งน้ำธรรมชาติ และสวมหน้ากากที่กระชับใบหน้าซึ่งออกแบบมาเพื่อใช้ป้องกันสารพิษโดยเฉพาะในขณะพ่นสารเคมี

การศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระดับความถูกต้องในการปฏิบัติในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร พบว่า การได้รับการฝึกอบรมเรื่องการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชอย่างถูกต้องของเกษตรกรมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับความถูกต้องในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกหอมหัวใหญ่ ทั้งนี้ เนื่องจากการจัดฝึกอบรมเกี่ยวกับการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องนั้น จะมีการให้ความรู้รวมถึงการสาธิตวิธีการและขั้นตอนต่าง ๆ และมีการให้เกษตรกรลองปฏิบัติด้วย และประสบการณ์จากการฝึกอบรมทำให้เกษตรกรได้นำความรู้ไปปฏิบัติอย่างถูกต้องเหมาะสม และการที่ได้รับการฝึกอบรมบ่อยครั้งนั้น ยังทำให้เกษตรกรมีความรู้และความมั่นใจในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชอย่าง

ถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฏฐวุฑฒ์ และคณะ (2560) ที่ศึกษาเรื่อง พฤติกรรมการใช้สารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืชในการผลิตมะเขือเทศของเกษตรกรในจังหวัดสกลนคร พบว่า เกษตรกรผู้ปลูกมะเขือเทศที่มีส่วนร่วมในกิจกรรมและการเข้าร่วมฝึกอบรมทางการเกษตรจะมีพฤติกรรมการใช้สารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืชตามหลักการมากกว่าเกษตรกรผู้ปลูกมะเขือเทศที่ไม่เคยมีส่วนร่วมในกิจกรรมและการเข้าร่วมฝึกอบรมทางการเกษตร

นอกจากนี้ยังพบว่า การได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับความถูกต้องในการปฏิบัติในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกหอมหัวใหญ่ เนื่องจากเกษตรกรที่มีการได้รับข้อมูลข่าวสารมากนั้นจะได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับพิษภัยจากการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช รวมถึงการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชอย่างถูกต้องปลอดภัย ทั้งยังได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับโรคพืชและแมลงศัตรูพืชตลอดจนสารเคมีชนิดใหม่ ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชในแปลงเพาะปลูกของเกษตรกร จากงานวิจัยของต่อพงศ์ (2543) เรื่อง ความรู้และการปฏิบัติเกี่ยวกับการจัดการศัตรูข้าวโดยวิธีผสมผสานของเกษตรกรในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่า การรับข้อมูลข่าวสารจากสื่อแหล่งต่าง ๆ มีผลต่อความถูกต้องในการปฏิบัติเกี่ยวกับการป้องกันและกำจัดศัตรูข้าวโดยวิธีผสมผสาน กล่าวคือ เกษตรกรที่มีโอกาสได้รับข้อมูลข่าวสารจากหลายสื่อหลายช่องทางจะสามารถกระตุ้นเกษตรกรให้เกิดการปฏิบัติที่ถูกต้อง จะเห็นได้ว่า การได้รับการฝึกอบรมและการได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช มีผลต่อระดับความถูกต้องในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร ดังนั้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีการจัดฝึกอบรมความรู้เกี่ยวกับการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ถูกต้องและทันสมัย รวมถึงให้มีการฝึกปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอเพื่อที่จะให้เกษตรกรนำไปปฏิบัติได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และควรมีการเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในหลายช่องทางมากขึ้น เพื่อให้เกษตรกรสามารถรับรู้และนำข้อมูลข่าวสารที่เป็นประโยชน์เหล่านั้นไปปฏิบัติอย่างถูกต้องตลอดจนเผยแพร่ให้กับเกษตรกรรายอื่น ๆ ต่อไป

สรุป

การศึกษาเรื่อง ความรู้และการปฏิบัติในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกหอมหัวใหญ่ อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มีความรู้เรื่องการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชอยู่ในระดับมาก และในภาพรวมเกษตรกรส่วนใหญ่มีการปฏิบัติในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ถูกต้องตามหลักวิชาการอยู่ในระดับมาก โดยประเด็นที่เกษตรกรปฏิบัติได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ การเลือกใช้สารเคมีที่มีฤทธิ์เฉพาะเจาะจงและออกฤทธิ์ได้ดีกับศัตรูพืชนั้น ๆ การตัดสินใจใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชแต่ละครั้งต้องมีความจำเป็นและเหมาะสม และการทิ้งระยะเวลาหลังการพ่นสารเคมีครั้งสุดท้ายก่อนการเก็บเกี่ยวให้เพียงพอ ไม่เก็บเกี่ยวผลผลิตก่อนที่สารเคมีจะสลายตัว แต่มีบางประเด็นที่เกษตรกรปฏิบัติไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการและเป็นอันตรายซึ่งเป็นประเด็นสำคัญที่ควรระวัง ได้แก่ การใช้ผ้าขาวม้าพันปิดจมูกและปากแทนการใช้หน้ากากป้องกันสารพิษจากสารเคมี การระมัดระวังไม่ให้สารเคมีปนเปื้อนสู่สภาพแวดล้อม เช่น แหล่งน้ำสาธารณะและแหล่งน้ำธรรมชาติซึ่งอยู่ในบริเวณใกล้กับแปลงเพาะปลูกของเกษตรกร การล้างทำความสะอาดอุปกรณ์ที่ใช้พ่นสารเคมีในแหล่งน้ำสาธารณะและแหล่งน้ำธรรมชาติรวมถึงการเทสารเคมีที่เหลือจากการพ่นลงบ่อปลาหรือแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งเกษตรกรบางรายทำไปตามความเคยชินและความสะดวกจึงไม่ได้ระมัดระวังไม่ให้สารเคมีปนเปื้อนสู่สภาพแวดล้อม ทั้งยังขาดความตระหนักถึงพิษภัยของสารเคมีที่อาจจะส่งผลกระทบร้ายแรงต่อสุขภาพของเกษตรกรเอง ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อม หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีการรณรงค์สร้างความตระหนักถึงอันตรายจากพิษภัยของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชรวมถึงการศึกษาถึงผลกระทบจากสารเคมีที่มีต่อสิ่งแวดล้อม โดยการได้รับการฝึกอบรมเรื่องการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชอย่างถูกต้องและการได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช

จากหลายช่องทางมีผลต่อระดับความถูกต้องในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีการจัดฝึกอบรมความรู้เกี่ยวกับการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ถูกต้องเหมาะสมและทันสมัย รวมถึงให้เกษตรกรมีการฝึกปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอเพื่อที่จะให้เกษตรกรนำไปปฏิบัติอย่างถูกต้องเหมาะสม และควรมีการเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในหลายช่องทางมากขึ้น เพื่อให้เกษตรกรสามารถรับรู้และนำข้อมูลข่าวสารที่เป็นประโยชน์เหล่านั้นไปปฏิบัติอย่างถูกต้องตลอดจนเผยแพร่ให้กับเกษตรกรรายอื่น ๆ ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ ได้รับทุนอุดหนุนโครงการวิจัยประเภทบัณฑิตศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2559 จากคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง และได้รับการสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการวิจัยบางส่วนจาก สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตรและพัฒนาชนบท คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ขอบคุณเกษตรกรผู้ปลูกหอมหัวใหญ่ อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ ทุกท่าน ที่ได้ให้ความร่วมมือและให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์กับงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

จันทรวรรณ พิมพ์จันทร์. 2547. ความรู้และการปฏิบัติเกี่ยวกับการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูถั่วเหลืองของเกษตรกรในอำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 131 หน้า.

ชรินทร ศิริแก้ว. 2556. ความรู้ ทัศนคติ และการปฏิบัติในการใช้สารเร่ง พ.ด.7 ของเกษตรกรเพื่อการป้องกันแมลงศัตรูพืช อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่. การค้นคว้าอิสระวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 91 หน้า.

ณัฏฐวุฑท์ กุตระแสง ภาณุพันธุ์ ประภาติกุล และ นิวัฒน์ มาศวรรณา. 2560. พฤติกรรมการใช้สารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืชในการผลิตมะเขือเทศของเกษตรกรในจังหวัดสกลนคร. วารสารเกษตร 33(2): 235-244.

ดรุพัน แสนศิริพันธ์. 2537. ความตระหนักเกี่ยวกับพิษภัยของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรสมาชิกสหกรณ์ผู้ปลูกหอมหัวใหญ่สันป่าตอง กิ่งอำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 160 หน้า.

ต่อพงศ์ จันทร์พวง. 2543. ความรู้และการปฏิบัติเกี่ยวกับการจัดการศัตรูข้าวโดยวิธีผสมผสานของเกษตรกรในเขตกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 95 หน้า.

สำนักงานเกษตรอำเภอแม่วาง. 2558. ข้อมูลเพื่อการเกษตร. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://maewang.chiangmai.doae.go.th/index_01.html (14 ตุลาคม 2558).

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2557. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้มปี 2557. [ระบบออนไลน์]. แหล่งข้อมูล: http://www.oae.go.th/download/journal/trends_FEB2 5 5 7 . pdf (14 ตุลาคม 2558).

สำนักงานสาธารณสุขอำเภอแม่วาง. 2558. สรุปผลการตรวจหาระดับสารเคมีในกระแสเลือดเกษตรกรตำบลบ้านกาดและตำบลดอนเปา อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่. สำนักงานสาธารณสุขอำเภอแม่วาง, เชียงใหม่.

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. การผลิต - การตลาดหอมหัวใหญ่ ปี 2558. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.oae.go.th/main.php?filename=index (14 ตุลาคม 2558).

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

การเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนของการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ และการปลูกพืชที่หลากหลาย บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

Comparison of Cost and Return for Grain and Seed Maize Planting and Diversified Farming, Mae Chaem Basin, Chiang Mai Province

นพพล อรุณรัตน์ และ นาฏสุดา ภูมิจำนงค์*

Noppol Arunrat and Nathsuda Pumijumnong*

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล จ. นครปฐม 73170

Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University, Nakhon Pathom 73170, Thailand

**Corresponding author: Email: nathsuda.pum@mahidol.ac.th, nathsuda@gmail.com*

(Received: 9 February 2018; Accepted: 26 June 2018)

Abstract: The objective of this study was to compare the production cost and return for grain maize planting, seed maize planting, and diversified farming in Mae Chaem basin, Chiang Mai province. A total 149 farmers were selected using purposive sampling technique. Crop management practices, production costs, returns, barriers, and needs support from related agencies were asked and collected. Cost and return method was used to estimate farmer's net profit. Results showed that all diversified farming were found the higher net profit comparing with grain maize and seed maize plantings, especially lettuce and strawberry plantings. It gained net profit 116,625 Baht/rai, while grain maize and seed maize plantings generated net profit 1,664 and 1,553 Baht/rai, respectively. Therefore, the encouragement and supportive policy for convincing farmers to adopt diversified farming instead of grain maize and seed maize plantings together with marketing support and water resources management for the farmers are urgent tasks.

Keywords: Grain maize, seed maize, diversified farming, cost and return, Mae Chaem basin

บทคัดย่อ: การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนของการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ และการปลูกพืชที่หลากหลาย บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ จากกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 149 ราย จากการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง ข้อมูลเกี่ยวกับขั้นตอนการทำการเกษตร ต้นทุน ผลตอบแทน ปัญหา อุปสรรค และความต้องการการสนับสนุน ช่วยเหลือจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ผลการศึกษา พบว่า การปลูกพืชที่หลากหลายทุก ๆ รูปแบบ ให้ผลตอบแทนที่สูงกว่า การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ โดยเฉพาะการปลูกผักกาดหอมและสตอเบอรี่ พบว่า มีกำไรสุทธิ คือ 116,625 บาท/ไร่ ในขณะที่ การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ ให้กำไรสุทธิ คือ 1,664 และ 1,553 บาท/ไร่ ตามลำดับ ดังนั้น นโยบายส่งเสริมให้เกษตรกรหันมาปลูกพืชที่หลากหลายแทนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หรือข้าวโพดเมล็ดพันธุ์เพียงอย่างเดียว พร้อมกับสนับสนุนด้านการตลาด และการจัดการทรัพยากรน้ำให้กับเกษตรกร จึงเป็นเรื่องที่ต้องเร่งดำเนินการ

คำสำคัญ: ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ การปลูกพืชที่หลากหลาย ต้นทุนและผลตอบแทน ลุ่มน้ำแม่แจ่ม

คำนำ

เกษตรกรรมจัดเป็นอาชีพหลักของประเทศไทย และผลผลิตทางการเกษตรหลายประเภทเคยเป็นสินค้าส่งออกในอันดับต้นๆของประเทศไทย แต่เกษตรกรก็ยังเป็นกลุ่มที่ยากจนที่สุดของประเทศไทย ไม่ว่าจะเป็นเกษตรกรที่ทำการเกษตรอยู่บนพื้นที่ราบ หรือเกษตรกรที่ทำการเกษตรบนพื้นที่สูง ประสบปัญหาที่คล้ายคลึงกัน

ลุ่มน้ำแม่แจ่ม มีพื้นที่ครอบคลุม 4 อำเภอ 16 ตำบล ของจังหวัดเชียงใหม่ พื้นที่รวม 4,114 ตร.กม. เป็นลุ่มน้ำสาขาน้ำแม่ปิงที่ใหญ่ที่สุด คิดเป็นพื้นที่ 17.61% ของพื้นที่ลุ่มน้ำปิง ปริมาณน้ำท่าไหลลงสู่น้ำปิงคิดเป็น 19.62% ป่าต้นกำเนิดน้ำแม่แจ่มมีพื้นที่รวม 2,016.69 ตร.กม. พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเขตอำเภอแม่แจ่มและอำเภอกัลยาณิวัฒนา ซึ่งปกคลุมไปด้วยป่าไม้ ประชากรส่วนใหญ่เป็นชาวไทยภูเขาเผ่ากะเหรี่ยง ลั๊วะ ม้ง ในอดีตประชากร ส่วนใหญ่มีวิถีชีวิตที่พึ่งพาธรรมชาติที่สอดคล้องกับแนวคิดการพัฒนาที่ยั่งยืน แต่ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา แนวคิดการผลิตเพื่อตอบสนองต่อตลาดและระบบทุนนิยม พร้อมกับการพัฒนาด้านวัตถุและโครงสร้างพื้นฐาน ทำให้วิถีชีวิตคนลุ่มน้ำแม่แจ่มเริ่มเปลี่ยนแปลงสู่การผลิตเพื่อการตลาด ทรัพยากรธรรมชาติกลายเป็นเพียงปัจจัยการผลิต เพื่อเพิ่มรายได้ ตอบสนองต่อความต้องการบริโภคนิยมที่เพิ่มขึ้น นำไปสู่การใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่อย่างเข้มข้น โดยเฉพาะ การปลูกพืชเชิงเดี่ยว ที่มีการแผ้วถางพื้นที่ลาดชัน การใช้พื้นที่ซ้ำซาก ส่งผลให้ดินเสื่อมคุณภาพ ประกอบกับมีการใช้ปุ๋ยเคมีจำนวนมาก จึงนำมาซึ่งต้นทุนที่สูงขึ้น ส่งผลทำให้เงินสดไหลเข้าไม่เพียงพอต่อการดำเนินงาน และใช้จ่ายในครัวเรือน จึงทำให้เกษตรกรหลายรายต้องกู้หนี้ยืมสิน (ดิเรก, 2559) นอกจากนี้ ยังเกิดปัญหาการชะล้างพังทลายของหน้าดิน น้ำป่าไหลหลาก และดินถล่ม (Vezina *et al*., 2006) ปัญหาการใช้สารเคมีอย่างไม่ถูกวิธีและมีผลตกค้างสู่ร่างกาย (Nicolopoulou-Stamati *et al*., 2016) และเมื่อดินเสื่อม ต้นทุนการผลิตในที่เดิมสูง หรือไม่คุ้มทุน เกษตรกรจะใช้วิธีการขยายพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจเชิงเดี่ยวโดยบุกรุกแผ้วถางป่าที่สภาพดินยังคงอุดมสมบูรณ์ พื้นที่ป่าไม้เฉพาะอำเภอแม่แจ่มถูกบุกรุกแผ้วถางปีละ ประมาณ 10,000 ไร่ (ดิเรก, 2559)

การปลูกพืชเชิงเดี่ยว โดยเฉพาะข้าวโพดที่เกษตรกรต้องการเพิ่มรอบในการปลูกและการเตรียมดินสำหรับการปลูกรอบถัดไป (สุวรรณา และเอื้อ, 2548) บ่อยครั้งที่เกษตรกรใช้การเผาหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิต ปัญหาหมอกควันจึงกลายเป็นปัญหาที่ซ้ำซากอีกประเด็นหนึ่ง นอกจากนี้ การขาดทางเลือกที่หลากหลายในการประกอบอาชีพ จึงเป็นเหตุจูงใจให้เกษตรกรบนพื้นที่สูงขยายพื้นที่ปลูกข้าวโพดมากขึ้น (เขมรัฐ และสิทธิเดช, 2558; พงษ์ทิพย์, 2558) ขณะเดียวกันยังต้องเผชิญกับความเสี่ยงจากความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ ดังนั้น ในการศึกษา จึงศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนของการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ และการปลูกพืชที่หลากหลาย เพื่อสนับสนุนการ

ตัดสินใจและสร้างแรงจูงใจให้เกษตรกรปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในการทำการเกษตร

อุปกรณ์และวิธีการ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ทำการศึกษา คือ เกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ และ เกษตรกรที่ปลูกพืชหลากหลาย ในการศึกษานี้ การปลูกพืชที่หลากหลาย หมายถึง ระบบการเกษตรที่มีการเพาะปลูกพืชมากกว่า 2 ชนิด ขึ้นไป อยู่ในพื้นที่เดียวกัน โดยเป็นพืชเศรษฐกิจ (cash crop) ที่สำคัญและเกษตรกรนิยมปลูกในลุ่มน้ำแม่แจ่ม เช่น ถั่วลิสง มันฝรั่ง ถั่วเหลือง ฟักทอง ผักกาด สตอเบอร์รี่ กะหล่ำปี หอมแดง ผักชี อะโวคาโด กาแฟ และผักสวนครัว ต่าง ๆ การกำหนดจำนวนกลุ่มตัวอย่าง ได้ใช้วิธีการสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง (purposive sampling) โดยพิจารณาเฉพาะเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ และการปลูกพืชที่หลากหลาย ซึ่งผู้วิจัยได้คำแนะนำจากองค์การบริหารส่วนตำบลนั้น ๆ โดยอาศัยความรอบรู้ ความชำนาญ และประสบการณ์ในเชิงพื้นที่ ว่าควรจะไปเก็บข้อมูลที่หมู่บ้านใดบ้าง เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการศึกษา การเก็บข้อมูลภาคสนามครอบคลุมทั้งสิ้น 2 อำเภอ 10 ตำบล คือ 1) อำเภอแม่แจ่ม ประกอบด้วย ตำบลแม่ศึก ตำบลแม่นาจร ตำบลท่าผา ตำบลปางหินฝน ตำบลกองแขก ตำบลบ้านทับ และ ตำบลช่างเคิ่ง และ 2) อำเภอกัลยาณิวัฒนา ประกอบด้วย ตำบลแจ่มหลวง ตำบลบ้านจันทร์ และตำบลแม่แดด ซึ่งในแต่ละตำบลได้เลือก 2 หมู่บ้านเพื่อเป็นตัวแทน และในแต่ละหมู่บ้านได้เลือกประมาณ 10 ครัวเรือน สำหรับการสัมภาษณ์เชิงลึก ประกอบด้วย ผู้นำชุมชน 20 ราย และนายกองค์การบริหารส่วนตำบล/นายกเทศบาล 10 ราย โดยรวมการศึกษานี้มีจำนวนกลุ่มตัวอย่าง ทั้งสิ้น 149 ราย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยใช้แบบสอบถามทั้งแบบปลายปิด และปลายเปิด เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยคำถามประกอบด้วย 4 ส่วน คือ 1) ข้อมูลเกี่ยวกับขั้นตอนการทำการเกษตร เช่น ปฏิทินการเพาะปลูก การเตรียมแปลง การใส่ปุ๋ย การกำจัดแมลงและศัตรูพืช การเก็บเกี่ยวผลผลิต และการจัดการเศษซากวัสดุทางการเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว 2) ข้อมูลต้นทุน ประกอบด้วย การเตรียมดิน การจัดการน้ำเพื่อการเพาะปลูก จัดหาและเตรียมเมล็ดพันธุ์ การปลูก ปุ๋ย การกำจัดแมลงและศัตรูพืช และการเก็บเกี่ยวผลผลิต 3) ผลตอบแทน คือ ปริมาณผลผลิตในรอบการเพาะปลูก พ.ศ. 2558/2559 และ ราคาผลผลิตที่ขายได้ และ 4) ปัญหา อุปสรรค และความต้องการการสนับสนุน ช่วยเหลือจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์ข้อมูล

การประเมินต้นทุนและผลตอบแทน (cost and return) ของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ และเกษตรที่หลากหลาย เพื่อใช้เป็นทางเลือกในการตัดสินใจของเกษตรกรในอนาคต ซึ่งข้อมูลรวบรวมได้จากการใช้แบบสอบถามเกษตรกร และนำมาคำนวณหาต้นทุนและผลตอบแทน โดยสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนและผลตอบแทนจากการผลิตได้ดังนี้

$$TR = P \times Q = II + CI \quad (1)$$

$$TC = TFC + TVC = NCC + CC \quad (2)$$

$$NR = TR - TVC \quad (3)$$

$$NCP = TR - CC \quad (4)$$

$$NP = TR - TC = TR - TFC - TVC \quad (5)$$

เมื่อ TR = total revenue; P = price of output; Q = quantity of output; CI = cash income; II = in-kind income; TC = total cost; TFC = total fixed cost; TVC = total variable cost; CC = cash cost; NCC = non-cash cost; NCP = incomes over the cash costs; NR = incomes over the variable costs; NP = net profit

ในการศึกษานี้ ต้นทุนคงที่ทั้งหมด (total fixed cost: TFC) ได้พิจารณาค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์การเกษตรทั้งที่เป็นตัวเงิน (in-cash) และไม่เป็นตัวเงิน (non-cash) ซึ่งคำนวณจากสมการที่ (6)

TFC = agricultural equipment's depreciation cost = (purchase price - remaining value) / life span (6)

ต้นทุนผันแปรทั้งหมด (total variable cost: TVC) ประกอบด้วย land preparation (LP), water management (W), seed (S), labor (L), fertilizer (F), insecticide and herbicide (IH), และ harvesting and storing (HS) ทั้งที่เป็นตัวเงิน (in-cash) และไม่เป็นตัวเงิน (non-cash)

$$TVC = LP + W + S + L + F + IH + HS \quad (7)$$

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เริ่มต้นเข้ามาที่อำเภอแม่แจ่มเมื่อประมาณ ปี พ.ศ. 2544 โดยเริ่มต้นเอาเมล็ดพันธุ์ จากบริษัทเอกชน คือ พันธุ์ 888 มาปลูกที่บ้านแม่ขี้มูก ตำบลบ้านทับ อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ในช่วงแรกให้ผลผลิตดีมากโดยไม่ต้องใช้ยากำจัดศัตรูพืชและใช้ปุ๋ย ต่อมาต้องเพิ่มปัจจัยการผลิตโดยเฉพาะทั้งปุ๋ยเคมี และสารกำจัดศัตรูพืชอย่างมาก ประกอบกับสภาพพื้นที่ที่เกษตรกรปลูกข้าวโพดเป็นพื้นที่ลาดชัน และอยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติเกือบทั้งหมด การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์กระจายไปตามตำบลอื่น ๆ อย่างกว้างขวาง และเนื่องจากพื้นที่ลาดชัน ทำให้เกษตรกรไม่สามารถใช้รถไถในการเตรียมดิน ดังนั้น ส่วนใหญ่หลังการเก็บเกี่ยวหรือก่อนเตรียมการปลูกใหม่ ในช่วงต้นฤดูฝน เกษตรกรจะทำการเผาพื้นที่ให้โล่งเตียน ซึ่งการเผาเศษซังข้าวโพดในพื้นที่ปลูกข้าวโพดที่กว้างขวางก่อให้เกิดปัญหาเรื่องหมอกควันทั้งในอำเภอแม่แจ่มและในเขตอำเภอเมืองเชียงใหม่ จนทำให้เกิดการรณรงค์ และการหาวิธีการต่าง ๆ ที่จะลดปัญหาดังกล่าวลง และเนื่องจากพื้นที่แม่แจ่มเกือบทั้งอำเภอเป็นพื้นที่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติ เกษตรกรส่วนมากไม่มีเอกสารสิทธิ์ในที่ดินทำกิน และประกอบกับบริษัทเอกชนรายใหญ่ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการปลูกข้าวโพดต้องการแสดงบทบาทว่าบริษัทไม่ได้เกี่ยวข้องกับปัญหาหมอกควันที่เกิดจากการเผาเศษซังข้าวโพดได้ประกาศไม่ยอมรับซื้อข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ที่ไม่มีเอกสารสิทธิ์ จึงทำให้ ในช่วงปี พ.ศ. 2558 -2559 การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์/ข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ ในเขตลุ่มน้ำแม่แจ่มลดน้อยลง

ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า พื้นที่เฉลี่ยในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ประมาณ 19.33 ไร่ โดยที่ เกษตรกรสามารถปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้ปีละ 1 ครั้ง และพื้นที่ที่ปลูกส่วนมากจะเป็นพื้นที่สูง ความชันมาก และมีการขยายพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เข้าไปในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติมากขึ้น สถาบันธรรมรัฐเพื่อการพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม (2560) รายงานว่า ในปี พ.ศ. 2560 มีพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้งอำเภอแม่แจ่มอยู่ที่ประมาณ 110,000 ไร่ และจากการศึกษานี้ พบว่า พื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้งหมดเป็นพื้นที่ที่ใช้น้ำฝนอย่างเดียว พันธุ์ข้าวโพดมีหลายชนิด เช่น นครสวรรค์ 3 พันธุ์ 888 ข้าวโพดพรีเมียร์ 555 ข้าวโพดไพโอเนียร์ ข้าวโพดดีคาร์ฟ พันธุ์ 328 และ พันธุ์ 263 เป็นต้น เกษตรกรเริ่มเตรียมพื้นที่ในช่วงต้นฤดูฝน คือประมาณ ปลายเดือนเมษายน ถึงต้นเดือนพฤษภาคม ทำการปลูกต้นถึงกลางเดือนมิถุนายน และทำการเก็บผลผลิตในช่วงเดือนพฤศจิกายน ปริมาณน้ำฝนที่เบาบางจะส่งผลกระทบต่อการตอบสนองต่อปุ๋ยและความต้องการปุ๋ยของพืช (Harold *et al*., 1994; Seckler *et al*., 1991) ทำให้เกษตรกรมักลังเลที่จะใส่ปุ๋ยและรอจนกว่าฝนจะเริ่มตก เพราะความชื้นที่ไม่เพียงพอจะทำให้สารอาหารในปุ๋ยไม่ละลาย (โดยเฉพาะไนโตรเจน) และต้นพืชอาจไหม้ได้ ดังนั้น การชลประทานที่ดีขึ้นอาจทำให้การใช้ปุ๋ยทำให้เกิดกำไรและช่วยเพิ่มผลผลิตได้ (Irmak *et al*., 2011; Klein *et al*., 2013; Morison *et al*., 2008)

จากผลการศึกษาพบว่า ในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 1 รอบฤดูกาลเพาะปลูก เกษตรกรจะเตรียมที่ดิน เช่น การเผาเศษซากพืช หรือวัชพืชต่าง ๆ หรือเกษตรกรบางรายเผาเศษซากพืชตั้งแต่ในช่วงฤดูการเก็บเกี่ยว เพื่อเตรียมที่จะหยอดเมล็ดข้าวโพด เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่ที่เกษตรกรปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เป็นพื้นที่ภูเขาสูง ความลาดชันมาก เกษตรกร จึงไม่สามารถใช้เครื่องจักรกลขนาดใหญ่ นอกจากการใช้จอบเสียม และแรงงานในการปรับสภาพพื้นที่ให้โล่งเตียน พบว่า ค่าใช้จ่ายที่เกษตรกรใช้โดยเฉลี่ยต่อการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ประกอบไปด้วย ค่าเตรียมแปลง ค่าจัดการน้ำ ค่าเมล็ดพันธุ์ ค่าแรงงาน ค่าปุ๋ย ค่าสารกำจัดวัชพืชและฆ่าแมลง และค่าการเก็บเกี่ยวและรวบรวมผลผลิต คือ 716,

140, 400, 641, 1706, 317 และ 546 บาท/ไร่ (ตารางที่ 1) ซึ่งจะเห็นว่า เกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีค่าใช้จ่ายด้านปุ๋ย มากที่สุด เมื่อเทียบกับปัจจัยการผลิตอื่น ๆ ต้นทุนรวมโดยเฉลี่ย คือ 4,623 บาท/ไร่/รอบการเพาะปลูก ผลตอบแทนทั้งหมด คือ 6,287 บาท/ไร่ และมีกำไรสุทธิ คือ 1,664 บาท/ไร่ (ตารางที่ 2)

การปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์

ในปี พ.ศ. 2560 พบว่า เกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์มีจำนวนลดลงมาก อาจมีสาเหตุมาจากหลายประเด็น คือ เนื่องจากนโยบายการไม่รับซื้อข้าวโพดในพื้นที่ไม่มีเอกสารสิทธิ์ ปัญหาเรื่องการเผาเศษซังข้าวโพดบนพื้นที่สูง และการปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ ต้องทำอย่างประณีตกว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จากการสัมภาษณ์เกษตรกร พบว่าเกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ อยู่ในพื้นที่ 3 ตำบล ในอำเภอแม่แจ่ม คือ ตำบลกองแขก ตำบลท่าผา และตำบลช่างเคิ่ง พื้นที่เฉลี่ย คือ 6.15 ไร่ ส่วนใหญ่จะมีระบบฝายในพื้นที่ เพื่อกักเก็บน้ำในการเพาะปลูก ยกเว้นในพื้นที่ ตำบลกองแขก พันธุ์ข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ที่นิยมปลูก ได้แก่ นครสวรรค์ 3, พันธุ์ 888, ข้าวโพดหวาน, พรีเมียร์ 555 ช่วงเวลาการเพาะปลูกจะใกล้เคียงกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เนื่องจากส่วนมากอาศัยน้ำฝนเช่นกัน ยกเว้นแต่ในบางพื้นที่ที่มีลำเหมืองฝายใกล้เคียง จึงจะสามารถดึงน้ำเข้ามาใช้ประโยชน์ได้ ช่วงระยะเวลาเตรียมดินและปลูก ในเดือน มิถุนายน ใช้เวลาประมาณ 7 วัน เนื่องจากพื้นที่ที่ปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ค่อนข้างลุ่ม จึงสามารถใช้เครื่องจักรในการเตรียมแปลงได้ และเก็บเกี่ยวได้ในช่วงปลายเดือนตุลาคม ซึ่งช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวผลผลิตมีผลต่อความชื้นของข้าวโพด และส่งผลต่อราคาที่เกษตรกรจะได้รับ เพราะข้าวโพดที่มีค่าความชื้นสูงจะได้ราคาต่ำ สำหรับพื้นที่ในการปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ ส่วนมากเป็นพื้นที่ที่ไม่ห่างไกลจากแหล่งรับซื้อมากนัก เช่น มีไซโลรับซื้อข้าวโพดตั้งอยู่ที่บ้านแม่นาจร ตำบลแม่นาจร นอกจากนี้ยังมีแหล่งรับซื้ออีกหลายแหล่ง ทั้งที่เป็นลักษณะการทำสัญญากันก่อนปลูก ที่เรียกว่า เกษตรพันธะสัญญา หรือเกษตรกร

Table 1. The costs of grain maize, seed maize and integrated farming system (Unit: Baht/rai)

	Grain Maize	Seed Maize	Cabbage+ Japanese pumpkin	Cabbage+ Strawberry	Shallots+ Cabbage	Cabbage+ Potato	Cape Gooseberry + Red bean	Peanut + Corn	Peanut + Red bean	Lettuce + Strawberry	Japanese pumpkin + Peanut	Japanese pumpkin + Red bean	Red bean + Cabbage
1. Fixed costs	157	118	239	465	303	530	647	545	650	717	265	614	542
- Agricultural equipment's depreciation													
2. Variable Costs	4,466	4,536	16,016	178,150	109,684	60,378	26,760	9,035	4,914	235,158	21,945	18,736	176,169
- Land preparation	716	700	4,950	17,921	7,709	3,800	6,110	3,951	1,570	40,308	6,756	2,563	5,678
- Water management	140	0	720	22,880	15,609	0	0	0	0	25,996	0	546	27,154
- Seed	400	560	3,348	21,081	2,853	15,776	2,744	2,119	606	24,080	2,788	1,254	4,120
- Labor	641	750	1,125	7,278	5,167	5,354	6,749	1,761	1,417	10,600	3,487	4,746	17,471
- Fertilizer	1,706	1,225	912	36,630	22,085	23,917	5,142	753	959	47,988	3,493	3,464	34,635
- Insecticide and herbicide	317	544	1,450	29,076	46,930	6,364	3,619	451	0	30,057	1,975	2,302	72,821
- Harvesting and storing	546	757	3,511	43,284	9,331	5,167	2,396	0	362	56,129	3,446	3,861	14,290
3. Total cost	4,623	4,654	16,255	178,615	109,987	60,908	27,407	9,580	5,564	235,875	22,210	19,350	176,711

Table 2. The returns of grain maize, seed maize and integrated farming system (Unit: Baht/rai) (Mean ± SD)

	Total Revenue	Incomes over the variable costs	Incomes over the cash costs	Net Profit
Grain Maize	6,287 ± 4,532	1,821 ± 1,563	2,171 ± 1,673	1,664 ± 1,342
Seed Maize	6,207 ± 3,867	1,671 ± 1,295	2,173 ± 1,307	1,553 ± 1,157
Peanut + Red bean	18,400 ± 5,578	13,486 ± 4,573	13,726 ± 3,856	12,836 ± 6,843
Peanut + Corn	25,900 ± 10,054	16,865 ± 7,680	16,825 ± 6,807	16,320 ± 8,573
Cabbage + Japanese pumpkin	28,200 ± 10,896	12,184 ± 6,478	13,486 ± 6,4501	11,945 ± 5,452
Japanese pumpkin + Red bean	41,700 ± 17,754	22,964 ± 9,068	24,799 ± 12,680	22,350 ± 10,583
Japanese pumpkin + Peanut	56,000 ± 20,578	34,055 ± 12,041	36,235 ± 13,664	33,790 ± 18,043
Cape Gooseberry + Red bean	66,000 ± 24,857	39,240 ± 15,088	40,751 ± 18,472	38,593 ± 20,467
Cabbage + Potato	77,200 ± 29,075	16,822 ± 11,534	19,462 ± 10,004	16,292 ± 9,547
Shallots + Cabbage	135,800 ± 32,573	26,116 ± 11,904	28,906 ± 14,231	25,813 ± 12,086
Red bean + Cabbage	210,000 ± 45,895	33,831 ± 12,783	36,401 ± 17,302	33,289 ± 14,793
Cabbage + Strawberry	302,500 ± 38,769	124,350 ± 29,575	128,185 ± 32,077	123,885 ± 31,548
Lettuce + Strawberry	352,500 ± 46,043	117,342 ± 24,564	118,748 ± 25,091	116,625 ± 26,740

นำไปขายที่สหกรณ์แม่แจ่ม นอกจากนี้ยังมีพ่อค้าเข้ามารับซื้อในหมู่บ้านโดยตรง

พื้นที่ปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์มีขนาดเล็กกว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ มีค่าใช้จ่ายเฉลี่ย ด้านการเตรียมแปลง ค่าเมล็ดพันธุ์ ค่าแรงงาน ค่าปุ๋ย ค่าสารกำจัดวัชพืชและฆ่าแมลง และค่าการเก็บเกี่ยวและรวบรวมผลผลิต คือ 700, 560, 750, 1225, 544 และ 757 บาท/ไร่ (ตารางที่ 1) อย่างไรก็ตาม จากการศึกษา ไม่พบเกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ มีค่าใช้จ่ายสำหรับการจัดการน้ำ แต่ค่าใช้จ่ายด้านปุ๋ยยังคงเป็นค่าใช้จ่ายหลักของเกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ ซึ่งพบว่า ต้นทุนรวมโดยเฉลี่ย คือ 4,654 บาท/ไร่ (ตารางที่ 1) ผลตอบแทนทั้งหมด คือ 6,207 บาท/ไร่ และกำไรสุทธิ คือ 1,553 บาท/ไร่ (ตารางที่ 2)

การทำเกษตรที่หลากหลาย

พื้นที่เกษตรที่หลากหลาย เป็นการปลูกพืชหลากหลายชนิดในพื้นที่ทำการเกษตรของตนเอง โดยในบางพื้นที่มีการปลูกพืชหมุนเวียน ส่วนใหญ่เกษตรกรในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มจะแยกพื้นที่ทำการเกษตรแต่ละประเภท อาจเนื่องจากการทำการเกษตรเกือบทั้งหมดใช้น้ำฝนเป็นหลัก มีบางพื้นที่ที่มีระบบเหมืองฝายที่เกษตรกรสามารถดึงน้ำเข้ามาในพื้นที่ทำการเกษตรและปลูกพืชชนิดอื่นในช่วงหลังฤดูฝน

จากการสำรวจภาคสนาม พบว่า ตำบลที่มีการทำการเกษตรที่หลากหลาย ได้แก่ ตำบลกองแขก ตำบลปางหินฝน ตำบลแม่ศึก ตำบลบ้านวัดจันทร์ ตำบลแจ่มหลวง ตำบลแม่แดด ตำบลบ้านทับ และตำบลช่างเคิ่ง โดยพบว่า พื้นที่ทั้ง 3 ตำบล ใน อำเภอกัลยาณิวัฒนา คือ ตำบลแจ่มหลวง ตำบลบ้านวัดจันทร์ และตำบลแม่แดด มีการทำการเกษตรที่หลากหลายมากที่สุด อาจเนื่องมาจากมีโครงการพระราชดำริหลายโครงการที่ตั้งกระจายอยู่ในเขตพื้นที่ดังกล่าว การทำการเกษตรที่หลากหลายในพื้นที่นี้ ส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรที่เป็นสมาชิกของโครงการหลวง ซึ่งทางโครงการหลวงจะเป็นฝ่ายวางแผนและจัดการเผยแพร่องค์ความรู้ ชนิดพืช กำลังการผลิต ตรวจสอบคุณภาพ และตลาดรับซื้อ และมีเกษตรกรจำนวนมากที่ปลูกพืชตามคำแนะนำหรือไปซื้อเมล็ดพันธุ์จากโครงการหลวง แต่จำหน่ายผลผลิตเอง อย่างไรก็ตาม จากการศึกษา พบว่า เกษตรกรจำนวนมากในหลายพื้นที่ของลุ่มน้ำแม่แจ่มต้องการให้ทางโครงการหลวงช่วยเหลือในเรื่องการผลิตพืชทางการเกษตร และการรับซื้อ ซึ่งขณะนี้

พบว่าโครงการหลวงในหลายแห่งมีข้อจำกัดในเรื่องการดำเนินการเช่นกัน ถึงแม้ว่าโครงการหลวงพยายามที่จะตั้งโครงการขยายผลของโครงการหลวงเพื่อเข้าไปช่วยรับซื้อผลผลิตทางการเกษตรของเกษตรกร แต่ก็สามารถดำเนินการได้เพียงบางพื้นที่เท่านั้น ในพื้นที่ศึกษา พบว่าพื้นที่เฉลี่ยในการทำการเกษตรที่หลากหลาย คือ 5.34 ไร่/ครัวเรือน

นอกจากนี้ จากการลงพื้นที่และได้สัมภาษณ์ตัวแทนของผู้ปฏิบัติงานในโครงการหลวง พบว่าเป้าหมายหรือจุดประสงค์แรกเริ่มของโครงการหลวง คือ เพื่อต้องการให้ประชาชนที่อาศัยบนพื้นที่สูงเลิกการปลูกฝิ่นและปลูกพืชประเภทอื่นที่เหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศ และสามารถเจือจุนครอบครัวได้ ดังนั้นบทบาทหน้าที่ของโครงการหลวงในช่วงแรก จึงเป็นเสมือนพื้นที่สาธิต ฝึกอบรม แจกจ่าย กล้าไม้/เมล็ดพันธุ์ให้กับกลุ่มเกษตรกรเป้าหมาย และมีการขยายบทบาทหน้าที่ในเรื่องการตลาดต่อมา แต่เนื่องจากข้อจำกัดโดยเฉพาะอย่างยิ่งเรื่องงบประมาณ ทำให้โครงการหลวงสามารถรับผิดชอบในพื้นที่และประชากรเพียงบางส่วนเท่านั้น แม้ขณะนี้กลุ่มเป้าหมายที่ทางโครงการหลวงตั้งเป้าหมายไว้ก็ยังไม่บรรลุเป้าหมาย โครงการขยายผลเกิดขึ้นเพื่อช่วยรับซื้อผลผลิตของเกษตรกรที่เป็นสมาชิกก็อยู่ในสภาพที่มีข้อจำกัดในการดำเนินงานเช่นกัน อาจกล่าวได้ว่าในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มโครงการหลวง เสมือนเป็นที่พึ่งของประชาชนในพื้นที่ แต่ด้วยข้อจำกัดในพื้นที่หลายประการโดยเฉพาะอย่างยิ่งแหล่งน้ำ เนื่องจากเป็นพื้นที่สูง และพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติ ซึ่งเป็นประเด็นหลักๆ ที่หน่วยงานของรัฐที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแหล่งน้ำขนาดเล็ก ใช้เป็นข้ออ้างที่ไม่สามารถพัฒนาได้ น้ำเป็นปัจจัยจำกัดในการเลือกปลูกพืชของเกษตรกรในพื้นที่สูงค่อนข้างมาก ดังนั้น จึงพบว่าพื้นที่อำเภอกัลยาณิวัฒนา ซึ่งมีโครงการหลวงบ้านวัดจันทร์ ตั้งอยู่ พบว่าเกษตรกรที่เป็นสมาชิกโครงการหลวงมีถิ่นฐานไม่ห่างไกลจากพื้นที่โครงการหลวงมากนัก มีการทำระบบประปาภูเขาของชาวบ้าน และระบบน้ำตามธรรมชาติยังค่อนข้างดีหากเปรียบเทียบกับพื้นที่อำเภอแม่แจ่ม ซึ่งเส้นทางคมนาคมที่ไม่สะดวก ทั้งระยะทางที่ห่างไกล และคุณภาพของถนนที่ไม่ดี เหล่านี้เป็นปัจจัยขัดขวางในการทำการเกษตรและการตลาดอย่างมาก รวมทั้งเรื่องต้นทุนการขนส่งและความเสียหายของผลผลิต การจัดการเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ไม่ต่อเนื่อง และการเปลี่ยนแปลงนโยบายของรัฐทั้งในเรื่องการเกษตรกรรมต่างๆ เหล่านี้เป็นประเด็นสำคัญที่ทำให้เกิดปัญหาในเรื่องการใช้ที่ดินของประชาชนบนพื้นที่สูง นอกจากนี้ประเด็นวิถีชีวิตของชนเผ่าก็มีส่วนเข้ามาเกี่ยวข้อง ถึงแม้ว่าผลการศึกษาจะไม่ได้แสดงให้เห็นในเชิงตัวเลขและการเปรียบเทียบวิถีของแต่ละชนเผ่าอย่างชัดเจน แต่จากการลงพื้นที่ พบว่า ส่วนใหญ่เกษตรกรชาวม้ง มีเศรษฐกิจที่ดี พืชที่ปลูกส่วนมากเป็นที่ต้องการของตลาด เช่น สตอเบอรี่ ชนเผ่าม้งมีความคิดด้านธุรกิจ-เศรษฐกิจที่ชัดเจน ยอมรับและเข้าถึงเทคโนโลยีได้เร็วกว่าชนเผ่าอื่น ๆ รวมทั้งการจัดการด้านการตลาดเอง โดยผลผลิตส่วนใหญ่ไม่ได้ผ่านเข้ามาที่โครงการหลวง ซึ่งเกือบทุกหลังคาเรือนชาวม้งมีรถยนต์กระบะ ใช้บรรทุกผลผลิตทางการเกษตรมาส่งที่เชียงใหม่ รวมถึงที่ตลาดไทย ในกรุงเทพ ฯ เพื่อเข้าถึงผู้รับซื้อและบริโภคโดยตรง

จากการศึกษา พบว่าพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนบน คือ อำเภอกัลยาณิวัฒนา เกษตรกรมีการปลูกพืชที่หลากหลายนอกเหนือจากการจัดสรรพื้นที่บางส่วนสำหรับการปลูกข้าวเพื่อเก็บไว้บริโภคในครัวเรือนแล้ว พื้นที่บางส่วนยังถูกใช้สำหรับการปลูกพืชหมุนเวียนชนิดอื่นที่เกษตรกรปลูกกันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ ฟักทองญี่ปุ่น เกรฟกูซเบอร์รี่ ถั่วลิสง ผักกาดหอม กะหล่ำปลี ถั่วแดง มันฝรั่ง สตอเบอร์รี่พันธุ์ 329 และ สตอเบอร์รี่พันธุ์ 80 ข้าวโพดหวาน และ หอมแดง สำหรับในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่างซึ่งครอบคลุมพื้นที่อำเภอแม่แจ่ม พบว่านอกจากเกษตรกรจะปลูกข้าวไว้บริโภคภายในครัวเรือนแล้ว พืชหมุนเวียนที่เกษตรกรเลือกปลูกในช่วงฤดูแล้งหรือปลูกในพื้นที่ที่สามารถมีการจัดการน้ำเข้ามาในพื้นที่เกษตรได้คือ หอมแดงพันธุ์น้ำปาด กะหล่ำปลี ถั่วลิสง ถั่วแดง ผักกาดขาว และมันฝรั่ง นอกจากนี้ จากการสำรวจภาคสนาม พบ เกษตรกรปลูกพืชยืนต้น จำพวกไม้ผล ได้แก่ สาลี่ อโวกาโด้ บ๊วย เสาวรส กาแฟอาราบิก้า องุ่นบิวตี้ และองุ่นเขียว แต่ไม่ได้นำมาประเมินต้นทุนและผลตอบแทน เนื่องจากมีกลุ่มตัวอย่างค่อนข้างน้อย ดังนั้นในการศึกษานี้ ได้จำแนกเกษตรที่หลากหลายและ

ประเมินต้นทุนและผลตอบแทนทั้งสิ้น 11 รูปแบบ คือ 1) ถั่วลิสงและถั่วแดง 2) ถั่วลิสงและข้าวโพดหวาน 3) กะหล่ำปลีและฟักทองญี่ปุ่น 4) ฟักทองญี่ปุ่นและถั่วแดง 5) ฟักทองญี่ปุ่นและถั่วลิสง 6) เกรฟกูซเบอร์รี่และถั่วแดง 7) กะหล่ำปลีและมันฝรั่ง 8) หอมแดงและกะหล่ำปลี 9) ถั่วแดงและกะหล่ำปลี 10) กะหล่ำปลีและสตอเบอรี่ และ 11) ผักกาดหอมและสตอเบอรี่

เกษตรกรที่ทำเกษตรที่หลากหลาย โดยปลูกผักกาดหอมและสตอเบอรี่ มีต้นทุนรวมโดยเฉลี่ยสูงที่สุด เมื่อเทียบกับรูปแบบเกษตรที่หลากหลายอื่น ๆ ซึ่งประกอบด้วย ค่าการเตรียมแปลง ค่าจัดการน้ำ ค่าเมล็ดพันธุ์ ค่าแรงงาน ค่าปุ๋ย ค่าสารกำจัดวัชพืชและฆ่าแมลง และค่าการเก็บเกี่ยวและรวบรวมผลผลิต คือ 40308, 25996, 24080, 10600, 47988, 30057 และ 56129 บาท/ไร่ ตามลำดับ ในขณะที่ การปลูกถั่วลิสงและถั่วแดง มีต้นทุนรวมโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 1570, 606, 1417, 959 และ 362 บาท/ไร่ สำหรับค่าการเตรียมแปลง ค่าเมล็ดพันธุ์ ค่าแรงงาน ค่าปุ๋ย และค่าการเก็บเกี่ยวและรวบรวมผลผลิต ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม เกษตรกรที่ทำเกษตรที่หลากหลาย โดยปลูกถั่วลิสงและถั่วแดง ไม่มีค่าใช้จ่ายสำหรับค่าจัดการน้ำ และ ค่าสารกำจัดวัชพืชและฆ่าแมลง (ตารางที่ 1)

เกษตรที่หลากหลาย โดยปลูกผักกาดหอมและสตอเบอรี่ พบว่า ให้ผลตอบแทน และกำไรสุทธิมากที่สุด คือ 352,500 และ 116,625 บาท/ไร่ ตามลำดับ ซึ่งมีรายได้เหนือต้นทุนผันแปร คือ 12,184 บาท/ไร่ และ รายได้เหนือต้นทุนที่เป็นตัวเงิน คือ 13,486 บาท/ไร่ ในขณะที่ การปลูกถั่วลิสงและถั่วแดง ให้ผลตอบแทนต่ำที่สุด คือ 18,400 บาท/ไร่ แต่เมื่อหักลบรายได้เหนือต้นทุนผันแปรและรายได้เหนือต้นทุนที่เป็นตัวเงิน พบว่า การปลูกกะหล่ำปลีและฟักทองญี่ปุ่น ให้กำไรสุทธิ ต่ำที่สุด คือ 11,945 บาท/ไร่ ทั้งนี้ เนื่องจากการปลูกกะหล่ำปลีและฟักทองญี่ปุ่นมีต้นทุนทั้งหมดที่สูงกว่าการปลูกถั่วลิสงและถั่วแดง โดยเฉพาะค่าการเตรียมแปลง และค่าการเก็บเกี่ยวและรวบรวมผลผลิต อย่างไรก็ตาม จะเห็นว่ากำไรสุทธิของการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ มีค่าเบี่ยงเบี่ยนมาตรฐานค่อนข้างสูง ซึ่งแสดงถึงความผันผวนของกำไรสุทธิมีสูง และมีความเสี่ยงที่จะขาดทุนสูง (ตารางที่ 2)

นอกจากนี้ หลายพื้นที่ในอำเภอแม่แจ่ม ที่เกษตรกรประสบปัญหาในเรื่องการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ ที่ดำเนินการมาอย่างต่อเนื่อง และขณะนี้ประสบปัญหาหลายประการ ทั้งในเรื่องคุณภาพดินที่เสื่อมสภาพลง ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยเคมี รวมถึงยากำจัดวัชพืชและศัตรูพืช ในปริมาณที่สูง ซึ่งก่อให้เกิดอันตรายทั้งสภาพแวดล้อม และสุขภาพของเกษตรกรเอง ซึ่งผลจากการตรวจเลือดของเกษตรกรในหลายพื้นที่ พบว่ามีโลหะหนักและสารเคมีตกค้างอยู่ในเลือด (จากการสัมภาษณ์เกษตรกร และผู้นำท้องถิ่น) และผลกระทบในเรื่องของการเผาเศษซากพืชหลังจากการเก็บเกี่ยว และราคารับซื้อข้าวโพดที่ตกต่ำอย่างมาก ทำให้เกษตรกรเกือบทั้งหมดต้องการให้ทางรัฐบาลหรือหน่วยงานต่าง ๆ เข้ามาช่วยเหลือในเรื่องอาชีพหรือการปรับเปลี่ยนพืช แต่ก็ต้องช่วยคำนึงถึง ว่าเกษตรกรต้องมีค่าใช้จ่ายทุกวัน และภาระหนี้สินที่ยังมีอยู่ รวมทั้งพื้นที่ทำกินส่วนใหญ่ของเกษตรกรไม่มีเอกสารสิทธิ์

เปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ และเกษตรที่หลากหลาย

ค่าใช้จ่ายในกระบวนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ และเกษตรที่หลากหลาย ประกอบด้วย ค่าการเช่าที่ดิน ค่าเตรียมดิน ค่าจัดการน้ำ ราคาเมล็ดพันธุ์ ค่าจ้างปลูก ค่าปุ๋ย ค่ากำจัดวัชพืช ค่าเก็บเกี่ยวผลผลิต จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่า ต้นทุนการผลิตจะมีค่าปุ๋ยเป็นปัจจัยที่สูงสุด ซึ่งต้นทุนการผลิต 3 อันดับแรกของการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ คือ ค่าปุ๋ย ค่าเตรียมดิน และค่าจ้างปลูก ส่วนต้นทุนการผลิต 3 อันดับแรกของเกษตรที่หลากหลาย คือ ค่าปุ๋ย ค่ากำจัดวัชพืช และค่าเก็บเกี่ยว การปลูกพืชที่หลากหลายต้องทำอย่างประณีตและราคาขายให้ผลตอบแทนที่ดีกว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ ดังนั้นเกษตรกรส่วนใหญ่จึงคิดว่าการที่จะได้ผลตอบแทนเพิ่มจะต้องทำการเพิ่มปริมาณการใส่ปุ๋ยและสารเคมี และต้องทำการขยายพื้นที่ ซึ่งจะเป็นปัญหาอย่างมาก เนื่องจาก

พื้นที่บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มเกือบทั้งลุ่มน้ำเป็นพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ และการปลูกข้าวโพดเป็นการเร่งให้พื้นที่เสื่อมสภาพเร็ว ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Burke and Lobell (2010) และ Darwin *et al*. (2005) พบว่า ในประเทศที่รายได้ต่ำ ผลผลิตทางการเกษตรที่เพิ่มขึ้นส่วนใหญ่เป็นผลมาจากการขยายพื้นที่เพาะปลูก เช่น ในภูมิภาคแอฟริกาทางตอนใต้ของทะเลทรายซาฮาร่า การขยายพื้นที่เพาะปลูกมีส่วนช่วยให้ผลผลิตทางการเกษตรในภูมิภาคเติบโตกว่า 80% ในระยะยาวสำหรับการขยายพื้นที่เพาะปลูกนั้นมีไม่มากนัก เนื่องจากพื้นที่ไม่เหมาะสำหรับการเพาะปลูกหากไม่มีการลงทุนขนาดใหญ่ ซึ่งการขยายพื้นที่เพาะปลูกอย่างต่อเนื่องหมายถึงการตัดไม้ทำลายป่าเพื่อเปลี่ยนเป็นพื้นที่เพื่อการเกษตรกรรม และประกอบกับพื้นที่เป็นที่ลาดชันสามารถกักเก็บธาตุอาหารได้น้อย และง่ายต่อการพังทลายของหน้าดิน (ถนอมนวล, 2532; Fang *et al*., 2015; Liu *et al*., 2001)

เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทน ระหว่างข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ และเกษตรที่หลากหลาย พบว่า การปลูกพืชที่หลากหลายให้ผลตอบแทนที่สูงกว่า การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ (ตารางที่ 2) ทั้งนี้ อาจขึ้นอยู่กับพื้นที่การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีขนาดใหญ่กว่าการปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ และเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์หรือเกษตรพันธะสัญญา ต้องซื้อเมล็ดพันธุ์ ปุ๋ย และสารเคมี ของบริษัทที่ทำสัญญาจึงทำให้มีต้นทุนที่สูงกว่า ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ เขมรัฐ และ สิทธิเดช (2558) ที่ได้วิเคราะห์รายได้ของเกษตรกรและวงจรอุบาทว์ของการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในที่ชัน อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน บ่งชี้ว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีต้นทุนในการผลิตสูง และรายได้ของเกษตรกรมีความผันผวนมาก เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่พึ่งพากับการเชื่อวัตถุดิบจากพ่อค้าที่คิดดอกเบี้ยสูง ขาดอำนาจต่อรองหรือจัดการด้านต้นทุน รายได้ส่วนใหญ่ที่ได้มักเสียไปกับการจ่ายดอกเบี้ย จึงทำให้รายได้สุทธิของเกษตรกรลดลง และเมื่อไม่มีเงินทุนพอสำหรับใช้เพาะปลูกในรอบถัดไป เกษตรกรต้องเชื่อวัตถุดิบเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีภาวะหนี้สินเพิ่มขึ้นและไม่สามารถหลุดพ้นจากวงจรอุบาทว์นี้ไปได้ นอกจากนี้ กัญชลี และคณะ (2561) พบว่า ความสะดวกในการใช้ประสบการณ์ตรงที่เคยใช้แล้วได้ผลดี และการหาซื้อได้ง่าย เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกษตรกรตัดสินใจใช้ปุ๋ยเคมี ด้วยเหตุนี้นโยบายในการช่วยเหลือเกษตรกรที่มีที่ดิน และทรัพย์สินน้อยควรเพิ่มความหลากหลายของกิจกรรมในการปลูกพืช เช่น เกษตรผสมผสาน (สุชนีย์ และคณะ, 2561)

นอกจากนี้ จากการสังเคราะห์ข้อมูลการสำรวจเชิงพื้นที่ แบบสอบถาม และการสัมภาษณ์เชิงลึกกับเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ และเกษตรที่หลากหลาย สิ่งที่เกษตรกรทั้งพื้นที่อำเภอกัลยาณิวัฒนา และอำเภอแม่แจ่ม ต้องการให้มีการช่วยเหลือและสนับสนุนอย่างมาก คือ แหล่งน้ำ ความต้องการเร่งด่วนของชุมชนกลับยังพบอีกว่า หลายชุมชนต้องการฝาย อ่างเก็บน้ำในลำห้วยสาขา ประปาหมู่บ้าน คลองส่งน้ำ ฝายน้ำล้น ประปาภูเขา ปรับปรุงอ่างเก็บน้ำ ขุดสระน้ำ สร้างฝายและลำเหมือง ฝายต้นน้ำ บ่อบาดาล และถังเก็บน้ำทั้งเพื่อการเกษตรในช่วงฤดูแล้ง และน้ำเพื่ออุปโภคบริโภค สภาพพื้นที่ การใช้แรงงาน และทักษะที่แตกต่างกันของเกษตรกร ยังทำให้เกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ หรือข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ ไม่สามารถทำการเกษตรที่หลากหลายได้ เนื่องจากบริเวณพื้นที่ต้นน้ำ การไหลของน้ำจะมาเร็วและแรงในช่วงฤดูฝน ประกอบกับลำน้ำมีท้องน้ำค่อนข้างลึก เกษตรกรจะใช้น้ำจากลำน้ำโดยตรงค่อนข้างยาก โดยเฉพาะฤดูแล้งยิ่งจะมีปัญหามาก เนื่องจากปริมาณน้ำจะยิ่งน้อยลงและการสูบน้ำจากลำน้ำจะต้องเสียค่าน้ำมันและค่าใช้จ่ายที่สูงมาก เกษตรกรบนพื้นที่ต้นน้ำ จะใช้ระบบต่อน้ำ ประปาภูเขา หรือใช้เครื่องสูบน้ำเพื่อนำน้ำขึ้นมาบนพื้นที่แปลงเกษตรกรรม ดังนั้น พื้นที่ที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่เป็นพื้นที่กว้าง (ส่วนใหญ่ มากกว่า 10 ไร่ ขึ้นไป) เกษตรกรจะไม่ลงทุนในการให้น้ำ และเนื่องจากข้าวโพดเป็นพืชที่ทนแล้งมากกว่าพืชอื่น ๆ ดังนั้น จึงเป็นทางเลือกที่เกษตรกรปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มากกว่าพืชชนิดอื่น แต่หากเกษตรกรปลูกพืชประเภทอื่น ๆ ที่ซื้อเมล็ดพันธุ์จากโครงการหลวง หรือพืชที่เกษตรกรทราบว่าสามารถหาตลาดได้ง่าย (ชนเผ่าอื่น ๆ ยกเว้น ชาวม้ง ส่วนมากขายผลผลิตทางการเกษตรทั้งหมดให้กับรถพ่อค้าที่เข้ามาในพื้นที่ เนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายที่ต้องจ้างรถขนส่ง เวลา และอื่น ๆ เกษตรกรจะเลือกที่จะ

ขายให้กับพ่อค้าคนกลาง) รวมทั้งมีน้ำเข้าถึงพื้นที่ ซึ่งส่วนมากก็จะเป็นพื้นที่ไม่กว้างขวางมาก เกษตรกรก็จะมีวิธีการช่วยกันบริหารเรื่องน้ำในกลุ่มของเกษตรกร และจากการสัมภาษณ์เกษตรกรหลายครอบครัว พบว่า ในช่วงปีแรก ๆ ที่เริ่มปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ผลผลิตที่ได้ดีมาก ซึ่งเป็นไปตามปกติเนื่องจากดินยังมีความอุดมสมบูรณ์สูง และเมื่อเกษตรกรเห็นว่าได้ผลผลิตดี และภาครัฐยังไม่ได้เข้ามาควบคุมรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน เกษตรกรก็เริ่มขยายพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพิ่มมากขึ้น แต่ก็ต้องเพิ่มการใช้ปุ๋ย ยากำจัดวัชพืชมากขึ้น เนื่องจากผลผลิตลดลงตามลำดับ ดังนั้น เรื่องการใช้น้ำประเด็นที่สำคัญจึงเป็นเรื่องสภาพพื้นที่มากกว่าประเด็นอื่น ๆ

นอกจากนี้ เกษตรกรที่ทำการเกษตรและไม่ได้เข้าร่วม เป็นสมาชิกในโครงการหลวงหรือโครงการขยายผล ได้แก่ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวัดจันทร์ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงปางอุ๋ง และ โครงการขยายผลโครงการหลวงปางหินฝน มีความต้องการ ดังนี้

กรณีเกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ คือ 1) การตลาดสินค้าการเกษตร ส่งเสริมการทำเกษตรที่หลากหลาย 2) สนับสนุนเพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิต 3) ประกันราคาผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ 4) ส่งเสริมการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร และส่งเสริมนวัตกรรมที่ช่วยในการเพาะปลูก และ 5) ควรกำหนดโควต้าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ต่อครัวเรือน จะทำให้ผลผลิตทางการเกษตรไม่ล้นตลาด ราคาผลผลิตก็จะดีขึ้น

กรณีทำการทำเกษตรกรรมประเภทอื่น คือ 1) การจัดหาแหล่งน้ำ การส่งเสริมกล้าไม้หลากหลายพันธุ์ในการเพาะปลูกทั้งไว้เพื่อบริโภค สร้างรายได้ และการแจกพันธุ์พืช เช่น มะม่วง ส้มเขียวหวาน อะโวคาโด้ เป็นต้น 2) ปรับปรุงเส้นทางคมนาคมขนส่งให้สะดวกมากขึ้น 3) สนับสนุนการศึกษาดูงานเกี่ยวกับการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรหรือนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร และ ต้องการหน่วยงานที่ช่วยถ่ายทอดความรู้มากกว่าการกำหนดนโยบายต่าง ๆ 4) สนับสนุนการปลูกพืชหมุนเวียนและส่งเสริมการปลูกพืชชนิดอื่นทดแทนที่มีราคาค่อนข้างดีและมีตลาดรองรับ 5) ส่งเสริมหรือสนับสนุนการเลี้ยงสัตว์ 6) จัดตั้งกองทุนด้านปัจจัยการผลิต เช่น ปุ๋ย ยาฆ่าแมลง เมล็ดพันธุ์ และอุปกรณ์ทางการเกษตร เป็นต้น และ 7) สนับสนุนการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร เช่น สตอเบอร์รี่ และพัฒนา ส่งเสริม ให้เป็นอาชีพเสริมต่อไป

ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

จากข้อค้นพบในการประเมินต้นทุนและผลตอบแทน บริบทของเกษตรกร และความต้องการให้มีการช่วยเหลือและสนับสนุนของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ และเกษตรที่หลากหลาย ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม จึงนำมาซึ่งข้อเสนอแนะเชิงนโยบายและแผนด้านการเกษตร ดังต่อไปนี้

1) ควรส่งเสริมให้เกษตรกรหันมาปลูกพืชที่หลากหลายแทนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หรือข้าวโพดเมล็ดพันธุ์เพียงอย่างเดียว ซึ่งไม่เพียงแต่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยมีการเผาเศษซากวัสดุทางการเกษตรลดลงแล้ว ยังช่วยเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย อย่างไรก็ตาม การส่งเสริมการปลูกอย่างเดียวไม่ใช่ทางออกที่ดีที่สุดและเป็นการส่งเสริมการเกษตรแค่เพียงระบบต้นน้ำแต่ไม่ครบวงจรของระบบการเกษตรที่จะทำให้เกิดความยั่งยืน ปฏิเสธไม่ได้ว่าการตลาดเป็นกลไกที่สำคัญทางการเกษตร และเกษตรกรไทยส่วนมากจะอ่อนด้อยด้านการตลาด เนื่องจากหลายปัจจัย คือ การเข้าถึงข้อมูลข่าวสารที่ถูกต้อง รวดเร็ว การไม่รวมกลุ่มการทำการเกษตร การขาดความรู้ที่แท้จริงทางด้านการเกษตรในปัจจุบัน ยึดติดกับวิถีชีวิตแบบเดิม การไม่เข้าใจกลไกที่สลับซับซ้อนมากขึ้น การแข่งขันด้านเศรษฐกิจ การตลาดด้านผลผลิตทางการเกษตร และการถูกเอารัดเอาเปรียบในการจำหน่ายผลผลิต แต่ดังที่กล่าวเบื้องต้น โครงการหลวงและโครงการขยายผลก็มีข้อจำกัดในการดูแลเกษตรกรในพื้นที่ระดับหนึ่ง ดังนั้น เกษตรกรและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรต้องช่วยกันเร่งคิดเรื่องการตลาดที่ชัดเจน พื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม (หรือพื้นที่ลุ่มน้ำอื่น ๆ) ไม่ใช่พื้นที่ที่จะนำไปปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หรือพืชเชิงเดี่ยวอื่น ๆ ที่ไม่มีเงื่อนไขของการอนุรักษ์ดินและน้ำเข้าไปจัดการร่วม แต่ความต้องการของตลาด และขาดความชัดเจนในเรื่องการใช้ประโยชน์ที่ดินบนพื้นที่สูงและในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ ทำให้บริษัทเอกชนที่มีวิสัยทัศน์ที่ชัดเจนและการปฏิบัติที่รวดเร็วกว่าหน่วยงานภาครัฐ จึงมี

ระบบเกษตรพันธะสัญญาเกิดขึ้น ซึ่งหากดำเนินการด้วยความยุติธรรมและมีหลายบริษัทเข้ามาแข่งขันกันก็จะเป็นประโยชน์กับเกษตรกรและแบ่งเบาภาระหน่วยงานภาครัฐ แต่ในความเป็นจริง บริษัทที่เข้ามาทำเกษตรพันธะสัญญาจะมีเพียง 1-2 บริษัทเท่านั้น และในสัญญาเป็นการเอาเปรียบเกษตรกรค่อนข้างสูง ซึ่งในที่สุดหากเกษตรกรไม่สามารถที่จะรับเงื่อนไขของเกษตรพันธะสัญญาได้ก็จะหยุดดำเนินการและกลับมาทำการเกษตรตามวิถีเดิมของตนเอง ดังที่ปรากฏในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มในช่วงแรกมีจำนวนเกษตรกรที่ทำเกษตรพันธะสัญญาจำนวนมาก แต่ในช่วงระยะหลัง พบว่า จำนวนเกษตรกรที่ทำเกษตรพันธะสัญญาได้ยุติและขอยกเลิกสัญญาไปแล้วจำนวนมาก

2) ควรส่งเสริมระบบการเกษตรเชิงอนุรักษ์ดินและน้ำบนพื้นที่สูง เพื่อลดการชะล้างพังทลายของดินและการสูญเสียธาตุอาหารในดิน โดยมุ่งพัฒนาเกษตรกร ให้มีความตระหนัก มีความรู้ และปฏิบัติได้อย่างจริงจังในการจัดการระบบเพาะปลูกเชิงอนุรักษ์ดินและน้ำ ตามศาสตร์พระราชาของในหลวงรัชกาลที่ 9

3) มุ่งแก้ไขปัญหาความยากจนอย่างยั่งยืนและส่งเสริมการฟื้นฟูการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรป่าไม้ ดินและน้ำ มุ่งเสริมสร้างความรู้และความสามารถในการพึ่งพาตนเองให้กับเกษตรกร และส่งเสริมการแก้ไขความยากจนอย่างยั่งยืนด้วยการลดรายจ่าย ลดต้นทุนในการผลิตและการสร้างรายได้ตามการเปลี่ยนแปลงของสังคมและเศรษฐกิจ

4) เสริมสร้างศักยภาพทางการตลาดของสินค้าเกษตรบนพื้นที่สูง โดยมุ่งเน้นพัฒนา เกษตรกร ผู้ประกอบการ และเจ้าหน้าที่ภาครัฐ ให้สามารถแสวงหาและเข้าถึงตลาดสินค้าได้เพื่อเป็นการขยายตลาดและตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภค

5) เสริมสร้างระบบบริหารจัดการที่ดี ส่งเสริมกระบวนการมีส่วนร่วมของทั้งหน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน และชุมชนที่เกี่ยวข้อง ให้สามารถเป็นพี่เลี้ยงให้กับเกษตรกรและชุมชนในการพัฒนากิจกรรมเพื่อการพึ่งพาตนเอง รวมทั้งพัฒนากฎระเบียบของชุมชนให้เอื้ออำนวยต่อความเสมอภาค และเสริมศักยภาพของชุมชนในการปรับตัวเข้ากับกระแสโลกาภิวัตน์และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

6) ควรมีหน่วยงานภาครัฐหรือสถาบันทางการเงิน เข้ามาบริหารจัดการและให้ความช่วยเหลือปัญหาหนี้สินของเกษตรกร อย่างไรก็ตาม มีการกล่าวถึงโครงการพักชำระหนี้ของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (ธ.ก.ส.) ตามข้อเสนอของการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์แม่แจ่มโมเดลพลัส โดยมีเป้าหมายสำคัญ คือ ลดพื้นที่การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เพิ่มพื้นที่ป่าซึ่งจะนำไปสู่การหยุดปัญหาหมอกควันได้อย่างยั่งยืนในอนาคต และเตรียมเสนอเข้าคณะรัฐมนตรี ภายในเดือนธันวาคม 2561 หากโครงการพักชำระหนี้ของ ธ.ก.ส. เกิดขึ้นได้จริง จะไม่เพียงแค่การพักหนี้ แต่จะยังเป็นการช่วยฟื้นฟูป่าและพัฒนาคุณภาพชีวิตของเกษตรกร

สรุป

การปลูกพืชที่หลากหลายทุก ๆ รูปแบบ ให้ผลตอบแทนที่สูงกว่า การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ โดยเฉพาะการปลูกผักกาดหอมและสตอเบอรี่ พบว่า ให้ผลตอบแทน และกำไรสุทธิมากที่สุด คือ 352,500 และ 116,625 บาท/ไร่ ตามลำดับ ในขณะที่การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ ให้ผลตอบแทน 6,287 และ 6,207 บาท/ไร่ และกำไรสุทธิ คือ 1,664 และ 1,553 บาท/ไร่ ตามลำดับ ดังนั้น นโยบายส่งเสริมให้เกษตรกรหันมาปลูกพืชที่หลากหลายแทนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ หรือข้าวโพดเมล็ดพันธุ์เพียงอย่างเดียว จึงเป็นสิ่งจำเป็น นอกจากนี้ นโยบายส่งเสริมระบบการเกษตรเชิงอนุรักษ์ดินและน้ำบนพื้นที่สูง นโยบายแก้ไขปัญหาความยากจนอย่างยั่งยืนและส่งเสริมการฟื้นฟูการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรป่าไม้ ดินและน้ำ โดยการเสริมสร้างความรู้และความสามารถในการพึ่งพาตนเอง นโยบายเสริมสร้างศักยภาพทางการตลาดของสินค้าเกษตรบนพื้นที่สูง และควรมีหน่วยงานภาครัฐหรือสถาบันทางการเงิน เข้ามาบริหารจัดการและให้ความช่วยเหลือปัญหาหนี้สินของเกษตรกร นโยบายเหล่านี้ต้องรีบดำเนินการโดยเร่งด่วนในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ฝ่ายเกษตร ภายใต้ โครงการการประมาณการผลกระทบจากความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์/ข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ และเกษตรผสมผสาน กรณีศึกษาลุ่มน้ำแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ สัญญาเลขที่ "RDG6020014" โดยมีสถาบันคลังสมองของชาติช่วยประสานงานโครงการและผลักดันให้เกิดโครงการวิจัย ตลอดจนให้คำแนะนำตลอดการดำเนินโครงการวิจัย และขอขอบคุณเกษตรกรทุกท่าน รวมถึงองค์การบริหารส่วนตำบลทุกแห่งในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ที่ให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่องานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กัญชลี เจติยานนท์ ภิญญุภา เปลี่ยนบางช้าง ศักดิ์ชัย วิทยาอารีย์กุล วันวิสาข์ ปั้นศักดิ์ และ สุพรรณนิกา อินต๊ะนนท์. 2561. พฤติกรรมการใช้ปุ๋ยเคมีของเกษตรกรบ้านโพธิ์ประสาท ตำบลบ่อทอง อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก. วารสารเกษตร 34(2): 245-253

เขมรัฐ เถลิงศรี และ สิทธิเดช พงศ์กิจวรสิน. 2558. การศึกษารายได้เกษตรกรจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และวงจรอุบาทว์ของการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในที่ชัน. ศูนย์วิจัยเศรษฐศาสตร์ประยุกต์. วารสารเศรษฐศาสตร์ประยุกต์ 22(1):51-78

ดิเรก เครือจินลิ. 2559. ลุ่มน้ำแม่แจ่ม. มูลนิธิรักษ์ไท. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://climatechange-raksthai.org/natural_detail.php?id=1049&sub=15 (15 ธันวาคม 2560).

ถนอมนวล ณ ป้อมเพชร. 2532. การอนุรักษ์ดินในประเทศกำลังพัฒนา. สำนักงานวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพมหานคร. 109 หน้า.

พงษ์ทิพย์ สำราญจิตต์. 2558. จากคนปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ถึงอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ และคนกินเนื้อสัตว์. เนชั่นสุดสัปดาห์ คอลัมน์ ขวัญของแผ่นดิน มูลนิธิชีวิตไท นนทบุรี

สุชนีย์ ทรัพย์สมบูรณ์ เบญจพรรณ เอกะสิงห์ ชาญชัย แสงชโยสวัสดิ์ จิรวรรณ กิจชัยเจริญ และ พนมศักดิ์ พรหมบุรมย์. 2561. การจำแนกครัวเรือนเกษตรกรที่มีระบบการทำฟาร์มแบบปลูกข้าวเป็นพืชหลักในจังหวัดกำแพงเพชร. วารสารเกษตร 34(2): 255-267

สุวรรณา ประณีตวตกุล และ เอื้อ สิริจินดา. 2548. การวางแผน ระบบการเกษตรอย่างยั่งยืนบนพื้นที่สูงทางภาคเหนือของประเทศไทย. รายงานฉบับสมบูรณ์. ศูนย์วิจัย เศรษฐศาสตร์ประยุกต์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สถาบันธรรมรัฐเพื่อการพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม. 2560. การรุกรับปรับตัวของชุมชนในตำบลบ้านทับ อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. โครงการเสริมสร้างธรรมาภิบาลและกระบวนการประชาธิปไตยต่อการจัดทำแผนรองรับการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศ. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://demadapt.net/wp-content/uploads/2017/10/Chaingmai_Thai-17-9-60.pdf (25 กุมภาพันธ์ 2561).

Burke, M. and D.B. Lobell. 2010. Climate effects on food security: An overview. pp. 13-30. *In*: D.B. Lobell and M. Burke (eds.). Climate Change and Food Security: Adapting Agriculture to a Warmer World, Springer, Dordrecht.

Darwin, R., R. Stacey and S. Shahla. 2005. Greenhouse gases and food security in low-income countries. pp. 71-111. *In*: R. Lal, B. A. Stewart, U. Norman and O.H. David

(eds.). Climate Change and Global Food Security. Taylor & Francis, Boca Raton, FL.

Fang, H., L. Sun and Z. Tang. 2015. Effects of rainfall and slope on runoff, soil erosion and rill development: an experimental study using two loess soils. Hydrological Processes 29: 2649-2658.

Harold, C., B. Larson and L. Scott. 1994. Fertilizer Consumption Remains Low. International Agricultural and Trade Reports, Africa and Middle East Situation and Outlook Series, WRS-94-3. U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service, Washington, DC.

Irmak, S., L.O. Odhiambo, W.L. Kranz and D.E. Eisenhauer. 2011. Irrigation efficiency and uniformity and crop water use efficiency. University of Nebraska, Lincoln.

Klein, T., A. Holzkämper, P. Calanca, R. Seppelt and J. Fuhrer. 2013. Adapting agricultural land management to climate change: a regional multi-objective optimization approach. Landscape Ecology 28(10): 2029–2047.

Liu, Q., L. Chen and J. Li. 2001. Influences of slope gradient on soil erosion. Applied Mathematics and Mechanics 22(5): 510-519.

Morison, J.I.L., N.R. Baker, P.M. Mullineaux and W.J. Davies. 2008. Improving water use in crop production. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 363(1491): 639-658.

Nicolopoulou-Stamati, P., S. Maipas, C. Kotampasi, P. Stamatis and L. Hens. 2016. Chemical pesticides and human health: The urgent need for a new concept in agriculture. Frontiers in Public Health 4: 148, doi: 10.3389/fpubh.2016.00148.

Seckler, D., D. Gollin and P. Antoine.1991. Agricultural Potential of “Mid-Africa”: A Technological Assessment. World Bank Discussion Paper 126. World Bank, Washington, DC.

Vezina, K., F. Bonn and C.P. Van. 2006. Agricultural land-use patterns and soil erosion vulnerability of watershed units in Vietnam’s northern highlands. Landscape Ecology 21: 1311-1325.

คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ (ต่อ)

2. **การเขียนเอกสารอ้างอิง** มีรูปแบบการเขียนมีดังนี้

2.1 วารสาร (Journals)

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

วันทนา มุทิตา และ ณัฐา ควรประเสริฐ. 2547. เซลล์พันธุศาสตร์และการถ่ายทอดสีดอกของฟิวเชีย. วารสารเกษตร 20(1): 10-18.

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.

2.2 หนังสือ และตำรา (Books & Textbooks)

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

จริยา วิสิทธิ์พานิช ชาตรี สิทธิกุล และ เยาวลักษณ์ จันทร์บาง. 2545. โรคและแมลงศัตรูลำไย ลิ้นจี่ และมะม่วง. ธนบรรณการพิมพ์, เชียงใหม่. 308 หน้า.

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

2.3 เรื่องย่อยในตำราหรือหนังสือที่มีผู้เขียนแยกเรื่องเขียน และมีบรรณาธิการ

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

ดำรง เวชกิจ และ สมบูรณ์ ทองสกุล. 2535. เทคนิคการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช. หน้า 22-42. *ใน*: สุวัฒน์ รวยอารีย์ (บก.). แมลงและสัตว์ศัตรูที่สำคัญของพืชเศรษฐกิจและการบริหาร. ห้างหุ้นส่วนจำกัด ไอเดีย สแควร์, กรุงเทพฯ.

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.

2.4 รายงานการประชุม สัมมนา (Reports and Proceedings)

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

วันเชิญ โพธาเจริญ ไพพรรณ บุตกะ บัณฑิต ฝั่งสินธุ์ ขวัญจิต ควรดี และ ลาวัลย์ ชตานนท์. 2540. การใช้เทคนิคอย่างง่ายในการเก็บรักษาจุลินทรีย์. หน้า 228-235. *ใน*: รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 35. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

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.

2.5 วิทยานิพนธ์ (Thesis)

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

อภินันท์ มณีพงษ์. 2547. ผลของการใช้โอโซนต่อคุณภาพและสารพิษตกค้างหลังการเก็บเกี่ยวส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 100 หน้า.

Suasa-ard, W. 1982. Ecology of the sugarcane moth borers and their parasites in Thailand. Ph.D. Dissertation. Kasetsart University, Bangkok. 169 p.

2.6 เอกสารวิชาการอื่น ๆ

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

ดนัย บุณยเกียรติ พิชญา บุญประสม ชัยพิชิต เชื้อเมืองพาน และ นพพล จันทร์หอม. 2552. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศเพื่อการส่งออกพืชผักและสมุนไพรของโครงการหลวง. รายงานฉบับสมบูรณ์. สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน), เชียงใหม่. 245 หน้า.

ทวีศักดิ์ ชโยภาส. 2544. แมลงศัตรูปาล์มน้ำมันในประเทศไทย. เอกสารวิชาการ. กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 126 หน้า.

2.7 สื่ออิเล็กทรอนิกส์

ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่อง. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: ที่อยู่ของไฟล์หรือเว็บไซต์ (URL) (วันเดือนปีที่ สืบค้นข้อมูล).

(ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลปีที่ตีพิมพ์ ให้ระบุเป็นปีที่เข้าไปสืบค้นข้อมูล)

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2548. การปลูกผักแบบไม่ใช้ดิน (ไฮโดรโปนิกส์). (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.doae.go.th/proster/nondin/htm (21 เมษายน 2548).

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 4666
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 35, Issue 1 January - April 2019

ISSN 0857-0841

วารสารเกษตร ปีที่ 35 ฉบับที่ 1 มกราคม - เมษายน 2562 หน้า 1-181 Journal of Agriculture Volume 35, Issue 1 Junuary-April 2019 pp. 1-181