วารสารเกษตร

JOURNAL OF AGRICULTURE

วารสารวิชาการของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ปีที่ 28 ฉบับที่ 2 มิถุนายน 2555

ผลของระดับเนื้อในเมล็ดยางพาราและกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นต่อนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนและสมดุลไนโตรเจนในแพะที่ได้รับหญ้าซิกแนลแห้งเป็นอาหารหลัก

ปิ่น จันจุฬา และ สุภิญญา ชูใจ.....101

ปฏิกิริยาของข้าวลูกผสมกลับ BC4F3-4 ระหว่าง อาบาญ่า/ขาวดอกมะลิ 105 กับชัยนาท 1 ต่อประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

พุฒิพงษ์ เพ็งฤกษ์ วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ ไสว บูรณพานิชพันธุ์

จิราพร กุลสาริน สุรเดช ปาละวิสุทธิ์ และ เจตน์ คชฤกษ์.....113

ตารางชีวิตเปรียบเทียบของด้วงเต่าสีส้ม เมื่อเพาะเลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนถั่วและเพลี้ยอ่อนผัก

วณิชญา ฉิมนาค วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ ไสว บูรณพานิชพันธุ์ และ จิราพร กุลสาริน.....125

ผลของการให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่วิทยุต่อผีเสื้อข้าวเปลือกและคุณภาพการสีของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

อัมพร บัวผุด เยาวลักษณ์ จันทร์บาง และ สุชาดา เวียรศิลป์.....137

ผลของการควั่นกิ่งและการพ่นทางใบด้วยโมโนโพแทสเซียมฟอสเฟตและเอทิฟอนต่อการออกดอกของลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยและพันธุ์จักรพรรดิ

อรทัย ธนัญชัย นุดี เจริญกิจ และ พิทยา สรวมศิริ.....145

การตรวจสอบลูกผสมถั่วลันเตาที่ต้านทานโรคราแป้งโดยการใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอ

อัญชัญ ชมภูพวง อังสนา อัครพิศาล วีณัน บัณฑิตย์ และ ณัฐา โพธาภรณ์.....155

การคัดเลือกพันธุ์ลูกผสมระหว่างคะน้าและบรอกโคลีที่มีซัลโฟราเฟนสูง

ญาณี โปธาดี ศิวาพร ธรรมดี และ ณัฐา โพธาภรณ์.....165

การประเมินมูลค่าคาร์บอนและธาตุอาหารสะสมในดินป่าดิบเขาบริเวณดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่

ขนิษฐา เสถียรพีระกุล สุนทร คำยอง นิวัติ อนงค์รักษ์ และ เกรียงศักดิ์ ศรีเงินยวง.....173

การพัฒนาและการสุกแก่ของเมล็ดพันธุ์มะระขี้นก

นาราวี ดือเระ ขวัญจิตร สันติประชา และ วัลลภ สันติประชา.....183

ปัจจัยที่สัมพันธ์กับความเป็นอยู่ที่ดีของแม่บ้านเกษตรกรและครอบครัวตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียงจังหวัดเชียงใหม่

ศันสนีย์ นายอง และ รุจ ศิริศัญลักษณ์.....193

ISSN 0857-0841

คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ

เรื่องที่ตีพิมพ์

บทความวิจัย บทความปริทัศน์ หรือบทความวิชาการ

การเตรียมต้นฉบับ

1. ภาษา เป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ

2. การพิมพ์ พิมพ์หน้าเดียวบนกระดาษขนาด A4 ด้วย ไมโครคอมพิวเตอร์โปรแกรมไมโครซอฟ เวิร์ด ตัวอักษร Cordia new ขนาด 14 ตัวอักษรต่อนิ้ว ความยาวไม่ควรเกิน 10 หน้า (รวมบทคัดย่อภาษาไทยและภาษาอังกฤษ)

3. การเรียงลำดับเนื้อหา

3.1 ชื่อเรื่อง (Title) ควรสั้น ชัดเจน และต้องสื่อเป้าหมายหลักของการศึกษาวิจัย ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

3.2 ชื่อผู้เขียน เป็นภาษาไทยและภาษาอังกฤษ สำหรับที่อยู่ (ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ) ให้พิมพ์เป็นเชิงอรรถ (Footnote) ในหน้าแรกของบทความ

3.3 บทคัดย่อ (Abstract) ควรเป็นเนื้อหาที่สั้น ชัดเจนและเข้าใจง่าย โดยรวมเหตุผลในการศึกษาวิจัย อุปกรณ์ วิธีการ ตลอดจนผลการศึกษาและสรุปด้วย ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ไม่ควรเกิน 200 คำ และให้ระบุคำสำคัญ (keywords) ไว้ท้ายบทคัดย่อแต่ละภาษาด้วย (บทความปริทัศน์อาจไม่ต้องมีบทคัดย่อ)

3.4 คำนำ (Introduction) แสดงความเป็นมาและเหตุผลที่นำไปสู่การศึกษาวิจัย อาจรวมการตรวจเอกสาร (Review of Literature) และวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัยไว้ด้วย

3.5 อุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods) ให้บอกรายละเอียดวัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ ตลอดจนวิธีและแบบจำลองการศึกษาวิจัยที่ชัดเจน และสมบูรณ์

3.6 ผลการศึกษาหรือผลการทดลอง (Results) ให้บรรยายผลการศึกษาวิจัย พร้อมเสนอข้อมูลในรูปแบบ ตารางหรือภาพประกอบได้ โดยตารางหรือภาพ ให้จัดทำเป็นภาษาอังกฤษทั้งหมด

3.7 วิจารณ์ (Discussion) ควรเชื่อมโยงกับผลการศึกษาว่าสอดคล้องกับสมมุติฐาน หรือแตกต่างไปจากผลงานวิจัยที่มีผู้รายงานไว้ก่อนหรือไม่อย่างไรและด้วยเหตุใด โดยมีพื้นฐานการอ้างอิงที่เชื่อถือได้ วิจารณ์อาจนำไปรวมกับผลการศึกษาเป็นผลการศึกษาและวิจารณ์ (Results and Discussion)

3.8 สรุป (Conclusion) ควรสรุปผลที่ได้รับจากการศึกษาวิจัยว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่ พร้อมให้ข้อเสนอแนะ หรือระบุอุปสรรคและแผนงานวิจัยที่จะดำเนินการต่อไป

4. กิตติกรรมประกาศ หรือ คำขอบคุณ (Acknowledgement)

อาจมีหรือไม่มีก็ได้ เป็นการแสดงความขอบคุณแก่ผู้ที่ช่วยเหลือในงานวิจัย แต่ไม่ได้เป็นผู้ร่วมงานวิจัย

5. เอกสารอ้างอิง (References)

5.1 ในเนื้อเรื่อง ไม่ควรอ้างอิงถึงเรื่องที่ไม่เกี่ยวข้องหรือห่างไกล ระบบที่ใช้อ้างอิงคือ ระบบชื่อ และปี (Name-and-year System) ในเอกสารภาษาไทย ให้ใช้ชื่อตัวและปี พ.ศ. เช่น สมชาย (2545) รายงานว่า…หรือ…(สมชาย, 2545) หากมีผู้เขียน 2 คน ให้ใช้เป็น สมชาย และสมหญิง (2547) รายงานว่า…หรือ…(สมชาย และสมหญิง, 2547) และถ้ามีผู้เขียนตั้งแต่ 3 คนขึ้นไป ให้ใช้ชื่อคนแรกแล้วตามด้วยคำว่า และคณะ เช่น สมชาย และคณะ (2546) รายงานว่า…หรือ…(สมชาย และคณะ, 2546) ในกรณีเอกสารเป็นภาษาอังกฤษ ให้ใช้ชื่อสกุลและปี ค.ศ. เช่น Johny (2003)…หรือ…(Johny, 2003) ถ้าผู้เขียนมี 2 คน ให้ใช้เป็น Johny and Walker (2004) …หรือ…(Johny and Walker, 2004) หากมีมากกว่า 3 คน ให้ใช้เป็น Johny *et al.* (2005)…หรือ…(Johny *et al.*, 2005) สำหรับในบัญชีเอกสารอ้างอิง ให้ใส่ชื่อผู้เขียนทุกคน ห้ามใช้คำว่า และคณะ หรือ *et al.*

5.2 ในบัญชีเอกสารอ้างอิง ให้เรียงลำดับเอกสารภาษาไทยก่อนภาษาอังกฤษ โดยเรียงตามลำดับอักษรในแต่ละภาษา ตามรูปแบบการเขียนมีดังนี้

1) วารสาร (Journals)

ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่อง. ชื่อวารสาร (เขียนเต็มหรือย่อก็ได้) 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. J. Econ. Entomol. 98(2): 299-306.

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.

3) เรื่องย่อยในตำราหรือหนังสือที่มีผู้เขียนแยกเรื่องกันเขียน 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 ไอเดียสแควร์, 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.

4) วิทยานิพนธ์

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

อภินันท์ มณีพงษ์. 2547. ผลของการใช้โอโซนต่อคุณภาพและสารพิษตกค้างหลังการเก็บเกี่ยวส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 100 หน้า.

5) เอกสารวิชาการอื่น ๆ

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

ทวีศักดิ์ ชโยภาส. 2544. แมลงศัตรูปาล์มน้ำมันในประเทศไทย. เอกสารวิชาการ. กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 126 หน้า.

6) สื่ออิเล็คทรอนิคส์

ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่อง. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: ชื่อ Website (วันเดือนปีที่สืบค้นข้อมูล).

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2548. การปลูกผักแบบไม่ใช้ดิน (ไฮโดรโปนิกส์). (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.doae.go.th/proster/nondin/htm (21 เมษายน 2548).

Linardakis, D.K. and B.I. Manois. 2005. Hydroponic culture of strawberries in perlite. (Online). Available: http://www.schundler.com/strawberries.htm (April 21, 2005).

ดูคำแนะนำรูปแบบในการใช้ภาษาอังกฤษในเนื้อเรื่องภาษาไทย และการส่งเรื่องเพื่อตีพิมพ์ ได้ในปกหลัง

วารสารเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURE

ผู้จัดพิมพ์	คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่		Publisher	Faculty of Agriculture, Chiang Mai University
กำหนดการพิมพ์	วารสารราย 4 เดือน (3 ฉบับ/ปี)		Publication	Tri-annually
วัตถุประสงค์	เพื่อเผยแพร่วิทยาการด้านการเกษตร และสาขาที่เกี่ยวข้อง		Objective	To disseminate academic knowledge in agriculture and related fields
ที่ปรึกษา	คณบดีคณะเกษตรศาสตร์ รองคณบดีฝ่ายวิจัยและวิเทศสัมพันธ์		Consultants	Dean, Faculty of Agriculture Associate Dean for Research and International Affairs
บรรณาธิการ	ศ.ดร.สัญชัย	จตุรสิทธา	Editor	Sanchai Jaturasitha, Dr.sc.agr., Prof.
รองบรรณาธิการ	ผศ.ดร.เกวลิน	คุณาศักดากุล	Vice Editor	Kaewalin Kunasakdakul, Ph.D., Assist. Prof.
กองบรรณาธิการ	ผศ.ดร.สุรินทร์	นิลสำราญจิต	Editorial Board	Surin Nilasamranchit, Ph.D., Assist. Prof.
ฝ่ายวิชาการ	รศ.ดร.ณัฐา	โพธาภรณ์	(Academic)	Nuttha Potapohn, Ph.D., Assoc. Prof.
	รศ.ดร.ศักดิ์ดา	จงแก้ววัฒนา		Sakda Jongkaewwattana, Ph.D., Assoc. Prof.
	รศ.ดร.สุนทร	คำยอง		Soontorn Khamyong, Ph.D., Assoc. Prof.
	ผศ.ดร.ศุภมิตร	เมฆฉาย		Supamit Mekchay, Dr.agr., Assist. Prof.
	ดร.บุศรา	ลิ้มนิรันดร์กุล		Budsara Limnirankul, Ph.D.,
	ดร.เยาวลักษณ์	จันทร์บาง		Yaowaluk Chanbang, Ph.D.
	ดร.ฉันทลักษณ์	ติยายน		Chantalak Tiyayon, Ph.D.
	ดร.จิรวรรณ	กิจชัยเจริญ		Jirawan Kitchaicharoen, Ph.D.
	ศ.ดร.จรัญ	จันทลักขณา		Charan Chantalakhana, Ph.D., Prof.
	ศ.ดร.เมธา	วรรณพัฒน์		Metha Wanapat, Ph.D., Prof.
	ศ.ดร.อังศุมาลย์	จันทราปัตย์		Angsumarn Chandrapatya, Ph.D., Prof.
	รศ.ดร.เสวียน	เปรมประสิทธิ์		Savent Pampasit, Ph.D., Assoc. Prof.
	รศ.ดร.วีรเทพ	พงษ์ประเสริฐ		Weerathep Pongprasert, Ph.D., Assoc. Prof.
	ผศ.ดร.ปฏิภาณ	สุทธิกุลบุตร		Pathipan Sutigoolabud, Ph.D., Assist. Prof.
	รศ.ดร.สุชีลา	เตชะวงศ์เสถียร		Suchila Techawongstien, D.agr., Assoc. Prof.
	รศ.ดร.เพชรรัตน์	ธรรมเบญจพล		Petcharat Thummabenjapone, Ph.D., Assoc Prof.
	รศ.บำเพ็ญ	เขียวหวาน		Bumpen Keowan, Assoc. Prof.
	ผศ.ดร.เพ็ญพร	เจนการกิจ		Penporn Jankarnkij, Ph.D., Assist. Prof.
	ผศ.ดร.ไชยวรรณ	วัฒนจันทร์		Chaiyawan Wattanachant, Ph.D., Assist. Prof
	รศ.ดร.เกรียงศักดิ์	เม่งอำพัน		Kriangsak Mengumphan, Ph.D., Assoc. Prof.
	ผศ.ดร.เสาวคนธ์	วัฒนจันทร์		Saowakon Wattanachant, Ph.D., Assist. Prof.
	รศ.ดร. ธวัชชัย	ศุภดิษฐ์		Tawadchai Suppadit, Ph.D,, Assoc. Prof.
กองบรรณาธิการ	นางสาววิไลพร	ธรรมตา	Editorial Board	Vilaiporn Thammata
ฝ่ายการจัดการ	นางสาวณัฏฐนันท์	ปารมี	(Management)	Nuttanun Paramee
	นายมานพ	เปี้ยพรรณ์		Manop Pearpun

สำนักงานและการติดต่อ กองบรรณาธิการวารสารเกษตร งานบริหารงานวิจัย และวิเทศสัมพันธ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200
โทร. 0 5394 4089-92 ต่อ 15
โทรสาร 0 5394 4666
E-mail: agjournal@cmu.ac.th

การบอกรับเป็นสมาชิก บอกรับเป็นสมาชิกได้จากใบบอกรับเป็นสมาชิกท้ายเล่ม หรือติดต่อกองบรรณาธิการโดยตรง

Office and Inquiries Editorial Board, Journal of Agriculture, Division of Research and International Affairs, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand
Tel: 0 5394 4089-92
Fax: 0 5394 4666
E-mail: agjournal@cmu.ac.th

Membership Apply through the membership form as attached herewith or contact directly to the Editorial Board

กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการตรวจและแก้ไขบทความที่เสนอเพื่อการตีพิมพ์ในวารสารเกษตร

The Editorial Board claims a right to review and correct all articles submitted for publishing

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

บทบรรณาธิการ

สวัสดีครับท่านผู้อ่านทุกท่าน

วารสารเกษตรฉบับนี้ ประจำเดือน มิถุนายน 2555 กองบรรณาธิการต้องขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิจากหลายสถาบันอุดมศึกษายินดีมาร่วมเป็นกองบรรณาธิการด้วยกัน ทำให้ท่านผู้อ่านคงจะเห็นว่าวารสารเกษตรสร้างความหลากหลายจากองค์ความรู้ต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี ที่คือปณิธานที่มุ่งมั่นรักษาคุณภาพของวารสาร

วารสารฉบับนี้ มีบทความวิจัยในเล่มทั้งหมด 10 เรื่อง ประกอบด้วยเรื่องในสาขาสัตวศาสตร์ 1 เรื่อง สาขากีฏวิทยา 3 เรื่อง สาขาพืชสวน 3 เรื่อง สาขาพืชไร่ 1 เรื่อง สาขาป่าไม้ 1 เรื่อง สาขาส่งเสริมการเกษตร 1 เรื่อง ซึ่งร้อยละ 40 เป็นบทความจากภายนอกมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งกองบรรณาธิการขอขอบคุณคณะผู้เขียนทุกท่าน ที่ได้ส่งผลงานดี ๆ มาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ผ่านวารสารเกษตร

งานวิจัยทางด้านการเกษตรมีความหลากหลายทั้งงานวิจัยพื้นฐาน ที่เป็นองค์ความรู้ที่สำคัญที่นักวิจัยต้องมี จึงจะสามารถนำไปสู่การทำงานวิจัยประยุกต์ได้ ซึ่งงานวิจัยประยุกต์บางครั้งสามารถทำได้ด้วยวิธีไม่สลับซับซ้อน แต่บางชิ้นงานต้องอาศัยเทคโนโลยีชั้นสูง ซึ่งรวมถึงเครื่องมือที่มีราคาแพง ดังนั้น บทความวิจัยในฉบับนี้จึงมีทั้งเศรษฐกิจพอเพียงไปจนถึงการตรวจหา DNA และเครื่องความถี่วิทยุ (Radio Frequency Generator)

งานวิจัยในปัจจุบันนี้มีจำนวนมาก แต่สิ่งที่นักวิจัยต้องคำนึงถึงอย่างมากคือคุณภาพของงานเนื่องจากการตีพิมพ์ที่ดีไม่เพียงแต่ตีพิมพ์ในวารสารที่มี Impact Factor สูงเท่านั้น แต่เรื่องของดัชนีการอ้างอิง (Citation Index) ย่อมเป็นสิ่งที่จำเป็นซึ่งเป็นตัวชี้วัดคุณภาพของงานวิจัยว่ามีการนำไปใช้ประโยชน์ในการอ้างอิงมากน้อยเพียงใด ดังนี้จึงมุ่งหวังผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารเกษตร จะได้มีผู้นำไปใช้อ้างอิงมากขึ้น

พบกันใหม่ในฉบับหน้าครับ

ศ.ดร. สัญชัย จตุรสิทธา

บรรณาธิการวารสารเกษตร

ผลของระดับเนื้อในเมล็ดยางพาราและกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นต่อนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนและสมดุลไนโตรเจนในแพะที่ได้รับหญ้าซิกแนลแห้งเป็นอาหารหลัก

Effects of of Rubber Seed Kernel and Palm Kernel Cake Levels in Concentrate on Rumen Ecology and Nitrogen Balance in Goats Fed *Briachiaria humidicola* Schweick Hay-based Diet

ปิ่น จันจุฬา[1/] และ สุภิญญา ชูใจ[1/]
Pin Chanjula[1/] and Supinya Chujai[1/]

Abstract: This experiment aimed to study the effects of levels of rubber seed kernel (RSK; 0, 20 and 30%) and palm kernel cake (PKC; 20 and 30%) in concentrate on dry matter intake, digestibility, rumen fermentation and nitrogen balance. Six goats with average liveweight 22 ±2 kg were randomly assigned according to a 3x2 factorial arrangement in a 6x6 Latin square design to receive six diets. Signal hay was given on an *ad libitum* basis as the roughage. It was found that, there were interactions between RSK levels and PKC levels with respect to total DMI and goats receiving 30% RSK had lower values ($P<0.05$) than those receiving 0 and 20% RSK, respectively. Digestion coefficients of nutrients (DM, OM and CP), pH and NH_3–N were similar ($P>0.05$) for all diets and all treatments were within the normal range, whilst, volatile fatty acids, rumen microorganism populations and nitrogen balance were similar among treatments ($P>0.05$). Based on this study, RSK levels up to 20% incorporated with PKC at 20-30% in concentrate diet could be efficiently use for goats fed on signal hay.

Keywords: Rubber seed kernel, palm kernel cake, feed intake, rumen fermentation, goat

[1/] ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จ. สงขลา 90112

[1/] Department of Animal Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai Campus, SongKhla, 90112, Thailand

บทคัดย่อ: ผลของระดับเนื้อในเมล็ดยางพารา (RSK) 3 ระดับ (0, 20 และ 30%) และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (PKC) 2 ระดับ (20 และ 30%) ในสูตรอาหารข้นต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนและสมดุลไนโตรเจนในแพะ ได้ศึกษาในแพะน้ำหนักเฉลี่ย 22 ±2 กิโลกรัม โดยจัดทรีทเมนต์แบบ 3x2 แฟกตอเรียลในแผนการทดลองแบบ 6x6 จตุรัสลาติน ให้แพะได้รับอาหารข้นที่มีระดับ RSK และ PKC ในสูตรอาหาร 6 สูตร และได้รับหญ้าซิกแนลแห้งอย่างเต็มที่ ผลการทดลองพบว่ามีอิทธิพลร่วมของ RSK และ PKC ต่อปริมาณการกินได้ทั้งหมด ($P<0.05$) และแพะที่ได้รับ RSK ระดับ 30% มีค่าต่ำกว่า ($P<0.05$) ที่ระดับ 0 และ 20% ตามลำดับ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ (วัตถุแห้ง อินทรียวัตถุและโปรตีน) กรด-ด่างและแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนของทุกกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน ขณะที่ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด ประชากรจุลินทรีย์ ตลอดจนการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนมีค่าไม่แตกต่างกัน ($P> 0.05$) จากผลการทดลองนี้สามารถใช้ RSK ระดับ 20% ร่วมกับ PKC ระดับ 20-30% ในสูตรอาหารข้นแพะ

คำสำคัญ: เนื้อในเมล็ดยางพารา กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน ปริมาณอาหารที่กินได้ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน แพะ

คำนำ

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญทำรายได้ให้แก่ประเทศไทย ปีละหลายหมื่นล้านบาท จากรายงานสำนักเศรษฐกิจการเกษตร (2552) ประเทศไทยมีการส่งออกยางพารา ในปี พ.ศ. 2552 จำนวน 2,738,584 ตัน มีมูลค่าถึง 146,188.2 ล้านบาท ในกระบวนการผลิตยางพารามีผลพลอยได้ที่สำคัญ คือเมล็ดยางพารา (rubber seed) ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากต้นยางพารา (*Hevea brasiliensis*) เมล็ดยางพาราอบแห้งประกอบด้วยเปลือก เนื้อในเมล็ด (kernel) และไขมัน ประมาณ 37-40 และ 60-63 และ 40-50% ตามลำดับ (สุรัตน, 2528) ซึ่ง Babatunde and Pond (1987) รายงานว่า น้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดยางพารามีองค์ประกอบของกรดไขมันอิ่มตัว 13.9% และกรดไขมันไม่อิ่มตัว 80.5% ซึ่งอุดมไปด้วยกรดไขมัน linoleic และ linolenic acid ในปริมาณสูง กากเนื้อในเมล็ดยางภายหลังการสกัดน้ำมันสามารถนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ดี เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยมีโปรตีนสูงถึง 26-27% และมีเยื่อใยต่ำ 10-14% (ศิริศักดิ์, 2531) ในขณะที่กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (palm kernel cake, PKC) ที่ได้จากการกระเทาะเอากะลาออกไปแล้วมาอัดน้ำมัน มี CP 18-19%, EE 5% และ CF 13% ตามลำดับ (สุธา และเสาวนิต, 2544) ซึ่งใช้เป็นแหล่งของโปรตีน และพลังงานในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ดี อย่างไรก็ตาม การศึกษาการใช้เมล็ด หรือเนื้อในเมล็ดยางพาราเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องยังมีข้อมูลจำกัด โดยเฉพาะการนำมาใช้เป็นอาหารสำหรับแพะ ดังนั้น การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับที่เหมาะสมของเนื้อในเมล็ดยางพารา และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ และกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนในแพะ

อุปกรณ์และวิธีการ

สัตว์ทดลอง แผนการทดลอง และการเตรียมอาหารทดลอง

ใช้แพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ อายุ 17-18 เดือน น้ำหนักเฉลี่ย 22 ±2 กิโลกรัม จำนวน 6 ตัว ทำการสุ่มแพะโดยจัดทรีทเมนต์แบบ 3x2 แฟกตอเรียลให้กับหน่วยทดลองในแผนการทดลองแบบ 6x6 จตุรัสลาติน ทำการศึกษา 2 ปัจจัยคือ ระดับของเนื้อในเมล็ดยางพารา (rubber seed kernel, RSK) (0, 20 และ 30%) และระดับของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (palm kernel cake, PKC) (20 และ 30%) ซึ่งประกอบด้วย 6 กลุ่ม คือ T_1= RSK_0-PKC_{20}, T_2= RSK_0-PKC_{30}, T_3= RSK_{20}-PKC_{20}, T_4= RSK_{20}-PKC_{30}, T_5= RSK_{30}-PKC_{20} และ T_6= RSK_{30}-PKC_{30} ตามลำดับ

แพะแต่ละตัวถูกเลี้ยงในคอกศึกษาการย่อยได้ (metabolism crate) ขังเดี่ยวยกพื้น มีรางอาหารหยาบ อาหารข้น และที่ให้น้ำอยู่ด้านหน้า อาหารข้นที่ใช้ในการ

ทดลองประกอบด้วยอาหาร 6 สูตร (ตารางที่ 1) โดยคำนวณให้มีระดับโภชนะตามความต้องการของแพะตามคำแนะนำของ NRC (1981) ทำการทดลอง 6 ช่วง ๆ ละ 21 วัน ซึ่งประกอบด้วย ระยะปรับตัว (adaptation period) 14 วัน และระยะทดลอง (experimental period) 7 วัน โดยในระยะปรับตัว แพะได้รับหญ้าซิกแนลแห้งแบบเต็มที่เสริมอาหารข้นตามกลุ่มทดลองในระดับ 2% ของน้ำหนักตัว ให้วันละ 2 ครั้ง ในเวลา 08.00 น. และ 16.00 น. วัดปริมาณอาหารที่ให้ และอาหารที่เหลือทั้งในช่วงเช้า และช่วงเย็นของทุกวันเพื่อหาปริมาณการกินได้ ส่วนในระยะทดลอง แพะได้รับอาหารตามกลุ่มทดลองเหมือนระยะปรับตัว แต่ลดปริมาณอาหารหยาบที่ให้เหลือเพียง 90% ของปริมาณที่กินได้ในช่วงระยะปรับตัว เก็บมูลและปัสสาวะทั้งหมด (total collection) จำนวนเก็บ 5 วัน ติดต่อกันในช่วงท้ายของการทดลอง

การเก็บตัวอย่าง การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

บันทึกการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของแพะ โดยชั่งน้ำหนักก่อนเข้าช่วงการทดลองและในวันสุดท้ายของแต่ละช่วงการทดลอง สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารหยาบ และอาหารข้นทั้งอาหารที่ให้และอาหารที่เหลือ นำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยของวัตถุแห้ง แล้วนำมาปรับหาปริมาณการกินได้ของสัตว์ในแต่ละวันและอีกส่วนหนึ่งนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง นำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี เช่น วัตถุแห้ง โปรตีนหยาบ เถ้า (AOAC, 1990) และวิเคราะห์ neutral detergent fiber (NDF) และ acid detergent fiber (ADF) (Goering and Van Soest, 1970) ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างมูลและปัสสาวะเพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าองค์ประกอบทางเคมีและคำนวณหาการย่อยได้ (Schnieder and Flatt, 1975) ข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมดมาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (ANOVA) โดยใช้ Proc GLM (SAS Inst. Inc., Cary, NC) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1980)

สุ่มเก็บตัวอย่างของเหลวในกระเพาะหมัก (rumen fluid) ของสัตว์ทดลองแต่ละกลุ่ม ที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงของการให้อาหาร โดยใช้ stomach tube ร่วมกับ vacuum pump ในวันสุดท้ายของแต่ละระยะทดลอง ปริมาณ 100 มล. นำมาวัดค่าความเป็นกรด-ด่างทันทีโดยใช้ pH meter (HANNA instruments HI 98153 microcomputer pH meter) หลังจากนั้น แบ่งของเหลวจากกระเพาะหมักออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่ 1 สุ่มเก็บประมาณ 20 มิลลิลิตร เติม 1M H_2SO_4 จำนวน 1 มิลลิลิตรต่อของเหลวจากรูเมน 10 มิลลิลิตร เพื่อหยุดการทำงานของจุลินทรีย์ นำไปปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ด้วยความเร็ว 3000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที เก็บเอาเฉพาะส่วนใส (supernatant) ไว้ประมาณ 10-15 มิลลิลิตร นำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ –20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (ammonia-nitrogen, NH_3-N) ด้วยวิธีการกลั่น (Bremner and Keeney, 1965) โดยใช้เครื่อง KJELTEC AUTO 2200 Analyzer (Foss, TECATOR) ของเหลวอีกส่วนหนึ่งนำไปวิเคราะห์หากรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด (total volatile fatty acid, TVFA) และกรดไขมันระเหยได้ที่สำคัญได้แก่ กรดอะซีติก (acetic acid, C_2) กรดโพรพิออนิก (propionic acid, C_3) และกรดบิวทีริก (butyric acid, C_4) โดยใช้เครื่อง HPLC (Hewlett Packard) ประกอบด้วย water 510 pump (Millipore), UV Detector 210nm., ODS reverse phase column (5μ, 40x250mm) (Samuel *et al.*, 1997) และส่วนที่ 2 ทำการสุ่มเก็บ 1 มิลลิลิตร เติม 10% formaldehyde 9 มิลลิลิตร เพื่อนำไปตรวจนับประชากรจุลินทรีย์ (total direct count) ได้แก่ แบคทีเรีย (bacteria) โปรโตซัว (protozoa) และเชื้อรา (fungi) โดยใช้ Haemacytometer ขนาด 400 ช่อง (Galyean, 1989) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (Olympus BX51TRF, No. 2B04492, Olympus optical Co. Ltd., Japan)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ส่วนประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง (ตารางที่ 1) พบว่ามีค่าเฉลี่ยของวัตถุแห้ง (DM) เถ้ารวม (ash) อินทรียวัตถุ (OM) และโปรตีนหยาบ (CP) ใกล้เคียงกัน โดยมีโปรตีนหยาบอยู่ในช่วง 16.15-16.60% ขณะที่ ไขมัน (EE) อยู่ในช่วง 5.93-17.98% ผนังเซลล์ (NDF) อยู่ในช่วง 35.24-41.74% เซลยูโลลิกนิน (ADF) และลิกนิน (ADL) อยู่ในช่วง 14.08-20.03% และ 4.58-6.42% ตามลำดับ สำหรับปริมาณไขมัน พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับเนื้อในเมล็ดยางพารา (40.77% EE) ที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ใช้เนื้อในเมล็ดยางพาราที่ไม่ได้สกัดไขมัน (undefatted rubber seed meal) เมื่อพิจารณาค่าคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง (NSC) พบว่ามีค่าลดลง เพราะกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีองค์ประกอบผนังเซลล์ค่อนข้างสูงมากกว่า 40% ซึ่งสูงกว่ารายงานของ McDonald *et al.* (1988) ขณะที่เนื้อในเมล็ดยางพารามีค่าผนังเซลล์ต่ำกว่ารายงานของ กำชัย (2544) ที่รายงานว่าเนื้อในเมล็ดยางพารามีผนังเซลล์ 8-17 เปอร์เซ็นต์ แต่มีเปอร์เซ็นต์ไขมันใกล้เคียงกัน คือประมาณ 42.6-44.37 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณการกินได้ และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ

ผลการศึกษาแสดงใน ตารางที่ 2 พบว่ามีอิทธิพลร่วมของ RSK และ PKC ต่อปริมาณการกินได้ทั้งหมด ($P<0.05$) โดยอาหารที่มีระดับ RSK 30% มีค่าต่ำกว่า ($P<0.05$) ที่ระดับ 0 และ 20% ตามลำดับ ในขณะที่ระดับ PKC ให้ผลไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) (ตารางที่ 2) ทำนองเดียวกับปริมาณการกินของโภชนะ (OMI, CPI และ NDFI) พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นกลุ่มที่ได้รับระดับ RSK มากกว่า 20% มีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่น อาจเนื่องจากอาหารที่มี RSK มากกว่า 20% มีไขมันรวมสูงขึ้น ทำให้สัตว์ได้รับพลังงานเพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลจำกัดปริมาณอาหารข้นที่กินได้ (Van Soest, 1964) สอดคล้องกับรายงานของ NRC (2001) ที่กล่าวว่า ปริมาณไขมันที่มากกว่า 5-7% ในสูตรอาหารทั้งหมด อาจส่งผลต่อปริมาณการกินได้ ความสามารถในการย่อยได้ กระบวนการหมัก และการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย (bacterial growth) ในกระเพาะรูเมน นอกจากนี้ อาจเป็นเพราะอาหารที่มี RSK เป็นส่วนผสมระดับสูง (≥20%) มีกลิ่นหืน และรสชาติไม่น่ากิน

เมื่อพิจารณาสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะปรากฏว่าไม่มีอิทธิพลร่วมของ RSK และ PKC และอิทธิพลปัจจัยหลักของ RSK และ PKC ต่อสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของ DM, OM และ CP โดยทุกกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน ($P>0.05$) ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะจุลินทรีย์ได้รับพลังงาน และไนโตรเจน (N) เพียงพอต่อกระบวนการหมักภายในกระเพาะรูเมน ส่วนสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของ NDF และ ADF ของแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มี RSK 30% ในสูตรอาหาร มีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ขณะที่ ระดับ PKC ในสูตรอาหาร ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) อาจเกี่ยวข้องกับระดับผนังเซลล์ และไขมันที่เพิ่มสูงขึ้นตามระดับ RSK และ PKC ที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร (ตารางที่ 1) ทำให้ปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ลดลง โดยเฉพาะ NDF และ ADF มีสหสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ของอาหาร (Hart and Wanapat, 1992) อีกทั้งปริมาณไขมันที่มากกว่า 5% ในสูตรอาหารทั้งหมด (5.93-17.98% EE) อาจส่งผลต่อความสามารถในการย่อยได้ กระบวนการหมัก และการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในกระเพาะรูเมน เนื่องจากเนื้อในเมล็ดยางพาราที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีไขมันประกอบอยู่ในปริมาณสูง (40.77% EE) แต่ต่ำกว่ารายงานของ Babatunde and Pond (1987) ที่รายงานว่าเนื้อในเมล็ดยางพารามีไขมันประมาณ 47.3–49.5% ประกอบไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวประมาณ 78.97% ได้แก่ Oleic acid (26.64%), linoleic acid (34.92%) และ linolenic acid (17.27%) (Nwokolo *et al.,* 1987) สอดคล้องกับรายงานของ Palmquist and Jenkins (1980); NRC (2001) ที่รายงานว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดที่มีพันธะคู่มากกว่า 2 พันธะ (polyunsaturated fatty acid, PUFA) โดยทั่วไปมีผลในทางลบต่อกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และการย่อยได้ของเยื่อใยมากกว่ากรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid, SFA) หรือกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดที่มีจำนวน

Table 1 Chemical composition of the experimental diets, signal hay (SH), rubber seed kernel (RSK) and palm kernel cake (PKC)

Chemical composition	Dietary treatments[1]						SH	RSK	PKC
on DM basis, %	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6			
Ground corn, GC	59.71	53.19	48.86	41.14	41.75	31.75			
Soybean meal, SBM (44% CP)	15.13	12.81	3.14	1.00	-	-			
Rubber seed kernel, RSK	-	-	20.00	20.00	30.00	30.00			
Palm kernel cake, PKC	20.00	30.00	20.00	30.00	20.00	30.00			
Molasses	3.16	2.00	5.00	4.86	5.00	5.00			
Salt	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00			
Mineral and vitamin mix[2]	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00			
Urea	-	-	1.00	1.00	1.25	1.25			
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0			
Chemical composition[3]									
DM	90.33	90.78	91.08	90.71	91.25	91.35	94.30	94.30	92.88
Ash	4.63	4.83	4.58	4.75	4.43	4.88	3.28	3.50	4.52
OM	95.37	95.17	95.42	95.25	95.57	95.12	96.72	96.65	95.48
CP	16.57	16.50	16.60	16.60	16.15	16.52	3.01	23.64	18.72
EE	5.93	8.05	14.07	16.78	17.98	16.55	0.80	40.77	8.02
NSC[4]	36.79	28.88	29.51	21.91	24.31	22.02	11.70	20.21	1.54
NDF	36.08	41.74	35.24	39.96	37.13	40.03	81.21	11.88	67.20
ADF	14.08	15.28	16.08	17.81	17.86	20.03	54.01	6.35	44.63
ADL	4.58	5.25	5.60	6.17	5.29	6.42	12.80	5.20	13.52

[1] T_1 = concentrate containing 0% RSK and 20% PKC, T_2 = 0% RSK and 30% PKC, T_3 = 20% RSK and 20% PKC, T_4 = 20% RSK and 30% PKC, T_5 = 30% RSK and 20% PKC, T_6 = 30% RSK and 30% PKC.

[2] Minerals and vitamins mix (each kg contains): Vitamin A: 10,000,000 IU; Vitamin E: 70,000 IU; Vitamin D: 1,600,000 IU; Fe: 50 g; Zn: 40 g; Mn: 40 g; Co: 0.1 g; Cu: 10 g; Se: 0.1 g; I: 0.5 g.

[3] All figures are calculated on dry matter basis except DM which is from original sample. DM: dry matter; OM: organic matter; CP: crude protein; EE: ether extract; NSC: non structural carbohydrate; NDF: neutral detergent fiber; ADF: acid detergent fiber; ADL: acid detergent lignin.

[4] Estimated: NSC = 100-(CP+NDF+EE+Ash)

Table 2 Effects of levels of rubber seed kernel (RSK) and palm kernel cake (PKC) in concentrate on feed intake of goats fed on signal hay as roughage

Item	Dietary treatments[1]							P-value		
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	SEM	RSK	PCK	RSKxPCK
Total DMI, kg/d	0.716^{ab}	0.763^{a}	0.771^{a}	0.659^{b}	0.663^{b}	0.580^{b}	0.03	0.01	0.19	0.05
OMI, kg/d	0.686^{ab}	0.729^{a}	0.739^{a}	0.631^{b}	0.636^{b}	0.603^{b}	0.07	0.05	0.18	0.06
CPI, kg/d	0.084^{ab}	0.087^{a}	0.081^{ab}	0.071^{b}	0.073^{b}	0.072^{b}	0.004	0.01	0.39	0.23
NDFI, kg/d	0.371^{ab}	0.421^{a}	0.420^{a}	0.380^{ab}	0.360^{ab}	0.343^{b}	0.02	0.06	0.88	0.11
Total-tract apparent digestibility, %										
DM	73.36	73.48	70.56	70.94	70.24	70.99	1.26	0.06	0.68	0.96
OM	74.43	74.44	71.67	72.05	71.50	72.31	1.25	0.08	0.70	0.95
CP	70.93	73.97	74.17	73.87	73.97	72.42	1.54	0.60	0.75	0.32
NDF	64.06^{ab}	66.61^{a}	63.63^{ab}	63.58^{ab}	60.05^{b}	59.87^{b}	1.91	0.03	0.62	0.72
ADF	60.05^{ab}	61.99^{a}	59.78^{ab}	59.70^{ab}	52.99^{b}	52.99^{b}	2.70	0.02	0.78	0.91

[1] T_1= RSK_0-PKC_{20}, T_2= RSK_0-PKC_{30}, T_3= RSK_{20}-PKC_{20}, T_4= RSK_{20}-PKC_{30}, T_5= RSK_{30}-PKC_{20}, T_6= RSK_{30}-PKC_{30}.

[a-c] Within a row not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

SEM = Standard error of the mean (n = 6).

พันธะคู่เพียงหนึ่งพันธะ (monounsaturated fatty acid, MUFA) เนื่องมาจาก มีผลต่อในทางลบต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียมากกว่า (Firkins and Eastridge, 1994)

กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนและความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้

ผลของระดับเนื้อในเมล็ดยางพารา (RSK) และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (PKC) ในสูตรอาหารแพะต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) (6.14-6.28) และแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N) (14.29-17.74 mg/dL) (ตารางที่ 3) พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) ในแต่ละกลุ่มที่ได้รับสูตรอาหาร โดยมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างคงที่ ซึ่งเป็นระดับที่ปกติและเหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน (Van Soest, 1994)

ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด และกรดโพรพิออนิก พบว่ามีอิทธิพลร่วมของ RSK และ PKC แต่อิทธิพลของปัจจัยหลัก (RSK และ PKC) ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) โดยกลุ่ม T_3 มีค่าความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดสูงที่สุด (62.05 mmol/L) และกลุ่มที่ T_5 มีค่าต่ำสุด (52.46 mmol/L) ซึ่ง 2 กลุ่มนี้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) แต่ไม่ต่างจากกลุ่มอื่น ๆ ขณะที่กรดโพรพิออนิกมีค่าต่ำสุด (20.20 mol/100 mol) ในกลุ่มที่ T_6 ซึ่งแตกต่างจากกลุ่มที่ T_1 และ T_5 อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) ส่วนกรดอะซิติกพบว่าทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วงที่ปกติ 58.91-63.67 mol/100 mol (Hungate, 1966) ทำนองเดียวกับค่ากรดบิวทีริกพบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมของ RSK และ PKC แต่แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มี RSK 20% ในสูตรอาหาร มีค่าต่ำกว่าที่ระดับ RSK 0 และ RSK 30% ตามลำดับ ขณะที่ ระดับ PKC ในสูตรอาหาร ไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ส่วนค่าสัดส่วนความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ (C_2: C_3 ratio) และกรดไขมันอื่น ๆ (isobutyrate, isovalerate and valerate) พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ และสัดส่วนของกรดไขมันระเหยได้ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น สัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน การดูดซึมของกรดไขมันระเหยได้ผ่านผนังกระเพาะรูเมน อัตราการไหลผ่าน (ruminal passage rate) ของของเหลวไปยังกระเพาะอะโบมาซัม (abomasum) (LÓpez *et al.*, 2003) อีกทั้งยังขึ้นกับความเข้มข้นสัดส่วนของกรดอินทรีย์

Table 3 Effects of level of rubber seed kernel (RSK) and palm kernel cake (PKC) in concentrate on volatile fatty acid profiles in goats fed on signal hay as roughage

Item	Dietary treatments[1]							P-value		
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	SEM	RSK	PCK	RSKxPCK
Ruminal pH	6.28	6.14	6.19	6.28	6.19	6.29	0.06	0.12	0.17	0.77
NH_3-N, mg/dl	16.31	17.74	16.19	16.55	14.30	14.29	1.42	0.13	0.56	0.90
Total VFA (mmol/L)	55.84^{ab}	60.60^{ab}	62.05^{a}	55.35^{ab}	52.46^{b}	54.78^{ab}	2.59	0.37	0.43	0.02
Acetate (C_2)	59.10	59.82	61.37	59.69	58.91	63.67	1.61	0.25	0.11	0.43
Propionate (C_3)	28.67^{a}	24.80^{ab}	25.80^{ab}	26.47^{ab}	28.16^{a}	20.20^{b}	2.06	0.54	0.26	0.03
Butyrate (C_4)	7.39^{b}	10.04^{ab}	7.76^{b}	7.96^{b}	6.62^{b}	10.92^{a}	0.71	0.01	0.85	0.56
C_2:C_3 ratio	2.38	2.61	2.61	2.43	2.41	3.29	0.35	0.27	0.30	0.62
Isobutyrate	1.21	1.41	1.21	1.52	1.67	1.27	0.88	0.58	0.91	0.13
Isovalerate	2.11	2.07	2.31	2.43	2.64	2.25	0.18	0.95	0.32	0.11
Valerate	1.54	1.86	1.56	1.96	2.03	1.78	0.34	0.61	0.74	0.30

[1] T_1= RSK_0-PKC_{20}, T_2= RSK_0-PKC_{30}, T_3= RSK_{20}-PKC_{20}, T_4= RSK_{20}-PKC_{30}, T_5= RSK_{30}-PKC_{20}, T_6= RSK_{30}-PKC_{30}.

[a-c] Within a row not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

SEM = Standard error of the mean (n = 6).

(organic acid) ทั้งหมดในกระเพาะรูเมนซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของคาร์โบไฮเดรต และปริมาณที่สัตว์กิน (Heldt *et al.,* 1999) รวมทั้งสัดส่วนอาหารข้นและอาหารหยาบด้วย (Sarwar *et al.,* 1992)

จำนวนแบคทีเรีย โปรโตซัวและเชื้อราโดยวิธีการนับตรง (Total direct count)

จากการทดลองนี้ พบว่าอิทธิพลร่วมของ RSK และ PKC รวมทั้งอิทธิพลของปัจจัย RSK และ PKC ไม่มีผล ต่อจำนวนประชากรของแบคทีเรีย และเชื้อราในกระเพาะรูเมนของแพะ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.83-2.65 x10^{10} และ 2.94-4.95 x10^{6} cell/ ml ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ซึ่งสอดคล้องกับ Hungate (1966) ที่รายงานว่าประชากรของแบคทีเรีย และเชื้อราในกระเพาะรูเมน มีค่าอยู่ในช่วง 10^{10}-10^{12} และ 10^{4}-10^{6} cell/ ml ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า อาหารข้นที่มีระดับเนื้อในเมล็ดยางพาราและกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันไม่มีผลต่อกระบวนการหมัก และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของแพะ

เมื่อพิจารณาประชากรโปรโตซัว พบว่าอิทธิพลร่วมของ RSK และ PKC และอิทธิของปัจจัย PKC ไม่มีผลต่อจำนวนประชากรโปรโตซัว แต่ระดับ RSK ที่ 0% มีค่าสูงกว่า (P<0.01) ที่ระดับ 20 และ 30% ตามลำดับ โดยประชากรโปรโตซัวลดลงตามระดับ RSK ที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร ทั้งนี้อาจเนื่องจากการเป็นพิษของกรดไขมันในน้ำมันทั้งสองประเภทใน RSK และ PKC ซึ่ง Galbraith and Miller (1973) รายงานว่ากรดไขมันสายยาวมีความเป็นพิษต่อเซลล์จุลินทรีย์มากกว่ากรดไขมันสายสั้น และจากการทดลองของ Ivan *et al.* (2001) ซึ่งได้ทำการศึกษาการเสริมน้ำมันเมล็ดทานตะวันในแกะพบว่า การเสริมมีผลทำให้จำนวนโปรโตซัวทั้งหมดลดลงจาก 1,000,000 เซลล์/มิลลิลิตร เป็น 200,000 เซลล์/มิลลิลิตร ภายใน 6 วัน นอกจากนี้ Abdullah and Hutagalung (1988) รายงานว่า โคที่ได้รับ PKC เป็นอาหารหลักมีแนวโน้มของประชากรโปรโตซัวลดลง สอดคล้องกับรายงานของ Abdullah *et al.* (1995) ที่พบว่าประชากรโปรโตซัวลดลงในแกะกลุ่มที่ได้รับ PKC เป็นอาหารหลักเมื่อเปรียบเทียบ

Table 4 Effects of level of rubber seed kernel (RSK) and palm kernel cake (PKC) in concentrate on rumen microbes of goats fed on signal hay as roughage

Item	Dietary treatments[1]						SEM	P-value*		
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6		RSK	PCK	RSKxPCK
Total direct count										
Bacteria ($x10^{10}$cell/ml)	2.33	2.28	1.97	2.14	2.65	1.83	0.24	0.41	0.74	0.60
Fungal zoospores ($x10^6$ cell/ ml)	3.16	4.95	2.96	2.65	2.94	2.86	1.50	0.29	0.37	0.46
Total Protozoa($x10^6$ cell/ml)	7.97^{a}	5.16^{ab}	2.77^{bc}	1.24^{c}	0.29^{c}	0.48^{c}	1.04	0.001	0.12	0.37
Holotrich sp. ($x10^6$ cell/ml)	2.46^{a}	1.20^{b}	0.68^{bc}	0.41^{bc}	0.03^{c}	0.11^{c}	0.32	0.001	0.08	0.12
Entodiniomorphs sp. ($x10^6$ cell/ml)	5.51^{a}	3.96^{ab}	2.11^{ac}	0.86^{c}	0.26^{c}	0.38^{c}	0.74	0.001	0.15	0.50

[1] T_1 = concentrate containing 0% RSK and 20% PKC, T_2 = 0% RSK and 30% PKC, T_3 = 20% RSK and 20% PKC, T_4 = 20% RSK and 30% PKC, T_5 = 30% RSK and 20% PKC, T_6 = 30% RSK and 30% PKC.

[a-c] Within a row not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

* P<0.05; ** P<0.01., SEM = Standard error of the mean (n = 6).

กับกลุ่มอื่น ๆ แต่เหตุผลยังไม่ชัดเจน อาจมีบางปัจจัยในอาหารทำให้ลด หรือกำจัดประชากรโปรโตซัวในกระเพาะรูเมน อย่างไรก็ตาม ประชากรโปรโตซัวทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 0.29-7.97x10^6 cell/ ml ซึ่งสอดคล้องกับ Hungate (1966) ที่รายงานว่า ประชากรโปรโตซัวในกระเพาะรูเมนมีค่าอยู่ในช่วง 10^4-10^6 cell/ ml จากการทดลองนี้พบว่าจำนวนประชากรของโปรโตซัวเฉลี่ยมีค่าต่ำ ในกลุ่มที่ได้รับเนื้อในเมล็ดยางพาราในสูตรอาหารข้นมากกว่า 20% ทำนองเดียวกับ เมื่อพิจารณากลุ่มประชากรโปรโตซัวโดยแบ่งออกเป็นกลุ่ม (*Holotrich sp.* และ *Entodiniomorphs sp.*) พบว่ามีความแตกต่างกัน (P<0.05) โดยประชากรโปรโตซัวลดลงตามระดับเนื้อในเมล็ดยางพารา และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร สอดคล้องกับรายงานของ Abdullah *et al.* (1995) ที่พบว่าในแกะที่ได้รับ PKC เป็นอาหารหลักมีประชากรกลุ่ม *Entodiniomorphs sp.* มากกว่า *Holotrich sp.* และโดยทั่วไปกลุ่ม *Entodiniomorphs sp.* มีประชากรมากกว่ากลุ่ม *Holotrich sp.* (Russell, 2002) ซึ่งจำนวนโปรโตซัวมีความแปรปรวนขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร และนิเวศน์วิทยาในกระเพาะรูเมน โดยเฉพาะแหล่งของ NSC ในอาหาร ซึ่ง Williams and Coleman (1992); Russell (2002) รายงานว่า *Holotrich sp.* ชอบใช้ soluble carbohydrate ขณะที่กลุ่ม *Entodiniomorphs sp.* มีความสัมพันธ์กับ ขนาดของวัตถุดิบในอาหาร (feed particle) และชอบใช้แป้งมากกว่า

ความสมดุลของไนโตรเจน (N balance) และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจน (nitrogen utilization)

ผลแสดงใน ตารางที่ 5 ปรากฏว่า ไม่มีอิทธิพลร่วมของ RSK และ PKC แต่มีความแตกต่างกัน (P<0.01) ของระดับ RSK โดยระดับ RSK ที่ 0-20% มีค่าสูงกว่าที่ระดับ 30% RSK ในขณะที่ระดับ PKC ไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ปริมาณการกินได้ของไนโตรเจนจากอาหารข้น (N-concentrate) และปริมาณการกินได้ของไนโตรเจนทั้งหมด (Total N intake) ของแพะกลุ่มที่ได้รับ RSK ที่ 0-20% มีค่าสูงกว่า (P<0.01) กลุ่มที่ได้รับระดับ RSK 30% ทั้งนี้อาจเนื่องจาก ปริมาณการกินได้ทั้งหมดของอาหารข้น ความสามารถในการย่อยได้ และปริมาณการกินได้ของโภชนะโปรตีนในอาหารสูงกว่ากลุ่มอื่น (ตารางที่ 2) ซึ่งปริมาณไนโตรเจนที่แพะได้รับ มีความสัมพันธ์กับปริมาณการกินได้อย่างอิสระและความสามารถในการย่อยได้ ส่วนปริมาณการกินได้ของไนโตรเจนจากอาหารหยาบ (N-roughage) ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) ทำนองเดียวกับปริมาณการขับไนโตรเจน (N excretion) พบว่า

Table 5 Effects of level of rubber seed kernel (RSK) and palm kernel cake (PKC) in concentrate on nitrogen utilization of goats fed on signal hay as roughage

Item	Dietary treatments[1]							P-value*		
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	SEM	RSK	PCK	RSKxPCK
N balance, g/d										
Total N intake	13.42^{ab}	14.04^{a}	13.08^{ab}	11.34^{b}	11.78^{b}	11.48^{b}	0.65	0.01	0.39	0.21
N-concentrate	12.18^{ab}	12.76^{a}	11.46^{ab}	9.99^{b}	10.43^{b}	10.21^{b}	0.66	0.01	0.50	0.32
N-roughage	1.24	1.27	1.61	1.34	1.34	1.27	0.11	0.15	0.30	0.42
Fecal N	3.87^{a}	3.65^{ab}	3.23^{ab}	2.93^{b}	2.92^{b}	2.91^{b}	0.24	<0.01	0.37	0.83
Urinary N	1.88^{a}	1.43^{ab}	1.43^{ab}	0.92^{b}	1.14^{b}	1.41^{ab}	0.22	0.09	0.21	0.16
Absorbed N	9.54^{ab}	10.39^{a}	9.84^{ab}	8.41^{b}	8.85^{ab}	8.57^{ab}	0.57	0.11	0.54	0.17
Retained N	7.66	8.95	8.40	7.48	7.71	7.15	0.59	0.35	0.90	0.15

[1] T_1 = concentrate containing 0% RSK and 20% PKC, T_2 = 0% RSK and 30% PKC, T_3 = 20% RSK and 20% PKC, T_4 = 20% RSK and 30% PKC, T_5 = 30% RSK and 20% PKC, T_6 = 30% RSK and 30% PKC.

[a-c] Within a row not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

* P<0.05; ** P<0.01., SEM = Standard error of the mean (n = 6).

แพะกลุ่มที่ได้รับ RSK ที่ 0-20% มีค่าสูงกว่า (P<0.05) กลุ่มที่ได้รับระดับ RSK 30% ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ได้รับไนโตรเจนจากอาหารมากเกินความต้องการของจุลินทรีย์ที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้ ขณะที่ ค่าไนโตรเจนที่ถูกดูดซึม (Absorbed N) และปริมาณการกักเก็บไนโตรเจนในร่างกาย (Retained N) ไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ยกเว้น T_4 มีค่าไนโตรเจนที่ถูกดูดซึมต่ำกว่ากลุ่มอื่น (P<0.05) ซึ่งอาจเนื่องจาก ปริมาณการกินได้ทั้งหมดของอาหารข้นและปริมาณการกินได้ของโปรตีนในอาหารต่ำกลุ่มอื่น

อย่างไรก็ตาม จากการทดลองครั้งนี้ พบว่าสมดุลของไนโตรเจน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนมีค่าเป็นบวกในแพะทุกกลุ่ม แสดงให้เห็นว่าระดับ RSK และ PKC ในอาหารที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อความสมดุลของไนโตรเจน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจน อาจเนื่องจาก แพะได้รับไนโตรเจนสูงกว่าความต้องการของร่างกาย ซึ่งสูตรอาหารที่ให้ทุกสูตรมีค่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N) เกินระดับที่แนะนำสำหรับการเจริญที่เหมาะสมของจุลินทรีย์ (5-8 mg/dL; Satter and Slyter, 1974 หรือ 3.3-8.5 mg/100 mL; Kang Meznarich and Broderick, 1981) สำหรับการเจริญเติบโตและการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนสูงสุด แสดงให้เห็นว่าอาหารที่ใช้เนื้อในเมล็ดยางพารา และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งพลังงานและโปรตีนในสูตรอาหาร สัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดีและเพียงพอต่อการดำรงชีพ ในทางตรงกันข้าม ถ้าสัตว์ได้รับไนโตรเจนจากอาหารน้อยสัตว์จะเพิ่มสัดส่วนการกักเก็บไนโตรเจนไว้ในร่างกาย ทำให้มีไนโตรเจนถูกขับออกมาทางมูล และปัสสาวะน้อยลง เพื่อเป็นการรักษาสมดุลไนโตรเจนในร่างกาย เนื่องจากสัตว์มีกลไกควบคุมความสมดุลของไนโตรเจนในร่างกาย เมื่อได้รับไนโตรเจนจากอาหารในปริมาณที่ต่ำ โดยไตจะลดการขับยูเรียออกทางปัสสาวะทำให้ยูเรียหมุนกลับเข้าสู่กระเพาะรูเมนได้อีก (Church, 1979)

สรุป

ผลการใช้เนื้อในเมล็ดยางพารา และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้น พบว่าไม่มีอิทธิพลร่วม (RSKxPKC) และระดับของ PKC ไม่มีผลต่อปริมาณการ

กินได้ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน ประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจน ขณะที่กลุ่มที่ได้รับเนื้อในเมล็ดยางพารามากกว่า 20% ทำให้ปริมาณการกินได้และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะในอาหารต่ำกว่ากลุ่มอื่น ดังนั้น จึงสามารถใช้เนื้อในเมล็ดยางพาราสามารถระดับ 20% ร่วมกับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันระดับ 20-30% ในอาหารข้นแพะ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน ประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจน ซึ่งจะเป็นแนวทางในการใช้วัตถุดิบอาหารในท้องถิ่นลดต้นทุนการผลิต เพิ่มกำไร อย่างไรก็ตาม จุดด้อยในการนำเนื้อในเมล็ดยางพารามาใช้ในสูตรอาหารข้นคือ มีระดับไขมันที่สูงหากเก็บไว้นานจะเกิดการเหม็นหืนได้ จึงควรใช้อาหารให้หมดโดยเร็ว และหากทำให้เนื้อในเมล็ดยางพารามีไขมันต่ำ น่าจะทำให้สามารถใช้เนื้อในเมล็ดยางพาราในสูตรอาหารข้นได้ในระดับที่สูงได้ นอกจากนี้ควรมีการศึกษาสมรรถภาพการผลิต ลักษณะและคุณภาพซากในแพะขุน หรือแพะรีดนมระยะต่าง ๆ รวมทั้งวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นในสภาพฟาร์ม หรือการเลี้ยงของเกษตรกรต่อไปด้วย

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณกองทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินรายได้มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (รหัสโครงการ NAT5122020030S) ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัย และขอขอบคุณภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ได้สนับสนุนสถานที่ อุปกรณ์และสัตว์ทดลอง รวมทั้งคณาจารย์ นักศึกษาบัณฑิตศึกษา และบุคลากรทุกท่าน ที่มีส่วนที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดียิ่ง

เอกสารอ้างอิง

กำชัย ตันติกาพงศ์. 2544. การใช้เนื้อในเมล็ดยางพาราเสริมด้วยกรดแอมิโนแทนถั่วเหลืองไขมันสูงและกากถั่วเหลืองในอาหารสุกร (15–60 กิโลกรัม). วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา. 86 หน้า.

ศิริศักดิ์ โกศลคุณาภรณ์. 2531. ผลของการใช้กากเนื้อในเมล็ดยางพาราเสริมกรดแอมิโนสังเคราะห์ทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารสุกรรุ่นและขุน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 81 หน้า.

สุธา วัฒนสิทธิ์ และเสาวนิต คูประเสริฐ. 2544. การใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในอาหารสัตว์. ว. สงขลานครินทร์ วทท. 23: 741-752.

สุรัตน ชวนรำลึก. 2528. การศึกษาคุณค่าทางโภชนะของกากเมล็ดยางพาราในไก่กระทง และนกกระทาญี่ปุ่น. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. 88 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2552. ข้อมูลเนื้อที่และผลผลิตยางพาราในประเทศไทย (ออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.oae.go.th.statistic/export/1301. xys. (15 ตุลาคม 2553).

Abdullah, N. and R.I. Hutagalung. 1988. Rumen fermentation, urease activity and performance of cattle given palm kernel cake based diet. Anim. Feed Sci. Technol. 20: 79-86.

Abdullah, N., H. Hanita, Y.W. Ho, H. Kudo, S. Jalaludin and M. Ivan. 1995. The effects of bentonite on rumen protozoal population and rumen fluid characteristics of sheep fed palm kernel cake. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 8: 249-254.

AOAC. 1990. Official Methods of Analyses, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA. 1298 p.

Babatunde, G.M. and W.G. Pond. 1987. Nutritive value of rubber seed *(Hevea brasiliensis)* meal and oil II. Rubber seed oil versus can oil in semipurified diets for rats. Nutr. Rep. Int. 36: 857.

Bremner, J.M., and D.R. Keeney. 1965. Steam distillation methods of determination of ammonium nitrate and nitrite. Anal. Chem. Acta. 32: 485-493.

Church, D.C. 1979. Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants. Vol. I. O&B Books Inc. Corvallis. Oregon. 350 p.

Firkins, J.L., and M.L. Eastridge. 1994. Assessment of the effects of iodine value on fatty acid digestibility, feed intake, and milk production. J. Dairy Sci. 77:2357–2366.

Galbraith, H. and T.B. Miller. 1973. Effect of metal cations and pH on the antibacterial activity and uptake of long chain fatty acids. J. Appl. Bacteriol. 36: 635-642.

Galyean, M. 1989. Laboratory Procedure in Animal Nutrition Research. New Mexico: Department of Animal and Life Science, New Mexico State University. 193 p.

Goering, H.K., and P.J. Van Soest. 1970. Forage Fiber Analysis (apparatus, reagents, procedures, and some applications). Agriculture Handbook. No. 370, USDA-ARS, Washington, D.C. 139 p.

Hart, F.J., and M. Wanapat. 1992. Physiology of digestion of urea-treated rice straw in swamp buffalo. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 5: 617-622.

Heldt, J.S., R.C. Cochran, C.P. Mathis, B.C. Woods, K.C. Olson, E.C. Titgemeyer, T.G. Nagaraja, E.S. Vanzant, and D.E. Johnson. 1999. Effects of level and source of carbohydrates and level of degradable intake protein on intake and digestion of low-quality tallgrass-prairie hay by beef steers. J. Anim. Sci. 77: 2846–2854.

Hungate, R.E. 1966. The Rumen and Its Microbe. Acadimic Press, New York. NY. 533 p.

Ivan, M., P.S. Mir, K.M. Koenig, L.M. Rode, L. Neill, T. Entz and Z. Mir. 2001. Effects of dietary sunflower seed oil on rumen protozoa population and tissues concentration of conjugated linoleic acid in sheep. Small Rum. Res. 41: 215.

Kang-Meznarich, J.H. and G.A. Broderick. 1981. Effects of incremental urea supplementation on ruminal ammonia concentration and bacterial protein formation. J. Anim. Sci. 51: 422–431.

Löpez, S., F.D.D. Hovell, J. Dijkstra, and J. France. 2003. Effects of volatile fatty acid supply on their absorption and water kinetics in the rumen of sheep sustained by intragastric infusions. J. Anim. Sci. 81: 2609–2616.

McDonald, P., R.A. Edwards, and J.F.D. Greenhalgh. 1988. Animal Nutrition. 4th Edition. Longman, London. 543 p.

NRC. 1981. Nutrient Requirements of Goats: Angora, dairy and meat goat in temperate and tropical countries. National Academy Press, Washington, D.C. 115 p.

NRC. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th Edition. National Academy Press, Washington, D.C. 381 p.

Nwokolo, E.N., D.B. Bragg and H.S. Saben. 1987. A nutrition evaluation of palm kernel meal for use in poultry ration. Trop. Sci. 19: 147-154.

Palmquist, D.L., and T.C. Jenkins. 1980. Fat in lactation rations: Review. J. Dairy Sci. 63: 1-14.

Russell, J.B. 2002. Rumen Microbiology and Its Role In Ruminant Nutrition. Department of Microbiology 157 Wing Hall, Cornell University, Ithaca, NY 14853. USA. 120 p.

Samuel, M., S. Sagathewan, J. Thomas and G. Mathen. 1997. An HPLC method for estimation of volatile fatty acids of ruminal fluid. Indian J. Anim. Sci. 67: 805-807.

Sarwar, M., J.L. Firkins and M.L. Eastridge. 1992. Effect of varying forage or concentrate carbohydrate on nutrient digestibilities and milk production by dairy cows. J. Dairy Sci. 75: 1533-1542.

Satter, L.D. and L.L. Slyter. 1974. Effect of ammonia concentration on ruminal microbial protein production in vitro. Br. J. Nutr. 32: 199-208.

Schneider, B.H., and W.P. Flatt. 1975. The Evaluation of Feed Through Digestibility Experiment. Athens: The University of Georgia Press. Georgia. 423 p,

Steel, R.G.D., and J.H. Torrie. 1980. Principles and Procedures of Statistics: A Biometerial Approach. 2nd Edition. McGraw-Hill, New York. 481 p.

Van Soest. P.J. 1964. Symposium on factor influencing the voluntary intake of herbage by ruminant: Voluntary intake, retention time, chemical composition and digestibility. J. Anim. Sci. 23: 834-843.

Van Soest, P.J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. 2nd Edition. Cornell University Press, Ithaca, NY. 476 p.

Williams, A.G. and G.S. Coleman. 1992. The Rumen Protozoa. Springer-Verlag, New York. 442 p.

ปฏิกิริยาของข้าวลูกผสมกลับ BC_4F_{3-4} ระหว่าง อาบาญ่า/ขาวดอกมะลิ 105 กับชัยนาท 1 ต่อประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

Reaction of Abhaya/KDML105 and Chai Nat 1 (BC_4F_{3-4}) Backcross Lines on Brown Planthopper Populations

พุฒิพงษ์ เพ็งฤกษ์[1/] วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ[1/] ไสว บูรณพานิชพันธุ์[2/] จิราพร กุลสาริน[2/]
สุรเดช ปาละวิสุทธิ์[3/] และ เจตน์ คชฤกษ์[3/]
Phuttipong Phangrerk[1/], Weerathep Pongprasert[1/], Sawai Buranapanichpan[2/],
Jiraporn Kulsarin[2/], Suradet Palawisut[3/] and Jate Kotcharerk[3/]

Abstract: The objectives of this study were to evaluate the reaction of six backcross lines of Abhaya/KDML105 and Chai Nat 1 (BC_4F_{3-4}) on brown planthopper (BPH), *Nilaparvata lugens* (Stål), populations in lower northern Thailand and to select elite line that highest resist to those BPH populations. The BPH populations were collected form nine rice paddy fields covering seven provinces of lower northern Thailand: Phitsanulok, Tak, Uttaradit, Phichit, Kamphaeng Petch, Phetchabun and Chai Nat. The reaction of six Abhaya\KDML105 and Chai Nat 1 (BC_4F_{3-4}) backcross lines on those BPH populations was carried out in green house using six standard rice varieties and indices based on standard evaluation system for rice from International Rice Research Institute (IRRI) for resistant evaluation and the elite line was selected. The result revealed that the total of two Abhaya/KDML105 and Chai Nat 1 (BC_4F_{3-4}) backcross lines, A12-26-201-428 and A12-26-201-436, were significantly higher resistance to all BPH populations found in lower northern Thailand than others; therefore, they were selected for the further work.

Keywords: Brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål), Abhaya, KDML105, Chai Nat 1, Rice (*Oryza sativa indica*), insect resistant rice

---

[1/] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จ. พิษณุโลก 65000

[2/] ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

[3/] ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก อ. วังทอง จ. พิษณุโลก 65000

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

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

[3/] Phitsanulok Rice Research Center, Wang Thong, Phitsanulok 65000, Thailand

บทคัดย่อ: วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้คือ เพื่อประเมินปฏิกิริยาของข้าวลูกผสมกลับระยะ BC_4F_{3-4} ระหว่างพันธุ์อาบาญ่า/ขาวดอกมะลิ 105 กับพันธุ์ชัยนาท 1 กับประชากรของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (*Nilaparvata lugens* (Stål)) ในภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย และคัดเลือกข้าวลูกผสมกลับสายพันธุ์ปรับปรุงดังกล่าวเพื่อพัฒนาเป็นเมล็ดพันธุ์ต่อไป โดยทำการเก็บรวบรวมประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในเขตพื้นที่นาจังหวัดภาคเหนือตอนล่างจาก 9 พื้นที่ ครอบคลุม 7 จังหวัด คือ พิษณุโลก ตาก อุตรดิตถ์ พิจิตร กำแพงเพชร เพชรบูรณ์ และชัยนาท ทำการทดสอบปฏิกิริยาของข้าวลูกผสมกลับระยะ BC_4F_{3-4} ระหว่างพันธุ์อาบาญ่า/ขาวดอกมะลิ 105 กับพันธุ์ชัยนาท 1 รุ่น BC_4F_{3-4} จำนวน 6 สายพันธุ์ กับประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจากพื้นที่ต่าง ๆ ข้างต้น โดยใช้มาตรฐานในการเปรียบเทียบความแตกต่างตาม Standard Evaluation System for Rice ของ International Rice Research Institute (IRRI) และคัดเลือกข้าวลูกผสมกลับระยะ BC_4F_{3-4} ระหว่างพันธุ์อาบาญ่า/ขาวดอกมะลิ 105 กับพันธุ์ชัยนาท 1 รุ่น BC_4F_{3-4} ที่เหมาะสม พบว่า ข้าวลูกผสมกลับสายพันธุ์ปรับปรุงจำนวน 2 สายพันธุ์ คือ A12-26-201-428 และ A12-26-201-436 มีความเหมาะสมผ่านการคัดเลือก เนื่องจากแสดงความต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจากทุกพื้นที่ได้โดดเด่นกว่าสายพันธุ์ปรับปรุงอื่น ๆ อย่างชัดเจน

คำสำคัญ: เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ข้าวอาบาญ่า ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ข้าวชัยนาท 1 ข้าวต้านทานแมลง

บทนำ

เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (*Nilaparvata lugens* (Stål)) (=*Delphax oryzae*) (Hemiptera: Delphacidae) จัดว่าเป็นแมลงศัตรูข้าวที่มีความสำคัญที่สุดในเอเชีย ลงทำลายข้าวหลายสายพันธุ์ ทำให้ต้นข้าวมีอาการเหี่ยวและไหม้ (hopperburn) (Yang *et al*., 2002) นอกจากนี้ยังเป็นแมลงพาหะถ่ายทอดเชื้อไวรัสโรคเขียวเตี้ย และโรคใบหงิกมาสู่ข้าว ทำให้ข้าวไม่สามารถออกรวง (Renganayaki *et al*., 2002) ผลผลิตข้าวลดลงและไม่คุ้มค่าการลงทุน (สุวัฒน์, 2544) การควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมักนิยมใช้สารเคมีฆ่าแมลงเป็นหลัก (สำนวนและวีรเทพ, 2548) ซึ่งมีผลกระทบต่อมนุษย์และสภาพแวดล้อมเป็นอย่างมาก และเป็นสาเหตุสำคัญในการทำให้สมดุลธรรมชาติเสียหายโดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำลายศัตรูธรรมชาติที่สำคัญในนาข้าว การควบคุมโดยใช้ข้าวพันธุ์ต้านทานต่อการเข้าทำลายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลนั้น เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการป้องกันกำจัดแมลงที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก และเป็นวิธีการที่ปลอดภัยต่อสภาพแวดล้อม

ในช่วง 3 ทศวรรษ ที่ผ่านมาได้มีการวิจัยและพัฒนาพันธุ์ข้าวต้านทานชนิดต่าง ๆ มากมาย หนึ่งในจำนวนนั้น คือ ข้าวพันธุ์ ชัยนาท 1 ที่มีคุณสมบัติต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามปัจจุบันคุณลักษณะต้านทานของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ลดลงอย่างมาก เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูกกันอย่างแพร่หลายอย่างต่อเนื่องติดต่อกันเป็นเวลานาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่นาชลประทานในเขตภาคเหนือตอนล่างและภาคกลาง แต่เนื่องจากข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 นั้นจัดเป็นข้าวคุณภาพดี เป็นที่ต้องการของตลาดมาก ดังนั้นการปรับปรุงพันธุ์ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ให้มีคุณลักษณะต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น และยังคงความเป็นข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ไว้ จึงเป็นแนวทางที่จะสามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ ประกอบกับปัจจุบันการค้นหายีนต้านทานต่อเพลี้ยดังกล่าวสามารถกระทำได้อย่างรวดเร็วด้วยเทคนิคทางชีวโมเลกุลต่าง ๆ เช่น SSR, RFLPs, AFLPs ฯลฯ ยีนต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลหลายชนิดได้ถูกค้นพบ รวมทั้งโมเลกุลเครื่องหมายเพื่อใช้ในการติดตามการถ่ายทอดของยีนต่าง ๆ เหล่านั้น ได้รับการพัฒนาขึ้นมากมาย (Khush and Brar, 1991; Jeon *et al*., 1999) สามารถนำมาใช้ตรวจสอบลักษณะทางพันธุกรรม ติดตาม และคัดเลือกข้าวลูกผสมสายพันธุ์ต่าง ๆ ที่ต้องการในแต่ละขั้นตอนระหว่างกระบวนการปรับปรุงพันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้องแม่นยำ สามารถลดระยะเวลาในการปรับปรุงพันธุ์ให้สั้นลงได้เป็นอย่างมาก ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับปรุงพันธุ์ข้าวลูกผสมระหว่างพันธุ์อาบาญ่า/ขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งเป็นแหล่งผู้ให้ (donor) ยีนต้านทานเพลี้ยกระโดดสี

น้ำตาลชนิด *Qbph6* และ *Qbph12* (Jairin *et al*., 2005) กับพันธุ์ชัยนาท 1 โดยวิธี MAS ตั้งแต่ พ.ศ. 2545 จนถึงขณะนี้ได้ลูกผสมรุ่น BC_4F_2 ที่ได้รับการยืนยันจากการคัดเลือกด้วยโมเลกุลเครื่องหมายว่ามียีนต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลทั้ง 2 ชนิดในต้นข้าวที่ผ่านการคัดเลือก (วีรเทพ และคณะ, 2550; เจตน์ และคณะ, 2552) แต่อย่างไรก็ตาม ในกระบวนการคัดเลือกพันธุ์ต้านทานนั้นจำเป็นอย่างยิ่งต้องมีการทดสอบความต้านทานกับแมลงจริง เพื่อคัดเลือกพืชเฉพาะที่มียีนต้านทานที่สมบูรณ์ปรากฏอยู่ในโครโมโซมเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากโมเลกุลเครื่องหมายที่ใช้ในการติดตามการถ่ายทอดของยีนนั้นเป็นแบบ linkage marker จึงมีความเป็นไปได้ที่ต้นพืชที่ผ่านการคัดเลือกมีเพียงบางส่วนของยีนต้านทาน ซึ่งอาจทำให้พืชนั้น ๆ ไม่สามารถต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดได้สมบูรณ์ ประกอบกับ เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลนั้นมีความพิเศษกว่าแมลงชนิดอื่น ๆ คือในพื้นที่ที่มีการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลนั้นมักพบประชากรของเพลี้ยกระโดดหลายชีวชนิด (biotype) ดำรงชีพร่วมกัน ในสัดส่วนที่แตกต่างกันอย่างมาก (multibiotypes) ส่งผลกระทบต่อระดับความต้านทานของข้าวสายพันธุ์ที่ปลูกในพื้นที่นั้น ๆ อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ (จิรพงศ์ และคณะ, 2548) ซึ่งในกรณีนี้รวมถึงข้าวสายพันธุ์ลูกผสมอาบาญ่า/ขาวดอกมะลิ 105 กับข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ดังกล่าวนี้ด้วย เนื่องจากยังไม่มีข้อมูลของความต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่ชัดเจนรองรับมาก่อน

การดำเนินการวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงปฏิกิริยาของข้าวลูกผสมกลับระยะ BC_4F_{3-4} ระหว่างพันธุ์อาบาญ่า/ขาวดอกมะลิ 105 กับพันธุ์ชัยนาท 1 กับประชากรของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจากพื้นที่นาเขตชลประทานในเขตภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย และคัดเลือกข้าวลูกผสมกลับสายพันธุ์ปรับปรุงดังกล่าว ให้ได้ข้าวที่มีคุณลักษณะต้านทานที่ความสมบูรณ์ เพื่อใช้สำหรับการพัฒนาสายพันธุ์เพื่อการรับรองพันธุ์และผลิตเป็นเมล็ดพันธุ์ให้แก่เกษตรกรต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บรวบรวมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจากพื้นที่จังหวัดต่าง ๆ ในเขตภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย

เก็บรวบรวมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในเขตพื้นที่นาจังหวัดภาคเหนือตอนล่าง ทั้งหมด 9 พื้นที่ ประกอบด้วยเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจากนาข้าว อ. แม่สอด จ. ตาก อ. เมือง และ อ. นครไทย จ. พิษณุโลก อ. หล่มสัก และ อ. ศรีเทพ จ. เพชรบูรณ์ อ. ท่าปลา จ. อุตรดิตถ์ อ. พรานกระต่าย จ. กำแพงเพชร และ อ. เมือง จังหวัดพิจิตร โดยมีประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจาก อ. มโนรมย์ จ. ชัยนาทเป็นแหล่งเปรียบเทียบ

ดำเนินการเพาะเลี้ยงเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในเบื้องต้นเพื่อคัดกรองให้มีความบริสุทธิ์ (purified population) ปราศจากศัตรูธรรมชาติ และเชื้อโรคที่อาจติดมากับแมลง และทำการขยายเพิ่มจำนวนบนต้นข้าวพันธุ์อ่อนแอ Taichung Native 1 (TN1) ถึงรุ่น F_3 (Pathak *et al*., 1982) ณ ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ ภาคเหนือตอนล่าง มหาวิทยาลัยนเรศวร จ. พิษณุโลก จนได้ปริมาณเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมากพอสำหรับการทดสอบ

การประเมินปฏิกิริยาและคัดเลือกข้าวต้านทานจากข้าวลูกผสมสายพันธุ์ปรับปรุงระหว่างข้าวอาบาญ่า/ขาวดอกมะลิ 105 กับพันธุ์ชัยนาท 1 ระยะ BC_4F_{3-4} กับประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในเขตภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย

ทดสอบปฏิกิริยาของข้าวลูกผสมกลับระหว่างพันธุ์อาบาญ่า/ขาวดอกมะลิ 105 กับพันธุ์ชัยนาท 1 ระยะ BC_4F_{3-4} จำนวน 6 สายพันธุ์ต่อประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่รวบรวมจาก อ. เมือง จ. พิษณุโลก โดยใช้พันธุ์ข้าว PTB33 และพันธุ์สุพรรณบุรี 90 (SPR90) เป็นพันธุ์ต้านทานมาตรฐาน พันธุ์ TN1 และพันธุ์สุพรรณบุรี 60 (SPR60) เป็นพันธุ์อ่อนแอมาตรฐาน ในเรือนทดลอง ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design) ทำ 5 ซ้ำ

ปล่อยประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ลงไปในข้าวทดสอบ ตรวจและเช็คการกระจายตัวของแมลง โดยปัดต่อบริเวณแถวข้าวทดสอบเพื่อให้แมลงมีการเคลื่อนย้ายกระจายตัวให้ทั่วบริเวณแถวข้าวทดสอบในกระบะเพาะ

เมื่อข้าวพันธุ์ TN1 ตาย 90-100% หรือ ที่ 14 วัน หลังจากปล่อยแมลง ทำการตรวจผลการทดสอบปฏิกิริยาของข้าวต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และต่อเนื่องที่ 21 วัน และ 28 วัน ตามลำดับ โดยใช้มาตรฐานตาม Standard Evaluation System for Rice ของ International Rice Research Institute (IRRI) (1988)

ดำเนินการซ้ำ แต่ใช้ประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล จากพื้นที่อื่น ๆ จนครบทุกพื้นที่ บันทึกผล วิเคราะห์ผล จัดกลุ่มสายพันธุ์ข้าวและประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลโดย Hierarchical cluster analysis ใช้วิธีการคำนวณการจัดกลุ่มโดย Between-group linkage และคำนวณระยะความแตกต่างด้วยวิธี Squared Euclidean distance ทำการคัดเลือกคัดเลือกข้าว BC_4F_4 ที่ผ่านการทดสอบ เพื่อใช้สำหรับ พัฒนาสายพันธุ์รับรองพันธุ์ และผลิตเป็นเมล็ดพันธุ์ ให้แก่ เกษตรกรต่อไป

ผลการทดลอง

ผลการประเมินปฏิกิริยาของประสิทธิภาพของข้าวลูกผสมกลับสายพันธุ์ปรับปรุงระหว่างพันธุ์อาบาญ่า/ขาวดอกมะลิ 105 กับพันธุ์ชัยนาท 1 ระยะ BC_4F_{3-4} จำนวน 6 สายพันธุ์ ร่วมกับพันธุ์ข้าวมาตรฐาน 6 สายพันธุ์ โดยใช้ประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล จำนวน 9 กลุ่ม ที่ 14 วัน ภายหลังปล่อยเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลลงทำลายซึ่งเป็นระยะมาตรฐานที่ใช้ในการตรวจสอบระดับความต้านทานของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลโดยทั่วไป เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวปรับปรุงที่มีระดับความต้านทานสูงที่สุดต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจากแต่ละพื้นที่ พบว่า (ตารางที่ 1)

ข้าวลูกผสมกลับสายพันธุ์ปรับปรุงระยะ BC_4F_{3-4} ทั้ง 6 สายพันธุ์คือ A12-11-165-359, A12-11-170-381, A12-11-171-401, A12-11-171-402, A12-26-201-428 และ A12-26-201-436 มีระดับความต้านทานต่อประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจาก อ. เมือง จ. พิษณุโลกได้สูง (R) เทียบเท่ากับสายพันธุ์ต้นกำเนิดยีนต้านทานคือ พันธุ์อาบาญ่า/ขาวดอกมะลิ 105 แต่สูงกว่าพันธุ์ผู้รับคือ พันธุ์ชัยนาท 1 ที่มีความต้านทานในระดับปานกลาง (MR) และมีระดับต่ำกว่าพันธุ์ต้านทานมาตรฐานคือ พันธุ์ PTB33 ซึ่งมีความต้านทานในระดับสูงมาก (HR) แต่อย่างไรก็ตาม ข้าวพันธุ์ผสมกลับสายพันธุ์ปรับปรุงทั้ง 6 สายพันธุ์ มีระดับความต้านทานสูงกว่าพันธุ์ต้านทานมาตรฐานคือ พันธุ์ SPR90 และพันธุ์อ่อนแอมาตรฐานคือ พันธุ์ TN1 และ SPR60

ผลการทดสอบกับประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจาก อ. นครไทย จ. พิษณุโลก ข้าวลูกผสมสายพันธุ์ปรับปรุง ทั้ง 6 สายพันธุ์มีระดับความต้านทานจำแนกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มระดับสูง (R) ประกอบด้วย A12-11-165-359, A12-11-171-401, A12-26-201-428 และ A12-26-201-436 ซึ่งมีระดับความต้านทานเทียบเท่ากับพันธุ์อาบาญ่า/ขาวดอกมะลิ 105 และ PTB33 กลุ่มที่สอง คือกลุ่มระดับปานกลาง (MR) ประกอบด้วย A12-11-170-381 และ A12-11-171-402 มีระดับความต้านทานต่ำกว่าพันธุ์อาบาญ่า/ขาวดอกมะลิ 105 และ PTB33 เล็กน้อย อย่างไรก็ตาม ทั้ง 6 สายพันธุ์มีระดับความต้านทานสูงกว่าพันธุ์ TN1, SPR60 และSPR90

ผลการทดสอบกับประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจาก อ. ท่าปลา จ. อุตรดิตถ์ ข้าวลูกผสมกลับสายพันธุ์ปรับปรุงทั้ง 6 สายพันธุ์มีระดับความอ่อนแอปานกลาง (MS) ซึ่งต่ำกว่าพันธุ์ PTB33 ที่มีระดับความต้านทานปานกลาง (MR) แต่อย่างไรก็ตาม ทั้ง 6 สายพันธุ์นี้ ยังมีระดับความต้านทานสูงกว่าพันธุ์อาบาญ่า/ขาวดอกมะลิ 105, ชัยนาท 1, TN1, SPR60 และ SPR90

ผลการทดสอบกับประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจาก อ. เมือง จ. พิจิตร ข้าวลูกผสมกลับสายพันธุ์ปรับปรุง ทั้ง 6 สายพันธุ์ มีระดับความต้านทานจำแนกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มระดับสูง (R) ประกอบด้วย A12-11-170-381, A12-11-171-401, A12-11-171-402, A12-26-201-428 และ A12-26-201-436 ซึ่งเทียบเท่ากับพันธุ์ PTB33 และสูงกว่าพันธุ์อาบาญ่า/ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ชัยนาท 1 กลุ่มที่สอง คือกลุ่มระดับอ่อนแอปานกลาง (MS) ประกอบด้วย A12-11-165-359 ซึ่งเทียบเท่ากับ

Table 1 Reaction of six Abhaya\KDML105 and Chai Nat 1 (BC_4F_{3-4}) backcross lines and six standard rice varieties responded to brown planthopper populations collected from various locations at 14 days after insect released.

Rice varieties	Damage score on the 14th days after insect released								
	MGPSL	NTPSL	TPUTD	MGPHC	PKKPP	MSTAK	LKPCB	STPCB	MNCNT
PTB33	HR	R	MR	R	R	R	R	R	R
Abhaya/KDML105	R	R	HS	MS	R	MS	MS	MS	MR
Chai Nat 1	MR	MS	HS	MS	R	MS	MS	MS	MR
A12-11-165-359	R	R	MS	MS	MR	MS	MS	MS	R
A12-11-170-381	R	MR	MS	R	MR	MS	MS	MS	R
A12-11-171-401	R	R	MS	R	MR	MS	MS	MR	R
A12-11-171-402	R	MR	MS	R	MR	MS	MS	MR	R
A12-26-201-428	R	R	MS	R	MR	MS	MS	MR	R
A12-26-201-436	R	R	MS	R	MR	MS	MS	MR	R
Suphanburi 60	HS	S	S	HS	MS	S	S	S	R
Suphanburi 90	S	MS	HS	HS	R	MS	MS	S	R
Taichung Native 1	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS

MGPSL = Muang, Phitsanulok; NTPSL = Nakhon Thai, Phitsanulok, TPUTD = Tapla, Uttaradit; MGPHC = Muang, Phichit; PKKPP = Phran Kratai, Kamphaeng Phet; MSTAK = Mae Sot, Tak; LKPCB = Lom Sak, Phetchabun; STPCB = Si Thep, Phetchabun; MNCNT = Manorom, Chai Nat

HR = high resistance, R = resistance, MR = mild resistance, MS = mild susceptible, S = susceptible, HS = high susceptible

พันธุ์อาบาญ่า/ขาวดอกมะลิ 105 และชัยนาท 1 โดยทั้ง 6 สายพันธุ์มีระดับความต้านทานสูงกว่าพันธุ์ TN1, SPR60 และ SPR90

ผลการทดสอบกับประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจาก อ. พรานกระต่าย จ. กำแพงเพชร ข้าวลูกผสมกลับสายพันธุ์ปรับปรุงทั้ง 6 สายพันธุ์มีระดับความต้านทานปานกลาง (MR) ต่ำกว่าพันธุ์ PTB33, อาบาญ่า/ขาวดอกมะลิ 105 และชัยนาท 1 รวมทั้ง พันธุ์ต้านทานมาตรฐานคือ SPR90 ซึ่งมีระดับความต้านทานสูง (R) แต่ทั้ง 6 สายพันธุ์ยังมีระดับความต้านทานสูงกว่าพันธุ์ SPR60 และ TN1

ผลการทดสอบกับประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจาก อ. แม่สอด จ. ตาก และ อ. หล่มสัก จ. เพชรบูรณ์ มีลักษณะของระดับความต้านทานในทำนองเดียวกัน โดยข้าวลูกผสมกลับสายพันธุ์ปรับปรุงทั้ง 6 สายพันธุ์มีระดับความอ่อนแอปานกลาง (MS) เทียบเท่ากับพันธุ์อาบาญ่า/ขาวดอกมะลิ 105 และชัยนาท 1 แต่ต่ำกว่าพันธุ์ PTB33 ที่มีความต้านทานระดับสูง (R) และทั้ง 6 สายพันธุ์มีระดับความต้านทานสูงกว่าพันธุ์พันธุ์ TN1, SPR60 และ SPR90

ผลการทดสอบกับประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจาก อ. ศรีเทพ จ. เพชรบูรณ์ ข้าวลูกผสมกลับสายพันธุ์ปรับปรุงทั้ง 6 สายพันธุ์มีระดับความต้านทานจำแนกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มระดับปานกลาง (MR) ประกอบด้วย A12-11-171-401, A12-11-171-402, A12-26-201-428 และ A12-26-201-436 ซึ่งต่ำกว่าพันธุ์

PTB33 ที่มีระดับความต้านทานสูง (R) แต่สูงกว่าพันธุ์อาบาญ่า/ขาวดอกมะลิ 105 และชัยนาท 1 ที่มีความอ่อนแอระดับปานกลาง (MS) รวมทั้งพันธุ์ TN1, SPR60 และSPR90 กลุ่มที่สอง คือกลุ่มระดับอ่อนแอปานกลาง (MS) ประกอบด้วย A12-11-165-359 และ A12-11-170-381 เทียบเท่ากับ พันธุ์อาบาญ่า/ขาวดอกมะลิ 105, ชัยนาท 1 และพันธุ์ต้านทานมาตรฐาน คือ SPR90

ผลการทดสอบกับประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจาก อ. มโนรมย์ จ. ชัยนาท นั้น ข้าวลูกผสมกลับสายพันธุ์ปรับปรุงทั้ง 6 สายพันธุ์มีระดับความต้านทานสูง (R) เทียบเท่ากับพันธุ์ PTB33 และพันธุ์ต้านทานมาตรฐาน คือ SPR90 และพันธุ์อ่อนแอมาตราฐานคือ SPR60 แต่สูงกว่าพันธุ์อาบาญ่า/ขาวดอกมะลิ 105 และชัยนาท 1 ที่มีความต้านทานระดับปานกลาง (MR) และทั้ง 6 สายพันธุ์นี้ยังมีระดับสูงกว่า พันธุ์อ่อนแอมาตรฐาน TN1

เมื่อทำการประเมินปฏิกิริยาของข้าวพันธุ์ปรับปรุงต่อเนื่อง ที่ 21 และ 28 วันหลังจากปล่อยเพลี้ยลงทำลายพบว่า ระดับของความเสียหายของข้าวทุกสายพันธุ์รวมทั้งข้าวพันธุ์เปรียบเทียบอื่น ๆ เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่ข้าวลูกผสมกลับสายพันธุ์ปรับปรุงทั้ง 6 สายพันธุ์มีระดับการเปลี่ยนแปลงที่ช้ากว่าพันธุ์พ่อและแม่อย่างชัดเจน และมีระดับการเปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกับข้าวพันธุ์ต้านทานมาตรฐาน PTB33 มาก และด้วยความต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในระดับที่แตกต่างกันมากในช่วงหลัง 14, 21 และ 28 วัน ในภาพรวมนั้น พบว่าข้าวสายพันธุ์ A12-26-201-428 และ A12-26-201-436 แสดงความต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจากทุกพื้นที่ได้โดดเด่นกว่าสายพันธุ์ปรับปรุงอื่น ๆ

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลโดยวิธี cluster analysis ด้วยข้อมูลจากปฏิกิริยาของข้าวพันธุ์ต่าง ๆ ข้างต้นต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจากแหล่งต่าง ๆ

ปฏิกิริยาของข้าวมีลักษณะแปรเปลี่ยนไปตามประชากรของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจากแหล่งต่าง ๆ แสดงถึงความแตกต่างของประชากรของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในแต่ละพื้นที่อย่างชัดเจน เมื่อทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของระดับความต้านทานของสายพันธุ์ข้าวต่าง ๆ โดยวิธี cluster analysis พันธุ์ข้าวมีค่าระยะความแตกต่างในเชิงของความเสียหายที่เกิดขึ้นอยู่ในช่วง 1.732-18.303 และเมื่อนำข้อมูลสร้าง dendrogram สามารถจัดกลุ่มข้าวได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ กลุ่มแรกถือว่าเป็นกลุ่มอ่อนแอต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลคือ พันธุ์ SPR60 และ TN1 ตามด้วย พันธุ์พ่อและแม่คือ อาบาญ่า\ขาวดอกมะลิ 105 กับชัยนาท 1 และ SPR90 ซึ่งถือว่าได้รับความเสียหายน้อยกว่าสองพันธุ์แรกในกลุ่มนี้ กลุ่มที่สองคือข้าวที่ต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ประกอบด้วย ข้าวลูกผสมกลับสายพันธุ์ปรับปรุงทั้ง 6 สายพันธุ์ โดยข้าวดังกล่าวมีความใกล้ชิดประกอบขึ้นเป็นคู่ ๆ กล่าวคือ A12-26-201-428 ใกล้ชิดกับ A12-26-201-436, A12-11-171-401 ใกล้ชิดกับ A12-11-171-402 และ A12-11-165-359 ใกล้ชิดกับ A12-11-170-381 โดยทั้งกลุ่มเชื่อมโยงใกล้ชิดกับข้าวพันธุ์ต้านทานมาตรฐาน PTB33 บ่งชี้ถึงความแข็งแรงของข้าวผสมกลับสายพันธุ์ปรับปรุงทั้ง 6 สายพันธุ์กับพันธุ์ PTB33 อย่างชัดเจน (ภาพที่ 1)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลโดยวิธี cluster analysis ด้วยข้อมูลจากปฏิกิริยาของข้าวพันธุ์ต่าง ๆ ทุกระยะ ต่อประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจากแหล่งต่าง ๆ พบว่า ค่าระยะความแตกต่างระหว่างประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลอยู่ในช่วงตั้งแต่ 3.000-9.000 และเมื่อสร้าง dendrogram พบว่าสามารถจัดกลุ่มประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้เป็น 2 กลุ่มหลัก ซึ่งสอดคล้องกับระดับปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นกับข้าวพันธุ์ต่าง ๆ คือ กลุ่มแรก ประกอบด้วยประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจาก อ. แม่สอด จ. ตาก อ.หล่มสัก และ อ. ศรีเทพ จ. เพชรบูรณ์ และ อ. ท่าปลา จ. อุตรดิตถ์ จัดเป็นกลุ่มที่สามารถเข้าทำลายข้าวลูกผสมกลับสายพันธุ์ปรับปรุงได้ โดยข้าวทั้ง 6 สายพันธุ์มีความอ่อนแอต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจากแหล่งทั้ง 4 พื้นที่นี้ในระดับปานกลาง (MS) กลุ่มที่สองประกอบด้วย ประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล จาก อ. เมือง และ อ. นครไทย จ. พิษณุโลก อ. เมือง จ. พิจิตร อ. มโนรมย์ จ. ชัยนาท และ อ. พรานกระต่าย จ. กำแพงเพชร จัดเป็นกลุ่มที่สามารถเข้าทำลายข้าวลูกผสมกลับสายพันธุ์ปรับปรุงได้น้อยกว่ากลุ่มแรก โดยข้าวทั้ง 6 สายพันธุ์มีความต้านทานต่อเพลี้ยกระโดด

สีน้ำตาลจากแหล่งทั้ง 5 พื้นที่นี้ในระดับสูงปานกลาง (MR) ถึงระดับสูง (R) (ภาพที่ 2)

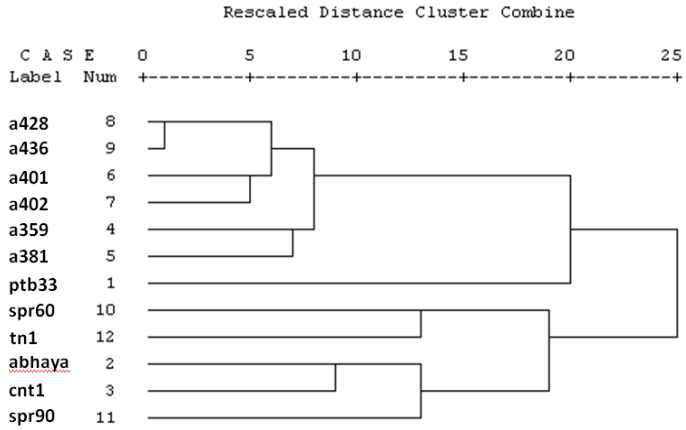

Figure 1 Dendogram presents the relationship of six Abhaya\KDML105 and Chai Nat 1 (BC_4F_{3-4}) backcross lines A12-11-165-359 (a359), A12-11-170-381 (a381), A12-11-171-401 (a401), A12-11-171-402 (a402), A12-26-201-428 (a428), A12-26-201-436 (a436), and six standard rice varieties PTB33, abhaya (Abhaya/KDML105), cnt1 (Chai Nat 1) spr60 (Suphanburi 60) spr90 (Suphanburi 90) tn1 (Taichung Native 1) responded to nine brown planthopper populations in lower northern Thailand.

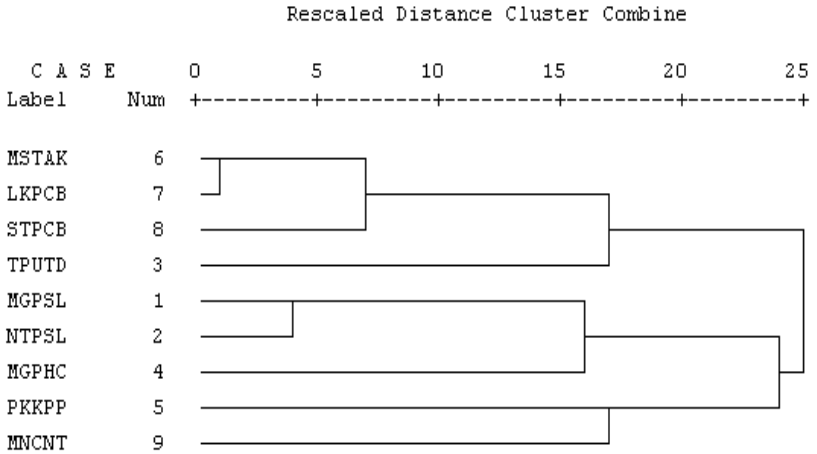

Figure 2 Dendogram presents the relationship of nine brown planthopper populations collected from various locations responed to twelve rice varieties.
MGPSL = Muang, Phitsanulok; NTPSL = Nakhon Thai, Phitsanulok, TPUTD = Tapla, Uttaradit; MGPHC = Muang, Phichit; PKKPP = Phran Kratai, Kamphaeng Phet; MSTAK = Mae Sot, Tak; LKPCB = Lom Sak, Phetchabun; STPCB = Si Thep, Phetchabun; MNCNT = Manorom, Chai Nat R = resistance, MR = mild resistance, MS = mild susceptible

วิจารณ์

ในสภาพการปลูกข้าวของเกษตรกรในพื้นที่ปลูกข้าวนาชลประทานเขตภาคเหนือตอนล่างซึ่งครอบคลุมพื้นที่ 2.8 ล้านไร่ มีการทำนาต่อเนื่อง 2-3 ครั้งต่อปี โดยสายพันธุ์ข้าวที่ปลูกมักนิยมใช้ข้าวพันธุ์เดียวปลูกครอบคลุมเป็นพื้นที่บริเวณกว้าง ส่งผลทำให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมีแหล่งอาหารรองรับตลอดเวลา สามารถเพิ่มปริมาณได้ในพันธุ์ต้านทานจนทำให้เกิดการระบาดอยู่เนือง ๆ เช่น กรณีของพันธุ์ SPR60 และชัยนาท 1 ในปี พ.ศ. 2532-2534 และ พ.ศ. 2540-2541 ตามลำดับ (ปรีชา, 2545) อย่างไรก็ตาม ในช่างระยะเวลาที่ผ่านมากรมการข้าวได้แนะนำข้าวพันธุ์ใหม่ ๆ หลากหลายพันธุ์แก่เกษตรกร ทำให้เกษตรกรมีทางเลือกมากขึ้นในการเลือกพันธุ์ข้าวสำหรับปลูก นอกจากนี้กระแสการบริโภคของผู้บริโภคมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสู่ข้าวพันธุ์พื้นเมืองและข้าวสุขภาพมากขึ้นทำให้พันธุ์ข้าวที่ปลูกมีหลากหลายสายพันธุ์ ทั้งพันธุ์พื้นเมือง พันธุ์ปลูกของทางราชการ ซึ่งประกอบด้วยข้าวที่มีและไม่มีคุณลักษณะความต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ทำให้เกิดสภาพความหลากหลายทางสภาพแวดล้อมกระจายเป็นหย่อม ๆ ทั่วทั้งพื้นที่นาชลประทาน สภาวะดังกล่าวจึงเป็นทั้งสิ่งส่งเสริมและสิ่งกดดันต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลทำให้เกิดความหลากหลายทางชีวภาพและการคงอยู่ของความหลากหลายที่มีความเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ในส่วนย่อย ๆ เหล่านี้ เกิดเป็นประชากรของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่มีความจำเพาะในพื้นที่ขึ้น (พุฒิพงษ์ และคณะ, 2553; Maynard and Szathmáry, 1997; Coyne and Orr, 2004)

โดย Claridge *et al*. (1985) รายงานว่าเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่มาจากสภาพภูมิศาสตร์ที่แตกต่างกันหรือมาจากต่างพื้นที่ จะมีความรุนแรงในการเข้าลงทำลายข้าวแตกต่างกัน พันธุ์ข้าวที่ต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในพื้นที่หนึ่งอาจอ่อนแอต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจากอีกพื้นที่หนึ่งได้ นอกจากนี้ Sogawa and Rakasadinata-Soekirno (1987) พบว่า กลุ่มประชากรจากต่างพื้นที่ระยะห่างกันไม่ถึง 200 กิโลเมตร มีความรุนแรงในการเข้าลงทำลายข้าวในระดับแตกต่างกันมาก การเปลี่ยนแปลงนี้เกี่ยวข้องกับกระบวนการคัดเลือกทางพันธุกรรม การกลายพันธุ์ของแมลง การปฏิสัมพันธ์ของพืชปลูกกับศัตรูพืช และชนิดและอายุของพันธุ์ข้าวที่ปลูกร่วมกับสภาพแวดล้อมเป็นหลัก ส่งผลต่อองค์ประกอบของความหลากหลายทางพันธุกรรมในประชากรของแมลงนั้น ๆ ในที่สุด (จิรพงศ์ และคณะ, 2548; De Kogel *et al*., 1997; Heinrichs and Mochida, 1984; Smith,1989) จากผลการทดสอบความต้านทานของข้าวลูกผสมกลับระหว่างพันธุ์อาบาญ่า/ขาวดอกมะลิ 105 กับพันธุ์ชัยนาท 1 ระยะ BC_4F_{3-4} จำนวน 6 สายพันธุ์ กับประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจากพื้นที่นาข้าวแหล่งต่าง ๆ ที่อยู่ในเขตชลประทานของภาคเหนือตอนล่าง จำนวน 9 กลุ่ม พบว่าประชากรของเพลี้ยกระโดดจากแต่ละพื้นที่สามารถลงทำลายข้าวพันธุ์ทดสอบแตกต่างกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ 14 วัน ข้าวลูกผสมกลับสายพันธุ์ปรับปรุง มีระดับความต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดได้ดีกว่าหรือเท่ากับพันธุ์พ่อและแม่ ในหลายพื้นที่ คือ อ. เมือง และ อ.นครไทย จ. พิษณุโลก อ. ท่าปลา จ. อุตรดิตถ์ อ. เมือง จ. พิจิตร อ. แม่สอด จ. ตาก อ. ศรีเทพ และ อ. หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ และ อ. มโนรมย์ จ. ชัยนาท ยกเว้น อ. พรานกระต่าย จ. กำแพงเพชร เท่านั้นที่พันธุ์พ่อและแม่ต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้ดี แต่ข้าวลูกผสมกลับสายพันธุ์ปรับปรุงต้านทานในระดับปานกลาง ซึ่งความต้านทานในลักษณะที่สูงกว่าพันธุ์พ่อและแม่นั้นแสดงถึงผลการแสดงออกของยีนร่วมกันระหว่างพันธุ์พ่อ (อาบาญ่า/ขาวดอกมะลิ 105) ที่มียีนต้านทาน *Qbph6* และ *Qbbh12* และแม่ (ชัยนาท 1) ซึ่งมียีนต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล จากข้าวพันธุ์บาบาวี ในลักษณะของการส่งเสริมซึ่งกันและกัน (synergist) (Pedigo, 1996) ทำให้ข้าวลูกผสมกลับสายพันธุ์ปรับปรุงนี้มีแนวโน้มเป็นพันธุ์ที่สามารถปลูกได้ดีในพื้นที่หลายจังหวัด เช่น อ. เมือง และ อ. นครไทย จ. พิษณุโลก อ. เมือง จ. พิจิตร และ อ. มโนรมย์ จ. ชัยนาท ทดแทนข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูกแต่มีระดับความต้านทานต่ำกว่าได้

นอกจากนี้เมื่อทำการประเมินปฏิกิริยาต่อเนื่องจนครบ 28 วันหลังจากปล่อยเพลี้ยลงทำลายพบว่า ระดับของความเสียหายของข้าวทุกสายพันธุ์รวมทั้งข้าวพันธุ์

เปรียบเทียบอื่น ๆ เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเช่นกัน แต่ข้าวลูกผสมกลับสายพันธุ์ปรับปรุงทั้ง 6 สายพันธุ์มีระดับการเปลี่ยนแปลงที่ช้ากว่าพันธุ์พ่อและแม่ และมีระดับการเปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกับข้าวพันธุ์ต้านทานมาตรฐาน PTB33 มาก และด้วยความต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในระดับที่แตกต่างกันมากในช่วงหลัง 14, 21 และ 28 วัน ในภาพรวมนั้นพบว่าข้าวสายพันธุ์ A12-26-201-428 (a428) และ A12-26-201-436 (a436) แสดงความต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจากทุกพื้นที่ได้โดดเด่นกว่าสายพันธุ์ปรับปรุงอื่น ๆ คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการคัดเลือกสายพันธุ์ดังกล่าวเพื่อนำเข้าสู่กระบวนการทดสอบเพื่อคัดพันธุ์และรับรองพันธุ์ลำดับต่อไป

สรุป

ในการศึกษาความต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลของประชากรข้าวลูกผสมกลับระหว่างพันธุ์อาบาญ่า/ขาวดอกมะลิ 105 กับพันธุ์ชัยนาท 1 ระยะ BC_4F_{3-4} ที่ได้รับการคัดเลือกโดยโมเลกุลเครื่องหมายจำนวน 6 สายพันธุ์ คือ A12-11-165-359, A12-11-170-381, A12-11-171-401, A12-11-171-402, A12-26-201-428 และ A12-26-201-436 เพื่อทดสอบปฏิกิริยากับประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจากพื้นที่นาข้าวแหล่งต่าง ๆ ที่อยู่ในเขตชลประทานของภาคเหนือตอนล่างจำนวน 9 กลุ่มจาก 9 พื้นที่ คือ อ. เมือง และ อ. นครไทย จ. พิษณุโลก อ. ท่าปลา จ. อุตรดิตถ์ อ. เมือง จ. พิจิตร อ. ศรีเทพ และ อ. หล่มสัก จ. เพชรบูรณ์ อ. พรานกระต่าย จ. กำแพงเพชร อ. แม่สอด จ. ตาก และ อ. มโนรมย์ จ. ชัยนาท และทำการคัดเลือกข้าวลูกผสมกลับสายพันธุ์ปรับปรุงที่เหมาะสมสำหรับเข้าสู่กระบวนการรับรองพันธุ์และผลิตเป็นเมล็ดพันธุ์ให้แก่เกษตรกรต่อไป นั้น พบว่าข้าวลูกผสมกลับสายพันธุ์ปรับปรุงจำนวน 2 สายพันธุ์ คือ A12-26-201-428 และ A12-26-201-436 แสดงความต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจากทุกพื้นที่ได้โดดเด่นกว่าสายพันธุ์ปรับปรุงอื่น ๆ อย่างชัดเจน จึงผ่านการคัดเลือกเพื่อนำเข้าสู่กระบวนการทดสอบสำหรับคัดพันธุ์และรับรองพันธุ์ลำดับต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยนเรศวร และศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ ภาคเหนือตอนล่าง รวมทั้ง รศ.ดร. อภิชาต วรรณวิจิตร ดร. ธีรยุทร ตู้จินดา และเจ้าหน้าที่ทุกท่าน จากหน่วยค้นหาและใช้ประโยชน์จากยีนข้าว และ ดร. สมวงษ์ ตระกูลรุ่ง และเจ้าหน้าที่ทุกท่าน จากห้องปฏิบัติการดีเอ็นเอเทคโนโลยี ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ ที่ให้การสนับสนุนการวิจัยเป็นอย่างดียิ่งทั้งในส่วนของงบประมาณ เครื่องมือ ข้อมูล และอุปกรณ์ ตลอดจนคำแนะนำต่าง ๆ

เอกสารอ้างอิง

จิรพงศ์ ใจรินทร์ กิจติพงษ์ เพ็งรัตน์ สงวน เทียงดีฤทธิ์ กฤษณา สุดทสาร จรัญจิต เพ็งรัตน์ และอุไรวรรณ คชสถิตย์. 2548. การสืบหาโมเลกุลเครื่องหมายเพื่อการพัฒนาสายพันธุ์ข้าวต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล. รายงานการประชุมวิชาการ ข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2548. วันที่ 7-8 มีนาคม 2548 ณ โรงแรม รอแยลฮิลล์ รีสอร์ท จ. นครนายก.

เจตน์ คชฤกษ์ วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ สุรเดช ปาละวิสุทธิ์ และศิริพร กออินทร์ศักดิ์. 2552. การพัฒนาสายพันธุ์ข้าวปรับปรุง BC_4F_1 ด้วยยีนต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (*Qbph6* และ *Qbph12*) โดยเทคนิคโมเลกุลเครื่องหมาย. วารสารสิ่งแวดล้อมนเรศวร 2(1): 37-51.

ปรีชา วังศิลาบัตร. 2545. นิเวศวิทยาของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและการควบคุมปริมาณ. กองกีฏและสัตววิทยา, กรมวิชาการเกษตร. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

พุฒิพงษ์ เพ็งฤกษ์ วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ ไสว บูรณพานิช พันธุ์ จิราพร กุลสาริน เจตน์ คชฤกษ์ สุรเดช ปาละวิสุทธิ์ และภมร ปัตตาวะตัง. 2553. ความหลากหลายทางชีวชนิดของเพลี้ยกระโดดสี

น้ำตาลในภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย. วารสารเกษตร 27(1): 27-37.

วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ สุรเดช ปาละวิสุทธ์ ศิริพร กออินทร์ ศักดิ์ และธานี ศรีวงศ์ชัย. 2550. การคัดเลือกดีเอ็นเอเครื่องหมายแบบ SSR ของยีนต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (*Nilaparvata lugens* (Stål), Delphacidae, Homoptera) ชนิด *Qbph6* และ *Qbph12* จากข้าวสายพันธุ์ปรับปรุง Abhaya และพันธุ์ชัยนาท 1. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 25(1): 47-55.

สำนวน ฉิมพกา และวีรเทพ พงษ์ประเสริฐ. 2548. ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูข้าวของเกษตรกร อำเภอตะพานหิน จังหวัดพิจิตร. วารสารเกษตรนเรศวร 8(1): 77-94.

สุวัฒน์ รวยอารีย์. 2544. เรียนรู้การจัดการศัตรูข้าวโดยวิธีผสมผสาน. เอกสารวิชาการ กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

Claridge, M.F., J.D. Hollander and J.C. Morgan. 1985. Variation in courtship signals and hybridization between geographically definable populations of the rice brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stal). Biol. J. Linnean Soc. 24: 35-49.

Coyne, J.A. and H.A. Orr. 2004. Speciation. Sinauer Associates, Sunderland. 545 p.

De Kogel, W.J., M. van der Hoek, M.T.A. Dik, B. Gebala, F.R. van Dijken and C. Mollema. 1997. Sesonal variation in resistance of chrysanthemum cultivars to *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). Euphytica 94: 283-288.

Heinrichs, E.A. and O. Mochida. 1984. From secondary to major pest status: the case of insecticide-induced rice brown planthopper, *Nilaparvata lugens,* resistance gene. Prot. Ecol. 7: 201-218.

IRRI. 1988. Standard Evaluation System for Rice. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines. 54 p.

Jeon, Y.H., S.N. Ahn, H.C. Choi, T.R. Hahn and H.P. Moon. 1999. Identification of a RAPD marker linked to a brown planthopper resistance gene in rice. Euphytica 107: 23-28.

Jairin, J., T. Toojinda, S. Tragoonrung, S. Tayapat and A. Vanavichit. 2005. Multiple genes determining brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stål) resistance in backcross introgressed lines of Thai jasmine rice 'KDML105'. Sci. Asia 31: 129-135.

Khush, G.S. and D.S. Brar. 1991. Genetics of resistance to insects in crop plants. Adv. Agron. 45: 224-228.

Maynard, S.J. and E. Szathmáry. 1997. The Major Transitions in Evolution. Oxford University Press, New York. 346 p.

Pathak, P.K., R.C. Saxena and E.A. Heinrichs. 1982. Para film sachet for measuring honeydew excretion by *Nilaparvata lugens* on rice. J. Econ. Entomol. 75: 194-195.

Pedigo, L.P. 1996. Entomology and Pest Management. Second edition. Prentice Hall, New Jersey. 679 p.

Renganayaki, K., K.F. Allan, S. Sadasivam, S. Pammi, S.E. Harrington, S.R. McCouch, S.M. Kumar and A.S. Reddy. 2002. Mapping and progress toward map-based cloning of brown planthopper biotype-4 resistance gene introgressed from *Oryza officinalis* into cultivated rice, *O sativa*. Crop Sci. 42: 2112-2117.

Smith, C.M. 1989. Plant Resistance in Insects: A Fundamental Approach. John Wiley & Sons, New York, 286 p.

Sogawa, K. and Y. Rakasadinata-Soekirno. 1987. New genetic makeup of brown planthopper (BPH) populations in Central Java, Indonesia. Int. Rice Res. News. 12: 29-30.

Yang, H., X. Ren, Q. Weng, L. Zhu and G. He. 2002. Molecular mapping and genetic analysis of a rice brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stål) resistance gene. Hereditas 136: 39-43.

ตารางชีวิตเปรียบเทียบของด้วงเต่าสีส้ม เมื่อเพาะเลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนถั่วและเพลี้ยอ่อนผัก

Comparative Life Tables of *Micraspis discolor* (Fabricius) When Fed on *Aphis craccivora* (Koch) and *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach)

วณิชญา ฉิมนาค[1/] วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ[1/] ไสว บูรณพานิชพันธุ์[2/] และ จิราพร กุลสาริน[2/]

Vanidchaya Chimnak[1/], Weerathep Pongprasert[1/], Sawai Buranapanichpan[2/] and Jiraporn Kulsarin[2/]

Abstract: *Micraspis discolor* (Fabricius) (Coleoptera: Coccinellidae) is a predaceous coccinellid playing role significantly on the control of various pests in rice and cultivars. This beetle is arranged as non-specific prey but prey choice is significantly occurred when many preys were present. In augmentative program of this beetle, the suitable pray on the basis of qualitative data on developmental parameters needs to be concerned and more understood. Therefore, the comparison of life tables on *M. discolor* when fed on *Aphis craccivora* (Koch) and *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) was carried out in order to quantify the relative suitability of those 2 aphid species. The results showed that the total periods of beetle development from egg to adult of *M. discolor* fed on *A. craccivora* and *L. erysimi* were 15.24±0.86 and 14.45±1.06 days, respectively. The biological life table of *M. discolor* fed on *A. craccivora* revealed that the net reproductive rate of increase (R_o) was 12.8262, the capacity for increase (r_c) was 0.1255, the cohort generation time (T_c) was 20.3385 days, and the finite rate of increase (λ) was 1.1337. Adult beetle began laying egg at the 3rd day after emergence and the laying period was 9 days with the highest peak of laying at the 6th day after emergence. Meanwhile, those fed on *L. erysimi* revealed that the net reproductive rate of increase (R_o) was 6.3000, the capacity for increase (r_c) was 0.1107, the cohort generation time (T_c) was 16.6190 days, and the finite rate of increase (λ) was 1.1171. Adult beetle began laying egg at the 2nd day after emergence and the laying period was 10 days with the highest peak of laying at the 3rd days after emergence. The partial ecological life table showed that the highest mortality of *M. discolor* was found in the first instar larva when fed on both aphid species. However, the survivorship curves of *M. discolor* fed on *A. craccivora* and *L. erysimi* were Type II and Type III, respectively. The result indicated that *A. craccivora* was suitable for rearing *M. discolor*.

[1/] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จ. พิษณุโลก 65000

[2/] ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

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

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

Keywords: *Micrapis discolor, Aphis craccivora*, *Lipaphis erysimi*, life table

บทคัดย่อ: ด้วงเต่าสีส้ม (*Micraspis discolor* (Fabricius)) (Coleoptera: Coccinellidae) เป็นด้วงเต่าตัวห้ำที่มีบทบาทสำคัญในการควบคุมแมลงศัตรูพืชในนาข้าวและพืชปลูกได้หลายชนิด โดยทั่วไปด้วงเต่าชนิดนี้จัดอยู่ในกลุ่มแมลงตัวห้ำที่กินเหยื่อแบบไม่เจาะจง แต่การเลือกเหยื่อมักเกิดขึ้นเสมอเมื่อมีเหยื่อหลากหลายชนิดอยู่รวมกัน ซึ่งในกระบวนการเพาะเลี้ยงเพิ่มจำนวนนั้นการเลือกเหยื่อที่เหมาะสม นั้นจำเป็นต้องมีข้อมูลพื้นฐานเชิงคุณภาพที่เป็นดัชนีแสดงถึงการเจริญเติบโตของด้วงเต่าได้อย่างเพียงพอ ดังนั้น จึงได้ดำเนินการศึกษาตารางชีวิตของด้วงเต่าสีส้มขึ้นโดยเปรียบเทียบระหว่างการเพาะเลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนถั่ว (*Aphis craccivora* Koch) และเพลี้ยอ่อนผัก (*Lipaphis erysimi* Kaltenbach) ขึ้น เพื่อศึกษาคุณภาพของเพลี้ยอ่อนที่เหมาะสมสำหรับพัฒนาการเพาะเลี้ยงด้วงเต่าสีส้มต่อไป ผลการศึกษาพบว่าระยะการเจริญเติบโตของด้วงเต่าสีส้มเมื่อเลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนถั่วและเพลี้ยอ่อนผักตั้งแต่ระยะไข่จนถึงตัวเต็มวัย เฉลี่ย 15.24±0.86 และ 14.45±1.06 วัน ตามลำดับ จากตารางชีวิตแบบชีววิทยาด้วงเต่าสีส้มที่เลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนถั่วมีอัตราการขยายพันธุ์สุทธิ (R_o) เท่ากับ 12.8262 เท่า ค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มทางกรรมพันธุ์ (r_c) เท่ากับ 0.1255 เท่า ชั่วอายุขัยของกลุ่ม (T_c) เท่ากับ 20.3385 วันและมีอัตราการเพิ่มที่แท้จริง (λ) เท่ากับ 1.1337 เท่า โดยตัวเต็มวัยเริ่มวางไข่ในวันที่ 3 หลังจากเป็นตัวเต็มวัย และวางไข่สูงสุดในวันที่ 6 โดยมีช่วงระยะเวลาวางไข่ 9 วัน ในขณะที่เลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนผัก มีค่าอัตราการขยายพันธุ์สุทธิ (R_o) เท่ากับ 6.3000 เท่า ค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มทางกรรมพันธุ์ (r_c) เท่ากับ 0.1107 เท่า ชั่วอายุขัยของกลุ่ม (T_c) เท่ากับ 16.6190 วันและมีอัตราการเพิ่มที่แท้จริง (λ) เท่ากับ 1.1171 เท่า โดยตัวเต็มวัยเริ่มวางไข่ในวันที่ 2 หลังจากเป็นตัวเต็มวัย และวางไข่สูงสุดในวันที่ 3 มีช่วงระยะเวลาวางไข่ 10 วัน จากตารางชีวิตแบบนิเวศวิทยา ด้วงเต่าสีส้มที่เลี้ยงด้วยทั้งเพลี้ยอ่อนถั่วและเพลี้ยอ่อนผักมีอัตราการตายต่อชั่วอายุสูงสุดในระยะตัวอ่อนวัยที่ 1 และมีเส้นกราฟแสดงการรอดชีวิตเป็นแบบ Type II และ Type III ตามลำดับ เพลี้ยอ่อนถั่วจึงมีความเหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงด้วงเต่าสีส้ม

คำสำคัญ: ด้วงเต่าสีส้ม เพลี้ยอ่อนถั่ว เพลี้ยอ่อนผัก ตารางชีวิต

คำนำ

ด้วงเต่าสีส้ม (*Micraspis discolor* (F.)) (Coleoptera: Coccinellidae) จัดเป็นด้วงเต่าตัวห้ำที่มีบทบาทความสำคัญในการควบคุมศัตรูพืชในธรรมชาติ โดยทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัยสามารถเข้าทำลายแมลงศัตรูพืชได้หลายชนิด เช่น เพลี้ยอ่อน หนอนเจาะฝักข้าวโพด หนอนผีเสื้อขนาดเล็ก เพลี้ยแป้ง แมลงหวี่ขาว และเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล รวมถึงแมลงที่มีลำตัวอ่อนนุ่ม (Begum *et al*., 2002; Shepard and Rapusas, 1989; Rao *et al*., 1989; Mani, 1995; Kamal, 1998) ด้วงเต่าสีส้มสามารถพบได้ทั่วไปในแปลงปลูกข้าว ถั่วเหลือง พริก ผัก ยาสูบ ฝ้าย ข้าวโพด รวมถึงพืชวงศ์กะหล่ำ ในปริมาณสูง (Gautam *et al*., 1995; Duffieded, 1995) มีความว่องไวในการค้นหาเหยื่อ เป็นตัวห้ำที่มีประสิทธิภาพและทนทานต่อสภาพแวดล้อม เช่นในเขตภาคเหนือตอนล่างได้เป็นอย่างดี (วีรเทพ และคณะ, 2553) ทำให้ด้วงเต่าชนิดนี้มีศักยภาพสูงมากในการใช้ควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี (Chowdhury *et al*., 2008)

อย่างไรก็ตาม ในการใช้ประโยชน์จากศัตรูธรรมชาติไม่ว่าชนิดใด สิ่งสำคัญสิ่งแรกคือการเพาะเลี้ยงเพิ่มจำนวนให้มีปริมาณมากเพียงพอต่อความต้องการ จากการศึกษาของ Hodek and Honek (1996) พบว่าแม้ว่าด้วงเต่าโดยทั่วไปสามารถกินเหยื่อได้หลากหลายชนิด แต่ในสภาพที่มีประชากรของเหยื่อหลากหลายชนิดปะปนกันนั้น ด้วงเต่าแต่ละชนิดมักแสดงพฤติกรรมความชอบในเหยื่อแต่ละชนิดไม่เหมือนกัน โดยด้วงเต่ามักมีพฤติกรรมการค้นหาเหยื่อและเลือกกินเหยื่อเฉพาะชนิดเท่านั้น (Harmon *et al*., 2000) ซึ่งความชอบหรือไม่ชอบนั้นเป็นผลจากคุณค่าทางโภชนาการ และกลิ่นหรือสารเคมีบางชนิดที่อยู่ในเหยื่อแต่ละชนิดนั้น ๆ แตกต่างกัน (Okamoto, 1966) และสารเคมีบางชนิด เช่น amines,

canavanine, ethanolamine และสารพวก alkaloids อื่น ๆ หลายชนิด มีผลต่อการเจริญเติบโต หรือเมตาโบลิซึมของด้วงเต่ามาก (Obatake and Suzuki, 1985; Kawauchi, 1991) ทำให้อัตราการอยู่รอดในแต่ละวัย อัตราการเจริญเป็นตัวเต็มวัย และอัตราการวางไข่ของด้วงเต่าลดลง รวมทั้งระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญเติบโตยาวนานมากขึ้น (Milevoj, 1997; Lakhanpal and Raj, 1998) ดังนั้นการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณด้วงเต่าเพื่อใช้ในการควบคุมศัตรูพืชนั้น จึงต้องคำนึงถึงชนิดของเหยื่อที่เหมาะสม เพื่อให้ด้วงเต่าสามารถเจริญเติบโตได้ดี มีอัตราการรอดสูง มีอัตราการวางไข่ได้สูง และนอกจากนี้ในเชิงของการผลิตนั้น เหยื่อที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงนั้น ควรเป็นเยื่อที่สามารถหาหรือเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณได้ง่ายและรวดเร็ว ซึ่งในกรณีของด้วงเต่าสีส้ม ก็เช่นกัน แม้มีรายงานว่าด้วงเต่าสีส้มสามารถกินเหยื่อได้หลากหลายชนิด รวมทั้งเพลี้ยอ่อน ซึ่งจัดเป็นเหยื่อที่สามารถเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณได้ง่ายและรวดเร็ว อย่างไรก็ตาม การศึกษาถึงความเหมาะสมของชนิดเพลี้ยอ่อนต่าง ๆ ที่เป็นอาหารของด้วงเต่าสีส้มเพื่อรองรับการผลิตเพิ่มปริมาณสำหรับใช้ประโยชน์ในการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีนั้นยังมีน้อยมาก ดังนั้นจึงได้ดำเนินการศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของด้วงเต่าสีส้มในรูปแบบของวงจรชีวิตและตารางชีวิตเมื่อเพาะเลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อน โดยได้คัดเลือกเพลี้ยอ่อนจำนวน 2 ชนิด ที่สามารถเพาะเลี้ยงเพิ่มจำนวนได้ง่ายคือ เพลี้ยอ่อนถั่วและเพลี้ยอ่อนผัก เป็นเหล่งของอาหาร เพื่อคัดเลือกชนิดของเพลี้ยอ่อนที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการผลิตเพิ่มจำนวนด้วงเต่าสีส้มสำหรับใช้ในการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีในพืชต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมด้วงเต่าสีส้ม

ทำการเก็บตัวเต็มวัยด้วงเต่าสีส้มจากสภาพธรรมชาติในตำบลบึงพระและตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก มาเพาะเลี้ยงภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการของศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ ภาคเหนือตอนล่าง มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก เพาะเลี้ยงในกล่องเลี้ยงแมลง ขนาด 15 x 21 x 7 เซนติเมตร อุณหภูมิ 27 ±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60 ±10% ความยาวช่วงแสง16L: 8D โดยให้เพลี้ยอ่อนถั่ว (*Aphis craccivora* Koch) 100 ตัว/กล่อง/วัน เป็นอาหาร (Prabhakar and Roy, 2010) พื้นกล่องรองด้วยกระดาษกรองเพื่อดูดความชื้น เมื่อตัวเต็มวัยเพศเมียวางไข่เรียกเป็นรุ่นที่ 1 ทำการเก็บรวบรวมไข่ที่ได้รับเพื่อใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป

การศึกษาวงจรชีวิตของด้วงเต่าสีส้ม

สุ่มไข่ที่ได้จากการเลี้ยงข้างต้นจำนวน 100 ฟอง ทำ 4 ซ้ำ แยกเลี้ยงในกล่องเลี้ยงแมลง ขนาด 15 x 21 x 7 เซนติเมตร ภายใต้สภาพแวดล้อมที่อุณหภูมิ 27 ±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60 ±10% ความยาวช่วงแสง 16L: 8D เมื่อไข่ฟักเป็นตัวอ่อน ทำการแยกเลี้ยงตัวอ่อนในกล่องขนาดเท่าเดิมด้วยเพลี้ยอ่อนถั่ว โดยทำการเปลี่ยนอาหารทุกวัน ทำการบันทึกลักษณะของไข่ ตัวอ่อน ดักแด้ ตัวเต็มวัย และระยะเวลาที่ใช้เปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโต เมื่อเป็นตัวเต็มวัยแยกเลี้ยงในกล่องพลาสติกกลมใส เป็นคู่ ๆ และใส่เพลี้ยอ่อนถั่ว ตรวจและบันทึกจำนวนไข่ที่ด้วงเต่าสีส้มวางทุกวันจนกระทั่งตัวเต็มวัยตายหมด และดำเนินการเช่นเดียวกันแต่ใช้เพลี้ยอ่อนผัก (*Lipaphis erysimi* Kaltenbach) เป็นแหล่งอาหาร เปรียบเทียบผลการเพาะเลี้ยงด้วงเต่าสีส้มด้วยเพลี้ยอ่อนทั้งสองชนิด

การศึกษาตารางชีวิตของด้วงเต่าสีส้ม

นำไข่ที่ได้จากการเลี้ยงข้างต้น ซึ่งมีอายุเท่ากัน จำนวน 100 ฟอง ทำ 4 ซ้ำ แยกเลี้ยงในกล่องเลี้ยงแมลง ขนาด 15 x 21 x 7 เซนติเมตร ภายใต้สภาพแวดล้อมเช่นเดิม ทำการเพาะเลี้ยงด้วงเต่าสีส้มด้วยเพลี้ยอ่อนถั่ว โดยดำเนินการ 2 ชุด คือ ชุดที่หนึ่งเพื่อศึกษา biological life table และชุดที่สองเพื่อศึกษาถึง partial ecological life table ในส่วนของ biological life table นั้นทำการตรวจนับจำนวนและเปลี่ยนอาหารทุกวัน ติดตามสังเกตการเจริญเติบโตสู่ระยะต่าง ๆ จนเป็นตัวเต็มวัย ตรวจนับจำนวนตัวเต็มวัยที่เกิดขึ้น จากนั้นตรวจนับจำนวนไข่ทุกวันจนหยุดวางไข่และตัวเต็มวัยตายหมด นำข้อมูลที่ได้มาสร้างตารางชีวิต และคำนวณค่าทางสถิติต่าง ๆ คือ อัตรา

การขยายพันธุ์สุทธิ (net reproductive rate) ชั่วอายุขัยของกลุ่ม (cohort generation time) ค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มทางกรรมพันธุ์ของประชากร (capacity for increase of population) อัตราการเพิ่มที่แท้จริงของประชากร (finite rate of increase of population) ส่วนที่สองศึกษา partial ecological life table ดำเนินการในลักษณะเดียวกับการศึกษาทางชีววิทยา และติดตามการเปลี่ยนแปลงจำนวนของแมลงในทุกระยะ บันทึกจำนวนแมลงที่รอดชีวิตในแต่ละวัย นำข้อมูลที่ได้มาสร้างตารางชีวิต และคำนวณค่าทางสถิติต่าง ๆ ตามที่อธิบายไว้โดย Southwood (1978), Price (1997) และอินทวัฒน์ (2548) ส่วนการศึกษาตารางชีวิตด้วงเต่าที่เพาะเลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนผักดำเนินการในทำนองเดียวกัน

ผลการทดลองและวิจารณ์

วงจรชีวิตของด้วงเต่าสีส้มเมื่อเลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนถั่ว

ระยะไข่: ไข่ลักษณะยาวรี ส่วนยอดแหลม มีสีเหลืองอ่อน และเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเข้มเมื่อใกล้ฟัก ใช้เวลาเฉลี่ย 2.60 ±0.50 วัน

ระยะตัวอ่อน: ตัวอ่อนมี 4 วัย ดังนี้ วัยที่ 1 ลำตัวมีสีน้ำตาลอ่อน ปล้องอกแบ่งเป็น 3 ปล้องชัดเจน ใช้เวลาเฉลี่ย 2.05 ±0.78 วัน วัยที่ 2 ลำตัวมีสีน้ำตาลเข้ม มีแถบสีครีมพาดกลางลำตัว ตั้งแต่อกปล้องที่ 2จนถึงปล้องท้องปล้องสุดท้าย ใช้เวลาเฉลี่ย 2.07 ±0.70 วัน วัยที่ 3 ลำตัวสีน้ำตาลแดงจนถึงสีดำและมีขนาดใหญ่ขึ้น ใช้เวลาเฉลี่ย 2.93 ±1.22 วัน ส่วนวัยที่ 4 รูปร่างเหมือนวัยที่ 3 แต่มีลำตัวขนาดใหญ่ขึ้น ใช้เวลาเฉลี่ย 1.85 ±0.69 วัน รวมระยะเวลาการเจริญเติบโตของตัวอ่อนเฉลี่ย 8.90 ±0.95 วัน

ระยะก่อนเข้าดักแด้: ลำตัวหดสั้นและงอตัว โดยใช้ส่วนปลายของปล้องท้องปล้องสุดท้ายเกาะติดกับพื้นผิวของวัสดุ หยุดนิ่ง ใช้เวลาเฉลี่ย 1.55 ±0.69 วัน

ระยะดักแด้: รยางค์และปีกเป็นอิสระ ไม่ติดกับลำตัว (exarate) ไม่มีรังเส้นใยห่อหุ้ม ส่วนปลายของท้องปล้องสุดท้ายยึดติดกับพื้นวัสดุ ดักแด้สีน้ำตาลเหลืองและมีเส้นสีดำเฉียงจากด้านข้างของลำตัวขึ้นไปหาส่วนหัว ใช้เวลาเฉลี่ย 2.20 ±0.63 วัน

ตัวเต็มวัย: ตัวเต็มวัยเมื่อออกจากดักแด้ทั้งเพศผู้และเพศเมีย มีลำตัวรูปไข่สีขาวและเปลี่ยนเป็นสีเข้มขึ้นเรื่อย ๆ จนมีสีเหลืองส้มหรือส้มแดง บนปีกไม่มีลวดลาย ขอบด้านนอกและด้านในของปีกแต่ละข้างมีเส้นสีดำ ซึ่งเมื่อประกบปีกเข้าด้วยกันเห็นเป็นเส้นตามยาวอยู่กลางลำตัว ส่วนหัวมีจุดสีดำ 2 จุด เห็นได้ชัดเจน ลักษณะแตกต่างของเพศสังเกตได้จากลักษณะของท้องปล้องสุดท้าย โดยเพศเมียมีปล้องท้องเรียวและงุ้ม เพศผู้ปล้องท้องโค้งมน โดยมีสัดส่วนเพศระหว่างเพศผู้: เพศเมีย เท่ากับ 3: 4 (ตารางที่ 1)

วงจรชีวิตของด้วงเต่าสีส้มเมื่อเลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนผัก

ลักษณะทางชีววิทยาของด้วงเต่าสีส้มระยะต่าง ๆ ที่เพาะเลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนผักมีลักษณะเหมือนที่พบในการเพาะเลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนถั่ว ยกเว้นระยะเวลาการเจริญเติบโตในแต่ละวัยของด้วงเต่าแตกต่างกัน โดยในระยะไข่ใช้เวลาฟักออกเป็นตัวอ่อน เฉลี่ย 2.55 ±0.51 วัน ระยะตัวอ่อน มี 4 วัย ใช้เวลาเฉลี่ย 1.69 ±1.08, 3.27 ±1.10, 1.45 ±0.52 และ 2.18 ±1.47 วัน ตามลำดับ ระยะก่อนเข้าดักแด้ ใช้เวลาเฉลี่ย 1.20 ±0.42 วัน ระยะดักแด้ใช้เวลาเฉลี่ย 2.10 ±0.57 วัน จึงเจริญเป็นตัวเต็มวัย โดยมีสัดส่วนเพศระหว่างเพศผู้: เพศเมียเท่ากับ 5: 3 (ตารางที่ 1)

จากการศึกษาลักษณะทางชีววิทยาของด้วงเต่าสีส้มเมื่อเพาะเลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนทั้งสองชนิดนั้น พบว่าระยะการเจริญเติบโตเฉลี่ยของตัวอ่อนด้วงเต่าที่เลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนถั่วและเพลี้ยอ่อนผักคือ 8.90 และ 8.60 วัน ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติ ($P \geq 0.05$) สอดคล้องกับรายงานของ Prodhan *et al*. (1995) พบว่าด้วงเต่าสีส้มระยะตัวอ่อนที่เลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนถั่ว ใช้เวลา 7-9 วัน แต่มีระยะเวลาการเจริญเติบโตสั้นกว่าผลการศึกษาของ Chowdhury *et al*. (2008) เล็กน้อย ที่ใช้เวลา 8.8-14 วัน จึงเจริญเป็นตัวเต็มวัย ความแตกต่างของระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญเติบโตนี้เป็นผลมาจากหลายปัจจัย เช่น

Table 1 Duration of various developmental stages of *Micraspis discolor* (Fabricius) fed on *Aphis craccivora* (Koch) and *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) under laboratory conditions (27 ±2°C and 60 ±10% RH).

Stage of development	Species of aphid sources					
	Aphis craccivora			*Lipaphis erysimi*		
	N	Mean ±S.D. (days)	Range (days)	N	Mean ±S.D. (days)	Range (days)
Egg	100	2.60 ±0.50	2-3	100	2.55 ±0.51	2-3
Larva:						
Instar I	95	2.05 ±0.78	1-4	80	1.69 ±1.08	1-5
Instar II	75	2.07 ±0.70	1-4	55	3.27 ±1.10	2-5
Instar III	75	2.93 ±1.22	1-5	55	1.45 ±0.52	1-2
Instar IV	65	1.85 ±0.69	1-3	55	2.18 ±1.47	1-5
Total larval period	65	8.90 ±0.95	7-10	55	8.60 ±1.26	7-10
Prepupa	55	1.55 ±0.69	1-3	50	1.20 ±0.42	1-2
Pupa	50	2.20 ±0.63	1-3	50	2.10 ±0.57	1-3
Total life cycle	35	15.24 ±0.86	14-17	40	14.45 ±1.06	14-16
Mated adult:						
Male	15	6.33 ±0.58	5-7	25	3.60 ±0.55	3-5
Female	20	5.50±1.91	3-8	15	6.67 ±2.52	4-10

ชนิดและคุณภาพของอาหาร อุณหภูมิ ความชื้น และสภาพแวดล้อม (Sakurai *et al*., 1991) นอกจากนี้ ระยะเวลาการเจริญเติบโตของด้วงเต่าสีส้มที่เลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนผักสั้นกว่าการเลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนถั่วเล็กน้อย ไม่แตกต่างทางสถิติ ($P \geq 0.05$) เช่นเดียวกับที่พบในการเพาะเลี้ยงด้วงเต่า *Coccinella septempunctata* (Omkar and Srivastava, 2003) ใช้ระยะเวลาเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยสั้นที่สุดเมื่อเลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนผัก

ตารางชีวิตของด้วงเต่าสีส้มเมื่อเลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนถั่วและเพลี้ยอ่อนผัก

ผลการวิเคราะห์ค่าคุณลักษณะทางชีววิทยาจากตารางชีวิตแบบ biological life table ของด้วงเต่าสีส้มที่เลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนถั่ว พบว่าด้วงเต่าสีส้มมีค่าอัตราการขยายพันธุ์สุทธิ (R_o) เท่ากับ 12.8262 เท่า ค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มทางกรรมพันธุ์ (r_c) มีค่าเท่ากับ 0.1255 อัตราการเพิ่มที่แท้จริง (λ) มีค่าเท่ากับ 1.1337 และมีชั่วอายุขัยของกลุ่ม (T_c) เท่ากับ 20.3385 (ตารางที่ 2) ความสัมพันธ์ของการขยายพันธุ์ในแต่ละช่วงอายุ ($l_x m_x$) ของด้วงเต่าสีส้มกับช่วงอายุ (x) มีลักษณะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยตัวเต็มวัยของด้วงเต่าสีส้มเริ่มวางไข่ในวันที่ 3 หลังจากเป็นตัวเต็มวัย และวางไข่สูงสุดในวันที่ 6 โดยมีช่วงระยะเวลาวางไข่ 9 วัน (ภาพที่ 1) ในขณะที่เลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนผัก พบว่าด้วงเต่าสีส้มมีค่าอัตราการขยายพันธุ์สุทธิ (R_o) เท่ากับ 6.3000 เท่า ค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มทางกรรมพันธุ์ (r_c) มีค่าเท่ากับ

0.1107 อัตราการเพิ่มที่แท้จริง (λ) มีค่าเท่ากับ 1.1171 และมีชั่วอายุขัยของกลุ่ม (T_c) เท่ากับ 16.6190 (ตารางที่ 2) ความสัมพันธ์ของการขยายพันธุ์ในแต่ละช่วงอายุ (l_xm_x) ของด้วงเต่าสีส้มกับช่วงอายุ (x) มีลักษณะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเช่นกัน โดยตัวเต็มวัยของด้วงเต่าสีส้มเริ่มวางไข่ในวันที่ 2 หลังจากเป็นตัวเต็มวัย และวางไข่สูงสุดในวันที่ 3 โดยมีช่วงระยะเวลาวางไข่ 10 วัน (ภาพที่ 1)

จากการศึกษาตารางชีวิตแบบ biological life table ของด้วงเต่าสีส้มที่เลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนถั่วและเพลี้ยอ่อนผักค่าอัตราการขยายพันธุ์สุทธิ (R_o) บ่งบอกว่าด้วงเต่าสีส้มที่เลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนถั่วสามารถผลิตลูกรุ่นต่อไปได้สูงว่าเลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนผักถึง 2.04 เท่า ทั้งนี้มีอัตราการเพิ่มโดยกรรมพันธุ์ (r_c) และอัตราการเพิ่มที่แท้จริง (λ) แตกต่างกัน 1.13 และ 1.01 เท่าตามลำดับ แต่มีชั่วอายุขัยของกลุ่ม (T_c) ยาวนานกว่า 3.72 วัน ส่วนระยะพักตัวก่อนการวางไข่ และช่วงเวลาการวางไข่ของด้วงเต่าสีส้มที่เพาะเลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนทั้งสองชนิดนั้นไม่แตกต่างกัน แต่ช่วงวันที่พบการวางไข่สูงสุดนั้นด้วงเต่าที่เพาะเลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนผักสั้นกว่าด้วงเต่าที่เพาะเลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนถั่วถึง 3 วัน

ผลการศึกษาตารางชีวิตแบบ partial ecological life table ของด้วงเต่าสีส้ม เมื่อเลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนถั่ว ในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่า มีอัตราการตายต่อ

Table 2 Parameters calculated for biological attributes of *Micraspis discolor* (Fabricius) fed on *Aphis craccivora* (Koch) and *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach).

Biological attribute	Formula	Calculated value	
		A. craccivora	*L. erysimi*
Net reproductive rate of increase (R_o)	$\sum l_x m_x$	12.8262	6.3000
Capacity for increase (r_c)	$\frac{\log_e R_o}{T_c}$	0.1255	0.1107
Cohort generation time (T_c)(days)	$\frac{\sum l_x m_x X}{\sum l_x m_x}$	20.3385	16.6190
Finite rate of increase (λ)	$\text{antilog}_e r_c$	1.1337	1.1171

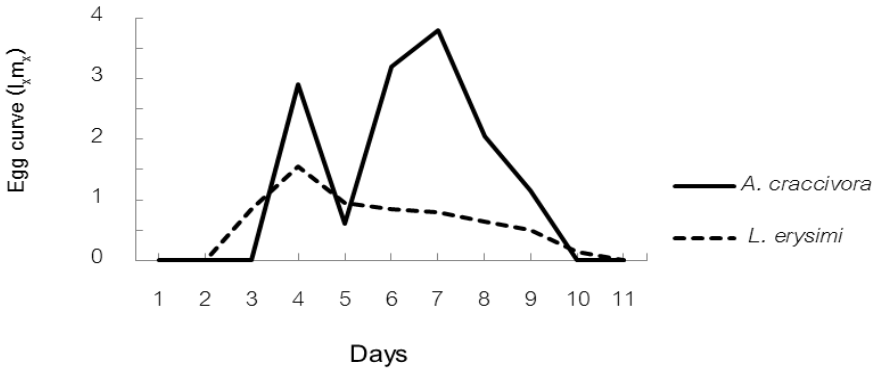

Figure 1 Egg curve of *Micraspis discolor* (Fabricius) fed on *Aphis craccivora* (Koch) and *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) under laboratory conditions (27 ±2°C and 60 ±10% RH).

ชั่วอายุในแต่ละระยะของการเจริญเติบโต คือ ระยะไข่ ระยะตัวอ่อนวัยที่ 1-4 ระยะก่อนเข้าดักแด้และระยะดักแด้ เท่ากับร้อยละ 5.0, 20.0, 0.0, 10.0, 10.0, 5.0 และ 15.0 ตามลำดับ (ตารางที่ 3) โดยในระยะตัวอ่อนวัยที่ 1 มีอัตราการตายสูงสุด และระยะตัวอ่อนวัยที่ 2 มีอัตราการตายต่ำสุด ในขณะที่เลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนผัก พบว่ามีอัตราการตายต่อชั่วอายุในแต่ละระยะคิดเป็นร้อยละ 20.0, 25.0, 0.00, 0.00, 5.0, 0.0 และ 10.0 ตามลำดับ (ตารางที่ 3) โดยในระยะตัวอ่อนวัยที่ 1 มีอัตราการตายสูงสุด และระยะตัวอ่อนวัยที่ 2-3 และเตรียมเข้าดักแด้มีอัตราการตายต่ำสุดซึ่งการศึกษาตารางชีวิตแบบนี้เป็นการศึกษาในสภาพห้องปฏิบัติการที่มีปัจจัยต่าง ๆ เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของแมลง ดังนั้นการตายของแมลงในระยะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโตเป็นการตายเนื่องมาจากศักยภาพทางชีวภาพของแมลง การตายดังกล่าวจึงเกิดขึ้นน้อยกว่าที่ควรจะเป็น เมื่อเปรียบเทียบกับการดำรงชีพอยู่ในสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ ซึ่งมีทั้งปัจจัยที่มีชีวิต (biotic factors) และปัจจัยที่ไม่มีชีวิต (abiotic factors) มากมายที่เป็นสาเหตุทำให้แมลงตายได้มากกว่า (ณัฏฐาวรีย์, 2552)

เมื่อนำค่าอัตราการอยู่รอดในแต่ละระยะการเจริญเติบโต (l_x) และระยะการเจริญเติบโต (x) สร้างเส้นกราฟที่เรียกว่า Survivorship curve พบว่า ลักษณะเส้นกราฟของด้วงเต่าสีส้มที่เลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนถั่วมีอัตราการตายในระยะต่าง ๆ ในลักษณะที่ลดจำนวนลงอย่างสม่ำเสมอ จัดเป็นแบบ Type II (Deevey, 1947) ในขณะที่กราฟของด้วงเต่าสีส้มที่เลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนผักมีอัตราการตายสูงมากในระยะไข่และตัวอ่อนวัยที่ 1 แต่เปลี่ยนแปลงน้อยมากในระยะตัวอ่อนวัยที่ 2-4 และระยะดักแด้ ซึ่งจัดเป็นแบบ Type III (ภาพที่ 2)

Table 3 Partial ecological life tables of *Micraspis discolor* (Fabricius) fed on *Aphis craccivora* (Koch) and *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) under laboratory conditions (27 ±2°C and 60 ±10% RH).

Stage of development (X)	Species of aphid sources							
	Aphis craccivora				*Lipaphis erysimi*			
	l_x	d_x	$100q_x$	$100d_x/n$	l_x	d_x	$100q_x$	$100d_x/n$
Egg	100	5	5.00	5	100	20	20	20
Larva:								
Instar I	95	20	21.05	20	80	25	31.25	25
Instar II	75	0	0	0	55	0	0	0
Instar III	75	10	13.33	10	55	0	0	0
Instar IV	65	10	15.38	10	55	5	9.09	5
Prepupa	55	5	9.09	5	50	0	0	0
Pupa	50	15	30.00	15	50	10	20	10
Adult:	35				40			
Male	15				25			
Female	20				15			

l_x = Number of surviving at the beginning of X, d_x = Number of dying within X

$100q_x$ = Percent mortality, $100d_x/n$ = Generation mortality

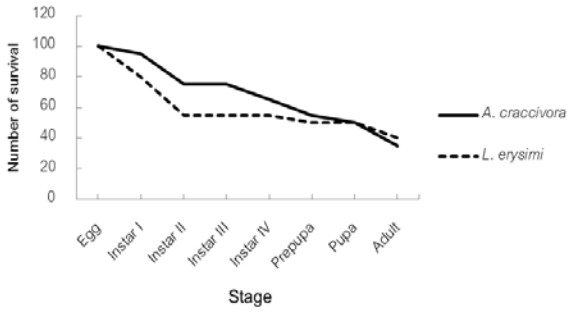

Figure 2 Survivorship curves of *Micraspis discolor* (Fabricius) fed on *Aphis craccivora* (Koch) And *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) under laboratory conditions.

จากการศึกษาอัตราการตายของด้วงเต่าสีส้มที่เลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อน 2 ชนิด คือ เพลี้ยอ่อนถั่ว และเพลี้ยอ่อนผัก พบว่ามีค่าความสัมพันธ์ในแต่ละระยะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน โดยด้วงเต่าสีส้มที่เลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนถั่ว มีSurvivorship curve แบบ Type II ซึ่งมักพบได้ในกรณีของแมลงตัวห้ำ เช่น ด้วงเต่า *Scymnus levaillanti* (Mulsant) ที่เพาะเลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนถั่ว (Uygun and Atlihan, 2000) และแมลงสังคม เช่น ผึ้ง (Visscher and Dukas, 1997) ส่วนด้วงเต่าสีส้มที่เลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนผัก มี Survivorship curve แบบ Type III ซึ่งมีอัตราการตายในระยะไข่ที่สูง โดยการตายในระยะไข่เกิดจากการที่ไข่ไม่ฟักเป็นตัวหนอน ทั้งที่กลุ่มไข่ได้รับจากกลุ่มด้วงเต่าพ่อและแม่ชุดเดียวกัน ทั้งนี้สาเหตุการไม่ฟักของไข่นั้นสามารถเกิดจากสาเหตุหลายปัจจัย เช่น พันธุกรรมของแมลง ความสมบูรณ์ของเพศเมีย ประสิทธิภาพของการผสมพันธุ์ สรีรวิทยา และโครงสร้างของไข่ รวมทั้งกลิ่นของพืชอาหาร หรือสารเคมีต่าง ๆ ที่อยู่ในพืชอาหารที่เพาะเลี้ยง (Dixon, 2000; Olszak, 1988) ส่วนการตายในระยะตัวอ่อนวัยที่ 1 มีสาเหตุจากโครงสร้างของหนอนมีขนาดเล็กและบอบบาง จึงมีโอกาสกระแทกทำให้เกิดบาดแผลและตายได้โดยง่าย (จอมสุรางค์ และคณะ, 2550) ซึ่งลักษณะการตายในแบบที่สามนี้ สามารถพบได้ในแมลงกินพืชทั่วไป เช่น แมลงดำหนามมะพร้าว (*Brontis longissima* Gestro) (วิริยา, 2550) และด้วงงวงสาหร่ายหางกระรอก (*Bagous subvittatus* O'Brien & Morimoto) (Sabchucherdwong, 2000) จากผลการศึกษาครั้งนี้จึงกล่าวได้ว่า ในการเพาะเลี้ยงด้วงเต่าสีส้มเพื่อใช้ประโยชน์ในการควบคุมโดยชีววิธีนั้น เพลี้ยอ่อนถั่วจึงมีความเหมาะสมใช้เป็นแหล่งอาหารของด้วงเต่าชนิดนี้

สรุป

การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของด้วงเต่าสีส้มเมื่อเพาะเลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนถั่วและเพลี้ยอ่อนผัก พบว่าใช้ระยะเวลาเจริญเติบโตตั้งแต่ระยะไข่จนถึงตัวเต็มวัย เฉลี่ย 15.24 ±0.86 และ 14.45 ±1.06 วัน ตามลำดับ และผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางชีววิทยาจากตารางชีวิตแบบ biological life table ของด้วงเต่าสีส้มที่เลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนถั่วมีอัตราการขยายพันธุ์สุทธิ (R_o) เท่ากับ 12.8262 เท่า ค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มทางกรรมพันธุ์ (r_c) เท่ากับ 0.1255 เท่า ชั่วอายุขัยของกลุ่ม (T_c) เท่ากับ 20.3385 วัน และมีอัตราการเพิ่มที่แท้จริง (λ) เท่ากับ 1.1337 เท่า โดยตัวเต็มวัยเริ่มวางไข่ในวันที่ในวันที่ 3 หลังจากเป็นตัวเต็มวัย และวางไข่สูงสุดในวันที่ 6 โดยมีช่วงระยะเวลาวางไข่ 9 วัน ในขณะที่เลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนผัก มีค่าอัตราการขยายพันธุ์สุทธิ (R_o) เท่ากับ 6.3000 เท่า ค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มทางกรรมพันธุ์ (r_c) เท่ากับ 0.1107 เท่า ชั่วอายุขัยของกลุ่ม (T_c) เท่ากับ 16.6190 วัน และมีอัตราการเพิ่มที่แท้จริง (λ) เท่ากับ 1.1171 เท่า โดยตัวเต็มวัยเริ่มวางไข่ในวันที่ 2 หลังจากเป็นตัวเต็มวัย และวางไข่สูงสุดในวันที่ 3 มีช่วงระยะเวลาวางไข่ 10 วัน เพลี้ยอ่อนถั่วจึงมีความเหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงด้วงเต่าสีส้มเพื่อการควบคุมโดยชีววิธี ส่วนผลการวิเคราะห์

คุณลักษณะทางชีววิทยาจากตารางชีวิตแบบ partial ecological life table ของด้วงเต่าสีส้มที่เลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนถั่วและเพลี้ยอ่อนผัก พบว่าระยะตัวอ่อนวัยที่ 1 มีอัตราการตายสูงสุด แต่มี survivorship curve แตกต่างกันเป็นแบบ Type II และ Type III ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยนเรศวร และศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ ภาคเหนือตอนล่าง ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับใช้ในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

จอมสุรางค์ ดวงธิสาร วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ ไสว บูรณพานิชพันธุ์ และจิราพร ตยุติวุฒิกุล. 2550. ชีววิทยาและนิเวศวิทยาของด้วงหมัดผักแถบลายในเขตภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย. วิทยาสารกำแพงแสน 5(1): 20-29.

ณัฏฐาวรีย์ กรมศิลป์. 2552. ชีววิทยาของผีเสื้อหนอนกะหล่ำเล็กและแมลงเบียนในพื้นที่ปลูกพืชวงศ์กะหล่ำของมูลนิธิโครงการหลวง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 62 หน้า.

วิริยา ประจิมพันธุ์. 2550. การศึกษานิเวศวิทยาของแมลงดำหนามมะพร้าว *Brontispa longissima* Gestro และทดสอบประสิทธิภาพการห้ำของแมลงหางหนีบ *Chelisoches morio* Fabricius. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 117 หน้า.

วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ ชุมพณ กันทะ วิภา หอมหวล สิริรัตน์ แสนยงค์ กมลวรรณ โรจน์สุนทรกิตติ และเกียรติศักดิ์ เกิดสุข. 2553. การบริหารโครงการและดำเนินโครงการวิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ: การควบคุมศัตรูพืชทางการเกษตรโดยชีววิธีของศูนย์ภาคเหนือตอนล่าง. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ. 73 หน้า.

อินทวัฒน์ บุรีคำ. 2548. นิเวศวิทยาวิเคราะห์ทางกีฏวิทยา. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 180 หน้า.

Begum, M.A., M. Jahan, M.N. Bari, M.M. Hossain and N. Afsana. 2002. Potentiality of *Micraspis discolor* (F.) as a biocontrol agent of *Nilaparvata lugens* (Stal). J. Bio. Sci. 2(9): 630-632.

Chowdhury, S.P., M.A. Ahad, M.R. Amin and M.S. Hasan. 2008. Biology of ladybird beetle *Micraspis discolor* (Fab.) (Coccinellidae: Coleoptera). Int. J. Sustain. Crop Prod. 3(3): 39-44.

Deevey, E.S., Jr. 1947. Life tables for natural populations of animals. Quart. Rev. Biol. 22(4): 283-314.

Dixon, A.F.G. 2000. Insect Predator-Prey Dynamics: Ladybird Beetles and Biological Control. Cambridge University Press, Cambridge. 257 p.

Duffieded, S.J. 1995. Crop-specific differences in the seasonal abundance of four major predatory groups on sorghum and short-duration pigeon pea. Intl. Chikpea Pigeon Pea Newsl. 2: 74-76.

Gautam, R.D., S. Chander, V.K. Sharma and R. Singh. 1995. Aphids infesting safflower, their predatory complex and effect on oil content. Ann. Plant Prot. Sci. 3(1): 27-30.

Harmon, J.P., A.R. Ives, J.E. Losey, A.C. Olson and K.S. Rauwald. 2000. *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae) predation on pea aphids promoted by proximity to dandelions. Oecologia 125(4): 543-548.

Hodek, I. and A. Honek. 1996. Ecology of Coccinellidae. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 464 p.

Kamal, N.Q., 1998. Brown planthopper (BPH), *Nilaparvata lugens* Stal situation in Bangladesh. A report of DAE-UNDP/FAO IPM Project, Khamarbari, Farmgate, Dhaka, Bangladesh.

Kawauchi, S. 1991. Selection for highly prolific females in three aphidophagous coccinellids. pp. 177-181. *In*: L. Polgar, R. J. Chambers, A. F. G. Dixon and I. Hodek (eds.). Behaviour and Impact of Aphidophaga. SPB Acad. Publ., The Hague.

Lakhanpal, G.C. and D. Raj. 1998. Predation potential of coccinellid and syrphid on important aphid species infesting rapeseed in Himachal Pradesh. J. Ent. Res. 22(2): 181-190.

Mani, M. 1995. Studies of natural enemies of wax scale *Drepanococcus chiton* (Green) on ber and guava. Entomol. 20(2): 55-58.

Milevoj, L. 1997. Effects of food on the adult coccinellids, *Coccinella septempunctata* L. Zbornik Biotehniske Fakultete Univerze v Ljubljani, Kmetijstvo 69: 137-140.

Obatake, H. and H. Suzuki. 1985. On the isolation and identification of canavanine and ethanolamine contained in the young leaves of black locus, *Robinia pseudoacacia*, lethal for the lady beetle, *Harmonia axyridis*. Tech. Bull. Fac. Agr., Kagawa Univ. 36: 107-115.

Okamoto, H. 1966. Three problems of prey specificity of aphidophagous coccinellids. pp. 45-46. *In*: I. Hodek (ed.). Ecology of Aphidophagous Insects. Academia, Prague & Dr. W. Junk, The Hague.

Olszak, R.W. 1988. Voracity and development of three species of Coccinellidae, preying upon different species of aphids. pp. 47-53. *In*: E. Niemczyk and A. F. G. Dixon (eds.). Ecology and Effectiveness of Aphidophaga. SPB Acad. Publ., The Hague.

Omkar and S. Srivastava. 2003. Influence of six aphid prey species on development and reproduction of a ladybird beetle, *Coccinella septempunctata*. BioControl. 48(4): 379-393.

Prabhakar, A.K. and S.P. Roy. 2010. Evaluation of the consumption rates of dominant coccinellid predators on aphids in north-east Bihar. The Bioscan 5(3): 491-493.

Price, P.W. 1997. Insect Ecology. John Wiley and Sons. New York. 874 p.

Prodhan, N.Z.H., M.A. Haque, A.B. Khan and A.K. M. M. Rahman. 1995. Biology of *Micraspis discolor* (Coleoptera: Coccinellidae) and its susceptibility to two insecticides. Bangladesh J. Entomol. 5: 11-17.

Rao, N.V., A.S. Reddy and K.T. Rao. 1989. Natural enemies of cotton white fly, *Bemisia tabaci* Gennadius in relation to host population and weather factors. J. Biol. Control. 3(1): 10-12.

Sabchucherdwong, K. 2000. Biological investigation on *Bagous subvittatus* O'Brien and Morimoto (Coleoptera: Curculionidae) on Hydrilla, *Hydrilla verticillata* (L.F.) Royle (Hydrocharitaceae). M.S. Thesis. Kasetsart University, Bangkok.

Sakurai, H., N. Yoshida, C. Kobayashi and S. Takeda. 1991. Effects of temperature and day length on oviposition and growth of lady

beetle, *Coccinella septumpunctata bruckii*. Res. Bull. Fac. Agri., Gifu Univ. 56: 45-50.

Shepard, B.M. and H.R. Rapusas, 1989. Life cycle of *Micraspis* sp. on brown planthopper (BPH) and rice pollen. Int. Rice Res. Newsl. 14: 40.

Southwood, T.R.E. 1978. Ecological methods with particular reference to the study of insect populations. ELBS and Chapman & Hall, Cambridge. 524 p.

Uygun, N. and R. Atlihan. 2000. The effect of temperature on development and fecundity of *Scymnus levaillanti*. BioControl. 45(4): 453–462.

Visscher, P.K. and R. Dukas. 1997. Survivorship of foraging honey bees. Insectes Sociaux 44(1): 1-5.

ผลของการให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่วิทยุต่อผีเสื้อข้าวเปลือกและคุณภาพการสีของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

Effects of Radio Frequency Heating on *Sitotroga cerealella* (Olivier) and Milling Quality of Rice cv. Khao Dawk Mali 105

อัมพร บัวผุด[1/, 2/] เยาวลักษณ์ จันทร์บาง[1/, 2/, 3/] และ สุชาดา เวียรศิลป์[1/, 2/, 4/]

Amporn Buapud[1/, 2/] Yaowaluk Chanbang, Y.[1/, 2/, 3/] and Suchada Vearasilp[1/, 2/, 4/]

Abstract: The objectives of this experiment were to study effects of radio frequency heating at 27.12 MHz to control Angoumois grain moth, *Sitotroga cerealell*a (Olivier) and to examine radio frequency (RF) effects on milling quality of Rice cv. Khao Dawk Mali 105. By heating the RF power of 700 watts to egg, larval and pupal stages of Angoumois grain moth a tolerant stage was evaluated. The rough rice containing egg, larva and pupa of Angoumois grain moth mixed with 800 g of rough rice at 14% moisture content were packed separately in 20 x 25 cm jute bag and then treated with 700 watts RF at 120 seconds. The result found that the mortality was ignificantly different ($P< 0.05$) among egg (80.04%), larval (88.82%) and pupal (68.75%) stages respectively. Pupal stage as an RF tolerant stage of Angoumois grain moth was treated for 140, 160, 180, 200 and 220 seconds. The result showed that RF heating for 700 watts for 220 seconds caused 100% pupal mortality. The milling quality by heating with 700 watts RF for 220 seconds was assayed. There was significantly higher percentage of head rice compared with control. The color of milled rice was significantly changed to more yellow (higher b*) and the percentage of moisture was also significantly decreased. The percentage of brown rice, white rice, color brightness (L*), and amylose content showed no significantly changed.

Keywords: Rice, radio frequency heat treatment, Angoumois grain moth, milling quality

---

[1/] สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

[2/] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10400

[3/] ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

[4/] ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

[1/] Postharvest Technology Research Institute Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

[2/] Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education, Bangkok 10400, Thailand

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

[4/] Department of Plant Science and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

บทคัดย่อ: การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่วิทยุ (RF) ที่ความถี่ 27.12 MHz ในการกำจัดผีเสื้อข้าวเปลือกและผลของคลื่นความถี่วิทยุต่อคุณภาพและการสีของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 โดยให้ความร้อนที่พลังงาน 700 วัตต์ ทดลองกับผีเสื้อข้าวเปลือกในระยะ ไข่ หนอน และดักแด้ เพื่อหาระยะทนทาน โดยนำผีเสื้อข้าวเปลือกระยะ ไข่ หนอน และดักแด้ ที่อยู่ในเมล็ดข้าวเปลือก มาบรรจุถุงกระสอบป่านขนาด 20 x 25 เซนติเมตร พร้อมกับข้าวเปลือกที่มีความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนัก 800 กรัม โดยให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่วิทยุ ที่ระดับพลังงาน 700 วัตต์ เวลา 120 วินาที พบว่า ระยะไข่ หนอน และดักแด้ มีอัตราการตายแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) เท่ากับ 80.04, 88.82 และ 68.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อใช้ระยะดักแด้ซึ่งเป็นระยะที่ทนทานต่อคลื่นความถี่วิทยุ เป็นตัวแทนของระยะต่าง ๆ ไปผ่านคลื่นความถี่วิทยุ ที่ระยะ เวลา 140, 160, 180, 200 และ 220 วินาที พบว่า ดักแด้มีอัตราการตายอย่างสมบูรณ์ ที่ระยะเวลา 220 วินาที ด้านคุณภาพหลังการสี โดยการให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่วิทยุ ที่ 220 วินาที พบว่า เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวเพิ่มขึ้น สีของข้าวสารมีสีเหลืองเพิ่มขึ้น (b*) และค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ส่วนเปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง ข้าวขาว ค่าความสว่าง (L*) และปริมาณอะไมโลสไม่เปลี่ยนแปลง

คำสำคัญ: ข้าว การให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่วิทยุ ผีเสื้อข้าวเปลือก คุณภาพการสี

คำนำ

ความเสียหายของข้าวเปลือกเนื่องมาจากแมลงเป็นปัญหาของหลายประเทศและเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหาทางเศรษฐกิจ ผีเสื้อข้าวเปลือก (Angoumois grain moth) เป็นแมลงศัตรูสำคัญที่สุดชนิดหนึ่งของข้าวเปลือก พบในแปลงปลูกในช่วงการเก็บเกี่ยว และทำความเสียหายระหว่างการเก็บรักษา นอกจากทำลายข้าวเปลือกแล้ว ยังทำความเสียหายให้กับข้าวโพด ข้าวสาลีและเมล็ดพืชชนิดอื่น โดยระยะหนอนจะอาศัยและกัดกินภายในเมล็ดจนเหลือแต่เปลือก ส่งผลทำให้เกิดความเสียหายทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ (กุสุมาและคณะ, 2548) การป้องกันกำจัดโดยใช้สารเคมี ทำให้เกิดสารพิษตกค้างที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งเกิดปัญหาแมลงสร้างความต้านทานต่อสารเคมี ทางเลือกในการป้องกันกำจัดแมลงวิธีการหนึ่งได้แก่ การใช้คลื่นความถี่วิทยุ (radio frequency, RF) เป็นวิทยาการสมัยใหม่ที่ใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงโดยไม่ใช้สารเคมี ใช้หลักการสร้างความร้อนจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ในระดับความถี่คลื่นวิทยุ ปล่อยผ่านไปยังวัตถุจนเกิดความร้อนขึ้นจากภายในวัตถุ (Birla *et al*., 2004) โดยคลื่นความถี่วิทยุสร้างความร้อนอย่างรวดเร็ว มีการกระจายความร้อนสม่ำเสมอและลดระยะเวลาการให้ความร้อน ดังนั้นงานทดลองนี้จึงมีการประยุกต์ใช้คลื่นความถี่วิทยุในการกำจัดแมลงผีเสื้อข้าวเปลือก จากหลักการ การสั่นสะเทือนของโมเลกุลน้ำ วัตถุที่มีองค์ประกอบของน้ำจะมีความร้อนเกิดขึ้นภายในตัวเอง แมลงซึ่งมีองค์ประกอบของน้ำอยู่ปริมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ สามารถดูดซับพลังงานได้เร็วและก่อให้เกิดความร้อนในตัวแมลงได้เร็วกว่าเมล็ดข้าวเปลือกจึงเกิดความร้อนขึ้นมากกว่า และรวดเร็วกว่า แมลงอาจตายได้อย่างรวดเร็ว โดยที่เมล็ดข้าวยังไม่ถูกทำลายและไม่มีผลต่อคุณภาพของข้าว (สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว, 2551) จากงานวิจัยของ ณคณิณ (2551) พบว่าการใช้คลื่นความถี่วิทยุ ที่ความถี่ 27.12 MHz อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 3 นาที สามารถกำจัดผีเสื้อข้าวสารได้ดีในทุกระยะการเจริญเติบโต นอกจากนั้น กฤษณา (2552) ยังพบว่าการใช้คลื่นความถี่วิทยุกำจัดมอดหัวป้อมในข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที สามารถกำจัดมอดหัวป้อมได้สมบูรณ์ และมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพข้าวสารเพียงเล็กน้อย คือความชื้นลดลง ข้าวมีสีขาวออกเหลือง กลิ่นหอม 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) ลดลง และเปอร์เซ็นต์อะไมโลสเพิ่มขึ้น คุณภาพข้าวดังกล่าว มีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนักโดยยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานสินค้าข้าวหอมมะลิไทย ของกรมการค้าต่างประเทศ ดังนั้นการใช้คลื่นความถี่วิทยุจึงมีความเป็นไปได้สูงในการนำมาประยุกต์ใช้กำจัดแมลงผีเสื้อข้าวเปลือก ในการ

ทดลองนี้มีวัตถุประสงค์ในการใช้คลื่นความถี่วิทยุนำมากำจัดผีเสื้อข้าวเปลือก และศึกษาผลกระทบของคลื่นความถี่วิทยุ อัตราที่นำมาใช้กำจัดผีเสื้อข้าวเปลือกต่อคุณภาพของข้าวเปลือก

อุปกรณ์และวิธีการ

การเลี้ยงและการเตรียมผีเสื้อข้าวเปลือกระยะต่าง ๆ

เก็บตัวอย่างผีเสื้อข้าวเปลือกจากแหล่งเก็บรักษาข้าวเปลือกของเกษตรกรในพื้นที่อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่มาเลี้ยงเพื่อเพิ่มปริมาณในห้องปฏิบัติการ โดยนำข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่แข็ง 5-7 วัน เพื่อกำจัดแมลงอื่นที่ปะปนมาไปผึ่งไว้ในอุณหภูมิห้อง จากนั้นปรับความชื้นเป็น 15 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของแมลง นำข้าวเปลือกสำหรับเลี้ยงแมลงจำนวน 200 กรัม ใส่ในกล่องพลาสติกทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 13.5 เซนติเมตร สูง 14.5 เซนติเมตร จากนั้นจับตัวเต็มวัยของผีเสื้อข้าวเปลือกด้วย aspirator ประมาณ 100 ตัว นำไปปล่อยในกล่องพลาสติกทรงกลมพร้อมข้าวเปลือกที่เตรียมไว้ ปล่อยให้ผีเสื้อข้าวเปลือกวางไข่ และเจริญเป็น หนอน และดักแด้

ระยะไข่ คัดแยกข้าวเปลือกที่มีไข่ของผีเสื้อข้าวเปลือกออกมา ปล่อยให้เจริญเป็นหนอน และดักแด้ซึ่งใช้เวลาเวลาประมาณ 25 วัน สังเกตระยะดักแด้ได้จากลักษณะเมล็ดข้าวเปลือก โดยก่อนจะเข้าดักแด้หนอนจะกัดเปลือกของข้าวเปลือกเป็นรูปวงกลม จนเหลือแต่เยื่อบาง ๆ แล้วจึงเข้าดักแด้ ใส่เมล็ดข้าวที่มีดักแด้ของผีเสื้อข้าวเปลือก ลงในกล่องพลาสติกทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 13.5 เซนติเมตร สูง 14.5 เซนติเมตร พร้อมข้าวเปลือกที่สะอาดและผ่านการปรับความชื้นแล้ว ปล่อยให้ดักแด้ใน stock culture ของผีเสื้อข้าวเปลือกเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัย ใช้เวลาประมาณ 5-7 วัน หลังจากออกเป็นตัวเต็มวัยแล้วผีเสื้อข้าวเปลือกจะจับคู่ผสมพันธุ์ และวางไข่บนเมล็ดข้าวเปลือก หรือวางตามขั้วเมล็ด และกลีบรองเมล็ด วิธีนี้ทำให้ได้ผีเสื้อข้าวเปลือกที่มาวางไข่ไม่ซ้ำหรือตายจากการดูดด้วย aspirator เพราะอาจมีผลกระทบกับผีเสื้อทำให้มีการวางไข่ที่น้อยลงได้ ไข่จะเปลี่ยนสีเป็นชมพูอ่อนอมส้มและแดงอมส้มเมื่อใกล้ฟักเป็นหนอน ระยะไข่ปกติ 4-6 วัน ระยะไข่ที่ใช้ทดลองหลังจากผีเสื้อตัวเมียวางไข่อายุประมาณ 2-3 วัน โดยใช้ forceps คัดแยกข้าวเปลือกที่มีไข่ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ เพื่อใช้ในงานทดลองต่อไป

ระยะหนอน ทำเช่นเดียวกับการเตรียมผีเสื้อข้าวเปลือกในระยะไข่ โดยปล่อยให้แม่ผีเสื้อวางไข่บนข้าวเปลือกที่สะอาด และรอจนกระทั่งเป็นตัวหนอนใช้เวลา 4-6 วัน เห็นหนอนวัยแรกเป็นสีชมพูอมส้ม ขนาดลำตัวยาว 1 มิลลิเมตร หนอนเคลื่อนที่อย่างว่องไว ไต่อยู่บริเวณเมล็ดข้าวเปลือก ซึ่งในการทดลองจะเลือกใช้หนอนอายุ 14-16 วัน หลังจากระยะไข่ โดยสังเกตจากเมล็ดข้าวเปลือก มีรูเจาะเข้าโดยการส่องผ่านกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ นำเมล็ดข้าวที่มีระยะหนอนมาใช้ในการทดลอง

ระยะดักแด้ ใช้วิธีเดียวกับระยะหนอนแต่ทิ้งไว้ประมาณ 20-25 วัน หลังจากระยะไข่ เพื่อให้หนอนเข้าดักแด้ ซึ่งระยะดักแด้จะมองเห็นเมล็ดข้าวเปลือกพร้อมร่องรอยที่หนอนกัดเป็นวงกลม โดยเห็นเป็นเยื่อบาง ๆ ชัดเจนมากกว่าระยะหนอน

การศึกษาระยะการเจริญเติบโตของผีเสื้อข้าวเปลือกที่มีความทนทานต่อคลื่นความถี่วิทยุ

นำผีเสื้อข้าวเปลือกระยะไข่ ระยะหนอน และระยะดักแด้ มาทดลองโดยในแต่ละระยะการเจริญเติบโตใช้จำนวน 30 ตัว ใส่ลงในกลางถุงกระสอบป่าน ขนาด 20 x 25 เซนติเมตร พร้อมกับเมล็ดข้าวเปลือกที่มีความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนัก 800 กรัม นำไปผ่านคลื่นความถี่วิทยุที่ความถี่ 27.12 MHz ระดับพลังงาน 700 วัตต์ เป็นเวลา 120 วินาที เพื่อหาระยะทนทานที่แมลงสามารถอยู่รอดได้มากที่สุด ทำการทดลอง 4 ซ้ำ ตรวจสอบแมลงหลังจากเก็บรักษาไว้ 4 สัปดาห์ และแมลงรุ่นลูกหลังจากเก็บไว้อีก 4 สัปดาห์ โดยเปรียบเทียบกับชุดที่ไม่ได้รับคลื่นความถี่วิทยุ (ชุดควบคุม) นำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์การตายโดยใช้ Abbott's formula (Abbott, 1925) ข้อมูลที่ได้นำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) เปรียบเทียบค่าที่ได้ด้วย least significant difference (LSD) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

การศึกษาอัตราการใช้คลื่นความถี่วิทยุในอุณหภูมิและระยะเวลาเหมาะสมที่ทำให้ผีเสื้อข้าวเปลือกตายอย่างสมบูรณ์

นำผีเสื้อข้าวเปลือกระยะทนทาน หรือระยะที่พบการตายน้อยที่สุดจากการทดลองแรก จำนวน 30 ตัว ใส่ในภาชนะบรรจุกระสอบป่าน พร้อมกับบรรจุข้าวเปลือกเต็มถุงน้ำหนัก 800 กรัม นำไปผ่านคลื่นความถี่วิทยุ ที่ความถี่ 27.12 MHz ระดับพลังงาน 700 วัตต์ ระยะเวลาในการให้พลังงานคือ 140, 160, 180, 200 และ 220 วินาที วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) แต่ละกรรมวิธีทำการทดลอง 4 ซ้ำ คำนวณเปอร์เซ็นต์การตายของผีเสื้อข้าวเปลือก และจำนวนรุ่นลูกของผีเสื้อข้าวเปลือกที่เหลือรอด หลังจากเก็บไว้อีก 4 สัปดาห์

การศึกษาคุณภาพข้าวเปลือกที่ได้รับคลื่นความถี่วิทยุ

ทำการเตรียมข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ตรวจวัดความชื้นก่อนนำไปผ่านคลื่นความถี่วิทยุ ที่ความถี่ 27.12 MHz ระดับอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 2 ตรวจสอบบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าวโดยตรวจสอบคุณภาพการสี (เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องและเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว) โดยนำตัวอย่างข้าวเปลือกมากะเทาะด้วยเครื่องกะเทาะ (Huller, KM, Japan) ได้ข้าวกล้อง ข้าวเปลือกไม่กะเทาะและแกลบ ชั่งน้ำหนัก นำข้าวกล้องที่ได้ไปขัดขาวด้วยเครื่อง (Rice miller, TCV, Thailand) จะได้ข้าวสาร นำไปคัดแยกขนาดเมล็ดดี เมล็ดหัก จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก เพื่อใช้คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องและต้นข้าว วัดสีของเมล็ดข้าวโดยวัดค่าความขาวและค่าสีเหลือง (L* และ b*) โดยใช้เครื่องวัดสี (Colorquest XE Hunter Lab, USA) ความชื้นมาตรฐานเปียก และวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลสด้วยวิธีวัดค่าการดูดกลืนแสง เปรียบเทียบกับชุดควบคุม ทำการทดลอง 4 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) เปรียบเทียบค่าที่ได้ด้วย least significant difference (LSD) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการทดลอง

การศึกษาระยะการเจริญเติบโตของผีเสื้อข้าวเปลือกที่มีความทนทานต่อคลื่นความถี่วิทยุ

ผีเสื้อข้าวเปลือกระยะ ไข่ หนอน และดักแด้ (ภาพที่ 1) เมื่อได้รับคลื่นความถี่วิทยุ ที่ความถี่ 27.12 MHz ระดับพลังงาน 700 วัตต์ เป็นเวลา 120 วินาที ตอบสนองแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) โดยทำให้แมลงตายเท่ากับ 80.04 ±1.90, 88.82 ± 4.33 และ 68.75 ± 3.14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1) และยังพบว่าจำนวนรุ่นลูกของผีเสื้อข้าวเปลือกระยะไข่ หนอน และดักแด้ ที่เหลือรอดจากการได้รับคลื่นความถี่วิทยุ มีจำนวนลดลงอย่างมีนัยสำคัญเป็น 5.25 ±3.09, 13.75 ±11.83 และ 84.75 ±12.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เปรียบเทียบกับแมลงปกติที่สามารถให้ลูกได้ เป็น 45.75 ±5.29, 154.75 ±12.84 และ 169.5 ±10.69 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกผีเสื้อข้าวเปลือกระยะดักแด้เป็นตัวแทนของระยะที่ทนทานต่อคลื่นความถี่วิทยุมากที่สุด และจากการสังเกตพบว่าผีเสื้อข้าวเปลือกที่ได้รับคลื่นความถี่วิทยุวางไข่ที่มีขนาดเล็กลง

การศึกษาอัตราการใช้คลื่นความถี่วิทยุในอุณหภูมิและระยะเวลาเหมาะสมที่ทำให้ผีเสื้อข้าวเปลือกตายอย่างสมบูรณ์

จากการใช้ผีเสื้อข้าวเปลือกระยะดักแด้ ซึ่งเป็นระยะที่มีความทนทานสุดเป็นตัวแทนของระยะต่าง ๆ มาผ่านคลื่นความถี่วิทยุที่พลังงาน 700 วัตต์เป็นระยะเวลา 140, 160, 180, 200 และ 220 วินาที พบว่ามีอัตราการตาย 69.46 ±4.93, 82.69 ±2.54, 91.66 ±2.88, 97.49 ±0.83 และ 100 ±0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 3) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) จากการทดลองนี้พบว่า คลื่นความถี่วิทยุที่ระดับพลังงาน 700 วัตต์ เป็นระยะเวลา 220 วินาที สามารถทำให้แมลงตายได้อย่างสมบูรณ์

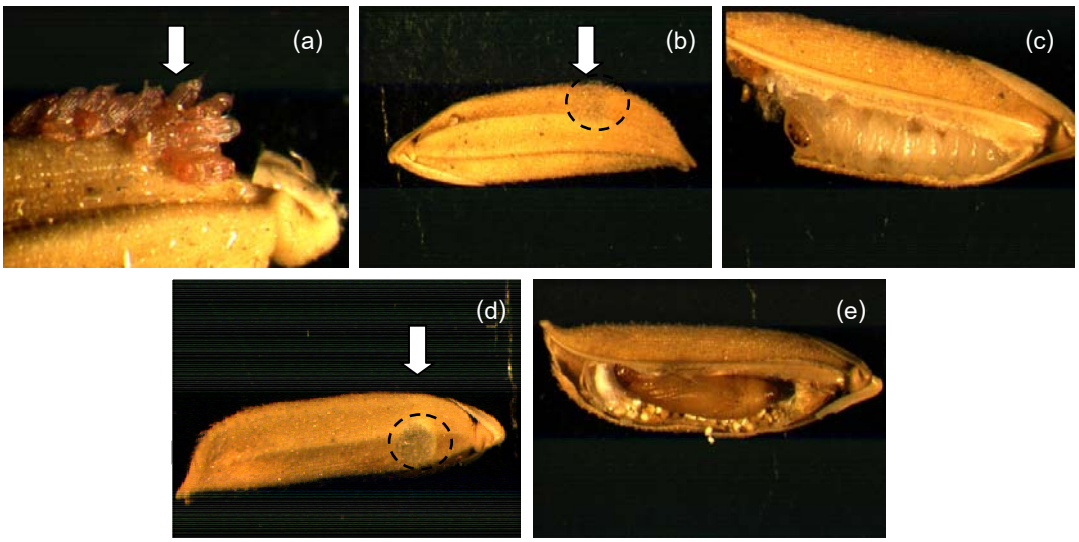

Figure 1 The characteristics the egg, larva and pupa of Angoumois grain moth. Egg mass of angoumois grain moth on rough rice kernel (a); Chewing insect damage caused by larva showed by thin layer of rice husk in a small circle area (b); The larva of Angoumois grain moth (c); the bigger chewing scar of insect damage found during pupal stage (d); and a pupa of Angoumois grain moth inside

Table 1 Average mortality of Angoumois grain moth, *Sitotroga cerealella* (Olivier), in various developmental stages after exposed to 27.12 MHz of radio frequency at the power of 700 watts for 120 seconds.

Developmenttal stage	Mortality (%) ±SE*
Egg	80.04 ±1.90ab
Larval	88.82 ±4.33b
Pupal	68.75 ±3.14a

*Means followed by the same letters in the same column are not significantly different at 95% confidence.

Table 2 Average of progeny production of Sitotroga cerealella (Olivier) treated with 27.12 MHz radio frequency at the power of 700 watts for 120 seconds and allowed them to develop to adult stage for 4 weeks.

Treatment	Number of progeny of various developmental stages ±SE*		
	Egg	Larva	Pupa
Untreated control	45.75 ±5.29a	154.75 ±12.84a	169.5 ±10.69a
RF treatment	5.25 ±3.09b	13.75 ±11.83b	84.75 ±12.70b

*Means followed by the same letters in the same column are not significantly different at 95% confidence.

ผลของคลื่นความถี่วิทยุต่อคุณภาพและการสีข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

ข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่มีความชื้น 12.78 เปอร์เซ็นต์ พบว่าหลังจากให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่วิทยุ เป็นเวลา 220 วินาที มีผลทำให้ความชื้นลดลง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.53 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวจาก 43.26 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เป็น 48.26 เปอร์เซ็นต์ และ ค่าสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) จาก 15.45 ไปเป็น 15.75 ส่วนเปอร์เซ็นต์ข้าวขาว (65.87), เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง (75.91), ค่าความสว่าง (L*) (67.85) ของชุดควบคุมไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) กับชุดที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ ที่มีเปอร์เซ็นต์ข้าวขาวเท่ากับ 67.10 เปอร์เซ็นต์ ข้าวกล้องเท่ากับ 75.98 เปอร์เซ็นต์ และค่าความสว่างเท่ากับ 68.47 ตามลำดับ และเมื่อวัดเปอร์เซ็นต์ปริมาณอะไมโลสของข้าวเปลือกในชุดควบคุม (24.39) ไม่แตกต่างกับข้าวเปลือกในกรรมวิธีที่ใช้คลื่นความถี่วิทยุ (24.70) (ตารางที่ 4)

วิจารณ์

ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าผีเสื้อข้าวเปลือกระยะดักแด้เมื่อได้รับคลื่นความถี่วิทยุ ที่ความถี่ 27.12 MHz ระดับพลังงาน 700 วัตต์ เวลา 120 วินาที มีระดับการตายไม่แตกต่างจากระยะไข่และน้อยกว่าระยะหนอน ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าระยะดักแด้เป็นระยะที่มีแนวโน้มที่ทนทาน

Table 3 Average mortality of pupae of Angoumois grain moth, *Sitotroga cerealella* (Olivier), after exposed to 27.12 MHz of radio frequency at the power of 700 watts for 140, 160, 180, 200 and 220 seconds. The mortality of pupae obseved when pupae were able to develop to adult stage for 5 day after RF exposure

Time (seconds)	Mortality (%) ±SE*
140	69.46 ±4.93a
160	82.69 ±2.54b
180	91.66 ±2.88bc
200	97.49 ±0.83c
220	100 ±0.00c

*Means followed by the same letters in the same column are not significantly different at 95% confidence

Table 4 Moisture content, color (L*, b*), percentage of head rice, white rice and amylose content of rice cv.Khao Dawk Mali 105 when exposed to the radio frequency (RF) at the power of 700 watts for 220 seconds.

Treatment	Moisture content (%)	Color**		Brown rice (%)	White rice (%)	Head rice (%)	Amylose (%)
		L*	b*				
Control	12.78a	67.85a	15.45a	75.91a	65.87a	43.26a	24.39a
RF 220 sec	11.53b	68.47a	15.75b	75.98a	67.10a	48.26b	24.70a

*Means followed by the same letters in the same column are not significantly different at 95% confidence.

L* Brightness

b* Yellowness

ต่อคลื่นความถี่วิทยุมากที่สุด อาจเนื่องจากระยะดักแด้เป็นระยะที่มีขนาดใหญ่กว่าระยะไข่ ซึ่งอาจมีปริมาตรของของเหลวในร่างกายมากกว่า ส่งผลให้เกิดความร้อนได้มากกว่า อย่างไรก็ตามระยะไข่และดักแด้เป็นระยะที่มีกิจกรรมในการหายใจต่ำกว่าระยะหนอน เมื่ออัตราการหายใจของแมลงมีน้อยการสูญเสียน้ำก็จะลดลง ส่วนระยะหนอนเป็นระยะที่มีน้ำในร่างกายมากและมีกิจกรรมการกินและเจริญเติบโต การสูญเสียน้ำจึงสูงที่สุด (Chapman, 1998) รวมทั้งอุณหภูมิความร้อนที่สูงขึ้น ซึ่งเกิดจากความชื้นของข้าวเปลือก ทำให้เกิดความร้อนทั้งภายนอกและภายในตัวแมลง สอดคล้องกับงานวิจัยของกรรณิการ์ (2552) จากการทดสอบผลของคลื่นความถี่วิทยุ ที่ความถี่ 27.12 MHz อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลา 3 นาที พบว่าดักแด้ของมอดแป้งมีอัตราการอยู่รอดสูงกว่าระยะอื่นจึงเป็นระยะที่มีความทนทานต่อคลื่นความถี่วิทยุมากที่สุด ประกอบกับแมลงที่เหลือรอดจากชุดที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ เจริญเติบโตให้ลูกลดลงแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) สอดคล้องกับ Nelson (1996) พบว่าความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ สร้างความเสียหายต่อเนื้อเยื่อรังไข่และไข่มีขนาดเล็กลง การให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่วิทยุ มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวและค่าสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม เนื่องจากข้าวเปลือกที่ผ่านอุณหภูมิการอบที่สูงขึ้นทำให้เกิด partial gelatinization เกิดโครงสร้างที่เปรียบเหมือนร่างแหที่แข็งแรง พันธะภายในเม็ดแป้งจึงจับกันแน่นขึ้น ช่วยเพิ่มความแข็งแรงของเมล็ด ข้าวเปลือกที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงจึงทนต่อแรงขัดสีได้มากกว่า ทำให้ได้เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวเพิ่มขึ้น (Tirawanichakul *et al*., 2004) อุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้ข้าวมีสีเหลืองเกิดจากปฏิกิริยา maillard reaction ทำให้เมล็ดข้าวมีสีเหลืองมากขึ้น (พลากร และคณะ, 2551; Tirawanichakul *et al*., 2004) การให้ความร้อนจาก RF เป็นระยะเวลา 220 วินาที ทำให้ข้าวมีสีเหลืองเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อค่าความสว่าง (L*) สอดคล้องกับรายงานของอินดา และคณะ (2550) และ พลากร และคณะ (2551) ที่พบว่าการให้อุณหภูมิสูงกับข้าวเปลือกทำให้เมล็ดข้าวมีสีเหลืองมากขึ้น

สรุป

การให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่วิทยุ ที่ความถี่ 27.12 MHz ระดับพลังงาน 700 วัตต์ เวลา 120 วินาที กับผีเสื้อข้าวเปลือก พบว่าผีเสื้อข้าวเปลือกระยะดักแด้เป็นระยะที่ทนทานต่อคลื่นความถี่วิทยุมากที่สุด และที่เวลา 220 วินาที สามารถควบคุมผีเสื้อข้าวเปลือกได้อย่างสมบูรณ์ คลื่นความถี่วิทยุส่งผลให้แมลงมีอัตราการแพร่พันธุ์ต่ำ และไข่มีขนาดเล็กลง นอกจากนั้นการให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่วิทยุมีผลต่อคุณภาพการสีข้าว ทำให้เปลี่ยนแปลงคุณภาพการสีข้าวโดยสามารถเพิ่มเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว แต่ไม่มีผลต่อค่าความขาวของข้าว (L*) แต่มีผลทำให้ค่าสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น และทำให้ปริมาณความชื้นของข้าวเปลือกลดลง ปริมาณอะไมโลสและเปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นการให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่วิทยุสามารถควบคุมผีเสื้อข้าวเปลือกและสามารถปรับปรุงคุณภาพการสีของข้าวได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และสนับสนุนทุนวิจัยในการทำวิทยานิพนธ์

เอกสารอ้างอิง

กรรณิการ์ บัวลอย. 2552. การใช้คลื่นความถี่วิทยุในการควบคุมมอดแป้ง *Tribolium castaneum* (Herbst) ในอาหารสัตว์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 49 หน้า.

กฤษณา สุเมธะ. 2552. ผลของการใช้คลื่นความถี่วิทยุต่อมอดหัวป้อม *Rhyzopertha dominica* (F.) และคุณภาพของข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 69 หน้า.

กุสุมา นวลวัฒน์ พรทิพย์ วิสารทานนท์ บุษรา จันทร์แก้วมณี ใจทิพย์ อุไรชื่น รังสิมา เก่งการพานิช กรรณิการ์ เพ็งคุ้ม และจิราภรณ์ ทองพันธ์. 2548. แมลงศัตรูข้าวเปลือกและการป้องกันกำจัด. กลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว, สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร, กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 80 หน้า.

ณคณิณ ลือชัย วิชา สะอาดสุด เยาวลักษณ์ จันทร์บาง และณัฐศักดิ์ กฤติกาเมษ. 2551. การใช้คลื่นความถี่วิทยุในการควบคุมผีเสื้อข้าวสาร *Corcyra cephalonica* (Stainton) และผลต่อคุณภาพของข้าวสารดอกมะลิ 105. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 39:3(พิเศษ): 347-350.

พลากร สำรีราษฎร์ สงวนศักดิ์ ธนาพรพูนพงษ์ และสุชาดา เวียรศิลป์. 2551. การดัดแปลงคุณภาพการหุงต้มของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่วิทยุ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 39:3(พิเศษ): 354-358.

สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. 2551. รายงานฉบับสมบูรณ์ เรื่องการใช้คลื่นความถี่วิทยุเพื่อเป็นทาง เลือกใหม่ในการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตทางการเกษตร. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.phtnet.org/download/phtic-research/110.pdf. (July 1, 2011).

อินดา แวดาลอ ละมุล วิเศษ และ ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล. 2550. ผลของการอบแห้งแบบสองขั้นตอนและอุณหภูมิการเก็บรักษาต่อคุณภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 37:6(พิเศษ): 326-330.

Abbott, W.S. 1925. A method for computing the effectiveness of an insecticide. Journal of Economic Entomology 18: 256-267.

Birla, S.L., S. Wang, J. Tang and G. Hallman. 2004. Improving heating uniformity of fresh fruit in radio frequency treatments for pest control. Postharvest Biology and Technology 33: 205-217.

Chapman, R.F. 1998. Reproductive system: male. pp. 268-294. *In*: R. F. Chapman (ed.). The Insects: Structure and Function. Cambridge University, Cambridge.

Nelson, S.O. 1996. Review and assessment of radio-frequency and microwave energy for stored-grain insect control. Transactions of the ASAE 39(4): 1475-1484.

Tirawanichakul, S., S. Prachayawarakorn, W. Varanyanond, P. Tungtrakul and S. Soponronnarit. 2004. Effect of fluidized bed drying temperature on various quality attributes of paddy. Drying Technology 22(7): 1731-1754.

ผลของการควั่นกิ่งและการพ่นทางใบด้วยโมโนโพแทสเซียมฟอสเฟตและเอทิฟอนต่อการออกดอกของลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยและพันธุ์จักรพรรดิ

Effects of Girdling and Foliar Spraying with Monopotassiumphosphate and Ethephon on Flowering of Lychee cv. Hong Huay and cv. Chakrapad

อรทัย ธนัญชัย[1/] *นุดี เจริญกิจ*[1/] *และ พิทยา สรวมศิริ*[1/]

Orathai Tananchai[1/], *Nudee Charoenkit*[1/] *and Pittaya Sruamsiri*[1/]

Abstract: The study on effects of girdling and foliar spraying of monopotassiumphosphate plus ethephon on flowering of lychee cv. Hong Huay and cv. Chakrapad was investigated in Mae-rim District, Chiang Mai. This experiment was designed based on factorial in randomized complete block design including 2 factors 1) lychee cultivar ('Hong Huay' and 'Chakrapad'), and 2) cultural practice (control, girdling, foliar spray with 1% of 0-52-34 plus ethephon 400 ppm, and girdling plus foliar spray with 1% of 0-52-34 plus ethephon 400 ppm). The result showed that girdling plus fertilizer spraying with 1% of 0-52-34 mixed with ethephon 400 ppm promoted the earlier flowering of around upto 10 days at both cvs. Hong Huay and Chakrapad, and significantly gave the highest percentage of flowering of 78.5 percentage. In addition, the same treatment also gave the widest panicle size 10.61 cm, the highest flower numbers per panicle at 678.2 flowers and the highest percentage of fruit set of 47.47 percent.

Keywords: Hong Huay, Chakrapad, girdling, fertilizer spraying, flowering

[1/] ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

[1/] Department of Plant Science and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200, Thailand

บทคัดย่อ: ศึกษาผลของการควั่นกิ่งและการพ่นปุ๋ยโมโนโพแทสเซียมฟอสเฟตและเอทิฟอนต่อการออกดอกของลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยและพันธุ์จักรพรรดิ ทำการทดลองที่ อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่ วางแผนการทดลองแบบ 2x4 factorial in randomized complete block design โดยกำหนดให้มี 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 พันธุ์ลิ้นจี่ 2 พันธุ์ (ฮงฮวย และจักรพรรดิ) ปัจจัยที่ 2 คือ วิธีการจัดการ 4 กรรมวิธี (กรรมวิธีควบคุม, ควั่นกิ่ง, พ่นปุ๋ย 0-52-34 เข้มข้น 1เปอร์เซ็นต์ ผสมเอทิฟอน 400 ส่วนต่อล้าน ควั่นกิ่ง และพ่นปุ๋ย 0-52-34 เข้มข้น 1เปอร์เซ็นต์ ผสมเอทิฟอน 400 ส่วนต่อล้าน) ผลการทดลองพบว่าการควั่นกิ่งและการพ่นทางใบด้วยปุ๋ย 0-52-34 เข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ผสมเอทิฟอน 400 ส่วนต่อล้าน มีผลทำให้ต้นลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยและพันธุ์จักรพรรดิสามารถออกดอกได้เร็วกว่ากรรมวิธีอื่น 10 วัน มีเปอร์เซ็นต์การออกดอกสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 78.5 เปอร์เซ็นต์ และทำให้มีความกว้างของช่อดอกและจำนวนดอกต่อช่อมากที่สุด เท่ากับ 10.61 เซนติเมตรและ 678.2 ดอก ตามลำดับ มีเปอร์เซ็นต์การติดผลมากที่สุด เท่ากับ 47.47 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: ฮงฮวย จักรพรรดิ การควั่นกิ่ง การพ่นปุ๋ยใบ การออกดอก

คำนำ

การแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในปัจจุบัน กำลังส่งผลกระทบต่อการผลิตไม้ผลในเขตกึ่งร้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปลูกลิ้นจี่ในเขตภาคเหนือของประเทศไทยที่มักประสบปัญหาการออกดอกติดผลช่วงเดือน ธันวาคมถึงเมษายน (ฤดูกาลออกดอกปกติ) ไม่สม่ำเสมอ การออกดอกเว้นปี ทั้งนี้เนื่องจากพฤติกรรมการเจริญเติบโตตามธรรมชาติของลิ้นจี่ที่ต้องการอากาศหนาวเย็นหรืออุณหภูมิต่ำประมาณ 10-20 องศาเซลเซียส ที่ต่อเนื่องยาวนานในการชักนำการสร้างตาดอก(ชิติ, 2539) ในบางปีที่ฤดูหนาวมีอุณหภูมิต่ำไม่เพียงพอ ประกอบกับมีช่วงฤดูหนาวสั้นจะส่งผลต่อการออกดอกของลิ้นจี่ ด้วยเหตุนี้เกษตรกรบางรายจึงใช้วิธีการควั่นกิ่งเข้ามาช่วยให้ต้นมีความสมบูรณ์พร้อมต่อการสร้างตาดอก โดยการควั่นกิ่งมีผลต่อการยับยั้งการแตกใบอ่อนรวมทั้งกระตุ้นการสะสมอาหารที่ใบสร้างขึ้นไว้ในส่วนเหนือรอยควั่น อย่างไรก็ตามผลของการควั่นกิ่งไม่สามารถช่วยกระตุ้นการออกดอกได้ทุกฤดูกาลผลิต ซึ่งบางปีอาจออกดอกติดผลได้ดี แต่บางปีอาจมีเปอร์เซ็นต์การออกดอกต่ำลง ในระยะที่ผ่านมามีการศึกษาถึงวิธีการเพิ่มการออกดอกของลิ้นจี่ที่ปลูกบนพื้นที่สูงที่ระดับความสูงเหนือระดับน้ำทะเลที่แตกต่างกันโดย ในรายงานของ นุดี และพิทยา (2554) ได้ศึกษาการควั่นกิ่งร่วมกับการพ่นปุ๋ยทางใบด้วยโมโนโพแทสเซียมฟอสเฟต เข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ผสมเอทิฟอน 800 ส่วนต่อล้าน เพื่อกระตุ้นการออกดอกนอกฤดูของลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยบนพื้นที่สูงที่ระดับน้ำทะเล 1,200 เมตร ทำให้ต้นลิ้นจี่ออกดอกได้ 86.7 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับการควั่นกิ่งเพียงอย่างเดียวที่มีการออกดอกเท่ากับ 76.0 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับในรายงานของ ศศิธร (2553) ที่ได้พ่นปุ๋ยทางใบที่มีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสูงในช่วงปลายฤดูฝนจนถึงระยะก่อนการออกดอกสามารถชักนำให้ลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยออกดอกได้เพิ่มขึ้นเช่นกัน

จากที่กล่าวมาแล้วจะเห็นได้ว่าภายใต้สภาพภูมิอากาศที่แปรปรวน การควั่นกิ่งเพียงอย่างเดียวอาจไม่สามารถกระตุ้นการออกดอกของลิ้นจี่ได้ดีเสมอไป ดังนั้นการใช้ปุ๋ยที่มีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสูงร่วมกับเอทิฟอนและการควั่นกิ่ง เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ช่วยเพิ่มการออกดอกของลิ้นจี่ได้ ในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางการผลิตลิ้นจี่ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นได้ในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกต้นลิ้นจี่อายุ 5 ปี ที่มีสภาพต้นสมบูรณ์ปลูกในแปลงทดลองไม้ผลบนพื้นที่สูงที่ความสูงเหนือระดับน้ำทะเล 780 เมตร (พิกัดที่ตั้ง ละติจูด 2087869 ลองจิจูด 484207 (สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง, 2553) ในเขตบ้านแม่สาใหม่ อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่ จำนวน 10 ต้น วางแผนการทดลองแบบ 2x4 factorial in RCBD ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ

ปัจจัยที่ 1 พันธุ์ลิ้นจี่ 2 พันธุ์ (ฮงฮวย และ จักรพรรดิ)

ปัจจัยที่ 2 วิธีการจัดการต้นพืช แบ่งเป็น 4 วิธีการ คือ 1) ชุดควบคุม โดยไม่ควั่นกิ่งและไม่พ่นปุ๋ยทางใบ 2) ควั่นกิ่ง 3) การพ่นทางใบด้วยปุ๋ย 0-52-34 เข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ผสมเอทิฟอน 400 ส่วนต่อล้าน 4) การควั่นกิ่งร่วมกับพ่นทางใบด้วยปุ๋ย 0-52-34 เข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ผสมเอทิฟอน 400 ส่วนต่อล้าน

โดยกำหนดให้ 1 ต้นเป็น 1 บล็อก มีทั้งหมด 10 บล็อก (พันธุ์ฮงฮวย 5 บล็อก และพันธุ์จักรพรรดิ 5 บล็อก) และในแต่ละบล็อกประกอบด้วย 4 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 50 ยอด

ต้นลิ้นจี่ทั้งสองสายพันธุ์ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ได้รับการดูแลและบำรุงรักษาต้นเป็นอย่างดี โดยการตัดแต่งกิ่งที่ไม่สมบูรณ์และตัดปลายยอดเพื่อกระตุ้นให้มีการผลิใบชุดใหม่อย่างสม่ำเสมอ จากนั้นใส่ปุ๋ยมูลสัตว์และปุ๋ยวิทยาศาสตร์ รวมทั้งพ่นสารเคมีกำจัดโรคพืช เมื่อใบชุดที่ 2 เข้าสู่ระยะใบเพสลาด จึงควั่นกิ่งเมื่อวันที่ 25 ตุลาคม 2552 โดยเลือกกิ่งที่แยกจากกิ่งหลักและมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3–5 นิ้ว จากนั้น 15 วันหลังการควั่นกิ่งในวันที่ 9 พฤศจิกายน 2552 พ่นด้วยปุ๋ยทางใบสูตร 0-52-34 ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ผสมเอทิฟอน 400 ส่วนต่อล้าน จำนวน 3 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 5 วัน แล้วปล่อยให้ต้นออกดอก

ศึกษาการออกดอกของต้นลิ้นจี่ทั้งสองพันธุ์ ในแต่ละกรรมวิธีโดยนับจำนวนยอดที่แทงช่อดอกจากยอดทั้งหมด 50 ยอด ในแต่ละกรรมวิธีของแต่ละบล็อก แล้วคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การออกดอกเฉลี่ย จากนั้นสุ่มช่อดอกเพื่อนับจำนวนเพศดอกโดยจำแนกเป็นดอกเพศผู้และดอกสมบูรณ์เพศ ขนาดของช่อดอก ได้แก่ ความกว้างและความยาวช่อดอก โดยวัดด้านช่อดอกที่กว้างที่สุดและวัดความยาวจากปลายช่อดอกถึงโคนช่อดอก และเปอร์เซ็นต์การติดผลโดยคำนวณจากจำนวนผลต่อจำนวนดอกสมบูรณ์เพศที่เกิดในช่อ ในช่วงเวลาจากแทงช่อดอก 1 เดือน

ผลการทดลอง

1. ผลต่อการออกดอก

จากการศึกษาผลของการควั่นกิ่งและการพ่นปุ๋ยทางใบผสมเอทิฟอนต่อการออกดอกของลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยและพันธุ์จักรพรรดิในตารางที่ 1 พบว่าการควั่นกิ่งร่วมกับพ่นปุ๋ยทางใบผสมเอทิฟอน มีผลในการกระตุ้นการออกดอกของลิ้นจี่ทั้งสองพันธุ์ โดยพบการแทงช่อดอกประมาณ 60 วัน หลังจากการควั่นกิ่ง เร็วกว่าต้นลิ้นจี่ในชุดควบคุมประมาณ 10 วัน ในขณะที่กรรมวิธีการควั่นกิ่งหรือการพ่นปุ๋ยทางใบผสมเอทิฟอนอย่างใดอย่างหนึ่งมีผลทำให้ต้นแทงช่อดอกเมื่อ 65 และ70 วัน หลังจากการควั่นกิ่ง ในพันธุ์ฮงฮวยและพันธุ์จักรพรรดิตามลำดับ

Table 1 Flowering of lychee cv. Hong Huay and cv. Chakrapad as affected by girdling and foliar spray with fertilizer 0-52-34 and 400 ppm ethephon

Treatment	Days to flower bud occurred[1/]	
	Hong Huay	Chakrapad
Control	70	more than 70
Girdling	65	70
Foliar spray with 1% of 0-52-34 and 400 ppm ethephon	65	70
Girdling plus foliar spray with 1% of 0-52-34 and 400 ppm ethephon	58	65

[1/] Days after girdling

เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์การออกดอก ในตารางที่ 2 พบว่าความแตกต่างของพันธุ์ไม่ได้มีผลต่อการออกดอกของลิ้นจี่ โดยพันธุ์ฮงฮวยและพันธุ์จักรพรรดิมีเปอร์เซ็นต์การออกดอกเฉลี่ยเท่ากับ 48.4 และ 44.0 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่วิธีการจัดการต้นพืชในแต่ละกรรมวิธีมีผลต่อการออกดอกในแต่ละพันธุ์ โดยกรรมวิธีการควั่นกิ่งร่วมกับการพ่นปุ๋ยทางใบผสมเอทิฟอนมีผลทำให้ต้นออกดอกได้มากที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 78.5 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กรรมวิธีการควั่นกิ่ง การพ่นปุ๋ยทางใบผสมเอทิฟอนโดยไม่มีการควั่นกิ่ง มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การออกดอกของลิ้นจี่ทั้งสองพันธุ์ ลดลงเหลือเฉลี่ย 43.6 และ 49.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ต้นลิ้นจี่ชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การออกดอกต่ำที่สุด เพียง 14.7 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. ผลต่อลักษณะของช่อดอก

ปัจจัยที่ศึกษาทั้งด้านพันธุ์และการควั่นกิ่งร่วมกับการพ่นปุ๋ยทางใบผสมเอทิฟอนไม่มีผลทำให้ความยาวช่อดอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การวัดความกว้างช่อดอก แสดงให้เห็นว่าปัจจัยร่วมของพันธุ์และวิธีการจัดการต้นพืชไม่มีผลทำให้ความกว้างช่อดอกแตกต่างกัน แต่เมื่อแยกพิจารณาแต่ละปัจจัยความกว้างช่อดอกของพันธุ์จักรพรรดิมีความกว้างช่อดอกมากกว่าพันธุ์ฮงฮวย คือ 10.69 และ 6.55 เซนติเมตร ตามลำดับ นอกจากนี้การจัดการต้นพืชมีผลต่อความกว้างช่อดอก ซึ่งกรรมวิธีการควั่นกิ่งร่วมกับการพ่นปุ๋ยทางใบผสมเอทิฟอนมีผลทำให้ความกว้างช่อดอกมากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 10.61 เซนติเมตร เมื่อเทียบกับความกว้างช่อดอกของต้นในกรรมวิธีควบคุม และการพ่นปุ๋ยทางใบเพียงอย่างเดียว เฉลี่ยเท่ากับ 7.11 และ 7.70 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

การนับจำนวนดอกต่อช่อ แสดงให้เห็นว่าปัจจัยร่วมของพันธุ์และวิธีการจัดการต้นพืชไม่มีผลทำให้จำนวนดอกต่อช่อของลิ้นจี่ทั้งสองพันธุ์ แตกต่างกัน แต่เมื่อแยกพิจารณาปัจจัยร่วมของจำนวนดอกต่อช่อของพันธุ์จักรพรรดิมีจำนวนดอกต่อช่อมากกว่าพันธุ์ฮงฮวย คือ 810.4 และ 202.9 ดอก ตามลำดับ นอกจากนี้การจัดการต้นพืชมีผลต่อจำนวนดอกต่อช่อ ซึ่งกรรมวิธีการควั่นกิ่งร่วมกับการพ่นปุ๋ยทางใบผสมเอทิฟอนมีผลต่อการเพิ่มจำนวนดอกต่อช่อมากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 678.2 ดอกต่อช่อ เมื่อเทียบกับจำนวนดอกต่อช่อของต้นในกรรมวิธีควบคุม การควั่นกิ่งเพียงอย่างเดียว และการพ่นปุ๋ยทางใบผสมเอทิฟอน เฉลี่ยเท่ากับ 406.7, 452.0 และ 489.7 ดอกต่อช่อ ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

Table 2 Percentage of flowering of lychee cv. Hong Huay and cv. Chakrapad as affected by girdling and foliar spray with fertilizer 0-52-34 and 400 ppm ethephon

Treatment	Percentage of flowering bud occurred[1/]		
	Hong Huay	Chakrapad	Means
Control	20.1 bc	9.2 c	14.7 c
Girdling	50.9 ab	33.9 bc	43.6 b
Foliar spray with 1% of 0-52-34 and 400 ppm ethephon	47.3 ab	52.3 ab	49.4 b
Girdling plus foliar spray with 1% of 0-52-34 and 400 ppm ethephon	68.2 a	80.6 a	78.5 a
Means	48.4 ns	44.0	

[1/] Mean within column with the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ by LSD. ns = not significantly different

Table 3 Size of flower panicle as affected by girdling and foliar spray with fertilizer 0-52-34 and 400 ppm ethephon

Treatment	Panicle length (cm)			Panicle width[1/] (cm)		
	Hong Huay	Chakrapad	Means	Hong Huay	Chakrapad	Means
Control	17.66	22.87	19.75 ns	4.80	10.00	7.11 b
Girdling	20.45	18.50	19.47	6.58	9.43	8.00 ab
Foliar spray with 1% of 0-52-34 and 400 ppm ethephon	18.91	26.00	21.75	6.28	9.82	7.70 b
Girdling plus foliar spray with 1% of 0-52-34 and 400 ppm ethephon	25.75	20.04	22.89	8.25	12.98	10.61 a
Means	20.69 ns	21.33		6.55 b	10.69 a	

[1/] Mean within column and row with the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ by LSD. ns = not significantly different

Table 4 Flower numbers per panicle as affected by girdling and foliar spray with fertilizer 0-52-34 and 400 ppm ethephon

Treatment	Flower number per panicle[1/]		
	Hong Huay	Chakrapad	Means
Control	156.8	656.7	406.7 b
Girdling	175.5	728.6	452.0 b
Foliar spray with 1% of 0-52-34 and 400 ppm ethephon	211.1	768.4	489.7 b
Girdling plus foliar spray with 1% of 0-52-34 and 400 ppm ethephon	268.5	1088.1	678.2 a
Means	202.9 b	810.4 a	

[1/] Mean within column and row with the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ by LSD.

ในทำนองเดียวกันพันธุ์และวิธีการจัดการต้นพืชไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อกันในสัดส่วนเพศดอกของลิ้นจี่ทั้งสองพันธุ์ แต่เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยความแตกต่างระหว่างพันธุ์ ในช่อดอกพันธุ์ฮงฮวยมีจำนวนดอกสมบูรณ์เพศมากกว่าพันธุ์จักรพรรดิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉลี่ยเท่ากับ 10.1 และ 5.1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งความแตกต่างของจำนวนดอกสมบูรณ์เพศของลิ้นจี่ทั้งสองพันธุ์ ไม่ได้เป็นผลมาจากการจัดการต้นพืชในแต่ละกรรมวิธีเฉลี่ยเท่ากับ 5.8 - 9.0 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับจำนวนดอกเพศผู้ โดยพันธุ์จักรพรรดิมีดอกเพศผู้เฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 94.3 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับดอกเพศผู้ของพันธุ์ฮงฮวยเฉลี่ยเท่ากับ 90.2 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การจัดการต้นพืชทั้ง 4 กรรมวิธี ไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ดอกเพศผู้มีความแตกต่างกัน โดยมีดอกเพศผู้เฉลี่ย 91.0-94.4 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 5)

Table 5 Percentage of perfect flower and male flower as affected by girdling and foliar spray with fertilizer 0-52-34 and 400 ppm ethephon

Treatment	Percentage of perfect flower[1/]			Percentage of male flower		
	Hong Huay	Chakrapad	Means	Hong Huay	Chakrapad	Means
Control	12.5	5.2	8.9 ns	89.0	94.4	91.7 ns
Girdling	6.8	4.8	5.8	93.8	94.9	94.4
Foliar spray with 1% of 0-52-34 and 400 ppm ethephon	9.1	6.5	7.8	90.8	93.2	92.0
Girdling plus foliar spray with 1% of 0-52-34 and 400 ppm ethephon	12.0	6.1	9.0	87.2	94.8	91.0
Means	10.1 a	5.1 b		90.2 b	94.3 a	

[1/] Mean within row with the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ by LSD. ns = not significantly different

3. ผลต่อการติดผล

เมื่อพิจารณาถึงการติดผลในแต่ละกรรมวิธี แสดงให้เห็นว่าพันธุ์และวิธีการจัดการต้นพืชไม่มีผลต่อการติดผลของลิ้นจี่ทั้งสองพันธุ์ โดยการติดผลของพันธุ์ฮงฮวยและพันธุ์จักรพรรดิ เฉลี่ยเท่ากับ 23.07–22.45 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อพิจารณาวิธีการจัดการต้นพืชต่อการติดผลของลิ้นจี่ทั้งสองพันธุ์ พบว่า การควั่นกิ่งร่วมกับการพ่นปุ๋ยทางใบผสมเอทิฟอนมีผลช่วยให้มีการติดผลดีที่สุด เท่ากับ 47.47 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ต้นลิ้นจี่ในชุดควบคุม การควั่นกิ่งเพียงอย่างเดียว และการพ่นปุ๋ยทางใบผสมเอทิฟอน มีการติดผลเฉลี่ยเท่ากับ 20.50, 12.23 และ 10.83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

Table 6 Fruit setting as affected by girdling and foliar spray with fertilizer 0-52-34 and 400 ppm ethephon

Treatment	Percentage of fruit set[1/]		
	Hong Huay	Chakrapad	Means
Control	19.66	21.34	20.50 b
Girdling	17.17	7.28	12.23 b
Foliar spray with 1% of 0-52-34 and 400 ppm ethephon	8.50	13.16	10.83 b
Girdling plus foliar spray with 1% of 0-52-34 and 400 ppm ethephon	46.94	47.99	47.47 a
Means	23.07 ns	22.45	

[1/] Mean within column with the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ by LSD. ns = not significantly different

วิจารณ์

จากการศึกษาการควั่นกิ่งและการพ่นปุ๋ยใบผสมเอทิฟอนต่อการออกดอกของลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยและพันธุ์จักรพรรดิ ในด้านของสายพันธุ์ไม่มีผลทำให้ความสามารถในการออกดอกแตกต่างกัน แต่วิธีการจัดการต้นพืชที่แตกต่างกันมีผลทำให้ในแต่ละพันธุ์มีการออกดอกแตกต่างกัน โดยการควั่นกิ่งและการพ่นปุ๋ยใบผสมเอทิฟอนต่างก็มีผลต่อการชักนำการออกดอกของลิ้นจี่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อทำการควั่นกิ่งร่วมกับการพ่นปุ๋ยทางใบผสมเอทิฟอนที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกระตุ้นการออกดอกได้มากที่สุด ในขณะที่ต้นในชุดควบคุมมีการออกดอกน้อยที่สุด จากการทดลองของสรเพชร (2552) รายงานว่าการควั่นกิ่งสามารถยับยั้งการแตกใบอ่อนและกระตุ้นการออกดอกของลิ้นจี่ได้ โดยสามารถชักนำการออกดอกได้มากถึง 89.7 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับต้นที่ไม่ได้ควั่นกิ่งที่มีการแตกใบอ่อนและไม่มีการออกดอก อาจเป็นไปได้ว่า การควั่นกิ่งเป็นวิธีการตัดท่ออาหารเพื่อทำให้เกิดการสะสมอาหารบริเวณเหนือรอยควั่น โดยเฉพาะในส่วนของยอดและใบ และจากการวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างของส่วนเปลือกบริเวณเหนือรอยควั่นมีแนวโน้มสูงกว่าต้นที่ไม่ควั่นกิ่ง จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ต้นที่ได้รับการควั่นกิ่งมีการออกดอกติดผลสูงกว่า (วรินทร์และคณะ, 2546) สอดคล้องกับ พาวินและคณะ (2545) ได้เปรียบเทียบการติดผลของต้นลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยที่ควั่นกิ่งและไม่ควั่นกิ่ง ทำให้ต้นที่ควั่นกิ่งมีการติดผลมากกว่าต้นที่ไม่ควั่นกิ่ง

ส่วนการพ่นปุ๋ยทางใบด้วย 0-52-34 ผสมเอทิฟอน เป็นการพ่นปุ๋ยใบที่มีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสูง จึงช่วยให้ใบแก่เร็วยิ่งขึ้น และป้องกันการแตกใบอ่อนเมื่อพืชได้รับน้ำในปริมาณมาก (อนันต์, 2547) อีกทั้งธาตุฟอสฟอรัสยังเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการสร้างตาดอกและเพิ่มความแข็งแรงแก่ช่อดอก (วิจิตร, 2550) ดังนั้นการพ่นปุ๋ยใบด้วย 0-52-34 กับต้นลิ้นจี่จึงส่งผลให้ต้นมีการออกดอกได้ดียิ่งขึ้นแม้จะเป็นช่วงฤดูฝนก็ตาม (ศศิธร, 2553) จากการศึกษานี้ได้ดัดแปลงใช้วิธีการกระตุ้นการออกดอกของ นุดีและพิทยา (2554) โดยปรับลดระดับความเข้มข้นของเอทิฟอน ผสมกับปุ๋ยโมโนโพแทสเซียมฟอสเฟตร่วมกับการควั่นกิ่ง พบว่ามีแนวโน้มที่ดีในการกระตุ้นการออกดอกในฤดูกาลปกติได้เร็วและมีเปอร์เซ็นต์การออกดอกถึง 78.5 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าต้นควบคุมที่ออกดอกตามธรรมชาติ (14.7 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับการใช้กับต้นให้ออกดอกนอกฤดูได้ 86.7 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ต้นควบคุมไม่ออกดอก นอกจากนั้นพูนภิภพ (2549) กล่าวว่าเอทิลีนสามารถชักนำให้สับปะรดและพืชในสกุลเดียวกันออกดอกได้ และยังชักนำการออกดอกของมะม่วงและลิ้นจี่ได้

การทดลองนี้ศึกษาขนาดของช่อดอก ในลิ้นจี่ทั้งสองพันธุ์และวิธีการการจัดการต้นพืชนั้น ไม่มีผลต่อความกว้างของช่อดอกและความยาวของช่อดอก อาจเนื่องมาจากลักษณะพฤกษศาสตร์ของลิ้นจี่ทั้งสองพันธุ์ มีความแตกต่างกัน การควั่นกิ่งและพ่นปุ๋ยใบผสมเอทิฟอนของพันธุ์จักรพรรดิจึงมีแนวโน้มให้ความกว้างของช่อดอกมากกว่าพันธุ์ฮงฮวย การพ่นปุ๋ยทางใบผสมเอทิฟอนเพียงอย่างเดียว และการควั่นกิ่งร่วมกับการพ่นปุ๋ยทางใบผสมเอทิฟอนของทั้งสองพันธุ์ มีแนวโน้มของขนาดช่อดอกที่มากกว่าชุดควบคุม แต่การทดลองของ สรเพชร (2552) รายงานว่าการควั่นกิ่งไม่มีผลต่อขนาดของช่อดอก นอกจากนี้พันธุ์และวิธีการจัดการต้นพืชไม่มีผลต่อสัดส่วนดอกเพศผู้และดอกเพศเมียด้วย อาจเป็นไปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนเพศดอกเป็นผลเนื่องมาจากความสมบูรณ์ของต้น และสภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเปลี่ยนแปลงของระดับอุณหภูมิ ในช่วงการพัฒนาดอก หากมีระดับอุณหภูมิต่ำมากจะส่งเสริมการพัฒนาของดอกสมบูรณ์เพศ ในขณะที่อุณหภูมิสูงส่งเสริมการพัฒนาเกิดเป็นดอกเพศผู้ ซึ่งในแปลงทดลองช่วงที่ทำการทดลองนั้นอุณหภูมิแปรปรวนและมีสภาพแห้งแล้ง ทำให้ต้นลิ้นจี่ได้รับน้ำไม่เพียงพอ ซึ่งความเครียดน้ำยังเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อสัดส่วนของเพศดอก สภาพการขาดน้ำในช่วงการพัฒนาช่อดอกของลิ้นจี่มีผลทำให้ปริมาณของดอกสมบูรณ์เพศลดลงหรือการพัฒนาของดอกสมบูรณ์เพศถูกยับยั้ง แต่มีการพัฒนาเป็นดอกเพศผู้แทน (Menzel and Simpson, 1991; 1992)

นอกจากนั้นพันธุ์และวิธีการจัดการต้นพืชไม่มีผลต่อการติดผล แต่การจัดการต้นด้วยวิธีการควั่นกิ่งร่วมกับการพ่นปุ๋ยทางใบผสมเอทิฟอนมีผลทำให้ช่อดอกมี

การติดผลมากที่สุด สอดคล้องกับการทดลองของนุดีและพิทยา(2554) กล่าวว่าการควั่นกิ่งร่วมกับการพ่นปุ๋ยใบผสมเอทิฟอนต่อการออกดอกนอกฤดูของลิ้นจี่บนพื้นที่สูง สามารถส่งเสริมให้ต้นลิ้นจี่มีเปอร์เซ็นต์การติดผลดีกว่าการควั่นกิ่งหรือการพ่นปุ๋ยใบผสมเอทิฟอนเพียงอย่างเดียว ซึ่งได้กระตุ้นการออกดอกนอกฤดูของลิ้นจี่บนพื้นที่สูง 1200 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ซึ่งพบว่าวิธีดังกล่าวสามารถกระตุ้นการออกดอกนอกฤดู (มิถุนายน–กรกฎาคม) ของลิ้นจี่ได้แม้ในสภาพภูมิอากาศที่มีความชื้นสูง ฝนตกชุก และความเข้มแสงต่ำ ด้วยเงื่อนไขสภาพอากาศที่แปรปรวนในช่วงการผลิตลิ้นจี่นอกฤดู คาดว่ามีความใกล้เคียงกับการแปรปรวนของฤดูกาลภายใต้สภาพโลกร้อนในปัจจุบัน ที่อาจส่งผลกระทบต่อการผลิตลิ้นจี่ในฤดูกาลปกติ

สรุป

การควั่นกิ่งร่วมกับการพ่นปุ๋ยทางใบด้วย 0-52-34 เข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับเอทิฟอน 400 ส่วนต่อล้าน มีผลทำให้ต้นลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยและพันธุ์จักรพรรดิที่ปลูกที่ระดับความสูง 780 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล สามารถออกดอกได้เร็วกว่ากรรมวิธีอื่น 10 วัน และมีเปอร์เซ็นต์การออกดอกสูงที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รวมทั้งส่งเสริมให้มีความกว้างของช่อดอกและจำนวนดอกต่อช่อมากที่สุด โดยในพันธุ์จักรพรรดิมีความกว้างของช่อดอก และจำนวนดอกต่อช่อมากกว่าพันธุ์ฮงฮวยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามสัดส่วนเพศดอกในทุกวิธีการจัดการต้นพืชของทั้งสองพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกัน แต่การควั่นกิ่งร่วมกับการพ่นปุ๋ยทางใบด้วย 0-52-34 เข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับเอทิฟอน 400 ส่วนต่อล้าน มีผลทำให้ลิ้นจี่ทั้งสองพันธุ์มีการติดผลมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

ชิติ ศรีตนทิพย์. 2539. ผลของอุณหภูมิรากที่มีต่อการเจริญเติบโตของลิ้นจี่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 84 หน้า.

นุดี เจริญกิจ และ พิทยา สรวมศิริ. 2554. ผลของการควั่นกิ่ง โมโนโพแทสเซียมฟอสเฟตและเอทิฟอนต่อการออกดอกนอกฤดูของลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยบนที่สูง. วารสารเกษตร 27 (1): 19-25.

พาวิน มะโนชัย วรินทร์ สุทนต์ วินัย วิริยะอลงกรณ์ ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร เสกสันต์ อุสสหตานนท์ และ นพดล จรัสสัมฤทธิ์. 2545. ผลของการควั่นกิ่งต่อการติดผลของลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 33(4-5): 243–246.

พูนภิภพ เกษมทรัพย์. 2549. ชีววิทยา 2: โครงการตำราวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มูลนิธิ สอวน. พิมพ์ครั้งที่ 2. ด่านสุทธาการพิมพ์, กรุงเทพ ฯ. 440 หน้า.

วรินทร์ สุทนต์ พาวิน มะโนชัย ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร วินัย วิริยะอลงกรณ์ และ เสกสันต์ อุสสหตานนท์. 2546. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการติดผลและการควบคุมการร่วงของผลลิ้นจี่. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการเสนอสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยชุดโครงการไม้ผลและผลิตภัณฑ์จากไม้ผล, เชียงใหม่. 104 หน้า.

วิจิตร วังใน. 2550. ธาตุอาหารกับการผลิตพืชผล. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 371 หน้า.

ศศิธร วณิชอนุกูล. 2553. ผลของปุ๋ยโมโนโพแทสเซียมฟอสเฟตที่ให้ทางใบต่อการแตกใบอ่อนและปริมาณธาตุอาหารในส่วนยอดของลิ้นจี่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 97 หน้า.

สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน). 2553. พื้นที่ปฏิบัติงานโครงการหลวง. (ระบบออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www2.hrdi.or.th/node/49. (27 ธันวาคม 2554).

สรเพชร มาสุด. 2552. ผลของการควั่นกิ่งต่อการเติบโตและการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจน คาร์โบไฮเดรตและฮอร์โมนของลิ้นจี่ที่ปลูกในพื้นที่ภูเขา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชา

พืชสวน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 109 หน้า.

อนันต์ ดำรงสุข. 2547. ลิ้นจี่. พิมพ์ครั้งที่ 1. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพ ฯ. หน้า 69-72.

Menzel, C.M. and D.R. Simpson. 1991. Effect of temperature and leaf water stress on panicle and flower development of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). J. Hort. Sci. 66(3): 335-344.

Menzel, C.M. and D.R. Simpson. 1992. Flowering and fruit set in lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) in subtropical Queenland. Aust. J. Exp. Agric. 32: 105-111.

การตรวจสอบลูกผสมถั่วลันเตาที่ต้านทานโรคราแป้ง โดยการใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอ

Investigation of Powdery Mildew Resistance in Snow Pea Hybrids Using DNA Marker

อัญชัญ ชมภูพวง[1/,2/,4/] อังสนา อัครพิศาล[3/] วีณัน บัณฑิตย์[4/] และ ณัฐา โพธาภรณ์[4/]

Anchan Chomphupoung[1/,2/,4/], Angsana Akkarapisan[3/], Weenun Bundithya[4/] and Nuttha Potapohn[4/]

Abstract: Four generations of hybrid snow pea (*Pisum sativum*) plants, F_2, BC_1F_2, BC_2F_2 and BC_3F_2 derived from 2 crosses, No.3 x P309 and P309 x No.4, were evaluated for powdery mildew (*Oidium* sp.) resistance in the field conditions. The resistant F_2 plants from each cross were investigated by tracing the 850-bp DNA marker which linked to the resistant powdery mildew gene (*er*) by ScOPD10 primer using PCR technique. The result showed that the 850-bp fragments were presented in 70% randomed F_2hybrid plants derived from crosses No.3 x P309 whereas randomed BC_1F_2, BC_2F_2 and BC_3F_2 plants were found 100%. In cross of P309 x No.4, 70% randomed F_2 and BC_3F_2 hybrid plants were found while, 90% of randomed hybrid plants were shown in BC_1F_2 and BC_2F_2. Phenotypic evaluation of BC_3F_3 from 2 crosses in field condition showed powdery mildew resistance as well as resistant line P309.

Keywords: Snow pea, powdery mildew resistance, ScOPD10 primer

[1/] มูลนิธิโครงการหลวง ต.สุเทพ อ. เมือง จ. เชียงใหม่ 50200

[2/] ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (AG-BIO/PERDO-CHE), กรุงเทพฯ

[3/] ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

[4/] ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

[1/] Royal Project Foundation, Suthep, Mueang, Chiang Mai, 50200, Thailand

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

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

[4/] Department of Plant Science and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200, Thailand

บทคัดย่อ: การตรวจสอบลูกผสมถั่วลันเตา 2 คู่ผสม คือ No. x P309 และ P309 x No.4 จำนวน 4 รุ่น ได้แก่ F_2, BC_1F_2, BC_2F_2 และ BC_3F_2 ที่ต้านทานโรคราแป้ง (*Oidium* sp.) ในแปลงทดลอง โดยติดตามเครื่องหมายดีเอ็นเอที่มีขนาด 850 คู่เบส ที่เกี่ยวข้องกับยีนต้านทานโรคราแป้ง (*er* gene) ด้วยเทคนิคพีซีอาร์โดยใช้คู่ไพรเมอร์ ScOPD10 พบว่า ลูกผสมรุ่น F_2 ของคู่ผสม No.3 x P309 ปรากฏแถบดีเอ็นเอที่มีขนาด 850 คู่เบส 70% จากจำนวนต้นที่สุ่มทั้งหมด ขณะที่ลูกผสมรุ่น BC_1F_2, BC_2F_2 และ BC_3F_2 ปรากฏแถบดีเอ็นเอในทุกต้นที่สุ่ม (100%) สำหรับลูกผสมรุ่น F_2 และ BC_3F_2 ของคู่ผสม P309 x No.4 ปรากฏแถบดีเอ็นเอ 70% และลูกผสมรุ่น BC_1F_2 และ BC_2F_2 ปรากฏแถบดีเอ็นเอ 90% และเมื่อนำลูกผสม BC_3F_3 มาปลูกทดสอบความต้านทานต่อโรคราแป้ง พบว่า ลูกผสมทั้งสองคู่แสดงลักษณะต้านทานต่อโรคราแป้งเช่นเดียวกับพันธุ์ต้านทาน P309

คำสำคัญ: ถั่วลันเตา ความต้านทานโรคราแป้ง ไพรเมอร์ ScOPD10

คำนำ

ปัจจุบันการปลูกถั่วลันเตาใช้เมล็ดพันธุ์แบบผสมเปิด ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเมล็ดพันธุ์ที่ผลิตในประเทศ โดยพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วลันเตาอยู่ทางภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (จานุลักษณ์, 2541) แต่ปัญหาของถั่วลันเตาเป็นพืชที่อ่อนแอต่อโรคหลายชนิด โดยเฉพาะโรคราแป้ง (powdery mildew) ซึ่งเป็นโรคที่สำคัญโรคหนึ่งของถั่วลันเตา มีสาเหตุจากเชื้อรา *Oidium* sp. (กิตติพงษ์ และสุดฤดี, 2528) จากการสำรวจและเก็บรวบรวมเชื้อราแป้งที่เข้าทำลายพืชอาศัยชนิดต่าง ๆ ในเขตภาคเหนือของประเทศไทย พบว่าราแป้งที่เข้าทำลายถั่วลันเตาจัดอยู่ใน genus *Oidium* subgenus *Pseudoidium* (นุชจารี, 2550) ซึ่งเชื้อราแป้งระบาดมากในสภาพอากาศแห้ง ลักษณะอาการที่ถูกทำลายใน ทุกส่วนของต้นมีเชื้อราสีขาวคล้ายผงแป้ง หลังจากนั้นใบเปลี่ยนเป็นสีเหลืองและร่วง ทำให้ต้นโทรม ตายเร็วก่อนกำหนด และผลผลิตเสียหาย (จานุลักษณ์, 2541)

การปรับปรุงพันธุ์ถั่วลันเตาโดยใช้วิธีมาตรฐาน (conventional breeding) เพื่อเพิ่มลักษณะดีบางลักษณะให้แก่พันธุ์ที่ดีอยู่แล้วสามารถทำได้โดยคัดเลือกลักษณะพันธุ์ที่ต้องการผสมข้ามกับพันธุ์ต้านทานโรคราแป้งโดยวิธีผสมกลับ (back cross method) (คมสัน, 2539) จากนั้นคัดเลือกลูกในรุ่นต่าง ๆ จนกระทั่งได้พันธุ์ที่ต้านทานโรคราแป้งและมีลักษณะตรงตามต้องการ อย่างไรก็ตามการปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีมาตรฐานมีข้อจำกัด ต้องใช้ระยะเวลานาน เนื่องจากพันธุกรรมที่ควบคุมความต้านทานต่อโรคราแป้งเป็นยีนด้อย (Sharma and Yadav, 2003) การลดระยะเวลาในการปรับปรุงพันธุ์ให้สั้นลงทำได้โดยการใช้เทคนิคเครื่องหมายโมเลกุลมาช่วยในการคัดเลือก (marker assisted selection) ร่วมกับการคัดเลือกฟีโนไทป์ ซึ่งประหยัดเวลา ตลอดจนมีความเที่ยงตรงและแม่นยำสูง มีโอกาสได้พันธุ์ใหม่ที่มีลักษณะตรงตามความต้องการสูงมาก (จุลภาค, 2548) Janila and Sharma (2004) ได้รายงานว่ายีนที่ควบคุมความต้านทานโรคราแป้งในถั่วลันเตาเป็นยีนด้อย (*er*) สามารถใช้คู่ไพรเมอร์ ScOPD10 ตรวจสอบหาเครื่องหมายดีเอ็นเอที่เกี่ยวข้องกับยีนที่ต้านโรคราแป้งของถั่วลันเตาได้ที่มีขนาด 650 คู่เบส ทั้งนี้ อัญชัญ และคณะ (2553) ได้ใช้คู่ไพรเมอร์ ScOPD10 ตรวจสอบหาเครื่องหมายดีเอ็นเอที่ต้านทานโรคราแป้งของถั่วลันเตาในประเทศไทย พบการปรากฏของตำแหน่งเครื่องหมายดีเอ็นเอเฉพาะในกลุ่มต้านทานโรคราแป้งที่มีขนาด 850 คู่เบส

การทดลองครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้คู่ไพรเมอร์ ScOPD10 ตรวจหาเครื่องหมายดีเอ็นเอที่มีขนาด 850 คู่เบส ในลูกผสมถั่วลันเตาชั่วที่ 2 ที่มีลักษณะต้านทานโรคราแป้งจำนวน 4 รุ่น คือ F_2, BC_1F_2, BC_2F_2 และ BC_3F_2 จาก 2 คู่ผสม คือ No.3 x P309 และ P309 x No.4 เพื่อยืนยันและคัดเลือกลูกผสมที่มีเครื่องหมายดีเอ็นเอดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การพัฒนาลูกผสมถั่วลันเตาที่ต้านทานต่อโรคราแป้ง

นำถั่วลันเตาพันธุ์การค้า 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ No.3 และ พันธุ์ No.4 มาผสมกับพันธุ์ต้านทานต่อโรคราแป้ง คือ พันธุ์P309 ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ อ.สะเมิง จ.เชียงใหม่ ระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2549 ถึง เดือนมีนาคม พ.ศ. 2550 จากการผสมระหว่าง No.3 x P309 และ P309 x No.4 นำลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1) มาปลูก ณ สถานีวิจัยเกษตรหลวง อินทนนท์ อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่ ระหว่างเดือนเมษายน ถึง เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2550 เพื่อให้ F_1 ผสมตัวเองได้ลูกผสมชั่วที่ 2 (F_2) จากนั้นนำ F_2 ไปปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ. 2550 ถึง เดือนมีนาคม พ.ศ. 2551 คัดเลือกต้นต้านทานเพื่อทำการผสมกับพันธุ์แม่คือ พันธุ์ No.3 และ พันธุ์ No.4 แต่เนื่องจากโรคราแป้งระบาดมาก การผสมกลับโดยให้พันธุ์ No.3 และ พันธุ์ No.4 ซึ่งเป็นพันธุ์อ่อนแอต่อโรคราแป้งเป็นพันธุ์แม่ไม่สามารถพัฒนาติดฝักได้ ดังนั้นจึงทำการสลับโดยให้ลูกผสมที่ต้านทานโรคเป็นต้นแม่ (recurrent parent) ทำการผสมกลับทั้งหมด 3 ครั้ง (ภาพที่ 2) เนื่องจากยีนต้านทานโรคราแป้งเป็นยีนด้อย ดังนั้นทุกครั้งที่ผสมกลับจำเป็นต้องปล่อยให้ผสมตัวเอง เพื่อให้เกิดการกระจายตัวระหว่างต้นต้านทานและต้นอ่อนแอต่อโรคราแป้ง และทุกครั้งที่ปลูกลูกผสมชั่วที่ 2 ได้ปลูกถั่วลันเตาพันธุ์ฝาง No.7 ซึ่งเป็นพันธุ์อ่อนแอต่อโรคราแป้งเป็น spreader row เพื่อเพิ่มปริมาณสปอร์ของเชื้อรา เมื่อราแป้งเข้าทำลายต้นถั่วลันเตาจึงคัดเลือกต้นลูกผสมที่แสดงความต้านทานโรค โดยสังเกตลักษณะโคนต้น ทั้งนี้ต้นที่ต้านทานโรคลำต้นยังคงเขียว ขณะที่ต้นอ่อนแอลำต้นเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (ภาพที่ 1) เพื่อนำไปผสมกลับ (ภาพที่ 2)

การตรวจสอบเครื่องหมายดีเอ็นเอ

สุ่มเก็บใบอ่อนถั่วลันเตาจากต้นต้านทานโรคราแป้งของลูกผสมรุ่น F_2 ของทั้ง 4 รุ่น ๆ ละ 10 ต้น ของทั้งสองคู่ผสม (ยกเว้นรุ่น BC_3F_2 ของคู่ผสม No.3 x P309 สุ่ม 8 ต้น) นำไปตรวจสอบเครื่องหมายดีเอ็นเอที่ตำแหน่ง 850 คู่เบส สกัดดีเอ็นเอโดยใช้ Plant DNAZOL® Reagent (Invitrogen Co., Ltd.) ก่อนผสมใน PCR reaction mixer ปริมาตรรวม 20 µl ต่อ 1 ตัวอย่างซึ่งประกอบด้วย 15 ng DNA template, 1× PCR buffer (10mM Tris-HCl pH 8.3, 50 mM KCl, 0.2 mM $MgCl_2$, Enhancer solution), 0.5 mM dNTPs, 80 ng primer, 1 unit *i-Taq*™ DNA polymerase (iNtRON Biotechnology, Inc.) และน้ำกลั่น โดยใช้คู่ไพรเมอร์ ScOPD10 [(forward) 5' - GGTCTACACCTCATATCTTGATGA- 3', (reverse) 5' - GGTCTACACCTAAACAGTGTCCGT- 3')] จากนั้นนำไปเพิ่มปริมาณด้วยปฏิกิริยา PCR ตามวิธีการของ Janila and Sharma (2004) ดังนี้ อุณหภูมิ 92 °ซ 120 วินาที จำนวน 1 รอบ ตามด้วยอุณหภูมิ 92°ซ 30 วินาที 42°ซ 30 วินาที และ 72°ซ 60 วินาที จำนวน 44 รอบ และอุณหภูมิ 72°ซ 300 วินาที จำนวน 1 รอบ เก็บผลผลิตของ PCR ที่อุณหภูมิ 4°ซ ก่อนนำไปแยกขนาดด้วย 1.7% agarose gel electrophoresis ใน 1× TBE buffer

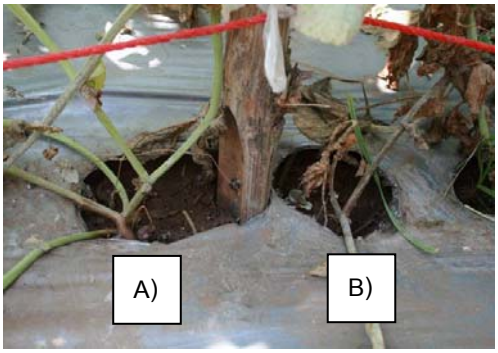

Figure 1 Evaluation of resistance by using snow pea stem character; A) resistant to powdery mildew disease and B) susceptible to powdery mildew disease

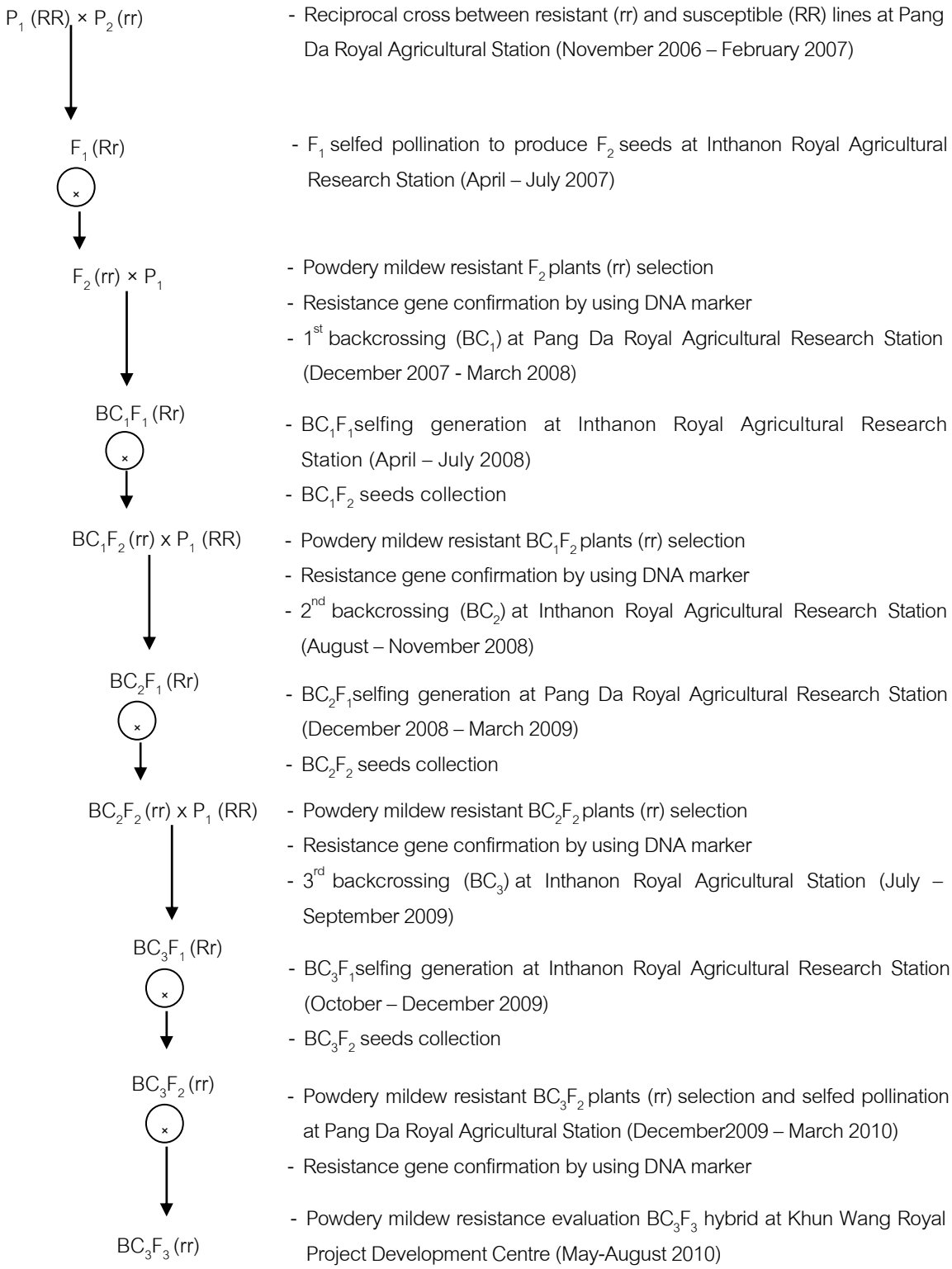

Figure 2 Snow pea breeding program for powdery mildew resistance

จากนั้นนำแผ่นเจลไปย้อมด้วย 0.1 μg/ml ethidium bromide แล้วนำไปบันทึกภาพภายใต้แสง UV โดยใช้ BIO DOC-It™ M-20 System (Gibthai Co., Ltd.)

การประเมินการเกิดโรคราแป้ง

นำเมล็ดลูกผสม BC_3F_3 ที่ผ่านการตรวจสอบโดยเครื่องหมายดีเอ็นเอและเป็นต้นต้านทานโรคราแป้งไปปลูกทดสอบความต้านทานต่อโรคราแป้งภายในโรงเรือนเปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อแม่ ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2553 ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่ วางแผนการทดลองแบบ RCBD (randomized complete block design) กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 10 ต้น เพาะเมล็ดในถาดเพาะ หลังเพาะเมล็ด 2 สัปดาห์ จึงย้ายลงแปลงปลูก หลังย้ายปลูกประมาณหนึ่งเดือนโรคราแป้งเริ่มเข้าทำลายถั่วลันเตา จึงประเมินพื้นที่ใบที่พบการเข้าทำลายบนตำแหน่งใบข้อที่ 7 และ 11 หลังจากโรคราแป้งเข้าทำลาย 1 สัปดาห์ โดยประเมินเป็นคะแนนตั้งแต่ 0-100% (Ondrej *et al*., 2005)

ผลการทดลอง

การตรวจสอบลูกผสมถั่วลันเตาที่ต้านทานต่อโรคราแป้งด้วยเครื่องหมายดีเอ็นเอ

จากการตรวจสอบหาเครื่องหมายดีเอ็นเอที่ตำแหน่ง 850 คู่เบส ในต้นถั่วลันเตาที่ต้านทานโรคราแป้งจำนวน 4 รุ่น คือ F_2, BC_1F_2, BC_2F_2 และ BC_3F_2 ของ 2 คู่ผสม No.3 x P309 และ P309 x No.4 พบว่า ลูกผสมรุ่น F_2 ของคู่ผสม No.3 x P309 จำนวน 7 ต้น จากที่สุ่มมา 10 ต้น พบแถบ DNA (70%) ขณะที่รุ่นอื่น ๆ ปรากฏแถบดีเอ็นเอที่มีขนาด 850 คู่เบส ในทุกต้นที่สุ่มมาตรวจสอบ (100%) ลูกผสมรุ่น F_2 และ BC_3F_2 ของคู่ผสม P309 x No.4 มีแถบดีเอ็นเอที่ตำแหน่งดังกล่าว ปรากฏให้เห็นจำนวน 7 ต้น (70%) ในขณะที่ลูกผสมรุ่น BC_1F_2 และ BC_2F_2 มีต้นที่ไม่ปรากฏแถบดีเอ็นเอ 1 ต้นจากจำนวนต้นที่สุ่มทั้งหมด 10 ต้น (10%) (ตารางที่ 1และ ภาพที่ 3)

Table 1 Evaluation of resistance by using DNA marker

Crosses	Generations	No. of selected PM[1/] resistant plants	No. of plants with specific 850-bp	Percentage (%)
No.3 x P309	F_2	10	7	70
	BC_1F_2	10	10	100
	BC_2F_2	10	10	100
	BC_3F_2	8	8	100
P309 x No.4	F_2	10	7	70
	BC_1F_2	10	9	90
	BC_2F_2	10	9	90
	BC_3F_2	10	7	70

[1/] PM = powdery mildew disease

การประเมินการเกิดโรคราแป้ง

ภายหลังนำลูกผสม BC_3F_3 ที่ผ่านการคัดเลือกและยืนยันความต้านทานโรคราแป้งด้วยไพรเมอร์ SCOPD10 มาปลูกทดสอบความต้านทานต่อโรคราแป้งเปรียบเทียบกับพ่อแม่พันธุ์ P309, พันธุ์ No.3 และ พันธุ์ No.4 ที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง ในช่วงเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนสิงหาคม 2553 พบว่า ลูกผสม BC_3F_3 ของคู่ผสม No.3 x P309 และ P309 x No.4 แสดงลักษณะต้านทานต่อโรคราแป้ง โดยมีเปอร์เซ็นต์พื้นที่ใบในตำแหน่งข้อที่ 7 เกิดโรคราแป้งเท่ากัน คือ 3.67% ไม่แตกต่างจากพันธุ์ต้านทาน P309 ที่มีเปอร์เซ็นต์พื้นที่ใบที่เกิดโรค 6.83% ขณะที่ใบในตำแหน่งข้อที่ 11 ของคู่ผสม No.3 x P309 มีเปอร์เซ็นต์พื้นที่ใบที่เกิดโรค 11.67% ซึ่งมีระดับความต้านทานไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ต้านทาน P309 ที่มีเปอร์เซ็นต์พื้นที่ใบที่เกิดโรค 1.67% ส่วนคู่ผสม P309 x No.4 มีการระบาดของโรคมากกว่าคือ 20.67% สำหรับพันธุ์ No.3 และ No.4 ซึ่งเป็นพันธุ์อ่อนแอต่อโรคราแป้งมีเปอร์เซ็นต์พื้นที่ใบที่เกิดโรค 99.33 และ 99.40% ตามลำดับ (ภาพที่ 4)

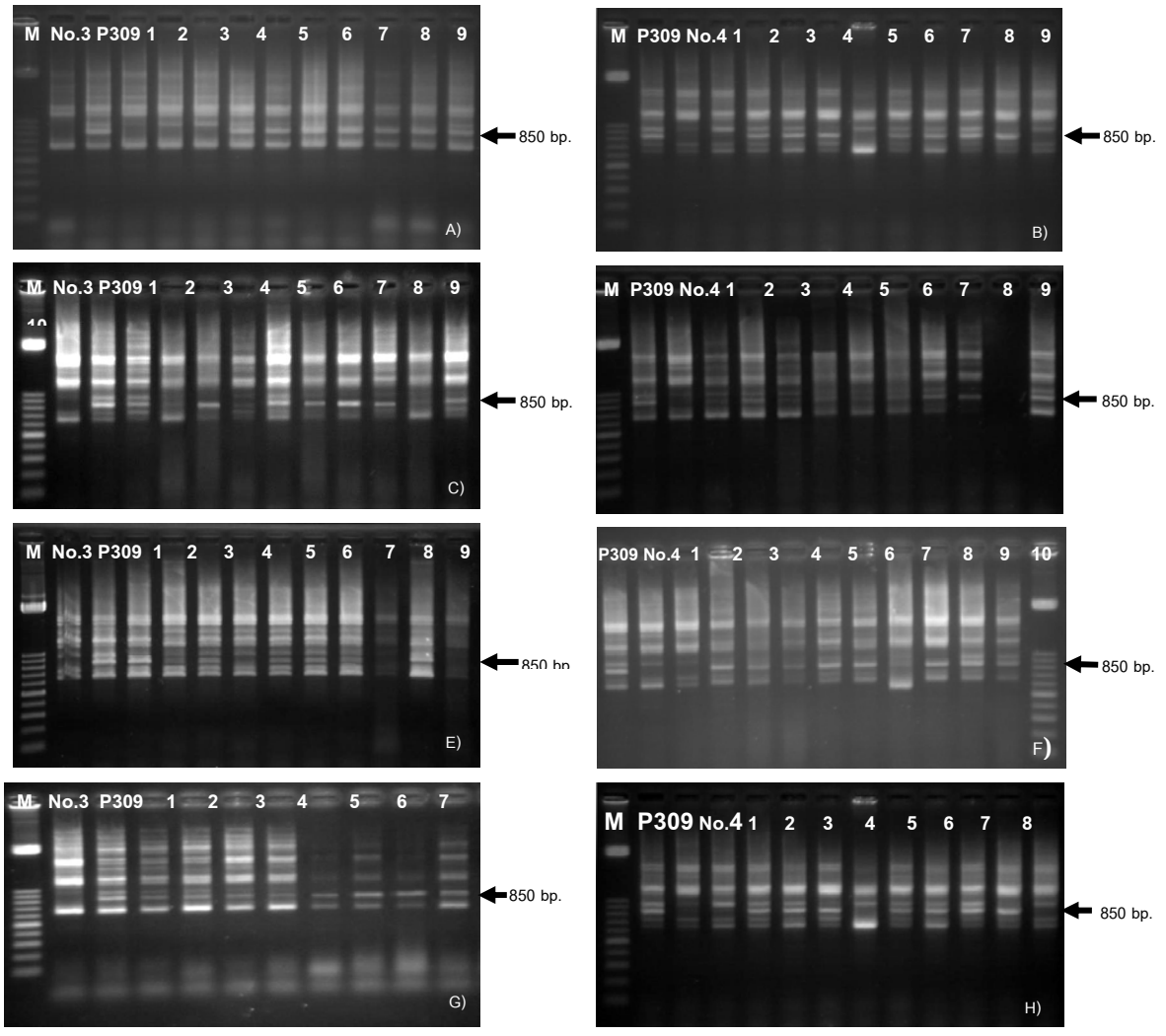

Figure 3 PCR profiles by ScOPD10 primer of snow pea parents and hybrids (lanes 1-10) from crosses between No.3 x P309 and P309 x No.4; A-B) F_2 hybrids, C-D), BC_1F_2 hybrids E-F) BC_2F_2 hybrids and G-H) BC_3F_2 hybrids

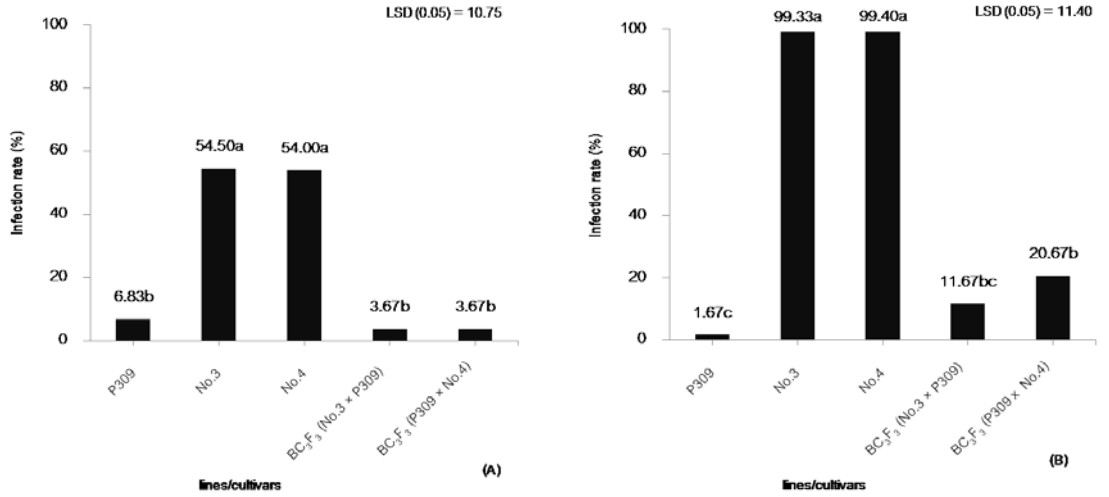

Figure 4 Percentage of powdery mildew infection on leaf surface area at the 7th (A) and 11st (B) node positions in snow pea lines/cultivars under greenhouse conditions at Khun Wang Royal Project Development Centre from May to August 2010.

วิจารณ์

การประเมินลูกผสมถั่วลันเตาที่ต้านทานและไม่ต้านทานโรคราแป้งจำนวน 4 รุ่น ได้แก่ F_2, BC_1F_2, BC_2F_2 และ BC_3F_2 โดยการประเมินเปอร์เซ็นต์พื้นที่ใบที่ถูกเข้าทำลายไม่สามารถดำเนินการได้ เนื่องจากภายในโรงเรือนทดลองเกิดการระบาดของเชื้อราแป้งจำนวนมาก ซึ่งเป็นผลมาจากการปลูกพันธุ์อ่อนแอล่วงหน้าเพื่อเพิ่มปริมาณของเชื้อในแปลงทดลอง และเป็นการปลูกซ้ำอย่างต่อเนื่องในโรงเรือนดังกล่าว ประกอบกับสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนเหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อราแป้ง จึงทำให้เกิดการระบาดของเชื้อราแป้งมากกว่าการเกิดในแปลงสถานีเกษตรหลวงปางดะ ส่งผลให้ปริมาณความหนาแน่นของเชื้อราแป้งภายในโรงเรือนมีมาก (Vaid and Tyagi,1997) ทำให้ไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างต้นต้านทานและต้นอ่อนแอโดยประเมินจากปริมาณการเกิดโรคบนใบได้ ดังนั้นจึงใช้การประเมินจากลักษณะบริเวณโคนต้นแทน สำหรับการตรวจสอบและยืนยันลูกผสมที่ต้านทานโรคราแป้งโดยการสุ่มต้นที่ต้านทานโรคจากแปลงทดลองของทั้ง 4 รุ่น ๆ ละ 10 ต้นของทั้ง 2 คู่ผสม โดยการตรวจสอบเครื่องหมายดีเอ็นเอที่มีขนาด 850 คู่เบส โดยใช้ไพรเมอร์ ScOPD10 ด้วยปฏิกิริยาพีซีอาร์ พบว่าต้นต้านทานบางต้นไม่ปรากฏแถบดีเอ็นเอที่มีขนาด 850 คู่เบส ทั้งนี้อาจเกิดจากความผิดพลาดของการคัดเลือกในสภาพแปลง เนื่องจากต้นถั่วลันเตาส่วนใหญ่ถูกเชื้อราแป้งเข้าทำลายมาก ประการที่สองอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงในระดับโมเลกุล โดยเกิดการเปลี่ยนแปลงของการเรียงตัวของลำดับเบสในบริเวณตำแหน่งของยีนที่เกี่ยวข้องกับลักษณะต้านทานโรค ในช่วงการจำลองโครโมโซม (replication) หรือเกิดการสูญหายหรือเปลี่ยนตำแหน่งของหน่วยพันธุกรรมได้ (White, 1973) ซึ่งข้อคิดเห็นดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานของ Tiwari *et al.* (1998) ที่กล่าวว่า ลักษณะความต้านทานในรุ่นลูกผสมบางครั้งอาจหายไป ซึ่งสอดคล้องกับ McClean (1997) ที่กล่าวว่าการขาดหายไปของยีน (deletion) การกลายพันธุ์ (mutation) หรือการเกิด crossing over ในระหว่างกระบวนการไมโอซีสระหว่างตำแหน่งของยีน *er* ที่ต้านทานโรคกับ lingkage gene ส่งผลให้การจัดเรียงตัวของนิวคลิโอไทด์เปลี่ยนแปลงไป (Brown, 1990)

สรุป

จากการทดลองครั้งนี้การใช้ไพรเมอร์ ScOPD10 สามารถยืนยันความถูกต้องของการคัดเลือกต้นต้านทาน

โรคราแป้งของลูกผสม No.3 x P309 และ P309 x No.4 จำนวน 4 รุ่น ได้แก่ F_2, BC_1F_2, BC_2F_2 และ BC_3F_2 ในสภาพแปลง โดยการติดตามเครื่องหมายดีเอ็นเอที่มีขนาด 850 คู่เบส ที่เกี่ยวข้องกับยีนที่ต้านทานโรคราแป้ง โดยลูกผสมรุ่น F_2 ของคู่ผสม No.3 x P309 ปรากฏแถบดีเอ็นเอ 70% จากจำนวนต้นที่สุ่มทั้งหมด ขณะที่ลูกผสมรุ่น BC_1F_2 , BC_2F_2 และ BC_3F_2 ปรากฏแถบดีเอ็นเอในทุกต้นที่สุ่ม (100%) สำหรับลูกผสมรุ่น F_2 และ BC_3F_2 ของคู่ผสม P309 x No.4 ปรากฏแถบดีเอ็นเอ 70% และลูกผสมรุ่น BC_1F_2 และ BC_2F_2 ปรากฏแถบดีเอ็นเอ 90% ไพรเมอร์ดังกล่าวสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องหมายดีเอ็นเอตรวจสอบถั่วลันเตาต้นที่ต้านทานโรคราแป้งในขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์นี้ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วยยืนยันความมั่นใจในการคัดเลือกต้นที่ต้านทานโรคที่ถูกต้อง โดยเห็นได้จากลูกผสม BC_3F_3ของคู่ผสม No.3 x P309 และ P309 x No.4 ที่ผ่านการตรวจสอบโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลแสดงลักษณะต้านทานโรคราแป้งได้เช่นเดียวกับพันธุ์ต้านทาน P309

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนหลักจากมูลนิธิโครงการหลวง และศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ (AG-BIO/PERDO-CHE)

เอกสารอ้างอิง

กิตติพงษ์ ศิริวานิชกุล และ สุดฤดี ประเทืองวงศ์. 2528. โรคของถั่วลันเตาในท้องที่ภาคเหนือของประเทศไทย. สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 13 หน้า.

คมสัน อำนวยสิทธิ์. 2539. หลักการปรับปรุงพันธุ์พืช. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, กรุงเทพฯ. 198 หน้า.

จานุลักษณ์ ขนบดี. 2541. การผลิตเมล็ดพันธุ์ผัก. พิมพ์ครั้งที่ 2. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 132 หน้า.

จุลภาค คุ้นวงศ์. 2548. Marker Assisted Selection. เอกสารประกอบการประชุมเรื่อง “ปฏิบัติการ Molecular breeding training course”. ณ ศูนย์ประชุมอุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.), ปทุมธานี. 26 เมษายน 2548.

นุชจารี วนาศิริ. 2550. การจัดจำแนกเชื้อราแป้งบางชนิดโดยอาศัยลักษณะการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศภายใต้กล้องจุลทรรศน์และกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาโรคพืช. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 124 หน้า.

อัญชัญ ชมภูพวง ศิริลักษณ์ อินทวงศ์ ศิริพงษ์ คุ้มภัย และ ณัฐา โพธาภรณ์. 2553. การตรวจสอบเครื่องหมายดีเอ็นเอที่เกี่ยวข้องกับยีนต้านทานโรคราแป้งในลูกผสมถั่วลันเตาโดยใช้เทคนิคพีซีอาร์. ผลงานวิจัยของมูลนิธิโครงการหลวงประจำปี 2552, เชียงใหม่. 665 หน้า.

Brown, T.A. 1990. Genetics: a Molecular Approach. University of Manchester Institute of Science and Technology, U.S.A. 387 p.

Janila, P. and B. Sharma. 2004. RAPD and SCAR markers for powdery mildew resistance gene *er* in pea. Plant Breeding 123: 271-274.

McClean, P. 1997. Genetic linkage : recombination and estimating the distance between genes. (Online). Available: http://www.ndsu.edu/pubweb/~mcclean/plsc431/linkage/linkage2.htm (November 16, 2011).

Ondrej, M., R. Dostalova and L. Odstrcilova. 2005. Response of *Pisum sativum* germplasm resistant to *Erysiphe pisi* to inoculation with *Erysiphe baeumleri*, a new pathogen of pea. Plant Protect. Sci. 41: 95-103.

Sharma, B. and Y. Yadav. 2003. *Pisum fulvum* carries a recessive gene for powdery mildew resistance. Genetics 35: 263-269.

Tiwari, K.R., G.A. Penner and T.D. Warkentin. 1998. Identification of coupling and repulsion phase RAPD markers for powdery mildew resistance gene *er-1* in pea. Genome 41: 440-444.

Vaid, A. and P.D. Tyagi. 1997. Genetics of powdery mildew resistance in pea. Euphytica 96: 203-206.

White, M.J.D. 1973. The Chromosomes. Northumberland Press Limited, Britain. 214 p.

การคัดเลือกพันธุ์ลูกผสมระหว่างคะน้าและบรอกโคลีที่มีซัลโฟราเฟนสูง

Selection for High Sulforaphane Content in Progenies Derived from Chinese Kale × Broccoli

ญาณี โปธาดี[1/] ศิวาพร ธรรมดี[1/] และ ณัฐา โพธาภรณ์[1/]

Yanee Potadee[1/], Siwaporn Thumdee[1/] and Nuttha Potapohn[1/]

Abstract: Sulforaphane is an antioxidant that is present naturally in cruciferous vegetables such as Chinese kale and broccoli. Thus, hybridization between Chinese kale × broccoli were made for high sulforaphane content. Three varieties of Chinese kale, Round Leave, Yod Big 456 and Hong Kong Kuan Au, and 2 varieties of broccoli, Big Green and Top Green, were employed as parental plants. Reciprocal crosses among those varieties were made. Seeds of each cross were grown and the sprouts at 5-day-old were harvested for sulforaphane content analysis using HPLC. It was found that Top Green × Yod Big 456 hybrid gave the highest sulforaphane content, 3.34 mg/g dw, which was greater than those of other hybrids. Other characteristics such as plant height, canopy diameter, flowering date and number of seed/pod were also evaluated.

Keywords: Chinese kale × broccoli hybrids, sprout, sulforaphane

บทคัดย่อ: คะน้าและบรอกโคลี เป็นผักที่พบซัลโฟราเฟนที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ จึงได้มีการศึกษาการผสมพันธุ์ข้ามระหว่างคะน้าและบรอกโคลี เพื่อผลิตลูกผสมที่มีปริมาณซัลโฟราเฟนสูง โดยนำคะน้า 3 พันธุ์ได้แก่ Round Leave, Yod Big 456 และ Hong Kong Kuan Au ผสมพันธุ์กับบรอกโคลี 2 พันธุ์ได้แก่ Big Green และ Top Green โดยทำการผสมแบบพบกันหมดและสลับพ่อแม่ พบว่า เมื่อนำเมล็ดลูกผสมที่ได้จากการผสมข้ามระหว่างคะน้าและบรอกโคลีไปเพาะและนำต้นอ่อนที่อายุ 5 วัน มาวิเคราะห์หาปริมาณซัลโฟราเฟนโดย HPLC พบว่าลูกผสม Top Green × Yod Big 456 มีปริมาณซัลโฟราเฟนสูงที่สุดคือ 3.34 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาลักษณะอื่น ๆ เช่น ความสูงของต้น ความกว้างของทรงพุ่ม วันออกดอก และจำนวนเมล็ดต่อฝักอีกด้วย

คำสำคัญ: ลูกผสมระหว่างคะน้าและบรอกโคลี ต้นอ่อน ซัลโฟราเฟน

[1/] ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

[1/] Department of Plant Science and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200, Thailand

คำนำ

คะน้าจีน (Chinese kale) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica oleracea* var. *alboglaba* Bailey วงศ์ Brassicaceae (กรมวิชาการเกษตร, 2552) มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปเอเชีย สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี ช่วงเวลาที่ปลูกได้ผลดีที่สุดอยู่ในช่วงเดือนตุลาคมถึงเมษายน (สุนทร, 2539)

บรอกโคลีหรือกะหล่ำดอกอิตาเลี่ยน (broccoli) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica oleracea* var. *italica* Plenck อยู่ในวงศ์ Brassicaceae เป็นผักเมืองหนาว มีถิ่นกำเนิดอยู่ทางตอนใต้ของยุโรปหรือแถบประเทศอิตาลี นำเข้ามาในประเทศไทย สามารถปลูกบนที่สูงทางภาคเหนือในช่วงฤดูหนาวเท่านั้น ต่อมามีการปรับปรุงพันธุ์บรอกโคลีให้ทนร้อนได้มากขึ้น จึงสามารถปลูกบรอกโคลีในฤดูหนาวของภาคอื่น ๆ ได้ แต่คุณภาพและผลผลิตอาจไม่ดีเท่ากับการผลิตในที่ที่มีอากาศเย็น (วสันต์, 2544)

บรอกโคลีมีสารสำคัญที่มีฤทธิ์ต้านมะเร็งคือ ไอโซไธโอไซยาเนต (isothiocyanate) ซึ่งเป็นสารที่สามารถยับยั้งการเปลี่ยนแปลงดีเอ็นเอ และกระตุ้นการทำงานของหน่วยพันธุกรรม (genes) ที่ทำหน้าที่ในการต่อสู้กับเซลล์มะเร็ง และขัดขวางการแสดงออกของยีนที่สนับสนุนการเกิดมะเร็งด้วย (ประไพภัทร, 2552; Herr and Buchler, 2010) นอกจากนั้น Fahey *et al.* (1997) ยังได้รายงานว่า บรอกโคลีมีกลูโคราฟานิน (glucoraphanin) ที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านมะเร็งและเมื่อเข้าสู่ร่างกายถูกเปลี่ยนเป็นซัลโฟราเฟน (sulforaphane) ที่มีฤทธิ์กระตุ้นการสร้างเอนไซม์ที่ใช้ในการกำจัดเซลล์มะเร็งที่เกิดจากสารพิษต่าง ๆ จึงช่วยควบคุมการกลายพันธุ์ของเซลล์ที่อาจนำไปสู่การเกิดเป็นเนื้อร้ายหรือมะเร็งในร่างกายได้ โดยซัลโฟราเฟนนี้พบมากในต้นอ่อน (sprouts) (Cunningham, 2007) ซึ่งจากการเปรียบเทียบปริมาณซัลโฟราเฟน ในต้นอ่อนของบรอกโคลีพันธุ์ Top Green และ Big Green ที่มีอายุ 3, 5 และ 7 วันหลังงอก พบว่าต้นอ่อนที่มีอายุ 5 วัน ของบรอกโคลีทั้งสองพันธุ์ มีปริมาณซัลโฟราเฟนสูงที่สุดคือ 57 และ 30 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (ณัฐา และคณะ, 2552) ซึ่งการบริโภคต้นอ่อนของบรอกโคลีที่มีปริมาณซัลโฟราเฟน 200-400 ไมโครกรัมต่อวัน สามารถช่วยป้องกันการเกิดมะเร็งได้ (Health, 2008)

สุชีลา และคณะ (2538) ได้ศึกษาการปรับปรุงพันธุ์ลูกผสมบรอกโคลีและคะน้าสำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีจุดมุ่งหมายให้ได้บรอกโคลีและ/หรือคะน้าสายพันธุ์ใหม่ที่มีคุณภาพดีบริโภคได้ทั้งลำต้น ใบ และดอก รวมทั้งสามารถผลิตเมล็ดพันธุ์ได้ดี โดยคัดเลือกและแบ่งลูกผสมออกเป็น 2 ลักษณะคือ ลูกผสมที่มีลักษณะดีเด่นค่อนไปทางบรอกโคลี โดยมีลักษณะลำต้นสูงใหญ่ น้ำหนักสดและน้ำหนักตัดแต่งสูงและมีจำนวนแขนงน้อย และลูกผสมที่มีลักษณะดีเด่นค่อนไปทางคะน้า มีลักษณะลำต้นขนาดใหญ่ จำนวนใบมากและมีจำนวนแขนงน้อย แต่ยังไม่ได้มีการวิเคราะห์หาซัลโฟราเฟน เมื่อวิเคราะห์ปริมาณซัลโฟราเฟนเบื้องต้น ในคะน้าจีนและบรอกโคลีพบว่า ในคะน้าจีนมีซัลโฟราเฟนอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าบรอกโคลีมาก แต่การผลิตคะน้าในประเทศไทยสามารถทำได้ง่ายกว่าการผลิตบรอกโคลีซึ่งการผลิตเมล็ดพันธุ์บรอกโคลีในประเทศไทยยังไม่ประสบความสำเร็จ จึงมีแนวคิดในการผลิตเมล็ดลูกผสมระหว่างคะน้าและบรอกโคลีที่มีปริมาณซัลโฟราเฟนสูง เพื่อใช้ในการผลิตต้นอ่อนสำหรับการบริโภค ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้ จึงมุ่งเน้นศึกษาการคัดเลือกพันธุ์และผลิตเมล็ดลูกผสมระหว่างคะน้าและบรอกโคลีที่มีปริมาณซัลโฟราเฟนสูง และนำเมล็ดที่ได้ไปผลิตเป็นต้นอ่อนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

นำคะน้าและบรอกโคลีพันธุ์การค้าที่มีปริมาณซัลโฟราเฟนสูงได้แก่ คะน้า 3 พันธุ์ คือ Round Leave, Yod Big 456 และ Hong Kong Kuan Au ซึ่งมีปริมาณซัลโฟราเฟนในต้นอ่อน 0.324, 0.365 และ 0.402 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และบรอกโคลี 2 พันธุ์ คือ Big Green และ Top Green มีปริมาณซัลโฟราเฟนในต้นอ่อน 30 และ 57 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (ณัฐา และคณะ, 2552) นำไปปลูกเพื่อผลิตลูกผสมชั่วที่ 1 ระหว่างคะน้าและบรอกโคลี แบบสลับพ่อแม่ (reciprocal cross) ที่สถานีเกษตรหลวงปางดะ

จ.เชียงใหม่ ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2553 โดยเพาะเมล็ดพ่อแม่พันธุ์และย้ายปลูกลงในกระถางขนาด 12 นิ้ว ที่มีดินผสมกาบมะพร้าวสับเป็นวัสดุปลูก และเมื่อดอกใกล้บานนำมุ้งตาข่ายคลุมต้นโดยแยกแต่ละพันธุ์ ก่อนดอกพร้อมผสม 1 วัน ตอนเกสรเพศผู้ออก และเมื่อดอกพร้อมผสมจึงถ่ายละอองเกสรข้ามพันธุ์ระหว่างคะน้าและบรอกโคลีแล้วคลุมดอก (ภาพที่ 1) ฝักอายุได้ประมาณ 8 สัปดาห์ เริ่มเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาล เมื่อฝักเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล 50% ของฝักทั้งหมด จึงเก็บฝัก แล้วนำไปผึ่งในที่ร่มให้แห้ง

จากนั้นทำการเปิดฝัก บันทึกจำนวนเมล็ดต่อฝัก เมล็ดที่ได้แบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 นำไปปลูกในแปลงโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design: RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 6 ต้นต่อพันธุ์ เพื่อศึกษาลักษณะของลูกผสม ได้แก่ ความสูงของต้น ความกว้างของทรงพุ่ม และผสมตัวเอง (selfed-pollination) ให้ได้เมล็ดพันธุ์ลูกชั่วที่ 2 เพื่อนำไปศึกษาการกระจายตัว (segregation) ของลูกผสม เมล็ดส่วนที่ 2 นำไปศึกษาปริมาณซัลโฟราเฟนเปรียบเทียบกับพ่อแม่พันธุ์ โดยเพาะในกล่องพลาสติกเป็นเวลา 5 วัน (ภาพที่ 2) นำต้นอ่อนไป freeze dry เมื่อแห้งจึงบดให้ละเอียด ชั่งต้นอ่อนที่บดแล้ว 0.25 กรัม เติม HCl ความเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 20 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมงและเขย่าเป็นครั้งคราว สกัดด้วย dichoromethane กลั่นด้วยเครื่อง evaporator ให้แห้ง นำไปละลายด้วยเมทานอล 100 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร กรองผ่านกระดาษกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร และฉีดเข้าเครื่อง HPLC (high-performance liquid chromatography) (Sivakumar *et al.*, 2007) และศึกษาลักษณะความดีเด่นของลูกผสมที่มีปริมาณซัลโฟราเฟนเหนือกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อและแม่ (heterosis) โดยคำนวณจาก

$$\% \text{ heterosis} = F_1 - \left(\frac{\bar{P}_1 + \bar{P}_2}{2} \right) \times 100$$

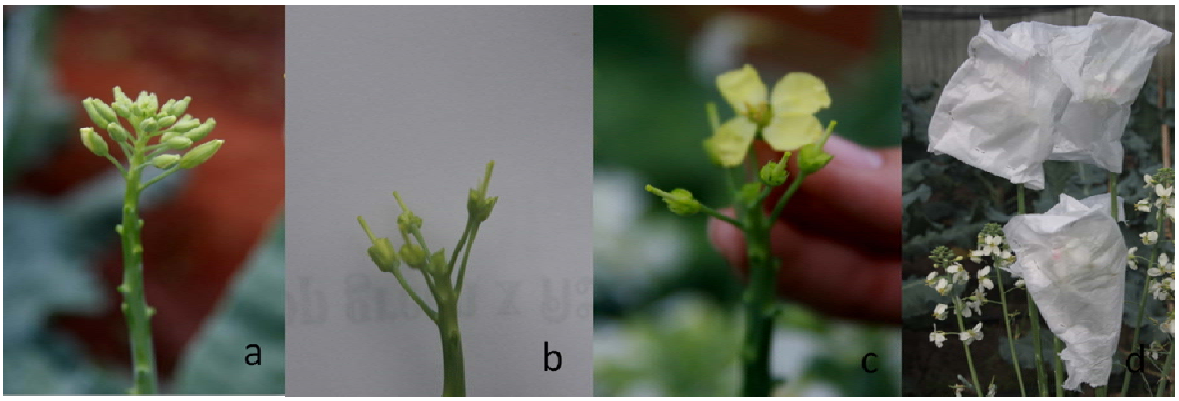

Figure 1 Emasculation and cross pollination of broccoli and Chinese kale flowers; (a) Chinese kale flowers before emasculation (b) Chinese kale flowers after emasculation, (c) hand pollination and (d) covered flowers after pollination

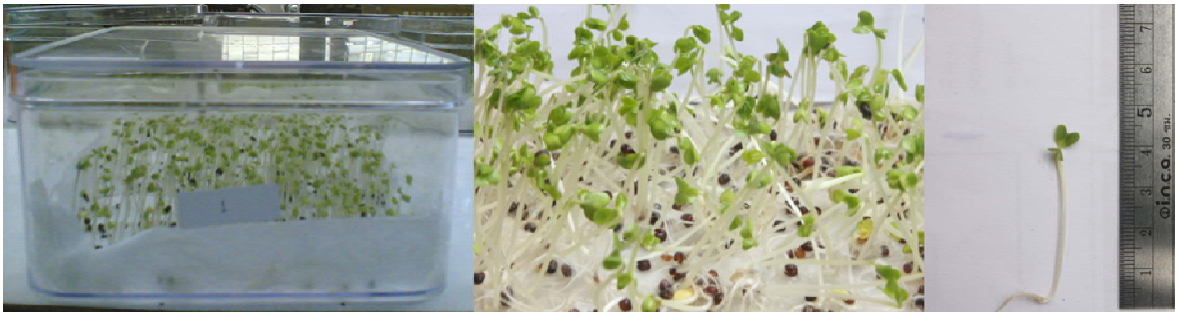

Figure 2 Chinese kale × broccoli sprouts at 5-day-old for sulforaphane analysis

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการผสมพันธุ์คะน้า 3 พันธุ์ คือ Round Leave, Yod Big 456 และ Hong Kong Kuan Au กับบรอกโคลี 2 พันธุ์ คือ Big Green และ Top Green มีคู่ผสมที่สามารถติดเมล็ดได้ทั้งหมด 9 คู่ ได้แก่ Round Leave × Big Green, Round Leave × Top Green, Hong Kong Kuan Au × Big Green, Hong Kong Kuan Au × Top Green, Yod Big 456 × Big Green, Yod Big 456 × Top Green, Big Green × Hong Kong Kuan Au, Big Green × Yod Big 456 และ Top Green × Yod Big 456 โดยแต่ละคู่ผสมมีลักษณะที่ศึกษา ดังนี้

การติดเมล็ดของลูกผสมชั่วที่ 1

คู่ผสมระหว่างคะน้า × บรอกโคลี และบรอกโคลี × คะน้า ให้จำนวนเมล็ดต่อฝักอยู่ระหว่าง 2.0-9.8 เมล็ดต่อฝัก (ตารางที่ 1) จากการผสมเกสรระหว่างคะน้าและบรอกโคลี มีทั้งที่ผสมติดเมล็ดและไม่ติดเมล็ด อาจเกิดจากคะน้าและบรอกโคลีมียีนที่ทำให้ผสมตัวเองไม่ติด (self incompatibility) เนื่องจาก s ยีนของพืชวงศ์นี้มีปฏิกิริยา sporophytical โดยเกสรเพศผู้ไม่สามารถงอกบนยอดเกสรเพศเมีย จากสารยับยั้งที่สังเคราะห์ขึ้นในยอดเกสรเพศเมีย (มณีฉัตร, 2545) นอกจากนั้นอาจเป็นผลมาจากลักษณะทางพันธุกรรมของแต่ละพันธุ์ที่ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมในขณะที่ทำการทดลอง ในพันธุ์ที่ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ สามารถเจริญเติบโตได้ดี มีจำนวนช่อดอกต่อต้นมาก โอกาสติดเมล็ดสูงกว่าพันธุ์ที่ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมไม่ดี ส่งผลให้เมล็ดพันธุ์ลูกผสมที่ได้มีจำนวนแตกต่างกัน (Falconer, 1981)

การเจริญเติบโตทางลำต้นของลูกผสมชั่วที่ 1

เมื่อระยะออกดอก ลูกผสม Top Green × Yod Big 456 มีความสูงของต้นสูงที่สุดคือ 62.0 เซนติเมตร ซึ่งไม่แตกต่างจากลูกผสม Yod Big 456 × Big Green และ Yod Big 456 × Top Green ที่มีความสูง 61.4 และ 59.1 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนความกว้างของทรงพุ่ม ลูกผสม Hong Kong Kuan Au × Big Green มีความกว้างของทรงพุ่มสูงที่สุด คือ 87.8 เซนติเมตร (ตารางที่ 1) ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับลูกผสมอื่น ๆ จะเห็นได้ว่า ลูกผสมที่เกิดจาก Yod Big 456 มีความสูงของต้นมากที่สุด เนื่องจากลักษณะทางพันธุกรรมของ Yod Big 456 ที่มีลำต้นอวบและปล้องยาว จึงมีลักษณะเด่นในด้านความสูง ส่วนความกว้างของทรงพุ่ม ลูกผสมจากทุกคู่ผสมมีลักษณะใบเหมือนกับบรอกโคลีและมีทรงพุ่มแผ่กว้าง

Table 1 Plant height, canopy diameter and number of seed per pod of progenies derived from Chinese kale × broccoli

Crosses	Plant height (cm)[1/]	Canopy diameter (cm)	Number of seed/pod
Round Leave × Big Green	50.8 c	73.7	9.8
Round Leave × Top Green	52.7 c	76.9	5.2
Hong Kong Kuan Au × Big Green	52.8 c	87.8	8.3
Hong Kong Kuan Au × Top Green	52.3 c	74.7	9.0
Yod Big 456 × Big Green	61.4 a	80.3	6.6
Yod Big 456 × Top Green	59.1 ab	77.1	4.4
Big Green × Hong Kong Kuan Au	54.8 bc	80.5	2.0
Big Green × Yod Big 456	52.7 c	78.2	6.3
Top Green × Yod Big 456	62.0 a	81.4	8.6
$LSD_{0.05}$	5.3	ns	ns

[1/] Means within the same column followed by different letters were significantly different at $P \leq 0.05$ by LSD.

ns = not significantly different

ทำให้ลักษณะความกว้างของทรงพุ่มไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ลูกผสมยังมีลักษณะดอกสีขาวเหมือนกับคะน้า การศึกษาครั้งนี้ต้องการต้นอ่อนลูกผสมที่มีปริมาณซัลโฟราเฟนสูง และถ้าต้องการต้นที่สามารถบริโภคได้ทั้งลำต้น ใบ และดอกด้วย ต้องมีการคัดเลือกพันธุ์ลูกผสมต่อไป

ลักษณะการออกดอก

การนับจำนวนวันหลังจากเพาะเมล็ดจนถึงระยะออกดอก ลูกผสม Round Leave × Top Green ออกดอกเร็วที่สุดคือ 69 วัน รองลงมาคือลูกผสม Hong Kong Kuan Au × Top Green โดยใช้จำนวนวันในการออกดอกเท่ากับ 71 วัน และ ลูกผสม Round Leave × Big Green, Yod Big 456 × Top Green และ Top Green × Yod Big 456 ใช้เวลาในการออกดอกเท่ากับ 72 วันเท่ากัน ส่วนลูกผสมที่ออกดอกช้าที่สุดคือ Yod Big 456 × Big Green โดยใช้เวลาในการออกดอก 82 วัน (ภาพที่ 3) เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่ ลูกผสมส่วนใหญ่ใช้เวลาในการออกดอกสอดคล้องกับลักษณะการออกดอกของพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่ที่มีทั้งพันธุ์หนักและพันธุ์เบา โดยลูกผสมส่วนใหญ่ใช้เวลาในการออกดอกค่อนข้างเร็วกว่าพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่ ซึ่งอาจเกิดจากลักษณะพันธุกรรมของลูกผสมที่สามารถตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมได้ดีกว่าพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่ (กฤษฎา, 2551)

ปริมาณซัลโฟราเฟนในต้นอ่อนของลูกผสมชั่วที่ 1

จากการติดเมล็ดของคู่ผสมระหว่างคะน้าและบรอกโคลี คู่ผสมที่ติดเมล็ดและมีปริมาณเมล็ดเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์หาซัลโฟราเฟนมีจำนวน 4 คู่ คือ คู่ผสมระหว่าง Round Leave × Big Green, Hong Kong Kuan Au × Big Green, Hong Kong Kuan Au × Top Green และ Top Green × Yod Big 456 เมื่อวิเคราะห์หาปริมาณซัลโฟราเฟนในต้นอ่อนลูกผสมดังกล่าวเปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่ พบว่าต้นอ่อนลูกผสม Top Green × Yod Big 456 มีปริมาณซัลโฟราเฟนสูงสุดคือ 3.34 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง รองลงมาคือลูกผสม Hong Kong Kuan Au × Big Green

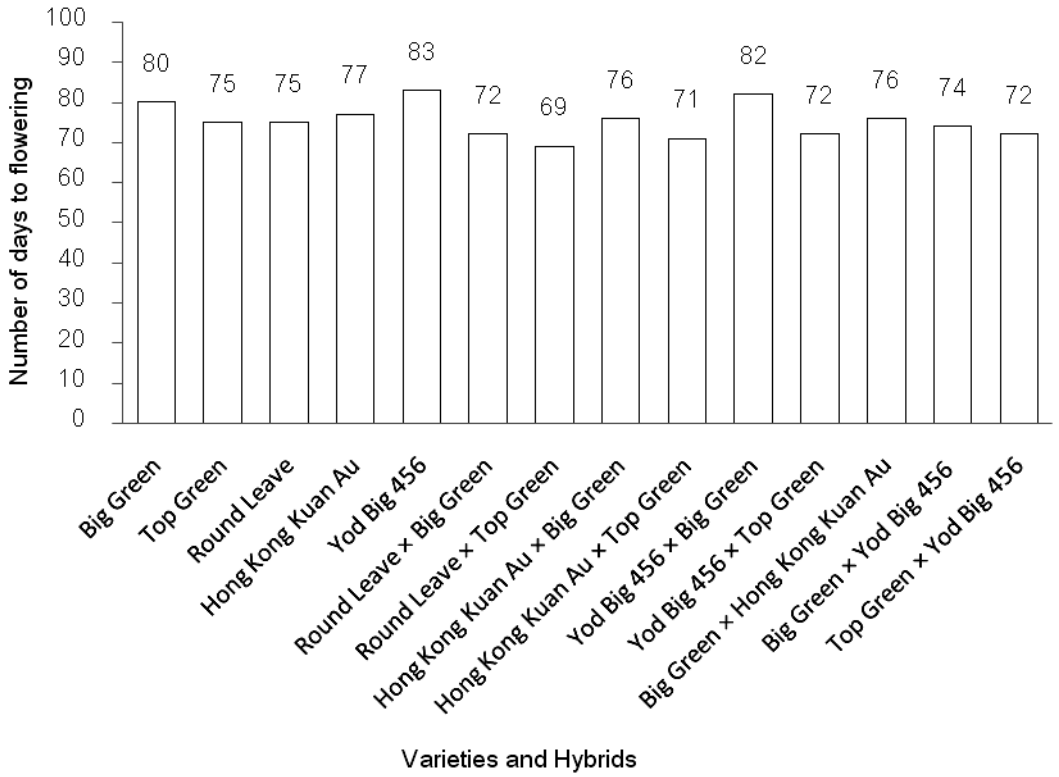

Figure 3 Number of days from seeding to flowering of parental plant varieties and hybrids derived from crosses between Chinese kale and broccoli

และ Hong Kong Kuan Au × Top Green โดยมีปริมาณซัลโฟราเฟนเท่ากับ 2.61 และ 2.19 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (ภาพที่ 4) ซึ่งเห็นได้ว่า ลูกผสมระหว่างคะน้าและบรอกโคลีมีปริมาณซัลโฟราเฟนสูงกว่าพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่ (ตารางที่ 2) โดยอาจเกิดจากการแสดงออกแบบ heterosis ของยีนที่ควบคุมการผลิตซัลโฟราเฟน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Jason *et al.* (2005) ที่กล่าวว่า พันธุกรรมที่เกี่ยวข้องกับกลูโคซิโนเลตการแสดงออกของยีนอาจเป็นแบบยีนบวกสะสม (additive gene action) จึงทำให้ลูกผสมมีความดีเด่นเหนือพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่ จากการศึกษาในครั้งนี้ เมล็ดที่ได้จำนวน 1 กรัม สามารถผลิตต้นอ่อนได้ 8 กรัม ซึ่งการบริโภคเพื่อให้ลดโอกาสการเกิดมะเร็ง ควรบริโภคต้นอ่อนที่มีปริมาณซัลโฟราเฟนอยู่ที่ 200-400 ไมโครกรัมต่อวัน (Health, 2008)

สรุป

การผสมพันธุ์ระหว่างคะน้า 3 พันธุ์และบรอกโคลี 2 พันธุ์ แบบพบกันหมด ได้ลูกผสมที่สามารถติดเมล็ดได้ 9 คู่ผสม และให้จำนวนเมล็ดต่อฝักเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2.0-9.8 เมล็ดต่อฝัก คู่ผสมที่มีปริมาณเมล็ด

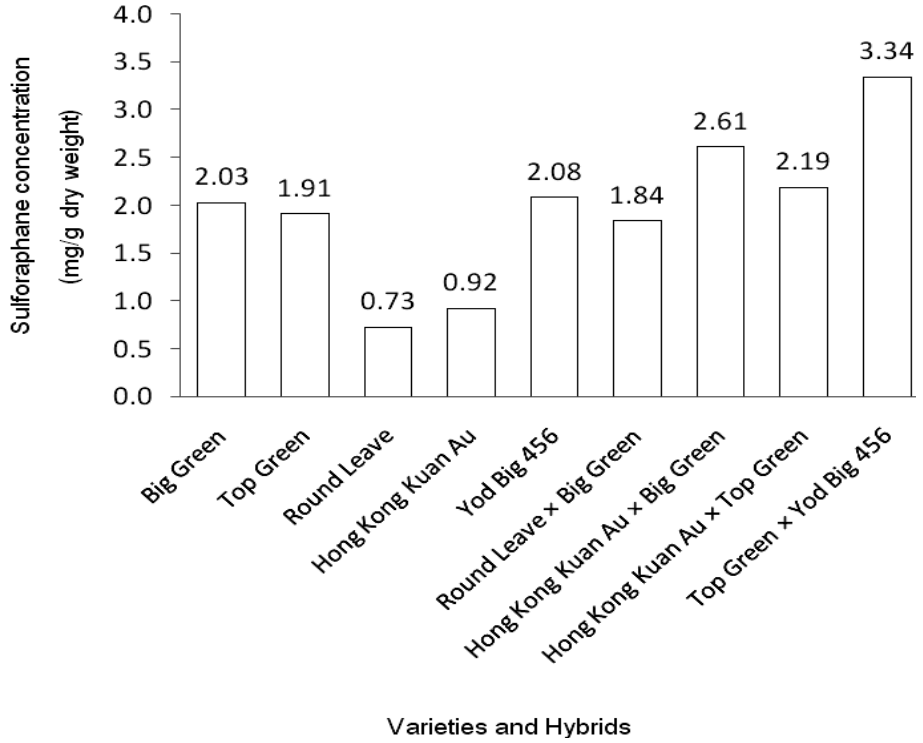

Figure 4 Sulforaphane concentration in 5-day-old sprouts of parental plant varieties and hybrids derived from Chinese kale × broccoli

Table 2 Heterosis (%) of hybrids derived from Chinese kale × broccoli

Crosses	Heterosis (%)
Round Leave × Big Green	46.0
Hong Kong Kuan Au × Big Green	113.5
Hong Kong Kuan Au × Top Green	77.5
Top Green × Yod Big 456	134.5

เพียงพอสำหรับวิเคราะห์ซัลโฟราเฟนมีจำนวน 4 คู่คือ ลูกผสม Round Leave × Big Green, Hong Kong Kuan Au × Big Green, Hong Kong Kuan Au × Top Green และ Top Green × Yod Big 456 ในต้นอ่อนของลูกผสมอายุ 5 วัน หลังจากเพาะเมล็ด ทั้ง 4 คู่ มีปริมาณซัลโฟราเฟนเปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่ พบว่าต้นอ่อนของลูกผสม Top Green × Yod Big 456 มีซัลโฟราเฟนสูงที่สุดคือ 3.34 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมูลนิธิโครงการหลวงที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ตลอดการทำงานวิจัย ขอขอบคุณ คุณอัณศยา สุริยะวงศ์ตระการ ที่ให้คำแนะนำและประสานงานกับเจ้าหน้าที่มูลนิธิโครงการหลวง และขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2552. บรอกโคลี. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://as.doa.go.th/hort/database/framehom_files/vegetable/broccoli.htm (1 กันยายน 2553).

กฤษฎา สัมพันธารักษ์. 2551. ปรับปรุงพันธุ์พืช พื้นฐานวิธีการ และแนวคิด. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 465 หน้า.

ณัฐา โพธาภรณ์ อัญชัญ ชมภูพวง ศิริลักษณ์ อินทะวงศ์ และ วีรพันธ์ กันแก้ว. 2552. การคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์บรอกโคลีเพื่อผลิตต้นอ่อนที่มีสารซัลโฟราเฟนสูง. วารสารโครงการหลวง 14: 2-6.

ประไพภัทร คลังทรัพย์. 2552. บรอกโคลีต้านมะเร็ง. สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, ปทุมธานี. 12 หน้า.

มณีฉัตร นิกรพันธุ์. 2545. กะหล่ำ. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 208 หน้า.

วสันต์ กฤษฎารักษ์. 2544. การปลูกผัก. เกษตรสาส์น, กรุงเทพฯ. 144 หน้า.

สุชีลา เตชะวงค์เสถียร กมล เลิศรัตน์ และ สราวุฒิ บุศรากุล. 2538. รายงานการวิจัย การปรับปรุงพันธุ์ลูกผสมบรอกโคลี-คะน้าสำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 14 หน้า.

สุนทร เรืองเกษม. 2539. คู่มือการปลูกผัก. เกษตรสยาม, กรุงเทพฯ. 128 หน้า.

Cunningham, J. 2007. Broccoli sprouts may help prevent skin cancer. (Online). Available: http://www.indiaedunews.net/Science/Broccoli_sprouts_may_help_prevent_skin_cancer_2312 (November 4, 2010).

Fahey, J.W., Y. Zhang and P. Talalay. 1997. Broccoli sprouts: An exceptionally rich source of inducers of enzymes that protect against chemical carcinogens. Proc. Natl. Acad. Sci. 94: 10367–10372.

Falconer, D.S. 1981. Introduction to quantitative genetics. Longman, London. 340 p.

Health. 2008. Healthcare information directory. (Online). Available: http://www.ihealthdirectory.com/ sulforaphane (August 7, 2011).

Herr, I. and M.W. Buchler. 2010. Dietary constituents of broccoli and other cruciferous vegetables: Implications for prevention and therapy of cancer. Cancer Treat Rev. 36: 377-383.

Jason, M.A., W.F. Mark and W.R. James. 2005. Genetic combining ability of glucoraphanin level and other horticultural traits of broccoli. Euphytica 143: 145–151.

Sivakumar, G., A. Aliboni and L. Bacchetta. 2007. HPLC screening of anti-cancer sulforaphane from important European Brassica species. Food Chemistry 104: 1761–1764.

การประเมินมูลค่าคาร์บอนและธาตุอาหารสะสม ในดินป่าดิบเขาบริเวณดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่

Evaluation of Accumulated Carbon and Nutrients in Montane Forest Soils at Doi Inthanon, Chiang Mai Province

ขนิษฐา เสถียรพีระกุล[1/] สุนทร คำยอง[1/] นิวัติ อนงค์รักษ์[1/] และ เกรียงศักดิ์ ศรีเงินยวง[2/]*

Kanitta Satienperakul[1/], Soontorn Khamyong[1/], Niwat Anongrak[1/] and Kriangsak Sri-ngernyuang[2/]*

Abstract: Evaluation of accumulated carbon and nutrients in Montane forest soils was studied at Doi Inthanon, Chiang Mai Province. A 15-ha permanent plot (1,700 m MSL) was established, and 3, 50x50 m^2 sampling plots were arranged along slope gradient. A soil pit was made in each site to the depth of 2.00 meters. Soil samples were taken from 13 depths; 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80, 80-100, 100-120, 120-140, 140-160, 160-180 and 180-200 cm. The samples were later analyzed for physical and chemical properties in a laboratory. Accumulated nutrients valued in soil were adopted by market valuation and cost replacement method.

The results showed that the soil texture was mainly sandy loam. Specific properties of the top soils were observed; bulk density: low; soil reaction: very strongly acid to extremely acid; organic matter and carbon: very high; total nitrogen: medium to high. Extractable K was high throughout the soil profiles at all slope whereas available P, extractable Ca, Mg and Na were low to very low. The high amounts of organic matter, carbon and nitrogen were found in the top soils and lower in the subsoils. Valuation of carbon, available nitrogen and phosphorus, extractable potassium, calcium, magnesium and sodium were 170.73, 7,962.31, 1,197.25, 48,531.97, 3,286.77, 787.84 and 744.31 baht/ha, respectively. The total value was calculated as 62,681 baht/ha.

Keywords: Montane forest, valuation of soil carbon, valuation of soil nutrients

[1/] ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

[2/] คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

[1/] Department of Plant Science and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

[2/] Faculty of Architecture and Environmental Design, Mae Jo University, Chiang Mai 50200, Thailand

* Corresponding author E-mail: kanitta@mju.ac.th

บทคัดย่อ: ประเมินมูลค่าคาร์บอนและธาตุอาหารสะสมในดินป่าดิบเขา ดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ ในแปลงสุ่มตัวอย่างแบบถาวร ขนาด 15 เฮกตาร์ (1,700 ม. ร.ท.ก.) โดยใช้แปลงสุ่มตัวอย่าง จำนวน 3 แปลง ขนาด 50 x 50 ตร.ม. วางกระจายตามพื้นที่ลาดเท ขุดหลุมดินลึกถึง 200 ซม. 3 หลุม เก็บตัวอย่างดินตามความลึก 13 ระดับ คือ 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80, 80-100, 100-120, 120-140, 140-160, 160-180 และ 180-200 ซม. เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของดินในห้องปฏิบัติการ และประยุกต์ใช้วิธีการตีมูลค่าทางการตลาดและต้นทุนที่ต้องจ่ายเพื่อฟื้นฟูคืนสภาพเดิม ในการประเมินมูลค่าของธาตุอาหารที่สะสมในชั้นดิน พบว่า เนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย ในดินชั้นบนมีความหนาแน่นรวมของดินต่ำ ค่าปฏิกิริยาของดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดรุนแรงมาก อินทรียวัตถุและคาร์บอนมีค่าสูงมาก ไนโตรเจนทั้งหมดมีค่าปานกลางถึงสูงในดินชั้นบน โพแทสเซียมที่สกัดได้มีสูงมากตลอดชั้นดิน ขณะที่ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียมและโซเดียมมีค่าต่ำถึงต่ำมาก ปริมาณการสะสมของอินทรียวัตถุ คาร์บอนและไนโตรเจนในดินชั้นบนมากและลดลงในชั้นดินที่อยู่ลึกลงไป มูลค่าของการสะสมคาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกเนเซียม และโซเดียม เท่ากับ 170.73, 7,962.31, 1,197.25, 48,531.97, 3,286.77, 787.84 และ 744.31 บาทต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ คิดเป็นมูลค่ารวม เท่ากับ 62,681 บาทต่อเฮกตาร์

คำสำคัญ: ป่าดิบเขา มูลค่าคาร์บอนในดิน มูลค่าธาตุอาหารในดิน

คำนำ

ป่าดิบเขาในประเทศไทยแบ่งได้เป็น 2 สังคมย่อย (subtype communities) คือ ป่าดิบเขาระดับต่ำ (lower montane forests) พบที่ระดับความสูงประมาณ 1,000-1,800 ม. และป่าดิบเขาระดับสูง (upper montane forests) พบในระดับความสูงเกิน 1,800 ม. ขึ้นไป (Santisuk, 1988) มีเมฆหมอกปกคลุม อากาศหนาวเย็น มีความชุ่มชื้นสูงตลอดปี และเป็นป่าต้นน้ำลำธารที่สำคัญของประเทศ ในระบบนิเวศป่าไม้ความสัมพันธ์ที่ใกล้ชิดกันระหว่าง ดิน น้ำและป่าไม้ ก่อให้เกิดการหมุนเวียนของสสารและพลังงาน ป่าไม้เป็นแหล่งสะสมคาร์บอนและธาตุอาหารที่สำคัญ ทั้งการสะสมในรูปของเนื้อไม้และการสะสมในดินป่าไม้ ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปอินทรีย์สาร ดินป่าไม้ชนิดต่าง ๆ มีการสะสมธาตุอาหารที่แตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดพันธุ์ไม้เด่น ชนิดพันธุ์ไม้ที่ขึ้นอยู่เป็นองค์ประกอบ ความผันแปรของสภาพภูมิประเทศและชนิดหินต้นกำเนิดดิน โดยปกติดินป่าไม้มีความแตกต่างจากดินเกษตรกรรม ดินป่าทุ่งหญ้าหรือดินทะเลทรายอยู่หลายประการ เช่น การสะสมของอินทรียวัตถุ ปริมาณซากพืชชนิดและปริมาณจุลินทรีย์ดิน นอกจากนี้ดินป่าไม้ยังมีความสำคัญในทางอุทกวิทยา คือ เป็นแหล่งกักเก็บและปลดปล่อยน้ำ (เกษม, 2551) การทำลายป่าไม้ที่ปกคลุมดินถือเป็นการทำลายแหล่งน้ำ ทำลายดินและทำให้เกิดการสูญเสียธาตุอาหารจากการพัดพาของน้ำไปในรูปตะกอนด้วย โดยเฉพาะบนพื้นที่สูงที่เป็นป่าดิบเขา ซึ่งเป็นแหล่งต้นน้ำลำธาร มีลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาสูงชันง่ายต่อการเกิดการชะล้างพังทลายของดิน การตัดไม้ทำลายป่าบนพื้นที่สูงในภาคเหนือของประเทศไทย ทำให้การกักเก็บปริมาณอินทรียวัตถุและธาตุอาหารโดยเฉพาะคาร์บอนในระบบนิเวศลดลงอย่างมากและกระทบต่อภาวะโลกร้อนในปัจจุบัน ดังนั้นการวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินมูลค่าของปริมาณคาร์บอนและธาตุอาหารสะสมในดินป่าดิบเขา บริเวณดอยอินทนนท์ ซึ่งมีสภาพป่าอุดมสมบูรณ์มาก เพื่อแสดงให้เห็นถึงคุณประโยชน์ทางอ้อมของป่าดิบเขาในการช่วยรักษาสมดุลของระบบนิเวศและคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ

อุปกรณ์และวิธีการ

ลักษณะพื้นที่และภูมิอากาศ

พื้นที่วิจัยเป็นพื้นที่ป่าดิบเขา ในเขตอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ ตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 18°31'24" N เส้นแวงที่ 98°29' 42" E มีความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 1,700 ม. พื้นที่แปลงทดลองเป็นแปลงถาวร ขนาด 15 เฮกตาร์ (500 x 300 ตร.ม.)

ภายใต้เครือข่ายของ CTFS (Center for Tropical Forest Science) ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ จากสถานีตรวจวัดอากาศของสถานีวิจัยเกษตรหลวงดอยอินทนนท์ มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปี ประมาณ 1,908 มม. (ปี 2536-2542) โดยมีปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ 1,229–2,561 มม. สภาพอากาศแบบมรสุมเขตร้อน (tropical monsoonal climate) ระดับความสูงตั้งแต่ 1,500 ม. ขึ้นไป สภาพป่ามีเมฆและหมอกปกคลุมเกือบตลอดทั้งปี (Santisuk, 1988) อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี ประมาณ 20 องศาเซลเซียส พื้นที่วิจัยมีความลาดชันตั้งแต่ 0-45.6 องศา มีระดับความสูงของพื้นที่แตกต่างกันประมาณ 78 ม. วัตถุต้นกำเนิดดินเป็นหินแกรนิต ในยุคพรีแคมเบรียน (Pampasit, 1995)

การเก็บตัวอย่างดิน และการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน

วางแปลงทดลองขนาด 15 เฮกตาร์ สุ่มตัวอย่างแปลงขนาด 50x50 ตร.ม. จำนวน 3 แปลง กระจายอยู่ตามความลาดเท คือ ส่วนบนของความลาดเท (upper slope) ส่วนกลาง (middle slope) และส่วนล่าง (lower slope) ทำการขุดหลุมทดลอง จำนวน 1 หลุมต่อแปลง แต่ละหลุมขุดดินลึก 200 ซม. และเก็บตัวอย่างดินในหลุมดินแต่ละหลุมตามระดับความลึก 13 ระดับ คือ 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80, 80-100, 100-120, 120-140, 140-160, 160-180 และ 180-200 ซม. มาวิเคราะห์เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ เนื้อดิน ทำการวิเคราะห์การกระจายของอนุภาคดินโดยวิธี hydrometer method และหาความหนาแน่นรวมของดินโดยวิธี core method ของชั้นดินแต่ละชั้น ศึกษาสมบัติเคมีของดินใน ห้องปฏิบัติการ (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่) โดยวิธีการต่าง ๆ ได้แก่ ค่าปฏิกิริยาของดิน ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณของไนโตรเจนทั้งหมด ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ความเข้มข้นของโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียม

การประเมินมูลค่าคาร์บอนและธาตุอาหารในดิน

การหาปริมาณคาร์บอนและธาตุอาหารสะสมในดิน พิจารณาปริมาณมวลดินต่อหน่วยพื้นที่ เพื่อคำนวณหาปริมาณของธาตุอาหารสะสมในดิน ที่ระดับความลึก 0-100 ซม. และประเมินมูลค่ารวมของธาตุอาหารที่สะสมในชั้นดิน โดยประยุกต์ใช้วิธีการตีมูลค่าทางการตลาด (market valuation) มาคำนวณต้นทุนที่ต้องจ่ายเพื่อฟื้นฟูคืนสภาพเดิม (cost replacement method) (พงษ์ศักดิ์ และพิณทิพย์, 2552) ทั้งนี้มูลค่าของคาร์บอนในดิน ประเมินจากการซื้อขายคาร์บอนในตลาดโลก โดยเป็นการซื้อขายในตลาดแบบสมัครใจ (voluntary carbon market: VCM) (Katherine, *et al.* 2008.) มูลค่าการซื้อขายคาร์บอนเท่ากับ 0.05 US$ $tonC^{-1}$ หรือ 1.52 บาทต่อตันคาร์บอน (อัตราแลกเปลี่ยน 30.42 บาทต่อดอลล่าห์สหรัฐ) และประเมินมูลค่าของธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และโซเดียม (Na) จากปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในแต่ละชั้นดินต่อหน่วยพื้นที่ ประเมินจากราคาของปุ๋ยยูเรีย (ธาตุไนโตรเจน) ปุ๋ยทริปเปิลซุปเปอร์ฟอสเฟต (ฟอสฟอรัส) ปุ๋ยโปแตสเซียมคลอไรด์ (โพแทสเซียม) ปูนโดโลไมต์ (แคลเซียมและแมกเนเซียม) และเกลือแกงหรือโซเดียมคลอไรด์ (โซเดียม) ซึ่งราคาของปุ๋ยเคมีต่อราคา 1 กระสอบน้ำหนัก 50 กก. มีดังนี้ ราคาปุ๋ยยูเรีย (46%N สำหรับธาตุไนโตรเจน) 600 บาท ราคาปุ๋ยทริปเปิลซุปเปอร์ฟอสเฟต (46%P_2O_5 สำหรับธาตุฟอสฟอรัส) 600 บาท ราคาปุ๋ยโปแตสเซียมคลอไรด์ (60%K_2O สำหรับธาตุโพแทสเซียม) 400 บาท ปูนโดโลไมต์ (31%CaO, 21%MgO สำหรับธาตุแคลเซียมและแมกเนเซียม) 1,500 บาท/ตัน และเกลือแกงหรือโซเดียมคลอไรด์ บริสุทธิ์ 99.5 เปอร์เซ็นต์ (39%Na สำหรับธาตุโซเดียม) 923.45 บาท/ตัน เมื่อคำนวณเปรียบเทียบราคาปุ๋ยต่อน้ำหนักธาตุอาหารพืช 1 หน่วย (กิโลกรัม) เท่ากับ 26.09 , 26.09 , 13.33 , 5.77 , 5.77 และ 2.37 บาท/กก. ตามลำดับ ทั้งนี้การประเมินมูลค่าธาตุอาหารสะสมในดินพิจารณาจากธาตุอาหารที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (readily available form) โดยเปลี่ยนปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและธาตุอาหารที่อยู่ในรูปที่สกัดได้ (exchangeable forms) ณ ช่วงเวลาที่ศึกษาให้อยู่ในรูปธาตุอาหารที่ปลดปล่อยและพืชสามารถดูดไปใช้ประโยชน์ได้

ผลการศึกษา

1. **สมบัติทางกายภาพของดิน** (physical properties)

ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของดินป่าดิบเขาบริเวณดอยอินทนนท์ แสดงไว้ในตารางที่ 1

ความหนาแน่นรวม (bulk density) ดินชั้นบนในป่าดิบเขาที่ความลึก 0-40/60ซม. มีค่าความหนาแน่นต่ำถึงต่ำมาก และเพิ่มสูงขึ้นอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำในดินชั้นล่าง โดยเฉพาะดินที่ระดับความลึก 0-10 ซม. มีค่าผันแปรระหว่าง 0.43-0.65 mg/m^3 พบปริมาณก้อนกรวด (gravel) ในชั้นดินน้อย ผันแปรระหว่าง 0.07-17.30% ความหนาแน่นต่ำเกิดจากมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินมาก

เนื้อดิน (soil texture) การกระจายของอนุภาคดิน (soil particle-size distribution) ดินในป่าดิบเขานั้นพบว่ามีอนุภาคทราย (sand) มากที่สุด มีปริมาณผันแปรระหว่าง 49.20-74.70% โดยมีปริมาณมากในดินชั้นบนและมีแนวโน้มลดลงตามความลึกของดิน อนุภาคทรายแป้ง (silt) และอนุภาคดินเหนียว (clay) มีน้อยในดินชั้นบนและเพิ่มขึ้นตามความลึกของดิน อนุภาคทรายแป้งผันแปรระหว่าง 11.20-31.70% อนุภาคดินเหนียวผันแปรระหว่าง 9.80-25.90% ส่งผลทำให้ดินชั้นบนทุกพื้นที่เป็นดินเนื้อหยาบแบบดินร่วนปนทราย (sandy loam) และดินชั้นล่างเป็นดินเนื้อปานกลางและเนื้อละเอียดประกอบด้วยดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) และดินร่วน (loam) ยกเว้นพื้นที่ด้านล่าง (lower slope) ที่พบดินร่วนปนทรายเกือบทุกระดับความลึกและมีการสะสมของดินเหนียวในดินล่างบ้าง ซึ่งผันแปรระหว่างหลุมดิน จึงจัดจำแนกดินให้อยู่ใน order ultisols ซึ่งเป็นดินที่มีพัฒนาการมานานและมีร้อยละของการอิ่มตัวด้วยเบสต่ำ

2. **สมบัติทางเคมีของดิน** (chemical properties)

สมบัติทางเคมีของดินมีความสำคัญต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยเกี่ยวข้องกับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีของดินในป่าดิบเขาบริเวณดอยอินทนนท์ แสดงในตารางที่ 2

ค่าปฏิกิริยาดิน (soil reaction) มีความแตกต่างกันระหว่างดิน 3 หลุมบนพื้นที่ลาดเท ชั้นดินบนที่ระดับความลึก 0-30 ซม. ของพื้นที่ด้านลงมีค่าปฏิกิริยาเป็นกรดรุนแรงมาก (extremely acid) (pH = 3.38-4.60) และเป็นกรดปานกลางถึงกรดจัดมากในดินชั้นลึกลงไปดินชั้นบน (ความลึก 0-60 ซม.) ในพื้นที่ส่วนไหล่เขาเป็นกรดจัดมาก (strongly acid) และกรดจัดในดินชั้นที่ลึกลงไป ส่วนดินชั้นบน (ความลึก 0-60 ซม.) ในพื้นที่บนเนินเป็นกรดจัดมากถึงรุนแรงมาก มีค่า pH = 3.53-5.84 ขณะที่ดินชั้นล่าง มีปัจจัยหลายอย่างที่มีอิทธิพลต่อความผันแปรของปฏิกิริยาดิน เช่น ความผันแปรของสภาพภูมิประเทศ ชนิดพันธุ์ไม้ที่ขึ้นอยู่ เป็นต้น

ปริมาณอินทรียวัตถุและความเข้มข้นของธาตุอาหาร (nutrient contents) ปริมาณอินทรียวัตถุในดินชั้นบนที่ระดับความลึก 0-20 ซม. ของสามพื้นที่มีค่าอยู่ในระดับสูงมาก (48.5-130.20 g/kg) และลดลงตามความลึก ปริมาณคาร์บอนมีแนวโน้มเช่นเดียวกับอินทรียวัตถุ ดินที่ระดับความลึก 0-20 ซม. มีปริมาณคาร์บอนสูงมาก (48.5-75.52 g/kg) มีไนโตรเจนทั้งหมดในระดับสูง ที่ระดับความลึก 0-5 ซม. (5.20-6.80 g/kg) และลดลงตามความลึก ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ส่วนใหญ่มีค่าค่อนข้างต่ำถึงต่ำ (0.76-5.16 mg/kg) ตลอดชั้นดิน ยกเว้นดินที่ความลึก 0-10 ซม. ของดินด้านล่างของพื้นที่ลาดเท มีค่าปานกลางถึงค่อนข้างต่ำ ขณะที่โพแทสเซียมที่สามารถสกัดได้มีค่าสูงมากตลอดชั้นความลึกของดิน (121.91-479.05 mg/kg) แคลเซียมที่สามารถสกัดได้อยู่ในระดับต่ำถึงต่ำมาก(5.72-172.39 mg/kg) และค่าแมกนีเซียมที่สกัดได้ส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำมาก (2.82-32.70 mg/kg) ยกเว้นดินที่ความลึก 0-10 ซม. ตรงพื้นที่ไหล่เขาที่มีค่าปานกลาง เช่นเดียวกับค่าโซเดียมที่สกัดได้ที่มีค่าต่ำทุกระดับชั้นความลึกของดิน (21.41-37.39 mg/kg)

Table 1 Some physical properties in soil profiles of montane forest at Doi Inthanon

Location	Soil depth	Bulk Density		Gravel	Soil particle-size distribution (%)			Soil texture
	(cm)	(mg/m^3)	Rating[1/]	(%)	Sand	Silt	Clay	
Upper	0-5	0.43	L	0.00	69.6	16.3	14.1	Sandy loam
slope	5-10	0.44	L	0.07	67.0	15.5	17.5	Sandy loam
	10-20	0.77	L	3.08	59.4	18.1	22.5	Sandy clay loam
	20-30	1.02	L	0.00	56.8	20.7	22.5	Sandy clay loam
	30-40	1.13	L	0.14	51.7	22.4	25.9	Sandy clay loam
	40-60	1.26	ML	0.95	49.2	24.9	25.9	Sandy clay loam
	60-80	1.21	ML	0.00	51.7	29.1	19.2	Loam
	80-100	1.28	ML	0.06	51.7	31.7	16.6	Loam
	100-120	1.34	ML	0.10	51.7	31.7	16.6	Loam
	120-140	1.34	ML	0.01	54.3	29.9	15.8	Sandy loam
	140-160	1.36	ML	0.00	56.9	26.6	16.5	Sandy loam
	160-180	1.17	L	0.00	54.4	20.6	25.0	Sandy clay loam
	180-200	1.25	ML	0.00	62.0	24.1	13.9	Sandy loam
Middle	0-5	0.54	L	1.45	74.7	15.5	9.8	Sandy loam
slope	5-10	0.69	L	17.30	69.6	15.5	14.9	Sandy loam
	10-20	0.76	L	2.40	64.6	17.2	18.2	Sandy loam
	20-30	0.78	L	1.84	59.5	19.8	20.7	Sandy clay loam
	30-40	0.87	L	4.98	56.9	17.3	25.8	Sandy clay loam
	40-60	1.31	ML	0.82	54.4	21.5	24.1	Sandy clay loam
	60-80	1.41	ML	1.96	51.8	24.1	24.1	Sandy clay loam
	80-100	1.34	ML	0.73	49.3	26.6	24.1	Sandy clay loam
	100-120	1.46	ML	0.66	51.8	24.1	24.1	Sandy clay loam
	120-140	1.19	L	0.09	54.4	23.2	22.4	Sandy clay loam
	140-160	1.27	ML	0.13	51.8	26.6	21.6	Sandy clay loam
	160-180	1.25	ML	0.81	51.8	28.4	19.8	Loam
	180-200	1.24	ML	0.42	56.9	25.8	17.3	Sandy loam
Lower	0-5	0.51	L	2.63	74.7	11.2	14.1	Sandy loam
slope	5-10	0.65	L	1.03	72.1	13.8	14.1	Sandy loam
	10-20	0.71	L	2.99	64.5	16.4	19.1	Sandy loam
	20-30	0.67	L	3.51	64.5	16.4	19.1	Sandy loam
	30-40	0.78	L	1.86	64.5	15.6	19.9	Sandy loam
	40-60	0.91	L	2.32	59.4	19.8	20.8	Sandy clay loam
	60-80	1.20	L	0.48	64.5	23.2	12.3	Sandy loam
	80-100	1.11	L	1.21	62.0	20.6	17.4	Sandy loam
	100-120	1.21	ML	0.19	61.4	24.5	14.1	Sandy loam
	120-140	1.09	L	1.78	61.4	26.3	12.3	Sandy loam
	140-160	1.04	L	0.33	56.9	28.2	14.9	Sandy loam
	160-180	1.20	L	0.30	62.0	23.1	14.9	Sandy loam
	180-200	1.17	L	0.18	59.4	25.7	14.9	Sandy loam

[1/] Classification of bulk density (mg/m^3): L = low; ML = moderately low (Kanchanaprasert, 1986)

Table 2 Chemical properties in soil profiles of montane forests at Doi Inthanon

Location	Soil Depth	pH		O.M.		C		Total N		Available P		Extractable (mg/kg)							
	(cm)		Rating[1/]	(g/kg)	Rating	(g/kg)	Rating	(g/kg)	Rating	(mg/kg)	Rating	K	Rating	Na	Rating	Ca	Rating	Mg	Rating
Upper	0-5	4.38	very strongly acid	130.20	VH	75.52	VH	6.40	H	4.33	L	210.53	VH	147.14	VL	32.70	VL	34.34	L
slope	5-10	4.12	extremely acid	60.40	VH	35.03	VH	5.10	H	2.38	VL	197.10	VH	25.93	VL	6.25	VL	29.33	L
	10-20	4.60	very strongly acid	48.50	VH	28.13	VH	3.90	M	1.57	VL	172.93	VH	17.51	VL	9.68	VL	26.94	L
	20-30	4.89	very strongly acid	23.80	M	13.81	M	3.30	M	0.98	VL	132.65	VH	15.82	VL	4.82	VL	32.82	L
	30-40	5.00	very strongly acid	8.70	ML	5.05	L	3.20	M	0.92	VL	121.91	VH	19.19	VL	4.10	VL	29.99	L
	40-60	5.22	strongly acid	6.60	ML	3.83	L	2.90	M	1.01	VL	175.62	VH	17.51	VL	3.39	VL	29.33	L
	60-80	5.00	very strongly acid	12.70	ML	7.37	ML	1.10	L	0.83	VL	151.45	VH	20.88	VL	3.53	VL	27.16	L
	80-100	5.17	strongly acid	4.50	VL	2.61	VL	1.00	L	0.90	VL	138.02	VH	19.19	VL	2.82	VL	29.55	L
	100-120	5.14	strongly acid	2.80	VL	1.62	VL	0.40	VL	0.87	VL	170.25	VH	15.20	VL	4.53	VL	32.60	L
	120-140	5.17	strongly acid	3.00	VL	1.74	VL	0.30	VL	0.76	VL	202.47	VH	20.88	VL	5.68	VL	37.39	L
	140-160	5.21	strongly acid	2.60	VL	1.51	VL	0.30	VL	0.86	VL	100.43	H	24.24	VL	5.10	VL	27.81	L
	160-180	5.23	strongly acid	3.90	VL	2.26	VL	0.30	VL	0.78	VL	164.88	VH	22.51	VL	6.68	VL	28.68	L
	180-200	5.33	strongly acid	5.40	L	3.13	L	0.30	VL	1.43	VL	207.84	VH	20.88	VL	4.25	VL	32.38	L
Middle	0-5	4.46	very strongly acid	121.80	VH	70.65	VH	6.80	H	3.50	L	293.77	VH	941.41	L	138.7	M	33.47	L
slope	5-10	4.45	very strongly acid	86.30	VH	50.06	VH	5.40	H	5.16	L	234.69	VH	933.8	L	141.2	M	27.37	L
	10-20	4.42	very strongly acid	60.30	VH	34.98	VH	2.40	M	2.15	VL	248.12	VH	59.6	VL	16.54	VL	28.46	L
	20-30	4.57	very strongly acid	36.80	H	21.35	H	0.80	VL	1.23	VL	312.57	VH	19.19	VL	8.11	VL	30.86	L
	30-40	4.78	very strongly acid	26.60	MH	15.43	MH	0.80	VL	1.03	VL	393.13	VH	17.51	VL	6.25	VL	25.63	L
	40-60	4.95	very strongly acid	12.10	ML	7.02	ML	0.70	VL	1.30	VL	446.83	VH	15.82	VL	5.1	VL	33.47	L
	60-80	5.16	strongly acid	8.30	L	4.81	L	0.50	VL	1.12	VL	428.03	VH	14.14	VL	3.96	VL	34.78	L
	80-100	5.25	strongly acid	3.00	VL	1.74	VL	0.30	VL	1.16	VL	250.81	VH	12.46	VL	3.25	VL	28.90	L
	100-120	5.31	strongly acid	3.10	VL	1.80	VL	0.40	VL	1.32	VL	138.02	VH	14.14	VL	3.25	VL	25.85	L
	120-140	5.33	strongly acid	2.90	VL	1.68	VL	0.30	VL	1.8	VL	146.08	VH	15.82	VL	3.39	VL	28.68	L
	140-160	5.36	strongly acid	3.10	VL	1.80	VL	0.30	VL	1.73	VL	293.77	VH	12.46	VL	2.82	VL	30.21	L
	160-180	5.38	strongly acid	2.30	VL	1.33	VL	0.10	VL	1.71	VL	213.21	VH	10.77	VL	3.25	VL	27.81	L
	180-200	5.20	strongly acid	1.70	VL	0.99	VL	0.10	VL	2.01	VL	146.08	VH	10.77	VL	3.67	VL	23.45	L
Lower	0-5	3.58	extremely acid	110.50	VH	64.10	VH	5.20	H	13.08	M	280.34	VH	172.39	VL	24.98	VL	26.29	L
slope	5-10	3.53	extremely acid	98.80	VH	57.31	VH	4.00	M	8.72	ML	296.46	VH	36.63	VL	10.54	VL	21.41	L
	10-20	3.93	extremely acid	69.80	VH	40.49	VH	3.80	M	3.75	L	382.38	VH	84.85	VL	13.11	VL	31.95	L
	20-30	4.16	extremely acid	28.60	MH	16.59	MH	0.90	VL	2.09	VL	342.11	VH	17.51	VL	5.53	VL	29.12	L
	30-40	4.60	very strongly acid	18.20	M	10.56	M	0.70	VL	2.79	VL	207.84	VH	19.19	VL	3.39	VL	27.81	L
	40-60	5.19	strongly acid	13.90	ML	8.06	ML	0.60	VL	2.49	VL	454.89	VH	14.14	VL	3.53	VL	31.51	L
	60-80	5.45	strongly acid	4.90	VL	2.84	VL	0.60	VL	3.42	VL	304.51	VH	10.77	VL	3.39	VL	27.59	L
	80-100	5.72	moderately acid	2.60	VL	1.51	VL	0.40	VL	3.39	VL	479.05	VH	12.46	VL	3.39	VL	33.69	L
	100-120	5.72	moderately acid	3.20	VL	1.86	VL	0.30	VL	2.72	VL	240.06	VH	17.51	VL	4.67	VL	37.37	L
	120-140	5.78	moderately acid	1.90	VL	1.10	VL	0.30	VL	2.13	VL	121.91	VH	19.19	VL	4.53	VL	27.37	L
	140-160	5.84	moderately acid	3.10	VL	1.80	VL	0.20	VL	2.43	VL	151.45	VH	20.88	VL	4.82	VL	29.12	L
	160-180	5.82	moderately acid	1.40	VL	0.81	VL	0.20	VL	2.70	VL	140.71	VH	27.61	VL	5.1	VL	29.99	L
	180-200	5.71	moderately acid	2.20	VL	1.28	VL	0.10	VL	2.48	VL	186.36	VH	10.77	VL	5.39	VL	28.46	L

[1/] Classification of pH, O.M. (g/kg), C (g/kg), Total N (g/kg), Available P (mg/kg), Exchangeable form K, Na, Mg and Ca (mg/kg)

VL = very low, L = low, ML = moderately low, M = medium, MH = moderately high, H = high, VH = very high

3. ปริมาณคาร์บอนและธาตุอาหารสะสมในดิน

ปริมาณอินทรียวัตถุ คาร์บอน ไนโตรเจนและธาตุอาหารที่สกัดได้ในดินป่าดิบเขาบริเวณดอยอินทนนท์ ในดินที่ระดับความลึก 0-100 ซม. มีปริมาณการสะสมของอินทรียวัตถุในดิน (O.M.) สูงมาก พบว่ามากกว่า 50% ของปริมาณอินทรียวัตถุถูกกักเก็บไว้ดินที่ความลึก 0-30 ซม. และมีปริมาณลดลงในชั้นดินที่อยู่ลึกลงไป โดยมีปริมาณการสะสมในดินบริเวณยอดเนิน ไหล่เขาและเชิงเขา จำนวน 171.10, 223.74 และ 186.11 Mg/ha ตามลำดับ (เฉลี่ย 193.65 Mg/ha) คิดเป็นปริมาณคาร์บอนสะสมแปรผันระหว่าง 99.24-129.78 Mg/ha (เฉลี่ย 112.32 Mg/ha) การสะสมของไนโตรเจนในดิน (N) มีปริมาณระหว่าง 9,895.60-24,982.87 kg/ha (เฉลี่ย 15,261.10 kg/ha) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P) มีค่า 11.54-32.67 kg/ha (เฉลี่ย 20.04 kg/ha) โพแทสเซียมที่สกัดได้ (K) มีค่า 1,654.91-3,992.74 kg/ha (เฉลี่ย 3,033.25 kg/ha) แคลเซียมที่สกัดได้ (Ca) มีค่า 222.23-766.67 kg/ha (เฉลี่ย 406.93 kg/ha) แมกนีเซียมที่สกัดได้ (Mg) มีค่า 47.55-143.84 kg/ha (เฉลี่ย 80.33 kg/ha) และโซเดียมที่สกัดได้ (Na) มีค่า 275.74-350.41 kg/ha (เฉลี่ย 314.34 kg/ha) (ตารางที่ 3)

4. การประเมินมูลค่าคาร์บอนและธาตุอาหารสะสมในดิน

การประเมินมูลค่ารวมของธาตุอาหารที่สะสมในชั้นดิน ที่ระดับความลึก 0-100 ซม. ซึ่งประยุกต์ใช้วิธี market valuation และ cost replacement method ผลการศึกษาพบว่า มูลค่าของคาร์บอนที่สะสมในดินเฉลี่ยเท่ากับ 170.73 บาทต่อเฮกตาร์ มูลค่าธาตุอาหารสะสมในดิน อันได้แก่ ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกเนเซียม และโซเดียม มีมูลค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7,962.31 , 1,197.25 , 48,531.97 , 3,286.77 , 787.84 และ 744.31 บาทต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ คิดเป็นมูลค่ารวมของธาตุอาหารสะสมในดินป่าดิบเขา บริเวณดอยอินทนนท์ เท่ากับ 62,681 บาทต่อเฮกตาร์ (ตารางที่ 4)

วิจารณ์

ดินในระบบนิเวศป่าไม้มักจะแตกต่างกันไปตามชนิดของสังคมพืช หินต้นกำเนิดดิน สภาพภูมิอากาศและสภาพภูมิประเทศ ทำให้สมบัติทางกายภาพและเคมีของดินแตกต่างกัน (Pritchett and Fisher,1987) การศึกษาเปรียบเทียบดินป่าดิบเขา ดอยอินทนนท์ และดินป่าดิบเขา ดอยสุเทพ-ปุย จ.เชียงใหม่ พบว่าดินป่าดิบเขา ดอยสุเทพ-ปุย มีความหนาแน่นรวมต่ำ (0.8-1.2 mg/m^3) ดินชั้นบนเป็นดินร่วนเนื้อหยาบปานกลางถึงดินร่วนเนื้อละเอียดปานกลาง ดินเป็นกรดจัดมากถึงรุนแรงมาก ปริมาณอินทรียวัตถุและไนโตรเจนมีค่าสูงถึงสูงมาก มีปริมาณ P, K, Na, Ca และ Mg เท่ากับ 0.7-8.3, 121.1-235.1, 5.1-8.2, 26.2-192.1, และ 8.3-112.4 mg/kg ตามลำดับ (ณัฐลักษณ์, 2552) แสดงให้เห็นได้ว่ามีสมบัติของดินที่คล้ายคลึงกัน แต่แตกต่างกันในด้านปริมาณธาตุอาหาร ซึ่งมักจะเกิดจากอิทธิพลของชนิดพันธุ์ไม้ที่ขึ้นอยู่ รวมทั้งการเกิดไฟป่า ขณะเดียวกันความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้ก็จะมีอิทธิพลอย่างมากต่อการหมุนเวียนธาตุอาหาร จากการศึกษา Khamyong *et at.* (2001) พบปริมาณอินทรียวัตถุและคาร์บอนในดินป่าดิบเขามากที่สุด รองลงมา คือ ป่าสนผสมป่าดิบเขา ป่าดิบแล้ง ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง ตามลำดับ

นอกจากนี้ดินป่าดิบเขาบริเวณดอยอินทนนท์มีดินลึก ความพรุนมากและความหนาแน่นรวมต่ำ ซากพืชที่ร่วงหล่นมีการย่อยสลายเป็นฮิวมัสอย่างช้า ๆ และสะสมในชั้นดิน ดินจึงมีปริมาณอินทรียวัตถุและคาร์บอนระดับสูงมาก จากการศึกษาของสุนทรและคณะ (2551) พบการสะสมของคาร์บอนในระบบนิเวศป่าดิบเขาต่ำ และป่าดิบเขาสูงบริเวณดอยอินทนนท์ มีค่าเท่ากับ 104.8 และ 288.8 Mg/ha ทั้งนี้ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อปริมาณการสะสมธาตุอาหารในดิน ได้แก่ ชนิดพันธุ์ไม้ที่ขึ้นเป็นองค์ประกอบ ตลอดจนสภาพภูมิประเทศของพื้นที่ เช่น ความลาดชัน พื้นที่ที่มีความลาดชันน้อยมีการสะสมของธาตุอาหารมากกว่าพื้นที่ที่มีความลาดชันมาก (Pampasit *et al*., 2000) นอกจากนี้บริเวณ

Table 3 Soil carbon and nutrient accumulations in soil profiles of montane forests at Doi Inthanon

Location	Soil Depth (cm)	Soil Mass (kg/m^2)	O.M. (Mg/ha)	C (Mg/ha)	Total N (kg/ha)	Available (kg/ha)	Extractable Nutrients (kg/ha)			
							K	Ca	Mg	Na
Upper slope	0-5	21.31	27.75	16.09	1,363.84	0.92	44.86	31.36	6.97	7.32
	5-10	21.78	13.15	7.63	1,110.53	0.52	42.92	5.65	1.36	6.39
	10-20	76.74	37.22	21.59	2,992.86	1.21	132.71	13.44	7.43	20.67
	20-30	102.44	24.38	14.14	3,380.52	1.01	135.89	16.21	4.94	33.62
	30-40	113.11	9.84	5.71	3,619.52	1.04	137.89	21.71	4.64	33.92
	40-60	251.90	16.63	9.64	7,305.10	2.54	442.39	44.11	8.54	73.89
	60-80	241.10	30.62	17.76	2,652.10	2.00	365.15	50.34	8.51	65.47
	80-100	255.84	11.51	6.68	2,558.40	2.30	353.11	49.10	7.21	75.60
	100-120	268.62	7.52	4.36	1,074.48	2.34	457.33	40.83	12.17	87.57
	120-140	268.20	8.05	4.67	804.60	2.04	543.02	56.00	15.23	100.28
	140-160	272.86	7.09	4.12	818.58	2.35	274.03	66.14	13.92	75.88
	160-180	234.54	9.15	5.31	703.62	1.83	386.71	52.79	15.67	67.27
	180-200	250.90	13.55	7.86	752.70	3.59	521.47	52.39	10.66	81.25
	Total (0-100 cm)		171.10	99.24	24,982.87	11.54	1,654.91	231.90	49.60	316.88
Middle slope	0-5	26.95	32.83	19.04	1,832.60	0.94	79.17	253.71	37.38	9.02
	5-10	34.52	29.79	17.28	1,863.81	1.78	81.00	322.30	48.76	9.45
	10-20	76.29	46.00	26.68	1,830.96	1.64	189.29	45.47	12.62	21.71
	20-30	77.85	28.65	16.62	622.80	0.96	243.34	14.94	6.31	24.02
	30-40	87.16	23.18	13.45	697.28	0.90	342.65	15.26	5.45	22.34
	40-60	262.40	31.75	18.42	1,836.80	3.41	1,172.48	41.51	13.38	87.83
	60-80	282.92	23.48	13.62	1,414.60	3.17	1,210.98	40.00	11.21	98.39
	80-100	268.66	8.06	4.67	805.98	3.12	673.83	33.48	8.73	77.64
	100-120	292.08	9.05	5.25	1,168.32	3.86	403.13	41.30	9.49	75.50
	120-140	238.86	6.93	4.02	716.58	4.30	348.93	37.79	8.10	68.51
	140-160	254.52	7.89	4.58	763.56	4.40	747.70	31.71	7.18	76.88
	160-180	249.36	5.74	3.33	249.36	4.26	531.66	26.86	8.10	69.34
	180-200	247.96	4.22	2.45	247.96	4.98	362.22	26.71	9.10	58.16
	Total (0-100 cm)		223.74	129.78	10,904.83	15.92	3,992.74	766.67	143.84	350.41
Lower slope	0-5	25.69	28.39	16.47	1,335.88	3.36	72.02	44.29	6.42	6.75
	5-10	32.48	32.09	18.61	1,299.20	2.83	96.29	11.90	3.42	6.95
	10-20	70.98	49.54	28.74	2,697.24	2.66	271.41	60.23	9.31	22.68
	20-30	66.67	19.07	11.06	600.03	1.39	228.08	11.67	3.69	19.41
	30-40	77.51	14.11	8.18	542.57	2.16	161.10	14.87	2.63	21.56
	40-60	182.82	25.41	14.74	1,096.92	4.55	831.63	25.85	6.46	57.61
	60-80	239.44	11.73	6.81	1,436.64	8.18	729.12	25.79	8.12	66.06
	80-100	221.78	5.77	3.34	887.12	7.52	1,062.44	27.63	7.52	74.72
	100-120	241.76	7.74	4.49	725.28	6.58	580.37	42.33	11.29	90.36
	120-140	217.70	4.14	2.40	653.10	4.64	265.40	41.78	9.86	59.59
	140-160	208.88	6.48	3.76	417.76	5.08	316.35	43.61	10.07	60.82
	160-180	239.22	3.35	1.94	478.44	6.46	336.61	66.05	12.20	71.73
	180-200	233.68	5.14	2.98	233.68	5.80	435.49	25.17	12.60	66.51
	Total (0-100 cm)		186.11	107.95	9,895.60	32.67	3,452.09	222.23	47.55	275.74
	Average (0-100 cm)		193.65	112.32	15,261.10	20.04	3,033.25	406.93	80.33	314.34

Table 4 Valuation of carbon and nutrient storages in one-meter soil profile of montane forests

	C	Available forms (kg/ha)					
	(Mg/ha)	N	P	K	Ca	Mg	Na
Nutrient Storages	112.32	305.22	45.89	3,639.90	569.71	136.56	314.34
Price (baht/Mg or kg)	1.52 [1]	26.09 [2]	26.09 [2]	13.33 [2]	5.77 [2]	5.77 [2]	2.37 [2]
Value (baht/ha)	170.73	7,962.31	1,197.25	48,531.97	3,286.77	787.84	744.31
Total (Baht/ha)				62,681.18			

[1] baht/Mg [2] baht/kg

พื้นที่ศึกษาพบปริมาณของธาตุโพแทสเซียมมีค่าสูงมากตลอดชั้นความลึกของดิน เนื่องจากหินต้นกำเนิดเป็นหินแกรนิต ซึ่งมีองค์ประกอบของแร่ไมกาขาว (muscovite) ไมกาสีดำ (biotite) และแร่ออร์โทเคลส (orthoclase) เมื่อผุพังสลายตัวทางเคมีทำให้ดินเป็นกรดและให้ธาตุโพแทสเซียมในปริมาณสูง (Fisher and Binkley, 2000) ประกอบกับพื้นที่ป่าดิบเขาดอยอินทนนท์มีปริมาณการตกทับถมของกิ่งไม้ ใบไม้บนพื้นดินสะสมในปริมาณมาก (สุนทรและคณะ, 2549)

ทั้งนี้การประเมินมูลค่าคาร์บอนในดินป่าธรรมชาตินี้มูลค่าคาร์บอนมีค่าต่ำ เนื่องจากป่าดิบเขาเป็นป่าอนุรักษ์ที่มิได้ใช้ประโยชน์ทางการค้า สำหรับมูลค่าไนโตรเจนที่คำนวณ คิดเฉพาะรูปที่เป็นประโยชน์ในดิน ซึ่งปกติมีค่าไม่เกิน 2% ของไนโตรเจนทั้งหมด ถ้าคิดปริมาณทั้งหมดจะมีมูลค่าสูงถึง 398,116 บาท/เฮกตาร์

สรุป

ดินป่าดิบเขาบริเวณดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ มีความหนาแน่นรวมของดินต่ำในดินชั้นบนและเพิ่มสูงขึ้นในดินชั้นล่าง ความพรุนของดินจึงมีมาก ทำให้มีการซึมผ่านของน้ำและการถ่ายเทอากาศดีขึ้น ส่งผลให้มีการสะสมของปริมาณอินทรียวัตถุและคาร์บอนในดินมีปริมาณสูงมากกว่า 50% ของปริมาณอินทรียวัตถุ และลดลงตามความลึกของชั้นดิน เนื้อดินในดินชั้นบนและชั้นดินล่างเป็นดินร่วนปนทราย แทรกด้วยดินร่วนเหนียวปนทราย ดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดรุนแรงมาก มีปริมาณธาตุไนโตรเจน และโพแทสเซียมในดินระดับมากถึงมากที่สุด สำหรับธาตุฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมมีปริมาณน้อยมาก เมื่อประเมินมูลค่าของธาตุอาหารที่สะสมในดิน จึงขึ้นอยู่กับปริมาณของธาตุอาหารที่สะสมในดินนั้น คิดเป็นมูลค่าของธาตุอาหารสะสมในดินโดยประมาณเท่ากับ 62,681 บาทต่อเฮกตาร์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ทุนสนับสนุนส่วนหนึ่งในการทำงานวิจัยนี้ และขอขอบคุณ คุณเกรียงศักดิ์ ถนอมพันธ์ หัวหน้าอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ และเจ้าหน้าที่ทุกคนที่ได้ช่วยอำนวยความสะดวกต่าง ๆ

เอกสารอ้างอิง

เกษม จันทร์แก้ว. 2551. หลักการจัดการลุ่มน้ำ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ. 341 หน้า.

ณัฐลักษณ์ คำยอง. 2552. ความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้ ลักษณะดินและการสะสมคาร์บอนในป่าชนิดต่าง ๆ บริเวณอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 334 หน้า.

พงษ์ศักดิ์ วิทวัสชุติกุล และพิณทิพย์ ธิติโรจนะวัฒน์. 2552. แบบจำลองเพื่อประเมินมูลค่าป่าต้นน้ำ. เอกสารบันทึกวิจัย ที่ 1/2552. สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธ์พืช. 14 หน้า.

สุนทร คำยอง, ตฤณ เสรเมธากุล และเสวียน เปรมประสิทธิ์. 2551. การศึกษาการสะสมของคาร์บอนในระบบนิเวศป่าไม้ชนิดต่าง บริเวณดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่. *ใน* การประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมนเรศวร ครั้งที่ 4. ระหว่างวันที่ 26-27 พฤษภาคม 2551. มหาวิทยาลัยนเรศวร พะเยา จังหวัดพะเยา. น. 126-136.

สุนทร คำยอง, รวีวรรณ ศิริไสยาสน์ และดุสิต เสรเมธากุล. 2549. ป่าเทียมเมฆกับข้อมูลทางนิเวศวิทยาสำหรับการท่องเที่ยวเชิงนิเวศในอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 273 หน้า.

Fisher, R.F. and D. Binkley. 2000. Ecology and management of forest soils. Third Editor. John Wiley & Sons, New York. 16-26 p.

Katherine, H., M. Sjardin, T. Macello and G. Xu. 2008. Forging a frontier: State of the voluntary carbon market 2008. Ecosystem marketplace & new carbon finance. 8th May 2008. (Online). Available: http://www.ecosystemmarketplace.com/documents/cms_documents/2008_StateofVoluntaryCarbonMarket2.pdf (February 10, 2011).

Khamyong, S., J. Pinthong, D. Seramethakun and S.Sangawongse. 2001. Characterization of some forest soils in the Doi Inthanon National Park: Relationship between forests and soils. Thai-Danish Research Cooperation on Forest and People in Thailand, Chiang Mai University. A paper presented to the International Conference on Forest and People in Thailand during 11-14 December 2001 at Kasetsart University. 9 p.

Kanchanaprasert, N. 1986. A Study on vital diagnostic features in soil development and land potential evaluation of alfisols and inceptisols in Mae Klong drainage basin. Ph.D. Thesis, Department of Soil Science, Kasetsart University, Bangkok. 483 p. (in Thai)

Pampasit, S. 1995. Ecological study on relationship between plant associations in the dry dipterocarp forest and soil properties in the Doi Inthanon National Park, Chiang Mai Province. Master Thesis. Chiang Mai University. 175 p.

Pampasit, S., S. Khamyong, G. Breulmann, I. Ninomiya and K. Ogino. 2000. Mineral element accumulation in soil and tree in tropical hill evergreen forest, northern Thailand. Tropics 9(4): 275-286.

Pritchett, W.L. and R.F. Fisher. 1987. Properties and management of forest soils. Second Editor. John Wiley & Sons, New York. 494 p.

Santisuk, T. 1988. An account of the vegetation of northern Thailand. Geoecological Research. 5 (ed. U. Schweinfurth). Franz Steiner Verlag Weisbaden GMBH, Stuttgart. 61 p.

การพัฒนาและการสุกแก่ของเมล็ดพันธุ์มะระขี้นก

Seed Development and Maturation in Balsam Pear (*Momordica charantia* L.)

นาราวี ดือเระ[1/] ขวัญจิตร สันติประชา[1/] และ วัลลภ สันติประชา[1/]

Narawee Duere[1/], Quanchit Santipracha[1/] and Wullop Santipracha[1/]

Abstract: Seed development and maturation of balsam pear was studied at the Department of Plant Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai campus, Hat Yai, Songkhla, during March-May, 2010. The blooming flowers were tagged to indicate the date of flowering. Fruits at 10, 12, 14, 16, 18, 20 and 22 days after flowering were harvested to investigate fruit color, seed color and seed quality. The results showed that the balsam pear had 4 developmental stages of fruit color which were dark green, light green, 60% of yellow-orange and yellow-orange at 10-16, 18, 20 and 22 days after flowering, respectively. The balsam pear seeds were capable of germination at approximately 12 days after flowering with seed dry weight of 64.99 mg/seed, moisture content of 66.53% and standard germination of 10.00%. The balsam pear seeds reached physiological maturity at 20 days after flowering with 60% of yellow-orange color fruit, maximum dry weight of 154.25 mg/seed, moisture content of 33.95%, standard germination of 81.00%, with the highest soil emergence, speed of soil emergence index, seedling growth rate and a low electrical conductivity. Balsam pear fruits harvested for seed production should be at 60% of yellow-orange color stage with dark brown colored seeds.

Keywords: Balsam pear, seed development, physiological maturity, seed quality

[1/] ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112

[1/] Department of Plant Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai. Songkhla 90112

บทคัดย่อ: ได้ศึกษาการพัฒนาและการสุกแก่ของเมล็ดพันธุ์มะระขี้นก ที่ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ระหว่างเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม 2553 เมื่อมะระขี้นกเริ่มออกดอกทำการติดป้ายดอกที่กำลังบาน เพื่อกำหนดวันดอกบาน และเก็บเกี่ยวผลที่อายุ 10, 12, 14, 16, 18, 20 และ 22 วันหลังดอกบาน เพื่อศึกษาการพัฒนาสีผล สีเมล็ด และคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ ผลการทดลองพบว่า มะระขี้นกมีการพัฒนาสีผล 4 ช่วง คือ สีเขียวเข้ม สีเขียวอ่อน สีส้มเหลืองประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ และสีส้มเหลือง ที่ผลอายุ 10-16, 18, 20 และ 22 วันหลังดอกบาน ตามลำดับ เมล็ดพันธุ์มะระขี้นกเริ่มงอกได้ที่ผลอายุ 12 วันหลังดอกบาน โดยมีน้ำหนักแห้ง 64.99 มิลลิกรัมต่อเมล็ด ความชื้น 66.53 เปอร์เซ็นต์ และความงอกมาตรฐาน 10.00 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดพันธุ์มะระขี้นกสุกแก่ทางสรีรวิทยาที่ผลอายุ 20 วันหลังดอกบาน เมื่อผลมีสีส้มเหลืองประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ โดยมีน้ำหนักแห้งสูงสุด 154.25 มิลลิกรัมต่อเมล็ด ความชื้น 33.95 เปอร์เซ็นต์ และความงอกมาตรฐาน 81.00 เปอร์เซ็นต์ ความแข็งแรงสูงสุดในรูปความงอกในดิน ดัชนีความเร็วในการงอกในดิน การเจริญของต้นกล้า และการนำไฟฟ้าต่ำ ดังนั้นการเก็บเกี่ยวมะระขี้นกเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์จึงควรเก็บเกี่ยวผลสีส้มเหลืองประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ และเมล็ดพันธุ์มีสีน้ำตาลเข้ม

คำสำคัญ: มะระขี้นก การพัฒนาของเมล็ดพันธุ์ การสุกแก่ทางสรีรวิทยา คุณภาพเมล็ดพันธุ์

คำนำ

มะระขี้นก (*Momordica charantia* L.) เป็นพืชผักที่สำคัญพืชหนึ่งที่ปลูกกันทั่วทุกภาคของประเทศ มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบด้วย โปรตีน คาร์โบไฮเดรต แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก วิตามินบี1 วิตามินบี2 วิตามินซี และเบต้าแคโรทีน (สุมาลี, 2542) ราก ใช้แก้ร้อนใน รักษาริดสีดวง บำรุงธาตุ เจริญอาหาร และสมานแผล ลำต้น ใช้แก้ร้อนใน แก้พิษและแก้ฝีอักเสบ ใบ ใช้แก้ไข้ ขับลม ขับระดูและเป็นยาระบายอ่อน ๆ ดอกแก้หอบหืด แก้พิษ แก้บิด (กิตติ, 2549) ผลมีสาร charantine มีฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือด (ภัทราพร, 2547) และสาร guanylate cyclase inhibitor มีฤทธิ์ต้านมะเร็ง (สุธาทิพ, 2550; Ashirafuzzaman *et al*., 2010) และเมล็ดมีโปรตีนที่ชื่อว่า MAP 30 ที่มีคุณสมบัติยับยั้งการติดเชื้อ HIV (นิสากร, 2541) นอกจากนี้สารสกัดของมะระขี้นกที่อยู่ในรูปของสารละลาย ethanol มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงศัตรูพืชบางชนิด (สาธิต, 2544) มะระขี้นกสามารถปลูกได้ทุกภูมิภาคของประเทศไทย ส่วนใหญ่ปลูกเพื่อบริโภคยอดอ่อน ผลอ่อน และใบ (ธวัช, 2546) จากสรรพคุณของมะระขี้นกที่เป็นยาสมุนไพร ทำให้ปัจจุบันมีการนำส่วนต่าง ๆ มาแปรรูป ทั้งในรูปของการอัดเม็ด การบรรจุแคปซูล เป็นเครื่องดื่ม และชาสมุนไพร (จิราพร, 2553) ส่งผลให้การตลาดของมะระขี้นกขยายกว้างมากขึ้น (สาธิต, 2544)

มะระขี้นกเป็นพืชฤดูเดียว (annual crop) (Palada and Chang, 2003)) ลำต้นมีลักษณะเป็นเถาเลื้อย (Tindall, 1983)ดอกเป็นดอกเดี่ยว (solitary) ออกตามซอกใบ ดอกตัวผู้และดอกตัวเมียแยกอยู่คนละดอกภายในต้นเดียวกัน (monoecious) (Herklots, 1972) โดยดอกทยอยออกเรื่อย ๆ จากโคนต้นสู่ปลายยอด จึงทำให้เมล็ดพันธุ์สุกแก่ไม่พร้อมกัน ซึ่งหากเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์เร็วหรือช้าจะได้เมล็ดพันธุ์ที่อ่อนหรือแก่เกินไป ทำให้เมล็ดพันธุ์มีคุณภาพและผลผลิตลดลง เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ยังไม่สุกเต็มที่และเมล็ดพันธุ์เสื่อมคุณภาพไป (ขวัญจิตร และวัลลภ, 2530) การเก็บเกี่ยวเมล็ดในระยะที่เหมาะสมทำให้ได้เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพดี เนื่องจากการเก็บเกี่ยวเป็นจุดกำหนดคุณภาพเบื้องต้นของเมล็ดพันธุ์พืช เมล็ดพันธุ์มีคุณภาพดีที่สุดที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา ซึ่งเป็นระยะที่เมล็ดพันธุ์สะสมน้ำหนักแห้งสูงสุด (จวงจันทร์, 2529; Delouche, 1976) ในระยะนี้เมล็ดพันธุ์มีความงอก ความแข็งแรงสูงสุด และให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์สูงสุดด้วย (วัลลภ, 2540) นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงสีและลักษณะอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นกับผล ฝัก และเมล็ดพันธุ์ ยังช่วยกำหนดระยะการสุกแก่ได้ชัดเจนและง่ายสำหรับการเก็บเกี่ยว (วัลลภ, 2540) การเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์มะระขี้นกส่วนใหญ่เก็บเมื่อผลมีสีส้มเหลือง เมล็ดมีสีน้ำตาล (Palada and Chang, 2003) ดังนั้นในการผลิตเมล็ดพันธุ์ จึงควรเก็บเกี่ยวให้เร็วที่สุดหลังจากที่เมล็ดสุกแก่แล้ว เพื่อให้เมล็ด

พันธุ์มีคุณภาพและผลผลิตที่ดี (ขวัญจิตร และวัลลภ, 2531)

การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบลักษณะการพัฒนาและคุณภาพของมะระขี้นกในระยะต่าง ๆ เพื่อใช้กำหนดระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวให้เหมาะสม และเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตเมล็ดพันธุ์ให้มีคุณภาพที่ดี โดยเฉพาะในสภาพภูมิอากาศของภาคใต้ที่ยังไม่มีข้อมูลดังกล่าว การทดลองนี้ใช้มะระขี้นกพันธุ์กรีนเป็นพันธุ์ผสมเปิดของบริษัท ทีเอสเอ จำกัด ที่เจริญเติบโตได้เร็ว ผลสีเขียวเข้ม ยาว 6-8 เซนติเมตร อายุเก็บเกี่ยวผลประมาณ 55-60 วันหลังปลูก มีเมล็ดพันธุ์จำหน่ายในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

อุปกรณ์และวิธีการ

ปลูกมะระขี้นกพันธุ์กรีน ในวันที่ 5 มีนาคม 2553 ที่แปลงทดลองภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ในแปลงปลูกขนาด 1×5 เมตร เว้นทางเดินระหว่างแปลง 80 เซนติเมตร ใช้ระยะปลูก 50×75 เซนติเมตร จำนวน 15 แปลง หยอดเมล็ดพันธุ์เป็นหลุม ๆ ละ 4-5 เมล็ด เมื่อมะระขี้นกอายุประมาณ 2 สัปดาห์หลังปลูก ทำการถอนแยกให้เหลือหลุมละ 2 ต้น พร้อมทั้งพูนโคน ปักค้างและกำจัดวัชพืช สำหรับการดูแลรักษา ให้น้ำแบบฝนเทียม ใส่ปุ๋ยสูตร 21-0-0 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อต้นมะระขี้นกอายุ 3 สัปดาห์หลังปลูก และใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 60 กิโลกรัมต่อไร่ โดยแบ่งใส่ 3 ครั้ง ปริมาณเท่า ๆ กัน เมื่อต้นมะระขี้นกอายุ 5, 7 และ 9 สัปดาห์หลังปลูก ฉีดพ่นยาฆ่าแมลงอะบาเม็คตินอัตรา 40 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร เมื่อมะระขี้นกอายุประมาณ 27 และ 42 วันหลังปลูกตามลำดับ และใช้สารกำจัดเชื้อราคาวินโทซีน+อีทริไดอะโซลอัตรา 20 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร รดที่โคนต้น เมื่อมะระขี้นกอายุประมาณ 21 วันหลังปลูก

เมื่อมะระขี้นกออกดอก ทำการติดป้ายดอกที่บานเต็มที่เพื่อกำหนดวันที่ดอกบานระหว่างวันที่ 9-30 เมษายน 2553 เก็บเกี่ยวผลที่อายุการพัฒนาต่าง ๆ กัน จากนั้นนำมาศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีผลและสีเมล็ด แยกเมล็ดออกจากผลแล้วนำมาทดสอบคุณภาพในห้องปฏิบัติการ

การทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ทำที่อาคารปฏิบัติการเมล็ดพันธุ์พืช ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย ตู้เพาะเมล็ดพันธุ์ ตู้อบ เครื่องชั่งละเอียด เครื่องวัดละเอียด และเครื่องวัดการนำไฟฟ้า

แผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทางสถิติด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) โดยวิเคราะห์ข้อมูลของเมล็ดพันธุ์มะระขี้นกที่มีอายุการพัฒนาต่าง ๆ กัน (treatments) คือ อายุ 10, 12, 14, 16, 18, 20 และ 22 วันหลังดอกบาน แต่ละอายุทำ 4 ซ้ำ (replications)

การบันทึกข้อมูล

บันทึกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสีผลและสีเมล็ดโดยใช้สมุดเทียบสีของ The Royal Horticultural Society, London และคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ที่ทดสอบมีดังนี้

1. คุณภาพทางกายภาพของเมล็ดพันธุ์มะระขี้นก

1.1 ขนาดของเมล็ด โดยวัดความกว้าง ความยาว และความหนาของเมล็ดมะระขี้นก จำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 20 เมล็ด โดยใช้เครื่องวัดละเอียด

1.2 ความชื้นและน้ำหนักแห้งของเมล็ด นำเมล็ดมะระขี้นก จำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 20 เมล็ด มาชั่งน้ำหนักสด แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาชั่งหาน้ำหนักแห้ง คำนวณความชื้นของเมล็ด โดยใช้น้ำหนักสดเป็นเกณฑ์ (wet weight basis) (ISTA, 2008)

2. คุณภาพทางสรีรวิทยาของเมล็ดพันธุ์มะระขี้นก

2.1 ความงอกมาตรฐาน (standard germination) นำเมล็ดมะระขี้นกมาทดสอบความงอกมาตรฐาน โดยเพาะเมล็ดบนกระดาษเพาะที่วางประกบกัน (between paper) จำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ด นำไปไว้ในตู้เพาะที่อุณหภูมิสลับ 20–30 องศาเซลเซียส ประเมินความงอก

ครั้งแรก (first count) เมื่ออายุ 4 วันหลังเพาะ และประเมินความงอกครั้งสุดท้าย (final count) เมื่ออายุ 14 วันหลังเพาะ (ISTA, 2008)

2.2 ความแข็งแรง โดยทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ 5 วิธี

1) ความงอกในดิน (soil emergence) โดยเพาะเมล็ดมะระขี้นก จำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ด ในกระบะดินผสมระหว่างดินร่วนกับดินลำดวนอัตรา 1:1 ประเมินต้นกล้าทุกวันหลังปลูกจนครบ 14 วัน

2) ดัชนีความเร็วในการงอกในดิน (speed of soil emergence index) โดยนำผลการตรวจนับจำนวนต้นกล้าปกติที่งอกจากข้อ 1) มาคำนวณค่าดัชนีความเร็วในการงอกในดินของเมล็ด (AOSA, 2002)

3) ความยาวรากและความยาวยอดของต้นกล้า ทำโดยการเพาะเมล็ดมะระขี้นกในม้วนกระดาษเพาะ จำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ด โดยเรียงเมล็ดพันธุ์เป็น 2 แถว ๆ ละ 25 เมล็ด เป็นแนวตามความยาวของกระดาษ แถวแรกห่างจากขอบกระดาษด้านบน 6 เซนติเมตร และแถวที่สองห่าง 13 เซนติเมตร วางเมล็ดให้ส่วนที่เจริญเป็นปลายรากอ่อนอยู่ด้านล่างและต้นอ่อนอยู่ด้านบนของกระดาษ แล้วนำไปวางให้ตั้งเอียงเป็นมุม 45 องศา ในตู้เพาะสภาพมืดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เมื่อครบ 7 วัน นำต้นกล้าปกติมาวัดความยาวรากและความยาวยอด โดยวัดจากส่วนที่เป็นรอยต่อระหว่างรากกับยอดถึงปลายรากและปลายยอด ตามลำดับ (AOSA, 2002)

4) น้ำหนักแห้งของต้นกล้า โดยนำต้นกล้าปกติที่วัดความยาวรากและความยาวยอดจากข้อ 3) แยกเอาใบเลี้ยงออกให้เหลือเฉพาะส่วนของแกนต้นอ่อน นำต้นกล้าไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (AOSA, 2002) ชั่งหาน้ำหนักแห้งของต้นกล้า คำนวณหาน้ำหนักแห้งของต้นกล้าต่อต้น

5) การนำไฟฟ้า นำเมล็ดมะระขี้นกจำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 25 เมล็ด มาชั่งน้ำหนัก แล้วใส่เมล็ดลงในบีกเกอร์แช่ในน้ำกลั่น 75 มิลลิลิตร นำไปไว้ในตู้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำสารละลายที่แช่เมล็ดมาวัดการนำไฟฟ้าในหน่วยไมโครซีเมนต่อเซนติเมตรต่อกรัม (วัลลภ, 2550)

ผลการทดลอง

การออกดอก และการติดผล

มะระขี้นกที่ปลูกในการทดลองครั้งนี้ ใช้เวลาตั้งแต่ปลูกจนดอกตัวผู้ดอกแรกบานที่อายุ 33 วัน และดอกตัวเมียดอกแรกบานที่อายุ 35 วันหลังปลูก ดอกมะระขี้นกทยอยบานและติดผลทุกวันนานประมาณ 45 วัน มีการติดผลประมาณ 38.25 เปอร์เซ็นต์ โรคและแมลงที่พบในแปลงปลูก คือ โรคโคนเน่า ส่วนแมลงที่พบ คือ เพลี้ยไฟและด้วงเต่าลาย

การพัฒนาสีผล และสีเมล็ดพันธุ์

ผลมะระขี้นกในช่วงอายุ 10-16 วันหลังดอกบานมีสีเขียวเข้ม ผลเปลี่ยนเป็นสีเขียวอ่อนเมื่ออายุ 18 วันหลังดอกบาน (ตารางที่ 1) จากนั้นผลเปลี่ยนเป็นสีส้มเหลืองประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์เมื่อผลมีอายุ 20 วันหลังดอกบาน และมีสีส้มเหลืองทั้งผลและเริ่มแตก เมื่อผลมีอายุ 22 วันหลังดอกบาน ส่วนสีเมล็ดพบว่า ผลที่อายุ 10-12 วันหลังดอกบาน เมล็ดมีสีขาวส้ม (ตารางที่ 1) เมล็ดเปลี่ยนเป็นน้ำตาลอ่อนเมื่อผลมีอายุ 14-18 วันหลังดอกบาน และเมล็ดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มเมื่อผลมีอายุ 20-22 วันหลังดอกบาน

คุณภาพทางกายภาพของเมล็ดพันธุ์

1. ขนาดของเมล็ด

ขนาดของเมล็ดมะระขี้นกศึกษาโดยวัดความกว้าง ความยาว และความหนาของเมล็ด พบว่าเมล็ดมะระขี้นกที่ผลอายุ 10 วันหลังดอกบาน มีขนาด 7.01, 12.14 และ 3.16 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 2) หลังจากนั้นเมล็ดมีความกว้าง ความยาว และความหนาเพิ่มขึ้นตามอายุผลที่เพิ่มขึ้น จนกระทั่งเมล็ดมีความยาวสูงสุดก่อนความกว้างและความหนาที่ผลอายุ 16 วันหลังดอกบาน คือ 12.76 มิลลิเมตร และเมล็ดมีความกว้างและความหนาสูงสุดที่ผลอายุ 18 วันหลังดอกบาน คือ 7.67 และ 3.87 มิลลิเมตร ตามลำดับ หลังจากนั้นเมล็ดมีความกว้าง ความยาว และความหนาค่อย ๆ ลดลงตามอายุการพัฒนาของผลที่เพิ่มขึ้น

2. ความชื้นของเมล็ด

เมล็ดมะระขี้นกที่ผลอายุ 10 วันหลังดอกบาน มีความชื้นสูงสุด 80.29 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3) จากนั้นความชื้นของเมล็ด ลดลงอย่างรวดเร็วที่ผลอายุ 12-18 วันหลังดอกบาน จนมีความชื้น 33.95 เปอร์เซ็นต์ ที่ผลอายุ 20 วันหลังดอกบาน และเมล็ดมีความชื้นต่ำสุด 31.69 เปอร์เซ็นต์ ที่ผลอายุ 22 วันหลังดอกบาน

3. น้ำหนักแห้งของเมล็ด

เมล็ดมะระขี้นกที่ผลอายุ 10 วันหลังดอกบาน มีการสะสมน้ำหนักแห้งน้อยที่สุด คือ 40.33 มิลลิกรัมต่อเมล็ด การสะสมน้ำหนักแห้งของเมล็ดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตามอายุการพัฒนาของผลที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 3) จนเมล็ดมีการสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุด 154.25 มิลลิกรัมต่อเมล็ด ที่ผลอายุ 20 วันหลังดอกบาน หลังจากนั้นเมล็ดมีการสะสมน้ำหนักแห้งลดลงเล็กน้อยเป็น 150.73 มิลลิกรัมต่อเมล็ด ที่ผลอายุ 22 วันหลังดอกบาน

Table 1 Fruit and seed color of balsam pear at different stages of development.

Day after flowering	Fruit color	Seed color
10	green 141 group A	orange-white 159 group A
12	green 142 group A	orange-white 159 group A
14	green 143 group A	grey-orange 163 group C
16	green 143 group B	grey-orange 164 group B
18	green 144 group C	grey-orange 164 group B
20	yellow-orange 15 group A	grey-orange 164 group A
22	yellow-orange 23 group A	grey-orange 164 group A

Table 2 Seed width, seed length and seed thickness of balsam pear at different stages of development.

Days after flowering	Seed width (mm.)	Seed length (mm.)	Seed thickness (mm.)
10	7.01 d	12.14 c	3.16 c
12	7.31 c	12.33 bc	3.29 d
14	7.43 bc	12.58 ab	3.49 b
16	7.65 a	12.76 a	3.78 a
18	7.67 a	12.57 ab	3.87 a
20	7.64 a	12.44 b	3.85 a
22	7.57 ab	12.06 c	3.84 a
F-test	*	*	*
C.V. (%)	1.77	1.58	2.24

* = significant difference at P≤0.05

Within each column, means not followed by the same letter are significantly different at the 5% level of probability as determined by DMRT.

Table 3 Seed moisture content and seed dry weight of balsam pear at different stages of development.

Days after flowering	Moisture content (%)	Seed dry weight (mg/seed)
10	80.29 a	40.33 f
12	66.53 b	64.99 e
14	56.27 c	83.82 d
16	47.79 d	113.50 c
18	37.89 e	133.89 b
20	33.95 f	154.25 a
22	31.69 f	150.73 a
F-test	*	*
C.V. (%)	4.15	5.35

* = significant difference at P≤0.05

Within each column, means not followed by the same letter are significantly different at the 5% level of probability as determined by DMRT

คุณภาพทางสรีรวิทยาของเมล็ดพันธุ์

1. ความงอกมาตรฐาน

เมล็ดมะระขี้นกที่ผลอายุ 10 วันหลังดอกบาน ยังไม่สามารถงอกได้ เมล็ดเริ่มงอกที่ผลอายุ 12 วันหลังดอกบาน โดยมีความงอกมาตรฐานเพียง 10.00 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4) จากนั้นเมล็ดมีความงอกมาตรฐานเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนมีความงอกมาตรฐานสูงสุดทางสถิติ 81.00 เปอร์เซ็นต์ ที่ผลอายุ 20 วันหลังดอกบาน และเมล็ดมีความงอกมาตรฐานลดลงเป็น 75.00 เปอร์เซ็นต์ ที่ผลอายุ 22 วันหลังดอกบาน

2. ความแข็งแรง

1) ความงอกในดิน

ความงอกในดินของเมล็ดมะระขี้นกมีแนวโน้มเช่นเดียวกับความงอกมาตรฐาน คือเริ่มงอกได้เมื่อผลมีอายุ 12 วันหลังดอกบาน แต่งอกได้น้อยกว่าความงอกมาตรฐาน โดยมีความงอกในดิน 3.50 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4) จากนั้นเมล็ดมีความงอกในดินเพิ่มขึ้นในอัตราที่ค่อนข้างรวดเร็ว จนมีความงอกในดินสูงสุดทางสถิติที่ผลอายุ 20 วันหลังดอกบาน คือ 73.00 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นเมล็ดมีความงอกในดินลดลงเหลือ 63.00 เปอร์เซ็นต์ ที่ผลอายุ 22 วันหลังดอกบาน

2) ดัชนีความเร็วในการงอกในดิน

เมล็ดมะระขี้นกที่ผลอายุ 12 วันหลังดอกบาน มีดัชนีความเร็วในการงอกในดิน 0.28 (ตารางที่ 4) หลังจากนั้นเมล็ดมีดัชนีความเร็วในการงอกในดินเพิ่มขึ้นตามอายุการพัฒนาของผลที่เพิ่มขึ้น จนเมล็ดมีดัชนีความเร็วในการงอกในดินสูงสุดทางสถิติที่ผลอายุ 20 วันหลังดอกบาน คือ 6.84 และดัชนีความเร็วในการงอกในดินของเมล็ดลดลงเป็น 5.49 ที่ผลอายุ 22 วันหลังดอกบาน

3) น้ำหนักแห้งของต้นกล้า

เมล็ดมะระขี้นกที่ผลอายุ 12 วันหลังดอกบาน ให้ต้นกล้าที่มีน้ำหนักแห้ง 4.54 มิลลิกรัมต่อต้น (ตารางที่ 4) เมล็ดให้ต้นกล้าที่มีน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นตามอายุการพัฒนาของผลที่เพิ่มขึ้น จนเมล็ดให้ต้นกล้าที่มีน้ำหนักแห้งสูงสุด 10.83 มิลลิกรัมต่อต้น ที่ผลอายุ 20 วันหลังดอกบาน และน้ำหนักแห้งของต้นกล้าลดลงเป็น 10.33 มิลลิกรัมต่อต้น ที่ผลอายุ 22 วันหลังดอกบาน

Table 4 Standard germination, soil emergence, speed of soil emergence index and seedling dry weight of balsam pear seed at different stages of development.

Days after flowering	Standard germination (%)	Soil emergence (%)	Speed of soil emergence index	Seedling dry weight (mg/seedling)
10	0 g	0 f	0 e	0 g
12	10.00 f	3.50 f	0.28 e	4.54 f
14	25.00 e	22.00 e	1.83 d	6.09 e
16	42.00 d	31.50 d	2.75 c	7.96 d
18	62.00 c	56.00 c	5.25 b	9.25 c
20	81.00 a	73.00 a	6.84 a	10.83 a
22	75.00 b	63.00 b	5.49 b	10.33 b
F-test	*	*	*	*
C.V. (%)	8.09	9.62	12.07	4.27

* = significant difference at P≤0.05

Within each column, means not followed by the same letter are significantly different at the 5% level of probability as determined by DMRT.

4) ความยาวรากและความยาวยอดของต้นกล้า

เมล็ดมะระขี้นกที่ผลอายุ 12 วันหลังดอกบาน ให้ต้นกล้าที่มีความยาวรากและความยาวยอด 0.67 และ 0.53 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 5) จากนั้นเมล็ดให้ต้นกล้าที่มีความยาวรากและความยาวยอดเพิ่มขึ้นตามอายุการพัฒนาของผลที่เพิ่มขึ้น จนมีความยาวรากและความยาวยอดสูงสุดทางสถิติเป็น 4.14 และ 1.99 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ ที่ผลอายุ 20 วันหลังดอกบาน จากนั้นผลที่อายุ 22 วันหลังดอกบาน เมล็ดให้ต้นกล้าที่มีความยาวรากและความยาวยอดลดลงแต่ไม่แตกต่างทางสถิติ คือ 3.89 และ 1.93 เซนติเมตรต่อต้น ตามลำดับ

5) การนำไฟฟ้าของเมล็ด

เมล็ดมะระขี้นกที่ผลอายุ 10 วันหลังดอกบาน มีการนำไฟฟ้าของสารละลายแช่เมล็ดสูง 14.33 ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตรต่อกรัม (ตารางที่ 5) หลังจากนั้นการนำไฟฟ้าของเมล็ดค่อย ๆ ลดลงตามอายุการพัฒนาของผลที่เพิ่มขึ้น จนเมล็ดมีการนำไฟฟ้าต่ำสุด 3.23 ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตรต่อกรัม ที่ผลอายุ 18 วันหลังดอกบาน หลังจากนั้นเมื่อผลอายุ 20 วันหลังดอกบาน เมล็ดมีการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในระดับเดียวกัน คือ 3.60 ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตรต่อกรัม และการนำไฟฟ้าของเมล็ดเพิ่มขึ้นที่ผลอายุ 22 วันหลังดอกบาน เป็น 5.28 ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตรต่อกรัม

Table 5 Root length, shoot length and electrical conductivity of balsam pear seed at different stages of development.

Days after flowering	Root length (cm.)	Shoot length (cm.)	Electrical conductivity (μS/cm/g)
10	0 f	0 e	14.33 a
12	0.67 e	0.53 d	7.55 b
14	1.28 d	0.67 d	5.26 c
16	2.34 c	0.93 c	4.38 d
18	3.10 b	1.66 b	3.23 e
20	4.14 a	1.99 a	3.60 e
22	3.89 a	1.93 a	5.28 c
F-test	*	*	*
C.V. (%)	9.38	12.44	6.54

* = significant difference at P≤0.05

Within each column, means not followed by the same letter are significantly different at the 5% level of probability as determined by DMRT.

วิจารณ์

ปลูกมะระขี้นกเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์เมื่อวันที่ 5 มีนาคม 2553 โดยดอกตัวผู้ดอกแรกบานที่อายุ 33 วันหลังปลูก และดอกตัวเมียดอกแรกบานที่อายุ 35 วันหลังปลูก และมีการติดผลประมาณ 38.25 เปอร์เซ็นต์ มะระขี้นกใช้เวลาในการพัฒนาจนถึงระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาที่อายุ 20 วันหลังดอกบาน ซึ่งเป็นระยะที่เมล็ดมีการสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุด คือ 154.25 มิลลิกรัมต่อเมล็ด และมีความชื้น 33.95 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3) ในระยะ 10 วันแรกหลังดอกบาน เมล็ดมีความชื้นสูง 80.29 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3) ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับเมล็ดพืชทั่วไป คือ ระยะแรกหลังการปฏิสนธิเมล็ดมีความชื้นสูงกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ (จวงจันทร์, 2529; วัลลภ, 2540; Delouche, 1976) เช่นเดียวกับที่พบในถั่วพุ่ม (ขวัญจิตร และวัลลภ, 2531) และถั่วฝักยาว (ขวัญจิตร และวัลลภ, 2537) ส่วนการเปลี่ยนแปลงความชื้นของเมล็ดมะระขี้นกมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงขนาดของเมล็ด (จวงจันทร์, 2529; วัลลภ, 2540) เมล็ดมีการพัฒนาความยาวก่อนความกว้างและความหนา โดยเมล็ดมีความยาวสูงสุด 12.76 มิลลิเมตร ที่ผลอายุ 16 วันหลังดอกบาน และเมล็ดมีความกว้างและความหนาสูงสุด 7.67 และ 3.87 มิลลิเมตร ตามลำดับ ที่ผลอายุ 18 วันหลังดอกบาน (ตารางที่ 1) เนื่องจากเมล็ดมีอาหารสะสมไว้มากขึ้นในขณะที่เมล็ดยังคงมีความชื้นสูง (จวงจันทร์, 2529) โดยเมล็ดมีขนาดใหญ่ที่สุดก่อนการสุกแก่ทางสรีรวิทยา (วัลลภ, 2540) จากนั้นเมล็ดพันธุ์มีขนาดเล็กลงซึ่งสัมพันธ์กับความชื้นที่ลดลง ลักษณะดังกล่าวนี้มีการพัฒนาเช่นเดียวกับพืชส่วนใหญ่ เช่น ถั่วฝักยาว (ขวัญจิตร และวัลลภ, 2537) ถั่วแขก (มาริษา และคณะ, 2550) และกระเจี๊ยบเขียว (ดอกเอื้อง, 2552) เป็นต้น

เมล็ดมะระขี้นกเริ่มงอกได้ที่ผลอายุประมาณ 12 วันหลังดอกบาน (ตารางที่ 4) แต่ยังมีความงอกมาตรฐานและความแข็งแรงต่ำมาก (ตารางที่ 4 และ 5) แสดงว่าแกนต้นอ่อนในเมล็ดได้พัฒนาสมบูรณ์แล้ว แต่การสะสมอาหารยังไม่สมบูรณ์เต็มที่ (ขวัญจิตร และวัลลภ, 2531) ซึ่งเมล็ดมีน้ำหนักแห้งเพียง 64.99 มิลลิกรัมต่อเมล็ด (ตารางที่ 3) และเมล็ดมีการนำไฟฟ้าสูง 7.55 ไมโครซีเมน

ต่อเซนติเมตรต่อกรัม (ตารางที่ 5) อาจเป็นเพราะเมมเบรนของเมล็ดยังพัฒนาไม่เต็มที่ ทำให้สารละลายที่อยู่ในเมล็ดรั่วไหลหรือซึมออกมาได้ง่าย (Nerson and Paris, 1988) หลังจากนี้เมล็ดมีความงอกมาตรฐานและความแข็งแรงเพิ่มขึ้น โดยเมล็ดมะระขี้นกมีความงอกมาตรฐานและความงอกในดินสูงสุด คือ 81.00 และ 73.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4) และจากการวัดความแข็งแรงของเมล็ดมะระขี้นกโดยวิธีการต่างๆ มีลักษณะสอดคล้องกับการพัฒนาและการสุกแก่ของเมล็ด ทั้งความงอกในดิน ดัชนีความเร็วในการงอกในดิน น้ำหนักแห้งของต้นกล้า ความยาวราก ความยาวยอด และการนำไฟฟ้า (ตารางที่ 4 และ 5) คือเมล็ดพันธุ์มีความแข็งแรงสูงสุดเมื่อเมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา (Delouche, 1985) เช่นเดียวกับพืชส่วนใหญ่ เช่น ถั่วแขก (มาริษา และคณะ, 2550) และกระเจี๊ยบเขียว (ดอกเอื้อง, 2552) หลังระยะเวลาที่เมล็ดพันธุ์สุกแก่ทางสรีรวิทยาแล้วมีแนวโน้มว่าเมล็ดมีน้ำหนักแห้ง ความงอก และความแข็งแรงลดลง (ตารางที่ 3, 4 และ 5) ทั้งนี้เนื่องจากการปล่อยเมล็ดพันธุ์ไว้บนต้นแม่หรือการเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ที่ล่าช้าในช่วงที่ผลเริ่มแตกยังทำให้เมล็ดพันธุ์เสื่อมคุณภาพได้เนื่องจากอิทธิพลของสภาพแวดล้อมในแปลงปลูก เช่น ความชื้น อุณหภูมิ โรค และแมลงเข้าทำลายได้ (Andrews, 1981; Delouche, 1976) การเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์มะระขี้นกเพื่อให้ได้เมล็ดพันธุ์คุณภาพดีจึงควรเก็บเกี่ยวที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาที่ผลอายุ 20 วันหลังดอกบาน หรือในระยะผลมีสีส้มเหลืองประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ และเมล็ดมีสีน้ำตาลเข้ม

สรุป

จากการปลูกมะระขี้นกเพื่อศึกษาการพัฒนาและการสุกแก่ของเมล็ดพันธุ์ เมื่อวันที่ 5 มีนาคม 2553 ที่แปลงทดลองภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา สรุปผลได้ดังนี้

1. มะระขี้นกที่ปลูกในเดือนมกราคมใช้เวลาตั้งแต่ปลูกจนดอกตัวผู้ดอกแรกบานที่อายุ 33 วันหลังปลูก และดอกตัวเมียดอกแรกบานที่อายุ 35 วันหลังปลูก ดอกมะระขี้นกทยอยบานและติดผลทุกวันนานประมาณ 45 วัน มีการติดผลประมาณ 38.25 เปอร์เซ็นต์

2. เมล็ดพันธุ์เริ่มงอกที่อายุประมาณ 12 วันหลังดอกบาน มีการพัฒนาจนถึงระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา 20 วันหลังดอกบาน โดยผลมีสีส้มเหลืองประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดพันธุ์มีสีน้ำตาลเข้ม เมล็ดพันธุ์มีความงอกมาตรฐานสูง 81.00 เปอร์เซ็นต์ มีความแข็งแรงสูงในรูปของความงอกในดิน ดัชนีความเร็วในการงอกในดิน การเจริญของต้นกล้า และการนำไฟฟ้าต่ำ

3. อายุการเก็บเกี่ยวมะระขี้นกเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์คือ 20 วันหลังดอกบาน เมื่อผลมีสีส้มเหลืองประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ และเมล็ดพันธุ์มีสีน้ำตาลเข้ม

เอกสารอ้างอิง

กิตติ วิรุณพันธุ์. 2549. ผลของการเสริมมะระขี้นกต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต ไขมันในช่องท้อง คอเลสเตอรอล และจำนวนเม็ด เลือดขาวในไก่กระทง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 156 หน้า.

ขวัญจิตร สันติประชา และวัลลภ สันติประชา. 2530. การพัฒนาและการสุกแก่ของเมล็ดพันธุ์ถั่วฝักยาว. วารสารสงขลานครินทร์ 9: 431-436.

ขวัญจิตร สันติประชา และวัลลภ สันติประชา. 2531. การพัฒนาและการสุกแก่ของเมล็ดพันธุ์ถั่วพุ่ม. วารสารสงขลานครินทร์ 10: 121-127.

ขวัญจิตร สันติประชา และวัลลภ สันติประชา. 2537. การพัฒนาและการสุกแก่ของเมล็ดพันธุ์ถั่วฝักยาวพันธุ์คัด-ม.อ. วารสารสงขลานครินทร์ 16 : 325-333.

จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2529. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. กลุ่มหนังสือเกษตร, กรุงเทพฯ. 210 หน้า.

จิราพร ชัยวรกุล. 2553. ผลของสภาวะการให้ความร้อนต่อปริมาณสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมดและสมบัติการกำจัดอนุมูลอิสระของมะระขี้นก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี. 112 หน้า.

ดอกเอื้อง วรศรี. 2552. อายุของฝักกระเจี๊ยบเขียวที่มีต่อการพัฒนาและการสุกแก่ของเมล็ดพันธุ์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. 81 หน้า.

ภัทราพร ตั้งสุขฤทัย. 2547. มะระขี้นกกับเบาหวาน. หมอชาวบ้าน 13 : 35-38.

ธวัช ลวะเปารยะ. 2546. มะระจีนและมะระขี้นก. ข่าวสาร กฟผ. 33 : 28-29.

นิสากร ปานประสงค์. 2541. ภูมิปัญญาไทยสมุนไพรรักษาเอดส์. อัพเดท 13 : 53-56.

มาริษา สงไกรรัตน์ ขวัญจิตร สันติประชา และวัลลภ สันติประชา. 2550. การพัฒนาและการสุกแก่ของเมล็ดพันธุ์ถั่วแขก. วารสารสงขลานครินทร์ วทท. 29 : 627-636.

วัลลภ สันติประชา. 2540. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่, สงขลา. 227 หน้า.

วัลลภ สันติประชา. 2550. บทปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่, สงขลา. 128 หน้า.

สาธิต ปิ่นมณี. 2544. ความเหมาะสมของปัจจัยการงอกและรูปแบบการติดเมล็ดมะระขี้นกที่ความหนาแน่นประชากรต่าง ๆ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 98 หน้า.

สุธาทิพ ภมรประวัติ. 2550. มะระต้านเบาหวาน. หมอชาวบ้าน 28: 35-37.

สุมาลี ชื่นวัฒนา. 2542. การเปรียบเทียบผลผลิต คุณค่าทางโภชนาการและองค์ประกอบทางเคมีบางชนิดของมะระขี้นก *Momordica charantia* Linn. ที่ปลูกโดยไม่ใช้ดิน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 68 หน้า.

Andrews, C.H. 1981. Effect of the pre-harvest environment on soybean seed quality. Proceedings 1981 Mississippi Short Course for Seedsmen. Mississippi State University, Mississippi State, Mississippi. 23 : 19-27.

AOSA. 2002. Seed Vigor Testing Handbook. Contribution No.32 to the Handbook on Seed Testing. The Association of Official Seed Analysts, Washington. 105 pp.

Ashirafuzzaman, M., M.R. Ismail, K.M.A. I. Fazal, M.K.Uddin and A.K.M.A. Prodhan. 2010. Effect of GABA application on the growth and yield of bitter gourd (*Momordica charantia* L.). International Journal of Agriculture and Biology 12: 129–132.

Delouche, J.C. 1976. Seed maturation. Proceedings 1976 Mississippi Short Course for Seedsmen. Mississippi State University, Mississippi State, Mississippi. 18 : 25-33.

Delouche, J.C. 1985. Physiological seed quality. Proceedings 1985 Mississippi Short Course for Seedsmen. Mississippi State University, Mississippi State, Mississippi. 27 : 51-59.

Herklots, G.A.C. 1972. Vegetables in South-East Asia. South China Morning Post, Hong Kong. 525 pp.

ISTA. 2008. International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association, Bassersdorf. 502 pp.

Nerson, H. and H.S. Paris. 1988. Effect of fruit age, fermentation and storage on germination of cucurbit seeds. Scientia Horticulturae 35 : 15-26.

Palada. M.C. and L.C. Chang. 2003. Suggested cultural practices for bitter gourd. *In* International Cooperators' Guide. pp 1-5. Asian Vegetable Research and Development Center, Shanhua.

Tindall, H.D. 1983. Vegetables in the Tropics. Macmillan Education Limited, London. 533 pp.

ปัจจัยที่สัมพันธ์กับความเป็นอยู่ที่ดีของแม่บ้านเกษตรกรและครอบครัวตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียงจังหวัดเชียงใหม่

Factors Related to the Well-being of Farmer Housewives and Families in Accordance with the Sufficiency Economic Approach in Chiang Mai Province

ศันสนีย์ นายอง[1/] และ รุจ ศิริศัญลักษณ์[1/]
Sansanee Nayong[1/] and Ruth Sirisunyaluck[1/]

Abstract: The purposes of this research were to study 1) basic socio-economic of farming housewives and families in Chiang Mai province 2) factors related to the well-being of farmer housewife's and families in accordance with the Sufficiency Economy approach. The sample size of 375 farmer housewives was obtained by multi-stage random sampling. A set of questionnaire was used for data collection in opened-ended question and closed-ended question. Multiple regressions were used to analyze the relationship between dependent variable and independent variables. The results of the research found that the farmer housewives had average age of 47.71 years old. Most of both housewives and their husbands were elementary school graduates. Majority had 4 members of family. They had 2 children and 2 agricultural workforces on average. Their time span of marriage was 24.04 years on average. They had an average monthly income of 3,948.27 baht and the family income was less than 10,000 baht. Most of the informants had never left their villages to new settlement. They were members of the village fund and the Bank for Agriculture and Agricultural Cooperatives. With regards to economic role of the respondents, as a whole, it was found that they had a high level in household economy. Overall, most of them obtained the agricultural knowledge at moderate level and source of the agricultural knowledge was television.

It was found that the significant factors contributing to well-being of families at 0.05 levels or lower were 1) number of children 2) the economic roles of the farmer housewife 3) the agricultural activities in accordance with sufficiency economy approach, and 4) the problems and constraints of agricultural activities. The important problems were the higher price of inputs, shortage of farm labor, and crops damaged by insects and pests.

Keywords: Farmer housewife, Sufficiency Economy, well-being

[1/] ภาควิชาเศรษฐศาสตร์เกษตรและส่งเสริมเผยแพร่การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

[1/] Department of Agricultural Economics and Extension, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

บทคัดย่อ: การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ข้อมูลพื้นฐานบางประการทางเศรษฐกิจและสังคมของแม่บ้านเกษตรกรและครอบครัวในจังหวัดเชียงใหม่ 2) ปัจจัยที่สัมพันธ์กับความเป็นอยู่ที่ดีของครอบครัวแม่บ้านเกษตรกรตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ แม่บ้านเกษตรจำนวน 375 ราย โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ใช้แบบสอบถามซึ่งมีคำถามเป็นปลายเปิดและปลายปิดใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุในวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ ผลการศึกษาพบว่า แม่บ้านเกษตรกรมีอายุเฉลี่ย 47.71 ปี ทั้งแม่บ้านและพ่อบ้านเกษตรกรส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับประถมศึกษา มีจำนวนสมาชิกในครอบครัว 4 คน มีบุตรจำนวน 2 คน มีจำนวนแรงงานด้านการเกษตรของครอบครัวเพียง 2 คน ระยะเวลาในการสมรสเฉลี่ย 24.04 ปีแม่บ้านเกษตรกรมีรายได้ต่อเดือนเฉลี่ย 3,948.27 บาทและมีรายได้ของครอบครัวต่อเดือนน้อยกว่า 10,000 บาท ส่วนใหญ่ไม่เคยย้ายถิ่นที่อยู่อาศัย แม่บ้านเกษตรกรส่วนใหญ่เป็นสมาชิกกองทุนหมู่บ้านและกลุ่มธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์ ด้านการมีบทบาทเชิงเศรษฐกิจในครัวเรือนของแม่บ้านเกษตรกร โดยภาพรวมแม่บ้านเกษตรกรมีบทบาทเชิงเศรษฐกิจในครัวเรือนอยู่ในระดับมาก แม่บ้านเกษตรกรได้รับความรู้ด้านการประกอบอาชีพตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียงในระดับปานกลาง โดยแหล่งความรู้ที่แม่บ้านเกษตรกรได้รับความรู้มาก ได้แก่ โทรทัศน์

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเป็นอยู่ที่ดีของครอบครัวแม่บ้านเกษตรกรตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 หรือต่ำกว่า ได้แก่ 1) จำนวนบุตร 2) บทบาทเชิงเศรษฐกิจของครัวเรือนของแม่บ้านเกษตรกร 3) การทำกิจกรรมด้านการเกษตรตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง และ 4) ปัญหาและอุปสรรคในการทำกิจกรรมเกษตรตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง ปัญหาและอุปสรรคที่สำคัญของแม่บ้านเกษตรกร ได้แก่ ราคาปัจจัยการผลิตบางอย่างมีราคาสูงขึ้น แรงงานในการทำการเกษตรในครอบครัวไม่เพียงพอ รวมทั้ง แมลงและศัตรูพืชทำลายพืชผักจนได้รับความเสียหาย

คำสำคัญ: แม่บ้านเกษตรกร เศรษฐกิจพอเพียง ความเป็นอยู่ที่ดี

คำนำ

การเกษตรถือเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของโครงสร้างระบบเศรษฐกิจไทยมาตั้งแต่อดีตกาลจนถึงปัจจุบัน การพัฒนาการเกษตรจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องดำเนินการไปอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากการเกษตรเป็นบันไดพื้นฐานสู่การพัฒนาในด้านอื่น ๆ ของประเทศ ภาคการเกษตรของไทยจึงยังคงมีความสำคัญต่อสถานภาพทางเศรษฐกิจ สังคมของประเทศต่อไป (อยุทธ์, 2552) แต่การพัฒนาประเทศที่ผ่านมามุ่งเน้นพัฒนาทุนทางเศรษฐกิจ ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี การส่งออก และการขยายตัวของการลงทุน จนละเลยความสนใจที่จะพึ่งตนเอง ซึ่งผลจากการพัฒนาดังกล่าว ก่อให้เกิดการสูญเสียและทำลายทรัพยากรธรรมชาติเป็นอันมาก (สมนึก และคณะ, 2552) ส่งผลกระทบต่อการทำการเกษตร มีความเสี่ยงจากความแปรปรวนของดินฟ้าอากาศและฝนทิ้งช่วง ทำให้เกษตรกรมีน้ำใช้ไม่เพียงพอ รวมทั้งระบบการปลูกพืชไม่มีหลักเกณฑ์ เกษตรกรส่วนใหญ่ปลูกพืชชนิดเดียว ด้วยเหตุนี้เอง พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวจึงทรงมีพระประสงค์ให้ปรับเปลี่ยนจากการพัฒนาประเทศที่เน้นการขยายตัวทางเศรษฐกิจเป็นหลักมาเป็นการสร้างความมั่นคงทางเศรษฐกิจในขั้นพื้นฐานก่อน ให้ประชาชนในชนบทส่วนใหญ่พอมีพอกิน เพื่อสร้างพื้นฐานความมั่นคงในระดับฐานรากก่อน จึงค่อยพัฒนาในขั้นสูงต่อไป จึงทรงพระราชทานแนวคิด “เศรษฐกิจพอเพียง” แก่ประชาชนชาวไทยได้ปฏิบัติโดยทั่วกัน ให้มีความเป็นอยู่อย่างพอเพียง ทำกิจกรรมที่เหมาะสมกับตนเอง และสามารถพึ่งตนเองได้

ในการพัฒนาการเกษตรให้มีความก้าวหน้าและยั่งยืนนั้น องค์ประกอบหนึ่งที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง คือ เกษตรกร โดยเฉพาะแม่บ้านเกษตรกร ซึ่งถือเป็นผู้ที่มีความสำคัญในการตัดสินใจในเรื่องต่าง ๆ ของครอบครัว

ร่วมกับพ่อบ้านเกษตรกร การศึกษาในครั้งนี้ผู้วิจัยต้องการทราบว่าแม่บ้านเกษตรกรมีส่วนในการตัดสินใจเกี่ยวกับการทำการเกษตรตามแนวทางปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงของครอบครัวมากน้อยเพียงใด และเมื่อมีการทำการเกษตรดังกล่าวแล้ว ครอบครัวเกษตรกรมีความเป็นอยู่ที่ดีตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียงหรือไม่ เพื่อหาแนวทางในการวางแผน พัฒนา กำหนดกลยุทธ์ที่เหมาะสมแก่แม่บ้านเกษตรกรในการทำการเกษตรตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียงภายในครอบครัว เพื่อให้เกิดความยั่งยืน ซึ่งจะเป็นฐานรากที่มั่นคงในการพัฒนาประเทศต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาคือ แม่บ้านเกษตรกรในจังหวัดเชียงใหม่ในพื้นที่ 24 อำเภอ ซึ่งเป็นตัวแทนครัวเรือนจากครัวเรือนทั้งหมด 195,598 ครัวเรือนกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ แม่บ้านเกษตรกรในจังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 9 อำเภอ จำนวนทั้งสิ้น 375 ราย คำนวณจากสูตรการหาขนาดตัวอย่างของ Taro Yamane อ้างในสุชาติ (2544) การวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage random sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยใช้แบบสอบถาม (questionnaire) เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งเป็นคำถามแบบปลายเปิด (opened-ended question) และปลายปิด (closed-ended question) โดยมีการทดสอบความถูกต้องของเนื้อหา (content validity) แล้วจึงนำไปทดลองเก็บข้อมูลกับเกษตรกรที่ไม่ใช่กลุ่มประชากรเป็นจำนวน 20 ราย แล้วนำคำตอบที่ได้จากแบบสอบถามตอนที่ 1 (การมีบทบาทเชิงเศรษฐกิจของครัวเรือนของแม่บ้านเกษตรกร และตอนที่ 2 (การตัดสินใจของแม่บ้านเกษตรกรด้านการประกอบอาชีพตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง) มาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาค่า reliability coefficients ตามวิธีการของ Cronbach โดยใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการวิจัยทางสังคมศาสตร์ ปรากฏว่า แบบสัมภาษณ์แต่ละเรื่อง มีค่าสัมประสิทธิ์อัลฟา (Cronbach's alpha) ดังนี้ ตอนที่ 1 เรื่องการมีบทบาทเชิงเศรษฐกิจของครัวเรือนของแม่บ้านเกษตรกร มีค่าสัมประสิทธิ์อัลฟา (Cronbach's alpha) เท่ากับ 0.836 และตอนที่ 2 เรื่อง การตัดสินใจของแม่บ้านเกษตรกรด้านการประกอบอาชีพตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง มีค่าสัมประสิทธิ์อัลฟา (Cronbach's alpha) เท่ากับ 0.723

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูปเพื่อการวิจัยทางสังคมศาสตร์ ได้แก่ สถิติพรรณนา และการวิเคราะห์ถดถอยพหุ เพื่อทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ ซึ่งผลการวิจัยครั้งนี้จะเพิ่มเติมเฉพาะในส่วนของปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเป็นอยู่ที่ดีของครอบครัวแม่บ้านเกษตรกรตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง

ผลการศึกษา

ลักษณะข้อมูลพื้นฐานทั่วไปของแม่บ้านเกษตรกรและครอบครัว

จากการศึกษา พบว่า ครอบครัวของแม่บ้านเกษตรกรมีการทำการเกษตรกรตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง ได้แก่ มีการวางแผนการใช้ประโยชน์จากบริเวณบ้านและที่อยู่อาศัยให้เกิดประโยชน์สูงสุด มีการปลูกพืชผัก ไม้ผล พืชสมุนไพรผสมผสานกันอย่างสอดคล้องและเกื้อกูลกัน เลี้ยงสัตว์ไว้เป็นอาหารและจำหน่าย ปลูกข้าวไว้บริโภคตลอดปี ขุดสระน้ำไว้เลี้ยงปลาและเก็บกักน้ำฝน รวมทั้งคำนึงถึงว่ากิจกรรมการเกษตรที่ครอบครัวทำอยู่นั้น อยู่บนพื้นฐานการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน

กลุ่มตัวอย่างแม่บ้านเกษตรกร ร้อยละ 36.0 มีอายุอยู่ในช่วง 41–50 ปี มีอายุเฉลี่ย 47.71 ปี ส่วนใหญ่ (ร้อยละ 62.7) จบการศึกษาระดับประถมศึกษา จบปริญญาตรีเพียงร้อยละ 2.4 เท่านั้น พ่อบ้านเกษตรกรส่วนใหญ่ (ร้อยละ 60.3) จบการศึกษาระดับประถมศึกษาเช่นกัน โดยพ่อบ้านเกษตรกรจบปริญญาตรีเพียงร้อยละ 2.9 เท่านั้น

ครอบครัวของแม่บ้านเกษตรกรร้อยละ 39.2 มีจำนวนสมาชิกในครอบครัว 4 คน ส่วนใหญ่ (ร้อยละ 72.0)

มีจำนวนแรงงานด้านการเกษตรของครอบครัวเพียง 2 คน แม่บ้านเกษตรกรร้อยละ 39.2 มีระยะเวลาในการสมรสอยู่ระหว่าง 21-30 ปี โดยระยะเวลาในการสมรสเฉลี่ย 24.04 ปี แม่บ้านเกษตรกรร้อยละ 46.7 มีบุตรจำนวน 2 คน

แม่บ้านเกษตรกรมีรายได้ต่อเดือนเฉลี่ย 3,948.27 บาท ส่วนรายได้ของครอบครัวนั้น ครอบครัวของแม่บ้านเกษตรกรร้อยละ 62.7 มีรายได้ของครอบครัวต่อเดือนน้อยกว่า 10,000 บาท และแม่บ้านเกษตรร้อยละ 92.0 ไม่เคยย้ายถิ่นที่อยู่อาศัย ด้านการเป็นสมาชิกกลุ่มนั้น แม่บ้านเกษตรกรร้อยละ 28.3 ไม่ได้เป็นสมาชิกกลุ่มใด ๆ แม่บ้านเกษตรกรร้อยละ 43.2 เป็นสมาชิกกองทุนหมู่บ้าน ร้อยละ 41.1 เป็นสมาชิกกลุ่มธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์ ร้อยละ 29.9 เป็นสมาชิกกลุ่มแม่บ้านเกษตรกร ร้อยละ 22.7 เป็นสมาชิกกลุ่มสหกรณ์การเกษตร และร้อยละ 1.6 เป็นสมาชิกกลุ่มอื่น ๆ ได้แก่ อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน (อสม.) กองทุนปุ๋ย และกลุ่มแกะสลัก

ด้านการมีบทบาทเชิงเศรษฐกิจในครัวเรือนของแม่บ้านเกษตรกร โดยภาพรวมแม่บ้านเกษตรกรมีบทบาทเชิงเศรษฐกิจในครัวเรือนอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.43) ทั้งนี้บทบาทที่แม่บ้านเกษตรกรปฏิบัติในระดับมาก ได้แก่ การหาเลี้ยงครอบครัว (ค่าเฉลี่ย 3.94) รองลงมาได้แก่ การควบคุมค่าใช้จ่ายและทรัพย์สิน และ การเก็บสะสมทรัพย์ที่หามาได้ (ค่าเฉลี่ย 3.83) มีบางบทบาทที่แม่บ้านเกษตรกรมีบทบาทในระดับปานกลาง ได้แก่ การติดต่อขายผลผลิต (ค่าเฉลี่ย 3.34) การเลี้ยงสัตว์ (ค่าเฉลี่ย 2.80) และการทำบัญชีครัวเรือน (ค่าเฉลี่ย 2.65) โดยพบว่าแม่บ้านเกษตรกรมีบทบาทในการทำบัญชีครัวเรือนน้อยที่สุด

ระดับการได้รับความรู้จากแหล่งความรู้ต่าง ๆ ด้านการประกอบอาชีพตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียงของแม่บ้านเกษตรกร ในภาพรวมแม่บ้านเกษตรกรได้รับความรู้ในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 2.85) โดยแหล่งความรู้ที่แม่บ้านเกษตรกรได้รับความรู้มาก ได้แก่ โทรทัศน์ (ค่าเฉลี่ย 3.86) และ วิทยุ (ค่าเฉลี่ย 3.50) ส่วนแหล่งความรู้ที่แม่บ้านเกษตรกรได้รับความรู้ในระดับปานกลาง ได้แก่ หอกระจายข่าว (ค่าเฉลี่ย 3.19) เพื่อนบ้าน (ค่าเฉลี่ย 3.03) และ เจ้าหน้าที่เกษตร (ค่าเฉลี่ย 2.70) ส่วนแหล่งความรู้ที่แม่บ้านเกษตรกรได้รับความรู้ในระดับน้อย ได้แก่ หนังสือพิมพ์ (ค่าเฉลี่ย 2.55) และ เอกสารแนะนำ (ค่าเฉลี่ย 2.33) ส่วนแหล่งความรู้ที่แม่บ้านเกษตรกรได้รับความรู้ในระดับน้อยที่สุด ได้แก่ อินเทอร์เน็ต (ค่าเฉลี่ย 1.61)

การตัดสินใจของแม่บ้านเกษตรกรด้านการประกอบอาชีพตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง

จากการศึกษาระดับของการตัดสินใจของแม่บ้านเกษตรกรด้านการประกอบอาชีพตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง ในภาพรวม แม่บ้านเกษตรกรมีการตัดสินใจในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.43) ซึ่งหากมองในแต่ละประเด็นจะพบว่า เรื่องที่แม่บ้านเกษตรกรมีการตัดสินใจในระดับมาก ได้แก่ 1) ด้านคุณธรรม (ค่าเฉลี่ย 3.88) คือ ความขยันหมั่นเพียร การไม่เอาของผู้อื่นมาเป็นของครอบครัว ไม่เบียดเบียนผู้อื่น และ 2) ด้านความพอประมาณ (ค่าเฉลี่ย 3.44) คือ การเลือกซื้อสินค้าที่มีความจำเป็นต่อการประกอบอาชีพ การใช้ทุน อุปกรณ์ที่มีอยู่ทำการเกษตร ส่วนเรื่องที่แม่บ้านเกษตรกรมีการตัดสินใจในระดับปานกลาง ได้แก่ 1) ความมีเหตุผล (ค่าเฉลี่ย 3.33) คือ การวางแผนปลูกพืชตามความต้องการของตลาด การวางแผนการผลิตโดยคำนึงถึงศักยภาพของพื้นที่ 2) การมีภูมิคุ้มกันที่ดี (ค่าเฉลี่ย 3.19) คือ การแบ่งรายได้เป็นค่าใช้จ่ายเพื่อลงทุน บริโภค และการออม และ 3) ด้านความรู้ (ค่าเฉลี่ย 3.12) คือ การเข้าร่วมประชุมหมู่บ้าน การศึกษาหาความรู้จากสื่อต่าง ๆ

การทำกิจกรรมด้านการเกษตรของครอบครัวตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง

ครอบครัวของแม่บ้านเกษตรกรส่วนใหญ่มีการทำกิจกรรมด้านการเกษตรของครอบครัวตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียงในระดับมาก โดยมีคะแนนจากการวัดระดับการปฏิบัติในระดับมาก (18-26 คะแนน) ถึงร้อยละ 82.7 มีแม่บ้านเกษตรกรเพียงร้อยละ 16.5 ที่มีระดับการปฏิบัติในระดับปานกลาง (10-17 คะแนน) และร้อยละ 0.8 มีระดับการปฏิบัติน้อย (1-9 คะแนน)

ครอบครัวของแม่บ้านเกษตรกรทำกิจกรรมด้านการเกษตรตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง ได้แก่ การใช้แรงงานที่มีอยู่ในครอบครัวทำกิจกรรมการเกษตร เลือกซื้อ

เฉพาะสินค้าที่มีความจำเป็นต่อการประกอบอาชีพ มีการหมุนเวียนการใช้ทรัพยากรในการทำการเกษตร เช่น การใช้ฟางข้าว แกลบ หรือหญ้าแห้งทำเป็นวัสดุคลุมดิน การใช้กาบมะพร้าวรองก้นหลุมเมื่อปลูกต้นไม้ เป็นต้น ครอบครัวของแม่บ้านเกษตรกรได้วางแผนการใช้ประโยชน์จากบริเวณบ้านและที่อยู่อาศัยให้เกิดประโยชน์สูงสุด มีการปลูกพืชผัก ไม้ผล พืชสมุนไพรผสมผสานกัน มีการเลี้ยงสัตว์ มีการปลูกข้าว และขุดสระน้ำไว้เลี้ยงปลาและเก็บกักน้ำฝน

ความเป็นอยู่ที่ดีของครอบครัวเกษตรกรตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง

ครอบครัวของแม่บ้านเกษตรกรส่วนใหญ่มีความเป็นอยู่ที่ดี โดยมีคะแนนจากการวัดระดับความเป็นอยู่ที่ดีของครอบครัวตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียงในระดับมาก (17-25 คะแนน) ถึงร้อยละ 95.2 มีครอบครัวแม่บ้านเกษตรกรเพียงร้อยละ 4.8 ที่มีระดับความเป็นอยู่ที่ดีของครอบครัวในระดับปานกลาง (9-16 คะแนน) และพบว่าไม่มีครอบครัวของแม่บ้านเกษตรกรที่มีระดับความเป็นอยู่ที่ดีของครอบครัวในระดับน้อย (1-8 คะแนน) เพราะฉะนั้นอาจมองว่าอาชีพเกษตรกรนั้นถึงแม้จะเป็นอาชีพที่เหนื่อยและมีรายได้น้อย แต่แม่บ้านเกษตรกรก็ยังมองว่าครอบครัวมีความเป็นอยู่ที่ดีและมีความสุขตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง

ปัญหา อุปสรรคของแม่บ้านเกษตรกรในการทำกิจกรรมเกษตรตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง

ผลการวิจัยพบว่า แม่บ้านเกษตรกรมีปัญหาอุปสรรคในการทำการเกษตรตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียงในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.42) เมื่อพิจารณาปัญหาอุปสรรคในแต่ละประเด็นย่อยจะพบว่า ประเด็นที่แม่บ้านเกษตรกรมีปัญหา อุปสรรคในระดับมาก ได้แก่ 1) ราคาปัจจัยการผลิตบางอย่าง เช่น เมล็ดพันธุ์ ปุ๋ย ยากำจัดแมลง อาหารสัตว์ เป็นต้น มีราคาสูงขึ้น (ค่าเฉลี่ย 3.86) แม่บ้านเกษตรกรต้องหาแนวทางในการลดต้นทุนการผลิตบางอย่าง โดยการใช้ปัจจัยการผลิตที่มีอยู่แล้ว หรือผลผลิตขึ้นเอง เพื่อเป็นการควบคุมค่าใช้จ่ายในการทำการเกษตร 2) แรงงานในการทำการเกษตรครอบครัวไม่เพียงพอ (ค่าเฉลี่ย 3.54) เนื่องจากการทำเกษตรตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียงนั้นมีการทำกิจกรรมในพื้นที่ที่หลากหลาย ทั้งการปลูกข้าว ปลูกพืชผักสวนครัว เลี้ยงสัตว์ จึงทำให้บางครอบครัวที่มีแรงงานด้านการเกษตรเพียง 1-2 คน ไม่สามารถดูแลการทำการเกษตรของตนเองได้อย่างทั่วถึง แม่บ้านเกษตรกรจึงได้มีการปรึกษาหารือในเรื่องการทำกิจกรรมกลุ่มในการให้ความช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการทำการเกษตร และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเป็นอยู่ที่ดีของครอบครัวแม่บ้านเกษตรกรตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง

การวิจัยครั้งนี้ ใช้การวิเคราะห์ถดถอยพหุเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระหลายตัว ว่าตัวแปรอิสระแต่ละตัวมีความสัมพันธ์ในทิศทางใดหรือมีความสัมพันธ์มากน้อยเพียงใดกับตัวแปรตาม ซึ่งในการวิเคราะห์ครั้งนี้ประกอบด้วยตัวแปรอิสระทั้งหมด 15 ตัว โดยแบ่งเป็นปัจจัยหลัก 6 ปัจจัย ได้แก่

1. ปัจจัยด้านข้อมูลพื้นฐานทั่วไปของแม่บ้านเกษตรกรและครอบครัวได้แก่
   1) อายุ
   2) ระดับการศึกษาของแม่บ้านเกษตรกร
   3) ระดับการศึกษาของพ่อบ้านเกษตรกร
   4) จำนวนสมาชิกในครอบครัว
   5) จำนวนแรงงานด้านการเกษตรของครอบครัว
   6) ระยะเวลาในการสมรส
   7) จำนวนบุตร
   8) รายได้ของแม่บ้านเกษตรกร
   9) การย้ายถิ่นที่อยู่อาศัย
   10) การเป็นสมาชิกกลุ่ม

Table 1 Mean and standard deviation of variables

	Variables	Mean	Standard deviation
1	Age (year)	47.71	10.494
2	Education of farmer's housewife (level)	2.97	1.202
3	Education of husband (level)	3.10	1.257
4	Members of family (number)	4.05	1.144
5	Members of agricultural labor (number)	2.18	0.728
6	Time span of marriage (year)	24.04	10.668
7	Children (number)	1.84	0.907
8	Housewife's income (baht)	3,948.27	4,501.294
9	Migration (time)	1.14	0.487
10	Group membership (number)	1.38	1.184
11	Household economic roles of farmer's housewife (level)	3.43	0.650
12	Quantity of information received (level)	2.85	0.661
13	Farmer's housewife decision making in agriculture in accordance with Sufficiency Economy (level)	3.43	0.524
14	Household agricultural activity in accordance with Sufficiency Economy (total score)	21.65	4.264
15	Obstacles and barriers in agricultural activity in accordance with Sufficiency Economy (level)	3.42	0.604
16	Well-being of farmer housewife's household in accordance with Sufficiency Economy(total score)	23.23	2.984

2. ปัจจัยด้านบทบาทเชิงเศรษฐกิจของครัวเรือนของแม่บ้านเกษตรกร

3. ปัจจัยด้านระดับการได้รับความรู้จากแหล่งความรู้ต่าง ๆ

4. ปัจจัยด้านบทบาทการตัดสินใจของแม่บ้านเกษตรกรในการประกอบอาชีพเกษตรตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง ด้านความพอประมาณ ความมีเหตุผล การมีภูมิคุ้มกันที่ดี ความรู้ และคุณธรรม

5. ปัจจัยด้านการทำการเกษตรตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียงของครอบครัวเกษตรกร ด้านกำลังคน การเงิน วัสดุอุปกรณ์ และวิธีการ/การจัดการ

6. ปัจจัยด้านปัญหาและอุปสรรคในการทำกิจกรรมเกษตรตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง

ส่วนตัวแปรตาม ได้แก่ ความเป็นอยู่ที่ดีของครอบครัวเกษตรกร ตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง ซึ่งเป็นตัวเลขที่ได้มาจาก คะแนนรวมของระดับของความเป็นอยู่ที่ดีของครอบครัวเกษตรกร ตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียงแต่ละราย

เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระแต่ละคู่ พบว่า ไม่มีตัวแปรอิสระคู่ใดที่มีความสัมพันธ์กันสูงกว่า 0.80 ที่จะก่อให้เกิดปัญหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระด้วยกันเอง (multicollinearity) อันเป็นการละเมิดข้อสมมุติฐานที่กำกับการวิเคราะห์ถดถอยพหุ (สุชาติ, 2544)

จากผลการวิเคราะห์เบื้องต้นเกี่ยวกับตัวแปรที่นำเข้าสมการ พบว่า แม่บ้านเกษตรมีอายุเฉลี่ย 47.71 ปี ระดับการศึกษาของแม่บ้านและพ่อบ้านเกษตรกรอยู่ในระดับประถมศึกษา มีจำนวนสมาชิกในครอบครัวเฉลี่ย 4.05 คน ทั้งนี้เป็นแรงงานด้านการเกษตรเฉลี่ย 2.18 คน ระยะเวลาในการสมรสเฉลี่ย 24.04 ปี จำนวนบุตรเฉลี่ย

1.84 คน รายได้ของแม่บ้านเกษตรกรเฉลี่ย 3,948.27 บาท การย้ายถิ่นที่อยู่อาศัยเฉลี่ย 1.14 ครั้ง เป็นสมาชิกกลุ่มเฉลี่ย 1.38 กลุ่ม แม่บ้านเกษตรกรมีบทบาทเชิงเศรษฐกิจในครัวเรือนอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.43) ระแม่บ้านเกษตรกรได้รับความรู้จากแหล่งความรู้ต่าง ๆ ด้านการประกอบอาชีพตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียงในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 2.85) ระดับของการตัดสินใจของแม่บ้านเกษตรกรเฉลี่ยมีการตัดสินใจในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.43) ครอบครัวของแม่บ้านเกษตรกรส่วนใหญ่มีการทำกิจกรรมด้านการเกษตรของครอบครัวตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียงในระดับมาก แม่บ้านเกษตรกรมีปัญหา อุปสรรคในการทำการเกษตรตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียงในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.42) (ตารางที่ 1)

การวิจัยครั้งนี้มีแบบจำลอง ดังนี้

$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + \ldots\ldots + b_{15}x_{15}$

สัญลักษณ์ของตัวแปร

ตัวแปรตาม

Y = ความเป็นอยู่ที่ดีของครอบครัวเกษตรกร ตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง (คะแนนรวม)

ตัวแปรอิสระ

X_1 = อายุ(ปี)

X_2 = ระดับการศึกษาของแม่บ้านเกษตรกร(ระดับ)

X_3 = ระดับการศึกษาของพ่อบ้านเกษตรกร (ระดับ)

X_4 = จำนวนสมาชิกในครอบครัว (คน)

X_5 = จำนวนแรงงานด้านการเกษตรของครอบครัว(คน)

X_6 = ระยะเวลาในการสมรส(ปี)

X_7 = จำนวนบุตร(คน)

X_8 = รายได้ของแม่บ้านเกษตรกร (บาท)

X_9 = การย้ายถิ่นที่อยู่อาศัย (ครั้ง)

X_{10} = การเป็นสมาชิกกลุ่ม (จำนวนกลุ่ม)

X_{11} = บทบาทเชิงเศรษฐกิจของครัวเรือนของแม่บ้านเกษตรกร (ระดับ)

X_{12} = ระดับการได้รับความรู้จากแหล่งความรู้ต่าง ๆ (ระดับ)

X_{13} = การตัดสินใจของแม่บ้านเกษตรกรด้านการประกอบอาชีพ(ระดับ)

X_{14} = การทำการเกษตรตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียงของครอบครัวเกษตรกร (คะแนนรวม)

X_{15} = ปัญหาและอุปสรรคในการทำกิจกรรมเกษตรตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง (ระดับ)

จากการวิเคราะห์ถดถอยพหุโดยการนำตัวแปรอิสระทั้ง 15 ตัวเข้าในสมการแล้วคำนวณโดยใช้วิธี Enter ผลปรากฏว่าได้ค่า F เท่ากับ 6.239; Sig เท่ากับ .000 (ตาราง 2) หมายความว่า มีตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามในรูปเชิงเส้น เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุ (multiple coefficient of determination, R^2) ปรากฏว่า R^2 มีค่าเท่ากับ .207 หมายความว่า ตัวแปรอิสระทั้งหมดสามารถอธิบายการผันแปร (การเปลี่ยนแปลง) ของตัวแปรตาม (ความเป็นอยู่ที่ดีของครอบครัวเกษตรกร ตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง) ได้ร้อยละ 20.7

ในบรรดาตัวแปรอิสระทั้ง 15 ตัว มีตัวแปรจำนวน 4 ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 หรือต่ำกว่า ได้แก่ 1) จำนวนบุตร 2) บทบาทเชิงเศรษฐกิจของครัวเรือนของแม่บ้านเกษตรกร 3) การทำกิจกรรมด้านการเกษตรตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง และ 4) ปัญหาและอุปสรรคในการทำกิจกรรมเกษตรตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง โดยตัวแปรทั้ง 4 ตัวแปร มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามทั้งเชิงบวกและเชิงลบ โดยตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับตัวแปรตามมี 2 ตัวแปร ได้แก่ 1) บทบาทเชิงเศรษฐกิจของครัวเรือนของแม่บ้านเกษตรกร และ 2) การทำกิจกรรม

Table 2 Multiple regression analysis for factors affecting well-being of farmer housewife's household in accordance with Sufficiency Economy

	Variables	(b)	t	P-value
1	Age (year)	.025	1.112	.267
2	Education of farmer's housewife (level)	.016	.077	.938
3	Education of husband (level)	.353	1.908	.057
4	Members of family (number)	.058	.359	.720
5	Members of agricultural labor (number)	.253	1.136	.257
6	Time span of marriage (year)	.017	.743	.458
7	Children (number)	-.423	-2.125	.034*
8	Housewife's income (baht)	-6.60E-006	-.195	.845
9	Migration (time)	.397	1.263	.207
10	Group membership (number)	.132	1.000	.318
11	Household economic roles of farmer's housewife (level)	.903	3.485	.001***
12	Quantity of information received (level)	-.059	-.224	.823
13	Farner's housewife decision making in agriculture in accordance with Sufficiency Economy (level)	.352	1.027	.305
14	Household agricultural activity in accordance with Sufficiency Economy (total score)	.178	4.632	.000***
15	Obstacles and barriers in agricultural activity in accordance with Sufficiency Economy (level)	-.509	-1.973	.049*

R^2 = .207 SEE = 2.710 F = 6.239 Sig. of F = .000

Note: *** Significantly different at P <.001

ด้านการเกษตรตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง ส่วนตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับตัวแปรตามมี 2 ตัวแปร ได้แก่ 1) จำนวนบุตร และ 2) ปัญหาและอุปสรรคในการทำกิจกรรมเกษตรตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง

อภิปรายผล

การศึกษาปัจจัยที่สัมพันธ์กับความเป็นอยู่ที่ดีของครอบครัวแม่บ้านเกษตรกรตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง จังหวัดเชียงใหม่สามารถอภิปรายความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ ดังนี้

จำนวนบุตร

มีความสัมพันธ์เชิงลบกับความเป็นอยู่ที่ดีของครอบครัวเกษตรกรตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง โดยพบว่าครอบครัวเกษตรกรที่มีจำนวนบุตรมาก ครอบครัวจะมีความเป็นอยู่ที่ดีตามแนวทางเศรษฐกิจน้อย เนื่องจากการมีบุตรอาจทำให้ครอบครัวเกษตรกรมีรายจ่ายที่มากขึ้นตามไปด้วย ทำให้ความเป็นอยู่ที่ดีของครอบครัวเกษตรกรน้อยลง ดังเช่น Wattanalee (2006) ได้กล่าวไว้ว่า รายได้เป็นตัวชี้วัดตัวหนึ่งของความสุขของมนุษย์ การมีรายได้ที่สูงเพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้ความสุขเพิ่มมากขึ้นด้วย ซึ่งการมีจำนวนบุตรมากอาจเป็นภาระของครอบครัว

ในเรื่องค่าใช้จ่ายที่มากตามไปด้วย ซึ่งมีผลทำให้ความสุขลดลง

บทบาทเชิงเศรษฐกิจของครัวเรือนของแม่บ้านเกษตรกร

มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความเป็นอยู่ที่ดีของครอบครัวเกษตรกรตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง บทบาทเชิงเศรษฐกิจของแม่บ้านเกษตรกร ได้แก่ การหาเลี้ยงครอบครัว การทำงานนอกบ้าน การจัดหาปัจจัยการผลิต การควบคุมค่าใช้จ่าย การออมเงิน การติดต่อขายผลผลิต การทำบัญชีครัวเรือน โดยพบว่า แม่บ้านเกษตรกรที่มีบทบาทเชิงเศรษฐกิจในครัวเรือนมาก ครอบครัวเกษตรกรจะมีความเป็นอยู่ที่ดีมาก ซึ่งอาจเป็นที่สังเกตได้ว่า หากแม่บ้านเกษตรกรรับรู้เกี่ยวกับบทบาทในเชิงเศรษฐกิจหรือบทบาทในการหาเลี้ยงครอบครัวมาก ก็จะมีส่วนในการตัดสินใจในเรื่องที่สำคัญของครอบครัวมาก ซึ่งความละเอียดอ่อนของผู้หญิงในการตรึกตรองเรื่องต่าง ๆ อย่างรอบคอบจะส่งผลให้ความเป็นอยู่ของครอบครัวดีขึ้น

การทำการเกษตรตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียงของครอบครัวเกษตรกร

มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความเป็นอยู่ที่ดีของครอบครัวเกษตรกรตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง ซึ่งพบว่าครอบครัวเกษตรกรที่มีการทำการเกษตรตามแนวทางเศรษฐกิจมาก จะมีความเป็นอยู่ที่ดีตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียงมากเช่นกัน ครอบครัวของแม่บ้านเกษตรกรส่วนใหญ่มีการใช้แรงงานที่มีอยู่ภายในครอบครัวทำกิจกรรมการเกษตร มีการแบ่งงานทำกันภายในครอบครัว เลือกซื้อเฉพาะสินค้าที่มีความจำเป็นต่อการประกอบอาชีพ มีการหมุนเวียนการใช้ทรัพยากรในการทำการเกษตรกร เช่น การใช้ฟางข้าว แกลบ หรือหญ้าแห้งทำเป็นวัสดุคลุมดิน การใช้กาบมะพร้าวรองก้นหลุมเมื่อปลูกต้นไม้ มีการวางแผนการใช้ประโยชน์จากบริเวณบ้านและที่อยู่อาศัยให้เกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับสำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี (2543) ที่ได้กล่าวว่า การนำทฤษฎีใหม่มาใช้ในไร่นาจะทำให้เกษตรกรมีน้ำมีท่า มีกินมีใช้ และครอบครัวอยู่สุขสบาย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จุมพฏ (2550) และจริยา (2548)ที่พบว่าเกษตรกรที่ยอมรับเศรษฐกิจพอเพียงและนำไปปฏิบัติในการดำเนินชีวิตและรูปแบบการผลิตนั้น มีรายได้และมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น อย่างไรก็ตามยังพบว่า แม่บ้านเกษตรกรส่วนใหญ่ยังไม่เข้าใจเกี่ยวกับการทำบัญชีครัวเรือน เพื่อตรวจสอบการใช้จ่ายเงินของครอบครัว

ปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะในการทำกิจกรรมเกษตรตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง

มีความสัมพันธ์เชิงลบกับความเป็นอยู่ที่ดีของครอบครัวเกษตรกรตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง ซึ่งพบว่าครอบครัวเกษตรกรที่มีปัญหาและอุปสรรคในการทำกิจกรรมเกษตรตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียงมาก จะมีความเป็นอยู่ที่ดีน้อยลง ซึ่งอาจสอดคล้องกับ Wongsangaun (1986) ได้ศึกษาภาวะหนี้สินของเกษตรกร การที่เกษตรกรเริ่มมีหนี้สิน เนื่องจากสาเหตุต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นหนี้สินที่เกิดจากการเจ็บป่วย หรือภัยธรรมชาติต่าง ๆ โดยเฉพาะฝนแล้ง ทำให้ชาวบ้านพยายามแสวงหาทางออกในแก้ปัญหาอย่างจริงจัง เพื่อทำให้ชีวิตความเป็นอยู่ดีขึ้น โดยคนที่มีที่ดินเป็นของตนเองก็หันมาทำเกษตรผสมผสาน เลี้ยงปลา เลี้ยงกบ เลี้ยงเป็ดไก่ ปลูกผัก เครื่องมือเครื่องใช้ก็พยายามทำเองมากที่สุด เป็นลักษณะทำเองใช้เอง พยายามหันกลับมามองตนเอง มีความประหยัด มัธยัสถ์มากขึ้น และเกษตรกรบางส่วนทำอาชีพเสริม เช่น รับจ้างทั่วไป เป็นต้น รวมทั้งอาจสอดคล้องกับ Nakornthap (1996) ที่ได้กล่าวถึงกระบวนการเรียนรู้จากปัญหาและอุปสรรคว่า การเรียนรู้จากปัญหาในชีวิตจริงเป็นการเรียนรู้ที่จะพยายามแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริง ๆ หมายถึงการช่วยแก้ปัญหาของตนเอง ซึ่งการเรียนรู้จะได้จากการพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็น วิเคราะห์ปัญหา หาสาเหตุของปัญหา และหาแนวทางแก้ไขแล้วนำไปลงมือปฏิบัติ ทำให้เกษตรกรกล้าตัดสินใจ มั่นใจในศักยภาพของตนเองและกล้าที่จะริเริ่มคิดค้นและหาทางเรียนรู้เพิ่มเติม เพื่อความเป็นอยู่ที่ดีของตนเองและครอบครัว

สรุปผลการวิจัย

ครอบครัวของแม่บ้านเกษตรกรในจังหวัดเชียงใหม่ส่วนใหญ่มีบทบาทเชิงเศรษฐกิจในครัวเรือนอยู่ในระดับมาก โดยเฉพาะการหาเลี้ยงครอบครัว แม่บ้านเกษตรกรมีการตัดสินใจด้านการทำการเกษตรของครอบครัวในระดับมากเช่นกัน ครอบครัวของแม่บ้านทำกิจกรรมด้านการเกษตรของครอบครัวตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียงในระดับมาก ทำให้ครอบครัวของแม่บ้านเกษตรกรมีความเป็นอยู่ที่ดีตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียงเช่นกัน โดยปัญหาและอุปสรรคที่สำคัญในการทำการเกษตรของครอบครัว ได้แก่ ราคาปัจจัยการผลิตบางอย่างราคาสูงขึ้น แรงงานในการทำการเกษตรในครอบครัวไม่เพียงพอ รวมทั้งแมลงและศัตรูพืชทำลายพืชผักจนได้รับความเสียหาย

จากการศึกษาครั้งนี้เป็นที่ประจักษ์ว่าแม่บ้านเกษตรกรถือเป็นผู้ที่มีความสำคัญยิ่งต่อการทำการเกษตรของครอบครัว ดังนั้น ข้อเสนอแนะจากการวิจัยในครั้งนี้เพื่อหาแนวทางแก้ไขปัญหาตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียงของแม่บ้านเกษตรกร คือ ควรมีการปรับวิธีคิดของแม่บ้านเกษตรกรในการทำการเกษตร โดยการรณรงค์เผยแพร่แนวคิดเศรษฐกิจพอเพียงอย่างต่อเนื่อง หรือทำให้ง่ายต่อการในไปประยุกต์ใช้ในการทำการเกษตร ควรส่งเสริม ให้ความรู้แก่แม่บ้านเกษตรกร โดยเฉพาะการทำบัญชีครัวเรือน และการใช้ประโยชน์จากปัจจัยการผลิตให้เกิดประโยชน์สูงสุด เพื่อให้ครอบครัวเกษตรกรมีความเป็นอยู่ที่ดี เป็นรากฐานที่สำคัญในการพัฒนาการเกษตรของประเทศให้ยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนค่าใช่จ่ายในการวิจัยบางส่วนในการทำการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

จริยา สุพรรณ. 2548. การยอมรับเศรษฐกิจพอเพียงในการดำเนินชีวิตของเกษตรกรในชุมชนบ้านหลุกมะขาม ตำบลหนองไม้แก่น อำเภอแปลงยาว จังหวัดฉะเชิงเทรา. ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต (พัฒนาสังคมศาสตร์) สาขาพัฒนาสังคมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 157 หน้า.

จุมพฎ สุขเกื้อ. 2550. คุณภาพชีวิตของเกษตรกรภายใต้สภาวะเศรษฐกิจพอเพียงและการสนับสนุนทางสังคมตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง: กรณีศึกษาพื้นที่ประสบภัยธรณีพิบัติสึนามิ ตำบลกำพวน กิ่งอำเภอสุขสำราญ จังหวัดระนอง. ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต (พัฒนาสังคม) สาขาพัฒนาสังคม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 175 หน้า.

สมนึก ชัชวาลย์, สุวิภา จำปาวัลย์, สิริรัฐ สุกันธา. 2552. ความเข้าใจ ความพึงพอใจ และการปรับตัวของประชาชนในเขตภาคเหนือตอนบนต่อนโยบายเศรษฐกิจพอเพียง. เชียงใหม่: สถาบันวิจัยสังคม, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 144 หน้า.

สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี. 2543. เศรษฐกิจพอเพียงเพื่อการเกษตรที่พึ่งพาตนเอง. เอกสารวิชาการ. กลุ่มสื่อส่งเสริมการเกษตร สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพฯ. 26 หน้า.

สุชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธุ์. 2544. ระเบียบวิธีการวิจัยทางสังคมศาสตร์. สำนักพิมพ์เฟื่องฟ้าพริ้นท์ติ้ง จำกัด, กรุงเทพฯ. 525 หน้า.

อยุทธ์ นิสสภา. 2552. เส้นทางพัฒนางานส่งเสริมการเกษตรไทย. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ. หน้า 113.

Nakornthap, S. 1996. Education and Research for Thailand Development: Education for Sustainable Development. Bangkok: The Thailand Research Fund.

Wattanalee, S. 2006. Quantitative research on happiness: Experience from abroad. Bangkok: Office of Public Policy Development.

Wongsa-ngaun, P. 1986. Farmer Liability. Community Development Journal. 1(4), 21.

ใบบอกรับเป็นสมาชิกวารสารเกษตร
ของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ข้าพเจ้า นาย/นาง/นางสาว (ชื่อ)……(สกุล)……..
ในฐานะ ◯ ส่วนบุคคล
◯ องค์กร/หน่วยงาน (ชื่อ)……
……..
การสื่อสารที่ติดต่อได้ ◯ โทรศัพท์…… ◯ โทรศัพท์มือถือ…….
◯ แฟกซ์…… ◯ e – mail……..
ที่อยู่ในการจัดส่งวารสาร : ……
……
……

มีความประสงค์บอกรับเป็นสมาชิกวารสารเกษตรเป็นเวลา (เช็คการเป็นสมาชิกตามระยะเวลาที่ต้องการ)

◯ สมาชิก 1 ปี ตั้งแต่ปี..... อัตราค่าสมาชิก 150 บาท
◯ สมาชิก 2 ปี ตั้งแต่ปี..... อัตราค่าสมาชิก 300 บาท
◯ สมาชิก 5 ปี ตั้งแต่ปี..... อัตราค่าสมาชิก 650 บาท

พร้อมนี้ข้าพเจ้าได้จัดส่ง ◯ ธนาณัติ ◯ ตั๋วแลกเงิน ◯ เงินสด มูลค่า……บาท
สั่งจ่ายในนาม : คุณวิไลพร ธรรมตา
ที่ทำการไปรษณีย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
50202

หมายเหตุ :

1. ส่งใบบอกรับเป็นสมาชิกวารสารเกษตรไปที่ : กองบรรณาธิการวารสารเกษตร งานบริหารงานวิจัย และวิเทศสัมพันธ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200
2. ท่านที่ประสงค์จะสั่งซื้อวารสารฉบับย้อนหลัง สามารถสั่งซื้อได้ในราคาฉบับละ 60 บาท (รวมค่าจัดส่ง)

นโยบายวารสารเกษตร: ออกตรงเวลา-พัฒนาระดับ impact factor- ผู้เขียนบทความที่ส่งลงตีพิมพ์ต้องสมัครเป็นสมาชิก

คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ (ต่อ)

รูปแบบในการใช้ภาษาอังกฤษในเนื้อเรื่องภาษาไทย

- ชื่อวิทยาศาสตร์ คำขึ้นต้นให้ใช้อักษรตัวใหญ่ และใช้อักษรตัวแอน
  Meloidogyne incognita
- ชื่อเฉพาะ ให้ขึ้นต้นด้วยอักษรตัวใหญ่ทุกคำ
  Berdmann, Marschner
- ภาษาอังกฤษทั้งในวงเล็บและนอกวงเล็บ ให้ใช้ตัวเล็ก
  completely randomized design , (transition period)
- ตัวย่อ ให้ใช้อักษรตัวใหญ่ทั้งหมด และควรมีคำเต็มบอกไว้ในการใช้ครั้งแรก
  (randomized complete block design, RCBD)
- หัวข้อเรื่อง ให้ขึ้นด้วยอักษรตัวใหญ่
  Abstract, Introduction
- คำแรกที่ตามหลัง คำสำคัญ ให้ขึ้นต้นด้วยอักษรตัวใหญ่
  Keywords : Mango, chlorophyll

การส่งเรื่องเพื่อตีพิมพ์

ให้ส่งต้นฉบับ 1 ชุด พร้อมแผ่นบันทึกข้อมูล โดยส่งถึง บรรณาธิการวารสารเกษตร งานบริหารงานวิจัย บริการวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

JOURNAL OF AGRICULTURE

A Technical Journal of Faculty of Agriculture, Chiang Mai University

Volume 28, No. 2 June 2012

Effects of Rubber Seed Kernel and Palm Kernel Cake Levels in Concentrate on Rumen Ecology and Nitrogen Balance in Goats Fed *Briachiaria humidicola* Schweick Hay-based Diet

Pin Chanjula and Supinya Chujai.....101

Reaction of Abhaya/KDML105 and Chai Nat 1 (BC_4F_{3-4}) Backcross Lines on Brown Planthopper Populations

Phuttipong Phangrerk, Weerathep Pongprasert, Sawai Buranapanichpan, Jiraporn Kulsarin, Suradet Palawisut and Jate Kotcharerk.....113

Comparative Life Tables of *Micraspis discolor* (Fabricius) When Fed on *Aphis craccivora* (Koch) and *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach)

Vanidchaya Chimnak, Weerathep Pongprasert, Sawai Buranapanichpan and Jiraporn Kulsarin.....125

Effects of Radio Frequency Heating on *Sitotroga cerealella* (Olivier) and Milling Quality of Rice cv. Khao Dawk Mali 105

Amporn Buapud, Yaowaluk Chanbang, Y. and Suchada Vearasilp.....137

Effects of Girdling and Foliar Spraying with Monopotassiumphosphate and Ethephon on Flowering of Lychee cv. Hong Huay and cv. Chakrapad

Orathai Tananchai, Nudee Charoenkit and Pittaya Sruamsiri.....145

Investigation of Powdery Mildew Resistance in Snow Pea Hybrids Using DNA Marker

Anchan Chomphupoung, Angsana Akkarapisan , Weenun Bundithya and Nuttha Potapohn.....155

Selection for High Sulforaphane Content in Progenies Derived from Chinese Kale × Broccoli

Yanee Potadee, Siwaporn Thumdee and Nuttha Potapohn.....165

Evaluation of Accumulated Carbon and Nutrients in Montane Forest Soils at Doi Inthanon, Chiang Mai Province

Kanitta Satienperakul, Soontorn Khamyong, Niwat Anongrak and Kriangsak Sri-ngernyuang.....173

Seed Development and Maturation of Balsam Pear (*Momordica charantia* L.)

Narawee Duere, Quanchit Santipracha and Wullop Santipracha.....183

Factors Related to the Well-being of Farmer Housewives and Families in Accordance with the Sufficiency Economic Approach in Chiang Mai Province

Sansanee Nayong and Ruth Sirisunyaluck.....193

ISSN 0857-0841