



วารสารเกษตร

JOURNAL OF AGRICULTURE

วารสารวิชาการของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ปีที่ 30 ฉบับที่ 3 กันยายน - ธันวาคม 2557

การชักนำให้เกิดความต้านทานโรครากเน่าไฟทอปธอร่าในสตรอว์เบอร์รี่ที่เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อด้วย
เชื้อแอคติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์

อภาพร โพธิยอด และ เกวลิน คุณาศักดากุล.....213

การเข้าทำลายของมอดเจาะผลกาแฟและประสิทธิภาพของสารล่อเพื่อการควบคุม

อนุตร บุรณพานิชพันธ์ และ ยาวลักษณ์ จันทร์บาง.....223

การสำรวจแมลงศัตรูกาแฟอาราบิก้าและแมลงศัตรูธรรมชาติในจังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย

ปิยะวรรณ สุทธิประพันธ์ และ ยาวลักษณ์ จันทร์บาง.....233

การควบคุมไร *Suidasia pontifica* Oudemans ในอาหารไก่โดยใช้ฟอร์มาลดีไฮด์

ร่วมกับกรดโพทิโอนิก

ฉัตรภรณ์ กุณาวงค์ ยาวลักษณ์ จันทร์บาง ไสว บุรณพานิชพันธ์
และ อัมร อินทร์สังข์.....243

การใช้คลื่นความถี่วิทยุเพื่อควบคุมมอดพันธุ์ในข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

ชัยพงษ์ ศรีคำ ยาวลักษณ์ จันทร์บาง และ ณัฐศักดิ์ กฤติกาเมษ.....253

การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารคล้ายจีเบอเรลลินในระยะออกดอกของกล้วยไม้ช้างกระ

มิ่งขวัญ เจียวัฒน์ ดรุณี นาพรหม และณัฐา โพธาภรณ์.....263

ผลของเมพิควอทคลอไรด์ คลอร์มีควอทคลอไรด์ และพาโคลบิวทราโซลต่อการออกดอก
ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

มะลิวรรณ นาสี นุดี เจริญกิจ พิทยา สรรวมศิริ และ ดรุณี นาพรหม.....271

ผลของสารพาโคลบิวทราโซลต่อการใช้น้ำและการเติบโตของดาวเรืองกระถาง

ภาณุพล หงษ์ภักดี.....281

ผลของระดับลิเซอรินดิบในอาหารผสมเสร็จต่อนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน

และสมดุลไนโตรเจนในแพะ

ปิ่น จันจุฬา พชรินทร์ รักดีฉนวน และ สุธา วัฒนสิทธิ์.....291

สมบัติและผลของการต้านเชื้อราของฟิล์มไคโตซานผสมน้ำมันหอมระเหยจากส้ม

ต่ออายุการเก็บรักษาเค้กเนยกลั่นส้ม

เจิมขวัญ สังข์สุวรรณ กุลวดี กุลสุนทร และ จุฑามาศ จินตนา.....305

คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ

เรื่องที่ตีพิมพ์

บทความวิจัย บทความปริทัศน์ หรือบทความวิชาการ

การเตรียมต้นฉบับ

1. ภาษา เป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ

2. การพิมพ์ พิมพ์หน้าเดียวบนกระดาษขนาด A4 ด้วย ไมโครคอมพิวเตอร์โปรแกรม ไมโครซอฟท์ 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 อาจรวมการทบทวนเอกสาร (Review of Literature) และวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัยไว้ด้วย

3.5 อุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods) ให้อธิบายละเอียดวิธี อุปกรณ์ที่ใช้ ตลอดจนวิธีและแบบจำลองการศึกษาวิจัยที่ชัดเจน และสมบูรณ์

3.6 ผลการศึกษาหรือผลการทดลอง (Results) ให้อธิบายผลการศึกษาวิจัย พร้อมเสนอข้อมูลในรูปแบบ ตารางหรือภาพประกอบได้ โดยตารางหรือภาพ ให้จัดทำเป็นภาษาอังกฤษทั้งหมด

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

3.8 สรุป (Conclusion) ควรสรุปผลที่ได้รับจากการศึกษาวิจัยว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่ พร้อมให้ข้อเสนอแนะ หรือระบุอุปสรรคและแผนงานวิจัยที่จะดำเนินการต่อไป

4. กิตติกรรมประกาศ หรือ คำขอบคุณ (Acknowledgement)

อาจมีหรือไม่มีก็ได้ เป็นการแสดงความขอบคุณแก่ผู้ช่วยเหลือในงานวิจัย แต่ไม่ได้เป็นผู้ร่วมงานวิจัย

5. เอกสารอ้างอิง (References)

5.1 ในเนื้อเรื่องไม่ควรอ้างอิงถึงเรื่องที่ไม่เกี่ยวข้องหรือห่างไกล 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 ให้ใส่ชื่อผู้เขียนทุกคนห้ามใช้คำว่า และคณะ หรือ *et al.*

5.2 ในบัญชีเอกสารอ้างอิง ให้เรียงลำดับเอกสารภาษาไทยก่อนภาษาอังกฤษ โดยเรียงตามลำดับอักษรในแต่ละภาษา ตามรูปแบบการเขียนมีดังนี้

1) วารสาร (Journals)

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

วันทนา มุฑิตา และ ณัฐา ควรประเสริฐ. 2547. เซลล์พันธุศาสตร์และการถ่ายทอดสีดอกของฟิวเซีย. วารสารเกษตร 20(1): 10-18.

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

2) หนังสือ และตำรา (Books & Textbooks)

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

จริยา วิสิทธิ์พานิช ชาตรี สิทธิกุล และ เขียวลักษณ์ 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) เรื่องย่อในตำราหรือหนังสือที่มีผู้เขียนแยกเรื่องกันเขียน และมีบรรณานุกรม

ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่องย่อ. หน้า เลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าที่สิ้นสุด. ใน: ชื่อบรรณานุกรม, (บก.) ชื่อหนังสือ. สำนักพิมพ์, เมืองที่พิมพ์.

ดำรง เวชกิจ และ สมบูรณ์ ทองสกุล. 2535. เทคนิคการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช. หน้า 22-42. ใน: สุวัฒน์ รวยอารีย์ (บก.). แมลงและศัตรูศัตรูที่สำคัญของพืชเศรษฐกิจและการบริหาร. ห้างหุ้นส่วนจำกัด โอเดียสแควร์, 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.

อภิรักษ์ มณีพชร. 2547. ผลของการใช้อินชอนต่อคุณภาพและสารพิษตกค้างหลังการเก็บเกี่ยวส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 100 หน้า.

5) เอกสารวิชาการอื่นๆ

ชื่อผู้เขียน หรือหน่วยงาน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่องหรือชื่อหนังสือ. ประเภทของเอกสาร. สถาบันหรือหน่วยงานที่จัดพิมพ์, เมืองที่พิมพ์. จำนวนหน้าทั้งหมด. ทัศนคติ ชโยภาส. 2544. แมลงศัตรูปลาน้ำจืดในประเทศไทย. เอกสารวิชาการ. กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 126 หน้า.

6) สื่ออิเล็กทรอนิกส์

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

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

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

ดูคำแนะนำรูปแบบในการใช้ภาษาอังกฤษในเนื้อเรื่องภาษาไทย และการส่งเรื่องเพื่อตีพิมพ์ได้ในปกหลัง

วารสารเกษตร

JOURNAL OF AGRICULTURE

ผู้จัดพิมพ์	คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	Publisher	Faculty of Agriculture, Chiang Mai University
กำหนดการพิมพ์	วารสารราย 4 เดือน (3 ฉบับ/ปี) คือ ฉบับที่ 1 มกราคม-เมษายน ฉบับที่ 2 พฤษภาคม-สิงหาคม ฉบับที่ 3 กันยายน-ธันวาคม	Publication	Tri-annually Issue 1 January-April Issue 2 May-August Issue 3 September-December
วัตถุประสงค์	เพื่อเผยแพร่วิทยาการด้านการเกษตร และสาขาที่เกี่ยวข้อง	Objective	To disseminate academic knowledge in agriculture and related fields
ที่ปรึกษา	คณบดีคณะเกษตรศาสตร์ รองคณบดีฝ่ายวิจัย และวิเทศสัมพันธ์	Consultants	Dean, Faculty of Agriculture; Associate Dean for Research and International Affairs
บรรณาธิการ	ศ.ดร.สฤษชัย จตุรสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	Editor	Sanchai Jaturasitha, Dr.sc.agr., Prof. Chiang Mai University
รองบรรณาธิการ	ผศ.ดร.เกวลิณ คุณาศักดากุล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	Vice Editor	Kaewalin Kunasakdakul, Ph.D., Assist. Prof. Chiang Mai University
กองบรรณาธิการ ฝ่ายวิชาการ	ผศ.ดร.สุรินทร์ นิลสำราญจิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ รศ.ดร.ณัฐา โพธาภรณ์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ รศ.ดร.ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ รศ.ดร.สุนทร คำยอง มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.ดร.บุศรา ลีมนิรันดร์กุล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.ดร.เยาวลักษณ์ จันทร์บาง มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.ดร.ฉันทลักษณ์ ตียายน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.ดร.จิรวรรณ กิจชัยเจริญ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.ดร.วรรณพร ทะพิงค์แก มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ศ.ดร.จรัญ จันทลักขณา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศ.ดร.เมธา วรรณพัฒน์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น	Editorial Board (Academic)	Surin Nilasamranchit, Ph.D., Assist. Prof. Chiang Mai University Nuttha Potapohn, Ph.D., Assoc. Prof. Chiang Mai University Sakda Jongkaewwattana, Ph.D., Assoc. Prof. Chiang Mai University Soontorn Khamyong, Ph.D., Assoc. Prof. Chiang Mai University Budsara Limnirankul, Ph.D., Chiang Mai University Yaowaluk Chanbang, Ph.D. Chiang Mai University Chantalak Tiyaon, Ph.D. Chiang Mai University Jirawan Kitchaicharoen, Ph.D. Chiang Mai University Wanaporn Tapingkae, Ph.D. Chiang Mai University Charan Chantalakhana, Ph.D., Prof. Kasetsart University Metha Wanapat, Ph.D., Prof. Khon Kaen University

	ศ.ดร.อังศุมาลย์ จันทราปัติย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ รศ.ดร.เสวียน เปรมประสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร รศ.ดร.วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ มหาวิทยาลัยนเรศวร ผศ.ดร.ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ รศ.ดร.สุชีลา เตชะวงศ์เสถียร มหาวิทยาลัยขอนแก่น รศ.ดร.เพชรรัตน์ ธรรมเบญจพล มหาวิทยาลัยขอนแก่น รศ.บำเพ็ญ เขียวหวาน มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมิกราช ผศ.ดร.เพ็ญพร เจนการกิจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ผศ.ดร.ไชยวรรณ วัฒนจันทร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ รศ.ดร.เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ผศ.ดร.เสาวคนธ์ วัฒนจันทร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ รศ.ดร.ธวัชชัย ศุภดิษฐ์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์	Angsumarn Chandrapatya, Ph.D., Prof. Kasetsart University Savent Pampasit, Ph.D., Assoc. Prof. Naresuan University Weerathep Pongprasert, Ph.D., Assoc. Prof. Naresuan University Pathipan Sutigoolabud, Ph.D., Assist. Prof. Maejo University Suchila Techawongstien, D.agr., Assoc. Prof. Khon Kaen University Petcharat Thummabenjapone, Ph.D., Assoc. Prof. Khon Kaen University Bumpen Keowan, Assoc. Prof. Sukhothai Thammathirat Open University Penporn Jankarnkij, Ph.D., Assist. Prof. Kasetsart University Chaiyawan Wattanachant, Ph.D., Assist. Prof. Prince of Songkla University Kriangsak Mengumphan, Ph.D., Assoc. Prof. Maejo University Saowakon Wattanachant, Ph.D., Assist. Prof. Prince of Songkla University Tawadchai Suppadit, Ph.D., Assoc. Prof. Nation Institute of Development Administration
กองบรรณาธิการ	นางสาววิไลพร ธรรมตา	Editorial Board Vilaiporn Thammat
ฝ่ายการจัดการ	นางสาวณัฐนันท์ ปารมี นายมานพ เปี้ยพรรณ	(Management)Nuttanun Paramee Manop Pearpun
สำนักงานและ การติดต่อ	กองบรรณาธิการวารสารเกษตร งานบริหารงานวิจัยและวิเทศสัมพันธ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัย เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200 โทร. 0 5394 4089-92 ต่อ 15 โทรสาร 0 5394 4666 E-mail: agjournal@cmu.ac.th	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
การบอกรับ เป็นสมาชิก	บอกรับเป็นสมาชิกได้จากใบบอก รับเป็นสมาชิกท้ายเล่ม หรือติดต่อ กองบรรณาธิการโดยตรง	Membership Apply through the membership form as attached herewith or contact directly to the Editorial Board

บทบรรณาธิการ

สวัสดีครับท่านผู้อ่านทุกท่าน

ก่อนอื่นผมต้องขอแจ้งข่าวดีให้กับคณะนักวิจัย นักวิชาการ และผู้อ่านทุกท่านว่า ทาง Thai-Journal Citation Index (TCI) Centre ซึ่งเป็นองค์กรที่จัดมาตรฐานวารสารวิชาการของไทย ได้ประกาศค่า Thai-Journal Impact Factors (IF) สำหรับวารสารสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำปี 2556 ปรากฏว่าวารสารเกษตร มีค่า $IF = 0.188$ นับว่าเป็นความภูมิใจของกองบรรณาธิการที่ได้ตั้งใจในการคัดสรร การตรวจตราต้นฉบับอย่างเข้มงวด มาตลอดปี เป็นผลให้วารสารเกษตรมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องโดยเห็นได้จากค่า IF ปี พ.ศ. 2554 มีค่า $= 0.008$ พ.ศ. 2555 $= 0.08$ และปี พ.ศ. 2556 มีการเพิ่มค่า IF สูงถึง 0.188 ซึ่งก้าวต่อไปของกองบรรณาธิการนั้นต้องการผลักดันวารสารเกษตรเข้าสู่มาตรฐานคุณภาพในระดับ 1 ซึ่งแม้ปัจจุบันอยู่ในระดับ 2 ก็ตาม นับว่าเป็นความท้าทายอย่างมากกับกองบรรณาธิการวารสารเกษตร

สำหรับวารสารเกษตร ฉบับที่ 3 ปีที่ 30 นี้ มีบทความวิจัย จำนวน 10 เรื่อง คือ พืชสวน 3 เรื่อง กัญญาวิทยา 4 เรื่อง โรคพืช 1 เรื่อง สัตวศาสตร์ 1 เรื่อง และอุตสาหกรรมเกษตร 1 เรื่อง ซึ่งบทความเหล่านี้ล้วนแต่น่าสนใจอย่างมาก ด้วยเหตุที่ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม เป็นที่ยอมรับจากนานาชาติในเรื่องความก้าวหน้าในสาขาวิทยาศาสตร์เกษตร ดังนั้นผลงานวิจัยเป็นกระบวนการหนึ่งที่สำคัญที่ผลักดันให้เกิดวิทยาการก้าวหน้าและต่อเนื่องตลอดเวลา ซึ่งเหลือเวลาอีกไม่นานประเทศไทยเรากำลังจะเข้าสู่การเปลี่ยนแปลงตามกระแสสังคมพลวัต คือ การเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (Asean Economic Community, AEC) ดังนั้น จึงขอเสนอบทความวิจัยเป็นภาษาอังกฤษเพื่อให้ทุกท่านเริ่มเกิดความเคยชิน บทความวิจัยดี ๆ มีคุณภาพเหล่านี้กองบรรณาธิการต้องขอขอบคุณคณะผู้วิจัยทั้งจากภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่ได้แบ่งปันมาให้อ่านกัน และหวังว่าท่านคงจะได้ให้การอนุเคราะห์กับวารสารเกษตรต่อไปในอนาคต

พบกันใหม่ในฉบับหน้าครับ

ศ.ดร. สัณชัย จตุรสิทธิ์ธา
บรรณาธิการวารสารเกษตร

การชักนำให้เกิดความต้านทานโรครากเน่าไฟทอปธอรา ในสตรอว์เบอร์รีที่เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อด้วย เชื้อแอคติโนมัยซิสต์เอนโดไฟต์

Resistant Induction of Phytophthora Root Rot in Strawberry Tissue Culture Plantlets Using Endophytic Actinomycetes

อภาพร โพธิ์ยอด^{1/} และ เกวาลิน คุณาศักดากุล^{1/}
Apaporn Potiyot^{1/} and Kaewalin Kunasakdakul^{1/}

Abstract: : Ninety-seven isolates of endophytic actinomycetes isolated from Rosaceae and herbal plants were used to evaluate their inhibitory effects on growth of *Phytophthora cactorum* root rot pathogen of strawberry var. 329 (Yael). Percent inhibitions of the radial growth (PIRG) of the strawberry root rot fungi were measured after dual culture method was done compared to control treatment. Five isolates of endophytic actinomycetes; DUC2, CINv1, FRA19, CINc1 and POL2, were selected since there were non-significant in inhibitory levels of the PIRG at 95.51, 94.38, 93.43, 89.89 and 88.96, respectively. Strawberry tissue culture plantlets were further proved for colonization by these five endophytic actinomycetes using re-isolation method. The results found that all isolates successfully colonized in plant tissue particularly isolate DUC2 showed the highest colonization with the highest re-isolation percentages at 96. Furthermore, the colonized strawberry tissue culture plantlets were proved for their root rot resistant induction after the pathogen oospores were inoculated onto the plants. The disease severity data revealed that, *in vitro* plantlets colonized with the isolate CINv1 and FRA19 were the best trials to induce root rot resistance. There were non-significant disease severity levels determined at 2.20 and 2.50, respectively compared to the level at 3.90 of the uncolonized control trial.

Keywords: Endophytic actinomycetes, strawberry tissue culture, Phytophthora root rot, biological control

^{1/} ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

^{1/} Department of Entomology and Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

บทคัดย่อ: จากการนำเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์ (EA) ที่แยกได้จากพืชวงศ์กุหลาบ (Rosaceae) และพืชสมุนไพรจำนวน 97 ไอโซเลท มาทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Phytophthora cactorum* สาเหตุโรครากเน่าของสตรอว์เบอร์รีพันธุ์ 329 (Yeal) ด้วยวิธี dual culture พบว่าสามารถคัดเลือกเชื้อที่มีประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเชื้อราสาเหตุในระดับสูงมาก จำนวน 5 ไอโซเลท ได้แก่ ไอโซเลท DUC2, CINv1, FRA19, CINc1 และ POL2 โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติเท่ากับ 95.51, 94.38, 93.43, 89.89 และ 88.96 ตามลำดับ และเมื่อนำเชื้อ EA จำนวน 5 ไอโซเลทที่คัดเลือกได้ดังกล่าวมาตรวจสอบการเข้าอาศัยภายในต้นสตรอว์เบอร์รีในสภาพปลอดเชื้อ ด้วยวิธีการแยกเชื้อกลับ พบว่าเชื้อ EA ทั้ง 5 ไอโซเลท สามารถเข้าอาศัยภายในต้นสตรอว์เบอร์รีได้ โดยไอโซเลท DUC2 เข้าอาศัยภายในต้นสตรอว์เบอร์รีได้มากที่สุด ซึ่งสามารถแยกเชื้อกลับได้เท่ากับ 96 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำต้นสตรอว์เบอร์รีที่เพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อและได้รับการปลูกเชื้อ EA ที่คัดเลือกได้ทั้ง 5 ไอโซเลท มาทดสอบการชักนำความต้านทานต่อการเกิดโรครากเน่าโดยการหยด oospore แววนลอยของเชื้อราสาเหตุบริเวณโคนต้นสตรอว์เบอร์รีในสภาพปลอดเชื้อ พบว่าต้นสตรอว์เบอร์รีที่ได้รับการปลูกเชื้อ EA แต่ละไอโซเลท เกิดความต้านทานต่อการเกิดโรครากเน่าได้แตกต่างกัน โดยไอโซเลท CINv1 และ FRA19 สามารถชักนำให้พืชเกิดความต้านทานต่อการเกิดโรครากเน่าได้ดีที่สุด ซึ่งลดระดับความรุนแรงของโรครากเน่าได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เท่ากับ 2.20 และ 2.50 ตามลำดับ แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุมที่มีระดับรุนแรงของโรครากเน่าเท่ากับ 3.90

คำสำคัญ: แอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์ การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสตรอว์เบอร์รี โรครากเน่าไฟทอปธอรา การควบคุมโดยชีววิธี

คำนำ

สตรอว์เบอร์รี เป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ Rosaceae เป็นผลไม้เมืองหนาวที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของภาคเหนือ ในประเทศไทย การปลูกสตรอว์เบอร์รีส่วนใหญ่เกษตรกรมักใช้ต้นไหลจากต้นแม่พันธุ์เดิมที่ปลูกต่อเนื่องกันมาเป็นเวลาหลายปี (ณรงค์ชัย, 2543) ซึ่งก่อให้เกิดการสะสมของโรคและทำให้พืชอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรคพืชหลายชนิด โดยเฉพาะเชื้อรา *Phytophthora* sp. สาเหตุของโรครากเน่า ซึ่งสามารถเข้าทำลายพืชตั้งแต่ในระยะต้นกล้าจนถึงระยะการเก็บเกี่ยว เมื่อเชื้อเข้าทำลายจะทำให้พืชแสดงอาการเหี่ยวและแคระแกรน (Mass, 1998) ส่งผลให้ผลผลิตที่ได้ไม่มีคุณภาพ และมีปริมาณลดลง การนำต้นสตรอว์เบอร์รีที่มีความแข็งแรงและปลอดโรคที่ได้จากการการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมาปลูก ตั้งแต่ในระยะแรก เป็นปัจจัยสำคัญในการผลิตสตรอว์เบอร์รีให้ได้ผลผลิตสูง มีคุณภาพดีและลดปัญหาของโรคที่ติดมาจากต้นแม่พันธุ์ได้ (ณรงค์ชัย, 2543) นอกจากนั้นการควบคุมโรคโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์โดยเฉพาะเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์ ซึ่งเป็นเชื้อที่สามารถสร้างสารปฏิชีวนะยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคพืช

ได้หลายชนิดและเข้าอาศัยอยู่ภายในเนื้อเยื่อของพืชโดยไม่ก่อให้เกิดโรคกับพืชอาศัย เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถชักนำให้พืชต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรคและ ลดการเกิดโรคในพืชได้ (Aghighi *et al.*, 2004; Meguro *et al.*, 2004) ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรครากเน่าของสตรอว์เบอร์รีและทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์ที่คัดเลือกได้ในการชักนำให้เกิดความต้านทานของต้นสตรอว์เบอร์รีในสภาพปลอดเชื้อ เพื่อเป็นแนวทางในการลดปริมาณการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดโรครากเน่าในระบบการผลิตสตรอว์เบอร์รีต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การแยกเชื้อราสาเหตุโรครากเน่า

เก็บตัวอย่างโรครากเน่าของสตรอว์เบอร์รีพันธุ์ 329 (Yael) จากแปลงเพาะต้นกล้าของไร่สะเมิงทอง อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ นำมาแยกเชื้อสาเหตุด้วยวิธี tissue transplant ที่ดัดแปลงจากวิธีการของ Nelson and Abad (2010) โดยนำชิ้นส่วนของรากและลำต้นที่เป็น

โรคมาล้างน้ำให้สะอาด ตัดบริเวณแผลให้มีขนาด 1 เซนติเมตร นำไปฆ่าเชื้อที่ผิวด้วยไฮโปคลอไรต์ ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 3 นาที แล้วย้ายชิ้นพืชมาล้างในน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ จากนั้นวางชิ้นพืชบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1-2 วัน และเมื่อพบการเจริญของเส้นใยเชื้อราออกมาจากชิ้นพืช จึงทำการแยกเชื้อให้บริสุทธิ์ด้วยวิธี hyphal tip isolation โดยเลี้ยงเชื้อราบนอาหาร PDA เป็นเวลา 5 วัน จากนั้นตรวจสอบลักษณะของโคโลนี เส้นใยและการสร้างสปอร์ของเชื้อราสาเหตุ และตรวจความสามารถในการทำให้เกิดโรคด้วยวิธี soil infestation ดัดแปลงจากวิธีการของ Bowman *et al.* (2007) โดยนำ inoculum ของเชื้อราสาเหตุที่เตรียมในเมล็ดข้าวฟ่างปริมาณ 3 กรัม ใส่ลงในดินบริเวณรอบ ๆ โคนของต้นสตรอว์เบอร์รีพันธุ์ 329 อายุ 30 วัน จากนั้นคลุมด้วยถุงพลาสติกเพื่อรักษาความชื้นเป็นเวลา 7 วัน นำถุงพลาสติกออก สังเกตการเกิดโรคและบันทึกอาการของโรคที่เกิดขึ้น เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ได้รับการปลูกเชื้อ

2. การแยกและคัดเลือกเชื้อแอคติโนไมซีตส์เอนโดไฟต์ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรครากเน่า

แยกเชื้อแอคติโนไมซีตส์เอนโดไฟต์ (EA) จากตัวอย่างพืชวงศ์กุหลาบ (Rosaceae) จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ สตรอว์เบอร์รีป่า (*Duchesnea indica* Focke), สตรอว์เบอร์รี (*Fragaria ananassa*), กุหลาบ (*Rosa* sp.) และนางพญาเสือโคร่ง (*Prunus cerasoides*) และจากพืชสมุนไพรจำนวน 12 ชนิด ได้แก่ อบเชย (*Cinnamomum verum* J. Presl), การบูร (*Cinnamomum camphora* (L.) J.S. Presl), ดอกไม้จีน (*Hemerocallis fulva* Linn.), หม่อน (*Morus alba* L.), ผักไผ่ (*Polygonum odoratum* Lour.), กาแฟ (*Coffea arabica* L.), ผักชีฝรั่ง (*Eryngium foetidum* L.), เหียงหมายนา (*Costus speciosus*), สะเดา (*Azadirachta indica*), สะระแหน่ (*Metha cordifolia* Opiz.), โสม (*Panax ginseng* C. A. Meyer) และตะไคร้ต้น (*Litsea cubeba* Per.) โดยเลือกเก็บเฉพาะส่วนที่สมบูรณ์จากใบและก้านใบของพืชที่ไม่มีการเข้าทำลาย

ของเชื้อโรคและแมลง นำมาแยกเชื้อ EA โดยดัดแปลงจากวิธีการของ Shimizu *et al.* (2000) แล้วนำชิ้นพืชวางบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Inhibitory Mold Agar-2 (IMA-2) บ่มไว้ในที่มีอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน แล้วแยกเชื้อให้บริสุทธิ์ และทำการตั้งชื่อไอโซเลตตามชื่อวิทยาศาสตร์ 3 ตัวแรกของพืชแต่ละชนิดจากนั้นนำเชื้อ EA ที่แยกได้มาทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุ (ที่แยกได้จากการทดลองที่ 1) ด้วยวิธี dual culture โดยเลี้ยงเชื้อ EA บนอาหารเลี้ยงเชื้อ International Streptomyces Project-2 (ISP-2) (Taechowisan *et al.*, 2005) เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นวางเชื้อราสาเหตุบริเวณตรงกันข้ามระยะห่าง 4 เซนติเมตร วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 4 ซ้ำ แต่ละซ้ำทำ 1 จานอาหารเลี้ยงเชื้อในชุดควบคุมวางเชื้อราสาเหตุและใช้น้ำกลั่นฆ่าเชื้อแทนเชื้อ EA ตรวจสอบผลการทดลองโดยวัดขนาดรัศมีของโคโลนีเชื้อราสาเหตุในชุดทดสอบเปรียบเทียบกับชุดควบคุม คำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญ (Percent Inhibition of Radial Growth : PIRG) จากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง} = \frac{(R1-R2)}{R1} \times 100$$

เมื่อ R1 และ R2 คือ ความยาวรัศมีของโคโลนีเชื้อราสาเหตุในชุดควบคุม และในชุดทดสอบ ตามลำดับ

นำเปอร์เซ็นต์การยับยั้งที่ได้มาประเมินประสิทธิภาพการยับยั้งตามวิธีของ เกษม (2532) ดังนี้

ระดับสูงมาก	=	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งมากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์
ระดับสูง	=	เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง 61-75 เปอร์เซ็นต์
ระดับปานกลาง	=	เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง 51-60 เปอร์เซ็นต์
ระดับต่ำ	=	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งน้อยกว่า 51 เปอร์เซ็นต์

จากนั้นคัดเลือกเชื้อ EA ที่มีประสิทธิภาพการยับยั้งในระดับสูงมาก มาตรวจสอบผลการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโดยสังเกตและบันทึกลักษณะเส้นใยเชื้อราที่ถูกยับยั้งการเจริญบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ

ISP-2 จากการทดสอบด้วยวิธี dual culture และเขียนเส้นใยของเชื้อราสาเหตุในบริเวณที่ถูกยับยั้งมาส่งดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ บันทึกลักษณะของเส้นใยที่เห็นเปรียบเทียบกับเส้นใยในชุดควบคุม

3. การตรวจสอบความสามารถในการเข้าอาศัยของเชื้อแอคติโนไมซีต์เอนโดไฟต์ในต้นสตรอว์เบอร์รี

ตรวจสอบความสามารถในการเข้าอาศัยภายในต้นสตรอว์เบอร์รีพันธุ์ 329 ด้วยวิธีการแยกเชื้อกลับ (re-isolation) โดยเริ่มจากนำต้นสตรอว์เบอร์รีที่เพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อมาปลูกเชื้อ EA ที่คัดเลือกได้จากการทดลองที่ 2 ด้วยการ หยอดเซลล์แขวนลอยของเชื้อที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Inhibitory Mold Broth-2 (IMB-2) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ความเข้มข้น 1×10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ปริมาณ 0.1 มิลลิลิตร ที่บริเวณโคนต้นสตรอว์เบอร์รีแล้ว บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7, 14 และ 21 วัน จากนั้นนำมาแยกเชื้อกลับโดยการนำส่วนของ ใบ ก้านใบ และรากของต้นสตรอว์เบอร์รีมาฆ่าเชื้อที่ผิวด้วย ไฮโดรเจนไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 3 นาที แอลกอฮอล์ความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 5 นาที และสารกำจัดเชื้อราคาร์เบนดาซิมความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 1 นาที ซับขึ้นฟิชให้แห้งก่อนนำไปวางบนอาหารเลี้ยงเชื้อ IMA-2 เป็นเวลา 7 วัน ตรวจสอบการเจริญของเชื้อ EA ที่เจริญออกมาจากรอยตัดของขึ้นฟิช นับจำนวนขึ้นฟิชที่แยกเชื้อกลับได้เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ได้ปลูกเชื้อ คำนวณเปอร์เซ็นต์การแยกเชื้อกลับ (% re-isolation) จากสูตรดังนี้

$$\% \text{ re-isolation} = \frac{\text{จำนวนขึ้นฟิชที่สามารถแยกเชื้อกลับได้}}{\text{จำนวนขึ้นฟิชทั้งหมด}} \times 100$$

4. การชักนำความต้านทานโรครากเน่าในต้นสตรอว์เบอร์รี

ทดสอบการชักนำความต้านทานโรครากเน่าโดยนำต้นสตรอว์เบอร์รีพันธุ์ 329 ที่เพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อและได้รับการปลูกเชื้อ EA (ที่ใช้ในการทดลอง

ที่ 3) เป็นเวลา 30 วัน มาปลูกเชื้อราสาเหตุโรคดัดแปลงตามวิธีของ Ingram (1967) โดยหยด oospore แขวนลอยของเชื้อราสาเหตุความเข้มข้น 1×10^4 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ปริมาณ 10 ไมโครลิตรต่อต้น ลงบริเวณโคนต้นสตรอว์เบอร์รี บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ในสภาพปลอดเชื้อเป็นเวลา 14 วัน บันทึกผลโดยสังเกตอาการของโรคและประเมินระดับความรุนแรงของโรครากเน่าในต้นสตรอว์เบอร์รีแต่ละต้น โดยใช้เกณฑ์การประเมินระดับความรุนแรงของโรคดัดแปลงจากวิธีการ Martinez *et al.* (2010) ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ

- ระดับ 0 = ต้นสตรอว์เบอร์รีไม่แสดงอาการของโรค
- ระดับ 1 = โคนและรากแสดงอาการเน่าเป็นสีน้ำตาลและลามไปสู่ก้านใบ 1-2 ใบ
- ระดับ 2 = โคนและรากแสดงอาการเน่าเป็นสีน้ำตาลและลามไปสู่ก้านใบ 3-5 ใบ
- ระดับ 3 = โคนและรากแสดงอาการเน่าเป็นสีน้ำตาลและลามไปสู่ก้านใบทุกใบยกเว้นส่วนยอด
- ระดับ 4 = ต้นสตรอว์เบอร์รีแสดงอาการเน่าเป็นสีน้ำตาลทั้งต้น

ผลและวิจารณ์

1. การแยกเชื้อราสาเหตุโรครากเน่า

จากการแยกเชื้อราสาเหตุจากตัวอย่างต้นสตรอว์เบอร์รีพันธุ์ 329 ที่เป็นโรครากเน่า (ภาพที่ 1A) ด้วยวิธี tissue transplant พบว่าเชื้อบริสุทธิ์ที่ได้มีลักษณะเส้นใยละเอียดสีขาว โคโลนีฟูขึ้นเหนือผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ มีลักษณะเป็นขึ้น ๆ (ภาพที่ 1B) เมื่อตรวจดูลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบเส้นใยมีลักษณะใสไม่มีผนังกัน พบ sporangium ลักษณะคล้ายผลเลมอน (lemon-shaped) ส่วนปลายมี apical papilla (ภาพที่ 1C) และพบ oospore ลักษณะกลมและมีผนังหนา (ภาพที่ 1D) ซึ่งตรงกับลักษณะของเชื้อรา *Phytophthora cactorum* (Erwin and Ribeiro, 1996) และจากการนำเชื้อราสาเหตุโรคที่ได้มาทดสอบความสามารถในการทำให้เกิดโรค พบว่าต้นสตรอว์เบอร์รีที่ได้รับการปลูกเชื้อด้วย inoculum ของเชื้อรา *P. cactorum* แสดงอาการเหี่ยว โดยใบมีลักษณะ

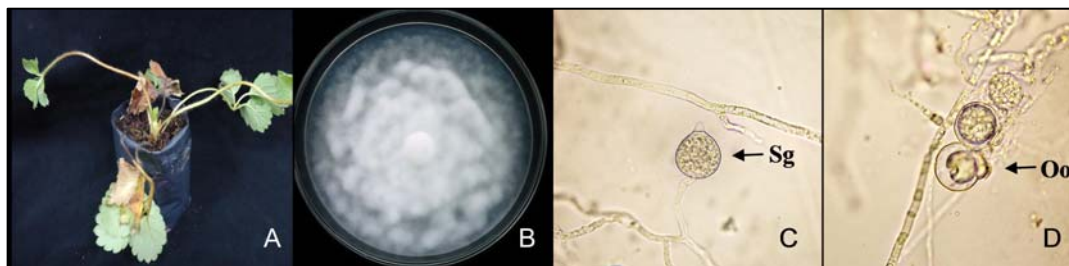


Figure 1 Root rot symptoms of strawberry seedling (A) and morphological characteristics of the pathogen isolated from the infected plant, *Phytophthora cactorum*; rose petal-like colony with finely cottony mycelial growth on PDA for 5 days (B), sporangium (Sg) (40x) (C) and oospore (Oo) (40x) (D)

เหี่ยวลู่ลงกับพื้น และแห้งเป็นสีน้ำตาล ตรวจพบอาการรากเน่าสีน้ำตาลโดยเกิดจากบริเวณโคนรากลุกลามขยายออกไปสู่ปลายราก เมื่อผ่าลำต้นตามแนวยาว พบเนื้อเยื่อภายในลำต้นเกิดการเน่ามีลักษณะเป็นสีน้ำตาลเข้ม สอดคล้องกับรายงานของ Van der Scheer (1971) และ Mass (1998) ที่พบว่าโรค crown rot ของต้นสตรอว์เบอร์รี มีเชื้อรา *P. cactorum* เป็นสาเหตุโรค เมื่อเชื้อราเข้าทำลาย จะทำให้ต้นสตรอว์เบอร์รีเกิดอาการเหี่ยวและแคระแกรน ใบเกิดอาการเหี่ยวแห้งเป็นสีน้ำตาลส่วนของลำต้นเกิดอาการเน่าและลุกลามไปยังราก

2. การแยกและคัดเลือกเชื้อแอคติโนมัยซิสต์เอนโดไฟต์ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรครากเน่า

จากการแยกเชื้อ EA พบว่าสามารถแยกเชื้อจากพืชวงศ์กุหลาบ ได้จำนวน 47 ไอโซเลท และพืชสมุนไพรจำนวน 50 ไอโซเลท รวมทั้งหมด 97 ไอโซเลท จากนั้นนำเชื้อ EA ที่แยกได้ทั้งหมดมาทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. cactorum* สาเหตุโรครากเน่าด้วยวิธี dual culture พบว่าเชื้อที่แยกได้ทั้ง 97 ไอโซเลท มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *P. cactorum* ได้ แตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอยู่ในช่วง 3.07-95.51 เปอร์เซ็นต์ และสามารถคัดเลือกเชื้อ EA ไอโซเลทที่มีประสิทธิภาพการยับยั้งในระดับสูงมากโดยไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติจำนวน 5 ไอโซเลท ซึ่งแยกได้จากพืชในวงศ์กุหลาบ 2 ไอโซเลท คือ DUC2 (สตรอว์เบอร์รีป่า) และ

FRA19 (สตรอว์เบอร์รี) จากพืชสมุนไพร 3 ไอโซเลท คือ CINv1 (อบเชย), CINc1 (การบูร) และ POL2 (ผักไผ่) โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 95.51, 93.43, 94.38, 89.89 และ 88.96 ตามลำดับ และเมื่อนำเชื้อ EA ที่คัดเลือกได้มาตรวจสอบผลการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราสาเหตุบนอาหารเลี้ยงเชื้อ ISP-2 พบว่าเส้นใยของเชื้อรา *P. cactorum* ที่เลี้ยงร่วมกับเชื้อ EA แต่ละไอโซเลท ที่คัดเลือกได้มีการเจริญลดลง และมีลักษณะแบนราบติดผิวหน้าอาหาร (ภาพที่ 2) และเมื่อนำมาตรวจดูลักษณะเส้นใยภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า พบว่าเส้นใยมีลักษณะบิดเบี้ยว และแตกแขนงสั้น ๆ ส่วนปลายเส้นใยบวมพอง (ภาพที่ 3) ซึ่งจากรายงานของ Valois *et al.* (1996) และ (Erwin *et al.*, 1983) สามารถสันนิษฐานในเบื้องต้นได้ว่าเชื้อ EA ทั้ง 5 ไอโซเลทที่คัดเลือกได้ดังกล่าว อาจมีการสร้างเอนไซม์ที่มีผลต่อเส้นใยของเชื้อรา *P. cactorum* เช่น เอนไซม์ glucanase ที่สามารถย่อยสลาย glucan ซึ่งเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์เชื้อราได้ จึงทำให้เส้นใยของเชื้อราที่มีลักษณะผิดปกติ

3. การตรวจสอบความสามารถในการเข้าอาศัยของเชื้อแอคติโนมัยซิสต์เอนโดไฟต์ในต้นสตรอว์เบอร์รี

จากการตรวจสอบความสามารถในการเข้าอาศัยของเชื้อ EA ด้วยวิธีการแยกเชื้อกลับจากต้นสตรอว์เบอร์รีพันธุ์ 329 ที่ได้รับการปลูกเชื้อ EA ที่คัดเลือกได้จำนวน 5 ไอโซเลท ได้แก่ ไอโซเลท DUC2, CINv1, FRA19, CINc1 และ POL2 ในสภาพปลอดเชื้อเป็นเวลา 7, 14 และ 21 วัน พบว่าที่ระยะ 21 วันหลังจากปลูกเชื้อ สามารถแยกเชื้อ

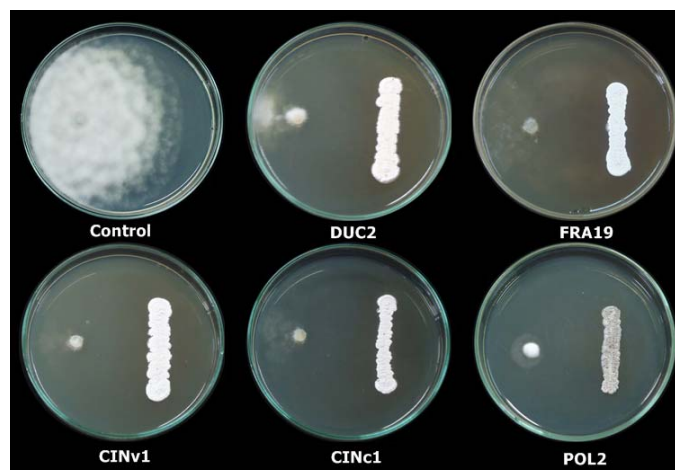


Figure 2 Inhibition effects of the selected isolates of endophytic actinomycete on mycelial growth of *Phytophthora cactorum* testing with dual culture method on ISP-2 medium for 5 days



Figure 3 Malformation growth of *Phytophthora cactorum* mycelia which was dual cultured with the isolate CINv1 after determining under light microscope (40x), distorted, branched and swollen mycelia (A, arrows) were observed comparing the normal growth (B, arrow) of the untreated control

ไอโซเลทต่าง ๆ จากชิ้นพืชได้มากที่สุดและแตกต่างกัน โดยไอโซเลท DUC2 แยกเชื้อกลับได้มากที่สุดเท่ากับ 96 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือไอโซเลท POL2, CINc1, FRA19 และ CINv1 ซึ่งแยกเชื้อกลับจากชิ้นพืชได้เท่ากับ 80, 60, 58 และ 43 ตามลำดับ (ภาพที่ 4) แสดงให้เห็นว่าเชื้อ EA ทั้ง 5 ไอโซเลท สามารถเข้าอาศัยภายในเนื้อเยื่อของต้น สตรอว์เบอร์รี่ได้ สอดคล้องกับรายงานของ Meguro *et al.* (2006) ที่แยกเชื้อ *Streptomyces* sp. MBR-52 ได้จากต้น rhododendron ที่ได้รับการปลูกเชื้อดังกล่าวในสภาพ ปลอดเชื้อ ซึ่ง Kunoh (2002) ได้กล่าวว่าการปลูกเชื้อ EA ลงในพืชอาศัยในสภาพปลอดเชื้อ ทำให้เชื้อ EA เข้าอาศัย ภายในเนื้อเยื่อของต้นพืชได้โดยไม่เกิดการแข่งขันระหว่าง จุลินทรีย์อื่น

4. การชักนำความต้านทานโรครากเน่าในต้นสตรอว์เบอร์รี่

จากการนำต้นสตรอว์เบอร์รี่พันธุ์ 329 ที่ได้รับการปลูกเชื้อ EA ในสภาพปลอดเชื้อเป็นเวลา 30 วัน มาทดสอบความต้านทานโรครากเน่า โดยหยด oospore แขนงลอยของเชื้อรา *P. cactorum* ลงบริเวณโคนของต้น สตรอว์เบอร์รี่ พบว่าหลังจากปลูกเชื้อเป็นเวลา 14 วัน ต้น สตรอว์เบอร์รี่แสดงอาการโรครากเน่าในระดับที่แตกต่างกัน โดยเชื้อ EA ไอโซเลท CINv1 และ FRA19 สามารถชัก นำให้พืชต้านทานต่อการเกิดโรครากเน่าได้ดีที่สุด ซึ่งมี ระดับความรุนแรงของโรคที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เท่ากับ 2.20 และ 2.50 รองลงมาได้แก่ไอโซเลท POL2, CINc1 และ DUC2 ซึ่งมีระดับรุนแรงของโรคเท่ากับ 2.80,

2.90 และ 3.15 ตามลำดับ แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุมที่มีระดับรุนแรงของโรคเท่ากับ 3.90 (ตารางที่ 1) ซึ่งต้นสตรอว์เบอร์รีแสดงอาการใบและลำต้นเปลี่ยนเป็นสีดำทั้งต้น แตกต่างจากต้นที่ได้รับการปลูกเชื้อ EA ไอโซเลทที่คัดเลือกได้ ที่ยังมีใบและลำต้น

เขียวอยู่ (ภาพที่ 5) แสดงให้เห็นว่าเชื้อ EA สามารถชักนำให้พืชต้านทานต่อการเกิดโรครากเน่าได้ สอดคล้องกับรายงานของ Meguro *et al.* (2004) พบว่าต้น mountain laurel ที่ได้รับการปลูกเชื้อ *Streptomyces padanus* AOK-30 ในสภาพปลอดเชื้อ สามารถชักนำให้พืช

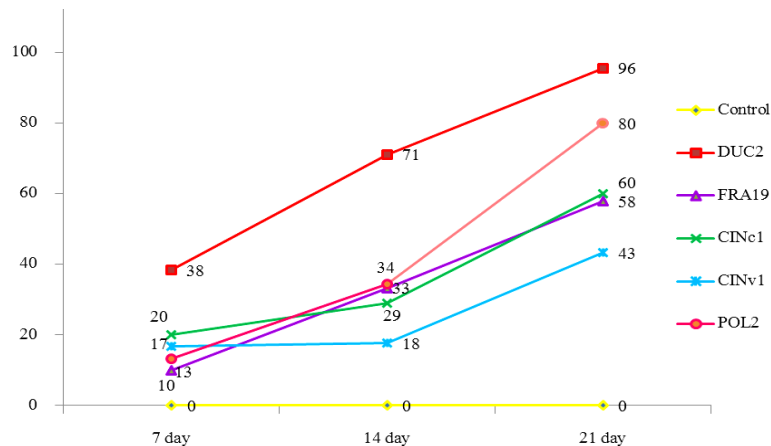


Figure 4 Re-isolated percentages of endophytic actinomycete isolates from plant parts of the inoculated strawberry tissue culture plantlets in various incubation periods at 7, 14 and 21 days compared to uninoculated control

Table 1 Percentages of root rot disease severities in strawberry tissue culture plantlets that were colonized by endophytic actinomycete 5 isolates for 30 day prior to inoculated with the pathogen, *Phytophthora cactorum* for 14 days, compared to the uncolonized control

Treatments	Level of disease severity / number of plantlets (%) ¹					Disease severity (Avg) ²
	0	1	2	3	4	
Control	0	0	0	10	90	3.90 ^{d3}
CINc1	0	5	25	50	20	2.90 ^{bc}
CINv1	0	20	50	20	10	2.20 ^a
DUC2	0	5	0	70	25	3.15 ^c
FRA19	0	10	45	30	15	2.50 ^{ab}
POL2	0	0	35	50	15	2.80 ^{bc}
LSD _{0.05}						0.48
%CV						12.59

¹ Percentage of plantlets for each treatment (total 20 plantlets/treatment)

² Average from 4 replications for each treatment (5 plantlets/replication)

³ Values with different letters within a column were significantly ($p < 0.05$) different according to the Least-significant difference (LSD)

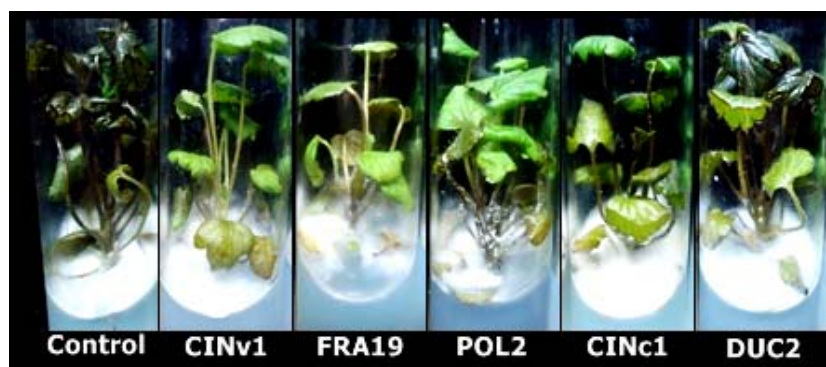


Figure 5 Root rot resistance of strawberry tissue culture plantlets which were induced by the colonization of the selected endophytic actinomycetes (5 isolates) for 30 days prior to inoculate with *Phytophthora cactorum* for 14 days compared to the uncolonized control

ต้านทานต่อการเกิดโรคใบไหม้ที่เกิดจากการเข้าทำลายของเชื้อรา *Pestalotiopsis sydowiana* ได้ และสอดคล้องกับ ศิริมาศและเกวณิน (2557) ที่รายงานว่า ต้นสตรอว์เบอร์รีพันธุ์พระราชทานเบอร์ 80 ที่ได้รับการปลูกเชื้อ EA ไอโซเลท MET4 ในสภาพปลอดเชื้อ สามารถชักนำให้สตรอว์เบอร์รีเกิดความต้านทานต่อโรคใบจุดและใบไหม้ที่เกิดจากเชื้อรา *Colletotrichum* sp. และเชื้อรา *Pestalotia* sp. ได้ โดยลดระดับความรุนแรงได้มากที่สุดเท่ากับ 0.44 เท่ากันทั้งสองเชื้อ แตกต่างกับชุดควบคุมซึ่งมีระดับความรุนแรงของโรคเท่ากับ 3.70 และ 4.00 ตามลำดับ

สรุป

จากการวินิจฉัยโรครากเน่าของสตรอว์เบอร์รีพันธุ์ 329 จากตัวอย่างต้นที่เป็นโรค พบว่ามีสาเหตุมาจากเชื้อรา *Phytophthora cactorum* และจากการแยกเชื้อแอคติโนมัยซิสต์เอนโดไฟต์ (EA) จากพีชวงศ์กุหลาบ และพีชสมุนไพร สามารถแยกเชื้อได้ทั้งหมด 97 ไอโซเลท เมื่อนำเชื้อ EA แต่ละไอโซเลทที่แยกได้มาทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. cactorum* โดยวิธี dual culture พบว่าสามารถคัดเลือกเชื้อ EA ที่มีประสิทธิภาพยับยั้งในระดับสูงมากได้จำนวน 5 ไอโซเลท ได้แก่ DUC2, CINv1, FRA19, CINc1 และ POL2 โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติเท่ากับ 95.51, 94.38, 93.43, 89.89 และ 88.96 ตามลำดับ เมื่อนำเชื้อ EA ที่คัดเลือกได้ทั้ง 5 ไอโซเลท

มาตรวจสอบการเข้าอาศัยภายในต้นสตรอว์เบอร์รีพันธุ์ 329 ในสภาพปลอดเชื้อด้วยวิธีการแยกเชื้อกลับ พบว่าเชื้อไอโซเลท DUC2 สามารถเข้าอาศัยในต้นสตรอว์เบอร์รีได้มากที่สุด ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การแยกเชื้อกลับเท่ากับ 96 เปอร์เซ็นต์ และจากการนำต้นสตรอว์เบอร์รีที่ได้รับการปลูกเชื้อ EA แต่ละไอโซเลท ที่คัดเลือกได้ มาทดสอบการชักนำให้เกิดความต้านทานโรครากเน่าในสภาพปลอดเชื้อ พบว่าต้นสตรอว์เบอร์รีที่ได้รับการปลูกเชื้อ EA แต่ละไอโซเลทต้านทานต่อการเกิดโรครากเน่าได้ โดยเชื้อไอโซเลท CINv1 และ FRA19 สามารถชักนำความต้านทานต่อการเกิดโรคได้ดีที่สุด โดยมีระดับความรุนแรงของโรคที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เท่ากับ 2.20 และ 2.50 ตามลำดับ แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุมซึ่งมีระดับรุนแรงของโรคเท่ากับ 3.90 และสรุปได้ว่าเชื้อ EA ที่คัดเลือกได้ทั้ง 5 ไอโซเลท มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรครากเน่าโดยสามารถเข้าอาศัยภายในเนื้อเยื่อของต้นสตรอว์เบอร์รีพันธุ์ 329 และชักนำให้เกิดความต้านทานการเกิดโรครากเน่าได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยและไร่นาสะเมิงทอง ภายใต้โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม-พวอ. ระดับปริญญาโท และความเห็นในรายงานผลการวิจัยเป็นของผู้รับทุน สำนักงานกองทุน

สนับสนุนการวิจัยและไร่สะเมิงทองไม่จำเป็นต้องเห็นด้วย
เสมอไป และยังได้รับทุนวิจัยบางส่วนจากมูลนิธิโครงการ
หลวง ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

เอกสารอ้างอิง

- เกษม สร้อยทอง. 2532. การควบคุมโรคโดยชีววิธี. คณะ
เกษตรและเทคโนโลยีการอาหาร. สถาบัน
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. 326 หน้า.
- ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนวศ์. 2543. สตรอว์เบอร์รี: พืช
เศรษฐกิจใหม่. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์. 158 หน้า.
- ศิริมาศ ชัยชม และ เกวลิน คุณาศักดากุล. 2557. การใช้
เชื้อแอคติโนมัยซีสส์เอนโดไฟต์ชักนำให้เกิด
ความต้านทานโรคทางใบของสตรอว์เบอร์รีด้วย
เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ. วารสารเกษตร
30(2): 141-150.
- Aghighi, S., G. H. S. Bonjar, R. Rawashdeh, S.
Batayneh and I. Saadoun. 2004. First report
of antifungal spectra of activity of Iranian
actinomycetes strains against *Alternaria*
solani, *Alternaria alternata*, *Fusarium solani*,
Phytophthora megasperma, *Verticillium*
dahliae and *Saccharomyces cerevisiae*.
Asian Journal on Plant Sciences 3(4): 463-
471.
- Bowman, K. D., U. Albrecht, J. H. Graham and D. B.
Bright. 2007. Detection of *Phytophthora*
nicotianae and *P. palmivora* in citrus roots
using PCR-RFLP in comparison with other
methods. European Journal of Plant
Pathology 119: 143-158.
- Erwin, D. C. and O. K. Ribeiro. 1996. *Phytophthora*
Diseases Worldwide. APS Press, St. Paul,
MN. 562 p.
- Erwin, D. C., S. Garcia and P. H. Tsao. 1983.
Phytophthora Its Biology, Taxonomy,
Ecology And Pathology. The American
Phytopathological Society. 392 p.
- Ingram, D. S. 1967. The expression of R-gene
resistance to *Phytophthora infestans* in
tissue cultures of *Solanum tuberosum*.
Microbiology 49(1): 99-108.
- Kunoh, H. 2002. Endophytic actinomycetes:
attractive biological control agents. Journal
of General Plant Pathology 68: 249-252.
- Martínez, F., S. Castillo, E. Carmona and M. Avilés.
2010. Dissemination of *Phytophthora*
cactorum, cause of crown rot in strawberry,
in open and closed soilless growing
systems and the potential for control using
slow sand filtration. Scientia Horticulturae
125: 756-760.
- Mass, J. L. 1998. Compendium of Strawberry
Diseases. APS Press, St. Paul, MN. 128 p.
- Meguro, A., S. Hasegawa, M. Shimizu, T. Nishimura
and H. Kunoh. 2004. Induction of disease
resistance in tissue-cultured seedlings of
mountain laurel after treatment with
Streptomyces padanus AOK-30.
Actinomycetologica 18: 48-53.
- Meguro, A., Y. Ohmura, S. Hasegawa, M. Shimizu, T.
Nishimura and H. Kunoh. 2006. An
endophytic actinomycete, *Streptomyces* sp.
MBR-52, that accelerates emergence and
elongation of plant adventitious roots.
Actinomycetologica 20: 1-9.
- Nelson, S. C. and Z. G. Abad, 2010. *Phytophthora*
morindae, a new species causing black flag
disease on noni (*Morinda citrifolia* L.) in
Hawaii. Mycologia 102(1): 122-134.
- Shimizu, M., Y. Nakagawa, T. Furumai, H. Onaka, R.
Yoshida and H. Kunoh. 2000. Studies on
actinomycetes (I) *Streptomyces* sp. isolate
from rhododendron and antifungal activity.

- Jornal of General Plant Pathology 66: 360-366.
- Taechowisan, T., C. Lu, Y. Shen and S. Lumyong. 2005. Secondary metabolites from endophytic *Streptomyces aureofaciens* CMUAc130 and their antifungal activity. Microbiology 151: 1691-1695.
- Van der Scheer, H. A. T. 1971. Isolation of *Phytophthora cactorum* from soil in orchards and strawberry fields and differences in pathogenicity to apple. Netherlands Journal of Plant Pathology 77: 65-72.
- Valois, D., F. Karine, B. Tharcisse, G. Marie, D. Claude, B. Ryszard and B. Carole. 1996. Glucanolytic actinomycetes antagonistic to *Phytophthora fragariae* var. *rubi*, the causal agent of raspberry root rot. Applied and Environmental Microbiology 62: 1630-1635.
-

การเข้าทำลายของมอดเจาะผลกาแฟและประสิทธิภาพ ของสารล่อเพื่อการควบคุม

Infestation of Coffee Berry Borer and Controlling Efficiency of Attractants

อนุตร บุรนพานิชพันธุ์^{1/} และ เขาวลัษณ์ จันทรบ่าง^{1/}
Anut Buranapanichpan^{1/} and Yaowaluk Chanbang^{1/}

Abstract: The objectives of this study were to investigate the infestation of coffee berry borer (CBB), *Hypothenemus hampei* (Ferrari), and determined the efficiency of attractants for controlling CBB in coffee plantations. The study was done in arabica coffee plantations in Thep Sadet subdistrict, Doi Saket district, Chiang Mai province. The coffee cherry damage caused by CBB was investigated and counted from the coffee trees. The result showed that damaged cherries on the lower branches had more percentage than those on the upper branches (1.50 m above ground) of a coffee tree. Percentage of damaged coffee cherry from 6 branches per tree did not differ from the damaged coffee cherry calculating the whole tree, which were 12.30 ± 12.47 and $12.06 \pm 10.08\%$ respectively. Therefore, this sampling method can be used for estimating the coffee cherry damage. The efficiency of CBB attractants was evaluated based on traps and attractants set in the coffee plantations from August to December 2012. The result revealed that the number of CBB caught from the traps in August and September was less significant ($P < 0.05$) than in November and December. All attractant formulas were no statistical difference in term of the number of CBB caught. The highest number of CBB was caught in December. The mixture of ethanol and methanol in 1:1 ratio was tended to be the best attractant to lure CBB.

Keywords: *Hypothenemus hampei*, coffee berry borer, attractant, arabica coffee

^{1/} ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

^{1/} Department of Entomology and Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

* Corresponding author: E-mail: lukksu@hotmail.com

บทคัดย่อ: การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเข้าทำลายผลกาแฟของมอดเจาะผลกาแฟและทดสอบประสิทธิภาพของสารล่อมอดเจาะผลกาแฟ (*Hypothenemus hampei* (Ferrari)) เพื่อใช้กำจัดมอดเจาะผลกาแฟในสภาพแปลงปลูกกาแฟของเกษตรกรพื้นที่ ตำบลเทพเสด็จ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ จากการศึกษาการเข้าทำลายผลกาแฟของมอดเจาะผลกาแฟในสภาพแปลงปลูกโดยนับผลกาแฟที่ถูกมอดเจาะทำลายบนต้นกาแฟ พบว่า ความเสียหายของผลกาแฟในกิ่งระดับล่างมีมากกว่ากิ่งระดับบนที่อยู่สูงจากพื้นดินมากกว่า 1.50 เมตรขึ้นไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และความเสียหายของผลกาแฟที่ได้จากการสุ่มกิ่งกาแฟ 6 กิ่งต่อดัน สามารถใช้เป็นตัวแทนได้ เนื่องจากเมื่อเทียบกับการเก็บผลกาแฟตรวจนับทั้งต้นแล้วไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยความเสียหายของผลกาแฟที่ได้จากกิ่งกาแฟ 6 กิ่งและการนับทั้งต้นมีค่าเท่ากับ 12.30 ± 12.47 และ 12.06 ± 10.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับการศึกษาประสิทธิภาพของสารล่อมอดเจาะผลกาแฟ ได้ทำการวางกับดักที่ดัดแปลงจากขวดน้ำดื่มและสารล่อมอดเจาะผลกาแฟสูตรต่าง ๆ เป็นเวลาต่อเนื่องกัน ตั้งแต่เดือนสิงหาคม ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2555 พบว่า จำนวนมอดเจาะผลกาแฟที่รวบรวมได้จากกับดักในเดือนสิงหาคมและกันยายนมีจำนวนน้อยกว่ามอดที่ดักได้ในเดือนพฤศจิกายนและธันวาคมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างสูตรของสารล่อมอดเจาะผลกาแฟที่ดำเนินการในช่วงเวลาเดียวกัน พบว่า สารล่อสูตรต่าง ๆ ให้ผลในการดึงดูดมอดเจาะผลกาแฟไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยในเดือนธันวาคมพบมอดเจาะผลกาแฟติดกับดักมากที่สุด สารล่อสูตรที่มีส่วนผสมของเมทานอลและเอทานอล ในอัตราส่วน 1:1 มีแนวโน้มเป็นสารล่อที่ดึงดูดมอดเจาะผลกาแฟได้ดีที่สุด

คำสำคัญ: *Hypothenemus hampei* มอดเจาะผลกาแฟ สารล่อ กาแฟอาราบิกกา

คำนำ

มอดเจาะผลกาแฟ (*Hypothenemus hampei* Ferrari; Coleoptera: Scolytidae) เป็นแมลงขนาดเล็กสามารถเจาะเข้าไปในผลกาแฟตั้งแต่ผลมีสีเขียวจนกระทั่งผลมีสีแดง ทำลายเมล็ดกาแฟโดยตรง และเป็นสาเหตุให้เกิดการเข้าทำลายซ้ำของเชื้อราหรือแบคทีเรีย ทำให้ผลกาแฟอาจร่วงหล่นก่อนการเก็บเกี่ยวหรือหากเก็บเกี่ยวได้เมล็ดกาแฟที่ได้ไม่มีคุณภาพ และมีผลต่อคุณภาพการชงดื่ม ทั้งนี้เพราะว่า เมื่อตัวมอดเข้าไปภายในผลกาแฟแล้วจะมีการขยายพันธุ์ ดำรงชีวิตอยู่ภายในและขับถ่ายของเสียภายในผลกาแฟ (บัณฑูรย์และคณะ, 2551) ปัจจุบันพบการระบาดของมอดเจาะผลกาแฟตามแหล่งเพาะปลูกกาแฟทั่วโลก รวมถึงในประเทศไทยด้วย มอดเจาะผลกาแฟเข้าทำลายผลกาแฟทั้งชนิดอะราบิกกาและโรบัสต้า โดยแมลงตัวเต็มวัยเพศเมียเจาะที่ปลายผลกาแฟเข้าไปวางไข่อยู่ภายในผล เมื่อไข่ฟักเป็นตัวหนอนจะกัดกินเมล็ดกาแฟ และเจริญเติบโตอยู่ภายในจนเข้าดักแด้และเป็นตัวเต็มวัยอีกครั้งหนึ่ง (บัณฑูรย์และคณะ, 2551) ผลผลิตกาแฟที่ถูก

แมลงเข้าทำลายจะเกิดความเสียหายทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ อาทิ ผลเน่าเสียจากการเข้าทำลายซ้ำของเชื้อจุลินทรีย์ภายในผลผ่านทางรูที่ถูกเจาะ ผลร่วงหล่นและน้ำหนักผลสูญเสียจากการกัดกินของแมลง ความสูญเสียจากการเข้าทำลายของมอดเจาะผลกาแฟอาจสูงถึง 30-35 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มขึ้นหากเก็บเกี่ยวล่าช้า (Barrera, 2008) นอกจากนั้นผลผลิตที่มีร่องรอยการเข้าทำลายของมอดเจาะผลกาแฟจะมีราคาตลาดต่ำลง และตามข้อกำหนดการค้าระหว่างประเทศไม่อนุญาตให้ส่งออกกาแฟที่ถูกแมลงทำลายเกิน 1.5 เปอร์เซ็นต์ (Benavides et al., 2012) ทำให้มูลค่าความเสียหายที่เกิดจากการเข้าทำลายของมอดเจาะผลกาแฟเมื่อคิดเป็นจำนวนเงินแล้วมีมูลค่ามหาศาล เช่น ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับการเพาะปลูกกาแฟในประเทศจาเมกามีมูลค่าประมาณ 1.8 ล้านดอลลาร์สหรัฐ (Reid and Mansingh, 1985) มอดเจาะผลกาแฟนอกจากจะอยู่อาศัยในกาแฟซึ่งเป็นพืชหลักแล้ว ยังสามารถอาศัยได้ในพืชชนิดอื่นอีก อาทิ พืชหลายชนิดในวงศ์ Rubiaceae, Malvaceae และ Fabaceae (The

Caribbean Pest Information Network, 2013; CTAHR, 2013)

มอดเจาะผลกาแฟตัวเต็มวัยมีความยาวลำตัวประมาณ 1.4-1.7 มิลลิเมตร ตัวผู้มีขนาดเล็กกว่าตัวเมียเล็กน้อย เพศเมียมีปีกเจริญดี ส่วนเพศผู้ปีกเสื่อม (State of Hawaii, 2011; Barrera, 2008) โดยทั่วไปแล้วผลกาแฟหนึ่งผลจะถูกเข้าทำลายโดยแมลงเพศเมียเพียงตัวเดียว ตัวเต็มวัยเพศเมียเจาะรูที่ปลายผลกาแฟและเข้าไปภายในเพื่อตรวจสอบ ถ้าผลกาแฟนั้นมีน้ำมากแมลงจะทิ้งมูลนั้นไป หากพบผลที่แข็งพอ แมลงจะทำการสร้างรังและวางไข่ภายใน แมลงเพศเมียวางไข่ได้ 1-3 ฟองต่อวัน รวมทั้งหมดประมาณ 30-70 ฟอง (Barrera, 2008) ระยะไข่ 3-9 วัน เมื่อไข่ฟัก หนอนจะกัดกินเข้าไปในเมล็ดหรือเอนโดสเปิร์ม (Vega *et al.*, 1999) วงจรชีวิตของมอดเจาะผลกาแฟตั้งแต่ไข่ถึงตัวเต็มวัยนั้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ โดยที่อุณหภูมิ 27, 22 และ 19.2 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 21, 32 และ 63 วัน ตามลำดับ แมลงตัวเต็มวัยมีอัตราส่วนเพศเมียต่อเพศผู้ เท่ากับ 10:1 การผสมพันธุ์นั้นจะเป็นแบบผสมระหว่างพี่น้อง (sibling) ซึ่งเกิดขึ้นภายในผลกาแฟ เพศเมียที่ได้รับการผสมพันธุ์แล้วจะออกจากผลเพื่อไปหาผลกาแฟหรือแหล่งอาศัยอื่นเพื่อทำการวางไข่ต่อไป (Barrera, 2008) มอดเจาะผลกาแฟสามารถอาศัยและเติบโตอยู่ภายในผลที่ร่วงหล่นตามโคนต้น หรือผลที่ค้างอยู่บนต้นหลังการเก็บเกี่ยว และสามารถกลับเข้ามาเมื่อต้นกาแฟติดผลอีกครั้งในฤดูกาลถัดไป (CIRAD, 2013) จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการระบาดซ้ำของมอดเจาะผลกาแฟ

ในการป้องกันกำจัดมอดเจาะผลกาแฟมีด้วยกันหลายวิธี อาทิ วิธีการเกษตรกรรมโดยการตัดแต่งกิ่งกาแฟให้แสงแดดส่องถึง เพื่อให้เกิดสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของแมลง หรือการใช้เชื้อรา *Beauveria bassiana* ผสมน้ำแล้วพ่นก็สามารถลดปริมาณมอดลงได้ แต่การใช้แมลงตัวห้ำและตัวเบียนควบคุมมอดเจาะผลกาแฟมีรายงานความสำเร็จน้อยอยู่ ส่วนการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดมอดเจาะผลกาแฟไม่ค่อยประสบความสำเร็จ เนื่องจากวงจรชีวิตของแมลงส่วนใหญ่จะอาศัยอยู่ภายในผลกาแฟ ทำให้สารฆ่าแมลงที่พ่นภายนอกเข้าไม่ถึงตัวของแมลง ปัจจุบันได้

มีการนำวิธีการป้องกันกำจัดมอดเจาะผลกาแฟอีกวิธีมาใช้ คือ การใช้กับดักดักจับมอดเจาะผลกาแฟ โดยใช้กับดักคู่กับสารที่มีคุณสมบัติดึงดูดมอดเจาะผลกาแฟเพศเมีย เพื่อล่อให้มอดเจาะผลกาแฟเข้ามาติดในกับดัก จึงจัดว่าเป็นการลดอันตรายจากการใช้สารฆ่าแมลง รวมถึงลดปัญหาการตกค้างของสารฆ่าแมลงในผลผลิตกาแฟซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค กับดักมอดเจาะผลกาแฟได้มีการดัดแปลงมาจากกับดักสำเร็จรูป “Multiple funnel” ซึ่งพบว่าสามารถดักจับมอดเจาะผลกาแฟได้ (Mathieu *et al.*, 1997; เยาวลักษณ์ และคณะ, 2552ก) โดยดัดแปลงโดยใช้ขวดน้ำพลาสติกซึ่งหาได้ง่าย โดยนำขวดน้ำพลาสติกมาเจาะรูและติดจานด้านบนไว้กับน้ำฝนเพื่อทำเป็นกับดัก และใส่สารล่อมอดเจาะผลกาแฟไว้ภายใน บัณฑิตพร และคณะ (2551) ได้พัฒนาผลิตสารล่อมอดเจาะผลกาแฟ “ซีเอ็มยู ซีวัน (CMU-C1)” ซึ่งเป็นสารล่อมอดเจาะผลกาแฟที่นำมาใช้กำจัดมอดเจาะผลกาแฟได้ระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตาม ข้อมูลการเข้าทำลายของมอดเจาะผลกาแฟยังมีน้อยมากและการใช้สารล่อมอดเจาะผลกาแฟยังมีรูปแบบที่ยังไม่แพร่หลายมากนัก ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเข้าทำลายของมอดเจาะผลกาแฟในสภาพแปลงปลูก และศึกษาประสิทธิภาพของกับดักและสารล่อมอดเจาะผลกาแฟสูตรต่าง ๆ เพื่อพัฒนาให้อยู่ในรูปแบบที่นำไปใช้งานได้ง่ายและมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ควบคุมมอดเจาะผลกาแฟได้

อุปกรณ์และวิธีการ

การเข้าทำลายของมอดเจาะผลกาแฟในสภาพแปลงปลูก

ทำการศึกษาการเข้าทำลายของมอดเจาะผลกาแฟและประเมินความเสียหายของกาแฟที่เกิดจากมอดเจาะผลกาแฟ โดยการสุ่มเลือกต้นกาแฟ อายุประมาณ 10-15 ปี ใน 2 แปลงปลูกกาแฟของเกษตรกรใน ตำบลเทพเสด็จ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ ทำการนับผลกาแฟจากต้นใน 2 ระดับความสูง ได้แก่ ระดับล่าง (สูงจากพื้นในช่วง 1-1.5 เมตร) และระดับบน

(สูงจากพื้น 1.5 เมตรขึ้นไป) ระดับละ 3 กิ่ง รวมทั้งหมด 6 กิ่งต่อต้น ในแต่ละแปลงปลูก สุ่มเลือกต้นกาแฟแปลงปลูกละ 10 ต้น พร้อมทำเครื่องหมายไว้ที่ต้นและกิ่ง นับผลกาแฟทั้งหมดและผลกาแฟที่ถูกมอดเจาะผลกาแฟเข้าทำลายจากกิ่งที่เลือกไว้ แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของผลกาแฟที่ถูกทำลายแต่ละแปลงปลูก ติดตามการเข้าทำลายอย่างต่อเนื่องในต้นและกิ่งเดิมทุก 2 เดือน จนกระทั่งเก็บเกี่ยวผลผลิต นอกจากนี้ในเดือนสุดท้ายทำการเก็บผลกาแฟทั้งหมดจากต้นกาแฟที่ทำเครื่องหมายไว้ แล้วนำมานับจำนวนผลทั้งหมดและผลที่ถูกมอดเจาะทำลาย จากนั้นคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของผลกาแฟที่ถูกทำลาย นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแตกต่างของการเข้าทำลายของมอดเจาะผลกาแฟ ด้วยวิธี Two-sample t-tests

การเตรียมกับดักและสารล่อมอดเจาะผลกาแฟ

กับดักมอดเจาะผลกาแฟได้ดัดแปลงจากขวดน้ำดื่มพลาสติกขนาดบรรจุ 1.5 ลิตร (กว้าง 7 เซนติเมตร ยาว 7 เซนติเมตร และสูง 32 เซนติเมตร) นำมาเจาะรูที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5 มิลลิเมตร เจาะรูที่ด้านข้างของขวดพลาสติกทั้ง 4 ด้าน ๆ ละ 6 รู ซึ่งรูที่เจาะใช้สำหรับเป็นทางออกสำหรับไอรยะเหยจากสารล่อที่บรรจุอยู่ข้างใน และในขณะเดียวกันก็ใช้เป็นทางเข้าของมอดเจาะผลกาแฟที่ถูกดึงดูดด้วยสารล่อ จากนั้นตัดด้านข้างของขวดน้ำดื่ม 2 ด้าน ที่อยู่ตรงข้ามกัน ให้เป็นช่องรูปสี่เหลี่ยม ขนาดกว้าง 6 เซนติเมตร และยาว 10 เซนติเมตร โดยตัดเพียง 3 ด้านของสี่เหลี่ยมเหลือแนวด้านบนไว้ เพื่อให้ช่องนั้นสามารถเปิดปิดได้คล้ายหน้าต่าง ช่องนี้ใช้สำหรับเปิดเพื่อใส่ภาชนะบรรจุสารล่อไว้ข้างใน เจาะรูที่ก้นขวดน้ำพลาสติก 1 รู แล้วสอดลวดความยาวประมาณ 40 เซนติเมตร ผ่านรู และอปปลายลวดด้านหนึ่งเพื่อป้องกันการหลุด นำจานพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 17 เซนติเมตรที่เจาะรูตรงกลางแล้วใช้ลวดนั้นสอดผ่านรูให้จานพลาสติกคว่ำอยู่เหนือกับดัก อุดรูด้วยกาว การใส่จานพลาสติกด้านบนทำหน้าที่คล้ายหลังคาเพื่อป้องกันน้ำที่หยดลงมาและไหลเข้าไปภายในกับดัก ปลายลวดอีกด้านหนึ่งใช้แขวนหรือผูกติดกับต้นกาแฟ ก่อนนำกับดักไปแขวนในแปลง

ปลูก ให้เติมโพพิลินไกลคอลที่ผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1:3 ลงไปในกับดัก 80-100 มิลลิลิตร เพื่อรองรับแมลงที่ตกลงมา โดยโพพิลินไกลคอลที่ผสมกับน้ำมีคุณสมบัติช่วยให้ไอรยะเหยช้าลง สำหรับสารล่อมอดเจาะผลกาแฟที่ใช้ในการทดลองเป็นสารผสมของเมทานอลและเอทานอลในอัตราส่วนต่าง ๆ รวม 3 สูตร ได้แก่ 1) เมทานอล:เอทานอล อัตราส่วน 1:1 2) น้ำ:เมทานอล:เอทานอล อัตราส่วน 2:1:1 และ 3) เมทานอล:เอทานอล อัตราส่วน 3:1

การศึกษาประสิทธิภาพของสารล่อมอดเจาะผลกาแฟ

การศึกษาประสิทธิภาพของสารล่อมอดเจาะผลกาแฟได้ดำเนินการในแปลงปลูกกาแฟของเกษตรกรใน ตำบลเทพเสด็จ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ กาแฟในแปลงอายุประมาณ 10-15 ปี อยู่สูงประมาณ 800-900 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง นำสารล่อแต่ละสูตรที่เตรียมไว้ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เทใส่ในขวดพลาสติกขนาดบรรจุ 200 มิลลิลิตร (กว้าง 4 เซนติเมตร ยาว 4 เซนติเมตร และสูง 18 เซนติเมตร) ที่ผ่าขวดเจาะรูและมีเส้นเชือกที่ทำจากฝ้ายทำหน้าที่คล้ายไส้ตะเกียงสอดอยู่ ซึ่งสารล่อที่เป็นของเหลวผสมสามารถเคลื่อนตัวผ่านเส้นเชือกแล้วระเหยออกมาภายนอกได้ กับดักพร้อมสารล่อถูกนำไปแขวนใต้ทรงพุ่มของต้นกาแฟ สูงจากพื้นดินประมาณ 1.5 เมตร ในทุกกรรมวิธี (สูตรของสารล่อ) ทำ 10 ซ้ำ (กับดัก) โดยมีสารล่อมอดเจาะผลกาแฟ CMU-C1 ที่พัฒนาโดยเยาวลักษณ์ และคณะ (2552ข) เป็นกรรมวิธีเปรียบเทียบ ทำการเปลี่ยนสารล่อทุกเดือน พร้อมรวบรวมแมลงจากกับดัก นำไปจำแนกชนิดและนับจำนวนมอดเจาะผลกาแฟในห้องปฏิบัติการต่อไป

ผลและวิจารณ์

การเข้าทำลายของมอดเจาะผลกาแฟในสภาพแปลงปลูก

การเข้าทำลายของมอดเจาะผลกาแฟ (ภาพที่ 1) ศึกษาในแปลงปลูกกาแฟอาราบิก้าของเกษตรกร

ณ ตำบลเทพเสด็จ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ อยู่ที่สูงประมาณ 800-900 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง จำนวน 2 แปลง โดยแปลงที่ 1 ต้นกาแฟมีอายุประมาณ 10-15 ปี อยู่ในพื้นที่ลาดชัน ปลูกกาแฟภายใต้ร่มเงาของไม้ป่าอื่น ๆ ซึ่งพบการเข้าทำลายของมอดเจาะผลกาแฟในช่วงปี พ.ศ. 2555-2556 จึงได้เริ่มวางกับดักมอดเจาะผลกาแฟ ตั้งแต่เดือนเมษายน พ.ศ. 2555 ส่วนแปลงที่ 2 ต้นกาแฟมีอายุประมาณ 10-15 ปี และเป็นการปลูกกาแฟภายใต้ร่มเงาของไม้ป่าอื่น ๆ เช่นกัน มีการวางกับดักมอดเจาะผลกาแฟ ที่ใช้สารล่อ CMU-C1 รวม 3 ปี (พ.ศ. 2551-2553) และเว้นช่วงการวางกับดักในปี พ.ศ. 2554 คือไม่มีการใช้กับดักมอดเจาะผลกาแฟในแปลงนี้มาเป็นเวลาประมาณ 1 ปี

จากการประเมินความเสียหายของผลกาแฟที่อยู่บนต้นกาแฟ ที่เกิดจากการเข้าทำลายของมอดเจาะผลกาแฟบนต้นกาแฟ ในแปลงปลูกแปลงที่ 1 พบว่าในเดือนกรกฎาคม มอดเจาะผลกาแฟเข้าทำลายผลกาแฟในกิ่งระดับล่างมากกว่ากิ่งระดับบน โดยพบผลกาแฟที่ถูกมอดเจาะคิดเป็น 9.44 ± 12.96 และ 2.46 ± 4.81 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และมีผลในทำนองเดียวกันในเดือนกันยายนและธันวาคม (ตารางที่ 1) สำหรับในแปลงที่ 2 ความเสียหายของผลกาแฟที่เกิดจากการเข้าทำลายของมอดเจาะผลกาแฟให้ผลแตกต่างไปจากแปลงที่ 1 โดยที่เปอร์เซ็นต์ผลกาแฟที่ถูกมอดเจาะทำลายในกิ่งระดับล่างไม่แตกต่างจากที่พบในกิ่งระดับบนในทุกเดือนที่ทำการสำรวจ และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยความเสียหายของผล



Figure 1 Coffee berry borer (CBB) under stereo microscope (a), hole at the bottom of damaged coffee cherry (b) and inside of damaged coffee cherry (c)

Table 1 Coffee cherry damage caused by coffee berry borers randomly taken from 3 upper branches and 3 lower branches of arabica coffee tree in the plantation site 1 and 2 of Thep Sadet subdistrict, Doi Saket district, Chiang Mai province

Month	Coffee cherry damage per tree ^{1/} (%) $\pm$ SD					
	Coffee plantation site 1			Coffee plantation site 2		
	Lower branches	Upper branches	Average	Lower branches	Upper branches	Average
July	9.44 $\pm$ 12.96 ^a	2.46 $\pm$ 4.81 ^b	5.95 $\pm$ 7.04	N/D ^{2/}	N/D	N/D
September	6.80 $\pm$ 8.40 ^a	3.42 $\pm$ 4.97 ^b	5.12 $\pm$ 6.25	4.48 $\pm$ 4.66 ^a	4.07 $\pm$ 4.44 ^a	4.28 $\pm$ 3.92
December	16.29 $\pm$ 20.53 ^a	9.65 $\pm$ 10.90 ^b	12.30 $\pm$ 12.47	6.78 $\pm$ 6.91 ^a	6.94 $\pm$ 7.43 ^a	6.86 $\pm$ 5.55

^{1/} Means within the same column followed by the same letters are not significantly different at the 0.05 level by LSD test.

^{2/} No data

กาแฟจากมอดเจาะผลกาแฟในแปลงที่ 1 และ 2 พบว่าในเดือนธันวาคมก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิต ผลกาแฟในแปลงมีความเสียหายคิดเป็น 12.30 ± 12.47 และ 6.86 ± 5.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

เมื่อพิจารณาการเข้าทำลายผลกาแฟของมอดเจาะผลกาแฟบนต้นกาแฟที่ระดับความสูงจากพื้นดินแตกต่างกัน พบว่า ผลกาแฟที่อยู่บริเวณกิ่งระดับล่างบริเวณที่มีความสูงจากพื้นดินในช่วง 1-1.5 เมตร ถูกมอดเจาะผลกาแฟเข้าทำลายได้มากกว่าผลกาแฟที่อยู่บริเวณกิ่งระดับบนที่มีความสูงจากพื้นดิน 1.5 เมตรขึ้นไป ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Dufour and Frérot (2008) ที่กล่าวว่าบริเวณต้นกาแฟที่ระดับความสูง 1.2 เมตรจากพื้นดิน จะพบมอดเจาะผลกาแฟได้มากขึ้นเป็นสามเท่าเมื่อเทียบกับบริเวณอื่นของต้นเดียวกัน จากการศึกษาพบว่า ความเสียหายของผลกาแฟที่เกิดขึ้นในแปลงที่ 1 มีมากกว่าแปลงที่ 2 โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงเดือนธันวาคม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแปลงที่ 1 เป็นแปลงที่ไม่เคยมีการวางกับดักมอดเจาะผลกาแฟมาก่อน ทำให้มีการสะสมมอดอยู่ในแปลงปลูกตลอดเวลา ต่างจากแปลงที่ 2 ที่เคยมีการวางกับดักมอดเจาะผลกาแฟอย่างต่อเนื่องมาก่อนถึง 3 ปีติดต่อกัน จึงทำให้จำนวนมอดเจาะผลกาแฟมีปริมาณลดลง ผลกาแฟที่เสียหายจึงลดลงไปด้วย นอกจากนี้ จากการทดลองของ เยาวลักษณ์ และคณะ (2552n) ที่ใช้กับดักมอดเจาะผลกาแฟ Multiple funnel และสารล่อ CMU-C1 สามารถลดความเสียหายของผลกาแฟที่ถูกมอดเจาะผลกาแฟเข้าทำลาย โดยลดลงจาก 26.00 เปอร์เซ็นต์ เหลือ 14.22 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับแปลงที่ไม่ได้วางกับดัก

การสำรวจความเสียหายของผลกาแฟจากมอดเจาะผลกาแฟด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างจากกิ่งกาแฟ 6 กิ่งต่อต้น และการเก็บผลกาแฟตรวจนับทั้งต้น ให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติในแปลงปลูกกาแฟแปลงที่ 1 โดยมีผลกาแฟถูกมอดเจาะทำลาย 12.30 ± 12.47 และ 12.06 ± 10.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และในแปลงปลูกแปลงที่ 2 มีค่าเท่ากับ 6.86 ± 5.55 และ 6.60 ± 4.85 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 2) อาจกล่าวได้ว่า การสุ่มตัวอย่างกิ่งกาแฟ 3 กิ่งในระดับล่าง และ 3 กิ่งในระดับบนของต้นกาแฟ รวมเป็น 6 กิ่ง แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของผลกาแฟจากมอดเจาะผลกาแฟ มีความแม่นยำเพียงพอ สามารถใช้เป็นตัวแทนในการสำรวจความเสียหายของผลกาแฟที่เกิดจากมอดเจาะผลกาแฟได้

การศึกษาประสิทธิภาพของสารล่อมอดเจาะผลกาแฟ

มอดเจาะผลกาแฟที่รวบรวมได้จากกับดักที่ดัดแปลงจากขวดน้ำพลาสติกที่ภายในบรรจุขวดสารล่อสูตรต่าง ๆ และที่ด้านล่างของกับดักใส่น้ำผสมกับโพธิ์ลินไกลคอลไว้เพื่อรองรับแมลงที่ติดกับดัก (ภาพที่ 2) เมื่อทำการจำแนกชนิดและตรวจนับปริมาณแมลงที่ติดกับดักแล้ว พบว่า จำนวนมอดเจาะผลกาแฟที่ดักได้มีจำนวนแตกต่างกันในแต่ละสูตรของสารล่อและช่วงเวลาของการศึกษา โดยมอดเจาะผลกาแฟติดกับดักน้อยที่สุดในเดือนสิงหาคม และกับดักที่ใช้สารล่อเป็นเอทานอลผสมกับเมทานอล อัตราส่วน 1:1 มีจำนวน $0.780.78 \pm 1.09$ ตัว ส่วนสารล่อที่ประกอบด้วยน้ำ เอทานอล และเมทานอล ผสมกันในอัตราส่วน 2:1:1 และสารล่อที่เป็น

Table 2 Assessment of coffee berry damage caused by coffee berry borer between the random sampling from 6 branches (3 lower branches and 3 upper branches) and total count of coffee cherry from the whole tree

Coffee cherry damage ^{1/} (%) $\pm$ SD			
Coffee plantation site 1		Coffee plantation site 2	
Collected from 6 branches	Total count of coffee cherry	Collected from 6 branches	Total count of coffee cherry
12.30 ± 12.47^{ns}	12.06 ± 10.08^{ns}	6.86 ± 5.55^{ns}	6.60 ± 4.85^{ns}

^{ns} Not significant

เอทานอลผสมกับเมทานอล อัตราส่วน 1:3 พบมอดเจาะผลกาแฟจำนวน 0.38 ± 0.749 และ 0.2 ± 0.42 ตัวตามลำดับ และพบมอดเจาะผลกาแฟมีจำนวนมากที่สุดในเดือนธันวาคมในแต่ละสูตรของสารล่อดังกล่าวข้างต้น โดยมีจำนวนเท่ากับ 210.33 ± 459.79 , 156.60 ± 202.57 และ 95.11 ± 88.39 ตัว ตามลำดับ แต่จำนวนของมอดเจาะผลกาแฟในกับดักที่มีสารล่อประกอบด้วยน้ำ เอทานอล และเมทานอล ผสมกันในอัตราส่วน 2:1:1 และสารล่อที่เป็น เอทานอลผสมกับเมทานอล อัตราส่วน 1:3

ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับจำนวนมอดที่ดักได้ในเดือนพฤศจิกายน (ตารางที่ 3)

จำนวนมอดเจาะผลกาแฟเฉลี่ยที่รวบรวมได้จากกับดักที่ใช้สารล่อมอดเจาะผลกาแฟทั้ง 3 สูตร มีจำนวนไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าสารล่อมอดเจาะผลกาแฟที่เป็นสารผสมของเอทานอลและเมทานอล ในอัตราส่วน 1:1 สามารถดึงดูดมอดเจาะผลกาแฟได้ดีกว่าสารล่อมอดเจาะผลกาแฟในสูตรอื่น ๆ และเมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาที่ยดักจับมอด พบว่าในช่วงเดือน

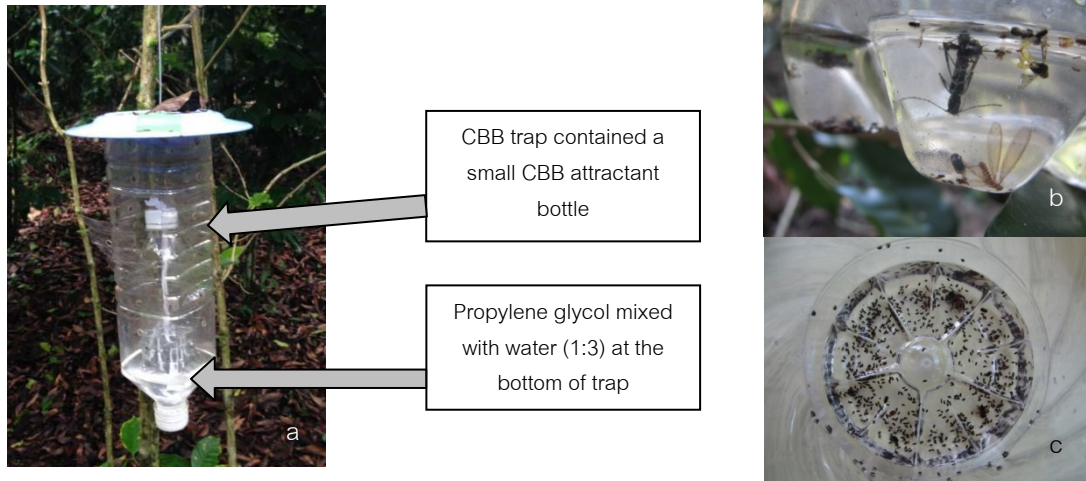


Figure 2 Coffee berry borer (CBB) trap made from a 1.5 L drinking water bottle placed upside down and contained a small bottle of CBB attractant (a) and insects were caught in the liquid at the bottom of the trap (b) and CBB from the trap (c)

Table 3 Number of coffee berry borer (CBB) caught in the trap contained various formulas of the CBB attractants in arabica coffee plantation area of Thep Sadet subdistrict, Doi Saket district, Chiang Mai province

Month	Number of CBB caught per trap ^{1/} ±SD in various formulas of attractant		
	Methanol : Ethanol (1:1)	Water : Methanol : Ethanol (2:1:1)	Methanol : Ethanol (3:1)
August	0.78 ± 1.09^{bc}	0.38 ± 0.74^c	0.2 ± 0.42^c
September	N/D ^{2/}	N/D	N/D
October	4.11 ± 4.17^c	12.63 ± 12.35^c	5.75 ± 6.27^{bc}
November	53.89 ± 54.62^{bc}	120.89 ± 187.05^{abc}	132.44 ± 111.92^{abc}
December	210.33 ± 459.79^a	156.60 ± 202.57^{ab}	95.11 ± 88.39^{abc}
Min - Max	7 - 3,802	3 - 1,566	2 - 1,192

^{1/} Means within the same row and column followed by the same letters are not significantly different at the 0.05 level by LSD test.

^{2/} No data

สิงหาคมถึงเดือนตุลาคม จำนวนมอดเจาะผลกาแฟที่ได้จากกับดักทั้ง 3 สูตรของสารล่อ มีจำนวนน้อยกว่าเดือนธันวาคม อาจเป็นเพราะว่าในช่วงเดือนสิงหาคมถึงพฤศจิกายน มีฝนตกเป็นระยะ ๆ ซึ่งเป็นอุปสรรคในการบินของมอดเจาะผลกาแฟ เนื่องจากมอดมีขนาดเล็ก สอดคล้องกับรายงานของ เยาวลักษณ์ และคณะ (2552ก) ที่พบว่าเมื่อใช้กับดัก multiple funnel ร่วมกับ สารล่อมอดเจาะผลกาแฟ CMU-C1 ดักมอดเจาะผลกาแฟได้ปริมาณน้อยในช่วงฤดูฝน

สรุป

จากการศึกษาการเข้าทำลายผลกาแฟของมอดเจาะผลกาแฟในแปลงปลูกกาแฟของเกษตรกร โดยการสุ่มนับผลกาแฟจากกิ่งระดับล่างที่มีความสูงจากพื้นดินในช่วง 1-1.5 เมตร และจากกิ่งระดับบนที่อยู่สูงกว่า 1.5 เมตรขึ้นไป พบว่า มอดเจาะผลกาแฟมีแนวโน้มในการเข้าทำลายผลกาแฟบริเวณกิ่งระดับล่างมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ การสุ่มตัวอย่างกิ่งกาแฟจำนวน 6 กิ่ง และนับจำนวนผลกาแฟที่ถูกมอดเจาะผลกาแฟทำลายเพื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของผลกาแฟสามารถใช้เป็นตัวแทนในการประเมินความเสียหายของผลกาแฟได้ เนื่องจากให้ผลไม่ต่างไปจากการเก็บผลกาแฟทั้งต้น สำหรับประสิทธิภาพของสารล่อมอดเจาะผลกาแฟสูตรต่าง ๆ ที่ใช้ร่วมกับดัก พบว่า สารล่อมอดเจาะผลกาแฟที่เป็นสารผสมของเอทานอลและเมทานอล ในอัตราส่วน 1:1 มีแนวโน้มดึงดูดมอดเจาะผลกาแฟได้ดีกว่าสารล่อมอดเจาะผลกาแฟในสูตรอื่น ๆ

เอกสารอ้างอิง

บัณฑูรย์ วาฤทธิ์, ขวลิขิต กอสัมพันธ์, วราพงษ์ บุญมา ประเสริฐ คำออน นิธิ ไทยสันทัด, ถาวร สุภาวงศ์, เยาวลักษณ์ จันทร์บาง และ สมบัติ ศรีชูวงศ์. 2551. การศึกษาการระบาดและป้องกันกำจัดมอดเจาะผลกาแฟอาราบิก้าแบบผสมผสาน. รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 39 หน้า.

เยาวลักษณ์ จันทร์บาง, ขวลิขิต กอสัมพันธ์, สมบัติ ศรีชูวงศ์ และ นพรัตน์ แสงศรีจันทร์. 2552ก. การลดปริมาณมอดเจาะผลกาแฟด้วยกับดัก Multiple Funnel และสารล่อ “ซีเอ็มยู ซีวัน”. หน้า 466-471. ใน: รายงานผลงานวิจัยของมูลนิธิโครงการหลวง ประจำปี 2552. มูลนิธิโครงการหลวง, เชียงใหม่.

เยาวลักษณ์ จันทร์บาง, บัณฑูรย์ วาฤทธิ์, ขวลิขิต กอสัมพันธ์, วราพงษ์ บุญมา ประเสริฐ คำออน นิธิ ไทยสันทัด, สมบัติ ศรีชูวงศ์, ถาวร สุภาวงศ์ และ พิษณุภา ทองมาลัย. 2552ข. การใช้กับดัก Multiple funnel ร่วมกับสารล่อในการสำรวจมอดเจาะผลกาแฟ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 40(3)(พิเศษ): 268-271.

Barrera, J. F. 2008. Coffee pests and their management. pp. 961-998. In: J. L. Capinera (ed.). Encyclopedia of Entomology. 2nd ed. Springer, Amsterdam.

Benavides, P., C. Góngora and A. Bustillo. 2012. IPM program to control coffee berry borer *Hypothenemus hampei*, with emphasis on highly pathogenic mixed strains of *Beauveria bassiana* to overcome insecticide resistance in Colombia. (Online). Available: <http://cdn.intechweb.org/pdfs/25689.pdf> (December 7, 2012).

CIRAD. 2013. A coffee berry borer control method: Triple-action IPM. (Online). Available: <http://www.cirad.fr/en/content/download/5039/47962/version/8/file/Plaqueette+scolyte+GB.pdf> (January 14, 2013).

CTAHR. 2013. Alternative host plants of *Hypothenemus hampei*. (Online). Available: http://www.ctahr.hawaii.edu/site/Downloads/CBB/CBB_Hosts.pdf (December 16, 2012).

- Dufour, B. P. and B. Frérot. 2008. Optimization of coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* Ferrari (Col., Scolytidae), mass trapping with an attractant mixture. *Journal of Applied Entomology* 132: 591-600.
- Mathieu, F., L. O. Brun, C. Marchillaud and B. Frérot. 1997. Trapping of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* Ferr. (Col., Scolytidae) within a mesh-enclosed environment: interaction of olfactory and visual stimuli. *Journal of Applied Entomology* 121: 181-186.
- Reid, J. C. and A. Mansingh. 1985. Economic losses due to *Hypothenemus hampei* Ferr. during processing of coffee berries in Jamaica. *Tropical Pest Management* 31(1): 55-59.
- State of Hawaii. 2011. Coffee berry borer. (Online). Available: <http://hawaii.gov/hdoa/pi/ppc/coffee-berry-borer-folder/NPA%20-%20Hypothenemus%20hampei%20MASTERR%203-11.pdf> (December 17, 2012).
- The Caribbean Pest Information Network. 2013. *Hypothenemus hampei*. (Online). Available: http://caripestnetwork.org/vtt/docs/datasheets/coleoptera/hypothenemus_hampeii.pdf (December 9, 2012).
- Vega, F. E., G. Mercadier, A. Damon and A. Kirk. 1999. Natural enemies of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) in Togo and Côte d'Ivoire, and other insects associated with coffee beans. *African Entomology* 7(2): 243-248.

การสำรวจแมลงศัตรูกาแฟอาราบิก้าและแมลงศัตรูธรรมชาติ ในจังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย

Survey of Insect Pests of Arabica Coffee and Their Natural Enemies in Chiang Mai and Chiang Rai Provinces

ปิยะวรรณ สุทธิประพันธ์^{1/*} และ เยาวลักษณ์ จันทรบาง^{1/}
Piyawan Suttiapan^{1/} and Yaowaluk Chanbang^{1/}*

Abstract: Survey of insect pest species of arabica coffee and their natural enemies in Chiang Mai and Chiang Rai provinces were done from March 2011 to February 2012. Applied multiple funnel traps with CMU-C1 lure, pitfall traps, and visual observation were conducted in this study. The results revealed that the coffee plants were attacked mainly by coffee berry borers, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae), coffee white stem borers, *Xylotrechus quadripes* Chevrolat (Coleoptera: Cerambycidae), coffee green scales, *Coccus viridis* (Green) (Hemiptera: Coccidae) and aphids, *Toxoptera* sp. (Hemiptera: Aphididae). In addition, some natural enemies were collected and observed e.g. *Chilocorus* sp. (Coleoptera: Coccinellidae), *Pristaulacus* sp. (Hymenoptera: Aulacidae), *Diastephanus* sp. (Hymenoptera: Stephanidae) and some ichneumonids. The obtained information can be used as a tool for coffee insect pest management planning and also will be important data for biological control research in the future.

Keywords: Coffee insect pest, natural enemy, arabica coffee

^{1/} ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

^{1/} Department of Entomology and Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

* Corresponding author: E-mail: piyawanss43@gmail.com

บทคัดย่อ: การสำรวจชนิดของแมลงศัตรูกาแฟอาราบิก้าและแมลงศัตรูธรรมชาติในพื้นที่ปลูกกาแฟอาราบิก้า ในจังหวัด เชียงใหม่ และเชียงราย ระหว่างเดือนมีนาคม 2554 - เดือนกุมภาพันธ์ 2555 แต่ละพื้นที่ใช้กับดักดัดแปลงร่วมกับสารล่อ กับดักหุ้มพราง และการสังเกตด้วยตาเปล่า ผลการศึกษาพบแมลงศัตรูที่เข้าทำลายกาแฟได้แก่ มอดเจาะผลกาแฟ *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) ตัวหนอนเจาะลำต้นกาแฟ *Xylotrechus quadripes* Chevrolat (Coleoptera: Cerambycidae) เพลี้ยหอยสีเขียว *Coccus viridis* (Green) (Hemiptera: Coccidae) และเพลี้ย อ่อน *Toxoptera* sp. (Hemiptera: Aphididae) และพบแมลงศัตรูธรรมชาติที่เป็นประโยชน์หลายชนิด อาทิ ตัวเต่า *Chilocorus* sp. (Coleoptera: Coccinellidae) แตนเบียน *Pristaulacus* sp. (Hymenoptera: Aulacidae) แตนเบียน *Diastephanus* sp. (Hymenoptera: Stephanidae) และแตนเบียนบางชนิดในวงศ์ Ichneumonidae ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถ นำมาใช้ให้เป็นประโยชน์ในการวางแผนการบริหารศัตรูพืชแบบบูรณาการ รวมทั้งเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาวิจัยทางด้านการควบคุมโดยชีววิธีต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: แมลงศัตรูกาแฟ ศัตรูธรรมชาติ กาแฟอาราบิก้า

คำนำ

กาแฟอาราบิก้าเป็นพืชเศรษฐกิจที่นิยมปลูกกันมากในพื้นที่สูงทางภาคเหนือของประเทศไทยซึ่งแต่เดิมเป็นพื้นที่ปลูกฝิ่นและทำไร่เลื่อนลอย การปลูกกาแฟเพื่อเป็นพืชทดแทนสามารถสร้างรายได้จากการจำหน่ายผลผลิตกาแฟให้กับเกษตรกร ปัจจุบันพื้นที่ปลูกกาแฟทางภาคเหนือของประเทศไทยได้เพิ่มขึ้นและมีผลผลิตกาแฟเพิ่มขึ้น โดยพื้นที่ที่มีการปลูกกาแฟมากที่สุดในภาคเหนือคือจังหวัดเชียงรายและเชียงใหม่ (สำนักส่งเสริมและพัฒนากาแฟเกษตรเขตที่ 6, 2553) แต่ปัญหาที่สำคัญประการหนึ่งของการปลูกและการจัดการกาแฟคือ ปัญหาแมลงศัตรูกาแฟ เนื่องจากสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป อุณหภูมิเฉลี่ยมีแนวโน้มสูงขึ้น (ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ, 2553) หรือภาวะฝนทิ้งช่วงที่ผ่านมาทำให้เกิดปัญหาต่อเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอาราบิก้า อาทิ การพบการเข้าทำลายของแมลงจำพวกด้วงปากกั๊กขนาดเล็ก ลำตัวสีเขียวเหลืองแดงเมทาคลิก กัดกินใบกาแฟอาราบิก้าสร้างความเสียหายในแปลงปลูกกาแฟของเกษตรกรในจังหวัดเชียงรายในช่วงหน้าแล้งปี พ.ศ. 2553 ซึ่งจากการตรวจสอบแล้วไม่เคยมีรายงานการเข้าทำลายต้นกาแฟของแมลงชนิดนี้มาก่อนเลยในประเทศไทยและยังไม่ทราบชื่อ รวมทั้งการระบาดของมอดเจาะผลกาแฟบนพื้นที่ปลูกกาแฟที่สูงในจังหวัดเชียงใหม่และเชียงรายซึ่งไม่เคยมีรายงานการระบาดมาก่อนในช่วงปี พ.ศ. 2526-2543

(อาภรณ์ และคณะ, 2526; จรัสศรี และคณะ, 2535; จริยา, 2540; นิธิ และคณะ, 2543)

แมลงศัตรูกาแฟอาราบิก้าและกาแฟโรบัสต้าที่พบในภาคเหนือและภาคใต้ของประเทศไทย ได้แก่ เพลี้ยแป้ง เพลี้ยอ่อน เพลี้ยหอยสีเขียว หนอนม้วนใบ หนอนเจาะลำต้น หนอนกัดกินเปลือก สำหรับมอดเจาะผลกาแฟพบเป็นปัญหาในพื้นที่ปลูกกาแฟโรบัสต้าทางภาคใต้เป็นส่วนใหญ่ (อาภรณ์ และคณะ, 2526) ไม่มีรายงานการระบาดของมอดเจาะผลกาแฟในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย (จรัสศรี และคณะ, 2535; จริยา, 2540; นิธิ และคณะ, 2543) แต่ต่อมาในช่วงปี พ.ศ. 2550-2551 ได้มีรายงานการสำรวจพบการระบาดของมอดเจาะผลกาแฟในพื้นที่ปลูกกาแฟที่สำคัญของจังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย สร้างความเสียหายให้กับกาแฟเป็นอย่างมาก (บัณฑิต และคณะ, 2551; เยาวลักษณ์ และคณะ, 2552 ก, 2553) สำหรับแมลงศัตรูที่เคยมีรายงานเข้าทำลายกาแฟในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย ได้แก่ หนอนเจาะลำต้น *Xylotrechus quadripes* Chevrolat หนอนกาแฟสีแดง *Zeuzera coffeae* Nietner เพลี้ยหอยสีเขียว *Coccus viridis* (Green) (จริยา, 2540; นิธิ และคณะ, 2543) เพลี้ยหอยสีน้ำตาล *Saissetia coffeae* (Walker) เพลี้ยแป้ง *Pseudococcus* sp. เพลี้ยอ่อน *Toxoptera aurantii* (Boyer de Fonscolombe) และ *Toxoptera odinae* Thomas (จริยา, 2540) ในต่างประเทศมีรายงานพบแมลงและไรในกาแฟหลายชนิด แมลงศัตรูกาแฟอันดับต่าง ๆ ที่

พบในประเทศแถบอเมริกาใต้ อาทิ ประเทศบราซิล เม็กซิโก โคลัมเบีย แบ่งเป็นแมลงที่เข้าทำลายกิ่งและลำต้นซึ่งเป็นแมลงในกลุ่มด้วงหนวดยาว มอด และผีเสื้อ หนอนเจาะลำต้น แมลงที่เข้าทำลายผลกาแฟที่สำคัญในแหล่งปลูกกาแฟต่างประเทศ ได้แก่ มอดเจาะผลกาแฟ *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Barrera, 2008) ส่วนข้อมูลแมลงศัตรูธรรมชาติของแมลงศัตรูกาแฟมีค่อนข้างน้อยในประเทศไทย โดยพบด้วงเต่าตัวหัว และแตนเบียนบางชนิดในพลีหอยและหนอนเจาะต้นกาแฟ (จริยา, 2540; Visitpanich, 1994; Waller et al., 2007)

อย่างไรก็ตาม ในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา มีรายงานการเข้าทำลายของมอดเจาะผลกาแฟในพื้นที่ภาคเหนือ โดยเฉพาะพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย โดยมอดเจาะผลกาแฟเป็นด้วงปีกแข็ง อันดับ Coleoptera วงศ์ Scolytidae ขนาดลำตัวยาวประมาณ 1-1.5 มิลลิเมตร ส่วนหัวขมอยู่ใต้อก พบอาศัยอยู่ในผลกาแฟ โดยพบระยะไข่ หนอนและดักแด้อยู่ภายในเมล็ด การทำลายของมอดเจาะผลกาแฟพบได้ทั้งในผลกาแฟสีเขียว สีแดง และผลแห้งดำนต้น และผลแห้งที่ร่วงหล่นใต้ต้น นอกจากนี้ ได้มีการศึกษาการกำจัดโดยใช้กับดักดัดแปลงจาก Multiple funnel ร่วมกับสารล่อ "CMU-C1" ด้วย จะเห็นได้ว่าข้อมูลแมลงศัตรูกาแฟและแมลงศัตรูธรรมชาติที่พบในพื้นที่ปลูกกาแฟอาราบิก้าทางภาคเหนือของไทยในช่วงที่ผ่านมา มีน้อยและมีความแตกต่างกัน ทำให้ขาดข้อมูลที่ทันสมัย ทันเหตุการณ์ในการเฝ้าระวังแมลงที่อาจสร้างความเสียหายหรือกลับมาระบาดของในพื้นที่ปลูกกาแฟได้ในอนาคต หากมีการระบาดของแมลงศัตรูก็ย่อมทำให้เกิดปัญหาต่อผลผลิตกาแฟ รวมทั้งการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช เกิดสารพิษตกค้างในผลผลิตกาแฟ และทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะพื้นที่ปลูก ที่อยู่บนพื้นที่สูงที่เป็นแหล่งต้นน้ำลำธาร จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการศึกษาเกี่ยวกับแมลงศัตรูกาแฟอาราบิก้าเพิ่มเติมเพื่อได้ข้อมูลที่ถูกต้อง วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อสำรวจชนิดและปริมาณของแมลงศัตรูกาแฟ และแมลงศัตรูธรรมชาติในพื้นที่เพาะปลูกกาแฟอาราบิก้าเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญในการเฝ้าระวังการระบาดของแมลงที่อาจจะเป็นศัตรูกาแฟ และแนวทางในการอนุรักษ์ศัตรูธรรมชาติ

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บตัวอย่างแมลง

สุ่มเก็บตัวอย่างแมลงในแปลงปลูกกาแฟอาราบิก้าของเกษตรกรบ้านปางไฮ ตำบลเทพเสด็จ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ และบ้านดอยช้าง ตำบลวาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย โดยเลือกกำหนดพื้นที่ศึกษาที่มีขนาดใกล้เคียงกัน ระหว่างเดือนมีนาคม 2554 - เดือนกุมภาพันธ์ 2555 โดยแต่ละพื้นที่ใช้กับดักดัดแปลงร่วมกับสารล่อ CMU-C1 จำนวน 30 กับดัก ที่พัฒนาโดยเยาวลักษณ์ และคณะ (2552ก) ซึ่งเป็นกับดักที่มีการศึกษาและใช้ในการดักจับมอดเจาะผลกาแฟ และสามารถดักจับแมลงชนิดอื่นได้ (เยาวลักษณ์ และคณะ, 2552ข) สุ่มแขวนกับดักดัดแปลงร่วมกับสารล่อ CMU-C1 บนต้นกาแฟจำนวนต้นละ 1 กับดักให้มีความสูงจากพื้นประมาณหนึ่งเมตร กับดักหลุมพราง (pitfall trap) โดยสุ่มขุดวางกับดักที่ทำจากแก้วพลาสติกบริเวณใต้ต้นกาแฟจำนวน 10 กับดัก และการสังเกตแมลงศัตรูกาแฟและแมลงศัตรูธรรมชาติตามต้นกาแฟด้วยตาเปล่า ทำการเก็บตัวอย่างทุกเดือน เก็บตัวอย่างแมลงจากกับดักใส่ขวดหรือถุง แล้วเปลี่ยนสารล่อ CMU-C1 ถ้วยใหม่ทุกเดือนที่เก็บตัวอย่าง พร้อมบันทึกข้อมูล

การจำแนกชนิดแมลงศัตรูกาแฟและศัตรูธรรมชาติ

นำตัวอย่างแมลงที่รวบรวมได้กลับไปยังห้องปฏิบัติการสาขาวิชากีฏวิทยา ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เพื่อทำการตรวจสอบและจำแนกชนิด

ผลและวิจารณ์

แมลงศัตรูกาแฟอาราบิก้า

จากการเก็บตัวอย่างแมลงในพื้นที่ปลูกกาแฟอาราบิก้าของแปลงเกษตรกรบ้านปางไฮ ตำบลเทพเสด็จ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ และ บ้านดอยช้าง ตำบลวาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย พบแมลงในกับดักดัดแปลงร่วมกับสารล่อ CMU-C1 ทั้งหมดจำนวน 10,601 ตัว จำแนกได้เป็น 13 อันดับ 74 วงศ์ (ตารางที่ 1)

Table 1 Total amount of insects collected by applied multiple funnel traps with CMU-C1 lure (CMU-C1) and pitfall traps (PT) in arabica coffee plantations in Ban Pang Hai, Doi Saket district, Chiang Mai province and Ban Doi Chang, Mae Suai district, Chiang Rai province, Thailand, during March 2011-February 2012

Order	Family	Number of individual	Number of individual
		CMU-C1	CMU-C1
Orthoptera	Acrididae	31	2
	Gryllacrididae	73	0
	Gryllidae	30	12
	Tetrigidae	7	0
	Tettigoniidae	3	0
Blattodea	Blattellidae	482	0
Hemiptera	Aphididae	2	0
	Alydidae	1	0
	Cercopidae	16	0
	Cicadellidae	5	0
	Cicadidae	3	0
	Coreidae	1	0
	Cydnidae	8	26
	Flatidae	1	0
	Fulgoridae	10	0
	Lygaeidae	81	0
	Membracidae	3	0
	Miridae	2	0
	Pentatomidae	4	0
	Pyrrhocoridae	10	0
	Reduviidae	2	18
	Scutelleridae	1	0
Coleoptera	Alleculidae	4	0
	Anthribidae	1499	0
	Bostrichidae	88	0
	Bruchidae	1	0
	Cantharidae	2	0
	Carabidae	10	26
	Cerambycidae	78	1
	Chrysomelidae	65	0
	Cleridae	28	0
	Coccinellidae	68	0

Table 1 (continued)

Order	Family	Number of individual	Number of individual
		CMU-C1	CMU-C1
	Curculionidae	174	0
	Elateridae	18	0
	Endomychidae	30	0
	Lampyridae	2	2
	Meloidae	3	0
	Mordellidae	1	0
	Nitidulidae	277	0
	Phalacridae	82	0
	Scarabaeidae	242	149
	Scolytidae	6279	0
	Silphidae	4	0
	Staphylinidae	99	5
Neuroptera	Chrysopidae	2	0
	Hemerobiidae	8	0
	Myrmeleontidae	2	0
Hymenoptera	Apidae	2	0
	Aulacidae	2	0
	Braconidae	8	0
	Chalcididae	3	0
	Evaniidae	1	0
	Formicidae	240	115
	Halictidae	1	0
	Ichneumonidae	15	0
	Mutillidae	2	1
	Pompilidae	2	0
	Vespidae	76	0
	unknown 1	9	0
Lepidoptera	Suborder Rhopalocera	5	0
	Suborder Heterocera	144	33
Diptera	Asilidae	1	0
	Calliphoridae	65	0
	Neriidae	5	0
	Sarcophagidae	97	0
	Syrphidae	14	0
	Tabanidae	3	0

Table 1 (continued)

Order	Family	Number of individual	Number of individual
		CMU-C1	CMU-C1
	Tachinidae	3	0
	Tephritidae	20	0
Dermaptera		0	7
Mantodea		3	0
Mecoptera		3	0
Isopera		12	0
Psocoptera		19	0
Thysanoptera		4	0
Total		10,601	397

ประกอบด้วยแมลงศัตรูกาแฟที่สำคัญ คือ มอดเจาะผลกาแฟ *Hypothenemus hampei* (Ferrari) คิดเป็น 59.23 เปอร์เซ็นต์ของแมลงทั้งหมดที่พบในกับดัก และตัวเต็มวัยของด้วงหนวดยาวหนอนเจาะลำต้นกาแฟ *Xylotrechus quadripes* Chevrolat คิดเป็น 0.74 เปอร์เซ็นต์ และแมลงศัตรูธรรมชาติทั้งที่เป็นตัวห้ำและตัวเบียน คิดเป็น 3.72 และ 0.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 1) ตัวอย่างแมลงที่เก็บจากกับดักหลุมพรางพบทั้งหมดจำนวน 397 ตัว จำแนกได้เป็น 6 อันดับ 13 วงศ์ ซึ่งตัวอย่างแมลงที่เก็บได้จากกับดักหลุมพราง มักเป็นแมลงที่มักหากินตามหน้าผิวดิน เช่น ด้วงในวงศ์ Scarabaeidae ด้วงดิน แมลงหางหนีบ และมด ซึ่งเป็นแมลงตัวห้ำที่ชอบหากินในเวลากลางคืนและมักหากินตามพื้นดิน (ตารางที่ 1)

จากการสังเกตแมลงศัตรูกาแฟบนต้นกาแฟพบเพลี้ยหอยสีเขียว *Coccus viridis* (Green) บนต้นกาแฟอาราวิก้าในแปลงกาแฟของบ้านปางไฮ อำเภออดอยสะเกิด จังหวัดเชียงใหม่มากกว่า แต่ไม่พบการทำลายของเพลี้ยอ่อน ในขณะที่พื้นที่ปลูกกาแฟบ้านดอยช้าง อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย พบการเข้าทำลายของเพลี้ยอ่อน *Toxoptera* sp. โดยพบเข้าทำลายบริเวณยอดอ่อนและใบอ่อนกาแฟ จากการสำรวจและประเมินในพื้นที่พบว่าความเสียหายจากเพลี้ยอ่อนมีน้อย เมื่อเทียบกับการเข้าทำลายของหนอนเจาะลำต้น เพลี้ยหอยสีเขียวมักพบมากในช่วงฤดูฝน คือตั้งแต่ประมาณเดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม และพบว่าปริมาณลดน้อยลงในช่วงหน้าแล้ง จากผลการวิจัยชนิดแมลงจำพวกปากดูดที่พบ

สอดคล้องกับรายงานของ จริยา (2540) และ นิธิ และคณะ (2543) ซึ่งพบแมลงปากดูดทำลายส่วนใบ ยอดอ่อนของต้นกาแฟ แต่มอดเจาะผลกาแฟเพิ่งมีรายงานการเข้าทำลายผลกาแฟในระยะ 5-6 ปี ซึ่ง บัณฑิต และคณะ (2551) และเยาวลักษณ์ และคณะ (2553) ได้รายงานการพบมอดเจาะผลกาแฟทำลายในช่วงปี พ.ศ. 2550-2551

กับดักสารล่อ CMU-C1 เป็นกับดักที่ดัดแปลงมาจากการใช้ขูดน้ำ ร่วมกับสารล่อ CMU-C1 ที่มีการพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ดักจับมอดเจาะผลกาแฟ สามารถลดความเสียหายของผลผลิตกาแฟจากมอดเจาะผลกาแฟได้ถึง 14.22 เปอร์เซ็นต์ (เยาวลักษณ์ และคณะ, 2552ก) นอกจากนี้พบว่าสามารถดักจับแมลงในอันดับ Coleoptera ได้มากที่สุด โดยเฉพาะ มอดเจาะผลกาแฟจากการเก็บตัวอย่างพบว่านอกจากมอดเจาะผลกาแฟแล้วยังพบด้วงในสกุลเดียวกับด้วงเมล็ดกาแฟในกับดักซึ่งมีจำนวนมากคิดเป็นอันดับสอง ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ เยาวลักษณ์ และคณะ (2552ข) นอกจากนี้ยังพบด้วงวง และด้วงหนวดยาวหนอนเจาะลำต้น ซึ่งถือเป็นแมลงศัตรูสำคัญที่เข้าทำลายต้นกาแฟ ทำให้ต้นกาแฟทรุดโทรมและหักโค่น

ช่วงที่พบการระบาดของมอดเจาะผลกาแฟมักเป็นช่วงปลายปีคือ เป็นช่วงที่ผลกาแฟเริ่มสุกและเก็บเกี่ยวผลกาแฟคือ ระหว่างเดือนตุลาคม-เดือนมกราคม และจะพบลดลงเมื่อเก็บผลหมดแล้ว ในช่วงต้นปีหรือช่วงฤดูแล้งมักพบปริมาณของมอดเจาะผลกาแฟลดลง (ภาพที่ 2) เยาวลักษณ์ และคณะ (2553) รายงานว่าการใช้

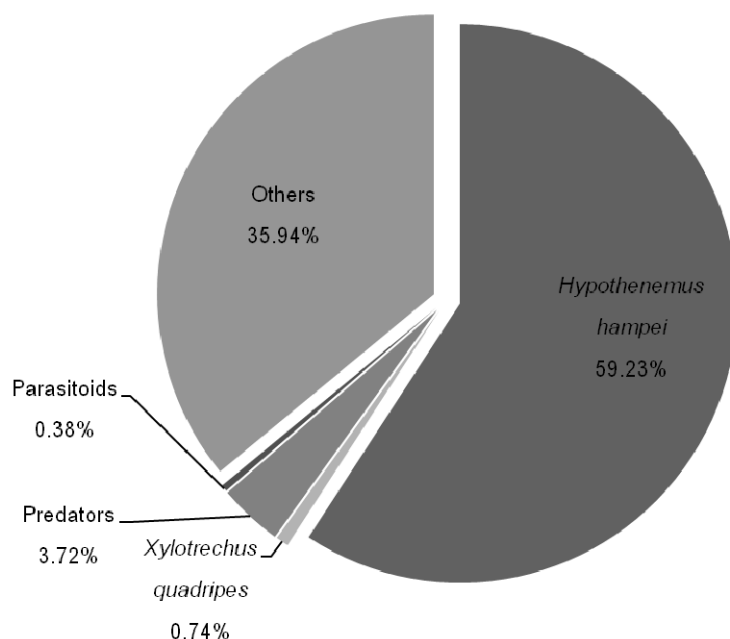


Figure 1 The ratio of amount of insect pests and their natural enemies collected by applied multiple funnel traps with CMU-C1 lure in arabica coffee plantations in Ban Pang Hai, Doi Saket district, Chiang Mai province and Ban Doi Chang, Mae Suai district, Chiang Rai province, Thailand, during March 2011-February 2012

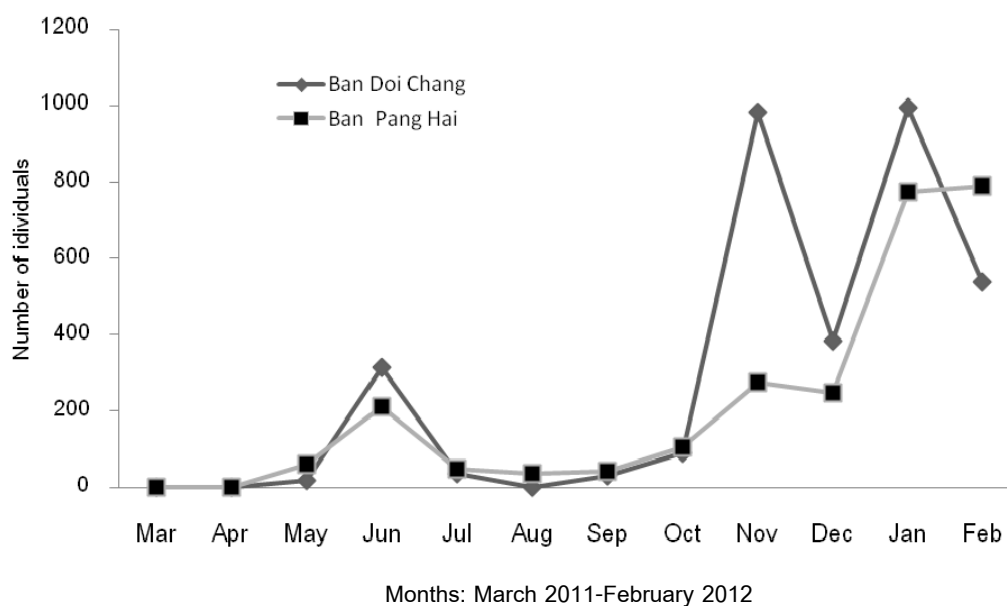


Figure 2 Seasonal abundance of coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) collected by applied multiple funnel traps with CMU-C1 lure in arabica coffee plantations in Ban Pang Hai, Doi Saket district, Chiang Mai province and Ban Doi Chang, Mae Suai district, Chiang Rai province, Thailand, during March 2011-February 2012

กับดักและสารล่อมอดเจาะผลกาแฟ สามารถช่วยลดความเสียหายขั้นต้นที่เกิดขึ้นจากมอดเจาะผลกาแฟได้นอกจากนี้ยังควรนำมาใช้ร่วมกับการป้องกันกำจัดด้วยวิธีการอื่นๆ เช่น การทำความสะอาดแปลงปลูก การกำจัดแมลงและผลแห้งที่ร่วงหล่นที่ผิวดิน การเก็บรูดผลกาแฟที่ตกค้างบนต้นในแปลงกาแฟ เป็นการลดแหล่งเพาะพันธุ์ของแมลงข้ามฤดู ช่วยให้การเข้าทำลายของมอดเจาะผลกาแฟลดลง

แมลงศัตรูธรรมชาติ

แมลงศัตรูธรรมชาติที่เป็นประโยชน์บางชนิดพบในกับดักในงานวิจัยครั้งนี้ เช่น ตัวเต่าบางชนิดในวงศ์ Coccinellidae ได้แก่ *Chilocorus* sp. และ *Illeis indica* Timberlake โดยพบมากในพื้นที่ที่มีการเข้าทำลายของเพลี้ยหอยสีเขียวซึ่งตัวเต่าชนิดนี้ยังพบกัดกินเพลี้ยหอยบนต้นกาแฟ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Mani et al. (2008) รายงานพบตัวเต่า สกุล *Chilocorus* ทำลายเพลี้ยหอยสีเขียว แต่ไม่พบการเข้าทำลายของแตนเบียน *Anagyrus* sp., *Cerapterocer* sp., *Encyrtus* sp. และ *Pareuderus* sp. ตามรายงานของ จริยา (2540) ที่รายงานพบแตนเบียนดังกล่าวข้างต้นเข้าทำลายเพลี้ยหอยสีเขียวในพื้นที่ปลูกกาแฟในพื้นที่สูงของไทยโดยพบปริมาณสูงในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ เพลี้ยหอยที่ถูกแตนเบียนเข้าทำลายตรงบริเวณกลางลำตัวจะเป็นเป็นสีดำโป่งนูนและเมื่อแตนเบียนออกจากดักแล้วจะกัดทะลุลำตัวด้านบนของเพลี้ยหอยเหลือแต่คราบติดบนพืช ในประเทศเคนยา Murphy (1991) รายงานการศึกษาศัตรูธรรมชาติของเพลี้ยหอยสีเขียว พบแตนเบียน *Coccophagus rusti* Compere เข้าเบียนเพลี้ยหอยสีเขียว *C. viridis* และในอินเดียก็มีรายงานการพบแตนเบียน *Coccophagus* sp. เข้าทำลายเพลี้ยหอยสีเขียวซึ่งเป็นศัตรูสำคัญในละมุด (Mani et al., 2008)

ในงานวิจัยครั้งนี้สามารถจำแนกแมลงตัวเบียนซึ่งพบว่าเป็นแตนเบียนที่มีรายงานว่าเป็นแมลงเบียนของหนอนเจาะลำต้นกาแฟ ได้แก่ แตนเบียน *Pristaulacus* sp. ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ จริยา (2540) และ

Venkatesha and Dinesh (2012) ที่พบแตนเบียนสกุล *Pristaulacus* เข้าเบียนหนอนเจาะลำต้นกาแฟในประเทศเวียดนาม นอกจากนี้ยังพบแตนเบียน *Diastephanus* sp. ซึ่ง จริยา (2540), Visitpanich (1994) และ Waller et al. (2007) ได้รายงานไว้เช่นกัน และแตนเบียนหลายชนิดในวงศ์ Ichneumonidae ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Visitpanich (1994) และ รายงานของ Venkatesha and Dinesh (2012) ที่พบแตนเบียนวงศ์ Ichneumonidae รวมทั้งแตนเบียนหลายชนิดในวงศ์ Braconidae สำหรับแตนเบียน *Pristaulacus* sp. ที่พบในการศึกษาครั้งนี้ Visitpanich (1994) เคยรายงานว่ามีประสิทธิภาพในการเบียนทำลายหนอนเจาะลำต้นกาแฟได้มาก 18.1-35.0 เปอร์เซ็นต์ ในพื้นที่บ้านดอยช้างพบแตนเบียนชนิดนี้มากกว่าในพื้นที่บ้านปางไฮ เนื่องจากในพื้นที่บ้านดอยช้างพบมีการเข้าทำลายของหนอนเจาะลำต้นกาแฟมากกว่า

อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้ไม่สามารถจำแนก แมลงศัตรูธรรมชาติของมอดเจาะผลกาแฟจากทั้งสองพื้นที่ แมลงศัตรูธรรมชาติของมอดเจาะผลกาแฟที่มีรายงานในต่างประเทศที่สำคัญได้แก่ แตนเบียน *Prorops nasuta* (Waterston) แตนเบียนชนิดนี้พบได้ทั่วไปในพื้นที่ปลูกกาแฟในประเทศแถบอัฟริกา (Damon, 2000; Vega et al., 2009) Jaramillo et al. (2005) และ Vega et al. (2009) รายงานว่าแตนเบียน *P. nasuta* ประมาณ 97 เปอร์เซ็นต์ได้มาจากผลกาแฟที่ร่วงตกบนพื้นซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญที่พบว่าการเก็บทำความสะอาดผลร่วงได้ต้นอาจเป็นการทำลายแตนเบียนด้วย ในการศึกษานี้ผู้วิจัยไม่ได้ทำการเก็บตัวอย่างผลที่ร่วงตกได้ต้น ซึ่งเป็นไปได้ว่าอาจมีแมลงศัตรูธรรมชาติที่เข้าทำลายมอดเจาะผลกาแฟที่ตกได้ต้น ซึ่งจะได้ทำการศึกษาต่อไปในอนาคต และจากการสังเกตในพื้นที่วิจัยพบมดเป็นจำนวนมากทั้งบนต้นกาแฟและตามบริเวณพื้นดิน แต่ไม่พบหลักฐานการเป็นตัวห้ำมอดเจาะผลกาแฟของมดในงานครั้งนี้ แมลงศัตรูธรรมชาติชนิดอื่นอีกหลายชนิดที่พบในกับดักได้แก่ ตัวงัก กระดก ตัวงดิน แมลงหางหนีบ ซึ่งแมลงเหล่านี้มีพฤติกรรมเป็นตัวห้ำกินแมลงชนิดอื่นเป็นอาหาร

สรุป

การสำรวจแมลงศัตรูกาแฟอาราบิก้าและศัตรูธรรมชาติในพื้นที่ปลูกกาแฟอาราบิก้าในจังหวัดเชียงใหม่และเชียงรายพบแมลงที่เข้าทำลายผล ใบ ยอดอ่อนและลำต้นกาแฟ ได้แก่ มอดเจาะผลกาแฟ หนอนเจาะลำต้นกาแฟ เพลี้ยหอยสีเขียว และเพลี้ยอ่อน และพบแมลงศัตรูธรรมชาติที่เป็นประโยชน์หลายชนิด อาทิ ตัวงเต่า *Chilocorus* sp. แตนเบียน *Pristaulacus* sp. แตนเบียน *Diastephanus* sp. และแตนเบียนบางชนิดในวงศ์ Ichneumonidae ซึ่งข้อมูลชนิดของทั้งแมลงศัตรูและแมลงที่เป็นประโยชน์ในแปลงกาแฟเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนการป้องกันกำจัดร่วมกับวิธีการอื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากทุนอุดหนุนโครงการวิจัยริเริ่มแบบมุ่งเป้า ประเภทนักวิจัยรุ่นใหม่ ประจำปี 2554 คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง

- จรัสศรี วงศ์กำแหง วิจิต ตรีพันธ์ และ อานูภาพ ธีระกุล. 2535. การศึกษาชีวประวัติของมอดกาแฟ *Hypothenemus hampei* Ferrari. วารสารกีฏและสัตววิทยา 14(4): 224-228.
- จริยา วิสิทธิ์พานิช. 2540. แมลงศัตรูกาแฟอาราบิก้าบนที่สูงของประเทศไทย และแนวทางในการป้องกันกำจัด. หก. สมศักดิ์การพิมพ์, เชียงใหม่. 41 หน้า.
- นิธิ ไทยสันทัด ธีระเดช พรหมวงศ์ นริศ ยิ้มแย้ม วราพงษ์ บุญมา และ ประเสริฐ คำออน. 2543. การสำรวจปริมาณศัตรูพืชในระบบการปลูกกาแฟกลางแจ้งและภายใต้ร่มเงา. วารสารเกษตร 16(1): 65-77.
- บัณฑิต วาฤทธิ ขวลิต กอสมพันธ์ ยาวลักษณ์ จันทร์บาง วราพงษ์ บุญมา ประเสริฐ คำออน นิธิ

ไทยสันทัด สมบัติ ศรีชูวงศ์ และ ถาวร สุภาวงศ์. 2551. การศึกษาการระบาดและป้องกันกำจัดมอดเจาะผลกาแฟอาราบิก้าแบบผสมผสาน. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ เครือข่ายภาคเหนือ, เชียงใหม่. 40 หน้า

ยาวลักษณ์ จันทร์บาง ขวลิต กอสมพันธ์ และ สมบัติ ศรีชูวงศ์. 2552ก. การจัดการมอดเจาะผลกาแฟในกาแฟอาราบิก้าแบบผสมผสานในพื้นที่ภาคเหนือ. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปี 2552. มุลนิธิโครงการหลวง, เชียงใหม่. 22 หน้า

ยาวลักษณ์ จันทร์บาง ขวลิต กอสมพันธ์ สมบัติ ศรีชูวงศ์ และ นพรัตน์ แสงศรีจันทร์. 2553. การลดปริมาณมอดเจาะผลกาแฟด้วยกับดัก Multiple Funnel และสารล่อ “ซีเอ็มยู ซีวัน”. หน้า 466-472. ใน: รายงานการประชุมวิชาการผลงานวิจัยของมูลนิธิโครงการหลวง ประจำปี 2552 การวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูงภาคเหนือของประเทศไทย เนื่องในโอกาสครบรอบ 40 ปี มูลนิธิโครงการหลวง. 7-9 มกราคม 2553. โรงแรมดิเอ็มเพรส, เชียงใหม่.

ยาวลักษณ์ จันทร์บาง บัณฑิต วาฤทธิ ขวลิต กอสมพันธ์ วราพงษ์ บุญมา ประเสริฐ คำออน นิธิ ไทยสันทัด สมบัติ ศรีชูวงศ์ ถาวร สุภาวงศ์ และ พิชญาภา ทองมาลัย. 2552ข. การใช้กับดัก Multiple funnel ร่วมกับสารล่อในการสำรวจมอดเจาะผลกาแฟ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 40(3)(พิเศษ): 268-271.

ศูนย์คุณานิยมวิทยาภาคเหนือ. 2553. อุณหภูมิเฉลี่ย จ. เชียงใหม่. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <http://www.cmmet.tmd.go.th/index1.php>. (13 กันยายน 2553).

สำนักส่งเสริมและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6. 2553. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.ndoae.doe.go.th/Data_plant/coffice 2010.htm (13 กันยายน 2553).

อารมณ ธรรมเขต ศุภชัย ลีจันจำเนียร วิจิตร ถนอมถิน จรรยา คงอุดหนุน ดำรงศักดิ์ ดำรักษ์ ประดิษฐ์

- ชิตพงษ์ สะอาด พงษ์สุวรรณ และ ประยงค์
จึงอยู่สุข. 2526. โรคและแมลงศัตรูกาแฟกับการ
ป้องกันกำจัด. คู่มือส่งเสริมการเกษตรที่ 23.
กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพฯ. 26 หน้า.
- Barrera, J. F. 2008. Coffee pests and their
management. pp 961-998. In: J. L.
Capinera (ed.). Encyclopedia of
Entomology. Volume 1. 2nd ed. Springer,
Dordrecht, The Netherlands.
- Damon, A. 2000. A review of the biology and control
of the coffee berry borer, *Hypothenemus*
hampei (Coleoptera: Scolytidae). Bulletin of
Entomological Research 90: 453-465.
- Jaramillo, J., A. E. Bustillo, E. C. Montoya and C.
Borgemeister. 2005. Biological control of
the coffee berry borer *Hypothenemus*
hampei (Coleoptera: Curculionidae) by
Phymastichus coffea (Hymenoptera:
Eulophidae) in Colombia. Bulletin of
Entomological Research 95(5): 467-472.
- Mani, M., P. N. Ganga Visalalshy, A. Krishnamoorthy
and R. Venugopalan. 2008. Role of
Coccophagus sp. in the suppression of the
soft green scale *Coccus viridis* (Green)
(Homoptera: Coccidae) on sapota.
Biocontrol Science and Technology 18(7):
721-725.
- Murphy, S. T. 1991. Insect natural enemies of coffee
green scale (Hemiptera: Coccidae) in
Kenya and their potential for biological
control of *Coccus celatus* and *C. viridis* in
Papua New Guinea. Entomophaga 36(4):
519-529.
- Vega, F. E., F. Infante, A. Castillo and J. Jaramillo.
2009. The coffee berry borer,
Hypothenemus hampei (Ferrari)
(Coleoptera: Curculionidae): a short review,
with recent findings and future research
directions. Terrestrial Arthropod Review 2:
129-147.
- Venkatesha, M. G. and A. S. Dinesh. 2012. The
coffee white stemborer *Xylotrechus*
quadripes (Coleoptera, Cerambycidae):
bioecology, status and management.
International Journal of Tropical Insect
Science 32(4): 177-188.
- Visitpanich, J. 1994. The parasitoid wasps of the
coffee stem borer, *Xylotrechus quadripes*
Chevlorat (Coleoptera, Cerambycidae) in
Northern Thailand. Japanese Journal of
Entomology 63(3): 597-606.
- Waller, J. M., M. Bigger and R. J. Hillocks. 2007.
Coffee Pests, Diseases and Their
Management. Biddles Ltd. King's Lynn,
Norfolk. 434 p.

การควบคุมไร *Suidasia pontifica* Oudemans ในอาหารไก่ โดยใช้ฟอร์มาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพรพิโอนิก

Control of *Suidasia pontifica* Oudemans Mites in Chicken Feed Using Formaldehyde Incorporated with Propionic Acid

ฉัตรภรณ์ กุณาวงค์^{1/} เยาวลักษณ์ จันทร์บาง^{1/} ไสว บุรณพานิชพันธุ์^{1/*} และ อำมร อินทร์สังข์^{2/}
Chattraporn Kunawong^{1/}, Yaowaluk Chanbang^{1/}, Sawai Buranapanichpan^{1/*} and Ammorn Insung^{2/}

Abstract: Formaldehyde and propionic acid are additives that are often used to control bacteria (e.g. *Salmonella*) and moulds in animal feed. In a series of experiments, the effectiveness of formaldehyde incorporated with propionic acid in controlling the mite *Suidasia pontifica* (Oudemans mite) was investigated. Three hundred *S. pontifica* mite were exposed to those chemicals mixed with chicken feed for 1 and 4 weeks. Number of mite in chicken feed (untreated control) was 1,022.00 $\pm$ 388.49 and 2,924.00 $\pm$ 1,104.05 individuals per 200 g of chicken feed after 1 and 4 weeks, respectively. The result showed that chicken feed mixed with formaldehyde incorporated with propionic acid at the 0.068:0.016% was able to reduce number of mites to 416.0 $\pm$ 74.48 and 388.0 $\pm$ 46.42 individuals per 200 g of chicken feed, respectively. In experiment 2, prevention of re-infestation of *S. pontifica* mite on chicken feed was studied. *S. pontifica* mite was able to re-infest in untreated chicken feed (26.00 $\pm$ 38.27 individuals) at week 4 meanwhile, *S. pontifica* was found in chicken feed mixed with formaldehyde incorporated with propionic acid at the 0.068:0.016% (92.00 $\pm$ 31.58 individuals) and 0.136:0.032% (18.00 $\pm$ 17.74 individuals) on week 7. In a final experiment, chicken feed mixed with the various ratios of formaldehyde incorporated with propionic acid was flushed through a PVC pipe which had been artificially contaminated with *S. pontifica*. The result showed that the number of mites recovered from chicken feed treated with formaldehyde incorporated with propionic acid at 0.034:0.008, 0.068:0.016 or 0.136:0.032% (w/w) and flushed through the contaminated pipe line was 592.00 $\pm$ 54.56, 150 $\pm$ 59.28, and 12.00 $\pm$ 24.00/200g, respectively. All these treatments gave significantly lower ($P < 0.05$) mite counts compared to flushing the pipe with untreated feed where 2,590 $\pm$ 855.35 mites/200g were found.

Keywords: Formaldehyde, propionic acid, chicken feed, storage mite, *Suidasia pontifica* Oudemans

^{1/} ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

^{1/} Department of Entomology and Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

^{2/} ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 10520

^{2/} Department of Pest Management Technology, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang 10520

* Corresponding author: E-mail: sawai.b@cmu.ac.th

บทคัดย่อ: พอร์มาลดีไฮด์และกรดไพรฟิโอนิกเป็นสารเคมีที่นำมาใช้ผสมอาหารสัตว์เพื่อกำจัดจุลินทรีย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง *Salmonella* sp. ได้นำมาใช้ในการทดสอบการควบคุมไร *Suidasia pontifica* Oudemans ซึ่งเป็นศัตรูในโรงเก็บที่พบในอาหารไก่ ในการทดลองที่ 1 นำอาหารไก่ผสมพอร์มาลดีไฮด์ร่วมกับกรดไพรฟิโอนิกอัตรา 0.017:0.004; 0.034:0.008; 0.068:0.016 และ 0.136:0.032 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก หลังจากนั้นปล่อยไร *S. pontifica* ให้สัมผัสกับอาหารจำนวน 300 ตัว ต่ออาหารไก่ 200 กรัม พบว่า ในชุดควบคุมไร *S. pontifica* สามารถเพิ่มจำนวนได้ 1,022.00 $\pm$ 388.49 ตัว และ 2,924.00 $\pm$ 1,104.05 ตัว ตามลำดับ หลังปล่อยไรเป็นเวลา 1 และ 4 สัปดาห์ ตามลำดับ อาหารไก่ผสมพอร์มาลดีไฮด์ร่วมกับกรดไพรฟิโอนิกที่ระดับความเข้มข้น 0.068:0.016 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มีผลทำให้จำนวนไรลดลงเหลือ 416.00 $\pm$ 74.48 ตัว และ 388.00 $\pm$ 46.42 ตัว ต่ออาหารไก่ 200 กรัม ตามลำดับ ในการทดลองที่ 2 การป้องกันไร *S. pontifica* เข้าทำลาย (re-infestation) อาหารไก่ที่ผสมพอร์มาลดีไฮด์ร่วมกับกรดไพรฟิโอนิก พบว่าในชุดควบคุมไรเข้าทำลายอาหารไก่ในสัปดาห์ที่ 4 มีจำนวนเฉลี่ย 26.00 $\pm$ 31.58 ตัว ส่วนอาหารไก่ผสมพอร์มาลดีไฮด์ร่วมกับกรดไพรฟิโอนิก อัตรา 0.068:0.016 และ 0.136:0.032 เปอร์เซ็นต์ พบไรเข้าทำลาย ในสัปดาห์ที่ 7 มีปริมาณไร 92.00 $\pm$ 38.27 และ 18.00 $\pm$ 17.74 ตัว ตามลำดับ มีผลทำให้การเข้าทำลายซ้ำของไรช้าลง และในการทดลองที่ 3 ได้นำอาหารไก่ผสมพอร์มาลดีไฮด์ร่วมกับกรดไพรฟิโอนิก ในการทำความสะอาดท่อลำเลียงอาหารจำลองที่ประยุกต์การปนเปื้อนของไรจากท่อ PVC พบว่า ปริมาณไร *S. pontifica* ในกรรมวิธีที่ใช้พอร์มาลดีไฮด์ร่วมกับกรดไพรฟิโอนิกผสมกับอาหารไก่อัตรา 0.034:0.008 เปอร์เซ็นต์ (592.00 $\pm$ 54.65 ตัว), 0.068:0.016 เปอร์เซ็นต์ (150.00 $\pm$ 59.28 ตัว) และ 0.136:0.032 เปอร์เซ็นต์ (12.00 $\pm$ 24.00 ตัว) แตกต่างจากไรที่ปนเปื้อนในท่อลำเลียงในชุดควบคุม (2,590.00 $\pm$ 855.35 ตัว) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: พอร์มาลดีไฮด์ กรดไพรฟิโอนิก อาหารไก่ ไรในโรงเก็บ *Suidasia pontifica* Oudemans

คำนำ

ไรส่วนใหญ่ที่มีความสำคัญต่อการเก็บผลผลิตในโรงเก็บจะอยู่ใน อันดับย่อย Acaridida โดยเฉพาะอย่างยิ่งใน วงศ์ (family) Acaridae ซึ่งไรในวงศ์นี้ จัดเป็นไรที่ทำความเสียหายให้กับผลผลิตในโรงเก็บมากที่สุด โดยสามารถเพิ่มปริมาณและขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็วเมื่อมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ไรศัตรูโรงเก็บ พลอยชมพู และคณะ (2553) รายงานว่าไรศัตรูโรงเก็บในประเทศไทย พบ ไรทั้งสิ้น 38 ชนิด 12 วงศ์ เป็นไรศัตรูในโรงเก็บและผลิตผลทางการเกษตรรวมทั้งสิ้น 23 ชนิด 4 วงศ์ ได้แก่ Eriophyidae 1 ชนิด วงศ์ Acaridae 15 ชนิด Histiotomidae 1 ชนิด และวงศ์ Glycyphagidae 6 ชนิด ส่วนที่เหลืออีก 13 ชนิด 8 วงศ์ เป็นไรศัตรูธรรมชาติ โดยพบว่าไรศัตรูในโรงเก็บชนิดที่มีความสำคัญได้แก่ *Aceria tulipae* (Keifer) พบในหัวหอมและกระเทียมทั้งในสภาพไร่ และหลังการเก็บเกี่ยว ไร *Tyrophagus communis* Fan&Zhang *Tyrophagus javensis* (Oudemans) *Tyrophagus robertsonae* Lynch พบในหัวหอม

กระเทียมและเมล็ดธัญพืช ไร *Lardoglyphus konoi* (Sasa and Asanuma) พบในผลิตภัณฑ์อาหารทะเลตากแห้ง เช่น ปลาหมึกแห้ง ปลาแห้ง ฯ นอกจากนี้ไร *Suidasia pontifica* Oudemans พบระบาดเสมอในโรงงานอาหารสัตว์และผลิตภัณฑ์อาหารทะเลตากแห้ง

ความเสียหายที่เกิดขึ้นจากไรกัดกินเปลือกที่หุ้มเมล็ด แล้วเข้าไปกินเอ็มบริโอ ของเมล็ด ทำให้เมล็ดสูญเสียความงอก ของเสียและคราบของไรที่อาศัยอยู่ในแป้ง เมล็ดพืช หรือสิ่งของนั้น ๆ ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นหืน ไม่สามารถนำไปบริโภคได้ นอกจากนี้ไรสามารถเป็นตัวแพร่เชื้อราและแบคทีเรีย ซึ่งสร้างความเสียหายให้กับผลผลิตที่เก็บรักษาในโรงเก็บเป็นจำนวนมาก การเข้าทำลายอย่างรุนแรงของไรศัตรูโรงเก็บบนผลผลิตที่กองซ้อนกันบนพื้นของโรงเก็บ จะปล่อยกลิ่นคล้ายกลิ่นมะนาวออกมาจึงเป็นชื่อที่เรียกไรชนิดนี้ว่า Lemon-scented mite (Department of Agriculture, Fisheries and Forestry, 2010)

ไรในโรงเก็บหรือไรผิวย่น *Suidasia pontifica* เป็นไรศัตรูกระเทียมที่พบมากในประเทศไทย พบได้ใน

อาหารสัตว์ เมล็ดทานตะวัน ปลาแห้ง ถั่วลิสงดิบ อาหารเสริมสำหรับสัตว์ และงาขาว ไรชนิดนี้มีผิวย่น ลำตัวเป็นรูปไข่ค่อนข้างยาว มีสีขาว หรือครีม ผิวของลำตัวมีรอยย่นแตกเป็นช่อง ๆ คล้ายรูปเซลล์เรียงต่อกัน ไรชนิดนี้เข้าทำลายผลผลิตที่เก็บในโรงเก็บจนเกิดความเสียหายทั้งปริมาณและคุณภาพ ตลอดจนเป็นพาหะนำเชื้อราเข้าทำลายในผลผลิตการเกษตรและในผลิตภัณฑ์อาหารแห้งชนิดต่าง ๆ ที่เก็บไว้รอการบริโภค ทำให้เกิดเป็นอันตรายแก่ผู้บริโภคได้ (จรงค์ศักดิ์ และอำมร, 2555) นอกจากนี้ยังพบว่าไรชนิดนี้สามารถเจริญเติบโตในหูของมนุษย์ จนทำให้เกิดอาการปวดหูได้อีกด้วย (Ho and Wu, 2002)

ต้นทุนการผลิตอาหารสัตว์มีค่าใช้จ่ายถึง 50-80 เปอร์เซ็นต์ เป็นเหตุให้การเลี้ยงสัตว์จำเป็นต้องซื้อวัตถุดิบที่ผลิตอาหารสัตว์มาเก็บไว้ โดยเฉพาะในช่วงที่วัตถุดิบมีราคาสูง ซึ่งการเก็บไว้เป็นเวลานาน อาจทำให้อาหารสัตว์เกิดความไม่ปลอดภัย อาจมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ต่าง ๆ ได้แก่ การปนเปื้อนเชื้อรา เชื้อแบคทีเรีย และการปนเปื้อนหรือตกค้างของยาหรือสารเคมี เช่น สารกำจัดแมลง และสารกำจัดศัตรูพืชอื่น ๆ เนื่องจากแมลงและไรศัตรูผลผลิตในโรงเก็บจัดเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลผลิตมีการปนเปื้อนเชื้อรา และส่งผลให้ค่าความชื้นของวัตถุดิบมีการเพิ่มมากขึ้นได้ (Rees, 1995) ปัจจุบันอาหารสัตว์มีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของสัตว์จึงจำเป็นต้องมีการควบคุมคุณภาพของอาหารสัตว์ มีการเก็บรักษาอาหารสัตว์ที่ดี เป็นสัดส่วน เพื่อให้อาหารสัตว์นั้นมีคุณภาพและไม่ปนเปื้อนกับสิ่งที่อาจเป็นพิษหรืออาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสัตว์ การถนอมคุณภาพอาหารสัตว์อาจทำได้หลายวิธี เช่น การทำให้อาหารแห้ง การนำอาหารสัตว์ไปแช่แข็ง และการเก็บรักษาไว้ในที่มีอุณหภูมิต่ำ ส่วนการใช้สารเคมีที่มีคุณสมบัติสามารถรับประทานได้ในอัตราส่วนที่กำหนด คือ organic acids acetic, lactic, propionic, sorbic และ benzoic acids (พันทิพา, 2542)

สำหรับวิธีการป้องกันกำจัดไรศัตรูโรงเก็บ ในประเทศไทยยังไม่ได้มีการกำหนดมาตรการให้ชัดเจน ส่งผลให้เกษตรกร กลุ่มผู้จำหน่ายอาหาร และบริษัทผลิตอาหารสัตว์ยังประสบปัญหาในการป้องกันกำจัดไรศัตรูโรงเก็บ (อำมร และจรงค์ศักดิ์, 2553) ในการป้องกันกำจัด

แมลง และไรศัตรูโรงเก็บ การรักษาความสะอาดเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถช่วยลดการสะสมแมลงและไรได้ วิธีการทำความสะอาดโรงงานผลิตอาหารในบริเวณที่ไม่มี การถอดชิ้นส่วนของอุปกรณ์ที่ต่อเป็นสายการผลิต หรือเรียกว่า clean in place (CIP) จำเป็นต้องใช้วัสดุบางอย่างเข้าไปทำความสะอาดภายใน ซึ่งเป็นระบบการทำความสะอาด อุปกรณ์แปรรูปอาหารที่ต่อกันเป็นสายการผลิต หรือ เครื่องจักรแต่ละตัว แบบอัตโนมัติ โดยไม่ต้องถอดชิ้นส่วนต่าง ๆ ของอุปกรณ์ออกจากกัน ประกอบกับโรงงานผลิตอาหารสัตว์มีการเดินเครื่องจักรตลอด 24 ชั่วโมง ดังนั้นการทำความสะอาดอาจใช้วัตถุดิบที่ผลิตอาหารผสมกับฟอร์มาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพรพิโอนิก 0.5-1.0 เปอร์เซ็นต์ หรือกรดธรรมชาติอื่น ๆ เช่น กรดฟอริก เพื่อลดการปนเปื้อนจุลินทรีย์ หรือใช้สารผสมระหว่างกรดดังกล่าวนำมาผสมกับอาหารสัตว์ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปมาแล้ว

ฟอร์มาลดีไฮด์ หรือ ฟอร์มาลิน (Formaldehyde or Formalin) ในทางการแพทย์ใช้ฆ่าเชื้อโรค (germicide) และฆ่าเชื้อรา (fungicide) นอกจากนี้ยังมีการนำมาใช้เป็นสารกันบูด (preservative) ที่ความเข้มข้นประมาณ 0.004 เปอร์เซ็นต์ จะช่วยป้องกันการขึ้นราในการเก็บรักษาข้าวสาลี หรือป้องกันการเน่าเสียในพวกข้าวโอ๊ตหลังจากเก็บเกี่ยว ในอาหารสัตว์ฟอร์มาลดีไฮด์นำมาใช้ผสมกับอาหารสัตว์ เพื่อกำจัดแบคทีเรีย *Salmonella* sp. สามารถนำมาใช้ในอาหารสัตว์ได้ในอัตรา 660 mg/kg เป็นสารที่มีการสลายตัวในธรรมชาติได้อย่างรวดเร็ว (European Commission, 2002) และใช้เพื่อป้องกันแมลงในธัญพืชหลังการเก็บเกี่ยว (กระทรวงสาธารณสุข, มปป.) รวมทั้งใช้เป็นสารรมควัน (fumigant) เพื่อกำจัดแมลงในโรงเก็บ และโกดังเก็บของ (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข, 2544)

กรดโพรพิโอนิก (propionic acid) เป็นสารถนอมคุณภาพอาหารสัตว์ ยับยั้งเชื้อราในอาหารสัตว์ทุกชนิด (กรมปศุสัตว์, 2548) กรดโพรพิโอนิก มีสูตรโมเลกุลคือ $C_3H_6O_2$ เป็นของเหลว ไม่มีสี กลิ่นฉุน ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ ใช้เป็นสารเติมแต่งอาหาร กรดโพรพิโอนิกมีคุณสมบัติต่างจากวัตถุดิบเสียอื่น เช่น เบนโซเอต และซอร์เบต คือสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย

และรา ได้ดีกว่ายีสต์ กรดโพรพิโอนิกเป็นกรดอินทรีย์ที่พบตามธรรมชาติในผลไม้และพืชบางชนิด เช่น แอปเปิ้ล สตรอเบอร์รี่ และชา มีคุณสมบัติเด่นคือ มีกลิ่นแรง และกักคร่อน จึงนิยมใช้ในรูปแบบของเกลือโซเดียมโพรพิโอเนต (sodium propionate) หรือแคลเซียมโพรพิโอเนต (calcium propionate) มากกว่า ใช้ในการป้องกันเชื้อราและลักษณะที่เป็นเมือกในขนมปัง อีกทั้งใช้ในการควบคุมการเจริญของเชื้อราในเนยแข็ง ช็อกโกแลต ผัก ผลไม้ คุณก็และน้ำตาลปีบ การยับยั้งเชื้อราของเกลือโพรพิโอเนตจะให้ผลดีที่ pH 3.5-4.5 (ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 8, 2553) ในการกำหนดปริมาณการใช้กรดโพรพิโอนิกประเภทสารถนอมคุณภาพอาหารสัตว์ คือ ให้ใช้ได้ไม่เกิน 0.1 เปอร์เซ็นต์ (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2539)

จากคุณสมบัติของฟอर्मาลดีไฮด์และกรดธรรมชาติดังกล่าวที่นำมาใช้ในการยับยั้งเชื้อราและแบคทีเรียในอาหารสัตว์ จึงมีสมมติฐานว่าการใช้กรดธรรมชาติอาจจะมีผลในการควบคุมไรที่เป็นศัตรูของวัตถุดิบนำมาทำอาหารสัตว์ ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาอัตราส่วนของกรดธรรมชาติและระยะเวลาที่เหมาะสมในการป้องกันกำจัดไร *S. pontifica* อย่างสมบูรณ์ 2) ศึกษาการเข้าทำลายของไร *S. pontifica* ในอาหารไก่ที่ผสมกรดธรรมชาติในอัตราส่วนต่าง ๆ และ 3) การป้องกันการแพร่กระจายของไรที่เกิดจากปนเปื้อนในขณะลำเลียงอาหารไก่ผ่านระบบท่อลำเลียงด้วยกรดธรรมชาติ

อุปกรณ์และวิธีการ

การเลี้ยงและการเพิ่มปริมาณไร *S. pontifica*

นำไรศัตรูโรงเก็บ *S. pontifica* ที่ปนเปื้อนในอาหารเลี้ยงสัตว์มาเลี้ยงเพิ่มปริมาณในอาหารไก่ผสมยีสต์ในอัตราส่วน 10:1 ทำการเพาะเลี้ยงไรในขวดโหลแก้วขนาดบรรจุ 500 มิลลิลิตร ที่บรรจุอาหารไก่ 300 กรัม ปิดฝาด้วยกระดาษแบบหนา นำมาวางบนภาชนะที่มีน้ำผสมสารโพรพิลีนไกลคอล ในอัตราส่วน 10:1 เพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากไรในแหล่งอื่น จากนั้นนำตัวเต็มวัยของไรใส่ลงในขวดโหลแก้วที่เตรียมไว้ประมาณ 1,000 ตัวต่อขวด เพื่อให้ไรมีการผสมพันธุ์และวางไข่ เป็นเวลา 10 วัน ตัด

กระดาษขนาดกว้าง 2 เซนติเมตร ยาว 2 เซนติเมตร ใส่ลงไปในขวดโหลแก้วที่มีไร ทั้งนี้เป็นเวลา 1 วัน ไรตัวเต็มวัยจะเดินขึ้นมานบนกระดาษ จากนั้นทำการย้ายกระดาษที่มีไรตัวอ่อนใส่ในขวดโหลแก้วที่บรรจุอาหารสัตว์ใหม่ เพื่อให้ได้ไรที่มีอายุใกล้เคียงกัน

การศึกษาความเข้มข้นของฟอर्मาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพรพิโอนิกที่เหมาะสมในการยับยั้งไร *S.*

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับความเข้มข้นของสารผสมฟอर्मาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพรพิโอนิก ที่สามารถกำจัดไรได้เมื่อไรมีการสัมผัสกับอาหารที่ผสมกับสารผสมฟอर्मาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพรพิโอนิกโดยตรง โดยนำไรตัวเต็มวัยจำนวน 300 ตัว ใส่ในอาหารไก่ ปริมาณ 200 กรัม ที่ผสมกับสารผสมฟอर्मาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพรพิโอนิก (formaldehyde 17% w/w และ propionic acid 4% w/w, Pink Powder™, P.V.T. Manufacturing Co., Ltd. นนทบุรี ประเทศไทย) ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ดังนี้ 0.017:0.004, 0.034:0.008, 0.068:0.016 และ 0.136:0.032 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักตามลำดับ เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่อาหารไก่ไม่ได้ผสมสารผสมฟอर्मาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพรพิโอนิก แต่ละกรรมวิธี ทำการทดลอง 4 ซ้ำ ระยะเวลา 7 วัน และ 1 เดือน หลังการเก็บรักษา ทำการบันทึกผลโดยใช้วิธีสุ่มย่อย (subsampling) โดยแบ่งตัวอย่างอาหารไก่ออกเป็น 1/8 ส่วนคิดเป็นอาหารไก่จำนวน 25 กรัม จากขนาดตัวอย่างอาหารไก่ 200 กรัม จากนั้นนับจำนวนไรทั้งหมด เปรียบเทียบจำนวนไรหลังจากไรสัมผัสอาหารไก่ที่ผสมฟอर्मาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพรพิโอนิกเป็นเวลา 7 วัน และ 1 เดือน นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวนแล้ว เปรียบเทียบความแตกต่างเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การตายของไรโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) และเปรียบเทียบการเพิ่มปริมาณของไรในรุ่นถัดไปจากการตรวจนับปริมาณไรที่รอดชีวิตในระยะเวลา 1 เดือน

การศึกษาการเข้าทำลายของไร *S. pontifica* ในอาหารไก่ที่ผสมฟอर्मาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพรพิโอนิกในความเข้มข้นที่เหมาะสม

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพธิ์ฟิโอนิกที่เหมาะสมในการป้องกันไรเข้าทำลายอาหารไก่ โดยประเมินจากระยะเวลาที่อาหารไก่ผสมฟอร์มาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพธิ์ฟิโอนิก มีไรเข้าทำลาย หลังจากการเริ่มต้นผสมอาหารไก่กับสารผสมฟอร์มาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพธิ์ฟิโอนิกจากนั้นทำการประเมินทุก 7 วัน รวมระยะเวลา 3 เดือน โดยเตรียมอาหารไก่ 200 กรัม ผสมกับสารผสมฟอร์มาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพธิ์ฟิโอนิก ในอัตรา 0.017:0.004, 0.034:0.008, 0.068:0.016 และ 0.136:0.032 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ทุกกรรมวิธี (ความเข้มข้น) ทำ 4 ซ้ำ แต่ละกรรมวิธีเตรียมไว้สำหรับการตรวจนับไรเพียงครั้งเดียวในแต่ละช่วงเวลา โดยใช้วิธีสุ่มย่อย (subsampling) โดยแบ่งตัวอย่างอาหารไก่ออกเป็น 1/8 ส่วนจากนั้นนับจำนวนไรทั้งหมดในอาหารไก่จำนวน 25 กรัม กรรมวิธีที่ถูกนับไรแล้วจะไม่นำกลับมานับอีก ทุกกรรมวิธีทำในสภาพห้องปฏิบัติการ ที่อุณหภูมิระหว่าง 28-32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวนแล้วเปรียบเทียบความแตกต่างเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ของจำนวนไรที่พบในอาหารไก่ โดยวิธี Least Significant Difference (LSD)

การศึกษาการป้องกันการกระจายตัวของไร *S. pontifica* ที่ปนเปื้อนในทอลำเลียงอาหารไก่แบบจำลองด้วยสารผสมฟอร์มาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพธิ์ฟิโอนิก

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์ที่ศึกษาการป้องกันการกระจายตัวของไร ที่อาจปนเปื้อนติดไปกับทอลำเลียง โดยใช้อาหารไก่ผสมกับสารผสมฟอร์มาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพธิ์ฟิโอนิกส่งผ่านทอลำเลียง เพื่อทำความสะอาดและกำจัดไรออกจากทอลำเลียง โดยการจำลองสถานการณ์การปนเปื้อนด้วยการนำอาหารไก่ 200 กรัม ที่มีไรปะปนอยู่ประมาณ 1,000 ตัว ใส่ลงในทอลำเลียง ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว ความยาว 2 เมตร มีข้อต่องอ ปิดฝาเพื่อให้นิท แล้วเขย่าให้อาหารไก่กระจายอยู่ทั่วทอลำเลียงเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นเทอาหารไก่ออกจากทอลำเลียง นำอาหารไก่ชุดใหม่ 2,400 กรัม ผสม

ฟอร์มาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพธิ์ฟิโอนิก (คล้ายกับการ flush หรือการทำความสะอาดทอลำเลียง) มาผ่านท่อที่มีการปนเปื้อนไร จากนั้นนำอาหารไก่ผสมกับสารผสมฟอร์มาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพธิ์ฟิโอนิก ที่ผ่านทอลำเลียงไปเก็บไว้ในห้องปฏิบัติการเป็นเวลา 7 วัน จึงตรวจนับปริมาณไรทุก ๆ สัปดาห์ โดยใช้วิธีสุ่มย่อย (subsampling) แบ่งตัวอย่างอาหารไก่ออกเป็น 1/8 ส่วน จากนั้นนับจำนวนไรทั้งหมดทั้งเป็นและตายในอาหารไก่จำนวน 25 กรัม ทำการทดลอง 4 ซ้ำ วิเคราะห์ปัจจัยของความเข้มข้นของสารผสมฟอร์มาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพธิ์ฟิโอนิก (5 ระดับความเข้มข้น 0.00:0.00, 0.017:0.004, 0.034:0.008, 0.068:0.016 และ 0.136:0.032 เปอร์เซ็นต์) แบบ measurement over time ซึ่งใช้ระยะเวลาในการตรวจนับแมลงทุกสัปดาห์ ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 หลังจากทดลองจนกระทั่งครบ 12 สัปดาห์ นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวนแล้วเปรียบเทียบความแตกต่างเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ของจำนวนไรที่พบในอาหารไก่ โดยวิธี Least Significant Difference (LSD)

ผลและวิจารณ์

การศึกษาความเข้มข้นของสารผสมฟอร์มาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพธิ์ฟิโอนิกที่เหมาะสมในการยับยั้งการเพิ่มปริมาณไร *S. pontifica*

ปริมาณไรในอาหารไก่ จำนวน 300 ตัว สามารถเพิ่มปริมาณเป็น 1,022 ตัวต่ออาหารไก่ 200 กรัม ในช่วงเวลา 1 สัปดาห์ และเพิ่มจำนวนเป็น 2,924 ตัว ในช่วงเวลา 4 สัปดาห์ การใช้ฟอร์มาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพธิ์ฟิโอนิกผสมอาหารไก่ในกรรมวิธีต่าง ๆ ให้ผลในการยับยั้งการเพิ่มปริมาณไรแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพธิ์ฟิโอนิกที่ 0.017:0.004 และ 0.034:0.008 เปอร์เซ็นต์ พบว่าที่ระยะเวลา 1 สัปดาห์ มีปริมาณไร 612 และ 484 ตัวต่ออาหารไก่ 200 กรัม ตามลำดับ ไม่แตกต่างจากชุดควบคุม แต่ที่ระดับ 0.068:0.016 และ 0.136:0.032 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไรเพิ่มปริมาณแตกต่างจากชุดควบคุม เมื่อเก็บรักษาอาหารไก่เป็นเวลา 4 สัปดาห์ สารผสมฟอร์มาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพธิ์ฟิโอนิก 0.017:0.004

เปอร์เซ็นต์ มีผลยับยั้งไร การลดปริมาณไรลงเหลือ 1,140 ตัวต่ออาหารไก่ 200 กรัม แตกต่างจากชุดควบคุม (2,924 ตัวต่อ 200 กรัม) และเมื่อปริมาณสารผสมฟอร์มาลดีไฮด์ ร่วมกับกรดโพธิ์ฟิโอนิกเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ ปริมาณไร แตกต่างจากชุดควบคุม (ตารางที่ 1)

ศึกษาการเข้าทำลายของไร *S. pontifica* ในอาหารไก่ที่ผสมฟอร์มาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพธิ์ฟิโอนิกในความเข้มข้นที่เหมาะสม

การใช้กรดธรรมชาติที่ประกอบไปด้วย ฟอร์มาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพธิ์ฟิโอนิกในกรรมวิธี (ความเข้มข้น) ต่าง ๆ มีผลทำให้จำนวนไรเข้าทำลายอาหารไก่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ระยะเวลาที่เก็บรักษาอาหารไก่มีผลต่อจำนวนไรในอาหารไก่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในช่วงเวลา 3 สัปดาห์แรกไม่พบไรในอาหารไก่ชุดควบคุม (untreated control) เริ่มพบไรในสัปดาห์ที่ 4 จำนวนเฉลี่ย 26.00 ± 31.58 ตัว ของการศึกษาและเพิ่มจำนวนมากขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บอาหารไก่อยาวนานขึ้น ที่ระดับความเข้มข้น 0.017:0.004 และ 0.034:0.008 เปอร์เซ็นต์ ไรมีการเพิ่มจำนวนในสัปดาห์ที่ 4 เช่นกัน ส่วนกรรมวิธีที่อาหารไก่ผสมฟอร์มาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพธิ์ฟิโอนิก 0.068:0.016 และ 0.136:0.032 เปอร์เซ็นต์ พบการเพิ่มจำนวนของไรในสัปดาห์ที่ 7 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า อาหารไก่ผสมฟอร์มาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพธิ์ฟิโอนิกมีผลต่อการเพิ่มจำนวนของไร (ตารางที่ 2)

ศึกษาการแพร่กระจายของไรที่เกิดจากปนเปื้อนในขณะล้าเลียงอาหารไก่ผ่านระบบท่อล้าเลียงด้วยฟอร์มาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพธิ์ฟิโอนิก

ในสัปดาห์แรกหลังจากใช้อาหารไก่ผสมสารผสมฟอร์มาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพธิ์ฟิโอนิกในอัตราส่วนต่าง ๆ ทำความสะอาดท่อล้าเลียง ไม่พบจำนวนไรในชุดควบคุม และในอาหารไก่ผสมฟอร์มาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพธิ์ฟิโอนิกที่ความเข้มข้น 0.068:0.016 เปอร์เซ็นต์ และ 0.136:0.032 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่ความเข้มข้น 0.017:0.004 เปอร์เซ็นต์ และ 0.034:0.008 เปอร์เซ็นต์ พบไร 2 และ 24 ตัว ตามลำดับ ซึ่งจำนวนไรที่พบในสัปดาห์แรกไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และไรเริ่มเพิ่มจำนวนขึ้นเรื่อย ๆ ตามระยะเวลาที่ผ่านไป หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์พบว่าในอาหารไก่ที่ผสมฟอร์มาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพธิ์ฟิโอนิกที่ความเข้มข้น 0.136:0.032 เปอร์เซ็นต์ พบจำนวนไรน้อยที่สุด คือ 30 ตัว รองลงมาคือความเข้มข้นที่ 0.068:0.016 เปอร์เซ็นต์ พบไร 78 ตัว ส่วนที่ความเข้มข้น 0.017:0.004, 0.034:0.008 เปอร์เซ็นต์ และชุดควบคุม พบไร 318, 330 และ 536 ตัว ตามลำดับ หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 8 สัปดาห์พบว่า ในอาหารไก่ที่ได้ผสมฟอร์มาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพธิ์ฟิโอนิกที่ความเข้มข้น 0.136:0.032 เปอร์เซ็นต์ พบจำนวนไรน้อยที่สุด คือ 108 ตัว รองลงมาได้แก่ที่ความเข้มข้น 0.068:0.016 เปอร์เซ็นต์ พบ 612 ตัว ส่วนที่ความเข้มข้น 0.034:0.008, 0.017:0.004 เปอร์เซ็นต์ และชุดควบคุม จำนวนไรเท่ากับ 1,268, 3,128 และ 5,164 ตัว ตามลำดับ และหลังจากเก็บ

Table 1 Number of *Suidasia pontifica* Oudemans mite in chicken feed initially spiked with 300 mites and treated with formaldehyde and propionic acid and stored for 1 week and 4 weeks

Treatment	Average number of mites found in 200 g. chicken feed				
	Control	0.017:0.004*	0.034:0.008	0.068:0.016	0.136:0.032
1 week after treatment	1,022.0 $\pm$ 338.49 ^{1/bc}	612.0 $\pm$ 85.29 ^{bcd}	484.0 $\pm$ 63.50 ^{cd}	416.0 $\pm$ 74.48 ^d	352.0 $\pm$ 77.01 ^d
4 weeks after treatment	2,924.0 $\pm$ 1104.05 ^a	1,140.0 $\pm$ 318.16 ^b	600.0 $\pm$ 52.66 ^{bcd}	426.0 $\pm$ 67.05 ^d	388.0 $\pm$ 46.42 ^d

^{1/} Means in the same row and column followed by the same letter are not significantly different at $P < 0.05$.

* formaldehyde:propionic acid (% w/w)

Table 2 Number of *S. pontifica* mites found in 200 g of initially uninfected chicken feed when stored for up to 3 months

Time (week)	Average number of mites found in 200 g. chicken feed				
	control	0.017:0.004*	0.034:0.008	0.068:0.016	0.136:0.032
1	0.0 ^{1/p}	0.0 ^p	0.0 ^p	0.0 ^p	0.0 ^p
2	0.0 ^p	0.0 ^p	0.0 ^p	0.0 ^p	0.0 ^p
3	0.0 ^p	0.0 ^p	0.0 ^p	0.0 ^p	0.0 ^p
4	26.0 ±31.58 ^p	4.0 ±8.00 ^p	10.0 ±20.00 ^p	0.0 ^p	0.0 ^p
5	648.0 ±184.17 ^{nop}	58.0 ±26.43 ^p	64.0 ±43.82 ^p	0.0 ^p	0.0 ^p
6	896.0 ±291.17 ^{nop}	98.0 ±32.25 ^{op}	60.0 ±37.24 ^p	0.0 ^p	0.0 ^p
7	2,156.0 ±798.97 ^m	696.0 ±340.60 ^{nop}	28.0 ±325.91 ^{nop}	92.0 ±38.37 ^{op}	18.0 ±17.74 ^p
8	7,438.0 ±1111.75 ^g	5,092.0 ±1248.90 ⁱ	3,160.0 ±411.72 ^{ikl}	716.0 ±207.85 ^{nop}	304.0 ±98.41 ^{nop}
9	8,910.0 ±1009.64 ^e	5,888.0 ±763.12 ^{hi}	3,822.0 ±238.88 ^j	994.0 ±198.81 ^{no}	450.0 ±68.31 ^{nop}
10	12,312.0 ±863.68 ^c	6,688.0 ±435.74 ^{gh}	5,826.0 ±756.17 ^{hi}	2,722.0 ±374.06 ^{klm}	702.0 ±105.20 ^{nop}
11	14,748.0 ±1302.49 ^b	8,040.0 ±318.06 ^{ef}	6,590.0 ±522.41 ^{gh}	3,252.0 ±454.08 ^{lk}	1,050.0 ±148.43 ⁿ
12	22,814.0 ±1482.91 ^a	12,670.0 ±2792.06 ^c	10,580.0 ±2264.80 ^d	6,718.0 ±1086.18 ^{gh}	2,296.0 ±283.45 ^{lm}

^{1/} Means in the same row and column followed by the same letter are not significantly different at $P < 0.05$

* formaldehyde:propionic acid (% w/w)

รักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า ในอาหารไก่ที่ผสมฟอร์มาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพรพิโอนิก ที่ความเข้มข้น 0.136:0.032 เปอร์เซ็นต์ พบจำนวนไรน้อยที่สุด คือ 766 ตัว รองลงมาได้แก่ที่ความเข้มข้น 0.068:0.016 เปอร์เซ็นต์ พบ 2,780 ตัว ส่วนที่ความเข้มข้น 0.034:0.008, 0.017:0.004 เปอร์เซ็นต์ และชุดควบคุม พบไร 5,536, 8,648 และ 17,042 ตัว ตามลำดับ ซึ่งต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 3) ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Collins (2006) ที่ได้รายงานว่ ในข้าวสาลีผสมกรดโพรพิโอนิกในอัตรา 0.5-0.8 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีอัตราการตายของ *Acarus siro* 100 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ในการเสริมกรดโพรพิโอนิกในอาหารสัตว์นั้นยังพบว่าสามารถช่วยป้องกันแมลงชนิดอื่นได้อีกด้วย โดยมีผลการศึกษาของ Nattudurai *et al.* (2012) พบว่า เมื่อผสมสารเบนซาลดีไฮด์ กับกรดโพรพิโอนิก ทำให้มีอัตราการตายของมอดแป้งระยะตัวเต็มวัย 99.3 เปอร์เซ็นต์ หลังจากกรมเป็นเวลา 15 วัน และกรดโพรพิโอนิกยังสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา

และยีสต์ ที่อาจก่อปัญหาให้เกิดความเสียหายในธุรกิจอาหารสัตว์ จึงมีการใช้กรดโพรพิโอนิกเพื่อเก็บรักษาเมล็ดที่ความชื้นสูงได้อีกด้วย (Collins, 2006) และ Tursun *et al.* (2011) ได้ศึกษาความเป็นพิษของสารฟอร์มาลดีไฮด์กับแมลงหวี่ *Drosophila melanogaster* โดยแสดงให้เห็นว่าการปนเปื้อนของสารฟอร์มาลดีไฮด์ที่ 0.25 เปอร์เซ็นต์ หรือ 0.50 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้น้ำหนักตัวของหนอนวัย 3 และตัวเต็มวัยทั้งเพศผู้และเพศเมียลดลง ฟอร์มาลดีไฮด์อาจยับยั้งการเจริญเติบโตของตัวอ่อนและตัวเต็มวัยชะลอการพัฒนาของตัวอ่อนแมลงหวี่ ทำให้ใช้ระยะเวลาการเจริญเติบโตนานขึ้น และมีผลกระทบต่อการบินของแมลงหวี่ นอกจากนี้ ความเป็นพิษของกรดโพรพิโอนิกพบว่ามีผลต่อ *S. granaries* ซึ่งเป็นแมลงศัตรูที่สำคัญของข้าวสาลี เมื่อได้รับกรดนี้จะมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณของแมลงได้ และพบแมลงเหลือรอดเพียง 1.3 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ ในข้าวสาลีที่คลุกด้วยโพรพิโอนิก 0.5 และ 0.7 เปอร์เซ็นต์ และไม่พบแมลงในรุ่นลูกเลยถ้ามีการใช้กรดโพรพิโอนิกเข้มข้นถึง 1 เปอร์เซ็นต์ (Lorenz *et al.*, 2010)

Table 3 Number of *S. pontifica* mites found in 200 g chicken feed following flushing of a mite-infested processing pipe line with chicken feed containing different concentrations of formaldehyde and propionic acid

Time (week)	Average number of mites found in different concentrations (percent)				
	Control	0.017:0.004*	0.034:0.008	0.068:0.016	0.136:0.032
1	0.0 ^{1/o}	2.0 ±23.55 ^o	24.0±23.55 ^o	0.0 ^o	0.0 ^o
2	0.0 ^o	30.0 ±13.66 ^o	36.0±29.57 ^o	10.0 ±15.14 ^o	0.0 ^o
3	556.0 ±158.59 ^{no}	364.0 ±100.88 ^{no}	628.0±116.21 ^{no}	10.0 ±15.14 ^o	6.0 ±24.00 ^o
4	536.0 ±204.38 ^{no}	318.0 ±87.97 ^{no}	330.0±77.94 ^{no}	78.0 ±40.99 ^o	30.0 ±10.07 ^o
5	2,590.0 ±855.35 ^{ijk}	1,294.0 ±397.67 ^{klmno}	592.0±54.65 ^{no}	150.0 ±59.28 ^{no}	12.0 ±24.00 ^o
6	3,328.0 ±561.64 ^{hi}	1,374.0 ±381.23 ^{klmno}	668.0±33.63 ^{no}	140.0 ±33.63 ^{no}	28.0 ±24.87 ^o
7	4,572.0 ±505.23 ^{lgh}	2,314.0 ±484.09 ^{ijkl}	876.0±87.76 ^{lmno}	378.0 ±126.72 ^{no}	90.0 ±43.51 ^o
8	5,164.0 ±732.88 ^{efg}	3,128.0 ±162.78 ^{hij}	1,268.0±128.08 ^{klmno}	612.0 ±86.04 ^{no}	108.0 ±27.33 ^o
9	5,742.0 ±1122.20 ^{ef}	3,496.0 ±277.21 ^{hi}	1,446.0±193.15 ^{klmno}	726.0 ±79.30 ^{mno}	142.0 ±30.90 ^{no}
10	7,396.0 ±1420.65 ^{cd}	3,760.0 ±365.27 ^{ghi}	1,650.0±219.81 ^{klmn}	950.0 ±189.81 ^{lmno}	190.0 ±38.85 ^{no}
11	11,076.0 ±1555.69 ^b	6,612.0 ±933.51 ^{de}	3,608.0±368.29 ^{hi}	2,234.0 ±190.48 ^{ijklm}	600.0 ±45.72 ^{no}
12	17,042.0 ±2379.52 ^a	8,648.0 ±1122.42 ^c	5,536.0±544.27 ^{ef}	2,780.0 ±325.32 ^{ijk}	766.0 ±53.22 ^{mno}

^{1/}Means in the same column followed by different superscripts are significantly different at $P < 0.05$

* formaldehyde: propionic acid (% w/w)

สรุป

อาหารไก่ผสมฟอรัมาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพธิ์ฟิโอนิกในอัตรา 0.068:0.016 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก มีผลยับยั้งไร *Suidasia pontifica* Oudemans ให้เหลือ 416.0 ±74.48 ตัว หลังจากการทดลองปล่อยโรงไป ในอัตรา 300 ตัว ต่ออาหารสัตว์ 200 กรัม เป็นเวลา 7 วัน แตกต่างจากชุดควบคุมที่ไรสามารถเพิ่มปริมาณได้เป็น 1,022 ตัว ต่ออาหารสัตว์ 200 กรัม และเมื่อเวลาผ่านไป 1 เดือนพบว่าปริมาณไร *S. pontifica* ในอาหารสัตว์ผสมฟอรัมาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพธิ์ฟิโอนิก ที่ระดับความเข้มข้น 0.017:0.004 เปอร์เซนต์ ขึ้นไปมีความแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

อาหารไก่ผสมฟอรัมาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพธิ์ฟิโอนิกมีผลให้ระยะเวลาการเข้าทำลายของไรแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาหารไก่ที่ผสมกับสารดังกล่าวในความเข้มข้น 0.068:0.016 และ 0.136:0.032 เปอร์เซนต์ มีผลในการป้องกันทำให้การเข้า

ทำลายของไรช้าลง โดยพบการเจริญของไรในอาหารไก่ที่ผสมสารดังกล่าวกลับเข้าทำลายในสัปดาห์ที่ 7 ส่วนอาหารไก่ที่ไม่ได้ผสมกับสารดังกล่าวตรวจพบว่าไรเข้าทำลายในสัปดาห์ที่ 4

จากการนำอาหารไก่ผสมกับสารผสมฟอรัมาลดีไฮด์ร่วมกับกรดโพธิ์ฟิโอนิกที่ความเข้มข้น 0.136:0.032 เปอร์เซนต์ ทำความสะอาดท่อลำเลียงแบบจำลองที่มีโรปนเปื้อนอยู่ พบว่าอาหารที่นำมาทำความสะอาดท่อลำเลียงอาหารแบบจำลอง มีปริมาณไรติดมาและเพิ่มปริมาณเป็น 30, 108 และ 766 ตัว ในเดือนที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ที่ชุดควบคุม พบไร 536, 5,164 และ 17,042 ตัว ซึ่งต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยได้รับทุนสนับสนุนวิจัยจากคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และ P. V. T. Manufacturing Co., Ltd. นนทบุรี ประเทศไทย

ขอขอบคุณ คุณพลอยชมพู กรวิภาสเรื่อง
สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร ที่
ช่วยให้คำแนะนำในการเทคนิคการทดสอบไรและให้
ความรู้ในการจำแนกชนิดของไร ซึ่งทำให้การทดลองนี้
สำเร็จจะล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. 2544. เอกสารข้อมูลความปลอดภัย
เคมีภัณฑ์ (MSDS). (ระบบออนไลน์).
แหล่งข้อมูล : <http://msds.pcd.go.th/pdf/40.pdf> (31 มีนาคม 2557).
- กรมปศุสัตว์. 2548. ใบสำคัญการขึ้นทะเบียนอาหารสัตว์.
(ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล :
<http://www.dld.go.th/certify/th/images/stories/BLSC/feed%20quality%20control/FeedFeed%20Quality%20Control/low%20res.pdf> (18 ธันวาคม 2555).
- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2539. ประกาศกระทรวง
เกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดชื่อ ประเภท
ชนิดหรือลักษณะของ วัตถุที่เติมในอาหารสัตว์
ที่ให้เป็นส่วนผสมในการผลิตอาหารสัตว์เพื่อ
ขายตลอดจนอัตราส่วนหรือปริมาณ ที่ให้ใช้
หรือห้ามมิให้ใช้วัตถุนั้นเกินกำหนด. (ระบบ
ออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <http://www.fisheries.go.th/management/law/management/law/CONTROL20.pdf> (27 มกราคม 2556).
- กระทรวงสาธารณสุข. มปป. ฟอร์มาลิน หรือ ฟอร์มาลดี
ไฮด์ (Formalin or Formaldehyde). (ระบบ
ออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <http://www.fda.moph.go.th/project/foodsafety/formalin.htm> (31
มีนาคม 2557).
- จรงค์ศักดิ์ พุมนน และ อัมร อินทร์สังข์. 2555.
ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากกานพลู
และอบเชยในการควบคุมไร *Suidasia pontifica*
Oudemans ในผลผลิตในโรงเก็บ. วารสาร
วิทยาศาสตร์ 40(4): 1205-1213.
- พลอยชมพู กรวิภาสเรื่อง มานิตา คงชื่นสิน และ เทวินทร์
กุลปิยะวัฒน์. 2553. อนุกรมวิธานไรศัตรูโรง
เก็บของประเทศไทย. หน้า 2047-2081. ใน:
รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2553 เล่มที่ 3.
สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการ
เกษตร, กรุงเทพฯ.
- พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. 2542. การตรวจสอบวัตถุดิบ
อาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์และการควบคุม
คุณภาพ. โอเดียนส ไตร, กรุงเทพฯ. 168 หน้า.
- ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 8. 2553. Propionic acid.
(ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล :
<http://nakhonsawan.dmsc.moph.go.th/2011/announce.php?view=propionic> (19
พฤศจิกายน 2553).
- สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข. 2544. สารฟอร์มา
ลิน. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล :
http://webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_toxic/a_tx_2_001c.asp?Info_id=162 (31 มีนาคม
2557).
- อัมร อินทร์สังข์ และ จรงค์ศักดิ์ พุมนน. 2553. การ
ควบคุมไรในโรงเก็บ *Suidasia pontifica*
Oudemans โดยใช้ น้ำมันหอมระเหยจากพืช.
วารสารกีฏและสัตววิทยา 28(1): 40-53.
- Collins, D. A. 2006. A review of alternatives to
organophosphorus compounds for the
control of storage mites. Journal of Stored
Products Research 42(4): 395-426.
- Department of Agriculture, Fisheries and Forestry.
2010. Mites in stored grain. (Online).
Available: http://www.daff.qld.gov.au/26_6182.htm (November 30,
2012).
- European Commission. 2002. Update of the opinion
of the Scientific Committee for Animal
Nutrition on the use of formaldehyde as a
preserving agent for animal feeding stuffs of
11 June 1999. Scientific Opinions.

- Ho, C. C., and C. S. Wu. 2002. Suidasia mite found from the human ear. Formosan Entomologist 22: 291-296.
- IRAC. 2012. Acaricide mode of action classification: A key to effective acaricide resistance management. (Online). Available: <http://www.iraonline.org/content/uploads/moamiteposterMarch12v1.7.pdf> (November 30, 2012).
- Lorenz, S., M. Schöllerand and C. Reichmuth. 2010. Efficacy of propionic acid against the granary weevil *Sitophilus granaries* (L.). pp. 906-909. In. Proceedings of 10th International Working Conference on Stored Product Protection. Estoril, Portugal.
- Nattudurai, G., M. Gabriel Paulraj and S. Ignacimuthu. 2012. Fumigant toxicity of volatile synthetic compounds and natural oils against red flour beetle *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleopetera: Tenebrionidae). Journal of King Saud University-Science 24(2): 153-159.
- Ott, S. R. and M. R. Elphick. 2002. Nitric oxide synthase histochemistry in insect nervous systems: Methanol /formalin fixation reveals the neuroarchitecture of formaldehyde-sensitive NADPH diaphorase in the cockroach *Periplaneta americana*. Journal of Comparative Neurology 448: 165-185.
- Rees, D. P. 1995. Coleoptera. pp. 1-39. In: B. Subramanyam and D.W. Hangstrum (eds.). Integrated Management of Insects in Stored Products. Marcel Dekker, Ink., New York.
- Tursun, A., Y. Zheng and Y.F. Wang. 2011. Effect of formaldehyde in diet on development and reproduction of *Drosophila melanogaster*. Journal of Environmental Entomology Issue 1: 13-16.
-

การใช้คลื่นความถี่วิทยุเพื่อควบคุมมอดพินเลื้อยในข้าวสาร พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

Use of Radio Frequency for Controlling Sawtoothed Grain Beetle (*Oryzaephilus surinamensis*) in Milled Rice cv. Khao Dawk Mali 105

ชัชพงษ์ ศรีคำ^{1/ 2/ 3/} เยาวลักษณ์ จันทร์บาง^{1/ 2/ 4*} และ ณัฐศักดิ์ กฤตติกาเมษ^{1/ 2/ 5/}
Chatchapong Srikam^{1/ 2/ 3/}, Yaowaluk Chanbang^{1/ 2/ 4*} and Nattasak Krittigamas^{1/ 2/ 5/}

Abstract: The objectives of this experiment were to use radio frequency (RF) for controlling sawtoothed grain beetle (*Oryzaephilus surinamensis*) in milled rice cv. Khao Dawk Mali 105 and to examine rice quality after treated by radio frequency with appropriate rate which performed completely kill insects. The experiment was conducted at Postharvest Technology Research Institute, Chiang Mai University, Thailand. Insect mass rearing in milled rice cv. Khao Dawk Mali 105 with moisture content at 14% was conducted in laboratory condition. In experiment 1, all developmental stages of insect, egg, larva, pupa and adult were treated by 27.12 MHz radio frequency which provided 55°C for 90 seconds. The result showed that adult stage of sawtoothed grain beetle was the most tolerance to RF heat treatment because adult mortality was the lowest (78.09%) ($P<0.05$), followed by the mortality of pupal, larval and egg stages which were 90.90, 94.34 and 96.46%, respectively. In experiment 2, adult stage of sawtoothed grain beetle, the most tolerant to RF heating, was exposed to RF at 55, 60, 65 and 70°C for 90, 120, 150 and 180 seconds at each temperature. The result found that RF treatment at 70°C for 120 seconds was able to get effective control of sawtoothed grain beetle since there was the

^{1/} สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

^{1/} Postharvest Technology Research Institute, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

^{2/} ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10400

^{2/} Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education, Bangkok 10400

^{3/} บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

^{3/} The Graduate School, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

^{4/} ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

^{4/} Department of Entomology and Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

^{5/} ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

^{5/} Department of Plant Science and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

* Corresponding author: E-mail: lukksu@hotmail.com

minimal combination rate of RF heat and there was no insect progeny found in milled rice. Moisture content and protein content of milled rice decreased when it was treated with RF and the yellowness and whiteness index also decreased while amylose content has increased. The amount of 2-acetyl-1-pyrroline (2-AP), the aroma compound which always found from fragrant rice was decreased from 2.82 ppm to 2.40 ppm after the RF heat treatment on Khao Dawk Mali 105 milled rice.

Keywords: Sawtoothed grain beetle, *Oryzaephilus surinamensis*, radio frequency, milled rice

บทคัดย่อ: การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้คลื่นความถี่วิทยุในการควบคุมมอดพันธุ์ข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และศึกษาคุณภาพข้าวหลังจากไปผ่านคลื่นความถี่วิทยุในระดับที่ทำให้แมลงตายอย่างสมบูรณ์ โดยทำการทดลอง ณ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งการทดลองเริ่มจากการเลี้ยงมอดพันธุ์ข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่มีความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ ในสภาพห้องปฏิบัติการ การทดลองที่ 1 นำแมลงแต่ละระยะการเจริญเติบโตมาผ่านคลื่นความถี่วิทยุที่ความถี่ 27.12 MHz อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วินาที พบว่าตัวเต็มวัยมีเปอร์เซ็นต์การตายน้อยที่สุด คือ 78.09 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนระยะดักแด้ หนอน และไข่ มีเปอร์เซ็นต์การตายอยู่ที่ 90.90, 94.34 และ 96.46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การทดลองที่ 2 ใช้มอดพันธุ์ข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เป็นระยะที่ทนทานต่อคลื่นความถี่วิทยุที่สุดมาผ่านที่คลื่นที่ระดับอุณหภูมิ 55, 60, 65 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90, 120, 150 และ 180 วินาที ในทุกระดับอุณหภูมิ พบว่าที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วินาที เป็นการใช้คลื่นความถี่วิทยุที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากใช้เวลาน้อยที่สุดที่ทำให้แมลงตายอย่างสมบูรณ์ (การตาย 100 เปอร์เซ็นต์) และไม่พบแมลงรุ่นลูก (F_1) โดยคุณภาพของข้าวหลังจากผ่านคลื่นความถี่วิทยุเปรียบเทียบกับชุดควบคุม พบว่า ความชื้นของข้าวลดลง ค่าสีที่วัดได้มีค่าของสีเหลืองเพิ่มขึ้น ดัชนีความขาวเพิ่มขึ้น ปริมาณอะไมโลสที่วัดได้เพิ่มขึ้น ปริมาณโปรตีนลดลง และปริมาณสารหอมที่วัดได้ลดลงจาก 2.82 ppm เป็น 2.50 ppm

คำสำคัญ: มอดพันธุ์ข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

คำนำ

ข้าวเป็นธัญพืชสำคัญของโลกรวมถึงประเทศไทย จากข้าวที่ผลิตได้ทั้งหมดร้อยละ 55 เป็นการผลิตเพื่อจำหน่ายและบริโภคภายในประเทศ อีกร้อยละ 45 เพื่อส่งออกจำหน่ายยังต่างประเทศ ซึ่งข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นสินค้าหลักในกลุ่มข้าวที่ทำการส่งออก เนื่องจากข้าวชนิดนี้มีคุณภาพการหุงต้มที่ดีและมีกลิ่นหอมซึ่งเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยทำรายได้มากถึง 56,457 ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2553 และมีมูลค่าเพิ่มเป็น 63,584 ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2554 แต่ในช่วงปี พ.ศ. 2555 พบว่ามูลค่าการส่งออกข้าวหอมมะลิไทยลดลงเหลือ 57,433 ล้านบาท เนื่องจากสามารถส่งออกข้าวไปจำหน่ายได้ปริมาณน้อย

กว่าในปี พ.ศ. 2554 ถึง 7 พันล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) ซึ่งในปีดังกล่าวประเทศไทยได้เสียอันดับการส่งออกข้าวสารของประเทศไทยลงมาอยู่ที่อันดับ 2 ของโลกจากเดิมที่เคยอยู่ในอันดับ 1 (สมพร, 2556) อย่างไรก็ตาม ระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวยังคงมีความเสี่ยงที่จะถูกแมลงเข้าทำลายก่อนนำไปจำหน่ายหรือบริโภคซึ่งในกระบวนการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่ายพบว่าข้าวที่เก็บรักษาไว้มักเสื่อมคุณภาพหรือเกิดความเสียหายจนไม่สามารถส่งออก และจำหน่ายในเกรดของข้าวคุณภาพดีได้ หนึ่งในปัญหาสำคัญของข้าวที่เก็บรักษาไว้เพื่อรอจำหน่ายคือการถูกแมลงศัตรูโรงเก็บเข้าทำลายและทำให้เกิดเชื้อราปนเปื้อนอยู่ในผลผลิตความเสียหายที่เกิดขึ้นจากแมลงศัตรูโรงเก็บ และเชื้อราเป็นเรื่อง

สำคัญที่ส่งผลทำให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจเป็นมูลค่าสูง

มอดพันธุ์ (Oryzaephilus surinamensis) เป็นแมลงศัตรูโรงเก็บที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งจัดอยู่ในวงศ์ Cucujidae อันดับ Coleoptera มักพบการเข้าทำลายในข้าวสารบรรจุถุงซึ่งผลิตเอาไว้ออจำหน่าย โดยตัวเต็มวัยสามารถกัดกินเมล็ดข้าวที่แตกหักได้ (พรทิพย์ และคณะ, 2548) ซึ่งการบรรจุข้าวสารใส่ถุงเป็นการป้องกันแมลงได้จากภายนอกเท่านั้น แต่มอดพันธุ์อาจติดไปกับข้าวสารในระหว่างบรรจุหรือก่อนบรรจุ จึงจำเป็นต้องมีการป้องกันกำจัดก่อนบรรจุข้าวสารลงในบรรจุภัณฑ์พร้อมจำหน่ายโดยการรมด้วยสารเคมี เช่น ฟอสฟีน และเมทิลโบรไมด์อย่างไรก็ตามเมทิลโบรไมด์จะเป็นสารรมที่มีประสิทธิภาพแต่มีความเป็นพิษสูงต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม และมีผลการทำลายชั้นบรรยากาศของโลกในปัจจุบัน สารตัวนี้กำลังถูกยกเลิกการใช้ภายในปี พ.ศ. 2558 ส่วนฟอสฟีนเป็นสารรมอีกชนิดที่เป็นสารทางเลือกเพื่อใช้ทดแทนเมทิลโบรไมด์ แต่กลับมีแนวโน้มการต้านทานของแมลงศัตรูโรงเก็บเพิ่มมากขึ้นปัจจุบันมีวิธีการที่หลากหลายที่นำมาใช้ทดแทนการรมด้วยสารเคมีดังกล่าวข้างต้น โดยเน้นไปยังวิธีการที่ไม่ใช้สารเคมีการใช้คลื่นความถี่วิทยุ (radio frequency) เป็นวิธีการกำจัดแมลงโดยใช้ความร้อนซึ่งวิธีการนี้สามารถกำจัดแมลงศัตรูโรงเก็บที่เข้าทำลายข้าวสารได้หลายชนิด เช่น การใช้คลื่นความถี่วิทยุที่ระดับพลังงาน 700 วัตต์ ระยะเวลา 220 วินาที สามารถกำจัดผีเสื้อข้าวเปลือกในระยะดักด้ได้ อย่างสมบูรณ์ แม้จะเป็นระยะที่ทนทานต่อความร้อนมากที่สุด (อัมพร และคณะ, 2555) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ กฤษณา และคณะ (2552) ที่พบว่าการใช้คลื่นความถี่วิทยุที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส สามารถกำจัดมอดหัวป้อมได้อย่างสมบูรณ์โดยไม่ทำให้ข้าวเสียคุณภาพ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยต่าง ๆ อีกมากมายที่ยืนยันว่าคลื่นความถี่วิทยุสามารถใช้ได้กับอีกหลาย ๆ ผลิตผลเกษตรไม่ว่าจะเป็นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ถั่วเขียว หรือเมล็ดพันธุ์ข้าว ซึ่งมีการทดลองกับแมลงอีกหลายชนิด อีกทั้งแมลงทุกชนิดยังไม่มีรายงานว่ามีความต้านทานคลื่นความถี่วิทยุ ดังนั้นการใช้คลื่นความถี่วิทยุจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง

ที่เหมาะสมสำหรับใช้กำจัดมอดพันธุ์ในข้าวสารได้อย่างสมบูรณ์

วัตถุประสงค์ของการทดลอง

1. เพื่อศึกษาระดับของการใช้อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการใช้คลื่นความถี่วิทยุ สำหรับควบคุมมอดพันธุ์ในข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105
2. เพื่อศึกษาคุณภาพของข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เมื่อผ่านการใช้คลื่นความถี่วิทยุในระดับที่เหมาะสมในการกำจัดมอดพันธุ์

อุปกรณ์และวิธีการ

การเลี้ยงและเตรียมมอดพันธุ์ในระยะเวลาต่าง ๆ

คัดมอดพันธุ์ตัวเต็มวัยที่อยู่ในสภาพสมบูรณ์แข็งแรง ประมาณ 100-200 ตัว ใส่บรรจุลงกล่องพลาสติกทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 เซนติเมตร สูง 14.5 เซนติเมตร ที่ฝากล่องเจาะเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ปิดด้วยผ้าตาข่าย เพื่อการระบายอากาศและป้องกันแมลงหลบหนี ภายในกล่องพลาสติกบรรจุข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่บดหยาบผสมกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 เต็มเมล็ด ในอัตราส่วนข้าวสารบดหยาบ 2 ส่วนต่อข้าวสารเต็มเมล็ด 1 ส่วน ปริมาณ 300 กรัม ข้าวผสมนี้ได้ผ่านการแช่แข็งเพื่อกำจัดแมลงชนิดอื่นเรียบร้อยแล้ว มอดพันธุ์ที่อยู่ในกล่องพลาสติกเป็นเวลา 4 วัน มีการผสมพันธุ์และวางไข่จากนั้นทำการร่อนแยกไข่ ตัวเต็มวัย และข้าวสารออกจากกัน ระยะเวลาไข่ที่เกาะที่มอดพันธุ์มีรูร่อนขนาด 250 ไมโครเมตร โดยแยกข้าวสารออกจากฝุ่นผงที่ผ่านจากตะแกรง ซึ่งฝุ่นผงดังกล่าวจะมีไข่ของมอดพันธุ์ปะปนอยู่ นำไข่ไปเลี้ยงในข้าวสารที่ร่อนแยกไว้เป็นเวลา 28 วัน หรือจนกระทั่งไข่พัฒนาไปเป็นตัวเต็มวัย

ระยะไข่ นำมอดพันธุ์ตัวเต็มวัยประมาณ 300 ตัว เลี้ยงให้วางไข่ในข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ผสมข้าวบดหยาบเช่นเดียวกับการเลี้ยงเพิ่มปริมาณแมลง โดยให้แมลงไข่เป็นเวลา 4 วัน จากนั้นร่อนและใช้ฟุ้งกันเชื้อแยกคัดไข่ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ เก็บรวบรวมเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

ระยะหนอน ทำเช่นเดียวกับระยะไข่ โดยปล่อยให้แมลงเจริญจากระยะไข่เป็นระยะหนอนใช้เวลา 14-16 วัน ซึ่งหนอนจะอยู่ในวัยที่ 4 ซึ่งเป็นหนอนวัยที่มีการทำลายสูงสุด

ระยะดักแด้ ทำเช่นเดียวกับระยะไข่ โดยปล่อยให้แมลงเจริญเติบโตจากระยะไข่จนถึงระยะดักแด้เป็นเวลา 22-23 วัน ดักแด้ในระยะนี้จะมีสีขาวขุ่นออกเหลืองเล็กน้อย

ระยะตัวเต็มวัย ทำเช่นเดียวกับระยะไข่ โดยปล่อยให้แมลงเจริญจากระยะหนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัยใช้เวลา 28-30 วัน ตัวเต็มวัยอายุไม่เกิน 1 สัปดาห์นำมาใช้ในการทดลอง

การศึกษาผลกระทบการเจริญเติบโตของมอดพันธุ์เลือกที่ทนทานต่อคลื่นความถี่วิทยุ

นำมอดพันธุ์เลือกในระยะเวลาไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย ระยะละ 30 ตัว ใส่ลงในภาชนะเพฟลอน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 เซนติเมตร สูง 5 เซนติเมตร หนา 5 มิลลิเมตร ซึ่งบรรจุข้าวสารน้ำหนัก 450 กรัมเมื่อทดลองจะใส่ข้าวสารลงไปประมาณครึ่งภาชนะจากนั้นจึงใส่แมลงลงไปแล้วเติมข้าวสารให้เต็มภาชนะพอดี แยกทำแต่ละระยะการเจริญเติบโตแล้วนำไปผ่านคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วินาที ซึ่งแต่ละระยะการเจริญเติบโตทำการทดลองทั้งหมด 4 ซ้ำ นำมอดพันธุ์เลือกในแต่ละวัยและข้าวสารที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุในแต่ละกรรมวิธี นำไปบรรจุในแยกใส่ขวดโหลแก้วที่มีฝาปิดเป็นตาข่ายถี่ จากนั้นนำมาเก็บไว้ในอุณหภูมิห้อง ตรวจนับจำนวนแมลงหลังจากผ่านคลื่นความถี่วิทยุ โดยระยะไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย จะทำการตรวจนับแมลงที่ตายและรอดชีวิตหลังจากผ่านคลื่นความถี่วิทยุเป็นเวลา 7, 14, 10 และ 7 วันตามลำดับ จากนั้นจึงนับจำนวนแมลงที่ตายและรอดชีวิต แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์การตาย หากมีการตายในชุดควบคุมทำการคำนวณเปอร์เซ็นต์การตายโดยใช้ Abbott's formula (Abbott, 1925) ซึ่งข้อมูลที่ได้นำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การตายของ

แมลงแต่ละระยะ โดยวิธี Least Significant Difference (LSD)

การใช้คลื่นความถี่วิทยุในอุณหภูมิ และเวลาที่เหมาะสมที่ทำให้มอดพันธุ์เลือกในระยะทนทานที่สุดตายอย่างสมบูรณ์

นำมอดพันธุ์เลือกในระยะที่ทนทานที่สุดซึ่งเป็นผลที่ได้จากการทดลองก่อนหน้านี้จำนวน 30 ตัว เตรียมบรรจุในภาชนะเพฟลอนพร้อมกับข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ทำเช่นเดียวกับการทดลองแรก โดยนำมาผ่านคลื่นความถี่วิทยุที่ความถี่ 27.12 MHz โดยใช้ระดับอุณหภูมิ 55, 60, 65 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90, 120, 150 และ 180 วินาที ในทุกระดับอุณหภูมิ โดยในอุณหภูมิ และช่วงเวลา ทำการทดลองทั้งหมด 4 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ split plot in RCBD โดยให้อุณหภูมิเป็น main plot และเวลาที่แมลงได้รับความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุเป็น sub plot ทำการนับ และคำนวณจำนวนแมลงตายในทำนองเดียวกันกับการทดลองแรก จากนั้นวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการตายและจำนวนแมลงในรุ่นลูกด้วยวิธี LSD

การตรวจสอบคุณภาพข้าวหลังจากผ่านคลื่นความถี่วิทยุ

นำข้าวสารขาวพันธุ์ดอกมะลิ 105 ที่มีการรับรองจากกรมการค้าภายในว่าเป็นข้าวสารพันธุ์ขาวหอมมะลิ 100 เปอร์เซ็นต์ชั้น 1 ชนิดพิเศษ ความชื้นอยู่ในช่วง 13-14 เปอร์เซ็นต์ (กรมการค้าภายใน, 2550) ที่ได้รับการผ่านคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการกำจัดแมลงมาตรวจวิเคราะห์คุณภาพโดยเปรียบเทียบกับข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ชนิดเดียวกันจากแหล่งเดียวกันที่ไม่ได้ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ สุ่มตัวอย่างข้าวสารตัวอย่างละ 100 กรัมทุกกรรมวิธีทำ 4 ซ้ำ โดยวิเคราะห์และตรวจสอบบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าว 2 ด้าน คือ สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมี

การตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

- การตรวจสอบความชื้นของข้าว ใช้วิธีการ hot-air oven method
- การวัดค่าสีของข้าวสารด้วยเครื่อง Colorimeter: Colorquest XE Hunter Lab, USA ค่าที่ได้เป็น L*, a* และ b*

การตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมี

- การวัดปริมาณอะไมโลส โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงสีน้ำเงินของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างอะไมโลสกับไอโอดีนด้วยเครื่อง spectrophotometer (งามชื่น, 2547)
- การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน โดยวิธี Micro Kjeldahl Method เพื่อหาปริมาณโปรตีนในข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับคลื่นความถี่วิทยุและชุดควบคุม
- การวัดค่าสารหอมในข้าว (2-acetyl-1-pyrroline, 2-AP) ทำการวัดโดยเปรียบเทียบกับชุดควบคุมโดยใช้เครื่อง Headspace Gas Chromatography

ผลและวิจารณ์

ระยะการเจริญเติบโตของมอดฟั่นเลื่อยที่ทนทานต่อคลื่นความถี่วิทยุมากที่สุด

มอดฟั่นเลื่อยในระยะตัวเต็มวัยเมื่อผ่านคลื่นความถี่วิทยุที่ 27.12 MHz ระดับอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วินาที มีความทนทานต่อคลื่นความถี่วิทยุมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การตายน้อยที่สุด คือ 78.09 ±2.82 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับระยะดักแด้ หนอน และไข โดยมีเปอร์เซ็นต์การตายอยู่ที่ 90.90 ±3.63, 94.34 ±5.98 และ 96.46 ±3.74 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 1) การตายของมอดฟั่นเลื่อยที่เกิดขึ้นนั้น เกิดจากการตอบสนองของโมเลกุลน้ำภายในตัวแมลงต่อคลื่นความถี่วิทยุ ซึ่งโมเลกุลน้ำดังกล่าวเมื่อได้รับคลื่นความถี่วิทยุ จะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนของโมเลกุล ลักษณะดังกล่าวทำให้โมเลกุลของเหลวภายในตัวแมลงร้อนขึ้นจนทำให้อวัยวะภายในถูกทำลายทำให้แมลงตายในที่สุด (Wang *et al.*, 2002) แมลงในระยะไข่ หนอน และดักแด้มีการตายมากกว่าตัวเต็มวัย เช่นเดียวกับงานทดลองของ กฤษณา และคณะ (2552) ซึ่งทดลองใช้คลื่นความถี่วิทยุกับมอดหัวป้อมที่ความถี่ 27.12 MHz อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 180 วินาที พบว่าตัวเต็มวัยเป็นระยะที่ทนทานที่สุด และที่คลื่นความถี่วิทยุที่ความถี่เดียวกับเมื่อทดลองกับมอดยาสูบ พบว่าที่ระดับพลังงาน 420 วัตต์ซึ่งคิดเป็นอุณหภูมิ 47.6 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 นาที ตัวเต็มวัยเป็นระยะที่มีการตายน้อยที่สุด (รัตนุช และคณะ, 2554) ตัวอย่างข้าวโพดในระยะตัวเต็มวัยพบว่าเป็นระยะที่ทนทานต่อคลื่นความถี่วิทยุเช่นเดียวกันที่ระดับพลังงาน 670 วัตต์ เป็นเวลา 120 วินาที (วีรยุทธ และคณะ, 2554) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแมลงในระยะตัวเต็มวัยมีองค์ประกอบของน้ำน้อยกว่าวัยอื่น ๆ จึงมีการตอบสนองต่อคลื่นความถี่วิทยุได้น้อย สอดคล้องกับทฤษฎีคลื่นความถี่วิทยุของ Cwiklinski and von Hoersten (1999) ที่กล่าวว่า คลื่นความถี่วิทยุสามารถทำให้เกิดความร้อนได้ดีในวัตถุที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ

Table 1 Average mortality of sawtoothed grain beetle (*Oryzaephilus surinamensis*) in various developmental stages after treated by 27.12 MHz radio frequency at the temperature of 55°C and for 90 seconds.

Developmental stage	Mortality (%)±SE ^{1/}
Egg	96.46 ±3.74a
Larva	94.34 ±5.98a
Pupa	90.90 ±3.63a
Adult	78.09 ±2.82b

^{1/} Means within the same column followed by the same letters are not significantly different at the 0.05 level by the LSD test (LSD=6.48)

การใช้คลื่นความถี่วิทยุในอุณหภูมิ และเวลาที่เหมาะสมที่ทำให้มอดพินเลื้อยในระยะทานทานที่สุดตายอย่างสมบูรณ์

จากการนำมอดพินเลื้อยในระยะตัวเต็มวัย ซึ่งเป็นระยะที่ทนทานต่อคลื่นความถี่วิทยุมากที่สุด มาผ่านคลื่นความถี่วิทยุที่อุณหภูมิ 55, 60, 65 และ 70 องศาเซลเซียส โดยใช้ระยะเวลา 90, 120, 150 และ 180 วินาที ในทุกระดับอุณหภูมิ พบว่าการใช้คลื่นความถี่วิทยุที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วินาที ทำให้มอดพินเลื้อยตาย 80.35 ± 3.53 เปอร์เซนต์ อุณหภูมิสูงขึ้นทำให้มอดพินเลื้อยตายเพิ่มขึ้น และพบว่ามอดพินเลื้อยมีการตายอย่างสมบูรณ์ (100 เปอร์เซนต์) พบในกรรมวิธีที่ใช้คลื่นความถี่วิทยุระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120, 150 และ 180 วินาที (ตารางที่ 2) ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานทดลองของกฤษณา และคณะ (2552) รายงานว่าการใช้คลื่นความถี่วิทยุที่ความถี่ 27.12 MHz ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสขึ้นไปเป็นระยะเวลา 150 วินาที กับข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 กำจัดมอดหัวป้อมได้ 100 เปอร์เซนต์ ซึ่งมอดหัวป้อมเป็นแมลงศัตรูโรงเก็บในอันดับ Coleoptera เช่นเดียวกับมอดพินเลื้อย โดยระดับอุณหภูมิและเวลาดังกล่าวไม่ทำให้ข้าวเสียคุณภาพยังรักษากลิ่นหอมและปริมาณอะไมโลสให้อยู่ในช่วงมาตรฐานของข้าวหอมมะลิคุณภาพดี (กรมการค้าภายใน, 2550) ดังนั้นการใช้คลื่นความถี่วิทยุที่เหมาะสมจึงเลือกจากระยะเวลาการให้คลื่นที่น้อยที่สุดที่ทำให้แมลงตายอย่างสมบูรณ์เนื่องจากการใช้อุณหภูมิที่สูงเกินไป และเวลาที่นานเกินไปอาจทำให้ข้าวสารสูญเสียคุณภาพ

อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มระยะเวลาและต้นทุนในการผลิตด้วย จึงสรุปได้ว่าการใช้คลื่นความถี่วิทยุที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วินาที เป็นกรรมวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการกำจัดมอดพินเลื้อยในข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

ผลของคลื่นความถี่วิทยุต่อการเกิดของแมลงร่วนลูก

หลังจากแมลงได้รับคลื่นความถี่วิทยุในอัตราต่าง ๆ และนำไปเลี้ยงไว้ในข้าวสารในห้องปฏิบัติการ ทำการตรวจนับแมลงในร่วนลูก หลังจากนั้นอีก 4 สัปดาห์ พบว่าการใช้คลื่นความถี่วิทยุให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ตั้งแต่ระยะเวลา 90 วินาทีขึ้นไป มอดพินเลื้อยไม่สามารถให้ร่วนลูกได้ และที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90, 150 และ 180 วินาที ในกรรมวิธีใช้คลื่นความถี่วิทยุที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสเวลา 150 วินาที มอดพินเลื้อยมีอัตราการรอดในร่วนลูก 1.0 ± 1.41 ตัว อาจกล่าวได้ว่าที่ระยะเวลา 120 วินาทีดังกล่าวอาจไม่เหมาะสมในการกำจัดแมลงร่วนลูก การกำจัดระยะตัวเต็มวัยและการควบคุมแมลงร่วนลูกไปพร้อม ๆ กันจะทำให้ลดปริมาณแมลงได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ดังนั้นอุณหภูมิที่ต่ำที่สุดที่ทำให้มอดพินเลื้อยตายอย่างสมบูรณ์และไม่พบแมลงร่วนลูก (F₁) คือ ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 120 วินาที (ตารางที่ 3) ยิ่งใช้อุณหภูมิ และเวลาที่มากเท่าไรร่วนลูกที่เกิดมาก็ยิ่งน้อยเท่านั้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความร้อนที่เกิดขึ้นทำให้เกิดความผิดปกติภายในตัวแมลง หรือทำให้อวัยวะบางส่วนเสียหายจนไม่สามารถวางไข่ หรือผสมพันธุ์ได้ นอกจากนี้ความร้อนยังมี

Table 2 Average mortality of sawtoothed grain beetle (*Oryzaephilus surinamensis*) in adult stage after treated by 27.12 MHz radio frequency at temperature of 55, 60, 65 and 70°C for 90, 120, 150 and 180 seconds

Temperature (°C)	Mortality in various times periods (seconds) $\pm$ SE ^{1/}			
	90	120	150	180
55	80.35 $\pm$ 3.53e	87.93 $\pm$ 1.99d	94.33 $\pm$ 3.63bc	96.46 $\pm$ 2.82ab
60	90.80 $\pm$ 5.09cd	97.35 $\pm$ 3.41ab	97.35 $\pm$ 3.41ab	96.46 $\pm$ 1.96ab
65	97.32 $\pm$ 1.78ab	95.00 $\pm$ 6.38bc	98.04 $\pm$ 2.26ab	96.46 $\pm$ 2.82ab
70	98.30 $\pm$ 1.96ab	100.00a	100.00a	100.00a

^{1/}Means with in the same column followed by the same letter are not significantly different at 0.05 levels by the LSD Test (LSD=4.75).

Table 3 Average of progeny (F_1) per 30 parents at 4 weeks after RF treatment of sawtoothed grain beetle (*Oryzaephilus surinamensis*) in adult stage after treated by radio frequency at temperature of 55, 60, 65 and 70°C for 90, 120, 150 and 180 seconds

Temperature (°C)	Number of progeny in various time periods $\pm$ SE ^{1/}			
	90	120	150	180
55	8.5 $\pm$ 1.73ab	8.2 $\pm$ 14.52ab	10.0 $\pm$ 9.56a	0
60	0.5 $\pm$ 0.58c	5.0 $\pm$ 10.00abc	0.25 $\pm$ 0.50c	1.5 $\pm$ 1.91bc
65	0	1.0 $\pm$ 1.41 c	0	0
70	0	0	0	0

^{1/} Means with in the same column followed by the same letter are not significantly different at 0.05 levels by the LSD Test (LSD=6.32).

Progeny in untreated control is 96.63 insects/30 parents averaged from 1,680 parents.

ผลกระทบต่อระบบประสาทของแมลงที่ควบคุมการทำงานของระบบต่อไร้ท่อ (endocrine system) และระบบอวัยวะต่าง ๆ ทำให้ไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ เช่น ทำให้ระดับของ juvenile hormone ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่ช่วยในการเจริญเติบโตและเปลี่ยนแปลงรูปร่างผิดปกติ หรือไปยับยั้งการสร้างสาร vitelline ที่เป็นโปรตีนที่เป็นส่วนสำคัญในการสร้างและพัฒนาของไข่แมลง (Neven, 2000) ซึ่งความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุจะทำให้โปรตีนเสียคุณสมบัติการทำงานในที่สุด จึงทำให้แมลงไม่เจริญเติบโต เป็นต้น

คุณภาพของข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เมื่อผ่านคลื่นความถี่วิทยุที่ทำให้มอดฟีนเลื่อยตายอย่างสมบูรณ์

เมื่อนำข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วินาที มาทำการวิเคราะห์คุณภาพเปรียบเทียบกับข้าวที่ไม่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ (ชุดควบคุม) โดยทำการวัดคุณภาพ 2 ด้าน คือคุณภาพด้านกายภาพ และคุณสมบัติทางเคมี

คุณภาพด้านกายภาพ

คุณภาพของข้าวมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดโดยเฉพาะคุณสมบัติทางกายภาพ ซึ่งพบว่าความชื้นของข้าวสารลดลงจาก 13.65 เปอร์เซ็นต์ลดลงเหลือ 12.85 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4) และมีค่าสีที่เปลี่ยนไป

เล็กน้อย ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการใช้คลื่นความถี่วิทยุจะทำให้โมเลกุลของน้ำภายในเมล็ดข้าวสั่นสะเทือน และเกิดความร้อนจากภายใน ความร้อนดังกล่าวจะทำให้ให้น้ำในเมล็ดระเหยออกมาสู่ภายนอก ทำให้ข้าวสูญเสียความชื้นจึงลดลง (Wang et al., 2007) ส่วนค่าของสี พบว่าค่า L^* (lightness), b^* (yellowness) และค่า whiteness index ของข้าวที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ค่า b^* ซึ่งสีเหลืองมีค่าสูงขึ้นจาก 15.88 ไปเป็น 17.64 แสดงให้เห็นว่าเมื่อข้าวได้รับความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุมีการเกิดสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น เช่นเดียวกับในงานทดลองของของ Theanjumol et al. (2007) ที่ใช้คลื่นความถี่วิทยุระดับอุณหภูมิมากกว่า 60 องศาเซลเซียส ทำให้ค่าความสว่างของข้าว (L^*) และค่าสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และทำให้ข้าวเปลี่ยนสีจากสีขาว ไปเป็นสีเหลืองมากขึ้น ซึ่งค่า L^* และ b^* ที่เพิ่มขึ้นดังกล่าวมีผลต่อค่าดัชนีความขาว โดยค่า L^* เป็นค่าที่แสดงถึงความสว่าง (lightness) ที่มีค่าเท่ากับ 0 แสดงถึงวัตถุเข้าใกล้สีดำหรือมีสีมืดที่สุดหาก L^* มีค่าเท่ากับ 100 วัตถุมีสีขาวหรือสว่างที่สุดค่า b^* เป็นค่าที่แสดงความเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำเงินโดยที่ค่า b^* เป็นบวกแสดงถึงวัตถุมีสีเหลืองหากมีค่าเป็นลบหมายถึงวัตถุมีสีน้ำเงินในข้าวที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุพบว่าการเพิ่มขึ้นของค่า L^* และ b^* มีผลทำให้ค่าดัชนีความขาวของข้าวเพิ่มมากขึ้น ซึ่งทำให้เมล็ดข้าวเปลี่ยนจากสีขาวใส และมีความมันวาว กลายเป็นสีขาวด้าน ไม่มันวาว คล้ายกับลักษณะข้าวทองไข่

Table 4 Physical quality of milled rice cv. Khao Dawk Mali 105 after treated by 27.12 MHz radio frequency at 70°C for 120 seconds compared with untreated control

Treatment	moisture content (%)	L* (lightness)	b* (yellowness)	Whiteness index
Control	13.65a ^{1/}	66.10b	15.88b	62.56b
70°C120 seconds	12.85b	68.25a	17.64a	63.67a

^{1/}Means with in the same column followed by the same letter are not significantly different at 0.05 levels by the LSD

คุณภาพทางเคมี

ข้าวสารที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุจะถูกนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี โดยทำการวัดอะไมโลส และ โปรตีนเนื่องจาก องค์ประกอบทางเคมีทั้ง 2 ชนิดนี้มีความสัมพันธ์กันในเรื่องของคุณภาพข้าวในการหุงต้ม โดยข้าวที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุจะมีปริมาณอะไมโลสเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ปริมาณอะไมโลสที่เพิ่มขึ้นนั้นเนื่องจากได้รับความร้อนที่เกิดจากคลื่นความถี่วิทยุทำให้ โครงสร้างร่างแหของอะไมโลเพกตินสลายตัวเป็นโครงสร้างเส้นตรง สัดส่วนของอะไมโลสจึงเพิ่มมากขึ้น (Zhao *et al.*, 2007) เช่นเดียวกับในงานทดลองของ กฤษณา และคณะ (2552) ที่พบว่าการใช้คลื่นความถี่วิทยุที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 150 วินาที ทำให้ปริมาณอะไมโลสในข้าวสารเพิ่มขึ้น ซึ่งปริมาณอะไมโลสที่เพิ่มขึ้น มีผลต่อคุณภาพการหุงต้มของข้าวโดยเมล็ดจะมีการขยายตัวน้อย และมีความเหนียวนุ่มลดลงเมื่อนำไปหุง ส่วนปริมาณโปรตีนที่วัดได้มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ($P<0.05$) เนื่องจากโปรตีนมีคุณสมบัติเปลี่ยนแปลงสภาพ หรือสูญเสียคุณสมบัติเมื่อถูกความร้อน ดังนั้นเมื่อข้าวผ่านคลื่นความถี่วิทยุจึงเกิดความร้อนส่งผลให้โปรตีนในข้าวเสียสภาพ เมื่อทำการตรวจสอบจึงพบปริมาณโปรตีนที่ลดลง ซึ่งค่าโปรตีนที่ลดลงนั้นทำให้ความแข็งของข้าว (hardness) เปลี่ยนไป และมีผลทำให้ข้าวร่วนขึ้นเมื่อนำไปหุง (งามชื่น, 2547) เมื่อนำไปหุง ปริมาณสาร 2-acetyl-1-pyrroline (2-AP) เป็นปริมาณสารหอมที่แสดงถึงความหอมของข้าวหอมพันธุ์ต่าง ๆ ซึ่งในข้าวสารพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ต้องมีปริมาณสารดังกล่าวไม่น้อยกว่า 0.07 ppm (งามชื่น, 2547) พบว่าปริมาณสารหอมที่วัดได้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งวัดปริมาณสารหอมในชุดควบคุมได้ 2.82 ppm และชุด

ที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุวัดได้ 2.40 ppm ($P<0.05$) (ตารางที่ 5) โดยความร้อนที่เกิดจากคลื่นความถี่วิทยุมีผลทำให้สารหอมที่อยู่ในข้าวระเหยออกไป ปริมาณสารหอมที่วัดได้จึงลดลง (งามชื่น, 2547) เช่นเดียวกับงานทดลองของ กฤษณา และคณะ (2552) ที่ทดลองใช้คลื่นความถี่วิทยุเพื่อกำจัดมอดหัวป้อมในข้าวสารพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 โดยใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส พบว่าสารหอมที่วัดได้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้งานทดลองของ Wongpomchai *et al.* (2004) ที่ทำการศึกษาการลดความชื้นข้าวสารพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิต่าง ๆ พบว่า การใช้ความร้อนที่ระดับ 70 องศาเซลเซียสขึ้นไปกับข้าวสารพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 มีผลทำให้ค่า 2-AP ที่วัดได้ลดลงเช่นเดียวกัน ซึ่งคุณภาพทางเคมีโดยรวมที่วัดได้แสดงให้เห็นว่า คลื่นความถี่วิทยุมีผลทำให้ข้าวมีคุณสมบัติคล้ายข้าวเก่า (พลกร และคณะ, 2551) เมื่อหุงแล้วข้าวจะมีความร่วนมากขึ้น หรือเหนียวติดกันน้อยลง ข้าวสุกขยายปริมาตรได้มาก ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค (งามชื่น, 2547)

จากงานวิจัยที่ผ่านมาการใช้คลื่นความถี่วิทยุที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วินาที นอกจากจะสามารถกำจัดมอดหัวป้อมได้อย่างสมบูรณ์โดยแล้วยังสามารถกำจัดมอดหัวป้อม (กฤษณา และคณะ, 2552) และมีเชื้อข้าวสาร (ถนอญ และคณะ, 2551) ได้อย่างสมบูรณ์เช่นเดียวกัน โดยความร้อนที่อุณหภูมิดังกล่าวไม่ส่งผลต่อคุณภาพทางเคมีที่สำคัญของข้าวและรักษาคุณภาพดังกล่าวไว้ได้ทั้งเรื่องความชื้น ปริมาณอะไมโลสรวมไปถึงปริมาณ 2-acetyl-1-pyrroline (2-AP) ซึ่งเป็นสารที่ทำให้ข้าวสารพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 มีกลิ่นหอม ให้อยู่ในช่วงมาตรฐานที่สามารถจำหน่ายได้เป็นข้าวหอมมะลิอย่างดีคัดพิเศษ (กรมการค้าภายใน, 2550)

Table 5 Amylose, crude protein and 2-acetyl-1-pyrroline (2-AP) contents from milled rice cv. Khao Dawk Mali 105 after treated by 27.12 MHz radio frequency at 70°C for 120 seconds compared with untreated control

Treatment	Amylose (%)	Crude protein (%)	2-AP (ppm)
Control	16.83b ^{1/}	7.38a	2.82a
70°C 120 seconds	17.82a	7.12b	2.40b

^{1/} Means with in the same column followed by the same letter are not significantly different at 0.05 levels by the LSD

สรุป

การใช้คลื่นความถี่วิทยุ ความถี่ 27.12 MHz ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วินาที เป็นระดับที่เหมาะสมที่สุดในการใช้กำจัดมอดฟีนเลื่อยตัวเต็มวัยซึ่งเป็นระยะที่ทนทานต่อคลื่นความถี่วิทยุมากที่สุด โดยคลื่นความถี่วิทยุดังกล่าวจะทำให้ความชื้นของข้าวสารลดลง ค่าสีที่วัดได้ของข้าวสารเปลี่ยนไปเป็นสีเหลืองมากขึ้น และมีค่าดัชนีความขาวเพิ่มขึ้น ส่วนคุณสมบัติเคมีพบว่า ปริมาณอะไมโลสที่วัดได้มีค่าเพิ่มขึ้น ปริมาณโปรตีนลดลง และปริมาณสารหอมลดลงเล็กน้อยซึ่งปรับคุณภาพให้มีคุณสมบัติเหมือนข้าวเก่า

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์เครื่องมือวิเคราะห์ จากสถาบันเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และเครื่อง Radio frequency จากศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะกรรมการอุดมศึกษา รวมไปถึงทุนสนับสนุนการวิจัยจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง

กรมการค้าภายใน. 2550. มาตรฐานข้าวหอมมะลิบรรจุถุงจำหน่ายภายในประเทศ. (ระบบออนไลน์).
แ ห ล ง ขั อ มู ล <http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2550/E/150/9.PDF/>
(18 ธันวาคม 2556).

กฤษณา สุเมธะ เยาวลักษณ์ จันทรวงศ์ วิเชียร เสงส์สวัสดิ์ และ ณัฐศักดิ์ กฤติกาเมษ. 2552. ผลของการใช้คลื่นความถี่วิทยุต่อมอดฟีนเลื่อยและคุณภาพของข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105. หน้า 97-103. ใน: รายงานสัมมนาวิชาการ บัณฑิตศึกษา เกษตรศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ครั้งที่ 6. 12-13 มีนาคม 2552. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

งามชื่น คงเสรี. 2547. คุณภาพและการตรวจสอบข้าวหอมมะลิไทย. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 133 หน้า.

ณคณิน ลือชัย วิชชา สะอาดสุด เยาวลักษณ์ จันทรวงศ์ และ ณัฐศักดิ์ กฤติกาเมษ. 2551. การใช้คลื่นความถี่วิทยุเพื่อควบคุมผีเสื้อข้าวสาร *Corcyra cephalonica* (Stainton) และผลต่อคุณภาพข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 39(3) (พิเศษ): 347-350.

พลากร สำราษฏร์ สงวนศักดิ์ ธนาพรพูนพงษ์ และ สุชาดา เวียรศิลป์. 2551. การดัดแปลงคุณภาพหุงต้มของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยคลื่นความถี่วิทยุ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 39(3): 354-538.

พรทิพย์ วิสารทนนท์ กุสุมา นวลวัฒน์ บุษรา จันทรวงศ์ แก้วมณี ใจทิพย์ อุไรชื่น รังสิมา เก่งการพานิช กรรณิการ์ เพ็งคุ้ม จิราภรณ์ ทองพันธ์ ดวงสมรสุทธิสุทธิลักษณ์ ร่มเย็น และ ภาวิณี หนูชนะภัย. 2548. แมลงที่พบในผลิตภัณฑ์และการป้องกันกำจัด. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์

- การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. กรุงเทพฯ. 150 หน้า
- รติษฐ นุตพงษ์ เยาวลักษณ์ จันทรียง และ สุชาดา เวียรศิลป์. 2555. การใช้คลื่นความถี่วิทยุเพื่อควบคุมมอดยาสูป. วารสารเกษตร 28(1): 75-82.
- วีรยุทธ ฝักระจายเพื่อน เยาวลักษณ์ จันทรียง และ สุชาดา เวียรศิลป์. 2554. ผลของการกำลังความถี่วิทยุขนาดต่าง ๆ ต่อการตอบสนองของด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) และคุณภาพของข้าวโพด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 42(3) (พิเศษ): 392-395.
- สมพร อิศวิลานนท์. 2556. สัมมนาทิศทางการข้าวไทยปี 2556: ตลาดส่งออกข้าวไทยจะก้าวไปอย่างไร. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.thairice.org/doc_dl/032013/ppt-a.pptx (18 ธันวาคม 2556).
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2556. มูลค่าการส่งออกข้าวหอมดอกมะลิ. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php (18 ธันวาคม 2556).
- อัมพร บัวผุด เยาวลักษณ์ จันทรียง และ สุชาดา เวียรศิลป์. 2555. ผลของการให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่วิทยุต่อผีเสื้อข้าวเปลือกและคุณภาพการสีของข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105. วารสารเกษตร 28(2): 137-144.
- Abbott, W. S. 1925. Method for computing the effectiveness of an insecticide. Journal of Economic Entomology 18: 256-267.
- Cwiklinski, M. and D. von Hoersten. 1999. Thermal treatment of seed using microwave or radio frequency energy for eradication seedborne fungi. Paper presented at the 1999 ASAE/CSAE-CSGR Annual International Meeting. July 18-21 1999. Ontario, Canada.
- Neven, L.G. 2000. Physiological responses of insects to heat. Postharvest Biology and Technology. 21: 103-111.
- Theanjumpol, P., S. Thanapornpoonpong, E. Pawelzik and S. Vearasilp. 2007. Milled rice physical properties after various radio frequency heat treatments. Paper presented at the Conference on International Agricultural Research for Development. October 9-11, 2007. University of Kassel-Witzenhausen and University of Gottingen, Germany. 4 pp.
- Wang, S., J. Tang, J. A. Johnson and J. D. Hansen. 2002. Thermal-death kinetics of fifth-instar *Amyelois transitella* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) larvae. Journal of Stored Products Research 38(5): 427-440.
- Wang, S., M. Monzon, J. A. Johnson, E. J. Mitcham and J. Tang. 2007. Industrial scale radio frequency treatments for insect control in walnuts: I. Heating uniformity and energy efficiency. Postharvest Biology and Technology 45: 240-246.
- Wongpomchai, S., K. Dumri, S. Jongkaewwattana and B. Siri. 2004. Effects of drying methods and storage time on the aroma and milling quality of rice (*Oryza sativa* L.) cv. Khao Dawk Mali 105. Food Chemistry 87: 407-414.
- Zhao, S., S. Xiong, C. Qiu and Y. Xu. 2007. Effect of microwaves on rice quality. Journal of Stored Products Research 43: 496-502.

การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลิน ในระยะออกดอกของกล้วยไม้ช้างกระ

Changes of Gibberellin-like Substances Content During Flowering of *Rhynchostylis gigantea* (Lindl.) Ridl.

มิ่งขวัญ เจียวัฒน์^{1/} ดรุณี นภาพรหม^{1/} และณัฐา โพธาภรณ์^{1/}
Mingkwan Jearwattana^{1/}, Daruni Naphrom^{1/} and Nuttha Potapohn^{1/}

Abstract: Changes of gibberellins-like substances content during flowering of *Rhynchostylis gigantea* (Lindl.) Ridl. was studied using bioassay. The experiment was conducted in Randomized Completely Block Design (RCBD). Treatments were natural condition and short day condition (14 hours darkness). Plants were divided into three groups according to its size: large, medium, and small. The experiment were conducted during May-July 2011. The results showed that short day condition had significant effect on flower induction. Plants grown under short day could induce flower bud faster than those grown under natural condition for 20 days. Moreover, short day condition had significant effect on blooming period, which was longer than natural condition for 18 days. In addition, amount of gibberellins-like substances content in leaves of plant grown under short day condition was greater than those grown under natural condition at 75 and 95 day after treatment. However, amount of gibberellin-like substances content in shoot of all treatments were not significantly different.

Keywords: *Rhynchostylis gigantea* (Lindl.) Ridl., gibberellin-like substances, short day condition

^{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: การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารคล้ายจีเบอเรลลินในระยะการออกดอกของกล้วยไม้ช้างกระ โดยวิธีการตรวจวัดปริมาณจีเบอเรลลินโดยวิธีวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) มี 2 กรรมวิธี คือ ปลูกเลี้ยงภายใต้สภาพธรรมชาติและสภาพวันสั้น (ความมืด 14 ชั่วโมง) โดยใช้ขนาดของต้น 3 ขนาด คือ ขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก ทำการทดลองระหว่างเดือนพฤษภาคม-กรกฎาคม 2554 พบว่า สภาพวันสั้นชักนำให้กล้วยไม้ช้างกระเกิดตาออกและการพัฒนาของตาออกได้เร็วกว่าสภาพธรรมชาติเป็นเวลา 20 วัน อีกทั้งสภาพวันสั้นทำให้กล้วยไม้ช้างกระมีอายุการบานดอกมากกว่าสภาพธรรมชาติ 18 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้สภาพวันสั้นทำให้ปริมาณสารคล้ายจีเบอเรลลินในส่วนใบกล้วยไม้ช้างกระเพิ่มปริมาณขึ้นในช่วง 75 และ 95 วันหลังทำการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามปริมาณสารคล้ายจีเบอเรลลินในส่วนยอดกล้วยไม้ช้างกระของทั้งสองกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: กล้วยไม้ช้างกระ สารคล้ายจีเบอเรลลิน สภาพวันสั้น

คำนำ

กล้วยไม้เป็นไม้ดอกไม้ประดับที่ได้รับความนิยมทั่วโลก และเป็นไม้ดอกไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ซึ่งมีการส่งออกทั้งในรูปแบบของไม้ตัดดอกและไม้กระถาง และด้วยความต้องการกล้วยไม้ในรูปแบบของไม้ตัดดอกและไม้กระถางที่เพิ่มมากขึ้น กล้วยไม้พันธุ์แท้หลายชนิด อย่างเช่น กล้วยไม้ช้างกระ เป็นกล้วยไม้ชนิดหนึ่งที่มีแนวโน้มจะพัฒนาเป็นกล้วยไม้กระถางเพื่อการส่งออก เพราะเป็นกล้วยไม้กระถางที่ออกดอกพร้อมกันครั้งละหลายช่อ ดอกมีกลิ่นหอม บานทนเป็นสัปดาห์ (ณัฐา, 2548) แต่ยังมีข้อจำกัดในเรื่องฤดูกาล การออกดอกมีเพียงปีละ 1 ครั้งเท่านั้น ในช่วงเดือนมกราคมถึงกุมภาพันธ์ ถ้าสามารถยืดช่วงเวลาของการออกดอกให้เร็วขึ้นหรือช้าลง อาจเป็นการช่วยเพิ่มศักยภาพการส่งออกต้นกล้วยไม้ชนิดนี้ได้อีกทางหนึ่ง (ครรชิต, 2547)

ปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการชักนำให้เกิดดอก คือ แสง โดยที่ผลของช่วงเวลาการได้รับแสง (photoperiod) ความยาวคลื่นแสง (wave length) และความเข้มแสง (irradiance) มีผลต่อการออกดอกของพืชอย่างมีปฏิสัมพันธ์กัน (दनัย, 2544) นอกจากนั้นปริมาณที่ได้รับแสง (light quality) คุณภาพของแสง (light quantity) และระยะเวลาที่ได้รับแสง (duration) มีผลต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงการสังเคราะห์ปริมาณฮอร์โมนจีเบอเรลลิน เช่น แสงมีผลในการชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการสังเคราะห์ฮอร์โมนจีเบอเรลลินในพืชตระกูลถั่ว และการ

สร้างหัวของมันฝรั่ง (Davies, 2004) และอีกปัจจัยหนึ่งในการชักนำหรือส่งเสริมการออกดอกในไม้ดอก คือ ฮอร์โมน พบว่า กรดจีเบอเรลลิก โดยเฉพาะ GA_3 นับเป็นฮอร์โมนที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการออกดอก การพัฒนา และการเจริญเติบโตของดอก (โสระยา, 2547) อีกทั้งฮอร์โมนจีเบอเรลลินมีบทบาทที่สำคัญต่อช่วงเวลาที่ได้รับแสง (photoperiodism) และกระบวนการออกดอก โดยที่ฮอร์โมนจีเบอเรลลินมีผลต่อการชักนำและการเจริญของเนื้อเยื่อตาออกในพืชวันสั้น (Wilkins, 1969) ในกล้วยไม้สกุล *Phalaenopsis* เมื่อให้ GA_3 สามารถทำให้ระดับน้ำตาลเพิ่มขึ้น และเคลื่อนย้ายจากแหล่งสร้างคือ ใบ ไปยังบริเวณที่มีการใช้น้ำตาล คือ ช่อดอก ทำให้ดอกมีการพัฒนา (Choy and Yong, 2004)

มีงานวิจัยจำนวนมากที่ทำการศึกษการชักนำให้กล้วยไม้ช้างกระออกดอกฤดูด้วยการให้สภาพวันสั้นร่วมกับปัจจัยอื่น ๆ อาทิเช่น วิทยา (2547) ทำการศึกษการชักนำให้กล้วยไม้ช้างกระออกดอกภายใต้อุณหภูมิกลางคืน 18 องศาเซลเซียส และสภาพมืด 14 ชั่วโมง (สภาพวันสั้น) ที่ต่อเนื่อง ทำให้กล้วยไม้ช้างกระเกิดตาออกและดอกบานได้เร็วกว่าปกติ เช่นเดียวกับการทดลองของณัฐดนัย (2551) พบว่า สภาพวันสั้น (สภาพมืด 14 ชั่วโมง) มีผลกระตุ้นให้กล้วยไม้ช้างกระแทงช่อดอกและบานดอกได้เร็วที่สุด และการให้ GA_3 มีบทบาทในการช่วยส่งเสริมให้ช่อดอกยืดยาวขึ้น และกัณนิกา (2553) ยังพบเช่นเดียวกันว่า ต้นที่ได้รับสภาพวันสั้นเพียงอย่างเดียวและต้นที่ได้รับสภาพวันสั้นร่วมกับ GA_3 ความเข้มข้น

3,000 ppm ทำให้กล้วยไม้ช้างกระแทงช่อดอกและบานดอกเร็วขึ้น นอกจากนี้มีการศึกษาผลของสภาพวันสั้นต่อปริมาณฮอร์โมนภายในต้นกล้วยไม้ช้างกระ พบว่า ต้นกล้วยไม้ช้างกระที่ได้รับสภาพวันสั้น มีปริมาณ ABA ลดลง และปริมาณ t-ZR เพิ่มขึ้นในช่วงการชักนำให้เกิดดอก (Phengphachanh *et al.*, 2012) อย่างไรก็ตาม ฮอร์โมนที่มีผลต่อการชักนำให้เกิดช่อดอกและการพัฒนาของช่อดอกยังมีอีกหลายชนิด เช่น ออกซิน และไซโทไคนิน (Goh, 1977)

ในปัจจุบันความสัมพันธ์ทางสรีรวิทยากับการออกดอกของกล้วยไม้สกุลช้าง โดยเฉพาะในส่วนของจิบเบอเรลลินยังไม่ได้มีการศึกษา ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินภายในกล้วยไม้ช้างกระที่ปลูกเลี้ยงในสภาพวันสั้น เปรียบเทียบกับต้นที่ปลูกในสภาพธรรมชาติ เพื่อใช้ในการวางแผนการบังคับการออกดอกนอกฤดูของกล้วยไม้สกุลช้าง

อุปกรณ์และวิธีการ

กล้วยไม้ช้างกระอายุประมาณ 3 ปีที่เคยออกดอกในปีก่อนหน้าการทดลอง จำนวน 240 ต้น แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ตามขนาดของต้น ใช้ขนาดต้นเป็นบล็อก โดยต้นเล็กมีขนาดต้นสูงประมาณ 11 เซนติเมตร มี 1-2 คู่ใบ ต้นกลางมีขนาดต้นสูงประมาณ 14 เซนติเมตร มี 2-3 คู่ใบ และต้นใหญ่มีขนาดต้นสูงประมาณ 20 เซนติเมตร มี 3-4 คู่ใบ โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD มี 2 กรรมวิธี คือ กรรมวิธีที่ปลูกในสภาพธรรมชาติ คือ สภาพวันยาว และกรรมวิธีที่ปลูกในสภาพวันสั้น โดยคลุมด้วยผ้าสีดำที่แสงไม่สามารถลอดผ่านได้ ในเวลา 17.00-07.00 นาฬิกา เพื่อให้ได้ความมืดต่อเนื่อง 14 ชั่วโมง ทำการทดลองตั้งแต่เดือนพฤษภาคม-กรกฎาคม 2554 เป็นระยะเวลา 3 เดือน ทำการสุ่มต้นจากแต่ละกรรมวิธีจำนวนกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ต้น ตั้งแต่เริ่มทำการทดลองคือ วันที่ 0 และสุ่มตัวอย่างในระยะแรกทุก ๆ 5 วัน จนกระทั่งถึงวันที่ 35 หลังจากนั้นสุ่มทุก ๆ 20 วัน จนกระทั่งถึงวันที่ 95 นำต้นที่ได้จากการสุ่มมาใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณจิบเบอเรลลินในพืช ส่วนต้นที่เหลือใช้

ในการศึกษาการพัฒนาของช่อดอกกล้วยไม้ช้างกระ หลังจากการให้กรรมวิธีแก่พืชแล้วจากนั้นจึงย้ายมาปลูกเลี้ยงต่อในสภาพธรรมชาติ แล้วบันทึกผลการพัฒนาของช่อดอกและอายุการบานของดอกที่ 10, 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์

การวิเคราะห์ปริมาณฮอร์โมนพืช

เริ่มจากการเก็บตัวอย่างใบทั้งหมด ในต้น และยอดกล้วยไม้ช้างกระ โดยสุ่มต้นกล้วยกล้วยไม้ช้างกระมาใช้วิเคราะห์ในแต่ละครั้งเป็นจำนวน 1 ต้นต่อบล็อก นำมาวิเคราะห์ทุก 5 วัน คือ วันที่ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 วัน และเก็บในทุก ๆ 20 วัน คือ วันที่ 55, 75, 95 วัน หลังจากให้สภาพวันสั้น นำตัวอย่างที่ได้มาแช่ในไนโตรเจนเหลวทันที จากนั้นนำไปทำให้แห้งโดยใช้ความเย็นด้วยเครื่อง Freeze dryer นำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จึงนำมาสกัดและทำให้บริสุทธิ์ โดยดัดแปลงจากวิธีการของดรูณี และกนกวรรณ (2552) แล้วจึงนำตัวอย่างพืชที่สกัดได้ มาวิเคราะห์หาปริมาณฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน โดยใช้วิธีการ Hordeum (barley) endosperm reducing sugar production bioassay ซึ่งดัดแปลงจากวิธีการของ Moore (1981)

ผลและวิจารณ์

1. การพัฒนาของช่อดอกและอายุการบานดอกกล้วยไม้ช้างกระ

การปลูกเลี้ยงกล้วยไม้ช้างกระในสภาพวันสั้นมีผลทำให้เกิดช่อดอกได้เร็วกว่าสภาพธรรมชาติเป็นเวลาประมาณ 20 วัน และช่อดอกมีการพัฒนาไปได้เร็วกว่าสภาพธรรมชาติ อีกทั้งอายุการบานดอกของกล้วยไม้ช้างกระในสภาพวันสั้นมีอายุการบานดอกที่นานกว่าสภาพธรรมชาติประมาณ 18 วัน ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 1) เช่นเดียวกับการทดลองในปี พ.ศ. 2552-2553 ที่ทดลองปลูกเลี้ยงกล้วยไม้ช้างกระภายใต้สภาพวันสั้นร่วมกับการให้ GA₃ สามารถทำให้กล้วยไม้ช้างกระเกิดช่อดอกได้เร็วกว่าสภาพธรรมชาติเป็นเวลา 19 วัน (Phengphachanh *et al.*, 2012) ซึ่งยังสอดคล้องกับรายงานของณัฐดนัย (2551) และกณิกนา

(2553) ที่พบว่า ผลของสภาพวันสั้นมีผลทำให้กล้วยไม้ข้างกระแทงช่อดอกและพัฒนาตาดอกได้เร็วขึ้น

2. การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดจิบเบอเรลลินในใบและยอดของกล้วยไม้ข้างกระ

เมื่อนำกล้วยไม้ข้างกระมาปลูกเลี้ยงในสภาพวันสั้น พบว่า ปริมาณของสารคล้ายจิบเบอเรลลินในส่วนของใบกล้วยไม้ข้างกระที่ปลูกเลี้ยงในสภาพธรรมชาติและในสภาพวันสั้น มีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารคล้าย จิบเบอเรลลินในทำนองเดียวกัน คือจากวันที่ 0 ถึงวันที่ 10 ปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งในช่วงนี้เป็นช่วงที่กล้วยไม้ข้างกระได้รับการชักนำให้เกิดตาดอก และคงที่ในช่วงวันที่ 15 แล้วเพิ่มขึ้นอย่างมากอีกครั้งในวันที่ 20 หลังจากนั้นพบว่า การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลิน ในช่วงวันที่ 25 ถึง 35 ลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นช่วงที่กล้วยไม้ข้างกระเปลี่ยนจากตาใบไปเป็นตาดอก (floral initiation) ตามรายงานของ Phengphachanh *et al.* (2013) ซึ่งได้ทำการศึกษากายวิภาคของตาดอกกล้วยไม้ข้างกระ พบการเปลี่ยนแปลงจากระยะตาใบไปเป็นตาดอก ในวันที่ 35 ของการทดลอง ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า เมื่อมีการเปลี่ยนจากตาใบไปเป็นตาดอกแล้วมีปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินเริ่มเพิ่มปริมาณขึ้นอีกในวันที่ 55 จนถึง 95 โดยปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินเพิ่มขึ้นมากในใบกล้วยไม้ข้างกระที่ปลูกเลี้ยงในสภาพวันสั้นมากกว่าปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินของใบกล้วยไม้ข้างกระที่ปลูกเลี้ยงในสภาพธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ซึ่งในระยะนี้เป็นระยะที่ตาดอกมีการพัฒนาไปเป็นส่วนต่าง ๆ ของดอก (floral development) ในวันที่ 75 และ 95 วัน หลังการทดลอง (รูปที่ 1A) ซึ่งผลที่ได้นี้เป็นไปในทำนองเดียวกับการศึกษาในใบของ *Bryophyllum daigremontianum* ที่ปลูกในสภาพวันสั้น พบปริมาณ GA_1 และ GA_{29} ค่อย ๆ เพิ่มขึ้น เมื่อทำการทดลองไปแล้ว 51 วัน (Durley *et al.*, 1975) ในช่วงของการสร้างตาดอกในพืชดอกทั่วไป เป็นช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงของสารเมแทบอลิซึมต่าง ๆ ในพืช เช่น การเพิ่มขึ้นของฮอร์โมนจิบเบอเรลลินในใบ การเพิ่มของออกซินในตาดอก การเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต การเผาผลาญกรดนิวคลีอิกในเนื้อเยื่อตาดอก และอัตราการใช้น้ำในโตรเจน เป็นต้น (Chailakhyan, 1968)

ปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินในส่วนยอดกล้วยไม้ข้างกระ ทั้งที่ปลูกเลี้ยงในสภาพธรรมชาติและสภาพวันสั้น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2) เมื่อดูจากลักษณะการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารคล้าย จิบเบอเรลลินเห็นได้ว่า ยอดของต้นกล้วยไม้ข้างกระทั้งที่ปลูกในสภาพธรรมชาติและวันสั้น มีการเปลี่ยนแปลงไปในทำนองเดียวกับการเปลี่ยนแปลงในใบ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินในยอดกล้วยไม้ข้างกระในสภาพวันสั้นในระยะการชักนำให้เกิดดอก มีปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 5 และไปสูงสุดที่สูงสุดในวันที่ 15 และเริ่มลดลงในระยะเปลี่ยนจากตาใบไปเป็นตาดอก ในขณะที่ยอดของต้นที่ปลูกในสภาพธรรมชาติ มีปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 10

Table 1 Number of days after treatment started on visible flower bud and flower development after visible flower bud of *Rhynchostylis gigantea* (Lindl.) Ridl. plants grown under short day and natural condition

Treatment	No. of days from starting treatment to visible flower bud ^{1/}	No. of days from first visible flower bud to flowering ^{1/}		
		Flower development		
		10%	50%	100%
Natural condition	163.58a	90.25a	93.22a	97.61a
Short day condition	140.75b	106.25b	109.58b	116.21b
LSD _{0.05}	11.00	11.28	11.76	10.28

^{1/} The means within the same column showed significantly differences between treatments by LSD test at P=0.05

และไปสู่จุดสูงสุดในวันที่ 20 และเริ่มลดลง (รูปที่ 1B) แสดงให้เห็นว่า สภาพวันสั้นมีผลทำให้ปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินเพิ่มสูงขึ้นและลดลงก่อนในสภาพธรรมชาติ ซึ่งผลที่ได้นี้ เป็นไปในทำนองเดียวกับการทดลองกับการศึกษาในยอดของ *Phalaenopsis hybrida* (Minho Princess × *Phal. equestris*) ที่ปลูกเลี้ยงในสภาพวันสั้น ได้รับแสง 9 ชั่วโมงต่อวัน พบว่าในการชักนำและพัฒนาของตาดอก ถูกควบคุมด้วยฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน โดยที่ในช่วงที่มีการพัฒนาของตาดอก มีปริมาณ GA_1 ที่มี

ปริมาณสูง และ GA_8 ปริมาณต่ำ และมีการพัฒนาของดอกเร็วกว่าต้นที่ปลูกในสภาพธรรมชาติ (Su *et al.*, 2001) ซึ่งเป็นไปตามรายงานของ Chailakhyan (1968) ที่กล่าวไว้ว่า การที่พืชได้รับแสงที่เหมาะสมในการชักนำให้เกิดดอก เช่น การให้สภาพวันสั้นในการชักนำให้เกิดตาดอกของพืชวันสั้น มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับของฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน และในการศึกษาค้นคว้าพบว่า วันสั้นมีผลทำให้กล้วยไม้ช้างกระเกิดตาดอกได้เร็วกว่าสภาพธรรมชาติ และมีอายุการบานดอกที่นานกว่าสภาพธรรมชาติด้วย

Table 2 Gibberellin-like substances content in leaf and shoot of *Rhynchostylis gigantea* (Lindl.) Ridl. grown under natural and short day condition

Treatment	Gibberellin-like substances content (mg/g dry weight)										
	Days after treatment										
	0	5	10	15	20	25	30	35	55	75 ^{1/}	95 ^{1/}
Leaf-NC	0.326	2.314	2.302	1.63	3.352	2.238	1.344	0.784	1.04	1.502a	1.718a
Leaf-SD	0.326	1.11	1.866	1.886	3.624	0.966	1.35	0.854	1.296	2.404b	3.134b
LSD _{0.05}	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.373	0.402
Shoot-NC	0.314	0.676	1.646	1.674	2.832	1.256	0.546	1.24	1.094	1.212	0.694
Shoot-SD	0.314	1.574	1.954	2.672	1.618	0.772	0.812	1.056	1.448	1.004	0.504
LSD _{0.05}	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Leaf-NC = Leaf in natural condition, Leaf-SD = Leaf in short-day condition, Shoot-NC = Shoot in natural condition, Shoot-SD = Shoot in natural condition

^{1/} The means within the same column showed significantly differences between treatments in the same plant part by LSD test at P=0.05

ns = The means within the same column showed not significantly differences between treatments in the same plant part by LSD test at P=0.05

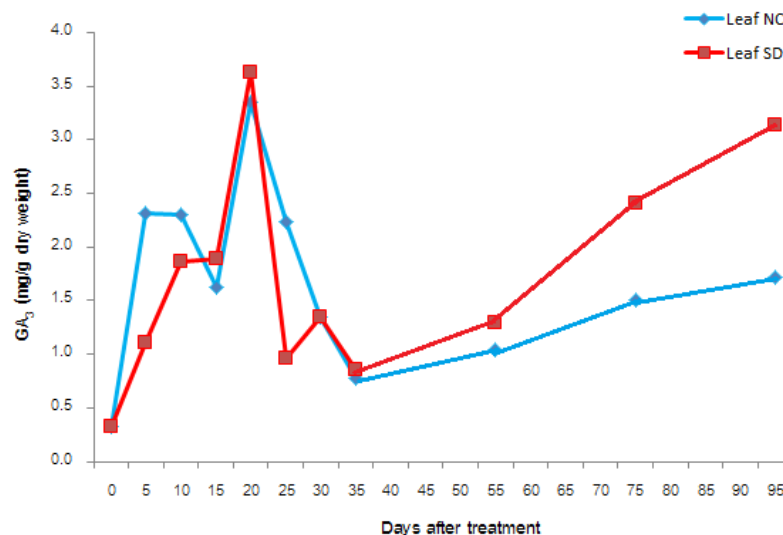


Figure 1 Gibberellin-like substances content in *Rhynchostylis gigantea* (Lindl.) Ridl. leaf at day-0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 55, 75, and 95 of treatment

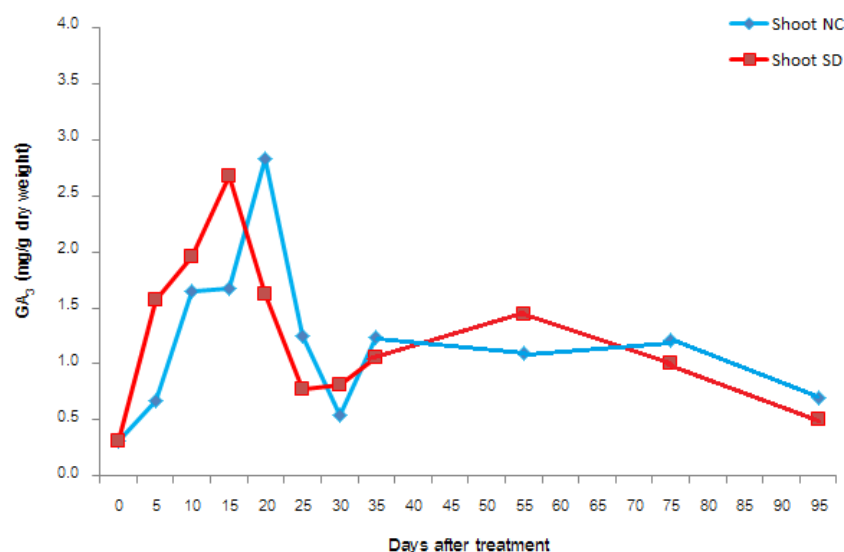


Figure 2 Gibberellin-like substances content in *Rhynchosyilis gigantea* (Lindl.) Ridl. shoot at day-0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 55, 75, and 95 of treatment

สรุป

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินในระหว่างการออกดอกของกล้วยไม้ช้างกระ พบว่า สภาพวันสั้น มีผลทำให้กล้วยไม้ช้างกระเกิดตาดอกและมีการพัฒนาตาดอกที่เร็วกว่าการปลูกเลี้ยงในสภาพธรรมชาติ และมีอายุการบานของดอกนานกว่าสภาพธรรมชาติ อีกทั้งสภาพวันสั้นยังมีแนวโน้มทำให้ปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินในใบของกล้วยไม้ช้างกระมีปริมาณเพิ่มขึ้นในช่วงก่อนการเกิดตาดอก และมีปริมาณลดลง อย่างไรก็ตาม ช่วงการเกิดตาดอกมีปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินเพิ่มขึ้นอีกครั้งและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระหว่างการพัฒนาส่วนต่างๆ ของดอก คือ ช่วงวันที่ 75-95 วันหลังจากได้รับสภาพวันสั้น ในขณะที่ในช่วงวันอื่น ๆ ปริมาณของสารคล้ายจิบเบอเรลลินไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินในส่วนยอดกล้วยไม้ช้างกระทั้งในสภาพธรรมชาติและสภาพวันสั้น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่สภาพวันสั้นจะทำให้ปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลิน ลดลงเร็วกว่าสภาพธรรมชาติ ในช่วงการเกิดตาดอก

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่เรือนเพาะชำกล้วยไม้ศูนย์วิจัยสาริตและฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ ห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์ และห้องปฏิบัติการทางสรีรวิทยา สาขาวิชาพืชสวน ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอำนวยความสะดวกต่างๆ ในการทดลอง และขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กัณนิกา บรรยาย ไสระยา ร่วมรังษี และ ณัฐา โพธารณณ์ 2553. ผลของความยาววันและกรดจิบเบอเรลลินต่อปริมาณธาตุอาหารและการออกดอกนอกฤดูของกล้วยไม้ช้างกระ. วารสารเกษตร 26(1): 43-50.
- ครรชิต ธรรมศิริ. 2547. เทคโนโลยีการผลิตกล้วยไม้. อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ. 283 หน้า.

- दनัย บุญเกียรติ. 2544. สรีรวิทยาของพืช. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 230 หน้า.
- ดร.ณีน นาพรหม และ กนกวรรณ ศรีงาม. 2552. เทคนิคการวิเคราะห์ปริมาณฮอร์โมนพืช. คู่มือปฏิบัติการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 29 หน้า.
- ณัฐา ควรประเสริฐ. 2548. กล้วยไม้วิทยา I. เอกสารคำสอนวิชา 359405. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 215 หน้า.
- ณัฐดนัย ดีะดี. 2551. ผลของสภาพวันสั้นและกรดจิบเบอเรลลิน (GA_3) ต่อการออกดอกนอกฤดูของกล้วยไม้ช้างกระ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 105 หน้า.
- วิทยา ทีโสดา. 2547. ผลของความยาววันและอุณหภูมิกลางวันที่มีผลต่อการเกิดดอกของกล้วยไม้ช้าง. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 27 หน้า.
- โสระยา ร่วมรังษี. 2547. เอกสารประกอบคำสอนวิชา สรีรวิทยาไม้ดอกไม้ประดับ. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 127 หน้า.
- Chailakhyan, M. K. H. 1968. Internal factors of plant flowering. Annual Reviews of Plant Physiology 19: 1-37.
- Choy, S. H. and J. W. H. Yong. 2004. The Physiology of Tropical Orchids in Relation to the Industry. 2nd ed. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore. 370 p.
- Davies, P. J. 2004. Plant Hormones: Biosynthesis, Signal Transduction, Action. 3rd ed. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. 750 p.
- Durley, R. C., R. P. Pharis and J. A. D. Zeevaart. 1975. Metabolism of [3H] gibberellin A_{20} by plants of *Bryophyllum daigremontianum* under long- and short-day conditions. Planta 126: 139-149.
- Goh, C. J. 1977. Regulation of floral initiation and development in an orchid hybrid *Aranda Deborah*. Annals of Botany 41: 763-769.
- Moore, T. C. 1981. Research Experiences in Plant Physiology: a Laboratory Manual. 2nd ed. Springer-Verlag. Heidelberg, New York. 348 p.
- Phengphachanh, B., D. Naphrom, W. Bundithya and N. Potapohn. 2012. Effects of day length and gibberellic acid on endogenous hormone levels in flowering of *Rhynchostylis gigantea* (Lindl.) Ridl. Journal of Agricultural Science 4(4): 217-222.
- Phengphachanh, B., D. Naphrom, W. Bundithya and N. Potapohn. 2013. Differential gene expression during flower bud initiation and flower bud development of *Rhynchostylis gigantea* (Lindl.) Ridl. Journal of Agricultural Technology 9(5): 1285-1295.
- Su, W. R., W. S. Chen, M. Koshioka, L. N. Mander, L. S. Hung, W. H. Chen, Y. M. Fu and K. L. Huang. 2001. Changes in gibberellins levels in the flowering shoot of *Phalaenopsis hybrida* under high temperature conditions when flower development is blocked. Journal of Plant Physiology and Biochemistry 39: 45-50.
- Wilkins, M. B. 1969. The Physiology of Plant Growth and Development. McGraw-Hill Publishing Co. Ltd., England. 695 p.

ผลของเมพิควอทคลอไรด์ คลอร์มีควอทคลอไรด์
และพาโคลบิวทราโซลต่อการออกดอกของมะม่วงพันธุ์
น้ำดอกไม้สีทอง

Effect of Mepiquat Chloride, Chlormequat Chloride,
and Paclobutrazol on Flowering of Mango cv.

Nam Dok Mai Si Thong

มะลิวรรณ นาสี^{1/} นุติ เจริญกิจ^{1/} พัทยา สรวมศิริ^{1/2/} และ ดรุณี นภาพรม^{1/}
Maliwan Nasee^{1/}, Nudee Charoenkit^{1/}, Pittaya Srumsin^{1/2/} and Daruni Naphrom^{1/}

Abstract: The study on effect of mepiquat chloride, chlormequat chloride, and paclobutrazol on flowering of mango cv. 'Nam Dok Mai Si Thong' was carried out during July 2012 to March 2013 at Sansai district, Chiang Mai. The experiment was designed based on Randomized Complete Block Design (RCBD) with 5 treatments and 3 blocks (10 trees each); 1) control, 2) soil drench with paclobutrazol 1 g a.i./m², 3) foliar spray with mepiquat chloride 3,000 mg/l, 4) foliar spray with chlormequat chloride 1,000 mg/l, and 5) foliar spray with mepiquat chloride 3,000 mg/l plus chlormequat chloride 1,000 mg/l. The results showed that all growth retardant substances could induce flowering of mango trees faster than control, which flowered at 87-92 days after treatments. The treatment of soil drench with paclobutrazol 1 g a.i./m² gave the highest flowering about 96.16% whereas foliar spraying with mepiquat chloride 3,000 mg/l and chlormequat chloride 1,000 mg/l and mepiquat chloride 3,000 mg/l plus chlormequat chloride 1,000 mg/l showed lower flowering than paclobutrazol at 65.46-82.13%. All treated treatments gave similar flower quality, 67.11-77.54% of full flower, 22.46-32.89% of leafy flower. Moreover, paclobutrazol 1 g a.i./m², mepiquat chloride 3,000 mg/l plus chlormequat chloride 1,000 mg/l and chlormequat chloride 1,000 mg/l had more effect on flower number per panicle than mepiquat chloride 3,000 mg/l. However, all foliar spraying treatments promoted higher percentage of fruit setting than using paclobutrazol.

Keywords: Mango cv. Nam Dok Mai Si Thong, Mepiquat Chloride, Chlormequat Chloride, Paclobutrazol, flowering, growth retardant

^{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

^{2/} มูลนิธิโครงการหลวง ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200

^{2/} Royal Project Foundation, Suthep, Mueang, Chiang Mai 50200, Thailand

บทคัดย่อ: การศึกษาผลของเมพิควอทคลอไรด์ คลอร์มีควอทคลอไรด์ และพาโคลบิวทราโซลต่อการออกดอกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ดำเนินการระหว่างเดือนกรกฎาคม 2555 ถึง เดือนมีนาคม 2556 ณ แปลงเกษตรกร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) โดยกำหนดให้ 10 ต้นเป็น 1 บล็อก รวมทั้งหมด 3 บล็อก จำนวน 5 กรรมวิธี ดังนี้ 1) ควบคุม 2) ราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซลอัตรา 1 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อตารางเมตรของพื้นที่ได้ทรงพุ่ม 3) พ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร 4) พ่นทางใบด้วยคลอร์มีควอทคลอไรด์ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 5) พ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตรผสมกับคลอร์มีควอทคลอไรด์ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า การใช้สารชะลอการเจริญเติบโตของพืชในทุกกรรมวิธี สามารถชักนำการออกดอกได้เร็วกว่ากรรมวิธีควบคุมเฉลี่ย 87-92 วัน หลังทำการทดลอง โดยการราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซลอัตรา 1 กรัมของสารออกฤทธิ์ต่อตารางเมตรของพื้นที่ได้ทรงพุ่ม มีผลทำให้มะม่วงออกดอกมากที่สุดถึง 96.16 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ การพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร คลอร์มีควอทคลอไรด์ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมพิควอทคลอไรด์ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ผสมกับคลอร์มีควอทคลอไรด์ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีเปอร์เซ็นต์การออกดอก 65.46-82.13 เปอร์เซ็นต์ โดยในทุกกรรมวิธีมีข้อดอกล้วนเฉลี่ย 67.11-77.54 เปอร์เซ็นต์ และข้อดอกล้นใบ 22.46-32.89 เปอร์เซ็นต์ และการราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล 1 กรัมของสารออกฤทธิ์ต่อตารางเมตรของพื้นที่ได้ทรงพุ่ม การพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ผสมกับคลอร์มีควอทคลอไรด์ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และคลอร์มีควอทคลอไรด์ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มากกว่าการพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่การพ่นทางใบทุกกรรมวิธีมีผลทำให้ต้นมะม่วงมีเปอร์เซ็นต์การติดผลเฉลี่ย มากกว่าการราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล

คำสำคัญ: มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง เมพิควอทคลอไรด์ คลอร์มีควอทคลอไรด์ พาโคลบิวทราโซล การออกดอก สารชะลอการเจริญเติบโต

คำนำ

มะม่วงเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยผลผลิตส่วนใหญ่ใช้บริโภคภายในประเทศและแปรรูปสูงถึง 2,911,469 ตันต่อปี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) และมีเพียงบางสายพันธุ์เท่านั้น เช่น น้ำดอกไม้สีทอง น้ำดอกไม้เบอร์ 4 และมหาชนก (ธวัชชัย และรุ่งทิพย์, 2553) เป็นต้น ที่มีการส่งออกไปยังต่างประเทศ เฉลี่ยปีละ 68,490 ตัน (ข้อมูลระหว่างปี 2554-ปี 2556) (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) จึงเป็นเหตุกระตุ้นให้ระบบอุตสาหกรรมการผลิตมะม่วงในปัจจุบันสามารถผลิตได้ตลอดทั้งปีโดยใช้สารพาโคลบิวทราโซล ซึ่งเป็นสารชักนำการออกดอกที่ใช้กันอย่างกว้างขวางมากที่สุดในประเทศไทย แต่การใช้สารพาโคลบิวทราโซลทางดินซ้ำในพื้นที่เดิมและต่อเนื่องยาวนานกว่า 10 ปี จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยการสะสมไว้ในดินได้ยาวนานในสภาพแห้งแล้ง หรืออาจเคลื่อนลงสู่สภาพแวดล้อมโดยรอบ (ธวัชชัย และรุ่งทิพย์,

2553) เช่นเดียวกับพิทยา และคณะ (2553) และ Sharma and Awasthi (2005) ที่ยืนยันว่า สารตกค้างของพาโคลบิวทราโซลในดินอาจเป็นอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าอาจมีการกีดกันการใช้สารพาโคลบิวทราโซลในระบบการผลิตมะม่วงในอนาคต ด้วยเหตุนี้จึงมีแนวความคิดการทดลองนำสารเมพิควอทคลอไรด์ และคลอร์มีควอทคลอไรด์ ที่อยู่ในกลุ่มสารชะลอการเจริญเติบโตของพืชประเภทโอเนียม (onium compounds) ซึ่งมีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับสารพาโคลบิวทราโซลในการยับยั้งการสร้างจีบเบอเรลลิน ในขั้นตอนการเกิด Cyclization ของ geranylgeranyl pyrophosphate ไปเป็น Copallylpyrophosphate (Rademacher, 2000) Guo *et al.* (2010) กล่าวว่า สารคลอร์มีควอทคลอไรด์ที่ใช้ในฝ้ายจะสามารถสลายตัวครึ่งหนึ่งของที่มีอยู่เดิม ซึ่งจะสลายตัวได้เร็วกว่าสารพาโคลบิวทราโซล พืชที่ได้รับสารกลุ่มโอเนียมจะมีข้อปล้องสั้น ใบหนาสีเขียวเข้มกว่าปกติ และมีประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงเพิ่มมากขึ้น (ปรารภนา และคณะ, มปป.)

ธวัชชัย และรุ่งทิพย์ (2553) กล่าวว่า สารยับยั้งการสร้าง จิบเบอเรลลิน มีผลต่อการชะลอการเจริญเติบโตทางกิ่งใบ แต่จะเปิดโอกาสให้พืชพัฒนาตาดอกขึ้นมาแทน จากการศึกษาของ ไสภา (2555) พบว่า การพ่นทางใบด้วย เมพิควทคลอไรด์ 700 มิลลิกรัมต่อลิตร ผสมกับคลอร์มีควทคลอไรด์ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มเพิ่ม เปอร์เซ็นต์การออกดอกของต้นมะม่วงและมีลักษณะของ ช่อดอกเป็นช่อดอกสั้นมากที่สุด เท่ากับ 52.67 และ 60.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ ธนยวีร์ (2553) พบว่า การพ่นคลอร์มีควทคลอไรด์ มีผลทำให้ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองสามารถออกดอกได้ เช่นเดียวกับการพ่นทางใบด้วยพาโคลบิวทราโซล

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น จะเห็นถึงความ จำเป็นในการศึกษาสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช ชนิดใหม่เพื่อเป็นทางเลือกทดแทนสารพาโคลบิวทราโซล ในการชักนำการออกดอกนอกฤดูในมะม่วง ได้แก่ สาร เมพิควทคลอไรด์ และสารคลอร์มีควทคลอไรด์ ควบคู่ ไปกับการจัดการต้นมะม่วงให้มีความพร้อมในการ ตอบสนองต่อสารควบคุมการเจริญเติบโต

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง อายุ ประมาณ 15 ปี ณ แปลงเกษตรกร อำเภอสันทราย จังหวัด เชียงใหม่ จำนวน 30 ต้น ทำการตัดแต่งกิ่งและบำรุงต้น ด้วยปุ๋ย (15-15-15) ในเดือนเมษายน 2555 พร้อมพ่นสาร ฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ เมื่อใบชุดที่ 2 เข้าสู่ระยะใบเพสลาด พ่นปุ๋ยทางใบสูตร 0-52-34 ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับเอพิฟอน 800 มิลลิกรัมต่อลิตร จำนวน 3 ครั้ง ห่าง กันครั้งละ 5 วัน ก่อนการพ่นทางใบหรือราดทางดินด้วย สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชตามกรรมวิธี โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) โดยกำหนดให้ 10 ต้นเป็น 1 บล็อก รวม ทั้งหมด 3 บล็อก และทำการเปรียบเทียบ 5 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 กรรมวิธีควบคุม

กรรมวิธีที่ 2 ราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซลอัตรา 1 กรัมของสารออกฤทธิ์ต่อตารางเมตร ของพื้นที่ได้ทรงพุ่ม

กรรมวิธีที่ 3 พ่นทางใบด้วยเมพิควทคลอไรด์ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 4 พ่นทางใบด้วยคลอร์มีควทคลอไรด์ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 5 พ่นทางใบด้วยเมพิควทคลอไรด์ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ผสมกับคลอร์มีควทคลอไรด์ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

ดำเนินการตามกรรมวิธีเมื่อใบอยู่ในระยะใบ เพสลาด โดยราดด้วยพาโคลบิวทราโซลทางดินรอบโคน ต้น 1 ครั้ง (วันที่ 31 กรกฎาคม 2555) หรือพ่นทางใบด้วย เมพิควทคลอไรด์ และคลอร์มีควทคลอไรด์ จำนวน 3 ครั้งห่างกันครั้งละ 5 วัน (เริ่มพ่นวันที่ 31 กรกฎาคม 2555) ก่อนปล่อยให้ต้นพืชออกดอก

ผลการทดลอง

1. ผลกระทบต่อพฤติกรรมการออกดอก

การศึกษาผลของเมพิควทคลอไรด์ คลอร์มีควทคลอไรด์ และพาโคลบิวทราโซลต่อการออกดอกของ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง พบว่า ต้นมะม่วงที่ราดทาง ดินด้วยพาโคลบิวทราโซลได้เริ่มแทงช่อดอกเมื่อ 87 วัน หลังราดสาร (วันที่ 26 ตุลาคม 2555) และมีเปอร์เซ็นต์ การออกดอกมากที่สุด 96.16 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับการพ่นทางใบด้วยเมพิควทคลอไรด์ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร คลอร์มีควทคลอไรด์ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมพิควทคลอไรด์ ผสม กับคลอร์มีควทคลอไรด์ที่เริ่มแทงช่อดอกพร้อมกันเมื่อ 92 วันหลังการพ่นสาร (วันที่ 1 พฤศจิกายน 2555) การพ่น ทางใบด้วยเมพิควทคลอไรด์ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และคลอร์มีควทคลอไรด์ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า มีผลทำให้ต้นมะม่วงออกดอก 82.13 และ 81.40 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในขณะที่การพ่นทางใบด้วยเมพิควทคลอไรด์ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ผสมกับคลอร์มีควทคลอไรด์ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลทำให้ต้น มะม่วงออกดอกน้อยที่สุด เพียง 65.46 เปอร์เซ็นต์ ส่วนต้น มะม่วงในกรรมวิธีควบคุมไม่พบการออกดอกในช่วงเวลา เดียวกัน แต่จะเริ่มแทงช่อดอกตามธรรมชาติในช่วงปลาย เดือนธันวาคม 2555

2. ผลกระทบต่อลักษณะช่อดอก และขนาดของช่อดอก

โดยปกติตามธรรมชาติของการออกดอกของมะม่วงจะสามารถพบลักษณะช่อดอก 2 ชนิด คือ ช่อดอกปนใบ และช่อดอกล้วนในการทดลองนี้พบว่า ทุกกรรมวิธีมีช่อดอกล้วนและช่อดอกปนใบไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยพบช่อดอกล้วน 67.11-77.54 เปอร์เซ็นต์ และช่อดอกปนใบ 22.46-32.89 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2) เช่นเดียวกับขนาดช่อดอกที่พบว่า ในทุกกรรมวิธีไม่มีความกว้างและความยาวของช่อดอก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีความกว้างช่อดอกเฉลี่ย 12.15-15.41 เซนติเมตร และมีความยาวช่อดอกเฉลี่ย 24.47-29.21 เซนติเมตร (ตารางที่ 2)

3. ผลกระทบต่อจำนวนดอกต่อช่อ และลักษณะเพศดอก

ในด้านผลกระทบต่อกำหนดอกต่อช่อ พบว่ากรรมวิธีราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล 1 กรัมของสารออกฤทธิ์ต่อตารางเมตรของพื้นที่ได้ทรงพุ่ม กรรมวิธีพ่นทางใบด้วยคลอร์มีควอทคลอไรด์ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ผสมกับคลอร์มีควอทคลอไรด์ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีจำนวนดอกต่อช่อ เท่ากับ 791.27 682.83 และ 778.94 ดอกต่อช่อ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกับการพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีจำนวนดอกต่อช่อน้อยที่สุด เท่ากับ 537.44 ดอกต่อช่อ (ตารางที่ 3)

Table 1 Days to flower and percentage of flowering of mango cv. Nam Dok Mai Si Thong as affected by paclobutrazol, mepiquat chloride and chlormequat chloride

Treatments	Days to flower ^{1/}	Percentage of flowering
Control	no flowering	ND ^{3/}
Paclobutrazol 1 g a.i./m ²	87	96.16a ^{2/}
Mepiquat Chloride 3,000 mg/l	92	82.13b
Chlormequat Chloride 1,000 mg/l	92	81.40b
Mepiquat Chloride 3,000 mg/l + Chlormequat Chloride 1,000 mg/l	92	65.46c
Significant	-	*

^{1/} Days to flower after soil drench with paclobutrazol or spray with studied substances

^{2/} Means with the different letters within the column indicate significant different at $P < 0.05$

^{3/} ND = No data

Table 2 Panicle type and panicle size of mango cv. Nam Dok Mai Si Thong as affected by paclobutrazol, mepiquat chloride and chlormequat chloride

Treatments	Panicle type (%)		Panicle Size (cm)	
	Full flower	Leafy flower	Width	Length
Control	ND ^{1/}	ND	ND	ND
Paclobutrazol 1 g a.i./m ²	76.06	23.94	12.15	29.21
Mepiquat Chloride 3,000 mg/l	67.11	32.89	15.41	24.47
Chlormequat Chloride 1,000 mg/l	77.54	22.46	15.19	25.20
Mepiquat Chloride 3,000 mg/l + Chlormequat Chloride 1,000 mg/l	68.65	31.35	14.42	25.23
Significant	ns	ns	ns	ns

^{1/} ND = No data, ns = Not significant

ส่วนเพศดอกที่พบแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ดอกเพศผู้ และดอกสมบูรณ์เพศ พบว่า ทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีดอกเพศผู้เฉลี่ย 87.59-90.24 เปอร์เซ็นต์ และดอกสมบูรณ์เพศเฉลี่ย 9.76-12.41 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อศึกษาสัดส่วนเพศดอกพบว่า มีความใกล้เคียงกันโดยทุกกรรมวิธีมีสัดส่วนดอกเพศผู้ 7.0-9.2 ดอกต่อดอกสมบูรณ์เพศ 1 ดอก (ตารางที่ 3)

4. ผลกระทบต่อการติดผล

ส่วนเปอร์เซ็นต์การติดผลเมื่อคำนวณบนฐานจำนวนดอกสมบูรณ์เพศในช่อดอก พบว่า กรรมวิธีการพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ 3,000 มิลลิกรัม คลอร์มีควอทคลอไรด์ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และการพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตรผสมกับคลอร์มีควอทคลอไรด์ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้เปอร์เซ็นต์ การติดผล 43.08 53.62 และ 53.84 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล ที่มีเปอร์เซ็นต์การติดผล เท่ากับ 21.91 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4)

Table 3 Flower number per panicle and the percentage of flower type as affected by paclobutrazol, mepiquat chloride and chlormequat chloride

Treatments	Flower number per panicle ^{1/}	Flower type (%)		Flower sex ratio (Male: Perfect)
		Male Flower	Perfect Flower	
Control	ND ^{2/}	ND	ND	ND
Paclobutrazol 1 g a.i./m ²	791.27a ^{1/}	90.15	9.85	9.1:1
Mepiquat Chloride 3,000 mg/l	537.44b	90.24	9.76	9.2:1
Chlormequat Chloride 1,000 mg/l	682.83ab	87.96	12.04	7.3:1
Mepiquat Chloride 3,000 mg/l + Chlormequat Chloride 1,000 mg/l	778.94a	87.59	12.41	7.0:1
Significant	*	ns	ns	-

^{1/} Means with the different letters within the column indicate significant different at $P < 0.05$, ns = Not significant

^{2/} ND = No data

Table 4 The percentage of fruit set as affected by paclobutrazol, mepiquat chloride and chlormequat chloride

Treatments	Fruit set (%)
Control	ND ^{2/}
Paclobutrazol 1 g a.i./m ²	21.91b ^{1/}
Mepiquat Chloride 3,000 mg/l	43.08ab
Chlormequat Chloride 1,000 mg/l	53.62a
Mepiquat Chloride 3,000 mg/l + Chlormequat Chloride 1,000 mg/l	53.84a
Significant	*

^{1/} Means with the different letters within the column indicate significant different at $P < 0.05$

^{2/} ND = No data

วิจารณ์

จากการศึกษาผลของเมพิควทคลอไรด์ คลอร์มีควทคลอไรด์ และพาโคลบิวทราโซลต่อการออกดอกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง พบว่า สารทั้ง 3 ชนิดสามารถชักนำให้ต้นมะม่วงออกดอกได้ประมาณ 3 เดือนหลังการใช้สาร ซึ่งเร็วกว่าต้นควบคุม 55 วัน สอดคล้องกับโสภา (2555) ที่พบว่า ต้นมะม่วงที่ใช้สารเมพิควทคลอไรด์ คลอร์มีควทคลอไรด์ และพาโคลบิวทราโซล สามารถออกดอกได้เร็วกว่าชุดควบคุม 22-25 วัน โดยกรรมวิธีราดทางดินด้วยสารพาโคลบิวทราโซลสามารถชักนำให้ออกดอกได้เร็วที่สุด และมีเปอร์เซ็นต์การออกดอกมากที่สุด เมื่อเทียบกับการพ่นทางใบด้วยเมพิควทคลอไรด์ และคลอร์มีควทคลอไรด์ เช่นเดียวกับนริสรา (2551) กล่าวว่า การออกดอกของต้นมะม่วงในกลุ่มที่ราดสารพาโคลบิวทราโซล มีเปอร์เซ็นต์การออกดอกสูงกว่าต้นมะม่วงที่ไม่ได้รับสาร เท่ากับ 87.08 และ 70.59 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ถึงแม้ว่าพาโคลบิวทราโซล เมพิควทคลอไรด์ และคลอร์มีควทคลอไรด์ เป็นสารชะลอการเจริญเติบโตของพืชเหมือนกัน มีคุณสมบัติยับยั้งการสังเคราะห์จิบเบอเรลลินเหมือนกัน แต่เป็นสารประกอบต่างกลุ่มกัน โดยสารพาโคลบิวทราโซลเป็นสารชะลอการเจริญเติบโตของพืชในกลุ่ม Triazoles ที่มีผลยับยั้งกระบวนการออกซิเดชันของ ent-kaurene ไปเป็น ent-kaurenoic acid ที่กระตุ้นโดย P450 monooxygenases ในกระบวนการสังเคราะห์ GA₃ ระยะที่ 2 ทำให้ไม่มีการสร้าง GA₁₂-aldehyde (Lalit, 2002) ในขณะที่เมพิควทคลอไรด์ และคลอร์มีควทคลอไรด์ เป็นกลุ่มสารประกอบพวก Onium ซึ่งมีผลยับยั้งกระบวนการสร้าง GA₃ ขึ้นตอนการเปลี่ยน geranylgeranyl pyrophosphate (GGPP) ไปเป็น ent-kaurene โดยยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ copalyl diphosphate synthase และ ent-kaurene synthase (Lalit, 2002) นอกจากนี้อาจเป็นไปได้ว่าพาโคลบิวทราโซลมีคุณสมบัติเคลื่อนที่ในระบบรากเข้าสู่ท่อลำเลียงได้ดีกว่าการดูดซึมทางปากใบ (พีรเดช, 2542) จึงทำให้การราดพาโคลบิวทราโซลชักนำให้ต้นมะม่วงออกดอกได้เร็วกว่าและมากกว่าการพ่นทางใบด้วยเมพิควทคลอไรด์ และคลอร์มีควทคลอไรด์ จริฎญา และครุณี (2553)

กล่าวว่า การราดสารทางดินจะมีประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดใบอ่อนได้ดีกว่าวิธีการพ่นทางใบ

นอกจากนี้การใช้พาโคลบิวทราโซล เมพิควทคลอไรด์ และคลอร์มีควทคลอไรด์ ไม่มีผลต่อลักษณะช่อดอก ขนาดช่อดอก และเพศดอก แต่มีผลจำนวนดอกต่อช่อ โดยกรรมวิธีราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล กรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควทคลอไรด์ผสมคลอร์มีควทคลอไรด์ และกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยคลอร์มีควทคลอไรด์ มีผลส่งเสริมให้ต้นมะม่วงมีจำนวนช่อดอกมากกว่ากรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควทคลอไรด์ Olsen and Andersen (1995) พบว่า จำนวนของดอกเพิ่มมากขึ้นตามความเข้มข้นของสารชะลอการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับ Yeshitela (2004) พบว่า การพ่นพาโคลบิวทราโซลช่วยเพิ่มจำนวนช่อดอกต่อต้นตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับจากการพ่นที่ความเข้มข้น 500 และ 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่จากผลการทดลอง พบว่า พาโคลบิวทราโซลมีผลทำให้ต้นมะม่วงมีเปอร์เซ็นต์การติดผลน้อยกว่าการใช้เมพิควทคลอไรด์ผสมคลอร์มีควทคลอไรด์ และคลอร์มีควทคลอไรด์ ซึ่งไม่สอดคล้องกับ Chutichudet *et al.* (2006) กล่าวว่า เมื่อพ่นพาโคลบิวทราโซลกับมะม่วงพันธุ์แก้วที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นในระยะที่ช่อดอกยี่ดออก ประมาณ 1 เซนติเมตร ช่วยลดการหลุดร่วงของผลได้ดี และการพ่นพาโคลบิวทราโซลที่ความเข้มข้น 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระยะที่ช่อดอกยี่ดออกประมาณ 5 เซนติเมตร ให้ผลผลิตมากที่สุด

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น การใช้สารชะลอการเจริญเติบโตของพืชชนิดอื่น เช่น เมพิควทคลอไรด์ และคลอร์มีควทคลอไรด์ เพื่อเป็นแนวทางเลือกทดแทนการใช้สารพาโคลบิวทราโซลในการชักนำการออกดอกของมะม่วงในอนาคตนั้นมีความเป็นไปได้ เนื่องจากสารดังกล่าวสามารถชักนำการออกดอกของมะม่วงได้ดี เช่นเดียวกับพาโคลบิวทราโซล และยังส่งเสริมการติดผลของมะม่วงได้ดีกว่าการใช้พาโคลบิวทราโซล นอกจากนี้ในประเด็นของการสะสมสารตกค้าง พบว่า การใช้พาโคลบิวทราโซลเป็นประจำอย่างต่อเนื่อง จะส่งผลให้สิ่งมีชีวิตที่เป็นประโยชน์บริเวณโคนต้นมะม่วงลดลงมากกว่า 58 เปอร์เซ็นต์ (Silva *et al.*, 2003) และสะสมอยู่บริเวณหน้าดินลึก 0-15 เซนติเมตร ได้นานกว่า 8 เดือน ในแปลงปลูก

มะม่วง (Sharma and Awasthi, 2005) 20 เดือนในแปลงปลูกเชอรี่ (Jacyna and Doggs, 1999) และประมาณ 3 ปี ในแปลงปลูกแอฟริคอต (Jacyna and Doggs, 1995) ซึ่งสารตกค้างดังกล่าวสามารถถูกชะล้างไปยังชั้นน้ำใต้ดินได้ หรือแหล่งน้ำบริเวณใกล้เคียง (Sharma and Awasthi, 2005) รวมทั้งสามารถพบสารตกค้างได้ในผลมะม่วง โดยเฉพาะในส่วนขอเมล็ด แต่ในปริมาณที่น้อยกว่าค่า MRL (maximum residue limits) โดย Codex Alimentarius (1993) กำหนดให้มีสารพาโคลบิวทราโซลตกค้างในผลมะม่วงได้ไม่เกิน 0.5 ไมโครกรัมต่อกรัม ในขณะที่กลุ่มประเทศยุโรป และญี่ปุ่นกำหนดให้มีสารตกค้างของเมพิควอทคลอไรด์ และคลอร์มีควอทคลอไรด์ ในผลไม้ ผัก และในพืชต้องมีค่า MRL ไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในผลมะเขือเทศ (Feng and Wang, 2011) Zhang (2012) กล่าวว่า สารตกค้างเมพิควอทคลอไรด์ และคลอร์มีควอทคลอไรด์ จะค่อย ๆ สลายตัว 99.7-98.8 เปอร์เซ็นต์ หลังจากใช้ในมะเขือเทศ 33 วัน และมีครึ่งชีวิตเพียง 3.67 วัน และ 3.66 วัน ตามลำดับ เช่นเดียวกับ Xu *et al.* (2009) กล่าวว่า สารตกค้างจากเมพิควอทคลอไรด์ และคลอร์มีควอทคลอไรด์ ในใบมะเขือเทศจะลดลง 96 เปอร์เซ็นต์ ภายใน 35 วัน ในผลจะลดลง 80 เปอร์เซ็นต์ ภายใน 10 วัน นอกจากนี้สารทั้งสองชนิดนี้ไม่พบการตกค้างสะสมในดิน (Hampton, 1988)

สรุป

การใช้สารชะลอการเจริญเติบโตของพืชในทุกกรรมวิธี สามารถชักนำการออกดอกได้เร็วกว่ากรรมวิธีควบคุมเฉลี่ย 87-92 วันหลังทำการทดลอง โดยการราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซลอัตรา 1 กรัมของสารออกฤทธิ์ต่อตารางเมตรของพื้นที่ได้ทรงพุ่ม มีผลทำให้มะม่วงออกดอกมากที่สุดถึง 96.16 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อพิจารณาถึงเปอร์เซ็นต์การติดผลแล้ว กลับพบว่า การราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล มีเปอร์เซ็นต์การติดผลน้อยกว่าการใช้เมพิควอทคลอไรด์ 3,000 มิลลิกรัม คลอร์มีควอทคลอไรด์ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมพิควอทคลอไรด์ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตรผสมกับคลอร์มีควอทคลอไรด์

1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้ เมพิควอทคลอไรด์ 3,000 มิลลิกรัม คลอร์มีควอทคลอไรด์ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมพิควอทคลอไรด์ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตรผสมกับคลอร์มีควอทคลอไรด์ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ผลดีกว่าการใช้พาโคลบิวทราโซล รองลงมาคือ การพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร คลอร์มีควอทคลอไรด์ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมพิควอทคลอไรด์ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ผสมกับคลอร์มีควอทคลอไรด์ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีเปอร์เซ็นต์การออกดอก 65.46-82.13 เปอร์เซ็นต์ โดยในทุกกรรมวิธีมีช่อดอกล้วนเฉลี่ย 67.11-77.54 เปอร์เซ็นต์ และช่อดอกปนใบ 22.46-32.89 เปอร์เซ็นต์ และการราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล 1 กรัม ของสารออกฤทธิ์ต่อตารางเมตรของพื้นที่ได้ทรงพุ่ม การพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ผสมกับคลอร์มีควอทคลอไรด์ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และคลอร์มีควอทคลอไรด์ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มากกว่าการพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่การพ่นทางใบทุกกรรมวิธีมีผลทำให้ต้นมะม่วงมีเปอร์เซ็นต์การติดผลเฉลี่ยมากกว่าการราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล

เอกสารอ้างอิง

- จริญญา ปัญญาแก้ว และ ดร.ณิ นภาพรหม. 2553. ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการออกดอกนอกฤดู และคุณภาพผลของส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง. วารสารเกษตร 26(ฉบับพิเศษ): 117-125.
- ธวัชชัย รัตนขเลศ และ รุ่งทิพย์ อุทุมพันธ์. 2553. การผลิตมะม่วงคุณภาพเพื่อการส่งออก หน้า 3. มะม่วงนอกฤดู หน้า 65-66. ใน: งานประชาสัมพันธ์และบริการวิชาการ คณะเกษตรศาสตร์ (บก.). พัฒนามะม่วงไทยก้าวไกลสู่มะม่วงโลก. วนิดาการพิมพ์, เชียงใหม่.
- ธัญวีร์ ชาวคำเขตร. 2553. ผลของสารชะลอการเจริญเติบโตต่อสารชีวเคมีและการออกดอกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง. วิทยานิพนธ์วิทยา

- ศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 63 หน้า.
- นริสรา ดอกสันเทียะ. 2551. ผลของพาโคลบิวทราโซลต่อการพัฒนาของตาดอกและการเปลี่ยนแปลงไอเอเอและเอทิลีนในยอดและใบของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 56 หน้า.
- ปรารธนา จันทรืทา พัทธพรณ คงเพชรศักดิ์ และสุกานดา ดอกสันเทียะ. มปป. ฮอร์โมนพืช (Plant Hormone). โครงการส่งเสริมการผลิตเอกสารชุดการเรียนรู้ที่เป็นการสรุปเนื้อหาในรูปแบบสื่ออิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ. 82 หน้า.
- พิทยา สรวมศิริ พาวัน มะโนชัย กนกวรรณ ศรีงาม และดิณณา เจริญกิจ. 2553. โครงการสรีรวิทยาของไม้ผลและการพัฒนาต้นแบบการผลิตผลไม้นอกฤดูบนพื้นที่สูงจังหวัดเชียงใหม่ภายใต้เงื่อนไขการปลูกระยะชิด: กรณีศึกษาลำไย ลิ้นจี่ และมะม่วง. รายงานฉบับสมบูรณ์. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 192 หน้า.
- พีรเดช ทองอำไพ. 2542. งานวิจัยมะม่วงนอกฤดูในประเทศไทย. เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องฮอร์โมนพืชเพื่อการผลิตไม้ผลนอกฤดูภาค. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ คณะกรรมการประสานงานวิจัย และพัฒนาสารเคมีเกษตร, จันทบุรี. หน้า 121-141.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2556. สถิติการส่งออก (Export) มะม่วง (รวม) ปริมาณและมูลค่าการส่งออกรายเดือน. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result_printout.php?value=591x2554x2556 (5 พฤษภาคม 2557).
- โสภา หมวกไสว. 2555. ผลของเมพิควอทคลอไรด์ คลอมีควอทคลอไรด์ และพาโคลบิวทราโซลต่อการออกดอกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ปลูกบนพื้นที่สูง. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี สาขาวิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 32 หน้า.
- Chutichudet, B., P. Chutichudat, K. Boontiang and T. Chanaboon. 2006. Effect of chemical paclobutrazol fruit development, quality and fruit yield of Kaew mango (*Mangifera indica* L.) in northeast Thailand. Pakistan Journal of Biological Science. 9: 717-722.
- Codex Alimentarius-Pesticide residues in food. 1993. Joint FAO/WHO food standards programme, second ed. F. A. O., Rome, p. 144.
- Feng, S. and J. D. Wang. 2011. Determination of Chlorocholine Chloride and Mepiquat Chloride in Soil and Water Using SPE/UPLC-MS/MS Technique. Journal of Instrumental Analysis 30(4): 439-443.
- Guo, X., Y. Xu, F. Zhang, S. Yu, L. Han and S. Jiang. 2010. Chlormequat residues and dissipation rates in cotton crops and soil. Ecotoxicology and Environmental Safety 73: 642-646.
- Hampton, J. G. 1988. Effect of growth retardant soil residues on succeeding agricultural crops. Journal of Experimental Agriculture 16: 167-172.
- Jacyna, T. and K. G. Dodds. 1995. Some effects of soil applied paclobutrazol on performance of 'Sundrop' apricot (*Prunus armeniaca* L.) trees and on residue in the soil. New Zealand Journal of Horticultural Science 23(3): 323-329.
- Jacyna, T. and K. G. Dodds. 1999. Effect of method of application of paclobutrazol in high density sweet cherry orchards on tree performance and apparent soil residue. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 74 (2): 213-214.

- Lalit, M. S. 2002. Plant Growth and Development Hormones and Environment. Academic Press, California. 772 p.
- Olsen, W. W. and A. S. Andersen. 1995. The influence of five growth retardants on growth and postproduction qualities of *Osteospermum ecklonis* cv. "Calyso". Scientia Horticulturae 62: 263-270.
- Rademacher, W. 2000. Effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathway. BASF Agricultural, Germany 51: 501-514.
- Sharma, D. and M. D. Awasthi. 2005. Uptake of soil paclobutrazol in mango (*Mangifera indica* L.) and its persistence in fruit and soil. Chemosphere 60: 164-169.
- Silva, C. M., M. S. Vieira and R. F. Nicolella, G. 2003. Paclobutrazol effects on soil microorganisms. Applied Soil Ecology 22(1): 79-86.
- Xu, R., X. Liu, H. Cui and X. H Li. 2009. Study on the residues change of chlormequat and mepiquat chloride in the tomato plant process. (online). Available: http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-FJFC200902007.htm (5 May 2014)
- Yeshitela, T. B. 2004. Effects of various inductive periods and chemicals on flowering and vegetative growth of Tommy Atkins and Keitt mango cultivars. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 32: 209-215.
- Zhang, H., F. Li, X. Li, Xu. Li and W. Yao. 2012. Determination of chlormequat and mepiquat residues in tomato plants using accelerated solvent extraction-ultra-performance liquid chromatography-tandem Mass Spectrometry. Advances in Natural Science 5(2): 34-40.
-

ผลของสารพาคโลบิวทราโซลต่อการใช้น้ำและการเติบโตของ ดาวเรืองกระถาง

Effects of Paclobutrazol on Water Use and Growth of Potted Marigolds

ภาณุพล หงษ์ภักดี^{1/}
Panupon Hongpakdee^{1/}

Abstract: The study of paclobutrazol (PBZ) application for reduced plant growth and water use in potted marigold (*Tagetes erecta* cv. Antigua Yellow) was investigated. The experimental design was Completely Randomized Design (CRD) with 4 levels of PBZ 0, 50, 100 and 200 mg/L by drenching at 30 mL, 3 times. The result found that the PBZ application decreased plant growth. Increasing of PBZ concentration decreased plant dry weight, canopy width, total leaf area and compactness index. The PBZ application at 200 mg/L showed the best result for suppress plant growth when compared with PBZ free treatment (control). Nevertheless, increase PBZ drenching brought to the reduction of crop evapotranspiration (ETc) and crop co-efficient (Kc). However, the diminishing of growth by PBZ also reduced plant water use efficiency (WUE). The Kc value of potted marigold were ranged between 0.57-1.99 by slightly increased through each growth stages, reached a maximum at flowering and decelerated again when reached the senescent stage.

Keywords: Container plant, GA inhibitors substance, marigold, water regimes

^{1/} ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

^{1/} Department of Plant Science and Agricultural Resources, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand

บทคัดย่อ: ศึกษาการใช้สารพาโคลบิวทราโซล (PBZ) เพื่อลด การเติบโต และการใช้น้ำของดาวเรืองกระถาง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ให้พืชได้รับสาร PBZ แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 50, 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยการราดสารปริมาณ 30 มิลลิตรต่อกระถาง จำนวน 3 ครั้งลงดิน ผลการทดลองพบว่า การให้สาร PBZ ทำให้พืช มีการเติบโตลดลงตามการเพิ่มความเข้มข้นสาร PBZ ที่ให้ ทั้งน้ำหนักแห้ง ความกว้างทรงพุ่ม พื้นที่ใบ และดัชนีค่าความกะทัดรัด การให้สาร PBZ ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลต่อการยับยั้งการเติบโตของพืชได้มากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับ การไม่ให้สาร (กรรมวิธีควบคุม) นอกจากนี้การให้สาร PBZ เพิ่มขึ้น ยังทำให้ดาวเรืองมีค่าการใช้น้ำ (Crop evapotranspiration, ETc) และสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ (Crop co-efficient, Kc) ลดลง อย่างไรก็ตามการเติบโตที่ลดลง เนื่องจากสาร PBZ ทำให้ค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำ (Water use efficiency, WUE) ลดต่ำลงด้วย ส่วนค่า Kc ของดาวเรือง มีค่าอยู่ในช่วง 0.57-1.99 โดยจะเพิ่มขึ้นตามระยะการเจริญเติบโต ให้ค่าสูงสุดในระยะออกดอก และค่อยๆลดต่ำลงเมื่อเข้าสู่ระยะชราภาพ

คำสำคัญ: ไม่กระถาง, สารยับยั้ง GA, ดาวเรือง, การใช้น้ำ

คำนำ

ดาวเรือง (marigold) เป็นไม้ดอกไม้ประดับที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจในระดับโลกมาอย่างยาวนาน โดยถูกจัดให้อยู่ใน 5 อันดับแรก ของไม้ประดับแปลงในสหรัฐอเมริกา (USDA, 2013) และได้รับความนิยมอย่างต่อเนื่อง ในฐานะไม้ตัดดอกในประเทศแถบเอเชีย เช่น อินเดีย เนปาล และ ไทย (Sangwan *et al.*, 2010) สำหรับประเทศไทย มีการใช้ประโยชน์เพื่อเป็น ไม้ตัดดอก ไม้ประดับแปลง ไม้เด็ดดอก และไม้กระถางเพื่อการตกแต่ง เนื่องจากเป็นพืชที่ปลูกง่าย เติบโตเร็ว ตอบสนองต่อน้ำ และปุ๋ยดี ใช้เวลาในการผลิตสั้น ให้ผลตอบแทนสูง ปลูกได้ตลอดปี และปลูกได้ทุกภาคของประเทศไทย (สมเพียร, 2532) ปัจจุบันการซื้อขายภายในประเทศ เฉพาะช่วงที่มีการเลือกตั้ง มีรายงานว่า ดาวเรืองตัดดอกมีมูลค่าการซื้อขายกว่า 53 ล้านบาท (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2554)

ลักษณะโดยทั่วของไม้กระถางนั้นคือ ต้องมีขนาดต้นและทรงพุ่มที่กะทัดรัด ไม่เล็กหรือไม่ใหญ่เกินไป ซึ่งจะทำให้สะดวกในการขนย้ายและเกิดความสวยงาม เมื่อนำไปประดับตกแต่ง (สมเพียร, 2532) ซึ่งการทำให้ขนาด และทรงพุ่มของไม้กระถาง มีความกะทัดรัด สามารถทำได้หลายวิธี ทั้งการเลือกใช้พันธุ์พืช ที่ปรับปรุงพันธุ์สำหรับผลิตเป็นไม้กระถาง การเด็ดยอด การตัดแต่งกิ่ง และการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต เช่น ดาร์มิโน ไซด์ ยูนิโคนาโซล และพาโคลบิวทราโซล เป็นต้น สำหรับ

สารพาโคลบิวทราโซล (paclobutrazole: PBZ) ซึ่งเป็นสารที่ไปขัดขวางกระบวนการสังเคราะห์ฮอร์โมนในกลุ่มจิบเบอเรลลิน (Gibberellins) ในพืช จึงมีผลชะลอการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อบริเวณใต้ปลายยอด และการยืดยาวของข้อปล้อง (Hopskin and Huner, 2008) นิยมนำมาใช้กับพืชในกลุ่มไม้ดอกไม้ประดับ เพื่อควบคุมความกว้างทรงพุ่ม และอาจกระตุ้นการออกดอกในพืชบางชนิดด้วย (พีรเดช, 2537)

การใช้น้ำของพืช หรือ การคายระเหย (Evapotranspiration) คือการสูญเสียน้ำของพืชโดยการระเหยออกไปจากผิวดินหรือวัสดุปลูกรอบ ๆ ต้นพืช (Evaporation) รวมกับคายน้ำของพืช (Transpiration) ออกมาทางปากใบ ส่วนค่าศักยภาพการระเหยน้ำของพืช (Potential evapotranspiration; ETp) เป็นค่าประมาณการใช้น้ำของพืช ซึ่งประเมินได้จากการใช้น้ำของพืชอ้างอิงหรือประเมินการระเหยของน้ำจากถาดวัดการระเหยน้ำแบบเอ (Epan) โดยค่า ETp จะผันแปรตามสภาพอากาศ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop co-efficient; Kc) คือ สัดส่วนระหว่างค่าการคายระเหยน้ำจริงของพืชที่ศึกษา (Crop evapotranspiration; ETc) กับค่า ETp ซึ่งได้จากสถานีตรวจอากาศของพื้นที่นั้นในช่วงเวลาเดียวกัน ($Kc = ETc/ETp$) ค่า Kc มีความจำเพาะต่อพืชชนิดหนึ่งๆ และเป็นค่าที่ผันแปรตามอายุพืช หรือระยะการเจริญเติบโตของพืชที่เปลี่ยนแปลงไป

การวัดค่า ETc ของพืชที่ศึกษานั้นนิยมปลูกพืชในถังวัดการใช้น้ำ (lysimeter) ซึ่งฝังไว้ในพื้นที่เดียวกับแปลงปลูกพืช เพื่อให้ต้นพืชที่ปลูกใน lysimeter อยู่ในสภาพแวดล้อมเดียวกับพืชต้นอื่น ๆ ในแปลง ค่า ETc ประเมินจากการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของถังวัดการใช้น้ำ เมื่อมีการให้น้ำหรือการคายระเหยเกิดขึ้นในแต่ละวัน การวัดค่า ETc สำหรับพืชที่ปลูกในกระถางขนาดเล็ก เช่น ไม้ดอกกระถาง สามารถทำได้ง่ายโดยใช้เครื่องชั่งที่มีความละเอียด (วรรณวิทย์, 2546) โดยวัดจากน้ำหนักกระถางที่เปลี่ยนไปหลังจากให้น้ำในแต่ละวัน ทำให้สามารถประเมินความต้องการน้ำของพืชโดยการให้น้ำกลับไปทดแทนน้ำที่พืชสูญเสียได้อย่างพอดี (Argo and Biernabbaum, 1994) ในต้นปทุมมา ซึ่งเป็นไม้ตัดดอกที่สำคัญ พบรายงานการศึกษาเรื่องการใช้ น้ำ โดยปลูกพืชลงใน lysimeter เช่นเดียวกัน (รุ่งนภา และคณะ, 2545) หากทำการศึกษาดูผลจนทราบค่า Kc ของพืช ก็สามารถนำมาคำนวณกับข้อมูล ETp จากสถานีตรวจอากาศในพื้นที่ เพื่อที่จะสามารถนำค่านี้ไปประเมินความต้องการน้ำของพืชชนิดดังกล่าวได้ จากความสัมพันธ์ การใช้น้ำของพืช = $Kc \times ETp$ ค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชยังมีความสำคัญกับการคำนวณปริมาณและความถี่ในการให้น้ำที่เหมาะสม โดยไม่เกิดการสิ้นเปลืองน้ำ และผลกระทบต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของพืชด้วย

สำหรับการผลิตดาวเรืองเป็นไม้กระถาง มีรายงานว่า ปริมาณการใช้น้ำของดาวเรือง ไม่สัมพันธ์กับสภาพภูมิอากาศ หากแต่จะแปรผันไปตามอิทธิพลของระยะการเจริญเติบโต และขนาดของทรงพุ่ม ทั้งในดาวเรืองพันธุ์ 'Yellow galore' (วรรณวิทย์, 2546) และพันธุ์ 'Antigua Yellow' (นิธิอำไพ, 2555) ส่วนในการนำสาร PBZ มาใช้ในการชะลอการเจริญเติบโตของพืชนั้นพบว่า มีแนวโน้มทำให้พืชหลายชนิดมีการเจริญเติบโต ความสูงต้นและขนาดทรงพุ่มลดลง พร้อมกับส่งผลให้การคายระเหยน้ำของพืชลดลงด้วย เช่น ในต้นบีโกเนีย โกลสนพุ่มต่าง ชบา (Pool and Conover, 1992) และต้นเจอราเนียม (Banon et al., 2009) นั่นคือ ทำให้ประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืชดีขึ้น ซึ่งเป็นผลดีกับการผลิตเพื่อแข่งขันในเชิงธุรกิจ และอาจใช้เป็นแนวทางในการจัดการใช้ทรัพยากรน้ำอย่างคุ้มค่า

การทดลองในครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาวิธีลดค่าการใช้น้ำของดาวเรืองกระถาง โดยการใช้สารพาโคลบิวทราโซลในความเข้มข้นที่เหมาะสม

อุปกรณ์และวิธีการ

เพาะเมล็ดดาวเรือง พันธุ์ 'Antigua Yellow' โดยใช้พีทมอสเป็นวัสดุเพาะ จากนั้นย้ายปลูกต้นกล้าเมื่อมีใบจริง 2 คู่ใบ ลงกระถางพลาสติกขนาด 6 นิ้ว ใช้วัสดุปลูกผสม ประกอบด้วย ขุยมะพร้าว 50 เปอร์เซ็นต์ แกลบเผา 20 เปอร์เซ็นต์ แกลบดิบ 10 เปอร์เซ็นต์ ทราาย 10 เปอร์เซ็นต์ และใบไม้แห้ง 10 เปอร์เซ็นต์ นำไปวางไว้ในโรงเรือนที่คลุมหลังคาด้วยพลาสติกใส วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) มีการให้สาร PBZ อัตราความเข้มข้น 0, 50, 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตรจำนวน 3 ครั้ง ๆ ละ 30 มิลลิลิตร ต่อกระถางทุก 7 วัน ในตอนเช้าหลังจากรดน้ำ และทำการดัดให้น้ำแก่ดาวเรือง 1 วัน เพื่อให้ดาวเรืองได้ดูดซึมสาร เติบโตเมื่อพืชมีจำนวนใบ 4 คู่ใบ (30 Days after sowing: DAS) ให้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 2.5 กรัม ต่อดันต่อสัปดาห์ และให้น้ำ 300 มิลลิลิตร ทุกวันในตอนเช้าจนน้ำไหลออกก้นกระถาง แบ่งการเจริญเติบโตพืชออกเป็น 4 ระยะ คือ 1) ระยะ 4 คู่ใบ (30 DAS) 2) เติบโตทางกิ่งใบ (35 DAS) 3) ออกดอก (46 DAS) และ 4) ดอกโรย (70 DAS) บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต ได้แก่ น้ำหนักแห้งรวม (กรัม) ความสูงต้น วัดจากโคนต้นจนถึงปลายยอด (เซนติเมตร) พื้นที่ใบรวม (ตารางเซนติเมตร) ความกว้างทรงพุ่ม วัดจากปลายใบข้างหนึ่ง จนถึงปลายใบอีกข้างหนึ่ง จำนวน และขนาดดอก คำนวณค่า compactness index จากอัตราส่วนระหว่าง ค่าพื้นที่ใบต่อความสูงต้น (ตารางเซนติเมตรต่อเซนติเมตร) คำนวณค่าการใช้น้ำพืช ได้แก่ ค่าการใช้น้ำของพืช (Crop Evapotranspiration, ETc) อัตราการคายน้ำต่อหน่วยพื้นที่ใบ (Transpiration rate per leaf area unit per day) ค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำ (Water Use Efficiency, WUE) และ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำในพืช (Crop co-efficient, Kc) ดังรายละเอียดใน ธนากานต์ และภาณุพล (2556)

วิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยโปรแกรม Statistic 8 (SXW Tallahassee, FL, USA)

ผลและวิจารณ์

การให้สาร PBZ ในความเข้มข้นที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ดาวเรืองมีน้ำหนักแห้งรวมลดลง ส่วนหนึ่งอาจเป็นเพราะค่าความกว้างทรงพุ่ม และค่าพื้นที่ใบรวมลดลงด้วย (ตารางที่ 1 และภาพที่ 3) ส่วนค่าความสูงต้น และน้ำหนักแห้งดอกของต้นที่ได้รับ PBZ ทุกระดับ มีค่าน้อยกว่าในกรรมวิธีควบคุม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่สาร PBZ ไปยับยั้งการสังเคราะห์ Gibberellins ของเซลล์พืช จึงทำให้การยืดยาวของเซลล์บริเวณข้อปล้องลดลง (Hopskin and Huner, 2008) และยิ่งอาจลดขนาดเนื้อเยื่อบริเวณเซลล์พิท (pit cell) ของลำต้น เช่นเดียวกับดาวเรืองกระถางพันธุ์ 'วินัส ศรีแดง' ที่การเติบโตพืชลดลงเมื่อได้รับสาร PBZ ด้วย (ปวีณา, 2557) นอกจากนี้ การให้สาร PBZ ยังทำให้พืชมีความกะทัดรัดเพิ่มมากขึ้นด้วย ดังจะเห็นได้จากค่า compactness index ที่ลดลง (ตารางที่ 1) สอดคล้องกับการเพิ่มความกะทัดรัดในต้นเจอราเนียมที่ปลูกเป็นไม้กระถาง โดยได้รับสาร PBZ ด้วยเช่นกัน (Banon *et al.*, 2009)

การให้สาร PBZ ไม่ทำให้คุณภาพดอก ทั้งในด้านจำนวนดอกต่อต้น และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอกลดลง (ตารางที่ 1) ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่า สาร PBZ ออกฤทธิ์จำเพาะกับการยืดยาวของเซลล์บริเวณเนื้อเยื่อเจริญได้ปลายยอด (sub apical meristem) มากกว่าเซลล์บริเวณอื่น (Hopskin and Huner, 2008) จึงทำให้จุดเจริญบริเวณปลายยอด (apical meristem) ที่จะพัฒนาต่อไปเป็นตาดอก (flower bud) ได้รับผลกระทบเพียงเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม มีรายงานว่าเมื่อใช้สาร PBZ ในความเข้มข้นที่เพิ่มสูงมากขึ้น (1,600 มิลลิกรัมต่อลิตร) สามารถลดจำนวน ขนาด และความยาวก้านดอกของต้นดาวกระจายได้ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ในระดับความเข้มข้นที่ต่ำกว่า (400-800 มิลลิกรัมต่อลิตร) ซึ่งไม่มีผลกับคุณภาพดอก (พงษ์นที, 2554) ทั้งนี้ เป็นเพราะประสิทธิภาพของการใช้สาร PBZ ยังขึ้นกับระยะเวลาวิธีการ การตอบสนองของพืชและปริมาณความเข้มข้นที่เหมาะสมด้วย (พีรเดช, 2537)

ค่าการคายระเหยน้ำสะสม (Accumulated Etc) ของพืช เพิ่มขึ้นตามระยะการเจริญเติบโตของพืชโดยไม่ผันแปรตามค่าอุณหภูมิอากาศ (ภาพที่ 1) และการให้สาร PBZ ในทุกระดับความเข้มข้น สามารถช่วยลดค่าการคายระเหยน้ำสะสมของพืชได้อย่างชัดเจน

Table 1 Plant growth of *T. erecta* cv 'Antigua Yellow' at flowering stage affected by 4 different levels of paclobutrazol concentration

Plant growth parameters	Paclobutrazol drenching (mg/L)			
	0 (control)	50	100	200
Total dry weight (g) ^{1/}	13.21a	11.22b	10.44b	8.65c
Total flower dry weight (g)	5.01a	4.13b	4.50b	4.30b
Plant height (cm)	16.77a	15.78b	15.38b	15.25b
Canopy width (cm)	20.10a	18.20b	17.50bc	16.70c
Total leaf area (cm ²)	442.83a	274.17b	212.52c	196.30c
Compactness index (cm ² /cm)	26.66a	17.47b	13.59c	12.92c
Total flower number ^{NS}		4.9	5.0	4.9
Flower diameter (cm) ^{NS}	5.4	5.4	5.5	5.5

^{1/} Means with the same letter within row are not significantly different at p < 0.05 by least significant difference.

NS = not signification

เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ซึ่งอาจเป็นผลจากการลดลงของพื้นที่ใบในพืชที่ได้รับสาร PBZ (ตารางที่ 1 และภาพที่ 3B) และอาจมีความเกี่ยวข้องกับการกระตุ้นการทำงานของปากใบ ในสภาวะทนแล้ง เมื่อได้รับสาร PBZ เช่นเดียวกับต้น *Phillyrea angustifolia* (Fernandez *et al.*, 2006)

ปริมาณการใช้น้ำของดาวเรือง (ETc) เพิ่มขึ้นเป็นอย่างมากในระยะออกดอก (ภาพที่ 2A) แสดงให้เห็นว่าพืชมีความต้องการน้ำปริมาณมากในการสร้างดอก หลังการให้สาร PBZ ครั้งสุดท้าย จึงเริ่มเห็นความแตกต่างของค่าการใช้น้ำอย่างเห็นได้ชัด โดยการให้สาร PBZ 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้พืชมีการใช้น้ำเพียง 112.46 และ 114.43 มิลลิลิตร ซึ่งน้อยกว่ากรรมวิธีควบคุม (ภาพที่ 1A) ปริมาณการใช้น้ำที่ลดลงนี้ น่าจะมีสาเหตุมาจากการลดลงของพื้นที่ใบในต้นดาวเรืองที่ได้รับสาร PBZ ด้วยเช่นกัน (ตารางที่ 1 และภาพที่ 3B) คล้ายกับการลดลงของความสูง ทรงพุ่ม และพื้นที่ใบรวมตลอดจน ความต้องการน้ำในต้นเจอร์บานีเยม ที่ได้รับสาร PBZ (Banon *et al.*, 2009)

อัตราการคายน้ำต่อหน่วยพื้นที่ใบต่อวัน ของดาวเรืองมีค่าสูง ในช่วงแรกของการเจริญเติบโต จากนั้นจึงค่อย ๆ ลดค่าลง อย่างไรก็ตาม ในระยะที่ 2 การเจริญทางลำต้นและใบ และ ระยะที่ 4 เมื่อดอกโรยนั้น พบว่า

ค่าการคายน้ำต่อหน่วยพื้นที่ใบเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเพิ่มการให้สาร PBZ ในความเข้มข้นที่สูงขึ้น (ภาพที่ 2B) ซึ่งมีสาเหตุมาจากการที่สาร PBZ ไปมีอิทธิพลทำให้ดาวเรืองมีพื้นที่ใบลดลงมาก ในขณะที่ค่าการใช้น้ำลดลงเล็กน้อย จึงทำให้อัตราส่วนระหว่างการคายน้ำต่อพื้นที่ใบ เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ ยังพบว่าดาวเรืองมีอัตราการคายน้ำต่อหน่วยพื้นที่ใบลดลงตามระยะการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้นอีกด้วย

การให้สาร PBZ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำ (WUE) ของดาวเรืองในระยะที่ 4 มีค่าต่ำสุด 0.49 มิลลิกรัมน้ำหนักแห้งต่อมิลลิลิตร ขณะที่กรรมวิธีควบคุมมีค่า WUE มากที่สุด คือ 2.19 มิลลิกรัม น้ำหนักแห้งต่อมิลลิลิตร (ภาพที่ 2C) เป็นเพราะการที่ดาวเรืองได้รับสาร PBZ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการสะสมน้ำหนักแห้งต่ำสุด เฉลี่ยเพียง 8.65 กรัม พร้อมกับมีปริมาณการใช้น้ำที่ต่ำสุดด้วย จึงเป็นผลให้ค่าสัดส่วนดังกล่าวลดต่ำลงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ซึ่งมีค่ามากกว่าทั้งปริมาณน้ำหนักแห้งและปริมาณการใช้น้ำนั่นเอง

ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ (Kc) ของดาวเรืองในแต่ละระยะการเจริญเติบโต มีรูปแบบใกล้เคียงกับค่าการใช้น้ำ (ETc) คือมีค่าต่ำในช่วงแรกของการเจริญเติบโต และเพิ่มสูงขึ้นอย่างมากในระยะที่ 3 ซึ่งเป็นระยะที่มีการใช้น้ำมากในช่วงที่ดาวเรืองมีการออกดอก สอดคล้องกับ

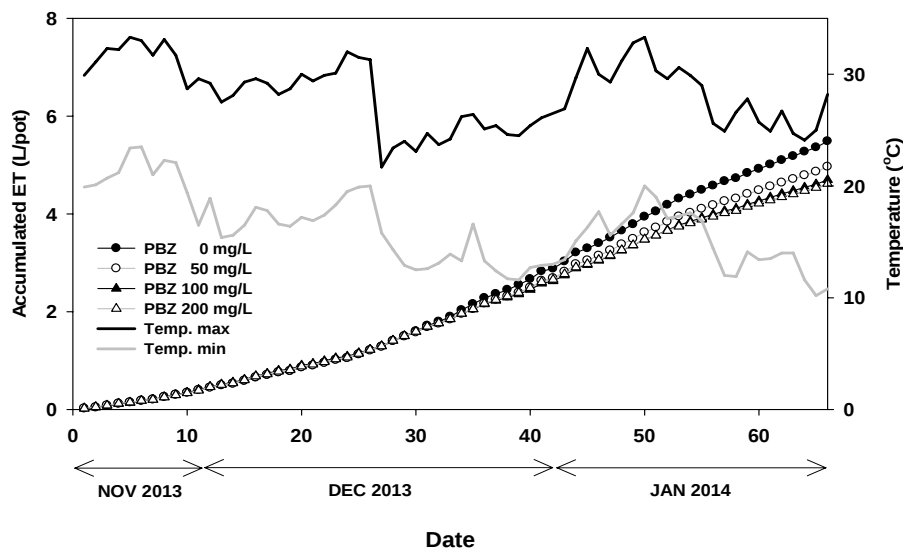


Figure 1 Accumulated ETc of *T. erecta* cv 'Antigua Yellow' affected by 4 different levels of paclobutrazol concentration and daily temperature during the experimental period

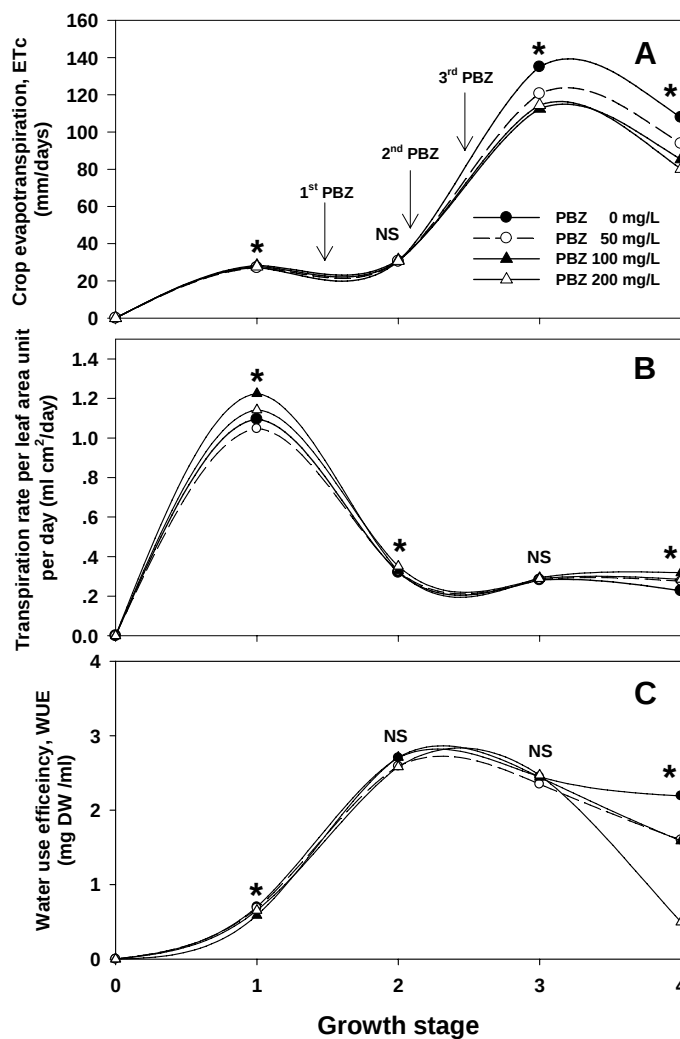


Figure 2 Crop evapotranspiration, ETc (A), transpiration rate per leaf area unit per day (B) and water use efficiency, WUE (C) of *T. erecta* cv 'Antigua Yellow' at flowering stage after received 4 different levels of paclobutrazol concentration, NS = not significant and * = significant at $p < 0.05$

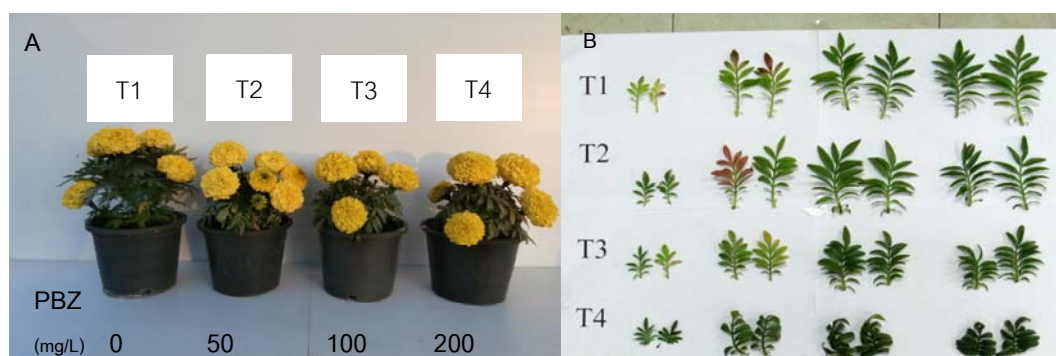


Figure 3 Plant canopy (A) and leaf characteristics (B) of *T. erecta* cv 'Antigua Yellow' at flowering stage after received 4 different levels of paclobutrazol concentration

การทดลองของ นิธิอำไพ (2555) ซึ่งพบว่า ค่า Kc ของดาวเรืองที่ใช้วัสดุปลูกผสมขุยมะพร้าว มีค่าเพิ่มสูงขึ้นจนสูงสุดในระยะดอกบานเต็มที่ด้วยเช่นกัน การให้สาร PBZ ยังทำให้ค่า Kc ลดต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุม (ภาพที่ 4) ส่วนสาเหตุที่ค่า Kc ของการทดลองนี้อยู่ในช่วง 0.57-1.99 ซึ่งต่ำกว่าการทดลองของ นิธิอำไพ (2555) ที่ให้ Kc อยู่ในช่วง 1.30-3.85 แม้ว่าจะเป็นดาวเรืองพันธุ์ 'Antigua Yellow' เช่นเดียวกัน อาจเป็นเพราะผลของฤดูกาลปลูกในช่วงหน้าฝน ที่ให้ดาวเรืองมีขนาดทรงพุ่มใหญ่กว่าฤดูกาลอื่น (นันทิยา, 2535)

เมื่อพิจารณาปริมาณการใช้น้ำสะสมตลอดการเติบโตของดาวเรือง (ภาพที่ 1) สามารถคำนวณค่าการใช้น้ำของดาวเรืองที่ปลูกในกระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว (15 เซนติเมตรโดยประมาณ) ระยะห่างระหว่างกระถาง 15 x 15 เซนติเมตร ต่อพื้นที่การผลิต 1 ตารางเมตร (16 กระถางต่อตารางเมตร) แสดงให้เห็นว่า การให้สาร PBZ ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถลดการใช้น้ำของดาวเรือง ลงไปได้กว่า 14 ลิตร คิดเป็น 16 เปอร์เซ็นต์โดยประมาณ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (ตารางที่ 2)

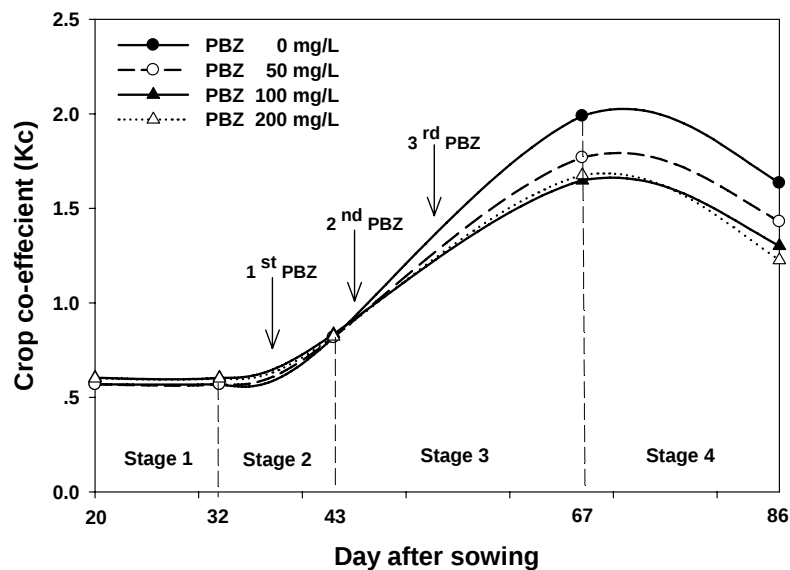


Figure 4 Crop Coefficient, Kc of *T. erecta* cv 'Antigua Yellow' after received 4 different levels of paclobutrazol concentration at 4 stages of growth 1) 4 leaf pairs stage (30 DAS), 2) vegetative growth (35 DAS), 3) flowering (46 DAS) and 4) flower senescence (70 DAS), NS = not significant and * = significant at $p < 0.05$

Table 2 Calculated water use of *T. erecta* cv 'Antigua Yellow' after received 4 different levels of paclobutrazol concentration through growth stage in 1 m² production area (contain 16 pots/m²)*

Paclobutrazol drenching (mg/L)	Accumulated ET ^{1/} (L/pot)	Water use in production area (L/m ²)	Water use reducing (%)
0	5.50a	88.00a	0.00
50	5.00b	80.00b	9.09
100	4.70c	75.20c	14.54
200	4.60c	73.60c	16.36

^{1/} Means with the same letter within row are not significantly different at $p < 0.05$ by least significant difference.

* 6 inch of pot size place in 15 X 15 cm spacing

อย่างไรก็ตาม แม้การให้สาร PBZ จะทำให้ดาวเรืองกระถาง มีค่าการใช้น้ำต่าง ๆ ลดน้อยลง เนื่องจากมีขนาดทรงพุ่ม และพื้นที่ใบรวมลดลง แต่ก็ทำให้ประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืชลดลงไปด้วย ทั้งนี้ หากในอนาคต มีการเปรียบเทียบต้นทุนการผลิต และยืนยันได้ว่าราคาสาร PBZ ที่ใช้ มีมูลค่าน้อยกว่าปริมาณน้ำที่สูญเสียไปได้แล้ว เมื่อนั้น ในสภาวะการณที่ทรัพยากรน้ำมีอย่างจำกัด การใช้ PBZ จึงอาจช่วยให้เกษตรกร ลดต้นทุนการผลิต โดยการประหยัดน้ำ และได้ผลผลิตมีคุณภาพ ขนาดกะทัดรัด โดย ไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพดอก ทั้งในด้านปริมาณ และขนาดก็เป็นได้

สรุป

การให้สาร PBZ ทุกระดับความเข้มข้น สามารถใช้เพื่อการลดความสูง ความกว้างทรงพุ่ม พื้นที่ใบรวม และการใช้น้ำในการผลิตดาวเรืองกระถางได้ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณ และขนาดดอก

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากโครงการสนับสนุนการพัฒนานักวิจัยใหม่ กองทุนสนับสนุนการวิจัย คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประจำปีงบประมาณ 2555 ขอขอบคุณนายปรมัตต์ เกือกแก้ว สำหรับการช่วยเหลืองานทดลอง และบันทึกข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

- ธนาภานต์ อรัญพูล และ ภานุพล หงษ์ภักดี. 2556. ผลของการเติมขุยมะพร้าวลงในวัสดุปลูกต่อประสิทธิภาพการใช้น้ำของดาวเรืองที่ผลิตเป็นไม้ดอกกระถาง. เกษตร 41(พิเศษ): 549-555.
- นันทิยา สมานนท์. 2535. คู่มือการปลูกไม้ดอก. โอเดียน สโตร์, กรุงเทพฯ. 206 หน้า.
- นิธอำไพ จันทะวี. 2555. การเจริญเติบโตและการใช้น้ำของดาวเรืองกระถางที่ได้รับกรรมวิธีการเติมขุยมะพร้าวในวัสดุปลูก. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 34 หน้า.
- ปวีณา สันทา. 2557. ผลของสารพาโคลบิวทราโซลต่อการเจริญเติบโต และการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อบริเวณใต้ปลายยอดของต้นดาวเรืองที่ผลิตเป็นไม้กระถาง. โครงการงานนักศึกษาชั้นปีที่สาม สาขาวิชาพืชสวน ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 37 หน้า.
- พีรเดช ทองอำไพ. 2537. ฮอริโมนพืชและสารสังเคราะห์. วิทยการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 196 หน้า.
- พงษ์ณี ปินตาแจ่ม. 2554. ผลของการใช้สารพาโคลบิวทราโซลต่อการเจริญเติบโตของดาวเรืองสายสีเหลือง. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. สาขาชีววิทยา ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- รุ่งนภา โพธิ์รักษา สัญชัย พันธโชติ และ สันติ ช่างเจรจา. 2545. การศึกษาการใช้น้ำของปทุมมา. วารสารเกษตร 18(1): 18-23.
- วรรณวิทย์ ขำดี. 2546. การให้น้ำในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของดาวเรืองที่ปลูกเป็นไม้ดอกกระถาง. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 20 หน้า.
- สมเพียร เกษมทรัพย์. 2532. เทคโนโลยีการผลิตและธุรกิจไม้ตัดดอก. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 398 หน้า.
- ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. 2554. ดาวเรือง: รับอานิสงส์เลือกตั้งปี '54 คาดเม็ดเงินสะพัด 53 ล้านบาท. มงเศรษฐกิจ ฉบับที่ 3122. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : <https://www.kasikomresearch.com/th/K-EconAnalysis/Pages/ViewSummary.aspx?docid=26959> (29 เมษายน 2557).

- Argo, W. and J. Biernabbaum. 1994. Irrigation requirements root-medium pH and nutrient concentrations of easter lilies grown in five peat-based media with and without an evaporation barrier. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 119: 1151-1156.
- Banon, S., J. Miralles, A. Navarro, and M.J. Sanchez-Blanco. 2009. Influence of paclobutrazol and substrate on daily evapotranspiration of potted geranium. *Hort Science* 112: 572-578.
- Fernandez, J. A., L. Balenzategui, S. Banon and J.A. Franco. 2006. Induction of drought tolerance by paclobutrazol and irrigation deficit in *Phillyrea angustifolia* during the nursery period. *Scientia Horticulturae* 107(3): 277-283.
- Hopkins, W. G. and N. P. A. Huner. 2008. *Introduction to Plant Physiology*. 4 th ed. John Wiley & Sons, Chichester. 512 p.
- Poole Res, R. T. and C. A. Conover. 1992. Water use and growth of eight foliage plants influenced by paclobutrazol. Univ Florida, Central Florida Research and Education Center-Apopka. CFREC-Apopka Research Report RH-92-23. (Online). Available: http://mrec.ifas.ufl.edu/foliage/resrpts/rh_92_23.htm (April 20, 2014).
- Sangwan, P., V. K. Garg and C. P. Kaushik. 2010. Growth and yield response of marigold to potting media containing vermicompost produced from different wastes. *Environmentalist* 30: 123-130.
- USDA. 2013. New release: Selected North Carolina floriculture crop values up. (Online). Available: <http://www.ncagr.gov/stats/release/Floriculture.pdf> (April 18, 2014).
-

ผลของระดับกลีเซอรินดิบในอาหารผสมเสร็จต่อนิเวศวิทยาใน กระเพาะรูเมนและสมดุลไนโตรเจนในแพะ

Effects of Crude Glycerin Level in Total Mixed Ration on Rumen Ecology and Nitrogen Balance in Goats

ปิ่น จันจุฬา^{1*}, พัชรินทร์ ภัคดีฉนวน^{2/} และ สุธา วัฒนสิทธิ์^{1/}
Pin Chanjula^{1}, Patcharin Pakdeechnuan^{2/} and Sutha Wattanasit^{1/}*

Abstract: Four male crossbred goats, with average liveweight 26 ± 3.0 kg were randomly assigned according to a 4x4 Latin square design to receive four total mixed rations (TMR) containing 0, 5, 10 and 20% crude glycerin (CG), respectively. TMR was offered on *ad libitum* basis. Based on this experiment, there were no significant differences ($P>0.05$) among treatments regarding DM intake and digestion coefficients of nutrients (DM, CP, NDF, and ADF). Likewise, ruminal pH and $\text{NH}_3\text{-N}$ concentration were unchanged by dietary treatments, except for 20% of CG, $\text{NH}_3\text{-N}$ was lower ($P<0.05$) than for the diets 10% of CG. No differences were found on mean total ruminal VFA concentration, and molar proportion of butyrate and other VFA, except for molar proportion of acetate (C_2), propionate (C_3), CH_4 , and the ratio of $\text{C}_2:\text{C}_3$ were affected ($P<0.05$) by CG level. Rumen microorganism populations and N balance were similar among treatments ($P>0.05$). Based on this study, CG levels up to 20% in total mixed ration could be efficiently utilized for goats.

Keywords: Crude glycerin, rumen ecology, nitrogen balance, goat

^{1/} ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ.สงขลา

^{1/} Department of Animal Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkhla

^{2/} ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ.ปัตตานี

^{2/} Department of Food Science and Nutrition, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University, Pattani Campus, Pattani

* Corresponding author: pin.c@psu.ac.th

บทคัดย่อ: ได้ทำการศึกษาในแพะลูกผสมเพศผู้ น้ำหนักเฉลี่ย 26 ± 3.0 กิโลกรัม ใช้แผนทดลองแบบ 4×4 จัดสุกลาติน ให้ได้รับอาหารผสมเสร็จ 4 สูตรที่มีระดับกลีเซอรินดิบ 0, 5, 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ให้แพะได้รับอาหารผสมเสร็จอย่างเต็มที่ ผลการทดลอง พบว่าปริมาณการกินได้ทั้งหมดของวัตถุดิบ และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนา (DM, OM, CP, EE, NDF, and ADF) มีค่าใกล้เคียงกัน ($P>0.05$) เช่นเดียวกับค่าความเป็นกรด-ด่าง และ $\text{NH}_3\text{-N}$ มีค่าใกล้เคียงกัน ($P>0.05$) ยกเว้นกลุ่มที่ได้รับกลีเซอรินดิบ 20 เปอร์เซ็นต์ มีค่า $\text{NH}_3\text{-N}$ ต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับกลีเซอรินดิบ 10 เปอร์เซ็นต์ ค่าความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด กรดบิวทิริก และกรดไขมันอื่นๆ มีค่าไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ยกเว้น กรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก ก๊าซเมทเทน และค่าสัดส่วนความเข้มข้นของ $\text{C}_2\text{:C}_3$ ที่แตกต่างกัน ส่วนประชากรจุลินทรีย์ และสมดุลไนโตรเจนมีค่าใกล้เคียงกัน ($P>0.05$) จากผลการทดลองนี้สรุปได้ว่า สามารถใช้กลีเซอรินดิบเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดในอาหารผสมเสร็จระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ ได้ในสูตรอาหารแพะ

คำสำคัญ: กลีเซอรินดิบ นิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน สมดุลไนโตรเจน แพะ

คำนำ

แพะเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่มีความสำคัญและมีแนวโน้มเพิ่มจำนวนมากขึ้น โดยเฉพาะในภาคใต้มีการเลี้ยงแพะเพื่อการค้าเพิ่มขึ้น ถึงแม้แพะจะเป็นสัตว์ที่กินอาหารได้หลายชนิด แต่การผลิตแพะเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพจะต้องมีอาหารหยาบ และอาหารข้นเพียงพอทั้งในแง่ปริมาณและคุณภาพ แต่ต้นทุนค่าวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารข้นสำหรับแพะในภาคใต้ เช่น กากถั่วเหลือง และข้าวโพด เป็นต้น มีราคาค่อนข้างสูง จึงจำเป็นต้องหาวัตถุดิบชนิดอื่น ๆ ที่มีคุณค่าทางโภชนาใกล้เคียงกันและมีราคาถูกกว่ามาใช้ทดแทน เช่น ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม ได้แก่ กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (palm kernel cake, PKC) และกลีเซอรินดิบ (crude glycerin, CG) เป็นต้น กลีเซอรินดิบหรือกลีเซอรอล ($\text{HOCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{OH}$) เป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล (biodiesel) ปัจจุบันมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณการผลิตไบโอดีเซลที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จากการศึกษาประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักน้ำมันใช้ผลิตไบโอดีเซลถูกเปลี่ยนไปเป็นกลีเซอริน หรือประมาณ 0.3 กิโลกรัมต่อการผลิตไบโอดีเซล 3.78 ลิตร และจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่า กลีเซอรินดิบมีส่วนประกอบที่เป็นไขมัน (lipid) อยู่ประมาณ 25-35 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบ กรดไขมันที่พบคือ ปาล์มมิติก (palmitic, $\text{C}_{16:0}$) สเตียริก (stearic, $\text{C}_{18:0}$) โอลิอิก (oleic, $\text{C}_{18:1}$) และ

ลิโนเลอิก (linoleic, $\text{C}_{18:2}$) มีแร่ธาตุที่พบ ได้แก่ แคลเซียม โพแทสเซียม แมกนีเซียม โซเดียม ฟอสฟอรัส และกำมะถัน พบอยู่ในปริมาณ 4-163 ppm (Thompson and He, 2006) โดยกลีเซอรินดิบที่มีส่วนประกอบของกลีเซอรินบริสุทธิ์ 86.95 เปอร์เซ็นต์ มีค่าพลังงานรวม (GE) เท่ากับ 3.625 Mcal/kg DM (Dozier *et al.*, 2008) ซึ่งสามารถนำมาใช้ทดแทนวัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทให้พลังงานได้ในสัตว์หลายชนิด เช่น ในอาหารสัตว์ปีก (Min *et al.*, 2010) อาหารโคเนื้อ (Mach *et al.*, 2009) และอาหารแกะ (Gunn *et al.*, 2010a, b) เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ข้อมูลงานวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมี และการใช้ประโยชน์ได้ของกลีเซอรินดิบเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนแหล่งพลังงาน เช่น ข้าวโพดในอาหารแพะยังมีจำกัด ดังนั้น การศึกษครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของกลีเซอรินดิบระดับต่าง ๆ ในสูตรอาหารต่อการย่อยได้ นิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน และสมดุลไนโตรเจนในแพะ

อุปกรณ์และวิธีการ

สัตว์ทดลอง แผนการทดลอง และการเตรียมอาหารทดลอง

ใช้แพะลูกผสมพื้นเมืองแองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ เพศผู้ อายุประมาณ 18 เดือน น้ำหนักเฉลี่ย 26 ± 3.0 กิโลกรัม จำนวน 4 ตัว ทำการสุ่มให้ได้รับทรีทเมนต์ตามแผนการทดลองแบบ 4×4 จัดสุกลาติน (4×4 Latin

square design) โดยได้รับอาหารผสมเสร็จ (TMR) ที่ประกอบด้วยกลีเซอรินดิบที่ระดับ 0, 5, 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ทุกสูตรคำนวณให้มีระดับโภชนาตามความต้องการของแพะ ตามคำแนะนำของ NRC (1981) (ตารางที่ 1) กลีเซอรินดิบที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ได้รับความอนุเคราะห์จาก บจ. นิว ไบโอดีเซล (New Biodiesel Co., Ltd.) จังหวัดสุราษฎร์ธานี ผลิตมาจากน้ำมันปาล์มดิบ (crude palm oil, CPO) มีค่าเฉลี่ยของความชื้น แกรวม โปรตีนรวม ไขมันรวม และพลังงานรวม (GE) เท่ากับ 8.07, 3.34, 0.01, 0.30 เปอร์เซ็นต์ และ 3,989.82 kcal/kg และมีกลีเซอรินรวมเท่ากับ 86.72 เปอร์เซ็นต์ เมทานอล 0.64 เปอร์เซ็นต์ กรดไขมันอิสระ 0.71 เปอร์เซ็นต์ ค่าความกรดต่าง 9.48 ความหนาแน่น 1.27 ความถ่วงจำเพาะ 1.25 และค่าความหนืด 10.06

แพะแต่ละตัวถูกเลี้ยงในคอกศึกษาการย่อยได้ (metabolism crate) ซึ่งเดี่ยวยกพื้น จำนวน 4 คอก มีรางอาหาร อาหาร และที่ให้ น้ำอยู่ด้านหน้า ทำการทดลอง 4 ช่วง ๆ ละ 21 วัน ซึ่งประกอบด้วย ระยะปรับตัว (adaptation period) 14 วัน และระยะทดลอง (experimental period) 7 วัน โดยในระยะปรับตัวให้แพะได้รับอาหารผสมครบส่วนแบบเต็มที่ได้ โดยให้วันละ 2 ครั้ง ในเวลา 07.00 และ 16.00 นาฬิกา ทำการวัดปริมาณอาหารที่ให้ และอาหารที่เหลือทั้งในช่วงเช้า และช่วงเย็นของทุกวันเพื่อหาปริมาณการกินได้ ส่วนในระยะทดลองให้แพะได้รับอาหารตามกลุ่มทดลองเหมือนระยะปรับตัว แต่ลดปริมาณอาหารหยาบที่ให้เหลือเพียง 90 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณที่กินได้ในช่วงระยะปรับตัว

การเก็บตัวอย่าง การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

บันทึกการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของแพะ โดยชั่งน้ำหนักก่อนเข้าช่วงการทดลองและในวันสุดท้ายของแต่ละช่วงการทดลอง สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารหยาบ และอาหารข้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อมาหาค่าเฉลี่ยของวัตถุแห้ง อีกส่วนหนึ่งสุ่มเก็บจากแต่ละช่วงของการทดลอง อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบ

ทางเคมี ตามวิธีการของ AOAC (1990) และวิเคราะห์ค่า detergent fiber ตามวิธีการของ Van Soest *et al.* (1991) สุ่มเก็บตัวอย่างของเหลวในกระเพาะหมัก (rumen fluid) ของสัตว์ทดลองแต่ละกลุ่ม ที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงของการให้อาหาร โดยวิธีการใช้ stomach tube ร่วมกับ vacuum pump ในวันสุดท้ายของแต่ละระยะทดลองปริมาณ 100 มิลลิลิตร นำมาวัดค่าความเป็นกรด-ด่างทันทีโดยใช้ pH meter (HANNA instruments HI 98153 microcomputer pH meter) หลังจากนั้น แบ่งของเหลวจากกระเพาะหมักออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่ 1 สุ่มเก็บประมาณ 20 มิลลิลิตร เติม 1M H₂SO₄ จำนวน 1 มิลลิลิตรต่อของเหลวจากรูเมน 10 มิลลิลิตร เพื่อยุติการทำงานของจุลินทรีย์ นำไปปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ด้วยความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที เก็บเอาเฉพาะส่วนใส (supernatant) ไว้ประมาณ 10-15 มิลลิลิตร นำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิประมาณ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (ammonia-nitrogen, NH₃-N) ด้วยวิธีการกลั่น (Bremner and Keeney, 1965) โดยใช้เครื่อง KJELTEC AUTO 2200 Analyzer (Foss, TECATOR) ของเหลวอีกส่วนหนึ่งนำไปวิเคราะห์หากรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด (total volatile fatty acid, TVFA) และกรดไขมันระเหยได้ที่สำคัญได้แก่ กรดอะซิติก (acetic acid, C₂) กรดโพรพิโอนิก (propionic acid, C₃) และกรดบิวทิริก (butyric acid, C₄) โดยใช้เครื่อง HPLC (Hewlett Packard) ประกอบด้วย water 510 pump (Millipore), UV Detector 210nm., ODS reverse phase column (5μ, 40x250mm) ตามวิธีที่ดัดแปลงจาก Samuel *et al.* (1997) ทำการคำนวณค่าการผลิตก๊าซ CH₄ จากกรดไขมันระเหยได้ตามวิธีการของ Moss *et al.* (2000) ดังสมการ CH₄ = (0.45 x acetic acid) - (0.275 x propionic acid) + (0.40 x butyric acid) และส่วนที่ 2 ทำการสุ่มเก็บ 1 มิลลิลิตร เติม 10% formaldehyde 9 มิลลิลิตร เพื่อนำไปตรวจนับประชากรจุลินทรีย์ (total direct count) ได้แก่ แบคทีเรีย (bacteria) โปรโตซัว (protozoa) และเชื้อรา (fungi) โดยใช้ Haemocytometer ขนาด 400 ช่อง ทำการนับแบคทีเรีย โปรโตซัว และเชื้อรา ตามวิธีการของ Galyean (1989) โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ (Olympus BX51TRF, No. 2B04492, Olympus optical Co. Ltd.,

Japan) นอกจากนี้ ทำการเก็บมูลและปัสสาวะทั้งหมด (total collection) โดยเก็บ 5 วันติดต่อกันในช่วงท้ายของการทดลอง แล้วทำการสุ่มเก็บตัวอย่างมูล และปัสสาวะเพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าองค์ประกอบทางเคมี และคำนวณหาการย่อยได้ตามวิธีการของ Schnieder and Flatt (1975) นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมดมาวิเคราะห์หาความแปรปรวนแบบ Analysis of Variance (ANOVA) ตามแผนการทดลอง 4x4 Latin Square Design โดยใช้ Proc GLM (SAS Inst. Inc., Cary, NC) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test และศึกษาแนวโน้มการตอบสนองของการเพิ่มระดับ CG ด้วยวิธี Orthogonal polynomial (Steel and Torrie, 1980)

ผลและวิจารณ์

ส่วนประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารผสมเสร็จ (total mixed ration, TMR) ที่ใช้ในการทดลอง ที่ประกอบด้วยข้าวโพดบด กากถั่วเหลือง หญ้า พืชคลุมแห้ง และกลีเซอรินดิบระดับต่าง ๆ (ตารางที่ 1) พบว่ามีค่าเฉลี่ยของวัตถุดิบ (DM) ถั่วรวม (ash) อินทรีย์วัตถุ (OM) ไขมัน (EE) และโปรตีนหยาบ (CP) ใกล้เคียงกัน โดยมีโปรตีนหยาบอยู่ในช่วง 15.31-15.45 เปอร์เซ็นต์ ผงเซลล์ (NDF) อยู่ในช่วง 38.24-44.07 เปอร์เซ็นต์ ลิกโนเซลลูโลส (ADF) และลิกนิน (ADL) อยู่ในช่วง 19.07-20.00 และ 4.47-5.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง (non-structural carbohydrates, NSC) พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับกลีเซอรินดิบที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร ขณะที่ค่า NDF มีค่าลดลง ซึ่งความแตกต่างของ NDF, NSC และองค์ประกอบอื่น ๆ อาจเนื่องมาจาก ความแตกต่างของวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้เป็นส่วนประกอบในสูตรอาหาร และสัดส่วนที่ใช้ในสูตร โดยเฉพาะกลีเซอรินดิบที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในการทดลองครั้งนี้ไม่มีองค์ประกอบสารเยื่อใย หรือผนังเซลล์สอดคล้องกับรายงานของ Gunn *et al.* (2010a) ที่รายงานว่า

องค์ประกอบทางเคมีของกลีเซอรินไม่มีองค์ประกอบสารเยื่อใย หรือผนังเซลล์ในกลีเซอรินดิบ

ปริมาณการกินได้ และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนา

การใช้สูตรอาหารผสมเสร็จ ที่มีระดับกลีเซอรินดิบ (CG) ต่างกัน (0, 5, 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ) ต่อปริมาณการกินได้ทั้งหมด (วัตถุดิบแห้ง) ของแพะทุกกลุ่ม พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยปริมาณการกินอาหารได้ทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 0.908-0.970 กิโลกรัมวัตถุดิบแห้งต่อตัวต่อวัน (ตารางที่ 2) สอดคล้องกับรายงานของ Gunn *et al.* (2010a) ที่ศึกษาผลของระดับกลีเซอรินดิบในสูตรอาหารผสมเสร็จต่างกัน (0-20 เปอร์เซ็นต์) ในแกะ พบว่าระดับกลีเซอรินดิบในสูตรอาหารผสมเสร็จ 10-20 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ และสมรรถภาพการเจริญของแกะ ขณะที่ พบว่าระดับการเสริมกลีเซอรินดิบในสูตรอาหารผสมเสร็จ 20-30 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ปริมาณการกินได้ทั้งหมด สมรรถภาพการเจริญเติบโต และคุณภาพซากลดลงตามระดับกลีเซอรินดิบในสูตรอาหารผสมเสร็จที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร (Gunn *et al.*, 2010a, b) และการให้อาหารที่มีระดับกลีเซอรินดิบสูง 45 เปอร์เซ็นต์ DM มีผลทำให้ปริมาณการกินได้ทั้งหมดของวัตถุดิบแห้งลดลงในรูปแบบเส้นตรง (Gunn *et al.*, 2010b) อาจเนื่องจากการให้อาหารที่มีระดับกลีเซอรินดิบสูงมีผลทำให้กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน การย่อยได้ของเยื่อใย และประชากรแบคทีเรียลดลง (Abo El-nor *et al.*, 2010) ส่วนสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของ DM, CP, NDF และ ADF ของแพะทุกกลุ่มที่ได้รับอาหาร TMR ที่มี CG ระดับต่าง ๆ พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) อย่างไรก็ตาม สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์มีแนวโน้มลดลง ($L, P = 0.15$) ตามระดับ CG ที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร อาจเนื่องจาก กลีเซอรอลมีผลต่อจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ซึ่ง Roger *et al.* (1992) รายงานว่า การเจริญเติบโต การเกาะจับ และกิจกรรมการย่อยสลายเซลล์ลูโลสของแบคทีเรียที่ย่อยสลายเซลล์ลูโลสในกระเพาะรูเมน (ruminal cellulolytic species) 2 ชนิด ถูกยับยั้งเมื่อเสริมกลีเซอรอลในอาหารเลี้ยงเชื้อระดับสูง (0.05; v/v) แต่ไม่มีผลกับกลุ่มที่เสริมกลีเซอรอลระดับต่ำ

Table 1 Ingredients and chemical composition of goat diets containing increasing amounts of crude glycerin (% DM basis)

Item	Dietary crude glycerin (% of dietary DM) ¹			
	T1(0)	T2(5)	T3(10)	T4(20)
Ingredients, %				
Crude glycerin ² , CG	0.00	5.00	10.00	20.00
Ground corn, CG	46.00	41.00	35.45	24.50
Soybean meal, SBM (44% CP)	16.20	16.10	16.55	18.21
Fish meal, (55% CP)	2.00	2.00	2.00	2.00
Leucaena leave meal, LLM	6.00	6.00	6.00	5.65
Plicatulum hay, PH	25.00	25.00	25.00	25.00
Molasses	3.00	3.00	3.00	2.54
Salt	0.20	0.20	0.20	0.20
Dicalcium phosphate	0.30	0.30	0.30	0.30
Urea	0.30	0.40	0.50	0.60
Mineral and vitamin mix ³	1.00	1.00	1.00	1.00
Chemical composition ⁴ (% of DM)				
DM	86.94	86.77	85.85	85.99
Ash	6.48	6.21	6.41	6.53
OM	93.52	93.79	93.59	93.47
CP	15.44	15.32	15.31	15.45
EE	2.62	2.12	2.25	2.15
NSC ⁵	31.39	34.05	37.79	36.79
NDF	44.07	42.33	38.24	39.08
ADF	19.44	19.97	20.00	19.07
ADL	5.22	5.50	4.47	5.46

¹ T1 = Level of crude glycerin (CG) 0%, T2 = CG 5%, T3 = CG 10%, T4 = CG 20%

² Contained 87.61% of glycerin, 8.07% of water, 1.24% of sodium, and 0.64% of methanol (Colorless, odorless, viscous liquid obtained from Biodiesel Producers, New Biodiesel, Surat Thani Province, Thailand)

³ Minerals and vitamins (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

⁴ Based on analysis of composite feed 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

⁵ Estimated: NSC = 100 - (CP+NDF+EE+Ash)

Table 2 Effects of dietary crude glycerin level on feed intake (kg/d) and apparent digestibility of goats

Item	Dietary crude glycerin, %				SEM ³	Contrasts, P-value ¹			
	T1(0)	T2(5)	T3(10)	T4(20)		0 vs. glycerin ²	L	Q	C
Total DMI, kg/d	0.908	0.946	0.970	0.915	0.03	0.50	0.83	0.31	0.74
Apparent digestibility									
DM	71.92	75.22	74.22	75.86	3.60	0.38	0.44	0.79	0.62
CP	75.73	79.21	79.45	79.28	3.17	0.31	0.42	0.54	0.83
NDF	61.30	61.06	54.89	53.67	4.95	0.35	0.15	0.91	0.57
ADF	36.98	43.05	36.16	29.82	6.47	0.91	0.25	0.26	0.57

^{a-c} Means within rows followed with different superscript letters are statistically different (P < 0.05)

¹ Treatment and contrast P-values; P-value for L = Linear effect, Q = Quadratic effect, C = Cubic effect

² Compares the effects of 0% glycerin with the combined glycerin treatment

³ SEM = Standard error of the mean (n = 4)

(<0.01; v/v) และ Paggi *et al.* (2004) พบว่ากิจกรรมการย่อยสลายเซลลูโลสในกระเพาะรูเมนลดลงตามระดับกลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้นในอาหารเลี้ยงเชื้อ ดังนั้น จึงส่งผลให้การย่อยได้ของเยื่อใย การผลิตกรดอะซิติก และประชากรแบคทีเรียลดลง โดยเฉพาะกลุ่ม *Butyrivibrio fibrisolvens* และ *Ruminococcus albus* (Abo El-nor *et al.*, 2010) แต่ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มที่เสริม CG (0 vs. glycerin) สอดคล้องกับการทดลองของ Rémond *et al.* (1993) ที่รายงานว่าไม่มีความแตกต่างของปริมาณการกินได้ และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ เมื่อ CG ทดแทนแป้งในการทดลองหาความสามารถในการย่อยได้ แต่สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเซลลูโลสเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และ Avila-Stagno *et al.* (2013) พบว่าปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบแห้ง (DMI) ลิกโนเซลลูโลส (ADFI) พลังงานรวม (GE) และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ (DMD, CPD, NDFD และ ADFD) ไม่แตกต่างกัน แต่ปริมาณการกินได้ของ NDFI และ CPI มีแนวโน้มลดลง (P = 0.10 และ 0.06 ตามลำดับ)

นิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ และก๊าซเมเทนในกระเพาะรูเมน

ผลของระดับ CG ในสูตรอาหาร TMR ต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) (6.48-6.53) พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) ซึ่งใกล้เคียงกับรายงานของอารียวรณ และคณะ (2554) มีค่า pH 6.22-6.53 และ 6.53-

6.61 (ปิ่น และอัจฉรา, 2557) ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ ทำนองเดียวกับค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH₃-N) (20.29-21.86 mg/dL) (ตารางที่ 3) พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) ยกเว้น กลุ่มที่ 4 (20 เปอร์เซ็นต์ CG) ค่า NH₃-N ต่ำกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม (0 เปอร์เซ็นต์ CG) สอดคล้องกับการศึกษาของ Wang *et al.* (2009) ที่รายงานว่า โคขุนกลุ่มที่ได้รับกลีเซอรินที่ระดับ 0-300g/hd/d มีระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนลดลง ขณะที่ Abo El-nor *et al.* (2010) รายงานว่า การเสริม CG ไม่มีผลต่อค่า NH₃-N อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาครั้งนี้ NH₃-N มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ปกติในแพะ ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสม 10-30 mg/dL (Ferguson *et al.*, 1993) สำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน

ค่าเฉลี่ย TVFAs (total volatile fatty acids) ที่เวลา 4 ชั่วโมงหลังจากให้อาหารของกลุ่มที่ได้รับกลีเซอรินดิบ 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับกลีเซอรินดิบ 0 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในขณะที่กลุ่มที่ได้รับ CG ระดับ 5, 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) แต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในรูปแบบเส้นตรง (L, P = 0.12) อาจเนื่องมาจาก ปริมาณการกินได้ การย่อยได้ของอาหารกลุ่มที่ได้รับ CG ที่ 10 เปอร์เซ็นต์ ดีกว่ากลุ่มอื่น ๆ ทำนองเดียวกับรายงานของ Mach *et al.* (2009) ที่รายงานว่า TVFAs ของโคเพศผู้

Table 3 Effects of dietary crude glycerin level on rumen fermentation and volatile fatty acid profiles in goats

Item	Dietary crude glycerin, %				SEM ³	Contrasts, <i>P</i> -value ¹			
	T1(0)	T2(5)	T3(10)	T4(20)		0 vs. glycerin ²	L	Q	C
Ruminal pH	6.53	6.51	6.48	6.48	0.06	0.72	0.70	0.89	0.93
NH ₃ -N, mg/dl	21.27 ^{ab}	21.86 ^a	21.83 ^a	20.29 ^b	0.42	0.98	0.99	0.82	0.56
Total VFA, mmol/l									
0 h-post feeding	67.73	72.16	74.01	70.57	8.13	0.72	0.83	0.72	0.95
4	66.02 ^b	68.22 ^{ab}	88.63 ^a	80.69 ^{ab}	6.14	0.23	0.12	0.58	0.27
Mean	66.80	70.19	81.32	75.63	4.38	0.25	0.21	0.49	0.41
Proportion of individual VFA, %									
Acetate (C ₂)									
0 h-post feeding	65.59	63.23	60.99	56.80	4.52	0.24	0.10	0.81	0.90
4	66.94 ^a	64.02 ^{ab}	57.79 ^b	60.42 ^b	1.79	0.15	0.12	0.44	0.45
Mean	66.27	63.65	59.39	58.62	2.63	0.10	0.05	0.74	0.69
Propionate (C ₃)									
0 h-post feeding	19.23	21.35	22.32	28.55	3.53	0.26	0.09	0.57	0.68
4	18.99 ^b	21.23 ^{ab}	27.36 ^a	27.45 ^a	2.21	0.08	0.03	0.71	0.45
Mean	19.11 ^b	21.30 ^b	24.85 ^{ab}	28.00 ^a	1.81	0.06	0.01	0.84	0.87
Butyrate (C ₄)									
0 h-post feeding	12.63	12.83	13.88	11.69	2.18	0.94	0.86	0.60	0.69
4	11.99	11.97	12.97	10.00	1.06	0.88	0.59	0.47	0.59
Mean	12.31	12.40	13.47	10.84	1.21	0.97	0.69	0.47	0.58
Other VFA ⁴									
0 h-post feeding	2.53	2.53	2.71	3.52	0.58	0.59	0.27	0.51	0.87
4	2.07	2.74	1.79	2.12	0.39	0.78	0.71	0.71	0.19
Mean	2.30	2.64	2.25	2.82	0.49	0.65	0.43	0.69	0.52
Acetate:propionate ratio									
0 h-post feeding	3.43	3.27	3.24	2.19	0.53	0.46	0.19	0.47	0.67
4	3.56 ^a	3.03 ^{ab}	2.32 ^b	2.32 ^b	0.20	0.01	0.01	0.41	0.52
Mean	3.49 ^a	3.15 ^{ab}	2.78 ^{ab}	2.25 ^b	0.25	0.10	0.03	0.80	0.94
Methane, mol%									
0 h-post feeding	29.32	27.73	26.91	22.61	2.63	0.26	0.10	0.61	0.72
4	29.69 ^a	27.75 ^{ab}	23.67 ^b	23.64 ^b	1.61	0.08	0.03	0.66	0.52
Mean	29.49 ^a	27.75 ^{ab}	25.28 ^{ab}	23.01 ^b	1.40	0.05	0.01	0.87	0.90

^{a-c} Means within rows followed with different superscript letters are statistically different (*P*<0.05)

¹ Treatment and contrast *P*-values; *P*-value for L = Linear effect, Q = Quadratic effect, C = Cubic effect

² Compares the effects of 0% glycerin with the combined glycerin treatment

³ SEM = Standard error of the mean (*n* = 4)

⁴ Sum of isobutyrate, isovalerate, valerate and caproate

กลุ่มที่ได้รับกลีเซอรินดิบ 8 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้ม ($P=0.09$) ต่ำกว่ากลุ่มอื่น (0, 4 และ 12 เปอร์เซ็นต์ CG) เนื่องจากปริมาณการกินได้ของอาหารชั้นสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ขณะที่ ที่เวลา 0 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวมไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) สอดคล้องกับรายงานของ Meale *et al.* (2013) ที่ศึกษาผลของการเสริมกลีเซอรินดิบ (0, 6 และ 12 เปอร์เซ็นต์ DM) ในแกะ พบว่าค่าเฉลี่ย TVFAs และองค์ประกอบของกรดไขมันที่ระเหยได้ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ยกเว้น ค่าเฉลี่ยกรดโฟรพิกอนิก และค่าสัดส่วนความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ ($C_2:C_3$) ที่เวลา 4 ชั่วโมงหลังจากให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวมที่แตกต่างกัน โดยกรดโฟรพิกอนิกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในรูปแบบเส้นตรง ($L, P=0.03$ และ 0.01) ขณะที่สัดส่วนของ $C_2:C_3$ มีแนวโน้มลดลงในรูปแบบเส้นตรง ($L, P=0.01$ และ 0.03) ตามระดับ CG ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (0 เปอร์เซ็นต์ CG) ส่วนค่าสัดส่วนของกรดไขมันแต่ละตัวที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวม พบว่ากรดอะซีติกที่เวลา 0 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวม กรดบิวทิริก และกรดไขมันอื่นๆ (isobutyrate, isovalerate และ valerate) ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ในแต่ละกลุ่มที่ได้รับสูตรอาหาร แต่กรดอะซีติก ที่เวลา 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหารพบว่า มีความแตกต่างกัน ($P<0.05$) โดยกลุ่มที่ได้รับกลีเซอรินดิบ 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ มีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับกลีเซอรินดิบ 0 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ระหว่างกลุ่มที่ได้รับกลีเซอรินดิบ 5, 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ และมีแนวโน้มลดลงในรูปแบบเส้นตรง ($L, P=0.12$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (0 เปอร์เซ็นต์ CG) ทำนองเดียวกับการวัดกรดโฟรพิกอนิกที่เวลา 0 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ในแต่ละกลุ่มที่ได้รับสูตรอาหาร แต่กรดโฟรพิกอนิก ที่เวลา 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวม มีความแตกต่างกัน ($P<0.05$) โดยกลุ่มที่ได้รับกลีเซอรินดิบ 20 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับกลีเซอรินดิบ 0 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ระหว่างกลุ่มที่ได้รับกลีเซอรินดิบ 5, 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในรูปแบบเส้นตรง ($L, P=0.03$) ตาม

ระดับกลีเซอรินดิบที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (0 เปอร์เซ็นต์ CG)

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าสัดส่วนของ $C_2:C_3$ พบว่าที่เวลา 0 ชั่วโมงหลังการให้อาหารไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ในแต่ละกลุ่มที่ได้รับสูตรอาหาร แต่ที่เวลา 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวมพบว่ามีความแตกต่างกัน ($P<0.05$) โดยกลุ่มที่ได้รับกลีเซอรินดิบ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับกลีเซอรินดิบ 20 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ระหว่างกลุ่มที่ได้รับกลีเซอรินดิบ 5, 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ แต่มีแนวโน้มลดลงในรูปแบบเส้นตรง ($L, P=0.01$ และ 0.03 ตามลำดับ) ตามระดับ CG ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (0 เปอร์เซ็นต์ CG) สอดคล้องกับรายงานของ Meale *et al.* (2013) ที่ศึกษาผลของการเสริม CG (0, 6 และ 12 เปอร์เซ็นต์ DM) ในแกะ พบว่ากรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด และองค์ประกอบของกรดไขมันที่ระเหยได้ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ยกเว้น C_3 และค่าสัดส่วน $C_2:C_3$ ที่แตกต่างกัน โดย C_3 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในรูปแบบเส้นตรง ($L, P=0.05$) ขณะที่ สัดส่วนของ $C_2:C_3$ มีแนวโน้มลดลงในรูปแบบเส้นตรง ($L, P=0.04$) ตามระดับ CG ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (0 เปอร์เซ็นต์ CG) ทำนองเดียวกับการศึกษาของ DeFrain *et al.* (2004) ที่รายงานว่า กลุ่มแม่โครีดนมที่ได้รับการเสริมกลีเซอรอลมีค่าความเข้มข้นของกรด C_3 สูงกว่า และค่าสัดส่วนของ $C_2:C_3$ ลดลงต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่เสริมกลีเซอรอล และ Linke *et al.* (2004) ที่พบว่า การเสริมกลีเซอรอล 1 กิโลกรัม ให้แม่โคนมโดยให้ทางปาก และทางกระเพาะรูเมน หรือเสริมให้กับโคเนื้อขุน 200 หรือ 300g/hd/d (Wang *et al.*, 2009) ทำให้ค่าความเข้มข้นของกรด C_3 สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่เสริม อาจเนื่องมาจาก ค่าคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง (NSC) ของอาหารทดลอง พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับกลีเซอรินดิบที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร ขณะที่ค่า NDF มีค่าลดลง (ตารางที่ 1) อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด และสัดส่วนของกรดไขมันที่ระเหยได้ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น สัดส่วนของคาร์โบไฮเดรต และโปรตีน การดูดซึมของกรดไขมันที่ระเหยได้ผ่านผนังกระเพาะรูเมน อัตราการไหลผ่าน (ruminal passage

rate) ของของเหลวไปยังกระเพาะอะโบมาซั่ม (abomasum) (López *et al.*, 2003) และยังขึ้นกับความเข้มข้นสัดส่วนของกรดอินทรีย์ (organic acid) ทั้งหมดในกระเพาะรูเมน ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของคาร์โบไฮเดรต ปริมาณที่สัตว์กิน สัดส่วนอาหารข้น และอาหารหยาบ (Heldt *et al.*, 1999) และ Sutton *et al.* (1993) รายงานว่า ปริมาณแป้งที่ย่อยสลายได้ง่ายเพิ่มขึ้นในอาหารข้นมีผลทำให้ระดับความเข้มข้นของกรดโฟลิกในกระเพาะรูเมนสูงขึ้น ขณะที่ ระดับความเข้มข้นของกรดอะซิติกลดลง อาจเนื่องจาก ระดับกลีเซอรินดิบที่สูงมีผลทางลบต่อ กิจกรรมการสลายเยื่อใยของแบคทีเรียกลุ่มย่อยสลายเยื่อใย (cellulolytic bacteria) ในกระเพาะรูเมน ซึ่ง Roger *et al.* (1992) รายงานว่า การเจริญเติบโต การเกาะจับ และ กิจกรรมการย่อยสลายเซลลูโลสของแบคทีเรียที่ย่อยสลายเซลลูโลสในกระเพาะรูเมน 2 ชนิดถูกยับยั้งเมื่อเสริมกลีเซอรอลในอาหารเลี้ยงเชื้อระดับสูง (0.05; v/v) แต่ไม่มีผลกับกลุ่มที่เสริมกลีเซอรอลระดับต่ำ (<0.01; v/v) และ Paggi *et al.* (2004) พบว่ากิจกรรมการย่อยสลายเซลลูโลสในกระเพาะรูเมนลดลงตามระดับกลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้นในอาหารเลี้ยงเชื้อ ดังนั้น จึงส่งผลให้การย่อยได้ของเยื่อใย การผลิตกรดอะซิติก และประชากรแบคทีเรียลดลง โดยเฉพาะกลุ่ม *Butyrivibrio fibrisolvens* และ *Ruminococcus albus* (Abo El-nor *et al.*, 2010) ซึ่งสัดส่วนของ $C_2:C_3$ ที่ต่ำกว่าจะช่วยเพิ่มการกักเก็บพลังงาน เพราะการผลิต C_3 ให้ประสิทธิภาพของพลังงานสูงกว่า (Van Soest, 1994)

ส่วนความเข้มข้นของก๊าซ CH_4 (จากการคำนวณ) ในกระเพาะรูเมนที่ชั่วโมงที่ 4 และค่าเฉลี่ยรวมลดลงในรูปแบบเส้นตรง (L , $P = 0.03$ และ 0.01 ตามลำดับ) ตามระดับของกลีเซอรินดิบที่เพิ่มขึ้น โดยพบว่ากลุ่มที่ได้รับกลีเซอรินดิบ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการผลิต CH_4 สูงกว่า ($P < 0.05$) กลุ่มที่ได้รับกลีเซอรินดิบ 20 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) ระหว่างกลุ่มที่ได้รับกลีเซอรินดิบ 5, 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับการผลิตกรดอะซิติกซึ่งมีค่าสูงที่สุดด้วยเช่นกัน เนื่องจากการผลิตกรดอะซิติกและกรดบิวทริกจะมีก๊าซ CH_4 เกิดขึ้นด้วย จากการรีดิวซ์คาร์บอนไดออกไซด์ด้วยไฮโดรเจนที่เกิดจากกระบวนการสังเคราะห์กรดทั้ง

สอง แต่สำหรับการสังเคราะห์กรดโฟลิกอินทรีย์จะไม่มีการเกิด CH_4 เกิดขึ้น ดังนั้น ถ้ามีการสังเคราะห์กรดโฟลิกอินทรีย์มากก็จะมีก๊าซ CH_4 เกิดขึ้นน้อย ในทางตรงกันข้ามถ้ามีการสังเคราะห์กรดอะซิติกและกรดบิวทริกมากกว่าก็จะมีก๊าซ CH_4 เกิดขึ้นมาก ซึ่งเป็นการสูญเสียพลังงานทางหนึ่ง นอกเหนือจากความร้อนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมัก (Van Soest, 1994) สอดคล้องกับ Lee *et al.* (2011) ที่ศึกษาการทดแทนถั่วอัลฟัลฟาเฮย์ (alfalfa hay) และข้าวโพดด้วยกลีเซอรินในหลอดทดลอง (*in vitro*) ในห้องปฏิบัติการ พบว่าสัดส่วนของ $C_2:C_3$ ลดลง ซึ่งสัมพันธ์กับการลดลงของการผลิตก๊าซ CH_4 อาจเนื่องมาจากกระบวนการหมักของกลีเซอรินไม่มีผลต่อการทำให้เกิดผลผลิตของไฮโดรเจนมาก (H_2 sink) เพราะสามารถเปลี่ยนผลผลิตจากการหมักคาร์โบไฮเดรตจากการผลิต C_2 เป็น C_3 ซึ่งอาจมีผลต่อสมดุลของอิเล็กตรอน (electron balance) ในกระเพาะรูเมน และลดจำนวนไฮโดรเจนที่สามารถนำไปผลิตหรือสร้างเป็นก๊าซ CH_4 ในกระเพาะรูเมน (Van Soest, 1994)

จากการทดลองนี้ พบว่าจำนวนประชากรของแบคทีเรีย และเชื้อราในกระเพาะรูเมนของแพะไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) และมีค่าเฉลี่ยระหว่าง $1.89-2.23 \times 10^{10}$ และ $1.60-2.22 \times 10^6$ cell/ml ตามลำดับ (ตารางที่ 4) แต่มีแนวโน้มลดลงในรูปแบบเส้นตรง (P , $L = 0.14$ และ P , $L = 0.12$) ตามระดับ CG ที่เพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่เสริม CG กับกลุ่มควบคุม (0 เปอร์เซ็นต์ CG) ซึ่งสอดคล้องกับ Hungate (1966) ที่รายงานว่าการเพิ่มประชากรของแบคทีเรีย และเชื้อราในกระเพาะรูเมน มีค่าอยู่ในช่วง $10^{10}-10^{12}$ และ 10^4-10^6 cell/ml ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าอาหารที่มีระดับ CG ที่สูงในสูตรอาหาร อาจมีผลต่อกระบวนการหมัก และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของแพะ แม้ว่าไม่มีผลสมรรถภาพของสัตว์โดยรวม แต่มีแนวโน้มประชากรแบคทีเรีย และเชื้อราลดลงในกลุ่มที่ได้รับ CG ในสูตรอาหารกลุ่มที่ 3 และ 4 (10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ CG) ทั้งนี้เนื่องจาก ระดับกลีเซอรินดิบในสูตรอาหารที่สูงมากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ อาจมีผลกระทบต่อกลุ่มประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน (Farias *et al.*, 2012) และ Roger *et al.* (1992) พบว่าระดับกลีเซอรินดิบ (0.05 v/v) สามารถยับยั้งกิจกรรมของ

Table 4 Effects of dietary crude glycerin level on rumen microbes in goats

Item	Dietary crude glycerin, %				SEM ³	Contrasts, <i>P</i> -value ¹			
	T1(0)	T2(5)	T3(10)	T4(20)		0 vs. glycerin ²	L	Q	C
Total direct count									
Bacteria									
(x10 ¹⁰ cell/ml)									
0 h-post feeding	1.86	2.01	1.81	1.74	0.11	0.94	0.49	0.57	0.59
4	2.59	2.13	2.09	2.04	0.17	0.09	0.12	0.38	0.67
Mean	2.23	2.07	1.95	1.89	0.13	0.13	0.14	0.43	0.65
Fungal zoospores (x10 ⁶ cell/ ml)									
0 h-post feeding	2.09	1.88	1.42	1.41	0.19	0.17	0.10	0.79	0.61
4	2.34	2.13	1.84	1.79	0.21	0.20	0.13	0.76	0.79
Mean	2.22	2.01	1.63	1.60	0.18	0.16	0.12	0.73	0.71
Total Protozoa(x10 ⁶ cell/ml)									
0 h-post feeding	1.62	1.75	1.50	1.37	0.27	0.80	0.46	0.67	0.70
4	2.12	2.25	1.75	1.62	0.41	0.60	0.29	0.76	0.59
Mean	1.87	2.01	1.62	1.49	0.32	0.62	0.48	0.75	0.65

^c Means within rows followed with different superscript letters are statistically different (*P*<0.05)

¹ Treatment and contrast *P*-values; *P*-value for L = Linear effect, Q = Quadratic effect, C = Cubic effect

² Compares the effects of 0% glycerin with the combined glycerin treatment

³ SEM = Standard error of the mean (n = 4)

เอนไซม์จากเชื้อรา (fungal activity; *Neocallimastix frontalis*) และแบคทีเรียที่ย่อยสลายเยื่อใย (cellulolytic activity) เช่น *Ruminococcus flavefaciens* และ *Fibrobacter succinogenes* ขณะที่ไม่มีผลกระทบต่อ การเจริญเติบโต การเกาะยึด และ cellulolytic activity ของ *Ruminococcus flavefaciens* และ *Fibrobacter succinogenes* แต่จะยับยั้งเมื่อระดับความเข้มข้น มากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนประชากรโปรโตซัวทั้งหมดไม่มีความแตกต่างกัน (*P*>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.31-2.01x10⁶ cell/ ml ซึ่งสอดคล้องกับ Hungate (1966) รายงานว่า ประชากรโปรโตซัวในกระเพาะรูเมนมีค่าอยู่ในช่วง 10⁴-10⁶ cell/ ml

ความสมดุลของไนโตรเจน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจน

ผลของระดับ CG ในสูตรอาหาร TMR ต่อสมดุลของไนโตรเจน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจน (ตารางที่ 5) ปรากฏว่า ปริมาณการกินได้ของไนโตรเจนทั้งหมด (Total N intake) ปริมาณการขับไนโตรเจน (N excretion) ทั้งในรูปของการขับไนโตรเจนทางปัสสาวะ (Urinary N) ปริมาณการขับไนโตรเจนในมูล (Fecal N) และปริมาณการขับไนโตรเจนทั้งหมด (Total N excretion) ไม่มีความแตกต่างกัน (*P*>0.05) เช่นเดียวกับค่าไนโตรเจนที่ถูกดูดซึม (Absorbed N) และปริมาณการกักเก็บไนโตรเจนในร่างกาย (Retained N) พบว่าไม่มี

Table 5 Effects of dietary crude glycerin level on nitrogen balance of goats

Item	Dietary crude glycerin, %				SEM ³	Contrasts, <i>P</i> -value ¹			
	T1(0)	T2(5)	T3(10)	T4(20)		0 vs. glycerin ²	L	Q	C
N balance, g/d									
Total N intake	22.45	23.20	23.77	22.62	0.84	0.56	0.82	0.39	0.75
N excretion, g/d									
Fecal N	5.48	4.89	4.82	4.70	0.76	0.46	0.49	0.76	0.86
Urinary N	3.28	6.04	5.76	5.67	1.54	0.24	0.44	0.69	0.24
Total N excretion	8.76	10.93	10.58	10.37	1.95	0.47	0.65	0.59	0.78
Absorbed N	16.96	18.31	18.95	17.92	1.10	0.25	0.46	0.27	0.84
Retained N	13.79	12.27	13.19	12.24	1.96	0.63	0.71	0.89	0.66
N output (% of N intake)									
Absorbed	75.67	79.22	79.45	79.28	3.17	0.30	0.41	0.54	0.82
Retained	61.57	53.38	55.31	53.33	7.78	0.47	0.58	0.73	0.73

^{a-c} Means within rows followed with different superscript letters are statistically different ($P < 0.05$)

¹ Treatment and contrast *P*-values; *P*-value for L = Linear effect, Q = Quadratic effect, C = Cubic effect

² Compares the effects of 0% glycerin with the combined glycerin treatment

³ SEM = Standard error of the mean ($n = 4$)

ความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) อาจเนื่องมาจาก ปริมาณการกินได้ทั้งหมดของอาหาร ความสามารถในการย่อยได้ และปริมาณการกินได้ของโภชนะโปรตีนในอาหารไม่แตกต่างกัน ซึ่งปริมาณไนโตรเจนที่แพะได้รับ มีความสัมพันธ์กับปริมาณการกินได้อย่างอิสระ และความสามารถในการย่อยได้ เมื่อพิจารณาว่าไนโตรเจนที่ถูกดูดซึม (% of N intake) และค่ากักเก็บไนโตรเจน (% of N intake) หรือประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน (N efficiency) พบว่า ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 75.67-79.45 และ 55.31-61.57 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากการทดลองครั้งนี้ พบว่าสมดุลของไนโตรเจน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนมีค่าเป็นบวกในแพะทุกกลุ่ม แสดงให้เห็นว่าระดับ CG ในสูตรอาหาร TMR ไม่มีผลต่อค่าความสมดุลของไนโตรเจน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจน อาจเนื่องจาก แพะทุกกลุ่มได้รับไนโตรเจนสูงกว่าความต้องการของร่างกาย ซึ่งสัมพันธ์กับค่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) ในกระเพาะรูเมนของแพะทุกกลุ่ม ที่มีค่าเกินระดับที่แนะนำสำหรับการเจริญที่เหมาะสมของจุลินทรีย์ (5-8 mg/dL; Satter and

Slyter, 1974) สำหรับการเจริญเติบโต และการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนสูงสุด แสดงให้เห็นว่าอาหารที่ใช้ระดับ CG ในสูตรอาหาร TMR สามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดในอาหารสัตว์ได้ และสัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดี และเพียงพอต่อการดำรงชีพ โดยไม่มีผลกระทบต่อ ปริมาณการกินได้ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน สมดุลของไนโตรเจน การใช้ประโยชน์ของไนโตรเจน และสมรรถภาพของสัตว์ สอดคล้องกับรายงานของ Gunn *et al.* (2010a) ที่ศึกษาผลของระดับกลีเซอรินดิบในสูตรอาหารผสมเสร็จต่างกัน (0-20 เปอร์เซ็นต์) ในแกะ พบว่าระดับกลีเซอรินดิบในสูตรอาหารผสมเสร็จ 10-20 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ และสมรรถภาพการเจริญของแกะ ในทางตรงกันข้าม ถ้าสัตว์ได้รับไนโตรเจนจากอาหารน้อยสัตว์จะเพิ่มการกักเก็บไนโตรเจนไว้ในร่างกาย ไนโตรเจนจะถูกขับออกมาทางมูลและปัสสาวะน้อยลง เพื่อเป็นการรักษาสมดุลไนโตรเจนในร่างกาย เนื่องจากสัตว์มีกลไกควบคุมความสมดุลของไนโตรเจนในร่างกาย เมื่อได้รับไนโตรเจนจากอาหารในปริมาณที่ต่ำ โดยไตจะลดการขับยูเรียออกทางปัสสาวะทำ

ให้ยูเรียหมูนกลับเข้าสู่กระเพาะรูเมนได้อีก (Church, 1979)

สรุป

กลีเซอรินดิบ (CG) สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดในอาหารผสมเสร็จระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ นิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน และสมดุลไนโตรเจนของแพะ หรือสมรรถภาพของสัตว์ด้อยลง ซึ่งจะเป็นแนวทางในการใช้วัตถุดิบอาหารในท้องถิ่นการลดต้นทุนการผลิต และการเพิ่มผลผลิตกำไร อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาในแพะขุน หรือแพะรีดนมในระยะต่างๆ รวมทั้งวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นในสภาพฟาร์ม หรือการเลี้ยงของเกษตรกรต่อไป

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยได้ขอขอบคุณกองทุนมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัย ประจำปี พ.ศ. 2555 (รหัสโครงการ NAT550288S) และขอขอบคุณภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ได้สนับสนุนสถานที่อุปกรณ์และสัตว์ทดลอง รวมทั้งนักศึกษาบัณฑิตศึกษาและบุคลากรทุกท่าน ที่มีส่วนที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

ปิ่น จันจุฬา และ อัจฉรา เพ็งหนู. 2557. การทดแทนกากถั่วเหลืองด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันหมักยีสต์ในอาหารขึ้นต่อการย่อยได้ และความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ในกระเพาะรูเมนของแพะ. วารสารเกษตร 30(2): 181-190.

อารีย์วรรณ มีแสง ปิ่น จันจุฬา วันวิศาห์ งามผ่องใส และ อภิชาติ หล่อเพชร. 2554. ผลการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารขึ้นต่อการย่อย

ได้ และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของแพะ. วารสารเกษตร 27(1): 87-99.

- Abo El-Nor, S., A. A. Abu Ghazaleh, R. B. Potu, D. Hastings and M. S. A. Khattab. 2010. Effects of different levels of glycerol on rumen fermentation and bacteria. *Animal Feed Science and Technology* 162:99-105.
- AOAC. 1990. *Official Methods of Analyses*, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA.
- Avila-Stagno, J., A. V. Chaves, M. L. He, O. M. Harstad, K. A. Beauchemin, S. M. McGinn and T. A. McAllister. 2013. Effects of increasing concentrations of glycerol in concentrate diets on nutrient digestibility, methane emissions, growth, fatty acid profiles, and carcass traits of lambs. *Journal of Animal Science* 91:829-837.
- Bremner, J. M. and D. R. Keeney. 1965. Steam distillation methods of determination of ammonium nitrate and nitrite. *Analytica Chimica Acta* 32: 485-493.
- Church, D. C. 1979. *Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants*. Vol. I. O&B Books Inc. Corvallis. Oregon.
- DeFrain, J. M., A. R. Hippen, K. F. Kalscheur and P. W. Jardon. 2004. Feeding glycerol to transition dairy cows: Effects on blood metabolites and lactation performance. *Journal of Dairy Science* 87: 4195-4206.
- Dozier, W. A., B. J. Kerr, A. Corzo, M. T. Kidd, E. Weber and K. Bregendals. 2008. Apparent metabolism energy of glycerin for broiler. *Poultry Science* 87: 317-322.
- Farias, M. de S., R. R. Silva, F. Zawadzki, C. E. Eiras, B. S. Lima and I. N. do Prado. 2012. Glycerin level for crossed heifers supplement in pasture: intake behavior.

- Acta Scientiarum. Animal Sciences 34: 63-69.
- Ferguson, J. D., D. T. Galligan, T. Blanchard and M. Reeves. 1993. Serum urea nitrogen and conception rate: the usefulness of test information. *Journal of Dairy Science* 76: 3742-3746.
- Galyean, M. 1989. *Laboratory Procedure in Animal Nutrition Research*. New Mexico: Department of Animal and Life Science, New Mexico State University.
- Gunn, P. J., M. K. Neary, R. P. Lemenager and S. L. Lake. 2010a. Effects of crude glycerin on performance and carcass characteristics of finishing wether lambs. *Journal of Animal Science* 88: 1771-1776.
- Gunn, P. J., A. F. Schultz, M. L. Van Emon, M. K. Neary, R. P. Lemenager, C. P. Rusk and S. L. Lake. 2010b. Effects of elevated crude glycerin concentrations on feedlot performance, carcass characteristics, and serum metabolite and hormone concentrations in finishing ewe and wether lambs. *The Professional Animal Scientist* 26: 298-306.
- 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. *Journal of Animal Science* 77: 2846-2854.
- Hungate, R. E. 1966. *The Rumen and Its Microbe*. Academic Press, New York. NY.
- Lee, S. Y., S. M. Lee, Y. B. Cho, D. K. Kam, S. C. Lee, C. H. Kim and S. Seo. 2011. Glycerol as a feed supplement for ruminants: In vitro fermentation characteristics and methane production. *Animal Feed Science and Technology* 166-167: 269-274.
- Linke, P. L., J. M. DeFrain, A. R. Hippen and P. W. Jardon. 2004. Ruminant and plasma responses in dairy cows to drenching or feeding glycerol. *Journal of Dairy Science* 87(Suppl.): 343 (Abstr.).
- López, 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. *Journal of Animal Science* 81: 2609-2616.
- Mach, N., A. Bach and M. Devant. 2009. Effects of crude glycerin supplementation on performance and meat quality of Holstein bulls fed high-concentrate diets. *Journal of Animal Science* 87: 632-638.
- Meale, S. J., A. V. Chaves, S. Ding, R. D. Bush and T. A. McAllister. 2013. Effects of crude glycerin supplementation on wool production, feeding behavior, and body condition of Merino ewes. *Journal of Animal Science* 91: 878-885.
- Min, Y. N., F. Yan, F. Z. Liu, C. Coto and P. W. Waldroup. 2010. Glycerin a new energy source for poultry. *International Journal Poultry Science* 9: 1-4.
- Moss, A. R., J. P. Jouany and J. Newbold. 2000. Methane production by ruminants: its contribution to global warming. *Annales de Zootechnie* 49: 231-253.
- NRC. 1981. *Nutrient Requirements of Goats: Angora, dairy and meat goat in temperate and tropical countries*. National Academy Press, Washington, D. C.

-
- Paggi, R. A., J. P. Fay and C. Faverin. 2004. In vitro ruminal digestibility of oat hay and cellulolytic activity in the presence of increasing concentrations of short-chain acids and glycerol. *The Journal of Agricultural Science* 142: 89-96.
- Rémond, B., E. Souday and J. P. Jouany. 1993. In vitro and in vivo fermentation of glycerol by rumen microbes. *Animal Feed Science and Technology* 41: 121-132.
- Roger, V., G. Fonty, C. Andre and P. Gouet. 1992. Effects of glycerol on the growth, adhesion, and cellulolytic activity of rumen cellulolytic bacteria and anaerobic fungi. *Current Microbiology* 25: 197-201.
- Samuel, M., S. Sagathewan, J. Thomas and G. Mathen. 1997. An HPLC method for estimation of volatile fatty acids of ruminal fluid. *Indian Journal of Animal Science* 67: 805-807.
- Satter, L. D. and L. L. Slyter. 1974. Effect of ammonia concentration on ruminal microbial protein production in vitro. *British Journal of Nutrition* 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.
- Steel, R. G. D. and J. H. Torrie. 1980. *Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach*. (2nd ed.). McGraw-Hill, New York.
- Sutton, J. D., S. V. Morant, J. A. Bines, D. J. Napper and D. I. Givens. 1993. Effect of altering the starch: fibre ratio in the concentrates on hay intake and milk production by Friesian cows. *The Journal of Agricultural Science* 120: 379-390.
- Thompson, J. C. and B. B. He. 2006. Characterization of crude glycerin from biodiesel production from multiple feedstocks. *Applied Engineering in Agriculture* 22: 261-265.
- Van Soest, P. J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*, second ed. Cornell University Press, Ithaca, NY.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74: 3579-3583.
- Wang, C., Q. Liu, W. J. Huo, W. Z. Yang, K. H. Dong, Y. X. Huang and G. Guo. 2009. Effects of glycerol on rumen fermentation, urinary excretion of purine derivatives and feed digestibility in steers. *Livestock Science* 121: 15-20.
-

Properties and Antifungal Effect of Chitosan Film Incorporating Orange Essential Oil on the Shelf Life of Orange Flavored Butter Cake

สมบัติและผลของการต้านเชื้อราของฟิล์มไคโตซานผสม น้ำมันหอมระเหยจากส้มต่ออายุการเก็บรักษาเค้กเนยกลิ่นส้ม

Jurmewan Sangsuwan^{1/}, Kulwadee Kulsoontorn^{1/} and Jutamat Jintana^{1/}
เจิมขวัญ สังข์สุวรรณ^{1/} กุลวดี กุลสุนทร^{1/} และ จุฑามาต จินตนา^{1/}

บทคัดย่อ: การศึกษาสมบัติของฟิล์มไคโตซานผสมน้ำมันหอมระเหยจากส้ม 2 ระดับความเข้มข้น คือ 0.7 และ 1.4 เปอร์เซ็นต์ (v/v) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับฟิล์มไคโตซานที่ไม่ได้ผสมน้ำมันหอมระเหยจากส้ม พบว่าฟิล์มไคโตซานผสมน้ำมันหอมระเหยจากส้ม 1.4 เปอร์เซ็นต์ มีความยืดหยุ่นมากขึ้นแต่ความแข็งแรงและอัตราการซึมผ่านของน้ำลดลงเป้าหมายของการศึกษาคือการใช้ น้ำมันหอมระเหยจากส้มเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเค้กเนยรสส้มโดยศึกษาผลของการยับยั้งการเกิดเชื้อราบนเค้กเมื่อเปรียบเทียบการห่อเค้กเนยรสส้มด้วยฟิล์มไคโตซานที่ไม่ได้ผสมน้ำมันหอมระเหยจากส้มกับฟิล์มไคโตซานที่ผสมน้ำมันหอมระเหยจากส้ม 0.7 และ 1.4 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเค้กทั้งหมดถูกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 วัน พบว่าเค้กที่ห่อด้วยฟิล์มผสมน้ำมันหอมระเหยจากส้ม 1.4 เปอร์เซ็นต์ มีเนื้อสัมผัสที่นุ่มและมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด จากการสังเกตการปรากฏของเชื้อราบนผิวเค้กทุกวัน พบว่า เค้กที่ห่อด้วยฟิล์มยัดฟิล์มไคโตซาน ฟิล์มไคโตซานผสมน้ำมันหอมระเหยจากส้มที่ระดับความเข้มข้น 0.7 และ 1.4 เปอร์เซ็นต์ มีอายุการเก็บรักษา 2, 4, 7 และมากกว่า 10 วันตามลำดับ ฟิล์มไคโตซานผสมน้ำมันหอมระเหยจากส้มที่ระดับความเข้มข้น 1.4 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ดีที่สุด สรุปได้ว่าน้ำมันหอมระเหยจากส้มทำให้ฟิล์มมีคุณสมบัติที่ดีขึ้นสามารถยืดอายุการเก็บรักษาเค้กส้มได้ยาวนานขึ้น และให้ผลทางประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับ

คำสำคัญ: ไคโตซาน ฟิล์ม น้ำมันหอมระเหยจากส้ม เค้ก การต้านเชื้อรา อายุการเก็บ

^{1/} Division of Packaging Technology, Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University, Chiang Mai 50100, Thailand

^{1/} ภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50100

* Corresponding author: E-mail: jurmewan@gmail.com

Abstract: This study investigated the properties of chitosan film incorporating orange essential oil at 0.7% and 1.4% (v/v) compared to pure chitosan film. Chitosan film with 1.4% orange essential oil had much better elongation but the strength and water vapor transmission rate were lower. The application of orange essential oil film to extend the shelf life of orange flavored butter cake was the aim of this study. An antifungal effect against mold on orange flavored butter cake was also evaluated. The comparative trials between wrapping pure chitosan film and chitosan film with 0.7% and 1.4% of orange essential oil around the cake were studied at 25°C for 10 days. Cake wrapped by film containing 1.4% orange essential oil had the best texture and least weight loss. The cake surface was observed daily for the growth of mold. The study showed that cake wrapped in stretch film, chitosan film with 0, 0.7 and 1.4% orange essential oil had 2, 4, 7 and more than 10 days shelf life, respectively. Chitosan film with 1.4% orange essential oil provided the best mold inhibition. Therefore, orange essential oil can improve chitosan film properties and prolong the shelf life of orange cake with acceptable sensory characteristics.

Keywords: Chitosan, film, orange essential oil, cake, antifungal, shelf life

Introduction

Bakery products normally have a shelf life around 3-4 days when they are unpreserved. Visible growth of fungi is an indicator of the end of product life. Furthermore, fungi are responsible for off-flavor formation and the production of mycotoxins and allergenic compounds (Gutierrez *et al.*, 2009). Chemical preservatives can be used to extend the storage life of these products. However, consumer prefers fresh products without chemical preservatives but keeping free from microorganism. Natural antimicrobials are GRAS (Generally Recognized as Safe), however, given the strong flavor and affected the organoleptic qualities of the food (Sangsuwan *et al.*, 2008). The application of these antimicrobial agents to food needs to be careful. Citrus essential oil, natural antimicrobials, could be an alternative to chemical additives for use in food industry. Orange essential oil was very effective against *Aspergillus niger*, *A.flavus*, *Penicillium verrucosum* and *P. chrysogenum* (Viuda-Martos *et al.*, 2008).

Active antimicrobial packaging is the packaging that incorporated antimicrobial agents that may delay or prevent the growth of microorganisms on the surface of the products. Release of antimicrobial substances from packaging materials to the food surface may control microbial contamination by reducing the growth rate, extending the lag-phase of the target microorganism, and inactivating microorganism on contact (Han, 2000). Many researchers incorporated essential oils or plant extracts into chitosan film but only some applied antimicrobial films to food products. Zivanovic *et al.* (2005) placed chitosan film and chitosan-oregano essential oil film in contact with inoculated bologna samples and stored 5 days at 10°C. Pure chitosan films reduced *Listeria monocytogenes* by 2 logs CFU, whereas the films with 1% and 2% oregano oil decreased the number of *L. monocytogenes* by 3.6 to 4 logs CFU and *Escherichia coli* by 3 logs CFU. Lee *et al.* (1998) incorporated 1% grapefruit seed extract into low density polyethylene film and used it to package curled lettuce. It was found that the growth rates of

aerobic bacteria and yeast decreased. Pranoto *et al.* (2005) incorporated garlic oil into chitosan film and the activity of the antimicrobial films was tested against food pathogens, *E. coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium*, *L. monocytogenes* and *Bacillus cereus*. Incorporation of 100 µl of garlic oil/g of chitosan had antimicrobial activity against *S.aureus*, *L. monocytogenes*, and *B. cereus*.

The use of orange essential oil in active film to control mold growth on butter cake is unavailable. Therefore, this research has 3 main objectives. First, to test the properties of antimicrobial film from chitosan incorporating orange essential oil developed for its use with orange flavored butter cake. Second, to evaluate the quality and sensory characteristics of orange flavored butter cake wrapped by film developed. And third, to test the inhibitory effect of film developed against mold.

Materials and Methods

1. Film Preparation

Chitosan with more than 85% deacetylation (Ta Ming Enterprises Co., Ltd, Thailand) 1.5 g was dissolved in 100 ml of 0.5% acetic acid solution at 60°C with continuous stirring for 1 h. Tween 20 was added as an emulsifier. Orange essentialoil (Sigma, St. Louis, USA), 0.7% or 1.4%, was incorporated into the chitosan solution. The film-forming solutions, 33±0.5 g were poured onto glass plates (13.5 cm diameter), and dried at 50°C for 24 h. Dried films were peeled off from the glass plates and conditioned at 25 ±2°C and 50 ±5%RH for 72 h prior to evaluation.

2. Film Properties

2.1 Determination of Tensile Strength and Elongation

Tensile strength and percent elongation were tested by using the Instron Universal Testing Instrument model 5565 (Instron, Canton, MA, USA) following ASTM D638M (ASTM, 1993). Film specimens were cut into rectangular strips (1 cm x 10 cm). The initial grip separation was 5 cm and the cross-head speed was 25 mm/min. Tensile strength was calculated by dividing the maximum load by the cross-sectional area (average thickness × 1 cm) of the initial specimen. The percentage elongation was defined as the percent change in the length (ΔL) of the specimen to its original length (L) between the grips (5 cm). Tensile strength and percent elongation results were obtained from 10 sample replications.

2.2 Determination of Water Vapor Transmission Rate (WVTR)

WVTR was determined gravimetrically according to ASTM E96-95 (ASTM, 1995). Film specimens, approximately 8 cm diameter, were mounted on the aluminum cups containing 10 grams of silica gel. Paraffin was used to fix a film specimen to the wide rim of an aluminum cup. The cups were weighed and then placed in a desiccator containing saturated calcium chloride solution. The relative humidity of the chamber was kept at 35 ±2% and 25 ±1°C throughout the experiment. The water vapor, which passed through the film, was determined by recording the weight gain daily for 5 days. The test was performed in triplicate. WVTR was calculated using the following equation.

$$WVTR = \frac{W}{t \cdot A}$$

where $\frac{W}{t}$ = the slope of the plot between weight gain and time, g/day

A = the permeation area, m²

3. Cake Quality

Orange flavored butter cake (orange cake) was made with no preservative. Each piece (3.5 cm x 5 cm x 1.5 cm) was wrapped in stretch film, chitosan film, chitosan film incorporating 0.7% and 1.4% orange essential oil and placed on polystyrene trays. All cake treatments were stored at 25±2°C for 8 days.

3.1 Color

The surface color of cake after removal from all film treatments was measured using the Hunterlab color meter Color Quest XE (The Color Management Company, Reston, Virginia, USA) calibrated with a white tile. Multiple readings were taken on 4 pieces from each treatment.

3.2 Texture

Texture of orange cake was measured every 2 days using a Texture Analyzer TA.XT2i (Texture Technologies Corp., Scarsdale, NY, USA). Texture profiles were obtained after setting test speed 2.0 mm/sec, post test speed 2.00 mm/sec, target mode: strain, strain: 40%, time: 5 sec, trigger type: auto (force) and trigger force: 5 g. Cake samples were cut into circle with 4 cm diameter before testing.

3.3 Weight Loss

Weight loss of orange cake was determined by weighing the samples at specific time intervals and plotting weight loss against time. Weight was measured using a balance (±0.01 g) model BP300S (Sartorius, Menlo Park, CA, USA).

3.4 Sensory Evaluation

Evaluations were tested under ambient conditions at about 25°C in a sensory evaluation room using 50 panelists. Samples were labeled with three-digit random codes and placed in small white plastic cups. The order of presentation of the samples was randomized. The acceptability of

color, odor, taste, texture and overall quality were evaluated using a nine-point hedonic scale. The variability of acceptance was analyzed by ANOVA and Tukey's-b test ($P < 0.05$).

3.5 Shelf Life

Visibility of mold on cake surface was daily observed for 10 days.

Results and Discussion

1. Film Properties

1.1 Tensile Strength and Elongation of Films

Tensile Strength and percentage of elongation of chitosan film without orange essential oil was 32.06 MPa and 4.87%, respectively (Table 1). Film tensile strength reduced while percentage of elongation increased as increasing orange essential oil concentration. Addition of orange essential oil acted as a plasticizer or a lubricant in the film matrix, which increased film flexibility. Since chitosan film alone was very fragile and difficult to apply on food as a wrapper or packaging film. Therefore, incorporation of orange essential oil could provide the advantage to this application. Zivanovic *et al.* (2005) also observed the same trend in which the addition of oregano oil into the chitosan film decreased tensile strength but increased elasticity of the films. While Sánchez-González (2010) reported that the lower tensile strength and percentage of elongation when they added bergamot essential oil (BO) into chitosan film. They explained that this could be explained by discontinuities in the polymer matrix introduced by the BO incorporation and by changes in the polymer chain interactions when oil components are present, which lead to a weak mechanical response. The contradiction could be due to the concentration of essential oil used in chitosan matrix.

Table 1 Tensile strength, elongation and water vapor transmission rate of chitosan film containing different levels of orange essential oil

Orange essential oil concentration, %	Tensile Strength, MPa	Elongation, %	Water vapor transmission rate, g/m ² .day
0	32.06 ±2.04 ^b	4.87 ±1.70 ^a	21.03 ±2.32 ^a
0.7	30.98 ±1.78 ^b	9.01 ±1.83 ^b	18.17 ±0.85 ^{ab}
1.4	26.81 ±0.80 ^a	15.16 ±1.89 ^c	17.58 ±0.81 ^b

*** Each data point of tensile strength and elongation represents the mean ±S.D. of four replications while water vapor transmission rate represents the mean ±S.D. of two replications, respectively. Different superscripts in the same column show significantly different (P<0.05)

1.2 Water Vapor Transmission Rate (WVTR) of Films

The incorporation of essential oil from orange into chitosan film was expected to increase the water vapor barrier property due to the hydrophobicity of orange essential oil. WVTR of film with orange essential oil decreased as increasing oil concentration. Incorporation of hydrophobic compounds into hydrophilic polymers causes structural modifications of the polymer matrix, causing an increase in network tortuosity (Redl *et al.*, 1996; Callegarin *et al.*, 1997). This impedes the transport of molecules through the network (Papadokostaki *et al.*, 1997), and reduces water uptake (Vazquez *et al.*, 1997). Sánchez-González (2010) also found that bergamot essential oil could also reduce film WVTR of chitosan film, while Pranoto *et al.* (2005) was not observed any different when addition garlic oil to chitosan film. The effect on essential oil on reducing WVTR could depend on the amount of essential oil incorporated into the film.

2. Cake

2.1 Color of Cake

The positive b* value represented the yellowness. As storage, b* value of cake surface was increasing (Figure 1). The increment in b* value

indicated that the color of the cake was becoming more yellow. Cake unwrapped from chitosan film incorporating 1.4% orange essential oil had significantly higher b* value than other treatments. This might be due to the migration of the orange essential oil from to the film which affected the yellowness of the cake. Sangsuwan *et al.* (2008) also reported the migration of vanillin from chitosan/methylcellulose film to fresh-cut cantaloupe and pineapple resulted in more yellowness on fruit's surface. The migration of essential oil from film to food could either provide the inhibition effect on the food surface against microorganisms or adverse effect on sensory characteristics of food (Suppakul *et al.*, 2003).

2.2 Texture of Cake

The fresh baked cake had hardness of 1,326 g (Figure 2). During storage, cake hardness increased as time due to moisture loss out of cake surface. On day 8, cake wrapped in chitosan film containing 1.4% orange essential oil had the least hardness which is only 3,087 g while those wrapped in chitosan film had hardness up to 4,609 g. Essential oil in film can reduce cake hardening due to it was hydrophobic. As a result, it lowered water egress out of film which agreed with WVTR value of film, thus maintained cake moisture content and kept

the cake softer than other treatments.

2.3 Weight Loss of Cake

Orange flavored butter cake tended to lose the weight during storage. Cake unwrapped from chitosan film incorporating 1.4% of orange essential oil had the least weight loss. This is mainly due to

the hydrophobicity of orange essential oil present in the film composition lower WVTR value of the film. The film incorporating orange essential oil, which is more hydrophobic than pure chitosan film showed the significant difference in water barrier protection against weight loss (Figure 3).

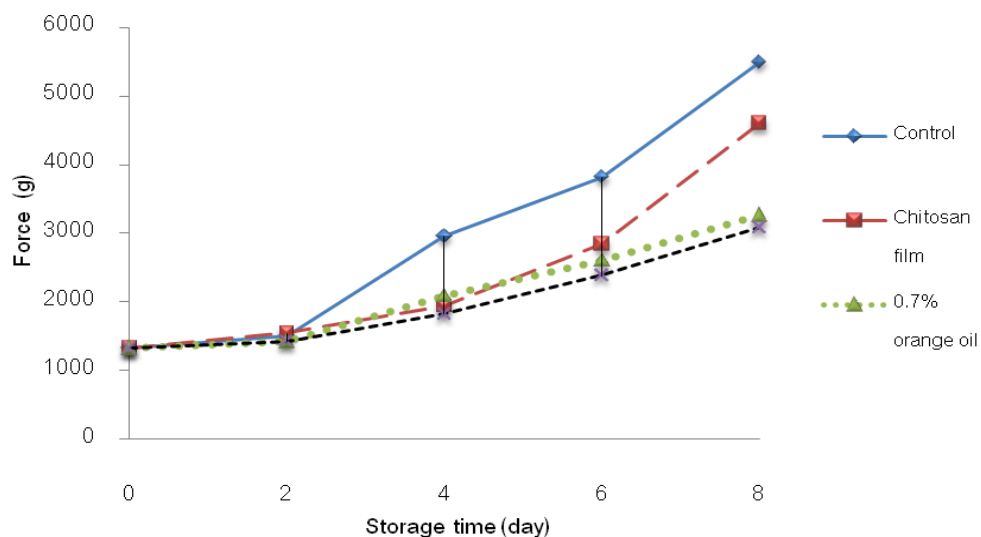


Figure 2 Texture of orange flavored butter cake unwrapped from chitosan film containing different concentration of orange essential oil

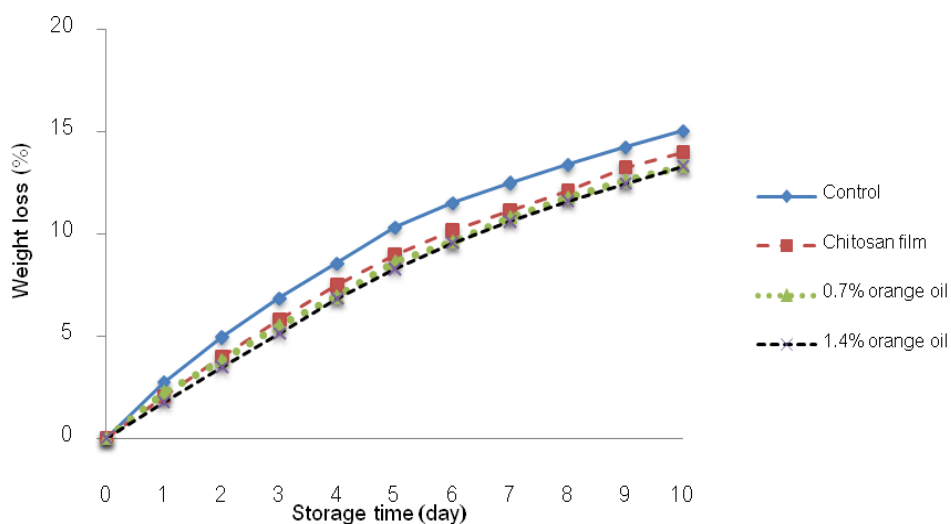
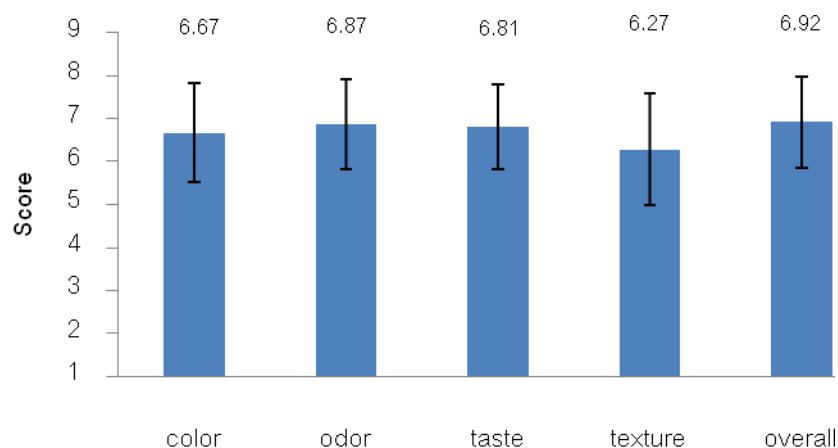


Figure 3 Texture of orange flavored butter cake unwrapped from chitosan film containing different concentration of orange essential oil

2.4 Sensory evaluation of cake

The sensory scores of fresh bake orange flavored butter cake were shown in Figure 4. All attributes had the scores in the range of 6-7 out of 9. On day 3, the sensory characteristics of the cake wrapped with chitosan film, chitosan film incorporating orange essential oil 0.7% and 1.4% were not significantly different between treatments

and all scores were greater than 5 which were in sensory acceptable limit (Figure 5). On day 7, the cake wrapped by chitosan film was disregarded due to mold growth. Orange flavored butter cake wrapped by chitosan incorporating 1.4% orange essential oil were not significant different from those wrapped by film containing lower oil concentration but better in texture (Figure 6). Film containing



Sensory characteristics

Figure 4 Sensory score of fresh bake orangeflavored butter cake

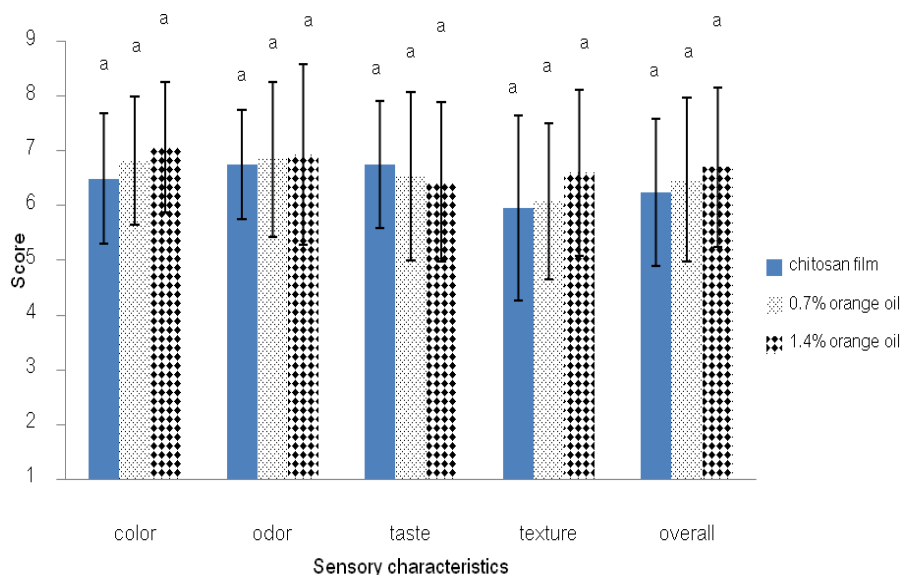


Figure 5 Sensory score of orange flavored butter cake unwrapped from chitosan film containing different concentration of orange essential oil after storage for 3 days

high orange essential oil concentration can protect the moisture loss from cake, thus provide the best cake texture. Cake wrapped in chitosan film containing orange essential oil are still acceptable in all attributes until this day.

2.5 Shelf Life of Cake

Orange flavored butter cake were stored at 25°C for 10 days. The apperance of mold was

used to judge the storage life of the cake. Mold incidents were observed on cake wrapped by stretch film on day 3, resulted in 2 days storage life. Orange flavored butter cake wrapped by chitosan film, chitosan film incorporating 0.7% and 1.4% orange essential oil had storage life for 4,7 and more than 10 days, respectively (Figure 7).

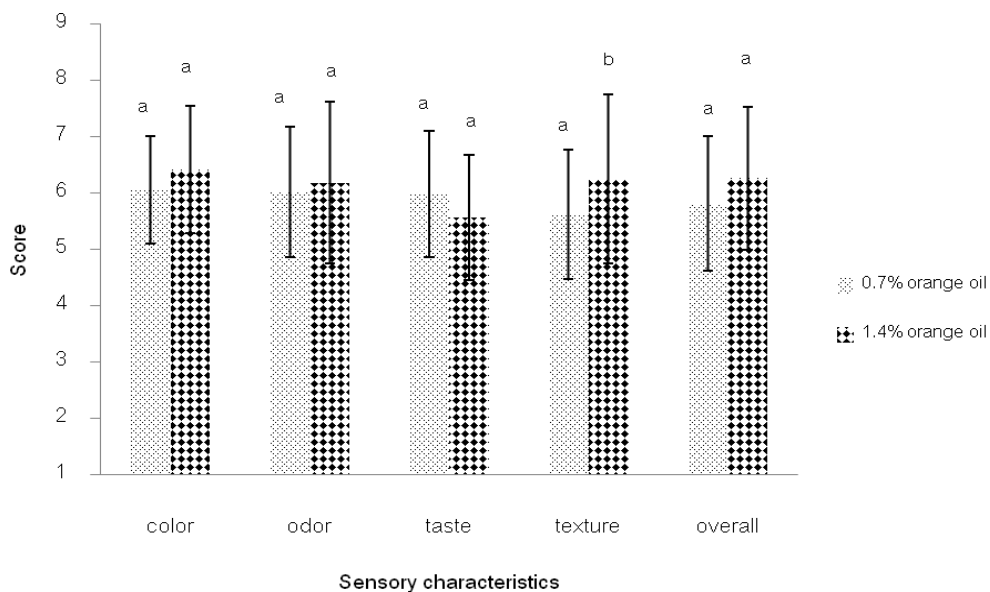


Figure 6 Sensory score of orange flavored butter cake unwrapped from chitosan film containing different concentration of orange essential oil after storage for 7 days

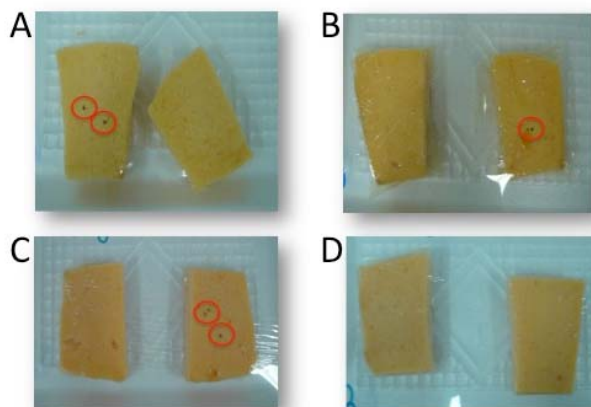


Figure 7 The first date that the visible growth of mold was observed on cake unwrapped from different films (A: stretch film, day 3, B: chitosan film, day 5, C: chitosan film containing 0.7% orange essential oil, day 8 and D: chitosan film containing 1.4% orange essential oil, day 10)

Conclusion

Chitosan film incorporating orange essential oil provided the good inhibition against mold on orange flavored butter cake, thus extending the shelf life of the cake. It can also protect the moisture loss from cake during storage and then keep the best cake texture with acceptable sensory characteristics. Chitosan film incorporating orange essential oil had potential to extend the storage life and maintain the best keeping quality of orange flavored bakery products, fruit cake or other cakes that have the innate flavor compatible with orange aroma.

References

- ASTM. 1983. Standard test methods for water vapor transmission of materials. E 96-95, pp: 760-770. Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia.
- Callegarin, F., J. A. Quezada-Gallo, F. Debeaufort and A. Voilley. 1997. Lipids and biopackaging. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 74: 1183-1192.
- Gutiérrez, L., C. Sánchez, R. Battle and C. Nerín. 2009. New antimicrobial active package for bakery products. *Trends in Food Science and Technology* 20(2): 92-99.
- Han, J. H. 2000. Antimicrobial food packaging. *Food Technology* 54(3): 56-65.
- Lee, D. S., Y. I. Hwang and S. H. Cho. 1998. Developing antimicrobial packaging film for curled lettuce and soybean sprouts. *Food Science and Biotechnology* 7: 117-121.
- Papadokostaki, K. G., S. G. Amarantos and J. H. Petropoulos. 1997. Kinetics of release of particulate solutes incorporated in cellulosic polymer matrices as a function of solute solubility and polymer swelling. I. Sparingly soluble solutes. *Journal of Applied Polymer Science* 67: 277-287.
- Pranoto, Y., S. K. Rakshit and V. M. Salokhe. 2005. Enhancing antimicrobial activity of chitosan films by incorporating garlic oil, potassium sorbate and nisin. *LWT-Food Science and Technology* 38: 859-865.
- Redl, A., N. Gontard and S. Guilbert. 1996. Determination of sorbic acid diffusivity in edible wheat gluten and lipid based film. *Journal of Food Science* 61: 116-120.
- Sangsuwan, J., N. Rattanapanone and P. Rachtanapun. 2008. Effect of chitosan/methyl cellulose films on microbial and quality characteristics of fresh-cut cantaloupe and pineapple. *Postharvest Biology and Technology* 49: 403-410.
- Sánchez-González, L., M. Cháfer, A. Chiralt and C. González-Martínez. 2010. Physical properties of edible chitosan films containing bergamot essential oil and their inhibitory action on *Penicillium italicum*. *Carbohydrate Polymer* 82: 277-283.
- Suppakul, P., J. Miltz, K. Sonneveld and S. W. Bigger. 2003. Active packaging technologies with an emphasis on antimicrobial packaging and its applications. *Journal of Food Science* 68(2): 408-420.
- Vazquez, B., J. San Roma, C. Peniche and M. E. Cohen. 1997. Polymeric hydrophilic hydrogels with flexible hydrophobic chains: control of the hydration and interactions with water molecules. *Macromolecules* 30: 8440-8446.
- Viuda-Martos, M., Y. Ruiz-Navajas, J. Fernández-López and J. Pérez-Álvarez. 2008.

Antifungal activity of lemon (*Citrus lemon* L.), mandarin (*Citrus reticulata* L.), grapefruit (*Citrus paradise* L.) and orange (*Citrus sinensis* L.) essential oils. Food control 19(12): 1130-1138.

Zivanovic, S., S. Chi and A.F. Draughon.2005. Antimicrobial activity of chitosan films enriched with essential oils. Journal of Food Science 70(1): M45-M51.

คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ (ต่อ)

รูปแบบในการใช้ภาษาอังกฤษในเนื้อเรื่องภาษาไทย

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

การส่งเรื่องเพื่อตีพิมพ์

ให้ส่งต้นฉบับ 1 ชุด พร้อมแผ่นบันทึกข้อมูล โดยส่งถึง บรรณาธิการวารสารเกษตร
งานบริหารงานวิจัยและวิเทศสัมพันธ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัด
เชียงใหม่ 50200

การตอบรับบทความ

บทความทุกบทความที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารเกษตร ต้องผ่านการประเมินจาก
ผู้ทรงคุณวุฒิ ไม่น้อยกว่า 2 ท่าน

** กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการตรวจและแก้ไขบทความที่เสนอเพื่อการตีพิมพ์ใน
วารสารเกษตร

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

JOURNAL OF AGRICULTURE

A Technical Journal of Faculty of Agriculture, Chiang Mai University

Volume 30, Issue 3 September - December 2014

Resistant Induction of Phytophthora Root Rot in Strawberry Tissue Culture Plantlets Using Endophytic Actinomycetes	
Aporn Potiyot and Kaewalin Kunasakdakul.....	213
Infestation of Coffee Berry Borer and Controlling Efficiency of Attractants	
Anut Buranapanichpan and Yaowaluk Chanbang.....	223
Survey of Insect Pests of Arabica Coffee and Their Natural Enemies in Chiang Mai and Chiang Rai Provinces	
Piyawan Suttiapran and Yaowaluk Chanbang.....	233
Control of Suidasia pontifica Oudemans Mites in Chicken Feed Using Formaldehyde Incorporated with Propionic Acid	
Chattraporn Kunawong, Yaowaluk Chanbang, Sawai Buranapanichpan and Ammorn Insung.....	243
Use of Radio Frequency for Controlling Sawtoothed Grain Beetle (Oryzaephilus surinamensis) in Milled Rice cv. Khao Dawk Mali 105	
Chatchapong Srikan, Yaowaluk Chanbang and Nattasak Krittigamas.....	253
Changes of Gibberellin-like Substances Content During Flowering of Rhynchostylis gigantea (Lindl.) Ridl	
Mingkwon Jearwattana, Daruni Naphrom and Nuttha Potapohn.....	263
Effect of Mepiquat Chloride, Chlormequat Chloride, and Paclobutrazol on Flowering of Mango cv. Nam Dok Mai Si Thong	
Maliwan Nasee, Nuddee Charoenkit, Pittaya Sruamsiri and Daruni Naphrom.....	271
Effects of Paclobutrazol on Water Use and Growth of Potted Marigolds	
Panupon Hongpakdee.....	281
Effects of Crude Glycerin Level in Total Mixed Ration on Rumen Ecology and Nitrogen Balance in Goats	
Pin Chanjula, Patcharin Pakdeechanuan and Sutha Wattanasit.....	291
Properties and Antifungal Effect of Chitosan Film Incorporating Orange Essential Oil on the Shelf Life of Orange Flavored Butter Cake	
Jurmkwon Sangsuwan, Kulwadee Kulsoontorn and Jutamat Jintana.....	305