



วารสารเกษตร

JOURNAL OF AGRICULTURE

วารสารวิชาการของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ปีที่ 31 ฉบับที่ 2 พฤษภาคม-สิงหาคม 2558

ผลของการเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ในอาหารไก่ไข่ต่อการย่อยได้ปรากฏของโภชนะ สมรรถภาพการผลิต และคุณภาพของไข่ไก่

มนัสนันท์ นพรัตน์ไมตรี อดิญา ปานทอง และวรางคณา กิจพิพิธ.....107

ผลของระดับกลีเซอรินดิบในอาหารผสมเสร็จต่อสมรรถภาพการผลิต องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณกรดไขมัน ในกล้ามเนื้อของแพะขุน

ปิ่น จันจุฬา พชรินทร์ ภักดีฉนวน และสุธา วัฒนสิทธิ์.....121

ผลของการเสริมหนอนนกกต่อประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ ต้นทุนและผลตอบแทนของการเลี้ยงเม่นแคระ

ณัฏฐรัตน์ คุ่มครอง กมลพรรณ เจือกวั่น โสภณ บุญล้ำ และพีรวัจน์ ชูเพ็ง.....135

การชักนำให้เกิดต้นแซพลอยด์โดยการเพาะเลี้ยงรังไข่ของข้าวสาลีพันธุ์ลูกผสมกลับ

Rathu Heenati/KDML105//Chai Nat 1

โสภณ บุญธรรม ชีรยุทธ ตูจินดา ณัฐา โพธารมณ์ และประสาพร สมิตะมาน.....145

ความสามารถในการรวมตัวของลักษณะผลผลิตของพริกที่ใช้แม่พันธุ์รักษาเพศผู้เป็นหมัน

ขวัญดาว แก้วสมบัติ และมนัสฉัตร นิกรพันธุ์.....155

สัณฐานวิทยาเมล็ดและสารประกอบโพลีฟีนอลของลำไย

สุรินทร์ นิลสำราญจิต และสุริยา ตาเที่ยง.....167

ผลของกรด 3,5,6-ไตรคลอโร-2-ไพริดิโนลออกซิอะซิติกและกลูโคสต่อการเติบโตและคุณภาพผลของส้มโอพันธุ์ทองดี

ณัฐวุฒิ เนตรประดิษฐ์ ชูชาติ สันทรัพย์ และดรุณี นามพรหม.....177

ผลของความยาวก้านใบเลี้ยงและระยะเวลาในการบ่มต่อการพัฒนาจาวตาลโตนด

นงนุช วงศ์สินชวน.....187

ชีววิทยาของเพลี้ยจักจั่นฝ้ายและประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงสำหรับการควบคุมในมะเขือม่วง

จริยา สีดวงแก้ว จิราพร กุลสาริน ไสว บรูณพานิชพันธุ์ และสิริญา คัมภีโร.....193

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศในการศึกษาความหลากหลายชนิดและการแพร่กระจายของ

แมลงศัตรูกาแฟอราบิกาในจังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย

เผ่าไท ถายะพิงค์ และปิยะวรรณ สุทธิประพันธ์.....203

เงื่อนไขฐานรากในการเข้าสู่อาชีพเกษตรกรรมของเกษตรกรและบุตรหลานเกษตรกร

ยศ บริสุทธิ์ และชนินทร์ แก้วคะตา.....215

บทความปริทัศน์:

การเพาะเลี้ยงโคพิพอดเพื่อการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนในโรงเพาะพัก

พงศธร จันทรัตน์.....225

ISSN 0857-0841

TCI กลุ่มที่ 1

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) ให้บรรยายผลการศึกษาวิจัย 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)

อาจมีหรือไม่ก็ได้ 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 ไอเดียสแควร์, กรุงเทพฯ.

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

4) วิทยานิพนธ์

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

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

5) เอกสารวิชาการอื่นๆ

ชื่อผู้เขียน หรือหน่วยงาน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่องหรือชื่อหนังสือ. ประเภทของเอกสาร. สถาบันหรือหน่วยงานที่จัดพิมพ์, เมืองที่พิมพ์. จำนวนหน้าทั้งหมด. วิศวกร ศิโยภาส. 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).

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

ดูคำแนะนำรูปแบบในการใช้ภาษาอังกฤษในเนื้อเรื่องภาษาไทย 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.สัญญาชัย จตุรสิทธิ์ธา 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	รศ.ดร.ณัฐา โพธารมณ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ รศ.ดร.ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ รศ.ดร.สุนทร คำยอง มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ผศ.ดร.สุรินทร์ นิลสำราญจิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ผศ.ดร.บุศรา ลิ้มนิรันดร์กุล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.ดร.เยาวลักษณ์ จันทร์บาง มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.ดร.ฉันทลักษณ์ ตียายน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.ดร.จิรวรรณ กิจชัยเจริญ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.ดร.วรรณพร ทะพิงค์แก มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.ดร.ชูชาติ สันทรทรัพย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ศ.ดร.จรัญ จันทลักขณา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	Editorial Board (Academic)	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 Surin Nilasamranchit, Ph.D., Assist. Prof. Chiang Mai University Budsara Limnirankul, Ph.D., Assist. Prof. Chiang Mai University Yaowaluk Chanbang, Ph.D. Chiang Mai University Chantalak Tiyyayon, Ph.D. Chiang Mai University Jirawan Kitchaicharoen, Ph.D. Chiang Mai University Wanaporn Tapingkae, Ph.D. Chiang Mai University Choochad Santasup, Ph.D. Chiang Mai University Charan Chantalakhana, Ph.D., Prof. Kasetsart University

	ศ.ดร.เมธา วรรณพัฒน์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 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 เชี่ยวหวาน มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมวิราช ผศ.ดร.เพ็ญพร เจนการกิจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ผศ.ดร.ไชยวรรณ วัฒนจันทร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ รศ.ดร.เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ผศ.ดร.เสาวคนธ์ วัฒนจันทร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ศ.ดร.ธวัชชัย ศุภดิษฐ์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์	Metha Wanapat, Ph.D., Prof. Khon Kaen University 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., Prof. Nation Institute of Development Administration
กองบรรณาธิการ ฝ่ายการจัดการ	นางลาลิตยา นุ่มมีศรี นางสาวอรนิชาณ์ ปารมี นายมานพ เปี้ยพรรณ	Editorial Board Lalitaya Nummisri (Management) Onnicha Paramee Manop Pearpun
สำนักงานและ การติดต่อ	กองบรรณาธิการวารสารเกษตร งานบริหารงานวิจัยและวิเทศสัมพันธ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัย เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200 โทร. 0 5394 4089-92 ต่อ 12 โทรสาร 0 5394 4089-92 ต่อ 12 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 4089-92 E-mail: agjournal@cmu.ac.th

บทบรรณาธิการ

สวัสดีครับท่านผู้อ่านทุกท่าน

วารสารเกษตรฉบับนี้ประจำเดือนพฤษภาคม-สิงหาคม 2558 เป็นปีที่ 31 ฉบับที่ 2 ซึ่งในฉบับนี้มีการเปลี่ยนแปลงโฉมหน้าพอสมควรเพราะเป็นปีแห่งการก้าวสู่เศรษฐกิจอาเซียนนั่นเอง ความเป็นสากลเป็นสิ่งที่ทางกองบรรณาธิการให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก แต่ไม่เคยละเลยความเป็นไทย เพราะต้องการที่จะเผยแพร่ข่าวสารไปยังต่างประเทศให้มากขึ้น เพื่อให้เขาได้รู้ว่าการเกษตรของเราไปถึงไหน เรามีงานวิจัยดี ๆ ที่เขาสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ในบ้านเขา ยิ่งจะสร้างความภาคภูมิใจให้กับผู้เขียนบทความวิจัยมากขึ้นนั่นเอง

สำหรับท่านผู้อ่านเห็นความเปลี่ยนแปลงของเราในฉบับนี้เป็นต้นไป ได้แก่

1. การขอเลข Digital Object Image (DOI) ซึ่งสภาวิจัยแห่งประเทศไทย (วช.) เป็นเจ้าภาพและให้โอกาสวารสารต่าง ๆ ขอเลข จะทำให้ปัญหาการรอดตีพิมพ์หมดไป เพราะในปัจจุบันวารสารเกษตร มีบทความที่ได้รับการตรวจบทความสมบูรณ์แล้วเพียงแต่รอการตีพิมพ์มีจำนวนหนึ่ง ซึ่งการใช้เลข DOI นั้นจะสามารถให้ผู้ใช้อ้างอิงได้ทันที

2. สำหรับการส่งบทความวิจัยเพื่อขอรับการตีพิมพ์ เจ้าของบทความต้องส่งทาง Online เท่านั้น ไม่สามารถส่งทาง e-mail หรือทางไปรษณีย์ได้อีกต่อไป เป็นการปรับตัวให้มีความเป็นสากลมากขึ้นโดยผู้เขียนต้องสมัครสมาชิกเพื่อรับ Password ในการ Upload บทความนั่นเอง

3. ทางวารสารอำนวยความสะดวกของผู้สนใจสมัครเป็นสมาชิก โดยการโอนเงินเพื่อชำระค่าสมัครสมาชิกวารสารผ่านธนาคารกรุงไทย สาขามหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ชื่อบัญชี Journal of Agriculture Chiangmai University เลขบัญชี 456-0-18544-1

4. ที่ปกหน้าของวารสารจะระบุค่า Impact Factor (TCI-IF = 0.188) ให้ผู้อ่านได้ทราบ

5. มีการระบุบทความว่าได้ส่งเรื่องเมื่อใด (Received) และรับบทความตีพิมพ์เมื่อใด (Accepted) สอดคล้องกับวารสารนานาชาติ

น่าจะเป็นนิมิตหมายใหม่สำหรับรูปโฉมของวารสารเกษตร ซึ่งทีมงานกองบรรณาธิการต้องการพัฒนาวารสารให้มีคุณภาพสมบูรณ์แบบมากขึ้น

สำหรับวารสารเกษตรฉบับนี้ มีบทความวิจัย 11 เรื่อง และบทความปริทัศน์ 1 เรื่อง ได้แก่ สาขาสัตวศาสตร์ 3 เรื่อง พืชสวน 5 เรื่อง เกษตรกรรม 2 เรื่อง ส่งเสริมการเกษตร 1 เรื่อง และบทความปริทัศน์ สาขาประมง 1 เรื่อง ซึ่งต้องขอขอบคุณคณะผู้เขียนทุกท่านทั้งภายนอกและภายในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ได้กรุณานำบทความที่ดีและมีคุณภาพมาให้แบ่งปันกัน

พบกันใหม่ในฉบับหน้าครับ

ศ.ดร. สัญชัย จตุรลิทธา
บรรณาธิการวารสารเกษตร

ผลของการเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ในอาหารไก่ไข่ ต่อการย่อยได้ปรากฏของโภชนะ สมรรถภาพการผลิต และคุณภาพของไข่ไก่

Effects of *Schizochytrium* sp. Supplementation in Laying Hen Diets on Apparent Nutrient Digestibility, Productive Performance and Egg Quality

มนัสนันท์ นพรัตน์ไมตรี^{1/*} อณัญญา ปานทอง^{2/} และวารางคณา กิจพิพิธ^{1/}
Manatsanun Nopparatmaitree^{1/*}, Anunya Panthong^{2/} and Warangkana Kitpipit^{1/}

(Received: 19 March 2014; Accepted: 12 December 2014)

Abstract: The experiment was conducted to examine the utilization of *Schizochytrium* sp. in laying hen diets. One hundred and eighty laying hens (Hisex Brown[®]), 30 weeks of age were raised under ambient temperature and assigned in a completely randomized design (CRD) with four dietary treatments and three replications per treatment. Each treatment contains different levels of *Schizochytrium* sp. as 0, 5, 10, and 20 g/kg. All birds were fed with diets containing 18% of crude protein and 2,850 kcal/kg (ME) of laying hen diets to meet nutrient requirements of poultry according to NRC (1994). Diets were restricted (110 g/h/d) throughout the study in 3 periods (28 day per period) and drinking water was offered *ad libitum* to the birds. The results showed that nutrients digestibility were not significantly different among levels of *Schizochytrium* sp. Also, yolk color score of egg was increased ($P<0.05$) with increasing dietary *Schizochytrium* sp. In addition, supplementing *Schizochytrium* sp. resulted in increased but different PUFA and LC- PUFA in egg yolk, mainly linoleic acid (C18:2n6), linolenic acid (C18:3n3), arachidonic acid (C20 : 4n6), eicosapentanoic acid (EPA) (C20:5n3), docosahexaenoic acid (DHA) (C22:6n3), docosapentaenoic acid (DPA) (C22:5) enrichment ($P<0.01$). The highest amounts of n-3 fatty acid and n3 per n6 ratio in egg yolks were obtained with 20 g/kg *Schizochytrium* sp on diets. Furthermore, the results also shows that four levels of *Schizochytrium* sp. has no effect on lipid oxidation (TBARS). The results implied that *Schizochytrium* sp. could be used as suitable alternative feedstuffs

^{1/} คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี 76120

^{1/} Faculty of Animal Science and Agricultural Technology, Silpakorn University, Phetchaburi IT Campus, Phetchaburi 76120, Thailand

^{2/} คณะสัตวศาสตร์ วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี 76120

^{2/} Faculty of Animal Science, Petchaburi Collage of Agriculture and Technology, Phetchaburi 76120, Thailand

* Corresponding author: E-mail address: Nopparatmaitree_m@su.ac.th

in laying hen diets and 20 g/kg of *Schizochytrium* sp. has the potential enhance omega-3 fatty acid enrich in egg qualities.

Keywords: *Schizochytrium* sp., performance, digestibility, laying hen, egg quality

บทคัดย่อ: การศึกษาผลของการเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ในอาหารไก่ไข่ โดยใช้ไก่ไข่สายพันธุ์ Hisex Brown® จำนวน 180 ตัว อายุ 30 สัปดาห์ เลี้ยงในโรงเรือนเปิดภายใต้สภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ประกอบด้วย 4 ทรีทเมนต์ 3 ซ้ำ ดังนี้ การเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 0, 5, 10 และ 20 กรัมต่อกิโลกรัม โดยไก่ไข่จะได้รับอาหารแบบจำกัด 110 กรัมต่อตัวต่อวันที่มีค่าโภชนาโปรตีนหยาบเท่ากับ 18 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 2,850 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม (ME) ใช้เวลาทดลองทั้งหมด 3 ช่วง ช่วงละ 28 วัน และให้น้ำสะอาดแบบเต็ม ที่ ผลการทดลองพบว่าการเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ในอาหารไก่ไข่ไม่มีผลต่อค่าการย่อยได้ของโภชนาในอาหารไก่ไข่รวมถึงไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะการผลิตของไข่ไก่ ($P>0.05$) การเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ในอาหารที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการเพิ่มค่าคะแนนสีของไข่แดง ($P<0.05$) อีกทั้งการเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนและกรดไขมันไม่อิ่มตัวสายยาวเชิงซ้อน (PUFA และ LC- PUFA) คือ linoleic acid (C18:2n6), linolenic acid (C18:3n3), arachidonic acid (C20:4n6), eicosapentaenoic acid (EPA) (C20:5n3), docosa-hexaenoic acid (DHA) (C22:6n3), docosapentaenoic acid (DPA) (C22:5) ในไข่แดง ($P<0.01$) โดยการเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ที่ระดับ 20 กรัมต่อกิโลกรัม ทำให้มีการสะสมกรดไขมันชนิดโอเมก้า 3 ในไข่แดงและช่วยเพิ่มสัดส่วนของกรดไขมันชนิดโอเมก้า 3 ต่อโอเมก้า 6 สูงสุด ($P<0.01$) นอกจากนี้ยังพบว่าการเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ทุกระดับไม่มีผลต่อเสถียรภาพออกซิเดชันของไขมันในไข่ไก่ (TBARS) ($P>0.05$) การทดลองนี้สรุปว่าการเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ที่ระดับ 20 กรัมต่อกิโลกรัมในอาหารไก่ไข่มีศักยภาพในการผลิตไข่ไก่ที่มีการสะสมของกรดไขมันชนิดโอเมก้า 3

คำสำคัญ: สาหร่าย *Schizochytrium* sp. สมรรถนะการผลิต การย่อยได้ ไก่ไข่ คุณภาพไข่ไก่

คำนำ

ประเทศไทยมีการผลิตปศุสัตว์เพื่อใช้บริโภคในประเทศและการส่งออกจำนวนมาก ปัจจุบันการผลิตปศุสัตว์ได้พัฒนาก้าวหน้าอย่างมากสู่การผลิตปศุสัตว์อุตสาหกรรม หากแต่ผลผลิตปศุสัตว์ยังประสบปัญหาด้านราคาผลผลิตต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ปศุสัตว์คุณภาพสูงจากต่างประเทศ ดังนั้นภาคการผลิตปศุสัตว์ของไทยจะต้องปรับตัวโดยการนำความรู้และนวัตกรรมต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาการผลิตปศุสัตว์ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ และราคาผลผลิตที่เพิ่มขึ้น จากภาวะการณ์ที่ประชากรของโลกตื่นตระหนกกับปัญหาด้านสุขภาพและให้ความสนใจในการบริโภคอาหารเพื่อบำรุงร่างกายมากขึ้น จึงเป็น

แรงผลักดันให้ทีมงานวิจัยเกี่ยวกับการเสริมสารกระตุ้นการเจริญเติบโตธรรมชาติ (natural growth promoter) (วรรณพร, 2557) อาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย (healthy food) รวมถึงสารที่มีประโยชน์หลากหลายชนิดลงในอาหารสัตว์เพื่อให้มีการเก็บสะสมสารสำคัญต่าง ๆ ในผลิตภัณฑ์ปศุสัตว์อื่นนำไปสู่การผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพ (functional food) (Van Elswyk, 1997) โดยไขมันเป็นโภชนะหลักชนิดหนึ่งที่นักโภชนาศาสตร์ให้ความสนใจโดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดไขมันสายยาวไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (long chain polyunsaturated fatty acid: LC-PUFA) ชนิดโอเมก้า -3 (n3 LC-PUFA) และ โอเมก้า 6 (n6 LC-PUFA) (Baucell *et al.*, 2000; Li *et al.*, 2009) เนื่องจากเป็นกรดไขมันที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย คือ สามารถลดระดับของคอเลสเตอรอล ป้องกันการเกิด

โรคหัวใจ (Gogus and Smith, 2010; Trautwein, 2001) บำรุงและพัฒนาสมอง (Gogus and Smith, 2010; Jordan, 2010; Yashohara *et al.*, 2009) ในปัจจุบันได้มีการค้นพบสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ซึ่งจัดเป็น Marine unicellular algae ที่มีคุณสมบัติเด่นคือมีโปรตีนประมาณ 26 เปอร์เซ็นต์ (อนุสรณ์ และคณะ, 2556) อีกทั้งยังมีการสะสมของน้ำมันที่ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (LC-PUFA) (Herber and Van Elswyk, 1996.) ทั้ง n3-LC-PUFA และ n6-LC-PUFA เช่น alpha-linoleic acid (ALA), eicosapentanoic acid (EPA), docosahexaenoic acid (DHA), และกรดไขมันจำเป็น (essential fatty acid) อื่น ๆ (Barclay and Zeller, 1996; Fraeye *et al.*, 2012; Yamasaki *et al.*, 2007) ดังนั้นสาหร่าย *Schizochytrium* sp. จึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่น่าสนใจในการนำมาประยุกต์ใช้ในอาหารไก่ไข่เพื่อผลิตไข่ไก่ที่มีการสะสม n3-LC-PUFA และ n6-LC-PUFA อันจะนำไปสู่การเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์และผลิตเป็นไข่ไก่สุขภาพ

การทดลองครั้งนี้ทำการศึกษาถึงผลของการเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ที่เป็นแหล่งของกรดไขมัน โอเมก้า-3 ภายใต้ชื่อผลิตภัณฑ์การค้า DHA-gold® ต่อการย่อยได้ของโภชนะ สมรรถนะการผลิต คุณภาพทางกายภาพของไข่ไก่ องค์ประกอบกรดไขมัน และเสถียรภาพออกซิเดชันของไขมัน เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้ในการเลี้ยงไก่ไข่เพื่อผลิตไข่ไก่สุขภาพ ซึ่งสามารถจะนำไปสู่การเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศในอนาคตต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. สัตว์ อาหาร และแผนการทดลอง

การทดลองครั้งนี้ใช้ไก่ไข่สายพันธุ์ Hisex Brown® อายุประมาณ 30 สัปดาห์ จำนวน 180 ตัว โดยเลี้ยงบนกรงตบขังเดี่ยวขนาด 50 x 40 x 40 เซนติเมตร ภายใต้การจัดการและแสงธรรมชาติในโรงเรือนแบบเปิด ในระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2556 ถึงกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557 สุ่มไก่ไข่ทดลองเข้าแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomize design: CRD) ทั้งหมด

4 ทรีทเมนต์ ทรีทเมนต์ละ 3 ซ้ำ รวมทั้งหมด 12 หน่วยทดลอง หน่วยทดลองละ 15 ตัว โดยทำการเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ทางการค้า DHA-gold® ของบริษัท มารีนลีดเดอร์ จำกัด ลงในอาหารไก่ไข่ระยะให้ไข่การค้าที่มีข้าวโพดกากถั่วเหลืองเป็นพื้นฐานและไม่เติมสารสังเคราะห์ มีค่าโปรตีนหยาบ 18 เปอร์เซ็นต์ ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ 2,850 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ตามคำแนะนำของ NRC (1994) ดังนี้

- ทรีทเมนต์ที่ 1 อาหารควบคุมที่ไม่เติมสารสังเคราะห์
- ทรีทเมนต์ที่ 2 อาหารควบคุมที่ไม่เติมสารสังเคราะห์+สาหร่าย *Schizochytrium* sp. ที่ระดับ 5 กรัมต่อกิโลกรัม
- ทรีทเมนต์ที่ 3 อาหารควบคุมที่ไม่เติมสารสังเคราะห์+สาหร่าย *Schizochytrium* sp. ที่ระดับ 10 กรัมต่อกิโลกรัม
- ทรีทเมนต์ที่ 4 อาหารควบคุมที่ไม่เติมสารสังเคราะห์+สาหร่าย *Schizochytrium* sp. ที่ระดับ 20 กรัมต่อกิโลกรัม

2. การวัดค่าการย่อยได้ของโภชนะในอาหารไก่ไข่

วัดค่าการย่อยได้ของโภชนะในอาหารไก่ไข่ภายในตัวสัตว์ (*In vivo* digestibility) ด้วยวิธีการทดสอบการย่อยได้ปรากฏ (apparent nutrient digestibility) โดยใช้สารบ่งชี้ (indicator marker) คือ โครมิกซัลไฟด์ (Cr_2O_3) ที่ระดับ 0.3 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีของ Fenton and Fenton (1979) ผสมลงในอาหารไก่ไข่ทดลอง ให้อาหารไก่ไข่วันละ 2 ครั้ง (เช้า-เย็น) วันละประมาณ 110 กรัมและน้ำสะอาดอย่างเต็มที่ โดยการทดสอบการย่อยได้จะใช้เวลา 15 วัน แบ่งออกเป็น 2 ช่วงการทดลองดังนี้ ช่วงที่ 1 คือ 10 วันแรกเป็นช่วงปรับตัว (adaptation period) และช่วงที่ 2 คือ 5 วันสุดท้ายเป็นช่วงเก็บตัวอย่างทดลอง (experimental period) โดยทำการสุ่มเก็บมูลของไก่ไข่ในแต่ละหน่วยทดลองลงในถุงที่มี H_2SO_4 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ แล้วรวบรวมตัวอย่างมูลในแต่ละหน่วยทดลองมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จากนั้นนำตัวอย่างมูลที่ได้มาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และทำการบดแล้วเก็บใส่ถุงกันความชื้นเพื่อรอวิเคราะห์

ต่อไป โดยวิเคราะห์ค่าองค์ประกอบโภชนาในอาหารไก่ไข่ ทดลอง คือค่าวัตถุแห้ง (dry matter, DM), โปรตีน (crude protein, CP), ไขมัน (ether extract, EE), เยื่อใยหยาบ (crude fiber, CF) และ พลังงานรวม (gross energy, GE) ตามวิธีของ AOAC (1990) รวมถึงวิเคราะห์ค่า องค์ประกอบโภชนาในมูลไก่ไข่ทดลอง คือค่าวัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน เยื่อใยหยาบ และ พลังงานรวม ตามวิธีของ AOAC (1990) และวิเคราะห์ค่าโครมิกซ์ออกไซด์ (Cr_2O_3) ในอาหารและมูลไก่ไข่ทดลอง ตามวิธีของ AOAC (1990) แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์มาคำนวณหาการย่อย ได้ของโภชนาปรากฏ (*In vivo* apparent nutrient digestibility) ตามวิธีของ (สาโรช, 2547) โดยใช้สูตร คำนวณ ดังนี้

$$\begin{aligned} & \text{การย่อยได้ปรากฏของวัตถุแห้ง (\%)} \\ & (\text{Apparent dry matter digestibility (\%)}) \\ & = \\ & \frac{(\% \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ ในมูล} - \% \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ ในอาหาร}) \times 100}{\% \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ ในมูล}} \\ & \text{การย่อยได้ปรากฏของโภชนา (\%)} \\ & (\text{Apparent nutrient digestibility (\%)}) = 100 - \\ & \left\{ 100 \times \frac{\% \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ r in diet}}{\% \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ in feces}} \times \frac{\% \text{nutrient in feces}}{\% \text{nutrient in diet}} \right\} \end{aligned}$$

3. การวัดสมรรถนะการผลิตของไก่ไข่

ทำการเลี้ยงไก่ไข่บนกรงตับขังเดี่ยวเพื่อวัด สมรรถนะการผลิตโดยใช้เวลาทั้งหมด 84 วัน แบ่งเป็น 3 ช่วงการทดลอง ช่วงละ 28 วัน โดยให้อาหารไก่ไข่วันละ 2 ครั้ง (เช้า-เย็น) วันละประมาณ 110 กรัม และให้ไก่ไข่ได้รับ น้ำสะอาดอย่างเต็มที่ จดบันทึกปริมาณอาหารที่กินได้ จำนวนผลผลิตไข่ และน้ำหนักไข่ในแต่ละวันตลอดช่วง การทดลอง แล้วนำปริมาณการไข่มาคำนวณหาอัตราการ ไข่ (hen-day production) น้ำหนักไข่เฉลี่ย (average egg weight) น้ำหนักไข่รวมเฉลี่ย (egg mass) $\{(\text{egg mass} = \text{average egg weight} \times \text{hen-day production})/100\}$ ตามวิธีของ Zhao *et al.* (2003) และ Ragab *et al.* (2012)

รวมถึงนำปริมาณอาหารที่กินได้มาคำนวณหาปริมาณ การกินได้ (feed intake) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร เป็นไข่ 1 กิโลกรัม (feed conversion ratio per 1 kg of egg) (FCR = feed intake/egg mass) ตามวิธีของ Nopparatmaitree *et al.* (2014)

4. การวัดคุณภาพของไข่ไก่และองค์ประกอบของ กรดไขมันในไข่ไก่

วัดคุณภาพทางกายภาพของไข่ไก่ในช่วง 5 วัน สุดท้ายของแต่ละช่วงการทดลอง สุ่มเก็บตัวอย่างไข่ไก่ใน จำนวน 5 ฟองต่อวันในแต่ละหน่วยทดลองมาวิเคราะห์ คุณภาพทางกายภาพของไข่ไก่ คือ น้ำหนักไข่ (egg weight), ความหนาของเปลือกไข่ (egg shell thickness) (หาค่าเฉลี่ย 3 ด้านของเปลือกไข่ คือด้านแหลม ด้านข้าง และด้านป้าน) ด้วย micrometer (Mitumotoya, No. 044N, 0.01-5 mm), ความสูงไข่ขาว (albumin height), ค่าคะแนนสีของไข่แดง (yolk color) ด้วยพัดสีที่มีค่า คะแนน 10-15 (Hoffman-la Roche Ltd, Basal, Switzerland) และคำนวณหาค่า Haugh Unit (H. U. = $100 \log \{ \text{Albumen height in millimeter} + 7.57 \times 1.7 \text{ Weight of egg in gram}^{0.37} \}$) ตามวิธี Laudadio and Tufarelli (2011) และ Uganbayar *et al.* (2005) จากนั้น ทำการเก็บรวบรวมตัวอย่างไข่แดงมาเก็บรักษาไว้ที่ อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เพื่อวัดองค์ประกอบของกรด ไขมันในไข่ไก่ โดยการนำตัวอย่างไข่แดงในแต่ละหน่วย ทดลองมาวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมัน (Individual fatty acid content: GLC) ตามวิธีของ Lepage and Roy (1986)

5. การวัดเสถียรภาพออกซิเดชันของไขมัน

ในช่วงวันสุดท้ายของการทดลองสุ่มเก็บตัวอย่าง ไข่ไก่ในแต่ละหน่วยทดลอง โดยสุ่มเก็บไข่ไก่จำนวน 9 ฟองต่อหน่วยทดลอง จากนั้นทำการเก็บรักษาตัวอย่าง ไข่ไก่ที่อุณหภูมิห้อง 32 ± 4 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 0, 7 และ 14 วัน เมื่อครบกำหนดระยะเวลาในการเก็บ รักษาแล้ว นำตัวอย่างของไข่แดงจำนวน 3 ฟองต่อหน่วย ทดลองไปวิเคราะห์ค่า TBARS เพื่อบ่งชี้ถึงคุณภาพหลัง การเก็บรักษาด้วยวิธี Spectrophotometrically ตามวิธี

ของ Buege and Aust (1978) และ Yang *et al.* (2006) คำนวณค่าของ TBARS โดยใช้กราฟของมาตรฐานความเข้มข้นของ malondialdehyde (MDA) และแปลผลให้อยู่ในหน่วย mg MDA/kg ของตัวอย่างตามวิธีของ Marshall *et al.* (1994) และ Atchariya *et al.* (2011)

6. การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (analysis of variance: ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มข้อมูลโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ตามวิธีของ Steel and Torrie (1992) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Excel เวอร์ชัน 2007 กำหนดค่านัยสำคัญที่ใช้ในการทดสอบที่ $P < 0.05$

ผลและวิจารณ์

1. ผลการเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ในอาหารไก่ไข่ต่อการย่อยได้ของโภชนะ

การศึกษาดูผลของการเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 5, 10 และ 20 กรัมต่อกิโลกรัม เปรียบเทียบกับอาหารกลุ่มควบคุมต่อการย่อยได้ปรากฏของโภชนะในอาหารไก่ไข่ พบว่า การเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ในอาหารไก่ไข่ทุกระดับไม่มีผลต่อการย่อยได้ปรากฏของสิ่งแห้ง เยื่อใย ไขมันรวม พลังงานรวม และโปรตีนรวม ($P > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 1

2. ผลการเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถนะการผลิต

การศึกษาดูผลของการเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 5, 10 และ 20 กรัมต่อกิโลกรัม เปรียบเทียบกับอาหารกลุ่มควบคุมต่อสมรรถนะการผลิตของไก่ไข่ พบว่า ไก่ไข่ที่ได้รับการเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ในอาหารทุกระดับไม่มีผลต่อสมรรถนะการผลิตคือ น้ำหนักฟองไข่เฉลี่ย เปอร์เซ็นต์การไข่ต่อวัน มวลไข่ และ ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ 1 กิโลกรัมที่ไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลอง ($P > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 2 จากผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ในอาหารไก่ไข่ไม่ได้ส่งผลต่อระบบการผลิตโดยรวม เนื่องมาจากการเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ระดับต่ำในสูตรอาหารเมื่อเปรียบเทียบกับงานทดลองอื่น รวมถึงการเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ในอาหารไก่ไข่ทุกระดับไม่มีผลต่อการย่อยได้ปรากฏของโภชนะในอาหารไก่ไข่ ($P > 0.05$) สอดคล้องกับ มาชะเพ็ญและคณะ (2556) ที่ทดลองเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ที่ระดับ 0, 0.5, 0.75 และ 1 เปอร์เซ็นต์ในอาหารไก่ไข่ที่มีปลายข้าวเป็นพื้นฐาน พบว่าทุกกลุ่มการทดลองมีปริมาณการกินได้ เปอร์เซ็นต์ผลผลิต และ ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ 1 กิโลกรัมที่ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) นอกจากนี้ยังมีอีกหลายงานวิจัยที่มีการทดลองเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ในอาหารสัตว์ชนิดอื่น เช่น ปลานิลรุ่น กุ้งก้ามกราม และ กระจ่ายเป็นต้น สุดซาดา

Table 1 The effect of dietary *Schizochytrium* sp. supplementation on apparent nutrient digestibility of laying hens

apparent nutrient digestibility (%)	level of <i>Schizochytrium</i> sp. supplementation in diets (g/kg)				SEM	P-value
	0	5	10	20		
dry matter	86.38	87.00	86.48	86.11	0.34	0.06
crude fiber	44.20	46.31	48.52	42.33	1.41	0.11
ether extract	88.91	90.02	90.84	87.89	0.64	0.43
gross energy	77.36	77.31	77.15	79.05	1.03	0.36
crude protein	84.20	86.31	88.52	82.33	0.78	0.10

และคณะ (2556) ได้ทำการเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ในสูตรอาหารปลานิลรุ่น คือ 0, 2.5, 5.0 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าปลานิลที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ทั้ง 3 ระดับมีค่าน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P<0.05$) และการเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. 7.5 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลต่อการเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตต่อวันสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P<0.05$) หากแต่การเสริม *Schizochytrium* sp. ทุกระดับในอาหารปลานิลรุ่นไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้อาหาร ($P>0.05$) ส่วนผลการทดลองในกึ่งก้ามกรามโดยการเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ที่ระดับสูง คือ 0, 2.5, 5.0, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร พบว่ากึ่งก้ามกรามที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. 7.5 และ

10 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลต่อการเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตต่อวันสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันกับกึ่งก้ามกรามที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. 2.5 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ($P>0.05$) (อนุสรณ์ และคณะ, 2556) นอกจากนี้ยังมีผลการทดลองของ Mordenti *et al.* (2010) ที่ได้ทำการทดลองเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ในอาหารกระต่าย พบว่ากระต่ายที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. 4 กรัมต่อกิโลกรัม มีค่าปริมาณการกินได้ น้ำหนักมีชีวิต น้ำหนักซากที่ไม่แตกต่างกันกับกลุ่มควบคุม ($P>0.05$) แต่กระต่ายที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. 4 กรัมต่อกิโลกรัม มีประสิทธิภาพการใช้อาหารที่ดีกว่ากลุ่มควบคุม ($P<0.05$)

Table 2 The effect of dietary *Schizochytrium* sp. supplementation on productive performance of laying hens

productive performance	level of <i>Schizochytrium</i> sp. supplementation in diets (g/kg)				SEM	P-value
	0	5	10	20		
hen day production %						
period 1	82.72	82.39	82.47	83.13	0.74	0.98
period 2	94.82	94.00	93.00	94.07	0.73	0.85
period 3	93.40	95.02	91.88	92.59	0.48	0.20
overall	90.31	90.47	89.12	89.90	0.40	0.64
average egg weight (g)						
period 1	59.47	59.96	59.79	59.27	0.24	0.22
period 2	59.12	60.36	60.02	59.56	0.31	0.55
period 3	59.72	60.66	63.88	60.06	1.63	0.41
overall	58.77	60.33	62.23	59.63	0.61	0.29
egg mass (g)						
period 1	47.53	49.40	49.31	49.27	0.42	0.37
period 2	56.04	60.36	60.02	59.56	0.53	0.93
period 3	56.38	56.61	56.84	55.60	1.73	0.80
overall	53.32	53.92	55.00	53.63	0.79	0.88
feed conversion ratio (g of feed/g of egg mass)						
period 1	2.31	2.22	2.23	2.23	0.05	0.93
period 2	1.96	1.94	1.97	1.96	0.05	0.85
period 3	1.95	1.98	2.03	1.98	0.05	0.31
overall	2.08	2.05	2.08	2.06	0.05	0.78

3. ผลการเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพทางกายภาพของไข่ไก่

การศึกษามูลการเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 5, 10 และ 20 กรัมต่อกิโลกรัมเปรียบเทียบกับอาหารกลุ่มควบคุมต่อคุณภาพทางกายภาพของไข่ไก่ พบว่าการเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ทุกระดับในอาหารไก่ไข่ทุกระดับไม่มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพของไข่ไก่ คือ น้ำหนักเปลือกไข่ น้ำหนักไข่แดง น้ำหนักไข่ขาว ความสูงของไข่ขาว ค่า Haugh unit และ ความหนาเปลือกไข่ ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 3 สอดคล้องกับการทดลองของ Lemahieu *et al.* (2013) ที่ได้ทดลองเสริม micro algae 4 ชนิด คือ *Phaeodactylum*, *Nannochloropsis*, *Isochrysis* และ *Chorella* ในอาหารไก่ไข่ พบว่าไม่ส่งผลต่อคุณภาพทางกายภาพของไข่ไก่ในด้าน น้ำหนักไข่ น้ำหนักเปลือกไข่ น้ำหนักไข่ขาว น้ำหนักไข่แดง และความหนาเปลือกไข่ ($P>0.05$) สอดคล้องกับ Tallarico *et al.* (2013) ที่รายงานว่าการเสริม Heterotrophic microalgae ที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ ไม่ส่งผลต่อน้ำหนักไข่ไก่ ($P>0.05$) อีกทั้งการเสริม Heterotrophic microalgae ที่มีระดับ DHA ในระดับสูงนั้นสะสมนั้นไม่ส่งผลต่อผลผลิตไข่ของไก่ไข่ ($P>0.05$) (Cahaldora *et al.*, 2005; Cheng *et al.*, 2004) นอกจากนี้จากการวิจัยนี้จะสังเกตได้ว่าการเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. อาหารไก่ไข่ไม่มีผลต่อค่าคะแนนสีของไข่แดงแปรผันตรงต่อระดับการเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ดังแสดงในตารางที่ 3 เนื่องจากสาหร่าย *Schizochytrium* sp. มีรงควัตถุ คือ คาร์โรทีนอยด์ที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ (Parpinello *et al.*, 2006; Fraeye *et al.*, 2012) โดยการเสริม Heterotrophic microalgae ส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณของคาร์โรทีนอยด์สะสมในไข่แดงด้วย (Fredriksson *et al.*, 2006; Bruneel *et al.*, 2013) ซึ่งผลการทดลองครั้งนี้ สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่พบว่าการเสริม micro algae ที่เสริมลงในอาหารจะส่งผลต่อการเพิ่มค่าคะแนนสีของไข่แดงแปรผันตรงกับระดับ micro algae ที่เพิ่มขึ้น ($P<0.05$) (Bruneel *et al.*, 2013) โดยการเสริม micro algae ในระดับ 5, 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ มีผลต่อการเพิ่มค่าคะแนนสีของไข่แดง รวมถึงค่าความสว่าง (lightness:

L*) ค่าสีแดง (redness: a) และ ค่าสีเหลือง (yellowness: b) ของไข่แดง ($P<0.05$) (Fredriksson *et al.*, 2006; Lemahieu *et al.*, 2013; Bruneel *et al.*, 2013)

4. ผลการเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ในอาหารไก่ไข่ต่อองค์ประกอบกรดไขมันในไข่แดง

การศึกษามูลการเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 5, 10 และ 20 กรัมต่อกิโลกรัมเปรียบเทียบกับอาหารกลุ่มควบคุมต่อองค์ประกอบกรดไขมันในไข่แดง พบว่าไก่ไข่ในกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ทุกระดับมีระดับกรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid, SFA) กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (monounsaturated fatty acid, MUFA) ในไข่แดงไม่แตกต่างกันกับไก่ไข่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม ($P>0.05$) แต่พบว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ทุกระดับ มีระดับกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (polyunsaturated fatty acid, PUFA) และ กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนสายยาว (long chain polyunsaturated fatty acid, LC-PUFA) ในไข่แดงสูงกว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4 หากพิจารณาค่ากรดไขมัน PUFA และ กรดไขมัน LC-PUFA แต่ละชนิด พบว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ มีค่า linolenic acid (C18:3n3) ในไข่แดงสูงกว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม ($P<0.05$) และมีค่า alpha-linolenic acid: ALA (C18:2n6), arachidonic acid (C20:4n6), eicosapentanoic acid: EPA (C20:5n3), docosahexaenoic acid: DHA (C22:6n3), docosapentanoic acid: DPA (C22:5) ในไข่แดงสูงกว่าไก่ไข่ที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) โดยไก่ไข่ที่ได้รับการเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 5, 10 และ 20 กรัมต่อกิโลกรัมมีระดับของ ALA, EPA, DHA, และ DPA ในไข่แดงเพิ่มขึ้นแปรผันตรงต่อระดับการเสริมการเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ที่เพิ่มขึ้นในอาหาร เนื่องจากสาหร่าย *Schizochytrium* sp. มีปริมาณกรดไขมันจำเป็นสะสมอยู่มาก ดังนั้นเมื่อไก่ไข่ได้รับสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ที่มีการสะสมไขมัน

Table 3 The effect of dietary *Schizochytrium* sp. supplementation on egg quality of laying hens

egg quality	level of <i>Schizochytrium</i> sp. supplementation in diets (g/kg)				SEM	P-value
	0	5	10	20		
whole egg weight (g)						
period 1	57.14	58.69	58.97	57.84	0.37	0.34
period 2	60.01	59.70	60.76	59.96	0.46	0.85
period 3	60.76	60.56	60.81	59.59	0.25	0.32
overall	59.30	59.65	60.18	59.13	0.31	0.66
shell weight (g)						
period 1	7.66	7.40	7.64	7.41	0.05	0.23
period 2	8.03	7.81	7.91	7.89	0.01	0.08
period 3	7.89	7.79	8.08	7.91	0.06	0.40
overall	7.86	7.67	7.88	7.74	0.04	0.27
yolk weight (g)						
period 1	15.01	15.12	15.73	15.10	0.10	0.09
period 2	15.55	15.41	15.98	15.55	0.08	0.12
period 3	15.94	15.89	16.00	15.43	0.09	0.17
overall	15.50	15.48	15.91	15.36	0.07	0.11
albumen weight (g)						
period 1	34.48	36.17	35.59	35.33	0.26	0.22
period 2	36.34	35.84	36.86	36.52	0.45	0.87
period 3	34.60	34.44	34.43	34.00	0.27	0.85
overall	35.14	35.48	35.63	35.27	0.22	0.85
albumen height (mm)						
period 1	10.11	10.26	9.80	10.28	0.12	0.50
period 2	9.11	9.38	8.86	9.11	0.17	0.26
period 3	11.07	11.14	11.31	11.24	0.23	0.98
overall	10.35	10.26	9.99	10.21	0.13	0.80
haugh unit						
period 1	99.51	99.81	99.70	98.07	0.50	0.98
period 2	96.35	94.37	94.79	93.85	0.48	0.34
period 3	98.62	98.57	97.08	99.11	1.03	0.90
overall	99.16	99.25	98.86	99.01	0.51	0.99
egg yolk color score						
period 1	12.11 ^b	12.48 ^{ab}	12.67 ^a	12.63 ^a	0.06	0.03
period 2	12.09 ^b	12.39 ^{ab}	12.48 ^a	12.61 ^a	0.05	0.04
period 3	11.86	11.95	11.98	11.43	0.70	0.07
overall	12.02 ^b	12.27 ^a	12.37 ^a	12.23 ^{ab}	0.04	0.04
egg shell thickness (mm)						
period 1	0.33	0.34	0.34	0.33	0.01	0.23
period 2	0.35	0.35	0.35	0.36	0.01	0.60
period 3	0.33	0.36	0.36	0.36	0.01	0.45
overall	0.34	0.35	0.35	0.35	0.01	0.48

Table 4 The effect of dietary *Schizochytrium* sp. supplementation on fatty acid composition of egg

fatty acid composition of egg (g/100 g total fat)	level of <i>Schizochytrium</i> sp. supplementation in diets (g/kg)				SEM	P-value
	0	5	10	20		
Myristic acid (C14:0)	0.47 ^C	0.67 ^B	0.69 ^B	0.76 ^A	0.010	0.010
Palmitic acid (C16:0)	29.81	28.19	29.72	29.92	0.424	0.982
Margaric acid (C17:0)	0.15	0.16	0.16	0.17	0.003	0.588
Stearic acid (C18:0)	6.87	7.07	7.07	7.43	0.100	0.387
total SFA ¹	37.90	38.42	38.67	38.76	0.536	0.699
Myristoleic acid (C14:1)	0.11 ^c	0.16 ^b	0.18 ^a	0.19 ^a	0.003	0.020
Palmitoleic acid (C16:1n7)	3.22 ^{BC}	3.18 ^C	3.55 ^B	4.11 ^A	0.051	0.003
Oleic acid (C18:1n9)	46.62	44.99	44.25	44.85	0.665	0.789
Eicosenoic acid (C20:1n9)	0.15 ^C	0.16 ^{CB}	0.17 ^{BA}	0.18 ^A	0.003	0.002
total MUFA ²	50.16	48.28	48.45	47.68	0.720	0.171
Linoleic acid (C18:2n6)	9.82 ^b	10.86 ^a	10.30 ^{ab}	10.17 ^{ab}	0.152	0.013
GLA (C18:3n6)	0.08 ^B	0.07 ^B	0.07 ^B	0.09 ^A	0.002	0.010
Linolenic acid (C18:3n3)	0.13 ^C	0.16 ^B	0.18 ^A	0.18 ^A	0.003	0.004
(C20:2n6)	0.07 ^B	0.10 ^A	0.10 ^A	0.11 ^A	0.002	0.010
DGLA (C20:3n6)	0.06 ^B	0.09 ^A	1.00 ^A	1.00 ^A	0.002	0.008
Arachidonic acid (C20:4n6)	0.83 ^D	0.95 ^C	1.14 ^B	1.38 ^A	0.015	0.004
Eicosapentanoic acid: EPA (C20:5n3)	0.03 ^D	0.04 ^C	0.06 ^B	0.09 ^A	0.001	0.001
Docosahexaenoic acid: DHA (C22:6n3)	1.62 ^D	2.67 ^C	3.05 ^B	4.50 ^A	0.044	0.009
DPA (C22:5)	0.07 ^C	0.10 ^B	0.11 ^B	0.14 ^A	0.002	0.010
total PUFA ³	13.99 ^b	15.44 ^a	15.85 ^a	16.66 ^a	0.216	0.045
total n3 ⁴	1.88 ^D	2.87 ^C	3.29 ^B	4.76 ^A	0.367	0.010
total n6 ⁵	12.03	12.87	12.06	11.76	0.123	0.287
n3/n6 ratio	0.16 ^A	0.23 ^B	0.27 ^{BC}	0.41 ^D	0.002	0.005

a, b, c Mean the significant difference among the same row ($P < 0.05$), A, B, C Mean the significant difference among the same row ($P < 0.01$), ¹ SFA = Saturated fatty acids, ² MUFA = Monounsaturated fatty acid, ³ PUFA = Polyunsaturated fatty acid, ⁴ n3 = Total omega 3 fatty acid, ⁵ n6 = Total omega 6 fatty acid

อยู่ไขมันจะถูกย่อยด้วย pancreatic lipase ให้แตกตัวเป็น
กลีเซอรอลและกรดไขมัน จากนั้นทั้งกลีเซอรอลและกรด
ไขมันชนิดต่าง ๆ ถูกซึมผ่านผนังลำไส้เล็กแล้วจึง
สังเคราะห์ไตรกลีเซอไรด์ขึ้นมาใหม่และจะถูกขนส่งไปสู่
เซลล์ต่าง ๆ โดยมี chylomicrons เป็นตัวพา ซึ่ง
Chylomicrons จัดเป็น lipoprotein ชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่

ขนส่ง Triacylglycerol ไปสู่เซลล์ต่าง ๆ โดยผ่านระบบท่อน้ำ
เหลืองและเข้าสู่กระแสเลือดที่บริเวณเส้นเลือดฝอย
(capillary vessel) ที่ผนังด้านในเส้นเลือดฝอยของเซลล์
เป้าหมายจะมี Lipoprotein lipase ซึ่งจะย่อย
Chylomicron และ Triacylglycerol ที่ขนส่งมาได้ผลิตผล
เป็น Fatty acids และ Glycerol จากนั้นจะถูกดูดซึมเข้าสู่

เซลล์เพื่อเกิด Metabolism ต่อไป (พจน์ และคณะ, 2543) ซึ่งปกติแล้วสารอาหารที่สำคัญชนิดต่าง ๆ จะถูกส่งไปสะสมในไข่แดงมากกว่าเซลล์อื่น ๆ เนื่องจากไข่แดงจะเป็นแหล่งอาหารของตัวอ่อนในขณะที่ตัวอ่อนเจริญเติบโตในฟองไข่ ดังนั้นการทดลองครั้งนี้จึงเห็นผลที่ค่อนข้างชัดเจนเมื่อเสริมลงในอาหารสัตว์จะทำให้มีการสะสมไขมันในไข่แดงในปริมาณเพิ่มขึ้น

โดยไข่ไก่จากไข่ไก่ที่ได้รับอาหารเสริม micro algae ที่มีกรดไขมัน PUFA และ กรดไขมัน LC-PUFA สะสมอยู่สูงนั้นมีการสะสมกรดไขมันสูงคล้ายคลึงกันกับไข่ไก่ที่ได้รับน้ำมันปลาในอาหาร (Melzzi *et al.*, 2001) Herber and Van Elswyk (1996) ได้ทดลองเสริม menhaden oil 1.5 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ micro algae ที่มีกรดไขมันสะสมสูงที่ระดับ 2.4 และ 4.8 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการเสริม micro algae ทั้งสองระดับร่วมกับ menhaden oil 1.5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มีการสะสมของ n3-PUFA และ n3-LC-PUFA ในไข่แดงสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P<0.05$) แต่การเสริมสาหร่ายทั้งสองระดับให้ผลการทดลองที่ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) สอดคล้องกับการทดลองของ Lemahieu *et al.* (2013) ที่ได้เสริม micro algae 4 ชนิด คือ *Phaeodactylum*, *Nannochloropsis*, *Isochrysis* และ *Chorella* ในอาหารไก่ไข่ พบว่าสามารถเพิ่มการสะสมของ n3-LC-PUFA ในไข่แดงสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P<0.05$) และมาฆะเพ็ญ และคณะ (2556) ทดลองเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ที่ระดับ 0, 0.5, 0.75 และ 1 เปอร์เซ็นต์ในอาหารไก่ไข่ที่มีปลายข้าวเป็นพื้นฐาน พบว่าสามารถเพิ่มการสะสมของ n3-LC-PUFA ชนิด DHA ในไข่แดงสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P<0.05$) นอกจากนี้ยังมีการทดลองเสริม micro algae ชนิด *Nannochloropsis gaditana* ที่ระดับ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ (Bruneel *et al.*, 2013) และ 20 เปอร์เซ็นต์ (Fredriksson *et al.*, 2006) พบว่าสามารถเพิ่มการสะสมของ n3-LC-PUFA ในไข่แดง

สูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P<0.05$) ส่วนการเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 0.75 เปอร์เซ็นต์ สามารถเพิ่มระดับ DHA ในไข่แดงได้ ($P<0.05$) ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการทดลองของ Li *et al.* (2009) ที่ได้เสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ในอาหารปลาคอดอเมริกัน (channel catfish) พบว่า การเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ในอาหารที่ระดับ 2.0 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มีการสะสมของ n3-PUFA และ n3-LC-PUFA ในเนื้อปลาสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P<0.05$)

5. ผลการเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ในอาหารไก่ไข่ต่อเสถียรภาพออกซิเดชันของไขมันในไข่แดง

การศึกษาลักษณะการเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 5, 10 และ 20 กรัมต่อกิโลกรัม เปรียบเทียบกับอาหารกลุ่มควบคุมต่อเสถียรภาพออกซิเดชันของไขมันในไข่ไก่ที่ผ่านการเก็บรักษาไข่ไก่เป็นระยะเวลา 0, 7 และ 14 วัน แล้วนำไข่ไก่ทั้งหมดมาวิเคราะห์หาค่าเสถียรภาพออกซิเดชันของไขมันในไข่แดง พบว่า ผลการเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ในอาหารไก่ไข่ทุกระดับไม่มีผลต่อค่าเสถียรภาพออกซิเดชันของไขมันในไข่ไก่ทุกช่วงเวลาเก็บรักษาไว้คือ 0, 7 และ 14 วัน ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 5 ซึ่งผลการทดลองข้างต้นนี้ สามารถยืนยันได้ว่าแม้มีการสะสมของไขมันทั้งกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนและกรดไขมันไม่อิ่มตัวสายยาวเชิงซ้อนในไข่แดงที่เพิ่มมากขึ้น แต่ไม่ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในไข่ไก่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจากวันที่ 0, 7 และ 14 วัน จากรายงานของ Cahaldora *et al.*, 2005 กล่าวว่า การเสริม Heterotrophic microalgae ช่วยลดการออกซิเดชันของไขมัน เนื่องจากสาหร่ายนั้นมีรงควัตถุคือ คาร์โรทีนอยด์ที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ (Parpinello *et al.*,

Table 5 The effect of dietary *Schizochytrium* sp. supplementation on TBARS content in egg

TBARs (mg MDA/kg)	level of <i>Schizochytrium</i> sp. supplementation in diets (g/kg)				SEM	P-value
	0	5	10	20		
0 day	0.33	0.23	0.22	0.30	0.05	0.81
7 day	6.68	6.61	6.46	6.26	0.06	0.17
14 day	10.60	9.51	9.28	9.41	0.18	0.11

2006; Fraeye *et al.*, 2012) โดยการเสริม Heterotrophic microalgae ส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณของคาร์โรทีนอยด์ สะสมในไข่แดงด้วย (Fredriksson *et al.*, 2006; Bruneel *et al.*, 2013)

สรุป

การเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ในอาหารไก่ไข่ไม่มีผลต่อการย่อยได้ปรากฏของ วัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และพลังงานรวม ในอาหารไก่ไข่ รวมถึงสมรรถนะการผลิตของไข่ไก่ แต่การเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ในอาหารไก่ไข่มีผลต่อการเพิ่มค่าคะแนนสีของไข่แดงและการสะสมกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนและการเพิ่มกรดไขมันไม่อิ่มตัวสายยาวเชิงซ้อนชนิด คือ ALA, EPA และ DHA ในไข่แดง โดยไม่ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในไข่ไก่ระหว่างกลุ่มทดลองที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 2 สัปดาห์ จากการทดลองครั้งนี้แนะนำให้เสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 20 กรัมต่อกิโลกรัม เพื่อผลิตไข่ไก่ที่มีการสะสมของกรดไขมันโอเมก้า-3 ทั้ง ALA, EPA และ DHA ในไข่ไก่อันจะนำไปสู่การผลิตเป็นไข่ไก่สุขภาพ การเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์และนำไปสู่การเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของสินค้าปศุสัตว์ไทยในอนาคตต่อไป

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณบริษัท มารีน ลีดเดอร์ จำกัด ที่สนับสนุนทุนวิจัยและอนุเคราะห์ผลิตภัณฑ์สาหร่าย *Schizochytrium* sp. ภายใต้ชื่อผลิตภัณฑ์การค้า DHA-gold® ในการทำวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณฟาร์มทดลอง หมวดสัตว์ปีก คณะสัตวศาสตร์ วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีเพชรบุรีที่อนุเคราะห์สถานที่เลี้ยงไก่ไข่ทดลอง ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ห้องปฏิบัติการไข่ และห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่เชื้อเพื่อสถานที่วิเคราะห์ ขอขอบคุณนักศึกษาช่วยวิจัย 3 ท่าน คือ นางสาวปิยาภรณ์ นาคประสิทธิ์

นางสาวศศิญา โอภาศรี และ นางสาวสาวิตรี พูลพันธ์ ที่ช่วยเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ทางเคมี

เอกสารอ้างอิง

- พจน์ ศรีบุญลือ โสพิศ วงศ์คำ และพัชรี บุญศิริ. 2543. ตำราชีวเคมี. พิมพ์ครั้งที่ 3. โรงพิมพ์คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- มาชะเพ็ญ ทรงอาจ ยุวเรศ เรืองพานิช และเสกสม อาตมางกูร. 2556. ผลของการเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ต่อสมรรถภาพการผลิตของไข่ไก่และปริมาณกรดไขมันโอเมก้า 3 ในไข่แดง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 1 (พิเศษ): 87-90.
- มนต์ชัย ดวงจินดา. 2544. การใช้โปรแกรม SAS เพื่อการวิจัยทางสถิติ. พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 324 หน้า.
- วรรณพร ทะพิงค์แก. 2557. ทางเลือกในการทดแทนการใช้ยาปฏิชีวนะเป็นสารเร่งการเจริญเติบโตสำหรับปศุสัตว์. วารสารเกษตร 30(2): 201-212.
- สาโรช คำเจริญ. 2547. อาหารและการให้อาหารสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง. พิมพ์ครั้งที่ 1. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 669 หน้า.
- สุดชาติ ไชยแสง บัณฑิต ยวงสร้อย และสุธี วงศ์มณี-ประทีป. 2556. ผลของการเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ในอาหารต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายในปลานิลรุ่น. เกษตร 41(ฉบับพิเศษ 1): 129-134.
- อนุสรณ์ ศรีสูงศักดิ์ ชลล ลิมสุวรรณ์ นิตี ชูเชิด และสุธี วงศ์มณีประทีป. 2556. ผลของการเสริมสาหร่าย *Schizochytrium* sp. ในอาหารต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายในกุ่มก้ามกราม. เกษตร 41(ฉบับพิเศษ 1): 123-138.
- AOAC, 2000. Official Methods of Analysis. 17th ed. Assoc. off Anlysis chemistry, Gaithhersburg, MD, USA.

- Atchariya, C., S. Wattanachant and S. Benjakul. 2011. Quality characteristics of raw and cooking spent hen *Pectoralis major* muscle during chilled storage: Effect of tea catechins. International Journal of Poultry Science 10(1): 12-18.
- Barclay, W. and S. Zeller. 1996. Nutritional enrichment of n-3 and n-6 fatty acid in rotifer and *Artemia nauplii* by feeding spray-dried *Schizochytrium* sp. Journal of the World Aquaculture Society 27: 314-322.
- Baucell, M. D., N. Crespo, A. C. Barroeta, S. Lopez-Ferrer, and M. A. Grashorn. 2000. Incorporation of different polyunsaturated fatty acid into egg. Poultry Science 79: 51-59.
- Bruneel, C., C. Lemahieu, I. Fraeye, E. Ryckebosch, K. Muylaert, J. Buyse, and I. Foubert 2013. Impact of food microalgae supplementation on omega-3 fatty acid enrichment of hen eggs. Journal of Functional Foods 5: 897-904.
- Buege, J. A. and S. D. Aust, 1978. Microsomal lipid peroxidation. Method in Enzyme. 52: 302-304.
- Cahaldora, P., J. C. De Blas, P. Garria-Rebollar, C. Alvarez, and J. Mendez. 2005. Short communication. Effects of type and level of supplementation with dietary n-3 fatty acid on yolk fat composition and n-3 fatty acid retention in hen eggs. Spanish Journal of Agricultural Research 3: 209-212.
- Cheng, C. H., T. F. Shen, W. L. Chen, and S. T. Ding. 2004. Effects of dietary algal docosahexaenoic acid oil supplementation on fatty acid deposition and gene expression in laying Leghorn hen. Journal of Agricultural Science 142: 638-690.
- Fenton, T. W. and M. Fenton. 1979. An improved method for chromic oxide determination in feed and feces. Canadian Journal of Animal Science 59: 631-634.
- Fraeye, I., C. Bruneel, G. Lemahieu, J. Buyse, K. Muylaert, and I. Foubert. 2012. Dietary enrichment of eggs with omega-3 fatty acid: A review. Food Research International 48: 961-969.
- Fredriksson, S., K. Elwinger, and J. Pickova. 2006. Fatty acid and carotenoid composition of egg yolk as an effect of microalgae addition to feed formula for laying hens. Food Chemistry 99: 530-537.
- Gogus, U., and C. Smith. 2010. N-3 Omega 3 fatty acids: A review of current knowledge. International Journal of Food Science and Technology 45: 417-436.
- Herber, S. M. and M. E. Van Elswyk. 1996. Dietary marine algae promote efficient deposition of n-3 fatty acid for the production of enriched shell eggs. Poultry Science 75: 1501-1507.
- Jordan, R. G. 2010. Prenatal omega-3 fatty acid: Review and recommendation. Journal of Midwifery & Women's Health 55: 520-528.
- Laudadio, V. and V. Tufarelli. 2011. Influence of substituting dietary soybean meal for dehulled-micronized lupin (*Lupinus albus* cv. Multitalia) on early phase laying hens production and egg quality. Livestock Science 140: 184-188.
- Lemahieu, C., C. Bruneel, R. Termote-Verhalle, K. Muylaert, J. Buyse, and I. Foubert. 2013. Impact of food supplementation with different omega-3 rich microalgae species on enrichment of egg of laying hens. Food Chemistry 141: 4051-4059.

- Lepage, G., and C. C. Roy. 1986. Direct transesterification of all classes of lipids in a one-step reaction. *Journal of Lipid Research* 27: 114-120.
- Li, M. H., E. H. Robison, C. S. Tucker, B. B. Manning, and L. Khoo. 2009. Effects of dried algae *Schizochytrium* sp. a rich source of docosahexaenoic acid, on growth, fatty acid composition, and sensory quality of channel catfish *Ictalurus punctatus*. *Aquaculture*. 292: 232-236.
- Marshall, A. C., A. R. Sams, and M. E. Van Elswyk. 1994. Oxidative stability and sensory quality of stored egg from hen fed 1.5% menhaden oil. *Journal of Food Science* 59: 561-563.
- Melzzi, K. C., F. Sirri, N. Tallarico, and A. Franchini. 2001. Effects of different vegetable lipid source on the fatty acid composition of egg yolk and on hen performance. *Archiv fuer Gefluegelkunde*. 65: 207-213.
- Mordenti A. L., L. Sardi, A. Bonaldo, V. Pizzamiglio, N. Brogna, I. Cipollini, M. Tassinari, and G. Zaghini. 2010. Influence of marine algae (*Schizochytrium* sp.) dietary supplementation on doe performance and progeny meat quality. *Livestock Science* 128: 179-184.
- Nopparatmaitree M., A. Panthong, S. Paengkoum and P. Saenphoom, 2014. Evaluation of asparagus trimmed waste in laying hens diet on nutrient digestibility and productive performance. *Silpakorn University Science and Technology Journal* 8(1): 72-84.
- Nutrient Requirements of Poultry. 9th revised edition national academy press; 1994; Washington, D. C.
- Parpinello G. P., A. Meluzzi, F. Sirri, N. Tallarico, and A. Versari. 2006. Sensory evaluation of egg product and egg laid from hens fed diet with different fatty acid composition and supplemented with antioxidants. *Food Research International* 39: 47-52.
- Ragab, H. I., K. A. Abdel Ati, C. Kijora and S. Ibrahim. 2012. Effect of difference level of the processed *Lablab purpureus* seed on laying performance, egg quality and serum parameters. *International Journal of Poultry Science* 11(2): 131-137.
- Steel, R. G. D. and J. H. Torrie, 1992. Principles and Procedure Statistic. 2nd Ed., McGraw-Hill Book Co., Inc. Singapore.
- Tallarico, N., F. Sirri, A. Meluzzi, P. Pittia, G. P. Parpinello and A. Franchini. 2013. Effects of dietary vegetable lipids on fractional and sensory properties of chicken eggs. *Italian Journal of Food Science* 14: 159-166.
- Trautwein, E. A. 2001. N-3 fatty acid-physiological and technical aspects for their use in food. *European Journal of Lipid Science and Technology* 103: 45-55.
- Uuganbayar, D., I. H. Bea, K. S. Choi, I. S. Shin, J. D. Firman and C. J. Yang. 2005. Effect of green tea powder on laying performance and egg quality in laying hens. *Asian-Australasian Journal of Animal Science* 18: 1769-1774.
- Van Elswyk, M. E. 1997. Comparison of n-3 fatty acid source in laying hen rations for improvement of whole egg nutritional quality: A review. *British Journal of Nutrition* 78: 61-69.
- Yamasaki, T., T. Aki., Y. Mori., T. Yamamoto, M. Shinozaki, S. Kawamoto, and K. Ono. 2007. Nutritional enrichment of larval fish feed with thraustochytrid producing polyunsaturated fatty acid and xanthophylls. *Journal of*

- Bioscience and Bioengineering 104: 200-206.
- Yashohara, B. M., S. Umakanth, J. M. Pappachan, S. K. Bhat, R. Kamath, and B. H. Choo. 2009. Omega-3 fatty acid: A comprehensive review of their role in health and disease. Postgraduate Medical Journal 85: 84-90.
- Yang, Y. X., Y. J. Kim, Z. Jin, J. D. Lohakare, C. H. Kim, S. H. Ohh, S. H. Lee, J. Y. Choi and B. J. Chae. 2006. Effects of dietary supplementation of astaxanthin on production performance, egg quality in layers and meat quality in finishing pigs. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences 7: 1019-1025.
- Zhao, L., X. Zhang, F. Cho, D. Sun, and T. Wang. 2003. Effects of dietary supplementation with fermented Gingo-leaves on performance egg quality lipid metabolism and egg-yolk fatty acid composition in laying hens. Livestock Science 155: 77-85.
-

ผลของระดับกลีเซอรินดิบในอาหารผสมเสร็จต่อสมรรถภาพ
การผลิต องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณกรดไขมัน
ในกล้ามเนื้อของแพะขุน

Effects of Crude Glycerin Level in Total Mixed Ration on
Productive Performance, Chemical Composition and Fatty
Acid Content in Finishing Goat Muscle

ปิ่น จันจุฬา^{1/} พัชรินทร์ ภักดีฉนวน^{2/} และสุธา วัฒนสิทธิ์^{1/}
Pin Chanjula^{1/}, Patcharin Pakdeechanuan^{2/} and Sutha Wattanasit^{1/}

(Received: 15 October 2014; Accepted: 1 December 2014)

Abstract: The objective of this study was to examine performance, muscle chemical composition, and fatty acid content of goats fed diets with different levels of crude glycerin (CG). A total of 24 goats (17.4 ±2.8 kg of initial BW) were randomly assigned to 4 CG levels (0, 5, 10, and 20% of TMR DM). The diets were fed for *ad libitum* intake. Goats were slaughtered after 91 d of study. Hot carcass weight, and carcass traits were recorded. Based on this experiment, CG level did not affect final BW, DMI, ADG, and feed efficiency (G:F). Similarly, carcass quality and meat chemical composition were unaffected by dietary treatments ($P>0.05$). Also, no apparent effects on FA composition were detected, except for C15:0, C16:0, C16:1, and C22:5n-3 were affected ($P<0.05$) by CG level. It could be concluded that CG can be used as substitution for corn grain up to the level of approximately 20% of dry matter in the diets of finishing goats.

Keywords: Crude glycerin, production performance, muscle chemical composition, fatty acid, goats

^{1/} ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา 90110

^{1/} Department of Animal Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkhla 90110, Thailand

^{2/} ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดปัตตานี 94000

^{2/} Department of Food Science and Nutrition, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University, Pattani Campus, Pattani 94000, Thailand

* Corresponding author: E-mail address: pin.c@psu.ac.th

บทคัดย่อ: ศึกษาถึงผลของระดับกลีเซอรินดิบ (crude glycerin, CG) ในสูตรอาหารผสมเสร็จ (total mixed ration, TMR) ต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณกรดไขมันในกล้ามเนื้อของแพะ จำนวน 24 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 17.4 ± 2.8 กิโลกรัม วางแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) ให้แพะได้รับ TMR ที่มีระดับ CG 4 ระดับ (0, 5, 10 และ 20% DM) แบบเต็มที่ (*ad libitum*) ทำการฆ่าแพะเมื่อเลี้ยงครบกำหนด 91 วัน บันทึกน้ำหนักซากอ่อน และองค์ประกอบซาก ผลการทดลอง พบว่าน้ำหนักตัวเพิ่ม ปริมาณการกิน ได้ของอาหารทั้งหมด (วัตถุดิบ) อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของแพะไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ทำนองเดียวกับ คุณภาพซาก และองค์ประกอบทางเคมีเนื้อแพะทั้ง 4 กลุ่ม พบว่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) ขณะที่ รูปแบบของกรดไขมันชนิดต่าง ๆ ในกล้ามเนื้อสันนอกไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ยกเว้น กรด C15:0, C16:0, C16:1 และ C22:5n-3 มีความแตกต่างกัน ($P<0.05$) จากผลการทดลองนี้สามารถสรุปได้ว่า สามารถใช้ CG เป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดในอาหารผสมเสร็จระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ ได้ในสูตรอาหารแพะขุน

คำสำคัญ: กลีเซอรินดิบ สมรรถภาพการผลิต องค์ประกอบทางเคมีในกล้ามเนื้อ กรดไขมัน แพะ

คำนำ

การผลิตแพะเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ จำเป็นต้องมีอาหารหยาบ และอาหารข้นเพียงพอทั้งในแง่ปริมาณ และคุณภาพ แต่ต้นทุนค่าวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารข้นสำหรับแพะในภาคใต้ เช่น กากถั่วเหลือง และข้าวโพด เป็นต้น มีราคาค่อนข้างสูง จึงจำเป็นต้องหาวัตถุดิบชนิดอื่น ๆ ที่มีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกัน และมีราคาถูกกว่ามาใช้ทดแทน เช่น ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม ได้แก่ กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (palm kernel cake, PKC) และกลีเซอรินดิบ (crude glycerin, CG) เป็นต้น กลีเซอรินดิบ (CG) เป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล (biodiesel) ปัจจุบันมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณการผลิตไบโอดีเซลที่เพิ่มขึ้น ในการผลิตไบโอดีเซลจะทำให้เกิดกลีเซอรินดิบ (CG) ประมาณ 10% หรือประมาณ 0.3 กิโลกรัมต่อการผลิต ไบโอดีเซล 3.78 ลิตร และจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่า CG มีส่วนประกอบที่เป็นไขมัน (lipid) อยู่ประมาณ 25-35% ของวัตถุดิบ กรดไขมันที่พบคือ ปาล์มมิติก (palmitic, C16:0) สเตียริก (stearic, C18:0) โอเลอิก (oleic, C18:1) และลิโนเลอิก (linoleic, C18:2) มีแร่ธาตุที่พบ ได้แก่ แคลเซียม โพแทสเซียม แมกนีเซียม โซเดียม

ฟอสฟอรัส และกำมะถัน พบอยู่ในปริมาณ 4-163 ppm (Thompson and He, 2006) โดย CG ที่มีส่วนประกอบของกลีเซอรินบริสุทธิ์ 86.95% มีค่าพลังงานรวม (GE) เท่ากับ 3.625 Mcal/kg DM (Dozier *et al.*, 2008) ซึ่งสามารถนำมาใช้ทดแทนวัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทให้พลังงาน เช่น ข้าวโพดได้บางส่วน เพราะ CG สามารถถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดโพรพิโอนิก (propionic acid, C_3) ภายในกระเพาะรูเมน และเป็นสารตั้งต้นสำหรับการสังเคราะห์กลูโคสที่ตับโดยผ่านกระบวนการ gluconeogenesis (Krehbiel, 2008) จากการศึกษาในโคเนื้อ พบว่าสามารถใช้ CG ในสูตรอาหารได้ 10% ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหาร และไม่มีผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต และคุณภาพซาก (Pyatt *et al.*, 2007) สอดคล้องกับการศึกษาในโคขุนของ Elam *et al.* (2008) ที่รายงานว่า การเสริม CG ระดับ 0, 7.5 และ 15% ไม่มีผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารของโคขุน อย่างไรก็ตาม ข้อมูลงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ได้ของ CG เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนแหล่งพลังงาน เช่น ข้าวโพดในอาหารแพะขุนยังมีจำกัด ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของ CG ระดับต่าง ๆ ในสูตรอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต และลักษณะทางซากของแพะขุนที่ได้รับกลีเซอรินดิบในอาหารผสมเสร็จ

อุปกรณ์และวิธีการ

สัตว์ทดลอง และการเตรียมอาหารทดลอง

ดำเนินการวิจัย ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก สถานีวิจัยและฝึกอบรมสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยใช้แพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50% เพศผู้ อายุประมาณ 18 เดือน น้ำหนักเฉลี่ย 17.4 ± 2.8 กิโลกรัม จำนวน 24 ตัว มีสุขภาพสมบูรณ์ แข็งแรง ก่อนนำสัตว์เข้าทดลองทำการกำจัดพยาธิภายนอกด้วยยาไอเวอร์เมกติน (Ivermectin, IDECTIN[®], The British Dispensary (L.P) Co., Ltd. (Thailand) ควบคุมพยาธิตัวติดด้วยยานิโคลซามิค์ (Niclosamide, Yomesan[®], Bayer Co Ltd., (Thailand) และทำการฉีดวัคซีนป้องกันโรคคอบวม และโรคปากและเท้าเปื่อย แล้วปรับสภาพแพะทั้งหมดก่อนทดลองเป็นเวลา 15 วัน โดยทำการเลี้ยงแพะในคอกขังเดี่ยวยกพื้น จำนวน 24 คอก ภายในคอกมีรางน้ำ และรางอาหารแยกออกจากกัน

ทำการสุ่มแพะให้ได้รับทรีทเมนต์ตามแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design, RCBD) โดยมีกลุ่มทดลอง หรือทรีทเมนต์ (treatment) เป็นอาหารผสมเสร็จ (total mixed ration, TMR) สูตรต่าง ๆ คืออาหารผสมเสร็จ (TMR) ที่มี GC ระดับ 0, 5, 10 และ 20% ตามลำดับ ทุกสูตรคำนวณให้มีระดับโภชนาตามความต้องการของแพะ ตามคำแนะนำของ NRC (1981) (ตารางที่ 1) CG ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ได้รับความอนุเคราะห์จาก บจ. นิว ไบโอดีเซล (New Biodiesel Co., Ltd.) จังหวัดสุราษฎร์ธานี ผลิตมาจากน้ำมันปาล์มดิบ (crude palm oil, CPO) มีค่าเฉลี่ยของความชื้น แล้วยรวม โปรตีนรวม ไขมันรวม และพลังงานรวม (GE) เท่ากับ 8.07, 3.34, 0.01, 0.30% และ 3,989.82 kcal/kg และมีลิเซอรินรวมเท่ากับ 86.72% เมทานอล 0.64% กรดไขมันอิสระ 0.71% ค่าความกรด-ด่าง 9.48 ความหนาแน่น 1.27 ความถ่วงจำเพาะ 1.25 และค่าความหนืด 10.06 (ปีน และคณะ, 2557)

การวางแผนการทดลอง และวิธีการทดลอง

ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ โดยแบ่งแพะทดลองตามน้ำหนักตัว (Block) = 6 Block โดยแต่ละ Block มีแพะ 4 ตัว ซึ่งมีน้ำหนักใกล้เคียงกัน แล้วสุ่มแพะให้ได้รับอาหาร TMR ที่มีระดับของการเสริม GC ระดับ 0, 5, 10 และ 20% วัดดูแห่งของอาหาร TMR ในสูตรอาหารที่ 1, 2, 3, และ 4 ตามลำดับ ในแต่ละกลุ่มทดลองใช้แพะจำนวน 6 ตัว โดยแบ่งการดำเนินการออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 มีระยะเวลา 14 วัน เป็นระยะปรับตัวของแพะให้คุ้นเคยกับอาหาร โดยให้อาหาร TMR แก่แพะทดลองแบบเต็มที่ (*ad libitum*) แบ่งให้วันละ 2 ครั้ง ในเวลา 08.00 และ 16.00 นาฬิกา และวัดปริมาณการกินได้ในแต่ละวัน ช่วงที่ 2 เป็นระยะทดลอง (experimental period) ใช้ระยะเวลา 91 วัน โดยแพะทดลองทั้ง 4 กลุ่ม ได้รับอาหาร TMR ตามแผนการทดลองที่วางไว้ บันทึกการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวทุก ๆ 14 วัน และบันทึกปริมาณการกินได้ของอาหาร TMR ตลอดระยะทดลอง การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวเมื่อเลี้ยงแพะครบ 91 วัน สุ่มแพะกลุ่มละ 3 ตัว เพื่อศึกษาลักษณะซากต่อไป

สำหรับการเก็บข้อมูล และการเก็บตัวอย่าง มีรายละเอียดดังนี้ 1) บันทึกปริมาณการกินได้ของอาหาร TMR ตลอดระยะทดลอง โดยการชั่งน้ำหนัก และบันทึกปริมาณอาหารที่ให้ และอาหารที่เหลือในวันถัดไป แล้วนำมาคำนวณปริมาณการกินได้ในแต่ละวัน 2) เก็บตัวอย่างอาหารทุก ๆ ครั้งที่ทำการผสมอาหาร จำนวน 200 กรัม นำมาอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง และนำมาปรับปริมาณอาหารที่ให้สัตว์กินในช่วงต่อไป 3) เก็บตัวอย่างอาหาร TMR ทุกสูตร จำนวน 300 กรัม ทุก ๆ 2 สัปดาห์ นำมาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ วัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน และเถ้า (AOAC, 1995) และวิเคราะห์ไขมันเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนินตามวิธี Detergent method

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, GG	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
Fatty acids, % of total FAME				
C16:0	23.38	21.42	21.58	19.68
C18:0	4.57	4.73	5.05	4.35
C18:1n-9 cis	26.97	31.39	30.78	30.50
C18:2n-6	29.67	35.48	36.99	36.52
C18:3n-3	0.21	0.30	0.31	0.32
SFA	27.95	26.15	26.63	24.03
UFA	56.85	67.17	68.08	67.34
MUFA	26.97	31.39	30.78	30.50
PUFA	29.88	35.78	37.30	36.84

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 g⁴ 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 lignin⁵ Estimated: NSC = 100 - (CP+NDF+EE+Ash)

(ดัดแปลงจาก Van Soest *et al.*, 1991) 4) เก็บตัวอย่างอาหารที่เหลือก่อนให้อาหารมื่อถัดไปทุกครั้ง นำมาอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง 5) ชั่งน้ำหนักสัตว์ทดลองในวันแรก และวันสุดท้ายของระยะปรับตัว และในระยะทดลองทำการชั่งน้ำหนักสัตว์ทดลองทุก ๆ 14 วัน จนกระทั่งเสร็จการทดลอง เพื่อกำหนดการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวของสัตว์ทดลอง อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว และ 6) การฆ่าและชำแหละซากเมื่อเลี้ยงครบกำหนด 91 วัน สุ่มแพะมา 3 Block (ภายใน Block มีครบทุกกลุ่ม) จำนวนแพะที่ใช้ศึกษาคุณภาพซากทั้งหมด 12 ตัว (3 ตัวต่อกลุ่ม) นำมาฆ่า และชำแหละซากตามวิธีการที่ดัดแปลงจากวินัย (2528) โดยชั่งน้ำหนักแพะทุกตัวก่อนอดอาหาร จากนั้นทำการอดอาหารประมาณ 24 ชั่วโมง โดยมีน้ำให้แพะกินตลอดเวลา แล้วชั่งน้ำหนักตัวแพะหลังจากอดอาหาร (fasted live weight) ทำการเชือดคอบริเวณเส้นเลือดดำใหญ่ที่คอ เอาเลือดออกให้เร็วที่สุด จากนั้นชั่งน้ำหนักแพะหลังฆ่า ทำการเลาะผิวหนัง เริ่มด้วยการเลาะผิวหนังบริเวณแข้ง (shank) ทั้ง 4 ข้างออก แล้วใช้มีดกรีดบริเวณข้อพับด้านในของแข้งทั้งสองข้างจนถึงท้องเป็นแนวกึ่งกลางลำตัว จากนั้นค่อย ๆ เลาะผิวหนังออกจากเนื้อ เมื่อเลาะผิวหนังเสร็จทำการตัดแข้งทั้ง 4 กับหัวแพะ เอาอวัยวะภายในออก จากนั้นชั่ง และบันทึกน้ำหนักของอวัยวะต่าง ๆ หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักซากไม่รวมหัว และเท้า จะได้ น้ำหนักซากอุ่น (hot carcass weight, HCW) แล้วเก็บในช่องเย็นที่อุณหภูมิ 2 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

การตัดแต่งซากและชำแหละซาก นำซากแพะออกจากช่องแช่ แล้วบันทึกน้ำหนักซากเย็น (chilled carcass weight, CCW) ปลดอวัยวะที่อุณหภูมิห้องประมาณ 1 ชั่วโมง ทำการแบ่งซากออกเป็น 2 ซีก แล้วชั่งน้ำหนักซากทั้ง 2 ซีก วัดความยาวซากจากตำแหน่งซี่โครงซี่ที่ 1 (anterior edge of the 1st rib) จนถึงกระดูกเชิงกราน (anterior edge of aitch bone) ด้วยสายวัด จากนั้นบันทึกพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (loin eye area) จากบริเวณกระดูกซี่โครงซี่ที่ 12 กับ 13 (12th and 13th ribs) ของซาก

แพะซีกซ้าย โดยใช้กระดาษลอกลาย ทำซ้ำ 2 ครั้ง แล้วนำมาอ่านด้วยเครื่องวัดพื้นที่ (planimeter) จากนั้น เก็บตัวอย่างเนื้อสันนอกส่วนหนึ่งที่ผ่านการบ่มที่อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง เพื่อนำไปศึกษาคุณภาพเนื้อ ได้แก่ ค่าสี (color) การสูญเสียน้ำออกจากเนื้อ (drip loss) ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (shear force) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และกรดไขมันในกล้ามเนื้อ เป็นต้น

การวัดค่าสีของเนื้อ ทำการตรวจวัดค่าสีทางกายภาพด้วยเครื่องวัดสี HunterLab color meter ด้วยการอธิบายสีของเนื้อให้อยู่ในรูปของ CIE (Complete International Commission on Illumination, Hunter Color Quest XE) โดยแบ่งค่าสีออกเป็น 3 เคนสี คือ L*, a* และ b* โดยที่ L* หมายถึง ความสว่างของสี (lightness) ซึ่งจะอยู่ในเคนสีดำจนถึงขาว a* หมายถึง ค่าความแดง (redness) ซึ่งจะอยู่ในเคนสีเขียวจนถึงแดง และ b* หมายถึง ค่าความเหลือง (yellowness) ซึ่งมีเคนสีตั้งแต่สีน้ำเงินไปถึงสีเหลือง

ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ทำการวิเคราะห์ค่าแรงตัดผ่านเนื้อด้วยเครื่อง Warner Brazler shear force (Texture analyzer, Stable Micro System, TA-XTPlus, UK) และวัดค่าการสูญเสียน้ำเนื่องจาก การแช่เย็นของเนื้อตามวิธีการของ Honickel (1987) อ้างโดยสัญญาชัย (2543) โดยสุ่มเนื้อมาตัดเป็นชิ้นขนาด 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ทำการแช่ให้แห้ง ชั่งน้ำหนักจากนั้นห่อด้วยผ้าก็อตแล้วบรรจุถุงพลาสติกแขวนไว้ในตู้เย็น 4 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นนำออกมาจากถุงแล้วแช่ให้แห้ง แล้วชั่งน้ำหนักเนื้อ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์จากการสูญเสียก่อน และหลังแช่เย็น นอกจากนี้ ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อสันนอก โดยใช้ตัวอย่างที่บดเนื้อที่บดแล้วจำนวน 5 กรัม วิเคราะห์หา ความชื้น โปรตีน ไขมันรวม และเถ้า (AOAC, 1995) การวิเคราะห์กรดไขมันดัดแปลงตามวิธีการของ Folch *et al.* (1957) โดยทำให้อยู่ในรูป methyl ester แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันโดยเทคนิค Gas Chromatography (GC) โดยสกัดไขมันด้วยคลอโรฟอร์ม: เมทานอล (2:1) (Lepage and Roy, 1986) ทำเมทิลเอสเทอร์ด้วยกรดไฮโดรคลอริก และวิเคราะห์ด้วย

เครื่อง GC Agilent Technologies 6890N โดยใช้ตัวตรวจวัดแบบ FID (Flame ionization detector)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมดมาวิเคราะห์หาความแปรปรวนแบบ Analysis of Variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ โดยใช้ Proc GLM (SAS Inst. Inc., Cary, NC) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test และศึกษาแนวโน้มการตอบสนองของการเพิ่มระดับ CG ด้วยวิธี orthogonal polynomial และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลอง (0% vs. CG treatment) ด้วยวิธี Orthogonal contrast (Steel and Torrie, 1980)

ผลและวิจารณ์

ส่วนประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารผสมเสร็จที่ใช้ในการทดลอง ที่ประกอบด้วยข้าวโพดบด กากถั่วเหลือง หญ้าพรีแคทูลัมแห้ง และ CG ระดับต่าง ๆ (ตารางที่ 1) พบว่ามีค่าเฉลี่ยของวัตถุดิบแห้ง (DM) ถ้าววม (ash) อินทรีย์วัตถุ (OM) ไขมัน (EE) และโปรตีนหยาบ (CP) ใกล้เคียงกัน โดยมีโปรตีนหยาบอยู่ในช่วง 15.31-15.45% ขณะที่ ผนังเซลล์ (neutral detergent fiber, NDF) อยู่ในช่วง 38.24-44.07% ลิกโนเซลลูโลส (acid detergent fiber, ADF) และลิกนิน (acid detergent lignin, ADL) อยู่ในช่วง 19.07-20.00 และ 4.47-5.50% ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง (non-structural carbohydrates, NSC) พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับ CG ที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร ขณะที่ค่า NDF มีค่าลดลง ซึ่งความแตกต่างของ NDF, NSC และองค์ประกอบอื่น ๆ อาจเนื่องมาจาก ความแตกต่างของวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้เป็นส่วนประกอบในสูตรอาหาร และสัดส่วนที่ใช้ในสูตร โดยเฉพาะ CG ที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในการทดลองครั้งนี้ไม่มีองค์ประกอบสารเยื่อใย หรือผนังเซลล์สอดคล้องกับรายงานของ Gunn

et al. (2010a) ที่รายงานว่า องค์ประกอบทางเคมีของกลีเซอรินไม่มีองค์ประกอบสารเยื่อใย หรือผนังเซลล์ใน CG

ปริมาณการกินได้ และการเจริญเติบโตในแพะ

จากการศึกษาผลของระดับ CG ในสูตรอาหาร TMR (0, 5, 10 และ 20% ตามลำดับ) ต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของแพะขุน (ตารางที่ 2) พบว่าน้ำหนักสิ้นสุด การทดลอง และน้ำหนักตัวเพิ่มไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 25.20-27.44 และ 8.20-10.88 กิโลกรัม ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุม (0% CG) กับกลุ่มที่เสริม CG ในสูตรอาหาร TMR ระดับต่าง ๆ พบว่ากลุ่มที่เสริม CG (5, 10 และ 20% ตามลำดับ) ในสูตรอาหารมีแนวโน้มน้ำหนักตัวเพิ่มสูงขึ้น ($P=0.08$) หรือเท่ากับ 1.88, 2.68 และ 1.96 กิโลกรัม ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาปริมาณการกินได้ของอาหารทั้งหมด พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยปริมาณการกินได้ทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 0.653-0.738 กิโลกรัมวัตถุดิบแห้งต่อตัวต่อวัน ผลการศึกษครั้งนี้สอดคล้องกับรายงานของ Terré *et al.* (2011) ที่รายงานว่า การเสริมกลีเซอรินที่ระดับ 0-15% ไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ในแกะ และ Gunn *et al.* (2010a) ที่ศึกษาผลของระดับกลีเซอรินดิบในสูตรอาหารผสมเสร็จต่างกัน (0-20%) พบว่าระดับกลีเซอรินดิบในสูตรอาหารผสมเสร็จ 10-20% ไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ และสมรรถภาพการเจริญเติบโตของแกะ ทำนองเดียวกับการศึกษาในโคขุน Mach *et al.* (2009) รายงานว่า การเสริมกลีเซอริน (0-12%) ในโค Holstein bulls เป็นเวลา 91 วัน และ Bartók *et al.* (2013) ที่รายงานว่า การเสริมกลีเซอริน (0-10%) ในอาหารโคขุนระยะเวลา 251 วัน ไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ทั้งหมดของโค ทำนองเดียวกันกับอัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักเพิ่มของแพะ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.090-0.120 กิโลกรัมต่อวัน และ 0.137-0.172 กิโลกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มที่เสริม CG ในสูตรอาหารผสมเสร็จระดับต่าง ๆ (5, 10 และ 20%) พบว่ากลุ่มที่เสริม

Table 2 Effects of dietary crude glycerin level on performance and DMI of finishing goats

Item	Dietary crude glycerin (%DM)				SEM ³	Contrasts, <i>P</i> -value ¹			
	0	5	10	20		0 vs. glycerin ²	L	Q	C
Average feeding period (day)	91	91	91	91	-	-	-	-	-
Number of animals	6	6	6	6	-	-	-	-	-
Initial BW (kg)	17.08	17.52	16.76	16.76	0.42	0.96	0.75	0.87	0.72
Final BW (kg)	25.20	27.40	27.44	26.96	1.17	0.26	0.45	0.39	0.81
Weight gain (kg)	8.20	10.08	10.88	10.16	1.16	0.08	0.16	0.22	0.92
DMI (kg/d)	0.653	0.674	0.738	0.654	0.02	0.43	0.70	0.19	0.27
ADG (kg/d)	0.090	0.112	0.120	0.112	0.01	0.06	0.14	0.20	0.94
G:F (kg/kg)	0.137	0.167	0.164	0.172	0.01	0.09	0.13	0.47	0.51
HCW ⁴ (kg)	13.16	14.60	13.00	13.30	0.56	0.69	0.79	0.59	0.30
Warm dressing percentage (%)	49.04	50.25	49.45	49.32	0.67	0.45	0.99	0.36	0.41

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 = 6)

⁴ HCW = hot carcass weight

CG ในสูตรอาหารมีแนวโน้มอัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักเพิ่มของแพะเพิ่มสูงขึ้น ($P = 0.06$ และ $P = 0.09$ ตามลำดับ) ซึ่งสอดคล้องกับน้ำหนักตัวเพิ่ม และปริมาณการกินได้ทั้งหมดของแพะ แต่เมื่อเสริมกลีเซอรินดิบในสูตรอาหารผสมเสร็จมากกว่า 20% (30-45%) ทำให้ทั้งปริมาณการกินได้ทั้งหมด สมรรถภาพการเจริญเติบโต และคุณภาพซากของแกะลดลงตามระดับกลีเซอรินดิบที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร (Gunn *et al.*, 2010b) อาจเนื่องมาจากการเสริม CG ทดแทนข้าวโพดระดับสูงไปมีผลเปลี่ยนแปลงต่อกระบวนการหมัก ลดการย่อยได้ของเยื่อใย ผลผลิตของ C_2 และประชากรแบคทีเรียในกระเพาะรูเมน (Abo El-nor *et al.*, 2010) ซึ่งกลีเซอรินเมื่อเข้าสู่กระเพาะรูเมนสามารถเปลี่ยนแปลงได้ 3 ทาง คือ 1) ถูกส่งผ่านไปยังระบบทางเดินอาหารส่วนล่าง (lower gut) 2) ถูกดูดซึมผ่านผนังกระเพาะรูเมน และถูกเปลี่ยนเป็นกลูโคสที่ตับ และ 3) ถูกหมักย่อยเป็นกรดไขมันชนิดสั้นส่งผลให้ความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดเพิ่มขึ้น (Krehbiel, 2008) ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานสำคัญที่สัตว์นำไปใช้ในการเจริญเติบโตของสัตว์ ซึ่งสอดคล้องกับน้ำหนักตัวเพิ่มของแพะ

นอกจากนี้ กลูโคสยังเป็นแหล่งของสารตั้งต้นหลัก (lipid precursor) ของไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ 50-75% (Smith and Crouse, 1984) ซึ่งทำให้คุณภาพเนื้อดีขึ้น

ผลของระดับ CG ในสูตรอาหาร TMR ต่อน้ำหนักซากอุ่น (13.52 กิโลกรัม) และเปอร์เซ็นต์ซาก (49.52%) พบว่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($P > 0.05$) ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานก่อนหน้านี้ในแกะ (Gunn *et al.*, 2010a; Avila-Stagno *et al.*, 2013) และในโคเนื้อ (Mach *et al.*, 2009) ที่พบว่าการเสริม CG ทดแทนข้าวโพด และข้าวบาร์เลย์ในอาหาร TMR ระดับ 0-20% และอาหารข้น 0-16% DM ตามลำดับ ไม่มีผลต่อคุณภาพซาก

คุณค่าทางโภชนาการ และสมบัติทางกายภาพของกล้ามเนื้อสันนอกแพะ

จากตารางที่ 3 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของกล้ามเนื้อสันนอกแพะพบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) ของวัตถุดิบแห้ง เถ้า โปรตีน และไขมัน โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 25.76-26.45, 1.50-1.63, 22.09-22.42 และ 1.37-1.99% ตามลำดับ ทำนองเดียวกับ

Table 3 Effects of dietary crude glycerin level on chemical composition and physical properties of *Longissimus dorsi* muscle of finishing goats

Item ²	Dietary crude glycerin, %				SEM ³	P-value	Contrasts ¹			
	T1(0)	T2(5)	T3(10)	T4(20)			0 vs. others ²	L	Q	C
Nutritional composition (%)										
DM	26.45	25.76	26.35	26.05	0.33	0.51	0.31	0.68	0.55	0.16
Moisture	73.51	74.24	73.64	73.94	0.33	0.49	0.28	0.64	0.53	0.16
Ash	1.62	1.53	1.63	1.50	0.11	0.81	0.57	0.58	0.87	0.41
Protein	22.21	22.09	22.15	22.42	0.23	0.79	0.98	0.59	0.49	0.98
Ether extract	1.47	1.37	1.99	1.72	0.16	0.14	0.31	0.12	0.66	0.09
Calcium	0.10	0.11	0.10	0.11	0.01	0.95	0.89	0.89	0.87	0.58
Phosphorous, %	0.67	0.63	0.63	0.69	0.04	0.59	0.67	0.77	0.26	0.99
Physical properties of meat goats										
Drip loss (%)	15.10 ^a	16.40 ^a	10.30 ^b	11.06 ^b	0.85	0.01	0.04	0.001	0.77	0.03
WBS ⁴ (kg/cm ²)	4.01	3.71	3.18	3.47	0.31	0.37	0.17	0.17	0.38	0.47
Colour of LM, (<i>Longissimus dorsi</i>) ⁵										
L*	39.76	39.25	37.75	39.95	1.01	0.41	0.52	0.84	0.20	0.32
a*	12.61	12.58	12.11	11.83	0.60	0.75	0.49	0.26	0.82	0.80
b*	11.54	11.46	10.15	11.29	0.57	0.30	0.36	0.40	0.26	0.13

^{a-b} 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 = 3)

⁴ WBS: Warner-Bratzler shear force

⁵ L* values are a measure of lightness (higher value indicates a lighter color); a* values are a measure of redness (higher value indicates a redder color); b* values are a measure of yellowness (higher value indicates a more yellow color), by CIE = Complete international commission on illumination (Hunter color flex)

ค่าแคลเซียม และฟอสฟอรัส พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.10-0.11 และ 0.63-0.69% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าระดับการเสริมกลีเซอรินดิบไม่มีอิทธิพลต่อคุณค่าทางโภชนาการของเนื้อแพะ ทำนองเดียวกับการศึกษาของ Bartoň *et al.* (2013) ที่รายงานว่า การเสริม CG (0-10%) ในอาหารโคขุนระยะเวลา 251 วัน ไม่มีผลต่อองค์ประกอบของซาก และองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อ อาจเนื่องจากการทดลองครั้งนี้แพะทุกกลุ่มได้รับโภชนาใกล้เคียงกัน และเป็นแพะพันธุ์เดียวกัน อย่างไรก็ตาม เปอร์เซ็นต์ไขมันในกลุ่มที่ได้รับ CG มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในรูปแบบเส้นโค้ง

กำลังสาม (C, P= 0.09) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (0%) อาจเนื่องจาก กลีเซอรินเป็นสารตั้งต้นที่สำคัญของการสังเคราะห์กลูโคส (glucogenic precursor) (Rémond *et al.*, 1993) ดังนั้น จึงส่งผลให้ระดับของเนื้อเยื่อไขมันในมัดกล้ามเนื้อ (intramuscular adipose tissue) หรือไขมันแทรก (marbling fat) เพิ่มขึ้น ทำนองเดียวกับรายงานของ Mach *et al.* (2009) ที่รายงานว่า โคขุนที่ได้รับกลีเซอริน (8% DM) พบว่ามีปริมาณไขมันแทรกในกล้ามเนื้อสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม จากเหตุผลดังกล่าว จึงอาจมีผลทำให้มีการสะสมของไขมันเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ การเสริมกลีเซอรินทำให้กรด

โพพีนอนิค และกรดบิวทิริกในกระเพาะรูเมนเพิ่มขึ้น (Rémond *et al.*, 1993) เนื่องจาก กลูโคสเป็นแหล่งของสารตั้งต้นหลัก (lipid precursor) ของไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ ขณะที่ กรดอะซิติกมีสหสัมพันธ์ช่วยสนับสนุนการสังเคราะห์กรดไขมัน (lipogenesis) โดยเฉพาะในการสร้างเนื้อเยื่อไขมันได้มีผิวหนังมากที่สุด (Smith and Crouse, 1984) จากการทดลองนี้ ค่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนและไขมันสูงกว่ารายงานของ Beserra *et al.* (2004) ที่รายงานไว้ โปรตีน และไขมันที่ฆ่าที่อายุ 8-10 เดือน มีโปรตีน และไขมัน 20.7-21.9 และ 1.1-1.1% ตามลำดับ แต่มีเปอร์เซ็นต์ไขมันต่ำกว่า (1.5-2.7%) ขณะที่เปอร์เซ็นต์ไขมันที่ศึกษาครั้งนี้มีค่าสูงกว่ารายงานของเฉลิมขวัญ (2552) ที่รายงานไว้ แพะลูกผสมแองโกลนูเบียน 50% x พื้นเมือง 50% และแพะพื้นเมืองมีไขมัน 1.35 และ 0.90% ตามลำดับ ความแตกต่างน่าเป็นผลจากอาหารทดลองที่แตกต่างกัน ปริมาณอาหารที่กิน อายุ และเพศ เนื่องจากการทดลองนี้ใช้แพะลูกผสมแองโกลนูเบียน 50% x พื้นเมือง 50% เพศผู้ที่ไม่ตอน ปริมาณการสะสมไขมันในเนื้อจึงมีค่าสูงกว่าแพะพื้นเมือง ซึ่ง Evan *et al.* (1976) รายงานไว้ สายพันธุ์แพะที่แตกต่างกันมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อแพะ โดยสัตว์พันธุ์ต่างประเทศ หรือสัตว์ลูกผสมจะมีการสะสมไขมันสูงกว่าสัตว์พันธุ์พื้นเมือง (Xiong *et al.*, 1993) มากกว่านั้น องค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันอาจเป็นผลเนื่องมาจากพันธุกรรม รูปแบบการให้อาหาร อายุ และสิ่งแวดล้อมที่สัตว์ได้รับ โดยจะมีผลตอบสนองที่เด่นชัดกับการสะสมไขมันในกล้ามเนื้อ หรือไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ (Swatland, 1994)

ผลของระดับ CG ในสูตรอาหาร TMR ต่างกันต่อค่าการสูญเสียจากเนื้อแพะ (drip loss) พบว่ามีความแตกต่างกัน ($P < 0.05$) โดยกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับ CG 5% มีค่าสูงกว่า (15.10 และ 16.40%) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับ CG 10 และ 20% (10.30 และ 11.06%) ตามลำดับ อาจเนื่องมาจาก กลีเซอรอลจะไปเพิ่มแรงดันออสโมซิสในเซลล์ (cell osmotic pressure) ทำให้เพิ่มปริมาณน้ำภายในเซลล์ (intracellular) ซึ่งจะไปเพิ่มค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (water holding capacity, WHC) และทำให้ค่า drip loss,

thawing loss และ cooking loss ค่าลดลง (Mouro *et al.*, 1994) ซึ่งค่าการสูญเสียจากเนื้อที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ ดังนั้นความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อต่ำจะทำให้สูญเสียน้ำออกไปมาก ส่งผลให้ลักษณะของเนื้อเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ไม่ดี และเนื้อมีความชุ่มชื้นลดลง (Warriss, 2000) ซึ่งค่า WHC เป็นปัจจัยสำคัญที่ใช้บ่งบอกคุณภาพของเนื้อสัตว์ ซึ่งสัมพันธ์กับคุณสมบัติของเนื้อสัตว์ เช่น ความชุ่มชื้น (juiciness) และกลิ่น และรสชาติของเนื้อสัตว์ (flavor) (Warriss, 2000) โดยปัจจัยหลักของการสูญเสีย WHC เป็นผลมาจากการลดลงของค่าความเป็นกรด-ด่างในเนื้อ และการเกิดสภาวะการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อหลังสัตว์ตาย (rigor mortis) ซึ่งการสูญเสียน้ำออกมามากส่งผลให้เนื้อมีความแข็งแรงตัดผ่านสูงด้วย นอกจากนี้ การสูญเสียจากเนื้อนั้นยังเกี่ยวข้องกับปริมาณไขมันในกล้ามเนื้อด้วย โดยทั่วไปการสูญเสียจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณไขมันที่เพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาค่าแรงตัดผ่านเนื้อของกล้ามเนื้อแพะ (ตารางที่ 3) พบว่ากล้ามเนื้อสันนอก (*Longissimus dorsi*) ของแพะทุกกลุ่มมีค่าแรงตัดผ่านไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.18-4.01 กิโลกรัม แสดงว่าระดับกลีเซอรินดิบในสูตรอาหารผสมเสร็จไม่มีอิทธิพลต่อค่าแรงตัดผ่านเนื้อของกล้ามเนื้อแพะ แต่มีแนวโน้มลดลง ($P, L = 0.17$) แม้ว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) จากการทดลองค่าแรงตัดผ่านเนื้อสอดคล้องกับค่าการสูญเสียจากเนื้อ ซึ่งค่าแรงตัดผ่าน (shear force) บ่งบอกลักษณะเนื้อสัมผัส (texture) ความนุ่มเหนียวของเนื้อ (สัญญาชัย, 2543) ดังนั้นความนุ่มเหนียวของเนื้อถูกนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินการยอมรับของเนื้อโดยผู้บริโภค (consumer acceptance) และความนุ่มของเนื้อ (tenderness) (Warriss, 2000; Miller *et al.*, 2001) ซึ่งมีสหสัมพันธ์กันระหว่างความนุ่มของเนื้อ และไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ ซึ่งค่าแรงตัดผ่านเนื้อที่เป็นที่ยอมรับของความนุ่มของเนื้อควรมีค่าน้อยกว่า 4.00 กิโลกรัม (Miller *et al.*, 2001) ส่วนค่าสีของกล้ามเนื้อสันนอกของแพะ พบว่าระดับ CG ในอาหารไม่มีผลต่อค่าสี L^* , a^* และ b^* ของกล้ามเนื้อแพะ โดยมีค่าสีอยู่ในช่วง 37.75-39.95, 11.83-12.61 และ

10.15-11.34 ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับรายงานของ Lee *et al.* (2008) ที่รายงานค่าค่าสีของกล้ามเนื้อสันนอกของแพะลูกผสม Boer x Spanish ที่เลี้ยงในโรงเรือนโดยได้รับอาหารที่แตกต่างกันมีค่าสี (L^* , a^* และ b^*) อยู่ในช่วง 39.81-43.57, 9.34-9.89 และ 11.09-12.45 ตามลำดับ จากผลการศึกษานี้พบว่า มีค่าสี L^* สูงกว่า แต่มีค่าสี a^* และ b^* ต่ำกว่ารายงานของ Solaiman *et al.* (2011) ที่รายงานค่าสี (L^* , a^* และ b^*) ของกล้ามเนื้อสันนอกของแพะลูกผสม Boer และแกะ มีค่าสีเฉลี่ย 28.05; 29.91, 16.21; 17.35 และ 15.44; 16.82 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างของค่าสีที่เกิดในกล้ามเนื้อมีความสัมพันธ์กับปัจจัยหลายประการ เช่น พันธุ์ อายุ เพศ ชนิดอาหารที่สัตว์กิน ชนิดกล้ามเนื้อจากส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ปริมาณของรงควัตถุไมโอโกลบิน (myoglobin pigment) ที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์ ตลอดจนสภาวะความเป็นกรด-ด่าง และสภาวะการสูญเสียของกล้ามเนื้อสัตว์เป็นต้น (Warriss, 2000) ซึ่ง Dhanda *et al.* (2003) รายงานว่าอายุแพะที่มากกว่ามีแนวโน้มค่าสีสูงกว่าในแพะที่อายุน้อย ทั้งนี้เพราะแพะที่มีอายุมากกว่ามีการใช้และสะสมออกซิเจนในปริมาณที่สูงกว่าแพะที่มีอายุน้อย กล้ามเนื้อจึงมีสีเข้มกว่า ซึ่งสัญญา (2543) รายงานว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่างในกล้ามเนื้อมีผลให้สีของเนื้อซีดลงได้ ถ้ามีค่าต่ำกว่า 5.8 ทำให้โปรตีนสูญเสียสภาพในการอุ้มน้ำ ทำให้เม็ดสีไมโอโกลบินไหลออกจากเซลล์กล้ามเนื้อด้วย จากผลการทดลองครั้งนี้ ไม่พบความแตกต่างของค่าสีเนื้อมาจากอิทธิพลของระดับ CG ในสูตรอาหาร TMR อาจเนื่องจาก แพะทดลองมีอายุใกล้เคียงกัน ขณะเข้าฆ่า ดังนั้น จึงไม่มีผลจากอาหารทดลองสำหรับค่าสีของเนื้อ (L^* , a^* และ b^*) และกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในกล้ามเนื้อสัตว์ภายหลังสัตว์ตายเป็นไปอย่างปกติ ดังนั้น จึงไม่ส่งผลต่อค่าสีของกล้ามเนื้อแพะ

รูปแบบของกรดไขมันในกล้ามเนื้อสันนอก

ผลของระดับ CG ในสูตรอาหาร TMR ต่อรูปแบบของกรดไขมันชนิดต่าง ๆ ในกล้ามเนื้อสันนอก (ตารางที่ 4) พบว่าระดับ CG ในสูตรอาหารมีผลต่อกรดไขมัน C15:0 ในรูปแบบโค้งกำลังสอง (quadratic effect) (Q , $P = 0.02$) โดยพบว่าการเสริม CG ในระดับ 5% จะมี

กรด C15:0 สูงกว่า 0% แต่เมื่อเพิ่มระดับ CG เป็น 10 และ 20% ปริมาณ C15:0 จะลดลง ส่วนปริมาณกรด C16:0 ของกลุ่มที่ไม่ได้รับ CG จะแตกต่างกับกลุ่มที่ได้รับ CG ($P < 0.01$) คือ 23.98 เทียบกับ 22.33, 22.09 และ 21.15% of total FAME นอกจากนี้ยังพบว่าระดับ CG มีผลต่อกรด C16:0 ในรูปแบบเส้นตรง (linear effect) (L , $P = 0.01$) คือเมื่อเพิ่มระดับของการเสริม CG จะมีผลทำให้ปริมาณกรด C16:0 ลดลง ขณะที่ C16:1 เพิ่มขึ้น ($P < 0.001$) ตามลำดับ อาจเนื่องจาก กลีเซอรินเป็นสารตั้งต้นที่สำคัญของการสังเคราะห์กลูโคส (glucogenic precursor) ซึ่งกลูโคสเป็นแหล่งของสารตั้งต้นหลัก (lipid precursor) ของไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ ขณะที่ กรดอะซิติกมีสหสัมพันธ์ช่วยสนับสนุนการสังเคราะห์กรดไขมัน (lipogenesis) โดยเฉพาะในการสร้างเนื้อเยื่อไขมันได้ผิวหนังมากที่สุด (Smith and Crouse, 1984) เพราะกรดอะซิติกเป็นแหล่งของ acetyl unite สำหรับการสังเคราะห์เนื้อเยื่อไขมันได้ผิวหนัง 70-80% ขณะที่ กลูโคสเป็นแหล่งของ acetyl unite หลักสำหรับการสังเคราะห์ไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ 50-75% (Smith and Crouse, 1984) ผลการศึกษาในครั้งนี้สอดคล้องกับรายงานของ Avila-Stagno *et al.* (2013) ที่รายงานว่าไขมันได้ผิวหนังของแกะที่ได้รับกลีเซอรอลดิบ (0-21% DM) มีค่ากรด C16:0 ลดลง ขณะที่ C18:0 เพิ่มขึ้น และการศึกษาของ Terré *et al.* (2011) ที่รายงานว่า รูปแบบของกรดไขมันในเนื้อสันนอกของแกะที่ขุนระยะอายุน้อย (4 สัปดาห์หลังหย่านม) และมีน้ำหนักตัวต่ำ (24.5 ± 0.4 kg) พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ยกเว้น ค่า C12:0 และ C17:0 ที่เพิ่มสูงขึ้น อาจเนื่องมาจาก ระยะเวลาขุนสั้น และน้ำหนักตัวต่ำทำให้ไม่เห็นความแตกต่างของรูปแบบกรดไขมัน และกลีเซอรินที่ใช้ระดับต่ำ (0-10% DM) (Terré *et al.*, 2011) ซึ่งปริมาณกรด C16:0 ที่ลดลงเป็นสิ่งที่น่าสนใจเพราะกรด C16:0 (palmitic acid) มีผลทำให้เพิ่มค่าปริมาณความเข้มข้นของ cholesterol ในเลือดสูงขึ้น ขณะที่ C18:0 (stearic acid) ไม่มีผลทำให้ค่าของ cholesterol เปลี่ยนแปลงในมนุษย์ และ C18:1 (oleic acid) ทำให้ค่าของ cholesterol ในเลือดลดลง (Yu *et al.*, 1995; Banskalieva *et al.*, 2000) ซึ่งค่าสัดส่วนของ C18:0 + C18:1/ C16:0

Table 4 Effects of dietary crude glycerin level on fatty acid (FA) profiles (% of total FA) in *Longissimus dorsi* muscle of finishing goats

Item	Dietary crude glycerin, %				SEM ³	P-value	Contrasts ¹			
	T1(0)	T2(5)	T3(10)	T4(20)			0 vs. others ²	L	Q	C
Fatty acids, % of total FAME										
C10:0	0.11	0.12	0.18	0.12	0.02	0.18	0.22	0.34	0.13	0.12
C12:0	1.09	1.04	1.01	1.51	0.15	0.14	0.31	0.06	0.19	0.41
C14:0	3.10	3.12	2.81	3.08	0.65	0.98	0.92	0.92	0.88	0.80
C15:0	2.06 ^b	3.22 ^a	2.34 ^{ab}	1.82 ^b	0.30	0.07	0.24	0.24	0.02	0.09
C16:0	23.98 ^a	22.30 ^b	22.09 ^b	21.15 ^b	0.32	0.02	0.01	0.01	0.24	0.13
C16:1	1.65 ^c	1.45 ^d	2.12 ^b	3.31 ^a	0.05	<0.001	<0.001	<0.01	<0.01	0.31
C18:0	14.16	13.87	13.27	14.27	0.40	0.27	0.55	0.92	0.17	0.24
C18:1n-9 cis	44.71	43.50	47.08	46.06	1.05	0.16	0.38	0.09	0.95	0.07
C18:1n-9 trans	1.65	1.74	1.68	1.93	0.16	0.26	0.24	0.20	0.90	0.33
C18:2n-6	4.97	5.06	5.21	3.81	0.62	0.42	0.68	0.21	0.20	0.53
C18:3n-3	0.14	0.15	0.15	0.14	0.01	0.45	0.76	0.36	0.14	0.64
C22:5n-3 (DPA)	2.30 ^b	4.40 ^a	2.05 ^b	2.77 ^b	0.28	0.01	0.09	0.56	0.08	0.001

^{a-d} 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 = 3)

มีประโยชน์สามารถใช้อธิบายผลของชนิดของไขมันที่มีความแตกต่างที่มีผลต่อสุขภาพ (Banskalieva *et al.*, 2000) นอกจากนี้ มีรายงาน C18:1 (oleic acid) เป็นกรดไขมันที่มีมากที่สุดในเนื้อโค (Turk and Smith, 2009) และเนื้อแกะ (Diaz *et al.*, 2005) ซึ่งการเพิ่มของ oleic acid มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันชนิดดี หรือ high-density lipoprotein (HDL) ในมนุษย์ (Gilmore *et al.*, 2011) ซึ่งรูปแบบของกรดไขมันอิ่มตัวในครั้งนี้คล้ายกับที่รายงานในโคที่ได้รับหญ้ามากกว่าเมล็ดธัญพืช (Daley *et al.*, 2010) เพราะหญ้ามี stearic และ linoleic acid มากกว่า ขณะที่ เมล็ดธัญพืชมี palmitic acid มากกว่า อย่างไรก็ตาม มีหลายปัจจัยที่มีผลต่อความรูปแบบกรดไขมันที่อยู่ในกล้ามเนื้อ ได้แก่ แตกต่างของชนิดสัตว์ พันธุ์ อายุ การจัดการเลี้ยงดู อาหาร และชนิดกล้ามเนื้อ เป็นต้น โดยเฉพาะอาหารเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อรูปแบบกรดไขมันที่อยู่ในกล้ามเนื้อ และเป็นที่ยอมรับ

กันโดยทั่วไปว่ารูปแบบกรดไขมันที่อยู่ในกล้ามเนื้อได้รับอิทธิพลมาจากรูปแบบกรดไขมันที่อยู่ในอาหาร (Wiseman and Agunbiade, 1998)

สรุป

กลีเซอรินดิบสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดในอาหารผสมเสร็จระดับ 20% โดยไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ การเจริญเติบโตในแพะลักษณะซาก คุณค่าทางโภชนาการ และสมบัติทางกายภาพของเนื้อแพะ ยกเว้น ค่าการสูญเสียไขมันออกจากเนื้อลดลงเมื่อเพิ่มระดับของการเสริม CG ส่วนรูปแบบไขมันชนิดต่าง ๆ พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ยกเว้น C15:0, C16:0 และ C16:1 มีความแตกต่างกัน โดยเฉพาะระดับ CG มีผลต่อกรด C16:0 ลดลงในรูปแบบเส้นตรง ขณะที่ กรด C16:1 เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษา

ในแพะขุน หรือแพะรีดนมในระยะต่าง ๆ รวมทั้งวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นในสภาพฟาร์ม หรือการเลี้ยงของเกษตรกรต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณกองทุนมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัย (รหัสโครงการ NAT550288S) ขอขอบคุณภาควิชาสัตวศาสตร์ และศูนย์วิจัยและพัฒนาสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ที่ได้สนับสนุนสถานที่ อุปกรณ์ และสัตว์ทดลอง รวมทั้งนักศึกษาบัณฑิตศึกษา และบุคลากรทุกท่าน ที่มีส่วนที่ทำงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- เฉลิมขวัญ สุขเนียม. 2552. องค์ประกอบทางเคมี สมบัติทางกายภาพและโครงสร้างทางกายภาพของกล้ามเนื้อแพะพื้นเมืองและแพะลูกผสมแองโกลนูเบียน 50% x พื้นเมือง 50% ที่เลี้ยงภายใต้ระบบที่แตกต่างกัน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.
- วินัย ประถมพิกาญจน์. 2528. การศึกษาลักษณะซากของแพะ. วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับ วท. 39(2): 105-109.
- ปิ่น จันจุฬา พชรินทร์ ภักดีฉนวน และสุธา วัฒนสิทธิ์. 2557. ผลของระดับกลีเซอรินดิบในอาหารผสมเสริมต่อนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน และสมดุลไนโตรเจนในแพะ. วารสารเกษตร. 30(3): 291-304.
- สัญชัย จตุรลิตา. 2543. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์. เชียงใหม่: ธนบรรณการพิมพ์.
- Abo El-Nor, S., A. A. AbuGhazaleh, 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(4): 99-105.

AOAC, 1995. Official Methods of Analysis. 16th 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(2): 829-837.

Banskalieva, V., T. Sahlut and A. L. Goest. 2000. Fatty acid composition of goat muscles and fat depot: a review. Small Ruminant Research 37(3): 255-268.

Bartoň, L., D. Bureš, P. Homolka, F. Jančík, M. Marounek and D. Řehák. 2013. Effects of long-term feeding of crude glycerine on performance, carcass traits, meat quality, and blood and rumen metabolites of finishing bulls. Livestock Science 155(1): 53-59.

Beserra, F. J., M. S. Madruga, A. M. Leite, E. M. C. da Silva and E. L. Maia. 2004. Effect of age at slaughter on chemical composition of meat from Moxotó goats and their crosses. Small Ruminant Research 55(2): 177-181.

Daley, C. A., A. Abbott, P. S. Doyle, G. A. Nader and S. Larson. 2010. A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. Nutritional Journal 9(1): 10-19.

Dhanda, J. S., D. G. Taylor and P. J. Murray. 2003. Part I. Growth, carcass and meat quality parameters of male goats: effects of

- genotype and live weight at slaughter. *Small Ruminant Research* 50(1): 57-66.
- Diaz, M. T., I. Alvarez, J. De la Fuente, C. Sanudo, M. M. Campo, M. A. Oliver, I. Font, M. Fumols, F. Montossi, R. San Julián, G. R. Nute and V. Cañeque. 2005. Fatty acid composition of meat from typical lamb production systems of Spain, United Kingdom, Germany and Uruguay. *Meat Science* 71(2): 256-263.
- 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(2): 317-322.
- Elam, N. A., K. S. Eng, B. Bechtel, J. M. Harris and R. Crocker. 2008. Glycerol from biodiesel production: considerations for feedlot diets. *Proceeding of the Southwest Nutrition Conference*. Feb. 21, 2008. Tempe, AZ.
- Evan, D. G., T. L. Goodwin and L. D. Andrews. 1976. Chemical composition, carcass yield, and tenderness of broilers as influenced by rearing methods and genetic strains. *Poultry Science* 55: 748-755.
- Folch, J., M. Lees and G. H. S. Stanley. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *The Journal of Biological Chemistry* 226: 497-509.
- Gilmore, L. A., R. L. Walzem, S. F. Crouse, D. R. Smith, T. H. Adams, V. Vaidyanathan, X. Cao and S. B. Smith. 2011. Consumption of higholeic acid ground beef increases HDL-Cholesterol concentration but both high- and low-oleic acid ground beef decrease HDL particle diameter in normocholesterolemic men. *Journal of Nutrition* 141(3): 1188-1194.
- 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(5): 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(3): 298-306.
- Krehbiel, C. R. 2008. Ruminant and physiological metabolism of glycerin. *Journal of Animal Science* 86(E-Suppl. 2): 392. (Abstr.).
- Lee, J. H., B. Kouakou and G. Kannan. 2008. Chemical composition and quality characteristics of chevon from goats fed three different post-weaning diets. *Small Ruminant Research* 75(2): 177-184.
- Lepage, G. and C. C. Roy. 1986. Direct transesterification of all classes of lipids in a one step reaction. *The Journal of Lipid Research* 27(1): 114-120.
- 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(2): 632-638.
- Miller, M., M. Carr, C. Ramsey, K. Crockett and L. Hoover. 2001. Consumer thresholds for establishing the value of beef tenderness. *Journal of Animal Science* 79(12): 3062-3068.
- Mourot, J., A. Aumaitre, A. Mounier, P. Peiniau and A. C. François. 1994. Nutritional and

- physiological effects of dietary glycerol in the growing pig. Consequences on fatty tissues and post mortem muscular parameters. *Livestock Production Science*. 38(3): 237-244.
- NRC. 1981. *Nutrient Requirements of Goats: Angora, dairy and meat goat in temperate and tropical countries*. National Academy Press, Washington, D. C.
- Pyatt, A., P. H. Doane and M. J. Cecava. 2007. Effect of crude glycerin in finishing cattle diets. *Journal of Animal Science* 85(Suppl. 1): 530 (Abstr.).
- 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(2): 121-132.
- Smith, S. B. and J. D. Crouse. 1984. Relative contributions of acetate, lactate and glucose to lipogenesis in bovine intramuscular and subcutaneous adipose tissue. *Journal of Nutrition* 114(4): 792-800.
- Solaiman, S., C. Kerth, K. Willian, B. R. Min, C. Shoemaker, W. Jones and D. Bransby. 2011. Growth performance, carcass characteristics and meat quality of boer-cross wether and buck goats grazing marshall ryegrass. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 24(3): 351-357.
- Steel, R. G. D. and J. H. Torrie. 1980. *Principles and Procedures of Statistics: A Biometrial Approach*. (2nd ed.). McGraw-Hill, New York.
- Swatland, H. J. 1994. *Structure and Development of Meat Animals and Poultry*. Technomic Publishing, Lancaster, UK.
- Terré, M., A. Nudda, P. Casado and A. Bach. 2011. The use of glycerine in rations for light lamb during the fattening period. *Animal Feed Science and Technology* 164(3): 262-267.
- Thompson, J. C. and B. B. He. 2006. Characterization of crude glycerin from biodiesel production from multiple feedstocks. *Applied Engineering in Agriculture* 22(2): 261-265.
- Turk, S. N. and S. B. Smith. 2009. Carcass fatty acid mapping. *Meat Science* 81(4): 658-663.
- 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(10): 3579-3583.
- Warriss, P. D. 2000. *Meat science: An introductory text*. CAB International, Cambridge University Press, Cambridge, 223 p.
- Wiseman, J. and J. A. Agunbiade. 1998. The influence of changes in dietary fat and oils on fatty acid profiles of carcass fat in finishing pigs. *Livestock Production Science*. 54(3): 217-227.
- Xiong, Y. L., A. H. Cantor, A. J. Pescator, S. P. Blanchard and M. L. Straw. 1993. Variations in muscle chemical composition, pH, and protein extractability among eight different broiler crosses. *Poultry Science* 72(3): 583-588.
- Yu, S., J. Derr, T. D. Etherton and P. M. Kris-Etherton. 1995. Plasma cholesterol-predictive equations demonstrate that stearic acid is neutral and monosaturated fatty acids are hypocholesterolemic. *The American Journal of Clinical Nutrition* 61(5): 1129-1139.

ผลของการเสริมหนอนนกต่อประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ ต้นทุน และผลตอบแทน ของการเลี้ยงเม่นแคระ

Effects of Mealworm (*Tenebrio molitor*) Supplementation on Reproductive Performance, Cost and Benefit in Hedgehog (*Atelerix albiventris*) Production

ณัณญรัตน์ คุ่มครอง^{1/*} กมลพรรณ เจือกโวัน^{1/} ไสภณ บุญล้ำ^{1/}
และพีรวัฒน์ ชูเพ็ง^{1/}

Nunyarat Koomkrong^{1/*}, Kamonpun Chauckwon^{1/}, Sophon Boonlum^{1/}
and Peerawat Choopeng^{1/}

(Received: 20 January 2014; Accepted: 29 December 2014)

Abstract: This research was conducted to study the effects of mealworm (*Tenebrio molitor*) supplementation on reproductive performance, cost and benefit in hedgehog (*Atelerix albiventris*). Forty-eight of four-week-old hedgehogs of both sexes (24 males and 24 females) were divided to 4 groups by completely randomized design. Each group was randomly fed one of experimental diets as follow; group 1: commercial feed (20% CP) as control feed, Group 2: mealworm, Group 3: commercial feed supplemented with mealworm at 50:50, Group 4: commercial feed supplemented with mealworm at 25:75. The results showed that age of puberty, number of hedgehogs born, birth weight, number of hedgehogs at 1 week and weight at 1 week of hedgehogs fed commercial feed supplemented with mealworm at 50:50 and 25:75 were better than hedgehogs fed only commercial feed and mealworm ($P<0.05$). This result indicated that, the mealworm supplementation in commercial feed could improve benefit than the only commercial feed and mealworm, the hedgehogs fed commercial feed supplemented with mealworm at 50:50 showed the highest benefit.

Keywords: Mealworm, reproductive performance, cost and benefit, hedgehog (*Atelerix albiventris*)

^{1/} สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84100

^{1/} Program in Animal Science, Faculty of Science and Technology, Suratthani Rajabhat University, Suratthani, Thailand, 84100

* Corresponding author: E-mail address: niinun44@gmail.com

บทคัดย่อ: การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมหนอนนกกต่อประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ ต้นทุนและผลตอบแทนของการเลี้ยงเม่นแคระ โดยใช้เม่นแคระอายุ 4 สัปดาห์ เพศผู้ จำนวน 24 ตัว และเพศเมีย จำนวน 24 ตัว แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ตามแผนงานทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยกลุ่มที่ 1 ได้รับอาหารทางการค้า (อาหารสูตรควบคุม) กลุ่มที่ 2 ได้รับหนอนรำข้าวสาลี กลุ่มที่ 3 ได้รับอาหารทางการค้าและเสริมด้วยหนอนรำข้าวสาลี อัตราส่วน 50:50 และกลุ่มที่ 4 ได้รับอาหารทางการค้าและเสริมด้วยหนอนนกก อัตราส่วน 25:75 ผลการทดลองพบว่า เม่นแคระที่ได้รับอาหารทางการค้าและเสริมด้วยหนอนนกกในอัตราส่วน 50:50 และ 25:75 มีผลทำให้อายุการเป็นสัตว์ครั้งแรก จำนวนลูกแรกคลอด น้ำหนักลูกแรกคลอด จำนวนลูกมีชีวิตที่อายุ 1 สัปดาห์ และน้ำหนักลูกมีชีวิตที่อายุ 1 สัปดาห์ ดีกว่าเม่นแคระกลุ่มที่ได้รับอาหารทางการค้าและกลุ่มที่ได้รับหนอนนกก ($P < 0.05$) จากผลของการเสริมหนอนนกกทำให้เม่นแคระมีประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ที่ดีกว่านั้น ส่งผลให้ได้รับผลตอบแทนจากการผลิตเม่นแคระสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารทางการค้าและกลุ่มที่ได้รับหนอนนกก โดยพบว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารทางการค้าและเสริมด้วยหนอนนกกในอัตราส่วน 50:50 จะได้รับผลตอบแทนจากการผลิตเม่นแคระสูงที่สุด

คำสำคัญ: หนอนนกก ประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ ต้นทุนและผลตอบแทน เม่นแคระ

คำนำ

เศรษฐกิจในประเทศไทยไม่ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร แต่สำหรับตลาดนัดสัตว์เลื้อย ยังคงมีการซื้อขายกันอย่างกว้างขวาง ไม่ว่าจะเป็นสัตว์เลื้อย หรือสัตว์เศรษฐกิจ ก็สามารถสร้างผลตอบแทนให้กับผู้เพาะเลี้ยงได้เป็นกอบเป็นกำ ซึ่งมีสัตว์เลื้อยหน้าตาแปลก ๆ ใหม่ ๆ เข้ามาขายอยู่ในตลาดนัดสัตว์เลื้อยอยู่ตลอด อย่างเม่นแคระ (*Atelerix albiventris*) ซึ่งเป็นสัตว์เลื้อยลูกด้วยนมขนาดเล็ก ที่มีลักษณะเด่นคือ มีหนามปกคลุมทั่วทั้งตัว และมีพฤติกรรมการป้องกันตัวโดยการขดตัวม้วนกลม ทำให้เป็นที่นิยมในกลุ่มผู้เลี้ยงวัยรุ่นและกลุ่มผู้เลี้ยงสัตว์แปลก นอกจากนี้ ยังมีวิธีการเลี้ยงไม่ยุ่งยาก ไม่ต้องการพื้นที่ในการเลี้ยงมาก กินแมลง หนอน สัตว์เล็กตามพื้นดินเป็นอาหาร (Santana, 2010) โดยเริ่มเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์เมื่ออายุประมาณ 4 เดือน แต่มีช่วงการเป็นสัตว์ไม่แน่นอน มีระยะเวลาการตั้งท้องนานประมาณ 30-40 วัน และจำนวนลูกต่อครอก 1-7 ตัว (Heidi, 2013) เม่นแคระเป็นสัตว์เลื้อยต่างถิ่น (Exotic Pet) ที่มีถิ่นกำเนิดมาจากทวีปแอฟริกา (Heidi, 2013) ซึ่งปัจจุบันมีการนำเข้ามาจากต่างประเทศแต่ต้องอยู่ภายใต้ขอบเขตของกฎหมายคุ้มครองสัตว์ป่าราชอาณาจักรไทย และที่สำคัญที่สุดในประเทศไทยยังคงขาดองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับสัตว์ต่างถิ่น ดังนั้น สิ่งสำคัญในการเลี้ยงสัตว์ต่างถิ่นคือ

การหาองค์ความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องจากการวิจัย เพื่อให้ได้ซึ่งข้อมูลพื้นฐานสำหรับผู้เลี้ยง และนำองค์ความรู้ดังกล่าวมาใช้ในการขยายพันธุ์เชิงพาณิชย์ต่อไป (สำนักความหลากหลายทางชีวภาพ, 2555)

การเลี้ยงเม่นแคระในเชิงพาณิชย์ใช้อาหารสำเร็จรูปตามท้องตลาดซึ่งมีราคาค่อนข้างสูง และมีเนื้อสัมผัสที่ค่อนข้างแข็ง ทำให้ปริมาณการกินได้ของเม่นแคระไม่เต็มที่ ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ ดังนั้น จึงได้มีการหาแนวทางเลี้ยงเม่นแคระโดยการเลือกอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงเหมาะสมต่อการดำรงชีพและการให้ผลผลิตของเม่นแคระ แนวทางหนึ่งที่น่าสนใจ คือ การเพาะเลี้ยงหนอนนกก (*Tenebrio molitor*) เนื่องจาก เลี้ยงง่าย ต้นทุนการผลิตต่ำ มีอัตราการฟักออกสูง และมีคุณค่าทางอาหารสูง โดยมีความชื้น 62.60% โปรตีน 21.18% ไขมัน 12.82% เยื่อใย 5.76% เถ้า 1.29% แคลเซียม 0.02% ฟอสฟอรัส 0.10% และพลังงานรวม 2,571 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม (โสภณ, 2556) อีกทั้งยังมีสัดส่วนของปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมดสูงถึง 44.70% (Li et al., 2013) นอกจากนี้ หนอนนกกมีระยะเวลาที่สามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ยาวนาน ตั้งแต่อายุ 30-80 วัน โดยมีขนาดยาวตั้งแต่ 2-3 มิลลิเมตร จนถึงขนาด โตเต็มวัยที่มีความยาวประมาณ 2.50-2.80 เซนติเมตร (โสภณ, 2556) ซึ่งสามารถเลือกขนาดให้เหมาะสมกับช่วงอายุและชนิด

ของสัตว์เลี้ยงได้ Lawler (2004) ศึกษาการใช้หนอนนกลี้ยงปลา สัตว์เลี้ยงคลาน นก และสัตว์อื่น ๆ พบว่าสมรรถภาพการผลิตของสัตว์ไม่เปลี่ยนแปลงและง่ายต่อการจัดการด้านอาหาร และยังสามารถนำไปใช้เป็นแหล่งอาหารโปรตีนสำหรับเลี้ยงไก่พื้นเมืองอายุ 1-6 สัปดาห์ โดยเสริมหนอนนกกในอาหารควบคุมอัตราส่วน 1:1 ส่งผลให้ไก่พื้นเมืองมีน้ำหนักตัวและต้นทุนการผลิตที่ดีที่สุด (พีรวัจน์ และโสภณ, 2552) กรสิริ และคณะ (2554) รายงานว่ามวนพิฆาต *Eocanthecona furcellata* (Wolff) ที่เลี้ยงด้วยดักแด้นอนนกกและหนอนนกกยักษ์สามารถขยายพันธุ์เพิ่มปริมาณได้สูงถึง 171.24 และ 177.23 เท่าต่อชั่วอายุขัย ตามลำดับ นอกจากนี้ หนอนนกกสามารถเก็บรักษาโดยการแช่แข็งโดยพบว่าไม่มีกลิ่นและสามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ (Dick, 2013) หนอนนกกจึงอาจเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการนำมาใช้เป็นอาหารเมนแคระเพื่อช่วยเร่งการเจริญเติบโต เพิ่มประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ และทำให้เมนแคระมีความแข็งแรงสมบูรณ์เหมาะสมสำหรับนำมาใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ในการผลิต ลูกการนำเข้าพ่อแม่พันธุ์จากต่างประเทศได้ในอนาคต และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับหนอนนกกอีกทางหนึ่งด้วย ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ ต้นทุน และผลตอบแทนของการเลี้ยงเมนแคระที่เสริมด้วยหนอนนกก

วิธีการทดลอง

แผนการทดลอง

สัตว์ทดลองใช้เมนแคระอายุ 4 สัปดาห์ จำนวน 48 ตัว (เพศผู้ 24 ตัว และเพศเมีย 24 ตัว) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design : CRD) โดยทำการสุ่มเมนแคระออกเป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 4 ตัว โดยเมนแคระแต่ละกลุ่มจะได้รับอาหารที่ต่างกัน คือ กลุ่มที่ 1 อาหารทางการค้า (อาหารสูตรควบคุม) กลุ่มที่ 2 หนอนนกกแช่แข็ง กลุ่มที่ 3 อาหารทางการค้าและเสริมด้วยหนอนนกกแช่แข็ง อัตราส่วน 50:50 และกลุ่มที่ 4 อาหารทางการค้าและเสริมด้วยหนอนนกกแช่แข็ง อัตราส่วน 25:75 สำหรับอาหารทางการค้าที่ใช้คือ อาหารแมวสำเร็จรูป ยี่ห้อเอโปร ไอ.คิว. ฟอรั่มล่า

โดยเมนแคระได้รับอาหารและน้ำอย่างเต็มที่ (*ad libitum*) และมีการเสริมวิตามินที่ละลายในน้ำทุก ๆ 2 สัปดาห์ ภายใต้การเลี้ยงในปล่องปูนซีเมนต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร ปล่องละ 4 ตัว (เพศผู้ 2 ตัว และเพศเมีย 2 ตัว) บนพื้นคอนกรีตที่ปูด้วยวัสดุรองพื้น (ฟาง) ภายในระบบโรงเรือนเปิด ณ ฟาร์มสาธิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี โดยมีการเปลี่ยนวัสดุรองพื้นทุก ๆ สัปดาห์ ในแต่ละปล่องจะใส่ท่อพลาสติก ขนาด 3×5 นิ้ว จำนวน 4 อัน เพื่อเป็นที่สำหรับหลบนอน และเป็นของเล่นสำหรับเมนแคระ เพื่อให้เมนแคระได้ออกกำลังกายและไม่เครียด และมีการปรับสภาพตัวเมนแคระโดยให้อาหารทดลองเป็นเวลา 7 วัน ก่อนเริ่มทำการทดลอง สำหรับการผสมพันธุ์ใช้วิธีการผสมจริงภายในปล่องเลี้ยง สังเกตอาการเป็นสัดของเมนแคระเพศเมียทุกวัน โดยเริ่มสังเกตเมื่อเมนแคระอายุประมาณ 100.00 ±10.00 วัน จากการยอมรับการผสมของเพศผู้ และหากสังเกตพบว่าเมนแคระตั้งท้อง โดยแสดงอาการหนี ไม่ยอมให้เพศผู้ขึ้นผสม จะทำการคัดเอาเพศผู้ออก การศึกษาครั้งนี้ทำการทดลองเป็นเวลา 5 เดือน ระหว่างเดือนเมษายน ถึงสิงหาคม 2556

การเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูล ดังนี้ 1) สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารเพื่อนำมาวิเคราะห์หาวัตถุดิบ โปรตีน ไขมัน และเยื่อใยตามวิธีการของ AOAC (2000) และวิเคราะห์หาพลังงานรวมในอาหารโดย Automatic calorimeter ยี่ห้อ Leco รุ่น AC-500 2) ข้อมูลด้านการสืบพันธุ์ในหนึ่งรอบการผลิต ได้แก่ อายุการเป็นสัดครั้งแรก จำนวนลูกแรกคลอด น้ำหนักลูกแรกคลอด จำนวนลูกมีชีวิตอายุ 1 สัปดาห์ น้ำหนักลูกมีชีวิตอายุ 1 สัปดาห์ และปริมาณอาหารที่กินต่อวัน และ 3) ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณต้นทุนและผลตอบแทนในการเลี้ยงเมนแคระในหนึ่งรอบการผลิต ได้แก่ ค่าอาหาร ค่าเวชภัณฑ์ที่ใช้ (ชนิด ราคาและปริมาณเวชภัณฑ์ที่ใช้ตลอดรอบการผลิต) ค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์การเลี้ยง (ราคาอุปกรณ์ และอายุการใช้งาน) ค่าเสื่อมราคาพ่อแม่พันธุ์ และผลตอบแทนในรอบการผลิต

การคำนวณต้นทุนและผลตอบแทน (ศิริพร และคณะ, 2555) ดังนี้ (1) ต้นทุนคงที่ทั้งหมด (total fixed

cost: TFC) เป็นผลรวมจากค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์การเลี้ยง ค่าเสื่อมราคาฟอ-แม่พันธุ์ (2) ต้นทุนผันแปรทั้งหมด (total variable cost: TVC) เป็นผลรวมจากค่าอาหาร และค่าเวชภัณฑ์ (3) ต้นทุนรวมทั้งหมด (total cost: TC) เป็นผลรวมของ TFC และ TVC (4) รายได้ทั้งหมด (total income: TI) เป็นผลรวมของรายได้จากการจำหน่ายลูกเม่นแคะ และ (5) กำไร (profit) ได้จากรายได้ทั้งหมดหักต้นทุนรวมทั้งหมด (TI-TC)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยทำการวิเคราะห์หาความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

ผลและวิจารณ์

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารอาหาร

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารในอาหารทางการค้าและหนอนนก ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 1 และปริมาณสารอาหารในอาหารทดลองทั้ง 4 กลุ่ม จากการคำนวณ ดังแสดงในตารางที่ 2

ประสิทธิภาพการสืบพันธุ์

จากการศึกษาพบว่า อายุการเป็นสัดครั้งแรกของเม่นแคะทั้ง 4 กลุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยเม่นแคะในกลุ่มที่ได้รับอาหารทางการค้าและเสริมด้วยหนอนนกในอัตราส่วน 50:50 มีอายุการเป็นสัดเร็วที่สุด

Table 1 Nutrient composition in experimental diets (% DM)

Items	Commercial feed	Mealworm
Dry matter	89.10	37.20
Crude protein	20.03	47.70
Crude fiber	1.68	5.68
Crude fat	7.60	34.26
Gross energy, cal/g	3,868.11	5,961.04

Table 2 Calculated nutrient content in experimental diets (% DM)

Items	Treatments			
	Commercial feed	Mealworm	C : M 50 : 50	C : M 25 : 75
Dry matter	89.10	37.20	63.15	50.18
Crude protein	20.03	47.70	33.87	40.78
Crude fiber	1.68	5.68	3.68	4.68
Crude fat	7.60	34.26	20.93	27.60
Gross energy, cal/g	3,868.11	5,961.04	4,914.58	5,437.81

Table 3 Effects of mealworm (*Tenebrio molitor*) supplementation on reproductive performance in hedgehog (*Atelerix albiventris*) production (mean $\pm$ SD)

Items	Treatments				P-value
	Commercial feed	Mealworm	C : M 50 : 50	C : M 25 : 75	
Age at estrus, d	147.00 $\pm$ 9.17 ^d	127.67 $\pm$ 4.04 ^c	101.33 $\pm$ 3.51 ^a	112.67 $\pm$ 4.04 ^b	0.012
Number of hedgehogs born/litter	1.67 $\pm$ 0.58 ^c	2.67 $\pm$ 0.58 ^{bc}	4.33 $\pm$ 0.58 ^{ab}	6.00 $\pm$ 2.00 ^a	0.019
Number of hedgehogs born alive/litter	1.67 $\pm$ 0.58 ^b	1.33 $\pm$ 0.58 ^b	4.33 $\pm$ 0.58 ^a	6.00 $\pm$ 2.00 ^a	0.019
Birth weight/litter, g	16.33 $\pm$ 1.53 ^c	13.33 $\pm$ 0.58 ^c	33.67 $\pm$ 2.93 ^b	47.33 $\pm$ 2.62 ^a	0.010
Birth weight/head, g	10.67 $\pm$ 1.79 ^a	5.22 $\pm$ 0.54 ^b	7.80 $\pm$ 1.06 ^{ab}	8.18 $\pm$ 1.31 ^{ab}	0.017
Number of hedgehogs at 1 week/litter	1.33 $\pm$ 0.58 ^b	0.33 $\pm$ 0.08 ^b	3.00 $\pm$ 1.00 ^a	3.00 $\pm$ 1.00 ^a	0.037
Weight at 1 week/litter, g	33.00 $\pm$ 1.15 ^b	6.33 $\pm$ 1.97 ^c	63.33 $\pm$ 2.16 ^a	68.67 $\pm$ 2.95 ^a	0.019
Weight at 1 week/head, g	26.00 $\pm$ 2.81 ^a	6.33 $\pm$ 1.97 ^b	22.56 $\pm$ 1.70 ^a	23.69 $\pm$ 2.80 ^a	0.036

รองลงมาคือเม่นแคระในกลุ่มที่ได้รับอาหารทางการค้าและเสริมด้วยหนอนนกในอัตราส่วน 25:75 เนื่องจากเม่นแคระในกลุ่มที่ได้รับอาหารทางการค้าและเสริมด้วยหนอนนกในอัตราส่วน 50:50 และ 25:75 มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตสูงกว่าเม่นแคระที่ได้รับอาหารทางการค้าและหนอนนกเพียงอย่างเดียว (ถันญรัตน์ และกมลพรรณ, 2556) สอดคล้องกับการศึกษาของ Tummaruk *et al.* (2000) รายงานว่า สุกรสาวที่มีอัตราการเจริญเติบโตเร็วมีอายุที่ผสมพันธุ์ครั้งแรกน้อยกว่าสุกรสาวที่มีอัตราการเจริญเติบโตช้า ส่วนกลุ่มที่ได้รับอาหารทางการค้ามีอายุการเป็นสัดช้าที่สุด เนื่องจากอาหารทางการค้ามีพลังงานต่ำ เม่นแคระอาจได้รับพลังงานไม่เพียงพอต่อความต้องการ ซึ่งส่งผลต่อการถึงวัยหนุ่มสาวช้า มีปัญหาการตกไข่ และมีความต้องการทางเพศต่ำ (กฤติยา, 2556) สอดคล้องกับรายงานของ ถันญรัตน์ และกมลพรรณ (2556) กล่าวว่าเม่นแคระกลุ่มที่ได้รับอาหารทางการค้าเพียงอย่างเดียวมีประสิทธิภาพการใช้อาหารต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับเม่นแคระที่ได้รับหนอนนกเพียงอย่างเดียวและการใช้อาหารทางการค้าร่วมกับหนอนนก นอกจากนี้ Mugerwa (1989) รายงานว่าการได้รับโภชนาไม่เพียงพอส่งผลให้โคสาวถึงวัยเจริญพันธุ์ช้าและแม่โคแสดงการเป็นสัดครั้งแรกหลังคลอดช้า

ในด้านจำนวนลูกแรกคลอด/ครอก จำนวนลูกแรกคลอดมีชีวิต/ครอก น้ำหนักแรกคลอด/ครอก น้ำหนักแรกคลอด/ตัว จำนวนลูกเมื่ออายุ 1 สัปดาห์/ครอก น้ำหนักลูกเมื่ออายุ 1 สัปดาห์/ครอก และน้ำหนักลูกเมื่ออายุ 1 สัปดาห์/ตัว (ตารางที่ 3) พบว่าเม่นแคระในกลุ่มที่ได้รับอาหารทางการค้าและเสริมด้วยหนอนนกในอัตราส่วน 50:50 และ 25:75 มีประสิทธิภาพดีที่สุด (P<0.05) ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าเม่นแคระที่ได้รับอาหารทางการค้าและเสริมด้วยหนอนนกในอัตราส่วน 50:50 และ 25:75 มีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารทางการค้าและหนอนนกเพียงอย่างเดียว โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.14, 2.78, 2.45 และ 1.30 กรัม/วัน ตามลำดับ (ถันญรัตน์ และกมลพรรณ, 2556) สอดคล้องกับ Amaral *et al.* (2010) รายงานว่า สุกรสาวที่มีอัตราการเจริญเติบโตเร็วจะให้ลูกที่มีขนาดครอกใหญ่ แต่พบว่าเม่นแคระในกลุ่มที่ได้รับอาหารทางการค้าและเสริมด้วยหนอนนกในอัตราส่วน 50:50 มีแนวโน้มจำนวนและน้ำหนักลูกแรกคลอดต่ำกว่าเม่นแคระกลุ่มที่เสริมในระดับ 25:75 ทั้งนี้เนื่องจากเม่นแคระในกลุ่มดังกล่าวมีอายุการเป็นสัดเร็ว ซึ่งผลดังกล่าวแตกต่างจากปิยะขวัญ และคณะ (2553) รายงานว่าสุกรสาวที่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์เร็ว จะมีขนาดครอกในท้องแรกใหญ่กว่าสุกรสาวที่เข้าสู่วัยเจริญ

พันธุ์ข้าว ($P<0.05$) ส่วนเม่นแคะในกลุ่มที่ได้รับหนอนนกเพียงอย่างเดียวจะมีประสิทธิภาพต่ำที่สุด เนื่องจากหนอนนกมีปริมาณไขมัน และพลังงานสูง ส่งผลต่อการสะสมไขมันในช่องท้องเป็นจำนวนมาก (Kimberly, 2012) ซึ่งส่งผลเสียต่อประสิทธิภาพในการสืบพันธุ์ โดยสอดคล้องกับเบญจรัตน์ และคณะ (2524) รายงานว่าสุกรพันธุ์ลาร์จไวท์ ที่ได้รับอาหารที่มีพลังงานสูงขึ้นจะมีอัตราการผสมติดต่ำลง นอกจากนี้ จากการทดลองยังพบว่าเม่นแคะในกลุ่มที่ได้รับหนอนนกเพียงอย่างเดียวมีอาการแท้งลูก (ภาพที่ 1) และพบว่า แม่เม่นแคะตายภายหลังจากการแท้งลูก 3 วัน โดยเมื่อผ่าซากออกมาพบว่าแม่เม่นแคะทั้ง 2 ตัว มีไขมันภายในช่องท้องเป็นจำนวนมากซึ่งส่งผลต่อปัญหาในการแท้งลูกและทำให้แม่เม่นแคะตาย



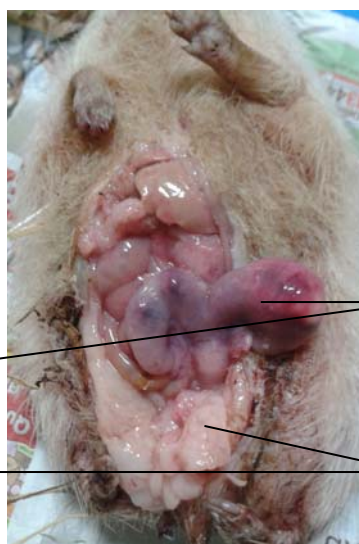
(ภาพที่ 2) โดยผลการทดลองสอดคล้องกับกฤติยา (2556) รายงานว่าสัตว์ที่ได้รับพลังงานเกินจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพการแท้งลูก คลอดลำบาก รกค้าง และความต้องการทางเพศต่ำ

ผลการศึกษาด้านต้นทุนและผลตอบแทนในการเลี้ยงเม่นแคะ

จากข้อมูลด้านต้นทุนและผลตอบแทนในการเลี้ยงเม่นแคะ (ตารางที่ 4) พบว่า ต้นทุนคงที่ ซึ่งประกอบด้วย ค่าเสื่อมราคาฟอ-แม่พันธุ์ และค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์การเลี้ยง ในกลุ่มที่ได้รับหนอนนกเพียงอย่างเดียวมีค่าสูงที่สุด เนื่องจากเม่นแคะกลุ่มดังกล่าวให้จำนวนลูกมีชีวิต (อายุ 1 สัปดาห์) น้อย จึงทำให้ค่าเสื่อมราคาฟอ-แม่พันธุ์สูงขึ้นตามไปด้วย สำหรับ



Figure 1 Aborted fetuses of hedgehogs fed mealworm. (A) Aborted fetuses at 1 d of age (B) Aborted fetuses at 3 d of age



Aborted fetuses
remain in uterus

Abdominal fat

Figure 2 (A) and (B) Laparotomy of aborted hedgehogs fed mealworm

Table 4 Effects of mealworm (*Tenebrio molitor*) supplementation on economic cost and profit in hedgehog (*Atelerix albiventris*) (baht/litter) production (mean $\pm$ SD)

Items	Treatments				P-value
	Commercial	Mealworm	C : M	C : M	
	feed		50 : 50	25 : 75	
Fixed cost					
- Depreciated breeder	40.85 ±1.12 ^b	60.24 ±0.41 ^c	19.93 ±0.03 ^a	19.93 ±0.03 ^a	<0.01
- Depreciated equipment	17.50 ±0.00	17.50 ±0.00	20.00 ±0.00	20.00 ±0.00	-
Total fixed cost	58.35 ±1.12 ^b	77.74 ±0.41 ^c	39.93 ±0.03 ^a	39.93 ±0.03 ^a	<0.01
Variable cost					
- Feed cost	108.72 ±0.94 ^a	500.00 ±10.95 ^d	315.72 ±1.02 ^b	465.13 ±1.31 ^c	<0.01
- Medical supplies cost	25.00 ±0.00	25.00 ±0.00	25.00 ±0.00	25.00 ±0.00	-
Total variable cost	133.72 ±0.94 ^a	525.00 ±10.95 ^d	340.72 ±1.02 ^b	490.13 ±1.31 ^c	<0.01
Total cost	192.08 ±1.96 ^a	602.73 ±11.36 ^d	380.65 ±1.05 ^b	530.06 ±1.30 ^c	<0.01
Income (Sold hedgehogs)	532.00 ±11.27 ^b	132.00 ±10.39 ^c	1,200.00 ±50.00 ^a	1,200.00 ±50.00 ^a	<0.01
Profit	339.92±9.43 ^c	-470.73±21.46 ^d	819.35±59.14 ^a	669.94±50.40 ^b	<0.01

abcd means in the same row bearing unlike respective different (P<0.01)

ต้นทุนผันแปร พบว่าค่าอาหารเป็นต้นทุนผันแปรที่มีมูลค่ามากที่สุด เท่ากับ 74.75% ของต้นทุนทั้งหมด ซึ่งต้นทุนค่าอาหารคำนวณจากราคาอาหารและปริมาณการกินได้ของเม่นแคระในแต่ละกลุ่มตลอดการทดลอง โดยเห็นได้ว่ากลุ่มที่ได้รับหนอนนกเพียงอย่างเดียวและกลุ่มที่มีการเสริมหนอนนก จะมีต้นทุนค่าอาหารสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารทางการค้า เนื่องจากหนอนนกมีราคาสูง ส่วนต้นทุนที่เหลือคือค่าเวชภัณฑ์โดยการเสริมวิตามินซีเช่นเดียวกันทุกกลุ่ม เฉลี่ย 25.00 บาท/ครอก ดังนั้น ต้นทุนรวมทั้งหมดในการเลี้ยงเม่นแคระที่ได้รับหนอนนกเพียงอย่างเดียว เฉลี่ย 602.73 บาท/ครอก สูงกว่าเม่นแคระที่ได้รับอาหารทางการค้าและเสริมด้วยหนอนนก อัตราส่วน 25:75 และ 50:50 ซึ่งมีต้นทุนเฉลี่ย 530.06 และ 380.65 บาท/ครอก ตามลำดับ และเม่นแคระที่ได้รับอาหารทางการค้าเพียงอย่างเดียวมีต้นทุนรวมเฉลี่ยต่ำที่สุด เท่ากับ 192.08 บาท/ครอก

สำหรับรายได้จากการจำหน่ายลูกเม่นแคระ เป็นไปตามราคาตลาดรับซื้อสัตว์เลี้ยงจตุจักร เริ่มต้นที่ตัวละ 400 บาท ซึ่งราคาจะขึ้นอยู่กับสีของเม่นแคระ ที่ขึ้นอยู่กับความยากง่ายของการผสมพันธุ์ (ณัฐพล, 2554) (ตารางที่ 4) จากข้อมูลพบว่าเม่นแคระกลุ่มที่กินอาหารทางการค้าและเสริมด้วยหนอนนก อัตราส่วน 50:50 และ 25:75 มีรายได้รวมสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารทางการค้าและหนอนนกเพียงอย่างเดียว เนื่องจาก เม่นแคระทั้ง 2 กลุ่มมีจำนวนลูกมีชีวิตได้มากกว่า ซึ่งส่งผลให้ได้กำไรมากกว่า โดยเฉพาะกลุ่มที่ได้รับอาหารทางการค้าและเสริมด้วยหนอนนกในอัตราส่วน 50:50 ได้รับผลตอบแทนจากการผลิตเม่นแคระสูงที่สุด และสูงกว่าการเสริมในอัตราส่วน 25:75 ในด้านต้นทุนค่าอาหาร

สรุป

การใช้อาหารทางการค้าและเสริมด้วยหนอนนกที่อัตราส่วน 50:50 และ 25:75 มีผลทำให้ประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ของแม่แคระดีขึ้น แต่พบว่าการใช้หนอนนกและการใช้อาหารทางการค้าที่เสริมด้วยหนอนนกในการผลิตแม่แคระ มีต้นทุนในการผลิตสูงกว่าการใช้อาหารทางการค้าเพียงอย่างเดียว เนื่องจากหนอนนกมีราคาแพง แต่ในด้านของผลตอบแทน พบว่าการใช้อาหารทางการค้าและเสริมด้วยหนอนนกมีผลตอบแทนสูงกว่าการใช้อาหารทางการค้าเพียงอย่างเดียว โดยกลุ่มที่ได้รับอาหารทางการค้าและเสริมด้วยหนอนนกในอัตราส่วน 50:50 จะได้รับผลตอบแทนจากการผลิตแม่แคระสูงสุด ดังนั้น จึงควรใช้อาหารทางการค้าและเสริมด้วยหนอนนกที่อัตราส่วน 50:50 เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ของแม่แคระ อีกทั้งยังส่งผลให้มีผลตอบแทนจากการเลี้ยงแม่แคระสูงขึ้นด้วย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณหมวดเงินรายได้ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556

เอกสารอ้างอิง

- กรสิริ ศรีนิล ไสว บุรณพานิชพันธุ์ เยาวลักษณ์ จันทรียง จิราพร กุลสาริน และ วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ. 2554. ศักยภาพของหนอนนกยักษ์ *Zophobas morio* Fabricius ในการเป็นอาหารของมดพิฆาต *Eocanthecia furcellata* (Wolff). วารสารเกษตร 27(3): 209-218.
- กฤติยา เลิศชุมเหะเกียรติ. 2556. ความล้มเหลวทางการสืบพันธุ์. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://elearning.su.ac.th/elearning-uploads/lib/document/reproductive%20failure_7d8f.ppt (20 พฤศจิกายน 2556).

- ณัฐพล วนาศิลป์ศิริวงศ์. 4 กุมภาพันธ์ 2554. 'แม่แคระ หน้าต่าง' สัตว์เลี้ยงเงินหมื่น. ผู้จัดการรายวัน.
- ณัณณรัตน์ คุ่มครอง และ กมลพรรณ เจือกโวัน. 2556. ผลของการเสริมหนอนรำข้าวสาลีต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ของแม่แคระ. การประชุมวิชาการระดับชาติราชภัฏสุราษฎร์ธานีวิจัย ครั้งที่ 9. สุราษฎร์ธานี: 1-6.
- เบญจรัตน์ วิทยาปัญญาพันธ์ สุชีพ รัตสาร นรสิทธิ์ ตระกูลช่าง นาม ศิริเสถียร และ ดำพล พัวพาณิช. 2524. ผลของระดับพลังงานและโปรตีนในอาหารต่อลักษณะและคุณสมบัติทางการสืบพันธุ์ของแม่สุกรสาว, ใน: การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 19 สาขาสัตว (หมวดสัตวบาล), (27-28). 3-5 กุมภาพันธ์ 2524 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ปิยะขวัญ เชื้อชูชาติ สิริรัตน์ ชัดวิจิตรกุล อรวรีย์ จันทโรทัย และ เติ้จ ธรรมรักษ์. 2553. ผลของอายุเมื่อเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ของสุกรสาวต่อสมรรถภาพทางการสืบพันธุ์เมื่อเป็นแม่สุกร. การประชุมทางวิชาการ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48. กรุงเทพฯ: 231-237.
- พีรวัจน์ ชูเพ็ง และโสภณ บุญล้ำ. 2552. การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไก่พื้นเมืองโดยใช้หนอนรำข้าวสาลีเป็นแหล่งอาหารโปรตีนเสริม. เครือข่ายการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนฐานราก สกอ. ภาคใต้ตอนบน.
- ศิริพร สารคล่อง ชวง สารคล่อง และ พชรินทร์ สายทอง. 2555. การศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการเลี้ยงแม่สุกรพื้นเมืองภายใต้รูปแบบการให้อาหารที่แตกต่างกันในเขตจังหวัดสกลนคร. แก่นเกษตร 40: 321-330.
- สำนักความหลากหลายทางชีวภาพ. 2555. ชนิดพันธุ์ต่างถิ่น มิตรแท้หรือผู้รุกราน. Bio brief 4(18).
- โสภณ บุญล้ำ. 2556. คู่มือเพาะเลี้ยงหนอนนก. โครงการคลินิกเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี, สุราษฎร์ธานี. 30 หน้า.

- Amaral, F. W. S., M. L. Bernardi, I. Wentz and F. P. Bortolozzo. 2010. Reproductive performance of gilts according to growth rate and backfat thickness at mating. *Animal Reproduction Science* 121(1-2): 139-144.
- AOAC. 2000. Official methods of analysis. 17th ed. Washington, D. C., Association of official analytical chemists.
- Dick, G. 2013. Insects a La Carte. (Online). Available : <http://www.hedgehogheadquarters.com/secure/insects.htm> (June 24, 2013).
- Heidi, L. H. 2013. Introduction to the African Pygmy Hedgehog. (Online). Available : http://www.heidihoefer.com/pages/sm_mammals/intro_hedgehogs.pdf (June 20, 2013).
- Kimberly, G. 2012. Pet African Hedgehogs : A Complete Guide to Care. (Online). Available : <http://www.westcoasthedgehogs.com/files/hedgehogbook/index.html> (June 20, 2013).
- Lawler, A. 2004. Raising mealworms for animal food. (Online). Available: <http://www.aquaticcommunity.com> (November 29, 2012).
- Li, L. Y., Z. Zhao and H. Liu. 2013. Feasibility of feeding yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.) in bioregenerative life support systems as a source of animal protein for humans. *Acta Astronaut* 92: 103-109.
- Mugerwa, E.M. 1989. A review of reproductive performance of female Bos Indicus (Zebu) cattle. (Online). Available : <http://www.fao.org/wairdocs/ilri/x5442e/x5442e00.htm#Contents> (August 31, 2014).
- Santana, E. 2010. African Pygmy Hedgehog. (Online). Available: <http://www.untamedscience.com/biodiversity/animals/chordates/mammals/hedgehogs-and-moonrats/hedgehogs/atelerix/four-toed-hedgehog> (November 29, 2012).
- Tummaruk, P., N. Lundeheim, S. Einarsson and A. M. Dalin. 2000. Factors influencing age at first mating in purebred Swedish Landrace and Swedish Yorkshire gilts. *Animal Reproduction Science* 63(3-4): 241-253.

การชักนำให้เกิดต้นแฮพลอยด์โดยการเพาะเลี้ยงรังไข่ของข้าว สายพันธุ์ลูกผสมกลับ Rathu Heenati/KDML105//Chai Nat 1

Induction of Haploid Plants from Ovary Culture of Backcross Line Rathu Heenati/KDML105//Chai Nat 1

โสภณ บุญธรรม^{1/} ธีรยุทธ ตูจินดา^{2/} ณัฐา โพธาภรณ์^{3/}
และประสาทร สมิตะมาน^{1/}
*Sophon Boontham^{1/}, Theerayut Toojinda^{2/}, Nuttha Potapohn^{3/}
and Prasartporn Smitamana^{1/}*

(Received: 17 December 2013; Accepted: 18 September 2014)

Abstract: Callus induction from the rice ovaries of 2 backcross lines (BC₄F₃) of a cross Rathu Heenati/KDML 105 //Chai Nat 1 was performed on the N6 medium supplemented with different auxin and cytokinins combinations. Results showed that N6 medium supplemented with 2 mg/L of NAA, 2 mg/L of 2,4-D, 1 mg/L of kinetin, 500 mg/L of CH and 40 g/L of maltose gave the best result for the ovary callus induction, 11.00 and 6.60 % of CH75 and CH71 lines, respectively. Green plantlet regeneration from ovary calli successfully generated at the rate of 7.46 %, when culturing on MS medium supplemented with 2 mg/L of BAP, 0.5 mg/L of NAA, 500 mg/L of CH and 30 g/L of sucrose. Plants derived from ovary showed haploid characteristics. Chromosome number counting and microscopic observation on epidermal peels of expanded leaf confirmed that these plants were haploids.

Keywords: Rice, ovary culture, callus induction, plant regeneration, haploid plant

^{1/} สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

^{1/} Department of Biotechnology, Faculty of Graduate School, Chiangmai University, Muang, Chiang Mai 50200, Thailand

^{2/} หน่วยปฏิบัติการค้นหาและใช้ประโยชน์ยีนข้าว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

^{2/} Rice Gene Discovery Unit, Kasetsart University, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140, Thailand

^{3/} ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

^{3/} Department of Plant Science and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

บทคัดย่อ: จากการชักนำให้เกิดแคลลัสจากรังไข่ของข้าวลูกผสมกลับรุ่นที่ BC_4F_3 ที่ได้จาก Rathu Heenati/KDML105 //Chai Nat 1 จำนวน 2 สายพันธุ์ บนอาหาร N6 ที่เติมออกซินและไซโทไคนินร่วมกัน พบว่าบนอาหารสูตร N6 ที่เติม NAA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร, 2,4-D 2 มิลลิกรัมต่อลิตร, ไคนิน 1 มิลลิกรัมต่อลิตร, CH 500 มิลลิกรัมต่อลิตร และมอลโทส 40 กรัมต่อลิตร เหมาะสมต่อการชักนำให้เกิดแคลลัสของรังไข่มากที่สุด โดยให้เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัส 11.00 และ 6.60 เปอร์เซ็นต์ในข้าวสายพันธุ์ CH75 และ CH71 ตามลำดับ อัตราการเกิดต้นสีเขียวจากรังไข่ 7.46 เปอร์เซ็นต์ บนอาหารสูตร MS ที่เติม BAP 2 มิลลิกรัมต่อลิตร, NAA 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร, CH 500 มิลลิกรัมต่อลิตร และชูโครส 30 กรัมต่อลิตร โดยต้นสีเขียวที่ได้จากเพาะเลี้ยงรังไข่ทั้งหมดแสดงลักษณะที่เป็นต้นแฮพลอยด์ มีจำนวนโครโมโซมเพียงชุดเดียว ซึ่งสามารถยืนยันจากการนับจำนวนโครโมโซมและการตรวจสอบชั้นเอพิเอดอร์มิสของใบ

คำสำคัญ: ข้าว การเพาะเลี้ยงรังไข่ การชักนำให้เกิดแคลลัส การชักนำให้เกิดต้น ต้นแฮพลอยด์

คำนำ

ข้าวเป็นแหล่งอาหารหลักของประชากรมากกว่าครึ่งโลก และมีพื้นที่ปลูกข้าวในประเทศต่าง ๆ มากกว่า 100 ประเทศ ยกเว้นในทวีปแอนตาร์กติกา (antarctica) สำหรับในทวีปเอเชียปลูกและบริโภคข้าวถึง 91 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณข้าวทั้งหมดที่ผลิตได้ทั่วโลก (Bindeshwar *et al.*, 2007) การปรับปรุงพันธุ์ข้าวส่วนมากยังคงใช้วิธีการปรับปรุงพันธุ์ แบบดั้งเดิม (conventional breeding) ซึ่งยังคงมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพ ในขณะที่เทคโนโลยีชีวภาพทางด้านพืชมีส่วนช่วยในการพัฒนาสายพันธุ์ข้าว เพื่อให้มีผลผลิตสูง ต้านทานต่อโรคและความเครียดจากสิ่งมีชีวิต (biotic stress) และไม่มีชีวิต (abiotic stress) (Chen *et al.*, 2006) การนำเทคโนโลยีชีวภาพ เช่น วิธีการเพาะเลี้ยงรังไข่ (ovary culture) สามารถช่วยลดขั้นตอนและเพิ่มประสิทธิภาพในการปรับปรุงพันธุ์ให้ได้รวดเร็วและ เป็นไปตามวัตถุประสงค์ เนื่องจากสามารถผลิตต้นพืช double haploid ($2n=2x$) เพื่อใช้ในการสร้างสายพันธุ์พืชที่มีความคงตัวทางพันธุกรรม โดยการเพาะเลี้ยง haploid cell ที่เกิดจากการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (meiosis) ของเซลล์สืบพันธุ์ ซึ่งมีการจัดเรียงของยีนหรือโครโมโซมในหลายรูปแบบ จึงทำให้เกิดการกระจายตัวของยีน ออกมาในรูปแบบต่าง ๆ กัน และไม่มีผลต่อการข้ามของยีน เมื่อมีการชักนำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของชุดโครโมโซม (double haploid) จะทำให้ได้สายพันธุ์แท้ที่ไม่มีการกระจายตัวของลักษณะทางพันธุกรรม (fixed recombination) (Raina, 1989)

การชักนำให้เกิดต้นแฮพลอยด์จาก megaspore รายงานครั้งแรกโดย Uchimiy *et al.* (1971) โดยเพาะเลี้ยงรังไข่ที่ไม่ได้รับการผสมของข้าวโพด (*Zea mays*) และรังไข่ของ *Solanum melongena* เขาสังเกตการแบ่งเซลล์แฮพลอยด์ในแคลลัสและตั้งสมมุติฐานว่าสามารถที่จะชักนำให้เกิดต้นแฮพลอยด์ในสภาพปลอดเชื้อจาก angiosperm megagametophyte ได้ ในข้าวมีรายงานการชักนำให้เกิดต้นแฮพลอยด์จากรังไข่ที่ไม่ได้รับการผสม (unpollinated ovary culture) จากนักวิจัยหลายคน (De Beauville, 1980; Zhou and Yang, 1980, 1981a,b,c; Kuo, 1982; Yang and Zhou, 1982) ซึ่งถือเป็นรากฐานของงานวิจัยทางด้านนี้

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาวิธีการชักนำให้เกิดต้นแฮพลอยด์โดยการเพาะเลี้ยงรังไข่ของข้าวสายพันธุ์ลูกผสมกลับรุ่นที่ BC_4F_3 ที่ได้จาก Rathu Heenati/KDML 105//Chai Nat 1 เพื่อใช้ในการสร้างข้าวสายพันธุ์แท้

อุปกรณ์และวิธีการ

พันธุ์ข้าวที่ใช้ในการทดลองคือ สายพันธุ์ลูกผสมกลับ BC_4F_3 (Rathu Heenati/KDML 105//Chai Nat 1) จำนวน 2 สายพันธุ์ คือ สายพันธุ์ CH71 และ CH75 ขยายพันธุ์ข้าวในสภาพปลอดเชื้อบนอาหารสูตร MS (Murashige and Skoog, 1962) ที่ไม่เติมฮอร์โมน เพิ่มปริมาณต้นข้าวด้วยวิธีการ sub culture บนอาหารสูตร MS ที่เติมฮอร์โมน BAP (benzylaminopurine)

ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร จากนั้นประมาณ 4 สัปดาห์ เลือkdต้นข้าวที่แข็งแรงย้ายลงบนอาหาร MS ที่เติมฮอร์โมน IAA (indole-3-acetic acid) ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตรเพื่อเพิ่มการเกิดราก ประมาณ 3-4 สัปดาห์จึงนำออกปลูกในกระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 นิ้ว โดยผ่านการปรับสภาพก่อนปลูกลงกระถาง ใส่ปุ๋ย สูตร 46-0-0 หลังปลูก 7 วัน เมื่อดันข้าวเข้าสู่ระยะตั้งท้อง (booting stage) เลือกเก็บช่อดอกจากต้นหลัก (main stem) ที่ปราศจากโรคและแมลง มีระยะห่างระหว่างข้อใบตรงกับข้อใบที่อยู่ถัดลงมาประมาณ 12-16 เซนติเมตร โดยตัดดอกในช่วงเวลา 08.00-10.00 นาฬิกา ทำความสะอาดช่อดอกด้วยการฉีดพ่นด้วยเอทานอล 70 เปอร์เซ็นต์ที่กาบใบในขณะเก็บดอก เมื่อนำช่อดอกมาใช้ ฉีกกาบใบออกแล้วฉีดพ่นด้วยเอทานอล 70 เปอร์เซ็นต์ที่ช่อดอกอีกครั้งจนชุ่ม จากนั้นตัดแยกดอกข้าวออกจากช่อดอกแล้วใช้มีดตัดแยกเปลือกดอกข้าว (lemma and palea) ออกจากกัน ตัดแยกอับเรณูและรังไข่ออกจากช่อดอก (rachilla) จากนั้นจึงตัดแยกรังไข่ออกจากอับเรณูและนำรังไข่ไปใช้ในการทดลอง ซึ่งขั้นตอนนี้ทำได้ทั้งจุลทรรศน์แบบสามมิติ ภายในตู้ปลอดเชื้อ

การชักนำให้เกิดแคลลัสจากรังไข่

ใช้อาหารสูตร MS, N6 (Chu,1978) และ Chu-2 (Chu *et al.*, 1977) เป็นอาหารสูตรพื้นฐาน อาหารทุกสูตรเติม phytagel 2.5 กรัมต่อลิตร, CH (casein hydrolysate) 500 กรัมต่อลิตร และปรับระดับ pH ให้ได้ 5.8 โดยแบ่งอาหารออกเป็นทั้งหมด 8 สูตร ดังนี้ 1) A1 คือ N6 ที่เติม NAA (1-naphthalene acetic acid) 2 มิลลิกรัมต่อลิตร, ไคนิติน 1 มิลลิกรัมต่อลิตร และมอลโทส 50 กรัมต่อลิตร, 2) A2 คือ N6 ที่เติม NAA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร, 2,4-D (2,4-dichlorophenoxy acetic acid) 2 มิลลิกรัมต่อลิตร, ไคนิติน 3 มิลลิกรัมต่อลิตร และมอลโทส 50 กรัมต่อลิตร, 3) A3 คือ N6 ที่เติม NAA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร, 2,4-D 2 มิลลิกรัมต่อลิตร, ไคนิติน 1 มิลลิกรัมต่อลิตร และมอลโทส 40 กรัมต่อลิตร, 4) A4 คือ MS ที่เติม NAA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร, 2,4-D 2 มิลลิกรัมต่อลิตร, ไคนิติน 3 มิลลิกรัมต่อลิตร และมอลโทส 50 กรัมต่อลิตร, 5) A5 คือ Chu-2 ที่เติม NAA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร, 2,4-D 2 มิลลิกรัม

ต่อลิตร, ไคนิติน 3 มิลลิกรัมต่อลิตร และมอลโทส 50 กรัมต่อลิตร, 6) A6 คือ N6 ที่เติม 2,4-D 2 มิลลิกรัมต่อลิตร, ซอบิทอล 20 มิลลิกรัมต่อลิตร และซูโครส 40 กรัมต่อลิตร, 7) O1 คือ N6 ที่เติม BAP 1 มิลลิกรัมต่อลิตร, NAA 3 มิลลิกรัมต่อลิตร และซูโครส 40 กรัมต่อลิตร และ 8) O2 คือ N6 ที่เติม 2,4-D 2 มิลลิกรัมต่อลิตร และซูโครส 40 กรัมต่อลิตร

การชักนำให้เกิดต้นจากแคลลัสจากรังไข่

ใช้อาหารสูตร MS เป็นอาหารสูตรพื้นฐาน อาหารทุกสูตรเติม phytagel 2.5 กรัมต่อลิตร และปรับ pH ให้ได้ 5.8 โดยใช้แคลลัสที่มีขนาด 2-3 มิลลิเมตร และแคลลัสที่มีขนาดใหญ่กว่า 3 มิลลิเมตรขึ้นไปวางลงบนอาหารเพาะเลี้ยงในตู้ควบคุมแสงและอุณหภูมิ ให้ได้รับแสง 16 ชั่วโมงและความมืด 8 ชั่วโมง อุณหภูมิ 26 ±2 องศาเซลเซียส อาหารสำหรับการชักนำให้เกิดต้นจากแคลลัสมีทั้งหมด 4 สูตรดังนี้ 1) AR1 คือ MS ที่เติม BAP 2 มิลลิกรัมต่อลิตร, NAA 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร, CH 500 มิลลิกรัมต่อลิตร และซูโครส 30 กรัมต่อลิตร, 2) AR2 คือ MS ที่เติม NAA 1 มิลลิกรัมต่อลิตร, ไคนิติน 4 มิลลิกรัมต่อลิตร และซูโครส 30 กรัมต่อลิตร, 3) AR3 คือ N6 ที่เติม NAA 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร, IAA 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร, ไคนิติน 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และซูโครส 30 กรัมต่อลิตร และ 4) AR4 คือ N6 ที่เติม NAA 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร, IAA 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร, BAP 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร, ไคนิติน 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และซูโครส 30 กรัมต่อลิตร

การศึกษาจำนวนโครโมโซม และการตรวจสอบชั้นเอพิเดอร์มิส

ตัดปลายรากข้าว (root tips) ยาว 1 เซนติเมตร แช่สารละลายโคลชิซิน (colchicine) ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ (w/v) นาน 2-3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 18-20 องศาเซลเซียสในที่มืด จากนั้นนำมาแช่ในสารละลาย KCl ความเข้มข้น 0.075 โมลาร์ (hypotonic solution) ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 นาที แล้วนำมาแช่ในสารละลายเอนไซม์ (6% (w/v) cellulase and 6% (w/v) pectolyase, pH 4.0) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 40 นาที นำเนื้อเยื่อเจริญบริเวณปลายรากวางบน

สไลด์ ทำให้เนื้อเยื่อแตก แล้วปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ (cover-slips) กดให้เซลล์อยู่ระนาบเดียวกัน ปล่อยให้แห้ง (air-drying) แล้วย้อมด้วยสี Giemsa Stain (4 percent (w/v) giemsa solution, pH 6.8) เป็นเวลา 30 นาที ตรวจนับจำนวนโครโมโซมในระยะเมทาเฟสภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 1,000 เท่า ดัดแปลงจาก Kharabian and Darabi (2005)

ตรวจสอบชั้นเอพิเดอร์มิสของใบ โดยการลอกผิวใบด้านบนออกให้เป็นเนื้อเยื่อบาง ๆ วางบนสไลด์ หยดน้ำกลั่นลงบนชิ้นส่วนใบ และปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ นำมาศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า

ผลการทดลอง

ผลการชักนำให้เกิดแคลลัสจากรังไข่

จากการเพาะเลี้ยงรังไข่บนอาหารสูตรต่าง ๆ พบว่าเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสบนอาหารแต่ละสูตรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาหารสูตรที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดคือ อาหารสูตร A3 (N6 ที่เติม NAA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร, 2,4-D 2 มิลลิกรัมต่อลิตร, ไคนิน 1 มิลลิกรัมต่อลิตร, CH 500 มิลลิกรัมต่อลิตร และ มอลโทส 40 กรัมต่อลิตร) สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสสูงที่สุด 11.00 เปอร์เซ็นต์ในข้าวสาลีพันธุ์ CH75 และ 6.60 เปอร์เซ็นต์ในข้าวสาลีพันธุ์ CH71 รองลงมาคือสูตร A2

(N6 ที่เติม NAA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร, 2,4-D 2 มิลลิกรัมต่อลิตร, ไคนิน 3 มิลลิกรัมต่อลิตร, CH 500 มิลลิกรัมต่อลิตร และ มอลโทส 50 กรัมต่อลิตร) สามารถชักนำให้เกิดแคลลัส 7.41 เปอร์เซ็นต์ในข้าวสาลีพันธุ์ CH75 และ 5.33 เปอร์เซ็นต์ในข้าวสาลีพันธุ์ CH71 (ตารางที่ 1) โดยพบการเกิดแคลลัสจากรังไข่ทั้งที่เป็นสีเขียว สีขาว และสีน้ำตาล (ภาพที่ 1) รังไข่สร้างแคลลัสหลังจากเพาะเลี้ยงประมาณ 10 ถึง 45 วัน แคลลัสที่เกิดจากรังไข่ส่วนใหญ่เป็นสีเหลืองอ่อน มีลักษณะแคลลัสเป็นกลุ่มเซลล์ที่เกาะตัวกันแน่น (compact callus) มีบางส่วนเท่านั้นที่เป็นสีขาว และเป็นกลุ่มเซลล์ที่เกาะตัวกันอย่างหลวม ๆ (friable callus)

ผลการชักนำให้เกิดต้นจากแคลลัสของรังไข่

จากการทดลองพบว่าสูตรอาหารที่มีประสิทธิภาพสำหรับการชักนำให้เกิดต้นจากแคลลัสของรังไข่คือ อาหารสูตร AR1 (MS ที่เติม BAP 2 มิลลิกรัมต่อลิตร, NAA 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร, CH 500 มิลลิกรัมต่อลิตร และ ซูโครส 30 กรัมต่อลิตร) ให้เปอร์เซ็นต์การขยายขนาดของแคลลัสสูงสุด 74.63 เปอร์เซ็นต์ สามารถชักนำให้เกิดต้นสีเขียว 7.46 เปอร์เซ็นต์ และเกิดต้นเผือก 1.49 เปอร์เซ็นต์ ในขณะเดียวกันก็ส่งผลให้แคลลัสเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (browning) 32.16 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2) แคลลัสใช้เวลาในการพัฒนาเป็นยอดหลังจากเพาะเลี้ยง 4-7 วัน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการพัฒนาจากแคลลัสที่มี

Table 1 Callus formation percentage from ovaries of backcross lines (BC₄F₃) of a cross Rathu Heenati/KDML 105//Chai Nat 1 lines CH71 and CH75 cultured on induction media

Callus induction media	Number of culture		Number of callus formation		Percent of callus formation*	
	CH71	CH75	CH71	CH75	CH71	CH75
A1	124	129	5	4	4.08 ab	3.16 c
A2	131	128	7	9	5.33 a	7.14 b
A3	137	129	9	14	6.60 a	11.00 a
A4	133	130	0	0	0.00 c	0.00 c
A5	133	125	5	4	3.81 ab	3.16 c
A6	135	126	3	2	2.15 bc	1.48 c
O1	143	136	0	0	0.00 c	0.00 c
O2	130	135	0	0	0.00 c	0.00 c

*Means within the same column followed by different letters were significantly different at $P<0.05$ by LSD

การแบ่งตัวจนมีขนาดประมาณ 5 มิลลิเมตรขึ้นไป และมีการพัฒนาของยอดจากหลายจุดบนแคลลัสขึ้นเดียวกัน (ภาพที่ 2) ยอดที่เกิดขึ้นสามารถพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ภายในเวลา 15 วัน ในการทดลองนี้สามารถชักนำให้เกิด

ต้นจากแคลลัสได้ทั้งหมดจำนวน 5 ต้น ต้นที่ได้นำมาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่ไม่เติมฮอร์โมนเพื่อเลี้ยงให้ต้นเจริญเติบโตและนำไปใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป

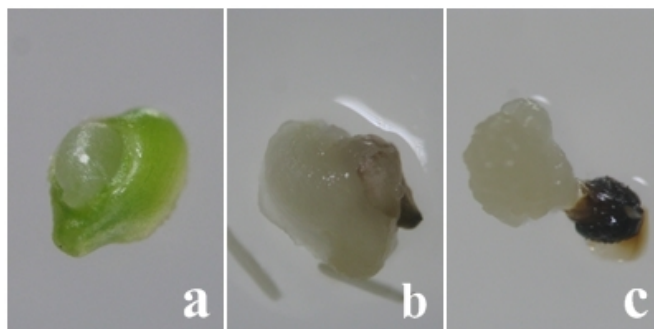


Figure 1 The development of callus generated from various shapes of ovary of backcross lines (BC_4F_3) of a cross Rathu Heenati/KDML 105//Chai Nat 1 after culture on callus induction medium for 10-45 days from; a) green, b) white and c) brown ovaries

Table 2 Development of calli from ovaries of backcross lines (BC_4F_3) of a cross Rathu Heenati/KDML 105//Chai Nat 1 line CH75 on regeneration media

Regeneration media	Number of culture ovaries	Browning calli (%)	Proliferated calli (%)	Plant formation (%)	
				Green plantlets	Albino plantlets
AR1	67	32.16	74.63	7.46	1.49
AR2	84	52.08	52.38	0	0
AR3	72	40.32	31.94	0	0
AR4	65	22.10	52.31	0	1.54

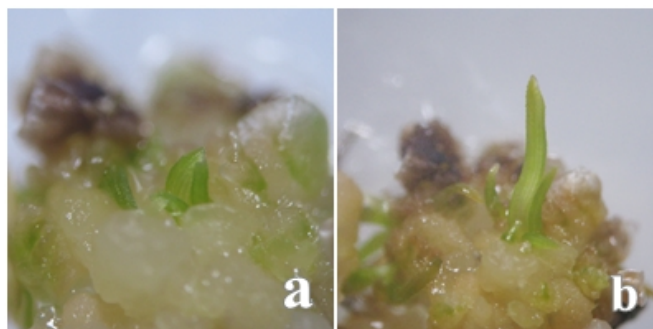


Figure 2 Shoot development from callus of ovary cultured on plant regeneration medium for; a) 4 days and b) 7 days

การศึกษาจำนวนโครโมโซม และตรวจสอบชั้นเอพิเดอร์มิสของใบ

จากการตรวจสอบจำนวนโครโมโซม และชั้นเอพิเดอร์มิสของใบข้าว พบว่าต้นข้าวที่พัฒนามาจากแคลลัสจากการเพาะเลี้ยงรังไข่ของข้าวมีลักษณะเป็นต้นแฮพลอยด์ (haploid plant) ซึ่งต้นแฮพลอยด์ที่ได้มีจำนวนโครโมโซมลดลงครึ่งหนึ่งจากต้นปกติ (donor plant) โดยต้นแฮพลอยด์มีจำนวนโครโมโซม $2n=12$ ส่วนต้นปกติมีจำนวนโครโมโซม $2n=24$ ขนาดของเซลล์คุม (guard cell) ของต้นแฮพลอยด์เล็กกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับต้นปกติ และมีจำนวนเซลล์คุมต่อพื้นที่มากกว่าต้นปกติ (ภาพที่ 3)

วิจารณ์

จากทดลองเพาะเลี้ยงรังไข่ของข้าวบนอาหารสูตรต่าง ๆ พบว่าอาหารสูตรพื้นฐาน N6 มีประสิทธิภาพสูงสุดในการชักนำให้เกิดแคลลัสจากรังไข่ของข้าว อาหารสูตรพื้นฐาน N6 ถูกพัฒนาขึ้นโดย Chu *et al.* (1975) เพื่อใช้ในการเพาะเลี้ยงไมโครสปอร์ของข้าวโดยอาศัยหลักการที่ว่าปริมาณของ NH_4^+ ในอาหารมีผลต่อการชักนำไมโครสปอร์ของข้าวให้เกิดการแบ่งตัวเป็นแคลลัส และ

การลดปริมาณ NH_4^+ ส่งผลต่อการเกิดแคลลัสในข้าว อินดิกาได้ดีมากขึ้น ซึ่งต่อมา Zhou and Yang (1980, 1981) และ Kuo (1982) ประสบความสำเร็จในการชักนำให้เกิดแคลลัสจากรังไข่ของข้าวบนอาหารสูตรพื้นฐาน N6 นอกจากอาหารสูตรพื้นฐานมีความสำคัญต่อการชักนำให้เกิดแคลลัสจากรังไข่ของข้าวแล้วการเลือกใช้ชนิดและความเข้มข้นของฮอร์โมนก็มีส่วนสำคัญ ในการทดลองนี้ ประสบความสำเร็จในการชักนำให้เกิดแคลลัสจากรังไข่ของข้าวบนอาหารสูตร N6 ที่เติม NAA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร, 2,4-D 2 มิลลิกรัมต่อลิตร, โคไนนิน 1 มิลลิกรัมต่อลิตร สอดคล้องกับการทดลองของ Rongbai *et al.* (1998) ซึ่งพบว่าการใช้ฮอร์โมน 2,4-D 0.2-0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร และโคไนนิน 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ผลที่ดีและเหมาะสมต่อการชักนำให้เกิดแคลลัสจากรังไข่ของข้าว จากการทดลองชี้ให้เห็นว่าอาหารที่มีอัตราส่วนของออกซิน (auxins) สูงกว่าไซโทไคนิน (cytokinin) ให้ผลดีในการชักนำให้เกิดแคลลัสจากรังไข่ กล่าวคือเมื่อลดความเข้มข้นของ โคไนนิน จาก 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้เหลือเพียง 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสเพิ่มขึ้นจาก 5.33 เป็น 6.00 เปอร์เซ็นต์ในข้าวสายพันธุ์ CH71 และจาก 7.14 เป็น

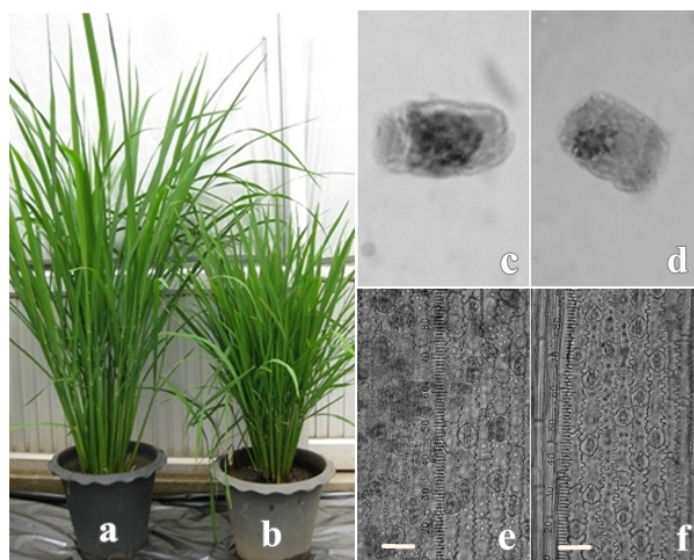


Figure 3 Characteristics comparison of plant; a) donor plant backcross lines (BC_4F_3) of a cross Rathu Heenati/KDML 105//Chai Nat 1, b) haploid plant derived from ovary culture, chromosome number of; c) donor plant, d) haploid plant derived from ovary culture, guard cell number and size of; e) donor plant, f) haploid plant derived from ovary culture (bar = 40 μ m)

11.00 เปอร์เซ็นต์ในข้าวสายพันธุ์ CH75 การเลือกใช้ BAP ร่วมกับ NAA หรือการใช้ 2,4-D เพียงชนิดเดียวบนอาหารสูตร N6 ไม่สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสจากรังไข่ของข้าวได้

การชักนำให้เกิดต้นสีเขียว (green plant regeneration) จากแคลลัสของรังไข่ พบว่าความสมดุลของออกซินและไซโทไคนินมีความสำคัญต่อการขยายตัวและการพัฒนาไปเป็นยอดหรือรากจากแคลลัสเป็นอย่างมาก (Raina, 1989) ถ้าอัตราส่วนของไซโทไคนินสูงกว่าออกซินแคลลัสจะพัฒนาไปเป็นยอดมากกว่าราก แต่ถ้าอัตราส่วนของออกซินสูงกว่าไซโทไคนิน แคลลัสจะมีการพัฒนาไปเป็นรากมากกว่ายอด (ไพบุลย์, 2524) ในการทดลองนี้ประสบความสำเร็จในการชักนำให้เกิดต้นสีเขียวบนอาหารสูตร MS ที่เติม BAP 2 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีอัตราส่วนอัตราส่วนของไซโทไคนินสูงกว่าออกซิน แต่เมื่อทดลองเปลี่ยนชนิดของไซโทไคนินจาก BAP มาเป็น โคไนทิน ไม่พบการเกิดต้นจากแคลลัสของรังไข่ นอกจากนี้ยังพบว่าแคลลัสจากรังไข่ที่มีลักษณะเป็นกลุ่มเซลล์เกาะตัวกันแน่น มีความสามารถในการพัฒนาไปเป็นยอดและต้นสีเขียวมากกว่าแคลลัสที่มีลักษณะเป็นกลุ่มเซลล์เกาะตัวกันอย่างหลวม ๆ (Toriyama *et al.*, 1986)

จากการนับจำนวนโครโมโซม และตรวจสอบชั้นเอพิเดอร์มิสของใบข้าวพบว่าต้นที่เกิดจากการเพาะเลี้ยงรังไข่ทั้งหมดมีลักษณะเป็นต้นแฮพลอยด์ แสดงให้เห็นว่าแคลลัสที่ได้จากรังไข่นั้นเกิดจากการแบ่งตัวของ haploid cell ภายในรังไข่ของข้าว สอดคล้องกับรายงานของ Zhou and Yang (1981 a, b) ซึ่งกล่าวไว้ว่าการแบ่งเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย (gynogenesis) ภายในรังไข่ของข้าวขณะเพาะเลี้ยงเกิดขึ้นเมื่อรังไข่เข้าสู่ระยะแกมีโทไฟต์อย่างสมบูรณ์ (mature gametophyte) พบการพัฒนาการเกิด proembryos จากการแบ่งเซลล์ของไข่ (egg cell) บริเวณส่วนปลายของไมโครไพล์ (micropyle) โดยการตัดเนื้อเยื่อรังไข่ของข้าวด้วยเทคนิค paraffin section ในขณะเพาะเลี้ยงมาศึกษา การทดลองในข้าวนี้ถูกยืนยันโดย Kuo (1982) และ Huang *et al.* (1982) ในข้าวบาร์เลย์ (*Hordeum vulgare* L.)

สรุป

อาหารสูตรที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการเพาะเลี้ยงรังไข่ คือ อาหารสูตร N6 ที่เติม NAA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร, 2,4-D 2 มิลลิกรัมต่อลิตร, โคไนทิน 1 มิลลิกรัมต่อลิตร, CH 500 มิลลิกรัมต่อลิตร และมอลโทส 40 กรัมต่อลิตร แคลลัสจากรังไข่ของข้าวสายพันธุ์ที่ CH75 สามารถใช้ชักนำให้เกิดต้นสีเขียวบนอาหารสูตร MS ที่เติม BAP 2 มิลลิกรัมต่อลิตร, NAA 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร, CH 500 มิลลิกรัมต่อลิตร และซูโครส 30 กรัมต่อลิตร และเมื่อนำต้นที่ได้จากรังไข่มาตรวจสอบจำนวนโครโมโซม และชั้นเอพิเดอร์มิสของใบพบว่า ต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงรังไข่ทั้งหมดมีลักษณะเป็นต้น แฮพลอยด์ โดยมีจำนวนโครโมโซมลดลงครึ่งหนึ่ง ขนาดของเซลล์คุมลดลง และมีจำนวนเซลล์คุมต่อพื้นที่น้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับต้นแม่ ซึ่งต้นข้าวแฮพลอยด์ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงรังไข่สามารถนำไปเพิ่มจำนวนชุดโครโมโซม (doubled haploid) ด้วยการใช้สารโคลชิซิน เพื่อสร้างข้าวสายพันธุ์แท้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหน่วยปฏิบัติการค้นหาและใช้ประโยชน์จากยีนข้าว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม สำหรับเงินทุนสนับสนุนการทำงานวิจัย ขอขอบคุณคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และศูนย์วิจัยเทคโนโลยีชีวภาพทางด้านพืช มูลนิธิโครงการหลวง ที่ให้การสนับสนุนด้านเครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมี ในการทำงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- ไพบุลย์ กวินเลิศวัฒนา. 2524. หลักการและวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 109 หน้า.
- Bindeshwar S. P., R. K. Niroula and H. P. Bimb. 2007. Culture of embryo with a segment of ovary Improved germination and

- crossability of distant hybrids in indica rice. Scientific World 5 (5): 46-50.
- Chen, C., H. Xiao, W. Zhang, A. Wang, Z. Xia, X. Li, W. Zhai, Z. Cheng and Z. Zhu. 2006. Adapting rice anther culture to gene transformation and RNA interference. Science in China Series C: Life Sciences 49: 414-428.
- Chu, C. C., C. C. Wang, C. S. Sun, C. Hsu, K. C. Yin, C. Y. Chu and F. Y. Bi. 1975. Establishment of an efficient medium for anther culture of rice through comparative experiment on the nitrogen sources. Scientia Sinica 18: 659-668.
- Chu, C. C. 1978. The N6 medium and its application to anther culture of cereal crops. pp. 43-50. In: Proceedings of Symposium on Plant Tissue Culture. Science Press, Peking.
- Chu, Q. R., H. X. Cao and S. Linscombe. 1977. A novel medium for induction of embryogenic callus in rice anther culture of Southern US crosses. Rice Biotechnology Quarterly 32: 19-20.
- De Beauville, A. M. 1980. Obtention haploides in vitro a partir d'ovaires non fecondes de riz, *Oryza sativa* L. Comptes Rendus Hebdomadaires des Seances de l'Academie des Sciences. Serie D 296: 489-492.
- Huang, Q. F., H. Y. Yang. and C. Zhou. 1982. Embryological observations on ovary culture of unpollinated young flowers in *Hordeum vulgare* L. Acta Botanica Sinica 24: 295-300.
- Kharabian, A. and A. Darabi. 2005. Characterization of some chromosomal aberrations in regenerated rice plants (*Oryza sativa*). Plant cell, Tissue and Organ Culture 83: 161-168.
- Kuo, C. S. 1982. The preliminary studies on culture of unfertilized ovary of rice in vitro. Acta Botanica Sinica 24: 33-38.
- Toriyama, K., K. Hinata and T. Sasaki. 1986. Haploid and diploid plant regeneration from protoplasts of anther callus in rice. Theoretical and Applied Genetics 73(1): 16-19.
- Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. Physiologia Plantarum 15(3): 473-497.
- Raina, S. K. 1989. Tissue culture in rice improvement: Status and potential. Advances in Agronomy 42: 339-397.
- Rongbai, L., M. P. Pandey, G. K. Garg, S. K. Pandey, D.K. Dwivedi and Ashima. 1998. Development of a technique for *in vitro* unpollinated ovary culture in rice, *Oryza sativa* L.. Euphytica 104: 159-166.
- Uchimiya, H., T. Kameya and N. Takanashi. 1971. *In vitro* culture of unfertilized ovules in *Solanum melongena* and *Zea mays*. Japanese Journal of Breeding 21: 247-250.
- Yang, H. Y. and C. Zhou. 1982. *In vitro* induction of haploid plants from unpollinated ovaries and ovules. Theoretical and Applied Genetics 63(2): 97-104.
- Zhou, C. and H.Y. Yang. 1980. In vitro induction of haploid plantlets from unpollinated young ovaries of *Oryza sativa* L.. Acta Genetica Sinica 7: 287-288.
- Zhou, C. and H. Y. Yang. 1981a. Induction of haploid rice plantlets by ovary culture. Plant Science Letters 20: 231-237.
- Zhou, C. and H. Y. Yang. 1981b. Studies on the in vitro induction of callus from embryo sac of rice. Hereditas 3(5): 10-12.

Zhou, C. and H. Y. Yang. 1981c. In vitro
embryogenesis in unfertilized embryo sacs
of *Oryza sativa* L. Acta Botanica Sinica 23:
176-180.

ความสามารถในการรวมตัวของลักษณะผลผลิต ของพริกที่ใช้แม่พันธุ์รักษาเพศผู้เป็นหมัน

Combining Abilities for Yield Performances of Chili Using Maintainers as Female Parents

ขวัญดาว แก้วสมบัติ¹ และมณีฉัตร นิกอร์พันธุ์^{1*}
Kwandao Kaewsombat¹ and Maneechat Nikornpun^{1*}

(Received: 18 January 2013; Accepted: 16 September 2014)

Abstract: Prospective genotypes of chili varieties CA1441-J-8 and CA1442 were evaluated. They were crossed with male sterile varieties PEPAC32 and PEPAC38. Pollen of F_1 hybrids were evaluated by using a fertility scoring method. The study revealed that prospective genotypes of CA1441-J-8 and CA1442 varieties were B lines or maintainers. Combining abilities of chili were studied by crossing female parents CA1441-J-8 and CA1442 with 6 male parents; CA1446-8-2, CA1447-4-19, CA1448-5-13, CA1449-2-5, CA1450-3-6, and CA1451-5-11. The F_1 hybrids, parental varieties, and commercial varieties were compared. It was found that yield of F_1 hybrid CA1441-J-8 $\times$ CA1450-3-6 was not significantly different from most of F_1 hybrids, but the yield was higher than female parents, most of male parents, and commercial varieties (Table 2). The F_1 hybrid CA1442 $\times$ CA1447-4-19 showed the highest fruit weight, 75.61 g, which was higher than all varieties evaluated. The female parent CA1441-J-8 showed positive and significantly different of general combining abilities (GCA) for fruit length. The female parent CA1442 showed positive and significantly different of GCA for fruit weight. The male parent CA1450-3-6 showed positive and significantly different of GCA for yield, fruit weight, and fruit width. The male parent CA1447-4-19 showed positive and significantly different of GCA for fruit weight, fruit width, and fruit length. The male parent CA1448-5-13 showed positive and significantly different of GCA for fruit length. Some F_1 hybrids from these parents showed positive and significantly different of specific combining abilities (SCA). Most of F_1 hybrids exhibited positive significantly different heterosis for fruit number per plant, fruit weight, fruit width, and fruit length. The F_1 hybrids, CA1441-J-8 $\times$ CA1450-3-6, CA1442 $\times$ CA1447-4-19, CA1442 $\times$ CA1448-5-13, and CA1442 $\times$ CA1450-3-6 have potential to be used as parents for chili hybrid development.

Keywords: Chili, F_1 hybrid, combining ability, heterosis

^{1/} ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

^{1/} Department of Plant Science and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

* Corresponding author: E-mail address: maneechat.n@gmail.com

บทคัดย่อ: การประเมินพันธุกรรมของพริกพันธุ์ CA1441-J-8 และ CA1442 ดำเนินการโดยผสมพันธุ์กับแม่พันธุ์เพศผู้เป็นหมัน PEPAC32 และ PEPAC38 แล้วตรวจสอบความมีชีวิตของเรณูของลูกผสมชั่วที่หนึ่ง พบว่า พันธุ์ CA1441-J-8 และ CA1442 มีพันธุกรรมแบบพันธุ์รักษาเพศผู้เป็นหมัน หรือ B line ศึกษาความสามารถในการรวมตัวของพริกโดยผสมข้ามระหว่างแม่พันธุ์รักษาเพศผู้เป็นหมัน CA1441-J-8 และ CA1442 กับพ่อพันธุ์เพศผู้ปกติ 6 พันธุ์ ได้แก่ CA1446-8-2, CA1447-4-19, CA1448-5-13, CA1449-2-5, CA1450-3-6 และ CA1451-5-11 ผลการเปรียบเทียบพันธุ์ลูกผสมชั่วที่หนึ่งกับพ่อแม่พันธุ์ และพันธุ์การค้า พบว่า ลูกผสมชั่วที่หนึ่ง CA1441-J-8 × CA1450-3-6 ให้ผลผลิตไม่ต่างจากลูกผสมส่วนใหญ่ แต่ให้ผลผลิตสูงกว่าแม่พันธุ์ พ่อพันธุ์ส่วนใหญ่ และพันธุ์การค้า (ตารางที่ 2) ลูกผสมชั่วที่หนึ่ง CA1442 × CA1447-4-19 ให้น้ำหนักผลเฉลี่ย 75.61 กรัม ซึ่งสูงกว่าพริกทุกพันธุ์ที่ทดสอบ แม่พันธุ์ CA1441-J-8 มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทางบวกของลักษณะความยาวผล แม่พันธุ์ CA1442 มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทางบวกของลักษณะน้ำหนักผลเฉลี่ย พ่อพันธุ์ CA1450-3-6 มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทางบวกของปริมาณผลผลิต น้ำหนักผลเฉลี่ย และความกว้างผล พ่อพันธุ์ CA1447-4-19 มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทางบวกของลักษณะน้ำหนักผลเฉลี่ย ความกว้างผล และความยาวผล พ่อพันธุ์ CA1448-5-13 มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทางบวกของลักษณะความยาวผล ลูกผสมบางคู่ที่ได้จากพ่อแม่พันธุ์เหล่านี้ยังมีความสามารถในการรวมเฉพาะเจาะจงของบางลักษณะที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทางบวกด้วย ลูกผสมส่วนใหญ่แสดงความดีเด่นของลูกผสมที่เหนือกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อ-แม่ของลักษณะจำนวนผลต่อต้น น้ำหนักผลเฉลี่ย ความกว้างผล และความยาวผล ลูกผสมระหว่าง CA1441-J-8 × CA1450-3-6, CA1442 × CA1447-4-19, CA1442 × CA1448-5-13 และ CA1442 × CA1450-3-6 เหมาะสำหรับการพัฒนาพันธุ์พริกลูกผสม

คำสำคัญ: พริก พันธุ์ลูกผสม ความสามารถในการรวมตัว ความดีเด่นของลูกผสม

คำนำ

พริก (*Capsicum* spp.) เป็นพืชในวงศ์ Solanaceae มีแหล่งกำเนิดในเขตร้อนของทวีปอเมริกา (Purseglove, 1968) การผลิตพริกในประเทศไทยยังไม่เพียงพอต่อการบริโภค จากสถิติของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรในปี 2554 ประเทศไทยนำเข้าพริกแห้งจากต่างประเทศมีมูลค่า 766,273,487 บาท การใช้เมล็ดพันธุ์ลูกผสมเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะได้พริกผลผลิตสูงคุณภาพดี และตรงตามความต้องการของตลาด แต่เมล็ดพันธุ์ลูกผสมมีราคาแพง เพราะต้องใช้แรงงานในการตอนเกสรเพศผู้ก่อนผสมทำให้ต้นทุนการผลิตสูง การใช้พันธุ์แม่ที่มีเกสรเพศผู้เป็นหมันผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมทำให้ไม่เสียเวลา ตอนเกสรเพศผู้และช่วยลดต้นทุนการผลิตได้ (Meshram *et al.*, 1992) การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินพันธุกรรมของพริกและศึกษาความสามารถใน

การรวมตัวของลักษณะผลผลิตของพริกที่ใช้แม่พันธุ์รักษาเพศผู้เป็นหมัน เพื่อผลิตพันธุ์พริกลูกผสมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การประเมินพันธุกรรมควบคุมลักษณะความเป็นหมันของพริก

พันธุ์พริกลูกผสมชั่วที่หนึ่งได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างแม่พันธุ์เพศผู้เป็นหมัน PEPAC32 และ PEPAC38 กับพ่อพันธุ์ จำนวน 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ CA1441-J-8 และ CA1442 ช่วงระหว่างเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม 2552 ที่แปลงทดลองสาขาวิชาพืชสวน ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ ณ ศูนย์วิจัย สาริตและฝึกอบรมการเกษตรแม่เหิยะมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ แล้วนำเมล็ดพันธุ์ลูกผสมชั่วที่หนึ่งปลูกประเมินพันธุกรรมด้วยวิธีตรวจสอบความมีชีวิตของ

เรณูจากการย้อมสี (Gulyas *et al.*, 2006) โดยเฉพาะเมล็ดพันธุ์ลูกผสมชั่วที่หนึ่งคู่ผสมละ 30 ต้น ในเดือนมกราคม 2553 เมื่อเริ่มออกดอกสุ่มเก็บดอกตูมที่จะบานในวันถัดไป ต้นละ 5 ดอก เก็บไว้ 1 คืน แล้วย้อมเรณูด้วยสารละลายอะซิโตคาร์มิน 1 เปอร์เซ็นต์ ตรวจสอบความมีชีวิตของเรณูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ 3 ครั้งในช่วงการออกดอก ผลการตรวจสอบความมีชีวิตของเรณูของลูกผสมชั่วที่หนึ่งจะแสดงออกถึงพันธุกรรมของพ่อพันธุ์ ดังนี้

ก. ลูกผสมที่ย้อมสีเรณูไม่ติดสีทั้ง 30 ต้น แสดงว่าต้นพ่อพันธุ์ของลูกผสมนี้มียีนที่ควบคุมลักษณะความเป็นหมันในนิวเคลียสเป็น msms และพันธุกรรมในไซโทพลาซึมไม่เป็นหมันหรือปกติ (N)

ข. ลูกผสมที่ย้อมสีเรณูติดสีทั้ง 30 ต้น แสดงว่าต้นพ่อพันธุ์ของลูกผสมนี้มียีนที่ควบคุมลักษณะความเป็นหมัน เป็น MsMs และพันธุกรรมในไซโทพลาซึมอาจเป็นปกติ (N) หรือเป็นหมัน (S)

ค. ลูกผสมที่ย้อมสีเรณูบางต้นย้อมติดสี และบางต้นย้อมไม่ติดสีปนกัน แสดงว่าต้นพ่อพันธุ์ของลูกผสมนี้มียีนที่ควบคุมลักษณะความเป็นหมันเป็น Msms และพันธุกรรมในไซโทพลาซึมอาจเป็นปกติ (N) หรือเป็นหมัน (S)

ความสามารถในการรวมตัวของพริก

สร้างพันธุ์พริกลูกผสมชั่วที่หนึ่ง ในเดือนมิถุนายน 2552 โดยผสมพันธุ์ระหว่างแม่พันธุ์รักษาเพศผู้เป็นหมัน CA1441-J-8 และ CA1442 กับพ่อพันธุ์เพศผู้ปกติ จำนวน 6 พันธุ์ได้แก่ พันธุ์ CA1446-8-2, CA1447-4-19, CA1448-5-13, CA1449-2-5, CA1450-3-6 และ CA1451-5-11 เมื่อดอกใกล้บานตอนเกษตรเพศผู้ของแม่พันธุ์ก่อนผสมกับพ่อพันธุ์ เก็บเมล็ดลูกผสมแล้วปลูกเปรียบเทียบพันธุ์ลูกผสมชั่วที่หนึ่งกับพ่อ-แม่พันธุ์ และพันธุ์การค้าจำนวน 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์นางนวล TB2008 และพันธุ์ปากคลอง 192 ช่วงเดือนมีนาคมถึงมิถุนายน ปี 2554 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อกจำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้น บันทึกปริมาณผลผลิต จำนวนผลต่อต้น น้ำหนักผลเฉลี่ย ความกว้างผล และความยาวผล ประเมินความสามารถในการรวมตัวโดยวิเคราะห์

Line × Tester Analysis ด้วยวิธีของ Kempthorne (1957) และคำนวณความดีเด่นของลูกผสม (ดำเนิน, 2545) ดังนี้

$$\text{ความดีเด่นของลูกผสมที่เหนือกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อแม่} = \frac{\text{ค่าเฉลี่ยของลูกผสม} - \text{ค่าเฉลี่ยของพ่อและแม่}}{\text{ค่าเฉลี่ยของพ่อและแม่}} \times 100$$

ผลการศึกษา

การประเมินพันธุกรรมควบคุมลักษณะความเป็นหมันของพริกลูกผสมชั่วที่หนึ่งที่ได้จากการผสมระหว่างพันธุ์ CA1441-J-8 และ CA1442 กับแม่พันธุ์เพศผู้เป็นหมัน PEPAC32 และ PEPAC38 ย้อมสีเรณูด้วยอะซิโตคาร์มิน พบว่า ไม่ติดสีทุกต้น และบางต้นมีการปนเปื้อน คือ มีลักษณะเรณูเป็นหมันแต่มีเรณูที่เป็นปกติปนอยู่ด้วยไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ ในจำนวนต้นที่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าต้นพ่อพันธุ์ของลูกผสมนี้มียีนที่ควบคุมลักษณะความเป็นหมันในนิวเคลียสเป็น msms และพันธุกรรมในไซโทพลาซึมไม่เป็นหมันหรือปกติ (N) (ตารางที่ 1)

การเปรียบเทียบพันธุ์พริกลูกผสมชั่วที่หนึ่ง กับพ่อแม่พันธุ์และพันธุ์การค้า 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์นางนวล TB2008 และพันธุ์ปากคลอง 192 พบว่า ลูกผสม CA1441-J-8 × CA1450-3-6 ให้ผลผลิตสูงสุด เท่ากับ 32.55 ตัน/เฮกตาร์ รองลงมาคือลูกผสม CA1442 × CA1450-3-6 และ CA1442 × CA1448-5-13 ให้ผลผลิต 31.96 และ 30.51 ตัน/เฮกตาร์ ทั้งสามพันธุ์ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ ไม่ต่างทางสถิติกับลูกผสมส่วนใหญ่ พ่อพันธุ์ CA1450-3-6 และพันธุ์การค้า แต่ให้ผลผลิตมากกว่าแม่พันธุ์ CA1442 ลูกผสม CA1441-J-8 × CA1451-5-11 ให้จำนวนผลต่อต้นสูงสุดของพริกพันธุ์ทดสอบ เท่ากับ 24 ผล รองลงมาคือลูกผสม CA1441-J-8 × CA1450-3-6 และ CA1442 × CA1450-3-6 ให้จำนวนผลต่อต้นเท่ากันคือ 20 ผล ลูกผสมทั้งสามพันธุ์ให้จำนวนผลต่อต้นไม่ต่างกับลูกผสมส่วนใหญ่ พ่อพันธุ์ส่วนใหญ่ และพันธุ์การค้า นางนวล TB2008 แต่ให้จำนวนผลต่อต้น

Table 1 Fertility of pollen and genotypes of F_1 hybrid and male parent chilies

Variety	Number of plants		Genotypes	
	Fertile	Sterile	F_1 hybrids	Male parents
PEPAC32×CA1441-J-8	-	30S ^{1/}	S msms	N msms
PEPAC32×CA1442	-	28S+2I	S msms	N msms
PEPAC38×CA1441-J-8	-	30S	S msms	N msms
PEPAC38×CA1442	-	30S	S msms	N msms

^{1/}S is sterile plants, I is incompletely sterile plants with less than 5% normal pollen

มากกว่าแม่พันธุ์และ ลูกผสมที่มี CA1441-J-8 เป็นแม่พันธุ์ ลูกผสม CA1442×CA1447-4-19 ให้น้ำหนักผลเฉลี่ยสูงสุดของพริกพันธุ์ทดสอบเท่ากับ 75.61 กรัมต่อผล แม่พันธุ์ CA1441-J-8 ให้ผลที่มีความกว้างสูงสุด 6.01 เซนติเมตร ซึ่งกว้างกว่าพันธุ์พริกทั้งหมด รองลงมาคือ ลูกผสมของ CA1441-J-8 × CA1450-3-6, CA1442 × CA1447-4-19 และ CA1441-J-8 × CA1447-4-19 ซึ่งมีความกว้างผล เท่ากับ 4.56, 4.54 และ 4.49 เซนติเมตร ตามลำดับ ลูกผสมทั้งสามพันธุ์มีความกว้างผลไม่ต่างกันทางสถิติ พ่อพันธุ์ CA1447-4-19 ให้ความยาวผลสูงสุดของพริกพันธุ์ทดสอบ เท่ากับ 19.73 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับพันธุ์ทั้งหมด รองลงมาคือ พ่อพันธุ์เพศผู้ปกติ CA1451-5-11 ลูกผสม CA1441-J-8 × CA1447-4-19 และพ่อพันธุ์ CA1448-5-13 มีความยาวผล 19.09, 18.60 และ 17.45 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งความยาวผลของพริกทั้ง 3 พันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 1 และ ตารางที่ 2)

การประเมินความสามารถในการรวมตัวทั่วไปพบว่า แม่พันธุ์ CA1441-J-8 แสดงความสามารถในการรวมตัวทั่วไปของความยาวผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทางบวก มีค่า 0.66 และแสดงความสามารถในการรวมตัวทั่วไปของความกว้างผลในทางบวก แม่พันธุ์ CA1442 แสดงความสามารถในการรวมตัวทั่วไปของน้ำหนักผลเฉลี่ยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทางบวก เท่ากับ 2.27 และแสดงความสามารถในการรวมตัวทั่วไปของผลผลิตและจำนวนผลต่อต้นในทางบวก พ่อพันธุ์ CA1450-3-6 แสดงความสามารถในการรวมตัวทั่วไปของผลผลิตแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติใน

ทางบวกมีค่าเท่ากับ 7.69 พ่อพันธุ์ CA1447-4-19 และ CA1450-3-6 แสดงความสามารถในการรวมตัวทั่วไปของน้ำหนักผลเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทางบวกมีค่าเท่ากับ 13.63 และ 3.08 ตามลำดับ สำหรับลักษณะความกว้างผลพบว่า พ่อพันธุ์ CA1446-8-2, CA1447-4-19 และ CA1450-3-6 แสดงความสามารถในการรวมตัวทั่วไปแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทางบวกมีค่าเท่ากับ 0.06, 0.23 และ 0.11 ตามลำดับ พ่อพันธุ์ CA1447-4-19 และ CA1448-5-13 แสดงความสามารถในการรวมตัวทั่วไปของความยาวผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทางบวกมีค่าเท่ากับ 2.05 และ 1.34 ตามลำดับ ส่วนความสามารถในการรวมตัวเฉพาะเจาะจงของลูกผสมชั่วที่หนึ่ง พบว่า ลูกผสมชั่วที่หนึ่งของคู่ผสม CA1441-J-8 × CA1446-8-2, CA1441-J-8 × CA1449-2-5, CA1441-J-8 × CA1451-5-11, CA1442 × CA1447-4-19, CA1442 × CA1448-5-13 และ CA1442 × CA1450-3-6 มีค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะเจาะจงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทางบวกของน้ำหนักผลเฉลี่ย คู่ผสม CA1441-J-8 × CA1450-3-6, CA1441-J-8 × CA1451-5-11, CA1442 × CA1446-8-2 และ CA1442 × CA1448-5-13 มีความสามารถในการรวมตัวเฉพาะเจาะจงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทางบวกของความกว้างผล คู่ผสม CA1441-J-8 × CA1447-4-19, CA1441-J-8 × CA1449-2-5, CA1441 × CA1450-3-6, CA1441-J-8 × CA1451-5-11, CA1442 × CA1446-8-2 และ CA1442 × CA1448-5-13 มีความสามารถในการรวมตัวเฉพาะเจาะจงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทางบวกของความยาวผล (ตารางที่ 3)



Figure 1 Fruit characteristics of chilies; female parent varieties; (a) CA1441-J-8, (b) CA1442; male parent varieties; (c) CA1447-4-19, (d) CA1448-5-13, (e) CA1450-3-6 ; F1 hybrid varieties; (f) CA1441-J-8 x CA1447-4-19, (g) CA1441-J-8 x CA1450-3-6, (h) CA1442 x CA1447-4-19, (i) CA1442 x CA1448-5-13, (j) CA1442 x CA1450-3-6

การวิเคราะห์ความดีเด่นของลูกผสมที่เหนือกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อ-แม่ (%Hp) พบว่า ลักษณะผลผลิตของคู่ผสม CA1442 x CA1448-5-13, CA1442 x CA1450-3-6 และ CA1442 x CA1447-4-19 มีค่าสูงเท่ากับ 157.12, 110.51 และ 103.34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และคู่ผสม CA1442 x CA1449-2-5 มีค่าต่ำที่สุด แต่ทุกคู่ผสมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คู่ผสม CA1441-J-8 x CA1446-8-2, CA1441-J-8 x CA1449-2-5, CA1441-J-8 x CA1450-3-6, CA1441-J-8 x CA1451-5-11, CA1442 x CA1446-8-2, CA1442 x CA1447-4-19, CA1442 x CA1448-5-13, CA1442 x CA1449-2-5, CA1442 x CA1450-3-6 และ CA1442 x CA1451-5-11 มีจำนวนผลต่อต้นที่แสดงความดีเด่นของลูกผสมเหนือค่าเฉลี่ยของพ่อ-แม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทางบวก คู่ผสม CA1441-J-8 x CA1447-4-19, CA1441-J-8 x CA1449-2-5, CA1441-J-8 x CA1450-3-6, CA1441-J-8 x CA1451-5-11, CA1442 x CA1447-4-19, CA1442 x CA1448-5-13,

CA1442 x CA1449-2-5, CA1442 x CA1450-3-6 และ CA1442 x CA1451-5-11 มีน้ำหนักผลเฉลี่ยที่แสดงความดีเด่นของลูกผสมเหนือค่าเฉลี่ยของพ่อ-แม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทางบวก คู่ผสม CA1441-J-8 x CA1446-8-2, CA1442 x CA1447-4-19, CA1442 x CA1448-5-13, CA1442 x CA1449-2-5, CA1442 x CA1450-3-6 และ CA1442 x CA1451-5-11 มีความกว้างผลที่แสดงความดีเด่นของลูกผสมเหนือค่าเฉลี่ยของพ่อ-แม่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทางบวก คู่ผสม CA1441-J-8 x CA1446-8-2, CA1441-J-8 x CA1447-4-19, CA1441-J-8 x CA1448-5-13, CA1441-J-8 x CA1449-2-5, CA1441-J-8 x CA1450-3-6, CA1441-J-8 x CA1451-5-11, CA1442 x CA1446-8-2, CA1442 x CA1447-4-19, CA1442 x CA1448-5-13, CA1442 x CA1450-3-6 และ CA1442 x CA1451-5-11 มีความยาวผลที่แสดงความดีเด่นของลูกผสมเหนือค่าเฉลี่ยของพ่อ-แม่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทางบวก (ตารางที่ 4)

Table 2 Horticultural characteristics of chillies

Variety	Yield (t/ha)	Fruit number per plant	Fruit weight (g)	Fruit width (cm)	Fruit length (cm)
F1 hybrid					
CA1441-J-8 × CA1446-8-2	21.43 a-f ^{1/}	14 d-i	58.93 e	4.28 de	14.04 l
CA1441-J-8 × CA1447-4-19	20.67 a-f	14 d-h	68.24 b	4.49 bc	18.60 c
CA1441-J-8 × CA1448-5-13	21.64 a-f	11 g-i	39.45 k	3.95 h	17.17 e
CA1441-J-8 × CA1449-2-5	19.25 b-f	17 b-g	52.78 g	4.30 d	14.44 j
CA1441-J-8 × CA1450-3-6	32.55 a	20 a-f	54.51 f	4.56 b	16.64 f
CA1441-J-8 × CA1451-5-11	28.40 a-d	24 a	62.28 d	4.20 ef	15.69 h
CA1442 × CA1446-8-2	19.71 a-f	13 e-i	55.59 f	4.42 c	16.35 g
CA1442 × CA1447-4-19	28.65 a-d	18 a-f	75.61 a	4.54 b	16.47 fg
CA1442 × CA1448-5-13	30.51 a-c	16 b-h	61.86 d	4.15 f	16.48 fg
CA1442 × CA1449-2-5	14.28 ef	15 d-h	50.06 h	4.30 d	11.46 n
CA1442 × CA1450-3-6	31.96 ab	20 a-d	68.25 b	4.23 d-f	14.26 k
CA1442 × CA1451-5-11	25.77 a-e	19 a-f	52.01 g	4.05 g	13.92 l
Female parent					
CA1441-J-8	15.56 d-f	10 hi	66.01 c	6.01 a	10.79 o
CA1442	9.51 f	7 i	59.30 e	3.97 gh	8.30 p
Male parent					
CA1446-8-2	16.99 d-f	10 hi	55.57 f	4.00 gh	15.50 i
CA1447-4-19	18.67 c-f	18 a-f	45.03 i	2.64 n	19.73 a
CA1448-5-13	14.22 ef	13 f-i	38.77 k	2.75 m	17.45 d
CA1449-2-5	18.01 c-f	18 a-f	33.48 l	3.35 k	15.59 i
CA1450-3-6	20.85 a-f	22 ab	41.16 j	3.52 j	16.48 fg
CA1451-5-11	18.72 c-f	20 a-e	32.43 l	2.47 o	19.09 b
Commercial variety					
Nang Nual TB2008	15.67 d-f	21 a-c	29.85 m	3.19 l	10.68 o
Pak klong 192	15.50 d-f	15 c-h	42.33 j	3.72 i	12.05 m
%CV	38.33	24.7	1.77	1.32	0.71

^{1/}Means within column with different letters differ at $P \leq 0.05$ according to least significant difference

Table 3 Estimates of general combining ability and specific combining ability effects for horticultural characteristics of chilies

Variety	Yield (t/ha)	Fruit number per plant	Fruit weight (g)	Fruit width (cm)	Fruit length (cm)
general combining ability, GCA					
Line					
CA1441-J-8	-0.58	-0.21	-2.27**	0.01	0.66**
CA1442	0.58	0.21	2.27**	-0.01	-0.66**
Tester					
CA1446-8-2	-4.00	-3.23	-1.03*	0.06*	-0.29**
CA1447-4-19	0.09	-0.84	13.63**	0.23**	2.05**
CA1448-5-13	1.51	-3.04	-7.65**	-0.24**	1.34**
CA1449-2-5	-7.80*	-8.81	-6.88**	0.01	-2.53**
CA1450-3-6	7.69*	3.21	3.08**	0.11**	-0.03**
CA1451-5-11	2.52	4.71	-1.15**	-0.16**	-0.54**
specific combining ability, SCA					
Crosses					
CA1441-J-8 × CA1446-8-2	1.44	0.46	3.93**	-0.08*	-1.81**
CA1441-J-8 × CA1447-4-19	-3.41	-1.64	-1.42*	-0.03	0.40**
CA1441-J-8 × CA1448-5-13	-3.86	-2.57	-8.94**	-0.11**	-0.32**
CA1441-J-8 × CA1449-2-5	3.06	1.35	3.63**	-0.01	0.83**
CA1441-J-8 × CA1450-3-6	0.87	-0.05	-4.60**	0.16**	0.53**
CA1441-J-8 × CA1451-5-11	1.90	2.45	7.40**	0.07*	0.36**
CA1442 × CA1446-8-2	-1.44	-0.46	-3.93**	0.08*	1.81**
CA1442 × CA1447-4-19	3.41	1.64	1.42*	0.03	-0.40**
CA1442 × CA1448-5-13	3.86	2.57	8.94**	0.11**	0.32**
CA1442 × CA1449-2-5	-3.06	-1.35	-3.63**	0.01	-0.83**
CA1442 × CA1450-3-6	-0.87	0.05	4.60**	-0.16**	-0.53**
CA1442 × CA1451-5-11	-1.90	-2.45	-7.40**	-0.07*	-0.36**
SE GCA (line) ±	1.92	0.97	0.22	0.08	0.03
SE GCA (tester)±	3.32	1.67	0.39	0.14	0.05
SE SCA ±	4.70	2.37	0.55	0.19	0.06

*significant difference at $P \leq 0.05$, ** significant difference at $P \leq 0.01$

Table 4 Heterosis of F_1 hybrid chilies

Variety	Heterosis (%H _p)				
	Yield (t/ha)	Fruit number per plant	Fruit weight (g)	Fruit width (cm)	Fruit length (cm)
CA1441-J-8×CA1446-8-2	31.69	36.85**	-3.05**	-14.58**	6.82**
CA1441-J-8×CA1447-4-19	20.81	-0.12	22.92**	3.85**	21.84**
CA1441-J-8×CA1448-5-13	45.34	-6.50	-24.71**	-9.72**	21.56**
CA1441-J-8×CA1449-2-5	14.71	20.19**	6.10**	-7.97**	9.51**
CA1441-J-8×CA1450-3-6	78.78	21.33**	1.74*	-4.15**	22.06**
CA1441-J-8×CA1451-5-11	65.72	58.59**	26.54**	-0.77**	6.83**
CA1442×CA1446-8-2	48.72	54.01**	-3.21**	10.72**	37.38**
CA1442×CA1447-4-19	103.34	40.99**	44.95**	37.23**	17.52**
CA1442×CA1448-5-13	157.12	61.80**	26.15**	23.42**	28.01**
CA1442×CA1449-2-5	3.78	15.89**	7.91**	17.45**	-4.04**
CA1442×CA1450-3-6	110.51	36.82**	35.87**	12.85**	15.08**
CA1442×CA1451-5-11	82.49	42.23**	13.39**	25.64**	1.66**

*significant difference at $P \leq 0.05$, ** significant difference at $P \leq 0.01$ %H_p is heterosis over mid-parents = $((F_1 - \overline{MP}) \times 100) / \overline{MP}$

วิจารณ์ผล

การประเมินพันธุกรรมของพริกพันธุ์ CA1441-J-8 และ CA1442 ซึ่งใช้เป็นพ่อพันธุ์ผสมกับพันธุ์เพศผู้เป็นหมัน (S msms) แล้วตรวจสอบความมีชีวิตของเรณูของลูกผสมชั่วที่หนึ่งพบว่า ลูกผสมชั่วที่หนึ่งย้อมสีเรณูด้วยอะซีโตคาร์มีนไม่ติดสีหรือเรณูเป็นหมันทั้งหมด (S msms) แสดงว่า พ่อพันธุ์ CA1441-J-8 และ CA1442 มีพันธุกรรมเป็น N msms ซึ่งการศึกษาของ Kumar *et al.* (2001) รายงานว่า พันธุ์เพศผู้เป็นหมันเกิดจากความผิดปกติของกระบวนการแบ่งเซลล์สืบพันธุ์โดยเฉพาะในระยะที่ไมโทซิส 2 การที่เรณูไม่แตกออกจากอับเรณูเป็นกลไกหลัก และความผิดปกติของระยะที่ไมโทซิสเป็นกลไกเสริมที่มีผลทำให้การแสดงออกของพันธุ์เพศผู้เป็นหมันมีความเป็นหมันอย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้ลักษณะเพศผู้เป็นหมันในไฮโทพลาซึมเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างไฮโทพลาซึมที่เป็นหมัน (S-type) กับยีนด้อยในนิวเคลียส (ms) สามารถถ่ายทอดจากแม่ไปยังลูก (Gulyas *et al.*, 2006) การเปรียบเทียบพันธุ์พริกลูกผสมชั่วที่หนึ่งกับพ่อแม่พันธุ์ และ

พันธุ์การค้าพบว่า เมื่อใช้ CA1441-J-8 เป็นแม่พันธุ์ ลูกผสมส่วนใหญ่ให้ผลผลิต จำนวนผลต่อต้น น้ำหนักผลเฉลี่ย ความยาวผลสูงกว่าแม่พันธุ์ แต่ความกว้างผลต่ำกว่าแม่พันธุ์ ลูกผสมส่วนใหญ่ให้ผลผลิต น้ำหนักผลเฉลี่ย และความกว้างผลสูงกว่าพ่อพันธุ์ แต่จำนวนผลต่อต้น ความยาวผลต่ำกว่าพ่อพันธุ์ ลูกผสมส่วนใหญ่ให้ผลผลิต น้ำหนักผลเฉลี่ย ความยาวผลสูงกว่าพันธุ์การค้า แต่จำนวนผลต่อต้น ความกว้างผล ผลต่ำกว่าพันธุ์การค้า เมื่อใช้ CA1442 เป็นแม่พันธุ์ ลูกผสมส่วนใหญ่ให้ผลผลิต จำนวนผลต่อต้น น้ำหนักผลเฉลี่ย ความยาวผลสูงกว่าแม่พันธุ์ แต่ความกว้างผลต่ำกว่าแม่พันธุ์ ลูกผสมส่วนใหญ่ให้ผลผลิต จำนวนผลต่อต้น น้ำหนักผลเฉลี่ย ความกว้างผลสูงกว่าพ่อพันธุ์ แต่ความยาวผลต่ำกว่าพ่อพันธุ์ ลูกผสมส่วนใหญ่ให้ผลผลิต น้ำหนักผลเฉลี่ย ความกว้างผล ความยาวผลสูงกว่าพันธุ์การค้า แต่จำนวนผลต่อต้น ต่ำกว่าพันธุ์การค้า ซึ่งการแสดงออกของลูกผสมเหล่านี้เป็นผลมาจากพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม เช่นเดียวกับ Patel *et al.* (2010) ศึกษาความดีเด่นของพริกลูกผสมในลักษณะผลผลิตและลักษณะที่เกี่ยวข้อง พบว่าลูกผสม

แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติในทุกลักษณะเห็นได้จากค่า mean square มีนัยสำคัญทางสถิติสูง เนื่องจากปฏิกริยาระหว่างลูกผสมกับสิ่งแวดล้อมมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกลักษณะ ยกเว้นน้ำหนักผลเฉลี่ย ซึ่งให้เห็นว่าสิ่งแวดล้อมมีผลต่อลูกผสมมาก และ Hasanuzzaman and Golam (2011) ศึกษาการกระทำของยีนต่อลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตในพริก ทดสอบความแตกต่างทางสถิติโดยให้ระดับคะแนน และรวมคะแนนทดสอบ แสดงให้เห็นว่า digenic และยีนซ่มข้ามคู่ (epistasis) ปรากฏในทุกลักษณะที่ศึกษา ซึ่งจำนวนผลและผลผลิตต่อต้นควบคุมโดยการกระทำของยีนแบบผลบวกและยีนซ่มข้ามคู่ พฤติกรรมทางพันธุกรรมที่ซับซ้อนสังเกตในทุกลักษณะ ตั้งแต่การกระจายตัวที่ไม่เป็นไปตามกฎของเมนเดล ความกดดันในการคัดเลือกชั่วหลัง ๆ จะสูง เนื่องจากการคัดเลือกให้ประสบความสำเร็จต้องประกอบด้วยยีนแบบผลบวกและยีนแบบซ่มสมบูรณ์ จากการสังเกต ซึ่งให้เห็นว่าการคัดเลือกสำหรับปรับปรุงพันธุ์ของลักษณะทั้งหมดที่ ให้ผลผลิต ต่อต้น ควรจะคัดเลือกในชั่วหลัง ๆ

ความสามารถในการรวมตัวทั่วไปของพ่อ-แม่พันธุ์ แสดงให้เห็นว่า แม่พันธุ์ CA1441-J-8 มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปของความยาวผล แม่พันธุ์ CA1442 มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปของน้ำหนักผลเฉลี่ย พ่อพันธุ์ CA1447-4-19 ความสามารถในการรวมตัวทั่วไปของน้ำหนักผลเฉลี่ย ความยาวผล และความกว้างผลสูง พ่อพันธุ์ CA1448-5-13 มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปของความยาวผล และพ่อพันธุ์ CA1450-3-6 มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปของผลผลิต น้ำหนักผลเฉลี่ย ความกว้างผลสูง ลูกผสมที่ได้จากแม่พันธุ์ CA1441-J-8 กับพ่อพันธุ์ CA1447-4-19 มีความสามารถในการรวมเฉพาะเจาะจงดีของความยาวผล และลูกผสมที่ได้จากแม่พันธุ์ CA1442 กับพ่อพันธุ์ CA1447-4-19 และ CA1450-3-6 มีความสามารถในการรวมตัวเฉพาะดีของน้ำหนักผลเฉลี่ย แสดงว่าทั้งยีนแบบไม่เป็นผลบวกและยีนแบบผลบวกมีผลต่อการแสดงออกของลักษณะเหล่านี้ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Gandhi *et al.* (2000) ซึ่งรายงานว่าการรวมตัวของพริก ลูกผสมที่มีจีโนไทป์ต่างกันเกี่ยวข้องกับยีนแบบไม่เป็น

ผลบวกและยีนแบบผลบวกซึ่งการกระทำของยีนทั้งแบบไม่เป็นผลบวกและแบบผลบวกมีผลต่อการแสดงออกในทุกลักษณะที่ศึกษา และ Jadhav *et al.* (2001) รายงานว่า ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะอยู่ในระดับสูงเกี่ยวข้องกับพ่อ-แม่ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปดี และพันธุ์พ่อแม่ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปดีสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตให้ประสบผลสำเร็จได้

ลูกผสมชั่วที่หนึ่งส่วนใหญ่แสดงความดีเด่นของลูกผสมเหนือค่าเฉลี่ยของพ่อ-แม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทางบวกของลักษณะจำนวนผลต่อต้น น้ำหนักผลเฉลี่ย ความกว้างผล และความยาวผล ส่วนลักษณะผลผลิตแสดงความดีเด่นของลูกผสมเหนือค่าเฉลี่ยของพ่อ-แม่ในทางบวก ซึ่งจุทามาสและเมนิจัตร์ (2550) พบความดีเด่นของลูกผสมในปริมาณแคปไซซินของพริก ซึ่ง Geleta and Labuschagne (2004) เคยรายงานว่า พันธุ์ลูกผสมทั่วไปแสดงศักยภาพดีในเกือบทุกลักษณะที่ศึกษาเมื่อเทียบกับพันธุ์แท้ ซึ่งลักษณะส่วนใหญ่แสดงความดีเด่นของลูกผสมที่เหนือกว่าค่าเฉลี่ยระหว่างพ่อและแม่ ความดีเด่นของลูกผสมที่เหนือกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อหรือแม่ที่สูงกว่า และความดีเด่นของลูกผสมที่เหนือกว่าพันธุ์มาตรฐานสูงทางบวก และความดีเด่นของลูกผสมส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับการกระทำของยีนทั้ง แบบ ผล บ ว ก และ ยี น แบบ ไม่ เ็น ผล บ ว ก (Bhagyalakshmi *et al.*, 1991) และค่าความดีเด่นของคู่ผสมเป็นผลมาจากผลบวกสะสม (cumulative effect) ของยีนซ่มแต่ละตัวจากยีนแต่ละชุดที่ต่างและมีระดับการซ่มไม่เท่ากัน (กฤษฎา, 2544)

สรุป

พริกพันธุ์ CA1441-J-8 และ CA1442 มีพันธุกรรมแบบ N msms ซึ่งเป็นพันธุ์รักษาเพศผู้เป็นหมันหรือ B line เมื่อใช้ CA1441-J-8 เป็นแม่พันธุ์ ลูกผสมส่วนใหญ่ให้ผลผลิต จำนวนผลต่อต้น น้ำหนักผลเฉลี่ย ความยาวผลสูงกว่าแม่พันธุ์ แต่ความกว้างผลต่ำกว่าแม่พันธุ์ ลูกผสมส่วนใหญ่ให้ผลผลิต น้ำหนักผลเฉลี่ย ความกว้างผลสูงกว่าพ่อพันธุ์ แต่จำนวนผลต่อต้นและความยาว

ผลต่ำกว่าพ่อพันธุ์ ลูกผสมส่วนใหญ่ให้ผลผลิต น้ำหนักผลเฉลี่ย และความยาวผลสูงกว่าพันธุ์การค้า แต่จำนวนผลต่อต้นและความกว้างผลต่ำกว่าพันธุ์การค้า เมื่อใช้ CA1442 เป็นแม่พันธุ์ ลูกผสมส่วนใหญ่ให้ผลผลิต จำนวนผลต่อต้น น้ำหนักผลเฉลี่ย และความยาวผลสูงกว่าแม่พันธุ์ แต่ความกว้างผลต่ำกว่าแม่พันธุ์ ลูกผสมส่วนใหญ่ให้ผลผลิต จำนวนผลต่อต้น น้ำหนักผลเฉลี่ย ความกว้างผลสูงกว่าพ่อพันธุ์ แต่ความยาวผลต่ำกว่าพ่อพันธุ์ ลูกผสมส่วนใหญ่ให้ผลผลิต น้ำหนักผลเฉลี่ย ความกว้างผล และความยาวผลสูงกว่าพันธุ์การค้า แต่จำนวนผลต่อต้นต่ำกว่าพันธุ์การค้า แม่พันธุ์ CA1441-J-8 สามารถใช้เป็นแม่พันธุ์ที่ดีในลักษณะการให้ความยาวผล และ CA1442 สามารถใช้เป็นแม่พันธุ์ที่ดีในลักษณะการให้น้ำหนักผลเฉลี่ยสูง ส่วนพ่อพันธุ์ CA1450-3-6 สามารถใช้เป็นพ่อพันธุ์ที่ดีในลักษณะการให้ผลผลิต น้ำหนักผล และความกว้างผล พ่อพันธุ์ CA1447-4-19 สามารถใช้เป็นพ่อพันธุ์ที่ดีในลักษณะน้ำหนักผลเฉลี่ย ความกว้างผล และความยาวผล CA1448-5-13 สามารถใช้เป็นพ่อพันธุ์ที่ดีในลักษณะการให้ความยาวผล เมื่อใช้ CA1441-J-8 และ CA1442 เป็นแม่พันธุ์ ลูกผสมบางคู่มีความสามารถในการรวมเฉพาะเจาะจงดีของน้ำหนักผลเฉลี่ย ความกว้างผล ความยาวผล ความดีเด่นของลูกผสม ลูกผสมบางคู่มีความดีเด่นของจำนวนผลต่อต้น น้ำหนักผลเฉลี่ย ความกว้างผล ความยาวผล และลูกผสม CA1441-J-8 × CA1450-3-6, CA1442 × CA1447-4-19, CA1442 × CA1448-5-13 และ CA1442 × CA1450-3-6 เหมาะสำหรับการใช้พัฒนาเป็นลูกผสมที่ดีต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่สนับสนุนทุนการศึกษาวิจัย และศูนย์วิจัย สาริต และฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ทดลอง และขอขอบพระคุณ ดร.วีรพันธ์ กันแก้ว ที่ให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์ข้อมูลและแก้ไขบทความ

เอกสารอ้างอิง

- กฤษฎา สัมพันธ์รักษ์. 2544. ปรับปรุงพันธุ์พืช: ความหลากหลายของแนวคิด. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 272 หน้า.
- จุฑามาส คุ่มชัย และมณีจักร นิกรพันธุ์. 2550. การปรับปรุงพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 1 ของพริกเผ็ด โดยใช้ลักษณะเกษตรเพศผู้เป็นหมัน. วารสารเกษตร 23(1): 17-24.
- ดำเนิน กาละดี. 2545. เทคโนโลยีการปรับปรุงพันธุ์พืช. โรงพิมพ์เมือง, เชียงใหม่. 256 หน้า.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2554. สถิติการนำเข้าส่งออก. (ระบบออนไลน์). แหล่งที่มา http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/import.php? (30 สิงหาคม 2557).
- Bhagyalakshmi, P. V., C. R. Shankar, D. Subrahmanyam and V. G. Babu. 1991. Heterosis and combining ability studies in chillies. The Indian Journal of Genetics and Plant Breeding 51: 420-423.
- Gandhi, S. D., P. A. Navale and V. Kishore. 2000. Heterosis and combining ability studies in chilli. Crop Research (Hisar) 19: 493-499.
- Geleta, L. F. and M. T. Labuschagne. 2004. Hybrid performance for yield and other characteristics in pepper (*Capsicum annum* L.). Journal of Agricultural Science 142: 411-419.
- Gulyas, G., K. Pakozdi, J.S. Lee and Y. Hirata. 2006. Analysis of fertility restoration by using cytoplasmic male-sterile red pepper (*Capsicum annum* L.) lines. Breeding Science 56: 331-334.
- Hasanuzzaman, M., and F. Golam. 2011. Gene actions involved in yield and yield contributing traits of chilli (*Capsicum*

- annuum* L.). Australian Journal of Crop Science 5(13): 1868-1875.
- Jadhav, M. G., A. V. Burli, S. M. More and B. N. Gare. 2001. Combining ability and gene action for quantitative characters in chilli. Journal of Maharashtra Agricultural Universities 26: 252-253.
- Kemphorne, O. 1957. An Introduction to Genetic Statistics. Cited by R. K. Singh and B. D. Chaudhary. 1979. Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis. Kalyani Publishers, New Delhi. 191-200.
- Kumar, S., S. K. Rai, M. K. Banerjee and G. Kalloo. 2001. Cytological mechanisms of male sterility in a nuclear-cytoplasmic line of chili pepper (*Capsicum annum* L.). Capsicum and Eggplant Newsletter 20: 64-67.
- Meshram, L. D., R. V. Choudhari, B. K. Kukade and M. W. Marawar. 1992. Functional male sterility in hot chili (*Capsicum annum* L.). Eucarpia VIIth Meeting on Genetics and Breeding of Capsicum and Eggplant 2: 61-65.
- Patel, M. P., A. R. Patel, J. B. Patel, and J. A. Patel. 2010. Heterosis for green fruit yield and its components in chilli (*Capsicum annum* var. *longicum* (DG) Sendt) over environments. Electronic Journal of Plant Breeding 1(6): 1443-1453.
- Purseglove, J. W. 1968. Tropical Crops Dicotyledons 2. Longmans Green and Co. Ltd., London. 719 p.
-

สัณฐานวิทยาเมล็ดและสารประกอบโพลีฟีนอลของลำไย

Seed Morphology and Polyphenolic Compounds of Longan

สุรินทร์ นิลสำราญจิต^{1/*} และสุริยา ตาเที่ยง^{1/}
Surin Nilsamranchit^{1/*} and Suriya Tateing^{1/}

(Received: 30 September 2015; Accepted: 27 March 2015)

Abstract: Seed morphology and polyphenolic compounds of the different longan cultivars from germplasm collection plot of Hari Phun Chai Longan Development and Research Station were investigated at the fruit mature stage in July 2013. Comparative studies were considered in two groups of longan cultivars; 1) totally 8 cultivars planting in the north of Thailand and other regions, and 2) totally 17 cultivars of 'Daw' cultivars group. Seed characteristic and polyphenolic compounds content in their seed extracts by high performance liquid chromatography were determined. The results showed that seed characteristics of cv. 'Phetyala', 'Thao', and 'Vietnam' had seed size bigger than the cultivars planting in the north. Seeds of cv. 'Phuangthong' showed the smallest seed size in all traits. Shape of seed in some cultivars could be used as characteristic of their cultivars. Analysis of polyphenolic compounds in seed found that the gallic acid was accumulated less concentration than ellagic acid. Especially, the accumulation of both acids in cv. 'Thao' seed gave the least concentration when compared with all cultivars. Comparative characteristic between 'Daw' cultivars group revealed that there was a large seed size of cv. 'Daw Auntasunuk' but it had the least concentration of polyphenolic compounds. However, the high quantity of gallic acid and ellagic acid in seed of cv. 'Daw Kaankhaeng' were 1.21 ± 0.14 and 2.22 ± 0.14 mg/g, respectively.

Keywords: Longan seed, germplasm, phenolic compounds, gallic acid, ellagic acid

^{1/} ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

^{1/} Department of Plant Science and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

* Corresponding author

บทคัดย่อ: ลักษณะทางสัณฐานวิทยาเมล็ดและสารประกอบโพลีฟีนอลของลำไยพันธุ์ต่าง ๆ ที่ปลูกในแปลงรวบรวมเชื้อพันธุ์ของสถานีวิจัยและพัฒนาลำไยหรือฤๅษีไชยได้ศึกษาระยะผลแก่ในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2556 โดยแยกการศึกษาพันธุ์ลำไยเป็นกลุ่มที่ 1 พันธุ์ที่ปลูกในภาคเหนือของประเทศไทยและภูมิภาคอื่น ๆ จำนวน 8 พันธุ์ กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มพันธุ์ดอ จำนวน 17 พันธุ์ โดยศึกษาจากลักษณะกายภาพของเมล็ดและการหาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลด้วยวิธีโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง ผลการศึกษาพบว่า ลักษณะเมล็ดของพันธุ์เพชรยะลา เถา และเวียดนาม มีขนาดใหญ่กว่าพันธุ์ที่มีการปลูกทางภาคเหนือ ขณะที่พันธุ์พวงทองมีขนาดเล็กที่สุดในทุกลักษณะที่ศึกษา รูปร่างของเมล็ดในบางพันธุ์สามารถใช้จำแนกเป็นลักษณะเฉพาะพันธุ์ได้ ส่วนปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลในเมล็ด พบว่าปริมาณกรดแกลลิกน้อยกว่ากรดเอลลาจิก ในพันธุ์เถามีปริมาณกรดทั้งสองชนิดน้อยกว่าทุกพันธุ์ที่ศึกษา การเปรียบเทียบเฉพาะในกลุ่มพันธุ์ดอแสดงให้เห็นว่าพันธุ์ดอฮ่อตะสุนัขเป็นพันธุ์ที่มีขนาดเมล็ดใหญ่ แต่มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลน้อย โดยพันธุ์ดอถ่านแข็งมีปริมาณกรดแกลลิกและกรดเอลลาจิกสูง มีค่าเท่ากับ 1.21 ± 0.14 และ 2.22 ± 0.14 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ

คำสำคัญ: เมล็ดลำไย เชื้อพันธุ์กรรม สารประกอบโพลีฟีนอล กรดแกลลิก กรดเอลลาจิก

คำนำ

ลำไยเป็นไม้ผลเขตร้อนอยู่ในวงศ์ Sapindaceae มีถิ่นกำเนิดในจีนตอนใต้และได้กระจายพันธุ์ไปในหลายประเทศ รวมทั้งในประเทศไทยพบอยู่ในภูมิภาคต่าง ๆ จำนวนมากกว่า 68 สายพันธุ์ การรวบรวมเชื้อพันธุ์ที่มีความหลากหลายทางพันธุกรรมนั้นไว้ จึงมีความสำคัญต่อการปรับปรุงพันธุ์และต้องมีการบันทึกข้อมูลเบื้องต้นของลักษณะต่าง ๆ ทางด้านสัณฐานวิทยา เช่น ลักษณะรูปทรง สี สัน ขนาด สามารถใช้เป็นลักษณะประจำพันธุ์ได้ ซึ่งลักษณะเหล่านี้ต้องไม่แปรปรวนตามสภาพแวดล้อม จึงนับว่าข้อมูลประวัติของเชื้อพันธุ์เป็นสิ่งสำคัญที่ต้องมีการเก็บรวบรวมไว้ สัณฐานวิทยาเมล็ดเป็นลักษณะหนึ่งที่สามารถใช้รายละเอียดเกี่ยวกับรูปร่างของเมล็ด ขนาดของเมล็ด และสีเมล็ด (วิชา, 2546) รวมถึงส่วนประกอบทางเคมีในเมล็ดเป็นฐานข้อมูลเชื้อพันธุ์กรรมพืชได้ แต่การสะสมสารพิษเคมีที่มีลักษณะเฉพาะในพืชอาจมีความแตกต่างกันทั้งชนิดและปริมาณที่สะสมไม่เท่ากันจากความแตกต่างกันของพันธุ์พืช (วิวัฒนา, 2534) ส่วนประกอบทางเคมีในเมล็ดลำไยมีสารที่จัดอยู่ในกลุ่มสารประกอบโพลีฟีนอลเป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ กรดแกลลิก (gallic acid) และกรดเอลลาจิก (ellagic acid) (ภาพที่ 1) เป็นต้น (Soong and Barlow, 2005) ยังประกอบด้วยกรดไขมัน ได้แก่ กรด palmitic กรด linoleic กรด oleic และ กรด stearic เป็นต้น (Sudjaroen

et al., 2012) จึงควรมีการศึกษาข้อมูลพื้นฐานลักษณะเฉพาะพันธุ์ลำไยไว้ใช้ประโยชน์ต่อไป

นอกจากลำไยเป็นที่นิยมใช้บริโภคเนื้อเป็นผลไม้สดหรืออบแห้ง ที่มีคุณค่าทางโภชนาการจากสารอาหารต่อสุขภาพแล้ว เมล็ดลำไยที่เป็นส่วนเหลือใช้ทางการเกษตรยังมีสารประกอบโพลีฟีนอล เช่น กรดแกลลิก และกรดเอลลาจิก อยู่ด้วยและพบได้มากกว่าในเนื้อและเปลือกของผลจากการวิเคราะห์โดยใช้วิธีทางโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (He et al., 2009) สารสำคัญในเมล็ดมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา ได้แก่ กระตุ้นการสังเคราะห์เมดิเลเมลานิน (anti-tyrosinase activity) ต้านอนุมูลอิสระ (radical scavenging activity) สามารถยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็ง และมีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของ HIV-1 protease เชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ ทั้งเชื้อแบคทีเรีย เชื้อมาลาเรีย เป็นต้น ได้มีการใช้สารสกัดจากเมล็ดลำไยที่ 0.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งเชื้อราในช่องปากได้ดีเช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายและมีผลต่อต้านการติดเชื้อยีสต์ได้อีกด้วย (Rangkadilok et al., 2012) การนำเมล็ดลำไยที่เหลือจากการบริโภคแล้วมาใช้ให้เกิดประโยชน์จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าให้กับลำไยและสร้างรายได้ให้กับเกษตรกร

ในงานวิจัยนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสัณฐานวิทยาเมล็ดและการสะสมสารประกอบโพลีฟีนอลของพันธุ์ลำไยที่ปลูกมากทางภาคเหนือและพบได้ในภูมิภาคอื่น ๆ ด้วย โดยใช้วิธีทางโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง

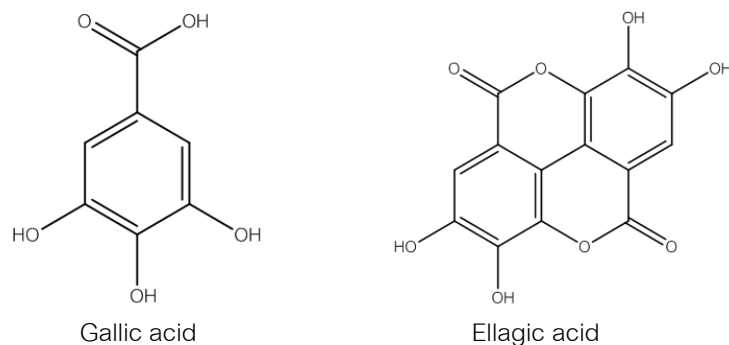


Figure 1 Chemical structures of gallic acid and ellagic acid

สำหรับหาปริมาณสารประกอบฟีนอลในเมล็ด สำหรับใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานของลักษณะเฉพาะพันธุ์และจะเป็นประโยชน์ต่อการนำเมล็ดลำไยมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ต้นพันธุ์ลำไยอายุประมาณ 15 ปี ที่ปลูกและบำรุงรักษาต้นอยู่ในแปลงรวบรวมพันธุ์ของสถานีวิจัยและพัฒนาลำไยหริภุญไชย อำเภอบ้านโฮ่ง จังหวัดลำพูน มีการออกดอกตามธรรมชาติและผลพัฒนาจนถึงระยะแก่เต็มที่ในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2556 ใช้สำหรับการศึกษา โดยเลือกจากข้อผลที่ติดผลสม่ำเสมอ จำนวน 5 ข้อต่อพันธุ์จากรอบทรงพุ่มต้น สุ่มเก็บผลที่สมบูรณ์ในข้อเดียวกันมาแยกเอาเฉพาะเมล็ด นำมาบันทึกข้อมูลสัณฐานวิทยาของเมล็ด แล้วจึงทำความสะอาดเมล็ดด้วยน้ำกลั่นก่อนอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design) จำนวน 5 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ข้อ จำนวน 10 ผลต่อข้อ และแบ่งการศึกษาพันธุ์ลำไยออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ได้แก่ พันธุ์ดอกลำไยเขียวเชียงใหม่ แห้ว ชมพู พวงทอง เวียดนาม เพชรยะลา และเถา (ตัวอย่างที่ใช้ศึกษาเฉพาะของพันธุ์เถาเก็บมาจากจังหวัดชลบุรี) กลุ่มที่ 2 กลุ่มพันธุ์ดอเพื่อเปรียบเทียบกันในกลุ่มได้แก่ ดออันทะสุนัข ดอคอนไชย ดอหอม ดอตาเห็น ดอใบดำ ดอคำกลาง ดอน้ำผึ้ง ดอยอดขาวน่าน ดอ49 ดอบ้านโฮ่ง ดอกระดุกด้านซ้าย ดอสุ่ม

ดอแจ้ ดอยอดแดง ดอยอดขาว ดอกำน่ออน และดอกำนั้ง

การสกัดตัวอย่างโดยเทคนิค Ultrasonic assisted extraction

นำเมล็ดลำไยของแต่ละข้อผลที่อบแห้งแล้วมารวมกันบดให้ละเอียดและชั่งน้ำหนัก 1 กรัม จำนวน 3 ซ้ำ ใส่หลอดทดลองขนาด 15 มิลลิลิตร เทสารละลายเมทานอลความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 5 มิลลิลิตร ปิดฝาให้แน่นแล้วเขย่าด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงตามแนวตั้ง เป็นเวลา 1 นาที นำหลอดทดลองแช่ในอ่างน้ำของเครื่องเขย่าสารใช้ความถี่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ (ยี่ห้อ Branson รุ่น 3510) เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นวางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาหนึ่งคืน จึงนำมาแยกตะกอนด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงความเร็วสูงที่ 2,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที ดูดสารละลายใส่ใส่ขวดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร นำตะกอนที่เหลือสกัดซ้ำด้วยสารละลายเมทานอล 70 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 4 มิลลิลิตร ตามวิธีการข้างต้น หลังจากนั้นดูดสารละลายใส่ใส่รวมกันแล้วปรับปริมาตรสุดท้ายเป็น 10 มิลลิลิตร กรองสารสกัดด้วยแผ่นกรองแบบไนลอนขนาด 13 มิลลิเมตร ขนาดรูพรุน 0.45 ไมโครเมตร (PVDF membrane) ก่อนนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC ต่อไป

การวัดปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลโดยเทคนิค High performance liquid chromatography (HPLC)

ระบบการแยกสารผสมที่อยู่ในสถานะของเหลวประกอบด้วยเครื่อง Shimadzu HPLC รุ่น SLC-10Avp

ปั๊มรุ่น LC-10ADvp เชื่อมต่อกับเครื่อง Degasser รุ่น DGU-14A เชื่อมต่อกับเครื่องตรวจวัดชนิด Photo-Diode Array รุ่น SPD-M10Avp บนระบบปฏิบัติการ WINDOWS XP ตัวอย่างถูกฉีดแบบระบบอัตโนมัติ รุ่น SIL-10ADvp สารสกัดถูกแยกด้วยคอลัมน์ชนิดคาร์บอน 18 ขนาด 250x4.6 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 ไมโครเมตร เฟสคงที่เป็นแบบผันกลับได้ และเชื่อมต่อกับการ์ดคอลัมน์ขนาด 4x3 มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้เฟสเคลื่อนที่ คือ สารละลาย A เป็นส่วนผสมระหว่างน้ำกลั่นต่อกรดอะซิติกในอัตราส่วน 25 ต่อ 1 (โดยปริมาตร) และสารละลาย B เป็นเมทานอลภายใต้สภาวะการเปลี่ยนเฟสเคลื่อนที่ A จาก 50 เปอร์เซ็นต์ ภายใน 4 นาที และ 80 เปอร์เซ็นต์ ภายใน 6 นาที ด้วยอัตราการไหล 1 มิลลิลิตรต่อนาที และตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 280 นาโนเมตร สารละลายมาตรฐานใช้กรดแกลลิกและกรดเอลลาจิกจากบริษัท Sigma-Aldrich Co., Ltd. ในการสร้างกราฟมาตรฐานจาก 5 ระดับความเข้มข้น คือ 0, 50, 100, 200 และ 400 µg/mL โดยสมการถดถอย จำนวน 10 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one-way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วยวิธี least significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการศึกษาลักษณะเมล็ดลำไยทางสัณฐานวิทยาของพันธุ์ที่มีการปลูกมากในภาคเหนือของประเทศไทยและภูมิภาคอื่นๆ เปรียบเทียบกันในตารางที่ 1 จะเห็นว่า ขนาดเมล็ดของพันธุ์จากภูมิภาคอื่นๆ ได้แก่ พันธุ์เพชรยะลา เกา และเวียงนาม มีความกว้าง ความยาว และความหนาเมล็ด มากกว่าพันธุ์ที่มีการปลูกทางภาคเหนือ ได้แก่ ดอกก้านอ่อน เบี้ยวเขียวเขียวใหม่ แห้วชมพู พวงทอง โดยเมล็ดของพันธุ์เพชรยะลาและพันธุ์เกา ซึ่งเป็นไม้ยืนต้นที่พบมากแถบจังหวัดชลบุรีนั้น มีขนาดใหญ่ไม่แตกต่างกัน มีรูปร่างของเมล็ดที่ไม่เหมือนกัน โดยพันธุ์เพชรยะลามีลักษณะกลมและแบนด้านข้าง (flattened spheroid) มากกว่าพันธุ์เกา ส่วนพันธุ์อื่นๆ ที่ปลูกมากทางภาคเหนือ ได้แก่ พันธุ์ดอกก้านอ่อน เบี้ยวเขียวเขียวใหม่ แห้ว และชมพูนั้นมีขนาดเมล็ดที่ใกล้เคียงกัน ในการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าพันธุ์พวงทอง เป็นพันธุ์ที่มีเมล็ดขนาดเล็กที่สุดในทุกลักษณะที่ศึกษาและเมล็ดมีรูปร่างกลมและแบนด้านข้างคล้ายกับพันธุ์ดอกด้วย ซึ่งสันนิษฐานว่าเกิดจากการกลายของพันธุ์ดอกมากกว่า 10 ปีแล้ว ให้ผลผลิตและคุณภาพที่มีลักษณะเด่นจากต้นแม่พันธุ์ (มนตรี, 2551) และยังมีรูปแบบของไอโซไซม์

Table 1 Seed characteristics of the different longan cultivars

Cultivars	Width (mm)	Length (mm)	Thickness (mm)	W/L ratio*
Daw Kaan-on	13.34 ±0.34 d	12.66 ±0.28 c	11.09 ±0.35 d	1.05 ±0.01 ab
Biaokhiao Chiangmai	13.77 ±0.72 d	12.85 ±0.57 c	11.60 ±0.70 c	1.08 ±0.02 a
Haeo	12.53 ±0.35 e	11.76 ±0.29 d	10.99 ±0.21 d	1.07 ±0.01 a
Chomphoo	12.34 ±0.29 ef	12.51 ±0.34 c	10.34 ±0.25 e	0.99 ±0.02 c
Phuangthong	11.95 ±0.28 f	11.34 ±0.25 d	9.88 ±0.04 e	1.06 ±0.03 ab
Vietnam	15.17 ±0.35 c	15.74 ±0.22 b	12.52 ±0.19 b	0.96 ±0.01 d
Phetyala	17.78 ±0.31 a	17.11 ±0.31 a	14.74 ±0.58 a	1.04 ±0.01 b
Thao	16.92 ±0.31 b	17.49 ±0.30 a	14.94 ±0.21 a	0.97 ±0.02 cd
% CV	2.77	2.39	3.15	1.77

peroxidase ที่มีความแตกต่างกันจากพันธุ์ลำไยอื่นจำนวน 16 พันธุ์ (ปนัดดา และเกศินี, 2541) ส่วนพันธุ์ที่มีรูปร่างของเมล็ดมีลักษณะกลมและยาว (elongated spheroid) ได้แก่ พันธุ์เถา เวียดนาม ชมพู

การศึกษาในกลุ่มพันธุ์ดอที่มีการรวบรวมพันธุ์ไว้ในแปลงของสถานีวิจัยและพัฒนาลำไยหริภุญไชยในตารางที่ 2 จำนวน 17 พันธุ์นั้น พบว่า พันธุ์ดอที่ศึกษานี้มีขนาดเมล็ดไม่แตกต่างกันมากนัก โดยมีลักษณะเฉพาะของพันธุ์ดออันตะสุนัขที่มีความกว้าง ความยาว และความหนาของเมล็ด เท่ากับ 14.74, 12.17 และ 14.33 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งทุกลักษณะมีขนาดใหญ่แตกต่างจากพันธุ์ดออื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่พันธุ์ดอกระดุกด่านซ้าย ดอสุขุม และดอยยอดแดง มีลักษณะของเมล็ดไม่แตกต่างกันมากนัก แต่มีเมล็ดขนาดเล็กกว่าในพันธุ์ดออื่น ๆ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สามารถใช้รูปร่างของเมล็ดในการจำแนกพันธุ์ดอทั้งสามพันธุ์นี้ออกจากกันได้ โดยเป็นแบบ elongated spheroid, spheroid และ flattened spheroid ในพันธุ์ดอกระดุกด่านซ้าย ดอสุขุม และดอยยอดแดง ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ดออื่น ๆ มีขนาดของเมล็ดไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนใหญ่ในกลุ่มพันธุ์ดอนี้มีรูปร่างของเมล็ดเป็นแบบ flattened spheroid มีเพียง 3 พันธุ์ คือ พันธุ์ดอใบดำ ดอน้ำผึ้ง ดอกระดุกด่านซ้าย ที่จัดเป็นแบบ elongated spheroid จึงอาจใช้ขนาดเมล็ดเป็นข้อมูลประจำพันธุ์ได้ โดยมีพันธุ์กรรมควบคุมขนาดเมล็ดที่มีลักษณะเฉพาะของพันธุ์ที่นักปรับปรุงพันธุ์พืชศึกษากันอยู่ (Sundaresan, 2005)

ในการศึกษาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลในเมล็ดลำไย โดยใช้เทคนิคแยกสารผสมที่อยู่ในสภาวะของเหลว พบว่า จากความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก และกรดเอลลาจิก ในการสร้าง

Table 2 Seed characteristics of 'Daw' cultivars group

'Daw' cultivars	Width (mm)	Length (mm)	Thickness (mm)	W/L ratio*
Daw Auntasunuk	14.74 ±0.44 a	12.17 ±0.46 a	14.33 ±0.37 a	1.03 ±0.01 bcdef
Daw Donchai	12.83 ±0.61 cde	11.41 ±0.41 b	12.33 ±0.63 efgh	1.05 ±0.03 abcd
Daw Hom	13.52 ±0.20 b	11.49 ±0.19 b	13.08 ±0.38 bc	1.04 ±0.03 abcde
Daw Taheng	13.16 ±0.27 bcd	10.81 ±0.15 cd	12.88 ±0.36 bcd	1.02 ±0.01 def
Daw Baidam	12.57 ±0.25 e	10.47 ±0.19 de	13.23 ±0.32 b	0.95 ±0.02 hi
Daw Khamlanng	12.69 ±0.35 de	10.82 ±0.39 cd	12.42 ±0.36 defgh	1.02 ±0.01 def
Daw Namphueng	12.56 ±0.27 e	10.85 ±0.20 cd	12.85 ±0.12 bcde	0.98 ±0.02 gh
Daw Yodkhao Nan	12.89 ±0.20 cde	10.93 ±0.25 cd	12.70 ±0.33 bcdef	1.02 ±0.02 ef
Daw 49	12.58 ±0.52 e	10.88 ±0.36 cd	11.91 ±0.43 hi	1.06 ±0.02 ab
Daw Baanhong	12.36 ±0.58 e	10.83 ±0.63 cd	12.07 ±0.61 gh	1.03 ±0.02 cdef
Daw Kradook Dansai	11.34 ±0.41 f	9.84 ±0.32 fg	11.94 ±0.27 hi	0.95 ±0.03 i
Daw Sukhum	11.52 ±0.34 f	9.58 ±0.18 g	11.48 ±0.24 ij	1.00 ±0.02 fg
Daw Jae	12.90 ±0.74 cde	10.33 ±0.73 e	12.35 ±0.69 efgh	1.05 ±0.03 abcd
Daw Yoddaeng	11.72 ±0.71 f	10.32 ±0.35 e	11.02 ±0.44 j	1.06 ±0.03 a
Daw Yodkhao	13.30 ±0.43 bc	11.27 ±0.33 bc	12.59 ±0.53 cdefg	1.06 ±0.02 ab
Daw Kaan-on	13.34 ±0.34 bc	11.09 ±0.35 bc	12.66 ±0.28 cdef	1.05 ±0.01 abc
Daw Kaankaeng	12.61 ±0.33 de	10.30 ±0.27 ef	12.21 ±0.33 fgh	1.03 ±0.03 bcdef
% CV	3.47	3.36	3.45	2.21

Means ±SD within a column followed by the same letter are not significantly different by LSD at $P \leq 0.05$

* >1 = flattened spheroid, 1 = spheroid, <1 = elongated spheroid

กราฟมาตรฐานจากค่าพื้นที่ใต้กราฟ (แกน y) กับระดับความเข้มข้น (แกน x) ที่ระดับความเข้มข้น 5 ระดับ ได้สมการถดถอยเชิงเส้น $y = 30548X + 89653$ และ $y = 17783X - 70937$ ตามลำดับ มีค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (r^2) ของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก และกรดเอลลาจิก เท่ากับ 1 และ 0.9995 ตามลำดับ (ภาพที่ 2)

ค่าความเข้มข้นต่ำสุด (limit of detection) ของกรดแกลลิก และกรดเอลลาจิก เท่ากับ 0.45 และ 0.76 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และค่าความเข้มข้นต่ำที่สุดในตัวอย่าง (limit of quantitation) ของกรดแกลลิก และกรดเอลลาจิก เท่ากับ 1.53 และ 2.55 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ โดยวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานของกรดแกลลิก และกรดเอลลาจิก (ภาพที่ 3A) ที่

ความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โครมาโทแกรมแสดงเวลา (retention time) ของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกและกรดเอลลาจิกที่ถูกแยกออกมาจากคอลัมน์เท่ากับ 4.34 และ 7.00 นาที ตามลำดับ และโครมาโทแกรมของสารสกัดจากเมล็ดลำไยแสดงในภาพที่ 3B

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลจากกรดแกลลิกและกรดเอลลาจิกในเมล็ดลำไยของพันธุ์ที่ปลูกมากในภาคเหนือและภูมิภาคอื่น ๆ ดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่า การสะสมสารประกอบโพลีฟีนอลมีความแตกต่างกันไปตามพันธุ์ให้ผลทำนองเดียวกับ He *et al.*, (2009) ได้ศึกษาในเมล็ดลำไย จำนวน 12 พันธุ์ พบว่ามีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลรวมแตกต่างกันระหว่างพันธุ์ด้วยเช่นกัน จากการศึกษาครั้งนี้ยังพบว่าสารสกัดเมล็ดลำไยของทุกพันธุ์มีปริมาณกรดเอลลาจิกมากกว่า

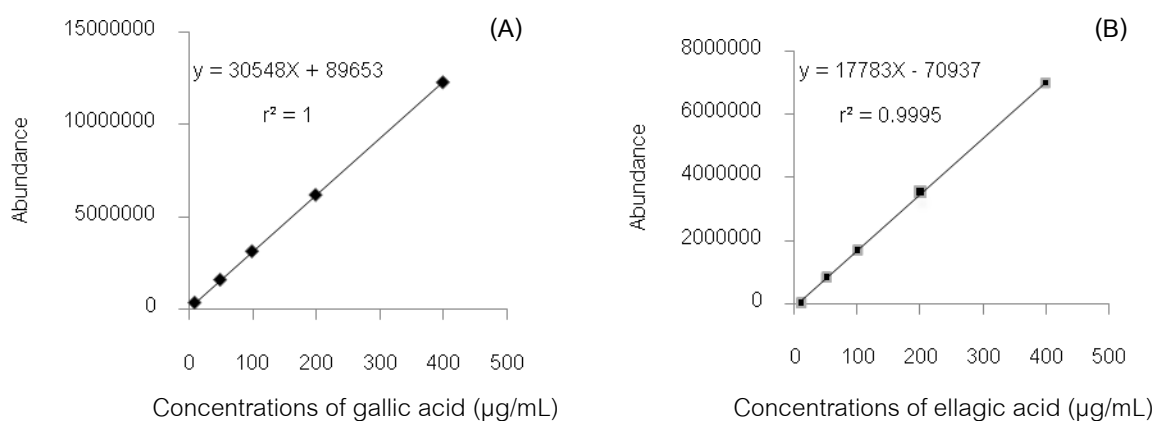


Figure 2 Calibration curves of gallic acid (A) and ellagic acid (B)

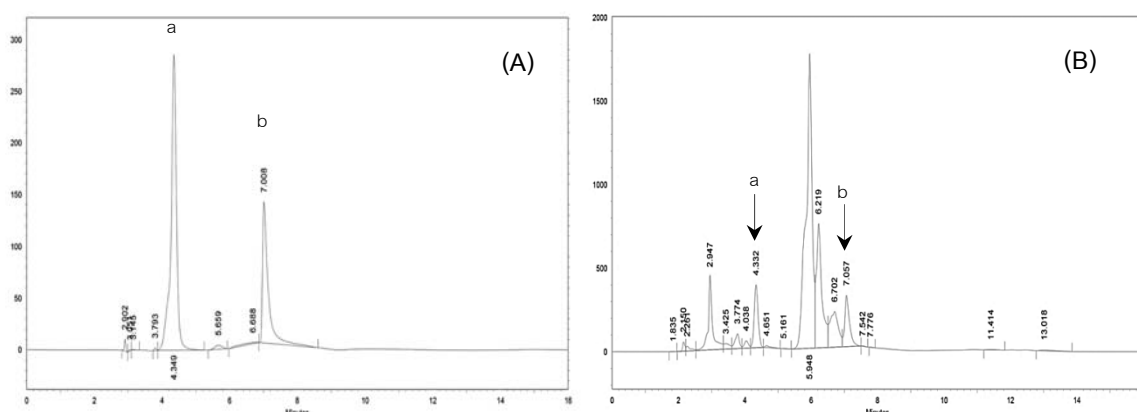


Figure 3 HPLC chromatograms of genuine substances (A) and longan seed extract (B) monitored at the detection wavelength of 280 nm. (Arrows indicated gallic acid (a) and ellagic acid (b) peaks.)

Table 3 Analysis of polyphenolic compounds content in longan seed extract of 8 cultivars

Cultivars	Gallic acid (mg/g)	Ellagic acid (mg/g)
Daw Kaan-on	0.77 ±0.14 a	1.66 ±0.42 a
Biaokhiao Chiangmai	0.66 ±0.03 ab	1.62 ±0.13 a
Haeo	0.27 ±0.03 de	1.38 ±0.11 a
Chomphoo	0.37 ±0.06 cd	1.32 ±0.18 a
Phuangthong	0.24 ±0.11 de	0.93 ±0.23 b
Vietnam	0.50 ±0.14 bc	0.63 ±0.10 bc
Phetyala	0.61 ±0.17 ab	0.58 ±0.02 bc
Thao	0.10 ±0.07 e	0.43 ±0.27 c

Means ± SD within a column followed by the same letter are not significantly different by LSD at $P \leq 0.05$. n=3

กรดแกลลิก ยกเว้นในพันธุ์เพชรยะลาที่มีกรดทั้งสองใกล้เคียงกัน สอดคล้องกับรายงานของ Soong and Barlow (2005) ได้วิเคราะห์ในเมล็ดลำไยพบมีกรดเอลลาจิกอยู่มากกว่ากรดแกลลิกเช่นกัน ในปริมาณเท่ากับ 156.0 และ 23.3 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ ในพันธุ์ดอกก้านอ่อนมีกรดแกลลิกสูงที่สุดเท่ากับ 0.77 ± 0.14 มิลลิกรัมต่อกรัม แต่ให้ผลไม่แตกต่างจากพันธุ์เบี้ยวเขียว เชียงใหม่และเพชรยะลา ส่วนพันธุ์เถาได้นำมาจากจังหวัดชลบุรีเป็นลำไยในเขตร้อนนั้น มีกรดแกลลิกต่ำสุดเท่ากับ 0.10 ± 0.07 มิลลิกรัมต่อกรัม ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าพันธุ์ดอถึง 7 เท่าและมีความแตกต่างทางสถิติจากทุกพันธุ์

ในทำนองเดียวกันพบการสะสมของกรดเอลลาจิกในพันธุ์ดอกก้านอ่อนสูงที่สุด เท่ากับ 1.66 ± 0.42 มิลลิกรัมต่อกรัม และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับพันธุ์เบี้ยวเขียว เชียงใหม่ แห้ว และชมพู เป็นปริมาณกรดเอลลาจิกที่พบได้ในเมล็ดลำไยตามรายงานของ Soong and Barlow (2006) พบกรดเอลลาจิกในเมล็ดลำไยอยู่เท่ากับ 1.60 มิลลิกรัมต่อกรัม ซึ่งใกล้เคียงกับในการศึกษานี้ แต่ในพันธุ์เถาที่มีการสะสมปริมาณกรดเอลลาจิกน้อยที่สุด เท่ากับ 0.43 ± 0.27 มิลลิกรัมต่อกรัม ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าพันธุ์ดอมากกว่า 3 เท่า ทั้งนี้่าเป็นเพราะพันธุ์กรรมพืชมีส่วนในการควบคุมการสร้างสารทุติยภูมิอยู่ด้วย (วิธนา, 2534) ถึงแม้ว่าในการศึกษานี้ได้นำพันธุ์เถามาจากจังหวัดชลบุรี แต่พันธุ์อื่น ๆ ที่มีแหล่งเก็บเชื้อพันธุ์กรรมมาจากในภูมิภาคอื่น ๆ ที่ไม่ได้อยู่ในภาคเหนือ

แต่ได้นำมาปลูกในแปลงรวบรวมพันธุ์ที่มีสภาพแวดล้อมเดียวกันทั้งหมด พันธุ์เหล่านี้มีการสะสมกรดเอลลาจิกอยู่น้อยกว่าพันธุ์ของทางภาคเหนือด้วย (ตารางที่ 3) สอดคล้องตามรายงานของ Rangkadilok *et al.* (2012) ได้กล่าวว่า การสะสมสารประกอบโพลีฟีนอลในเมล็ดมีปริมาณที่แตกต่างกันไปตามพันธุ์ลำไย โดยได้รายงานปริมาณสารสกัดจากเมล็ดของพันธุ์ใบดามีปริมาณกรดเอลลาจิกและกรดแกลลิกสูงกว่าในพันธุ์ดอ นอกจากนั้นในการศึกษาของ Yang *et al.* (2011) ในลำไยจำนวน 16 พันธุ์ พบว่าประสิทธิภาพของสารประกอบโพลีฟีนอลในเนื้อลำไยเป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระได้แตกต่างกันไปตามพันธุ์ด้วย

ในการวิเคราะห์ปริมาณกรดแกลลิกและกรดเอลลาจิกในเมล็ดลำไยเปรียบเทียบกันเฉพาะกลุ่มพันธุ์ดอจำนวน 17 พันธุ์ ในตารางที่ 4 พบว่า พันธุ์ดอกก้านแข็ง มีการสะสมปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งกรดแกลลิกและกรดเอลลาจิกสูง โดยเฉพาะกรดแกลลิกมีปริมาณสูงที่สุดเท่ากับ 1.21 ± 0.14 มิลลิกรัมต่อกรัม ซึ่งแตกต่างจากพันธุ์ดออื่น ๆ ทั้งหมด รองลงมาคือ พันธุ์ดอแจ้ ดอยอดขาว และดอกก้านอ่อน ซึ่งทั้งสามพันธุ์นี้ไม่แตกต่างกัน ส่วนพันธุ์ดออื่น ๆ นั้นมีค่าน้อยกว่าและแตกต่างจากพันธุ์ดอที่ได้กล่าวมานี้ทั้งหมด เป็นที่น่าสังเกตว่าพันธุ์ดอตอนไชยและดอฮันทะสุนัขมีการสะสมกรดแกลลิกอยู่เพียง 0.33 และ 0.34 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากพันธุ์ดอกก้านแข็งมากกว่า 3 เท่า ในการศึกษาของ

Table 4 Analysis of polyphenolic compounds content in longan seed extract of 'Daw' cultivars group

'Daw' cultivars	Gallic acid (mg/g)	Ellagic acid (mg/g)
Daw Auntasunak	0.34 ±0.28 e	1.26 ±0.17 e
Daw Donchai	0.33 ±0.20 e	1.62 ±0.16 de
Daw Hom	0.45 ±0.14 de	1.65 ±0.27 de
Daw Taheng	0.38 ±0.19 de	1.66 ±0.13 de
Daw Baidam	0.42 ±0.08 de	1.63 ±0.19 de
Daw Khamlanng	0.45 ±0.30 de	1.99 ±0.28 cd
Daw Namphueng	0.46 ±0.19 de	2.04 ±0.18 bcd
Daw Yodkhao Nan	0.46 ±0.13 de	2.68 ±0.55 a
Daw 49	0.51 ±0.14 de	1.98 ±0.15 cd
Daw Baanhonge	0.45 ±0.07 de	2.24 ±0.08 abc
Daw Kradook Dansai	0.47 ±0.17 de	1.71 ±0.06 de
Daw Sukhum	0.52 ±0.10 de	1.92 ±0.11 cd
Daw Jae	0.88 ±0.49 b	2.22 ±0.05 abc
Daw Yoddaeng	0.58 ±0.18 cd	2.10 ±0.13 bcd
Daw Yodkhao	0.81 ±0.10 bc	2.51 ±0.15 ab
Daw Kaan-on	0.77 ±0.14 bc	1.66 ±0.42 de
Daw Kaankhaeng	1.21 ±0.14 a	2.22 ±0.14 abc

Maisuthisakul (2008) ได้กล่าวว่า พันธุ์เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีส่วนกำหนดปริมาณการสะสมของกรดแกลลิกได้ในเมล็ดมะม่วง 11 พันธุ์

ส่วนกรดเอลลาจิกมีการสะสมมากในพันธุ์ดอยยอชวามาน ดอยยอชวาม คอบ้านโฮ้ง คอแจ้ และคอگانแข็ง มีค่าอยู่ระหว่าง 2.22-2.68 มิลลิกรัมต่อกรัม ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่พันธุ์ดอยอัมตะสุนัข มีการสะสมกรดเอลลาจิกอยู่น้อยที่สุดเท่ากับ 1.26 ±0.17 มิลลิกรัมต่อกรัม แต่ไม่แตกต่างทางสถิติจากพันธุ์ดอยดอนไชย ดอยหอม ดอยตาเหิน ดอยไผ่ดำ ดอยกระดุก ด่านซ้าย และคอگانอ่อน จากการศึกษาี้แสดงให้เห็นว่าปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลในเมล็ดในกลุ่มพันธุ์ดอยนี้มีความแตกต่างกันระหว่างพันธุ์ แต่ยังมีบางพันธุ์ที่มีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความแตกต่างของกรดเอลลาจิกในเมล็ดของลำไยพันธุ์ต่าง ๆ จึงให้ค่าที่แตกต่างกันไม่มากนัก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่ากลุ่มสายพันธุ์ดอยนี้ได้มาจากการคัดเลือกพันธุ์มาจากการกลายพันธุ์หรือการผสมพันธุ์กันเอง ซึ่งมีความคล้ายคลึงกันทางสาย

พันธุ์กรรมอยู่มากกว่า 68 เปอร์เซนต์ (สลิลรัตน์, 2547) แต่มีบางพันธุ์ที่มีความแตกต่างออกไปทางพันธุ์กรรมจากวิธีการคัดเลือกพันธุ์ได้

สรุป

การศึกษาพื้นฐานวิทยาของเมล็ดจากขนาดและรูปร่างของเมล็ดมีความแตกต่างกันตามพันธุ์ลำไย ซึ่งพันธุ์ที่นำมาจากภูมิภาคอื่น ๆ นั้นมีเมล็ดขนาดใหญ่กว่าพันธุ์ที่ปลูกทางภาคเหนือ การสะสมสารประกอบโพลีฟีนอลในเมล็ดมีกรดแกลลิกและกรดเอลลาจิกในพันธุ์ดอยน้อยกว่าทุกพันธุ์ ส่วนลำไยพันธุ์ดอยอัมตะสุนัขมีลักษณะเฉพาะที่มีขนาดเมล็ดใหญ่และมีปริมาณกรดแกลลิกและกรดเอลลาจิกน้อย แต่พันธุ์ดอยกานแข็งมีการสะสมกรดทั้งสองชนิดนี้ในปริมาณสูงกว่า จึงกล่าวได้ว่าลักษณะพื้นฐานวิทยาของเมล็ดและปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลในเมล็ดสามารถใช้ในการจำแนกและเป็นลักษณะประจำพันธุ์ของลำไยได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการวิจัยการผลิตลำไยชีวภาพที่มีคุณภาพดี ปลอดภัย และการถ่ายทอดสู่ชุมชน (คลังเตอร์มูลค่าเพิ่มของการผลิตและแปรรูปพืชและสัตว์เศรษฐกิจเพื่อเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม) ภายใต้โครงการมหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ (NRU) สถาบันวิจัยและพัฒนาลำไยหรือญไทย คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้การอนุเคราะห์สถานที่และตัวอย่างลำไยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- ปนัดดา กาญจนะ และ เกศินี ระมิงค์วงศ์. 2541. การจำแนกพันธุ์ลำไยโดยวิธีอิเล็กโทรโฟรีซิส. วารสารเกษตร 14(2): 99-110.
- มนตรี แสนสุข. 2551. เทคโนโลยีการเกษตร. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : <http://info.matichon.co.th/techno/techno.php> (7 กรกฎาคม 2557).
- วิชา ธิติประเสริฐ. 2546.ฐานข้อมูลเชื้อพันธุ์พืช: ลำไย. ชุมชนเกษตรกรรมแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ. 100 หน้า.
- วีณา จิระจริยากุล. 2534. ยาและผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ. ภาควิชาเภสัชวินิจฉัย คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ. 499 หน้า.
- สลิลรัตน์ วิชัยพานิช. 2547. การจำแนกลำไยพันธุ์ดีโดยวิธีสัณฐานวิทยา เซลล์พันธุศาสตร์ และอิเล็กโทรโฟรีซิส. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาดิน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 146 หน้า.
- He, N., Z. Wang, C. Yang, Y. Lu, D. Sun, Y. Wang, W. Shao and Q. Li. 2009. Isolation and identification of polyphenolic compounds in longan pericarp. Separation and Purification Technology 70: 219-224.
- Maisuthisakul, P. 2008. Antiradical scavenging activity and polyphenolic compounds

extracted from Thai mango seed kernels. Asian Journal of Food and Agro-Industry 1(2): 87-96.

- Rangkadilok, N., S. Tongchusak, R. Boonhok, S. C. Chaiyaroj, V. B. Junyaprasert, W. Buajeeb, J. Akanimanee, T. Raksasuk, T. Suddhasthira and J. Satayavivad. 2012. *In vitro* antifungal activities of longan (*Dimocarpus longan* Lour.) seed extract. Fitoterapia. 83(3): 545-553.
- Soong, Y. Y. and P. J. Barlow. 2005. Isolation and structure elucidation of phenolic compounds from longan (*Dimocarpus longan* Lour.) seed by high-performance liquid chromatography-electrospray ionization mass spectrometry. Journal of Chromatography A 1085: 270-277.
- Soong, Y. Y. and P. J. Barlow. 2006. Quantification of gallic acid and ellagic acid from longan (*Dimocarpus longan* Lour.) seed and mango (*Mangifera indica* L.) kernel and their effects on antioxidant activity. Food Chemistry 97: 524-530.
- Sudjaroen, Y., W. E. Hull, G. Erben, G. Wurtele, S. Changbumrung, C. M. Ulrich and R. W. Owen. 2012. Isolation and characterization of ellagitannins as the major polyphenolic components of longan (*Dimocarpus longan* Lour.) seeds. Phytochemistry 77: 226-237.
- Sundaresan, V. 2005. Control of seed size in plants. Proceedings of the National Academy of Sciences 102(50): 17887-17888.
- Yang, B., Y. Jiang, J. Shi, F. Chen and M. Ashraf. 2011. Extraction and pharmacological properties of bioactive compounds from longan (*Dimocarpus longan* Lour.) fruit. Food Research International 44: 1837-1842.

ผลของกรด 3,5,6-ไทรคลอโร-2-ไพริดีลออกซีอะซีติกและกลูโคส ต่อการเติบโตและคุณภาพผลของส้มโอพันธุ์ทองดี

Effects of 3,5,6-Trichloro-2-Pyridyloxyacetic Acid and Glucose on Fruit Growth and Quality of Pomelo cv. 'Thong Dee'

ณัฐวุฒิ เนตรประดิษฐ์^{1/} ชูชาติ สันทรทรัพย์^{1/} และดรุณี นพพรหม^{1/}
Nuttawut Netpradit^{1/}, Chuchat Santasup^{1/} and Daruni Naphrom^{1/}

(Received: 24 June 2014; Accepted: 28 August 2014)

Abstract: The study on effect of 3,5,6-Trichloro-2-Pyridyloxyacetic Acid (3,5,6-TPA) and glucose on fruit growth and quality of pomelo cv. 'Thong Dee' was carried out at Wiang Kaen District, Chiang Rai Province, Thailand. Experimental design was factorial (2x3)+1 in CRD with 3 replications. The first factors were glucose concentrations at 450 and 550 mg/l. The second factors were 3,5,6-TPA concentrations at 10, 20 and 30 mg/l. Foliar spraying was done at 15 and 22 weeks after anthesis. It was found that there was an interaction between the two factors on fruit growth. Spraying 450mg/l and 550 mg/l glucose combined with 20 mg/l 3,5,6-TPA enhanced percentage of fruit growth higher than other treatments but not different as compared to control. Application of 20 mg/l 3,5,6-TPA showed better quality of pomelo fruit in terms of fruit weight, fruit pulp, pulp/peel and rind thickness more than 10 and 30 mg/l 3,5,6-TPA but it was not different from the control. Total soluble solid (TSS) contents were lower in all treatments than the control. Furthermore, limonin and naringin seemed to decrease after spraying with 550 mg/l glucose and 10 mg/l 3,5,6-TPA.

Keywords: 3,5,6-TPA, Glucose, Naringin, Limonin, fruit growth, pomelo

^{1/} ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

^{1/} Department of Plant Science and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

บทคัดย่อ: การศึกษานี้ เพื่อทราบผลของ 3,5,6-ไตรคลอโร-2-ไพริดิลออกซีอะซิติก (3,5,6-TPA) และกลูโคสต่อการเติบโต และคุณภาพผลของส้มโอพันธุ์ทองดี ทำการศึกษาที่อำเภอเวียงแก่น จังหวัดเชียงราย ประเทศไทย วางแผนการทดลองแบบ Factorial (2x3)+1 in CRD ทั้งหมด 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยแรกความเข้มข้นของกลูโคส 2 ระดับ คือ 450 และ 550 มิลลิกรัมต่อลิตร ปัจจัยที่สองความเข้มข้นของ 3,5,6-TPA 3 ระดับ คือ 10, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำการพ่นทางใบร่วมกัน 2 ครั้ง คือหลังจากดอกบาน 15 และ 22 สัปดาห์ พบว่าในการเจริญเติบโตของผล การพ่นกลูโคสและ 3,5,6-TPA มีปฏิสัมพันธ์กัน กรรมวิธีที่พ่นด้วยกลูโคส 450 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 550 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ 3,5,6-TPA 20 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มให้การเติบโตของผลมากกว่ากรรมวิธีควบคุม การพ่น 3,5,6-TPA ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้น้ำหนักผล น้ำหนักเนื้อ และสัดส่วนระหว่างเนื้อต่อเปลือก มากกว่าที่ความเข้มข้น 10 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ไม่ต่างจากกรรมวิธีควบคุมส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ในทุกกรรมวิธีมีค่าต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุม นอกจากนี้การพ่นกลูโคส 550 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 3,5,6-TPA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มให้สารรม คือ ลิโมนีนและนารินจินในน้ำคั้นลดลง

คำสำคัญ: กรด 3,5,6-ไตรคลอโร-2-ไพริดิลออกซีอะซิติก กลูโคส นารินจิน ลิโมนีน การเติบโตของผล ส้มโอ

คำนำ

ส้มโอเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย สามารถบริโภคได้ทั้งในรูปผลสดและแปรรูป เป็นไม้ผลเมืองร้อนที่สามารถปลูกและเจริญเติบโตได้ดีในดินเกือบทุกชนิดของประเทศไทย (สมคิด, 2544) ส้มโอเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เป็นที่นิยมบริโภคของคนไทยและชาวต่างประเทศโดยเฉพาะในแถบเอเชียเช่น จีน ฮองกง สิงคโปร์ และมาเลเซีย เป็นต้น ส้มโอที่นิยมปลูกมากคือพันธุ์ทองดี เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่ตลาดนิยม โดยเฉพาะการส่งออกต่างประเทศ (ชูชาติและคณะ, 2551) การผลิตส้มโอภายในประเทศ มีแหล่งปลูกกระจายอยู่ทั่วทุกภาคในบริเวณภาคเหนือตอนบน มีการทำสวนส้มโอของเกษตรกรเพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะในเขตอำเภอเวียงแก่น จังหวัดเชียงรายที่มีพื้นที่ปลูกถึง 7,395 ไร่ โดยเฉพาะส้มโอพันธุ์ทองดีที่มีการปลูกมากที่สุด เนื่องจากเป็นที่ต้องการของตลาดแต่อย่างไรก็ตามคุณภาพส้มโอที่ผลิตได้ในเขตพื้นที่ภาคเหนือตอนบนยังมีคุณภาพที่ไม่ได้ตามมาตรฐานทั้งลักษณะภายนอก และลักษณะของคุณภาพทางด้านรสชาติ เช่น รสขม เนื้อกุ่ม ร่วนและฟ้าม แตกต่างจากคุณภาพส้มโอที่ปลูกในพื้นที่ลุ่มน้ำในภาคกลาง ที่มีคุณภาพค่อนข้างสม่ำเสมอ (ชูชาติและคณะ, 2551) ดังนั้น การเพิ่มคุณภาพผลของส้มโอพันธุ์ทองดีในอำเภอเวียงแก่น จังหวัดเชียงราย จึงเป็นเรื่อง

ที่น่าสนใจ โดยเฉพาะการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในการเพิ่มคุณภาพผลผลิต ซึ่งสารที่นำมาใช้ในการทดลองคือ แมกซิม (Maxim®) ชื่อทางเคมี คือ 3,5,6-Trichloro-2-Pyridyloxyacetic Acid (3,5,6-TPA) เป็นสารในกลุ่มออกซินสังเคราะห์ที่มีบทบาทช่วยในการส่งเสริมหรือควบคุมการเจริญทางด้านแบ่งเซลล์ การขยายขนาดของเซลล์ และการยืดตัวของเซลล์ (พีรเดช, 2529) จากการรายงานของ Agustí *et al.* (1994) พบว่าการใช้ 3,5,6-TPA 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ผลส้ม Mandarin พันธุ์ 'Clausellina' มีขนาดใหญ่กว่ากรรมวิธีควบคุม นอกจากนี้ยังมีสารชนิดอื่นในกลุ่มออกซินสังเคราะห์ที่ทำหน้าที่คล้ายกัน เช่น 2,4 dichlorophenoxy acetic acid (2,4-D), 2,4,5-trichlorophenoxy acetic acid (2,4,5-T), naphthalene acetic acid (NAA) และ 2,4-dichlorophenoxypropionic acid (2,4-DP) (Steward *et al.*, 1952) อย่างไรก็ตาม 3,5,6-TPA มีประสิทธิภาพต่อการเพิ่มขนาดผลสูงสุดในกลุ่มของออกซินสังเคราะห์ (Agustí *et al.*, 1994)

นอกจากนี้การให้น้ำตาลกลูโคส สามารถเพิ่มปริมาณอาหารกับต้นพืชเพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาผลในช่วงการเจริญเติบโตได้ ซึ่งน้ำตาลจะได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสงที่เป็นกระบวนการสำคัญในพืชนั้น ๆ นอกจากนี้ น้ำตาลยังมีบทบาทในการควบคุมการเจริญเติบโตการพัฒนาผล (Sheen *et al.*, 1999) และเพิ่ม

ปริมาณ TNC ในใบ จากการศึกษาศึกษาของ ณัฐพงษ์ (2553) พบว่าการให้น้ำตาลกลูโคส 450 และ 225 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ปริมาณ TNC ในใบของส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม และพบว่าปริมาณ TNC ในใบส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง ทุกกรรมวิธีลดลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ก่อนการออกดอกจนถึงติดผล แสดงว่า TNC ถูกนำไปใช้สำหรับการพัฒนาของดอก ดังนั้นการให้น้ำตาลกลูโคสทางใบหลังการออกดอก และเข้าสู่ช่วงการติดผลกับส้มโอ น่าจะช่วยเพิ่มปริมาณ TNC ในใบได้ เพื่อนำไปพัฒนาคุณภาพผลต่อไป

ดังนั้นการทดลองนี้จึงมุ่งศึกษาผลของ 3,5,6-TPA ร่วมกับกลูโคสต่อการเติบโตและคุณภาพของส้มโอพันธุ์ทองดี ในอำเภอเวียงแก่น จังหวัดเชียงราย เพื่อได้แนวทางพัฒนาการผลิตส้มโอให้ได้ขนาดและคุณภาพที่ดีตามความต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลองกับต้นส้มโอพันธุ์ทองดีอายุ 7 ปี ที่มีความสม่ำเสมอทั้งหมด 21 ต้น ในสวนเกษตรกรรมอำเภอเวียงแก่น จังหวัดเชียงรายพันธุ์ตามกรรมวิธีต่าง ๆ ทางใบด้วยเครื่องพ่นชนิดเครื่องย่นดัดสพายหลัง โดยพ่นทั้งต้น 2 ครั้ง คือ 15 และ 22 สัปดาห์ หลังจากดอกบาน วางแผนการทดลองแบบ (2x3)+1 Factorial in CRD รวมทั้ง 7 กรรมวิธี 3 ซ้ำ โดยใช้ 1 ต้นต่อ 1 ซ้ำ ดังนี้

- กรรมวิธีที่ 1 ควบคุม (พ่นด้วยน้ำเปล่า)
- กรรมวิธีที่ 2 กลูโคส 450 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับ 3,5,6-TPA10 มิลลิกรัมต่อลิตร
- กรรมวิธีที่ 3 กลูโคส 450 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับ 3,5,6-TPA20 มิลลิกรัมต่อลิตร
- กรรมวิธีที่ 4 กลูโคส 450 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับ 3,5,6-TPA30 มิลลิกรัมต่อลิตร
- กรรมวิธีที่ 5 กลูโคส 550 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับ 3,5,6-TPA10 มิลลิกรัมต่อลิตร
- กรรมวิธีที่ 6 กลูโคส 550 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับ 3,5,6-TPA20 มิลลิกรัมต่อลิตร
- กรรมวิธีที่ 7 กลูโคส 550 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับ 3,5,6-TPA30 มิลลิกรัมต่อลิตร

ศึกษาเปอร์เซ็นต์การเติบโตของผล โดยเลือกผลส้มโอ จำนวน 5 ผลต่อ 1 ต้น เพื่อทำการวัดขนาดของเส้นรอบวงผลบริเวณที่กว้างที่สุด โดยทำการเริ่มวัดขนาดผลหลังจากพ่นสาร 1 เดือน และทำซ้ำเดือนละครั้ง จนถึงระยะการเก็บเกี่ยว นำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเติบโตของผลจาก

$$\text{การเติบโต} = \frac{\text{เส้นรอบวงผลครั้งสุดท้าย} - \text{เส้นรอบวงผลครั้งแรก}}{\text{เส้นรอบวงครั้งแรก}} \times 100\%$$

หลังการเก็บเกี่ยว เลือกผลส้มโอมากรรมวิธีละ 15 ผล (ต้นละ 5 ผล) บันทึก น้ำหนักผล น้ำหนักเนื้อ น้ำหนักเปลือก สัดส่วนระหว่างเนื้อต่อเปลือก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) วัดโดย digital refractometer ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) และปริมาณสารเคมี คือลิโมนีนและนารินจินในน้ำคั้น โดยเทคนิค HPLC (High Performance Liquid Chromatography)

การสกัดสารลิโมนีนในน้ำส้มโอ

คัดเฉพาะเนื้อส้มโอมาคั้นน้ำแล้วนำมากรองด้วยผ้าขาวบางให้น้ำคั้นส้มโอ 10 มิลลิตร นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 2500xg นาน 10 นาที นำ Millipore C18 Sep-pack Cartridge มาล้างด้วย methanol 4 มิลลิตร และน้ำกลั่น 4 มิลลิตร อย่างละ 2 รอบ โดยให้ปล่อยน้ำทิ้งไป จากนั้นดูดเอาส่วนลอย (supernatant) ของน้ำคั้น 1 มิลลิตร ปล่อยผ่าน Millipore C18 Sep-pack Cartridge แล้วตามด้วยน้ำกลั่น 5 มิลลิตร โดยให้ปล่อยน้ำทิ้งไป สุดท้ายชะด้วย methanol 5 มิลลิตร รวบรวมเอาสารละลายที่ได้มากรองด้วย 0.45 µm nylon filter แล้วจึงนำไปวิเคราะห์ โดยเทคนิค HPLC (Shaw and Wilson, 1984)

การสกัดสารนารินจินในน้ำส้มโอ

คัดเฉพาะเนื้อส้มโอมาคั้นน้ำแล้วนำมากรองด้วยผ้าขาวบาง นำน้ำส้มโอที่คั้นได้แล้วมา 2 มิลลิตร เติมน้ำกลั่น 4 มิลลิตร รวมกันเขย่าโดย vortex mixer ประมาณ 1 นาที แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 2500xg เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นดูดเอาส่วนลอยของน้ำคั้นไปกรองผ่าน

0.45 μ m nylon filterก่อนนำไปวิเคราะห์ โดยเทคนิค HPLC (Rouseff, 1988)

ผลการทดลอง

การเจริญเติบโตของผล

จากการศึกษาพบว่า ทั้งสองปัจจัยมีปฏิสัมพันธ์กัน (interaction) การพ่นกลูโคส 450 มิลลิกรัมต่อลิตรและ 550 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ 3,5,6-TPA 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เปอร์เซ็นต์การเติบโตของผลมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ แต่ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม โดยมีเปอร์เซ็นต์การเติบโตของผลเมื่ออายุ 4 เดือนเท่ากับ 112.29, 107.17 และ 105.62 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ เมื่อดูเฉพาะผลของ 3,5,6-TPA พบว่า การพ่น 3,5,6-TPA ที่ 20 มิลลิกรัมต่อลิตรให้เปอร์เซ็นต์การเติบโตของผลสูงสุดตลอดการทดลอง รองลงมา คือ ความเข้มข้นที่ 30 และ

10 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีเปอร์เซ็นต์การเติบโตของผลเมื่ออายุ 4 เดือนเท่ากับ 109.62, 90.00 และ 84.16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ปริมาณกลูโคสที่ไม่ให้ผลต่อการเติบโตของผล (ตารางที่ 1)

คุณภาพผลผลิต

ผลการทดลองพบว่า ทั้งสองปัจจัยไม่มีปฏิสัมพันธ์กันต่อคุณภาพผลผลิต อย่างไรก็ตามในกรรมวิธีที่พ่นด้วยกลูโคส 550 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับ 3,5,6-TPA 20 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความหนาเปลือก 1.25 เซนติเมตร ซึ่งมีแนวโน้มให้เปลือกบางกว่ากรรมวิธีควบคุมที่มีความหนาเปลือก 1.47 เซนติเมตร เมื่อดูเฉพาะผลของ 3,5,6-TPA พบว่า การพ่น 3,5,6-TPA 20 มิลลิกรัมต่อลิตรให้น้ำหนักผล น้ำหนักเนื้อ สัดส่วนระหว่างเนื้อต่อเปลือก และความหนาเปลือก มีคุณภาพดีกว่าการพ่นด้วย 3,5,6-TPA 10 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 2)

Table 1 Effect of 3,5,6-TPA and glucose on fruit growth after treatment

Treatment	Fruit Growth (%)			
	Month 1	Month 2	Month 3	Month 4
Control	48.56 AB	77.16 ABC	92.28 AB	105.62AB
Glucose 450 mg/l + 3,5,6-TPA 10 mg/l	43.58 A	70.04 BC	81.99 C	84.87 C
Glucose 450 mg/l + 3,5,6-TPA 20 mg/l	52.50 A	83.75 A	103.23 A	112.29 A
Glucose 450 mg/l + 3,5,6-TPA 30 mg/l	43.24 B	69.13 C	81.98 C	87.58 C
Glucose 550 mg/l + 3,5,6-TPA 10 mg/l	43.53 B	66.46 C	77.79 C	83.45 C
Glucose 550 mg/l + 3,5,6-TPA 20 mg/l	51.69 A	81.34 AB	99.67 AB	107.17 AB
Glucose 550 mg/l + 3,5,6-TPA 30 mg/l	44.04 B	73.92 ABC	87.05 BC	92.59 BC
Glucose 450 mg/l	46.44	74.30	89.07	94.84
Glucose 550 mg/l	46.42	73.91	88.17	94.35
3,5,6-TPA 10 mg/l	43.56 b	68.25 b	79.89 b	84.16 b
3,5,6-TPA 20 mg/l	52.09 a	82.55 a	101.45 a	109.62 a
3,5,6-TPA 30 mg/l	43.64 b	71.53 b	84.51 b	90.00 b
Glucose $\times$ 3,5,6-TPA	*	*	*	*
Glucose	ns	ns	ns	ns
3,5,6-TPA	*	*	*	*

A, B, C: Mean within column with different letters differ significant at $P < 0.05$ according to LSD test(interaction)

a, b: Mean within column with different letters differ significant at $P < 0.05$ according to LSD test(main factors)

ns: Non significant

Table 2 Effect of 3,5,6-TPA and glucose on pomelo cv. 'Thong Dee' fruit quality

Treatment	Fruit weight ^{1/} (g)	Pulp weight ^{1/} (g)	Peel weight (g)	Pulp/pee l ^{1/}	Rind thickness ^{1/} (cm)
Control	1062.0	637.77	363.68	1.77	1.47
Glucose 450 mg/l + 3,5,6-TPA 10 mg/l	884.0	482.92	344.79	1.42	1.50
Glucose 450 mg/l + 3,5,6-TPA 20 mg/l	1036.5	587.46	352.81	1.70	1.33
Glucose 450 mg/l + 3,5,6-TPA 30 mg/l	926.3	556.96	343.10	1.65	1.36
Glucose 550 mg/l + 3,5,6-TPA 10 mg/l	901.3	511.70	329.90	1.58	1.44
Glucose 550 mg/l + 3,5,6-TPA 20 mg/l	1030.3	639.20	327.42	1.95	1.25
Glucose 550 mg/l + 3,5,6-TPA 30 mg/l	861.1	512.24	333.84	1.53	1.45
Glucose 450 mg/l	948.92	542.44	346.90	1.59	1.39
Glucose 550 mg/l	930.90	554.38	330.38	1.68	1.38
3,5,6-TPA 10 mg/l	892.6 b	497.31 b	337.35	1.50 b	1.47 a
3,5,6-TPA 20 mg/l	1033.4 a	613.33 a	340.12	1.82 a	1.29 b
3,5,6-TPA 30 mg/l	893.7 b	534.60 ab	338.47	1.59 ab	1.40 ab
Glucose × 3,5,6-TPA	ns	ns	ns	ns	ns
Glucose	ns	ns	ns	ns	ns
3,5,6-TPA	*	*	ns	*	*

^{1/}Mean within column with different letters differ significant at P<0.05 according to LSD test, ns = non significant

ในด้านการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของน้ำคั้นส้มโอ พบว่าทั้งสองปัจจัยมีปฏิสัมพันธ์กันต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS) โดยพบว่า การพ่นกลูโคสร่วมกับ 3,5,6-TPA ทำให้ปริมาณ TSS ต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุม อย่างไรก็ตาม การพ่นกลูโคส 450 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับ 3,5,6-TPA 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร และการพ่นกลูโคส 550 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับ 3,5,6-TPA 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม สำหรับอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนปริมาณสารขมคือ ลิโมนินและนารินจินไม่มีความแตกต่างกันในทุกกรรมวิธี อย่างไรก็ตาม ในกรรมวิธีที่พ่นด้วยกลูโคส 550 มิลลิกรัมต่อลิตรและ 3,5,6-TPA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มให้ปริมาณสารขมต่ำกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ (ตารางที่ 3)

วิจารณ์

การพ่นกลูโคส 450 มิลลิกรัมต่อลิตรและ 550 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับ 3,5,6-TPA 20 มิลลิกรัมต่อลิตรทำให้เปอร์เซ็นต์การเติบโตของผลมีแนวโน้มสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ ตลอดจนการทดลอง เป็นไปได้ว่าน้ำตาลกลูโคสและออกซินน่าจะมีส่วนในการพัฒนาขนาดของผลเนื่องจากน้ำตาลเป็นสารเมตาบอไลต์ที่ได้จากการสังเคราะห์แสงและเป็นสารตั้งต้นของกระบวนการสำคัญต่าง ๆ ในพืช นอกจากนี้ น้ำตาลกลูโคสทำหน้าที่เป็นโมเลกุลส่งสัญญาณซึ่งมีผลต่อการกระตุ้นการแสดงออกของยีน (Sheen *et al.*, 1999) โดยเฉพาะการส่งสัญญาณของน้ำตาลจากแวคิวโอล ที่มีบทบาทสำคัญในการถอดรหัสยีนที่จำเป็นสำหรับการขยายขนาดของเซลล์และยังมีผลต่อการแสดงออกของยีนจำนวนมากที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ออกซิน และการรับรู้สัญญาณของออกซิน

Table 3 Effect of 3,5,6-TPA and glucose on pomelo cv. 'Thong Dee' chemical position

Treatment	TSS (°Brix)	TA (%)	TSS/TA	Limonin (ppm)	Naringin (ppm)
Control	8.24 A	0.68	12.69	31.67	206.70
Glucose 450 mg/l + 3,5,6-TPA 10 mg/l	7.33 BC	0.84	9.28	32.72	215.30
Glucose 450 mg/l + 3,5,6-TPA 20 mg/l	7.66 AB	0.77	10.92	33.81	223.28
Glucose 450 mg/l + 3,5,6-TPA 30 mg/l	7.83 AB	0.73	11.57	33.39	223.71
Glucose 550 mg/l + 3,5,6-TPA 10 mg/l	7.09 BC	0.79	9.46	28.45	163.76
Glucose 550 mg/l + 3,5,6-TPA 20 mg/l	7.46 ABC	0.71	11.21	30.18	204.19
Glucose 550 mg/l + 3,5,6-TPA 30 mg/l	6.77 C	0.82	8.89	35.10	226.24
Glucose 450 mg/l	7.61a	0.78	10.59	33.31	220.76
Glucose 550 mg/l	7.11b	0.77	9.85	31.24	198.06
3,5,6-TPA 10 mg/l	7.56	0.82	9.37	30.58	189.53
3,5,6-TPA 20 mg/l	7.30	0.74	11.07	31.99	213.73
3,5,6-TPA 30 mg/l	7.21	0.78	10.23	34.25	224.97
Glucose × 3,5,6-TPA	*	ns	ns	ns	ns
Glucose	*	ns	ns	ns	ns
3,5,6-TPA	ns	ns	ns	ns	ns

A, B, C: Mean within column with different letters differ significant at P<0.05 according to LSD test(interaction)

a, b: Mean within column with different letters differ significant at P<0.05 according to LSD test(main factors)

ns: Non significant

(Mishra *et al.*, 2009) ส่วนการพ่น 3,5,6-TPA 20 มิลลิกรัมต่อลิตรทำให้การเติบโตของผลมีแนวโน้มสูงกว่าความเข้มข้นอื่น ๆ สอดคล้องกับการทดลองของ Agustí *et al.* (1995) พบว่า การพ่น 3,5,6-TPA 20 มิลลิกรัมต่อลิตรทำให้อัตราการเติบโตของส้ม Mandarin สูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ หลังจากการทดลอง 30 วัน และในการทดลองของ Duarte *et al.* (1996) รายงานว่า การพ่นสาร 2,4-D 17 ถึง 20 มิลลิกรัมต่อลิตรให้กับส้ม Clementine ทำให้อัตราการเติบโตของผลสูงกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างไรก็ตามเปอร์เซ็นต์การเติบโตของผลไม่มีความแตกต่างจากกรรมวิธีควบคุมเนื่องจากระยะเวลาของการพ่นสารอาจไม่เหมาะสม จากการศึกษาของสัญญาชัย (2532) พบว่า การพัฒนาขนาดผลส้มโอมีการเติบโตทางด้านความสูงและเส้นผ่าศูนย์กลางอย่างรวดเร็วในช่วง 12-14 สัปดาห์แรกหลังจากดอกบาน ซึ่งเป็นระยะที่ 2 ของการเติบโตของผลส้ม คือ ระยะการขยายขนาดตัวของเซลล์ เป็นระยะที่ผลมีการเจริญและเปลี่ยนแปลงมากที่สุด และลดลงในช่วง

สัปดาห์ที่ 16-18 หลังจากดอกบานในงานทดลองนี้ได้เริ่มพ่นสารครั้งแรก หลังจากดอกบาน 15 สัปดาห์ และครั้งที่สองคือ 22 สัปดาห์ ซึ่งการพ่นสารในระยะนี้เป็นไปได้ว่าผลส้มโอน่าจะมีการพัฒนาด้านการขยายขนาดผลน้อยลง ดังนั้นการศึกษาในครั้งต่อไปควรจะพ่นสารในระยะ 12-14 สัปดาห์แรกหลังจากดอกบานส่วนในกรรมวิธีที่พ่นกนูโคสทุกความเข้มข้นร่วมกับ 3,5,6-TPA 10 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เปอร์เซ็นต์การเติบโตของผลต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุม เป็นไปได้ว่าความเข้มข้นนี้อาจไม่เหมาะสมกับการพัฒนาของส้มโอ ซึ่งคล้ายกับการทดลองของ Saleem *et al.* (2008) รายงานว่าการใช้ 2,4-D 10 มิลลิกรัมต่อลิตรทำให้น้ำหนักผลส้มน้อยกว่ากรรมวิธีควบคุม และ Erner *et al.* (1993) พบว่า เมื่อมีการเพิ่มความเข้มข้นของ 2,4-D จนถึง 40 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้น้ำหนักของส้ม Valencia เล็กลง สอดคล้องกับการทดลองของ Yildirim *et al.* (2011) รายงานว่า การให้ 3,5,6-TPA 40 มิลลิกรัมต่อลิตร

ทำให้ผลผลิตรวมต่อต้นของส้ม Valencia ต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุม

ด้านคุณภาพผลผลิตพบว่า การพ่นด้วย 3,5,6-TPA 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้น้ำหนักผล น้ำหนักเนื้อ สัดส่วนระหว่างเนื้อต่อเปลือก และความหนาเปลือก มีคุณภาพดีกว่าการพ่น 3,5,6-TPA 10 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตรคล้ายกับการทดลองของ Emer *et al.* (1993) รายงานว่าการใช้ 2,4-D 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้การติดผลและขนาดผลของส้ม Valencia และ Shamouti เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม และจากการรายงานของ Stern *et al.* (2000) พบว่าการใช้ 3,5,6-TPA 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้น้ำหนักผลของส้มพันธุ์ 'Floridian' และ 'Mauritius' มากกว่าทุกกรรมวิธีอย่างไรก็ตามไม่ต่างจากกรรมวิธีควบคุม เป็นไปได้ว่าความเข้มข้นนี้อาจยังไม่เหมาะสมในการพัฒนาคุณภาพผลเท่าที่ควร การศึกษาครั้งต่อไปอาจเพิ่มความเข้มข้นเป็น 15 และ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร นอกจากนี้ การพ่นกลูโคส 550 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ 3,5,6-TPA 20 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มให้เปลือกบางกว่ากรรมวิธีควบคุม ซึ่งอาจเป็นผลของออกซินสอดคล้องกับการศึกษาของ จริญญา และดุณี (2553) รายงานว่า การพ่น NAA กับส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งทำให้เปลือกบางกว่ากรรมวิธีควบคุม

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางเคมีในน้ำคั้นส้มโอพบว่า การพ่นกลูโคสร่วมกับ 3,5,6-TPA ทุกกรรมวิธี ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS) ต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุม คล้ายกับการทดลองของ Saleem *et al.* (2007) พบว่าการใช้ 2,4-D 20 มิลลิกรัมต่อลิตรกับส้ม Blood Red ทำให้มีปริมาณ TSS ต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุม และ Saleem *et al.* (2008) รายงานว่า การพ่นสาร 2,4-D ความเข้มข้น 10-45 มิลลิกรัมต่อลิตรกับส้ม Blood Red ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุม เป็นไปได้ว่าการให้น้ำตาลกลูโคสจากภายนอกน่าจะมีผลต่อการลดปริมาณ TSS ได้เช่นกัน เนื่องจากน้ำตาลกลูโคสเป็นสารตั้งต้นของกระบวนการหายใจ ดังนั้นเมื่อมีสารตั้งต้นมาก อาจมีผลต่อการกระตุ้นกระบวนการหายใจให้เกิดเพิ่มขึ้นและส่งผลให้น้ำตาลกลูโคสที่สะสมภายในเซลล์ถูกเปลี่ยนรูปเป็นกรดอินทรีย์ต่าง ๆ โดยเฉพาะกรดซิตริก (citric

acid) ที่เกิดขึ้นระหว่างวัฏจักรเครบส์ (Krebs' cycle) (สมบุญ, 2544) ซึ่งในงานวิจัยนี้พบว่า ในกรรมวิธีที่พ่นสารมีแนวโน้มให้ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) สูงกว่ากรรมวิธีควบคุม ซึ่งส่วนนี้อาจเป็นผลมาจากออกซินที่กระตุ้นให้เกิดการแลกเปลี่ยนโปรตรอน (H^+) ในเซลล์พืชแล้วเกิดเป็นกรดอ่อน ๆ เพื่อให้เซลล์ขยายขนาดหรือยืดตัวอย่างรวดเร็ว (สัมฤทธิ์, 2544) แต่อย่างไรก็ตามการบอกถึงคุณภาพด้านรสชาติ ไม่ได้พิจารณาเฉพาะค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้หรือปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เพียงอย่างเดียว แต่ควรใช้อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดและปริมาณกรดที่ไทเทรตเป็นตัวชี้วัด (दनัย และนิธิยา, 2548) ซึ่งในงานวิจัยนี้ สัดส่วนระหว่าง TSS/TA ไม่มีความต่างกันในทุกกรรมวิธี

ส่วนปริมาณสารขมทั้งลิโมนินและนารินจินในน้ำคั้น ทุกกรรมวิธีไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน แต่ในกรรมวิธีที่พ่นด้วย กลูโคส 550 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 3,5,6-TPA 10 มิลลิกรัมต่อลิตรมีแนวโน้มให้สารขมลดลงจากกรรมวิธีควบคุม โดยเฉพาะสารนารินจิน นพดล (2537) รายงานว่า เมื่อมีการให้ออกซินเข้าไป เซลล์ที่ได้รับออกซินจะปลดปล่อย H^+ เข้าไปในผนังเซลล์ในขณะเดียวกัน H^+ เหล่านี้มีผลให้ pH ลดลงทำให้เกิดการคลายตัวของผนังเซลล์ ซึ่งกิจกรรมของเอนไซม์นารินจินเนสที่สลายนารินจินทำงานได้ดีในสภาพที่มี pH ต่ำ (Villa-Real *et al.*, 2011) อาจเป็นไปได้ว่าการให้ 3,5,6-TPA น่าจะทำให้ pH ในน้ำคั้นส้มโอลดลง และทำให้กิจกรรมของเอนไซม์นารินจินเนสที่สลายสารนารินจินทำงานได้ดีขึ้น

สรุป

การศึกษานี้พบว่า การพ่นกลูโคส 450 มิลลิกรัมต่อลิตรและ 550 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ 3,5,6-TPA 20 มิลลิกรัมต่อลิตรมีแนวโน้มให้เปอร์เซ็นต์การเติบโตของผลมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ นอกจากนี้การพ่น 3,5,6-TPA ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้น้ำหนักผล น้ำหนักเนื้อ สัดส่วนระหว่างเนื้อต่อเปลือก และความหนาเปลือก มีคุณภาพดีกว่าความเข้มข้น 10 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ไม่ต่างจากกรรมวิธีควบคุม ส่วนการพ่นกลูโคสร่วมกับ 3,5,6-TPA ทำให้ปริมาณของแข็งที่

ละลายน้ำได้ (TSS) ลดลง ในขณะที่ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) สัดส่วนระหว่าง TSS/TA และสารขมไม่มีความต่างกัน นอกจากนี้ การพ่นกลูโคส 550 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ 3,5,6-TPA 20 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มให้เปลือกบางกว่ากรรมวิธีควบคุม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.) ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัย ขอขอบคุณคณาจารย์คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการทำวิจัย ขอขอบคุณสวนส้มโอของเกษตรกรอำเภอเวียงแก่น จังหวัดเชียงรายที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัย และขอขอบคุณห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- จริญญา ปัญญาแก้ว และดุณี นามพรหม. 2553. ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการออกดอกนอกฤดูและคุณภาพผลของส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง. วารสารเกษตร 26(ฉบับพิเศษ): 117-125.
- ชูชาติ สันทรทรัพย์ สุธามาศ ณ น่าน ดุณี นามพรหม อังสนา อัครพิศาล และ เยาวลักษณ์ จันทร์บาง. 2551. การศึกษารูปแบบการผลิตส้มโอในพื้นที่ภาคเหนือและการพัฒนาคุณภาพเพื่อการส่งออก. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://elibrary.trf.or.th/project_content.asp?PJID=RDG5020010 (13 กุมภาพันธ์ 2557).
- दनัย บุญยเกียรติ และ นิธิยา รัตนพานนท์. 2548. การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 236 หน้า.
- ณัฐพงษ์ วงษ์มา. 2553. ผลของการพ่นน้ำตาลทางใบต่อสารชีวเคมีในใบและการออกดอกของส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์

บัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 86 หน้า.

- นพดล จรัสสัมฤทธิ์. 2537. ฮอโมนพืชและสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช. สำนักพิมพ์วิบูลย์, กรุงเทพฯ. 124 หน้า.
- พีรเดช ทองอำไพ. 2529. ฮอโมนพืชและสารสังเคราะห์แนวทางการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย. วิทยการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 196 หน้า.
- สัญญาชัย พันธโชติ. 2532. การศึกษาการเจริญเติบโตและพัฒนาการของส้มโอในสภาพแวดล้อมภาคเหนือตอนบน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 127 หน้า.
- สมคิด เทียมศรีศรี. 2544. การปลูกส้มโอ. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 112 หน้า.
- สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2544. สรีรวิทยาของพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 237 หน้า.
- สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์. 2544. สรีรวิทยาการพัฒนากาพืช. ห้างหุ้นส่วนจำกัดโรงพิมพ์คลังนานาวิทยา, กรุงเทพฯ. 665 หน้า.
- Agusti, M., V. Almela, M. Juan, E. Primo-Millo, I. Trenor and S. Zaragoza. 1994. Effect of 3,5,6-trichloro-2-pyridyl-oxyacetic acid on fruit size and yield of 'Clausellina' mandarin (*Citrus unshiu* Marc.). Journal of Horticultural Science and Biotechnology 69(2): 219-223.
- Agusti, M., M. El-Otmani, M. Aznar, M. Juan and V. Almela. 1995. Effect of 3,5,6-trichloro-2-pyridyloxyacetic acid on clementine early fruitlet development and on fruit size at maturity. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 70(6): 995-962.
- Duarte, A. M. M., D. T. G. Trindade and J. L. Guardiola. 1996. Thinning of Esbal clementine with 2,4-dichlorophenoxyacetic acid influence on yield, fruit size and fruit

- quality. Proceedings International Society of Citriculture 2: 929-933.
- Erner, Y., Y. Kaplan, B. Artzi and M. Hamou. 1993. Increasing citrus fruit size using auxins and potassium. Acta Horticulturae 329: 112-119.
- Mishra, B. S., M. Singh, P. Aggrawal and A. Laxmi. 2009. Glucose and auxin signaling interaction in controlling *Arabidopsis thaliana* seedlings root growth and development. PLoS ONE 4(2): e4502. 13 p.
- Rouseff, R. L. 1988. Liquid chromatographic determination of naringin as a detector of grapefruit juices in orange juices. Journal Association of Official Analytical Chemists 71: 798-802.
- Saleem, B. A., A. U. Malik and M. Farooq. 2007. Effect of exogenous growth regulators application on June fruit drop and fruit quality in *Citrus sinensis* cv. Blood Red. Pak. Journal of Agricultural Science 44(2): 289-294.
- Saleem, B. A., A. U. Malik, M. A. Pervez, A. S. Khan and M. N. Khan. 2008. Spring application of growth regulators affects fruit quality of 'Blood Red' sweet orange. Pakistan Journal of Botany 40(3): 1013-1023.
- Shaw, P. E. and C. W. Wilson. 1984. A rapid method for determination of limonin in citrus juices by high performance liquid chromatography. Pakistan Journal of Botany 49: 1216-1218.
- Sheen, J., L. Zhou and J. C. Jang. 1999. Sugars as signaling molecules. Current Opinion in Plant Biology 2(5): 410-418.
- Stern, R. A., D. Stern, M. Harpaz and S. Gazit. 2000. Applications of 2,4,5-TP, 3,5,6-TPA and combinations of increase lychee fruit size and yield. Hort Science 35(4): 661-664.
- Stewart W. S., H. Z. Hoed, B. L. Brannamann. 1952. Effects of 2,4-D and related substances on fruitdrop, yield, size and quality of Valencia orange. Hilgardia 21: 321-329.
- Villa-Real, H., A. J. Alfaia, M.R. Bronze, A. R. T. Calado and M. H. L. Ribeiro. 2011. Enzymatic Synthesis of the Flavone Glucosides, Prunin and Isoquercetin, and the Aglycones, Naringenin and Quercetin, with Selective α -L-Rhamnosidase and β -D-Glucosidase Activities of Naringinase. Enzyme Research. 11 p.
- Yildirim, B., T. Yesiloglu, M. U. Kamiloglu, M. Incesu, B. Cimen and N. Yilmaz. 2011. Effects of 3,5,6-trichloro-2-pyridyloxyacetic acid on fruit size and yield of Valencia oranges (*Citrus sinensis* Osb.). Journal of Food, Agriculture and Environment 9(1): 275-279.

ผลของความยาวก้านใบเลี้ยงและระยะเวลาในการบ่มต่อ การพัฒนาจาวตาลโตนด

Effects of Cotyledonary Petiole Length and Incubation Period on *Borassus flabellifer* L. Haustorium Development

นนุช วงศ์สินชวน^{1/*}
Nongnuch Wongsinchuan^{1/*}

(Received: 29 July 2014; Accepted: 1 December 2014)

Abstract: Studies of palmyra palm haustorium development from the cotyledonary petioles lengths (<8, 9-16, 17-24, 25-32 and >33 cm) and incubation periods were investigated at Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University, Pattani Province, during June-September 2013. The results showed that the lengths of cotyledonary petiole at 17-24, and 25-32 cm could yield no difference in terms of haustorium weight, volume, width and firmness, although the length >33 cm could give more volume and width but the weight did not differ significantly. However, at the length <8 and 9-16 cm resulted in the lower weight and volume than the length 25-32 cm. The density, firmness and moisture content declined when the cotyledonary petiole length increased. Incubation period from 0 to 4 months had effect on development of haustorium during the period of 1 month. Interaction between cotyledonary petiole length and incubation period was found on haustorium width and water content whereas no effect on weight, volume and firmness.

Keywords: Cotyledonary petiole, haustorium

^{1/} คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี 94000

^{1/} Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University. Amphor Mueang, Pattani 94000, Thailand

* Corresponding author

บทคัดย่อ: ศึกษาพัฒนาการของจาวตาลจากความยาวก้านใบเลี้ยงและเวลาบ่ม ที่คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดปัตตานี ระหว่างเดือนมิถุนายน - กันยายน 2556 พบว่า การตัดก้านใบเลี้ยงที่มีความยาว 17-24 และ 25-32 เซนติเมตร ได้น้ำหนัก ปริมาตร ความกว้าง ความหนาแน่นเนื้อของจาว ไม่ต่างกัน ส่วนความยาวที่มากกว่า 33 เซนติเมตร แม้มีปริมาตรกับความกว้างของจาวมาก แต่น้ำหนักจาวไม่แตกต่างกันกับความยาว 17-24 และ 25-32 เซนติเมตร ขณะที่ความยาวน้อยกว่า 8, 9 - 16 เซนติเมตร มีน้ำหนัก และปริมาตรของจาว ต่ำกว่าที่ความยาว 25-32 เซนติเมตร ในส่วนความหนาแน่น ความหนาแน่นเนื้อ และความชื้นของจาว มีแนวโน้มลดลงในกรรมวิธีที่มีความยาวก้านใบเลี้ยงมากขึ้น สำหรับระยะเวลาในการบ่มตั้งแต่ 0 ถึง 4 เดือน มีผลต่อการพัฒนาของจาวตาลในช่วง 1 เดือนเท่านั้น เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างความยาวก้านใบเลี้ยงกับระยะเวลาในการบ่ม มีผลต่อความกว้างและความชื้นของจาวตาล แต่ไม่มีผลต่อน้ำหนัก ปริมาตร และความหนาแน่นเนื้อ

คำสำคัญ: ก้านใบเลี้ยง จาวตาล

คำนำ

ตาลโตนดเป็นพืชยืนต้นในวงศ์ปาล์ม (Arecaceae) ได้แก่ *Borassus aethiopum* Mart., *B. flabellifer* L. และ *B. sondaicus* Becc. สามารถพบ *B. flabellifer* มากในทวีปแอฟริกาตะวันตก อินเดีย ศรีลังกา และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Morton, 1988) ตาลโตนดในประเทศไทยมีหลายชื่อ ภาคกลางเรียกต้นตาล ภาคใต้เรียก ต้นโหนด เป็นพืชที่ชอบอากาศร้อน ขึ้นได้ดีในดินทราย ดินปนทราย ดินเหนียว ในดินที่มีน้ำกร่อยท่วมถึง ยิงโตเร็วและให้ความหวานจัด ชอบขึ้นในที่ไม่มีพืชอื่นปกคลุม เติบโตได้ดีในสภาพแห้งแล้ง เป็นพืชที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาเกษตรยั่งยืน เป็นพืชสารพัดประโยชน์ สามารถเก็บผลผลิตทุกปีติดต่อกันนานหลายสิบปี (เจือจันทร์, 2546) มีดอกเพศผู้และดอกเพศเมียแยกต้นกัน ดอกอยู่บนช่อดอกที่มีก้านแทงออกจากต้นระหว่างก้านใบ ผลมีขนาดใหญ่เป็นทะลาย ผลอ่อนมีสีเขียวอ่อน ภายในมีเอนโดสเปิร์มในรูปของเหลว ผลแก่ตาลโตนดประกอบด้วย 3 ชั้น ได้แก่ เปลือก (epicarp) มีสีดำ เนื้อสีเหลืองและเส้นใย (mesocarp) และกะลาแข็ง (endocarp) ภายในเมล็ดมีเอนโดสเปิร์มแข็งไม่มีชีวิต เนื้อสีขาวขุ่น เมล็ดมีลักษณะการงอกที่ใบเลี้ยงไม่โผล่ขึ้นมาเหนือผิวดิน (hypogeal germination) เป็นแบบที่เรียกว่า งอกห่างเมล็ด (remote tubular germination) (Meerow, 1990) ภายในเมล็ดประกอบด้วยใบเลี้ยง ที่แบ่งเป็น 2 ด้าน คือ

ด้าน distal end จะยังคงอยู่ภายในเมล็ดทำหน้าที่ย่อยแป้ง โปรตีน และกาแลคโตแมนแนน จากเอนโดสเปิร์มมาเก็บไว้จนมีขนาดใหญ่ ขณะเดียวกันยังทำหน้าที่สะสมอาหารให้กับต้นกล้า จึงทำหน้าที่เป็นทั้งแหล่งผลิตและแหล่งที่ใช้ (Ratheesh, 2012) เรียกส่วนนี้ว่า จาวตาล (haustorium) (Pinheiro, 2001) และด้าน proximal end เจริญยืดยาวออกมาภายนอกเมล็ดเรียก ก้านใบเลี้ยง (cotyledonary sheath, cotyledonary axis, cotyledonary petiole) ศัพท (embryo) อยู่ที่ปลายของก้านใบเลี้ยง เจริญเติบโตเป็นต้นกล้าที่มีลักษณะอวบอ้วน เรียก tuberous seedling (ภาพที่ 1) มีขนาดยาว 20 เซนติเมตร กว้าง 2.5 เซนติเมตรหนักประมาณ 90-100 กรัม (Tahir *et al.*, 2007) ตาลโตนดเป็นแหล่งอาหาร ให้กับประเทศกำลังพัฒนาหลาย ๆ ประเทศ (Ali *et al.*, 2010) และมีการเพาะจำหน่ายในเขตอเมริกาใต้ แอฟริกาตะวันตก อินเดีย ไนจีเรีย และศรีลังกา โดยการนำไปต้ม ย่าง หรือทำให้แห้งแล้วบดเป็นแป้ง แปรรูปเป็นอาหารชนิดต่าง ๆ (Davis and Johnson, 1987) ในประเทศไทยไม่บริโภคต้นกล้างกล่าว แต่บริโภคใบเลี้ยงหรือที่เรียกว่า จาวตาล จากวิธีการเพาะเมล็ดตาลโตนด โดยแก้การพักตัวของเมล็ดด้วยการแช่น้ำ 20 วัน (นนุช และคณะ, 2556) จนงอก ก้านใบเลี้ยงหรือที่คนไทยเรียกว่ารากสะดือ เมื่อเมล็ดงอกประมาณ 20 เซนติเมตร จะทำการตอน โดยตัดรากสะดือทิ้งให้เหลือติดกับเมล็ดประมาณ 1 นิ้ว ทารอยแผลด้วยปูนแดง ทิ้งไว้ประมาณ 1 เดือน ใบเลี้ยงภายใน

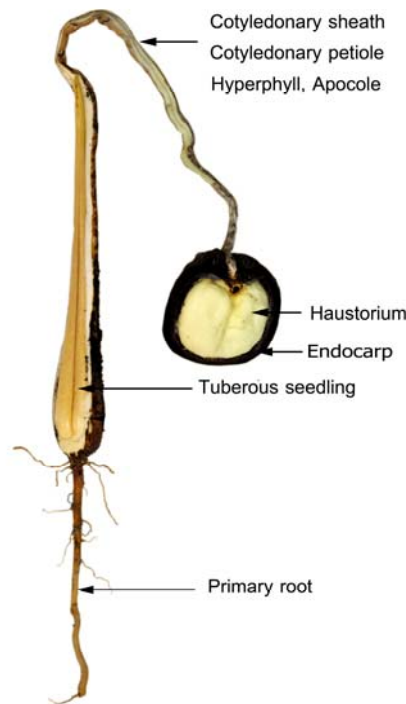


Figure 1 Structure of *Borassus flabellifer* seedling

เมล็ดจะพัฒนามีขนาดใหญ่ขึ้น เรียกว่า จาวตาล แล้วผ่าเมล็ดเพื่อนำจาวตาลไปใช้ประโยชน์ต่อไป หรือเก็บเมล็ดเป็นเวลาหลายเดือนจนกว่าจะผ่า แต่งานวิจัยเกี่ยวกับจาวตาลในประเทศมีน้อยมาก คณะผู้วิจัยตระหนักถึงคุณค่าทางเศรษฐกิจและภูมิปัญญาท้องถิ่นจึงศึกษาความยาวของก้านใบเลี้ยงที่ต้องตัดทิ้งและเวลาในการบ่ม เพื่อให้จาวตาลพัฒนามีขนาดใหญ่ขึ้น เป็นการสร้างมูลค่าเมล็ดตาลโดนดที่ถูกทิ้งไปให้กลับมาเป็นอาหารสร้างรายได้และความมั่นคงทางอาหารที่สอดคล้องกับบริบทของชุมชนท้องถิ่นให้เป็นแหล่งอาหารต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

รวบรวมผลตาลโดนดสุกที่หล่นได้ต้น โดยไม่มีการคัดขนาด ในบริเวณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี ช่วงเดือนมิถุนายนถึงกันยายน พ.ศ. 2556 แก่การพักตัวของเมล็ดโดยแยกเมล็ดออกจากผลสุกและแช่เมล็ด ในบ่อซีเมนต์ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร เปลี่ยนน้ำทุกสัปดาห์ โดยการถ่ายน้ำเก่า

ออกจนหมดแล้วเติมน้ำใหม่ เมื่อครบกำหนด 20 วัน นำเมล็ดขึ้นมาล้างน้ำ ทอยเพาะเมล็ด โดยใช้เวลาเพาะ 20, 30, 40 และ 50 วัน เพื่อเก็บเกี่ยวพร้อมกัน วัสดุเพาะประกอบด้วยทรายหยาบผสมขี้เลื่อย อัตรา 1:1 โดยปริมาตร ความสูงแปลงเพาะ 60 เซนติเมตร รดน้ำในแปลงเพาะทุก 2 วัน เมื่อครบกำหนด ถอนต้นกล้าโดยระมัดระวังในการถอนต้นกล้าไม่ให้กระทบกระเทือนเข้าไปในจาวตาล จะได้เมล็ดงอกที่มีความยาวก้านใบเลี้ยงต่างกัน จัดกลุ่มให้ได้ความยาวต่างกัน 5 ระดับ คือ น้อยกว่า 8, 9-16, 17-24, 25-32 และมากกว่า 33 เซนติเมตร ตัดก้านได้ใบเลี้ยงให้เหลือติดเมล็ด ประมาณ 2 นิ้ว ทารอยแผลด้วยปูนแดง วางไว้ในที่ร่มไม่ต้องรดน้ำ เมื่อครบเวลาในการบ่ม 5 ระยะ (เป็นเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน) จึงผ่าเมล็ด เพื่อนำจาวตาลมาศึกษาข้อมูลทางกายภาพ ประกอบด้วยน้ำหนักสด ปริมาตร ความกว้างจาว ความหนาแน่น (น้ำหนักสด/ปริมาตร) ความแน่นเนื้อ (firmness) และเปอร์เซ็นต์ความชื้น วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD จำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 10 เมล็ด และ

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT)

ผลและวิจารณ์

จากการศึกษาการตัดก้านใบเลี้ยงที่ความยาวต่างกัน มีผลต่อขนาดของจาวตาล โดยการตัดก้านใบเลี้ยงที่ความยาวน้อยกว่า 8 เซนติเมตร มีน้ำหนักและปริมาตร น้อยกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ ($P < 0.01$) ส่วนการตัดก้านใบเลี้ยงที่ความยาว 9-16 เซนติเมตร กับ ความยาว 17-24 เซนติเมตร และการตัดก้านใบเลี้ยงที่ความยาว 17-24 เซนติเมตร กับ 25-32 เซนติเมตร มีน้ำหนัก ปริมาตร และความกว้างของจาวไม่แตกต่างกัน และ การตัดก้านใบเลี้ยงที่ความยาวมากกว่า 33 เซนติเมตรให้น้ำหนักของจาวเท่ากับ 23.55 กรัม ไม่แตกต่างกันกับที่ความยาว 17-24 และ 25-32 เซนติเมตร ที่มีค่าเท่ากับ 21.08 และ 24.38 กรัม แต่มีปริมาตร 34.30 ลูกบาศก์เซนติเมตร และความกว้าง 5.07 เซนติเมตร สูงกว่า กรรมวิธีอื่น ๆ ($P < 0.01$) ดังนั้นจาวตาลจึงมีการพัฒนาขนาดพร้อมกับการยืดยาวก้านใบเลี้ยงจากอายุการเพาะที่นานขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาเวลาเพาะเมล็ดตาลโดนด จากเดือนที่ 1 ถึงเดือนที่ 6 มีผลให้น้ำหนักของก้านใบเลี้ยงเพิ่มขึ้นจาก 2.25 กรัมเป็น 74.40 กรัม และน้ำหนักจาวตาลเพิ่มขึ้นจาก 1.86 กรัมเป็น 27.02 กรัม (Ratheesh, 2012) ในส่วนความหนาแน่น ความแน่นเนื้อและความชื้น มีแนวโน้มลดลง เมื่อความยาวก้านใบเลี้ยงเพิ่มขึ้น โดยที่ความยาวมากกว่า 33 เซนติเมตร ให้ค่าความหนาแน่น ความแน่นเนื้อและความชื้นต่ำสุดที่ 0.69, 13.5 นิวตัน และ 72.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาการพัฒนาต้นกล้าพืชวงศ์ปาล์ม *Washingtonia filifera* ใน 5 ระยะ ตั้งแต่เมล็ดดูดน้ำ จนกระทั่งมีใบจริงใบแรกพบว่าการเพิ่มขนาดของ haustorium ขึ้นอยู่กับการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ช่องว่างระหว่างเซลล์ (intercellular space) ทำให้มีการเพิ่มปริมาณออกซิเจน เพื่อใช้ในการย่อยอาหารจากเอนโดสเปิร์ม (DeMason, 1988) จึงทำให้น้ำจาวฟ้ามยิ่งขึ้น

ระยะเวลาในการบ่มตั้งแต่ 0 จนถึง 4 เดือน มีผลต่อการพัฒนาของจาว จาก 0 เดือนถึง 1 เดือนเท่านั้น โดยที่ระยะบ่ม 0 เดือน น้ำหนัก ปริมาตร และความกว้างของจาว มีค่าน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ ($P < 0.01$) มีค่าน้ำหนัก 8.31 กรัม ปริมาตร 12.62 ลูกบาศก์เซนติเมตร และความกว้าง 3.07 เซนติเมตร เมื่ออายุการบ่มเพิ่มขึ้นเป็น 1 เดือน มีน้ำหนัก 22.33 กรัม ปริมาตร 26.93 ลูกบาศก์เซนติเมตร และความกว้าง 4.67 เซนติเมตร แต่เมื่ออายุการบ่มเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 1 จนถึง 4 เดือน น้ำหนัก ปริมาตร และความกว้างของจาวไม่แตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นที่อายุบ่ม 3 เดือน มีน้ำหนักของจาวสูงสุด 27.49 กรัม ($P < 0.01$) ซึ่งใบเลี้ยงของพืชตระกูลถั่ว ทำหน้าที่สะสมอาหารและลำเลียงไปเลี้ยงต้นกล้าขณะเมล็ดงอก แต่ในพืชตระกูลปาล์ม สะสมอาหารในเอนโดสเปิร์ม และใบเลี้ยงจะแบ่งเป็นสองด้าน คือ คือด้าน proximal end เป็นที่อยู่ของคัพภะ ยืดยาวเป็นก้านใบเลี้ยงฝังลงในดิน และด้าน distal end พัฒนาเป็นจาวตาล (haustorium) ทำหน้าที่ย่อยและลำเลียงอาหารจากเอนโดสเปิร์ม (Haris, 1994) อยู่ภายในเมล็ดและมีชีวิต (DeMason, 1984) การตัดก้านใบเลี้ยงเป็นการตัดเส้นทางการลำเลียงอาหารจากเอนโดสเปิร์มไปยังต้นกล้า (Pinheiro, 2001) ดังนั้นอาหารดังกล่าวจึงนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของจาวตาลได้ภายใน 1 เดือน หลังจากนั้น การพัฒนาจาวตาลเปลี่ยนแปลงได้ไม่มากนัก ซึ่งกลไกนี้ไม่ทราบแน่ชัด อาจเป็นเพราะการลำเลียงอาหารจากแหล่งผลิตไปยังแหล่งที่ใช้ไม่สมดุลย์หลังจากหนึ่งเดือนไปแล้ว ขนาดของจาวตาลไม่แตกต่างทางสถิติ และเวลาที่บ่มนานขึ้นจะพบปัญหาโรคและแมลงเข้าไปทำลายเนื้อจาวตาล ทำให้ผลผลิตลดลง ส่วนความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาบ่มนานขึ้นจาก 14.41 นิวตัน เป็น 17.11 นิวตัน ความชื้นลดลงเมื่อเวลาบ่มนานขึ้น จาก 80.00 เป็น 68.14 เปอร์เซ็นต์

สำหรับปฏิสัมพันธ์ระหว่างความยาวก้านใบเลี้ยงกับระยะเวลาในการบ่ม ไม่มีผลต่อน้ำหนัก ปริมาตร ความแน่นเนื้อ แต่มีผลต่อความกว้างและความชื้นของจาวตาล (ตารางที่ 1)

Table 1 Effects of cotyledonary petiole length and incubation period on haustorium weight, volume, width, density, firmness and moisture content

Treatment		Haustorium parameter					
		Weight ^{1/} (g)	Volume ^{1/} (cm ³)	Width ^{1/} (cm)	Density ^{1/}	Firmness ^{1/} (N)	Moisture content ¹ (%)
A=Cotyledonary petiole length (cm)	< 8	14.68 ^c	16.13 ^d	3.79 ^d	0.91 ^{ab}	15.60 ^a	76.47 ^a
	9-16	19.84 ^b	20.53 ^c	4.10 ^{cd}	0.97 ^a	16.71 ^a	75.09 ^{ab}
	17-24	21.08 ^{ab}	24.47 ^{bc}	4.45 ^{bc}	0.86 ^b	15.95 ^a	75.36 ^{ab}
	25-32	24.38 ^a	26.90 ^b	4.59 ^b	0.91 ^{ab}	15.30 ^a	73.20 ^{bc}
	> 33	23.55 ^a	34.30 ^a	5.07 ^a	0.69 ^c	13.50 ^b	72.28 ^c
F-test		**	**	**	**	**	*
B=Incubation period (month)	0	8.31 ^c	12.62 ^b	3.07 ^b	0.66 ^b	14.41 ^b	80.00 ^a
	1	22.33 ^b	26.93 ^a	4.67 ^a	0.83 ^a	14.23 ^b	77.29 ^b
	2	22.96 ^b	27.25 ^a	4.53 ^a	0.84 ^a	15.64 ^{ab}	74.76 ^{bc}
	3	27.49 ^a	29.68 ^a	4.88 ^a	0.93 ^a	15.68 ^{ab}	72.22 ^c
	4	22.44 ^b	25.87 ^a	4.85 ^a	0.87 ^a	17.11 ^a	68.14 ^d
F-test		**	**	**	**	**	**
A*B		ns	ns	*	ns	ns	*
CV %		25.66	25.73	13.66	12.83	15.09	5.42

A = Cotyledonary petiole length (cm), B = Incubation period (month)

*, ** = Significance at P<0.05 and 0.01, respectively, ns = non significance

^{1/} = Means with the same letters in the column were not significant with DMRT

สรุป

ในขณะที่ไม่ลิดตาลโตนดงอก ส่วนของใบเลี้ยงพัฒนาเป็นสองส่วนคือ ก้านใบเลี้ยงและจาวตาล ทั้งสองส่วนเติบโตไปพร้อมกัน ความยาวก้านใบเลี้ยงจึงมีผลต่อการพัฒนาจาวตาล โดยความยาวที่เหมาะสมในการตัดก้านใบเลี้ยงที่ 17-32 เซนติเมตร ส่วนความยาวที่มากกว่า 33 เซนติเมตร แม้มีปริมาตรกับความกว้างของจาวมาก แต่น้ำหนักจาวไม่แตกต่างกันกับความยาวข้างต้น เมื่อตัดก้านใบเลี้ยงแล้ว ควรบ่มเมล็ดต่ออีก 1 เดือน จึงจะได้ขนาดของจาวตาลที่พัฒนาขึ้นอย่างเหมาะสม

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการ สมบัติกายภาพ-เคมีของจาวตาลจากการตัดก้านใบเลี้ยงและระยะเวลาในการบ่มทุนสนับสนุนจากกองทุนวิจัยวิทยาเขตปัตตานี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี ประภาพทวิไปประจำปีงบประมาณ 2556

เอกสารอ้างอิง

เจือจันทร์ ด่านสืบสกุล. 2546. ศึกษาการผลิตอาหารจากตาลโตนดของชาวบ้าน อำเภอสังขละบุรี จังหวัดสงขลา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยทักษิณ, สงขลา. 276 หน้า.

- นางนุช วงศ์สินชวน สมศักดิ์ บัวทิพย์ และตี๋ฮายา หะวอ. 2556. การเร่งการงอกของเมล็ดตาลโตนด (*Borassus flabellifer* L.) วารสารวิชาการเกษตร 31(3): 250-256.
- Ali, A., B. Fadimatou, C. Tchiegang, C. Saidou and M.B. Adji. 2010. Physico-chemical and functional properties of bâchi or hypocotyle axes of *Borassus aethiopum* Mart. African Journal of Food Science 10(4): 635-641.
- Davis, T. and D.V. Johnson. 1987. Current utilization and further development of the palmyra palm (*Borassus flabellifer* L., Arecaceae) in Tamil Nadu State, India. Economic Botany 2(41): 247-266.
- DeMason, D. A. 1984. Growth parameters in the cotyledon of date seedlings Botanical Gazette 145(2): 176-183
- DeMason, D. A. 1988. Seedlings development in *Washingtonia filifera*. Bot. Gaz. 149(1): 45-56.
- Haris, T. C. N. 1994. Developmental and germination studies of the sugar palm (*Arenga pinnata* Merr.) seed. Ph.D.Thesis. Universiti Pertanian, Malaysia. 152 p.
- Meerow, A. W. 1990. Palm seed germination. IFAS Cooperative Extension Bulletin 274: 1-10.
- Morton, J. F. 1988. Notes on distribution, propagation, and products of *Borassus* palms (Arecaceae). Economic Botany 42(3): 420-441.
- Pinheiro, C. U. B. 2001. Germination strategies of palm: the case of *Schippia concolor* Burret in Belize. Brittonia 53(4): 519-527.
- Ratheesh C. P. 2012. Physiology and biochemistry of seed development and germination in *Borassus flabellifer* L. Ph. D. Thesis. University of Calicut, India. 174 p.
- Tahir, S. M., S. Mu'azu, A. U. Khan, and D. N. Lortsuun. 2007. Studies on the germination and seedling characteristics of the savanna palm trees. Science World Journal 2(3): 248-253.

ชีววิทยาของเพลี้ยจักจั่นฝ้ายและประสิทธิภาพของ สารฆ่าแมลงสำหรับการควบคุมในมะเขือม่วง

Biology of Cotton Leafhopper and Efficacy of Insecticides for Controlling in Purple Eggplant

จริยา สีดวงแก้ว^{1/} จิราพร กุลสาริน^{1/} ไสว บรณพานิชพันธุ์^{1/}
และสิริญา คัมภีโร^{1/}

Jariya Seeduangkaew^{1/}, Jiraporn Kulsarin^{1/}, Sawai Buranapanichpan^{1/}
and Siriya Kumpiro^{1/}

(Received: 17 November 2014; Accepted: 20 March 2015)

Abstract: Biology of cotton leafhopper, *Amrasca biguttula biguttula* (Ishida) (Hemiptera: Cicadellidae), and efficacy of some insecticides for its control were carried out at Faculty of Agriculture, Chiang Mai University. The cotton leafhoppers were reared on purple eggplants in cages under screen house at temperature of $27.80 \pm 0.90^{\circ}\text{C}$ and relative humidity of $59.32 \pm 1.35\%$. The mean duration of incubation period and first to fifth instar nymphs of cotton leafhopper were 6.50 ± 0.50 , 1.60 ± 0.53 , 1.30 ± 0.47 , 1.25 ± 0.44 , 1.40 ± 0.50 and 1.65 ± 0.478 days, respectively. The total nymphal period was 7.55 ± 2.06 days. The total life cycle from egg to adult emergence was 21.95 ± 1.05 days. The adult male and female longevities were 23.40 ± 2.13 and 25.55 ± 2.39 days, respectively. The efficacy test of chemical insecticides, botanical insecticides and bioinsecticides were conducted in laboratory condition using completely randomized design (CRD) with 3 replications. The result showed that abamectin, carbaryl and cypermethrin insecticides were the most effective insecticides for controlling the third instar nymphs of cotton leafhopper with 100.00% of mortality while *Metarhizium anisopliae* as abioinsecticide was high affected with of 83.33% mortality.

Keywords: Cotton leafhopper, *Amrasca biguttula biguttula*, purple eggplant, control

^{1/} ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

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

บทคัดย่อ: การศึกษาชีววิทยาของเพลี้ยจักจั่นฝ้าย (*Amrasca biguttula biguttula* (Ishida) (Hemiptera: Cicadellidae)) และประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงในการควบคุมในมะเขือม่วงได้ดำเนินการที่คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยเลี้ยงเพลี้ยจักจั่นฝ้ายในกรงภายใต้โรงเรือนตาข่ายที่อุณหภูมิ 27.80 ± 0.90 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 59.32 ± 1.35 เปอร์เซ็นต์ ระยะไข่และระยะตัวอ่อนวัยที่ 1-5 ของเพลี้ยจักจั่นฝ้ายมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.50 ± 0.50 , 1.60 ± 0.53 , 1.30 ± 0.47 , 1.25 ± 0.44 , 1.40 ± 0.50 และ 1.65 ± 0.478 วัน ตามลำดับ ใช้เวลาในระยะตัวอ่อนนาน 7.55 ± 2.06 วัน วงจรชีวิต ตั้งแต่ระยะไข่จนพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยเท่ากับ 21.95 ± 1.05 วัน ตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียมีอายุ 23.40 ± 2.13 และ 25.55 ± 2.39 วัน ตามลำดับ สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมีฆ่าแมลง สารสกัดจากพืช และสารชีวภัณฑ์ ได้ดำเนินการในห้องปฏิบัติการ โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD แต่ละกรรมวิธีประกอบด้วย 3 ซ้ำ ผลการศึกษาพบว่า สารเคมีฆ่าแมลง อะบาเม็กติน คาร์บาริล และไซเพอร์เมทริน มีประสิทธิภาพสูงสุด ทำให้ตัวอ่อนวัยที่ 3 ของเพลี้ยจักจั่นฝ้ายตาย 100.00 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่สารชีวภัณฑ์เชื้อรา *Metarhizium anisopliae* สามารถใช้ควบคุมเพลี้ยจักจั่นฝ้ายได้ โดยให้เปอร์เซ็นต์การตายของตัวอ่อนเพลี้ยจักจั่นฝ้ายเท่ากับ 83.33 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: เพลี้ยจักจั่นฝ้าย มะเขือม่วง การป้องกันกำจัด

คำนำ

มะเขือม่วง (purple eggplant; *Solanum melongena*) จัดอยู่ในวงศ์ Solanaceae (นิพนธ์, 2546) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ปัจจุบันส่งออกไปยังประเทศญี่ปุ่น และไต้หวัน มีปริมาณไม่ต่ำกว่า 4,500 ตันต่อปี (อทิพัฒน์, 2551) เป็นพืชที่โตไว สามารถเก็บผลผลิตได้เร็ว จัดเป็นไม้พุ่มล้มลุก ไม่มีหนาม และหยักใบ (บงการ และเกตุณี, 2545) เป็นวัตถุดิบสำคัญในการผลิตอาหารญี่ปุ่นในรูปการดองหรือแช่แข็ง การแปรรูปมะเขือดังกล่าวเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลผลิต แต่ในการผลิตมะเขือม่วงมักพบปัญหาการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืช ได้แก่ เพลี้ยไฟฝ้าย เพลี้ยอ่อน เพลี้ยจักจั่นฝ้าย และหนอนเจาะผลมะเขือ เป็นต้น สำหรับเพลี้ยจักจั่นฝ้าย *Amrasca biguttula biguttula* (Ishida) (Hemiptera: Cicadellidae) เป็นแมลงศัตรูที่สำคัญของมะเขือเปราะ มะเขือเทศ มะเขือยาว ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วลิสง ละหุ่ง ทานตะวัน ฝ้าย ปอแก้ว กระเจี๊ยบเขียว และ ถั่วมะแฮะ เป็นต้น (กรมวิชาการเกษตร, 2556) พบระบาดทั่วไปในประเทศไทย ถ้าฝนทิ้งช่วงนาน ๆ อากาศแห้งแล้ง เพลี้ยจักจั่นฝ้ายดูดกินน้ำเลี้ยงจากพืช ทำให้แคระแกร็น (กรมวิชาการเกษตร, 2555) พร้อมกับปล่อยสารบางชนิดทำให้ขอบใบพืชเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ใบพืชโค้งงอแล้วเปลี่ยนเป็นสีม่วงและแดงในที่สุด (Cotton Catchment Communities,

2013) ตัวอ่อนรูปร่างเหมือนกับตัวเต็มวัย เคลื่อนไหวได้รวดเร็ว ต่างกันตรงที่ตัวเต็มวัยมีปีกและขนาดโตกว่า (Madar and Katti, 2011) ทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัยเดินออกข้างเป็นเส้นทแยงมุมสังเกตได้ง่าย (สัญญาณี, 2556) สำหรับการป้องกันกำจัดเพลี้ยจักจั่นฝ้าย Queensland Government (2013) ได้แบ่งเป็น 2 แบบ คือ การป้องกันกำจัดแบบไม่ใช้สารเคมี และแบบใช้สารเคมี การป้องกันกำจัดแบบไม่ใช้สารเคมี ได้แก่ การใช้กับดักแสงไฟ การรักษาความสะอาดแหล่งสะสมและแหล่งขยายพันธุ์ของแมลง การใช้พันธุ์ต้านทาน เช่น สายพันธุ์ SRT 1 และสายพันธุ์ SWG 532 (แสงแข และคณะ, 2551, 2556) การใช้ตัวห้ำ *Chrysoperla carnea* (Vennila et al., 2007) และตัวเบียน เช่น แตนเบียน *Anagrus flaveolus* และ แตนเบียน *Stethynium triclavatum* (Muniappan et al., 2012) การใช้พันธุ์ต้านทาน เช่น การใช้ฝ้ายใบขนพันธุ์ใหม่ “ตากฟ้า 84-4” (ปริญญา และคณะ, 2555) การใช้สารสกัดจากเมล็ดสะเดา (Srinivasan, 2009) และการใช้เชื้อรา *Metarhizium anisopliae* CKM-048 ที่เป็นรูปผงเปียก มีความเข้มข้น 1.25×10^{13} สปอร์/เฮกตาร์ มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดใกล้เคียงกับการใช้สารกำจัดแมลง (Maketon et al., 2008) อย่างไรก็ตาม เกษตรกรนิยมใช้วิธีพ่นสารเคมีฆ่าแมลง เนื่องจากเป็นวิธีที่สะดวกและเห็นผลรวดเร็ว สารเคมีฆ่าแมลงที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดเพลี้ยจักจั่นฝ้ายได้ดี

ควรเป็นสารเคมีฆ่าแมลงประเภทดูดซึม เนื่องจากเพลี้ยจักจั่นฝ้ายอยู่บริเวณใต้ใบพืช ทำให้สารประเภทถูกตัวตายมักใช้ไม่ได้ผล ทำให้ผู้ผลิตต้องใช้สารเคมีในการควบคุมศัตรูพืชบ่อยครั้ง ส่งผลให้แมลงเกิดความต้านทานต่อสารเคมีดังกล่าว และยังเป็นผลเสียต่อผู้ผลิต ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อม สารเคมีฆ่าแมลงที่สำนักงานวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร แนะนำในการป้องกันกำจัดเพลี้ยจักจั่นฝ้ายมีเพียง 2 ชนิด คือ flucyclozuron และ cypermethrin (กลุ่มกึ่งและสังเคราะห์, 2553) อย่างไรก็ตามการทดสอบประสิทธิภาพสารเคมีฆ่าแมลงป้องกันกำจัดเพลี้ยจักจั่นฝ้ายในฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 พบว่าสารเคมีฆ่าแมลงที่มีประสิทธิภาพดีในการป้องกันกำจัดเพลี้ยจักจั่นฝ้าย ได้แก่ imidacloprid 10% SL, imidacloprid 5% EC และ thiacloprid 24% SC (สุพจน์และคณะ, 2545) นอกจากนี้สารเคมีฆ่าแมลงที่ใช้ในการป้องกันกำจัดเพลี้ยจักจั่นฝ้ายในกระเจียบเขียว พบว่าสารเคมีฆ่าแมลง thiamethoxam 25% WG, dinotefuran 10% WP, clothianidin 16% SG, acetamiprid 2.85% EC, imidacloprid 10% SL และสารสกัดสะเดา 0.1% Aza อัตรา 3, 10, 12 กรัม, 30, 20 และ 200 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร ตามลำดับ มีประสิทธิภาพดีในการควบคุมประชากรของเพลี้ยจักจั่นฝ้าย (สมรวย และคณะ, 2550) ทั้งนี้การปลูกมะเขือม่วงในประเทศไทยยังเป็นพืชใหม่ ทำให้ไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับแมลงที่เข้าทำลายมากเพียงพอ ดังนั้น จึงได้ทำการศึกษาชีววิทยา และทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมีฆ่าแมลงในการป้องกันกำจัดเพลี้ยจักจั่นฝ้ายที่เข้าทำลายมะเขือม่วง เพื่อใช้เป็นข้อมูลแนะนำให้เกษตรกรผู้ปลูกมะเขือม่วงต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาชีววิทยาของเพลี้ยจักจั่นฝ้าย

การเก็บตัวอย่างเพลี้ยจักจั่นฝ้ายในแปลงเกษตรกรอำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย โดยการใช้ขวดโหลขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 12 เซนติเมตร สูง 25 เซนติเมตร นำไปครอบยอดของมะเขือม่วง ทำการเคาะขวดโหล ตัวเต็มวัยของเพลี้ยจักจั่นฝ้ายจะบินออกจากรอบมะเขือม่วงมาเกาะในขวดโหลแทน เมื่อได้ตามจำนวน

ที่ต้องการแล้ว นำไปเลี้ยงเพื่อเพิ่มปริมาณ โดยนำเพลี้ยจักจั่นฝ้าย เลี้ยงรวมกันในกรงขนาด 150x150x150 เซนติเมตร ที่มีต้นมะเขือม่วงอยู่ในกรง เพื่อให้เป็นที่ยาวไข่ และใช้เป็นอาหารของตัวอ่อนของแมลง จากนั้นปล่อยให้แมลงผสมพันธุ์และวางไข่ ด้วยวิธีการดังกล่าวจนได้ตัวเต็มวัยของเพลี้ยจักจั่นฝ้ายเพียงพอสำหรับใช้ศึกษาทางชีววิทยา และการทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมีฆ่าแมลงต่อไป

การศึกษาชีววิทยาของเพลี้ยจักจั่นฝ้าย ดำเนินการภายใต้สภาพโรงเรือนตาข่าย ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 27.80 ± 0.90 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 59.32 ± 1.35 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้หลอดดูดแมลงดูดเพลี้ยจักจั่นฝ้ายตัวเต็มวัยจากต้นพืชในกรงตาข่ายที่เลี้ยงไว้เป็นจำนวน 100 ตัว (อัตราส่วนเพศผู้ : เพศเมีย ประมาณ 1:1) ปล่อยให้เข้าไปในกรงตาข่ายขนาด 150x150x150 เซนติเมตร ที่มีต้นมะเขือม่วงอายุประมาณ 1 เดือน (มีใบมะเขือม่วงประมาณ 4-5 ใบ) เป็นพืชอาศัยทั้งหมด 10 ต้น เพื่อให้เพลี้ยจักจั่นฝ้ายผสมพันธุ์และวางไข่ เมื่อครบ 24 ชั่วโมง ทำการย้ายต้นมะเขือม่วงออกจากกรงไปไว้ในกรงเปล่าขนาด 50x50x50 เซนติเมตร กรงละ 1 ต้น ทำการตรวจสอบทุกวันจนกระทั่งตัวอ่อนวัยที่ 1 พักออกมาจากไข่ ทำการคัดเลือกตัวอ่อนวัยที่ 1 ให้เหลือบนต้นมะเขือม่วง ต้นละ 2 ตัว โดยแยกให้อาศัยอยู่บนละใบของต้น ตรวจสอบและบันทึกการเจริญเติบโตของเพลี้ยจักจั่นฝ้ายทุกวันจนกระทั่งเป็นตัวเต็มวัย จึงแยกไปเลี้ยงเดี่ยวเพื่อตรวจสอบอายุตัวเต็มวัย นอกจากนี้ ทำการวัดขนาดของเพลี้ยจักจั่นฝ้ายในแต่ละระยะการเจริญเติบโตด้วย

การทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมีฆ่าแมลงในห้องปฏิบัติการ

นำใบมะเขือม่วงมาตัดให้มีขนาดเท่ากับกระปุกพลาสติกที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร สูง 3 เซนติเมตร ที่เทปูนไว้ด้านล่างของกระปุกเพื่อให้ความชื้นกับใบมะเขือม่วง จากนั้นวางใบมะเขือม่วงที่เตรียมไว้ลงในกระปุกพลาสติกโดยให้ใบมะเขือม่วงแนบติดกับปูนกล่อละ 1 ใบ จากนั้นใส่ตัวอ่อนเพลี้ยจักจั่นฝ้ายวัยที่ 3 จำนวน 10 ตัว ทำการพ่นสารเคมีฆ่าแมลงโดยใช้เครื่องพ่นที่มีขนาดละอองเล็ก (air brush sprayer) วางแผนการ

ทดลองแบบ completely randomized design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ แบ่งเป็นกรรมวิธีต่าง ๆ ดังนี้

- กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม ใช้น้ำกลั่น
กรรมวิธีที่ 2 อะบาเม็กติน (abamectin) 1.8 W/V EC อัตรา 60 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร
กรรมวิธีที่ 3 คาร์บาริล (carbaryl) 85% WP อัตรา 40 กรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร
กรรมวิธีที่ 4 ไซเพอร์เมทริน (cypermethrin) 35% W/V EC อัตรา 4 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร
กรรมวิธีที่ 5 ฟิโพรนิล (fipronil) 5% W/V SC อัตรา 20 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร
กรรมวิธีที่ 6 อิมิดาโคลพริด (imidacloprid) 70% WG อัตรา 3 กรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร
กรรมวิธีที่ 7 เชื้อรา *B. bassiana* อัตรา 80 กรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร
กรรมวิธีที่ 8 เชื้อรา *M. anisopliae* อัตรา 200 กรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร
กรรมวิธีที่ 9 สารสกัดจากโลชั่น อัตรา 50 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร
กรรมวิธีที่ 10 สารสกัดจากสะเดา อัตรา 50 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร

ทำการตรวจนับการตายที่เวลา 1, 3, 6, 9, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง หลังจากทำการทดสอบเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การตาย นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P \leq 0.05$) และคำนวณหาค่า median lethal time (LT_{50})

ผลการทดลองและวิจารณ์

การศึกษาชีววิทยาของเพลี้ยจักจั่นฝ้าย

ผลการศึกษาชีววิทยาของเพลี้ยจักจั่นฝ้าย (*A. biguttula biguttula* (Ishida)) ภายใต้โรงเรือนตาข่าย ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 27.80 ± 0.90 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 59.32 ± 1.35 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการเจริญเติบโตของเพลี้ยจักจั่นฝ้าย มี 3 ระยะ ดังนี้ ระยะไข่ ตัวอ่อน และ ตัวเต็มวัย เพศเมียวางไข่ เป็นแบบฟองเดี่ยว ๆ ฝังอยู่ใน

เนื้อเยื่อของใบพืช ไข่มีรูปร่างยาวรี ขนาดความกว้าง 0.20 ± 0.02 มิลลิเมตร ความยาว 0.75 ± 0.04 มิลลิเมตร ไข่มีสีขาวยาว และสามารถมองเห็นเป็นจุดสีแดง 2 จุดเมื่อไข่ใกล้ฟักออกมาเป็นตัวอ่อน ระยะไข่ใช้เวลาเฉลี่ย 6.50 ± 0.51 วัน สอดคล้องกับรายงานของ Shivanna *et al.* (2009); Madar and Katti (2011) และ Jayasimha *et al.* (2012) ตัวอ่อนที่ฟักออกจากไข่ใหม่ ๆ ลำตัวเล็กเรียว มีลักษณะเป็นสีเขียวใส โปร่งแสง อ่อนนุ่ม ส่วนหัว และส่วนอกมีขนาดใหญ่กว่าส่วนท้อง ปลายท้องค่อนข้างแหลม ตารวมมีขนาดเล็กเป็นสีแดง หนวดเป็นแบบเส้นขน ลำตัวกว้าง 0.23 ± 0.02 มิลลิเมตร ลำตัวยาว 0.89 ± 0.10 มิลลิเมตร ต่อมาตัวอ่อนวัยนี้มีสีเข้มขึ้น กลายเป็นสีเขียวอ่อน ระยะเวลาตัวอ่อนในวัยนี้ ประมาณ 1.60 ± 0.53 วัน ตัวอ่อนวัยที่ 2 มีตารวมใหญ่ขึ้น เปลี่ยนเป็นสีดำ ตุ่มปีก (wing pads) ปรากฏเป็นแถบยาวทางด้านข้าง ของอก ปล้องที่ 2 และ 3 ขนาดของลำตัวมีขนาดใหญ่ ลำตัวกว้างประมาณ 0.27 ± 0.02 มิลลิเมตร ลำตัวยาวประมาณ 1.21 ± 1.55 มิลลิเมตร สีของตัวแมลงเปลี่ยนจากสีเขียวอ่อน เป็นสีเขียวเข้มขึ้น เพลี้ยจักจั่นฝ้ายวัยนี้มีการเคลื่อนไหวรวดเร็ว ระยะเวลาตัวอ่อนวัยนี้ ประมาณ 1.30 ± 0.47 วัน ตัวอ่อนวัยที่ 3 ลักษณะคล้ายตัวอ่อนวัยที่ 2 ยกเว้นสีของตัวอ่อนเป็นสีเหลืองอมเขียว มองเห็นตุ่มปีกชัดเจนขึ้น ลำตัวกว้าง 0.43 ± 0.02 มิลลิเมตร ลำตัวยาว 1.62 ± 0.21 มิลลิเมตร ระยะเวลาตัวอ่อนในวัยนี้ ประมาณ 1.25 ± 0.44 วัน ตัวอ่อนวัยที่ 4 ลำตัวมีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าเดิมตัวอ่อนวัยที่ 3 มีลำตัวกว้าง 0.47 ± 0.02 มิลลิเมตร ลำตัวยาวประมาณ 1.82 ± 0.07 มิลลิเมตร (ตารางที่ 1) ตุ่มปีกยื่นยาวถึงส่วนท้องปล้องที่ 4 ระยะเวลาตัวอ่อนวัยนี้ 1.40 ± 0.50 วัน ตัวอ่อนวัยที่ 5 ลำตัวสีเขียวอมเหลืองมีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าตัวอ่อนวัยที่ 4 มีลำตัวกว้าง 0.57 ± 0.03 มิลลิเมตร ความยาว 2.40 ± 0.12 มิลลิเมตร เพลี้ยจักจั่นฝ้ายไม่ค่อยมีการเคลื่อนไหว เคลื่อนไหวช้า ระยะเวลาตัวอ่อนวัยนี้ ประมาณ 1.65 ± 0.48 วัน

ตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียมีขนาดเล็ก รูปร่างบอบบาง สีทั่วไปของหัว ลำตัวและปีก ขา เป็นสีเขียวอ่อนใส ส่วนด้านล่างของใบหน้า และปลายขาเป็นสีเขียวอมฟ้า ปีกบางใส ใกล้เคียงปีกคู้หน้ามีจุดสีดำ ข้างละ 1 จุด ปีกคู้หลังบางใส หน้าผาก (frons) มีขีดขาวทอดยาวจาก

Table 1 Duration and size of various developmental stages of cotton leafhopper, *Amrasca biguttula* (Ishida), on purple eggplant

Developmental stages	Durations (days)		Body width (mm)		Body length (mm)	
	Mean $\pm$ S.D.	Range	Mean $\pm$ S.D.	Range	Mean $\pm$ S.D.	Range
Egg	6.50 $\pm$ 0.51	6-7	0.20 $\pm$ 0.02	0.16-0.23	0.75 $\pm$ 0.04	0.69-0.78
Nymph						
Instar 1	1.60 $\pm$ 0.53	1-2	0.23 $\pm$ 0.02	0.21-0.27	0.89 $\pm$ 0.10	0.80-1.05
Instar 2	1.30 $\pm$ 0.47	1-2	0.27 $\pm$ 0.02	0.23-0.31	1.21 $\pm$ 1.55	0.94-1.39
Instar 3	1.25 $\pm$ 0.44	1-2	0.43 $\pm$ 0.02	0.40-0.48	1.62 $\pm$ 0.21	1.26-1.81
Instar 4	1.40 $\pm$ 0.50	1-2	0.47 $\pm$ 0.02	0.44-0.50	1.82 $\pm$ 0.07	1.70-1.89
Instar 5	1.65 $\pm$ 0.48	1-2	0.57 $\pm$ 0.03	0.55-0.63	2.40 $\pm$ 0.12	2.19-2.25
Instar 1-5	7.55 $\pm$ 2.06	6-8	-	-	-	-
Adult longevity						
Male	23.40 $\pm$ 2.13	21-27	0.75 $\pm$ 0.03	0.69-0.80	3.01 $\pm$ 0.08	2.88-3.11
Female	26.55 $\pm$ 2.39	24-30	0.76 $\pm$ 0.03	0.72-0.80	3.09 $\pm$ 0.13	2.88-3.26
Egg to adult emergence	21.95 $\pm$ 1.05	21-24	-	-	-	-

ขอบหน้าผากลงมาที่กลางใบหน้า 1 ขีด ด้านข้างใบหน้า ตรงแก้มอีกข้างละ 1 ขีด ด้านบนของหัว (vertex) มีเส้นขาวบาง ๆ วนเป็นครึ่งวงกลม 2 วง ภายในมีจุดสีดำ 1 จุด แผ่น pronotum และ scutellum มีจุดสีขาวเรียงอยู่ตาม ด้านบนและขอบด้านล่าง ลำตัวเพศผู้กว้างประมาณ 0.75 $\pm$ 0.03 มิลลิเมตร ลำตัวยาวประมาณ 3.01 $\pm$ 0.08 มิลลิเมตร ระยะเวลาของตัวเต็มวัยเพศผู้ ประมาณ 23.40 $\pm$ 2.13 วัน และลำตัวเพศเมียกว้างประมาณ 0.76 $\pm$ 0.03 มิลลิเมตร ลำตัวยาวประมาณ 3.09 $\pm$ 0.13 มิลลิเมตร ระยะเวลาของตัวเต็มวัยเพศเมีย ประมาณ 26.55 $\pm$ 2.39 วัน ระยะนี้เพลี้ยจักจั่นฝ้ายมีการเคลื่อนไหว และบินอย่างรวดเร็วเมื่อถูกรบกวน สอดคล้องกับรายงานของ วาริ (2543) พฤติกรรมเหล่านี้ไม่แตกต่างจากเพลี้ยจักจั่นฝ้ายที่เจริญเติบโตในพืชอาหารอื่น เช่น ฝ้าย กระเจี๊ยบเขียว ทานตะวัน เป็นต้น (Shivanna *et al.*, 2009; Madar and Katti, 2011; Jayasimha *et al.*, 2012; Singh *et al.*, 2014)

การทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมีฆ่าแมลงใน ห้องปฏิบัติการ

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมีฆ่าแมลง สารสกัดจากพืช และสารชีวภัณฑ์กับเพลี้ยจักจั่นฝ้าย โดยการพ่นสารตามอัตราแนะนำบนตัวอ่อนเพลี้ยจักจั่นฝ้าย วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 3 ซ้ำ บันทึกรายการตายหลังการพ่นสารที่ 1, 3, 6, 9, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง ในห้องปฏิบัติการ พบว่า ทุกกรรมวิธีสามารถทำให้เพลี้ยจักจั่นฝ้ายตายได้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยหลังการพ่นสารเคมีฆ่าแมลงที่ 1 และ 3 ชั่วโมง พบว่า กรรมวิธีที่พ่นคาร์บาริล และ อิมิดาโคลพริด ทำให้ตัวอ่อนเพลี้ยจักจั่นฝ้ายตายสูงสุด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 60.00 และ 46.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) กับกรรมวิธีอื่น ๆ (ตารางที่ 2) นอกจากนี้ค่า LT_{50} ของสารเคมีฆ่าแมลงทั้งสองชนิด มีค่าต่ำเฉลี่ยเท่ากับ 1.10 และ 3.82 ชั่วโมง ตามลำดับ (ตารางที่ 3) จึงทำให้เพลี้ยจักจั่นฝ้าย

Table 2 Efficacy test of insecticides for controlling cotton leafhopper under laboratory condition

Treatments	Rate (/20 L of water)	Mortality percentage of cotton leafhopper nymphs at various times after application						
		1	3	6	9	12	24	48
abamectin 1.8 W/V EC	60 ml	16.67 b ^{1/}	20.00 b	33.33 bc	66.67 ab	83.33 a	100.00 a	100.00 a
carbaryl 85% WP	40 g	60.00 a	60.00 a	70.00 a	83.33 a	86.67 a	96.67 a	100.00 a
cypermethrin 35% W/V EC	4 ml	3.33 b	3.33 b	20.00 cd	26.67 c	43.33 b	60.00 bc	100.00 a
fipronil 5% W/V SC	20 ml	3.33 b	3.33 b	3.33 d	3.33 d	16.67 c	50.00 cd	80.00 bc
imidacloprid 70% WG	3 g	46.67 a	46.67 a	46.67 b	50.00 b	50.00 b	76.67 b	93.33 ab
<i>Beauveria bassiana</i>	80 g	0.00 b	0.00 b	0.00 d	0.00 d	13.33 c	33.33 de	73.33 c
<i>Metarhizium anisopliae</i>	200 g	0.00 b	0.00 b	0.00 d	0.00 d	10.00 c	50.00 cd	83.33 abc
rotenone extract	50 ml	10.00 b	10.00 b	10.00 d	10.00 cd	10.00 c	26.67 e	80.00 bc
neem extract	50 ml	0.00 b	0.00 b	0.00 d	0.00 d	10.00 c	23.33 e	80.00 bc
untreated		0.00 b	0.00b	0.00 d	0.00 d	0.00 c	0.00 f	0.00 d
F-test		**	**	**	**	**	**	**
LSD _{0.05}		23.06	22.20	22.20	18.13	19.17	16.74	17.87

^{1/} Means followed by the same letter in each column are not significantly different at 95% confidence level by LSD

Table 3 Median lethal time (LT₅₀) of insecticides against cotton leafhopper

Insecticides	Application rate	LT ₅₀ (hours)
abamectin 1.8 W/V EC	60 ml	5.65
carbaryl 85% WP	40 g	1.10
cypermethrin 35% W/V EC	4 ml	14.37
fipronil 5% W/V SC	20 ml	25.81
imidacloprid 70% WG	3 g	3.82
<i>Beauveria bassiana</i>	80 g	31.77
<i>Metarhizium anisopliae</i>	200 g	25.69
rotenone extract	50 ml	36.01
neem extract	50 ml	32.16

ที่ได้รับสารมีการตายอย่างรวดเร็ว สอดคล้องกับ สุพจน์ และคณะ (2554) ที่ได้ทดสอบประสิทธิภาพสารเคมีฆ่าแมลงป้องกันเพลี้ยจักจั่นฝ้ายในฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง 60 พบว่าสารเคมีฆ่าแมลงที่มีประสิทธิภาพดีในการป้องกันกำจัดเพลี้ยจักจั่นฝ้าย ได้แก่ imidacloprid 10% SL อัตรา 10 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร imidacloprid 5% EC อัตรา 20 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร thiacloprid 24% SC อัตรา 15 และ 20 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร และ สมรวัย และคณะ

(2550) ได้ใช้สารเคมีฆ่าแมลงในการป้องกันกำจัดเพลี้ยจักจั่นฝ้ายในกระเจียบเขียว พบว่าสารเคมีฆ่าแมลง imidacloprid 10% SL 20 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร มีประสิทธิภาพดีในการควบคุมประชากรของเพลี้ยจักจั่นฝ้าย จากการทดลองนี้ที่เวลา 6, 9, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง หลังการพ่นสารกรรมวิธีที่พ่นคาร์บาริล มีการตายของตัวอ่อนเพลี้ยจักจั่นฝ้ายเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 48 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธี

อื่น ๆ พบว่า หลังการพ่นสารที่ 9, 12 และ 24 ชั่วโมง กรรมวิธีที่พ่นอะบาเม็กติน ทำให้ตัวอ่อนเพลี้ยจักจั่นฝ้ายมีการตายไม่แตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) กับกรรมวิธีที่พ่นคาร์บาริล มีค่าเท่ากับ 66.67, 83.33 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กับกรรมวิธีอื่น ๆ และชุดควบคุม เมื่อครบ 48 ชั่วโมงหลังการพ่นสาร พบว่า กรรมวิธีที่พ่นสารชีวภัณฑ์ *M. anisopliae* ทำให้ตัวอ่อนเพลี้ยจักจั่นฝ้ายมีการตายไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ใช้สารเคมีฆ่าแมลงและสารสกัดจากพืช มีค่าการตายเท่ากับ 83.33 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในกรรมวิธีที่พ่นสารสกัดจากโล่ดิน สารสกัดจากสะเดา และ *B. bassiana* พบว่า การตายของตัวอ่อนเพลี้ยจักจั่นฝ้ายไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) กับกรรมวิธีที่ใช้ฟีโพรนิล มีค่าเท่ากับ 80.00, 80.00 และ 73.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพการใช้สารเคมีฆ่าแมลง สารสกัดจากพืช และสารชีวภัณฑ์ ในการควบคุมตัวอ่อนเพลี้ยจักจั่นฝ้ายในห้องปฏิบัติการนั้น กรรมวิธีที่พ่นคาร์บาริล สามารถทำให้ตัวอ่อนเพลี้ยจักจั่นฝ้ายตายได้มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ หลังการพ่นสารที่เวลา 1 ชั่วโมง และมีการตายของตัวอ่อนเพลี้ยจักจั่นฝ้ายเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เมื่อเปรียบเทียบกับสารเคมีชนิดอื่น ๆ ซึ่งให้ตัวอ่อนเพลี้ยจักจั่นฝ้ายตายที่ 50 เปอร์เซ็นต์ หลังการพ่นสารที่เวลา 9 ชั่วโมง ส่วนกรรมวิธีที่พ่นสารสกัดและสารชีวภัณฑ์นั้น สามารถทำให้ตัวอ่อนเพลี้ยจักจั่นฝ้ายตายได้เช่นเดียวกัน ซึ่งในกรรมวิธีที่ใช้สารชีวภัณฑ์ *M. anisopliae* ทำให้ตัวอ่อนเพลี้ยจักจั่นฝ้ายตายไม่มีความแตกต่างกับกรรมวิธีที่ใช้สารเคมี (ตารางที่ 3) ฉะนั้นสารชีวภัณฑ์ *M. anisopliae* สามารถนำมาใช้ทดแทนสารเคมีได้ในช่วงที่มีการเข้าทำลายของเพลี้ยจักจั่นฝ้ายไม่มาก สอดคล้องกับการใช้เชื้อรา *M. anisopliae* CKM-048 ที่เป็นรูปผงเปียก มีความเข้มข้น 1.25×10^{13} สปอร์/เฮกตาร์ มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดใกล้เคียงกับการใช้สารกำจัดแมลง (Maketon et al., 2008)

สรุป

การศึกษาชีววิทยาเพลี้ยจักจั่นฝ้ายบนต้นมะเขือม่วงภายใต้โรงเรือนตาข่าย ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 27.80 ± 0.90 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 59.32 ± 1.35 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการเจริญเติบโตของเพลี้ยจักจั่นฝ้ายมี 3 ระยะ คือ ระยะไข่ ระยะตัวอ่อน และระยะตัวเต็มวัย ระยะเวลาของการเจริญเติบโตตั้งแต่ระยะไข่จนถึงตัวเต็มวัยมีระยะเวลาเฉลี่ยเท่ากับ 21.95 ± 1.05 วัน ส่วนระยะตัวเต็มวัยเพศผู้มีอายุเฉลี่ย 23.40 ± 2.13 วัน และเพศเมียมีอายุเฉลี่ย 26.55 ± 2.39 วัน สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมีฆ่าแมลง สารสกัดจากพืช และสารชีวภัณฑ์กับเพลี้ยจักจั่นฝ้ายในห้องปฏิบัติการ พบว่าสารเคมีฆ่าแมลงที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด หลังจากได้รับสาร 48 ชั่วโมง คือ อะบาเม็กติน คาร์บาริล และไซเพอร์เมทริน ที่ทำให้ตัวอ่อนเพลี้ยจักจั่นฝ้ายตาย 100 เปอร์เซ็นต์ หลังจากได้รับสาร 48 ชั่วโมง และสารชีวภัณฑ์ที่สามารถนำมาใช้ทดแทนสารเคมีได้ คือ เชื้อรา *M. anisopliae* ที่ทำให้ตัวอ่อนเพลี้ยจักจั่นฝ้ายตายได้ไม่แตกต่างจากสารเคมีซึ่งมีค่าเท่ากับ 83.33 เปอร์เซ็นต์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บริษัท จีวี เจเวียน ฟูดส์ จำกัด (HCF) ที่ได้สนับสนุนทุนในวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2555. เพลี้ยจักจั่น. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : <http://ait.nisit.kps.ku.ac.th/dbfieldcrop/pest/peanut/leafhopper.htm> (20 ธันวาคม 2555).
- กรมวิชาการเกษตร. 2556. ระบบฐานข้อมูลพืชไร่นา. แหล่งข้อมูล : http://imds.doa.go.th/process/insect_list.php (20 มกราคม 2556).

- กลุ่มกีฏและสัตววิทยา. 2553. คำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลงและศัตรูพืชปี 2553. เอกสารวิชาการเกษตร. กลุ่มกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยและพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 303 หน้า.
- นิพนธ์ ไชยมงคล. 2546. มะเขือม่วง. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.agricprod.mju.ac.th/vegetable/File_link/eggplant.pdf (20 ธันวาคม 2555).
- บงการ พันธุ์เพ็ง และเกศินี ระมิงค์วงศ์. 2545. การรวบรวมและความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของพืชสกุลมะเขือบางชนิดโดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยา. วารสารเกษตร 13(3): 190-200.
- ปริญญา สีนุญเรือง วรยุทธ ศิริชุมพันธุ์ ไพฑูรย์ นาคาพันธุ์ สุริพัฒน์ ไทยเทศ ศิวไล ลาภบรรจบอมรา ไตรศิริ นัฐภัทร คำหล้า สาริต อารีรักษ์ เสรีวัฒน์ จิตตพรพงษ์ นงลักษณ์ บัณลาย อรรถนพ กสิวิวัฒน์ ปรีชา แสงโสภา รวีวรรณ เขื่อกิตติศักดิ์ เบญจมาศ คำสืบ เพชรรัตน์ พลชา และกัลยา เกษากกลาง. 2555. ฝ้ายใบขนพันธุ์ใหม่ “ตากฟ้า 84-4”. หน้า 152-161. ใน: รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50. 31 มกราคม-2 กุมภาพันธ์ 2555, กรุงเทพฯ.
- วาริ หงส์ฤกษ์. 2543. เพลี้ยจักจั่นและเพลี้ยกระโดดศัตรูพืชเศรษฐกิจในประเทศไทย. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 126 หน้า.
- สมรวย รวมชัยอภิกุล อุราพร หนูนารถ สมศักดิ์ ศิริพลตั้งมั่น และปิยรัตน์ เขียนมีสุข. 2550. ทดสอบประสิทธิภาพสารสกัดธรรมชาติ และสารฆ่าแมลงในการป้องกันกำจัดเพลี้ยจักจั่นฝ้าย (*Amrasca biguttula* (Ishida)) ในกระเจี๊ยบเขียว. หน้า 400. ใน: รายงานผลงานวิจัยและพัฒนาด้านพืชและเทคโนโลยีการเกษตร. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.
- สัญญาณี ศรีรักษา. 2556. เอกสารคำแนะนำ แมลงศัตรูผักและการป้องกันกำจัด. สำนักวิจัยและพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 22 หน้า.
- แสงแข น้าวานิช วิบูลย์ จงรัตนเมธิกุล ประพนธ์ บุญรำพรรณ และโสภณ อุไรชื่น. 2551. การคัดกรองเบื้องต้นสำหรับพันธุ์ฝ้ายต้านทานต่อเพลี้ยจักจั่น (*Amrasca biguttula* (Ishida)) (Homoptera: Cicadellidae). หน้า 532-537. ใน: รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46. 29 มกราคม - 1 กุมภาพันธ์ 2551. กรุงเทพฯ.
- แสงแข น้าวานิช วิบูลย์ จงรัตนเมธิกุล ประพนธ์ บุญรำพรรณ ชัยมงคล ตะนะสอน และสมชาย ธนสินชัยกุล. 2556. การประเมินสายพันธุ์ฝ้ายต้านทานต่อเพลี้ยจักจั่น (*Amrasca biguttula* (Ishida)) (Homoptera: Cicadellidae). หน้า 403-408. ใน: รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51. 5-7 กุมภาพันธ์ 2556, กรุงเทพฯ.
- สุพจน์ กิตติบุญญา สุเทพ สหยา และเกศรา จีระจรรยา. 2545. การทดสอบประสิทธิภาพสารฆ่าแมลงป้องกันกำจัดเพลี้ยจักจั่นฝ้าย. วารสารกีฏและสัตววิทยา 24(1): 39-47.
- อติพัฒน์ บุญเพิ่มราศี. 2551. เยี่ยมคลัสเตอร์ ผู้ปลูกมะเขือม่วงส่งออกญี่ปุ่น พืชผักอนาคตสดใสสร้างรายได้มั่นคง. วารสารเคหการเกษตร 32(4): 211-215.
- Cotton Catchment Communities. 2013. Leafhoppers (Jassids). (Online). Available: http://www.cottoncra.org.au/industry/Publications/Pests_and_Beneficials/Cotton_Insect_Pest_and_Beneficial_Guide/Pests_by_common_name/Jassids_and_leafhoppers (January 3, 2013).
- Jayasimha, G. T., R. R. Rachana, M. Manjunatha and V. B. Rajkumar. 2012. Biology and seasonal incidence of leafhopper, *Amrasca biguttula* (Ishida) (Homoptera: Cicadellidae)

- on okra. Pest Management in Horticultural Ecosystems 18(2): 149-153.
- Queensland Government. 2013. Vegetable leafhopper. (Online). Available: http://www.daff.qld.gov.au/26_9291.htm (January 7, 2013).
- Madar, H. and P. Katti. 2011. Biology of leafhopper, *Amrasca biguttula biguttula* on sunflower. International Journal of Plant Protection 4(2): 370-373.
- Maketon, M., P. Orosz-Coghlan and D. Hotaga. 2008. Field evaluation of *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin in controlling cotton jassid (*Amrasca biguttula biguttula* (Ishida)) in aubergine (*Solanum aculeatissimum*). International Journal of Agriculture & Biology 10(1): 47-51.
- Muniappan, R., B. M. Shepard, G. R. Carner and P.A.C. Ooi. 2012. Arthropod Pests of Horticultural Crops in Tropical Asia. CABI, Wallingford. 168 p.
- Shivanna, B. K., D. N. Nagaraja, M. Manjunatha, S. Gayathridevi, S. Pradeep and G. K. Girijesh. 2009. Bionomics of leafhopper, *Amrasca biguttula biguttula* (Ishida) on transgenic Bt cotton. Karnataka Journal of Agricultural Sciences 22(3): 538-540.
- Singh, S. B., R. K. Choudhary, S. N. Upadhyay and M. Sharma. 2014. Biological study of cotton jassid, *Amrasca biguttula biguttula* (Ishida) on Bt cotton under *in vivo* conditions. Annals of Plant and Soil Research 16(1): 29-31.
- Srinivasan, R. 2009. Insect and Mite Pests on Eggplant. AVRDC Publication No. 09-729. AVRDC, Shanhua, Taiwan. 64 p.
- Vennila, S., V. K. Birada, M. Sabesh and D. M. Bambawale. 2007. Know Your Cotton Insect Pest: JASSIDS. Crop Protection Folder Series. Mudrashilpa Offset Printers, Nagpur.
-

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศในการศึกษา
ความหลากหลายและการแพร่กระจายของ
แมลงศัตรูกาแฟอาราบิกาในจังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย

Geo-information Technology Application for Studying Species
Diversity and Distribution of Arabica Coffee Insect Pests in
Chiang Mai and Chiang Rai Provinces

เผ่าไท ถายะพิงค์^{1/} และปิยะวรรณ สุทธิประพันธ์^{1/*}
Paothai Thayaping^{1/} and Piyawan Suttiapran^{1/*}

(Received: 24 November 2015; Accepted: 27 March 2015)

Abstract: Use of geo-information technology to study species diversity and distribution of arabica coffee insect pests in Chiang Mai and Chiang Rai Provinces was carried out, in Teentok Royal Project Development Center (RPDCs.) Pamiang RPDCs., Huaipong RPDCs. and Huai Nam Khun RPDCs, during May 2012 to August 2013. Insect collection in arabica coffee plantations by CMU-C1 modified trapping and visual counting was conducted. Thirty-five families in 8 orders were collected dominant families included family Coccidae (O. Hemiptera), F. Formicidae (O. Hymenoptera), F. Scolytidae, Anthribidae and Nitidulidae (O. Coleoptera), were found in studied sites. The highest abundance of insects was found in the Huaipong RPDCs., and the lowest abundance was in Huai Nam Khun RPDCs. The coffee berry borer (CBB), *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) and coffee green scale, coccus viridis were major pests of arabica coffee in Royal Project Foundation. The greater insect number was caught by trap during April 2013. The correlation between CBB number and temperature was positive. From data, this study on geographical information system (GIS) present in spatial data and mapping number of CBB outbreak in all studied. The result revealed that the lowest abundance found during July 2012 - January 2013 and the highest was during February 2013- May 2013. Finally, the model can be applied in warning monitoring insect pests of arabica coffee in management insect pest in Royal Project Foundation.

Keywords: Coffee, insect pests, GIS

^{1/} ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

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

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

บทคัดย่อ: การใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศซึ่งประกอบด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) และระบบกำหนดตำแหน่งบนโลกด้วยดาวเทียม (GPS) ในการศึกษาความหลากหลายชนิดและการแพร่กระจายของแมลงศัตรูกาแฟอราบิกาในจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดเชียงราย ในพื้นที่ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงตีนตก ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงป่าเมี่ยง จังหวัดเชียงใหม่ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง และศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำซุ่น จังหวัดเชียงราย ระหว่างเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2555 ถึงสิงหาคม พ.ศ. 2556 โดยใช้กับดักดัดแปลงร่วมกับสารล่อ CMU-C1 และการสุ่มสำรวจนับด้วยตาเปล่า ผลการศึกษาพบแมลงทั้งหมด จำนวน 8 อันดับ 35 วงศ์ โดยมีแมลงที่มีจำนวนประชากรแมลงที่สำรวจได้มากที่สุดคือ วงศ์ Coccidae (อันดับ Hemiptera), วงศ์ Formicidae (อันดับ Hymenoptera), วงศ์ Scolytidae, Anthribidae และ Nitidulidae (อันดับ Coleoptera) และพบจำนวนแมลงในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่งมากที่สุดและศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำซุ่นน้อยที่สุด ในการศึกษาครั้งนี้พบแมลงศัตรูที่สำคัญของกาแฟอราบิกา 2 ชนิด คือ มอดเจาะผลกาแฟ *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) และเพลี้ยหอยสีเขียว *Coccus viridis* (Green) (Hemiptera: Coccidae) นอกจากนี้พบจำนวนประชากรมอดเจาะผลกาแฟในกับดักสูงสุดในเดือนเมษายน พ.ศ. 2556 ในทุกพื้นที่ ความสัมพันธ์ของจำนวนประชากรของมอดเจาะผลกาแฟกับอุณหภูมิพบว่ามีความสัมพันธ์ในเชิงบวกในการทดลองครั้งนี้ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการนำเสนอข้อมูลจำนวนประชากรของแมลงศัตรูเชิงพื้นที่และสร้างแผนที่การระบาดของมอดเจาะผลกาแฟของแต่ละพื้นที่พบว่า เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2555 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2556 พบจำนวนมอดเจาะผลกาแฟน้อยมากในทุกพื้นที่สำรวจ แต่ในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2556 จำนวนของมอดเจาะผลกาแฟเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วมีจำนวนประชากรสูงทั้ง 4 พื้นที่ และพบว่าจำนวนมอดเจาะผลกาแฟพบมากในแปลงกาแฟที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่งมากที่สุดและพบในจุดวางกับดักบริเวณขอบแปลงกาแฟก่อนเสมอ

คำสำคัญ: กาแฟ แมลงศัตรูพืช ระบบภูมิสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS)

คำนำ

กาแฟเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ เป็นหนึ่งในสินค้าทางการเกษตรซึ่งมีการซื้อขายกันมากที่สุดในโลก มูลค่าการซื้อขายในตลาดโลก เป็นลำดับที่สองรองจากน้ำมันปิโตรเลียม (อวยพร, 2546; Pendergrast, 2009) ซึ่งทั่วโลกมีพื้นที่ปลูกกาแฟมากกว่า 60 ล้านไร่ (กรมการค้าต่างประเทศ, 2554) สำหรับประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกกาแฟประมาณ 400,000 ไร่ ได้ผลผลิตทั้งหมดประมาณ 50,000 ตัน ทำให้เกษตรกรที่ปลูกกาแฟมีรายได้ถึง 3,200 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555) ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่การผลิตกาแฟอราบิกาโดยส่วนใหญ่อยู่ในจังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย มีพื้นที่ปลูกประมาณ 40,000 ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555) โดยมูลนิธิโครงการหลวงเป็นหน่วยงานที่เข้ามาส่งเสริมการปลูกกาแฟอราบิกาให้กับเกษตรกรเพื่อปลูกทดแทนฝิ่นและในมูลนิธิโครงการหลวงมีพื้นที่ปลูกกาแฟที่ให้ผลผลิต

มากที่สุด 4 อันดับแรก ได้แก่ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงป่าเมี่ยง ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงตีนตก จังหวัดเชียงใหม่ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง และศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำซุ่น จังหวัดเชียงราย (มูลนิธิโครงการหลวง, 2555) และตลาดยังมีความต้องการผลผลิตกาแฟอีกเป็นจำนวนมาก แต่การเพิ่มปริมาณผลผลิตกาแฟอราบิกาให้เพียงพอต่อความต้องการยังมีอุปสรรคที่สำคัญคือ แมลงศัตรูกาแฟ (ศูนย์วิจัยเศรษฐกิจและพยากรณ์ทางการเกษตร, 2554)

แมลงศัตรูพืชที่เข้าทำลายกาแฟมีหลายชนิด (Waller et al., 2007) สำหรับในประเทศไทยแมลงศัตรูของกาแฟที่สำคัญ ได้แก่ เพลี้ยหอยสีเขียว *Coccus viridis* (Green) เพลี้ยหอยสีน้ำตาล *Saissetia coffeae* Walker, เพลี้ยแป้ง *Pseudococcus* sp., เพลี้ยอ่อน *Toxoptera odinae* (Van der Goot), *T. aurantii* (Boyer), หนอนเจาะลำต้นกาแฟ *Xylotrechus quadripes* (Chevrolat) และหนอนกาแฟสีแดง *Zeuzera coffeae*

(Nietner) (จริยา, 2540; กรมวิชาการเกษตร, 2551; ปิยะวรรณ และเยาวลักษณ์, 2557) สำหรับมอดเจาะผล กาแฟ *Hypothenemus hampei* (Ferrari) เป็นแมลงที่เริ่มพบการระบาดกาแฟรากับในภาคเหนือในช่วงปี 2551 (บัณฑิต และคณะ, 2551; เยาวลักษณ์, 2554)

ในการศึกษานี้ได้ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (Geo-information Technology) ซึ่งประกอบด้วยระบบกำหนดตำแหน่งบนโลกด้วยดาวเทียม (global positioning system: GPS) การสำรวจระยะไกลด้วยดาวเทียม (remote sensing: RS) และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (geographic information systems: GIS) เพื่อเป็นเครื่องมือในการศึกษาความหลากหลายของแมลงศัตรูกาแฟรากับและจำนวนประชากรในแต่ละฤดูกาลโดยจัดทำระบบเชิงพื้นที่รวมทั้งการศึกษาลักษณะการกระจายตัวของแมลงศัตรูเชิงพื้นที่ ซึ่งฐานข้อมูลสามารถเชื่อมโยงกับแผนที่การปลูกกาแฟรากับของมูลนิธิโครงการหลวงได้อย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพรวมทั้งสามารถสร้างแผนที่แสดงความสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นประโยชน์ในการวางแผนการจัดการแมลงศัตรูกาแฟในสถานการณ์ปัจจุบันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

กำหนดพื้นที่เก็บตัวอย่าง

เลือกแปลงปลูกกาแฟพันธุ์รากับของเกษตรกรในเขตพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงจำนวน 4 ศูนย์ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงละ 2 แปลง ได้แก่ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงป่าเมี่ยง อำเภอฝางสะเท็ด ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงตีนตก อำเภอแม่ฮอน จังหวัดเชียงใหม่ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง อำเภอเวียงป่าเป้า และศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำซุ่น อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย ซึ่งเป็นศูนย์พัฒนาโครงการหลวงที่มีปริมาณการผลิตกาแฟมากที่สุด 4 อันดับแรก โดยทั้ง 4 พื้นที่ไม่มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ทำการเก็บข้อมูลพิกัดแต่ละพื้นที่ ความสูงจากระดับน้ำทะเลด้วยเครื่องสำรวจพิกัดดาวเทียม (GPS) เพื่อใช้ในการจัดทำแผนที่ (ภาพที่ 1)

การเก็บตัวอย่าง

ทำการเก็บตัวอย่างแมลงศัตรูกาแฟในแปลงกาแฟพันธุ์รากับเดือนละครั้ง โดยสำรวจด้วยตาเปล่า สุ่มเลือกต้นกาแฟจำนวน 10 ต้น ในพื้นที่ 30 x 30 เมตร

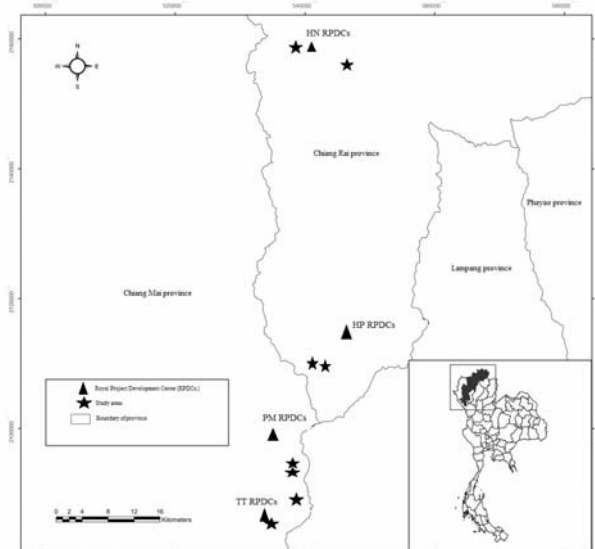


Figure 1 Study areas of Teentok Royal Project Development Center (TT), Mae On district, Pamang Royal Project Development Center (PM), Doi Saket district, Chiang Mai province and Huaipong Royal Project Development Center (HP), Wiang Papao district, Huai Nam Khun Royal Project Development Center (HN), Mae Suia district, in Chiang Rai province

เพื่อเป็นตัวแทนของแต่ละแปลง ทำการสำรวจบริเวณต้นกาแฟ และใช้กับดักดัดแปลงร่วมกับสารล่อมอดเจาะผลกาแฟ CMU-C1 จำนวนแปลงละ 5 กับดัก แขนงไว้ภายในทรงพุ่มสูงจากพื้นประมาณ 1 เมตร ทำการเก็บตัวอย่างแมลงใส่ถุง และเปลี่ยนสารล่ออันใหม่ทุกครั้งที่เก็บกับดัก ทำการบันทึกข้อมูลสำคัญของแต่ละพื้นที่ อาทิ สภาพแวดล้อม อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล นำตัวอย่างแมลงที่เก็บได้ทำการจัดรูปร่างแมลงและวิเคราะห์จำแนกชนิดของแมลงโดยดูจากลักษณะสัณฐานวิทยาภายนอกของแมลง ณ ห้องปฏิบัติการภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

การใช้เครื่องมือแสดงผลด้วยเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ

เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศที่ในการศึกษาประกอบด้วย ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) และระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกด้วยดาวเทียม (global positioning systems: GPS) การนำข้อมูลที่ได้้นั้นมาสร้างแผนที่การกระจายตัวของแมลงศัตรูกาแฟเป็นเวลา 1 ปี ในพื้นที่ภาคเหนือที่สำคัญโดยระบุ ปริมาณ สถานที่ ในภาพที่แสดงปริมาณในแต่ละเดือนและหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสภาพแวดล้อมด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (linear regression)

ผลและวิจารณ์

จำนวนประชากรแมลงที่พบในแปลงปลูกกาแฟอาราบิก้า

ในการศึกษานี้ได้เลือกพื้นที่เก็บตัวอย่างของแมลงในแปลงกาแฟอาราบิก้า คือ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงตีนตก อำเภอแม่ออน จังหวัดเชียงใหม่ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงป่าเมี่ยง อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำขุ่น อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย เป็นพื้นที่ให้ผลผลิตกาแฟมากที่สุด 4 อันดับของมูลนิธิโครงการหลวง พื้นที่ปลูกกาแฟส่วนใหญ่ปลูกในพื้นที่ป่าปลูกร่วมกับต้นไม้ใหญ่ หรือร่วมกับไม้ผลเมืองหนาว เช่น พลับ และบ๊วย (ตารางที่ 1)

ผลการศึกษาพบแมลงทั้งหมด 8 อันดับ 35 วงศ์ คือ อันดับ Coleoptera พบ 16 วงศ์ อันดับ Lepidoptera พบ 1 วงศ์ อันดับ Diptera พบ 5 วงศ์ อันดับ Hymenoptera พบ 5 วงศ์ อันดับ Hemiptera พบ 5 วงศ์ อันดับ Thysanoptera พบ 1 วงศ์ อันดับ Blattodea พบ 1 วงศ์ และอันดับ Mecoptera พบ 1 วงศ์ โดยวงศ์ที่พบจำนวนประชากรมากที่สุด 5 วงศ์ แรก คือ วงศ์ Coccidae, วงศ์ Formicidae, วงศ์ Scolytidae, วงศ์ Anthribidae และวงศ์ Nitidulidae (ตารางที่ 2) วงศ์ของแมลงที่สามารถเก็บ

Table 1 The study sites in Royal Project Development Center in Chiang Mai and in Chiang Rai provinces, presenting locations in Geographic Coordinate System, land use type and altitude

Royal Project Development Center	Province	District	Sub-district	Geographic Coordinate System	Land use type	Altitude (meters above sea level)
Teentok	Chiang Mai	Mae On	Huaykaew	18.86519N 99.29976E	Coffee / Tropical Evergreen Forest	1,225
Pamiang	Chiang Mai	Doi Saket	Thep Sadet	18.95013N 99.30817E	Coffee / Mixed Deciduous Forest	1,130
Huaipong	Chiang Rai	Wiang Papao	Maejade	19.13568N 99.43065E	Coffee / Mixed Deciduous Forest	958
Huai nam khun	Chiang Rai	Mae Suia	Thakho	19.50673N 99.35726E	Coffee / Mixed Deciduous forest / Mixed orchard	1,250

Table 2 Total number of orders, families and individuals of insect by attractants CMU-C1 modified trap and visual counting in coffee Arabica plantations at Teentok Royal Project Development Center (TT), Mae On district Pamiang Royal Project Development Center (PM), Doi Saket district, Chiang Mai province and Huaipong Royal Project Development Center (HP), Wiang Papao district, Huai Nam Khun Royal Project Development Center (HN), Mae Suia district, Chiang Rai province on May 2012 to August 2013

Orders	Families	Insect individuals				Percentage of
		Chiang Mai Province		Chiang Rai Province		Insects in coffee plantations
		Teentok	Pamiang	Huaipong	Huainamkhun	
Blattodea	Blattellidae	0	0	7	11	0.37
Coleoptera	Anthribidae	85	206	231	98	12.87
	Anobiidae	27	10	14	0	1.05
	Apionidae	0	0	16	7	0.47
	Bostrichidae	40	7	0	50	1.99
	Coccinellidae	0	7	0	38	0.93
	Carabidae	3	0	0	0	0.06
	Cerambycidae	38	10	0	0	0.97
	Chrysomelidae	7	4	10	5	0.53
	Curculionidae	9	0	18	8	0.72
	Elateridae	8	20	13	31	1.49
	Histeridae	0	0	0	3	0.06
	Lampyridae	0	0	0	1	0.02
	Nitidulidae	241	156	96	60	11.46
	Staphylinidae	75	50	101	51	5.70
	Scolytidae*					
		<i>H. hampei</i>	693	679	1165	250
Diptera	Tenebrionidae	23	11	0	0	0.72
	Culicidae	7	0	4	0	0.22
	Chironomidae	3	0	0	0	0.06
	Muscidae	3	0	0	0	0.06
	Psychodidae	1	0	0	0	0.02
Lepidoptera	Pyralidae	7	0	0	3	0.20
Mecoptera	Mecoptera	0	0	0	1	0.02
Hymenoptera	Apidae	3	0	0	0	0.06
	Aulacidae	0	0	0	1	0.02
	Formicidae	>1000	>1000	>1000	>1000	-
	Vespidae	0	0	3	0	0.06
Hemiptera	Alydidae	3	10	0	0	0.26
	Cicadellidae	0	0	0	1	0.62
	Coccidae*					
	<i>C. viridis</i>	>1000	>1000	>1000	>1000	-
	Pentatomidae	3	0	3	0	0.06
Thysanoptera	Thripidae	0	0	0	3	0.06

ได้ทั้ง 4 พื้นที่ศึกษา คือ วงศ์ Anthribidae, Bostrichidae, Elateridae, Nitidulidae, Staphylinidae, Scolytidae อันดับ Coleoptera วงศ์ Formicidae อันดับ Hymenoptera และ วงศ์ Coccidae อันดับ Hemiptera นอกจากนี้แมลงในวงศ์ Formicidae และ Coccidae มักพบร่วมอยู่ร่วมกันมีการพึ่งพาอาศัยกัน (Jha *et al.*, 2009) จากการสำรวจส่วนใหญ่พบแมลงในอันดับ Coleoptera, Hymenoptera และ Hemiptera ซึ่งสอดคล้องกับ Moguel and Toledo (1999) พบว่ามากกว่าร้อยละ 80 ในแปลงกาแฟที่ปลูกได้ต้นไม้ใหญ่มากกว่า 2 เมตร ขึ้นไปพบแมลงในอันดับ Coleoptera Hymenoptera และ Hemiptera ผลการศึกษาวิเคราะห์แมลงในกับดักดัดแปลงร่วมกับสารล่อ CMU-C1 พบแมลงในวงศ์ Scolytidae มากที่สุด (ร้อยละ 57.7) รองลงมาวงศ์ Anthribidae (ร้อยละ 12.8) วงศ์ Nitidulidae (ร้อยละ 11.4) และแมลงอื่น ๆ (ร้อยละ 17.8) ตามลำดับ สอดคล้องกับรายงานของ ปิยะวรรณ และเยาวลักษณ์ (2557) พบแมลงในวงศ์ Scolytidae และ Anthribidae จากกับดักดัดแปลงสำรวจร่วมกับสารล่อ CMU-C1 ในแปลงกาแฟของเกษตรกรในจังหวัดเชียงใหม่ และเขียนราย สำหรับแปลงกาแฟอราบิกาของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย พบมีจำนวนประชากรแมลงมากที่สุดเนื่องจากสภาพต้นกาแฟมีขนาดใหญ่และต้นสูงมากกว่า 2-3 เมตร ไม่มีการตัดแต่ง ปลูกได้ต้นไม้ใหญ่ และพบน้อยที่สุดพบในแปลงกาแฟอราบิกาของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำขุ่น อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย (ตารางที่ 2) เนื่องจากปลูกในระบบแปลงเกษตรกรรมแทรกกับไม้ผล ได้แก่ ต้นพลับ เป็นพื้นที่ที่มีการจัดการที่ดี ต้นกาแฟมีการตัดแต่งเป็นประจำ แปลงเปิดโล่งแสงแดดส่องถึงพื้น สอดคล้องกับ Richter *et al.* (2007) ที่พบจำนวนของแมลงในแปลงกาแฟที่มีการจัดการดินน้อยกว่าแปลงกว่าที่ไม่ได้จัดการแปลง เช่น ในแปลงกาแฟที่ไม่มีการดูแลและตัดแต่งกิ่งกาแฟ จึงทำให้เหมาะสมต่อการเพิ่มจำนวนของแมลงในแปลงกาแฟได้ดี

แมลงศัตรูที่สำคัญของกาแฟอราบิกา

จากการศึกษาพบแมลงศัตรูพืชที่สำคัญ คือ มอดเจาะผลกาแฟ *Hypothenemus hampei* และเพลี้ย

หอยสีเขียวก *Coccus viridis* โดยพบทั้ง 4 พื้นที่สำรวจ จากการสอบถามเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอราบิกาในพื้นที่วิจัย พบมอดเจาะผลกาแฟทำลายผลกาแฟโดยตรงทำให้ผลผลิตที่ถูกทำลายไม่สามารถจำหน่ายได้ ทำให้เกษตรกรมีรายได้ลดลง เนื่องจากผู้รับซื้อกาแฟปฏิเสธการรับซื้อเมล็ดกาแฟที่มีการทำลายของแมลงชนิดนี้สอดคล้องกับ อนุตร และเยาวลักษณ์ (2557) ที่พบมอดเจาะผลกาแฟเป็นแมลงศัตรูที่สำคัญของกาแฟ

จากการเก็บข้อมูลการระบาดของมอดเจาะผลกาแฟพบว่าในจำนวนของมอดเจาะผลกาแฟมีปริมาณมากในเดือน พฤษภาคม ถึงเดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2555 และช่วงเดือน กุมภาพันธ์ ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2556 และพบว่าจำนวนมอดเจาะผลกาแฟในเดือน เมษายน พ.ศ. 2556 มีปริมาณสูงสุดทั้ง 4 ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง แต่ในเดือนสิงหาคม ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2555 พบปริมาณของมอดเจาะผลกาแฟน้อยกว่าช่วงเวลาอื่น อาจเพราะสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิต เช่น อุณหภูมิต่ำ และมีฝนตกบ่อยครั้ง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ อนุตร และ เยาวลักษณ์ (2557) พบว่าในเดือนกรกฎาคมถึงเดือนพฤศจิกายน มีจำนวนมอดเจาะผลกาแฟน้อยกว่าเดือนธันวาคมเนื่องจากช่วงเวลาดังกล่าวอยู่ในฤดูฝนซึ่งเป็นอุปสรรคในการบินของมอดเจาะผลกาแฟ สำหรับพื้นที่ปลูกกาแฟของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย มีจำนวนของมอดเจาะผลกาแฟสะสมสูงสุด อาจเพราะสภาพของต้นกาแฟมีขนาดใหญ่และสูงมากกว่า 2 เมตร เกษตรกรไม่มีการตัดแต่งและอยู่ติดลำธารสาธารณะทำให้มีความชื้นสูง และศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำขุ่น อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย พบจำนวนมอดเจาะผลกาแฟสะสมน้อยที่สุด สภาพแปลงปลูกกาแฟร่วมกับต้นพลับ เกษตรกรมีการตัดแต่งต้นกาแฟทำให้ต้นกาแฟมีความสูงไม่เกิน 2 เมตร ทำให้ง่ายต่อการจัดการศัตรูพืช (ภาพที่ 2) จึงทำให้จำนวนแมลงในแปลงกาแฟที่ไม่มีการจัดการแปลงพบจำนวนแมลงมากกว่าแปลงกาแฟที่ไม่มีการจัดการแปลง (Richter *et al.*, 2007)

การเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรของมอดเจาะผลกาแฟขึ้นอยู่กับปัจจัยสภาพแวดล้อมในแต่ละพื้นที่ เช่น

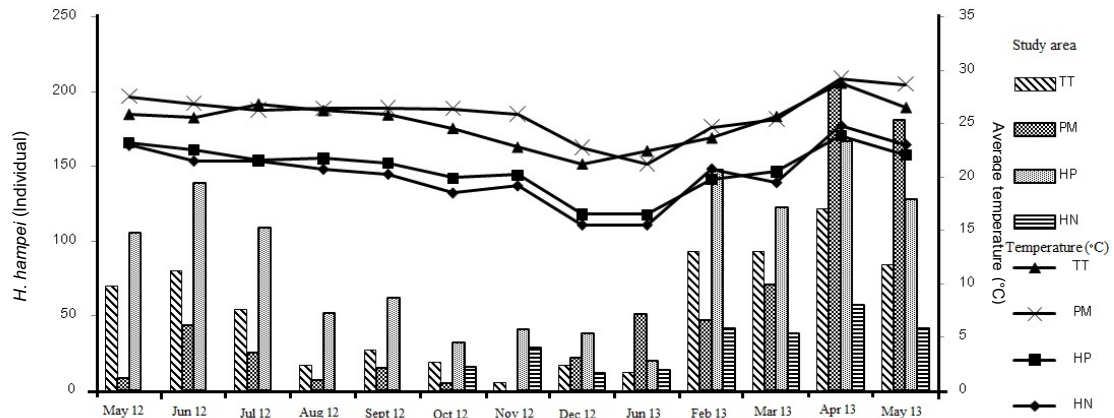


Figure 2 Monthly number of *Hypothenemus hampei* and average temperatures in coffee arabica plantations at Teentok Royal Project Development Center (TT), Mae On district Pamang Royal Project Development Center (PM), Doi Saket district, Chiang Mai provinces and Huaipong Royal Project Development Center (HP), Wiang Papao district, Huai Nam Khum Royal Project Development Center (HN), Mae Suia district, Chiang Rai provinces during May 2012 to May 2013

อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ระดับความสูงจากน้ำทะเล และ ปริมาณน้ำฝน (Damon, 2000) จากการศึกษาครั้งนี้ อุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรของมอดเจาะผลกาแฟ คือ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจำนวนมอดเจาะผลกาแฟมากขึ้นสามารถพบในช่วง 16 องศาเซลเซียส ถึง 30 องศาเซลเซียส เท่านั้น ซึ่ง Jaramillo *et al.* (2009) รายงานว่าช่วงที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของมอดเจาะผลกาแฟในช่วงที่อุณหภูมิ 14.9 องศาเซลเซียส ถึง 32 องศาเซลเซียส และสอดคล้องกับ Mendesil *et al.* (2004) รายงานว่า มอดเจาะผลกาแฟ *H. hampei* มีอัตราการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามช่วงฤดูกาลในรอบปี และพบตัวเต็มวัยมากที่สุดในช่วงฤดูร้อนและอากาศแห้ง เมื่อวิเคราะห์อุณหภูมิเฉลี่ยทั้ง 4 พื้นที่ พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในรอบปีมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล คือ ช่วงเดือนพฤษภาคม ถึง มิถุนายน พ.ศ. 2555 และเดือนมีนาคม ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2556 เป็นช่วงที่อุณหภูมิเฉลี่ยสูงหรือในฤดูร้อนเข้าฤดูฝน สามารถพบมอดเจาะผลกาแฟในระดับสูงกว่าเดือนอื่น ๆ จากนั้นในเดือนมิถุนายน ถึง พฤศจิกายน พ.ศ. 2555 อยู่ในช่วงฤดูฝน และช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2555 ถึงมกราคม พ.ศ. 2556 อยู่ในช่วงฤดูหนาว ซึ่งมีอุณหภูมิ

เฉลี่ยต่ำที่สุดในรอบปี พบมอดเจาะผลกาแฟในจำนวนที่น้อย สอดคล้องกับปริมาณประชากรของมอดเจาะผลกาแฟมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลและอุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละเดือน ซึ่งพบว่าเมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยสูงขึ้นประชากรของมอดเจาะผลกาแฟที่ติดในกับดักดัดแปลงร่วมกับสารล่อมอดเจาะผลกาแฟ CMU-C1 มากขึ้นด้วย ซึ่งสอดคล้องกับ Jaramillo *et al.* (2009) รายงานว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศาเซลเซียส ทำให้การระบาดของมอดเจาะผลกาแฟเพิ่มขึ้นร้อยละ 8.5

เมื่อทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของมอดเจาะผลกาแฟและอุณหภูมิ พบว่ามีความสัมพันธ์ในเชิงบวก คือ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจำนวนประชากรมอดเจาะผลกาแฟมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยแปลงกาแฟอาราบิกาศูนย์พัฒนาโครงการหลวงตีนตก และแปลงกาแฟอาราบิกาศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง มีจำนวนประชากรของมอดเจาะผลกาแฟสัมพันธ์เชิงบวกกับอุณหภูมิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ซึ่งมีค่าความสัมพันธ์ (r^2) เท่ากับ 0.39* และ 0.45* ตามลำดับ แสดงว่าอุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรของมอดเจาะผลกาแฟในสองพื้นที่นี้ แต่ในขณะที่ในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงป่าเมี่ยง และ

ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำขุ่น พบว่าจำนวนประชากรของมอดเจาะผลกาแฟไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอุณหภูมิ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ซึ่งมีความสัมพันธ์ (r^2) เท่ากับ 0.21^{ns} และ 0.01^{ns} ตามลำดับ (ภาพที่ 3) ทั้งนี้ควรติดตามการระบาดของสองพื้นที่ที่ร่วมกับศึกษาปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรมอดเจาะผลกาแฟต่อไป

การนำเสนอในรูปแบบจำนวนประชากรเชิงพื้นที่ แสดงจำนวนของมอดเจาะผลกาแฟตั้งแต่เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2555 ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2556 ของพื้นที่ปลูกกาแฟมูลนิธิโครงการหลวงในจังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดเชียงราย พบว่าจำนวนประชากรของมอดเจาะผลกาแฟพบได้ตลอดทั้งปี จำนวนมอดเจาะผลกาแฟพบว่าเมื่อความสูงจากระดับน้ำทะเลมากขึ้นจำนวนประชากรมอดเจาะผลลดลง ($r^2 = 0.82$) ซึ่งสอดคล้องกับ Baker *et al.* (1989) รายงานว่า มอดเจาะเมล็ดกาแฟ

H. hampei พบได้ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางทั้ง 500-1,000 เมตร และ 250-1,500 เมตร (Jaramillo *et al.*, 2009) ในช่วงเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2555 พบจำนวนของมอดเจาะผลกาแฟในกับดัก 8-13 ตัว ต่อกับดัก ในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง แต่ในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2555 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2556 พบปริมาณของมอดเจาะผลกาแฟทั้ง 4 พื้นที่สำรวจลดลงหรือระบาดในระดับที่ต่ำในบางกับดัก ไม่พบมอดเจาะผลกาแฟหรือพบมากที่สุด 0-4 ตัว ต่อกับดัก และในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2556 จำนวนของมอดเจาะผลกาแฟเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วมีจำนวนประชากรสูงทั้ง 4 พื้นที่ และสูงที่สุดในเดือนเมษายน พ.ศ. 2556 จำนวน 18-22 ตัว ต่อกับดัก (ภาพที่ 4) โดยการระบาดเริ่มที่จุดวางกับดักบริเวณริมถนนและกลางแปลงกาแฟที่สำรวจจากนั้นกระจายตัวแปลงปลูกกาแฟในทุกพื้นที่สำหรับศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่งสภาพแปลงกาแฟเหมาะต่อการระบาดของ

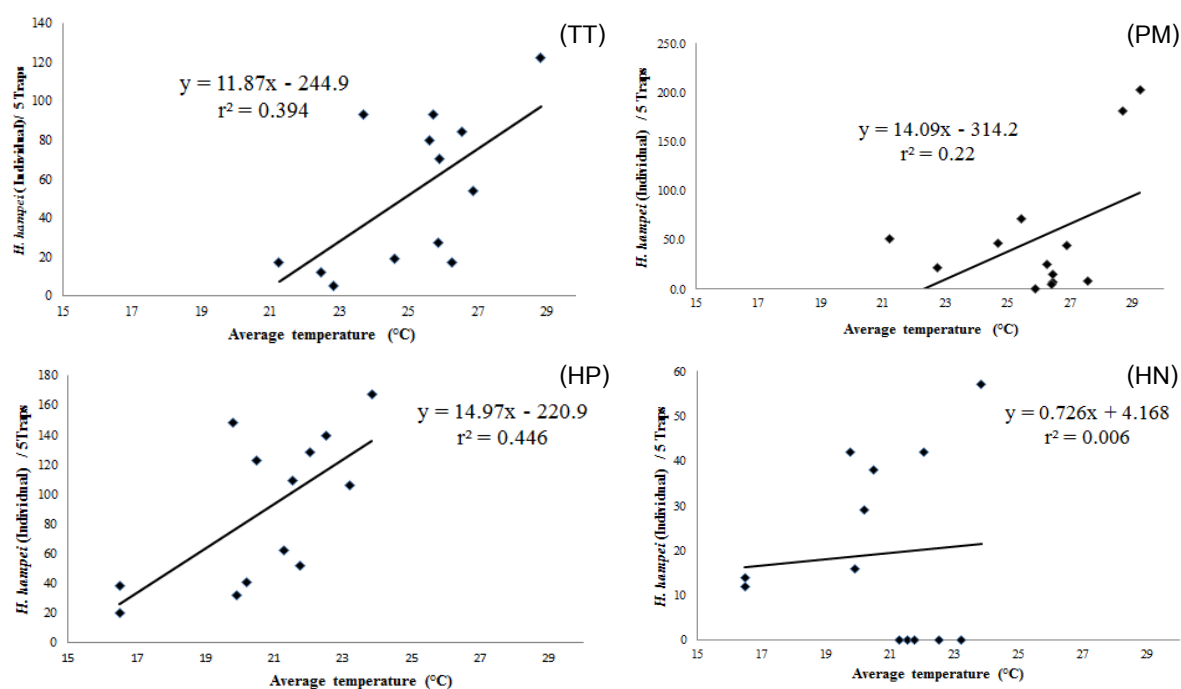


Figure 3 Regression analysis of temperature and *Hypothenemus hampei* in Arabica coffee at Teentok Royal Project Development Center (TT), Mae On district, Pamiang Royal Project Development Center (PM), Doi Saket district, Chiang Mai province and Huaipong Royal Project Development Center (HP), Wiang Papao district, Huai Nam Khun Royal Project Development Center (HN), Mae Suia district, Chiang Rai province

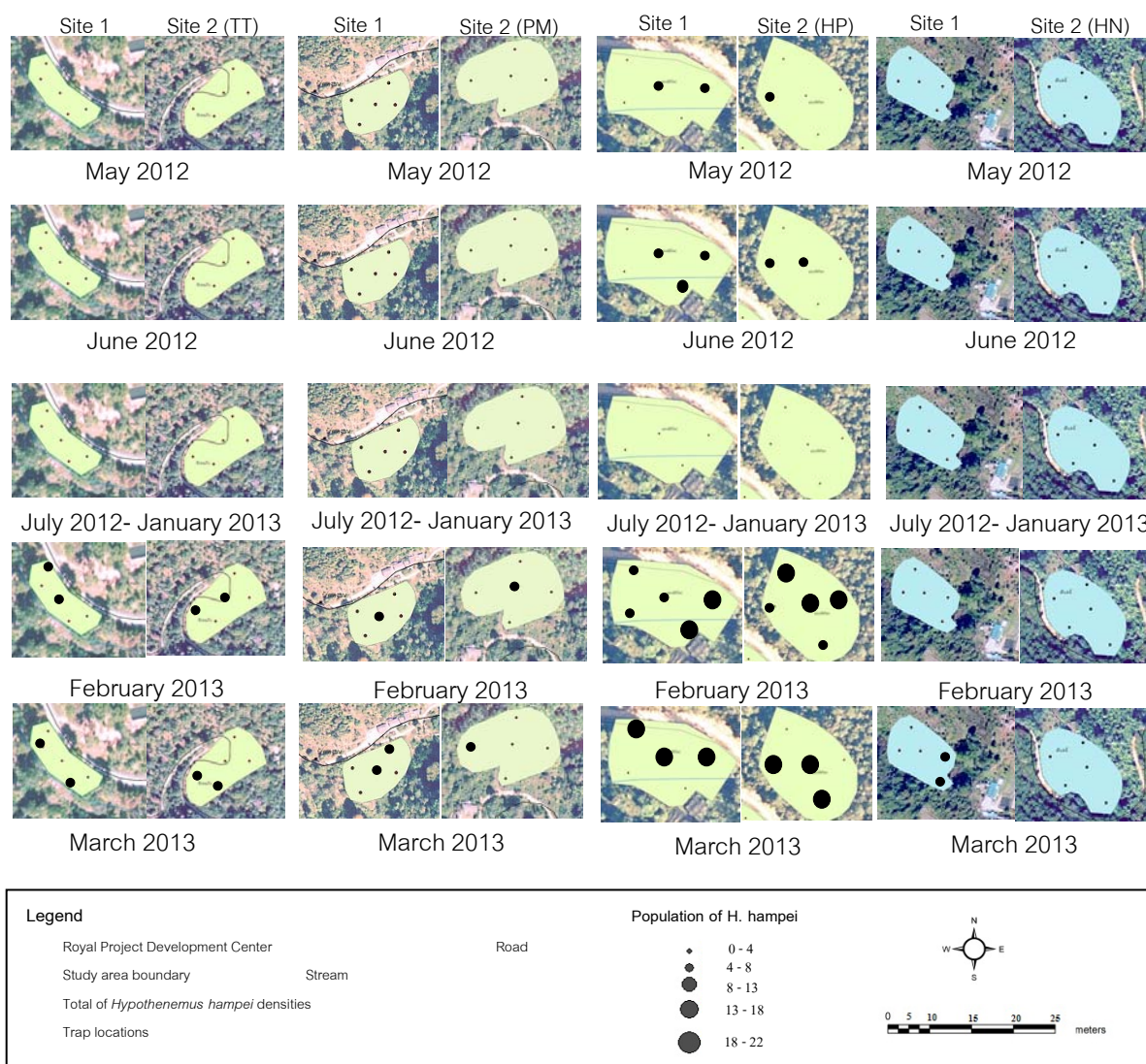


Figure 4 Population and distribution of *H. hampei* in coffee arabica plantations at Teentok Royal Project Development Center, Mae On district (TT) Pamiang Royal Project Development Center, Doi Saket district, (PM) in Chiang Mai province and Huaipong Royal Project Development Center, Wiang Papao district, (HP) Huai Nam Khum Royal Project Development Center, Mae Suia district, (HN) in Chiang Rai province On February-May 2013

มอดเจาะผลกาแฟเป็นอย่างดี เนื่องจากแปลงกาแฟปลูกได้ต้นไม้ใหญ่และต้นกาแฟสูงกว่า 2 เมตร เกษตรกรไม่มีการตัดแต่ง และมีแหล่งน้ำไหลผ่านตลอดทั้งปีและอยู่ติดกับถนนมีการคมนาคมที่สะดวกทำให้มีพ่อค้าจากที่อื่นนำกระสอบหรือเมล็ดกาแฟแห้งมาขายในพื้นที่ ซึ่งอาจทำให้มอดเจาะผลกาแฟติดกับกระสอบ (เยาวลักษณ์, 2554) จึงทำให้มีจำนวนมอดเจาะผลกาแฟมากกว่าแปลงอื่น

ซึ่ง Damon (2000) รายงานว่ามอดเจาะผลกาแฟต้องการความชื้นเพียงเล็กน้อยในการออกบินเพื่อหาแหล่งอาหารและผสมพันธุ์ เช่น แหล่งน้ำ หรือปริมาณน้ำฝนเพียงเล็กน้อย และพบจำนวนมอดเจาะผลกาแฟน้อยที่สุดในพื้นที่ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำขุ่น สาเหตุที่พบมอดเจาะผลกาแฟน้อยอาจเนื่องจากการคมนาคมที่ค่อนข้างลำบากมีการเข้าออกพื้นที่น้อย การค้าขาย

ผลผลิตค่อนข้างต่ำ จึงทำให้พบการระบาดของมอดเจาะผลกาแฟไม่มากนัก ซึ่งมอดเจาะผลกาแฟสามารถระบาดได้โดยติดมากับผลกาแฟเชอร์ หรือภาชนะบรรจุเมล็ด

สรุป

การใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศในการศึกษาความหลากหลายและการแพร่กระจายของแมลงศัตรูกาแฟอราบิกาในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย พบแมลงทั้งหมด จำนวน 8 อันดับ 35 วงศ์ โดยมีแมลงที่มีจำนวนประชากรแมลงที่สำรวจได้มากที่สุด คือ Coccidae (อันดับ Hemiptera) Formicidae, (อันดับ Hymenoptera) Scolytidae, Anthribidae และ Nitidulidae (อันดับ Coleoptera) จากการทดลองพบแมลงศัตรูที่สำคัญของกาแฟอราบิกา 2 ชนิด คือ เพลี้ยหอยสีเขียว *Coccus viridis* และมอดเจาะผลกาแฟ *Hypothenemus hampei* เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนประชากรมอดเจาะผลกาแฟในแต่ละพื้นที่กับอุณหภูมิพบว่า มีความสัมพันธ์เชิงบวก สำหรับการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ในการนำเสนอข้อมูลปริมาณของมอดเจาะผลกาแฟในแต่ละพื้นที่ศึกษาของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทั้ง 4 แห่ง พบประชากรของมอดเจาะผลกาแฟมากที่สุดในเดือน เมษายน พ.ศ. 2556 ในพื้นที่สำรวจทั้ง 4 พื้นที่ แต่พบการระบาดมากในพื้นที่ปลูกกาแฟของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย ด้วยการเปรียบเทียบรูปแบบในแต่ละเดือนสามารถช่วยในการวางแผนการจัดการมอดเจาะผลกาแฟและเตรียมการป้องกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

กรมการค้าต่างประเทศ. 2554. สถานการณ์กาแฟ. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : http://www.dft.go.th/Portals/0/ContentManagement/Document_Mod689/COFFEE%20-%20%E0%B8%AA.%E0%B8%84.%2055@

25550906-1559276293.pdf (10 ธันวาคม 2554).

กรมวิชาการเกษตร. 2551. แมลงศัตรูกาแฟ. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : <http://it.doa.go.th/vichakan/news.php?newsid=9> (17 มกราคม 2555).

จริยา วิสิทธิ์พานิช. 2540. แมลงศัตรูกาแฟอราบิก้าบนพื้นที่สูงของประเทศไทยและแนวทางในการป้องกันกำจัด. ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 42 หน้า.

ณรงค์ พลธิราช. 2556. เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศเพื่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ: การทบทวนวรรณกรรม. วารสารวิจัยและพัฒนา มจร 36(4): 503-515.

นิธิ ไทยสันทัด ธีระเดช พรหมวงศ์ นริศ ยิ้มแย้ม วราพงษ์ บุญมา และ ประเสริฐ คำออน. 2543. การสำรวจศัตรูพืชในระบบการปลูกกาแฟกลางแจ้งและภายใต้ร่มเงา. วารสารเกษตร 16(1): 65-77.

บัณฑิต วาฤทธิ ขวลิต กอสัมพันธ์ เยาวลักษณ์ จันทร์บาง วราพงษ์ บุญมา ประเสริฐ คำออน นิธิ ไทยสันทัด สมบัติ ศรีชูวงศ์ และ ถาวร สุภาวงศ์. 2551. การศึกษาการระบาดและป้องกันกำจัดมอดเจาะผลกาแฟอราบิก้าแบบผสมผสาน. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ เครือข่ายภาคเหนือ, เชียงใหม่. 40 หน้า.

ปิยะวรรณ สุทธิประพันธ์ และ เยาวลักษณ์ จันทร์บาง. 2557. การสำรวจแมลงศัตรูกาแฟอราบิก้าและแมลงศัตรูธรรมชาติในจังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย. วารสารเกษตร 30(3): 233-242.

มูลนิธิโครงการหลวง. 2555. รายงานด้านการพัฒนามูลนิธิโครงการหลวงปีงบประมาณ พ.ศ. 2555. มูลนิธิโครงการหลวง, เชียงใหม่. 381 หน้า.

เยาวลักษณ์ จันทร์บาง. 2554. มอดเจาะผลกาแฟแมลงศัตรูในแปลงปลูกที่ส่งผลเสียหายระหว่างเก็บรักษา. Postharvest Newsletter 10(4): 3-6.

- ศูนย์วิจัยเศรษฐกิจและพยากรณ์ทางการเกษตร. 2554.
สำรวจการปลูกกาแฟภาคเหนือพบอาราบิก้า
อนาคตสดใส. คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัย
แม่โจ้. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล:
[http://www.maejopol.mju.ac.th/wtms
_document_download.aspx?id=MjE0Mg==](http://www.maejopol.mju.ac.th/wtms_document_download.aspx?id=MjE0Mg==)
(10 ธันวาคม 2554).
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2555. กาแฟ. (ระบบ
ออนไลน์). แหล่งข้อมูล:
[http://www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=13
226](http://www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=13226) (10 ธันวาคม 2554).
- สืบพงษ์ พงษ์สวัสดิ์. 2551. เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ.
ภาควิชาเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ คณะ
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย
ฟาร์อีสเทอร์น, เชียงใหม่. 13 หน้า.
- อวยพร เพชรหลายสี. 2546. แนวทางการพัฒนาการผลิต
กาแฟอาราบิก้า. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล:
[http://www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=55
4&filename=index](http://www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=554&filename=index) (27 ธันวาคม 2554).
- อนุตร บุรณพานิชพันธุ์ และ เยาวลักษณ์ จันท์บาง.
2557. การเข้าทำลายของมอดเจาะผลกาแฟ
และประสิทธิภาพของสารล่อ เพื่อการควบคุม.
วารสารเกษตร 30(3): 223-231.
- Baker P. S., J. F. Barrera, and J. E. Valenzuela. 1989.
The distribution of the coffee berry borer
(*Hypothenemus hampei*) in southern
Mexico A survey for a biocontrol project.
Tropical Pest Management 35 (2): 163-168.
- 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. C. Olaye, C. Kmongo, A. Jaramillo, F.
E. Vega, H. M. Poehling and C.
Borgemeister. 2009. Thermal tolerance of
the coffee berry borer *Hypothenemus
hampei*: predictions of climate change
Impact on a tropical insect pest. PLoS ONE
4(8): e6487.
- Jha, S., J. H. Vandermeer, and I. Perfecto. 1999.
Population dynamics of *Coccus viridis*, a
ubiquitous ant tended agricultural pest,
assessed by a new photographic method.
Bulletin of Insectology 62 (2): 183-189.
- Mendesil, E., B. Jembera and E. Seyoum. 2004.
Population dynamics and distribution of the
coffee berry borer, *hypothenemus hampei*
(Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) on *coffee
arabica* L. in southwestern Ethiopia.
Ethiopian Journal of Science., 27(2): 127-
134.
- Moguel, P. and V. M. Toledo. 1999. Biodiversity
conservation in traditional coffee systems of
Mexico. Conservation Biology Journal 13(1):
11-21.
- Pendergrast, M. 2009. Coffee second only to oil.
(Online) Available:
[http://www.coffeeclubnetwork.com/redes/for
m/post?pub_id=2131](http://www.coffeeclubnetwork.com/redes/form/post?pub_id=2131) (December 27, 2011).
- Richter, A., A. M. Klein, T. Tschamtke and J. M.
Tylianakis. 2007. Abandonment of coffee
agroforests increases insect abundance
and diversity. Agroforestry Systems Journal
69:175-182.
- Waller, J. M., M. Bigger and R. J. Hillocks. 2007.
Coffee Pests Diseases and Their
Management. Biddles Ltd. King's Lynn,
Norfolk. 434 p.

เงื่อนไขฐานรากในการเข้าสู่อาชีพเกษตรกรรม ของเกษตรกรและบุตรหลานเกษตรกร

Grounded Conditions Towards Farming as an Occupation by Farmers and Their Descendants

ยศ ปริสุทธิ^{1/*} และชนินทร์ แก้วคะตา^{1/}
Yos Borisutdhi^{1/*} and Chanin Kaewkhata^{1/}

Received: 24 November 2015; Accepted: 27 March 2015

Abstract: Agriculture is the major occupation of Thai people. Yet, the initial study showed that there proportion of farmers was decreased. However, there were increase of proportion in some provinces. Si Sa Ket province was the one of six provinces in the northeast Thailand where the proportion of farmers were increased, so the question is what are the conditions for entrance into farming as an occupation of farmers and their descendants. This study were using rural appraisal and grounded theory as research methodology; selected from 4 groups of the districts in Si Sa Ket province as study site, where are the difference of economic levels which include: poor, fairly poor, fairly good and good economic districts. Then areas were explored and chosen one village of each district groups for study site. Conducted sub-topics as the tool which was used for collecting data from the headquarters of village, farm households such as adult farmers and their descendants from April 2012 to July 2013. The results of study found that; grounded conditions for entrance into farming careers by farmers and their descendants = (contributing conditions + compulsory conditions) - (caveat or constraint conditions - caveat or constraint conditions only descendants) by: (1) the essential conditions as a contributing or tendency into farming career were that the sufficient farmland for farming, favorable water resources for farming, could increase income from farming and money as found for farming, (2) the important conditions, which was forced or compulsory to farming were that they need to living close to their family members or making happiness and the warmth for family and some of them were received arable farmland inherited from parents. Another condition was parents had aged or elderly, they cannot work farming or stopped the occupation at all and (3) the essential conditions, which was a caveat or constraint or tendency route out the farming, included; surplus of labor from household's agricultural activities, the degree of compulsory education and the farmland inherited from their parents or a few area of farmland per household or cannot buy it more; that conditions above had effects on their route out the farming of both farmers and their descendants. Moreover, especially their

^{1/} คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

^{1/} Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand

* Corresponding author: E-mail: yosboris@kku.ac.th

descendants found that to receive obtaining social acceptance, the needs of beautiful body and the hardships of earning a living; that conditions above had effects on their route out the farming. Therefore, in the extension of farming as an occupation should consider based on grounded conditions for entrance into farming by farmers and their descendants followed the study as an important issue.

Keywords: Career, vocation, agriculture, rural appraisal, grounded theory

บทคัดย่อ: อาชีพเกษตรกรรมเป็นอาชีพของคนส่วนใหญ่ของประเทศไทย จากการศึกษาขั้นต้น พบว่า แนวโน้มของสัดส่วนผู้ทำอาชีพเกษตรลดลงแต่มีบางจังหวัดเท่านั้นที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จังหวัดศรีสะเกษเป็นหนึ่งในหกจังหวัดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีแนวโน้มผู้ทำอาชีพเกษตรเพิ่มขึ้น จึงมีคำถามว่า มีเงื่อนไขใดบ้างที่ทำให้เกษตรกรหรือบุตรหลานเกษตรกรเข้าสู่อาชีพเกษตรกรรม การศึกษานี้ใช้การประเมินสภาวะชนบทและการศึกษาทฤษฎีฐานรากเป็นวิธีการในการศึกษา โดยเลือกพื้นที่ศึกษา 4 อำเภอของจังหวัดศรีสะเกษที่มีเศรษฐกิจแตกต่างกัน ได้แก่ อำเภอที่มีเศรษฐกิจไม่ดี ค่อนข้างไม่ดี ค่อนข้างดี และเศรษฐกิจดีเป็นพื้นที่ศึกษา จากนั้นได้สำรวจพื้นที่เพื่อเลือกหมู่บ้านตัวแทนอำเภอละ 1 หมู่บ้าน และได้สร้างกรอบประเด็นเพื่อเป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูลจากผู้นำชุมชน สัมภาษณ์ครัวเรือนเกษตรกรทั้งเกษตรกรผู้ใหญ่และบุตรหลานเกษตรกร ในเดือนเมษายน 2555 ถึง มิถุนายน 2556 ผลการศึกษาค้นพบว่า ความสัมพันธ์ของเงื่อนไขฐานรากของการเข้าสู่อาชีพเกษตรกรรมของเกษตรกรและบุตรหลานเกษตรกร ได้แก่ เงื่อนไขฐานรากในการเข้าสู่อาชีพเกษตรกรรมของเกษตรกรและบุตรหลานเกษตรกร = (เงื่อนไขที่เป็นข้อเสีย + เงื่อนไขที่เป็นความจำยอมหรือเชิงบังคับ) - (เงื่อนไขที่เป็นข้อดีหรือข้อจูงใจ + เงื่อนไขที่เป็นข้อดีหรือข้อจูงใจที่มีเฉพาะบุตรหลานเกษตรกร) โดย (1) เงื่อนไขสำคัญที่เป็นข้อเสียหรือมีแนวโน้มทำให้ตัดสินใจเข้าสู่อาชีพเกษตรกรรม ได้แก่ การมีที่ดินทำกินเพียงพอต่อการทำการเกษตร การมีแหล่งน้ำเพื่อการเกษตรเอื้ออำนวย การสามารถสร้างรายได้จากการทำการเกษตร และการมีเงินทุนในการทำการเกษตร (2) เงื่อนไขสำคัญที่เป็นความจำยอมหรือเชิงบังคับทำให้ต้องเข้าสู่อาชีพเกษตรกรรม ได้แก่ ความต้องการของครอบครัวให้สมาชิกกลับมาอยู่อาศัยด้วยกันหรือใกล้ชิดกันหรือความต้องการให้ครอบครัวมีความสุขและความอบอุ่นของครอบครัว อีกทั้งส่วนหนึ่งได้รับมรดกที่ดินทำกินจากบิดามารดา กอปรกับบิดามารดาอายุมากขึ้นหรือวัยอาวุโสซึ่งไม่สามารถทำการเกษตรได้อย่างเต็มที่หรือหยุดทำอาชีพเกษตรกรรมโดยสิ้นเชิง (3) เงื่อนไขสำคัญที่เป็นข้อดีหรือข้อจูงใจหรือมีแนวโน้มทำให้ไม่เข้าสู่อาชีพเกษตรกรรม ได้แก่ การมีแรงงานเหลือจากการทำการเกษตรของครัวเรือน การได้รับการศึกษาที่สูงกว่าภาคบังคับ และการได้รับมรดกที่ดินทางการเกษตรจากบิดามารดาหรือมีที่ดินทำกินต่อครัวเรือนจำนวนน้อยไร่หรือไม่สามารถหาซื้อเพิ่มได้ เป็นเงื่อนไขสำคัญที่เป็นข้อดีหรือมีแนวโน้มทำให้ไม่เข้าสู่อาชีพเกษตรกรรมของทั้งเกษตรกรและบุตรหลานเกษตรกรที่ยังไม่ทำการเกษตรเต็มตัว นอกจากนี้ยังพบเงื่อนไขเพิ่มเติมเฉพาะส่วนผู้ที่เป็นบุตรหลานเกษตรกรที่ยังไม่ทำการเกษตรเต็มตัวซึ่งค้นพบว่า การได้รับการยอมรับทางสังคม ความต้องการความสวยงามของร่างกาย และความลำบากตรากตรำในการประกอบอาชีพเป็นเงื่อนไขสำคัญที่เป็นข้อดีหรือมีแนวโน้มทำให้ไม่เข้าสู่อาชีพเกษตรกรรมอีกด้วย ดังนั้นในการส่งเสริมอาชีพเกษตรกรรมจึงควรพิจารณาถึงเงื่อนไขฐานรากของเกษตรกรและบุตรหลานเกษตรกรในการเข้าสู่อาชีพเกษตรกรรมดังกล่าวนี้เป็นฐาน

คำสำคัญ: การประกอบอาชีพ การอาชีพ การเกษตร การประเมินสภาวะชนบท ทฤษฎีฐานราก

คำนำ

การประกอบอาชีพเกษตรกรรมของไทยถือเป็นอาชีพที่มีการสืบทอดจากบรรพบุรุษ ซึ่งส่วนใหญ่มักเป็นการสืบทอดในลักษณะของการรับมรดกที่ดินทำกิน แต่ปัจจุบันทางเลือกในการประกอบอาชีพต่าง ๆ มีมากขึ้น โดยเฉพาะในภาคอุตสาหกรรมหรือภาคบริการ ทำให้ทางเลือกในการประกอบอาชีพของเกษตรกรเปลี่ยนแปลงไปประกอบอาชีพในภาคอุตสาหกรรมหรือภาคบริการด้วย โดยสิ่งที่มีอิทธิพลประการหนึ่งคือการจัดการศึกษาของทั้งภาครัฐและเอกชนที่มุ่งผลิตบุคลากรเพื่อตอบสนองต่อการปฏิบัติงานในภาคอุตสาหกรรมหรือภาคบริการมากกว่าภาคเกษตร

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นภาคที่มีพื้นที่ทางการเกษตรและผู้ประกอบอาชีพเกษตรกรรมหรือเกษตรกรจำนวนมาก แต่กลับมีสัดส่วนผู้ประกอบอาชีพในภาคเกษตรลดลงเช่นเดียวกับภาคอื่นของประเทศที่มีแนวโน้มลดลงเช่นกัน (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2554) ซึ่งการลดลงดังกล่าวนี้ ส่วนหนึ่งมาจากพื้นที่ทำการเกษตรมีอยู่อย่างจำกัดในขณะที่จำนวนประชากรเพิ่มจำนวนขึ้น และแม้จะมีการเกษตรได้มีการพัฒนาขึ้นก้าวหน้าอดีตก็ตามแต่ครัวเรือนเกษตรกรยังมีความเป็นอยู่ไม่ดีขึ้น โดยแนวทางที่เกษตรกรหาทางออกคือการไปประกอบอาชีพอื่น เช่น เป็นแรงงานรับจ้าง ธุรกิจส่วนตัว หรือส่งบุตรหลานไปศึกษาต่อระดับสูงแล้วสนับสนุนให้ไปทำงานอื่นที่ไม่ใช่ภาคเกษตร ซึ่งการปรับตัวของครัวเรือนเกษตรกรเหล่านี้เป็นไปเพื่อความอยู่รอด อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาตามรายจังหวัดแล้วพบว่า 13 จังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่มีสัดส่วนของผู้ประกอบอาชีพในภาคเกษตรกรรมลดลง แต่มีเพียง 6 จังหวัดเท่านั้นที่มีสัดส่วนเพิ่มขึ้น คือ กาฬสินธุ์ ชัยภูมิ มหาสารคาม มุกดาหาร เลย และศรีสะเกษ (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2554)

การปรับตัวของเกษตรกรในการประกอบอาชีพได้มีรูปแบบต่าง ๆ มากขึ้น โดยจากเดิมที่หากไม่ได้รับการศึกษาที่สูงนัก การประกอบอาชีพเกษตรกรรมถือเป็นตัวเลือกในอันดับแรก แต่หากได้รับการศึกษาที่สูงขึ้นหรือมีข้อจำกัดในการทำการเกษตรจะทำให้เกษตรกรหันเห

ออกนอกภาคเกษตรมีมากขึ้น ซึ่งเชื่อกันว่าการได้รับการศึกษาที่สูงขึ้นและการหันไปประกอบอาชีพอื่นสามารถทำให้ยกระดับฐานะของตนเองได้ แต่สิ่งที่ตามมาคือในภาคเกษตรเองกลับต้องเผชิญกับปัญหาที่ตามมาโดยพบว่า เกษตรกรมีอายุเฉลี่ยมากกว่า 50 ปี ในขณะที่บุตรหลานเกษตรกรหรือคนรุ่นใหม่ไม่เลือกประกอบอาชีพเกษตรกรรม (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2554) อ้างถึงใน หนังสือพิมพ์เดลินิวส์ ฉบับที่ 22,615 วันที่ 13 กันยายน 2554) การประสบปัญหาดังกล่าวของภาคเกษตรนี้มีแนวโน้มส่งผลกระทบต่อระบบการเกษตรของเกษตรกรและของเศรษฐกิจสังคมโดยรวม

สำหรับจังหวัดศรีสะเกษ เป็น 1 ใน 6 จังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีผู้ทำงานในภาคเกษตรหรือมีเกษตรกรเพิ่มขึ้น โดยในปี 2544 พบว่ามีผู้ทำงานในภาคเกษตรร้อยละ 61.39 ส่วนในปี 2548 และ 2552 มีสัดส่วนผู้ทำงานในภาคเกษตรร้อยละ 65.21 และร้อยละ 69.26 ตามลำดับ ซึ่งสัดส่วนในที่นี้ทำให้ศรีสะเกษเป็นจังหวัดที่มีผู้ทำงานในภาคเกษตรมากที่สุดในประเทศ (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2554) จากสถานการณ์ดังกล่าวจึงนำมาสู่ประเด็นคำถามวิจัยว่า มีเงื่อนไขใดบ้างที่ทำให้เกษตรกรหรือบุตรหลานเกษตรกรเข้าสู่อาชีพเกษตรกรรม ซึ่งคำตอบที่ได้จากการวิจัยนี้สามารถนำไปเป็นส่วนหนึ่งในการวางแผนนโยบายการส่งเสริมและพัฒนาการเกษตรทั้งในเชิงรุกและเชิงรับภายใต้สภาพสังคมในปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการส่งเสริมอาชีพให้กับบุตรหลานเกษตรกรหรือเกษตรกรรุ่นใหม่ที่มีมุ่งสู่การประกอบอาชีพเกษตรกรรมหรือสืบทอดอาชีพเกษตรกรรมจากบิดามารดาหรือบรรพบุรุษด้วยความมั่นคง ตลอดจนการวางแผนการจัดการศึกษาขั้นพื้นฐานหรือสูงกว่าพื้นฐานให้กับบุตรหลานเกษตรกรหรือเกษตรกรรุ่นใหม่

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษานี้เป็นปรากฏการณ์ (phenomenal) ด้วยการบูรณาการวิธีการประเมินสภาวะชนบทในการวิจัยระบบการทำฟาร์ม ตามแบบของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น (สุจินต์ และสุเกสิณี, 2530) และวิธีการศึกษาทฤษฎีฐานราก (grounded theory) (Glaser

and Strauss,1967; Strauss and Corbin,1998; Charmaz, 2006; นภาภรณ์, 2539; ชาย, 2556) ซึ่งได้ทำการรวบรวมข้อมูลในช่วงเดือนเมษายน 2555 ถึง มิถุนายน 2556 โดยวิธีการศึกษา ดังนี้

1. การศึกษาเบื้องต้นเพื่อเลือกพื้นที่ศึกษา

การศึกษานี้ได้เลือกจังหวัดศรีสะเกษเป็นพื้นที่ศึกษาซึ่งเป็นจังหวัดที่มีสัดส่วนผู้ประกอบการอาชีพในภาคเกษตรมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยการศึกษาในระยะนี้ได้ใช้การประเมินสภาวะชนบท ตามแบบของกลุ่มวิจัยระบบการทำฟาร์ม มหาวิทยาลัยขอนแก่น (สุจินต์ และสุเกสิณี, 2530) เป็นวิธีในการศึกษา โดยมีขั้นตอนการศึกษา ดังนี้

1.1 การจัดกลุ่มอำเภอ

ได้ทำการศึกษาเบื้องต้นเพื่อจัดกลุ่มอำเภอด้วยการศึกษาข้อมูลทุติยภูมิจังหวัดและอำเภอ แล้วจำแนกพื้นที่ศึกษาออกเป็น 4 กลุ่มอำเภอ โดยนำรายได้เฉลี่ยของประชากรในแต่ละอำเภอที่ได้จากสำนักงานพัฒนาชุมชนจังหวัดศรีสะเกษ (2555) มาวิเคราะห์ควอร์ไทล์ (quartiles) เพื่อจำแนกกลุ่มอำเภอตามออกเป็น 4 กลุ่มอำเภอ ได้แก่ (1) กลุ่มอำเภอที่มีเศรษฐกิจไม่ดี เป็นกลุ่มอำเภอที่ประชากรมีรายได้เฉลี่ยต่ำกว่า 40,772 บาท/คน/ปี ได้แก่ ภูสิงห์ ห้วยทับทัน ไพรบึง โนนคูณ เบญจลักษณ์ และ ศรีรัตนะ (2) กลุ่มอำเภอเศรษฐกิจค่อนข้างไม่ดี เป็นกลุ่มอำเภอที่ประชากรมีรายได้เฉลี่ย 40,773 ถึง 44,236 บาท/คน/ปี ได้แก่ ศิลาลาด ขุนหาญ โพธิ์ศรีสุวรรณ กันทรารมย์ น้ำเกลี้ยง และพยุห์ (3) กลุ่มอำเภอเศรษฐกิจค่อนข้างดี เป็นกลุ่มอำเภอที่ประชากรมีรายได้เฉลี่ย 44,237 ถึง 46,351 บาท/คน/ปี ได้แก่ กันทรลักษ์ ขุขันธ์ วังหิน ราษีไศล เมืองจันทร์ และเมืองศรีสะเกษ และ (4) กลุ่มอำเภอเศรษฐกิจดี เป็นกลุ่มอำเภอที่ประชากรมีรายได้เฉลี่ยมากกว่า 46,352 บาท/คน/ปี ได้แก่ ปรังคัง อุทุมพรพิสัย บึงบูรพ์ และยางชุมน้อย

1.2 การเลือกพื้นที่ศึกษาระดับหมู่บ้าน

ได้ทำการเลือกพื้นที่เพื่อเป็นตัวแทนในการศึกษาทั้ง 4 กลุ่มอำเภอ ด้วยการออกสำรวจพื้นที่เพื่อเป็นตัวแทนกลุ่มอำเภอละ ๗ หมู่บ้านที่เป็นหมู่บ้านที่มีประชากรการประกอบอาชีพเกษตรกรรมเป็นฐาน โดยหมู่บ้านที่เลือกได้แก่ (1) หมู่บ้านที่มีเศรษฐกิจไม่ดี ได้

เลือกบ้านทุ่งหลวง หมู่ 10 ตำบลห้วยตึก อำเภอกุสิงห์ โดยในปี 2554 ประชากรมีรายได้เฉลี่ย 36,369 บาท/คน/ปี (2) หมู่บ้านที่มีเศรษฐกิจค่อนข้างไม่ดี ทำการเลือกบ้านลำโรงเก่า หมู่ 9 ตำบลบักตอง อำเภอขุนหาญ ซึ่งในปี 2554 ประชากรมีรายได้เฉลี่ย 42,073 บาท/คน/ปี (3) หมู่บ้านที่มีเศรษฐกิจค่อนข้างดี ได้เลือกบ้านหนองคู หมู่ 5 ตำบลธาตุ อำเภอวังหิน โดยในปี 2554 ประชากรในหมู่บ้านมีรายได้เฉลี่ย 45,241 บาท/คน/ปี และ (4) หมู่บ้านที่มีเศรษฐกิจดี ได้เลือกบ้านคอนกาม หมู่ 8 ตำบลคอนกาม อำเภอยางชุมน้อย เป็นหมู่บ้านตัวแทนหมู่บ้านที่มีเศรษฐกิจดี ซึ่งในปี 2554 ประชากรมีรายได้เฉลี่ย 50,042 บาท/คน/ปี (สำนักงานพัฒนาชุมชนจังหวัดศรีสะเกษ, 2555)

2. การรวบรวมข้อมูล

การศึกษานี้ได้ใช้วิธีการศึกษาทฤษฎีฐานรากเป็นวิธีการหลักในการศึกษา ดังนั้นการศึกษาเงื่อนไขของการเข้าสู่อาชีพเกษตรกรรมในที่นี้จึงเป็นเงื่อนไขที่เป็นฐานราก (grounded conditions) ในการเข้าสู่อาชีพเกษตรกรรมของเกษตรกรและบุตรหลานเกษตรกร โดยมีวิธีการในการรวบรวมข้อมูล ดังนี้

2.1 การศึกษาเบื้องต้นเพื่อจำแนกประเภทครัวเรือนเกษตรกร

ได้ทำการศึกษาเบื้องต้นเพื่อจำแนกประเภทครัวเรือนเกษตรกรโดยเริ่มจากการสร้างกรอบประเด็น (sub-topics) เพื่อเป็นเครื่องมือในการศึกษาโดยได้ทำการสำรวจพื้นที่และสัมภาษณ์ผู้รู้ (key informants) ซึ่งได้แก่ เจ้าหน้าที่เกษตรในอำเภอ กำนัน ผู้ใหญ่บ้าน สมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบล เกษตรกรหมู่บ้าน และผู้นำเกษตรกร โดยเลือกผู้ให้ข้อมูลด้วยเทคนิคการสุ่มเชิงทฤษฎี (theoretical sampling) ตามแบบของการศึกษาทฤษฎีฐานราก (Glaser and Strauss,1967; Strauss and Corbin,1998; Charmaz, 2006; นภาภรณ์, 2539) จากนั้นทำการจำแนกประเภทเกษตรกรด้วยการใช้เทคนิคสามเส้า (triangulation) ในการพิจารณาวิเคราะห์จำแนกประเภทเกษตรกร

จากการศึกษาเบื้องต้นในทั้ง 4 หมู่บ้าน สามารถจำแนกครัวเรือนเกษตรกรตามลักษณะการประกอบอาชีพ

ได้ 6 ประเภท คือ (1) ทำการเกษตรเพียงอย่างเดียว (2) ทำการเกษตรร่วมกับรับจ้างในภาคเกษตรในพื้นที่ (3) ทำการเกษตรร่วมกับรับจ้างนอกพื้นที่ (4) ทำการเกษตรร่วมกับรับจ้างทั้งในพื้นที่และนอกพื้นที่ (5) ทำการเกษตรร่วมกับประกอบอาชีพอื่นในพื้นที่ที่ไม่ใช่การรับจ้าง และ (6) ทำการเกษตรร่วมกับประกอบอาชีพอื่นนอกพื้นที่ที่ไม่ใช่รับจ้าง

2.2 การศึกษาเงื่อนไขในการเข้าสู่อาชีพเกษตรกรรมของเกษตรกรและบุตรหลานเกษตรกร

การศึกษาระดับครัวเรือน ได้การสร้างกรอบประเด็นเพื่อเป็นเครื่องมือในการศึกษาเพื่อทำความเข้าใจมุมมองหรือตัวแปร หมวด และความสัมพันธ์เชิงเงื่อนไขฐานรากในการเข้าสู่อาชีพเกษตรกรรมของเกษตรกรและบุตรหลานเกษตรกรในพื้นที่ศึกษา จากนั้นได้ทำการคัดเลือกตัวแทนครัวเรือนผู้ให้ข้อมูลของครัวเรือนเกษตรกรแต่ละประเภท ๆ ละ 3-4 ครัวเรือน โดยพิจารณาที่มีฐานะทางเศรษฐกิจของครัวเรือนที่แตกต่างกันด้วยการใช้เทคนิคสามเเล้วในการพิจารณา รวมหมู่บ้านละ 12-16 ครัวเรือน รวมทั้งสิ้น 48 ครัวเรือน ซึ่งมีทั้งผู้เป็นเกษตรกรผู้ใหญ่ จำนวน 52 คน และบุตรหลานเกษตรกรอายุ 10-25 ปี (ซึ่งเป็นวัยในช่วงเดียวกับยุวเกษตรกร) จำนวน 29 คน รวมทั้งสิ้น 81 คน โดยได้เลือกครัวเรือนและสมาชิกครัวเรือนผู้ให้ข้อมูลด้วยเทคนิคการสุ่มเชิงทฤษฎีตามแบบของการศึกษาทฤษฎีฐานราก (Glaser and Strauss,1967; Strauss and Corbin,1998; Charmaz, 2006; นภาภรณ์, 2539) โดยหน่วยการวิเคราะห์ของการศึกษานี้คือครัวเรือนเกษตรกรโดยมุ่งไปที่สมาชิกในครัวเรือนเกษตรกรที่เป็นเกษตรกรผู้ใหญ่และบุตรหลานเกษตรกรที่ยังไม่ได้ทำการเกษตรเต็มตัวในแต่ละครัวเรือนซึ่งได้ทำการรวบรวมข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์ร่วมกับการสังเกต

การศึกษาระดับกลุ่มย่อย นำผลที่ได้จากการศึกษาขั้นตอนย่อยที่ (1) มาเป็นพื้นฐานในการกรอบประเด็นเพื่อเป็นเครื่องมือในการศึกษาเพื่อเติมเต็มข้อมูลให้เกิดความอิ่มตัว (saturation) มากที่สุดพร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้องและยืนยันข้อค้นพบ ด้วยวิธีการสัมภาษณ์กลุ่มในทั้ง 4 หมู่บ้านพื้นที่ศึกษาหมู่บ้านละ 1 เวที ซึ่งผู้ให้ข้อมูลในแต่ละหมู่บ้าน ประกอบด้วย

เกษตรกรผู้ใหญ่ที่ทำหน้าที่ในการปฏิบัติการผลิตหลักของครัวเรือนจำนวน 10-12 คนต่อหมู่บ้าน รวม 46 คน และบุตรหลานเกษตรกรอายุ 10-25 ปี จำนวน 5-10 คนต่อหมู่บ้าน รวม 28 คน โดยได้เลือกผู้ให้ข้อมูลด้วยเทคนิคการสุ่มเชิงทฤษฎีตามแบบของการศึกษาทฤษฎีฐานราก (Glaser and Strauss,1967; Strauss and Corbin,1998; Charmaz, 2006; นภาภรณ์, 2539)

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษานี้ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลไปพร้อม ๆ กับการรวบรวมข้อมูลโดยใช้เทคนิคสมมติฐานชั่วคราว (working hypothesis) ความไว (sensitivity) (การหาข้อมูลเชิงลึก) probing, ตัวช่วยในการถามทั้งแปด (eight helpers) การทำกลับไปกลับมา (iterative) และเทคนิคสามเเล้ว (ยศ, 2551) ช่วยในการวิเคราะห์เพื่อทำความเข้าใจ symbolic interaction และความหมาย และได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์กำหนดหรือเปิดรหัส (open coding) การวิเคราะห์แกนรหัส (axial coding) และการวิเคราะห์คัดสรรรหัส (selective coding) พร้อมทั้งใช้เทคนิคความไวเชิงทฤษฎี (theoretical sensitivity) และการอิ่มตัวเชิงทฤษฎี (theoretical saturation) ช่วยนำทางในการให้รหัส (coding) ตามวิธีการศึกษาทฤษฎีฐานราก (Glaser and Strauss,1967; Strauss and Corbin,1998; Charmaz, 2006; นภาภรณ์, 2539 และ ชาย, 2556)

ผลและวิจารณ์

1. มุมมองและตัวแปรในการเข้าสู่อาชีพเกษตรกรรม

1.1 มุมมองและตัวแปรในการเข้าสู่อาชีพเกษตรกรรมของเกษตรกรผู้ใหญ่ที่ทำการเกษตรอยู่แล้ว

จากการศึกษาพบว่า เกษตรกรผู้ใหญ่ที่ทำการเกษตรอยู่แล้วในทั้ง 4 หมู่บ้านมีมุมมอง (perspective) เกี่ยวกับอาชีพเกษตรกรรมไปในแนวเดียวกัน ซึ่งต่างก็ได้ให้การยอมรับและชื่นชม (appreciate) ในอาชีพเกษตร โดยเห็นว่า อาชีพเกษตรกรรมเป็นอาชีพที่ลำบากและเป็นอาชีพสำหรับคน

จนรายได้ไม่แน่นอนแต่เป็นอาชีพที่สุจริต อิสระและได้อยู่กับครอบครัว การมีที่ดินแหล่งน้ำหรือทรัพยากรในการทำเกษตรที่ดีพอเป็นพื้นฐานที่สำคัญของการทำเกษตร นอกจากนี้การประกอบอาชีพเกษตรกรรมของครัวเรือนได้มีทางเลือกให้ประกอบอาชีพคู่ขนานได้มากขึ้นซึ่งหากสมาชิกในครอบครัวประกอบอาชีพอื่นหรือรับจ้างควบคู่กับการประกอบอาชีพเกษตรกรรมด้วยก็สามารถทำให้ครอบครัวพออยู่พอกินได้

จากมุมมองข้างต้นการศึกษานี้ได้หาคำตอบต่ออีกด้วยการวิเคราะห์กำหนดหรือการเปิดรหัส (open coding) ตามแบบของวิธีการศึกษาทฤษฎีฐานราก โดยการนำมุมมองและรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับสิ่งที่อยู่เบื้องหลังมุมมองของบุคคลกลุ่มนี้มาร่วมพิจารณาเพื่อจำแนกข้อมูลหรือตัวแปรแบบกว้าง ๆ ว่า รหัสหรือตัวแปรสำคัญที่เป็นข้อเท็จจริงทำให้พวกเขาเข้าสู่อาชีพเกษตรกรรมมีอะไรบ้าง ซึ่งผลการศึกษาพบว่า มีรหัสหรือตัวแปรที่สำคัญ 5 ประการ ได้แก่

1) รายได้ของครัวเรือนที่เพียงพอ หากการทำเกษตรสามารถทำให้ครอบครัวพออยู่พอกินคนเหล่านี้จะเลือกทำการเกษตร

2) การมีทรัพยากรทางการเกษตร และการมีเงินทุนที่เพียงพอ หากครอบครัวมีที่ดินทำกินทางการเกษตร มีแหล่งน้ำ และเงินทุนทางการเกษตรที่เพียงพอ ก็จะเลือกทำการเกษตร หากไม่เพียงพอก็จะเลือกประกอบอาชีพอื่นหรือรับจ้าง

3) การมีแรงงานในครัวเรือนเพียงพอหรือสามารถหาแรงงานจ้างได้หรือจ้างเครื่องจักรกลการเกษตรได้ การครัวเรือนมีแรงงานที่เพียงพอทั้งจากแรงงานของเกษตรกรผู้ใหญ่และแรงงานช่วยทำการเกษตรจากบุตรหลานเกษตรกรที่เพียงพอหรือสามารถหาแรงงานจ้างได้มีส่วนที่เข้าสู่อาชีพเกษตรกรรม

4) ความลำบากในการทำการเกษตรน้อยกว่าหรือไม่แตกต่างจากการประกอบอาชีพอื่น หากประกอบอาชีพอื่นมีความสะดวกสะดวกสบายมากกว่าก็จะเลือกประกอบอาชีพอื่น และหากประกอบอาชีพอื่นมีความลำบากเช่นเดียวกันก็จะเลือกทำการเกษตร แต่อย่างไรก็ตามปัจจุบันมีเทคโนโลยีและสาธารณูปโภคตลอดจนการ

มีเครื่องจักรกลการเกษตรมีส่วนเอื้ออำนวยต่อการทำการเกษตรมากขึ้นมีส่วนทำให้เลือกทำการเกษตรมากขึ้น

5) สุขและความสะดวกสบายของครอบครัว สุขและความสะดวกสบายเป็นสิ่งที่สมาชิกในครอบครัวเลือกเป็นอันดับแรก การได้ดูแลบิดามารดาและบุตรหลานทำให้ต้องเลือกทำการเกษตร โดยเกษตรกรผู้ใหญ่ที่ทำการเกษตรอยู่แล้วได้ให้ความสำคัญกับสุขและความสะดวกสบายของครอบครัวมาก

1.2 มุมมองและตัวแปรในการเข้าสู่อาชีพเกษตรกรรมของบุตรหลานเกษตรกรโดยกำเนิดที่ยังไม่ทำการเกษตรเต็มตัว

จากการศึกษาพบว่า บุตรหลานเกษตรกรโดยกำเนิดที่ยังไม่ทำการเกษตรเต็มตัวหรือผู้ที่กำลังเรียนหนังสือในทั้ง 4 หมู่บ้าน มีมุมมองเกี่ยวกับอาชีพเกษตรกรรมไปในแนวเดียวกันกับเกษตรกรผู้ใหญ่ที่ทำการเกษตรอยู่แล้ว อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์เปิดรหัส (open coding) ตามแบบของวิธีการศึกษาทฤษฎีฐานราก โดยการนำมุมมองจากการรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับสิ่งที่อยู่เบื้องหลังมุมมองของบุคคลกลุ่มนี้เพื่อจำแนกข้อมูลหรือตัวแปรแบบกว้าง ๆ ซึ่งพบว่า มีความแตกต่างจากเกษตรกรผู้ใหญ่ในบางประเด็น โดยบุคคลกลุ่มนี้มีรหัสหรือตัวแปรสำคัญที่ทำให้พวกเขาเข้าสู่อาชีพเกษตรกรรม 5 ประการ ได้แก่

1) รายได้ที่ได้รับจากการทำการเกษตรเพียงพอ การทำการเกษตรหากได้รับผลตอบแทนที่ดี บุตรหลานเกษตรกรจะเลือกหรือมีแนวโน้มเลือกทำการเกษตร

2) ความไม่ลำบากในการทำการเกษตรเมื่อเปรียบเทียบกับประกอบอาชีพอื่น การทำการเกษตรถ้ามีความลำบากมากมีแนวโน้มที่จะไม่เลือกทำการเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ที่จบการศึกษาสูงกว่าภาคบังคับมักพิจารณาถึงเรื่องความลำบากในการประกอบอาชีพเกษตรกรรมกับอาชีพพนักงานหรือลูกจ้างบริษัทซึ่งเห็นว่ามีความสะดวกสบายมากกว่า

3) การทำการเกษตรต้องไม่มีผลหรือมีผลน้อยต่อความสวยงามของร่างกายของตน การทำการเกษตรต้องตากแดดตากฝนมีผลทำให้ผิวพรรณคล้ำดำ มีส่วนอย่างยิ่งที่จะไม่เลือกหรือมีแนวโน้มไม่เลือกทำการเกษตร โดยพบว่าผู้ที่กำลังศึกษาระดับสูงกว่าภาค

บังคับหรือผู้ที่จบการศึกษาสูงกว่าการศึกษาระดับมัธยมศึกษา
ให้ความสำคัญกับความสวยงามของร่างกาย โดยเฉพาะผู้ที่
เป็นเพศหญิง

4) การได้รับการยอมรับจากเพื่อนฝูง: การทำ
การเกษตรมักไม่ได้รับการยอมรับจากเพื่อนฝูงซึ่งหากมี
อาชีพอื่นที่เพื่อนฝูงให้การยอมรับดีก็จะเลือกหรือมี
แนวโน้มเลือกประกอบอาชีพอื่น และพบว่ากลุ่มผู้ที่จบ
การศึกษาระดับสูงกว่ามัธยมศึกษาไม่มีความประสงค์ในการ
ประกอบอาชีพเกษตรกรรมซึ่งหากจบการศึกษาแล้วมา
ประกอบอาชีพเกษตรกรรมมักไม่ได้รับการยอมรับจาก
เพื่อนฝูง อีกทั้งบิดามารดาบางครอบครัวไม่ประสงค์ให้
บุตรหลานที่จบการศึกษาระดับสูงกว่ามัธยมศึกษาประกอบ
อาชีพเกษตรกรรม

5) ความต้องการของครอบครัว: ความ
ต้องการของครอบครัวมีส่วนที่สำคัญอย่างยิ่งในการที่จะ
เลือกหรือมีแนวโน้มเลือกประกอบอาชีพเกษตรกรรมหรือไม่ หาก
ครอบครัวมีความต้องการและมีความจำเป็นก็จะเลือกทำ
การเกษตร

2. เงื่อนไขฐานรากในการเข้าสู่อาชีพเกษตรกรรม ของเกษตรกรและบุตรหลานเกษตรกร

2.1 หมวดเงื่อนไขในการเข้าสู่อาชีพ เกษตรกรรมของเกษตรกรและบุตรหลานเกษตรกร

จากการศึกษาลักษณะพฤติกรรม และตัวแปรที่
สำคัญของการเข้าสู่อาชีพเกษตรกรรมข้างต้น สามารถทำ
การวิเคราะห์แกนรหัส (axial coding) ตามแบบของวิธี
การศึกษาคณะปฏิญาณราก เพื่อวิเคราะห์เงื่อนไขสำคัญที่ทำให้
ให้เข้าสู่อาชีพเกษตรกรรม ผลการศึกษาพบว่า

1) หมวดเงื่อนไขที่เป็นข้อเอื้อหรือมี แนวโน้มทำให้ตัดสินใจเข้าสู่อาชีพเกษตรกรรม

หมวดเงื่อนไขที่เป็นข้อเอื้อหรือผู้ที่เข้าสู่
อาชีพเกษตรกรรมสามารถเลือกได้และเป็นแนวโน้มทำให้
เข้าสู่อาชีพเกษตรกรรมนั้น พบว่า ทั้งผู้ที่ทำการเกษตรอยู่
แล้วและบุตรหลานเกษตรกรที่ยังไม่ทำการเกษตรเต็มตัว
ในพื้นที่ศึกษาทั้ง 4 หมู่บ้าน มีเงื่อนไขที่เอื้อและมีแนวโน้ม
ทำให้เข้าสู่อาชีพเกษตรกรรมเช่นเดียวกัน ประกอบด้วย
(1) การมีที่ดินทำกินเพียงพอต่อการทำการเกษตร (2) การ
มีแหล่งน้ำเพื่อการเกษตรที่เอื้ออำนวย (3) การมีแรงงาน

เพียงพอ (4) การมีสาธารณูปโภคทางการเกษตรที่
เอื้ออำนวย (5) การมีเครื่องจักรกลทางการเกษตรที่
เอื้ออำนวย (6) การสามารถสร้างรายได้จากการทำ
การเกษตร และ (7) การมีเงินทุนในการทำเกษตร

2) หมวดเงื่อนไขที่เป็นความจำยอมหรือ เชิงบังคับทำให้ต้องเข้าสู่อาชีพเกษตรกรรม

จากการศึกษาพบว่า หมวดเงื่อนไขที่เป็น
ความจำยอมหรือเชิงบังคับทำให้เข้าสู่อาชีพเกษตรกรรม
มาจาก ความต้องการของครอบครัวให้สมาชิกกลับมาอยู่
อาศัยด้วยกันหรือใกล้ชิดกัน หรือความต้องการให้
ครอบครัวมีความสุขและความอบอุ่นของครอบครัว โดย
เงื่อนไขนี้มีเงื่อนไขเสริมที่ทำให้ความจำยอมหรือการ
บังคับให้เข้าสู่อาชีพเกษตรกรรมมีแนวโน้มลดลงคือ การได้รับ
มรดกที่ดินทำกินจากบิดามารดา กอปรกับบิดามารดา
อายุมากขึ้นหรือวัยอาวุโสซึ่งไม่สามารถทำการเกษตรได้
เต็มที่หรือหยุดแรงงานหลักในการประกอบอาชีพ
เกษตรกรรมโดยสิ้นเชิง ซึ่งมีผลทำให้เป็นเงื่อนไขที่เป็น
ข้อบังคับเชิงพฤตินัยที่ทำให้บุตรหลานเกษตรกรเข้าสู่
อาชีพเกษตรกรรม

3) หมวดเงื่อนไขที่เป็นข้อแม้หรือ ข้อจำกัดหรือมีแนวโน้มทำให้ไม่เข้าสู่อาชีพ เกษตรกรรม

หมวดเงื่อนไขที่เป็นข้อแม้ หรือข้อจำกัด
หรือมีแนวโน้มทำให้ไม่เข้าสู่อาชีพเกษตรกรรม พบว่า ใน
พื้นที่ศึกษาทั้ง 4 หมู่บ้านสามารถสรุปเงื่อนไขได้ มี 2 ส่วน
ได้แก่ (1) ส่วนทั้งที่ผู้ทำการเกษตรอยู่แล้วและบุตรหลาน
เกษตรกรที่ยังไม่ทำการเกษตรเต็มตัว พบว่า (1.1) การมี
แรงงานเหลือจากการทำการเกษตร (1.2) การได้รับ
การศึกษาที่สูงกว่ามัธยมศึกษา และ (1.3) การได้รับมรดก
ที่ดินทำการเกษตรจากบิดามารดาจำนวนน้อยไร่หรือมี
ที่ดินทำกินต่อครัวเรือนจำนวนน้อยไร่และไม่สามารถซื้อ
ที่ดินเพิ่มได้ สิ่งเหล่านี้เป็นข้อแม้ที่มีแนวโน้มทำให้ผู้ทำ
การเกษตรอยู่แล้วและบุตรหลานเกษตรกรที่ยังไม่ทำ
การเกษตรเต็มตัวไม่เลือกเข้าสู่อาชีพเกษตรกรรม และ (2)
ส่วนเพิ่มเติมเฉพาะผู้ที่เป็นบุตรหลานเกษตรกรที่ยังไม่ทำ
การเกษตรเต็มตัว พบว่า (2.1) การได้รับการยอมรับทาง
สังคม (2.2) ความต้องการความสวยงามของร่างกาย
และ (2.3) ความลำบากตรากตรำในการประกอบอาชีพ

เป็นข้อแม้ที่มีแนวโน้มทำให้บุตรหลานเกษตรกรที่ยังไม่ทำการเกษตรเต็มตัวไม่เลือกเข้าสู่อาชีพเกษตรกรรม

2.2 ตัวแบบจำลองเงื่อนไขฐานรากในการเข้าสู่อาชีพเกษตรกรรมของเกษตรกรและบุตรหลานเกษตรกร

จากการศึกษาฐานรากของปรากฏการณ์ข้างต้น ได้ทำการวิเคราะห์หาคัดสรรรหัส (selective coding) ตามแบบของวิธีการศึกษาทฤษฎีฐานรากเพื่อเชื่อมโยงและอธิบายความสัมพันธ์ของทฤษฎีฐานราก ผลการศึกษาสามารถอธิบายตัวแบบจำลองได้ว่า เงื่อนไขฐานรากในการเข้าสู่อาชีพเกษตรกรรมของเกษตรกรและบุตรหลานเกษตรกร = (เงื่อนไขที่เป็นข้อเอื้อ + เงื่อนไขที่เป็นความจำเป็นหรือเชิงบังคับ) - (เงื่อนไขที่เป็นข้อแม้หรือข้อจำกัด + เงื่อนไขที่เป็นข้อแม้หรือข้อจำกัดที่มีเฉพาะบุตรหลานเกษตรกร) โดยแต่ละส่วนมีดังรายละเอียดในภาพที่ 1

สำหรับเงื่อนไขที่เป็นข้อเอื้อ การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า การมีที่ดินทำกินที่เพียงพอ การมีแหล่งน้ำที่เอื้ออำนวย และการสามารถสร้างรายได้จากการทำการเกษตรมีผลอย่างยิ่งในการเข้าสู่อาชีพเกษตรกรรม ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ เกรียงศักดิ์ (2543) ที่รายงานว่า การที่มีความจำกัดทั้งทางด้านที่ดิน แหล่งน้ำ ทรัพยากรธรรมชาติและปัจจัยการผลิตทางการเกษตรอื่น ๆ และสภาพแวดล้อมที่เสื่อมโทรม เป็นเงื่อนไขที่สำคัญของการประกอบอาชีพเกษตรกรรมของเกษตรกร

สำหรับเงื่อนไขที่เป็นข้อเอื้อ การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า การมีที่ดินทำกินที่เพียงพอ การมีแหล่งน้ำที่เอื้ออำนวย และการสามารถสร้างรายได้จากการทำการเกษตรมีผลอย่างยิ่งในการเข้าสู่อาชีพเกษตรกรรม ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ เกรียงศักดิ์ (2543) ที่รายงานว่า การที่มีความจำกัดทั้งทางด้านที่ดิน แหล่งน้ำ ทรัพยากรธรรมชาติและปัจจัยการผลิตทางการเกษตรอื่น ๆ และสภาพแวดล้อมที่เสื่อมโทรม เป็นเงื่อนไขที่สำคัญของการประกอบอาชีพเกษตรกรรมของเกษตรกร

นอกจากนี้ผลการศึกษายังชี้ให้เห็นว่า แรงงานจากครัวเรือนเกษตรกร มีความสัมพันธ์กับการเข้าสู่อาชีพเกษตรกรรม โดยหากมีแรงงานเหลือจากภาคเกษตรกรรม บุคคลเหล่านี้มักหันไปประกอบอาชีพอื่น และในทางกลับกันการมีแรงงานไม่พอในการทำการเกษตรในครัวเรือนบุคคลเหล่านี้ยังไปประกอบอาชีพอื่นเพื่อหารายได้ให้กับครอบครัวอีกด้วย โดยประเด็นการไปประกอบอาชีพอื่นนั้นส่วนหนึ่งเป็นการย้ายถิ่นไปประกอบอาชีพอื่น โดยเฉพาะในหมู่บ้านที่มีเศรษฐกิจไม่ดี ซึ่งในประเด็นนี้ United Nations Secretariat (1993) รายงานว่า รูปแบบกลยุทธ์ของครัวเรือนเกี่ยวกับการย้ายถิ่นแบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ กลยุทธ์เพื่อการอยู่รอด (survival migration) และกลยุทธ์เพื่อการเลื่อนฐานะทางเศรษฐกิจ (mobility migration) โดยกลยุทธ์แรกเป็นการกระจายความเสี่ยงและอาจนำมาสู่การย้ายถิ่นของหญิงวัยเยาว์ที่มี

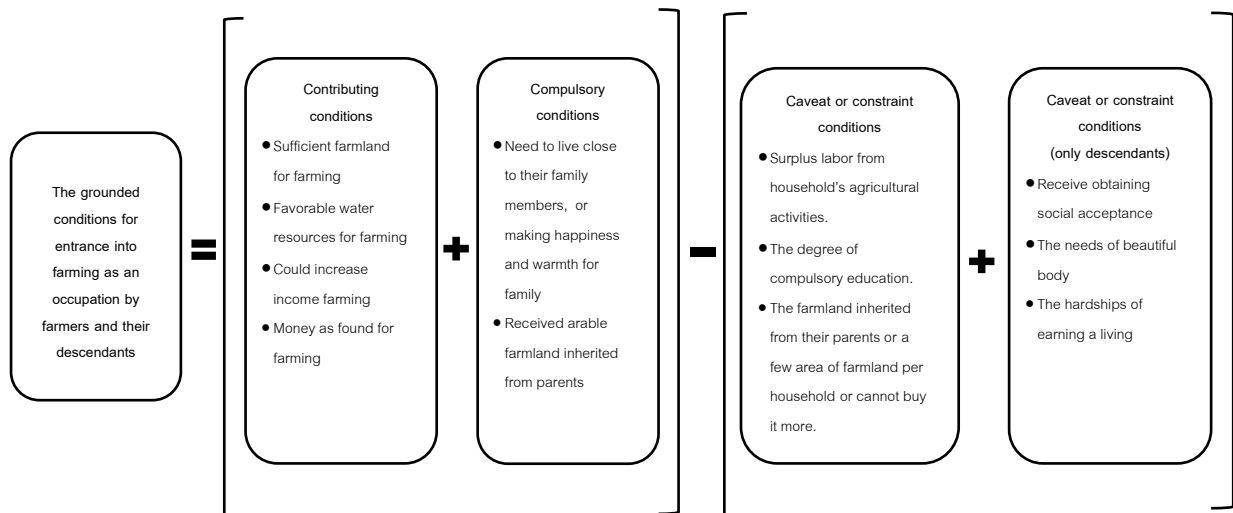


Figure 1 Model on grounded conditions for entrance into farming as an occupation by farmers and their descendants

การศึกษาต่ำ โดยการย้ายถิ่นส่วนใหญ่ได้รับปัจจัยผลักดันในถิ่นต้นทาง ส่วนกลยุทธ์เพื่อการเลื่อนฐานะนั้นครัวเรือนต้องเลือกสมาชิกที่สามารถได้รับรายได้สูงสุดให้ย้ายถิ่น ซึ่งส่วนใหญ่เป็นผู้ชาย วัยหนุ่ม และผู้มีการศึกษาดี ซึ่งการย้ายถิ่นส่วนใหญ่เป็นผลจากปัจจัยดึงดูดในถิ่นปลายทาง ซึ่ง คุชกรี และ พรเพ็ญ (2552) อธิบายว่า การที่ครัวเรือนมีความเสี่ยงซึ่งเกิดจากการประกอบอาชีพเกษตรกรรมที่ราคาผลผลิตไม่แน่นอนและการผลิตขึ้นกับสภาพธรรมชาติซึ่งเป็นเงื่อนไขทางด้านสภาพทรัพยากรทางวัตถุดังนั้นครัวเรือนจึงเลือกลดความเสี่ยงด้วยกลยุทธ์การย้ายถิ่นซึ่งถูกกำหนดด้วยสภาพทรัพยากรมนุษย์ของครัวเรือน ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา ตลอดจนวัฒนธรรมและค่านิยมของสังคม อันเป็นสภาพทรัพยากรทางสังคมและวัฒนธรรมที่ครัวเรือนมีอยู่ การย้ายถิ่นของสมาชิกครัวเรือนเกิดจากเหตุผลที่แตกต่างกันขึ้นกับทรัพยากรครัวเรือน ผลของการย้ายถิ่นนอกจากนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงค่านิยมทางสังคมและวัฒนธรรมของผู้ย้ายถิ่นแล้วยังก่อให้เกิดผลด้านเศรษฐกิจกับครัวเรือน โดยเฉพาะการส่งเงินกลับภูมิลำเนา (remittances) ซึ่งทำให้สภาพวิถีชีวิตของครัวเรือนที่มีสมาชิกย้ายถิ่นมีความแตกต่างไปจากเดิม

สำหรับเงื่อนไขที่เป็นข้อแม้หรือข้อจำกัด จากการศึกษาชี้ให้เห็นว่า เงื่อนไขการเข้าสู่อาชีพเกษตรกรรมมาจากความต้องการเข้าถึงปัจจัย 4 ให้ได้มากที่สุด โดยเริ่มต้นจากความต้องการด้านร่างกายและพยายามไปสู่ลำดับความต้องการลำดับขั้นที่สูงขึ้นตามทฤษฎีของ Maslow (1943) นอกจากนี้การอยู่อย่างมีความสุขกับครอบครัวหรือครอบครัวอบอุ่นเป็นสิ่งที่ปรารถนาของเกษตรกร ซึ่ง Lyubomirsky *et al.* (2005) ได้กล่าวในทำนองเดียวกันว่า ความสุขเป็นสิ่งที่มนุษย์ทุกคนปรารถนา ความสุข เป็นการ ประเมินความรู้สึกและประสบการณ์ของแต่ละคนว่า มีความชื่นชอบชีวิตโดยรวมของตนเองมากเพียงใด

ในการส่งเสริมการเข้าสู่อาชีพเกษตรกรรมนี้สอดคล้องกับรายงานของบุตรา (2554) ที่รายงานว่าระบบการส่งเสริมการเกษตรของภาครัฐ และการจัดการศึกษาจำเป็นต้องปรับตัวกับสิ่งที่ท้าทายใหม่ภายใต้สถานการณ์ที่สลับซับซ้อนมากขึ้น ทั้งนี้เพื่อให้เป็น

ประโยชน์ต่อเกษตรกรรายย่อย นอกจากนี้ ศิลปพร (2553) ได้เสนอว่า หากจะให้ภาคเกษตรยังคงเป็นภาคที่สร้างความมั่นคงด้านอาหารให้ประชากรในประเทศและเป็นฐานรากที่สำคัญทางเศรษฐกิจและดึงดูดให้คนในภาคเกษตรไม่ออกไปทำงานนอกภาคเกษตร ภาครัฐควรให้ความสำคัญกับการส่งเสริมและสนับสนุนอย่างต่อเนื่องกับสิ่งที่เปี่ยมแรงจูงใจในการประกอบอาชีพเกษตร เช่น การเพิ่มประสิทธิภาพให้กับแรงงานในครัวเรือนทั้งในด้านความรู้ เงินในการลงทุนทำการเกษตร แหล่งน้ำใช้ในเขตชลประทานและนอกเขตชลประทานให้มีน้ำใช้ได้ตลอดปี นอกจากนี้ต้องปลูกฝังบุตรหลานเกษตรกรให้มีความภูมิใจในการประกอบอาชีพเกษตร ตลอดจนการจัดสรรเงินทุนให้ผู้ที่มีศักยภาพเรียนด้านการเกษตรในสถาบันการศึกษาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้สามารถประกอบอาชีพในภาคเกษตรต่อไป

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากโจทย์วิจัยที่ว่า เกษตรกรและบุตรหลานเกษตรกรมีเงื่อนไขการเข้าสู่อาชีพเกษตรกรรมอย่างไร การศึกษาค้นพบว่า เงื่อนไขฐานรากของเกษตรกรและบุตรหลานเกษตรกรในการเข้าสู่อาชีพเกษตรกรรม = (เงื่อนไขที่เป็นข้อเอื้อ + เงื่อนไขที่เป็นความจำยอมหรือเชิงบังคับ) - (เงื่อนไขที่เป็นข้อแม้หรือข้อจำกัด + เงื่อนไขที่เป็นข้อแม้หรือข้อจำกัดนี้เพิ่มเฉพาะบุตรหลานเกษตรกรเข้ามาด้วย) ดังนั้น ประเด็นพิจารณาเชิงนโยบายในการส่งเสริมอาชีพเกษตรกรรม นอกจากส่งเสริมเกษตรกรผู้ใหญ่ผู้ที่ทำอยู่เดิมแล้วควรให้ความสำคัญกับบุตรหลานเกษตรกรที่ประกอบอาชีพอื่นที่มีเป้าหมายในการเข้าสู่อาชีพเกษตรกรรมด้วยเพื่อเอื้อให้บุคคลเหล่านี้เข้าสู่และคงอยู่ในภาคเกษตรด้วยความมั่นคงทางอาชีพ และที่สำคัญควรพิจารณาถึงเงื่อนไขฐานรากของเกษตรกรและบุตรหลานเกษตรกรในการเข้าสู่อาชีพเกษตรกรรมด้วย อนึ่ง สำหรับการดำเนินการในระดับพื้นที่นั้น สามารถนำข้อค้นพบจากการศึกษานี้ไปเป็นพื้นฐานในการศึกษาต่อยอดเชิงประยุกต์หรือเชิงปทัสฐานในพื้นที่เป้าหมายเพื่อทำให้เข้าใจถึงรายละเอียดของเงื่อนไขการเข้าสู่อาชีพเกษตรกรรมของเกษตรกรและบุตรหลานเกษตรกรก่อน

การดำเนินโครงการส่งเสริมการเข้าสู่อาชีพเกษตรกรรมในพื้นที่เป้าหมาย ซึ่งจะสามารถเอื้อให้การดำเนินการส่งเสริมการเข้าสู่อาชีพเกษตรกรรมเพื่อให้สอดคล้องกับบริบทพื้นที่เป้าหมายได้ดียิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบผู้รู้และคุณเกษตรกรที่ให้อิทธิพลอันเป็นประโยชน์ในการวิจัยนี้ ขอขอบคุณกองทุนวิจัยคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. 2543. เกษตรกรรมไทยจะไปในทิศทางไหน?. วารสารเศรษฐศาสตร์ประยุกต์ 7: 103-110.
- ชาย โพธิ์สิตา. 2556. ศาสตร์และศิลป์แห่งการวิจัยเชิงคุณภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.
- ดุษฎี อายุวัฒน์ และ พรเพ็ญ ปานคำ. 2552. การย้ายถิ่นและความอยู่ดีมีสุขของครัวเรือนในชนบทอีสาน. วารสารประชากร 1: 55-72.
- นภาพร หะวานนท์. 2539. ทฤษฎีฐานราก: ทางเลือกในการสร้างองค์ความรู้. หน้า 97-108. ใน: นภาพร หะวานนท์ (บรรณาธิการ). พัฒนาศึกษาศาสตร์: ศาสตร์แห่งการเรียนรู้และถ่ายทอดการพัฒนา. กรุงเทพมหานคร: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- บุศรา ลิ้มรัตนกุล. 2554. นวัตกรรมส่งเสริมเพื่อขยายผลเกษตรยั่งยืน. วารสารเกษตร 27(3): 293-303
- ยศ บริสุทธิ. 2551. แนวทางเชิงระบบสำหรับการวิเคราะห์ระบบเกษตรเพื่อการพัฒนา. แก่นเกษตร 36: 352-367.
- ศิลปพร ชื่นสุรัตน์. 2553. ปัจจัยที่มีผลต่อแรงจูงใจในการประกอบอาชีพเกษตร. กรุงเทพมหานคร: ส่วนวิจัยเศรษฐกิจสังคมครัวเรือนเกษตร สำนักวิจัย

เศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

- สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. 2554. เกษตรกรร้อยละ: สร้างรุ่นใหม่ ภูมิใจ มั่นคงในอาชีพ. หน้า 3. ใน: หนังสือพิมพ์เดลินิวส์ ฉบับที่ 22, 615 วันที่ 13 กันยายน 2554.
- สำนักงานพัฒนาชุมชนจังหวัดศรีสะเกษ. 2555. ข้อมูลจปฐ. ปี 2554. จังหวัดศรีสะเกษ. สำนักงานพัฒนาชุมชนจังหวัดศรีสะเกษ กรมการพัฒนาชุมชน กระทรวงมหาดไทย.
- สำนักงานสถิติแห่งชาติ. 2554. สถิติพื้นฐานที่เป็นอนุกรมเวลา สำนักงานสถิติแห่งชาติ. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร.
- สุจินต์ สิมารักษ์ และ สุเกสสิน สุภีระ. 2530. การประเมินสภาวะชนบทแบบเร่งด่วน. ขอนแก่น: กลุ่มวิจัยระบบการทำฟาร์ม มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- Charmaz, K. 2006. Constructing grounded theory: A practical guide through qualitative analysis. London: Sage Publications, Inc.
- Glaser, B. G. and A. L. Strauss. 1967. The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research. Chicago: Aldine.
- Lyubomirsky, S., L. A. King and E. Diener. 2005. The benefits of frequent positive affect. Psychological Bulletin 131: 803-855.
- Maslow, A. H. 1943. A Theory of human motivation, Psychological Review 50: 370-396.
- Strauss, A. L. and J. M. Corbin. 1998. Basics of qualitative research: Techniques and procedures for Developing Grounded Theory. (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage Publications, Inc.
- United Nations Secretariat. 1993. Types of female migration. In: Internal migration of women in developing countries. New York: United Nations. pp 94-115.

การเพาะเลี้ยงโคพีพอดเพื่อการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนใน โรงเพาะฟัก

Copepod Cultivation for Larviculture in the Hatchery

พงศธร จันทรรัตน์^{1/*}
Pongsaton Juntarut^{1/*}

(Received: 28 October 2014; Accepted: 13 January 2015)

Abstract: Copepods play an important role as a natural food for aquatic animals, particularly in hatchery-based marine larviculture. They contain nutrients essential for the growth and survival of larvae. This is an important factor to be considered for the successful production of aquatic animal larvae of required market size. Therefore, studying different factors related to copepod culture is essential in maximizing the productivity of culture. This paper discusses the culture of copepods under extensive, semi-intensive and intensive system. In addition, it also explores the influences of culture system, species selection, feed selection, the application of probiotics in culture and storage copepod products in the process of developing a commercial scale copepod culture. These information are useful for the development of copepod cultivation in Thai aquaculture.

Keywords: Copepod, aquaculture, larviculture, hatchery

^{1/} โปรแกรมวิชาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา จังหวัดสงขลา 90000

^{1/} Program in Aquaculture, Faculty of Agricultural Technology, Songkhla Rajabhat University, Songkhla 90000, Thailand

* Corresponding author: E-mail address: pongsaton634@hotmail.com

บทคัดย่อ: โคพีพอดมีบทบาทสำคัญเป็นอาหารธรรมชาติของสัตว์น้ำโดยเฉพาะการใช้อนุบาลสัตว์น้ำเค็มวัยอ่อนในโรงเพาะฟัก เนื่องจากโคพีพอดมีองค์ประกอบของสารอาหารสำคัญทางโภชนาการที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและการรอดของสัตว์น้ำวัยอ่อน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่จะประสบความสำเร็จในการผลิตลูกพันธุ์สัตว์น้ำเพื่อใช้เลี้ยงให้ได้ขนาดตามความต้องการของตลาด ดังนั้นการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพาะเลี้ยงโคพีพอดย่อมส่งผลต่อปริมาณผลผลิตที่มีประสิทธิภาพตามความต้องการใช้อนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน บทความฉบับนี้ได้กล่าวถึงรูปแบบการเก็บเกี่ยวผลผลิตโคพีพอดจากการเพาะเลี้ยงแบบดั้งเดิม แบบกึ่งพัฒนา และแบบพัฒนา นอกจากนี้ได้ยกตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการเพาะเลี้ยง การคัดเลือกชนิดหรือสายพันธุ์ การคัดเลือกอาหารที่ใช้เลี้ยง การประยุกต์ใช้โปรไบโอติกส์ร่วมกับการเลี้ยง และการเก็บรักษาผลผลิตโคพีพอด เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบการเลี้ยงโคพีพอดเชิงพาณิชย์ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของประเทศไทยได้

คำสำคัญ: โคพีพอดการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนโรงเพาะฟักสัตว์น้ำ

คำนำ

โคพีพอด (copepod) เป็นครัสเตเชียน (crustacean) ขนาดเล็กดำรงชีพอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งโคพีพอดบางชนิดพบดำรงชีพอยู่ร่วมกับสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น (Ho, 2001) แต่ส่วนใหญ่ดำรงชีพอย่างอิสระ (free-living) มีบทบาทสำคัญเป็นผู้บริโภคแพลงก์ตอนพืชและเป็นอาหารของสัตว์น้ำในห่วงโซ่อาหารของระบบนิเวศแหล่งน้ำ (Turner, 2004) และยังเป็นอาหารธรรมชาติ (natural food) ที่สำคัญในแหล่งเลี้ยงสัตว์น้ำอีกด้วย (Shil et al., 2013) จากบทบาทดังกล่าวโคพีพอดจึงจัดเป็นอาหารมีชีวิต (live feed) (Conceição et al., 2010) ที่มักใช้ร่วมกับโรติเฟอร์ (rotifer) (Lubzens et al., 2001) อาร์ทีเมีย (Artemia) (Sorgeloos et al., 2001) และแพลงก์ตอนพืชในกลุ่มสาหร่ายสีเขียว (green algae) และไดอะตอม (diatom) (Hemaiswarya et al., 2011) เป็นต้น ในการอนุบาลสัตว์น้ำเค็มวัยอ่อนที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เนื่องจากสัตว์น้ำวัยอ่อนมีการพัฒนาระบบการมองเห็นและระบบทางเดินอาหารยังไม่สมบูรณ์จึงเป็นข้อจำกัดในการจับกินและการย่อยอาหารในช่วงแรกหลังฟักออกจากไข่ (Yúfera et al., 2014) แต่พบว่าโคพีพอดระยะตัวอ่อนมีขนาดเหมาะสมต่อการกินของสัตว์น้ำวัยอ่อนที่มีขนาดความกว้างของช่องปากค่อนข้างเล็ก (Doi et al., 1997) และสามารถย่อยได้ง่ายในระบบทางเดินอาหารของสัตว์น้ำวัยอ่อนอีกด้วย (Payne and Rippingale, 2000) พร้อมทั้งโคพีพอดยังมีองค์ประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง

(highly unsaturated fatty acids) โปรตีน รงควัตถุ วิตามิน และสารอาหารอื่น ๆ ที่สำคัญทางโภชนาการเหมาะสมและจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำวัยอ่อน (van der Meeren et al., 2008) นอกจากนี้โคพีพอดยังมีวงจรชีวิตค่อนข้างสั้นในระยะนาพลิอุส (nauplius I-VI) ระยะโคพีพอดิด (copepodid I-VI) และระยะตัวเต็มวัย (adult) (Chullasorn et al., 2012; Golez et al., 2004; Santhanam and Perumal, 2013) เหมาะสมแก่การนำมาเพาะเลี้ยงเพิ่มขยายปริมาณเพื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตใช้ในโรงเพาะฟักสัตว์น้ำ

โดยทั่วไปมักใช้โคพีพอดในกลุ่มฮาร์แพคติกอย (harpacticoid) คาลานอยด์ (calanoid) และไซโคลพอยด์ (cyclopoid) เป็นอาหารมีชีวิตเพื่อการอนุบาลสัตว์น้ำเค็มวัยอ่อน (Drillet et al., 2011b) ซึ่งโคพีพอดแต่ละกลุ่มมีพฤติกรรมการดำรงชีพแตกต่างกัน เนื่องจากฮาร์แพคติกอยโคพีพอดระยะตัวเต็มวัยนั้นอาศัยอยู่บริเวณหน้าดิน จึงเรียกโคพีพอดกลุ่มนี้ว่า epi-benthic copepod และพบว่าโคพีพอดในสกุล *Tisbe* สามารถนำมาเพาะเลี้ยงเพื่อใช้อนุบาลลูกกุ้งขาวแวนนาไม (de Lima and Souza-Santos, 2007) ลูกม้าน้ำ (Olivotto et al., 2008a) และลูกปลาการ์ตูน (Olivotto et al., 2008b) ส่วนโคพีพอดในกลุ่มคาลานอยด์และไซโคลพอยด์ระยะตัวเต็มวัยมีรูปแบบการดำรงชีพเป็นแพลงก์ตอน (planktonic copepod) อาศัยอยู่บริเวณผิวน้ำและในมวลน้ำจึงเรียกโคพีพอดทั้งสองกลุ่มนี้ว่า pelagic copepod โดยคาลานอยด์โคพีพอดในสกุล *Acartia* มักนำมาใช้เป็นอาหาร

อนุบาลลูกปลากะรัง และปลากะพงแดง (McKinnon *et al.*, 2003) ส่วนไซโคลพอยด์โคฟีพอดในสกุล *Oithona* สามารถนำมาอนุบาลลูกปลากะพงขาว (Santhanam and Perumal, 2012) และโคฟีพอดสกุล *Apocyclops* มักใช้อนุบาลลูกกุ้งกุลาดำ (Farhadian *et al.*, 2007) นอกจากนี้โคฟีพอดยังสามารถใช้ในการอนุบาลสัตว์น้ำชายฝั่งสำคัญทางเศรษฐกิจในกลุ่มปู (Jantrarotai *et al.*, 2004) ซึ่งเป็นกลุ่มสัตว์น้ำในระบบการเพาะเลี้ยงที่ยากต่อการอนุบาลลูกพันธุ์ในโรงเพาะฟักก่อนการปล่อยลงเลี้ยงต่อในระบบบ่อดิน (วุฒิชัย และคณะ, 2555)

วัตถุประสงค์ของบทความฉบับนี้ได้กล่าวถึงชนิดของโคฟีพอดที่สามารถเพาะเลี้ยงและเก็บเกี่ยวผลผลิตมาใช้เพื่อการอนุบาลสัตว์น้ำเค็มวัยอ่อน พร้อมทั้งได้มีการยกตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยการเพาะเลี้ยงโคฟีพอดที่สามารถใช้เป็นแนวคิดในการปรับปรุงและพัฒนาการผลิตโคฟีพอดเพื่อนำมาใช้เป็นอาหารมีชีวิตในการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนของประเทศไทย

1. รูปแบบการเพาะเลี้ยงโคฟีพอด

โดยทั่วไปลักษณะการเพาะเลี้ยงและการเก็บเกี่ยวผลผลิตโคฟีพอดสามารถแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ ประกอบด้วย การเลี้ยงแบบดั้งเดิม (extensive system) การเลี้ยงแบบกึ่งพัฒนา (semi-intensive system) และการเลี้ยงแบบพัฒนา (intensive system) (Ajiboye *et al.*, 2011) โดยแต่ละรูปแบบมีความแตกต่างกันทั้งในเรื่องของการลงทุนการผลิตและปริมาณของผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้ รวมทั้งการปนเปื้อนเชื้อโรคไม่ว่าจะเป็นแบคทีเรีย ไวรัส หรือปรสิตที่สามารถส่งผลเสียต่อสัตว์น้ำวัยอ่อนที่ทำการอนุบาลด้วยโคฟีพอดได้ ดังนั้นในหัวนี้จะกล่าวถึงการผลิตโคฟีพอดจากการเพาะเลี้ยงทั้ง 3 รูปแบบ ที่กล่าวมาข้างต้น ดังต่อไปนี้

1.1 การเลี้ยงโคฟีพอดแบบดั้งเดิม

การเลี้ยงโคฟีพอดแบบดั้งเดิมจัดเป็นรูปแบบการผลิตโคฟีพอดโดยอาศัยปัจจัยต่าง ๆ ในสิ่งแวดล้อมเป็นหลัก โดยจะเก็บเกี่ยวโคฟีพอดจากแหล่งน้ำธรรมชาติ ด้วยวิธีการกรองน้ำด้วยถุงกรองแพลงก์ตอน แล้วนำโคฟี

พอดที่เก็บเกี่ยวได้มาพักเตรียมพร้อมในการใช้อนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน หรืออาจนำโคฟีพอดที่เก็บเกี่ยวได้มาพักรอเวลาเหมาะสมที่จะทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตรุ่นถัดไป โดยมีนักวิจัยหลายกลุ่มได้มีการรายงานเกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงโคฟีพอดแบบดั้งเดิมในเขตภูมิภาคเอเชีย ดังการศึกษาของ Toledo *et al.* (1999) มีการใช้ประโยชน์จากโคฟีพอดในแหล่งน้ำธรรมชาติเพื่อผลิตนอเพลียสสำหรับอนุบาลปลากะรังดอกแดง (*Epinephelus coioides*) วัยอ่อนในประเทศฟิลิปปินส์ โดยนอเพลียสจะถูกเพาะขยายจากพ่อแม่พันธุ์โคฟีพอดชนิด *Acartiatsuensis*, *Pseudodiaptomus* spp. และ *Oithona* sp. ที่เก็บเกี่ยวได้จากแหล่งน้ำกร่อยในธรรมชาติโดยการกรองน้ำด้วยถุงกรองแพลงก์ตอนขนาดตา 400-600 ไมโครเมตร ซึ่งจะนำพ่อแม่พันธุ์โคฟีพอดมาปล่อยไว้ในถังเลี้ยงเพื่อให้ผลิตนอเพลียสก่อนการปล่อยปลากะรังดอกแดงวัยอ่อนลงในถังดังกล่าว เช่นเดียวกับ Doi *et al.* (1997) ที่ได้เก็บเกี่ยวผลผลิตโคฟีพอดชนิด *Pseudodiaptomus annandalei* และ *A. tsuensis* จากบ่อเลี้ยงปลานวลจันทร์ทะเล (*Chanoschanos*) เพื่อผลิตนอเพลียสสำหรับการอนุบาลปลากะรังดอกแดง (*E. coioides*) วัยอ่อนในประเทศฟิลิปปินส์เช่นกัน

การเก็บเกี่ยวผลผลิตโคฟีพอดจากการเพาะเลี้ยงแบบดั้งเดิมมักมีการลงทุนน้อยเนื่องจากโคฟีพอดอาศัยอาหารธรรมชาติและปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตในแหล่งน้ำหรือบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งความหนาแน่นของโคฟีพอดจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของอาหารธรรมชาติในแหล่งน้ำนั้นๆก่อนที่จะมีการเก็บเกี่ยวผลผลิตด้วยการใช้เครื่องมืออย่างง่ายเพื่อนำมาใช้ในการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนในโรงเพาะฟักต่อไป แต่อย่างไรก็ตามผลผลิตโคฟีพอดที่เก็บเกี่ยวจากแหล่งน้ำธรรมชาติและบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำอาจมีการปนเปื้อนของเชื้อโรคที่ส่งผลทำให้เกิดการติดเชื้อในสัตว์น้ำวัยอ่อนสามารถสร้างความเสียหายต่อการเพาะเลี้ยงได้ โดยมีรายงานของ Zhang *et al.* (2008) พบว่าโคฟีพอดชนิด *Nitocra* sp. เป็นพาหะนำเชื้อโรคไวรัสจุดขาว (white spot syndrome virus) ในบ่อเลี้ยงกุ้งครุมา (*Marsupenaeus japonicus*) ในประเทศจีน ซึ่งจากการทดลองเลี้ยงลูกกุ้งครุมาระยะโพสลาร์วา (post larvae) ด้วยโคฟีพอดที่ติด

เชื้อไวรัสสจุซซาวมีผลให้ลูกกุ้งมีอัตราการตายประมาณ 53 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ลูกกุ้งชุดควบคุมที่เลี้ยงด้วยโคฟีพอดปลอดเชื้อไวรัสสจุซซาวมีอัตราการตายเพียง 20 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อทำการแยกเชื้อไวรัสสจุซซาวจากโคฟีพอดที่ติดเชื้อแล้วนำไปฉีดเข้ากล้ามเนื้อของลูกกุ้งในระยะวัยรุ่นพบว่าทำให้ลูกกุ้งมีอัตราการตายสูงถึง 73 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ลูกกุ้งชุดควบคุมมีอัตราการตายเพียง 23 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น นอกจากนี้โคฟีพอดยังอาจเป็นพาหะนำเชื้อโรคแบคทีเรียในสกุล *Vibrio* และ *Aeromonas* ซึ่งแบคทีเรียบางชนิดในสกุลดังกล่าวจัดเป็นเชื้อก่อโรคร้ายแรงและสร้างความเสียหายอย่างรุนแรงในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (Austin, 2011) โดยมีรายงานการศึกษาของ Thomas *et al.* (2006) พบเชื้อแบคทีเรีย *Vibrio cholera* ในโคฟีพอดที่เก็บได้จากแหล่งน้ำกร่อยบางฤดูกาลในประเทศอินเดีย ซึ่งสอดคล้องกับ Rawlings *et al.* (2007) ได้รายงานการตรวจพบเชื้อแบคทีเรีย *V. cholera* ในโคฟีพอดชนิด *Acartiatonsa* และ *Eurytemoraaffinis* บริเวณอ่าวเบงกอลของมหาสมุทรอินเดีย นอกจากนี้ได้มีรายงานพบเชื้อแบคทีเรียในสกุล *Vibrio*, *Aeromonas* และ *Arcobacter* ในโคฟีพอดชนิด *Acartiaclausi*, *Centropages typicus*, *Paracalanusparvus* และ *Temorastylifera* บริเวณชายฝั่งทะเลเมดิเตอร์เรเนียนอีกด้วย (Gugliandolo *et al.*, 2008) จากรายงานข้างต้นแสดงให้เห็นว่าโคฟีพอดเป็นสิ่งมีชีวิตที่อาจเป็นตัวกลาง (vector) ที่สามารถแพร่กระจายเชื้อไวรัสและแบคทีเรียชักนำให้เกิดการแพร่ระบาดของโรคสัตว์น้ำได้ ดังนั้นการเก็บเกี่ยวผลผลิตโคฟีพอดจากการเพาะเลี้ยงแบบดั้งเดิมจึงมีข้อดีในแง่ของการลงทุนต่ำแต่มีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนเชื้อโรคที่อาจปะปนมากับโคฟีพอดจากสิ่งแวดล้อมภายนอกและนำไปสู่การติดเชื้อในสัตว์น้ำวัยอ่อนระหว่างการอนุบาลในโรงเพาะฟัก

1.2 การเลี้ยงโคฟีพอดแบบกึ่งพัฒนา

การเลี้ยงโคฟีพอดแบบกึ่งพัฒนาเป็นรูปแบบการเลี้ยงที่มีการพัฒนาสู่ระบบการจัดการเลี้ยงที่ซับซ้อนมากกว่าลักษณะการเลี้ยงแบบดั้งเดิมเนื่องจากเริ่มมีการควบคุมปัจจัยการเลี้ยงต่าง ๆ เช่น การให้อาหารเลี้ยงและการควบคุมคุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยง เป็นต้น

แต่อย่างไรก็ตามรูปแบบดังกล่าวมักผลิตโคฟีพอดได้ปริมาณน้อยจากการเลี้ยงที่ความหนาแน่นค่อนข้างต่ำ อีกทั้งยังต้องมีการสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมภายนอกที่มีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ แพลงก์ตอน และปรสิตที่อาจส่งผลกระทบต่อสัตว์น้ำวัยอ่อนที่อนุบาลด้วยโคฟีพอดได้ (Ajiboye *et al.*, 2011) โดยมีรายงานการเลี้ยงโคฟีพอดแบบกึ่งพัฒนาในประเทศออสเตรเลียของ Schipp *et al.* (1999) ที่เก็บเกี่ยวพ่อแม่พันธุ์โคฟีพอดชนิด *Acartia* spp. จากทะเลสาบน้ำเค็มมาทำการเพาะเลี้ยงเพิ่มขยายปริมาณผลผลิตนอพลีซิสแล้วนำไปใช้ออนุบาลลูกปลากระพงข้างป่าน (*Lutjanusjohnii*) และปลากะพงแดงป่าชายเลน (*Lutjanusargentimaculatus*) ซึ่งนำพ่อแม่พันธุ์โคฟีพอดรุ่นแรกที่เก็บเกี่ยวได้มาเพาะเลี้ยงที่ความหนาแน่น 50-200 ตัว/ลิตร ในถังเลี้ยงขนาด 100-1,000 ลิตร โดยแต่ละวันทำการเลี้ยงด้วยแพลงก์ตอนพืชผสมหลายชนิด ได้แก่ *Rhodomonas* sp., *Tetraselmis* sp. และ *Isochrysis* sp. (อัตราส่วน 2:1:1) อัตราความหนาแน่น 2×10^4 เซลล์/ลิตร ภายใต้การเลี้ยงที่มีการเตรียมน้ำก่อนนำไปใช้ในการเลี้ยง การให้แสง การให้ออกซิเจน การควบคุมความเค็มของน้ำ และการควบคุมอุณหภูมิน้ำให้เหมาะสมกับการเพาะเลี้ยงโคฟีพอดชนิดนี้ พร้อมทั้งมีการป้องกันและกำจัดแพลงก์ตอนสัตว์ชนิดอื่น ๆ อาทิเช่น โรติเฟอร์ และตัวอ่อนหรือไข่ของเพรียงหินที่อาจปนเปื้อนมาในระบบการเลี้ยงโคฟีพอดนอกจากนี้การศึกษาในประเทศอินเดียของ Rajkumar and Kumaraguruvasagam (2006) ได้ทำการกร่อนน้ำบริเวณพื้นที่ป่าชายเลนด้วยถุงกรองแพลงก์ตอนขนาดตา 158, 500 และ 190 ไมโครเมตร ตามลำดับ เพื่อแยกและกำจัดสัตว์น้ำชนิดอื่น ๆ ที่ปะปนมา เช่น ลูกปลา ลูกกุ้ง โรติเฟอร์ และตัวอ่อนของเพรียงหินส่วนที่เหลือเป็นโคฟีพอดชนิด *A. clausi* ระยะโคฟีพอดติดและตัวเต็มวัยที่สามารถนำไปเพาะเลี้ยงเพิ่มขยายปริมาณด้วยแพลงก์ตอนพืชชนิด *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros affinis* และ *Chlorella marina* ภายใต้การควบคุมปัจจัยการเลี้ยงและการควบคุมคุณภาพน้ำเช่น อุณหภูมิ 28-32 องศาเซลเซียส ความเค็ม 30-34 ส่วนในพันส่วน (part per thousand) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) 7-8.5 และปริมาณออกซิเจน

ละลายน้ำ 5-6.8 มิลลิลิตร/ลิตร เพื่อใช้ผลผลิตในการอนุบาลลูกปลากะพงขาว (*Latescalcarifer*)

จะเห็นว่ารูปแบบการเพาะเลี้ยงโคพีพอดแบบกึ่งพัฒนายังเป็นระบบเปิดที่มีการสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมภายนอกอาจชักนำสู่การปนเปื้อนของเชื้อก่อโรคในกลุ่มแบคทีเรียและเชื้อไวรัสที่ได้กล่าวมาข้างต้นเช่นเดียวกับการเพาะเลี้ยงแบบดั้งเดิม นอกจากนี้ยังมีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนตัวอ่อนหรือตัวเต็มวัยของปรสิตที่อาจสร้างความเสียหายให้กับสัตว์น้ำในระบบการเพาะเลี้ยงด้วยการเกาะติดเพื่อดูดกินของเหลวหรือน้ำเลือดจากตัวเจ้าบ้าน (host) และการที่ปรสิตใช้อวัยวะในการยึดเกาะหรือฝังลงไปบนเนื้อเยื่อของตัวเจ้าบ้านจะก่อให้เกิดบาดแผลตามด้วยการติดเชื้อแบคทีเรียหรือไวรัสในระยะที่สองเรียกว่าการติดเชื้อทุติยภูมิ (secondary infection) ในสัตว์น้ำวัยอ่อน โดยการศึกษาของ Leaw *et al.* (2012) รายงานพบปรสิตโคพีพอดชนิด *Caligus rotundi genitalis* เกาะติดอยู่บริเวณด้านในของแผ่นปิดเหงือก ลำตัว และหัวของปลากะพงแดง (*Lutjanus erythropterus*) ในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของประเทศมาเลเซีย โดยปรสิตโคพีพอดนั้นจัดเป็นปรสิตภายนอกที่มีรอยกัดส่วนหน้าของร่างกายเป็นตะขอใช้ในการยึดเกาะผิวหนังด้านนอกของร่างกายของเจ้าบ้านชักนำให้เกิดบาดแผลเรื้อรังส่งผลกระทบต่อสุขภาพและการเจริญเติบโตและการตายของเจ้าบ้าน (Fast, 2014) สอดคล้องกับรายงานในประเทศฟิลิปปินส์ของ Cruz-Lacierda *et al.* (2011) พบว่าโคพีพอดชนิด *Caligus epidemicus*, *Pseudocaligus uniartus* และ *Lepeophtheirus sigani* เป็นปรสิตของปลาสลิดหินจุดแดง (*Siganus guttatus*) ส่วนโคพีพอดชนิด *Lepeophtheirus spinifer* เป็นปรสิตของปลากะพงขาว (*L. calcarifer*) พบว่ามีโคพีพอดชนิด *C. epidemicus* เป็นปรสิตที่ก่อให้เกิดแผลเปื่อย (erosion) และการตกเลือด (hemorrhage) บริเวณผิวหนังลำตัว ครีบ และตา ชักนำให้ปลาไม่กินอาหารและเสื่อมสภาพจนถึงล้มตาย การเจริญเติบโตของปลาที่ติดเชื้อปรสิตโคพีพอดดังกล่าว

1.3 การเลี้ยงโคพีพอดแบบพัฒนา

การเลี้ยงโคพีพอดแบบพัฒนาเป็นลักษณะการเพาะขยายผลผลิตในปริมาณมากด้วยอัตราการเลี้ยงที่มีความหนาแน่นค่อนข้างสูงภายใต้การควบคุมปัจจัยการเลี้ยงอย่างเป็นระบบแบบแผน ไม่ว่าจะเป็นอาหารที่ใช้เลี้ยง คุณภาพน้ำ หรือโรงเรือนเพาะเลี้ยงที่มีการลงทุนสูงกว่าการเลี้ยงแบบดั้งเดิมและแบบกึ่งพัฒนา (Stotttrup, 2000) แต่ผลผลิตโคพีพอดจากระบบการเพาะเลี้ยงแบบพัฒนาสามารถเก็บเกี่ยวได้ในปริมาณมากกว่าและสามารถกำหนดวงจรระยะการเลี้ยงให้ทันตามความต้องการใช้อนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนในโรงเพาะฟัก โดยชนิดของโคพีพอดที่มีการคัดเลือกมาเพาะขยายในระบบการเพาะเลี้ยงแบบพัฒนาต้องเป็นโคพีพอดชนิดที่สามารถเลี้ยงได้ในระดับความหนาแน่นสูง มีวงจรชีวิตสั้น ให้ผลผลิตสูง และสามารถทนทานต่อสภาพแวดล้อมในระบบการเลี้ยงที่มีการควบคุมปัจจัยการเลี้ยงอย่างมีประสิทธิภาพ (Ajiboye *et al.*, 2011) ซึ่งมีการศึกษาวิจัยการเพาะขยายโคพีพอดในรูปแบบการเลี้ยงแบบพัฒนาเพื่อสนองความต้องการของโรงเพาะฟักสัตว์น้ำ เช่น การศึกษาของ Raju *et al.* (2012) ในประเทศอินเดียได้ทดลองเพาะเลี้ยงไซโคลพอยด์โคพีพอดชนิด *Oithona rigida* ด้วยแหล่งกักตุนพืชหลายชนิด ได้แก่ *C. marina*, *Nannochloropsis* sp., *I. galbana*, *Dunaliella salina* และ *Tetraselmis* sp. ในถังเลี้ยงกลางแจ้งภายใต้การควบคุมคุณภาพน้ำ เช่น อุณหภูมิ 26-34 องศาเซลเซียส ความเค็ม 26-35 ส่วนในพันส่วน ความเป็นกรด-ด่าง 7.5-8.5 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 5.0-7.5 มิลลิลิตร/ลิตร เป็นต้น พบว่าในช่วงระยะเวลาเลี้ยง 35 วัน สามารถผลิตโคพีพอดได้เฉลี่ยประมาณ 4.48×10^4 ตัว/ลิตร ส่วนในประเทศออสเตรเลียจากการศึกษาของ Payne and Ripplingale (2001) มีการทดลองเลี้ยงคาลานอยด์โคพีพอดชนิด *Gladioferens imparipes* ด้วยการปล่อยตัวอ่อนโคพีพอดในความหนาแน่น 1×10^3 ตัว/ลิตร และเลี้ยงด้วยแหล่งกักตุนพืชชนิด *I. Galbana* และ *Rhodomonas baltica* ในความหนาแน่น 2×10^7 - 2×10^8 เซลล์/ลิตร/วัน ในระบบถังเลี้ยงขนาด 60, 500 และ 1,000 ลิตร สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตโคพีพอดระยะอนุบาลได้ในปริมาณเฉลี่ย 1.12×10^3 ตัว/ลิตร/วัน (ระยะเวลา

58 วัน) 8.78×10^2 ตัว/ลิตร/วัน (ระยะเวลา 420 วัน) และ 5.20×10^2 ตัว/ลิตร/วัน (ระยะเวลา 184 วัน) ตามลำดับ ในขณะที่ Ribeiro and Souza-Santos (2011) สามารถเพาะเลี้ยงฮาร์แพคติกอยโคพีพอดชนิด *Tisbe biminiensis* ด้วยไดอะตอม (*Phaeodactylum tricornutum* และ *Thalassiosira fluviatilis*) และอาหารปลาสวยงามสำเร็จรูปภายใต้ระบบการเพิ่มปริมาณออกซิเจนในมวลน้ำที่ความเค็ม 35 ส่วนในพันส่วน และควบคุมอุณหภูมิห้องที่ 28-32 องศาเซลเซียส ซึ่งได้ผลผลิตนอพลีซิสและโคพีพอดคิดเฉลี่ย 2.80×10^4 ตัว/ลิตร/วัน ในช่วงระยะเวลาเลี้ยงเป็นเวลาประมาณ 130 วัน

โดยการเพาะขยายปริมาณโคพีพอดในระบบการเพาะเลี้ยงแบบพัฒนาต้องมีการคำนึงถึงปริมาณอาหารในถังเลี้ยงที่มีการควบคุมปัจจัยการเลี้ยงต่าง ๆ ที่ส่งผลให้การเพาะเลี้ยง และผลิตโคพีพอดได้ในปริมาณมากอีกทั้งการเพาะเลี้ยงในระบบดังกล่าวมีการปนเปื้อนของเชื้อก่อโรคและปรสิตค่อนข้างน้อยเนื่องจากการเพาะขยายปริมาณโคพีพอดในระบบการเลี้ยงแบบปิดมีการสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมภายนอกน้อยกว่ารูปแบบการเพาะเลี้ยงแบบอื่น ๆ ที่กล่าวมาข้างต้น อย่างไรก็ตามการเพาะเลี้ยงโคพีพอดแบบพัฒนาอาจมีการปนเปื้อนของโรติเฟอร์ที่เกิดจากอุบัติเหตุระหว่างการเลี้ยงแต่สามารถควบคุมได้ด้วยการใช้ยา เช่น flubendazole ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของโรติเฟอร์แต่ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของโคพีพอดที่เลี้ยง (Steenfeldt and Nielsen, 2010) นอกจากนี้การเพาะเลี้ยงโคพีพอดแบบพัฒนาจำเป็นต้องใช้ต้นทุนในการผลิตที่ค่อนข้างสูงกว่ารูปแบบการเลี้ยงแบบดั้งเดิมและแบบกึ่งพัฒนา เนื่องจากต้องผลิตโคพีพอดในปริมาณมากจากการเลี้ยงในอัตราความหนาแน่นสูงที่ต้องมีการลงทุนในส่วนของการที่มีคุณภาพเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและส่งผลต่อคุณค่าทางโภชนาการของผลผลิตโคพีพอดและต้องมีการจัดการดูแลควบคุมคุณภาพน้ำก่อนและระหว่างการเลี้ยง อีกทั้งการลงทุนในส่วนของการเลี้ยง ถึงเลี้ยง หรืออุปกรณ์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยงยังส่งผลต่อต้นทุนในการผลิตโคพีพอดในระบบดังกล่าว (Conceição et al., 2010)

2. การพัฒนาการเพาะเลี้ยงโคพีพอดเชิงพาณิชย์

ในระบบการเพาะเลี้ยงของประเทศไทยมีรายงานการทดลองใช้โคพีพอดอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนจากการศึกษาของสุภาวดี และคณะ (2556) ที่รายงานผลการวิจัยการใช้โคพีพอดสกุล *Tigriopus* ในการอนุบาลลูกกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) มีผลให้สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของลูกกุ้งได้ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ Jantrarotai et al. (2004) ที่ได้ศึกษาการใช้โคพีพอดน้ำเค็มร่วมกับอาร์ทีเมียในการอนุบาลลูกปูดำ (*Scylla olivacea*) พบว่าลูกปูมีอัตราการเพิ่มสูงขึ้นนอกจากนี้อัจฉรี และคณะ (2556) พบว่าลูกปลาการ์ตูนส้มขาว (*Amphiprion ocellaris*) ที่อนุบาลด้วยโคพีพอดสกุล *Apocyclops* ส่งผลให้ลูกปลามีสีเข้มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดโดยการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาและปรับปรุงระบบการเพาะเลี้ยงโคพีพอดให้มีประสิทธิภาพและสามารถผลิตโคพีพอดที่มีคุณภาพย่อมส่งผลต่อผลผลิตลูกพันธุ์สัตว์น้ำซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่จะประสบความสำเร็จในการเลี้ยงสัตว์น้ำให้ได้ขนาดตามความต้องการของตลาดผู้บริโภคในอนาคตอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของประเทศไทยนอกจากการคัดเลือกชนิดหรือสายพันธุ์ของโคพีพอดที่มีลักษณะเด่นเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงแล้ว การคัดสรรอาหารที่ใช้ในการเลี้ยง และการประยุกต์ใช้โปรไบโอติก (probiotics) ร่วมกับการเลี้ยงสามารถส่งผลต่อคุณค่าทางโภชนาการของผลผลิตโคพีพอดให้มีคุณภาพเหมาะสมตามความต้องการของสัตว์น้ำวัยอ่อนเพื่อใช้ในการเสริมสร้างการเจริญเติบโต อีกทั้งการศึกษาค้นคว้าอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยง เช่น คุณภาพน้ำ หรือการออกแบบถังเลี้ยงและบ่อเลี้ยงเป็นปัจจัยเกี่ยวข้องต่อความสำเร็จในการผลิตโคพีพอดเพื่อเพิ่มขยายปริมาณมากในเชิงพาณิชย์ (Drillet and Lombard, 2013) นอกจากนี้การเก็บรักษาผลผลิตโคพีพอดให้สามารถใช้ได้ในระยะเวลานานขึ้นย่อมเป็นการเพิ่มมูลค่าการขายผลผลิตโคพีพอดในตลาดได้เช่นกัน ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าเพื่อพัฒนาการเพาะเลี้ยงโคพีพอดเชิงพาณิชย์ในเรื่องของรูปแบบการเลี้ยง การคัดเลือกสายพันธุ์ การคัดเลือกอาหารที่ใช้เลี้ยง การประยุกต์ใช้โปรไบโอติกร่วมกับการเลี้ยง และการเก็บรักษาผลผลิตโคพีพอด เป็นสิ่งสำคัญในการนำมาใช้พัฒนาการเลี้ยงโคพีพอดในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ของประเทศไทย โดยได้มีการยกตัวอย่างการศึกษาวิจัยในหัวข้อต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2.1 รูปแบบการเลี้ยงโคฟีพอด

การปรับปรุงการเพาะเลี้ยงโคฟีพอดให้สามารถเลี้ยงได้ในอัตราความหนาแน่นสูงนอกจากการพิจารณาชนิดและอาหารที่เลี้ยงแล้วสิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของโคฟีพอดแต่ละชนิด ซึ่งมีลักษณะการดำรงชีพอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่ต่างกัน ดังนั้นการพิจารณาถึงคุณภาพน้ำพื้นฐานที่สำคัญ เช่น ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ ความเค็ม ปริมาณสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ ย่อมส่งผลต่อปริมาณผลผลิตโคฟีพอด (Rajthilak et al., 2014) นอกจากนี้ยังมีรายงานการเพาะเลี้ยงโคฟีพอดต่างชนิดร่วมกัน ซึ่งแต่ละชนิดมีลักษณะการดำรงชีพที่แตกต่างกันจากการศึกษาของ Lee et al. (2013) ได้เปรียบเทียบรูปแบบการเลี้ยงโคฟีพอด 3 ชนิด ที่แยกจากแหล่งน้ำในประเทศเกาหลีที่มีความเค็มของน้ำแตกต่างกันประกอบด้วยโคฟีพอดชนิด *Paracyclopsina nana* จากทะเลสาบน้ำกร่อยที่มีความเค็มของน้ำ 10-25 ส่วนในพันส่วน *Apocyclops* จากโรงเพาะฟักที่มีความเค็มของน้ำ 12-28 ส่วนในพันส่วนและ *Tigriopus japonicus* จากชายฝั่งทะเลที่มีความเค็มของน้ำ 26-34 ส่วนในพันส่วนโดยโคฟีพอดถูกเลี้ยงในระบบการเพาะเลี้ยงแบบเดี่ยว (monoculture) และแบบรวมหลายชนิด (polyculture) พบว่าเมื่อเลี้ยงโคฟีพอดชนิด *P. nana* ร่วมกับ *T. japonicus* ส่งผลให้มีผลผลิตโคฟีพอดสูงกว่าการเลี้ยงแบบเดี่ยวและการเลี้ยง *P. nana* ร่วมกับ *A. royi* อาจเนื่องมาจากลักษณะการดำรงชีพและการกินอาหารที่แตกต่างกันของ *P. Nana* ที่ดำรงชีพเป็นแพลงก์ตอน ส่วน *T. japonicus* ดำรงชีพเป็นสัตว์หน้าดินในขณะที่ *P. Nana* และ *A. royi* อาศัยอยู่ในมวลน้ำดำรงชีพเป็นแพลงก์ตอนทั้งสองชนิดจึงอาจเกิดการแย่งแย่งปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตได้

นอกจากนี้การเพาะเลี้ยงโคฟีพอดเพื่อเพิ่มปริมาณยังต้องคำนึงถึงต้นทุนและผลผลิตที่ทำการเก็บเกี่ยวในแต่ละรอบการเลี้ยง ดังการค้นหาลำดับปัจจัยการเลี้ยงที่สามารถลดต้นทุนการผลิตด้วยการใช้เศษเหลือใช้จากการ

ปลูสัตว์หรือการเกษตรของ Jeyaraj et al. (2014) ที่ใช้มูลสัตว์ในการเพาะเลี้ยงโคฟีพอดชนิด *Macrosetella gracilis* เพื่อใช้ผลผลิตในการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนในโรงเพาะฟักของประเทศอินเดีย โดยทำการทดลองใช้สูตรอาหารมูลสัตว์ ได้แก่ มูลวัว มูลไก่ มูลแพะ และมูลสัตว์ผสมทั้ง 3 ชนิด (อัตราส่วน 1:1:1) ด้วยการผสมมูลสัตว์ 500 กรัม ในน้ำ 20 ลิตร แล้วทำการหมักน้ำเป็นเวลา 12 วัน ก่อนนำพอมแม่พันธุ์โคฟีพอดมาเลี้ยงในอัตราความหนาแน่น 20 ตัว/ลิตร เป็นระยะเวลา 15 วัน ผลการศึกษาพบว่าน้ำที่ผสมมูลวัวสามารถผลิตโคฟีพอดได้ประมาณ 4.21×10^3 ตัว ซึ่งมีปริมาณมากกว่าโคฟีพอดที่เลี้ยงในน้ำผสมมูลไก่ (2.35×10^3 ตัว) มูลแพะ (1.57×10^3 ตัว) และมูลสัตว์ผสมทั้ง 3 ชนิด (0.99×10^3 ตัว) ตามลำดับการประยุกต์ใช้มูลสัตว์ในการเลี้ยงโคฟีพอดสามารถชักนำให้มีการเพิ่มอัตราการผลิตโคฟีพอดได้ อาจเนื่องมาจากปุ๋ยมูลสัตว์ปลดปล่อยสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชที่เป็นอาหารธรรมชาติของโคฟีพอด และตะกอนสารอินทรีย์ในมูลสัตว์ก็อาจเป็นอาหารที่สำคัญของโคฟีพอดที่ดำรงชีพเป็นสัตว์หน้าดินได้อีกด้วย

2.2 การคัดเลือกสายพันธุ์โคฟีพอด

โคฟีพอดแต่ละชนิดมีองค์ประกอบของสารอาหารสำคัญทางโภชนาการแตกต่างกันอาจเนื่องมาจากอาหารที่ใช้เลี้ยง แต่อย่างไรก็ตามการคัดเลือกชนิดหรือสายพันธุ์ของโคฟีพอดที่มีคุณค่าทางโภชนาการเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการรอดของสัตว์น้ำวัยอ่อนย่อมเป็นสิ่งสำคัญในการศึกษาวิจัย ดังการรายงานของ Yang and Hur (2014) ในประเทศเกาหลีที่มีการคัดเลือกชนิดของโคฟีพอดเพื่อนำไปใช้ในการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนด้วยการเปรียบเทียบองค์ประกอบทางโภชนาการของโคฟีพอด 8 ชนิด ประกอบด้วย *Pseudodiaptomus sinuatus*, *Tachidius triangularis*, *T. japonicus*, *Amphiascus* sp., *Nitokraspinipes*, *Tisbetuera*, *P. Nana* และ *Apocyclops* sp. พบว่าโคฟีพอดชนิด *P. Nana* มีปริมาณโปรตีน 51 เปอร์เซ็นต์สูงกว่าโคฟีพอดชนิดอื่น ๆ และสูงกว่าอาหารมีชีวิตที่ใช้กันทั่วไปอย่างเช่น อาร์ทีเมีย (*Artemia* sp.) และไรติเฟอร์ (*Brachionus plicatilis*) และพบว่าโคฟีพอดชนิด *P. nana*

มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง (highly unsaturated fatty acid หรือ HUFA) สูงสุด (8.8 ไมโครกรัม/มิลลิกรัม) ซึ่งสูงกว่าในโคฟีพอดชนิดอื่น ๆ โรติเฟอร์ และอาร์ทีเมีย

นอกจากนี้การคัดเลือกสายพันธุ์โคฟีพอดที่สามารถเจริญเติบโตได้ดี ผลิตไข่ได้ปริมาณมาก และมีอัตราการฟักของตัวอ่อนค่อนข้างสูงเป็นคุณลักษณะเด่นที่สามารถนำมาเพาะเลี้ยงเพิ่มขยายปริมาณได้ดังการศึกษาวิจัยของ McKinnon *et al.* (2003) ที่เปรียบเทียบความสามารถในการผลิตไข่ของโคฟีพอด 3 ชนิด ได้แก่ *Bestiolina similis*, *Acartiasinjiensis* และ *Parvocalanus crassirostris* เพื่อใช้ผลผลิตในการอนุบาลปลาวัยอ่อนในกลุ่มปลากะพงแดงและปลากะรังพบว่าแม่โคฟีพอดชนิด *B. Similis* ที่เลี้ยงด้วยแพลงก์ตอนพืชชนิด *Heterocapsa niei* สามารถผลิตไข่ได้ประมาณ 48 ฟอง/ตัว/วัน สูงกว่าในแม่โคฟีพอดชนิด *A. Sinjiensis* (40 ฟอง/ตัว/วัน) และ *P. Crassirostris* (31 ฟอง/ตัว/วัน) ตามลำดับ ในขณะที่ Lee *et al.* (2012) ได้ศึกษาการคัดเลือกสายพันธุ์โคฟีพอดชนิด *P. nana* จากแหล่งน้ำ 6 แห่งในประเทศเกาหลีใต้ โดยพิจารณาการคัดเลือกจากค่าความดกไข่ของโคฟีพอดแต่ละสายพันธุ์พบว่าสายพันธุ์ที่แยกจากทะเลสาบน้ำกร่อยที่มีความเค็มของน้ำ 18 พีเอสยู (practical salinity unit) สามารถผลิตโคฟีพอดระยะเนอเพลียสได้มากที่สุดประมาณ 14 ตัว/วัน และสามารถเลี้ยงได้ในความหนาแน่นสูงสุดที่ 8.80×10^4 ตัว/ลิตร อีกทั้งยังมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของประชากรสูงกว่าสายพันธุ์อื่น ๆ อีกด้วย

2.3 การคัดเลือกอาหารที่ใช้เลี้ยงโคฟีพอด

การคัดเลือกชนิดของอาหารที่ใช้เลี้ยงโคฟีพอดเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องมีการศึกษาเพื่อพัฒนาระบบการเลี้ยงที่ระดับความหนาแน่นสูงและสามารถเพิ่มขยายปริมาณผลผลิตโคฟีพอดเพื่อรองรับความต้องการอาหารมีชีวิตของโรงเพาะฟักสัตว์น้ำที่มีปริมาณความต้องการมากขึ้นในปัจจุบันจากการศึกษาของ Pan *et al.* (2012) ได้รายงานผลการผลิตไข่ของแม่พันธุ์โคฟีพอดน้ำกร่อยชนิด *Acartia bilobata* ที่เลี้ยงด้วยแพลงก์ตอนพืชต่างชนิดกันพบว่าแม่โคฟีพอดที่เลี้ยงด้วย *I. galbana* สามารถผลิตไข่ได้สูงสุด 24 ฟอง/ตัว/วัน มากกว่าการเลี้ยงด้วย

Nannochloropsis oculata และ *Tetraselmis chui* ตามลำดับ และพบว่าช่วงอายุ (life span) ของแม่โคฟีพอดที่เลี้ยงด้วย *I. Galbana* ยาวนานถึง 18 วัน ซึ่งนานกว่าแม่พันธุ์โคฟีพอดที่เลี้ยงด้วยแพลงก์ตอนพืชชนิดอื่น ๆ ส่วนการศึกษาของ Lee *et al.* (2006) ได้ศึกษาผลของอาหารต่างชนิดที่ใช้เลี้ยงโคฟีพอดชนิด *P. nana* ในการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน พบว่าโคฟีพอดที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมระหว่างแพลงก์ตอนพืช 2 ชนิด ได้แก่ *Tetraselmis suecica* กับ *I. Galbana* และ *T. Suecica* กับ *P. Tricornutum* มีความดกไข่ประมาณ 17 ฟอง/ตัว/วัน มากกว่าโคฟีพอดที่เลี้ยงด้วยแพลงก์ตอนพืชชนิดอื่น ๆ และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารในโคฟีพอดที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมระหว่างแพลงก์ตอนพืช 2 ชนิด *T. Suecica* กับ *P. tricornutum* พบว่ามีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงประมาณ 32 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าโคฟีพอดที่เลี้ยงด้วยแพลงก์ตอนพืชชนิดอื่น ๆ นอกจากนี้การพิจารณาขนาดของแพลงก์ตอนพืชต้องเหมาะสมต่อการนำไปใช้เลี้ยงโคฟีพอดแต่ละชนิดที่อาจส่งผลกระทบต่อเจริญเติบโตและการผลิตไข่ของโคฟีพอดได้ ดังการศึกษาของ Teixeira *et al.* (2010) ได้ทดลองเลี้ยงโคฟีพอดชนิด *A. tonsa* ด้วยการเปรียบเทียบแพลงก์ตอนพืช 3 ชนิด ที่มีขนาดของเซลล์แตกต่างกัน พบว่าแม่โคฟีพอดที่เลี้ยงด้วย *Thalassiosira weissflogii* (13.2 ไมโครเมตร) สามารถผลิตไข่ได้สูงสุด 28 ฟอง/ตัว/วัน ส่วนโคฟีพอดที่เลี้ยงด้วย *I. Galbana* (4.7 ไมโครเมตร) ที่มีขนาดเล็กกว่า *Chaetoceros muelleri* (7.3 ไมโครเมตร) พบว่าสามารถผลิตไข่ได้เพียง 22 และ 20 ฟอง/ตัว/วันตามลำดับ

2.4 การประยุกต์ใช้โปรไบโอติกส์ร่วมกับการเลี้ยงโคฟีพอด

โปรไบโอติกส์จัดเป็นแบคทีเรียไม่ก่อโรคสามารถเจริญเติบโตได้ในระบบทางเดินอาหารของสัตว์น้ำ โดยโปรไบโอติกส์สามารถผสมลงในอาหารให้สัตว์น้ำกินหรือผสมรวมกับน้ำที่ใช้เลี้ยงสัตว์น้ำ โปรไบโอติกส์มีผลต่อการกระตุ้นกระบวนการสร้างเอนไซม์สำคัญในระบบทางเดินอาหารของสัตว์น้ำส่งผลให้มีกระบวนการย่อยอาหารที่มีประสิทธิภาพและทำให้มีการดูดซึมสารอาหารที่ได้จากการย่อยไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกายได้อย่างมี

ประสิทธิภาพอีกทั้งโปรไบโอติกยังสามารถกระตุ้นการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันส่งผลต่อการต่อต้านเชื้อโรค เช่น แบคทีเรีย ไวรัส และเชื้อรา ชักนำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของสัตว์น้ำได้ (De *et al.*, 2014) การประยุกต์ใช้โปรไบโอติกในระบบการเลี้ยงโคพีพอดสามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตได้จากผลการศึกษาของ Drillet *et al.* (2011a) ที่ใช้โปรไบโอติกในกลุ่มแบคทีเรียชนิด *Lactobacillus farciminis* และ *Lactobacillus rhamnosus* เลี้ยงโคพีพอดชนิด *A. Tonsa* พบว่าสามารถเพิ่มขนาดและเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตไข่ของแม่โคพีพอดได้ และสามารถเพิ่มอัตราการฟักของตัวอ่อนโคพีพอดชนิดนี้ได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังมีการใช้โคพีพอดเป็นตัวกลางสะสมโปรไบโอติกก่อนนำไปใช้ออนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนเพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโตและการรอด ดังการศึกษาของ Sun *et al.* (2013) ด้วยการเลี้ยงโคพีพอด *P. annandalei* ในน้ำที่มีโปรไบโอติกที่ประกอบด้วย *Bacillus clausii* และ *Bacillus pumilus* เพื่อให้โคพีพอดกรองกินโปรไบโอติกเข้าไปสะสมในร่างกาย (bioencapsulation) ก่อนนำโคพีพอดเหล่านั้นไปใช้ในการอนุบาลลูกปลากะรังดอกแดง (*E. coioides*) พบว่าสามารถกระตุ้นกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการย่อยในระบบทางเดินอาหารของลูกปลาส่งผลให้กระบวนการย่อยอาหารมีประสิทธิภาพมากขึ้นและลูกปลาสามารถดูดซึมเอาสารอาหารที่ได้จากการย่อยไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ดียิ่งขึ้น และยังพบว่าโปรไบโอติกที่สะสมอยู่ในโคพีพอดสามารถถ่ายทอดไปยังลูกปลากะรังดอกแดงมีผลให้กระตุ้นการสร้างเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องในระบบภูมิคุ้มกันของลูกปลาส่งผลให้มีการเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของลูกปลาในโรงเพาะฟัก จากรายงานที่กล่าวมาข้างต้นสามารถพิสูจน์ได้ว่าการใช้โปรไบโอติกในระบบการเพาะเลี้ยงสามารถเพิ่มปริมาณและคุณภาพของผลผลิตโคพีพอดที่ส่งผลสืบเนื่องต่อคุณภาพของสัตว์น้ำวัยอ่อนได้ โดยโปรไบโอติกมีความสำคัญเป็นสารกระตุ้นภูมิคุ้มกัน (immunostimulants) ในสัตว์น้ำที่สามารถต้านทานการรุกรานของเชื้อโรคที่ปะปนมากับปัจจัยการเลี้ยงต่าง ๆ เช่น อาหาร น้ำ และอุปกรณ์การเลี้ยง เป็นต้น และโปรไบโอติกยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยและการดูดซึม

สารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำวัยอ่อนอีกด้วย

2.5 การเก็บรักษามวลผลิตโคพีพอด

ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันมีการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนโดยใช้อาร์ทีเมียระยะนาอเพลียสที่สามารถเพาะฟักจากไข่ (cyst) ที่มีการจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ (Lavens and Sorgeloos, 2000) เนื่องจากในปัจจุบันมีรายงานการวิจัยมากมายสนับสนุนการใช้โคพีพอดเป็นอาหารมีชีวิตอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน ดังนั้นการพัฒนาวิธีการเก็บรักษาไข่ของโคพีพอดให้อยู่ได้ในระยะเวลาอันยาวนานก่อนจะนำมาเพาะฟักเพื่อใช้ประโยชน์ตัวอ่อนในการอนุบาลลูกพันธุ์สัตว์น้ำจึงเป็นสิ่งที่ควรมีการศึกษาค้นคว้า ดังการรายงานของ Beyrend-Dur *et al.* (2014) พบว่าไข่ของโคพีพอดชนิด *A. bilobata* ที่เก็บเกี่ยวจากตะกอนดินในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*L. vannamei*) มีระยะพักตัว (dormancy stage) นานเป็นเวลาถึง 3 เดือน ในสภาวะควบคุมความเย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และเมื่อนำไข่โคพีพอดมาฟักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน พบว่าตัวอ่อนสามารถฟักเป็นตัวได้มากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ ส่วน Drillet *et al.* (2006) ได้รายงานว่าสามารถเก็บรักษาไข่ของโคพีพอดชนิด *A. Tonsa* ไว้ได้ในความเย็น 2-3 องศาเซลเซียส นานประมาณ 1 ปี โดยพบว่าไข่ที่เก็บไว้ในความเย็นในช่วงเวลา 3-11 เดือน มีอัตราการฟักเป็นตัวสูงประมาณ 70-78 เปอร์เซ็นต์ และผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาของไข่โคพีพอดที่เก็บรักษาไว้ในความเย็น 2-3 องศาเซลเซียส พบว่ามีปริมาณกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (n-3 polyunsaturated fatty acid) เฉลี่ยสูงถึง 70 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปริมาณกรดอะมิโนอิสระ (free amino acids) พบว่ามีค่าคงที่ในไข่โคพีพอดที่เก็บรักษาไว้ในช่วงความเย็นดังกล่าวเป็นเวลา 3-12 เดือน ในขณะที่ Marcus and Murray (2001) ได้ทดลองเก็บรักษาไข่ของโคพีพอดชนิด *Centropages hamatus* เพื่อผลิตนาอเพลียส พบว่าไข่ของโคพีพอดที่เก็บรักษาไว้เป็นเวลานาน 4-17 เดือน ในน้ำเค็มที่ลดปริมาณของออกซิเจนละลายน้ำ (de-oxygenated seawater) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สามารถฟักเป็นนาอเพลียสได้มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานก่อนนำมาฟัก

เป็นตัวอ่อนเพื่อใช้ในการอนุบาลลูกพันธุ์สัตว์น้ำในโรงเพาะฟัก

นอกจากนี้การเก็บรักษาโคพีพอดด้วยการแช่แข็งก่อนนำมาละลายเพื่อใช้อนุบาลลูกพันธุ์สัตว์น้ำก็สามารถรักษาคุณค่าทางโภชนาที่ที่สำคัญและจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำวัยอ่อนได้ ดังการศึกษาของ Olivotto *et al.* (2010) ที่รายงานผลการเก็บรักษาโคพีพอดชนิด *Temoralongicornis*, *A. clausi*, *C. hamatus*, *Pseudocalanus* spp., *Microcalanus* spp. และ *Oithona similis* ด้วยการแช่แข็งที่ความเย็น -80 องศาเซลเซียส พบว่ามีองค์ประกอบทางโภชนาของกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิด eicosapentaenoic acid, docosahexaenoic acid และ omega-3 ในปริมาณ 14-22, 19-27 และ 44-46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สูงกว่าในโรติเฟอร์และอาร์ทีเมียและเมื่อนำโคพีพอดแช่แข็งมาละลาย (defrozen) แล้วใช้เป็นอาหารร่วมกับโรติเฟอร์และอาร์ทีเมียในการอนุบาลลูกปลาการตูนลายปล้อง (*A. clarkii*) พบว่าสามารถกระตุ้นการแสดงออกของยีนในกลุ่มที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตการเผาผลาญไขมันและการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของลูกปลาการตูนในโรงเพาะฟักได้

อย่างไรก็ตามการคิดค้นวิธีและเทคนิคการเก็บรักษาผลผลิตโคพีพอดนั้นต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ร่วมด้วย เช่น อาหารที่ใช้เลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ที่ส่งผลต่อคุณค่าทางโภชนาของผลผลิตโคพีพอด นอกจากนี้การเก็บรักษาผลผลิตไม่ว่าจะเป็น ไข่ นอเพลียสโคพีพอดหรือตัวเต็มวัยของโคพีพอดแต่ละชนิดไว้ในความเย็นที่ต่างกันย่อมส่งผลต่อคุณภาพของผลผลิตโคพีพอด เช่น อัตราการฟักและคุณค่าทางโภชนาได้ (Olivotto *et al.*, 2012)

สรุป

โคพีพอดเป็นสัตว์น้ำไม่มีกระดูกสันหลังกลุ่มครัสเตเชียนมีความสำคัญเป็นอาหารธรรมชาติในห่วงโซ่อาหารของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศแหล่งน้ำทั่วไปและเป็นอาหารที่มีชีวิตที่สำคัญในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอีกด้วย โคพีพอดหลายชนิดในกลุ่มฮาร์แพคติกอยคาลานอยด์และไซโคลพอยด์สามารถนำมาเพาะเลี้ยงเพื่อ

ใช้ผลผลิตในการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนเนื่องด้วยคุณสมบัติของโคพีพอดที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของสัตว์น้ำวัยอ่อน ผลผลิตโคพีพอดสามารถเก็บเกี่ยวได้จากการเพาะเลี้ยงแบบดั้งเดิม แบบกึ่งพัฒนา และแบบพัฒนา อย่างไรก็ตามการพัฒนาแบบและปัจจัยการเพาะเลี้ยง เช่น การคัดเลือกชนิดหรือสายพันธุ์โคพีพอดที่เลี้ยงง่าย โตเร็ว ให้ผลผลิตสม่ำเสมอส่งผลต่อปริมาณผลผลิตที่จะป้อนสู่ภาคส่วนการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน นอกจากนี้การคัดเลือกอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงโคพีพอดก็เป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องพิจารณาเนื่องจากส่งผลต่อคุณค่าทางโภชนาที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของโคพีพอดสามารถส่งผลเชิงบวกต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของสัตว์น้ำวัยอ่อนที่อนุบาลได้ นอกจากนี้การประยุกต์ใช้โปรไบโอติกในการเลี้ยงยังสามารถเพิ่มผลผลิตโคพีพอดและส่งผลต่อเนื่องในการกระตุ้นการทำงานของระบบทางเดินอาหารและภูมิคุ้มกันของสัตว์น้ำวัยอ่อนที่อนุบาลด้วยโคพีพอดดังกล่าวได้อีกด้วย นอกจากนี้การพิจารณาถึงการยืดระยะเวลาในการเก็บรักษาผลผลิตโคพีพอดไม่ว่าจะเป็นในรูปของไข่ ตัวอ่อนหรือตัวเต็มวัยก็สามารถเพิ่มมูลค่าทางการตลาดและเพิ่มความสะดวกในการนำผลผลิตมาใช้ประโยชน์เพื่อการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนในโรงเพาะฟักอย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

- วุฒิชัย อ่อนเอี่ยม วาสนา อากรรัตน์ และเทพบุตร เวชกามา. 2555. การประเมินอัตราการกินอาหาร และการรอดตายของปูม้า (*Portunus pelagicus*) ที่เลี้ยงในบ่อดิน. วารสารเกษตร 28(1): 83-91.
- สุภาวดี จุลละสร วงศ์ปิยะ อนันต์สฤติพร ปรชัยเจก คลังสิน ภาวนา กังเตีย และรัชดาวรรณ จุลลวาทิเลิศ. 2556. เปรียบเทียบอัตราการรอดและการเจริญเติบโตของลูกกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วย *Tigriopus* (Harpacticoida, Harpacticidae) ที่มีชีวิต 3 ชนิด. น. 104-116. ใน: เรื่องเดิมการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ทางทะเล 2555.

- สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- อัจริ๊ เรื่องเดช วิไลวรรณ พวงสันเทียะ นงนุช เลหาะ-วิสุทธิ และสมชาย หวังวิบูลย์กิจ. 2556. การใช้โคพีพอด *Apocyclops* sp. และอาร์ทีเมียเป็นอาหารเพิ่มสัณฐรรมาติในลูกปลาการ์ตูนส้มขาว (*Amphiprionocellaris*). น. 510-517. ใน: เรื่องเต็มการประชุมวิชาการงานเกษตรนเรศวร ครั้งที่ 11. มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- Ajiboye, O. O., A. F. Yakubu, T. E. Adams, E. D. Olaji and N. A. Nwogu. 2011. A review of the use of copepods in marine fish larviculture. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 21: 225-246.
- Austin, B. 2011. Taxonomy of bacterial fish pathogens. *Veterinary Research* 42: 1-13.
- Beyrend-Dur, D., G. Dur, S. Souissi and J.S. Hwang. 2014. Dormant eggs of a calanoid copepod from tropical brackish aquaculture ponds. *Crustaceana* 87: 284-290.
- Chullasorn, S., V. Ivanenko, H. U. Dahms, P. Kangtia and W.X. Yang. 2012. A new species of *Tigriopus* (Copepoda, Harpacticoida, Harpacticidae) from Thailand with the description of its naupliar development. *Helgoland Marine Research* 66: 139-151.
- Conceição, L. E. C., M. Yúfera, P. Makridis, S. Morais and M.T. Dinis. 2010. Live feeds for early stages of fish rearing. *Aquaculture Research* 41: 613-640.
- Cruz-Lacierda, E. R., G. Erazo-Pagador, A. Yamamoto and K. Nagasawa. 2011. Parasitic caligid copepods of farmed marine fishes in the Philippines. pp. 53-62. In: M.G. Bondad-Reantaso, et al. (eds.). *Diseases in Asian Aquaculture VII*. Asian Fisheries Society, Selangor, Malaysia.
- De, B. C., D. K. Meena, B. K. Behera, P. Das, P. K. Das Mohapatra and A. P. Sharma. 2014. Probiotics in fish and shellfish culture: immunomodulatory and ecophysiological responses. *Fish Physiology and Biochemistry* 40: 921-971.
- de Lima, L. C. M. and L. P. Souza-Santos. 2007. The ingestion rate of *Litopenaeus vannamei* larvae as a function of *Tisbe biminiensis* copepod concentration. *Aquaculture* 271: 411-419.
- Doi, M., J. Toledo, M. Golez, M. de los Santos and A. Ohno. 1997. Preliminary investigation of feeding performance of larvae of early red-spotted grouper, *Epinephelus coioides*, reared with mixed zooplankton. *Hydrobiologia* 358: 259-263.
- Drillet, G. and F. Lombard. 2013. A first step towards improving copepod cultivation using modelling: the effects of density, crowding, cannibalism, tank design and strain selection on copepod egg production yields. *Aquaculture Research*: 1-10.
- Drillet, G., M. H. Iversen, T. F. Sørensen, H. Ramløv, T. Lund and B. W. Hansen. 2006. Effect of cold storage upon eggs of a calanoid copepod, *Acartia tonsa* (Dana) and their offspring. *Aquaculture* 254: 714-729.
- Drillet, G., T. Rabarimanantsoa, S. Frouël, J. Lamson, A. Christensen, S. Kim-Tiam and B. Hansen. 2011a. Do inactivated microbial preparations improve life history traits of the copepod *Acartia tonsa*?. *Marine Biotechnology* 13: 831-836.
- Drillet, G., S. Frouël, M. H. Sichlau, P. M. Jepsen, J. K. Højgaard, A. K. Joarder and B. W. Hansen. 2011b. Status and recommendations on marine copepod

- cultivation for use as live feed. *Aquaculture* 315: 155-166.
- Farhadian, O., F. M. Yusoff and A. Arshad. 2007. Ingestion rate of postlarvae *Penaeus monodon* fed *Apocyclops dengizicus* and *Artemia*. *Aquaculture* 269: 265-270.
- Fast, M. D. 2014. Fish immune responses to parasitic copepod (namely sea lice) infection. *Developmental and Comparative Immunology* 43: 300-312.
- Golez, M. S. N., T. Takahashi, T. Ishimaru and A. Ohno. 2004. Post-embryonic development and reproduction of *Pseudodiaptomus annandalei* (Copepoda: Calanoida). *Plankton Biology and Ecology* 51(1): 15-25.
- Gugliandolo, C., G. P. Irrera, V. Lentini and T. L. Maugeri. 2008. Pathogenic *Vibrio*, *Aeromonas* and *Arcobacter* spp. associated with copepods in the Straits of Messina (Italy). *Marine Pollution Bulletin* 56: 600-606.
- Hemaiswarya, S., R. Raja, R. Ravi Kumar, V. Ganesan and C. Anbazhagan. 2011. Microalgae: a sustainable feed source for aquaculture. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 27: 1737-1746.
- Ho, J. S. 2001. Why do symbiotic copepods matter?. *Hydrobiologia* 453-454: 1-7.
- Jantrarotai, P., P. Temphakdee and S. Pripanapong. 2004. Evaluation of different larval feeds for survival and development of early stage mud crab (*Scylla olivacea*). *Kasetsart Journal: Natural Science* 38: 484-92.
- Jeyaraj, N., P. Santhanam, P. Raju, S. Ananth and K. Jothiraj. 2014. Alternative methods for marine harpacticoid copepod, *Macrosetella gracilis* production in marine fish larviculture. *International Journal of Zoological Research* 10: 1-8.
- Lavens, P. and P. Sorgeloos. 2000. The history, present status and prospects of the availability of *Artemia* cysts for aquaculture. *Aquaculture* 181: 397-403.
- Leaw, Y. Y., S. Faizah, C. Anil and B. C. Kua. 2012. Prevalence, mean intensity and site preference of *Caligus rotundigenitalis* Yü, 1933 (Copepoda: Caligidae) on cage cultured crimson snapper (*Lutjanus erythropterus* Bloch, 1790) from Bukit Tambun, Penang, Malaysia. *Veterinary Parasitology* 187: 505-510.
- Lee, K. W., J. H. Kang, H. G. Park and H. U. Dahms. 2012. Effect of strain and selection line on the fecundity of the cyclopoid copepod *Paracyclopina nana* Smirnov, 1935. *Aquaculture Research* 44: 50-58.
- Lee, K. W., H. U. Dahms, H. G. Park and J. H. Kang. 2013. Population growth and productivity of the cyclopoid copepods *Paracyclopina nana*, *Apocyclops royi* and the harpacticoid copepod *Tigriopus japonicus* in mono and polyculture conditions: a laboratory study. *Aquaculture Research* 44: 836-840.
- Lee, K. W., H. G. Park, S. M. Lee and H. K. Kang. 2006. Effects of diets on the growth of the brackish water cyclopoid copepod *Paracyclopina nana* Smirnov. *Aquaculture* 256: 346-353.
- Lubzens, E., O. Zmora and Y. Barr. 2001. Biotechnology and aquaculture of rotifers. pp. 337-353. In: L. Sanoamuang, et al. (eds.). *Rotifera IX*. Springer, Netherlands.
- Marcus, N. H. and M. Murray. 2001. Copepod diapause eggs: a potential source of nauplii for aquaculture. *Aquaculture* 201: 107-115.

- McKinnon, A. D., S. Duggan, P. D. Nichols, M. A. Rimmer, G. Semmens and B. Robino. 2003. The potential of tropical paracalanid copepods as live feeds in aquaculture. *Aquaculture* 223: 89-106.
- Olivotto, I., N. E. Tokle, V. Nozzi, L. Cossignani and O. Carnevali. 2010. Preserved copepods as a new technology for the marine ornamental fish aquaculture: a feeding study. *Aquaculture* 308: 124-131.
- Olivotto, I., M. A. Avella, G. Sampaolesi, C. C. Piccinetti, P. Navarro Ruiz and O. Carnevali. 2008a. Breeding and rearing the longsnout seahorse *Hippocampus reidi*: rearing and feeding studies. *Aquaculture* 283: 92-96.
- Olivotto, I., F. Capriotti, I. Buttino, A. M. Avella, V. Vitiello, F. Maradonna and O. Carnevali. 2008b. The use of harpacticoid copepods as live prey for *Amphiprion clarkii* larviculture: effects on larval survival and growth. *Aquaculture* 274: 347-352.
- Olivotto, I., G. Gaiot, L. Holste, F. Tulli, G. Cardinaletti, C.C. Piccinetti, G. Gioacchini and O. Carnevali. 2012. Are *Acartia tonsa* cold-stored eggs a suitable food source for the marine ornamental species *Amphiprion polymnus*? a feeding study. *Aquaculture Nutrition* 18: 685-696.
- Pan, Y. J., S. Souissi, A. Souissi, C. H. Wu, S. H. Cheng and J. S. Hwang. 2012. Dietary effects on egg production, egg-hatching rate and female life span of the tropical calanoid copepod *Acartia bilobata*. *Aquaculture Research*: 1-13.
- Payne, M. F. and R. J. Rippingale. 2000. Rearing West Australian seahorse, *Hippocampus subelongatus*, juveniles on copepod nauplii and enriched Artemia. *Aquaculture* 188: 353-361.
- Payne, M. F. and R. J. Rippingale. 2001. Intensive cultivation of the calanoid copepod *Gladioferens imparipes*. *Aquaculture* 201: 329-342.
- Rajkumar, M. and K. P. Kumaraguru Vasagam. 2006. Suitability of the copepod, *Acartia clausi* as a live feed for seabass larvae (*Lates calcarifer* Bloch): compared to traditional live-food organisms with special emphasis on the nutritional value. *Aquaculture* 261: 649-658.
- Rajthilak, C., P. Santhanam, A. Anusuya, A. Pazhanimuthu, R. Ramkumar, N. Jeyaraj and P. Perumal. 2014. Laboratory culture and population growth of brackish water harpacticoid copepod, *Nitokra affinis* (Gurney, 1927) under different temperatures, salinities and diets. *World Journal of Fish and Marine Sciences* 6: 72-81.
- Raju, P., M. Kathiresan, S. Ananth, R. Nandakumar, T. Jayalakshmi, P. Ananthi, A. S. Devi and P. Santhanam. 2012. Laboratory culture of marine cyclopoid copepod *Oithona rigida* Giesbrecht. *Indian Journal of Natural Sciences* 3(14): 1177-1181.
- Rawlings, T. K., G. M. Ruiz and R. R. Colwell. 2007. Association of *Vibrio cholerae* O1 El Tor and O139 Bengal with the copepods *Acartia tonsa* and *Eurytemora affinis*. *Applied and Environmental Microbiology* 73: 7926-7933.
- Ribeiro, A. C. B. and L. P. Souza-Santos. 2011. Mass culture and offspring production of marine harpacticoid copepod *Tisbe biminiensis*. *Aquaculture* 321: 280-288.

- Santhanam, P. and P. Perumal. 2012. Evaluation of the marine copepod *Oithona rigida* Giesbrecht as live feed for larviculture of Asian seabass *Lates calcarifer* Bloch with special reference to nutritional value. Indian Journal of Fisheries 59: 127-134.
- Santhanam, P. and P. Perumal. 2013. Developmental biology of brackishwater copepod *Oithona rigida* Giesbrecht: a laboratory investigation. Indian Journal of Geo-Marine Sciences 42: 236-243.
- Schipp, G. R. and J. M. P. Bosmans and A. J. Marshall. 1999. A method for hatchery culture of tropical calanoid copepods, *Acartia* spp. Aquaculture 174: 81-88.
- Shil, J., A. Ghosh and S. Rahaman. 2013. Abundance and diversity of zooplankton in semi intensive prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) farm. SpringerPlus 2: 1-8.
- Sorgeloos, P., P. Dhert and P. Candreva. 2001. Use of the brine shrimp, *Artemia* spp., in marine fish larviculture. Aquaculture 200: 147-159.
- Steenfeldt, S. J., and J. W. Nielsen. 2010. Use of flubendazole as a therapeutic agent against rotifers (*Brachionus plicatilis*) in intensive cultures of the harpacticoid copepod *Tisbe holothuriae*. Aquaculture Research 41(7): 1089-1094.
- Støttrup, J. G. 2000. The elusive copepods: their production and suitability in marine aquaculture. Aquaculture Research 31: 703-711.
- Sun, Y. Z., H. L. Yang, K. P. Huang, J. D. Ye and C. X. Zhang. 2013. Application of autochthonous *Bacillus* bioencapsulated in copepod to grouper *Epinephelus coioides* larvae. Aquaculture 392-395: 44-50.
- Teixeira, P. F., S. M. Kaminski, T. R. Avila, A. P. Cardozo, J. G. F. Bersano and A. Bianchini. 2010. Diet influence on egg production of the copepod *Acartia tonsa* (Dana, 1896). Anais da Academia Brasileira de Ciências 82: 333-339.
- Thomas, K. U., N. Joseph, O. Raveendran and S. Nair. 2006. Salinity-induced survival strategy of *Vibrio cholerae* associated with copepods in Cochin backwaters. Marine Pollution Bulletin 52: 1425-1430.
- Toledo, J. D., M. S. Golez, M. Doi and A. Ohno. 1999. Use of copepod nauplii during early feeding stage of grouper *Epinephelus coioides*. Fisheries Science 65: 390-397.
- Turner, J. T. 2004. The importance of small planktonic copepods and their roles in pelagic marine food webs. Zoological Studies 43: 255-266.
- van der Meeren, T., R. E. Olsen, K. Hamre and H. J. Fyhn. 2008. Biochemical composition of copepods for evaluation of feed quality in production of juvenile marine fish. Aquaculture 274: 375-397.
- Yang, S. J. and S. B. Hur. 2014. Selection of copepods as live food for marine fish larvae based on their size, fecundity, and nutritional value. Ocean and Polar Research 36: 199-208.
- Yúfera, M., J. B. Ortiz-Delgado, T. Hoffman, I. Siguero, B. Urup and C. Sarasquete. 2014. Organogenesis of digestive system, visual system and other structures in Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) larvae reared with copepods in mesocosm system. Aquaculture 426-427: 126-137.

Zhang, J. S., S. L. Dong, Y. W. Dong, X. L. Tian and C. Q. Hou. 2008. Bioassay evidence for the transmission of WSSV by the harpacticoid copepod *Nitocra* sp. Journal of Invertebrate Pathology 97: 33-39.



ใบบอกรับเป็นสมาชิกวารสารเกษตร
ของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ข้าพเจ้า นาย/นาง/นางสาว (ชื่อ).....(สกุล).....

ในฐานะ ☐ ส่วนบุคคล

☐ องค์การ/หน่วยงาน (ชื่อ).....

การสื่อสารที่ติดต่อได้ ☐ โทรศัพท์..... ☐ โทรศัพท์มือถือ.....

☐ แฟกซ์..... ☐ e-mail.....

ที่อยู่ในการจัดส่งวารสาร :

.....

.....

มีความประสงค์บอกรับเป็นสมาชิกวารสารเกษตรเป็นเวลา (เห็นการเป็นสมาชิกตามระยะเวลาที่ต้องการ)

☐ สมาชิก 1 ปี ตั้งแต่ปี..... อัตราค่าสมาชิก 150 บาท

☐ สมาชิก 2 ปี ตั้งแต่ปี..... อัตราค่าสมาชิก 300 บาท

☐ สมาชิก 5 ปี ตั้งแต่ปี..... อัตราค่าสมาชิก 650 บาท

พร้อมนี้ข้าพเจ้าได้จัดส่ง ☐ ธนาณัติ ☐ โอนเงิน ☐ เงินสด มูลค่า.....บาท

☐ ธนาณัติสั่งจ่ายในนาม : คุณลลิตยา นุ่มมีศรี

ที่ทำการประโยชน์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50202

☐ โอนเงินเข้าบัญชีออมทรัพย์ ธนาคารกรุงไทย สาขามหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ชื่อบัญชี Journal of Agriculture Chiangmai University เลขที่บัญชี 456-0-18544-1

พร้อมแฟกซ์หลักฐานการโอนเงิน มายังหมายเลขโทรศัพท์ 053-944090 ต่อ 12 หรือสแกนส่งทาง

e-mail : agjournal22@gmail.com

หมายเหตุ :

1. ส่งใบบอกรับเป็นสมาชิกวารสารเกษตรไปที่ : กองบรรณาธิการวารสารเกษตร งานบริหารงานวิจัยและวิเทศสัมพันธ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50202
2. ท่านที่ประสงค์จะส่งชื่อวารสารฉบับย้อนหลัง สามารถสั่งซื้อได้ในราคาฉบับละ 60 บาท (รวมค่าจัดส่ง)

นโยบายวารสารเกษตร: ออกตรงเวลา-พัฒนาระดับ impact factor- ผู้เขียนบทความที่ส่งลงตีพิมพ์ต้องสมัครเป็นสมาชิก

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

ให้ส่งบทความ Online เท่านั้น ได้ที่

<http://web.agri.cmu.ac.th/agjournal/submission/>

การบอกรับเป็นสมาชิก

บอกรับเป็นสมาชิกได้จากใบบอกรับเป็นสมาชิกท้ายเล่ม หรือติดต่อกอง
บรรณาธิการโดยตรง

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 31, Issue 2 May - August 2015

Effects of Schizochytrium sp. Supplementation in Laying Hen Diets on Apparent Nutrient Digestibility, Productive Performance and Egg Quality Manatsanun Nopparatmaitree, Anunya Panthong and Warangkana Kitpipit.....	107
Effects of Crude Glycerin Level in Total Mixed Ration on Productive Performance, Chemical Composition and Fatty Acid Content in Finishing Goat Muscle Pin Chanjula, Patcharin Pakdeechanuan and Sutha Wattanasit.....	121
Effects of Mealworm (<i>Tenebrio molitor</i>) Supplementation on Reproductive Performance, Cost and Benefit in Hedgehog (<i>Atelerix albiventris</i>) Production Nunyarat Koomkrong, Kamonpun Chauckwon, Sophon Boonlum and Peerawat Choopeng.....	135
Induction of Haploid Plants from Ovary Culture of Backcross Line Rathu Heenati/KDML105//Chai Nat 1 Sophon Boontham, Theerayut Toojinda, Nuttha Potapohn and Prasartporn Smitamana.....	145
Combining Abilities for Yield Performances of Chili Using Maintainers as Female Parents Kwandao Kaewsombat and Maneechat Nikornpun.....	155
Seed Morphology and Polyphenolic Compounds of Longan Surin Nilsamranchit and Suriya Tateing.....	167
Effects of 3,5,6-Trichloro-2-Pyridyloxyacetic Acid and Glucose on Fruit Growth and Quality of Pomelo cv. 'Thong Dee' Nuttawut Netpradit, Chuchat Santasup and Daruni Naphrom.....	177
Effects of Cotyledonary Petiole Length and Incubation Period on <i>Borassus flabellifer</i> L. Haustorium Development Nongnuch Wongsinchuan.....	187
Biology of Cotton Leafhopper and Efficacy of Insecticides for Controlling in Purple Eggplant Jariya Seeduangkaew, Jiraporn Kulsarin, Sawai Buranapanichpan and Siriya Kumpiro.....	193
Geo-information Technology Application for Studying Species Diversity and Distribution of Arabica Coffee Insect Pests in Chiang Mai and Chiang Rai Provinces Paothai Thayaping and Piyawan Suttiaprapan.....	203
Grounded Conditions Towards Farming as an Occupation by Farmers and Their Descendants Yos Borisudthi and Chanin Kaewkhata.....	215
Review Article: Copepod Cultivation for Larviculture in the Hatchery Pongsaton Juntarut.....	225