



วารสารเกษตร

JOURNAL OF AGRICULTURE

วารสารวิชาการของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ปีที่ 32 ฉบับที่ 1 มกราคม-เมษายน 2559

การศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลำไยด้วยเทคนิคไอดีอาร์เอฟดี

แสงทอง พงษ์เจริญกิต จันทร์เพ็ญ สระระ อีรนุช เจริญกิจ และ ฉันทนา วิชรรัตน์.....1
ผลของน้ำตาลซูโครส ถ่านกัมมันต์ และระยะเวลาการให้แสงต่อการสร้างเหง้าของชิงในสภาพปลอดเชื้อ

ชลธิชา ใจมาแก้ว ศิวาพร ธรรมดี และ จามจุรี โสติดกุล.....9

การยอมรับการผลิตมะม่วงตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสมของเกษตรกรในอำเภอสามโก้ จังหวัดอ่างทอง

ณัฐภูมิ จันทอง และ พหล ศักดิ์คะหัตน์.....19

ปัจจัยที่สัมพันธ์กับแรงจูงใจในการสานต่ออาชีพเกษตรกรของทายาทเกษตรกรในอำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่

คันสนีย์ กระจำเริญม สุธารัตน์ อุตธารัตน์ ณัฐสิทธิ์ ศรีนุรักษ์ และ อุบลรัตน์ หยาไผ่.....29

การย้ายถิ่นระดับจังหวัดกับการเปลี่ยนแปลงของประชากรเกษตรในประเทศไทย

ชานนท์ สุวรรณมนตรี และ Hiroyuki Kawashima.....39

ผลของไฟแชกเทียมชนิดเกิดในการควบคุมโรคราแป้งและราน้ำค้างของแตงกวาญี่ปุ่นภายใต้สภาพโรงเรือนและแปลงปลูกของเกษตรกร

สุริยวัลย์ เมฆกมล กาญจนา วิชิตตระกูลถาวร และ เรณู สุวรรณพรสกุล.....51

ประสิทธิภาพของน้ำสกัดชีวภาพจากเศษเหลือพริกต่อการยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ในสภาพห้องปฏิบัติการ

ปิณัฏฐา ฐาปนพงษ์วรกุล และ ชนาภานต์ รัตนศักดิ์ชัยชาญ.....61

การรบกวนยีนต้านทานเพื่อยกยาระดับโรคใบด่าง 3 ชนิด จากข้าวสาลีพันธุ์ผสมกลับ BC₄F₃₋₄ [(ราดูฮีนดี/ข้าวดอกมะลิ 105) x

ชัยนาท 1] และ [(อาบาญา/ข้าวดอกมะลิ 105) x ชัยนาท 1]

วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ สมชาย ธนสินชัยกุล เจตน์ คชฤกษ์ และ คณิตา เกิดสุข.....73

ชีววิทยาของเพลี้ยหอยสีเขียว (*Coccus viridis* Green) และการควบคุมด้วยสารฆ่าแมลงและเชื้อราสาเหตุโรคแมลงแปลงปลูกกาแฟ

สุลิตร์น รังสรรค์ ปิยะวรรณ สุทธิประพันธ์ และ ยาวลักษณ์ จันทน์บาง.....83

การเจริญของเห็ดถั่งเช่าสีทอง (*Cordyceps militaris*) บนดักแด้ไหมไทยพื้นบ้านพันธุ์นางลายและไหมป่าอีรี่

กนกวรรณ ลือดารา จิราพร กุลสาริน ไสว บุรณพานิชพันธุ์ และ ธัญญา ทะพิงค์แก.....95

ผลของการเสริมสาเหล้ม ยีสต์ และโปรไบโอติกต่อผลผลิตไข่ ลักษณะซาก และคุณภาพเนื้อของไก่ไข่ปลดระวาง

วัชรระ แล่น้อย วีระพงษ์ กันแก้ว กิตติพงศ์ สมุดความ อีระพุดศ สุขวงศ์ พิชญ์สินี เชียงแรง และ กฤตภาค บุรณวิทย์.....103

การใช้ซังข้าวโพดหมักทดแทนอาหารผสมสำเร็จรูปในไก่ลูกผสมพื้นเมือง

มนตรี ปัญญาทอง และ วัชรระ แล่น้อย.....111

อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนและองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าแพงโกล่า

อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ และ จีระศักดิ์ ขอบแต่ง.....118

ลักษณะของลำดับนิวคลีโอไทด์บางส่วนของยีนอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์วัน (IGF-I) ในปลาบึก (*Pangasianodon gigas*)

และปลาสาวย (*Pangasianodon hypophthalmus*)

นันทพร สุทธิ ดวงพร อมรเลิศพิศาล นเรศวร์ ตระกูลจุล ศิริลักษณ์ พรสุขศิริ เควาส์ วิมเมอร์ และ เกียรติศักดิ์ เม่งอำพัน.....127

บทความปริทัศน์:

การใช้กรดอินทรีย์ต่อการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียกลุ่มก่อโรค (ซัลโมเนลล่า) ในทางเดินอาหารของสัตว์ปีก

อัจฉรา นิยมเดชา.....139

ISSN 0857-0841

TCI กลุ่มที่ 1

คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ

เรื่องที่ตีพิมพ์

บทความวิจัย บทความปริทัศน์ หรือบทความวิชาการ ทางด้านเกษตรศาสตร์และสาขาที่เกี่ยวข้อง

การเตรียมต้นฉบับ

1. ภาษา เป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ
2. การพิมพ์ พิมพ์หน้าเดียวบนกระดาษขนาด A4 ด้วย ไมโครคอมพิวเตอร์โปรแกรมไมโครซอฟท์เวิร์ด ตัวอักษร Cordia new ขนาด 14 ตัวอักษรต่อหน้า 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) และวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัยได้ด้วย

3.5 อุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods) ให้อธิบายละเอียดวัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ ตลอดจนวิธีและแบบจำลองการศึกษาวิจัยที่ชัดเจน และสมบูรณ์

3.6 ผลการศึกษาหรือผลการทดลอง (Results) ให้อธิบายผลการศึกษาวิจัย พร้อมเสนอข้อมูลในรูปแบบ ตารางหรือภาพประกอบได้ โดยตารางหรือภาพ ให้จัดทำเป็นภาษาอังกฤษทั้งหมด

3.7 วิจารณ์ (Discussion) ควรเชื่อมโยงกับผลการศึกษาว่าสอดคล้องกับสมมุติฐานหรือไม่ แตกต่างไปจากผลงานวิจัยที่มีผู้รายงานไว้ก่อนหรือไม่อย่างไรและด้วยเหตุใด โดยมีพื้นฐานการอ้างอิงที่เชื่อถือได้ วิจารณ์อาจนำไปรวมกับผลการศึกษาเป็นผลการศึกษาและวิจารณ์ (Results and Discussion)

3.8 สรุป (Conclusion) ควรสรุปผลที่ได้รับจากการศึกษาวิจัยว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่ พร้อมให้ข้อเสนอแนะ หรือระบุอุปสรรคและแผนงานวิจัยที่จะดำเนินการต่อไป

4. กิตติกรรมประกาศ หรือ คำขอบคุณ (Acknowledgement)

อาจมีหรือไม่ก็ได้ เป็นการแสดงความขอบคุณแก่ผู้ช่วยเหลือในงานวิจัย แต่ไม่จำเป็นต้องรวมงานวิจัย

5. เอกสารอ้างอิง (References)

5.1 ในเนื้อเรื่อง ไม่ควรอ้างอิงถึงเรื่องที่ไมเกี่ยวข้องหรือห่างไกล ระบบที่ใช้อ้างอิงคือ ระบบชื่อและปี (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 ตามรูปแบบการเขียนนี้ดังนี้

- 1) วารสาร (Journals)
ชื่อผู้เขียน ปีที่พิมพ์ ชื่อเรื่อง ชื่อวารสาร (เขียนเต็ม) ปีที่(ฉบับที่): เลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าที่สิ้นสุด.
วันทนา มูทิตา และ ณัฐรา วรรณประเสริฐ. 2547. เซลล์พันธุ์ศาสตร์และการถ่ายทอดสีดอกของฟิวเซีย. วารสารเกษตร 20(1): 10-18.
Barcanas, 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 ขาตรี สิทธิกุล และ เขียวลักษณ์ จันทรวงศ์. 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) เรียงย่อในตำราหรือหนังสือที่มีผู้เขียนแยกเรื่องกันเขียน และมีบรรณานุกรม
ชื่อผู้เขียน ปีที่พิมพ์ ชื่อเรื่องย่อ. หน้า เลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าที่สิ้นสุด. ใน: ชื่อบรรณานุกรม, (บก.). ชื่อหนังสือ. สำนักพิมพ์, เมืองที่พิมพ์.
ดำรง เวกิจ และ สมบูรณ์ ทองสกุล. 2535. เทคนิคการใช้สารป้องกันกำจัด ศัตรูพืช. หน้า 22-42. ใน: สุวัฒน์ รวยอริย์ (บก.). แมลงและศัตรูศัตรูที่สำคัญของพืชเศรษฐกิจและการบริหาร. ห้างหุ้นส่วนจำกัด ไอเดีย สเคอร์, 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 มณีพองษ์. 2547. ผลของการใช้ไอโซนต่อคุณภาพและสารพิษตกค้างหลังการเก็บเกี่ยวส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 100 หน้า.
- 5) เอกสารวิชาการอื่นๆ
ชื่อผู้เขียน หรือหน่วยงาน. ปีที่พิมพ์ ชื่อเรื่องหรือชื่อหนังสือ. ประเภทของเอกสาร. สถาบันหรือหน่วยงานที่จัดพิมพ์, เมืองที่พิมพ์. จำนวนหน้าทั้งหมด.
ทวีศักดิ์ ชัยภาส. 2544. แมลงศัตรูปลาน้ำจืดในประเทศไทย. เอกสารวิชาการ. กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 126 หน้า.
- 6) สื่ออิเล็กทรอนิกส์
ชื่อผู้เขียน ปีที่พิมพ์ ชื่อเรื่อง. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: ชื่อ Website (วันเดือนปีที่สืบค้นข้อมูล).
กรมส่งเสริมการเกษตร. 2548. การปลูกผักแบบไม่ใช้ดิน (ไฮโดรโปนิคส์). (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <http://www.doe.go.th/proster/hondin/htm> (21 เมษายน 2548).
Linardakis, D. K. and B. I. Manolis. 2005. Hydroponic culture of strawberries in perlite. (Online). Available: <http://www.schundler.com/strawberries.htm> (April 21, 2005).

คู่มือคำแนะนำในการใช้ภาษาอังกฤษในเนื้อเรื่องภาษาไทย และการส่งเรื่องเพื่อตีพิมพ์ได้ไม่บกพร่อง

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	รศ.ดร.เกวลิณ คุณาศักดากุล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	Vice Editor	Kaewalin Kunasakdakul, Ph.D., Assoc. Prof. Chiang Mai University
กองบรรณาธิการ ฝ่ายวิชาการ	รศ.ดร.ณัฐา โพธารมณ์ 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 ผศ.ดร.ฉันทลักษณ์ ตียายน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.ดร.จิรวรรณ กิจชัยเจริญ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ผศ.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 Tiyaon, Ph.D., Assist. Prof. Chiang Mai University Jirawan Kitchaicharoen, Ph.D. Chiang Mai University Wanaporn Tapingkae, Ph.D., Assist. Prof. 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 เขียวหวาน
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมิกราช
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
นางสาวอรุณิชาณ์ ปารมี
นายมานพ เปี้ยพรรณ
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

Editorial Board Lalitaya Nummisri
(Management) Onnicha Paramee
Manop Pearpun
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

วารสารเกษตรก็ย่างก้าวเข้าสู่ปีที่ 32 ปีนี้มีการเปลี่ยนแปลงหลายอย่าง เช่น รูปแบบหน้าแรกของแต่ละบทความเปลี่ยนไปเพื่อให้เข้ากับระบบของ TCI นอกจากนี้ ถ้าสังเกตให้ดีรูปเล่มหนาขึ้นนั่นหมายถึง ทางกองบรรณาธิการต้องการให้เพิ่มจำนวนบทความที่จะตีพิมพ์ต่อเล่มมากขึ้น จากเดิม 10 เรื่อง เป็น 15 เรื่อง เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้เขียนและผู้อ่านมากขึ้นนั่นเอง

สำหรับบทความทั้ง 15 เรื่องนั้น มีบทความปริทัศน์ 1 เรื่อง คือ การใช้กรดอินทรีย์ต่อการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียกลุ่มก่อโรค (ซัลโมเนลล่า) ในทางเดินอาหารของสัตว์ปีก นับว่าเนื้อหาสาระบทความวิชาการนี้น่าสนใจมาก นอกจากนี้ยังมีบทความวิจัยอีก 14 เรื่อง คือ สาขาพืชสวน 2 เรื่อง สาขาส่งเสริมการเกษตร 3 เรื่อง สาขาโรคพืช 2 เรื่อง สาขาภูมิวิทยา 3 เรื่อง สาขาสัตวศาสตร์ 3 เรื่อง และสาขาประมงอีก 1 เรื่อง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความหลากหลายของบทความวิจัยทางด้านการเกษตร แต่ละเรื่องน่าสนใจให้สาระทางวิชาการได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังมีบทความวิจัยที่ส่งมาจาก The University of Tokyo เรื่อง Provincial Migration and Agricultural Population Change in Thailand นับว่าเป็นอีกก้าวหนึ่งของคุณภาพวารสารที่ได้รับการยอมรับจากสถาบันที่มีชื่อเสียงที่สุดของญี่ปุ่น

ปีนี้นับว่าเป็นการก้าวเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (AEC) อย่างแท้จริงหลายภาคส่วนได้มีการปรับตัวและเปลี่ยนแปลงเพื่อรองรับ AEC ซึ่งนักวิจัยก็ต้องเช่นเดียวกัน เพราะมีบทเรียนหลายเรื่องที่ไม่ยอมเปลี่ยนแปลงทำให้เกิดความเสื่อมถอย ตามคนอื่นไม่ทัน ทางกองบรรณาธิการก็พยายามที่จะพัฒนาคุณภาพวารสารเกษตรให้เข้าสู่ ASEAN Citation Index (ACI) ต่อไป นับว่าเป็นเป้าหมายของวารสารที่ต้องการให้ทั้ง ASEAN ได้รู้จักและยอมรับความก้าวหน้าทางวิชาการเกษตรของประเทศไทยมากยิ่งขึ้น

พบกันใหม่ในฉบับหน้าครับ

ศ.ดร. ศัญชัย จตุรสิทธิ์ธา
บรรณาธิการวารสารเกษตร

การศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลำไยด้วยเทคนิคไอดีอาร์เอฟดี

Study on Genetic Relationship of *Dimocarpus longan* Using ID-RAPD Technique

แสงทอง พงษ์เจริญกิต^{1/} จันทรเพ็ญ สระ^{2/} ธีรนุช เจริญกิจ^{3/} และ จันทนา วิชรรัตน์^{3/}

Saengtong Pongjaroenkit^{1/}, Janpen Sara^{2/}, Theeranuch Jaroenkit^{3/} and Chantana Wicharatana^{3/}

^{1/}สาขาวิชาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

^{1/}Program in Genetics, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai 50290 Thailand

^{2/}ฝ่ายปรับปรุงและพัฒนาพันธุกรรมพืชและสัตว์ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

^{2/}Division of Genetic Improvement and Development of Plants and Animal, The Office of Agricultural Research and Extension, Maejo University, Chiang Mai 50290 Thailand

^{3/}สาขาวิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

^{3/}Program in Horticulture, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290 Thailand

*Corresponding author: Email: saengton@mju.ac.th

(Received: 9 April 2015; Accepted: 30 October 2015)

Abstract: Longan (*Dimocarpus longan* Lour.) is an economically important crop. There are numerous longan varieties grown in the northern part of Thailand. Currently, molecular techniques are used to study the genetic relationship of longan. In this study, Intron Derived Random Amplified Polymorphic DNA (ID- RAPD) was used to investigate the genetic relationship of 25 varieties of longan which were collected at Maejo University. Fifty amplified DNA fragments were obtained from ten ID-RAPD primers. Forty-five of 50 amplified bands were polymorphism (90%). Genetic similarity and cluster analysis was performed using NTSYSpc program. The genetic similarity index ranged from 0.46-0.98. The dendrogram showed that 25 varieties of longan were classified into 3 groups with a 0.74 similarity index. Moreover, Daw varieties were clearly separated from other varieties.

Keywords: Longan, *Dimocarpus longan* Lour., intron derived RAPD (ID- RAPD), genetic diversity

บทคัดย่อ: ลำไย (*Dimocarpus longan* Lour.) เป็นพืชเศรษฐกิจ ปลูกมากบริเวณภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย เนื่องจากมีสายพันธุ์ลำไยเป็นจำนวนมาก จึงมีการศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลำไยด้วยเทคนิคทางชีวโมเลกุล ในการศึกษาครั้งนี้ใช้เทคนิค Intron Derived Random Amplified Polymorphic DNA (ID-RAPD) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลำไยจำนวน 25 สายพันธุ์ ซึ่งเก็บรวบรวมไว้ที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จากการเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอของไพรเมอร์จำนวน 10 ไพรเมอร์ พบแถบดีเอ็นเอทั้งหมด 50 แถบ โดยเป็นแถบดีเอ็นเอที่แสดงความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์ของลำไย จำนวน 45 แถบ คิดเป็น 90 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนำลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่ได้ไปวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมด้วยโปรแกรม NTSYSpc พบว่าลำไยมีค่าดัชนีความเหมือนระหว่าง 0.46 ถึง 0.98 และที่ค่าดัชนีความเหมือน 0.74 พบว่าสามารถแบ่งลำไยจำนวน 25 สายพันธุ์ ออกเป็น 3 กลุ่ม โดยจัดกลุ่มลำไยสายพันธุ์ออกจากลำไยสายพันธุ์อื่นได้

คำสำคัญ: ลำไย *Dimocarpus longan* Lour. เทคนิคไอดีอาร์เอพีดี ความหลากหลายทางพันธุกรรม

คำนำ

ลำไย (*Dimocarpus longan* Lour.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่ปลูกมากบริเวณภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย ซึ่งสายพันธุ์ลำไยในประเทศไทยมีจำนวนมาก โดยลำไยแต่ละสายพันธุ์มีลักษณะทางกายภาพที่คล้ายคลึงกัน ทำให้การจัดจำแนกพันธุ์ลำไยด้วยลักษณะทางกายภาพนั้นทำได้ยาก ต้องอาศัยความเชี่ยวชาญ ซึ่งในบางลักษณะต้องจำแนกในระยะที่ให้ผล ทำให้ใช้เวลาในการศึกษามาก ปัจจุบันได้มีการใช้เทคนิคทางชีวโมเลกุลในการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรม โดยเทคนิค random amplified polymorphic DNA (RAPD; อาร์เอพีดี) เป็นเทคนิคตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอโดยใช้การเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอในหลอดทดลองเรียกว่าเทคนิค polymerase chain reaction (PCR) ลายพิมพ์ดีเอ็นเอของเทคนิค RAPD อาศัยความแตกต่างของแถบดีเอ็นเอที่ได้จากเทคนิค PCR โดยไพรเมอร์ที่ใช้เข้าจับแบบสุ่มกับดีเอ็นเอแม่พิมพ์ ซึ่งไพรเมอร์เพียง 1 สายจะทำหน้าที่เป็นทั้ง forward primer และ reverse primer เทคนิค RAPD เป็นเทคนิคที่นิยมใช้เนื่องจากไม่จำเป็นต้องมีข้อมูลเกี่ยวกับลำดับเบสของดีเอ็นเอเป้าหมาย ทำได้ง่ายรวดเร็ว (สุรินทร์, 2552) จึงมีรายงานการศึกษาความหลากหลายและการคัดเลือกสายพันธุ์ของลำไยด้วยเทคนิค RAPD (Wangspa *et al.*, 2005, Yonemoto *et al.*, 2006, Pan *et al.*, 2010)

เทคนิค RAPD ทั่วไปจะใช้ไพรเมอร์แบบสุ่มยาว 10 นิวคลีโอไทด์ เพื่อให้เข้าจับคู่กับดีเอ็นเอแม่พิมพ์แบบสุ่ม โดยในขั้นตอนการเข้าจับของไพรเมอร์ (annealing) มักจะใช้อุณหภูมิ 35-42 องศาเซลเซียส ทำให้แถบดีเอ็นเอไม่ชัดเจน จึงมีการดัดแปลง เช่น การเพิ่มอุณหภูมิในขั้นตอนการเข้าจับของไพรเมอร์ เป็น 46-62 องศาเซลเซียส เรียกว่าเทคนิค high annealing temperature random-amplified polymorphic DNA (HAT-RAPD) ทำให้ได้แถบดีเอ็นเอชัดเจนและสามารถทำซ้ำได้มากขึ้น (Anantalabhochai *et al.*, 2000) หรือการเพิ่มความยาวของไพรเมอร์และตำแหน่งไพรเมอร์เข้าจับให้จำเพาะ เช่น การใช้ไพรเมอร์ความยาว 15-18 นิวคลีโอไทด์ที่ออกแบบจากจุดจดจำในการตัดอินทรอน (branch point consensus) ซึ่งเป็นบริเวณที่ลำดับเบสแตกต่างกันภายในอินทรอนของยีนต่าง ๆ เรียกว่าเทคนิค intron derived RAPD (ID-RAPD) หากนำไปเปรียบเทียบกับไพรเมอร์แบบสุ่มในเทคนิค RAPD ทั่วไปที่มีความยาว 10 นิวคลีโอไทด์ พบว่าเทคนิค ID-RAPD ให้แถบดีเอ็นเอชัดเจนและจำเพาะมากขึ้น (semi-specific PCR) (Xiong *et al.*, 2011, Xiong *et al.*, 2013) โดยเทคนิค ID-RAPD สามารถแสดงความแตกต่างของพันธุ์ลำไยที่ปลูกในประเทศไทยได้ (Xiong *et al.*, 2011)

ในการศึกษานี้จึงใช้เทคนิค ID-RAPD มาศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลำไย เพื่อจัดจำแนกพันธุ์ลำไย จำนวน 25 สายพันธุ์ ซึ่งเก็บรวบรวมไว้ที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ นอกจากนี้แถบดีเอ็นเอที่แตกต่าง

(polymorphic bands) ที่ได้จากเทคนิค ID-RAPD นี้สามารถนำไปพัฒนาเป็นเครื่องหมายดีเอ็นเอสำหรับใช้ในการจัดจำแนกกลุ่มพันธุ์ หรือใช้ในการคัดเลือกต้นลูกผสมที่ได้จากการผสมข้ามพันธุ์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ลำไยที่ใช้ในการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ใช้ใบของลำไย (*Dimocarpus longan* Lour; *D. longan*) จำนวน 25 สายพันธุ์ ได้แก่ ดอกก้านแข็ง (Daw Kan Kaeng), ดอกยอดแดง (Daw Yod Daeng), ดอก 27 (Daw 27), ดอกก้านอ่อน (Daw Kan On), ดอก 13 (Daw 13), ดอก 20 (Daw 20), ดอกหลวง (Daw Luang), ดอก 75 (Daw 75), ลำไยต้นหมื่น (Lamyai Tonmuen) ดอกลุ่มน้ำปิง (Daw Lumnamping), ดอกสุขุม (Daw Sukum), ดอกแก้วยี่ (Daw Kaewyi), กรอบกะทิ (Krobkati), สีชมพู (Sichomphu), พวงทอง (Phuangthong), เปี้ยวเขียว เชียงใหม่ (Biaokiao Chiang Mai), แดงกลม (Daengklong), แฮ้ว (Haeo), ใบหยก (Baiyok), บ้านโฮ้ง 60 (Banhong 60), ปูมาตั้นโค้ง (Puma Tinkhong), เพชรสาคร (Phetsakon), น้ำผึ้งทวาย (Namphueng Tawai), จัมโบ้ (Jumbo), และใบดำ (Baidam) นอกจากนี้ยังใช้ลิ้นจี่ (*Litchie chinensis* Sonn; *L. chinensis*) จำนวน 4 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ฮวงฮวย (Hong Huay) จักรพรรดิ (Chakkapat) บิวสเตอร์ (Brewster) และกิมเจง (Kim Cheng) โดยลิ้นจี่นั้นจะใช้เป็นตัวบ่งชี้ (outgroup) ซึ่งลำไยและลิ้นจี่ที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นสายพันธุ์ที่รวบรวมไว้ที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้

การสกัดดีเอ็นเอ

นำใบลำไยและลิ้นจี่สายพันธุ์ละ 100 กรัม มาบดในไนโตรเจนเหลว แล้วสกัดดีเอ็นเอด้วยวิธี CTAB ที่มีการดัดแปลง (Hwang and Kim, 2000) จากนั้นวิเคราะห์คุณภาพของดีเอ็นเอที่สกัดได้ด้วยการทำ 1% agarose gel electrophoresis เก็บตัวอย่างดีเอ็นเอไว้ที่ -20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะใช้งาน

การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยเทคนิค ID-RAPD

เทคนิค ID-RAPD อาศัยความแตกต่างของแถบดีเอ็นเอที่ได้จากการเพิ่มจำนวนด้วยเทคนิค PCR โดยไพรเมอร์ที่เข้าจับแบบสุ่มกับดีเอ็นเอแม่พิมพ์ ซึ่งในการทดลองนี้ใช้ไพรเมอร์ที่ออกแบบจากบริเวณอนุรักษ์ของจุดจดจำในการตัดอินทรีออน โดยลำดับดีเอ็นเอของไพรเมอร์จำนวน 10 ไพรเมอร์ คือ BPS1, BPS2, BPS3, BPS4, BPS5, BPS6, BPS7, BPS9, LA1 และ LA2 (Xiong et al., 2011) แสดงในตารางที่ 1

ในปฏิกิริยาการเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอด้วยเทคนิค PCR ใช้ปริมาตรสุดท้ายเป็น 20 ไมโครลิตร ที่มีองค์ประกอบเป็น 1X GeNei™ Red Dye PCR Master Mix (Merck, USA), 0.5 ไมโครโมลาร์ของไพรเมอร์แต่ละชนิด และดีเอ็นเอแม่พิมพ์ประมาณ 100 นาโนกรัม โดยใช้สภาวะอุณหภูมิ ดังนี้ 94 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที ตามด้วย 35 รอบของ 94 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที (สำหรับไพรเมอร์ BPS1, BPS4, BPS9, LA1, LA2) หรือ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที (สำหรับไพรเมอร์ BPS2, BPS3, BPS5, BPS6) และ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1.30 นาที และสุดท้ายใช้อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำผลผลิตที่ได้จากการทำ PCR ไปวิเคราะห์ด้วยการทำ 1.5% agarose gel electrophoresis โดยให้กระแสไฟฟ้าคงที่ 100 โวลต์ เป็นเวลา 30-40 นาที

การวิเคราะห์ผล

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของตัวอย่างลำไยและลิ้นจี่ โดยแปลผลข้อมูลจากแถบดีเอ็นเอที่ได้จากการทำ 1.5% agarose gel electrophoresis ของไพรเมอร์ทั้ง 10 ไพรเมอร์ ซึ่งจะให้ข้อมูลการปรากฏของแถบดีเอ็นเอเป็น 1 และการไม่ปรากฏของแถบดีเอ็นเอเป็น 0 นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความหลากหลายทางพันธุกรรมด้วยโปรแกรม NTSYSpc รุ่น 2.0 เลือกวิธีจัดกลุ่มแบบ UPGMA โดยคำนวณค่าดัชนีความเหมือน (similarity index) (Rohlf, 2002) และแสดงผลในภาพแผนภูมิความสัมพันธ์ (dendrogram) ด้วยโปรแกรม TreeView

ผลการทดลองและวิจารณ์

การวิเคราะห์ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ

เมื่อนำดีเอ็นเอของลำไยและลิ้นจี่มาศึกษาด้วยเทคนิค ID-RAPD แล้ววิเคราะห์ด้วย 1.5% agarose gel electrophoresis ได้ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ ตัวอย่างเช่นภาพที่ 1 ซึ่งเป็นลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่ได้จากไพรเมอร์ BPS6 และให้แถบที่แตกต่างกันในสายพันธุ์ลำไยจำนวน 25 สายพันธุ์ จำนวน 3 แถบ (แสดงด้วย *) จากแถบทั้งหมด 4 แถบ โดยผลการวิเคราะห์ลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่ได้จากไพรเมอร์ ID-RAPD จำนวน 10 ไพรเมอร์ พบว่าสามารถเพิ่มจำนวนแถบดีเอ็นเอทั้งหมด 50 แถบ โดยเป็นแถบดีเอ็นเอที่แสดงความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์ของลำไยจำนวน 45 แถบ คิดเป็น 90 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงผลในตารางที่ 1 พบว่าไพรเมอร์จำนวน 6 ไพรเมอร์ (BPS4, BPS5, BPS7, BPS9, LA1 และ LA2) แสดงความแตกต่างในลำไยที่ใช้ในการศึกษานี้เป็น 100 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบว่าไม่มีตัวอย่างลำไยใดให้แถบดีเอ็นเอเหมือนกัน 100 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าเทคนิค ID-RAPD สามารถนำไปใช้ในการจำแนกลำไยได้

เนื่องจากเทคนิค RAPD มีข้อด้อยเรื่องการทำซ้ำ และมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะต่างๆ ซึ่งหากนำแถบดีเอ็นเอที่แตกต่างกันไปหาลำดับเบส จากนั้นใช้ใน

การออกแบบไพรเมอร์ที่จำเพาะเพื่อใช้ในเทคนิค Sequence Characterized Amplified Region (SCAR) ทำให้เทคนิค SCAR มีความจำเพาะมากกว่าเทคนิค RAPD และไม่มีปัญหาในการทำซ้ำ (สุรินทร์, 2552) โดยพบว่าแถบดีเอ็นเอที่แตกต่างระหว่างสายพันธุ์ลำไยที่ได้จากไพรเมอร์ BPS5 ของเทคนิค ID-RAPD นี้สามารถพัฒนาเป็นเครื่องหมาย SCAR เพื่อการจำแนกลำไยลูกผสม (จันทร์เพ็ญ, 2556) เช่นเดียวกับที่มีรายงานการพัฒนาเครื่องหมาย SCAR จากเทคนิค HAT-RAPD ในการจำแนกลำไยของไทย (Cutler *et al.*, 2007, Sitthiphrom *et al.*, 2003) แสดงว่าผลจากเทคนิค ID-RAPD สามารถนำไปพัฒนาเป็นเครื่องหมายที่จำเพาะมากขึ้นใช้ในการจำแนกลำไยของประเทศไทยได้

การศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลำไย

เมื่อนำข้อมูลลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่ได้จากจากเทคนิค ID-RAPD มาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม NTSYSpc รุ่น 2.0 และเลือกวิธีจัดกลุ่มแบบ UPGMA โดยคำนวณค่าดัชนีความเหมือน (similarity index) และแสดงผลในภาพแผนภูมิความสัมพันธ์ (dendrogram) พบว่าลำไยมีค่าดัชนีความเหมือน อยู่ระหว่าง 0.46 ถึง 0.98 ดังแสดงในภาพที่ 2

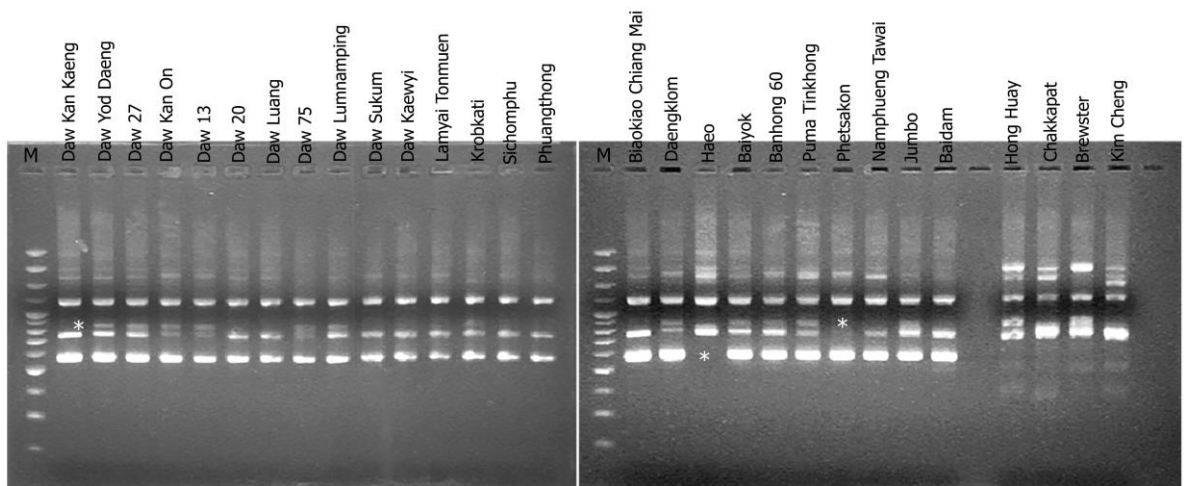


Figure 1 DNA banding patterns obtained with primer BPS6 from 25 varieties of *D. longan* and 4 varieties of *L. chinensis*. (Lane M: GeneRuler 100 bp Plus DNA ladder, * indicates polymorphism)

Table 1 Polymorphism of *D. longan* by primers based on branch point signal sequences

Primer	Sequence (5'-3')	Total No. bands	No. of polymorphic bands	% polymorphism
BPS1	GCG ACG GTG TAC TGA C	7	6	85.7
BPS2	GCG ACG GTG TAC TAA T	8	7	87.5
BPS3	TGA GTC CAA ACT AAC	4	2	50.0
BPS4	TGA GTC CAA ACT GAC	6	6	100.0
BPS5	TGA GTC CAA ACT AAT	6	6	100.0
BPS6	TGA GTC CAA ACT GAT	4	3	75.0
BPS7	GAC TGC GTA CGC TGA C	6	6	100.0
BPS9	TGA GTC CAA ACT AAC ATA	3	3	100.0
LA1	GCG ACG GTG TAC TAA C	2	2	100.0
LA2	CGT GCA GGT GTT AGT A	4	4	100.0
Total		50	45	90

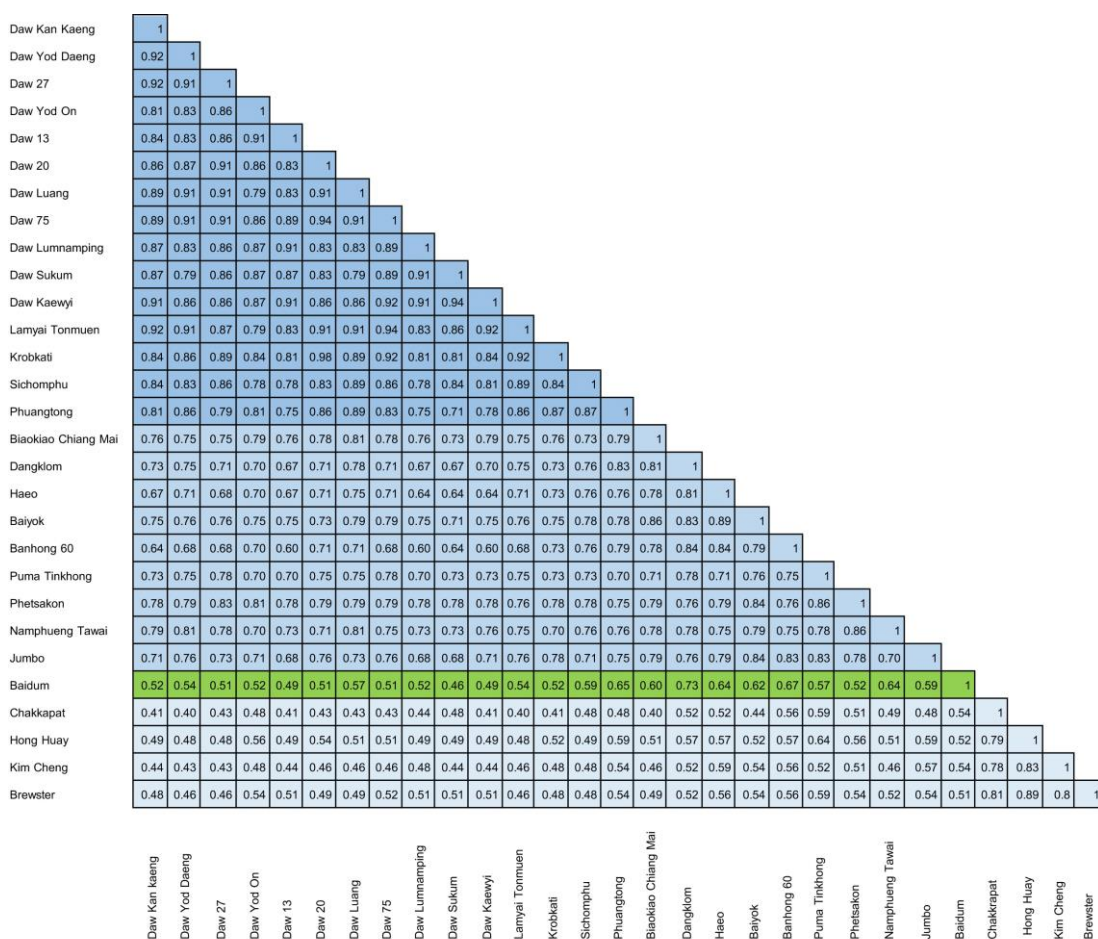


Figure 2 Similarity index of 29 cultivars of *D. longan* and *L. chinensis* obtained from ID-RAPD

จากการศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลำไยด้วยเทคนิค ID-RAPD สามารถจัดกลุ่มลำไยที่แยกออกจากลำไยได้อย่างชัดเจน โดยลำไยจำนวน 25 สายพันธุ์สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มหลัก (ภาพที่ 3) เมื่อพิจารณาที่ค่าดัชนีความเหมือน 0.74 คือ กลุ่ม 1 ได้แก่ ลำไยพันธุ์ใบดำ กลุ่ม 2 ประกอบด้วย 2 กลุ่มย่อย คือ กลุ่ม 2A ได้แก่ ลำไยพันธุ์เบี้ยวเขียวเขียวใหม่, แห้ว, ใบหยก, แดงกลม, บ้านโฮ้ง 60 และจัมโบ้ กับกลุ่ม 2B ได้แก่ ลำไยพันธุ์ปทุมมาตีนโค้ง, เพชรสาคร, และน้ำผึ้งทวาย และกลุ่ม 3 เป็นกลุ่มลำไยสายพันธุ์ดอต่าง ๆ สีชมพู กรอบกะทิ และพวงทอง โดยในกลุ่มนี้ สามารถแยกย่อยอีก 2 กลุ่มย่อย ได้แก่กลุ่ม 3A และ 3B ซึ่งในกลุ่ม 3A สามารถจัดกลุ่มย่อยได้อีก 2 กลุ่มย่อย คือ 3A.1 ได้แก่ลำไยพันธุ์ดอกำเ้ง ดอยอดแดง ดอ 27, ดอ 20, กรอบกะทิ, ดอ 75, ลำไยต้นหมื่น และดอหลวง และกลุ่ม 3A.2 ได้แก่ ลำไยพันธุ์สีชมพูและพวงทอง กลุ่ม 3B ซึ่ง ได้แก่ ดอกำเ้ง อ่อน, ดอ 13, ดอลุ่มน้ำปิง, ดอสุขุม และดอแก้วยี่ โดยลำไยต้นหมื่นน่าจะเป็นลำไยพันธุ์ดอ เนื่องจากมีค่าดัชนีความเหมือนกับพันธุ์ดอถึง 0.79-0.94 นอกจากนี้พบว่าสายพันธุ์ดอทั้งหมดที่ใช้ในงานวิจัยนี้จำนวน 11 สายพันธุ์จัดอยู่ในกลุ่ม 3 ด้วยกัน แสดงให้เห็นว่าเทคนิค ID-RAPD

สามารถแยกกลุ่มดอ ออกจากลำไยพันธุ์อื่น ๆ ยกเว้นพันธุ์สีชมพู กรอบกะทิ และพวงทอง ซึ่งอาจจะเป็นเพราะว่าลำไยเหล่านี้มีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมที่ใกล้ชิดกับลำไยพันธุ์ดอมาก

ผลการจัดกลุ่มในงานวิจัยนี้ พบว่าลำไยพันธุ์สีชมพูและดออยู่เดียวกัน (กลุ่ม 3) พันธุ์เบี้ยวเขียวเขียวใหม่และแห้วอยู่ในกลุ่มเดียวกัน (กลุ่ม 2A) และพันธุ์ดอสุขุมกับพวงทองอยู่ในกลุ่มเดียวกัน (กลุ่ม 3) ซึ่งเหมือนกับการจัดกลุ่มลำไยของ Wangspa *et al.*, (2005) ที่ศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลำไย จำนวน 13 สายพันธุ์ (Wangspa *et al.*, 2005)

จากค่าความเหมือนสูงสุดของพันธุ์ลำไยเป็น 0.98 เป็นค่าของความเหมือนระหว่าง ลำไยพันธุ์ดอ 20 กับพันธุ์กรอบกะทิ แสดงว่าลำไยทั้ง 2 สายพันธุ์นี้มีความใกล้ชิดทางพันธุกรรมกันมากที่สุด นอกจากนี้ลำไยสายพันธุ์ใบดำมีพันธุกรรมแตกต่างจากลำไยสายพันธุ์อื่น จึงน่าจะเหมาะกับการนำไปผสมข้าม เพื่อให้ได้ลูกผสมที่ลักษณะทางพันธุกรรมเด่นกว่าพันธุ์พ่อและแม่ ซึ่งได้มีรายงานการผสมข้ามระหว่างลำไยพันธุ์ดอและใบดำ (Sitthiphrom *et al.*, 2003)

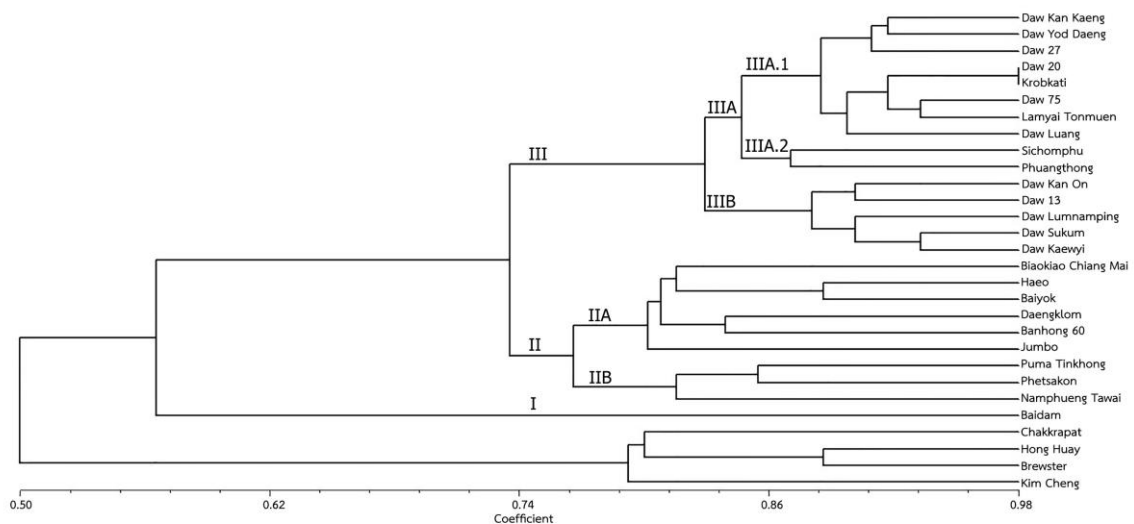


Figure 3 Dendrogram of 29 cultivars of *D. longan* and *L. chinensis*. The scale bar indicates a similarity index and the dendrogram was developed using UPGMA clustering procedure.

สรุป

การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของลำไย จำนวน 25 สายพันธุ์ ด้วยเทคนิค ID-RAPD จากการเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอของไพรเมอร์จำนวน 10 ไพรเมอร์ พบแถบดีเอ็นเอทั้งหมด 50 แถบ โดยเป็นแถบดีเอ็นเอที่แสดงความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์ของลำไย จำนวน 45 แถบ คิดเป็น 90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแถบเหล่านี้สามารถนำไปพัฒนาเป็นเครื่องหมาย SCAR ได้และเมื่อนำลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่ได้ไปวิเคราะห์ความหลากหลายทางพันธุกรรมด้วยโปรแกรม NTSYSpc พบว่าสามารถจำแนกพันธุ์ลำไยออกเป็น 3 กลุ่ม ค่าดัชนีความเหมือน 0.74 โดยสามารถจัดกลุ่มลำไยสายพันธุ์ดอแยกจากลำไยสายพันธุ์อื่นได้ ยกเว้นพันธุ์สีชมพู กรอบกะทิ และพวงทอง

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณการวิจัยจากมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีงบประมาณ 2556

เอกสารอ้างอิง

- จันทร์เพ็ญ สระระ ฉันทนา วิษรัตน์ ธีรนุช เจริญกิจ และแสงทอง พงษ์เจริญกิต. 2556. การพัฒนาเครื่องหมาย SCAR เพื่อใช้ในการจำแนกลำไยลูกผสมระหว่างพันธุ์ดอ 27 กับสีชมพู. Thai Journal of Genetics 2013, S(1): 244-247.
- สุรินทร์ ปิยะโชติคนากุล. 2552. เครื่องหมายดีเอ็นเอ: จากพื้นฐานสู่การประยุกต์, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 269 หน้า.
- Anuntalabhochai, S., R. Chandet, J. Chiangda and P. Apavatjirut. 2000. Genetic diversity within Lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) based on RAPD analysis. Acta Horticulturae 575: 253-259.
- Cutler, R. W., S. Sitthiphrom, J. Marha and S. Anuntalabhochai. 2007. Development of

sequence-characterized DNA markers linked to temperature insensitivity for fruit production in Longan (*Dimocarpus longan* Lour.) cultivars. Journal of Agronomy and Crop Science 193(1): 74-78.

- Hwang, S. K. And Y. M. Kim. 2000. A simple and reliable method for preparation of cross-contamination free plant genome DNA for PCR-based detection of transgenes. Journal of biochemistry and molecular biology 33: 537-546.
- Pan, D. M., F. L. Zhong, Z. X. Guo, T. F. Pan, K. T. Li and J. B. Wang. 2008. Research on Germplasm Resources and Breeding of Longan (*Dimocarpus longan* Lour.) in the Past Decade in China. Acta Horticulturae 863: 79-86.
- Rohlf, F. J. 2002. NTSYSpc Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System. Applied Biostatistics, Inc., New York. 38 p.
- Sitthiphrom, S., S. Anuntalabhochai, N. Dum-Ampai, B. Thakumphu and M. Dasanonda. 2003. Investigation of genetic relationships and hybrid detection in Longan by high annealing temperature RAPD. Acta Horticulturae 665: 161-170.
- Wangspa, R., R. W. Cutler, S. Sitthiphrom, R. Chundet, N. Dumampai and S. Anuntalabhochai. 2005. DNA fingerprint database of some economically important Thai plants: *Litchi chinensis* Sonn, *Dimocarpus longan* Lour, and *Peuraria* spp. ScienceAsia 31:145-149.
- Xiong, F., J. Jiang, Z. Han, R. Zhong, L. He, W. Zhuang and R. Tang. 2011. Molecular characterization of high plant species using PCR with primers designed from consensus branch point signal sequences. Biochemical genetics 49(5-6): 352-363.

Xiong, F., J. Liu, J. Jiang, R. Zhong, L. He, Z. Han, Z. Li, X. Tang and R. Tang. 2013. Molecular profiling of genetic variability in domesticated groundnut (*Arachis hypogaea* L.) based on ISJ, URP, and DAMD markers. *Biochemical genetics* 51(11-12): 889-900.

Yonemoto, Y., A. K. Chowdhury, H. Kato, M. M. Macha. 2006. Cultivars identification and their genetic relationships in *Dimocarpus longan* subspecies based on RAPD markers. *Scientia Horticulturae* 109:147–152.

ผลของน้ำตาลซูโครส ถ่านกัมมันต์ และระยะเวลาการให้แสงต่อการสร้างเหง้า ของขิงในสภาพปลอดเชื้อ

Effects of Sucrose, Activated Carbon, and Light Duration on *In Vitro* Microrhizome Formation of Ginger

ชลธิชา ไจมาแก้ว^{1/} ศิวาพร ธรรมดี^{1/} และ จามจุรี สอดติกุล^{1/*}

Chonthicha Jaimakaew^{1/}, Siwaporn Thumdee^{1/} and Chamchuree Sotthikul^{1/*}

^{1/}ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

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

*Corresponding author: Email: chamchauree4321@yahoo.com

(Received: 1 September 2015; Accepted: 30 November 2015)

Abstract: *In vitro* microrhizome formation of ginger was induced by culturing pseudostem explants onto modified MS agar with 0.5 mgL⁻¹ BA. After 3 months, it was found that sucrose concentration and light duration affected microrhizome formation and plant growth. Ten percent sucrose caused a lower height and number of leaves compared to 3-8% sucrose. Light duration of 16 and 24 hrs promoted a higher number of leaves compared to 0 hr of light duration. Application of 6-10% sucrose under 16 and 24 hrs of light duration improved microrhizome formation. In addition, 8% sucrose application under 16 hrs of light duration was the most suitable for microrhizome formation, giving microrhizoming ratio (the ratio of the greatest diameter near the base to the diameter of the pseudostem) of 3.0 and microrhizome formation of 100%. Application of activated carbon did not affect microrhizome formation, and decreased number of shoots and leaves.

Keywords: Sucrose, activated carbon, light duration, microrhizome formation, *In Vitro*, *Zingiber officinale* Roscoe

บทคัดย่อ: การกระตุ้นให้ขิงสร้างเหง้าในสภาพปลอดเชื้อจากการเพาะเลี้ยงลำต้นเทียมบนอาหารแข็งสูตร MS ดัดแปลงที่มี BA เข้มข้น 0.5 มก./ล. พบว่าหลังเพาะเลี้ยง 3 เดือน น้ำตาลและการให้แสงส่งผลต่อการสร้างเหง้าและการเติบโตของต้น การให้น้ำตาลซูโครสเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยความสูงและจำนวนใบต่ำเมื่อเทียบกับน้ำตาลซูโครสเข้มข้น 3-8 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาการให้แสง 16 และ 24 ชั่วโมง มีผลทำให้จำนวนใบเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการให้แสง 0 ชั่วโมง ทั้งนี้การให้น้ำตาลซูโครสเข้มข้น 6-10 เปอร์เซ็นต์ และระยะเวลาการให้แสง 16-24 ชั่วโมง ช่วยส่งเสริมการเกิดเหง้าได้ ซึ่งการเติมน้ำตาล 8 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการให้แสง 16 ชั่วโมง นั้นเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดต่อการสร้างเหง้าโดยให้อัตราส่วนของเส้นผ่าศูนย์กลางของส่วนโคนที่กว้างที่สุดต่อเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นเทียมมากถึง 3.0 และทำให้เกิดเหง้า 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการใช้ถ่านกัมมันต์ไม่ส่งผลต่อการสร้างเหง้า และยังทำให้การจำนนวนยอดและจำนวนใบลดลง

คำสำคัญ: น้ำตาลซูโครส ถ่านกัมมันต์ ระยะเวลาการให้แสง การสร้างเหง้า การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ขิง

คำนำ

ขิง (*Zingiber officinale* Roscoe) เป็นพืชสมุนไพรที่มีความสำคัญทางชนิดหนึ่ง มีการปลูกอย่างแพร่หลายในทวีปเอเชีย โดยเฉพาะประเทศจีนและอินเดีย (Ravindran and Babu, 2005) ในประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกที่สำคัญ ได้แก่ จังหวัดราชบุรี กาญจนบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร เชียงราย และเพชรบูรณ์ (อบเชยและคณะ, 2540) และมีขิงหลายพันธุ์ แต่พันธุ์ที่นิยมปลูกมากคือพันธุ์ขิงใหญ่

การออกดอกและติดเมล็ดของขิงนั้นเกิดขึ้นยาก จึงนิยมขยายพันธุ์โดยใช้ส่วนหัวแบบเหง้า (Rhizome) แต่การขยายพันธุ์ด้วยวิธีการนี้มักมีโรคติดมากับหัวพันธุ์ เช่น โรคเน่า (soft rot) เกิดจากเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* โรคใบเหลืองหรือโรคเหี่ยว (leaf yellow) เกิดจากเชื้อรา *Fusarium oxysporum* และโรคเหี่ยว (bacterial wilt) เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Pseudomonas solanacearum* (Kavyashree, 2009) ซึ่งส่งผลเสียต่อผลผลิตของขิงทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยลดปัญหาของโรคที่ติดมากับหัวพันธุ์ ซึ่งการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขิงสามารถทำได้ประสบผลสำเร็จอย่างแพร่หลาย โดยใช้ชิ้นส่วนต่างๆ เช่น ตายอด (Sharma and Singh, 1997; Pandey et al., 1997; Sultana et al., 2009; Lincy and

Sasikumar, 2010) ใบ (Babu et al., 1992; Kackar et al., 1993; Sultana et al., 2009) และเหง้า (Saingproa and Kanchanapoom, 1997) มาเพาะเลี้ยงจนกลายเป็นต้นหรือแคลลัสได้ แต่ยังไม่มีรายงานว่ามีการชักนำการสร้างเหง้าขิงในสภาพปลอดเชื้อในประเทศไทย ซึ่งหากสามารถกระตุ้นการสร้างเหง้าของขิงได้ในสภาพปลอดเชื้อได้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการย่นระยะเวลาการขยายพันธุ์ในแปลงปลูกและนำไปใช้ประโยชน์อื่น ๆ อาทิ การเก็บรักษาเชื้อพันธุ์ เป็นต้น

การกระตุ้นให้เกิดเหง้าในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขิงและพืชวงศ์เดียวกันนั้น พบว่า น้ำตาลและแสง เป็นปัจจัยสำคัญในการกระตุ้นให้เกิดการสร้างหัวของขิง (Sharma and Singh, 1995; Rout et al., 2001) และ *Curcuma* (Islam et al., 2004) สำหรับพืชชนิดอื่น อาทิ ลิลลี่ (lily) พบว่าการเติมถ่านกัมมันต์ (activated carbon, AC) ในอาหารช่วยเพิ่มขนาดหัวของลิลลี่ได้ (Han et al., 2005) ส่วนกล้วยไม้ *Cymbidium forrestii* นั้น พบว่าเมื่อเติม AC ลงในอาหารสามารถช่วยส่งเสริมการสร้างหัวได้เช่นกัน (Peak and Yeung, 1991)

การศึกษานี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครส ถ่านกัมมันต์ และระยะเวลาการให้แสงต่อการสร้างเหง้าของขิงพันธุ์ขิงใหญ่ในสภาพปลอดเชื้อ

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเหง้าขิงพันธุ์ขิงใหญ่ที่มีอายุ 8-9 เดือน หลังจากปลูก เก็บรักษาในอุณหภูมิห้องทิ้งไว้จนตาขิงเริ่มงอกหรือมีสีเขียวขึ้น แล้วนำมาตัดส่วนตาที่กำลังงอกนำไปล้างน้ำให้สะอาด แช่เชื้อด้วยแอลกอฮอล์เข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ นาน 1 นาที แล้วนำไปฟอกด้วยสารละลาย Clorox® เข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์ ที่มี Tween 80 จำนวน 2-3 หยดต่อสารละลาย Clorox® ปริมาตร 100 มล. แช่นาน 15 นาที แล้วล้างด้วยน้ำที่นิ่งฆ่าเชื้อ ปริมาตร 100 มล. อีก 3 ครั้งในสภาพปลอดเชื้อ จากนั้นตัดเนื้อเยื่อส่วนเจริญบริเวณตาขิงขนาด 0.5 x 0.5 เซนติเมตร และแกะใบเกล็ดออก นำไปเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร Murashige and Skoog (MS) (1962) ดัดแปลง ที่เติม BA เข้มข้น 1.0 มก./ล. เปลี่ยนถ่ายอาหารและตัดย้ายเพิ่มปริมาณต้นเพื่อใช้ในการทดลอง

นำต้นขิงที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่มีความสูง 10 เซนติเมตร มาตัดใบและรากออก ให้ต้นมีความสูงประมาณ 1.5 เซนติเมตร แล้วนำไปเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ดัดแปลงที่มี BA เข้มข้น 0.5 มก./ล. วางแผนการทดลองแบบปัจจัยร่วมในสุ่มสมบูรณ์ (Factorial 4 x 2 x 3 in CRD) โดยมี 3 ปัจจัยหลัก คือ น้ำตาลซูโครส ถ่านกัมมันต์ และระยะเวลาการให้แสง ปัจจัยที่ 1 คือ น้ำตาลซูโครส มีระดับความเข้มข้น 4 ระดับ ได้แก่ 3, 6, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ปัจจัยที่ 2 คือ ถ่านกัมมันต์ จำนวน 2 ระดับ ได้แก่ 0 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ และปัจจัยที่ 3 คือ ระยะเวลาการให้แสงสี่ช่วงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ ความเข้มแสง 40 ไมโครโมล/ตร.มวินาที ที่ระยะเวลา 3 ระดับ คือ 0, 16 และ 24 ชั่วโมง/วัน รวมทั้งหมด 24 กรรมวิธี จำนวน 8 ขั้ว เพาะเลี้ยงในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส บันทึกผลการเจริญเติบโตของต้น ได้แก่ จำนวนต้น ความสูง และจำนวนใบ และบันทึกการเกิดเหง้า โดยสุ่มต้นที่มีความสมบูรณ์และคิดอัตราส่วนของเส้นผ่าศูนย์กลางของส่วนโคนที่กว้างที่สุดต่อเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นเทียม และคิดเปอร์เซ็นต์การเกิดเหง้าจากอัตราส่วนดังกล่าวที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 2 (ดัดแปลงจาก Saos *et al.*, 2001) วิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยหลักและปฏิสัมพันธ์โดย ANOVA และเปรียบเทียบ

ค่าเฉลี่ยโดย Duncan's Multiple Rang Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการทดลอง

การเกิดเหง้า

น้ำตาลซูโครสและระยะเวลาการให้แสงต่างมีผลต่อการเกิดเหง้า (ตารางที่ 1) โดยพบว่าน้ำตาลซูโครส เข้มข้น 6-10 เปอร์เซ็นต์ ทำให้อัตราส่วนของเส้นผ่าศูนย์กลางของส่วนโคนที่กว้างที่สุดต่อเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นเทียมมีค่าเท่ากับ 2.1-2.4 ซึ่งสูงกว่าการใช้น้ำตาลซูโครสเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีอัตราส่วนของเส้นผ่าศูนย์กลางของส่วนโคนที่กว้างที่สุดต่อเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นเทียมเพียง 1.5 ส่วนระยะเวลาการให้แสง 16 และ 24 ชั่วโมง ทำให้อัตราส่วนของเส้นผ่าศูนย์กลางของส่วนโคนที่กว้างที่สุดต่อเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นเทียมเท่ากับ 2.3 ซึ่งสูงกว่าการให้แสง 0 ชม.ที่ทำให้มีอัตราส่วนนี้เพียง 1.5 สำหรับถ่านกัมมันต์พบว่า การไม่เติมและเติมถ่านกัมมันต์ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลต่อการสร้างเหง้าของขิง นอกจากนี้พบว่ามีอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างน้ำตาลซูโครสและระยะเวลาการให้แสงต่อการเกิดเหง้า การใช้น้ำตาลซูโครสเข้มข้น 8 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการให้แสง 16 ชั่วโมง โดยที่ไม่เติมหรือเติมถ่านกัมมันต์ส่งผลให้อัตราส่วนของเส้นผ่าศูนย์กลางของส่วนโคนที่กว้างที่สุดต่อเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นสูงถึง 3.0 (ตารางที่ 1, ภาพที่ 1a และ b) และชักนำการสร้างเหง้าได้ 100 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2) ในขณะที่การใช้น้ำตาลซูโครสเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการให้แสง 16 ชั่วโมง โดยที่ไม่เติมและไม่เติมถ่านกัมมันต์ทำให้มีอัตราส่วนนี้เพียง 1.3-1.4 (ตารางที่ 1, ภาพที่ 1c และ d)

จำนวนยอด

ถ่านกัมมันต์มีผลต่อการเกิดยอด โดยพบว่าการไม่เติมถ่านกัมมันต์ทำให้ขิงเกิดยอดจำนวนมากว่าการเติมถ่านกัมมันต์ ส่วนน้ำตาลซูโครสและระยะเวลาการให้แสงไม่มีผลต่อการเกิดยอด (ตารางที่ 1) อย่างไรก็ตามพบว่า มีอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างน้ำตาลซูโครสและ

Table 1 Effects of sucrose, activated carbon, and light duration on microrhizoming ratio and shoot development of *Zingiber officinale* Roscoe cultured on modified MS + 0.5 mgL⁻¹ BA media for 3 months

Light (hr)	AC (%)	Sucrose (%)				Mean	Mean (Light)
		3	6	8	10		
Microrhizoming Ratio ^{1/}							
0	0	1.5de	1.4e	1.7cde	1.4e	1.5	1.5B
	0.5	1.6de	1.9bcde	1.4e	1.2e	1.5	
16	0	1.4e	2.4abcd	3.0a	2.7ab	2.4	2.3A
	0.5	1.3e	2.0bcde	3.0a	2.5abc	2.2	
24	0	1.9bcde	2.8ab	2.6abc	2.4abcd	2.4	2.3A
	0.5	1.4e	2.1bcde	2.6abc	2.6abc	2.2	
Mean (Sucrose)		1.5B	2.1A	2.4A	2.1A		
No. of Shoots ^{1/}							
0	0	4.0ab	2.5bc	2.6bc	2.0c	2.8	2.3
	0.5	1.5c	1.9c	1.5c	2.4bc	1.8	
16	0	2.6bc	2.8bc	4.5a	1.9c	2.9	2.4
	0.5	1.4c	1.9c	2.6bc	1.9c	1.9	
24	0	2.1c	2.6bc	4.8a	4.6a	3.5	2.8
	0.5	1.6c	2.4bc	2.0c	2.1c	2	
Mean (Sucrose)		2.2	2.3	3.0	2.5		
Height of Shoot (cm) ^{1/}							
0	0	9.6abcd	10.9abc	7.9cdefg	5.2efgh	8.4	8.7
	0.5	10.0abc	13.1a	9.6abcd	3.6h	9.1	
16	0	9.6abcd	12.6ab	8.2bcdef	4.0fgh	8.6	9.2
	0.5	11.3abc	12.7a	12.8a	2.7h	9.9	
24	0	11.1abc	11.3abc	7.8cdefg	8.0cdef	9.5	8.3
	0.5	8.8abcde	10.4abc	5.5defgh	3.7gh	7.1	
Mean (Sucrose)		10.1B	11.8A	8.6B	4.5C		
No. of Leaves ^{1/}							
0	0	5.8efghi	6.8defgh	3.8fghi	3.4ghi	4.9	4.6B
	0.5	5.4efghi	6.8defgh	3.9fghi	1.1i	4.3	
16	0	15.0a	14.1a	13.5ab	1.9hi	11.1	9.9A
	0.5	8.4cdefg	10.8abcd	12.4abc	3.3hi	8.7	
24	0	13.8ab	13.8ab	11.8abc	2.9hi	10.5	8.9A
	0.5	9.0bcde	8.6cdef	6.0defghi	5.4efghi	7.3	
Mean (Sucrose)		9.5A	10.1A	8.5A	3.0B		

Note: ANOVA of main factor and Interaction effect: NS= non significant, *= significantly (p < 0.05)

- Microrhizoming ratio: AC=NS, Sucrose=*, Light=*, ACxSucrose=NS, ACxLight=NS, SucrosexLight=*, ACxSucrosexLight=NS

- No. of Shoot: AC=*, Sucrose=NS, Light=NS, ACxSucrose=NS, ACxLight=NS, SucrosexLight=*, ACxSucrosexLight=NS

- Height of Shoot: AC=NS, Sucrose=*, Light=NS, ACxSucrose=NS, ACxLight=*, SucrosexLight=NS, ACxSucrosexLight=NS

- No. of Leaves: AC=*, Sucrose=*, Light=*, ACxSucrose=NS, ACxLight=NS, SucrosexLight=*, ACxSucrosexLight=NS

^{1/} Means followed by different letters in each characteristics were significantly different by DMRT at $\alpha = 0.05$ levels.

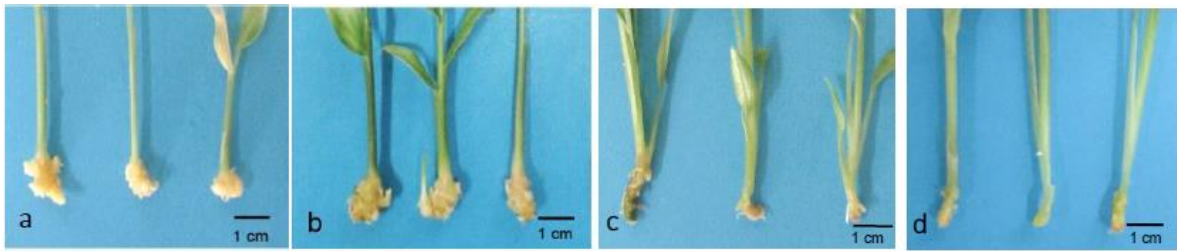


Figure 1 Microrhizome formation of *Zingiber officinale* Roscoe cultured on modified MS +0.5 mgL⁻¹ BA media having 8% sucrose without AC (a), 8% sucrose with 0.5% AC (b), 3% sucrose without AC (c), and 3% sucrose with 0.5% AC (d) under 16 hrs of light duration for 3 months

Table 2 Effects of sucrose, activated carbon, and light duration on percentage of microrhizome formation of *Zingiber officinale* Roscoe cultured on modified MS +0.5 mgL⁻¹ BA media for 3 months

Light (hr)	AC (%)	Percentage of microrhizome formation			
		Sucrose (%)			
		3	6	8	10
0	0	25	0	25	13
	0.5	13	50	13	0
16	0	13	63	100	75
	0.5	0	75	100	75
24	0	50	88	75	63
	0.5	13	75	63	63

Note: Microrhizome formation was counted when microrhizoming ratio ≥ 2

ระยะเวลาการให้แสงต่อการเกิดยอด โดยขิงที่ได้รับแสง 16 และ 24 ชั่วโมง ร่วมกับน้ำตาลซูโครสเข้มข้น 8 เปอร์เซ็นต์ ขิงที่ได้รับแสง 24 ชั่วโมง ร่วมกับน้ำตาลซูโครสเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ และขิงที่ได้รับแสง 0 ชั่วโมง ร่วมกับน้ำตาลซูโครสเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่เติมถ่านกัมมันต์นั้นสามารถเกิดยอดได้จำนวนมากคือ 4.0-4.8 ยอด/ชิ้นส่วนเริ่มต้น

ความสูง

น้ำตาลซูโครสมีผลต่อความสูงของต้นขิง (ตารางที่ 1) โดยพบว่าน้ำตาลซูโครสเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ต้นขิงมีความสูงเฉลี่ยสูงสุดที่สุด คือ 11.8 เซนติเมตร ในขณะที่น้ำตาลซูโครสเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ขิงมีความสูงเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 4.5 เซนติเมตร นอกจากนี้พบว่ามีอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างถ่านกัมมันต์และ

ระยะเวลาการให้แสงต่อความสูง การเติมถ่านกัมมันต์ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการได้รับแสง 0 ชั่วโมง และน้ำตาลซูโครสเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ขิงมีความสูงมากถึง 13.1 เซนติเมตร ในขณะที่การเติมถ่านกัมมันต์ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการให้แสง 0-16 ชั่วโมง ที่น้ำตาลซูโครสเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ขิงมีความสูงเพียง 2.4-3.6 เซนติเมตร

จำนวนใบ

ถ่านกัมมันต์ น้ำตาล และระยะเวลาการให้แสงต่างส่งผลต่อการเกิดใบของขิง (ตารางที่ 1) โดยการไม่เติมถ่านกัมมันต์ทำให้ขิงมีจำนวนใบมากกว่าเมื่อเติมถ่านกัมมันต์ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนน้ำตาลซูโครสเข้มข้น 3-8 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลทำให้เกิดใบ 8.5-10.1 ใบ ซึ่งมากกว่าการใช้น้ำตาลซูโครสเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ที่เกิดใบเพียง 3 ใบ

สำหรับระยะเวลาการให้แสงนั้น พบว่าการให้แสง 16 และ 24 ชั่วโมง ทำให้ขิงมีจำนวนใบ 8.9-9.9 ใบ ซึ่งมากกว่าการให้แสง 0 ชั่วโมง ที่เกิดใบเพียง 4.6 ใบ นอกจากนี้ยังพบว่ามียธิพลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างน้ำตาตลขุโครสและระยะเวลาการให้แสงต่อจำนวนใบ การใช้ น้ำตาตลขุโครส 3-6 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการให้แสง 16 ชั่วโมง โดยไม่เติมถ่านกัมมันต์ทำให้ขิงมีจำนวนใบมากที่สุดถึง 14.1-15.0 ใบ

วิจารณ์

จากการศึกษานี้ พบว่าถ่านกัมมันต์ส่งผลต่อการเกิดยอดและใบของขิงโดยทำให้จำนวนยอดและจำนวนใบลดลงแต่ไม่มีผลกับการสร้างเหง้าของขิง (ตารางที่ 1) โดยปกติถ่านกัมมันต์มีคุณสมบัติในการดูดซับสารพิษจากกระบวนการเมทาบอลิซึมของพืชซึ่งรวมถึงสารควบคุมการเจริญเติบโตด้วย (Thomas, 2008) จึงเป็นไปได้ว่าถ่านกัมมันต์อาจไปดูดซับ BA ในอาหาร ทำให้กรรมวิธีที่เติมถ่านกัมมันต์เกิดยอดลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารที่ไม่ได้เติมถ่านกัมมันต์ เนื่องจาก BA ทำหน้าที่ในการส่งเสริมการแบ่งเซลล์และกระตุ้นการเกิดยอด ซึ่งไม่สอดคล้องกับการศึกษาในพืชบางชนิดซึ่งเมื่อเติมถ่านกัมมันต์สามารถช่วยเพิ่มจำนวนยอดได้ เช่น การศึกษาในพืช *Anacardium occidentale* (Boggetti et al., 1999), *Geodorum densiflorum* (Sheelavantmath et al., 2000) และ *Lupinus* sp. (Mulin and Bellio-Spataru, 2000) เป็นต้น โดย Pan and Staden (1998) รายงานว่า ถ่านกัมมันต์สามารถช่วยให้สารควบคุมการเจริญเติบโตอยู่ในสภาพคงตัวและสร้างสภาพมืดให้แก่พืช เนื่องจากแสงทำให้ IAA เสื่อมสลายได้ง่ายกว่าเมื่ออยู่ในที่มืด (Nissen and Sutter, 1990) และในบางพืช เช่น ลิ้น การเติมถ่านกัมมันต์ช่วยให้หัวมีขนาดใหญ่ขึ้น (Han et al., 2005) ดังนั้นการเติมถ่านกัมมันต์อาจช่วยส่งเสริมหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชนั้น ขึ้นอยู่กับชนิดพืชและปัจจัยอื่น ๆ ด้วย เช่น ระยะเวลาที่ได้รับแสง (ตารางที่ 1)

น้ำตาตลขุโครสมีผลต่อความสูง จำนวนใบ และการเกิดเหง้าของขิง เมื่อน้ำตาตลขุโครสเข้มข้นมากขึ้น

ส่งผลให้ความสูง จำนวนใบ และการเกิดเหง้าเพิ่มขึ้น ที่ระดับความเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสมต่อการเพิ่มความสูงของต้น ที่ระดับความเข้มข้น 6-8 เปอร์เซ็นต์ เป็นระดับที่เหมาะสมต่อการสร้างใบ และที่ระดับความเข้มข้น 6-10 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสมต่อการสร้างเหง้า (ตารางที่ 1) ก่อนหน้านี้นี้มีการรายงานว่าน้ำตาตลขุโครสช่วยส่งเสริมการสร้างหัวของพืชหลายชนิด เช่น มันฝรั่ง (Garner and Blake, 1989) ขมิ้น (Islam et al., 2004; Nayak and Naik, 2006) และขิง (Archana et al., 2013; Rout et al., 2001; Sharma and Singh, 1995; Tyagi et al., 2006) เนื่องจากอวัยวะสะสมอาหารของพืชมีคาร์โบไฮเดรตสะสมอยู่ โดยเหง้าของขิงนั้นมีแบ่งเป็นส่วนประกอบถึง 45.25 เปอร์เซ็นต์ (Haq et al., 1986) น้ำตาตลขุโครสจึงมีผลต่อการสร้างหัวของพืช (Nayak, 2000) นอกจากนี้ Nayak and Naik (2006) รายงานว่าการสร้างหัวของขมิ้นนั้นน้ำตาลมียธิพลมากกว่าระยะเวลาที่ได้รับแสง ในขณะที่การสร้างหัวของกล้วยไม้ดินนางอ้วสาคริก (*Pectellis sagarikii* Seidenf.) พบว่าการใช้น้ำตาลขุโครสที่มีความเข้มข้นมากขึ้น ส่งผลทำให้หัวมีขนาดเล็กลง (ธีรพล และพิมพ์ใจ, 2550) การทดลองนี้ใช้น้ำตาลขุโครสที่มีความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ เป็นความเข้มข้นที่สูงเกินไป ทำให้การเจริญเติบโตของขิงผิดปกติเกิดการยับยั้งความสูงและการสร้างใบของขิงเช่นเดียวกับการศึกษาของ Archana et al. (2013)

ระยะเวลาที่ขิงได้รับแสงมีผลต่อจำนวนใบและการเกิดเหง้า การเพาะเลี้ยงขิงให้ได้รับแสง 16 และ 24 ชั่วโมง/วัน ให้จำนวนใบและการเกิดเหง้าสูงกว่าเพาะเลี้ยงในที่มืด (ตารางที่ 1) ในขณะที่ Sharma and Singh (1995) พบว่าการเพาะเลี้ยงขิงในที่มืดทำให้เกิดเหง้าดีที่สุด ส่วนในขมิ้น (*Curcuma longa* L.) นั้น Islam et al. (2004) พบว่าการเลี้ยงในที่มืดทำให้ได้น้ำหนักเหง้าของขมิ้นสูงที่สุด

จากการทดลองนี้ยังพบว่ามียธิพลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างการให้แสงกับปัจจัยอื่นต่อการเจริญเติบโตและการสร้างเหง้าของขิง (ตารางที่ 1) แสงและน้ำตาลมียธิพลร่วมต่อจำนวนยอด จำนวนใบ และการสร้างเหง้า ซึ่งการให้แสง 16 ชั่วโมง/วัน ร่วมกับน้ำตาลขุโครสเข้มข้น 8 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสมในการกระตุ้นการ

สร้างยอด ใบ และทำให้มีอัตราของเส้นผ่าศูนย์กลางเหง้า ต่อเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นเทียมสูง (ตารางที่ 1) Rout et al. (2001) รายงานว่าน้ำตาลที่ระดับความเข้มข้น 3-8 เปอร์เซ็นต์ และการให้แสง 24 ชั่วโมง สามารถชักนำให้เกิดการสร้างเหง้าของขิงได้ เนื่องจากแสงเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งในการสังเคราะห์แสงเพื่อผลิตอาหารไปใช้ในการเจริญเติบโตและสะสมไว้ที่อวัยวะสะสมอาหาร สอดคล้องกับการทดลองนี้ ซึ่งพบว่าการให้แสง 16-24 ชั่วโมง นั้นทำให้ขิงสร้างใบจำนวนมาก ส่งผลให้เกิดการสังเคราะห์แสงมากขึ้น จำนวนใบที่เกิดขึ้นจึงมีส่วนช่วยในการสร้างเหง้าของขิงด้วย

สรุป

น้ำตาลและการให้แสงมีอิทธิพลต่อการสร้างเหง้าของขิงในสภาพปลอดเชื้อและมีอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทั้งสองต่อการสร้างเหง้า การใช้น้ำตาลซูโครสเข้มข้น 6-10 เปอร์เซ็นต์ และการเพาะเลี้ยงในแสง 16-24 ชั่วโมง ช่วยส่งเสริมการเกิดเหง้าได้ โดยเฉพาะการใช้น้ำตาลซูโครสเข้มข้น 8 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับให้แสง 16 ชั่วโมง/วัน นั้นสามารถให้อัตราส่วนเส้นผ่าศูนย์กลางของส่วนโคนที่กว้างที่สุดต่อเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นเทียมสูงถึง 3.0 และมีการเกิดเหง้า 100 เปอร์เซ็นต์ แต่การใช้น้ำตาลเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของขิงในแง่ความสูงและการสร้างใบ นอกจากนี้การเติมถ่านกัมมันต์ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ไม่ส่งผลต่อการเกิดเหง้าแต่มีผลทำให้จำนวนยอดและจำนวนใบลดลง ดังนั้นการให้น้ำตาลซูโครสเข้มข้น 8 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการให้แสง 16 ชั่วโมง/วัน โดยไม่เติมถ่านกัมมันต์ มีความเหมาะสมที่สุดต่อการสร้างเหง้าของขิงและการเจริญเติบโตของต้น ซึ่งสามารถนำผลจากการศึกษานี้ไปใช้ประโยชน์ในการผลิตขิงเชิงอุตสาหกรรมหรือประยุกต์ใช้ในการเก็บรักษาเชื้อพันธุ์ได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย เชียงใหม่ ที่สนับสนุนค่าใช้จ่ายบางส่วนในการทำวิจัยเพื่อ

เป็นวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพี ศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ใช้ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เพื่อดำเนินการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- ธีรพล พรสวัสดิ์ชัย และ พิมพิไล อาภาวชิรุตม์. 2550. ผลของน้ำตาลซูโครสต่อการเจริญเติบโตและการสร้างหัวในสภาพปลอดแก้วของกล้วยไม้ดินนางอ้วสาวกริก. วารสารเกษตร 23(3): 197-205.
- อบเชย อิมสบาย มณฑิพย์ สิทธิพิพัฒน์ นฤวรรณ รักสกุล และ จันทร์ทิพย์ แซ่เอี้ยว. 2540. ขิง-ข่า ตำรับอาหารเพื่อสุขภาพ. สำนักพิมพ์แสงแดด จำกัด, กรุงเทพฯ. 111 หน้า.
- Archana, C. P., S. P. Geetha and I. Balachandran. 2013. Microrhizome and minirhizome production in three high yielding cultivars of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.). International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 2(10): 477-484.
- Babu, K. N., K. Samsudeen and M. J. Ratnambal. 1992. *In vitro* plant regeneration from leaf-derived callus in ginger (*Zingiber officinale* Rosc.). Plant Cell Tissue and Organ Culture 29(2): 71-74.
- Boggetti, B., J. Jasik and S. H. Mantell. 1999. *In vitro* multiplication of cashew (*Anacardium occidentale* L.) using shoot node explants of glasshouse-raised plants. Plant Cell Reports 51: 456-461.
- Garner, N. and J. Blake. 1989. The Induction and development of potato microtubers *in vitro* on media free of growth regulating substances. Annals of Botany 63(6): 663-674.
- Han, B. H., B. W. Yae, H. J. Yu and K. Y. Peak. 2005. Improvement of *in vitro* micropropagation of *Lilium* oriental hybrid 'Casablanca' by the

- formation of shoots with abnormally swollen basal plates. *Scientia Horticulturae* 103: 351-359.
- Haq, F., Faruque, S. M., Islam, S., Ali, E., 1986. Studies on *Zingiber officinale* Roscoe part 1: Chemical investigation of the rhizome. *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research* 21(1-4): 61-69.
- Islam, M. A., K. Kloppstech and H. J. Jacobsen. 2004. Efficient procedure for *in vitro* microrhizome in *Curcuma longa* L. (Zingiberaceae) - A medicinal plant of tropical asia. *Plant Tissue Culture* 14(2): 123-134.
- Kackar, A., S. R. Bhat, K. P. S. Chandel and S. K. Malik. 1993. Plant regeneration via somatic embryogenesis in ginger. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 32(3): 289-292.
- Kavyashree, R. 2009. Efficient *in vitro* protocol for clonal multiplication of ginger- var. Varada. *Indian Journal of Biotechnology* 8: 328-331.
- Lincy, A. and B. Sasikumar. 2010. Enhanced adventitious shoot regeneration from aerial stem explants of ginger using TDZ and its histological studies. *Turkish Journal of Botany* 34: 21-39.
- Mulin, M. and A. Bellio-Spataru. 2000. Organogenesis from hypocotyl thin cell layers of *Lupinus mutabilis* and *Lupinus albus*. *Plant Growth Regulation* 30: 177-183.
- Nayak, S. 2000. *In vitro* multiplication and microrhizome induction in curcuma aromatic Salisb. *Plant Growth Regulation* 32: 41-47.
- Nayak, S. and P. K. Naik. 2006. Factors effecting in vitro micropropagation formation and growth in *Curcuma longa* L. and improved field performance of micropropagated plants. *Science Asia*. 32: 31-37.
- Nissen, S. J. and E. G. Suttur. 1990. Stability of IAA and IBA in nutrient medium to several tissue culture procedures. *HortScience* 25: 800-802.
- Pan, M. J. and J. Staden. 1998. The use of charcoal in *in vitro* culture - A review. *Plant Growth Regulation* 26: 155-163.
- Pandey, Y. R., C. Sagwansupyakorn, O. Sahavacharin and N. Thaveechai. 1997. *In vitro* propagaton of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Kasetsart Journal (Natural Science)* 31: 81-86.
- Peak, N. Y. and E. C. Yeung. 1991. The effects of 1-naphthalene acetic acid and N6-benzyladenine on the growth of *Cymbidium forrestii* rhizomes *in vitro*. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 24: 65-71.
- Ravindran, P. K. and N. K. Babu. 2005. Introduction. pp. 1-14. *In*: Ravindran, P. N. and N. K. Babu (EDs). *Ginger: The Genus Zingiber*. CRC Press, Florida.
- Rout, G. R., S. K. Palai, S. Samamtaray and P. Das. 2001. Efficient of growth regulator and culture conditions on shoot multiplication and rhizome formation in ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) *in vitro*. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*. 37: 814-819.
- Saingproa, B. and K. Kanchanapoom. 1997. Clonal propagation through multiple shoot formation from ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) callus and buds. *Suranaree Journal of Science and Technology* 4: 1-5.
- Saos, F. Le Guen-le, A. Hourmant, F. Esnault and J. E. Chauvin. 2001. *In vitro* bulb development in Shallot (*Allium cepa* L. Aggregatum

- Group): Effect of anti-gibberellins, sucrose and light. *Annals of Botany* 89: 419-425.
- Sharma, T. R. and B. M. Singh. 1995. *In vitro* microrhizome production in *Zingiber officinale* Rosc. *Plant Cell Reports* 15(3-4): 274-277.
- Sharma, T. R. and B. M. Singh. 1997. High-frequency *in vitro* multiplication of disease-free *Zingiber officinale* Rosc. *Plant Cell Reports* 17(1): 68-72.
- Sheelavantmath, S. S., H. N. Murthy, A. N. Pyati, H. G. Ashok Kumar and B. V. Ravishankar. 2000. *In vitro* propagation of the endangered orchid, *Geodorum densiflorum* (Lam.) Schltr. through rhizome section culture. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 60: 151-154.
- Sultana, A., L. Hassan, S. D. Ahmad, A. H. Shah, F. Batool, M. A. Islam, R. Rahman and s. Moonmoon. 2009. *In vitro* regeneration of ginger using leaf, shoot tip and root explant. *Pakistan Journal of Botany* 41(4): 1667-1676.
- Thomas, T. D. 2008. The role of activated charcoal in plant tissue culture. *Biotechnology Advances* 26: 618-631.
- Tyagi, R. K., A. Agrawal and A. Yusuf. 2006. Conservation of *Zingiber* germplasm through *in vitro* rhizome formation. *Scientia Horticulturae* 108: 210-219.
-

การยอมรับการผลิตมะม่วงตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสม
ของเกษตรกรในอำเภอสามโก้ จังหวัดอ่างทอง

Good Agricultural Practices Adoption of Mango's Farmer
at Samko District, Angthong Province

ณัฐวุฒิ จันทอง^{1/*} และ พหล ศักดิ์คะทนต์^{2/}
Nattawut Janthong^{1/*} and Phahol Sakkatat^{2/}

^{1/}สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000

^{1/}Plant Production Technology Program, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University 13000,
Thailand

^{2/}สาขาวิชาพัฒนาศาสตร์การชนบท คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

^{2/}Rural Development Program, Faculty of Agricultural Production, Maejo University 50290, Thailand

*Corresponding author: Email: theman_vanz@hotmail.com

(Received: 28 January 2015; Accepted: 6 August 2015)

Abstract: The objectives of this study were the personal, economic, and social factors of the farmers who adopt the mango production on good agricultural practices, the factors related to the adoption of production, the problems and difficulties. The farmers who grow mango under good agricultural practices in Samko District, Angthong Province were investigated. The data were obtained from 150 farmers by means of the interview. The results revealed that the adoption of mango production on good agricultural practices were accepted at the high level in social, economic and production and were accepted at the moderate level in physical, biological. Factors related to the adoption of mango production on good agricultural practices were income, labor, experience in mango production, training in the past 3 years, and contact with the government officials and private sectors. The correlation between the factors and the adoption of mango were significant at the 0.05 level.

Keywords: Adoption, mango, good agricultural practices

บทคัดย่อ: การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ปัจจัยส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคม การยอมรับการผลิตมะม่วงตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสม ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการยอมรับการผลิต รวมถึงปัญหาและอุปสรรคในการผลิตตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสม กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ เกษตรกรผู้ผลิตมะม่วงตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสมในอำเภอสามโก้ จังหวัดอ่างทอง ซึ่งได้จากการสุ่มตัวอย่างจำนวน 150 คน โดยวิธีการใช้แบบสัมภาษณ์ ผลการวิจัยพบว่า การยอมรับการผลิตมะม่วงตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสมมีการยอมรับระดับมากในด้านสังคม ด้านเศรษฐกิจ ด้านการผลิต และมีการยอมรับระดับปานกลางในด้านกายภาพ ด้านชีวภาพ ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการยอมรับการผลิตมะม่วงตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสม ได้แก่ รายได้ แรงงาน ประสบการณ์ในการผลิต การได้รับการฝึกอบรมในรอบ 3 ปีที่ผ่านมา และการติดต่อกับเจ้าหน้าที่ของรัฐและเอกชน มีความสัมพันธ์กับการผลิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

คำสำคัญ: การยอมรับ มะม่วง หลักเกษตรที่ดีและเหมาะสม

คำนำ

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์กำหนดนโยบายพัฒนาเศรษฐกิจด้านการเกษตร เพื่อให้สอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติโดยเร่งรัดในสาระที่สำคัญ ๆ เช่น นโยบายการปรับปรุงคุณภาพของสินค้าเกษตร ซึ่งได้ดำเนินการกำหนดคุณภาพสินค้าเกษตรเพื่อการส่งออกให้มีการพัฒนาระบบการผลิตที่มีการควบคุมคุณภาพแบบครบวงจร เพื่อให้มาตรฐานสินค้าเกษตรสอดคล้องกับมาตรฐานสุขอนามัยระหว่างประเทศ รวมถึงสนับสนุนการปฏิบัติตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสม โดยเกษตรกรผู้ผลิตต้องสมัครเข้าร่วมกับหน่วยงานของรัฐ เพื่อให้สอดคล้องกับมาตรฐานหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสม (good agricultural practice: GAP) ในแต่ละชนิดพืช ซึ่งมะม่วงจัดว่าเป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมและมีการเตรียมความพร้อมเพื่อส่งเสริมให้เกษตรกรมีการผลิตตามแนวทางการเกษตรที่ดีและเหมาะสม ในด้านการดำเนินการส่งเสริมการเกษตรได้กำหนดแนวทางการดำเนินงานส่งเสริมและพัฒนาเครือข่ายกลุ่มผลิตสินค้าเกษตรมาอย่างต่อเนื่อง โดยเริ่มจัดตั้งกลุ่มปรับปรุงคุณภาพผลผลิตมะม่วงมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 จนกระทั่งถึงปัจจุบัน เพื่อส่งเสริมและพัฒนาการผลิตมะม่วงคุณภาพดีทั้งในและนอกฤดูกาล (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2557) ขณะนี้กลุ่มผู้ผลิตผลไม้ของประเทศไทยมีจำนวนทั้งสิ้น 729 กลุ่ม โดยกลุ่มผู้ผลิตมะม่วงจำนวน 92 กลุ่ม จัดเป็นอันดับสองรองจากกลุ่มผู้ผลิตสับปะรด โดยกลุ่มผู้ผลิตมะม่วงร้อยละ 84.78 จัดทะเบียนเป็นวิสาหกิจชุมชน (สำนักงาน

เศรษฐกิจการเกษตร, 2557) ประเทศไทยมีการปลูกมะม่วงมากกว่า 100 พันธุ์ และสามารถปลูกได้เกือบทุกสภาพอากาศ (เปรม, 2557) มีพื้นที่ปลูกประมาณ 1.975 ล้านไร่ คิดเป็นร้อยละ 19.75 ของพื้นที่เพาะปลูกไม้ผล มีปริมาณผลผลิตในปี พ.ศ. 2555 ประมาณ 2,469,814 ตัน บริโภคในประเทศ 2,420,114 ตัน ส่งออกในรูปของมะม่วงสดประมาณ 24,000 ตัน ซึ่งตลาดส่วนใหญ่ ได้แก่ ประเทศญี่ปุ่น มาเลเซีย และสาธารณรัฐเกาหลี คิดเป็นมูลค่า ประมาณ 500 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) สำหรับข้อกำหนดเกณฑ์การปฏิบัติตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสม และวิธีการตรวจประเมินที่กำหนดไว้โดยหน่วยงานของรัฐ ได้แก่ แหล่งน้ำ พื้นที่ปลูก การใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตร การเก็บรักษาและการขนย้ายผลผลิตในฟาร์ม การบันทึกข้อมูลผลผลิตผลพลอยได้จากศัตรูพืช การจัดการกระบวนการผลิตเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ และการเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว ทุกข้อที่กล่าวมาต้องได้รับการตรวจสอบจากภาครัฐก่อนจึงสามารถเข้าร่วมผลิตมะม่วงตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสมได้ (กรมวิชาการเกษตร, 2557)

จังหวัดอ่างทองเป็นพื้นที่เกษตรกรรมที่หน่วยงานภาครัฐและเอกชนมีการส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกมะม่วงเป็นผลไม้ส่งออกจำนวนมาก มีพื้นที่ปลูกในอำเภอวิเศษชัยชาญ อำเภอสามโก้ และอำเภอโพธิ์ทอง และพบว่า การส่งเสริมการผลิตมะม่วงตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสมประสบผลสำเร็จในพื้นที่นี้ ดังนั้น จึงต้องการศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการยอมรับการ

ผลิตมะม่วงตามหลักเกษตรที่เหมาะสม เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาไปใช้กับพื้นที่ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ เกษตรกรผู้ผลิตมะม่วงตามหลักเกษตรที่เหมาะสมจำนวน 150 คน ในอำเภอสามโก้ จังหวัดอ่างทอง โดยคำนวณจากขนาดของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 240 คน ด้วยสูตรของ Yamane (1967) และใช้วิธีการสุ่มกระจายแบบง่าย (simple random sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลคือ แบบสัมภาษณ์ แล้วนำมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ความถี่ ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และการวิเคราะห์ถดถอยพหุ (multiple regression analysis)

ผลการศึกษา

1. ปัจจัยต่าง ๆ ของเกษตรกร

ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (ร้อยละ 85.40) มีอายุเฉลี่ย 52.15 ปี จบการศึกษาระดับประถมศึกษา (ร้อยละ 64.20) มีสถานภาพสมรส (ร้อยละ 95.20) มีรายได้จากการผลิตมะม่วงเฉลี่ย 238,160.50 บาท/ปี ขนาดพื้นที่ถือครองเฉลี่ย 8.32 ไร่ มีแรงงานเฉลี่ย 2.20 คน มีประสบการณ์ในการผลิตมะม่วงเฉลี่ย 13.25 ปี เกษตรกรทั้งหมดเป็นสมาชิกกลุ่มสถาบันทางการเกษตร (ร้อยละ 100.00) เคยได้รับการฝึกอบรมในรอบ 3 ปีที่ผ่านมาเฉลี่ย 3 ครั้ง/ปี (ร้อยละ 56.40) และส่วนใหญ่เคยติดต่อกับเจ้าหน้าที่ของรัฐและเอกชนเฉลี่ย 2 ครั้ง/ปี (ร้อยละ 90.60) แสดงในตารางที่ 1

2. การยอมรับการผลิตมะม่วงตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสม

ผลการศึกษา พบว่า เกษตรกรมีการยอมรับการผลิตมะม่วงตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสม อยู่ในระดับมาก ที่ค่าเฉลี่ย 4.14 แสดงในตารางที่ 2

เกษตรกรมีการยอมรับการผลิตมะม่วงตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสมด้านสังคม (community) ในระดับ

มาก ที่ค่าเฉลี่ย 4.50 เมื่อจำแนกตามข้อกำหนดต่าง ๆ พบว่า เกษตรกรเห็นว่าเป็นผลผลิตที่ต้องการของตลาดในปัจจุบัน มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด 4.88 รองลงมา คือ การแนะนำของเจ้าหน้าที่ (ค่าเฉลี่ย 4.62) เห็นว่าเป็นผลผลิตที่ส่งออกต่างประเทศได้ (ค่าเฉลี่ย 4.54) สมาชิกในครัวเรือนสนับสนุนให้ปลูก (ค่าเฉลี่ย 4.40) เห็นผู้อื่นผลิตแล้วได้ผลดี (ค่าเฉลี่ย 4.08) และการแนะนำของเพื่อนบ้าน (ค่าเฉลี่ย 3.80)

เกษตรกรมีการยอมรับการผลิตมะม่วงตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสมด้านเศรษฐกิจ (economical) ในระดับมากที่ค่าเฉลี่ย 4.02 เมื่อจำแนกตามข้อกำหนดต่าง ๆ พบว่า มีต้นทุนต่ำ มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด 4.24 รองลงมาคือ มีรายได้ที่แน่นอน (ค่าเฉลี่ย 4.24) มีการประกันราคา (ค่าเฉลี่ย 4.06) มีตลาดรองรับที่แน่นอน (ค่าเฉลี่ย 3.96) และไม่ต้องผ่านพ่อค้าคนกลาง (ค่าเฉลี่ย 3.52)

เกษตรกรมีการยอมรับการผลิตมะม่วงตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสมด้านกายภาพ (physical) ในระดับปานกลาง ที่ค่าเฉลี่ย 2.92 เมื่อจำแนกตามข้อกำหนดต่าง ๆ พบว่า สภาพพื้นดินมีความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด 3.16 รองลงมาคือ มีแหล่งน้ำที่เพียงพอ (ค่าเฉลี่ย 2.60) และพื้นดินมีความอุดมสมบูรณ์ (ค่าเฉลี่ย 2.54)

เกษตรกรมีการยอมรับการผลิตมะม่วงตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสมด้านชีวภาพ (biological) ในระดับปานกลางที่ค่าเฉลี่ย 3.36 เมื่อจำแนกตามข้อกำหนดต่าง ๆ พบว่า คุณภาพของพันธุ์มะม่วงดี มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด 3.44 รองลงมาคือ มีการปฏิบัติและการดูแลรักษาที่ไม่ยุ่งยาก (ค่าเฉลี่ย 3.34) และมีโรคและแมลงศัตรูระบาดไม่มากนัก (ค่าเฉลี่ย 3.02)

เกษตรกรมีการยอมรับการผลิตมะม่วงตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสมด้านการผลิต (production) ในระดับมากที่ค่าเฉลี่ย 4.22 เมื่อจำแนกตามข้อกำหนดต่าง ๆ พบว่า ผลผลิตสูง มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด 4.44 รองลงมาคือ ได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานต่าง ๆ (ค่าเฉลี่ย 4.38) ราคาถึงพื้ไม่แพง (ค่าเฉลี่ย 4.12) ความสะดวกในการจัดหาพันธุ์ (ค่าเฉลี่ย 3.98) และการมีแหล่งเงินทุนให้กู้ยืม (ค่าเฉลี่ย 3.68)

Table 1 Independent factors of farmers adopted mango production on good agricultural practices

Personal, economic, and social factors	Percentage	$\bar{x}$	SD
1. Sex (male)	85.40	-	-
2. Age (year)	-	52.15	11.34
3. Education (elementary education)	64.20	-	-
4. Marital status (married)	95.20	-	-
5. Income (Baht)	-	238,160.50	129,145.45
6. Size of land holding (rai)	-	8.32	6.39
7. Labor (number)	-	2.20	1.89
8. Experience in mango production (year)	-	13.25	6.12
9. Membership of agricultural institutions (be a member)	100.00	-	-
10. Training in the past 3 years (3 times)	56.40	-	-
11. Contact with the government officials and private sectors (2 times)	90.60	-	-

Table 2 Level of adoption of mango production on good agricultural practices

Adoption	$\bar{x}$	SD	Level
1. Social	4.50	0.30	High
2. Economical	4.02	0.35	High
3. Physical	2.92	0.58	Moderate
4. Biological	3.36	0.42	Moderate
5. Production	4.22	0.39	High
Total	4.14	0.37	High

เกษตรกรมีปัญหาและอุปสรรคในการผลิตมะม่วงตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลางที่ค่าเฉลี่ยรวม 2.36 เมื่อจำแนกออกเป็นข้อย่อยที่มีปัญหามาก ได้แก่ ลักษณะดินที่ใช้ปลูกไม่มีความอุดมสมบูรณ์ มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด 4.01 รองลงมาคือ แหล่งน้ำไม่เพียงพอต่อการเพาะปลูก (ค่าเฉลี่ย 3.99) ต้นทุนในการผลิตมะม่วง (ค่าเฉลี่ย 3.82) และไม่สามารถกำจัดโรคและแมลงให้หายขาดได้ (ค่าเฉลี่ย 3.68) ส่วนปัญหาในเรื่องอื่นๆ เกษตรกรมีปัญหาน้อยถึงไม่มีปัญหาเลย

3. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการยอมรับการผลิตมะม่วงตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสม

การวิจัยครั้งนี้ใช้การวิเคราะห์พหุคูณถอย เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม

(มูลค่าของการยอมรับรวม) โดยเลือกตัวแปรอิสระจำนวน 11 ตัวแปร ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา สถานภาพสมรส รายได้จากการผลิตมะม่วง การถือครองที่ดิน แรงงาน ประสบการณ์ การเป็นสมาชิกกลุ่มสถาบันทางการเกษตร การได้รับฝึกอบรมในรอบ 3 ปีที่ผ่านมา และการติดต่อกับเจ้าหน้าที่ของรัฐและเอกชน ส่วนตัวแปรตาม ได้แก่ การยอมรับการผลิตมะม่วงตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสม

ตัวแปรอิสระทั้งหมดได้รับการตรวจสอบแต่ละคู่แล้วว่า ไม่มีตัวแปรใดที่มีค่าสหสัมพันธ์สูงกว่า 0.65 ที่จะก่อให้เกิดปัญหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระด้วยตัวเอง (multicollinearity) อันเป็นการละเมิดข้อสมมติฐานที่กำกับเทคนิคการวิเคราะห์ถดถอยพหุ (สุชาติ, 2546)

การวิจัยครั้งนี้มีรูปแบบจำลองได้แก่		x_9 = การเป็นสมาชิกกลุ่มสถาบันทางเกษตร
$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 + b_6x_6 + b_7x_7 + b_8x_8 + b_9x_9 + b_{10}x_{10} + b_{11}x_{11}$		x_{10} = การได้รับฝึกอบรมในรอบ 3 ปีที่ผ่านมา
สัญลักษณ์ของตัวแปร		x_{11} = การติดต่อกับเจ้าหน้าที่ของรัฐและเอกชน
ตัวแปรตาม Y = การยอมรับการผลิตมะม่วงตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสม		ผลการวิเคราะห์หาค่าโดยพหุ โดยการนำเอาตัวแปรอิสระทั้ง 11 ตัวแปร แทนค่าในสมการแล้วคำนวณด้วยวิธีปกติ พบว่า ค่า $F = 3.302$ Sig of $F = 0.000$ แสดงว่ามีตัวแปรอิสระอย่างน้อยหนึ่งตัวที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตัวแปรตาม (การยอมรับการผลิตมะม่วงตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสม) และเมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์แห่งการตัดสินใจในเชิงพหุ พบว่า $R^2 = 0.334$ หมายความว่า ตัวแปรอิสระทั้งหมดอธิบายความผันแปรของตัวแปรตามได้ร้อยละ 33.4 ซึ่งตัวแปรอิสระทั้ง 11 ตัวแปร มีจำนวน 5 ตัว ที่มีผลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และ 0.01 ได้แก่ รายได้แรงงาน ประสบการณ์ การได้รับการฝึกอบรมในรอบ 3 ปีที่ผ่านมา และการติดต่อกับเจ้าหน้าที่ของรัฐและเอกชน ซึ่งตัวแปรทั้ง 5 ตัว มีผลเป็นบวก แสดงในตารางที่ 3
a = ค่าคงที่		
$b_1 - b_{11}$ = ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระแต่ละตัวกับตัวแปรตาม เมื่อควบคุมค่าของตัวแปรอิสระอื่นที่อยู่ในสมการให้คงที่แล้ว		
ตัวแปรอิสระ	x_1 = เพศ	
	x_2 = อายุ (ปี)	
	x_3 = ระดับการศึกษา	
	x_4 = สถานภาพสมรส	
	x_5 = รายได้จากการผลิตมะม่วง (บาท)	
	x_6 = ขนาดพื้นที่ถือครอง (ไร่)	
	x_7 = แรงงาน (คน)	
	x_8 = ประสบการณ์ (ปี)	

Table 3 Multiple regression analysis of factors related to farmers' adoption of mango production on good agricultural practices

Variables	Coefficient (b)	t	P-value
1. Sex	-0.099	-1.486	0.139
2. Age (year)	0.001	0.293	0.770
3. Education	-0.120	-1.814	0.071
4. Marital status	0.041	0.449	0.654
5. Income (Baht)	0.010	2.147	0.033*
6. Size of land holding (rai)	0.001	0.142	0.887
7. Labor (number)	0.018	2.577	0.017*
8. Experience in mango production (year)	0.022	2.809	0.005**
9. Membership of agricultural institutions	-0.115	-1.728	0.085
10. Training in the past 3 years (time)	0.023	3.692	0.001**
11. Contact with the government officials and private sectors (time)	0.004	2.077	0.039*
Constant	2.789	18.247	0.000
R^2		0.334	(33.4%)
F		3.302	
Sig. F		0.000	

*** Correlation showed significant at the 0.01, 0.05 level, respectively

วิจารณ์

การศึกษาปัจจัยส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคม ของเกษตรกรผลิตมะม่วงตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสมของอำเภอสามโก้ จังหวัดอ่างทอง จะเห็นได้ว่าส่วนใหญ่ผู้ให้ข้อมูลคือเพศชาย ซึ่งเป็นหัวหน้าครอบครัว และเป็นผู้ที่มีหน้าที่ทำงานเลี้ยงดูครอบครัว อายุผู้ให้ข้อมูลส่วนใหญ่มีอายุมากกว่า 50 ปี เพราะเกษตรกรในชนบทส่วนใหญ่เป็นผู้สูงอายุและสืบทอดอาชีพเกษตรกรรมมาตั้งแต่บรรพบุรุษ ส่วนคนรุ่นใหม่ไม่นิยมประกอบอาชีพดังกล่าว เนื่องจากเป็นอาชีพที่มีรายได้ไม่แน่นอนและปัจจุบันมีอาชีพให้เลือกทำเป็นจำนวนมาก การศึกษาอยู่ในระดับชั้นประถมศึกษาเพียงเท่านั้น ทั้งนี้สืบเนื่องมาจากโรงเรียนในระดับตำบลหรือหมู่บ้านในชนบทมีการเปิดการสอนจนถึงระดับประถมศึกษา ส่วนใหญ่มีสถานภาพสมรสแต่งงานแล้ว รายได้โดยเฉลี่ยแต่ละครอบครัวจะอยู่ประมาณ 238,160.50 บาท/ปี โดยการประกอบอาชีพเกษตรกรรมยังไม่มี ความแน่นอน พื้นที่ถือครองเฉลี่ยมี 8.32 ไร่ โดยพื้นที่ถือครองส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ตกทอดมาจากบรรพบุรุษ แต่ยังมีเกษตรกรบางรายเช่าที่ของผู้อื่นเพื่อผลิตมะม่วง แรงงานที่ใช้โดยเฉลี่ย 2 คน เป็นแรงงานที่มีอยู่ในครัวเรือนเป็นหลัก ประสบการณ์ในการผลิตมะม่วงเฉลี่ย 12.50 ปี กล่าวคือการประกอบอาชีพผลิตมะม่วงมาเป็นเวลานาน เกษตรกรที่มีอายุมากยังมีประสบการณ์สูง เกษตรกรทั้งหมดเป็นสมาชิกสถาบันทางการเกษตร ทำให้ได้รับรู้ข่าวสาร หรือข้อมูลใหม่ ๆ อยู่ตลอดเวลา เกษตรกรเคยได้รับการฝึกอบรมในรอบ 3 ปีที่ผ่านมาเฉลี่ย 3 ครั้ง/ปี เนื่องจากเกษตรกรยังขาดความรู้ ความชำนาญ จึงได้ตัดสินใจเข้าร่วมในการฝึกอบรมเพื่อพัฒนาความรู้ ความสามารถ เกษตรกรส่วนใหญ่ติดต่อกับเจ้าหน้าที่ของรัฐและเอกชนเฉลี่ย 2 ครั้ง/ปี และขอรับคำปรึกษาอย่างต่อเนื่องกับเจ้าหน้าที่ของรัฐและเอกชน เพราะให้ความเชื่อมั่นในเจ้าหน้าที่ของรัฐและเอกชนอยู่

เกษตรกรมีการยอมรับการผลิตมะม่วงตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ที่ค่าเฉลี่ย 4.14 โดยจำแนกเป็น มีการยอมรับด้านสังคมในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 4.50 มีการยอมรับด้านเศรษฐกิจในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 4.02 มีการยอมรับด้านกายภาพในระดับปาน

กลางที่ค่าเฉลี่ย 2.92 มีการยอมรับด้านชีวภาพในระดับปานกลางที่ค่าเฉลี่ย 3.36 และมีการยอมรับด้านการผลิตในระดับมากที่สุดค่าเฉลี่ย 4.22 โดยในทุก ๆ ด้านที่กล่าวมานั้นเกษตรกรมีการยอมรับค่อนข้างมาก เพราะเมื่อเกษตรกรยอมรับและนำไปปฏิบัติจริง ผลที่ได้ตามมาก็คือ เกษตรกรประสบความสำเร็จมีความรู้และมีทักษะในการผลิตมะม่วงตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสมเพิ่มมากขึ้น มีการจัดการปัญหาต่าง ๆ ได้ด้วยตนเอง และทำให้มีรายได้จากการขายมะม่วงเพิ่มขึ้น สามารถพัฒนาคุณภาพชีวิตครอบครัวของเกษตรกรให้ดีขึ้น

เมื่อศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการยอมรับการผลิตมะม่วงตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสมพบว่า มี 5 ตัวแปร ที่มีผลต่อการยอมรับการผลิตมะม่วงตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.01 ได้แก่

รายได้มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กับการยอมรับการผลิตมะม่วงตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสม เนื่องจากการผลิตมะม่วงมีต้นทุนสูง เกษตรกรจึงต้องมีรายได้พอสมควร สอดคล้องกับ นราดล และคณะ (2558) พบว่า รายได้มีความสัมพันธ์กับการยอมรับวิธีการผลิตข้าวนาปีของเกษตรกรในอำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงใหม่ และบัวทอง และวรทัศน์ (2556) พบว่า รายได้มีความสัมพันธ์กับการยอมรับการส่งเสริมการเลี้ยงโคเนื้อของเกษตรกร ในอำเภอหนองเสือ จังหวัดเชิงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

แรงงานที่ใช้ในการผลิตมะม่วงมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กับการยอมรับตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสม เป็นแรงงานในครัวเรือน ซึ่งมีพ่อและแม่เป็นแรงงานหลักส่วนบุตรเป็นแรงงานเสริม และได้มีการพูดคุยปรึกษากันตลอดเวลา สอดคล้องกับ ธนพร และคณะ (2555) พบว่า แรงงานที่ใช้ในการผลิตมันฝรั่งมีความสัมพันธ์กับการยอมรับเทคโนโลยีการผลิตมันฝรั่งของเกษตรกรในอำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ และ ตะวัน และคณะ (2555) พบว่า แรงงานในการปลูกข้าวมีความสัมพันธ์กับการยอมรับวิธีการผลิตยางพาราของเกษตรกรในอำเภวาริชภูมิ จังหวัดสกลนคร

ประสบการณ์ในการผลิตมะม่วง มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 กับการยอมรับตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสม ซึ่งเกษตรกรที่มีประสบการณ์ในการทำสวนมะม่วงมาก เป็นผู้ที่มีความรู้ ความชำนาญมากและพร้อมที่จะพัฒนาตัวเองอยู่ตลอดเวลา สอดคล้องกับ จุลลดา และคณะ (2558) พบว่า ประสบการณ์ในการผลิตยาสูบมีความสัมพันธ์กับการยอมรับของเกษตรกรผู้ผลิตยาสูบในแนวทางเกษตรแบบผสมผสานในเขตรับผิดชอบของสถานี ไปยาปากอคำ จังหวัดเชียงราย และณัฐวุฒิ (2557) พบว่า ประสบการณ์ในการปลูกข้าวมีความสัมพันธ์กับการยอมรับการผลิตข้าวตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสม (GAP) ของเกษตรกรในอำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง

การได้รับการฝึกอบรมในรอบ 3 ปีที่ผ่านมา มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 กับการยอมรับตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสม พบว่า เกษตรกรที่ได้รับการฝึกอบรมบ่อย ๆ ทำให้ได้รับความรู้ เทคนิคในสิ่งใหม่ ๆ มากขึ้นตามไปด้วย สอดคล้องกับ นราดล และคณะ (2558) พบว่า การได้รับการฝึกอบรมในรอบ 3 ปีที่ผ่านมา มีความสัมพันธ์กับการยอมรับวิธีการผลิตข้าวนาปีของเกษตรกรในอำเภอแม่สาย และบุญจันทร์ และจุฑา (2554) พบว่า การเข้ารับการฝึกอบรมเทคนิคการเลี้ยงโคเนื้อลูกผสมมีความสัมพันธ์กับการยอมรับการเลี้ยงโคเนื้อพันธุ์ลูกผสมระหว่างแม่พันธุ์พื้นเมืองกับพ่อพันธุ์บราห์มันแดงของเกษตรกรในนครหลวงเวียงจันทน์ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

การติดต่อกับเจ้าหน้าที่ของรัฐและเอกชนมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กับการยอมรับตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสม เพราะว่า เกษตรกรที่มีการติดต่อกับเจ้าหน้าที่มากก็จะได้รับคำแนะนำและข้อคิดเห็นใหม่ ๆ เพิ่มขึ้นตามไปด้วย สอดคล้องกับ บัวทอง และวรทัศน์ (2556) พบว่า การติดต่อกับเจ้าหน้าที่ส่งเสริมมีความสัมพันธ์กับการยอมรับการส่งเสริมการเลี้ยงโคเนื้อของเกษตรกร ในอำเภอหนอง-แอ็ด จังหวัดเชียงใหม่ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว และบุญสม (2535) รายงานว่าการเยี่ยมเยียนของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมนั้น หากไม่ค่อยได้เยี่ยมเยียนบ่อย ๆ

การยอมรับจะมากหรือน้อยไม่เท่ากัน ซึ่งแสดงว่าการติดต่อกับเจ้าหน้าที่ส่งเสริมมีอิทธิพลต่อการยอมรับ

ในด้านของปัญหาและอุปสรรคในการผลิตมะม่วงตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสม เกษตรกรส่วนใหญ่พบปัญหาที่คล้ายคลึงกัน เกี่ยวกับลักษณะดินที่ใช้ปลูกไม่มีความอุดมสมบูรณ์ ดินส่วนใหญ่ที่ใช้ในการเพาะปลูกเป็นดินร่วนปนดินเหนียว หรือเป็นดินเหนียว ทำให้เมื่อเริ่มปลูก เกษตรกรต้องใช้เวลาดูแลนานกว่าที่ต้นมะม่วงจะสามารถหาอาหารเองได้ จึงต้องคอยหมั่นพรวนดินให้ร่วนซุย เพื่อให้ต้นสามารถซึมได้อย่างรวดเร็ว เกษตรกรต้องใช้เงินทุนเป็นจำนวนมากในการจัดหาแหล่งน้ำให้เพียงพอต่อการเพาะปลูก โดยจ้างคนมาขุดบ่อบาดาล เนื่องจากแหล่งน้ำชลประทานส่วนใหญ่มีน้ำเฉพาะฤดูฝน ในช่วงฤดูหนาวและฤดูแล้งคลองชลประทานแห้งขอด เกษตรกรไม่สามารถหาน้ำมารดต้นมะม่วงได้ ส่วนต้นทุนในการผลิตมะม่วงของเกษตรกรเริ่มแรกค่อนข้างสูง โดยเฉพาะเมื่อเริ่มปลูกมะม่วง เกษตรกรต้องจ้างแรงงานในการขุดหลุมปลูกซึ่งในปัจจุบันมีการคิดราคาต่อหลุมค่อนข้างสูง กิ่งพันธุ์ดีมีราคาค่อนข้างสูง เกษตรกรต้องกู้ยืมเงินจากหน่วยงานต่าง ๆ ทำให้เป็นหนี้โดยทันที ส่วนการกำจัดโรคและแมลงก็ไม่สามารถทำให้หายขาดได้ เกษตรกรทุกรายที่ผลิตมะม่วงตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสม ไม่ใช้สารเคมีในการกำจัดโรคและแมลง หากแต่ใช้สารชีวภาพกำจัดแมลงที่ผลิตกันขึ้นมาเองจากธรรมชาติ จึงไม่มีสารพิษเจือปนอย่างไรก็ดีสารชีวภาพที่ใช้กำจัดโรคและแมลงยังไม่สามารถทำให้โรคและแมลงหายขาดได้ เกษตรกรทุกคนจึงช่วยเหลือกันโดยคิดค้นสูตรของสารชีวภาพในการกำจัดโรคและแมลงชนิดใหม่ขึ้นมาอยู่ตลอดเวลา ในส่วนปัญหาในเรื่องอื่น ๆ เกษตรกรมีปัญหาน้อยถึงไม่มีปัญหาเลย

สรุป

เกษตรกรในอำเภอสามโก้ จังหวัดอ่างทอง ส่วนใหญ่ผลิตมะม่วงตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสมเพื่อจำหน่ายโดยวิธีการผลิตตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสมนี้ถูกกำกับดูแลและตรวจสอบโดยเจ้าหน้าที่ของรัฐและเอกชนมีการส่งเสริมให้เกษตรกรในพื้นที่มีการเพาะปลูก

อย่างจริงจัง และมีการรับรองราคาผลผลิตที่ออกสู่ท้องตลาด โดยมะม่วงที่มาจากสวนที่ได้มาตรฐานจะถูกส่งออกไปยังต่างประเทศหรือจำหน่ายตามห้างสรรพสินค้าในประเทศด้วย ทำให้เกษตรกรมีการขยายกลุ่มการผลิตเพิ่มมากขึ้น ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการยอมรับผลิตมะม่วงตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ รายได้ แรงงาน ประสิทธิภาพ การได้รับการฝึกอบรมในรอบ 3 ปีที่ผ่านมา และการติดต่อกับเจ้าหน้าที่ของรัฐและเอกชน ปัญหาและอุปสรรค ได้แก่ ปัญหาที่ดินไม่เหมาะสมต่อการเพาะปลูก แหล่งน้ำไม่เพียงพอ ต้นทุนในการผลิตค่อนข้างสูง และการกำจัดโรคและแมลงไม่สามารถทำให้หายขาดได้ เกษตรกรต้องมีการรวมกลุ่มกันเพื่อช่วยกันแก้ไขปัญหา และขอความร่วมมือจากเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องให้ช่วยเหลือดูแลต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยาที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2557. เทคโนโลยีการผลิตมะม่วงตามระบบ GAP. เอกสารวิชาการ. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรที่ 6, จันทบุรี. 45 หน้า
- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2557. นโยบายคุณภาพมะม่วง GAP. เอกสารวิชาการ. กรมส่งเสริมการเกษตร กรุงเทพมหานคร. 50 หน้า.
- จุลลดา พลัง วีรศักดิ์ ปกติ พหล ศักดิ์คะทนต์ และ นครเรศ รั้งควัต. 2554. การยอมรับของเกษตรกรผู้ผลิตรายาสูบในแนวทางเกษตรแบบผสมผสานในเขตรับผิดชอบของสถานีโยธาป่าก่อดำ จังหวัดเชียงราย. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 28(2): 57-64.
- ณัฐวุฒิ จันทอง. 2557. การยอมรับการผลิตข้าวตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสม (GAP) ของเกษตรกรใน

อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง. เอกสารการประชุมวิชาการและเสวนางานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 8. มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, กรุงเทพมหานคร. 197 หน้า.

ตะวัน บัวทรัพย์ กังสดาล กนกหงษ์ นครเรศ รั้งควัต และสายสกุล ฟองมูล. 2555. การยอมรับวิธีการผลิตยางพาราของเกษตรกรในอำเภอวาริชภูมิ จังหวัดสกลนคร. เอกสารการประชุมสัมมนาวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 10. สำนักงานบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, นครสวรรค์. 845 หน้า.

ธนพร บุญประสงค์ กังสดาล กนกหงษ์ นครเรศ รั้งควัต และ พหล ศักดิ์คะทนต์. 2555. การยอมรับเทคโนโลยีการผลิตมันฝรั่งของเกษตรกรในอำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่. เอกสารการประชุมสัมมนาวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 10. สำนักงานบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, นครสวรรค์. 845 หน้า.

นราดล ประไพศรี กังสดาล กนกหงษ์ นครเรศ รั้งควัต และ พหล ศักดิ์คะทนต์. 2558. การยอมรับวิธีการผลิตข้าวนาปีของเกษตรกรในอำเภอแม่สาย. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 32(1): 39-46.

บุญจันทร์ มณีแสง และ รุจ ศิริสัญลักษณ์. 2554. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการยอมรับการเลี้ยงโคเนื้อพันธุ์ลูกผสมระหว่างแม่พันธุ์พื้นเมืองกับพ่อพันธุ์บราห์มันแดงของเกษตรกรในนครหลวงเวียงจันทน์ สปป.ลาว. วารสารเกษตร 27(2): 137-143.

บุญสม วราเอกศิริ. 2535. ส่งเสริมการเกษตร: หลักและวิธีการ. มปท, เชียงใหม่. 277 หน้า.

บัวทอง แก้วหล้า และ วรทัศน์ อินทรคัมพร. 2556. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการยอมรับการส่งเสริมการเลี้ยงโคเนื้อของเกษตรกร ในอำเภอหนองแสด จังหวัดเชียงใหม่ สาธารณรัฐ

- ประชาธิปไตยประชาชนลาว. วารสารเกษตร 29(3): 267-275.
- เปรม ฤ สงขลา. 2557. เรื่องของมะม่วง. วารสารเคหะการเกษตร 38(4): 133-134 หน้า.
- สุชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธุ์. 2546. ระเบียบวิธีวิจัยทางสังคม. เสี่ยงเซียง, กรุงเทพมหานคร. 146 หน้า.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2556. ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจเกษตร. ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพมหานคร. 113 หน้า.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2557. ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจเกษตร. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพมหานคร. 186 หน้า.
- Yamane, T. 1967. Elementary Sampling Theory. Prentice Hall, Michigan. 405 p.
-

ปัจจัยที่สัมพันธ์กับแรงจูงใจของทายาทเกษตรกรในการสานต่ออาชีพเกษตรใน อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่

Factors Related to Motivation of Farmer's Descendants on Agricultural Inheritance in Sanpatong District Chiang Mai Province

ศันสนีย์ กระจ่างโฉม^{1/} สุदारัตน์ อุทธารัตน์^{1/} ณัฐสิทธิ์ ศรีนุรักษ์^{1/} และ อุบลรัตน์ หย้าใส^{1/}
Sansanee Krajangchom^{1/}, Sudarat Auttarat^{1/}, Nattasit Srinurak^{1/} and Ubonrat Yasai^{1/}

^{1/}สถาบันวิจัยสังคม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

^{1/}Social Research Institute, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

*Corresponding author: Email: mm_sansanee@yahoo.com

(Received: 27 April 2015; Accepted: 14 July 2015)

Abstract: The purposes of this research were to study 1) general characteristics of farmer's descendants and household in Sanpatong district, Chiang Mai province 2) factors related to motivation of farmer's descendants on agricultural inheritance. The sampling group was 386 farmer's descendants by simple random sampling. The data was collected by questionnaire and analyzed by using descriptive statistics and hypothesis testing by multiple regression analysis. The results found that most of farmer's descendants were male, average age 19 years, most of them were student. Most of farmer's descendants live in agricultural community, family of farmer's descendant want their children inherit occupation. People in community think that farmer are very tiring labor, having a high tolerance, risk of oversupply, disasters, low income, poor, need loans for farming however more than half of people in community still want their children to continue doing farm.

In studying of attitude of farmer's descendants on agriculture, they think that farmer is important for community and country, consistent with context and environment of their community, there is food for household consumption, and farmer's descendants should continue doing farm. In aspect of motivation on agricultural inheritance, most of them focus on life success motivation, then engagement motivation, health motivation, security motivation, and recognized motivation, respectively.

There were three variables that had a statistical significantly correlated with motivation of farmer's descendants on agricultural inheritance as follows: 1) the period of household farming 2) agricultural information receiving 3) attitude of farmer's descendant to agriculture. As for the suggestions of this research, related organization should find way to motivate farmer's descendant to do farming, focus on knowledge of farm management, providing new agricultural information for farmers' decision-making. Moreover, they should encourage farmers' organization for agricultural price negotiations and provide market for agricultural products for stability of farmer household.

Keywords: Food security, motivation, farmer descendant, agriculture

บทคัดย่อ: การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) สถานภาพทั่วไปของทนายทเกษตรกรและครอบครัว ในอำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ 2) ปัจจัยที่สัมพันธ์กับแรงจูงใจในการสานต่ออาชีพเกษตรของทนายทเกษตรกร กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ ทนายทเกษตรกรจำนวน 386 ราย โดยวิธีการสุ่มแบบง่าย ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ สถิติพรรณนา และทดสอบสมมติฐานโดยใช้การวิเคราะห์ถดถอยพหุ ผลการศึกษาพบว่า ทนายทเกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย อายุเฉลี่ย 19 ปี ส่วนใหญ่เป็นนักเรียน/นักศึกษา ครอบครัวของทนายทเกษตรกรส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในชุมชนเกษตรกรรม ต้องการให้ทนายทเกษตรกรสืบทอดอาชีพเกษตร ส่วนคนในชุมชนเห็นว่าอาชีพเกษตรเป็นอาชีพที่ทำแล้วเหน็ดเหนื่อย ต้องใช้ความอดทนสูง มีความเสี่ยงจากภาวะสินค้าล้นตลาดเสี่ยงจากภัยธรรมชาติ มีรายได้น้อย ทำแล้วยากจน ต้องกู้ยืมเงินมาประกอบอาชีพ แต่คนในชุมชนเกินกว่าครึ่งยังคงต้องการให้ลูกหลานประกอบอาชีพเกษตร

ด้านทัศนคติของทนายทเกษตรกรเห็นว่า เป็นอาชีพที่มีความสำคัญต่อชุมชนและประเทศชาติ สอดคล้องกับบริบทและสภาพแวดล้อมของชุมชน ทำให้มีอาหารไว้บริโภคในครัวเรือน และควรสืบทอดอาชีพต่อกับบรรพบุรุษ ส่วนแรงจูงใจในการสานต่ออาชีพเกษตรนั้น ทนายทเกษตรกรให้ความสำคัญต่อแรงจูงใจด้านความสำเร็จในชีวิตมากที่สุด แรงจูงใจด้านการยอมรับหรือความผูกพัน แรงจูงใจด้านสุขภาพร่างกาย แรงจูงใจด้านความมั่นคงปลอดภัย และแรงจูงใจด้านการได้รับการยกย่องนับถือ การมีความรู้ความสามารถ ตามลำดับ

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับแรงจูงใจในการสานต่ออาชีพเกษตรของทนายทเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 หรือต่ำกว่า ได้แก่ 1) ระยะเวลาในการทำการเกษตรกรของครอบครัว 2) การได้รับข้อมูลข่าวสารด้านการเกษตรจากแหล่งต่าง ๆ และ 3) ทัศนคติต่อการประกอบอาชีพเกษตรของทนายทเกษตรกร ข้อเสนอแนะจากการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ควรสร้างแรงจูงใจให้ทนายทเกษตรกรหันมาสนใจอาชีพเกษตร โดยเน้นการให้ความรู้ด้านการบริหารจัดการการเกษตร เผยแพร่ข้อมูลข่าวสารด้านการเกษตรใหม่ ๆ เพื่อให้เกษตรกรสามารถตัดสินใจได้ถูกต้อง นอกจากนี้ควรส่งเสริมการรวมกลุ่มเกษตรกรในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อสร้างอำนาจต่อรองราคาสินค้าเกษตร รวมถึงหาตลาดในการรองรับผลผลิต เพื่อเป็นการสร้างความมั่นคงให้กับครอบครัวเกษตรกร

คำสำคัญ: ความมั่นคงทางอาหาร แรงจูงใจ ทนายทเกษตรกร การเกษตร

คำนำ

ประเทศไทยได้มีการดำเนินนโยบายการพัฒนาการเกษตรเพื่อเสริมสร้างความมั่นคงทางอาหารของประชากรในช่วงหลายสิบปีที่ผ่านมา และไทยยังถือเป็นประเทศที่สามารถผลิตอาหารได้มากเกินความต้องการในประเทศ จึงถูกเรียกว่าเป็น “อู่ข้าว” ของโลก (คณะกรรมการจัดทำข้อมูลสำหรับใช้คำนวณตัวเลขผู้ขาดสารอาหาร, 2556) เกษตรกรจึงเป็นอาชีพที่สำคัญ เป็นอาชีพดั้งเดิมของประเทศไทย เป็นรากฐานของสังคมและวิถีชีวิตของคนไทยมาตั้งแต่อดีตกาลจนถึงปัจจุบัน ทำหน้าที่ผลิตวัตถุดิบทางการเกษตร ไม่ว่าจะเป็นพืช ผัก ผลไม้ รวมไปถึงเนื้อสัตว์ต่าง ๆ จึงถือได้ว่าเป็นบันไดพื้นฐานสู่การพัฒนาในด้านอื่น ๆ

แม้ว่าประเทศไทยจะเป็นประเทศเกษตรกรรมให้ความสำคัญกับความมั่นคงของอาหารทั้งในระดับชาติและระดับชุมชน เป็นผู้ผลิตและส่งออกสินค้าเกษตรและอาหารเป็นอันดับ 7 ของโลก แต่สถานการณ์ด้านแรงงานภาคเกษตรที่ลดลง ถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อความมั่นคงทางอาหาร โดยเฉพาะภาคการผลิต เกษตรกรรายย่อยกำลังจะค่อย ๆ หดไป อายุเฉลี่ยของเกษตรกรไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี มีแต่ผู้สูงอายุที่ทำอาชีพเกษตร (พีรเดช, 2554) คนวัยทำงานในปัจจุบันไม่ต้องการประกอบอาชีพเกษตร เนื่องจากเห็นว่าเป็นอาชีพที่ใช้แรงงานมาก ทำแล้วมีหนี้สิน และเสี่ยงกับภาวะสินค้าล้นตลาดจนทำให้ราคาสินค้าเกษตรตกต่ำมายาวนานและยังไม่มีวิธีแก้ไขแบบยั่งยืน ทำให้ค่านิยมของคนในสังคมส่วนใหญ่ไม่สนใจที่จะประกอบอาชีพเกษตรกรรม ทั้ง ๆ

ที่ครอบครัวเกษตรกรถือเป็นหลักในการสร้างความมั่นคงทางอาหารของโลกและยังเป็นกลไกขับเคลื่อนประเทศให้มีการผลิตอาหารที่เพียงพอกับความต้องการ

การศึกษาแรงจูงใจในการสานต่ออาชีพเกษตรของทายาทเกษตรกรจึงเป็นประเด็นที่ทำนายและมีความสำคัญต่อความมั่นคงทางอาหาร เป็นเรื่องที่ต้องศึกษาเพื่อให้เกิดความตระหนักและนำไปสู่การแก้ไขปัญหาอย่างจริงจัง โดยเฉพาะในจังหวัดเชียงใหม่ที่เป็นจังหวัดที่มีความสำคัญในด้านการเกษตรของประเทศ เป็นแหล่งผลิตพืชผลทางการเกษตรและพืชผักเมืองหนาวที่สำคัญ และอำเภอสันป่าตองเป็นอำเภอหนึ่งที่มีพื้นที่ทำการเกษตรอย่างกว้างขวาง มีพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ รวมทั้งเป็นสถานที่ตั้งของวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีเชียงใหม่ โดยบทความนี้จะนำเสนอข้อมูลสนับสนุนเพื่อให้ทายาทเกษตรกรให้ความสำคัญในการสานต่ออาชีพเกษตร ไม่ละทิ้งอาชีพดั้งเดิมที่สืบทอดจากบรรพบุรุษ โดยจะเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องก่อนจะกลายเป็นปัญหาใหญ่ของประเทศในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาคือ ทายาทเกษตรกรในพื้นที่อำเภอสันป่าตองจากครัวเรือนเกษตรกรจำนวนทั้งสิ้น 8,457 ครัวเรือน (สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงใหม่, 2554) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้างครั้งนี้คือ ทายาทเกษตรกรในอำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ จำนวนทั้งสิ้น 386 ราย คำนวณหาขนาดกลุ่มตัวอย่างของ Taro Yamane (1967) อ้างโดย ธานินทร์ (2553) และใช้หลักความน่าจะเป็นในการสุ่มตัวอย่าง (probability sampling) โดยวิธีการสุ่มแบบง่าย (simple random sampling) ด้วยวิธีการจับสลาก (lottery method)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยใช้แบบสอบถาม (questionnaire) เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งมีคำถามเป็นแบบปลายปิด (close-ended questionnaire) และปลายเปิด (open-ended questionnaire) โดยมีการทดสอบความ

ถูกต้องของเนื้อหา (content validity) แล้วจึงนำไปทดลองเก็บข้อมูลกับทายาทเกษตรกรที่ไม่ใช่กลุ่มประชากรเป็นจำนวน 20 ราย มีการปรับปรุงแบบสอบถามก่อนนำไปใช้เก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา แล้วนำคำตอบที่ได้จากตอนที่ 1 (การได้รับข้อมูลข่าวสารด้านการเกษตรจากแหล่งต่าง ๆ) คำถามตอนที่ 2 (ทัศนคติต่อการประกอบอาชีพเกษตรของทายาทเกษตรกร) และคำถามตอนที่ 3 (แรงจูงใจในการสานต่ออาชีพเกษตรของทายาทเกษตรกร) มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อถือได้ของแบบสอบถาม โดยวิธีหาสัมประสิทธิ์อัลฟ่า (reliability coefficient) ตามวิธีการของ Cronbach (1951) ปรากฏว่า แบบสอบถามมีค่าสัมประสิทธิ์อัลฟ่า ได้แก่ ตอนที่ 1 (การได้รับข้อมูลข่าวสารด้านการเกษตรจากแหล่งต่าง ๆ) มีค่าเท่ากับ 0.823 คำถามตอนที่ 2 (ทัศนคติต่อการประกอบอาชีพเกษตรของทายาทเกษตรกร) มีค่าสัมประสิทธิ์อัลฟ่าเท่ากับ 0.857 และคำถามตอนที่ 3 (แรงจูงใจในการสานต่ออาชีพเกษตรของทายาทเกษตรกร) มีค่าสัมประสิทธิ์อัลฟ่าเท่ากับ 0.886 จากนั้นได้มีการปรับแบบสอบถามให้เหมาะสมอีกครั้ง ก่อนนำไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติ ได้แก่

- 1) สถิติพรรณนา (descriptive statistics) ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด
- 2) ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (weight mean score)
- 3) การวิเคราะห์ถดถอยพหุ (multiple regression analysis: MRA) เพื่อหาตัวแปรที่มีความสัมพันธ์หรือร่วมกันอธิบาย หรือทำนายความผันแปรของตัวแปรตาม (แรงจูงใจในการสานต่ออาชีพเกษตรของทายาทเกษตรกร) วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูปเพื่อการวิจัยทางสังคมศาสตร์

ผลการศึกษา

สถานภาพทั่วไปของทายาทเกษตรกรและครอบครัว

จากการศึกษาพบว่า ทายาทเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างอาศัยอยู่ในตำบลมะขุนหวานมากที่สุด ส่วนใหญ่

เป็นเพศชาย มีสถานภาพโสด นับถือศาสนาพุทธ มีอายุเฉลี่ย 19 ปี ร้อยละ 52.1 อยู่ระหว่างเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช. โดยร้อยละ 63.5 เรียนสาขาเกษตรศาสตร์ มีรายได้ต่อเดือน (เฉพาะที่หาได้ด้วยตัวเอง) เฉลี่ย 1,001.40 บาท และทายาทเกษตรกรเกือบครึ่งเคยได้รับการอบรมความรู้เรื่องการเกษตร

ครอบครัวของทายาทเกษตรกรมีจำนวนสมาชิกในครอบครัวเฉลี่ย 4.5 คน เป็นเกษตรกรเฉลี่ย 2.3 คน ระยะเวลาในการทำการเกษตรของครอบครัวเฉลี่ย 19.7 ปี ส่วนใหญ่ (ร้อยละ 65.5) ทำนา รองลงมาร้อยละ 47.2 ทำสวนผัก ไม้ผล ร้อยละ 31.1 ทำไร่ และร้อยละ 23.1 เลี้ยงสัตว์ ตามลำดับ รายได้ทั้งหมดของครอบครัวต่อเดือนเฉลี่ย 18,519.60 บาท รายจ่ายทั้งหมดต่อเดือนของครอบครัวเฉลี่ย 10,596.60 บาท (ตารางที่ 1) ครอบครัวของทายาทเกษตรกรร้อยละ 47.7 มีการกู้ยืมเงิน โดยร้อยละ 36.8 กู้ยืมเงินเพื่อทำการเกษตร รองลงมาร้อยละ 18.1 กู้เพื่อเป็นค่าใช้จ่ายภายในครอบครัว ร้อยละ 13.7 เป็นค่าใช้จ่ายในการศึกษาของบุตร ตามลำดับ ในส่วนของแหล่งเงินกู้ยืม ร้อยละ 23.8 กู้ยืมเงินจากธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (ธกส.) รองลงมาร้อยละ

23.1 กู้ยืมเงินจากกองทุนหมู่บ้าน ร้อยละ 13.2 กู้ยืมเงินจากสหกรณ์การเกษตร ตามลำดับ โดยส่วนใหญ่สามารถชำระหนี้ได้ตามกำหนด

การได้รับข้อมูลข่าวสารด้านการเกษตรจากแหล่งต่าง ๆ

ในภาพรวม ทายาทเกษตรกรได้รับข้อมูลข่าวสารในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 3.24) โดยได้รับข้อมูลข่าวสารด้านการเกษตรจากโทรทัศน์มากที่สุดคือ ค่าเฉลี่ย 3.86 (ระดับมาก) รองลงมา ได้รับจากอินเทอร์เน็ต เพื่อนบ้าน และจากเจ้าหน้าที่เกษตร ตามลำดับ ในด้านอิทธิพลจากครอบครัวและเพื่อนนั้น ครอบครัวของทายาทเกษตรกรส่วนใหญ่ (ร้อยละ 92.5) อาศัยอยู่ในชุมชนเกษตรกรรม เพื่อนของทายาทเกษตรกรส่วนใหญ่ (ร้อยละ 86.0) มาจากครอบครัวเกษตร ครอบครัวของทายาทเกษตรกรส่วนใหญ่ (ร้อยละ 85.5) ต้องการให้ทายาทเกษตรกรสืบทอดอาชีพเกษตร ร้อยละ 74.1 เพื่อนของทายาทเกษตรกรต้องการประกอบอาชีพด้านการเกษตร และร้อยละ 75.6 เพื่อนเคยแนะนำให้ทายาทเกษตรกรประกอบอาชีพเกษตร

Table 1 Mean and standard deviation of variables

Variables	Mean	Standard deviation
1. Age (Year)	18.65	2.31
2. Attending agricultural training or workshop (total score)	0.46	0.49
3. Members of family (number)	4.53	1.35
4. Members of agricultural labor (number)	2.32	0.89
5. Time span of farming (year)	19.66	15.352
6. Monthly household income (baht)	18,519.62	12,542.02
7. Monthly household expenses (baht)	10,596.61	10,467.04
8. Household debt (score)	0.49	0.50
9. Receiving agricultural information (level)	3.2489	0.79
10. Influence of family and friend (total score)	4.19	1.16
11. Social influence (total score)	3.89	1.75
12. Attitude of farmer's descendants on agricultural occupations (level)	3.34	0.46
13. Motivation of farmer's descendants on agricultural inheritance (level)	3.81	0.64

ในด้านอิทธิพลทางสังคมนั้น คนในชุมชนที่ทายาทเกษตรกรอาศัยอยู่ส่วนใหญ่ (ร้อยละ 90.4) เห็นว่าอาชีพเกษตรกรเป็นอาชีพที่ทำแล้วเหน็ดเหนื่อย ต้องใช้ความอดทนสูง รองลงมา ร้อยละ 74.9 เห็นว่าเป็นอาชีพที่มีความเสี่ยงจากภาวะสินค้าล้นตลาด ร้อยละ 74.4 เห็นว่ามีความเสี่ยงจากภัยธรรมชาติ ร้อยละ 59.1 เห็นว่าต้องกู้ยืมเงินมาประกอบอาชีพ ร้อยละ 51.6 เห็นว่าเป็นอาชีพที่มีรายได้น้อย ทำแล้วยากจน ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม คนในชุมชนร้อยละ 59.1 ยังคงต้องการให้ลูกหลานประกอบอาชีพเกษตร

ทัศนคติต่อการประกอบอาชีพเกษตรกรของทายาทเกษตรกร

ด้านของทัศนคติของทายาทเกษตรกรต่อการประกอบอาชีพเกษตรนั้น ในส่วนของทัศนคติด้านบวก ทายาทเกษตรกรเห็นว่า อาชีพเกษตรกรเป็นอาชีพที่มีความสำคัญต่อชุมชนและประเทศชาติในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.26) รองลงมาเห็นว่า เป็นอาชีพที่สอดคล้องกับบริบทและสภาพแวดล้อมของชุมชน (ค่าเฉลี่ย 4.01 ระดับมาก) เป็นอาชีพที่ทำให้มีอาหารไว้บริโภคในครัวเรือน (ค่าเฉลี่ย 3.92 ระดับมาก) เป็นอาชีพที่มีความสำคัญมากในอนาคต จึงควรสืบทอดอาชีพต่อจากบรรพบุรุษ (ค่าเฉลี่ย 3.91 ระดับมาก) และทายาทเกษตรกรสนใจที่จะหาข้อมูลด้านการเกษตรเพิ่มเติมเพื่อเป็นประโยชน์ต่อการประกอบอาชีพในอนาคต (ค่าเฉลี่ย 3.88 ระดับมาก) ตามลำดับ

ส่วนทัศนคติด้านลบนั้น ทายาทเกษตรกรเห็นว่า เป็นอาชีพที่ใช้แรงงานเป็นหลัก ทำแล้วเหน็ดเหนื่อย ต้องใช้ความอดทนสูง มากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 3.71 ระดับมาก) รองลงมาเห็นว่า ราคาสินค้าเกษตรอยู่ในระดับต่ำ มีความไม่แน่นอนสูง (ค่าเฉลี่ย 3.66 ระดับมาก) เป็นอาชีพที่มักถูกเอารัดเอาเปรียบ (ค่าเฉลี่ย 3.61 ระดับมาก) เป็นอาชีพที่มีความเสี่ยงจากภัยธรรมชาติ เช่น น้ำท่วม พายุรุนแรง ฝนแล้ง เป็นต้น (ค่าเฉลี่ย 3.54 ระดับมาก) และเป็นอาชีพที่มีความเสี่ยงจากภาวะสินค้าล้นตลาด (ค่าเฉลี่ย 3.47 ระดับมาก) ตามลำดับ

แรงจูงใจของทายาทเกษตรกรในการสานต่ออาชีพเกษตร

ในภาพรวม ทายาทเกษตรกรมีความคิดเห็นต่อแรงจูงใจในการสานต่ออาชีพเกษตรในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.79) ซึ่งหากพิจารณาในแต่ละด้านจะพบว่า มีแรงจูงใจด้านความสำเร็จในชีวิตมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.07 ระดับมาก) รองลงมาคือ แรงจูงใจด้านการยอมรับหรือความผูกพัน (ค่าเฉลี่ย 3.83 ระดับมาก) แรงจูงใจด้านสุขภาพร่างกาย (ค่าเฉลี่ย 3.81 ระดับมาก) แรงจูงใจด้านความมั่นคงปลอดภัย (ค่าเฉลี่ย 3.76 ระดับมาก) และแรงจูงใจด้านการได้รับการยกย่องนับถือ การมีความรู้ความสามารถ (ค่าเฉลี่ย 3.72 ระดับมาก) ตามลำดับ

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับแรงจูงใจในการสานต่ออาชีพเกษตรกรของทายาทเกษตรกร

การวิจัยครั้งนี้ ใช้การวิเคราะห์ถดถอยพหุ (multiple regression analysis: MRA) เพื่อหาตัวแปรที่มีความสัมพันธ์หรือร่วมกันอธิบาย หรือทำนายความผันแปรของตัวแปรตาม (แรงจูงใจในการสานต่ออาชีพเกษตรของทายาทเกษตรกร) ว่าตัวแปรอิสระแต่ละตัวมีความสัมพันธ์ในทิศทางใด หรือมีความสัมพันธ์มากน้อยเพียงใดกับตัวแปรตาม ซึ่งในการวิเคราะห์ครั้งนี้ ประกอบด้วยตัวแปรอิสระทั้งหมด 12 ตัว ได้แก่

- 1) อายุ (ปี)
- 2) การได้รับการอบรมความรู้เรื่องการเกษตร (คะแนน)
- 3) จำนวนสมาชิกในครอบครัว (คน)
- 4) จำนวนสมาชิกในครอบครัวที่เป็นเกษตรกร (คน)
- 5) ระยะเวลาในการทำการเกษตรของครอบครัว (ปี)
- 6) รายได้ทั้งหมดของครอบครัวต่อเดือน (บาท)
- 7) รายจ่ายทั้งหมดของครอบครัวต่อเดือน (บาท)
- 8) การกู้ยืมเงินของครอบครัว (คะแนน)
- 9) การได้รับข้อมูลข่าวสารด้านการเกษตรจากแหล่งต่าง ๆ (ระดับ)
- 10) อิทธิพลจากครอบครัวและเพื่อน (คะแนน)

11) อิทธิพลทางสังคม (คะแนน)

12)ทัศนคติต่อการประกอบอาชีพเกษตรของ
ทนายเกษตรกร (ระดับ)

ส่วนตัวแปรตาม ได้แก่ แรงจูงใจของทนายเกษตรกรในการสานต่ออาชีพเกษตร (ระดับ) วัดโดยใช้ค่าเฉลี่ยจากการแสดงความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถาม 5 ระดับตามวิธีการของลิเกิร์ต (Likert's scale)

การวิจัยครั้งนี้มีแบบจำลอง ดังนี้

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + \dots + b_{12}x_{12}$$

สัญลักษณ์ของตัวแปร

ตัวแปรตาม

Y = แรงจูงใจในการสานต่ออาชีพเกษตรของ
ทนายเกษตรกร (ระดับ)

ตัวแปรอิสระ

X_1 = อายุ (ปี)

X_2 = การได้รับการอบรมความรู้เรื่องการเกษตร
(คะแนน)

X_3 = จำนวนสมาชิกในครอบครัว (คน)

X_4 = จำนวนสมาชิกในครอบครัวที่เป็นเกษตรกร
(คน)

X_5 = ระยะเวลาในการทำการเกษตรของครอบครัว
(ปี)

X_6 = รายได้ทั้งหมดของครอบครัวต่อเดือน (บาท)

X_7 = รายจ่ายทั้งหมดของครอบครัวต่อเดือน
(บาท)

X_8 = การกู้ยืมเงินของครอบครัว (คะแนน)

X_9 = การได้รับข้อมูลข่าวสารด้านการเกษตรจาก
แหล่งต่าง ๆ (ระดับ)

X_{10} = อิทธิพลจากครอบครัวและเพื่อน (คะแนน)

X_{11} = อิทธิพลทางสังคม (คะแนน)

X_{12} = ทัศนคติต่อการประกอบอาชีพเกษตรของ
ทนายเกษตรกร (ระดับ)

เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระแต่ละคู่ พบว่า ไม่มีปัญหาที่เกิดจากตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันเองที่จะทำให้เกิดปัญหา multicollinearity อันเป็นการละเมิดข้อสมมุติฐานที่กำกับเทคนิคการวิเคราะห์หัตถดอยพหุ โดยดูจากค่า r ในตาราง correlation ระหว่างตัวแปรอิสระ พบว่าไม่มีตัวแปรอิสระคู่ใดที่มีความสัมพันธ์กันสูงกว่า 0.80 (ชูศักดิ์, 2551)

จากการวิเคราะห์หัตถดอยพหุ โดยการนำตัวแปรอิสระทั้ง 12 ตัวเข้าในสมการแล้วคำนวณโดยใช้วิธี Enter ผลปรากฏว่าได้ค่า F เท่ากับ 7.854; P Value เท่ากับ .000 (ตารางที่ 2) หมายความว่า มีตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามในรูปเชิงเส้น เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์กับการตัดสินใจเชิงพหุ (multiple coefficient of determination, R^2) ปรากฏว่า R^2 มีค่าเท่ากับ .221 หมายความว่า ตัวแปรอิสระทั้งหมดสามารถอธิบายการผันแปรหรือการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม (แรงจูงใจในการสานต่ออาชีพเกษตรของทนายเกษตรกร) ได้ร้อยละ 22.1 เป็นที่สังเกตได้ว่าค่า R^2 ที่ได้จากการวิเคราะห์มีค่าต่ำ ซึ่งโดยทั่วไป การทำนายพฤติกรรมในสาขาจิตวิทยา ค่า R^2 ที่ได้จะมีค่าต่ำกว่าร้อยละ 50 เป็นส่วนมาก เนื่องจาก มนุษย์เป็นสิ่งที่ยากจะคาดเดาได้เมื่อเทียบกับกระบวนการทางกายภาพ และไม่ว่าค่า R^2 จะเป็นอย่างไรก็ยังคงใช้เพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตอบสนองเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวทำนาย (predictor) 1 หน่วย ซึ่งถือว่าข้อมูลดังกล่าวยังมีคุณค่าที่ต้องคำนึงถึงเป็นอย่างมาก (สุดี และชลทิศา, 2557)

ในบรรดาตัวแปรอิสระทั้ง 12 ตัว มีตัวแปรจำนวน 3 ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 หรือต่ำกว่า ได้แก่ 1) ระยะเวลาในการทำการเกษตรของครอบครัว 2) การได้รับข้อมูลข่าวสารด้านการเกษตรจากแหล่งต่าง ๆ และ 3) ทัศนคติต่อการประกอบอาชีพเกษตรของทนายเกษตรกร โดยตัวแปรทั้ง 3 ตัวแปร มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามในเชิงบวก

Table 2 Multiple regression analysis for factors affecting the attitude of farmer's descendants on agricultural occupations

Variables	(b)	t	P-value
1. Age (Year)	.019	1.254	.211
2. Attending agricultural training or workshop (total score)	.001	.020	.984
3. Members of family (number)	-.006	-.192	.848
4. Members of agricultural labor (number)	-.055	-1.213	.226
5. Time span of farming (year)	.007	3.036	.003*
6. Monthly household income (baht)	4.563E-7	.156	.877
7. Monthly household expenses (baht)	4.516E-6	1.325	.186
8. Household debt (score)	.035	.536	.592
9. Receiving agricultural information (level)	.163	3.972	.000**
10. Influence of family and friend (total score)	.036	1.277	.203
11. Social influence (total score)	.031	1.654	.099
12. Attitude of farmer's descendants on agricultural occupations (level)	.457	6.264	.000**
R ² = .221	SEE = .58308	F = 7.854	P Value = .000

Note: * Significantly different at P < .01

** Significantly different at P < .001

อภิปรายผล

การศึกษาปัจจัยที่สัมพันธ์กับแรงจูงใจในการสานต่ออาชีพเกษตรของทายาทเกษตรกรในอำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ สามารถอภิปรายความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ ดังนี้

ระยะเวลาในการทำการเกษตรของครอบครัว

ระยะเวลาในการทำการเกษตรของครอบครัวมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับแรงจูงใจในการสานต่ออาชีพเกษตรของทายาทเกษตรกร หมายความว่า ครอบครัวของทายาทเกษตรกรที่ทำการเกษตรมาเป็นระยะเวลานาน จะมีแรงจูงใจในการสานต่ออาชีพเกษตรของครอบครัวมาก สามารถอธิบายได้ว่า อาชีพเกษตรซึ่งเป็นการอาชีพดั้งเดิมของประเทศไทยที่ทำหน้าที่ผลิตสินค้าหรือผลผลิต ไม่ว่าจะเป็นพืช ผัก ผลไม้ รวมถึงเนื้อสัตว์ต่าง ๆ โดยมีการสืบทอดการทำการเกษตรให้ลูกหลานต่อกันมาเป็นทอด ๆ

ครอบครัวเกษตรกรที่ทำการเกษตรมาเป็นระยะเวลานานจนเกิดความมั่นคงและสามารถสร้างรายได้ให้กับครอบครัว จึงทำให้ทายาทเกษตรกรมีความต้องการที่จะสานต่ออาชีพเกษตรของครอบครัวในอนาคต ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2554) ที่ได้รายงานถึงหนึ่งในปัจจัยที่มีผลต่อแรงจูงใจในการประกอบอาชีพเกษตร คือ ปัจจัยด้านการทำอาชีพหลักทางการเกษตร โดยมีข้อเสนอแนะให้ภาครัฐควรให้ความสำคัญกับการส่งเสริมและสนับสนุนด้านความรู้ เงินทุน แหล่งน้ำในเขตชลประทานและนอกเขตชลประทานในการทำการเกษตรอย่างต่อเนื่อง และควรปลูกฝังบุตรหลานเกษตรกรให้มีความภูมิใจในการประกอบอาชีพเกษตร เพื่อสร้างทัศนคติที่ดีต่ออาชีพเกษตรให้แก่เยาวชนเกษตรกรรุ่นใหม่ และสอดคล้องกับงานวิจัยของยศ และชนินทร์ (2558) ที่รายงานถึงเงื่อนไขสำคัญที่เป็นแนวโน้มให้บุตรหลานเกษตรกรตัดสินใจเข้าสู่อาชีพเกษตร ได้แก่ การมีที่ดินทำกินเพียงพอต่อการทำการเกษตรที่

ได้รับมรดกจากบิดามารดา การมีแหล่งน้ำที่เอื้ออำนวย การสร้างรายได้จากการทำการเกษตร และการมีเงินทุนในการทำการเกษตร จะเป็นการส่งเสริมให้บุตรหลานเกษตรกรหันมาสนใจอาชีพเกษตรมากขึ้น

การได้รับข้อมูลข่าวสารด้านการเกษตรจากแหล่งต่าง ๆ

การได้รับข้อมูลข่าวสารด้านการเกษตรจากแหล่งต่าง ๆ มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับแรงจูงใจในการสานต่ออาชีพเกษตรของทายาทเกษตรกร หมายความว่า ทายาทเกษตรกรที่ได้รับข้อมูลข่าวสารด้านการเกษตรจากแหล่งต่าง ๆ มาก จะทำให้มีแรงจูงใจในการสานต่ออาชีพเกษตรของครอบครัวมาก สามารถอธิบายได้ว่า ข้อมูลข่าวสารด้านการเกษตรที่มีมากมายในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็นสื่อวิทยุ โทรทัศน์ หนังสือพิมพ์ แผ่นพับ หรือสื่ออื่น ๆ ล้วนให้ข่าวสารกันอย่างท่วมท้น หากมีการจัดข้อมูลข่าวสารด้านการเกษตรให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม (positioning) ก็จะทำให้ข้อมูลข่าวสารส่งไปยังทายาทเกษตรกร ทำให้ข้อมูลข่าวสารได้รับความสนใจและมีความดึงดูดใจมากพอ จนทำให้เกิดแรงจูงใจแก่บุคคลเป้าหมายหรือทายาทเกษตรกรในการสานต่ออาชีพเกษตรของครอบครัว (นิรินทรชัย, 2542)

ทัศนคติต่อการประกอบอาชีพเกษตรของทายาทเกษตรกร

ทัศนคติต่อการประกอบอาชีพเกษตรของทายาทเกษตรกรมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับแรงจูงใจในการสานต่ออาชีพเกษตรของทายาทเกษตรกร หมายความว่า ทายาทเกษตรกรที่มีทัศนคติด้านบวกต่อการประกอบอาชีพเกษตร จะมีแรงจูงใจในการสานต่ออาชีพเกษตรของครอบครัวมาก สามารถอธิบายได้ว่า ทัศนคติสะท้อนสิ่งต่าง ๆ ภายในจิตใจซึ่งส่งผลต่อพฤติกรรมที่หลากหลาย เป็นการสะท้อนมุมมองของบุคคลที่มีต่อสิ่งต่าง ๆ และมีแนวโน้มที่จะแสดงออกตามทัศนคติเพื่อให้เกิดพฤติกรรมที่ต้องการได้ (ฉัตยาพร, 2550) การที่ทายาทเกษตรกรมีทัศนคติที่ดีต่อการประกอบอาชีพเกษตร ก็จะส่งผลให้เกิดแรงจูงใจในการสานต่ออาชีพเกษตรของครอบครัว สอดคล้องกับงานวิจัย สุนทร (2543) ที่ได้ศึกษาการ

พัฒนากระบวนการเรียนการสอนวิชาเกษตรเพื่อเสริมสร้างทัศนคติของนักเรียน พบว่า ขั้นตอนการพัฒนากระบวนการเรียนการสอนเพื่อเสริมสร้างทัศนคติของนักเรียนประกอบด้วยขั้นตอน ได้แก่ 1) การรับอาสาสมัครนักเรียนที่สนใจ 2) เรียนรู้ทัศนคติของนักเรียนเกี่ยวกับการเรียนการสอนวิชาเกษตร 3) ดำเนินกิจกรรมที่นักเรียนได้นำเสนอ ประกอบด้วย การทัศนศึกษา สัมภาษณ์เกษตรกรและฟังบรรยายจากเกษตรกรผู้ประสบความสำเร็จ การสาธิตทางการเกษตร การปฏิบัติงานโครงการเกษตร และ 4) การประเมินผลการจัดกิจกรรม ซึ่งกิจกรรมดังกล่าวเป็นการสร้างทัศนคติที่ดีต่ออาชีพเกษตรให้กับทายาทเกษตรกร นอกจากนี้ นิเวศน์ (2543) ยังได้ศึกษาบทบาทของครูเกษตรต่อการส่งเสริมอาชีพเกษตรในโรงเรียนมัธยมศึกษา พบว่า บทบาทของครูเกษตรในการส่งเสริมอาชีพเกษตร มีวางแผนการถ่ายทอดความรู้ และติดตามประเมินผลอย่างสม่ำเสมอ บทบาทด้านการบริการแนะแนวการประกอบอาชีพเกษตรได้มีการปฏิบัติเป็นประจำ ซึ่งถือเป็นหนึ่งในกิจกรรมการสร้างทัศนคติที่ดีให้กับทายาทเกษตรกรเช่นเดียวกัน

สรุป

ประเด็นปัญหาของเกษตรกรเป็นวงจรปัญหาพื้นฐานมาเป็นระยะเวลายาวนาน และยังไม่มีแนวทางแก้ไขที่ชัดเจนในการยกระดับคุณภาพชีวิตของเกษตรกร จึงทำให้จำนวนการสืบทอดอาชีพเกษตรของทายาทเกษตรกรลดลง ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่อความมั่นคงทางอาหารของชุมชนและประเทศ และอาจกลายเป็นปัญหาใหญ่ในอนาคตได้ โดยการศึกษาวิจัยครั้งนี้ พบว่า ความคิดเห็นต่อแรงจูงใจที่จะทำให้ทายาทเกษตรกรหันมาสืบทอดอาชีพเกษตรของครอบครัว ได้แก่ แรงจูงใจด้านความสำเร็จในชีวิต สามารถสืบทอดอาชีพให้กับลูกหลานได้รุ่นต่อรุ่น สร้างความมั่นคงให้กับครอบครัวได้ทั้งในปัจจุบันและอนาคต

ปัจจัยที่สัมพันธ์กับแรงจูงใจในการสานต่ออาชีพเกษตรของทายาทเกษตรกร ได้แก่ 1) ระยะเวลาในการทำการเกษตรของครอบครัว 2) การได้รับข้อมูลข่าวสารด้านการเกษตรจากแหล่งต่าง ๆ และ 3) ทัศนคติต่อการ

ประกอบอาชีพเกษตรกรของทายาทเกษตรกร ดังนั้น ข้อเสนอแนะจากการวิจัยในครั้งนี้ จากผลการศึกษาที่พบว่าระยะเวลาในการทำการเกษตรของครอบครัวมีความสัมพันธ์กับแรงจูงใจในการสานต่ออาชีพของทายาทเกษตรกร หน่วยงานที่เกี่ยวข้องจึงควรจัดทำแผนให้เกษตรกรสามารถประกอบอาชีพได้อย่างมีคุณภาพ สร้างความมั่นคงให้กับครอบครัวได้ โดยเน้นการให้ความรู้ด้านการบริหารจัดการการเกษตร เพื่อนำไปใช้ประยุกต์ในการประกอบอาชีพในลักษณะการทำการเกษตรของตนเอง ไม่เป็นลูกจ้างหรือแรงงานของผู้อื่น ควรเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารด้านการเกษตรใหม่ ๆ เพื่อให้เกษตรกรสามารถตัดสินใจได้ถูกต้องและเหมาะสม นอกจากนี้ ควรส่งเสริมการรวมกลุ่มเกษตรกรในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อสร้างอำนาจต่อรองราคาสินค้าเกษตรกร รวมถึงหาตลาดเพื่อรองรับผลผลิต เพื่อเป็นการสร้างทัศนคติด้านบวกต่ออาชีพเกษตร และเพื่อให้ทายาทเกษตรกรรู้สึกต้องการสานต่ออาชีพเกษตรของครอบครัวต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่สนับสนุนงบประมาณการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณทายาทเกษตรกรทุกท่านที่ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ และขอขอบคุณผู้ประสานงานทุกท่านที่ทำงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- คณะกรรมการจัดทำข้อมูลสำหรับใช้คำนวณตัวเลขผู้ขาดสารอาหาร. 2556. รายงานการวิเคราะห์ความมั่นคงทางอาหารและภาวะโภชนาการของไทย พ.ศ. 2548-2554. กรุงเทพฯ: บริษัทธรรมดาเพรส จำกัด. 61 หน้า.
- จัตยาพร เสมอใจ. 2550. พฤติกรรมผู้บริโภค. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น. 256 หน้า.
- ชูศักดิ์ จุฑาธุช. 2551. การวิเคราะห์ข้อมูลและการใช้สถิติในงานวิจัย. กรุงเทพฯ: บริษัท ส.เสริมมิตรการพิมพ์ จำกัด. 209 หน้า.
- ธานินทร์ ศิลป์จารุ. 2553. การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS. พิมพ์ครั้งที่ 11. กรุงเทพฯ: บริษัท เอส อาร์ พรินติ้ง แมสโปรดักส์ จำกัด. 520 หน้า.
- นรินทร์ชัย พัฒนพงศา. 2542. การสื่อสาร-รณรงค์เชิงยุทธศาสตร์เพื่อเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมมนุษย์ เน้นการเจาะจงกลุ่ม. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์วีวีเอ. 280 หน้า.
- นิเวศน์ อินตารัตน์. 2543. บทบาทของครูเกษตรต่อการส่งเสริมอาชีพเกษตรกรในโรงเรียนมัธยมศึกษา จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 108 หน้า.
- พีรเดช ทองอำไพ. 2554. เกษตรไทยในอนาคต. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: www.ladda.com/managedataladda/journal/agriculturethailand.pdf. (2 พฤษภาคม 2556)
- ยศ บริสุทธิ และชนินทร์ แก้วคะตา. 2558. เงื่อนไขฐานรากในการเข้าสู่อาชีพเกษตรกรของเกษตรกรและบุตรหลานเกษตรกร. วารสารเกษตร 31(2): 215-244.
- สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงใหม่. 2554. ข้อมูลพื้นฐานการเกษตรจังหวัดเชียงใหม่ ปี 2554. (ระบบออนไลน์). แหล่งที่มา www.chiangmai.doe.go.th/agridata003.html. (2 พฤษภาคม 2556).
- สุนทร อินทะนิต. 2543. การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนวิชาเกษตรเพื่อเสริมสร้างทัศนคติของนักเรียนในโรงเรียนวัดโนนทัยพยับ. การค้นคว้าแบบอิสระ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 114 หน้า.
- สุวดี นำพาเจริญ และชลธิชา จำรัสพร. 2557. การวิเคราะห์สมการถดถอย. (ระบบออนไลน์). แหล่งที่มา <http://www.tpa.or.th/nitctool/wri>

ter.php?bookID=3086&pageid=1&read=true&count=true (20 พฤศจิกายน 2557).

Cronbach, L. J. 1951. Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3): 297-334.

Provincial Migration and Agricultural Population Change in Thailand

การย้ายถิ่นระดับจังหวัดกับการเปลี่ยนแปลงของประชากรเกษตรในประเทศไทย

ชานนท์ สุวรรณมนตรี^{1/*} และ Hiroyuki Kawashima^{1/}

Chanon Suwanmontri^{1/*} and Hiroyuki Kawashima^{1/}

^{1/} Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo, Tokyo 113-0032, Japan

*Corresponding author: Email: chanonsuwan@yahoo.com

(Received: 15 May 2015; Accepted: 17 July 2015)

บทคัดย่อ: งานวิจัยฉบับนี้ศึกษาถึงความสัมพันธ์ของการย้ายถิ่นระดับจังหวัดกับการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนและโครงสร้างอายุประชากรเกษตรในประเทศไทย จากการศึกษาพบว่ากรุงเทพมหานครมีจำนวนประชากรย้ายถิ่นสุทธิมากที่สุดมาโดยตลอด รองลงมาได้แก่จังหวัดในเขตปริมณฑล ขณะที่จังหวัดที่มีจำนวนประชากรย้ายถิ่นออกมากที่สุดหลายจังหวัดอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยส่วนใหญ่ได้ย้ายถิ่นไปยังกรุงเทพมหานคร สาเหตุมาจากความเป็นเมืองที่เติบโตในรูปแบบเอกราชทำให้ประชากรย้ายถิ่นข้ามจังหวัดมาเพื่อรายได้ที่สูงขึ้น ซึ่งเห็นได้จากความสัมพันธ์ระหว่างการเติบโตของผลผลิตทางเศรษฐกิจและร้อยละของการย้ายถิ่นสุทธิของแต่ละจังหวัด ผู้ย้ายถิ่นออกส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 15 ถึง 29 ปี จึงก่อให้เกิดสังคมเกษตรสูงวัย โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของการย้ายถิ่นออกกับสัดส่วนประชากรเกษตรสูงวัยที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละจังหวัดมีค่า 0.61 สัดส่วนประชากรเกษตรสูงวัยโดยรวมทั้งประเทศเพิ่มขึ้นจาก 6.6 เปอร์เซ็นต์ เป็น 16.0 เปอร์เซ็นต์ ภายใน 30 ปี พบการเปลี่ยนแปลงสูงที่สุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งเพิ่มขึ้นจาก 4.6 เปอร์เซ็นต์ เป็น 16.9 เปอร์เซ็นต์ จึงสามารถสรุปได้ว่า การย้ายถิ่นระดับจังหวัดก่อให้เกิดสังคมเกษตรสูงวัยในประเทศไทย ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพของภาคเกษตรไทยได้

คำสำคัญ: สังคมสูงวัย ประชากรภาคเกษตรกรรม การย้ายถิ่นระดับจังหวัด ประเทศไทย

Abstract: This paper examined associations between inter-provincial migration and change in age structure, as well as the proportion, of agricultural population in Thailand during 1980 and 2010. Bangkok, the capital city, had highest net migrant numbers through the reference period, followed by its neighboring suburban provinces. Meanwhile, provinces with highest out-migrants were in agricultural Northeast region and most of them targeted Bangkok. The predominant urbanization stimulated inter-provincial migration with higher income opportunities, which can be seen from the relation between per-capita GDP growth and percent net migration of all provinces, consequently caused less agricultural labor proportion in rural provinces. Furthermore, the majority of migrants were 15-29 years old which raised aging agricultural worker proportion for whole country from 6.6 to 16.0 percent in only 30 years. The worst was found in out-migrating Northeast region, from 4.9 to 16.9 percent. A positive correlation coefficient of 0.61, between average percent out-migration and change in aging agricultural worker percentage, clarified that inter-provincial migration in Thailand has created aging agricultural society and may cause instability in Thai agriculture.

Keywords: Aging, agricultural workers, inter-provincial migration, Thailand

Introduction

There have been discussions for decades about labor transfer from agricultural sector to modern sectors since Arthur Lewis' Dual sector model was proposed in 1954 (Gersovitz *et al.*, 2012). Under the same unit of space, urban lands are mainly occupied for residence, industry, commercial, etc. (Naab *et al.*, 2013). Urban-centered development along with the economic growth causes people move from rural to urban areas by two incentives: wages and infrastructures (Panudulkitti, 2011; Samuel and George, 2002). The degree of urban concentration is meaningful; unevenly distributed urban population swings economic and social structures (Bertinelli and Black, 2004). Asian cities in 2008, including Thailand, were 42 percent urbanized and continued growing 2.5 percent per year (Lehman, 2008). Thailand has been complying with the dual sector model upon rapid economic growth, yet the country came across a parallel phenomenon; urbanization in Thailand has been city-dominated (Hill, 1995).

There are several pieces of research on relation between migration and aging society in rural areas. The study of Nyanguru (2007) stated that migration is linked with urbanization and changes population structure. Urban growth is driven by young migrants from rural areas to cities (Kinsella, 2001). Compared to urban areas, aging population proportion in rural area is expected to be higher as a result of young out-migration or in-migration of retirees (Burholt, 2012). A case study conducted in Chiang Mai province, in the Northern part of Thailand, by Fongmul and Meka (2013), showed that a majority of agricultural workers in the area was elderly as young farmers migrated out increasingly; that resulted in powerful worker shortage.

Still, there is hardly a study in macro-viewpoint about how migration in Thailand impacts age structure of agricultural population, who mainly reside in rural area. Hence, the objective of this paper is to find out whether or not, and to what extent, Thailand's inter-provincial migration causes aging agricultural society (Thailand consists of 76 provinces and officially divided into six regions -

North, Central, Northeast, West, East, and South region). The reference time period of this study was between 1980 and 2010. In order to fulfill the objective, major factor driving migration directions are analyzed. Then the effects of inter-provincial migration on age structure of agricultural workers are examined, followed by positive discussions. Population data concerning numbers and characteristics-age, sex, occupation, and migrating direction—are derived from Thailand Population and Housing Census (Thailand National Statistical Office, 1980a; 1980b; 1990a; 1990b; 2000a; 2000b; 2010a; 2010b). Economic data - GDP per capita, total agricultural products, are acquired from National Economic and Social Development Board, Thailand.

Migration in Thailand from 1980 to 2010

The data on inter-province migrants are provided decennially, by Thailand National Statistical Office, in Thailand Population Census that includes numbers of migrants in last five years of the census year. Totally there are three periods of migrant data available from 1980 to 2010: numbers of migrants during 1985-1990, 1995-2000, and during 2005-2010. Migration data, along with summary, in regional level are also provided in Population Migration Survey (full report) since 1994, annually since 2008. Analysis of the statistics was published in 1995 by Mahidol University's Institute for Population and Social Research, National Migration Survey of Thailand. According to the survey, migration had been rural-to-rural before 1970 (Institute for Population and Social Research, 1995). At the time of survey, Bangkok played as origin or destination around 56 percent of total interregional migration (Institute for Population and Social Research, 1995). Over three periods, region with highest in-migrants was Central region. All regions

but Northeast had increases in number of in-migrants along the reference time. Northeast region also had rocketing out-migrant number from 779,027 people, during 1995-2000, to over 1.13 million, becoming the most out-migrating region which most of the migrants targeted Bangkok.

The next step on analyzing tendency of migration is to find most related indicator to number of migrants in each province. Ullah (2004) suggested PEST factors: political, economic, social, and technical factors influencing migration. Among those, Sricharoen (2013) asserted that out-migrants from rural to urban areas give their priority to better income, the economic factor. As reported in Thailand Population Census 2010 (Thailand National Statistical Office, 2010b), the major reason of overall migrants during 2005-2010 was work-related reason, accounting for 41.6 percent of total migrants. This can be presumed that economic factors influence most on migration; but degree of the influence is dubious.

To find the relation between the economic indicator and inter-provincial migration, this paper calculated net-migration percentage in five-year period since using in-migrant data in percentage form cuts influence of population growth. Per-capita GDP growth from 2005 to 2010 of all 76 provinces, together with net migrant percentage over last five years was plotted in Figure 1. It was found that there was a positive relation between the two variables. The correlation coefficient of GDP per capita growth during 2005-2010 and in-migrant percentage during 2005-2010 was 0.767. This can be implied that provinces with high per-capita GDP growth, which are mainly comprised of non-agricultural sectors induced people to move in, meanwhile which with low per-capita gives people no incentive to migrate in.

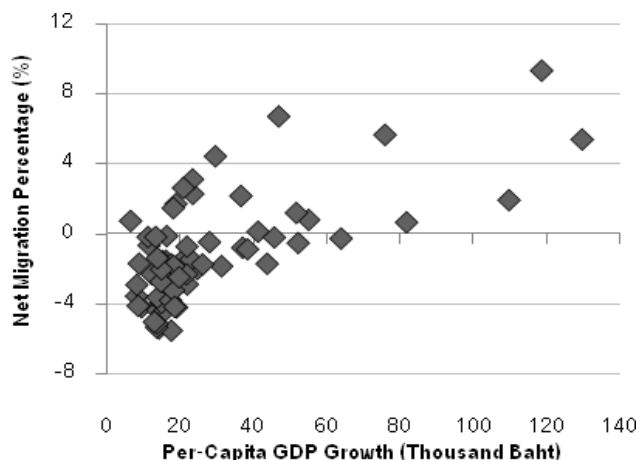


Figure 1 Association between per-capita GDP growth and net migration during 2006-2010 of all provinces

There is a room for argument about effects of migration on population age structure as people normally do not migrate evenly by age group. Whole country's out-migrant age-group with highest proportion was 20-24 years old group accounting for 23.4 percent for male migrants, and 20.9 percent for female ones. The second highest percentage of whole country was found in age group 25-29, 17.2 percent for males and 15.5 percent for females. Yet, there was gradual dissimilarity of age-group proportions between sexes. Male out-migrants in age group 15-19 accounted for only 11.1 percent of total male out-migrants, while female ones were 15.9 percent of total female out-migrants. A reason behind the difference was suggested by Osaki (1999) that female workers are preferable for service and commerce sectors, which are increased in urban development. However, the age proportion of out-migrants changed gradually over periods. The country's average proportion of out-migrants aged 30-39 and 40-49 also increased by 5 percent from period 1985-1990 to 2005-2010, implying that out-migrants from many provinces tended to be older.

The young out-migrant percentage (5-9 years old) declined by 6.5 percent over the same time, probably due to better capacities of overall educational places.

Effect of inter-provincial migration on agricultural society

Such migration trend in which people aged 20-29 took a major role was questioned that it would impact the agricultural society in rural areas in several ways.

1. Less agricultural worker percentage

For one thing, realizing a vast GDP gap, out-migrants usually enter modern sectors in urban areas upon migration leaving the agricultural sector (Aemkulwat, 2010). This paper introduces agricultural worker percentage defined as persons aged fifteen and over who are employed in economic activities related to agriculture.

The agricultural worker percentage is a fraction of number of agricultural workers on total

number of 15-years-old-up workers, in given province. Data on number of agricultural workers and total workers by province are provided in Thailand Population and Housing Census (Thailand National Statistical Office, 1980a; 1980b). According the census, Thailand had provincial average agricultural worker percentage at 72.3 percent; however the percentage varied in different regions in 1980. Figure 2 displays the map of agricultural worker proportion in 2010, to be compared with 1980. The region with highest agricultural worker percentage was Northeast region (89.3 percent), while region with lowest one was Central region (61.6 percent). Si Sa Ket, a Northeast province, ranked first with 93.3 percent,

whereas Bangkok got the lowest rank merely 4.9 percent. It was clear that agriculture was hardly left in Bangkok, that is to say Bangkok was greatly urbanized. It can be seen from the map that Bangkok and its surrounding provinces were apparently urban zone of the country. Central region was the most urbanized region and Northeast region was the most rural one.

The most dramatic drop in agricultural worker percentage from 1980 to 2010 was found in the East region, not the Central region, which plunged by 29.2 percent to solely 37.1 percent. In keeping with the 2010 percentage status, Central region was still identified as the most urbanized. Region with highest percentage in 2010,

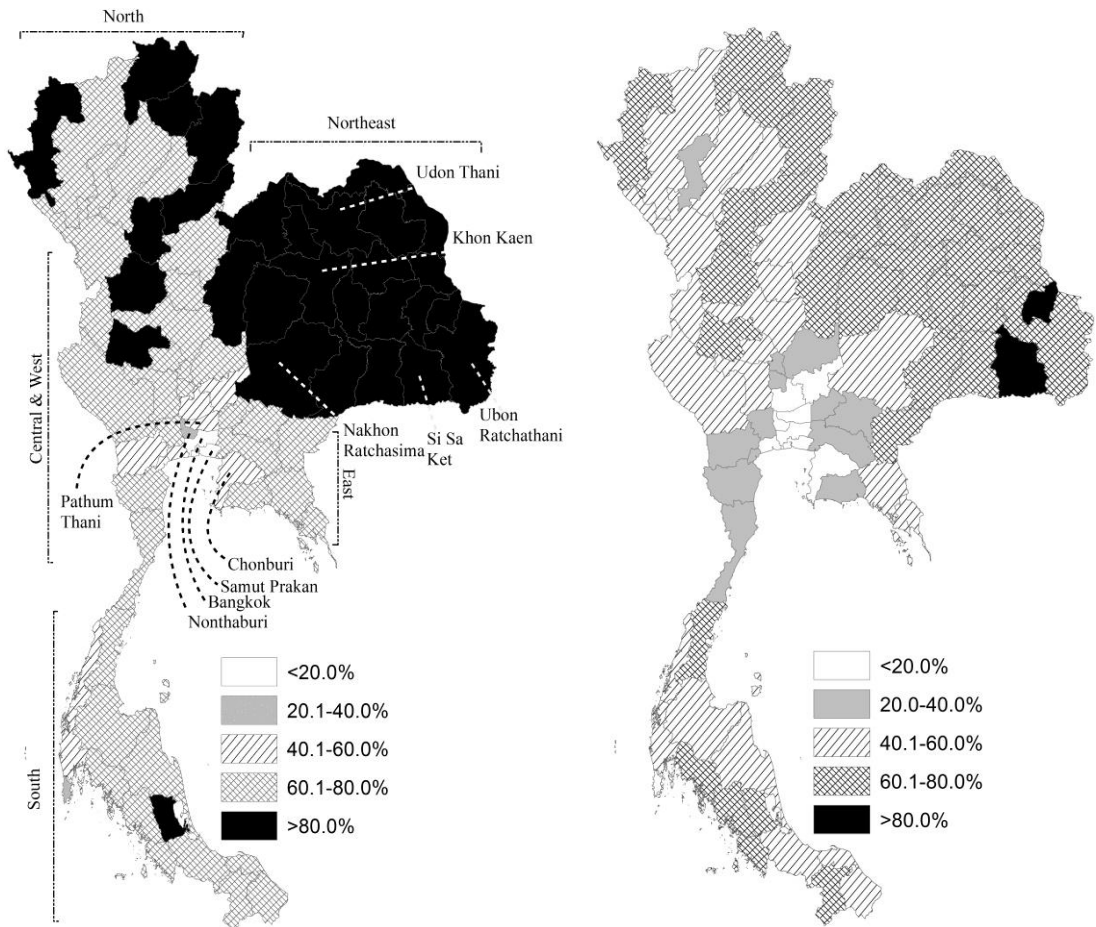


Figure 2 Thailand map by agricultural worker percentage in 1980 (left) and 2010 (right)

73.8 percent, was still Northeast in spite of it falling by 15.5 percent since 1980. During the period 2005-2010, 11.6 percent of total migrant moved within province from non-municipal areas. The sinking agricultural worker portion may partly come from other factors, namely intra-province migration, yet the effect was small. The average changes in agricultural worker percentage of the entire state from 1980 to 2010 were negative 22.8 percent, while percentage of population in municipal area rose by 27.17 percent. Briefly considering inter-province migrant percentage from non-municipal of whole country population, there were 2.79 percent during 1995-2000 period and 2.62 percent during 2005-2010 (no available data in 1985-1990). Provided that the percentages were negligibly fluctuated, there may have been 17.33 percent of whole country population who migrated from non-municipal areas across provinces over 30 years. This means that there is possibility that 17.33 percent out of the 22.8 percent agricultural decrease migrated to more-urban provinces transferring to non-agricultural sectors.

Viewing at provincial levels, the maximum decrease in agricultural worker percentage was found in Rayong, by 45.3 percent from 70.0 percent in 1980. The east-region coast to the Gulf of Thailand with its capes and gulfs are appropriate for sea ports and transportation industry. As a consequence, an industrial boom occurred in Rayong province since 1990s under the (IEAT) project, centered in Mabtapud district (Aruninta, 2012; Leuprasert *et al.*, 1995).

2. Higher aging agricultural worker proportion

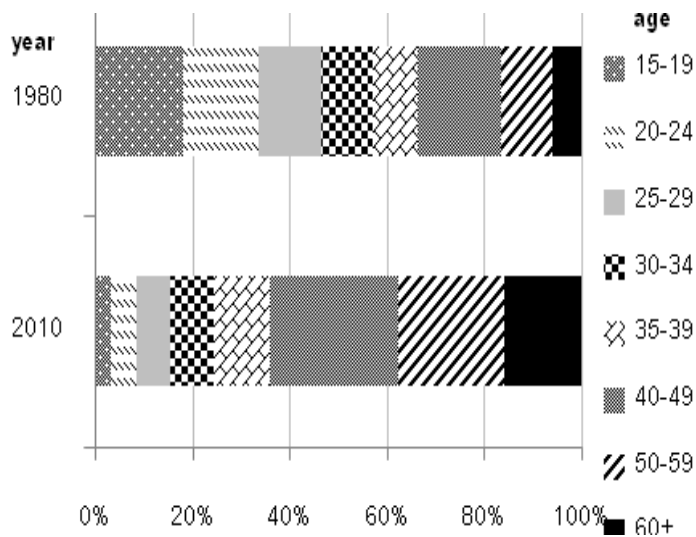
Even worse than the first impact, the consequent one was that inter-provincial migration

changed age structures of agricultural population in rural area. As noticed before, a vast majority of out-migrants who were previously in agricultural sector was likely young adults. It is discussed that the move-out ones would lead to aging agricultural society in rural area. This research brings in percent aging agricultural worker to indicate how much agricultural working society grows old. The indicator equals number of agricultural workers with 60 years old and over (in a province) divided by the total number of agricultural worker in the province. According to Table 1, in 1980 the average percent aging agricultural worker of Thailand was 6.6 percent. The province with the lowest one, located in North region, was Phayao (3.3 percent), while the province with highest one was Nonthaburi, 12.8 percent. Seeing that Nonthaburi connects to the capital Bangkok, young agricultural workers in the province might have been impelled entering modern sectors in the capital city properly. From 1980 to 2010, age structure of agricultural society seriously shifted. There were 48 of total 76 provinces that had more than 8 percent increase in aging agricultural workers. Ten out of 18 provinces in Northeast rise to over 16 percent, causing itself the region with oldest agricultural worker proportion, expanded from 1980 by 12.4 percent. Thailand's average aging agricultural worker percentage significantly augmented from 6.6 percent in 1980 to 16.0 percent in 2010.

There was a remarkable change in agricultural worker's age structure in the entire state. As can be seen from Figure 3, in 1980 the age group 15-19 years old had the highest proportion 18.3 percent. The second highest one was 20-24 years old, 15.5 percent. While in 2010, the percentage for those aged 15-19 declined to merely 3.4 percent.

Table 1 Percent aging agricultural workers by region in 1980 and 2010

Region	Year	
	1980	2010
North	4.92	13.89
Central	7.70	18.57
Northeast	4.97	16.91
West	6.75	14.59
East	6.66	15.89
South	7.90	12.72
Whole country	6.63	16.02

**Figure 3** Whole country's age group proportions of agricultural workers in 1980 and 2010

Likewise, the proportion in age group 20-24 was 5.2 percent. The age group with the highest proportions in 2010 was 40-49 years old, at 26.8 percent, augmented by 9.7 percent from 1980. The elderly groups of them in year 2010 were 14.1-17.9 percent. It is clear that there was an age-structural wave moving to older groups, insuppressibly aging group. Considering agricultural workers aged 50-59 is necessary due to their last steps before elderly states. This means aging agricultural worker proportions are going to vastly expand in 2020.

Statistical techniques were also used to analyze influence of rural-urban migration on agricultural age structure. The variables considered

in the analysis were average percent out migration (independent variable) over three periods (1985-1990, 1995-2000, and 2005-2010) and 30-year-interval change in percent aging society (dependent variable) in provincial level. The calculated data of average percent out migration and change in percent aging agricultural worker were plotted in Figure 4. As reported by the graph, there was a good association between the two variables. Provinces with high average percent out migration also had a wide margin in percent aging workers, and vice versa, showing a positive relation between them. Correlation coefficient of the two variables was 0.61 which is moderately strong. There is

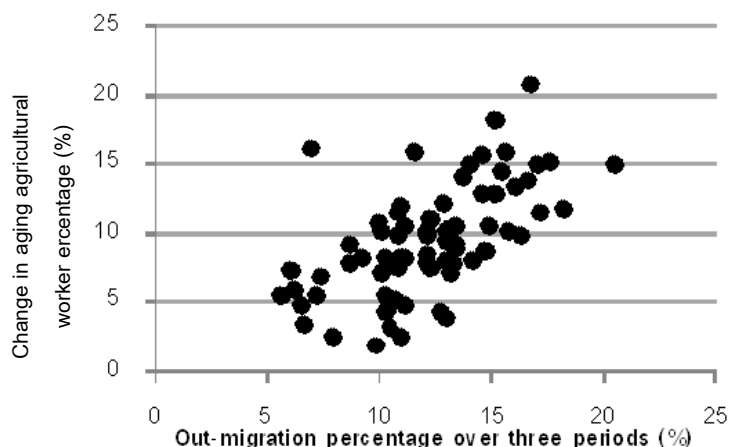


Figure 4 Out-migration percentages over three periods and change in aging agricultural workers percentage

a possibility that exogenous influences came from migration within province. Nevertheless, the correlation coefficient value clarified significant impact of out-province migration on aging population proportions in agricultural work society.

Discussion

What happens when agricultural workers in rural area grow old? As reported by the Office of the National Economic and Social Development Board, Thailand (2012), total agricultural product with constant price of year 1988 has been growing for every region, especially South region that rose by 3.3 times from 1981 to 2009. As stated in Leturque and Wiggins' study (2011), labor productivity in Thai agriculture has been rising from 1989 to 2007 with 2.4 percent average growth rate. The number of agricultural worker has dropped since 1990, from 20 million to 16 million in 2010, accompanied by indifferent agriculture land area from 17.47 million hectares in 1988 to 18.01 in 2008. Concurrently there was overwhelming influx of immigrants from neighboring countries namely Myanmar, Cambodia,

and Lao, pressuring Thai government to admit Memorandum of Understanding (MoU) in 2006 for better control over them (Walsh and Ty, 2011). According to Office of Foreign Workers Administration (2012; 2013), in 2012 totally 940,531 immigrants were registered and accepted under the MoU, and already passed a million (1,155,826) in 2013. This excluded a vast group of unregistered illegal migrants. Registered ones mainly go for construction works (27.0 percent) and agriculture-related works (19.3 percent). The incoming migrant labor takes part in compensating agricultural shortage in rural area of the country.

Furthermore, agricultural production increase should be driven up mainly by technologies and chemical inputs. The study of Suphannachart and Warr (2011) concluded that publicly funded agricultural research has a positive significant support on total factor productivity. On the top of others, uses of chemical fertilizers and pesticides were utilized by 89.2 percent and 51.4 percent of farmers in 2008 respectively (Thailand National Statistical Office, 2008), which boosted their expenditure on farming, consequently by their debts.

It can be said that lacking youth strength in agricultural production can be helped up by the mentioned factors. Although agricultural workers, who are growing old, could maintain the production, they cannot improve their low returns. A study of Isvilanonda and Bunyasiri (2009) identified that increase in food price and production cost is closely related to rural poverty. Even though migration holds up income of rural households, it is incapable of reducing poverty and inequality (Amare *et al.*, 2011).

Conclusion

The inevitable inter-provincial migration trend to provinces with higher GDP per capita has two-fold effects on rural agricultural society, namely less agricultural labor proportion, and changing age structure of agricultural workers. Continually young and middle-aged ones have been leaving the agricultural sector in their origins for modern sectors in urbanized provinces, resulting in more proportion of aging agricultural workers. To make up productivity from young labor, agricultural sector relied more not only on costly technologies and materials, but also on international labor from neighbor countries resulting in low returns from agriculture.

References

- Aemkulwat, C. 2010. Labor force structure change and Thai labor market, 1990-2008. The Second Annual Conference of the Academic Network for Development in Asia (ANDA) Proceedings. Nagoya University, Nagoya. 20 p.
- Amare, M., L. Honfeld, and H. Waibel. 2011. Finding quality employment through rural urban migration: A case study from Thailand. Proceedings of the German Development Economics Conference (4):1-38.
- Aruninta, A. 2012. Green design and planning resolutions for an eco-industrial town: A case study of polluted industrial estate in Rayong province, Thailand. *Journal of Environmental Protection* 3(11): 1551-1558.
- Bertinelli, L., and D. Black. 2004. Urbanization and growth. *Journal of Urban Economics* 56: 80-96.
- Burholt, V., and C. Dobbs. 2012. Research on rural ageing: Where have we got to and where are we going in Europe?. *Journal of Rural Studies* 28: 432-446.
- Fongmul, S. and B. MeKa. 2013. Agricultural labor force crises: A case study in Chiang Mai and Lamphun provinces. *Journal of Agricultural Research & Extension* 30(3): 59-64.
- Gersovitz, M., C. F. Diaz-Alejandro, G. Ranis, and M. R. Rosenzweig. 2012. *The Theory and Experience of Economic Development: Essays in Honour of Sir Arthur Lewis*. Routledge. 416 p.
- Hill, R. D. 1995. The impact of urbanization on rural-urban linkages in Thailand and Malaysia. *Asian Geographer* 14(1): 28-44.
- Institute for Population and Social Research. 1995. *National Migration Survey of Thailand*. Mahidol University of Salaya, Nakhon Pathom. 87 p.
- Isvilanonda, S. and I. Bunyasiri. 2009. Food security in Thailand: Status, rural poor vulnerability, and some policy options. ARE Working Paper 1: 1-42.

- Kinsella, K. 2001. Urban and rural dimensions of global population aging: An overview. *Journal of Rural Health* 17(4): 315-332.
- Lehmann, S. 2008. Rapid urbanization in the Asia-Pacific region a roadmap to 2015 and beyond. *Journal of Green Building* 3(3): 88-96.
- Leturque, H. and S. Wiggins. 2011. Thailand's progress in agriculture: Transition and sustained productivity growth. ODI publications: London. 31 p.
- Leuprasert, L., N. Ratananakintr, A. Phothisuwan, and O. Phurkphong. 1995. Environmental and occupational health in the Eastern Seaboard area role of regional medical sciences center 3 Chonburi. *Bulletin of the Department of Medical Sciences* 56(1): 169-178.
- Naab, F. Z., R. D. Dinye and R. K Kasanga. 2013. Urbanisation and its impact on agricultural lands in growing cities in developing countries: A case study of tamale in Ghana. *Modern Social Science Journal* 2(2): 256-287.
- National Economic and Social Development Board. 2012. National Income of Thailand. Office of the National Economic and Social Development Board: Bangkok.
- Nyanguru, A. C. 2007. Migration and aging: The case of Zimbabwe. *Journal of Aging & Social Policy* 19(4): 57-85.
- Office of Foreign Workers Administration. 2012. Statistics of Accepted Immigrant Statistics, Whole country. Ministry of Labor: Bangkok.
- Office of Foreign Workers Administration. 2013. Statistics of Accepted Immigrant Statistics, Whole country. Ministry of Labor: Bangkok.
- Osaki, K. 1999. Economic interactions of migrants and their households of origin: Are women more reliable supporters?. *Asian and Pacific Migration Journal* 8(4): 447-471.
- Panudulkitti, P. 2011. Evidence of urbanization on infrastructure and transportation provincial expenditures in Thailand. *Journal of Society for Transportation and Traffic Studies* 2(2): 16-29.
- Samuel, J. and S. George. 2002. Globalization, migration and development, special issue on migration and globalization. *Canadian Studies in Population* 29(1): 31-52.
- Sricharoen, T. 2013. Factors influencing on in-migration from the Northeastern of Thailand to Bangkok: An application of Logistic Regression Analysis. *Journal of Statistical and Econometric Methods* 2(1): 13-31.
- Suphannachart, W. and P. Warr. 2011. Research and productivity in Thai agriculture. *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* 55: 35-52.
- Thailand National Statistical Office. 1980a. Thailand Population Census, 1980: Changwad Series. Thailand National Statistical Office: Bangkok.
- Thailand National Statistical Office. 1980b. Thailand Population Census, 1980: Whole Kingdom. Thailand National Statistical Office: Bangkok.
- Thailand National Statistical Office. 1990a. Thailand Population Census, 1990: Changwad Series. Thailand National Statistical Office: Bangkok.
- Thailand National Statistical Office. 1990b. Thailand Population Census, 1990: Whole Kingdom. Thailand National Statistical Office: Bangkok.

- Thailand National Statistical Office. 2000a. Thailand Population Census, 2000: Changwad Series. Thailand National Statistical Office: Bangkok.
- Thailand National Statistical Office. 2000b. Thailand Population Census, 2000: Whole Kingdom. Thailand National Statistical Office: Bangkok.
- Thailand National Statistical Office. 2008. Intercensal survey of agriculture: Whole kingdom. Thailand National Statistical Office: Bangkok.
- Thailand National Statistical Office. 2010a. Thailand Population Census, 2010: Changwad Series. Thailand National Statistical Office: Bangkok.
- Thailand National Statistical Office. 2010b. Thailand Population Census, 2010: Whole Kingdom. Thailand National Statistical Office: Bangkok.
- Ullah, A. 2004. Bright city lights and slums of Dhaka city: Determinants of rural-urban migration in Bangladesh. *Migration Letters* 1(1): 26-41.
- Walsh, J., M. Ty. 2011. Cambodian migrants in Thailand: Working conditions and issues. *Asian Social Science* 7(7): 23-29.
-

ผลของโพแทสเซียมซิลิเกตในการควบคุมโรคราแป้งและราน้ำค้างของแตงกวาญี่ปุ่น ภายใต้สภาพโรงเรือนและแปลงปลูกของเกษตรกร

Effects of Potassium Silicate in Controlling Powdery Mildew and Downy Mildew of Japanese Cucumber under Plastic House and Farmer's Field Conditions

สุรีย์วัลย์ เมฆกมล^{1/*} กาญจนา วิชิตตระกูลถาวร^{2/} และ เรณู สุวรรณพรสกุล^{1/}
Sureewan Mekkamol^{1/*}, Kanjana Wichittrakulthavorn^{2/} and Renu Suwanpornskul^{1/}

^{1/}สาขาวิชาอารักขาพืช คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

^{1/}Plant Protection Program, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290, Thailand

^{2/}ศูนย์อารักขาพืช มูลนิธิโครงการหลวง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

^{2/}Plant Protection Center, Royal Project Foundation, Chiang Mai 50200, Thailand

*Corresponding author: Email: sureewan@mju.ac.th

(Received: 16 September 2015; Accepted: 25 November 2015)

Abstract: This experiment had its objectives in testing the efficiency of potassium silicate for controlling of powdery mildew and downy mildew under plastic house condition and farmer's field condition. The test for spraying frequency of potassium silicate in controlling powdery mildew and downy mildew under plastic house condition were done in Japanese cucumber cv. Pretty swallow 279 by comprising of spraying frequency at once a week and twice a week. Analysis of percent disease index (% DI) were done in data collection after transplanting for 6 weeks. It was found that the spraying frequency at once a week and twice a week gave non significantly difference in percent disease index. Both of spraying frequencies could greatly reduce the percent disease index when compared with pain water spraying as control treatment in both powdery mildew and downy mildew trials. The disease index in the spraying frequency at once a week, twice a week and control treatment were 51.9, 48.4 and 64.6%, respectively for downy mildew, and 39.6, 35.9 and 57.3%, respectively for powdery mildew. The marketable yields of cv. Pretty swallow 279 were increased with significantly difference in both spraying frequencies when compared with control treatment. There was no significantly difference for the yields in the spraying frequency at once a week compared with spraying frequency at twice a week. Marketable yields in the spraying frequency at once a week, twice a week and control treatment were 6.8, 6.5 and 4.9 Kg/Sq.m., respectively. The test under farmer's filed condition comprised of 3 treatments i.e. 1. fungicides alternated with bio-fungicide (*Bacillus subtilis*) 2. potassium silicate alternated with fungicides and bio-fungicide 3. potassium silicate entire growing season. It was found that all of the treatments gave non significantly different results in both percent disease index and marketable yields. The percent disease index in the treatment

1, 2 and 3 at 5 weeks after transplanting were 41.5, 35.9 and 43.5 %, respectively. The marketable yield of cv. Robato in the treatment 1, 2 and 3 were 8.5, 8.2 และ 7.9 Kg/ Sq.m., respectively. Potassium silicate could reduce fungicide spraying frequencies for downy mildew in farmer's field condition.

Keywords: Potassium silicate (K_2SiO_3), powdery mildew, downy mildew, Japanese cucumber

บทคัดย่อ: การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของโพแทสเซียมซิลิเกตในการควบคุมโรคราแป้งและรา น้ำค้างของแตงกวาญี่ปุ่นภายใต้สภาพการปลูกพืชในโรงเรือนและสภาพแปลงปลูกของเกษตรกร การทดสอบภายใต้สภาพโรงเรือน ใช้แตงกวาญี่ปุ่นสายพันธุ์เพรตตี สวอลโลว์ 279 (cv. Pretty swallow 279) โดยทดสอบความถี่ของการพ่นโพแทสเซียมซิลิเกตในการควบคุมโรคราแป้งและราน้ำค้าง ได้แก่ พ่นสัปดาห์ละ 1 ครั้ง และพ่นสัปดาห์ละ 2 ครั้ง การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ดัชนีความเสียหายจากโรค (Disease index, % DI) หลังการย้ายปลูก 6 สัปดาห์ พบว่า การพ่นสัปดาห์ละ 1 ครั้ง และสัปดาห์ละ 2 ครั้ง สามารถลดความเสียหายจากโรคราแป้งและราน้ำค้างได้ไม่แตกต่างกัน แต่การพ่นทั้ง 2 ความถี่สามารถลดความเสียหายจากโรคราแป้งและราน้ำค้างได้แตกต่างจากชุดควบคุม (พ่นน้ำเปล่า) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีดัชนีการเกิดโรคราน้ำค้างในการพ่นสัปดาห์ละ 1 ครั้ง สัปดาห์ละ 2 ครั้ง และชุดควบคุม เป็น 51.9, 48.4 และ 64.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับโรคราแป้งมีดัชนีความเสียหายจากโรคในการพ่นสัปดาห์ละ 1 ครั้ง สัปดาห์ละ 2 ครั้ง และชุดควบคุม เป็น 39.6, 35.9 และ 57.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับปริมาณผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่นสายพันธุ์เพรตตี สวอลโลว์ 279 พบว่า ในการพ่นสัปดาห์ละ 1 ครั้ง และ สัปดาห์ละ 2 ครั้ง ให้ปริมาณผลผลิตที่สามารถขายได้ไม่แตกต่างกัน แต่ให้ปริมาณผลผลิตมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีปริมาณผลผลิตในการพ่นสัปดาห์ละ 1 ครั้ง สัปดาห์ละ 2 ครั้ง และชุดควบคุมเป็น 6.8, 6.5 และ 4.9 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ การทดสอบในสภาพแปลงปลูกของเกษตรกรทดสอบกับแตงกวาญี่ปุ่นสายพันธุ์ โรบาโต้ (cv. Robato) ใน 3 กรรมวิธี ได้แก่ 1. การใช้สารป้องกันกำจัดเชื้อราสลับกับชีวภัณฑ์ 2. การใช้โพแทสเซียมซิลิเกต สลับกับสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราและชีวภัณฑ์ และ 3. การใช้โพแทสเซียมซิลิเกตตลอดฤดูปลูก พบว่าทั้ง 3 กรรมวิธี สามารถควบคุมโรคราน้ำค้าง และได้ปริมาณผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีดัชนีความเสียหายจากโรคราน้ำค้างในกรรมวิธีที่ 1, 2 และ 3 ในสัปดาห์ที่ 5 หลังการย้ายปลูกเท่ากับ 41.5, 35.9 และ 43.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับผลผลิตของแตงกวาญี่ปุ่นสายพันธุ์โรบาโต้ในกรรมวิธีที่ 1, 2 และ 3 เป็น 8.5, 8.2 และ 7.9 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ โพแทสเซียมซิลิเกตสามารถลดจำนวนครั้งของการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราในสภาพแปลงปลูกได้

คำสำคัญ: โพแทสเซียมซิลิเกต โรคราแป้ง โรคราน้ำค้าง แตงกวาญี่ปุ่น

คำนำ

แตงกวาญี่ปุ่น (japanese cucumber) จัดอยู่ในวงศ์แตง (cucurbitaceae) เป็นพืชผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจพืชหนึ่งที่มีลูนีโครงการหลวงส่งเสริมให้เกษตรกรเพาะปลูก เป็นพืชที่สามารถทำรายได้ที่ดีให้กับผู้ปลูกในช่วงเวลาสั้น มีอายุตั้งแต่ปลูกถึงเก็บเกี่ยวได้ใช้เวลาเพียง 35-45 วัน (บุญรงค์ดี, 2545) แม้จะเป็นพืชผักที่ปลูกได้ตลอดปี แต่เมื่อปลูกในช่วงฤดูฝนและฤดูหนาว

มักพบปัญหาการเข้าทำลายของโรคพืชหลายชนิดซึ่งส่งผลเสียหายอย่างมากต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิต (นุชนาฏ, 2549) โดยเฉพาะโรคพืชที่เกิดกับส่วนเหนือดิน ได้แก่ โรคราแป้ง (powdery mildew) ซึ่งเกิดจากเชื้อรา *Oidium* subgen. *Fibroidium* sp. (Cook et al., 1997; Cook and Braun, 2009) ที่สามารถเข้าทำลายพืชวงศ์แตงได้หลายชนิด (สุจิตพรพน และ เกวลิน, 2556) และ โรคราน้ำค้าง (downy mildew) เกิดจากรา *Pseudoperonospora cubensis* (Bark. & M.A.Curtis)

Rostovzev. ซึ่งเป็นราใน Oomycota (Savory *et al.*, 2011) การควบคุมโรคดังกล่าวโดยใช้สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราเป็นวิธีที่เกษตรกรนิยม ซึ่งนอกจากจะเพิ่มต้นทุนการผลิตแล้ว พิษตกค้างจากสารเคมีดังกล่าวยังเป็นอันตรายต่อผู้ใช้และผู้บริโภค รวมทั้งก่อให้เกิดการดื้อยาของเชื้อสาเหตุโรคอีกด้วย เนื่องจากปัจจุบันผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับการบริโภคอาหารปลอดภัยต่อสุขภาพมากขึ้น จึงมีงานวิจัยและการพัฒนาส่งเสริมการผลิตพืชโดยลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืชและนำสารที่มีความปลอดภัย เช่น ผงฟูและน้ำออกซิไดซ์ที่ผ่านการแยกด้วยไฟฟ้า (สุจิตพรพรณ และ เกวลิน, 2556; วันวิสา และ เกวลิน, 2558; Mitre *et al.*, 2010) มาใช้ทดแทน เป็นต้น

โพแทสเซียมซิลิเกต (K_2SiO_3) เป็นสารที่มีรายงานการนำไปใช้ในการเพาะปลูกพืชเพื่อลดความรุนแรงของโรคและแมลงศัตรูพืชหลายชนิด และนำไปใช้ในการควบคุมโรคพืชในการเพาะปลูกพืชด้วยระบบเกษตรอินทรีย์ (Belanger *et al.*, 1995; Bekker *et al.*, 2009; Mitre *et al.*, 2010) แต่ละพืชจะตอบสนองต่อการใช้โพแทสเซียมซิลิเกตได้แตกต่างกัน (Kanto *et al.*, 2006; Moyer and Peres, 2008; Ashtiani *et al.*, 2012) และพบว่าซิลิกอนเป็นสารสำคัญที่สามารถลดความรุนแรงของโรคพืชได้ (Menzies *et al.*, 1992) โดยมีบทบาทในการเพิ่มความต้านทานของเซลล์พืชต่อการเข้าทำลายของเชื้อก่อโรค โดยเฉพาะเมื่อพืชอยู่ในภาวะเครียดจากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม (Belanger *et al.*, 1995; Ashtiani *et al.*, 2012) แต่กลไกที่แท้จริงของการที่ซิลิกอนชักนำให้เกิดความต้านทานโรคยังไม่ชัดเจน (Cai *et al.*, 2009; Shen *et al.*, 2010) อย่างไรก็ตาม Cai *et al.*, 2009 รายงานว่ากลไกการชักนำให้พืชเกิดความต้านทานโรคอาจเกิดจากการสะสมซิลิกอนในเซลล์ผิวของใบพืชก่อให้เกิดโครงสร้างที่ช่วยป้องกันการเข้าทำลายของเส้นใยราก่อโรค (physical barrier) แต่มีบางรายงานที่แสดงให้เห็นว่าซิลิกอนสามารถชักนำให้เกิดความต้านทานโรคโดยการสร้างสารต้านการเข้าทำลายของราก่อโรค เช่น สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) ไฟโตเลคซิน (phytoalexins) และโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโรคพืช (pathogenesis-related proteins) (Liang *et*

al., 2005) จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นการใช้โพแทสเซียมซิลิเกตในการควบคุมโรคพืชอาจเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืชในการเพาะปลูกพืชได้ รวมทั้งการประยุกต์ใช้ในการเพาะปลูกพืชแต่ละชนิดสำหรับเกษตรกรจำเป็นต้องพิจารณาปรับใช้ให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของการปลูกพืชด้วย การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของโพแทสเซียมซิลิเกตในการควบคุมโรคราแป้งและราน้ำค้างของแตงกวาญี่ปุ่นภายใต้สภาพโรงเรือนและแปลงปลูกของเกษตรกร เพื่อเป็นทางเลือกในการลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราและอาจนำไปใช้ร่วมในระบบการจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสาน

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การทดสอบประสิทธิภาพของโพแทสเซียมซิลิเกตในการควบคุมโรคราแป้งและราน้ำค้างภายใต้สภาพโรงเรือน

ทำการทดสอบกับแตงกวาญี่ปุ่นสายพันธุ์เพรตตี้สวอลโลว์ 279 (cv. Pretty swallow 279) ที่ปลูกเป็นการค้าภายใต้สภาพโรงเรือน ที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ทาเหนือ บ้านห้วยน้ำดิบ ตำบลทาเหนือ อำเภอแม่ออน จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือนสิงหาคม 2556 - ตุลาคม 2556 การเตรียมวัสดุปลูกแตงกวา โดยใช้กากมะพร้าวสับและขุยมะพร้าว บรรจุลงในถุงพลาสติกสีขาว ขนาด 24x30 เซนติเมตร ย้ายกล้าแตงกวาอายุ 3 สัปดาห์ ลงปลูกในถุง 1 ต้นต่อถุง วางถุงปลูก 4 ต้นต่อตารางเมตร การให้น้ำปุ๋ยรวมกับการให้น้ำในระบบน้ำหยด ตามวิธีการของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ทาเหนือ เนื่องจากเป็นโรงเรือนปลูกแตงกวาญี่ปุ่นเพื่อการค้าและมีประวัติการเกิดโรคน้ำค้างและราแป้งเป็นประจำ การทดลองจึงไม่มีการปลูกเชื้อ แต่ปล่อยให้เกิดโรคโดยธรรมชาติ

วางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design (RCBD) จำนวน 3 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ การจัดการแมลงศัตรูพืชเหมือนกันทั้ง 3 กรรมวิธี ได้แก่ เมื่อพบการทำลายของหนอนกระทู้ผักและหนอนขนใบ พ่นด้วยชีวภัณฑ์ (*Bacillus thuringiensis*) อัตรา 100 กรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร เมื่อพบการระบาดของมด

ด้วยสารเคมีบาเมคติน (abamectin) อัตรา 50 ซีซี ต่อน้ำ 20 ลิตร หากพบการระบาดของเพลี้ยไฟ และแมลงหีวขาว ฟันด้วยสารเคมีอิมิดาคลอพริด (imidacloprid) อัตรา 2 กรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร สำหรับการควบคุมโรคพืชใช้ โพแทสเซียมซิลิเกต (SiO_2 27.17 เปอร์เซ็นต์, K_2O 13.13 เปอร์เซ็นต์) ความเข้มข้น 2000 ppm ฟันทางใบด้วยความถี่แตกต่างกันตามวิธีการทดสอบดังนี้

- กรรมวิธีที่ 1 ฟันโพแทสเซียมซิลิเกต สัปดาห์ละ 1 ครั้ง
กรรมวิธีที่ 2 ฟันโพแทสเซียมซิลิเกต สัปดาห์ละ 2 ครั้ง
กรรมวิธีที่ 3 ขุดควบคุมพืชน้ำเปล่า สัปดาห์ละ 1 ครั้ง

การบันทึกข้อมูลโดยทำการสุ่มต้นแตงกวาญี่ปุ่น จำนวน 10 ต้น ต่อซ้ำ ทุกสัปดาห์ บันทึกจำนวนใบที่เป็นโรค และความเสียหายของพื้นที่ใบโดยการกำหนดระดับเสียหายของพื้นที่ใบ คัดแปลงจากวิธีการของ Liang *et al.*, (2005) ดังนี้

- ระดับ 0 = ไม่พบการทำลาย
ระดับ 1 = ความเสียหายน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ใบ
ระดับ 2 = ความเสียหาย 10-25 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ใบ
ระดับ 3 = ความเสียหาย 25-50 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ใบ
ระดับ 4 = ความเสียหายมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ใบ

จากนั้นนำมาคำนวณโดยแทนค่าในสมการดัชนีความเสียหายจากโรคพืช (Disease index, DI)

$$DI (\%) = [\sum(n_i) / 4N_t] \times 100$$

โดยที่ r = ระดับความเสียหาย

n_i = จำนวนใบในระดับความเสียหาย

N_t = จำนวนใบทั้งหมด

การบันทึกข้อมูลผลผลิตโดยใช้การจัดลำดับชั้นผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่นตามวิธีการของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ทาเหนือ

2. การทดสอบประสิทธิภาพของโพแทสเซียมซิลิเกตร่วมกับการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราและชีวภัณฑ์ในการควบคุมโรคราน้ำค้างภายใต้สภาพแปลงปลูกของเกษตรกร

ทำการทดสอบกับแตงกวาญี่ปุ่น สายพันธุ์โรบาโต (cv. Robato) ที่ผลิตภายใต้มาตรฐาน GLOBAL G.A.P ในสภาพแปลงปลูกของเกษตรกรบ้านปาม่วง ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ทาเหนือ ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2556 - มกราคม 2557 การทดลองมี 3 กรรมวิธี (Tr) (ตารางที่ 1) การเตรียมแปลงปลูกเหมือนกันทั้ง 3 กรรมวิธี ตามวิธีการของเกษตรกรภายใต้คำแนะนำของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ทาเหนือ

การป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชทำเช่นเดียวกันทั้ง 3 กรรมวิธี โดยใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชเช่นเดียวกับการทดลองในข้อที่ 1 ส่วนการป้องกันกำจัดเชื้อราใช้วิธีการแตกต่างกันตามกรรมวิธีต่าง ๆ ดังนี้

Table 1 Application of potassium silicate with and without fungicides for controlling downy mildew in Japanese cucumber cv. Robato under plantation in farmer's field condition at Mae Tha Neua Royal Project Development Center

Treatment	Biofungicide / fungicide	Rate
Tr1	<i>Bacillus subtilis</i>	60 g/20 l
	cymoxanil+mancozeb	60 g/20 l
	metalaxyl + mancozeb	50 g/20 l
Tr2	<i>Bacillus subtilis</i>	60 g/20 l
	potassium silicate	2000 ppm
	cymoxanil + mancozeb	50 g/20 l
Tr 3	potassium silicate	2000 ppm

ในแต่ละสัปดาห์ก่อนการพ่นสารใด ๆ ทำการวิเคราะห์ดัชนีความเสียหายจากโรคราน้ำค้าง หากพบความเสียหายน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ พ่นด้วยชีวภัณฑ์ (*Bacillus subtilis*) หากพบความเสียหาย 10 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป ในกรรมวิธีที่ 1 พ่นด้วยเคอร์เซท เอ็ม (cymoxanil+mancozeb) สลับกับ ริตโดมิลไกลด์ (metalaxyl + mancozeb) ส่วนในกรรมวิธีที่ 2 พ่นด้วยโปรแตสเซียมซิลิเกต สลับกับ เคอร์เซท เอ็ม และเมื่อถึงช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิต (สัปดาห์ที่ 6 หลังการย้ายปลูก) หยุดพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา พ่นเฉพาะชีวภัณฑ์ทุกสัปดาห์จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง ส่วนกรรมวิธีที่ 3 พ่นเฉพาะโพแทสเซียมซิลิเกต ทุกสัปดาห์ จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 1) การกำหนดดัชนีความเสียหายจากโรคราน้ำค้างสำหรับการตัดสินใจพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราที่ 10 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีการสำรวจความเสียหายจากโรคพืชในมาตรฐาน GLOBAL G.A.P ของมูลนิธิโครงการหลวง

วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 3 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ การบันทึกข้อมูลโดยทำการสุ่มต้นแตงกวาญี่ปุ่นจำนวน 10 ต้นซ้ำ ทุกสัปดาห์ บันทึกระดับความเสียหายของพื้นที่ใบและคำนวณดัชนีความเสียหายจากโรคพืช รวมถึงบันทึกข้อมูลผลผลิตของแตงกวาญี่ปุ่นเช่นเดียวกับการทดลองในข้อที่ 1 และบันทึกจำนวนครั้งของการใช้สารป้องกันกำจัดโรคพืช และ โพแทสเซียมซิลิเกตในแต่ละกรรมวิธี

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การทดสอบประสิทธิภาพของโพแทสเซียมซิลิเกตในการควบคุมโรคราแป้งและราน้ำค้างภายใต้สภาพโรงเรือน

จากการใช้โพแทสเซียมซิลิเกตพ่นที่ความถี่สัปดาห์ละ 1 ครั้ง และสัปดาห์ละ 2 ครั้ง เปรียบเทียบกับชุดควบคุม พบว่าโรคราแป้งและราน้ำค้าง เริ่มเกิดขึ้นในสัปดาห์ที่ 4 หลังการย้ายปลูกในทุกกรรมวิธี วิเคราะห์ดัชนีความเสียหายจากโรคพืช สัปดาห์ที่ 6 หลังการย้ายปลูกพบว่า การพ่นสัปดาห์ละ 1 ครั้งและสัปดาห์ละ 2 ครั้ง มีเปอร์เซ็นต์ความเสียหายจากโรคราแป้งและราน้ำค้างน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยมีดัชนีความเสียหายจากโรคราแป้งเมื่อพ่นที่ความถี่สัปดาห์ละ 1 ครั้ง สัปดาห์ละ 2 ครั้ง และชุดควบคุม เป็น 39.6, 35.9 และ 57.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และดัชนีความเสียหายจากโรคราน้ำค้างในการพ่นความถี่สัปดาห์ละ 1 ครั้ง สัปดาห์ละ 2 ครั้ง และชุดควบคุม เป็น 51.9, 48.4 และ 64.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยการพ่นที่ความถี่ 1 ครั้งและ 2 ครั้งต่อสัปดาห์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งโรคราแป้งและราน้ำค้าง (ตารางที่ 2) สำหรับปริมาณผลผลิตที่สามารถขายได้ในกรรมวิธีต่าง ๆ พบว่า ให้ผลทำนองเดียวกับการพ่นที่ความถี่ความเสียหายจากโรคพืช การพ่นที่ความถี่สัปดาห์ละ 1 ครั้งและสัปดาห์ละ 2 ครั้ง มีปริมาณผลผลิตไม่แตกต่างกัน

Table 2 Comparison on disease index of powdery mildew (Pm) and downy mildew (Dm) together with marketable yield of Japanese cucumber cv. Pretty Swallow 279 in different frequency trials of potassium silicate applied under plantation in plastic house condition at Mae Tha Neua Royal Project Development Center

Treatment	Disease index (%)		Marketable yield (Kg per Sq.m)
	Pm	Dm	
potassium silicate (1)	39.6 a ¹	51.9 a	6.8 a
potassium silicate (2)	35.9 a	48.4 a	6.5 a
control	57.3 b	64.6 b	4.9 b
CV (%)	13.5	12.7	25.3

(1) = application in the spraying frequency at once a week

(2) = application in the spraying frequency at twice a week

¹Column values followed by the same letter are not significantly difference as determined by Duncan's multiple range test at P=0.05

แต่สามารถเพิ่มผลผลิตได้มากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2)

ประสิทธิภาพในการควบคุมโรคราแป้งของโพแทสเซียมซิลิเกตขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ สายพันธุ์พืช ความถี่ในการพ่น และความเข้มข้น (Menzies *et al.*, 1992; Liang *et al.*, 2005) ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของ Belanger *et al.* (1995) ที่พบว่า การพ่นใบพืชด้วยซิลิกอนความเข้มข้น 2000 ppm สามารถลดความเสียหายจากโรคราแป้งได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ได้รับการพ่นด้วยซิลิกอน และรายงานของ Wolff *et al.* (2012) ที่ทดสอบผลิตภัณฑ์ซิลิกอนทางการค้าโดยพ่นลงบนใบแตงกวาพันธุ์ฮอนแอต่อโรคราแป้ง พบว่าการพ่นใบพืชด้วยซิลิกอนความถี่การพ่นสัปดาห์ละ 1 ครั้ง และสัปดาห์ละ 2 ครั้ง สามารถลดความเสียหายจากโรคราแป้งได้เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบความถี่การพ่นสัปดาห์ละ 1 ครั้ง และสัปดาห์ละ 2 ครั้ง พบว่าสามารถลดความเสียหายจากโรคราแป้งได้แตกต่างกัน โดยการพ่นสัปดาห์ละ 2 ครั้งให้ผลดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแตกต่างจากการทดลองนี้ที่พบว่า การพ่นสัปดาห์ละ 1 ครั้ง และสัปดาห์ละ 2 ครั้ง สามารถลดความเสียหายจากโรคราแป้ง และได้ปริมาณผลผลิตไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากโพแทสเซียมซิลิเกตที่ใช้ในการทดลองมีความเข้มข้นแตกต่างกัน ซึ่งการใช้ซิลิกอนในความเข้มข้นสูงมีประสิทธิภาพในการลดความเสียหายจากโรคมากกว่าความเข้มข้นต่ำ (Menzies, 1992) รวมถึงสายพันธุ์พืชที่ใช้ อาจมีระดับความต้านทานโรคแตกต่างกัน จากรายงานของ Liang *et al.* (2005) พบว่าประสิทธิภาพในการควบคุมโรคราแป้งของโพแทสเซียมซิลิเกตขึ้นอยู่กับสายพันธุ์แตงกวาและความถี่ของการพ่น หากเป็นแตงกวาสายพันธุ์ที่อ่อนแอต่อโรคราแป้ง การพ่นสัปดาห์ 1 ครั้ง และสัปดาห์ละ 2 ครั้ง ให้ผลในการควบคุมโรคได้แตกต่างกัน โดยการพ่นสัปดาห์ละ 2 ครั้งสามารถลดเปอร์เซ็นต์ความเสียหายจากโรคได้มากกว่าการพ่นสัปดาห์ละ 1 ครั้งอย่างมีนัยสำคัญ แต่หากเป็นสายพันธุ์ที่ค่อนข้างต้านทานความถี่ในการพ่นสัปดาห์ละ 1 ครั้งและสัปดาห์ละ 2 ครั้ง สามารถลดเปอร์เซ็นต์ความเสียหายจากโรคได้ไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้ อาจเกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทาน

โรคของพืชและการสะสมของซิลิกอนในเนื้อเยื่อพืช (Datnoff *et al.*, 2005) สำหรับความสามารถในการลดความเสียหายจากโรคราแป้งของชุดทดลองกับรายงานของ Saberi and Panah (2014) ที่พบว่า การพ่นโพแทสเซียมซิลิเกตให้กับแตงกวาทุกสัปดาห์ สามารถลดการเกิดโรคราแป้งได้ 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งโพแทสเซียมซิลิเกตสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยและลดปริมาณการสร้างสปอร์แรงเหวี่ยงของราสาเหตุโรคราแป้งและราสาเหตุโรคพืชใน Oomycota ลงได้ (Rachniyom and Jaenakson, 2008; Bekker *et al.*, 2009; Saberi and Panah, 2014)

2. การทดสอบประสิทธิภาพของโพแทสเซียมซิลิเกตร่วมกับการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราและชีวภัณฑ์ในการควบคุมโรคราแป้งภายใต้สภาพแปลงปลูกของเกษตรกร

ในการทดลองภายใต้สภาพแปลงปลูกของเกษตรกรพบเฉพาะโรคราแป้งในช่วงระยะการเจริญเติบโตของต้นแตงกวาญี่ปุ่นสายพันธุ์โรบาโต้ ส่วนโรคราแป้งพบเกิดขึ้นในระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต (สัปดาห์ที่ 7 หลังการย้ายปลูก) มีเปอร์เซ็นต์ความเสียหายจากโรคน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ จึงไม่ได้เก็บข้อมูลโรคราแป้งในการทดสอบครั้งนี้ ผลการทดสอบการควบคุมโรคราแป้งใน 3 กรรมวิธี ได้แก่ 1. สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราสลับกับชีวภัณฑ์ 2. การใช้โพแทสเซียมซิลิเกต สลับกับสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราและชีวภัณฑ์ และ 3. การใช้โพแทสเซียมซิลิเกตอย่างเดียวตลอดฤดูปลูก พบว่า ดัชนีความเสียหายจากโรคในสัปดาห์ที่ 1, 3 และ 5 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกกรรมวิธี เมื่อพิจารณาผลผลิตที่สามารถขายได้ พบว่าทั้ง 3 กรรมวิธี ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเช่นเดียวกัน (ตารางที่ 3) โดยมีปริมาณผลผลิต อยู่ระหว่าง 7.9-8.5 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ดังนั้นผลของการใช้โพแทสเซียมซิลิเกตสลับกับการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรามีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคราแป้งและปริมาณผลผลิตเท่ากับการใช้ซิลิกอนอย่างเดียว (กรรมวิธีที่ 3) หรือการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา (กรรมวิธีที่ 1) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาพัฒนาการของโรคราแป้งจากสัปดาห์ที่ 1, 3 และ 5

Table 3 Disease index of downy mildew and marketable yield of Japanese cucumber cv. Robato obtained after application with different disease control treatments under plantation in farmer's field condition at Mae Tha Neua Royal Project Development Center

Treatment	Materials	Frequency*	DI (%) of downy mildew			Marketable yield
			After transplanting			
			week1	week3	week5	(Kg per Sq.m)
Tr1	<i>Bacillus subtilis</i>	5				
	cymoxanil+mancozeb	2	6.3	34.9	41.5	8.5
	metalaxyl + mancozeb	3				
Tr2	<i>Bacillus subtilis</i>	4				
	potassium silicate	3	5.2	33.3	35.9	8.2
	cymoxanil + mancozeb	3				
Tr3	potassium silicate	10	5.5	33.6	43.5	7.9
CV (%)			49.5	24.9	14.1	15.4

*per growing season

พบว่าทุกกรรมวิธีไม่สามารถลดการเกิดโรคราน้ำค้างได้ถึงแม้ต้นแตงกวาญี่ปุ่นสายพันธุ์นี้มีดัชนีความเสียหายจากโรคราน้ำค้างในสัปดาห์ที่ 5 หลังการย้ายปลูกในกรรมวิธีที่ 1,3 และ 5 เป็น 41.4, 35.9 และ 43.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ยังคงให้ ผลผลิตในปริมาณที่เกษตรกรยอมรับได้ เมื่อพิจารณาที่จำนวนครั้งของการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา (ตารางที่ 3) พบว่าการใช้โพแทสเซียมซิลิเกตสลับกับการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราและชีวภัณฑ์ หรือการใช้โพแทสเซียมซิลิเกต อย่างเดียวตลอดฤดูปลูก สามารถลดจำนวนครั้งของการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราได้ โดยให้ปริมาณผลผลิตไม่แตกต่างกัน

การใช้สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราโดยเฉพาะสารประเภทดูดซึม (systemic fungicide) มีแนวโน้มก่อให้เกิดการพัฒนาความต้านทานต่อสารเคมีของเชื้อราสาเหตุโรคได้ หากมีการใช้อย่างต่อเนื่องกันเป็นเวลานาน (นุชนาฏ, 2549) รา *Pseudoperonospora cubensis* มีสายพันธุ์ที่ก่อให้เกิดโรค (pathotype) กับแตงกวาได้ถึง 5 pathotypes (Thomas *et al.* 1987) ในประเทศสหรัฐอเมริกา *P. cubensis* ได้พัฒนาความต้านทานต่อสารเมทาแลคซิล (metalaxyl) เมเฟนออกแซม (mefenoxam) และสโตรบิลูริน (strobilurin) ทำให้สารเหล่านี้ไม่มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคราน้ำค้างตั้งแต่

ปี ค.ศ. 2004 เป็นต้นมา (Savory *et al.* 2011) ในพื้นที่ปลูกของมูลนิธิโครงการหลวงทุกศูนย์/สถานีได้มีการใช้สารเมทาแลคซิลและแมนโคเซบในการควบคุมโรคราน้ำค้างในการผลิตพืชตามมาตรฐาน GLOBAL G.A.P มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 (สันทัด, 2551) ดังนั้นควรมีการประเมินความเสี่ยงต่อการพัฒนาความต้านทานต่อสารเคมีป้องกันกำจัดโรคราน้ำค้างที่ใช้ในพื้นที่ต่อไป จากการสัมภาษณ์เกษตรกรและเจ้าหน้าที่ส่งเสริมของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ทาเหนือ การปลูกแตงกวาญี่ปุ่นสายพันธุ์โรบาโต้ ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ได้รับการแนะนำให้ปลูกในสภาพแปลงปลูกของเกษตรกร เนื่องจากให้ผลผลิตที่ดีและค่อนข้างต้านทานต่อโรคราแป้ง แต่มักพบปัญหาการเกิดโรคราน้ำค้างเป็นประจำ การที่สายพันธุ์นี้สามารถให้ผลผลิตที่ดี อาจเนื่องมาจากเป็นพันธุ์ที่ทนทานต่อโรค (tolerance) ซึ่งความทนทานต่อโรคนี้พืชยังคงให้ผลผลิตได้ดีแม้มีความเสียหายจากโรคพืช (Molloy, 1993) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองนี้ที่ทุกกรรมวิธีมีความเสียหายจากโรคประมาณ 35-40 เปอร์เซ็นต์ แต่พืชยังให้ผลผลิตที่สามารถขายได้ในปริมาณที่น่าพอใจ (เจ้าหน้าที่ส่งเสริมประจำศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ทาเหนือ ติดต่อบริเวณตัว) ผลการทดลองนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการส่งเสริมให้เกษตรกรใช้สารที่ปลอดภัยเข้าร่วมกับการ

จัดการศัตรูพืชแบบผสมผสาน หรือ การใช้สารที่ปลอดภัย เพื่อลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราได้

สรุป

1. ผลของความถี่ในการพ่นโพแทสเซียมซิลิเกต ในสภาพโรงเรือนกับแตงกวาญี่ปุ่นสายพันธุ์เปรตตี้ สวอลโลว์ 279 ที่การพ่นพืชสัปดาห์ละ 1 ครั้ง และ สัปดาห์ ละ 2 ครั้ง สามารถควบคุมโรคโรคราน้ำค้างและผลผลิตของแตงกวาญี่ปุ่นที่ได้ไม่แตกต่างกัน แต่มี เปอร์เซ็นต์ดัชนีความเสียหายจากโรคและปริมาณผลผลิต แตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. การใช้โพแทสเซียมซิลิเกตสลับกับสารเคมี ป้องกันกำจัดเชื้อรา หรือ การใช้โพแทสเซียมซิลิเกตอย่าง เดียวตลอดฤดูปลูก สามารถควบคุมโรคราน้ำค้างและ ได้ผลผลิตของแตงกวาญี่ปุ่นสายพันธุ์โรบร้าได้ในสภาพ แปลงปลูกของเกษตรกรไม่แตกต่างกับการใช้สารเคมี ป้องกันกำจัดเชื้อราสลับกับชีวภัณฑ์

3. โพแทสเซียมซิลิเกตเป็นสารที่ปลอดภัย สามารถใช้ร่วมกับการจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสาน เพื่อ ลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดโรคราน้ำค้างและ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมูลนิธิโครงการหลวง และ บริษัท ช เคมี ไทย จำกัด ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณวิจัย และ โพแทสเซียมซิลิเกตที่ใช้ในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

บุญรงค์ศักดิ์ สายน้อย. 2545. การศึกษาเปรียบเทียบ ผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่นเสียบยอดกับต้นตอ น้ำเต้า พักทองพื้นเมือง แตงโม และแตงกวาญี่ปุ่นที่ไม่ เสียบยอดภายในโรงเรือนไม้ไผ่ภายใต้ระบบ Fertigation. รายงานผลการวิจัย. มูลนิธิ โครงการหลวง เชียงใหม่. 16 หน้า.

นุชนาฏ จงเลขา. 2549. คู่มือการป้องกันกำจัดศัตรูพืช แบบผสมผสานสำหรับเกษตรกร. มูลนิธิ โครงการหลวง. เชียงใหม่. 94 หน้า.

วันวิสา เตชะวงศ์ และ เกวลิณ คุณาศักดากุล. 2558. การ ใช้น้ำออกซิไดซ์ที่ผ่านการแยกด้วยไฟฟ้าในการ ควบคุมเชื้อแบคทีเรียเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา ผักอินทรีย์. วารสารเกษตร 31(1): 39-46.

สันหัตถ์ โรจนสุนทร. 2551. โครงการนำร่องการพัฒนา มาตรฐานคุณภาพอาหารเพื่อการส่งออก: กรณีศึกษามูลนิธิโครงการหลวง ระยะที่ 3. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงาน คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพมหานคร. 221 หน้า.

สุจิตพรพรณ บุญมี และ เกวลิณ คุณาศักดากุล. 2556. ผล ของน้ำออกซิไดซ์ที่ผ่านการแยกด้วยไฟฟ้าต่อ การลดโรคราน้ำค้างในพืชวงศ์แตง. วารสารเกษตร 29(3): 257-266

Ashtiani, F. A., J. Kadir, A. Nasehi, S. R. H. Rahaghi and H. Sajili. 2012. Effect of silicon on rice blast disease. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science (S)*: 1-12.

Bekker, T. F., C. Kaiser and N. Labuschagne. 2009. The antifungal activity of potassium silicate and the role of pH against selected plant pathogenic fungi *in vitro*. *South African Journal of Plant and Soil* 26 (1): 55-57.

Belanger, R., P. A. Bowen, D. L. Ehret and J. G. Menzies. 1995. Soluble silicon: its role in crop and disease management of greenhouse crops. *Plant Disease Journal* 79(4): 336-339.

Cai, K., D. Gao, J. Chen and S. Luo. 2009. Probing the mechanisms of silicon-mediated pathogen resistance. *Journal of the Society of Plant Signaling and Behavior* 4(1): 1-3.

Cook, R. T. A., A. J. Inman and C. Billings. 1997. Identification and classification of powdery mildew anamorphs using light and scanning

- electron microscopy and host range data. *Mycological Research* 101(8): 975-1002.
- Cook, R. T. A. and U. Braun. 2009. Conidial germination patterns in powdery mildews. *Mycological Research* 113(5): 616-636.
- Datnoff, L. E., A. M. Brunings and F. A. Rodrigues. 2005. Silicon effects components of host resistance: an overview and implications for integrated disease management. pp. 19-24. *In: Proceedings of silicon in agriculture conference, 22-26 October 2005. Uberlandia, Brazil.*
- Kanto, T., A. Miyoshi, T. Ogawa, K. Maekawa and M. Aino. 2006. Suppressive effect of liquid potassium silicate on powdery mildew of strawberry in soil. *Journal of General Plant Pathology* 72: 137-142.
- Liang, Y. C., W. C. Sun, J. Si and V. Romheld. 2005. Effects of foliar and root applied silicon on the enhancement of induced resistance to powdery mildew in *Cucumis sativus*. *Plant Pathology* 54: 678-685.
- Menzies, J. G., D. L. Ehret, A. D. M. Glass and A. L. Samuels. 1991. The influence of silicon on cytological interactions between *Sphaerotheca fuliginea* and *Cucumis sativa*. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 39: 403-414.
- Menzies, J. G., P. Bowen and D. L. Ehret. 1992. Foliar application of potassium silicate reduce severity of powdery mildew on cucumber, muskmelon and zucchini squash. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 117(6): 902-995.
- Mitre, V., I. Mitre, A. F. Sestras and R. E. Sestras. 2010. New products against apple scab and powdery mildew attack in organic apple production. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 38(3): 234-238.
- Maloy, O. C. 1993. *Plant Disease Control: Principles and Practice*. John Wiley & Sons, Inc. New York. 346 p.
- Moyer, C. and N. A. Peres. 2008. Evaluation of biofungicides for control of powdery mildew of gerbera daisy. *Proc. Florida State Horticultural Society* 121: 389-394.
- Rachniyom, H and T. Jaenaksorn, 2008. Effect of soluble silicon and *Trichoderma harzianum* on the *in vitro* growth of *Pythium aphanidermatum*. *Journal of Agricultural Technology* 4 (2): 57-71.
- Saberi, M. and S. R. Panah. 2014. The effect of safe materials in control of cucumber downy mildew under field condition. *Indian Journal of Fundamental and Applied Sciences* 5: 2231-2257.
- Savory, E. A., L. L. Granke, L. M. Quesada-Ocampo, M. Varbanova, M. K. Hausbec and B. Day. 2011. The cucurbit downy mildew pathogen *Pseudoperonospora cubensis*. *Molecular Plant Pathology* 12 (3): 217-226.
- Shen, G. H., Q. H. Xue, M. Tang, Q. Chen, L. N. Wang, C. M. Duan, L. Xue and J. Zhao. 2010. Inhibitory effects of potassium silicate on five soil-borne phytopathogenic fungi *in vitro*. *Journal of Plant Diseases and Protection* 117 (4): 180-184.
- Thomas, C. E., T. Inaba and Y. Cohen. 1987. Physiological specialization in *Pseudoperonospora cubensis*. *Phytopathology* 77: 1621-1624.
- Wolff, S. A., I. Karoliussen, J. Rohloff and R. Stirmbeck. 2012. Foliar application of silicon fertilizers inhibit powdery mildew development in greenhouse cucumber. *Journal of Food, Agriculture & Environment* 10(1): 355-359.

ประสิทธิภาพของน้ำสกัดชีวภาพจากเศษเหลือพริกต่อการยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ในสภาพห้องปฏิบัติการ

Efficacy of Bio-extracts from Chili Residues against *Colletotrichum gloeosporioides* *In Vitro*

ปิลันธนา ฐาปนพงษ์วรกุล^{1*} และ ชนากานต์ รัตนศักดิ์ชัยชาญ^{1/}
Pilunthana Thapanapongworakul^{1*} and Chanakarn Ratanasakchaichan^{1/}

^{1/}ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

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

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

(Received: 1 October 2015; Accepted: 18 December 2015)

Abstract: Phytopathogenic fungus as *Colletotrichum gloeosporioides* is a cause of anthracnose disease on chili and wide species of agricultural crops resulting in its quality and yield loss. Two formulas of fermented bio-extract from chili residues of farmer fields, Formula 1 (stem and leaf) and Formula 2 (fruit), were used to investigate the efficacy of the bio-extracts against *C. gloeosporioides* *in vitro*. Firstly, both bio-extracts were tested for antagonistic activity toward the fungus by poisoned food technique on potato dextrose agar (PDA) at the concentrations of 25, 37.5 and 50% (v/v) for 3, 5, 7, 9 and 12 days, respectively. Among these, Formula 2 was shown the inhibition activity against *C. gloeosporioides* in which isolated from infected chili. Especially, at concentration of 37.5% (v/v) had a significantly highest against the fungus that was 48.67% while at the concentrations of 25 and 50% (v/v) were 37.12 and 8.14%, respectively. To examine the effect on sporulation and spore germination of *C. gloeosporioides* was done by spraying spore suspension onto WA agar disc containing the both formulas that required all concentrations, and then incubated for 48 hrs. The results showed that the density of spore and spore germination were affective effect with Formula 2. Therefore, the bio-extract Formula 2 was selected to evaluate its effect on the occurrence of anthracnose disease by spraying at the concentration of 37.5% (v/v) on chili seedlings under laboratory condition. It was found that Formula 2 slightly significantly reduced disease development or symptom comparing with a single spraying *C. gloeosporioides* treatment. In addition, the disease incidence and severity were not significantly decreased in the following treatments, spraying with Formula 2 + *C. gloeosporioides* and Formula 2 + Phor Dor 2 + *C. gloeosporioides*. The results concluded that the use of bio-extract from chili residues, particular chili fruits could show effectiveness in inhibiting mycelial growth of pathogen on PDA while the control of this pathogen on the host was unsatisfy.

Keywords: Anthracnose disease, *Colletotrichum gloeosporioides*, chili, bio-extract, biocontrol

บทคัดย่อ: เชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* เป็นเชื้อสาเหตุของโรคแอนแทรคโนสในพริกและพืชหลากหลายชนิด ทำให้คุณภาพและผลผลิตเสียหาย จากการนำเชื้อเห็ดของพริกจากแปลงปลูกของเกษตรกรมาทำน้ำสกัดชีวภาพ 2 สูตร คือ สูตร 1 (ลำต้นและใบ) และ สูตร 2 (ผลพริก) มาทดสอบประสิทธิภาพของน้ำสกัดชีวภาพต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ด้วยวิธี poisoned food technique บนอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) ที่ความเข้มข้น 25, 37.5 และ 50 เปอร์เซ็นต์ (v/v) เป็นเวลา 3, 5, 7, 9 และ 12 วัน ตามลำดับ พบว่า น้ำสกัดชีวภาพสูตร 2 ทุกระดับความเข้มข้น มีผลต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุ โดยที่ความเข้มข้น 37 เปอร์เซ็นต์ (v/v) มีการยับยั้งได้ดีที่สุดเท่ากับ 48.67 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในขณะที่ความเข้มข้น 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ (v/v) มีการยับยั้งเท่ากับ 37.12 และ 8.14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อทดสอบผลของน้ำสกัดชีวภาพต่อการสร้างสปอร์และการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อสาเหตุ ด้วยการพ่นน้ำสกัดชีวภาพทั้ง 2 สูตรในทุกระดับความเข้มข้นลงบนสปอร์ของเชื้อสาเหตุบนชิ้นวุ้น (WA) บ่มเชื้อเป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า น้ำสกัดชีวภาพสูตร 2 ส่งผลทำให้จำนวนสปอร์ลดลงและการงอกของสปอร์ผิดปกติ จากนั้นจึงคัดเลือกน้ำสกัดชีวภาพสูตร 2 ที่ความเข้มข้น 37 เปอร์เซ็นต์ (v/v) มาทดสอบผลของน้ำสกัดชีวภาพต่อการเกิดโรคแอนแทรคโนส โดยพ่นน้ำสกัดชีวภาพบนใบพริกในระยะก่อนปลูกเชื้อสาเหตุเป็นเวลา 48 ชั่วโมง พบว่า น้ำสกัดชีวภาพสูตร 2 ยังสามารถก่อให้เกิดโรคได้บ้างเล็กน้อยซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่พ่นสปอร์แขวนลอยของเชื้อสาเหตุอย่างเดียว นอกจากนี้ ในกรรมวิธีพ่นน้ำสกัดชีวภาพสูตร 2 + พ่นสปอร์แขวนลอยของเชื้อสาเหตุ และกรรมวิธีพ่นน้ำสกัดชีวภาพ + พ่น พด. 2 + พ่นสปอร์แขวนลอยของเชื้อสาเหตุ มีผลให้ระดับความรุนแรงของโรคและการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุลดลงไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่พ่นสปอร์แขวนลอยของเชื้อสาเหตุอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากผลการทดลองสรุปได้ว่าการใช้น้ำสกัดชีวภาพจากเศษเห็ดของพริก โดยเฉพาะจากผลพริกมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA แต่ยังไม่สามารถควบคุมเชื้อสาเหตุบนพืชอาศัยได้อย่างเป็นที่น่าพอใจ

คำสำคัญ: โรคแอนแทรคโนส *Colletotrichum gloeosporioides* พริก น้ำสกัดชีวภาพ การควบคุมโดยชีววิธี

คำนำ

พริกเป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย เนื่องจากมีความต้องการผลผลิตในปริมาณมากเพื่อใช้เป็นพืชผักในครัวเรือน ในอุตสาหกรรมอาหาร และเป็นส่วนประกอบของยารักษาโรค พริกปลูกได้ทั่วประเทศไทย ในภาคเหนือมีพื้นที่ปลูกประมาณ 16 เปอร์เซ็นต์ ของทั่วประเทศ ระยะเวลาการผลิตที่เหมาะสมและการเก็บผลผลิตออกสู่ตลาดแตกต่างกันขึ้นอยู่กับภูมิภาคหรือสภาพแวดล้อม (จิราภา, 2555; Rajamanickam *et al.*, 2012) โดยเฉพาะจังหวัดทางภาคเหนือตอนบน ได้แก่ เชียงใหม่ เชียงราย พะเยา และน่าน สามารถปลูกพริกได้ตลอดทั้งปี (สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดแพร่, 2551) ปัญหาสำคัญของการปลูกพริกคือการเกิดโรคต่าง ๆ ซึ่งทำให้ผลผลิตลดลง โดยโรคที่ก่อให้เกิดปัญหากับการผลิติดังกล่าวพบ

การระบาดทั่วประเทศคือ โรคแอนแทรคโนส (anthracnose) หรือโรคกุ้งแห้ง สาเหตุเกิดจากเชื้อราในสกุล *Colletotrichum* ได้แก่ *Colletotrichum gloeosporioides* และ *C. capsici* เชื้อสาเหตุสามารถถ่ายทอดจากผลพริกที่เป็นโรคสู่เมล็ดและต้นกล้าได้ ส่งผลให้ปริมาณและคุณภาพของผลผลิตลดลงอย่างมาก รวมทั้งสามารถเข้าทำลายพริกได้ทุกระยะการเจริญเติบโต เมื่อระบาดอย่างรุนแรงทำให้ผลผลิตลดลงถึง 50 เปอร์เซ็นต์ (Pakdeevaporn *et al.*, 2005; Than *et al.*, 2008) โดยเฉพาะในแปลงเพาะปลูกที่มีการจัดการไม่ดี และไม่มีการป้องกันกำจัดโรคที่เหมาะสม จะเป็นแหล่งสะสมของเชื้อสาเหตุโรคและก่อให้เกิดปัญหาในฤดูปลูกถัดไปได้ ซึ่งในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสส่วนใหญ่จะเลือกใช้สารเคมีกำจัดเชื้อราประเภทดูดซึมในกลุ่ม benzimidazole เช่น benomyl, carbendazim, thiabendazole และ thiophanate-methyl (Eckert, 1983)

หากใช้สารเคมีเหล่านี้ในปริมาณมากและติดต่อกันเป็นเวลานาน อาจส่งผลให้เชื้อสาเหตุเกิดการกลายพันธุ์ มีความต้านทานต่อสารเคมีได้ ก่อให้เกิดผลตกค้างในผลพริก รวมถึงส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งยังทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นด้วย ปัจจุบันน้ำสกัดชีวภาพ (bio-extract) ซึ่งผู้วิจัยหรือเกษตรกรบางรายเรียกน้ำสกัดชีวภาพเป็นชื่ออื่น ๆ เช่น น้ำหมักชีวภาพ น้ำหมักพืช น้ำจุลินทรีย์ น้ำหมักโพรไบโอติก เป็นต้น (มงคล, 2549; มณฑา และคณะ, 2553; ไชยรัตน์ และคณะ, 2553; สมเกียรติ, 2555) มีคุณค่าทางโภชนาการและนิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง น้ำสกัดชีวภาพเป็นการนำเศษของเหลือใช้ เช่น เศษพืชผักผลไม้ เศษเนื้อสัตว์ หรือวัสดุเหลือใช้ต่าง ๆ ที่พบในท้องถิ่นนั้นไปหมักรวมกับกากน้ำตาล (molasses) และนำไปใช้ในจุดประสงค์เฉพาะอย่างที่ใช้ต้องการ (ออมทรัพย์ และคณะ, 2547) น้ำสกัดชีวภาพนำมาใช้ในการเกษตรเพื่อลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมี และสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม (ชุติมันต์ และคณะ, 2554) และอาจนำมาใช้ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (อังคณา, 2556; Apai and Thongdeethae, 2001; Panichsukpatana *et al.*, 2002) น้ำสกัดชีวภาพที่นำมาใช้ในการป้องกันกำจัดโรคพืชต่าง ๆ เช่น น้ำหมักสูตรกล้วยน้ำว้า สูตรถั่วแขก และสูตรสาบเสือ สามารถใช้ในการควบคุมโรครากเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Phytophthora palmivora*, *P. botryosa* และ *P. parasitica* ของต้นยางพารา (สมเกียรติ, 2552) และ Mdee *et al.* (2009) ได้นำน้ำหมักจากส่วนต่าง ๆ ของพืช 7 ชนิด มาใช้กำจัดเชื้อราสาเหตุของโรคพืช เช่น *Penicillium janthinellum*, *P. expansum*, *Aspergillus niger*, *A. parasiticus*, *C. gloeosporioides*, *Fusarium oxysporum*, *Phytophthora nicotianae*, *Pythium ultimum* และ *Rhizoctonia solani* เป็นต้น นอกจากนี้จากการสำรวจแปลงปลูกพริกของเกษตรกรอำเภอนองม่วงไข่ จังหวัดแพร่ พบว่า ประสบปัญหาผลผลิตได้รับความเสียหายจากโรคแอนแทรคโนสติดต่อกันมาหลายปี อีกทั้งยังไม่สามารถลดหรือกำจัดปริมาณของเชื้อสาเหตุ และการแพร่ระบาดของโรคในแปลงได้ดีเท่าที่ควร โดยเกษตรกรยังขาดการจัดการที่ดีและเหมาะสมในการกำจัดเศษเหลือของพืชที่ปลูกหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต

เกษตรกรส่วนใหญ่เลือกวิธีเผาทิ้ง เนื่องจากทำได้ง่ายและรวดเร็วโดยไม่ได้ตระหนักถึงผลกระทบต่อมลภาวะทางอากาศ เพื่อเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการช่วยลดการเผาทิ้งเศษพืช ลดปริมาณการใช้สารเคมีทางการเกษตรเพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งช่วยลดอัตราเสี่ยงจากการปนเปื้อนของสารเคมีกำจัดเชื้อราที่ตกค้างในผลผลิต การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยจึงสนใจนำเศษพริกที่เหลือตกค้างในแปลงปลูกหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตมาทำน้ำสกัดชีวภาพ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของน้ำสกัดชีวภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *C. gloeosporioides* และการศึกษาผลของน้ำสกัดชีวภาพต่อการเกิดโรคแอนแทรคโนสของพริกในสภาพห้องปฏิบัติการ ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นประกอบการตัดสินใจ ในการนำน้ำสกัดชีวภาพมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมและก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดกับเกษตรกรในอนาคตต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การแยกเชื้อสาเหตุโรคแอนแทรคโนสและการทดสอบความสามารถในการเกิดโรค

เก็บตัวอย่างพริกที่แสดงอาการของโรคแอนแทรคโนส จากแปลงเกษตรกรในอำเภอนองม่วงไข่ จังหวัดแพร่ นำมาแยกเชื้อสาเหตุ *C. gloeosporioides* ด้วยวิธี tissue transplanting method บนอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) บ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิห้อง แยกเชื้อสาเหตุจนได้เชื้อสาเหตุที่บริสุทธิ์ นำเชื้อสาเหตุที่แยกได้ไปพิสูจน์ความสามารถในการเกิดโรคบนใบและผลพริกตามวิธีของ Koch's postulate (Agrios, 2005) จากนั้น ตรวจดูลักษณะเส้นใยและการสร้างสปอร์ของเชื้อสาเหตุภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบ compound เก็บรักษาเชื้อบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ศึกษาตลอดการทดลอง

การเตรียมน้ำสกัดชีวภาพ

นำพริกที่เหลือตกค้างในแปลงของเกษตรกรในอำเภอนองม่วงไข่ จังหวัดแพร่ มาล้างให้สะอาดและหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ผึ่งให้แห้ง จากนั้นทำการหมัก น้ำสกัดชีวภาพแบ่งเป็น 2 สูตร ได้แก่ สูตร 1 จากส่วนเหนือดินของพริก (ต้นและใบพริก) และกากน้ำตาล อัตราส่วน 3:1

โดยน้ำหนัก และสูตร 2 จากผลพริกและกากน้ำตาล อัตราส่วน 3:1 โดยน้ำหนัก บรรจุในถังหรือภาชนะที่มีฝาปิดสนิท วางไว้ในที่ร่ม อย่าให้ถูกแสงแดด หมักเป็นเวลา 10 เดือน แล้วนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำสกัดชีวภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสของพริก

ทำการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำสกัดชีวภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *C. gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของพริก ในสภาพห้องปฏิบัติการ ด้วยวิธี poisoned food technique นำอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว นำมาผสมกับน้ำสกัดชีวภาพ ทั้ง 2 สูตร ที่ความเข้มข้น 3 ระดับ คือ 25, 37.5 และ 50 เปอร์เซ็นต์ (v/v) ตามลำดับ เทใส่จานอาหารเลี้ยงเชื้อ ปริมาตร 15 มิลลิลิตรต่อจานอาหาร จากนั้นใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร ที่ฉีกไฟฆ่าเชื้อ แล้วเจาะปลายเส้นใยของเชื้อสาเหตุ *C. gloeosporioides* ที่เลี้ยงบนอาหาร PDA อายุ 5 วัน ย้ายชิ้นวุ้น (culture disc) วางบนจุดกึ่งกลางอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่ผสมน้ำสกัดชีวภาพความเข้มข้นต่าง ๆ ไว้แล้ว ส่วนชุดควบคุมใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA อย่างเดียว โดยทดลองความเข้มข้นละ 4 ข้ำ บ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิห้อง บันทึกการเจริญของเชื้อราโดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (Ø) โคโลนีของเชื้อ หลังบ่มเชื้อไว้เป็นเวลา 3, 5, 7, 9 และ 12 วัน นำข้อมูลที่ได้คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา (percentage inhibition of radial growth: PIRG) โดยวิธีการของ Jinantana and Sariah (1998) ซึ่งคำนวณได้จากสูตร ดังนี้

$$\text{การยับยั้ง (\%)} = \frac{\text{โคโลนีของเชื้อราชุดควบคุม} - \text{โคโลนีของเชื้อราชุดทดสอบ}}{\text{โคโลนีของเชื้อราชุดควบคุม}} \times 100$$

ศึกษาผลของน้ำสกัดชีวภาพต่อการยับยั้งการสร้างและการงอกสปอร์ของเชื้อ *C. gloeosporioides*

หลังจากทดสอบประสิทธิภาพของน้ำสกัดชีวภาพ ทั้ง 2 สูตร ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อ

C. gloeosporioides บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ผสมน้ำสกัดชีวภาพที่ความเข้มข้น 25, 37.5 และ 50 เปอร์เซ็นต์ (v/v) ตามลำดับ เป็นเวลา 14 วัน นำเชื้อสาเหตุดังกล่าว มาตรวจนับการสร้างจำนวนสปอร์ด้วย haemocytometer โดยใส่น้ำกลั่นฆ่าเชื้อแล้วปริมาตร 10 มิลลิลิตรต่อจานอาหาร และใช้แท่งแก้วชุดบริเวณเส้นใยเพื่อให้สปอร์หลุดออกมา ทำการทดลอง 3 ข้ำ จากนั้นทำการศึกษาผลของน้ำสกัดชีวภาพต่อการยับยั้งการงอกของน้ำสปอร์เชื้อสาเหตุ โดยพ่นสปอร์แขวนลอยของเชื้อสาเหตุบนชิ้นวุ้น (water agar, WA) ผสมน้ำสกัดชีวภาพในแต่ละความเข้มข้น ซึ่งดัดแปลงวิธีการของสุจริตพรรณ และเกวลิน (2556) สังเกตลักษณะการงอกของสปอร์หลังจากบ่มเชื้อเป็นเวลา 6, 12 และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า

ศึกษาผลของน้ำสกัดชีวภาพต่อการเกิดโรคแอนแทรคโนสของพริกในสภาพห้องปฏิบัติการ

นำน้ำสกัดชีวภาพในความเข้มข้นที่มีประสิทธิภาพยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *C. gloeosporioides* บนอาหาร PDA มาศึกษาผลของน้ำสกัดชีวภาพต่อการเกิดโรคแอนแทรคโนสของพริก เปรียบเทียบกับสารเร่งประเภทจุลินทรีย์ (พด. 2) ของกรมพัฒนาที่ดิน ในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยทดสอบกับต้นกล้าพริกอายุ 21 วัน ซึ่งปลูกในถาดเพาะกล้า จำนวน 20 ต้นต่อกรรมวิธี ทำการพ่นน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ พ่นน้ำสกัดชีวภาพที่มีประสิทธิภาพยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุ พ่น พด. 2 หรือพ่นสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ตามกรรมวิธีต่อไปนี้

กรรมวิธีที่ 1: พ่นน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2: พ่นน้ำสกัดชีวภาพ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร

กรรมวิธีที่ 3: พ่น พด. 2 ตามอัตราแนะนำ 1:1,000 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร

กรรมวิธีที่ 4: พ่นสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ที่ความเข้มข้น 10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เพื่อปลูกเชื้อ

กรรมวิธีที่ 5: พ่นน้ำสกัดชีวภาพ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 1 วัน แล้วปลูกเชื้อโดยพ่นสปอร์

แขวนลอยของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ที่ความเข้มข้น 10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 2 มิลลิลิตร

กรรมวิธีที่ 6: พ่น พด. 2 ตามอัตราแนะนำ 1:1,000 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 1 วัน แล้วปลูกเชื้อโดยพ่นสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ที่ความเข้มข้น 10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 2 มิลลิลิตร

กรรมวิธีที่ 7: พ่นน้ำสกัดชีวภาพ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 1 วัน ตามด้วยพ่น พด. 2 ตามอัตราแนะนำ 1:1,000 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 1 วัน จากนั้นปลูกเชื้อโดยพ่นสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ที่ความเข้มข้น 10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 2 มิลลิลิตร

ทุกกรรมวิธีที่ทำการปลูกเชื้อสาเหตุ เมื่อครบ 7 วัน หลังจากปลูกเชื้อ บันทึกลักษณะอาการและประเมินความรุนแรงของการเกิดโรคบนพืชทดสอบตามวิธีการของ Campbell and Madden (1990) โดยวางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) แต่ละกรรมวิธีมี 4 ซ้ำ

ผลการทดลองและวิจารณ์

การแยกเชื้อสาเหตุโรคแอนแทรคโนสและการทดสอบความสามารถในการเกิดโรค

จากการศึกษาลักษณะอาการของโรคแอนแทรคโนสบนผลและใบพริก ปรากฏแผลขนาดใหญ่เป็นวงรีหรือวงกลมสีน้ำตาลเข้มจนถึงดำ แผลยุบตัวลงไปบนเนื้อเยื่อพืช บริเวณกลางแผลพบกลุ่มสปอร์จำนวนมาก (ภาพที่ 1A) และพบตุ่มสีน้ำตาลขนาดเล็ก (acervulli) กระจายอยู่ทั่วบริเวณกลางแผล (ภาพที่ 1B) เมื่อนำมาแยกเชื้อสาเหตุด้วยวิธี tissue transplanting method บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA พบว่า โคลนินของเชื้อสาเหตุเริ่มแรกสร้างเส้นใยสีขาว ค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นสีเทา เจริญเป็นวงซ้อนกันและสร้าง sclerotia ฝังตัวอยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (ภาพที่ 1C) เมื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อสาเหตุภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า พบสปอร์ไม่มีสี (hyaline) เซลล์เดี่ยว รูปทรงกระบอก หัว-ท้ายมน (cylindrical) (ภาพที่ 1D) จากลักษณะดังกล่าวสามารถจำแนกเชื้อสาเหตุตามหลักเกณฑ์ของ Sutton (1992) จัดเป็นเชื้อสาเหตุ *C. gloeosporioides* และจากการทดสอบความสามารถในการเกิดโรคด้วยวิธี detached-fruit and-leaf bioassays พบว่าเชื้อสาเหตุนี้ก่อให้เกิดโรคได้

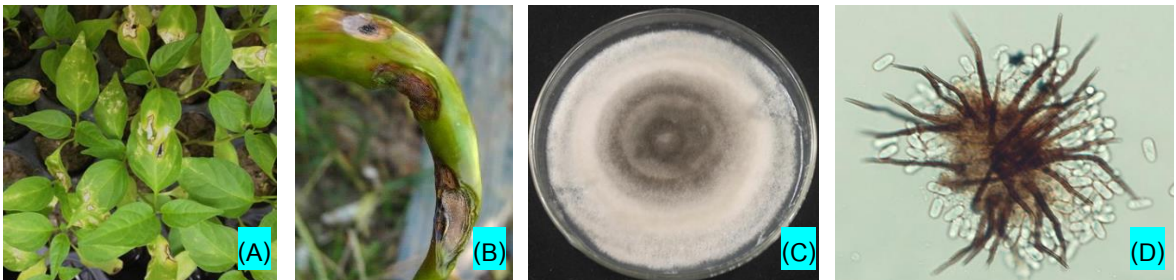


Figure 1 Anthracnose disease on chili leaves (A) and infected fruit (B), colony of *Colletotrichum gloeosporioides* isolated from infected chili plant parts on PDA for 7 days (C) and dark coloured setae and spore at 40X (D)

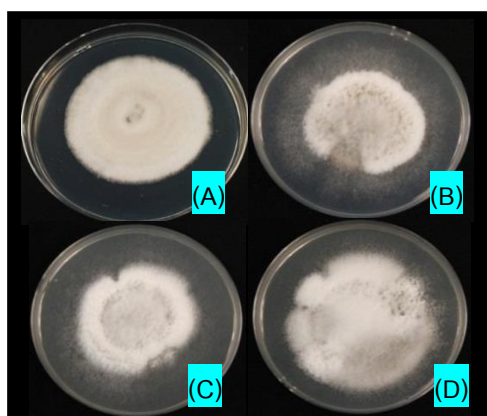
การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำสกัดชีวภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนส

จากการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำสกัดชีวภาพทั้ง 2 สูตร ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ด้วยวิธี poisoned food technique พบว่าในน้ำสกัดชีวภาพสูตร 1 เส้นใยของเชื้อราเจริญเติบโตได้ดี แทบไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุได้เลย โดยมีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีทั้ง 3 ระดับความเข้มข้นไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างจากชุดควบคุมและน้ำสกัดชีวภาพสูตร 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในขณะที่น้ำสกัดชีวภาพสูตร 2 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุได้ในทุกระดับความเข้มข้นซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ($P<0.05$) ที่ความเข้มข้น 37.5 เปอร์เซ็นต์ (v/v) มีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีอยู่ในช่วง 0.03-2.93 เซนติเมตร รองลงมาคือที่ความเข้มข้น 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ (v/v) มีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีอยู่ในช่วง 0.33-3.56 และ 1.23-5.23 เซนติเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 2 และตารางที่ 1) และหลังจากบ่มเชื้อเป็นเวลา 12 วัน จะเห็นว่าน้ำสกัดชีวภาพสูตร 2 ที่ความเข้มข้น 37.5 เปอร์เซ็นต์ (v/v) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุได้ดีที่สุด ซึ่งมีการยับยั้งสูงสุดเท่ากับ 48.67 เปอร์เซ็นต์ และที่ความเข้มข้น 25 และ

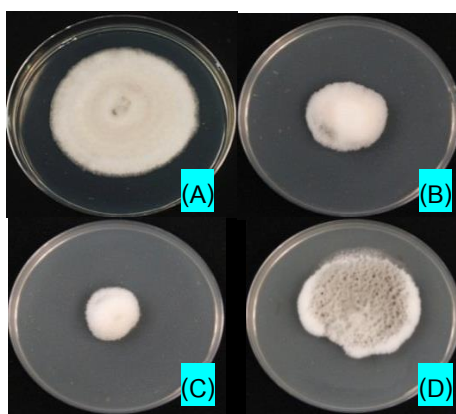
50 เปอร์เซ็นต์ (v/v) มีการยับยั้งเท่ากับ 37.12 และ 8.14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าน้ำสกัดชีวภาพแต่ละสูตรมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุได้แตกต่างกัน สอดคล้องกับรายงานของกาญจนา และเอื้องฟ้า (2544) ที่พบว่าน้ำสกัดชีวภาพบางสูตรจะช่วยสนับสนุนการเจริญของเส้นใยและ ออมทรัพย์ และคณะ (2547) ที่รายงานว่าน้ำสกัดชีวภาพสามารถช่วยสนับสนุนการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. palmivola* และเชื้อรา *C. gloeosporioides* ทั้งนี้เนื่องจากน้ำสกัดชีวภาพมีกากน้ำตาลเป็นส่วนประกอบ หากกระบวนการหมักไม่สมบูรณ์จะทำให้กากน้ำตาลเหลืออยู่เป็นพลังงานต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้

ศึกษาผลของน้ำสกัดชีวภาพต่อการยับยั้งการสร้างและการงอกสปอร์ของเชื้อรา *C. gloeosporioides*

จากการนับจำนวนสปอร์ของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ผสมน้ำสกัดชีวภาพสูตร 1 และสูตร 2 ที่ความเข้มข้น 3 ระดับ 25, 37.5 และ 50% (v/v) ตามลำดับ หลังจากบ่มเชื้อเป็นเวลา 14 วัน พบว่า น้ำสกัดชีวภาพสูตร 1 และสูตร 2 มีจำนวนสปอร์ของเชื้อสาเหตุแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยน้ำสกัดชีวภาพสูตร 2 ทั้ง 3 ระดับความเข้มข้น มีจำนวน



Formula 1



Formula 2

Figure 2 Efficacy of 2 formulas of bio-extract at concentrations of 0 (A), 25 (B), 37.5 (C) and 50% (v/v) (D), In inhibit ing mycelial growth of anthracnose fungus, *Colletotrichum gloeosporioides* on PDA for 7 days.

Table 1 Colony diameters of *Colletotrichum gloeosporioides* grown on PDA mixed with each bio-extracts as Formula 1 and 2 at concentrations of 25, 37.5 and 50% (v/v) for 3, 5, 7, 9 and 12 days compared with control

Bio-extract	Concentration % (v/v)	Colony diameters of anthracnose fungus (cm)/ days				
		3	5	7	9	12
Formula 1	25	2.23a ^{1/}	3.60a	5.73b	8.50a	8.50a
	37.5	2.13a	3.76a	6.30a	8.50a	8.50a
	50	2.33a	3.90a	6.36a	8.50a	8.50a
Formula 2	25	0.33c	1.06c	2.16d	2.86c	3.56d
	37.5	0.03c	0.96c	1.70e	2.23d	2.93e
	50	1.23b	2.30b	3.66c	4.76b	5.23c
Control	-	1.56b	2.60b	3.73c	4.76b	5.73b
LSD ($P<0.05$)	-	0.36	0.54	0.43	0.25	0.46
% CV	-	14.77	11.90	5.83	2.58	4.28

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

Table 2 Inhibition percentage of bio-extract Formula 2 on growth of *Colletotrichum gloeosporioides* on PDA for 3, 5, 7, 9 and 12 days compared with control

Bio-extract	Concentration % (v/v)	Inhibition percentage (%) / days				
		3	5	7	9	12
Formula 2	25	76.10a ^{1/}	58.77a	42.11a	39.87b	37.12a
	37.5	98.04a	62.49a	53.51a	53.14a	48.67a
	50	20.52b	10.18b	0.00b	3.84c	8.14b
Control	-	0.00b	0.00b	0.00b	0.00c	0.00b
LSD ($P<0.05$)	-	13.91	14.54	7.16	4.44	6.60
% CV	-	26.26	40.65	27.52	17.71	25.85

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

สปอร์เฉลี่ยเท่ากับ 2.20×10^6 , 2.27×10^6 และ 2.47×10^6 สปอร์/ มิลลิลิตร ตามลำดับ ซึ่งต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุมและน้ำสกัดชีวภาพสูตร 1 (ตารางที่ 3)

เมื่อทำการทดสอบผลของน้ำสกัดชีวภาพทั้ง 2 สูตร ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อการยับยั้งการงอกสปอร์ของเชื้อสาเหตุบนชิ้นอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA หลังจากพ่นน้ำสกัดชีวภาพเป็นเวลา 6, 12 และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ โดยตรวจสอบลักษณะการงอกของสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า พบว่าน้ำสกัดชีวภาพสูตร 2 ทุกความเข้มข้นมีผลต่อการยับยั้งการงอกสปอร์

ของเชื้อสาเหตุเพียงเล็กน้อยแต่มีผลต่อการเจริญของเส้นใย ที่ระยะเวลา 6 และ 12 ชั่วโมง พบสปอร์มีรูปร่างผิดปกติ และงอก germ tube ขนาดเล็ก ที่ระยะ 24 ชั่วโมง พบการเจริญของเส้นใยแต่มีขนาดเล็ก มีลักษณะบวมพองบิดเบี้ยว ในขณะที่น้ำสกัดชีวภาพสูตร 1 แต่ละความเข้มข้น ที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง พบ germ tube มีลักษณะผิดปกติ ที่ระยะเวลา 12 ชั่วโมง germ tube เจริญเป็นเส้นใยมีการแตกกิ่งก้าน และที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง เส้นใยเจริญยืดยาวออก ปลายเส้นใยแตกก้านสั้น ๆ จำนวนมาก และแผ่ออกเป็นกระจุก เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ภาพที่ 3) เนื่องจากน้ำสกัดชีวภาพประกอบด้วย

Table 3 Comparison of density of *Colletotrichum gloeosporioides* spore grown on PDA mixed with bio-extracts Formula 1 and 2 at the concentrations of 25, 37.5 and 50% (v/v) at 14 days

Bio-extract	Concentration %(v/v)	Density of <i>C. gloeosporioides</i> spore	
		No. of spore (spore)	Concentration x 10 ⁶ (spore/ ml)
Formula 1	25	15.66b ^{1/}	3.13b
	37.5	15.66b	3.13b
	50	16.66b	3.33b
Formula 2	25	11.00c	2.20c
	37.5	11.33c	2.27c
	50	12.33c	2.47c
Control	-	23.33a	4.67a
LSD _(P<0.05)	-	2.64	5.29
% CV	-	9.98	9.98

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

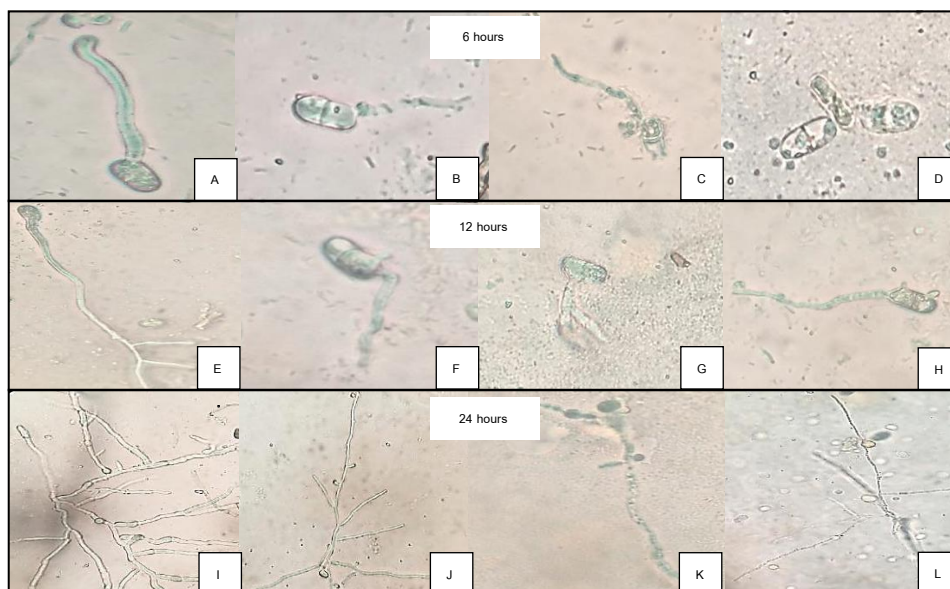


Figure 3 Efficacy of bio-extract Formula 2 at concentrations of 0 (A, E and F), 25 (B, F and J), 37.5 (C, G and K) and 50% (v/v) (D, H and L), on spore germination of anthracnose fungus, *Colletotrichum gloeosporioides* after 6, 12 and 24 hours of spraying (40x)

สารอาหาร และกากน้ำตาล ซึ่งเป็นแหล่งของน้ำตาลทำให้ จุลินทรีย์ต่าง ๆ เจริญเติบโตดียิ่งขึ้น เช่น *Lactobacillus* sp., *Streptococcus* sp., *Bacillus subtilis* และ yeast ซึ่ง จุลินทรีย์กลุ่มนี้สามารถสร้างสาร probiotic ยับยั้งการ

เจริญเติบโตของจุลินทรีย์ก่อโรคได้ (รังษี และคณะ, 2546) นอกจากนี้ จุลินทรีย์ *B. subtilis* และ *B. cereus* สามารถ สร้างสารปฏิชีวนะยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อสาเหตุ โรคพืชได้ (สุริยา และคณะ, 2545)

ศึกษาผลของน้ำสกัดชีวภาพต่อการเกิดโรคแอนแทรคโนสของพริกในสภาพห้องปฏิบัติการ

นำน้ำสกัดชีวภาพสูตร 2 ที่ความเข้มข้น 37.5 เปอร์เซ็นต์ (v/v) ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงสุดในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *C. gloeosporioides* มาศึกษาผลของน้ำสกัดชีวภาพต่อการเกิดโรคแอนแทรคโนสของพริกในระยะกล้า ในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่าการพ่นน้ำสกัดชีวภาพสูตร 2 อย่างเดียว ใบพริกแสดงอาการของโรคโดยระดับความรุนแรงของโรคอยู่ในระดับต่ำเท่ากับ 0.37 มีการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุน้อยสุดเท่ากับ 2.29 เปอร์เซ็นต์ และมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคต่ำสุดเท่ากับ 30 เปอร์เซ็นต์ โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่น ๆ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 4) ซึ่งปรากฏอาการของโรคบนใบพริกอยู่บ้าง แสดงว่าในต้นพริกอาจมีเชื้อสาเหตุโรคติดมากับต้นกล้าพริก หรือน้ำสกัดชีวภาพสามารถกระตุ้นให้เชื้อสาเหตุโรคเจริญจนกระทั่งมีปริมาณมากพอที่จะเข้าทำลายพืชได้ (Than *et al.*, 2008) เมื่อพ่นน้ำสกัดชีวภาพสูตร 2 ร่วมกับพ่นสปอร์แขวนลอยของเชื้อสาเหตุ มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคสูงกว่าการพ่นสปอร์แขวนลอยของเชื้อสาเหตุอย่างเดียว แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ อาจเป็นเพราะว่าน้ำสกัดชีวภาพมีการย่อยสลายของกากน้ำตาลที่ยังไม่สมบูรณ์ เป็นสาเหตุหนึ่งที่สามารรถสนับสนุนการเจริญเติบโตของเชื้อสาเหตุโรคของพืชได้ (มณฑล, 2549) ในขณะที่การพ่นน้ำสกัด

ชีวภาพสูตร 2 พ่น พด. 2 แล้วตามด้วยพ่นสปอร์แขวนลอยของเชื้อสาเหตุ ทำให้มีการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุลดลง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับ การพ่นสปอร์แขวนลอยของเชื้อสาเหตุอย่างเดียว อีกทั้งมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคลดลง แตกต่างกันอย่างสถิติ เมื่อเทียบกับการพ่น พด. 2 แล้วตามด้วยการพ่นสปอร์แขวนลอยของเชื้อสาเหตุ เนื่องจากในน้ำสกัดชีวภาพ นอกจากมีสารควบคุมการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคแล้ว ยังมีจุลินทรีย์ที่สามารถควบคุมการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคพืช เช่น เชื้อรา *P. palmivora* และเชื้อรา *C. gloeosporioides* เป็นต้น (อคมทรัพย์ และคณะ, 2547) จากรายงานการวิจัยของชุดิมา (2546) กล่าวว่า พริกที่ปลูกในแปลงที่พ่นด้วยน้ำสกัดชีวภาพมีความเสียหายจากโรคแอนแทรคโนสต่ำกว่าพริกที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมี และ Vallad *et al.* (2003) ได้ศึกษาการยับยั้งการเกิดโรคพืชทางใบจากการหมักเศษเหลือของโรงงานกระดาษ พบว่า ต้น *Arabidopsis thaliana* ที่ปลูกในดินจากแปลงที่ผ่านการปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยหมักเศษเหลือของโรงงานกระดาษ แสดงอาการของโรคที่เกิดจากเชื้อ *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับต้นที่ปลูกในดินจากแปลงที่ไม่ถูกปรับปรุงจากผลการศึกษครั้งนี้อาจกล่าวได้ว่า การนำน้ำสกัดชีวภาพสูตร 2 ไปใช้กับพืชปลูกสามารถลดความรุนแรงในการเกิดโรคได้ แต่ต้องไม่มีเชื้อสาเหตุเข้ามาเกี่ยวข้อง

Table 4 Efficacy of bio-extract Formula 2 at concentration of 37.5% (v/v) on occurrence of anthracnose disease at 7 days after spraying *in vitro*

Treatment	Disease severity	Disease incidence (%)	Percent of infection
Control	0.00d ^{1/}	0.00c	0.00d
Formula 2	0.37c	2.29c	30.00c
Phor Dor 2	0.00d	0.00c	0.00d
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	1.10ab	16.56a	90.00ab
Formula 2 + <i>C. gloeosporioides</i>	1.19ab	12.50ab	95.00ab
Phor Dor 2 + <i>C. gloeosporioides</i>	1.25a	16.25ab	100.00a
Formula 2 + Phor Dor 2 + <i>C. gloeosporioides</i>	0.94b	11.67b	75.00b
LSD ($P \leq 0.05$)	0.27	4.83	21.76
% CV	26.56	38.80	26.56

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

เนื่องจากการส่งเสริมเชื้อสาเหตุในการเข้าทำลายพืช นอกจากนี้ ควรนำน้ำสกัดชีวภาพไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมและถูกวิธี รวมถึงมีการควบคุมเกี่ยวกับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ปริมาณของเชื้อสาเหตุ สภาพแวดล้อมเหมาะสม และการจัดการที่ดี เพื่อลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับพืชปลูกและผลผลิต นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับน้ำสกัดชีวภาพได้

สรุป

จากการศึกษาในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยนำน้ำสกัดชีวภาพจากเชื้อเห็ดของฟริกในแปลง สูตร 1 (ลำต้นและใบ) และ สูตร 2 (ผลฟริก) มาทดสอบประสิทธิภาพของน้ำสกัดชีวภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *C. gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของฟริก ด้วยวิธี poisoned food technique พบว่าน้ำสกัดชีวภาพจากส่วนของพืชที่ต่างชนิดกันมีผลต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุ โดยเฉพาะน้ำสกัดชีวภาพสูตร 2 ที่ระดับความเข้มข้น 37.5 เปอร์เซ็นต์ (v/v) มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุ ส่งผลให้การสร้างสปอร์ลดลงและอาจชะลอการงอกของ germ tube เมื่อศึกษาผลของน้ำสกัดชีวภาพสูตร 2 ต่อการเกิดโรคแอนแทรคโนส พบว่า การพ่นน้ำสกัดชีวภาพลงบนใบฟริกระยะกล้ายังคงก่อให้เกิดโรคแอนแทรคโนสในสบ้างเล็กน้อย แต่ระดับความรุนแรงของโรค การเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุ และเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคอยู่ในระดับที่ต่ำ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่น ๆ

เอกสารอ้างอิง

- กาญจนา วันเสาร์ และเอื้องฟ้า บรรเทาวงศ์. 2544. ปุ๋ยน้ำหมัก....ดีจริงหรือ? เกษตรเกษตร 25(4): 179-185.
- จิราภา จอมโธสง. 2555. รายงานข้อมูลสถานการณ์การผลิตการตลาดสินค้าเกษตร ชนิดสินค้าฟริก. สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพฯ.

- ชุติมันต์ พานิชศักดิ์พัฒนา นางลักษ์ บันลาย ชีรนนท์ แซ่ลี พจมาลย์ แก้ววิมล และฤทัยรัตน์ น้อยจาด. 2554. ผลของน้ำหมัก Bacterio mineral water ต่อการเกิดโรคแอนแทรคโนสของถั่วเหลืองฝักสด. เกษตรเกษตร 39(ฉบับพิเศษ 3): 123-131.
- ชุติมา ประดิษฐ์เวทย์. 2546. ผลของน้ำสกัดชีวภาพต่อการเจริญเติบโต การดูดใช้ธาตุอาหารพืช และผลผลิตพริกในแปลงเกษตรกร. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 85 หน้า.
- ไชยรัตน์ ไชยสุต ศศิธร เทศน์อรรธภาคย์ อุไรพรรณ ปราง อุทุมทรัพย์ และจินตนา นาคสมบูรณ์. 2553. น้ำสกัดชีวภาพ. ศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อสังคม สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, กรุงเทพฯ. 85 หน้า.
- มงคล ต๊ะอุ่น. 2549. การประยุกต์ใช้น้ำสกัดชีวภาพเพื่อการเกษตร. วารสารศูนย์บริการวิชาการ 14(4): 20-25.
- มณฑา รุจิระศักดิ์ พรศิลป์ สี่เผือก และพิทยา เกิดนุ่ม. 2553. การใช้น้ำหมักกรมหมในการเพิ่มคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าว. ใน: รายงานการประชุมทางวิชาการเมล็ดพันธุ์พืชแห่งชาติ ครั้งที่ 7. วันที่ 18-20 พฤษภาคม 2554. โรงแรมทีโอปแลนด์, พิษณุโลก.
- รังสี เจริญสถาพร อมรรักษ์ คิดใจเดียว นิตยา กันหลง เกียรติศักดิ์ ชาตรีปริดี และสมพร อิศรานุรักษ์. 2546. การทดสอบประสิทธิภาพเบื้องต้นของน้ำสกัดชีวภาพต่อเชื้อวิทยาของเชื้อรา *Phytophthora palmivora*. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : <http://www.agriqua.doae.go.th/Plant%20%20Protection%20%20Conference/disease-research/P-29.pdf> (17 ตุลาคม 2558).
- สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ. 2552. ผลการใช้น้ำสกัดชีวภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของราก่อโรค *Phytophthora* spp. บนต้นยางพารา. ใน: รายงานการประชุมทางวิชาการนครสวรรค์ ครั้งที่

- ที่ 5. วันที่ 28-29 กรกฎาคม 2552. มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- สมเกียรติ พริพสุพินาศ. 2555. น้ำหมักชีวภาพกับงานทางด้านการเกษตร. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้ 3(1): 59-65.
- สุจิตพรรณ บุญมี และเกวณีน คุณาศักดากุล. 2556. ผลของน้ำออกซิไดส์ที่ผ่านการแยกด้วยไฟฟ้าต่อการลดโรคราแป้งในพืชวงศ์แตง. วารสารเกษตร 29(3): 257-266.
- สุริยา สาสนรักกิจ เปรมสุตา สมาน อัจฉราย ไชย องค์การกนกอร จารูรีต มานิตย์ นาคสำเภา เดชา ศิลป์สร อภิญา แสงสุวรรณ และ ศิริพร วรดิถี. 2545. น้ำสกัดชีวภาพ. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการเรื่องโรคพืชและจุลินทรีย์กับการพัฒนาการเกษตรอย่างยั่งยืน. วันที่ 16-18 กันยายน 2545. อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา. 32 หน้า.
- สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดแพร่. 2551. การผลิิตการตลาดพริกจังหวัดแพร่. กลุ่มสารสนเทศและข้อมูลการเกษตร. สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดแพร่, แพร่. 23 หน้า.
- อังคณา เทียนกล้า. 2556. ประสิทธิภาพของน้ำหมักใบครามต่อการเติบโต ผลผลิต และการควบคุมแมลงศัตรูในมะเขือเปราะ. วารสารเกษตร 29(3): 249-256.
- ออมทรัพย์ นพอมรบดี สมพร อิศรานุรักษ์ สุนันทา ชมพูนิช ภาวนา ลิกขนานนท์ นิตยา กันหลง รังสี เจริญสถาพร และ รัตนาภรณ์ พรหมศรธา. 2547. ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ น้ำสกัดชีวภาพ (ตอนที่ 1). ควิกปรีนท์ออฟเซ็ท, กรุงเทพฯ. 51 หน้า.
- Apai, W. and S. Thongdeethae. 2001. Wood vinegar: new organic for Thai agriculture. pp. 166-169. In: Proceedings of the Fourth Toxicity Division Conference, Department of Agriculture, Bangkok.
- Agrios, G. N. 2005. Plant Pathology. 5th ed. Academic Press, New York. 592 p.
- Campbell, C. L. and L. V. Madden. 1990. Introduction to Plant Disease Epidemiology. Wiley-Interscience, New York.
- Eckert, J. W. 1983. Control of post-harvest diseases with antimicrobial agents. pp. 265-258. In: M. Liebermans (ed.). Post-harvest Physiology and Crop Protection. Plenum Press, New York.
- Jinantana, J. and M. Sariah. 1998. Potential for biological control of *Sclerotium* foot rot of chilli by *Trichoderma* spp. Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science 21(1): 1-10.
- Mdee, L. K., P. Masoko and J. N. Elof. 2009. The activity of extracts of seven common invasive plant species on fungal phytopathogens. South African Journal of Botany 75: 375-379.
- Pakdeevaporn, P., S. Wasee, P. W. J. Taylor and O. Mongkolporn. 2005. Inheritance of resistance to anthracnose caused by *Colletotrichum capsici*. Plant Breeding 124(2): 206-208.
- Panichsukpatana, C., N. Sivakorn, N. Kanlong and T. Boon-Long. 2002. Utilization of BMW to promote plant growth. p. 159. In: Summary of the First International Conference on Tropical and Sub Tropical Plant Diseases. Nov. 5-8, 2002. The Imperial Mae Ping Hotel. Chiang Mai, Thailand.
- Rajamanickam, S., K. Sethuraman and A. Sadasakthi. 2012. Exploitation of phytochemicals from plants extracts and its effect on growth of *Colletotrichum capsici* (Syd.) Butler and Bisby causing anthracnose of chilli (*Capsicum annum* L.). Plant Pathology Journal 11: 87-92.

- Sutton, B. C. 1992. The genus *Glomerella* and its anamorph *Colletotrichum*. pp. 1-26. In: J. A. Bailey and M. J. Jeger (eds.). *Colletotrichum: Biology, Pathology and Control*. CAB International, Wallingford.
- Than, P. P., H. Prihastuti, S. Phoulivong, P. W. J. Taylor and K. D. Hyde. 2008. Chilli anthracnose disease caused by *Colletotrichum* species. *Journal of Zhejiang University SCIENCE B* 9(10): 764-778.
- Vallad, G. E., L. Cooperband and R. M. Goodman. 2003. Plant foliar disease suppression mediated by composted forms of paper mill residuals exhibits molecular features of induced resistance. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 63: 65-77.
-

การรวมยอยอดยีนต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล 3 ชนิด
จากข้าวสายพันธุ์ผสมกลับ BC₄F₃₋₄ [(ราตูฮีเนติ/ข้าวดอกมะลิ 105) × ชัยนาท 1] และ
[(อาบาญา/ข้าวดอกมะลิ 105) × ชัยนาท 1]

Pyramiding 3 Brown Planthopper Resistant Genes from BC₄F₃₋₄
Backcross Rice Lines [(Rathu Heenati/KDML105) × Chai Nat 1] and
[(Abhaya/KDML105) × Chai Nat 1]

วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ^{1/*} สมชาย ธนสินชัยกุล^{2/} เจตน์ คชฤกษ์^{3/} และคณิตา เกิดสุข^{3/}
Weerathep Pongprasert^{1/*}, Somchai Tanasinchayakul^{2/}, Jate Kotcharerk^{3/} and Kanita Kerdusuk^{3/}

^{1/}ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

^{1/}Department of Agricultural Science, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand

^{2/}ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

^{2/}Department of Entomology, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140, Thailand

^{3/}ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก 65000

^{3/}Phitsanulok Rice Research Center, Wang Thong, Phitsanulok 65000, Thailand

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

(Received: 1 August 2015; Accepted: 30 September 2015)

Abstract: The objectives of this study were to produce F1 rice lines that pyramided 3 brown planthopper (BPH, *Nilaparvata lugens* (Stål)) resistant genes from of BC₄F₃₋₄ backcross rice lines ((Rathu Heenati/KDML105) × Chai Nat 1) and ((Abhaya/KDML105) × Chai Nat 1) and evaluate on the reactions of those F1 lines on brown planthoppers (BPH) collected from irrigation paddy fields in lower northern Thailand. The experiments were carried out in green house. The evaluation on F1 was performed based on randomized complete block design with 4 replications, using 9 standard rice varieties for comparison: PTB33, TN1, A12-26-201-436, R8-24-1-183-84-227, Chai Nat 1, Rathu Heenati, KDML105, Abhaya, and Rathu Heenati/KDML105 and indices for resistant evaluation based on standard evaluation system for rice from International Rice Research Institute (IRRI). The result revealed that the total of 292 seeds of F1 rice lines from R8-24-1-183-84-227 carried *Bph3* resistant gene and A12-26-201-436 carried *Qbph6* and *Qbph12* resistant genes was produced. The reactions of those F1 rice lines responded to the infestation of BPH populations were better than those of their parents. The remarkable recovery of those F1 rice lines from the damage caused by the infestation of BPH was found at 29 and 33 days after BPH release and damage score was in the same level as found in PTB33 and BPH resistant check varieties.

Keywords: Brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål), resistant variety, pyramiding genes

บทคัดย่อ: วัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เพื่อสร้างลูกผสม F1 ซึ่งเป็นการรวบยีนต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (BPH, *Nilaparvata lugens* (Stål)) จำนวน 3 ชนิดจากข้าวสายพันธุ์ลูกผสมกลับ BC₄F₃₋₄ [(ราตยูอินติ/ขาวดอกมะลิ 105) × ชัยนาท 1] และ [(อาบาญา/ขาวดอกมะลิ 105) × ชัยนาท 1] และศึกษาปฏิกิริยาของข้าวสายพันธุ์ลูกผสมดังกล่าวกับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเก็บรวบรวมจากนาเขตชลประทานของภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย การทดลองดำเนินการในเรือนทดลอง การทดสอบข้าวลูกผสมใช้แผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ 4 ซ้ำ โดยมีพันธุ์ข้าว/สายพันธุ์ข้าวเปรียบเทียบจำนวน 9 พันธุ์/สายพันธุ์ คือ สายพันธุ์พ่อ A12-26-201-436, สายพันธุ์แม่ R8-24-1-183-84-227, ชัยนาท 1, ราตยูอินติ, ขาวดอกมะลิ 105, อาบาญา, ราตยูอินติ×ขาวดอกมะลิ 105 และการประเมินผลปฏิกิริยาของข้าวต่อการลงทำลายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลใช้เกณฑ์มาตรฐานตาม Standard Evaluation System for Rice ของ IRRI ผลการทดลองสามารถผลิตลูกผสมที่มีการรวบยีนต้านทานทั้ง 3 ชนิดได้จำนวน 292 เมล็ด และข้าวสายพันธุ์ลูกผสมดังกล่าวแสดงปฏิกิริยาตอบโต้ต่อการลงทำลายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในภาคเหนือตอนล่าง ได้ในระดับที่ดีกว่าพ่อและแม่ รวมทั้งมีความสามารถในการฟื้นตัวจากความเสียหายที่เกิดจากการลงทำลายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในระยะกล้าได้อย่างรวดเร็ว จนอยู่ในระดับที่ไม่แตกต่างจากพันธุ์ต้านทานมาตรฐานเปรียบเทียบคือ PTB33 ที่ 29 และ 33 วันหลังปล่อยเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลลงทำลาย

คำสำคัญ: เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ยีนต้านทาน การรวบยีน

คำนำ

เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (*Nilaparvata lugens* (Stål)) (= *Delphax oryzae*) (Hemiptera: Delphacidae) จัดว่าเป็นหนึ่งในแมลงศัตรูข้าวที่มีการแพร่ระบาดมากที่สุด ในเอเชีย ทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัยดูดกินน้ำเลี้ยงจากต้นข้าว ทำให้ต้นข้าวมีอาการเหี่ยว และไหม้ตาย (ปริดา และ พันนิภา, 2552) และยังเป็นพาหะถ่ายทอดเชื้อไวรัสโรคเขียวเตี้ย และโรคใบหงิกมาสู่ข้าว ทำให้ข้าวไม่สามารถออกรวง (Heinrichs, 1979; Rivera *et al.*, 1966; Renganayaki *et al.*, 2002) ผลผลิตข้าวลดลงและไม่คุ้มค่าการลงทุน (สุวัฒน์, 2544) การควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมักนิยมใช้สารเคมีฆ่าแมลงเป็นหลัก (สำนวน และ วีรเทพ, 2548) ซึ่งมีผลกระทบต่อมนุษย์และสภาพแวดล้อมเป็นอย่างมาก เป็นสาเหตุสำคัญในการทำให้สมดุลธรรมชาติเสียหายอย่างรุนแรง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำลายศัตรูธรรมชาติที่สำคัญในนาข้าว นอกจากนี้การใช้สารฆ่าแมลงอย่างต่อเนื่องมีผลทำให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลสามารถต้านทาน (resistance) ต่อสารฆ่าแมลงได้อย่างรวดเร็ว และเร่งการกลับมากระบาดใหม่ (resurgence) ให้เกิดได้เร็วมากขึ้น (วีรยุทธ และคณะ, 2556; Heinrichs and Mochida, 1984) การควบคุมโดย

ใช้ข้าวพันธุ์ต้านทานต่อการเข้าทำลายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลนั้นเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการป้องกันกำจัดแมลงที่ได้รับการยอมรับเป็นอย่างมาก และเป็นวิธีการที่ปลอดภัยต่อสภาพแวดล้อม

ปัจจุบันมีการค้นพบยีนต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจากข้าวพื้นบ้าน ข้าวป่า และหญ้าต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง โดยมียีนต้านทานที่มีคุณลักษณะเด่นไม่น้อยกว่า 21 ชนิด ที่ถูกถ่ายทอดลงสู่ข้าวพันธุ์ต่าง ๆ อย่างไรก็ตามระดับความต้านทานของข้าวพันธุ์ต่าง ๆ ดังกล่าวเหล่านั้นมักลดลงอย่างรวดเร็วและกลายเป็นพันธุ์อ่อนแอในที่สุด ทั้งนี้เป็นผลจากในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมาการปรับปรุงพันธุ์มักนิยมใช้ยีนเด่นเพียงชนิดเดียวเป็นหลักในการพัฒนาพันธุ์ข้าวต้านทาน กลไกการสร้างความต้านทานไม่ซับซ้อนมาก ทำให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลสามารถปรับตัวเข้าลงทำลายได้ง่ายและรวดเร็วมก การรวบยีน (gene pyramiding) คือการรวมยีนต้านทานแมลงจากข้าวหลายสายพันธุ์ให้อยู่ในสายพันธุ์เดียว เป็นแนวทางที่สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของความต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลให้สูงขึ้น ยาวนานขึ้น และครอบคลุมมากขึ้น (Sharma *et al.*, 2004)

ในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมาคณะผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับปรุงพันธุ์ข้าวลูกผสมกลับ จำนวน 2 สาย

โดยวิธี MAS ตั้งแต่ พ.ศ. 2545 สายแรกเป็นการพัฒนาข้าวลูกผสมพันธุ์ราตูฮีนติ/ขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งเป็นแหล่งผู้ให้ยีนต้านทานเพื่อยกกระโดดสีน้ำตาลชนิด *Bph3* กับพันธุ์ชัยนาท 1 และ สายที่สองเป็นข้าวลูกผสมพันธุ์อาบาญา/ขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งเป็นแหล่งผู้ให้ยีนต้านทานเพื่อยกกระโดดสีน้ำตาลชนิด *Qbph6* และ *Qbph12* กับพันธุ์ชัยนาท 1 และทำการคัดเลือกลูกผสมกลับรุ่น BC_4F_{3-4} ที่มีคุณสมบัติต้านทานดีที่สุดสายละ 1 สายพันธุ์ คือ R8-24-1-183-84-227 และ A12-26-201-436 ตามลำดับ (เจตน์ และคณะ, 2552ก, ข; พุฒิพงษ์ และคณะ, 2555) โดยข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์มีพื้น (background) ความเป็นข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 สูงถึงร้อยละ 96.875 ทางทฤษฎี นอกจากนี้ข้าว A12-26-201-436 ยังมีคุณสมบัติต้านทานต่อแมลงบั่วได้ในระดับหนึ่งด้วย (วีรเทพ และคณะ, 2557) ดังนั้นหากผสมข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์เข้าด้วยกัน ลูกผสมที่เกิดขึ้น ควรมียีนต้านทานต่อเพื่อยกกระโดดสีน้ำตาลทั้ง 3 ชนิดรวมเข้าไว้ด้วยกันและมีประสิทธิภาพในการต้านทานต่อการเข้าทำลายของเพื่อยกกระโดดสีน้ำตาลได้ดีขึ้นกว่าสายพันธุ์พ่อและแม่ ในการนี้คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการสร้างลูกผสม F1 ซึ่งเป็นการรวบยอยยีนต้านทานเพื่อยกกระโดดสีน้ำตาลจำนวน 3 ชนิดจากข้าวสายพันธุ์ลูกผสมกลับ BC_4F_{3-4} [(ราตูฮีนติ/ขาวดอกมะลิ 105) x ชัยนาท 1] และ [(อาบาญา/ขาวดอกมะลิ 105) x ชัยนาท 1] และศึกษาปฏิกิริยาของข้าวสายพันธุ์ลูกผสมดังกล่าวกับเพื่อยกกระโดดสีน้ำตาลเก็บรวบรวมจากนาเขตชลประทานของภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทยขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

การสร้างลูกผสมเพื่อรวบยอยยีนต้านทานเพื่อยกกระโดดสีน้ำตาล 3 ชนิดจากข้าวสายพันธุ์ผสมกลับ BC_4F_{3-4} [(ราตูฮีนติ/ขาวดอกมะลิ 105) x ชัยนาท 1] และ [(อาบาญา/ขาวดอกมะลิ 105) x ชัยนาท 1]

ทำผสมข้าวสายพันธุ์ผสมกลับ BC_4F_{3-4} [(ราตูฮีนติ/ขาวดอกมะลิ 105) x ชัยนาท 1] คือ R8-24-1-183-84-227 กับ BC_4F_{3-4} [(อาบาญา/ขาวดอกมะลิ 105) x ชัยนาท 1] คือ A12-26-201-436 คัดเลือกเมล็ดพันธุ์ที่มีความสมบูรณ์

การเตรียมเพื่อยกกระโดดสีน้ำตาล

รวบรวมประชากรเพื่อยกกระโดดสีน้ำตาล จากพื้นที่นาชลประทานของภาคเหนือตอนล่าง คือจังหวัดพิษณุโลก พิจิตร กำแพงเพชร ตาก และเพชรบูรณ์ ทำการเลี้ยงเพื่อคัดกรองเพื่อยกกระโดดสีน้ำตาลที่ไม่สมบูรณ์บนข้าวพันธุ์ไทซุงเนทีฟ 1 (TN1) ซึ่งอ่อนแอต่อเพื่อยกกระโดดสีน้ำตาล จากนั้นทำการเลี้ยงเพื่อเพิ่มปริมาณเพื่อยกกระโดดสีน้ำตาลที่ผ่านการคัดกรองแล้วให้มีปริมาณเพียงพอบนข้าวพันธุ์ TN1 ในโรงเรือนทดลอง

ทดสอบปฏิกิริยาข้าวลูกผสมต่อเพื่อยกกระโดดสีน้ำตาลจากพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง

ทำการสุ่มคัดเลือกและเพาะเมล็ดพันธุ์ลูกผสมที่ได้จำนวน 50 เมล็ด ในกระบะเพาะทดสอบ ในสภาพทรงเลี้ยงแมลงในโรงเรือน โดยใช้พันธุ์ข้าว PTB33 เป็นพันธุ์มาตรฐานต้านทาน (resistant check) พันธุ์ TN1 เป็นพันธุ์มาตรฐานไม่ต้านทาน (susceptible check) และมีพันธุ์เปรียบเทียบต่าง ๆ ดังนี้ สายพันธุ์พ่อ คือ A12-26-201-436, สายพันธุ์แม่คือ R8-24-1-183-84-227, ชัยนาท 1, ราตูฮีนติ, ขาวดอกมะลิ 105, อาบาญา, ราตูฮีนติ x ขาวดอกมะลิ 105

ปล่อยเพื่อยกกระโดดสีน้ำตาลลงไปบนข้าวทดสอบ ตรวจสอบการกระจายตัวของแมลง โดยปิดบริเวณแถวข้าวทดสอบเพื่อให้แมลงมีการเคลื่อนย้ายกระจายตัวให้ทั่วบริเวณแถวข้าวทดสอบในกระบะเพาะ โดยให้มีจำนวนเพื่อยกกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ยประมาณ 5 ตัวต่อต้น ทำการตรวจผลปฏิกิริยาของข้าวพันธุ์และสายพันธุ์ต่าง ๆ ต่อเพื่อยกกระโดดสีน้ำตาล เมื่อปล่อยปล่อยลงทำลายข้าวได้ 13, 18, 22, 29 และ 33 วัน โดยใช้มาตรฐานตาม Standard Evaluation System for Rice (IRRI, 1988) และวิเคราะห์ข้อมูลจัดทำ dendrogram เปรียบเทียบปฏิกิริยาของข้าวพันธุ์และสายพันธุ์ต่าง ๆ ที่มีต่อการเข้าทำลายของเพื่อยกกระโดดสีน้ำตาล ด้วย hierarchical cluster analysis ใช้วิธีการจัดกลุ่มแบบ between-groups linkage

ผลการทดลอง

การผสมข้าวสายพันธุ์ R8-24-1-183-84-227 กับ A12-26-201-436 ได้เมล็ดพันธุ์ลูกผสม F1 จำนวน 292 เมล็ด และทำการสุ่มคัดเลือกเมล็ดพันธุ์ ทำการเพาะกล้า ได้เมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้าจำนวน 50 เมล็ด จำนวน 2 ชุด ให้หมายเลขเมล็ดพันธุ์ R8-227 A12-436-001 จนถึง R8-227 A12-436-100

ผลการทดสอบปฏิกิริยาข้าวลูกผสมต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจากพื้นที่นาชลประทานของภาคเหนือตอนล่าง โดยใช้พันธุ์ข้าว PTB33 เป็นพันธุ์มาตรฐาน ด้านทาน พันธุ์ TN1 เป็นพันธุ์มาตรฐานไม่ต้านทาน และพันธุ์เปรียบเทียบต่าง ๆ คือ R8-24-1-183-84-227, A12-26-201-436, ชัยนาท 1, ราชูฮีเนติ, ข้าวดอกมะลิ 105, อาบาญา, ราชูฮีเนติ x ข้าวดอกมะลิ 105 (ตารางที่ 1) พบว่า

ที่ 13 วัน หลังทำการปล่อยเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลลงทำลาย ข้าวพันธุ์มาตรฐานไม่ต้านทาน TN1 มีคะแนนระดับปฏิกิริยาเท่ากับ 7 ซึ่งเสียหายสูงสุดในกลุ่มพันธุ์ข้าวที่ทดสอบ ข้าวมีลักษณะเหลือง มีอาการแห้งแล้ว 75 เปอร์เซ็นต์ และ พันธุ์มาตรฐานต้านทาน PTB33

มีคะแนนระดับปฏิกิริยาเท่ากับ 3 ยังแสดงความต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดได้สูงสุด ข้าวมีสีเขียวสด มีใบที่ 1 และ 2 เหลืองเล็กน้อยเท่านั้น ข้าวลูกผสม R8-24-1-183-84-227/A12-26-201-436 (F1) มีคะแนนระดับปฏิกิริยาเท่ากับ 5 ใบข้าวทั้งหมดเหลืองอย่างเด่นชัด ต้นข้าวเหี่ยวหรือตาย 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเทียบเท่ากับข้าวพันธุ์ชัยนาท 1, อาบาญา, ราชูฮีเนติ x ข้าวดอกมะลิ 105 และสายพันธุ์แม่ R8-24-1-183-84-227 ส่วนสายพันธุ์พ่อคือ A12-26-201-436 มีระดับปฏิกิริยากับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในระดับ 6 ขณะที่ ข้าวดอกมะลิ 105 มีระดับปฏิกิริยากับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในระดับ 7 ซึ่งเท่ากับ TN1 ซึ่งเป็นระดับที่สูงสุด

ที่ 17 วัน คะแนนระดับปฏิกิริยาข้าวพันธุ์มาตรฐานไม่ต้านทาน TN1 มีคะแนนระดับปฏิกิริยาเท่ากับ 8 ต้นข้าว 90 เปอร์เซ็นต์ เหี่ยวและมีบางส่วนตาย ต้นข้าวเหลือง เตี้ยและแกร็นมาก ข้าวพันธุ์ที่ต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้สูงเป็น ข้าวพันธุ์ราชูฮีเนติ มีคะแนนระดับปฏิกิริยาเท่ากับ 3 ซึ่งจัดว่ามีระดับความเสียหายต่ำสุดของกลุ่มข้าวทั้งหมดที่ทดสอบ ส่วนข้าวพันธุ์มาตรฐานต้านทานที่เป็นตัวแทน คือ PTB33 มีคะแนนระดับปฏิกิริยาเท่ากับ 4 มีระดับความต้านทานต่อ

Table 1 Reaction pattern and damage score of R8-24-1-183-84-227/A12-26-201-436 (F1) and 9 standard rice varieties responded to brown planthopper collected from lower northern Thailand at 13, 17, 22, 29 and 33 days after BPH release

Varieties/ Accessions	Reaction score of rice varieties responded to brown planthopper after BPH release (days)					Damage score at last
	13	17	22	29	33	check
CNT1	5	6	7	7	8	HS
Rathu Heenati	3	3	4	4	3	MR
KDML105	7	8	9	9	9	HS
A-12-26-201-436	6	8	8	6	5	MS
TN1	7	8	9	9	9	HS
PTB33	3	4	5	4	3	MR
Abhaya	5	7	8	8	8	HS
Rathu Heenati/KDML105	5	6	6	6	6	MS
R8-24-1-183-84-227	5	6	7	7	7	S
R8-24-1-183-84-227/ A12-26-201-436 (F1)	5	5	5	4	3	MR

เพื่อยกระโดดสีน้ำตาลต่ำกว่าพันธุ์ราตยูเินติเล็กน้อย ข้าวลูกผสม R8-24-1-183-84-227/A12-26-201-436 (F1) มีคะแนนระดับปฏิกิริยาในระดับ 5 แสดงถึงมีระดับความต้านทานที่ดีกว่าสายพันธุ์แม่และพ่อคือ R8-24-1-183-84-227 และ A12-26-201-436 ซึ่งมีคะแนนระดับปฏิกิริยาต่อเพื่อยกระโดดสีน้ำตาลที่ระดับ 6 และ 8 ตามลำดับ ส่วนพันธุ์เปรียบเทียบกับอื่น ๆ พบว่า พันธุ์ชัยนาท 1 และ ราตยูเินติ x ขาวดอกมะลิ 105 มีคะแนนระดับปฏิกิริยาในระดับ 6 เช่นเดียวกับสายพันธุ์แม่ R8-24-1-183-84-227 ส่วนอาบาญา นั้นมีคะแนนระดับปฏิกิริยาในระดับ 7 ซึ่งสูงขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับที่ 13 วัน ที่เหลือคือ ขาวดอกมะลิ 105 และ A12-26-201-436 มีคะแนนระดับปฏิกิริยาในระดับ 7

ที่ 22 วัน หลังทำการปล่อยเพื่อยกระโดดสีน้ำตาลลงทำลาย ข้าวพันธุ์มาตรฐานไม่ต้านทาน TN1 ถึงจุดที่มีคะแนนระดับปฏิกิริยาเท่ากับ 9 สภาพต้นข้าวแห้งตายหมด 100 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ ขาวดอกมะลิ 105 มีคะแนนระดับปฏิกิริยาเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงระดับ 9 สภาพข้าวแห้งตายหมดไม่แตกต่างจาก TN1 ข้าวพันธุ์ต้านทานที่เป็นมาตรฐานเปรียบเทียบกับว่าข้าวพันธุ์ราตยูเินติมีปฏิกิริยาที่แสดงความต้านทานต่อเพื่อยกระโดดสีน้ำตาลได้อยู่ที่ระดับ 4 ดีกว่าข้าวพันธุ์ PTB33 ขณะที่ลูกผสม ราตยูเินติ x ขาวดอกมะลิ 105 แสดงผลความต้านทานระดับ 6 อยู่ระหว่าง ราตยูเินติ กับ ขาวดอกมะลิ 105 แต่ R8-24-1-183-84-227 ซึ่งเป็นลูกผสมระหว่างพ่อคือ ราตยูเินติ x ขาวดอกมะลิ 105 กับแม่คือ ชัยนาท 1 กลับแสดงผลระดับความต้านทานที่ระดับ 7 เทียบเท่ากับแม่ คือ ชัยนาท 1 และมีระดับต่ำกว่าพ่อ ราตยูเินติ x ขาวดอกมะลิ 105 ส่วนข้าวในสายอาบาญา ประกอบด้วย อาบาญา และ A12-26-201-436 นั้นแสดงผลความต้านทานในระดับ 8 สภาพต้นข้าวใกล้เคียงกันคือ ต้นข้าว 85 เปอร์เซ็นต์ เหี่ยวและตาย ต้นข้าวที่เหลือเตี้ยแคระแกร็นชัดเจน อย่างไรก็ตาม ข้าวลูกผสม R8-24-1-183-84-227/ A12-26-201-436 (F1) กลับมีคุณสมบัติที่แสดงความต้านทานเพื่อยกระโดดสีน้ำตาลได้ในระดับ 5 ซึ่งดีกว่าสายพันธุ์พ่อและแม่ที่อยู่ระดับ 8 และ 7 อย่างชัดเจนมาก

ที่ 29 วัน หลังทำการปล่อยเพื่อยกระโดดสีน้ำตาลลงทำลาย ข้าวพันธุ์มาตรฐานไม่ต้านทาน TN1 และ ขาวดอกมะลิ 105 ยังคงคะแนนระดับปฏิกิริยาเท่ากับ 9 สภาพต้นข้าวแห้งตายหมด 100 เปอร์เซ็นต์ และข้าวต้านทานต่อการลงทำลายของเพื่อยกระโดดสีน้ำตาลมากที่สุดมี 2 พันธุ์ คือ ราตยูเินติ มีคะแนนระดับปฏิกิริยาเท่ากับ 4 และ PTB33 ที่มีการฟื้นตัวจากเดิมที่ 22 วันอยู่ที่ระดับ 5 เป็นระดับ 4 ข้าวลูกผสม ราตยูเินติ x ขาวดอกมะลิ 105 มีระดับความต้านทานเท่ากับ 6 อยู่กึ่งกลางระหว่างพันธุ์พ่อและแม่ แสดงว่าการนำข้าวพันธุ์ราตยูเินติ ผสมกับ ขาวดอกมะลิ 105 นั้นข้าวลูกผสมที่ได้มีคุณลักษณะที่ต้านทานต่อเพื่อยกระโดดสีน้ำตาลได้ดีขึ้น ในขณะที่ R8-24-1-183-84-227 นั้นมีปฏิกิริยาที่แสดงระดับความต้านทานเท่ากับ 7 ส่วน อาบาญา มีปฏิกิริยาที่แสดงระดับความต้านทานเท่ากับ 8 แต่ A12-26-201-436 มีปฏิกิริยาที่แสดงระดับความต้านทานเท่ากับ 6 ซึ่งเป็นผลการฟื้นตัวจากระดับ 8 เมื่อ 22 วัน อย่างไรก็ตามข้าวลูกผสม R8-24-1-183-84-227/A12-26-201-436 (F1) มีปฏิกิริยาที่แสดงระดับความต้านทานที่ฟื้นตัวจากระดับ 5 ที่ 22 วัน เป็นระดับ เท่ากับ 4 ซึ่งดีกว่าการแสดงออกของพ่อและแม่ที่อยู่ระดับ 6 และ 7 อย่างชัดเจน และระดับปฏิกิริยาที่แสดงความต้านทานนี้เทียบเท่ากับของพันธุ์ต้านทานมาตรฐานคือ PTB33 และ ราตยูเินติ

ที่ 33 วัน หลังทำการปล่อยเพื่อยกระโดดสีน้ำตาลลงทำลาย ข้าวพันธุ์มาตรฐานไม่ต้านทาน TN1 และ ขาวดอกมะลิ 105 สภาพต้นข้าวแห้งตายหมด ระดับปฏิกิริยาต่อการลงทำลายของเพื่อยกระโดดสีน้ำตาลเท่ากับ 9 รองลงมาคือพันธุ์ชัยนาท 1 อาบาญา และ R8-24-1-183-84-227 มีระดับปฏิกิริยาต่อเพื่อยกระโดดสีน้ำตาลเท่ากับ 8, 8 และ 7 ตามลำดับ ซึ่งไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับที่ 22 และ 29 วัน ตามลำดับ เช่นเดียวกับข้าวลูกผสม ราตยูเินติ x ขาวดอกมะลิ 105 ที่ยังคงระดับปฏิกิริยาต่อเพื่อยกระโดดสีน้ำตาลเท่ากับ 6 ไม่เปลี่ยนแปลงตั้งแต่ที่ 17, 22, 29 วัน ขณะที่ A12-26-201-436 ฟื้นตัวอย่างต่อเนื่องจากระดับปฏิกิริยาต่อเพื่อยกระโดดสีน้ำตาลที่ 6 เมื่อ 29 วันเป็นระดับ 5 ที่ 33 วัน อย่างไรก็ตาม ข้าวลูกผสม R8-24-1-183-84-227/A12-26-201-436 (F1) มีปฏิกิริยาที่แสดงระดับความต้านทาน

ที่พื้นตัวอย่างต่อเนื่องจากระดับ 4 ที่ 29 วัน เป็นระดับเท่ากับ 3 ซึ่งดีกว่าการแสดงออกของพ่อและแม่ที่อยู่ระดับ 5 และ 7 อย่างชัดเจน และระดับปฏิกริยาที่แสดงความต้านทานนี้เทียบเท่ากับของพันธุ์ต้านทานมาตรฐาน คือ PTB33 และ ราตูฮีเนติ

เมื่อพิจารณาระดับความต้านทานจากระดับปฏิกริยาตอบสนองต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่ 33 วัน หลังการปลดปล่อยเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลลงทำลายข้าว ซึ่งเป็นผลจากการลงทำลายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และการฟื้นตัวของข้าวแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์ พบว่า ข้าวที่มีระดับความต้านทานดีที่สุดเทียบกับพันธุ์ต้านทานมาตรฐาน PTB33 ซึ่งอยู่ที่ระดับ ค่อนข้างต้านทาน (MR) คือ ราตูฮีเนติ และ ข้าวลูกผสม R8-24-1-183-84-227/A12-26-201-436 (F1) รองลงมาจัดอยู่ในระดับ ค่อนข้างอ่อนแอ (MS) ประกอบด้วยข้าว A12-26-201-436, ราตูฮีเนติขาวดอกมะลิ 105 ถัดมาคือระดับอ่อนแอ (S) คือ R8-24-1-183-84-227 กลุ่มสุดท้ายคือระดับอ่อนแอมาก (HS) เทียบเท่ากับพันธุ์มาตรฐานอ่อนแอ TN1 คือ ขาวดอกมะลิ 105, อาบาญา และชยันนาท 1

เมื่อทำการวิเคราะห์ในภาพรวมของความเชื่อมโยงของปฏิกริยาของข้าวพันธุ์ต่าง ๆ ด้วย dendrogram ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ผลจากระดับปฏิกริยา

ตอบสนองต่อการลงทำลายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และการฟื้นตัวของข้าวแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์ตลอดระยะเวลา 33 วันหลังการปลดปล่อยเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลลงทำลายข้าว พบว่า สามารถจัดกลุ่มพันธุ์ข้าวได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีปฏิกริยารุนแรงที่สุดหรืออีกนัยคือ อ่อนแอที่สุด คือ TN1 และ ขาวดอกมะลิ 105 กลุ่มที่มีปฏิกริยาได้ตอบปานกลาง คือ ชยันนาท 1, R8-24-1-183-84-227, อาบาญา, ราตูฮีเนติขาวดอกมะลิ 105, A12-26-201-436 และกลุ่มที่มีปฏิกริยาได้ตอบต่ำสุดหรืออีกนัยคือทนทานหรือต้านทานต่อการลงทำลายของเพลี้ยมากที่สุด คือ ราตูฮีเนติ, PTB33 และข้าวลูกผสม R8-24-1-183-84-227/A12-26-201-436 (F1) (ภาพที่ 1)

วิจารณ์

การรวบยอดยีน เป็นวิธีการรวมยีนที่มีคุณลักษณะสำคัญที่ต้องการซึ่งเป็นอิสระต่อกันในหลากหลายสายพันธุ์ให้ปรากฏแสดงออกในสายพันธุ์เดียว (Xu, 2010) ซึ่งในการศึกษครั้งนี้ได้นำหลักการของการรวบยอดยีนนี้เพื่อปรับปรุงพันธุ์ข้าวต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

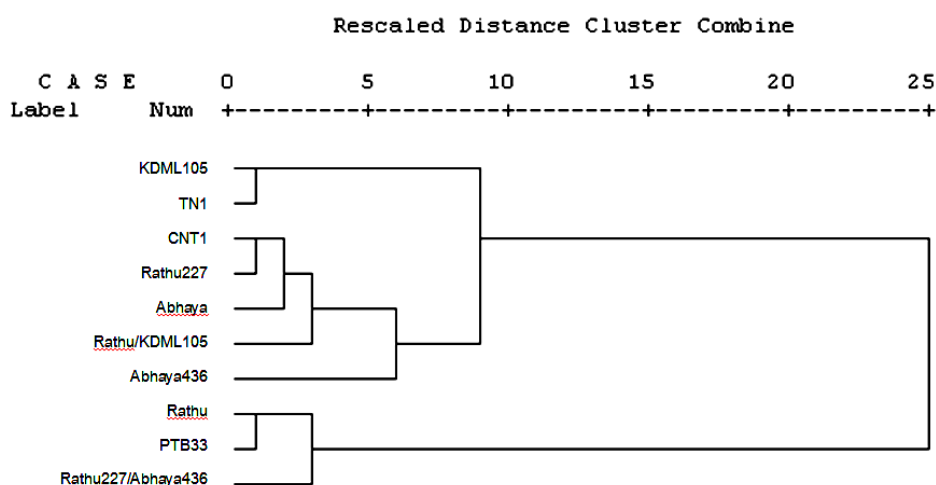


Figure 1 Dendrogram presents the relationship of R8-24-1-183-84-227/A12-26-201-436 (F1) (Rathu227/Abhaya436) and 9 standard rice varieties: Rathu Heenati (Rathu), KDML105, Abhaya A-12-26-201-436 (Abhaya436), Taichung Native 1 (TN1), PTB33, Abhaya, Rathu Heenati/KDML105 (Rathu/KDML105), Chai Nat 1 (CNT1) and R8-24-1-183-84-227 (Rathu227) responded to brown planthopper population in lower northern Thailand

โดยทำการรวมยีน 3 ชนิดคือ *Qbph6*, *Qbph12* และ *Bph3* (จีรเทพ และคณะ, 2550; เจตน์ และคณะ, 2552ก, ข; Jain et al., 2007) จากข้าวลูกผสมกลับ BC₄F₃₋₄ ที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์ 2 สายพันธุ์ คือ สายแรกเป็นการพัฒนาข้าวลูกผสมพันธุ์ราตูลีเนติ/หอมดอกมะลิ 105 ซึ่งเป็นแหล่งผู้ให้ยีนต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลชนิด *Bph3* กับพันธุ์ชัยนาท 1 และ สายที่สองเป็นข้าวลูกผสมพันธุ์อาบาญา/ขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งเป็นแหล่งผู้ให้ยีนต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลชนิด *Qbph6* และ *Qbph12* กับพันธุ์ชัยนาท 1 และคัดเลือกลูกผสมกลับรุ่น BC₄F₃₋₄ ที่มีคุณสมบัติต้านทานดีที่สุดสายละ 1 สายพันธุ์ คือ R8-24-1-183-84-227 และ A12-26-201-436 ตามลำดับ โดยยีนต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลชนิด *Bph3* จาก R8-24-1-183-84-227 เป็นยีนที่แสดงออกถึงระดับความต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้อย่างเด่นชัดตั้งแต่วัยระยะแรกที่ถูกเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลลงทำลาย และสามารถแสดงออกในคุณลักษณะต้านทานได้ในข้าวทุกสายพันธุ์ที่มียีนนี้ปรากฏอยู่ ดังเช่น ข้าวพันธุ์ราตูลีเนติ ข้าวสายพันธุ์ลูกผสมกลับราตูลีเนติ/ขาวดอกมะลิ 105 และ ข้าวสายพันธุ์ลูกผสมกลับราตูลีเนติ/ขาวดอกมะลิ 105/ชัยนาท 1 (R8-24-1-183-84-227) ส่วนยีน *Qbph6* และ *Qbph12* นั้นเป็นยีนที่มีความต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้ในระดับกลางแต่มีความสามารถในการทำให้ข้าวฟื้นตัวจากการลงทำลายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในระยะกล้าได้ดี (พุฒิพงษ์ และคณะ, 2554)

Heinrichs (1986) และ Bosque-Perez and Buddenhagen (1992) พบว่าการรวมยีนต้านทานในระดับกลางหรือจากการแสดงออกของยีนหลาย ๆ ชนิดร่วมกันมักให้ผลในการต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้ยาวนานกว่า คงทนกว่าคุณลักษณะต้านทานที่ได้จากยีนเด่นเพียงชนิดเดียว ซึ่งสอดคล้องกับผลการรวมยีนในครั้งนี้ กล่าวคือ ลูกผสม R8-24-1-183-84-227/A12-26-201-436 (F1) ที่ได้รับในรุ่นที่ 1 แสดงปฏิกิริยาต่อการลงทำลายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในภาคเหนือตอนล่าง ได้ในระดับที่ดีกว่าพ่อและแม่ หรืออีกนัยคือมีความต้านทานต่อการเข้าทำลายของเพลี้ย

กระโดดสีน้ำตาลได้ดีกว่าสายพันธุ์พ่อและแม่อย่างชัดเจน และที่สำคัญคือมีความสามารถในการฟื้นตัวจากความเสียหายที่เกิดจากการลงทำลายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในระยะกล้าได้อย่างรวดเร็ว และสามารถแสดงความต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้ในระดับที่ไม่แตกต่างจากพันธุ์ต้านทานมาตรฐานเปรียบเทียบคือ PTB33 ที่ 29 และ 33 วันหลังปล่อยเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลลงทำลาย สอดคล้องกับการค้นพบของ Sharma et al. (2004) ว่า การรวมยีนต้านทานสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของความต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้สูงขึ้น ยาวนานขึ้น และครอบคลุมได้มากขึ้น เช่น การรวมยีนต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลชนิด *Bph1* และ *Bph2* ลงในข้าว japonica ทำให้ข้าวมีความต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้สูงมากกว่าพันธุ์เดิมที่มีเพียงยีนเดียวได้อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม ในส่วนนี้คณะผู้วิจัยกำลังดำเนินการศึกษาแนวทางในการทดสอบข้าวลูกผสม R8-24-1-183-84-227/A12-26-201-436 (F1) นี้กับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในระดับชีวชนิดต่อไป

สรุป

ในการศึกษาปฏิกิริยาของข้าวสายพันธุ์ลูกผสม R8-24-1-183-84-227/A12-26-201-436 (F1) ที่มียีนต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล *Qbph6*, *Qbph12* และ *Bph3* จากพ่อและแม่ รวบรวมเข้าไว้ด้วยกัน พบว่าข้าวสายพันธุ์ลูกผสม R8-24-1-183-84-227/A12-26-201-436 (F1) แสดงปฏิกิริยาตอบสนองต่อการลงทำลายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในภาคเหนือตอนล่าง ได้ในระดับที่ดีกว่าพ่อและแม่ หรืออีกนัยคือมีความต้านทานต่อการเข้าทำลายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในภาคเหนือตอนล่างได้ดีกว่าสายพันธุ์พ่อและแม่อย่างชัดเจน และมีความสามารถในการฟื้นตัวจากความเสียหายที่เกิดจากการลงทำลายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในระยะกล้าได้อย่างรวดเร็ว จนอยู่ในระดับที่ไม่แตกต่างจากพันธุ์ต้านทานมาตรฐานเปรียบเทียบคือ PTB33 ที่ 29 และ 33 วันหลังปล่อยเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลลงทำลาย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยนเรศวร และ ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติภาคเหนือตอนล่าง ที่ให้การสนับสนุนการวิจัยเป็นอย่างดีทั้งในส่วนของ งบประมาณ เครื่องมือ ข้อมูล และอุปกรณ์

เอกสารอ้างอิง

เจตน์ คชฤกษ์ วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ สุรเดช ปาละวิสุทธิ และศิริพร กออินทร์ศักดิ์. 2552ก. การพัฒนาสายพันธุ์ข้าวปรับปรุง BC_4F_1 ด้วยยีนต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (*Qbph6* และ *Qbph 12*) โดยเทคนิคโมเลกุลเครื่องหมาย. วารสารสิ่งแวดล้อมนเรศวร 2(1): 37-51.

เจตน์ คชฤกษ์ วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ สุรเดช ปาละวิสุทธิ และศิริพร กออินทร์ศักดิ์. 2552ข. การพัฒนาสายพันธุ์ข้าวปรับปรุง ราตยีนเติ/ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ชัยนาท 1 รุ่น BC_4F_1 ที่มียีนต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลแบบ *Bph3* โดยเทคนิคการคัดเลือกด้วยดีเอ็นเอเครื่องหมาย. วารสารเกษตร 25(2): 135-143.

ปรีดา เสียงใหญ่ และ พันนิภา ยาใจ. 2552. การวิจัยและพัฒนาการจัดการเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล. หน้า 255-266. ใน: เอกสารประกอบการประชุมข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2552. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร. วันที่ 9-11 มิถุนายน 2552 ณ โรงแรมซีปรีช จอมเทียน พัทยา, ชลบุรี.

พุดพิงษ์ เพ็งฤกษ์ วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ ไสว บุรณพานิชพันธุ์ จิราพร กุลสาริน เจตน์ คชฤกษ์ สุรเดช ปาละวิสุทธิ และภมร ปัตตาวะตัง. 2554. ความหลากหลายทางชีวชนิดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย. วารสารเกษตร 27(1): 27-37.

พุดพิงษ์ เพ็งฤกษ์ วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ ไสว บุรณพานิชพันธุ์ จิราพร กุลสาริน สุรเดช ปาละวิสุทธิ และเจตน์ คชฤกษ์ 2555.

ปฏิกิริยาของข้าวลูกผสมกลับ BC_4F_{3-4} ระหว่างอาบาญา/ขาวดอกมะลิ105 กับชัยนาท 1 ต่อประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล. วารสารเกษตร 28(2): 113-123.

วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ สุรเดช ปาละวิสุทธิ ศิริพร กออินทร์ศักดิ์ และ ธาณี ศีรวงศ์ชัย. 2550. การคัดเลือกดีเอ็นเอเครื่องหมายแบบ SSR ของยีนต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (*Nilaparvata lugens* (Stål), Delphacidae, Homoptera) ชนิด *Qbph6* และ *Qbph12* จากข้าวสายพันธุ์ปรับปรุง Abhaya และพันธุ์ชัยนาท 1. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 25(1): 47-55.

วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ สมชาย ธนสินชัยกุล สุรเดช ปาละวิสุทธิ เจตน์ คชฤกษ์ และ คณิตา เกิดสุข. 2557. ปฏิกิริยาของข้าวสายพันธุ์ลูกผสมกลับ BC_4F_{3-4} ((อาบาญา/ขาวดอกมะลิ 105) x ชัยนาท 1) กับแมลงบั่วในภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย. วารสารเกษตร 30(3): 151-159.

วีรยุทธ สร้อยนาค วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ ไสว บุรณพานิชพันธุ์ และสมชาย ธนสินชัยกุล. 2556. ประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงบางชนิดต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย. วารสารเกษตร 29(3): 231-238.

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

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

Bosque-Perez, N. A. and I. W. Buddenhagen. 1992. The development of host-plant resistance to insect pests: outlook for the tropics. pp. 235-249. In: S. B. J. Menken,

- J. H. Visser and P. Harrewijn (eds.). Proceedings of 8th International Symposium Insect-Plant Relationships. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Heinrichs, E. A. 1979. Control of leafhopper and planthopper vectors of rice viruses. pp. 529-558. In: K. Moramrosch and K.F. Arris (eds.). Leafhopper Vectors and Planthopper Disease Agents. Academic Press, New York.
- Heinrichs, E. A. 1986. Prospectives and directions for the continued development of insect-resistant rice varieties. Agriculture, Ecosystems and Environment 18: 9-36.
- Heinrich, E. A. and O. Mochida. 1984. From secondary to major pest status: the case of insecticide-induced rice brown planthopper, *Nilaparvata lugens*, resurgence. Protection and Ecology 7: 201-218.
- IRRI. 1988. Standard Evaluation System for Rice. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines. 54 p.
- Jairin, J., K. Phengrat, S. teangdeerith, A. Vanavichit and T. Toojinda. 2007. Mapping of a broad-spectrum brown planthopper resistance gene, *Bph3*, on rice chromosome 6. Molecular Breeding 19: 35-44.
- Renganayaki, K., K. F. Allan, S. Sadasivam, S. Pammi, S. E. Harrington, S. R. McCouch, S. M. Kumar and A. S. Reddy. 2002. Mapping and progress toward map-based cloning of brown planthopper biotype-4 resistance gene introgressed from *Oryza officinalis* into cultivated rice, *O sativa*. Crop Science 42: 2112-2117.
- Rivera, C. T., S. H. Ou and T. T. Lida. 1966. Grassy stunt disease of rice and its transmission by *Nilaparvata lugens* (Stal). Plant Disease Report 50: 453-456.
- Sharma, P. N., A. Toriia, S. Takumi, N. Mori and C. Kakamura. 2004. Marker-assisted pyramiding of brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stal) resistance genes *Bph1* and *Bph2* on rice chromosome 12. Hereditas 140: 61-69.
- Xu, Y. 2010. Molecular Plant Breeding. CAB International, Wallingford. 717 p.

ชีววิทยาของเพลี้ยหอยสีเขียว (*Coccus viridis* Green) และการควบคุม ด้วยสารฆ่าแมลงและเชื้อราสาเหตุโรคแมลงในแปลงปลูกกาแฟ

Biology of Green Scale (*Coccus viridis* Green) and It's Control by Insecticides and Entomopathogenic Fungi in Coffee Plantation

ชูลีรัตน์ รังสรรค์^{1/} ปิยะวรรณ สุทธิประพันธ์^{1/} และเยาวลักษณ์ จันทร์บาง^{1/*}
Chuleerat Rungson^{1/}, Piyawan Suttiaprapan^{1/} and Yaowaluk Chanbang^{1/*}

^{1/}สาขาวิชากีฏวิทยา ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

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

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

(Received: 8 July 2015; Accepted: 3 October 2015)

Abstract: Biology of green scale, *Coccus viridis* Green, and efficacy of various insecticides and entomopathogenic fungi were studied. The green scales were reared on coffee seedlings better than gardenia plants in cage under rainproof greenhouse (28.9 ± 1.84 °C and $62.5 \pm 9.82\%$ RH). Size of egg, nymph at instar 1-3 and adult were 0.16 ± 0 , 0.22 ± 0.02 , 0.56 ± 0.15 , 0.98 ± 0.05 , 1.69 ± 0.02 millimeters in width, respectively and 0.26 ± 0.01 , 0.43 ± 0.03 , 1.13 ± 0.31 , 2.02 ± 0.01 and 2.92 ± 0.01 millimeters in length, respectively. An efficacy test of 4 insecticides white oil, azadirachtin, buprofezin and *Beauveria bassiana* was carried out in rainproof greenhouse. All treatments were able to decrease number of scale insects significantly different from untreated control but no significantly different among insecticide treatments. In field test all treatments were done in the same pattern. Buprofezin at 0.025% a.i. was the most effective of controlling green scale and the survival rate was 17.50% comparing to 83.33% in untreated control at day 16. The latex from green papaya and water at the ratio 1:1 to 1:5 reduced number of scales down from 51.62% to 5.60 to 11.16% of control respectively.

Keywords: Green scales, *Coccus viridis* Green, Arabica coffee, control, papain

บทคัดย่อ: การศึกษาชีววิทยาของเพลี้ยหอยสีเขียว *Coccus viridis* Green และประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงและเชื้อราสาเหตุโรคแมลง พบว่าต้นกาแฟอาราบิก้า *Coffea arabica* L. ใช้เลี้ยงเพิ่มปริมาณเพลี้ยหอยสีเขียวได้ดีกว่า ต้นพุดซ้อน *Gardenia augusta* (L.) Merr. ภายใต้เงื่อนไขป้องกันฝน (28.9 ± 1.84 °C และ $62.5 \pm 9.82\%$ RH) เพลี้ยหอยสีเขียวระยะไข่ ตัวอ่อนวัยที่ 1-3 และตัวเต็มวัยมีขนาดความกว้าง 0.16 ± 0 , 0.22 ± 0.02 , 0.56 ± 0.15 , 0.98 ± 0.05 และ 1.69 ± 0.02 มิลลิเมตร ยาว 0.26 ± 0.01 , 0.43 ± 0.03 , 1.13 ± 0.31 , 2.02 ± 0.10 และ 2.92 ± 0.01 มิลลิเมตร ตามลำดับ การทดสอบสารฆ่าแมลงและเชื้อราสาเหตุโรคแมลงในการควบคุมเพลี้ยหอยภายใต้สภาพโรงเรือน พบว่ากรรมวิธีที่ทดสอบด้วยสาร 4 ชนิด คือ white oil, สารสกัดสะเดา, buprofezin และ *Beauveria bassiana* ทำให้จำนวนเพลี้ยหอยสีเขียวลดลงได้ โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่การทดสอบในแปลง พบว่า buprofezin 0.025% a.i. มีประสิทธิภาพสูงสุด ทำให้เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของเพลี้ยหอยสีเขียวลดลงจาก 83.33 เปอร์เซ็นต์ เหลือ 17.50 เปอร์เซ็นต์หลังจากฉีดพ่น 16 วัน ในการทดสอบน้ำคั้นมะละกอใช้ในการควบคุมแมลง พบว่าอัตราส่วนน้ำคั้นมะละกอ : น้ำ 1:1 ถึง 1:5 ลดปริมาณแมลงจาก 51.62 เปอร์เซ็นต์ เหลือ 5.60 ถึง 11.16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม

คำสำคัญ: เพลี้ยหอยสีเขียว *Coccus viridis* Green กาแฟอาราบิก้า การป้องกันกำจัด ปาเปน

คำนำ

เพลี้ยหอยสีเขียว *Coccus viridis* Green (Hemiptera: Coccidae) จัดเป็นแมลงปากดูดขนาดเล็ก ตัวอ่อนและตัวเต็มวัยเข้าทำลายกาแฟโดยการดูดกินน้ำเลี้ยงบริเวณยอดอ่อน ใบอ่อน หรือผลอ่อน เป็นสาเหตุให้ใบหงิกงอผิดรูปร่าง ใบร่วง ต้นกาแฟชะงักการเจริญเติบโต ถ้าวอดระยะการแพร่กำลังติดผล ทำให้ผลอ่อนร่วง ผลเล็ก และเมล็ดลีบ ผลผลิตลดลง กาแฟต้นอ่อนในเรือนเพาะชำหรือกาแฟที่ย้ายปลูกมีอายุประมาณ 1-2 ปี หากมีเพลี้ยหอยเข้าทำลายมาก ๆ ทำให้ถึงตายได้ นอกจากนี้เพลี้ยหอยยังขับน้ำหวาน (honey dew) เคลือบบนผิวใบกาแฟ ทำให้เกิดราดำ (sooty mold) คลุมผิวใบ เป็นผลทำให้พื้นที่ในการสังเคราะห์แสงของต้นกาแฟลดลง และทำให้ต้นกาแฟชะงักการเจริญเติบโต (กรมวิชาการเกษตร, 2551) จากการศึกษาความหลากหลายชนิดและการแพร่กระจายของแมลงศัตรูกาแฟอาราบิก้าในจังหวัดเชียงใหม่พบว่าเพลี้ยหอยสีเขียวเป็นแมลงศัตรูที่สำคัญของกาแฟอาราบิก้า โดยเป็นแมลงที่มีสำรวจพบว่ามีจำนวนประชากรมากที่สุด (เผ่าไท และปิยะวรรณ, 2558) และนอกจากกาแฟแล้วเพลี้ยหอยสีเขียวยังมีพืชอาศัยอื่น ๆ อีกหลายชนิด ได้แก่ ฝรั่ง พืชวงศ์ส้ม พุริณเทศ น้อยหน่า มะม่วง กล้วย (Nafus, 2000) อะโวคาโด ขามะพร้าว พุดซ้อน สลิวดี ขบาจีน ลิ้นจี่ มังคุด ยี่โถ และ

สับปะรด (Poole, 2005) พบระบาดตลอดเวลาบนต้นกาแฟตั้งแต่ย้ายกล้าปลูกจนกระทั่งกาแฟมีอายุ 4-5 ปีขึ้นไป ช่วงที่พบมาก คือ ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงสิงหาคม และพบปริมาณลดลงในช่วงฤดูแล้ง (จริยา, 2540) สำหรับแนวทางในการป้องกันกำจัดเพลี้ยหอยสีเขียวสามารถทำได้หลายวิธี อาทิ การเกษตรกรรม (cultural control) ในโรงเรือนเพาะกล้ากาแฟควรมีการกำจัดวัชพืชเพื่อไม่ให้เป็นที่อาศัยของแมลงศัตรูพืช ในแปลงปลูกควรตัดแต่งกิ่งกาแฟให้โปร่ง กำจัดกิ่งที่มีแมลงเข้าทำลายออกนอกแปลง และทำความสะอาดแปลงปลูก (Barrera, 2008) และเนื่องจากมดเป็นตัวนำเพลี้ยหอยให้เคลื่อนย้ายไปยังต้นกาแฟอื่น ๆ และกินน้ำหวานที่เพลี้ยหอยขับออกมา มดจะปกป้องเพลี้ยหอยสีเขียวจากแมลงศัตรูธรรมชาติ (Mau and Kessing, 2007) จึงควรกำจัดมดและหากพบการทำลายไม่มากนักควรเด็ดยอด ตัดกิ่งที่ถูกเพลี้ยหอยเข้าทำลายและนำไปเผา (Tamil Nadu Agricultural University, 2013) และการควบคุมโดยใช้สารฆ่าแมลงบางครั้งอาจมีความจำเป็น จากรายงานของ Kawate et al (2010) พบว่าการใช้ ปีโตรเลียมออยล์ สามารถป้องกันกำจัดเพลี้ยหอยสีเขียวได้ 70-90 เปอร์เซ็นต์ และการใช้สารสกัดจากสะเดา สามารถป้องกันกำจัดได้ 70-80 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้มีการใช้ อนุโพรเพนินที่เป็นสารกลุ่ม IGR (insect growth regulators) ซึ่งมีความเป็นพิษต่ำต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ในช่วงต้นฤดูฝน

หากมีการระบาดมากอาจต้องมีการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัด ซึ่งในคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (2553) มีคำแนะนำให้ใช้ ไวท์ทอยล์ 67% EC อะซีเฟต 75% SP อิมิดาโคลพริด 10% SL คาร์โบซัลแฟน 20% EC และเพนิโตรไทออน 50% EC พ่นเฉพาะต้นที่พบการระบาดของเพลี้ยหอยซึ่งเกาะบนส่วนยอดอ่อน กิ่ง ลำต้น และใต้ใบ ทั้งนี้การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับเพลี้ยหอยสีเขียวในประเทศไทยยังมีข้อมูลน้อยมาก ดังนั้น จึงได้ทำการเลี้ยงเพิ่มปริมาณเพลี้ยหอยสีเขียว สังเกตพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของแมลงและทดสอบประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลง และเชื้อราสาเหตุโรคแมลงในป้องกันกำจัดเพลี้ยหอยสีเขียว เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการแนะนำให้เกษตรกรผู้ปลูกกาแฟต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเลี้ยงเพิ่มปริมาณเพลี้ยหอยสีเขียวภายใต้สภาพโรงเรือน

การเก็บตัวอย่างเพลี้ยหอยสีเขียวในแปลงปลูกกาแฟ ในพื้นที่โครงการหลวงป่าเมี่ยง อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ โดยตัดกิ่งกาแฟที่มีเพลี้ยหอยสีเขียว มัดบนต้นกล้ากาแฟและต้นพุดซ้อน *Gardenia augusta* (L.) Merr. ที่มีอายุ 3-6 เดือน และมีความสูง 30-50 เซนติเมตร นำต้นกล้ากาแฟ และต้นพุดซ้อนที่ปล่อยเพลี้ยหอยสีเขียวไว้ภายในกรงอะลูมิเนียมสำหรับเลี้ยงแมลงขนาด 60×60×80 เซนติเมตร อยู่ในโรงเรือนที่อุณหภูมิเฉลี่ย 28.90 ±1.84 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 62.50 ±9.82 เปอร์เซ็นต์ เพลี้ยหอยสีเขียวจะวางไข่เพิ่มจำนวนและมีการเคลื่อนย้ายมายังต้นใหม่ในบริเวณที่มีกิ่งเก่ามัดติดอยู่ นำเพลี้ยหอยที่อยู่บนต้นกาแฟต้นใหม่มาศึกษาการเจริญเติบโต และการใช้แมลงทดสอบประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงและเชื้อราสาเหตุโรคแมลงต่อไป

การศึกษากการเพิ่มจำนวนของเพลี้ยหอยสีเขียวโดยการนับจำนวนเพลี้ยหอยสีเขียวบนพืชอาหาร 2 ชนิด คือ ต้นกล้ากาแฟ และต้นพุดซ้อน หลังการปล่อยเพลี้ยหอยบนพืชอาหารทั้ง 2 ชนิด แล้วเป็นเวลา 7, 30, 90, 150 และ 210 วัน เพื่อเปรียบเทียบจำนวนเพลี้ยหอยสีเขียวที่เพิ่มปริมาณ

การศึกษากการเจริญเติบโตของเพลี้ยหอยสีเขียวบนต้นกล้ากาแฟ ทำการปล่อยเพลี้ยหอยสีเขียวบนต้นกล้ากาแฟ โดยนำกิ่งกาแฟที่พบเพลี้ยหอยสีเขียวเข้าทำลายผูกติดกับต้นกล้ากาแฟนานเป็นเวลา 5 วัน เพลี้ยหอยระยะตัวอ่อนวัยแรกซึ่งเป็นตัวอ่อนที่ฟักออกมาใหม่ (crawler) จะเคลื่อนย้ายไปยังต้นกล้ากาแฟต้นใหม่ จากนั้นวัดขนาดลำตัวของเพลี้ยหอยสีเขียวภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ใช้กำลังขยาย 4.5×10X โดยสุ่มวัด จำนวน 4 ต้น (ต้นละ 10 ตัว) ต่อวัน จนครบวงจรชีวิต

ศึกษาประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงและเชื้อรากำจัดแมลงในกำจัดเพลี้ยหอยสีเขียวภายใต้สภาพโรงเรือน

นำต้นกล้ากาแฟที่ทำการปล่อยเพลี้ยหอยสีเขียว และมีจำนวนเพลี้ยหอยสีเขียวซึ่งมีระยะตัวอ่อนและตัวเต็มวัยประมาณ 50 ตัว ทดสอบประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลง ได้แก่ white oil, สารสกัดสะเดา, buprofezin และเชื้อราสาเหตุโรคแมลง *B. bassiana* ทำการพ่นสารฆ่าแมลงและเชื้อรากำจัดแมลงโดยบรรจุในถังพ่นสารขนาด 2 ลิตร ฉีดพ่นบริเวณบนใบและใต้ใบของต้นกล้ากาแฟ โดยพ่นห่างจากใบ 15 เซนติเมตร (Rutherford, 2006) จนทั่วทรงพุ่ม วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 4 ซ้ำ บันทึกจำนวนแมลงก่อนพ่นสาร และหลังพ่นสารที่ 3, 5, และ 7 วัน โดยมีกรรมวิธีทดสอบดังนี้ (ตารางที่ 1)

โดยใช้ white oil อัตรา 30 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร, สารสกัดสะเดา อัตรา 25 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร, buprofezin อัตรา 1 กรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร และเชื้อรา *B. bassiana* อัตรา 200 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร ในกรรมวิธีที่มีการฉีดพ่นสาร 1 ครั้ง บันทึกจำนวนเพลี้ยหอยสีเขียวเป็นเวลา 3, 5 และ 7 วัน หลังการฉีดพ่นสาร กรรมวิธีที่มีการฉีดพ่นสาร 2 ครั้ง บันทึกจำนวนเพลี้ยหอยสีเขียวเป็นเวลา 3, 5, 7, 10, 12, และ 14 วัน หลังการฉีดพ่นสาร และกรรมวิธีที่ฉีดพ่นสาร 3 ครั้ง บันทึกจำนวนเพลี้ยหอยสีเขียวเป็นเวลา 3, 5, 7, 10, 12, 14, 17, 19 และ 21 วัน ตามลำดับ โดยในการฉีดพ่นสารแต่ละครั้งห่างกัน 7 วัน

Table 1 Efficiency test of insecticides and entomopathogenic fungi to control the green scales in rainproof greenhouse

Insecticides	Trade name	1-time spray (treatment)	2-time spray (treatment)	3-time spray (treatment)
water	-	(1)	(2)	(3)
white oil 67% w/v EC	ovoid	(4)	(5)	(6)
azadirachtin 0.1 w/v SN	azadirachtin 111	(7)	(8)	(9)
buprofezin 25% WP	buzil	(10)	(11)	(12)
<i>B. bassiana</i> *	-	(13)	(14)	(15)

**B. bassiana* isolate were obtained from Agricultural Technology Research Institute of Rajamangala University of Technology Lanna Lampang

ทดสอบประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงและเชื้อรา กำจัดแมลงในการกำจัดเพลี้ยหอยสีเขียวในแปลง ปลูกกาแฟ

สุ่มเลือกต้นกาแฟที่มีเพลี้ยหอยสีเขียวเข้าทำลาย ภายในแปลงปลูกกาแฟในพื้นที่ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงตีนตก อำเภอแม่ออน จังหวัดเชียงใหม่ โดยหลีกเลี่ยงการใช้ต้นที่อยู่ขอบแปลง ทำการตรวจนับจำนวนเพลี้ยหอยสีเขียวก่อนการฉีดพ่นสารฆ่าแมลงและเชื้อรากำจัดแมลง โดยนับเพลี้ยหอยจากยอดหลักให้ยาวลงมาประมาณ 1 นิ้ว ซึ่งการทดสอบนี้มีกรรมวิธีที่ทดสอบดังต่อไปนี้

กรรมวิธีที่ 1 ชุบน้ำพริก (ฉีดพ่นด้วยน้ำเปล่า)

กรรมวิธีที่ 2 ฉีดพ่นด้วยเชื้อรา *B. bassiana*

กรรมวิธีที่ 3 ฉีดพ่นด้วยสารสกัดสะเดา

กรรมวิธีที่ 4 ฉีดพ่นด้วย white oil

กรรมวิธีที่ 5 ฉีดพ่นด้วย buprofezin

โดยใช้เชื้อรา *B. bassiana* อัตรา 200 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร, สารสกัดสะเดา อัตรา 25 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร, white oil อัตรา 30 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร และ buprofezin อัตรา 1 กรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร ทุกกรรมวิธีฉีดพ่นจนครบ 3 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 7 วัน ใส่สารจับใบ (ไตรฟอส) อัตรา 20 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร ฉีดพ่นให้ทั่วทรงพุ่มกาแฟ โดยใช้ถังพ่นสารแบบสะพายหลัง ขนาด 8 ลิตร จากนั้นทำการตรวจนับจำนวนเพลี้ยหอยสีเขียว เป็นระยะเวลา 7, 14 และ 21 วันหลังการฉีดพ่น ซึ่งเพลี้ยหอยที่ตายจะมีลักษณะแห้ง และลำตัวกลายเป็นสีน้ำตาล

การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำคั้นจากมะละกอดิบ ในการกำจัดเพลี้ยหอยสีเขียวภายใต้สภาพโรงเรือน

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะใช้น้ำคั้นมะละกอดิบ ซึ่งมียุงคั้นประกอบของสารปาเปน (papain) มากำจัดเพลี้ยหอยสีเขียว โดยการนำมะละกอดิบมาหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่น เมื่อได้เนื้อมะละกอที่ปั่นจนละเอียดแล้วนำมากรองด้วยผ้าขาวบาง เอาเฉพาะส่วนที่เป็นน้ำ หลังจากได้น้ำคั้นจากมะละกอแล้วนำมาทดสอบกับเพลี้ยหอยสีเขียวทั้งระยะตัวอ่อนและตัวเต็มวัยบนต้นกล้ากาแฟภายในห้องปฏิบัติการ โดยใช้อัตราส่วนน้ำคั้นมะละกอต่อน้ำ 1:0 (น้ำคั้นมะละกอ 100 มิลลิลิตร), 1:1 (น้ำคั้นมะละกอ 50 มิลลิลิตร : น้ำ 50 มิลลิลิตร), 1:3 (น้ำคั้นมะละกอ 25 มิลลิลิตร : น้ำ 75 มิลลิลิตร), 1:5 (น้ำคั้นมะละกอ 17 มิลลิลิตร : น้ำ 83 มิลลิลิตร) และชุบน้ำพริกฉีดพ่นด้วยน้ำเปล่า ทุกกรรมวิธี ใส่สารจับใบ (ไตรฟอส) ในอัตรา 20 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร ฉีดพ่นโดยใช้ถังพ่นสารขนาด 2 ลิตร ฉีดพ่นให้ทั่วทั้งต้นกล้ากาแฟ

ทำการตรวจนับจำนวนเพลี้ยหอยสีเขียวทั้งตัวที่มีชีวิตรอด และตัวตาย โดยนับเพลี้ยหอยจากยอดหลักให้ยาวลงมาประมาณ 1 นิ้ว เป็นเวลา 3, 5, 7, 10, 12 และ 14 วัน หลังการฉีดพ่นน้ำคั้นมะละกอ

ผลการทดลองและวิจารณ์

การเลี้ยงเพิ่มปริมาณเพลี้ยหอยสีเขียวภายใต้สภาพโรงเรือน

ผลการทดลองเลี้ยงเพิ่มปริมาณเพลี้ยหอยสีเขียวภายในโรงเรือนตาข่ายด้วยพืชอาหาร 2 ชนิด คือ ต้นกาแฟแฟอราบิกา และต้นพุทธรักษา โดยนับจำนวนเพลี้ยหอยสีเขียวเป็นระยะเวลา 7, 30, 90, 150 และ 210 วัน หลังจากปล่อยเพลี้ยหอยระยะตัวอ่อนวัยแรก พบว่าต้นกาแฟสามารถใช้เลี้ยงเพิ่มปริมาณเพลี้ยหอยสีเขียวได้ดีกว่า หลังจากปล่อยเพลี้ยหอยสีเขียวเป็นเวลา 150 วัน (3 เดือน) มีจำนวน $6,517 \pm 2,368.14$ ตัว (หรือเทียบเท่า 100 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งต่างจากการเลี้ยงเพิ่มปริมาณด้วยต้นพุทธรักษาที่มีจำนวน 569 ± 1.44 ตัว (หรือเทียบเท่า 8.73 เปอร์เซ็นต์) (ภาพที่ 1) จากรายงานของ Hara *et al.* (2002) มีการเก็บตัวอย่างเพลี้ยหอยสีเขียวจากต้นหิปปิงาม (*Carissa macrocarpa* Eckl.) นำมาเลี้ยงเพิ่มปริมาณบนต้นพุทธรักษา และต้นกาแฟในห้วงปฏิบัติการที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 62-64 เปอร์เซ็นต์ และ Nais *et al.* (2012) ทำการเลี้ยงเพลี้ยหอยสีเขียวที่ทำลายส้ม *Citrus sinensis* (L.) ในเมือง Sao Paulo ประเทศบราซิล บนต้นกาแฟแฟอราบิกาที่มีอายุ 3-6 เดือน ความสูง 40-60 เซนติเมตรภายในโรงเรือน แต่อย่างไรก็ตามทั้งสองการทดลองนี้ไม่มีการรายงานผลการเพิ่มจำนวนของเพลี้ยหอยสีเขียวบนพืชอาหารที่ใช้เลี้ยง

ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของเพลี้ยหอยสีเขียวบนต้นกาแฟแฟอราบิกา ภายใต้โรงเรือนตาข่ายที่อุณหภูมิเฉลี่ย 28.90 ± 1.84 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 62.50 ± 9.82 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการเจริญเติบโตของเพลี้ยหอยสีเขียว มี 3 ระยะ ดังนี้ คือ ระยะไข่ ตัวอ่อน และตัวเต็มวัย โดยไข่อยู่ในส่วนท้องของเพศเมีย รูปร่างเป็นรูปไข่สีเขียวใส (ภาพที่ 2) และมีขนาดความกว้าง 0.16 ± 0.0 มิลลิเมตร และยาว 0.26 ± 0.01 มิลลิเมตร ตัวอ่อนมีทั้งหมด 3 ระยะ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ จริยา (2540) โดยตัวอ่อนระยะแรกรูปร่างแบนรี สีเขียวใส มีหนวด ตา และขาเห็นได้ชัดเจน แต่ยังไม่พบแถบสีดำคล้ายรูปตัวยู (U) บริเวณกลางหลัง ลำตัวกว้าง 0.22 ± 0.02 มิลลิเมตร ยาว 0.43 ± 0.03 มิลลิเมตร ตัวอ่อนวัยที่ 2 มีสีเข้มขึ้น มีหนวด ตา และขาที่ชัดเจน เริ่มมีแถบสีดำคล้ายตัวยูบริเวณกลางหลัง แต่ยังไม่ชัดเจน ขนาดลำตัวขยายใหญ่ขึ้นและมีส้นหลังโป่งนูนขึ้นเล็กน้อย ลำตัวกว้าง 0.56 ± 0.15 มิลลิเมตร และลำตัวยาว 1.13 ± 0.31 มิลลิเมตร ตัวอ่อนวัยที่ 3 มีส้นหลังโป่งนูนเพิ่มขึ้น แถบสีดำคล้ายรูปตัวยูเริ่มเห็นชัดเจนมากขึ้น ขนาดลำตัวใหญ่ขึ้น โดยลำตัวกว้าง 0.98 ± 0.05 มิลลิเมตร ยาว 2.02 ± 0.10 มิลลิเมตร (ตารางที่ 2) ซึ่งตัวอ่อนทั้ง 3 ระยะสามารถเคลื่อนที่ได้ตลอดเวลา โดยสอดคล้องกับรายงานของ Waterhouse and Sands (2001) และ จริยา (2540) ที่รายงานว่าตัวอ่อนของเพลี้ยหอยสีเขียวทั้ง 3 ระยะสามารถเคลื่อนที่ได้ จากพฤติกรรมการเคลื่อนที่นี้ตัวอ่อนเพลี้ยหอยวัยที่ 1-3 สามารถเคลื่อนที่ได้ น่าจะเป็นปัจจัย

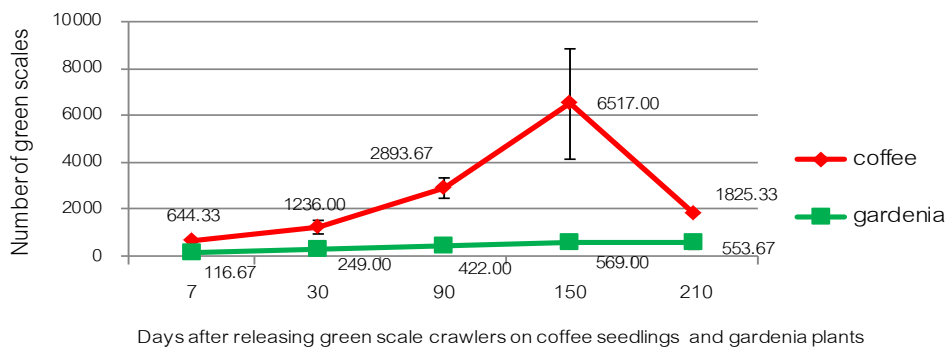


Figure 1 Number of green scales, *Coccus viridis* Green after releasing on coffee seedlings and gardenia plants after 7, 30, 90, 150 and 210 days

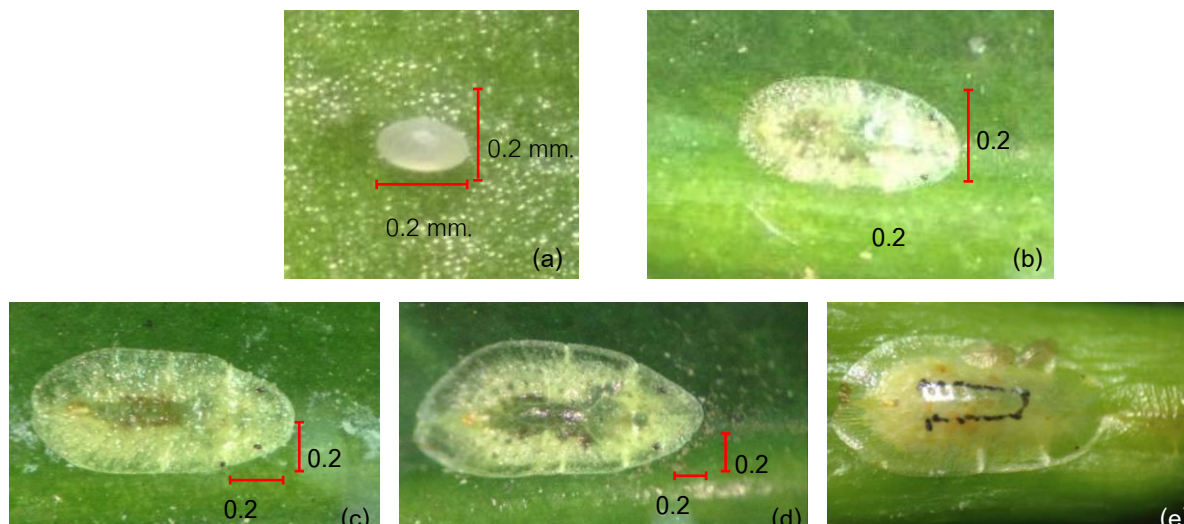


Figure 2 Green scale, *Coccus viridis* Green; eggs (a) (circle), crawler (b), nymph (instar 2) (c), nymph (instar 3) (d) and adult (e)

Table 2 Body size of various developmental stages of green scale, *Coccus viridis* Green, on coffee seedling the life cycle took for 70 days

Developmental stages	Age Mean $\pm$ SD (Days)	Range (Days)	Body size	
			Width (mm)	Length (mm)
			Mean $\pm$ SD	Mean $\pm$ SD
Egg	8.20 $\pm$ 1.75	(6-11)	-	-
Nymph				
Instar 1 (crawler)	10.30 $\pm$ 1.16	(9-12)	0.22 $\pm$ 0.02	0.43 $\pm$ 0.03
Instar 2	9.50 $\pm$ 0.53	(9-10)	0.56 $\pm$ 0.15	1.13 $\pm$ 0.31
Instar 3	11.50 $\pm$ 0.53	(11-12)	0.98 $\pm$ 0.05	2.02 $\pm$ 0.10
Adult	25.90 $\pm$ 0.88	(25-27)	1.69 $\pm$ 0.02	2.92 $\pm$ 0.01
Total life cycle	65.40 $\pm$ 4.85	(60-72)	-	-

หนึ่งที่ทำให้การแพร่กระจายของแมลงเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว ส่งผลให้การเข้าทำลายกระจายออกจากจุดที่พบแมลงได้

ตัวเต็มวัยเพศเมียมีสีเขียว รูปร่างเป็นรูปไข่ ด้านท้องแบน เช่นเดียวกับรายงานของ Poole (2005) ที่รายงานว่าสันหลังโป่งนูนมีแถบสีดำคล้ายรูปตัวยู (U) บริเวณกลางหลังเห็นชัดเจน มีขนาดความกว้างของลำตัว 1.69 $\pm$ 0.02 มิลลิเมตร และความยาวของลำตัว

2.92 $\pm$ 0.01 มิลลิเมตร ตัวเต็มวัยเพศเมียนี้นี้จะหยุดอยู่กับที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ วงจรชีวิตทั้งหมดใช้เวลาประมาณ 60-72 วัน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Nafus (2000) ที่พบว่าตัวเต็มวัยเพศเมียของเพลี้ยหอยสีเขียวไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ อย่างไรก็ตาม Waterhouse and Sands (2001) มีรายงานว่าตัวเต็มวัยสามารถเคลื่อนที่ได้ ตลอดระยะการเจริญเติบโตจนครบวงจรชีวิตใช้เวลาประมาณ 60-70 วัน

การศึกษาประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงและเชื้อรา กำจัดแมลงภายใต้สภาพโรงเรือน

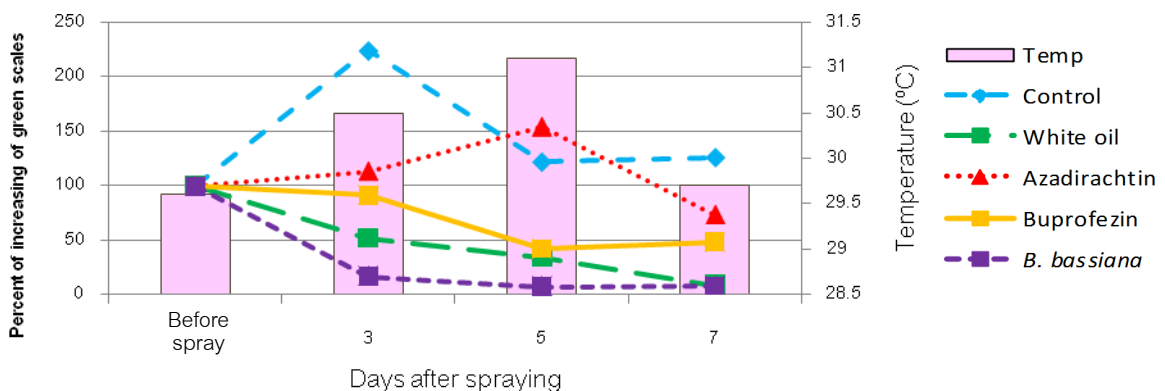
การทดสอบประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลง และเชื้อรากำจัดแมลงกับเพลี้ยหอยสีเขียว โดยการพ่นสารตามอัตราแนะนำบนตัวอ่อนและตัวเต็มวัย พบว่าเพลี้ยหอยสีเขียวที่ทดสอบด้วยสารทดสอบทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ white oil, สารสกัดสะเดา, buprofezin และ เชื้อรา *B. bassiana* มีจำนวนลดลงหลังจากการพ่นสารแล้ว 1 ครั้ง โดยตรวจนับวันที่ 3 พบ 51.92, 113.36, 91.63 และ 16.96 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังการใช้สารฆ่าแมลง 7 วัน จำนวนเพลี้ยหอยเพิ่มขึ้นมากกว่าเดิม คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับปริมาณแมลงเริ่มต้นได้ 126.29 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 7 ของการทดลอง แตกต่างกับกรรมวิธีที่ใช้สารฆ่าแมลงวิธีต่าง ๆ โดย ปริมาณเพลี้ยหอยกรรมวิธีที่ใช้ white oil (8.66 เปอร์เซ็นต์), buprofezin (48.67 เปอร์เซ็นต์) และ เชื้อรา *B. bassiana* (8.43 เปอร์เซ็นต์) มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของเพลี้ยหอยสีเขียวที่ไม่แตกต่างกัน แต่น้อยกว่าชุดควบคุม (126.29 เปอร์เซ็นต์ หรือแมลงเพิ่มขึ้นจากเดิม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 3)

จากการทดลองพ่นสาร 2 ครั้ง หลังจากการพ่นครั้งแรก 1 สัปดาห์ พบว่าเพลี้ยหอยสีเขียวที่ทดสอบด้วยสาร white oil, สารสกัดสะเดา, buprofezin และเชื้อรา *B. bassiana* ในวันที่ 3, 5, 7, 10, 12 และ 14 หลังการฉีดพ่นด้วย สารกำจัดแมลงวิธีการต่าง ๆ พบว่าทุกกรรมวิธีมีผลทำให้เพลี้ยหอยลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนแมลง

ก่อนการฉีดพ่น ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติ ในขณะที่ชุดควบคุมปริมาณแมลงเพิ่มขึ้นเป็น 113.76 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 4)

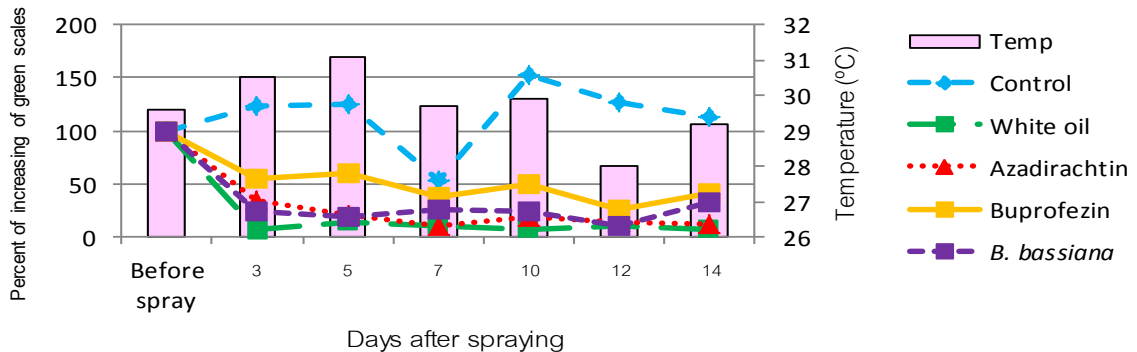
จากการทดลองพ่นสาร 3 ครั้ง ในสัปดาห์ที่ 3 พบว่าเพลี้ยหอยสีเขียวที่ทดสอบด้วยสารทดสอบทั้ง 4 ชนิด ในวันที่ 3, 5, 7, 10, 12, 14, 17, 19 และ 21 หลังการพ่นสาร พบว่าทุกกรรมวิธีมีผลทำให้เพลี้ยหอยสีเขียวลดลงซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่ทดสอบด้วยสาร white oil, สารสกัดสะเดา, buprofezin และ *B. bassiana* มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตเป็น 35.24, 10.16, 4.89 และ 23.61 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ชุดควบคุมมีจำนวนเพลี้ยหอยสีเขียวเป็น 84.20 เปอร์เซ็นต์ จากการประเมินปริมาณแมลงในชุดควบคุม พบว่าจำนวนเพลี้ยหอยมีค่าเฉลี่ย 143.10, 113.41 และ 111.04 เปอร์เซ็นต์ ในสัปดาห์ที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ (ภาพที่ 5)

จากการฉีดพ่นสารฆ่าแมลงบนต้นกาแฟจำนวน 3 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 7 วัน ทำการตรวจนับจำนวนแมลงหลังการพ่นสาร 7, 14 และ 21 วัน พบว่าจำนวนเพลี้ยหอยสีเขียวในชุดควบคุมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ทุกกรรมวิธีที่ใช้สารฆ่าแมลงให้ผลลดจำนวนแมลงแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ และในกรรมวิธีที่ทดสอบด้วย white oil และ สารสกัดสะเดานั้น เพลี้ยหอยมีจำนวนลดลงต่ำสุดเป็น 7.49 เปอร์เซ็นต์ (หลังพ่นสาร 7 วัน) และ 10.16 เปอร์เซ็นต์ (หลังพ่นสาร 21 วัน) ตามลำดับ ขณะที่ buprofezin ทำให้เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของเพลี้ยหอยสีเขียวลดลงจาก 84.20 เปอร์เซ็นต์



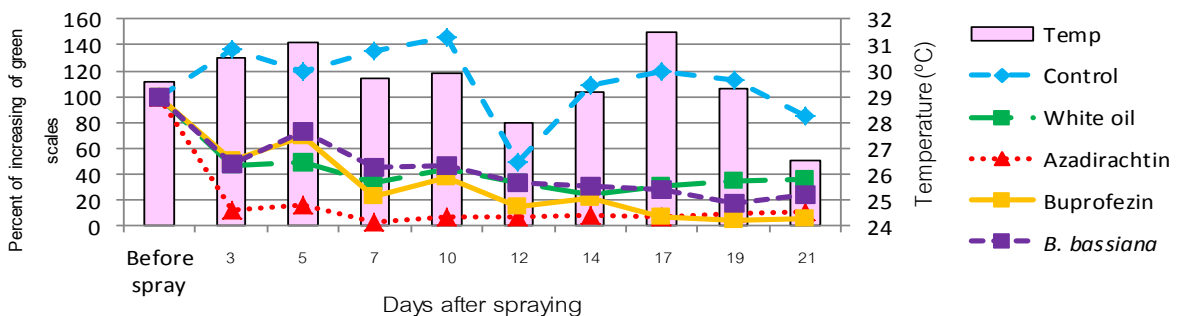
*number of insects calculated as 100% at the beginning and observed as the increase or decrease compared to the start point

Figure 3 Percent of increasing of green scales (*Coccus viridis* Green) controlled by various insecticides in rainproof greenhouse after 3, 5 and 7 days (1-time spray)



*number of insects calculated as 100% at the beginning and observed as the increase or decrease compared to the start point

Figure 4 Percent of increasing of green scales (*Coccus viridis* Green) controlled by various insecticides in rainproof greenhouse after 3, 5, 7, 10, 12 and 14 days (2-time spray)



*number of insects calculated as 100% at the beginning and observed as the increase or decrease compared to the start point

Figure 5 Percent of increasing of green scales (*Coccus viridis* Green) controlled by various insecticides in rainproof greenhouse after 3, 5, 7, 10, 12, 14, 17, 19 and 21 days (3-time spray)

เป็น 4.89 เปอร์เซ็นต์ หลังการพ่นสาร 21 วัน ส่วนกรรมวิธีที่ทดสอบด้วยเชื้อรา *B. bassiana* จำนวนเพลี้ยหอยลดลงต่ำสุดเป็น 8.43 เปอร์เซ็นต์ หลังการพ่นสาร 14 วัน (ตารางที่ 3) กรรมวิธีที่ใช้สารฆ่าแมลงให้ผลในการลดปริมาณเพลี้ยหอยไม่แตกต่างทางสถิติ ดังนั้นในการป้องกันกำจัดเพลี้ยหอยสีเขียวสามารถเลือกใช้สารฆ่าแมลงทั้ง 4 ชนิด หรือมีการใช้สลับกันเพื่อเป็นการลดความต้านทานต่อสารเคมีของแมลงได้

จากการทดลองพ่นสาร 1 ครั้ง พบว่าสารสกัดสะเดามีแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตเพิ่มขึ้น ซึ่งไม่สอดคล้องกับการพ่น 2 และ 3 ครั้ง โดยตัวเต็มวัยของเพลี้ยหอยแสดงลักษณะการตายช้า เนื่องจากเพลี้ยหอยระยะตัวเต็มวัยมีเกาะคลุมลำตัวลักษณะโค้งงอ ติดแน่น

อยู่กับพืช ซึ่งเกาะที่มีลักษณะโค้งงอจะมีคุณสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านเข้าไปในลำตัวของเพลี้ยหอย ทำให้สารสกัดสะเดาไม่สามารถเข้าไปอุดรูอากาศของเพลี้ยหอยได้ อีกทั้งยังทำให้น้ำมันที่เมื่อเกาะอยู่บนเกาะโค้งงอนั้นจะไหลลื่นออกจากลำตัวเพลี้ยหอยได้ง่าย (วิบูลย์, 2544)

ในชุดควบคุมของทั้ง 3 การทดลองภายในห้องปฏิบัติการ ในวันที่ 5, 7 และ 12 พบว่าเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของเพลี้ยหอยลดลงอย่างเห็นได้ชัด (ภาพที่ 3, 4, 5) เนื่องจากตัวอ่อนของเพลี้ยหอยสีเขียวเคลื่อนที่ได้ตลอดเวลา (จริยา, 2540) และสามารถเคลื่อนที่ไปตามส่วนต่างๆ ของต้นกล้ากาแฟ จึงทำให้จำนวนเพลี้ยหอยในแต่ละส่วนมีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ตลอดเวลา

Table 3 Average number of green scales controlled by various insecticides in rainproof greenhouse spray times started from day 0, 7 and 14

7 days interval	Treatments				
	Control	White oil	Azadirachtin	Buprofezin	<i>B. bassiana</i>
	Survival of green scales (%) ^{1/}				
7	113.76a ^{2/}	7.49d	12.76d	41.34bcd	31.83bcd
14	126.29a	8.66d	73.33abc	48.67bcd	8.43d
21	84.20ab	35.24bcd	10.16d	4.89d	23.61cd

^{1/} number of insects calculated as 100% at the beginning and observed as the increase or decrease compared to the start point

^{2/} Means followed by the same letter in the rows and column s are not significantly different at 95% confidence level by Least Significance Difference (LSD)

การศึกษาประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงและเชื้อรา กำจัดแมลงในแปลงปลูกกาแฟ

การใช้สารกำจัดเพลี้ยหอยฉีดพ่นจำนวน 3 ครั้ง โดยฉีดพ่นครั้งที่ 2 หลังจากครั้งแรก 14 วัน ในชุดควบคุม พบว่าช่วงการทดลองในวันที่ 14, 16 และ 18 การรอดชีวิตของเพลี้ยหอยสีเขียวไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือมีจำนวนเท่ากับ 25.67, 36.17 และ 33.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในกรรมวิธีที่ทดสอบด้วย buprofezin พบว่าจำนวนเพลี้ยหอยสีเขียวที่รอดชีวิตลดลงจากจำนวนแมลงที่พบเริ่มต้น 83.33 เปอร์เซ็นต์ ในวันก่อนพ่นสารเหลือ 64.42 และ 17.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า การใช้สารเคมีส่งผลให้จำนวนแมลงลดลงได้แต่เป็นไปค่อนข้างช้า ใช้เวลานานถึง 3 สัปดาห์ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เกษตรกรไม่มั่นใจในผลการควบคุม นอกจากนี้เพลี้ยหอยที่ตายแล้ว บางส่วนหลังจากได้รับสารเคมีตัวเพลี้ยหอยยังคงติดอยู่บนพืชอาศัยจึงทำให้เข้าใจว่า แมลงยังคงทำลายพืชอยู่ ในการศึกษาครั้งนี้ buprofezin อัตรา 0.025 a.i. สามารถนำมาใช้ในการควบคุมเพลี้ยหอยได้ ดังนั้นจึงควรให้ความรู้กับเกษตรกร ร่วมกับการแนะนำการใช้สารฆ่าแมลงเพื่อป้องกันการเพิ่มอัตราและการเพิ่มจำนวนครั้งในการฉีดพ่นของสารฆ่าแมลงโดยไม่จำเป็น (ภาพที่ 6)

การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำคั้นจากมะละกอดิบ ภายใต้สภาพโรงเรือน

จากการทดสอบน้ำคั้นจากมะละกอดิบกับเพลี้ยหอยสีเขียวภายใต้สภาพโรงเรือน พบว่า 3, 5 และ 7 วัน หลังการฉีดพ่นด้วยน้ำคั้นจากมะละกอดิบที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของเพลี้ยหอยสีเขียวที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (อยู่ในช่วง 3-39 เปอร์เซ็นต์) แต่จำนวนเพลี้ยหอยสีเขียวลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งอยู่ในช่วง 49-75 เปอร์เซ็นต์ และความเข้มข้นของน้ำคั้นมะละกอที่อัตราส่วน 1:1 ทำให้จำนวนเพลี้ยหอยสีเขียวลดลงเป็น 0 ในวันที่ 12 และ 14 หลังการฉีดพ่นน้ำคั้นมะละกอ (ภาพที่ 7) สำหรับความเข้มข้นในอัตราส่วน 1:0, 1:3 และ 1:5 ทำให้เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของเพลี้ยหอยสีเขียวลดลงแต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ คือ 8.09, 5.60 และ 11.16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม

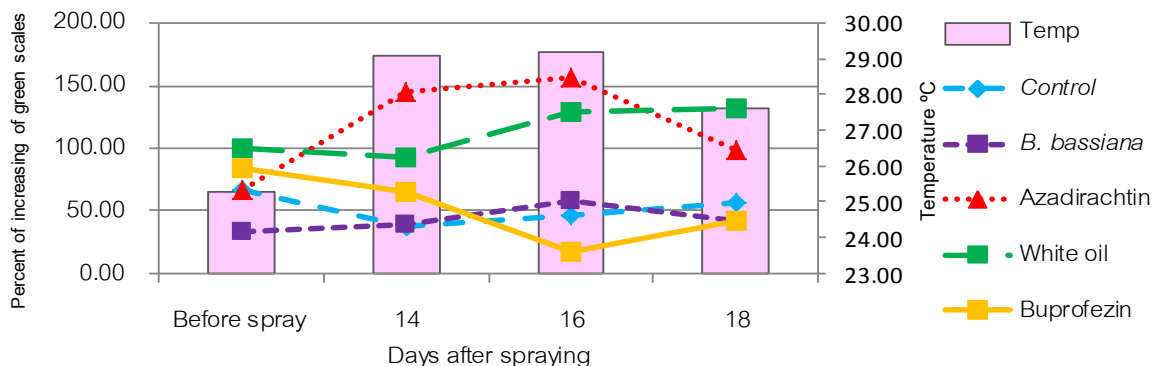


Figure 6 Percent of increasing of green scales (*Coccus viridis* Green) controlled by various insecticides in coffee plantation

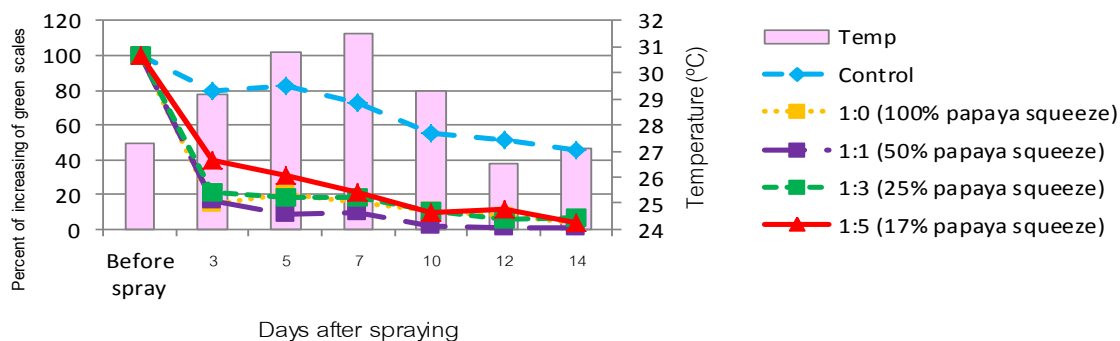


Figure 7 Percent of increasing of green scales (*Coccus viridis* Green) controlled by papaya squeeze in rainpro of greenhouse

สรุป

การศึกษาชีววิทยาเพลี้ยหอยสีเขียว โดยการเลี้ยงบนต้นกาแฟให้ผลดีกว่าต้นพุทธรักษา การเจริญเติบโตของเพลี้ยหอยสีเขียวมี 3 ระยะ คือ ระยะไข่ ระยะตัวอ่อน และระยะตัวเต็มวัย โดยระยะไข่ ตัวอ่อนวัยที่ 1-3 รวมทั้งตัวเต็มวัย มีขนาดความกว้างลำตัวประมาณ 0.16, 0.22, 0.56, 0.98 และ 1.69 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 0.26, 0.43, 1.13, 2.02 และ 2.92 มิลลิเมตร ตามลำดับ และเพลี้ยหอยสีเขียวระยะตัวอ่อนวัยที่ 1-3 สามารถเคลื่อนที่ได้ตลอดเวลา ส่วนตัวเต็มวัยไม่มีการเคลื่อนที่ สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงและเชื้อรากำจัดแมลงภายใต้สภาพโรงเรือน สารฆ่าแมลงทั้ง 4 ชนิด คือ white oil, azadirachtin, buprofezin และ *B. bassiana* ให้ผลในการลดปริมาณเพลี้ยหอยสีเขียวบนต้นกาแฟ

เมื่อทำการฉีดพ่น 3 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 1 สัปดาห์พบว่าทำให้แมลงลดลงเหลือ 35.24, 10.14, 4.89 และ 23.61 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับการทดสอบในแปลงปลูกกาแฟพบว่า buprofezin จำนวนเพลี้ยหอยสีเขียวที่รอดชีวิตลดลงจาก 83.33 เปอร์เซ็นต์ ในวันก่อนพ่นสารเหลือ 64.42 และ 17.50 เปอร์เซ็นต์ และการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำคั้นมะละกอ พบว่าน้ำคั้นมะละกอที่อัตราส่วน 1:1 ถึง 1:5 (น้ำมะละกอ:น้ำเปล่า) ให้ผลการลดปริมาณเพลี้ยหอยสีเขียวเหลือ 5.6-11.16 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ในการทดลองนี้สามารถนำมาใช้ในการควบคุมเพลี้ยหอยได้ จึงควรให้ความรู้กับเกษตรกรร่วมกับการแนะนำการใช้สารกำจัดแมลงเพื่อป้องกันการเพิ่มอัตราและการเพิ่มจำนวนครั้งในการฉีดพ่นของสารกำจัดแมลง โดยไม่จำเป็น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมูลนิธิโครงการหลวง และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2551. กาแฟ. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : <http://it.doa.go.th/vichakan/news> (6 มีนาคม 2557).
- กรมวิชาการเกษตร. 2553. คำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลงและศัตรูพืช ปี 2553. เอกสารวิชาการเกษตร. สมาคมกีฏและสัตววิทยาแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ. 303 หน้า.
- จริยา วิสิทธิ์พานิช. 2540. แมลงศัตรูกาแฟอาราบิก้าบนพื้นที่สูงของประเทศไทยและแนวทางในการป้องกันกำจัด. เอกสารคำแนะนำ. หจก. สมศักดิ์การพิมพ์, เชียงใหม่. 42 หน้า.
- เผ่าไท ถายะพิงค์ และ ปิยะวรรณ สุทธิประพันธ์. 2558. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศในการศึกษาความหลากหลายชนิดและการแพร่กระจายของแมลงศัตรูกาแฟอาราบิก้าในจังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย. วารสารเกษตร 31(2): 203-213.
- วิบูลย์ ไชยมงคล. 2544. ชีววิทยาของเพลี้ยหอยลำไย *Drepanococcus chiton* (Green) และการป้องกันกำจัด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 63 หน้า.
- Barrera, J. F. 2008. Coffee pests and their management. pp. 961-998. In: J. L. Capinera (ed.). Encyclopedia of Entomology. Springer, Dordrecht.
- Hara, A. H., J. A. Yalmar, E. B. Jang and J. H. Moy. 2002. Irradiation as a possible quarantine treatment for Green scale *Coccus viridis* (Green) (Homoptera: Coccidae).

- Postharvest Biology and Technology. 25: 349-358.
- Kawate, M., C. Tarutani and H.C. Bittenbender. 2010. Pest Management Strategic Plan for Coffee Production in Hawaii. State of Hawaii Department of Agriculture, Hawaii. 77 p.
- Mau, R. F. L., and J. L. M. Kessing, 2007. *Coccus viridis* (Green). (Online). Available: http://www.extento.hawaii.edu/kbase/crop/Type/c_viridi.htm (March 7, 2007).
- Nais, J., and A. C. Busoli, 2012. Morphological, behavioral and biological aspects of *Azya luteipes* Mulsant fed on *Coccus viridis* Green. Scientia Agricola. 69(1): 81-83.
- Poole, M. 2005. Green coffee scale *Coccus viridis* (Green) (Hemiptera: Coccidae). Department of Agriculture Farmnote, Government of Western Australia.
- Nafus, D. 2000. Green scale (*Coccus viridis* De Lotto). Agricultural Development in the American Pacific, Honolulu.
- Rutherford, A. M. and N. Phiri, 2006. Pests and Diseases of Coffee in Eastern Africa: A Technical and Advisory Manual. CAB International, Wallingford. 69 p.
- Tamil Nadu Agricultural University. 2013. Crop protection (Coffee). (Online). Available: http://agritech.tnau.ac.in/crop_protection/crop_prot_crop_insectpest%20Coffee.html#4c (November 25, 2013).
- Waterhouse, D. F., and D. P. A. Sands, 2001. Classical Biological Control of Arthropods in Australia. 77th ed. ACIAR Monograph, Canberra, Australia. 560 p.

Growth of Gold Cordyceps (*Cordyceps militaris*) on Pupae of Nanglai Thai Native Silkworm and Eri Silkworm

การเจริญของเห็ดถั่งเช่าสีทอง (*Cordyceps militaris*) บนดักแด้ไหมไทยพื้นบ้านพันธุ์นางลายและไหมป่าอีรี่

Kanokwan Luerdara^{1/}, Jiraporn Kulsarin^{1/*}, Sawai Buranapanichpan^{1/} and Tanya Tapingkae^{2/}
กนกวรรณ ลือดารา^{1/} จีราพร กุลสาริน^{1/*} ไสว บุรณพานิชพันธุ์^{1/} และ ธัญญา ทะพิงค์แก^{2/}

^{1/}สาขาวิชากีฏวิทยา ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

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

^{2/}ภาควิชาเทคโนโลยีและพัฒนากาเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

^{2/}Department of Technology and Development in Agriculture, Faculty of Agricultural Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai 50300

*Corresponding author: Email: jiraporn.k@cmu.ac.th

(Received: 15 May 2015; Accepted: 31 July 2015)

บทคัดย่อ: ศึกษาการเจริญเติบโตของเส้นใยและดอกเห็ดของเชื้อเห็ดถั่งเช่าสีทอง (*Cordyceps militaris*) ในดักแด้ไหมและสารออกฤทธิ์ที่มีสรรพคุณทางยาบนดักแด้ไหมไทยพื้นบ้านพันธุ์นางลาย (*Bombyx mori*) และไหมป่าอีรี่ (*Samia ricini*) ทดสอบกับเชื้อเห็ดถั่งเช่าสีทองจำนวน 2 สายพันธุ์ คือ CMRU-1 และ CM Saraburi โดยทำการทดลอง 3 กรรมวิธี คือ การฉีด การจุ่ม และการทำแผลแล้วจุ่มดักแด้ในเชื้อเห็ดถั่งเช่าสีทอง ผลการทดลองพบว่า กรรมวิธีการฉีดสารแขวนลอยเชื้อเห็ดถั่งเช่าสีทองสายพันธุ์ CMRU-1 เข้าตัวดักแด้ เป็นกรรมวิธีที่ดีที่สุด มีการเจริญเติบโตและสามารถเข้าก่อโรคกับดักแด้ไหมพันธุ์นางลายสูงสุด 72.50 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญของดอกเห็ดสูงสุด 85.50 เปอร์เซ็นต์ และดอกเห็ดมีน้ำหนักสด 42.70 กรัม ในขณะที่เชื้อเห็ดถั่งเช่าสีทองสายพันธุ์ CM Saraburi มีการเจริญเติบโตและสามารถเข้าก่อโรคกับดักแด้ไหมพันธุ์นางลาย 53.00 เปอร์เซ็นต์ และมีการเจริญของดอกเห็ด 88.70 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้เชื้อเห็ดถั่งเช่าสีทองสายพันธุ์ CM Saraburi มีการเจริญเติบโตและสามารถเข้าก่อโรคกับดักแด้ไหมป่าอีรี่ 26.00 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญของดอกเห็ด 94.20 เปอร์เซ็นต์ และน้ำหนักสดดอกเห็ดอยู่ที่ 24.13 กรัม ในส่วนของการศึกษาสารออกฤทธิ์จากเห็ดถั่งเช่าสีทองที่เจริญบนดักแด้ไหมพบความแตกต่างของสารคอร์ไดซิปีนและอะดีโนซีนระหว่างส่วนดอกเห็ดและตัวดักแด้ โดยพบความเข้มข้นของสารคอร์ไดซิปีนในดอกเห็ดของเชื้อเห็ดถั่งเช่าสีทองสายพันธุ์ CM Saraburi บนดักแด้ไหมป่าอีรี่สูงสุด 445.65 มิลลิกรัม/100 กรัม ในขณะที่ตัวดักแด้พบ 306.41 มิลลิกรัม/100 กรัม เชื้อเห็ดถั่งเช่าสีทองสายพันธุ์ที่พบความเข้มข้นของคอร์ไดซิปีนรองลงมาคือ CMRU-1 ที่ตัวดักแด้ไหมพันธุ์นางลายพบ 233.80 มิลลิกรัม/100 กรัม ในส่วนของความเข้มข้นอะดีโนซีนพบส่วนดอกเห็ดของเชื้อเห็ดถั่งเช่าสีทองสายพันธุ์ CMRU-1 ที่ขึ้นบนตัวดักแด้ไหมป่าอีรี่ มีความเข้มข้นของอะดีโนซีนสูงสุด 13.79 มิลลิกรัม/100 กรัม ส่วนความเข้มข้นของอะดีโนซีนรองลงมา คือ สายพันธุ์ CM Saraburi ในดอกเห็ดที่ขึ้นบนตัวดักแด้ไหมป่าอีรี่ 5.930 มิลลิกรัม/100 กรัม

คำสำคัญ: เห็ดถั่งเช่าสีทอง ดักแด้ไหม สารออกฤทธิ์ คอร์ไดซิปีน

Abstract: Growth and infection ability of Golden *Cordyceps militaris* on 2 varieties of silkworm pupae, Thai native silkworm (*Bombyx mori*) and Eri silkworm (*Samia ricini*) were tested with two strains of *Cordyceps militaris*; CMRU-1 and CM Saraburi, by injection, soaking, and stabbing and soaking pupae methods. The mycelial suspension injection was the best method of inoculation. The injection of CMRU-1 strain of *C. militaris* with mycelial suspension on Nanglai silkworm pupae has shown the highest infection rate with 72.50 percent and 85.50 percent of fruiting body formation and the highest fresh weight of fruiting body with 42.70 g, followed by CM Saraburi strain of *C. militaris* on Nanglai silkworm pupae that showed the infection rate with 53.00 percent and 88.70 percent of fruiting body formation. In addition, the injection of *C. militaris* strain CM Saraburi on Eri silkworm pupae has shown the highest infection rate with 26.00 percent, 94.20 percent of fruiting body formation and the fresh weight of fruiting body with 24.13 g. The content of bioactive components, cordycepin and adenosine, in *C. militaris* between the fruiting body and the pupae were different. The highest cordycepin amount was found in CM Saraburi in fruiting body of Eri silkworm pupae was 445.65 mg/100 g and in Eri silkworm pupae (insect body) was found 306.41 mg/100 g. The amount in CMRU-1 in Nanglai silkworm pupae (insect body) was 233.80 mg/100 g. Adenosine contents has shown the highest on fruiting body of CMRU-1 in Eri silkworm pupae was 13.79 mg/100 g followed by CM Saraburi in fruiting body of Eri silkworm pupae was 5.93 mg/100 g.

Keywords: Gold cordyceps, silkworm, chemical component, cordycepin

Introduction

From 80,000 known fungi, only 5% of them provided many benefits to the human (Isaka *et al.*, 2005). This can be seen in traditional medicine of China, *Cordyceps sinensis*, the fungus that infected on silkworm (Lepidoptera: Bombycidae) and produced fruiting body on the caterpillar's head that has effective medical and pharmacological properties (Hong *et al.*, 2007). *C. sinensis* can be called in the name as "DongChongXiaCao" (Zhu *et al.*, 1998) that has a fruiting body and has grown on the dead or living caterpillars. The classification of the cordyceps is placed in family Clavicipitaceae (Hong *et al.*, 2007), has a cylindrical asci, thickened ascus, and filiform ascospores (Sung *et al.*, 2007) in the black-blade shape (Zhu *et al.*, 1998). The extract from cordyceps is the polysaccharides called as Cordycepin (Paterson, 2008) and other altered

nucleosides which are antiviral and have many benefits to pharmacological and medical properties.

Cordyceps militaris is the fungus that has ability of insect pupae infection and effective medical and pharmacological properties likes *C. sinensis* but it is able to develop in laboratory easier than *C. sinensis* and is able to grow in other hosts which are silkworms and other media. The commercial products of *C. militaris* have been available on healthy food retailers as oral liquid cordyceps tonic, tonic cordyceps wine for kidney reinforcing, cordyceps health beer, and cordyceps capsules. In recent years, as increasing attention of the function of *C. militaris*, foreign manufacturers have shown an interest, so the exportation of cordyceps products has been increasing. Presently Japan, Korea, Malaysia including Thailand and others countries have been increasing their research and

development of cordyceps as the functional food (Zhou *et al.*, 2009).

Additionally, traditional Chinese medicals are able to develop many cordyceps products through modern technology. The products have been mainly focused on the following aspects: enhancing physique, anti-aging, protecting the heart, improving sleep, increasing appetite, increasing immunity, etc. For instance, *C. militaris* mycelial powder and the capsule of *C. militaris* mycelial powder had been authorized as a Chinese national drug in April 2003. Jilin Northeast Tiger Pharmaceutical Co., Ltd. reported to the State Ministry of Health to declare classes of new drugs, which have been approved and called Xinkeqi capsules (Zhou *et al.*, 2009).

Sericulture, silk farming can make incomes to Thai farmers around the country, especially in north-eastern region of Thailand. The silkworms encouraged to culture by Queen Sirikit Sericulture Center are native varieties, poly into bivoltine varieties, and bivoltine varieties (Matmathatip and Campeerawat, 2013). Tayutivutikul *et al.* (1998) reported about the method of mulberry leaf utilization for rearing single cross hybrid silkworm founded that the greater yield percentage mounting, cocoons, good cocoons, normal pupae and cocoon shells were obtained from rearing the silkworms with individual mulberry variety of BR. 51 and Nakornratchasima 60. Moreover, Eri silkworm (*Samia ricini*) is a new interested for industrial sericulture because silk is white and size of cocoon are bigger than mulberry silkworm and oil extracted from pupa has anti-oxidant properties (Thamee and Rattanapitigorn, 2011). Pupa of Eri silkworm can be used to be human food products as well.

Since *C. militaris* grows on silkworm and a very large number of silkworm pupa are available in

northern Thailand as a by-product of sericulture, therefore we used silkworm pupa as host to culture this fungus in this study under the objective of examining fungal mycelia and fruiting body of gold cordyceps and determining content of bioactive components, cordycepin and adenosine in gold cordyceps on those silkworm pupae.

Materials and Methods

Host insects: Thai native silkworm (*Bombyx mori*), Nanglai and Eri silkworm (*Samia ricini*).

Fungal strains: Two fungal strains (CMRU-1 and CM Saraburi) were cultivated by the original mycelia of *Cordyceps militaris*.

Inoculum and injection preparation: Gold cordyceps mycelia were cultivated in PDA using 0.5 mm mycelial discs grown in a Petri dish (Hong *et al.*, 2010). The gold cordyceps inoculated media were cultivated under static conditions at 22 °C for 20-25 days and used as parent strains. After that, the cultures of gold cordyceps strains in the Sabouraud medium were prepared into 250 ml flasks and then were inoculated each flask with the mycelial discs of the gold cordyceps parent strain from growing margins on PDA medium (Hong *et al.*, 2010). Then culture was put on the rotative shaker at the rotative velocity of 150 rpm at 20-25 °C for culturing the mycelia for 2-3 weeks, and kept at 22-25 °C (Zhenxiang, 2004).

Gold cordyceps inoculation: The 6-day-old pupa of Thai native silkworm and Eri silkworm were inoculated with 10⁶ spores/ml of gold cordyceps suspension all this experiment. There are 3 inoculation methods, injection, soaking, and

stabbing and soaking silkworm pupae with mycelial suspension. In each treatment 200 silkworm pupae were used in each species.

Treatment 1: Injection method

Gold cordyceps mycelial suspension at concentration of 10^6 spores/ml of mycelial suspension for 0.05-0.1 ml was injected into spiracle of pupae using self-refilling syringe.

Treatment 2: Soaking method

Silkworm pupae in each species were soaked in 10^6 spores/ml of mycelial suspension for 3-5 minutes and allowed them dry by air.

Treatment 3: Stabbing and soaking method

Silkworm pupae were stabbed 10 times with the sterile self-refilling syringe and then stabbed silkworm pupae were soaked in 10^6 spores/ml of mycelial suspension for 3-5 minutes, allowed them to dry by air.

Induction of gold cordyceps endosclerotium

After injection, soaking infection, and stabbing and soaking treatments, the pupae were put in transparent plastic boxes and covers with lids and kept at 22-25 °C (Zhenxiang, 2004) until their bodies became hard and mummified for 7-9 days after treatments (Hong *et al.*, 2010).

Induction of gold cordyceps fruiting body

Mummified pupae were cultured to induce fungal fruiting body in cultured boxes. Gold cordyceps mummies were transferred individually to transparency multi squared boxes and incubated at 22-25 °C, a 12:12 day: light photoperiod for 30-45 days (Hong *et al.*, 2010).

Determination of the bioactive components

The gold cordyceps culture in silkworm pupae was dried using vacuum drying machine for 5 hours at 60 °C, stored in a plastic box for the analysis of bioactive components such as cordycepin and adenosine using HPLC method (Huang *et al.*, 2009).

Results and Discussions

The growth of gold cordyceps on PDA was fast at the first 3 days and full grown on a Petri dish at day 21. The mycelial discs were able to use as inoculum in Sabouraud medium for 14-21 days (Figure 1).

Silkworm varieties and fungal strains: Two silkworm pupae varieties, Nanglai and Eri were selected, for infection of 2 *C. militaris* strains, CMRU-1 and CM Saraburi. The pupae that infected by *C. militaris* died in 2-3 days and became hard within 7-9 days after injection (Figure 2). The injection of CMRU-1 on

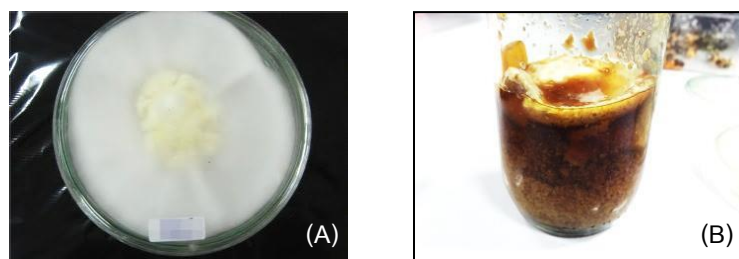


Figure 1 Growth of gold cordyceps on Potato Dextrose Agar and Sabouraud medium on day 21 (A), and gold cordyceps suspension in Sabouraud medium at day 22 (B)

Nanglai pupae showed the highest infection rate with 72.50 percent and 85.50 percent of fruiting body formation (Table 1) and the highest fresh weight of fruiting body with 42.70 g followed by the injection of CM Saraburi cordyceps strain on Nanglai pupae showed 53.00 percent infection rate and 88.70 percent of fruiting body formation. Whereas, the injection of CM Saraburi on Eri pupae has shown the highest infection rate with 26.00 percent, fruiting body formation at 94.20 percent and the fresh weight of fruiting body at 24.13 g (Table 2).

In injection method, the injected Nanglai silkworm pupae by both fungal strains became harder or mummies earlier than Eri silkworm pupae did, due to the smaller in size. Light exposure is able to induce fruiting body formation on mummified pupae and can be harvested during 15-18 days. Bioactive content of cordycepin and adenosine, the cultured gold cordyceps on silkworm pupae were determined (Figure 3).

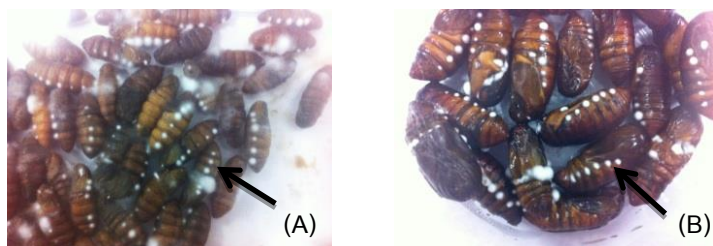


Figure 2 Harden pupae infected by *C. militaris* after 7-9 days of inoculation on Nanglai silkworm pupae (A), and Eri silkworm pupae (B)

Table 1 Infection and fruiting body formation rate of *C. militaris* on silkworm pupae by mycelial suspension injection method at the concentration of 10^6 spores/ml

Fungal strains	No. of pupae tested		No. of pupae infected		Infection Rate (%)		Fruiting Body Formation Rate (%)	
	Nanglai	Eri	Nanglai	Eri	Nanglai	Eri	Nanglai	Eri
	silkworm	silkworm	silkworm	silkworm	silkworm	silkworm	silkworm	silkworm
CMRU-1	200	200	145	46	72.50	23.00	85.50	93.40
CM Saburi	200	200	106	52	53.00	26.00	88.70	94.20

Table 2 Weight of fruiting body formation of *C. militaris* on silkworm pupae after 30-45 days of mycelial suspension injection method at the concentration of 10^6 spores/ml

Fungal strains	Nanglai silkworm pupae		Eri silkworm pupae		Net weight (g.)	
	Fresh weight	Dry weight	Fresh weight	Dry weight	Nanglai	Eri
	(g.)	(g.)	(g.)	(g.)	silkworm	silkworm
CMRU-1	42.70	19.48	22.59	16.76	62.18	39.35
CM Saraburi	18.94	14.95	24.13	15.98	33.89	40.11

The cordycepin amount found in fruiting body of CM Saraburi from infected Eri silkworm pupae was 445.65 mg/100 g and from Eri silkworm pupae was 306.41 mg/100 g. Meanwhile, those CMRU-1 from infected Nanglai silkworm pupae was 233.86 mg/100 g. The adenosine content on fruiting body of CMRU-1 from infected Eri silkworm pupae was 13.79 mg/100 g followed by in fruiting body of CM Saraburi from infected Eri silkworm pupae was 5.930 mg/100 g (Table 3).

In the soak infection method, 3 days after infection, hyphae of *C. militaris* were white in color, fluffy cotton (Figure 4) but at 15 days after infection, the hyphae of CM Saraburi on Nanglai and Eri silkworm pupae were collapse and no growth at all, meanwhile, the CMRU-1 on Nanglai silkworm pupae were able to develop when exposed to light for 24 hrs. However, the fruiting body was not produced.

In stab and soak infection method, the hyphae of *C. militaris* were able to grow on 2 varieties of silkworm pupae in 3-9 days after infection, however at day 15, the hyphae of CMRU-1 on Nanglai and Eri silkworm pupae were collapse (Figure 5). The same pattern was found in hyphae of CM Saraburi on Nanglai pupae at day 27 after infection.

In this study, the gold cordyceps strains played an important role of fungal growth because fungal strains had to develop vigorous hyphae which were able to infect into the host (pupa) and fruiting body could grow effectively on a good length. According to Hong *et al.* (2010), the intensity of light used to induce the fruiting body of *C. militaris* was between 500-1,000 lx, which could induce the length of fruiting bodies ranged from 61.00 to 76.00 mm. The fruiting bodies produced in this light condition

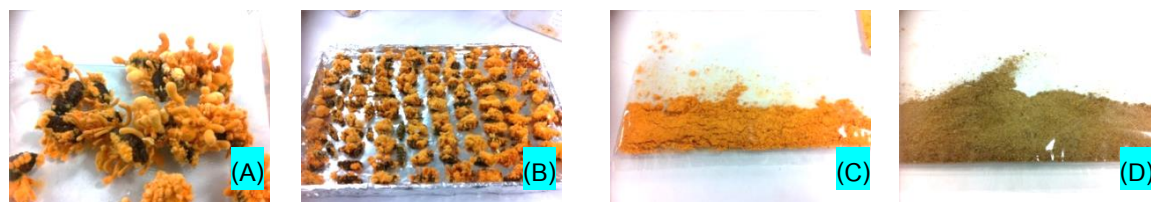


Figure 3 Gold cordyceps preparation for cordycepin and adenosine analyses. Fresh gold cordyceps mushroom on pupae (A) Dried gold cordyceps cultured on silkworm pupae (B) Ground gold cordyceps fruiting bodies (C) Ground gold cordyceps grown on silkworm pupae

Table 3 Content of cordycepin and adenosine of *C. militaris* cultured in silkworm pupae for 45 days

Strains of gold Cordyceps and silkworm	Samples	Bioactive ingredient (mg/100g)	
		cordycepin	adenosine
CMRU-1, Nanglai	Fruiting body	130.34	0
	Insect body (Pupa)	233.86	3.980
CMRU-1, Eri	Fruiting body	175.60	13.790
	Insect body (Pupa)	230.00	3.400
CM Saraburi, Nanglai	Fruiting body	113.50	0
	Insect body (Pupa)	158.77	1.940
CM Saraburi, Eri	Fruiting body	445.65	5.930
	Insect body (Pupa)	306.41	4.510



Figure 4 Gold cordyceps hyphae grown on silkworm pupae inoculated by soaking with gold cordyceps mycelial suspension on Nanglai silkworm pupae after soaking for 3 days (A1), 15 days (A2) on Eri silkworm pupae after soaking for 3 days (B1) and 15 days (B2)

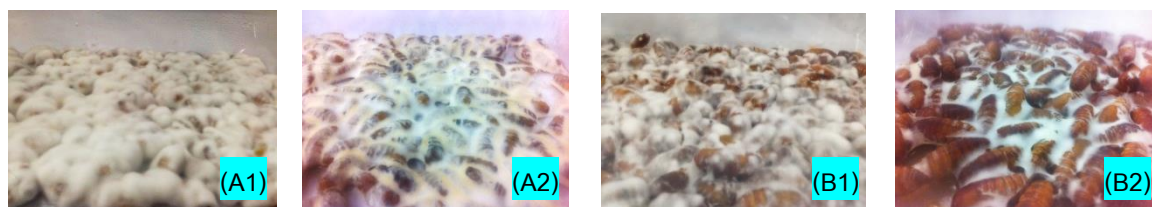


Figure 5 Gold cordyceps hyphae grown on silkworm pupae inoculated by stabbing and soaking with gold cordyceps mycelial suspension on Nanglai silkworm pupae after stabbing and soaking for 3 days (A1), 15 days (A2) on Eri silkworm pupae after stabbing and soaking for 3 days (B1) and 15 days (B2)

were thick and long, and cylindrical or clavate shape with orange in color. In this experiment, the same results were found and the older silkworm pupae tended to be contaminated by airborne fungi and infected by flies. Bioactive components, cordycepin and adenosine, in this study showed closely amount to the report from Huang *et al.* (2009) that found the average contents of cordycepin and adenosine in artificial cultural *C. militaris* fruiting bodies were 265.4 and 245.0 mg/100g, respectively.

Conclusions

The best infection was injection methods of gold cordyceps of *C. militaris* hyphal suspension into the haemocoel of silkworm pupae. Growth and infection ability of gold cordyceps on Thai native silkworm (Nanglai) and Eri silkworm pupae by injection of CMRU-1 fungal strain showed the highest

infection rate on Nanglai silkworm pupae at 72.50 percent, formation of fruiting body was 85.50 percent and the highest fresh weight of fruiting body was at 44.70 g. The highest cordycepin concentration was found in fruiting body of CM Saraburi from infected Eri silkworm pupae at 445.65 mg/100 g and the highest adenosine concentration was found in fruiting body of CMRU-1 from infected Eri silkworm pupae at 13.79 mg/100 g.

Acknowledgements

The authors would like to thank my supporters, Asst. Prof. Dr. Tanya Tapingkae that gave the parent strain of gold cordyceps (CMRU-1) for my study, Queen Sirikit Sericulture Center (Chiang Mai) for the research grant, and thank to Central Laboratory of Faculty of Agriculture, Chiang Mai University for all HPLC analyses.

References

- Hong, I. P., P. D. Kang, K. Y. Kim, S. H. Nam, M. Y. Lee, Y. S. Choi, N. S. Kim, H. K. Kim, K. G. Lee and R. A. Humber. 2010. Fruit body formation on silkworm by *Cordyceps militaris*. Mycobiology 38(2): 128-132.
- Hong, I. P., S. H. Nam, G. B. Sung, I. M. Chung, H. Hur, M. W. Lee, M. K. Kim and S. X. Guo. 2007. Chemical components of *Paecilomyces tenuipes* (Peck) Samson. Mycobiology 35(4): 215-218.
- Hong, I. P., S. H. Nam, G. B. Sung, K. G. Lee, S. M. Cho, S. J. Seok, H. Hur, M. W. Lee and S. X. Guo. 2009. Chemical composition of main *Cordyceps* species in Korea. International Journal of Industrial Entomology 18(1): 13-17.
- Huang, L., Q. Li, Y. Chen, X. Wang and X. Zhou. 2009. Determination and analysis of cordycepin and adenosine in the products of *Cordyceps* spp. African Journal of Microbiology Research 3(12): 957-961.
- Isaka, M., P. Kittakoop, K. Kirtikara, N. L. Hywel-Jones and Y. Thebtaranonth. 2005. Bioactive substances from insect pathogenic fungi. Account of Chemical Research 38: 813-823.
- Matmathatip, R. and P. Campeerawat. 2013. The study of effects of Thai native silkworm and mulberry varieties on silk production in Sakon Nakhon province. Khon Kaen University Science Journal 41(3): 702-708. (in Thai with English summary)
- Paterson, R. R. M. 2008. Review *Cordyceps* - A traditional Chinese medicine and another fungal therapeutic biofactory? Phytochemistry 69: 1469-1495.
- Sung, G. H., N. L. Hywel-Jones, J. M. Sung, J. J. Luangsa-ard, B. Shrestha and J. W. Spatafora. 2007. Phylogenetic classification of *Cordyceps* and the clavicipitaceous fungi. Studies in Mycology 57: 5-59.
- Tayutivutikul, J., W. Kongrat, C. Jaroenwiboonpan, and R. Kasetsuntorn. 1998. Method of mulberry leaf utilization for rearing single cross hybrid silkworm. Journal of Agriculture 14(3): 290-299. (in Thai with English summary)
- Thamee, T. and P. Rattanapitigorn. 2011. Types of solvent, extraction conditions and properties of oil from Eri-silk pupa (*Samia ricini*). Journal of Agriculture 27(1): 59-68. (in Thai with English summary)
- Zhenxiang, L. 2004. Cultivation and the infectious ways to silkworm chrysalis with liquid spawn of *Cordyceps militaris*. Journal of Huazhong Agricultural University 23(1): 58-60.
- Zhou, X., Z. Gong, Y. Su, J. Lin and K. Tang. 2009. *Cordyceps* fungi: natural products, pharmacological functions and development products. Journal of Pharmacy and Pharmacology 61: 279-291.
- Zhu, J. S., G. M. Halpern and K. Jones. 1998. The scientific rediscovery of an ancient Chinese herbal medicine: *Cordyceps sinensis*. Part I. The Journal of Alternative and Complementary Medicine 4(3): 289-303.
-

ผลของการเสริมส่ำเหล้า ยีสต์ และโปรไบโอติกต่อผลผลิตไข่ ลักษณะซาก และคุณภาพเนื้อของไก่ไข่ปลดระวาง

Effects of Dried-fermented Rice, Yeast, and Probiotic Supplementation on Egg Production, Carcass Characteristic, and Meat Quality of Spent Laying Hen

วัชร แลน้อย^{1/*}, วีรพงษ์ กันแก้ว^{1/}, กิตติพงศ์ สมุดความ^{1/}, ธีระพงศ์ สุขวงศ์^{1/},
พิชญ์สินี เชียงแรง^{2/} และ กฤตภาค บุรณวิทย์^{1/}

Watchara Laenoi^{1/*}, Weerapong Kunkaew^{1/}, Kittipong Samootkwam^{1/}, Theeraphruek Sookwong^{1/},
Pitchinee Chiangreng^{2/} and Krittaphak Buranawit^{1/}

^{1/}สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

^{1/}Division of Animal Science, School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Phayao 56000, Thailand

^{2/}ภาควิชาสัตวศาสตร์ วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

^{2/}Department of Animal Science, Phayao College of Agriculture and Technology, Phayao 56000, Thailand

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

(Received: 9 April 2015; Accepted: 29 June 2015)

Abstract: This study was carried out to investigate the effects of dried-fermented rice (DFR), yeast and probiotic supplementation on egg production, carcass characteristic and meat quality of spent laying hen. Six-hundred of 85 weeks ISA Brown hens were assigned to a completely randomized design. There were 4 treatments, 6 replications with 25 hens. Twenty one days before slaughter, birds were fed with basal diet as control group (T1), basal diet with 1% DFR (T2), basal diet with 0.5% yeast powder (*Saccharomyces cerevisiae*) (T3), and basal diet with 0.1% probiotic (*Bacillus cereus* var. *toyoi*) (T4). The results showed that supplementation with DFR, yeast or probiotic did not affect hen day production percentage and carcass characteristics of spent laying hens. Yolk redness increased significantly ($P<0.05$) in the T3 and T4 group compared with T1 and T2. Weights of ovary tended to be higher in DFR groups ($P=0.052$). However, the redness of meat from DFR group tended to be lower compared to the other groups ($P=0.053$). Considering pH and shear force of meat were not statistically difference.

Keywords: Dried-fermented rice, yeast, probiotic, egg production, carcass, meat quality, spent laying hen

บทคัดย่อ: ศึกษาผลของการเสริมสาเหล้ม ยีสต์ และโปรไบโอติก ต่อผลผลิตไข่ ลักษณะซาก และคุณภาพเนื้อของแม่ไก่ไข่ ปลดระวาง ใช้ไก่ไข่พันธุ์ ISA Brown อายุ 85 สัปดาห์ จำนวน 600 ตัว วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด แบ่งเป็น 4 กลุ่ม การทดลอง จำนวน 6 ซ้ำ ๆ ละ 25 ตัว โดยที่ก่อนปลดระวาง 21 วัน เสริมอาหารตามสูตรดังต่อไปนี้ อาหารพื้นฐานเป็นกลุ่มควบคุม (T1) อาหารพื้นฐานเสริมสาเหล้มในระดับ 1 เปอร์เซ็นต์ (T2) อาหารพื้นฐานเสริมยีสต์ (*Saccharomyces cerevisiae*) แบบผงแห้งในระดับ 0.5 เปอร์เซ็นต์ (T3) และกลุ่มอาหารพื้นฐานเสริมโปรไบโอติกทางการค้า (*Bacillus cereus* var. *toyo*) 0.1 เปอร์เซ็นต์ (T4) ผลการทดลองพบว่า การเสริมสาเหล้ม ยีสต์ และโปรไบโอติกในช่วง 21 วันก่อนปลดระวาง ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การให้ไข่ และส่วนประกอบของซาก ไข่แดงของไก่กลุ่ม T3 และ T4 มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมด้วยสาเหล้ม อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ส่วนน้ำหนักพวงไข่มีแนวโน้มสูงขึ้นในกลุ่มที่ได้รับสาเหล้ม ($P = 0.052$) อย่างไรก็ตามการเสริมสาเหล้มทำให้ค่าความเป็นสีแดง a^* ของเนื้อมีแนวโน้มลดลง ($P = 0.053$) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง และแรงตัดผ่านเนื้อ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

คำสำคัญ: สาเหล้ม ยีสต์ โปรไบโอติก ผลผลิตไข่ ลักษณะซาก คุณภาพเนื้อ ไก่ไข่ปลดระวาง

คำนำ

จำนวนไก่ไข่ในประเทศไทยมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นในแต่ละปี โดยเมื่อพิจารณาจากภาพรวมทั้งประเทศแล้ว ในปี 2556 มีไก่ไข่ทั้งสิ้นกว่า 51 ล้านตัว ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 13.52 ของปริมาณไก่ทั้งหมดในประเทศ (กรมปศุสัตว์, 2556) โดยเมื่อมีการปลดระวางแม่ไก่ไข่เหล่านี้จะถูกนำไปชำแหละเพื่อขายต่อเป็นเนื้อไก่ ซึ่งลักษณะของเนื้อไก่ที่ได้จากแม่ไก่ไข่ปลดระวางจะมีความเหนียวและมีไขมันในซากสูง โดยเนื้อที่ได้จัดเป็นเนื้อที่มีคุณภาพต่ำเนื่องจากมีปริมาณ Collagen ในเนื้อที่สูงตามอายุที่เพิ่มขึ้น (Vaithyanathan *et al.*, 2008) ดังนั้นจึงนิยมนำมาทำซूपไก่และผลิตภัณฑ์มากกว่านำมาบริโภคเป็นเนื้อโดยตรง (Lee *et al.*, 2003) แต่อย่างไรก็ตาม จากลักษณะการบริโภคของคนไทย ยังคงมีการนำเนื้อไก่ไข่ปลดระวางเหล่านี้มาวางจำหน่ายเพื่อบริโภคโดยตรง โดยการนำมาปรุงอาหาร เช่น ต้มยำไก่ ต้มยำพวงไข่ หรือข้าวมันไก่ เป็นต้น

โดยปกติแล้วแม่ไก่จะเริ่มให้ไข่ในช่วงสัปดาห์ที่ 17-18 โดยในช่วงต้นของการให้ไข่จะมีการให้อาหารที่มีระดับของพลังงานและโปรตีนตามความต้องการเพื่อให้ได้ผลผลิตไข่สูงสุดในระยะ 8 สัปดาห์หลังให้ไข่ (Gordon *et al.*, 2009) และหลังจากนั้นผู้เลี้ยงจะเริ่มลดระดับของพลังงานและโปรตีนในอาหารลง ทั้งนี้เพื่อช่วยประหยัดต้นทุนค่าอาหาร และป้องกันไม่ให้แม่ไก่ไข่อ่อนเกินไป

ในการปลดระวางไก่ไข่ มีปัจจัยหลายประการที่ผู้ผลิตนำมาพิจารณา เช่น ราคาของอาหารไก่ในท้องตลาด ราคาไข่ และกำไรที่ได้รับเป็นต้น โดยทั่วไปแม่ไก่ไข่ในช่วงก่อนปลดระวาง มีลักษณะผอมทำให้มีคุณภาพเนื้อไม่ดี อย่างไรก็ตามการขายแม่ไก่ไข่ปลดระวางถือเป็นรายได้อีกส่วนหนึ่งของผู้เลี้ยงไก่ด้วยกัน แม้เนื้อของแม่ไก่ปลดระวางจะมีราคาถูก แต่หากการเลี้ยงแม่ไก่ก่อนปลดระวางให้น้ำหนักดี ไม่ผอมเกินไป โดยการใช้อาหารที่มีราคาถูก ส่งเสริมหรือกระตุ้นให้ไก่ใช้อาหารอย่างมีประสิทธิภาพ จัดว่าเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ได้เช่นกัน

ในการกลั่นสุราขาวที่หมักโดยใช้ข้าวสารเป็นวัตถุดิบหลัก จะได้กากที่เหลือจากการหมักซึ่งเป็นซากของยีสต์ที่ตายแล้วที่เรียกว่าสาเหล้ม ซึ่งกากที่เหลือนี้มีโปรตีนจากยีสต์ที่นับได้ว่ามีปริมาณสูงคล้ายกับกากเบียร์ที่มีปริมาณโปรตีนอยู่สูงถึง 27-30% (DM) สามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ได้มากกว่า 30% (Heuze *et al.*, 2014) ทว่าในส่วนของสาเหลามีรายงานว่ามีความแปรปรวนของโภชนาการค่อนข้างสูง โดยมีค่าไนโตรเจนประมาณ 1,500-2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร (สุจินต์, 2541) มีโปรตีนสูงถึง 57.62% (นวรรัตน์ และคณะ, 2545) จึงนับได้ว่าเป็นวัตถุดิบโปรตีนที่มีราคาถูก อย่างไรก็ตามในประเทศไทยยังคงมีการศึกษาเกี่ยวกับการใช้สาเหล้มเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์น้อยมาก เนื่องจากปริมาณการผลิตที่ยังมีน้อยเมื่อเทียบกับกากเบียร์ ทว่าในแถบชนบททั่วไปที่มีการ

กลันสุราชาวจะมีการนำสาเหล้ม้ามาตากแห้งและใช้เป็นอาหารสัตว์ โดยไม่ได้มีการศึกษาถึงประสิทธิภาพการผลิต นอกจากนี้ยังเป็นที่ยอมรับกันดีว่าการเสริมจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ หรือ โปรไบโอติก นอกจากช่วยปรับสมดุลจุลินทรีย์ในกระเพาะอาหารของสัตว์เลี้ยง ทำให้สัตว์มีสุขภาพดีแล้ว การเสริมจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารให้ดีขึ้นได้ด้วย (Mahdavi *et al.*, 2005; Aghaii *et al.*, 2010; Mikulski *et al.*, 2012) โดย Bradley *et al.* (1994) รายงานว่าการเสริมยีสต์มีชีวิตในอาหารไก่เนื้อช่วยเพิ่มน้ำหนักตัวของไก่ได้ โดยไม่มีผลกระทบต่อปริมาณอาหารที่กิน ซึ่งนับได้ว่าเป็นทางเลือกหนึ่งในการใช้เป็นสารเสริมทดแทนยาปฏิชีวนะ (วรรณพร, 2557)

ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้เพื่อเปรียบเทียบผลผลิตไข่ คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อของแม่ไก่ไขปลดระวางที่ได้รับอาหารเสริมด้วยสาเหล้ม้า ยีสต์มีชีวิต และ โปรไบโอติกทางการค้า เพื่อเป็นแนวทางในการนำสาเหล้ม้ามาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ ตลอดจนได้แนวทางในการปรับปรุงคุณภาพซากและเนื้อของแม่ไก่ไขปลดระวาง

อุปกรณ์และวิธีการ

สัตว์ทดลองและอาหารทดลอง

การทดลองในครั้งนี้ใช้แม่ไก่ไขพันธุ์ ISA Brown อายุ 85 สัปดาห์ ซึ่งเป็นระยะปลดระวาง จำนวน 600 ตัว แบ่งเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 150 ตัว ทำการทดลองกลุ่มละ 6 ซ้ำ ซ้ำละ 25 ตัว เลี้ยงบนกรงตับ มีการจัดการตามมาตรฐานฟาร์ม โรงเรือนเป็นแบบเปิด ไก่ทุกกลุ่มได้รับอาหารพื้นฐานที่มีข้าวโพดและรำละเอียดเป็นองค์ประกอบหลัก โดยมีระดับโปรตีนร้อยละ 15 พลังงาน 2550 Kcal/kg มีน้ำสะอาดให้กินตลอดเวลา ทำการสุ่มไก่ให้ได้รับอาหารพื้นฐานเสริมด้วยสาเหล้ม้า ยีสต์ หรือ โปรไบโอติก เป็นระยะเวลา 21 วันก่อนปลดระวาง โดยที่กลุ่มการทดลองแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 (T1) อาหารพื้นฐานเป็นกลุ่มควบคุม

กลุ่มที่ 2 (T2) อาหารพื้นฐาน เสริมด้วยสาเหล้ม้า ที่ระดับ 1%

กลุ่มที่ 3 (T3) อาหารพื้นฐาน เสริมด้วยยีสต์ (*Saccharomyces cerevisiae*) ที่ระดับ 0.5%

กลุ่มที่ 4 (T4) อาหารพื้นฐาน เสริมด้วยโปรไบโอติก (*Bacillus cereus var. toyoi*) ที่ระดับ 0.1%

การวัดข้อมูลเปอร์เซ็นต์การไข่ ขนาดของไข่ และสีของไข่แดง

ในช่วง 14 วันสุดท้ายของการให้อาหาร บันทึกจำนวนไข่ และขนาดของไข่แยกตามน้ำหนักไข่ แล้วนำข้อมูลมาคำนวณหาอัตราการไข่ (hen day production) และสุ่มเก็บตัวอย่างไข่ไก่จำนวน 12 ฟอง จากแต่ละกลุ่ม การทดลองนำมาแยกไข่ขาวและไข่แดงออกจากกัน ทำการวัดสีของไข่แดงโดยใช้เครื่อง Hunter Lab รุ่น Color Quest XE ตามวิธีการของ AMSA (1991)

การเก็บข้อมูลคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อ

เมื่อสิ้นสุดระยะการให้อาหารทดลอง สุ่มเลือกไก่จากแต่ละกลุ่มการทดลองกลุ่มละ 10 ตัว อดอาหารไก่เป็นเวลา 12 ชั่วโมงซึ่งน้ำหนักมีชีวิต ฆ่าและชำแหละซากตามวิธีการของสัญญาชัย (2543) ซึ่งน้ำหนักซากอุ่น วัด pH ที่ 45 นาทีหลังฆ่า และ 24 ชั่วโมงหลังฆ่า (Jaturasitha *et al.*, 2008) ทำการแยกชิ้นส่วนของซากไก่ และชั่งน้ำหนัก โดยแยกเป็น เนื้ออก น่องรวมสะโพก และพวงไข่ นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ซาก (carcass percentage) และเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนตัดแต่ง (cutting percentage) ดังนี้

$$\text{carcass percentage (\%)} = \frac{\text{carcass weight}}{\text{live weight}} \times 100$$

$$\text{cutting percentage (\%)} = \frac{\text{cutting weight}}{\text{carcass weight}} \times 100$$

เก็บเนื้อหน้าอกของไก่มาวิเคราะห์ค่าแรงตัดผ่านด้วยเครื่อง Warner-Bratzler shear force (plus texture analyzer) ตามวิธีการ Van Moeseke and De smet (1999) และประเมินสีของเนื้อด้วยเครื่อง Hunter Lab รุ่น Color Quest XE ตามวิธีการของ AMSA (1991)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one way analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มการทดลองโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป R (R Core Team, 2014)

ผลและวิจารณ์

เปอร์เซ็นต์การไข่ ขนาดของไข่ และสีของไข่แดง

ผลการศึกษาคณภาพซากของแม่ไก่ไข่ปลดระวาง ที่ได้รับอาหารเสริมด้วยสาเหล่า ยีสต์มีชีวิต และโปรไบโอติก ทางการค้าเป็นเวลา 21 วันก่อนปลดระวาง พบว่าไก่ไข่ที่ได้รับการเสริมด้วยสาเหล่า ยีสต์มีชีวิต และโปรไบโอติก มีเปอร์เซ็นต์การไข่ต่อวันไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม (ตารางที่ 1) โดยในระยะที่เก็บข้อมูลคือแม่ไก่ไข่มีอายุ 85 สัปดาห์ มีอัตราการไข่ต่อวันสำหรับกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมด้วยสาเหล่า ยีสต์มีชีวิต และโปรไบโอติก เท่ากับ 76.87, 77.10, 79.83 และ 77.60%

ตามลำดับ ในส่วนของขนาดไข่พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติด้วยเช่นกัน ทว่าในกลุ่มควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การเกิดไข่หลอด (small size) มากกว่ากลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.01$) เมื่อพิจารณาสีของไข่แดง พบว่าไก่กลุ่มที่ได้รับการเสริมสาเหล่ามีค่าความเป็นสีแดง (a^*) ของไข่แดงเท่ากับกลุ่มควบคุม แต่น้อยกว่ากลุ่มที่เสริมด้วยยีสต์ และโปรไบโอติกอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ซึ่งจากรายงานการวิจัยของ Parvu *et al.* (2014) พบว่าการเสริมยีสต์ (*Rhodotorula rubra*) ในอาหารไก่ไข่ ทำให้สีของไข่แดงเข้มขึ้นเนื่องจากตัวของยีสต์เองสามารถเป็นแหล่งสารสีที่มีคุณภาพให้กับไข่ได้ อย่างไรก็ตาม Chuan *et al.*, (2015) รายงานว่าการเสริมโปรไบโอติกหลายชนิดร่วมกันในปริมาณ 0.4% ในอาหารไม่ส่งผลต่อสีของไข่แดงเช่นกัน ในการทดลองนี้สีของไข่แดงในกลุ่มที่เสริมยีสต์และโปรไบโอติกไม่มีความแตกต่างจากกลุ่มควบคุม แต่มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่เสริมด้วยสาเหล่า ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเสริมสาเหล่าอาจมีผลต่อการดูดซึมสารสีของแม่ไก่ ทว่าการเสริม ยีสต์และโปรไบโอติกไม่แสดงผลในการขัดขวางการดูดซึมสารสีของแม่ไก่ไข่

Table 1 Egg production and quality from spent laying hen fed diet supplementation with dried-fermented rice, yeast or probiotic

Parameters	T1	T2	T3	T4	Pooled SE	P-value
Hen day production, %	76.87	77.10	79.83	77.60	0.87	0.635
Size 0	12.58	12.40	12.97	15.43	0.93	0.657
Size 1	33.27	35.64	32.81	33.65	0.99	0.780
Size 2	33.47	35.00	29.29	31.17	0.86	0.086
Size 3	15.23	13.13	17.59	15.74	0.86	0.354
Size 4	4.75	3.33	6.60	3.60	0.53	0.114
Size 5	0.58	0.50	0.75	0.42	0.16	0.912
Small Size	0.13 ^a	0.00 ^b	0.00 ^b	0.00 ^b	0.02	0.010
CIE a* value of egg yolk	15.19 ^{ab}	15.03 ^b	15.80 ^a	15.78 ^a	0.13	0.047
CIE b* value of egg yolk	33.69	34.10	34.05	34.70	0.22	0.484
CIE L* value of egg yolk	53.61	53.02	52.82	53.21	0.16	0.367

^{a,b} Different superscripts within each row are significantly different ($P < 0.05$)

T1 = Control group (Basal diet); T2 = Basal diet + 1% dried-fermented rice; T3 = Basal diet + 0.5% yeast powder (*Saccharomyces cerevisiae*); T4 = Basal diet + 0.1% probiotic (*Bacillus cereus* var. *toyoi*)

คุณภาพซากและคุณภาพเนื้อ

ผลการศึกษาคูณภาพซากของแม่ไก่ไข่ปลดระวาง ที่ได้รับอาหารเสริมด้วยสาเหล่า ยีสต์ และโปรไบโอติก ทางการค้าเป็นเวลา 21 วันก่อนปลดระวาง พบว่า น้ำหนักเฉลี่ยของแม่ไก่ปลดระวางในกลุ่มควบคุมมีค่าเท่ากับ 1.983 กิโลกรัม ในกลุ่มที่ได้รับอาหารที่เสริมด้วยสาเหล่า ยีสต์ และ โปรไบโอติก มีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 2.116, 2.083 และ 2.083 กิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 2) โดยน้ำหนักฆ่าของไก่แต่ละกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เช่นเดียวกับน้ำหนักซากอุ่นและเปอร์เซ็นต์ซาก โดยเปอร์เซ็นต์ซากของแม่ไก่ไข่ปลดระวางมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 64.92% ในกลุ่มควบคุม ถึง 70.63% ในกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมด้วย โปรไบโอติก เมื่อพิจารณาสัดส่วนของเนื้อหน้าอกและเนื้อสะโพก พบว่ากลุ่มทดลองที่ได้รับอาหารเสริมด้วยสาเหล่า ยีสต์ และ โปรไบโอติก ไม่มีความแตกต่างจากกลุ่มควบคุม เช่นเดียวกับการศึกษาของ Souza *et al.* (2011) เกี่ยวกับน้ำหนักของแม่ไก่ไข่ปลดระวางหลังการให้ไข่ในระยะที่ 2 คือ อายุ 110 สัปดาห์ ซึ่งพบว่าแม่ไก่ไข่พันธุ์เบา มีน้ำหนักปลดระวางเฉลี่ยที่ 1.61 กิโลกรัม ขณะที่พันธุ์หนักมีน้ำหนักปลดระวางเฉลี่ย 2.06 กิโลกรัม โดยมี

เปอร์เซ็นต์ซากเท่ากับ 62.09 และ 63.18 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรทดลองนี้ที่ทำการปลดระวางแม่ไก่พันธุ์ ISA Brown ที่อายุ 85 สัปดาห์ที่พบว่าเปอร์เซ็นต์ซากอยู่ระหว่าง 64.92-70.63% แสดงให้เห็นว่าการปลดระวางแม่ไก่ไข่ที่อายุเพิ่มมากขึ้น มีแนวโน้มส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์ซากลดลง ซึ่งในส่วนของปริมาณเนื้อในซากของไก่นั้นโดยส่วนใหญ่แล้วขึ้นอยู่กับอายุและน้ำหนักของไก่ โดยไก่พันธุ์หนักจะมีซากที่ดีกว่าไก่พันธุ์เบา (Kondaiah and Panda, 1992) จากผลการทดลองพบว่าเปอร์เซ็นต์ฟางไข่ของกลุ่มที่ได้รับการเสริมสาเหล่ามีแนวโน้ม ($P=0.52$) สูงที่สุด คือ 4.39% เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมคือ 3.64% การเสริมสาเหล่า ยีสต์ และ โปรไบโอติก ทางการค้าในอาหารแม่ไก่ไข่ปลดระวางเป็นเวลา 21 วันก่อนฆ่า ไม่มีผลต่อ เปอร์เซ็นต์ซาก ปริมาณเนื้อหน้าอก เนื้อสะโพก และน้ำหนักฟางไข่ของแม่ไก่ไข่ปลดระวาง

เมื่อพิจารณาค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ที่ 45 นาที และ 24 ชั่วโมงหลังฆ่า พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละกลุ่มการทดลอง คือมีค่าระหว่าง 5.32-5.57 สำหรับ 45 นาทีแรกหลังฆ่า และ 5.40-5.58 ในช่วง 24 ชั่วโมงหลังฆ่า โดยปกติค่า pH ของเนื้อเมื่อแช่เย็นที่ 4 องศาเซลเซียส ควรมีค่าประมาณ 5.7-5.8 (Savell *et al.*,

Table 2 Carcass characteristic of spent laying hen fed diet supplementation with dried-fermented rice, yeast or probiotic

Parameters	T1	T2	T3	T4	Pooled SE	P-value
Slaughter weight, g	1,983.00	2,116.00	2,083.00	2,083.00	25.18	0.303
Hot carcass weight, g	1,288.21	1,432.22	1,370.97	1,470.63	33.02	0.231
Dressing percentage, %	64.92	67.67	65.81	70.63	1.08	0.278
Breast, %	13.93	13.70	11.46	11.23	0.59	0.220
Thigh, %	12.53	13.27	12.84	11.69	0.53	0.847
Ovary, %	3.64	4.39	2.88	2.70	0.28	0.052
pH ₄₅ (at 45 min after slaughter)	5.33	5.57	5.41	5.32	0.07	0.573
pH ₂₄ (at 24 hr after slaughter)	5.40	5.43	5.47	5.58	0.06	0.778
Shear force (kg)	3.38	3.86	3.29	3.53	0.12	0.389
CIE a*	3.89	1.95	4.32	5.10	0.48	0.053
CIE b*	16.45	14.76	17.53	17.10	0.44	0.056
CIE L*	50.52	51.92	52.39	54.49	1.01	0.690

T1 = Control group (Basal diet); T2 = Basal diet + 1% dried-fermented rice; T3 = Basal diet + 0.5% yeast powder (*Saccharomyces cerevisiae*); T4 = Basal diet + 0.1% probiotic (*Bacillus cereus* var. *toyoi*)

2005) ซึ่งค่า pH ในการทดลองนี้มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับในรายงานของ Vaithiyanathan *et al.* (2008) ซึ่งรายงานว่ ค่า pH ของเนื้อไก่ปลดระวางอยู่ระหว่าง 5.30-5.73 โดยค่า pH จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อมีการเก็บรักษาเนื้อไว้ในระยะเวลาที่นานขึ้น เมื่อพิจารณาค่าแรงตัดผ่านเนื้อพบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองเช่นเดียวกัน โดยมีค่าเท่ากับ 3.38, 3.86, 3.29 และ 3.53 กิโลกรัม สำหรับกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมด้วยสาเหล่า ยีสต์ และ โปรไบโอติก ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ Vaithiyanathan *et al.* (2008)

ในการทดลองนี้พบว่าการเสริมสาเหล่า ยีสต์ และ โปรไบโอติก ไม่มีผลต่อสีของเนื้อหน้าอก โดยเฉพาะ ค่าความสว่าง (L^*) ของเนื้อ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่าความเป็นสีแดง (a^*) และ ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) พบว่าการเสริมสาเหล่า ทำให้ค่า a^* และ b^* มีแนวโน้มต่ำลง ($P=0.053$ และ $P=0.056$ ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองอื่น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการเสริมสาเหล่าขาวโปกในอาหารไก่เนื้อที่ไม่พบผลของการเสริมสาเหล่าขาวโปกต่อการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อไก่เช่นกัน (Corzo *et al.*, 2009)

สรุป

การศึกษาผลผลิตไข่ ลักษณะซากและคุณภาพเนื้อของแม่ไก่ไข่ปลดระวางที่ได้รับการเสริมด้วยสาเหล่า ยีสต์ และโปรไบโอติก เป็นเวลา 21 วันก่อนฆ่า พบว่าคุณภาพของไข่ในแต่ละกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมทั้งในเรื่องของเปอร์เซ็นต์การให้ไข่ และขนาดของไข่ เช่นเดียวกับน้ำหนักเมื่อฆ่า น้ำหนักซากอุ่น เปอร์เซ็นต์ซาก เปอร์เซ็นต์เนื้อหน้าอก และเปอร์เซ็นต์เนื้อสะโพกที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่น้ำหนักฟองไข่ของกลุ่มที่ได้รับสาเหล่ามีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ ($P=0.052$) ค่า pH ที่ 45 นาทีหลังฆ่าและ 24 ชั่วโมงหลังฆ่า ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ค่าสีของเนื้อ (CIE) ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลอง แต่การเสริมสาเหล่ามีแนวโน้มทำให้ค่าความเป็นสีแดงและสีเหลืองของเนื้อ

ลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่น ๆ ($P=0.053$ และ 0.056 ตามลำดับ)

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณบริษัทออกต้า เมมโมเรียล จำกัด ที่สนับสนุนผลิตภัณฑ์ Probiotic (*Bacillus cereus var. toyoi*) ในการทำวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณฟาร์มทดลองของวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีพะเยา ที่อนุเคราะห์สถานที่ในการเลี้ยงไก่ไข่ทดลอง ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา ที่เอื้อเฟื้อสถานที่วิเคราะห์ ขอขอบคุณนักวิทยาศาสตร์ นายปิต โชติพรหม และนักวิชาการสัตวบาล นางสาวสุพรรณิการ์ เกิดสา ในการช่วยเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ

เอกสารอ้างอิง

- กรมปศุสัตว์. 2556. รายงานข้อมูลสถิติปศุสัตว์ ศูนย์สารสนเทศและการสื่อสาร. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <http://ict.dld.go.th/> (15 มีนาคม 2558).
- นวัฒน์ พรสวัสดิ์ชัย วิโรจน์ กิตติคุณ รุ่งจรัส หุตะเจริญ วันชัย ผาติหัตถกร ธวัชชัย ศุภดิษฐ์ สัญชัย จตุรสิทธา จำลอง ศรีสุวรรณ. 2545. ผลของการใช้กากสาเหล่าแห้งผสมในอาหารนกกระทาไข่: ช่วงอายุ 32-36 สัปดาห์. หน้า 337-343. ใน: ทศนีย์ อภิชาติสร่างกูร สัญชัย จตุรสิทธา อังคณา ผ่องแผ้ว(บก.) รายงานการประชุมวิชาการสาขาสัตวบาล/สัตวศาสตร์/สัตวแพทย์ศาสตร์ ครั้งที่ 3. บริษัท ทริโอ แอดเวอร์ไทซิง แอนด์ มีเดีย จำกัด, เชียงใหม่.
- วรรณพร ทะพิงค์แก. 2557. ทางเลือกในการทดแทนการใช้ยาปฏิชีวนะเป็นสารเร่งการเจริญเติบโตสำหรับปศุสัตว์. วารสารเกษตร 30(2): 201-212.
- สัญชัย จตุรสิทธา. 2543. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์. โรงพิมพ์ธนบรรณการพิมพ์. เชียงใหม่. 244 หน้า.

- สุจินต์ พนาปวุฒิกุล. 2541. การใช้กากส่วเพื่อการเกษตร. การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยรังสิต ครั้งที่ 3 เรื่อง เทคโนโลยี เศรษฐกิจการศึกษา มหาวิทยาลัยรังสิต ปทุมธานี; 21-22 มกราคม 2541.
- Aghaii, A., M. Chaji, T. Mohammadabadi and M. Sari. 2010. The effect of probiotic supplementation on production performance, egg quality and serum and egg chemical composition of laying hens. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 9(21): 2774-2777.
- AMSA. 1991. Guideline for meat color evaluation. American Meat Science Association. Illinois. USA.
- Bradley, G. L., T. F. Savage and K. I. Timm. 1994. The effects of supplementing diets with *Saccharomyces cerevisiae var. boulardii* on male poult performance and ileal morphology. *Poultry Science* 73(11): 1766-1770.
- Chung, S. H., J. Lee and C. Kong. 2015. Effects of multi strain probiotics on egg production and quality in laying hens fed diets containing food waste product. *International Journal of Poultry Science* 14(1): 19-22.
- Corzo, A., M. W. Schilling, R. E. Loar II, V. Jackson, S. Kin and V. Radhakrishnan. 2009. The effects of feeding distillers dried grains with solubles on broiler meat quality. *Poultry Science* 88:432-439.
- Gordon, R., M. M. Bryant and D. A. Roland Sr. 2009. Performance and profitability of second-cycle laying hens as influenced by body weight and body weight reduction during molt. *Journal of Applied Poultry Research* 18: 223-231.
- Heuze, V., D. Sauvant, G. Tran and F. Lebas. 2014. *Brewers grains: A programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO.* (Online). Available: <http://www.feedipedia.org/node/74> (March 15, 2015).
- Jaturasitha, S., T. Srikanthai, M. Kreuzer and M. Wicke. 2008. Differences in carcass and meat characteristics between chicken indigenous to Northern Thailand (Black-boned and Thai Native) and imported extensive breeds (Bresse and Rhode Island Red). *Poultry Science* 87: 160-169.
- Kondaiah, N. and B. Panda. 1992. Processing and utilization of spent hens. *World Poultry Science* 48: 255-265.
- Lee, S. O., J. S. Min, I. S. Kim and M. Lee. 2003. Physical evaluation of popped cereal snacks with spent hen meat. *Meat Science* 64: 383-390.
- Mahdavi, A. H., H. R. Rahmani and J. Pourreza. 2005. Effect of probiotic supplements on egg quality and laying hen's performance. *International Journal of Poultry Science* 4(7): 488-492.
- Mikulski, D., J. Jankowski, J. Naczemski, M. Mikulska and V. Demey. 2012. Effects of dietary probiotic (*Pediococcus acidilactici*) supplementation on performance, nutrient digestibility, egg traits, egg yolk cholesterol, and fatty acid profile in laying hens. *Poultry Science* 91: 2691-2700.
- Parvu, M. and M. T. Paraschivescu. 2014. Feeding *Rhodotorula rubra* Yeast in egg yolk pigmentation (II). *Romanian Biotechnological Letters* 19: 9959-9963.
- R Core Team. 2014. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for

- Statistical Computing, Vienna, Austria. url <http://www.R-project.org>.
- Savell, J. W., S. L. Mueller and B. E. Baird. 2005. The chilling of carcasses. *Meat Science* 61:103-113.
- Souza, K. M. R. de, R. B. Araujo, A. L. dos Santos, C. E. C. Rodrigues, D. E. de Faria and M. A. Trindade. 2011. Adding value to the meat of spent laying hens manufacturing sausages with a healthy appeal. *Brazilian Journal of Poultry Science* 13(1): 57-63.
- Vaithyanathan, S., B. M. Naveena, M. Muthukumar and P. S. Girish. 2008. Biochemical and physicochemical change in spent hen breast meat during postmortem aging. *Poultry Science* 87: 180-186.
- Van M. and W. S. De smet. 1999. Effect of time of deboning and sample size on drip loss of pork. *Meat Science* 52: 151-156.
-

การใช้ขังข้าวโพดหมักทดแทนอาหารผสมสำเร็จรูปในไก่ลูกผสมพื้นเมือง

Utilization of Fermented Corncob to Replace Commercial Feed Mixed in Native Crossbred Chicken

มนตรี ปัญญาทอง^{1/*} และ วัชร แลน้อย^{2/}
Montri Punyatong^{1/*} and Watchara Laenoi^{2/}

^{1/}ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

^{1/}Department of Animal and Aquatic Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand 52000

^{2/}สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

^{2/}Division of Animal Science, School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Phayao 56000, Thailand

*Corresponding author: E-mail address: montri.pun@cmu.ac.th

(Received: 13 August 2015; Accepted: 31 October 2015)

Abstract: The aim of this research was to study the effects of using fermented corncob to replace commercial feed mixed in native crossbred chickens. The grinded corncob was fermented with yeast and molasses. Then, two hundred of the native crossbred chickens were divided into 5 groups. The fermented corncob was replaced to the commercial feed mixed at 0, 5, 10, 15 and 20%, respectively. The native crossbred chickens were fed for 16 weeks. The results showed that body weight gain (WG), feed intake (FI), average daily gain (ADG) and feed conversion ratio (FCR) were not significant difference with the control group and feed cost per gain (FCG) at 5, 10 and 15%, replacement groups were decreased 3, 6 and 10%, respectively. However, when the replacement was increased to 20% the performances were significantly lower than the control group ($p < 0.05$).

Keywords: Native crossbred chicken, fermented corncob, performance

บทคัดย่อ: วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ เพื่อศึกษาผลของการใช้ขี้ข้าวโพดหมักทดแทนอาหารผสมสำเร็จรูปในการเลี้ยงไก่ลูกผสมพื้นเมือง โดยวิธีการนำขี้ข้าวโพดบดมาหมักกับยีสต์และกากน้ำตาล จากนั้นนำมาเลี้ยงไก่ลูกผสมพื้นเมือง 200 ตัว ในอัตราส่วนทดแทนอาหารผสมสำเร็จรูปในระดับที่ต่างกัน 5 กลุ่ม ได้แก่ 0, 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับเลี้ยงไก่ลูกผสมพื้นเมืองเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพการผลิตได้แก่ น้ำหนักตัวที่เพิ่ม (weight gain; WG) ปริมาณอาหารที่กิน (feed intake; FI) อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (average daily gain; ADG) และอัตราการแลกน้ำหนัก (feed conversion ratio; FCR) ของไก่ลูกผสมพื้นเมืองไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากกลุ่มควบคุมที่กินอาหารผสมสำเร็จรูป 100 เปอร์เซ็นต์ แต่ต้นทุนค่าอาหารของไก่ลูกผสมที่เลี้ยงด้วยขี้ข้าวโพดหมักที่ 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ลดลงเท่ากับ 3, 6 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มระดับของขี้ข้าวโพดหมักเป็น 20% มีผลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตลดลงต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

คำสำคัญ: ไก่ลูกผสมพื้นเมือง, ขี้ข้าวโพดหมัก, ประสิทธิภาพการผลิต

คำนำ

ขี้ข้าวโพด (corn cob) เป็นวัสดุเศษเหลือทางการเกษตรที่ก่อปัญหาหมอกควัน เนื่องจากเป็นสาเหตุของการเผาทำลายโดยเฉพาะในเขตภาคเหนือตอนบน ในปัจจุบันมีความพยายามที่จะนำขี้ข้าวโพดมาใช้ประโยชน์ เช่น การนำไปอัดเป็นก้อนถ่านให้ความร้อน การนำไปใช้เพาะเห็ด และการนำไปใช้เป็นวัสดุดูดซับวัตถุพิษอาหารสัตว์ที่เป็นของเหลวเป็นต้น อย่างไรก็ตามการแก้ไขปัญหาดังกล่าวสามารถลดปริมาณขี้ข้าวโพดได้ในระดับหนึ่ง ยังคงเหลือปริมาณขี้ข้าวโพดอีกมากที่ต้องหาแนวทางการใช้โดยวิธีอื่น ๆ ต่อไป ขี้ข้าวโพดมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นเซลลูโลส (cellulose) โดยมากจะนำไปใช้เป็นวัสดุดูดซับ หรือใช้เป็นอาหารสัตว์โดยนำไปผสมกับกากน้ำตาลและนำไปให้สัตว์เคี้ยวเอื้องกิน เนื่องจากสัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถย่อยสลายเซลลูโลสได้ อย่างไรก็ตามขี้ข้าวโพดที่ได้จากการสีด้วยเครื่องสีจะมีเมล็ดข้าวโพดบางส่วนติดมาด้วย ซึ่งเมล็ดข้าวโพดนี้ถือว่าเป็นแหล่งพลังงานที่ดี สามารถนำมาเลี้ยงสัตว์กระเพาะเดี่ยว โดยเฉพาะในไก่ ซึ่งสามารถเลือกจิกกินได้ ขี้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยทั่วไปจะประกอบไปด้วยวัตถุแห้ง 90 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 1.9 เปอร์เซ็นต์ และเยื่อใย 33.03 เปอร์เซ็นต์ (กองอาหารสัตว์, 2555) ซึ่งจะเห็นได้ว่ายังพอมีคุณค่าทางอาหารที่สามารถใช้เลี้ยงสัตว์ได้ในระดับหนึ่ง จากการศึกษาการใช้ขี้ข้าวโพดเป็นอาหารสัตว์พบว่า ในโครีดนมสามารถใช้ขี้ข้าวโพดเป็นแหล่งอาหารหยาบได้

6 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ไม่ส่งผลกระทบต่อการผลิตน้ำนม (จินดา และคณะ, 2541) ในโคเนื้อมีการใช้ขี้ข้าวโพดเป็นอาหารหยาบ โดยใช้ทดแทนหญ้าแห้งได้ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ จากรายงานการใช้ขี้ข้าวโพดในไก่เนื้อพบว่า มีการใช้ทั้งในรูปแบบของขี้ข้าวโพดในสภาพสด และในสภาพหมัก โดยมีการเสริมในสภาพสดที่ 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารของไก่เนื้อ และพบว่าสามารถเสริมขี้ข้าวโพดได้ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่พบความแตกต่างของอัตราการกินได้ อัตราการเจริญเติบโต การเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก น้ำหนักอวัยวะภายใน และอัตราการย่อยได้ (Iheukwumere *et al.*, 2009) อย่างไรก็ตามเป็นการใช้ขี้ข้าวโพดในช่วงท้ายของการผลิต ในงานวิจัยของเพิ่มศักดิ์ และคณะ (2541) พบว่าสามารถใช้ขี้ข้าวโพดหมักกับจุลินทรีย์และขี้ข้าวโพดบดละเอียด ในอาหารไก่ลูกผสมพื้นเมืองได้ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ แต่มีผลทำให้สมรรถภาพการผลิตในด้านต่าง ๆ ลดลง แต่ขี้ข้าวโพดหมักสามารถใช้ได้ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิตซึ่งเป็นการใช้ทดแทนรำละเอียดที่มีราคาสูง ทำให้สามารถช่วยลดต้นทุนค่าอาหารลงได้ นอกจากนี้มีงานวิจัยที่ทำการปรับสภาพของขี้ข้าวโพดด้วยสารเคมี และการหมักด้วยยีสต์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยได้ ซึ่งพบว่า ทำให้โปรตีนเพิ่มขึ้น และเยื่อใยลดลง (Al-maadhidi *et al.*, 2010) และยังทำให้ค่าการย่อยได้ในหลอดทดลองของวัตถุแห้งเพิ่มขึ้นด้วย (Adam *et al.*, 2011) จะเห็นได้ว่าขี้ข้าวโพดมีศักยภาพที่สามารถนำมาใช้เป็นอาหารไก่ได้ โดยเฉพาะเพื่อช่วยลดต้นทุน

ค่าอาหารในไก่ลูกผสมพื้นเมืองที่สามารถใช้ประโยชน์จากอาหารคุณภาพต่ำได้ดี เพียงแต่ต้องหาวิธีการที่จะช่วยปรับสภาพขี้ข้าวโพดให้มีคุณค่ามากขึ้น และหาปริมาณที่เหมาะสมกับการใช้ทดแทนอาหารผสมสำเร็จรูป ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ เพื่อหาปริมาณขี้ข้าวโพดหมักที่ใช้ทดแทนอาหารผสมสำเร็จรูปที่เหมาะสม สำหรับการเลี้ยงไก่ลูกผสมพื้นเมือง

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมขี้ข้าวโพดหมัก

เตรียมขี้ข้าวโพดหมักโดยประยุกต์จากวิธีของเพิมศักดิ์ และคณะ (2541) และ Adam *et al.* (2011) นำขี้ข้าวโพดมาเติมกากน้ำตาล (molasses) 1 เปอร์เซ็นต์ โดย น้ำหนัก และ ผสม กับ ยีสต์ ผง ชนิดแห้ง (BRUGGEMAN) 0.1 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก เก็บไว้ในภาชนะปิด 7 วัน ที่อุณหภูมิห้อง นำขี้ข้าวโพดหมักที่ได้มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (proximate analysis) โดยวิธีของ AOAC (2006)

สัตว์ทดลองและการเก็บข้อมูล

ใช้ไก่ลูกผสมพื้นเมืองคละเทศอายุ 1 วัน จำนวน 200 ตัวแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ๆ ละ 4 ข้ำ ๆ ละ 10 ตัว เลี้ยงภายใต้สภาพโรงเรือนแบบเปิดโดยมีพื้นที่ 10 ตัวต่อตารางเมตร ให้อาหารและน้ำแบบเต็มที่ (*ad libitum*) จัดให้มีโปรแกรมวัคซีนตามปกติ กกลูกไก่เป็นเวลา 7 วัน ใช้อาหารสำเร็จรูปของไก่เนื้อที่ช่วงอายุ 0-6 และ 7-16 สัปดาห์มีระดับโปรตีนที่ 21 และ 19 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ มีพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy; ME) 3,000 Kcal/kg ไก่ได้รับอาหารที่มีการเสริมขี้ข้าวโพดหมักด้วยยีสต์ โดยให้อาหารที่แตกต่างกัน 5 สูตร คือ กลุ่มที่ 1 (T1) อาหารควบคุมให้อาหารสำเร็จรูป 100 เปอร์เซ็นต์ (เยื่อใยน้อยกว่า 5.00 เปอร์เซ็นต์; ME=3,000 Kcal/kg) กลุ่มที่ 2 (T2) ใช้อาหารสำเร็จรูป 95 เปอร์เซ็นต์ ใช้ขี้ข้าวโพดหมัก 5 เปอร์เซ็นต์ (เยื่อใยน้อยกว่า 5.75 เปอร์เซ็นต์; ME=2,850 Kcal/kg) กลุ่มที่ 3 (T3) ใช้อาหารสำเร็จรูป 90 เปอร์เซ็นต์ ใช้ขี้ข้าวโพดหมัก 10 เปอร์เซ็นต์ (เยื่อใยน้อยกว่า 6.50 เปอร์เซ็นต์; ME=2,700

Kcal/kg) กลุ่มที่ 4 (T4) ใช้อาหารสำเร็จรูป 85 เปอร์เซ็นต์ ใช้ขี้ข้าวโพดหมัก 15 เปอร์เซ็นต์ (เยื่อใยน้อยกว่า 7.25 เปอร์เซ็นต์; ME=2,550 Kcal/kg) และกลุ่มที่ 5 (T5) ใช้อาหารสำเร็จรูป 80 เปอร์เซ็นต์ ใช้ขี้ข้าวโพดหมัก 20 เปอร์เซ็นต์ (เยื่อใยน้อยกว่า 8.00 เปอร์เซ็นต์; ME=2,400 Kcal/kg) โดยทำการเลี้ยงไก่เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ เก็บข้อมูลอัตราการกินได้ ซึ่งน้ำหนักทุกสัปดาห์ เพื่อนำมาคำนวณหาประสิทธิภาพการผลิต ได้แก่ ปริมาณอาหารที่กิน (feed intake; FI), น้ำหนักที่เพิ่ม (weight gain; WG), อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (average daily growth; ADG), อัตราแลกน้ำหนัก (feed conversion ratio; FCR) และ ค่าต้นทุนต่อน้ำหนักอาหาร (feed cost per gain; FCG)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) โดยใช้แผนการทดลองแบบบล็อกละกลุ่มสมบูรณ์ (RCBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มการทดลองโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ กำหนดค่านัยสำคัญที่ใช้ในการทดสอบที่ $p < 0.05$

ผลการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมีของขี้ข้าวโพดหมัก

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่า ขี้ข้าวโพดในสภาพธรรมชาติ องค์ประกอบทางเคมีส่วนใหญ่คือ เยื่อใย (75.98 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือ คาร์โบไฮเดรต (NFE) (7.59 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งเป็นส่วนของเมล็ดที่ติดบริเวณปลายฝักที่ได้จากการสีด้วยเครื่องสีเมล็ดข้าวโพด คาร์โบไฮเดรตส่วนนี้ยีสต์จะนำไปใช้ประโยชน์ในการเจริญพัฒนา โดยจะเห็นว่าเมื่อขี้ข้าวโพดผ่านกระบวนการหมัก ที่ระยะเวลาการหมัก 7 วัน จะทำให้เปอร์เซ็นต์โปรตีนเพิ่มขึ้นจาก 2.03 เป็น 6.34 เปอร์เซ็นต์ (เพิ่มขึ้น 4.31 เปอร์เซ็นต์) นอกจากนี้ปริมาณเยื่อใยลดลงจาก 75.98 เป็น 46.58 เปอร์เซ็นต์ (ลดลง 29.4 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 1)

Table 1 Chemical composition of natural corncob and fermented corncob

Composition	Natural corncob	Fermented corncob
Dry matter (DM, %)	91.35	88.37
Crude protein (CP, %)	2.03	6.34
Ether extract (EE, %)	0.34	2.31
Crude fiber (CF, %)	75.98	46.58
Ash (%)	5.41	4.22
Nitrogen free extract (NFE, %)	7.59	28.92

ประสิทธิภาพการผลิตของไก่ลูกผสมพื้นเมืองเมื่อใช้ ซังข้าวโพดหมักทดแทนอาหารผสมสำเร็จรูป

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการผลิตของไก่ลูกผสมพื้นเมืองในกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ใช้ซังข้าวโพดหมักทดแทน 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ มีค่าใกล้เคียงกันและไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ทั้งน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (weight gain; WG) อัตราการเจริญเฉลี่ยเติบโตต่อวัน (average daily gain; ADG) อัตราแลกน้ำหนัก (feed conversion ratio; FCR) และ น้ำหนักตัวที่เพิ่ม 1 กิโลกรัม ต่อค่าอาหารที่ใช้ไป (feed cost per gain; FCG) แต่กลุ่มที่ใช้ซังข้าวโพดหมักจะมีต้นทุนค่าอาหารต่ำกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ในกลุ่มที่ใช้ซังข้าวโพดหมักทดแทน 15 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มระดับซังข้าวโพดหมักไปถึง 20 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เนื่องจากปริมาณเยื่อใยในอาหารเพิ่มขึ้น ถึงแม้ว่าไก่จะกินอาหารไม่แตกต่างกัน แต่ความเข้มข้นของโภชนาการนั้นลดลง

เมื่อนำซังข้าวโพดหมักมาเลี้ยงไก่ลูกผสมพื้นเมืองเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่าซังข้าวโพดที่ผ่านการปรับสภาพโดยการหมักสามารถนำมาใช้เป็นอาหารในการเลี้ยงไก่ลูกผสมพื้นเมืองได้ตั้งแต่ 5-15 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิต และช่วยลดต้นทุนค่าอาหารลง 3-10 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2) โดยการคำนวณเปรียบเทียบต้นทุนนั้นจะคิดต้นทุนการผลิตซังข้าวโพดหมักที่ 3 บาทต่อกิโลกรัม ส่วนราคาอาหารสำเร็จรูปเท่ากับ 15 บาทต่อกิโลกรัม

วิจารณ์

ซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยทั่วไปจะประกอบไปด้วยวัตถุแห้ง 90 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 1.9 เปอร์เซ็นต์ และเยื่อใย 73.03 เปอร์เซ็นต์ (กองอาหารสัตว์, 2555) เมื่อเปรียบเทียบกับผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของซังข้าวโพดในงานวิจัยถือว่าใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามปริมาณโปรตีนในซังข้าวโพดของงานวิจัยนี้สูงกว่าข้อมูลที่ได้จากการตรวจเอกสาร เนื่องจากซังข้าวโพดที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นซังข้าวโพดที่มีเมล็ดข้าวโพดติดอยู่บางส่วน ทำให้มีคุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้น กระบวนการหมักจะทำให้เปอร์เซ็นต์โปรตีนเพิ่มขึ้นจาก 2.03 เป็น 6.34 เปอร์เซ็นต์ (เพิ่มขึ้น 4.31 เปอร์เซ็นต์) และปริมาณเยื่อใยลดลงจาก 75.98 เป็น 46.58 เปอร์เซ็นต์ (ลดลง 29.4 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งเป็นผลที่เป็นไปในทิศทางเดียวกับงานทดลองของ Al-maadhidi *et al.* (2010) ที่ทำการปรับสภาพของซังข้าวโพดด้วยสารเคมีและการหมักด้วยยีสต์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยได้ ซึ่งพบว่า ทำให้โปรตีนเพิ่มขึ้นจาก 2-3 เปอร์เซ็นต์ เป็น 14-19 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยลดลงจาก 40-42 เปอร์เซ็นต์ เป็น 6-9 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้นการหมักซังข้าวโพดด้วยยีสต์ทำให้ค่าการย่อยได้ในหลอดทดลองของวัตถุแห้งเพิ่มขึ้นจาก 40-44 เปอร์เซ็นต์ เป็น 50-55 เปอร์เซ็นต์ (Adam *et al.*, 2011) กระบวนการหมักจะทำให้เกิดความชื้น ซึ่งเป็นผลทำให้เยื่อใยอ่อนนุ่มลง และคาร์โบไฮเดรตบางส่วนละลายออกมาได้ ในการทดลองนี้ใช้ระยะเวลาการหมักเพียง 7 วัน เพราะใช้เชื้อยีสต์แห้งบริสุทธิ์ทางการค้าที่มีความเข้มข้นของยีสต์สูง ซึ่งได้มาจากการทำแห้งยีสต์สด (fresh yeast) 100 กรัม เหลือเป็นยีสต์แห้ง 33 กรัม

Table 2 The performance of Native Crossbred Chickens fed diet supplementation with fermented corncob

Parameters	T1	T2	T3	T4	T5
Initial weight (g)	32 ±0.71	33 ±0.74	31 ±0.73	32 ±0.75	33 ±0.72
Final weight (g)	1,689 ±46.15 ^b	1,688 ±38.59 ^b	1,656 ±32.14 ^b	1,654 ±34.32 ^b	1,441 ±37.18 ^a
Weight gain (g)	1,657 ±37.12 ^b	1,635 ±32.71 ^b	1,652 ±33.95 ^b	1,622 ±31.11 ^b	1,408 ±31.39 ^a
Feed intake (kg/bird)	5.82 ±0.51	5.84 ±0.42	5.85 ±0.21	5.84 ±0.39	5.80 ±0.38
ADG (g/day)	14.79 ±4.40 ^b	14.59 ±3.41 ^b	14.75 ±3.26 ^b	14.48 ±3.20 ^b	12.57 ±1.36 ^a
FCR	3.52 ^a	3.57 ^a	3.60 ^a	3.60 ^a	4.12 ^b
FCG (Baht/kg)	52.78	51.41	49.64	47.51	51.88
Cost reducing (%)	0	3	6	10	2

^{a,b} means within the same row with difference letter are statistically significant ($p < 0.05$)

Mean ±SE

ADG = Average daily gain

FCR = Feed conversion ratio

FCG = Feed cost per gain

จากผลการทดลองในด้านประสิทธิภาพการผลิตพบว่าผลที่ได้ใกล้เคียงกับงานทดลองของ Iheukwumere *et al.* (2009) ที่ใช้ขี้ขำโพดเสริมในอาหารไก่เนื้อ ทั้งในรูปแบบของขี้ขำโพดในสภาพสด และในสภาพหมัก โดยมีการเสริมในสภาพสดที่ 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารของไก่เนื้อ พบว่าสามารถเสริมขี้ขำโพดได้ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่พบความแตกต่างของอัตราการกินได้อัตราการเจริญเติบโต การเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก น้ำหนักอวัยวะภายใน และอัตราการย่อยได้ ในงานวิจัยของเพิ่มศักดิ์ และคณะ (2541) พบว่าสามารถใช้ขี้ขำโพดหมักกับจุลินทรีย์และขี้ขำโพดบดละเอียดในอาหารไก่ลูกผสมพื้นเมืองได้ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ แต่มีผลทำให้สมรรถภาพการผลิตในด้านต่าง ๆ ลดลง โดยเฉพาะการใช้ขี้ขำโพดบดละเอียด 30 เปอร์เซ็นต์ แต่ขี้ขำโพดหมักสามารถใช้ได้ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิต นอกจากนี้การใช้ขี้ขำโพดเป็นวัตถุดิบในสูตรอาหารของ Orchetim (1993) ซึ่งทดลองในไก่เนื้อ โดยใช้ขี้ขำโพดประกอบสูตรอาหารในระดับ 11.6 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไม่ส่งผลต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว ปริมาณการกินได้ คุณภาพซากและเปอร์เซ็นต์ซาก แต่การใช้ขี้ขำโพดประกอบสูตรอาหารในระดับที่สูง 23.2 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลทำให้น้ำหนักตัว การใช้ประโยชน์ได้ของ

อาหาร และ เปอร์เซ็นต์ซากลดลงอย่างมีนัยสำคัญ กระบวนการหมักของยีสต์นั้นช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของขี้ขำโพด ในปัจจุบันมีการนำยีสต์มาใช้ในอาหารสัตว์อย่างแพร่หลายทั้งในสัตว์กระเพาะเดี่ยวและสัตว์กระเพาะรวม (Denev *et al.*, 2007) โดยส่วนใหญ่มีวัตถุประสงค์ในการเพิ่มระดับโปรตีน เพิ่มอัตราการกินได้ และประสิทธิภาพการผลิต (Abdelrahman, 2013) เนื่องจากยีสต์เป็นแหล่งโปรตีน อุดมไปด้วยแร่ธาตุและวิตามินเช่น ซีลีเนียม และวิตามินบี (Wandifraw and Tamir, 2013) ทำให้มีการใช้ยีสต์เป็นอาหารเสริมในการผลิตปศุสัตว์มากขึ้น แม้กระทั่งในสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น ในแพะพบว่าสามารถใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์ม น้ำมันหมักยีสต์ทดแทนกากถั่วเหลืองได้ 25-75 เปอร์เซ็นต์ (ปิ่นและอัจฉรา, 2557) ในการวิจัยนี้ยีสต์จะให้แหล่งคาร์บอนจากแป้งข้าวโพดที่เหลืออยู่และกากน้ำตาลในการเจริญเติบโต ทำให้ปริมาณโปรตีนเพิ่มมากขึ้น และเยื่อใยลดลงซึ่งเป็นหนทางหนึ่งในการปรับปรุงคุณภาพของขี้ขำโพดให้มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มมากขึ้น ในส่วนของต้นทุนค่าอาหารนั้นคิดจากการนำขี้ขำโพดหมักยีสต์ไปทดแทนอาหารผสมสำเร็จรูป จะเห็นได้ว่าเมื่อใช้ทดแทนในปริมาณ 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ต้นทุนลดลง 3, 6 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่เมื่อเสริม 20 เปอร์เซ็นต์

ต้นทุนค่าอาหารลดลงเพียง 2 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจากประสิทธิภาพการผลิตที่ลดลงโดยเฉพาะ FCR ที่สูงทำให้ใช้อาหารในการเพิ่มน้ำหนักมากขึ้น ส่งผลให้ FCG สูงขึ้น ซึ่งเมื่อย้อนกลับไปดูค่าของน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตต่อวันนั้นมีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ผลที่ได้เกิดขึ้นเนื่องจากปริมาณเยื่อใย (% Crude Fiber; %CF) ที่สูงขึ้นเมื่อเสริมซึ่งข้าวโพดมากขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพในการใช้อาหารลดลงในสัตว์กระเพาะเดียวซึ่งไม่ควรมีเยื่อใยในอาหารเกิน 6 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามไก่ลูกผสมพื้นเมืองมีความสามารถในการใช้อาหารคุณภาพต่ำ ดังนั้นจึงสามารถใช้อาหารที่มีเยื่อใยสูงได้ในระดับหนึ่ง ซึ่งจากงานทดลองของ ถนอม และคณะ (2558) พบว่าสามารถใช้ข้าวเปลือก และข้าวเปลือกงอกเลี้ยงไก่พื้นเมืองได้ตลอดระยะเวลาการศึกษาที่ 84 วัน โดยไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโต นอกจากนี้อาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้ในการทดลองนี้มีคุณค่าทางโภชนาการสูงทั้งปริมาณโปรตีนและพลังงาน (โปรตีน 21 เปอร์เซ็นต์ และ 19 เปอร์เซ็นต์; ME=3,000 Kcal/kg) ดังนั้นในกลุ่มที่ทดแทนด้วยซึ่งข้าวโพดหมัก แต่ประสิทธิภาพการผลิตไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม เนื่องจากคุณค่าทางโภชนาการของอาหารที่ได้รับยังเพียงพอต่อประสิทธิภาพการผลิต ซึ่งจากงานทดลองของ ชัยพุกฤษ และคณะ (2557) พบว่าความต้องการโปรตีนของไก่พื้นเมืองที่อายุ 0 ถึง 4, 5 ถึง 8 และ 9 ถึง 12 สัปดาห์คือ 21, 17 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนค่าความต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (ME) เท่ากับ 2,800 Kcal (กาญจนา และคณะ, 2549) ดังนั้นเพื่อให้การใช้ซึ่งข้าวโพดหมักเกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในขั้นต่อไปอาจทำการทดลองทดแทนลงในอาหารผสมสำเร็จรูปที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่ต่ำลง หรือใช้เป็นวัตถุดิบผสมลงในอาหาร ซึ่งจะช่วยให้ได้รูปแบบการใช้ซึ่งข้าวโพดหมักที่หลากหลายและเป็นประโยชน์มากขึ้น

สรุป

ซึ่งข้าวโพดที่ผ่านการปรับสภาพโดยการหมักสามารถนำมาใช้เป็นอาหารในการเลี้ยงไก่ลูกผสมพื้นเมืองได้ตั้งแต่ 5-15 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพ

การผลิต และช่วยลดต้นทุนค่าอาหารลงประมาณ 3-10 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามถ้าสามารถนำซึ่งข้าวโพดหมักนี้ไปใช้เป็นวัตถุดิบในการประกอบสูตรอาหารจะสามารถลดต้นทุนค่าอาหารลงได้อีก ซึ่งจะเป็นงานวิจัยที่จะศึกษาต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากความร่วมมือของ สวทช. ภาคเหนือ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กับ มหาวิทยาลัยพะเยา (สวทช.-มพ) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556

เอกสารอ้างอิง

- กองอาหารสัตว์. 2555. การใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเลี้ยงโค กระบือ. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.dld.go.th/nutrition/Nutrition_Knowledge/ARTICLE/Pro33.htm (10 กรกฎาคม 2556).
- กาญจนา บันสิทธิ์ อีรพล บันสิทธิ์ อินทร์ ศาลางาม เฉลียว บุญมั่น และ วิชาญ แก้วเลือน. 2549. ผลของระดับโปรตีนและพลังงานต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนาในไก่พื้นเมือง. วารสารวิชาการ ม.อบ. 8(3): 1-14.
- จินดา สนิทวงศ์ สุวิทย์ จันทฤทธิ์ และ สถิต มั่งมีชัย. 2541. การใช้ซึ่งข้าวโพดหวานเป็นอาหารหยาบสำหรับโคนมในช่วงแล้ง. รายงานผลวิจัยประจำปี 2541. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ หน้า 1-11.
- ชัยพุกฤษ หงส์ลัดดาพร สว่าง กุลวงษ์ สุธาสิณี คุรุทธกะ เชษฐา จงนอก ณรงค์ หาญเชิงชัย กมลทิพย์ ลิ้มสวัสดิ์ และ ศราวุฒิ ม่วงศรี. 2557. ผลของระดับโปรตีนในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่ไข่. แก่นเกษตร 42(1): 345-350.
- ถนอม ทาทอง สันติสุข วรวัฒนธรรม และ มนต์วี วรกฎ. 2558. สมรรถภาพการเจริญเติบโตและ

- องค์ประกอบซากของไก่พื้นเมืองที่เลี้ยงด้วยข้าวเปลือกงอก. วารสารเกษตร 31(1): 69-75.
- ปิ่น จันจุฬา และ อัจฉรา เพ็งหนู. 2557. การทดแทนกากถั่วเหลืองด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันหมักยีสต์ในอาหารขึ้นต่อการย่อยได้ และความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ในกระเพาะรูเมนของแพะ. วารสารเกษตร 30(2): 181-190.
- เพิ่มศักดิ์ ศิริวรรณ, ทะนงศักดิ์ ชาวเขียววงศ์ และ นนธิวัฒน์ คำโล. 2541. ผลของการใช้ขังข้าวโพดหมักต่อสมรรถภาพการผลิตไก่ลูกผสม 3 สายพันธุ์. เอกสารวิชาการ. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 36 หน้า 1-11.
- Abdelrahman, M. M. 2013. Effects of feeding dry fat and yeast culture on broiler chicken performance. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences 37: 31-37.
- Adam, L. S., D. B. Crystal, E. Galen, K. Terrey and J. C. Michael. 2011. Digestibility of crop residues after chemical treatment and anaerobic storage. Nebraska Beef Cattle Report 35-36.
- Al-maadhidi, J. F., M. Al-khatib, S. R. Farhan and H. Fahim. 2010. Effect of different nitrogen sources supplement on the final crude protein yield from fermented corn cob. The Journal of Madenat Al-elem College 2(1): 26-31.
- AOAC. 2006. Chapter 4: Animal feed. In: *Official methods of analysis*. 18th ed. AOAC International, Arlington, VI, USA.
- Denev, S. A., Tz. Peeva, P. Radulava, N. Stanccheva, G. Staykova, G. Beev, P. Todorova and S. Tchobanova. 2007. Yeast culture in ruminant nutrition. Bulgarian Journal of Agriculture Science 13: 357-374.
- Iheukwumere, F., E. Ndubuisi and E. Mazi. 2009. Effect of feeding corn cob meal on growth, nutrient digestibility and organ characteristics of finisher broilers. International Journal of Natural and Applied Sciences 5(1): 499-511.
- Orchetim, S. 1993. The feeding and economic value of maize cob meal for broiler chickens. Asian-Australasian Journal of Animal Science 6(3): 367-371.
- Wandifraw, Z. and B. Tamir. 2013. The effect of feeding different levels of brewer's dried gain yeast mixture on the performance of white leghorn chicks. International Journal of Livestock Production 5(1):10-14.

อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อการย่อยสลายในกระเพาะรูเมน และองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าแพงโกล่า

Influence of Nitrogen Fertilizer on Ruminal Degradability and Chemical Composition of Pangola Grass

อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ^{1/*} และ จีระศักดิ์ ชอบแต่ง^{2/}
Auraiwan Isuwan^{1/*} and Jeerasak Chobtang^{2/}

^{1/}คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี 76120

^{1/}Faculty of Animal Science and Agricultural Technology, Silpakorn University, Petchaburi Campus, Cha-Am, Petchaburi,
Thailand 76120

^{2/}กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ ราชเทวี กรุงเทพฯ 10400

^{2/}Animal Nutrition Division, Department of Livestock Development, Bangkok, 10400

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

(Received: 17 November 2014; Accepted: 12 October 2015)

Abstract: An experiment aimed at determining the effects of nitrogen rate on yields, chemical composition and ruminal degradability of Pangola grass grown (*Digitaria eriantha*) on Hub-Kapong Soil Series was conducted. The experimental design was randomized complete block with 4 replications. Five rates of nitrogen fertilizer (urea), comprising 0 (control), 8, 16, 32 and 64 kg N/rai were compared. The results showed that total dry matter production of the grass received 64 kg N/rai (2,162 kg/rai) were greatest ($p<0.001$). Crude protein contents of the grass received 64 kg N/rai and harvested at 30-day interval were higher ($p<0.001$) (7.42%) than those received nitrogen less than 16 kg N/rai (6.17%). However, different nitrogen rates did not influence ($p>0.05$) dry matter ruminal-degradability of the grass.

Keywords: Pangola grass, nitrogen fertilizer, chemical composition, dry matter degradability

บทคัดย่อ: การทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอัตราปุ๋ยไนโตรเจนต่อการให้ผลผลิต องค์ประกอบทางเคมี และการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนของหญ้าแพงโกล่า (*Digitaria eriantha*) ที่ปลูกในชุดดินหุบกะพง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก มี 4 ซ้ำ ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (nitrogen, N) ในอัตราต่าง ๆ ได้แก่ 0 (กลุ่มควบคุม), 8, 16, 32 และ 64 กก. N/ไร่ ผลการทดลอง พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 64 กก. N/ไร่ ทำให้ค่าผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด (2,162 กก./ไร่) ($p < 0.001$) การใส่ปุ๋ยอัตรา 64 กก. N/ไร่ มีผลทำให้หญ้าที่ตัดทุก ๆ 30 วัน มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบสูงกว่า ($p < 0.001$) (7.42 เปอร์เซ็นต์) กรรมวิธีที่ได้รับปุ๋ยระดับต่ำกว่า 16 กก. N/ไร่ (6.17 เปอร์เซ็นต์) อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้กับหญ้าแพงโกล่าไม่มีผล ($p > 0.05$) ต่อการย่อยสลายได้ของหญ้าแพงโกล่าในกระเพาะรูเมน

คำสำคัญ: หญ้าแพงโกล่า ปุ๋ยไนโตรเจน องค์ประกอบทางเคมี การย่อยสลายของวัตถุแห้ง

คำนำ

ไนโตรเจนเป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของกรดอะมิโน (amino acids) สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เช่น ฮอร์โมนออกซิน (auxins) กรดนิวคลีอิก (nucleic acids) และคลอโรฟิลล์ และไนโตรเจนช่วยในการเจริญเติบโตของพืชและเพิ่มปริมาณโปรตีน (Munoz *et al.*, 2003) ในระบบการผลิตพืชอาหารสัตว์การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่เหมาะสมช่วยให้ได้ผลผลิตพืชอาหารสัตว์ในปริมาณสูงและมีคุณภาพดี ซึ่งการใช้พืชอาหารสัตว์คุณภาพดีเพื่อเลี้ยงสัตว์มีผลทำให้สัตว์แสดงออกถึงลักษณะทางพันธุกรรมได้เต็มสมรรถนะ (Powell and Wu, 2004) ช่วยให้สัตว์ได้รับโปรตีนอย่างเพียงพอและสนับสนุนให้จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องทำงานได้ดีขึ้น (Van Soest, 1994) อย่างไรก็ตามเนื่องจากปุ๋ยไนโตรเจนมีราคาแพง ดังนั้น เพื่อให้ได้ผลผลิตและคุณภาพของหญ้าแพงโกล่าที่สูง จึงต้องมีการจัดการปุ๋ยอย่างเหมาะสมซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพของผลผลิต ปริมาณและคุณภาพของหญ้าแพงโกล่าที่เพียงพอต่อความต้องการของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ซึ่งการวิจัยถึงอิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อองค์ประกอบทางเคมี และการย่อยสลายได้ของหญ้าแพงโกล่าในกระเพาะรูเมนจึงเป็นการวิจัยที่ทำให้ทราบถึงอัตราของปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการผลิตหญ้าแพงโกล่าเพื่อสนับสนุนการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

สถานที่ ชุดดิน และช่วงเวลาดำเนินการทดลอง

ดำเนินการทดลอง ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์เพชรบุรี อำเภอบางแพ จังหวัดเพชรบุรี ในชุดดินหุบกะพง (coarse-loamy, mixed, active, isohyperthermic Typic Haplustalfs) ระหว่างเดือนตุลาคม 2552 - เดือนกันยายน 2554 โดยสมบัติของดินก่อนเริ่มต้นการทดลอง คือ เนื้อดินเป็นดินทราย ความชื้นของโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แอมโมเนียม และไนเตรต มีค่าเท่ากับ 122.89, 0.06 และ 0.04 มก./กก. ตามลำดับ และมีไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen; Bremner *et al.*, 1982) 0.04 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจัดว่าเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2543)

แผนการทดลองและกรรมวิธีทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (randomized complete block design) มี 4 ซ้ำ กรรมวิธีทดลอง คือ การใส่ปุ๋ยยูเรียในระดับต่าง ๆ ได้แก่ 0 (กลุ่มควบคุม), 8, 16, 32 และ 64 กก. N/ไร่

การจัดการแปลงทดลอง

เตรียมดินด้วยการไถพรวน ปรับสภาพแปลงให้มีความสม่ำเสมอ จากนั้นทำแปลงทดลองขนาด 3×4 ตารางเมตร ยกขอบแปลงสูง 30 เซนติเมตร และกำหนดให้แปลงทดลองแต่ละด้านห่างจากกันอย่างน้อย 1 เมตร เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของกรรมวิธีทดลอง ปลูก

หญ้าตามคำวิธีการของกองอาหารสัตว์ (2545) โดยใช้ต้นกล้าอายุ 30 วัน ระยะปลูก 50×50 เซนติเมตร ใส่ปุ๋ยรองพื้นโดยการหว่านให้ทั่วแปลง ประกอบด้วย ปุ๋ยฟอสฟอรัส ในรูปทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต อัตรา 20 กก. P_2O_5 /ไร่ ปุ๋ยโพแทสเซียมในรูปของโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) อัตรา 20 กก. K_2O /ไร่ สำหรับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนนั้นใส่ในรูปปุ๋ยยูเรียโดยแบ่งใส่ ได้แก่ ใส่ครึ่งหนึ่งพร้อมกับปุ๋ยรองพื้น และอีกครึ่งหนึ่งแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ๆ ละเท่า ๆ กัน และใส่ทุกครั้งหลังการตัดโดยการหว่านให้ทั่วแปลง ตัดหญ้า วัดผลผลิตครั้งแรกหลังปลูก 60 วัน หลังจากนั้นตัดหญ้า ทุก ๆ 30 วัน จำนวน 4 ครั้ง

การเก็บตัวอย่าง การเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์ทางเคมี

วัดผลผลิตและสุ่มตัวอย่างหญ้าหลังจากปลูกได้ 60 วัน และหลังจากนั้นทุก ๆ 30 วัน โดยตัดที่ความสูง 5 เซนติเมตร จากพื้นดิน นำมาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง จากนั้นนำมาบดผ่านตะแกรงที่มีรูขนาด 1 มิลลิเมตร วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ วัตถุแห้ง (dry matter, DM) และโปรตีนหยาบ (crude protein, CP) (AOAC, 1998) ผนังเซลล์ (neutral detergent fiber, NDF) และลิกโนเซลลูโลส (acid detergent fiber, ADF) (Van Soest *et al.*, 1991)

การศึกษาการย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (ruminal degradability)

นำตัวอย่างหญ้าสำหรับใช้ในการศึกษาการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนมาบดผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร จากนั้นนำมาชั่งใส่ถุงไนลอนที่มีขนาด 75×100 มิลลิเมตร และมีรูขนาด 58 ไมครอน ถุงละประมาณ 2 กรัม มัดปากถุงให้แน่นด้วยเชือกไนลอน และนำไปหย่อนในกระเพาะหมักของโคเจาะกระเพาะ (rumen fistulated cattle) เพศผู้ อายุ 15 เดือน จำนวน 4 ตัว โดยกำหนดให้โคแต่ละตัวได้รับตัวอย่างทุกกรรมวิธีทดลอง กรรมวิธีทดลองละ 2 ถุง ทิ้งไว้นาน 48 ชั่วโมง จึงนำออกมาล้างและอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง จากนั้นจึงคำนวณเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของหญ้าที่ 48 ชั่วโมง คือ ruminal degradability (%) =

$$\frac{[(\text{น้ำหนักแห้งหญ้ายาก่อนหย่อน} - \text{น้ำหนักแห้งหญ้าหลังหย่อน}) / \text{น้ำหนักแห้งหญ้ายาก่อนหย่อน}] \times 100}{(\text{Ørskov and McDonald, 1979})}$$

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ของตัวแปรต่าง ๆ ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลผลิตน้ำหนักแห้งและองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าแพงโกล่า

จากการศึกษาถึงอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่มีผลต่อผลผลิตน้ำหนักแห้ง และองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าแพงโกล่า (ตารางที่ 1) พบว่าการตัดหญ้าครั้งแรกหลังจากการปลูก การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 64 กก. N/ไร่ ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงที่สุด (590 กก./ไร่) แต่ไม่แตกต่าง ($p>0.05$) กับที่อัตรา 16 และ 32 กิโลกรัม N/ไร่ ส่วนการใส่ปุ๋ยที่อัตรา 16 กก. N/ไร่ ให้ผลผลิตหญ้าไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 8 กก. N/ไร่ นอกจากนี้ การไม่ใส่ปุ๋ยมีผลทำให้หญ้ามีผลผลิตไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอัตราต่ำสุด (8 กก. N/ไร่) อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยอัตรา 16, 32 และ 64 กก. N/ไร่ ทำให้หญ้าแพงโกล่าที่ตัดครั้งแรกมีผลผลิตสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย ($p<0.01$) การเพิ่มผลผลิตพืชขึ้นระดับธาตุอาหารพืชขึ้นเป็นปัจจัยที่สำคัญยิ่ง อย่างไรก็ตาม การให้ธาตุอาหารแก่พืชหากมีความเข้มข้นเกินระดับที่เหมาะสมอาจทำให้ผลผลิตพืชมีการตอบสนองแบบลดน้อยถอยลง (diminishing response) (ยงยุทธ และคณะ, 2551) สำหรับกานดา และคณะ (2549) ศึกษาการปลูกหญ้ามูลาใต้ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง พบว่าผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของหญ้ามูลาใต้สูงสุดเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 60 กก. N/ไร่ แตกต่าง ($p<0.05$) กับกลุ่มควบคุม แต่เมื่อเพิ่มไนโตรเจนเป็น 80 กิโลกรัม N/ไร่ ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของหญ้าไม่แตกต่าง ($p>0.05$) กับการใส่ปุ๋ยระดับต่ำกว่า

Table 1 Dry matter production and chemical composition of pangola grass received different rates of nitrogen fertilizer

Nitrogen levels (kg N/rai)	Dry matter (kg/rai)	DM (%)	CP (%)	NDF (%)	ADF (%)
1 st cut (60 days after planting)					
0	368 ^c	24.69	6.24	76.57 ^{ab}	36.67 ^b
8	414 ^{bc}	23.50	5.99	72.03 ^c	45.92 ^{ab}
16	500 ^{ab}	24.76	6.51	75.81 ^{abc}	51.12 ^a
32	584 ^a	23.61	6.52	78.79 ^a	50.63 ^a
64	590 ^a	25.73	6.77	73.66 ^{bc}	43.40 ^{ab}
SEM ¹	36	0.90	0.29	1.18	2.87
Significance	**	ns	ns	*	*
Regrowth (30-day interval) ²					
0	155 ^c	25.73	5.56 ^b	75.05	48.11
8	237 ^{bc}	25.60	5.86 ^b	74.30	48.14
16	260 ^b	25.97	6.17 ^b	76.93	47.12
32	263 ^b	26.68	7.16 ^a	75.49	48.55
64	393 ^a	27.27	7.42 ^a	77.90	50.11
SEM ¹	29	0.55	0.26	1.71	2.75
Significant level	**	ns	***	ns	ns
Total dry matter production					
0	987 ^c				
8	1,363 ^{bc}				
16	1,540 ^b				
32	1,637 ^b				
64	2,162 ^a				
SEM ¹	124				
Significant level	***				

¹SEM: standard error of the mean (N=4)²average from 4 cuts^{a,b} Means with in the same row with different superscripts are significantly different

***, p<0.001, **, p<0.01, *, p<0.05, ns; non-significance

อัตราการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน 64 กิโลกรัม N/ไร่ มีผลทำให้ผลผลิตวัตถุดิบแห้งของหญ้าที่ตัดทุก ๆ 30 วัน และผลผลิตน้ำหนักรวมของหญ้ามีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด (p<0.01) ยงยุทธ และคณะ (2551) รายงานว่า การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูงส่งผลให้การแตกแขนงของพืชเพิ่มขึ้นและทำให้น้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นด้วย หญ้ากีนีสีม่วงที่ปลูกในชุดดินหุบกะพงซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้าง

ต่ำทำให้ผลผลิตน้ำหนักรวมเพิ่มขึ้นเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงขึ้น (ชิต และคณะ, 2538; สมศักดิ์ และคณะ, 2546) สอดคล้องกับอีกหลาย ๆ การทดลอง ที่พบว่า หญ้าเขตร้อนชนิดต่าง ๆ จะมีผลผลิตน้ำหนักรวมเพิ่มขึ้นเมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้น (ศศิธร และคณะ, 2541; Faria *et al.*, 1997)

หญ้าแพงโกล่าที่การตัดครั้งแรกหลังจากการปลูกมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ทั้งนี้ อาจเกิดจากการที่หญ้ามียาอายุมาก (หญ้ามียาอายุรวม 90 วัน) จึงทำให้ไม่พบความแตกต่างระหว่างอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่แตกต่างกัน Gomide *et al.* (1969) รายงานว่า อัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่แตกต่างกันแทบไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์โปรตีนในหญ้าเขตร้อนหากหญ้ามียาอายุมากกว่า 16 สัปดาห์ ขึ้นไป อย่างไรก็ตาม สำหรับการตัดหญ้าทุก ๆ 30 วัน พบว่า อัตรา 64 กก. N/ไร่ มีผลทำให้หญ้าแพงโกล่ามีเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบสูงที่สุดโดยมีค่าเป็น 7.42 แต่ไม่แตกต่าง ($p>0.05$) กับกลุ่มที่ได้รับปุ๋ย 32 กก. N/ไร่ อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยทั้ง 2 อัตรา ทำให้หญ้ามียาเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบสูงกว่า ($p<0.001$) กลุ่มที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตราต่ำกว่าและกลุ่มควบคุม ซึ่งการเพิ่มอัตราปุ๋ยไนโตรเจนเป็นการเพิ่มธาตุไนโตรเจนแก่พืช ในโตรเจนที่พืชได้รับเพิ่มมากขึ้นนั้นจะถูกนำไปใช้สังเคราะห์โปรตีนทำให้โปรตีนรวมของพืชสูงขึ้น (มุกดา, 2544) สอดคล้องกับการศึกษาหลายการทดลองที่พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้โปรตีนของหญ้าเขตร้อนเพิ่มขึ้น (ศิริธร และคณะ, 2541; เพ็ญศรี และคณะ, 2549; พิสุทธิ และคณะ, 2543; อุไรวรรณ และคณะ, 2555; Rethman *et al.*, 1997) นอกจากนี้ มีรายงานว่า มีปัจจัยภายนอกอื่น ๆ ที่ส่งต่อเปอร์เซ็นต์โปรตีนในหญ้าเขตร้อน เช่น ฤดูกาล ปริมาณน้ำฝน การให้น้ำ และ อุณหภูมิ (Viana *et al.*, 2014)

หญ้าแพงโกล่าที่ได้จากการตัดครั้งแรกหลังปลูกมีความแตกต่าง ($P<0.05$) ของเปอร์เซ็นต์ผนังเซลล์ (NDF) และลิกโนเซลลูโลส (ADF) ระหว่างอัตราปุ๋ย แต่มีค่าอยู่ในช่วงแคบ ๆ ระหว่าง 72-79 เปอร์เซ็นต์ และ 36-50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1) โดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 32 กก. N/ไร่ มีค่าเปอร์เซ็นต์ผนังเซลล์สูงที่สุดเป็น 78.79 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 0 และ 16 กก. N/ไร่ แต่ให้ค่าแตกต่างกัน ($p<0.05$) กับการใส่ปุ๋ยอัตรา 8 และ 64 กก. N/ไร่ การใส่ปุ๋ยอัตรา 16 กก. N/ไร่ มีค่าลิกโนเซลลูโลสสูงที่สุดเป็น 51.12 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งให้ค่าเฉลี่ย ADF ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 8, 32 และ 64 กก. N/ไร่ แต่แตกต่าง ($p<0.05$) กับกรรมวิธีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ผลของปุ๋ย

ไนโตรเจนที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์เยื่อใยในหญ้าเขตร้อนมีความแปรปรวนมาก เช่น Johnson *et al.* (2001) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้นมีผลทำให้หญ้า *Cynodon dactylon* มีสารเยื่อใยต่าง ๆ ลดลง ในขณะที่ Hare *et al.* (2015) พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้นทำให้หญ้า *Panicum maximum* มีเยื่อใยต่าง ๆ เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม Rogers *et al.*, (1996) รายงานว่า ปุ๋ยไนโตรเจนมีผลต่อค่าเยื่อใยต่าง ๆ ในหญ้าอาหารสัตว์เขตร้อนน้อยมากทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าอายุของหญ้าอาหารสัตว์เขตร้อนส่วนใหญ่มีผลต่อเยื่อใยมากกว่าปัจจัยอื่น ๆ โดยหญ้าเขตร้อนส่วนใหญ่จะมีการสะสมสารเยื่อใยในระดับสูงตั้งแต่อายุน้อย (Gomide *et al.* 1969; จีระศักดิ์ และคณะ, 2555)

การย่อยสลายในกระเพาะรูเมนของหญ้าแพงโกล่า

อัตราการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนสามารถใช้ประเมินคุณค่าทางโภชนาของหญ้าเขตร้อนได้ โดยค่าอัตราการย่อยสลายจะมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณการกินได้ (Detmann *et al.*, 2014) จากการศึกษาการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนของวัวแดงแห่งของหญ้าแพงโกล่า (ตารางที่ 2) พบว่า อัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนไม่มีผล ($p>0.05$) ต่อเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายของวัตถุแห้งของหญ้าแพงโกล่าทั้งที่อายุการตัดครั้งแรก 60 วัน และการตัดทุก ๆ 30 วัน โดยมีค่าการย่อยได้อยู่ระหว่าง 66.84-69.55 และ 65.39-69.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยมีค่าใกล้เคียงกับการรายงานของ วรธนา และคณะ (2549) ที่รายงานว่าการย่อยสลายได้ของหญ้าแพงโกล่า มีค่าประมาณ 60.64 เปอร์เซ็นต์ Ngo and Wiktorsson (2003) รายงานว่า อายุการตัดเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการย่อยสลายของวัตถุแห้งของหญ้าอาหารสัตว์เขตร้อน โดยเมื่อหญ้าอาหารสัตว์มีอายุมากขึ้นจะมีคุณค่าทางโภชนารวมถึงการย่อยสลายได้ลดลง แต่จะมีเยื่อใยเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ในการทดลองครั้งนี้ หญ้าแพงโกล่ามีอายุการตัดเท่ากัน และมีองค์ประกอบเยื่อใยต่าง ๆ ใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 1) จึงน่าจะเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ไม่พบความแตกต่างของค่าการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนของหญ้าแพงโกล่า เช่นเดียวกัน Minson (1973) รายงานว่า ที่อายุการตัดเดียวกัน ระดับการใส่ปุ๋ย

Table 2 Ruminal degradability (%) of dry matter of pangola grass (DM basis) received different rates of nitrogen fertilizer (kg N/rai)

Nitrogen rates	1 st cut (60 days after planting)	Regrowth (30-day interval) ¹
0	68.00	69.33
8	69.52	66.54
16	68.74	65.39
32	69.55	67.49
64	66.84	66.06
%CV	2.64	5.13
Significant level	ns	ns

¹ averaged over 4 cuts, ns; non-significance ($p>0.05$), N = 4

ไนโตรเจนที่แตกต่างกันแม้จะทำให้หญ้าแพงโกลา มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนแตกต่างกันแต่ไม่ทำให้หญ้ามีอัตราการย่อยได้แตกต่างกัน สอดคล้องกับ ปิ่น และคณะ (2557) ที่พบว่าระดับโปรตีนไม่มีผลต่ออัตราการย่อยได้ของวัตถุดิบ ดังนั้น จากผลการทดลองนี้จึงกล่าวได้ว่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนของหญ้าแพงโกลาที่แตกต่างกันไม่มีบทบาทต่ออัตราการย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมนของวัวตัวหนึ่งของหญ้า

สรุป

จากผลการทดลองสรุปได้ว่าหญ้าแพงโกลา มีผลผลิตน้ำหนักรวมสูงสุดเมื่อใส่ปุ๋ยอัตรา 64 กก. N/ไร่ แต่ปุ๋ยในทุกอัตราไม่มีผลต่อการย่อยสลายหญ้าแพงโกลาในกระเพาะรูเมน ดังนั้น การปลูกหญ้าแพงโกลาในชุดดินหุบกะพงอัตราปุ๋ยที่แนะนำคือ 64 กก. N/ไร่ โดยการแบ่งใส่ครั้งแรกพร้อมกับการใส่ปุ๋ยรองพื้นและอีกครั้งหนึ่งแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ๆ ละเท่า ๆ กันและใส่ทุกครั้งหลังตัด

คำขอบคุณ

การทดลองนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากเงินงบประมาณแผ่นดิน สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร ปี 2552

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2543. รายงานการจัดการดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์: กรุงเทพฯ.
- กองอาหารสัตว์. 2545. หญ้าอาหารสัตว์. เอกสารคำแนะนำ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด กรุงเทพฯ.
- กานดา นาคมนี ฉายแสง ไข่แก้ว และ แพรพรรณ เครือมังกร. 2549. ผลของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนระดับต่างกันที่มีต่อผลผลิตพืชอาหารสัตว์และคุณภาพของหญ้ามูลาได้. หน้า 271-284. ใน: รายงานผลงานวิจัยประจำปี พ.ศ. 2549. กรุงเทพฯ: กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- จิระศักดิ์ ชอบแต่ง วรรณ อ่างทอง ฤทธนาถ โคตรพรหม สุมณ ไพจิจันทร์ และ ราไพร นามสีลี. 2555. ผลของคุณภาพหญ้าแพงโกลาต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้และการผลิตก๊าซมีเทนในโคเนื้อ. แก่นเกษตร 40(ฉบับพิเศษ 2): 166-169.
- ชิต ยุทธวริทย์ จุริรัตน์ ศัจจพานนท์ เกียรติศักดิ์ กล้าเอม และ พูลศรี ศุภระจุจิ. 2539. ความถี่ของการตัดและอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่มีผลผลิตและส่วนประกอบทางเคมีของหญ้ากินนีสีม่วง. หน้า 83-89. ใน: รายงานผลงานวิจัยประจำปี พ.ศ.

2538. กรุงเทพฯ: กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ปิ่น จันทุภา พชรินทร์ ภักดีฉนวน ศิริวัฒน์ วาสิกศิริ และ สมพงษ์ เทศประสิทธิ์. 2557. ผลของระดับโปรตีนในอาหารต่อการย่อยได้ เมแทบอลิซึมในกระเพาะและสมรรถภาพการผลิตของแพะรีดนม. วารสารเกษตร 30(2): 191-200.
- พิสุทธิ สุขเกษม กมลทิพย์ คำคงเพชร และ ภิรมย์ บัวแก้ว. 2543. การตอบสนองต่อปุ๋ยคอกและปุ๋ยไนโตรเจนของหญ้าชิกแนลเลื่อย. หน้า 35-50. ใน: รายงานผลงานวิจัยประจำปี พ.ศ. 2543. กรุงเทพฯ: กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- เพ็ญศรี ศรีประสิทธิ์ อิทธิพล เผ่าไพศาล และ ประเสริฐ โพธิ์จันทร์. 2549. ผลของช่วงเวลาในการตัดและระดับปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อผลผลิตและคุณค่าทางอาหารของหญ้าเนเปียร์แคระภายใต้การจัดการแบบประณีต. หน้า 52-67. ใน: รายงานผลงานวิจัยประจำปี พ.ศ. 2549. กรุงเทพฯ: กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- มุกดา สุขสวัสดิ์. 2544. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์. 343 หน้า.
- ยงยุทธ ไสยธสภาค อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และ ขวาลิต ฮงประยูร. 2551. ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 519 หน้า.
- วรรณภา อ่างทอง สุรนนท์ น้อยอุทัย วิวัฒน์ ไชยชะอุ่ม และ นพวรรณ ชมชัย. 2549. คุณค่าทางโภชนาการของหญ้าแพงโกล่าแห้งที่การเจริญเติบโตต่างกัน. หน้า 145-154. ใน: รายงานการประชุมวิชาการสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ครั้งที่ 2 วันที่ 24 มกราคม 2549.
- ศศิธร ถิ่นนคร กานดา นาคมนี วิรัช สุขสรานัญ และ อุดร ศรีแสง. 2541. อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มีต่อผลผลิตหญ้าชิกแนลลอนในชุดดินปากช่อง. หน้า 229-242. ใน: รายงานผลงานวิจัยประจำปี พ.ศ. 2541. กรุงเทพฯ: กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สมศักดิ์ เกาทอง วีระศักดิ์ จิโนแสง และ อานูภาพ เล็งสาย. 2546. อิทธิพลของปุ๋ยคอกและปุ๋ยไนโตรเจนต่อผลผลิตและส่วนประกอบทางเคมีของหญ้างินนีสีม่วงในชุดดินหุบกะพง. หน้า 83-101. ใน: รายงานผลงานวิจัยประจำปี พ.ศ. 2546. กรุงเทพฯ: กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ จีระศักดิ์ แซ่ลิ่ม และ สมศักดิ์ เกาทอง. 2555. ผลของระดับปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อผลผลิตของคัพประกอบทางเคมี และประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากปุ๋ยของหญ้าเนเปียร์แคระ. หน้า. 160-167. ใน: รายงานการประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 22 23-26 พฤษภาคม 2555.
- AOAC. 1998. Official Methods of Analysis. 16th ed. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- Bremner, J. M. and C. S. Mulvaney. 1982. Nitrogen total. pp. 595-624. In: Page, A. L. (ed.) Methods of Soil Analysis: Agron. NO. 9, Part 2: Chemical and Microbiological Properties. Madison, WI: American Society of Agronomy.
- Detmann, E., M. P. Gionbelli and P. Huhtanen. 2014. A meta-analytical evaluation of the regulation of voluntary intake in cattle fed tropical forage-based diets. Journal of Animal Science 92: 4632-4641.
- Faria, J. R., B. Gonzalez and J. Faria. 1997. Effect of the N and P on yield and sward structure of dwarf elephant grass *Pennisetum purpureum* cv. Mott. pp. 99-100. In: Proceedings of the XVII international Grassland Congress. Canada.
- Gomide, J. A.; C. H. Noller, G. O. Mott, J. H. Conrad and D. L. Hill. 1969. Effect of plant age and nitrogen fertilization on the chemical composition and in vitro cellulose

- digestibility of tropical grasses. *Agronomy Journal* 61:116-120.
- Hare, M. D., S. Phengphet, T. Songsiri and N. Sutin. 2015. Effect of nitrogen on yield and quality of *Panicum maximum* cvv. Mombasa and Tanzania in Northeast Thailand. *Tropical Grasslands* 3: 27-33.
- Johnson, C. R., B. A. Reiling, P. Mislevy and M. B. Hall. 2001. Effects of nitrogen fertilization and harvest date on yield, digestibility, fiber, and protein fractions of tropical grasses. *Journal of Animal Science* 79(9): 2439-2448.
- Minson, D. J. 1973. Effect of fertilizer nitrogen on digestibility and voluntary intake of *Chloris gayana*, *Digitaria decumbens* and *Pennisetum clandestinum*. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 13(16): 153-157.
- Munoz, G. R., I. J. M. Powel and K. A. Kelling. 2003. Nitrogen budget and soil N dynamics after multiple applications of unlabeled or 15 Nitrogen-enriched dairy manure. *Soil Science Society of America Journal* 67: 817-825.
- Ngo, V. M. and H. Wiktorsson. 2003. Forage yield, nutritive value, feed intake and digestibility of three grass species as affected by harvest frequency. *Tropical Grasslands* 37: 101-110.
- Powell, J. M., Z. Wu, K. Kelling, P. Cusick and G. Munoz. 2004. Differential nitrogen-15 labeling of dairy manure components for nitrogen cycling studies. *Agronomy Journal* 96: 433-441.
- Ørskov, E. R. and I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science* 92: 499-503.
- Rethman, N. F. G. and W. A. J. Steenekamp. 1997. Nutritive value of guinea grass cultivars in the winter as influenced by nitrogen fertilization. pp. 17-1-17-2. *In: Proceedings of the XVII international Grassland Congress*. Canada.
- Rogers, J. R., R. W. Harvey, M. H. Poore, J. P. Mueller and J. C. Barker. 1996. Application of nitrogen from swine lagoon effluent to bermudagrass pastures: seasonal changes in forage nitrogenous constituents and effects of energy and escape protein supplementation on beef cattle performance. *Journal of Animal Science* 74: 1126-1133.
- Van Soest, P. J. 1994. *The Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2nd edition. Cornell University Press. Ithaca, NY. p. 476.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74: 3583-3597.
- Viana, M. C. M., I. P. Silva da, F. M. Freire, M. M. Ferreira, E. L. Costa da, M. H. T. Mascarenhas and M. F. F. Teixeira. 2014. Production and nutrition of irrigated Tanzania guinea grass in response to nitrogen fertilization. *Revista Brasileira de Zootecnia* 43: 238-243.

Partial Sequence Characterization of Insulin-like Growth Factor-I (IGF-I) Gene in
Mekong Giant Catfish (*Pangasianodon gigas*) and
Striped Catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*)

ลักษณะของลำดับนิวคลีโอไทด์บางส่วนของยีนอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์วัน
(IGF-I) ในปลาบึก (*Pangasianodon gigas*) และ
ปลาสวาย (*Pangasianodon hypophthalmus*)

Nantaporn Sutthi^{1/}, Doungporn Amornlerdpison^{1/}, Nares Trakooljul^{2/}, Siriluck Ponsuksili^{2/},
Klaus Wimmers^{2/} and Kriangsak Mengumphan^{1/*}

นันทพร สุทธิ^{1/} ดวงพร อมรเลิศพิศาล^{1/} นเรศวร ตระกูลจุล^{2/}
ศิริลักษณ์ พรสุขศิริ^{2/} เคราส์ วิมเมอร์^{2/} และ เกียรติศักดิ์ เม่งอำพัน^{1/*}

^{1/}Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University, Chiang Mai, 50290, Thailand

^{1/}คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

^{2/}Leibniz Institute for Farm Animal Biology, Dummerstorf 18196, Germany

^{2/}สถาบันชีววิทยาฟาร์มสัตว์เลื้อยคืบ ดุมเมอร์สตอร์ฟ 18196

*Corresponding author: Email: kriang1122sak@gmail.com

(Received: 16 July 2015; Accepted: 9 September 2015)

บทคัดย่อ: ยีนอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์วัน (IGF-I) มีบทบาทสำคัญในพัฒนาการและการเจริญเติบโตของสัตว์หลายชนิด รวมทั้งในปลา โดยยีน IGF-I อาจเป็นส่วนหนึ่งของลักษณะการเจริญเติบโตของปลาบึก (*Pangasianodon gigas*) ซึ่งเป็นปลาน้ำจืดที่ใกล้สูญพันธุ์ขนาดใหญ่ที่สุดและปลาสวาย (*Pangasianodon hypophthalmus*) ที่เป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ แต่อย่างไรก็ตามยังไม่พบว่ามีข้อมูลของยีน IGF-I ในปลาทั้ง 2 ชนิดนี้ปรากฏอยู่ ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาลำดับนิวคลีโอไทด์บางส่วนของยีน IGF-I และเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้กับปลาและสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ โดยไพรเมอร์ถูกออกแบบ จากบริเวณอนุรักษ์ของยีน IGF-I ในปลาชนิดที่ใกล้เคียงกันคือปลากดออเมริกา (*Ictalurus punctatus*) ตัวอย่างดีเอ็นเอจากปลาบึกและปลาสวายถูกเพิ่มปริมาณ โคลน และหาลำดับนิวคลีโอไทด์ ผลพบว่ามีขนาดชิ้นส่วนดีเอ็นเอเท่ากับ 146 bp เมื่อเปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์ของปลาทั้ง 2 ชนิด พบว่าลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน IGF-I มีความเหมือนกันเท่ากับ 99.3 เปอร์เซ็นต์ และยังพบจุดซึ่งเกิดนิวคลีโอไทด์โพลีมอร์ฟิซึม (SNPs) ที่ตำแหน่ง g.60C > T นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์การจัดกลุ่มโดยใช้วิธี Neighbour Joining method พบว่าสามารถจัดกลุ่มปลาหนึ่ง (ปลาบึก ปลาสวายและปลากดออเมริกา) ออกจากปลาชนิดอื่นๆ ด้วยเปอร์เซ็นต์ความเหมือนเท่ากับ 24.4 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการศึกษานี้เป็นครั้งแรกที่นำเสนอลำดับนิวคลีโอไทด์บางส่วนของยีน IGF-I ในปลาบึกและปลาสวาย ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวสามารถช่วยให้ข้อมูลเรื่องความสัมพันธ์ บทบาทหน้าที่ทางพันธุกรรมของยีน IGF-I ในปลาบึกและปลาสวายต่อไปในอนาคตได้

คำสำคัญ: อินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์วัน ลักษณะทางพันธุกรรม ปลาบึก ปลาสวาย

Abstract: Insulin-like growth factor-I (IGF-I) plays an important role in development and growth of multiple species including fishes. IGF-I may also contribute to high growth traits of an endangered species and the largest fresh-water fish, the Mekong giant catfish (*Pangasianodon gigas*) as well as an economically important species, striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*). Nevertheless, nucleotide sequences of IGF-I in these two species has not been available. Thus, the goals of this research are to study sequence isolation and comparative sequencing of IGF-I of the other species. Degenerate primers were designed from a highly conserved region of a closely related species, channel catfish (*Ictalurus punctatus*). A fragment of 146 bp was amplified, cloned and sequenced from *P. gigas* and *P. hypophthalmus* DNA samples. A sequence comparison showed 99.3% of sequence similarity, and comparative sequencing identified the single nucleotide polymorphisms (SNPs) at g.60C > T position between *P. gigas* and *P. hypophthalmus*. The Neighbour Joining clustering analyses grouping the catfish (*P. gigas*, *P. hypophthalmus* and *I. punctatus*) with 24.4% of sequence similarity from consensus sequence of other species. This is the first report on nucleotide sequence of the *P. gigas* and *P. hypophthalmus* IGF-I gene. The results provide essential information for sequence relationship study and further understanding functional roles of IGF-I in Mekong giant catfish and striped catfish.

Keywords: Insulin-like growth factor-I, molecular characterization, *Pangasianodon gigas*, *P. hypophthalmus*

Introduction

Insulin-like growth factor-I (IGF-I) is a peptide hormone structurally similar to proinsulin and plays an important role in mammalian growth and development (Daughaday and Rotwein, 1989). In teleost IGF-I is primarily expressed in liver, but it is also produced in variety of tissues (Maures *et al.*, 2002). Moreover, IGF-I also has a role in regulating postnatal growth in mammals and fish (Florini *et al.*, 1996; Duan, 1997; Reinecke and Collet, 1998; Moriyama *et al.*, 2000). The production of IGF-I depends on growth hormone and other endocrine factors, such as thyroid hormone (Schmid *et al.*, 2003) and/or estrogen (Riley *et al.*, 2004). In several fish species, blood and tissue IGF-I levels positively correlate with dietary ration, protein content, and body growth rate (Beckham *et al.*, 2004; Duan, 1998; Pérez-Sánchez *et al.*, 1995). The blood IGF-I also increase during the growing season (Mingarro *et al.*, 2002), increase temperature (Beckham *et al.*, 1998),

day length (McCormick *et al.*, 2000), metabolism (Castillo *et al.*, 2004), development (Greene and Chen, 1999; Pozios *et al.*, 2001), reproduction (Maestro *et al.*, 1997), and osmoregulation in seawater (McCormick, 2001).

The highly conserved IGF system is generally composed of the ligands IGF-I, IGF-II (Reinecke and Collet, 1998) and IGF-III (Wang *et al.*, 2008). Mature IGF-I peptides share high levels of amino acid sequence similarity between vertebrates (Duan, 1997). Not only sequence similarity of amino acids, but also the gene expression and function have been demonstrated to be conserved between fishes and mammals (Duan, 1997) possibly via evolutionarily conserved polypeptides (Duan, 1997; 1998). Although the nucleotide sequence of IGF-I gene are reported in Genbank databases for several fish such as channel catfish (*Ictalurus punctatus*) (Clay *et al.*, 2005), *Oreochromis niloticus* (Wang *et al.*, 2008), *Danio rerio* (See *et al.*, 2014), the information is limited for Pangasius catfish species.

The *Pangasius* catfishes such as Mekong giant catfish (*P. gigas*) and striped catfish (*P. hypophthalmus*) are ecologically and economically important freshwater catfish in Thailand. The Mekong giant catfish is the largest freshwater fish which could reach a weight up to 300 kilograms (Roberts and Vidthayanon, 1991; Zanden *et al.*, 2004). Despite their ecological and economic importance, genetic information is still limited. Only the complete mitochondrial DNA sequence (Jondeung *et al.*, 2007) and growth hormone-encoding cDNA (Lemaire *et al.*, 1994) of the Mekong giant catfish have been reported. IGF-I has gained our attentions since it may functionally contribute to the high growth potential and performance of the Mekong giant catfish based on large body size and weight. Therefore, in this study we aimed to identify DNA sequence and relationship of IGF-I in *P. gigas* and *P. hypophthalmus* using comparative sequencing approach and degenerate primers designed from the most conserved exon 3 and 4 of *I. punctatus* (Clay *et al.*, 2005; Peterson *et al.*, 2005).

Materials and Methods

Fish samples

A total of 40 individual catfish of *P. gigas* (n = 20) and *P. hypophthalmus* (n = 20) were obtained from Chiangrai and Chiangmai Inland Fisheries Research and Development Center, Department of Fisheries, Thailand.

DNA Isolation

Genomic DNA was extracted from fin samples using phenol-chloroform extraction procedure slightly modified from the protocol described by Harris *et al.* (1991). The samples were minced and digested at 37 °C overnight in 700 µL of

TNES-urea buffer (1mM Tris-HCl pH 8.0, 6 M NaCl, 0.5M EDTA pH 8.0, 10% sodium dodecyl sulphate, and 4M urea) containing 4 µL of proteinase K solution (20 µg/mL) (Invitrogen, USA). An equal volume of phenol-chloroform (1:1 v/v) was then added and mixed until an emulsion formed. Separation of the DNA contained aqueous phase was achieved by centrifugation at 10,000 rpm for 10 min. The phenol-chloroform extraction step was repeated twice. DNA was precipitated with 1/10 of the volume of sodium acetate (3.0 M, pH 5.2) and an equal volume of isopropanol, washed twice with 70% ethanol and followed by air dry. Finally, the DNA was dissolved in a Tris-EDTA buffer and stored at -20 °C. The DNA concentration was determined using a spectrophotometer (NanoDrop 2000, Thermo Fisher Scientific Inc., USA) and assessed for integrity on 1% agarose-gel electrophoresis.

Cloning and Sequencing

A sequence alignment of IGF-I across multiple fishes showed a highly conserved region corresponding to exon 3-4 of the channel catfish. Degenerate primers were designed from the channel catfish (*Ictalurus punctatus*) sequence (DQ 088971). The primer sequences are 5'-TTGCACAACCGTGGCATCG-3' (forward primer) and 5'-TTTGGTGTGTTGGGCGTGTC-3' (reverse primer). Each of eight DNA pools was generated from five individual of *P. gigas* or *P. hypophthalmus* (total n=40) for a comparative sequencing experiment. A PCR fragment was amplified using a touchdown PCR condition: 94 °C for 3 min, followed by 12x cycles of [94 °C for 30 s; 60 - 52 °C for 30 s (minus 0.5 °C for each cycle); 72 °C for 1 min] and 20x cycles of [94 °C for 30 s; 52 °C for 30 s; 72 °C for 1 min], and final extension of 72 °C for 5 min. The PCR product were purified and ligated into the

pGEM®-T vector (Promega, USA). The recombinant DNA was transformed into competent cells (DH5 α strain) and the blue-white screening method was used to identify a positive clone harboring the insert DNA fragments according to the manufacturer's protocol. Plasmid DNA was extracted from bacteria culture using GenElute™ Plasmid Miniprep Kit (Qiagen) for sequence analysis. Nucleotide sequence was determined using CEQ 8000 Genetic Analysis System (Beckman Coulter) using Dye Terminator Cycle Sequencing (GenomeLab™ DTCS) Quick Start Kit (Beckman Coulter). The similarity search was performed using basic local alignment search tool namely BLAST at the NCBI webpage. The search analysis blast the query sequence against all sequences deposited across the database. The phylogenetic tree was generated using Neighbor-Joining method with 1000 bootstrap trials (Saitou and Nei, 1987) implemented in the MEGA 4.0.2. The sequence similarity was evaluated by CLUSTAL W software in BioEdit Sequence Alignment Editor.

Results

Partial sequence of *P. gigas* and *P. hypophthalmus* IGF-I

The degenerate primers designed from channel catfish IGF-I corresponding to exon 3 and 4 were able to amplify a PCR fragment in all *P. gigas* and *P. hypophthalmus* DNA samples (Figure 1). The fragment length was 146 bp which was the same size as in channel catfish. The sequence alignment of *P. gigas* and *P. hypophthalmus* IGF-I showed 99.3% similarity which 145 out of 146 bp were identified. Comparing between a consensus sequence of Mekong giant catfish, striped catfish and the reference of channel catfish IGF-I showed 98% similarity (144/146 bp) among these three species. A sequence comparison of IGF-I cloned from different DNA pools of *P. gigas* and *P. hypophthalmus* showed sequence difference at the position g.60C > T. Two clones derived from the DNA pool number 2 and 4 of *P. gigas* showed T allele, while the other two clones from DNA pool

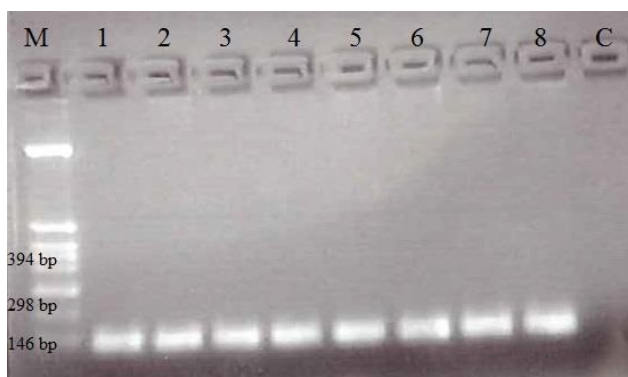


Figure 1 PCR amplification of IGF-I in pooled DNA of *P. gigas* (lane 1-4) and *P. hypophthalmus* (lane 5-8). Lane M represents for 100 bp markers and lane C for water negative control

1 and 3 of the same species revealed C allele indicating a heterozygosity of the locus in *P. gigas*. Amino acid prediction suggested that the single nucleotide polymorphisms (SNPs) is non-sense, both alleles code for Leucine. In *P. hypophthalmus*, all four clones sequenced identified only the C allele suggesting a non-polymorphic likelihood of the locus in striped catfish. However, genotyping in a large population is warranted. In addition, comparing a consensus sequence of *P. gigas* and *P. hypophthalmus* IGF-I with that of the *I. punctatus* identified two sequence variations at g.75A > G and g.78A > G positions (Figure 2). These two SNPs were synonymous substitutions and did not change the amino acid prediction for Alanine and Proline.

Phylogenetic analysis

Base on the genetic distances calculated with the Poisson correction model, a phylogenetic tree was constructed by the Neighbour-Joining method to investigate the phylogenetic relationships of the IGF-I gene in vertebrate species (Figure 3).

The results showed that these species were separated into two groups, one is compose of the catfish together with other teleost species. While another group was composed of mammals, bird and teleost. In the branches of the *P. gigas* and *P. hypophthalmus* from consensus sequence of other species, however they showed closely related with *Ictalurus punctatus*, suggesting that this genomic region is highly conserved of IGF-I sequence between the catfish species. Comparing this consensus sequence with other species using CLUSTAL W alignments between *P. hypophthalmus* and other species also showed a wide range of sequence similarity including *Ictalurus punctatus* (24.4%), *Danio rerio* (7.6%), *Oreochromis niloticus* (18.9%), *Ctenpharyngodon idella* (14.1%), *Elopichthys bambusa* (13.4%), *Cyprinus carpio* (8.1%), *Procypris rabaudi* (19.6%), *Carassius auratus* (13%), *Larimichthys crocea* (5.1%), *Oncorhynchus mykiss* (12.7), *Gallus gallus* (13%), *Homo sapiens* (1.3%), *Bos taurus* (11.8%), *Sus scrofa* (17.8%) shown in Table 1.

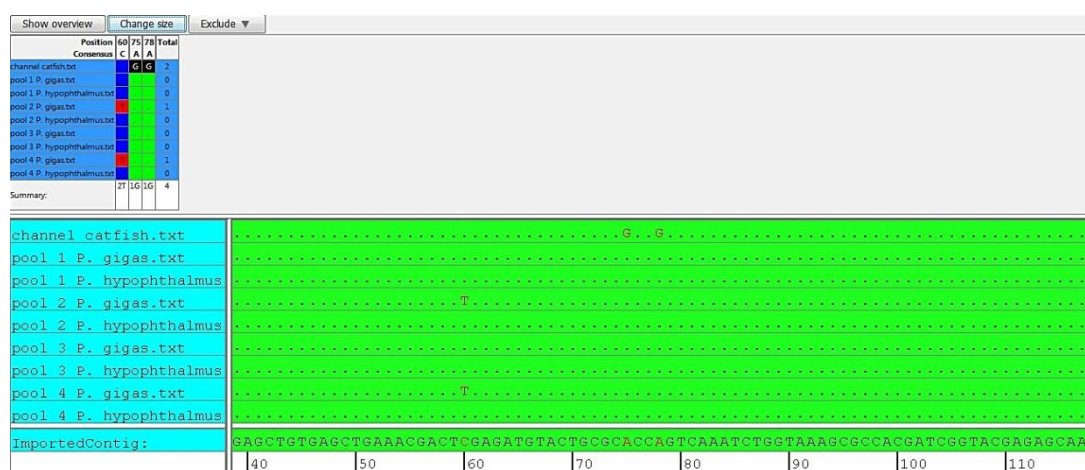


Figure 2 Sequence alignment and single nucleotide variation of a 146 bp fragment of IGF-I using BioEdit sequence alignment program. Pooled DNA sequencing in *P. gigas* and *P. hypophthalmus* showed the g.60C > T SNP. Comparing with the channel catfish (*Ictalurus punctatus*) reference identified two SNPs, g.75A > G and g.78A > G

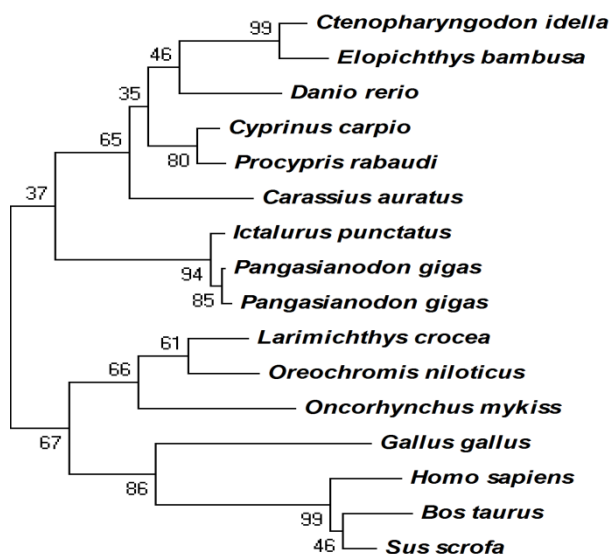


Figure 3 Phylogenetic tree of IGF-I gene between *Pangasianodon gigas*, *P. hypophthalmus*, *Ictalurus punctatus* (DQ 088971), *Danio rerio* (BC114262), *Oreochromis niloticus* (NM_001279503), *Ctenopharyngodon idella* (EU051323), *Elopichthys bambusa* (JF712623), *Cyprinus carpio* (D83271), *Procypris rabaudi* (EU787399), *Carassius auratus* (GU583648), *Larimichthys crocea* (NM_001303334), *Oncorhynchus mykiss* (NM_001124696), *Gallus gallus* (NM_001004384), *Homo sapiens* (NM_000618), *Bos taurus* (NM_001077828), *Sus scrofa* (NM_214256) using Neighbor-Joining method with 1000 bootstrap procedure

Discussion

In this study, the conserved sequences were characterized and phylogenetic tree analyses. The partial sequences of IGF-I of *P. gigas* and *P. hypophthalmus* were isolated and sequenced. The results suggested that this genomic region is highly conserved between *P. gigas*, *P. hypophthalmus* and *I. punctatus* (Figure 3). The comparison of sequence similarity between *I. punctatus*, *P. gigas* and *P. hypophthalmus* was 24.4% as shown Table 1. In addition, the phylogenetic tree was constructed, the comparison with other vertebrate clearly separated of two distinct groups. It has been shown that the catfish IGF-I gene was quite

different from other fishes, avian, and mammalian species (Clay *et al.*, 2005). The genome evolution and biodiversity in teleost fish showed that catfish closely related with *Danio rerio* (Voff, 2005), however, our partial sequence of IGF-I gene in *P. gigas*, *P. hypophthalmus* similarity with *Danio reio* only 7.5%. Whereas, *I. punctatus* showed high closely related with *Danio rerio* (32.6%) (Table 1). The low of sequence similarity percentage between Pangasius catfish and *Danio reio*, it might be from the short sequences (146 bp). The high potential will appear if we found the full length of this gene. In the conserve amino peptide of IGF-I, it was found that 87% amino acid identity of walking catfish (*Clarius macrocephalus*) when compare with Black seabream (*Acanthopagrus*

Table 1 The genetic similarity of IGF-I gene between catfish, teleost, mammals and bird species

species	<i>P. hypophthalmus</i>	<i>B. taurus</i>	<i>C. auratus</i>	<i>C. idellus</i>	<i>C. carpio</i>	<i>D. rofo</i>	<i>E. bambusa</i>	<i>G. gallus</i>	<i>H. sapclens</i>	<i>I. punctatus</i>	<i>L. crocea</i>	<i>O. mykiss</i>	<i>O. niloticus</i>	<i>P. gigas</i>	<i>P. rabaudi</i>	<i>S. scrofa</i>
<i>P. hypophthalmus</i>	1.000															
<i>B. taurus</i>	0.118	1.000														
<i>C. auratus</i>	0.134	0.334	1.000													
<i>C. idellus</i>	0.141	0.48	0.543	1.000												
<i>C. carpio</i>	0.081	0.212	0.309	0.336	1.000											
<i>D. rofo</i>	0.076	0.274	0.295	0.488	0.525	1.000										
<i>E. bambusa</i>	0.134	0.479	0.529	0.954	0.343	0.495	1.000									
<i>G. gallus</i>	0.131	0.693	0.355	0.463	0.175	0.247	0.451	1.000								
<i>H. sapclens</i>	0.013	0.106	0.039	0.059	0.078	0.086	0.059	0.086	1.000							
<i>I. punctatus</i>	0.244	0.37	0.354	0.543	0.243	0.326	0.553	0.347	0.055	1.000						
<i>L. crocea</i>	0.051	0.162	0.163	0.189	0.318	0.287	0.191	0.144	0.100	0.158	1.000					
<i>O. mykiss</i>	0.127	0.437	0.389	0.586	0.246	0.372	0.59	0.392	0.060	0.417	0.272	1.000				
<i>O. niloticus</i>	0.189	0.359	0.580	0.437	0.244	0.240	0.42	0.353	0.042	0.307	0.250	0.497	1.000			
<i>P. gigas</i>	0.993	0.118	0.133	0.14	0.081	0.075	0.133	0.131	0.013	0.242	0.051	0.126	0.19	1.000		
<i>P. rabaudi</i>	0.196	0.404	0.741	0.696	0.397	0.362	0.676	0.353	0.048	0.408	0.188	0.42	0.588	0.196	1.000	
<i>S. scrofa</i>	0.178	0.622	0.422	0.374	0.216	0.201	0.388	0.432	0.07	0.275	0.153	0.32	0.462	0.178	0.512	1.000

Catfish = *Pangasianodon gigas*, *Pangasianodon hypophthalmus*, *Ictalurus punctatus*,

Teleost = *Danio rofo*, *Oreochromis niloticus*, *Ctenopharyngodon idella*, *Elopichthys bambusa*, *Cyprinus carpio*, *Procypris rabaudi*, *Carassius auratus*, *Larimichthys crocea*, *Oreochromis*

Mammals = *niloticus*, *Oreochromis mykiss*,

Bird = *Homo sapiens*, *Bos taurus*, *Sus scrofa*.

schlegeli) (Chen *et al.*, 1998). However, the high conserve sequences that produce only in the brain (McRory and Sherwood, 1994).

The polymorphism of IGF-I gene in *P. gigas* and *P. hypophthalmus*, a synonymous SNP was identified at the position g.60C > T in *P. gigas*. Although the SNP does not change the amino acid sequence and is unlikely to change functions of the protein, the SNP may be closely linked to yet uncharacterized causative SNPs. Therefore, the SNP may be useful as a valuable genetic marker for association study in a segregated population. The IGF-I gene information in *Pangasius catfish* are still limited. A polymorphic CT/GA microsatellite close to the end of intron 1 of IGF-I has been previously reported in catfish. Other characterization of a relevant growth performance gene, growth hormone (GH) in *P. hypophthalmus* suggests that the gene is highly conserved compared to vertebrates. Moreover, a high degree of similarity of the GH amino acid sequence between *P. gigas* and *I. punctatus* has been demonstrated (Poen, 2009). The GH in *P. hypophthalmus* and *P. gigas* are closely related based on the similarity of amino acid sequence. A substitution of asparagine and serine at the position 163 has been previously reported between *P. gigas* and *P. hypophthalmus* (Poen, 2009). In this study, partial sequences of the *P. gigas* and *P. hypophthalmus* IGF-I gene were high similarity, but nucleotide sequence was difference, it showed SNP at position g.60C > T (Figure 2). From this result, it might be cause of the variation on body weight in *P. gigas* and *P. hypophthalmus*. However, growth performance trait was depended on genetic background and environment.

For functional study of the gene, an expression of IGF-I has been reported in multiple

fish species including embryos and larvae of sea bream (*Sparus aurata*) (Radaelli *et al.*, 2003), rainbow trout (Perrot and Funkenstein, 1999), and common carp (*Cyprinus carpio*) (Tse *et al.*, 2002). Interestingly, the IGF-I transcript has been detected as early as in unfertilized eggs in development stage of seabream (Fukenstein *et al.*, 1996) and rainbow trout (Greene and Chen, 1997). However, it is only detected after hatching and during embryogenesis in rabbitfish (*Siganus guttatus*) (Ayson *et al.*, 2002). A study of the IGF-I gene in Chilean flounder (*Paralichthys adspersus*) has been suggested a high degree of conservation of the protein family during vertebrate evolution (Elies *et al.*, 1999; Nakao *et al.*, 2002). In catfish, IGF-I mRNA expression on channel catfish is expressed in liver higher than in muscle, brain, heart, and kidney (Clay *et al.*, 2005). However, it is few reported about IGF-I gene expression between *P. gigas* and *P. hypophthalmus*. Therefore, a future functional study should be start with liver tissue, and validate the relationship is promising.

Conclusions

Using degenerate primers designed from highly conserved region of *I. punctatus* IGF-I, partial genomic DNA sequence (146 bp) of the *P. gigas* and *P. hypophthalmus* IGF-I were cloned and sequenced. A sequence comparison showed 99.3% of similarity. The Neighbour Joining clustering analyses separated the *P. gigas* and *P. hypophthalmus* from consensus sequence of other species; however, they showed closely related with *I. punctatus* (24%). A comparative sequencing identified a SNPs at g.60C > T position between *P. gigas* and *P. hypophthalmus*.

From this result, the variation of growth performance may cause by this SNPs. Comparing the isolated sequence and the *I. punctatus* reference showed two synonymous substitution, g.75A > G and g.78A > G suggesting a high conservation, at least at this genomic location between these species. This is the first report on the partial sequences of the *P. gigas* and *P. hypophthalmus* IGF-I gene and identified SNPs. The further study may be used as a genetic marker for a growth trait-association in segregating populations. And the relationship of gene expression between difference species need to validation.

Acknowledgements

We are grateful to Thailand Research Fund (TRF) for financial support through the Royal Golden Jubilee Ph.D. Program (PHD/ 0149/ 2554). We are grateful to the Plabuk Integration Knowledge Base, Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University for providing fish samples. We also express our appreciation to the Leibniz Institute for Farm Animal Biology for providing research facilities. And we wish to express our gratitude to the Centre of Excellence on Agricultural Biotechnology, Science and Technology Postgraduate Education and Research Development Office, Commission on Higher Education (AG-BIO/PERDO-CHE), Ministry of Education, as well as the Project of the Service and Technology Transfer of Agricultural Biotechnology Centre, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, for providing some part of research facilities.

Reference

- Ayson, F. G., E. G. de Jesus, S. Moriyama, S. Hyodo, B. Funkenstein, A. Gertler and H. Kawauchi. 2002. Differential expression of insulin-like growth factor I and II mRNAs during embryogenesis and early larval development in rabbitfish, *Siganus guttatus*. General and Comparative Endocrinology 126(2): 165–174.
- Beckham, B. R., D. A. Larsen, S. Moriyama, B. Lee-Pawilak and W. W. Dickhoff. 1998. Insulin-like growth factor-1 and environmental modulation of growth during smoltication of spring chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). General and Comparative Endocrinology 109(3): 325–335.
- Beckham, B. R., M. Shimizu, B. A. Gadberry and K. A. Cooper. 2004. Response of the somatotrophic axis of juvenile coho salmon to alterations in plane of nutrition with an analysis of the relationships among growth rate and circulating IGF-I and 41 kDa IGFBP. General and Comparative Endocrinology 135(3): 334–344.
- Castillo, J., M. Codina, M. L. Martínez, I. Navarro and J. Gutiérrez. 2004. Metabolic and mitogenic effects of IGF-I and insulin on muscle cells of rainbow trout. American Journal of Physiology, Regulatory, Integrative and Comparative Physiology 286(5): 935–941.
- Clay, L. A., S. Y. Wang, W. R. Wolters, B. C. Peterson and G. C. Waldbieser. 2005. Molecular characterization of the insulin-like growth factor-I (IGF-I) gene in channel catfish (*Ictalurus punctatus*).

- Biochimica et Biophysica Acta 1731(3): 139-148.
- Chen, M. H. C., G. H. Lin, H. Y. Gong, C. Y. Lee, C. Y. Chang, T. T. Chen and J. L. Wu. 1998. Cloning and characterization of insulin-like growth factor I cDNA from Black seabream (*Acanthopagrus schlegelii*). Zoological Studies 37(3): 213-221.
- Daughaday, W. H. and P. Rotwein. 1989. Insulin-like growth factors I and II. Peptide, messenger ribonucleic acid and gene structures, serum, and tissue concentrations. Endocrine Reviews 10(1): 68-91.
- Duan, C. 1997. The insulin-like growth factor system and its biological actions in fish. American Zoologist 37(6): 491-503.
- Duan, C. 1998. Nutritional and developmental regulation of insulin-like growth factors in fish. The Journal of Nutrition 128: 306-314.
- Eliès, G., H. Duval, G. Bonnet, J. Wolff, G. Boeuf and D. Boujard. 1999. Insulin and insulin-like growth factor-1 receptors in an evolved fish, the turbot: cDNA cloning and mRNA expression. Molecular and Cellular Endocrinology 158: 173-185.
- Florini, J. R., D. Z. Ewton and S. A. Coolican. 1996. Growth hormone and the insulin-like growth factor system in myogenesis. Endocrine Reviews 17(5): 481-517.
- Fukenstein, B., R. Shemer, R. Amuly and I. Cohen. 1996. Nucleotide sequence of the promoter region of *Sparus aurata* insulin-like growth factor I gene and expression of IGF-I in eggs and embryos. Molecular Marine Biology and Biotechnology 5(1): 43-51.
- Greene, M. W. and T. T. Chen. 1997. Temporal expression pattern of insulin-like growth factor mRNA during embryonic development in a teleost, rainbow trout (*Onchorynchus mykiss*). Molecular Marine Biology and Biotechnology 6(2): 144-151.
- Greene, M. W. and T. T. Chen. 1999. Quantitation of IGF-I, IGF-II, and multiple insulin receptor family member messenger RNAs during embryonic development in rainbow trout. Molecular reproduction and Development 54(4): 348-361.
- Harris, A. S., S. Bieger, R. W. Doyle and J. M. Wright. 1991. DNA fingerprinting of tilapia, *Oreochromis niloticus*, and its application to aquaculture genetics. Aquaculture 92: 157-163.
- Jondeung, A., P. Sangthong and R. Zardoya. 2007. The complete mitochondrial DNA sequence of the Mekong giant catfish (*Pangasianodon gigas*), and the phylogenetic relationships among Siluriformes. Gene 387(1-2): 49-57.
- Lemaire, C., S. Warit and S. Panyim. 1994. Giant catfish *Pangasianodon gigas* growth hormone-encoding cDNA: cloning and sequencing by one-sided polymerase chain reaction. Gene 149(2): 271-276.
- Maestro, M. A., J. V. Planas, S. Moriyama, J. Gutiérrez, J. Planas and P. Swanson. 1997. Ovarian receptors for insulin and insulin-like growth factor I (IGF-I) and effects of IGF-I on steroid production by isolated follicular layers of the preovulatory coho salmon ovarian follicle.

- General and Comparative Endocrinology 106(2): 189-201.
- Maures, T., S. J. Chan, B. Xu, H. Sun, J. Ding and C. Duan. 2002. Structural, biochemical, and expression analysis of two distinct insulin-like growth factor I receptors and their ligands in zebrafish. *Endocrinology* 143(5): 1858-1871.
- McCormick, S. D., S. Moriyama and B. T. Björnsson. 2000. Low temperature limits photoperiod control of smolting in atlantic salmon through endocrine mechanisms. *American Journal of Physiology, Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 278(5): 1352-1361.
- McCormick, S. D. 2001. Endocrine control of osmoregulation in teleost fish. *American Zoologist* 41(4): 781-794.
- McRoey, J. E. and N. M. Sherwood. 1994. Catfish express two forms of insulin-like growth factor-I (IGF-I) in the brain. *The Journal of Biological Chemistry* 269(28): 18588-18592.
- Mingarro, M., S. Vega-Rubin de Celis, A. Astola, C. Pendón, M. M. Valdivia and J. Pérez-Sánchez. 2002. Endocrine mediators of seasonal growth in gilthead sea bream (*Sparus aurata*): the growth hormone and somatolactin paradigm. *General and Comparative Endocrinology* 128(2): 102-111.
- Moriyama, S., F. G. Ayson and H. Kawauchi. 2000. Growth regulation by insulin-like growth factor-I in fish. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* 64(8): 1553-1562.
- Nakao, N., M. Tanaka, Y. Higashimoto and K. Nakashima. 2002. Molecular cloning, identification and characterization of four distinct receptor subtypes for insulin and IGF-I in Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. *The Journal of Endocrinology* 173(2): 365-375.
- Perrot, V. and B. Funkenstein. 1999. Cellular distribution of insulin-like growth factor II (IGF-II) mRNA and hormone regulation of IGF-I and IGF-II mRNA expression in rainbow trout testis (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish Physiology and Biochemistry* 20: 219-229.
- Pérez-Sánchez, J., H. Marti-Palanca and S. J. Kaushik. 1995. Ration size and protein intake affect circulating growth hormone concentration, hepatic growth hormone binding and plasma insulin-like growth factor-I immunoreactivity in a marine teleost, the gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *The Journal of Nutrition* 125(3): 546-552.
- Peterson, B. C., B. G. Bosworth and A. L. Bilodeau. 2005. Differential gene expression of IGF-I, IGF-II, and toll-like receptors 3 and 5 during embryogenesis in hybrid (channel x blue) and channel catfish. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part A, Molecular & Integrative Physiology* 141(1): 42-47.
- Poen, S. 2009. Cloning, over-expression and characterization of growth hormone from striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*). Master thesis. Kasetsart University. Bangkok. 204 p.
- Pozios, K. C., J. Ding, B. Degger, Z. Upton and C. Duan. 2001. IGFs stimulate zebrafish cell proliferation by activating MAP kinase and PI3-kinase-signaling pathways. *American Journal of Physiology*,

-
- Regulatory, Integrative and Comparative Physiology 280(4): 1230-1239.
- Radaelli, G., C. Domeneghini, S. Arrighi, G. Bosi, M. Patruno and B. Funkenstein. 2003. Localization of IGF-I, IGF-I receptor, and IGFBP-2 in developing *Umbrina cirrosa* (Pisces: Osteichthyes). General and Comparative Endocrinology 130(3): 232-244.
- Reinecke, M. and C. Collet. 1998. The phylogeny of the insulin-like growth factors. International Review of Cytology 183: 1-94.
- Riley, L. G., T. Hirano and E. G. Grau. 2004. Estradiol-17beta and dihydrotestosterone differentially regulate vitellogenin and insulin-like growth factor-I production in primary hepatocytes of the tilapia *Oreochromis mossambicus*. Comparative Biochemistry and Physiology. Toxicology & Pharmacology: CBP 138(2): 177-186.
- Roberts, T. R. and C. Vidhayanon. 1991. Systematic revision of the Asian catfish family Pangasiidae, with biological observations and descriptions of three new species. Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia 143: 97-144.
- Saitou, N. and M. Nei. 1987. The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. Molecular Biology and Evolution 4: 406-425.
- Schmid, A. C., I. Lutz, W. Kloas and M. Reinecke. 2003. Thyroid hormone stimulates hepatic IGF-I mRNA expression in a bony fish, the tilapia *Oreochromis mossambicus*, in vitro and in vivo. General and Comparative Endocrinology 130(2): 129-134.
- See, K., P. Yadav, M. Giegerich, P. S. Cheong, M. Graf, H. Vyas, S.G. Lee, S. Mathavan, U. Fischer, M. Sendtner and C. Winkler. 2014. SMN deficiency alters Nrnx2 expression and splicing in zebrafish and mouse models of spinal muscular atrophy. Human Molecular Genetics 23(7): 1754-1770.
- Tse, M. C., Q. P. Vong, C. H. Cheng and K. M. Chan. 2002. PCR-cloning and gene expression studies in common carp (*Cyprinus carpio*) insulin-like growth factor-II. Biochimica et Biophysica Acta 1575: 63-74.
- Volff, J. N. 2005. Genome evolution and biodiversity in teleost fish. Heredity 94(3): 280-294.
- Wang, D. S., B. Jiao, C. Hu, X. Huang, Z. Liu and C. H. Cheng. 2008. Discovery of a gonad-specific IGF subtype in teleost. Biochemical and Biophysical Research Communications 367(2): 336-341.
- Zanden, M. J. V., Z. Hogan, P. Moyle, B. May and I. Baird. 2004. The imperiled giants of the Mekong. American Scientist 92: 228-237.
-

การใช้กรดอินทรีย์ต่อการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียกลุ่มก่อโรค (ซัลโมเนลล่า) ในทางเดินอาหารของสัตว์ปีก

Usage of Organic Acids on Inhibition Pathogenic Bacteria Growth (*Salmonella* spp.) in Gastrointestinal Tract of Poultry

อัจฉรา นิยมเดชา^{1/*}
Atchara Niyomdecha^{1/*}

^{1/} คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ จังหวัดนราธิวาส 96000

^{1/} Faculty of Agriculture, Princess of Naradhiwas University, Narathiwat 96000, Thailand

*Corresponding author: E-mail address: andromeda9569@gmail.com

(Received: 18 February 2015; Accepted: 10 June 2015)

Abstract: Nowadays, contamination of *Salmonella* spp. in poultry products is main problem for poultry products export of Thailand. Using antibiotics in feed or water are intended to prevent diseases or promote growth could residue in meat products. Antibiotic are widely used in modern livestock and poultry production to treat sick animals. The wide spread use of antibiotics encourages the growth of antibiotic resistance in pathogenic bacteria, could promote development of drug-resistant bacteria that could pass from animals to human, thus posing a danger to human health. Several alternatives to antibiotic growth promoters have been proposed such as organic acid. The supplementation of organic acids in diet or water of poultry enhanced nutrient utilization, growth and feed efficiency. The use of organic acids creates an acidic environment in the gut that favors the development of lactobacilli and inhibits pathogenic bacteria (*Salmonella* spp.) This study showed that the supplementation of organic acids able to improve poultry growth and inhibit *Salmonella* spp. growth in gastrointestinal tract.

Keywords: Organic acid, pathogenic bacteria, poultry

บทคัดย่อ: ปัจจุบัน การปนเปื้อนของเชื้อซัลโมเนลลาในผลิตภัณฑ์สัตว์ปีกนับเป็นปัญหาและอุปสรรคต่อการส่งออกเนื้อไก่ของประเทศไทยเป็นอย่างมาก การใช้สารปฏิชีวนะในอาหารหรือน้ำดื่มเพื่อป้องกันโรคและกระตุ้นการเจริญเติบโตของสัตว์ อาจส่งผลให้เกิดการตกค้างในผลิตภัณฑ์สัตว์ได้ ซึ่งการใช้สารปฏิชีวนะถูกนำมาใช้กันอย่างกว้างขวางในปศุสัตว์สมัยใหม่และรักษาโรคของสัตว์ป่วย การใช้สารปฏิชีวนะที่เพิ่มขึ้น อาจส่งผลให้แบคทีเรียกลุ่มก่อโรคเกิดการดื้อยา มีผลกระทบจากสัตว์สู่มนุษย์ และเป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ได้ จึงมีการศึกษาหลายทางเลือกในการลดการใช้สารปฏิชีวนะ เช่น สารเพิ่มความเป็นกรด (acidifier) โดยมีการใช้กรดอินทรีย์ในอาหารและน้ำดื่มของสัตว์ เพื่อเพิ่มการใช้ประโยชน์ของสารอาหาร การเจริญเติบโตของสัตว์ และประสิทธิภาพของการใช้อาหาร ช่วยเพิ่มความเป็นกรดในทางเดินอาหารของสัตว์ เพิ่มจำนวนแบคทีเรียกลุ่มแลคโตบาซิลลัสและยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กลุ่มที่ก่อโรค (ซัลโมเนลลา) จากการศึกษาพบว่ากรดอินทรีย์สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของสัตว์ และยับยั้งแบคทีเรียซัลโมเนลลาในทางเดินอาหารของสัตว์ปีกได้

คำสำคัญ: กรดอินทรีย์ แบคทีเรียก่อโรค สัตว์ปีก

คำนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคมีความต้องการบริโภคเนื้อไก่ซึ่งเป็นสารอาหารแหล่งโปรตีนที่มีความสะอาด มีความปลอดภัยจากสารตกค้างและจุลินทรีย์ที่เป็นพิษมากขึ้นอดีตที่ผ่านมาสารปฏิชีวนะมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมเลี้ยงสัตว์ปีก เนื่องจากเป็นสารที่สามารถควบคุมเชื้อโรคและจุลินทรีย์ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะการควบคุมเชื้อซัลโมเนลลา (*Salmonella* spp.) ซึ่งเป็นเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค (pathogenic bacteria) และความผิดปกติของระบบทางเดินอาหารทั้งในคนและสัตว์ Miyamoto *et al.* (1997) รายงานว่าการเกิดโรคอาหารเป็นพิษเนื่องจากการปนเปื้อนด้วยเชื้อซัลโมเนลลาสูงถึง 54.91 เปอร์เซ็นต์ โดย *S. enteritidis* เป็นซีโรวาร์ที่พบมากที่สุด Bailey and Berrang (1994) รายงานว่า การปนเปื้อนด้วยเชื้อซัลโมเนลลาในผลิตภัณฑ์ไก่เกิดจากหลายช่องทาง โดยเริ่มตั้งแต่จากพ่อแม่พันธุ์โดย *S. enteritidis* ซึ่งพบในรังไข่ของแม่ไก่สามารถถ่ายทอดไปสู่ไข่ไก่ และเมื่อไข่ไก่ถูกนำมาฟักเป็นตัว เชื้อนี้จะอาศัยอยู่ในตัวไก่ได้ ในโรงฟักไข่เป็นแหล่งสำคัญของการแพร่เชื้อโดยพบว่าลูกไก่ในระยะหลังฟักมีโอกาสติดเชื้อซัลโมเนลลามากกว่าไก่ใหญ่สภาพสิ่งแวดล้อมในโรงฟักจึงเป็นจุดเริ่มต้นที่สำคัญนอกจากนี้ มีรายงานว่า การปนเปื้อนเชื้อซัลโมเนลลาในอาหารสัตว์อาจเกิดขึ้นในขั้นตอนการขนส่ง การฆ่าชำแหละ กรรมวิธี

การผลิต และการเคลื่อนย้ายก่อนบริโภค (Freese *et al.*, 1973) จากปัญหาการปนเปื้อนของเชื้อซัลโมเนลลาคักตีขย (2543) รายงานว่า ทำให้ผู้ผลิตมีการนำสารเคมีและสารปฏิชีวนะ (antibiotic) มาใช้ในการเลี้ยงไก่เพื่อป้องกันการเกิดโรคและเป็นการเร่งการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น แต่การใช้สารปฏิชีวนะอาจก่อให้เกิดปัญหาสารตกค้างในผลิตภัณฑ์เนื้อไก่และหากมีการบริโภคเนื้อไก่ที่มีสารปฏิชีวนะตกค้างจะส่งผลให้ผู้บริโภคได้รับสารปฏิชีวนะเข้าไปก่อให้เกิดการดื้อยาของแบคทีเรียการศึกษาถึงการใช้สารเพิ่มความเป็นกรดในอาหารสัตว์โดยเฉพาะกรดอินทรีย์ (organic acid) เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกลุ่มก่อโรคช่วยให้ทางเดินอาหารสัตว์มีสุขภาพดีและกระตุ้นการเจริญเติบโตของสัตว์ได้เพิ่มขึ้นดังนั้น การศึกษาเรื่องการใช้กรดอินทรีย์ต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียซัลโมเนลลาในทางเดินอาหารของสัตว์ปีก จึงมีความสำคัญและเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการทดแทนสารเคมีและสารปฏิชีวนะได้

ลักษณะทั่วไปของกรดอินทรีย์

กรดอินทรีย์หรือกรดคาร์บอกซิลิก (carboxylic acid) เป็นสารอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่พบได้จากสิ่งมีชีวิต เช่น พืช สัตว์ รวมทั้งสามารถพบได้ในสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก เช่น แบคทีเรีย และสามารถสังเคราะห์ได้จากสารอินทรีย์ กรดอินทรีย์มีโครงสร้างประกอบด้วยหมู่คาร์บอนิล (carbonyl) ที่ก่อพันธะกับหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl) ซึ่ง

รวมกันเรียกว่าหมู่คาร์บอกซิล (carboxyl) ดังแสดงในภาพที่ 1 เป็นสารประกอบที่มีขั้วสามารถก่อพันธะไฮโดรเจน (hydrogen bond) กับน้ำได้ทำให้กรดอินทรีย์สามารถละลายน้ำได้ กรดจะแตกตัวให้ไอออน (ion) เรียกว่าการเกิดไอออนไนเซชัน (ionization) การแตกตัวของกรดอินทรีย์ (organic acid) จะแตกต่างจากการแตกตัวของกรดอนินทรีย์ (inorganic acid) เช่น กรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid) ที่แตกตัวได้ 100 เปอร์เซ็นต์ จัดเป็นกรดแก่ ขณะที่กรดอินทรีย์เป็นกรดอ่อนจะแตกตัวได้ไม่หมด โดยการแตกตัวจะอยู่ในสมดุลระหว่างกรดอินทรีย์คาร์บอกซิเลตไอออน (carboxylate ion) และโปรตอน (proton) กรดอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ จะให้ค่าความเป็นกรดแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาวะความเป็นกรด-ด่างที่เกิดขึ้นในขณะนั้น ทั้งนี้กรดชนิดต่าง ๆ จะมีค่าที่กำหนดความสามารถในการปลดปล่อยความเป็นกรด (ไฮโดรเจนไอออน, H^+) ออกมาเรียกว่า ค่า pK_a ซึ่งบ่งบอกถึงความเป็นกรดที่สารที่ให้ความเป็นกรดแต่ละชนิดจะปลดปล่อยไฮโดรเจนไอออน (H^+) ออกมาในปริมาณครั้งหนึ่ง (อุดมและคณะ, 2547)

บทบาทและความสำคัญของกรดอินทรีย์

กรดอินทรีย์ คือกรดที่มีอะตอมของคาร์บอนเป็นส่วนประกอบในโครงสร้างโมเลกุลพบทั่วไปในธรรมชาติ ซึ่งเป็นส่วนประกอบของพืชและเนื้อสัตว์ ส่วนใหญ่กรดอินทรีย์อยู่ในรูปของเหลว เช่น กรดอะซิติก (acetic acid) กรดฟอร์มิก (formic acid) กรดซิตริก (citric acid) กรดฟูมาริก (fumaric acid) กรดโพรพิโอนิก (propionic acid) และกรดแลคติก (lactic acid) เป็นต้น (Partanen *et al.*, 2002) ซึ่งมีคุณสมบัติช่วยลด pH และยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กลุ่มก่อโรคโดยสามารถแทรกผ่านเข้าผนังเซลล์ (cell wall) แบคทีเรียก่อโรคได้ในรูปที่ยังไม่แตกตัวได้ มีผลเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยและการ

ดูดซึมสารอาหารของสัตว์ส่วนกรดอินทรีย์ที่อยู่ในรูปเกลือ ได้แก่ โซเดียมฟอร์มเมต (sodium formate) แคลเซียมฟอร์มเมต (calcium formate) และแคลเซียม-โพรพิโอเนต (calcium propionate) ซึ่งมีกลิ่นไม่ฉุนมากและสะดวกต่อการใช้ในกระบวนการผลิตอาหารสัตว์ รวมทั้งมีสารกัดกร่อนที่น้อยกว่า และมีความสามารถละลายในน้ำได้ดีกว่ากรดในรูปของเหลวบริสุทธิ์ อย่างไรก็ตามกรดอินทรีย์ที่อยู่ในรูปเกลือไม่สามารถให้ประสิทธิผลเหมือนเดิมในการลด pH ทั้งนี้เนื่องจาก H^+ ถูกแทนที่ด้วยแคทไอออน (Ca^{++} , Na^+ , NH_4^+) กรดอินทรีย์ที่ใช้โดยทั่วไปนั้นเป็นแบบผสมรวมกรดหลายตัว เช่น การรวมตัวของกรดซิตริกกรดแลคติกกรดโพรพิโอนิกกรดฟอร์มิก และกรดออร์โทฟอสฟอริก (orthophosphoric acid) ที่อัตราการใช้ 2-8 กิโลกรัม ต่อตันอาหาร ส่งผลอย่างมีประสิทธิภาพหรืออัตราการใช้ของกรดที่ระดับ 0.3-1.8 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจากให้ผลเสริมฤทธิ์กันหรือให้ผลดีกว่ากัน (Risley *et al.* 1991)

ตัวอย่างกรดอินทรีย์ที่นิยมใช้ในอาหารสัตว์ปีก

Phillip *et al.* (1982) รายงานว่า กรดอินทรีย์ที่นิยมนำมาใช้ผสมในน้ำดื่มและอาหารของไก่เนื้อ เพื่อเพิ่มการย่อยและการดูดซึมของสารอาหาร เพิ่มสมรรถภาพการเจริญเติบโต และช่วยในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กลุ่มที่ก่อโรค มีดังนี้

กรดซิตริก เป็นกรดอินทรีย์ที่มีลักษณะเป็นของแข็ง สามารถละลายน้ำได้ พบในผลไม้จำพวกส้ม ปัจจุบันได้มีการนำมาผสมกับอาหารสัตว์ หรือเติมในน้ำให้ไก่กิน เพื่อเพิ่มสมรรถภาพการผลิต และช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็นโทษ เป็นสารตัวกลางที่สำคัญตัวหนึ่งในวัฏจักร ไทเคิล (tricarboxylic acid cycle) และเป็น chelating agent ของแร่ธาตุ เพื่อช่วยเพิ่มการดูดซึมแร่ธาตุในลำไส้

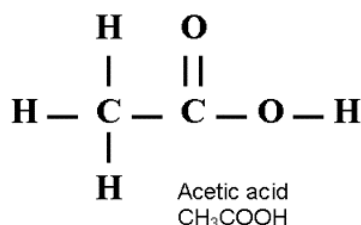


Figure 1 Structure of organic acid (Risley *et al.*, 1991)

กรดฟอร์มิก เป็นกรดอินทรีย์ที่มีลักษณะเป็นของเหลวใสไม่มีสี พบได้ในมด ผึ้ง และแมลงบางชนิด นิยมใช้ผสมในอาหารไก่เนื้อเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต เพิ่มการย่อยได้ของโปรตีนในอาหารให้สูงขึ้น โดยเฉพาะอาหารลูกไก่แรกเกิดถึง 1 สัปดาห์ นอกจากนี้ กรดฟอร์มิกยังสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้ออี โคไล (*Escherichia coli*; *E. coli*) ได้

กรดไพโรพิอิกเป็นกรดอินทรีย์ที่ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตลดจำนวนของเชื้อซัลโมเนลลา ในช่วงหยดยาก่อนนำส่งโรงฆ่า อย่างไรก็ตาม กรดไพโรพิอิกเป็นกรดที่มีกลิ่นฉุนมาก และมีฤทธิ์ในการกัดกร่อนค่อนข้างมาก การเลือกใช้ต้องเป็นอย่างระมัดระวัง เพราะการเสริมในปริมาณที่มากเกินไปทำให้ตัวสัตว์มีการกินอาหารในแต่ละวันลดลงได้ แนะนำให้ใช้ในปริมาณ 0.1 เปอร์เซ็นต์ ในน้ำดื่มโดยทั่วไปจะนิยมนำไปผสมในวัตถุดิบอาหารเพื่อป้องกันเชื้อรา หรือลดการเกิดเชื้อราในช่วงการเก็บรักษา

นอกจากกรดอินทรีย์ดังกล่าวมาแล้ว ยังมีกรดอินทรีย์ตัวอื่น ๆ ที่สามารถนำมาใช้ผสมในน้ำและอาหารไก่เนื้อ เช่น กรดอะซิติก (acetic acid) กรดซอร์บิก (sorbic acid) กรดแลกติก (lactic acid) เป็นต้น การใช้กรดอินทรีย์ผสมในน้ำหรืออาหารมักจะใช้กรดอินทรีย์ตัวใดตัวหนึ่ง หรืออาจใช้หลายชนิดผสมรวมกัน เพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น การใช้สะดวกขึ้น นอกจากนี้สารที่ให้ความเป็นกรดบางชนิดนิยมใส่เกลือของกรดควบคู่ไปกับตัวกรดด้วย เช่น กรดซิตริก (citric acid) ร่วมกับโซเดียมซิเตรต (sodium citrate) หรือกรดฟอร์มิก (formic acid) ร่วมกับแอมโมเนียมฟอร์มเมต (ammonium formate) เป็นต้น เพื่อวัตถุประสงค์ในการควบคุมปริมาณ H^+ ที่เกิดขึ้น Odle (1999) รายงานว่า กรดไขมันสายปานกลาง (medium chain fatty acid) เป็นโมเลกุลที่ประกอบด้วยหมู่คาร์บอกซิล (carboxyl group) อยู่ที่ปลายด้านหนึ่งของสายไฮโดรคาร์บอนซึ่งประกอบด้วยคาร์บอนอะตอมตั้งแต่ 6-12 อะตอม โดยกรดไขมันสายปานกลางถูกดูดซึมแบบไม่อาศัยพลังงาน สามารถที่ละลายได้ในน้ำและแพร่กระจายผ่านชั้นของเหลว (unstirred water layer) ทำให้มีการสัมผัสบริเวณ brush border ในลำไส้ และถูกดูดซึมเข้าไปภายในเซลล์โดยการแพร่ โดยไม่จำเป็นต้อง

อาศัยไมเซลล์ (micelle) ทำให้เข้าสู่กระแสโลหิตได้โดยตรงและจะเข้าสู่หลอดเลือดดำพอร์ทัล (portal vein) และเข้าสู่ตับเพื่อนำไปใช้ในการสร้างพลังงานให้กับตับ โดยกรดไขมันสายปานกลาง (medium chain fatty acid) สามารถสร้างพลังงานได้อย่างรวดเร็ว โดยพบว่าเมื่อเสริมกรดไขมันสายปานกลางในอาหารสัตว์แรกเกิด สามารถเพิ่มทั้งขนาดและปริมาณของเซลล์เยื่อผนังลำไส้ให้มีการสร้างเซลล์ทดแทนใหม่ให้สมบูรณ์ขึ้น มีการรายงานว่าการเสริมกรดไขมันสายปานกลางในหนูทำให้ความยาวของวิลไล (villi length) และความลึกของครีปท์ (crypt depth) เพิ่มขึ้น (Galluser *et al.*, 1993) สอดคล้องกับ Takase and Goda (1990) ที่รายงานว่าการเสริมกรดไขมันสายปานกลางมีผลต่อพัฒนาการของเยื่อผนังลำไส้ และเอนไซม์ย่อยอาหารของหนูตะเภาได้เพิ่มขึ้นอีกทั้งมีรายงานจาก อัจฉรา และคณะ (2557) ว่าการเสริมสับแซกในอาหารไก่เนื้อที่ระดับ 300 มก./กก. มีผลให้ไก่เนื้อมีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวันเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ในผลสับแซกมีกรดอินทรีย์หลายชนิด โดยเฉพาะกรดไฮดรอกซีซิตริก แอซิด (hydroxycitric acid) นอกจากนี้ยังมีกรดอินทรีย์อื่น ๆ อีกด้วย ไม่ว่าจะเป็น กรดซิตริก (citric acid) กรดโดเดคาโนอิก (dodecanoic acid) กรดออกตาดีคาโนอิก (octadecanoic acid) และกรดเพนตาดีคาโนอิก (pentadecanoic acid) ซึ่งมีบทบาทกระตุ้นการกินอาหารของไก่เนื้อ จึงมีผลให้น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวันของไก่เนื้อเพิ่มขึ้น

กลไกการทำงานของกรดอินทรีย์

1. ช่วยให้กระเพาะและลำไส้มีความเป็นกรดที่เหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ของอาหารมากที่สุด โดยทั่วไปการทำงานของน้ำย่อยหรือเอนไซม์ (enzyme) ในระบบทางเดินอาหารนั้นจะขึ้นอยู่กับสภาวะความเป็นกรด-ด่างของส่วนต่าง ๆ ในระบบทางเดินอาหาร ดังนั้นการที่ระบบทางเดินอาหารมีสภาวะเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมกับน้ำย่อยนั้น ๆ ก็จะทำให้กระบวนการย่อยอาหารเกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ (Chapman, 1988) ทำให้ความเป็นกรดในกระเพาะแท้ อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานของ

เอนไซม์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเอนไซม์เปปซิน (pepsin) และช่วยให้การสลายโครงสร้างของโปรตีนเป็นไปอย่างสมบูรณ์ บทบาทของสารที่ให้ความเป็นกรดในกรณีนี้จำเป็นอย่างยิ่งในสัตว์ระยะเล็ก เช่น ลูกไก่ที่มีการพัฒนาระบบทางเดินอาหารยังไม่สมบูรณ์ โดยทั่วไปวัตถุดิบอาหารจะมีคุณสมบัติในการจับยึด H^+ ดังนั้นความเป็นกรดในกระเพาะจากกรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid) ที่ผลิตโดยกระเพาะเอง อาจจะถูกจับยึดโดยอาหารได้ ทำให้เหลือ H^+ ในปริมาณที่ไม่เพียงพอต่อการสลายโครงสร้างโปรตีนและกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ได้ การเสริมสารที่ให้ความเป็นกรดลงไปให้อาหารสัตว์ระยะเล็กจึงเป็นการช่วยปรับให้อาหารเมื่ออยู่ในระบบทางเดินอาหารมีความสามารถในการจับ H^+ ได้น้อยลง ช่วยให้กระเพาะมีสภาวะความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสม และปรับให้สภาวะความเป็นกรด-ด่างในลำไส้ที่อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการทำงานน้ำย่อยจากตับอ่อนและลำไส้เล็กกล่าวคือมีสภาพที่เป็นกรดอ่อน ๆ ทำให้การใช้ประโยชน์ได้ของอาหารไม่ว่าจะเป็นโปรตีน แป้ง และไขมันเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด (เสกสม, 2547)

2. ช่วยในการควบคุมสมดุลของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร โดยการเสริมกรดลงในอาหารสัตว์ทำให้สภาพแวดล้อมในทางเดินอาหารไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อก่อโรค ทั้งนี้เพราะจุลินทรีย์ก่อโรคต้องการสภาพแวดล้อมที่เป็นกลางหรือเป็นด่างสำหรับการเจริญเติบโต อีกทั้งกรดอินทรีย์ยังสามารถแทรกซึมผ่านผนังเซลล์และทำลายแบคทีเรียบางกลุ่มได้ นอกจากนี้คุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อก่อโรคแล้วการเพิ่มความเป็นกรดในระบบทางเดินอาหารยังช่วยให้เปปซิน (pepsin) ทำงานได้ดีขึ้น ส่งผลให้การย่อยโปรตีนในกระเพาะอาหารดีขึ้น (Marinho *et al.*, 2007) อีกทั้งสารที่ให้ความเป็นกรดจะไม่มีส่วนในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กลุ่มที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายและยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็นโทษ นอกจากนี้ในบางกรณีสารที่ให้ความเป็นกรดยังสามารถที่จะทำลายจุลินทรีย์กลุ่มที่เป็นโทษได้อีกด้วยโดยการควบคุมสภาวะความเป็นกรด-ด่างในระบบทางเดินอาหารช่วงลำไส้เล็กเชื่อมต่อกับลำไส้ใหญ่ให้มีความเป็นกรดอ่อน ๆ ซึ่งเหมาะสมกับการดำรงชีพและขยายเผ่าพันธุ์ของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ เช่น

แลคโตบาซิลลัสและมีสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการอาศัยอยู่ของจุลินทรีย์ที่เป็นโทษเช่น อี โคไล และซัลโมเนลล่าซึ่งสอดคล้องกับ Ivan (2003) รายงานว่า การใช้กรดอินทรีย์มีอิทธิพลต่อสมดุลของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร ระบบทางเดินอาหารที่มีความสมดุลที่ดีจะมีจุลินทรีย์แกรมบวกมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ส่วนใหญ่จะเป็นแลคโตบาซิลลัสกรดอินทรีย์มี pH ต่ำจะมีผลโดยตรงในการต่อต้านแบคทีเรียแกรมลบโดยทำลายเนื้อเยื่อของเซลล์แบคทีเรียที่ pH ประมาณ 3.5-4.0 โดยกรดซิตริก กรดฟอสฟอริก กรดฟอสฟอริก (phosphoric acid) และกรดแลคติก สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้ออี โคไล ที่ pH 5.0 ส่วนกรดโพธิ์ฟอนิกจะกีดกันการเจริญเติบโตของเชื้อราและป้องกันการสร้างตัวของสารพิษจากเชื้อรา สำหรับกรดฟอร์มิกและกรดแลคติกสามารถลด pH ของระบบทางเดินอาหารโดย กรดจะช่วยทำให้ pH ในระบบทางเดินอาหารมีความคงตัวและยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ก่อโรค

การแทรกซึมของกรดอินทรีย์เช่นกรดอะซิติก กรดโพธิ์ฟอนิก และกรดแลคติก เข้าไปในเซลล์ของจุลินทรีย์ก่อโรค และเมื่อกรดอินทรีย์อยู่ในเซลล์ที่มีสภาวะความเป็นกรด-ด่างที่เป็นกลางก็จะทำให้กรดเหล่านี้ปลดปล่อย H^+ ออกมาทำให้ภายในเซลล์จุลินทรีย์มีสภาวะความเป็นกรดมากขึ้นและต้องการพลังงานมากขึ้นในการขับ H^+ ออกมา นอกจากนี้กรดที่ปลดปล่อย H^+ ออกมาแล้วจะอยู่ในรูปแอนไอออน ซึ่งจะไปรบกวนการสังเคราะห์สารพันธุกรรม (DNA) ที่จำเป็นในการขยายเผ่าพันธุ์ของจุลินทรีย์จะเห็นได้ว่ากลไกของสารที่ให้ความเป็นกรดในส่วนนี้ช่วยทำให้จุลินทรีย์กลุ่มที่เป็นโทษมีการสูญเสียพลังงานอย่างมากอาจถึงขั้นทำให้เซลล์ตายได้ และยังสามารถที่จะไปรบกวนระบบในการขยายเผ่าพันธุ์ ทำให้สามารถควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ในกลุ่มนี้ได้เป็นอย่างดีดังภาพที่ 2 ซึ่งสอดคล้องกับ Chapman (1988) ได้รายงานว่าการเพิ่มความเป็นกรดให้อาหารให้มากกว่าค่าความเป็นกรดในกระเพาะอาหารจะป้องกันการเจริญเติบโตและการขยายของจุลินทรีย์อีโคไล และสนับสนุนการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กลุ่มที่เป็นประโยชน์เพื่อสร้างกรดแลคติกในกระเพาะอาหารด้วยสอดคล้องกับ Rot and Kirchgessner (1989) ซึ่งรายงาน

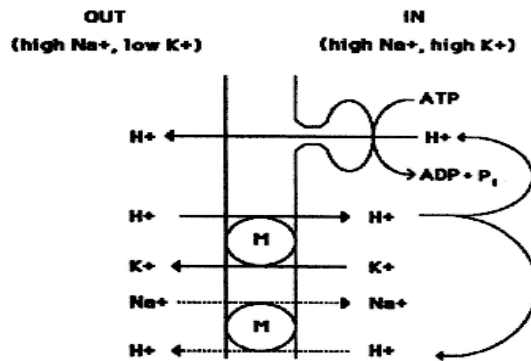


Figure 2 Mechanism of matter transport in microorganism (Risley *et al.*, 1991)

ว่า กรดอินทรีย์สามารถแทรกผ่านผนังเซลล์เข้าไปในเซลล์ของแบคทีเรียได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดอินทรีย์สายโซ่สั้นที่มีลักษณะคล้ายกรดไขมัน (fatty acid) เช่น กรดฟอร์มิกกรดแลคติก เป็นต้น

3. กรดอินทรีย์ที่เสริมลงไปจะแสดงผลเหมือนเป็นสารเกาะยึด (chelating agents) กรดอินทรีย์จะจับกับประจุบวกของแร่ธาตุ (Fe^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+}) อยู่ในรูปโมเลกุลของสารประกอบที่มีการย่อยและดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้เพิ่มขึ้นในลำไส้เล็ก (Bolduan, 1999)

4. กรดอินทรีย์บางชนิดทำหน้าที่เป็นตัวกลางที่สำคัญในวิถีการสร้างพลังงาน และมีบทบาทโดยตรงในขบวนการเมแทบอลิซึม

5. กลไกการทำงานของกรดอินทรีย์ต่อเชื้อราโดยปกติเชื้อราสามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาวะความเป็นกรด-ด่าง ค่อนข้างแน่นอน ซึ่งเชื้อราจะเจริญเติบโตได้ดีที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 4.5-5.5 หากค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วงที่ต่ำกว่าหรือสูงกว่าค่าที่เหมาะสมจะส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราโดยตรง (Ricke, 2003) ซึ่งกรดอินทรีย์มีผลทำให้ค่า pH ในทางเดินอาหารลดลง

ชนิดของจุลินทรีย์ที่พบในลำไส้สัตว์ปีก

Chapman (1988) รายงานว่า ในระบบทางเดินอาหารของไก่นั้นจะประกอบด้วยจุลินทรีย์หลายชนิดอาศัยอยู่ในกระเพาะอาหาร ลำไส้เล็ก ลำไส้ใหญ่ โดยเฉพาะในลำไส้ใหญ่ จุลินทรีย์จะเกาะจับอยู่บริเวณเยื่อผิว (epithelium) เยื่อเมือก (mucous) ในลำไส้ หรืออาศัยอยู่ในร่องระหว่างวิลไล (crypts) โดยที่เชื้อจุลินทรีย์

ต่าง ๆ จะมาจากการแพร่เชื้อจากแม่ไก่ จากสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นจากน้ำและอาหารที่ได้รับในแต่ละวัน จำนวนประชากรและการแพร่กระจายของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารไก่นั้น จะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ความเหมาะสมของระดับความเป็นกรดต่างของลำไส้ ระบบสรีรวิทยาของตัวสัตว์ การใชยาปฏิชีวนะต่าง ๆ และระบบภูมิคุ้มกันภายในตัวสัตว์ โดยปกติพบว่าจะมีปริมาณของจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่จะมีมากกว่าในกระเพาะอาหาร และลำไส้เล็ก ซึ่งจุลินทรีย์ที่พบในระบบทางเดินอาหารสามารถแบ่งตามผลของสุขภาพสัตว์ได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ดังนี้

1. ประเภทที่ก่อให้เกิดโรค (pathogenic microflora) จัดเป็นกลุ่มของจุลินทรีย์ที่สามารถทำให้เกิดโรคในสัตว์ได้ เช่น อี โคไล ซัลโมเนลล่า เป็นต้น

ลักษณะทั่วไปของ อี โคไล จัดเป็นแบคทีเรียในกลุ่ม Enterobacteriaceae เซลล์มีรูปร่างเป็นแท่งสั้นๆ ขนาดเล็ก ย้อมติดสีแกรมลบ มีแคปซูลบาง ๆ หุ้มเซลล์ไว้ เคลื่อนที่โดยใช้ peritrichous flagella ซึ่ง อี โคไล เป็นจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งที่เป็นสาเหตุของอาการท้องเสียในคนและสัตว์ โดยที่ อี โคไล จะเกาะที่ผนังลำไส้ และสร้างสารพิษออกมาทำลายเซลล์เยื่อผนังลำไส้ ทำให้เกิดอาการป่วยได้ และสามารถจำแนกเชื้อ อี โคไล ที่ก่อโรคในระบบทางเดินอาหารได้ 5 กลุ่ม ดังนี้

1.1 เอนเทอโรท็อกซีจีนิก อี โคไล (Enterotoxigenic *E. coli*) เป็น อี โคไล ชนิดที่ก่อให้เกิดปัญหาท้องเสียได้ตั้งแต่อ่อน ๆ จนรุนแรงมาก การก่อโรคเชื้อจะยึดเกาะผนังลำไส้ โดยใช้ส่วนของพริมเปีย จับกับตำแหน่งที่จำเพาะเจาะจงบริเวณเซลล์ลำไส้ของลำไส้เล็ก

ส่วนต้น จากนั้นเชื้อ อี โคไล จะหลั่งสารพิษซึ่งมีสองชนิด ได้แก่ Heat labile toxin และ Heat stable toxin โดยสารพิษทั้งสองชนิดนี้จะมีผลกระตุ้นให้ลำไส้หลั่งสารน้ำออกมาในทางเดินอาหารมากขึ้น และลดการดูดกลับของน้ำจากลำไส้อีกด้วย

1.2 เอนเทอโรอินเวซีฟ อี โคไล (*Enteroinvasive E. coli*) เป็นเชื้อ อี โคไล ที่มีความใกล้เคียงกับเชืocchiella (shigella) เชื้อชนิดนี้จะไชเข้าสู่เซลล์ จากนั้นจะทำการเพิ่มจำนวนภายในเซลล์ของลำไส้ และก่อให้เกิดการอักเสบของผนังลำไส้ได้ เชื้อจะทำให้เกิดการท้องเสียร่วมกับการเกิดไข้ โดยที่เชื้อจะไม่สร้างสารพิษจำพวก LT-Toxin, ST-Toxin, Shiga like toxin

1.3 เอนเทอโรพาโทเจนิค อี โคไล (*Enteropathogenic E. coli*) เป็นสาเหตุของการเกิดท้องเสียโดยที่เชื้อ อี โคไล ไม่มีการสร้างสารพิษขึ้น การก่อโรคทำได้โดยการเข้ายึดเกาะกับผนังลำไส้โดยที่ไม่ใช้พริมเปีย แต่ใช้ intimin โดยการยึดเกาะจะมีลักษณะคล้ายกับที่เรียกว่า attaching and effacing กับเซลล์ ทำให้เซลล์ลำไส้ขาดวิลไลที่ใช้ในการดูดซึมร่วมกับการที่ผนังเซลล์มีความเปราะบางขึ้นด้วย

1.4 เอนเทอโรแอกริเกทีฟ อี โคไล (*Enteraggregative E. coli*) เป็นสาเหตุของการท้องเสีย โดยเชื้อจะเข้ายึดเกาะกับผนังเซลล์แล้วส่งผลให้มีการสร้างสารคัดหลั่งมากขึ้น อาจเพื่อช่วยในการยึดเกาะหรือทำให้เกิดการดูดซึมสารอาหารเสียไป จากนั้นเชื้อ อี โคไล จะสร้างสารพิษที่เรียกว่า EAST (Enteraggregative ST) toxin ทำให้เกิดการทำลายผนังเซลล์ลำไส้

1.5 เอนเทอโรฮีโมราจิก อี โคไล (*Enterohemorrhagic E. coli*) มีเพียงสายพันธุ์เดียว ได้แก่ ซีโรไทป์ O157:H7 ทำให้เกิดท้องเสียรุนแรง (ถ่ายมีเลือดปน) การก่อโรคมักไม่ทราบแน่ชัด แต่การเกาะยึดกับผนังเซลล์คล้ายกับเอนเทอโรพาโทเจนิค อี โคไล แต่สามารถหลั่งสารพิษได้ และเป็นสารพิษประเภท Shiga toxin มีผลทำให้เกิดการอักเสบอย่างรุนแรง โดยพบว่า อี โคไล ที่ก่อให้เกิดปัญหาท้องเสียเป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ เชื้ออี โคไล ในกลุ่ม เอนเทอโรท็อกซีจีนิค อี โคไล และเชื้อ อี โคไล ในกลุ่ม เอนเทอโรฮีโมราจิก อี โคไล มักเป็นตัวก่อให้เกิดปัญหาของโรคบวมนี้

1.6 เชื้อซัลโมเนลล่า เป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปแท่ง ไม่สร้างสปอร์ มีขนาด 0.7-1.5 ไมโครเมตร ยาว 2.0-5.0 ไมโครเมตร เจริญได้ดีทั้งในสภาพที่มีออกซิเจนน้อยหรือไม่มีออกซิเจน (facultative anaerobe) เคลื่อนที่ด้วยแฟลกเจลลาที่ยาวและมีอยู่รอบเซลล์ (peritrichous flagella) ยกเว้น *S. pullorum*, *S. gallinarum* และบางสายพันธุ์ไม่มีแฟลกเจลลา สร้างไฮโดรเจนซัลไฟด์ (hydrogen sulfide) ยกเว้น *S. paratyphi*, *S. choleraesuis* สร้างกรดและก๊าซจากการหมักยอยน้ำตาลกลูโคส อุณหภูมิที่เจริญได้ 37-45 องศาเซลเซียส สำหรับอุณหภูมิที่เจริญได้ดีที่สุดคือ 42 องศาเซลเซียส เจริญได้ในช่วง pH 4.5-9.0 (Chapman, 1988) ซัลโมเนลล่า เป็นแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค (pathogen) เป็นแบคทีเรียในกลุ่ม enterobacteriaceae มีหลากหลายสายพันธุ์ ซึ่งเชื้อซัลโมเนลล่าทุก ๆ สายพันธุ์ทำให้เกิดโรคได้ทั้งในคนและสัตว์ซึ่งในปัจจุบัน *S. Enteritidis* มีบทบาทที่สำคัญที่สุดในการก่อปัญหาต่อสุขภาพของคนและสัตว์ โดย *S. enteritidis* สามารถเจริญอยู่ในอุณหภูมิต่ำของแม่ไก่มากกว่าซีโรไทป์ (serotype) อื่น ๆ ที่ทดสอบ โดยแม่ไก่จะให้ไข่ได้ปกติและไม่แสดงอาการผิดปกติใด ๆ (Miyamoto et al., 1997) มีการปนเปื้อนเชื้อที่ไข่เกิดขึ้นได้ 2 ทาง คือ 1) เชื้อในระบบสืบพันธุ์ของแม่ไก่ผ่านเข้าไปในไข่ (vertical transmission) ทำให้ติดเชื้อในลูกไก่หรือคัพพะซึ่งการแพร่เชื้อผ่านไข่เป็นผลให้เกิดมีการติดเชื้อผ่านตู้ฟัก ลูกไก่ที่ฟักออกมาจะแพร่กระจายเชื้อยังลูกไก่ตัวอื่น ๆ ในโรงฟัก (Carson et al., 1994) และ 2) เชื้อจากสิ่งแวดล้อมภายนอกตัวแม่ไก่เกาะอยู่ที่เปลือกไข่ (horizontal contamination) (Cox et al., 1990) และอาจเกิดจากการที่ลูกไก่ติดเชื้อจากการกินอาหารและน้ำที่มีเชื้อซัลโมเนลล่าปนเปื้อน หรือรับเชื้อจากสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบ ๆ ตัวไก่ทั้งทางตรงและทางอ้อม หรืออาจมีการติดเชื้อในขั้นตอนของการส่งไก่ไปยังโรงฆ่าได้

2. ประเภทที่ไม่ก่อให้เกิดโรค (non-pathogenic microflora) เป็นจุลินทรีย์ในกลุ่มที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพของไก่ มีหน้าที่ในการควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ที่เป็นโทษไม่มีจำนวนมากเกินไป จุลินทรีย์ในกลุ่มนี้ที่พบมาก ได้แก่ แลคโตบาซิลลัส และไบฟิโดแบคทีเรีย (*Bifidobacteria*) (Chapman, 1988)

การใช้กรดอินทรีย์ต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กลุ่มที่ก่อโรค (ซัลโมเนลล่า) ในสัตว์ปีก

การเสริมสารให้ความเป็นกรดนอกจากจะช่วยลดจำนวนเชื้อก่อโรคเช่น *Enterobacteriaceae*, *Escherichia coli* และ *Salmonella* sp. ลงได้แล้วยังทำให้จุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติก (Lactic Acid Bacteria, LAB) ซึ่งถือว่าเป็นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในทางเดินอาหารของไก่เนื้อมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น (Saki *et al.*, 2012; Hassan *et al.*, 2010) ส่งผลให้ไก่เนื้อใช้ประโยชน์จากอาหารได้มากขึ้นและมีอัตราการแลกน้ำหนักที่ดี (Ogunwole *et al.*, 2011) มีรายงานจาก Chansiripomchai *et al.* (2000) ว่าผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารละลายกรดอินทรีย์ที่มีส่วนผสมของอนุพันธ์กรดซิตริก ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่แยกได้จากสัตว์จำนวน 79 เชื้อในห้องทดลองพบว่า ที่ความเข้มข้น 1:250 สารละลายกรดอินทรีย์มีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อซัลโมเนลล่าจำนวน 106-107 CFU/มิลลิลิตร ในแต่ละเชื้อได้สมบูรณ์ภายในเวลา 60 นาที สอดคล้องกับรายงานของวารีและคณะ (2545) รายงานว่า การใช้กรดอินทรีย์ผสมลงในน้ำดื่มในระดับ 50-100 ppm ให้ไก่กินทุกวันซึ่งเปรียบเทียบสมรรถภาพการผลิตของอายุไก่ที่ 30 และ 40 วัน พบว่าใช้กรดอินทรีย์ช่วยป้องกันและจำกัดเชื้อซัลโมเนลล่าออกจากร่างกายได้ดีกว่าไก่ที่ไม่ได้รับกรดอินทรีย์ และเป็นผลต่อเนื่องทำให้ประสิทธิภาพการผลิตของไก่กระพงในดำนน้ำหนักตัวเฉลี่ยที่อายุ 31-40 วันของไก่ ดีกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้กรดอินทรีย์ สอดคล้องกับการศึกษาของ Matho *et al.* (1997) รายงานว่า การนำกรดอินทรีย์ที่มีส่วนผสมของกรดซิตริกไปให้ไก่กินเพื่อลดจำนวนเชื้อ *S. enteritidis* ในกระเพาะพักของไก่ที่ป้อนเชื่นี้ไว้ก่อนหน้านี้ พบว่าส่งผลลดจำนวนเชื้อ *S. enteritidis* อีกทั้งมีการศึกษาถึงการใช้ส่วนผสมของกรดอินทรีย์ (0.5 เปอร์เซ็นต์ กรดอะซิติก กรดแลคติก และกรดฟอริก) ผสมน้ำให้ไก่กินพบว่าจำนวนเชื้อ *S. Typhimurium* ในกระเพาะพัก (crop) ของไก่ที่ได้รับกรดมีจำนวนลดลงจากเดิม 52.4 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อใช้กรดแลคติกจะได้ผลดีที่สุด (Byrd *et al.*, 2001) การให้กรดแลคติกผสมน้ำกินในช่วงสุดท้ายของการเลี้ยงและก่อนการขนส่งนั้นเป็นการช่วยลดความเป็นกรดต่างของทางเดินอาหารส่วนต้น ลดปริมาณเชื้อที่อยู่ภายใน

ลำไส้ที่อาจปนเปื้อนออกมาหลังจากการฆ่าและชำ และเพิ่มจำนวนแบคทีเรียชนิดที่สามารถผลิตกรดแลคติกให้มีจำนวนมากขึ้นอีกด้วย เพื่อลดจำนวนเชื้อซัลโมเนลล่าที่อาจถูกขับออกมาขณะขนส่งก่อนถึงโรงฆ่า Russell (2002) รายงานถึงความสามารถในการลดค่าความเป็นกรดต่างที่กระเพาะพักได้มากกว่าที่ทางเดินอาหารส่วนล่าง โดยการเติมกรดฟอริกและกรดไพรูวิกในอาหารของแม่ไก่พันธุ์ (Thompson and Hinton, 1997) นอกจากนี้กรดอินทรีย์ที่ไก่ได้รับยังเป็นสารที่ช่วยลดระดับความเป็นกรดต่างของระบบทางเดินอาหารอีกด้วย และมีการศึกษาในหลอดทดลองพบว่าสภาวะที่ pH ลดลงในกระเพาะพักและกระเพาะจริงสามารถฆ่าซัลโมเนลล่าได้ (Cox *et al.*, 1990) มีการเสริมกรดฟอริกและกรดไพรูวิกอินทรีย์ระดับ 1 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารไก่พบว่า สามารถลด pH ในลำไส้ต้นได้ (Waldroup *et al.*, 1995) เนื่องจากสภาวะ pH ที่ลดลงในลำไส้ต้นและมีการผลิตกรดไขมันระเหย (volatile fatty acid) ที่ถูกสร้างโดยแบคทีเรียที่ไม่อาศัยออกซิเจน (anaerobic) เพิ่มขึ้นสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อซัลโมเนลล่าได้ (Thompson and Hinton, 1997) สอดคล้องกับการทดลองที่เสริมกรดฟอริกและกรดไพรูวิกอินทรีย์ลงในอาหารที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ ลดการเพิ่มจำนวนของเชื้อ *S. pollorum* ในกระเพาะพักและลำไส้ต้น (caecum) ได้ (Tarazi and Alshawabkeh, 2003) และสามารถฆ่า *Salmonella enteritidis* PT4 ในหลอดทดลองได้ (Thompson and Hinton, 1997) เช่นเดียวกับมีการเสริมกรดแลคติกผสมน้ำที่ระดับ 0.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าลดจำนวนเชื้อ *S. typhimurium* ในกระเพาะพักได้และช่วยลด pH ของทางเดินอาหารส่วนต้นและเพิ่มจำนวนแบคทีเรียที่สามารถผลิตกรดแลคติกมากขึ้น (Byrd *et al.*, 2001) สอดคล้องกับการทดลองของ สุริยะ (2549) รายงานว่า จุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติกมีแนวโน้มให้อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการแลกน้ำหนักของสัตว์ดีขึ้น นอกจากนี้การเสริมกรดซิตริกสามารถลดจำนวนเชื้อ *Salmonella enteritidis* ในกระเพาะพักได้เช่นกัน (Barnhart *et al.*, 1999) นอกจากนี้ ดวงใจและคณะ (2556) ทำการเสริมกรดอินทรีย์ในอาหารที่มีการลดระดับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ลดเมทไธโอเนนและไลซีนลงทั้ง 2 ระดับพบว่าส่งผลให้สมรรถภาพการผลิตต่าง ๆ และ

คุณภาพซากของไก่เนื้อไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ไม่เสริมกรดอินทรีย์แต่จะพบว่าผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของไก่เนื้อกลุ่มที่ได้รับการเสริมกรดอินทรีย์ดีขึ้นทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกรดอินทรีย์ที่ใช้ในการศึกษาเป็นกรดบิวทีริก (butyric acid) ซึ่งเป็นกรดอินทรีย์ที่ระเหยได้ (volatile organic acid) มีคุณสมบัติเป็นกรดไขมันสายสั้นเสริมลงในอาหารไก่เนื้อในรูปของแคลเซียมบิวทีเรต (sodium butyrate) ซึ่งกรดไขมันสายสั้นนี้จะถูกนำไปใช้เป็นพลังงานโดยตรงให้กับเซลล์วิลโล (villi) ของไก่ทำให้เซลล์วิลโลมีการขยายขนาดและพื้นที่ในการสัมผัสกับสารอาหารต่างๆ ได้ดีขึ้น สอดคล้องกับ Sharma *et al.* (1995) พบว่าการเสริมกรดบิวทีริกลงในอาหารไก่เนื้อนั้นจะไม่มีผลต่อปริมาณการกินอาหารของไก่แต่จะมีผลต่อการเพิ่มและขยายขนาดของเซลล์วิลโลในลำไส้เล็กของไก่โดยกรดอินทรีย์จะไปเป็นอาหารให้กับเซลล์ต่างๆ ในวิลโลทำให้มีการขยายขนาดและจำนวนเพิ่มมากขึ้นทำให้การดูดซึมสารอาหารต่างๆ ดีขึ้นใกล้เคียงกับसारโซ (2547) พบว่าการเสริมกรดอินทรีย์ในอาหารไก่นั้นควรเสริมในช่วงแรก ๆ ของช่วงอายุเนื่องจากระบบการย่อยอาหารของลูกไก่ยังพัฒนาไม่เต็มที่ทำให้เกิดการติดเชื้อและท้องเสียได้ง่ายการเสริมกรดอินทรีย์จึงไปช่วยให้เอนไซม์ในกระเพาะอาหารทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพช่วยป้องกันการท้องเสียและการติดเชื้อโรค, ต้นทุนค่าอาหารต่อการเปลี่ยนเป็นน้ำหนัก 1 กิโลกรัม และดัชนีการผลิตที่ดีที่สุด ($P < 0.05$) ในขณะที่ช่วง 22-35, 35-42 และ 1-42 วันพบว่าทุกกลุ่มทดลองมีสมรรถนะการผลิตต่าง ๆ ได้แก่ น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก อัตราการเลี้ยงรอด ต้นทุนค่าอาหารต่อการเปลี่ยนเป็นน้ำหนัก 1 กิโลกรัมและดัชนีการผลิตไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) อีกทั้งการเสริมกรดอินทรีย์ทั้ง 3 กลุ่ม (PC, NC1, NC2) มีผลตอบแทนทางเศรษฐกิจดีกว่ากลุ่มที่ไม่เสริมกรดอินทรีย์

สรุป

การใช้กรดอินทรีย์ที่ระดับ 50-100 ppm ผสมลงในน้ำดื่มของไก่เนื้ออายุ 30 และ 40 วันทุกวันพบว่าช่วยป้องกันและยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อซัลโมเนลล่าได้และมีผลให้น้ำหนักตัวเฉลี่ยของไก่เนื้อเพิ่มขึ้น การใช้

ส่วนผสมของกรดอินทรีย์ (0.5 เปอร์เซ็นต์ กรดอะซิติก กรดแลคติกและกรดฟอริก) ผสมในน้ำดื่มให้ไก่เนื้อกินพบว่า มีผลให้จำนวนเชื้อ *S. typhimurium* ในกระเพาะพักลดลงจากเดิม 52.4 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อใช้กรดแลคติกผสมน้ำดื่มให้ไก่เนื้อกินในช่วงสุดท้ายของการเลี้ยงและก่อนการขนส่งไก่เนื้อสู่โรงฆ่า มีผลช่วยลดความเป็นกรดต่างของทางเดินอาหารส่วนต้น และลดปริมาณเชื้อที่อยู่ในลำไส้ได้ผลดีที่สุด สำหรับการเสริมกรดฟอริกและกรดโพธิโอนิกที่ระดับ 1-2 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารไก่พบว่าสามารถลด pH ในไส้ตัน และลดจำนวนของเชื้อ *S. pollorum* ในกระเพาะพักและไส้ตันได้และสำหรับการเสริมกรดแลคติกในน้ำดื่มของไก่เนื้อที่ระดับ 0.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าช่วยลดจำนวนเชื้อ *S. typhimurium* ในกระเพาะพักนอกจากนี้การเสริมกรดซิตริกสามารถลดจำนวนเชื้อ *S. enteritidis* ในกระเพาะพักได้

เอกสารอ้างอิง

- ดวงใจ จงตามกลาง, ญัฐนันท์ แสนทวี สุขาณัติ จันทร์-ธิระติกุล และ เยาวมาลย์ คำเจริญ. 2556. ประสิทธิภาพของกรดอินทรีย์ต่อสมรรถนะการผลิตและคุณภาพซากในไก่เนื้อ. เกษตร 41 ฉบับพิเศษ 127-32.
- วารี นิยมธรรม อินทวิกรม กระหม่อมทอง และ เกรียงศักดิ์ พูนสุข. 2545. ประสิทธิภาพของสารละลายกรดอินทรีย์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ หน้า 63-68. ใน: ประมวลรายงานสัมมนาทางวิชาการเรื่องเทคโนโลยีชีวภาพเพื่อการพัฒนาการเกษตรกรรมไทย. กาฬสินธุ์.
- ศักดิ์ชาย วงศ์เกียรติสุภาพ. 2543. ผลกระทบต่อปศุสัตว์ปลอดสารพิษสหภาพยุโรป. ธุรกิจอาหารสัตว์ 17(72): 37-52.
- สาโรจน์ คำเจริญ. 2547. อาหารและการให้อาหารสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาสัตวศาสตร์. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. 657 หน้า.
- สุริยะ สะวานนท์. 2549. ผลของการเสริมจุลินทรีย์อีเอ็มหรือจุลินทรีย์ผลิตกรดแลคติกในอาหารสุกรต่อ

- สมรรถภาพการผลิต การใช้ประโยชน์ได้ของ โภชนะ รวมทั้งปริมาณและคุณสมบัติของสิ่ง ขั้บถ่าย. วารสารเกษตร 22(3): 235-244.
- เสกสม อตมามงกูร. 2547. การใช้สารเสริมเพื่อช่วย ปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารสัตว์ เอกสารประกอบการฝึกอบรมเทคนิคการผลิต อาหารสัตว์ชั้นสูง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน, นครปฐม. 82 หน้า.
- อุดม กักพล ไสภณ เชิงสำราญ และ อมร เพชรสม. 2547. อินทรีย์เคมี .จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 486 หน้า
- อัจฉรา นิยมเดชา เปลื้อง บุญแก้ว และ มงคล คงเสน. 2557. ผลของการเสริมสั้มแซกในอาหารต่อ สมรรถภาพการผลิต และค่า pH ในทางเดิน อาหารของไก่เนื้อ. ในการประชุมวิชาการสัตว ศาสตร์แห่งชาติ ครั้งที่ 3 “ปศุสัตว์ไทย ไร้ พรมแดน” วันที่ 8-10 เมษายน 2557. หน้า 61.
- Bailey, J. S. and E. Berrang. 1994. Hatchery- acquired *Salmonella* in broiler chicks. Poultry Science 73: 1153-1157.
- Barnhart., E. T., D. J. Caldwell, M. C. Crouch, J. A. Byrd, D. E. Corrier and B. M. Hargis. 1999. Effect of lactose administration in drinking water prior to and during feed withdrawal on *Salmonella* recovery from broiler crops and ceca. Poultry Science 78: 211-214.
- Bolduan. G. 1999. Principle of acidification of piglets feed. Pig News and Information 9: 381-385.
- Byrd, J. A., B. M. Hargis, D. J. Caldwell, R. H. Bailey, K. L. Herron, J. L. McReynolds, R. L. Brewer, R. C. Anderson, K. M. Bischoff, T. R. Callaway, and L. F. Kubena. 2001. Effect of lactic acid administration in the drinking water during preslaughter feed withdrawal on *Salmonella* and *Campylobacter* contamination of broilers. Poultry Science 80:278-283.
- Carson, J. A., J. S. Bailey and N. A. Cox. 1994. Transmission of *Salmonella typhimurium* during hatching of broiler chicks. Avian Diseases 38: 583-588.
- Chansiripornchai, N., J. Sasipreyajan and T. Lekdumrongsak. 2000. Control of *Salmonella* infection. (Online) Available: <http://www.pioneer.netserv.chula.ac.th> (May 18, 2015).
- Chapman, J. D. 1988. Probiotics, acidifier and yeast culture : a place for natural additives in pig and poultry production, pp. 219-233. In: T. P. Lyon (ed.) Biotechnology in the Feed Industry. McGraw Hill Book Comp, Inc., New York.
- Cox, N. A., J. R. Bailey, J. M. Mauldin, and L. C. Blankenship. 1990. Research note: Presence and impact of *Salmonella* contamination in commercial broiler hatcheries. Poultry Science 69: 1606-1609.
- Freese, E., C. Sheu, and E. Galliers. 1973. Function of lipophylic acids as antimicrobial food additives. Nature 241: 321-325.
- Hassan, H. M. A., M. D. Mohamed, A. W. Youssef, and E. R. Hassan. 2010. Effect of using organic acids to substitute antibiotic growth promoters on performance and intestinal microflora of broilers. Asian-Austral. Journal of Animal Science 23: 1348-1353.
- Galluser, M., B. Crenischow, H. Dreyfus, F. Gosse, B. Guerols, J. Kachelhoffer, M. Doffoel and P. Raul. 1993. Comparison of different lipid substrates on intestinal. Journal of Animal Science 59: 2197-2203.
- Ivan, E. I. 2003. Microbiology epidemiology and parasitology. Poultry International. 42: 33-37.
- Marinho, M. C., M. M. Lordelo, L. F. Cunha and J. P. B. Freire. 2007. Microbial activity in the gut of piglets: I. Effect of prebiotic and probiotic supplementation. Livestock Science 108:

- 236-239.
- Matho, G., S. Himathongkham, H. Riemann and P. Kass. 1997. Destruction of *Salmonella* enteritidis in poultry feed by combination of heat and propionic acid. *Poultry Science* 41: 58-61.
- Miyamoto, T., E. Baba, M. Tanaka and K. Sasai. 1997. *Salmonella enteritidis* contamination of eggs from hens inoculated by vaginal, cloacal, and intravenous routes. *Avian Diseases* 41: 296-303.
- Odle, J. 1999. Medium-chain triglycerides: a unique energy source for neonatal pigs. *Pig News Information* 20: 25-32.
- Ogunwale, O. A., O. A. Abu and I. A. Adepoju. 2011. Performance and carcass characteristics of broiler finishers fed acidifier based diets. *Pakistan Journal of Nutrition* 10(7): 631-636.
- Partanen K., H. Siljander-Rasi, T. Alaviuhkola, K. Suomi and M. Fossi. 2002. Performance of growing-finishing pigs fed medium or high fibre diets supplemented with avilamycin, formic acid or formic acid-sorbate blend. *Livestock Production Science* 73: 139-152.
- Phillip, A. S., S. N. Talmadge, K. K. Linda, B. J. Zelpha and N. B. Joseph. 1982. Influence of temperature moisture and propionic acid on mold growth and toxin production on corn. *Poultry Science* 62: 491-423.
- Ricke, S. C. 2003. Perspectives on the use of organic acids and short chain fatty acids as antimicrobials. *Poultry Science* 82: 632-639.
- Risley, C. R., E. T. Kornegay, M. D. Lindemann and S. W. Weakl. 1991. Effects of organic acid with and without a microbial culture on performance and gastrointestinal tract measurements of weanling pigs. *Journal of Animal Science* 35: 259-270.
- Rot, F. X. and M. Kirchgessner. 1989. Organic acid application in feeds without antibiotics. *Feed Mixture* 8: 15-17.
- Russell, S. M. 2002. Intervention strategied for reducing *Salmonella* prevalence; reducing *Salmonella* prevalence on ready-to-cook chicken requires a multi-hurdle approach at all stages of live production and processing. *WATT Poultry USA*. 28-45.
- Saki, A. A., R. N. Harcini, E. Rahmatnejad and J. Salary. 2012. Herbal additives and organic acids as antibiotic alternatives in broiler chickens diet for organic production. *African Journal of Biotechnology* 11(8): 2139-2145.
- Sharma, R., U., Schumacher, V. Ronaasen and M. Coates. 1995. Rat intestinal mucosal responses to a microbial flora and different diets. *Gut*. 36: 209-214.
- Takase, S. and T. Goda. 1990. Effects of medium-chain triglycerides on brush border membrane-bound enzyme activity in rat small intestine. *Journal of Nutrition* 120: 969-976.
- Tarazi, Y. H. and K. Alshawabkeh. 2003. Effect of dietary formic and propionic acids mixture on limiting *Salmonella pullorum* in layer chicks. *Asian-Australasian Journal of Animal Science* 2003.16: 77-82.
- Thompson, J. L. and M. Hinton. 1997. Antibacterial activity of formic and propionic acids in the diet of hens on *salmonellas* in the crops. *British Poultry Science* 38: 59-65
- Waldroup, A., S. Kaniawato and A. Mauromoustakos. 1995. Performance characteristics and microbiological aspects of broiler fed diets supplemented with organic acids. *Journal of Food Protection* 58: 482-489.

คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ (ต่อ)

รูปแบบในการใช้ภาษาอังกฤษในเนื้อเรื่องภาษาไทย

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

การส่งเรื่องเพื่อตีพิมพ์

ให้ส่งบทความ Online เท่านั้น ได้ที่

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

การบอกรับเป็นสมาชิก

บอกรับเป็นสมาชิกได้จากใบบอกรับเป็นสมาชิกท้ายเล่ม หรือติดต่อกองบรรณาธิการโดยตรง

การตอบรับบทความ

บทความทุกบทความที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารเกษตร ต้องผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ ไม่น้อยกว่า 2 ท่าน

** กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการตรวจและแก้ไขบทความที่เสนอเพื่อการตีพิมพ์ในวารสารเกษตร

** 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 32, Issue 1 January - April 2016

Study on Genetic Relationship of <i>Dimocarpus longan</i> Using ID-RAPD Technique Saengtong Pongjaroenkit, Janpen Sara, Theeranuch Jaroenkit and Chantana Wicharatana.....	1
Effects of Sucrose, Activated Carbon, and Light Duration on <i>In Vitro</i> Microrhizome Formation of Ginger Chonthicha Jaimakaew, Siwaporn Thumdee and Chamchuree Sotthikul.....	9
Good Agricultural Practices Adoption of Mango's Farmer at Samko District, Angthong Province Nattawut Janthong and Phahol Sakkatat.....	19
Factors Related to Motivation of Farmer's Descendants on Agricultural Inheritance in Sanpatong District Chiang Mai Province Sansanee Krajangchom, Sudarat Auttarat, Nattasit Srinurak and Ubonrat Yasai.....	29
Provincial Migration and Agricultural Population Change in Thailand Chanon Suwanmontri and Hiroyuki Kawashima.....	39
Effects of Potassium Silicate in Controlling Powdery Mildew and Downy Mildew of Japanese Cucumber under Plastic House and Farmer's Field Conditions Sureewan Mekkamol, Kanjana Wichitrakulthavorn and Renu Suwanpornskul.....	51
Efficacy of Bio-extracts from Chili Residues against <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> <i>In Vitro</i> Pilunthana Thapanapongworakul and Chanakarn Ratanasakchaichan.....	61
Pyramiding 3 Brown Planthopper Resistant Genes from BC4F3-4 Backcross Rice Lines [(Rathu Heenati/KDML105) X Chai Nat 1] and [(Abhaya/KDML105) X Chai Nat 1] Weerathep Pongprasert, Somchai Tanasinchayakul, Jate Kotcharerk and Kanita Kertsuk.....	73
Biology of Green Scale (<i>Coccus viridis</i> Green) and It's Control by Insecticides and Entomopathogenic Fungi in Coffee Plantation Chuleerat Rungson, Piyawan Suttiaprapan and Yaowaluk Chanbang.....	83
Growth of Gold Cordyceps (<i>Cordyceps militaris</i>) on Pupae of Nanglai Thai Native Silkworm and Eri Silkworm Kanokwan Luerdara, Jiraporn Kulsarin, Sawai Buranapanichpan and Tanya Tapingkae.....	95
Effects of Dried-fermented Rice, Yeast, and Probiotic Supplementation on Egg Production, Carcass Characteristic, and Meat Quality of Spent Laying Hen Watchara Laenoi, Weerapong Kunkaew, Kittipong Samootkwam, Theeraphruek Sookwong, Pitchinee Chiangreng and Kritthaphak Buranawit	103
Utilization of Fermented Corn cob to Replace Commercial Feed Mixed in Native Crossbred Chicken Montri Punyatong and Watchara Laenoi.....	111
Influence of Nitrogen Fertilizer on Ruminal Degradability and Chemical Composition of Pangola Grass Auraiwan Isuwan and Jeerasak Chobtang.....	118
Partial Sequence Characterization of Insulin-like Growth Factor-I (IGF-I) Gene in Mekong Giant Catfish (<i>Pangasianodon gigas</i>) and Striped Catfish (<i>Pangasianodon hypophthalmus</i>) Nantaporn Sutthi, Doungporn Amornlerdpison, Nares Trakooljul, Siriluck Ponsuksili, Klaus Wimmers and Kriangsak Mengumphan.....	127
Review Article: Usage of Organic Acids on Inhibition Pathogenic Bacteria Growth (<i>Salmonella</i> spp.) in Gastrointestinal Tract of Poultry Atchara Niyomdecha.....	139