



วารสารเกษตร

JOURNAL OF AGRICULTURE

วารสารวิชาการของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ปีที่ 28 ฉบับที่ 3 ตุลาคม 2555

กลยุทธ์ในการดำรงชีพที่กระจายความเสี่ยงในระบบการผลิตฝ้ายหลังฤดูมรสุมบนพื้นที่ดอน
อาศัยน้ำฝนของภาคกลางประเทศเมียนมาร์

เมื่อยะ เมื่อยะ ซาย และ บุศรา ลิ้มนิรันดร์กุล.....	205
สมบัติของดินกับการสะสมคาร์บอนและธาตุอาหารในป่าสนธรรมชาติ อำเภอภักดีชุมพล จังหวัดเชียงใหม่	
ตฤณ เสริมธากุล สุนทร คำยอง นิวัติ อนงค์รักษ์ และ ธนุชัย กองแก้ว.....	217
การเจริญเติบโตและผลของวัสดุปลูกต่อการผลิตแซนเดอร์โซเนียในประเทศไทย	
วันวิสา กันยากอง และ ไสระยา ร่วมรังษี.....	229
ผลของไมคอร์ไรซาต่อการเติบโตของกล้วยไม้ดินลิ้นมังกรสีชมพู	
แพรวระวี แสงมณี อรพรรณ ฉัตรสีรุ่ง และ ณัฐา โพธารมณ์.....	237
ผลของปริมาณไออนบีมพลังงานต่ำในการชักนำการกลายพันธุ์ของอัญชัน	
กฤติยาพร บวรวิฒนะ ศิวาพร ธรรมดี และ อติศร กระแสชัย.....	245
การตรวจสอบความต้านทานโรคราแป้งในถั่วลิสงเตาโดยเครื่องหมายโมเลกุล	
กมล ทิพโชติ วิวัฒน์ บัณฑิตย์ และ ณัฐา โพธารมณ์.....	255
ความสามารถในการผสมข้ามชนิดและสกุลของกล้วยไม้ดินสกุลฮาเบนาเรียและ สกุลเพเทลิสบางชนิด	
ชิดชนก ก่อเจตย์ วิวัฒน์ บัณฑิตย์ จามจุรี โสติภกุล และ ณัฐา โพธารมณ์.....	263
การชักนำและเพิ่มปริมาณเอนไซม์โดยเพาะเลี้ยงเซลล์แขวนลอยของปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา และการตรวจสอบความแปรปรวนโดยใช้เครื่องหมายอาร์เอฟดี	
ทรรศณีย์ นิยะกิจ และ สมปอง เตชะโต.....	273
การคัดเลือกเชื้อแอคติโนไมซีตเอนโดไฟต์ที่เป็นปฏิปักษ์ต่อเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของลำไย	
เกวลิน คุณาศักดากุล และ ชัยพร ชัดสงคราม.....	285
ผลของการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับตะแกรงสั่นต่อการกำจัดด้วงงวงข้าวใน การเก็บรักษาข้าวเปลือก	
ประติฐ รามขนิมา ธวัชชัย ทิวาวรรณวงศ์ สมโภชน์ สุดาจันทร์ และ ชัยยันต์ จันทร์ศิริ.....	295
การเพาะเลี้ยงดั่งเต่าสีส้มด้วยอาหารเทียมหลัก	
วณิชญา นิมนาค วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ ไสว บุรณพานิชพันธุ์ และ จิราพร กุลสาริน.....	303

บทความปริทัศน์:

ระดับเศรษฐกิจของแมลงศัตรูพืช

ชาญณรงค์ ดวงสอาด.....313

คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ

เรื่องที่ตีพิมพ์

บทความวิจัย บทความปริทัศน์ หรือบทความวิชาการ

การเตรียมต้นฉบับ

1. ภาษา เป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ

2. การพิมพ์ พิมพ์หน้าเดียวบนกระดาษขนาด A4 ด้วย ไมโครคอมพิวเตอร์โปรแกรม ไมโครซอฟท์ เวิร์ด ด้วยอักษร Cordia new ขนาด 14 ตัวอักษรต่อนิ้ว ความยาวไม่ควรเกิน 10 หน้า (รวมบทคัดย่อภาษาไทยและภาษาอังกฤษ)

3. การเรียงลำดับเนื้อหา

3.1 ชื่อเรื่อง (Title) ควรสั้น ชัดเจน และต้องสื่อเป้าหมายหลักของการศึกษาวิจัย ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

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

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

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

3.5 อุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods) ให้อธิบายละเอียดวัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ ตลอดจนวิธีและแบบจำลองการศึกษาวิจัยที่ชัดเจน และสมบูรณ์

3.6 ผลการศึกษาหรือผลการทดลอง (Results) ให้บรรยายผลการศึกษาวิจัย พร้อมเสนอข้อมูลในรูปแบบ ตารางหรือภาพประกอบได้ โดยตารางหรือภาพ ให้จัดทำเป็นภาษาอังกฤษทั้งหมด

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

3.8 สรุป (Conclusion) ควรสรุปผลที่ได้รับจากการศึกษาวิจัยว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่ พร้อมให้ข้อเสนอแนะ หรือระบุอุปสรรคและแผนงานวิจัยที่จะดำเนินการต่อไป

4. กิตติกรรมประกาศ หรือ คำขอบคุณ (Acknowledgement)

อาจมีหรือไม่ก็ได้ เป็นการแสดงความขอบคุณแก่ผู้ช่วยเหลือในงานวิจัย แต่ไม่ได้เป็นผู้ร่วมงานวิจัย

5. เอกสารอ้างอิง (References)

5.1 ในเนื้อเรื่อง ไม่ควรอ้างอิงถึงเรื่องที่เกี่ยวกับชื่อหรือหน่วยงานที่ใช้อ้างอิงคือระบบชื่อ และปี (Name-and-year System) ในเอกสารภาษาไทย ให้ใช้ชื่อตัวและปี พ.ศ. เช่น สมชาย (2545) รายงานว่า...หรือ...(สมชาย, 2545) หากมีผู้เขียน 2 คน ให้ใช้ เป็น 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 Johnny (2003)...หรือ...(Johnny, 2003) ถ้าผู้เขียนมี 2 คน ให้ใช้ เป็น Johnny and Walker (2004) ...หรือ...(Johnny and Walker, 2004) หากมีมากกว่า 3 คน ให้ใช้ เป็น Johnny *et al.* (2005)...หรือ...(Johnny *et al.*, 2005) สำหรับในบัญชีเอกสารอ้างอิง ให้ใส่ชื่อผู้เขียนทุกคนห้ามใช้คำว่า และคณะ หรือ *et al.*

5.2 ในบัญชีเอกสารอ้างอิง ให้เรียงลำดับเอกสารภาษาไทยก่อนภาษาอังกฤษ โดยเรียงตามลำดับอักษรในแต่ละภาษา ตามรูปแบบการเขียนมีดังนี้

1) วารสาร (Journals)

ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่อง. ชื่อวารสาร. (เขียนเต็มหรือย่อก็ได้) ปีที่(ฉบับที่):

เลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าที่สิ้นสุด.

วันทนา มุทิตา และ ณัฐรา ควรประเสริฐ. 2547. เซลล์พันธุศาสตร์และการถ่ายทอดลักษณะของฟิวเซีย. วารสารเกษตร 20(1): 10-18.

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

2) หนังสือ และตำรา (Books & Textbooks)

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

จริยา วิสิทธิ์พานิช ชาตรี สิทธิกุล และ ยาวลักษณ์ จันทร์บาง. 2545. โรคและแมลงศัตรูลำไย ลิ้นจี่ และมะม่วง. สมรรถการพิมพ์, 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) เรื่องย่อในตำราหรือหนังสือที่มีผู้เขียนแยกกันเขียน และมีบรรณานุกรม

ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่องย่อ. หน้า เลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าที่สิ้นสุด. ใน:

ชื่อบรรณานุกรม, (บก.) ชื่อหนังสือ. สำนักพิมพ์, เมืองที่พิมพ์.

ดำรง เวชกิจ และ สมบูรณ์ ทองสกุล. 2535. เทคนิคการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช. หน้า 22-42. ใน: สุวัฒน์ รวยจริย (บก.). แมลงและสัตว์ศัตรูที่สำคัญของพืชเศรษฐกิจและการบริหาร. ห้างหุ้นส่วนจำกัด ไอเดียสแควร์, กรุงเทพฯ.

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

4) วิทยานิพนธ์

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

อภิรักษ์ มณีพงษ์. 2547. ผลของการใช้ไอโซนตอคุณภาพและสารพิษตกค้างหลังการเก็บเกี่ยวส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 100 หน้า.

5) เอกสารวิชาการอื่นๆ

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

ทวีศักดิ์ ชัยภาส. 2544. แมลงศัตรูปาล์มน้ำมันในประเทศไทย. เอกสารวิชาการ. กองกัญและ สัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 126 หน้า.

6) สื่ออิเล็กทรอนิกส์

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

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

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

คู่มือแนะนำรูปแบบในการใช้ภาษาอังกฤษในเนื้อเรื่องภาษาไทย และการส่งเรื่องเพื่อตีพิมพ์ได้ไม่บกพร่อง

วารสารเกษตร

JOURNAL OF AGRICULTURE

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

สำนักงานและ การติดต่อ	กองบรรณาธิการวารสารเกษตร งานบริหารงานวิจัย และวิเทศสัมพันธ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัย เชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200 โทร. 0 5394 4089-92 ต่อ 15 โทรสาร 0 5394 4666 E-mail: agjournal@cmu.ac.th	Office and Inquiries	Editorial Board, Journal of Agriculture, Division of Research and International Affairs, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand Tel: 0 5394 4089-92 Fax: 0 5394 4666 E-mail: agjournal@cmu.ac.th
การขอรับ เป็นสมาชิก	ขอรับเป็นสมาชิกได้จากใบบอก รับเป็นสมาชิกท้ายเล่ม หรือติดต่อ กองบรรณาธิการโดยตรง	Membership	Apply through the membership form as attached herewith or contact directly to the Editorial Board
กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการตรวจและแก้ไข บทความที่เสนอเพื่อการตีพิมพ์ในวารสารเกษตร			The Editorial Board claims a right to review and correct all articles submitted for publishing

บทบรรณาธิการ

สวัสดีครับท่านผู้อ่านทุกท่าน

วารสารเกษตรปีที่ 28 ฉบับที่ 3 ประจำเดือน ตุลาคม 2555 ดังเป็นที่ทราบกันดีว่าในปี พ.ศ. 2558 หรืออีก 3 ปีข้างหน้า ประเทศไทยมีการตื่นตัวกันมากสำหรับการเข้าสู่ประชาคมอาเซียน ซึ่งทุกภาคส่วนได้มีการเตรียมความพร้อมเพื่อนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงที่ส่งผลกระทบต่อประเทศไทย โดยเฉพาะระบบอุดมศึกษาไทย ดังนั้นในวารสารเกษตรฉบับนี้จะมีบทความวิจัยหนึ่งของประเทศเพื่อนบ้านเรา คือ เมียนมาร์ ที่มีการจัดทำกลยุทธ์ ในการดำรงชีพที่กระจายความเสี่ยงในระบบการผลิตฝ่ายหลังฤดูมรสุม บนพื้นที่ดอน อาศัยน้ำฝน เป็นงานวิจัยที่จะได้รู้ได้ทราบว่าเป็นอย่างไร ซึ่งอาจใกล้เคียงหรือแตกต่างกับบริบททางพื้นที่ของประเทศไทย นี่เป็นอีกหนึ่งบทบาทที่ทางกองบรรณาธิการจะพยายามสรรหาบทความวิจัยของสมาชิกประชาคมอาเซียนมาเผยแพร่ต่อไป นอกจากนี้ยังมีบทความของสาขาพืชสวน 6 เรื่อง สาขาป่าไม้ 1 เรื่อง สาขาโรคพืช 1 เรื่องและสาขากัญชีวิทยา 3 เรื่อง

สำหรับวารสารเกษตรฉบับนี้ ยังมีบทความปริทัศน์ 1 เรื่อง คือระดับเศรษฐกิจของแมลงศัตรูพืช ซึ่งเป็นบทความที่ได้ค้นหาและรวบรวมงานวิจัยจำนวนมาก มาขมวดในการนำเสนอที่มีสาระอย่างยิ่ง ซึ่งนับว่าเป็นองค์ความรู้ที่ก่อให้เกิดประโยชน์อย่างมากเชิงวิชาการ อีกทั้งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้เป็นอย่างดี ดังคำกล่าวที่ว่า “งานวิจัยไม่ขึ้นหิ้ง แต่ขึ้นห้าง” นั่นเอง

พบกันใหม่ในฉบับหน้าครับ

ศ.ดร. สัมชัย จตุรสิทธิ์ธา

บรรณาธิการวารสารเกษตร

Livelihood Diversification Strategies in Post-monsoon Cotton Production Systems in Rainfed Upland of Central Myanmar

กลยุทธ์ในการดำรงชีพที่กระจายความเสี่ยงใน ระบบการผลิตฝ้ายหลังฤดูมรสุมบนพื้นที่ดอนอาศัยน้ำฝน ของภาคกลางประเทศเมียนมาร์

Myint Myint Khaing^{1/} and Budsara Limnirankul^{2/}
เมื่อยะ เมื่อยะ ข่าย^{1/} และ บุศรา ลิมน์รันคูล^{2/}

บทคัดย่อ: การศึกษานี้ได้วิเคราะห์ผลของสินทรัพย์ในการดำรงชีพต่อการผลิตฝ้ายหลังฤดูมรสุม และศึกษาปัจจัยข้อจำกัดในการผลิตฝ้ายในเมือง เจ้าเซ เมียดา และวันวิน ซึ่งตั้งอยู่ในเขตภาคกลางของประเทศเมียนมาร์ ในปี 2553 โดยทำการสัมภาษณ์เกษตรกร 150 ครอบครัว ที่อาศัยในพื้นที่ โดยใช้กรอบวิถีชีวิตที่ยั่งยืน (Sustainable Livelihoods Framework) พบว่าสาเหตุที่ผลผลิตฝ้ายต่ำเนื่องจากปัจจัยหลายประการ เช่น ปัญหาโรค การจัดการปุ๋ยที่ไม่เหมาะสม ขาดแคลนแรงงานช่วงเก็บเกี่ยว มีปัจจัยการเงินจำกัด และการได้รับการส่งเสริมที่ไม่เพียงพอ นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศยังทำให้ผลผลิตฝ้ายลดลง เกษตรกรที่ผลิตฝ้ายได้นำวิธีการจัดการที่หลากหลายเพื่อการผลิตฝ้ายอย่างยั่งยืน รวมถึงการใช้พันธุ์ปรับปรุง เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพดี การป้องกันศัตรูพืชและวิธีการจัดการปุ๋ยที่เหมาะสม และการปลูกพืชหมุนเวียน เกษตรกรได้ปฏิบัติตามคำแนะนำของเจ้าหน้าที่ส่งเสริม และใช้แรงงานอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้ได้รายได้สูงขึ้น เกษตรกรได้ประยุกต์ใช้ยุทธศาสตร์ในการดำรงชีวิตที่หลากหลายที่มีการผสมผสานระหว่างการผลิตทางเกษตรร่วมกับกิจกรรมนอกภาคเกษตร และกิจกรรมที่ไม่ได้มาจากการเกษตร การเกษตรภายใต้ระบบการผลิตพืชที่หลากหลายยังคงให้รายได้แก่ครัวเรือนสูงสุด

คำสำคัญ: ยุทธศาสตร์ในการดำรงชีพ ระบบการผลิตฝ้ายหลังฤดูมรสุม กรอบวิถีชีวิตที่ยั่งยืน ที่ดอนอาศัยน้ำฝน ภาคกลางประเทศเมียนมาร์

^{1/} Lungyaw Cotton Research and Seed Farm, Industrial Crops Development Department, Ministry of Agriculture and Irrigation Kyaukse Township, Mandalay Division, Myanmar

^{2/} Department of Agricultural Economics and Agricultural Extension, and Multiple Cropping Center, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

Abstract: This study investigates the contribution of livelihood assets to post-monsoon cotton production, and examines the production constraining factors in three townships of Central Myanmar in 2010. A total of 150 farming households from Kyaukse, Myittha, and Wundwin townships were interviewed using sustainable livelihood framework. The low cotton yield was due to several factors such as pest problem, inappropriate fertilizer management, labor shortage during harvest, limited financial asset, and insufficient extension contact. Climatic variation also reduced crop yield. The cotton farmers adopted various management practices to sustain crop production including improved variety, good quality seed, appropriate pest and fertilizer management, as well as crop rotation. Farmers followed extension's recommendation, and effective labor use. To achieve high income, farmers adapted diversification livelihood strategies involving combination of farming, off-farm, and non-farm activities. Agriculture, through diversified cropping systems, still contributed the highest household income.

Keywords: Livelihood strategies, post-monsoon cotton production systems, sustainable livelihoods framework, rainfed upland, Central Myanmar

INTRODUCTION

Agriculture supports the livelihoods of the majority of the population in Myanmar. The agricultural sector directly accounted for Gross Domestic Product (GDP) of 34 percent (2008-09), 15.4 percent of the country's exports, and contributed to the total labor force of about 61.2 percent (MOAI, 2010). The total cultivated area under various crops cultivation was about 11.87 million hectares in 2008-2009 cropping season (i.e. 17.5 percent of the total area) (MOAI, 2009).

Cotton popularly known as white gold is grown mainly for fiber and is an important field crop. Cotton has been justified as an economically viable crop that has possessed a significant and positive impact on exports, economic growth and rural development (Badiane *et al.*, 2002). In both industrial and developing countries worldwide, cotton has also been used as an engine of economic growth and gives income to millions of farmers (Wang and Chidmi, 2009). In Myanmar, cotton production forms an important source of fiscal revenues and export

earnings and serves as a development strategy for governments. Most of the cotton production is concentrated in the central part of the country which receives unreliable rainfall during the growing season. According to their geographical situation and farming systems, the rainfed areas are quite complex with a wide range of crops and cropping system and livestock production. There are about 359,409 hectares under rainfed and irrigated modes of production as pre-monsoon, monsoon and post-monsoon growing seasons (CSD, 2010) contributing to 3.03 percent of total cultivated area of the country.

Cotton is considered to be a difficult crop to grow because it is sensitive to drought, low temperatures and vulnerable to various insects. In Myanmar, average farm yield is about 2,400 kg ha⁻¹. Although average cotton yield has increased gradually from year to year, it is still below the national target yield and is only around 30 percent of the world average yield (Tin, 2006).

The upland cotton farmers have faced with several yield constraining factors which lead to lower household incomes. To sustain their livelihoods, the

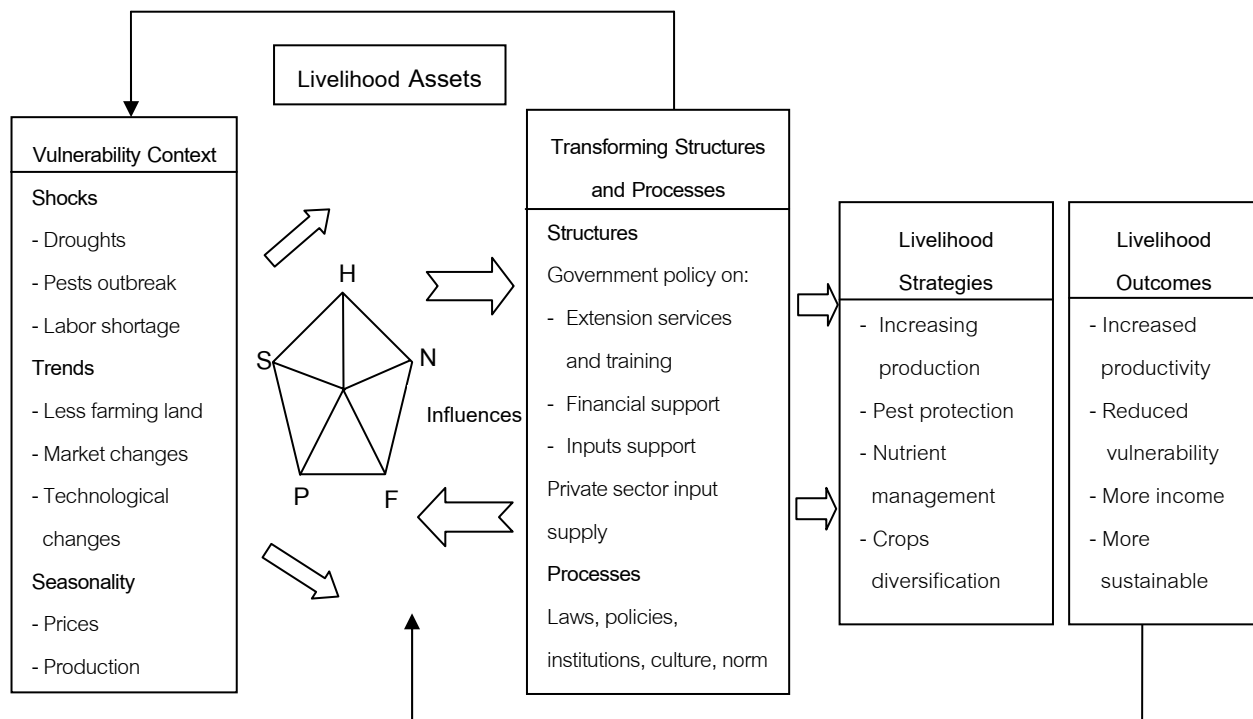
cotton farmers adapt different strategies to improve their livelihoods. The objectives of this study are to investigate production constraints of post-monsoon cotton production and to determine the farmers' livelihood strategies in post-monsoon cotton based cropping systems.

Sustainable livelihoods framework

The sustainable livelihoods approach is a method of thinking about the objectives, scope, and priorities for development activities. It makes the link between people and the overall enabling environment that affects the outcomes of livelihood strategies. The sustainable livelihoods framework guides what are the main facts that affect livelihoods

of local people and how they relate to one another. The relationships between them are important to mirror that people modify assets to activities and the effect of the policies, institution and process to the fundamental components (DFID, 1999).

Livelihoods compose of resources or assets or capital (human, natural, social, physical and financial capital and access to use these) that allow strategies to be employed in order to survive and fulfill desirable livelihood outcomes (DFID, 2001). Thus, livelihoods framework is an appropriate way to investigate about the livelihood constraints, assets and strategies of post-monsoon cotton farmers. The framework for their interaction is illustrated in Figure 1.



Key assets

H = Human Capital, N = Natural Capital, P = Physical Capital, S = Social Capital, F = Financial Capital

Figure 1 Sustainable Livelihoods Framework showing production of cotton-based farming systems

Source: Modified from Department for International Development (DFID) (1999)

METHODOLOGY

Description of study area, data source and analysis

Mandalay Division is the largest cotton growing area of the Central Myanmar and it has the potential to produce large amounts of high quality cotton. The cultivated area in Mandalay Division under cotton is about 141,964 ha that is 39.48 percent of total cotton planted area of the country. This study was conducted in Kyaukse, Myittha and Wundwin townships under Mandalay Division with the cotton cultivation of 23 percent, 20 percent and 8 percent of the total cultivated area respectively.

A total of 150 farmers, with 50 from each village under each township was selected using multistage random sampling method and interviewed individually through the structured questionnaire. Data were collected on production constraints, five capital assets received by farmers and livelihood strategies on post-monsoon cotton production and farming systems. Different types of descriptive statistical method were applied to formulate percentage, frequency and average value in this study.

RESULTS AND DISCUSSIONS

Households' perceptions of production constraints in post-monsoon cotton production

Rainfed cotton farming is a risky enterprise and it has always been a challenge to sustain cotton productivity. The average farm yield was 947 kg ha⁻¹ in Kyaukse, 770 kg ha⁻¹ in Myittha and 891 kg ha⁻¹ in Wundwin, respectively. These yields were substantially below the potential yield of 1,647 kg ha⁻¹. Common production problems perceived by farmers are identified in Table 1.

Majority of the farmers faced with pest problems and they used seed treatment method and pesticides to control pest infestation. Pest occurrence depended on the weather factors such as temperature, relative humidity and precipitation. The farm survey showed that 84 percent, 48 percent and 94 percent of respondents in Kyaukse, Myittha and Wundwin faced with pest problems. Lack of seed treatment (72 percent of respondents) to prevent sucking pests was one of the constraints in Kyaukse. Therefore, seed treatment is essential for pest protection. The spraying frequency of five and more than five times per season was observed in 64 percent, 24 percent and 82 percent of respondents in Kyaukse, Myittha and Wundwin, respectively. The rest of the respondents in all areas used less than five spraying times.

The application of inorganic and organic fertilizer is an important practice to increase cotton yield. Lack of fertilizers or insufficient use of fertilizers is one of the constraining factors. Although farmers possessed relatively fertile soil condition, it was necessary to use fertilizer for continuously growing of cotton. About 92 percent and 78 percent of respondents in Kyaukse did not apply inorganic fertilizer and farm yard manure (FYM). Lack of application of chemical fertilizer was the second most important constraint facing by 62 percent of farmers in Myittha and 68 percent of the respondents in Wundwin did not apply FYM.

Myittha experienced the most unreliable rainfall, and received the lowest precipitation in October at the time of the peak flowering. There was labor shortage during picking time across all study areas. Other constraining factors included limited financial asset and insufficient extension contact. Low product price was particularly found in Kyaukse and Myittha.

Table 1 The most common constraints perceived by respondents on post-monsoon cotton

Constraints	Kyaukse		Myittha		Wundwin	
	Frequency	%	Frequency	%	Frequency	%
Poor land preparation	5	10	8	16	7	14
No optimum sowing time	9	18	12	24	1	2
No recommended spacing	0	0	13	26	15	30
Poor seed quality	7	14	1	2	7	14
No seed treatment	36	72	23	46	16	32
Lack of application of FYM	39	78	20	40	34	68
Lack of application of chemical fertilizer	46	92	31	62	11	22
Pest problem	42	84	24	48	47	94
Unreliable rainfall	21	42	37	74	5	10
Labor shortage	28	56	20	40	18	36
Limited financial asset	14	28	12	24	6	12
Low product price and quality	24	48	19	38	4	8
Insufficient extension contact	15	30	18	36	17	34

Source: Survey, 2010

Farmers' access to livelihood assets in post-monsoon cotton production systems

Farmers in Kyaukse had the longest experience in cotton cultivation because of suitable soil conditions and also their interests in cotton cultivation. The total labor used ranged from 104 to 131 mandays/ha averaging 121 mandays/ha/season (Table 2).

Farmer in Kyaukse had the smallest farm size (3.57 ha), and yet they invested 58 percent of their land in cotton cultivation. While farmers in Myittha owned largest farm size (5.38 ha), they only used 28 percent of their land for cotton production.

Farmers in Kyaukse practiced higher seeding rate to overcome climatic variability, but used lowest rate of chemical fertilizer since the soil was relatively fertile. In Myittha, farmers used the highest amount of farm yard manure because they mainly depended on cotton cultivation for income and they cannot spend their capital for chemical fertilizers. However, in Wundwin, application of large amount of chemical fertilizer was found because soil condition was necessary to put chemical fertilizer. The average maximum number of contacts with extension agents (3.24) was observed in Wundwin to solve the pest problems as the area faced serious pest problems, and to promote cotton production though contract farming as means to increase cotton productivity.

Table 2 Comparison of main five assets of post-monsoon cotton production

Capitals	Kyaukse (N=50)	Myittha (N=50)	Wundwin (N=50)	Total (N=150)
Human asset				
Age of household head (years)	52.02	49.54	56.14	52.57
Household size	4.92	4.82	5.70	5.15
Education (years)	5.10	4.40	4.70	4.73
Experience in farming (years)	27.06	26.32	32.32	28.57
Experience in cotton cultivation (years)	20.52	10.28	10.58	13.79
Total labor (man days/season/ha)	127.85	103.94	130.55	120.78
Natural asset				
Total land holding (ha)	3.57	5.38	4.93	4.62
Cotton cultivated land (ha)	2.07	1.55	0.83	1.48
Physical asset				
Transportation system (%)	60	36	60	52
Seed rate (kg ha ⁻¹)	20.29	18.26	15.41	17.99
Chemical fertilizer (kg ha ⁻¹)	7.82	22.09	91.62	40.51
Farm yard manure (kg ha ⁻¹)	845.98	2192	1367	1468
Pesticide cost (kyats ha ⁻¹)	38,329	35,943	42,321	38,864
Land preparation cost (kyats ha ⁻¹)	88,316	80,275	91,958	86,850
Farm equipment value (kyats)	419,100	518,020	644,360	527,160
Social asset				
Labor network (%)	34	42	52	43
Extension contacts (no./season)	2.98	2.66	3.24	2.96
Financial asset				
Total income (kyats year ⁻¹)	1,931,960	1,770,645	3,052,851	2,254,485
Credit amount (kyats year ⁻¹)	78,880	137,000	218,640	144,840

Source: Survey, 2010

With regard to financial asset, the average yearly income per household was 3,052,851 kyats (US\$ 3,053) in Wundwin which was significantly higher than that of Kyaukse and Myittha. This is because in Wundwin, the mainly based on rice and

chili and these crops gave the higher revenue than the other crops. Also, accessibility of credit amount was the highest in Wundwin because the Cotton and Sericulture Department (CSD) supported capital for inputs in order to increase cotton planted area.

Livelihood strategies

Livelihood strategies are the combination of all the different activities that people are performing in the context of their livelihoods (Chambers and Conway, 1991). The aim of livelihood strategies is to achieve better livelihood outcomes.

Farmers' production strategies on post-monsoon cotton production

According to the sustainable livelihoods framework, farmers' expected outcome in cotton production was increased yield by sustainable production. Farmers' strategies in post-monsoon cotton production systems mainly depended on their inputs investment and management practices. Table 3 shows farmers' production strategies on post-monsoon cotton production systems in three townships.

To decrease chemical pest control and provide more natural control, farmers normally used improved variety that is relatively resistant to bollworm and hence reducing spraying frequency. Seed treatment method was applied to prevent early season sucking pests. By the utilization of this method, additional pesticide spraying for sucking pests was avoided until 45 days after planting. In protection of bollworm and late season sucking pests, number of right time application of pesticide by selecting correct insecticide and correct dosage was recommended to specific pests.

Majority of farmers used good quality seed to provide the highest germination rate and strong seedlings under certain moisture at growing time. All of the respondents followed the recommended growing practices in Kyaukse. With regard to the effective use of labor, cotton farmers avoided on the waste of labor use during the growing season especially in weeding and harvesting time. They also

gave attention on the recommended growing practices and extension officers' instruction to obtain advanced technologies.

Higher proportion of farmers in Wundwin used urea and compound fertilizers in post monsoon cotton production, while farmers in Myittha applied highest amount of farm yard manure (FYM) at an average of 2,192 kg/ha. Majority of farmers in both areas also practiced crop rotation, with less farmers practiced in Kyaukse (Table 3). Farmers' sown rotation crops with cotton were mainly leguminous crops such as chickpea and mung bean but sometimes they used sorghum with cotton. They also claimed that chickpea and mung bean contributed to soil fertility and improved soil tilth.

Farmers' livelihood strategies on cotton-based cropping system and their incomes

In cotton-based cropping system, the majority of farmers' expected outcome was to get more income for sustainable livelihoods and to achieve more sustainable use of natural resource especially maintaining soil fertility and reducing of pest incidence. There were four main types of livelihood strategies adopted by the respondents such as only agriculture, agriculture and off-farm activity, agriculture and non-farm activity and agriculture, off-farm and non-farm activity (Table 4). Off-farm activities carried by respondents were farm wage labor, servicing draught power and machinery power. Under the non-farm activities were government staff, selling commodities, carpentry, sewing, cow dealer and driver, respectively.

In Kyaukse, the average income by the combination of agriculture and off-farm activity was about 1,582 thousand kyats (US\$ 1,582) that was significantly lower than the other incomes. The combined activity of agriculture and non-farm

Table 3 Farmers' production strategies on post-monsoon cotton production system in three townships

No.	Strategies	Kyaukse	Myittha	Wundwin
1.	Good quality seed	43 (86%)	49 (98%)	43 (86%)
2.	Recommended growing practices	50 (100%)	37 (74%)	35 (70%)
3.	Plant protection			
	- Resistant variety	50 (100%)	50 (100%)	50 (100%)
	- Seed treatment	14 (28%)	27 (54%)	34 (68%)
	- Spraying frequency (no. per season)	5.12	3.86	5.66
4.	Effective labor used (no. per season)	127.84	103.94	130.55
5.	Fertility management			
	Chemical fertilizer amount (kg ha ⁻¹)	7.82	22.09	91.62
	- Urea – side dressing	1 (2%)	19 (38%)	38 (72%)
	- T-super – basal	1 (2%)	-	1 (2%)
	- Compound – basal	3 (6%)	-	9 (18%)
	- Compound – side dressing	-	-	12 (24%)
	FYM amount – basal (kg ha ⁻¹)	845.98	2192.04	1366.73
6.	Crop rotation	18(36%)	44 (88%)	40 (80%)

Source: Survey, 2010

gave the highest income with the average amount of about 3,230 thousand kyats (US\$ 3,230). According to survey results, 72 percent of respondents in Myittha performed only agriculture followed by 14 percent used the combination of agriculture and non-farm activity and 12 percent used agriculture and off-farm activity. The highest income was obtained by the combined use of agriculture and non-farm with the average amount of 2,451 thousand kyats (US\$ 2,451) and followed by agriculture only with the average amount of 1,766 thousand kyats (US\$ 1,766). In Wundwin, there was about 4,320 thousand kyats (US\$ 4,320) of the highest annual income from the strategy of the combined activities

of agriculture, off-farm and non-farm. The second most important strategy was cultivation of agricultural crops followed by the combined use of agriculture and non-farm activity.

In comparison of the strategies across townships, the highest incomes were obtained from most of the strategies in Wundwin except yearly income from agriculture and non-farm activity that was highest income source in Kyaukse. Agriculture alone gave nearly the equivalent amount of income in Kyaukse and Myittha. The lowest income was produced by the strategy of agriculture and off-farm activities by 14 percent of respondents in Myittha.

Table 4 Main types of livelihood strategies used by the respondents and annual income (thousand kyats)

Main strategies	Kyaukse		Myittha		Wundwin	
	%	Income	%	Income	%	Income
Agriculture	20	1,701	72	1,766	48	3,258
Agriculture - off farm	56	1,582	14	1,115	34	2,512
Agriculture - non farm	16	3,230	14	2,451	12	3,128
Agriculture - off farm - non farm	8	2,366	-	-	6	4,320

Source: Survey, 2010

(1 US\$ = 1,000 kyats)

Agriculture is the dominant activity for livelihood outcome and farmers' used strategies to obtain more income were mainly focused on cultivation of diversified crops under different cropping systems and patterns. The most commonly used of cropping systems were cotton-sorghum-oilseeds in Kyaukse, cotton-rice-sorghum-chickpea-oilseeds, cotton-sorghum-chickpea-oilseeds and cotton-rice-sorghum-chickpea in Myittha and cotton-rice-chili-pulses-oilseeds, cotton-rice-pulses-oilseeds and cotton-rice-chili-oilseeds in Wundwin. Agricultural income was about 1,701 thousand kyats (US\$ 1,701) in Kyaukse, 1,766 thousand kyats (US\$ 1,766) in Myittha and 3,258 thousand kyats (US\$ 3,258) in Wundwin, respectively.

In Kyaukse, agricultural income share constituted about 86 percent of total income and the majority of the crops grown were cotton, sorghum, oilseed crops, pulses and chili. Cotton income was accounted for 51.42 percent of agriculture income, while sorghum was accounted for 17.83 percent. The average amount of income from cotton was 825 thousand kyats (US\$ 825). Crop production also remained the principal source of income in Myittha and there was about 95.71 percent on average and the average amount was 1,695 thousand kyats (US\$ 1,695) per year. Among crop productions, cotton income was also the highest and the average

amount was 583 thousand kyats (US\$ 583) per year with the income share of about 34.97 percent of total farm income followed by chickpea with the amount of 534 thousand kyats (US\$ 534) with the share of 31.54 percent. In Wundwin, cotton, rice, chili, chickpea, oil seed crops and pulses were staple crops. Among field crops, rice was the most important income crop with the average magnitude of 1,077 thousand kyats (US\$ 1,077) and accounted for 37.71 percent of total agriculture income followed by chili (21.57 percent). Within the agriculture income, cotton income was in the third position and the average annual income was 399 thousand kyats (US\$ 399), which was substantially lower than the income from rice and chili and accounted for only 13.89 percent of total crop income.

Under the off-farm income, it was found that the average amounts of 130 thousand kyats (US\$ 130) with the income share of 6.74 percent of total off-farm income in Kyaukse, 20 thousand kyats (US\$ 20) with the income share of only 12 percent in Myittha and 73,910 kyats (US\$ 74) with the income share of 2.42 percent of total off-farm income in Wundwin. About 10.25 percent of total income with the amount of 198 thousand kyats (US\$ 198) under non-farm income was observed and income from government servants was the highest with the average percentage of 44.49 percent of non-farm

income in Kyaukse. The lowest amount of non-farm income was observed in Myittha with the average amount of 56 thousand kyats (US\$ 56). In Wundwin, there was about 122 thousand kyats (US\$ 122) under non-farm income with the income share of 3.99 percent of total non-farm income.

CONCLUSION

The post-monsoon cotton farmers in three selected townships possessed diverse range of livelihood assets and livelihood strategies. The sustainable cotton production practice was evolved through application of integrated approach such as usage of resistant variety, seed treatment, pesticide spraying, appropriate fertilizer management practices such as basal and crop rotation method. Farmers also gave attention to the recommended growing practices and extension officers' instruction to improve productivity. In order to obtain more income, farmers used the combination of agriculture, off-farm and non-farm activities. Agriculture was the main livelihood strategy and diversified farming systems were adopted to minimize risk and improve farm income. The combination of agriculture and non-farm gave the highest income in Kyaukse and Myittha and the highest income was received by that of agriculture, off-farm and non-farm activities in Wundwin. Cotton income was accounted for the highest share of agriculture income in Kyaukse and Myittha but rice income was highest in Wundwin.

ACKNOWLEDGEMENT

The author would like to thank the Multiple Cropping Center, Chiang Mai University and the Thailand International Development Cooperation Agency (TICA) for financial support and also would

like to thank all of interviewed households for their valuable information, government officers and staff of Cotton and Sericulture Department, Myanmar.

REFERENCES

- Badiane, O., D. Ghura, L. Goreux and P. Masson. 2002. Cotton Sector Strategies in West and Central Africa. World Bank Policy Research Working Paper 2867, July 2002.
- Chambers, R and G. R. Conway. 1991. Sustainable Rural Livelihoods: Practical Concepts for the 21st Century, *IDS Discussion Paper* 296, Brighton, England: Institute of Development Studies.
- CSD (Cotton and Sericulture Department). 2010. Annual Report. Myanmar Industrial Crops Development Enterprise, Ministry of Agriculture and irrigation, Myanmar.
- DFID (Department for International Development). 1999. Sustainable Livelihood Guidance Sheets. London.
- DFID (Department for International Development). 2001. Sustainable Livelihood Guidance Sheets. London.
- MOAI (Ministry of Agriculture and Irrigation). 2009. Myanmar Agriculture at a Glance. Department of Agricultural Planning, Ministry of Agriculture and irrigation, Myanmar.
- MOAI (Ministry of Agriculture and Irrigation). 2010. Myanmar Agriculture in Brief. Department of Agricultural Planning, Ministry of Agriculture and irrigation, Myanmar.
- Tin, P. 2006. *Cotton in Myanmar*. Myanmar Cotton and Sericulture Enterprise. p 107.
- Wang, Q. Z., and B. Chidmi. 2009. Cotton Price Risk Management across Different Countries.

Presented at the Southern Agricultural
Economics Association Annual Meeting,
Atlanta, Georgia, January 31-February 3,
2009.

สมบัติของดินกับการสะสมคาร์บอนและธาตุอาหาร ในป่าสนธรรมชาติ อำเภอภักกลานิวัฒนา จังหวัดเชียงใหม่

Soil Properties and Carbon-nutrient Storages in Natural Pine Forest, Kunlayaniwattana District, Chiang Mai Province

ตฤณ เสริมธากุล^{1*}, สุนทร คำยอง^{1/} นิวัต อนงค์รักษ์^{1/}

และ ธนุชัย กองแก้ว^{2/}

Trin Seramethakun^{1*}, Soontorn Khamyong^{1/}, Niwat Anongrak^{1/}

and Thanuchai Kongkaew^{2/}

Abstract: The research on soil characteristics, carbon and nutrient storages in natural pine forest of four subtype communities was carried out at Ban Chan sub-district, Kunlayaniwattana district, Chiang Mai province. Three subtypes were pine-dry dipterocarp forest of dominated *Dipterocarpus obtusifolius*, *D. tuberculatus* and *Shorea obtusa*, and the fourth subtype was pine-lower montane (oak) forest. Soil pits were made in each subtype, and soil samples were collected along profiles for analysis of physical and chemical properties. Soils under all subtypes were classified into Order Ultisols with the depth of more than one meter, well developed horizons and high clay accumulations in subsoils. Some small differences of physical properties among soils were observed. Bulk density varied from moderately low to medium. Texture of top soils were mainly sandy clay/sandy loam and soil reaction were strongly acid to slightly acid (pH, 5.4-6.5). Texture in subsoils was clay and soil reaction varied from slightly to moderately acid (pH, 5.6-6.1).

Amounts of organic matter, carbon and nitrogen accumulated within 100 cm depth were the highest in pine-oak forest (146.5, 85.0 and 5.11 Mg.ha⁻¹, respectively). The lower amounts were found in pine-S. *obtusa*, pine-D. *tuberculatus*, and pine-D. *obtusifolius* had the lowest amount. Amounts of extractable phosphorous, calcium and magnesium were the highest in soil under pine-D. *obtusifolius* (29.1, 1,210.1 and 1,287 kg.ha⁻¹) whereas potassium was the highest in pine-S. *obtusa* (1,328.9 kg.ha⁻¹).

Keywords: pine forest, forest subtype, soil properties, soil carbon, soil nutrients

^{1/} ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

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

^{2/} ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร

^{2/} Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

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

บทคัดย่อ: การวิจัยเกี่ยวกับลักษณะดิน ปริมาณคาร์บอนและธาตุอาหารสะสมในดินป่าสนธรรมชาติ 4 ชนิดย่อยได้ดำเนินการในพื้นที่ ตำบลบ้านจันทร์ อำเภอภักดีชุมพล จังหวัดเชียงใหม่ สามชนิดแรกเป็นป่าสนผสมเต็งรังคือ ป่าสนผสมเหียง พลวงและเต็ง ชนิดที่สี่คือ ป่าสนผสมป่าดิบเขา (ไม้ก่อ) เก็บตัวอย่างดินตามความลึกในป่าแต่ละชนิดเพื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี พบว่า ดินในป่าเหล่านี้จัดอยู่ในอันดับ Ultisols มีดินลึกมากกว่าหนึ่งเมตร พัฒนาการของชั้นดินสูงและสะสมดินเหนียวในดินชั้นล่างมาก มีความแตกต่างของสมบัติทางกายภาพน้อย ดินมีความหนาแน่นค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง ดินบนเป็นดินเหนียวปนทรายถึงร่วนเหนียว ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงกรดเล็กน้อย (pH, 5.4-6.5) ดินล่างเป็นดินเหนียวและมีปฏิกริยาเป็นกรดปานกลางถึงกรดเล็กน้อย (pH, 5.6-6.1) ปริมาณอินทรีย์วัตถุคาร์บอนและไนโตรเจนสะสมในดินลึก 100 เซนติเมตร มีมากที่สุดในการป่าสนผสมก่อ มีค่า 146.5, 85.0 และ 5.11 Mg.ha⁻¹ ตามลำดับ รองลงไปคือ ดินป่าสนผสมเต็ง พลวงและน้อยที่สุดในป่าสนผสมเหียง ปริมาณฟอสฟอรัส แคลเซียมและแมกนีเซียมที่สกัดได้มีมากที่สุดในการป่าสนผสมเหียง (29.1, 1,210.1 และ 1,287.5 kg.ha⁻¹) ส่วนโพแทสเซียมมีมากที่สุดในการป่าสนผสมเต็ง (1,328.9 kg.ha⁻¹)

คำสำคัญ: ป่าสนธรรมชาติ ลักษณะดิน การสะสมคาร์บอนในดิน การสะสมธาตุอาหารในดิน

คำนำ

ป่าสนธรรมชาติในภาคเหนือพบบนที่สูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 500-1,900 เมตร ในพื้นที่ค่อนข้างแห้ง แบ่งออกเป็น 2 ชนิดย่อยคือ ป่าสนผสมป่าเต็งรัง (pine-dry dipterocarp forest) และป่าสนผสมป่าดิบเขา (pine-montane forest) ป่าสนผสมเต็งรังพบบนพื้นที่ที่มีความสูง 500-1,300 เมตร จากระดับน้ำทะเล ขณะที่ป่าสนผสมป่าดิบเขาขึ้นบนพื้นที่สูง 1,000-1,900 ม. การปกคลุมของเมฆที่ระดับความสูงประมาณ 1,800-1,900 ม. อาจเป็นปัจจัยสำคัญที่จำกัดการกระจายของสนสามใบไม่ให้เจริญเติบโตในพื้นที่สูงกว่านี้ (Santisuk, 1988) ป่าสนผสมป่าเต็งรังสามารถแยกเป็นสังคมพืชย่อยตามชนิดของพันธุ์ไม้เด่น คือ เต็ง รัง เหียงและพลวง ส่วนป่าสนผสมป่าดิบเขาจะมีไม้ก่อ (oaks) ชนิดต่าง ๆ ขึ้นเป็นพันธุ์ไม้เด่น สนสองใบมักจะขึ้นอยู่เป็นไม้เด่นเฉพาะในป่าสนผสมป่าเต็งรัง ที่ระดับความสูง 500-1,100 เมตร ขณะที่สนสามใบจะขึ้นอยู่เป็นไม้เด่นในป่าสนผสมไม้ก่อ แต่ขึ้นปะปนบ้างในป่าสนผสมป่าเต็งรังที่ระดับความสูง 900-1,300 เมตร ในสังคมพืชย่อยของป่าสน (subtype communities) นั้นนอกจากจะมีพันธุ์ไม้เด่นที่ต่างกันแล้ว น่าจะมีความผันแปรเกี่ยวกับพันธุ์ไม้ชนิดอื่น ๆ ที่ขึ้นอยู่ ความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้และปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพต่าง ๆ เช่น ลักษณะดิน ความชื้น

อุณหภูมิ แสง เป็นต้น การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะดิน ปริมาณการสะสมคาร์บอนและธาตุอาหารในดินป่าสนธรรมชาติ 4 ชนิดย่อย เพื่อประเมินอิทธิพลของลักษณะดินและพืชพรรณไม้ในสังคมพืชย่อยที่มีต่อปริมาณการกักเก็บคาร์บอนไว้ในระบบนิเวศป่าสนธรรมชาติ สำหรับเป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการอนุรักษ์และฟื้นฟูป่าสนธรรมชาติต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. พื้นที่วิจัย

พื้นที่วิจัยคือ ตำบลบ้านจันทร์ อำเภอภักดีชุมพล จังหวัดเชียงใหม่ อยู่รอบรัศมี 5 กม. โดยประมาณของพิกัดที่เส้นรุ้งที่ 19°04' N เส้นแวงที่ 98°18' E พื้นที่อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลางระหว่าง 950-1,200 เมตร และอยู่ห่างจากจังหวัดเชียงใหม่ไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือประมาณ 90 กม. มีวัดดุดันกำเนิดดินเป็นหินแกรนิตเป็นส่วนใหญ่

2. การวางแผนแปลงสุ่มตัวอย่างศึกษาพันธุ์ไม้

ทำการวางแผนแปลงสุ่มตัวอย่างขนาด 40 x 40 ตร.ม. จำนวน 70 แปลง ในป่าสนธรรมชาติโดยวิธีสุ่มตัวอย่างแบบแจกแจงพื้นที่ (stratified random sampling) เก็บข้อมูลเส้นรอบวงลำต้นที่ระดับอก (girth at breast

height, 1.3 เมตร จากพื้นดิน) ความสูงและขนาดทรงพุ่มของไม้ยืนต้นทุกต้น จำนวนแปลงที่ใช้แตกต่างกันตามชนิดย่อยของป่า ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่ที่พบ ป่าสนผสมเหียง (จำนวน 35 แปลง ที่ระดับความสูง 1,000-1,100 เมตร) ป่าสนผสมพลวง (21 แปลง ที่ความสูง 1,000-1,100 เมตร) ป่าสนผสมเต็ง (12 แปลง ที่ความสูง 1,000-1,150 เมตร) และป่าสนผสมก่อ (2 แปลง ที่ความสูง 1,150-1,200 เมตร) คำนวณลักษณะเชิงปริมาณของพันธุ์ไม้และสังคมพืช ได้แก่ ค่าความถี่ของการพบ (frequency) ความหนาแน่น (density) ความเด่น (dominance) ดัชนีความสำคัญ (important value index, IVI) ความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้ (species diversity index) (Krebs, 1985) เพื่อจำแนกชนิดย่อยของสังคมพืชป่าสนธรรมชาติ

3. การศึกษาสมบัติของดิน การสะสมคาร์บอนและธาตุอาหารในดิน

เก็บตัวอย่างดินในสังคมพืชย่อยป่าสนแต่ละชนิดโดยชุดหลุมดินในแปลงสุ่มตัวอย่างพันธุ์ไม้ จำนวน 3 หลุมต่อสังคมพืช ที่ความลึก 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 และ 80-100 ซม. เก็บตัวอย่างดินแบบรวม (composite sampling) วิเคราะห์ดินเพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ (1) ความหนาแน่นรวม โดยวิธี core method (2) ปริมาณกรวด (อนุภาคขนาด > 2 mm) โดยวิธีชั่งน้ำหนัก (3) การกระจายของขนาดอนุภาคดิน (particle-size distribution) และเนื้อดิน (soil texture) ใช้วิธี hydrometer method และศึกษาสมบัติทางเคมี ได้แก่ (1) ปฏิกริยาดิน (soil reaction, pH) ใช้ pH meter ในอัตราส่วนดินต่อน้ำ 1:1 (McLean, 1982) (2) ความจุแลกเปลี่ยนไอออนบวก (CEC) (Rhoades, 1982) (3) อินทรีย์วัตถุและคาร์บอนใช้วิธี wet oxidation ของ Walkley and Black (Nelson and Sommers, 1982) (4) ไนโตรเจนรวม (total-N) ใช้วิธี micro kjedahl method (Bremner and Mulvaney, 1982) (5) ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่สกัดได้ ใช้วิธี Bray II และ colorimetric method (Olsen and Sommers, 1982) (6) ความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่สกัดได้ใช้วิธีการสกัดด้วยสารละลาย ammonium acetate 1N, pH 7.0 และอ่านค่าด้วยเครื่อง

flame photometer (Knudsen *et al.*, 1982) (7) ความเข้มข้นของแคลเซียมและแมกนีเซียมที่สกัดได้ใช้วิธีการสกัดด้วยสารละลาย ammonium acetate 1N, pH 7.0 และอ่านค่าด้วยเครื่อง atomic absorption (Lanyon and Heald, 1982)

คำนวณปริมาณการสะสมอินทรีย์วัตถุ คาร์บอน และธาตุอาหารในดิน ปริมาณมวลดิน (soil mass) หรืออนุภาคดิน (≤ 2 มม.) ต่อพื้นที่ ($\text{Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$) และค่าความเข้มข้นของอินทรีย์วัตถุ คาร์บอนและธาตุอาหารในแต่ละชั้นดิน (0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 และ 80-100 ซม.)

ผลการศึกษา

1. ลักษณะของสังคมพืช (Plant communities)

พบพันธุ์ไม้ทั้งหมดในป่าสนธรรมชาติจำนวน 64 ชนิด ใน 26 วงศ์ 43 สกุล แยกเป็นไม้ยืนต้น 47 ชนิด ไม้ยืนต้นขนาดเล็ก 10 ชนิด ไม้พุ่ม 5 ชนิดและไม้เลื้อย 2 ชนิด ซึ่งสามารถแบ่งเป็นสังคมพืชป่าสนธรรมชาติ 4 ชนิดย่อยได้แก่

ป่าสนผสมเหียง (P-DDF1): พบพันธุ์ไม้ 38 ชนิด พันธุ์ไม้ที่มีดัชนีความสำคัญสูง 5 ลำดับแรกคือ สนสองใบ เหียง รักใหญ่ สนสามใบและมะขามป้อม มีค่า 34.77, 27.11, 10.17, 7.38 และ 1.76% ของพันธุ์ไม้ทั้งหมด ตามลำดับ มีความหนาแน่นต้นไม้เฉลี่ย 346 trees.ha⁻¹ พื้นที่หน้าตัดลำต้นรวม 21.38 m².ha⁻¹ และดัชนีความหลากหลายของชนิดพันธุ์เท่ากับ 2.55

ป่าสนผสมพลวง (P-DDF2): พบพันธุ์ไม้ 46 ชนิด พันธุ์ไม้ที่มีดัชนีความสำคัญสูง 5 ลำดับแรกคือ สนสองใบ พลวง สนสามใบ เคาะและรักใหญ่ เท่ากับ 20.84, 16.96, 9.90, 7.86 และ 6.28 % ตามลำดับ มีความหนาแน่น 756 tree.ha⁻¹ พื้นที่หน้าตัดลำต้น 17.44 m².ha⁻¹ และดัชนีความหลากหลายชนิดพันธุ์ 3.66

ป่าสนผสมเต็ง (P-DDF3): พบพันธุ์ไม้ 56 ชนิด พันธุ์ไม้ที่มีดัชนีความสำคัญสูง 5 ลำดับแรกคือ สนสามใบ เต็ง เคาะ สนสองใบและแข่งกวาง เท่ากับ 15.14 12.07 9.40 7.60 และ 6.98 % ตามลำดับ มีความหนาแน่น

1,075 tree.ha⁻¹ พื้นที่หน้าตัดลำต้น 17.13 m².ha⁻¹ และดัชนีความหลากหลายชนิดพันธุ์ 3.88

ป่าสนผสมก่อ (P-LMF): พบพันธุ์ไม้ 24 ชนิด พันธุ์ไม้ที่มีดัชนีความสำคัญสูง 5 ลำดับแรก คือ สนสามใบ ก่อเดี่ยว ก่อแดง เคาะและก่อหมาก เท่ากับ 29.36 10.32 8.02 7.14 และ 6.02 % ตามลำดับ มีความหนาแน่น 794 tree.ha⁻¹ พื้นที่หน้าตัดลำต้น 17.13 m².ha⁻¹ และดัชนีความหลากหลายชนิดพันธุ์ 3.61

2. สมบัติของดิน (Soil properties)

2.1 ลักษณะของชั้นดิน (Soil profiles)

ป่าสนผสมเหียง: ดินลึกมากกว่า 1 เมตร มีการพัฒนาของชั้นดินสูง ดินบน (A/AB/BA) มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวปนทรายถึงร่วนเหนียวปนทราย สีเทาและสีเหลืองแดง ความหนาแน่นรวมปานกลาง ปฏิกริยาดินเป็นกรด ปานกลางถึงกรดเล็กน้อย ดินล่าง (Bt1/Bt2/Bt3...) เป็นดินเหนียว สีแดงถึงแดงเข้ม ความหนาแน่นรวมค่อนข้างต่ำ ปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลาง

ป่าสนผสมพลวง: ดินลึกมากกว่า 1 เมตร ดินบน (A/BA) มีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย มีสีเทาและสีเหลืองแดง ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงกรดปานกลาง ดินล่าง (Bt1/Bt2/Bt3...) เป็นดินเหนียว สีแดงถึงแดงเข้ม ปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลาง

ป่าสนผสมเต็ง: ดินลึกมากกว่า 1 เมตร ดินบน (A/BA) มีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวถึงเหนียวปนทราย สีเทาปนแดงและสีน้ำตาลแดง ปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงกรดเล็กน้อย ดินล่าง (Bt1/Bt2/Bt3...) มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว สีแดงถึงแดงเข้ม ปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงกรดเล็กน้อย

ป่าสนผสมก่อ: ดินลึกมากกว่า 1 เมตร มีการพัฒนาของชั้นดินสูง ดินบน (A/BA) มีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวถึงร่วนเหนียวปนทราย มีสีน้ำตาลแดงเข้ม ปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลาง ดินล่าง (Bt1/Bt2/Bt3...) มีสีแดงถึงแดงเข้ม มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว ปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลาง

ดินในป่าสนธรรมชาติทั้ง 4 ชนิดย่อย จัดอยู่ใน Order Ultisols เนื่องจากมีการสะสมของดินเหนียวในดินชั้น B มาก และมีการพัฒนาของชั้นดินสูง

2.2 สมบัติทางกายภาพ

ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของดินลึก 100 ซม. ในป่าสนทั้ง 4 สังคมพืชแสดงในตารางที่ 1

(1) **ความหนาแน่นรวม (bulk density)** ดินป่าสนผสมเหียงที่ความลึก 0-30 ซม. มีความหนาแน่นปานกลาง (1.41-1.45 Mg.m⁻³) และดินที่ความลึก 30-100 ซม. มีค่าค่อนข้างต่ำ (1.36-1.39 Mg.m⁻³) ดินในป่าสนผสมพลวงดินมีความหนาแน่นปานกลาง (1.41-1.54 Mg.m⁻³) ที่ความลึก 0-60 ซม. และมีค่าค่อนข้างต่ำ (1.37-1.38 Mg.m⁻³) ที่ความลึก 60-100 ซม. ดินป่าสนผสมเต็งดินมีความหนาแน่นค่อนข้างต่ำ (1.24-1.39 Mg.m⁻³) เกือบตลอดชั้นดิน (0-80 ซม.) ส่วนดินป่าสนผสมก่อมีความหนาแน่นค่อนข้างต่ำ (1.22-1.36 Mg.m⁻³) ที่ความลึก 0-10 ซม. และมีค่าปานกลาง (1.42-1.55 Mg.m⁻³) ที่ความลึก 10-100 ซม.

(2) **ปริมาณกรวดและอนุภาคดิน** ดินในป่าสนผสมเหียง ผสมพลวงและและก่อ มีปริมาณก้อนกรวดในชั้นดินเล็กน้อยและมีปริมาณสูงชันในชั้นดินที่ลึกลงไป ขณะที่ดินในป่าสนผสมเต็งมีปริมาณกรวดเล็กน้อยเกือบตลอดชั้นดิน แต่มีปริมาณสูงกว่าชั้นดินอื่น ที่ระดับความลึก 5-10 ซม. (13.7 %) ส่วนปริมาณอนุภาคดินมี ปริมาณผกผันกับปริมาณกรวด

(3) **การกระจายของอนุภาคดิน (soil particle-size distribution)** อนุภาคทรายในดินป่าสนทั้ง 4 สังคมพืชมีมากในดินชั้นบน (0-20 ซม.) และลดลงในดินล่าง โดยมีสัดส่วนที่ผันแปรแตกต่างกัน ปริมาณทรายแบ่ง ในดินป่าสนมีอยู่ในสัดส่วนที่น้อยเกือบตลอดชั้นดิน ปริมาณของดินเหนียว ในป่าสนมีปริมาณดินเหนียว 20-40% ในดินชั้นบน (0-20 ซม.) และเพิ่มขึ้นเป็น 40-60% ในดินล่าง (ลึกมากกว่า 20 ซม.)

(4) **เนื้อดิน (soil texture):** ชั้นดินบนที่ความลึก 0-20 ซม. ของป่าสนทั้ง 4 ชนิดย่อยมีเนื้อดินละเอียดถึงหยาบปานกลาง (clay loam-sandy loam) ส่วนดินล่างที่อยู่ลึกลงไป (20-100 ซม.) มีเนื้อดินละเอียดแบบดินเหนียว (clay)

2.3 สมบัติทางเคมี

ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีของดินในป่าสนทั้ง 4 สังคมพืชแสดงในตารางที่ 2

Table 1 Physical properties in one-meter soil profiles under different subtypes of pine forest

Forest type	Soil depth	Bulk density	Gravel	Soil	Soil particle-size distribution			Soil texture
			(>2 mm)	(≤2 mm)	Sand	Silt	Clay	
			(%)	(%)	(%)			
	(cm)	(Mg.m ³)						
Pine-D. <i>obtusifolius</i> (P-DDF1)	0-5	1.45	3.9	96.1	64.4	6.6	29.0	Sandy Clay Loam
	5-10	1.41	1.4	98.6	56.2	7.4	36.4	Sandy Clay
	10-20	1.4	2.3	97.7	56.3	9.1	34.6	Sandy Clay Loam
	20-30	1.4	12.3	87.7	40.0	7.2	52.8	Clay
	30-40	1.36	5.0	95.0	38.4	8.8	52.8	Clay
	40-60	1.36	7.9	92.1	38.4	10.6	51.0	Clay
	60-80	1.4	8.6	91.4	40.8	12.0	47.2	Clay
	80-100	1.39	10.7	89.3	40.4	11.2	48.4	Clay
Pine-D. <i>tuberculatus</i> (P-DDF2)	0-5	1.54	7.2	92.8	64.4	6.6	29.0	Sandy Clay Loam
	5-10	1.4	8.2	91.8	56.3	13.1	30.6	Sandy Clay Loam
	10-20	1.48	9.6	90.4	50.4	14.8	34.8	Sandy Clay Loam
	20-30	1.45	7.1	92.9	44.8	12.4	42.8	Clay
	30-40	1.48	10.2	89.8	44.4	12.6	43.0	Clay
	40-60	1.49	21.1	78.9	44.4	13.0	42.6	Clay
	60-80	1.37	12.7	87.3	44.4	13.0	42.6	Clay
	80-100	1.38	20.1	79.9	42.8	14.6	42.6	Clay
Pine-S. <i>obtusa</i> (P-DDF3)	0-5	1.24	3.9	96.1	58.6	16.6	24.8	Sandy Clay Loam
	5-10	1.39	13.7	86.4	45.4	15.0	39.6	Sandy Clay
	10-20	1.26	8.0	92.0	38.2	31.8	30.0	Sandy Loam
	20-30	1.34	3.0	97.0	34.4	20.0	45.6	Clay
	30-40	1.33	3.0	97.0	32.2	11.8	56.0	Clay
	40-60	1.33	4.1	95.9	30.6	12.6	56.8	Clay
	60-80	1.38	6.5	93.5	32.4	14.8	52.8	Clay
	80-100	1.42	6.3	93.7	23.6	25.6	50.8	Clay
Pine-oak (P-LMF)	0-5	1.22	1.0	99.0	54.0	23.6	22.4	Sandy Clay Loam
	5-10	1.36	8.4	91.6	46.4	24.8	28.8	Sandy Clay Loam
	10-20	1.42	4.6	95.4	36.8	27.8	35.4	Clay Loam
	20-30	1.49	2.2	97.8	36.8	25.6	37.6	Clay
	30-40	1.55	4.9	95.1	37.0	22.4	40.6	Clay
	40-60	1.55	3.6	96.4	36.3	21.0	42.8	Clay
	60-80	1.49	2.3	97.7	39.2	19.6	41.2	Clay
	80-100	1.52	22.1	77.9	36.3	22.1	41.6	Clay

Table 2 Chemical properties in one-meter soil profiles under different subtypes of pine forest

Forest type	Soil depth (cm)	pH	CEC (cmol.kg ⁻¹)	SOM (g.kg ⁻¹)	SOC (g.kg ⁻¹)	Total-N C/N ratio		Extr. P	Extr. K	Extr. Ca	Extr. Mg
Pine-D. <i>obtusifolius</i> (P-DDF1)	0-5	5.7	11.0	26.6	15.4	0.8	19.3	14.0	82.0	300.0	112.7
	5-10	6.2	9.2	12.1	7.0	0.4	17.5	19.0	72.5	170.0	108.1
	10-20	5.6	12.2	13.3	7.7	0.4	19.3	4.2	101.0	142.0	148.4
	20-30	5.7	12.8	6.9	4.0	0.2	20.0	0.1	80.0	76.0	117.3
	30-40	5.8	12.4	4.5	2.6	0.2	13.1	nd.	79.5	56.0	40.3
	40-60	6	11.2	4.7	2.7	0.2	13.6	nd.	72.5	64.0	103.5
	60-80	5.2	10.3	2.2	1.3	0.2	6.4	0.1	57.5	68.0	97.8
	80-100	6.1	11.6	1.8	1.0	0.2	5.2	nd.	53.0	76.0	90.9
Pine-D. <i>tuberculatus</i> (P-DDF2)	0-5	5.7	14.8	34.4	20.0	1.1	18.1	6.7	112.5	98.0	101.2
	5-10	5.6	10.9	25.2	14.6	0.5	29.2	3.4	105.0	40.0	64.4
	10-20	5.4	9.0	16.5	9.6	0.5	19.1	0.9	93.5	32.0	55.2
	20-30	5.6	9.3	11.6	6.7	0.4	16.8	nd.	114.5	20.0	40.3
	30-40	5.8	8.8	6.2	3.6	0.4	9.0	nd.	109.0	12.0	33.4
	40-60	5.8	10.3	3.3	1.9	0.3	6.4	nd.	88.5	14.0	29.9
	60-80	5.8	8.7	5.1	3.0	0.2	14.8	nd.	78.5	30.0	35.7
	80-100	6	6.2	3.4	2.0	0.2	9.9	nd.	76.5	46.0	40.3
Pine-S. <i>obtusa</i> (P-DDF3)	0-5	6.5	16.1	53.5	31.0	1.2	25.9	8.3	187.5	674.0	261.1
	5-10	5.4	12.2	35.6	20.6	0.8	25.8	nd.	158.0	78.0	69.0
	10-20	5.8	13.0	20.2	11.7	0.6	19.5	nd.	199.5	54.0	70.2
	20-30	6.1	13.1	12.9	7.5	0.5	15.0	nd.	154.5	46.0	108.1
	30-40	6.2	13.1	5.9	3.4	0.4	8.6	nd.	131.5	60.0	108.1
	40-60	6	13.1	1.6	0.9	0.3	3.1	nd.	73.5	52.0	81.7
	60-80	6	10.1	2.6	1.5	0.2	7.5	nd.	61.5	48.0	72.5
	80-100	6	10.2	0.6	0.3	0.2	1.7	nd.	65.5	46.0	69.0
Pine-oak (P-LMF)	0-5	5.9	12.0	58.5	33.9	1.3	26.1	5.8	45.5	328.0	95.5
	5-10	5.6	9.1	28.1	16.3	0.6	27.2	5.0	26.5	44.0	28.8
	10-20	5.5	10.2	21.0	12.2	0.5	24.4	0.9	18.0	32.0	20.7
	20-30	5.6	10.4	13.4	7.8	0.4	19.4	nd.	13.5	36.0	21.9
	30-40	5.7	9.6	7.5	4.4	0.3	14.5	nd.	16.0	54.0	27.6
	40-60	5.9	11.0	5.6	3.2	0.3	10.8	nd.	13.5	72.0	34.5
	60-80	5.6	9.6	3.8	2.2	0.3	7.3	nd.	69.0	22.0	16.1
	80-100	5.8	7.8	2.9	1.7	0.2	8.4	nd.	4.5	26.0	20.7

(1) **ปฏิกิริยาของดิน (soil reaction, pH)** ดินป่าสนผสมเหียงที่ผิวดิน (0-10 ซม.) ดินมีปฏิกิริยาเป็นกรดปานกลาง (pH, 5.7) และดินที่อยู่ลึกลงไปมีปฏิกิริยาผันแปรระหว่างเป็นกรดปานกลางถึงกรดเล็กน้อย (pH, 5.2-6.1) ดินป่าสนผสมพลวงที่ความลึก 0-10 ซม. มีปฏิกิริยาเป็นกรดปานกลาง (pH, 5.6-5.7) แต่เป็นกรดจัด (pH, 5.4) ที่ระดับความลึก 10-20 ซม. ส่วนชั้นดินที่อยู่ลึกลงไปเป็นกรดปานกลาง (pH, 5.6-6.0) ดินป่าสนผสมเต็งมีปฏิกิริยาเป็นกรดเล็กน้อย (pH, 6.5) ในดินที่ความลึก 0-5 ซม. และผันแปรระหว่างกรดจัดถึงกรดเล็กน้อย (pH, 5.4-6.1) ในดินล่าง ส่วนดินป่าสนผสมก่อตลอดความลึก 0-100 ซม. เป็นกรดปานกลาง (pH, 5.6-5.9)

(2) **ความจุแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (cation exchange capacity, CEC)** ดินในป่าสนทั้ง 4 ชนิดมีความจุแลกเปลี่ยนประจุบวกผันแปรในระดับปานกลางถึงค่อนข้างสูงในดินชั้นบนสุด ที่ความลึก 0-5 ซม. โดยมีค่าผันแปรระหว่าง $11.0-16.1 \text{ cmol.kg}^{-1}$ และดินที่อยู่ลึกลงไปมีค่าค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง ($6-15 \text{ cmol.kg}^{-1}$)

(3) **อินทรีย์วัตถุและคาร์บอนในดิน (soil organic matter and carbon, SOM & SOC)** ดินชั้นบนสุดที่ความลึก 0-5 ซม. ของป่าสนผสมเหียงและผสมพลวงมีความเข้มข้นของอินทรีย์วัตถุผันแปรอยู่ในระดับค่อนข้างสูง ($26.6-34.4 \text{ g.kg}^{-1}$) ขณะที่ดินชั้นบนสุดในป่าสนผสมเต็งและป่าสนผสมก่อมีค่าที่สูงมาก ($53.5-58.5 \text{ g.kg}^{-1}$) สำหรับดินที่ความลึก 5-20 ซม. ของป่าสนทั้ง 4 ชนิดมีค่าค่อนข้างต่ำถึงสูง ($12.1-35.6 \text{ g.kg}^{-1}$) ส่วนดินที่อยู่ลึกลงไปมีอินทรีย์วัตถุลดลงตามความลึกจนถึงระดับต่ำมาก สำหรับความเข้มข้นของคาร์บอนมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับอินทรีย์วัตถุ

(4) **ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (total-N)** ดินชั้นบนสุด (0-5 ซม.) ของป่าสนผสมพลวง ผสมเต็งและผสมก่อ มีไนโตรเจนรวมอยู่ในระดับต่ำ ($1.1-1.3 \text{ g.kg}^{-1}$) และมีความเข้มข้นลดลงในดินที่ลึกลงมีค่าต่ำมาก ส่วนดินป่าสนผสมเหียงมีความเข้มข้นอยู่ในระดับต่ำมาก

(5) **สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)** ดินชั้นบนของป่าสนผสมเหียงมีค่า C/N ratio ผันแปรระหว่าง 17.5-19.3 ในขณะที่ดินที่ระดับความลึก

เดียวกันของป่าสนผสมพลวง เต็งและค่าผันแปรในช่วง 19.1-19.3 ซึ่งไม่แตกต่างกัน

(6) **ฟอสฟอรัสที่สกัดได้ (extractable P)** ฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดินป่าสนผสมเหียงที่ความลึก 0-10 ซม. มีค่าอยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างสูง ($14.0-19.0 \text{ mg.kg}^{-1}$) ขณะที่ดินในป่าสนชนิดย่อยอื่น ๆ มีค่าต่ำมากถึงค่อนข้างต่ำ ($< 10 \text{ mg.kg}^{-1}$) ชั้นดินที่อยู่ลึกลงไปมีค่าความเข้มข้นที่ต่ำมาก ดินโดยทั่วไปมักจะมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์น้อย ซึ่งมักจะถูกตรึงไว้ในรูปที่ไม่ได้เป็นประโยชน์ต่อพืชโดยตรง แต่จะถูกปลดปล่อยออกมาทีละน้อย

(7) **โพแทสเซียมที่สกัดได้ (extractable K)** ดินชั้นบนของป่าสนผสมเหียงและพลวง ที่ความลึก 0-30 ซม. มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง ($82.0-112.5 \text{ mg.kg}^{-1}$) และมีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึก แต่มีค่าผันแปรมาก ($53-114.5 \text{ mg.kg}^{-1}$) ดินป่าสนผสมเต็งที่ระดับความลึก 0-40 ซม. มีค่าอยู่ในระดับค่อนข้างสูง ($131.5-119.5 \text{ mg.kg}^{-1}$) และดินล่างมีค่าปานกลาง ($61.5-73.5 \text{ mg.kg}^{-1}$) ขณะที่ดินป่าสนผสมก่อที่ความลึก 0-5 ซม. มีค่าต่ำและต่ำมากในดินล่าง

(8) **แคลเซียมที่สกัดได้ (extractable Ca)** ดินในป่าสนธรรมชาติทั้ง 4 ชนิดย่อยเกือบตลอดชั้นความลึกของดินมีความเข้มข้นของแคลเซียมที่ผันแปรอยู่ในช่วงที่ต่ำมาก ($< 400 \text{ mg.kg}^{-1}$) และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก ยกเว้นในชั้นดินลึก 0-5 ซม. ของป่าสนผสมเต็งที่มีค่าปานกลาง (674 mg.kg^{-1})

(9) **แมกนีเซียมที่สกัดได้ (extractable Mg)** ความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่สกัดได้ในดินชั้นบนสุด (0-5 ซม.) ของป่าสนผสมเหียง ผสมพลวงและผสมก่อ มีค่าต่ำ ($95.5-112.7 \text{ mg.kg}^{-1}$) แต่ดินชั้นบนสุดในป่าสนผสมเต็งมีค่าอยู่ในระดับปานกลาง (261.1 mg.kg^{-1}) และในชั้นดินที่ลึกลงไปของป่าสนเหล่านี้มีแนวโน้มลดลงตามความลึก มีค่าผันแปรอยู่ในระดับต่ำถึงต่ำ, kd ($4.5-117.3 \text{ mg.kg}^{-1}$) ยกเว้นในดินที่ระดับความลึก 10-20 ซม. ของป่าสนผสมเหียง

3 .การสะสมอินทรีย์วัตถุ คาร์บอนและธาตุอาหาร ในดิน

ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (SOM) คาร์บอน (SOC)
และไนโตรเจนรวม (total-N) การสะสมของธาตุอาหารที่

สกัดได้ของธาตุฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียมและ
แมกนีเซียม ในชั้นดินลึก 100 ซม. ของป่าสนธรรมชาติ 4
ชนิดย่อยได้แสดงไว้ใน ตารางที่ 3 รูปที่ 1 และรูปที่ 2

Table 3 Amounts of soil organic matter (SOM) soil organic carbon (SOC) total-N and extractable of soil
nutrients (P, K, Ca and Mg) in one-meter soil profiles under different subtypes of pine forest

Forest type	Soil depth (cm)	SOM	SOC	Total-N	Extr. P	Extr. K	Extr. Ca	Extr. Mg
		(Mg.ha ⁻¹)		(kg.ha ⁻¹)				
Pine-D. <i>obtusifolius</i> (P-DDF1)	0-5	18.5	10.7	557.4	9.8	57.1	209.0	78.5
	5-10	8.4	4.9	278.1	13.2	50.4	118.2	75.2
	10-20	18.2	10.6	547.1	5.7	138.1	194.2	202.9
	20-30	8.5	4.9	245.5	0.1	98.2	93.3	144.0
	30-40	5.8	3.4	258.3	nd	102.7	72.3	52.0
	40-60	11.8	6.8	501.1	nd	181.6	160.3	259.3
	60-80	5.6	3.3	511.6	0.3	147.1	173.9	250.1
	80-100	4.5	2.6	496.7	nd	131.6	188.7	225.6
	0-100	81.3	47.1	3,395.8	29.1	906.9	1,210.1	1,287.5
Pine-D. <i>tuberculatus</i> (P-DDF2)	0-5	19.3	11.2	616.8	3.7	63.1	54.9	56.7
	5-10	16.2	9.4	321.4	2.2	67.5	25.7	41.4
	10-20	22.1	12.8	668.9	1.2	125.1	42.8	73.8
	20-30	15.6	9.1	538.9	nd	154.3	26.9	54.2
	30-40	8.2	4.8	531.9	nd	144.9	16.0	44.3
	40-60	7.8	4.5	705.6	nd	208.2	32.9	70.3
	60-80	12.2	7.1	478.2	nd	187.7	71.7	85.2
	80-100	7.5	4.3	440.9	nd	168.6	101.4	88.7
	0-100	108.9	63.2	4,302.6	7.1	1,119.4	372.4	514.9
Pine-S. <i>obtus a</i> (P-DDF3)	0-5	31.9	18.5	715.2	4.9	111.8	401.7	155.6
	5-10	21.4	12.4	480.1	nd	94.8	46.8	41.4
	10-20	23.4	13.6	695.7	nd	231.3	62.6	81.3
	20-30	16.8	9.7	650.1	nd	200.9	59.8	140.6
	30-40	7.6	4.4	516.1	nd	169.7	77.4	139.5
	40-60	4.1	2.4	765.4	nd	187.5	132.7	208.3
	60-80	6.7	3.9	516.0	nd	158.7	123.8	186.9
	80-100	1.6	0.9	532.2	nd	174.3	122.4	183.6
	0-100	113.4	65.8	4,870.8	4.9	1,328.9	1,027.3	1,137.2
Pine-oak (P-LMF)	0-5	35.3	20.5	785.1	3.5	27.5	198.1	57.6
	5-10	17.5	10.2	373.7	3.1	16.5	27.4	17.9
	10-20	28.4	16.5	677.3	1.2	24.4	43.3	28.0
	20-30	19.5	11.3	582.8	nd	19.7	52.5	31.8
	30-40	11.1	6.4	442.1	nd	23.6	79.6	40.7
	40-60	16.7	9.7	896.8	nd	40.4	215.2	103.1
	60-80	11.1	6.4	873.5	nd	200.9	64.1	46.9
	80-100	6.9	4.0	473.8	nd	10.7	61.6	49.0
	0-100	146.5	85.0	5,105.1	7.9	363.5	741.7	375.1

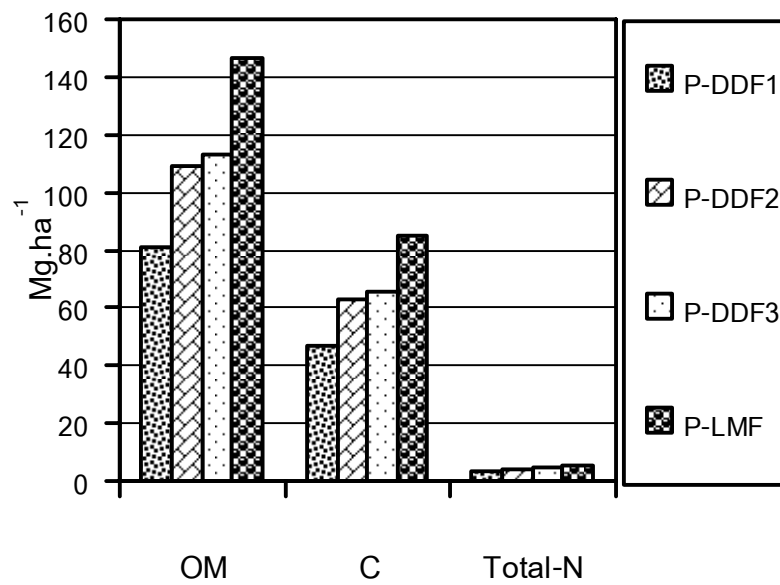


Figure 1 Soil organic matter, carbon and nitrogen accumulated in one-meter soil profiles under different subtypes of pine forest

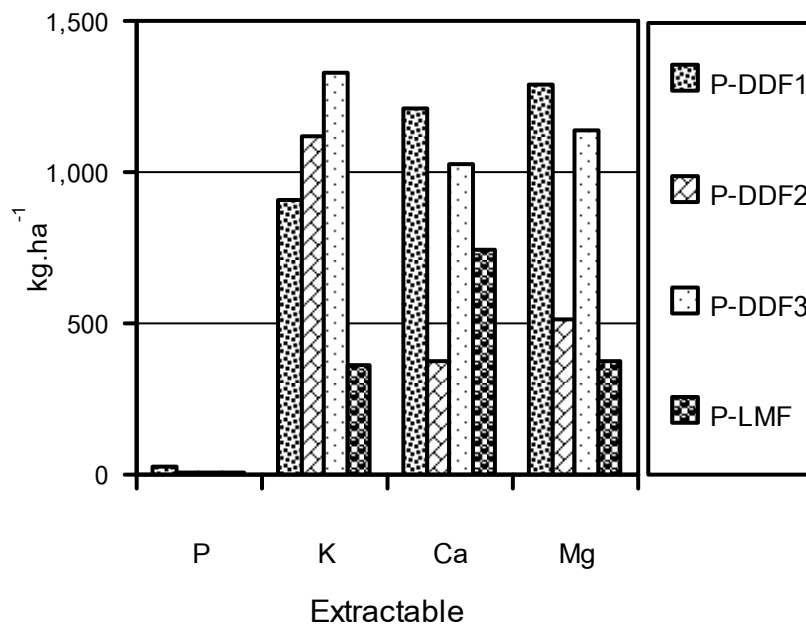


Figure 2 Amounts of extractable P, K, Ca and Mg accumulated in one-meter soil profiles under different subtypes of pine forest

(1) อินทรีย์วัตถุและคาร์บอน (organic matter and carbon) การสะสมของอินทรีย์วัตถุและคาร์บอนในดินป่าสนทั้ง 4 ชนิด ส่วนใหญ่อยู่ในชั้นดินบนที่ความลึก 0-20 ซม. (มากกว่าร้อยละ 50) ส่วนชั้นดินที่ลึกลงไปมีปริมาณการสะสมลดลง ปริมาณของอินทรีย์วัตถุและคาร์บอนในดินป่าสนผสมกุ่มมีมากที่สุด (146.5 และ 85.0 Mg.ha⁻¹) รองลงไปคือ ดินป่าสนผสมเต็ง (113.4 และ 65.8 Mg.ha⁻¹) ป่าสนผสมพลวง (108.9 และ 63.2 Mg.ha⁻¹) และน้อยที่สุดในป่าสนผสมเหียง (81.3 และ 47.1 Mg.ha⁻¹)

(2) ไนโตรเจนรวม (total-N) ไนโตรเจนมีการสะสมมากในดินชั้นบนและลดลงตามความลึกของดินป่าสน โดยมีปริมาณการสะสมมากที่สุดในป่าสนผสมกุ่ม (5,105.1 kg.ha⁻¹) รองลงไปคือ ดินป่าสนผสมเต็ง (4,870.8 kg.ha⁻¹) ป่าสนผสมพลวง (4,302.6 kg.ha⁻¹) และน้อยที่สุดในป่าสนผสมเหียง (3,395.8 kg.ha⁻¹)

(3) ฟอสฟอรัสที่สกัดได้ (extractable P) ในดินป่าสนธรรมชาติมีการสะสมฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มากในชั้นดินบน (0-20 ซม.) และมีแนวโน้มลดลงตามความลึกของดินและมีปริมาณน้อยมากในดินที่ความลึก 40-100 ซม. ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในชั้นดินลึก 100 ซม. มีปริมาณผันแปรระหว่าง 4.9-29.1 kg.ha⁻¹ โดยมีปริมาณน้อยที่สุดในป่าสนผสมเต็งและมากที่สุดในป่าสนผสมเหียง

(4) โพแทสเซียมที่สกัดได้ (extractable K) โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์มีการสะสมมากในดินชั้นบนและลดลงตามความลึกของดินป่าสน ยกเว้นในดินป่าสนผสมกุ่มที่มีการสะสมมากที่สุดที่ความลึก 60-80 ซม. ดินป่าสนมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในชั้นดินลึก 100 ซม. ผันแปรในช่วง 363.5-1,328.9 kg.ha⁻¹ โดยมีปริมาณมากที่สุดในป่าสนผสมเต็งและน้อยที่สุดในป่าสนผสมกุ่ม

(5) แคลเซียมที่สกัดได้ (extractable Ca) แคลเซียมที่สกัดได้มีการสะสมมากในดินที่ความลึก 0-20 ซม. และมีปริมาณค่อนข้างสม่ำเสมอในชั้นดินที่อยู่ลึกลงไป ดินป่าสนมีปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ในชั้นดินลึก 100 ซม. ผันแปรอยู่ในช่วง 372.4-1,210.1 kg.ha⁻¹ โดยมีมากที่สุดในป่าสนผสมเต็งและน้อยที่สุดในป่าสนผสมพลวง

(6) แมกนีเซียมที่สกัดได้ (extractable Mg) แมกนีเซียมที่สกัดได้มีการสะสมมากในดินป่าสนที่ความลึก 0-20 ซม. และลดลงตามความลึก ดินป่าสนมีแมกนีเซียมที่สกัดได้ในชั้นดินลึก 100 ซม. ผันแปรระหว่าง 375.1-1,287.5 kg.ha⁻¹ โดยมีมากที่สุดในป่าสนผสมเหียงและน้อยที่สุดในป่าสนผสมกุ่ม

การวิจารณ์ผล

มีปัจจัยหลายอย่างที่มีอิทธิพลต่อลักษณะของดินในป่าสนธรรมชาติ ได้แก่ ชนิดย่อยของสังคมพืช วัตถุต้นกำเนิดดิน สภาพภูมิอากาศ สภาพภูมิประเทศ การรบกวนจากมนุษย์จากการตัดฟันไม้ การเกิดไฟป่า เป็นต้น ความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้ในป่าจะมีอิทธิพลอย่างมากต่อลักษณะดิน โดยทำให้เกิดการหมุนเวียนธาตุอาหารลงสู่ดินจากการร่วงหล่นและย่อยสลายของซากพืชทั้งส่วนที่อยู่เหนือดินและในดิน (Pritchett and Fisher, 1987) ป่าสนผสมป่าเต็งรังขึ้นในพื้นที่ค่อนข้างแห้งและมีไฟป่าทุกปี รวมทั้งยังถูกรบกวนจากมนุษย์และสัตว์เลี้ยงเป็นประจำ โดยเฉพาะในป่าสนผสมเหียงและป่าสนผสมพลวงที่มีสภาพพื้นที่ไม่ลาดชันมาก ขณะที่ป่าสนผสมกุ่มขึ้นในพื้นที่ค่อนข้างชุ่มชื้นและมีไฟป่าบางปี ทำให้มีดินที่อุดมสมบูรณ์มากกว่า สุนทรและดุสิต (2549) ศึกษาผลกระทบของซากใบไม้ของพรรณไม้ที่มีต่อสมบัติของดินที่เกิดจากการย่อยสลายของซากใบไม้ที่ร่วงหล่น พบว่าสนสองใบ สนสามใบ เต็ง เหียง พลวง ก่อเดือยและก่อแป้น มีค่า pH เท่ากับ 3.66, 3.37, 4.11, 4.48, 5.18, 4.17 และ 4.38 ตามลำดับ ซึ่งจะส่งผลทำให้ดินเป็นกรดในระดับแตกต่างกัน แต่การเกิดไฟป่าอาจส่งผลทำให้ปฏิกิริยาดินในป่าไม่แตกต่างกันมาก เนื่องจากซากอินทรีย์ของพืชที่ร่วงหล่นจะถูกเผาไหม้เป็นขี้เถ้า ความแตกต่างของลักษณะดินระหว่างสังคมพืชย่อยของป่าสนผสมเต็งรังเกิดจากอิทธิพลร่วมกันของพันธุ์ไม้เด่น พันธุ์ไม้ชนิดอื่นที่ขึ้นอยู่และสภาพภูมิประเทศ

คาร์บอนที่สะสมในดินส่วนใหญ่อยู่ในรูปของอินทรีย์วัตถุ ซึ่งพบว่า ปริมาณคาร์บอนในดินมีการสะสมมากที่สุดในป่าสนผสมกุ่ม รองลงมาได้แก่ ป่าสนผสมเต็ง ป่าสนผสมพลวงและป่าสนผสมเหียง (85.0 65.8 63.2

และ $47.1 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ตามลำดับ) สมชาย (2555) ได้ศึกษาการสะสมคาร์บอนในดินลึก 100 ซม. ของสวนป่าสนสามใบชั้นอายุต่าง ๆ บริเวณหน่วยจัดการต้นน้ำบ่อแก้วมีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง $73.1\text{-}146.2 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$

ไฟป่าเป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีต่อปริมาณคาร์บอนในดินป่าสน โดยไฟป่าที่เกิดขึ้นในป่าสนทั้ง 4 ชนิดย่อยเป็นไฟผิวดินที่ไหม้ซากพืชที่ร่วงหล่นและพืชพื้นล่างในช่วงฤดูแล้ง พอช่วงฤดูฝนก็จะเกิดการชะกร่อนหน้าดิน ซึ่งจะพัดพาซี้เถาและอินทรีย์วัตถุตามผิวดินไปกับน้ำที่ไหลบ่าหน้าดิน ดินบนในป่าสนผสมป่าเต็งรังที่มีไม้เต็งและปาล์มมีความหนาแน่นค่อนข้างต่ำ แต่ดินล่างในป่าสนที่มีไม้เต็งและปาล์มมีการสะสมดินเหนียวมากกว่า ทำให้มีการเคลื่อนย้ายของอินทรีย์วัตถุลงไปในดินได้น้อย ดินบนในป่าสนผสมป่าเต็งรังที่มีไม้เต็งและปาล์มมีความหนาแน่นค่อนข้างต่ำ แต่ดินล่างในป่าสนที่มีไม้เต็งและปาล์มมีการสะสมดินเหนียวมากกว่า ทำให้มีการเคลื่อนย้ายของอินทรีย์วัตถุลงไปในดินป่าสนผสมก่อมากกว่าและส่งผลทำให้ปริมาณการสะสมคาร์บอนในดินป่าสนผสมก่อมากกว่าอีก 3 ชนิดย่อย

ณัฐลักษณ์ (2552) ได้ศึกษาดินในป่าชนิดต่าง ๆ บริเวณอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ปริมาณอินทรีย์วัตถุ คาร์บอนและไนโตรเจนในดินป่าสนผสมก่อลึกถึง 100 ซม. มีค่า $190.0, 110.2$ และ $7.31 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณที่สูงมากกว่าในดินป่าสนผสมก่อจากการวิจัยนี้ เนื่องจากป่าสนผสมก่อบริเวณพื้นที่ศึกษาเป็นป่ารุ่นสองที่ฟื้นสภาพจากการทำไร่เลื่อนลอย สำหรับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมที่สกัดได้มีค่า $16.0, 423.2, 165.8$ และ 65.45 kg/ha ตามลำดับ โดยมีปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่สูงกว่า แต่มีปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมต่ำกว่า หินต้นกำเนิดดินบริเวณอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุยเป็นหินแกรนิต เช่นเดียวกันแต่อาจมีองค์ประกอบทางแร่ที่ผันแปรแตกต่างกันบ้าง

สรุป

ป่าสนธรรมชาติในพื้นที่วิจัย แบ่งออกเป็น 4 ชนิดย่อยคือ ป่าสนผสมเหียง พลอง เต็งและก่อ ดินในป่าเหล่านี้จัด อยู่ใน Order Ultisols สมบัติทางกายภาพของ

ดินแตกต่างกันไม่มาก ดินชั้นบนของป่าสนผสมเหียงและพลงมีความหนาแน่นรวมสูงกว่าในดินชั้นล่าง ส่วนดินในป่าสนผสมเต็งและผสมก่อดินบนมีค่าอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำและมีแนวโน้มสูงขึ้นตามความลึก ชั้นดินบนส่วนใหญ่ในป่าสนทั้งสี่มีเนื้อละเอียดปานกลางและดินล่างมีเนื้อดินละเอียด ดินชั้นบนในป่าสนผสมเหียงเป็นกรดเล็กน้อยถึงกรดปานกลางและเป็นกรดปานกลางในดินล่าง ดินป่าสนผสมพลงเป็นกรดปานกลางเกือบตลอดชั้นดิน ดินป่าสนผสมเต็งเป็นกรดเล็กน้อยถึงกรดจัดในชั้นบนและกรดเล็กน้อยถึงปานกลางในดินล่าง ส่วนดินป่าสนผสมก่อเป็นกรดปานกลางตลอดชั้นดิน ความจุแลกเปลี่ยนประจุบวกมีค่าค่อนข้างต่ำถึงค่อนข้างสูงในดินบนและค่อนข้างต่ำถึงปานกลางในดินล่าง ปริมาณอินทรีย์วัตถุ คาร์บอนและไนโตรเจนสะสมในดินมีมากที่สุดที่ป่าสนผสมดิบเขา จึงเป็นดินค่อนข้างอุดมสมบูรณ์มาก รองลงมาคือ ป่าสนผสมเต็ง พลงและเหียง ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีมากที่สุดที่ป่าสนผสมเหียง โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมที่สกัดได้มีมากที่สุดที่ป่าสนผสมเต็ง

เอกสารอ้างอิง

- ณัฐลักษณ์ ค่ายอง. 2552. ความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้ ลักษณะดินและการสะสมคาร์บอนในป่าชนิดต่าง ๆ บริเวณอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 334 หน้า.
- สุนทร ค่ายองและดุสิต เสริมธาตุ. 2549. การจัดระดับผลกระทบของพรรณไม้ที่มีต่อดินและสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการย่อยสลายของซากไม้ที่มีต่อระดับความเป็นกรด-ด่างและสภาวะธาตุอาหารในดิน. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 245 หน้า.
- สมชาย นองเนื่อง สุนทร ค่ายอง นิวัติ อนุรักษ และเกรียงศักดิ์ ศรีเงินวง. 2555. การสะสมคาร์บอนและธาตุอาหารในดินสวนป่าสนสามใบหน่วยจัดการต้นน้ำบ่อแก้ว จังหวัดเชียงใหม่. วารสารเกษตรศาสตร์ 28(1): 31-40

- Bremner, J. M. and C.S. Mulvaney.1982. "31: Nitrogen-total". pp. 595-624. *In: Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbio-logical Properties*, A.L.Page (ed.)(2nd edition), Amer. Soc. Agron., Inc. Publisher, Medison, Wisconsin, USA.
- Knudsen, D., G. A. Peterson and P.F. Pratt. 1982. "13: Lithium, Sodium and Potassium. pp. 225-246. *In: Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties*, A.L.Page (ed.) (2nd edition), Amer. Soc. Agron., Inc. Publisher, Medison, Wisconsin, USA.
- Krebs, C. J. 1985. "Chapter 23. Species diversity I: Theory". pp. 513-542. *In: Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance. Third edition*, Harper & Row Publishers, New York.
- Lanyon, L. E. and W. R. Heald. 1982. "14: Magnesium, calcium, strontium and barium", pp. 247-262. *In: Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Micro-biological Properties*. A.L. Page (ed.) (2nd edition), Amer. Soc. Agron., Inc. Publisher, Medison, Wisconsin, USA, p: 247-262.
- McLean, E. O. 1982. "12: Soil pH and lime requirement", pp. 199-224. *In: Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Micro-biological Properties*, A.L. Page (ed.) (2nd edition), Amer. Soc. Agron., Inc. Publisher, Medison, Wisconsin, USA.
- Nelson, D. W. and L. E. Sommers. 1982. "31: Total carbon, organic carbon and organic matter". pp. 539-580. *In: Methods of Soil Analysis Part 2: Chemical and micro-biological properties*. A.L. Page (ed.), 2nd edition, Amer. Soc. Agron., Inc. Publisher, Medison, Wisconsin, USA.
- Olsen, S. R. and L. E. Sommers. 1982. "24: Phosphorus". pp. 403-430 *In: Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties*, A.L. Page (ed.) (2nd edition), Amer. Soc. Agron., Inc. Publisher, Medison, Wisconsin, USA.
- Pritchett, W. L. and R. F. Fisher. 1987. *Properties and Management of forest soils*. 2nd edition. John Wiley & Sons, New York, 494 pp.
- Rhoades, J. D. 1982. "8: Cation Exchange Capacity". pp. 149-158. *In: Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Micro-biological Properties*, A.L.Page(ed.) (2nd edition), Amer. Soc. Agron., Inc. Publisher, Medison, Wisconsin, USA. .
- Santisuk, T. 1988. *An account of the vegetation of northern Thailand*. Franz Steiner Verlag Wiebaden GmbH, Stuttgart, Germany, 101pp.

การเจริญเติบโตและผลของวัสดุปลูกต่อการผลิตแซนเดอร์โซเนียในประเทศไทย

Growth and Development and Effect of Growing Media on *Sandersonia aurantiaca* Hook. Production in Thailand

วันวิสา กัญยากอง^{1/} และ ไสระยา ร่วมรังษี^{1/}
Wanwisa Kanyakrong^{1/} and Soraya Ruamrungsri^{1/}

Abstract: An experiment was studied growth and development of *Sandersonia aurantiaca* Hook. using 3-5 g tuber weight. Plants were grown in plot with 70 x 300 cm plot size. The growing media comprised with soil : sand : rice husk charcoal 1:1:1 by volume were used and plants were grown under plastic greenhouse at the Royal Agricultural Station Inthanon. The result found that plant height and number of leaves increased and reached a maximum at average of 51.4 cm and 24 leaves per plant at 12 weeks after planting. The flowering occurred at 45 days after planting with an average of 3.6 flowers per plant, which was lower than commercial standard. The tuberization occurred at 10 weeks after planting and increase tuber size until plant dormancy at 18 weeks. The nitrogen, phosphorus and potassium contents increased in above ground organs and under ground organs along with the increase of plant growth. The effect of growing media on growth and development of *Sandersonia*, using 3-5 g of tuber weight. Plants were grown in black bags. Four formulas of growing media i.e. 1) soil : sand 1:1, 2) soil : sand : rice husk charcoal 1:1:1, 3) soil : sand : coconut dust 1:1:1, and 4) soil : sand : rice husk charcoal : coconut dust 1:1:1:1 by volume were used. The result showed that the growing media comprised of soil : sand : coconut dust with 1:1:1 and soil : sand : rice husk charcoal : coconut dust 1:1:1:1 gave the best results of vegetative growth, flower and tuber qualities.

Keywords: *Sandersonia*, growth and development, nutrient, growing media, flower quality

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

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

บทคัดย่อ: การศึกษาการเจริญเติบโตของแซนเดอร์โซเนียที่ปลูกโดยใช้หัวพันธุ์ที่มีน้ำหนัก 3-5 กรัม ในแปลงขนาด 70×300 เซนติเมตร ใช้วัสดุปลูกที่เป็นส่วนผสมของ ดินร่วน:ทราย:ถ่านแกลบ อัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร ในโรงเรือนพลาสติก ณ สถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ พบว่าความสูงของต้นและจำนวนใบเพิ่มขึ้นจนกระทั่งสูงสุดมีค่าเฉลี่ย 51.4 เซนติเมตรและ 24 ใบในสัปดาห์ที่ 12 การออกดอกเกิดขึ้นหลังจากมีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นประมาณ 45 วันหลังปลูก โดยมีจำนวนดอกต่อช่อเฉลี่ยเพียง 3.6 ดอกซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานทางการค้า การสร้างหัวเกิดขึ้นในสัปดาห์ที่ 10 หลังปลูกและมีขนาดเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงพืชพักตัวในสัปดาห์ที่ 18 การวิเคราะห์ปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นทั้งในอวัยวะส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดินเมื่อมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น การศึกษาผลของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตของแซนเดอร์โซเนีย โดยใช้หัวพันธุ์ที่มีน้ำหนัก 3-5 กรัม ปลูกในถุงดำซึ่งมีวัสดุปลูกแตกต่างกัน 4 สูตร คือ 1) ดินร่วน:ทราย อัตราส่วน 1:1, 2) ดินร่วน:ทราย:ถ่านแกลบ อัตราส่วน 1:1:1, 3) ดินร่วน:ทราย:ขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1:1 และ 4) ดินร่วน:ทราย:ถ่านแกลบ:ขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1:1:1 โดยปริมาตร พบว่า แซนเดอร์โซเนียที่ปลูกในส่วนผสมของ ดินร่วน:ทราย:ขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1:1 และดินร่วน:ทราย:ถ่านแกลบ:ขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1:1:1 มีการเจริญเติบโตทางด้าน คุณภาพดอกและคุณภาพหัวพันธุ์ดีที่สุด

คำสำคัญ: ธาตุอาหาร วัสดุปลูก ขุยมะพร้าว คุณภาพดอก

คำนำ

แซนเดอร์โซเนียเป็นไม้ดอกประเภทหัวที่มีถิ่นกำเนิดจากอเมริกาใต้ จัดอยู่ในวงศ์ Colchicaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Sandersonia aurantiaca* Hook. ซึ่งพืชชนิดนี้มีเพียงหนึ่งชนิด (species) เท่านั้น เป็นที่รู้จักในชื่อ Christmas Bells หรือ Chinese Lantern Lily ดอกมีรูปร่างคล้ายโคมไฟสีแดง ซึ่งมีส่วนที่กว้างที่สุดของดอกเรียกว่า hip (โคนดอก) และส่วนที่แคบที่สุดของดอกเรียกว่า waist (เอวดอก) ใบมีสีเขียวเข้มเป็นมัน ลำต้นผอมบาง ยาวประมาณ 50-100 เซนติเมตร หัวมีลักษณะเป็นแขนงสองข้าง มีจุดเจริญอยู่บริเวณปลายแขนงทั้งสอง และสามารถเจริญเติบโตเป็นต้นใหม่ได้ (Brundell and Reyngoud, 1986) พืชชนิดนี้ได้รับการพัฒนาเป็นไม้ตัดดอกชนิดใหม่ในประเทศนิวซีแลนด์เมื่อเกือบ 30 ปีมาแล้ว (Brundell and Reyngoud, 1986; Warren, 1988) ในปี ค.ศ.1990 มีการส่งออกประมาณ 0.5 ล้านต้น และมีจำนวนเพิ่มขึ้นประมาณ 4 ล้านต้นต่อปี โดยส่งออกไปยังอิสราเอล และอัฟริกาใต้ ทั้งนี้ญี่ปุ่นเป็นตลาดหลักที่นำเข้าต้นแซนเดอร์โซเนียจากนิวซีแลนด์ (Burge et al., 2008)

แซนเดอร์โซเนียสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส (Davies et al., 2002) ดังนั้นการผลิตแซนเดอร์โซเนียบนพื้นที่สูงในประเทศไทย ที่มีอุณหภูมิค่อนข้างต่ำกว่าพื้นราบจึงมีความเป็นไปได้ แต่ยังมียังปัจจัยอีกหลายประการที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแซนเดอร์โซเนีย ทั้งปัจจัยภายในที่ควบคุมโดยพันธุกรรมของพืชและปัจจัยภายนอก เช่น แสง อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณธาตุอาหาร เป็นต้น

วัสดุปลูกเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช ต้องมีความเหมาะสม ความแน่นเพียงพอให้ต้นไม่ทรุดตัวอยู่ได้ มีลักษณะร่วนซุย ช่วยให้ระบายน้ำ ถ่ายเทอากาศและเก็บความชื้นได้ดี นอกจากนี้ควรมีธาตุอาหารต่าง ๆ เพียงพอและมีสัดส่วนที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืชนั้น ๆ ด้วย (มุกดา, 2547) เนื่องจากการปลูกแซนเดอร์โซเนียในประเทศไทยยังไม่มีข้อมูลพื้นฐาน การทดลองนี้จึงมุ่งศึกษาเกี่ยวกับการเจริญเติบโต และผลของวัสดุปลูกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแซนเดอร์โซเนีย เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตแซนเดอร์โซเนียในประเทศไทยและสามารถนำไปปรับปรุงเพื่อให้ผลิตได้อย่างมีคุณภาพในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองที่ 1 ศึกษาการเจริญเติบโตของแซนเดอร์โซเนีย

ปลูกแซนเดอร์โซเนียในเดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2552 โดยใช้หัวพันธุ์ที่มีน้ำหนัก 3 - 5 กรัม ในแปลงขนาด 70 × 300 เซนติเมตร ระยะปลูก 15×15 เซนติเมตร จำนวน 6 แปลง ใช้วัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของ ดินร่วน:ทราย:ถ่านแกลบ อัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร ในสภาพโรงเรือนที่ใช้พลาสติกมุงหลังคา ณ หน่วยวิจัยขุนห้วยแห้ง สถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ โดยให้ปุ๋ยวิทยาศาสตร์สูตร 16 - 16 - 16 อัตรา 2 กรัมต่อต้น ทุก 30 วัน ทำการเก็บข้อมูลจากจำนวนตัวอย่างทั้งสิ้น 60 ตัวอย่าง

บันทึกผลการทดลอง

- บันทึกการเจริญเติบโตทุก 4 สัปดาห์ ได้แก่ ความสูงของต้น โดยวัดจากโคนต้นถึงปลายใบที่สูงที่สุด โดยรวบใบขึ้น จำนวนต้นต่อกอ และจำนวนใบต่อต้น
- คุณภาพดอก ได้แก่ จำนวนดอกต่อช่อ ความยาวช่อดอก โดยวัดจากบริเวณที่มีดอกแรกเกิดขึ้นถึงปลายใบที่สูงที่สุดโดยรวบใบขึ้น เส้นผ่าศูนย์กลางโคนดอก (hip) และเส้นผ่าศูนย์กลางเอวดอก (waist)
- การเติบโตของหัวพันธุ์ ได้แก่ น้ำหนักหัวพันธุ์ ความยาวของหัวพันธุ์ ทุก 2 สัปดาห์หลังมีการสร้างหัว
- วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในส่วนของพืช ได้แก่ ไนโตรเจน ด้วยวิธี Indolphenol method (Ohyama *et al.*, 1985; 1986) ฟอสฟอรัส (Ohyama *et al.*, 1991) โพแทสเซียม (Mizukoshi *et al.*, 1994) ในส่วนเหนือดิน (ลำต้น ใบและดอก) และส่วนใต้ดิน (หัวพันธุ์และราก) วิเคราะห์ทุก 2 สัปดาห์หลังมีการสร้างหัว โดยนำค่าที่ได้จากการวิเคราะห์มาคำนวณตามกฎของ Lambert - Beer's Law (จงรักภักดี, 2536) จากนั้นนำมาคำนวณเป็นปริมาณธาตุ (content) ในพืชโดยใช้สูตร
ปริมาณธาตุอาหารในตัวอย่างพืช (มิลลิกรัมต่อส่วนของพืช) = ความเข้มข้นของธาตุอาหาร (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) × น้ำหนักแห้งในส่วนของพืชนั้น (กรัม)

การทดลองที่ 2 ผลของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตของแซนเดอร์โซเนีย

ปลูกหัวพันธุ์แซนเดอร์โซเนียที่มีน้ำหนัก 3 - 5 กรัม ในถุงดำขนาด 4 × 8 นิ้ว วางในโรงเรือนพลาสติก ณ หน่วยวิจัยขุนห้วยแห้ง สถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ โดยให้ปุ๋ยวิทยาศาสตร์สูตร 16 - 16 - 16 อัตรา 2 กรัมต่อต้น ทุก 30 วัน วางแผนการทดลองแบบ สุ่ม สมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) มี 10 ซ้ำ (1 ต้นต่อซ้ำ) โดยใช้วัสดุปลูกที่ปรับสูตรจากการศึกษาในแคลลาลิลลี่ (โสระยา, 2551)

สูตรที่ 1 ดินร่วน:ทราย อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร

สูตรที่ 2 ดินร่วน:ทราย:ถ่านแกลบ อัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร

สูตรที่ 3 ดินร่วน:ทราย:ขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร

สูตรที่ 4 ดินร่วน:ทราย:ถ่านแกลบ:ขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1:1:1 โดยปริมาตร

บันทึกผลการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 ในข้อ 1-3 เมื่อ 8 สัปดาห์หลังปลูก

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของแซนเดอร์โซเนีย ที่สถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ ความสูงจากระดับน้ำทะเลเฉลี่ย 1,200 เมตร พบว่ามีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นนานประมาณ 16 สัปดาห์ โดยความสูงของต้นและจำนวนใบเพิ่มขึ้นจนกระทั่งสูงสุดมีค่าเฉลี่ย 51.4 เซนติเมตรและ 24 ใบในสัปดาห์ที่ 12 (ตารางที่ 1) ในระยะ 45 วันหลังปลูกสามารถออกดอกได้มีจำนวนดอกต่อช่อเฉลี่ย 3.6 ดอก ความยาวช่อดอกเฉลี่ย 15.5 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางโคนดอกเฉลี่ย 2.2 เซนติเมตร และเส้นผ่าศูนย์กลางเอวดอกเฉลี่ย 1.3 เซนติเมตร (ตารางที่ 2) ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานในทางการค้าซึ่งควรมีจำนวนดอกต่อช่อต่ำสุด 6 ดอก (Matakohe gardens, 2012) ดังนั้นการปลูกแซนเดอร์โซเนียเพื่อเป็นไม้ตัดดอกในประเทศไทยจึงควรมีการพัฒนาคุณภาพดอกให้ได้ตามมาตรฐานทางการค้าต่อไป การพัฒนาของหัวพันธุ์เกิดขึ้นในสัปดาห์ที่ 10

Table 1 Growth of *Sandersonia* during 4-16 weeks after planting (n = 10)

Weeks after planting	Height (cm)	Number of stems	Number of leaves
4	37.6 ± 4.3	1 ± 0	16 ± 2
8	48.7 ± 1.5	1 ± 0	20 ± 3
12	51.4 ± 1.7	1 ± 0	24 ± 3
16	50.2 ± 1.1	1 ± 0	24 ± 3
18	D	D	D

D = Plants entered dormancy

Table 2 Flower quality of *Sandersonia* at 6 weeks after planting (n = 10)

Quality of flower	Average
Flowers per inflorescence	3.6 ± 1.4
Inflorescence length (cm)	15.5 ± 3.7
Flower hips diameter (cm)	2.2 ± 0.2
Flower waist diameter (cm)	1.3 ± 0.3

หลังปลูก เริ่มมีการสะสม น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งและความยาวของหัวพันธุ์ (ภาพที่ 1 และ 2) โดยที่ความยาวของหัวพันธุ์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจากสัปดาห์ที่ 10 จนถึง 12 หลังปลูกและคงที่จากสัปดาห์ที่ 12 ถึง 16 สัปดาห์หลังปลูก และเพิ่มขึ้นอีกครั้งในสัปดาห์ที่ 18 หลังปลูก ทั้งนี้เนื่องจากในสัปดาห์ที่ 12 ถึง 16 นั้นมีการขยายขนาดของหัวพันธุ์และสะสมน้ำหนักสดเพิ่มมากขึ้น ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดิน ในช่วงการเจริญเติบโตตั้งแต่สัปดาห์ที่ 10 หลังปลูก พบว่าในส่วนเหนือดินมีการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารทั้งสามจนกระทั่งสูงสุดในสัปดาห์ที่ 14 และลดลงในสัปดาห์ที่ 16 (ตารางที่ 3) ในส่วนใต้ดิน พบว่า ธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมจะเพิ่มขึ้นจนกระทั่งสูงสุดในสัปดาห์ที่ 18 ส่วนธาตุฟอสฟอรัสมีปริมาณสูงสุดที่สัปดาห์ที่ 16 และลดลงในสัปดาห์ที่ 18 (ตารางที่ 4) การที่มีการสะสมปริมาณไนโตรเจนมากที่สุดเนื่องจากมีความจำเป็นต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมในพืช โดยเป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน โปรตีน เอนไซม์ กรดนิวคลีอิก คลอโรฟิลล์ และฮอร์โมนบางชนิด ส่วนฟอสฟอรัส เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสารพลังงานสูง โปรตีน และกรดนิวคลีอิก และโพแทสเซียมมีบทบาทในการลำเลียงธาตุอาหาร และสาร

ต่าง ๆ ภายในพืช (โสระยา, 2547) ส่วนเหนือดินมีปริมาณธาตุอาหารเพิ่มขึ้นในช่วงอายุ 10-14 สัปดาห์จากนั้นจึงลดลงจนกระทั่งพักตัว ส่วนของพืชใต้ดินมีปริมาณธาตุอาหารเพิ่มขึ้นในช่วง 10-18 สัปดาห์ ยกเว้นธาตุฟอสฟอรัส จะเห็นได้ว่าการสะสมไนโตรเจนและโพแทสเซียมในส่วนใต้ดินมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในระยะพักตัว ทั้งนี้อาจเกิดจากการที่ธาตุอาหารจากแหล่งจ่าย (source) คืออวัยวะส่วนเหนือดิน (ใบ) ถูกส่งมายังแหล่งรับอาหาร (sinks) ได้แก่รากและหัวพันธุ์ (ยงยุทธ, 2543) เพื่อเก็บสะสมธาตุอาหารไว้ที่หัวพันธุ์ใหม่และใช้ในการเจริญเติบโตในฤดูกาลต่อไป เช่นเดียวกับไม้ดอกประเภทหัวหลายชนิด เช่น ปทุมมา มีการสะสมธาตุอาหารในหัวขณะเจริญเติบโตและมีรายงานการสะสมไนโตรเจนของนาซิสซัส ในต้นเหนือดินเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และสูงสุดเมื่อหลังการออกดอกแล้วจึงลดลงเมื่อสร้างหัวใหม่ขึ้น ซึ่งในหัวใหม่มีปริมาณไนโตรเจนเพิ่มขึ้นจนกระทั่งเข้าสู่ระยะพักตัว (โสระยา, 2547)

การใช้วัสดุปลูกที่ต่างกันทำให้การเจริญเติบโตทางลำต้น คุณภาพดอก และคุณภาพของหัวพันธุ์ของแซนเดอร์โซเนีย ได้แก่ ความสูงของต้น ความยาวช่อดอก เส้นผ่าศูนย์กลางโคนดอก และน้ำหนักหัวพันธุ์มีความแตกต่างกัน โดยพบว่าวัสดุปลูกในสูตรที่ 2, 3 และ 4 ทำ

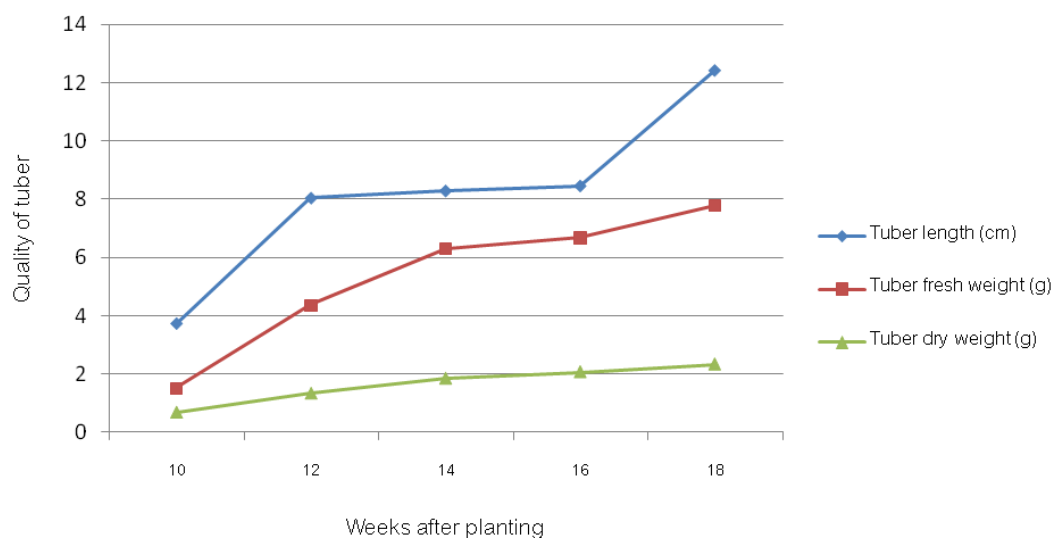


Figure 1 Tuber growth of *Sandersonia* during 10-18 weeks after planting



Figure 2 Growth of new tuber

Table 3 Nitrogen, phosphorus and potassium contents in above ground organs (leaves, stem and flowers) of *Sandersonia aurantiaca* (n = 4)

Weeks after planting	Nitrogen (mg/plant)	Phosphorus (mg/plant)	Potassium (mg/plant)
10	34.45 ± 6.24	12.03 ± 1.60	21.87 ± 3.11
12	56.94 ± 5.46	21.09 ± 3.70	31.18 ± 2.38
14	62.17 ± 9.52	24.57 ± 4.24	35.49 ± 2.73
16	52.11 ± 6.06	18.72 ± 1.51	29.49 ± 4.86
18	D	D	D

D = Plants entered dormancy

ให้ต้นพืชมีความสูงไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ต้นที่ปลูกในวัสดุปลูกสูตรที่ 3 และ 4 สูงกว่าต้นที่ปลูกในวัสดุปลูกสูตรที่ 1 (ตารางที่ 5) ในส่วนของเส้นผ่าศูนย์กลางโคนดอกพบว่า การปลูกโดยใช้วัสดุปลูกสูตรที่ 2 มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ส่วนเส้นผ่าศูนย์กลางโคนดอกไม่มีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 6) และน้ำหนักหัวพันธุ์พบว่า การใช้วัสดุปลูกสูตรที่ 3 และ 4 มีค่าเฉลี่ยมากกว่าสูตรที่ 1 และ 2 (ตารางที่ 7) ดังนั้นวัสดุปลูกสูตรที่ 3 และ 4 ซึ่งมีส่วนผสมของ ดินร่วน ทราายและขุยมะพร้าว (สูตรที่ 3) และดินร่วน ทราาย ถ่านแกลบ และขุยมะพร้าว (สูตรที่ 4) ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตดี ให้ผลดีกว่าสูตรที่ 1 และ 2 ซึ่งไม่มีขุยมะพร้าวเป็นส่วนผสม อาจเนื่องจากขุยมะพร้าวสามารถเก็บความชื้นและมีการระบายอากาศได้ดีกว่าเมื่อนำมาผสมเป็นวัสดุปลูกจึงทำให้การเจริญเติบโตดีกว่าเมื่อ

เปรียบเทียบกับการใช้วัสดุปลูกที่ประกอบด้วยดินร่วนหรือทราายเพียงอย่างเดียว เช่นเดียวกับการศึกษาของ Awang and Ismail (1996) ที่รายงานว่าเมื่อนำขุยมะพร้าวมาผสมกับทราายแล้วมีความชื้นได้ถึง 33 เปอร์เซ็นต์ และเก็บความชื้นได้ดีขึ้น แซนเดอร์โซเนียเป็นไม้ดอกประเภทหัวที่ควรเลือกใช้วัสดุปลูกที่มีการระบายน้ำดี เพื่อป้องกันการเกิดโรคเน่าของหัวพันธุ์ จากรายงานในวัสดุปลูกของคองคิงที่มีส่วนผสมของขุยมะพร้าวทำให้คองคิงมีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นดีที่สุด (อิทธิพล, 2549) และวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของขุยมะพร้าวเป็นส่วนผสมทำให้การเจริญเติบโตของปทุมมาในส่วนของต้นและดอกดีขึ้น เนื่องจากสามารถเก็บความชื้นได้ดีและให้หัวใหม่ที่สมบูรณ์ (ลักขณญา, 2549)

Table 4 Nitrogen, phosphorus and potassium contents in under ground organs (roots and tuber) of *Sandersonia aurantiaca* (n = 4)

Weeks after planting	Nitrogen (mg/plant)	Phosphorus (mg/plant)	Potassium (mg/plant)
10	19.53 ± 8.13	10.18 ± 0.83	14.40 ± 2.34
12	37.18 ± 5.29	21.70 ± 4.51	32.41 ± 7.33
14	53.34 ± 2.31	30.04 ± 6.34	40.64 ± 4.80
16	53.28 ± 11.40	30.30 ± 2.81	42.52 ± 8.60
18	62.91 ± 2.18	27.27 ± 2.40	50.65 ± 6.21

Table 5 Height, number of stems, number of leaves, leaf width and leaf length of *Sandersonia aurantiaca* at 8 weeks after planting in four growing media

Treatment	Height (cm)	Number of stems	Number of leaves
Soil : sand 1:1	62.4 b	1	27
Soil : sand : rice husk charcoal 1:1:1	66.2 ab	1	27
Soil : sand : coconut dust 1:1:1	72.3 a	1	28
Soil : sand : rice husk charcoal : coconut dust 1:1:1:1	71.7 a	1	29
LSD _{0.05}	7.7	ns	ns

Means within the same column followed by different characters showed significant difference between treatments by LSD test at $P \leq 0.05$.

ns = not significant difference

Table 6 Flower qualities of *Sandersonia aurantiaca* from four growing media

Treatment	Flowers per inflorescence	Inflorescence length (cm)	Flower hips diameter (cm)	Flower waist diameter (cm)
Soil : sand 1:1	3.5	19.9 b	2.3 ab	1.4
Soil : sand : rice husk charcoal 1:1:1	3.7	19.7 b	2.1 b	1.3
Soil : sand : coconut dust 1:1:1	4.6	24.6 ab	2.4 a	1.3
Soil : sand : rice husk charcoal : coconut dust 1:1:1:1	5.0	25.8 a	2.4 a	1.3
LSD _{0.05}	ns	5.0	0.2	ns

Means within the same column followed by different characters showed significant difference between treatments by LSD test at $P \leq 0.05$.

ns = not significant difference

Table 7 Tuber weight of *Sandersonia aurantiaca* from four growing media

Treatment	Tuber weight (g)
Soil : sand 1:1	5.0 c
Soil : sand : rice husk charcoal 1:1:1	6.1 bc
Soil : sand : coconut dust 1:1:1	8.1 a
Soil : sand : rice husk charcoal : coconut dust 1:1:1:1	6.9 ab
LSD _{0.05}	1.3

Means within the same column followed by different characters showed significant difference between treatments by LSD test at $P \leq 0.05$.

สรุป

แซนเดอร์โซเนียสามารถเจริญเติบโตได้ดีบนพื้นที่สูงของประเทศไทย ความสูงจากระดับน้ำทะเลเฉลี่ย 1,200 เมตร เมื่อมีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นแล้วสามารถออกดอกได้ใน 45 วันหลังปลูก มีจำนวนดอกต่อช่อเฉลี่ยเพียง 3.6 ดอกซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานทางการค้า ความยาวช่อดอกเฉลี่ย 15.5 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางโคนดอกเฉลี่ย 2.2 เซนติเมตร และเส้นผ่าศูนย์กลางเอวดอกเฉลี่ย 1.3 เซนติเมตร และการสร้างหัวเกิดขึ้น 10 สัปดาห์หลังปลูกและพัฒนาจนกระทั่งพืชพักตัวในสัปดาห์ที่ 18 การสะสมไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในส่วนเหนือดินเพิ่มขึ้นถึงสัปดาห์ที่ 14 และลดลงในสัปดาห์ที่ 16 ส่วนการสะสมไนโตรเจนและ

โพแทสเซียมในส่วนใต้ดินเพิ่มขึ้นจนถึงสัปดาห์ที่ 18 (ระยะพักตัว) ส่วนฟอสฟอรัสลดลงในสัปดาห์ที่ 18 วัสดุปลูกที่มีส่วนผสมต่างกันมีผลต่อ ความสูงของต้น ความยาวช่อดอก เส้นผ่าศูนย์กลางโคนดอก และน้ำหนักหัวพันธุ์ของแซนเดอร์โซเนีย โดยวัสดุผสมที่ประกอบด้วยดินร่วนทราย และขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1:1 และดินร่วนทราย ถ่านแกลบ และขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1:1:1 ให้การเจริญเติบโตทางลำต้น คุณภาพดอกและน้ำหนักหัวพันธุ์ดีที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมูลนิธิโครงการหลวง ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยและสถานที่ทดลองปลูก

เอกสารอ้างอิง

- จรงักษ์ จันทรเจริญสุข. 2536. การวิเคราะห์ดินและพืชทางเคมี. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 213 หน้า.
- มุกดา สุขสวัสดิ์. 2547. วัสดุปลูกไม้ดอกไม้ประดับ. สำนักพิมพ์บ้านและสวน, กรุงเทพฯ. 264 หน้า.
- ยงยุทธ โอสธสกา. 2543. ธาตุอาหารพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 424 หน้า.
- ลักเบญจา จิรวัฒน์ชัย. 2549. การเจริญเติบโตของปทุมมาในวัสดุปลูกชนิดต่าง ๆ. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี สาขาวิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 32 หน้า.
- โสระยา ร่วมรังษี. 2547. สรีรวิทยาไม้ดอกไม้ประดับ. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 127 หน้า.
- โสระยา ร่วมรังษี. 2551. ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตหัวและดอกของแคลลาลิลลี่. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์มูลนิธิโครงการหลวง, เชียงใหม่. 102 หน้า.
- อิทธิพล สดสะอาด. 2549. ผลของสารละลายธาตุอาหารและวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตของดอกตัง. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี สาขาวิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 38 หน้า.
- Awang, Y. and M. Ismail. 1996. The growth and flowering of some annual ornamentals on coconut dust. (Online). Available: http://www.actahort.org/members/showpdf?booknr=450_2 (28 October 2011).
- Brundell, D. J. and J. L. Reyngoud. 1986. Observations on the development and culture of sandersonia. Acta Hort. 177: 439-447.
- Burge, G. K., E. R. Morgan, J. R. Eason, G. E. Clark, J. L. Catley and J. F. Seelye. 2008. *Sandersonia aurantiaca*: Domestication of new ornamental crop. Sci. Hort. 118: 87-99.
- Davies, L. J., I. R. Brooking, J. L. Catley and E. A. Halligan. 2002. Effects of day/night temperature differential and irradiance on the flower stem quality of *Sandersonia aurantiaca*. Sci. Hort. 95: 85-98.
- Matakohe gardens. 2012. *Sandersonia* flowers. (Online). Available: <http://matakohegardens.homestead.com/SandersoniaFlowers.html> (24 February 2012).
- Mizukoshi, K., T. Nishiwaki, N. Ohtake, R. Minagawa, K. Kobayashi, T. Ikarashi and T. Ohyama. 1994. Determination of tungstate concentration in plant materials by HNO₃-HClO₄ digestion and colorimetric method using thiocyanate. Bull. Fac. Agric., Niigata Univ. 46: 51-56.
- Ohayama, T., M. Ito, K. Kobayashi, S. Araki, S. Yasuyoshi, O. Sasaki, T. Yamazaki, K. Soyama, R. Tanemura, Y. Mizuno and T. Ikarashi. 1991. Analytical procedures of N, P, K content in plant and manure materials using H₂SO₄-H₂O₂ Kjeldahl digestion method. Bull. Fac. Agric., Niigata Univ. 43: 111-120.
- Ohayama, T., T. Ikarashi and A. Baba. 1985. Nitrogen accumulation in the roots of tulip plants (*Tulipa gesneriana*). Soil Sci. Plant Nutr. 31: 581-588.
- Ohayama, T., T. Ikarashi and A. Baba. 1986. Analysis of the reserve carbohydrate in bulb scales of autumn planting bulb plant. Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr. 57: 119-125.
- Warren, S. 1988. Sandersonia a rising star. New Zealand Growing Today, April-May: 8-9.

ผลของไมคอร์ไรซาต่อการเติบโตของกล้วยไม้ดิน ลั่นมั่งกรสีชมพู

Effects of Mycorrhizas on Growth of Terrestrial Orchid

Habenaria erichmichaelii Christenson

แพรวระวี แสงมณี^{1/} อรวรรณ นัตรสีรุ่ง^{1/} และ ณัฐา โพธาภรณ์^{1/}
Prawrawee Sangmanee^{1/} Arawan Shutsrirung^{1/} and Nuttha Potapohn^{1/}

Abstract: The effects of mycorrhizas on growth of terrestrial orchid *Habenaria erichmichaelii* Christenson were studied. The experimental design was completely randomized design (CRD) with 6 treatments, 5 replications. Tissue culture of *Habenaria erichmichaelii* Christenson plants of 3 cm long were planted in the media composed of sand mixed with grounded dried monkey pod leaves, at a ratio of 1:1. Treatments were media without mycorrhiza and media inoculated with different types of mycorrhiza preparing by adding 10^5 cell/gm of media of each mycorrhiza, *Humicola* sp., *Fusarium* sp., *Nodulisporium* sp., *Oidiodendron* sp., and *Trichoderma* sp. The results showed that media with *Humicola* sp. and *Oidiodendron* sp. gave the greatest average plant length at week 12 after planting, whereas the average number of leaves per plant was not significantly different. However, the average number of leaves per plant was increased with mycorrhiza inoculation. From week 16 to 28, the leaves number was increased from 167 to 706 percent with mycorrhizal inoculation compared with that of the control. Compound microscope and scanning electron microscope were used. The results showed that mycorrhiza hyphae grew well within the root cells in all treatments except for the control.

Keywords: *Habenaria erichmichaelii* Christenson, mycorrhiza, scanning electron microscope (SEM)

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

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

บทคัดย่อ: การศึกษาผลของเชื้อราไมคอร์ไรซาต่อการเติบโตของกล้วยไม้ดินลิ้นมังกรสีชมพู วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์จำนวน 6 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 5 ซ้ำ คัดเลือกต้นกล้วยไม้ดินลิ้นมังกรสีชมพู ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในสภาพปลอดเชื้อ โดยคัดเลือกต้นที่มีความยาวประมาณ 3 เซนติเมตร นำมาปลูกในวัสดุปลูกที่ประกอบด้วย ทรายกับใบก้ามปูที่บดละเอียดในอัตราส่วน 1:1 แล้วปลูกเชื้อราไมคอร์ไรซาที่ต่างกัน คือ *Humicola* sp., *Fusarium* sp., *Nodulisporium* sp., *Oidiodendron* sp. และ *Trichoderma* sp. จำนวน 10^5 เซลล์ต่อกรัมของวัสดุปลูก ผลการทดลองพบว่ากรรมวิธีที่ปลูกเชื้อ *Humicola* sp. และ *Oidiodendron* sp. ให้ความยาวต้นเฉลี่ยในสัปดาห์ที่ 12 หลังจากการปลูกมากที่สุด ในขณะที่จำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การใช้เชื้อราไมคอร์ไรซาเพิ่มจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้น ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 16 ถึง 28 โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เพิ่มตั้งแต่ 167 ถึง 706 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้กล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบ (compound microscope) และใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบชนิดส่องกราด (scanning electron microscope: SEM) พบว่ามีการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อราไมคอร์ไรซาในเซลล์รากของทุกกรรมวิธีที่มีการปลูกเชื้อ ในขณะที่ไม่พบเส้นใยของเชื้อราไมคอร์ไรซาในกรรมวิธีควบคุม

คำสำคัญ: กล้วยไม้ดินลิ้นมังกรสีชมพู เชื้อราไมคอร์ไรซา กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบชนิดส่องกราด

คำนำ

กล้วยไม้ดินลิ้นมังกร (*Habenaria erichmichaelii* Christenson) หรือสังหิน ปัดแดง จัดอยู่ในวงศ์ Orchidaceae พบได้ในภาคอีสานและภาคใต้ของประเทศไทย ดอกบานในช่วงเดือนกันยายน-ตุลาคม ลักษณะดอก มีกลีบเลี้ยงด้านบน และด้านล่าง มีขนาดเล็กและมีสีเขียว กลีบดอกมีสีชมพูอ่อน หรือแดงอ่อน ในขณะที่ ปาก มีรอยหยักแบ่งออกเป็น 4 แฉก ขนาดยาวประมาณ 3 เซนติเมตร กว้างประมาณ 2.5 เซนติเมตร มีสีชมพูอ่อน และชมพูเข้ม (Vaddhanaphuti, 1997) ออบจันทร์ (2549) รายงานว่า ลิ้นมังกร เป็นไม้ล้มลุกหลายฤดู มีหัวอยู่ใต้ดิน หลังจากมีดอกออกผลแล้วส่วนเหนือดินเหี่ยวแห้งตายไป คงเหลือส่วนหัวใต้ดิน

ในสภาพธรรมชาติถึงแม้เมล็ดกล้วยไม้มีจำนวนมาก แต่มีโอกาสงอกเจริญเป็นต้นใหม่ได้ไม่มากนัก เมล็ดกล้วยไม้ต้องอยู่ในที่ที่มีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมและมีราพวกไมคอร์ไรซาอยู่ด้วยเมล็ดจึงงอกและเจริญเติบโตได้ ราพวกไมคอร์ไรซามีเส้นใยที่สามารถเจริญเข้าไปในเมล็ดโดยที่รากและเมล็ด หรือต้นอ่อนของกล้วยไม้อยู่ด้วยกันแบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน (ออบจันทร์, 2544) กล้วยไม้ทุกชนิดต้องผ่านขั้นตอนในระยะต้นอ่อนที่ไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ ต้องอาศัยคาร์โบไฮเดรตที่ได้รับจาก

ภายนอก ซึ่งในธรรมชาติได้จากการที่เชื้อราไมคอร์ไรซาช่วยย่อยวัสดุอินทรีย์ และบางครั้งยังช่วยดูดแร่ธาตุให้แก่พืชได้ด้วย (สมจิตร, 2549) จากการทดลองของ Anderson (1991) ศึกษากล้วยไม้สกุล *Spiranthes magnicamporum* พบว่ากล้วยไม้ดินที่อยู่ร่วมกับเชื้อราไมคอร์ไรซาในสภาพการทดลอง และ Masuhara and Katsuya (2003) ได้ทดลองผลของเชื้อราไมคอร์ไรซาต่อการงอกและระยะการเจริญเติบโตของต้นกล้วยไม้ดินสามชนิด ได้แก่ *Spiranthes sinensis* var. *amoena*, *Ponerorchis graminifolia* และ *Bletilla striata* ในหลอดทดลอง โดยนำเชื้อราที่แยกได้จากโปรโตคอร์มหรือรากของกล้วยไม้ป่า 2 สายพันธุ์ และพันธุ์ปลูกเลี้ยง 4 สายพันธุ์ มาเลี้ยงร่วมกับเมล็ดกล้วยไม้ในวุ้นข้าวโอ๊ต พบว่าเชื้อราไมคอร์ไรซาช่วยทำให้เมล็ดพัฒนาเป็นโปรโตคอร์มได้ โดย *S. sinensis* var. *amoena* และ *P. graminifolia* สามารถเจริญเติบโตได้ดีกว่าการไม่ใช้เชื้อราไมคอร์ไรซาแต่อย่างไรก็ตามการเติมเชื้อราไมคอร์ไรซาลงไปในอาหารที่ใช้เพาะเมล็ด ไม่ได้มีผลต่อการเจริญเติบโตของโปรโตคอร์มของ *B. striata*

ดังนั้นในการศึกษานี้จึงเป็นการมุ่งศึกษาผลของเชื้อราไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ดินตลอดจนการศึกษาการเข้ารากกล้วยไม้ของเชื้อราไมคอร์

ไรซา (mycorrhiza colonization of orchids) เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการใช้เชื้อราไมคอร์ไรซาที่เหมาะสมต่อการเติบโตของกล้วยไม้ดินต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกต้นกล้วยไม้ดินลั่นทมกรสีชมพู ที่ได้รับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในสภาพปลอดเชื้อ โดยคัดเลือกต้นที่มีความยาวประมาณ 3 เซนติเมตร นำมาปลูกในวัสดุปลูกที่ประกอบด้วยทรายกับใบก้ามปูที่บดละเอียดในอัตราส่วน 1:1 ซึ่งวัสดุปลูกได้ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ โดยเครื่องหม้อนึ่งความดันที่แรงดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วปลูกเชื้อราไมคอร์ไรซา จำนวน 10^5 เซลล์ต่อกรัมของวัสดุปลูกนับเชื้อโดยวิธี plating method (ยุพา, 2552) ลงไปในวัสดุปลูกที่เตรียมไว้ หมักไว้ 2 สัปดาห์ ในสภาพห้องที่ควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และควบคุมความชื้นของวัสดุปลูกที่ 60% นำวัสดุปลูกใส่ในกระถางดินเผาที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 7.5 เซนติเมตร ปลูกกล้วยไม้ลงในวัสดุปลูก 1 ต้นต่อกระถาง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) จำนวน 6 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 5 ซ้ำ คือ กรรมวิธีที่ 1 วัสดุปลูกที่ไม่มีเชื้อราไมคอร์ไรซา (กรรมวิธีควบคุม) และกรรมวิธีที่ 2 ถึง 6 ปลูกเชื้อราไมคอร์ไรซาชนิดต่าง ๆ ได้แก่ *Humicola* sp., *Fusarium* sp., *Nodulisporium* sp., *Oidiodendron* sp. และ *Trichoderma* sp. ตามลำดับ เชื้อราไมคอร์ไรซาทั้งหมดนี้ได้จากการทดลองก่อนหน้านี้ของจักรพงษ์ (2553) ซึ่งได้แยกเชื้อราไมคอร์ไรซาจากรากของกล้วยไม้ดินว่านจงนางที่มีสภาพที่สมบูรณ์และไม่มีลักษณะของการเกิดโรค และได้คัดเลือกเชื้อที่มีการผลิตฮอร์โมนพืชและละลายฟอสฟอรัสสูง ปานกลาง และต่ำ จากผลการทดลองของ อามีน (2554) และนิพาพรณ (2554) นำกระถางของแต่ละกรรมวิธีดังกล่าว ไปเก็บไว้ในห้องที่มีการควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส และได้รับแสง 12 ชั่วโมงต่อวัน เท่ากันทุกกรรมวิธี รดน้ำสัปดาห์ละ 2 ครั้ง บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตทุก ๆ 15 วัน ได้แก่ ความยาวต้น (เซนติเมตร) วัดจากโคนต้นถึงปลายใบที่สูงที่สุด จำนวนใบต่อต้น วิเคราะห์ผลทางสถิติ

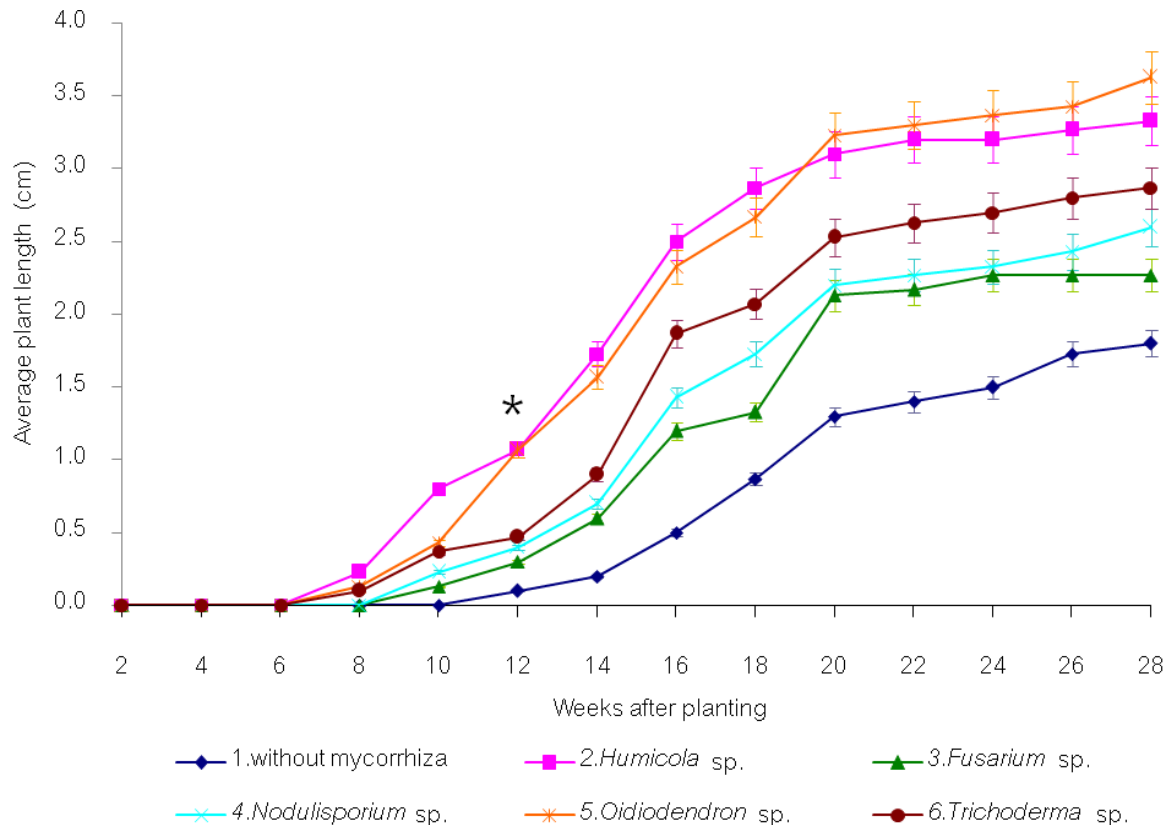
ด้วยโปรแกรม Statistix 8.0 เมื่อกล้วยไม้อายุ 5 เดือน หลังจากปลูกลงกระถาง นำรากมาทำความสะอาดและย้อมสีราก โดยแช่รากในสารละลาย water blue 0.06% นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นนำรากที่ย้อมสีแล้วมาตัด (section) วางรากบนสไลด์ นำไปตรวจสอบการเข้ารากโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบ (compound microscope) สำหรับการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบชนิดส่องกราด (scanning electron microscope: SEM) นำรากตัวอย่างทำความสะอาด แล้วนำตัวอย่างส่งที่ศูนย์วิจัยและบริการจุลทรรศน์ศาสตร์อิเล็กตรอน สวท. มช. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เพื่อตรวจดูลักษณะเส้นใยของเชื้อราไมคอร์ไรซาในการเข้าราก

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การเจริญเติบโตทางลำต้น

การปลูกกล้วยไม้ดินลั่นทมกรสีชมพูในวัสดุปลูกที่มีเชื้อราไมคอร์ไรซาต่างชนิดกัน หลังปลูกนาน 28 สัปดาห์ โดยวัดความยาวจากโคนต้นถึงปลายใบที่ยาวที่สุด พบว่ากล้วยไม้ดินลั่นทมกรสีชมพูมีความยาวต้นเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและต่อเนื่องในช่วงสัปดาห์ที่ 6 ถึง 20 และหลังจากสัปดาห์ที่ 20 ความยาวต้นเฉลี่ยเริ่มคงที่

การปลูกกล้วยไม้ดินลั่นทมกรสีชมพูในวัสดุปลูกที่มีเชื้อราไมคอร์ไรซาต่างชนิดกัน พบว่าในสัปดาห์ที่ 12 การเจริญเติบโตทางด้านความยาวของต้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่ปลูกเชื้อ *Humicola* sp., *Oidiodendron* sp., *Nodulisporium* sp. และ *Trichoderma* sp. มีความยาวต้นเฉลี่ยของกล้วยไม้ดินลั่นทมกรสีชมพู คือ 1.07 1.07 0.47 และ 0.40 เซนติเมตร ตามลำดับ มากกว่าความยาวต้นที่ปลูกเชื้อ *Fusarium* sp. และกรรมวิธีที่ไม่มีเชื้อราไมคอร์ไรซา (ภาพที่ 1) การที่ต้นกล้วยไม้ที่ปลูกร่วมกับเชื้อราไมคอร์ไรซาเจริญทางความยาวมากกว่าอาจเนื่องจากเชื้อราไมคอร์ไรซาเป็นกลุ่มเชื้อราที่มีประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยทำหน้าที่ช่วยให้รากพืชดูดน้ำและธาตุอาหารพืชในดินได้และช่วยดูดซับธาตุอาหารพืช นำไปปลดปล่อยให้กับต้นพืช อาจปลดปล่อยในรูปของ



* data at the some week significantly different between treatments by LSD test at $P \leq 0.05$.

Bars show standard deviation of the means (n=6)

Figure 1 Average plant length of *Habenaria erichmichaelii* Christenson during the period of experiment.

สารประกอบ หรือปลดปล่อยในลักษณะการสลายตัวของเส้นใยของเชื้อราไมคอร์ไรซา (Batty *et al*, 2002) และผลที่ได้สอดคล้องกับการทดลองของ Hardley (1982) ที่ทดลองเลี้ยงเชื้อไมคอร์ไรซาสกุล *Rhizoctonia* หลายชนิดร่วมกับกล้วยไม้ดินสกุล *Spathoglottis plicata* พบว่ากล้วยไม้ดินที่เจริญร่วมกับเชื้อราไมคอร์ไรซาเจริญเติบโตดีกว่ากล้วยไม้ดินที่ไม่มีลักษณะการอยู่ร่วมกันกับเชื้อราไมคอร์ไรซา

จำนวนใบเฉลี่ยต่อต้น

การปลูกกล้วยไม้ดินลงในมังกกรสีชมพูในวัสดุปลูกที่มีเชื้อราไมคอร์ไรซาต่างชนิดกัน หลังปลูกนาน 28 สัปดาห์ พบว่าต้นกล้วยไม้ดินในมังกกรสีชมพูเริ่มมีการเจริญทางใบในสัปดาห์ที่ 12 หลังการปลูก มีแนวโน้มจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นเพิ่มขึ้นตั้งแต่สัปดาห์ที่ 16 ถึง 28

จำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 167 ถึง 706 เปอร์เซ็นต์จากชุดควบคุม (กำหนดให้ชุดควบคุม = 100 เปอร์เซ็นต์) โดยเฉพาะ *Humicola* sp. และ *Oidiodendron* sp. มีประสิทธิภาพเพิ่มจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นสูงมากตั้งแต่ 303 ถึง 706 และ 403 ถึง 706 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในช่วงสัปดาห์ที่ 16 ถึง 24 แสดงว่าเชื้อราไมคอร์ไรซาส่งเสริมการเพิ่มจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ สุกัญญา (2545) ที่ทดลองปลูกเอื้องแซะร่วมกับเชื้อราไมคอร์ไรซา 64 ไอโซเลทพบว่าต้นเอื้องแซะที่เลี้ยงร่วมกับเชื้อ *Xylaria* มีค่าเฉลี่ยจำนวนใบที่เพิ่มขึ้นมากกว่าชุดควบคุม แต่จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่าการปลูกเชื้อราไมคอร์ไรซา ทำให้จำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นของกล้วยไม้ดินในมังกกรสีชมพูไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 1)

Table 1 Average number of leaves per plant of *Habenaria erichmichaelii* Christenson during the period of experiment.

Treatment	Average number of leaves per plant				
	Weeks after planting				
	12	16	20	24	28
1. without mycorrhiza	0	0.33(100)	0.33(100)	0.33(100)	1.00(100)
2. <i>Humicola</i> sp.	0.33	1.00(303)	1.33(403)	2.33(706)	2.33(233)
3. <i>Fusarium</i> sp.	0	1.00(303)	1.00(303)	1.67(506)	1.67(167)
4. <i>Nodulisporium</i> sp.	0	0.67(203)	1.33(403)	1.33(403)	1.67(167)
5. <i>Oidiodendron</i> sp.	0.67	1.33(403)	2.00(606)	2.33(706)	3.00(300)
6. <i>Trichoderma</i> sp.	0	0.33(100)	1.00(303)	1.67(506)	2.00(200)

() = percentage of the average number of leaves per plant increased from control (the control unit = 100 percent)

เชื้อราไมคอร์ไรซาที่นำมาใช้ในการทดลองนี้ ได้คัดเลือกจากผลการทดลองของ อามีน (2554) ซึ่งพบว่า *Oidiodendron* sp. และ *Humicola* sp.1 ให้ปริมาณการผลิตฮอร์โมนพืช IAA (Indole-3-acetic acid) สูงที่สุด คือ 153.3 และ 133.8 มิลลิโมลต่อกรัมของเซลล์ ตามลำดับ และผลการทดลองของนิพาพรรณ (2554) พบว่าเชื้อราไมคอร์ไรซา 4 ชนิด ที่ใช้ในการทดลองนี้ได้แก่ *Trichoderma* sp. (Isolate1) *Oidiodendron* sp. *Penicillium* sp. และ *Humicola* sp. สามารถย่อยละลายฟอสเฟตได้ดีกว่าเชื้อราไมคอร์ไรซาชนิดอื่น โดยสามารถย่อยละลายฟอสเฟตได้ 14.10 12.34 12.20 และ 12.03 มิลลิกรัมฟอสฟอรัสต่อกรัมของเซลล์แห้ง ตามลำดับ ซึ่งในการทดลองในครั้งนี้ การใช้เชื้อราไมคอร์ไรซา *Oidiodendron* sp. และ *Humicola* sp. ร่วมกับวัสดุปลูก พบว่าเชื้อราไมคอร์ไรซาทั้ง 2 ชนิด ซึ่งมีความสามารถทั้งในการผลิต IAA สูงและละลายฟอสฟอรัสได้ดี มีประสิทธิภาพต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ดินลั่นมั่งกรสีชมพูได้มาก จึงมีความเป็นไปได้ว่าในวัสดุปลูกและ/หรือรากกล้วยไม้มีสารบางชนิดที่สามารถนำไปเป็นสารตั้งต้นในการผลิต IAA ได้และเชื้อราไมคอร์ไรซา *Oidiodendron* sp. และ *Humicola* sp. สามารถเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสได้ โดยการสร้างเอนไซม์ฟอสฟาเตส (phosphatase) (นิพาพรรณ, 2554)

การเข้ารากของเชื้อราไมคอร์ไรซา

หลังจากปลูกกล้วยไม้ดินลั่นมั่งกรสีชมพูร่วมกับวัสดุปลูกที่มีเชื้อราไมคอร์ไรซา เป็นระยะเวลา 5 เดือน จึงนำรากที่ผ่านการย้อมสีแล้ว มาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบ (compound microscope) และส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบชนิดส่องกราด (scanning electron microscope: SEM) พบว่ากรรมวิธีที่มีเชื้อราไมคอร์ไรซาในวัสดุปลูกพบเส้นใยของเชื้อราไมคอร์ไรซาภายในเซลล์ราก (ภาพที่ 3B, 4B) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Williamson and Hadley (1970) ที่ได้ปลูกเชื้อ *Rhizoctonia* หลายชนิดร่วมกับกล้วยไม้ *Dactylorhiza purpurella* พบว่าเชื้อราทุกไอโซเลตเข้าสู่กล้วยไม้ผ่านทางรากขนอ่อน และทำให้พืชมีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น ซึ่งเชื้อราไมคอร์ไรซากับกล้วยไม้นั้นมีความสัมพันธ์แบบพึ่งพาอาศัยกัน (symbiosis) เซลล์ของรากพืชและรากสามารถถ่ายทอดอาหารให้กันและกันได้ ต้นพืชได้รับน้ำและแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตจากราก ส่วนรากได้รับสารอาหารจากต้นพืชผ่านทางระบบราก เช่น แป้ง น้ำตาล โปรตีน และวิตามินต่าง ๆ รวมทั้งเป็นที่อยู่อาศัย (Hacskaylo, 1971) และสมจิต (2549) ได้กล่าวถึงการเข้ารากของเชื้อราไมคอร์ไรซาว่า เนื่องจากเส้นใยของเชื้อราผ่านเข้าสู่รากกล้วยไม้โดยผ่านทางเนื้อเยื่อชั้นผิว บริเวณใกล้ ๆ ปลายราก จากนั้นเส้นใย

สามารถแผ่ไปอย่างรวดเร็วภายในชั้นคอร์เทกซ์ แล้วมีการสร้างฟิโลตัน (peloton) ภายในเซลล์พืช สำหรับในการทดลองครั้งนี้ กรรมวิธีที่วัสดุปลูกไม่มีเชื้อราไมคอร์ไรซา

ไม่พบเส้นใยของเชื้อราไมคอร์ไรซาภายในเซลล์ราก (ภาพที่ 3A, 4A)

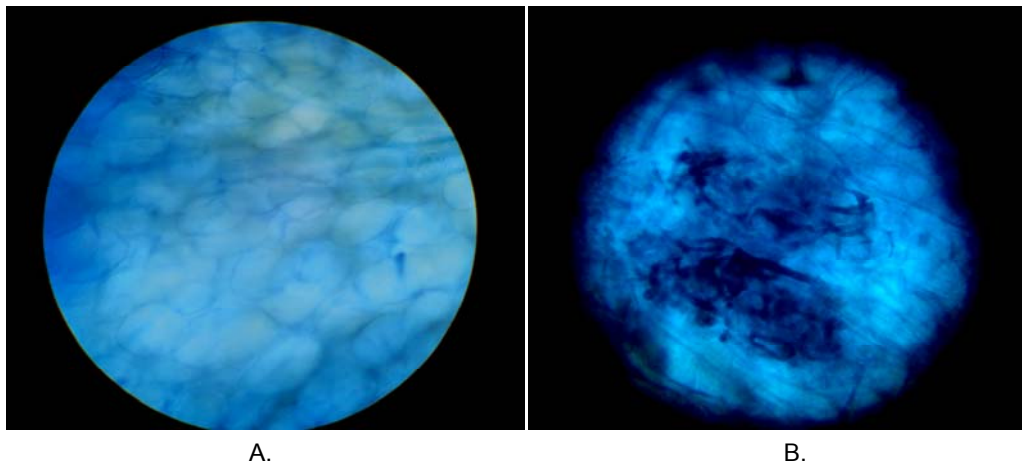


Figure 3 Cross-section of *Habenaria* root A. without mycorrhiza B. with mycorrhiza (*Oidiodendron* sp.) (100x) using compound microscope

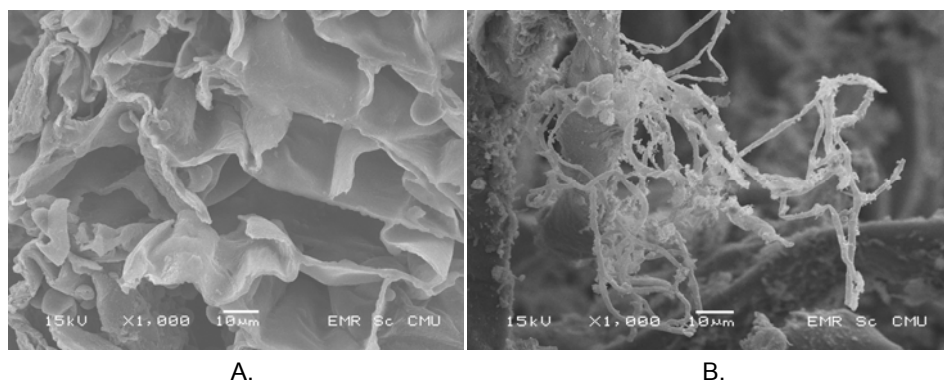


Figure 4 Cross-section of *Habenaria* root A. without mycorrhiza B. with mycorrhiza (*Humicola* sp.) (1000X) using Scanning electron microscope (SEM)

สรุป

การปลูกกล้วยไม้ดินลั่นมั่งกรสีชมพูในวัสดุปลูกที่มีเชื้อราไมคอร์ไรซานิตต่าง ๆ พบว่าเชื้อ *Humicola* sp., *Oidiodendron* sp., *Nodulisporium* sp. และ *Trichoderma* sp. มีผลทำให้การเจริญเติบโตในด้านความยาวดีกว่าการไม่ใช้เชื้อราไมคอร์ไรซาและเชื้อ *Fusarium* sp. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 12 ในขณะที่การใช้เชื้อราไมคอร์ไรซามีแนวโน้มทำให้จำนวนใบต่อต้นเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 16 ถึง 28 โดยจำนวนใบเพิ่ม 167 ถึง 706 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับต้นในกรรมวิธีควบคุม แสดงว่าเชื้อราไมคอร์ไรซาส่งเสริมการเพิ่มความยาวต้นและจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้น โดยเฉพาะ *Humicola* sp. และ *Oidiodendron* sp. และเชื้อราไมคอร์ไรซามีการเจริญเติบโตในรากของกล้วยไม้ในกรรมวิธีที่มีการปลูกเชื้อ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ สาขาวิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และความสะดวกต่าง ๆ ตลอดการทดลอง และขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- จักรพงษ์ จันทวงศ์. 2553. ผลของฤดูกาลต่อความหลากหลายของราเอนไฟท์ในรากกล้วยไม้สกุลว่านจุณนาง. วารสารเกษตร 26(1): 35-42.
- นิภาพรรณ อุ่นดี. 2554. การทดสอบการละลายฟอสเฟตของเชื้อราไมคอร์ไรซาจากรากกล้วยไม้ดินสกุลว่านจุณนาง. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 23 หน้า.
- ยุพา จอมแก้ว. 2552. การจำแนกลักษณะทางฟีโนไทป์และจีโนไทป์ของเชื้อแอคติโนมัยซีท์เอนโดไรท์

ที่แยกได้จากลำและศัลยภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของลำ. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 101 หน้า.

- สุกัญญา แสงทอง. 2545. ผลของเชื้อราเอนโดไมคอร์ไรซาต่อการเจริญของเชื้อองแตงและลูกผสม. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 158 หน้า.
- สมจิตร อยู่เป็นสุข. 2549. ไมคอร์ไรซา. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 103 หน้า.
- อามีน่า เส้นเอ. 2554. ความสามารถในการผลิต Indole-3-Acetic Acid (IAA) และเอนไซม์เซลลูเลส ของเชื้อราไมคอร์ไรซาจากรากกล้วยไม้สกุลว่านจุณนาง. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 43 หน้า.
- อบฉันท ไททอง. 2544. กล้วยไม้เมืองไทย พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์บ้านและสวน, กรุงเทพฯ. 461 หน้า.
- อบฉันท ไททอง. 2549. กล้วยไม้เมืองไทย พิมพ์ครั้งที่ 11. สำนักพิมพ์บ้านและสวน, กรุงเทพฯ. 461 หน้า.
- Anderson A. B. 1991. Symbiotic and asymbiotic germination and growth of *Spiranthes magiamporum* (Orchidaceae). p. 183-186. Cited by H. N. Rasmussen. Terrestrial Orchid from seed to Mycotrophic plant. Cambridge University Press, New York. 444 pp.
- Batty, A. L., K. W. Dixon, M. C. Brundrett and K. Sivasithamparam. 2002. Orchid conservation and mycorrhizal associations. pp. 195-226. In: K. Sivasithamparam, K.W. Dixon and R.L. Barrett (eds.). Microorganisms in Plant Conservation and Biodiversity. Kluwer Academic Publishers, Australia.

- HacsKaylo E. 1971. Mycorrhizae. U.S. Government Printing Office, Washington. 255 pp.
- Hadley, G. 1982. Orchid mycorrhiza, pp. 84-118. In: J. Arditti (ed.). Orchid Biology-reviews and Perspectives II. Comstock: Cornell University Press, New York.
- Masuhara, G. and K. Katsuya. 2003. Effects of mycorrhizal fungi on seed germination and early growth of three Japanese terrestrial orchids. Institute of Agriculture and Forestry, University of Tsukuba, Japan 37: 331-337.
- Vaddhanaphuti, N. 1997. Wild Orchids of Thailand. Silkworm Books, Chiang Mai. 158 pp.
- Williamson, B. and G. Hadley. 1970. Penetration and infection of orchid protocorm by *Thanaphorus cucumeris* and other *Rhizoctonia* isolates. Phytopath. 60: 1092-1096.
-

ผลของปริมาณไอออนบีมพลังงานต่ำใน การชักนำการกลายพันธุ์ของอัญชัน

Effects of Fluence of Low-energy Ion Beam on Mutation Induction of Butterfly Pea

กฤติยาพร บวรวัฒนะ^{1/} ศิวาพร ธรรมดี^{1/} และ อติสร กระแสชัย^{1/}
Kridtiyaporn Bowornwattana^{1/}, Siwaporn Thumdee^{1/} and Adisorn Krasaechai^{1/}

Abstract: : Mutation induction in butterfly pea by low-energy nitrogen ion beam at 50 keV was conducted by giving ion fluences (dose) of 1×10^{16} , 2×10^{16} , 4×10^{16} , 8×10^{16} , or 12×10^{16} N-ions.cm⁻² to self-pollinated seeds. Survival percentage, growth, and qualitative characters of butterfly pea were recorded. The result showed that ion beams at all fluences did not affect the survival percentage of the seeds. Only the highest fluence treatment caused variegated and deformed leaves in some plants. Increased survival percentage was also observed in the highest fluence treatment compared to the vacuum control. All plants from the highest fluence treatment were grown as M₁ population for further comparison with the wild type population. Lengths of the 2nd internode, the 3rd internode, and mature compound leaf were lower in the M₁ population than in the wild type population. While number of branches was higher in the M₁ population than in the wild type population. Additional deviant characters such as leaflet branching, compound leaf variegation, and petal malformation were observed in the M₁ population. Thus it is possible that there were some mutants in this M₁ population.

Keywords: Ion beam, butterfly pea, mutation induction

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

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

บทคัดย่อ: การชักนำการกลายพันธุ์ในอัญชันโดยใช้ไอออนบีมไนโตรเจนพลังงานต่ำ 50 keV ดำเนินการโดยให้เมล็ดที่เกิดจากการผสมตัวเองได้รับปริมาณไอออน 1×10^{16} , 2×10^{16} , 4×10^{16} , 8×10^{16} หรือ 12×10^{16} N-ions.cm⁻² นำเมล็ดมาเพาะแล้วบันทึกอัตราการรอดชีวิต การเติบโต และลักษณะเชิงคุณภาพที่เปลี่ยนแปลง พบว่า ทุกปริมาณไอออนทำให้อัตราการรอดชีวิตของเมล็ดไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่ไม่ได้นำเข้าเครื่องยิงไอออน มีเฉพาะปริมาณไอออนสูงสุดที่ให้ต้นที่มีใบด่างและรูปร่างใบที่แตกต่างไปจากปกติ และที่ปริมาณไอออนสูงที่สุดนี้ทำให้อัตราการรอดชีวิตสูงกว่ากรรมวิธีที่ได้รับเฉพาะสภาพสุญญากาศในเครื่องยิงไอออน เมื่อนำประชากรรุ่น M₁ ที่ผ่านการยิงด้วยไอออนปริมาณสูงสุดนี้ ไปปลูกเปรียบเทียบกับลักษณะกับประชากรเดิม (wild type population) พบว่า เมื่อออกดอกประชากรรุ่น M₁ มีความยาวของปล้องที่ 2 ความยาวของปล้องที่ 3 และความยาวของใบสั้นกว่าของประชากรเดิม แต่มีจำนวนกิ่งข้างมากกว่าจำนวนกิ่งข้างของประชากรเดิม และพบลักษณะเชิงคุณภาพที่แตกต่างจากปกติเพิ่มเติม ได้แก่ ใบย่อยมีการแตกแขนง ใบประกอบมีลักษณะด่าง และกลีบดอกที่เปลี่ยนรูปไป จึงเป็นไปได้ว่ามีต้นที่กลายพันธุ์อยู่ในประชากรรุ่น M₁ นี้

คำสำคัญ: ไอออนบีม อัญชัน การชักนำการกลายพันธุ์

คำนำ

การปรับปรุงพันธุ์พืชนอกจากการผสมพันธุ์แล้ว การชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์เป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ซึ่งชักนำได้โดย การใช้สารเคมีและรังสี ไอออนบีมจัดเป็นรังสีก่อไอออน (ionizing radiation) ประเภทหนึ่งซึ่งมีประสิทธิภาพในการถ่ายทอดพลังงานแก่ตัวกลางสูง เมื่อเทียบกับรังสีแกมมาและรังสีเอกซ์ (Yamaguchi *et al.*, 2003) โดยมีทั้งมวล ประจุ และพลังงาน (Wu and Yu, 2001) ทำให้เกิดความหลากหลายของการกลายพันธุ์ (mutation spectrum) คือมีการกลายพันธุ์ในลักษณะที่แปลกใหม่ มากกว่าและแตกต่างจากการใช้รังสีอื่น (อรุณี, 2550) นอกจากนี้ไอออนบีมยังไม่ทิ้งสารพิษตกค้างเหมือนการใช้สารเคมีชักนำการกลายพันธุ์ ดังนั้นไอออนบีมจึงเป็นอีกหนึ่งเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสูงและปลอดภัยในการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในพืช

การนำเอาไอออนบีมพลังงานสูง ในระดับ MeV มาใช้ในการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ได้ประสบผลสำเร็จในพืชหลายชนิด เช่น กุหลาบ (Yamaguchi *et al.*, 2003) แววมยุรา (Miyazaki *et al.*, 2006) และยาสูบ (Kazama *et al.*, 2008) ส่วนการประยุกต์ใช้ไอออนบีมพลังงานต่ำ คือใช้พลังงานต่ำกว่า 100 KeV เพื่อชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในพืช เริ่มขึ้นที่ประเทศจีนเป็นแห่งแรก โดยทำการทดลองในข้าว (Wu and Yu, 2001) ในประเทศไทย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ได้พัฒนาเครื่องเร่งอนุภาค

และสามารถใช้ชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในพืชหลายชนิด เช่น ข้าวหอมมะลิ (Phanchaisri *et al.*, 2007) พืชเนื้ (Krasaechai *et al.*, 2009) บานชื่น (กนกพร, 2552) และดาวเรือง (จินตนา, 2553)

อัญชัน *Clitoria ternatea* Linn. (Butterfly Pea) เป็นพืชในเขตร้อน อยู่ในวงศ์ Fabaceae เป็นพันธุ์ไม้เลื้อยล้มลุกขนาดเล็ก มีดอกออกตลอดปี (วิชัย, 2532) จัดเป็นพืชดิพลอยด์ (diploid) มีจำนวนโครโมโซม $2n = 16$ (Morris, 2009) เนื่องจากอัญชันเป็นพืชผสมตัวเอง (Morris, 2009) และขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด (วิทย์, 2530) ทำให้โดยทั่วไปมีพันธุ์กรรมเป็น homozygous ซึ่งง่ายต่อการศึกษาผลของการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ นอกจากนี้รังควัตถุสีน้ำเงินอมม่วงในกลีบดอกอัญชัน ที่สร้างความสวยงามให้กับดอกและทำให้สามารถใช้อัญชันเป็นไม้ประดับได้แล้ว รังควัตถุดังกล่าวยังอาจช่วยยับยั้งสารก่อมะเร็งได้ (Morris, 2009) หากมีการปรับปรุงพันธุ์อัญชันให้มีลักษณะดอก สีของดอก และลักษณะการเจริญเติบโตที่แตกต่างไปจากเดิม จะช่วยพัฒนาอัญชันให้ เป็นไม้ประดับหรือพืชให้สีธรรมชาติที่มีศักยภาพทางการค้าได้

ดังนั้นการทดลองนี้จึงศึกษาผลของปริมาณไอออนบีมพลังงานต่ำในการชักนำการกลายพันธุ์ต่อการรอดชีวิต การเติบโต และลักษณะที่เปลี่ยนแปลงของประชากรอัญชัน รุ่น M₁

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเมล็ดอัญชันกลีบดอกชั้นเดียวสีน้ำเงินที่ได้จากการควบคุมให้ผสมตัวเอง 2 รุ่น มายิงด้วยไอออนบีมไนโตรเจนพลังงานต่ำ 50 keV ให้ได้รับปริมาณไอออน 1×10^{16} , 2×10^{16} , 4×10^{16} , 8×10^{16} หรือ 12×10^{16} N-ions.cm⁻² เนื่องจากในการยิงไอออนแต่ละครั้งจะต้องมีการลดแรงดันใน target chamber (ภาพที่ 1) จนกระทั่งมีสภาพเป็นสุญญากาศ จึงมีกรรมวิธีที่ได้รับเฉพาะสภาพสุญญากาศในเครื่องยิงไอออน (vacuum control) ซึ่งวางใน target chamber พร้อมกับแต่ละกรรมวิธีที่ได้รับการยิงไอออน (ภาพที่ 1) และมีกรรมวิธีที่ไม่นำเข้าเครื่องยิงไอออน (control) เป็นกรรมวิธีเปรียบเทียบ ในทุกกรรมวิธีมีการตัดเปลือกหุ้มเมล็ดบริเวณใกล้ยอดอ่อนของคัพเพาะออกก่อนนำไปยิงด้วยไอออน หลังจากยิงไอออน นำเมล็ดทั้งหมดปลูกในถาดหลุม โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด บันทึกเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตเมื่อ 30 วัน หลังเพาะเมล็ด เพื่อหา 50% lethal dose (LD_{50(30d)}) และวัดความสูงของต้นหลังเพาะเมล็ดแล้ว 10 วัน เพื่อหา 50% growth reduction (GR_{50(10d)}) จากนั้น

ย้ายปลูกเฉพาะต้นจากกรรมวิธีที่ไม่นำเข้าเครื่องยิงไอออน (control) หรือเรียกว่าเป็นประชากรเดิม (wild type population) และต้นจากกรรมวิธีที่ให้ผลหรือใกล้เคียง LD_{50(30d)} หรือ GR_{50(10d)} หรือเรียกว่าเป็นประชากรที่ผ่านการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์รุ่นที่ 1 (M₁ population) ปลูกเลี้ยงในโรงเรือนหลังคาพลาสติก ที่ศูนย์วิจัย สาธิต และฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ ตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2554 บันทึกลักษณะเชิงปริมาณ (quantitative characters) ได้แก่ ความสูงของต้นเมื่อ 70 วัน หลังเพาะเมล็ด เนื่องจากเป็นระยะที่อัญชันมีการออกดอกแล้วและเป็นระยะที่ต้นยังไม่มีกิ่งก้านยืดยาวที่ทำให้ยากต่อการเก็บข้อมูล และลักษณะเชิงปริมาณอื่น ๆ เมื่อเริ่มออกดอก ได้แก่ จำนวนกิ่งข้าง ความยาวปล้อง ขนาดใบ และขนาดดอก และบันทึกลักษณะเชิงคุณภาพ (qualitative characters) ที่เปลี่ยนแปลงไปจากปกติตลอดช่วงที่ปลูกเลี้ยง

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการรอดชีวิตและค่าเฉลี่ยความสูงของต้นกล้าในกรรมวิธีทดลองต่าง ๆ โดยการวิเคราะห์ ANOVA และ Duncan's multiple range test เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของ

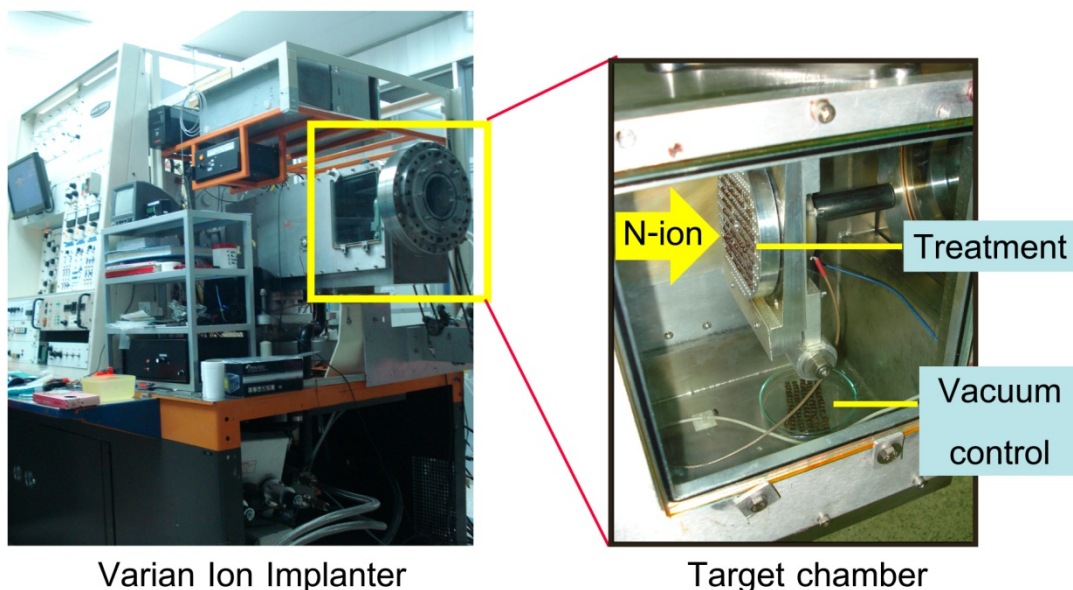


Figure 1 Varian ion implanter and target chamber showing treatment target seeds and vacuum control seeds

ลักษณะเชิงปริมาณ ระหว่างประชากรเดิมและประชากรที่ผ่านการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์รุ่นที่ 1 ด้วย T-test และ F-test ตามลำดับ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรม Statistix 8

ผลการทดลอง

หลังจากเมล็ดอัลยูนได้รับการยิงด้วยไอออนของไนโตรเจนพลังงานต่ำ บริเวณรอยตัดซึ่งเป็นเป้าหมายในการยิงไอออนมีแนวโน้มเกิดรอยไหม้เพิ่มมากขึ้นเมื่อปริมาณไอออนเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 2) แต่ทุกปริมาณไอออนไม่ทำให้อัตราการรอดชีวิตของเมล็ดเมื่อ 30 วันหลังจากเพาะเมล็ด แตกต่างจากกรรมวิธีที่ไม่นำเข้าเครื่องยิงไอออน (control) (ตารางที่ 1) การให้ไอออนปริมาณ 2, 4 และ 12×10^{16} N-ions.cm⁻² ทำให้อัตราการรอดชีวิตของเมล็ดสูงกว่ากรรมวิธีที่ได้รับเฉพาะสภาพสุญญากาศในเครื่องยิงไอออน (vacuum control) โดยเฉพาะที่ปริมาณไอออน 12×10^{16} N-ions.cm⁻² ซึ่งเป็นปริมาณไอออนที่สูงที่สุดที่ให้แก่เมล็ดอัลยูนในการทดลองนี้ (ตารางที่ 1) แม้ว่าต้นกล้าที่เติบโตจากเมล็ดที่ผ่านการยิงด้วยปริมาณไอออน

ตั้งแต่ 2×10^{16} N-ions.cm⁻² ขึ้นไป มีแนวโน้มความสูงเมื่อ 10 วันหลังจากเพาะเมล็ดมากกว่าต้นกล้าจากเมล็ดที่ได้รับเฉพาะสภาพสุญญากาศซึ่งนำเข้าในเครื่องยิงไอออนพร้อมกัน แต่ค่าเฉลี่ยความสูงดังกล่าวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ภาพที่ 3) ในช่วงหนึ่งเดือนหลังจากเพาะเมล็ดพบต้นอัลยูนที่มีลักษณะเชิงคุณภาพแตกต่างไปจากต้นปกติเฉพาะในกรรมวิธีที่ได้รับปริมาณไอออนสูงที่สุดเท่านั้น ได้แก่ ลักษณะต่างกระจายทั่วพื้นที่ของใบจริงคู่แรก จำนวน 1 ต้น (ภาพที่ 4A) ปลายใบจริงคู่แรกงอ จำนวน 1 ต้น (ภาพที่ 4B) ใบประกอบใบแรกมีรูปร่างที่ต่างไปจากต้นปกติ จำนวน 4 ต้น ได้แก่ ไม่มีก้านใบย่อย (ภาพที่ 5B-F) รูปร่างใบเปลี่ยนเป็นรูปหอกกลับ (ภาพที่ 5C) ขอบใบเป็นลอนคลื่น (ภาพที่ 5D) จำนวนใบย่อยลดลงและขอบใบย่อยงอ (ภาพที่ 5E-F) รวมจำนวนต้นกล้าที่มีลักษณะแตกต่างจากปกติ เป็น 4 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนเมล็ดทั้งหมดที่ผ่านการยิงด้วยปริมาณไอออนสูงที่สุด ดังนั้นจึงเลือกประชากรอัลยูนรุ่น M₁ ที่ผ่านการยิงด้วยปริมาณไอออน 12×10^{16} N-ions.cm⁻² ไปปลูกเปรียบเทียบลักษณะกับประชากรเดิม (wild type population) ต่อไป

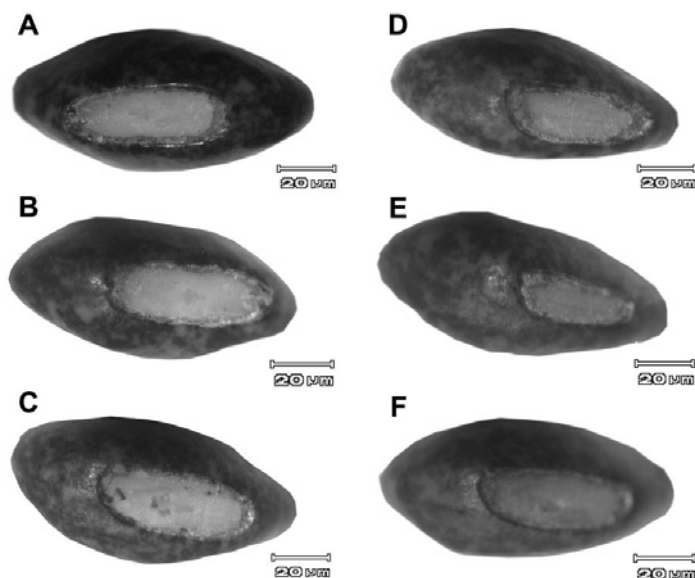


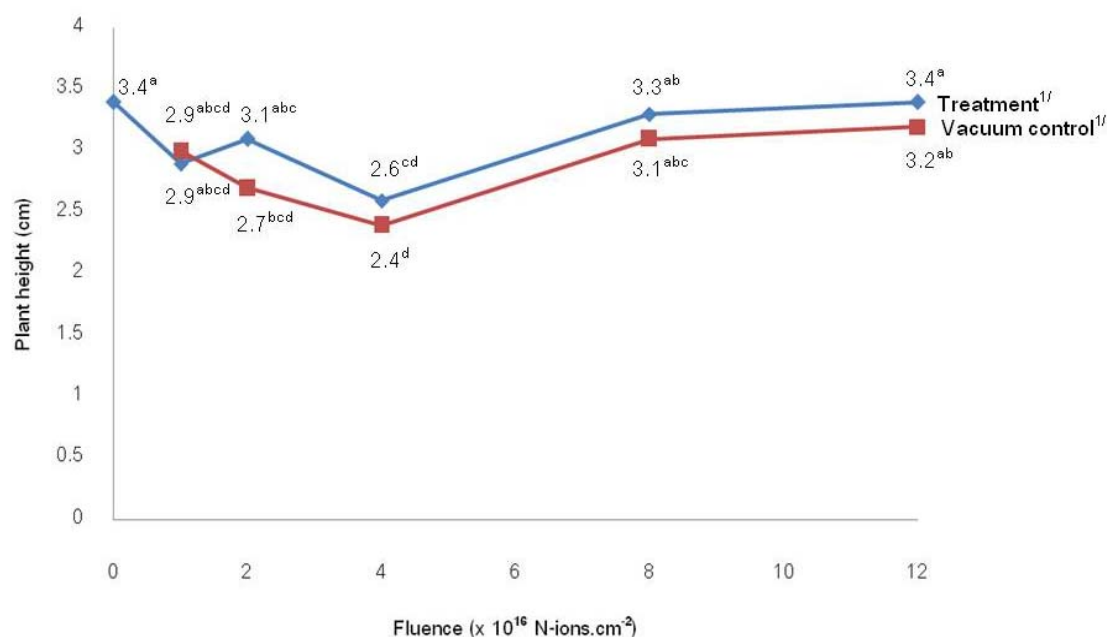
Figure 2 Butterfly pea seeds after ion-beam bombardment

A: control, B: 1×10^{16} N-ions.cm⁻², C: 2×10^{16} N-ions.cm⁻², D: 4×10^{16} N-ions.cm⁻², E: 8×10^{16} N-ions.cm⁻², F: 12×10^{16} N-ions.cm⁻²

Table 1 Survival percentage of ion-beam bombarded butterfly pea seeds at 30 days after sowing

Fluence ($\times 10^{16}$ N-ions.cm ⁻²)	Survival (%) ^{1/}	
	Treatment	Vacuum control
0 (control)	86 ^{ab}	-
1	88 ^{ab}	82 ^{abc}
2	79 ^{bc}	62 ^d
4	79 ^{bc}	64 ^d
8	90 ^a	78 ^{abc}
12	90 ^a	66 ^{cd}

^{1/}Means followed by the same letter were not significantly different by Duncan's multiple range test at 95% confidential level.



^{1/}Means followed by the same letter were not significantly different by Duncan's multiple range test at 95% confidential level.

Figure 3 Plant height of ion-beam bombarded butterfly pea at 10 days after sowing

เมื่อระยะออกดอก ประชากร M₁ มีความยาวของปล้องที่ 2 ความยาวของปล้องที่ 3 และความยาวของใบ สั้นกว่าประชากรเดิม แต่มีจำนวนกิ่งข้างมากกว่าประชากรเดิม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2) และในช่วงที่ปลูกศึกษาลักษณะพบลักษณะเชิงคุณภาพของอัญชันบางต้นในประชากร M₁ ที่แตกต่างไปจากประชากรเดิม ได้แก่ ใบย่อยมีการแตกแขนง จำนวน 1 ต้น (ภาพที่ 6A) รอบขอบใบประกอบมีลักษณะต่าง จำนวน 1 ต้น (ภาพที่ 6B) และบางดอกมีลักษณะการบานที่

แตกต่างไปจากดอกปกติคือบริเวณปลายกลีบดอกไม่ค่อยออกทั้งหมดทำให้เกิดปมหุ้มเกสรเพศผู้ไว้และไม่สามารถติดฝักได้จำนวน 1 ต้น (ภาพที่ 6C) ซึ่งลักษณะเหล่านี้พบเพียงบางส่วนของต้นเท่านั้น ไม่ได้เกิดทั้งต้น รวมจำนวนต้นอัญชันในประชากร M₁ ที่มีลักษณะเชิงคุณภาพแตกต่างไปจากประชากรเดิม เท่ากับ 5 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนเมล็ดทั้งหมดที่ผ่านการยิงด้วยไอออนปริมาณสูงที่สุด

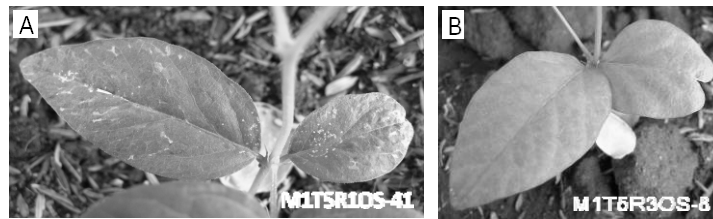


Figure 4 Deviant characters of the first simple leaf of M_1 butterfly pea bombarded with 12×10^{16} N-ions.cm⁻²
A: variegated leaves; B: emarginated leaf apex

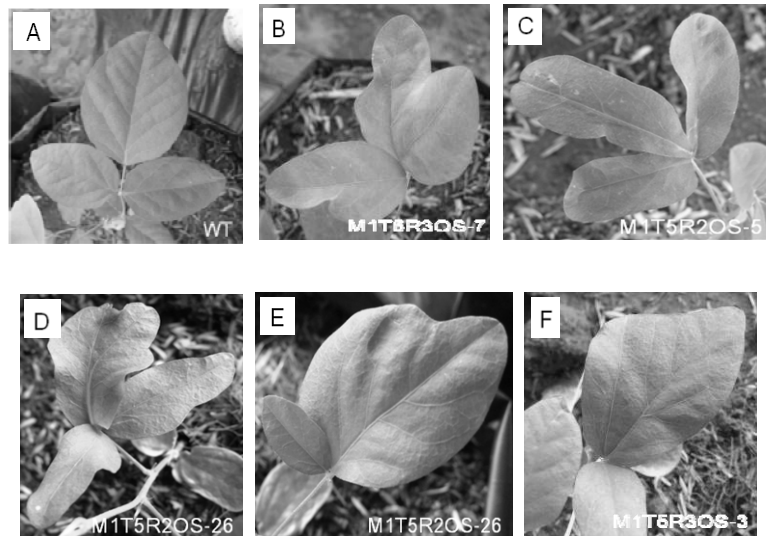


Figure 5 Compound leaf malformation in M_1 butterfly pea bombarded with 12×10^{16} N-ions.cm⁻²

A: control or wild type (wt) plant with 3 leaflets per compound leaf, stalked ovate leaflets, and entire leaflet margin; B: M_1 plant with sessile leaflets and emarginated leaflet margin; C: M_1 plant with sessile oblanceolate leaflets; D: M_1 plant with sessile irregular shaped leaflets and undulate leaf margin; E and F: M_1 plants with 2 leaflets per compound leaf, sessile leaflets, and emarginated leaflet margin.

Table 2 Quantitative characters of M_1 butterfly pea population bombarded with 12×10^{16} N-ions.cm⁻², comparing to wild type population

Characters		Number of plants	Mean ^{1/}	Variances ^{2/}
Plant height at 70 days (cm)	M_1	137	22.9 ^{ns}	176.6 [*]
	Wild type	50	26.8	282.2
Length of 2 nd internode (cm)	M_1	137	3.0 ^{**}	0.36 ^{ns}
	Wild type	50	3.3	0.48
Length of 3 rd internode (cm)	M_1	137	2.7 ^{**}	0.83 ^{ns}
	Wild type	50	3.2	0.64
Length of 4 th internode (cm)	M_1	137	2.3 ^{ns}	0.64 ^{ns}
	Wild type	50	2.4	0.83
Number of branching	M_1	137	9.2 ^{**}	1.10 ^{ns}
	Wild type	50	8.5	0.74
Leaf length (cm)	M_1	137	5.7 [*]	0.56 ^{ns}
	Wild type	50	6.0	0.49
Leaf width (cm)	M_1	137	3.6 ^{ns}	0.16 ^{ns}
	Wild type	50	3.7	0.14
Flower width (cm)	M_1	137	3.5 ^{ns}	0.27 ^{ns}
	Wild type	50	3.6	0.24
Flower length (cm)	M_1	137	3.6 ^{ns}	0.24 ^{ns}
	Wild type	50	3.6	0.20
First blooming (days after sowing)	M_1	137	75 ^{ns}	21.3 ^{ns}
	Wild type	50	74	23.5

^{1/} Means of each character were compared between M_1 and wild type populations by T-Test.

^{2/} Variances of each character were compared between M_1 and wild type populations by F-Test.

^{*} Value of the M_1 population differed from that of the wild type population at 0.05 levels.

^{**} Value of the M_1 population differed from that of the wild type population at 0.01 levels.

^{ns} Value of the M_1 population did not differ from that of the wild type population at 0.05 levels.

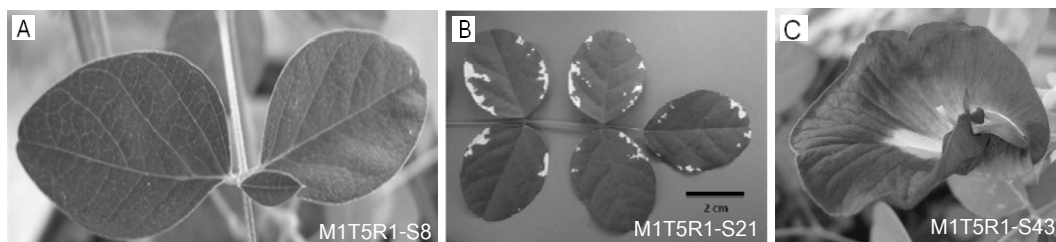


Figure 6 Deviant characters found in some plants of M_1 butterfly pea population bombarded with 12×10^{16} N-ions.cm⁻²

A : branching of leaflet; B: variegated leaf; C: malformed petal

วิจารณ์ผลการทดลอง

ปริมาณไอออนตั้งแต่ 1×10^{16} ถึง 12×10^{16} N-ions.cm⁻² ทำให้อัตราการรอดชีวิตของเมล็ดไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่ไม่นำเข้าเครื่องยิงไอออน (ตารางที่ 1) ซึ่งแตกต่างกับรายงานของ Anuntalabhochi *et al.* (2004) และ สุพรรณิ (2549) ที่กล่าวไว้ว่า อัตราการรอดชีวิตของข้าวกล้องเมื่อให้ปริมาณไนโตรเจนไอออนเพิ่มมากขึ้น แต่ผลการทดลองที่ได้นี้สอดคล้องกับการศึกษาการยิงไอออนไนโตรเจนพลังงานต่ำแก่เมล็ดบานขึ้น (กนกพร, 2552) และเมล็ดพิทูเนีย (Krasaechai *et al.*, 2009) ที่พบว่าปริมาณไอออนที่ให้ทุกระดับไม่มีผลต่ออัตราการรอดชีวิตของเมล็ด คือที่พลังงาน 30 keV ปริมาณไอออน 2 และ 3×10^{16} N-ions.cm⁻² ให้อัตราการรอดชีวิตของเมล็ดบานขึ้นเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ เทียบกับการใช้ปริมาณไอออน 1×10^{16} N-ions.cm⁻² ที่ให้อัตราการรอดชีวิต 66 เปอร์เซ็นต์ (กนกพร, 2552) และที่ระดับพลังงาน 60 keV การให้ปริมาณไอออน 10×10^{16} N-ions.cm⁻² ทำให้อัตราการรอดชีวิตของเมล็ดพิทูเนียเท่ากับอัตราการรอดชีวิตของเมล็ดที่ได้รับปริมาณไอออน 2×10^{16} N-ions.cm⁻² (Krasaechai *et al.*, 2009) การที่ปริมาณไอออนส่งผลต่ออัตราการรอดชีวิตแตกต่างกันในแต่ละการทดลอง เนื่องจากอัตราการรอดชีวิตภายหลังการยิงด้วยไอออนขึ้นอยู่กับชนิดและพันธุ์พืช ระดับพลังงาน ชนิดและความเข้มข้นของไอออน การหาปริมาณไอออนที่เหมาะสมจากค่า 50% growth reduction (GR_{50(10d)}) ซึ่งเป็นการวัดความเสียหายทางสรีรวิทยาที่เกิดกับต้นกล้าในรุ่น M₁ พบว่า ค่าเฉลี่ยความสูงของต้นกล้าอายุ 10 วันหลังเพาะเมล็ด (ภาพที่ 3) ของกรรมวิธีที่ได้รับปริมาณไอออน 4×10^{16} N-ions.cm⁻² มีค่าเป็น 76% ของกรรมวิธีที่ไม่นำเข้าเครื่องยิงไอออน ซึ่งใกล้เคียงค่า GR_{50(10d)} มากที่สุด และค่าเฉลี่ยความสูงนี้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากค่าเฉลี่ยความสูงของกรรมวิธีที่ไม่นำเข้าเครื่องยิงไอออน (ภาพที่ 3) แต่เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่นำเข้าเครื่องยิงไอออนพร้อมกันแต่ได้รับเฉพาะสภาพสุญญากาศ พบว่าความสูงของต้นกล้าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ภาพที่ 3) การเติบโตที่ลดลงของต้นกล้าในกรรมวิธีที่ได้รับปริมาณไอออน 4×10^{16} N-ions.cm⁻² จึงอาจเป็นผลของสภาพ

สุญญากาศในการยิงไอออนที่ทำให้อุณหภูมิโดยรอบลดลงและทำให้เนื้อเยื่อพืชสูญเสียความชื้น (Apavatjirut *et al.*, 2003) จนส่งผลต่อการงอกและการเติบโตมากกว่าผลจากไอออน ดังนั้นจึงไม่สามารถระบุได้ว่าปริมาณไอออนนี้เป็นปริมาณไอออนที่เหมาะสม เมื่อพิจารณาการรอดชีวิตและการเติบโตของต้นกล้าในกรรมวิธีที่ได้รับไอออนปริมาณสูงที่สุด 12×10^{16} N-ions.cm⁻² พบว่ามีอัตราการรอดชีวิตและมีแนวโน้มการเติบโตสูงกว่ากรรมวิธีที่ได้รับเฉพาะสภาพสุญญากาศในเครื่องยิงไอออน ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ จินตนา (2553) ที่ชักนำการกลายพันธุ์ในดาวเรืองด้วยไอออนบีมไนโตรเจนพลังงาน 50 keV แล้วพบว่า ต้นกล้าอายุ 4 สัปดาห์ที่ได้รับปริมาณไอออนสูงที่สุดมีความสูงเพิ่มขึ้น แต่หลังจากสัปดาห์ที่ 5 ความสูงมีแนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม การที่เมล็ดอัญชันที่เคยได้รับปริมาณไอออนตั้งแต่ 2×10^{16} N-ions.cm⁻² ขึ้นไปมีเปอร์เซ็นต์การงอก (หรืออัตราการรอดชีวิต) มากกว่า และมีแนวโน้มให้ต้นกล้าที่สูงกว่าเมล็ดที่เคยได้รับเฉพาะสภาพสุญญากาศในระยะแรก (ตารางที่ 1 และ ภาพที่ 3) และเมล็ดที่เคยได้รับปริมาณไอออน 8 และ 10×10^{16} N-ions.cm⁻² มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงกว่าเมล็ดที่เคยได้รับปริมาณไอออน 2 และ 4×10^{16} N-ions.cm⁻² (ตารางที่ 1 และ ภาพที่ 3) อาจเป็นเพราะไนโตรเจนไอออนได้เข้าไปในเซลล์แล้วมีการเปลี่ยนแปลงไปอยู่ในรูปซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ส่งผลให้เมล็ดอัญชันในกรรมวิธีดังกล่าวมีเปอร์เซ็นต์การงอกและการเติบโตสูงกว่าในระยะแรก เมื่อนำผลของอัตราการรอดชีวิตและการเติบโตของต้นกล้าอัญชัน ประกอบกับลักษณะเชิงคุณภาพที่เปลี่ยนแปลงไปนั้นเกิดขึ้นเฉพาะกับประชากรอัญชันที่เคยได้รับปริมาณไอออนสูงที่สุด 12×10^{16} N-ions.cm⁻² (ตารางที่ 1 และ ภาพที่ 3, 4 และ 5) จึงเป็นไปได้ว่ามีต้นในประชากรนี้ได้รับไอออนของไนโตรเจนเข้าไปในเซลล์และอาจเกิดการกลายพันธุ์ จึงได้เลือกประชากรอัญชันที่เคยผ่านการยิงด้วยปริมาณไอออน 12×10^{16} N-ions.cm⁻² ไปปลูกเปรียบเทียบลักษณะกับประชากรอัญชันในกรรมวิธีที่ไม่ได้นำเข้าเครื่องยิงไอออนหรือประชากรเดิม

การเปรียบเทียบลักษณะระหว่างประชากรรุ่น M₁ ที่เคยได้รับปริมาณไอออน 12×10^{16} N-ions.cm⁻² และ

ประชากรเดิม พบว่า ประชากรรุ่น M_1 มีค่าเฉลี่ยความยาวของปล้องที่ 2 ความยาวของปล้องที่ 3 และความยาวของใบสั้นกว่าค่าเฉลี่ยของประชากรเดิม แต่มีค่าเฉลี่ยจำนวนกิ่งข้างมากกว่าค่าเฉลี่ยจำนวนกิ่งข้างของประชากรเดิม (ตารางที่ 2) และเมื่อปลูกต่อไปยังพบลักษณะเชิงคุณภาพที่แตกต่างไปจากประชากรเดิม ซึ่งลักษณะที่เปลี่ยนแปลงในระยะแรกนั้นอาจเกิดจากไอออนไปมีผลต่อเซลล์เป้าหมายในด้านโครงสร้างบนพื้นผิวของเซลล์ที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ (สุพรรณิ, 2549) หรือทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา (Wang *et al.*, 2004; Li *et al.*, 2009) แต่ไอออนที่สามารถทะลุทะลวงไปยังนิวเคลียส อาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงในระดับยีนและแสดงออกในภายหลัง จึงเป็นไปได้ว่ามีต้นที่กลายพันธุ์อยู่ในประชากร M_1 นี้ ซึ่งจะต้องควบคุมต้นในรุ่น M_1 ให้ผสมตัวเอง เพื่อศึกษาลักษณะของประชากรรุ่น M_2 และยืนยันผลต่อไป

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาผลของปริมาณไอออนบีมไนโตรเจนพลังงานต่ำ 50 keV ต่อการรอดชีวิต การเติบโต และลักษณะที่เปลี่ยนแปลงของอัญชัน พบว่า ปริมาณไอออนตั้งแต่ 1×10^{16} ถึง 12×10^{16} N-ions.cm⁻² ให้อัตราการรอดชีวิตของเมล็ดไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่ไม่ได้นำเข้าเครื่องยิงไอออน แต่พบว่าเมล็ดที่ผ่านการยิงด้วยไอออนปริมาณสูงสุดมีการรอดชีวิตสูงกว่าเมล็ดในกรรมวิธีที่ได้รับเฉพาะสภาพสุญญากาศที่นำเข้าเครื่องยิงไอออนพร้อมกัน ต้นกล้าที่ได้มีแนวโน้มความสูงเพิ่มขึ้นในระยะแรก และใบปรากฏลักษณะต่างและรูปร่างที่แตกต่างไปจากปกติ เมื่อนำประชากรรุ่น M_1 นี้ไปปลูกเปรียบเทียบลักษณะกับประชากรเดิม พบว่า ประชากรรุ่น M_1 มีความยาวของปล้องที่ 2 ความยาวของปล้องที่ 3 และความยาวของใบลดลง แต่จำนวนกิ่งข้างเพิ่มมากขึ้น และยังพบลักษณะเชิงคุณภาพที่ต่างไปจากประชากรเดิม ได้แก่ การแตกแขนงของใบย่อย ลักษณะต่างในใบประกอบ และการบานของดอกที่แตกต่างจากปกติ จึงเป็นไปได้ว่าภายในประชากรอัญชันที่เคยผ่านการยิงด้วยปริมาณไอออน 12×10^{16} N-ions.cm⁻² จะมีต้นที่เกิดการ

กลายพันธุ์ อย่างไรก็ตามปริมาณไอออนที่เหมาะสมต่อการชักนำการกลายพันธุ์ของอัญชันอาจสูงกว่า 12×10^{16} N-ions.cm⁻² หรืออาจต้องใช้ระดับพลังงานมากกว่า 50 keV

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ Dr. Yu Liang Deng สำหรับความรู้ทางด้านเทคนิคการใช้ไอออนบีมในการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในพืช ศูนย์ความเป็นเลิศด้านฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้เครื่องยิงไอออน ภาควิชาฟิสิกส์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัย เชียงใหม่ สำหรับโรงเรือนในการปลูกเปรียบเทียบลักษณะ และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนทุนการวิจัยบางส่วน

เอกสารอ้างอิง

- กนกพร เตชะติ. 2552. ผลของไอออนบีมต่อบานขึ้น. ปัญหาพิเศษปริญญาตรีภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 22 หน้า.
- จินตนา วงศ์ดี. 2553. การชักนำการกลายพันธุ์ในไม้ดอกบางชนิดด้วยลำไอออนพลังงานต่ำ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 72 หน้า.
- วิชัย อภัยสุวรรณ. 2532. ดอกไม้และประวัติไม้ดอกไม้ของไทย. ห้างหุ้นส่วนจำกัดดีแอลแอล, กรุงเทพฯ. 348 หน้า.
- วิทย์ เทียงบุญธรรม. 2530. พจนานุกรมไม้ดอกไม้ประดับเมืองไทย (เล่มที่ 2). โอ.เอส.พรินต์ติ้งเฮาส์, กรุงเทพฯ. 981 หน้า.
- สุพรรณิ พรหมเทพ. 2549. การชักนำการกลายพันธุ์ข้าวเหนียวดำ (*Oryza sativa* var. *intica*) โดยการประยุกต์ลำไอออนพลังงานต่ำ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัย เชียงใหม่, เชียงใหม่. 89 หน้า.

- อรุณี วงศ์ปิยะสถิตย์. 2550. การกลายพันธุ์เพื่อการปรับปรุงพันธุ์พืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 279 หน้า.
- Anuntalabhochi, S., T. Pusadee, L. D. Yu and T. Vilaithong. 2004. Genomic mutation induced by low energy ion beam in rice (*Oryza sativa* var. *indica*) KDML 105. Conference in Genetics and Sustainable Development. 5-7 June 2004. Narasuan University, Pitsanulok.
- Apavatjirut, P., C. Alisi, B. Phanchaisri, L. Yu, S. Anuntalabhochai and T. Vilaithong. 2003. Induction of exogenous molecule transfer into plant cells by ion beam bombardment. *ScienceAsia* 29: 99-107.
- Kazama, Y., H. Saito, M. Miyagai, H. Takehisa, H. Ichida, Y. Miyazawa, K. Mishiba, T. Kanaya, K. Suzuki, C. Bae, K. Miyoshi, M. Mii and T. Abe. 2008. Effect of heavy ion-beam irradiation on plant growth and mutation induction in *Nicotiana tabacum*. *Plant Biotechnol. J.* 25: 105-111.
- Krasaechai, A., L. D. Yu, T. Sirisawad, T. Phomsawatthai, W. Bundithya, U. Taya, S. Anuntalabhochai and T. Vilaithong. 2009. Low-energy ion beam modification of horticultural plants for induction of mutation. *Surface & Coatings Technology* 203: 2525-2530.
- Li, K., S. Jiang, H. Yu, J. Zhao, F. Zhang, C. Carr, J. Zhang and G. Zhang. 2009. Analysis of charge and mass effects on peroxidase expressions and activities in *Arabidopsis thaliana* after low-energy ion irradiation. *Mutation Research* 680: 64-69.
- Miyazaki, K., K. Suzuki, K. Iwaki, T. Kusumi, T. Abe, S. Yoshida and H. Fukui. 2006. Flower pigment mutations induced by heavy ion beam irradiation in an interspecific hybrid of *Torenia*. *Plant Biotechnol. J.* 23: 163-167.
- Morris, J. B. 2009. Characterization of butterfly pea (*Clitoria ternatea* L.) accessions for morphology, phenology, reproduction and potential nutraceutical, pharmaceutical trait utilization. *Genet. Resour. Crop Evol.* 56:421-427.
- Phanchaisri, B., R. Chandet, L. D. Yu, T. Vilaithong, S. Jamjod and S. Anuntalabhochai. 2007. Low-energy ion beam-induced mutation in Thai jasmine rice (*Oryza sativa* L. cv. KDML 105). *Surface & Coatings Technology* 201: 8024-8028.
- Wang, Y., W. Wang, G. Qui and Y. Huo. 2004. The elementary study on the physiological effect variation of the *Arabidopsis thaliana* implanted by the low energy ion beam. *Acta Agric. Boreali Sin.* 19: 82-85.
- Wu, L. and Z. Yu. 2001. Radiobiological effects of a low-energy ion beam on wheat. *Radiat. Environ. Biophys.* 40: 53-57.
- Yamaguchi, H., S. Nagatomi, T. Morishita, K. Degi, A. Tanaka, N. Shikazono and Y. Hase. 2003. Mutation induced with ion beam irradiation in rose. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 206: 561-564.

การตรวจสอบความต้านทานโรคราแป้งในถั่วลันเตา โดยเครื่องหมายโมเลกุล

Investigation of Powdery Mildew Resistance in *Pisum sativum* L. by Molecular Marker

กมล ทิพโชติ^{1/} วิณัน บัณฑิตย์^{1/} และ ณัฐา โพธาภรณ์^{1/}

Kamon Thippachote^{1/}, Weenun Bundithya^{1/} and Nuttha Potapohn^{1/}

Abstract: Powdery mildew is a major disease which causes losses in both quality and yield in pea. Improvement for disease resistant varieties is an effective strategy to solve this problem. Sequence characterized amplified region (SCAR) was employed for screening powdery mildew resistance in pea. Fang 7 (BC₁F₅) and Nong-ook varieties were tested using ScOPD10 primer. The results showed that Fang 7 (BC₁F₅) had resistant marker whereas Nong-ook did not have any marker associated with resistance. However, phenotypic evaluation showed that both Fang 7 (BC₁F₅) and Nong-ook were resistant to powdery mildew. Crosses between Fang 7 (BC₁F₅) line and Nong-ook variety were made and the F₁– generation plants were allowed for selfed-pollination. Progenies of F₂ were planted and evaluated by both phenotype and resistance marker. The result showed that phenotypic evaluation could not distinguish non resistance and resistance plants whereas molecular marker could detect resistance plants.

Keywords: Pea (*Pisum sativum* L.), SCAR marker, powdery mildew

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

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

บทคัดย่อ: โรคราแป้งเป็นโรคสำคัญที่สร้างความเสียหายต่อคุณภาพและผลผลิตของถั่วลิสง การพัฒนาพันธุ์ต้านทานโรคเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการแก้ไขปัญหา เครื่องหมายโมเลกุลชนิด SCAR เป็นเทคนิคที่ช่วยในการคัดเลือกถั่วลิสงต้านทานโรคราแป้ง ถั่วลิสงรุ่นพ่อแม่พันธุ์ฝาง 7 รุ่น BC₁F₅ และพันธุ์หนองอูถูก ทดสอบโดยใช้ไพรเมอร์ ScOPD10 พบว่าพันธุ์ฝาง 7 รุ่น BC₁F₅ ปรากฏเครื่องหมายต้านทานโรคราแป้ง แต่ไม่พบในพันธุ์หนองอูถูกซึ่งถูกประเมินว่าสามารถต้านทานโรคราแป้งจากลักษณะปรากฏ ทำการผสมพันธุ์ระหว่างทั้งสองพันธุ์และปล่อยให้เกิดการผสมตัวเอง ปลูกลูกผสมรุ่นที่ 2 เพื่อประเมินการเกิดโรคจากลักษณะปรากฏและเครื่องหมายโมเลกุล พบว่าการประเมินจากลักษณะปรากฏไม่สามารถแยกระหว่างต้นที่ต้านทานและอ่อนแอต่อโรคได้ ในขณะที่เครื่องหมายโมเลกุลสามารถตรวจสอบต้นที่ต้านทานโรคได้

คำสำคัญ: ถั่วลิสง เครื่องหมายสการ์ โรคราแป้ง

คำนำ

ถั่วลิสง (*Pisum sativum* L.) เป็นพืชผักวงศ์ถั่วที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจที่มีการใช้ประโยชน์ได้ทั้งเมล็ด ต้นอ่อน ยอด และฝัก พืชชนิดนี้ยังเป็นพืชนิยมของกลุ่มคนที่นิยมบริโภคอาหารมังสวิรัตเนื่องจากเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญทดแทนเนื้อสัตว์ โรคที่สำคัญที่พบเสมอในการปลูกถั่วลิสงคือการเข้าทำลายของเชื้อโรคราแป้ง (*Erysiphe pisi*) (Tiwarei et al., 1998) ทำให้ผลผลิตได้รับความเสียหายทั้งทางคุณภาพและปริมาณ โดยทั่วไปแล้วเกษตรกรมีการใช้สารเคมีควบคุมเมื่อเกิดการระบาดของโรคนี้ แต่การป้องกันกำจัดราแป้งโดยการใช้สารเคมีเป็นการเพิ่มต้นทุนในการผลิต อีกทั้งยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และความปลอดภัยของผู้บริโภคหากมีการปนเปื้อนของสารเคมี การใช้สารเคมีปริมาณมากอาจทำให้เชื้อดื้อยาและเกิดสารพิษตกค้างในผลผลิต เนื่องจากพืชชนิดนี้เก็บเกี่ยวผลผลิตในระยะฝักสด ทำให้ผลผลิตไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานเกษตรที่ดีและเหมาะสม

การพัฒนาสายพันธุ์พืชให้ต้านทานโรคราแป้งถือเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการแก้ไขปัญหาที่มีรายงานการค้นพบยีนต้านทานโรคราแป้งในถั่วลิสงซึ่งควบคุมด้วยยีนด้อย 2 ยีน คือ *er1* และ *er2* (Heringa et al., 1969; Tiwarei et al., 1997) หลังจากนั้น Fondevilla et al. (2007) ได้รายงานการค้นพบยีน *Er3* ซึ่งเป็นยีนเด่นควบคุมโรคราแป้งใน *Pisum fulvum* และได้ทำการย้ายยีนชนิดนี้สู่ *P. sativum* เพื่อใช้ในการปรับปรุงพันธุ์

การคัดเลือกพืชที่ต้านทานโรคโดยการสังเกตลักษณะปรากฏเป็นสิ่งที่ค่อนข้างยากมากในงานปรับปรุงพันธุ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าสภาพอากาศไม่เหมาะสมต่อการเข้าทำลายของโรคพืช (Janila and Sharma, 2004) การใช้ประโยชน์จากเครื่องหมายโมเลกุลถือเป็นอีกทางเลือกหนึ่งเพื่อช่วยค้นหาพันธุ์ที่ต้องการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเทคนิค SCAR ที่มีรายงานในการศึกษายีนต้านทานโรคราแป้งในถั่วลิสง (Janila and Sharma, 2004; Fondevilla et al., 2008; Katoch et al., 2010) อัญชัญ (2555) ได้รายงานการคัดเลือกเครื่องหมาย SCAR เพื่อใช้ตรวจสอบลักษณะต้านทานโรคราแป้งที่เหมาะสมกับถั่วลิสงในประเทศไทย พบว่าไพรเมอร์ ScOPD10 สามารถตรวจสอบลักษณะต้านทานโดยแสดงแถบดีเอ็นเอขนาด 850 คู่เบส

ในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกต้นถั่วลิสงโดยการประเมินลักษณะการเกิดโรคและใช้เครื่องหมาย SCAR จากไพรเมอร์ ScOPD10 เพื่อช่วยคัดเลือกต้นถั่วลิสงที่ต้านทานโรคราแป้งในงานพัฒนาพันธุ์ถั่วลิสง

อุปกรณ์และวิธีการ

การประเมินลักษณะปรากฏการณืต้านทานโรคราแป้งในรุ่นพ่อแม่

เมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงจากมูลนิธิโครงการหลวง 2 พันธุ์ คือพันธุ์ฝาง 7 รุ่น BC₁F₅ ที่ได้จากการพัฒนาพันธุ์ฝาง 7 ให้ต้านทานโรคราแป้งโดยผสมกับพันธุ์ P 309 ซึ่ง

เป็นพันธุ์ต้านทาน (อัญชัย, 2550) และพันธุ์หนองอุกจากศูนย์พัฒนาโครงการหลวงปางอุ๋ง ซึ่งมีลักษณะต้นเตี้ย ใบพัฒนาเป็นมือจับ (tendrils) และมีการแตกกิ่งแขนงบริเวณข้อล่างของลำต้น ปลูกถั่วลิสงเตาทั้งสองพันธุ์เพื่อคัดเลือกต้นที่ต้านทานต่อโรคราแป้งเพื่อใช้เป็นคู่ผสมโดยการประเมินเปรียบเทียบกับพันธุ์ฝาง 7 (พันธุ์อ่อนแอ) และพันธุ์ P 309 (พันธุ์ต้านทาน) ซึ่งแต่ละพันธุ์มีการปลูกจำนวน 100 ต้น แยกกันในแต่ละแปลง ทดสอบในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2552 – มีนาคม พ.ศ. 2553 ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ อ. สะเมิง จ. เชียงใหม่ ซึ่งเป็นสถานีวิจัยที่มีการพัฒนาพันธุ์ถั่วลิสงเตาและเป็นพื้นที่ที่เคยมีการระบาดของโรคราแป้ง บันทึกวันที่เริ่มมีการเข้าระบาดของโรคราแป้งหลังจากเพาะเมล็ด และคัดเลือกต้นถั่วลิสงเตาที่แสดงลักษณะต้านทานต่อโรคราแป้งแต่ละสายพันธุ์โดยสังเกตลักษณะปรากฏในระยะออกดอก เปรียบเทียบกับพันธุ์ฝาง 7 (พันธุ์อ่อนแอ) และพันธุ์ P 309 (พันธุ์ต้านทาน) โดยประเมินเปรียบเทียบการเกิดโรคตลอดทั้งต้น ซึ่งต้นที่ต้านทานโรคนั้น จะมีลักษณะเช่นเดียวกับพันธุ์ P 309 สุ่มเก็บตัวอย่างใบอ่อนของพืชบริเวณปลายยอดที่ยังไม่มีการเข้าทำลายจากโรคราแป้ง เพื่อตรวจสอบยืนยันต้านทานโรคราแป้งด้วยเครื่องหมาย SCAR เพื่อช่วยยืนยันลักษณะต้านทานโรคราแป้ง

การผสมพันธุ์ถั่วลิสงเตาพันธุ์ฝาง 7 รุ่น BC₁F₅ และพันธุ์หนองอุก

หลังจากการประเมินลักษณะต้านทานโรคราแป้งในรุ่นพ่อแม่แล้ว คัดเลือกต้นที่ต้านทานโรคราแป้งมาผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์ฝาง 7 รุ่น BC₁F₅ และพันธุ์หนองอุกเก็บเมล็ดลูกผสมแล้วปลูกรุ่นที่ 1 ในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2553 – สิงหาคม พ.ศ. 2553 ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง อ. แม่วาว จ. เชียงใหม่ ปล่อยให้ผสมตัวเอง (selfing) เก็บเมล็ดรุ่นที่ 2 นำเมล็ดปลูกต่อ ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ อ. สะเมิง จ. เชียงใหม่ ในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2554 – มกราคม พ.ศ. 2555 โดยปลูกพันธุ์ฝาง 7 รุ่น BC₁F₅, พันธุ์หนองอุกจากต้นที่ให้ลักษณะต้านทานโรคราแป้ง พันธุ์ฝาง 7 (พันธุ์อ่อนแอ) และพันธุ์ P 309 (พันธุ์ต้านทาน) เพื่อใช้เปรียบเทียบลักษณะการต้านทานโรคราแป้งในลูกผสมระยะออกดอก โดยวาง

แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design; RCBD) ปลูกพันธุ์ละ 26 ต้น จำนวน 5 บล็อก (แปลง) เตรียมแปลงขนาดกว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 21.6 เมตร ภายในโรงเรือน แล้วคลุมแปลงด้วยพลาสติกสีดำ เจาะรูในระยะปลูกห่าง 10 เซนติเมตร ซึ่งแต่ละแปลงปลูกเป็นสองแถว ซึ่งตาข่ายบริเวณกลางแปลง ให้น้ำด้วยระบบน้ำหยด และใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ไม่มีการใช้ยากำจัดเชื้อรา เพื่อให้เชื้อสาเหตุโรคราแป้งเกิดได้อย่างสมบูรณ์ นับสัดส่วนการกระจายตัวระหว่างต้นที่ต้านทานโรคและไม่ต้านทานโรค และสุ่มคัดเลือกต้นถั่วลิสงเตาที่ต้านทานโรคราแป้งเพื่อเก็บตัวอย่างใบอ่อนบริเวณที่ยังไม่มีการเข้าทำลายจากโรคราแป้งจากรุ่นที่ 2 จำนวน 20 ต้น เพื่อยืนยันลักษณะการต้านทานโรคด้วยเครื่องหมาย SCAR

การตรวจสอบลักษณะการต้านทานโรคราแป้งด้วยเครื่องหมาย SCAR

สุ่มตัวอย่างถั่วลิสงเตารุ่นพ่อแม่และลูกผสมรุ่นที่ 2 เพื่อสกัดดีเอ็นเอจากใบอ่อน โดยใช้ Plant DNAzol® reagent (DNAzol ES) เตรียมส่วนผสมปริมาตร 20 µl ต่อ 1 ตัวอย่าง ประกอบด้วย 8 ng DNA template, 1X reaction buffer, 0.5 mM dNTPs, 80 ng ScOPD10 primer ซึ่งเป็นไพรเมอร์ที่มีรายงานว่าสามารถตรวจสอบยืนยันต้านทานโรคราแป้งได้ที่ตำแหน่ง 850 bp ซึ่งมีลำดับนิวคลีโอไทด์ดังนี้ : forward 5' GGTCTACACCTCATCTTGATGA 3' และ reverse 5' GGTCTACACCTAAACAGTGTCCGT 3' (อัญชัย, 2555), 1 Unit *i-Taq*TM DNA polymerase (iNtRON Biotechnology, Inc.) และน้ำกลั่น จากนั้นนำไปเพิ่มปริมาณด้วยปฏิกิริยา PCR ตามเงื่อนไขดังนี้ อุณหภูมิ 92 องศาเซลเซียส 2 นาที จำนวน 1 รอบ ตามด้วยอุณหภูมิ 92 องศาเซลเซียส 30 วินาที, 42 องศาเซลเซียส 30 วินาที และ 72 องศาเซลเซียส 60 วินาที จำนวน 44 รอบ และอุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส 5 นาที จำนวน 1 รอบ นำผลผลิต PCR ไปแยกขนาดด้วย 1% gel electrophoresis ที่ 100 โวลต์ ใน 1X TBE buffer จากนั้นนำแผ่นเจลไปย้อมด้วยเอธิเดียมโบรไมด์ แล้วบันทึกภาพภายใต้แสง UV โดยใช้ BIO DOC-ItTM M-20 system (Gibthai Co.Ltd.)

วิเคราะห์ผลโดยตรวจสอบการปรากฏแถบดีเอ็นเอที่ตำแหน่ง 850 คู่เบส

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การประเมินลักษณะปรากฏการณ์ด้านทานโรคราแป้งในรุ่นพ่อแม่

จากการคัดเลือกลักษณะด้านทานโรคราแป้งในถั่วลันเตารุ่นพ่อแม่สามารถคัดเลือกต้นที่ด้านทานโรคได้อย่างชัดเจนจากการสังเกตลักษณะการเกิดโรคเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ด้านทานและพันธุ์อ่อนแอ (ภาพที่ 1) ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเกิดโรคราแป้ง ที่มีสภาพอากาศร้อนและแห้งในตอนกลางวัน แต่อากาศเย็น

ในตอนกลางคืน (Cousin, 1997; Mc Phee, 2004; Fondevilla *et al.*, 2006) ซึ่ง conidia ของเชื้อมีการงอก germ tube เข้าทำลายพืชได้ดีในช่วงที่มีอากาศแห้ง (นุชจารี, 2550) ทำให้เชื้อสาเหตุโรคพืชมีความสามารถในการเข้าทำลายพืชที่อ่อนแอต่อโรคได้อย่างสมบูรณ์ซึ่งพบว่าโรคราแป้งเริ่มมีการเข้าระบาดในวันที่ 38 หลังจากเพาะเมล็ด และประเมินการเกิดโรคในระยะออกดอกอีก 7 วันต่อมา โดยพันธุ์ฝาง 7 รุ่น BC₁F₅ ปรากฏลักษณะด้านทานโรคราแป้ง 42 ต้น และอ่อนแอต่อโรคราแป้ง 58 ต้น พันธุ์หนองอูกปรากฏลักษณะด้านทานโรคราแป้ง 46 ต้น และอ่อนแอต่อโรคราแป้ง 54 ต้น เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ฝาง 7 ซึ่งอ่อนแอโรคราแป้ง ในขณะที่พันธุ์ P 309 ด้านทานโรคราแป้งทั้งหมด (ตารางที่ 1)

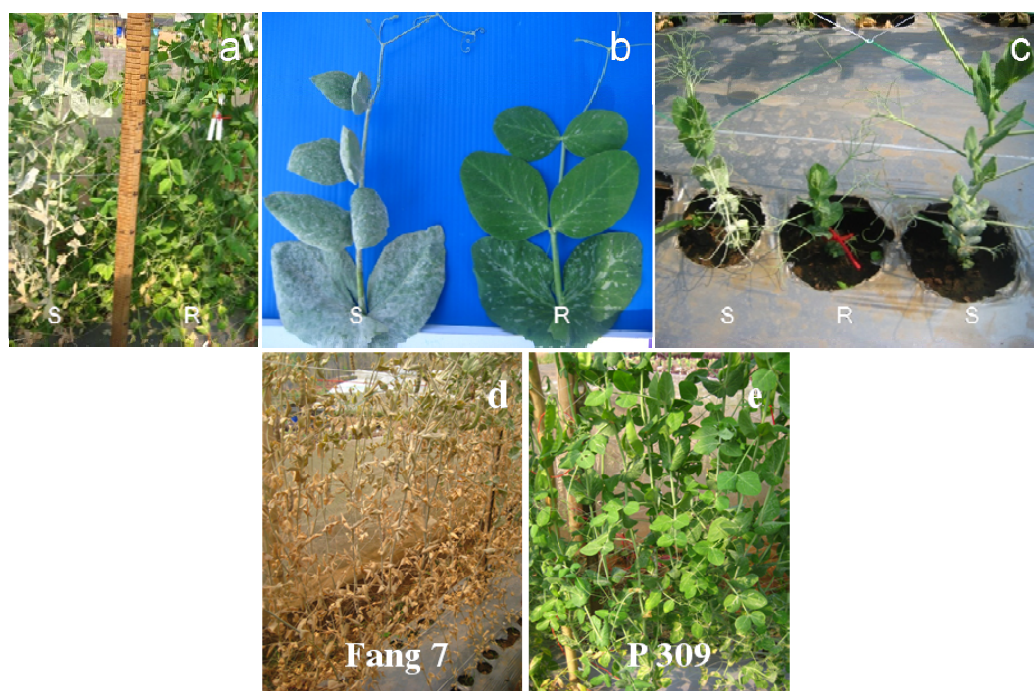


Figure 1 Characteristics of powdery mildew disease between resistant (R) and susceptible (S) peas; (a) resistant and susceptible peas in Fang 7 (BC₁F₅); (b) resistant and susceptible appearance on leaves of Fang 7 (BC₁F₅); (c) resistant and susceptible peas in Nong-ook variety; (d) susceptible peas in Fang 7; (e) resistant peas in P 309

Table 1 Powdery mildew assessment in 4 pea varieties at 42 days after seedling

Appearance of powdery mildew	Number of plants			
	Fang 7 (BC ₁ F ₅)	Nong-ook	P 309	Fang 7
Resistance	42	46	100	-
Susceptible	58	54	-	100

การผสมพันธุ์ถั่วลิสงเตาพันธุ์ฝาง 7 รุ่น BC₁F₅ และพันธุ์หนองอู

จากการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์ฝาง 7 รุ่น BC₁F₅ และพันธุ์หนองอูจากต้นที่ปรากฏลักษณะต้านทานโรคราแป้งจำนวน 28 คู่ผสม ปลูกปลูกผสมรุ่นที่ 1 จำนวน 50 ต้น เพื่อปล่อยให้ลูกผสมเกิดการผสมตัวเอง พบว่าลูกผสมรุ่นที่ 1 ทุกต้นแสดงอาการอ่อนแอต่อโรคราแป้ง เนื่องจากยีนที่ควบคุมการต้านทานโรคราแป้งเป็นยีนด้อย (Vaid and Tyagi, 1997) นำเมล็ดที่ได้จากการผสมตัวเองในรุ่นนี้จำนวน 130 เมล็ดไปปลูกเพื่อดูการกระจายตัวของรุ่นที่ 2 พร้อมกับพันธุ์เปรียบเทียบกับคือ พันธุ์ฝาง 7 (พันธุ์อ่อนแอ), พันธุ์ P 309 (พันธุ์ต้านทาน) และพันธุ์พ่อแม่คือ พันธุ์ฝาง 7 รุ่น BC₁F₅ และพันธุ์หนองอู ที่ผ่านการประเมินว่าต้านทานโรค พบว่ามีการระบาดของโรคในวันที่ 57 หลังจากเพาะเมล็ด ในระยะที่ถั่วลิสงเตายังไม่มีการติดดอกและฝัก โดยลูกผสมทั้งหมดมีการเข้าทำลายของโรคราแป้ง สามารถแบ่งตำแหน่งของการเข้าทำลายได้ 2 กลุ่ม คือ 1) เกิดทั้งบริเวณใบและลำต้น 2) เกิดเฉพาะบริเวณใบ แต่ไม่เกิดที่ลำต้น โดยในพันธุ์พ่อแม่คือพันธุ์ฝาง 7 รุ่น BC₁F₅ และพันธุ์หนองอู ที่ได้ผ่านการประเมินว่าเป็นต้นต้านทานโรคและพันธุ์ P 309 ซึ่งเป็นพันธุ์ต้านทานโรคมีการเข้าทำลายของโรคเกิดขึ้นที่ใบแต่ไม่ปรากฏบริเวณลำต้น (ตารางที่ 2) Janila and Sharma (2004) รายงานว่าถั่วลิสงเตาที่ต้านทานโรค ราแป้งสามารถเกิดโรคได้แต่ไม่

ปรากฏการเข้าทำลายบริเวณลำต้นและฝัก ส่วน Vaid and Tyagi (1997) ได้ประเมินการเกิดโรคราแป้งจากการสังเกต แล้วให้คะแนน 5 ระดับ ซึ่งได้จัดกลุ่มที่ 1-3 เท่านั้นที่ถือว่าเป็นต้นต้านทานโรคราแป้ง พันธุ์ฝาง 7 ซึ่งเป็นพันธุ์อ่อนแอมีการติดฝักก่อนการระบาดของโรคราแป้งในพื้นที่ปลูก ไม่พบการเกิดโรคในระยะแรกๆ ที่ทำการประเมินในวันที่ 64 หลังจากเพาะเมล็ด แต่พบการเกิดโรคในภายหลัง ซึ่งมีการระบาดที่ไม่รุนแรง โดยพบการเข้าทำลายทั้งบริเวณใบและลำต้น (ตารางที่ 2) ซึ่งการเข้าทำลายของเชื้อในระยะที่พืชมีโครงสร้างที่แข็งแรงทำให้เกิดโรคได้น้อยลง (ดำเนิน, 2545) นอกจากนั้นแล้วในระยะแรกของการปลูก สภาพอากาศมีความแปรปรวน เนื่องจากมีฝนตกมาก ทำให้สภาพอากาศมีความชื้นสูง จึงไม่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อสาเหตุ ซึ่งโรคราแป้งสามารถแพร่ระบาดได้ดีในสภาพอากาศร้อนและแห้งในตอนกลางวัน และอากาศเย็นในตอนกลางคืน (Cousin, 1997; Fondevilla et al., 2006; Mc Phee, 2004) ในขณะช่วงเวลาที่ศึกษามีอากาศเย็นในตอนกลางวัน ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างช่วงกลางวันและกลางคืนไม่แตกต่างกันมากทำให้เกิดการระบาดของโรคช้าลง พันธุ์ฝาง 7 เป็นพันธุ์เบาให้ผลผลิตเร็ว ทำให้สามารถหลบหลีกการเข้าทำลายโรคได้ (ดำเนิน, 2545) ในขณะที่ยีนที่ปลูกทดสอบให้ผลผลิตช้ากว่าพันธุ์ฝาง 7

Table 2 Phenotypic appearance of powdery mildew within F₁ and F₂ populations in pea

Periods	Generation	Appearance of powdery mildew	
		Leaves	Stems
May 2010 – August 2010	F ₁	+	+
	Fang 7 (susceptible)	+	+
	P 309 (resistance)	-	-
October 2011 – January 2012	F ₂ (group 1)	+	+
	F ₂ (group 2)	+	-
	Fang 7 (BC ₁ F ₅)	+	-
	Nong-ook	+	-
	Fang 7 (susceptible)	+	+
	P 309 (resistance)	+	-

+: appearance of disease, - : no appearance of disease

การตรวจสอบลักษณะการต้านทานโรคราแป้งด้วยเครื่องหมาย SCAR

การตรวจสอบลักษณะการต้านทานโรคราแป้งโดยเทคนิค SCAR ด้วยไพรเมอร์ ScOPD10 จากการสุ่มตรวจต้นที่ปรากฏลักษณะต้านทานและต้นที่อ่อนในถั่วลิสงเตาแต่ละพันธุ์ พบว่าพันธุ์ฝาง 7 รุ่น BC₁F₅ ในต้นที่ปรากฏลักษณะต้านทานเกิดแถบดีเอ็นเอที่ตำแหน่ง 850 คู่เบส ซึ่งเป็นเครื่องหมายของลักษณะการต้านทานโรคราแป้งในถั่วลิสงเตา (อัญชัญ, 2555) ให้ผลเช่นเดียวกับพันธุ์ P 309 ซึ่งเป็นพันธุ์ต้านทานโรค แต่ในต้นที่อ่อนแอของพันธุ์ฝาง 7 รุ่น BC₁F₅ และพันธุ์หนองอู๊ดทั้งต้นที่ถูกคัดเลือกว่าต้านทานและอ่อนแอไม่พบแถบเครื่องหมายดังกล่าว (ภาพที่ 2) ในรุ่นที่ 2 เนื่องจากสภาพอากาศมีฝนตกมากส่งผลให้การแสดงออกต่อการต้านทานโรคราแป้งของต้นที่ต้านทานไม่ชัดเจน จึงทำการสุ่มตรวจสอบในลูกผสมรุ่นที่ 2 ของต้นถั่วลิสงเตาจำนวน 20 ต้น ซึ่งให้แถบดีเอ็นเอที่ตำแหน่ง 850 คู่เบส จำนวน 5 ต้น โดยให้ผลเช่นเดียวกับพันธุ์ P 309 และอีก 15 ต้นไม่ปรากฏแถบลักษณะดังกล่าว

ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับพันธุ์ฝาง 7 (ภาพที่ 3) แสดงให้เห็นว่าลักษณะการต้านทานโรคต่อลักษณะอ่อนแออยู่ในอัตราส่วน 1 : 3 ลักษณะการต้านทานโรคราแป้งในพันธุ์หนองอู๊ดอาจถูกควบคุมด้วยยีนที่แตกต่างจากที่พบในพันธุ์ฝาง 7 รุ่น BC₁F₅ จึงไม่สามารถตรวจสอบได้ด้วยไพรเมอร์ ScOPD10 ในพันธุ์หนองอู๊ดได้ อีกทั้งจากหลักฐานที่พบในรุ่นพ่อแม่ ถั่วลิสงเตาทั้งสองพันธุ์ปรากฏลักษณะการต้านทานโรคราแป้งอย่างชัดเจน จึงเป็นไปได้ว่าทั้งสองพันธุ์มียีนต้านทานโรคราแป้งอยู่ และลักษณะปรากฏในรุ่น F₁ ที่เกิดจากการผสมระหว่างทั้งสองพันธุ์ยังพบว่าปรากฏลักษณะไม่ต้านทานโรคทั้งหมด อันเนื่องมาจากยีนดังกล่าวอยู่คนละตำแหน่งกัน จึงปรากฏลักษณะอ่อนแอในรุ่น F₁ ทั้งนี้เพราะว่ายีนที่ควบคุมโรคราแป้งในถั่วลิสงเตามีถึง 3 ยีนคือ *er1*, *er2* เป็นยีนด้อย และ *Er3* เป็นยีนเด่น (Heringa *et al.*, 1969; Tiwari *et al.*, 1997; Fondevilla *et al.*, 2007) ซึ่งถั่วลิสงเตาที่รายงานไว้เป็นสายพันธุ์จากอินเดียและแคนาดา จึงจำเป็นต้องมีการค้นหายีนต้านทานโรคราแป้งในถั่วลิสงเตาของไทยเพิ่มเติมต่อไป

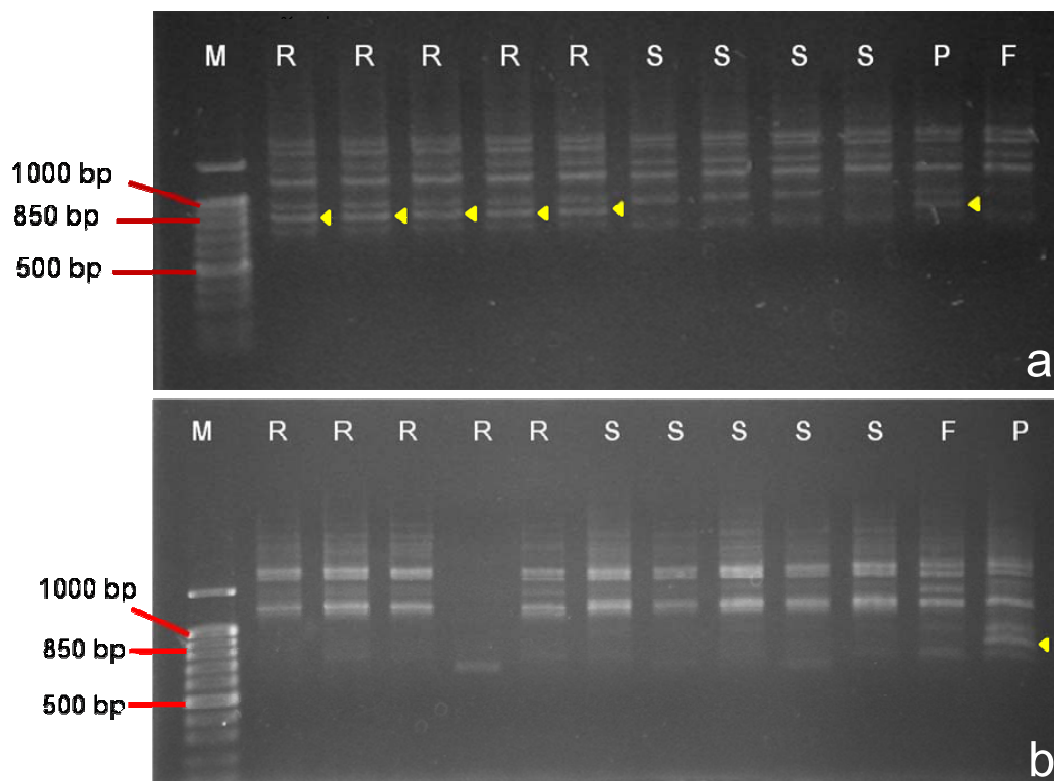


Figure 2 Banding patterns of PCR products of (a) Fang 7 (BC₁F₅) and (b) Nong-ook varieties; arrows : 850 bp fragments, M : molecular ladder, R : resistant plants, S : susceptible plants, F : Fang No. 7, P : P 309

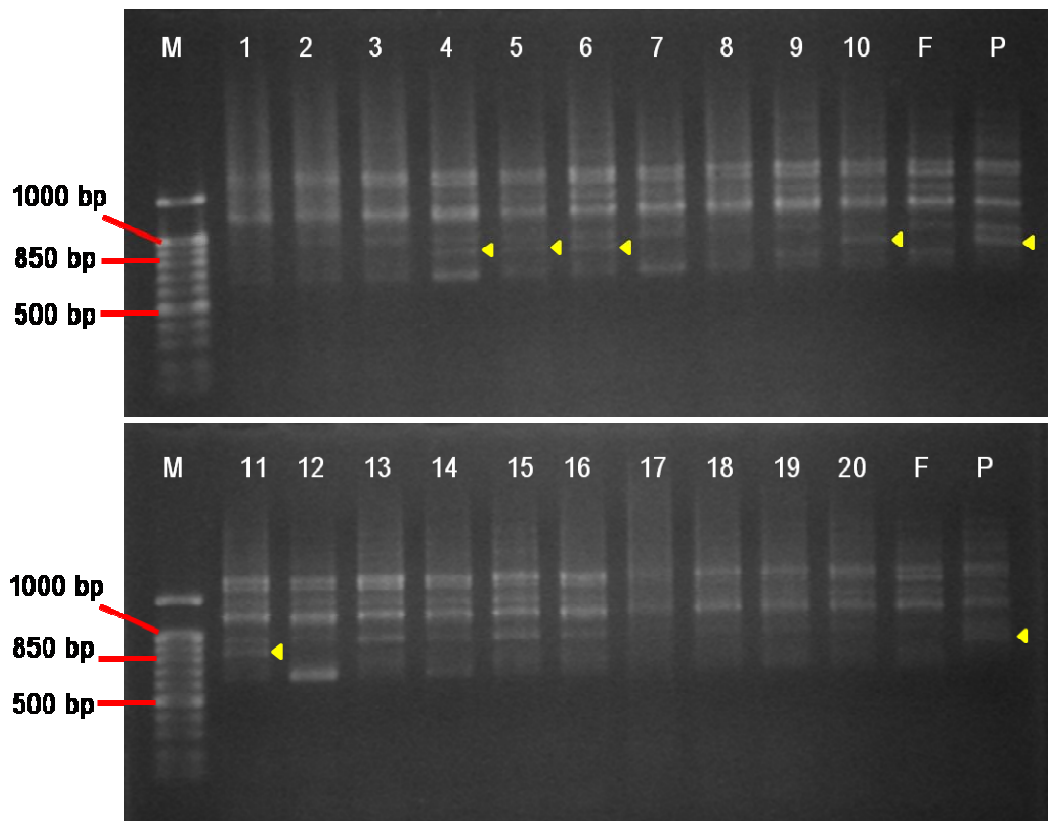


Figure 3 Banding patterns of PCR products of F_2 progenies; arrows : 850 bp fragments, M : molecular ladder, 1-20 : F_2 progenies, F : Fang No. 7, P : P 309

สรุป

การประเมินเพื่อคัดเลือกลักษณะต้านทานโรคราแป้งในถั่วลิสงเตารุ่นพ่อแม่ 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ฝาง 7 รุ่น BC_1F_5 และพันธุ์หนองอู๊ดเพื่อใช้เป็นคู่ผสมในการพัฒนาพันธุ์ สามารถคัดเลือกลักษณะต้านทานโรคได้อย่างชัดเจนจากการประเมินด้วยลักษณะปรากฏและผลของการคัดเลือก สอดคล้องกับการตรวจสอบด้วยเทคนิค SCAR โดยไพรเมอร์ ScOPD10 ที่พบแถบดีเอ็นเอตำแหน่ง 850 คู่เบส ในพันธุ์ฝาง 7 รุ่น BC_1F_5 ของต้นที่ถูกคัดเลือกว่าต้านทานโรคราแป้ง แต่ไม่สามารถตรวจสอบความต้านทานโรคราแป้งในพันธุ์หนองอู๊ดได้ด้วยไพรเมอร์ดังกล่าวนี้ ส่วนการคัดเลือกความต้านทานโรคในลูกผสมรุ่นที่ 2 ไม่สามารถคัดเลือกได้จากลักษณะปรากฏเนื่องจากมีการระบาดของโรคที่รุนแรง โดยพบลูกผสมทุกต้นมีราแป้งขึ้นปกคลุม เครื่องหมาย SCAR สามารถช่วย

คัดเลือกลูกผสมที่ต้านทานโรคได้ จากการสุ่มตรวจสอบลูกผสมรุ่นที่ 2 จำนวน 20 ต้นพบว่า มี 5 ต้นที่ต้านทานโรคราแป้ง ซึ่งเป็นไปตามสัดส่วนของลักษณะที่ถูกควบคุมด้วยยีนด้อย 1 ยีน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าลักษณะการต้านทานโรคราแป้งในพันธุ์ฝาง 7 รุ่น BC_1F_5 อาจควบคุมด้วยยีนที่ต่างจากพันธุ์หนองอู๊ด จึงควรมีการศึกษาลักษณะต้านทานโรคราแป้งในพันธุ์หนองอู๊ดเพิ่มเติมต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมูลนิธิโครงการหลวงที่สนับสนุนงานวิจัย อำนวยความสะดวกและเอื้อเฟื้อสถานที่การทำงานวิจัย ขอขอบคุณ คุณอภัยชัย ชมภูพวง และ คุณอภัยศยา สุริยะวงศ์ตระกูล ที่ให้คำแนะนำต่าง ๆ และบัณฑิตวิทยาลัยที่สนับสนุนทุนบางส่วนในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- ดำเนิน กาละดี. 2545. เทคโนโลยีการปรับปรุงพันธุ์. พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์เมือง, เชียงใหม่. 256 หน้า.
- นุชจาวี วนาศิริ. 2550. การจัดจำแนกเชื้อราแป้งบางชนิดโดยอาศัยลักษณะการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศภายใต้กล้องจุลทรรศน์และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาโรคพืช มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 130 หน้า.
- อัญชัญ ชมภูพวง. 2550. ปรับปรุงพันธุ์ถั่วลิสงและถั่วหวานเพื่อให้ผลผลิตสูงและต้านทานโรคราแป้ง. รายงานวิจัย-ประจำปี/ฉบับสมบูรณ์ ประจำปี 2550, โครงการวิจัยที่ 3011-3618. มุลนิธิโครงการหลวง, เชียงใหม่. 32 หน้า.
- อัญชัญ ชมภูพวง. 2555. การตรวจสอบลูกผสมถั่วลิสงที่ต้านทานโรคราแป้งโดยใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอ. วารสารเกษตร 28 (2):155-163.
- Cousin, R. 1997. Pea (*Pisum sativum* L.). Field Crops Research 53: 111-130.
- Fondevilla, S., A. M. Torres, M. T. Moreno and D. Rubiales. 2007. Identification of a new gene for resistance to powdery mildew in *Pisum fulvum*, a wild relative of pea. Breeding Science 57: 181-184.
- Fondevilla, S., D. Rubiales, M. T. Moreno and A. M. Torres. 2008. Identification and validation of RAPD and SCAR markers linked to the gene Er3 conferring resistance to *Erysiphe pisi* DC in pea. Molecular Breeding 22: 193-200.
- Fondevilla, S., T. L. W. Carver, M. T. Moreno and D. Rubiales. 2006. Macroscopic and histological characterisation of genes er1 and er2 for powdery mildew resistance in pea. European Journal of Plant Pathology 115: 309-321.
- Heringa, R. J., A. Norel and M. F. Tazelaar. 1969. Resistance to powdery mildew (*Erysiphe polygoni* D.C.) in peas (*Pisum sativum* L.). Euphytica 18: 163-169.
- Janila, P. and B. Sharma. 2004. RAPD and SCAR markers for powdery mildew resistance gene *er* in pea. Plant Breeding 123: 271-274.
- Katoch, V., S. Sharma, S. Pathania, D. K. Banayal, S. K. Sharma and R. Rathour. 2010. Molecular mapping of pea powdery mildew resistance gene *er2* to pea linkage group III. Molecular Breeding 25: 229-237.
- Mc Phee, K., 2004. Garden pea. pp. 277-288. In: P.K. Singh, S.K. Dsdgupta and S.K. Tripathi (eds.). Hybrid Vegetable Development. Food Products Press, New York.
- Tiwari, K. R., G. A. Penner and T. D. Warkentin. 1997. Inheritance of powdery mildew resistance in pea. Canadian Journal of Plant Science 77: 307-310.
- Vaid, A. and P. D. Tyagi. 1997. Genetics of powdery mildew resistance in pea. Euphytica 96: 203-206.

ความสามารถในการผสมข้ามชนิดและสกุลของกล้วยไม้ดิน สกุลฮาเบนาเรียและสกุลเพคเทิลิสบางชนิด

Interspecific and Intergeneric Crossability of Some *Habenaria* and *Pecteilis*, Terrestrial Orchids

ชิตชนก ก่อเจดีย์^{1/} วิณัน บัณฑิตย์^{1/} จามจุรี สดธิกุล^{1/}
และ ณัฐา โพธาภรณ์^{1/}

Chitchanok Kawchadee^{1/} Weenun Bundithya^{1/} Chamchuree Sotthikul^{1/}
and Nuttha Potapohn^{1/}

Abstract: Interspecific and intergeneric crossability of some *Habenaria* and *Pecteilis* were evaluated in order to obtain a basic information for selecting good crosses that yield desirable hybrids. Six species of *Habenaria* and *Pecteilis* were employed for selfing, interspecific, and intergeneric hybridization. It was found that number of fruit set of selfing, interspecific, and intergeneric hybridization of these species were 84.7, 88.2, and 77.5%, respectively. Seed pods were harvested and seeds were germinated under *in vitro* condition. Seeds derived from selfing could germinate within 113 days at about 10 to 20% germination. Those of interspecific crosses could germinate within 140 days at about 20 to 30% germination, whereas those of intergeneric crosses had not yet germinated within 6 months. Seed viability was tested and it was found that viable seeds from selfing, interspecific, and intergeneric crosses were 37.6, 42.0, and 12.6%, respectively.

Keywords: Selfing, interspecific hybridization, intergeneric hybridization

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

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

บทคัดย่อ: ความสามารถในการผสมข้ามชนิดและสกุลของกล้วยไม้ดินสกุลฮาเบนาเรีย (*Habenaria*) และสกุลเพคเทิลิส (*Pecteilis*) บางชนิดถูกประเมิน เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการคัดเลือกคู่ผสมของกล้วยไม้ดินกลุ่มนางอ้วสำหรับการไปพัฒนาพันธุ์ให้มีลักษณะที่ดี โดยนำกล้วยไม้ดินสกุลฮาเบนาเรียและสกุลเพคเทิลิส 6 ชนิด มาควบคุมให้มีการผสมตัวเองทุกชนิด ผสมข้ามชนิด และผสมข้ามสกุล พบว่ากล้วยไม้ดินสกุลฮาเบนาเรียและสกุลเพคเทิลิสที่นำมาผสมตัวเอง ผสมข้ามชนิด และผสมข้ามสกุล มีการติดฝัก 84.7 88.2 และ 77.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อนำฝักที่ได้ไปเพาะในสภาพปลอดเชื้อ พบว่าฝักที่ได้จากการผสมตัวเองมีปริมาณการงอก 10-20 เปอร์เซ็นต์ ใช้ระยะเวลาในการงอก 113 วัน ส่วนฝักที่ได้จากการผสมข้ามชนิด มีปริมาณการงอก 20-30 เปอร์เซ็นต์ ใช้ระยะเวลาในการงอก 140 วัน ทั้งนี้ฝักที่ได้จากการผสมข้ามสกุลยังไม่งอกภายในเวลา 6 เดือน เมื่อนำเมล็ดที่ได้จากการผสมพันธุ์มาตรวจสอบ พบว่าเมล็ดที่ได้จากการผสมตัวเอง ผสมข้ามชนิด และผสมข้ามสกุล มีเมล็ดที่สมบูรณ์ 37.6 42.0 และ 12.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

คำสำคัญ: ผสมตัวเอง ผสมข้ามชนิด ผสมข้ามสกุล

คำนำ

ประเทศไทยมีการส่งออกกล้วยไม้เมืองร้อนเป็นอันดับหนึ่งของโลก ในปี 2553 มีมูลค่าการส่งออกกล้วยไม้คิดเป็นมูลค่า 2,305 ล้านบาท สูงที่สุดของการส่งออกในประเภทไม้ดอกไม้ประดับ ส่วนกล้วยไม้ต้นมีมูลค่าการส่งออก 442 ล้านบาท และประเภทไม้ประดับ มีมูลค่าการส่งออก 357 ล้านบาท โดยคิดเป็นมูลค่ารวมของกล้วยไม้ 2,728 ล้านบาท (หนังสือพิมพ์เดลินิวส์, 2554: ระบบออนไลน์; คณะกรรมการกล้วยไม้แห่งชาติ, 2554: ระบบออนไลน์) ตลาดส่งออกที่สำคัญ ได้แก่ ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา สหภาพยุโรป และจีน (นิรนาม, 2553: ระบบออนไลน์) การส่งออกกล้วยไม้มีแนวโน้มขยายตัวอย่างต่อเนื่อง ทั้งการส่งออกไม้ตัดดอกและกล้วยไม้กระถาง (สุรัตน์, 2552: ระบบออนไลน์) อุตสาหกรรมกล้วยไม้มีการแข่งขันมากยิ่งขึ้นในตลาดโลก จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาพันธุ์ให้มีลักษณะแปลกใหม่ ทั้งในด้านสีกลิ่นและรูปทรง เพื่อให้มีความหลากหลาย เน้นการตอบสนองความต้องการของตลาดที่ต้องการของใหม่ ออกสู่ตลาดอยู่เสมอ (คณะกรรมการกล้วยไม้แห่งชาติ, 2554: ระบบออนไลน์; ญัฐาและคณะ, 2553) เศรษฐกิจและคณะ (2548) ได้ทดสอบถึงความเป็นไปได้ในการส่งออกกล้วยไม้ดินสกุลเอื้องดินไบหมากไปยังประเทศเนเธอร์แลนด์ พบว่ามีศักยภาพเป็นไปได้สูง แต่ต้องมีการพัฒนาพันธุ์และสีดอกให้หลากหลาย พร้อมทั้งเทคโนโลยีการผลิตที่ทำให้ได้คุณภาพที่เป็นมาตรฐาน นอกจากนี้

กล้วยไม้ดินในสกุลเอื้องดินไบหมากมีแนวโน้มการส่งออกที่ดีแล้ว กล้วยไม้ดินกลุ่มนางอ้วเป็นอีกกลุ่มหนึ่งที่น่าสนใจที่จะนำไปพัฒนาพันธุ์เพื่อให้เป็นไม้ดอกเศรษฐกิจได้ในอนาคต (ญัฐาและคณะ, 2553) กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้เห็นถึงความสำคัญของการผลิตกล้วยไม้ให้มีความหลากหลายเพื่อการส่งออก จึงได้ดำเนินงานโครงการผลักดันการส่งออกกล้วยไม้ นอกจากนี้ยังได้พัฒนากล้วยไม้ท้องถิ่นที่มีศักยภาพทางการค้ากล้วยไม้กระถางที่สำคัญ ได้แก่ กล้วยไม้สกุลรองเท้านารี (*Paphiopedilum*) สกุลเข็มปีเดียม (*Cymbidium*) สกุลเอื้องดินไบหมาก (*Spathoglottis*) และสกุลฮาเบนาเรีย จนสามารถเปิดตลาดกล้วยไม้เพิ่มได้อย่างต่อเนื่อง และยังสามารถสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย (สุรัตน์, 2552: ระบบออนไลน์)

กล้วยไม้สกุลฮาเบนาเรีย (*Habenaria*) และสกุลเพคเทิลิส (*Pecteilis*) จัดเป็นกล้วยไม้ดิน (terrestrial orchid) โดยทั่วไปเรียกโดยรวมว่ากลุ่มนางอ้ว อยู่ในวงศ์ย่อย Orchidoideae (ครรชิต, 2550; ญัฐา, 2548) มักอาศัยตามพื้นดินหรือซอกหินที่มีซากพืชสลายตัวผุพังแทรกอยู่ มีหัวอยู่ใต้ดินลักษณะโป่งพองทำหน้าที่สะสมอาหารและน้ำ (tuber) เมื่อเข้าสู่ฤดูฝนจะเริ่มผลิใบ ตามด้วยช่อดอกและสร้างหัวใหม่ และมีการพักตัวอย่างชัดเจนในช่วงฤดูแล้ง เหลือเพียงหัวอยู่ใต้ดิน (ครรชิต, 2550; ญัฐา, 2548; เศรษฐมนตร์, 2552; ออบันท์, 2549) กล้วยไม้ดินกลุ่มนี้ มีดอกที่สวยงาม มีหลากหลายสี ได้แก่ สีชมพู สีขาว สีเขียว สีส้ม สีส้มแดง สีแดง และสีเหลือง

บางชนิดมีกลิ่นหอม บางชนิดช่อดอกตั้งตรง มีจำนวนดอกต่อช่อมาก บางชนิดมีดอกขนาดใหญ่และบานทน บางชนิดต้นมีขนาดเล็ก ช่อดอกสั้น ด้วยลักษณะดังกล่าวของกล้วยไม้ดินกลุ่มนางอ้ว จึงสามารถที่จะนำไปทำเป็นไม้ตัดดอกและไม้กระถางได้ บางชนิดยังสามารถพบเห็นได้ง่ายในป่าของประเทศไทย (ถั่วและคณะ, 2553) ซึ่งสกุลฮาเบนาเรียในประเทศไทยมีอยู่ประมาณ 46 ชนิด (Kurzweil, 2009) ส่วนสกุลเพคเทลิสมีอยู่ประมาณ 3 ชนิด (ถั่วและคณะ, 2553)

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการศึกษาเบื้องต้น เพื่อทดสอบความสามารถในการผสมพันธุ์ของกล้วยไม้ดินสกุลฮาเบนาเรียและสกุลเพคเทลิสบางชนิด ซึ่งเป็นกล้วยไม้ดินที่น่าสนใจ ด้วยวิธีการนำมาผสมตัวเอง (selfing) ผสมข้ามชนิด (interspecific hybridization) และผสมข้ามสกุล (intergeneric hybridization)

อุปกรณ์และวิธีการ

กล้วยไม้ดินสกุลฮาเบนาเรียจำนวน 4 ชนิด ได้แก่ *Habenaria erichmichaelii* Christenson (ลั่นมังกรสีชมพูจากภาคอีสาน) *H. lindleyana* Steud. (นางกรวยจากจังหวัดลำพูน) *H. rhodocheila* Hance (ลั่นมังกรสีส้ม สีส้มแดง สีแดง และสีชมพูหวาน จากภาคอีสานและจังหวัดเชียงใหม่) และ *H. xanthocheila* Ridl. (ลั่นมังกรสีเหลืองจากภาคอีสาน) และสกุลเพคเทลิสจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ *Pecteilis sagarikii* Seidenf. (นางอ้วสาคริปากขาวและปากเหลือง จากภาคอีสานและจังหวัดเชียงใหม่) และ *P. susannae* (L.) Rafin (นางอ้วใหญ่จากแหล่งภาคใต้) โดยนำกล้วยไม้ดินทั้ง 6 ชนิด ซึ่งมีความหลากหลายของสีดอก มาควบคุมให้มีการผสมตัวเองทุกชนิด ผสมข้ามชนิดภายในสกุลฮาเบนาเรีย และผสมข้ามสกุล ระหว่างชนิดของสกุลฮาเบนาเรียและชนิดของสกุลเพคเทลิส การถ่ายละอองเกสรทำในเวลา 9.00-11.00 น. โดยผสมดอกที่บานแล้วประมาณ 2-3 วัน ติดป้ายบันทึกคู่ผสมและวันที่ทำการผสม โดยผสมแต่ละคู่ผสมให้ได้มากที่สุดเท่าจำนวนดอกที่บานในแต่ละช่วงเวลานั้นที่เกสรตัวผู้ติดฝัก โดยคำนวณจากจำนวนฝักที่ได้ต่อจำนวนดอกที่ได้ผสมเกสรของแต่ละคู่ผสม แล้วนำเมล็ด

อายุประมาณ 40 วัน ที่ได้จากการผสมตัวเอง ผสมข้ามชนิด และผสมข้ามสกุล มาทดสอบและคำนวณเปอร์เซ็นต์เมล็ดที่สมบูรณ์โดยดัดแปลงวิธีของอรอนงค์ (2553) ใช้เข็มเย็บที่สะอาด เขี่ยเมล็ดลงบนแผ่นสไลด์เล็กน้อย หยดสีย้อม lacto propionic orcein 1 หยด ตรงบริเวณเมล็ด แล้วใช้เข็มเย็บเกลี่ยเมล็ดให้กระจาย ปิดด้วยแผ่นแก้วปิดสไลด์ นำกระดาษซับวางลงบนแผ่นสไลด์บริเวณที่ปิดด้วยแผ่นแก้วปิดสไลด์ ใช้หัวแม่มือกดเบา ๆ เพื่อขับสีที่เป็นส่วนเกิน นำแผ่นสไลด์ไปศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดย 1 ฝัก ทำ 3 ซ้ำ ซึ่งเมล็ดที่สมบูรณ์คือ เมล็ดที่มีเอ็มบริโอที่สมบูรณ์หรือเมล็ดไม่ลีบ และทดสอบการงอกของเมล็ดในสภาพปลอดเชื้อโดยดัดแปลงวิธีของทรงชัย (2551) เตรียมชิ้นส่วนพืชด้วยการตัดขั้วและปลายฝักกล้วยไม้ดินออกเล็กน้อย นำมาล้างด้วยไลปอนเอฟและตามด้วยน้ำสะอาด ซับให้แห้ง แล้วแช่ในแอลกอฮอล์นาน 1 นาที ซับให้แห้งอีกครั้ง นำฝักกล้วยไม้ดินมาพอกฆ่าเชื้อในสารละลายคลอโรกซ์ (clorox) ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ นาน 20 นาที จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นที่นิ่งฆ่าเชื้อแล้ว 3 ครั้ง ทำในตู้ปลอดเชื้อ แล้วนำฝักกล้วยไม้ดินที่ผ่านการฆ่าเชื้อ มาตัดขั้วและปลายออก ผ่ากลางฝัก แยกฝักออก ใช้มีดเขี่ยเมล็ดลงไปในช่วงที่มีอาหารสูตร VW (1949) ที่เตรียมไว้ โดยเขี่ยเมล็ดปริมาณ 1/2 ฝักต่อขวด เทียบปริมาตรกับช้อนขนาดกว้าง 1.0 เซนติเมตร ยาว 1.5 เซนติเมตร สูง 0.5 เซนติเมตร ใช้พลาสติกปิดปากขวดมัดด้วยยางรัด เขียนวันที่ทำการทดลอง ชื่อคู่ผสมลงบนแผ่นป้ายแล้วติดไว้บนขวด นำไปวางไว้บนชั้นที่ไม่มีแสง อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ในห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ บันทึกปริมาณการงอกของเมล็ดในสภาพปลอดเชื้อ โดยดูปริมาณการงอกของเมล็ดต่อพื้นที่ขวดทั้งหมด และบันทึกจำนวนวันที่ใช้ในการงอก โดยนับถึงวันแรกที่เมล็ดเริ่มงอก เก็บข้อมูลทุกสัปดาห์เป็นเวลา 6 เดือน

ผลการศึกษา

การผสมตัวเอง

การศึกษาศักยภาพในการผสมตัวเองของกล้วยไม้ดินสกุลฮาเบนาเรียและสกุลเพคเทลิส พบว่ากล้วยไม้ดินทั้งสองสกุลมีการติดฝักเฉลี่ย 84.7 เปอร์เซ็นต์

(ตารางที่ 1) จากการผสมตัวเองของกล้วยไม้ดินแต่ละชนิด พบว่ามีการติดฝักที่ดี คือ 83.3-100.0 เปอร์เซ็นต์ มีเพียง *H. lindleyana* ที่มีการติดฝักน้อย คือ 50.0 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำเมล็ดที่ได้จากการผสมตัวเองแต่ละชนิดมา ตรวจสอบเมล็ดที่สมบูรณ์ พบว่ามีเมล็ดที่สมบูรณ์น้อย คือ 17.9-56.3 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนำเมล็ดมาเพาะในสภาพปลอดเชื้อ พบว่ามีปริมาณการงอกเพียง 10-20 เปอร์เซ็นต์ ใช้ระยะเวลาในการงอก 113 วัน

การผสมข้ามชนิด

การศึกษาความสามารถในการผสมข้ามชนิดของกล้วยไม้ดินสกุลฮาเบนาเรีย พบว่ามีการติดฝักเฉลี่ย 88.2 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2) จากการผสมข้ามชนิดของกล้วยไม้ดินแต่ละชนิดภายในสกุลฮาเบนาเรีย พบว่ามีการติดฝักที่ดี คือ 79.2-100.0 เปอร์เซ็นต์ มีเพียง *H. lindleyana* × *H. rhodocheila* ที่มีการติดฝักน้อย คือ 33.3 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำเมล็ดที่ได้จากการผสมข้ามชนิดมาตรวจสอบเมล็ดที่สมบูรณ์ พบว่าคู่ผสมของ *H. erichmichaelii* × *H. xanthocheila* มีเมล็ดที่สมบูรณ์ที่ดี

คือ 84.4 เปอร์เซ็นต์ ส่วนคู่ผสมของ *H. lindleyana* × *H. rhodocheila* และ *H. lindleyana* × *H. xanthocheila* มีเมล็ดที่สมบูรณ์น้อยเพียง 6.3 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อนำเมล็ดมาเพาะในสภาพปลอดเชื้อ พบว่ามีปริมาณการงอกเพียง 20-30 เปอร์เซ็นต์ ใช้ระยะเวลาในการงอกเฉลี่ย 140 วัน (ภาพที่ 1)

การผสมข้ามสกุล

การศึกษาความสามารถในการผสมข้ามสกุลของกล้วยไม้ดินสกุลฮาเบนาเรียและสกุลเพคเทิลิส พบว่ากล้วยไม้ดินทั้งสองสกุลมีการติดฝักเฉลี่ย 77.5 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3) จากการผสมข้ามสกุลของกล้วยไม้ดินแต่ละชนิด พบว่ามีการติดฝักที่ดี คือ 66.7-100.0 เปอร์เซ็นต์ มีเพียงคู่ผสมของ *H. xanthocheila* × *P. susannae* ที่ไม่พบการติดฝัก เมื่อนำเมล็ดที่ได้จากการผสมข้ามสกุลมาตรวจสอบเมล็ดที่สมบูรณ์ พบว่ามีเมล็ดที่สมบูรณ์น้อย และบางคู่ผสมมีเมล็ดที่สมบูรณ์เป็นศูนย์ ได้แก่ คู่ผสมของ *P. sagarikii* × *H. xanthocheila* *P. susannae* × *H. erichmichaelii* *P. susannae* × *H. rhodocheila* และ

Table 1 Number of flowers, number of seed pods, number of bottles from seeds sowing, number of contaminated seeds sowing bottles, percentage of fruit set, seed viability, seed germination, and time from sowing to germination derived from selfing.

Species	No. of flowers (flowers)	No. of seed pods	No. of bottles from seeds sowing (bottles)	No. of contaminated seeds sowing bottles (bottles)	Fruit set (%)	Seed viability (%)	Seed germination (%) / no. of bottle (bottles)	Time from sowing to germination (days)
<i>H. erichmichaelii</i>	72	62	10	9	86.1	34.4	20/1	113
<i>H. lindleyana</i>	4	2	2	2	50.0	38.2	*	*
<i>H. rhodocheila</i>	78	65	14	11	83.3	25.1	10/3	113
<i>H. xanthocheila</i>	18	16	4	4	88.9	56.3	*	*
<i>P. sagarikii</i>	2	2	2	2	100.0	17.9	*	*
<i>P. susannae</i>	3	3	1	1	100.0	54.0	*	*
Total average					84.7	37.6	10-20	113

* no germination due to contamination after seeds were sown

P. susannae × *H. xanthocheila* และเมื่อนำเมล็ดมา *H. erichmichaelii* × *P. susannae* ยังไม่มีกิ่งงอกภายใน
เพาะในสภาพปลอดเชื้อ พบว่าคู่ผสมของ เวลา 6 เดือน ที่ทำการทดลอง

Table 2 Number of flowers, number of seed pods, number of bottles from seeds sowing, number of contaminated seeds sowing bottles, percentage of fruit set, seed viability, seed germination, and time from sowing to germination derived from interspecific hybridization.

Mother plant	Father plant	No. of flowers (flowers)	No. of seed pods	No. of bottles from seeds sowing (bottles)	No. of contaminated seeds sowing bottles)	Fruit set (%)	Seed viability (%)	Seed germination (%) / no. of bottle (bottles)	Time from sowing to germination (days)
<i>H. erichmichaelii</i>	<i>H. rhodocheila</i>	78	75	28	23	96.1	62.1	20/5	122
<i>H. erichmichaelii</i>	<i>H. xanthocheila</i>	7	7	4	3	100.0	84.4	40/1	114
<i>H. lindleyana</i>	<i>H. rhodocheila</i>	12	4	4	4	33.3	6.3	*	*
<i>H. lindleyana</i>	<i>H. xanthocheila</i>	5	5	2	2	100.0	5.0	*	*
<i>H. rhodocheila</i>	<i>H. erichmichaelii</i>	7	7	4	4	100.0	42.1	*	*
<i>H. rhodocheila</i>	<i>H. lindleyana</i>	5	4	4	3	80.0	47.5	10/1	205
<i>H. rhodocheila</i>	<i>H. xanthocheila</i>	16	15	6	6	93.8	54.4	20/6	119
<i>H. xanthocheila</i>	<i>H. erichmichaelii</i>	2	2	2	2	100.0	nd	*	*
<i>H. xanthocheila</i>	<i>H. lindleyana</i>	1	1	2	2	100.0	35.4	*	*
<i>H. xanthocheila</i>	<i>H. rhodocheila</i>	24	19	8	5	79.2	40.2	20/3	139
Total average						88.2	42.0	20-30	140

nd: not done due to broken fruits, * no germination due to contamination after seeds were sown



Figure 1 An interspecific hybrid: (a) *Habenaria rhodocheila*, mother plant. Scale bar = 1 cm, (b) *Habenaria xanthocheila*, father plant. Scale bar = 1 cm, (c) Seed pod. Scale bar = 1 cm, (d) Seed. Scale bar = 30 µm (4x), (e) Seedling. Scale bar = 1 cm

Table 3 Number of flowers, number of seed pods, number of bottles from seeds sowing, number of contaminated seeds sowing bottles, percentage of fruit set, seed viability, seed germination, and time from sowing to germination derived from intergeneric hybridization.

Mother plant	Father plant	No. of flowers (flowers)	No. of seed pods	No. of bottles from seeds Sowing t bottles)	No. of bottle from seeds sowing contaminated (bottles)	Fruit set (%)	Seed viability (%)	seed germination (%) / no. of bottle (bottles)	No. of days from sowing to germination (days)
<i>H. erichmichaelii</i>	<i>P. susannae</i>	30	28	8	5	93.3	30.8	ng/3	ng
<i>H. rhodocheila</i>	<i>P. sagarikii</i>	3	2	2	2	66.7	nd	*	*
<i>H. rhodocheila</i>	<i>P. susannae</i>	12	9	6	6	75.0	46.8	*	*
<i>H. xanthocheila</i>	<i>P. susannae</i>	1	0	nd	nd	0.0	nd	nd	nd
<i>P. sagarikii</i>	<i>H. rhodocheila</i>	3	3	nd	nd	100.0	10.3	nd	nd
<i>P. sagarikii</i>	<i>H. xanthocheila</i>	1	1	nd	nd	100.0	0	nd	nd
<i>P. susannae</i>	<i>H. erichmichaelii</i>	4	3	nd	nd	75.0	0	nd	nd
<i>P. susannae</i>	<i>H. rhodocheila</i>	8	7	6	6	87.5	0	*	*
<i>P. susannae</i>	<i>H. xanthocheila</i>	1	1	2	2	100.0	0	*	*
Total average						77.5	12.6	ng/*	ng/*

nd: not done due to broken fruits, ng: no germination was found within 6 months, * no germination due to contamination after seeds were sown

วิจารณ์

การผสมเกสรกล้วยไม้ โดยส่วนใหญ่มักพบปัญหาและอุปสรรคหลายอย่าง ทั้งการผสมตัวเองไม่ติด รวมทั้งการผสมข้ามชนิดและผสมข้ามสกุลเป็นเรื่องที่ทำได้ยาก จากการศึกษาการผสมตัวเอง ในสกุลฮาเบนาเรีย พบว่า *H. erichmichaelii* *H. rhodocheila* และ *H. xanthocheila* มีการติดฝักได้มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ *H. lindleyana* มีการติดฝักได้เพียง 50 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากพันธุกรรมเฉพาะของกล้วยไม้แต่ละชนิด มีรายงานการศึกษาความสามารถในการผสมตัวเองของกล้วยไม้ 19 ชนิด ในวงศ์ย่อย Vandoideae พบว่ามี 10 ชนิด ที่สามารถผสมตัวเองได้ มีเพียง 1 ชนิด ที่ผสมตัวเองไม่ติด และอีก 8 ชนิด ที่ต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม (Agnew, 2006) Chung and Chung,

2003 ศึกษาเกี่ยวกับระบบการผสมพันธุ์ของ *Cremamastra appendiculata* และ *Cymbidium goeringii* ในเกาะไอนุโร ประเทศเกาหลีใต้ พบว่ากล้วยไม้ดินทั้ง 2 ชนิดนี้ ติดฝักได้เพียงเล็กน้อยในสภาพธรรมชาติ *Cre. appendiculata* ติดฝักได้ 1.3-2.0 เปอร์เซ็นต์ จาก 26 ต้น และ *Cym. goeringii* ติดฝักได้ 0.4-0.6 เปอร์เซ็นต์ จาก 87 ต้น แต่ถ้ามีการช่วยผสมเกสรโดยคนช่วยผสม โดยใช้เกสรเพศผู้ผสมกับเกสรเพศเมียภายในดอกเดียวกัน หรือใช้เกสรเพศผู้จากดอกอื่นในช่อดอกเดียวกัน สามารถเพิ่มเปอร์เซ็นต์การติดฝักของ *Cre. appendiculata* เป็น 95.7 และ 96.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วน *Cym. goeringii* เพิ่มขึ้นเป็น 95.5 และ 95.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่ากล้วยไม้ 2 ชนิดนี้ มีความสามารถผสมตัวเองได้สูง ส่วนเปอร์เซ็นต์การติดฝักที่น้อยในสภาพธรรมชาติอาจเป็นผลมาจากข้อจำกัดของ

ตัวช่วยผสมเกสร ส่วนสกุลเพคเทลิสมีการติดฝักได้มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป แต่เมื่อพิจารณาความสมบูรณ์ของเมล็ดของกล้วยไม้ดินแต่ละชนิด พบว่ามีเมล็ดที่สมบูรณ์อยู่ระหว่าง 17.9-56.3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมล็ดไม่สมบูรณ์ค่อนข้างมาก โดยเฉพาะในสกุลเพคเทลิส ซึ่ง *P. sagarikii* สามารถติดฝักได้ง่ายแต่มีเมล็ดที่สมบูรณ์ค่อนข้างต่ำ

เมื่อนำมาผสมข้ามชนิด พบว่า *H. erichmichaelii* *H. rhodocheila* และ *H. xanthocheila* มีความสามารถในการผสมข้ามชนิดได้มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป เมื่อเปรียบเทียบกับการผสมตัวเอง ซึ่งอาจเป็นกลไกภายในของต้นพืชที่สามารถผสมข้ามชนิดได้ ดีกว่าการผสมตัวเอง (self incompatibility) มีรายงานของ Wilfret and Kamemoto (1969) ศึกษาถึงความเข้ากันได้ของพันธุกรรม (sexual compatibility) ของ *Dendrobium* 37 ชนิด ใน 10 หมู่ จากทั้งหมด 41 หมู่ ซึ่งจากการผสมข้ามชนิดทั้งภายในและข้ามหมู่ทั้งหมด 721 คู่ผสม พบการติดฝัก 138 ฝัก แต่เป็นฝักที่สามารถให้ลูกผสมได้ 89 ฝัก และพบว่าการผสมข้ามชนิดภายในหมู่ *Phalaenanth* มีเปอร์เซ็นต์การติดฝักสูงสุด ขณะที่การผสมข้ามชนิดภายในหมู่ *Callista* ไม่พบการติดฝัก ส่วนการผสมข้ามชนิดภายในหมู่ *Eugenanthe* พบว่ามีความสามารถในการผสมข้ามต่ำ เช่นเดียวกับการศึกษาความสามารถในการผสมข้ามหมู่ของกล้วยไม้สกุลหวายของไทย 4 หมู่ ได้แก่ *Dendrobium* *Distichophyllum* HK *Formosae* (Benth. & Hk.f.) Hk.f. *Stachyobium* Lindl. และกลุ่มหวายลูกผสม ทำการผสมสลับพ่อแม่ พบว่ากล้วยไม้หวายในหมู่ *Dendrobium* สามารถผสมข้ามหมู่ได้ โดยหมู่ *Distichophyllum* × *Stachyobium* มีเปอร์เซ็นต์การผสมติดสูงสุด 13.64 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่หมู่ *Dendrobium* × *Formosae* *Distichophyllum* × *Formosae* *Distichophyllum* × หวายลูกผสม *Formosae* × หวายลูกผสม *Formosae* × *Stachyobium* *Stachyobium* × หวายลูกผสม ไม่พบการติดฝัก (มาลินี, 2553) เมื่อพิจารณาความสมบูรณ์ของเมล็ดที่ได้จากการผสมข้ามชนิด พบว่ามีเมล็ดที่สมบูรณ์มากกว่าที่ได้จากการผสมตัวเอง มีแต่เพียง *H. lindleyana* ที่มีการผสมข้ามชนิดได้น้อย และความสมบูรณ์ของเมล็ดลูกผสมที่ได้จากการ

ผสมข้ามชนิดค่อนข้างน้อยมากเพียง 5.0-6.3 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น ผลการศึกษาชี้ให้เห็นแนวโน้มของการนำกล้วยไม้ดินสกุลฮาเบนาเรียชนิดที่มีความสามารถในการนำมาใช้เป็นแม่พันธุ์ที่ดี คือ *H. erichmichaelii* *H. rhodocheila* และ *H. xanthocheila* ที่มีความสมบูรณ์ของเมล็ดลูกผสมมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป และเมล็ดลูกผสมสามารถพัฒนาเป็นต้นอ่อนได้

ส่วนการผสมข้ามสกุล พบว่ากล้วยไม้ดินทั้งสองสกุลมีการติดฝักค่อนข้างดี มีเพียงคู่ผสมของ *H. xanthocheila* × *P. susannae* ที่ไม่พบการติดฝัก อาจเนื่องมาจากความห่างไกลของพันธุกรรม ถ้ามีความห่างไกลกันมากการผสมเกสรอาจสำเร็จได้ยาก (ณัฐา, 2548; ระพี, 2516) ซึ่งความสำเร็จในการปรับปรุงพันธุ์โดยการผสมพันธุ์นั้น คู่ผสมต้องมีความคล้ายคลึงกันทางด้านพันธุกรรมมากที่สุด (อดิศร, 2547) นอกจากนั้นยังอาจเกิดจากความไม่สามารถเข้ากันได้ของคู่ผสมที่เลือกใช้กล้วยไม้บางชนิดใช้เป็นพ่อพันธุ์ได้ แต่หากใช้เป็นแม่พันธุ์ไม่สามารถติดฝัก การที่เกสรเพศผู้เป็นหมัน อาจเกิดจากมีจำนวนชุดโครโมโซมที่ผิดปกติ รวมทั้งสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมในช่วงที่มีการถ่ายละอองเกสร เช่น มีอากาศหนาวเย็นหรือร้อนจนเกินไป (ณัฐา, 2548; ระพี, 2516) ส่วนบางคู่ที่ไม่ได้ผสม เนื่องจากกล้วยไม้ดินบางชนิดมีจำนวนดอกน้อย จึงไม่สามารถที่จะผสมได้ครบทุกชนิด

การพัฒนาของฝักไม่ได้เป็นตัวบ่งชี้ว่า การผสมพันธุ์นั้นประสบความสำเร็จ เนื่องจากมีฝักบางส่วนมีเมล็ดที่สมบูรณ์น้อยมากโดยเฉพาะในการผสมข้ามสกุล ฝักสามารถพัฒนาจนเป็นฝักแก่ได้ แต่เมื่อนำเมล็ดไปตรวจสอบความสมบูรณ์ พบว่าไม่มีเมล็ดที่สมบูรณ์เลย หรือมีเมล็ดที่สมบูรณ์ค่อนข้างต่ำ มีรายงานการศึกษาความสมบูรณ์ของเมล็ดกล้วยไม้ชนิดเข็ม 3 หมู่ ได้แก่ *Iridorchis* *Cymbidium* *Jensoa* และพันธุ์ลูกผสมที่มีการติดฝัก พบว่าลักษณะของเมล็ดที่พบส่วนใหญ่เป็นเมล็ดสมบูรณ์ โดยคู่ผสมระหว่างหมู่ *Cymbidium* กับ หมู่ *Jensoa* คือ คู่ผสมระหว่าง *C. aloifolium* × *C. sinense* มีเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของเมล็ดสูงที่สุด 88.24 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากเป็นกล้วยไม้ที่เจริญเติบโตในสภาพแวดล้อมเดียวกัน และอาจมีความใกล้เคียงกันทางพันธุกรรม จึงทำให้ได้เมล็ดสมบูรณ์สูง แต่มีเปอร์เซ็นต์

การติดฝักไม่สูงมากเพียง 37.5 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาเป็น การผสมข้ามระหว่างหมู่ *Iridorchis* กับ หมู่ *Jensoa* คือ คู่ผสมระหว่าง *C. tracyanum* × *C. sinense* มีเมล็ด สมบูรณ์ 84.28 เปอร์เซ็นต์ แต่สำหรับคู่ผสมระหว่าง *C. sinense* × *C. Golden Elf* *C. sinense* × *C. hybrid* (pink flower) *C. Golden Elf* × *C. lowianum* และ *C. Golden Elf* × *C. tracyanum* พบเมล็ดลีบมากกว่าเมล็ดสมบูรณ์ (อรอนงค์, 2553) การพัฒนาของฝักในบางครั้งเป็นผล เนื่องมาจากการกระตุ้นของฮอร์โมนออกซินที่สร้างขึ้น ภายในเมล็ด เมื่อมีการถ่ายละอองเกสรและเกิดการ ปฏิสนธิเป็นเมล็ดขึ้นมา (สมบุญ, 2548) และการพัฒนา ของเมล็ดภายในฝักมีปัจจัยหลาย ๆ ประการเข้ามา เกี่ยวข้อง เช่น ปริมาณน้ำ ความสมบูรณ์ของต้นแม่ (ต้นที่ ถีอฝัก) เพราะเป็นแหล่งผลิตอาหารเพื่อส่งไปใช้ในการ พัฒนาของเมล็ด มีบางคู่ผสมที่ไม่ได้ตรวจสอบเมล็ดที่ สมบูรณ์ เนื่องมาจากฝักที่ได้จากการผสมนั้น ได้ถูกนำไป เพาะเมล็ดในสภาพปลอดเชื้อเพื่อประเมินปริมาณการงอก จึงเหลือเมล็ดไม่เพียงพอที่จะนำมาตรวจสอบ

การเพาะเมล็ดในสภาพปลอดเชื้อ พบว่ามี ปริมาณการงอกที่น้อย และในการผสมข้ามสกุลนั้น มีบาง คู่ผสมที่ยังไม่มีการงอกภายในระยะ 6 เดือน ที่ทำการ ทดลอง (เมล็ดมีการงอกภายหลังระยะเวลา 6 เดือน) อาจ เนื่องมาจากความสมบูรณ์ของเมล็ด ซึ่งเมล็ดที่ได้จากการ ผสมนั้น อาจมีเอ็มบริโอที่ไม่แข็งแรงและไม่สมบูรณ์และมี เมล็ดลีบปนอยู่มาก เมื่อนำเมล็ดไปเพาะ เมล็ดอาจงอกได้ น้อยหรือไม่สามารถงอกเป็นต้นได้ (ระพี, 2516) หรือ ระยะเวลาในการงอกของเมล็ดกล้วยไม้แต่ละชนิดที่ แตกต่างกัน ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการงอกของเมล็ด โดยทั่วไปอยู่ในช่วง 1-3 เดือน (ณัฐา, 2548) มีการศึกษา ของปิยะนุช (2547) ใน *H. rhodocheila* พบว่าเมล็ดจาก ฝักที่อายุมากสามารถงอกได้เร็วและมากกว่าเมล็ดที่ได้ จากฝักที่อายุน้อย โดยฝักที่มีอายุ 7 สัปดาห์ สามารถงอก ได้ในช่วงสัปดาห์ที่ 12 หลังการเพาะเมล็ด ให้เปอร์เซ็นต์ การงอกมากที่สุด คือ 2.46 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดจากฝักอายุ 6 สัปดาห์ และอายุ 5 สัปดาห์ งอกได้ในช่วงสัปดาห์ที่ 16 และสัปดาห์ที่ 20 หลังการเพาะเมล็ด ตามลำดับ และ

มีเปอร์เซ็นต์การงอก 1.316 และ 0.374 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งในการผสมข้ามชนิดหรือผสมข้ามสกุล อาจ ต้องมีการศึกษาการเก็บอายุฝักที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ ในการเพาะเมล็ดต่อไป ส่วนคู่ผสมอื่นนั้น เมื่อนำเมล็ดไป เพาะเกิดการปนเปื้อน เนื่องมาจากฝักที่นำไปเพาะนั้นเป็น ฝักที่แก่ใกล้แตกแล้ว เมื่อนำมาเพาะจึงเกิดการปนเปื้อน ขึ้น แม้มีการพอกฝักแล้ว และบางคู่ผสมที่ไม่ได้เพาะเมล็ด เนื่องจากฝักที่ได้จากการผสมนั้นแก่และแตกก่อนที่จะเก็บ ฝักเพื่อเพาะเมล็ด

สรุป

การศึกษาความสามารถในการผสมตัวเอง ผสม ข้ามชนิด และผสมข้ามสกุลของกล้วยไม้ดินสกุล ฮาเบนาเรียและสกุลเพคเทิลิสทั้ง 6 ชนิด ในเบื้องต้นนี้ มี ความแตกต่างกัน พบว่าความสามารถในการผสมตัวเอง ได้ดีพบใน *H. erichmichaelii* pink *H. rhodocheila* *H. xanthocheila* *P. sagarikii* และ *P. susannae* South ในขณะที่ความสามารถในการผสมข้ามชนิดและทำหน้าที่ เป็นแม่พันธุ์ที่ดี ได้แก่ *H. erichmichaelii* pink *H. rhodocheila* และ *H. xanthocheila* และเมล็ดลูกผสมที่ ได้สามารถพัฒนาเป็นต้นได้ ในขณะที่ความสามารถใน การผสมข้ามสกุลเกิดขึ้นได้น้อยมาก ฝักสามารถพัฒนาได้ แต่เมล็ดไม่สามารถพัฒนาเป็นต้นได้ภายในเวลา 6 เดือน ที่ทำการศึกษา

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่เรือนเพาะชำกล้วยไม้ ศูนย์วิจัยสายิตและฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ และห้องปฏิบัติการ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะ เกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และความสะดวกต่าง ๆ ตลอดการทดลอง และขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย ที่สนับสนุนส่วนหนึ่งของทุนการศึกษา การวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- คณิศร ธรรมศิริ. 2550. เทคโนโลยีการผลิตกล้วยไม้. สำนักพิมพ์อัมรินทร์พรินต์ติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ. 283 หน้า.
- คณะกรรมการกล้วยไม้แห่งชาติ, 2554. “ยุทธศาสตร์การ แข่งขันกล้วยไม้ไทยในตลาดโลก พ.ศ. 2554- 2559.” (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://agrimanman.doae.go.th/home/agri1.3/strategics_2554/06_orchid2554-2559.pdf (12 มีนาคม 2555).
- ณัฐา ควรประเสริฐ. 2548. เอกสารคำสอน วิชา 359405 กล้วยไม้วิทยา 1. ภาควิชาพืชสวน คณะ เกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 215 หน้า.
- ณัฐา โพธารมณ์ จามจุรี โสติถกุล และนุชนาฏ จงเลขา. 2553. การปรับปรุงพันธุ์กล้วยไม้กลุ่มนางอ้ว. รายงานการวิจัย, การพัฒนากล้วยไม้กลุ่มนาง อ้วเพื่อการส่งออก. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 92 หน้า.
- ทรงชัย แซ่ตั้ง. 2551. การศึกษาลักษณะและการเพิ่ม โครโมโซมของเอื้องใบไผ่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 80 หน้า.
- นิรนาม. 2553. “รายงาน การศึกษาการตลาดกล้วยไม้ และผลิตภัณฑ์ในทวีปอเมริกาเหนือ (สหรัฐอเมริกา และแคนาดา) ภายใต้โครงการ ศึกษาตลาดกล้วยไม้และผลิตภัณฑ์ในทวีป อเมริกาเหนือ (สหรัฐอเมริกา และแคนาดา) ประจำปีงบประมาณ 2553 เมษายน 2553- มีนาคม 2554.” (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: [http://moacdc.thaiembdc.org/pdfs/reports/r eport_north_american_orchid.pdf](http://moacdc.thaiembdc.org/pdfs/reports/report_north_american_orchid.pdf) (12 มีนาคม 2555).
- ปิยะนุช ปิยะตระกูล. 2547. ผลของอายุฝักต่อการออก ของเมล็ดกล้วยไม้ดินลันมังกรในสภาพปลอด เชื้อ. วารสารเกษตร 20(1): 230-234.
- มาลินี อินทร์วงศ์. 2553. ความสามารถในการผสมข้าม หมู่ของกล้วยไม้สกุลหวายของไทยและหวาย พันธุ์การค้า. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร มหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน มหาวิทยาลัย เชียงใหม่, เชียงใหม่. 87 หน้า.
- ระพี สาคริก. 2516. การเพาะปลูกกล้วยไม้ใน สภาพแวดล้อมของประเทศไทย. สำนักพิมพ์ ชวนพิมพ์, กรุงเทพฯ. 840 หน้า.
- เศรษฐพงศ์ เลขะวัฒนะ ทวีพงศ์ สุวรรณโร ไพสิฐ เกตุ สกิต กนกวรรณ ถนอมจิตร พิชรียา บุญกอบแก้ว และศุภฤกษ์ สุขสมาน. 2548. ศูนย์นำร่องวิจัย พัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตและการ จัดการผลผลิตกล้วยไม้กระถางเพื่อการส่งออก อ้างโดย ณัฐา โพธารมณ์ จามจุรี โสติถกุล และ นุชนาฏ จงเลขา. การปรับปรุงพันธุ์กล้วยไม้ กลุ่มนางอ้ว. รายงานการวิจัย, การพัฒนา กล้วยไม้กลุ่มนางอ้วเพื่อการส่งออก. คณะ เกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 92 หน้า.
- เศรษฐมนตร์ กาญจนกุล. 2552. กล้วยไม้ไทย. สำนัก พิมพ์เศรษฐกิจศิลป์, กรุงเทพฯ. 208 หน้า.
- สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2548. พิมพ์ครั้งที่ 4. สรีรวิทยาพืช (Plant physiology). จามจุรีโปร ดักท์, กรุงเทพฯ. 252 หน้า.
- สุรัตน์ อัดตะ. คม ชัด ลึก. 2552. “เจาะแผนส่งออก “กล้วยไม้ไทย” วาดฝันปีครองแชมป์ตลาดโลก.” (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: [http://news. enterfarm.com](http://news.enterfarm.com) (14 เมษายน 2555).
- หนังสือพิมพ์เดลินิวส์. 2554. “กรมส่งเสริมการเกษตร จัดระบบความรู้กล้วยไม้ไทย.” (ระบบ ออนไลน์). แหล่งข้อมูล: [http://naist.cpe.ku. ac.th/uknow/NEWS_Aug12,2010.html](http://naist.cpe.ku.ac.th/uknow/NEWS_Aug12,2010.html) (1 มีนาคม 2555).
- อดิศร กระแสชัย. 2547. บทที่ 8 การปรับปรุงพันธุ์พืช หน้า 112-127. ใน วัฒนธรรม (ผู้รวบรวม). เอกสารประกอบการสอนหลักการพืชสวน. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

- อบจันทร์ ไทยทอง. 2549. กล้วยไม้เมืองไทย. สำนักพิมพ์ บ้านและสวน, กรุงเทพฯ. 461 หน้า.
- อรอนงค์ วงศ์น่าน. 2553. ความสามารถในการผสมข้าม หมู่ของกล้วยไม้สกุลเข็มปีเดียบบางชนิด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชา พืชสวน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 85 หน้า.
- Agnew, J. D. 2006. Self-compatibility/incompatibility in some orchids of the subfamily Vandoideae. *Plant Breeding* 97: 183-186.
- Chung, M. Y. and M. G. Chung. 2003. The breeding systems of *Cremnophila appendiculata* and *Cymbidium goeringii*: high levels of annual fruit failure in two self-compatible orchids. *Ann. Bot. Fennici*. 40: 81-85.
- Kurzweil, H. 2009. The genus *Habenaria* (Orchidaceae) in Thailand. *Thai For. Bull. (Bot)*. 37: 7-105.
- Wilfret, G. J. and H. Kamemoto. 1969. Genome and karyotype relationships in the genus *Dendrobium* (Orchidaceae). I. crossability. *Amer. J. Bot.* 56: 521-526.
-

การชักนำและเพิ่มปริมาณเอ็มบริโอโดยการเพาะเลี้ยงเซลล์
แขวนลอยของปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอร่า
และการตรวจสอบความแปรปรวนโดยใช้เครื่องหมายอาร์เอพีดี

Induction and Proliferation of Embryogenic Cell Suspension
of Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq. var. *tenera*) and
Evaluation of Genetic Variation by RAPD Marker

ทรรศณีย์ นิยะกิจ^{1/} และ สมปอง เตชะโต^{1/}
Tassanee Niyakid^{1/} and Sompong Te-chato^{1/}

Abstract: Micropropagation of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq. var. *tenera*) from embryogenic calluses on solid MS medium supplemented with different concentrations of plant growth regulators revealed that 0.3 mg/l dicamba together with 200 mg/l ascorbic acid under 14 h photoperiod at 27 ±2 °C gave the highest callus induction at 315 g fresh weight after 1 month of culture. Embryogenic callus was transferred to the 2 different medium. It was found that cause cultured on MS medium supplemented with dicamba 0.3 mg/l. The higher embryogenic cell suspension at 2.41 ml after 1 month of culture. Embryogenic cell suspension subjected to induced somatic embryo in liquid MS medium supplemented with 36.434 g/l sorbitol gave a number of SEs at 5.6 SEs/flask. Evaluation of somaclonal variation of the callus/SE by RAPD techniques revealed that primers OPAB-01, OPAB-09, OPAB-14 and OPT- 06 provided clear DNA patterns and classified to be monomorphism. This result suggestion that there are no somaclonal variation from these calluses or somatic embryos.

Keywords: Oil palm, plant growth regulators, sorbitol, RAPD

^{1/} ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ. สงขลา 90112

^{1/} Department of Plant Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkhla, 90112, Thailand

บทคัดย่อ: การขยายพันธุ์ปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราโดยการกระตุ้นให้เกิดเอ็มบริโอจากแคลลัสบนอาหารแข็ง สูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน พบว่า dicamba เข้มข้น 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่เติมกรดแอสคอร์บิก เข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ในสภาพการให้แสง 14 ชั่วโมงต่อวัน ที่อุณหภูมิ 27 ± 2 องศาเซลเซียส ส่งเสริมการชักนำ แคลลัส 315 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักแคลลัสเริ่มต้น หลังจากการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 1 เดือน หลังจากนั้นย้ายแคลลัสดังกล่าว ลงในอาหารเหลว 2 สูตร เป็นเวลา 1 เดือน พบว่าอาหารเหลวสูตร MS ที่เติม dicamba เข้มข้น 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งเสริมการชักนำ embryogenic cell suspension โดยได้ปริมาณตะกอนเซลล์ 2.41 มิลลิกรัม เมื่อย้าย embryogenic cell suspension เพาะเลี้ยงลงในอาหารเหลวสูตร MS ที่เติมน้ำตาลซอร์บิทอลเข้มข้น 36.434 กรัมต่อลิตร ส่งเสริมการพัฒนา โสมติคเอ็มบริโอ 5.6 เอ็มบริโอต่อตะกอนเซลล์ 1 มิลลิกรัม เวลา 1 เดือน หลังจากนั้นนำไปตรวจสอบความแปรปรวนทาง พันธุกรรม โดยใช้แคลลัส embryogenic cell suspension และ โสมติคเอ็มบริโอ ด้วยเทคนิคอาร์เอฟดี พบว่า ไพรเมอร์ OPAB-01, OPAB-09, OPAB-14 และ OPT-06 ให้แถบดีเอ็นเอชัดเจน และสม่ำเสมอที่สุด โดยแถบดีเอ็นเอเป็นลักษณะ monomorphism ทั้งหมด ซึ่งไม่พบความแปรปรวนทางพันธุกรรมจากแคลลัสหรือโสมติคเอ็มบริโอเหล่านี้

คำสำคัญ: ปาล์มน้ำมัน สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช น้ำตาลซอร์บิทอล อาร์เอฟดี

คำนำ

ปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.) มีถิ่นกำเนิดในทวีปแอฟริกา เจริญเติบโตได้ดีในภาคใต้ของ ประเทศ พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่บริเวณจังหวัดกระบี่ ชุมพร สุราษฎร์ธานี สตูล และตรัง (สุรจิตติ, 2532) จัดเป็นพืช น้ำมันที่ ให้ผลผลิตน้ำมันต่อหน่วยปลูกพื้นที่สูงกว่าพืช น้ำมันอื่น ๆ ทุกชนิด ซึ่งให้ผลผลิตน้ำมันดิบเฉลี่ย 4-5 ตัน ต่อเฮกตาร์ และอาจเพิ่มสูงถึง 7-8 ตันต่อเฮกตาร์ (Biofuel, 2007) ในปี พ.ศ. 2549 มีปริมาณความต้องการ เพิ่มขึ้นจาก 33.23 ล้านตันเป็น 35.4 ล้านตัน เพิ่มขึ้นเฉลี่ยปี ละ 6.5 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลทำให้พื้นที่ปลูกของไทยและทั่วโลกมีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี (เปรมปรี, 2549) รัฐบาลได้ กำหนดนโยบายในการผลิตปาล์มน้ำมันเพื่อเป็นแหล่ง พลังงานทดแทนน้ำมันที่เรียกว่า “ไบโอดีเซล” (พรชัย, 2549) ทั้งนี้พื้นที่ที่เหมาะสมที่สุดต่อการเพาะปลูกปาล์ม น้ำมันคือ ภาคใต้ของประเทศไทยเนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มี ปัจจัยต่าง ๆ เหมาะสมต่อการเพาะปลูก โดยตั้งเป้าหมาย ขยายพื้นที่ปลูกให้ได้ 10 ล้านไร่ ภายในปี พ.ศ. 2572 โดย ปลูกเพิ่มปีละ 400,000 ไร่ แบ่งดำเนินการเป็น 5 ระยะ ๆ ละ 5 ปี ในช่วง 5 ปีแรก (พ.ศ.2547-2552) ตั้งเป้าหมายให้ มีพื้นที่ปลูกทั่วประเทศเพิ่มขึ้นจาก 2.04 ล้านไร่เป็น 6 ล้านไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2548)

พันธุ์ปาล์มน้ำมันที่เกษตรกรปลูกเป็นพันธุ์ลูกผสม เมื่อนำ เมล็ดไปปลูกขยายต่อจะเกิดความแปรปรวนทาง พันธุกรรม ส่งผลให้ผลผลิตต่อต้นไม่สม่ำเสมอ (ธีระ และ คณะ, 2543) การขยายพันธุ์ด้วยเทคนิคการเพาะเลี้ยง เนื้อเยื่อปาล์มน้ำมันเป็นอีกแนวทางหนึ่ง เพื่อเพิ่มปริมาณ ต้นพันธุ์ได้จำนวนมากในระยะเวลาอันสั้น ปัจจุบัน เทคนิคการเพาะเลี้ยงเซลล์แขวนลอย (cell suspension) มีความก้าวหน้ามากในไม้ผล ไม้ยืนต้น รวมถึงปาล์ม น้ำมันด้วย cell suspension ของปาล์มน้ำมันสามารถ พัฒนาเป็นโสมติคเอ็มบริโอ (somatic embryo: SE) ได้ ส่งเสริมให้พัฒนาเป็นพืชต้นใหม่ได้ และช่วยให้ขยายพันธุ์ ได้จำนวนมากในระยะเวลาอันสั้น (de Touchet *et al.*, 1991) การเพาะเลี้ยงใบอ่อนของปาล์มน้ำมันโดยเติม dicamba (3,6-dichloro-2-methoxybenzoic acid) ความ เข้มข้นต่ำ (0.1-1 มิลลิกรัมต่อลิตร) ในอาหาร สามารถร่น ระยะเวลาการเพาะเลี้ยงได้ 6-9 เดือน (อาสตัน และ สมปอง, 2545)

อย่างไรก็ตามในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อปาล์ม น้ำมันนั้น มีรายงานว่าอาจก่อให้เกิดความแปรปรวนทาง พันธุกรรมขึ้น จึงได้นำการประเมินความแปรปรวนทาง พันธุกรรมด้วยเครื่องหมายชีวโมเลกุลมาช่วยยืนยัน หรือ รับรองว่าต้นที่ได้ตรงตามพันธุ์ที่ต้องการ สายชล (2547) รายงานการตรวจสอบความแปรปรวนทางพันธุกรรมของ

ปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอร่าโดยใช้ไพรเมอร์ 160 ชนิด ซึ่งพบเพียง 7 ชนิดเท่านั้น คือ OPB-08, OPR-11, OPT-06, OPT-19, OPAB-01, OPAB-09 และ OPAB-14 ที่ใช้ตรวจสอบด้วยเทคนิค random amplified polymorphic DNA (RAPD) ให้แถบดีเอ็นเอจำนวน 209 แถบ เฉลี่ย 29.85 แถบต่อไพรเมอร์ เทคนิค RAPD มีข้อดีคือ ทำงานไม่ซับซ้อน ค่าใช้จ่ายไม่สูง ใช้ดีเอ็นเอน้อย (Winter and Kahl, 1995) จึงนำเทคนิคดังกล่าวไปใช้ในการตรวจสอบดีเอ็นเอจากต้นกล้าที่มีความผิดปกติหรือเกิดความแปรปรวนได้ ในการขยายพันธุ์ปาล์มน้ำมันโดยวิธีการเพาะเลี้ยง embryogenic cell suspension (เซลล์แขวนลอยที่พร้อมเกิดเป็นเอ็มบริโอแล้ว) ใช้สูตรอาหารร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโตในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ เพื่อให้ได้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันปริมาณมากในระยะเวลาอันสั้น นอกจากนี้ยังมีการตรวจสอบความแปรปรวนของเนื้อเยื่อปาล์มน้ำมันในระยะแคลลัส และไซมาติกเอ็มบริโอ โดยใช้เครื่องหมายชีวโมเลกุล RAPD เพื่อยืนยันว่าต้นใหม่ที่ได้มีลักษณะตรงตามพันธุ์ที่ต้องการ

อุปกรณ์และวิธีการ

ใช้แคลลัสอายุ 4 ปี ที่ชักนำจากเอ็มบริโอที่ยังไม่สุกแก่ (immature zygotic embryo) ที่มีอายุ 3 เดือน คู่ผสมที่ 7 จากสวนปาล์มน้ำมันเอกชนของคุณอนงค์ ลิมศรีวิไล จังหวัดกระบี่ ย้ายเลี้ยงแคลลัสทุกเดือนในอาหารสูตร MS เติม dicamba เข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำตาลซูโครส 30 กรัมต่อลิตร และกรดแอสคอร์บิกเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายใต้การให้แสง 14 ชั่วโมงต่อวัน ความเข้มแสง 25 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส ในห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีชีวภาพของพืชปลูก ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

1. การศึกษาความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการเพิ่มปริมาณแคลลัส

นำแคลลัสที่เกาะกันอย่างหลวม ๆ (friable embryogenic tissue) น้ำหนัก 0.1 กรัม ที่ได้จากอาหาร

แข็งสูตร MS เติม dicamba ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร อายุ 1 เดือน วางเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม 2,4-D หรือ dicamba เข้มข้น 0.1 0.3 0.5 0.7 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร กรดแอสคอร์บิกเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำตาลซูโครส 30 กรัมต่อลิตร และ เติมน้ำ 0.75 เปอร์เซ็นต์ ในหลอดทดลองขนาด 25 x 150 มิลลิลิตร เป็นเวลา 1 เดือน บันทึกน้ำหนักสด และนับจำนวนเอ็มบริโอเจนิคแคลลัสที่สร้างบนแคลลัส โดยสังเกตจากการเกิดก้อนของเอ็มบริโอเล็ก ๆ ออกมาจากแคลลัส ภายหลังจากการเพาะเลี้ยง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan's multiple range test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($P < 0.05$)

2. การศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการชักนำและการเพิ่มปริมาณเซลล์ซัสเพนชัน

นำเอ็มบริโอเจนิคแคลลัสน้ำหนัก 0.25 กรัม จากอาหารที่ให้ผลดีที่สุดของการทดลองที่ 1 มาเลี้ยงในอาหารเหลว 2 สูตร คือ MS และ Y_3 (Kramut and Te-chato, 2010) แต่ละสูตรเติม dicamba เข้มข้น 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร กรดแอสคอร์บิกเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำตาลซูโครส 30 กรัมต่อลิตร บรรจุในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร วางเลี้ยงบนเครื่องเขย่าด้วยความเร็วรอบ 110 รอบต่อนาที แต่ละสูตรอาหารทำ 5 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ขวด บันทึกอัตราการเจริญเติบโตจากการวัดปริมาตรตะกอนเซลล์ (Packed cell volume : PCV) ทุก ๆ 3 วัน เปรียบเทียบกันในแต่ละสูตรอาหารหลังจากการเลี้ยงเป็นเวลา 1 เดือน วางแผนการทดลองแบบ CRD เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD (least significant difference) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($P < 0.05$)

3. การศึกษาแหล่งคาร์บอนต่อการพัฒนาของไซมาติกเอ็มบริโอจากการเพาะเลี้ยงเอ็มบริโอ เจนิคเซลล์ซัสเพนชัน

นำ embryogenic cell suspension ปริมาตรตะกอนเซลล์ 1 มิลลิลิตร จากอาหารที่ให้ผลดีที่สุดของการทดลองที่ 2 มาเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร MS ที่เติม dicamba เข้มข้น 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับน้ำตาลซอร์

บิทอลหรือน้ำตาลแมนนิทอล เข้มข้น 36.434 กรัมต่อลิตร และกรดแอสคอร์บิกเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร บรรจุในขวดรูปชมพู่ 5 ขวด แช่ลว่ 1 ขวด ปรับ pH เป็น 5.7 และ วางเลี้ยงบนเครื่องเขย่าด้วยความเร็วรอบ 110 รอบต่อนาที บันทึกปริมาณตะกอนเซลล์ทุก 3 วัน และเปรียบเทียบจำนวนโซมาติกเอ็มบริโอเฉลี่ยต่อขวดจากน้ำตาลทั้งสองสูตร หลังจากเลี้ยงเป็นเวลา 1 เดือน วางแผนการทดลองแบบ CRD เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($P < 0.05$)

4. การประเมินความแปรปรวนทางพันธุกรรมโดยใช้เครื่องหมาย RAPD

สกัดดีเอ็นเอจากชิ้นส่วนแคลลัส (การทดลองที่ 2) และ 1) embryogenic cell suspension (การทดลองที่ 2) และโซมาติกเอ็มบริโอ (การทดลองที่ 3) ตามวิธีการของ Te-chato (2000) โดยเก็บตัวอย่างพืชเดิม TE บัฟเฟอร์ และเติม sodium dodecyl sulfate บดให้ละเอียด นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เติม ammonium acetate บ่มที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส นำไปปั่นเหวี่ยง ดูดสารละลายส่วนใสใส่หลอดใหม่ เติม isopropanol ล้างด้วยเอทานอล 70 เปอร์เซ็นต์ นำไปผึ่งให้แห้ง เก็บที่อุณหภูมิ -30 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอโดยการทำให้ PCR โดยไพรเมอร์ที่ใช้ ได้แก่ OPB-08, OPR-11, OPT-06, OPT-19, OPAB-01, OPAB-09 และ OPAB-14 ตั้งอุณหภูมิเครื่องพีซีอาร์ 3 ระดับ คือ อุณหภูมิเริ่มต้น 94 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เวลา 1 นาที และขั้นตอนสุดท้ายใช้อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เวลา 2 นาที จำนวนทั้งสิ้น 39 รอบ ตามด้วยอุณหภูมิ 93 องศาเซลเซียส เวลา 1 นาที 35 องศาเซลเซียส เวลา 1 นาที และ 72 องศาเซลเซียส เวลา 7 นาทีอีก 1 รอบ และนำมาแยกแถบ โดยเทคนิคอิเล็กโตรโฟรีซิสใช้วุ้นอะกาโรส เข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ ในสารละลาย TBE บัฟเฟอร์ นาน 40 นาที นำไปย้อมแถบดีเอ็นเอด้วย ethidium bromide จากนั้นนำแผ่นเจลส่องดูภายใต้แสง ultraviolet บันทึกภาพเปรียบเทียบแถบดีเอ็นเอที่ปรากฏระหว่างดีเอ็นเอที่สกัดได้จากแคลลัส embryogenic cell suspension และโซมาติกเอ็มบริโอ

ผลการทดลอง

1. ผลของความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการเพิ่มปริมาณแคลลัส

จากการเปรียบเทียบชนิดของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในอาหารเลี้ยงสูตร MS ร่วมกับกรดแอสคอร์บิก เข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 1 เดือน ต่อการเพิ่มปริมาณน้ำหนักสดของแคลลัสพบว่า dicamba ความเข้มข้น 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับกรดแอสคอร์บิกเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้น้ำหนักสดของแคลลัสสูงสุด 315 มิลลิกรัม ในขณะที่ 2,4-D ความเข้มข้น 0.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้น้ำหนักสดของแคลลัสต่ำสุด 213 มิลลิกรัม แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ภาพที่ 1A) สำหรับการสร้างเอ็มบริโอเจนิคบนแคลลัส พบว่า dicamba ความเข้มข้น 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้อำนาจเอ็มบริโอเจนิคแคลลัสเฉลี่ยสูงสุด 13.2 เอ็มบริโอเจนิคเซลล์ต่อแคลลัสเริ่มต้น แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้นอื่น ๆ ทำนองเดียวกับแคลลัสที่ได้จากอาหารที่มี 2,4-D ความเข้มข้น 0.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้อำนาจเอ็มบริโอเจนิคแคลลัสเฉลี่ยต่ำสุดที่ 1.8 เอ็มบริโอเจนิคเซลล์ต่อแคลลัสเริ่มต้น (ภาพที่ 1B) ลักษณะของเอ็มบริโอเจนิคแคลลัสที่เกิดขึ้นมีลักษณะโครงสร้างกลมขนาดเล็กและมีสีเหลือง (ภาพที่ 2A) สำหรับเอ็มบริโอเจนิคแคลลัสที่พัฒนาในอาหารที่เติม 2,4-D มีลักษณะโครงสร้างกลม มีสีเหลืองเข้ม และมีอาการฉ่ำน้ำบริเวณผิว (ภาพที่ 2B)

2. สูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการชักนำและการเพิ่มปริมาณ embryogenic cell suspension

หลังจากการเพาะเลี้ยงเอ็มบริโอเจนิคแคลลัสในอาหารเหลว 2 สูตร คือ MS และ Y_3 เติม dicamba ความเข้มข้น 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับกรดแอสคอร์บิกเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำตาลซูโครส 30 กรัมต่อลิตร เป็นเวลา 1 เดือน พบว่าอาหารเหลวสูตร MS ให้อัตราการเพิ่มปริมาณตะกอนเซลล์ได้ดีกว่าอาหารเหลวสูตร Y_3 โดยให้ปริมาณตะกอนเซลล์สูงสุด 2.41 มิลลิตร การเจริญเติบโตของเซลล์ในอาหารเหลวสูตรนี้แบ่งได้ 4 ระยะ คือ ระยะ lag, log, stationary และระยะ death

เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลโดยระยะที่เซลล์มีกิจกรรมการแบ่ง
เซลล์สูงส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดอยู่ในช่วง
วันที่ 12 หลังการเพาะเลี้ยง และในวันที่ 18 ตะกอน
เซลล์เริ่มปรากฏสีน้ำตาล สำหรับอาหารเหลวสูตร Y₃

เซลล์มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดอยู่ในช่วงวันที่ 20 และ
ในช่วงวันที่ 24 ตะกอนเซลล์เริ่มปรากฏสีน้ำตาล (ภาพที่
3) ลักษณะ embryogenic cell suspension มีสีเหลือง
เกาะกันอย่างหลวมๆ เป็นกลุ่มเล็กๆ (ภาพที่ 4)

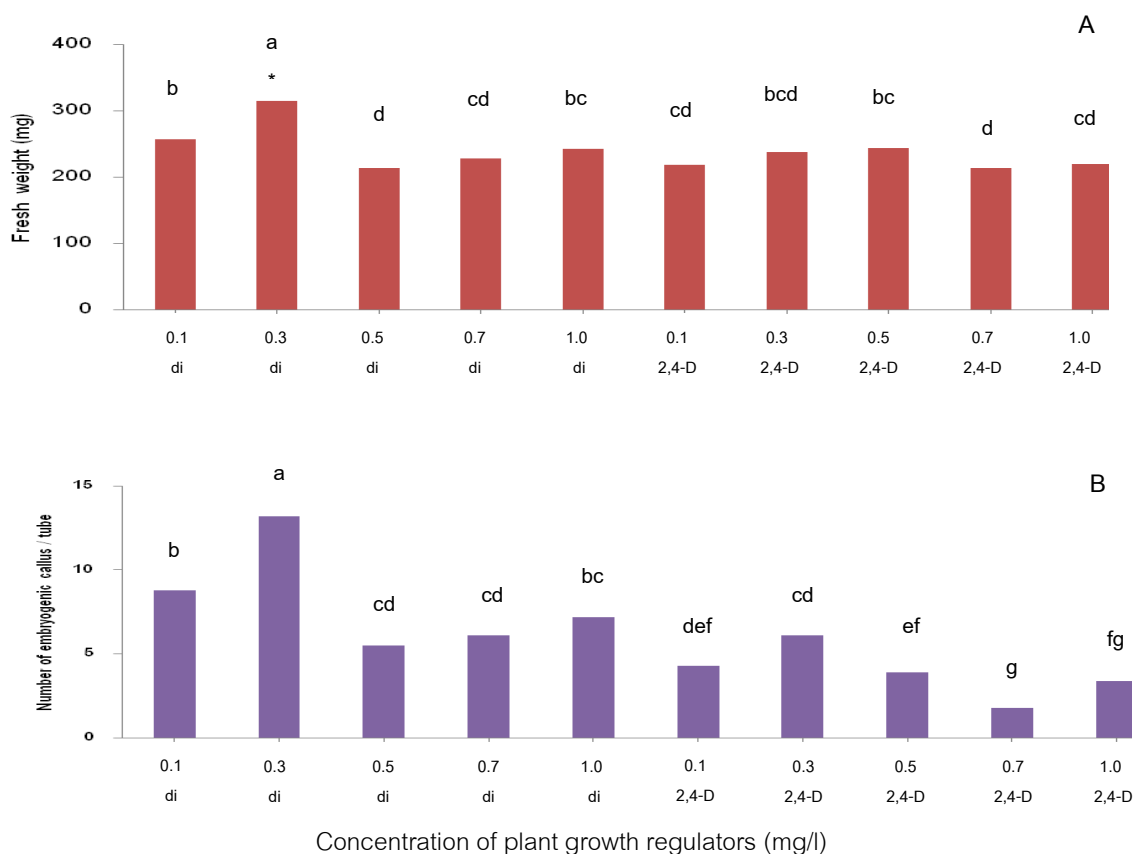


Figure 1 Fresh weight (A) and number of embryogenic callus (B) on media with different concentrations of dicamba and 2,4-D after 1 month of culture

* Value followed by different letter in term of type of PGR and concentrations are significantly different according to DMRT-test at $P<0.05$ level.

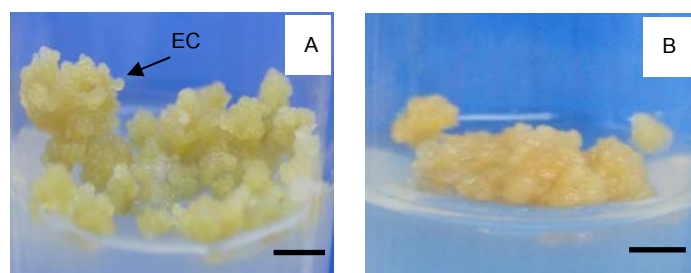


Figure 2 Embryogenic callus on MS medium containing 0.3 mg/l dicamba (A) and 0.7 mg/l 2,4-D (B) after 1 month of culture (bar = 3 mm)

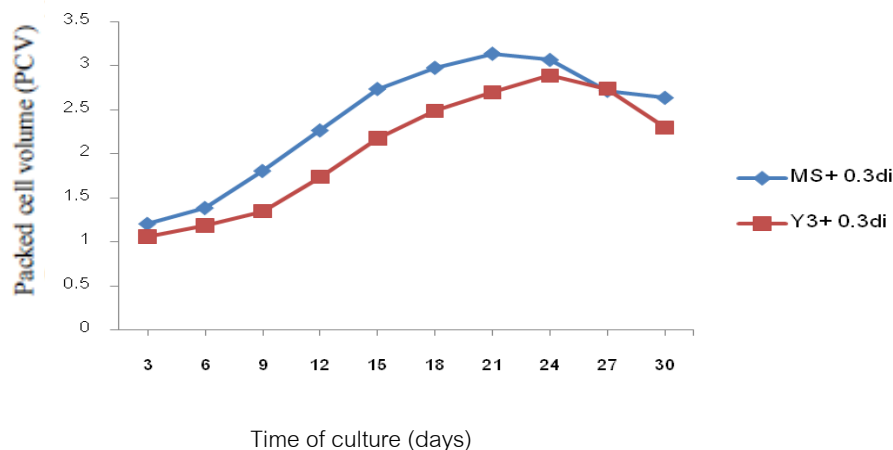


Figure 3 Growth of cells in suspension culture obtained from two different kinds of culture media, MS and Y₃ supplemented with 0.3 mg/l dicamba for 1 month

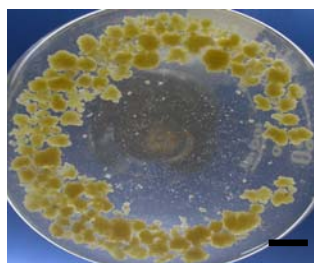


Figure 4 Clusters of embryogenic clump from embryogenic cell suspension cultured on MS medium supplemented with 0.3 mg/l dicamba for one month (bar = 5 mm)

3. ผลของแหล่งคาร์บอนต่อการพัฒนาของไซมาติกเอ็มบริโอจากการเพาะเลี้ยงเอ็มบริโอเจนิคเซลล์ซัสเพนชัน

หลังจากการเพาะเลี้ยง embryogenic cell suspension ในอาหารเหลวสูตร MS ที่เติม dicamba เข้มข้น 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร กรดแอสคอร์บิกเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร เปรียบเทียบแหล่งคาร์บอน 2 แหล่ง คือ น้ำตาลซอร์บิทอลเข้มข้น 36.434 กรัมต่อลิตร หรือน้ำตาลแมนนิทอลเข้มข้น 36.434 กรัมต่อลิตร ต่อการเพิ่มจำนวนไซมาติกเอ็มบริโอ เป็นเวลา 1 เดือน พบว่า อาหารเหลวสูตร MS เติมน้ำตาลซอร์บิทอลเข้มข้น 36.434 กรัมต่อลิตร ร่วมกับ dicamba เข้มข้น 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถสร้างจำนวนไซมาติกเอ็มบริโอเฉลี่ย 5.6 เอ็มบริโอต่อตะกอนเซลล์ 1 มิลลิตร สูงกว่าในอาหารที่เติมด้วยน้ำตาลแมนนิทอล แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

(ตารางที่ 1) ไซมาติกเอ็มบริโอที่เจริญบนอาหารที่เติมน้ำตาลซอร์บิทอล มีลักษณะกลม สีเหลือง ขนาด 2 มิลลิเมตร (ภาพที่ 5)

4. การตรวจสอบความแปรปรวนทางพันธุกรรมโดยใช้เทคนิค RAPD

ดีเอ็นเอที่สกัดจากแคลลัส embryogenic cell suspension และไซมาติกเอ็มบริโอ มีปริมาณสูงมาก และมีความสะอาด ดีเอ็นเอจากไซมาติกเอ็มบริโอมีปริมาณสูงสุด มากกว่า 80 นาโนกรัมเมื่อเทียบกับแลมด้า ดีเอ็นเอ รองลงมาคือ embryogenic cell suspension ซึ่งมีปริมาณมากกว่า 40 นาโนกรัม ส่วนแคลลัสบนอาหารแข็งให้ดีเอ็นเอที่แยกได้มีปริมาณน้อยที่สุดประมาณ 40 นาโนกรัม ดีเอ็นเอดังกล่าวมีคุณภาพเพียงพอต่อการเพิ่มปริมาณด้วยเทคนิค RAPD (ภาพที่ 6)

Table 1 Effect of carbon sources on development of somatic embryo in oil palm cell suspension culture on MS medium supplemented with 200 mg/l ascorbic acid and 0.3 mg/l dicamba for 1 month

Carbon sources (g/l)	Number of somatic embryo
Sorbitol	5.6
Mannitol	2.0
LSD _{.05}	1.65
C.V.(%)	33.80

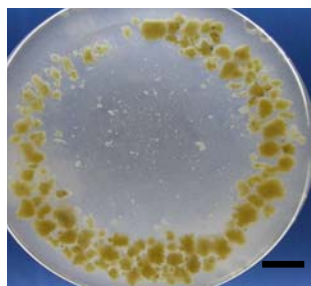


Figure 5 Characters of somatic embryo in MS medium supplemented with 200 mg/l ascorbic acid and 0.3 mg/l dicamba after one month of culture (bar = 5mm)

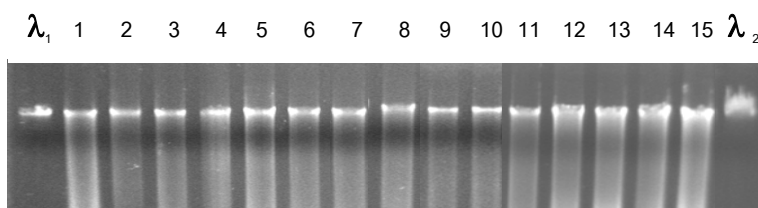


Figure 6 Qualitative measurement of genomic DNA from three different sources of plant material in comparison with λ DNA. λ_1 = 40 ng and λ_2 = 80 ng lane 1-10 are genomic DNA from three different sources of plant material

lane 1-5 genomic DNA from callus
lane 10-15 genomic DNA from SE

lane 6-10 genomic DNA from suspension cell

จากการตรวจสอบความแปรปรวนทางพันธุกรรมของปาล์มน้ำมันลูกผสมนี้ที่สกัดดีเอ็นเอได้จากแคลลัส embryogenic cell suspension และไซมาติกเอ็มบริโอด้วยเทคนิค RAPD โดยใช้ไพรเมอร์จำนวน 7 ไพรเมอร์ คือ OPB-08, OPR-11, OPT-06, OPT-19, OPAB-01, OPAB-09 และ OPAB-14 พบว่า ไพรเมอร์ OPT-06, OPAB-01, OPAB-09 และ OPAB – 14 ที่ให้แถบดีเอ็นเอได้ชัดเจน สามารถนำมาใช้ประเมินความแปรปรวนทางพันธุกรรมของแคลลัส เซลล์ไซสเพนชั้นตลอดจนต้นอ่อนที่พัฒนาจากการเพาะเลี้ยงได้ (ตารางที่ 2)

จากการประเมินความแปรปรวนทางพันธุกรรมของปาล์มน้ำมันลูกผสม โดยใช้เครื่องหมาย RAPD สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอที่ได้จากทั้งสามแหล่งพบว่า ไพรเมอร์ OPT-06 เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ในช่วงขนาด 700 ถึง 800 bp แถบที่ได้มีทั้งหมด 1 แถบ (ภาพที่ 7A) ไพรเมอร์ OPAB-01 เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ในช่วงขนาด 600 ถึง 1100 bp แถบที่ได้มีทั้งหมด 3 แถบ (ภาพที่ 7B) OPAB-09 เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ในช่วงขนาด 300 ถึง 1200 bp แถบที่ได้มีทั้งหมด 5 แถบ (ภาพที่ 7C) และ OPAB – 14 เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ

ได้ในช่วงขนาด 600 ถึง 1200 bp แถบที่ได้มีทั้งหมด 3 แถบ (ภาพที่ 7D) ซึ่งแถบที่ได้ทั้งหมดมีความสม่ำเสมอ และไม่มี ความแตกต่าง มีลักษณะเป็น monomorphism ทั้งหมด

Table 2 Amplificability or suitability of RAPD primers for amplification of genomic DNA from three different sources of plant materials (calluses, cell suspension and somatic embryo) raised on MS medium supplemented with 1 mg/l dicamba, 36.434 g/l sucrose, 200 mg/l ascorbic acid and 0.75% agar

Primers	Base sequence 5' → 3'	Suitability
OPAB-09	GGGCGACTAC	++++
OPAB-01	CCGTCGGTAG	++++
OPT-06	CAAGGGCAGA	++++
OPAB-14	AAGTGCGACC	++++
OPR-11	GTAGCCGTCT	+++
OPB-08	GTCCACACGG	++
OPA-19	GTCCGTATGG	+

++++ all genomic DNA samples could be amplified with high resolution

+++ all genomic DNA samples could be amplified with moderate resolution

++ some genomic DNA samples could be amplified with high resolution

+ very few genomic DNA samples could be amplified with moderate resolution

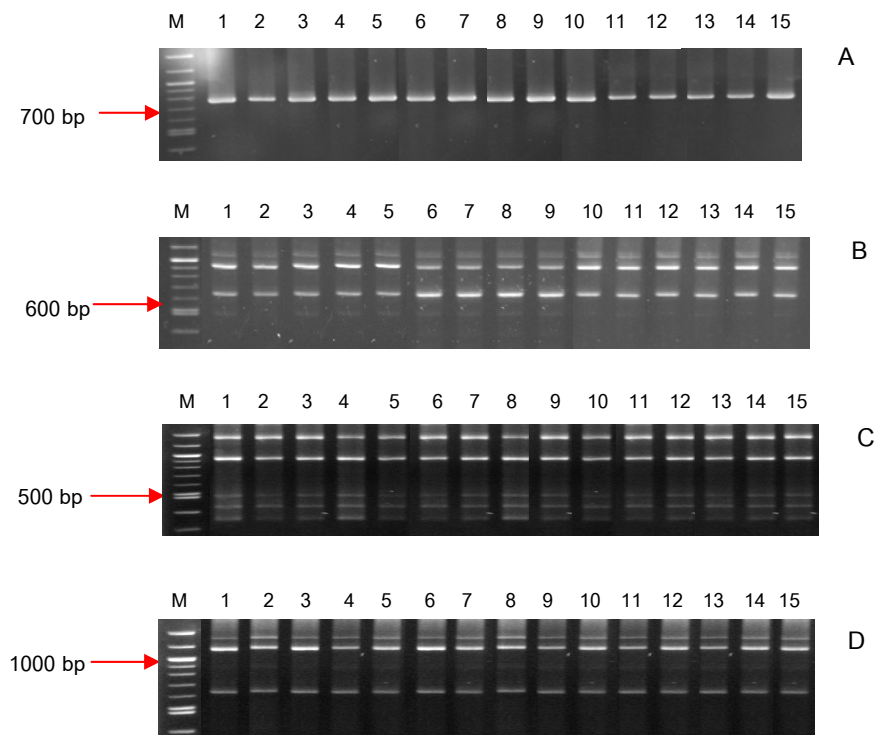


Figure 7 DNA profiles of genomic DNA extracted from callus (lane 1-5), suspension cells (lane 6-10) and somatic embryos (lane 11-15) amplified by various RAPD primers

A: OPT - 06

B: OPAB - 01

C: OPAB - 09

D: OPAB - 14

M: standard DNA (100 bp)

วิจารณ์

จากการเปรียบเทียบชนิดและความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการเพิ่มปริมาณแคลลัสของปาล์มน้ำมัน พบว่า dicamba ความเข้มข้น 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร เพิ่มปริมาณน้ำหนักสดแคลลัส (315 มิลลิกรัม) ได้ดีกว่าความเข้มข้นอื่น ๆ และให้ผลดีกว่า 2,4-D และให้จำนวนเอ็มบริโอเจนิคแคลลัสเฉลี่ยได้สูงสุด (13.2 เอ็มบริโอเจนิคเซลล์ต่อแคลลัสเริ่มต้น) หลังจากเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 1 เดือน การส่งเสริมการพัฒนากลายเป็นพืชต้นใหม่โดยผ่านกระบวนการโซมาติกเอ็มบริโอจึงเกี่ยวข้องกับสารควบคุมการเจริญเติบโต โดยเฉพาะในกลุ่มออกซินกระตุ้นให้เกิดแคลลัสลักษณะที่แตกต่างกัน สอดคล้องกับสกุลรัตน์ (2553) ที่รายงานการชักนำแคลลัสปาล์มน้ำมัน บนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม dicamba ความเข้มข้น 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งเสริมการเพิ่มน้ำหนักสดของแคลลัส และจำนวนเอ็มบริโอเจนิคแคลลัสได้ดีกว่าอาหารที่เติม 2,4-D อย่างไรก็ตาม 2,4-D ส่งเสริมให้เซลล์พืชสร้างสารประกอบฟีนอล และอาจก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ได้ (de Touchet *et al.*, 1991) Te-chato and Hilae (2007) รายงานว่า dicamba ส่งเสริมกิจกรรมการแบ่งเซลล์สูงทั้งในเนื้อเยื่อชั้นอีพิเดอร์มิส พาเรงคิมา และชั้นเนื้อเยื่อมัดท่อน้ำท่ออาหาร ในขณะที่ 2,4-D ส่งเสริมกิจกรรมการแบ่งเซลล์สูงในชั้นอีพิเดอร์มิสเท่านั้น ดังนั้นในผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า dicamba เป็นออกซินที่มีศักยภาพสูงในการส่งเสริมการเพิ่มปริมาณแคลลัส เซลล์แขวนลอย ตลอดจนการพัฒนาของโซมาติกเอ็มบริโอในปาล์มน้ำมัน

เมื่อย้ายเอ็มบริโอเจนิคแคลลัสไปเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร MS สามารถเพิ่มปริมาตรตะกอนเซลล์ได้สูงกว่าอาหารเหลวสูตร Y_3 สอดคล้องกับ Kramut and Te-chato (2010) ได้รายงานว่าอาหารเหลวสูตร MS สามารถเพิ่มปริมาตรตะกอนเซลล์สูงกว่าอาหารเหลวสูตร Y_3 ทั้งนี้เนื่องจากอาหารเหลวสูตร MS มีองค์ประกอบของไนโตรเจนสูง ซึ่งส่งเสริมการพัฒนาของเซลล์พืชเช่นเดียวกับ Thiruvengadam *et al.*, (2006) ที่รายงานว่าอิทธิพลระดับไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ มีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการพัฒนาของ

โซมาติกเอ็มบริโอ อย่างไรก็ตามอาหารเหลวสูตร MS ส่งเสริมการสร้างสารประกอบฟีนอลเร็วกว่าอาหารเหลวสูตร Y_3 ในการเพาะเลี้ยงเซลล์แขวนลอย เนื่องจากอาหารเหลวสูตร MS มีส่วนประกอบของกรดอะมิโนสูงกว่าอาหารเหลวสูตร Y_3 ซึ่งกรดอะมิโนอาจมีผลต่อส่งเสริมการสร้างสารประกอบฟีนอลภายในเซลล์พืชได้เช่นเดียวกัน

จากการศึกษาการพัฒนาของโซมาติกเอ็มบริโอโดยเติมน้ำตาลซอร์บิทอล เข้มข้น 36.434 กรัมต่อลิตร ร่วมกับ dicamba เข้มข้น 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากการเลี้ยงเป็นเวลา 1 เดือน เกิดการพัฒนาโซมาติกเอ็มบริโอได้สูงกว่าในอาหารที่มีน้ำตาลแมนนิทอล ซึ่งน้ำตาลจัดเป็นแหล่งของคาร์บอนที่สำคัญในการชักนำโซมาติกเอ็มบริโอ (Corredoira *et al.*, 2003) เช่นเดียวกับรายงานของ Hilae and Te-chato (2005) สามารถชักนำการสร้างโซมาติกเอ็มบริโอได้ดี บนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติมน้ำตาลซอร์บิทอลเข้มข้น 36.434 กรัมต่อลิตร เนื่องจากน้ำตาลซอร์บิทอล เป็นสาเหตุหลักของการเปลี่ยนแปลงระดับของโปรตีนภายในเซลล์ส่งผลให้เซลล์พืชเกิดสภาวะเครียดน้ำ จึงช่วยเร่งกระบวนการพัฒนาของโซมาติกเอ็มบริโอในการเพาะเลี้ยงแคลลัสปาล์มน้ำมัน (de Touchet *et al.*, 1991)

จากการศึกษาความแปรปรวนทางพันธุกรรมของปาล์มน้ำมันโดยใช้ชิ้นส่วนแคลลัส embryogenic cell suspension และโซมาติกเอ็มบริโอ พบว่า ไพโรเมอร์ OPT-06, OPAB-01, OPAB-09 และ OPAB-14 ให้แถบดีเอ็นเอได้ชัดเจน มีความสม่ำเสมอ และไม่พบความแปรปรวนทางพันธุกรรม ซึ่งแถบดีเอ็นเอมีลักษณะเป็น monomorphism ทั้งหมด สอดคล้องกับธนวิ (2551) รายงานการตรวจสอบความแปรปรวนต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ชักนำได้จากโซมาติกเอ็มบริโอระยะสร้างจาว (haustorium embryo) โดยใช้เทคนิค RAPD พบว่า ไพโรเมอร์ OPAB-09 มีความสม่ำเสมอของแถบดีเอ็นเอค่อนข้างสูง ลักษณะของแถบดีเอ็นเอเป็นลักษณะ monomorphism ทั้งหมด ไม่เกิดความแปรปรวนเช่นเดียวกับ Thawaro and Te-chato (2008) รายงานว่า ไพโรเมอร์ OPT-06 สามารถตรวจสอบความแปรปรวนทางพันธุกรรมของต้นปาล์มน้ำมันที่ได้จากการเพาะเลี้ยง

คัพภะที่สุกแก่ของคู่ผสมอื่นได้เช่นเดียวกัน โดยไฟโรเมอร์ดังกล่าวให้จำนวนแถบดีเอ็นเอสูง และมีความสม่ำเสมอของแถบดีเอ็นเอมากกว่าไฟโรเมอร์อื่น ๆ ดังนั้นไฟโรเมอร์นี้จึงมีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นเครื่องหมายในการตรวจสอบความสม่ำเสมอของต้นปาล์มน้ำมันพันธุ์ลูกผสมเทเนอร่าที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

สรุป

การเพิ่มปริมาณเอ็มบริโอเจนิคแคลลัสของปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอร่าในอาหารแข็งสูตร MS ร่วมกับ dicamba เข้มข้น 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร กรดแอสคอร์บิกเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำตาลซูโครส เข้มข้น 30 กรัมต่อลิตร ให้น้ำหนักสดของแคลลัสสูงสุด 315 มิลลิกรัม และส่งเสริมการสร้างเอ็มบริโอเจนิคแคลลัสเฉลี่ยได้สูงสุด 13.2 เอ็มบริโอเจนิคเซลล์ต่อแคลลัสเริ่มต้น สำหรับการเพิ่มปริมาณ embryogenic cell suspension ในอาหารเหลวสูตร MS ร่วมกับ dicamba เข้มข้น 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร กรดแอสคอร์บิกเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำตาลซูโครสเข้มข้น 30 กรัมต่อลิตร เพิ่มปริมาตรตะกอนเซลล์ได้ 2.4 มิลลิลิตร ซึ่งสูงกว่าอาหารเหลวสูตร Y₃ ให้ปริมาตรตะกอนเซลล์เพียง 2.06 มิลลิลิตร และย้ายไปเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร MS ร่วมกับน้ำตาลซูโครสเข้มข้น 36.434 กรัมต่อลิตร กรดแอสคอร์บิกเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการพัฒนาเป็น ไชมาติกเอ็มบริโอได้สูงสุด 5.6 เอ็มบริโอต่อตะกอนเซลล์ 1 มิลลิลิตร และไชมาติกเอ็มบริโอที่ได้มีขนาด 2 มิลลิเมตร หลังจากวางเลี้ยงเป็นเวลา 1 เดือน จากนั้นนำขึ้นส่วนจากการทดลองข้างต้นมาสกัดดีเอ็นเอ พบว่ามีปริมาณสูง และตรวจสอบความแปรปรวนทางพันธุกรรมด้วยเทคนิค RAPD โดยใช้ไฟโรเมอร์ OPT-06, OPAB-01, OPAB-09 และ OPAB-14 ให้แถบดีเอ็นเอได้ชัดเจน มีความสม่ำเสมอ และไม่พบความแปรปรวนทางพันธุกรรมซึ่งแถบดีเอ็นเอมีลักษณะเป็น monomorphism ทั้งหมด ดังนั้นไฟโรเมอร์ทั้ง 4 ชนิดนี้สามารถที่จะนำมาใช้ประเมินความแปรปรวนทางพันธุกรรมได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนابัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการทุนสนับสนุนโครงการวิจัยวิทยานิพนธ์ สถานีวิจัยพืชกรรมปาล์มน้ำมันภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เอกสารอ้างอิง

- ธนวดี พรหมจันทร์. 2551. การชักนำไชมาติกเอ็มบริโอชุดที่สองและการวิเคราะห์ความแปรปรวนของต้นปาล์มน้ำมันที่พัฒนาโดยเครื่องหมายอาร์เอฟดี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา, 57 หน้า.
- ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ ชัยรัตน์ นิลนันท ธีระพงศ์ จันทรนิยม ประกิจ ทองคำ และ หะสัน ก้อมะ. 2543. เอกสารประกอบการฝึกอบรมการจัดการสวนปาล์มน้ำมัน โครงการจัดตั้งศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตปาล์มน้ำมัน. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. 87 หน้า
- เปรมปรี ณ สงขลา. 2549. ผู้ยิ่งใหญ่แห่งปาล์มน้ำมัน. วารสารเคหการเกษตร 30: 76-98.
- พรชัย เหลืองอาภาพงศ์. 2549. คัมภีร์ปาล์มน้ำมันพืชเศรษฐกิจเพื่อบริโภคและอุปโภค. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มติชน, กรุงเทพฯ. 351 หน้า.
- สกุลรัตน์ แสนปุตะวงษ์. 2553. การขยายพันธุ์ปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอร่าจากการเพาะเลี้ยงคัพภะอ่อน และการตรวจสอบความแปรปรวนทางพันธุกรรม. วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. 168 หน้า.

- สายชล จันมาก. 2547. การศึกษาความแปรปรวนทางพันธุกรรมของแหล่งเชื้อพันธุ์ปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis*) โดยเทคนิคอาร์เอฟดี (Random Amplified Polymorphic DNA). วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. 72 หน้า.
- สุรจิตติ ศรีกุล. 2532. การปลูกปาล์มน้ำมัน. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. หน้า 16-20.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2548. แผนยุทธศาสตร์ปาล์มน้ำมัน. การประชุมสัมมนาวิชาการปาล์มน้ำมัน: เส้นทางสู่ความสำเร็จของเกษตรกร ณ โรงแรมมารีไทม์ ปาร์ค แอนด์ สปรารีสอร์ท ระหว่างวันที่ 8-9 กันยายน 2548, กระบี่. หน้า 1-7.
- อาสลิวัน ฮิลและ สมปอง เตชะโต. 2545. การปรับปรุงวิธีการพัฒนาเป็นพืชต้นใหม่ผ่านกระบวนการโซมาติกเอ็มบริโอของปาล์มน้ำมันที่ได้จากการเพาะเลี้ยงใบอ่อน. การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาของประเทศไทย ครั้งที่ 3 วันที่ 18-19 กรกฎาคม 2545 ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา. หน้า 31-32.
- Biofuel. 2007. Journey to forever : how to make your own clean burning biofuel, biodiesel from cooking oil, fuel alcohol, renewable energy, glycine, soap making (Online). Available: <http://journeytoforever.org/biofuel.html> (June 12, 2007).
- Corredoira, E., A. Ballester and A. M. Vieitez. 2003. Proliferation, maturation and germination of *Castanea sativa* Mill. somatic embryos originated from leaf explants. *Annals of Botany* 92: 129-136.
- de Touchet, B., Y. Duval and C. Pannetier. 1991. Plant regeneration from embryogenic suspension culture of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Plant Cell Reports* 10: 529-532.
- Hilae, A. and S. Te-chato. 2005. Effects of carbon sources and strength of MS medium on germination of somatic embryos of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Songklanakarin Journal of Science and Technology* 27: 629-635.
- Kramut, P. and S. Te-chato. 2010. Effect of culture media, plant growth regulators and carbon sources on establishment of somatic embryo in suspension culture of oil palm. *Journal of Agricultural Technology* 6: 149-170.
- Te-chato, S. 2000. Random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers for genetic analysis in somaclones of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.). *Thai Journal Agricultural Science* 33: 137-145.
- Te-chato, S. and A. Hilae. 2007. High-frequency plant regeneration through secondary somatic embryogenesis in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq. var. *tenera*). *Journal of Agricultural Technology* 3: 345-357.
- Thawaro, S. and S. Te-chato. 2008. RAPD (random amplified polymorphic DNA) marker as a tool for hybrid oil palm verification from half mature zygotic embryo culture. *Journal of Agricultural Technology* 4: 165-176.
- Thiruvengadam, M., V. S. Mohamed, V. H. Yang and N. Jayabalan. 2006. Development of an embryogenic suspension culture of bitter melon (*Momordica charantia* L.). *Scientia Horticulturae* 109: 123-129.
- Winter, P. and G. Kahl. 1995. Molecular marker technologies for plant improvement. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 11: 438-448.

การคัดเลือกเชื้อแอคติโนมัยซีสเอนโดไฟต์ ที่เป็นปฏิปักษ์ต่อเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของลำไย

Selection of Endophytic Actinomycetes Against Fruit-rot Fungi of Longan

เกวลิณ คุณาศักดากุล^{1/} และ ชัยพร ชัดสงคราม^{1/}
Kaewalin Kunasakdakul^{1/} and Chaiporn Kudsongkram^{1/}

Abstract: Fruit peels of Longan cv. Dor was used for isolation and gained 24 isolates of endophytic actinomycetes. Their morphological studies, mycelia growth, branching and arrangements of spore chain observed under microscope were possibly exhibited the genus *Streptomyces* sp. To select the superior isolates on mycelial growth inhibition for three genera of fruit-rot fungi of longan, screening tests were obtained in the isolates of DIM8, DIM9, DIM15 and DIM19 on *Pestalotiopsis* sp., DIM4, DIM12, DIM15, DIM16, DIM20 and DIM25 on *Lasiodiplodia* sp. and the isolates of DIM3, DIM5, DIM15, DIM25 and DIM26 on *Trichothecium* sp. The inhibition effects on the pathogens were also compatibly compared with those of CEN26, COF4, GAR1, HOU2 and NEE1 group of the isolates obtained from the previous experiment. In addition, their antimicrobial substance productions in different media were also proved that dual culture testing on ISP-2 agar shown more increasing of inhibition percentages than the testing on IMA-2 agar observed in both group of them. Particularly, the DIM15 was the best isolate revealing very high inhibition percentages on *Pestalotiopsis* sp. and *Lasiodiplodia* sp. at 87.10 and 73.82 on ISP-2 agar which were 86.43 and 80.58 percents higher than the testing on IMA-2 agar, respectively. In case of *Trichothecium* sp., GAR1 isolate significantly showed the most inhibition percentage at 89.68 which was significantly better than the DIM15 isolate. Moreover, GAR1 isolate is preferable to produce antifungal substance on ISP-2 agar than the others. These results revealed that DIM15 and GAR1 isolates showed their potentials to be used as alternate means for reduction of agrochemical application in post harvest disease control of longan fruit in the future.

Keywords: Endophytic actinomycete, longan, fruit-rot, biological control

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

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

บทคัดย่อ: แยกเชื้อแอกติโนไมซีสเอนโดไฟต์ (endophytic actinomycete) จากเปลือกผลของลำไยพันธุ์ดอบนอาหาร IMA-2 ได้เชื้อทั้งหมด 24 ไอโซเลท เมื่อนำมาศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา ตรวจดูการแตกแขนงของเส้นใยและการจัดเรียงตัวของสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่า ทุกไอโซเลทอาจจัดอยู่ในสกุล *Streptomyces* sp. เมื่อนำมาคัดกรองให้ได้เชื้อที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของลำไย ได้แก่ *Pestalotiopsis* sp., *Lasiodiplodia* sp. และ *Trichothecium* sp. บนอาหาร IMA-2 พบว่า ไอโซเลท DIM8, DIM9, DIM15 และ DIM19 สามารถยับยั้งเชื้อ *Pestalotiopsis* sp. ส่วนไอโซเลท DIM4, DIM12, DIM15, DIM16, DIM20 และ DIM25 ยับยั้งเชื้อ *Lasiodiplodia* sp. และไอโซเลท DIM3, DIM5, DIM15, DIM25 และ DIM26 ยับยั้งเชื้อ *Trichothecium* sp. และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเชื้อไอโซเลทดังกล่าวข้างต้นกับเชื้อแอกติโนไมซีสเอนโดไฟต์ที่แยกจากพืชสมุนไพร ได้แก่ ไอโซเลท CEN26, COF4, GAR1, HOU2 และ NEE1 พบว่า ให้ผลใกล้เคียงกัน เมื่อนำเชื้อแอกติโนไมซีสเอนโดไฟต์มาทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคผลเน่าของลำไยบนอาหาร ISP-2 พบเปอร์เซ็นต์การยับยั้งสูงกว่าการทดสอบบนอาหาร IMA-2 โดยไอโซเลท DIM15 สามารถยับยั้งเชื้อ *Pestalotiopsis* sp. และ *Lasiodiplodia* sp. ได้ดีที่สุดในระดับสูงมาก ที่ 87.10 และ 73.82 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าการทดสอบบนอาหาร IMA-2 เท่ากับ 86.43 และ 80.58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับการควบคุมเชื้อ *Trichothecium* sp. นั้น พบว่า ไอโซเลท GAR1 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ ได้ดีที่สุดที่ 89.68 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจัดว่ามีประสิทธิภาพการยับยั้งในระดับสูงมากเช่นกัน จากผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการนำเชื้อแอกติโนไมซีสเอนโดไฟต์ ไอโซเลทดังกล่าวข้างต้นมาประยุกต์ใช้ในการลดการใช้สารเคมีเพื่อการควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวของลำไยได้ในอนาคต

คำสำคัญ: แอกติโนไมซีสเอนโดไฟต์ ลำไย ผลเน่า การควบคุมด้วยชีววิธี

คำนำ

ลำไย (Longan: *Dimocarpus longan*) จัดเป็นไม้ผลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย สามารถทำรายได้มูลค่าหลายพันล้านบาทต่อปี โดยแหล่งผลิตลำไยที่สำคัญได้แก่ จังหวัดในภาคเหนืออาทิ เชียงใหม่และลำพูน ปัญหาโรคผลเน่าทำความเสียหายต่อผลผลิตลำไยหลังการเก็บเกี่ยว ทั้งในระหว่างการขนส่ง การเก็บรักษา และขณะวางขายในท้องตลาด เชื้อสาเหตุสำคัญของโรคได้แก่ เชื้อราในหลายสกุล เช่น *Lasiodiplodia*, *Pestalotiopsis*, *Colletotrichum*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Phomopsis*, *Trichoderma* (พิชญภรณ, 2550) และ *Trichothecium* ซึ่งเป็นเชื้อราที่พบเสมอบนผลไม้ภายหลังการเก็บเกี่ยว (วันวิสาข์ และสมศิริ, 2545) วิธีการควบคุมโรคเน่าหลังการเก็บเกี่ยวของผลลำไย เช่น การรมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) เป็นวิธีการที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลาย แต่มักมีปัญหาเกี่ยวกับการตกค้างของ SO₂ ในผลลำไยสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ทำให้ประเทศคู่ค้ามีความเข้มงวดใน

การนำเข้าผลลำไยสดจากประเทศไทย (สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร, 2553) ประกอบกับผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้ความสำคัญในการบริโภคอาหารปลอดภัยมากขึ้น จึงมีผู้ทำการศึกษาค้นคว้าและพัฒนาวิธีการควบคุมโรค และการยืดอายุการเก็บรักษาลำไยด้วยวิธีการต่างๆ เพื่อทดแทนการใช้สารเคมี เช่น การรมด้วยก๊าซโอโซนเพื่อทดแทนการรมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (สิริริยา และธนะชัย, 2545) การใช้กรดเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาลำไยทดแทนการรมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (รัมมพันธ์ และคณะ, 2551) และการใช้จุลินทรีย์ควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวของลำไย (อภิญา และคณะ, 2545; Jiang, 1997) การควบคุมโรคโดยใช้เชื้อแอกติโนไมซีสเอนโดไฟต์ (endophytic actinomycetes) เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการควบคุมโรคพืชได้ ซึ่งเชื้อแอกติโนไมซีสเอนโดไฟต์เป็นจุลินทรีย์ที่มีความสำคัญทาง การแพทย์ เกษตรกรรม การเกษตร และอุตสาหกรรม สามารถผลิตทุติยภูมิสำคัญหลายประเภท เช่น สารปฏิชีวนะ (Jonete *et al.*, 2000) เอนไซม์ และวิตามิน สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุโรคพืชได้หลายชนิด

(นิตยา และสายสมร, 2543; Chris, 2002; Shimizu *et al.*, 2000) สำหรับการควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวโดยใช้เชื้อแอคติโนไมซีสเอนโดไฟต์ มีรายงานการวิจัยของรังสี (2547) ที่แยกเชื้อแอคติโนไมซีสเอนโดไฟต์จากใบและกิ่งยอดของต้นพุทราจำนวน 20 ไอโซเลท พบว่า สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum* spp. สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของกล้วยหอม พริก พุทรา มะม่วง และส้ม ซึ่งเป็นโรคหลังการเก็บเกี่ยวของพืชส่วนใหญ่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ยังไม่พบรายงานการใช้เชื้อแอคติโนไมซีสเอนโดไฟต์ในการควบคุมโรคผลเน่าของลำไยหลังการเก็บเกี่ยว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการใช้เชื้อแอคติโนไมซีสเอนโดไฟต์ในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าหลังการเก็บเกี่ยวของลำไย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกเชื้อปฏิปักษ์ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าหลังการเก็บเกี่ยวของลำไยทดแทนการใช้สารเคมีในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การแยกเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของลำไย

สุ่มตัวอย่างผลลำไยพันธุ์ตอจากสวนเกษตรกรในจังหวัดลำพูน จำนวน 30 ผล ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำไหล เป็นเวลา 15 นาที แล้วผึ่งให้แห้ง จากนั้นเก็บผลลำไยตัวอย่างไว้ในกล่องขึ้น ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 10 วัน เมื่อพบการเจริญของเชื้อราจึงย้ายไปเลี้ยงไว้บนอาหาร PDA แยกเชื้อบริสุทธิ์โดยใช้ปลายเข็มเขี่ยปลอดเชื้อตัดปลายเส้นใยของเชื้อราไปเลี้ยงไว้บนจานอาหารจานใหม่ จากนั้นศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา และทดสอบความสามารถในการทำให้เกิดโรคบนผลลำไย

2. การแยกและเลี้ยงเชื้อแอคติโนไมซีสเอนโดไฟต์

เก็บตัวอย่างผลลำไยจากสวนเกษตรกร อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ โดยคัดเลือกผลลำไยที่สมบูรณ์ไม่มีการเข้าทำลายของเชื้อโรคและแมลง มาแยกเชื้อแอคติโนไมซีสเอนโดไฟต์จากเปลือกผลตามกรรมวิธีของ Shimizu *et al.* (2000) จำนวน 10 ผล จากนั้นแยกเชื้อให้บริสุทธิ์บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Inhibitory Mold Agar-2

(IMA-2) เพิ่มปริมาณเชื้อและศึกษาสัณฐานวิทยาภายใต้กล้องจุลทรรศน์โดยเปรียบเทียบลักษณะต่างๆ ตามเอกสารของ Miyadoh *et al.* (1997) และ Stanley *et al.* (1989) เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป และนำเชื้อแอคติโนไมซีสเอนโดไฟต์ที่แยกจากพืชสมุนไพรที่คัดเลือกได้จากงานวิจัยที่ผ่านมา ได้แก่ ไอโซเลท GAR1, HOU2 และ NEE1 (เกวลิน และประไพพิศ, 2552) และไอโซเลท CEN26 และ COF4 (เกวลิน และฉัตรสุตา, 2554) มาเลี้ยงเพิ่มปริมาณบนอาหาร IMA-2 เพื่อใช้ทดสอบเปรียบเทียบกับเชื้อที่แยกได้จากเปลือกผลลำไยที่คัดกรองได้

3. การคัดกรองเชื้อแอคติโนไมซีสเอนโดไฟต์บนอาหาร IMA-2

นำเชื้อแอคติโนไมซีสเอนโดไฟต์ที่แยกได้จากเปลือกผลลำไยมาคัดกรองหาเชื้อที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าหลังการเก็บเกี่ยวของลำไย โดยเลี้ยงเชื้อแอคติโนไมซีสเอนโดไฟต์บนอาหาร IMA-2 จำนวน 4 ไอโซเลทต่อจานอาหาร จากนั้นนำเชื้อราสาเหตุโรค (ที่แยกได้จาก 1) วางตรงกลางจานอาหาร ห่างจากเชื้อแอคติโนไมซีสแต่ละไอโซเลท 2.5 เซนติเมตร วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) โดยทำการทดลอง 4 ซ้ำ สำหรับชุดควบคุมจะวางเชื้อราสาเหตุโรคเพียงอย่างเดียว ในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ บ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส บันทึกผลโดยวัดขนาดรัศมีของโคโลนีเชื้อราสาเหตุโรคในชุดทดสอบเปรียบเทียบกับชุดควบคุม เมื่อเชื้อราในชุดควบคุมเจริญเต็มจานอาหารเลี้ยงเชื้อ และคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญ (percent inhibition of radial growth; PIRG)

สูตรคำนวณเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญ (PIRG)

$$PIRG = R_1 - R_2 \times 100$$

$$R_1$$

R_1 = ความยาวรัศมีของโคโลนีเชื้อราสาเหตุโรคในชุดควบคุม

R_2 = ความยาวรัศมีของโคโลนีเชื้อราสาเหตุโรคในชุดทดสอบ

การวัดค่าความเป็นปฏิปักษ์ของเชื้อ สามารถประมาณค่าการยับยั้งดังนี้ (เกษม, 2532)

- > 75 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งสูงมาก
 61 – 75 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งสูง
 51 – 60 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งปานกลาง
 < 50 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งต่ำ
- จากนั้นคัดกรองเชื้อแอคติโนไมซีสเอนโดไฟต์ที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งในระดับปานกลางถึงสูงมาใช้สำหรับศึกษาในขั้นตอนต่อไป

4. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเชื้อแอคติโนไมซีสเอนโดไฟต์

นำเชื้อแอคติโนไมซีสเอนโดไฟต์จากลำไยที่มีค่า PIRG ในระดับปานกลางถึงสูง (n) และเชื้อแอคติโนไมซีสเอนโดไฟต์ที่แยกได้จากงานวิจัยที่ผ่านมา (ข) ทดสอบประสิทธิภาพในการเป็นเชื้อปฏิปักษ์ต่อเชื้อสาเหตุโรคผลเน่าของลำไย ด้วยวิธี dual culture โดยเลี้ยงเชื้อแอคติโนไมซีสเอนโดไฟต์ทั้งสองกลุ่ม (ก+ข) บนอาหารเลี้ยงเชื้อ IMA-2 และ International Streptomyces Project (ISP-2) (Taechowisan *et al.*, 2005) เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นวางเชื้อราสาเหตุบริเวณตรงกันข้าม ระยะห่าง 3 เซนติเมตร วางแผนการทดลองแบบ CRD โดยทำการทดลอง 4 ซ้ำ ชุดควบคุมวางเชื้อราสาเหตุโรคเพียงอย่างเดียว บันทึกผลโดยวัดขนาดรัศมีของโคโลนีเชื้อราสาเหตุโรคในชุดควบคุมและชุดทดสอบ เมื่อเชื้อราในชุดควบคุมเจริญจนเกือบเต็มจานอาหารเลี้ยงเชื้อ และคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญเช่นเดียวกับการทดลองข้างต้นโดยเปรียบเทียบผลของอาหาร IMA-2 และ ISP-2 ต่อประสิทธิภาพของเชื้อแอคติโนไมซีสเอนโดไฟต์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรค

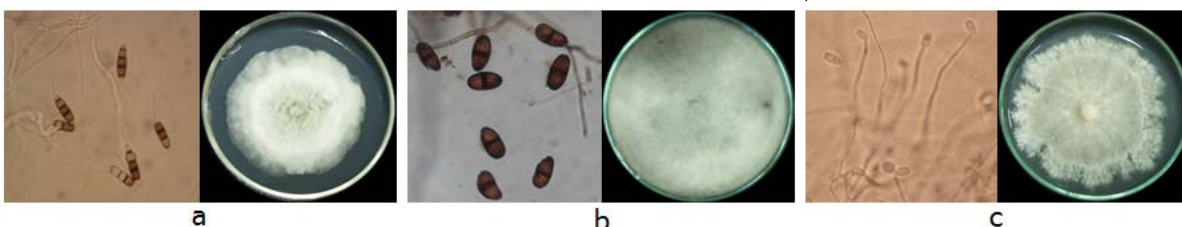


Figure 1 One week old conidia and colony of *Pestalotiopsis* sp. (a) and 2 week old *Lasiodiplodia* sp. (b) and *Trichothecium* sp. (c) cultured on PDA

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การแยกเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของลำไย

หลังบ่มเชื้อเป็นเวลา 3 วัน พบเส้นใยของเชื้อราเจริญบริเวณผิวเปลือก ขั้ว และก้านผลลำไย และเปลือกผลมีลักษณะฉ่ำน้ำ สีเข้มขึ้น มีของเหลวสีน้ำตาลซึมออกมาจากภายใน เมื่อนำมาเพาะเลี้ยงและแยกเชื้อบริสุทธิ์ ตรวจพบเชื้อรา 3 ชนิด ได้แก่ *Pestalotiopsis* sp., *Lasiodiplodia* sp. และ *Trichothecium* sp. (ภาพที่ 1) ซึ่งชนิดของเชื้อราที่พบนี้มีทั้งที่สอดคล้องและแตกต่างจากงานวิจัยอื่นๆ (ธิดา, 2535; วันวิสาข์ และสมศิริ, 2545) และนอกจากนี้ ปิยะณัฐ และคณะ (2553) ได้ศึกษาความหลากหลายของเชื้อราในผลลำไยสด พบเชื้อราในสกุล *Lasiodiplodia* มากที่สุด รองลงมาคือ *Penicillium*, *Xylaria*, *Fusarium*, *Rhizopus*, *Pestalotiopsis* และ *Trichoderma* ตามลำดับ ซึ่งเชื้อราเหล่านี้ส่วนใหญ่มักแพร่กระจายทั่วไปในอากาศ และอาจมีความแตกต่างกันไปในแต่ละแหล่งปลูก อย่างไรก็ตามงานวิจัยครั้งนี้พบว่าเมื่อปลูกเชื้อสาเหตุทั้ง 3 ชนิดที่แยกได้ลงบนผลลำไยสามารถทำให้เกิดโรคบนผลลำไยได้ โดยลำไยแสดงอาการผลเน่า เปลือกผลมีฉ่ำน้ำ สีเข้มขึ้น มีของเหลวซึมออกมา และมีเส้นใยของเชื้อราปกคลุมทั่วผลของลำไย สอดคล้องกับการทดลองของ พิชญภรณ์ (2550) ที่ทดสอบความสามารถในการก่อโรคเน่าบนผลลำไยหลังการเก็บเกี่ยวโดยวิธีการปลูกเชื้อลงบนเปลือก และขั้วผลพบว่าเชื้อราในสกุล *Lasiodiplodia* ทำให้เกิดโรคผลเน่าในลำไยที่ใช้ทดสอบได้รุนแรงที่สุด และรองลงมาคือ *Pestalotiopsis* โดยผลลำไยเกิดการเน่าทั้งผล กลิ่นฉุนพบรอยคล้ำสีน้ำตาลแผ่เป็นวงกว้างที่ผิวเปลือกด้านนอกและด้านใน ฉ่ำน้ำ เนื้อผลนิ่ม บางส่วนหลุดหายไป พบเส้นใยของเชื้อราปกคลุมผล และขั้วผล

2. การแยกและศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อแอคติโนมัยซีสเอนโดไฟต์จากลำไย

จากการแยกเชื้อแอคติโนมัยซีสเอนโดไฟต์จากเปลือกผลลำไย พบโคโลนีที่มีลักษณะคล้ายผงแป้งบริเวณผิวชั้นพีทหลังปมเชื้อ 7 วัน สามารถแยกเชื้อบริสุทธิ์ ได้ทั้งหมด 24 ไอโซเลท โดยตั้งชื่อไอโซเลทตามชื่อวิทยาศาสตร์สามตัวแรกของลำไย คือ DIM (*Dimocarpus longan*) เมื่อตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยา การเจริญ การสร้างสปอร์ และการเรียงตัวของสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่าเชื้อทั้งหมดมีลักษณะที่อาจจัดอยู่ในสกุล *Streptomyces* sp. เช่น ไอโซเลท DIM1 มีลักษณะการเรียงตัวของสปอร์แบบ *Retinaculiaperti* type โคโลนีบนอาหาร IMA-2 มีสี pale reddish yellow (125) เจริญหนาแน่นสม่ำเสมอตามแนวที่ streak ลักษณะคล้ายผงแป้ง ขอบโคโลนีมีลักษณะเป็นเส้นคล้ายของเชื้อรา ไม่สร้างรงควัตถุที่ละลายน้ำ โคโลนีด้านหลังสี pale yellow (128) (ภาพที่ 2)

3. การคัดกรองประสิทธิภาพของเชื้อแอคติโนมัยซีสเอนโดไฟต์บนอาหาร IMA-2

จากการนำเชื้อแอคติโนมัยซีสเอนโดไฟต์ที่แยกได้มาทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *Pestalotiopsis* sp. พบว่า เชื้อแอคติโนมัยซีสเอนโดไฟต์ทั้งหมดสามารถยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคได้แตกต่างจากชุดควบคุม โดยไอโซเลท DIM15 มีประสิทธิภาพในการยับยั้งได้ดีที่สุด มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 88.50 รองลงมาคือ ไอโซเลท DIM19, DIM9 และ DIM8 ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 63.72, 50.44 และ 50.44 ตามลำดับ สำหรับเชื้อรา *Lasiodiplodia* sp. พบว่า ไอโซเลท DIM15 มีประสิทธิภาพในการยับยั้งได้ดีที่สุด มีเปอร์เซ็นต์การ

ยับยั้งเท่ากับ 70.00 รองลงมาคือ ไอโซเลท DIM20, DIM16, DIM25, DIM4 และ DIM12 ที่มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 65.88, 64.12, 64.12, 63.53 และ 63.53 ตามลำดับ ส่วนเชื้อรา *Trichothecium* sp. พบว่า ไอโซเลท DIM15 มีประสิทธิภาพในการยับยั้งได้ดีที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 74.00 รองลงมาคือ ไอโซเลท DIM25, DIM5, DIM26 และ DIM3 โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 72.00, 67.00, 66.00 และ 65.00 ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

4. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเชื้อแอคติโนมัยซีสเอนโดไฟต์

จากการนำเชื้อแอคติโนมัยซีสเอนโดไฟต์ที่แยกจากเปลือกผลลำไยที่คัดเลือกได้จากการทดลองข้างต้นมาทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคเน่าของลำไย เปรียบเทียบกับไอโซเลทที่แยกได้จากจากพืชสมุนไพรในงานวิจัยที่ผ่านมา ด้วยวิธี dual culture บนอาหาร IMA-2 และ ISP-2 พบว่า ไอโซเลท DIM15 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Pestalotiopsis* sp. ได้ดีที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 46.72 และ 87.10 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบอาหารทั้งสองชนิดพบว่า ส่วนใหญ่ค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งบนอาหาร ISP-2 สูงกว่าบนอาหาร IMA-2 โดยไอโซเลท DIM19 มีค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งที่เพิ่มขึ้นสูงที่สุด คือ 114.46 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเชื้อรา *Lasiodiplodia* sp. พบว่า ไอโซเลท COF4 สามารถยับยั้งการเจริญได้ดีที่สุดบนอาหาร IMA-2 มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 80.29 และไอโซเลท DIM15 สามารถยับยั้งการเจริญได้ดีที่สุดบนอาหาร ISP-2 มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 73.82 เมื่อเปรียบเทียบอาหารทั้งสองชนิดพบว่า ค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งบนอาหาร ISP-2

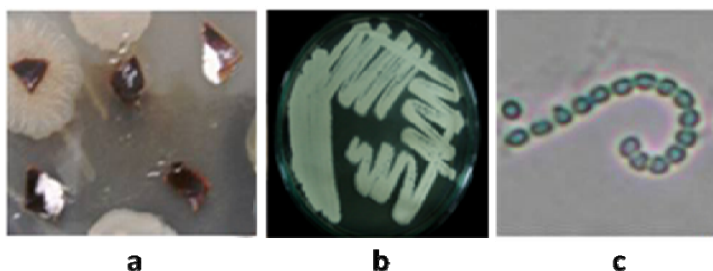


Figure 2 Endophytic actinomycete DIM1 isolate isolated from longan peels (a); pale reddish yellow colonies (125) grown on IMA-2 (b); and retinaculiaperti type of spore chain forming (c)

Table 1 Inhibition percentages on growth of *Pestalotiopsis* sp., *Lasiodiplodia* sp., and *Trichothecium* sp. fruit-rot fungi of longan in screening tests on IMA-2 agar with endophytic actinomycete isolated from longan fruit peels

Isolates	Inhibition percentage (%) ¹		
	<i>Pestalotiopsis</i> sp.	<i>Lasiodiplodia</i> sp.	<i>Trichothecium</i> sp.
DIM1	43.36 cdef	54.71 i	50.00 fg
DIM3	46.02 cde	61.77 cdef	65.00 abcd
DIM4	46.67 cd	63.53 bcd	47.00 g
DIM5	38.05 fg	60.00 defg	67.00 ab
DIM6	46.67 cd	62.94 bcde	60.00 bcde
DIM7	38.94 efg	57.06 ghi	62.00 bcde
DIM8	50.44 c	60.00 defg	61.00 bcde
DIM9	50.44 c	62.94 bcde	62.00 bcde
DIM10	39.82 efg	59.41 efg	61.00 bcde
DIM11	41.59 defg	58.82 fgh	56.00 defg
DIM12	44.25 cdef	63.53 bcd	58.00 bcdef
DIM13	38.05 fg	62.94 bcde	54.00 efg
DIM14	46.67 cd	62.94 bcde	54.00 efg
DIM15	88.50 a	70.00 a	74.00 a
DIM16	38.94 efg	64.12 bc	62.00 bcde
DIM17	37.17 fg	55.29 hi	61.00 bcde
DIM18	37.17 fg	62.94 bcde	53.00 efg
DIM19	63.72 b	60.00 defg	62.00 bcde
DIM20	34.51 g	65.88 b	55.00 efg
DIM22	39.82 efg	61.77 cdef	57.00 cdef
DIM23	39.82 efg	61.18 cdef	59.00 bcdef
DIM24	46.02 cde	60.00 defg	50.00 fg
DIM25	46.67 cd	64.12 bc	72.00 a
DIM26	40.71 efg	58.24 fghi	66.00 adc
LSD _{0.05}	7.80	3.94	9.07
%CV	12.15	4.55	10.82

¹ Means within the same column followed by different letters were significantly different at $P < 0.05$ by LSD.

ส่วนใหญ่สูงกว่าบนอาหาร IMA-2 โดยไอโซเลท GAR1 มีค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งที่เพิ่มขึ้นสูงที่สุดถึง 229.81 เปอร์เซ็นต์ สำหรับเชื้อรา *Trichothecium* sp. พบว่าไอโซเลท DIM3 สามารถยับยั้งการเจริญได้ดีที่สุดบนอาหาร IMA-2 มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 57.85 ส่วนบนอาหาร ISP-2 พบว่า ไอโซเลท GAR1 มี

ประสิทธิภาพในการยับยั้งสูงที่สุด เท่ากับ 89.68 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารสองชนิด พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งบนอาหาร ISP-2 ส่วนใหญ่สูงกว่าบนอาหาร IMA-2 โดยไอโซเลท CEN26 มีค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งที่เพิ่มขึ้นสูงที่สุดคือ 70.69 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2)

Table 2 Comparisons of inhibition percentages on growth of fruit-rot fungi by endophytic actinomycete isolates testing with dual culture method on IMA-2 and ISP-2 agar

Isolates	Inhibition percentage (%) ¹								
	<i>Pestalotiopsis</i> sp.			<i>Lasiodiplodia</i> sp.			<i>Trichothecium</i> sp.		
	IMA-2	ISP-2	diff ² (%)	IMA-2	ISP-2	diff ² (%)	IMA-2	ISP-2	diff ² (%)
DIM3	-	-	-	-	-	-	57.85 a	83.78 b	+ 44.82
DIM4	-	-	-	43.80 cd	65.97 b	+ 50.62	-	-	-
DIM5	-	-	-	-	-	-	55.37 ab	85.25 ab	+ 53.96
DIM8	45.99 a	52.42 e	+ 13.98	-	-	-	-	-	-
DIM9	33.58 cd	58.87 d	+ 75.31	-	-	-	-	-	-
DIM12	-	-	-	28.47 g	53.40 de	+ 87.57	-	-	-
DIM15	46.72 a	87.10 a	+ 86.43	40.88 cd	73.82 a	+80.58	57.03 ab	84.51 b	+ 48.19
DIM16	-	-	-	32.12 fg	55.50 d	+ 72.79	-	-	-
DIM19	24.82 f	53.23 e	+ 114.46	-	-	-	-	-	-
DIM20	-	-	-	54.75 b	52.36 e	- 4.37	-	-	-
DIM25	-	-	-	34.31 ef	51.31 e	+ 49.55	57.03 ab	77.88 c	+36.56
DIM26	-	-	-	-	-	-	57.03 ab	78.61 c	+ 37.84
CEN26	41.61 b	85.49 a	+ 105.46	38.69 de	59.44 c	+ 53.63	51.24 bc	87.46 ab	+ 70.69
COF4	36.50 c	60.49 d	+ 65.73	80.29 a	18.89 g	- 76.47	48.76 c	25.52 d	- 47.66
GAR1	27.01 ef	80.65 b	+ 198.59	15.33 h	50.56 e	+ 229.81	56.20 ab	89.68 a	+ 59.57
HOU2	30.66 de	28.23 f	- 7.93	45.99 c	18.89 g	- 58.93	54.55 abc	26.25 d	- 51.88
NEE1	29.20 e	65.32 c	+123.70	57.66 b	47.22 f	- 18.11	52.89 abc	85.25 ab	+ 61.18
LSD _{0.05}	4.12	3.57		5.17	2.90		5.90	4.67	
%CV	8.08	3.88		8.37	4.05		7.45	4.46	

¹ Means within the same column followed by different letters were significantly different at $P < 0.05$ by LSD.

² Percent different values calculated from inhibition percentages of each fungal pathogen testing on IMA-2 and ISP-2 agar

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแอคติโนไมซีสเอนโดไฟต์ในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคเน่าหลังการเก็บเกี่ยวของลำไย พบว่า การทดสอบบนอาหาร ISP-2 มีค่าการยับยั้งสูงกว่าอาหาร IMA-2 และค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งส่วนใหญ่จัดอยู่ในระดับสูงมาก แสดงว่า อาหาร ISP-2 อาจเป็นอาหารที่สามารถชักนำให้เชื้อแอคติโนไมซีสเอนโดไฟต์ผลิตสารทุติยภูมิเพื่อยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคได้ดีกว่า IMA-2 ซึ่งสอดคล้องกับเกวลิน และ ฉัตรสุตา (2554) ที่ได้ทดสอบสูตรอาหารที่เหมาะสมในการเจริญและการผลิตสารทุติยภูมิของเชื้อแอคติโนไมซีส

เอนโดไฟต์ไอโซเลท CEN26 และ COF4 จำนวน 8 สูตรอาหาร พบว่า การเลี้ยงเชื้อในอาหาร ISP-2 เชื้อสามารถผลิตสารปฏิชีวนะมากที่สุด โดยประเมินจากเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรค 2 ชนิด เช่นเดียวกับ Taechowisan *et al.* (2005) พบว่าเชื้อ *Streptomyces aureofaciens* CMUAc130 ที่เพาะเลี้ยงในอาหาร ISP-2 สามารถผลิตสาร 5,7-dimethoxy-4-*p*-methoxyphenylcoumarin และ 5,7-dimethoxy-4-phenylcoumarin และสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum musae* และ *Fusarium oxysporum* ได้ดี

และจากการทดลองนี้สามารถคัดเลือกได้เชื้อแอคติโนไมซีสเอนโดไฟต์ไอโซเลท DIM15 ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของลำไยได้ดีที่สุด โดยสามารถยับยั้งราสาเหตุโรคทั้ง 3 ชนิดในระดับสูงมาก (ภาพที่ 3) และยังพบว่าไอโซเลท GAR1 สามารถยับยั้งเชื้อ *Trichothecium* sp. ได้สูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับไอโซเลทอื่น โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งในระดับสูงมากเช่นกัน ดังนั้นการประยุกต์ใช้เชื้อทั้ง 2 ไอโซเลทดังกล่าวข้างต้นจึงเป็นแนวทางที่มีศักยภาพในการควบคุมโรคผลเน่าของลำไยได้ในอนาคต

สรุปผลการทดลอง

สามารถแยกเชื้อแอคติโนไมซีสเอนโดไฟต์จากเปลือกผลของลำไยพันธุ์ดอได้ทั้งหมด 24 ไอโซเลท ซึ่งมีลักษณะทางสัณฐานวิทยา การเจริญ และการเรียงตัวของสปอร์ที่อาจจัดอยู่ในสกุล *Streptomyces* sp. เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเชื้อไอโซเลทดังกล่าวในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของลำไย 3 ชนิด สามารถคัดกรองได้เชื้อ 12 ไอโซเลท และเมื่อนำมาทดสอบ

เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคกับเชื้อแอคติโนไมซีสเอนโดไฟต์ที่คัดเลือกได้จากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าให้ผลการยับยั้งที่ใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ยังพบว่าการทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของลำไยโดยเปรียบเทียบชนิดอาหาร IMA-2 และ ISP-2 ด้วยวิธี dual culture บนอาหาร ISP-2 พบเปอร์เซ็นต์การยับยั้งสูงกว่าการทดสอบบนอาหาร IMA-2 โดย ไอโซเลท DIM15 สามารถยับยั้งเชื้อ *Pestalotiopsis* sp. และ *Lasiodiplodia* sp. ได้ดีที่สุดที่ 87.10 และ 73.82 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และไอโซเลท GAR1 สามารถยับยั้งเชื้อ *Trichothecium* sp. ได้ดีที่สุดที่ 89.68 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจัดว่ามีประสิทธิภาพการยับยั้งในระดับสูงมาก

กิตติกรรมประกาศ

We wish to thank the National Research University Project under Thailand's Office of the Higher Education Commission for financial support.

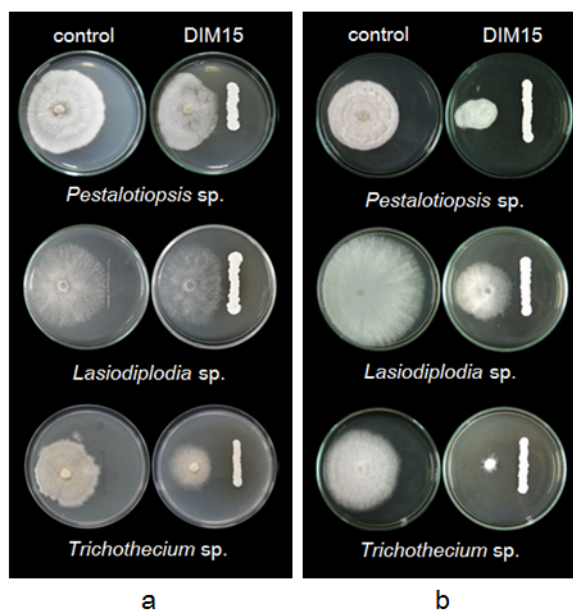


Figure 3 Inhibition effects of DIM15 isolate of endophytic actinomycetes on growth of fruit-rot fungi testing with dual culture method on IMA-2 (a) and ISP-2 agar (b)

เอกสารอ้างอิง

- เกวลิน คุณาศักดากุล และ ฉัตรสุตา เผือกใจแก้ว. 2554. การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์สารทุติยภูมิจากเชื้อแอคติโนมัยซีสเพื่อควบคุมโรคทางใบของพืชตระกูลกะหล่ำและมะเขือเทศบนพื้นที่สูง. รายงานฉบับสมบูรณ์. สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน). 71 หน้า.
- เกวลิน คุณาศักดากุล และ ประไพพิศ สุวิทย์ชยานนท์. 2552. การพัฒนาผลิตภัณฑ์คลุกเมล็ดจากเชื้อแอคติโนมัยซีสเอนโดไฟต์เพื่อควบคุมโรคในระยะกล้าของพริกกะเหรี่ยง กะหล่ำปลี และมะเขือเทศ. รายงานฉบับสมบูรณ์. สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน). 58 หน้า.
- เกษม สร้อยทอง. 2532. การควบคุมโรคทางพืชโดยชีววิธี. คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 326 หน้า.
- ธิดา ไชยวงศ์ศรี. 2535. โรคของผลลำไยพันธุ์ดอกก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 134 หน้า.
- นิตยา บุญทิษ และ สายสมร ลำยอง. 2543. การศึกษาและคัดแยกแบคทีเรียเอนโดไฟต์ที่สามารถสร้างสารปฏิชีวนะที่ใช้ยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์บางชนิด. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 54 หน้า.
- ปิยะณัฐ ช่างเงิน, อรุณภรณ์ สะอาดสุด, วสุ ปฐมอารีย์, ปริญญา จันทศรี และเอกชัย ชูเกียรติโรจน์. 2553. ความหลากหลายของเชื้อราในผลลำไยสด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 41(1): 322-324.
- พิชญภรณ์ สุวรรณกฎ. 2550. พัฒนาการของโรคผลเน่าจากเชื้อราบนเปลือกและขั้วของผลลำไย (*Dimocarpus longan* Lour.) พันธุ์ดอกหลังการเก็บเกี่ยว. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 83 หน้า.
- รังสี ดิวรางกูร. 2547. การคัดเลือกแอคติโนมัยซีสเอนโดไฟต์ในพุทราเพื่อควบคุมโรคแอนแทรคโนส. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 81 หน้า.
- รัมภ์ พัน โกศลนันท์ อารีรัตน์ การุณสถิตย์ชัย และวีรภรณ์ เดชนำบัญชาชัย. 2551. การแทรกสอดทางเลือกใหม่ที่ทดแทนการรมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลำไย. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 39 (3) พิเศษ: 39-42.
- วันวิสาข์ ริมประณาม และ สมศิริ แสงโชติ. 2545. การสำรวจเบื้องต้นเกี่ยวกับโรคของผลลำไยหลังการเก็บเกี่ยวในเขตปองน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 33(6): 131-133.
- สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร. 2553. ห้องรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) กับผลลำไยสดด้วยระบบหมุนเวียนอากาศแบบบังคับ. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <http://www.it.mju.ac.th/dbresearch/rae/index.php> (16 ตุลาคม 2554).
- สิศิรียา เรืองยุทธการณ และธนะชัย พันธุ์เกษมสุข. 2545. ผลของไอโซนต่ออายุการเก็บรักษาลำไย. วารสารเกษตร 18(3): 172-179.
- อภิญา ผลิโกล ศิริลาภา สมานมิตร และเครือวัลย์ ทองเล่ม. 2545. ผลการยับยั้งของจุลินทรีย์ที่ผลิตไคตินเอสต่อเชื้อราสาเหตุของโรคในมะม่วงและลำไย. รายงานการวิจัย คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 60 หน้า.
- Chris, F. 2002. The Role of Actinomycetes in Plant Growth and Development. (Online). Available: http://www.bio.flinders.edu.au/biotech/staff/cmmf_res.htm. (September 15, 2011)
- Jiang, Y. 1997. The use of microbial metabolites against post-harvest diseases of longan fruit. International Journal of Food Science and Technology 32:535-538.
- Jonete, M., A. C. Silva and J. L. Azevedo. 2000. Isolation of endophytic actinomycetes from

- roots and leaves of maize (*Zea mays* L.).
Arquivos de Biologia E Tecnologia 28(6):
303-310.
- Miyadoh, S., M. Hamada, K. Hotta, T. Kudo, A.
Seino, G. Vobis and A. Yokpya. 1997. Atlas
of Actinomycetes. The Society for
Actinomycetes Japan. 233 p.
- Shimizu, M., Y. Nakagawa, Y. Sato, T. Furumai, Y.
Igarashi, H. Onaka, R. Yoshida and H.
Kunoh. 2000. Studies on endophytic
actinomycetes (I) *Streptomyces* sp. isolated
from Rhododendron and its antifungal
activity. Journal of General Plant Pathology
66: 360-366.
- Stanley, T. W., M. E. Sharpe, J. G. Holt, R. G. E.
Murray, J. D. Brenner and J. G. Holt. 1989.
Bergey's Manual of Systematic
Bacteriology, Volume 4. Baltimore, MD:
William & Wilkins. 432 p.
- Taechowisan, T., C. Lu, Y. Shen and S. Lumyong.
2005. Secondary metabolites from
endophytic *Streptomyces aureofaciens*
CMUAc130 and their antifungal activity.
Microbiology 151: 1691-1695.
-

ผลของการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับตะแกรงสั่น ต่อการกำจัดด้วงงวงข้าวในการเก็บรักษาข้าวเปลือก

Effects of Infrared Heating Combined with Vibration Screen on Eliminating Rice Weevils in Paddy Storage

ประดิษฐ์ รัมชฌิมา^{1/} ธวัชชัย ทิวาวรรณวงศ์^{1/} สมโภชน์ สูดาจันทร^{1/}
และ ชัยยันต์ จันทร์ศิริ^{1/}
*Pradit Ramatchima^{1/}, Thavachai Thivavarnongs^{1/}, Somposh Sudajan^{1/}
and Chaiyan Junsiri^{1/}*

Abstract: The objective of this research was to study the effect of infrared heating combined with vibrated screen on eliminating rice weevils in paddy storage. The experimental unit was designed on a concept of allowing the paddy to move horizontally with thickness layer over a vibration screen operated by a cam giving vertical vibration. The paddy layer on the screen was heated using 3,600 W electric infrared bars at 5 levels of temperature: 120, 140, 160, 180 and 200 °C. For a 1 kg of 3.1 mm paddy layer thickness and temperature upward of 120 °C for 4-5 seconds, the adults death rate was 100%. But for a paddy layer thickness of 4.5 mm the adult death rate was nearly 100% for temperatures greater than 160 °C for 4-5 seconds. Therefore, in order to conform with the practically work the 10 kg of paddy was continuously flowed. The study of the heating effect on the elimination of rice weevils in stored paddy showed the best results for a paddy layer thickness of 3.1 mm, a temperature between 160 and 200 °C for 4-5 seconds. The results of the study show that the adults death rate was 100% at temperatures upward of 180 °C. This does not make sense. For 2-3 months of paddy storage, the adults growth rate was 1.1-5.3% and 1.1-3.7% at the temperatures of 180 °C and 200 °C respectively. However, the optimum temperature was 180 °C because the value of the head rice yield was the highest.

Keywords: Paddy storage, infrared, elimination

^{1/} ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

^{1/} Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับตะแกรงสั่นที่มีต่อการกำจัดดวงวงข้าวในการเก็บรักษาข้าวเปลือก ชุดทดสอบเป็นแบบให้ข้าวเคลื่อนที่ผ่านความร้อนในแนวระนาบราบโดยใช้กลไกของลูกเบี้ยวหมุนขึ้นลงทำให้ข้าวเคลื่อนที่มีความหนาบนตะแกรงด้วยการสั่นหรือเขย่า ส่วนระบบการให้ความร้อนใช้แบบไฟฟ้าขนาด 3,600 วัตต์ เพื่อกำเนตรังสีอินฟราเรดที่ให้อุณหภูมิเริ่มต้นบนระนาบตะแกรง 5 ระดับคือ 120, 140, 160, 180 และ 200 องศาเซลเซียส ผลการศึกษาอุณหภูมิจากรังสีอินฟราเรดกำจัดแมลงโดยการให้ข้าว 1 กิโลกรัม พบว่า ที่ความหนาข้าว 3.1 มิลลิเมตร อุณหภูมิตั้งแต่ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4-5 วินาที ให้อัตราการตายของแมลงทันที 100 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ความหนาข้าว 4.5 มิลลิเมตร ต้องใช้อุณหภูมิตั้งแต่ 160 องศาเซลเซียส ในเวลา 4-5 วินาทีจึงให้อัตราการตายเกือบสมบูรณ์ 100 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นเพื่อให้สอดคล้องกับการปฏิบัติจึงปล่อยข้าวแบบต่อเนื่องจำนวน 10 กิโลกรัม โดยใช้ความหนาข้าว 3.1 มิลลิเมตร อุณหภูมิ 160- 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4-5 วินาทีเช่นกันเพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อการกำจัดแมลงเพื่อการเก็บรักษา และผลการศึกษา พบว่า อุณหภูมิตั้งแต่ 180 องศาเซลเซียส ให้อัตราการตายทันที 100 เปอร์เซ็นต์ สำหรับในระหว่างการเก็บรักษาข้าวนาน 2-3 เดือน มีอัตราการเกิดของแมลงอยู่ระหว่าง 1.1-5.3 เปอร์เซ็นต์ และ 1.1-3.7 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 180 และ 200 องศาเซลเซียส ตามลำดับ อย่างไรก็ตามอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ให้ปริมาณต้นข้าวสูงสุดตลอดการเก็บคือ 180 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ: การเก็บรักษาข้าวเปลือก อินฟราเรด การกำจัด

คำนำ

ข้าว นับเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญที่สุดและเป็นอาหารหลักของประเทศไทย ข้าวที่เก็บเกี่ยวใหม่จะต้องลดความชื้นในเมล็ดให้เหลือประมาณ 14% w.b. โดยเร็วเพื่อให้สามารถเก็บรักษาได้นานและเหมาะต่อการสีเป็นข้าวสาร (Wimberly, 1983 และ วินิต และคณะ, 2538) ในระหว่างการเก็บรักษาข้าวมีความสูญเสียเกิดขึ้นจากสาเหตุหลายประการ แต่เป็นที่ทราบกันอย่างกว้างขวางว่าแมลงศัตรูในโรงเก็บเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดความสูญเสียทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ (ชุมพล, 2533 และ วันชัย, 2542) สำหรับในประเทศไทยความสูญเสียจากการทำลายของแมลงจากรายงานของ ประสutti และคณะ (2528) พบว่า ความสูญเสียด้านน้ำหนักของข้าวเปลือกที่เก็บรักษานาน 9 เดือน มีประมาณ 4.5% ส่วนกัมปนาท และคณะ (2534) พบว่า ในข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่เก็บนาน 8 เดือน มีความสูญเสีย 2.9-3.5% ดังนั้นจะเห็นได้ว่าระดับความสูญเสียดังกล่าวทำให้สูญเสียมูลค่าข้าวเปลือกปีละหลายพันล้านบาท

การกำจัดแมลงโดยใช้สารเคมีเป็นวิธีที่นิยมเพราะได้ผลดีและรวดเร็ว แต่มีผลต่อการทำลายสิ่งแวดล้อม (Leesch *et al.*, 2000) และแมลงบางชนิดสร้างความต้านทานจึงทำให้ต้องลงทุนเพิ่มขึ้น (Bell and

Wilson, 1995) ส่วนการกำจัดแมลงโดยวิธีที่ไม่ใช้สารเคมี เช่น การให้ความร้อนนั้นยังเป็นทางเลือกหนึ่งที่ดีเพราะไม่มีสารพิษปนเปื้อนอีกทั้งกำจัดได้รวดเร็ว การใช้อุณหภูมิที่สูงกว่า 55°C สามารถกำจัดแมลงในโรงเก็บโดยใช้เวลาไม่ถึงนาที โดยแหล่งความร้อนที่นำมาใช้ได้แก่ อินฟราเรด ไมโครเวฟ คลื่นความถี่สูง และลมร้อนในฟลูอิดไคเบด (Fields, 1992) ในขณะที่อุณหภูมิ 50°C สามารถกำจัดได้หมดเมื่อแมลงได้รับความร้อนนาน 2 ชั่วโมง โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตอยู่ระหว่าง 25-35°C (Banks and Fields, 1995) การใช้ความร้อนจากรังสีอินฟราเรดได้นำมาทดลองกำจัดแมลงในข้าวเปลือกและข้าวสาลี เช่นงานวิจัยของ Tilton and Schroeder (1963) ได้ทดลองกับแมลงศัตรูข้าวที่สำคัญคือ ดัวงวงข้าว มอดหัวป้อมและผีเสื้อข้าวเปลือกซึ่งให้ผลการตายของแมลงทั้งหมดเมื่ออุณหภูมิข้าวอยู่ระหว่าง 65-70°C และ Kirkpatrick (1975) พบว่า มอดหัวป้อมและดัวงวงข้าวถูกฆ่าถึง 93% และ 99% ตามลำดับเมื่อข้าวสาลีได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 48.6°C นาน 24 ชั่วโมง นอกจากนั้นยังมีการใช้รังสีอินฟราเรดคลื่นยาวที่มีความยาวคลื่น 3, 4.5 และ 6 ไมครอน สามารถกำจัดแมลงในเวลาช่วงวินาที (Catalytic Drying Technology, 2003) และจากการศึกษาของ ประดิษฐ์ (2547) ได้ใช้รังสีอินฟราเรดกำจัดแมลงศัตรูข้าวเปลือก โดยให้ข้าวไหลผ่านความร้อนในแนวตั้งที่มี

อุณหภูมิเฉลี่ย 150 °C สามารถกำจัดแมลงได้ 100% ภายในเวลาช่วงวินาทีเช่นกัน ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับตะแกรงสั่นเพื่อแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสามารถควบคุมปริมาณของแมลงในระหว่างการเก็บข้าวอีกทั้งได้องค์ความรู้เพื่อพัฒนาอุปกรณ์การให้ความร้อนข้าวเปลือกที่เหมาะสมที่มีต่อระบบการเก็บรักษาข้าว

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาผลของอุณหภูมิและความหนาข้าวเพื่อการกำจัดด้วงงวงข้าวในข้าวเปลือก

วัตถุประสงค์การศึกษานี้เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและความหนาข้าวเพื่อการกำจัดด้วงงวงข้าวสำหรับเป็นเกณฑ์กำหนดระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมในการกำจัดเพื่อการเก็บรักษาข้าวต่อไป อุปกรณ์ที่ใช้ศึกษาการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับตะแกรงสั่นประกอบด้วยชุดอุปกรณ์หลักที่สำคัญคือ 1) ห้องเตรียมความชื้นแบบใช้ไฟฟ้า 220 โวลต์ ขนาดกำลัง 3,600 วัตต์ เพื่อแผ่รังสีอินฟราเรดมายังตะแกรงเขย่าที่มีขนาดหน้าตัด 500 x 500 มม. ระยะวัดการกระจายอุณหภูมิ

แบบจุดต่อจุดเต็มหน้าตัดตะแกรงคือ 45 x 50 มม. จำนวน 132 จุด ด้วยเครื่อง Scanning Thermocouple Thermometer แบบใช้ลวด Thermocouple Type-K โดยการกระจายอุณหภูมิที่สม่ำเสมอบนหน้าตัดขนาด 300 x 350 มม. (จากแกนสมมาตรของห้องอบ) ซึ่งควบคุมด้วยอุปกรณ์วัดและควบคุมอุณหภูมิ และ 2) ตะแกรงสั่น โดยการหมุนขึ้นลงของลูกเบี้ยวเพื่อยกตะแกรงทั้งแผ่นที่อยู่ในแนวระนาบราบขึ้นพร้อมกันเป็นมุมเอียงประมาณ 2 องศาจากแนวดิ่งที่มีระยะสั้น 6 มม. ด้วยความถี่การสั่น 680 ครั้ง/นาที ทำให้เมล็ดข้าวเคลื่อนที่มีระยะทาง 300 มม. โดยใช้เวลา 4-5 วินาที ข้าวเปลือกที่ใช้ทดสอบคือพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 (KDML 105) เนื่องจากเป็นพันธุ์ข้าวที่นิยมปลูกทั่วทุกภาคของประเทศไทยและมีชื่อเสียงมากที่สุด (อนันต์, 2544) ภายหลังจากเก็บเกี่ยว ตากแดดให้มีความชื้นไม่เกิน 14% w.b. แล้วทำความสะอาดและบรรจุกระสอบพลาสติกสานแล้วนำมาเก็บในห้องเย็นเพื่อควบคุมการเจริญเติบโตของแมลงและรอการทดสอบต่อไป ลักษณะการทำงานในขณะทดสอบดังแสดงในภาพที่ 1 ข้าวเปลือกถูกลำเลียงโดยสายพานด้วยอัตราป้อน 60 และ 120 กก./ชม. ลงสู่ตะแกรงสั่นเพื่อให้ข้าวกระจายตัวมีความหนา 3.1 และ 4.5 มม. ตามลำดับ และข้าวเคลื่อนย้ายผ่านความร้อนที่อุณหภูมิเริ่มต้นบนระนาบ

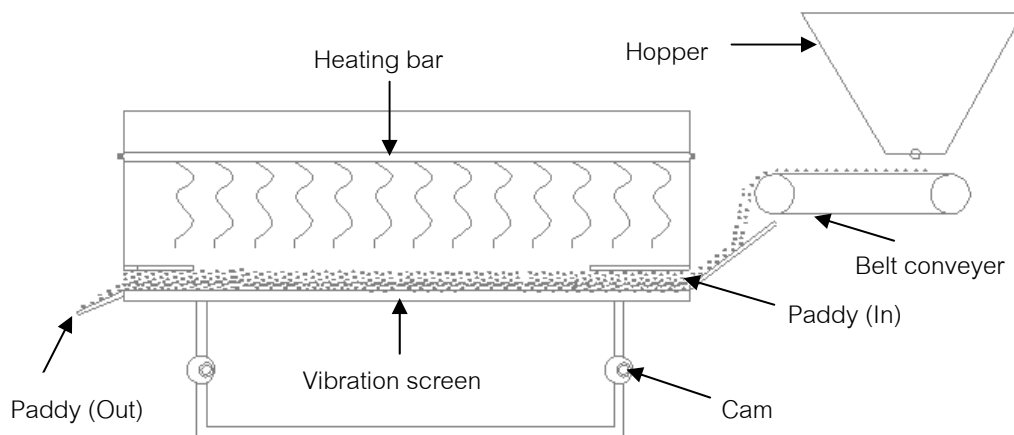


Figure 1 Experimental unit for insect eliminating by infrared radiation.

ตะแกรง 5 ระดับคือ 120, 140, 160, 180 และ 200 °C ในการทดสอบแต่ละครั้งใช้ตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวเพราะเป็นแมลงศัตรูที่สำคัญที่สุดที่ทำลายเมล็ดพืชในโรงเก็บ (ชุมพล, 2533) จำนวน 40 ตัว ใส่ลงในข้าวเปลือกที่มีน้ำหนัก 1 กก. ทดสอบ 3 ซ้ำ มีค่าชี้ผลคืออัตราการตายของแมลงทันทีหลังผ่านรังสีอินฟราเรด โดยหาได้จากงานวิจัยของ Zhao (2007) คืออัตราการตายของแมลงเมื่อเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ระหว่างอัตราส่วนของแมลงที่ตายต่อผลรวมของแมลงที่ตายและมีชีวิต และการสำรวจสุขภาพคุณภาพข้าวด้วยเครื่องกะเทาะแบบลูกยางแล้วขัดขาวและคัดแยกข้าวหักด้วยชุดทดสอบของ SATAKE แล้วนำข้าวสารมาวัดความขาวด้วยเครื่อง Kett - C meter มีค่าชี้ผลคือ ปริมาณต้นข้าวเมื่อเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักข้าวเปลือก และค่าดัชนีความขาวข้าวสาร

การศึกษาการกำจัดด้วงงวงข้าวในข้าวเปลือกเพื่อการเก็บรักษา

วัตถุประสงค์การศึกษานี้เพื่อหาปริมาณด้วงงวงข้าวในข้าวเปลือกที่เก็บรักษาหลังจากข้าวได้รับรังสีอินฟราเรด โดยใช้ตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวที่มีอายุประมาณ 3 สัปดาห์ จำนวน 400 ตัว ลงในข้าวเปลือกที่มีน้ำหนัก 10 กก. ทดสอบ 3 ซ้ำ เงื่อนไขการทดสอบได้พิจารณาจากผลของอุณหภูมิและความหนาข้าวเพื่อการกำจัดด้วงงวงข้าว โดยพิจารณาเลือกกำหนดอุณหภูมิในช่วงที่สูงที่สุดให้อัตราการตายมากที่สุด มีค่าชี้ผลคือ อัตราการตายทันที ส่วนการประเมินผลในระหว่างเก็บรักษานาน 3 เดือนได้นำข้าวที่ให้ผลอัตราการตายทันที 100% มาเก็บรักษา มีค่าชี้ผลคือ อัตราการเกิดของด้วงงวงข้าวในแต่ละเดือนหาได้จากอัตราส่วนของจำนวนตัวเต็มวัยในข้าวที่ผ่านความร้อนต่อจำนวนตัวเต็มวัยในข้าวอ้างอิงโดยเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ และการสำรวจสุขภาพคุณภาพข้าวมีค่าชี้ผลคือปริมาณต้นข้าวจากการขัดขาวและค่าดัชนีความขาวข้าวสาร

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการศึกษาอุณหภูมิและความหนาข้าวเพื่อการกำจัดด้วงงวงข้าวในข้าวเปลือก

การศึกษานี้ศึกษาอุณหภูมิและความหนาข้าวเพื่อการกำจัดด้วงงวงข้าวในข้าวเปลือกได้ผลการศึกษาดังแสดงในภาพที่ 2 พบว่า อุณหภูมิทุกระดับตั้งแต่ 120-200 °C สามารถกำจัดด้วงงวงข้าวได้สมบูรณ์ 100% ที่ความหนาของข้าว 3.1 มม. ทั้งนี้เนื่องจากข้าวมีการแยกตัวจากแมลงได้ดีทำให้แมลงสัมผัสกับความร้อนได้นานขึ้น เมื่อความหนาข้าวเพิ่มขึ้นเป็น 4.5 มม. อัตราการตายลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงอุณหภูมิ 120-140 °C ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแมลงมีการแทรกตัวอยู่ในชั้นข้าวเพื่อใช้เป็นที่พักกำบังให้รอดชีวิตทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแรงเฉยตะแกรงให้ข้าวลอยตัวขึ้นไม่เพียงพอทำให้แมลงได้รับความร้อนน้อยและต้องเพิ่มอุณหภูมิขึ้นอีกตั้งแต่ 160 °C จึงมีแนวโน้มที่จะกำจัดได้สมบูรณ์ 100% ดังนั้นจึงเลือกความหนาข้าว 3.1 มม. และกำหนดอุณหภูมิระหว่าง 160-200 °C สำหรับทดสอบในขั้นตอนต่อไป

ผลการศึกษาการกำจัดด้วงงวงข้าวในข้าวเปลือกเพื่อการเก็บรักษา

จากผลการศึกษาอุณหภูมิและความหนาข้าวเพื่อการกำจัดด้วงงวงข้าวในข้าวเปลือกได้กำหนดอุณหภูมิระหว่าง 160-200 °C ที่ความหนาข้าว 3.1 มม. เพื่อนำมาศึกษาการกำจัดด้วงงวงข้าวในข้าวเปลือกเพื่อการเก็บรักษาโดยทำการปล่อยข้าวต่อเนื่อง 10 กก. ได้ผลการศึกษาดังแสดงในภาพที่ 3(a) พบว่า อุณหภูมิ 160 °C อัตราการตายของด้วงงวงข้าวทันทีเท่ากับ 98.0% และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิขึ้นเป็น 180 และ 200 °C สามารถกำจัดได้อย่างสมบูรณ์ 100% ดังนั้นการประเมินอัตราการเกิดของด้วงงวงข้าวในแต่ละเดือนจึงเลือกข้าวที่ผ่านอุณหภูมิ 180 และ 200 °C มาเก็บรักษา ซึ่งให้ผลการศึกษาดังแสดงในภาพที่ 3(b) พบว่า ในเดือนที่ 1 ยังไม่มีแมลงเกิดขึ้นเลย

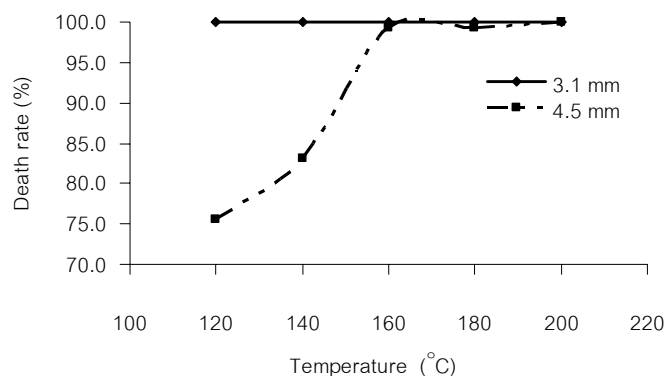


Figure 2 The effect of temperatures on insect death rate at 1 kg of 3.1 and 4.5 mm paddy layer thickness.

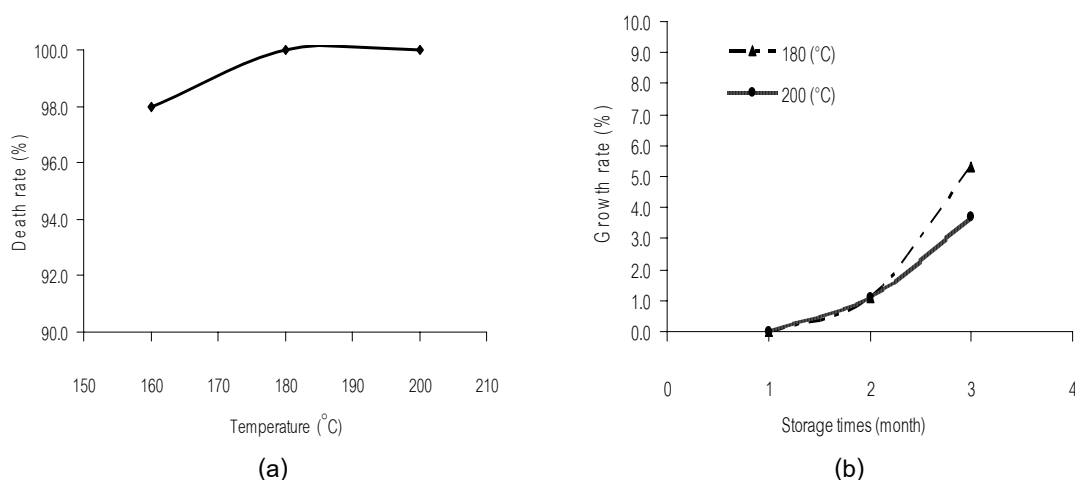


Figure 3 The effect of temperatures on insect death rate (a) and the insect growth rate in 10 kg paddy during storage for 3 months (b).

การเก็บนาน 2 เดือน มีอัตราการเกิด 1.1% และเก็บนาน 3 เดือน มีอัตราการเกิด 5.3 และ 3.7% ตามลำดับ ทั้งนี้ได้เทียบค่าอัตราการเกิดของด้วงงวงข้าวในข้าวอ้างอิงเป็น 100% โดยมีปริมาณเฉลี่ยในเดือนที่ 1, 2 และ 3 มีจำนวน 41.7, 196.3 และ 90.3 ตัว ตามลำดับ ดังนั้นจึงแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิสูงได้ส่งผลต่อการเพิ่มอุณหภูมิข้าวให้สูงขึ้นซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะทำลายวงจรชีวิตในช่วงตัวอ่อนหรือไข่ของแมลงได้บางส่วน อย่างไรก็ตามในระหว่างการเก็บรักษาข้าวได้มีปริมาณแมลงเพิ่มขึ้นซึ่งอาจสอดคล้องกับรายงานของ วิเชียร (2525) ที่กล่าวว่าแมลงศัตรูที่สำคัญโดยเฉพาะอย่างยิ่งด้วงงวงข้าวที่สามารถทนต่อสภาพอากาศที่หนาวเย็นมากก็ยังมีชีวิตอยู่ได้

การศึกษากำจัดด้วงงวงข้าวในข้าวเปลือกเพื่อตรวจสอบคุณภาพการสีข้าวที่เก็บรักษาได้ผล การศึกษาดังแสดงภาพที่ 4(a) พบว่า ข้าวเปลือกอ้างอิงมีปริมาณต้นข้าวคงที่เมื่อเก็บนาน 1 เดือน ภายหลังจากนั้นให้ค่าเพิ่มขึ้นและลดลงเพียงเล็กน้อยในเดือนที่ 2 และ 3 ตามลำดับ ซึ่งผลการขัดสีข้าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ เครือวัลย์ และคณะ (2533) พบว่า ข้าวใหม่ให้คุณภาพการสีไม่ค่อยเปลี่ยนแปลง ส่วนข้าวที่ผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 180 และ 200 °C ให้ปริมาณต้นข้าวไปในทิศทางเดียวกันตลอดการเก็บรักษาโดยมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเก็บนาน 1 เดือน ซึ่งอาจเป็นไปได้ที่ไม่ได้ได้รับการปรับสภาพและมีความแกร่งขึ้น สำหรับในเดือนที่ 2 และ 3 ให้

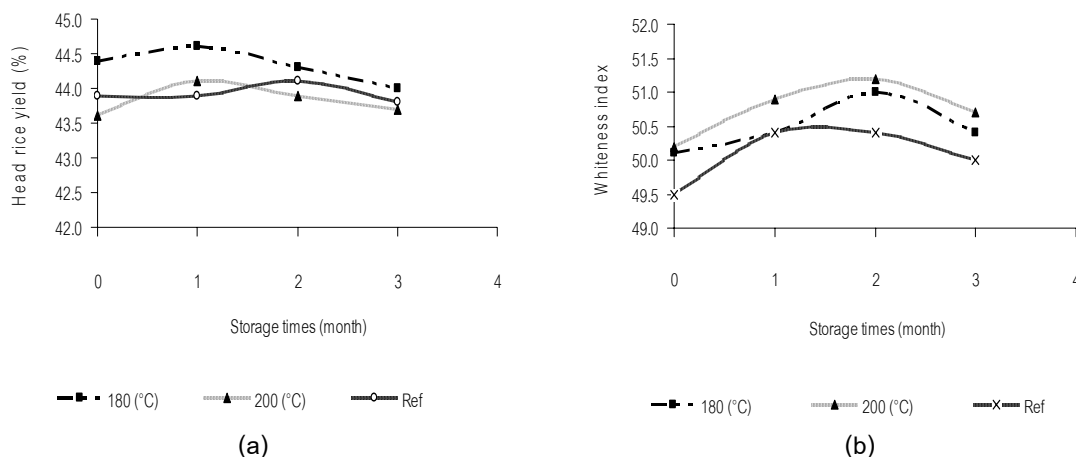


Figure 4 The effect of storage times on the head rice yield (a) and whiteness index of milled rice.

ปริมาณต้นข้าวลดลงเล็กน้อยซึ่งคล้ายกันกับในข้าวเปลือกอ้างอิง อย่างไรก็ตามเป็นที่น่าสังเกตว่าที่อุณหภูมิ 180 °C ให้ปริมาณต้นข้าวสูงสุดอยู่ระหว่าง 44.0-44.6% ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าอุณหภูมิที่ใช้เหมาะสม (Sharma and Kunze, 1982) นอกจากนั้นระยะเวลาในการให้ความร้อนด้วยอินฟราเรดที่เหมาะสมมีผลให้ได้ปริมาณต้นข้าวเพิ่มขึ้น (Zhongli, 2008) ส่วนในข้าวอ้างอิงและข้าวที่ผ่านอุณหภูมิ 200 °C ให้ปริมาณต้นข้าวอยู่ระหว่าง 43.8-44.1% และ 43.7-44.1% ตามลำดับ สำหรับค่าดัชนีความขาวข้าวสารได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4(b) พบว่า ข้าวที่ได้รับรังสีอินฟราเรด มีแนวโน้มให้ค่าดัชนีความขาวเพิ่มขึ้นจากข้าวอ้างอิงตลอดการเก็บนาน 3 เดือน ทั้งนี้อาจเป็นไปได้เมื่อเมล็ดข้าวได้รับความร้อนอาจจะส่งผลต่อปริมาณไขมันในเมล็ดข้าวทำให้มีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

สรุป

การศึกษาลักษณะของการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับตะแกรงสั่นที่มีต่อการกำจัดแมลงในการเก็บรักษาข้าวเปลือก พบว่า การปล่อยข้าวเปลือกที่มีน้ำหนัก 1 กก. ผ่านอุณหภูมิตั้งแต่ 120 °C เป็นเวลา 4-5 วินาทีที่มีความหนาข้าว 3.1 มม. ให้อัตราการตายของด้วง

งวงข้าวทันที 100% ในขณะที่ความหนา 4.5 มม. ให้อัตราการตาย 99.2-100% ที่อุณหภูมิ 160-200 °C ในระยะเวลาเดียวกัน และสำหรับการปล่อยข้าวเปลือกที่มีน้ำหนัก 10 กก. เพื่อการเก็บรักษา โดยกำหนดที่ความหนาข้าว 3.1 มม. และอุณหภูมิ 160-200 °C เป็นเวลา 4-5 วินาที ผลการศึกษา พบว่า อุณหภูมิตั้งแต่ 180 °C ให้อัตราการตายของแมลงทันที 100% และในระหว่างเก็บรักษา พบว่า การเก็บข้าวนาน 2-3 เดือน อัตราการเกิดของด้วงงวงข้าวอยู่ระหว่าง 1.1-5.3% และ 1.1-3.7% ของข้าวที่ผ่านอุณหภูมิ 180 และ 200 °C ตามลำดับ อย่างไรก็ตามตามอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ให้ปริมาณต้นข้าวสูงสุดคือ 180 °C ส่วนค่าดัชนีความขาวสำหรับข้าวที่ผ่านความร้อนมีแนวโน้มให้ค่าสูงกว่าในข้าวอ้างอิงซึ่งสาเหตุยังไม่ปรากฏแน่ชัดทั้งนี้คาดว่าอาจเนื่องมาจากปริมาณความชื้นที่มีต่อการขัดขาวหรือปริมาณไขมันที่มีต่อค่าความสว่างของข้าว

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว: หน่วยงานร่วมมหาวิทยาลัยขอนแก่น และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กัมปนาท มุกดี, กิตติยา กิจควรดี, ประสุมิ สิทธิสรวง และ ไพฑูรย์ อุไรวงศ์. 2534. การใช้พืชพิษบางชนิด ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บเมล็ด พันธุ์ข้าว II สะเดา. สถาบันวิจัยข้าว กรม วิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. ผลงานวิจัยเล่ม 1: 65-78.
- เครือวัลย์ อัดตะวิริยะสุข, รุจี กุลประสูติ, มาลี ธนเศรษฐ, นิพนธ์ มาฆทาน, จันทนา สรศิริ, ศิริวรรณ ตั้งวิ สุทธิจิต, สุนันทา หมั่นพล, ธงชัย แข่งวา และ ถนัด สุขปรการ. 2533. ความแปรปรวนของ ระดับความชื้นที่มีผลต่อน้ำหนักเมล็ด และ คุณภาพการสีของข้าวในโรงเรือนปกติ. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. ผลงานวิจัยเล่ม 2: 154-253.
- ชุมพล กันทะ. 2533. หลักการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูใน โรงเก็บ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 249 หน้า.
- ประดิษฐ์ งามขนิมา. 2547. การศึกษาวิธีกำจัดแมลง ศัตรูของข้าวเปลือกโดยใช้รังสีอินฟราเรด. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 178 หน้า.
- ประสุมิ สิทธิสรวง, กิตติยา กิจควรดี, ไพฑูรย์ อุไรวงศ์, มังกร จุมทอง, วิวัฒน์ มัยกุล, สมภารณ์ ศุภ ศิลป์, อินสน บุตรดี และ สุพัตรา สุวรรณธาดา. 2528. ความสูญเสียของเมล็ดพันธุ์ในระหว่าง การเก็บรักษาในสภาพของสถานีทดลอง. (รายงานผลการค้นคว้าวิจัย). สถาบัน วิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 1 หน้า.
- วันชัย จันทิประเสริฐ. 2542. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์พืชไร่. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 276 หน้า.
- วิเชียร เสงส์สวัสดิ์. 2525. แมลงที่สำคัญทางเศรษฐกิจของ ผลผลิตเกษตรในโรงเก็บในประเทศไทย. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 75 หน้า.
- วินิต ชินสุวรรณ, สุเนตร โหม่งประณีต, สุรเวทย์ ฤทธิษะ เสรณี, พินัย ทองสวัสดิ์วงศ์, วิเชียร เสงส์สวัสดิ์ และ ทรงเชาว์ อินสมพันธ์. 2538. การศึกษาเพื่อ ปรับปรุงการตากแผ้วข้าวหลังการเก็บเกี่ยวและ การชะลอการเสื่อมคุณภาพข้าวเปลือกความชื้น สูงในระดับเกษตรกร. (รายงานการวิจัย). มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 91 หน้า.
- อนันต์ ดาไลดิม. 2544. ข้าวไทย: มุมมองที่แตกต่าง. หนังสือพิมพ์กสิกร 74(3): 11-14.
- Banks, H. J. and P. G. Fields. 1995. Physical methods for insect control in stored grain ecosystems. pp. 353-409. In: D.S. Jayas, N.D.G. White and W.E. Muir (eds.). Stored Grain Ecosystems. New York, NY: Marcel Dekker, Inc.
- Bell, C. H. and S. M. Wilson. 1995. Phosphine tolerance and resistance in *Thogoderma granairum* Everts (Coleoptera: Dermestidae). Journal of Stored Products Research 31: 199-205.
- Catalytic Drying Technology. 2003. Flameless Catalytic Infrared Energy. (Online). Division of Catalytic Industrial Group, Inc. Available: http://www.catalyticdrying.com/catalytic_drying.pdf. (19 October, 2009).
- Fields, P. G. 1992. The control of stored-product insects and mites with extreme temperatures. Journal of Stored Products Research 28: 89-118.
- Kirkpatrick, R. L. 1975. Infrared radiation for control of lesser grain borers and rice weevils in bulk wheat. Journal of the Kansas Entomological Society 48(1): 100-104.
- Leesch, J. G., G. f. Knapp and B. E. Mackey. 2000. Methyl bromide adsorption on activated carbon to control emissions from commodity fumigations. Journal of Stored Products Research 36: 65-74.

- Sharma, A. D. and O. R. Kunze. 1982. Post-drying fissure developments in rough rice. Transactions of the ASABE 25(2): 465-468.
- Tilton, E. W. and H. W. Schroeder. 1963. Some effects of infrared irradiation on the mortality of immature insects in kernels of rough rice. Journal of Economic Entomology 56: 727-730.
- Wimberly, J. E. 1983. Paddy rice postharvest industry in developing countries. International Rice Research Institute, Philippines. 188 p.
- Zhao, S., C. Qiu, S. Xiong and X. Chen. 2007. A thermal lethal model of rice weevils subjected to microwave irradiation. Journal of Stored Products Research 43: 430-434.
- Zhongli, P. 2008. Infrared Drying of Rough Rice for Improved Quality & Processing Efficiency. research engineer, USDA-ARS, Albany, CA. (Online). Available: <http://www.carrb.com/08rtp/Infrared.htm>. (15 December, 2011).
-

การเพาะเลี้ยงด้วงเต่าสีส้มด้วยอาหารเทียมหลัก

Rearing of *Micraspis discolor* (Fabricius) on Artificial Food Sources

วนิดชา ฉิมนาค^{1/} วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ^{2*} ไสว บุรณพานิชพันธุ์^{3/}
และจิราพร กุลสาริน^{3/}

Vanidchaya Chimnak^{1/}, Weerathep Pongprasert^{2*}, Sawai Buranapanichpan^{3/}
and Jiraporn Kulsarin^{3/}

Abstract: The objective of this study was to find out the suitable artificial foods for mass rearing *Micraspis discolor* (Fabricius) in laboratory. The completely randomized design with 30 replications and 5 treatments composed of honeycomb, honeybee pollen, honeybee brood, egg yolk and multivitamins was performed. The complete development of *M. discolor* was found when fed on only honeycomb and honeybee brood with the total development period from egg to adult at 36.25 and 37.00 days, respectively, longer than those fed on *Aphis craccivora* (Koch) which was only 13.47 days. The partial ecological life table showed that the highest mortality of *M. discolor* fed on honeycomb was found in the egg stage and first instar larva, meanwhile, the highest mortality of those fed on honeybee brood and *A. craccivora* was found in the pre-pupa and pupa stage. The survivorship curve of *M. discolor* fed on honeycomb, honeybee brood and *A. craccivora* was closely related to type III, I and I, respectively ($P \geq 0.05$).

Keywords: *Micraspis discolor*, artificial food, techniques, biological control

^{1/} สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อ. เมือง จ. พิษณุโลก 65000

^{1/} Program of Agriculture, Faculty of Food and Agricultural Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok 65000, Thailand

^{2/} ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร อ. เมือง จ. พิษณุโลก 65000

^{2/} Department of Agricultural Science, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand

^{3/} ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ. เชียงใหม่ 50200

^{3/} Department of Entomology and Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

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

บทคัดย่อ: การศึกษาการเพาะเลี้ยงด้วงเต่าสีส้ม (*Micraspis discolor* (Fabricius)) ในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาและคัดเลือกอาหารเทียมหลักที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณด้วงเต่าสีส้ม ภายในห้องปฏิบัติการ โดยเน้นการเพาะเลี้ยงด้วงเต่าสีส้มด้วยอาหารเทียมจากวัตถุดิบหลัก 5 ชนิด คือ รังผึ้ง เกสรผึ้ง ตัวอ่อนผึ้ง ไข่แดง และวิตามินรวม ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ทำ 30 ซ้ำ พบว่ามีเพียงอาหารเทียมจากรังผึ้งและตัวอ่อนผึ้งเท่านั้นที่สามารถเพาะเลี้ยงด้วงเต่าสีส้มจนเป็นตัวเต็มวัยได้ โดยด้วงเต่าสีส้มที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมจากรังผึ้ง ตัวอ่อนผึ้ง ใช้ระยะเวลาการเจริญเติบโตจากระยะไข่ถึงตัวเต็มวัยเฉลี่ย คือ 36.25 และ 37.00 วันตามลำดับ ซึ่งยาวนานกว่าเมื่อเลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนแก้วที่ใช้เวลาเฉลี่ย 13.47 วันเท่านั้น และผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางชีววิทยาด้วยตารางชีวิตแบบ partial ecological life table ของด้วงเต่าสีส้มที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมจากรังผึ้ง มีอัตราการตายเกิดขึ้นในช่วงระยะไข่และตัวอ่อนระยะแรกสูงมาก ซึ่งสอดคล้องกับ survivorship curve แบบ Type III ($P \geq 0.05$) ส่วนด้วงเต่าสีส้มที่เลี้ยงด้วยตัวอ่อนผึ้ง และเพลี้ยอ่อนแก้ว มีอัตราการตายน้อยมากในระยะแรกและเพิ่มสูงขึ้นในระยะเตรียมเข้าดักแด้และระยะดักแด้จึงสอดคล้องกับ survivorship curve แบบ Type I ($P \geq 0.05$)

คำสำคัญ: ด้วงเต่าสีส้ม อาหารเทียม เทคนิค การควบคุมโดยชีววิธี

คำนำ

ด้วงเต่าสีส้ม (*Micraspis discolor* (Fabricius)) (Coleoptera: Coccinellidae) จัดเป็นด้วงเต่าตัวห้าที่ทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัยสามารถเข้าทำลายแมลงศัตรูพืชได้หลายชนิด เช่น เพลี้ยอ่อน หนอนเจาะผักข้าวโพด หนอนผีเสื้อขนาดเล็ก เพลี้ยแป้ง แมลงหวี่ขาว และเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล รวมถึงแมลงที่มีลำตัวอ่อนนุ่มและไข่แมลงหลายชนิด (Begum *et al.*, 2002; Shepard and Rapusas, 1989; Rao *et al.*, 1989; Mani, 1995; Kamal, 1998; Lucas *et al.*, 1997) ด้วงเต่าสีส้มสามารถพบได้ทั่วไปในแปลงปลูกผัก ถั่วเหลือง พริก ยาสูบ ฝ้าย ข้าวโพด รวมถึงข้าว ในปริมาณสูง (Gautam *et al.*, 1995; Duffield, 1995) มีความว่องไวในการค้นหาเหยื่อ เป็นตัวห้ำที่มีประสิทธิภาพและทนทานต่อสภาพแวดล้อม เช่น ในเขตภาคเหนือตอนล่างได้เป็นอย่างดี (วีรเทพ และคณะ, 2553) ทำให้ด้วงเต่าชนิดนี้มีศักยภาพสูงมากในการใช้ควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี (จิรพงศ์, 2543; Chowdhury *et al.*, 2008)

อย่างไรก็ตาม การดำเนินงานทางด้านการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีนั้น ขั้นตอนที่สำคัญคือ การเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณแมลงศัตรูธรรมชาติและปลดปล่อยในธรรมชาติเพื่อให้เกิดกลไกการควบคุมตามธรรมชาติขึ้นซึ่งในขั้นตอนการเพาะเลี้ยงนี้ มักประสบปัญหาและอุปสรรค

ในเรื่องของการขาดแคลนเหยื่อ (prey) หรือแมลงอาศัย (host) ที่เป็นแหล่งอาหารเสมอ ๆ ทั้งนี้เพราะในการเพาะเลี้ยงนั้นต้องประกอบด้วยกระบวนการหลักสำคัญถึง 3 กระบวนการ คือ การเพาะเลี้ยงพืชอาศัยของเหยื่อ การเพาะเลี้ยงเหยื่อให้มีปริมาณมากเพียงพอต่อการเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติ และการนำเหยื่อเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติให้ได้ปริมาณเพียงพอต่อการเพิ่มจำนวนของแมลงศัตรูธรรมชาติ ซึ่งทั้ง 3 กระบวนการนี้ต้องมีการทำงานที่สอดคล้องกันอย่างเหมาะสมและต่อเนื่อง และหากขาดการต่อเนื่องในขั้นตอนใดเพียงขั้นตอนเดียวก็ส่งผลกระทบต่อทั้งระบบ ทำให้ไม่สามารถเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณได้สำเร็จเพียงพอและเหมาะสมสอดคล้องกับความต้องการได้ ซึ่งในกรณีของด้วงเต่าสีส้มก็ประสบกับปัญหาดังกล่าวเช่นกัน แม้ในปัจจุบันทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของด้วงเต่าสีส้มสามารถเพาะเลี้ยงได้ในห้องปฏิบัติการด้วยเพลี้ยอ่อนหลากหลายชนิดก็ตาม แต่ก็ไม่สามารถรอดพ้นจากการประสบปัญหาการขาดแคลนเหยื่ออาศัยได้ ทำให้การพัฒนาการใช้ประโยชน์ไม่สามารถกระทำได้อย่างสมบูรณ์และเหมาะสมได้ตามต้องการ

ในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมา มีรายงานการใช้อาหารเทียมหรืออาหารทดแทนเพาะเลี้ยงด้วงเต่าได้หลายชนิดในหลายประเทศ เช่น Nijima *et al.* (1997) พัฒนาอาหารเทียมที่ประหยัดและลดการใช้แรงงานเพื่อเพาะเลี้ยงเพิ่ม

ปริมาณด้วงเต่า *Harmonia axyridis* ด้วยผงตัวอ่อนผึ้ง ร่วมกับสารอาหารชนิดต่าง ๆ Agarwala and Choudhuri (1995) ใช้ตัวอ่อนผึ้ง และไข่มด เลี้ยงด้วงเต่า *Menochilus sexmaculatus* ในประเทศจีน Chen et al. (1989) พบว่า เมื่อให้ด้วงเต่า *Coccinella septempunctata* กินตับหมูสด ทำให้อัตราการอยู่รอดในระยะตัวอ่อนของด้วงเต่าเพิ่มขึ้น รวมถึงการศึกษาของ Silva et al. (2009) พบว่าด้วงเต่า *Eriopis connexa* มีอัตราการอยู่รอดเป็นตัวเต็มวัยสูงเช่นกัน เมื่อเพาะเลี้ยงด้วยไข่ของผีเสื้อ *Anagasta kuehniella* และอาหารแมลง ซึ่งอาหารเหล่านี้สามารถจัดหาได้ทั่วไปในท้องถิ่น ทำให้การเพาะเลี้ยงด้วงเต่าด้วยอาหารเทียมมีความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ เพื่อใช้ทดแทนภาวะการขาดแคลนแมลงที่เป็นอาหารในระบบการเพาะเลี้ยงด้วงเต่าได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการพัฒนาการเพาะเลี้ยงด้วงเต่าสีส้มด้วยอาหารเทียมในรูปของวุ้นจากผงวัตถุดิบหลัก เพื่อศึกษาถึงแนวทางและความเป็นไปได้ในการใช้อาหารเทียมเพาะเลี้ยงด้วงเต่าสีส้มทดแทนเมื่อเกิดการขาดแคลนเพลี้ยอ่อนหรือแมลงที่เป็นอาหารในธรรมชาติ

อุปกรณ์และวิธีการ

การเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณด้วงเต่าสีส้ม

ดำเนินการเก็บรวบรวมด้วงเต่าสีส้มทุกระยะการเจริญเติบโต ทั้งในระยะไข่ ตัวอ่อน และตัวเต็มวัยจากสภาพธรรมชาติ ตำบลบึงพระ และท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก เพาะเลี้ยงภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ ภาคเหนือ ตองลาง มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก ที่อุณหภูมิ 27 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60 ± 10 เปอร์เซ็นต์ โดยเพาะเลี้ยงในกล่องเลี้ยงแมลง ขนาด $15 \times 21 \times 7$ เซนติเมตร ให้เพลี้ยอ่อนถั่ว (*Aphis craccivora* Koch) จากถั่วฝักยาวในโรงเรือนทดลองเป็นอาหาร เมื่อตัวเต็มวัยเพศเมียวางไข่เรียกเป็นรุ่นที่ 1 ทำการเก็บรวบรวมไข่ที่ได้รับเพื่อใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป

การเตรียมอาหารเทียม

เตรียมอาหารเทียมโดยดัดแปลงสูตรอาหารเทียมสำหรับเลี้ยงด้วงเต่าตัวห้ำจากการรวบรวมเอกสารงานวิจัย ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่หาง่ายในท้องถิ่น เช่น รังผึ้ง ผงตัวอ่อนผึ้ง เกสรผึ้ง ไข่แดง และวิตามินรวม (Nijima et al., 1997; De Clercq, et al., 2005) โดยนำวัตถุดิบหลักข้างต้น ล้างทำความสะอาด จากนั้นปั่นให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน ใส่ในภาชนะแก้วใส นำไปแช่ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ก่อนเข้าสู่กระบวนการอบแห้งแบบระเหิดหรือการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze drying) เมื่อเสร็จสิ้นได้เป็นผงวัตถุดิบหลัก

นำผงอาหารเทียมที่ได้จากวิธีการข้างต้น จำนวน 5 กรัม ผสมกับน้ำต้มสุกที่เตรียมไว้ 100 มิลลิลิตร และเติมฟอรัมาลีน 40 เปอร์เซ็นต์ 0.26 มิลลิลิตร จากนั้นเทใส่ภาชนะหรือจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้ว พักไว้จนวุ้นแข็งตัว ได้อาหารเทียมสำหรับนำไปทดสอบในขั้นตอนต่อไป (กัลยา, 2553)

การเพาะเลี้ยงด้วงเต่าสีส้มด้วยอาหารเทียมวุ้นเปรียบเทียบกับอาหารธรรมชาติ

ศึกษาอาหารเทียมเพาะเลี้ยงด้วงเต่าสีส้ม ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ทำ 30 ซ้ำ โดยหน่วยทดลองคือ ไข่ด้วงเต่าสีส้มเพาะเลี้ยงภายในกล่องพลาสติกทรงกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 เซนติเมตร กล่องละ 1 ฟอง จำนวน 30 กล่อง สิ่งทดลองคือ อาหารเทียมวุ้นที่ประกอบด้วยวัตถุดิบหลัก 5 ชนิด คือ รังผึ้ง เกสรผึ้ง ตัวอ่อนผึ้ง ไข่แดง และวิตามินรวม โดยให้อาหารเทียมวุ้นที่ตัดเป็นชิ้นวุ้นรูปวงกลมน้ำหนัก 1 กรัม และทำการเปลี่ยนอาหารเทียมวุ้นทุกวัน เปรียบเทียบกับอาหารธรรมชาติ คือ เพลี้ยอ่อนถั่ว โดยให้อัตรา 50 ตัว/กล่อง/วัน บันทึกการเจริญเติบโต การพัฒนาในแต่ละวัย จนเป็นตัวเต็มวัย จากนั้นนำตัวเต็มวัยที่ได้จากการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารเทียมวุ้นชนิดเดียวกันมารวมกันเพื่อให้ผสมพันธุ์ในกล่องที่มีอาหารเทียมวุ้นแต่ละชนิด เพื่อศึกษาจำนวนไข่ที่ด้วงเต่าเพศเมีย 1 ตัว สามารถวางไข่ได้ พร้อมบันทึกผล

ผลการทดลองและวิจารณ์

การเพาะเลี้ยงด้วงเต่าสีส้มด้วยอาหารเทียมวันเปรียบเทียบกับอาหารธรรมชาติ

การเพาะเลี้ยงด้วงเต่าสีส้มด้วยอาหารเทียมวันพบว่าด้วงเต่าสีส้มสามารถเจริญเติบโตได้ตั้งแต่ระยะตัวอ่อนจนเป็นตัวเต็มวัย เมื่อเพาะเลี้ยงด้วยอาหารเทียมวันจากรังผึ้งและตัวอ่อนผึ้ง รวมถึงเพลี้ยอ่อนถั่วเท่านั้น และใช้ระยะเวลาการเจริญเติบโต 60.25, 58.50 และ 28.97 วัน ตามลำดับ โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($P \leq 0.05$) ซึ่งการเลี้ยงด้วยอาหารเทียมมีผลทำให้ด้วงเต่าใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตตลอดช่วงอายุยาวนานกว่าการเลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนถั่ว

ในระยะตัวอ่อนวัยที่ 1 นั้น อาหารเทียมทุกชนิดสามารถใช้เพาะเลี้ยงด้วงเต่าสีส้มได้ โดยมีระยะเวลาในการเจริญเติบโตเฉลี่ยตั้งแต่ 5.50-13.50 วัน ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติอย่างชัดเจน ในระยะนี้การเลี้ยงด้วยวิตามินรวมใช้ระยะเวลาเฉลี่ยสั้นที่สุดคือ 5.50 วัน และที่ยาวนานที่สุดคือ เกสรผึ้ง ใช้เวลาเฉลี่ย 13.50 วัน แต่อย่างไรก็ตามอาหารเทียมทุกชนิดใช้ระยะเวลายาวนานกว่าการเลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนถั่ว ซึ่งใช้เวลาเฉลี่ยเพียง 2.40 วันเท่านั้น และในวัยที่ 2 นั้น อาหารเทียมทุกชนิดสามารถใช้เพาะเลี้ยงด้วงเต่าสีส้มจนเข้าสู่วัยที่ 3 ได้ยกเว้นไข่แดงโดยตัวอ่อนผึ้งใช้ระยะเวลาเฉลี่ยสั้นที่สุดคือ 6.50 วันใกล้เคียงกับการการเลี้ยงด้วยวิตามินรวม และรังผึ้ง คือ 7.00 และ 8.25 วันตามลำดับ ในขณะที่เกสรผึ้งใช้ระยะเวลาเฉลี่ยนานที่สุดถึง 23.50 วัน ส่วนเพลี้ยอ่อนถั่วใช้เวลาเฉลี่ยสั้นมากเพียง 2.40 วันเท่านั้น ในวัยที่ 3 อาหารเทียมจากรังผึ้งตัวอ่อนผึ้ง และเพลี้ยอ่อนถั่วเท่านั้นที่เพาะเลี้ยงด้วงเต่าสีส้มจนเข้าสู่วัยที่ 4 โดยด้วงเต่าที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมทั้ง 2 ชนิดนี้ใช้ระยะเวลาเฉลี่ยในการเจริญเติบโต 7.00 และ 6.50 วัน ตามลำดับ แตกต่างจากการเลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนถั่วอย่างชัดเจน คือ 2.4 วัน ในทำนองเดียวกับการเจริญเติบโตของวัยที่ 4 จนถึงเตรียมเข้าดักแด้ มีเพียงอาหารเทียมจากรังผึ้ง ตัวอ่อนผึ้งและเพลี้ยอ่อนถั่วเท่านั้นที่สามารถใช้เพาะเลี้ยงด้วงเต่าสีส้มได้ ใช้ระยะเวลาเฉลี่ย 6.50, 11.00 และ 1.80 วันตามลำดับ ระยะเตรียมเข้า

ดักแด้ ใช้ระยะเวลาเฉลี่ย 3.50, 1.25 และ 1.80 วันตามลำดับ ระยะดักแด้นั้นด้วงเต่าที่เลี้ยงด้วยรังผึ้งใช้ระยะเวลาการพัฒนารวดเร็วมากเพียง 2 วันเทียบเท่ากับด้วงเต่าที่เลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนถั่ว คือ 2.67 วัน ในขณะที่เลี้ยงด้วยตัวอ่อนผึ้งใช้ระยะเวลานานถึง 5.25 วัน ส่วนในระยะตัวเต็มวัย พบว่าด้วงเต่าที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมมีอายุนานใกล้เคียงกัน คือ 24.00 และ 21.50 วัน ในขณะที่ด้วงเต่าที่เลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนถั่วใช้เวลาสั้นกว่ามากเพียง 15.50 วันเท่านั้น (ตารางที่ 1)

จากการศึกษาด้วงเต่าสีส้มที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมวันจากผงรังผึ้งและตัวอ่อนผึ้งสามารถใช้เพาะเลี้ยงด้วงเต่าจนเป็นตัวเต็มวัยได้สำเร็จนั้น สอดคล้องกับรายงานการเพาะเลี้ยงด้วงเต่าหลายชนิด เช่น Nijima *et al.* (1997) พบว่าผงตัวอ่อนผึ้งมีประสิทธิภาพดีที่สุดในการเพาะเลี้ยงด้วงเต่า *H. axyridis* อย่างไรก็ตามการเพาะเลี้ยงด้วงเต่าด้วยอาหารเทียมมักพบว่า ด้วงเต่าใช้ระยะเวลาในการพัฒนาในแต่ละวัยยาวนานกว่าการเลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติในที่นี้ คือ เพลี้ยอ่อนถั่ว สอดคล้องกับรายงานของกัลยา (2553) ซึ่งพบว่าด้วงเต่าลายหยัก *M. sexmaculatus* เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารเทียมวันใช้ระยะเวลาการเจริญเติบโตยาวนานกว่าการเลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนถั่ว

ตารางชีวิตของด้วงเต่าสีส้มเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารเทียม

ผลการศึกษาตารางชีวิตแบบ partial ecological life table ของด้วงเต่าสีส้ม เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารเทียมวันจากรังผึ้ง พบว่าระยะไข่และตัวอ่อนวัยที่ 1 มีอัตราการตายต่อชั่วอายุ เท่ากับร้อยละ 20.00 และ 40.00 ตามลำดับ โดยในระยะตัวอ่อนวัยที่ 2 จนถึงตัวเต็มวัย มีอัตราการตายเท่ากับศูนย์ (ตารางที่ 2) ซึ่งสาเหตุการตายในระยะไข่นั้นอาจเกิดได้หลายสาเหตุ เช่น การได้รับสารอาหารที่ไม่เพียงพอของด้วงเต่าเพศเมีย ความสมบูรณ์ของไข่ที่เพศเมียวาง สภาพแวดล้อมในการเลี้ยง (Chapman, 1998; Nation, 2002) ในขณะที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมจากตัวอ่อนผึ้ง พบว่ามีอัตราการตายต่อชั่วอายุ ในระยะไข่และระยะดักแด้ คิดเป็นร้อยละ 20.00 และ 40.00 ตามลำดับ (ตารางที่ 3) เมื่อ

เปรียบเทียบกับด้วงเต่าที่เลี้ยงด้วยอาหารจากธรรมชาติ เข้าดักแด้และดักด้ คัดเป็นร้อยละ 40.00 และ 20.00 คือเพื่อย้อนถั่ว พบว่ามีอัตราการตาย ในระยะเตรียม ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

Table 1 Duration of various developmental stage of *Micraspis discolor* (Fabricius) fed on five artificial diets and *Aphis craccivora* (Koch) under laboratory conditions ($27 \pm 2^{\circ}\text{C}$ and $60 \pm 10\%$ RH).

Stage of development	Duration (days) ^{1/}					<i>A. craccivora</i>
	Honeycomb	Honeybee pollen	Bee brood	Yolk	Multivitamins	
Larva:						
Instar I	9.00 ^{ab}	13.50 ^a	6.50 ^b	6.25 ^b	5.50 ^b	2.40 ^c
Instar II	8.25 ^{ab}	23.50 ^a	6.50 ^{bc}	-	7.00 ^b	2.40 ^c
Instar III	7.00 ^a	-	6.50 ^a	-	-	2.40 ^b
Instar IV	6.50 ^b	-	11.00 ^a	-	-	1.80 ^c
Prepupa	3.50 ^a	-	1.25 ^a	-	-	1.80 ^a
Pupa	2.00 ^b	-	5.25 ^a	-	-	2.67 ^b
Total developmental						
from egg to adult	36.25 ^a	-	37.00 ^a	-	-	13.47 ^b
Adult	24.00 ^a	-	21.50 ^{ab}	-	-	15.50 ^b
Total	60.25 ^a	-	58.50 ^a	-	-	28.97 ^b

^{1/}Means value in the same row are not significant differences ($P \geq 0.05$)

Table 2 Partial ecological life table of *Micraspis discolor* (Fabricius) fed on artificial diet base on honeycomb under laboratory conditions ($27 \pm 2^{\circ}\text{C}$ and $60 \pm 10\%$ RH).

Stage of development (X)	Number of surviving at the beginning of X (l_x)	Number of dying within X (d_x)	Percent mortality (100_{dx})	Generation mortality ($100_{dx}/n$)
Egg	30	6	20.00	20.00
Larva:				
Instar I	24	12	50.00	40.00
Instar II	12	0	0.00	0.00
Instar III	12	0	0.00	0.00
Instar IV	12	0	0.00	0.00
Prepupa	12	0	0.00	0.00
Pupa	12	0	0.00	0.00
Adult	12			

Table 3 Partial ecological life table of *Micraspis discolor* (Fabricius) fed on artificial diet base on bee brood under laboratory conditions ($27 \pm 2^\circ\text{C}$ and $60 \pm 10\%$ RH).

Stage of development (X)	Number of surviving at the beginning of X (l_x)	Number of dying within X (d_x)	Percent mortality (100_{qx})	Generation mortality ($100_{dx}/n$)
Egg	30	6	20.00	20.00
Larva:				
Instar I	24	0	0.00	0.00
Instar II	24	0	0.00	0.00
Instar III	24	0	0.00	0.00
Instar IV	24	0	0.00	0.00
Prepupa	24	0	0.00	0.00
Pupa	24	12	50.00	40.00
Adult	12			

Table 4 Partial ecological life table of *Micraspis discolor* (Fabricius) fed on *Aphis craccivora* (Koch) under laboratory conditions ($27 \pm 2^\circ\text{C}$ and $60 \pm 10\%$ RH).

Stage of development (X)	Number of surviving at the beginning of X (l_x)	Number of dying within X (d_x)	Percent mortality (100_{qx})	Generation mortality ($100_{dx}/n$)
Egg	30	0	0.00	0.00
Larva:				
Instar I	30	0	0.00	0.00
Instar II	30	0	0.00	0.00
Instar III	30	0	0.00	0.00
Instar IV	30	0	0.00	0.00
Prepupa	30	12	40.00	40.00
Pupa	18	6	33.33	20.00
Adult	12			

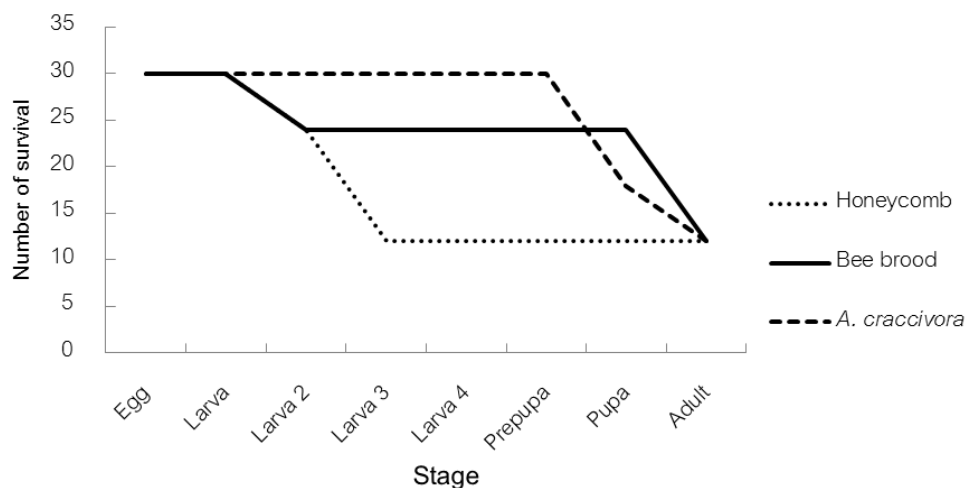


Figure 1 Survivorship curve of *Micraspis discolor* (Fabricius) fed on artificial diet base on honeycomb and honeybee brood under laboratory condition.

อาหารเทียมวันวัตถุดิบหลัก จำนวน 5 ชนิด

อาหารเทียมที่สมบูรณ์ควรมีสารอาหารต่าง ๆ ที่เหมาะสมใกล้เคียงกับเหยื่อในธรรมชาติ แต่เนื่องจากการศึกษาในครั้งนี้ เน้นการค้นหาและคัดเลือกอาหารเทียมวันวัตถุดิบหลักที่มีศักยภาพเพื่อใช้เพาะเลี้ยงด้วงเต่าสีส้ม อาหารเทียมที่ใช้จึงมีเพียงวัตถุดิบหลักและผงวันเป็นส่วนประกอบเท่านั้น ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะใช้อาหารดังกล่าวเลี้ยงด้วงเต่าสีส้มได้อย่างเหมาะสมและสมบูรณ์ดังเช่นอาหารที่เป็นเหยื่อจากธรรมชาติ อย่างไรก็ตาม การเติมสารอาหารบางชนิดเช่น น้ำตาล หรือวิตามินต่าง ๆ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญต่อการสร้างพลังงานและขับเคลื่อนเมตาโบลิซึมต่าง ๆ ของร่างกาย ลงไปในอาหารหลัก สามารถช่วยให้ด้วงเต่าเจริญเติบโตพัฒนาเข้าสู่วัยต่าง ๆ ได้สมบูรณ์มากขึ้น (Smirnov, 1958)

จากผลการทดสอบอาหารเทียมทั้ง 5 ชนิด ในการเลี้ยงด้วงเต่าสีส้ม ประเมินได้ว่าอาหารหลัก คือ รังผึ้ง และตัวอ่อนผึ้ง มีแนวโน้มในการใช้เป็นองค์ประกอบหลักเพื่อพัฒนาเป็นสูตรอาหารสำหรับใช้ในการเพาะเลี้ยงด้วงเต่าสีส้มในอนาคตได้ ดังนั้นคณะผู้วิจัยกำลังดำเนินการพัฒนาอาหารหลักทั้ง 2 ชนิดดังกล่าว ตามแนวทางจากสูตรอาหารของ Nijima *et al.* (1997) และ Smirnov (1958) เป็นหลัก เพื่อให้ได้อาหารเทียมมีคุณค่าทาง

โภชนาการครบตามที่ด้วงเต่าต้องการในการพัฒนา สรีรวิทยาได้อย่างสมบูรณ์ สามารถผลิตไข่ของด้วงเต่าในรุ่นต่อไปได้

สรุป

การเพาะเลี้ยงด้วงเต่าสีส้มด้วยอาหารเทียมวันจากผงวัตถุดิบหลักจำนวน 5 ชนิด คือ รังผึ้ง เกสรผึ้ง ตัวอ่อนผึ้ง ไข่แดง และวิตามินรวม เปรียบเทียบกับอาหารธรรมชาติ คือ เพลี้ยอ่อนถั่วนั้น พบว่าอาหารเทียมจากรังผึ้ง ตัวอ่อนผึ้ง และเพลี้ยอ่อนถั่วเท่านั้นที่สามารถเพาะเลี้ยงด้วงเต่าสีส้มจนเป็นตัวเต็มวัยได้สำเร็จ แต่ตัวเต็มวัยไม่สามารถวางไข่ได้ โดยด้วงเต่าสีส้มที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมจากรังผึ้ง ตัวอ่อนผึ้ง ใช้ระยะเวลาการเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยเฉลี่ย คือ 36.25 และ 37.00 วัน ตามลำดับ ในขณะที่เมื่อเลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนถั่วใช้เวลาเฉลี่ย 13.47 วัน และผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางชีววิทยาจากตารางชีวิตแบบ partial ecological life table ของด้วงเต่าสีส้มที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียมวันจากรังผึ้ง มี survivorship curve เป็นแบบ Type III เนื่องจากมีอัตราการตายเกิดขึ้นในช่วงระยะไข่และตัวอ่อนระยะแรกสูงมาก ส่วนด้วงเต่าที่เลี้ยงด้วยตัวอ่อนผึ้ง และเพลี้ยอ่อนถั่ว เป็น

แบบ Type I มีอัตราการตายน้อยมากในระยะแรกและเพิ่มสูงขึ้นในระยะเตรียมเข้าดักแด้และระยะดักแด้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ และศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ ภาคเหนือตอนล่าง ที่ให้ความอนุเคราะห์งบประมาณ เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้จนสำเร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

- กัลยา บุญสง่า. 2553. การพัฒนาอาหารเทียมเพื่อเพาะเลี้ยงด้วงเต่าลายหยัก *Menochilus sexmaculatus* (Fabricius). วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 65 หน้า.
- จิรพงศ์ ไจรินทร์. 2543. บทบาทของศัตรูธรรมชาติต่อการควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล [*Nilaparvata lugens* (Stål)] ในนาข้าว. วารสารวิชาการเกษตร 18: 12-17.
- วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ ชุมพณ กันทะ วิภา หอมหวล สิริรัตน์ แสนยงค์ กมลวรรณ โรจน์สุนทรกิตติ และเกียรติศักดิ์ เกิดสุข. 2553. การบริหารโครงการและดำเนินโครงการวิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ: การควบคุมศัตรูพืชทางทางเกษตรโดยชีววิธีของศูนย์ภาคเหนือตอนล่าง. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ. 73 หน้า.
- Agarwala, B. K. and M. S. Choudhuri. 1995. Use of alternative foods in the rearing of aphidophagous ladybeetle, *Menochilus sexmaculatus* Fabr. Entomol 20: 19-23.
- Begum, M. A., M. Jahan, M. N. Bari, M. M. Hossain and N. Afsana. 2002. Potentiality of *Micraspis discolor* (F.) as a biocontrol agent of *Nilaparvata lugens* (Stal). J. Bio. Sci. 2(9): 630-632.

- Chapman, R. F. 1998. The Insects: Structure and Function. 4th ed. Cambridge University Press, Cambridge. 773 p.
- Chen, Z. H., J. D. Qin and C. L. Shen. 1989. Effects of altering composition of artificial diets on the larval growth and development of *Coccinella septempunctata*. Acta Entomol. Sin. 32: 385-392.
- Chowdhury, S. P., M. A. Ahad, M. R. Amin and M.S. Hasan. 2008. Biology of ladybird beetle *Micraspis discolor* (Fab.) (Coccinellidae: Coleoptera). Int. J. Sustain. Crop Prod. 3(3): 39-44.
- De Clercq, P., M. Bonte, K. van Speybroeck, K. Bolckmans and K. Deforce. 2005. Development and reproduction of *Adalia bipunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) on eggs of *Ephesia kuehniella* (Lepidoptera: Phycitidae) and pollen. Pest Manag. Sci. 61: 1129-1132.
- Duffield, S. J. 1995. Crop-specific differences in the seasonal abundance of four major predatory groups on sorghum and short-duration pigeon pea. Intl. Chickpea Pigeonpea Newsl. 2: 74-76.
- Gautam, R. D., S. Chander, V. K. Sharma and R. Singh. 1995. Aphids infesting safflower, their predatory complex and effect on oil content. Ann. Plant Prot. Sci. 3(1): 27-30.
- Kamal, N. Q. 1998. Brown planthopper (BPH), *Nilaparvata lugens* Stal situation in Bangladesh. A report of DAE-UNDP/FAO IPM Project, Khamarbari, Farmgate, Dhaka, Bangladesh.
- Lucas, E., D. Coderre and C. Vincent. 1997. Voracity and feeding preferences of two aphidophagous coccinellids on *Aphis*

-
- citricola* and *Tetranychus urticae*. Entomol. Exp. Appl. 85:151-159.
- Mani, M. 1995. Studies of natural enemies of wax scale *Drepanococcus chiton* (Green) on ber and guava. Entomon 20(2): 55-58.
- Nation, J. L. 2002. Insect Physiology and Biochemistry. CRC Press, Boca aton. 485 p.
- Nijijima, K., W. Abe and M. Matsuka. 1997. Development of low-cost and labor-saving artificial diet for mass production of an aphidophagous coccinellid, *Harmonia axyridis* (Pallas). Bull. Fac. Agric., Tamagawa Univ. 37: 63-74.
- Rao, N. V., A. S. Reddy and K. T. Rao. 1989. Natural enemies of cotton whitefly, *Bemisia tabaci* Gennadius in relation to host population and weather factors. J. Biol. Control 3(1): 10-12.
- Shepard, B. M. and H. R. Rapusas. 1989. Life cycle of *Micraspis* sp. on brown planthopper (BPH) and rice pollen. Int. Rice Res. Newsl. 14: 40.
- Silva, R. B., J. C. Zanuncio, J. E. Serrao, E. R. Lima, M. L. C. Figueirido and I. Cruz. 2009. Suitability of different artificial diets for development and survival of stages of the predaceous ladybird beetle *Eriopsis connexa*. Phytoparasitica 37: 115-123.
- Smirnov, W. A. 1958. An artificial diet for rearing coccinellid beetles. Can. Entomol. 90: 563-565.
-

ระดับเศรษฐกิจของแมลงศัตรูพืช

Economic Threshold of Insect Pests

ชาณุณรงค์ ดวงสะอาด^{1/}

Channarong Doungsa-ard^{1/}

Abstract: Economic threshold considered as a “tool” has been used to determine a decision making for controlling plant pests, based on the relationship between pest abundance and crop damage. It's emphasized on benefit/cost ratio with no consequence effects. This paper described concepts, definition and establishment of economic threshold.

Keywords: Economic threshold, economic injury level, pest control

บทคัดย่อ: ระดับเศรษฐกิจจัดได้ว่าเป็นเครื่องมือที่ใช้ตัดสินใจในการควบคุมศัตรูพืชโดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างระดับปริมาณประชากรของศัตรูพืช และความเสียหายที่เกิดขึ้น โดยมีหลักพื้นฐานว่ามีความคุ้มค่าต่อการลงทุน และไม่มีผลกระทบที่จะติดตามมา แนวความคิด ความหมาย และแนวทางการตั้งระดับเศรษฐกิจได้อธิบายรายละเอียดไว้ในบทความนี้

คำสำคัญ: ระดับเศรษฐกิจ, ระดับความเสียหายทางเศรษฐกิจ, การควบคุมศัตรูพืช

^{1/} สาขาวิชาอารักขาพืช คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อ. สันทราย จ. เชียงใหม่ 50290

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

คำนำ

“ระดับเศรษฐกิจ” (Economic Threshold: ET) เป็นคำศัพท์ทางวิชาการด้านการควบคุมศัตรูพืช ที่ได้นำมาเผยแพร่โดย ดร. สุธรรม อารีกุล ในสารบท “แมลงศัตรูพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย” ซึ่งเป็นเอกสารที่ใช้ประกอบการสอนให้กับนิสิตของภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เป็นครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2508 โดยได้ให้ความหมายว่า ET คือ “ระดับซึ่งการทำลายของแมลงมีผลกระทบกระเทือนต่อผลผลิตทำให้ผลผลิตน้อยลง” แต่หากจะขยายความต่อไปโดยอ้างอิงถึง Vernon M. Stern และคณะ ที่เป็นผู้บัญญัติศัพท์คำนี้เมื่อปี ค.ศ. 1959 (= พ.ศ. 2502) ได้ให้นิยามของ ET ว่าหมายถึง **“ระดับความหนาแน่นของประชากรศัตรูพืชที่จะต้องหาทางป้องกันกำจัดการเพิ่มขยายมิให้สูงขึ้นถึงระดับความเสียหายทางเศรษฐกิจ** (Economic Injury Level: EIL)” โดยที่ EIL หมายถึง **“ระดับความหนาแน่นต่ำสุดของประชากรศัตรูพืชที่จะทำให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจ”** ในที่นี้ศัตรูพืชผู้เขียนขอเจาะจงเฉพาะ **แมลงศัตรูพืช** เท่านั้น

คำศัพท์ทางวิชาการที่กล่าวถึงถือได้ว่าเป็นหลักหรือเป็น “หัวใจ” ของการนำมาใช้ในการตัดสินใจเพื่อทำการควบคุมแมลงศัตรูพืช (Pest control) บทความนี้ได้เรียบเรียงขึ้นด้วยต้องการขยายความเกี่ยวกับ “ระดับเศรษฐกิจ” ถึงรากฐานของความเป็นมา และการใช้ประโยชน์ โดยอาศัยเอกสารวิชาการที่ได้ค้นคว้ารวมทั้งแนวคิดต่าง ๆ เข้ามาประกอบ

แนวความคิดเกี่ยวกับความเสียหาย (The damage concept)

มนุษย์อาศัยพืชเพื่อการดำรงชีวิตโดยใช้เป็นอาหาร อาคาร ภูมิทัศน์ และโอโซน ที่เรียกว่า “ปัจจัยสี่” มากถึง 95% ของทรัพยากรทั้งหลาย และเป็นที่ทราบกันดีว่ามีใช้แต่มนุษย์เท่านั้นที่อาศัยพืชเพื่อความเป็นอยู่สิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ๆ เช่น สัตว์กินพืชทั้งหลายโดยเฉพาะแมลง และหรือจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ได้อาศัยพืชเพื่อดำรงชีพเช่นกัน หากสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ เหล่านี้เข้ามาแย่งแย่งพืชที่

มนุษย์ปลูกหรือใช้ประโยชน์จนทำให้เกิดความเสียหายซึ่งมนุษย์ยอมรับไม่ได้ มนุษย์จึงถือว่าเป็น “ศัตรู” และเรียกสิ่งเหล่านั้นว่าเป็น “ศัตรูพืช” (ของมนุษย์)

แนวความคิดของความเสียหายของพืชที่เกิดจากการทำลายของแมลง อธิบายได้อย่างง่าย ๆ คือเมื่อพืชเจริญเติบโตในสภาพแวดล้อมที่เป็นปกติทุกอย่างและไม่มีแมลงศัตรูพืชปรากฏอยู่ในแปลง ผลผลิตที่ได้จึงเกิดมาจากความสามารถเฉพาะทางพันธุกรรมของพืชเรียกว่าให้ผลผลิตที่เหมาะสม (optimal yield) ภายใต้สภาพนั้น ๆ แต่ถ้ามีแมลงศัตรูพืชชนิดใดชนิดหนึ่งปรากฏอยู่ในแปลงและทำลายส่วนต่าง ๆ ของพืช ส่งผลให้ผลผลิตของพืชลดลง เมื่อเปรียบเทียบผลผลิตที่ไม่มีแมลงเข้าทำลายผลต่างของผลผลิตเรียกว่า “ความเสียหาย” ของพืช (crop loss/damage) กล่าวกันโดยทั่วไปว่ายิ่งมีความหนาแน่นของแมลงสูงขึ้น ความเสียหายมักสูงขึ้นเป็นเงาตามตัว แต่ไม่เป็นความจริงเสมอไป แมลงที่มีจำนวนน้อยอาจทำให้เกิดความเสียหายแก่พืชได้มาก ยกตัวอย่างเช่นความเสียหายที่เกิดกับผลผลิตที่ต้องการความสวยงาม (cosmetic produces) และต้องไม่มีร่องรอยจากการทำลายของแมลงปรากฏอยู่ บนหรือในผลผลิตนั้น ๆ ปริมาณการทำลายที่ไม่เกิดมากนักจากจำนวนแมลงที่มีปริมาณต่ำ ถือว่าเกิดความเสียหายขึ้นแล้ว แม้ว่าไม่มีผลต่อผลผลิตทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ ซึ่งเป็นลักษณะเช่นเดียวกับแมลงที่เป็นพาหะนำโรคมานำสู่พืช แมลงที่มีจำนวนน้อยอาจจะทำให้เกิดความเสียหายกับพืชได้มาก เมื่อแมลงชนิดนั้นอยู่ในระยะที่เป็นพาหะนำโรค

พืชหลายชนิดสามารถทนทานต่อการทำลายของแมลง ขณะที่แมลงมีความหนาแน่นต่ำ โดยไม่เกิดความเสียหายขึ้นทั้งนี้เพราะพืชเจริญเติบโตทดแทนส่วนที่ถูกทำลายได้ และในบางกรณีกลับเป็นการกระตุ้นให้พืชเจริญเติบโตได้ดีและให้ผลผลิตสูงขึ้นกว่าปกติได้ แต่เมื่อปริมาณประชากรของแมลงสูงขึ้นจนกระทั่งถึงระดับหนึ่งที่เกิดความเสียหาย และสูงมากขึ้นเมื่อปริมาณแมลงเพิ่มมากขึ้นในลักษณะของความสัมพันธ์ที่สอดคล้องกัน สิ่งที่ต้องพิจารณา ณ จุดนี้คือ ความเสียหายในระดับใดจึงเป็นความเสียหายที่ **ยอมรับได้** หรือ **ไม่ได้** ดังนั้นแนวความคิดของ **“จุดผันผวน”** หรือ “Threshold

concept” โดยอาศัยความเสียหายจึงเกิดขึ้นเพื่อพัฒนาหรือกำหนดระดับของการยอมรับความเสียหายที่เกิดจากการทำลายของแมลง และเพื่อใช้เป็นหลักหรือเครื่องมือวัดในการตัดสินใจที่จะ **ควบคุม** หรือ **ไม่ควบคุม** (Fenemore, 1984; Pedigo and Rice, 2006; Van Emden and Service, 2004)

แนวคิดเกี่ยวกับระดับเศรษฐกิจ (The concept of an Economic Threshold)

เป็นแนวความคิดที่บ่งบอกถึง ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของแมลงศัตรูพืชและความเสียหายของพืชที่เกิดขึ้น ซึ่งนำมาสู่การตัดสินใจในการควบคุมแมลงศัตรูพืช แนวความคิดนี้เป็นผลพวงที่เกิดมาจากการใช้สาร ฆ่าแมลงอย่างไม่มีประสิทธิภาพ (Pedigo and Rice, 2006) ซึ่งสามารถกล่าวย้อนหลังโดยย่อ ๆ ได้ดังนี้

เริ่มจากที่มนุษย์ได้มีการสังเคราะห์สารฆ่าแมลงในกลุ่ม Chlorinated Hydrocarbon และกลุ่ม Organophosphates ขึ้น เพื่อนำมาใช้ในการควบคุมแมลงที่เป็นพาหะของโรค และแมลงที่รบกวน “กองทหาร” ในระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 เมื่อสงครามยุติลง สารฆ่าแมลงทั้งสองกลุ่มได้ถูกนำมาใช้ควบคุมแมลงศัตรูพืชทางการเกษตร ซึ่งปรากฏว่าได้ผลดีเป็นเลิศ ส่งผลให้เกษตรกรได้เปลี่ยนวิถีทางต่าง ๆ ที่เคยใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชมาใช้สารฆ่าแมลงเพียงอย่างเดียว อาจเป็นด้วยเพราะสาเหตุนี้ บริษัทต่าง ๆ จึงได้พัฒนาสารฆ่าแมลงชนิดใหม่ ๆ ขึ้นมามากมายหลายชนิด โดยมีเป้าหมายหลักคือค้นหาสารเคมีที่ใช้ฆ่าแมลงให้ได้กว้างขวางและรวดเร็วซึ่งเป็นแนวทางที่คล้อยตามกับนโยบายของรัฐบาล (สหรัฐฯ) และเกษตรกรผู้ใช้ จนทำให้เกิดแนวคิดหรือปรัชญาที่ว่า **“แมลงที่ดี คือแมลงที่ตายแล้ว”** (no good bug except a dead bug) [Stern (1973)] ทำให้ ณ เวลานั้น นักกีฏวิทยารวมทั้งผู้เชี่ยวชาญสารเคมีด้านการเกษตรหรือบริษัทผู้ผลิตสารฆ่าแมลงได้ให้ข้อเสนอแนะสนับสนุนการใช้สารฆ่าแมลงอย่างแพร่หลาย โดยมีได้ค่านึงว่าแมลงที่พบในแปลงปลูกพืชเป็นแมลงที่มีประโยชน์ (ศัตรูธรรมชาติ/แมลงที่ช่วยผสมเกสร) หรือแมลงที่มีโทษ (แมลงศัตรูพืช) ความหนาแน่นหรือปริมาณประชากร และความ

เสียหายของพืชปลูก รวมไปถึงผลกระทบต่าง ๆ ในด้านมลพิษต่อสภาพแวดล้อม การกระทำในลักษณะนี้เรียกว่าเป็น “การป้องกันไว้ก่อน” (Prophylactic measures) ซึ่งเป็นการกระทำที่ไม่ถูกต้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีพืชปลูกนั้นมีมูลค่าต่ำ

ปัญหาที่ติดตามมาจากการใช้สารฆ่าแมลงอย่างไม่ยั้งคิด โดยไม่มีข้อมูลชี้แนะว่า **ควร** หรือ **ไม่ควร** ใช้ **คุ้มค่า** หรือ **ไม่คุ้มค่า** จากการลงทุน สามารถอธิบายได้ดังนี้

ในปี ค.ศ. 1959 Vernon M. Stern, Ray F. Smith, Robert van den Bosch และ Kenneth S. Hagen นักกีฏวิทยารัฐแคลิฟอร์เนียของสหรัฐอเมริกา ได้เสนอแนวความคิดเกี่ยวกับความเสียหายทางเศรษฐกิจ (economic damage) ระดับความเสียหายทางเศรษฐกิจ (economic injury level) และระดับเศรษฐกิจ (economic threshold) ซึ่งรวมเรียกว่า “แนวคิดของระดับความเสียหายทางเศรษฐกิจ (economic injury level concept) โดยมุ่งเน้นการกระตุ้นให้มีการใช้สารฆ่าแมลงอย่างมีประสิทธิภาพ และสมเหตุสมผล โดยไม่ใช้มากเกินไปจนความจำเป็นและใช้ให้ถูกต้องเหมาะสมกับสถานการณ์ Stern *et al.* (1959) ได้ชี้ให้เห็นถึงปัญหาต่าง ๆ ที่สำคัญอันเกิดมาจากการใช้สารฆ่าแมลงอย่างไม่เหมาะสมกับสภาพการณ์ ส่งผลให้แมลงสร้างความต้านทานต่อสารฆ่าแมลง เกิดพิษตกค้างปนเปื้อนอยู่ในผลผลิตและสภาพแวดล้อม ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตนอกเป้าหมาย และรวมไปถึงผลของการใช้สารฆ่าแมลงที่มีต่อการกลับมาระบาดของแมลงศัตรูพืชชนิดเดิม และการระบาดของแมลงศัตรูพืชชนิดใหม่ขึ้น กล่าวสั้น ๆ ของแนวความคิดนี้คือ ค้นหาวิธีการลดการใช้สารฆ่าแมลง ซึ่งเป็นการลดปัญหา และความเสียหายต่าง ๆ ที่เกิดจากการใช้สารฆ่าแมลง โดยพยายามที่ค้นหากฎเกณฑ์ที่ชี้แนะในการตัดสินใจใช้สารฆ่าแมลงอย่างสมเหตุสมผลและคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ รวมถึงสภาพแวดล้อม และจนเป็นที่มาของแนวคิดที่เรียกว่า **ระดับเศรษฐกิจ**

“ระดับเศรษฐกิจ” (ET) มีความเกี่ยวข้องกับระดับความเสียหายทางเศรษฐกิจ (EIL) โดย ET ต้องเกิดขึ้นก่อน EIL หรืออีกนัยหนึ่ง ความหนาแน่นของแมลงที่สำรวจพบ ณ ขณะนั้นต้องทำการป้องกันกำจัดโดยวิธีใด

วิธีหนึ่งก่อนที่แมลงเหล่านั้นจะทำให้เกิดความเสียหายถึงระดับ EIL ยกตัวอย่างเช่น ถ้ามีหนอนกินใบข้าวโพดเฉลี่ย 10 ตัวต่อต้น ทำให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจ ดังนั้นเพื่อไม่ให้เกิดสถานการณ์ดังกล่าว หากสำรวจพบว่าหนอนกัดกินใบข้าวโพดเฉลี่ย 8 ตัวต่อต้น ควรหรือต้องทำการควบคุมอย่างใดอย่างหนึ่ง นี่คือ “ระดับเศรษฐกิจ” หรืออีกนัยหนึ่งคือจุดที่ต้องกระทำ (action threshold) ส่วนใหญ่แล้วเป็นการใช้สารฆ่าแมลงเพื่อแก้ปัญหาเฉพาะหน้า ณ สถานการณ์นั้น ๆ

เราทราบได้อย่างไรว่า EIL หรือ ET อยู่ ณ ระดับใดและกำหนดได้อย่างไร ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วเห็นว่ามี ความยุ่งยากหรือซับซ้อนเนื่องจากมีปัจจัยต่าง ๆ ที่ต้องใช้เป็นข้อมูลพื้นฐาน อาทิ ชนิดของพืช ชนิดของแมลง ศัตรูพืช ความรุนแรงของการทำลาย ระยะการเจริญเติบโตของพืช สภาพแวดล้อมของระบบนิเวศของพืชปลูก และรวมไปถึงราคาของพืชผล ณ ช่วงเวลานั้น เพื่อไม่เจาะลึกจนเกินไป บทความนี้ใคร่ขอนำเสนอแนวทางของการตั้งระดับเศรษฐกิจเพื่อการปฏิบัติโดยอาศัยข้อมูลจาก ดร. บรรพต ณ ป้อมเพชร ที่ได้ให้ไว้ในเอกสารวิชาการชื่อ “หลักการควบคุมแมลงศัตรูพืช ความรู้พื้นฐานและความปลอดภัยเกี่ยวกับยาปราบศัตรูพืช” ซึ่งจัดพิมพ์เผยแพร่เมื่อปี พ.ศ. 2524 ดังนี้

ข้อพิจารณาในการตั้งระดับเศรษฐกิจ

โดยทางทฤษฎีการตั้งระดับเศรษฐกิจดูเหมือนไม่ยากนัก แต่ในทางวิชาการการตั้งระดับเศรษฐกิจต้องใช้ข้อมูลอย่างมากเพราะมีปัจจัยหลายประการเข้าเกี่ยวข้อง ด้วยเหตุนี้ในทางปฏิบัติจึงควรระวังว่าการตั้งระดับเศรษฐกิจเป็นการยาก และเกษตรกรอาจไม่มีข้อมูลทุกอย่างพร้อม และทำให้เกิดความคิดว่าการตั้งระดับเศรษฐกิจเป็นเรื่องที่ทำได้ ซึ่งในความเป็นจริง การตั้งระดับเศรษฐกิจสามารถทำได้ไม่ยากโดยการประมวลข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้มาจากการค้นคว้า ศึกษา และวิจัยของนักวิชาการ มาประกอบอย่างง่าย ๆ ทำให้เกษตรกรเข้าใจ และสามารถนำไปใช้ได้ทันที

ข้อพิจารณาต่าง ๆ ที่ต้องทำความเข้าใจ นอกเหนือไปจากความรู้พื้นฐานที่ได้กล่าวมาแล้ว คือ คุณลักษณะการทำลายของศัตรูพืช พื้นฐานแรกที่สำคัญ

ที่สุดคือการแยกความแตกต่างระหว่างการพบว่ามีแมลงศัตรูพืชอยู่บนพืชเฉย ๆ แต่ไม่ได้ทำความเสียหายแต่อย่างใดกับการพบว่ามีแมลงศัตรูพืชอยู่บนพืชในปริมาณที่ทำให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจได้ แมลงศัตรูพืชเพียง 2-3 ตัวที่พบไม่ก่อความเสียหายใด ๆ ทั้งสิ้น แต่ถ้าพบในปริมาณ 200-300 ตัว ความเสียหายเกิดขึ้นอย่างแน่นอน

จากการค้นคว้าทดลองในถั่วเหลือง พบว่าก่อนถั่วเหลืองออกดอก ผลผลิตของถั่วไม่เปลี่ยนแปลง หากหนึ่งในสามของใบถั่วเหลืองถูกทำลาย ดังนั้นก่อนถั่วเหลืองออกดอก มีแมลงลงทำลายโดยการกัดกินใบถั่วเหลืองเสียหายไป 30 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตถั่วเหลืองยังคงเท่าเดิม ดังนั้นจึงไม่มีความจำเป็นต้องควบคุมแมลงชนิดนั้นเพราะไม่ให้ผลคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ (Turner and Timash, 1979)

ข้าวโพดเป็นพืชที่ผลิตใบมากเกินกว่าความต้องการที่แท้จริง หากใบข้าวโพดถูกทำลายไปครึ่งหนึ่งหรือ 50 เปอร์เซ็นต์ ไม่ทำให้ผลผลิตของข้าวโพดลดลง พันธุ์ข้าวที่มีการแตกกอสูง และมีจำนวนต้นตอกสูง การเข้าทำลายของหนอนกอข้าวในระยะต้น ข้าวสามารถแตกกอชดเชยได้อีก สมอฝ้ายจำนวนหนึ่งในสามร่วงหล่นโดยไม่มีการทำลายจากแมลงศัตรูพืช และความเสียหายที่เกิดขึ้น 30 เปอร์เซ็นต์นี้ไม่ใช่ความเสียหายหรือความสูญเสียทางเศรษฐกิจ แต่เป็นธรรมชาติของฝ้ายเอง (บรรพต, 2524; Van Emden and Service, 2004)

ตัวอย่างเหล่านี้เป็นข้อพิจารณาที่ดีในการตั้งระดับเศรษฐกิจของแมลงศัตรูพืชชนิดต่าง ๆ ในพืชแต่ละชนิด การตั้งระดับเศรษฐกิจของศัตรูพืชนั้น ควรตั้งขึ้นมาเฉพาะแมลงศัตรูพืชที่มีความสำคัญก่อนในขั้นต้น เช่น ในกรณีของข้าวมีรายงานว่าพบแมลงชนิดต่าง ๆ ที่เข้าไปกัดกินทำลายส่วนต่าง ๆ ของต้นข้าวมากกว่า 800 ชนิดทั่วโลก และมากกว่า 50 ชนิดในประเทศไทย แต่ทั้งหมดนี้มีแมลงที่สำคัญจริง ๆ ทำความเสียหายให้แก่ข้าวเพียงไม่กี่ชนิดเท่านั้นในท้องที่ใดท้องที่หนึ่ง เช่น ในประเทศไทยมักพบหนอนกอข้าวชนิดต่าง ๆ เพลี้ยจักจั่น และเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล บั่ว และแมลงสิง เป็นต้น ดังนั้นระดับเศรษฐกิจของแมลงต่าง ๆ เหล่านี้จึงมีความสำคัญมากกว่าระดับเศรษฐกิจของแมลงศัตรูข้าวชนิดอื่น ๆ ถ้าเราสมมุติว่าระดับเศรษฐกิจของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลคือ

ตัวอ่อน 10 ตัวต่อข้าวหนึ่งกอ ถ้าจำนวนแมลงเฉลี่ยที่เกษตรกรสุ่มจับตัวอย่างได้นั้นสูงกว่า 10 ตัว ถือว่าสูงกว่าระดับเศรษฐกิจ ดังนั้นเกษตรกรต้องเตรียมการควบคุมหรือทำการควบคุมทันที

ในกรณีที่ไม่สามารถนับหรือมองเห็นตัวแมลงได้ การหาค่าเฉลี่ยอาจใช้ลักษณะความเสียหายแทน เช่น ในกรณีของหนอนกอข้าวอาจนับหาค่าเฉลี่ยของยอดข้าวที่แห้งขาว หรือรวงข้าวที่แห้งขาวเรียกว่า “ข้าวหัวหงอก” อันเนื่องมาจากการทำลายต่อหน่วยพื้นที่ทดแทนได้ เช่น อาจกำหนดระดับเศรษฐกิจของหนอนกอข้าวเป็นจำนวนยอดขาว 100 ยอดต่อหนึ่งไร่ หรือเปอร์เซ็นต์ของข้าวที่มียอดขาว เป็นต้น

การสุ่มนับแมลงโดยทางอ้อม เช่น การใช้กับดักไฟฟ้า หรือกับดักยางเหนียวทาติดแผ่นกระดาษ อาจใช้จำนวนของแมลงที่มาติดกับดักเป็นระดับเศรษฐกิจได้เช่นกัน

คำแนะนำทางราชการในการใช้สารปราบศัตรูพืชหรือสารกำจัดแมลงชนิดต่าง ๆ นั้น โดยทั่วไปเป็นคำแนะนำที่ต้องปฏิบัติเมื่อพบว่าศัตรูพืชชนิดนั้น ๆ ในปริมาณสูงกว่าระดับความเสียหายทางเศรษฐกิจแล้วเท่านั้น แต่เกษตรกรไม่ควรรอให้ถึงเวลานั้น การออกตรวจแปลงพืชและตรวจนับจำนวนแมลงเป็นประจำและอย่างสม่ำเสมอเป็น “การเตือน” และ “การพยากรณ์การระบาด” ของศัตรูพืชล่วงหน้า รวมถึงเป็นการเตรียมการควบคุมที่เหมาะสม และมีผลคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อพบว่าระดับการระบาดถึงขั้นต้องทำการควบคุม เช่น ถ้าจำเป็นต้องใช้สารเคมีก็จะใช้ในปริมาณน้อยลง เป็นการลดต้นทุนด้วย

ระดับเศรษฐกิจของแมลงศัตรูพืชที่สำคัญบางชนิด เช่น แมลงศัตรูของข้าว ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ถั่วเขียว และข้าวโพด ข้าวฟ่าง ได้รวบรวมจาก บรรพต (2524) กองกีฏและสัตววิทยา (2547) และ Turner and Titmarsh (1979) แสดงไว้เป็นตัวอย่างดังนี้

ระดับเศรษฐกิจของแมลงศัตรูพืชที่สำคัญบางชนิด

1) ระดับเศรษฐกิจของแมลงศัตรูข้าว

- การตรวจสอบระดับเศรษฐกิจของแมลงศัตรูข้าว โดยการตรวจแปลง หรือนาข้าวทุก ๆ สัปดาห์ตั้งแต่เริ่มหว่านกล้าหรือปักดำ จนกระทั่งข้าวติดเมล็ดและเมล็ดข้าวเริ่มแข็งตัว

- การเดินตรวจควรเดินเป็นเส้นทแยงมุมผ่านนาข้าวจากมุมหนึ่งไปถึงอีกมุมหนึ่ง โดยสุ่มนับ หรือตรวจจำนวน 10-20 กอหรือกลุ่ม ต่อพื้นที่ 1 ไร่

- หรือนับจำนวนต้นข้าวและตรวจสอบความเสียหาย เช่น เปอร์เซ็นต์ยอดขาวหรือยอดแห้ง เปอร์เซ็นต์ของใบข้าวที่ถูกทำลาย หรือนับจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล หาค่าเฉลี่ยต่อกอ หรือใช้สวิงโฉบเพื่อหาจำนวนเฉลี่ยของเพลี้ยจักจั่นสีเขียว

- นำค่าเฉลี่ยต่าง ๆ หรือค่าต่าง ๆ ที่ได้จากการตรวจสอบเปรียบเทียบกับค่าของระดับความเสียหายทางเศรษฐกิจของแมลงศัตรูข้าวที่สำคัญชนิดต่าง ๆ

แมลงศัตรู/ระยะการเจริญเติบโตของพืช	ระดับเศรษฐกิจ
หนอนกอข้าวชนิดต่าง ๆ	
ระยะกล้า	ไม่ทำความเสียหาย
ระยะแตกกอถึงระยะข้าวตั้งท้อง	พบยอดเหี่ยว 15%
ระยะข้าวตั้งท้องถึงระยะออกรวง	พบยอดเหี่ยว 15%
ระยะออกรวงถึงระยะเก็บเกี่ยว	ไม่ทำความเสียหาย
เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล	
ระยะกล้า	ตัวเต็มวัย 1 ตัว หรือตัวอ่อน 2 ตัวต่อข้าวหนึ่งต้น
ระยะแตกกอถึงระยะข้าวตั้งท้อง	ตัวเต็มวัย 1 ตัว หรือตัวอ่อน 2 ตัวต่อข้าวหนึ่งต้น
ระยะข้าวตั้งท้องถึงระยะออกรวง	ตัวเต็มวัย 2 ตัว หรือตัวอ่อน 4 ตัวต่อข้าวหนึ่งต้น
ระยะออกรวงถึงระยะเก็บเกี่ยว	ไม่ทำความเสียหาย
เพลี้ยจักจั่นสีเขียว	
ระยะกล้า	เพลี้ย 5 ตัว ต่อการโอบด้วยสวิง 10 ครั้ง
ระยะแตกกอถึงระยะข้าวตั้งท้อง	เพลี้ย 5 ตัว ต่อการโอบด้วยสวิง 10 ครั้ง
ระยะข้าวตั้งท้องถึงระยะออกรวง	ไม่ทำความเสียหาย
ระยะออกรวงถึงระยะเก็บเกี่ยว	ไม่ทำความเสียหาย
บัว	
ระยะกล้า	เกิดใบหอม 10%
ระยะแตกกอถึงระยะข้าวตั้งท้อง	เกิดใบหอม 15%
ระยะข้าวตั้งท้องถึงระยะออกรวง	ไม่ทำความเสียหาย
ระยะออกรวงถึงระยะเก็บเกี่ยว	ไม่ทำความเสียหาย

2) ระดับเศรษฐกิจของแมลงศัตรูถั่วเหลือง ถั่วลิสง และถั่วเขียว

การสุ่มตัวอย่างของแมลงที่ทำลายถั่วเหลืองเพื่อตรวจสอบหาระดับเศรษฐกิจ โดยตรวจนับแมลงโดยตรง หรือตรวจสอบดูความเสียหาย เช่น เปอร์เซ็นต์ต้นกล้าที่

ถูกทำลาย เปอร์เซ็นต์ใบที่ถูกม้วนหรือห่อ หรือถูกกัดกิน โดยสุ่มตรวจนับให้กระจายทั่วแปลงปลูก ซึ่งสามารถปฏิบัติได้หลายวิธี เช่น เดินตามแถวปลูก เดินทแยงมุม เดินซิกแซก หรือเดินเป็นเลข 8 จำนวนที่ตรวจนับอยู่ระหว่าง 20-30 จุดหรือต้นต่อพื้นที่ 1 ไร่

แมลงศัตรู	ระดับเศรษฐกิจ
หนอนแมลงวันเจาะต้นกล้าถั่ว	พบการทำลายไม่เกิน 25%
แมลงกัดกินใบ	- ใบถูกทำลายไม่เกิน 35% ในระยะก่อนออกดอก - ใบถูกทำลายไม่เกิน 20% ในระยะออกดอกและติดฝัก - ฝักที่โตเต็มที่แล้วไม่ทำให้เกิดความเสียหาย - ใบถูกทำลายไม่เกิน 60% ในทุกระยะของการเจริญเติบโต (เฉพาะถั่วลิสง)
มวนดูดกินน้ำเลี้ยงจากตาดอกหรือฝัก	ตัวเต็มวัย 3-4 ตัว ต่อแถวปลูกยาว 1 เมตร
เพลี้ยอ่อน	พบเพลี้ยอ่อนปริมาณมากและมีด้วงเต่าตัวห้ำมีน้อย โดยเฉพาะในระยะติดดอกและสร้างฝักอ่อน

3) ระดับเศรษฐกิจของแมลงศัตรูข้าวโพด และข้าวฟ่าง

ตรวจสอบการทำลายของแมลง และความเสียหายที่เกิดขึ้น โดยใช้วิธีเดียวกับถั่วเหลือง การสูมน้ำให้สูมนับต้นข้าวโพดหรือข้าวฟ่างอย่างน้อย 50 ต้น ต่อพื้นที่ 1 ไร่

แมลงศัตรู	ระดับเศรษฐกิจ
แมลงกัดกินใบ	ใบถูกทำลายมากกว่า 50%
แมลงเจาะลำต้นข้าวโพด	ยอดเหี่ยวประมาณ 55-65%
เพลี้ยอ่อน	พบระบาดมากในระยะที่ข้าวโพดแทงช่อเกสรตัวผู้ และเริ่มติดฝัก ในสภาพอากาศแห้งแล้วขาดฝน และมีด้วงเต่าตัวห้ำน้อย

บทสรุป

Stern (1973) ได้อ้างอิงถึง R.L. Shotwell ซึ่งเป็นผู้ที่ให้แนวคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของประชากรแมลงศัตรูพืชกับความเสียหายของพืชที่ถูกทำลายเป็นคนแรก เมื่อปี ค.ศ. 1935 โดยได้จัดลำดับของความหนาแน่นของประชากรตักแต่นั้นที่ทำลายธัญพืชเป็น 5 ระดับ คือ ปกติ เบา ปานกลาง มาก และมากที่สุด เพื่อใช้ในการตัดสินใจว่าจะควบคุมหรือไม่ อย่างไร และคุ้มค่ากับการกระทำมากน้อยเพียงใด ทั้งนี้รวมไปถึงผลติดตามด้านอื่น ๆ โดยเฉพาะสภาพแวดล้อม แนวคิดนี้ก่อให้เกิดสิ่งที่เรียกว่า “ระดับเศรษฐกิจ” (ET) ดังที่ได้เสนอมานี้ และแม้ว่าระดับเศรษฐกิจจะผันแปรด้วยปัจจัยหลายต่อหลายอย่าง ทว่าอย่างน้อยก็ยังคงเป็นประโยชน์ที่ช่วยชี้แนะในการตัดสินใจเพื่อควบคุมแมลงศัตรูพืชได้

เอกสารประกอบการเรียน

กองกัญและสัตววิทยา. 2547. แมลงศัตรูที่สำคัญทางเศรษฐกิจและการบริหาร. เอกสารวิชาการ กองกัญและสัตววิทยา. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 284 หน้า.

ชาญณรงค์ ดวงสะอาด. 2549. การจัดการแมลงศัตรูพืช. ภาควิชาอารักขาพืช คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 231 หน้า.

ชาญณรงค์ ดวงสะอาด. 2552. พื้นฐานของการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี. ภาควิชาอารักขาพืช คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 109 หน้า.

บรรพต ณ ป้อมเพชร. 2524. หลักการควบคุมแมลงศัตรูพืช ความรู้พื้นฐานและความปลอดภัยเกี่ยวกับยาปราบศัตรูพืช.

บรรพต ณ ป้อมเพชร. 2525. การควบคุมแมลงศัตรูพืชและวัชพืชโดยชีววิธี. เอกสารพิเศษ ฉบับที่ 5. ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์/สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ. 202 หน้า.

บรรพต ณ ป้อมเพชร อมเรศ ภูมิรัตน ณรงค์ มีนันทน์ บุญล้วน พันธุมจินดา ประพาส วีระแพทย์ เรณู โกยสุโข วิภา เติตบุญชาติ ชูศักดิ์ ประเสริฐสุข บุญดี อธิกิจ และไชยยศ บุญญาภิจ. 2532. เทคโนโลยีที่เหมาะสมโดยการไม่ใช้สารเคมีสำหรับเกษตรกร. รายงานวิชาการที่ได้รับทุนอุดหนุนจากองค์การอนามัยโลก (WHO). 113 หน้า.

- ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์/สำนักงาน
คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ. 231
หน้า.
- สุธรรม อารีกุล. 2508. สารบทแมลงศัตรูพืชที่สำคัญทาง
เศรษฐกิจของประเทศไทย. ภาควิชากีฏวิทยา
และโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์ บางเขน, กรุงเทพฯ. 260 หน้า.
- Fenimore, P. G. 1984. Plant Pests and Their Control.
Butterworth, London. 280 p.
- Pedigo, L. P. and M. E. Rice. 2006. Entomology and
Pest Management. (5th ed.). Pearson
Prentice Hall, Upper Saddle River, New
Jersey. 749 p.
- Pfadt, R. E. 1988. Strategies of insect control. p. 179-
202. In: R.E. Pfadt (ed.) Fundamentals of
Applied Entomology. 4th ed. Macmillan
Publishing Company, New York.
- Shotwell, R. L. 1935. Method for making a
grasshopper survey. J. Econ. Entomol. 28:
486-91.
- Stern, V. M. 1973. Economic threshold. Annu. Rev.
Entomol. 18: 259-280.
- Stern, V. M., R. F. Smith, R. van den Bosch, and K.S.
Hagen. 1959. The Integrated Control
Concept. Higaridia 29: 81-101.
- Turner, J. N and I. Titmarsh. 1979. What is soybean
'pest' a pest? Queensland Agri. J. 105 (4):
355-362.
- Van Emden, H.F. and M.W. Service. 2004. Pest and
Vector Control. Cambridge University Press,
Cambridge. 349 p.

ดัชนีบทความในวารสารเกษตร ฉบับที่ 1 และ 2 ปีที่ 28 (2555)

ฉบับที่ 1 กุมภาพันธ์ 2555	หน้า
การคัดเลือกและผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมบรอกโคลีเพื่อผลิตต้นอ่อนที่มีซัลไฟราเฟนสูง	1
การใช้ 1-MCP เพื่อยืดอายุการวางจำหน่ายพวงมาลัยดอกมะลิสด	11
ผลกระทบของไฟป่าต่อสมบัติทางกายภาพ-เคมี และการสะสมธาตุอาหารในดินป่าเต็งรัง สถานีวนวัฒนวิจัยอินทิล จังหวัดเชียงใหม่	19
การสะสมคาร์บอนและธาตุอาหารในดินสวนป่าสนสามใบหน่วยจัดการต้นน้ำบ่อแก้ว จังหวัดเชียงใหม่	31
การใช้บล็อกย่อยและเครื่องกลั่นไอน้ำในวิธีไมดิฟายด์คอมพรีเอนซ์สำหรับการวิเคราะห์ ไนโตรเจนในปุย	41
การเพิ่มชุดโครโมโซมของปาล์มน้ำมันโดยใช้คอลชิซินในหลอดทดลอง	51
การผลิตกล้ำฟริกทิโรบลอดโรคไวรัสโดยเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ	61
การใช้คลื่นความถี่วิทยุเพื่อควบคุมมอดยาสือบ	75
การประเมินอัตราการกินอาหาร และการรอดตายของปูม้า (<i>Portunus pelagicus</i>) ที่เลี้ยงในบ่อดิน สมบัติทางกายภาพและประสาทสัมผัสของต้นหอมแห้งและเห็ดขิงอ่อนแห้ง	83 93
ฉบับที่ 2 มิถุนายน 2555	
ผลของระดับเนื้อในเมล็ดยางพาราและกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารชั้นตอนนิเวศวิทยา ในกระเพาะรูเมนและสมดุลงโนโตรเจนในแพะที่ได้รับหญ้าชิกแนลแห้งเป็นอาหารหลัก	101
ปฏิกิริยาของข้าวลูกผสมกลับ BC ₄ F ₃₋₄ ระหว่าง อาบาญา/ขาวดอกมะลิ 105 กับชยันนาท 1 ต่อประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล	113
ตารางชีวิตเปรียบเทียบของด้วงเต่าสีส้ม เมื่อเพาะเลี้ยงด้วยเพลี้ยอ่อนถั่วและเพลี้ยอ่อนผัก	125
ผลของการให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่วิทยุต่อผีเสื้อข้าวเปลือกและคุณภาพการสีของ ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105	137
ผลของการควั่นกิ่งและการพ่นทางใบด้วยโมโนโพแทสเซียมฟอสเฟตและเอทิฟอนต่อ การออกดอกของลินจีพันธุ์ฮงฮวยและพันธุ์จักรพรรดิ	145
การตรวจสอบลูกผสมถั่วลิ้นเตาที่ต้านทานโรคราแป้งโดยการใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอ	155
การคัดเลือกพันธุ์ลูกผสมระหว่างคะน้าและบรอกโคลีที่มีซัลไฟราเฟนสูง	165
การประเมินมูลค่าคาร์บอนและธาตุอาหารสะสมในดินป่าดิบเขาบริเวณดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่	173
การพัฒนาและการสุกแก่ของเมล็ดพันธุ์มะขาม	183
ปัจจัยที่สัมพันธ์กับความเป็นอยู่ที่ดีของแม่บ้านเกษตรกรและครอบครัวตามแนวทาง เศรษฐกิจพอเพียงจังหวัดเชียงใหม่	193

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิที่ทำการ Review บทความวารสารเกษตร ปีที่ 28 ฉบับที่ 1-3

ผศ.ดร.จ่านงค์ อุทัยบุตร	ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รศ.ดร.ดนัย บุญเกียรติ	สาขาวิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.ดร.ปราโมทย์ สุฤษดิ์นิรันดร์	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.สุชีลา เตชะสงส์เสถียร	ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรเกษตร	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อ.ดร.ธินิยา เจตียานุกกรกุล	ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.ดร.ประสิทธิ์ วังภาคพัฒน์วงศ์	ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รศ.ดร.บุญมี ศิริ	สาขาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผศ.ดร.สาวิตร มีจ้อย	สาขาพืชไร่	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.ดร.ธัญชัย กองแก้ว	ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.นงนุช รักสกุลไทย	ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.พินิจ กังวานกิจ	สาขาประมง	บริษัท เจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด(มหาชน)
ผศ.ดร.วรวรรณ ชาลัพรหม	ภาควิชาอารักขาพืช คณะผลิตกรรมการเกษตร	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
อ.พฤกษ์ ยิบมันตรະສິ	ระบบเกษตร	ข้าราชการเกษียณ
รศ.สุศักดิ์ ลิ้มปิติ	วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว	ข้าราชการเกษียณ
อ.ดร.ประทานทิพย์ กระมล	สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์เกษตร	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รศ.ธัญญา เตชะศิลปัทักษ์	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร	มหาวิทยาลัยเกษตร
รศ.ดร.สุวิษ วรณไกรโรจน์	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร	มหาวิทยาลัยเกษตร
ผศ.ดร.กุลนาถ อบสุวรรณ	ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์	มหาวิทยาลัยศิลปากร
อ.ดร.พรรณลดา ติตตะบุตร	สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
อ.ดร.สุริวัลย์ เมฆกมล	ภาควิชาอารักขาพืช คณะผลิตกรรมการเกษตร	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รศ.ดร.สุวิษ วรณไกรโรจน์	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อ.ดร.ชิต อินปราง	สาขาพืชสวนประดับ คณะผลิตกรรมการเกษตร	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผศ.ดร.เฉลิมศรี นนทสวัสดิ์ศรี	สาขาพืชสวนประดับ คณะผลิตกรรมการเกษตร	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผศ.ดร.จานุลักษณ์ ขนบดี	สาขาพืชศาสตร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
อ.ดร.วิบูลย์ ช่างเรือ	ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
อ.ดร.ปิยะวรรณ สุทธิประพันธ์	สาขาวิชาภูมิวิทยา คณะเกษตรศาสตร์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
อ.ดร.สุกัญญา คลังสินศิริกุล	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
อ.ดร.เสาวลักษณ์ แย้มหมื่นอาจ	สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.ดร.ณัฐพล จงกลกิจ	สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.ดร.ถาวร อ่อนประไพ	สาขาวิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษ์ศาสตร์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
อ.ดร.วีวัฒน์ บัณฑิตย์	สาขาวิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
อ.ดร.พัชรินทร์ ระเบียบัน	สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รศ.ดร.ไสว บุรณพานิชพันธุ์	สาขาวิชาภูมิวิทยา คณะเกษตรศาสตร์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิที่ทำการ Review บทความวารสารเกษตร ปีที่ 28 ฉบับที่ 1-3 (ต่อ)

ดร.ชูชาติ สันธทรัพย์

ปทุมธานี

ศูนย์บริการวิชาการ และถ่ายทอดเทคโนโลยี-

การเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

อ.ดร.จิราภรณ์ อินทสาร

ภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ (ต่อ)

รูปแบบในการใช้ภาษาอังกฤษในเนื้อเรื่องภาษาไทย

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

การส่งเรื่องเพื่อตีพิมพ์

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

การตอบรับบทความ

บทความทุกบทความที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารเกษตร ต้องผ่านการประเมินจาก
ผู้ทรงคุณวุฒิ

JOURNAL OF AGRICULTURE

A Technical Journal of Faculty of Agriculture, Chiang Mai University

Volume 28, No. 3 October 2012

Livelihood Diversification Strategies in Post-monsoon Cotton Production Systems in Rainfed Upland of Central Myanmar Myint Myint Khaing and Budsara Limnirankul.....	205
Soil Properties and Carbon-nutrient Storages in Natural Pine Forest, Kunlayaniwattana District, Chiang Mai Province Trin Seramethakun, Soontorn Khamyong, Niwat Anongrak and Thanuchai Kongkaew.....	217
Growth and Development and Effect of Growing Media on <i>Sandersonia aurantiaca</i> Hook. Production in Thailand Wanwisa Kanyakrong and Soraya Ruamrungsri.....	229
Effects of Mycorrhizas on Growth of Terrestrial Orchid <i>Habenaria erichmichaelii</i> Christenson Prawawee Sangmanee, Arawan Shutsrirung and Nuttha Potapohn.....	237
Effects of Fluence of Low-energy Ion Beam on Mutation Induction of Butterfly Pea Kridtiyaporn Bowornwattana, Siwaporn Thumdee and Adisorn Krasaechai.....	245
Investigation of Powdery Mildew Resistance in <i>Pisum sativum</i> L. by Molecular Marker Kamon Thippachote, Weenun Bundithya and Nuttha Potapohn.....	255
Interspecific and Intergeneric Crossability of Some <i>Habenaria</i> and <i>Pecteilis</i> , Terrestrial Orchids Chitchanok Kawchadee, Weenun Bundithya, Chamchuree Sotthikul and Nuttha Potapohn.....	263
Induction and Proliferation of Embryogenic Cell Suspension of Oil Palm (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq. var. <i>tenera</i>) and Evaluation of Genetic Variation by RAPD Marker Tassanee Niyakid and Sompong Te-chato.....	273
Selection of Endophytic Actinomycetes Against Fruit-rot Fungi of Longan Kaewalin Kunasakdakul and Chaiporn Kudsongkram.....	285
Effects of Infrared Heating Combined with Vibration Screen on Eliminating Rice Weevils in Paddy Storage Pradit Ramatchima, Thavachai Thivavarnvongs, Somposh Sudajan and Chaiyan Junsiri.....	295
Rearing of <i>Micraspis discolor</i> (Fabricius) on Artificial Food Sources Vanidchaya Chimnak, Weerathep Pongprasert, Sawai Buranapanichpan and Jiraporn Kulsarin.....	303
Review Article: Economic Threshold of Insect Pests Charnnarong Doungsa-ard.....	313