วารสารเกษตร

JOURNAL OF AGRICULTURE

วารสารวิชาการของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ปีที่ 26 ฉบับที่ 3 ตุลาคม 2553

วงจรชีวิตของ *Meloidogyne incognita* ในพริกพันธุ์ต้านทานและพันธุ์อ่อนแอ

วราลักษณ์ สุปิณะ นุชนารถ ต้งจิตสมคิด และ วราภรณ์ ประกอบ.....189

การจำแนกไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne* spp. บางไอโซเลทของไทยโดยเทคนิค PCR

ธนากร จันทร์มาลี และ วราภรณ์ ประกอบ.....195

ลักษณะของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ที่ต้านทานสารคาร์เบนดาซิม

พรประพา คงตระกูล และ สรัญยา ณ ลำปาง.....203

ประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้จากต้นยูคาลิปตัสและสะเดาในการควบคุมเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides*

วิลาสินี แสงนาค และ สรัญยา ณ ลำปาง.....213

ชีววิทยาและความสามารถในการห้ำของมวนตาโต *Geocoris ochropterus* Fieber

อรพรรณ เกินอาษา กิตติยา สุขเสน อทิติยา แก้วประดิษฐ์ และ วิวัฒน์ เสือสะอาด.....223

อัตราพันธุกรรมและสหสัมพันธ์ของลักษณะทางการเกษตรในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา

วศะพงศ์ เอกสมทราเมษฐ์ และ ธีระ เอกสมทราเมษฐ์.....231

ผลของน้ำท่วมขังในระยะการเจริญพันธุ์ต่อการเติบโตและผลผลิตของถั่วเหลือง

สุภชัย วรรณมณี และ จักรี เส้นทอง.....241

ผลของการขาดน้ำในระยะการเจริญพันธุ์ต่อการเติบโตและผลผลิตของถั่วเหลือง

อาทิตยา ยอดใจ และ จักรี เส้นทอง.....251

ผลของการขาดธาตุอาหารพืชต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ซิมบิเดียม 'ซูเปอร์ ฟรีค'

ชัยวิชิต เพชรศิลา และ โสระยา ร่วมรังษี.....261

บทความปริทัศน์:

การปฏิวัติเขียว แมลงศัตรูพืช และ การควบคุมโดยชีววิธี

ชาญณรงค์ ดวงสอาด.....269

ISSN 0857-0841

คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ

เรื่องที่ตีพิมพ์

บทความวิจัย บทความปริทัศน์ หรือบทความวิชาการ

การเตรียมต้นฉบับ

1. ภาษา เป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ

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

3. การเรียงลำดับเนื้อหา

3.1 ชื่อเรื่อง (Title) ควรสั้น ชัดเจน และต้องสื่อเป้าหมายหลักของการศึกษาวิจัย ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

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

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

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

3.5 อุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods) ให้บอกรายละเอียดวัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ ตลอดจนวิธีและแบบจำลองการศึกษาวิจัยที่ชัดเจน และสมบูรณ์

3.6 ผลการศึกษาหรือผลการทดลอง (Results) ให้บรรยายผลการศึกษาวิจัย พร้อมเสนอข้อมูลในรูปแบบ ตารางหรือภาพประกอบได้ โดยตารางหรือภาพ ให้จัดทำเป็นภาษาอังกฤษทั้งหมด

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

3.8 สรุป (Conclusion) ควรสรุปผลที่ได้รับจากการศึกษาวิจัยว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่ พร้อมให้ข้อเสนอแนะ หรือระบุอุปสรรคและแผนงานวิจัยที่จะดำเนินการต่อไป

4. กิตติกรรมประกาศ หรือ คำขอบคุณ (Acknowledgement)

อาจมีหรือไม่มีก็ได้ เป็นการแสดงความขอบคุณแก่ผู้ที่ช่วยเหลือในงานวิจัย แต่ไม่ได้เป็นผู้ร่วมงานวิจัย

5. เอกสารอ้างอิง (References)

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

5.2 ในบัญชีเอกสารอ้างอิง ให้เรียงลำดับเอกสารภาษาไทยก่อนภาษาอังกฤษ โดยเรียงตามลำดับอักษรในแต่ละภาษา ตามรูปแบบการเขียนมีดังนี้

1) วารสาร (Journals)

ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่อง. ชื่อวารสาร (เขียนเต็มหรือย่อก็ได้) ปีที่(ฉบับที่): เลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าที่สิ้นสุด.

วันทนา มุทิตา และ ณัฐา ควรประเสริฐ. 2547. เซลล์พันธุศาสตร์และการถ่ายทอดสีดอกของฟิวเชีย. วารสารเกษตร 20(1): 10-18.

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

2) หนังสือ และตำรา (Books & Textbooks)

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

จริยา วิสิทธิ์พานิช ชาตรี สิทธิกุล และ เยาวลักษณ์ จันทร์บาง. 2545. โรคและแมลงศัตรูลำไย ลิ้นจี่ และมะม่วง. ธนบรรณการพิมพ์, เชียงใหม่. 308 หน้า.

Gullan, P.J. and P.S. Cranston. 2005. The Insects: An Outline of Entomology. 3rd ed. Blackwell Publishing, Malden. 505 p.

3) เรื่องย่อยในตำราหรือหนังสือที่มีผู้เขียนแยกเรื่องกันเขียน และมีบรรณาธิการ

ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่องย่อย. หน้า เลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าที่สิ้นสุด. *ใน*: ชื่อบรรณาธิการ, (บก.) ชื่อหนังสือ. สำนักพิมพ์, เมืองที่พิมพ์.

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

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

4) วิทยานิพนธ์

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

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

5) เอกสารวิชาการอื่น ๆ

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

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

6) สื่ออิเล็คทรอนิคส์

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

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

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

ดูคำแนะนำรูปแบบในการใช้ภาษาอังกฤษในเนื้อเรื่องภาษาไทย และการส่งเรื่องเพื่อตีพิมพ์ ได้ในปกหลัง

วารสารเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURE

ผู้จัดพิมพ์	คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	Publisher	Faculty of Agriculture, Chiang Mai University
กำหนดการพิมพ์	วารสารราย 4 เดือน (3 ฉบับ/ปี)	Publication	Tri-annually
วัตถุประสงค์	เพื่อเผยแพร่วิทยาการด้านการเกษตรและสาขาที่เกี่ยวข้อง	Objective	To disseminate academic knowledge in agriculture and related fields
ที่ปรึกษา	คณบดีคณะเกษตรศาสตร์ รองคณบดีฝ่ายวิจัยและวิเทศสัมพันธ์	Consultants	Dean, Faculty of Agriculture Associate Dean for Research and International Relations Affairs
บรรณาธิการ	รศ. ศุภศักดิ์ ลิมปิติ	Editor	Supasark Limpiti, Assoc. Prof.
รองบรรณาธิการ	รศ. ดร. สมบัติ ศรีชูวงศ์	Vice Editor	Sombat Srichuwong, Ph.D., Assoc. Prof.
กองบรรณาธิการ	รศ. ไพฑูรย์ รอดวินิจ	Editorial Board	Paitoon Rodvinij, Assoc. Prof.
ฝ่ายวิชาการ	รศ. ดร. บุญล้อม ชีวะอิสระกุล	(Academic)	Boonlom Cheva-Isarakul, Dr. Agr, Assoc. Prof.
	รศ. วราภา คุณาพร		Warapa Kunaporn, Assoc. Prof.
	ผศ. ดร. สุรินทร์ นิลสำราญจิต		Surin Nilsamranchit, Ph.D., Assist.Prof.
	รศ. ดร. ณัฐา โพธาภรณ์		Nuttha Potapohn, Ph.D., Assoc.Prof.
	ศ.ดร. จรัญ จันทลักขณา		Charan Chantalakhana, Ph.D., Prof.
	ศ.ดร.เมธา วรรณพัฒน์		Metha Wanapat, Ph.D., Prof.
	ศ.ดร.อังศุมาลย์ จันทราปัตย์		Angsumarn Chandrapatya, Ph.D., Prof.
กองบรรณาธิการ	นางสาววิไลพร ธรรมตา	Editorial Board	Vilaiporn Thammata
ฝ่ายการจัดการ	นางสาวณัฏฐนันท์ ปารมี	(Management)	Nuttanun Paramee
	นางสาวนพวรรณ นุบุญมา		Noppawan Nuboonma
	นางชโรชีนีย์ ชัยมินทร์		Charochinee Chaimin
	นายมานพ เปี้ยพรรณ์		Manop Pearpun
สำนักงานและการติดต่อ	กองบรรณาธิการวารสารเกษตร งานวิจัยและวิเทศสัมพันธ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200 โทร. 0 5394 4089-92 ต่อ 11 โทรสาร 0 5394 4666 E-mail: agjournal@chiangmai.ac.th	Office and Inquiries	Editorial Board, Journal of Agriculture, Research and International Relations, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand Tel: 0 5394 4089-92 Fax: 0 5394 4666 E-mail: agjournal@chiangmai.ac.th
การบอกรับเป็นสมาชิก	บอกรับเป็นสมาชิกได้จากใบบอกรับเป็นสมาชิกท้ายเล่ม หรือติดต่อกองบรรณาธิการโดยตรง	Membership	Apply through the membership form as attached herewith or contact directly to the Editorial Board

กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการตรวจและแก้ไขบทความที่เสนอเพื่อการตีพิมพ์ในวารสารเกษตร

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

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

บทบรรณาธิการ

สวัสดีครับท่านผู้อ่านทุกท่าน

วารสารเกษตรฉบับนี้เป็นฉบับที่ 3 ซึ่งเป็นฉบับสุดท้ายของปีที่ 26 มีบทความวิจัยนำเสนอท่านผู้อ่าน 10 เรื่อง และในท้ายเล่มจะมีดัชนีเรื่อง ของบทความวิจัยทั้งหมดที่ตีพิมพ์ในปีนี้ รวมทั้งดัชนีรายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิที่ช่วยตรวจแก้บทความทั้งหมดที่นำเสนอในรอบปี

วารสารเกษตรเริ่มมี impact factor ของวารสารในปีนี้ หลังจากที่เราได้สมัครเป็นสมาชิกของ TCI (Thai Journal Citation Index Center) มาได้ประมาณ 2 ปี และเรากำลังพัฒนาฐานข้อมูลเพื่อการสืบค้นบทความในวารสารฉบับย้อนหลังของเราให้สะดวกและครบครันมากขึ้น เพื่อช่วยให้การเขียนบทความวิจัยง่ายขึ้น โดยเฉพาะในการค้นหาเอกสารอ้างอิงประกอบการเขียน หรือแม้แต่การใช้ข้อมูลเพื่อการเขียนข้อเสนอโครงการ เพื่อขอทุนสนับสนุนการวิจัยจากแห่งทุนต่าง ๆ หวังว่าบริการต่าง ๆ ที่เราพยายามดำเนินการจะเป็นประโยชน์ทั้งกับสมาชิกและผู้สนใจใฝ่รู้ทุกท่าน

พบกันใหม่ฉบับหน้า สวัสดีครับ

รศ.ศุภศักดิ์ ลิมปิติ

บรรณาธิการวารสารเกษตร

วงจรชีวิตของ *Meloidogyne incognita* ในพริกพันธุ์ต้านทานและพันธุ์อ่อนแอ

Life Cycle of *Meloidogyne incognita* in Resistant and Susceptible Chili Varieties

วราลักษณ์ สุปิณะ[1/] นุชนารถ ตั้งจิตสมคิด[2/] และ วราภรณ์ ประกอบ[1/]

Waraluk Supina[1/] Nuchanart Tangchitsomkid[2/] and Waraporn Prakob[1/]

Abstract: Life cycle of *Meloidogyne incognita* in resistant chili variety, POP was compared with the susceptible variety, Hua Ruea by observing and comparing the rate of growth and development between the first and the second generations of second stage juveniles (J2). The results show that the second stage juveniles initially infected root caps of chili cultivar POP and Hua Ruea in 4.67 days and 19.33 hours, respectively, after nematode inoculation. In addition, the development times from the first to second generation were 42.33 days for cultivar POP and 26.66 days for cultivar Hua Ruea. The numbers of nematodes infecting root system were 31.67 for POP and 102 for Hua Ruea.

Keywords: Chili, *Meloidogyne incognita*, life cycle, root-knot disease

---

[1/]ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

[2/]กลุ่มวิจัยโรคพืช สำนักวิจัยพัฒนาอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900

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

[2/]Plant Pathology Research Group, Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture, Bangkok 10900

บทคัดย่อ: จากการศึกษาวงจรชีวิตของไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita* ในพริกพันธุ์ต้านทานคือพันธุ์ POP เปรียบเทียบกับในพริกพันธุ์อ่อนแอคือพันธุ์หัวเรือ โดยตรวจวิเคราะห์ระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญจากตัวอ่อนระยะที่ 2 รุ่นที่หนึ่งไปเป็นตัวอ่อนระยะที่ 2 อีกรุ่นหนึ่ง ผลการทดลองพบว่า ตัวอ่อนระยะที่ 2 เริ่มเข้าทำลายบริเวณหมวกรากพริกพันธุ์ POP และพริกพันธุ์หัวเรือ หลังจากการปลูกเชื้อไส้เดือนฝอย 4.67 วัน และ 19.33 ชั่วโมง ตามลำดับ นอกจากนั้นยังพบว่าการเจริญจากตัวอ่อนระยะที่ 2 รุ่นแรกไปเป็นตัวอ่อนระยะที่ 2 อีกรุ่นหนึ่งในพริกพันธุ์ POP ใช้เวลาทั้งหมด 42.33 วัน ในพันธุ์หัวเรือใช้เวลาเพียง 26.66 วัน โดยมีค่าเฉลี่ยจำนวนไส้เดือนฝอยที่เข้ารากพริกพันธุ์ POP ทั้งหมด 31.67 ตัว และพันธุ์หัวเรือ 102 ตัว

คำสำคัญ: พริก, *Meloidogyne incognita* วงจรชีวิต โรครากปม

คำนำ

พริกจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ มีการส่งออกทั้งในลักษณะผลผลิตสดและแปรรูป ในปี พ.ศ. 2549 พบการระบาดของไส้เดือนฝอยสาเหตุของโรครากปม (*Meloidogyne* spp.) อย่างรุนแรงในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี สร้างความเสียหายต่อผลผลิตและคุณภาพ 50-100 เปอร์เซ็นต์ และจนถึงปัจจุบันบางพื้นที่ไม่สามารถปลูกพริกได้ เนื่องจากมีการเพิ่มขึ้นของประชากรไส้เดือนฝอย และแพร่ระบาดอย่างรวดเร็วในสภาพดินร่วนปนทราย ปัญหาดังกล่าวก่อให้เกิดผลกระทบทางเศรษฐกิจโดยเฉพาะในกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกพริกเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง และในอนาคตไส้เดือนฝอยรากปมสามารถที่จะแพร่ระบาดไปยังพื้นที่อื่น ๆ ถ้าไม่มีการป้องกันกำจัดอย่างถูกวิธี (นุชนารถ และ วราภรณ์, 2551) การควบคุมโรครากปมสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การเตรียมกล้าพริกในดินที่สะอาดไม่มีไส้เดือนฝอยระบาด การปลูกพืชหมุนเวียน การใช้เชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ รวมทั้งการใช้สารเคมี (สืบศักดิ์, 2541) อย่างไรก็ตามถึงแม้การใช้สารเคมีจะให้ผลในการควบคุมการแพร่ระบาดของไส้เดือนฝอยรากปมได้ดี แต่การใช้สารเคมีส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม มนุษย์และสัตว์อย่างมาก เช่น สารพิษตกค้างในผลผลิต ไส้เดือนฝอยดื้อต่อสารเคมี และยังพบว่าสารเคมีที่ใช้ในกำจัดส่งผลให้จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดินลดปริมาณลงอีกด้วย ปัจจุบันจึงต้องเลือกใช้แนวทางใหม่ในการป้องกันกำจัดไส้เดือนฝอยที่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม มนุษย์และสัตว์น้อยที่สุด พบว่าการใช้พันธุ์ต้านทาน เป็นแนวทางทางที่ดีที่สุดในการควบคุมไส้เดือนฝอยได้ (Richard and Judy, 2007) โดยลดจำนวนประชากรของไส้เดือนฝอยลง ซึ่งการใช้พันธุ์ต้านทานมีความเฉพาะเจาะจงต่อชนิดของไส้เดือนฝอย ไม่ทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ สามารถใช้ได้กับทุกพื้นที่ที่พบการระบาด และไม่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและมนุษย์

จุดประสงค์ในการศึกษาครั้งนี้ คือ ศึกษาวงจรชีวิตไส้เดือนฝอยรากปม (*Meloidogyne incognita*) ที่เข้าทำลายภายในรากพริกของพันธุ์ต้านทาน (พันธุ์ POP) เปรียบเทียบกับพันธุ์หัวเรือซึ่งอ่อนแอต่อโรครากปม

อุปกรณ์และวิธีการ

1. **การเพิ่มปริมาณไส้เดือนฝอย *Meloidogyne incognita* บริสุทธิ์** เก็บรากปมพริกจากแหล่งปลูกสำคัญ นำมาจำแนกชนิดในห้องปฏิบัติการโดยวิธีตัดริ้วรอยย่นส่วนก้น (perineal patten) จากนั้นเตรียมไส้เดือนฝอยรากปมบริสุทธิ์โดยวิธี single egg mass inoculation โดยแยกกลุ่มไข่ (egg-mass) ออกมาจากตัวไส้เดือนฝอยเพศเมียตัวเต็มวัยที่อยู่ในรากพืช โดยใช้ไม้ปลายแหลมเขี่ยกลุ่มไข่ให้หลุดออกมา จากนั้นย้ายทั้งกลุ่มไข่ ไปแช่ในน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ ทิ้งไว้ประมาณ 3 วัน จนไข่

ฟักออกมาเป็นตัวอ่อนระยะที่ 2 แล้วนำไปรดบริเวณรอบ ๆ ต้นกล้ามะเขือเทศพันธุ์สีดา อายุ 30 วันที่เตรียมไว้ โดยราดตัวอ่อนระยะที่ 2 ที่ฟักจากกลุ่มไข่ 1 กลุ่ม ต่อต้นมะเขือเทศ 1 ต้น ดูแลรดน้ำให้ปุ๋ย จนมะเขือเทศอายุครบ 60 วันทำการถอนต้นมะเขือเทศ แล้วล้างรากตรวจสอบการเกิดปมที่ราก เมื่อมีอาการรากปมเกิดขึ้นพร้อมกับกลุ่มไข่ ที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จึงนำตัวเต็มวัยเพศเมียไปวิเคราะห์ชนิดโดยดูลักษณะของริ้วรอยย่นส่วนก้น จากนั้นขยายปริมาณไส้เดือนฝอย *M. incognita* บริสุทธิ์ในมะเขือเทศให้เพียงพอต่อการทดสอบ

2. **การเตรียมกล้าพันธุ์พริก** นำเมล็ดพริกพันธุ์ต้านทาน คือ พันธุ์ POP และพันธุ์หัวเรือซึ่งอ่อนแอต่อโรครากปมเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ เพาะในกระดาษทิชชู่ชุ่มน้ำ เป็นเวลา 3-4 วัน นำเมล็ดพริกที่งอกไปเพาะในดินพีทที่บรรจุในภาชนะชนิด 104 หลุม จำนวน 1-2 เมล็ด/หลุม นำไปตั้งวางในกรงกันแมลง เมื่อใบจริงงอก 1 คู่ ทำการใส่ปุ๋ยสูตร 15 -15 -15 จำนวน 1-2 เม็ด/ต้น และใส่ปุ๋ยสัปดาห์ละ 1 ครั้ง จนได้กล้าพริกอายุครบ 30 วัน

3. **การเตรียมไข่ไส้เดือนฝอย *M. incognita*** นำรากมะเขือเทศพันธุ์สีดาที่เป็นปม และมีกลุ่มไข่มาเขย่าใน 0.525% NaOCl เป็นเวลา 3.5 นาที ด้วยเครื่องเขย่า 300 รอบ/นาที กลุ่มไข่ของไส้เดือนฝอยจะหลุดออกจากวุ้นที่หุ้มไข่ จากนั้นนำไข่ไปผ่านตะแกรงสองขนาด 400 mesh เพื่อแยกเศษพืชออก โดยเปิดน้ำไหลผ่าน จากนั้นเก็บไข่ไส้เดือนฝอยโดยเทน้ำที่ผ่านจากตะแกรงขนาด 400 mesh ลงบนตะแกรงขนาด 500 mesh เก็บไข่โดยล้างส่วนที่ติดอยู่บนตะแกรงขนาด 500 mesh นี้ให้หมด นำไปนับจำนวนภายใต้กล้องจุลทรรศน์แล้วปรับความหนาแน่นให้ได้ 1,000 $\pm$ 100 ฟอง ต่อน้ำ 1 มิลลิลิตร โดยนับเฉพาะไข่ที่สมบูรณ์และตัวอ่อนระยะที่ 2 ที่ฟักแล้ว

4. **การปลูกเชื้อไส้เดือนฝอย *M. incognita*** ย้ายต้นกล้าพริกแต่ละสายพันธุ์ที่มีอายุ 30 วัน ปลูกในดินชนิดร่วนปนทรายนึ่งฆ่าเชื้อ (อัตราส่วน ดิน : ทราย = 50 :50)ในภาชนะชนิด 15 หลุม จากนั้นปลูกเชื้อตัวอ่อนไส้เดือนฝอยระยะที่ 2 จำนวน 1,000 ตัว/ต้น ที่บริเวณรากพืช นำต้นพริกที่ได้รับการปลูกเชื้อแล้วไปตั้งวางในตู้ควบคุมอุณหภูมิ ที่ 25±1°c

5.**การตรวจดูวงจรชีวิต** ทำการถอนต้นพริกที่ปลูกเชื้อแล้ว ทุก ๆ วัน จำนวน 3 ต้น/พันธุ์ จากนั้นนำรากพริกไปย้อมสีรากด้วย acid fuchsin (McBryde, 1936) ตรวจดูการเข้าทำลายภายในรากพริกและนับจำนวนไส้เดือนฝอย *M. incognita* ระยะต่าง ๆ ภายใต้กล้องสเตอริโอ จนครบวงจรชีวิต

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าตัวอ่อนระยะที่ 2 ของไส้เดือนฝอย มีลักษณะลำตัวทรงกระบอกขนาดเล็ก หัวและท้ายแหลม เริ่มเข้าทำลายบริเวณหมวกรากพริกพันธุ์ POP และพริกพันธุ์หัวเรือ ที่ 4.67 วัน และ 19.33 ชั่วโมง ตามลำดับ จากตัวอ่อนระยะที่ 2 เจริญเป็นตัวอ่อนระยะที่ 3 ไส้เดือนฝอยเริ่มหยุดนิ่ง ไม่มีการเคลื่อนที่ไปยังเซลล์พืชอื่น ดูดกินน้ำเลี้ยงจากเซลล์พืช ลำตัวไส้เดือนฝอยเริ่มบวมพอง ลักษณะคล้ายไส้กรอก จากนั้นไส้เดือนฝอยเจริญเป็นตัวอ่อนระยะที่ 4 และมีการเจริญเป็นทั้งตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมีย โดยตัวเต็มวัยเพศผู้จะเคลื่อนที่ออกจากราก ส่วนตัวเต็มวัยเพศเมียมีการสร้างกลุ่มไข่ (egg mass) ตรงบริเวณก้นของตัวเต็มวัยเพศเมีย โผล่พ้นออกมาจากราก ภายใน 1 กลุ่มไข่ มีไข่จำนวน 200-500 ฟอง และไส้เดือนฝอยลอกคราบครั้งที่ 1 ภายในไข่และฟักเป็นตัวอ่อนระยะที่ 2 อีกรุ่นหนึ่ง และเข้าทำลายรากพืชต่อไป ดังภาพที่ 1 โดยในพริกพันธุ์ POP การเจริญจากตัวอ่อนระยะที่ 2 ไปเป็นเป็นตัวอ่อนระยะที่ 2 อีกรุ่นหนึ่ง ใช้เวลาทั้งหมด 42.33 วัน

โดยมีค่าเฉลี่ยจำนวนไส้เดือนฝอยที่เข้ารากทั้งหมด คือ 31.67 ตัว ขณะที่ในพริกพันธุ์หัวเรือใช้เวลาจนครบวงจรเพียง 26.66 วันโดยมีค่าเฉลี่ยจำนวนไส้เดือนฝอยที่เข้ารากทั้งหมด คือ 102 ตัว (Table 1) มีรายงานการพบยีน *Me1* และ *Me3* ในพริกพันธุ์ต้านทาน ซึ่ง ยีน *Me1* และ *Me3* ทำให้พริกต้านทานต่อการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอย *Meloidogyne* spp. โดยกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยา hypersensitive reaction (HR) ตรงบริเวณที่ไส้เดือนฝอยเข้าทำลาย และ ชะลอการเกิดเซลล์ขนาดใหญ่ (giant cell) อีกด้วย (Bleve-Zacheo *et al*., 1998)

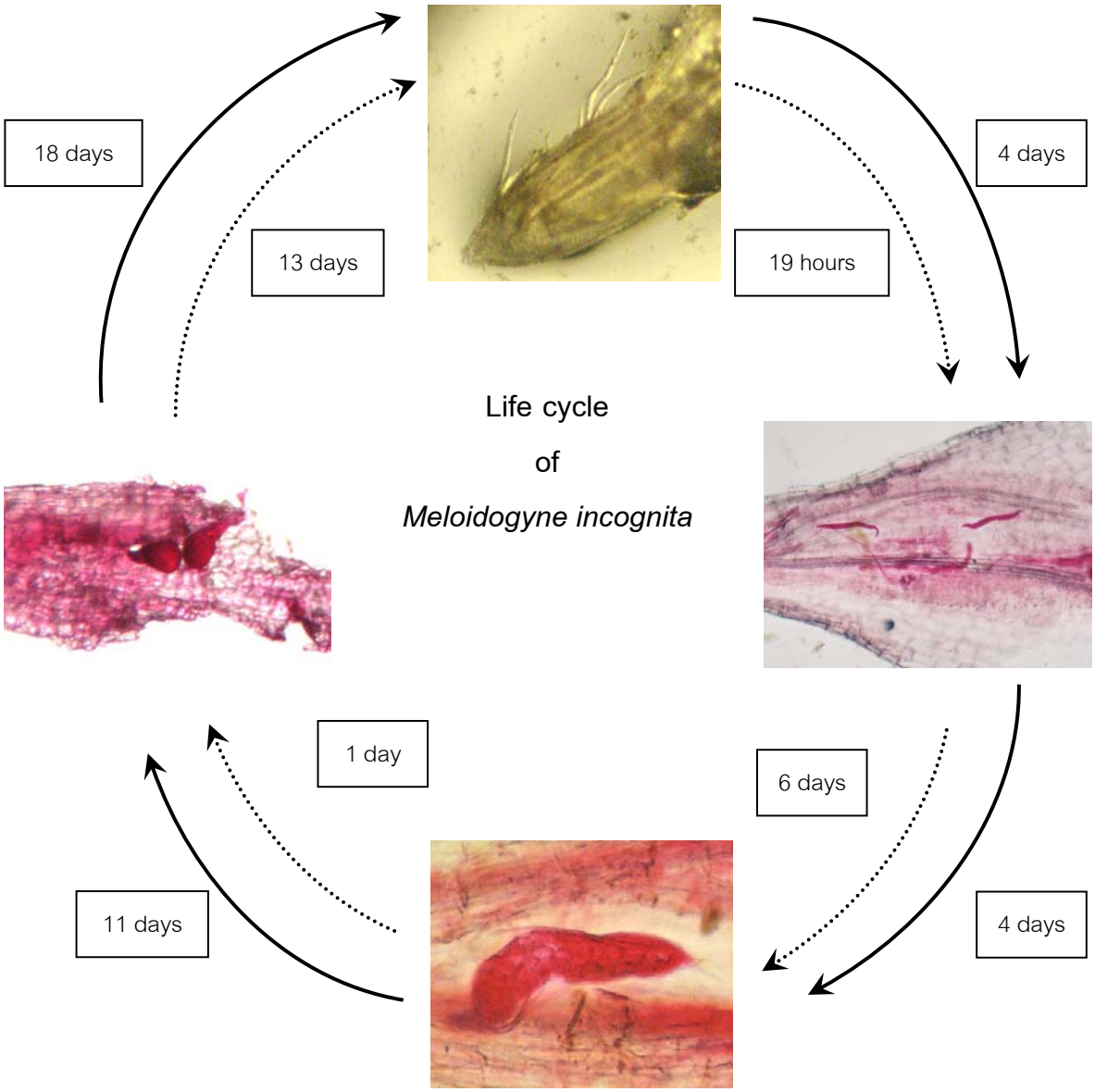


Figure 1 Life cycle of *Meloidogyne incognita* in root of chili resistant and susceptible to the nematode.

Table 1 Time required for each developmental stage and the number of *Meloidogyne incognita* observed within the root system of resistant and susceptible chili varieties.

Chili variety	Amount of time for each stage					Number of nematode
	J2	J3	J4	FEMALE	J2 (2^{nd}generation)	
POP	4.67 days	8.67 days	13.33 days	23.67 days	42.33 days	31.67
Hao Ruea	19 hrs. 33 min.	6.67 days	12.67 days	14.33 days	26.66 days	102

J2, J3, J4 = second, third, forth stage juvenile

นอกจากนั้นมีการศึกษาพบว่ามีการสร้างสารชีวโมเลกุลขึ้นมาหลังจากการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอย ส่งผลต่อระยะเวลาที่มากขึ้นในการเจริญเป็นตัวเต็มวัยของไส้เดือนฝอยและจำนวนไส้เดือนฝอยในการเข้าทำลายพริกพันธุ์ต้านทานอีกด้วย (Pegard *et al*., 2005)

นอกจากนั้นยังมีการศึกษาถึง *Mi* gene (Milligan *et al*., 1998) ในมะเขือเทศพันธุ์ต้านทานต่อ *Meloidogyne* spp. พบการเกิดปฏิกิริยา Hypersensitive reaction (HR) หลังจากไส้เดือนฝอยเข้าทำลาย 12 ชั่วโมง ส่งผลให้ความรุนแรงในการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยลดลงเช่นกัน และยังพบว่าแสดงออกของ lectin (GNA) มีผลต่อการต้านทานไส้เดือนฝอย สามารถลดจำนวนรากปมลง 50% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (Burrows and de Waele, 1997, Burrows *et al*., 1998, Ripoll *et al*., 2003)

จากการรายงานผลงานวิจัยดังกล่าว จึงเป็นไปได้ว่ายีนต้านทานภายในพืช มีผลต่อไส้เดือนฝอยในการเข้าทำลายรากพืช โดยมีการกระตุ้นให้เกิด hypersensitive reaction (HR) ตรงบริเวณที่ไส้เดือนฝอยเข้าทำลายส่งผลให้จำนวนไส้เดือนฝอยที่เข้าทำลายน้อยลง และยืดระยะเวลาในการเจริญจากตัวอ่อนระยะที่ 2 ไปเป็นตัวเต็มวัยของไส้เดือนฝอย งานวิจัยครั้งนี้เป็นเพียงการศึกษาเบื้องต้นถึงการเจริญของไส้เดือนฝอยรากปมในพริกพันธุ์ต้านทานและพันธุ์อ่อนแอ ในอนาคตควรมีการศึกษาถึงระดับชีวโมเลกุลเพื่อหายีนต้านทาน เพื่อการปรับปรุงพันธุ์พริกให้สามารถต้านทานต่อไส้เดือนฝอยรากปม

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาวงจรชีวิตของไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita* เปรียบเทียบระหว่างพริกพันธุ์ต้านทานคือ พันธุ์ POP และพริกพันธุ์อ่อนแอคือ พันธุ์หัวเรือ พบว่าไส้เดือนฝอยเริ่มเข้าทำลาย และเจริญเติบโตจนครบวงจรได้ในพันธุ์หัวเรือได้เร็วกว่า ในพันธุ์ POP นอกจากนั้นยังพบจำนวนไส้เดือนฝอยที่เข้าทำลายพันธุ์หัวเรือได้มากกว่าพันธุ์ POP

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยชิ้นนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประจำปี พ.ศ.2551 และศูนย์พันธุและวิศวกรรมแห่งชาติ (สวทช) ภายใต้โครงการการคัดเลือกและประเมินพันธุ์พริกต้านทานไส้เดือนฝอยรากปม รหัสโครงการ BT-B-01-PT-34-5059

เอกสารอ้างอิง

นุชนารถ ตั้งจิตสมคิด และ วราภรณ์ ประกอบ. 2551. เทคนิคการคัดเลือกและประเมินพันธุ์พริกต้านทานไส้เดือนฝอยรากปม. วารสารอารักขาพืช 2: 31-40.

สืบศักดิ์ สนธิรัตน์. 2541. ไส้เดือนฝอยศัตรูพืช: โรคและการจัดการ. สำนักพิมพ์รั้วเขียว, กรุงเทพฯ.

Bleve-Zacheo, T., Bongiovanni, M. Melillo, M.T. and Castagnone-Sereno, P. 1998. The pepper resistance genes *Me1* and *Me3* induce differential penetration rates and temporal sequences of root cell ultrastructural changes upon nematode infection. Plant Science 133: 79–90.

Burrows P. R. and D. de Waele, 1997. Engineering resistance against plant parasitic nematodes using anti-nematode genes. Pp 217-236. In: Fenoll, C, Grundler, F.M.W, Ohl, S.A, (eds.). Cellular and Molecular Aspects of Plant-nematode Interactions. Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Press.

Burrows, P. R.,A. D. P, Barker, Newell C. A. and Hamilton, W. D. O. 1998. Plant-derived enzyme inhibitors and lectins for resistance against plant-parasitic nematodes in transgenic crops. Pesticide Science 52: 176–183.

McBryde, M.C. 1936. A method of demonstrating rust hyphae and haustoria in unsectioned leaf tissue. Am. J. Bot. 23: 686–689.

Milligan, S. B.,J. Bodeau, J. Yaghoobi,I. Kaloshian, P. Zabel, and V.M. Williamson, 1998. The root -knot nematode resistance gene Mi from tomato is a member of the leucine zipper, nucleotide binding, leucine-rich repeat family of plant genes. The Plant Cell 10: 1307–1319.

Pegard, A., Brizzard, G., Fazari. A., Soucaze, O., Abad, P. and Djian-Caporalino, C. 2005. Histological characterization of resistance to different root-knot nematode species related to phenolics accumulation in *Capsicum annuum*. Phytopathology 95: 158–165.

Richard, L. F. and Judy, A. T. 2007. TigerPaw-NR, a root-knot nematode-resistance, Habanero-type Pepper. Hortscience 42:1721-1722.

Ripoll, C., Favery, B., Lecomte, P., Van Damme, E., Peumans, W., Abad, P. and Jouanin, L. 2003. Evaluation of the ability of lectin from snowdrop (*Galanthus nivalis*) to protect plants against root-knot nematodes. Plant Science 164: 517–523.

การจำแนกไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne* spp. บางไอโซเลทของไทย โดยเทคนิค PCR

Identification of Some Thai Isolates of Root-knot Nematodes *Meloidogyne* spp. by PCR Technique

ธนากร จันทร์มาลี[1/] และ วราภรณ์ ประกอบ[1/]

Thanakorn Chanmalee[1/] and Waraporn Prakob[1/]

Abstract: Ten isolates of root-knot nematodes were isolated from soil collected from epidemic area of provinces in northern and northeastern Thailand. The nematode populations were multiplied by planting the 30 days old tomato cultivar Seeda in each soil sample. Pure cultures of each root-knot nematode isolate were prepared by using the single egg-mass inoculation technique. Identification of the species of *Meloidogyne* spp. with perineal pattern of the mature female indicated that root-knot nematode isolates CM1, CM2, CM3, LP1 and LP2 were *M. incognita* whereas isolates LN1, LN2, UB1, UB2 and TK1 were *M. javanica*. Identification by using PCR technique with the use of primer pair 194/195 that is specific to tropical species (*M. incognita*, *M. arenaria* and *M. javanica*) and also primers that are specific to each species demonstrated that all ten isolates corresponds with the results from their perineal patterns. Therefore, it can be concluded that species identification of *Meloidogyne* spp. by the use of PCR technique is quick and accurate.

Keywords: Root-knot disease, *Meloidogyne* spp., identification, PCR technique

---

[1/]ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

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

บทคัดย่อ: ไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne* spp. ทั้งหมด 10 ไอโซเลทซึ่งแยกและเตรียมได้จากดินที่เก็บจากพื้นที่ที่มีการระบาดของโรครากปม บางจังหวัดในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย เพิ่มปริมาณไส้เดือนฝอยโดยการปลูกต้นกล้ามะเขือเทศพันธุ์สีดาอายุ 30 วัน ลงในดินแต่ละตัวอย่าง จากนั้นเตรียมเชื้อบริสุทธิ์โดยเทคนิค single egg mass inoculation สำหรับนำไปจำแนกชนิดของไส้เดือนฝอยรากปมด้วยวิธีการทางสัณฐานวิทยาด้วยรูปแบบรอยย่นส่วนก้นของตัวเต็มวัยเพศเมีย จากผลการทดลองสามารถจำแนกชนิดไส้เดือนฝอยรากปมได้ดังนี้คือ ไอโซเลท CM1, CM2, CM3, LP1 และ LP2 เป็น *M. incognita* ขณะที่ไอโซเลท LN1, LN2, UB1, UB2 และ TK1 เป็น *M. javanica* จำแนกชนิดไส้เดือนฝอยรากปมด้วยเทคนิค PCR โดยอาศัยคู่ไพร์เมอร์ 194/195 ซึ่งจำเพาะต่อไส้เดือนฝอยรากปมที่พบในเขตร้อนชื้น (*M. incoginita*, *M. arenaria* และ *M. javanica*) และคู่ไพร์เมอร์ที่จำเพาะต่อไส้เดือนฝอยรากปมแต่ละชนิด พบว่า *Meloidogyne* ทั้ง 10 ไอโซเลท ให้ผลการจำแนกชนิดที่สอดคล้องกับการจำแนกด้วยลักษณะรูปแบบรอยย่นส่วนก้น จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าการจำแนก *Meloidogyne* spp. โดยเทคนิค PCR สามารถทำได้รวดเร็ว และถูกต้อง

คำสำคัญ: โรครากปม *Meloidogyne* spp. การระบุชนิด เทคนิค PCR

คำนำ

ไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne* spp. จัดอยู่ใน order *Tylenchida,* family *Meloidogynidae,* sub family *Meloidogyninae,* genus *Meloidogyne* (Hirschmann, 1985) เป็นสาเหตุของโรครากปม (root-knot disease) ก่อให้เกิดความเสียหายแก่พืชหลายชนิด รวมไปถึงพืชผลทางการเกษตรที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย พบการแพร่ระบาดทั่วทุกภาคของประเทศ โดยเฉพาะในเขตเพาะปลูกพืชผักในหลายจังหวัดทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ไส้เดือนฝอยรากปมเข้าทำลายรากพืชโดยการดูดกินน้ำเลี้ยงและรบกวนระบบการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุของพืช ทำให้การเจริญเติบโตของพืชลดลง เกิดอาการเหลือง แคระแกรน เกิดอาการปุ่มปมที่ราก นอกจากนี้การเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยรากปมยังทำให้รากเกิดแผลซึ่งจะเป็นช่องทางที่เชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคพืชอื่น ๆ เข้าทำลายซ้ำ ทำให้อาการของโรครุนแรงมากยิ่งขึ้น ปัจจุบันมีการจัดจำแนกไส้เดือนฝอยรากปมที่อยู่ใน genus *Meloidogyne* ได้ถึง 80 ชนิด (Siddiqi, 2000) ซึ่งประเทศไทยมีลักษณะภูมิอากาศเป็นเขตร้อนชื้น ชนิดที่แพร่ระบาดและพบบ่อยที่สุด คือ *M. incognita M. javanica M. arenaria* และ *M. hapla* (Taylor and Sasser, 1978)

การวางแผนเพื่อการป้องกันกำจัดโรครากปมที่เกิดจาก *Meloidogyne* spp. นั้น อันดับแรกจำเป็นต้องวินิจฉัยให้ทราบถึงชนิดของไส้เดือนฝอยเป้าหมายให้ชัดเจน การระบุหรือจำแนกชนิดไส้เดือนฝอยรากปมที่ปฏิบัติกันโดยทั่วไปนั้นต้องอาศัยลักษณะทางสัณฐานวิทยา โดยใช้ขนาดและรูปร่าง ของอวัยวะที่มีลักษณะพิเศษต่าง ๆ ของตัวผู้และตัวเมีย เช่น ลักษณะของปากหลอดดูดอาหาร (stylet) และลักษณะของหาง รวมไปถึงรอยย่นส่วนก้น (perineal pattern) ของตัวเต็มวัยเพศเมีย (Hirschmann, 1985) ซึ่งเป็นรอยหยักเป็นวงล้อมรอบช่องทวารหนัก (anus) และช่องเปิดอวัยวะสืบพันธุ์ (vulva) ของผิวหนังชั้นนอก (cuticle) ซึ่งการจะจำแนกไส้เดือนฝอยด้วยรอยย่นส่วนก้นนี้ ต้องอาศัยผู้ที่เชี่ยวชาญ อีกทั้งต้องการเวลามากในการตรวจสอบเพื่อเปรียบเทียบรายละเอียดต่าง ๆ นอกจากนี้การวิเคราะห์ทางสัณฐานวิทยาดังกล่าวยังอาจได้รับผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมต่อตัวไส้เดือนฝอยได้ ปัจจุบันมีการศึกษาการการระบุชนิดไส้เดือนฝอยโดยวิธีการทางอณูชีวโมเลกุลซึ่งนอกจากจะมีความรวดเร็วและแม่นยำกว่า และสามารถที่จะเพื่อยืนยันผลการจำแนกด้วยวิธีการใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาได้อีกด้วย

วิธีการทางอณูชีวโมเลกุลที่ใช้ในการจัดจำแนกไส้เดือนฝอยในการศึกษาครั้งนี้คือ การใช้เทคนิค polymerase chain reaction (PCR) โดยอาศัยคู่

ไพร์เมอร์ ที่จำเพาะต่อไส้เดือนฝอยรากปมแต่ละชนิด สำหรับประเทศไทยยังไม่ได้นำวิธีการทางด้านอณูชีวโมเลกุลเข้ามาใช้ในการจัดจำแนก species ไส้เดือนฝอยอย่างแพร่หลาย จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะศึกษาวิจัยการใช้เทคนิคดังกล่าวเพื่อจำแนกไส้เดือนฝอยรากปมไอโซเลทที่พบในประเทศไทย

อุปกรณ์และวิธีการ

1.การสำรวจและการเก็บตัวอย่างดิน เก็บตัวอย่างดินในแปลงปลูกพืชผักที่มีรายงานการระบาดของโรครากปม และตัวอย่างพืชที่เป็นโรครากปม ในเขตจังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง อุบลราชธานี และ จังหวัดตาก โดยการสุ่มเก็บตัวอย่างดินบริเวณรากของพืชที่มีอาการของโรครากปม คือ แคระแกรน ใบเหี่ยว เหลืองและมีปุ่มปมที่ราก บรรจุในถุงพลาสติก แยกถุงสำหรับแต่ละตัวอย่าง มัดปากถุง เขียนรายละเอียดติดข้างถุง นำตัวอย่างที่เก็บได้ใส่ในกล่องโฟม และเก็บให้พ้นแสงแดด

2.การเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณไส้เดือนฝอยรากปมและการเตรียม single egg-mass inoculation นำตัวอย่างดินที่เก็บมาผสมกับดินที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้วในอัตรา 1:1 นำไปใส่ในกระถางพลาสติกเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร ปลูกต้นกล้ามะเขือเทศพันธุ์สีดา อายุ 30 วันลงไปในกระถาง ดูแลรดน้ำใส่ปุ๋ย จนมะเขือเทศอายุครบ 60 วันทำการถอนต้นมะเขือเทศ แล้วล้างรากตรวจสอบการเกิดปมที่รากของต้นมะเขือเทศ เมื่อมีอาการรากปมเกิดขึ้นพร้อมกับกลุ่มไข่ (egg-mass) ที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จึงนำไปเตรียมเชื้อบริสุทธิ์โดยแยกกลุ่มไข่ออกมาจากตัวไส้เดือนฝอยเพศเมียตัวเต็มวัยที่อยู่ในรากพืช โดยใช้ไม้ปลายแหลมเขี่ยกลุ่มไข่ให้หลุดออกมา จากนั้นย้ายทั้งกลุ่มไข่ ไปแช่ในน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ ทิ้งไว้ประมาณ 3 วัน จนไข่ฟักออกมาเป็นตัวอ่อนระยะที่ 2 แล้วนำไปรดบริเวณรอบ ๆ ต้นกล้ามะเขือเทศพันธุ์สีดา อายุ 30 วันที่เตรียมไว้ โดยราดตัวอ่อนระยะที่ 2 ที่ฟักจากกลุ่มไข่ 1 กลุ่ม ต่อต้นมะเขือเทศ 1 ต้น ดูแลรดน้ำให้ปุ๋ย จนมะเขือเทศอายุครบ 60 วันทำการถอนต้นมะเขือเทศ แล้วล้างรากตรวจสอบการเกิดปมที่รากของต้นมะเขือเทศ เมื่อมีอาการรากปมเกิดขึ้นพร้อมกับกลุ่มไข่ (egg-mass) ที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จึงนำไปศึกษาในขั้นต่อไป

3.การตรวจวิเคราะห์ริ้วรอยย่นส่วนก้น นำรากมะเขือเทศที่เกิดปมที่มีกลุ่มไข่ที่มองได้ด้วยตาเปล่าในแต่ละตัวอย่าง มาเขี่ยเอาไส้เดือนฝอยรากปมตัวเต็มวัยเพศเมียออกมาจากราก หลังจากนั้นย้ายลงไปบนสไลด์แก้วที่มีหยด mineral oil ไว้แล้ว นำไปทำการตัดก้นภายใต้กล้องจุลทรรศน์ stereomicroscope โดยใช้เข็มปลายปากฉลามตัดระหว่างส่วนหัวและส่วนท้ายของไส้เดือนฝอยรากเพศเมียตัวเต็มวัย จากนั้นใช้ปลายเข็มแตะเศษชิ้นส่วนทางด้านท้ายของไส้เดือนฝอย ให้กลับไปมาใน mineral oil เพื่อล้างทำความสะอาดชิ้นส่วนที่ตัด ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ แล้วนำไปตรวจดูใต้กล้องจุลทรรศน์ เพื่อสามารถที่จะระบุชนิดไส้เดือนฝอยรากปมในเบื้องต้นได้

4.การจำแนกชนิดของไส้เดือนฝอยรากปมโดยเทคนิค PCR

การเตรียมตัวอ่อนระยะที่ 2 ไส้เดือนฝอยรากปม เขี่ยกลุ่มไข่ไส้เดือนฝอยบริสุทธิ์แต่ละตัวอย่างจากรากมะเขือเทศ และกระตุ้นให้เกิดการฟักตัวของไข่โดยแช่กลุ่มไข่ในน้ำกลั่นที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว ทิ้งไว้ในอุณหภูมิ 25-28 °ซ เป็นเวลา 3 วัน จนไส้เดือนฝอยฟักออกจากไข่

การเตรียมดีเอ็นเอของไส้เดือนฝอยรากปม การสกัด DNA ของไส้เดือนฝอยรากปมตัวอ่อนระยะที่ 2 (J2) ตามวิธีการของ Adam *et al*. (2006) โดยตักไส้เดือนฝอย J2 ที่ฟักตัวออกจากไข่แล้ว มาล้างในน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ จากนั้นตักมาใส่ใน WLB (worm lysis buffer: 50 nM KCL, 10 mM Tris pH 8.2, 2.5 mM $MgCl_2$ 60 µg mL^{-1}proteinase K, 0.45% NP40, 0.45% Tween 20 and 0.01% gelatinel) ที่หยดไว้แล้วบนสไลด์แก้วนึ่งฆ่าเชื้อปริมาณ 15 ไมโครลิตร ตัดไส้เดือนฝอยใน WLB เป็น 2 – 3 ท่อนด้วยเข็มปลายแหลมที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว จากนั้นดูดสารละลาย WLB ที่มีเศษของตัวไส้เดือนฝอยใส่ในหลอดไมโครเซนตริฟิวส์ขนาด 1.5 มิลลิลิตรที่เติม WLB ไว้ก่อนแล้ว 10 ไมโครลิตร นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 13,500 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 2 นาที แล้วนำไปแช่แข็งที่ – 80 °ซ เป็นเวลา 15 นาที เติม mineral oil ปริมาณ 10 ไมโครลิตรบนสารแขวนลอยไส้เดือนฝอยที่แข็งตัวแล้ว

จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 60 °ซ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และ 90 °ซ เป็นระยะเวลา 10 นาที นำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 °ซ

จำแนกชนิดไส้เดือนฝอยรากปม Meloidogyne spp. โดยเทคนิค PCR การจำแนกชนิดไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne* spp. โดยเทคนิค PCR นั้นกระทำตามขั้นตอนที่ได้รายงานไว้โดย Adam *et al.* (2006) โดยเริ่มจากการเพิ่มปริมาณ DNA ของ J2 ทั้ง 10 ตัวอย่างโดยสุ่มประชากรมาเป็นตัวแทนในการศึกษา ด้วยเทคนิค PCR โดยใช้คู่ไพร์เมอร์ที่จำเพาะต่อไส้เดือนฝอยรากปมแต่ละ species ดังตารางที่ 1

และใช้สารละลายที่ใช้ในปฏิกิริยาทั้งหมดปริมาตรรวม 25 ไมโครลิตร ประกอบไปด้วยส่วนผสมต่างๆดังนี้ DNA template 1.0 ไมโครลิตร, Forward Primers 1.0 ไมโครลิตร Reward Primers 1.0 ไมโครลิตร, 10x buffer 2.5 ไมโครลิตร, 50 mM $MgCl_2$ 1.5 ไมโครลิตร, 20 mM dNTPs 0.5 ไมโครลิตร, Taq DNA polymerase (2 unit) 0.5 ไมโครลิตรและ น้ำ 17.0 ไมโครลิตร

จากนั้นนำไปเข้าเครื่องเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ (เครื่อง thermal cycle รุ่น geneamp PCR system 2400 บริษัท PERKIN ELMER ประเทศไทย) โดยตั้งโปรแกรมให้ได้สภาวะที่เหมาะสมกับแต่ละคู่ไพร์เมอร์ตามตารางที่ 2

ตรวจสอบ PCR products ด้วยเทคนิค gel electrophoresis โดยใช้ agarose gel ที่มีความเข้มข้น 1% ซึ่งหยด ethidium bromide 6 ไมโครลิตรผสมรวมกันก่อนการเทวุ้นลงในแม่แบบ จากนั้นทำไปเข้าเครื่องปล่อยกระแสไฟฟ้าที่มีสารละลาย 1x TBE buffer โดยใช้กระแสไฟฟ้า 80 โวลต์เป็นเวลา 45 นาที แล้วนำมาแช่ในสารละลายที่มี ethidium bromide ผสมอยู่ เป็นระยะเวลา 15 นาที จากนั้นนำไปตรวจสอบภายใต้แสง ultra violet โดยใช้เครื่อง gel document system

ผลการศึกษา

1.การจัดจำแนกชนิดของไส้เดือนฝอยรากปมโดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของรูปแบบรอยย่นส่วนก้น จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้สามารถแยกไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne* spp. ได้ทั้งหมด 10 ไอโซเลท จากตัวอย่างดินในพื้นที่ทางการเกษตรที่ใช้ในการปลูกผักและพืชเศรษฐกิจต่าง ๆ 6 จังหวัด จากผลการวิเคราะห์ลักษณะของรอยย่นส่วนก้นในตัวเต็มวัยเพศเมีย ทั้ง 10 ไอโซเลท สามารถที่จะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ที่มีลักษณะรอยย่นส่วนก้นที่มีแนวเส้นกรอบด้านบน (dorsal arch) สูง เส้นรอยย่น (striae) หรืออาจเป็น

Table 1 Primer codes used for identification of *Meloidogyne* species, their sequences and sources.

Code	Primer sequence 5'- 3'	Specificity and source
194	TTAACTTGCCAGATCGGACG	5S-18S ribosome region
195	TCTAATGAGCCGTACGC	Blok *et al*. (1997)
Far	TCGGCGATAGAGGTAAATGAC	*M. arenaria*-specific SCAR
Rar	TCGGCGATAGACACTACAAACT	Zijlstra *et al*. (2000)
Fjav	GGTGCGCGATTGAACTGAGC	*M. javanica*-specific SCAR
Rjav	CAGGCCCTTCAGTGGAACTATAC	Zijlstra *et al*. (2000)
Finc	CTCTGCCCAATGAGCTGTCC	*M. incognita* specific SCAR
Rinc	CTCTGCCCTCACATTAGG	Zijlstra *et al*. (2000)

เส้นขยุกขยิก (zigzag) หรืออาจเรียบจนเป็นแบบคลื่น (smooth to wavy) ซึ่งเป็นลักษณะของรอยย่นส่วนก้นของ *M. incognita* (Taylor and Sasser, 1978) ในขณะที่กลุ่มที่ 2 รอยย่นส่วนก้นมี lateral line เด่นชัดโดยแบ่งแนวเส้นกรอบด้านบนและด้านล่าง (ventral arch) ออกจากกันเป็นสองส่วน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ ภาพมาตรฐานของ International *Meloidogyne* Project (IMP)(Taylor and Sasser, 1978) เป็นลักษณะของ *M. javanica* (ตารางที่ 3)

2.การจัดจำแนกชนิดของไส้เดือนฝอยรากปมโดยเทคนิค PCR ตัวอ่อนระยะที่ 2 ของไส้เดือนฝอยรากปม ที่นำมาสกัดดีเอ็นเอโดยใช้วิธีการของ Adam *et al*. (2006) และเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยเทคนิค PCR โดยใช้คู่ไพร์เมอร์ 194/195 หลังจากตรวจสอบด้วยเทคนิค gel electrophoresis ปรากฏว่าพบผลิตภัณฑ์ PCR ในทุกตัวอย่างที่ได้ศึกษา ซึ่งแถบดีเอ็นเอมีขนาดเท่ากับ 720 bp เมื่อเปรียบเทียบกับ molecular diagnostic key (RNK) แล้ว พบว่าสามารถระบุลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่ปรากฏว่าทั้ง 10 ไอโซเลทเป็นไส้เดือนฝอยชนิดที่พบในเขตร้อนชื้น (tropical species) ก็คือสามารถเป็นได้ทั้ง *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* และ *M. arenaria* (ภาพที่ 1 A)

Table 2 PCR amplification profiles used with different primers for identification of *Meloidogyne* species.

Methods	Preparing	Denaturation	Annealing (45 cycles)	Primer extension		
Temperature	94 ºC	94 ºC	50 ºC for Primers 194/195 61 ºC for Primers Far/Rar 64 ºC for Primers Fjav/Rjav 62 ºC for Primers MI-F/MI-R	72 ºC	72 ºC	4 ºC
Times	2 min	2 min	30 sec	1 min (90 sec for Primers 194/195)	7 min	∞

Table 3 Species identification of *Meloidogyne* by perineal pattern analysis.

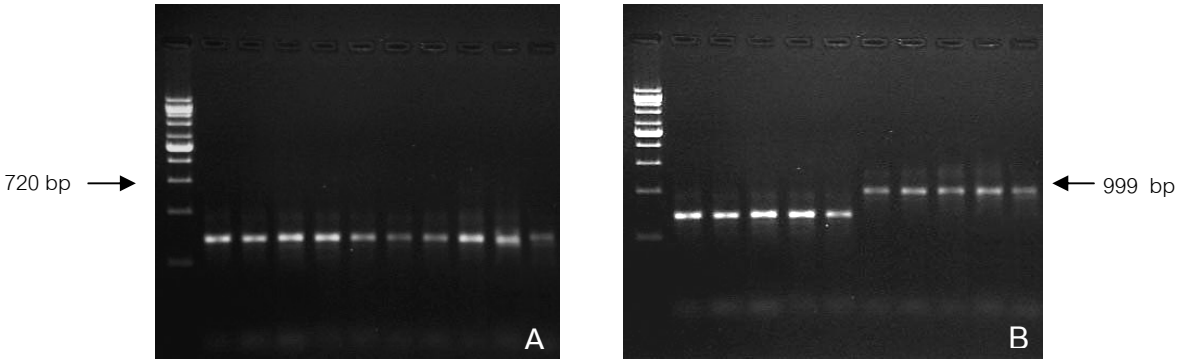
Population code	Origin	Species
CM1	Maewang, Chiang Mai	*M. incognita*
CM2	Maewang, Chiang Mai	*M. incognita*
CM3	Chiang Dao, Chiang Mai	*M. incognita*
LP1	Banhong, Lamphun	*M. incognita*
LP2	Banhong, Lamphun	*M. incognita*
LN1	Koh Kha, Lampang	*M. javanica*
LN2	Koh Kha, Lampang	*M. javanica*
UB1	Muang, Ubon Ratchathani	*M. javanica*
UB2	Muang, Ubon Ratchathani	*M. javanica*
TK1	Pobpra, Tak	*M. javanica*

ผลการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอโดยใช้คู่ไพร์เมอร์ที่จำเพาะต่อชนิดของไส้เดือนฝอยรากปม เมื่อเปรียบเทียบขนาดแถบดีเอ็นเอของผลิตภัณฑ์ PCR ที่ได้กับ RNK molecular diagnostic key (Adam *et al*., 2006) พบว่าจากตัวอย่างที่ศึกษาทั้งหมดพบเพียง 2 species เท่านั้น ได้แก่ *M. javanica* และ *M. incognita* โดยพบว่าไฮโซเลท TK1, UB1, UB2, LN1 และ LN2 ให้ผลิตภัณฑ์ PCR ที่มีขนาดเท่ากับ (720 bp) เมื่อใช้คู่ไพร์เมอร์ Fjav/Rjav และไม่ให้ผลิตภัณฑ์ PCR เมื่อใช้คู่ไพร์เมอร์อื่น ในขณะที่ไอโซเลท LP1, LP2, CM1, CM2, และ CM3 ให้ผลิตภัณฑ์ PCR ขนาด (999 bp) เมื่อใช้คู่ไพร์เมอร์ Finc / Rinc เท่านั้น และไม่พบผลิตภัณฑ์ PCR เมื่อใช้คู่ไพร์เมอร์อื่น (ภาพที่ 1 B)

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการตรวจรอยย่นส่วนก้น เพื่อระบุชนิดในเบื้องต้นของไส้เดือนฝอยรากปมที่แยกได้จากตัวอย่างของไส้เดือนฝอยรากปมบริสุทธิ์ 10 ตัวอย่าง ที่แยกได้จากดินที่เก็บจากแหล่งเพาะปลูกพืชผักในเขตภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พบว่าเมื่อวิเคราะห์ริ้วรอยย่นส่วนก้นของไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne* spp. สามารถจำแนกชนิดได้ดังนี้คือ ไอโซเลท LP1, LP2, CM1, CM2 และ CM3 มีลักษณะรอยย่นส่วนก้นที่มีแนวเส้นกรอบด้านบนสูง เส้นรอยย่นอาจเป็นเส้นขยุกขยิกหรืออาจเรียบจนเป็นแบบคลื่น จึงระบุชนิดเป็น *M. incognita* ในขณะที่ไอโซเลท TK1, UB1, UB2, LN1 และ LN2 มีลักษณะรอยย่นส่วนก้นที่มี lateral line เด่นชัดแบ่งแนวเส้นกรอบด้านบน และด้านล่าง ออกจากกันเป็นสองส่วน จึงจำแนกชนิดเป็น *M. javanica* อย่างไรก็ตามจากการทดลองครั้งนี้พบว่า ลักษณะรอยย่นส่วนก้นของ *M. incognita* มีความผันแปรมาก ยากแก่การแปลผล ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของสุดารัตน์ (2550) ที่ได้ศึกษาการจำแนก race ของไส้เดือนฝอยรากปมโดยใช้พืชอาศัย พบความแปรปรวนระหว่างกลุ่มประชากร *M. incognita* ส่งผลให้ปฏิกิริยาการตอบสนองของพริกต่อ *M. incognita* แตกต่างกันในแต่ละกลุ่มประชากร ซึ่งเป็นไปได้ว่ากลุ่มประชากรดังกล่าวอาจจะมีลักษณะริ้วรอยย่นส่วนก้นที่คล้ายกับ *M. incognita* ดังนั้นการใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาในการจำแนกไส้เดือนฝอยรากปม ควรใช้ในการตรวจสอบเพื่อระบุชนิดของไส้เดือนฝอยรากปมในเบื้องต้นเท่านั้น ในกรณีที่ต้องการข้อมูลที่แน่นอนชัดเจนกว่านี้ จำเป็นต้องใช้วิธีการอื่นร่วมด้วย (สุดารัตน์, 2550) นอกจากนั้น การจัดจำแนกโดยการใช้ลักษณะสัณฐานวิทยานี้จำเป็นต้องอาศัยผู้มีความรู้และความชำนาญในการตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาดังกล่าวเปรียบเทียบกับรูปวาดหรือรูปถ่ายที่ได้มีการศึกษาหรือรายงานไว้ จึงทำให้เกิดความผิดพลาดในการแปลผลการวิเคราะห์สูง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับตัวผู้ตรวจสอบเองรวมทั้งอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสัณฐานของไส้เดือยฝอยจากสภาพแวดล้อมได้ (อนันต์ และพิศาล, 2538)

Figure 1 DNA fingerprint from *Meloidogyne* spp. (J2) when using primer 194 /195 (A), primer Fjav/Rjav and primer Finc / Rinc (B). (CM1, CM2 and CM3 = Chiang Mai isolates; LP1 and LP2 = Lamphun isolates; LN1 and LN2 = Lampang isolates ; UB1 and UB2 = Ubon Ratchathani isolates and TK1 = Tak isolate)



การจำแนก species ของไส้เดือนฝอยรากปม นั้นจำเป็นสำหรับการวางแผนการป้องกันกำจัดไส้เดือนฝอยรากปม (สืบศักดิ์, 2541) และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น การคัดพันธุ์พืชต้านทานต่อไส้เดือนฝอยรากปม (ลือชัย, 2544) โดยการวินิจฉัยไส้เดือนฝอยรากปมให้รู้ถึง species ที่ชัดเจน เพื่อศึกษาดูปฏิกิริยาการเข้าทำลาย การต้านทานของต้นพืช ซึ่งในแต่ละ species นั้น จะมีลักษณะรายละเอียดที่แตกต่างปลีกย่อยกันออกไป ยกตัวอย่างเช่น พบการเข้าทำลายร่วมกันในพริกที่ปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ระหว่าง *M. incognita* และ *M. javanica* ซึ่งจำนวนของไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* ที่เข้าทำลายจะมีปริมาณมากกว่า *M. javanica* อย่างเห็นได้ชัดเจน (สุดารัตน์, 2550) นอกจากนี้ยังสามารถนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้ได้ในด้านการกักกันพืช (Wishart *et al*., 2002) โดยการตรวจสอบไส้เดือนฝอยรากปมที่ติดไปกับผลผลิตทางการเกษตรที่เป็นสินค้านำเข้าหรือส่งออกในแต่ละประเทศ ซึ่งเป็นข้อกำหนดและข้อตกลงทางการค้าที่สำคัญ เช่น หากมีการปนเปื้อนของไส้เดือนฝอยรากปมติดไปกับสินค้าส่งออกก็จะทำให้ได้รับผลกระทบกับสินค้านั้น ๆ เนื่องจากไม่ผ่านมาตรฐานข้อกำหนดที่ได้ระบุไว้ของประเทศที่สั่งนำเข้าสินค้านั้น โดยสินค้าที่มีการปนเปื้อนของไส้เดือนฝอยรากปมนั้นอาจถูกส่งกลับหรือเผาทำลาย ก่อให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจของประเทศผู้ที่ส่งออกสินค้านั้น ๆ ด้วย อย่างไรก็ตามสุดารัตน์ (2550) รายงานว่าการใช้เทคนิค PCR-RAPD ในการจำแนกชนิดไส้เดือนฝอยรากปมนั้นใช้เวลาที่สั้นกว่าการตรวจสอบโดยสัณฐานวิทยา และมีความไวสูงในการตรวจสอบ อย่างไรก็ตามเทคนิค PCR-RAPD ดังกล่าวไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่าง race 2 และ race 4 ที่แยกโดยพืชทดสอบได้ (สุดารัตน์, 2550) ดังนั้นควรมีการวิจัยเพิ่มเติมในอนาคตถึงการนำเทคนิค PCR โดยใช้คู่ไพรเมอร์ที่จะเพาะ ไปใช้ในการจำแนกชนิดไส้เดือนฝอยรากปมชนิดอื่นๆ ที่พบในประเทศไทย โดยเพิ่มจำนวนไอโซเลทที่ศึกษาให้มากขึ้น และครอบคลุม พื้นที่เพาะปลูกที่พบการระบาดของโรครากปมในจังหวัดอื่น ๆ ของประเทศไทย รวมไปถึงการศึกษาเปรียบเทียบกับการจำแนก race โดยใช้พืชอาศัย

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษารูปแบบลายพิมพ์ดีเอ็นเอของไส้เดือนฝอยทั้ง 10 ไอโซเลท โดยใช้การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอที่สกัดจากไส้เดือนฝอยรากปมตัวอ่อนระยะที่ 2 จำนวน 1 ตัว ด้วยเทคนิค PCR เมื่อใช้คู่ไพร์เมอร์ 194/195 และคู่ไพร์เมอร์ ที่มีความจำเพาะเจาะจงต่อไส้เดือนฝอยรากปมแต่ละชนิด และเปรียบเทียบลายพิมพ์ดีเอ็นที่ได้ทั้งหมดกับ molecular diagnostic key ที่พัฒนาขึ้นโดย Adam *et al*. (2006) พบว่าให้ผลการจำแนกที่สอดคล้องกับการวิเคราะห์ริ้วรอยย่นส่วนก้นของตัวเต็มวัยเพศเมีย การจำแนกชนิดไส้เดือนฝอยรากปมโดยเทคนิค PCR นี้สามารถทำได้รวดเร็ว และง่ายแก่การแปลผลกว่าการวิเคราะห์รอยย่นส่วนก้นของตัวเต็มวัยเพศเมีย

เอกสารอ้างอิง

ลือชัย อารยะรังสฤษฎ์. 2544. ข้าว: ไส้เดือนฝอยและการจัดการ. เอกสารวิชาการ ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร. 85 หน้า.

สืบศักดิ์ สนธิรัตน. 2541. ไส้เดือนฝอยศัตรูพืช: โรคและการจัดการ. สำนักพิมพ์รั้วเขียว, กรุงเทพฯ. 204 หน้า.

สุดารัตน์ โชคแสน. 2550. การจัดจำแนก species และ race ของไส้เดือนฝอยรากปม (*Meloidogyne*) ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยวิธีทางโมเลกุล และวิธีใช้พืชจำเพาะ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 84 หน้า.

อนันต์ หิรัญสาลี และพิศาล ศิริธร. 2538. ไส้เดือนฝอยรากปมของมะละกอในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. แก่นเกษตร 23(4): 172-178.

Adam M.A.M., M.S. Phillips and V.C. Blok. 2006. Molecular diagnostic key for identification of single juveniles of seven common and economically important species of

root-not nematode (*Meloidogyne* spp.). Plant Pathology 56: 190 –197.

Blok V.C., M.S. Phillips and M. Fargette. 1997. Comparison of sequences from the ribosomal DNA intergenic region of *Meloidogyne mayaguensis* and other major tropical root-knot nematodes. Journal of Nematology 29: 16–22.

Hirschmann, H. 1985. The classification of the family Meloidogynidae.pp.35-45 In: J.N. Jasser and C.C. Carter (edr). An Advanced Treatise on *Meloidogyne*. Vol. I: Biology and Control. North Carolina state University Raleigh.

Siddiqi, M.R. 2000. Parasites of plants and Insects. 2nd ed. Wallingford. UK:CABI Publ. 833 p.

Taylor, A. L. and J.N. Sasser. 1978. Biology, identification and control of root knot nematode (*Meloidogyne* species) Dept. of Plant Pathology, North Carolina state University Raleigh. 111 p.

Wishart J., M. S. Phillips and V.C. Blok. 2002. Ribosomal intergenic spacer: A Polymerase chain reaction diagnostic for *Meloidogyne chitwoodi*, *M. fallax*, and *M. hapla*. Phytopathology 92: 884-892

Zijlstra C., DTHM Donkers-Venne and M. Fargette. 2000. Identification of *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* and *M. arenaria* using sequence characterized amplified region (SCAR) based PCR assays. Nematology 2: 47–53.

ลักษณะของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ที่ต้านทานสารคาร์เบนดาซิม

Characterization of *Colletotrichum gloeosporioides* Resistant to Carbendazim

พรประพา คงตระกูล[1/, 2/] ***และ สรัญยา ณ ลำปาง***[1/, 2/]
Pornprapa Kongtragoul[1/, 2/] *and Sarunya Nalumpang*[1/, 2/]

Abstract: Isolates of *Colletotrichum gloeosporioides* causing anthracnose disease were obtained from infected mango fruits collected from fresh market in Chiang Mai. One hundred isolates were successfully isolated. The carbendazim-resistant assay was conducted on potato dextrose agar amended with carbendazim at various concentrations: 0.1, 1, 10, 100, 500 and 1,000 mg/l, respectively. These isolates were classified into four representative phenotypes of reactions as highly resistant (HR; ≥ 500 mg/l), moderately resistant (MR; ≤ 100 mg/l), weakly resistant (WR; ≤ 10 mg/l) and sensitive (S; ≤ 1 mg/l). The results showed that 95 isolates were HR, and 5 isolates were S phenotype. The differences in the carbendazim-resistant phenotypes were conspicuous in sequence analysis of the partial second beta-tubulin (*TUB2*) gene. Amino acid sequence analysis in comparison with wild type *C. gloeosporioides* f. sp. *aeschynomene* (accession no. U14138) was carried out. HR phenotype revealed a substation of codon 198, which encoded glutamic acid (E) in S phenotype, was converted to a codon for alanine (A) which was closely associated with conferring carbendazim resistance of phenotypic mutation from the field.

Keywords: Fungicide resistance, mango anthracnose disease, *Colletotrichum gloeosporioides*

[1/]ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[1/]Department of Entomology and Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University

[2/]ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

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

บทคัดย่อ: เก็บรวบรวมเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสบนผลมะม่วงจากตลาดสด ในจังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 100 ไอโซเลท จากนั้นทดสอบความสามารถในการต้านทานสารป้องกันกำจัดเชื้อราคาร์เบนดาซิมบนอาหาร potato dextrose agar ผสมสารกำจัดเชื้อราคาร์เบนดาซิมที่ระดับความเข้มข้น 0.1, 1, 10, 100, 500 และ 1,000 mg/l ตามลำดับ โดยประเมินระดับความต้านทานดังนี้ ต้านทานระดับสูง (HR; ≥ 500 mg/l), ต้านทานระดับปานกลาง (MR; ≤ 100 mg/l), ต้านทานระดับต่ำ (WR; ≤ 10 mg/l) และระดับอ่อนแอ (S; ≤ 1 mg/l) ผลการทดลองพบเชื้อรากลุ่ม HR จำนวน 95 ไอโซเลท และกลุ่ม S จำนวน 5 ไอโซเลท เมื่อวิเคราะห์หากรดอะมิโนจากตัวอย่างเชื้อราแต่ละระดับความต้านทาน ที่ตำแหน่งบางส่วนของยีนเบต้าทูบูลิน (*TUB2*) เปรียบเทียบกับ *C. gloeosporioides* f. sp. *aeschynomene* (accession no. U14138) พบการเปลี่ยนแปลงของกรดอะมิโนตรงตำแหน่ง codon 198 ของเชื้อรากลุ่ม HR จาก glutamic acid (E) ของเชื้อรากลุ่ม S เป็น alanine (A) ซึ่งสัมพันธ์กับลักษณะกลายพันธุ์ที่แสดงออกต่อสารคาร์เบนดาซิมจากแปลงปลูก

คำสำคัญ: ความต้านทานสารกำจัดเชื้อรา โรคแอนแทรคโนสของมะม่วง *Colletotrichum gloeosporioides*

คำนำ

มะม่วงเป็นผลไม้ที่สำคัญทางเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งของประเทศไทย เพราะในแต่ละปีมีผลผลิตมะม่วงออกสู่ตลาดทั้งภายในประเทศ และส่งออกต่างประเทศจำนวนมาก (เกียรติเกษตร, 2547) แต่ในขณะเดียวกันก็พบว่าผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวจำนวนมากได้รับความเสียหาย จากการเข้าทำลายของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* สาเหตุของโรคแอนแทรคโนส (anthracnose) โดยทำให้เกิดลักษณะจุดสีดำ รูปร่างกลมในระหว่างการบ่มหรือขนส่งจุดแผลเหล่านี้จะขยายใหญ่ขึ้น และลุกลาม ทำให้เน่าทั้งผลได้ อาการจุดเน่าดำบนผลนี้พบทำความเสียหายกับมะม่วงเกือบทุกสายพันธุ์ นอกจากนี้เชื้อราชนิดนี้ยังสามารถแฝงอยู่กับผลตั้งแต่อยู่ในแปลงปลูกโดยไม่แสดงอาการใด ๆ แต่เมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสม เช่น ผลสุก หรือมีความชื้นสูง ในระหว่างการเก็บรักษา หรือบรรจุหีบห่อเพื่อการขนส่ง จะแสดงอาการได้ ซึ่งก็ทำความเสียหายเป็นอย่างมาก (Akem, 2006) สำหรับการจัดการป้องกันกำจัดโรคนี้ในแปลงปลูก เกษตรกรนิยมใช้สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราโดยเฉพาะสารกลุ่มเบนซิมิดาโซล (benzimidazole) เนื่องจากควบคุมโรคได้ผลดีและรวดเร็ว เช่น คาร์เบนดาซิม (carbendazim), เบโนมิล (benomyl) หรือไธอะเบนดาโซล (thiabendazol) เป็นต้น (Akem, 2006) สารเคมีกลุ่มนี้เป็นสารชนิดดูดซึม (systemic fungicides) ที่ออกฤทธิ์แบบเฉพาะจุด (site specific mode of action) กล่าวคือจะเข้าไปจับกับโปรตีนทูบูลิน (tubulin) โดยเข้าไปจับอย่างจำเพาะเจาะจงกับโปรตีน beta-tubulin subunit (Ma and Michailides, 2005) เนื่องจากลักษณะของการออกฤทธิ์แบบจำเพาะจุดนี้ ประกอบกับการใช้สารเคมีอย่างต่อเนื่อง จะส่งผลชักนำให้เชื้อราเกิดการพัฒนา หรือปรับตัวเองเพื่อความอยู่รอด จนเกิดการกลายพันธุ์เป็นสายพันธุ์ที่ต้านทานสารป้องกันกำจัดเชื้อราขึ้น เมื่อเกษตรกรยังคงใช้สารเคมีดังกล่าวเชื้อราสายพันธุ์ที่กลายพันธุ์ยังคงอยู่รอดได้ ซึ่งลักษณะการกลายพันธุ์นี้สามารถถ่ายทอดสู่รุ่นลูกหลานได้ จึงส่งผลให้เพิ่มปริมาณภายในแปลงปลูกของเกษตรกรได้โดยไม่รู้ตัว (acquired fungicide resistance) (Deising *et al*., 2008; Damicone and Smith, 2009) ทำให้เกษตรกรประสบปัญหาไม่สามารถควบคุมการเกิดและแพร่ระบาดของโรคนี้ได้ รวมทั้งต้องสิ้นเปลืองเงินทุนและเวลาในการป้องกันกำจัดโรค ซึ่งจากรายงานของ Damicone and Smith (2009) ได้จัดระดับความเสี่ยงต่อการพัฒนาความต้านทานต่อสารกลุ่มเบนซิมิดาโซลอยู่ในระดับความเสี่ยงสูง ประกอบกับ Deising *et al.* (2008) รายงานว่า เชื้อรา *Venturia inaequalis* และ *Botrytis cinerea* สามารถสร้างความ

ต้านทานต่อสารกลุ่มนี้ในเวลาเพียงสองปี จากเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้เกิดความล้มเหลวในการป้องกันกำจัดโรคที่เกิดขึ้น

ปัจจุบันมีนักวิจัยหลายท่านที่ได้ศึกษาความต้านทานต่อสารในกลุ่มเบนซิมิดาโซลของเชื้อรา *Colletotrichum* spp. ที่ระดับ phenotype และ genetic mutation พบว่าเชื้อราดังกล่าวเกิดความต้านทานต่อสารในกลุ่มนี้ขึ้นแล้วในหลายประเทศ (Kumar *et al*., 2007; Ru-Lin and Jun-Sheng, 2007) โดยศึกษาบนยีนเบต้าทูบูลิน (beta-tubulin gene; *TUB*) ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของกรดอะมิโนตรงตำแหน่งจับของสารกลุ่มเบนซิมิดาโซล (benzimidazole binding site) พบว่าเกี่ยวข้องกับจุดกลายพันธุ์ (point mutation) ที่ตำแหน่ง codon 198 มีรายงานมากที่สุด กล่าวคือกรดอะมิโน glycine, lysine, alanine หรือ valine จะเข้าไปแทนที่ glutamic acid ในตำแหน่ง codon นี้ (Ma and Michailides, 2005) ทั้งนี้พบว่ามีรายงานการศึกษาความต้านทานของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ต่อสารในกลุ่มเบนซิมิดาโซล บริเวณยีน *TUB2* เนื่องจากเป็นบริเวณที่คาดว่ามีตำแหน่งที่เกิดจุดกลายพันธุ์ (Peres *et al*., 2004; Chung *et al*., 2006; Maymon *et al*., 2006; Kim *et al*., 2007) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาถึงจุดกลายพันธุ์บนยีนเบต้าทูบูลิน (*TUB2*) ของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของมะม่วงที่ต้านทานสารป้องกันกำจัดเชื้อราคาร์เบนดาซิม เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจถึงการกลายพันธุ์ที่เกิดขึ้นในระดับชีวโมเลกุล อันจะนำไปสู่การหาวิธีที่เหมาะสมในการควบคุมป้องกันได้อย่างถูกวิธี

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1.แยกและเก็บรวบรวมเชื้อรา *C. gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสบนผลมะม่วง เก็บผลมะม่วงที่แสดงอาการโรคแอนแทรคโนสจากตลาดสด ตรวจเชื้อจากแผลภายใต้กล้องสเตอริโอ จากนั้นแยกเชื้อราโดยวิธี tissue transplanting technique ตัดชิ้นพืชบริเวณแผลกับเนื้อเยื่อปกติให้มีขนาดประมาณ 0.5 x 0.5 เซนติเมตร ฆ่าเชื้อที่ผิวโดยแช่ในสารละลาย sodium hypochlorite (10% Clorox) ประมาณ 1-2 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อประมาณ 2-3 นาที ซับชิ้นพืชให้แห้งด้วยกระดาษกรองที่ผ่านการฆ่าเชื้อ นำชิ้นพืชวางบนอาหาร potato dextrose agar (PDA) บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง (30^{O}C) ประมาณ 3-4 วัน เมื่อสังเกตเห็นเส้นใยเชื้อราเจริญออกจากชิ้นส่วนพืช จึงเขี่ยบริเวณปลายเส้นใยมาวางบนอาหาร PDA บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง (30^{O}C) เป็นเวลา 10 วัน เพื่อศึกษาลักษณะโคโลนีและสปอร์ จากนั้นแยกเก็บเชื้อส่วนหนึ่งไว้ในอาหาร PDA ในหลอดเอียง สำหรับใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

2.ประเมินระดับความต้านทานของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ต่อสารป้องกันกำจัดเชื้อราคาร์เบนดาซิม เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ผสมกับสารป้องกันกำจัดเชื้อราคาร์เบนดาซิม ที่ความเข้มข้นระดับต่าง ๆ ได้แก่ 0.1, 1, 10, 100, 500 (อัตราแนะนำ) และ 1,000 mg/l ใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร ตัดบริเวณขอบโคโลนีของเชื้อราแต่ละไอโซเลทเลี้ยงบนอาหาร PDA ที่ผสมสารป้องกันกำจัดเชื้อราคาร์เบนดาซิมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ เปรียบเทียบการเจริญของโคโลนีเชื้อรากับชุดควบคุมคือ อาหาร PDA ที่ไม่ผสมสารป้องกันกำจัดเชื้อรา ทำการทดลองความเข้มข้นละ 5 ซ้ำ บันทึกการเจริญของเชื้อรา โดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา และประเมินระดับความต้านทานต่อสารป้องกันกำจัดเชื้อราคาร์เบนดาซิมเป็น 4 ระดับ ตามหลักเกณฑ์ ซึ่งดัดแปลงจาก Koenraadt *et al*. (1992) และ Peres *et al*. (2004) แสดงใน ตารางที่ 1 และตรวจสอบลักษณะเส้นใยของเชื้อราแต่ละระดับความต้านทานที่เลี้ยงบนอาหาร PDA และ PDA ผสมคาร์เบนดาร์ซิมที่ 500 mg/l ภายใต้กล้องจุลทรรศ์ขยาย 400 เท่า โดยวิธี slide culture

3.เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ และวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ตรงตำแหน่งยีนเบต้าทูบูลิน สกัดดีเอ็นเอจากเส้นใยของเชื้อราที่คัดเลือกแต่ละระดับความต้านทานด้วยชุด NucleoSpin® kit และเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอตรงตำแหน่งบางส่วนของยีน *TUB2* โดยทำปฏิกิริยา PCR ใช้ไพรเมอร์ TUB2L (5’ GTT TCC AGA TCA CCC ACT CC 3’) และไพรเมอร์ TUB2R (5’ TGA GCT CAG GAA CAC TGA CG 3’) ตรวจสอบผลผลิต

จากปฏิกิริยาที่ได้โดยวิธี gel electrophoresis บน 1% agarose gel ใน 0.5X TBE buffer และย้อมเจลด้วย 0.5 µg/ml เอธิเดียมโบรไมด์ ตรวจดูแถบดีเอ็นเอภายใต้แสงอัลตราไวโอเลท และนำไปวิเคราะห์หาลำดับนิวคลีโอไทด์ ด้วยเครื่อง automated fluorescent DNA sequencer นำข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ได้แปลรหัสเป็นกรดอะมิโนด้วยโปรแกรม BioEdit version 5.0.6. เปรียบเทียบความเหมือนกับข้อมูลของยีนเบต้าทูบูลินที่มีรายงานไว้ในฐานข้อมูล GenBank ของ National Center for Biotechnology Information (NCBI) ด้วยโปรแกรม BLAST โดยเข้าไปที่ http://www.ncbi.nlm.nih.gov นอกจากนี้นำข้อมูลทั้งสองเปรียบเทียบกับเชื้อรา *C. gloeosporioides* f. sp. *aeschynomene* (accession no. U14138) ตามรายงานของ Buhr and Dickman (1994) ด้วยโปรแกรม ClustalX, version 2.0.10 เพื่อตรวจสอบหาจุดกลายพันธุ์

1.แยกและเก็บรวบรวมเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสมะม่วง จากการแยกและเก็บตัวอย่างโรคแอนแทรคโนสบนผลมะม่วงจากตลาดสดได้ 100 ไอโซเลท ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อราที่แยกได้ โดยเลี้ยงเชื้อราบนอาหาร PDA พบว่าเชื้อราทั้งหมดมีลักษณะโคโลนีบนอาหาร PDA ดังนี้ เมื่ออ่อนเส้นใยมีสีขาวต่อมาจะค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นสีเทาและเจริญเต็มจานอาหารเลี้ยงเชื้อประมาณ 10 วัน บางไอโซเลทสร้างกลุ่มสปอร์สีส้ม (spore mass) และพบเม็ด sclerotium สีดำฝังตัวอยู่ในอาหาร PDA มีลักษณะสปอร์รูปทรงกระบอกหัวท้ายมน (cylindrical) เซลล์เดียว ใส (ไม่มีสี) ขนาด 4.2-5.1 x 15.4-20.6 m (ภาพที่ 1) ซึ่งจากลักษณะดังกล่าวสามารถจัดจำแนกเชื้อราสาเหตุดังกล่าวเป็นเชื้อรา *C. gloeosporioides* ตามหลักเกณฑ์ของ Sutton (1992)

2. ประเมินระดับความต้านทานต่อสารป้องกันกำจัดเชื้อราคาร์เบนดาซิม จากการศึกษาความต้านทานต่อสารคาร์เบนดาร์ซิมที่ระดับ phenotypic mutation โดยประเมินระดับความต้านทานของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ต่อสารป้องกันกำจัดเชื้อราคาร์เบนดาซิมบนอาหาร PDA ที่ผสมสารคาร์เบนดาซิม 6 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 0.1, 1.0, 10, 100, 500 และ 1000 mg/l ตามหลักเกณฑ์ที่แสดงใน ตาราง 1 พบเชื้อราที่ต้านทานต่อสารป้องกันกำจัดเชื้อราคาร์เบนดาซิมในระดับสูง (HR) ซึ่งเจริญได้บนอาหารผสม

Table 1 Phenotype-resistant levels of *Colletotrichum gloeosporioides* to carbendazim at various concentrations: 0.1, 1, 10, 100, 500 and 1,000 mg/l supplemented with potato dextrose agar (Modified from Koenraadt *et al*., 1992; Peres *et al*., 2004).

Phenotype-resistant levels	Carbendazim concentration (mg/l)					
	0.1	1	10	100	500*	1,000
Sensitive (S)	✓	X	X	X	X	X
	✓	✓	X	X	X	X
Weakly resistant (WR)	✓	✓	✓	X	X	X
Moderately resistant (MR)	✓	✓	✓	✓	X	X
Highly resistant (HR)	✓	✓	✓	✓	✓	X
	✓	✓	✓	✓	✓	✓

* = the field recommendation rate

✓ = the percentage of growth $\geq$ 10% compared with the control

X = the percentage of growth < 10% compared with the control

คาร์เบนดาร์ซิมได้ ≥ 500 mg/l จำนวน 95 ไอโซเลท และระดับอ่อนแอ (S) ซึ่งเจริญได้บนอาหารผสมคาร์เบนดาร์ซิมได้ ≤ 1 mg/l จำนวน 5 ไอโซเลท (ภาพที่ 2) ในการทดลองครั้งนี้ไม่พบเชื้อราที่ต้านทานระดับปานกลาง (MR) และระดับต่ำ (WR) และเมื่อตรวจสอบเส้นใยเชื้อราสายพันธุ์ S และ HR ที่เลี้ยงบนอาหาร PDA และ PDA ผสมคาร์เบนดาร์ซิมที่ 500 mg/l ภายใต้กล้องจุลทรรศ์ขยาย 400 เท่า โดยวิธี slide cultureพบลักษณะเส้นใยของเชื้อราทั้งสองสายพันธุ์ที่เลี้ยงบนอาหาร PDA และ เชื้อราสายพันธุ์ HR ที่เลี้ยงบนอาหาร PDA ผสม คาร์เบนดาร์ซิมที่ 500 mg/l มีลักษณะเส้นใยไม่แตกต่างกัน ส่วนเชื้อราสายพันธุ์ S ที่เลี้ยง

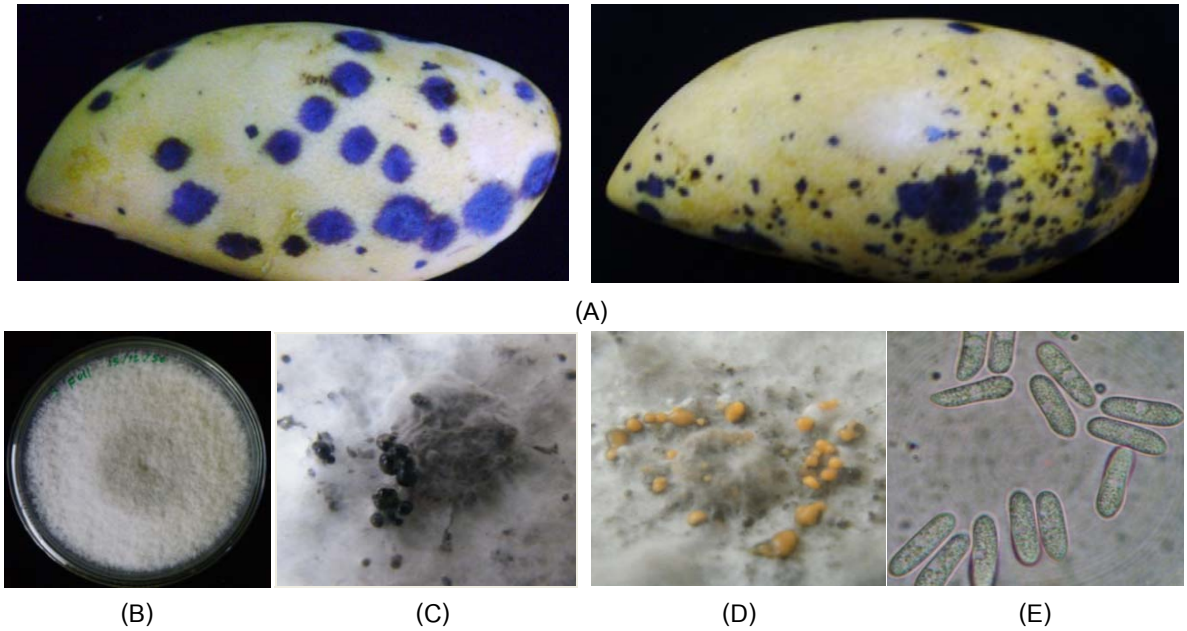


Figure 1 Morphological characteristics of *Colletotrichum gloeosporioides* isolates causing mango anthracnose disease; (A) anthracnose symptom on fruits, (B) Colony growth on potato dextrose agar for 10 days, (C) sclerotia, (D) slimy spore mass, (E) conidia (X100).

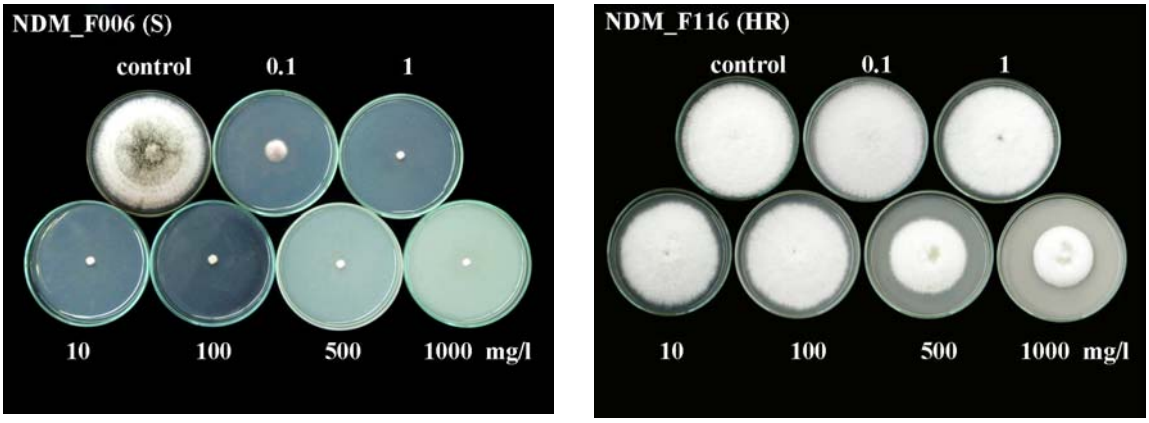


Figure 2 Carbendazim-resistance assays of *Colletotrichum gloeosporioides* causing mango anthracnose on potato dextrose agar supplemented with carbendazim at control (0), 0.1, 1, 10, 100, 500, and 1,000 mg/l; (A) Sensitive (S) phenotype. (B) Highly-resistant (HR) phenotype.

บนอาหาร PDA ผสมคาร์เบนดาร์ซิมที่ 500 mg/l ไม่พบการสร้างเส้นใย (ภาพที่ 3)

3.เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอและวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ตรงตำแหน่งยีนเบต้าทูบูลิน จากการศึกษาความต้านทานต่อสารคาร์เบนดาร์ซิมที่ระดับพันธุกรรม (genetic mutation) โดยเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอตรงตำแหน่งบางส่วนของยีน *TUB2* ของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ด้วยเทคนิค PCR โดยสุ่มตัวอย่างเชื้อรากลุ่ม HR จำนวน 20 ไอโซเลท และเชื้อรากลุ่ม S จำนวน 5 ไอโซเลท เมื่อตรวจสอบผลปฏิกิริยาโดยวิธี gel electrophoresis พบแถบดีเอ็นเอขนาดประมาณ 474 คู่เบส เมื่อนำไปวิเคราะห์หาลำดับนิวคลีโอไทด์ และแปลรหัสเป็นกรดกรดอะมิโน เพื่อหาการเปลี่ยนแปลงเฉพาะจุดพบการเปลี่ยนแปลงของกรดอะมิโนตรงตำแหน่ง 139, 149, 151, 156, 176, 194 และ 198 โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงตรงตำแหน่ง codon 198 ของเชื้อรากลุ่มต้านทานระดับสูง (HR) มีความสัมพันธ์กับตัวอย่างเชื้อรากลุ่ม HR ทุก ไอโซเลท ในขณะที่ตรงตำแหน่งนี้ของเชื้อรากลุ่ม S ไม่เปลี่ยนแปลง กล่าวคือเกิดการเปลี่ยนแปลงกรดอะมิโนจาก glutamic acid (E; GAG) ถูกแทนที่ด้วย alanine (A; GCG) บน codon ดังกล่าว (ภาพที่ 4)

วิจารณ์ผล

จากการประเมินระดับความต้านทานของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ต่อสารป้องกันกำจัดเชื้อราคาร์เบนดาซิม พบเชื้อราที่ต้านทานต่อสารป้องกันกำจัดเชื้อราคาร์เบนดาซิมในระดับสูง (HR) จำนวน 95 % จากผลการทดลองนี้ซึ่งแสดงการกลายพันธุ์ในระดับ phenotypic mutation บ่งชี้ว่ามีเชื้อราเกิดการปรับตัวเองเพื่อความอยู่รอดและเกิดการต้านทานต่อสารเคมีดังกล่าวแฝงอยู่ในธรรมชาติขึ้นแล้ว เพราะพบเชื้อรากลุ่ม HR ที่สามารถเจริญได้ดีบนอาหาร PDA ที่ผสมสารคาร์เบนดาซิมที่ระดับความเข้มข้น ≥ 500 mg/l ซึ่งเป็นระดับความเข้มข้นในอัตราแนะนำ และมากกว่าอัตราแนะนำ โดยอาจเป็นผลมาจากการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดโรคนี้มากเกินอัตราแนะนำและใช้ติดต่อกันเป็นเวลานาน มีผลสอดคล้องกับรายงานของ Kumar *et al*. (2007) ที่ตรวจสอบความต้านทานต่อสารเคมีในกลุ่มเบนซิมิดาโซลของเชื้อรา *Colletotrichum* spp. ในระดับ phenotype mutation พบเชื้อราดังกล่าวต้านทานต่อสารเคมีในกลุ่มเบนซิมิดาโซลอยู่ในระดับสูง

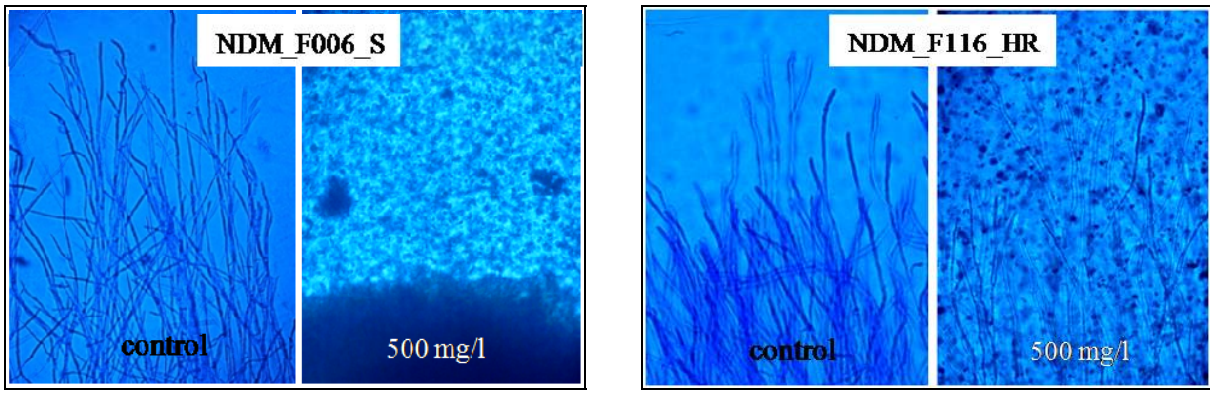


Figure 3 The mycelia (X40) of *Colletotrichum gloeosporioides* causing mango anthracnose on fruits between A) Sensitive (S) phenotype, (B) Highly-resistant (HR) phenotype on potato dextrose agar (PDA) and on PDA with carbendazim 500 mg/l.

จากการศึกษาความต้านทานต่อสารคาร์เบนดาร์ซิมที่ระดับ genetic mutation โดยเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอตรงตำแหน่งบางส่วนของยีน *TUB2* ของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ด้วยเทคนิค PCR โดยสุ่มตัวอย่างเชื้อรากลุ่ม HR และเชื้อรากลุ่ม S เมื่อนำไปวิเคราะห์หาลำดับนิวคลีโอไทด์ และแปลรหัสเป็นกรดกรดอะมิโน เพื่อหาการเปลี่ยนแปลงเฉพาะจุด พบจุดกลายพันธุ์ (point mutation) ของกรดอะมิโนตรงตำแหน่ง codon 198 ของเชื้อรากลุ่ม HR กล่าวคือเกิดการเปลี่ยนแปลงกรดอะมิโนจาก glutamic acid (E; GAG) ถูกแทนที่ด้วย alanine (A; GCG) บน codon ดังกล่าว ซึ่งอาจเป็นตัวบ่งชี้ว่าเชื้อรา *C. gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของมะม่วง เกิดการกลายพันธุ์ต้านทานต่อสารคาร์เบนดาซิม ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาความต้านทานต่อสารในกลุ่มเบนซิมิดาโซลของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ที่เกิดจุดกลายพันธุ์ ตรงตำแหน่ง codon ที่ 198 โดยศึกษาจากต้น northern jointvetch ในประเทศสหรัฐอเมริกา (Buhr and Dickman, 1994) โรค postbloom fruit drop ของส้ม ในรัฐฟลอริดา ประเทศสหรัฐ และ เมืองเซาเปาโล ประเทศบราซิล (Peres *et al*., 2004) โรคแอนแทรคโนสจาก ไม้ผลต่าง ๆ ในประเทศญี่ปุ่น (Chung *et al*., 2006), โรคแอนแทรคโนสของต้นสแตติส ในประเทศอิสราเอล (Maymon *et al*., 2006) โรคแอนแทรคโนสของพริก และสตรอเบอร์รี่ ในประเทศเกาหลี (Kim *et al.,* 2007) และโรคแอนแทรคโนสของมะม่วงในประเทศจีนตอนใต้ (Ru-Lin and Jun-Sheng, 2007) ซึ่งจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระดับพันธุกรรมนี้ เป็นตัวบ่งชี้ที่แสดงให้เห็นชัดเจนขึ้นว่าความต้านทานต่อสารเคมีดังกล่าวของเชื้อราสามารถถ่ายทอดสู่ลูกหลาน และเชื้อรากลุ่มที่กลายพันธุ์ต้านทานต่อสารเคมีที่กล่าวนี้ได้ปรากฏขึ้นแล้วในธรรมชาติ หรือแปลงปลูกของเกษตรกร และกำลังเพิ่มปริมาณขึ้นเรื่อย ๆ เพราะฉะนั้นจำเป็นต้องแนะนำเกษตรกรให้ตระหนักถึงการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืชอย่างระมัดระวัง เพื่อป้องกันเชื้อราเกิดความต้านทานต่อสารเคมีที่กำลังเกิดขึ้น แสดงให้เห็นว่าจะต้องมีการจัดการอย่างระมัดระวัง เพื่อให้เกิดการควบคุม และป้องกันกำจัดเชื้อโรคเป้าหมายให้มีประสิทธิภาพสูงสุด สำหรับการกลายพันธุ์ที่เกิดขึ้นนี้ยังมีรายงานจาก Damicone and Smith (2009) ว่าสามารถสร้างความต้านทานข้าม (cross resistance) ได้ด้วย กล่าวคือ การที่เชื้อราสาเหตุโรคพืชสร้างความต้านทานต่อสารเคมีชนิดใดชนิดหนึ่งแล้ว ยังสามารถสร้างความต้านทานต่อสารเคมีชนิดอื่นที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันหรือคนละกลุ่มกันแต่มีกลไกการออกฤทธิ์เข้าทำลายเหมือนกันหรือคล้ายกัน ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้ที่แสดงให้เห็นว่าเกิดเชื้อราสายพันธุ์ต้านทานต่อสารคาร์เบนดาซิมนั้น อาจจะต้านทานต่อสารชนิดอื่นในกลุ่มเบนซิมิดาโซลด้วย จึงจำเป็นต้องแนะนำเกษตรกรให้ลดความเสี่ยงนี้โดยการใช้สารเคมีต่างกลุ่มสลับกัน หรือ ใช้หลักการจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสานมาใช้ในแปลงปลูก (integrated pest management) (Prabakar *et al*., 2008; Singh *et al*., 2008; Damicone and Smith, 2009) อย่างไรก็ตามการกลายพันธุ์เพื่อต้านทานต่อสารเคมีนั้น อาจเกิดจากยีนเดี่ยว ๆ หรือหลายยีน ซึ่งการกลายพันธุ์ของยีนอาจเกิดขึ้นจำเพาะตำแหน่งเดียว หรือเกิดขึ้นหลายตำแหน่ง จึงต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

สรุป

จากการแยกเชื้อรา *C. gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของผลมะม่วง และการประเมินระดับความต้านทานต่อสารป้องกันกำจัดเชื้อราคาร์เบนดาซิม พบว่าเชื้อรามีความต้านทานระดับสูง (HR) ซึ่งเจริญได้บนอาหารผสม คาร์เบนดาร์ซิมได้ $\geq$ 500 mg/l จำนวน 95 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นสกัดดีเอ็นเอจากตัวอย่างเชื้อราเพื่อเพิ่มปริมาณตรงตำแหน่งบางส่วนของยีนเบต้าทูบูลิน (*TUB2*) ด้วยเทคนิค PCR ได้แถบดีเอ็นเอขนาดประมาณ 474 คู่เบส และเมื่อวิเคราะห์หาลำดับกรดอะมิโนเปรียบเทียบกับ *C. gloeosporioides* f. sp. *aeschynomene* (accession no. U14138) พบการเปลี่ยนแปลงของกรดอะมิโนตรงตำแหน่ง codon 198 ของเชื้อรากลุ่ม HR จาก glutamic acid (E) ของเชื้อรากลุ่ม S เป็น alanine (A)

```
      code      Phenotype                                    Target site codon 198(2)
     U14138(1)  wild type   MGTLLISKIREEFPDRMMATFSVVPSPKVSDTVVEPYNATLSVHQLVENSDETFCIDNEA
 1     F003         S       MGTLLISKIREEFPDRMMATFSVVPSPKVSDTVVEPYNATLSVHQLVENSDETFCIDNEA
 2     F006         S       MGTLMISKIREEFPDRMMATFSVVPSPKVYDTVVEPYNATLSVHQLVENSDETFCIDNEA
 3     F102         S       MGTLLISKIHEEFPDRMMATFSVVPSPKVYDTVVEPYNATLSVHQLVENSDETFCIDNEA
 4     F118         S       MGTLLISKIREEFPDRMMATFSVVPSPKVYDTVVEPYNATLSVHQLVKNSDETFCIDNEA
 5     F125         S       MGTLLISKIREEFPDRMMATFSVVPSPKVSDTVVEPYNATLSVHQLVENSDETFCIDNEA
 6     F002        HR       MGTLLISKIREEFPDRMMATFSVVPSPKVSDTVVEPYNATLSVHQLVENSDATFCIDNEA
 7     F012        HR       MGTLLISKIREEFPDRMMATFSVVPSPKVYDTVVEPYNATLSVHQLVENSDATFCIDNEA
 8     F014        HR       MGTLLISKIREEFPDRMMATFSVVPSPKVSDTVVEPYNATLSVHQLVENSDATFCIDNEA
 9     F018        HR       MGPLLISKIREEFPDRMMATFSVVPSPKVSDTVVEPYNATLSVHQLVENSDATFCIDNEA
10     F026        HR       MGTLLISKIREEFPDRMMATFSVVPSPKVSDTVVEPYNATLSVHQLVENSDATFCIDNEA
11     F027        HR       MGPLLISKIREEFPDRMMATFSVVPSPKVYDTVVEPYNATLSVHQLVENSDATFCIDNEA
12     F033        HR       MGTLLISKIREEFPDRMMATFSVVPSPKVSDTVVEPYNATLSVHQLVENSDATFCIDNEA
13     F061        HR       MGTLLISKIHEEFPDRMMATFSVVPSPKVSDTVVEPYNATLSVHQLVENSDATFCIDNEA
14     F066        HR       MGTLMISKIREEFPDRMMATFSVVPSPKVSDTVVEPYNATLSVHQLVENSDATFCIDNEA
15     F076        HR       MGPLLISKIREEFPDRMMATFSVVPSPKVSDTVVEPYNATLSVHQLVENSDATFCIDNEA
16     F095        HR       MGPLLISKIREEFPDRMMATFSVVPSPKVSDTVVEPYNATLSVHQLVENSDATFCIDNEA
17     F103        HR       MGPLLISKIREEFPDRMMATFSVVPSPKVSDTVVEPYNATLSVHQLVENSDATFCIDNEA
18     F106        HR       MGTLLISKIREEFPDRMMATFSVVPSPKVSDTVVEPYNATLSVHQLVENSDATFCIDNEA
19     F110        HR       MGTLLISKIREEFPDRMMATFSVVPSPKVSDTVVEPYNATLSVHQLVENSDATFCIDNEA
20     F114        HR       MGPLLISKIREEFPDRMMATFSVVPSPKVSDTVVEPYNATLSVHQLVENSDATFCIDNEA
21     F116        HR       MGTLLISKIREEFPDRMMATFSVVPSPKVSDTVVEPYNATLSVHQLVKNSDATFCIDNEA
22     F130        HR       MGPLLISKIREEFPDRMMATFSVVPSPKVSDTVVEPYNATLSVHQLVENSDATFCIDNEA
23     F131        HR       MGPLLISKIREEFPDRMMATFSVVPSPKVSDTVVEPYNATLSVHQLVENSDATFCIDNEA
24     F135        HR       MGPLLISKIHEEFPDRMMATFSVVPSPKVYDTVVEPYNATLSVHQLVKNSDATFCIDNEA
25     F146        HR       MGTLLISKIREEFPDRMMATFSVVPSPKVSDTVVEPYNATLSVHQLVENSDATFCIDNEA
                            --*-*----*------------------*-----------------*---*--------  60

      code      Phenotype
     U14138(1)  wild type   LYDICMRTLKLSNPSYGDLNHLVSAVMSGVTTCLRFPGQLNSDLRKLAVNMVPFPRLHFF
 1     F003         S       LYDICMRTLKLSNPSYGDLNHLVSAVMSGVTTCLRFPGQLNSDLRKLAVNMVPFPRLHFF
 2     F006         S       LYDICMRTLKLSNPSYGDLNHLVSAVMSGVTTCLRFPGQLNSDLRKLAVNMVPFPRLHFF
 3     F102         S       LYDICMRTLKLSNPSYGDLNHLVSAVMSGVTTCLRFPGQLNSDLRKLAVNMVPFPRLHFF
 4     F118         S       LYDICMRTLKLSNPSYGDLNHLVSAVMSGVTTCLRFPGQLNSDLRKLAVNMVPFPRLHFF
 5     F125         S       LYDICMRTLKLSNPSYGDLNHLVSAVMSGVTTCLRFPGQLNSDLRKLAVNMVPFPRLHFF
 6     F002        HR       LYDICMRTLKLSNPSYGDLNHLVSAVMSGVTTCLRFPGQLNSDLRKLAVNMVPFPRLHFF
 7     F012        HR       LYDICMRTLKLSNPSYGDLNHLVSAVMSGVTTCLRFPGQLNSDLRKLAVNMVPFPRLHFF
 8     F014        HR       LYDICMRTLKLSNPSYGDLNHLVSAVMSGVTTCLRFPGQLNSDLRKLAVNMVPFPRLHFF
 9     F018        HR       LYDICMRTLKLSNPSYGDLNHLVSAVMSGVTTCLRFPGQLNSDLRKLAVNMVPFPRLHFF
10     F026        HR       LYDICMRTLKLSNPSYGDLNHLVSAVMSGVTTCLRFPGQLNSDLRKLAVNMVPFPRLHFF
11     F027        HR       LYDICMRTLKLSNPSYGDLNHLVSAVMSGVTTCLRFPGQLNSDLRKLAVNMVPFPRLHFF
12     F033        HR       LYDICMRTLKLSNPSYGDLNHLVSAVMSGVTTCLRFPGQLNSDLRKLAVNMVPFPRLHFF
13     F061        HR       LYDICMRTLKLSNPSYGDLNHLVSAVMSGVTTCLRFPGQLNSDLRKLAVNMVPFPRLHFF
14     F066        HR       LYDICMRTLKLSNPSYGDLNHLVSAVMSGVTTCLRFPGQLNSDLRKLAVNMVPFPRLHFF
15     F076        HR       LYDICMRTLKLSNPSYGDLNHLVSAVMSGVTTCLRFPGQLNSDLRKLAVNMVPFPRLHFF
16     F095        HR       LYDICMRTLKLSNPSYGDLNHLVSAVMSGVTTCLRFPGQLNSDLRKLAVNMVPFPRLHFF
17     F103        HR       LYDICMRTLKLSNPSYGDLNHLVSAVMSGVTTCLRFPGQLNSDLRKLAVNMVPFPRLHFF
20     F106        HR       LYDICMRTLKLSNPSYGDLNHLVSAVMSGVTTCLRFPGQLNSDLRKLAVNMVPFPRLHFF
18     F110        HR       LYDICMRTLKLSNPSYGDLNHLVSAVMSGVTTCLRFPGQLNSDLRKLAVNMVPFPRLHFF
19     F114        HR       LYDICMRTLKLSNPSYGDLNHLVSAVMSGVTTCLRFPGQLNSDLRKLAVNMVPFPRLHFF
21     F116        HR       LYDICMRTLKLSNPSYGDLNHLVSAVMSGVTTCLRFPGQLNSDLRKLAVNMVPFPRLHFF
22     F130        HR       LYDICMRTLKLSNPSYGDLNHLVSAVMSGVTTCLRFPGQLNSDLRKLAVNMVPFPRLHFF
23     F131        HR       LYDICMRTLKLSNPSYGDLNHLVSAVMSGVTTCLRFPGQLNSDLRKLAVNMVPFPRLHFF
24     F135        HR       LYDICMRTLKLSNPSYGDLNHLVSAVMSGVTTCLRFPGQLNSDLRKLAVNMVPFPRLHFF
25     F146        HR       LYDICMRTLKLSNPSYGDLNHLVSAVMSGVTTCLRFPGQLNSDLRKLAVNMVPFPRLHFF
                            ------------------------------------------------------------ 120
```

Figure 4 Comparison of amino acids of *Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *aeschynomene* a second beta-tubulin gene ((1)accession no. U14138) at the target sites of benzimidazole between carbendazim-resistant *C. gloeosporioide*s causing anthracnose on mango fruits ((2)Buhr and Dickman, 1994; Peres, *et al*., 2004).

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนส่วนหนึ่ง จากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว) และศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ (AG-BIO/PERDO-CHE) และขอขอบพระคุณ Prof. Dr. Kazuya Akimitsu แห่งมหาวิทยาลัยคากาว่า ประเทศญี่ปุ่น ที่ให้ความอนุเคราะห์และสนับสนุนการวิเคราะห์หาลำดับนิวคลีโอไทด์ในการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

เกียรติเกษตร กาญจนพิสุทธิ์. 2547. คู่มือมะม่วง. เพ็ท-แพล้น พับลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ. 272 หน้า.

Akem, C. N. 2006. Mango anthracnose disease: present status and future research priorities. Plant Pathol. J. 5: 266-273.

Buhr, T. L., and M. B., Dickman. 1994. Isolation, characterization, and expression of a second β-tubulin-encoding gene from *Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *aeschynomene*. Appl. and Environ. Microbiol. 60: 4155-4159.

Chung, W. H., H. Ishii, K. Nishimura, M. Fukaya, K. Yano, and Y. Kajitani. 2006. Fungicide sensitivity and phylogenetic relationship of anthracnose fungi isolated from various fruit crops in Japan. Plant Dis. 90: 506-512.

Damicone, J., and D. Smith. 2009. Fungicide resistance management. (On-line). Oklahoma Cooperative Extension Fact Sheets. Available: http://pods.dasnr.okstate.edu/docushare/dsweb/Get/Document-2317/F-7663web.pdf (July 1, 2010).

Deising, H. B., S. Reimann, and S. F. Pascholati. 2008. Mechanisms and significance of fungicide resistance. Brazil. J. Microbiol. 39: 286-295.

Kim, Y. S., J. Y. Min, B. K. Kang, N. V. Bach, W. B. Choi, E. W. Park, and H. T. Kim. 2007. Analyses of the less benzimidazole-sensitivity of the isolates of *Colletotrichum* spp. causing the anthracnose in pepper and strawberry. Plant Pathol. J. 23: 187-192.

Koenraadt, H., S. C. Somerville, and A. L. Jones. 1992. Characterization of mutations in the beta-tubulin gene of benomyl-resistant field isolates of *Venturia inaequqlis* and other plant pathogenic fungi. Phytopathology 82: 1348-1354.

Kumar, A. S., N. P. E. Reddy, K. H. Reddy, and M. C. Devi. 2007. Evaluation of fungicidal resistance among *Colletotrichum gloeosporioides* isolates causing mango anthracnose in Agri Export Zone of Andhra Pradesh, India. Plant Pathol. Bull. 16: 157-160.

Ma, Z., and T. J. Michailides. 2005. Advances in understanding molecular mechanisms of fungicide resistance and molecular detection of resistant genotypes in phytopathogenic fungi. Crop Protection 24: 853-863.

Maymon, M., A. Zveibil, S. Pivonia, D. Minz, and S. Freeman. 2006. Identification and characterization of benomyl-resistant and sensitive populations of *Colletotrichum gloeosporioides* from statice (*Limonium* spp.). Phytopathology 96: 542-548.

Peres, N. A. R., N. L. Souza, T. L. Peever, and L. W. Timmer. 2004. Benomyl sensitivity of isolates of *Colletotrichum acutatum* and *C. gloeosporioides* from citrus. Plant Dis. 88: 125-130.

Prabakar, K., T. Raguchander, D. Saravanakumar, P. Muthulakshmi, V. K. Parthiban, and V. Prakasam. 2008. Management of postharvest disease of mango anthracnose incited by *Colletotrichum gloeosporioides*. Arch. Phytopathology Plant Protect. 41: 333-339

Ru-Lin, Z., and H. Jun-Sheng. 2007. Cloning of a carbendazim-resistant gene from *Colletotrichum gloeosporioides* of mango in South China. Afr. J. Biotechnol. 6: 143-147.

Singh, S. B., I. Mukherjee, J. Maisnam, P. Kumar, M. Gopal, and G. Kulshrestha. 2008. Determination of pesticide residues in IPM and non-IPM sample of mango (*Mangifera indica*). J. Environ. Sci. Health Part B. 43: 300-306.

Sutton, B. C. 1992. The genus *Glomerella* and its anamorph *Colletotrichum*. Pp. 1 – 27. *In*: *Colletotrichum: Biology*, Pathology and Control. J. A. Bailey, and M. J. Jeger, eds. CAB International, Wallingford, UK

ประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้จากต้นยูคาลิปตัสและสะเดาในการควบคุมเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides*

Efficiency of Wood Vinegar Extracts from Eucalyptus and Neem Trees for Controlling *Colletotrichum gloeosporioides*

วิลาสินี แสงนาค[1/, 2/] และ สรัญยา ณ ลำปาง[1/, 2/]

Vilasinee Sangnak[1/, 2/] and Sarunya Nalumpang[1/, 2/]

Abstract: Assays on the efficiency of wood vinegar extracts of eucalyptus and neem trees in controlling *Colletotrichum gloeosporioides* were carried out. The methods used in this study included isolation of the *C. gloeosporioides* from mango cv. 'Nam Dok Mai', sensitivity assays of the *C. gloeosporioides* to the carbendazim fungicide and inhibition activity assays of wood vinegar extracts of eucalyptus and neem trees to the *C. gloeosporioides*. The results showed that from a total of 131 *C. gloeosporioides* isolates that isolated from mango cv. 'Nam Dok Mai', 94 isolates (71.76%) were highly resistant (HR), 2 isolate (1.53%) was moderately resistant (MR) and 35 isolates (26.72%) were sensitive (S) to the carbendazim fungicide. Three isolates, one from each phenotype, were selected in the inhibition activity assays of the wood vinegar extracts of eucalyptus and neem trees to the *C. gloeosporioides*. Both wood vinegar extracts were screened for their inhibition activity against *C. gloeosporioides* on agar plates by mixing the extracts with potato dextrose agar (PDA). In this experiment, both wood vinegar extracts could completely inhibit the hyphal growth of *C. gloeosporioides* (100% efficiency) at 2% (v/v) concentration, and showed inhibition activity to the conidial germination of *C. gloeosporioides* (100% efficiency) after 24 hour at 1% (v/v) concentration. The lower eucalyptus vinegar extract concentration could inhibit the hyphal growth and conidial germination better than neem vinegar extract. The inhibition activity assays was also carried out by soaking mango fruits into eucalyptus vinegar extract at 1, 2 and 3% (v/v) concentration for 1, 3 and 5 min. The soaking mango fruits in 1% eucalyptus vinegar extract for 1 min produced the highest inhibition activity on the anthracnose disease incident of the mango fruits. The vinegar extract smell wad faded away within a day. Using this combination, the mango fruits did not show any anthracnose symptom up to 16 days incubation period while the control had shown the symptom over the mango. The skin and taste were not differences from the mango before soaking. In conclusion, wood vinegar extract of eucalyptus wood has a potential as an alternative agent for controlling anthracnose disease of mango fruits.

Keywords: Wood vinegar extract, *Colletotrichum gloeosporioides,* mango

---

[1/]ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[1/]Department of Entomology and Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University

[2/]ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

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

บทคัดย่อ: การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้จากต้นยูคาลิปตัสและสะเดา ในการควบคุมเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ โดยรวบรวมเชื้อราได้ทั้งหมด 131 ไอโซเลท จากนั้นทดสอบความต้านทานต่อสารกำจัดเชื้อราคาร์เบนดาซิม พบเชื้อราที่ต้านทานสารป้องกันกำจัดเชื้อราคาร์เบนดาซิมระดับสูง (HR) จำนวน 94 ไอโซเลท (71.76%), ต้านทานระดับปานกลาง (MR) 2 ไอโซเลท (1.53%) และระดับอ่อนแอ (S) 35 ไอโซเลท (26.72%) สำหรับ การทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเส้นใยของเชื้อรา *C. gloeosporioides* โดยผสมน้ำส้มควันไม้ในอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) ที่ระดับความเข้มข้นที่ทำการทดลอง พบว่าน้ำส้มควันไม้ทั้ง 2 ชนิด ที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 2% (v/v) ขึ้นไป ยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ 100% ส่วนประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกของโคนิเดียที่เวลา 24 ชั่วโมง พบว่าน้ำส้มควันไม้ทั้ง 2 ชนิด ที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 1% (v/v) ขึ้นไป ยับยั้งการงอกของสปอร์ได้ 100% จากประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัสที่ระดับความเข้มข้นน้อยสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใย และการงอกของสปอร์เชื้อราได้ดีกว่าน้ำส้มควันไม้สะเดา จึงนำน้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัสทดสอบการควบคุมโรคบนผลมะม่วง โดยแช่มะม่วงในน้ำส้มควันไม้ที่ความเข้มข้น 1, 2 และ 3% (v/v) เป็นเวลา 1, 3 และ 5 นาที ตามลำดับ แล้วปลูกเชื้อ พบว่าการแช่มะม่วงในน้ำส้มควันไม้ 1% (v/v) เป็นเวลา 1 นาที สามารถลดการเกิดโรคได้ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม เมื่อตรวจสอบคุณภาพของมะม่วงภายหลังจากการแช่น้ำส้มควันไม้เป็นเวลา 16 วัน กลิ่นจะหายไปในวันแรกหลังจากการแช่น้ำส้มควันไม้ และไม่พบอาการของโรคที่ผล ในขณะที่ชุดควบคุมแสดงอาการของโรคทั่วทั้งผล นอกจากนี้สีเปลือก และรสชาติของมะม่วงไม่ต่างจากมะม่วงก่อนนำมาแช่น้ำส้มควันไม้ กล่าวโดยสรุปน้ำส้มควันไม้จากยูคาลิปตัสมีศักยภาพในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสในผลมะม่วง

คำสำคัญ: น้ำส้มควันไม้ *Colletotrichum gloeosporioides* มะม่วง

คำนำ

มะม่วงเป็นไม้ผลที่ได้รับความสนใจจากเกษตรกรอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน เพราะเป็นพืชที่ปลูกง่าย สามารถขึ้นได้ในดินแทบทุกชนิด มีแนวโน้มการส่งออกมากขึ้น ทำให้มะม่วงกลายเป็นไม้ผลเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่ง (เฉลิมชัย, 2539) แต่เนื่องจากปัญหาจากการเข้าทำลายของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรคโนส ที่สามารถเข้าทำลายมะม่วงได้ทุกระยะการเจริญเติบโต (สุชาติ และคณะ, 2531) ทั้งยังสามารถติดเชื้อแบบแฝง (quiescent infection) ตั้งแต่ระยะแทงช่อดอก ส่งผลให้เกิดอาการจุดดำในผลมะม่วงเมื่อสุก (Jeger *et al*, 1987) ก่อให้เกิดความเสียหายอย่างมากต่อการผลิตมะม่วงเพื่อการส่งออก

จากการศึกษาของ Fitzell and Peak (1984) พบว่า การแพร่กระจายของโรคแอนแทรคโนสเกิดจากโคนิเดียที่ผลิตบนใบที่เป็นโรคแล้วร่วงหล่น ช่อดอกที่แห้ง และฐานรองดอก แพร่ระบาดไปโดยทางลมและฝน โดยเฉพาะในสภาพอากาศที่ชื้นอุณหภูมิสูงสลับกับความแห้งแล้ง สปอร์ของเชื้อราจากใบที่เป็นโรคจะไหลไปตามหยดน้ำลงสู่ขั้วผลแล้วกระจายไปทั่วผลทำให้ขั้วผลและก้นผลเน่า บางครั้งมีการพักตัวในผลและทำให้ผลเน่าในระยะหลังเก็บเกี่ยว (นิพนธ์, 2542) ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของมะม่วงนี้ เกษตรกรนิยมใช้สารเคมีเพื่อป้องกันกำจัด ซึ่งสารเคมีที่เกษตรกรใช้มักเป็นสารประเภทดูดซึม แต่ผลเสียของการใช้สารเคมีประเภทดังกล่าวเมื่อใช้ติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน คือ จะทำให้เชื้อต้านทานต่อสารเคมีที่ใช้ ทำให้ไม่สามารถใช้สารเคมีนั้นในการควบคุมโรคได้อีกในคราวต่อไป (ธรรมศักดิ์, 2543) ดังนั้น การควบคุมโรคพืชโดยใช้น้ำส้มควันไม้จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการควบคุมโรคโดยไม่ใช้สารเคมี เนื่องจากน้ำส้มควันไม้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเผาถ่านธรรมชาติไม่มีการนำมาใช้ประโยชน์ต่อได้ มีฤทธิ์เป็นกรดอ่อน มีคุณสมบัติควบคุมโรคพืชได้หลายชนิด เช่น โรคเหี่ยวของแตงโม โรคราน้ำค้างของแตงกวา เป็นต้น (Quan Shunzi, 1994)

อุปกรณ์และวิธีการ

1. **การเก็บตัวอย่างและแยกเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสของมะม่วง** แยกเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสจากใบ และผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ ที่แสดงอาการของโรค โดยวิธี Tissue transplanting technique (Agrios, 2005) โดยใช้อาหาร potato dextrose agar (PDA) จากนั้นเก็บเชื้อในหลอดทดลองเพื่อใช้เป็น stock culture สำหรับศึกษาขั้นต่อไป

2. **การทดสอบความต้านทานสารป้องกันกำจัดเชื้อราคาร์เบนดาซิมของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของมะม่วง** ใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 cm ตัดบริเวณขอบโคโลนีของเชื้อราที่เลี้ยงบนอาหาร PDA เป็นเวลา 7 วัน วางบนอาหาร PDA ที่ผสมสารป้องกันกำจัดเชื้อราคาร์เบนดาซิม 6 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 0.1, 1, 10, 100, 500 (อัตราแนะนำ) และ 1,000 µg/ml เปรียบเทียบการเจริญของเชื้อรากับชุดควบคุมที่ไม่ผสมสารป้องกันกำจัดเชื้อราคาร์เบนดาซิม ทดลองความเข้มข้นละ 5 ซ้ำ บันทึกการเจริญของเชื้อรา โดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ประเมินระดับความต้านทานของเชื้อราต่อสารกำจัดเชื้อราคาร์เบนดาซิมเป็น 4 ระดับ ได้แก่ sensitive (S) คือ เชื้อราสายพันธุ์ปกติ ซึ่งเจริญได้บนอาหารผสมสารกำจัดเชื้อราคาร์เบนดาซิมที่ความเข้มข้น 0 - 1 µg/ml, ระดับ weakly resistant (WR) คือ เชื้อราสายพันธุ์ต้านทานระดับต่ำ หรือเจริญได้บนอาหารที่ความเข้มข้น 0 - 10 µg/ml, ระดับ moderately resistant (MR) คือ เชื้อราสายพันธุ์ต้านทานระดับปานกลาง หรือเจริญได้บนอาหารที่ความเข้มข้น 0 - 100 µg/ml และ ระดับ highly resistant (HR) คือ เชื้อราสายพันธุ์ต้านทานระดับสูง หรือสามารถเจริญได้บนอาหารที่ความเข้มข้น 0 - 1,000 µg/ml ซึ่งการประเมินระดับความต้านทานนี้ ดัดแปลงจากหลักเกณฑ์ของ Koenraadt *et al*. (1992) และ Peres *et al*. (2004)

3. **ประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของมะม่วงบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ** เลี้ยงเชื้อรา *C. gloeosporioides* จาก stock บนอาหาร PDA บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน คัดเลือกเชื้อราในกลุ่มต่างๆ มาทดสอบ ได้แก่ เชื้อสายพันธุ์ปกติ (S53), เชื้อสายพันธุ์ต้านทานสารกำจัดเชื้อราคาร์เบนดาซิมระดับปานกลาง (MR63) และเชื้อสายพันธุ์ต้านทานสารกำจัดเชื้อราคาร์เบนดาซิมระดับสูง (HR12) โดยใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 cm เจาะ ขอบนอกของโคโลนีเชื้อรา โดยให้มีส่วนการเจริญของเส้นใยที่สม่ำเสมอ (culture disc) วางบนอาหาร PDA ที่ผสมน้ำส้มควันไม้ความเข้มข้นต่างๆ

3.1 **ประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใย** ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ 2 ชนิด ได้แก่ น้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัส และสะเดา โดยผสมในอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่ 4 ระดับความเข้มข้น 0.5, 1, 1.5 และ 2% (v/v) ตามลำดับ ทดสอบความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ บ่มที่อุณหภูมิห้อง บันทึกผลการทดลองโดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อราเมื่อชุดควบคุมเจริญเต็มจานอาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นนำค่าเฉลี่ยมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง

การตรวจสอบลักษณะเส้นใยของเชื้อรา นำเส้นใยเชื้อราที่เจริญบนอาหาร PDA ผสมน้ำส้มควันไม้ในระดับความเข้มข้นต่างๆ วางบนสไลด์ที่หยด lactophenol โดยสุ่มเขี่ยเส้นใย โคโลนีละ 5 ตำแหน่ง ได้แก่ บริเวณรอบโคโลนีจำนวน 4 ตำแหน่ง และตรงกลางโคโลนีอีก 1 ตำแหน่ง จากนั้นปิด cover slip นำไปตรวจดูลักษณะของเส้นใยภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า เพื่อเปรียบเทียบลักษณะเส้นใยของเชื้อรากับชุดควบคุม โดยทำความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ

3.2 **ประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกของสปอร์** ทดสอบการยับยั้งการงอกของโคนิเดียด้วยวิธี slide culture technique โดยเติมน้ำกลั่นฆ่าเชื้อปริมาตร 10 ml ลงบนผิวหน้าโคโลนีเชื้อราที่เจริญบนอาหาร PDA อายุ 10 วัน จากนั้น ใช้ loop ขูดทั่วผิวหน้าโคโลนีเชื้อรา กรองแยกสารแขวนลอยออกด้วยผ้าขาวบางที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว จากนั้นนับจำนวนโคนิเดียต่อน้ำกลั่นปริมาตร 1 ml เพื่อให้ได้ความเข้มข้น 25×10^4 spores/ml เพาะเลี้ยงโคนิเดียบนอาหารวุ้น (water agar; WA) บนชุด slide culture โดยหยด spore suspension ปริมาตร 1 µl บน

ชิ้นวุ้น แล้วปิด cover slip โดยทดสอบน้ำส้มควันไม้ที่ความเข้มข้น 0.5, 1, 1.5 และ 2% ตามลำดับ บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตรวจดูลักษณะของโคนิเดียภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า เพื่อตรวจดูลักษณะโคนิเดียเชื้อรา เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ผสมน้ำส้มควันไม้ และนับจำนวนโคนิเดียที่งอก โดยโคนิเดียที่ถือว่างอกนั้น ต้องเป็นโคโลนีที่งอก germ tube ออกมามากกว่าความกว้างของโคนิเดีย ซึ่งการตรวจดูลักษณะของโคนิเดีย และการตรวจนับการงอกของโคนิเดียนั้นจะสุ่มตรวจ 5 ตำแหน่ง ได้แก่ บริเวณรอบชิ้นวุ้น จำนวน 4 ตำแหน่ง และตรงกลางชิ้นวุ้นอีก 1 ตำแหน่ง ทำความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ

4. **ประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ในการควบคุมเชื้อราโรคแอนแทรคโนสบนผลมะม่วง** ทำความสะอาดผลมะม่วงที่ปราศจากโรคและแมลง ฆ่าเชื้อที่ผิวด้วย 70% ethanol ผึ่งไว้ให้แอลกอฮอล์ระเหย ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ในการควบคุมโรค โดยแช่ผลมะม่วงในน้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัส 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 1,2 และ 3% (v/v) เป็นระยะเวา 1, 3 และ 5 นาที ตามลำดับ โดยชุดควบคุมคือ มะม่วงที่แช่น้ำส้มควันไม้และไม่ปลูกเชื้อ และมะม่วงที่แช่น้ำส้มควันไม้และปลูกเชื้อ วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) กรรมวิธีละ 4 ซ้ำ ผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นปลูกเชื้อรา *C. gloeosporioides* สังเกตและบันทึกผลจากลักษณะอาการของโรคที่เกิดขึ้น

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. **การเก็บตัวอย่างและแยกเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสของมะม่วง** จากการตรวจสอบตัวอย่างมะม่วงที่แสดงอาการโรคแอนแทรคโนส และแยกเชื้อบริสุทธิ์ พบว่าเมื่อบ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน จะปรากฏเส้นใยเชื้อราเจริญบนผิวหน้าอาหาร PDA และเส้นใยจะเจริญเต็มจานอาหารเลี้ยงเชื้อภายใน 7 - 10 วัน ในการศึกษาครั้งนี้ สามารถแยกเชื้อสาเหตุได้ทั้งหมด 131 ไอโซเลท ที่มีลักษณะต่างๆ กัน เช่น สีขาว สีเทา สีน้ำตาลเทา สีเทาอ่อนจนถึงเข้ม และทุกไอโซเลทมีเส้นใยลักษณะฟู เมื่อดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า พบเส้นใยใส ไม่มีสี และมีผนังกั้นโคนิเดียมีลักษณะ รูปไข่ หัวท้ายมน (cylindrical) ขนาด 4.2-5.1 x 15.4-20.6 µm มีเซลล์เดียว ใส ไม่มีสี จึงจัดจำแนกเป็นเชื้อรา *C. gloeosporioides* ตามหลักเกณฑ์ของ Sutton (1992) ซึ่งในการทดลองนี้ได้มีการยืนยันผลโดยการทำ polymerase chain reaction (PCR) ด้วย species-specific primer ของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้แถบ DNA ขนาด 450 bp (ภาพที่ 1)

2. **การทดสอบความต้านทานสารป้องกันกำจัดเชื้อราคาร์เบนดาซิมของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของมะม่วง** จากการทดสอบความต้านทานต่อสารป้องกันกำจัดเชื้อราคาร์เบนดาซิมของเชื้อรา *C. gloeosporioides* จำนวน 131 ไอโซเลท พบเชื้อราที่ต้านทานต่อสารป้องกันกำจัดเชื้อราคาร์เบนดาซิระดับสูง (HR), ต้านทานระดับปานกลาง (MR) และระดับอ่อนแอ (S) จำนวน 94 (71.76%), 2 (1.53%) และ 35 ไอโซเลท (26.72%) ตามลำดับ ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ไม่พบเชื้อราที่ต้านทานระดับต่ำ (WR) เมื่อตรวจสอบเส้นใยเชื้อราสายพันธุ์ S และ HR ที่เลี้ยงบนอาหาร PDA มีลักษณะฟูสีขาวผสมสีเทาอ่อน และเมื่อตรวจดูปลายเส้นใยภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า พบเส้นใยของเชื้อราทั้ง 2 สายพันธุ์ ไม่แตกต่างกัน มีลักษณะยาว เรียวตรง แสดงผลแตกต่างจากศึกษาของกรองจิต (2530) เมื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา *Colletotrichum* sp. ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope) พบว่าเส้นใยเชื้อรามีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม เช่น บวมพอง โป่งกลม เรียงต่อกันเป็นข้อๆ เส้นใยจะเหี่ยวและเป็นร่องไปตามยาวเรียงอัดตัวแน่น และเมื่อตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบ compound microscope พบว่าเชื้อราสร้างสปอร์ผิดปกติไป เช่น รูปร่างเล็กและผอมลง หรือรูปร่างอ้วน และยาวขึ้นหรือหงิกงอ

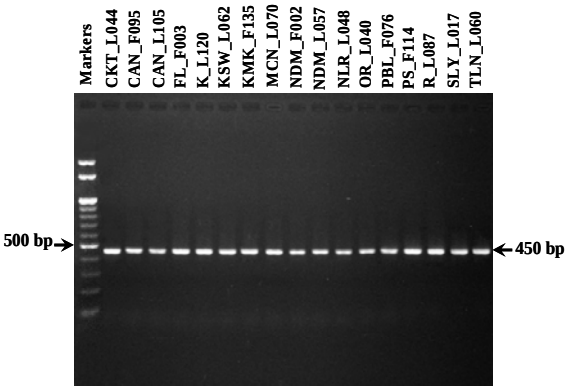


Figure 1 Amplification of partial ITS region for species identification of various isolates of mango anthracnose pathogens (*Colletotrichum gloeosporioides*) by PCR using species-specific primers of CgIT and ITS4. Markers are 100 bp ladder, and arrow on the left side indicates the position of 500 bp. The arrow on the right marks the group-specific band.

3. **ประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของมะม่วงบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ**

3.1 **ประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใย** จากการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ในการควบคุมการเจริญของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ทั้ง 3 ไอโซเลท ได้แก่ S53, MR63 และ HR12 พบว่าน้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัสมีประสิทธิภาพดีกว่าน้ำส้มควันไม้สะเดา เนื่องจากที่ความเข้มข้น 1.5 และ 2% (v/v) น้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัสยับยั้งการเจริญเส้นใยได้ในช่วง 81.33 - 100% และ 100% ตามลำดับ ในขณะที่น้ำส้มควันไม้สะเดายับยั้งการเจริญเส้นใยได้ในช่วง 51.47 - 100% และ 100% ตามลำดับ ซึ่งน้ำส้มควันไม้ทั้ง 2 ชนิด ที่ความเข้มข้น 1.5% ยับยั้งการเจริญของเส้นใยของเชื้อสายพันธุ์ S และ MR ได้ 100% และน้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัส 1.5 และ 2% ยับยั้งเชื้อสายพันธุ์ HR ได้ 81.33 และ 100% ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ให้ผลสอดคล้องกับรายงานของ วรรษมน (2549) วิไลลักษณ์ (2549) และจุฑารัตน์ (2550) ได้ศึกษาว่าน้ำส้มควันไม้สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum* sp. สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของส้ม กล้วย พุทรา และพริกได้ตามลำดับ และเมื่อศึกษาลักษณะโคโลนีเชื้อราที่เลี้ยงบนอาหาร PDA ผสมน้ำส้มควันไม้ และเส้นใยเชื้อราภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า พบเส้นใยของเชื้อราทุกไอโซเลทมีลักษณะไม่แตกต่างกันจากชุดควบคุม ซึ่งจากผลการทดลองที่น้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัสมีประสิทธิภาพดีกว่าน้ำส้มควันไม้สะเดาในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราทุกไอโซเลทนั้น แสดงให้เห็นว่าน้ำส้มควันไม้ได้มาจากไม้ต่างชนิดกัน จะมีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคได้แตกต่างกันด้วย

3.2 **ประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกของสปอร์** ศึกษาลักษณะโคนิเดียจาก slide culture เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า พบเชื้อราทุกไอโซเลทมีลักษณะโคนิเดียไม่แตกต่างจากชุดควบคุม และจากการตรวจสอบการงอกของ germ tube ของเชื้อรา หลังจาก 24 ชั่วโมง ภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า พบว่า น้ำส้มควันไม้จากยูคาลิปตัสมีประสิทธิภาพยับยั้งการงอกของโคนิเดียเชื้อราดีกว่าน้ำส้มควันไม้สะเดา ซึ่งน้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัสที่ 0.5% (v/v) ยับยั้งการงอกโคนิเดียได้ในช่วง 75.33 - 86.67% ในขณะที่น้ำส้มควันไม้สะเดา 0.5% (v/v) ยับยั้งการงอกของโคนิเดียวได้ในช่วง 69.33 - 80.00% และน้ำส้มควันไม้ทั้ง 2 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 1% (v/v) ขึ้นไป สามารถยับยั้งการงอกของโคนิเดียได้ 100% ส่วนที่ ความเข้มข้น 0.5% (v/v) ยับยั้งการงอกของโคนิเดียได้มากกว่า 75%

ทั้งหมด (ตารางที่ 2) แสดงให้เห็นว่าน้ำส้มควันไม้ไม่ได้มีผลทำให้เชื้อรามีรูปร่างลักษณะเปลี่ยนไป เพียงแต่มีผลทำให้เชื้อรามีการเจริญที่ช้าลง และยับยั้งการงอกของโคนิเดีย รวมถึง appressorium เท่านั้น

Table 1 Efficiency of wood vinegar extracts for controlling mycelium growth of *Colletotrichum gloeosporioides* of causing anthracnose on potato dextrose agar for 7 days

Source of wood vinegar	Concentration		pH	Percentage of growth inhibition[1/]		
	%	ppm		S53[2/]	MR63	HR12
Eucalyptus	0.5%	5,000	4.09	27.94[c3/]	45.02[c]	25.18[f]
	1%	10,000	4.24	39.71[b]	63.49[b]	36.20[e]
	1.5%	15,000	4.19	100[a]	100[a]	81.33[b]
	2%	20,000	4.14	100[a]	100[a]	100[a]
Neem	0.5%	5,000	4.10	8.77[d]	22.03[d]	10.29[g]
	1%	10,000	3.92	29.82[c]	43.22[c]	34.56[e]
	1.5%	15,000	3.85	100[a]	100[a]	51.47[d]
	2%	20,000	3.81	100[a]	100[a]	67.65[c]
%CV				3.52	3.79	3.85
$LSD_{0.05}$				3.83	4.70	3.39

[1/]Average from 3 replications

[2/]Means in a column followed by the same letter are not significantly different at p 0.05

[3/]S: sensitive, MR: moderately resistant and HR: highly resistant

Table2 Efficiency of wood vinegar extracts for controlling conidial germination of *Colletotrichum gloeosporioides* causing anthracnose on potato dextrose agar for 24 hours

Source of wood vinegar	Concentration		pH	Percentage of conidia growth inhibition[1/]		
	%	ppm		S53[2/]	MR63	HR12
Eucalyptus	0%	0	5.15	0[d3/]	0[d]	0[d]
	0.5%	5,000	4.09	75.33[b]	81.33[b]	86.67[c]
	1%	10,000	4.24	100[a]	100[a]	100[a]
	1.5%	15,000	4.19	100[a]	100[a]	100[a]
	2%	20,000	4.14	100[a]	100[a]	100[a]
Neem	0%	0	5.15	0[d]	0[d]	0[d]
	0.5%	5,000	4.1	69.33[c]	78.67[c]	80.00[b]
	1%	10,000	3.92	100[a]	100[a]	100[a]
	1.5%	15,000	3.85	100[a]	100[a]	100[a]
	2%	20,000	3.81	100[a]	100[a]	100[a]
%CV				1.55	0.75	0.47
$LSD_{0.05}$				1.97	0.98	0.59

[1/]Average from 3 replications

[2/]Means in a column followed by the same letter are not significantly different at p 0.05

[3/]S: sensitive, MR: moderately resistant and HR: highly resistant

4. **ประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสบนผลมะม่วง** จากการทดสอบการควบคุมโรคแอนแทรคโนสบนผลมะม่วงภายหลังการปลูกเชื้อรา *C.gloeosporioides* ระยะเวลา 16 วัน พบว่าการแช่มะม่วงในน้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัส 1% (v/v) เป็นเวลา 1 นาที มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดโรคบนผลได้ในช่วง 55.17 - 100% โดยยับยั้งเชื้อราสายพันธุ์ปกติ (S53) และเชื้อสายพันธุ์ต้านทานสารกำจัดเชื้อราคาร์เบนดาซิมระดับปานกลาง (MR63) ได้ 100% ส่วนในกรณีเชื้อสายพันธุ์ต้านทานสารกำจัดเชื้อราคาร์เบนดาซิมระดับสูง (HR12) ยับยั้งการเกิดโรคได้ 55.17% ส่วนการแช่มะม่วงในน้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัส 1% (v/v) เป็นเวลา 3 และ 5 นาที มีประสิทธิภาพยับยั้งการเกิดโรคได้ในช่วง 35.86 - 55.78% และ 42.03 - 100% ตามลำดับ นอกจากนี้ พบว่าการแช่น้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัส 2% (v/v) เป็นเวลา 1 นาที และ 3% เป็นเวลา 5 นาที มีประสิทธิภาพในการเกิดโรคจากเชื้อสายพันธุ์ปกติ (S53) ได้ 100% (ตารางที่ 3)

สำหรับการศึกษาถึงคุณภาพของมะม่วงภายหลังการแช่น้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัส พบว่ามะม่วงที่แช่น้ำส้มควันไม้แสดงอาการของโรคเพียงเล็กน้อย จนถึงไม่แสดงอาการ บริเวณขั้วผลมีเส้นใยเชื้อราสีขาวฟูเจริญบริเวณขั้วผลเล็กน้อย ไม่ลุกลามบริเวณผล สีเปลือกไม่แตกต่างจากมะม่วงก่อนนำมาแช่น้ำส้มควันไม้ นอกจากนี้มะม่วงมีรสชาติไม่เปลี่ยนแปลง (ภาพที่ 2) ในขณะที่ชุดควบคุมคือ มะม่วงที่ไม่แช่น้ำส้มควันไม้และไม่ปลูกเชื้อแสดงอาการของโรคทั่วทั้งผล (100%) การแช่มะม่วงในน้ำส้มควันไม้ที่ความเข้มข้นมาก รวมถึงระยะเวลาที่นานทำให้ผิวมะม่วงช้ำ แล้วเชื้อสาเหตุเข้าทำลายได้มากขึ้น จึงแสดงอาการของโรคและสีเปลือกเปลี่ยนแปลงไป

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้จากต้นยูคาลิปตัสและสะเดา ในการควบคุมเชื้อรา *C. gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ สามารถรวบรวมเชื้อราทั้งหมด 131 ไอโซเลท จากนั้นทดสอบความต้านทานต่อสารกำจัดเชื้อราคาร์เบนดาซิม พบเชื้อราที่ต้านทานสารป้องกันกำจัดเชื้อราคาร์เบนดาซิมระดับสูง (HR) มีจำนวน 94 ไอโซเลท (62.67%), ต้านทานระดับปานกลาง (MR) 1 ไอโซเลท (0.67%) และระดับอ่อนแอ (S) 37 ไอโซเลท (24.67%) เมื่อทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *C. gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสมะม่วง โดยใช้น้ำส้มควันไม้ทั้ง 2 ชนิด ผสมอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) พบว่าน้ำส้มควันไม้ที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 2% ขึ้นไป ยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ 100% เมื่อทดสอบการยับยั้งการงอกของโคนิเดียที่เวลา 24 ชั่วโมง พบว่าน้ำส้มควันไม้ที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 1% (v/v) ขึ้นไป สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ได้ 100% ซึ่งประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัสที่ระดับความเข้มข้นน้อยสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใย และการงอกของสปอร์เชื้อราได้ดีกว่าน้ำส้มควันไม้สะเดา สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัสในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสบนผลมะม่วง โดยแช่มะม่วงในน้ำส้มควันไม้ที่ความเข้มข้น 1, 2 และ 3% (v/v) เป็นเวลา 1, 3 และ 5 นาที ก่อนการปลูกเชื้อรา *C. gloeosporioides* พบว่าการแช่มะม่วงในน้ำส้มควันไม้ 1% (v/v) เป็นเวลา 1 นาที มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดโรคได้ในช่วง 55.17 – 100% ซึ่งเมื่อตรวจสอบคุณภาพของมะม่วงภายหลังจากแช่น้ำส้มควันไม้เป็นเวลา 16 วัน พบว่ากลิ่นจะหายไปในวันแรกหลังจากการแช่น้ำส้มควันไม้ และไม่พบอาการของโรคที่ผล ส่วนสีเปลือก และรสชาติของมะม่วงไม่ต่างจากมะม่วงก่อนนำมาแช่น้ำส้มควันไม้ ในขณะที่ผลมะม่วงชุดควบคุมแสดงอาการของโรคทั่วทั้งผล

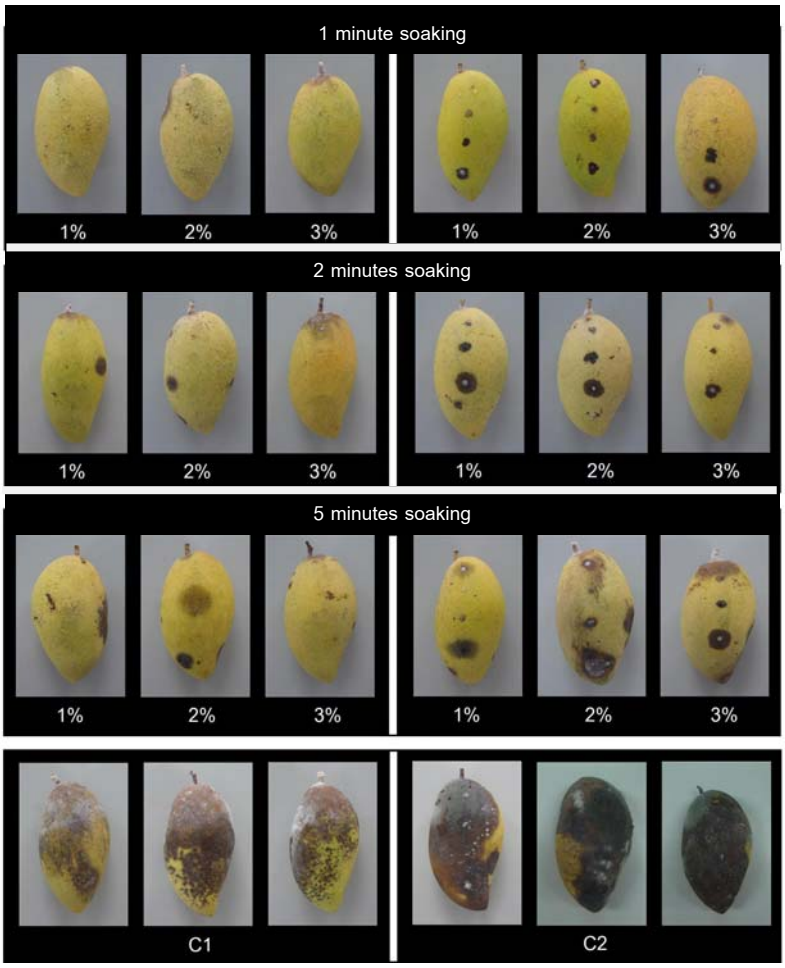


Figure 2 Anthracnose symptom on mango fruits soaked with eucalyptus vinegar extract 1, 2 and 3% (v/v) concentration for 1, 2 and 3 min. before inoculated by *Colletotrichum gloeosporioides* causing anthracnose disease of Mango cv. 'Nam Dok Mai' for 16 days; (C1) non soaked and non inoculated control and (C2) non soaked and inoculated control. The left column shows non-inoculated control and the right column shows inoculated treatment

Table 3 Efficiency of wood vinegar extracts from eucalyptus trees for controlling *Colletotrichum gloeosporioides* mango cv. 'Nam Dok Mai' on causing anthracnose for 16 days

Concentration	Period	Percentage of growth inhibition[1/]		
		S53[2/]	MR63	HR12
1%	1 min	100[a3/]	100[a]	55.17[a]
	3 min	55.78[b]	45.65[e]	35.86[h]
	5 min	100[a]	42.03[f]	49.66[b]
2%	1 min	100[a]	49.27[d]	48.28[c]
	3 min	55.78[b]	49.27[d]	46.21[d]
	5 min	55.78[b]	45.65[e]	55.17[a]
3%	1 min	55.78[b]	51.45[bc]	41.38[f]
	3 min	55.78[b]	52.90[b]	44.83[e]
	5 min	100[a]	50.72[cd]	40.00[g]
%CV		1.07	2.31	1.54
$LSD_{0.05}$		1.38	2.14	1.22

[1/]Average from 3 replications

[2/]Means in a column followed by the same letter are not significantly different at p 0.05

[3/]S: sensitive, MR: moderately resistant and HR: highly resistant

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ คณะเกษตรศาสตร์ และมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในการทำงานวิจัยและงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนส่วนหนึ่งจากศูนย์ความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ (AG-BIO/PERDO-CHE) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.)

เอกสารอ้างอิง

กรองจิต แซ่หงอ. 2530. การศึกษาลักษณะความต้านทานของเชื้อ *Colletotrichum* sp. ต่อสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราประเภทดูดซึมบางชนิด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 155 หน้า.

จุฑารัตน์ ธิป้อ. 2550. ประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้และไคโตซานในการควบคุมเชื้อรา *Colletotrichum* spp. สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของพริกที่ทนทานต่อสารป้องกันกำจัดเชื้อราคาร์เบนดาซิม. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 76 หน้า.

เฉลิมชัย แก้ววรชาติ. 2539. การปลูกมะม่วง. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 88 หน้า.

ธรรมศักดิ์ สมมาตย์. 2543. สารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืช. โรงพิมพ์ลินคอล์น, กรุงเทพฯ. 317 หน้า.

นิพนธ์ วิสารทานนท์. 2542. โรคมะม่วง. เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการหลักสูตร "หมอพืชไม้ผล" ฉบับที่ 6. เอกสารวิชาการ. หจก. เอ พลัส ทรี มีเดีย, กรุงเทพฯ. 45 น. 44 หน้า.

วรรษมน บุญยิ่ง. 2549. ประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้และสารสกัดหยาบจากพริกในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum* spp. สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของส้ม. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 38 หน้า.

วิไลลักษณ์ เขื่อนแก้ว. 2549. ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบของพืชสมุนไพรในวงศ์ Piperaceae น้ำส้มควันไม้ และสาร benomyl ในการควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสของกล้วย และพุทรา. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 38 หน้า.

สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม. 2549. การศึกษาการใช้น้ำส้มควันไม้ในระบบเกษตรกรรมอินทรีย์ Study using of Wood Vinegar in Organnic Agriculture. 145 หน้า. ใน: รายงานการประชุมวิชาการโครงการส่งเสริมการผลิตการเผาถ่านและการจัดทรัพยากรป่าไม้อย่างมีประสิทธิภาพ.

สุชาติ วิจิตรานนท์, ขจรศักดิ์ ภวกุล และดารา พวงสุวรรณ. 2531. โรคของมะม่วง. น.9-12 *ใน* มะม่วงเพื่อการส่งออก. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

Agrios, G.N. 2005. Plant Pathology. 5th ed. Academic Press., London. 952 p.

Fitzell, R.D., and C.M. Peak. 1984. The epidemiology of anthracnese disease of mango : inoculums sources spore production and dispersal. Annals of Applied Biology 104: 53-59. CAB Abstracts. Accession no. 841397228.

Jeger, M.J., R.A. Plumpley, C. Prior, and C. Persad. 1987. SS2-Post-harvest aspects of crop protection. Manila (Philippines). Agris. Accession no. 90-086360.

Koenraadt, H., S. C. Somerville, and A. L. Jones 1992. Characterization of mutations in the beta-tubulin gene of benomyl-resistant field isolates of *Venturia inaequqlis* and other plant pathogenic fungi. Phytopathology 82: 1348-1354.

Peres, N. A. R., N. L. Souza, T L. Peever and L. W. Timmer. 2004. Benomyl sensitivity of isolates of *Colletotrichum acutatum* and *C. gloeosporioides* from citrus. Plant Dis. 88: 125-130.

Sutton, B. C. 1992. The genus *Glomerella* and its Anamorph *Colletotrichum*. Pages 1 – 27. *in* Colletotrichum: Biology, Pathology and Control. J. A. Bailey, and M. J. Jeger, eds. CAB International, Wallingford, UK.

ชีววิทยาและความสามารถในการห้ำของมวนตาโต (*Geocoris ochropterus* Fieber)

Biology and Predation Capacity of Big Eyed Bug (*Geocoris ochropterus* Fieber)

อรพรรณ เกินอาษา[1/,2/] กิตติยา สุขเสน[1/] อทิติยา แก้วประดิษฐ์[1/] และวิวัฒน์ เสือสะอาด[1/,2/]

Oraphan Kernasa[1/,2/], Kittiya Suksen[1/], Athitiya Kaewpadit[1/] and Wiwat Suasa-ard[1/,2/]

Abstract: Biological study of big-eyed bug, *Geocoris ochropterus* Fieber (Hemiptera: Lygaeidae) was done under laboratory condition. It was found that the egg was elongate and green. Female adult laid egg singly and the incubation period averaged 7.30±0.48 days. The nymphal stage consisted of 5 instars with dark brown body and became a predator immediately after hatching from the egg. The developmental times of the nymphal stage averaged 36.70±2.91 days. Both male and female adults were black. Longevities of male and female adults averaged 12.80±1.55 and 15.20±0.79 days, respectively. The individual female could lay 4.40±0.84 eggs per day. Predation capacity of *G. ochropterus* with 6 species of preys; *Thrips palmi* Karny, *Aphis gossypii* Glover, *Macronellicoccus hirsutus* (Green) nymph, *Bemisia tabaci* (Gennadius) nymph, *Corcyra cephalonica* Stainton and *Tetranychus truncatus* Ehara indicated that *A. gossypii* was the most preferred by both nymphs and adults of *G. ochropterus* with the consumption average of 866.10±10.24 and 566.60±11.30 individuals respectively. *B. tabaci* nymph was the least preferred by nymphs and adults of *G. ochropterus* with the consumption average of 234.15±8.69 and 101.45±2.19 individuals respectively.

Keywords: *Geocoris ochropterus*, biology, predation capacity, preys

---

[1/]ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ ภาคกลาง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

[2/]ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

[1/]National Biological Control Research Center, Central Regional Center, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand

[2/]Department of Entomology, Faculty of Agriculture Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand

บทคัดย่อ: การศึกษาชีววิทยาของมวนตาโต *Geocoris ochropterus* Fieber (Hemiptera: Lygaeidae) ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ พบว่า ไข่มีรูปร่างยาวรี สีเขียวอ่อน ตัวเต็มวัยเพศเมียวางไข่เป็นฟองเดี่ยว ไข่มีความกว้างเฉลี่ย 0.34±0.04 มม. ยาวเฉลี่ย 0.86±0.08 มม. ระยะฟักไข่เฉลี่ย 7.30±0.48 วัน ระยะตัวอ่อนมี 5 วัย ลำตัวสีน้ำตาลเข้มและเริ่มมีนิสัยเป็นตัวห้ำทันทีเมื่อฟักออกจากไข่ ระยะตัวอ่อนใช้เวลาในการเจริญเติบโตเฉลี่ย 36.7±2.91วัน ตัวเต็มวัยทั้งเพศผู้และเพศเมียลำตัวมีสีดำ เพศเมียมีขนาดลำตัวใหญ่กว่าเพศผู้ ตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียมีอายุเฉลี่ย 12.80±1.55 และ 15.20±0.79 วัน ตามลำดับ ตัวเต็มวัยเพศเมียหนึ่งตัวสามารถวางไข่ได้เฉลี่ย 4.40±0.84 ฟองต่อวัน ในการศึกษาความสามารถในการห้ำของมวนตาโต *G. ochropterus* ต่อเหยื่อ 6 ชนิด ได้แก่ เพลี้ยไฟฝ้าย *Thrips palmi* Karny เพลี้ยอ่อนฝ้าย *Aphis gossypii* Glover ตัวอ่อนเพลี้ยแป้งชบา *Macronellicoccus hirsutus* (Green) ตัวอ่อนแมลงหวี่ขาวยาสูบ *Bemisia tabaci* (Gennadius) ไข่ผีเสื้อข้าวสาร *Corcyra cephalonica* Stainton และไรแดงหม่อน *Tetranychus truncatus* Ehara พบว่า มวนตาโตทั้งในระยะตัวอ่อนและตัวเต็มวัยชอบกินเพลี้ยอ่อนฝ้ายมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ เพลี้ยไฟฝ้าย ไข่ผีเสื้อข้าวสาร ตัวอ่อนเพลี้ยแป้งชบา ไรแดงหม่อน และตัวอ่อนแมลงหวี่ขาวตามลำดับ โดยตัวอ่อนของมวนตาโตตั้งแต่วัยที่ 1 ถึงวัยที่ 5 และตัวเต็มวัยกินเพลี้ยอ่อนฝ้ายมากที่สุดเฉลี่ย 866.10±10.24 และ 566.60±11.3 ตัว ขณะที่กินตัวอ่อนแมลงหวี่ขาวน้อยที่สุดเฉลี่ย 234.15±8.69 ตัว และ 101.45±2.19 ตัว ตามลำดับ

คำสำคัญ: มวนตาโต *Geocoris ochropterus* Fieber ชีววิทยา ความสามารถในการห้ำ เหยื่อ

คำนำ

แมลงศัตรูพืชโดยเฉพาะแมลงในอันดับ Homoptera ซึ่งประกอบด้วยแมลงปากดูด เช่น เพลี้ยอ่อน เพลี้ยแป้ง เพลี้ยหอย และแมลงหวี่ขาว และอันดับ Thysanoptera ได้แก่ เพลี้ยไฟ เป็นปัญหาที่สำคัญของการปลูกพืชเศรษฐกิจหลายชนิด แมลงศัตรูพืชดังกล่าวสามารถเข้าทำลายพืชได้ทุกระยะของการเจริญเติบโตของพืชด้วยการดูดกินน้ำเลี้ยงจากเซลล์พืช ทำให้ต้นพืชชะงักการเจริญเติบโตและผลผลิตเสียหาย การใช้สารฆ่าแมลงสามารถควบคุมประชากรของแมลงศัตรูพืชดังกล่าวให้ลดลงได้อย่างรวดเร็วแต่มักทำให้เกิดปัญหาใหม่ คือ แมลงต้านทานต่อสารฆ่าแมลงที่ใช้และระบาดสร้างปัญหารุนแรงมากกว่าเดิม การควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีด้วยการใช้แมลงศัตรูธรรมชาติเพื่อควบคุมประชากรของแมลงศัตรูพืชจึงได้รับความสนใจจากเกษตรกร หน่วยงานของรัฐบาล และผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้องกับการผลิตพืชผลทางการเกษตรมากขึ้น

มวนตาโต *Geocoris* spp. (Hemiptera: Lygaeidae) เป็นแมลงศัตรูธรรมชาติที่ว่ามีศักยภาพในการควบคุมแมลงศัตรูพืชที่สำคัญหลายชนิด เช่น ในประเทศสหรัฐอเมริกา Bell and Whitcomb (1964)รายงานว่าที่ Arkansas มวนตาโต *Geocoris punctipes* (Say) และ *Geocoris uliginosus* (Say) เป็นแมลงตัวห้ำที่สำคัญของไข่ และหนอนเจาะสมอฝ้าย และเพลี้ยอ่อนฝ้าย นอกจากนี้ มวนตาโต *Geocoris* spp. ยังสามารถเข้าทำลายของหนอนเจาะสมอฝ้ายสีชมพู แมลงหวี่ขาว และไรแดงได้อีกด้วย (Weeden *et al*., 2007) Kumar and Ananthakrishnan (1985) ทำการศึกษาที่ประเทศอินเดีย พบว่า มวนตาโต *Geocoris ochropterus* Fieber สามารถกินเพลี้ยไฟจำนวน 3 ชนิดที่เข้าทำลายถั่วลิสง ซึ่งได้แก่เพลี้ยไฟ *Caliothrips indicus* (Bagnall) เพลี้ยไฟ *Ayyaria chaetophora* Karny และเพลี้ยไฟ *Scirtothrips dorsalis* Hood และได้แสดงความเห็นว่ามวนตาโตชนิดนี้สามารถนำไปใช้เพื่อการควบคุมแมลงศัตรูพืชได้หลายชนิด อีกทั้ง ยังเป็นการช่วยลดการใช้สารฆ่าแมลงในพืชได้ด้วย (Sweet II, 2000) ดังนั้น การศึกษาชีววิทยาและความสามารถในการห้ำของมวนตาโต *G. ochropterus* เพื่อหาเหยื่อที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการเพาะเลี้ยงมวนตาโต *G. ochropterus* จึงมีความสำคัญเพื่อการนำแมลงศัตรูธรรมชาติที่พบนี้มาใช้ประโยชน์ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ชีววิทยาของมวนตาโต *G. ochropterus* เก็บรวบรวมตัวเต็มวัยของมวนตาโต *G. ochropterus* จากแปลงมะเขือเปราะ บริเวณอำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม มาเพาะเลี้ยงที่ห้องปฏิบัติการของศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ ภาคกลาง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม นำตัวเต็มวัยทั้งเพศผู้และเพศเมียมาเพาะเลี้ยงรวมกันในกล่องพลาสติกกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.5 ซม. สูง 5 ซม. ใส่ใบมะเขือขนาดเล็กที่มีเพลี้ยอ่อนฝ้าย *Aphis gossypii* Glover เพื่อเป็นอาหาร รองด้วยกระดาษกรองที่มีความชื้น เมื่อตัวเต็มวัยเพศเมียวางไข่แยกไข่ไปเก็บไว้ใน Petri dish พลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 ซม. สูง 2 ซม. ที่ฝามีรูขนาดเล็กเพื่อระบายอากาศ เมื่อตัวอ่อนวัย 1 ฟักออกมา ให้แยกแต่ละตัวไปเพาะเลี้ยงใน Petri dish ดังที่กล่าวมาแล้ว ให้เพลี้ยอ่อนฝ้าย *A. gossypii* เป็นอาหารทุกวัน แล้วสังเกตการเจริญเติบโตและพฤติกรรมจนครบวงจรชีวิต

ความสามารถในการห้ำของมวนตาโต *G. ochropterus* การศึกษาประสิทธิภาพในการกินอาหารของมวนตาโต *G. ochropterus* ได้ทำการศึกษากับศัตรูพืชที่ใช้เป็นอาหารจำนวน 6 ชนิด ได้แก่ เพลี้ยไฟ *Thrips palmi* Karny เพลี้ยอ่อนฝ้าย *A. gossypii* ตัวอ่อนเพลี้ยแป้งชบา *Macronellicoccus hirsutus* (Green) ตัวอ่อนแมลงหวี่ขาวยาสูบ *Bemisia tabaci* (Gennadius) ไข่ผีเสื้อข้าวสาร *Corcyra cephalonica* Stainton และไรแดงหม่อน *Tetranychus truncates* Ehara โดยนำมวนตาโต *G. ochropterus* ระยะตัวอ่อนวัยที่ 1 จนถึงตัวเต็มวัย วัยละ 20 ตัว มาเลี้ยงใน Petri dish ซึ่งมีฝาปิดสนิท ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 ซม. รองด้วยกระดาษกรองชื้น ใส่ใบมะเขือขนาด 3x3 ซม. ให้เหยื่อแต่ละชนิดเป็นอาหารโดยให้เวลาเดียวกันทุกวัน เปลี่ยนใบมะเขือ และบันทึกข้อมูลจำนวนศัตรูพืชแต่ละชนิดที่ถูกมวนตาโตกินเป็นอาหารทุกวัน

ผลการทดลองและวิจารณ์

ชีววิทยาของมวนตาโต *G. ochropterus* จากการศึกษาชีววิทยาของมวนตาโต *G. ochropterus* พบว่าระยะไข่ มีรูปร่างยาวรี สีเขียวอ่อนจากนั้นจะเปลี่ยนเป็นสีส้มเมื่อใกล้ฟัก ตัวเต็มวัยเพศเมียมักวางไข่เป็นฟองเดี่ยวติดที่ใบพืช ระยะตัวอ่อนมี 5 วัย วัยที่ 1 และ 2 มีส่วนหัวและอกสีแดงเข้ม ลำตัวสีแดง ส่วนตารวมมีขนาดใหญ่ สีแดง มองเห็นได้ชัดเจน หนวดมี 3 ปล้อง สีเหลืองอ่อน ขาทั้ง 3 คู่สีเหลืองอ่อน เคลื่อนที่ว่องไว และเริ่มมีนิสัยเป็นตัวห้ำทันที ตัวอ่อนวัยที่ 3-5 ส่วนหัว อก และลำตัวมีสีดำ ส่วนปลายของปล้องหนวดแต่ละปล้องมีแถบสีน้ำตาลเข้ม มองเห็นตุ่มปีก ตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมีย ลำตัวมีสีดำ หนวดปล้องที่ 1 และ 2 มีสีน้ำตาล ปล้องที่ 3 สีเหลือง ปีกคู่หน้าเป็นแบบ hemelytra ส่วนโคนปีก (corium) สีดำ ปลายปีกบางใส มีเส้นปีก เพศเมียมีขนาดลำตัวใหญ่กว่าเพศผู้ การเจริญเติบโตและขนาดลำตัวของมวนตาโต *G. ochropterus* แสดงในตารางที่ 1 และ 2 ตัวเต็มวัยเพศเมียหนึ่งตัวสามารถวางไข่ได้เฉลี่ย 4.40±0.84 ฟองต่อวัน มีพิสัยตั้งแต่ 3-6 ฟองต่อวัน

ความสามารถในการห้ำของมวนตาโต *G. ochropterus* การศึกษาความสามารถในการห้ำของมวนตาโต *G. ochropterus* แต่ละวัยในระยะตัวอ่อนและตัวเต็มวัยเมื่อให้เพลี้ยไฟฝ้าย *T. palmi* เพลี้ยอ่อนฝ้าย *A. gossypii* ตัวอ่อนเพลี้ยแป้งชบา *M. hirsutus* ตัวอ่อนแมลงหวี่ขาว*ยาสูบ B. tabaci* ไข่ผีเสื้อข้าวสาร *C. cephalonica* และไรแดงหม่อน *T. truncatus* เป็นเหยื่อ พบว่า มวนตาโตระยะตัวอ่อน และตัวเต็มวัยกินเพลี้ยอ่อนฝ้ายมากที่สุด รองลงมา คือ เพลี้ยไฟฝ้าย ไข่ผีเสื้อข้าวสาร ตัวอ่อนเพลี้ยแป้งชบา ไรแดงหม่อน และกินตัวอ่อนแมลงหวี่ขาวยาสูบน้อยที่สุด (ตารางที่ 3) โดยตัวอ่อนของมวนตาโตตั้งแต่วัยที่ 1 ถึงวัยที่ 5 กินเพลี้ยอ่อนมากฝ้ายที่สุดเฉลี่ย 866.10±10.24 ตัว และตัวเต็มวัยกินเพลี้ยอ่อนฝ้ายมากที่สุดเฉลี่ย 566.60±11.3 ตัว ขณะที่ตัวอ่อนของมวนตาโตตั้งแต่วัยที่ 1 ถึงวัยที่ 5 กินตัวอ่อนแมลงหวี่ขาวน้อยที่สุดเฉลี่ย 234.15±8.69 ตัว และ ตัวเต็มวัยกินตัวอ่อน

แมลงหวี่ขาวน้อยที่สุดเฉลี่ย 101.45±2.19 ตัว ซึ่งแตกต่างจาก Kumar and Ananthakrishnan (1985) ที่ศึกษาความชอบในการกินเหยื่อของมวนตาโต*G. ochropterus* ที่ประเทศอินเดีย โดยพบว่า มวนตาโตชอบกินเพลี้ยไฟมากที่สุด รองลงมาได้แก่ เพลี้ยอ่อน มวนปีกแก้ว และแมลงหวี่ขาว ตามลำดับ

Table 1 Duration of various developmental stages of *Geocoris ochropterus* Fieber under laboratory condition (27.83±1.2 ºC and 78.56±4.53% RH)

Developmental stage	Mean±S.D. (days)	Range (days)
Egg:	7.30±0.48	7-8
Nymph: 1st instar	6.40±0.70	5-7
2nd instar	6.60±0.97	5-8
3rd instar	6.50±1.35	5-8
4th instar	6.30±1.34	5-8
5th instar	10.90±1.10	10-13
Total from first to fifth instar:	36.70±2.91	33-43
Adult: Male	12.80±1.55	10-15
Female	15.20±0.79	14-16

Table 2 Measurements of various stages of *Geocoris ochropterus* Fieber under laboratory condition (27.83±1.2 ºC and 78.56±4.53% RH)

Developmental stage	Width (mm)		Length (mm)	
	Mean±S.D.	Range	Mean±S.D.	Range
Egg:	0.34±0.04	0.26-0.38	0.86±0.08	0.69-0.97
Nymph: 1st instar	0.46±0.08	0.38-0.64	0.85±0.10	0.64-1.02
2nd instar	0.82±0.10	0.56-1.10	1.30±0.11	1.02-1.66
3rd instar	1.06±0.11	0.77-1.41	1.63±0.14	1.28-2.05
4th instar	1.45±0.14	1.08-1.66	2.10±0.18	1.66-2.43
5th instar	1.89±0.13	1.62-2.15	2.63±0.09	2.50-2.85
Adult: Male	1.83±0.22	1.60-2.10	3.78±0.31	3.50-4.25
Female	2.03±0.04	2.00-2.10	4.22±0.26	4.00-4.50

การศึกษาความสามารถในการห้ำของมวนตาโต *G. ochropterus* แต่ละวัยที่กินศัตรูพืช 6 ชนิดดังกล่าวต่อวัน (ตารางที่ 4) พบว่า จำนวนศัตรูพืช 6 ชนิดที่ถูกมวนตาโตแต่ละวัยกินมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน ซึ่งโดยตัวอ่อนของมวนตาโตตั้งแต่วัยที่ 1 ถึงวัยที่ 5 กินเพลี้ยอ่อนมากที่สุดเฉลี่ย 36.09±0.43 ตัวต่อวัน และตัวเต็มวัยกินเพลี้ยอ่อนมากที่สุดเฉลี่ย 51.51±1.03 ตัวต่อวัน แต่ตัวอ่อนของมวนตาโตตั้งแต่วัยที่ 1 ถึงวัยที่ 5 กินตัวอ่อนแมลงหวี่ขาวน้อยที่สุดเฉลี่ย 10.64±0.39 ตัวต่อวัน และตัวเต็มวัยกินตัวอ่อนแมลงหวี่ขาวน้อยที่สุดเฉลี่ย 16.91±0.36 ตัวต่อวัน ซึ่ง Kapadia and Puri (1991) ทดสอบประสิทธิภาพการกินตัวอ่อนแมลงหวี่ขาวยาสูบ *B. tabaci* ของมวนตาโต *G. ochropterus* และรายงานว่า ตัวอ่อนวัย 1 ถึงวัยที่ 5 และตัวเต็มวัยของมวนตาโตสามารถกินตัวอ่อนแมลงหวี่ขาวได้เฉลี่ย 482.50 และ 57.30 ตัวต่อวัน

การศึกษาครั้งนี้ พบว่า มวนตาโต *G. ochropterus* สามารถกินไข่ผีเสื้อข้าวสารได้โดยตัวอ่อนของมวนตาโตตั้งแต่วัยที่ 1 ถึงวัยที่ 5 กินไข่ผีเสื้อข้าวสารเฉลี่ย 608.45±39.45 ฟอง และตัวเต็มวัยกินไข่ผีเสื้อข้าวสารเฉลี่ย 351.90±10.33 ฟอง แสดงว่า มวนตาโตสามารถกินไข่ของผีเสื้อบางชนิดได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Tillman and Mullinix (2003) ที่ทำการทดสอบพฤติกรรมการกินเหยื่อของมวนตาโต *Geocoris punctipes* (Say) ในฝ้าย พบว่า มวนตาโต *G. punctipes* ชอบกินไข่และหนอนวัยที่ 1 ของผีเสื้อหนอนเจาะฝักข้าวโพด *Helicoverpa zea* (Boddie)

สรุป

มวนตาโต *G. ochropterus* ระยะไข่มีรูปร่างยาวรี สีเขียวอ่อน ตัวเต็มวัยเพศเมียวางไข่เป็นฟองเดี่ยว ระยะฟักไข่เฉลี่ย 7.30±0.48วัน ระยะตัวอ่อนมี 5 วัย ลำตัวสีน้ำตาลเข้ม และเริ่มมีนิสัยเป็นตัวห้ำทันทีเมื่อฟักออกจากไข่ ระยะตัวอ่อนใช้เวลาในการเจริญเติบโตเฉลี่ย 36.70±2.91 วัน ตัวเต็มวัยทั้งเพศผู้และเพศเมียลำตัวมีสีดำ เพศเมียมีขนาดลำตัวใหญ่กว่าเพศผู้ ตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียมีอายุเฉลี่ย 12.80±1.55 และ 15.20±0.79 วัน ตามลำดับ ตัวเต็มวัยเพศเมียหนึ่งตัวสามารถวางไข่ได้เฉลี่ย 4.40±0.84 ฟองต่อวัน มีพิสัยตั้งแต่ 3-6 ฟอง ทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของมวนตาโต *G. ochropterus* มีความสามารถในการห้ำเพลี้ยอ่อนฝ้าย *A. gossypii* มากที่สุด รองลงมาคือ เพลี้ยไฟฝ้าย *T. palmi* ตัวอ่อนเพลี้ยแป้งชบา *M. hirsutus* ไข่ผีเสื้อข้าวสาร *C. cephalonica* ไรแดงหม่อน *T. truncatus* และตัวอ่อนแมลงหวี่ขาวยาสูบ *B. tabaci* ตามลำดับ ทั้งเพลี้ยอ่อนฝ้ายและเพลี้ยไฟฝ้ายสามารถนำมาใช้เป็นอาหารเพื่อเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณมวนตาโตในห้องปฏิบัติการได้ดี นอกจากนี้ ตัวอ่อนเพลี้ยแป้งชบา ไข่ผีเสื้อข้าวสาร และไรแดงหม่อน ก็สามารถนำมาใช้ได้กรณีที่ไม่สามารถจัดหาแมลงศัตรูพืช 2 ชนิดดังกล่าวข้างต้นมาใช้เป็นอาหารได้ แต่ทั้งนี้ต้องทำการศึกษาเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตและอัตราการขยายพันธุ์ของมวนตาโตเมื่อกินเหยื่อทั้ง 5 ชนิดนี้ต่อไปอีก ส่วนตัวอ่อนแมลงหวี่ขาวยาสูบเป็นเหยื่อที่ไม่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นอาหารเพื่อเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณของมวนตาโต *G. ochropterus*

Table 3 Predation capacity of *Geocoris ochropterus* Fieber per instar when fed with *Thrips palmi* Karny, *Aphis gossypii* Glover, *Macronellicoccus hirsutus* (Green) nymphs, *Bemisia tabaci* (Gennadius) nymphs, *Corcyra cephalonica* Stainton eggs and *Tetranychus truncatus* Ehara under laboratory condition (27.83±1.2 ºC and 78.56±4.53% RH)

Prey species	Number of preys fed by *G. ochropterus* (Mean±S.D.)						
	Nymphal stage						Adult
	1st instar	2nd instar	3rd instar	4th instar	5th instar	1st-5th instar	
T. palmi	17.60±1.09b[1/]	64.20±1.91a	134.05±1.82b	218.90±5.12b	257.65±1.23b	692.40±7.27b	418.05±5.25b
A. gossypii	22.80±1.06a	55.90±1.65c	145.70±4.57a	298.20±5.25a	343.50±6.79a	866.10±10.24a	566.60±11.30a
M. hirsutus nymph	15.50±1.28c	59.65±2.81b	107.10±3.21c	185.30±3.52c	198.95±10.52d	566.50±9.97d	333.90±3.42d
B. tabaci nymph	5.15±2.16e	16.80±3.80e	44.50±5.93e	78.80±2.02e	88.90±2.77f	234.15±8.69f	101.45±2.19f
C. cephalonica egg	12.70±1.22d	37.95±2.06d	130.60±15.04b	185.50±20.61c	241.70±12.06c	608.45±39.45c	351.90±10.33c
T. truncatus	17.95±0.80b	55.55±1.39c	86.45±1.96d	139.35±3.22d	175.00±2.59e	474.30±5.86e	255.90±2.43e

[1/] Means in the same column followed by different letters were significantly different by DMRT ($P< 0.05$)

Table 4 Predation capacity of *Geocoris ochropterus* Fieber per day when fed with *Thrips palmi* Karny, *Aphis gossypii* Glover, *Macronellicoccus hirsutus* (Green) nymphs, *Bemisia tabaci* (Gennadius) nymphs, *Corcyra cephalonica* Stainton eggs and *Tetranychus truncatus* Ehara under laboratory condition (27.83±1.2 ºC and 78.56±4.53% RH)

Prey species	Number of preys fed by *G. ochropterus* (Mean±S.D.)						
	Nymphal stage						Adult
	1st instar	2nd instar	3rd instar	4th instar	5th instar	1st-5th instar	
T. palmi	5.86±0.36b[1/]	16.05±0.42a	26.81±0.36b	36.48±0.85b	42.94±0.20b	28.85±0.30b	41.80±0.52b
A. gossypii	7.60±0.35a	13.96±0.42c	29.14±0.91a	49.70±0.87a	57.25±1.13a	36.09±0.43a	51.51±1.03a
M. hirsutus nymph	5.16±0.42c	14.91±0.70b	21.42±0.64c	30.88±0.59c	33.12±1.75d	23.60±0.41d	41.74±0.43d
B. tabaci nymph	1.72±0.72e	4.16±0.96e	8.90±1.19e	15.76±0.40e	17.78±0.55f	10.64±0.39f	16.91±0.36f
C. cephalonica egg	4.23±0.41d	9.49±0.56d	26.12±3.01b	30.92±3.43c	40.28±2.01c	25.35±1.64c	35.19±1.03c
T. truncatus	5.98±0.29b	13.89±0.35c	17.29±0.39d	23.22±0.54d	35.00±0.52e	20.62±0.25e	42.65±0.40e

[1/] Means in the same column followed by different letters were significantly different by DMRT (P< 0.05)

เอกสารอ้างอิง

Bell, K.O. and W.H. Whitcomb. 1964. Field studies on egg predator of the bollworm, *Heliothis zea* (Boddie). Florida Entomologist 47: 171-180.

Kapadia, M.N. and S.N. Puri. 1991. Biology and comparative predation efficacy of three heteropteran species recorded as predators of *Bemisia tabaci* in Maharashtra. BioControl 36(4): 555-559.

Kumar, N.S. and T.N. Ananthakrishnan. 1985. *Geocoris ochropterus* Fabr. as a predator of some thrips. Proceedings of Indian National Science Academy: B (Biological Sciences) 51: 185-193.

Sweet II, H.M. 2000. Economic importance of predation by big-eyed bugs Geocoridae). pp. 713-724. *In*: C.W. Schaefer and A.R. Panizzi (eds.). Heteroptera of Economic Importance. CRC Press, Boca Raton.

Tillman, P.G. and B.G. Mullinix, Jr. 2003. Effect of prey species on plant feeding behavior by the big-eyed bug, *Geocoris punctipes* (Say) (Heteroptera: Geocoridae), on cotton. Environmental Entomology 32(6): 1399-1403.

Weeden, C.R., A. M. Shelton and M. P. Hoffman. 2007. Biological control: A guide to natural enemies in north America. (Online). Available: http://www.nysaes.cornell.edu/ent/biocontrol/ (January 4, 2009)

อัตราพันธุกรรมและสหสัมพันธ์ของลักษณะทางการเกษตร ในปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา

Heritability and Correlations of Agronomic Characters in Tenera Oil Palm Hybrid

วศะพงศ์ เอกสมทราเมษฐ์[1/] และ ธีระ เอกสมทราเมษฐ์[1/, 2/]
Wasapong Eksomtramage[1/] and Theera Eksomtramage[1/, 2/]

Abstract: The objective of this study was to estimate the heritabilities of agronomic characters (oil yield, bunch yield and its components and vegetative characters) and the correlations of their traits in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). Nine half-sib progenies of eight years old tenera hybrid which were derived from the crossing between one pisifera and nine dura parents were studies during the period of January 2007 to December 2008 at the Klong Hoi Khong Research Station, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Thailand. Eight palm samples per progeny according to a completely randomized design were used to record the characters. The variance analyses of progenies showed that fresh fruit bunch (FFB) yield, number of bunch (NB), fruit/bunch (F/B), kernel/bunch (K/B), oil/wet mesocarp (O/WM), trunk size, leaf area and leaf dry matter weight were significantly difference. These characters had medium to high heritabilities varied between 51 to 100% and had significantly positive correlations with oil yield. So selections for such traits are useful for oil yield improvement in oil palm.

Keywords: Oil palm, *Elaeis guineensis* Jacq., heritability, correlation, agronomic characters

---

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

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

[2/] Corresponding author : theera.e@psu.ac.th

บทคัดย่อ: การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประมาณการอัตราพันธุกรรมของลักษณะทางการเกษตร (ผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตทะลาย และองค์ประกอบทะลายและลักษณะทางลำต้น) และสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะดังกล่าวในปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.) โดยทำการศึกษากับปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราอายุ 8 ปี จำนวน 9 คู่ผสม ซึ่งได้จากการผสมระหว่างต้นพ่อพิสิเฟอราต้นเดียวกับต้นแม่ดูราที่แตกต่างกัน จำนวน 9 ต้น ปลูกที่สถานีวิจัยคลองหอยโข่ง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design) แต่ละคู่ผสมทำการสุ่มต้น จำนวน 8 ต้น เพื่อบันทึกข้อมูลลักษณะต่าง ๆ ทางการเกษตรเป็นเวลา 2 ปี (มกราคม พ.ศ. 2551 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2552) ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่าลักษณะที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ได้แก่ ผลผลิตทะลายสด จำนวนทะลาย ผลต่อทะลาย เมล็ดในต่อทะลาย น้ำมันต่อเนื้อปาล์มสด ขนาดลำต้น พื้นที่ใบ และน้ำหนักแห้งใบ ลักษณะเหล่านี้มีค่าอัตราพันธุกรรมปานกลางถึงสูง อยู่ระหว่าง 51 ถึง 100% และมีสหสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลผลิตน้ำมัน ดังนั้นการคัดเลือกลักษณะดังกล่าวจึงมีประโยชน์ต่อการปรับปรุงผลผลิตน้ำมันในปาล์มน้ำมัน

คำสำคัญ: ปาล์มน้ำมัน *Elaeis guineensis* Jacq. อัตราพันธุกรรม สหสัมพันธ์ ลักษณะทางการเกษตร

คำนำ

ปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.) เป็นพืชน้ำมันประเภทยืนต้นที่มีโครงสร้างพื้นฐานทางพันธุกรรมในรูปเฮเทอโรไซกัส (heterozygous) เนื่องจากเป็นพืชผสมข้ามที่มีช่อดอกเพศผู้และเมียอยู่บนต้นเดียวกันแต่ดอกในช่อดอกทั้งสองบานไม่พร้อมกัน (monoecious plant) พันธุ์ปาล์มน้ำมันที่นิยมใช้ปลูกเป็นการค้าในปัจจุบันเป็นปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอรา (tenera) ซึ่งได้จากการควบคุมการผสมระหว่างแม่พันธุ์ดูรา (dura) กับพ่อพันธุ์พิสิเฟอรา (pisifera) เนื่องจากปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราจะให้ผลผลิตน้ำมันสูงกว่าปาล์มน้ำมันชนิดอื่น ๆ (ธีระ, 2552 ; Kushairi and Rajanaidu, 2000 ; Corley and Tinker, 2003) การปรับปรุงพันธุ์โดยการคัดเลือกลักษณะทางการเกษตรที่ดีเพื่อปรับปรุงประชากรดูราและพิสิเฟอราที่เหมาะสมต่อการผลิตลูกผสมเทเนอราให้มีศักยภาพสูงจึงมีความสำคัญ เนื่องจากลักษณะทางการเกษตรที่สำคัญของปาล์มน้ำมันส่วนใหญ่เป็นลักษณะเชิงปริมาณ (Corley and Tinker, 2003) เช่น ผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตทะลายและองค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางลำต้น ซึ่งมียีนควบคุมจำนวนมาก (polygenic gene) จึงมีอิทธิพลของสภาพแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้องสูง รวมทั้งมีอิทธิพลของปฏิกิริยาระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม ดังนั้นการปรับปรุงพันธุ์เพื่อพัฒนาประชากรปาล์มน้ำมันในลักษณะดังกล่าวจึงจำเป็นต้องมีการประเมินอัตราพันธุกรรมของลักษณะต่าง ๆ จากเชื้อพันธุกรรมที่มีอยู่ในสภาพแวดล้อมของไทย รวมทั้งการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นเกณฑ์พิจารณาในการคัดเลือก

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินอัตราพันธุกรรมอย่างแคบและสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตทะลาย และลักษณะทางลำต้นของปาล์มน้ำมันโดยการทดสอบในรุ่นลูกของลูกผสมเทเนอราที่ได้จากการผสมระหว่างต้นพ่อพิสิเฟอราต้นเดียวกับต้นแม่ดูราที่แตกต่างกัน (half-sib progenies of tenera hybrid) ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาจะนำมาใช้ในการคัดเลือกต้นแม่ดูราเพื่อปรับปรุงประชากรในรอบต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการศึกษากับปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราอายุ 8 ปี จำนวน 9 คู่ผสม ซึ่งปลูกที่สถานีวิจัยคลองหอยโข่ง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ใช้แผนการผสมแบบ one-factor design (Bernardo, 2002) แต่ละคู่ผสมได้จากต้นพ่อพิสิเฟอราต้น

เดียวผสมกับต้นแม่ดูราที่แตกต่างกัน จำนวน 9 ต้น และมีระยะปลูก 9 x 9 x 9 เมตร วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design) โดยแต่ละคู่ผสมทำการสุ่มและให้หมายเลขต้นปาล์ม จำนวน 8 ต้น (ซ้ำ) เพื่อใช้สำหรับการบันทึกข้อมูลลักษณะผลผลิตทะลาย ได้แก่ผลผลิตทะลายสด จำนวนทะลายและน้ำหนักทะลายเฉลี่ย เป็นระยะเวลาติดต่อกันนาน 2 ปี (มกราคม 2551 ถึง ธันวาคม 2552) ลักษณะองค์ประกอบทะลาย ได้แก่ น้ำหนักผล น้ำหนักเมล็ดในผลต่อทะลาย เมล็ดในต่อทะลาย เนื้อปาล์มสดต่อผล กะลาต่อผล เมล็ดในต่อผล น้ำมันต่อเนื้อปาล์มสด น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้ง น้ำมันต่อผล และ น้ำมันต่อทะลาย โดยเก็บตัวอย่างทะลายปาล์มจากทุกต้นที่สุ่มไว้ต้นละ 1 ทะลาย นำมาวิเคราะห์ตามวิธีการของ ธีระ และคณะ (2544ข) และ ลักษณะทางลำต้น บันทึกข้อมูลจากต้นปาล์มทุกต้นที่สุ่มไว้ โดยเก็บตัวอย่างจากใบที่ 17 ตามวิธีการของ Hardon *et al.* (1969) เพื่อบันทึกลักษณะของใบ ความสูงลำต้นวัดจากระดับพื้นดินถึงโคนใบที่ 17 และขนาดลำต้นวัดเป็นเส้นรอบวงลำต้นที่ระดับเหนือพื้นดิน 1 เมตร ข้อมูลค่าเฉลี่ยลักษณะที่บันทึกไว้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 1) ความแปรปรวนทางพันธุกรรม (Bernardo, 2002) และประเมินอัตราพันธุกรรม (พีระศักดิ์, 2548 ; สมชัย และ พีระศักดิ์, 2546) ดังนี้

โดยที่ d.f. = degrees of freedom, MS = mean square, EMS = expected mean square

n = จำนวนลูกผสมเทเนอราที่ได้จากต้นพ่อพิสิเฟอราต้นเดียวผสมกับต้นแม่ดูราที่แตกต่างกัน

r = จำนวนซ้ำ (จำนวนต้นปาล์มหรือตัวอย่างที่เก็บข้อมูล)

σ^2_g = ความแปรปรวนของลูกผสมเทเนอราที่ได้จากต้นพ่อพิสิเฟอราเดียวกัน แต่ต้นแม่ดูราต่างกัน = $(MS_1-MS_2)/r$

σ^2_e = ความแปรปรวนที่เกิดจากสภาพแวดล้อม

ภายใต้สมมุติฐานที่ต้นปาล์มที่ใช้ในการทดลองมีค่าสัมประสิทธิ์เลือดชิดเท่ากับ 0 (F = 0) และ ไม่มีอิทธิพลของ epistasis เกิดขึ้น (Bernardo, 2002)

ดังนั้น $\sigma^2_g = \sigma^2_{half\text{-}sibs} = Cov_{half\text{-}sibs} = {}^1/_4\,\sigma^2_A$

โดยที่ σ^2_A = ความแปรปรวนที่เกิดจากการแสดงออกของยีนแบบบวก (additive)

การประมาณค่าอัตราพันธุกรรมอย่างแคบ (narrow sense heritability, h^2_{ns}) ของลักษณะต่าง ๆ ที่ศึกษา ทำได้ดังนี้

จาก $h^2_{ns} = \sigma^2_A / \sigma^2_{ph}$

ดังนั้น $h^2_{ns} = 4\sigma^2_g / \sigma^2_{ph}$

โดยที่ σ^2_{ph} = ความแปรปรวนทั้งหมด $= \sigma^2_g + \sigma^2_e$

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะที่ศึกษา สามารถคำนวณได้จากสมการ ดังนี้

$$R = \frac{\sum(X_i - \overline{X})(Y_i - \overline{Y})}{\sqrt{\sum(X_i - \overline{X})^2 (Y_i - \overline{Y})^2}}$$

โดยที่ R = สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ X และ Y,

X_i = ตัวแปรของลักษณะ X ของตัวอย่างที่ i (i = 1, 2, 3...n)

$\overline{X}$ = ค่าเฉลี่ยของลักษณะ X

Y_i = ตัวแปรของลักษณะ Y ของตัวอย่างที่ i (i = 1, 2, 3...n)

$\overline{Y}$ = ค่าเฉลี่ยของลักษณะ Y

Table 1 Analysis of variance for agronomic characters

Source	d.f.	MS	EMS
Half-sib progenies of tenera	n-1	MS_1	$\sigma^2_e + r\sigma^2_g$
Error	r (n-1)	MS_2	σ^2_e

ผลการทดลองและวิจารณ์

ค่าเฉลี่ยทั้งหมดและผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะทางการเกษตรของปาล์มน้ำมัน แสดงในตารางที่ 2 พบว่าลักษณะที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ได้แก่ ผลผลิตทะลายสด จำนวนทะลาย %ผลต่อทะลาย %เมล็ดในต่อทะลาย %น้ำมันต่อเนื้อปาล์มสด ขนาดลำต้น พื้นที่ใบ และน้ำหนักแห้งใบ ลักษณะเหล่านี้มีค่าประมาณการอัตราพันธุกรรมอย่างแคบระดับปานกลางถึงสูง (h^2 อยู่ระหว่าง 51 ถึง 100%) คือ 71, 72, 51, 54, 57, 100, 100 และ 78% ตามลำดับ ซึ่งมีสาเหตุมาจากอิทธิพลความแปรปรวนเนื่องจากยีนแบบบวกสูง แสดงให้เห็นว่าต้นแม่ดูรามีความแปรปรวนทางพันธุกรรมของยีนแบบบวกในลักษณะดังกล่าวสูงด้วย การคัดเลือกต้นดูราที่ดีเพื่อปรับปรุงประชากรดูรารอบใหม่โดยพิจารณาจากลักษณะดังกล่าวด้วยการผสมตัวเองหรือผสมข้ามระหว่างต้นดูราจะทำให้มีความก้าวหน้าในการปรับปรุงประชากรสูง สำหรับลักษณะอื่น ๆ ส่วนใหญ่ที่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ พบว่ามีค่าประมาณการอัตราพันธุกรรมต่ำ (h^2 อยู่ระหว่าง 7 ถึง 48%) ได้แก่ผลผลิตน้ำมัน น้ำหนักทะลายเฉลี่ย น้ำหนักผลเฉลี่ย น้ำหนักเมล็ดในเฉลี่ย %เนื้อปาล์มสดต่อผล %กะลาต่อผล %เมล็ดในต่อผล %น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้ง %น้ำมันต่อผล %น้ำมันต่อทะลาย ความสูง และความยาวใบ ซึ่งมีสาเหตุมาจากอิทธิพลความแปรปรวนเนื่องจากยีนแบบบวกต่ำ แสดงให้เห็นว่าต้นแม่ดูรามีความแปรปรวนทางพันธุกรรมของยีนแบบบวกในลักษณะดังกล่าวต่ำด้วย จึงไม่ควรใช้ลักษณะดังกล่าวเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกต้นดูราเพื่อปรับปรุงประชากรดูรารอบใหม่ Corley and Tinker (2003) รายงานว่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะเชิงปริมาณในปาล์มน้ำมัน เช่นผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตทะลายและองค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางลำต้นโดยทั่วไปมีค่าต่ำเนื่องจากลักษณะดังกล่าวมียีนควบคุมจำนวนมากและมีอิทธิพลสภาพแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้องสูง อย่างไรก็ตามอัตราพันธุกรรมของลักษณะต่าง ๆ ดังกล่าวอาจแปรปรวนได้ตั้งแต่ต่ำถึงสูง (h^2 อยู่ระหว่าง 0 – 100%) ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของพันธุกรรมของเชื้อพันธุ์ สภาพแวดล้อม และปฏิกิริยาระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม (Raffi *et al*., 2002) ในปาล์มน้ำมันเดลี ดูรา ซึ่งมีฐานพันธุกรรมของประชากรแคบและมีความแปรปรวนของยีนแบบบวกต่ำ ส่งผลให้ความแปรปรวนของผลผลิตในประชากรต่ำ (Thomas *et al*., 1969 ; Ooi *et al*., 1973 ; Hartley, 1988 ; Okwuagwu and Tai, 1995) การผสมข้ามระหว่างเดลี ดูราจากโปรแกรมการปรับปรุงพันธุ์ที่แตกต่างกัน หรือผสมระหว่างเดลี ดูรากับแอฟริกันดูรา สามารถเพิ่มความแปรปรวนของยีนแบบบวกของลักษณะผลผลิตสูงขึ้น การเปรียบเทียบในรุ่นลูกเทเนอราที่เกิดจากเดลี ดูราผสมกับพิสิเฟอรา พบว่ามีเฮเทอโรซีส (heterosis) เกิดขึ้นในลักษณะผลผลิตน้ำมัน (Corley and Tinker, 2003)

ลักษณะผลผลิตทะลายที่มีสหสัมพันธ์ทางบวกสูงกับผลผลิตน้ำมัน คือ ผลผลิตทะลายสด และจำนวนทะลาย มีค่าสัมประสิทธิ์ (R) 0.771 และ 0.574 ตามลำดับ ส่วนน้ำหนักทะลายเฉลี่ยไม่มีสหสัมพันธ์กับผลผลิตน้ำมัน (ตารางที่ 3) โดยผลผลิตทะลายสดมีสหสัมพันธ์ในทางบวกกับจำนวนทะลายสูง (R = 0.754) และน้ำหนักทะลายเฉลี่ย (R = 0.282) แต่จำนวนทะลายมีสหสัมพันธ์ในทางลบกับน้ำหนักทะลายฉลี่ย (R = -0.395) แสดงว่าจำนวนทะลายและน้ำหนักทะลายเฉลี่ยเป็นอิสระต่อกันและมีอิทธิพลของการแข่งขันในการใช้สารอาหารจากการสังเคราะห์แสงของใบที่ชดเชยกัน ความสัมพันธ์ของลักษณะดังกล่าวสอดคล้องกับผลการศึกษาที่เคยรายงานมาก่อน (ธีระพงศ์ และคณะ 2538 ; ธีระ และคณะ 2544ก,ข ; อังคณา และคณะ, 2552 ; ธีรภาพ และธีระ, 2553 ; Obisesan and Fatunla, 1982 ; Okwuagwu *et al*., 2008 ; Okoye *et al*., 2009) จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าจำนวนทะลายเป็นลักษณะสำคัญที่ควรใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกเพื่อปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมัน เนื่องจากมีสหสัมพันธ์ทางบวกสูงทั้งกับผลผลิตทะลายและผลผลิตน้ำมัน นอกจากนี้จำนวนทะลายยังเป็นลักษณะที่มีอัตราพันธุกรรมสูงกว่าลักษณะอื่น ๆ (h^2 = 72%) อย่างไรก็ตามเนื่องจากจำนวนทะลายไม่มีสหสัมพันธ์กับลักษณะอื่นในกลุ่มองค์ประกอบทะลาย ดังนั้นในการคัดเลือกพันธุ์ให้มีประสิทธิภาพจึงควรมีการพิจารณาลักษณะในกลุ่มองค์ประกอบทะลายร่วมด้วย

Table 2 Overall means, analysis of variance and narrow sense heritabilities (h^2_{ns}) of oil yield, bunch yield, bunch components and vegetative characters of oil palm

Characters	Overall means ±SE [1]	MS		CV [2] (%)	h^2_{ns}
		Progenies	Error		
d.f.		8	63		
Oil yield (kg/palm/year)	46.31 ± 1.65	220.32	192.33	29.95	7.15
Bunch yield [3]					
FFB (kg/palm/year)	151.03 ± 4.37	3131.11*	1151.97	22.47	70.72
NB (no./year)	11.77 ± 0.34	19.45*	7.03	22.52	72.38
SBW (kg/bunch)	13.07 ± 0.29	7.14	5.77	18.39	11.52
Bunch components [4]					
AFW (g)	15.90 ± 0.44	19.14	13.57	23.17	19.53
AKW (g)	1.15 ± 0.03	0.11	0.07	22.97	29.47
%F/B	70.16 ± 0.95	125.26*	57.55	10.81	51.29
%K/B	6.04 ± 0.27	10.13*	4.53	35.26	53.52
%WM/F	83.99 ± 0.65	34.26	29.42	6.46	8.05
%S/F	9.51 ± 0.52	23.73	18.51	45.26	13.61
%K/F	8.52 ± 0.32	11.76	6.68	30.36	34.68
%O/WM	52.36 ± 0.81	95.61*	41.28	12.27	56.50
%O/DM	77.36 ± 0.56	9.30	24.29	6.37	0.00
%O/F	44.10 ± 0.84	84.89	46.39	15.45	37.60
%O/B	30.85 ± 0.67	40.97	31.51	18.19	14.48
Vegetative characters					
Height (m)	2.55 ± 0.05	0.21	0.14	14.64	25.18
Trunk size (m)	2.39 ± 0.03	0.20**	0.04	8.73	100.00
leaf length (m)	4.46 ± 0.04	0.20	0.09	6.89	47.84
Leaf area (m^2)	3.10 ± 0.06	0.80**	0.15	12.55	100.00
Leaf dry weight (kg)	1.75 ± 0.03	0.17**	0.06	13.82	77.53

Notes : * , ** significant difference at $P < 0.05$ and $P < 0.01$, respectively,

[1] mean from 9 half-sib progenies of tenera hybrid and standard error (SE), [2] CV = coefficient of variation, [3] FFB = fresh fruit bunch yield, NB = number of bunch, SBW = single bunch weight, [4] AFW = average fruit weight, AKW = average kernel weight, F/B = fruit/bunch, K/B = kernel/bunch, WM/F = wet mesocarp/fruit, S/F = shell/fruit, K/F = kernel/fruit, O/WM = oil/wet mesocarp, O/DM = oil/dry mesocarp, O/F = oil/fruit, O/B = oil/bunch

Values showing negative and > 100% estimates of heritability were treated as zero and 100%, respectively

ลักษณะองค์ประกอบทะลายที่มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับผลผลิตน้ำมัน คือ %น้ำมันต่อเนื้อปาล์มสด %น้ำมันต่อเนื้อปาล์มแห้ง %น้ำมันต่อผล และ %น้ำมันต่อทะลาย มีค่าสัมประสิทธิ์ 0.504, 0.293, 0.444 และ 0.531 ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ลักษณะดังกล่าวมีสหสัมพันธ์ทางบวกซึ่งกันและกันสูง (R อยู่ระหว่าง 0.482 ถึง 0.929) แต่มีสหสัมพันธ์ในทางลบอย่างมีนัยสำคัญกับ %เมล็ดในต่อทะลาย %กะลาต่อผล และ %เมล็ดในต่อผล โดยเฉพาะกับ%น้ำมันต่อเนื้อปาล์มสด %น้ำมันต่อผล และ%น้ำมันต่อทะลาย (R อยู่ระหว่าง -0.269 ถึง -0.745) สอดคล้องกับรายงานของ Okoye *et al*. (2009) ลักษณะองค์ประกอบทะลายอื่น ๆ ที่ไม่มีสหสัมพันธ์โดยตรงกับผลผลิตน้ำมัน คือน้ำหนักผลเฉลี่ย น้ำหนักเมล็ดในเฉลี่ย %ผลต่อทะลาย %เมล็ดในต่อทะลาย %เนื้อปาล์มสดต่อผล %กะลาต่อผล และ %เมล็ดในต่อผล แต่มีสหสัมพันธ์ซึ่งกันและกันในทางบวกหรือลบอย่างมีนัยสำคัญขึ้นอยู่กับคู่ของลักษณะ เช่น น้ำหนักผลเฉลี่ยมีสหสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับน้ำหนักเมล็ดในเฉลี่ย %เนื้อปาล์มสดต่อผล %น้ำมันต่อผล และ %น้ำมันต่อทะลาย แต่มีสหสัมพันธ์ทางลบอย่างมีนัยสำคัญกับ %เมล็ดในต่อทะลาย %กะลาต่อผล และ %เมล็ดในต่อผล เป็นต้น เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะองค์ประกอบทะลายร่วมกับอัตราพันธุกรรมของลักษณะแล้ว พบว่าลักษณะสำคัญที่ควรใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกเพื่อปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมัน คือ %ผลต่อทะลาย (h^2 = 51%) %เมล็ดในต่อทะลาย (h^2 = 54%) และ %น้ำมันต่อเนื้อปาล์มสด (h^2 = 57%) โดยควรทำการคัดเลือกต้นที่มี %ผลต่อทะลาย และ %น้ำมันต่อเนื้อปาล์มสดสูง และ %เมล็ดในต่อทะลายต่ำ

ลักษณะทางลำต้นส่วนใหญ่มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับผลผลิตน้ำมัน ได้แก่ ขนาดลำต้น ความยาวใบ พื้นที่ใบ และน้ำหนักแห้งใบ มีค่าสัมประสิทธิ์ 0.430, 0.393, 0.362 และ 0.410 ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ยกเว้นความสูง ผลผลิตทะลายสดมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับลักษณะดังกล่าวเช่นกัน (R อยู่ระหว่าง 0.309 ถึง 0.447) จำนวนทะลายมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับขนาดลำต้น และความยาวใบ (R = 0.250 และ 0.246 ตามลำดับ) และน้ำหนักทะลายเฉลี่ยมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับความยาวใบและน้ำหนักแห้งใบ (R = 0.278 และ 0.333 ตามลำดับ) สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ ทางลำต้น พบว่าทุกลักษณะมีความสัมพันธ์ทางบวกซึ่งกันและกัน สอดคล้องกับรายงานของธีรภาพ และธีระ (2553) ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางลำต้นในทางบวกเหล่านี้บ่งบอกถึงประสิทธิภาพในกระบวนการสร้างอาหารจากการสังเคราะห์แสงของใบ การใช้และการสะสมอาหารในส่วนต่าง ๆ ของต้นที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมัน (Corley and Tinker, 2003) และลักษณะดังกล่าวสามารถประเมินได้โดยไม่ต้องทำลายต้นปาล์ม จากการศึกษานี้เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางลำต้นร่วมกับอัตราพันธุกรรมของลักษณะแล้ว พบว่าลักษณะสำคัญที่ควรใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกเพื่อปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมัน คือ ขนาดลำต้น พื้นที่ใบ และน้ำหนักแห้งใบเนื่องจากลักษณะดังกล่าวมีอัตราพันธุกรรมสูง (h^2 = 78 - 100%) และมีสหสัมพันธ์ทางบวกสูงกับผลผลิตน้ำมันและผลผลิตทะลายสด

สรุป

จากผลการศึกษาสรุปได้ว่าลักษณะผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตทะลายและองค์ประกอบผลผลิตส่วนใหญ่มีอัตราพันธุกรรมต่ำ (h^2 = 0 -35%) แต่ลักษณะทางลำต้นส่วนใหญ่มีอัตราพันธุกรรมสูง (h^2 = 78 - 100%) ลักษณะสำคัญที่มีอัตราพันธุกรรมปานกลางถึงสูง (h^2 >50%) และมีสหสัมพันธ์ในทางบวกสูงกับผลผลิตน้ำมันและผลผลิตทะลายสด ได้แก่ จำนวนทะลาย %ผลต่อทะลาย %เมล็ดในต่อทะลาย %น้ำมันต่อเนื้อปาล์มสด ขนาดลำต้น พื้นที่ใบ และน้ำหนักแห้งใบ ลักษณะเหล่านี้ควรนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกเพื่อปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันให้มีผลผลิตทะลายและผลผลิตน้ำมันสูง

Table 3 Correlation coefficients among oil yield, bunch yield and its components of oil palm

Characters	Oil	Bunch yield [1]			Bunch components [2]									
		FFB	NB	SBW	AFW	AKW	F/B	K/B	WM/F	S/F	K/F	O/WM	O/DM	O/F
FFB	0.771**	-												
NB	0.574**	0.754**	-											
SBW	0.203	0.282*	-0.395**	-										
AFW	0.093	-0.085	-0.070	0.009	-									
AKW	0.002	0.070	0.172	-0.135	0.277*	-								
F/B	0.228	-0.070	-0.062	-0.051	-0.180	0.156	-							
K/B	-0.118	0.064	0.069	-0.031	-	0.493**	0.551**	-						
WM/F	0.092	-0.193	-0.230	0.085	0.646**	-0.338**	-0.329**	-0.827**	-					
S/F	-0.179	0.150	0.130	-0.015	-	0.165	0.340**	0.732**	-0.883**	-				
K/F	-0.204	0.102	0.123	-0.044	-	0.528**	0.291*	0.954**	-0.836**	0.722**	-			
O/WM	0.504**	-0.009	0.017	-0.064	0.161	-0.091	-0.032	-0.417**	0.314**	-0.507**	-0.460**	-		
O/DM	0.293*	-0.031	-0.106	0.058	-0.004	-0.035	0.093	-0.077	0.087	-0.066	-0.095	0.544**	-	
O/F	0.444**	-0.084	-0.088	-0.002	0.387**	-0.198	-0.146	-0.652**	0.640**	-0.745**	-0.692**	0.929**	0.491**	-
O/B	0.531**	-0.117	-0.099	-0.057	0.251*	-0.082	0.465**	-0.269*	0.385**	-0.467**	-0.458**	0.805**	0.482**	0.804**

Notes : *,** Correlations significant at P< 0.05 and 0.01, respectively

[1] FFB = fresh fruit bunch yield, NB = number of bunch, SBW = single bunch weight, [2] AFW = average fruit weight, AKW = average kernel weight, F/B = fruit/bunch, K/B = kernel/bunch, WM/F = wet mesocarp/fruit, S/F = shell/fruit, K/F = kernel/fruit, O/WM = oil/wet mesocarp, O/DM = oil/dry mesocarp, O/F = oil/fruit, O/B = oil/bunch

Table 4 Correlation coefficients among oil yield, bunch yield and vegetative characters of oil palm

Characters	Oil yield	Bunch yield [1]			Vegetative characters			
		FFB	NB	SBW	Height	Trunk	Leaf	Leaf area
Height	0.165	0.215	0.057	0.205	-			
Trunk size	0.430**	0.341**	0.250*	0.159	0.020	-		
leaf length	0.393**	0.447**	0.246*	0.278*	0.454**	0.148	-	
Leaf area	0.362**	0.309**	0.164	0.199	0.254*	0.315**	0.419**	-
Leaf dry	0.410**	0.419**	0.163	0.333**	0.447**	0.321**	0.699**	0.529**

Notes : *,** Correlations significant at P< 0.05 and 0.01, respectively

[1] FFB = fresh fruit bunch yield, NB = number of bunch, SBW = single bunch weight

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) บัณฑิตวิทยาลัย และ สถานวิจัยพืชกรรมปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เอกสารอ้างอิง

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์. 2552. ปาล์มน้ำมันและการปรับปรุงพันธุ์. ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 79 หน้า.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ นิทัศน์ สองศรี ธีระพงศ์ จันทรนิยม ประกิจ ทองคำ ชัยรัตน์ นิลนนท์ และยงยุทธ เชื้อมงคล. 2544ก. การกระจายตัว สหสัมพันธ์และอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะต่าง ๆ ในลูกชั่วที่ 2 ของปาล์มน้ำมัน. ว. สงขลานครินทร์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 23 (ฉบับพิเศษปาล์มน้ำมัน) : 705-715.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ นิทัศน์ สองศรี ธีระพงศ์ จันทรนิยม ประกิจ ทองคำ ชัยรัตน์ นิลนนท์ และยงยุทธ เชื้อมงคล. 2544ข. สหสัมพันธ์ การวิเคราะห์เส้นทางและอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมสำหรับลักษณะทางการเกษตรของปาล์มน้ำมัน. ว. สงขลานครินทร์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 23 (ฉบับพิเศษปาล์มน้ำมัน) : 691-704.

ธีระพงศ์ จันทรนิยม ประกิจ ทองคำ ชัยรัตน์ นิลนนท์ และธีระ เอกสมทราเมษฐ์. 2538. ความแปรปรวนในการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมัน. ว. สงขลานครินทร์. 17(3) : 251-259.

ธีรภาพ แก้วประดับ และธีระ เอกสมทราเมษฐ์. 2553. สหสัมพันธ์และอัตราพันธุกรรมของลักษณะทางการเกษตรในประชากรปาล์มน้ำมันดูรา. ว. เกษตรพระจอมเกล้า. 28(1) : 41-48.

พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์. 2548. พันธุศาสตร์เชิงปริมาณที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืช. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร วิทยาเขตกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม. 250 หน้า. (โรเนียว)

สมชัย จันทร์สว่าง และพีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์. 2546. พันธุศาสตร์ประชากร. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 210 หน้า.

อังคณา โชติวัฒนศักดิ์ ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ และนิทัศน์ สองศรี. 2552. สหสัมพันธ์ อิทธิพลทางตรง และอัตราพันธุกรรมของลักษณะทางการเกษตรในประชากรชั่วที่ 2 ของปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.). ว. วิทย.กษ. 40(1) : 25 – 34.

Bernardo, R. 2002. Breeding for Quantitative Traits in Plants. Stemma Press, Minnesota. 369 p.

Corley, R.H.V. and P.B. Tinker. 2003. The Oil Palm. 4th ed. Blackwell Publishing, Inc., USA. 562 p.

Hardon, J.J., C.N. Williams and I. Watson. 1969. Leaf area and yield in the oil pam in Malaya. Expl. Agric. 5 : 25-32.

Hartley C.W.S. 1988. The Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq). 3rd ed., Longman, London. 761 p.

Kushairi, A. and N. Rajanaidu. 2000. Breeding populations, seed production and nursery management. pp. 39-96. *In* : Y. Basiron, B.S. Jalani and K.W. Chan (eds.). Advances in oil palm research, Vol. I. Malaysian Palm Oil Board, Kuala Lumpur.

Obisesan, I.O. and T. Fatunla. 1982. Heritability of fresh fruit bunch yield and its components in the oil palm (*Elaeis guineenis* Jacq.). Theor. Appl. Genet. 64 : 65-68.

Okoye, M.N., C. O. Okwuagwu and M.I. Uguru. 2009. Population improvement for fresh fruit bunch yield and yield components in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). Am-Euras. J. Sci. Res. 4(2) : 59-63.

Okwuagwu, C.O., M.N. Okoye, E.C. Okolo, C.D. variability of fresh fruit bunch yield in Deli/dura x tenera breeding populations of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) in Nigeria. J. Trop. Agric. 46(1-2) : 52-57.

Okwuagwu, C.O. and G.C.C. Tai. 1995. Estimation of variance components and heritability of bunch yield and yield components in the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). Plant Breeding 114 : 463-465.

Ooi, S. C., J.J. Hardon and S. Phang. 1973. Variability in the Deli dura breeding population of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). I. Components of bunch yield. Malaysian Agric. J. 49 : 112-119.

Raffi, M.Y., N. Rajanaidu, B.S. Jalani and A. Kushairi. 2002. Performance and heritability estimations on oil palm progenies tested in different environments. J. Oil Palm Res. 14(1) : 15-24.

Thomas, R.L., I. Watson and J.J. Hardon. 1969. Inheritance of some components of yield in the Deli dura variety of oil palm. Euphytica 18 : 92-100.

ผลของน้ำท่วมขังในระยะการเจริญพันธุ์ต่อการเติบโตและผลผลิตของถั่วเหลือง

Effects of Waterlogging During Reproductive Stage on Growth and Yield of Soybean

สุภชัย วรรณมณี [1/] *และ จักรี เส้นทอง*[1/]
Supachai Wanmanee[1/] *and Chuckree Senthong*[1/]

Abstract: Growth and yield response of four soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] varieties, SJ.5, CM.60, #75 and AGS292 under 4 durations of waterlogging (3, 5, 7 and 9 days) at reproductive stage (R1-R2) was studied in dry season during November 2008 to February 2009 at Mae Hea Agriculture Research and Training Center, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University. Increase the durations of waterlogging from 3 to 9 days during the reproductive stage (R1-R2) reduced total dry matter accumulation, 100 seed weight ,crop growth rate (CGR), pod growth rate (PGR) and partitioning coefficient of photosynthate to the pod of all varieties. It was clear that under waterlogging conditions soybean plants partitioning more assimilation to the leaf and to the stem than to the pod. The #75 variety (vegetable soybean type) produced the highest seed yield (15.61g/plant) and have the highest partitioning coefficient of photosynthate to the pod (49.61%) under the long waterlogging duration (9 days). Vegetable soybean type varieties (#75 and AGS292) had higher yield and tolerated greater waterlogging stress than the grain type varieties (SJ.5 and CM.60).

Keywords: Soybean, waterlogging, total dry matter accumulation, yield, partitioning coefficient

[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: การตอบสนองด้านการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเหลือง [*Glycine max* (L.) Merrill] 4 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ สจ.5, เชียงใหม่ 60 , #75 และ AGS292 ในสภาพน้ำท่วมขังในระยะเจริญพันธุ์(R1-R2) เป็นระยะเวลา 3, 5, 7 และ 9 วัน ได้ทำการศึกษาในระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2551 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2552 ที่ สถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ การให้น้ำท่วมขังที่ยาวนานมากขึ้นจะทำให้ถั่วเหลืองทั้ง 4 พันธุ์ มีการสะสมน้ำหนักแห้ง น้ำหนัก 100 เมล็ด อัตราการเจริญเติบโตรวม อัตราการเจริญเติบโตของฝัก และมีประสิทธิภาพของการถ่ายเทสารสังเคราะห์ไปสู่ฝักลดลง เป็นที่แน่ชัดว่า ภายใต้สภาพน้ำท่วมขังถั่วเหลืองจะมีการถ่ายเทสารไปสู่ใบและลำต้นมากกว่าการถ่ายเทไปสู่ฝัก ถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ #75 ให้ผลผลิตเมล็ดสูงที่สุด (15.61 กรัมต่อต้น) และมีประสิทธิภาพของการถ่ายเทสารสังเคราะห์ไปสู่ฝักสูงสุด (49.61%) เมื่อปลูกในสภาพน้ำท่วมขังยาวนานถึง 9 วัน ถั่วเหลืองฝักสด (พันธุ์#75 และ AGS292) ให้ผลผลิตสูงและมีความทนต่อสภาวะที่มีน้ำท่วมขังได้ดีกว่าถั่วเหลืองเก็บเมล็ด (พันธุ์สจ.5 และ เชียงใหม่ 60)

คำสำคัญ: ถั่วเหลือง, น้ำท่วมขัง, การสะสมน้ำหนักแห้ง, ผลผลิต, ประสิทธิการถ่ายเทสารสังเคราะห์

คำนำ

ปัญหาน้ำท่วมขัง (flooding stress/ waterlogging) พบในถั่วเหลืองที่ปลูกในสภาพนาหลังการเก็บเกี่ยวข้าว ดินมีลักษณะอัดตัวกันแน่นและระบายน้ำยาก ซึ่งเป็นผลมาจากการเตรียมดินสำหรับการทำนา (สมชาย และ มนตรี, 2540) เมื่อดินถูกน้ำขัง ดินจะเปลี่ยนแปลงไปสู่สภาพรีดิวซ์ (reducing conditions) ในสภาพน้ำท่วมขังจะ เป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเหลืองโดยเฉพาะในระยะออกดอก ซึ่งจะทำให้ ขนาดของลำต้น การตรึงไนโตรเจน การเจริญเติบโตและการพัฒนาของระบบราก ผลผลิต เปอร์เซ็นต์น้ำมันและโปรตีนในเมล็ด ตลอดจนทำให้คุณภาพของเมล็ดลดลง (Herrera and Zandstra, 1979; Lawn and Williams,1987) ได้มีการศึกษาอยู่บ้างเกี่ยวกับผลของน้ำขังรากต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเหลือง (ไพศาลและอัตพล, 2538) แต่ยังไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับระยะเวลาของการที่มีน้ำท่วมขังในระยะการเจริญพันธุ์ที่จะมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตของถั่วเหลืองต่างชนิดแต่อย่างใด การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงผลกระทบจากน้ำท่วมขังในช่วงออกดอก และสร้างฝักต่อการถ่ายเทสารสังเคราะห์และการสร้างผลผลิตในถั่วเหลือง ซึ่งในระยะนี้เป็นช่วงที่ต้นถั่วเริ่มมีการถ่ายเทสารสังเคราะห์ไปยังส่วนต่าง ๆ ที่แตกต่างกัน โดยข้อมูลที่ได้จะใช้เป็นแนวทางในการคัดเลือกหาพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีความทนทานต่อสภาวะน้ำท่วมขัง และในการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองที่ทนต่อสภาพน้ำท่วมขังต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ปลูกถั่วเหลืองเก็บเมล็ดพันธุ์ สจ. 5 เชียงใหม่ 60 และถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์# 75 และพันธุ์ AGS 292 ในกระถางที่ไม่มีรู ที่สถานีวิจัยเกษตรแม่เหียะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) มี 4 ซ้ำ กำหนดเงื่อนไขการให้น้ำแตกต่างกัน ดังนี้

1.Control ให้น้ำตามปกติที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองจนถึงระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา

2.ให้น้ำท่วมขังถั่วเหลือง 3 วัน หลังจากที่ต้นถั่วออกดอก(R1-R2) แล้วให้น้ำตามปกติถึงระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา

3.ให้น้ำท่วมขังถั่วเหลือง 5 วัน หลังจากที่ต้นถั่วออกดอก(R1-R2) แล้วให้น้ำตามปกติถึงระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา

4.ให้น้ำท่วมขังถั่วเหลือง 7 วัน หลังจากที่ต้นถั่วออกดอก(R1-R2) แล้วให้น้ำตามปกติถึงระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา

5.ให้น้ำท่วมขังถั่วเหลือง 9 วัน หลังจากที่ต้นถั่วออกดอก(R1-R2) แล้วให้น้ำตามปกติถึงระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา

ดำเนินการปลูกเมื่อ เดือนพฤศจิกายน 2551 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2552 นำเมล็ดถั่วเหลืองมาคลุกด้วยเชื้อไรโซเบียมแล้วนำลงปลูกในกระถางที่เตรียมไว้ โดยฝังลงดินลึกประมาณ 2-3 ซม. จำนวน 5-6 เมล็ดต่อกระถาง เมื่อถั่วเหลืองงอกได้ 7 วัน ถอนให้เหลือ 2 ต้นต่อกระถาง ฉีดพ่นสารเคมีคุมวัชพืชและป้องกันกำจัดโรคแมลงตามความเหมาะสม

บันทึกข้อมูล น้ำหนักแห้ง ใบ ต้น รากและฝัก บันทึกข้อมูลผลผลิต ผลผลิตต่อต้น น้ำหนักแห้ง 100 เมล็ด จำนวนฝักต่อต้น น้ำหนักฝักแห้งต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก

นำข้อมูลที่ได้บันทึกทั้งหมดวิเคราะห์ด้วยวิธี analysis of variance เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยสิ่งทดลองโดยใช้ LSD (Least Significant Difference) ที่ค่าความเชื่อมั่น p = 0.05 สำหรับการวิเคราะห์การเจริญเติบโตของต้นถั่วจะนำน้ำหนักแห้งของแต่ละส่วนที่ได้มาหาอัตราการเจริญเติบโตรวม (crop growth rate, CGR) อัตราการเจริญเติบโตใบ (leaf growth rate, LGR) อัตราการเจริญเติบโตลำต้น (stem growth rate, SGR) อัตราการเจริญเติบโตราก (root growth rate, RGR) อัตราการเจริญเติบโตฝัก (pod growth rate, PGR) ได้ใช้สมการ linear regression analysis (Senthong, 1979) โดยใช้ค่า slop (b) จากสมการ $y = a \pm bx$ เป็นค่าของอัตราการเจริญเติบโตของแต่ละส่วน ส่วนการหาค่าประสิทธิภาพการถ่ายเทสารสังเคราะห์ (partitioning coefficient of photosynthate) คำนวณได้จากสูตรของอัตราการเจริญเติบโตในส่วนต่างๆ ของถั่วเหลือง (ใบ, ลำต้น, ราก และฝัก) หารด้วยอัตราการเจริญเติบโตรวมคูณด้วย 100 จะได้ผลเป็น % ของค่าประสิทธิภาพการถ่ายเทสารสังเคราะห์ (Senthong, 1979)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1.น้ำหนักแห้งรวม จากภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้งรวมและจำนวนวันที่ได้รับการท่วมขังน้ำของถั่วเหลืองทั้ง 4 พันธุ์ หลังจากที่มีน้ำท่วมขัง 3, 5, 7 และ 9 วัน น้ำหนักแห้งรวมมีค่าลดลง กิตติ (2543) พบว่าถ้าหากมีน้ำท่วมขังในถั่วเขียวที่ระยะเจริญพันธุ์ จะทำให้มีความสูงของลำต้น น้ำหนักแห้งของใบ ลำต้น รากต่อต้น จำนวนฝัก และน้ำหนักแห้งต่อต้นที่ต่ำกว่าปกติ โดยที่ถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ #75 มีอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งรวมลดลงมากที่สุดเท่ากับ 0.829 กรัมต่อต้นต่อวัน รองลงมาได้แก่ ถั่วเหลืองเก็บเมล็ดพันธุ์ สจ.5, เชียงใหม่60 และ ถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ AGS292 โดยมีอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งรวมลดลงเท่ากับ 0.563, 0.363 และ 0.267 กรัมต่อต้นต่อวัน ตามลำดับ ถั่วเหลืองมีความทนทานต่อสภาพที่มีน้ำขังในระยะสั้นที่ดีกว่าพืชไร่ตระกูลถั่วชนิดอื่น ๆ และสามารถฟื้นตัวอย่างรวดเร็วหลังจากที่สภาพน้ำท่วมขังหมดไป (Trodon *et al*., 1986)

2.อัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการถ่ายเทสารสังเคราะห์ จากตารางที่ 1 อัตราการเจริญเติบโตรวมของถั่วเหลือง ที่การให้น้ำตามปกติพบว่าถั่วเหลืองเก็บเมล็ดพันธุ์ สจ.5, พันธุ์เชียงใหม่60, ถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์#75 และพันธุ์AGS292 มีค่าอัตราการเจริญเติบโตรวมเท่ากับ 0.55, 0.56, 1.29 และ 1.28 กรัมต่อต้นต่อวัน ตามลำดับ หลังจากที่ได้รับน้ำท่วมขังเป็นระยะเวลา 9 วัน พบว่าถั่วเหลืองเก็บเมล็ดพันธุ์ สจ.5, พันธุ์เชียงใหม่60, ถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์#75 และพันธุ์ AGS292 มีค่าอัตราการเจริญเติบโตรวมเท่ากับ 0.38, 0.46, 0.85 และ 0.83 กรัมต่อต้นต่อวัน ตามลำดับ และค่าอัตราการเจริญเติบโตของฝักหลังจากที่ถูกน้ำท่วมขังเป็นระยะเวลา 9 วันพบว่าถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์#75 มีค่าอัตราการเจริญเติบโตของฝักมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 0.42 กรัมต่อต้นต่อวัน ซึ่งมีค่าสูงกว่าถั่วเหลืองทั้ง 3 พันธุ์ สมชาย และคณะ,2537 พบว่า ในถั่วเขียวที่ให้ผลผลิตสูงนั้นมีการถ่ายเทสารสังเคราะห์ไปสู่เมล็ดมากกว่าพันธุ์ที่มีผลผลิตต่ำ เพราะพันธุ์ที่ให้ผลผลิตต่ำนั้น มีการถ่ายเทสารสังเคราะห์ไปสร้างลำต้นและใบในปริมาณที่มากกว่าส่วนที่เป็นผลผลิต ส่วนในพันธุ์เชียงใหม่ 60 นั้นถึงแม้จะมี

อัตราของการเจริญเติบโตรวมที่สูงกว่าพันธุ์สจ.5 แต่ประสิทธิภาพของการถ่ายเทสารสังเคราะห์ไปสู่ฝัก (ตารางที่ 2) ที่มีค่าน้อยกว่าพันธุ์สจ.5 เพราะมีการถ่ายเทสารสังเคราะห์ไปยังส่วนของใบและลำต้น ที่มากกว่าที่จะถ่ายเทไปยังฝัก McCloud (1974) พบว่า ถ้าหากมีน้ำหนักแห้งสะสมอยู่ในส่วนเจริญเติบโตมากก็สามารถวิเคราะห์ได้ว่าพืชชนิดนั้นมีอัตราการเจริญเติบโตสูง ถ้าพืชชนิดนั้นมีน้ำหนักแห้งสะสมในส่วนที่เป็นผลผลิต เช่นเมล็ดหรือฝักน้อย ก็สามารถวิเคราะห์ได้ว่าพืชชนิดนั้นมีการถ่ายเทสารสังเคราะห์ไปสู่ส่วนเจริญเติบโตมากเกินไป ทำให้มีสารสังเคราะห์ที่เหลืออยู่ถ่ายเทไปยังส่วนของเมล็ดน้อย

3.ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต ในตารางที่ 3 และ 4 ผลผลิตของถั่วเหลืองทั้ง 4 พันธุ์ เมื่อถูกน้ำท่วมขังพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการให้น้ำตามปกติ ซึ่งถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์#75 ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 17.14 กรัมต่อต้น รองลงมาคือ ถั่วเหลืองฝักพันธุ์AGS292, ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 และ พันธุ์สจ. 5 มีค่าผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 15.81, 9.16 และ 8.76 กรัมต่อต้น ตามลำดับ

องค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลืองทั้ง 4 พันธุ์ (ตารางที่ 3,4) พบว่า ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60และ ถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์AGS292 นั้น มีความแตกต่างกันในทางสถิติใน น้ำหนัก 100 เมล็ด การให้น้ำปกติ มีค่ามากที่สุด คือ 11.17 และ 30.17 กรัม ตามลำดับ ในสภาพน้ำท่วมขัง 9 วัน จะมีค่าน้อยที่สุด 9.60 และ 25.52 กรัม ตามลำดับ ซึ่งถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์#75 มีน้ำหนัก 100 เมล็ดเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 35.11 กรัม กิตติ(2543) พบว่า น้ำท่วมขังทำให้จำนวนเมล็ดดีต่อฝักดีของถั่วเขียว ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

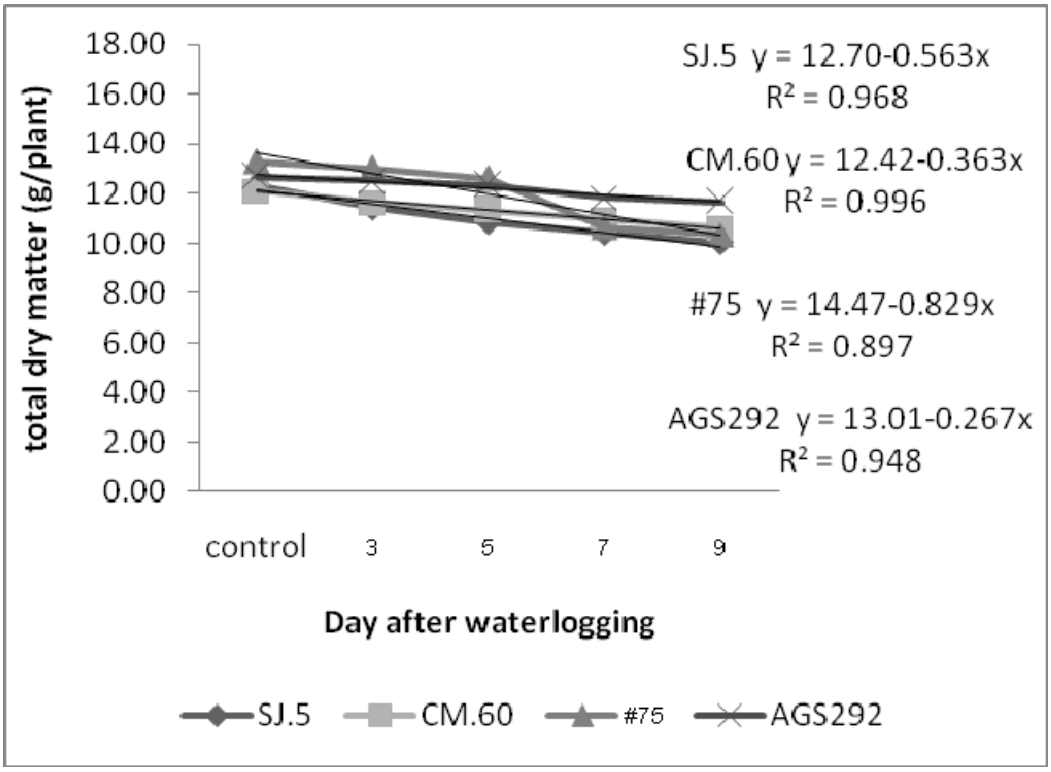


Figure 1 Relationship between total dry matter and day after waterlogging of four soybean varieties: SJ 5, CM 60, #75 and AGS292

Table 1 Crop growth rate (CGR), leaf growth rate (LGR), stem growth rate (SGR), root growth rate (RGR), pods growth rate (PGR) (g/plant/day) of four soybean varieties under different duration of waterlogging. (b = slop (g/plant/day) obtained from the linear regression equation : y = a ± bx)

	Water management				
Variety	control	3(days)	5(days)	7(days)	9(days)
----------Crop growth rate (g/plant/day)----------					
SJ.5	0.55	0.52	0.49	0.45	0.38
CM.60	0.56	0.54	0.53	0.49	0.46
#75	1.29	1.03	0.95	0.88	0.85
AGS292	1.28	1.25	0.98	0.88	0.83
----------Leaf growth rate (g/plant/day)----------					
SJ.5	0.15	0.21	0.21	0.22	0.19
CM.60	0.15	0.25	0.22	0.24	0.22
#75	0.19	0.48	0.39	0.40	0.41
AGS292	0.18	0.63	0.51	0.41	0.41
----------Stem growth rate (g/plant/day)----------					
SJ.5	0.12	0.28	0.27	0.21	0.16
CM.60	0.13	0.28	0.29	0.24	0.21
#75	0.18	0.45	0.45	0.39	0.39
AGS292	0.21	0.49	0.36	0.40	0.35
----------Root growth rate (g/plant/day)----------					
SJ.5	0.03	0.03	0.02	0.01	0.02
CM.60	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
#75	0.03	0.05	0.06	0.06	0.03
AGS292	0.02	0.08	0.07	0.05	0.05
----------Pods growth rate (g/plant/day)----------					
SJ.5	0.33	0.25	0.23	0.22	0.15
CM.60	0.34	0.25	0.25	0.21	0.17
#75	0.88	0.79	0.62	0.51	0.42
AGS292	0.86	0.73	0.57	0.48	0.41

Table 2 Partitioning coefficient (%) of photosynthate to the leaf , stem, root and pod of four soybean varieties.

	Water management				
Variety	control	3	5	7	9
----------Leaf(%)----------					
SJ.5	27.27	40.13	42.38	49.60	51.70
CM.60	26.79	46.30	41.89	49.12	48.26
#75	14.73	47.04	41.14	45.27	47.90
AGS292	14.06	50.10	52.27	46.74	49.16
----------Stem(%)----------					
SJ.5	21.82	53.50	55.38	47.52	42.70
CM.60	23.21	51.39	53.96	49.12	45.63
#75	13.95	43.72	47.84	45.02	46.62
AGS292	16.41	39.36	36.54	45.15	42.13
----------Root(%)----------					
SJ.5	5.45	6.21	4.37	2.80	4.06
CM.60	3.57	3.24	4.43	2.05	2.99
#75	2.33	5.26	6.33	6.40	3.61
AGS292	1.56	6.40	7.00	5.22	5.59
----------Pod(%)----------					
SJ.5	60.00	47.77	46.75	49.36	39.82
CM.60	60.71	46.30	47.17	42.98	36.65
#75	68.22	76.76	65.40	58.24	49.61
AGS292	67.19	58.44	58.25	54.81	46.03

น้ำหนักฝักแห้งต่อต้น เมื่อถูกน้ำท่วมขังพบว่า ถั่วเหลืองทั้ง 4 พันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยที่ถั่วเหลือง ฝักสดพันธุ์#75 ให้น้ำหนักฝักแห้งต่อต้นเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.57 กรัม รองลงมาคือถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ AGS292 ถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 และ พันธุ์เชียงใหม่ 60 มีค่าน้ำหนักฝักแห้งต่อต้นเฉลี่ยเท่ากับ 4.04, 3.70 และ 3.52 กรัม ตามลำดับ

จำนวนฝักต่อต้น เมื่อถูกน้ำท่วมขังพบว่า ถั่วเหลืองทั้ง 4 พันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยที่ถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ให้จำนวนฝักต่อต้นเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 14.45 ฝัก รองลงมาคือถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์#75 พันธุ์ AGS292 และ ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 มีค่าจำนวนฝักต่อต้นเฉลี่ยเท่ากับ 13.45, 11.75 และ 10.70 ฝัก ตามลำดับ

จำนวนเมล็ดต่อฝัก เมื่อถูกน้ำท่วมขังพบว่า ถั่วเหลืองทั้ง 4 พันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยที่ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ให้จำนวนเมล็ดต่อฝักเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 1.98 เมล็ด รองลงมาคือ ถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 มีค่าจำนวนเมล็ดต่อฝักเฉลี่ยเท่ากับ 1.97 เมล็ด รองลงมาคือถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์#75 และพันธุ์AGS292 มีค่าจำนวนเมล็ดต่อฝักเฉลี่ยเท่ากับ 1.64 เมล็ด

Table 3 Yield and yield components of two grain soybean varieties (SJ.5 and CM.60).

	Variety				
Water management	---------- SJ.5 ----------				
	Seed yield (g/plant)	100 Seed weight (g)	Pod Dry matter (g)	Pod/plant	Seed/pod
Control (0 day)	9.38	7.70	4.00	18.50	1.99
waterlogging 3 days	8.75	7.68	3.94	17.25	1.98
waterlogging 5 days	8.66	7.64	3.84	13.75	1.97
waterlogging 7 days	8.64	7.55	3.56	11.25	1.97
waterlogging 9 days	8.38	7.54	3.16	11.50	1.94
Mean	8.76	7.62	3.70	14.45	1.97
$LSD_{0.05}$	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)	20.20	4.69	26.44	32.96	9.43
Water management	---------- CM.60 ----------				
	Seed yield (g/plant)	100 Seed weight (g)	Pod Dry matter (g)	Pod/plant	Seed/pod
Control (0 day)	9.75	11.17A	3.65	12.00	2.00
waterlogging 3 days	9.26	10.00B	3.55	11.50	1.98
waterlogging 5 days	9.02	9.94B	3.53	11.00	1.98
waterlogging 7 days	8.95	9.89B	3.48	9.75	1.96
waterlogging 9 days	8.86	9.60B	3.41	9.25	1.97
Mean	9.16	10.12	3.52	10.70	1.98
$LSD_{0.05}$	ns	0.83	ns	ns	ns
CV(%)	24.68	5.49	23.53	15.36	6.10

Table 4 Yield and yield components of two vegetable soybean varieties (#75 and AGS292)

	Variety				
Water management	---------- #75 ----------				
	Seed yield (g/plant)	100 Seed weight (g)	Pod Dry matter (g)	Pod/plant	Seed/pod
Control (0 day)	18.95	36.09	4.74	15.25	1.68
Waterlogging 3 days	17.59	35.39	4.63	13.50	1.67
waterlogging 5 days	17.19	35.00	4.64	13.25	1.64
waterlogging 7 days	16.39	34.69	4.59	12.00	1.64
waterlogging 9 days	15.61	34.38	4.26	13.25	1.59
Mean	17.14	35.11	4.57	13.45	1.64
$LSD_{0.05}$	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)	24.60	7.00	19.30	17.93	27.82
Water management	---------- AGS292 ----------				
	Seed yield (g/plant)	100 Seed weight (g)	Pod Dry matter (g)	Pod/plant	Seed/pod
Control (0 day)	17.47	30.17A	3.87	11.75	1.68
waterlogging 3 days	15.78	29.13A	3.82	11.25	1.67
waterlogging 5 days	15.58	27.39AB	3.80	11.50	1.64
waterlogging 7 days	15.42	27.30AB	3.92	12.00	1.65
waterlogging 9 days	14.80	25.52B	4.82	12.25	1.60
Mean	15.81	27.90	4.04	11.75	1.64
$LSD_{0.05}$	ns	3.00	ns	ns	ns
CV(%)	24.30	7.15	20.24	17.20	7.28

สรุป

ถั่วเหลืองเมื่อถูกน้ำท่วมขังจะทำให้เกิดผลกระทบต่อการสะสมน้ำหนักแห้งและการสร้างผลผลิต เมื่อถั่วเหลือง 4 พันธุ์ ถูกน้ำท่วมขังเป็นระยะเวลา 9 วัน พบว่าการสะสมน้ำหนักแห้งรวมจะลดลงโดยที่ถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ #75 มีค่าการสะสมน้ำหนักแห้งรวมลดลงมากที่สุดคือ 0.829 กรัมต่อต้นต่อวัน และ ลดลงน้อยที่สุดคือถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์AGS292 มีค่า 0.267 กรัมต่อต้นต่อวัน และในอัตราการเจริญเติบโตรวม ถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์#75 มีค่าอัตราการเจริญเติบโตรวมสูงสุดเท่ากับ 0.85 กรัมต่อต้นต่อวัน ส่วนถั่วเหลืองพันธุ์สจ.5 ให้ค่าอัตราการเจริญเติบโตรวมน้อยที่สุดคือ 0.38 กรัมต่อต้นต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตของฝักนั้น ถั่วเหลืองฝักสด

พันธุ์#75 ให้ค่าอัตราการเจริญเติบโตของฝักสูงสุดเท่ากับ 0.42 กรัมต่อต้นต่อวัน ประสิทธิภาพการถ่ายเทสารสังเคราะห์ไปสู่ฝักในถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์#75 ให้จะค่ามากที่สุดเท่ากับ 49.61% จะส่งผลให้ผลผลิตและน้ำหนัก 100 เมล็ด ของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์#75 มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 15.61 กรัมต่อต้น และ 34.38 กรัม ตามลำดับ ถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์#75 เหมาะสมที่จะใช้เป็นพันธุ์แนะนำให้เกษตรกรปลูกในสภาพพื้นที่อาจจะมีน้ำท่วมขังได้อย่างเหมาะสมเนื่องจากเป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงมีการเจริญเติบโตและมีการสะสมน้ำหนักแห้งสูงตลอดจนมีประสิทธิภาพของการถ่ายเทสารสังเคราะห์ไปสู่ฝักที่มากกว่า อีก 3 พันธุ์เมื่อปลูกในสภาพที่มีน้ำท่วมขังนานถึง 9 วัน

เอกสารอ้างอิง

กิตติ วงส์พิเชษฐ. 2543. อิทธิพลของน้ำท่วมขังที่มีต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเขียว.แก่นเกษตร. 28 (1) : 15-23.

ไพศาล เหล่าสุวรรณ และ อัตพล ทองสมศรี. 2538. ผลของน้ำขังรากต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเหลือง. วารสารเทคโนโลยีสุรนารี. 2 : 27-32.

สมชาย บุญประดับ เทวา เมาลานนท์ และ จักรี เส้นทอง. 2537. การตอบสนองของพันธุ์ถั่วเขียวต่อการให้น้ำต่างระดับ. วารสารวิชาการเกษตร. 12 (2) : 102-110.

สมชาย บุญประดับ และ มนตรี ชาตะศิริ. 2540. การปรับปรุงคุณภาพผลผลิตถั่วเขียวผิวดำเพื่อการส่งออก. สถานีทดลองพืชไร่พิษณุโลก สถาบันวิจัยพืชไร่. 156 หน้า

Herrera, W.A.T. and H.G. Zandstra.1979. The response of some major upland crops to excessive soil Moisture. Paper presented at the 10th Annual Scientific Meeting of the Philippines UPLB, Philippines. pp.16 .

McClound, D.E. 1974. Growth analysis of high yielding peanut. Soil Crop Sci. Soc. Fla. Proc. 33 : 24-26.

Lawn, R.J and J.H. Williams. 1987. Limits imposed by climatological factors. pp..83-98. *In* E.S. Wallis and D.E. Byth, eds. Proceedings of Workshop on Food Legume Improvement for Asian Farming Systems. Khon Kaen, Thailand.

Senthong, C. 1979. Growth analysis in several peanut cultivars and the effect to peanut root-knot nematode (*Meloidogyne arenaria*) on peanut yields. Ph.D. Dissertation, Univ. of Florida,Gainesville, U.S.A. pp.62.

Trodon, E.J. , A.L. Garaside, R.J. Lawn, D.E. Byth, and G.L. Wilson. 1986. Saturated soil culture an innovative water management option for soybean in the tropics and subtropics. pp. 171-180,*In* Sulzverger and Mclean, eds. Proceedings of Soybean in Tropical and Subtropical Cropping System Symposium, Tsukuba, Japan.

ผลของการขาดน้ำในระยะการเจริญพันธุ์ต่อการเติบโตและผลผลิตของถั่วเหลือง

Effects of Water Deficit During Reproductive Stage on Growth and Yield of Soybean

อาทิตยา ยอดใจ [1/] ***และ จักรี เส้นทอง*** [1/]

Atitaya Yodjai[1/] *and Chuckree Senthong*[1/]

Abstract: The response of four soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] varieties; SJ.2, SJ.4, #75 and AGS292 to drought stress imposed at 3, 5, 7 and 9 days during reproductive stages (R1-R2) was under investigation during November 2008 to February 2009 at Mae Hea Agriculture Research and Training Center, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University. It was found that increase the duration of water deficits from 3, 5, 7 and 9 days during the reproductive stage (R1-R2) had reduced the total dry matter accumulation, crop growth rate (CGR), pod growth rate (PGR), partitioning coefficient of photosynthate to the pod, seed yield, 100 seed weight, pod dry matter, pod per plant and seed per pod of all varieties. AGS292 (vegetable soybean type) performed well under long duration of water deficit (9 days), followed by SJ.2, SJ.4 (grain type) and #75 (vegetable soybean type)

Keywords: Soybean, drought stress, total dry matter accumulation, yield, partitioning coefficient

[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: ผลการวิเคราะห์การตอบสนองของถั่วเหลือง [*Glycine max* (L.) Merrill] 4 พันธุ์ ได้แก่พันธุ์ สจ.2, พันธุ์ สจ.4, พันธุ์#75 และพันธุ์ AGS292 ต่อการขาดน้ำเป็นระยะเวลา 3, 5, 7 และ 9 วัน ในระยะของการเจริญพันธุ์ (R1-R2) ระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ. ศ. 2551 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ. ศ. 2552 ที่สถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พบว่าการเพิ่มระยะเวลาของการขาดน้ำเป็นระยะเวลา 3, 5, 7 และ 9 วัน ในระยะของการเจริญพันธุ์ ทำให้การสะสมน้ำหนักแห้งรวม, อัตราการเจริญเติบโตรวม, อัตราการเจริญเติบโตของฝัก, ประสิทธิภาพของการถ่ายเทสารสังเคราะห์ไปสู่ฝัก, ผลผลิต, น้ำหนัก 100 เมล็ด, น้ำหนักฝักแห้ง, จำนวนฝักต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อฝักของถั่วเหลืองทุกพันธุ์ลดลง ถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ AGS292 มีการปรับตัวได้ดีภายใต้สภาพของการขาดน้ำที่ยาวนานได้ถึง 9 วัน รองลงมาคือถั่วเหลืองเก็บเมล็ด พันธุ์ สจ.2, และพันธุ์ สจ.4 และถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ #75

คำสำคัญ: ถั่วเหลือง การขาดน้ำ การสะสมน้ำหนักแห้ง ผลผลิต ประสิทธิภาพการถ่ายเทสารสังเคราะห์

คำนำ

พื้นที่การเพาะปลูกถั่วเหลืองที่อาศัยน้ำฝน ซึ่งมีความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝน และในพื้นที่เขตชลประทาน ที่มีน้ำไม่เพียงพอ ก่อให้เกิดการขาดน้ำอันเป็นปัจจัยสำคัญต่อการสะสมน้ำหนักแห้ง และการสร้างผลผลิตของถั่วเหลือง โดยเฉพาะถ้ามีการขาดน้ำในระยะเจริญพันธุ์ (R1 – R2) จัดว่าเป็นช่วงวิกฤตที่มีผลกระทบต่อการสร้างผลผลิตมากที่สุด (Senthong *et al*.,1986) ธวัชชัย (2526) พบว่าในระยะหลังการออกดอกจนถึงเริ่มจะติดฝักหากถั่วเหลืองขาดน้ำจะทำให้ผลผลิตลดลงถึง 35 เปอร์เซ็นต์ Senthong (1979) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการถ่ายเทสารสังเคราะห์ในถั่วลิสง โดยใช้วิธีวิเคราะห์การเจริญเติบโต พบว่าอัตราการเจริญเติบโตของถั่วลิสงแต่ละพันธุ์นั้นจะมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ประสิทธิภาพของการถ่ายเทสารสังเคราะห์ไปสู่ฝักจะแตกต่างกันมาก พันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงจะมีการถ่ายเทสารสังเคราะห์ไปสร้างฝักที่มากกว่าพันธุ์ที่ให้ผลผลิตต่ำประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ และผลผลิตที่ได้จะแตกต่างกันมากถึง 2 เท่าตัว ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการตอบสนองของถั่วเหลืองต่อสภาวะของการขาดน้ำในระยะของการเจริญพันธุ์ (Panday *et al*., 1984; Senthong *et al*., 1986) แต่ยังไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับระยะเวลาของการขาดน้ำที่มีผลกระทบต่อการสะสมน้ำหนักแห้ง และการสร้างผลผลิตของถั่วเหลืองต่างชนิดพันธุ์แต่อย่างใด การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษาถึงการสะสมน้ำหนักแห้ง ผลผลิต และการถ่ายเทสารสังเคราะห์ไปยังส่วนของ ใบ ลำต้น ราก และฝักของถั่วเหลืองเก็บเมล็ดและถั่วเหลืองฝักสดเมื่อเกิดการขาดน้ำในระยะเจริญพันธุ์ (R1 – R2) ข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้สามารถที่จะนำไปใช้ในการคัดเลือกพันธุ์ถั่วเหลือง และการพัฒนาพันธุ์ถั่วเหลืองเก็บเมล็ดและถั่วเหลืองฝักสดที่สามารถทนแล้งได้ดีต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการทดลองที่สถานีวิจัยเกษตรแม่เหียะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2551 ถึง กุมภาพันธ์ 2552 วางการทดลองแบบ CRD (completely randomized design) มี 4 ซ้ำ ปลูกถั่วเหลือง 4 พันธุ์ คือ พันธุ์สจ.2 พันธุ์สจ.4 และถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ # 75 พันธุ์AGS292 กำหนดการให้น้ำ 5 วิธีการ ดังนี้

1.Control ให้น้ำตามปกติที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลือง ถึงระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา

2.งดให้น้ำถั่วเหลือง 3 วัน หลังจากที่ต้นถั่วออกดอก (R1–R2) แล้วให้น้ำตามปกติจนถึงระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา

3.งดให้น้ำถั่วเหลือง 5 วัน หลังจากที่ต้นถั่วออกดอก (R1–R2) แล้วให้น้ำตามปกติจนถึงระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา

4.งดให้น้ำถั่วเหลือง 7 วัน หลังจากที่ต้นถั่วออกดอก (R1–R2) แล้วให้น้ำตามปกติจนถึงระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา

5.งดให้น้ำถั่วเหลือง 9 วัน หลังจากที่ต้นถั่วออกดอก (R1–R2) แล้วให้น้ำตามปกติจนถึงระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา

ปลูกถั่วเหลืองพันธุ์ต่าง ๆ ในกระถาง นำเมล็ดถั่วเหลืองมาคลุกด้วยเชื้อไรโซเบียมก่อนปลูก เมื่อถั่วเหลืองงอกได้ 7 วัน ถอนให้เหลือ 2 ต้นต่อกระถาง นำตัวอย่างดินไปวิเคราะห์หาแร่ธาตุอาหาร ฉีดพ่นสารเคมีควบคุมวัชพืชและป้องกันกำจัดโรคและแมลงตามความเหมาะสม

บันทึกน้ำหนักแห้งของ ใบ ลำต้น ราก และฝัก บันทึกข้อมูลผลผลิตต่อต้น น้ำหนักแห้ง 100 เมล็ด จำนวนฝักต่อต้น น้ำหนักฝักแห้งต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อฝัก

การวิเคราะห์ข้อมูล ด้วยวิธี analysis of variance เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองโดยใช้ LSD (least significant difference) ที่ค่าความเชื่อมั่น p = 0.05 ในการวิเคราะห์หาอัตราการเจริญเติบโตของถั่วเหลือง ได้ใช้สมการ linear regression analysis (Senthong, 1979) โดยใช้ค่า slope (b) จากสมการ $y = a \pm bx$ เป็นค่าของอัตราการเจริญเติบโตรวม (crop growth rate, CGR) อัตราการเจริญเติบโตของใบ (leaf growth rate, LGR) อัตราการเจริญเติบโตของลำต้น (stem growth rate, SGR) อัตราการเจริญเติบโตของราก (root growth rate, RGR) และอัตราการเจริญเติบโตของฝัก (pod growth rate, PGR) การหาค่าประสิทธิภาพการของถ่ายเทสารสังเคราะห์ (partitioning coefficient of photosynthate) คำนวณได้จากสูตรของอัตราการเจริญเติบโตในส่วนต่าง ๆ (ใบ, ลำต้น, ราก และฝัก) หารด้วยอัตราการเจริญเติบโตรวม (crop growth rate, CGR) คูณด้วย 100

ผลการทดลองและวิจารณ์

1.การสะสมน้ำหนักแห้งรวม ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้งรวมและจำนวนวันที่ถั่วเหลืองทั้ง 4 พันธุ์ ขาดน้ำ (ภาพที่ 1) พบว่า น้ำหนักแห้งรวมของถั่วเหลืองทั้ง 4 พันธุ์มีน้ำหนักแห้งรวมลดลงตามระยะเวลาที่ขาดน้ำ โดยถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ #75 มีอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งรวมลดลงมากที่สุด เท่ากับ 0.95 กรัมต่อต้นต่อวัน รองลงมาได้แก่ ถั่วเหลืองเก็บเมล็ดพันธุ์ สจ.4 พันธุ์ สจ.2 และถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ AGS292 มีอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งรวมลดลง เท่ากับ 0.60, 0.53 และ 0.42 กรัมต่อต้นต่อวัน ตามลำดับ เมื่อมีการขาดน้ำยาวนานถึง 9 วัน จากรายงานของ ทรงเชาว์ และคณะ. (2531) พบว่าถั่วเหลืองเมื่อมีการขาดน้ำจะส่งผลทำให้มีการสร้างน้ำหนักแห้งรวมที่ลดน้อยลงไป

2. อัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการถ่ายเทสารสังเคราะห์ อัตราการเจริญเติบโต (ตารางที่ 1) ของถั่วเหลืองพันธุ์ สจ. 2, พันธุ์ สจ. 4, ถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ #75 และพันธุ์ AGS292 เมื่อได้รับน้ำในระดับปกติ มีอัตราการเจริญเติบโตรวมเท่ากับ 0.65 , 0.60, 0.81 และ 0.80 กรัมต่อต้นต่อวัน ตามลำดับ เมื่อมีการขาดน้ำเป็นระยะเวลายาวนานถึง 9 วัน พบว่า มีอัตราการเจริญเติบโตรวมเท่ากับ 0.48, 0.36, 0.64 และ 0.61 กรัมต่อต้นต่อวัน ตามลำดับ สำหรับอัตราการเจริญเติบโตของฝัก เมื่อมีการขาดน้ำเป็นระยะเวลายาวนานถึง 9 วัน พบว่า ถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ AGS292 มีอัตราการเจริญเติบโตของฝักเท่ากับ 0.34 กรัมต่อต้นต่อวัน ซึ่งมากกว่าอีก 3 พันธุ์ ทั้งนี้ถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ AGS292 ยังมีอัตราการเจริญเติบโตของใบที่สูง เท่ากับ 0.32 กรัมต่อต้นต่อวัน และเนื่องจากใบเป็น Source ที่สำคัญของการสังเคราะห์แสง และสารอาหารที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นก็จะถูกส่งไปยังส่วนต่าง ๆ เพื่อเก็บสะสมไว้ (เฉลิมพล, 2535) ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการถ่ายเทสารสังเคราะห์ (ตารางที่ 2) โดยประสิทธิภาพการถ่ายเทสารสังเคราะห์ไปสู่ฝักของพันธุ์ สจ.2 และพันธุ์ AGS292 จะมีค่าใกล้เคียงกัน (55.80 และ55.74 %) และมีค่าที่สูงกว่าพันธุ์ #75 และพันธุ์ สจ.4 ที่มีประสิทธิภาพการถ่ายเทสารสังเคราะห์ไปสู่ฝักเพียง 43.66 และ41.86 % ตามลำดับ Senthong *et al.* (1986) รายงานว่า พันธุ์ถั่วเหลืองที่มีอัตราการเจริญเติบโตรวมที่สูงมีแนวโน้มที่จะให้ผลผลิตสูง และมีประสิทธิภาพในการถ่ายเทสารสังเคราะห์เข้าสู่ฝักและเมล็ดมากกว่าพันธุ์อื่น ๆ

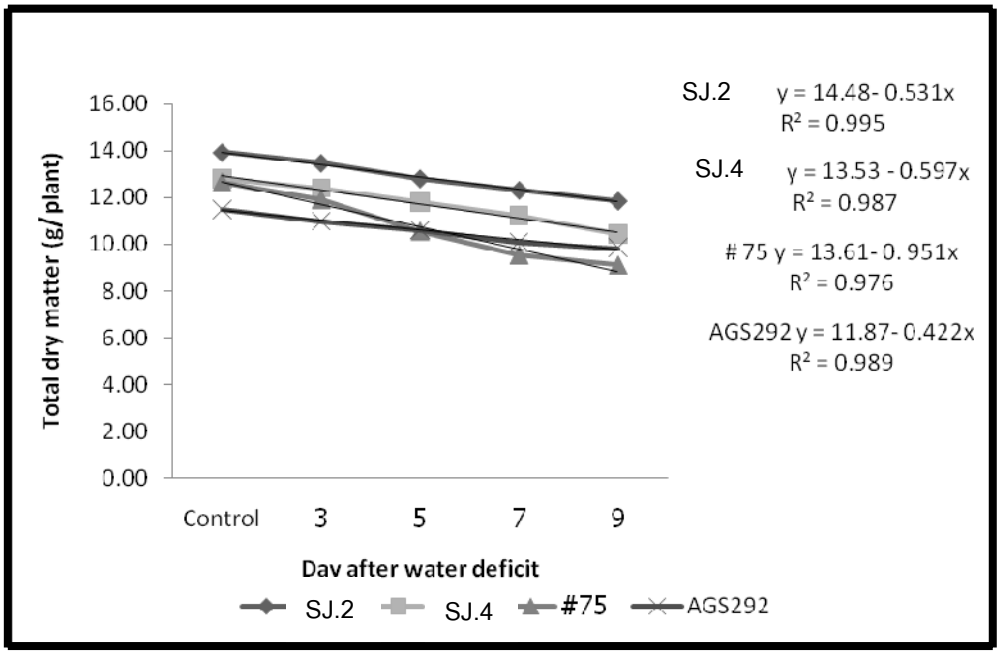


Figure 1 Relationship between total dry matter and day after water deficit of four soybean varieties

3.ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต ผลผลิตของถั่วเหลืองทั้ง 4 พันธุ์ (ตารางที่ 3 และ 4) ในสภาพที่มีการขาดน้ำเป็นระยะเวลายาวนานถึง 9 วัน พบว่าถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.2 และถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ AGS292 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการให้น้ำตามปกติ ซึ่งพันธุ์ AGS292 จะให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 11.87 กรัมต่อต้น ส่วนถั่วเหลืองพันธุ์สจ. 4 และถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ # 75 มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการให้น้ำตามปกติโดยถั่วเหลืองพันธุ์สจ. 4 และ ถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ # 75 มีผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 9.25 และ 10.02 กรัมต่อต้น ตามลำดับ นิมิตรและคณะ (2536) ได้อธิบายว่า เมื่อพืชได้รับน้ำน้อยกว่าความต้องการ มีผลทำให้กระบวนการต่าง ๆ ของการสังเคราะห์แสงลดลง ส่งผลให้การเจริญเติบโต และการสร้างผลผลิตของพืชลดลงอย่างเป็นสัดส่วนโดยตรงต่อการขาดน้ำของพืชนั้น ๆ

สำหรับองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลืองทั้ง 4 พันธุ์ (ตารางที่ 3 และ 4) พบว่า น้ำหนัก 100 เมล็ด ของถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.2 และพันธุ์ #75 มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยการให้น้ำตามปกติจะมีน้ำหนัก 100 เมล็ดเท่ากับ 12.58 และ25.78 กรัม ตามลำดับ แต่เมื่อมีการขาดน้ำเป็นระยะเวลายาวนานถึง 9 วัน จะทำให้น้ำหนัก 100 เมล็ด ลดลงเหลือเพียง 10.37 และ 21.50 กรัม ตามลำดับ เปรียบเทียบกับพันธุ์AGS292 ซึ่งมีน้ำหนัก 100 เมล็ดเฉลี่ยมากถึง 22.63 กรัม

น้ำหนักฝักแห้งต่อต้น พบว่าถั่วเหลืองพันธุ์ สจ. 4 และพันธุ์ #75 เมื่อมีการขาดน้ำจะมีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยพบว่าการให้น้ำตามปกติมีน้ำหนักแห้งฝักต่อต้นเท่ากับ 13.85 และ14.12 กรัม ตามลำดับ แต่เมื่อขาดน้ำเป็นระยะเวลา 9 วัน น้ำหนักฝักต่อต้น จะลดลงเหลือเพียง 10.03 และ7.43 กรัม ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ สจ. 2 และพันธุ์ AGS292 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการให้น้ำตามปกติ ซึ่งพันธุ์ AGS292 มีน้ำหนักฝักแห้งต่อต้นเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 11.60 กรัม

Table 1 Crop growth rate (CGR), leaf growth rate (LGR), stem growth rate (SGR), root growth rate (RGR), pods growth rate (PGR) (g/plant/day) of four soybean varieties, under different duration of drought stress. (b = slope (g/plant/day) obtained from the linear regression equation: $y = a \pm bx$)

	Water management				
Variety	control	3 (days)	5 (days)	7 (days)	9 (days)
---------- Crop growth rate (g/plant/day) ----------					
SJ.2	0.65	0.63	0.54	0.56	0.48
SJ.4	0.60	0.60	0.46	0.40	0.36
#75	0.81	0.76	0.70	0.65	0.64
AGS292	0.80	0.80	0.71	0.66	0.61
---------- Leaf growth rate (g/plant/day) ----------					
SJ.2	0.17	0.30	0.24	0.23	0.24
SJ.4	0.16	0.26	0.22	0.18	0.15
#75	0.18	0.38	0.30	0.30	0.29
AGS292	0.16	0.47	0.38	0.36	0.32
---------- Stem growth rate (g/plant/day) ----------					
SJ.2	0.14	0.23	0.25	0.26	0.20
SJ.4	0.16	0.27	0.18	0.18	0.17
#75	0.19	0.32	0.29	0.27	0.22
AGS292	0.19	0.25	0.22	0.19	0.17
---------- Root growth rate (g/plant/day) ----------					
SJ.2	0.02	0.09	0.06	0.07	0.04
SJ.4	0.02	0.07	0.07	0.04	0.03
#75	0.02	0.02	0.07	0.06	0.06
AGS292	0.01	0.01	0.05	0.06	0.06
---------- Pods growth rate (g/plant/day) ----------					
SJ.2	0.44	0.38	0.32	0.32	0.27
SJ.4	0.36	0.34	0.26	0.22	0.15
#75	0.42	0.36	0.33	0.30	0.28
AGS292	0.46	0.39	0.39	0.37	0.34

Table 2 Partitioning coefficient (%) of photosynthate to the leaf , stem, root and pod of four soybean varieties.

	Water management				
Variety	control	3 (days)	5 (days)	7 (days)	9 (days)
---------- Leaf (%) ----------					
SJ.2	26.15	47.87	44.39	41.14	49.54
SJ.4	26.67	42.64	47.08	44.44	42.64
#75	22.22	49.56	42.54	46.54	45.21
AGS292	20.00	58.45	53.36	54.55	51.87
---------- Stem (%) ----------					
SJ.2	21.54	37.23	45.41	46.88	41.56
SJ.4	26.67	45.69	38.64	44.80	47.13
#75	23.46	42.11	40.90	41.54	34.65
AGS292	23.75	30.98	31.30	28.30	27.87
---------- Root (%) ----------					
SJ.2	3.08	14.89	10.19	11.99	7.29
SJ.4	3.33	11.39	14.07	10.84	8.60
#75	2.47	3.07	10.28	9.89	10.09
AGS292	1.25	1.35	7.42	8.39	9.34
---------- Pod (%) ----------					
SJ.2	61.54	60.64	59.31	57.14	55.80
SJ.4	60.00	56.67	56.28	55.20	41.86
#75	51.85	47.37	47.11	46.15	43.66
AGS292	57.50	48.50	54.62	56.06	55.74

จากการทดลองพบว่า ถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.2 และพันธุ์ #75 มีจำนวนฝักต่อต้นความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยการให้น้ำตามปกติจะมีจำนวนฝักต่อต้นเท่ากับ 33.25 และ23.25 ฝัก ตามลำดับ แต่เมื่อขาดน้ำเป็นระยะเวลายาวนานถึง 9 วัน จำนวนฝักต่อต้น จะลดลงเหลือเพียง 23.50 และ13.00 ฝัก ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ สจ.4 และพันธุ์ AGS292 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการให้น้ำตามปกติ ซึ่งพันธุ์ สจ.4 มีจำนวนฝักต่อต้นเฉลี่ยสูงสุด 30.00 ฝัก

ส่วนจำนวนเมล็ดต่อฝัก ของถั่วเหลืองทั้ง 4 พันธุ์ เมื่อขาดน้ำแล้วไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยพันธุ์ สจ.4 มีจำนวนเมล็ดต่อฝักเฉลี่ยสูงสุด 1.88 เมล็ด รองลงมาคือ พันธุ์ #75, พันธุ์ AGS292 และพันธุ์ สจ.2 มีจำนวนเมล็ดต่อฝักเฉลี่ย 1.66, 1.65 และ1.54 เมล็ด ตามลำดับ

Table 3 Seed yield and yield components of two grain soybean varieties.

	Variety				
Water management	---------- SJ.2 ----------				
	Seed yield (g/plant)	100 Seed weight (g)	Pod dry matter (g)	Pod/plant	Seed/pod
Control (0 day)	10.09	12.58a	8.80	33.25a	1.72
water stress 3 days	9.30	12.04ab	8.23	33.00ab	1.60
water stress 5 days	9.28	11.49abc	7.99	32.00ab	1.50
water stress 7 days	9.25	10.73bc	5.94	25.00bc	1.50
water stress 9 days	8.78	10.37c	5.77	23.50c	1.38
Mean	9.34	11.44	7.34	29.35	1.54
$LSD_{0.05}$	ns	1.41	ns	8.10	ns
CV(%)	19.00	8.16	25.40	18.32	13.28
Water management	---------- SJ.4 ----------				
	Seed yield (g/plant)	100 Seed weight (g)	Pod dry matter (g)	Pod/plant	Seed/pod
Control (0 day)	10.35a	12.94	13.85a	33.75	1.95
water stress 3 days	9.98ab	12.58	13.02ab	31.00	1.91
water stress 5 days	9.17abc	12.32	12.11abc	30.50	1.88
water stress 7 days	8.16bc	12.30	11.07bc	28.25	1.83
water stress 9 days	8.13c	12.06	10.03c	26.50	1.84
Mean	9.25	12.44	12.02	30.00	1.88
$LSD_{0.05}$	1.37	ns	2.10	ns	ns
CV(%)	9.83	8.71	11.60	10.87	8.85

Table 4 Seed yield and yield components of two vegetable soybean varieties.

Water management	#75				
	Seed yield (g/plant)	100 Seed weight (g)	Pod dry matter (g)	Pod/plant	Seed/pod
Control (0 day)	13.13a	25.78a	14.12a	23.25a	1.46
water stress 3 days	12.00a	24.46ab	13.47a	20.75ab	1.38
water stress 5 days	9.95b	23.97ab	11.14ab	17.75bc	1.81
water stress 7 days	8.91b	21.91b	9.22bc	14.25cd	1.79
water stress 9 days	6.08c	21.50b	7.43c	13.00d	1.84
Mean	10.02	23.52	11.07	17.80	1.66
$LSD_{0.05}$	1.98	3.03	3.04	3.83	ns
CV(%)	13.09	8.54	18.20	14.29	16.27
Water management	AGS292				
	Seed yield (g/plant)	100 Seed weight (g)	Pod dry matter (g)	Pod/plant	Seed/pod
Control (0 day)	12.90	24.30	12.23	17.25	1.64
water stress 3 days	12.38	24.02	11.92	17.00	1.63
water stress 5 days	11.63	23.86	11.43	16.50	1.64
water stress 7 days	11.13	22.16	11.25	16.50	1.66
water stress 9 days	10.86	22.86	11.19	15.25	1.66
Mean	11.78	23.63	11.60	16.50	1.65
$LSD_{0.05}$	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)	13.67	6.92	16.20	13.78	26.56

จากการศึกษาของสมชาย และคณะ (2537) ในถั่วเขียว พบว่าองค์ประกอบผลผลิตที่สำคัญที่ตอบสนองต่อการขาดน้ำมากที่สุดคือ จำนวนฝักต่อต้น รองลงมาคือจำนวนเมล็ดต่อฝัก เช่นเดียวกับการศึกษาของพรศิริ (2534), สุวิทย์ (2534) ในถั่วเหลืองซึ่ง พบว่า องค์ประกอบผลผลิตที่ได้รับผลกระทบต่อการขาดน้ำมากที่สุด คือ จำนวนฝักต่อต้นและรองลงไปเป็นขนาดของเมล็ด จากการศึกษาของ Panday et al., (1984); Senthong and Panday (1989) พบว่าองค์ประกอบผลผลิตของพืชตระกูลถั่วที่ได้รับผลกระทบจากการขาดน้ำรองจากจำนวนฝักต่อต้น คือ จำนวนเมล็ดต่อฝัก และขนาดของเมล็ด (น้ำหนักเมล็ด) สำหรับจำนวนเมล็ดต่อฝักจะมีมากขึ้นถ้าหากพืชตระกูลถั่วได้รับน้ำอย่างเพียงพอ

สรุป

ในสภาพที่เกิดการขาดน้ำในถั่วเหลืองจะส่งผลกระทบต่อการสะสมน้ำหนักแห้ง และการสร้างผลผลิต ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลง ต่อการสะสมน้ำหนักแห้ง โดยเมื่อมีการขาดน้ำยาวนานถึง 9 วัน ถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ #75 มีอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งรวมลดลงมากที่สุด เท่ากับ 0.95 กรัมต่อต้นต่อวัน และถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ AGS292 มีอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งรวมลดลงน้อยที่สุด 0.42 กรัมต่อต้นต่อวัน สำหรับอัตราการเจริญเติบโตรวมและอัตราการเจริญเติบโตของฝักนั้น พบว่า ถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ #75 และ พันธุ์AGS292 มีอัตราการเจริญเติบโตรวมเท่ากับ 0.64 และ 0.61 กรัมต่อต้นต่อวัน ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน สำหรับอัตราการเจริญเติบโตของฝัก ถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ AGS292 มีอัตราการเจริญเติบโตของฝักสูงสุดเท่ากับ 0.34 กรัมต่อต้นต่อวัน ส่วนประสิทธิภาพการถ่ายเทสารสังเคราะห์ไปสู่ฝักของถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.2 และถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ AGS292 จะมีค่าใกล้เคียงกัน (55.80 และ55.74 %) ซึ่งส่งผลต่อการสร้างผลผลิตที่ทำให้ถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ AGS292 มีผลผลิตสูงสุด เท่ากับ 11.87 กรัมต่อต้น จากการศึกษาพบว่าถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ AGS292 เหมาะสมที่จะใช้เป็นพันธุ์แนะนำให้เกษตรกรที่ต้องการปลูกในพื้นที่ที่ประสบปัญหาขาดแคลนน้ำ เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพในการถ่ายเทสารสังเคราะห์ไปสู่ฝักที่ใกล้เคียงกับพันธุ์ สจ.2 ซึ่งเป็นพันธุ์เก็บเมล็ด จึงทำให้มีการสร้างผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตที่สูงกว่าอีก 3 พันธุ์ เมื่อปลูกในสภาพที่ขาดน้ำเป็นระยะเวลาที่ยาวนานถึง 9 วัน

เอกสารอ้างอิง

เฉลิมพล แซมเพชร. 2535. ความสัมพันธ์ระหว่าง Source และ Sink. สรีรวิทยาการผลิตพืชไร่. ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 188 หน้า.

ทรงเชาว์ อินสมพันธ์ วีระชัย ศรีวัฒนพงศ์ และเฉลิมพล แซมเพชร. 2531. การตอบสนองของถั่วเหลืองพันธุ์ต่าง ๆ ต่อสภาพที่ขาดน้ำ. วารสารเกษตร 4(1) : 30-54.

ธวัชชัย ณ นคร. 2526. ความสัมพันธ์ระหว่างดิน น้ำ และพืช. วารสารวิชาการเกษตร 1(3) : 183 – 195.

นิมิตร วรสูต, สุวัฒน์ บุญจันทร์ และกมล อภินาคพงศ์. 2536. การใช้น้ำของงาบางพันธุ์ที่ได้รับน้ำปริมาณต่างกัน. รายงานการสัมมนาเชิงปฏิบัติการงานวิจัยงา ครั้งที่ 7. หน้า 83-93.

พรศิริ มณีโชติ. 2534. การตอบสนองของพันธุ์ถั่วเหลืองต่อการให้น้ำต่างระดับกัน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 64 หน้า.

สมชาย บุญประดับ เทวา เมาลานนท์ และจักรี เส้นทอง. 2537. การตอบสนองของพันธุ์ถั่วเขียวต่อการให้น้ำต่างระดับ : การเจริญเติบโตของต้น. วารสารวิชาการเกษตร 12 (2) : 102–110.

สุวิทย์ ปิ่นทองคำ. 2534. การเจริญของรากถั่วเหลืองภายใต้การให้น้ำต่างระดับกัน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 60 หน้า.

Pandey, R. K., W. A. T. Harrera and J. W. Pendleton. 1984. Drought response of grian legumes under irrigation gradient. III Plant growth. Agron. J. 76 : 557 – 560.

Senthong, C. 1979. Growth analysis in several peanut cultivars and the effect of peanut root – knot nematode (*Meloidogyne arenaria*) on peanut yields. Ph. D. Dissertation, Univ. of Florida. U. S. A. 62 pp.

Senthong, C. and R. K. Pandey. 1989. Response of five food legume crops to an irrigation gradient imposed during reproductive growth. Agron. J. 81 :680-686.

Senthong, C., L. Tedia, E. Barlaan and R. K. Panday.1986. Drought response of soybean genotypes during reproductive growth phase under irrigation gradient. Saturday Seminar. Rice Farming System Program. IRRI, Philippines.

ผลของการขาดธาตุอาหารพืชต่อการเติบโตของกล้วยไม้ซิมบิเดียม ‘ซูเปอร์ ฟรีค’

Effect of Nutrient Deficiency on Growth of *Cymbidium* ‘Super Freak’.

ชัยวิชิต เพชรศิลา[1/] และ โสระยา ร่วมรังษี[1/, 2/]

Chaiwichit Pechsila[1/] and Soraya Ruamrungsri[1/, 2/]

Abstract: Effect of mineral nutrient deficiency on growth and deficiency symptoms were studied in *Cymbidium* ‘Super Freak’. The plants were grown in pine bark and supplied with six treatments of nutrient solutions i.e. T1) the solution consisted of complete essential elements (control), treatment 2-6: the solution lacked of N, P, K, Ca and Mg, respectively. The result showed that nitrogen-deficient treatment gave the lowest plant height, shrub width, leaf length, number of leaves per plant and number of leaves per cluster. Moreover, visible symptoms were dwarfishness, leaves were yellowish green and gradually turns into yellow. In P-deficiency treatment, leaves were small, leaf surface was not shiny and old leaves turned into dark green color. In K-deficiency treatment, the symptoms were bending leaves, chlorosis of leaf apex and yellowish green. In Ca-deficiency treatment, the symptoms were the same as in K-deficiency but leaves were more dark green than K-deficiency treatment. The Mg-deficiency treatment showed yellowish green in both young and old leaves, bending of leaves and chlorosis of leaf apex.

Keywords: Cymbidium, deficiency symptom, plant nutrient

[1/]ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

[2/]หน่วยวิจัยธาตุอาหารพืชและการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

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

[2/]Plant Nutrition and Hydroponics Research Unit, Science and Technology Research Institute, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

บทคัดย่อ: การศึกษาผลของการขาดธาตุอาหารต่อการเติบโต และอาการขาดธาตุอาหารของกล้วยไม้ซิมบิเดียม 'ซูเปอร์ฟรีค' ที่ปลูกในเปลือกสน โดยให้สารละลายธาตุอาหารแตกต่างกันจำนวน 6 กรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 ให้สารละลายธาตุอาหารครบทุกธาตุที่จำเป็น (กรรมวิธีควบคุม) กรรมวิธีที่ 2 ถึง 6 ให้สารละลายธาตุอาหารที่ขาดธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมตามลำดับ พบว่ากรรมวิธีขาดธาตุไนโตรเจนให้ ความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม ความยาวใบ จำนวนใบต่อต้น และจำนวนใบต่อกอน้อยที่สุด ยิ่งกว่านั้นพบว่าพืชแสดงอาการลำต้นแคระแกร็น ใบมีสีเหลืองอมเขียวและเปลี่ยนเป็นสีเหลืองในที่สุด ส่วนกรรมวิธีขาดธาตุฟอสฟอรัส พบว่าใบเล็ก ผิวใบด้าน และไม่มันวาว ใบแก่เป็นสีเขียวเข้ม ขณะที่กรรมวิธีขาดธาตุโพแทสเซียม ใบโค้งงอ กาบใบมีสีเขียวอมเหลือง และปลายใบแก่แห้ง ในกรรมวิธีขาดแคลเซียมแสดงอาการคล้ายกับกรรมวิธีขาดโพแทสเซียม แต่พบว่าใบและกาบใบมีสีเขียวเข้ม กว่ากรรมวิธีขาดโพแทสเซียม ส่วนกรรมวิธีขาดแมกนีเซียมใบอ่อนและใบแก่มีสีเขียวอมเหลือง โค้งงอและปลายใบไหม้

คำสำคัญ: กล้วยไม้ซิมบิเดียม อาการขาดธาตุอาหารพืช ธาตุอาหารพืช

คำนำ

กล้วยไม้ซิมบิเดียม 'ซูเปอร์ ฟรีค' อยู่ในวงศ์ Orchidaceae สกุล *Cymbidium* (ครรชิต, 2550) เป็นลูกผสมของ *Cymbidium* Golden Elf x *Cymbidium tracyanum* ในประเทศไทยพบ *Cymbidium* ประมาณ 19 ชนิด จากทั้งหมด 44 ชนิด ทางภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ (อบฉันท์, 2549) ซึ่งเป็นแหล่งผลิตและส่งออกกล้วยไม้เป็นอันดับหนึ่งรวมมูลค่าการส่งออกกล้วยไม้ทั้งหมดประมาณ 2,539 ล้านบาท มีปริมาณการส่งออกต้นกล้วยไม้ประมาณ 29.5 ล้านต้น แบ่งเป็นสกุลซิมบิเดียม 7 แสนกว่าต้น (ครรชิต, 2550) แต่พบว่าปัญหาการส่งออกยังมีอยู่มาก ทั้งด้านคุณภาพ การจัดการด้านการผลิตเพื่อให้ได้ต้นและดอกที่มีคุณภาพ และปัญหาด้านต้นทุนการผลิตสูง (ณัฐา, 2550) ดังนั้นการลดต้นทุนการผลิต โดยไม่ทำให้ผลผลิตลดลง เช่น ต้นทุนด้านปุ๋ยเคมีจึงเป็นเรื่องสำคัญที่ควรคำนึงถึง ปุ๋ยเคมีเป็นแหล่งของธาตุอาหารซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของพืช ธาตุทุกธาตุต่างมีความสำคัญเช่นเดียวกัน แม้ว่าพืชจะต้องการธาตุบางธาตุในปริมาณเพียงเล็กน้อยแต่ก็ขาดไม่ได้ (มุกดา, 2544) หากพืชได้รับธาตุอาหารไม่เพียงพอจะแสดงอาการผิดปกติขึ้นทำให้ไม่สามารถเจริญเติบโตตามปกติ (โสระยา, 2547) การปลูกเลี้ยงกล้วยไม้จึงจำเป็นต้องให้ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชครบทุกชนิดตามความต้องการของพืช และเกิดประโยชน์ต่อพืชสูงสุด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาผลของการขาดธาตุอาหารพืชต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ซิมบิเดียม 'ซูเปอร์ ฟรีค' เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานและแนวทางการใช้ปุ๋ยเคมีให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการผลิตซิมบิเดียมเป็นการค้าต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกกล้วยไม้ซิมบิเดียม 'ซูเปอร์ฟรีค' อายุ 6 เดือนมีขนาดความสูงต้นเฉลี่ย 11 ซม. ปลูกในกระถางขนาด 4 นิ้ว โดยใช้เปลือกสนเป็นวัสดุปลูก วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) จำนวน 6 กรรมวิธี ๆ ละ15 ซ้ำละ1 ต้น ดังนี้ กรรมวิธีที่ 1 ให้สารละลายธาตุอาหารพืชที่ประกอบด้วยธาตุอาหารที่จำเป็นครบถ้วน จำนวน 13 ธาตุ (กรรมวิธีควบคุม) กรรมวิธีที่ 2 ให้สารละลายธาตุอาหารพืชที่ขาดธาตุไนโตรเจน (-N) กรรมวิธีที่ 3 ให้สารละลายธาตุอาหารพืชที่ขาดธาตุฟอสฟอรัส (-P) กรรมวิธีที่ 4 ให้สารละลายธาตุอาหารพืชที่ขาดธาตุโพแทสเซียม (-K) กรรมวิธีที่ 5 ให้สารละลายธาตุอาหารพืชที่ขาดธาตุ

แคลเซียม (-Ca) กรรมวิธีที่ 6 ให้สารละลายธาตุอาหารพืชที่ขาดธาตุแมกนีเซียม (-Mg) กรรมวิธีที่ 2 – 6 พืชได้รับธาตุอาหารที่จำเป็นอื่นเท่ากับกรรมวิธีที่ 1 ให้พืชได้รับสารละลายธาตุอาหารทุก 3 วัน ต้นละ 100 มิลลิลิตร เป็นระยะเวลา 10 เดือน ทำการบันทึก ความสูงของต้น (วัดจากโคนต้นถึงปลายใบที่จุดสูงสุดเมื่อรวบใบขึ้น) ความสูงของทรงพุ่ม (วัดจากโคนต้นถึงจุดสูงสุดไม่รวบใบ) ความกว้างของทรงพุ่ม (วัดส่วนที่กว้างที่สุดของทรงพุ่มจากปลายใบด้านหนึ่งถึงปลายใบอีกด้านหนึ่ง) ความยาวใบ (วัดจากโคนใบถึงปลายใบ) ความกว้างใบ จำนวนใบต่อต้น จำนวนใบต่อกอ และอาการผิดปกติเนื่องจากขาดธาตุอาหาร วิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยโปรแกรม Statistic 8 (SXW Tallahassee, FL, USA)

ผลการทดลอง

การเจริญเติบโต

จากการศึกษาพบว่ากรรมวิธีที่ขาดไนโตรเจน ให้ค่าเฉลี่ยของความสูงต้น ความสูงทรงพุ่ม และความกว้างทรงพุ่มน้อยกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าเฉลี่ยความสูงต้นเพียง 19.27 ซม. ความสูงทรงพุ่ม 14.43 ซม. และความกว้างทรงพุ่ม 19.85 ซม. เช่นเดียวกับกรรมวิธีขาดฟอสฟอรัสมีค่าเฉลี่ยความสูงต้น และความกว้างทรงพุ่มน้อยกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 31.91 และ 37.93 ซม. แต่ความสูงทรงพุ่มไม่แตกต่างกับกรรมวิธีควบคุม ส่วนกรรมวิธีขาดโพแทสเซียมและแคลเซียมพืชมีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม ขณะที่กรรมวิธีขาดแมกนีเซียมมีค่าเฉลี่ยความสูงต้นมากกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 45.29 ซม. (ตารางที่ 1)

นอกจากนี้ยังพบว่ากรรมวิธีที่ขาดแมกนีเซียมและแคลเซียม ไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของความกว้างใบ ความยาวใบ จำนวนใบต่อต้น และจำนวนใบรวมต่อกอเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ขณะที่กรรมวิธีขาดโพแทสเซียมมีค่าเฉลี่ยความกว้างใบ ความยาวใบ และจำนวนใบต่อต้นไม่แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม คือ 1.07, 32.75 ซม. และ 8.70 ใบ ตามลำดับ แต่จำนวนใบต่อกอมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 12.20 ใบ กรรมวิธีที่ขาดไนโตรเจนให้ค่าเฉลี่ยความกว้างใบ ความยาวใบ จำนวนใบต่อต้น และจำนวนใบต่อกอน้อยกว่ากรรมวิธีขาดแมกนีเซียม

Table 1 Plant height, shrub height and width of *Cymbidium* 'Super Freak' which supplied with six treatments of nutrient solutions during 10 months after planting.

	Treatment	Plant height [1/] (cm)	Shrub height [1/] (cm)	Shrub width [1/] (cm)
1.	Control	39.63 b	23.99 ab	45.63 a
2.	-N	19.27 d	14.43 c	19.85 c
3.	-P	31.91 c	21.02 b	37.93 b
4.	-K	38.57 b	21.71 b	45.37 a
5.	-Ca	41.79 ab	24.81 ab	46.50 a
6.	-Mg	45.29 a	26.52 a	48.11 a
	$LSD_{0.05}$	4.85	4.44	4.81

[1/]Means within the same column followed by different characters showed significant difference between treatments by LSD test at $p \leq 0.05$

แคลเซียม และกรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 0.86, 16.62 ซม. 4.00 และ 4.20 ใบ ตามลำดับ ขณะที่กรรมวิธีขาดฟอสฟอรัสมีค่าเฉลี่ยจำนวนใบต่อต้น และจำนวนใบต่อกอไม่แตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีขาดไนโตรเจน (ตารางที่ 2)

อาการผิดปกติเนื่องจากขาดธาตุอาหารพืช

จากการสังเกตอาการผิดปกติของกล้วยไม้ซิมบิเดียม 'ซูเปอร์ ฟรีค' ที่เกิดขึ้นหลังจากได้รับสารละลายธาตุอาหารตามกรรมวิธีต่าง ๆ เป็นเวลา 10 เดือน พบว่าพืชที่ได้รับกรรมวิธีขาดไนโตรเจนแสดงอาการต้นแคระแกร็น การเจริญเติบโตช้า ใบมีสีเขียวอ่อนจนถึงเหลืองซีด ใบมีขนาดเล็ก ใบแคบและสั้น และมีจำนวนใบลดลงเรื่อย ๆ ปลายใบแห้งตาย (ภาพที่ 1B) ต้นที่ได้รับกรรมวิธีที่ขาดฟอสฟอรัสแสดงอาการทรงพุ่มแคบ เส้นกลางใบแข็งตั้งตรง ใบมีขนาดเล็ก ผิวใบมีลักษณะด้านไม่เป็นมัน ใบแก่มีสีเขียวเข้ม และจำนวนใบน้อย (ภาพที่ 1C) ส่วนพืชที่ได้รับกรรมวิธีที่ขาดโพแทสเซียมพบว่าใบมีลักษณะแคบและเล็ก ใบเหลือง ปลายใบบางและโค้งอ่อน ปลายใบแห้ง (ภาพที่ 1D) กรรมวิธีที่ขาดแคลเซียม พบว่าต้นไม่ค่อยแตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม คือ ใบมีลักษณะใหญ่และยาวเป็นปกติ แต่จะมีลักษณะอ่อนและโค้งงอเล็กน้อยเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (ภาพที่ 1A และ 1E) เช่นเดียวกับกรรมวิธีที่ขาดแมกนีเซียม คือต้นจะมีลักษณะค่อนข้างสมบูรณ์ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม แต่ใบและกาบใบมีสีเขียวอมเหลือง ใบบิดเล็กน้อย ปลายใบแก่แห้งตาย (ภาพที่ 1A และ 1F)

วิจารณ์

การปลูกซิมบิเดียม 'ซูเปอร์ ฟรีค'ในสภาพที่ขาดธาตุอาหาร พบว่าพืชแสดงอาการขาดธาตุปรากฏให้เห็นอย่างชัดเจน กรรมวิธีขาดธาตุไนโตรเจนมีผลต่อ ความสูงทรงพุ่ม ความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม ความยาวใบ ความกว้างใบ จำนวนใบต่อต้น และจำนวนใบต่อกอ โดยมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีลักษณะแคระแกร็น ใบเป็นสีเหลือง จำนวนใบน้อย การเจริญเติบโตช้า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสำคัญของกรดอะมิโน โปรตีน กรดนิวคลีอิค ฮอร์โมน สารประกอบพลังงานสูง (ATP) นิวเคลียส และเอนไซม์ต่าง ๆ ซึ่งต่างมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช (มุกดา, 2544) ถ้าพืชได้รับธาตุไนโตรเจนต่ำกว่าระดับปกติจะทำให้มีการเจริญเติบโตน้อยลง เนื่องจากธาตุไนโตรเจนเคลื่อนย้ายได้จากใบแก่ไปยังใบอ่อนทำให้อาการขาดธาตุปรากฏชัดเจนที่ใบแก่ก่อน

Table 2 Leaf width leafe length, number of leaves per plant and number of leaves per cluster of *Cymbidium* 'Super Freak' which supplied with six treatments of nutrient solutions during 10 months after planting.

Treatment	Leaf width [1/] (cm)	Leaf length[1/] (cm)	Number of leaves per plant[1/]	Number of leaves per cluster[1/]
1. Control	1.08 ab	34.69 ab	9.80 a	16.10 a
2. -N	0.86 c	16.62 d	4.00 b	4.20 c
3. -P	0.96 bc	27.59 c	4.80 b	5.20 c
4. -K	1.07 ab	32.75 b	8.70 a	12.20 b
5. -Ca	1.06 ab	36.08 ab	9.40 a	16.50 a
6. -Mg	1.14 a	38.91 a	10.10 a	16.40 a
$LSD_{0.05}$	0.14	4.33	2.06	2.94

[1/]Means within the same column followed by different characters showed significant difference between treatments by LSD test at $p \leq 0.05$

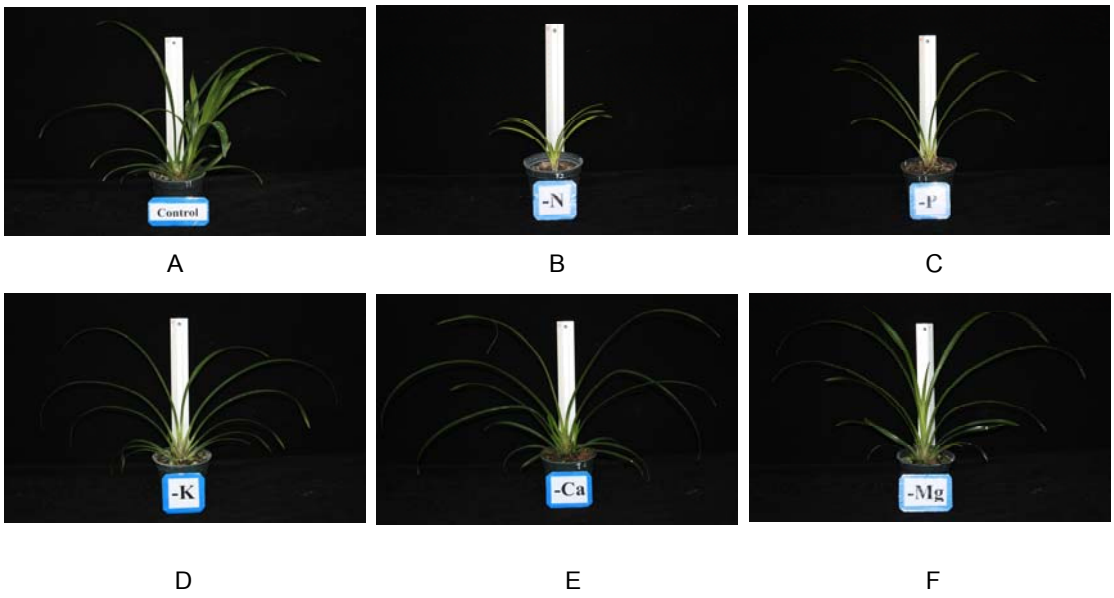


Figure 1 Symptoms of mineral nutrients deficiency in *Cymbidium* 'Super Freak' compared with complete solution (control (A), -N treatment (B), -P treatment (C), -K treatment (D), -Ca treatment (E) and -Mg treatment (F))

ทำให้ใบแก่ร่วงหล่นเร็ว (ยงยุทธ, 2546)เช่นเดียวกับที่พบในนาร์ซิสซัสพันธุ์ Fortune ที่ขาดธาตุไนโตรเจนมีลำต้นแคระแกร็น ใบเหลืองเรียวเล็ก (โสระยา, 2547) ทรงสุดา (2546) รายงานว่าการขาดธาตุไนโตรเจนทำให้จำนวนใบ ความเข้มสีใบ และขนาดลำ ลูกกล้วยของกล้วยไม้หวายพันธุ์วุนแลง และ ชาแนลสีชมพู ลดลง

กรรมวิธีที่ขาดธาตุฟอสฟอรัสมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของซิมบิเดียม 'ซูเปอร์ ฟรีค' เช่นเดียวกับการขาดธาตุไนโตรเจน แต่ไม่รุนแรงเท่ากับการขาดไนโตรเจน พืชแสดงอาการใบและกาบใบมีสีเขียวอมเหลืองซึ่งแสดงที่ใบแก่ก่อน จำนวนใบน้อย ต้นมีการเจริญเติบโตช้าและแตกหน่อน้อย ทั้งนี้อาจเนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของ ATP ซึ่งเป็นสารประกอบพลังงานสูง ที่ถ่ายทอดพลังงานระหว่างสารในกระบวนการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช (มุกดา, 2544) ดังนั้นการขาดฟอสฟอรัสมีผลทำให้ใบขยายขนาดช้าและเล็ก มีจำนวนใบน้อย เซลล์ชั้นผิวไม่ค่อยขยายตัว และสภาพนำน้ำ (root hydraulic conductivity) ของรากลดลง (ยงยุทธ, 2546) โสระยา (2547) รายงานการขาดธาตุฟอสฟอรัสในแกลดิโอลัสทำให้ใบมีสีเขียวเข้ม ใบล่างเป็นสีม่วง เช่นเดียวกันในการศึกษาของ วัชรพลและโสระยา (2546) พบว่าหงส์เหินที่มีการขาดธาตุฟอสฟอรัสใบจะมีขนาดเล็ก ใบแก่ด้านล่างมีสีเขียวเข้ม และลำต้นแคระแกร็น

กรรมวิธีที่ขาดธาตุโพแทสเซียมทำให้จำนวนใบต่อกอน้อยกว่ากรรมวิธีควบคุม พบอาการขาดธาตุโดยใบมีลักษณะโค้งงอ ใบและกาบใบมีสีเขียวอมเหลือง และปลายใบแก่แห้ง ซึ่งโพแทสเซียมมีความสำคัญในกระบวนการหายใจ การเปิดปิดปากใบ การเคลื่อนย้ายสารประกอบที่สังเคราะห์ได้จากใบ การสังเคราะห์โปรตีน (วิเชียร, 2546) การขาดโพแทสเซียมทำให้กระบวนการสังเคราะห์แสงลดลง ซึ่งสัมพันธ์กับอัตราการหายใจที่ลดลงและ stomatal resistance ที่เพิ่มขึ้น (Huber, 1984) จะทำให้การเจริญเติบโตลดลง ใบพืชมีจุดเล็ก ๆ สีขาว สีเหลือง หรือสีน้ำตาลแกมแดง ต่อมาขอบใบพืชจะมีสีเหลืองแล้วกลายเป็นสีน้ำตาล โดยเริ่มจากขอบใบ จะเห็นได้ชัดในใบถั่ว ข้าวโพด ฝ้าย และธัญพืช แสดงที่ใบแก่และใบล่างก่อน (มุกดา, 2544) จาก

การศึกษาของหทัยและโสระยา (2548) รายงานว่า ฟรีเซียที่ขาดโพแทสเซียมแสดงอาการใบเหลืองแล้วกลายเป็น สีน้ำตาลจากขอบใบสู่กลางใบ ปลายใบเหี่ยว และขอบใบไหม้ การขาดโพแทสเซียมในกล้วยไม้หวายพันธุ์วุนแลง สีขาวปากแดงส่งผลให้ความสูงของลำลูกกล้วย จำนวนใบ ความยาวใบ และจำนวนลำลูกกล้วยเพิ่มขึ้น ในขณะที่การขาดโพแทสเซียมไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้หวายพันธุ์ซาแนลสีชมพู (ทรงสุดา, 2546)

กรรมวิธีที่ขาดธาตุแคลเซียมให้ผลการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ซิมบิเดียม 'ซูเปอร์ฟรีค' ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม แต่พบอาการขาดธาตุโดยใบโค้งงอ ฉีกขาดง่าย ใบและกาบใบมีสีเขียวอมเหลือง สอดคล้องกับรายงานของสรสิทธิ์ (2514) ว่าการขาดแคลเซียมทำให้ใบอ่อนม้วนงอ โดยขอบใบทั้งสองด้านม้วนเข้าหากัน แต่ปลายใบหงิกไปทางด้านหลังใบ ส่วนยอดและดอกลีบและหงิก นอกจากนี้ยังมีผลมีต่อคุณภาพดอกของแกลดิโอลัสโดยเกิดอาการ 'topple' ก้านดอกหักขณะปักแจกัน หากอาการรุนแรง ดอกย่อยไม่บาน กลีบดอกม้วนงอและฉ่ำน้ำ (โสระยา, 2547)

กรรมวิธีที่ขาดธาตุแมกนีเซียมไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ซิมบิเดียม 'ซูเปอร์ฟรีค' เช่นกัน แต่พบอาการขาดธาตุโดยใบแก่และใบอ่อนมีสีเขียวอมเหลืองเล็กน้อย ใบมีลักษณะโค้งงอลง ปลายใบแก่แห้ง เนื่องจากธาตุแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ มีส่วนในการสังเคราะห์โปรตีน ช่วยเร่งหรือเพิ่มฤทธิ์ของเอนไซม์และยังทำหน้าที่เป็นโคแฟกเตอร์สำหรับเอนไซม์ที่มีบทบาทในการถ่ายโอนฟอสเฟตจาก ATP (มุกดา, 2544) ถ้าพืชขาดจะแสดงอาการใบเหลืองซีด ซึ่งปรากฏตามใบซึ่งขยายตัวเต็มที่ (ยงยุทธ, 2546) จากการศึกษาในนาร์ซิสซัสพบว่าการขาดแมกนีเซียมพืชแสดงอาการใบเหลืองระหว่างเส้นใบ และมีอาการเน่าตามมา (โสระยา , 2547)

สรุป

กล้วยไม้ ซิมบิเดียม 'ซูเปอร์ ฟรีค' ที่ขาดธาตุไนโตรเจนมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชทางความสูงต้น ความสูงทรงพุ่ม ความว้างทรงพุ่ม ความกว้างใบ ความยาวใบ จำนวนใบต่อต้น และจำนวนใบต่อกอน้อยที่สุด ในขณะที่พืชขาดธาตุฟอสฟอรัสจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ซิมบิเดียม จำนวนใบน้อย ต้นมีการเจริญเติบโตน้อย และแตกหน่อน้อย ใบมีสีเขียวอมเหลืองซึ่งแสดงที่ใบแก่ก่อน ส่วนพืชที่ขาดธาตุโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ซิมบิเดียม แต่พืชแสดงอาการใบมีลักษณะโค้งงอ ใบและกาบใบมีสีเขียวอมเหลือง ปลายใบแก่แห้ง และใบฉีกขาดง่ายซึ่งพบในพืชที่ขาดธาตุแคลเซียม จากการศึกษาพืชที่ได้รับธาตุอาหารครบทุกธาตุ (กรรมวิธีควบคุม) ในกล้วยไม้ ซิมบิเดียม 'ซูเปอร์ฟรีค' ไม่พบลักษณะอาการผิดปกติของพืช ดังนั้นการปลูกกล้วยไม้ให้มีการเจริญเติบโตที่ดีควรให้พืชได้รับธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตเหล่านี้อย่างเหมาะสม และผลการทดลองนี้สามารถนำไปใช้อ้างอิงอาการผิดปกติที่พบในการผลิตกล้วยไม้ซิมบิเดียมที่ปลูกเป็นการค้าได้ด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการพัฒนาไม้ดอกเศรษฐกิจ (กล้วยไม้) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่สนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณกลุ่มกำแพงหิน ศูนย์บริการการพัฒนาขยายพันธุ์ไม้ดอกไม้ผลบ้านไร่ อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ทำการทดลองและวัสดุเกษตรบางส่วน

เอกสารอ้างอิง

ครรชิต ธรรมศิริ. 2550. เทคโนโลยีการผลิตกล้วยไม้. อัมรินทร์พริ้นติ้งแอนพับลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ. 283 หน้า.

ณัฐา โพธาภรณ์. 2550. รายงานการวิจัยโครงการพัฒนาคุณภาพไม้ดอกทางเศรษฐกิจ (กล้วยไม้ฯ) เพื่อเพิ่มศักยภาพในการส่งออก. คณะ

เกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 153 หน้า.

ทรงสุดา ยนต์นิยม. 2546. ผลของการขาดไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ วุนแลงสีขาวปากแดง และพันธุ์ชาแนลสีชมพู. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 34 หน้า.

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2544. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 344 หน้า.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2546. ธาตุอาหารพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 424 หน้า.

วิเชียร ฝอยพิกุล. 2546. เทคนิคและการใช้ดิน-ปุ๋ย-น้ำ. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏสุรินทร์, สุรินทร์. 406 หน้า.

วัชรพล บำเพ็ญอยู่ และโสระยา ร่วมรังษี. 2546. การขาดธาตุอาหารในหงส์เหิน.วารสารเกษตร 19(2): 116-124.

สรสิทธิ์ วัชโรทยาน. 2514. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 327 หน้า.

โสระยา ร่วมรังษี. 2547. เอกสารคำสอนวิชาสรีรวิทยาไม้ดอกไม้ประดับ. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 127 หน้า.

หทัย กฤษดาวาณิชย์ และโสระยา ร่วมรังษี. 2548. การขาดไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในฟรีเซีย. วารสารเกษตร 21(3): 197-204.

อบฉันท์ ไทยทอง. 2549. กล้วยไม้เมืองไทย. สำนักพิมพ์บ้านกลางสวน, กรุงเทพฯ. 416 หน้า.

Huber, S.C. 1984. Biological basis for effects of K deficiency on assimilate, export rate and accumulation of soluble sugars in soybean leaves. Plant Physiol. 76: 424 - 430.

การปฏิวัติเขียว แมลงศัตรูพืช และการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี

Green Revolution, Insect Pest, and Biological Control

ชาญณรงค์ ดวงสอาด[1/]

Charnnarong Douangsa-ard[1/]

คำนำ

มนุษย์โลกดูเหมือนจะเป็นผู้กำหนดการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ในชีวิตและความเป็นอยู่ของกลุ่มประชากรของตนเอง การเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตและความเป็นอยู่เหล่านั้นเรียกได้ว่าเป็น "**การปฏิวัติ**" ซึ่งเท่าที่ผ่านมาในประวัติศาสตร์กล่าวได้ว่ามีการปฏิวัติที่นอกเหนือไปจากทางการเมืองได้เกิดขึ้น 3 หรือ 4 ลักษณะตามลำดับของกาลเวลานั่นคือ (1) การปฏิวัติทางวัฒนธรรม (The cultural revolution) เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นกับประชากรของมนุษย์ที่ได้มีวิวัฒนาการที่ยาวนาน โดยที่มนุษย์ได้รู้จักการแยกชีวิตและความเป็นอยู่ของตนเองจากสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ๆ แล้วรวมตัวกันอยู่เป็นชุมชนหรือสังคม (2) การปฏิวัติทางการเกษตรกรรม (The agricultural revolution) ซึ่งเริ่มต้นราว ๆ 9000 ปีก่อนคริสตศักราช เป็นยุคที่มนุษย์เริ่มรู้จักทำการเพาะปลูกและเลี้ยงสัตว์ ซึ่งผันแปรจากที่เคยไล่ล่า หรือเสาะหารวมทั้งได้มีการตั้งหลักแหล่งมากขึ้น (3) การปฏิวัติทางอุตสาหกรรม (The industrial revolution) เรียกว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงให้ความเป็นอยู่ดีขึ้น ในแง่ของการเสาะหาสิ่งอำนวยความสะดวกให้ชีวิต และทำให้ชีวิตความเป็นอยู่ดีขึ้น ซึ่งเกิดขึ้นประมาณปี ค.ศ. 1750 ในประเทศแถบยุโรป และ (4) การปฏิวัติเขียว (The green revolution) ซึ่งคือเนื้อหาหลักของบทความนี้ และจะได้กล่าวโดยละเอียดเกี่ยวกับหัวข้อนี้และโยงใยไปถึงการระบาดของแมลงศัตรูพืชและการควบคุมโดยชีววิธี

ตั้งแต่ได้เริ่มมีการปฏิวัติทางการเกษตรกรรม มนุษย์ได้มีการเพาะปลูกพืชหลายต่อหลายชนิด ในจำนวนเหล่านั้น **ข้าว ข้าวสาลี** และ**ข้าวโพด**เป็นพืชที่มนุษย์เพาะปลูกและใช้เป็นอาหารหลักมากที่สุด เรียกว่าเป็น "**3 พืชที่ยิ่งใหญ่**" (The big three crops) ซึ่งมีพื้นที่เพาะปลูกมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่การปลูกพืชในโลก ในจำนวนสามพืชที่ยิ่งใหญ่ ข้าวถือได้ว่ามีความสำคัญมากที่สุด ทั้งนี้เพราะข้าวจัดเป็นอาหารหลัก

[1/]ภาควิชาอารักขาพืช คณะผลิตกรรมการเกษตร/ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ ภาคเหนือตอนบน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ. เชียงใหม่ 50290

[1/]Department of Plant Protection, Faculty of Agricultural Production/National Biological Control Research Center, Maejo University,Chiang Mai, 50290, Thailand

ของประชากรโลก ทั้งในเขตร้อนและเขตอบอุ่นมากกว่าสามพันล้านคน และพื้นที่ปลูกข้าวส่วนใหญ่จะอยู่ในทวีปเอเชีย ข้าวสาลีก็มีความสำคัญเช่นกัน แต่ได้ถูกจัดให้มีความสำคัญเป็นอันดับสอง ซึ่งส่วนใหญ่จะปลูกอยู่ในเขตอบอุ่น ขณะที่ข้าวโพดซึ่งปลูกอยู่ทั่วไปทั้งในเขตร้อนและเขตอบอุ่นก็มีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าข้าวและข้าวสาลี แม้ว่าจะถูกจัดให้เป็นพืชที่มีความสำคัญเป็นอันดับสามก็ตาม (Krebs, 1972) อย่างไรก็ดีไม่ว่าพืชชนิดใดที่จะถูกจัดลำดับเป็นหนึ่ง สอง หรือสามก็ตาม สิ่งที่เป็นที่ต้องการของมนุษย์ คือ จะทำอย่างไรที่จะเพิ่มศักยภาพในการผลิตพืชเหล่านี้ให้สูงขึ้นเพื่อเพียงพอต่อความต้องการของมนุษย์โลก ได้มีการประเมินอัตราของการผลิตเมล็ดพืช หรืออาหารของประเทศที่กำลังพัฒนาทั้งหลายระหว่าง ค.ศ. 1990-1997 พบว่ามีอัตราการเพิ่มเฉลี่ย 1 เปอร์เซ็นต์ต่อปี ในขณะที่อัตราการเพิ่มของประชากรเฉลี่ย 1.3 เปอร์เซ็นต์ (Hinrichsen and Robey, 2000) ซึ่งคล้อยตามทฤษฎีของมัลทัส (Multhusian Theory)* ที่ได้เสนอไว้เมื่อ ค.ศ. 1798 และด้วยเหตุนี้แนวคิดของการปฏิวัติเขียวจึงได้เกิดขึ้นมาตั้งแต่ก่อนหน้านี้

การปฏิวัติเขียว

การเปลี่ยนแปลงหรือทำให้ได้มาซึ่งผลผลิตของการปลูกพืชที่สูงที่สุด จัดว่าเป็นการเตรียมการเพื่อที่จะแก้ปัญหาความอดอยากของประชากรของโลกตามที่มัลทัสได้เสนอไว้ สามารถทำได้ 2 หรือ 3 แนวทาง นั่นคือ (1) เพิ่มพื้นที่เพาะปลูก (2) การปรับปรุงพืชในด้านการจัดการทางพันธุกรรมเพื่อให้ได้พันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง หรือ (3) โดยการใช้สารเคมีหรือสิ่งเกื้อกูลทุกรูปแบบที่จะเสริมให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ตัวอย่างเช่น การปลูกข้าวโพดในประเทศสหรัฐอเมริกานับตั้งแต่ปี ค.ศ. 1866 ถึง 1936 (หรือในช่วง 70 ปี ที่ผ่านมา) ผลผลิตที่ได้มีความคงที่ตลอดมา กระทั่งช่วงของปลายทศวรรษ 1930s ได้มีการใช้ข้าวโพดพันธุ์ผสม (hybrid corn) มาเพาะปลูกทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นถึง 15% ในปี ค.ศ. 1938 และเพิ่มมากขึ้นถึง 76% ในปี ค.ศ. 1948 ทั้งนี้การใช้ปุ๋ยและสารเคมีกำจัดศัตรูพืชก็เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน การนำข้าวโพดพันธุ์ผสมมาใช้จัดได้ว่าเป็นรูปแบบหนึ่งของการปฏิวัติทางการเกษตร อย่างไรก็ตามการปฏิวัติทางการเกษตรกรรมที่เป็นที่ตระหนักและยอมรับจนเป็นตำนานของการเพาะปลูก คือ *การปฏิวัติเขียว* หรือ "*The Green Revolution*" ซึ่งได้ทำสำเร็จ***กับข้าวสาลี***ในประเทศเม็กซิโก และ***ข้าว***ในประเทศฟิลิปปินส์

ในปี ค.ศ. 1944 ประเทศเม็กซิโก ซึ่งถูกลำดับว่าเป็นประเทศที่มีการพัฒนาน้อยซ้ำยังต้องนำเข้าอาหารอย่างมากมายจากสหรัฐอเมริกา ด้วยเหตุนี้มูลนิธิรอกกี้เฟลเลอร์ (Rockefeller Foundation) จึงได้รวบรวมกลุ่มนักวิชาการเกษตร โดยเฉพาะนักผสมพันธุ์พืช เพื่อทำการปรับปรุงเกี่ยวกับการทำการเกษตรแก่ชาวเม็กซิโก เป้าหมายหลักหนึ่งคือ การพัฒนาพันธุ์ข้าวสาลีให้เจริญเติบโตได้ดีในเม็กซิโก ที่ซึ่งมีข้าวสาลีพันธุ์พื้นเมืองที่ปลูกในประเทศนี้เป็นพันธุ์ที่มีต้นสูง และมักจะล้มเมื่อมีการให้ปุ๋ยก่อนที่จะมีการเก็บเกี่ยวเนื่องจากเมล็ดจะมีน้ำหนัก ทำให้ไม่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้เต็มเม็ดเต็มหน่วย ปัญหาที่ควรจะแก้ไขคือ ต้องพัฒนาพันธุ์ข้าวสาลีให้มีต้นเตี้ยลง ซึ่งวิธีการนี้ได้ทำสำเร็จมาก่อนแล้วในประเทศญี่ปุ่น หลังจากนั้นก็มีการนำหน่วยพันธุกรรม (genes) ของพันธุ์ต้นเตี้ยจากญี่ปุ่นเข้ามาเพื่อผสมพันธุ์กับข้าวสาลีพันธุ์ท้องถิ่นในสหรัฐอเมริกา เมื่อปี ค.ศ. 1947 และนำไปคัดเลือกสายพันธุ์ต่อในประเทศเม็กซิโก จนกระทั่งประสบผลสำเร็จ ข้าวสาลีพันธุ์ต้นเตี้ยเป็นพันธุ์ที่ไม่ไวต่อช่วงแสง และสามารถปลูกได้ทั้งในเขตร้อนและกึ่งร้อนของเม็กซิโก ในงานนี้ Dr. Norman Borlaug หนึ่งในคณะผู้วิจัยก็ได้รับรางวัลโนเบลสาขาสันติภาพ (Nobel Peace Price) ในปี ค.ศ. 1970 ใน

* ทฤษฎีของมัลทัส เสนอไว้ว่า "*ค่าเฉลี่ยของการเพิ่มของอาหารจะเป็นแบบเลขคณิต (arithmetic ratio) ขณะที่การเพิ่มของประชากรมนุษย์ถ้าไม่มีการควบคุมโดยธรรมชาติ หรือปัจจัยอื่น ๆ จะเพิ่มเป็น เท่าตัวทุก ๆ 25 ปี หรือเพิ่มเป็นแบบเรขาคณิต (geometric ratio)*" อธิบายได้ง่าย ๆ ก็คือ อาหารจะไม่เพียงพอต่อประชากรมนุษย์โลกโดยเฉพาะกับประเทศที่ด้อยพัฒนา และสิ่งที่จะติดตามมาคือ ความอดอยาก โรคภัยไข้เจ็บ การแก่งแย่ง และสงคราม ซึ่งทั้งหมดรวมเรียกว่า "ความหายนะ" (catastrophe) ของมนุษย์โลก

ฐานะผู้พัฒนาพันธุ์ข้าวสาลีพันธุ์ต้นเตี้ยที่ให้ผลผลิตสูงขึ้น อย่างไรก็ดีข้าวสาลีพันธุ์ต้นเตี้ยมิใช่จัดว่าเป็น "พืชมหัศจรรย์" (miracle plant) ทั้งนี้เพราะข้าวสาลีพันธุ์ต้นเตี้ยนี้จะให้ผลผลิตได้สูงก็ต่อเมื่อปลูกในพื้นที่ที่มีระบบชลประทานที่ดี หรือในพื้นที่ที่ได้รับปริมาณน้ำฝนอย่างพอเพียง และต้องมีการให้ปุ๋ยเพิ่มเติมด้วย ในสภาพที่แห้งแล้งและมีการใช้ปุ๋ยน้อย ผลผลิตของข้าวสาลีพันธุ์ต้นเตี้ยก็ให้ผลผลิตไม่แตกต่างจากพันธุ์พื้นเมืองที่ปลูกทั่ว ๆ ไป อย่างไรก็ตามในช่วง 15 ปีให้หลัง ผลผลิตของข้าวสาลีในเม็กซิโก เพิ่มขึ้นถึง 3 เท่า ทว่าต้องปลูกภายใต้สภาพดังกล่าว และในช่วงเวลาเดียวกันนี้ข้าวสาลีพันธุ์ต้นเตี้ยก็ได้ถูกนำเข้าไปปลูกในอินเดีย ปากีสถาน และประเทศอื่น ๆ ในทวีปเอเชีย ซึ่งผลเป็นอย่างไร ไม่สามารถตรวจสอบได้

ข้าวสาลีแม้จะจัดได้ว่าเป็นธัญพืชที่สำคัญ แต่ข้าวกลับน่าจะมีความสำคัญมากกว่าเพราะประชากรโลกบริโภคข้าวมากกว่าข้าวสาลี ในปี ค.ศ. 1962 มูลนิธิรอกกี้เฟลเลอร์ และมูลนิธิฟอร์ด (Rockefeller and Ford Foundations) ได้สนับสนุนให้ทำการก่อตั้งสถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (International Rice Research Institute: IRRI) ในประเทศฟิลิปปินส์โดยมีเป้าหมายเพื่อที่จะสร้างสายพันธุ์ข้าวให้เป็นไปได้อย่างข้าวสาลีที่ทำสำเร็จแล้วในประเทศเม็กซิโก จึงได้มีการรวบรวมข้าวนับหมื่นสายพันธุ์มาเพื่อผสมพันธุ์และคัดเลือกสายพันธุ์ ในที่สุดก็ได้สายพันธุ์ที่เรียกว่า IR-8 ที่มีคุณลักษณะเฉกเช่นข้าวสาลีที่ได้ทำสำเร็จในเม็กซิโก นั่นคือเป็นข้าวพันธุ์ต้นเตี้ยใบตั้งตรง ตอบสนองต่อปุ๋ยสูง ไม่โค่นล้มได้ง่าย ไม่ไวต่อช่วงแสง และที่สำคัญคือให้ผลผลิตได้สูงถึงเท่าตัวเมื่อเทียบกับพันธุ์ข้าวทั่ว ๆ ไปที่ปลูกในประเทศแถบทวีปเอเชีย และเรียกข้าวพันธุ์นี้ว่า "ข้าวพันธุ์มหัศจรรย์" (miracle rice) ทั้งนี้ข้าวสายพันธุ์ IR-8 จะให้ผลผลิตสูงก็ต่อเมื่อได้รับปุ๋ยที่พอเพียงและมีการจัดการเรื่องชลประทานอย่างดี แต่หากไม่อยู่ในสภาพนี้ผลผลิตที่ได้รับก็ไม่แตกต่างจากพันธุ์ข้าวที่ปลูกโดยทั่ว ๆ ไป

มีแนวความคิดในหลายด้าน ที่ได้กล่าวถึงการแก้ปัญหาของอาหารที่ซึ่งจะไม่เพียงพอกับความต้องการของประชากรของโลก Schuman (2009) ได้เขียนบทความเกี่ยวกับ "***การปฏิวัติเขียวใหม่***" (The new green revolution) ในนิตยสาร Time โดยใช้สถานการณ์ในบางพื้นที่ของประเทศอินเดีย และบางประเทศในแถบแอฟริกา เช่น Senegal และ Malawi เป็นแหล่งข้อมูลได้กล่าวถึงว่า***ควรต้องใช้สายพันธุ์พืชที่ให้ผลผลิตสูงและคุ้มค่ากับการลงทุน*** เพื่อที่จะแก้ปัญหาที่เรียกว่า "*วิกฤตของมัลทัส*" (Multhusian crisis) และอีกบทความที่ปรากฏในเอกสารที่ชื่อ "Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2009)" รวบรวมโดย James (2009) ผู้ซึ่งเป็นคนก่อตั้งและเป็นประธานคณะกรรมการอำนวยการของ The International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications (ISAAA) และเป็นผู้ที่ซึ่งได้กล่าวเทิดทูน Dr. Norman Borlaug ไว้ว่าเป็นบิดาแห่ง "การปฏิวัติเขียว" และได้กล่าวถึงผลงานที่ได้ทำเกี่ยวกับการสร้างข้าวสาลีพันธุ์ต้นเตี้ยในเม็กซิโกว่า ถือเป็นมรดกตกทอดและนำมาสู่สิ่งที่เรียกว่า "plant biotechnology" หรือเทคโนโลยีชีวภาพทางพืช ในที่นี้ Dr. James ต้องการที่จะโยงเข้าหาการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีทางชีวภาพเพื่อสร้างหรือพัฒนาสายพันธุ์พืชที่จะเพิ่มขีดความสามารถในการผลิตให้สูงขึ้น (increasing crop productivity) โดยการใช้เทคนิคทางพันธุวิศวกรรม (genetic engineering techniques) ในการดัดแปลงทางพันธุกรรมของพืช เพื่อให้ได้ผลผลิตตามที่ต้องการสำหรับประชากรโลก (ขณะเดียวกันก็จะเป็นการรักษาสิ่งแวดล้อมสำหรับคนรุ่นถัดไป) ซึ่ง Dr. Borlaug ได้ให้การสนับสนุนการดำเนินการนี้อย่างแข็งขัน และพืชที่ได้จากขบวนการนี้ได้ถูกเรียกว่า "พืชดัดแปลงทางพันธุกรรม" หรือ "transgenic หรือ GM Crops ซึ่งในปัจจุบันนิยมเรียกกันว่า "***biotech crops***" ยกตัวอย่างเช่น ข้าวไบโอเทค (biotech rice) ถั่วเหลืองไบโอเทค (biotech soybean) ฝ้ายไบโอเทค (biotech cotton) และข้าวโพดไบโอเทค (biotech maize) เป็นต้น ซึ่งโดยนัยแล้วสิ่งเหล่านี้จะสอดคล้องกับ "การปฏิวัติเขียวใหม่" ที่ Schuman (2009) กล่าวถึงนั่นเอง

อย่างไรก็ตามนวัตกรรม หรือสิ่งที่เกิดขึ้นมาใหม่ในด้านเทคโนโลยีทางชีวภาพกับพืชที่เรียกว่า "biotech crop" นั้น ยังคงมีข้อโต้เถียงและคัดค้านอยู่ตลอดเวลาว่าอาจเป็นอันตรายต่อมนุษย์หรือผู้บริโภค

และสภาพแวดล้อมหรือระบบนิเวศทั้งทางตรงและทางอ้อม ซึ่งแม้เป็นสิ่งที่ยังไม่เกิดหรืออาจจะไม่เกิดขึ้นก็ตาม เราควรคำนึงถึงคนที่กำลังมีชีวิตที่อยู่อย่างหิวโหยและทรมานเนื่องเพราะขาดแคลนอาหารหรืออาหารไม่เพียงพอ โดยลองตั้งคำถามให้กับตัวเองว่า "***ได้กินก่อนตาย หรือตายก่อนได้กิน***" แบบไหนจะดีหรือสุขกว่ากัน?

การปฏิวัติเขียวและการระบาดของแมลงศัตรูพืช

แมลงที่มีการสำรวจพบและได้จำแนกชนิดในปัจจุบันประมาณได้ว่ามีถึง 1 ล้าน 5 แสนชนิด (species) ในจำนวนนี้มีแมลงมากกว่า 400,000 ชนิดที่กินพืชชั้นสูง (vascular plants) โดยประมาณเท่ากับ 300,000 ชนิด (Schoonhoven *et al.,* 1998) ในจำนวนแมลงที่กินพืชจะมีเพียง 1 เปอร์เซ็นต์เท่านั้นที่จัดได้ว่าเป็นศัตรูพืชที่แท้จริง (หมายถึงแมลงที่ทำความเสียหายให้กับพืชที่ปลูก) จึงกล่าวได้ว่ามีแมลงประมาณ 4,000 ชนิดเท่านั้นถูกจัดให้อยู่ในสถานะศัตรูพืช (pest status) ด้วยเหตุผลหลัก 3 ประการคือ (1) เป็นแมลงที่อพยพหรือถูกนำเข้ามาจากท้องถิ่นอื่น โดยปราศจากศัตรูธรรมชาติที่เป็นตัวควบคุมในแหล่งดั้งเดิม (2) มีการเปลี่ยนแปลงทางระบบนิเวศเกษตร และ (3) การเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและสังคม สาเหตุที่ได้กล่าวมาทั้ง 3 ประการประการที่ (2) จัดได้ว่าเป็นเหตุผลที่น่าให้ความสนใจทั้งนี้เพราะต้นเหตุนั้นอาจเกิดมาจาก "การปฏิวัติเขียว" (DeBach and Rosen, 1991) ก็เป็นได้

แมลงศัตรูพืช

ดังที่ได้กล่าวในคำนำ "การปฏิวัติเขียว" มีเป้าหมายเพื่อจะผลิตอาหารให้เพียงพอต่อความต้องการของประชากรโลก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการจัดการทางการเขตกรรมอย่างเข้มข้น เพื่อให้ได้มาซึ่งผลผลิตสูงที่สุด แต่ผลติดตามที่แฝงมากับการปฏิบัติในลักษณะนี้คือทำให้เกิดการระบาดของแมลงศัตรูพืช ซึ่งสาเหตุที่อยู่เบื้องหลังที่ทำให้เกิดการระบาดได้รวบรวมจาก สุธรรม (2508), Andow (1991), Altieri (1994) และ Pedigo and Rice (2006) สามารถแจกแจงโดยสรุปได้ดังนี้

(ก) มีการพัฒนาหรือปรับปรุงพันธุ์พืชที่จะใช้เพาะปลูก โดยคำนึงถึงพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงสุดเป็นหลัก และมิได้คำนึงถึงความทนทานต่อสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ โดยเฉพาะต่อแมลงศัตรูพืช หรืออีกนัยหนึ่ง ***พืชที่ปลูกมีความอ่อนแอต่อการทำลายของแมลง*** (susceptible to insect pests attack)

(ข) มีการ***ปลูกพืชชนิดเดียวหรือพันธุ์เดียว*** (monoculture) ในแปลงที่มีขนาดใหญ่ และมีการปลูกอย่างต่อเนื่อง ทำให้แมลงสามารถหาพืชอาศัยได้ง่าย รวมทั้งมีอัตราการกินและการขยายพันธุ์สูงเนื่องจากเป็นพืชอาหารที่แมลงต้องการโดยตรง อีกทั้งยังมีอาหารอย่างไม่จำกัดและมีอยู่อย่างสม่ำเสมอ ทำให้ศัตรูธรรมชาติไม่สามารถควบคุมได้ทันกาล

(ค) มีการให้ธาตุอาหารต่าง ๆ แก่พืช รวมทั้งมีการจัดระบบการชลประทานที่ดี ทำให้พืชเจริญเติบโต มีความอุดมสมบูรณ์และมีโภชนะต่าง ๆ สูง ซึ่งทำให้***เหมาะสมต่อการเป็นอาหารของแมลง*** (sufficiency of the plant as a host) ในอันที่จะเจริญเติบโตได้เป็นอย่างดี

(ง) มีการขจัดคู่แข่งขัน เช่น วัชพืช โรคพืช หรือแมลงชนิดอื่นที่กินพืชรวมทั้ง***ศัตรูธรรมชาติ*** (natural enemies) ที่มีประโยชน์ โดยใช้เทคโนโลยีทางการเกษตร (agrotechnological practices) ต่าง ๆ ซึ่งทำให้ระบบนิเวศนั้น ๆ เหมาะต่อการเจริญเติบโต และเพิ่มปริมาณของแมลงศัตรูพืชโดยมิได้ตั้งใจ

สถานการณ์ที่เกิดขึ้นในประเทศไทย

ในช่วงเวลาเมื่อไม่นานมานี้ และกระทั่งทุกวันนี้ ผลกระทบที่อาจเกิดจาก "การปฏิวัติเขียว" ที่ทำให้เกิดการระบาดของแมลงศัตรูพืชในประเทศไทย กล่าวได้ว่ามีอยู่ 2 กรณีด้วยกันคือ

(ก) ***การระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล*** (brown planthopper, BPH) *Nilaparvata lugens* Stal ซึ่งเป็นแมลงศัตรูที่สำคัญของข้าว ได้เกิดการระบาดทำลายข้าวในนาข้าวในแถบจังหวัดภาคเหนือตอนล่าง ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในช่วงเดือนธันวาคม 2552 จนถึงเดือนมีนาคม 2553 รวมพื้นที่ที่มีการระบาดมากกว่า 2 ล้านไร่ (กรมการข้าว, 2553)

แมลงชนิดนี้ทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัยดูดกินน้ำเลี้ยงจากต้นข้าว ทำให้ต้นข้าวมีอาการใบเหลือง และแห้งตายเป็นหย่อม ๆ คล้ายถูกไฟลวก (hopper burn) นอกจากนี้ยังเป็นพาหะนำเชื้อโรคใบหงิก และโรคเขียวเตี้ย ทำให้ต้นข้าวไม่สามารถออกรวงได้ เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจะทำลายส่วนล่างของต้นข้าวเหนือระดับผิวน้ำ เนื่องจากชอบสภาพที่มีความชื้นสูง ไม่ชอบแสงแดดจ้า จึงมักอยู่รวมกันในส่วนล่างของต้นข้าวซึ่งเป็น สภาพที่เหมาะต่อการขยายพันธุ์และอีกประการหนึ่ง คือ ชอบทำลายต้นข้าวที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนสูง ที่มีเนื้อเยื่ออวบน้ำและแตกกอแน่นทึบ (Pathak, 1975)

ก่อนหน้านี้ เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเป็นแมลงที่พบทั่วไปในนาข้าว กระทั่งปี พ.ศ. 2512 กรมการข้าวได้แจกจ่ายพันธุ์ข้าว กข1 และตามด้วย กข7 ให้แก่เกษตรกรในเวลาต่อมา ซึ่งพันธุ์ข้าวทั้ง 2 พันธุ์ (ข้าวพันธุ์ กข มีคุณลักษณะเช่นเดียวกันกับข้าวพันธุ์ IR) ซึ่งมีความเหมาะสมทุกประการต่อการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และทั้งยังไม่มีความต้านทานต่อการทำลาย จึงทำให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเริ่มระบาดครั้งแรกในช่วงปี พ.ศ.2518-2527 (ปรีชา, 2545) ประกอบกับในปัจจุบันชาวนาได้นิยมใช้พันธุ์ข้าวชนิดเดียวปลูกติดต่อกันตลอดปี เป็นระยะเวลานาน การปลูกเป็นการปลูกแบบนาหว่านน้ำตม มีการให้ปุ๋ยโดยเฉพาะไนโตรเจนสูง ทำให้ต้นข้าวมีสภาพอวบน้ำ แตกกอแน่นทึบ ซึ่งเป็นสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมและส่งผลให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลระบาดทำความเสียหายได้ทุกฤดูปลูก (กรมการข้าว, 2553)

การระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลทำให้เกิดความเดือดร้อนต่อชาวนาเป็นอย่างมาก หน่วยราชการโดยเฉพาะกรมส่งเสริมการเกษตรได้พยายามแก้ปัญหาในขั้นแรก ด้วยการรับซื้อตัวเต็มวัยของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (ที่ตากแห้ง) กิโลกรัมละ 2,000 บาท โดยมีเป้าหมายที่จะลดจำนวนประชากร และหลังจากนั้นก็ได้พยายามที่จะบรรเทาปัญหา โดยการแนะนำให้ชาวนาไถกลบตอซังของข้าว ซึ่งรัฐบาลหรือกรมส่งเสริมการเกษตรเป็นผู้ออกค่าใช้จ่ายให้ทั้งหมด รวมทั้งให้เว้นการปลูกข้าวเพื่อตัดวงจรชีวิตของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในช่วงเวลา 1-2 เดือน โดยระหว่างนั้นจะมีการทดแทนรายได้อันพึงสูญเสียไปไร่ละ 2,850 บาทแก่ชาวนา หลังจากนั้นกรมส่งเสริมการเกษตรจะให้พันธุ์ข้าวที่ต้านทานต่อการทำลายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในอัตรา 15 กิโลกรัมต่อไร่ เพื่อปลูกในฤดูถัดไป (*ข้อมูลได้รับจากการฟังคำแถลงของกรมส่งเสริมการเกษตร ผ่านสื่อโดยเฉพาะกับสถานีโทรทัศน์ช่อง 3 ในช่วงเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ 2553*)

(ก) ***การระบาดของเพลี้ยแป้งมันสำปะหลัง*** (Cassava Mealybug) แม้ว่ามันสำปะหลังจะมิใช่พืชที่กล่าวถึงในการปฏิวัติเขียว แต่เมื่อมองเป้าหมายที่จะผลิตให้ได้มากที่สุดโดยมีแนวทางของการดำเนินการเช่นเดียวกัน กล่าวคือมีการปรับปรุงพันธุ์หรือพัฒนาพันธุ์ใหม่ ๆ ที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูง การปลูกพืชชนิดเดียวหรือพันธุ์เดียวในพื้นที่กว้างและปลูกติดต่อกันทุกฤดู ซึ่งเทียบเคียงได้กับข้าวสาลี และข้าวซึ่งเป็นต้นแบบของการปฏิวัติเขียวในยุคต้น ๆ การปลูกมันสำปะหลังเป็นการค้าในประเทศไทย ได้เริ่มต้นเมื่อประมาณ 70 ปี (พ.ศ. 2482) มาแล้ว โดยมีการปลูกระหว่างแถวของต้นยางพาราเพื่อใช้ทำแป้งและสาคูที่จังหวัดสงขลา ต่อมาก็ได้มีการปลูกในภาคตะวันออก เช่น ชลบุรี และระยอง และขยายพื้นที่ปลูกไปในจังหวัดอื่น ๆ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในช่วงเวลาที่ผ่านมาก็ได้มีการพัฒนาสร้างพันธุ์ใหม่ ๆ ขึ้นมาโดยกรมวิชาการเกษตร (ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง) ได้เริ่มสร้างพันธุ์มันสำปะหลังตั้งแต่ปี 2518 คือ พันธุ์ระยอง 1 และคัดเลือกปรับปรุงพันธุ์เรื่อยมาจนกระทั่งถึงพันธุ์ระยอง 11 ที่เป็นที่กล่าวขานในปัจจุบัน การปรับปรุงพันธุ์จะมุ่งเน้นถึงผลผลิตทั้งในแง่น้ำหนักของหัวมันและเปอร์เซ็นต์ของแป้ง ส่วนในด้านของความต้านทานต่อศัตรูพืชจะให้ความสำคัญกับโรคใบไหม้เป็นส่วนใหญ่ แต่มีการกล่าวถึงความต้านทานต่อแมลงศัตรูน้อยมาก

เพลี้ยแป้งที่พบว่าทำลายมันสำปะหลังทั่วไปในประเทศไทยมี 4 ชนิด ได้แก่ เพลี้ยแป้งลาย (striped mealybug) *Ferrisia virgata* (Cockerell) เพลี้ยแป้งสีชมพู (pink mealybug) *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero เพลี้ยแป้งหลังสีเทา (Jack-Beardsley mealybug) *Pseudococcus jackbeardsleyi* Gimple & Miller และเพลี้ยแป้งสีเขียว (Madeira mealybug) *Phenacoccus madeirensis* Green (โอภาษ, 2553)เมื่อต้นปี พ.ศ. 2551 ได้เกิดการระบาดของเพลี้ยแป้งสีชมพู

อย่างรุนแรงในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทย ซึ่งเพลี้ยแป้งจะทำลายโดยการดูดกินน้ำเลี้ยงจากส่วนยอด ใบ ตา และลำต้น บางครั้งพบว่าดูดกินน้ำเลี้ยงในส่วนรากของมันสำปะหลังด้วย นอกจากนี้ยังถ่ายหยดน้ำผึ้ง (honeydew) ทำให้เกิดราดำปกคลุมส่วนใบ เพลี้ยแป้งสามารถทำลายมันสำปะหลังในทุกระยะการเจริญเติบโต ผลของการทำลายจะทำให้ยอดหงิกเป็นพุ่ม หรือแห้งตาย ลำต้นมีช่วงข้อถี่ หากระบาดขณะที่ต้นยังเล็กอยู่อาจกระทบต่อการสร้างหัวหรือ ทำให้ต้นตายได้ สถานการณ์การระบาดของเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังล่าสุด กรมส่งเสริมการเกษตร (2553) รายงานว่า พื้นที่การระบาดมีมากกว่า 5 แสนไร่ ใน 29 จังหวัด ในภาคตะวันออก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลางตอนบน และภาคเหนือตอนล่าง กรมวิชาการเกษตรและกรมส่งเสริมการเกษตร ต่างร่วมกันระดมแนวคิด วิธีการ รวมทั้งการสนับสนุนด้านต่าง ๆ เพื่อแก้ปัญหา อันเกิดจากเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังอยู่ในขณะนี้

การปฏิวัติเขียวและการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี

การปฏิวัติเขียวอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้แมลงบางชนิดที่กินพืชที่เกี่ยวข้องกับการปฏิวัติเขียว เกิดมีการเพิ่มปริมาณประชากร และถูกจัดให้อยู่ในสถานะศัตรูพืช (pest status) แมลงศัตรูพืชชนิดต่าง ๆ เหล่านั้น อาจเกิดการระบาดทำความเสียหายเป็นครั้งคราว หรือเป็นประจำ หรืออาจรุนแรงมากเป็นบางฤดูกาล ซึ่งเป็นสถานการณ์ปกติธรรมดาที่เคยเกิดขึ้น ทั้งนี้เพราะสภาวะแวดล้อมต่างๆ รอบตัวแมลงมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชเหล่านี้สามารถดำเนินการโดยชีววิธีได้เช่นเดียวกับแมลงศัตรูพืชอื่น ๆ เช่นกัน การควบคุมอาจจะเป็นการควบคุมโดยชีววิธีเพียงวิธีการเดียว (single tactic) หรือร่วมกับวิธีการอื่น ๆ (multiple tactics) ภายใต้แผนงานการจัดการแมลงศัตรูพืชแบบบูรณาการ ซึ่งการควบคุมโดยชีววิธีจะเป็นองค์ประกอบหลักอยู่เสมอมา ตัวอย่างเช่น การควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ภายใต้แผนการจัดการแบบบูรณาการ ซึ่งกรมการข้าว (2553) ได้ให้แนวทางการดำเนินไว้ คือ ปลูกข้าวพันธุ์ต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เช่น สุพรรณบุรี 1, 2 และ 90 ปทุมธานี 1 พิษณุโลก 2 ชัยนาท 1 และ 2 และ กข23 ในพื้นที่ที่ควบคุมระดับน้ำได้หลังจากการปักดำ หรือหว่าน 2-3 สัปดาห์ ทำการควบคุมน้ำในแปลงนาให้พอดินเปียกหรือมีน้ำเรี่ยผิวดินนาน 7-10 วัน

ใน***การควบคุมโดยชีววิธีสำหรับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล*** การควบคุมจะเป็นไปในลักษณะที่เกิดขึ้นเองในธรรมชาติ (natural biological control) และการอนุรักษ์ศัตรูธรรมชาติ (conservation biological control) ทั้งนี้เพราะเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมีศัตรูธรรมชาติในท้องถิ่นทั้ง ตัวเบียน ตัวห้ำ และเชื้อโรค อยู่หลายชนิดคอยทำลายอยู่ในสภาพธรรมชาติ ไสว (2536) ได้รายงานเกี่ยวกับประเภทและชนิดของศัตรูธรรมชาติที่สำคัญของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ซึ่งได้แก่ แตนเบียนไข่ *Anagrus optabilis* (Perkins), *Paracentrobia garuda* Subba Roa, *Oligosita yasumatsui* Viggiani & Subba Rao, *Tetrastichus formosanus* (Timberlake) และ *Mymar taprobanicum* Ward ส่วนพวกที่เป็นตัวห้ำ เช่น มวนเขียวดูดไข่ *Cyrtorhinus lividipennis* Reuter ส่วนที่พบเข้าทำลายในระยะตัวอ่อนและตัวเต็มวัย ได้แก่ แตนเบียนในวงศ์ Dryinidae 3 ชนิด คือ *Pseudogonatopus hospes* Perkins, *Echthrodelphax fairchildii* (Perkins) และ *Haplogonatopus orientalis* Rohwer แมลงเบียนปีกบิด *Elenchus yasumatsui* Kifune & Hirashima (Elenchidae) แมงมุมหลายชนิด ที่สำคัญเช่น แมงมุมสุนัขป่า *Lycosa pseudoannulata* Bosenberg & Strand (Lycosidae) และ *Tetragnatha* sp. (Tetragnathidae) และยังพบเชื้อราหลายชนิดเข้าทำลายเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลตัวเต็มวัยด้วย นอกจากนี้ โกศล และวิวัฒน์ (2537) ได้รายงานทั้งชนิดของศัตรูธรรมชาติที่เข้าทำลายเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลไว้ดังนี้ แตนเบียนไข่ 8 ชนิด แตนเบียนตัวอ่อน 7 ชนิด แตนเบียนตัวอ่อน-ตัวเต็มวัย 2 ชนิด แมลงตัวห้ำ 5 ชนิด เชื้อรา 3 ชนิด และแมงมุมตัวห้ำ 7 ชนิด อย่างไรก็ตาม กรมการข้าวได้รายงานว่าศัตรูธรรมชาติที่มีบทบาทสูงในการควบคุมประชากรของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลคือ มวนเขียวดูดไข่ *C. lividipennis* เป็นตัวห้ำที่สำคัญในการดูดกินไข่และแมงมุมสุนัขป่า *L. pseudoannulata* เป็นตัวห้ำที่จับกินทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ในส่วนของการใช้สารฆ่า

แมลงจะพยายามหลีกเลี่ยงให้มากที่สุด และจะใช้เมื่อมีความจำเป็น โดยอาศัยระดับความเสียหายทางเศรษฐกิจเป็นเครื่องช่วยตัดสินใจ โดยจะใช้สารฆ่าแมลงเมื่อสุ่มตัวอย่างพบว่ามีจำนวนแมลงมากกว่า 10 ตัวต่อต้น หรือกอ หรือสำรวจพบว่าปริมาณเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมีมากกว่าตัวห้ำ (มวนเขียวดูดไข่) 5 เท่า ทั้งนี้เพราะสารฆ่าแมลงที่ใช้จะไปทำลายศัตรูธรรมชาติชนิดต่าง ๆ ดังกล่าว สารฆ่าแมลงที่ใช้ไม่ควรอยู่ในกลุ่มไพรีทรอยด์สังเคราะห์ เช่น แอลฟา ไซเพอร์เมทริน ไซเพอร์เมทริน เดคาเมทริน เพอร์เมทริน เป็นต้น ทั้งนี้เพราะจะทำให้เกิดการเพิ่มระบาด (resurgence) ของประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล นอกจากนี้หลังฤดูกาลเก็บเกี่ยวควรไถคราด และทิ้งพื้นที่ไว้ (crop host-free periods/fallow practices) ประมาณ 1-2 เดือน เพื่อตัดพืชอาหารและวงจรชีวิตของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะกำจัดหรือลดความรุนแรงของการทำลายในฤดูปลูกถัดไป ดังที่กรมส่งเสริมการเกษตรกำลังดำเนินการอยู่ในขณะนี้ จากแผนงานนี้แสดงให้เห็นว่า การควบคุมโดยชีววิธีจะมีบทบาทตลอดช่วงเวลาของการปลูกและจัดได้ว่าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดในการที่จะควบคุมการแพร่ระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

ใน***มันสำปะหลัง การควบคุมแมลงศัตรูโดยชีววิธี*** สามารถทำได้ทั้งวิธีการเดี่ยว หรือร่วมกับวิธีการอื่น ๆ ภายใต้แผนการจัดการเพลี้ยแป้งมันสำปะหลัง เช่น การเลือกพื้นที่ปลูก การเลือกฤดูปลูก การเลือกพันธุ์ให้เหมาะสมกับสภาพของดิน การใช้ท่อนพันธุ์ที่ปราศจากเพลี้ยแป้งทุกระยะการเจริญเติบโต (โดยแช่ท่อนพันธุ์ด้วยสารฆ่าแมลงชนิดต่าง ๆ) การทำลายต้นที่มีการระบาดของเพลี้ยแป้งอย่างรุนแรง รวมไปถึงการใช้สารฆ่าแมลงฉีดพ่น และการปลูกพืชหมุนเวียน โดยที่การควบคุมโดยชีววิธีจะเป็นวิธีการหลัก และสามารถดำเนินการได้หลายกลวิธี (tactics) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับสถานการณ์นั้น ๆ ศัตรูธรรมชาติของเพลี้ยแป้งมันสำปะหลัง ที่สามารถสำรวจพบในพื้นที่ปลูกทั่วไป ได้แก่ แตนเบียน encyrtids พบในวัยสุดท้ายของเพลี้ย แมลงตัวห้ำ ที่พบส่วนใหญ่เป็นด้วงเต่าชนิดต่าง ๆ 8 ชนิด เรียงตามลำดับจากชนิดที่พบมากไปหาน้อยได้แก่ *Menochilus sexmaculatus* (F.), *Micraspis discolor* (F.), *Brumoides* sp., *Scymnus* sp., *Nephus* sp. *Curinus coeruleus* Mulsant และ *Cryptogonus orbiculus* (Gyllenhal) นอกจากด้วงเต่าตัวห้ำ ก็จะพบแมลงช้างปีกใสหลายชนิด ชนิดที่พบในทุกแหล่งปลูกมันสำปะหลังที่มีการระบาดของเพลี้ยแป้ง และมีศักยภาพสูงในการควบคุมเพลี้ยแป้ง คือ แมลงช้างปีกใส ชนิด *Plesiochrysa ramburi* (Schneider) (โอภาษ, 2553) ซึ่งได้มีการส่งเสริมให้เพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณ เพื่อใช้ควบคุมเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังในรูปแบบของกลวิธีที่เรียกว่า การควบคุมโดยชีววิธีแบบเพิ่มทวี (augmentative biological control) ส่วนตัวห้ำชนิดอื่น ๆ โดยเฉพาะกลุ่มของด้วงเต่าจะปล่อยให้กัดกินหรือควบคุมเพลี้ยแป้งในรูปแบบของการควบคุมโดยชีววิธีในธรรมชาติ (natural biological control) นอกเหนือไปจากนี้กรมวิชาการเกษตร โดยกลุ่มกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช ได้นำเข้าแตนเบียนเพลี้ยแป้งสีชมพู *Anayyues* (= *Epidinocarsis?*) *lopezi* (De Santis) (Encyrtidae) จำนวน 500 ตัว จากสาธารณรัฐเบนิน เมื่อเดือนกันยายน 2552 เพื่อใช้ควบคุมเพลี้ยแป้งมันสำปะหลัง หลังจากมีการทดสอบความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการการักกันแล้วว่ามีความปลอดภัย จึงได้ทำการปลดปล่อยในแปลง และปัจจุบันอยู่ในระหว่างการติดตามประสิทธิภาพของการควบคุม (กรมวิชาการเกษตร, 2553) ซึ่งการควบคุมในลักษณะนี้เป็นกลวิธีที่เรียกว่า การควบคุมโดยชีววิธีแบบคลาสสิก (classical biological control) วิธีเดียวกันนี้ได้ทำสำเร็จมาแล้วในการควบคุมเพลี้ยแป้งมันสำปะหลัง (*P. manihoti*) ซึ่งมาจากประเทศแถบทวีปอเมริกาใต้ และเข้ามาแพร่ระบาดในประเทศแถบแอฟริกาตะวันตก โดยการนำแตนเบียน *Epidinocarsis lopezi* (De Santis) จากประเทศปารากวัย (อเมริกาใต้) มาเป็นตัวควบคุมในแอฟริกาตะวันตก เมื่อทศวรรษ 1980 (Neuenschwander *et al.,* 1989) และสามารถควบคุมระดับประชากรของเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังให้อยู่ในระดับต่ำ จนไม่ทำให้เกิดความเสียหายได้ตราบเท่าทุกวันนี้

จากตัวอย่างของแมลงศัตรูข้าวและแมลงศัตรูมันสำปะหลังที่ได้อ้างถึง อาจกล่าวได้ว่า การควบคุมโดยชีววิธีสามารถที่จะใช้ได้กับแมลงศัตรูพืชทุกชนิดและจะไม่เกี่ยวข้องหรือขึ้นอยู่กับสาเหตุที่ทำให้เกิดการระบาดของแมลง และโอกาสที่จะทำได้สำเร็จเมื่อเทียบกับแมลง

ศัตรูที่เกิดการระบาดเนื่องจากสาเหตุอื่น ก็ไม่ยิ่งหย่อนไปกว่ากัน ทั้งนี้เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าศาสตร์และศิลปะของการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีได้เกิดขึ้นและได้ดำเนินการกับศัตรูพืชชนิดต่าง ๆ มาก่อนที่การปฏิวัติเขียวจะเกิดขึ้นและประสบความสำเร็จกับแมลงศัตรูพืชมากมายหลายชนิด มาถึง ณ จุดนี้เราลองหันกลับมามองเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ของเทคโนโลยีชีวภาพของพืชในการสร้างพืชไบโอเทค หรืออีกนัยหนึ่งเรียกว่า เป็น ***การปฏิวัติเขียวใหม่*** ซึ่งได้มีการใช้เทคนิคทางพันธุวิศวกรรม ตัดเอายีนส์ที่ควบคุมการผลิตสารพิษจากเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* Berliner (Bt) ซึ่งเป็นพิษต่อหนอนผีเสื้อและหนอนด้วงปีกแข็งเข้าสู่พืชชนิดต่าง ๆ หลายชนิดคลุกเข้าไปในพืชปลูกที่ต้องการ และพืชที่ได้รับยีนส์จาก Bt จะสร้างสารพิษได้ในตัวเอง และจะมีความต้านทานต่อแมลงเป้าหมาย ตัวอย่างเช่น ข้าวที่ได้รับยีนส์ Cry IA(b) ซึ่งควบคุมการผลิตสารพิษจาก Bt จะมีความต้านทานต่อการทำลายของหนอนกอข้าว และหนอนห่อใบข้าว มันฝรั่งที่ได้รับยีนส์ Cry IIIA(b) จาก Bt จะต้านทานต่อการทำลายของด้วงโคโลราโดได้ในทุกระยะการเจริญเติบโตของแมลง ในฝ้ายที่ได้รับยีนส์ควบคุมการผลิตสารพิษจาก Bt จะมีความต้านทานต่อหนอนเจาะสมอฝ้าย ในยาสูบยีนส์ Bt จะต้านทานต่อหนอนหงอนยาสูบ ยีนส์ Bt ในมะเขือเทศจะต้านทานต่อหนอนหงอนมะเขือเทศ และในข้าวโพดยีนส์ Bt จะต้านทานต่อหนอนเจาะข้าวโพด เป็นต้น (Panda and Khush, 1995) จากความสำเร็จของวิธีการนี้ได้มีนักวิชาการหลายท่านสงสัยว่าเป็นการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี ที่ใช้เชื้อโรค (insect pathogens) ในการควบคุมในลักษณะที่เรียกว่า "การควบคุมโดยใช้จุลินทรีย์" (microbial control) หรือไม่ อย่างไร คำตอบคือ ***ไม่ใช่*** การดำเนินงานในลักษณะนี้จะเป็นวิธีการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยใช้พันธุ์ต้านทาน ซึ่งเป็นกลไกของความต้านทานในรูปแบบของ antibiosis คือ พืชหรือสารเคมีที่มีอยู่ในตัวพืชจะเป็นพิษต่อแมลง เมื่อแมลงกินพืชชนิดนั้น ๆ ทำให้แมลงมีการเจริญเติบโตผิดปกติ หรือทำให้แมลงตายได้ ในกรณีของพืชที่ได้รับยีนส์ควบคุมการสร้างสารพิษจาก Bt ยีนส์จะเป็นตัวควบคุมให้พืชผลิตสารพิษได้โดยตัวพืชเอง มิใช่จากการกระทำของตัวเชื้อ Bt และหากเรามาพิจารณาถึงคำจำกัดความของการควบคุมโดยชีววิธีที่ให้ไว้โดย Smith (1919) ซึ่งหมายถึง "*การควบคุมหรือรักษาระดับประชากรของศัตรูพืชโดยศัตรูธรรมชาติ ซึ่งได้แก่ ตัวห้ำ (predators) ตัวเบียน (parasites) และเชื้อโรค (pathogens)*" การควบคุมโดยชีววิธีเป็นขบวนการที่ประชากรของสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งจะควบคุมหรือทำลายและลดจำนวนประชากรของสิ่งมีชีวิตอีกชนิดหนึ่งโดยกลไกของการห้ำ (predation) การเบียน (parasitization) การทำให้เกิดโรค (pathogenicity) หรือการแก่งแย่ง (competition) ซึ่งชี้ให้เห็นว่า การถ่ายทอดยีนส์ของ Bt เข้าสู่ต้นพืชเป็นวิธีการสร้างให้พืชมีความต้านทานต่อแมลง มิใช่ Bt เป็นตัวทำลายแมลงศัตรูโดยตรง

บทสรุป

การเพิ่มจำนวนประชากรของมนุษย์โลกเป็นไปอย่างรวดเร็ว ดังที่ Hinrichsen and Robey (2000) ได้ประเมินไว้ว่าการเพิ่มของประชากรในปัจจุบัน จะเพิ่มประมาณ 78 ล้านคนต่อปี และคาดการณ์ล่วงหน้าไว้ว่าประชากรโลกจะเพิ่มมากกว่า 8 พันล้านคนในปี ค.ศ. 2025 อีกทั้งยังคาดการณ์ว่า ปัญหาที่เกิดขึ้นกับการดำรงชีวิตของประชากรมนุษย์โดยเฉพาะในประเทศที่กำลังพัฒนา คือการขาดแคลนอาหารและโภชนาการต่าง ๆ การที่จะเพิ่มปริมาณอาหารที่ได้จากพืชสามารถทำได้โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยในการปรับปรุงพันธุ์พืชและเทคนิคต่าง ๆ ในด้านการเขตกรรมที่ทันสมัย จะเห็นได้จากการปลูกข้าวโพดพันธุ์ผสมในสหรัฐอเมริกา (การปฏิวัติทางการเกษตรกรรม) การปลูกข้าวสาลีพันธุ์ต้นเตี้ยในเม็กซิโก และการปลูกข้าวพันธุ์มหัศจรรย์ในฟิลิปปินส์ (การปฏิวัติเขียว) นับเป็นตัวอย่างที่แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มศักยภาพในการผลิตอาหาร

ข้าวสาลีต้นเตี้ยและข้าวพันธุ์มหัศจรรย์ได้ถูกคัดเลือกและปรับปรุงศักยภาพที่จะให้ผลผลิตโดยเฉพาะคาร์โบไฮเดรต หรือแป้งให้ได้สูงที่สุดเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของประชากรโลก จึงอาจทำให้ความสนใจต่อคุณลักษณะของพันธุ์ที่จะเกิดความต้านทานต่อศัตรูพืชโดยเฉพาะกับแมลงน้อยไป ประกอบกับการปลูก

ที่จะให้ผลดี ควรจะต้องมีการปลูกในเชิงเดี่ยว มีการให้น้ำและปุ๋ยให้เป็นไปตามความต้องการของพืช สภาพการณ์ต่าง ๆ ในระบบนิเวศเกษตรในลักษณะนี้จะเหมาะสมต่อการระบาดของแมลงศัตรูพืช ดังเช่น การระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่เคยเกิดขึ้นมาแล้วในอดีตและปัจจุบัน โดยเนื้อหาคร่าว ๆ เราสามารถกล่าวได้ว่าการปฏิวัติเขียวเป็นสาเหตุหนึ่งของการระบาดของแมลงศัตรูพืชภายใต้หัวข้อหลักของการเปลี่ยนแปลงทางระบบนิเวศเกษตร แต่ทั้งนี้ก็มิได้หมายความว่า แมลงศัตรูพืชที่เกิดการระบาดในลักษณะนี้จะไม่สามารถใช้วิธีการควบคุมโดยชีววิธีไม่ได้ ในความเป็นจริง การควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับแมลงศัตรูพืชที่มีสาเหตุของการระบาดต่าง ๆ กันได้โดยไม่มีการจำกัดหรือยกเว้น แต่อย่างไรก็ตามการควบคุมโดยชีววิธี อาจจะใช้ในเชิงเดี่ยว หรือใช้ร่วมกับวิธีการอื่น ๆ ภายใต้แผนงานการจัดการแมลงศัตรูพืช โดยเฉพาะการใช้ร่วมกับพันธุ์ต้านทาน ซึ่งจะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการดำเนินการ และมีแนวโน้มที่จะให้ผลดีที่สุด หากเรามุ่งพิจารณาไปที่ข้าว และมันสำปะหลัง ที่กำลังเกิดปัญหาเกี่ยวกับแมลงศัตรูซึ่งมีผลกระทบต่อเกษตรกรบ้านเราอยู่ในขณะนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมการข้าว. 2553. องค์ความรู้เรื่องข้าว: เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.brrd.in.th/rkb/data_005/rice_xx2-05_bug02.html (17 มีนาคม 2553).

กรมวิชาการเกษตร. 2553. สาระน่ารู้น่าสนใจ: การจัดการเพลี้ยแป้งในมันสำปะหลัง. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.doa.go.th/.LinkClick.aspx?link=807&tabid=54&mid=561 (16 มิถุนายน 2553).

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2553. รายงานสถานการณ์การระบาดเพลี้ยแป้งมันสำปะหลัง วันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2553. ศูนย์ปฏิบัติการควบคุมการระบาดของเพลี้ยแป้งมันสำปะหลัง. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http//agriqua.doae.go.th/news/mealybug/report%20gov/180253.doc (16 มิถุนายน 2553).

โกศล เจริญสม และวิวัฒน์ เสือสะอาด. 2537. ศัตรูธรรมชาติของแมลงศัตรูพืชในประเทศไทย. ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์/สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ. 114 หน้า.

ปรีชา วังศิลาบัตร. 2545. นิเวศวิทยาของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและการควบคุมปริมาณ. เอกสารวิชาการกองกีฏและสัตววิทยา ปี พ.ศ. 2545. กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 117 หน้า.

สุธรรม อารีกุล. 2508. แมลงศัตรูสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย. ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, พระนคร. 260 หน้า.

ไสว บูรณพานิชพันธุ์. 2536. แมลงศัตรูพืชไร่. ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 311 หน้า.

โอภาษ บุญเส็ง. 2553. เพลี้ยแป้ง...มหันตภัยต่อมันสำปะหลัง. *เทคโนโลยีชาวบ้าน* 22(471): 36-42.

Andow, D.A. 1991. Vegetational diversity and arthropod population response. Annu. Rev. Entomol. 36: 561-586.

Altieri, M.A. 1994. Biodiversity and Pest Management in Agroecosystems. Food Products Press, New York. 185 pp.

DeBach, P. and D. Rosen. 1991. Biological Control by Natural Enemies. *2nd* ed. Cambridge University Press, Cambridge. 456 pp.

Hinrichsen, D. and B. Robey. 2000. Population and the Environment: The Global Challenge. Population Reports, Series M, No. 5, Johns Hopkins University School of Public Health, Baltimore, Maryland. 31 pp.

James, C. 2009. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2009. ISAAA Brief No. 41, ISAAA, Ithaca, New York. 37 pp.

Krebs, C.J. 1972. Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance. Harper & Row Publishers, New York. 694 pp.

Neuenschwander, P., W.N.O Hammond, A.P. Gutierrez, A.R. Cudjoe, R. Adjakloe, J.U. Baumgartner and U. Regev. 1989. Impact assessment of the biological control of the cassava mealybug, *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferreno (Hemiptera: Pseudococcidae) by the introduced parasitoid *Epidinocarsis lopezi* (De Santis) (Hymenoptera: Encyrtidae). Bulletin of Entomological Research 79: 579-594.

Panda, N. and G.S. Khush. 1995. Host Plant Resistance to Insect. CAB International, Wallingford. 431 pp.

Pathak, M.D. 1975. Insect Pests of Rice. International Rice Research Institute, Los Bonos, Philippines. 68 pp.

Pedigo, L.P. and M.E. Rice. 2006. Entomology and Pest Management. 5th ed. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey. 749 pp.

Schoonhoven, L.M., T. Jermy and J.J.A. van Loon. 1998. Insect-Plant Biology: From Physiology to Evolution. Chapman & Hall, London. 409 pp.

Schuman, M. 2009. The new green revolution. Time 174(16): 14-19.

Smith, H.S. 1919. On some phases of insect control by the biological method. J. Econ. Entomol. 12: 288-292.

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิที่ทำการ Review บทความวารสารเกษตร ปีที่ 26 ฉบับที่ 1-3

รศ.ธัญญะ เตชะศีลพิทักษ์	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.อดิศร กระแสชัย	ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.ดร.จำนงค์ อุทัยบุตร	ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.ดร.เฉลิมศรี นนทสวัสดิ์ศรี	ภาควิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รศ.อภิญญา ผลิโกมล	ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.ดร. เกวลิน คุณาศักดากุล	ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รศ.ดร.สุชีลา เตชะวงศ์เสถียร	ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ศ.ดร.เบญจวรรณ ฤกษ์เกษม	ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รศ.สมชาย องค์ประเสริฐ	ภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม คณะผลิตกรรมการเกษตร	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผศ.ดร.กานดา หวังชัย	ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ดร.วิลาวัลย์ คำปวน	หน่วยงานวิจัยสรีระวิทยาหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รศ.ดร.ศันสนีย์ จำจด	ภาควิชาพืชศษสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.ดร.วรวรรณ ชาลีพรหม	ภาควิชาอารักขาพืช คณะผลิตกรรมการเกษตร	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
อ.พฤกษ์ ยิบมันตะสิริ	ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รศ. ดร.วิเชียร เฮงสวัสดิ์	ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
อ.ดร.จามจุรี โสตถิกุล	ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
อ. ดร.ฉันทนา สุวรรณาธาดา	ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ. ดร.อุดมพร แพ่งนคร	ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตรศาสตร์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รศ. ดร.อารยา จาติเสถียร	ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิที่ทำการ Review บทความวารสารเกษตร ปีที่ 26 ฉบับที่ 1-3

ผศ. ดร.พัชรียา บุญกอแก้ว	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.ประภาพร ตั้งกิจโชติ	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ. ดร.สมศักดิ์ อภิสิทธิ์วานิช	ภาควิชาพันธุ์ศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ. ดร.กระบวน วัฒนปรีชานนท์	ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาจารย์ ดร.ชิต อินปรา	ภาควิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผศ.ดร. สุมนา นีระ	ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผศ. ดร.สิริวดี ชมเดช	ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ. นสพ. กรกฎ งานวงศ์พาณิชย์	คณะสัตวแพทย์ศาสตร์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รศ. ดร.มนต์ชัย ดวงจินดา	ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รศ. ดร.สุภาพร อิสริโยดม	ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ศ.เฉลิมพล แซมเพชร	ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รศ.ดร.วีระเทพ พงษ์ประเสริฐ	ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร.อนันต์ หิรัญสาลี	ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รศ.ดร.พรชัย เหลืองอาภาพงศ์	ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รศ.ดร.ดำเนิน กาละดี	ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รศ.ประวิตร พุทธานนท์	ภาควิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ดร.สุรีวัลย์ เมฆกมล	ภาควิชาอารักขาพืช คณะผลิตกรรมการเกษตร	มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ดัชนีบทความในวารสารเกษตร ฉบับที่ 1 และ 2 ปีที่ 26 (2553)

ฉบับที่ 1 กุมภาพันธ์ 2553 หน้า

ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพดอกของว่านสี่ทิศพันธุ์ซูซาน 1

ผลของการให้ไฟคั่นช่วงกลางคืนร่วมกับการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการเจริญและปริมาณกรดแอบไซสิคในการผลิตปทุมมานอกฤดู 7

ผลของสารโคลชิซินต่ออัตราการรอดชีวิตลักษณะทางสรีรวิทยาและสัณฐานวิทยาของหน้าวัวพันธุ์ Micky Mouse 15

ผลของโคลชิซินต่อการเติบโตของโปรโตคอร์มเอื้องดินใบหมาก 27

ผลของฤดูกาลต่อความหลากหลายของราเอนโดไฟท์ในรากกล้วยไม้สกุลว่านจูงนาง 35

ผลของความยาววันและกรดจิบเบอเรลลิกต่อปริมาณธาตุอาหารและการออกดอกนอกฤดูของกล้วยไม้ช้างกระ 43

การปรับปรุงพันธุ์พริกลูกผสมโดยใช้ลักษณะเกสรเพศผู้เป็นหมัน 51

การตอบสนองต่อแคลเซียมและโบรอนในถั่วเหลืองฝักสด 59

ผลของสารเคลือบผิวต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง 69

ความดีเด่นของผลผลิตและลักษณะอื่นที่เกี่ยวข้องในข้าวลูกผสมชั่วที่ 1 ระหว่างข้าวพันธุ์ดีของไทยกับข้าวสายพันธุ์เกสรเพศผู้เป็นหมันแบบไวต่ออุณหภูมิ 79

ผลของการเคลือบเมล็ดด้วยน้ำมันหอมระเหยต่อเชื้อราที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 85

ภูมิปัญญาท้องถิ่น แหล่งทรัพย์สินทางปัญญา: อีกความหวังของการพัฒนาประเทศ 93

ฉบับที่ 2 มิถุนายน 2553

ผลของคลื่นความถี่วิทยุต่อคุณภาพการสีของข้าว 101

การชักนำโซมาติคเอ็มบริโอในหญ้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 107

Yield and Rotenone Content in Derris Root as Affected by Plant Age and Growing Conditions 119

อิทธิพลของการเพิ่มแสงไฟคั่นช่วงกลางคืนต่ออัตราการสังเคราะห์แสงของปทุมมา 127

การรวบรวมและจำแนกสายพันธุ์เห็ดหอมที่เพาะเป็นการค้าด้วยเครื่องหมายโมเลกุลอาร์เอพีดี 137

ผลของระดับแคลเซียมและแมกนีเซียมต่อการเจริญเติบโตของคะน้าจีนที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ 147

ผลของระดับแคลเซียมและแมกนีเซียมต่อการเจริญเติบโตของแวนดาสันทรายบลู 157

ความผันแปรทางพันธุกรรมของยีน *MC5R* ต่ออัตราการเจริญเติบโตในไก่พื้นเมือง (ประดู่หางดำ) 163

ผลผลิตไข่และต้นทุนการผลิตลูกของไก่พื้นเมืองประดู่หางดำเชียงใหม่ 1 ที่เลี้ยงในกรงตับ 173

สภาวะทางโภชนาการและค่าโลหิตวิทยาในฤดูต่าง ๆ ของม้าแกลบในจังหวัดลำปาง 179

ใบบอกรับเป็นสมาชิกวารสารเกษตร
ของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

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

มีความประสงค์บอกรับเป็นสมาชิกวารสารเกษตรเป็นเวลา (เช็คการเป็นสมาชิกตามระยะเวลาที่ต้องการ)

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

พร้อมนี้ข้าพเจ้าได้จัดส่ง ◯ ธนาณัติ ◯ ตั๋วแลกเงิน ◯ เงินสด มูลค่า……บาท
สั่งจ่ายในนาม : คุณวิไลพร ธรรมตา
ที่ทำการไปรษณีย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
เชียงใหม่ 50200

หมายเหตุ :

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

นโยบายวารสารเกษตร: ออกตรงเวลา-พัฒนาระดับ impact factor- ผู้เขียนบทความที่ส่งลงตีพิมพ์ต้องสมัครเป็นสมาชิก

คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ (ต่อ)

รูปแบบในการใช้ภาษาอังกฤษในเนื้อเรื่องภาษาไทย

- ชื่อวิทยาศาสตร์ คำขึ้นต้นให้ใช้อักษรตัวใหญ่ และใช้อักษรตัวแอน

  Meloidogyne incognita

- ชื่อเฉพาะ ให้ขึ้นต้นด้วยอักษรตัวใหญ่ทุกคำ

  Berdmann, Marschner

- ภาษาอังกฤษทั้งในวงเล็บและนอกวงเล็บ ให้ใช้ตัวเล็ก

  completely randomized design , (transition period)

- ตัวย่อ ให้ใช้อักษรตัวใหญ่ทั้งหมด และควรมีคำเต็มบอกไว้ในการใช้ครั้งแรก

  (randomized complete block design, RCBD)

- หัวข้อเรื่อง ให้ขึ้นด้วยอักษรตัวใหญ่

  Abstract, Introduction

- คำแรกที่ตามหลัง คำสำคัญ ให้ขึ้นต้นด้วยอักษรตัวใหญ่

  Keywords : Mango, chlorophyll

การส่งเรื่องเพื่อตีพิมพ์

ให้ส่งต้นฉบับ 1 ชุด พร้อมแผ่นบันทึกข้อมูล โดยส่งถึง บรรณาธิการวารสารเกษตร งานวิจัยและวิเทศสัมพันธ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

JOURNAL OF AGRICULTURE

A Technical Journal of Faculty of Agriculture, Chiang Mai University

Volume 26 No. 3 October 2010

Life Cycle of *Meloidogyne incognita* in Resistant and Susceptible Chili Varieties

Waraluk Supina Nuchanart Tangchitsomkid and Waraporn Prakob.....189

Identification of Some Thai Isolates of Root-Knot Nematodes *Meloidogyne* spp. by PCR Technique

Thanakorn Chanmalee and Waraporn Prakob.....195

Characterization of *Colletotrichum gloeosporioides* Resistant to Carbendazim

Pornprapa Kongtragoul and Sarunya Nalumpang.....203

Effciency of Wood Vinegar Extracts from Eucalyptus and Neem Trees for Controlling *Colletotrichum gloeosporioides*

Vilasinee Sangnak and Sarunya Nalumpang.....213

Biology and Predation Capacity of Big Eyed Bug *Geocoris ochropterus* Fieber

Oraphan Kernasa Kittiya Suksen Athitiya Kaewpadit and Wiwat Suasa-ard.....223

Heritability and Correlations of Agronomic Characters in Tenera Oil Palm Hybrid

Wasapong Eksomtramage and Theera Eksomtramage.....231

Effects of Waterlogging During Reproductive Stage on Growth and Yield of Soybean

Supachai Wanmanee and Chuckree Senthong.....241

Effects of Water Deficit During Reproductive Stage on Growth and Yield of Soybean

Atitaya Yodjai and Chuckree Senthong.....251

Effect of Nutrient Deficiency on Growth of Cymbidium 'Super Freak'

Chaiwichit Pechsila and Soraya Ruamrungsri.....261

Review Article:

Green Revolution, Insect Pest and Biological Control

Charnnarong Douangsa-ard.....269

ISSN 0857-0841