วารสารเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURE

วารสารวิชาการของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ปีที่ 27 ฉบับที่ 3 ตุลาคม 2554

ศักยภาพของหนอนนกยักษ์ *Zophobas morio Fabricius* ในการเป็นอาหารของมวนพิฆาต *Eocanthecona furcellata* (Wolff)

กรสิริ ศรีนิล ไสว บูรณพานิชพันธุ์ เยาวลักษณ์ จันทร์บาง จิราพร กุลสาริน และ วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ.....209

ชีวมิติของรังผึ้งโพรงธรรมชาติจากการสังเกตในภาคเหนือของประเทศไทย

วีรยา สมณะ เยาวลักษณ์ จันทร์บาง จิราพร กุลสาริน และ Michael Burgett.....219

การตรวจสอบการแสดงออกของยีนที่ต่างกันในใบประดับของบัวชั้นโดยเทคนิคดีดีอาร์ที-พีซีอาร์

ทิพย์วรรณ ใจภา โสระยา ร่วมรังสี และวีณัน บัณฑิตย์.....229

การตรวจสอบการแสดงออกของยีนที่ต่างกันในกลีบเลี้ยงและกลีบดอกเอื้องดินใบหมากบางชนิด โดยเทคนิคดีดีอาร์ที-พีซีอาร์

จตุพร อนุชัย ณัฐา โพธาภรณ์ และวีณัน บัณฑิตย์.....239

สังคมพืช ลักษณะดินและการสะสมธาตุอาหารในดินป่าดิบเขาต่ำที่เหลือเป็นหย่อม อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่

อำไพ พรลีแสงสุวรรณ์ สุนทร คำยอง นิวัติ อนงค์รักษ์ และ เกรียงศักดิ์ ศรีเงินยวง.....247

การใช้ถ่านปรับปรุงดินเพื่อปลูกข้าวโพดข้าวเหนียวหวาน

เสาวคนธ์ เหมวงษ์ และ ศศิธร เชื้อกุณะ.....259

การพัฒนาออนโทโลยี เพื่อการจัดการความรู้ด้านการแปรรูปข้าว

โรสริน อัคนิจ ธนิต พุทธพงศ์ศิริพร น้ำฝน ลำดับวงศ์ และอารีย์ ธัญกิจจานุกิจ.....267

การจัดการฝายต้นน้ำของเกษตรกรหมู่บ้านขุนช่างเคี่ยนในอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ – ปุย จังหวัดเชียงใหม่

วรวิทย์ พิลัยหลา และวรทัศน์ อินทรัคคัมพร.....275

ค่าทางชีวเคมีของเลือดแพะที่เลี้ยงในภาคใต้ของประเทศไทย

สุธี รัตนะ อรษา อรุณสกุล และ ปิยนันท์ สังขไพฑูรย์.....283

บทความวิชาการ :

นวัตกรรมการส่งเสริมเพื่อการขยายผลเกษตรยั่งยืน

บุศรา ลิ้มนิรันดร์กุล.....293

ดีในทริไฟองแบคทีเรียและบทบาทในการแก้ปัญหามลภาวะในสภาพแวดล้อม

ชมพูนุช วิรุณานนท์ จิราพร พวงแก้ว และวรวุฒิ จุฬาลักษณานุกูล.....305

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)** ควรสรุปผลที่ได้รับจากการศึกษาวิจัย ว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่ 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. กองกีฏและ สัตววิทยา 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	เพื่อเผยแพร่วิทยาการด้านการเกษตร และสาขาที่เกี่ยวข้อง	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

สำนักงานและการติดต่อ	กองบรรณาธิการวารสารเกษตร งานบริหารงานวิจัย บริการวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200 โทร. 0 5394 4089-92 ต่อ 14 โทรสาร 0 5394 4666 E-mail: agjournal@chiangmai.ac.th	Office and Inquiries	Editorial Board, Journal of Agriculture, Division of Research, Academic Services, and International Relations, 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

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

บทบรรณาธิการ

สวัสดีครับท่านผู้อ่านทุกท่าน

บทความในรอบ 4 ปีที่ผ่านมาของวารสารเกษตร ส่วนใหญ่เป็นการตีพิมพ์บทความวิจัยต้นฉบับกว่า 99% ทั้งๆที่วารสารมีนโยบายรับตีพิมพ์บทความ 3 ประเภทคือ บทความวิชาการ บทความวิจัย และบทความปริทัศน์ สาเหตุสำคัญอาจมาจากการที่วารสารมีคำแนะนำสำหรับการตีพิมพ์บทความวิจัย แต่ขาดคำแนะนำการตีพิมพ์บทความความวิชาการ และการตีพิมพ์บทความปริทัศน์ ซึ่งบทความทั้งสองประเภทหลัง ก็มีความสำคัญต่อความก้าวหน้าทางวิชาการไม่น้อย โดยเฉพาะบทความปริทัศน์ซึ่งเป็นเครื่องมือสำคัญที่จะรวบรวมงานวิจัยที่เป็น slate of the art ของเรื่องที่ผู้เขียนสนใจมาเขียน เพื่อเสนอข้อมูล วิเคราะห์ และเปรียบเทียบ ให้เห็นสิ่งที่นักวิจัยในสาขานั้นๆ ได้ทำมาแล้ว เพื่อประมวลเป็นข้อคิดเห็นของตนเอง และชี้ให้เห็นทิศทางที่จะวิจัยต่อไป ซึ่งเท่ากับกระตุ้นให้งานวิจัยก้าวไปข้างหน้า กล่าวไปแล้วการเขียนบทความปริทัศน์ เปรียบเสมือนการทำวิจัย ที่ผู้เขียนเก็บข้อมูลโดยการอ่านจากบทความของนักวิจัยอื่น ๆ จำนวนมาก (รวบรวม data) เพื่อนำมาวิเคราะห์ (analyze) วิจารณ์ (discuss) และสรุป (conclude) เป็นความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของตนเอง บทความปริทัศน์จึงมีหน้าที่สำคัญในการรวบรวมงานวิจัยลำสุดมานำเสนอให้เห็นสถานะที่เป็นอยู่ในปัจจุบันของงานวิจัยเรื่องนั้นๆอีกโสดหนึ่งด้วย

อย่างไรก็ตม บทความปริทัศน์ไม่ใช่การเอาผลงานวิจัยที่ค้นหามา นำมากล่าวถึงลอย ๆ แต่ผู้เขียนบทความปริทัศน์จะต้องมีประเด็นที่ตนเองต้องการนำเสนอ แล้วใช้ข้อมูลจากบทความที่ไปค้นหามา มาวิเคราะห์วิจารณ์ เพื่อสนับสนุนแนวคิดหรือข้อสรุปของตนเอง หรือหากยังหาข้อยุติไม่ได้ ก็ควรให้แนวคิดในการวิจัยต่อ ว่าควรไปในแนวทางใด จึงจะสามารถนำไปสู่ข้อสรุปของประเด็นที่ยังเป็นที่ถกเถียงกันอยู่ได้ การเขียนบทความปริทัศน์จึงมีคุณูปการต่อความก้าวหน้าทางวิชาการอย่างยิ่ง ดังได้กล่าวมานี้

ในวารสารฉบับสุดท้ายของปีที่ 27 นี้ เราได้นำเอาคำแนะนำในการเขียนบทความทางวิชาการและคำแนะนำในการเขียนบทความปริทัศน์มาลงไว้เป็นครั้งแรก เพื่อสร้างมาตรฐานในแนวทางการเขียน และเพื่อสนับสนุนให้มีการเขียนบทความประเภทนี้มากยิ่งขึ้นในอนาคต โดยหวังว่าจะได้รับความสนใจจากนักวิชาการและนักวิจัยทุกท่าน

รศ.ศุภศักดิ์ ลิมปิติ

บรรณาธิการวารสารเกษตร

ศักยภาพของหนอนนกยักษ์ *Zophobas morio* Fabricius ในการเป็นอาหารของมวนพิฆาต *Eocanthecona furcellata* (Wolff)

Potential of Superworm, *Zophobas morio* Fabricius, as Food for Predatory Bug, *Eocanthecona furcellata* (Wolff)

กรสิริ ศรีนิล[1/] ไสว บูรณพานิชพันธุ์[1/] เยาวลักษณ์ จันทร์บาง[1/] จิราพร กุลสาริน[1/]
และ วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ[2/]
Kornsiri Srinil[1/], Sawai Buranapanichpan[1/], Yaowaluk Chanbang[1/],
Jiraporn Kulsarin[1/] and Weerathep Pongprasert[2/]

Abstract: The study on growth and development of the predatory bug, *Eocanthecona furcellata* (Wolff), rearing on the pupa of superworm (*Zophobas morio* Fabricius) and mealworm (*Tenebrio molitor* Linnaeus) revealed that the survival rates of the predatory bug from 1st-5th instar feeding on the pupa of superworm were 82, 53, 46, 45 and 43 %, respectively, and the average development periods was 15.42 ± 1.83 days, whereas, the survival rate of those feeding on the pupa of mealworm were 82, 37, 35, 33 and 33 %, respectively, and the average development periods was 14.61 ± 1.50 days. The analysis of biological life table of the predatory bug revealed that the net reproductive rate of increase (R_o) was 177.23, the capacity for increase (r_c) was 0.11, the cohort generation time (T_c) was 48.87 days and the finite rate of increase (λ) was 1.11, when feeding on the pupa of superworm, meanwhile, the net reproductive rate of increase (R_o) was 171.24, the capacity for increase (r_c) was 0.11, the cohort generation time (T_c) was 46.42 days and the finite rate of increase (λ) was 1.12 when feeding on the pupa of mealworm. The result indicated that superworm could be used as food in rearing *E. furcellata* for efficient biological control.

Keywords: *Eocanthecona furcellata*, *Zophobas morio*, *Tenebrio molitor*, biological life table

---

[1/] ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ. เมือง จ. เชียงใหม่ 50200

[2/] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร อ. เมือง จ. พิษณุโลก 65000

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

[2/] Department of Agricultural Science, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University Phitsanulok 65000, Thailand

บทคัดย่อ: การศึกษาการเจริญเติบโตของมวนพิฆาต *Eocanthecona furcellata* (Wolff) เมื่อเลี้ยงด้วยดักแด้หนอนนกยักษ์ *Zophobas morio* Fabricius เปรียบเทียบกับดักแด้หนอนนก *Tenebrio molitor* Linnaeus พบว่า ตัวอ่อนวัยที่ 1 ถึง 5 ของมวนพิฆาต *E. furcellata* เมื่อเลี้ยงด้วยดักแด้หนอนนกยักษ์ มีการรอดชีวิต เท่ากับ 82, 53, 46, 45 และ 43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนมวนพิฆาต *E. furcellata* ที่เลี้ยงด้วยดักแด้หนอนนกนั้น พบว่า ตัวอ่อนวัยที่ 1 ถึง 5 รอดชีวิต เท่ากับ 82, 37, 35, 33 และ 33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ระยะเวลาเจริญเติบโตรวมตั้งแต่วัยที่ 1 จนถึง 5 เมื่อเลี้ยงด้วยดักแด้หนอนนกยักษ์และดักแด้หนอนนกใช้ระยะเวลาเฉลี่ย 15.42 ± 1.83 และ 14.61 ± 1.50 วันตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ตารางชีวิตของมวนพิฆาต *E. furcellata* เมื่อเลี้ยงด้วยดักแด้หนอนนกยักษ์ อัตราการขยายพันธุ์สุทธิ (R_o) เท่ากับ 177.23 อัตราการเพิ่มโดยกรรมพันธุ์ (r_c) มีค่าเท่ากับ 0.11 ชั่วอายุขัยของกลุ่ม (T_c) เท่ากับ 48.87 วัน อัตราการเพิ่มที่แท้จริง (λ) มีค่าเท่ากับ 1.11 ส่วนมวนพิฆาต *E. furcellata* ที่เลี้ยงด้วยดักแด้หนอนนกนั้น มีอัตราการขยายพันธุ์สุทธิ (R_o) เท่ากับ 171.24 อัตราการเพิ่มโดยกรรมพันธุ์ (r_c) เท่ากับ 0.11 ชั่วอายุขัยของกลุ่ม (T_c) เท่ากับ 46.42 วัน และมีอัตราการเพิ่มที่แท้จริง (λ) มีค่าเท่ากับ 1.12 ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า หนอนนกยักษ์สามารถนำมาใช้เพาะเลี้ยงมวนพิฆาตเพื่อการควบคุมโดยชีววิธีได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: มวนพิฆาต หนอนนกยักษ์ หนอนนก ตารางชีวิต

คำนำ

ในการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณแมลงตัวห้ำเพื่อใช้ควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีนั้น จำเป็นต้องทำการเพาะเลี้ยงแมลงที่เป็นอาหารของตัวห้ำร่วมด้วยและต้องมีปริมาณที่สอดคล้องกับปริมาณของแมลงตัวห้ำที่ต้องการเพิ่มจำนวน (James, 1994; Castañé *et al.*, 2004) ทำให้การเพาะเลี้ยงแมลงตัวห้ำมักประสบปัญหาการขาดแคลนแมลงที่เป็นอาหารอยู่เสมอ ๆ และทำให้การเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณแมลงตัวห้ำนั้น ๆ ไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร ดังเช่นกรณีของมวนพิฆาต *Eocanthecona furcellata* (Wolff) แม้ว่ามวนชนิดนี้จัดเป็นมวนตัวห้ำที่มีประสิทธิภาพสูงในการการห้ำแมลงศัตรูพืชหลายชนิด เป็นที่นิยมนำมาใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชหลายชนิดโดยชีววิธีอย่างกว้างขวาง ในการเพาะเลี้ยงโดยทั่วไปนั้นนิยมใช้หนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura* (F.)) หนอนกระทู้หอม (*Spodoptera exigua* (Hubner)) เป็นแมลงอาหารหลัก แต่มักประสบปัญหาความชื้นสูง แมลงตัวห้าอ่อนแอ และเป็นโรคได้ง่าย จึงได้มีการปรับปรุงใช้หนอนนก (*Tenebrio molitor* Linnaeus) เป็นแหล่งแมลงอาหารแทน ซึ่งสามารถแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ข้างต้นได้ในระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่พบเมื่อทำการเพาะเลี้ยงมวนดังกล่าวด้วยหนอนนกคือ หนอนนกมีขนาดเล็กจำเป็นต้องใช้หนอนจำนวนมากในการเพาะเลี้ยง บ่อยครั้งไม่สามารถให้อาหารได้เพียงพอ เนื่องจากหนอนนกขาดแคลน และมีราคาแพงมากไม่คุ้มค่าการลงทุน ทำให้การเพาะเลี้ยงเพิ่มจำนวนมวนตัวห้ำไม่สามารถเป็นไปตามแผนการที่กำหนดไว้ และสอดคล้องกับปริมาณการใช้ประโยชน์ได้ จากการพบหนอนนกยักษ์ (superworm) ที่มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zophobas morio* Fabricius [= *Zophobas atratus* (Fabricius)] (Tschinkel, 1984) มีถิ่นกำเนิดแถบอเมริกากลาง และอเมริกาใต้ ดำรงชีวิตอยู่ตามพื้นดินใต้ใบไม้ ขอนไม้ อาศัยกินซากพืชซากสัตว์เป็นอาหาร (Castellanos, 2008) มีขนาดใหญ่และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยหนอนหนึ่งตัว มีความชื้น 53.37 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 1.20 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 17.41 เปอร์เซ็นต์ และไขมัน 17.89 เปอร์เซ็นต์ (USDA, 2008) สามารถเพาะเลี้ยงได้ง่าย สะดวกต่อการจัดการ จึงทำให้มนุษย์นำมาเพาะเลี้ยงและใช้เป็นอาหารสัตว์เลี้ยงที่กินสัตว์อื่นเป็นอาหาร ได้แก่ สัตว์เลื้อยคลาน สัตว์ฟันแทะ นกสวยงามในประเทศแถบยุโรป และเอเชียบางประเทศ เช่น ญี่ปุ่น อย่างแพร่หลาย จากข้อมูลดังกล่าว ทำให้มีความเป็นไปได้ในการนำหนอนนกยักษ์มาใช้เพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณมวนตัวห้ำทดแทนหนอนนกได้ อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันยังไม่ปรากฏข้อมูลการใช้หนอนนกยักษ์เพาะเลี้ยงมวนตัวห้ำดังกล่าวเลย คณะผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการศึกษา

ถึงศักยภาพในการใช้หนอนนกยักษ์เพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณของมวนพิฆาต เปรียบเทียบกับการใช้หนอนนกเป็นแหล่งอาหาร โดยพิจารณาการเจริญเติบโต และการพัฒนาการของมวนพิฆาตในวัยต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการขึ้น เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณของมวนพิฆาตด้วยหนอนนกยักษ์ สำหรับใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีได้อย่างเหมาะสมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการขยายปริมาณของมวนพิฆาต *E. furcellata* โดยนำไข่ของมวนพิฆาต จำนวน 100 ฟอง เลี้ยงในกล่องพลาสติกเลี้ยงแมลงขนาด 11 x 11 x 7 เซนติเมตร นำสำลีชุบน้ำกลั่นวางไว้เพื่อให้ความชุ่มชื้น ตรวจดูไข่ทุกวัน เมื่อไข่ฟักออกเป็นตัวอ่อนวัยที่ 1 ปล่อยให้ตัวอ่อนอยู่รวมกันจนลอกคราบเข้าสู่วัยที่ 2 จึงทำการแยกเลี้ยงในกล่องพลาสติกทรงกระบอก เส้นผ่าศูนย์กลาง 6.5 เซนติเมตร สูง 4.5 เซนติเมตร กล่องละ 1 ตัว วางสำลีชุบน้ำกลั่นไว้ภายใน จากนั้นให้ดักแด้ของหนอนนกยักษ์ เป็นอาหารสำหรับตัวอ่อนของมวนในแต่ละกล่อง ทำการบันทึกระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของมวนพิฆาตเพื่อศึกษาวงจรชีวิต สำหรับการศึกษาเพื่อให้ได้ค่าต่าง ๆ ของคุณลักษณะทางชีววิทยาของมวนพิฆาต ซึ่งได้แก่ อัตราการขยายพันธุ์สุทธิ (net reproductive rate of increase, R_o) อัตราการเพิ่มโดยกรรมพันธุ์ (capacity for increase, r_c) อัตราการเพิ่มที่แท้จริง (finite rate of increase, λ) และชั่วอายุขัยของกลุ่ม (cohort generation time, T_c) ทำการตรวจนับและบันทึกจำนวนตัวอ่อนของมวนพิฆาตที่อยู่รอดทุกวัน จนกระทั่งตัวอ่อนพัฒนาเป็นตัวเต็มวัย จึงย้ายไปเพาะเลี้ยงในกล่องพลาสติกขนาด 11 x 11 x 7 เซนติเมตร กล่องละ 5 คู่ เพื่อให้ตัวเต็มวัยจับคู่ผสมพันธุ์และวางไข่ บันทึกจำนวนตัวเต็มวัยที่มีชีวิตอยู่และจำนวนไข่ที่วางทุกวันจนกระทั่งตัวเต็มวัยตายหมด นำข้อมูลที่บันทึกได้สร้างเป็นตารางชีวิตแบบ biological life table ตามวิธีการของ Napompeth (1973) และทำการทดลองเช่นเดียวกันนี้ แต่ใช้ดักแด้หนอนนก ในการเลี้ยงมวนพิฆาตแทนหนอนนกยักษ์แทน เปรียบเทียบการเจริญเติบโตและการพัฒนาการของมวนพิฆาตที่เพาะเลี้ยงด้วยหนอนนกทั้งสองชนิด

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การศึกษาการเจริญเติบโตและการขยายปริมาณของมวนพิฆาต *E. furcellata* เมื่อเลี้ยงด้วยดักแด้หนอนนกยักษ์เปรียบเทียบกับดักแด้หนอนนก พบว่ามวนพิฆาต *E. furcellata* เมื่อเลี้ยงด้วยดักแด้หนอนนกยักษ์ มีจำนวนมวนพิฆาต *E. furcellata* ตัวอ่อนวัยที่ 1 ถึง 5 มีชีวิตรอด เท่ากับ 82, 53, 46, 45 และ 43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งสามารถเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัย 43 ตัว ระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญเติบโตตั้งแต่วัยที่ 1 ถึง 5 ใช้ระยะเวลาคือ 2.14 $\pm$ 0.47, 3.74 $\pm$ 1.07, 2.91 $\pm$ 0.89, 2.6 $\pm$ 0.81 และ 4.25 $\pm$ 0.81 วัน ตามลำดับ และพบว่ามวนพิฆาต *E. furcellata* เมื่อเลี้ยงด้วยดักแด้หนอนนก ตัวอ่อนวัยที่ 1 ถึง 5 มีการรอดชีวิต เท่ากับ 82, 37, 35, 33 และ 33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยสามารถเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยได้ 33 ตัว ตั้งแต่วัยที่ 1 ถึง 5 ใช้ระยะเวลาคือ 2.00 $\pm$ 0.43, 3.88 $\pm$ 0.99, 2.52 $\pm$ 0.71, 2.39 $\pm$ 0.56, 3.94 $\pm$ 0.56 วัน ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 1)

จากผลการเลี้ยงมวนพิฆาตด้วยดักแด้หนอนนก พบว่า ระยะตัวอ่อนในวัยต่าง ๆ มีความแตกต่างจากการศึกษาของภูริพงศ์ (2546) ในทุกระยะการเจริญเติบโต ซึ่งทำการเพาะเลี้ยงมวนพิฆาติด้วยตัวหนอนของด้วงหนอนนก ใช้เวลาในระยะตัวอ่อนวัยที่ 1-5 เท่ากับ 3.00 $\pm$ 0.00, 3.45 $\pm$ 0.51, 4.40 $\pm$ 0.60, 3.95 $\pm$ 0.60 และ 2.45 $\pm$ 0.82 วัน ตามลำดับ นอกจากนี้ ระยะเวลาในการพัฒนาจากวัยที่ 1 ถึงวัยที่ 5 จากการศึกษาที่เพาะเลี้ยงด้วยดักแด้หนอนนกครั้งนี้ เท่ากับ 14.61 วัน มีความแตกต่างจากผลการศึกษาของ ภูริพงศ์ (2546) ที่ใช้ระยะเวลา 17.25 วัน และ วิวัฒน์ และคณะ (2546) ใช้เวลา 17.46 วัน ซึ่งสั้นกว่า 2.64 และ 2.95 วัน ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นผลจาก สองกรณีคือ คุณค่าและความสมบูรณ์ของอาหารของแมลงในระยะตัวหนอนมีน้อยกว่าแมลงในระยะดักแด้ ในระยะดักแด้เป็นระยะที่แมลงเก็บสะสมอาหารไว้ได้เต็มที่แล้วเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเป็นตัวเต็มวัย และเป็นระยะที่ไม่มีการกินอาหารเพิ่มเติมแล้ว ในขณะที่

Table 1 Duration of various developmental stages of *Eocanthecona furcellata* (Wolff) rearing with the pupa of *Zophobas morio* Fabricius and *Tenebrio molitor* Linnaeus under laboratory condition (26.21 ± 3.39 °C, 66.72 ± 12.41 %RH).

Stage of development	Pupa of *Z. morio*		Pupa of *T. molitor*	
	Duration (day) (mean ± SD)[1/]	Range (days)	Duration (day) (mean ± SD)[1/]	Range (days)
Egg	6.27[a] ± 0.70	5 - 8	6.27[a] ± 0.70	5 - 8
Larva: Instar 1	2.14[a] ± 0.47	1 - 3	2.00[a] ± 0.43	1 - 3
Instar 2	3.74[a] ± 1.07	2 - 7	3.88[a] ± 0.99	3 - 7
Instar 3	2.91[a] ± 0.89	2- 6	2.52[a] ± 0.71	1 - 4
Instar 4	2.67[a] ± 0.81	1 - 5	2.39[a] ± 0.56	2 - 4
Instar 5	4.25[a] ± 0.81	2 - 6	3.94[a] ± 0.56	3 - 5
Total: Instar 1 - 5	15.42[a] ± 1.83	13 - 20	14.61[b] ± 1.50	12 - 18
Adult: Male	101.13[a] ± 32.18	54 - 140	80.67[a] ± 14.31	53 - 101
Female	66.40[a] ± 11.70	52 - 59	66.00[a] ± 10.54	50 - 81

[1/]Within row, means followed by a common letter do not differ by the least significant difference test with 95 % confident level

ระยะตัวหนอนนั้นแมลงยังต้องกินอาหารเพื่อหล่อเลี้ยงร่างกายและสะสมตลอดเวลา จึงทำให้คุณค่าทางโภชนาการของหนอนมีความแตกต่างไปตามระยะเวลาการเจริญเติบโต นอกจากนี้การต่อต้านของเหยื่อต่อการเข้าห้ำของมวนตัวพิฆาตของดักแด้มีน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับระยะหนอน ทำให้มวนพิฆาตสามารถได้รับอาหารจากดักแด้ได้สมบูรณ์เต็มที่มากกว่าระยะหนอน

นอกจากนี้ เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของมวนที่เลี้ยงด้วยหนอนนกยักษ์สูงกว่ามวนที่เลี้ยงด้วยหนอนนกธรรมดาถึง 1.3 เท่าในวัยที่ 5 มีระยะเวลาเจริญเติบโตรวมของมวนพิฆาตตั้งแต่วัยที่ 1 จนถึง 5 แตกต่างกัน 0.91 วัน ($P<0.05$) และมีผลทำให้เพศผู้มีอายุยืนยาวกว่ามากถึง 1.25 เท่า แม้ว่าในระยะตัวเต็มวัยมวนพิฆาต *E. furcellata* ที่เพาะเลี้ยงด้วยดักแด้ของแมลงทั้งสองชนิดนั้น เพศผู้มีอายุยืนยาวกว่าเพศเมียทั้งสองกรณี อย่างไรก็ตาม ผลการเพาะเลี้ยงด้วยหนอนนกในครั้งนี้มีระยะตัวเต็มวัยของมวนยืนยาวกว่าผลการศึกษาของ วิวัฒน์ และคณะ (2546) ซึ่งมีช่วงอายุมวนพิฆาตตัวเต็มวัยตัวเมียมีอายุโดยเฉลี่ยประมาณ 24.37 ± 9.16 วัน และสำหรับตัวผู้มีอายุสั้นกว่าตัวเมียคือประมาณ 19.66 ± 8.41 วัน คิดเป็น 3.3 และ3.35 เท่า ในกรณีของเพศผู้และเพศเมียตามลำดับ

การศึกษาคุณลักษณะทางชีววิทยาของมวนพิฆาต *E. furcellata*

ผลการวิเคราะห์ค่าคุณลักษณะทางชีววิทยาจากตารางชีวิตแบบ biological life table ของมวนพิฆาต *E. furcellata* พบว่า มวนพิฆาตที่ใช้ดักแด้หนอนนกยักษ์เป็นอาหารมีค่าอัตราการขยายพันธุ์สุทธิ (R_0) เท่ากับ 177.23 เท่าต่อชั่วอายุขัย (ตารางที่ 2) แสดงให้เห็นว่ามวนพิฆาตสามารถขยายพันธุ์เพิ่มปริมาณได้ 177.23 เท่าต่อชั่วอายุขัย ส่วนมวนพิฆาตที่ใช้ดักแด้หนอนนกเป็นอาหาร มีค่าอัตราการขยายพันธุ์สุทธิ (R_0) เท่ากับ 171.24 เท่าต่อชั่วอายุขัย (ตารางที่ 3) แสดงให้เห็นว่า มวนพิฆาตสามารถขยายพันธุ์เพิ่มปริมาณได้ 171.24 เท่าต่อชั่วอายุขัย

Table 2 Biological life table of *Eocanthecona furcellata* (Wolff) rearing with the pupa of *Zophobas morio* Fabricius under laboratory condition (26.21 ± 3.39 °C, 66.72 ± 12.41 %RH).

Pivotal age in days (x)	Proportion at birth of female being alive at age x (l_x)	Age-specific fecundity (♀eggs/♀/x) (m_x)	Egg curve ($l_x m_x$)
0	1.00	-	-
3	1.00	-	-
6	0.82	-	-
9	0.82	-	-
12	0.72	-	-
15	0.60	-	-
18	0.54	-	-
21	0.45	-	-
24	0.42	0.50	0.21
27	0.42	13.41	5.63
30	0.42	31.45	13.21
33	0.42	34.64	14.55
36	0.42	30.86	12.96
39	0.42	29.74	12.49
42	0.41	31.39	12.87
45	0.41	22.54	9.24
48	0.39	34.33	13.39
51	0.38	47.97	18.23
54	0.36	30.97	11.15
57	0.34	25.41	8.64
60	0.31	31.07	9.63
63	0.27	24.56	6.63
66	0.26	27.65	7.19
69	0.24	25.46	6.11
72	0.22	17.73	4.10
75	0.19	15.74	3.19
78	0.16	24.31	3.89
81	0.13	24.85	3.23
84	0.09	3.44	0.31
87	0.05	5.20	0.26
90	0.05	2.40	0.12
93	0.05	-	-
			R_o= 177.23

Table 3 Biological life table of *Eocanthecona furcellata* (Wolff) rearing with the pupa of *Tenebrio molitor* Linnaeus under laboratory condition (26.21 ± 3.39 °C, 66.72 ± 12.41 % RH).

Pivotal age in days (x)	Proportion at birth of female being alive at age x (l_x)	Age-specific fecundity (♀eggs/♀/x) (m_x)	Egg curve ($l_x m_x$)
0	1.00	-	-
3	1.00	-	-
6	0.82	-	-
9	0.82	-	-
12	0.63	-	-
15	0.39	-	-
18	0.35	-	-
21	0.35	-	-
24	0.34	0.21	0.07
27	0.34	16.65	5.66
30	0.31	43.32	13.43
33	0.31	54.84	17.00
36	0.29	45.97	13.33
39	0.28	50.07	14.02
42	0.27	46.59	12.58
45	0.27	52.74	14.24
48	0.27	47.44	12.81
51	0.27	47.15	12.73
54	0.27	36.11	9.75
57	0.27	40.48	10.93
60	0.27	38.74	10.46
63	0.27	36.33	9.81
66	0.27	23.67	6.39
69	0.26	30.89	8.03
72	0.22	-	-
			R_o= 171.24

อัตราการเพิ่มโดยกรรมพันธุ์ (r_c) มวนพิฆาต *E. furcellata* ที่ใช้ดักแด้หนอนนกยักษ์เป็นอาหาร มีค่าเท่ากับ 0.11 อัตราการเพิ่มที่แท้จริง (λ) มีค่าเท่ากับ 1.11 หมายความว่าเพศเมีย 1 ตัว สามารถเพิ่มปริมาณได้ 1.11 เท่า ในระยะเวลาทุก 3 วัน มีชั่วอายุขัยของกลุ่ม (T_c) เท่ากับ 48.87 วัน (ตารางที่ 4) โดยตัวเต็มวัยของมวนพิฆาต

E. furcellata ที่ใช้ดักแด้หนอนนกยักษ์ เป็นอาหาร เริ่มวางไข่ในวันที่ 3 หลังจากเป็นตัวเต็มวัย โดยมีช่วงระยะเวลาการวางไข่ประมาณ 69 วัน

อัตราการเพิ่มโดยกรรมพันธุ์ (r_c) มวนพิฆาต *E. furcellata* ที่ใช้ดักแด้หนอนนกเป็นอาหาร มีค่าเท่ากับ 0.11 มีอัตราการเพิ่มที่แท้จริง (λ) มีค่าเท่ากับ 1.12 หมายความว่าเพศเมีย 1 ตัว สามารถเพิ่มปริมาณได้ 1.12 เท่า ในระยะเวลาทุก 3 วัน เท่ากับ 46.42 วัน (ตารางที่ 4) โดยตัวเต็มวัยของมวนพิฆาต *E. furcellata* ที่ใช้ดักแด้หนอนนกเป็นอาหาร เริ่มวางไข่ในวันที่ 3 หลังจากเป็นตัวเต็มวัย โดยมีช่วงระยะเวลาการวางไข่ประมาณ 48 วัน การขยายพันธุ์ในแต่ละช่วงอายุของมวนพิฆาต *E. furcellata* เมื่อใช้ดักแด้หนอนนกยักษ์ เป็นอาหาร พบว่ามีเริ่มการวางไข่ของตัวเต็มวัยเพศเมียมีอายุ 24 วัน วางไข่มากที่สุดในช่วงอายุ 51 วัน และวางไข่จนถึงอายุ 90 วัน ส่วนมวนพิฆาต *E.. furcellata* เมื่อใช้ดักแด้หนอนนกเป็นอาหาร ตัวเต็มวัยเพศเมียเริ่มการวางไข่เมื่ออายุ 24 วัน มีการวางไข่ปริมาณมากที่สุดในช่วงอายุ 33 วัน แต่วางไข่จนถึงอายุเพียง 69 วัน (ภาพที่ 1)

Table 4 Biological attributes of *Eocanthecona furcellata* (Wolff) rearing with the pupae of *Zophobas morio* Fabricius and *Tenebrio molitor* Linnaeus.

Biological attributes	Formula	*Z. morio*	*T. molitor*
Net reproductive rate of increase (R_o)	$\sum l_x m_x$	177.23	171.24
Capacity for increase (r_c)	$\frac{\log_e R_o}{T_c}$	0.11	0.11
Cohort generation time (T_c)	$\frac{\sum l_x m_x . X}{\sum l_x m_x}$	48.87	46.42
Finite rate of increase (λ)	Anti $\log_e r_o$	1.11	1.12

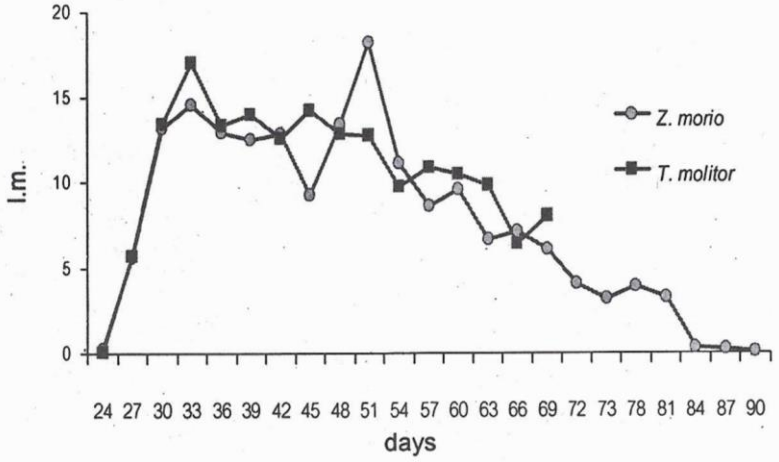


Figure 1 Egg curves of *Eocanthecona furcellata* (Wolff) rearing with the pupae of *Zophobas morio* Fabricius and *Tenebrio molitor* Linnaeus.

ดังนั้น ในการเจริญเติบโตของมวนพิฆาต *E. furcellata* เมื่อเลี้ยงด้วยดักแด้หนอนนกยักษ์ เปรียบเทียบกับดักแด้หนอนนก มีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้ดักแด้หนอนนกเพราะมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตสูงกว่า คือ สามารถเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยได้ถึง 43 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเมื่อเลี้ยงด้วยดักแด้หนอนนกสามารถเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยได้เพียง 33 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น อีกทั้งมวนพิฆาต *E. furcellata* เมื่อเลี้ยงด้วย ดักแด้หนอนนกยักษ์ สามารถขยายพันธุ์เพิ่มปริมาณได้ 177.23 เท่าต่อชั่วอายุขัยและชั่วอายุขัยของกลุ่มเท่ากับ 48.87 วัน ซึ่งมีค่ามากกว่าที่ใช้ดักแด้หนอนนกเป็นอาหาร คือ สามารถขยายพันธุ์เพิ่มปริมาณได้เพียง 171.24 เท่าต่อชั่วอายุขัย และชั่วอายุขัยของกลุ่มเท่ากับ 46.42 วัน

เมื่อเปรียบเทียบค่าอัตราการขยายพันธุ์สุทธิของมวนพิฆาต *E. furcellata* เมื่อเลี้ยงด้วยหนอนต่างชนิดกัน พบว่า อัตราการขยายพันธุ์สุทธิมีค่าแตกต่างกันออกไป เช่น เมื่อเลี้ยงด้วยหนอนผีเสื้อใบกะทกรกธรรมดา มวนพิฆาตมีค่าอัตราการขยายพันธุ์สุทธิเท่ากับ 43.06 (อินทวัฒน์ และบรรพต, 2521) ขณะที่เมื่อเลี้ยงด้วยหนอนไหมบ้านมีชีวิต หนอนไหมบ้านแช่แข็ง หนอนกระทู้ผักมีชีวิต และหนอนกระทู้ผักแช่แข็ง มวนพิฆาตมีค่าอัตราการขยายพันธุ์สุทธิเท่ากับ 102.16, 93.18, 43.71 และ 12.14 ตามลำดับ (ชาญณรงค์ และคณะ, 2541) นอกจากนี้ กรวรรณภรณ์ (2543) ได้ใช้หนอนเจาะสมอฝ้ายวัยที่ 3 มีชีวิต และหนอนไหมวัยที่ 3 แช่แข็งเลี้ยงมวนพิฆาต พบว่า อัตราการขยายพันธุ์สุทธิของมวนพิฆาตมีค่าเท่ากับ 22.06 และ 20.16 ตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น แสดงให้เห็นว่าหนอนต่างชนิดกันเมื่อนำมาใช้เลี้ยงมวนพิฆาต มีผลทำให้อัตราการขยายพันธุ์สุทธิแตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากคุณค่าทางอาหารของหนอนแต่ละชนิดแตกต่างกัน ตลอดจนการมีชีวิตที่ยืนยาวของตัวเต็มวัยเพศเมียของมวนพิฆาต ทำให้ช่วงเวลาของการวางไข่เพิ่มมากขึ้น ในการทดลองครั้งนี้ อัตราการขยายพันธุ์สุทธิของมวนพิฆาตเมื่อเลี้ยงด้วยหนอนนกยักษ์ มีค่าสูงมาก คือ 177.23 เป็นเพราะว่า หนอนนกยักษ์มีคุณค่าทางอาหารเหมาะสมที่จะใช้เลี้ยงขยายปริมาณมวนพิฆาต นอกจากนี้ช่วงเวลาของการวางไข่ของกลุ่มมวนพิฆาตในตารางที่ 2 ค่อนข้างยาวนาน ประมาณ 66 วัน ส่งผลให้จำนวนไข่ที่วางเพิ่มมากขึ้น และทำให้ค่าอัตราการขยายพันธุ์สุทธิสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลของ กรวรรณภรณ์ (2543) ที่รายงานว่าเมื่อเลี้ยงมวนพิฆาตด้วยหนอนเจาะสมอฝ้ายวัยที่ 3 มีชีวิตและหนอนไหมวัยที่ 3 แช่แข็ง มวนพิฆาตมีค่าอัตราการขยายพันธุ์สุทธิเท่ากับ 22.06 และ 20.16 ตามลำดับ ซึ่งค่อนข้างต่ำ อาจเนื่องมาหนอนที่ใช้มีคุณค่าทางอาหารไม่เหมาะสม และอีกประการหนึ่งก็คือ ช่วงเวลาการวางไข่ของกลุ่มมวนพิฆาตในการทดลองมีค่าต่ำ ประมาณ 24 วันเท่านั้น

สรุป

การศึกษาการเจริญเติบโตและการขยายปริมาณของมวนพิฆาต *E. furcellata* จากไข่ 100 ฟองเมื่อเลี้ยงด้วย ดักแด้หนอนนกยักษ์ เปรียบเทียบกับดักแด้หนอนนก พบว่ามวนพิฆาต *E. furcellata* ที่เลี้ยงด้วยดักแด้หนอนนกยักษ์ มีจำนวนตัวอ่อนวัยที่ 1 ถึง 5 รอดชีวิต เท่ากับ 82, 53, 46, 45 และ 43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญเติบโตตั้งแต่วัยที่ 1 ถึง 5 คือ 2.14 $\pm$ 0.47, 3.74 $\pm$ 1.07, 2.91 $\pm$ 0.89, 2.6 $\pm$ 0.81 และ 4.25 $\pm$ 0.81 วัน ตามลำดับ เมื่อเลี้ยงด้วยดักแด้หนอนนก ตัวอ่อนวัยที่ 1 ถึง 5 รอดชีวิต เท่ากับ 82, 37, 35, 33 และ 33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญเติบโตตั้งแต่วัยที่ 1 ถึง 5 ใช้ระยะเวลา คือ 2.00 $\pm$ 0.43, 3.88 $\pm$ 0.99, 2.52 $\pm$ 0.71, 2.39 $\pm$ 0.56 และ 3.94 $\pm$ 0.56 วัน ตามลำดับ การเลี้ยงมวนพิฆาต *E. furcellata* โดยใช้ดักแด้หนอนนกยักษ์ จะมีอัตราการรอดชีวิตในวัยที่ 1 จนถึง 5 สูงกว่าใช้ดักแด้หนอนนก แต่ใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตมากกว่า

การเจริญเติบโตของมวนพิฆาต *E. furcellata* เมื่อเลี้ยงด้วย ดักแด้หนอนนกยักษ์ เปรียบเทียบกับดักแด้หนอนนก พบว่ามวนพิฆาต *E. furcellata* เมื่อเลี้ยงด้วยดักแด้หนอนนกยักษ์ มีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้ดักแด้หนอนนก เพราะมีอัตราการรอดชีวิตสูงกว่า คือ สามารถเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยได้ถึง 43 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเลี้ยงด้วยดักแด้หนอนนก สามารถเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยได้เพียง 33 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น อีกทั้งมวนพิฆาต

E. furcellata เมื่อเลี้ยงด้วย ดักแด้หนอนนกยักษ์ สามารถขยายพันธุ์เพิ่มปริมาณได้ 177.23 เท่าต่อชั่วอายุขัย และชั่วอายุขัยของกลุ่มเท่ากับ 48.87 วัน ส่วนที่ใช้ดักแด้หนอนนกเป็นอาหารสามารถขยายพันธุ์เพิ่มปริมาณได้เพียง 171.24 เท่าต่อชั่วอายุขัย และชั่วอายุขัยของกลุ่มเท่ากับ 46.42 วัน แสดงให้เห็นว่า หนอนนกยักษ์สามารถนำมาใช้เพาะเลี้ยงมวนพิฆาตเพื่อการควบคุมโดยชีววิธีได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

กรวรรณภรณ์ แจงเชื้อ. 2542. วงจรชีวิตและลักษณะชีววิทยาของมวนพิฆาต *Eocanthecona furfcellata* (Wolff) เมื่อเลี้ยงด้วยหนอนเจาะสมอฝ้าย *Heliothis armigera* Hubner มีชีวิตและหนอนไหม *Bombyx mori* Linn. แช่แข็งและอัตราการปล่อยมวนพิฆาตที่เหมาะสมเพื่อควบคุมหนอนเจาะสมอฝ้ายในไร่ทานตะวัน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา. 112 หน้า.

ชาญณรงค์ ดวงสอาด ศรีฟ้า จือพิมาย เชิด ชูยัง นิสิต บุญเพ็ง ชัยณรัตน์ สนศิริ สมชาย ประดิษฐวนิช และอนรรค อุปมาลี. 2541. การเปรียบเทียบชนิดและรูปแบบของอาหารเพื่อเพาะเลี้ยงมวนตัวห้ำ *Eocanthecona furcellata* (Wolff). รายงานผลงานวิชาการประจำปี 2540-2541. ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติภาคเหนือ มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 37 หน้า.

ภูริพงศ์ ประภาพรรณ. 2546. อิทธิพลของแมลงที่เป็นเหยื่อต่อวงจรชีวิตของมวนพิฆาต (*Eocanthecona furfcellata* (Wolff)). ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 34 หน้า.

วิวัฒน์ เสือสะอาด โกศล เจริญสม และอรพรรณ เกินอาษา. 2546. ชีววิทยา การเพาะเลี้ยง และการใช้ประโยชน์ของมวนตัวห้ำในการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี. หน้า 147-159. ใน: จิระเดช แจ่มสว่าง (ผู้รวบ รวม). การควบคุมโรคพืชและแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี. โครงการเกษตรกู้ชาติ โครงการถ่ายทอดการใช้เทคโนโลยีชีวภาพและชีวภัณฑ์ในการจัดการแมลงศัตรูพืชเพื่อทดแทนสารเคมีสังเคราะห์. ประชุมทอง พริ้นติ้ง กรุ๊ป, นนทบุรี.

อินทวัฒน์ บุรีคำ และบรรพต ณ ป้อมเพชร. 2521. คุณลักษณะทางชีววิทยาของมวนตัวห้ำ *Cantheconidea furcellata* (Wolff) (Hemiptera: Pentatomidae). เอกสารวิชาการฉบับที่ 4. ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์/สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ. 10 หน้า.

Castañé, C., O. Alomar, M. Goula and R. Gabarra. 2004. Colonization of tomato greenhouses by the predatory mirid bugs *Macrolophus caliginosus* and *Dicyphus tamaninii*. Biological Control 30: 591-597.

Castellanos, C. 2008. Superworm *Zophobas morio*. (Online). Available: http://www.progeckos .com/ caresheets /superworm.pdf (August 5, 2008).

James, D. G. 1994. Prey consumption by *Pristhesancus plagipennis* Walker (Hemiptera: Reduviidae) during development. Australian Entomologist 21: 43–47.

Napompeth, B. 1973. Ecology and population dynamics of the corn planthopper, *Peregrinus maidis* (Ashmead) (Homoptera: Delphacidae), in Hawaii. Ph.D. Dissertation. University of Hawaii, Honolulu. 257 p.

Tschinkel, W. R. 1984. *Zophobas atratus* (Fab.) and *Z. rugipes* Kirsch (Coleoptera: Tenebrionidae) are the same species. The Coleopterists Bulletin 38(4): 325-333.

USDA. 2008. Diet. (Online). Available: http://www.loveablepocketpets.com/diet.htm (August 5, 2008).

ชีวมิติของรังผึ้งโพรงธรรมชาติจากการสังเกต ในภาคเหนือของประเทศไทย

Biometrics of Natural Nest of Eastern Honey Bee (*Apis cerana* F.) as Observed in Northern Thailand

วีรยา สมณะ[1/] เยาวลักษณ์ จันทร์บาง[1/] จิราพร กุลสาริน[1/] และ Michael Burgett[2/]*

Weeraya Somana[1/], Yaowaluk Chanbang[1/], Jiraporn Kulsarin[1] and Michael Burgett[2/]

Abstract: A study of the biometrics of the eastern honey bee (*Apis cerana* F.) from natural log nests in northern Thailand in 2009 was conducted by examining 10 colonies in the dry season (November-May) and 14 colonies in the wet season (June-October). The results showed that an average adult population of *A. cerana* in the dry season was 13,499 bees/colony, with 12,922 adult worker bees/colony and 577 drone bees/colony. In the wet season, the total of adults was less than in dry season with an average of 8,654 bees/colony, and with 8,574 worker bees/colony and 80 drone bees/colony. The average percentage of all brood in the dry season was 6,910 immature bees/colony, the worker brood population was 5,977 immature bees/colony (average = 628 eggs, 963 larvae and 4,386 pupae) and the drone brood population was 933 immature bees/colony (average =40 eggs, 135 larvae and 758 pupae). In the wet season, the average all brood population was 5,103 immature bees/colony, the worker brood population was 5,039 (average = 452 eggs, 1,038 larvae and 3,549 pupae) and drone brood population was 64 immature bees/colony (average = 5 eggs, 1 larva and 58 pupae). The nest volumes of *A. cerana* collected in dry and wet season averaged 18.7 l and 12.6 l respectively. The honey bee nest occupied a larger volume of the cavity in dry season (56.8%) than in wet season (37.5%). The only significant difference between colonies in the dry season and the wet season was in the production of drones and presence of adult drones. The results of this research may lead to better understanding of *A. cerana* population size and nest cavity preference.

Keywords: *Apis cerana* (F.), season, comb area, nest volume, cavity volume

---

[1/] สาขากีฏวิทยา ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

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

[2/] Entomology Program, College of Agricultural Sciences, Oregon State University 126 Strand Agriculture Hall Corvallis, OR 97331-2212

* Corresponding author: Tel 084 172-0070, Fax 0- 5394-466, E-mail address: yaowaluk.c@cmu.ac.th

บทคัดย่อ: การศึกษาชีวมิติของผึ้งโพรงธรรมชาติจากรังขอนไม้ขุดในภาคเหนือของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2552 โดยใช้ผึ้งโพรงในฤดูแล้ง (พฤศจิกายน-พฤษภาคม) และฤดูฝน (มิถุนายน-ตุลาคม) จำนวน 10 รัง และ 14 รัง ตามลำดับ พบว่าในฤดูแล้งจำนวนตัวเต็มวัยทั้งหมดของผึ้งโพรงเฉลี่ยคือ 13,499 ตัว/รัง, ผึ้งงาน 12,922 ตัว/รัง และผึ้งเพศผู้ 577 ตัว/รัง ส่วนจำนวนไข่ หนอน และดักแด้ของผึ้งโพรงทั้งหมดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6,910 ตัว ซึ่งเจริญไปเป็นผึ้งงานเฉลี่ย 5,977 ตัว (ไข่ 628 ฟอง, หนอน 963 ตัว และดักแด้ 4,386 ตัว) และเจริญไปเป็นผึ้งเพศผู้เฉลี่ยเท่ากับ 933 ตัว/รัง (ไข่ 40 ฟอง, หนอน 135 ตัว และดักแด้ 758 ตัว) ส่วนในฤดูฝนมีตัวเต็มวัยผึ้งโพรงทั้งหมดเฉลี่ย 8,654 ตัว/รัง, ผึ้งงาน 8,574 ตัว/รัง และผึ้งเพศผู้ 80 ตัว/รัง โดยมีจำนวนไข่ หนอน และดักแด้ของผึ้งโพรงทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 5,103 ตัว และเจริญไปเป็นผึ้งงานเฉลี่ยเท่ากับ 5,039 ตัว/รัง (ไข่ 452 ฟอง, หนอน 1,038 ตัว และดักแด้ 3,549 ตัว) และผึ้งเพศผู้เฉลี่ย 64 ตัว/รัง (ไข่ 5 ฟอง, หนอน 1 ตัว, และดักแด้ 58 ตัว) สำหรับปริมาตรที่ผึ้งโพรงเข้าครอบครองรังในฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18.7 ลิตร โดยมีปริมาตรที่ผึ้งครอบครองในรังเท่ากับ 56.8 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมด ส่วนในฤดูฝนมีปริมาตรเฉลี่ยเท่ากับ 12.6 ลิตร ปริมาตรที่ผึ้งครอบครองในรังเท่ากับ 37.5 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งความแตกต่างของผึ้งโพรงระหว่างฤดูแล้งและฤดูฝนอยู่ที่การผลิตผึ้งเพศผู้ทั้งจำนวนไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย โดยผลจากการค้นคว้าวิจัยครั้งนี้ทำให้รู้จำนวนประชากร และขนาดโพรงที่ผึ้งโพรงที่อยู่ทางภาคเหนือของประเทศไทย

คำสำคัญ: ผึ้งโพรง ฤดูกาล พื้นที่รวงผึ้ง ปริมาตรที่ผึ้งครอบครองรัง ปริมาตรโพรงเปล่า

บทนำ

ผึ้งโพรง (*Apis cerana* F.) เป็นผึ้งที่มีขนาดกลาง มีวิวัฒนาการที่แตกต่างไปจากผึ้งมิ้ม และผึ้งหลวง ตามธรรมชาติผึ้งโพรงอาศัยอยู่ในโพรงไม้ โพรงหิน หรือตามอาคารบ้านเรือนที่มิดชิดและมืด โดยสร้างรวงซ้อนกันเป็นหลืบ ๆ (พงศ์เทพ, 2528) ประมาณ 2-7 รวง ขนาดรวงมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 30 เซนติเมตร รวงที่ประกบด้านนอกสุดทั้งสองรวงเป็นที่สะสมอาหาร คือ น้ำหวานและเกสร รวงด้านในเป็นที่อยู่อาศัยของไข่ หนอน และดักแด้ (สิริวัฒน์, 2532) ข้อดีของการเลี้ยงผึ้งโพรงคือลงทุนต่ำเพราะผึ้งโพรงเป็นผึ้งที่เกษตรกรนำมาจากธรรมชาติโดยไม่ต้องใช้ทุนในการซื้อพันธุ์ผึ้ง ส่วนการเลี้ยงผึ้งโพรงในประเทศไทย ส่วนมากเลี้ยงในโพรงไม้ที่สร้างเลียนแบบธรรมชาติ ลักษณะของโพรงเป็นท่อนไม้ทรงกระบอกด้านในของท่อนไม้ขุดเป็นโพรง และเจาะรูให้ผึ้งเข้า-ออกทางเดียวโดยอาศัยภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อให้ได้ประโยชน์จากผึ้งมากที่สุด การเลี้ยงผึ้งชนิดนี้อาศัยวัสดุอุปกรณ์ที่หาง่าย ลงทุนต่ำ โดยผู้เลี้ยงผึ้งโพรงทำการล่อผึ้งให้เข้ามาอาศัยอยู่ในรัง โดยให้ผึ้งจัดการภายในรังเองเมื่อถึงฤดูเก็บน้ำหวานเจ้าของรังเก็บเฉพาะน้ำหวานเท่านั้น อย่างไรก็ตามผึ้งโพรงในภาคเหนือของประเทศไทยยังไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับขนาดโพรง และค่าทางชีวมิติ ได้แก่ จำนวนไข่ หนอน ดักแด้ ตัวเต็มวัย พื้นที่รวง ปริมาตรที่ผึ้งเข้าครอบครองรัง และน้ำหนัก เป็นต้น ในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวัดโครงสร้าง ปริมาตรความจุ และการผันแปรของประชากรผึ้งโพรงที่อยู่ในรังขอนไม้ขุดตามฤดูกาลในภาคเหนือของประเทศไทย เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานงานวิจัย และพัฒนารังที่เหมาะสมในการประกอบธุรกิจการเลี้ยงผึ้งโพรงต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาชีวมิติของผึ้งโพรงได้ดำเนินการวิจัยที่ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ระหว่างเดือนมกราคม ถึง เดือนธันวาคม 2552 โดยใช้ผึ้งโพรงที่อาศัยในรังขอนไม้ขุดทั้งหมดจำนวน 24 รัง โดยเลือกจังหวัดเชียงใหม่ และลำพูน เป็นตัวแทนภาคเหนือของประเทศไทยโดยศึกษาในช่วงฤดูแล้ง (เดือนมกราคม 2552 ถึง เดือนพฤษภาคม 2552 และ เดือนพฤศจิกายน 2552 ถึง เดือนธันวาคม 2552) และฤดูฝน (เดือนมิถุนายน 2552 ถึง เดือนตุลาคม 2552) มีวิธีการดังต่อไปนี้

1. รูปแบบการเลี้ยงผึ้งโพรง

ทำการสุ่มสำรวจแหล่งเลี้ยงผึ้งโพรงในภาคเหนือของประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2552 ในเขตพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ และลำพูน โดยใช้ผึ้งโพรงที่อาศัยในรังขอนไม้ขุด ซึ่งมีสภาพใกล้เคียงกับผึ้งโพรงที่อาศัยอยู่ในโพรงไม้ตามธรรมชาติ เมื่อพบรังผึ้งโพรงแล้วทำการสุ่มสำรวจรังผึ้งโพรง จำนวน 24 รัง สภาพโดยรวมของรังผึ้งโพรงมีความสมบูรณ์ คือ มีนางพญา ไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย

2. การศึกษาชีวมิติของผึ้งโพรง

2.1 ทำการนับหลอดรวงที่มีไข่ หนอน ดักแด้ และรวงที่เก็บอาหาร รวมทั้งตัวเต็มวัยของผึ้งโพรง จำนวน 18 รัง โดยนำรวงที่มีไข่ หนอน ดักแด้ และรวงที่เก็บอาหารของแต่ละรังมาถ่ายรูปด้วยกล้องดิจิตอล Fuji FinePix S5600 ความละเอียด 5 ล้านเมกพิกเซล บันทึกภาพและแสดงภาพผ่านจอคอมพิวเตอร์จากนั้นนับจำนวนหลอดรวงด้วยโปรแกรม Microsoft Paint แยกนับจำนวนหลอดรวงที่เป็นไข่ หนอน ดักแด้ของผึ้งงาน และผึ้งเพศผู้ นอกจากนี้ยังสามารถนับหลอดรวงที่เก็บอาหาร คือ น้ำหวาน และเกสร ในการนับแต่ละครั้งใช้สีแต้มหลอดรวงต่างกันเพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนในการนับ สำหรับตัวเต็มวัยทำการนับจำนวนประชากรโดยนำรังผึ้งโพรงเข้าตู้เย็นแช่แข็งรมด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 10 นาที หลังจากนั้นเก็บผึ้งตัวเต็มวัยที่ตายแล้วออกมานับทีละตัวด้วยเครื่องนับ (counter) บันทึกข้อมูล

2.2 ทำการหาพื้นที่รวง โดยการนำรวงผึ้งโพรง จำนวน 24 รัง มาวาดลงบนกระดาษสีขาวและลอกลายตามขนาดรวงรังทุกรังจากนั้นตัดกระดาษตามรอยที่วาด นำภาพรวงผึ้งโพรงบนกระดาษไปทำเครื่องหมายเส้นตรงโดยระบุความยาวของเส้นตรงลงบนกระดาษ จากนั้นนำรวงผึ้งโพรงกระดาษเข้าเครื่องกราดภาพ (scan) ลงในคอมพิวเตอร์และใช้โปรแกรม Image J ในการหาพื้นที่รวงและบันทึกข้อมูลพื้นที่ขนาดรวงแต่ละรัง

2.3 การหาปริมาตรรังผึ้งโพรง

2.3.1 การหาปริมาตรที่ผึ้งโพรงเข้าครอบครองรัง (nest volume) โดยใช้ผึ้งโพรง จำนวน 19 รัง วัดค่าพื้นที่รวมของรวงผึ้ง (total comb area) แต่ละรังทั้งด้านหน้า และด้านหลัง นำค่าพื้นที่รวงผึ้งมาคำนวณโดยใช้สูตร

Nest volume (cc) = total comb area (cm^2) x 2.8

** ค่า 2.8 คือ ค่าเฉลี่ยความกว้างของรวงผึ้งโพรง (2.0 เซนติเมตร) + ระยะห่างของรวงผึ้งโพรง 2 เท่า (0.8 เซนติเมตร)

2.3.2 การวัดปริมาตรความจุของโพรงเปล่า (cavity volume) ทำการวัดปริมาตรโพรงที่ผึ้งเลือกเข้าอาศัยจำนวน 19 รัง ด้วยวิธีการกรอกทราย โดยนำรังเปล่าที่ทำการผ่ารังเสร็จวางบนตราชั่งแบบลูกตุ้มขนาด 500 กิโลกรัม จดบันทึกน้ำหนักรังเปล่า นำทรายแห้งกรอกใส่รังเปล่าจนเต็มบันทึกน้ำหนักอีกครั้ง จากนั้นนำทรายชนิดเดียวกันบรรจุถุงละ 1 ลิตร ทำ 3 ซ้ำ เพื่อหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักทรายในปริมาตร 1 ลิตร ซึ่งนำมาคำนวณหาน้ำหนักทราย (น้ำหนักรังใส่ทราย – น้ำหนักรังเปล่า) คำนวณหาปริมาตรความจุโพรงเปล่าจากข้อมูลที่ได้โดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาตรความจุของโพรงเปล่า (ลิตร)} = \frac{\text{น้ำหนักทราย (กิโลกรัม)}}{1.46}$$

** ค่า 1.46 คือ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักทรายในปริมาตร 1 ลิตร = 1.46 กิโลกรัม

2.4 การชั่งน้ำหนักรวงรัง

2.4.1 นำรังผึ้งโพรงซึ่งประกอบด้วย รังขอนไม้ขุด รวงผึ้งที่มีไข่ หนอน ดักแด้ น้ำหวาน เกสร และตัวเต็มวัยของแต่ละรังมาชั่งเพื่อหาน้ำหนักรวม จำนวน 19 รัง บันทึกข้อมูลน้ำหนักก่อนนำผึ้งทั้งรังเข้าตู้แช่แข็ง หลังจากนั้นแยกชั่งน้ำหนักส่วนประกอบต่าง ๆ ข้างต้น

ผลการทดลอง

1. รูปแบบการเลี้ยงผึ้งโพรง

จากการสุ่มสำรวจแหล่งเลี้ยงผึ้งโพรงในเขตจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน ในปี พ ศ. 2552 พบว่าการเลี้ยงผึ้งโพรงส่วนมากนิยมเลี้ยงในรังแบบดั้งเดิม คือ รังขอนไม้ขุด โดยล่อผึ้งโพรงที่อาศัยอยู่ตามธรรมชาติให้เข้ามาอยู่ในรังขอนไม้ขุด นอกจากนี้พบรังที่เกษตรกรประดิษฐ์จากวัสดุที่ทำจากไม้ประกอบเป็นรังสี่เหลี่ยมและรังไม้ไผ่สาน

2. การศึกษาชีวมิติของผึ้งโพรง

2.1 จำนวนประชากรผึ้งโพรงภายในรัง

2.1.1 จำนวนไข่ หนอน และดักแด้ของผึ้งโพรง

นางพญาของผึ้งโพรงที่สุ่มสำรวจในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน สามารถวางไข่ที่เจริญไปเป็นผึ้งงานตลอดปีจำนวนตั้งแต่ 226–953 ฟอง ค่าเฉลี่ยการวางไข่ในฤดูแล้งและฤดูฝนเท่ากับ 628±63 และ 452±70 ฟอง/รัง ตามลำดับ ซึ่งความสามารถในการวางไข่ของผึ้งนางพญาในฤดูแล้งและฤดูฝนไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ส่วนไข่ที่เจริญไปเป็นผึ้งเพศผู้นางพญาสามารถวางไข่ตลอดปีจำนวนตั้งแต่ 0–253 ฟอง กล่าวได้ว่าส่วนใหญ่ไม่มีการวางไข่ที่เจริญไปเป็นผึ้งเพศผู้ในฤดูฝน โดยมีค่าเฉลี่ยของไข่ที่เจริญไปเป็นผึ้งเพศผู้ในฤดูแล้งและฤดูฝนเท่ากับ 40±31 และ 5±5 ฟอง/รัง ตามลำดับ และพบว่าจำนวนไข่ที่เจริญไปเป็นผึ้งเพศผู้ในฤดูแล้งและฤดูฝนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (ตารางที่ 1)

หนอนของผึ้งโพรงที่เจริญไปเป็นผึ้งงานตลอดปีมีจำนวน 150–1,664 ตัว ค่าเฉลี่ยในฤดูแล้งและฤดูฝนเท่ากับ 963±180 และ 1,038±135 ตัว/รัง ตามลำดับ และพบว่าจำนวนหนอนที่เจริญไปเป็นผึ้งงานในฤดูแล้งและฤดูฝนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ส่วนจำนวนหนอนที่เจริญไปเป็นผึ้งเพศผู้ตลอดปีมีจำนวน 0–681 ตัว มีค่าเฉลี่ยไข่ที่ฟักเป็นหนอนในฤดูแล้งและฤดูฝนเท่ากับ 135±84 และ 1±1 ตัว/รัง ตามลำดับ และพบว่าจำนวนหนอนผึ้งเพศผู้ในฤดูแล้งและฤดูฝนมีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) (ตารางที่ 1)

ดักแด้ของผึ้งโพรงที่เจริญเป็นผึ้งงานตลอดปีมีจำนวนตั้งแต่ 1,697–7,469 ตัว ค่าเฉลี่ยดักแด้ที่เจริญไปเป็นผึ้งงานในฤดูแล้งและฤดูฝนเท่ากับ 4,386±664 และ 3,549±721 ตัว/รัง ตามลำดับ และพบว่าจำนวนดักแด้ที่เจริญไปเป็นผึ้งงานในฤดูแล้งและฤดูฝนไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) ส่วนดักแด้ที่เจริญไปเป็นผึ้งเพศผู้ตลอดปีมีจำนวนตั้งแต่ 0–1,950 ตัว และค่าเฉลี่ยดักแด้ที่เจริญไปเป็นผึ้งเพศผู้ในฤดูแล้งและฤดูฝนเท่ากับ 758±312 และ 58±58 ตัว/รัง ตามลำดับ ซึ่งจำนวนดักแด้ที่เจริญไปเป็นผึ้งเพศผู้ทั้ง 2 ฤดู มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (ตารางที่ 1)

ดังนั้นจำนวนรวมไข่ หนอน และดักแด้ในแต่ละรังของผึ้งโพรงทั้งหมดตลอดปีมีจำนวน 990-10,689 ตัว โดยมีค่าเฉลี่ยในฤดูแล้งและฤดูฝนเท่ากับ 6,910±1,033 และ 5,103±899 ตัว/รัง ตามลำดับ เป็นของผึ้งที่เจริญไปเป็นผึ้งงานตลอดปีจำนวน 990-8,879 ตัว ค่าเฉลี่ยในฤดูแล้งและฤดูฝนเท่ากับ 5,977±728 และ 5,039±867 ตัว/รัง ตามลำดับ ซึ่งพบว่าทั้ง 2 ฤดู ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) ส่วนไข่ หนอน และดักแด้ของผึ้งที่เจริญไปเป็นผึ้งเพศผู้ตลอดปีมีจำนวน 0-2,884 ตัว กล่าวได้ว่าส่วนใหญ่ไม่มีไข่ หนอน และดักแด้ของผึ้งที่เจริญไปเป็นผึ้งเพศผู้ในฤดูฝน ค่าเฉลี่ยในฤดูแล้งและฤดูฝนเท่ากับ 933±395 และ 64±64 ตัว/รังตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (ตารางที่ 2) จากการศึกษาจำนวนรวมของไข่ หนอน และดักแด้ที่เจริญไปเป็นผึ้งงานและผึ้งตัวผู้ของผึ้งโพรงในฤดูแล้งมีจำนวนมากกว่าฤดูฝน

Table 1 Number of egg larval and pupal workers and drone broods of *Apis cerana* in Chiang Mai and Lamphun provinces.

	Dry season						Wet season					
	Worker			Drone			Worker			Drone		
	Egg	Larva	Pupa	Egg	Larva	Pupa	Egg	Larva	Pupa	Egg	Larva	Pupa
Maximum	836	1,599	7,469	253	681	1,950	953	1,664	6,179	46	8	580
Minimum	384	150	1,995	0	0	0	226	390	1,697	0	0	0
Average	628	963	4,386	40	135	758	452	1,038	3,549	5*	1*	58*
SE	63	180	664	31	84	312	70	135	721	5	1.	58

* significant (P-value<0.05)

2.1.2 จำนวนตัวเต็มวัยของผึ้งโพรง

ตัวเต็มวัยทั้งหมดของผึ้งโพรงตลอดปีมีจำนวนตั้งแต่ 3,007-21,595 ตัว ค่าเฉลี่ยในฤดูแล้งและฤดูฝนเท่ากับ 13,499±2,516 และ 8,654±1,538 ตัว/รัง ตามลำดับ ส่วนตัวเต็มวัยของผึ้งงานตลอดปีมีจำนวนตั้งแต่ 3,006-19,961 ตัว ค่าเฉลี่ยในฤดูแล้งและฤดูฝนเท่ากับ 12,922±2,327 และ 8,574±1,492 ตัว/รัง ตามลำดับ โดยจำนวนตัวเต็มวัยผึ้งงานของผึ้งโพรงทั้ง 2 ฤดูไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) ส่วนตัวเต็มวัยผึ้งเพศผู้ตลอดปีมีจำนวนตั้งแต่ 0-1,634 ตัว กล่าวได้ว่าส่วนใหญ่ไม่มีตัวเต็มวัยผึ้งเพศผู้ในฤดูฝน ค่าเฉลี่ยในฤดูแล้งและฤดูฝนเท่ากับ 577±242 และ 80±60 ตัว/รัง ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (ตารางที่ 3) จากการศึกษาพบว่าจำนวนตัวเต็มวัยผึ้งงาน และผึ้งเพศผู้ของผึ้งโพรงในฤดูแล้งมีจำนวนมากกว่าฤดูฝน

2.2 พื้นที่รวงของผึ้งโพรง

จากการวัดพื้นที่รวงของผึ้งโพรงที่เข้าอาศัยในรังขอนไม้ขุดแต่ละรัง พบว่าตลอดปีมีการสร้างรวงจำนวนตั้งแต่ 3-10 รวง ค่าเฉลี่ยในฤดูแล้งและฤดูฝนเท่ากับ 6.9±0.5 และ 6.7±0.5 รวง ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) ส่วนพื้นที่รวงที่เป็นของผึ้งงานตลอดปีมีขนาดพื้นที่ทั้งหมดตั้งแต่ 397-11,358 ตารางเซนติเมตร ค่าเฉลี่ยในฤดูแล้งและฤดูฝนเท่ากับ 5,302±929 และ 4,057±668 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ และพบว่าทั้ง 2 ฤดู ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) สำหรับพื้นที่รวงผึ้งเพศผู้ที่พบตลอดปีมีขนาดตั้งแต่ 0-3,320 ตารางเซนติเมตร บางรังไม่มีพื้นที่รวงผึ้งเพศผู้ทั้งฤดูแล้งและฤดูฝน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,062±334 และ 245±104 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (ตารางที่ 4) ทำให้พื้นที่รวงผึ้งงาน และผึ้งเพศผู้ ในฤดูแล้งมีมากกว่าฤดูฝน

Table 2 Worker and drone broods of *Apis cerana* in Chiang Mai and Lam Phun provinces.

	Dry season			Wet season		
	Worker	Drone	Worker+Drone	Worker	Drone	Worker+Drone
Maximum	8,879	2,884	11,763	8,776	634	9,410
Minimum	2,875	0	2,875	990	0	990
Average	5,977	933	6,910	5,039	64*	5,103
SE	728	395	1,033	867	64	899

* significant (P-value<0.05)

Table 3 Adult worker and drone populations of *Apis cerana* in Chiang Mai and Lamphun provinces.

	Dry season			Wet season		
	Worker	Drone	Worker+Drone	Worker	Drone	Worker+Drone
Maximum	19,961	1,634	21,595	16,519	589	17,108
Minimum	3,006	0	3,006	3,338	0	3,338
Average	12,922	577	13,499	8,574	80*	8,654
SE	2,327	242	2,516	1,492	60	1,538

* significant (P-value<0.05)

2.2.1 พื้นที่เก็บอาหาร

ในช่วงเวลาตลอดปี พบว่าผึ้งโพรงสร้างพื้นที่รวงเก็บอาหาร ได้แก่ น้ำหวานในพื้นที่ 0-3,784 ตารางเซนติเมตร กล่าวได้ว่าบางรังในฤดูแล้งและฤดูฝนผึ้งไม่มีการเก็บน้ำหวานไว้ในหลอดรวง ซึ่งในฤดูแล้งและฤดูฝนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,044±415 และ 1,021±561 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนพื้นที่เก็บเกสรมีขนาดตั้งแต่ 2-394 ตารางเซนติเมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 139±33 และ 144±40 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 5) และพบว่าพื้นที่รวงเก็บน้ำหวาน และเกสรของผึ้งโพรงในฤดูแล้งและฤดูฝนไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)

2.2 ปริมาตรรังผึ้งโพรง

2.3.1 ปริมาตรที่ผึ้งโพรงเข้าครอบครองรัง (nest volume)

ปริมาตรที่ผึ้งโพรงเข้าครอบครองภายในรังขอนไม้ขุดที่พบตลอดปีมีขนาดตั้งแต่ 1.9-35.3 ลิตร ค่าเฉลี่ยในฤดูแล้งและฤดูฝนเท่ากับ 18.7±3.3 และ 12.6±2.4 ลิตร ตามลำดับ โดยมีปริมาตรที่ผึ้งครอบครองในรังเท่ากับ 56.8±8.7 และ 37.5±5.4 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมด ตามลำดับ โดยเป็นพื้นที่อาศัยของไข่ หนอน และดักแด้ผึ้งงานในฤดูแล้งและฤดูฝนเท่ากับ 24.1±5.0 และ 20.8±3.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนของผึ้งเพศผู้เท่ากับ 13.7±5.4 และ 1.7±1.7 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตรรังในส่วนที่เป็นของผึ้งงาน และผึ้งเพศผู้ที่อาศัยอยู่ในฤดูแล้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับในฤดูฝน (P>0.05) (ตารางที่ 6)

2.3.2 ปริมาตรความจุของโพรงเปล่า (cavity volume)

ปริมาตรโพรงขอนไม้ขุดเปล่าที่พบตลอดปีมีตั้งแต่ 19.2-52.9 ลิตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 33.1±2.1 ลิตร

2.4 น้ำหนักรวงรังของผึ้งโพรง

จากการชั่งน้ำหนักผึ้งโพรงซึ่งประกอบด้วยรวงที่มีไข่ หนอน ดักแด้ เกสร น้ำหวาน และตัวเต็มวัย โดยไม่รวมน้ำหนักรังขอนไม้ พบว่าในรังช่วงฤดูแล้งมีน้ำหนัก

Table 4 Worker comb and drone comb areas produced by *Apis cerana* in Chiang Mai and Lamphun provinces.

	Comb area (cm²) dry season		Comb area (cm²) wet season	
	Worker	Drone	Worker	Drone
Maximum	11,358	3,320	10,617	1,021
Minimum	1,259	0	397	0
Average	5,302	1,062	4,057	245*
SE	929	334	668	104

* significant (P-value<0.05)

Table 5 Nectar and pollen comb areas produced by *Apis cerana* in Chiang Mai and Lamphun provinces.

	Comb area (cm²) dry season		Comb area (cm²) wet season	
	Nectar	Pollen	Nectar	Pollen
Maximum	3,784	291	5,831	394
Minimum	0	2	0	11
Average	1,044	139	1,021	144
SE	415	33	561	40

มากที่สุดเดือนเมษายน 13.3 กิโลกรัม อายุรัง 18 เดือน และน้ำหนักน้อยที่สุดเดือนกุมภาพันธ์ 0.8 กิโลกรัม อายุรัง 1 เดือน ค่าเฉลี่ยน้ำหนักผึ้งโพรงทั้งหมดในฤดูแล้งเท่ากับ 4.3±1.4 กิโลกรัม ส่วนน้ำหนักของผึ้งโพรงในฤดูฝนจากการชั่งน้ำหนักมีน้ำหนักมากที่สุดคือเดือนสิงหาคม 12.5 กิโลกรัม อายุ 9 เดือน และน้อยที่สุดเดือนกันยายน 0.7 กิโลกรัม อายุ 5 เดือน ค่าเฉลี่ยน้ำหนักผึ้งโพรงทั้งหมดในฤดูฝนเท่ากับ 3.5±1.4 กิโลกรัม ซึ่งน้ำหนักทั้งหมดของผึ้งโพรงทั้ง 2 ฤดู มีค่าใกล้เคียงกัน และไม่แตกต่างทางสถิติ (P>0.05) (ภาพที่ 1)

Table 6 Nest volumes and percent cavity occupied of *Apis cerana* in Chiang Mai and Lumphun provinces.

Season	Nest volume (liters)	Cavity occupied (%)	Brood occupied (%)	
			Worker	Drone
Dry	18.7±3.3	56.8±8.7	24.1±5.0	13.7±5.4
Wet	12.6±2.4	37.5±5.4	20.8±3.1	1.7±1.7

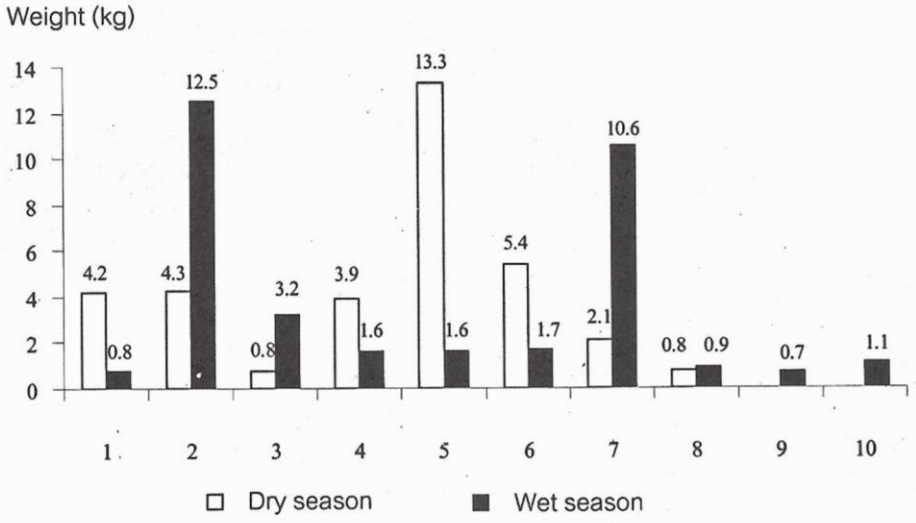


Figure 1 Total weight without a hive of *Apis cerana* colonies composed of brood, nectar and pollen comb grown in Chiang Mai and Lumphun provinces.

วิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาชีวมิติของผึ้งโพรงในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน ในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน พบว่าผึ้งนางพญาสามารถวางไข่ที่เจริญไปเป็นผึ้งงานตลอดปีได้ถึง 226-953 ฟอง สอดคล้องกับการศึกษาของ Punchihewa (1994) และ Segeren (2004) ที่พบว่านางพญาใหม่ของผึ้งโพรงที่ศรีลังกาสามารถวางไข่ได้ถึง 350-800 ฟอง/วัน แตกต่างจากการวางไข่นางพญาของผึ้งพันธุ์ยุโรปที่วางไข่วันละ 2,000-3,000 ฟอง ส่วนจำนวนหนอน และดักแด้ที่เจริญไปเป็นผึ้งงานในฤดูแล้งมีจำนวนมากกว่าฤดูฝนเช่นเดียวกันกับจำนวนหนอน และดักแด้ที่เจริญไปเป็นผึ้งเพศผู้พบมากที่สุดในช่วงฤดูแล้งเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ ช่วงนี้ผึ้งโพรงในจังหวัดเชียงใหม่ และลำพูนเริ่มหาที่อยู่อาศัยเพื่อขยายรัง และแยกรัง (swarm) เพราะเป็นฤดูที่เหมาะสมแก่การขยายรังของผึ้งโพรงในธรรมชาติ จากข้อมูลดังกล่าวได้นำจำนวนไข่ หนอน และดักแด้ทั้งหมดของผึ้งโพรงในจังหวัดเชียงใหม่ และลำพูนเปรียบเทียบกับจำนวนไข่ หนอน และดักแด้ที่พบใน Cuc Phuong forest ทางภาคเหนือของเวียดนามที่พบว่าตลอดปีมีจำนวนเฉลี่ยเท่ากับ 4,606±1,617 ตัว/รัง และเป็นของผึ้งที่เจริญไปเป็นผึ้งเพศผู้จำนวน 141±169 ตัว/รัง (Chinh *et al.*, 2005) จำนวนไข่ หนอน และดักแด้ของผึ้งโพรงในเวียดนามมีจำนวนน้อยกว่าผึ้งโพรงที่ทำการศึกษาซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6,911±1,033 และ 5,103±899 ตัว/รัง ส่วนจำนวนประชากรตัวเต็มวัยของผึ้งโพรงในจังหวัดเชียงใหม่ และลำพูน ที่พบในฤดูแล้งและฤดูฝนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13,499±2,516 และ 8,654±1,538 ตัว/รัง มีความสอดคล้องกับจำนวนประชากรตัวเต็มวัยที่อยู่ทางเหนือของเวียดนามโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13,164 ตัว/รัง (Chinh *et al.*, 2005) และใกล้เคียงกับจำนวนประชากรตัวเต็มวัยของผึ้งโพรงในประเทศญี่ปุ่นที่มีจำนวน 10-20,000 ตัว/รัง (Okada, 1986) แต่แตกต่างจากการศึกษาของ Seeley *et al.* (1982) ที่พบตัวเต็มวัยผึ้งโพรงในประเทศไทยเฉลี่ยเท่ากับ 6,884±3,418 ตัว/รัง มีจำนวนน้อยกว่าแต่ใกล้เคียงกับ Winston (1987) ที่พบว่าประชากรผึ้งโพรงมีจำนวนตั้งแต่ 6,000-7,000 ตัว แตกต่างกับผึ้งพันธุ์ยุโรปที่มีจำนวนประชากรตัวเต็มวัยตั้งแต่ 1,000-100,000 ตัว ส่วน Burgett and Burikam (1985) รายงานว่าตัวเต็มวัยของผึ้งพันธุ์ยุโรปจำนวน 30,000 ตัว/รัง ซึ่งจำนวนประชากรตัวเต็มวัยของผึ้งพันธุ์ยุโรปมีจำนวนมากกว่าผึ้งโพรง แต่อย่างไรก็ตามจากการสำรวจประชากรผึ้งโพรงในพื้นที่ต่าง ๆ แสดงให้เห็นว่ามีความแปรปรวนสูง ซึ่งการสร้างรังของผึ้งโพรงอาจต้องการปัจจัยที่มีความเฉพาะเจาะจง เพราะมีอัตราการทิ้งรังสูง ส่วนอัตราการขยายพันธุ์ ขนาดประชากรของกลุ่ม และการหาอาหารได้น้อย อีกทั้งยังมีความแตกต่างของพื้นที่ที่เป็นปัจจัยในการขยายพันธุ์

จำนวนรวงของผึ้งโพรงในฤดูแล้งและฤดูฝนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.9±0.5 และ 6.7±0.5 รวง/รัง พบว่าจำนวนรวงมีมากกว่าของ Seeley *et al.* (1982) ที่ศึกษาในประเทศไทยพบจำนวนรวงผึ้งมี 5.6 รวง/รัง ส่วนพื้นที่รวงด้านเดียวของผึ้งโพรงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2,825 ตารางเซนติเมตร ซึ่งมีขนาดใกล้เคียงกับพื้นที่รวงของผึ้งโพรงที่ทำการศึกษา โดยมีค่าเฉลี่ยพื้นที่รวงผึ้งในฤดูแล้งและฤดูฝนทั้งสองด้านเท่ากับ 5,302±929 และ 4,057±668 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนพื้นที่รวงผึ้งเพศผู้ของผึ้งโพรงในฤดูแล้งมีขนาดใหญ่กว่าฤดูฝน กล่าวได้ว่าจำนวนไข่ หนอน ดักแด้ ตัวเต็มวัย และพื้นที่รวงผึ้งเพศผู้ถูกกำหนดโดยผึ้งโพรงเพราะในธรรมชาติผึ้งสร้างเพศผู้เพื่อผสมพันธุ์กับผึ้งนางพญาให้วางไข่ให้มีจำนวนประชากรเพิ่มขึ้นเพื่อเตรียมตัวเก็บอาหารไว้ใช้ในยามขาดแคลน ซึ่งช่วงฤดูแล้งมีพืชอาหารที่สมบูรณ์ ได้แก่ ดอกลำไย ที่ให้ปริมาณน้ำหวานมากผึ้งจึงสะสมน้ำหวานไว้ในรังจำนวนมาก ทำให้พื้นที่เก็บน้ำหวานในช่วงฤดูแล้งมีขนาดใหญ่กว่าฤดูฝนแต่ไม่แตกต่างกัน เพราะผึ้งสามารถเก็บน้ำหวานไว้ในรังผ่านไปถึงช่วงฤดูฝนเมื่อนำมาเปรียบเทียบทั้ง 2 ฤดู จึงไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ปริมาตรของรังผึ้งโพรงมีอัตราการขยายตามพื้นที่เก็บอาหาร และพื้นที่วางไข่ หนอน และดักแด้ซึ่งจะเห็นได้ว่ารังผึ้งโพรงธรรมชาติภายในรังขอนไม้ขุดมีปริมาตรรังตลอดปีตั้งแต่ 1.9-35.3 ลิตร ค่าเฉลี่ยในฤดูแล้งและฤดูฝนเท่ากับ 18.7 และ 12.6 ลิตร ใกล้เคียงกับการศึกษา Agriculture and Consumer Protection (2009) พบว่าผึ้งโพรงต้องการปริมาตรรังที่ 20 ถึง 25 ลิตร โดยภายในรังทำการหลอมไขผึ้งทาทั่วรังเพื่อล่อให้ผึ้งเข้าอาศัย

เช่นเดียวกันกับการล่อผึ้งโพรงในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่และลำพูน ส่วนปริมาตรที่เหมาะสมสำหรับผึ้งพันธุ์ยุโรปที่ Seeley and Morse (1976) ทำการศึกษามีขนาด 30 ถึง 60 ลิตร สามารถนำมาปรับปรุงรังที่เหมาะสมสำหรับผึ้งพันธุ์ ส่วนปริมาตรโพรงขอนไม้ขุดเปล่าผึ้งโพรงอาศัยอยู่ในขอนไม้ที่มีขนาดตั้งแต่ 19.2-52.9 ลิตร ค่าเฉลี่ย 33.1±2.1 ลิตร มีขนาดเล็กกว่าการสำรวจของ Inoue *et al.* (1990) ในพื้นที่ Pandang ของเกาะสุมาตราพบผึ้งโพรงอาศัยอยู่ในโพรงไม้ปริมาตรตั้งแต่ 4.5-97 ลิตร (ค่าเฉลี่ย 45.9 ลิตร) เป็นช่วงที่มีขนาดเล็กสุดจนถึงใหญ่ที่สุดมากกว่าโพรงไม้เปล่าที่อยู่ในจังหวัดเชียงใหม่ และลำพูน ส่วนน้ำหนักภายในรังของผึ้งโพรง ได้แก่ รวงที่มีไข่หนอน ดักแด้ เกสร น้ำหวาน และตัวเต็มวัย ในฤดูแล้งและฤดูฝนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.3±1.4 และ 3.5±1.4 กิโลกรัม จากข้อมูลกรมส่งเสริมการเกษตร (2552) กล่าวว่าผึ้งโพรงสามารถให้น้ำผึ้งประมาณ 3-15 กิโลกรัม/รัง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศจีนผึ้งโพรงสามารถให้ผลผลิตน้ำผึ้งได้สูงถึง 30-50 กิโลกรัม/รัง/ปี เพราะผึ้งโพรงจีนไม่ทิ้งรังและไม่หนีง่ายเหมือนผึ้งโพรงไทย (สิริวัฒน์, 2532) แสดงให้เห็นว่าความสมบูรณ์ของผึ้งโพรงขึ้นอยู่กับปัจจัยพืชอาหาร และการอาศัยรังที่ยาวนาน เช่น อาศัยข้ามปี ทำให้ผึ้งในช่วงฤดูแล้งมีความสมบูรณ์มากกว่าฤดูฝน สำหรับข้อมูลทางด้านชีวมิติผึ้งโพรงในภาคเหนือของประเทศไทยให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นต้องมีการศึกษาในโอกาสหน้าอีกครั้งเพื่อเป็นประโยชน์แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงผึ้งและเป็นข้อมูลพื้นฐานด้านงานวิจัยต่อไป

สรุป

ชีวมิติของผึ้งโพรง *Apis cerana* ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ และลำพูน ที่พบส่วนใหญ่เป็นรังธรรมชาติที่ทำจากขอนไม้ขุดมีจำนวนรวงผึ้งทั้งหมด ในฤดูแล้ง (เดือนพฤศจิกายน ถึง เดือนพฤษภาคม) และในฤดูฝน (เดือนมิถุนายน ถึง เดือนตุลาคม) ไม่แตกต่างกัน ส่งผลให้ตัวเต็มวัยของผึ้งทั้งหมดไม่แตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยสมาชิกในรังอยู่ในช่วง 8,654 ตัว (ฤดูฝน) ถึง 13,499 ตัว (ฤดูแล้ง) ส่วนจำนวนผึ้งโพรงเพศผู้ฤดูแล้ง (577 ตัว) มีจำนวนแตกต่างในฤดูฝน (80 ตัว) และปริมาตรของรังผึ้งโพรงในฤดูแล้งมี 18.7 ลิตร ไม่แตกต่างจากปริมาตรรังในฤดูฝน 12.6 ลิตร โดยผึ้งโพรงอาศัยอยู่ในรังขอนไม้ขุดขนาดความจุ 19.2-52.9 ลิตร พื้นที่รังที่ผึ้งเก็บน้ำหวาน และเกสร เป็นอาหารของผึ้งไม่แตกต่างกันทั้งในฤดูแล้งและฤดูฝน

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2552. ผึ้งโพรง. (Online). Available: http://agriqua.doae.go.th/plantclinic /clinic/other/bee/bee4-1.htm (20 พฤษภาคม 2552).

พงศ์เทพ อัครธนกุล. 2528. ว่าด้วยผึ้งและการเลี้ยงผึ้ง. พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด, กรุงเทพฯ. 178 หน้า.

สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ. 2532. ชีววิทยาของผึ้ง. พิมพ์ครั้งที่ 2. บริษัท ต้นอ้อ จำกัด, กรุงเทพฯ. 176 หน้า.

Agriculture and Consumer Protection. 2009. Beekeeping with oriental honeybees (*Apis cerana*). (Online). Available: http://www.fao.org/X0083e/X0083E05.htm (August 14, 2009).

Burgett, M. and I. Burikam. 1985. Number of adult honey bees (Hymenoptera: Apidae) occupying a comb:a standard for estimating colony populations. Journal of Economic Entomology 78:1154-1156.

Chinh T. X., W. J. Boot and M. J. Sommeijer. 2005. Production of sexuals in the honeybee species *Apis cerana* Fabricius 1793 (Apidae, Apini) in northern Vietnam. Journal of Apiculture Research 44: 41-48.

Inoue, T., S. Adri and S. Salmah. 1990. Nest site selection and reproductive ecology of the Asian honey bee, *Apis cerana indica*, in central Sumatra. pp. 219-232. *In*: S.F. Sakagami, R. Ohgushi, and D.W. Roubik (eds.) Natural History of Social Wasps and

Bees in Equatorial Sumatra. Hokkaido University Press, Sapporo.

Okada I. 1986. Biological characteristics of the Japanese honey bee, *Apis cerana japonica*. pp. 119-122. *In*: Procedings of the 30th International Apiculture Congress, Nagoya, Japan.

Punchihewa, R. W. K. 1994. Beekeeping for Honey Production in Sri Lanka. Sri Lanka Department of Agriculture, Peradeniya, Sri Lanka. 232 p.

Seeley, T. D. and R. A. Morse. 1976. The nest of the honey bee (*Apis mellifera* L.). Insectes Sociaux. 23: 494-512.

Seeley, T. D., R. H. Seeley and P. Akratanakul. 1982. Colony defense strategies of the honey bees in Thailand. Ecological Monograph 52: 43-63.

Segeren, P. 2004. Beekeeping in the tropics. (Online). Available: http://journeytoforever.org/farm_library/AD32.pdf (March 3, 2010).

Winston, M. L. 1987. The Biology of the Honey Bee. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts. 281 p.

การตรวจสอบการแสดงออกของยีนที่ต่างกันในใบประดับของบัวชั้นโดยเทคนิคดีดีอาร์ที-พีซีอาร์

Detection of Differential Gene Expression in Bracts of *Curcuma petiolata* Roxb. by DDRT-PCR Technique

ทิพย์วรรณ ใจภา[1/] โสระยา ร่วมรังษี[1/] และ วีณัน บัณฑิตย์[1/, 2/]

Thippawan Chaipar[1/], Soraya Ruamrungsri[1/] and Weenun Bundithya[1/, 2/]

Abstract: *Curcuma petiolata* Roxb. has been assigned into subgenera of Eucurcuma. Morphological characteristics of *Curcuma* sp. such as flower color, inflorescence length, as well as the proportion of bract color between upper coma bracts and lower bracts are not easily differentiated. In this study, DDRT-PCR was used to determine the differential gene expression in 2 groups of *C. petiolata* Roxb. with different inflorescence characters. Young leaves, bracts and coma bracts at the pre-blooming, flowering and first floret blooming stage were used for RNA extraction, and later reversed into cDNA. Fifty eight primers were screened for analysis of differential gene expression. It was found that 2 primers, OPD 08 and OPD 20, with oligo $dT_{12}VA$ were able to amplify DNA specific to *C. petiolata* Roxb. with different color proportions.

Keywords: DDRT-PCR, gene expression, *Curcuma petiolata* Roxb.

[1/] ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

[2/] ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ (AG-BIO/PERDO-CHE) จ.นครปฐม 73140

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

[2/] Center of Excellence on Agricultural Biotechnology, Science and Technology Postgraduate Education and Research Development Office, Commission on Higher Education, Ministry of Education. (AG-BIO/PERDO-CHE), Nakhon Pathom 73140, Thailand

บทคัดย่อ: บัวชั้น (*Curcuma petiolata* Roxb.) เป็นพืชที่อยู่ในกลุ่มกระเจียว (Eucurcuma) ลักษณะทางสัณฐานของพืชในกลุ่มนี้ใกล้เคียงกัน เช่น สีของช่อดอก ความยาวช่อดอก รวมทั้งสัดส่วนสีของใบประดับส่วนล่าง (bract) และใบประดับส่วนบน (coma bract) การจัดจำแนกโดยใช้ลักษณะทางสัณฐานเพียงอย่างเดียวทำได้ยาก ในงานวิจัยนี้จึงได้นำเทคนิคดีดีอาร์ที-พีซีอาร์ มาศึกษาการแสดงออกของยีนที่แตกต่างกันในบัวชั้นสองกลุ่ม ที่มีลักษณะช่อดอกแตกต่างกัน โดยสกัดอาร์เอ็นเอจากใบอ่อน ใบประดับส่วนล่าง และใบประดับส่วนบน ในระยะช่อดอกตูม ช่อดอกบาน และดอกจริงดอกแรกบาน จากนั้นนำมาทำ reverse transcription ให้เป็น cDNA วิเคราะห์ความแตกต่างของการแสดงออกของยีนโดยใช้ไพรเมอร์ จำนวน 58 ไพรเมอร์ พบว่ามีไพรเมอร์เพียง 2 คู่ คือ OPD 08 และ OPD 20 ร่วมกับ oligo $dT_{12}VA$ เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอที่จำเพาะต่อบัวชั้นที่มีสัดส่วนสีในช่อดอกต่างกันได้

คำสำคัญ: ดีดีอาร์ที-พีซีอาร์ การแสดงออกของยีน *Curcuma petiolata* Roxb.

คำนำ

บัวชั้น (*Curcuma petiolata* Roxb.) เป็นพืชในกลุ่มกระเจียว (Eucurcuma) ถิ่นกำเนิดอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย (สุรวิช, 2539) ลักษณะลำต้นใต้ดินเป็นแบบไรโซม ระบบรากเป็นรากฝอยและมีตุ้มสะสมอาหาร ใบของบัวชั้นเป็นใบเดี่ยว ลำต้นที่ขึ้นมาเหนือดินเป็นลำต้นเทียมเกิดจากกาบใบรวมตัวกัน ลำต้นใต้ดินเป็นส่วนที่สร้างช่อดอก ซึ่งช่อดอกจะแทงออกมาจากบริเวณปลายยอดของลำต้นเทียม ลักษณะของช่อดอกประกอบด้วย ใบประดับรูปไข่เรียงสลับกันในแต่ละชั้น ใบประดับแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือใบประดับส่วนบนมีสีขาวปลายสีชมพูอมม่วงมี 5-6 ชั้น ในส่วนนี้ไม่มีดอก และใบประดับส่วนล่างมีสีเขียวอ่อนที่ปลายมีอยู่ 10-15 ชั้น เป็นส่วนที่มีดอก (อดิศร, 2541) บัวชั้นส่วนใหญ่นำไปใช้ประโยชน์โดยการปลูกเป็นไม้กระถางและไม้ตัดดอก (ยุทธศักดิ์, 2542) ประเทศไทยส่งออกบัวชั้นในรูปของหัวพันธุ์ไปยังประเทศในเขตหนาว แถบยุโรป ญี่ปุ่น อเมริกา (พิชัย, 2547) และจากความต้องการของตลาดทำให้มีการผสมพันธุ์พืชในกลุ่มปทุมมาและกระเจียวได้พันธุ์ใหม่มากขึ้น อย่างไรก็ตามเนื่องจากสภาพแวดล้อมมีผลต่อการแสดงออกของลักษณะที่ปรากฏ การใช้ลักษณะทางสัณฐานเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอสำหรับการจัดจำแนกโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่พืชมีฟีโนไทป์ใกล้เคียงกัน ดังจะเห็นได้จากการจัดแบ่งพืชสกุลขมิ้นโดยใช้ลักษณะทางสัณฐาน สามารถจัดแบ่งกลุ่มได้ 2 กลุ่ม แต่เมื่อทำการศึกษารูปแบบไอโซไซม์สามารถแยกพืชสกุลขมิ้นออกเป็น 3 กลุ่ม (หทัยรัตน์, 2545) เพื่อช่วยในการจัดจำแนกและคัดเลือกพันธุ์ให้มีความแม่นยำมากขึ้น จึงมีการนำเครื่องหมายโมเลกุลเข้ามาช่วยตรวจสอบความแตกต่างทางพันธุกรรม (สุรินทร์, 2545) เช่น การใช้ microsatellite markers ร่วมกับลักษณะทางสัณฐานในการจัดจำแนกสายพันธุ์ขมิ้นชัน (*Curcuma longa* L.) ที่ได้จากบริเวณต่างๆ ของประเทศไทย สามารถจำแนกได้ 3 กลุ่ม (นันทวรรณ, 2549)

วิธีการตรวจสอบความแตกต่างทางพันธุกรรมโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี ซึ่งเทคนิคดีดีอาร์ที-พีซีอาร์ (differential display reverse transcription-PCR) เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้บ่งบอกความแตกต่างทางพันธุกรรม ซึ่งมีศักยภาพสูงในการค้นหายีนที่แสดงออกแตกต่างกันในระดับอาร์เอ็นเอ เพื่อใช้จัดจำแนกและแยกยีนที่แสดงออกภายใต้สภาพที่หลากหลายไม่ว่าจะเป็นในเนื้อเยื่อที่ต่างกัน หรือภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลง (Liang and Pardee, 1992) ด้วยวิธีการสกัดอาร์เอ็นเอที่มีการแสดงออกในแต่ละส่วนของพืช ตรวจสอบคุณภาพอาร์เอ็นเอ จากนั้นทำ reverse transcription จาก mRNA ให้เป็น cDNA โดยใช้เอนไซม์ reverse transcriptase และ anchored primer นำ cDNA ที่ได้ไปคัดกรองแถบ cDNA ด้วย random arbitrary primer และตรวจสอบการแสดงออกของยีนที่แตกต่างกันโดยใช้โพลีอะคริลามายด์เจลอิเล็กโตรโฟรีซิส (Stein and Liang, 2002) เมื่อได้แถบดีเอ็นเอที่ต่างกันจากดีดีอาร์ที-พีซีอาร์ จึงนำแถบดีเอ็นเอดังกล่าวไปหาลำดับเบส (Krutmuang, 2003) ซึ่งจะทำให้ทราบข้อมูลทาง

พันธุกรรม โดยลำดับเบสที่ได้สามารถนำไปออกแบบไพรเมอร์ (primer) หรือโพรบ (probe) เพื่อใช้ในการจำแนกพันธุ์ ตรวจสอบสายพันธุ์ลูกผสม และยังสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการปรับปรุงพันธุ์พืชชนิดนั้นๆ

สำหรับกลุ่มตัวอย่างบัวชั้นที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีลักษณะต่างๆ ของช่อดอกใกล้เคียงกัน เช่น ความยาวช่อดอก สีดอก รวมทั้งสัดส่วนสีของใบประดับส่วนบนและใบประดับส่วนล่าง ซึ่งลักษณะเหล่านี้ถูกควบคุมโดยยีนที่มีความจำเพาะเจาะจง วัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้เพื่อตรวจสอบการแสดงออกของยีนในบัวชั้นที่มีลักษณะใบประดับต่างกัน โดยใช้เทคนิคทางชีวโมเลกุลคือเทคนิคดีดีอาร์ที-พีซีอาร์

อุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุพันธุ์พืช

พันธุ์พืชที่ใช้คือบัวชั้นที่มีความแตกต่างกันสองกลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ต้นที่มีใบประดับสีชมพูมากกว่า 1 ใน 3 ของช่อดอก และกลุ่มที่ 2 ต้นที่มีใบประดับสีชมพูน้อยกว่า 1 ใน 3 ของช่อดอก (ภาพที่ 1) ปลูกหัวของบัวชั้นลงในถุงดำขนาด 6×12 นิ้ว ณ เรือนเพาะชำคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สุ่มเก็บตัวอย่างพืช ในระยะการเจริญเติบโต 4 ระยะ ได้แก่ ระยะใบอ่อน ระยะช่อดอกตูม ระยะช่อดอกบาน และระยะดอกจริงดอกแรกบาน กลุ่มละ 12 ต้น ต้นละ 1 ตัวอย่าง

การสกัด RNA

เก็บตัวอย่างใบ ใบประดับส่วนล่าง และใบประดับส่วนบนของบัวชั้นจากแปลงในระยะต่างๆ ที่กล่าวข้างต้นแช่ในน้ำแข็งทันที นำมาล้างด้วยน้ำกลั่น 2 ครั้ง เพื่อนำไปสกัดอาร์เอ็นเอ โดยใช้ชุดน้ำยา Trizol™ reagent (Invitrogen, U.S.A.) ตามวิธีที่แนบมากับชุดสารเคมี (http://tools.invitrogen.com/content/sfs/manuals/trizol_reagent.pdf) จากนั้นจึงนำ อาร์เอ็นเอที่สกัดได้ทำ DNase digestion เพื่อกำจัด genomic DNA ในปฏิกิริยาประกอบด้วยอาร์เอ็นเอ, 1X DNase buffer, 1 mM $MgCl_2$, 10 mM DTT, dIH_2O และ 5U DNaseI บ่มที่อุณหภูมิ 37 °ซ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นเติม 2.5 mM EDTA หยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่อุณหภูมิ 65 °ซ เป็นเวลา 10 นาที ตรวจสอบคุณภาพของอาร์เอ็นเอ ที่ได้ด้วยวิธี อกาโรสเจลอิเล็กโตรโฟรีซิส

การสังเคราะห์ cDNA

ใช้ชุดน้ำยา SuperScript III first-strand synthesis system for RT-PCR (Invitrogen, U.S.A.) ในการสังเคราะห์ cDNA ตามวิธีที่แนบมากับชุดสารเคมี (http://tools.invitrogen.com/content/sfs/manuals/superscriptIIIfirststrand_ pps.pdf) นำ cDNA ที่ได้มาตรวจสอบคุณภาพด้วยปฏิกิริยาพีซีอาร์ โดยใช้ไพรเมอร์ ndhB up (5'-ATG GTT TCT CTT GGC TAT ATG G-3') และndhB down (5'-GCA TAC GTT TCA TGC TTG TTT GAG-3')

การทดสอบไพรเมอร์

ใช้ cDNA จากตัวอย่างพืชทั้งสองกลุ่ม ใน 4 ระยะ ได้แก่ ระยะใบอ่อน ระยะช่อดอกตูม ระยะช่อดอกบาน และระยะดอกจริงดอกแรกบาน (ในช่อดอกแต่ละระยะแยกส่วนของใบประดับส่วนล่างและใบประดับส่วนบน) รวมกัน เพื่อนำมาคัดกรองคู่ไพรเมอร์ที่ใช้ในการทำดีดีอาร์ที-พีซีอาร์ ประกอบด้วย forward primer 58 ชนิด ซึ่งมีขนาด 10 bp (OPD01-OPD20, OPF01-OPF20, OPAB11-OPAB19 และ AP-A01- AP-A10 บริษัท 1st Base ประเทศมาเลเซีย) และ reverse primer 2 ชนิด ขนาด 14 bp คือ oligo $dT_{12}VA$ และ oligo $dT_{12}VG$ ทำปฏิกิริยาด้วยเงื่อนไขพีซีอาร์ อ้างอิงจาก จิรพิพรรธ (2549) เจือจางผลผลิตพีซีอาร์ ด้วย dIH_2O ในอัตราส่วน 1:20 เพื่อใช้เป็นต้นแบบสำหรับปฏิกิริยา PCR รอบที่สอง โดยใช้เงื่อนไขสำหรับทำปฏิกิริยาเหมือนกับครั้งแรก ตรวจสอบผลที่ได้ด้วยโพลีอะคริลามายด์เจลอิเล็กโตรโฟรีซิส ย้อมแผ่นเจลที่ได้ด้วย silver nitrate

การตรวจสอบการแสดงออกของยีน

ตรวจสอบการแสดงออกของยีนที่แตกต่างกันโดยเทคนิคดีดีอาร์ที-พีซีอาร์ คัดเลือกไพรเมอร์ที่ให้ลักษณะของแถบหลากหลายและมีความคมชัด ใช้ไพรเมอร์ที่คัดเลือก 6 ไพรเมอร์คือ OPD 03, OPD 07,

OPD 08, OPD 20, OPF 10 และ OPAB 11 คู่กับ reverse primer oligo $dT_{12}VA$ ทำปฏิกิริยาเช่นเดียวกับขั้นตอนการทดสอบคู่ไพรเมอร์ที่อ้างอิงจากจิรพิพรรธ (2549) วิเคราะห์ความแตกต่างของแถบดีเอ็นเอที่ปรากฏ

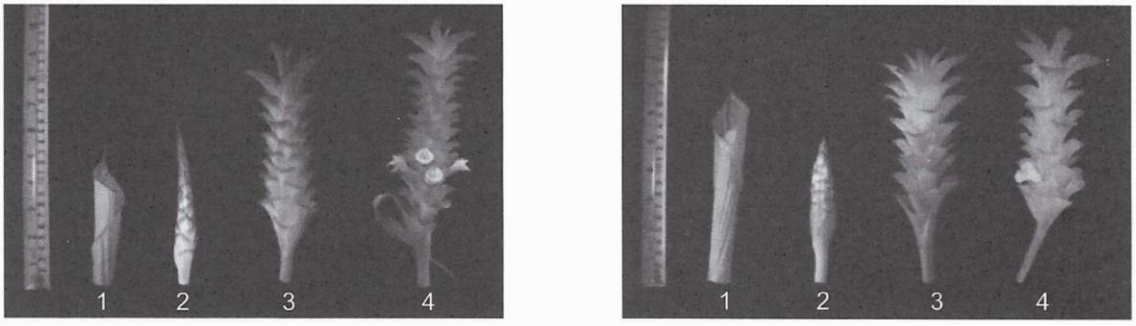
ผลการทดลองและวิจารณ์

การสกัด RNA

บัวชั้นที่ใช้ในการทดลองสองกลุ่มมีลักษณะที่แตกต่างกันคือ ในกลุ่มที่ 1 มีใบประดับสีชมพูมากกว่า 1 ใน 3 ของ ช่อดอก ส่วนกลุ่มที่ 2 มีใบประดับสีชมพูน้อยกว่า 1 ใน 3 ของช่อดอก (ภาพที่ 1) อาร์เอ็นเอที่สกัดได้ในเบื้องต้น (ภาพที่ 2A) พบว่ามีการปนเปื้อนของ genomic DNA ซึ่งอาจส่งผลต่อการทำปฏิกิริยาพีซีอาร์ และการวิเคราะห์การแสดงออกของยีน เนื่องจาก genomic DNA ทำให้ผลการทดลองที่ได้ไม่ถูกต้อง (Dunican *et al.*, 1997) จึงต้องกำจัดการปนเปื้อนที่เกิดขึ้น โดยใช้เอนไซม์ DNaseI (ภาพที่ 2B) ก่อนการสังเคราะห์ cDNA โดยใช้ไพรเมอร์ oligo dT การตรวจสอบคุณภาพของ cDNA โดยเทคนิคพีซีอาร์ ไพรเมอร์ที่ใช้คือ ndhB up และ ndhB down ผลที่ได้คือพบแถบของ cDNA ที่เกิดขึ้นมีขนาดประมาณ 500 bp (ภาพที่ 2C) เพียงแถบเดียวตรงตามขนาดที่คาดหวัง แสดงให้เห็นว่าการสังเคราะห์ cDNA ประสบความสำเร็จและไม่มีการปนเปื้อนของ genomic DNA ซึ่งถ้าหากมีการปนเปื้อนของ genomic DNA จะพบแถบของดีเอ็นเอที่มีขนาดใหญ่ว่าแถบของ cDNA ที่เกิดขึ้น (Maier *et al.*, 1992)

การคัดกรองคู่ไพรเมอร์

การคัดกรองคู่ไพรเมอร์ที่เหมาะสมคือ สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอเป้าหมายได้ และผลผลิตที่ได้มีปริมาณมาก ในการทำปฏิกิริยาพีซีอาร์ครั้งแรก พบว่าสามารถเพิ่มปริมาณได้ แต่มีลักษณะเป็นรอยยาวต่อเนื่องและไม่ปรากฏแถบของ ดีเอ็นเอ (ภาพที่ 3A) เนื่องจากขนาดของแถบดีเอ็นเอมีขนาดใกล้เคียงกันและแถบที่เกิดขึ้นมีจำนวนมาก (สุรินทร์, 2552) อาจเกิดจากไพรเมอร์ที่ใช้เป็นแบบสุ่มและมีขนาดสั้นเพียง 10 นิวคลีโอไทด์ เกิดการจับกับดีเอ็นเอต้นแบบได้หลายตำแหน่ง ทำให้เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้แถบจำนวนมาก อย่างไรก็ตามเมื่อนำผลผลิตของ PCR ที่ได้ในครั้งแรกมาเจือจางเพื่อใช้เป็นต้นแบบในการทำปฏิกิริยาพีซีอาร์ครั้งที่ 2 โดยใช้คู่ไพรเมอร์เดิม พบว่าแถบดีเอ็นเอปรากฏขึ้นชัดเจน (ภาพที่ 3B) แสดงให้เห็นว่าไพรเมอร์สามารถเข้าไปจับกับตำแหน่งที่จำเพาะมากขึ้นจากการเพิ่มปริมาณของผลผลิตจากพีซีอาร์ในครั้งแรก สอดคล้องกับ Roux *et al.* (1998)ที่ศึกษาการหายีนที่ตอบสนองต่อออกซินใน



A B

Figure 1 Sampling stages of *Curcuma petiolata* Roxb.
A: pink coma bract more than 1/3 of inflorescence; B: pink coma bract less than 1/3 of inflorescence; 1: young leaf stage; 2: pre-blooming stage; 3: flowering stage; 4: first floret blooming stage

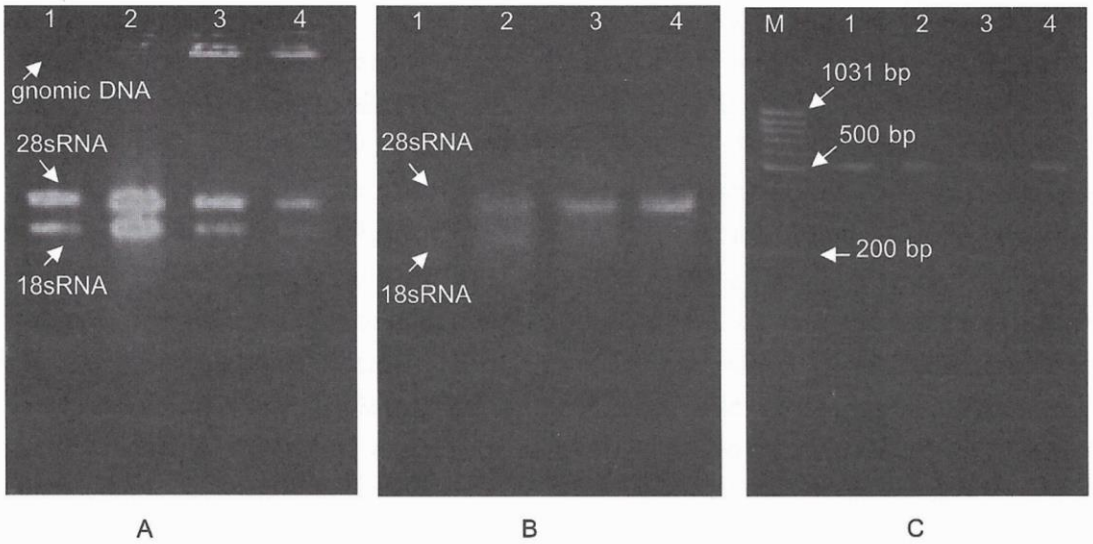


Figure 2 Total RNA and cDNA from each stage of *Curcuma petiolata* Roxb.

A: total RNA without DNase digestion; B: DNase-digested RNA; C: PCR product amplified by ndhB up/down primer

Lane M is GeneRuler™ 50 bp DNA Ladder; lanes 1-4 are young leaf stage, pre-blooming stage, flowering stage and first floret blooming stage, respectively.

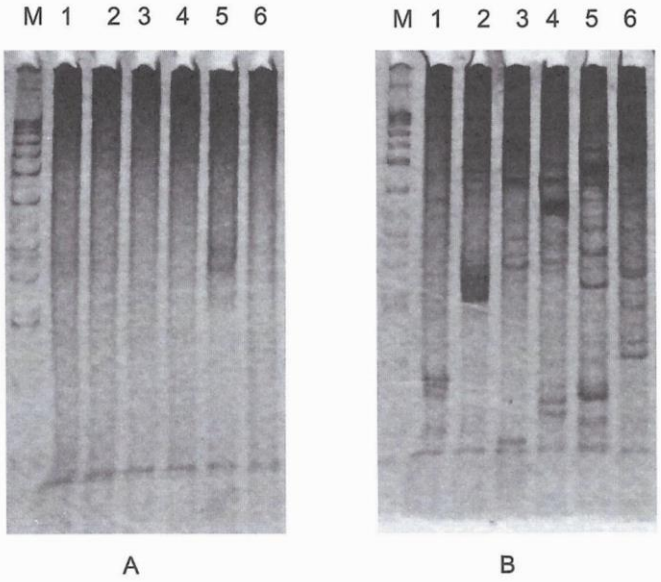


Figure 3 Amplification of *Curcuma petiolata* Roxb. cDNA by selected primers of DDRT-PCR

A: PCR cycle 1; B: PCR cycle 2

Lane M is GeneRuler™50 bp DNA Ladder; 1: OPD 03; 2: OPD 07; 3: OPD 08; 4: OPD 20: 5; OPF 10; 6: OPAB 11.

ต้นยาสูบซ้วิธี mRNA differential display โดยทำพีซีอาร์สองครั้งเช่นกัน ซึ่งในรอบแรกทำพีซีอาร์ 40 รอบ ลักษณะแถบที่เกิดขึ้นเป็นรอยยาวหนา แถบของดีเอ็นเอไม่ชัดเจน ทำให้ยากต่อการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้ได้ผลดีจึงใช้พีซีอาร์ ในรอบแรกมาเจือจางในอัตราส่วนหนึ่งต่อสิบ แล้วนำไปทำพีซีอาร์ อีก 25 รอบ พบว่าแถบของดีเอ็นเอมีความชัดเจนมากขึ้น ซึ่งการทำปฏิกิริยา พีซีอาร์ครั้งที่ 2 ทำให้ลดรอยยาวของแถบที่เกิดขึ้น และง่ายต่อการวิเคราะห์แถบของดีเอ็นเอที่ได้ เมื่อทำการคัดเลือกคู่ไพรเมอร์ จาก forward primer 58 ชนิด คัดเลือกได้ 6 ไพรเมอร์คือ OPD 03, OPD 07, OPD 08, OPD 20, OPF 10 และ OPAB 11 ที่สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอเป้าหมายได้ในทุกระยะการเจริญเติบโต และทุกส่วนของบัวชั้น สำหรับ reverse primer 2 ชนิด คือ oligo $dT_{12}VA$ และ oligo $dT_{12}VG$ พบว่า oligo $dT_{12}VG$ ที่คู่กับ forward primer ทั้ง 6 ชนิด ให้ลักษณะแถบที่ไม่ค่อยมีความแตกต่างกันระหว่างบัวชั้นทั้งสองกลุ่ม (ไม่แสดงข้อมูล) แถบของดีเอ็นเอที่เกิดขึ้นมีลักษณะเป็น monomorphic band คือทุกตัวอย่างมีแถบดีเอ็นเอเหมือนกันในตำแหน่งเดียวกัน แสดงว่าคู่ไพรเมอร์ที่ใช้สามารถเพิ่มปริมาณของดีเอ็นเอในบริเวณที่ไม่มีความแตกต่าง ทางพันธุกรรม ส่วน oligo $dT_{12}VA$ ให้ลักษณะของแถบดีเอ็นเอที่มีความแตกต่างกัน (polymorphic band) คือมีแถบดีเอ็นเอที่ปรากฏในตำแหน่งเดียวกันแตกต่างกัน (กฤษณา, 2548) จึงสามารถนำไปใช้แยกความแตกต่างระหว่างบัวชั้นทั้งสองกลุ่มได้

การแสดงออกของยีนในบัวชั้น

การวิเคราะห์การแสดงออกของยีนที่ต่างกันระหว่างบัวชั้นสองกลุ่ม ที่มีสีของใบประดับต่างกัน โดยใช้ไพรเมอร์ 6 ชนิด คู่กับ oligo $dT_{12}VA$ พบว่า OPD 08 และ OPD 20 ให้แถบที่มีลักษณะเฉพาะ เมื่อใช้ไพรเมอร์ OPD 08 พบว่าให้แถบที่แตกต่างกัน 2 ขนาดคือ 835 bp และ 591 bp พบเฉพาะในบัวชั้นที่มีใบประดับสีชมพูน้อยกว่า 1 ใน 3 ของช่อดอก โดยแถบขนาด 835 bp แสดงออกเฉพาะในใบประดับส่วนบน ส่วนแถบขนาด 591 bp แสดงออกในใบประดับส่วนล่าง และ ใบประดับส่วนบน (ภาพที่ 4A) เนื่องจากใบประดับส่วนล่าง และใบประดับส่วนบน มีลักษณะที่แตกต่างกันคือ ในส่วนของ ใบประดับส่วนล่างเป็นที่อยู่ของช่อดอกย่อย โคนของใบประดับส่วนล่างจะเชื่อมติดกันเกิดเป็นลักษณะคล้ายถ้วย แต่ใบประดับส่วนบนไม่มีช่อดอกย่อย มี 2-3 ชั้น และโคนของใบประดับส่วนบนไม่เชื่อมติดกัน (สุรวิช, 2539; อดิศร, 2541) จากลักษณะที่มีความแตกต่างดังกล่าว การปรากฏแถบเฉพาะในใบประดับส่วนบน ซึ่งอาจสัมพันธ์กับยีนที่ควบคุมลักษณะของใบประดับส่วนบน ในขณะที่แถบพบทั้งใบประดับส่วนล่าง และใบประดับส่วนบน สัมพันธ์กับยีนที่ควบคุมลักษณะร่วมของทั้งสองส่วน การใช้ไพรเมอร์ OPD 08 ร่วมกับ oligo $dT_{12}VA$ ไม่สามารถตรวจสอบการแสดงออกของยีนในใบประดับส่วนบนที่ระยะช่อดอกบานและระยะดอกจริงดอกแรกบาน เมื่อเทียบกับระยะช่อดอกตูม แสดงว่าแถบดีเอ็นเอที่เกิดขึ้นเป็นยีนที่แสดงออกเฉพาะในระยะช่อดอกตูม สำหรับไพรเมอร์ OPD 20 ให้แถบขนาด 939 bp ในบัวชั้นที่มีใบประดับสีชมพูมากกว่า 1 ใน 3 ของช่อดอก ซึ่งมีการแสดงออกเฉพาะในใบประดับส่วนบนที่ระยะช่อดอกบาน และระยะดอกจริงดอกแรกบาน (ภาพที่ 4B) เป็นผลของยีนที่แสดงออกในระดับที่ตรวจสอบได้ในระยะตั้งแต่ช่อดอกบาน ส่วนในกลุ่มบัวชั้นที่มีใบประดับสีชมพูน้อยกว่า 1 ใน 3 ของช่อดอก พบแถบของดีเอ็นเอที่ไม่มีความแตกต่างระหว่างตัวอย่าง แสดงให้เห็นว่ายีนนี้มีการแสดงออกในทุกระยะการเจริญเติบโต การปรากฏแถบที่มีความจำเพาะต่อกลุ่มบัวชั้นนี้ หากได้มีการวิเคราะห์เพิ่มเติมในกลุ่มตัวอย่างที่มากขึ้นหรือออกแบบไพรเมอร์ให้มีความจำเพาะมากขึ้น สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการแบ่งกลุ่มของบัวชั้นที่มีลักษณะของใบประดับแตกต่างกัน ซึ่งช่วยให้การจำแนกหรือคัดเลือกพันธุ์ได้ถูกต้องและรวดเร็ว โดยพิจารณาจากแถบของดีเอ็นเอที่ปรากฏในแต่ละระยะของการพัฒนาของช่อดอก มีรายงานการใช้เทคนิคดีดีอาร์ที-พีซีอาร์ สามารถคัดเลือกต้นเพศผู้และต้นเพศเมียใน *Piper longum* ในระยะต้นอ่อน พบว่าเกิดแถบของดีเอ็นเอ ที่แตกต่างกัน 48 แถบ อยู่ในกลุ่มของเพศเมีย 32 แถบ ส่วนในกลุ่มเพศผู้พบ 16 แถบ (Manoj *et al.*, 2008) และยังมีการใช้เทคนิคนี้วิเคราะห์การแสดงออกของยีนที่ควบคุมการพัฒนาของดอกใน *Calanthe discolor* และ *C. sieboldii* มียีนที่แสดงออกต่างกันทั้งหมด 66 ยีน พบใน *C. discolor*

26 ยีน และใน *C. sieboldii* อีก 40 ยีน ซึ่งการแสดงออกของยีนที่เกิดขึ้นนี้อาจจะเกี่ยวข้องกับวิถีเมแทบอลิซึมและการส่งสัญญาณของฮอร์โมน ที่แตกต่างกันของทั้งสองชนิด (Park *et al.*, 2010) อย่างไรก็ตามจะต้องดำเนินการเพิ่มเติมคือ นำแถบของดีเอ็นเอที่แตกต่างกันไปหาลำดับเบสที่เกิดขึ้น เพื่อตรวจสอบและยืนยันการแสดงออกของยีนสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

สรุป

การใช้ไพรเมอร์ OPD 08 และ OPD 20 ร่วมกับ oligo $dT_{12}VA$ ด้วยเทคนิคดีดีอาร์ที-พีซีอาร์ สามารถเพิ่มปริมาณ cDNA ที่แสดงถึงความแตกต่างของการแสดงออกของยีนในบัวชั้นที่มีสีของใบประดับต่างกันได้ โดยไพรเมอร์ OPD 08 มีความจำเพาะต่อกลุ่มบัวชั้นที่มีใบประดับสีชมพูน้อยว่า 1 ใน 3 ของช่อดอก ให้แถบขนาด 835 bp ซึ่งแสดงออกในส่วนของใบประดับส่วนบน ในทุกระยะการเจริญเติบโต และ 591 bp แสดงออกทั้งส่วนของใบประดับส่วนล่าง และใบประดับส่วนบน ในทุกระยะการเจริญเติบโตเช่นกัน ส่วนไพรเมอร์ OPD 20 ให้แถบที่มีขนาด 939 bp ที่มีความจำเพาะต่อกลุ่ม บัวชั้นที่มีใบประดับสีชมพูมากกว่า 1 ใน 3 ของช่อดอก ในส่วนของใบประดับส่วนบน ที่ระยะช่อดอกบานและระยะดอกจริงดอกแรกบาน

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับความอนุเคราะห์วัสดุพันธุ์พืชจากศูนย์บริการการพัฒนาขยายพันธุ์ไม้ดอกไม้ผลบ้านไร่อันเนื่องมาจากพระราชดำริ และทุนสนับสนุนการวิจัยจากศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ (AG-BIO/PERDO-CHE)

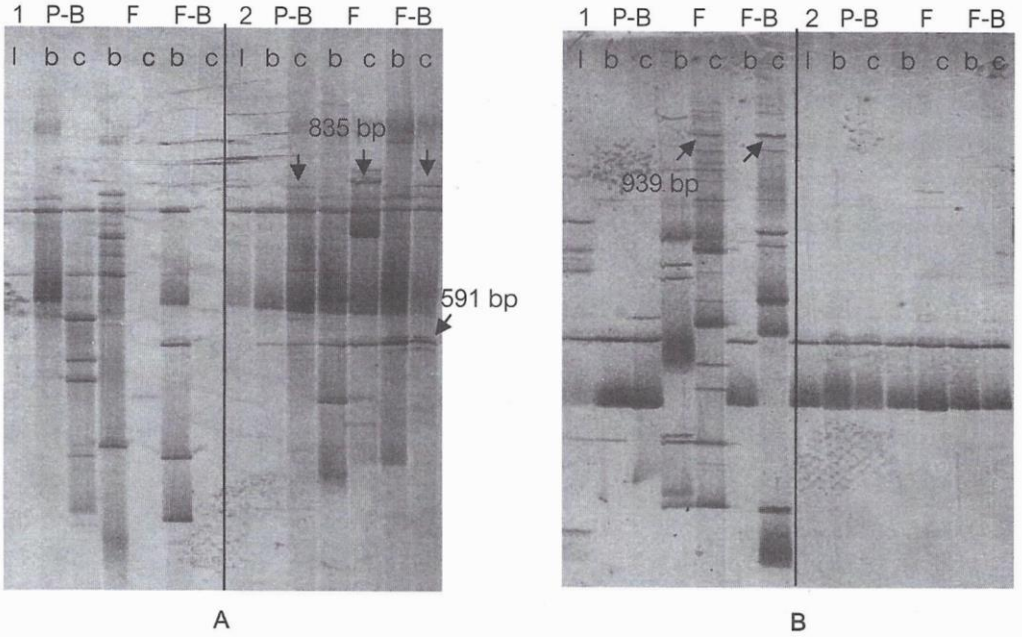


Figure 4 cDNA pattern representing gene expression in *Curcuma petiolata* Roxb.
A: OPD08; B: OPD20; 1: with pink coma bract more than 1/3 of inflorescence; 2: with pink coma bract less than 1/3 of inflorescence; l: young leaf; b: bract; c: coma bract; P-B: at pre-blooming stage; F: at flowering stage; F-B: at first floret blooming stage

เอกสารอ้างอิง

กฤษณา วงค์ปัญญา. 2548. การจำแนกสายพันธุ์ข่าโดยเทคนิคเอเอฟแอลพี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 72 หน้า.

จิรพิพรรธ แพรไพศาล. 2549. การจำแนกยีนที่ต้านทานต่อเชื้อ *Escherichia coli* สาเหตุของโรคท้องร่วงในสุกรก่อน หย่านม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 57 หน้า.

นันทวรรณ ฉิมพลี. 2549. การจำแนกสายพันธุ์ขมิ้นชันในประเทศไทยโดยใช้ Microsatellite markers. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชไร่นา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 143 หน้า.

พิชัย มณีโชติ. 2547. ปทุมมาและกระเจียว. ข่าวสารสมาคมพืชสวน .19(3): 14-15.

ยุทธศักดิ์ เจียมไชยศรี. 2542. โรครากปมของปทุมมาและกระเจียว. กสิกร 72(2): 121- 124.

สุรวิช วรรณไกรโรจน์. 2539. ปทุมมาและกระเจียว (curcuma). ไม้ดอกไม้ประดับ. อมรินทร์ พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด(มหาชน), กรุงเทพฯ. 128 หน้า.

สุรินทร์ ปิยะโชคณากุล. 2545. จีโนมและเครื่องหมายดีเอ็นเอ: ปฏิบัติการอาร์เอพีดีและเอเอฟแอลพี. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 115 หน้า.

สุรินทร์ ปิยะโชคณากุล. 2552. เครื่องหมายดีเอ็นเอ: จากพื้นฐานสู่การประยุกต์. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 269 หน้า.

หทัยรัตน์ โชคทวีพานิชย์. 2545. การจัดกลุ่มขมิ้น (วงศ์ขิง) โดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาและรูปแบบไอโซไซม์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 95 หน้า.

อดิศร กระแสชัย. 2541. การรวบรวมพืชพื้นถิ่นเพื่อพัฒนาเป็นไม้ดอกไม้ประดับ. รายงานผลการวิจัย. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 44 หน้า.

Dunican, D., A. Parle-McDermott and D. T. Croke. 1997. Gene expression profiling of cells and tissues. Current Diagnostic Pathology 4: 170-175.

Krutmuang, P. 2003. Detection of Genes Differentially Expressed in Porcine Leucocytes due to Transport Stress by cDNA-AFLP and Differential Display. Ph.D. Thesis. Rheinischen Fricdrich-Wilhelms-Universität. 124 p.

Liang, P. and A. B. Pardee. 1992. Differential display of eukaryotic messenger RNA by means of the polymerase chain reaction. Science 257: 967-971.

Maier, R. M., K. Neckermann, B. Hoch, N. B. Akhmerdov and H. Kossel. 1992. Identification of editing positions in the *ndh*B transcript from maize chloroplasts reveals sequence similarities between editing sites of chloroplasts and plant mitochondria. Nucleic Acids Res. 20: 6189-6194.

Manoj, P., N. S. Banerjee and P. Ravichandran. 2008. Development of sex specific molecular markers in dioecious *Piper longum* L. plants by differential display. JATIT. 4: 459-465.

Park, J. M., S. S. Whang, S. So, P. O. Lim, H. Y. Lee and J. C. Koo. 2010. Identification of differentially expressed genes in flower buds of *Calanthe discolor* and *C. sieboldii*. Plant Biol. 53: 24-31.

Roux, C., J. Bilang, B. H. Theunissen and C. Perrot-Rechenmann. 1998. Identification of new early auxin markers in tobacco by mRNA differential display. Plant Molecular Biology 37: 385-389.

Stein, J. and P. Liang. 2002. Differential display technology: a general guide. Cell Mol. Life Sci. 59: 1235-1240.

การตรวจสอบการแสดงออกของยีนที่ต่างกันในกลีบดอกเอื้องดินใบหมากบางชนิดโดยเทคนิคดีดีอาร์ที-พีซีอาร์

Detection of Differential Gene Expression in Tepal of Some *Spathoglottis* Species by DDRT-PCR Technique

จตุพร อนุชัย[1/, 2/] ณัฐา โพธาภรณ์[1/] และ วีณัน บัณฑิตย์[1/, 2/]*

Jatuporn Anuchai[1/, 2/], Nuttha Potapohn[1/] and Weenun Bundithya[1/, 2/]*

Abstract: *Spathoglottis* is one of the orchid species which is popular for its color prominence in Thailand and abroad. However, knowledge and information of genetics controlling color phenotypes in orchid is still limited. Therefore, gene expression in tepals was carried out in 3 species of *Spathoglottis* which were *S. affinis*, *S. plicata* and *S. petrei*. Differential display reverse transcription-polymerase chain reaction (DDRT-PCR) technique was used to study gene expression in tepals at 3 different stages. The flower development period was divided as follows: flower bud, half opened flower and full bloom flower. Fifty-eight primers were screened and only 3 primers, OPD16, OPF14 and OPAB19, were able to amplify DNA marker associated with flower characteristics. These DDRT-PCR markers may have potentials for identification of genetic variation associated with flower characteristics of *Spathoglottis*.

Keywords: Gene expression, DDRT-PCR technique, *Spathoglottis* spp.

[1/] ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

[2/] ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ (AG-BIO/PERDO-CHE) จ.นครปฐม 73140

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

[2/] Center of Excellence on Agricultural Biotechnology, Science and Technology Postgraduate Education and Research Development Office, Commission on Higher Education, Ministry of Education. (AG-BIO/PERDO-CHE), Nakhon Pathom 73140, Thailand

* corresponding author

บทคัดย่อ: เอื้องดินใบหมาก (*Spathoglottis* spp.) เป็นกล้วยไม้อีกสกุลหนึ่งที่มีจุดเด่นในเรื่องของสีดอกซึ่งเป็นที่นิยมในตลาดทั้งในและต่างประเทศ แต่ข้อมูลเกี่ยวกับพันธุกรรม ซึ่งควบคุมสีดอกกล้วยไม้ยังมีจำกัด งานวิจัยนี้จึงศึกษาการแสดงออกของยีนในเอื้องดินใบหมาก 3 ชนิด ได้แก่ *Spathoglottis plicata*, *S. affinis* และ *S. petrei* ด้วยเทคนิคดีดีอาร์ที - พีซีอาร์ เพื่อศึกษาการแสดงออกของยีนในกลีบดอกที่ระยะการเจริญที่แตกต่างกัน 3 ระยะคือ ระยะดอกตูม ระยะดอกตูมก่อนบาน และระยะดอกบาน ในการคัดกรองไพรเมอร์ 58 ชนิด พบว่าไพรเมอร์แสดงเครื่องหมายดีเอ็นเอที่สัมพันธ์กับลักษณะดอกเอื้องดินใบหมากทั้ง 3 ชนิด คือ OPD16, OPF14 และ OPAB19 ซึ่งแถบเครื่องหมายเหล่านี้คาดว่าจะมีศักยภาพในการบ่งชี้ความแตกต่างทางพันธุกรรมที่สัมพันธ์กับสีดอกของเอื้องดินใบหมากได้

คำสำคัญ: การแสดงออกของยีน เทคนิคดีดีอาร์ที – พีซีอาร์ *Spathoglottis* spp.

คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีสภาพภูมิอากาศและภูมิประเทศเหมาะแก่การเจริญเติบโตของกล้วยไม้นานาชนิด นอกจากนั้นยังเป็นประเทศที่มีกล้วยไม้หลากหลายชนิด จัดเป็นไม้ดอกที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย ได้รับความนิยมทั้งแบบไม้กระถางและไม้ตัดดอก (ระพี, 2516) การปลูกเลี้ยงกล้วยไม้เชิงการค้ามีการขยายตัวมากในช่วงหลายปีที่ผ่านมา โดยในปี พ.ศ. 2550 มีพื้นที่ปลูก 20,739 ไร่ ให้ผลผลิตทั้งหมด 47,036 ตัน มีมูลค่าการส่งออกกว่า 2,544 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551) เอื้องดินใบหมาก (*Spathoglottis* spp.) จัดอยู่ในวงศ์ Orchidaceae เป็นกล้วยไม้อีกสกุลหนึ่งที่มีจุดเด่นในเรื่องของสีดอก เป็นที่นิยมในตลาดทั้งในและต่างประเทศ (ระพี, 2516) ดอกมีสีสันหลากหลายสีได้แก่ ขาว เหลือง ชมพู ม่วง เป็นต้น ดอกทยอยบาน เกือบตลอดปี จึงนิยมนำไปเป็นไม้ประดับอาคาร จัดสวน และไม้กระถาง (อบฉันท์, 2543) แต่ข้อมูลพื้นฐานทางพันธุกรรมที่ควบคุมลักษณะต่างๆ ของเอื้องดินใบหมากยังมีอยู่ไม่มาก การปรับปรุงการผลิตให้มีลักษณะตามที่ตลาดต้องการจึงค่อนข้างจำกัด ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับยีนที่ควบคุมลักษณะต่างๆจึงมีความสำคัญต่อการพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์ของเอื้องดินใบหมาก (สิริณี, 2547)

การปรับปรุงพันธุ์เพื่อให้ได้สายพันธุ์ใหม่ทางการค้าเป็นการเพิ่มความหลากหลายทางพันธุกรรม ทำให้มีพันธุ์ใหม่ออกสู่ตลาดมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามการปรับปรุงพันธุ์ โดยวิธีการแบบดั้งเดิมที่ใช้อยู่ในปัจจุบันต้องอาศัยเวลานาน การนำเครื่องหมายโมเลกุลมาใช้เป็นเครื่องมือเพื่อจำแนกหรือตรวจสอบพันธุ์ ให้ถูกต้องและแม่นยำขึ้น เครื่องหมายโมเลกุลหลายชนิด อาศัยการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอโดยเทคนิคพีซีอาร์ (PCR, polymerase chain reaction) ซึ่งเป็นหลักทำได้ง่ายและรวดเร็ว (สุรินทร์, 2545) สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบและคัดเลือกพันธุ์ที่แม่นยำกว่าลักษณะทางกายภาพซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตามสภาพแวดล้อม การคัดเลือกในระดับดีเอ็นเอมีประสิทธิภาพสูงทั้งในแง่ลักษณะคุณภาพและปริมาณ การตรวจสอบทำได้ทุกระยะการเจริญเติบโตและการดำเนินการแต่ละครั้งสามารถตรวจสอบหลายลักษณะพร้อมกัน ทำให้ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายอีกด้วย

เทคนิคดีดีอาร์ที - พีซีอาร์ (DDRT-PCR, differential display reverse transcription – polymerase chain reaction) เป็นเทคนิคทางพันธุศาสตร์โมเลกุลซึ่งมีศักยภาพสูงในการค้นหายีนที่แสดงออกแตกต่างกัน ซึ่งสามารถใช้ในการเปรียบเทียบการแสดงออกของยีนระหว่างเซลล์หรือเนื้อเยื่อ ประกอบด้วยขั้นตอนของการสังเคราะห์ cDNA จาก mRNA โดยใช้ anchored primer และ เอนไซม์ reverse transcriptase ตามด้วยการคัดกรองแถบ cDNA ด้วย random arbitrary primer ซึ่งผลิตภัณฑ์พีซีอาร์ดังกล่าวถูกนำไปแยกความแตกต่างโดย polyacrylamide gel electrophoresis และตัดแถบที่น่าสนใจเพื่อทำการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ต่อไป (Liang and Pardee, 1992)

เทคนิคดีดีอาร์ทีพีซีอาร์ สามารถใช้ในการจำแนกการแสดงออกของยีนที่แตกต่างกันได้ทั้งในสัตว์ พืช แมลง และจุลินทรีย์ เป็นวิธีการที่นิยมใช้กันอย่าง

กว้างขวาง สามารถปฏิบัติง่าย นำไปสู่การจำแนกพันธุ์ จัดกลุ่มทางวิวัฒนาการ และการตรวจสอบความบริสุทธิ์ของสายพันธุ์ เป็นต้น (Chen *et al.*, 2004) ในการวิจัยครั้งนี้จึงได้นำเทคนิคดีดีอาร์ทีพีซีอาร์ มาใช้ในการวิเคราะห์การแสดงออกของยีนกล้วยไม้เอื้องดินใบหมาก 3 ชนิด รูปแบบเฉพาะของการแสดงออกของยีนที่ได้ มีศักยภาพในงานปรับปรุงพันธุ์ โดยอาจใช้เป็นเครื่องหมายช่วยในการคัดเลือกพันธุ์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การสกัดอาร์เอ็นเอ

สุ่มเก็บตัวอย่างจากเอื้องดินใบหมาก 3 ชนิด 5 ตัวอย่าง ที่มีสีดอกต่างกัน คือ *S. affinis* 1 ตัวอย่าง สีเหลือง *S. plicata* 3 ตัวอย่าง สีม่วง สีชมพู สีขาว และ *S. petrei* 1 ตัวอย่าง สีบานเย็น ตัวอย่างละ 3 ต้น โดยเก็บกลีบดอกในระยะต่างๆ แบ่งเป็น 3 ระยะ คือ ระยะดอกตูม (ระยะที่ 1) ดอกตูมก่อนบาน (ระยะที่ 2) และดอกบาน (ระยะที่ 3) นำมาสกัดอาร์เอ็นเอโดยใช้ชุดสารเคมี trizol reagent (Invitrogen, U.S.A) ดำเนินการตามวิธีการที่แนบมากับชุดสารเคมี (http://tools.invitrogen.com/content/sfs/manuals/trizol_reagent.pdf) จากนั้นตรวจสอบคุณภาพและปริมาณอาร์เอ็นเอด้วยวิธีอกาโรสเจลอิเล็กโตรโฟรีซิส

การกำจัดดีเอ็นเอด้วย DNaseI

กำจัด genomic DNA ที่ปนเปื้อนออกจากอาร์เอ็นเอทั้งหมด โดยนำตัวอย่างสารละลายอาร์เอ็นเอปริมาตร 6 ไมโครลิตร มาย่อยด้วยเอนไซม์ DNaseI ที่อุณหภูมิ 37°ซ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วจึงนำออกมาเติม 25 mM EDTA ปริมาตร 3 ไมโครลิตร และหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่อุณหภูมิ 65°ซ เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นตรวจสอบคุณภาพอาร์เอ็นเอด้วยวิธีอกาโรสเจลอิเล็กโตรโฟรีซิส

การสังเคราะห์ cDNA

นำอาร์เอ็นเอของเนื้อเยื่อพืชตัวอย่างเปลี่ยนจาก mRNA เป็น cDNA ด้วยกระบวนการ reverse transcription โดยใช้ชุด SuperScript ™ III first-strand synthesis for RT-PCR (Invitrogen,U.S.A) ตรวจสอบผลการสังเคราะห์ cDNA โดยการใช้ไพรเมอร์ ndhB up (5'-ATG GTT TCT CTT GGC TAT ATG G-3') และ ndhB down (5'-GCA TAC GTT TCA TGC TTG TTT GAG-3') ตามวิธีที่แนบมากับชุดสารเคมี (http://tools.invitrogen .com/content/ sfs/manuals/ trizol_reagent.pdf) จากนั้นตรวจสอบผลของพีซีอาร์ ด้วยวิธีอกาโรสเจลอิเล็กโตรโฟรีซิส

การคัดกรองไพรเมอร์

คัดกรองไพรเมอร์ที่เหมาะสมในการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอของกลีบดอกเอื้องดินใบหมากใช้ $dT_{12}VG$ ร่วมกับไพรเมอร์ขนาด 10 นิวคลีโอไทด์ 58 ชนิด (OPD, OPF และ OPAB) ตรวจสอบด้วยปฏิกิริยาพีซีอาร์ตามเงื่อนไขดัดแปลงจากจิรพิพรรธ (2549) ดังนี้ initial melting step 1 รอบ ที่ 94°ซ เป็นเวลา 3 นาที ตามด้วย 38 รอบของ denaturation ที่ 94°ซ เป็นเวลา 30 วินาที annealing ที่ 42 °ซ 1 นาที และ extension ที่อุณหภูมิ 72°ซ เป็นเวลา 1 นาที และ final extension step ที่ 72°ซ นาน 8 นาที ในหลอดที่มีปริมาตรสารรวม 12 ไมโครลิตร ประกอบไปด้วย dH_2O 5.5 ไมโครลิตร, 10x buffer 1.2 ไมโครลิตร, dNTP (10 มิลลิโมลาร์) 0.5 ไมโครลิตร, $MgCl_2$ (25 มิลลิโมลาร์) 0.6 ไมโครลิตร, *Taq* DNA polymerase (5 ยูนิตต่อไมโครลิตร) 0.2 ไมโครลิตร, $dT_{12}VG$ บริษัท 1st Base ประเทศมาเลเซีย (10 pmol) 1.5 ไมโครลิตร, arbitrary primer (10 pmol) 0.5 ไมโครลิตร และ cDNA template 2 ไมโครลิตร ตรวจสอบผลผลิตพีซีอาร์ด้วย โพลีอะคริลามายด์เจลอิเล็กโตรโฟรีซิส (6 เปอร์เซ็นต์) และย้อมด้วย silver nitrate

การวิเคราะห์การแสดงออกของยีน

นำคู่ไพรเมอร์ที่คัดเลือกไว้ศึกษาความแตกต่างของการแสดงออกของยีน โดยเปรียบเทียบรูปแบบและขนาดของแถบดีเอ็นเอที่ปรากฏ ระหว่างกลีบดอกของเอื้องดินใบหมาก

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การสกัดอาร์เอ็นเอและการตรวจสอบคุณภาพอาร์เอ็นเอ

การสกัดอาร์เอ็นเอจากเอื้องดินใบหมาก 3 ชนิด 5 ตัวอย่างที่มีสีดอกต่างกันคือ *S. affinis* สีเหลือง, *S. plicata* สีม่วง สีชมพู สีขาว และ *S. petrei* สีบานเย็น โดยใช้ตัวอย่างพืช 3 ระยะ คือ ระยะดอกตูม (ระยะที่ 1) ดอกตูมก่อนบาน (ระยะที่ 2) และดอกบาน (ระยะที่ 3) (ภาพที่ 1) เมื่อวัดค่าดูดกลืนแสงของอาร์เอ็นเอที่ความยาวคลื่น 260 นาโนเมตร พบว่ามีความเข้มข้น 35 - 45 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร เมื่อตรวจสอบคุณภาพด้วยวิธีอิเล็คโตรโพริซิสด้วยอกาโรสเข้มข้น 1.2 เปอร์เซ็นต์ พบว่าอาร์เอ็นเอที่ได้ปรากฏเป็นแถบชัดเจน แต่มีการปนเปื้อนของดีเอ็นเอในส่วนบนของเจล (ภาพที่ 2A) ซึ่งจะส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณ cDNA ในขั้นตอนต่อไป หากไพรเมอร์ที่ใช้สามารถเพิ่มปริมาณ genomic DNA ที่ปนเปื้อนทำให้การแปลผลผิดพลาด (Maier *et al.*, 1992) เมื่อนำอาร์เอ็นเอที่ได้มาทำ DNase digestion เพื่อกำจัดดีเอ็นเอ พบว่า แถบอาร์เอ็นเอที่ได้มีคุณภาพดีขึ้น โดยแถบอาร์เอ็นเอมีความคมชัด และไม่มีส่วนปนเปื้อนของดีเอ็นเอ (ภาพที่ 2B) อาร์เอ็นเอที่ได้จัดว่ามีคุณภาพดี และสามารถใช้เป็นแม่แบบในการสังเคราะห์ cDNA ในขั้นตอนต่อไปได้ (Manoj *et al.*, 2008)

2. การตรวจสอบคุณภาพของ cDNA

การตรวจสอบคุณภาพของ cDNA ใช้คู่ไพรเมอร์ ndhB ซึ่งออกแบบเพื่อตรวจสอบการแสดงออกของยีนในคลอโรพลาสต์ (Maier *et al.*, 1992) เมื่อนำมาทดสอบผลการทำ reverse transcription ของอาร์เอ็นเอที่สกัดได้จากกลีบดอกของเอื้องดินใบหมากพบแถบของ cDNA ที่ได้ มีการแสดงแถบที่ชัดเจนขนาดประมาณ 500 bp และมีเพียงแถบเดียว (ภาพที่ 3) ซึ่งผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าการสังเคราะห์ cDNA ไม่มีการปนเปื้อนของ genomic DNA เนื่องจากถ้ามีการปนเปื้อนจะทำให้เกิดแถบดีเอ็นเอซึ่งมีขนาดใหญ่กว่า cDNA ที่ได้ เช่นเดียวกับการใช้คู่ไพรเมอร์ ndhB ในข้าวโพดพบว่าสามารถสังเคราะห์แถบ cDNA ขนาด 500 bp เช่นกัน (Maier *et al.*, 1992)

Figure 1 Different sampling stages of *Spathoglottis* 1) flower bud 2) half-opened bud 3) full bloom flower

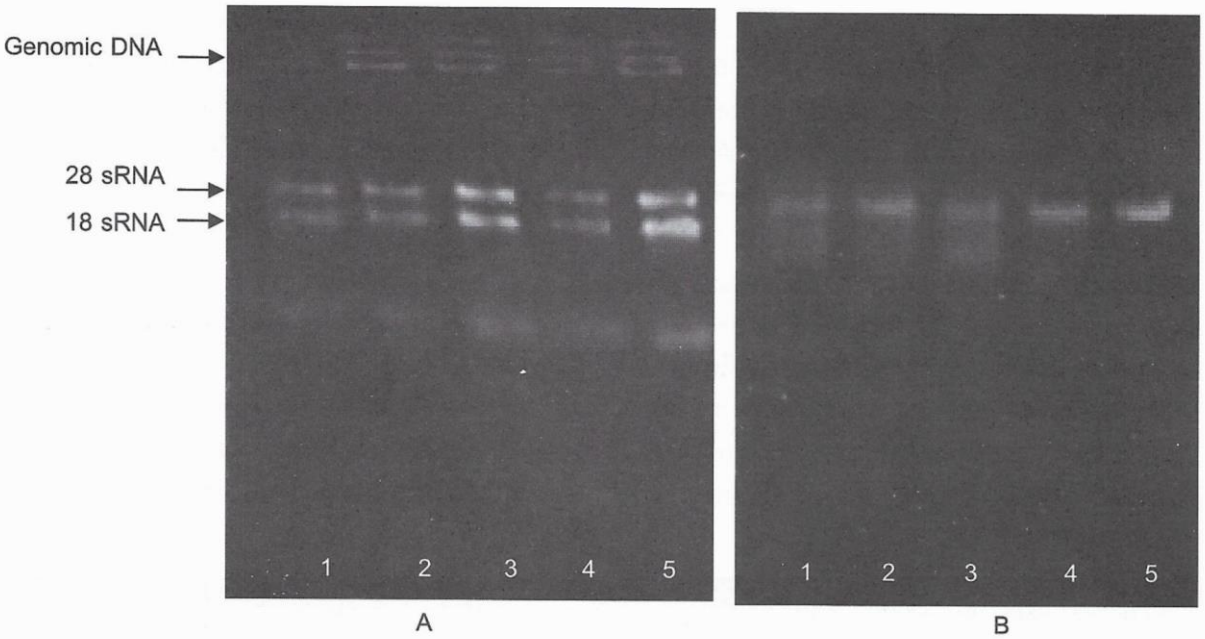


Figure 2 Total RNA of *Spathoglottis* A: prior to DNase I digestion B: with DNaseI digestion 1) *S. plicata* purple color, 2) *S. plicata* pink color, 3) *S. plicata* white color, 4) *S. affenis,* 5) *S. petrei*

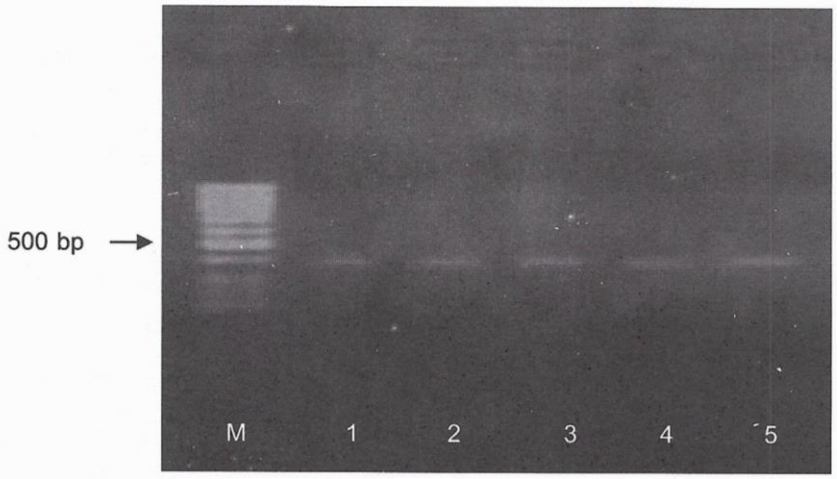


Figure 3 PCR products amplified by ndhB primers 1) *S. plicata* purple color, 2) *S. plicata* pink color, 3) *S. plicata* white color, 4) *S. affenis* 5: *S. petrei,* M: 100 bp marker

3. การคัดกรองคู่ไพรเมอร์

จากการใช้ไพรเมอร์แบบสุ่มจำนวน 58 ชนิด ร่วมกับ anchored primer $dT_{12}VG$ ในการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอจากกลีบดอกเอื้องดินใบหมากทั้ง 5 ตัวอย่าง พบว่าไพรเมอร์ 8 ชนิด สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอเป้าหมายได้ โดยไพรเมอร์ 5 ชนิด ได้แก่ OPF13, OPF16, OPAB11, OPAB12 และ OPAB17 ให้ลักษณะแถบที่แตกต่าง (polymorphic) แต่แถบที่ได้ไม่มีความจำเพาะต่อกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา (ไม่ได้แสดงข้อมูล) ส่วนไพรเมอร์อีก 3 ชนิด ได้แก่ OPD16, OPF14 และOPAB19 สามารถสังเคราะห์ดีเอ็นเอของทุกตัวอย่าง และสามารถจำแนกความแตกต่างระหว่างตัวอย่างทั้ง 5 ตัวอย่างได้ (ภาพที่ 4) แสดงว่าเป็นคู่ไพรเมอร์ที่เหมาะสมสำหรับใช้ศึกษาการแสดงออกของยีนได้ในลำดับต่อไป เนื่องจากไพรเมอร์ที่ใช้สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอเป้าหมายได้ และผลผลิตที่ได้มีปริมาณมาก (สุรินทร์, 2545) ส่วนไพรเมอร์อีก 50 ชนิด ไม่สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอเป้าหมายได้ครบทุกตัวอย่าง (ไม่ได้แสดงข้อมูล)

4. การตรวจสอบการแสดงออกของยีนด้วยเทคนิคดีดีอาร์ที – พีซีอาร์

ผลการวิเคราะห์การแสดงออกของยีนที่ต่างกันระหว่างกลีบดอกเอื้องดินใบหมาก ทั้ง 5 ตัวอย่าง เมื่อเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยไพรเมอร์ทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ OPD16,

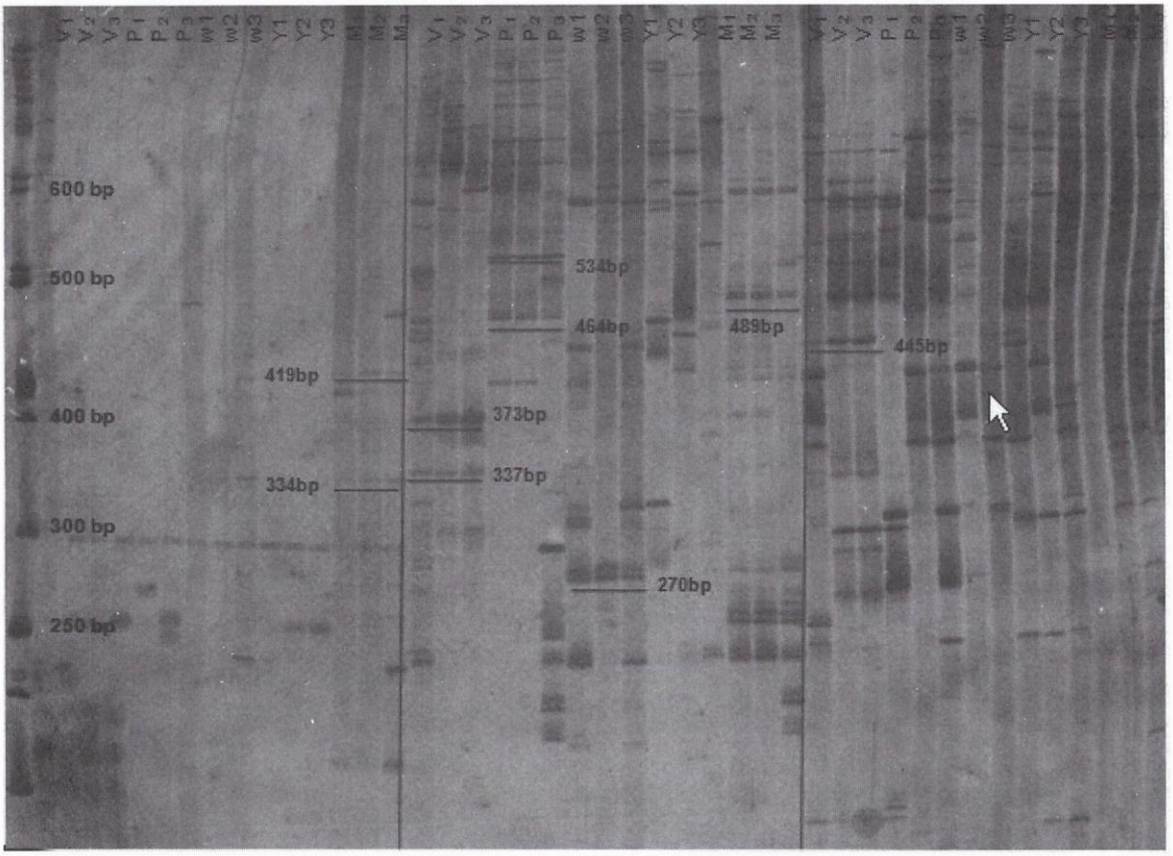


Figure 4 cDNA pattern representing gene expression in *Spathoglottis* spp. Differentially displayed bands were obtained by primer OPD16, OPF14 and OPAB19 with $dT_{12}VG$.

V = *S. plicata* purple color P = *S. plicata* pink color W = *S. plicata* white color
Y = *S. affenis* M = *S. petrei* 1 = flower bud
2 = half-opened bud 3 = full bloom flower

OPF14 และ OPAB19 ร่วมกับ anchored primer $dT_{12}VG$ พบแถบดีเอ็นเอที่สามารถบันทึกผลได้รวม 352 แถบ มีขนาดตั้งแต่ 200 ถึง 1,000 bp ในการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มพบแถบดีเอ็นเอที่มีความแตกต่างกันทั้งหมด 9 แถบ ขนาด 534, 489, 464, 445, 419, 373, 337, 334 และ 270 bp (ภาพที่ 4) โดย 7 แถบ ยกเว้น 445 และ 373 bp ความเข้มแถบเท่ากันในกลีบดอกแต่ละระยะ แสดงให้เห็นถึงระดับการแสดงออกของยีนตลอดระยะการพัฒนาดอก สำหรับการปรากฏแถบเฉพาะกลุ่มนี้แสดงให้เห็นถึงการแสดงออกของยีนที่แตกต่างกันของเอื้องดินใบหมากแต่ละชนิด เช่นเดียวกับการใช้เทคนิคนี้ใน *Dendrobium* Madame Thong-in ที่สามารถจำแนกยีนที่แสดงออกในเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดระหว่างการเปลี่ยนแปลงระยะการเจริญเติบโตทางใบไปเป็นระยะสืบพันธุ์ (Yu and Goh, 2000) การใช้ไพรเมอร์ OPD16 สามารถสังเคราะห์แถบดีเอ็นเอขนาด 419 bp และ 337 bp ที่มีความจำเพาะกับ *S. petrei* ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีสีบานเย็น ทั้ง 3 ระยะ ส่วน OPF14 สามารถสังเคราะห์แถบดีเอ็นเอขนาด 534, 489, 464, 373, 334 และ 270 bp จำนวน 6 แถบ ซึ่งมีความจำเพาะต่อกลุ่มตัวอย่างที่ต่างกัน โดยแถบขนาด 373 และ 334 bp พบเฉพาะใน *S. plicata* สีม่วง แถบขนาด 534 และ 464 bp พบเฉพาะใน *S. plicata* สีชมพู แถบขนาด 270 bp พบเฉพาะใน *S. plicata* สีขาว และแถบขนาด 489 bp ที่พบเฉพาะใน *S. petrei* เท่านั้น และไพรเมอร์ OPAB19 สามารถสังเคราะห์แถบ ดีเอ็นเอขนาด 145 bp เฉพาะใน *S. plicata* สีม่วง นอกจากความจำเพาะต่อเอื้องดินใบหมากในแต่ละกลุ่มแล้ว ยังพบว่าบางแถบมีการแสดงออกที่ต่างกันในแต่ละระยะภายในกลุ่ม คือ แถบขนาด 373 bp โดยไพรเมอร์ OPF14 และขนาด 445 bp โดยไพรเมอร์ OPAB19 (ภาพที่ 4) ซึ่งมีความเข้มของแถบเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นถึงระดับการแสดงออกของยีนที่เพิ่มขึ้นเมื่อดอกมีการพัฒนามากขึ้น อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้ยังไม่พบแถบที่จำเพาะต่อ *S. affenis*

การนำเทคนิคดีดีอาร์ที - พีซีอาร์มาใช้เพื่อตรวจสอบการแสดงออกของยีนนำไปสู่ประโยชน์หลายประการ ในรายงานของ Park *et al.* (2009) ใช้เทคนิคดีดีอาร์ที - พีซีอาร์ เพื่อศึกษายีนที่แสดงออกระหว่างการพัฒนาของดอก และสัมพันธ์กับลักษณะของดอก *Calanthe* สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์ เช่นเดียวกับ Yu and Goh (2000) ได้ใช้เทคนิคดีดีอาร์ที พีซีอาร์ในการศึกษาการแสดงออกของยีนที่แตกต่างกันในช่วงการพัฒนาดอกของลูกผสม *Dendrobium* Madame Thong-in เพื่อจำแนกยีนที่แสดงออกในเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดในระหว่างการเปลี่ยนแปลงระยะการเจริญเติบโตทางใบไปเป็นระยะสืบพันธุ์ นอกจากนั้นแล้วยังมีการใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอเพื่อศึกษาความแตกต่างทางพันธุกรรมของกล้วยไม้ดิน ตามรายงานของ สิริณี (2547) ได้ใช้เทคนิคอาร์เอพีดี – พีซีอาร์เพื่อศึกษาลายพิมพ์ดีเอ็นเอกล้วยไม้ดิน พบไพรเมอร์ที่ให้แถบดีเอ็นเอชัดเจน 6 ชนิด เพื่อนำมาวิเคราะห์ความใกล้เคียงทางพันธุกรรม จากการศึกษาครั้งนี้สามารถนำแถบดีเอ็นเอที่พบในกลีบดอกของเอื้องดินใบหมากซึ่งมีความจำเพาะต่อกลุ่มที่แตกต่างกัน ไปวิเคราะห์ลำดับเบสและออกแบบไพรเมอร์ให้มีความจำเพาะมากขึ้น เพื่อใช้เป็นเครื่องหมายสำหรับการจำแนกสีดอกต่อไป

สรุป

จากการศึกษาการแสดงออกของยีนแตกต่างกันจากกลีบดอกของเอื้องดินใบหมาก 3 ชนิดที่มีสีดอกแตกต่างกันด้วยเทคนิคดีดีอาร์ที - พีซีอาร์ พบคู่ ไพรเมอร์ระหว่าง $dT_{12}VG$ และไพรเมอร์ 3 ชนิด ได้แก่ OPD16, OPF14 และ OPAB19 จากทั้งหมด 58 ชนิด สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอที่จำเพาะกับสีกลีบดอกเอื้องดินใบหมากในแต่ละชนิด รวมทั้งสิ้น 9 แถบ โดยมีระดับการแสดงออกเท่ากันในทุกระยะการพัฒนาดอก 7 แถบ และแถบที่มีระดับการแสดงออกเพิ่มขึ้นตามระยะการพัฒนาดอก 2 แถบ ซึ่งแถบดีเอ็นเอดังกล่าวอาจใช้เพื่อการบ่งชี้ความแตกต่างทางพันธุกรรมที่สัมพันธ์กับสีของดอกเอื้องดินใบหมากแต่ละชนิดได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนส่วนหนึ่ง จากศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนา

บัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ (AG-BIO/PERDO-CHE)

เอกสารอ้างอิง

จิรพิพรรธ แพรไพศาลกุล. 2549. การจำแนกยีนที่ต้านทานต่อเชื้อ *Escherichia coli* สาเหตุของโรคท้องร่วงในสุกรก่อนหย่านม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 57 หน้า.

ระพี สาคริก. 2516. การเพาะปลูกกล้วยไม้ในสภาพแวดล้อมของประเทศไทย. โรงพิมพ์ชวนพิมพ์, กรุงเทพฯ. 840 หน้า.

สิริณี ยอดเมือง. 2547. การศึกษาพันธุกรรมสีดอกกล้วยไม้ดินโดยใช้เทคนิคทางชีววิทยาระดับโมเลกุล. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 147 หน้า.

สุรินทร์ ปิยะโชคณากุล. 2545. จีโนมและเครื่องหมายดีเอ็นเอ ปฏิบัติการอาร์เอพีดีและเอเอฟแอลพี. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 116 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2551. ปริมาณและมูลค่าสินค้าเกษตรกรรมส่งออก พ.ศ. 2549-2550 (ระบบออนไลน์). แหล่งที่มา: http://www.oae .go.th/oae/index2.php (21 สิงหาคม 2553).

อบฉันท์ ไทยทอง. 2543. กล้วยไม้เมืองไทย. สำนักพิมพ์บ้านและสวน, กรุงเทพฯ. 461 หน้า.

Chen, Y., B. Wang, S. Weining and G. Daggard. 2004. Anchor primer associated problems in differential display reverse transcription polymerase chain reaction. Annal Biochem. 329: 145-147.

Liang, P. and A. Pardee. 1992. Differential display of eukaryotic messenger RNA by means of the polymerase chain reaction. Science 257: 967–971.

Maier, R. M., K. Neckermann, B. Hoch, N.B. Akhmerdov and H. Kossel. 1992. Identification of editing positions in the *ndh*B transcript from maize chloroplasts reveals sequence similarities between editing sites of chloroplasts and plant mitochondria. Nucleic Acids Res. 20: 6189-6194.

Manoj, P., N. S. Banerjee and P. Ravichandran. 2008. Development of sex specific molecular marker in dioecious *Piper longum* L. plants by differential display. JATIT. 4: 459-465.

Park, M.J., S. Soo, P.O. Lim, H. Lee and J.C. Koo. 2009. Identification of differentially expressed genes in flower buds of *Calanthe discolor* and *C. sieboldii*. Plant Biol. 53: 24-31.

Yu, H. and C.J. Goh. 2000. Differential gene expression during floral transition in an orchid hybrid *Dendrobium* Madame Thong-in. Plant Cell Rep. 19: 926-931.

ลักษณะสังคมพืช ลักษณะดินและปริมาณธาตุอาหาร ในดินป่าดิบเขาต่ำที่เหลือเป็นหย่อม อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่

Plant Communities, Soil Characteristics and Nutrient Storages in Fragmented Lower Montane Forests, Sa Moeng District, Chiang Mai Province

อำไพ พรลีแสงสุวรรณ์[1/] สุนทร คำยอง[1/] นิวัติ อนงค์รักษ์[1/] และเกรียงศักดิ์ ศรีเงินยวง[2/]*

Ampai Pornleesangsuwan[1/], Soontorn Khamyong[1/], Niwat Anongrak[1/] and Kriangsak Sri-ngernyuang[2/]*

Abstract: Soil physico-chemical properties and nutrient contents under the fragmented lower montane forests were studied at Boakaew watershed station, Samoeng district, Chiang Mai province. Five fragmented forests were randomly selected. In each forest, one sampling plot with the size of 40 x 40 m^2 was used for vegetation survey. Every tree growth which was higher than 1.5 m was measured. A soil pit was made in each fragmented forest, soil sampling and analysis for physico-chemical properties were conducted along the soil profile. It was found that plant communities were different among the forests. Dominant tree species were mainly *Pinus kesiya*, *Castanopsis acuminatissima*, *C. diversifolia* and *Schima wallichii*. Bulk densities of the top soils of every forests were low and had coarse texture which were sandy loam whereas subsoils were sandy clay loam, loam and clay loam. The 2nd fragmented forest had sandy clay loam in top soil and clay to clay loam in subsoil. Most top soils were strongly acid while subsoils were moderately to strongly acid. Organic matter contents were very high in most top soils, whilst the total nitrogen were varied. The contents of available P were medium to moderately high in top soils. The extractable K were high but extractable Na were low throughout the profiles of all forests. Extractable Ca and Mg were medium to low. Amounts of organic matter, carbon and nitrogen contents within 160 cm soil depth were varied between 164.0-476.6, 95.1-276.5 Mg/ha and 9,048-19,845 kg/ha, respectively, whilst, the amounts of OM, C and N were the lowest in the 2nd fragmented forest.

Keywords: soil characteristics, nutrient contents, fragmented forest, lower montane forests, plant communities

---

[1/]ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

[2/]คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

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

[2/]Faculty of Architecture and Environmental Design, Mae Jo University, Chiang Mai 50200, Thailand

*Corresponding author E-mail: ampai44@hotmail.com

บทคัดย่อ: ศึกษาสมบัติทางกายภาพ-เคมีและปริมาณธาตุอาหารในดินป่าดิบเขาต่ำที่เหลือเป็นหย่อม พื้นที่หน่วยจัดการต้นน้ำบ่อแก้ว อ. สะเมิง จ. เชียงใหม่ วางแปลงสุ่มตัวอย่างขนาด 40 x 40 ตร.ม. ในแต่ละหย่อมป่าจำนวน 5 แห่ง วัดการเจริญเติบโตของไม้ยืนต้นทุกต้นในแปลงที่มีความสูงมากกว่า 1.5 ม. เก็บตัวอย่างดินตามความลึกหย่อมป่าละ 1 หลุม พบว่า สังคมพืชมีความแตกต่างกันระหว่างหย่อมป่า ส่วนใหญ่มีสนสามใบ ก่อเดือย ก่อแป้นและทะโล้เป็นพันธุ์ไม้เด่น ดินชั้นบนในทุกหย่อมป่ามีความหนาแน่นรวมต่ำและมีเนื้อหยาบเป็นดินร่วนปนทราย ส่วนดินชั้นล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ดินร่วนและร่วนเหนียว ในหย่อมป่าที่ 2 ดินชั้นบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายและดินชั้นล่างเป็นดินเหนียวและร่วนเหนียว ดินชั้นบนในหย่อมป่าส่วนใหญ่เป็นกรดจัดและเป็นกรดปานกลางถึงกรดจัดในดินชั้นล่าง ความเข้มข้นของอินทรียวัตถุในดินชั้นบนของทุกหย่อมป่ามีค่าสูงมาก แต่ไนโตรเจนทั้งหมดมีค่าผันแปร มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ปานกลางถึงค่อนข้างสูงในดินชั้นบน โพแทสเซียมที่สกัดได้มีค่าสูงตลอดชั้นดินของทุกหย่อมป่า แต่โซเดียมมีค่าต่ำตลอดชั้นดิน แคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าปานกลางถึงต่ำ ปริมาณอินทรียวัตถุ คาร์บอนและไนโตรเจนในดินลึก 160 ซม. มีค่าผันแปรระหว่าง 164.0-476.6, 95.1-276.5 Mg/ha และ 9,048-19,845 kg/ha ตามลำดับ โดยปริมาณอินทรียวัตถุ คาร์บอนและไนโตรเจนในดินหย่อมป่าที่ 2 มีค่าต่ำสุด

คำสำคัญ: ลักษณะดิน ปริมาณธาตุอาหารในดิน ป่าที่เหลือเป็นหย่อม ป่าดิบเขาต่ำ สังคมพืช

คำนำ

พื้นที่สูงทางภาคเหนือของประเทศไทยพบพรรณไม้หลากหลายชนิดขึ้นอยู่แตกต่างกันไปตามระดับความสูงของพื้นที่ (Santisuk, 1988; Khamyong *et al.*, 2004) ป่าดิบเขาขึ้นปกคลุมทั่วไปบนพื้นที่สูงที่มีความชุ่มชื้นตลอดปี ประมาณ 1,000 ม. จากระดับน้ำทะเล ขึ้นไป พื้นที่ตามสันเขามักจะมีสนสามใบขึ้นปะปนกับพันธุ์ไม้ป่าดิบเขาเนื่องจากมีสภาพพื้นที่แห้งกว่าไหล่เขาและเชิงเขา พื้นที่สูงที่แห้งที่ความสูงประมาณ 1,000-1,300 ม. มักจะมีป่าเต็งรังผสมสนขึ้นปกคลุม ซึ่งมีดินตื้นและอุดมสมบูรณ์ต่ำ พื้นที่สูงที่เป็นป่าดิบเขาและป่าดิบเขาผสมสนส่วนใหญ่พบที่ระดับความสูง 1,000-1,600 ม. ซึ่งจัดเป็นป่าดิบเขาต่ำ มักมีปัญหาการทำไร่เลื่อนลอยและไร่หมุนเวียนมาก เนื่องจากดินมีความอุดมสมบูรณ์สูงชุ่มชื้นตลอดปีและมีอุณหภูมิพอเหมาะสำหรับการเกษตรที่สูง ส่งผลทำให้ป่าดิบเขาที่เป็นต้นน้ำลำธารถูกแผ้วถางและใช้ทำไร่กันทั่วไป โดยเหลือป่าเป็นหย่อม ๆ ที่มีขนาดแตกต่างกัน บางหย่อมป่ามีขนาดใหญ่ บางหย่อมมีขนาดปานกลางและบางหย่อมมีขนาดเล็ก

ป่าดิบเขาที่เหลือเป็นหย่อม ๆ เหล่านี้มีสภาพความอุดมสมบูรณ์มากน้อยแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับการเข้าไปตัดฟันต้นไม้ของชาวไทยภูเขา อย่างไรก็ตามป่าที่เหลือเป็นหย่อมนี้มีความสำคัญต่อการฟื้นฟูพื้นที่ต้นน้ำลำธารโดยการปลูกป่า พันธุ์ไม้ที่ขึ้นอยู่ตามหย่อมป่ามีบทบาทต่อการทดแทนของพันธุ์ไม้ในพื้นที่ไร่ร้างและสวนป่าไม้สนสามใบที่อยู่บริเวณใกล้เคียง โดยเป็นแหล่งของแม่ไม้เพื่อโปรยเมล็ด (อำไพและคณะ, 2553)

ดินในระบบนิเวศป่าไม้มักจะมีลักษณะของชั้นดิน ความลึก สมบัติทางกายภาพ เคมีและชีวภาพแตกต่างกันไปตามชนิดของสังคมพืช หินต้นกำเนิดดิน สภาพภูมิอากาศและสภาพภูมิประเทศ สมบัติทางเคมีของดินมีความสำคัญต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินและเป็นปัจจัยกำหนดความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้ป่า ขณะเดียวกันความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้ก็จะมีอิทธิพลอย่างมากต่อการหมุนเวียนธาตุอาหารของซากพืชที่ร่วงหล่นลงสู่ดิน (Pritchett and Fisher,1987) ปริมาณการกักเก็บอินทรียวัตถุ คาร์บอนและไนโตรเจนพบในดินป่าดิบแล้งมากที่สุด รองลงมาคือป่าเบญจพรรณ ป่าดิบเขา ป่าสนและป่าเต็งรัง ตามลำดับ (ณัฐลักษณ์, 2552) การวิจัยนี้มุ่งศึกษาลักษณะสังคมพืชและลักษณะดินในป่าดิบเขาที่เหลือเป็นหย่อม ๆ บนพื้นที่ต้นน้ำทางภาคเหนือ โดยเฉพาะสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมีบางประการและปริมาณธาตุอาหารในดิน เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับเป็นแนวทางฟื้นฟูระบบนิเวศป่าไม้บนพื้นที่ต้นน้ำต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่วิจัยตั้งอยู่บริเวณหน่วยจัดการต้นน้ำบ่อแก้ว อ. สะเมิง จ. เชียงใหม่ ห่างจาก อ. เมือง จ. เชียงใหม่ไปทางทิศเหนือ 82 กม. เลือกป่าธรรมชาติ 5 หย่อมป่า วางแปลงสุ่มตัวอย่างขนาด 40 x 40 ตร.ม. 1 แปลงต่อหย่อมป่า บันทึกตำแหน่งแปลงด้วย GPS วัดเส้นรอบวงลำต้นที่ความสูง 1.3 ม. จากพื้นดินของไม้ยืนต้นทุกต้นที่มีความสูง 1.50 ม. ขึ้นไป คำนวณค่าความถี่ของการพบ (Frequency) ความหนาแน่น (Density) ความเด่น (Dominance) ดัชนีความสำคัญ (Important value index, IVI) และดัชนีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ (Species diversity index) (Krebs, 1985) ศึกษาดินของทุกหย่อมป่าในเดือนมกราคม 2552 โดยขุดดิน 1 หลุม รวม 5 หลุม ที่มีความลึก 160 ซม. หรือถึงชั้น C และเก็บตัวอย่างดินตามความลึก เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่นรวมและเนื้อดิน วิเคราะห์การกระจายของอนุภาคดินโดยวิธี hydrometer method และหาความหนาแน่นรวมของดินโดยวิธี core method วิเคราะห์สมบัติเคมี ได้แก่ ปฏิกิริยาของดิน (pH) ความเข้มข้นของอินทรียวัตถุ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมและโซเดียมที่สกัดได้ หาปริมาณมวลดินต่อหน่วยพื้นที่เพื่อคำนวณปริมาณธาตุอาหารในดิน

ผลการวิจัย

ลักษณะสังคมพืชในหย่อมป่า (Plant communities)

สังคมพืชในหย่อมป่าบริเวณหน่วยจัดการต้นน้ำบ่อแก้วเป็นป่าดิบเขาและป่าดิบเขาผสมสน ซึ่งมีชนิดพันธุ์ไม้เด่นและพันธุ์ไม้ที่ขึ้นอยู่เป็นองค์ประกอบในแต่ละหย่อมป่าผันแปรแตกต่างกัน (ตารางที่ 1)

หย่อมป่าที่ 1 มีระดับความสูง 1,395 ม. จากระดับน้ำทะเล พบพันธุ์ไม้ 42 ชนิด ใน 35 สกุล 21 วงศ์ พันธุ์ไม้เด่น คือ สนสามใบ รองลงมาคือ ก่อตี ทะโล้ ก่อหม่น มีค่าความหลากหลายของชนิดพันธุ์ (SWI) 4.65

หย่อมป่าที่ 2 มีระดับความสูง 1,300 ม. พบพันธุ์ไม้ 21 ชนิด ใน 18 สกุล 12 วงศ์ พันธุ์ไม้เด่น คือ ก่อเดือย รองลงมาคือ ก่อหมาก สนสามใบ ก่อตี มีค่า SWI เท่ากับ 3.65

หย่อมป่าที่ 3 มีระดับความสูง 1,390 ม. พบพันธุ์ไม้ 40 ชนิด ใน 35 สกุล 22 วงศ์ พันธุ์ไม้เด่น คือ ก่อเดือย รองลงมาคือ ก่อแป้น ก่อหม่น ก่อตี มีค่า SWI เท่ากับ 4.15

หย่อมป่าที่ 4 มีระดับความสูง 1,556 ม. พบพันธุ์ไม้ 37 ชนิด ใน 33 สกุล 24 วงศ์ พันธุ์ไม้เด่น คือ ก่อแป้น รองลงมาคือ ทะโล้ เหมือดคนตัวผู้ ไก๋แดง มีค่า SWI เท่ากับ 4.51

หย่อมป่าที่ 5 มีระดับความสูง 1,545 ม. พบพันธุ์ไม้ 32 ชนิด ใน 28 สกุล 18 วงศ์ พันธุ์ไม้เด่น คือ ทะโล้ รองลงมาคือ เหมือดคนตัวผู้ ไก๋แดง ก่อเดือย มีค่า SWI เท่ากับ 4.23

สังคมพืชที่ระดับความสูง 1,300-1,400 ม. มีสนสามใบและก่อเดือยเป็นพันธุ์ไม้เด่น ที่ระดับความสูงประมาณ 1,500 ม. มีก่อแป้นและทะโล้เป็นไม้เด่น หย่อมป่าเหล่านี้มีค่า SWI ใกล้เคียงกัน ยกเว้นหย่อมป่าที่ 2 มีค่าต่ำกว่า โดยพบก่อหมากขึ้นอยู่มาก แต่ไม่พบไม้ก่อชนิดนี้ในหย่อมป่าอื่น ก่อหมากเป็นพันธุ์ไม้ที่พบขึ้นในพื้นที่ป่าดิบเขาผสมสนที่ค่อนข้างแห้ง ขณะที่ก่อแป้นจะพบในพื้นที่ค่อนข้างชุ่มชื้นมากกว่า

สมบัติทางกายภาพ-เคมีและปริมาณธาตุอาหารในดิน (Soil physico-chemical properties and nutrient storages)

ดินในหย่อมป่าดิบเขามีวัตถุต้นกำเนิดดินเป็นหินแกรนิต ซึ่งเกิดจากการผุสลายแบบอยู่กับที่ จัดอยู่ในอันดับ Ultisols มีการพัฒนาของชั้นดินค่อนข้างมาก ดินมีความลึกมากกว่า 200 ซม. แต่ดินในหย่อมป่าที่ 2 มีการพัฒนาตัวของชั้นดินน้อยกว่าหย่อมป่าที่เหลือ

1. **สมบัติทางกายภาพ** (Physical properties)

ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของดินในหย่อมป่าได้แสดงไว้ในตารางที่ 2

(1) ความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk density) ดินชั้นบนทุกหย่อมป่ามีค่าต่ำและเพิ่มสูงขึ้นในดินชั้นล่าง โดยมีความผันแปรระหว่างหย่อมป่า ดินชั้น A ของทุกหย่อมป่ามีความหนาแน่นรวมต่ำมาก มีค่าระหว่าง

Table 1 Quantitative characteristics of five fragmented lower montane forests

	Quantitative characteristics	Fragmented forests				
		1	2	3	4	5
1	Altitude (m)	1,395	1,300	1,390	1,556	1,545
2	Slope (%)	36	38	42	49	45
3	Number of Species	42	21	40	37	32
4	Number of Genus	35	18	35	33	28
5	Number of Families	21	12	22	24	18
6	Basal area (m^2/ha)	32.88	27.96	31.01	36.58	27.02
7	Dominant tree (%)					
	(1) *Pinus kesiya*	25.67	16.51	-	0.91	7.00
	(2) *Castanopsis acuminatissima*	1.61	30.80	17.37	-	7.78
	(3) *Castanopsis purpurea*	16.24	2.96	9.61	-	-
	(4) *Lithocarpus elegans*	5.80	0.25	10.22	-	-
	(5) *Schima wallichii*	9.36	0.79	5.96	9.77	21.90
	(6) *Quercus brandisiana*	-	19.34	-	-	-
	(7) *Castanopsis diversifolia*	0.09	-	10.80	33.22	-
	(8) *Ternstroemia gymnanthera*	3.19	0.51	2.62	9.55	5.56
	(9) *Helicia nilagirica*	0.91	-	1.17	9.71	10.90
8	IVI (%)					
	(1) *Pinus kesiya*	17.61	9.44	-	1.64	3.69
	(2) *Castanopsis acuminatissima*	1.31	22.80	9.39	-	4.47
	(3) *Castanopsis purpurea*	9.88	3.26	5.87	-	-
	(4) *Lithocarpus elegans*	5.41	0.42	8.11	-	-
	(5) *Schima wallichii*	8.95	0.99	4.04	8.14	17.00
	(6) *Quercus brandisiana*	-	13.22	-	-	-
	(7) *Castanopsis diversifolia*	0.30	-	7.34	20.16	-
	(8) *Ternstroemia gymnanthera*	4.11	0.85	2.72	10.39	5.12
	(9) *Helicia nilagirica*	0.71	-	1.29	7.52	6.62
9	Density (tree/ha)	1244	1056	1769	1056	1600
	(1) < 50 cm	898	694	1447	733	1319
	(2) 50-100 cm	254	278	268	235	217
	(3) 100-150 cm	79	66	40	31	43
	(4) 150-200 cm	13	13	15	31	22
	(5) 200-250 cm	-	6	-	13	-
	(6) 250-300 cm	-	-	-	13	-
1	Species diversity (SWI)	4.65	3.65	4.15	4.51	4.23

Table 2 Some physical properties of the soil profiles under fragmented lower montane forests

FF	Profile	Soil depth (cm)	Bulk density ($Mg\ m^{-3}$)	*	Gravel (%)	Soil particle distribution (%) Sand	Silt	Clay	Soil texture
1	A	0-8	0.97	L	11.78	62.0	18.2	19.8	Sandy loam
	AB	8-19	0.96	L	8.79	57.5	17.6	24.9	Sandy clay loam
	Bt1	19-31	1.15	L	11.16	46.8	22.4	30.8	Sandy clay loam
	Bt2	31-47	1.03	L	9.72	46.9	24.2	28.9	Sandy clay loam
	Bt3	47-73	1.07	L	11.27	48.9	29.8	21.3	Loam
	Bt4	73-102	1.16	L	10.66	49.5	30.0	20.5	Loam
	Bt5	102-132	1.18	L	3.99	52.0	32.6	15.4	Loam
	BC1	132-167	1.21	ML	2.77	59.7	30.0	10.3	Sandy loam
2	A	0-(10/17)	0.86	L	23.40	59.7	18.0	22.3	Sandy clay loam
	BA	(10/17)-33	1.23	ML	42.90	34.2	17.3	48.5	Clay
	Bt1	33-59	1.07	L	29.32	26.5	17.4	56.1	Clay
	Bt2	59-104	1.15	L	23.22	26.5	26.7	46.8	Clay
	Bt3	104-140	1.21	ML	21.38	31.6	34.4	34.0	Clay loam
	BC1	140+	1.29	ML	19.85	34.2	36.9	28.9	Clay loam
3	A1	0-10	0.89	L	16.71	72.2	18.1	9.7	Sandy loam
	A2	10-21	1.06	L	14.55	62.0	18.1	19.9	Sandy loam
	AB	21-34	1.17	L	14.83	54.4	18.1	27.5	Sandy clay loam
	Bt1	34-62	1.27	ML	14.88	51.8	15.7	32.5	Sandy clay loam
	Bt2	62-90	1.34	ML	12.93	49.3	17.3	33.4	Sandy clay loam
	Bt3	90-123	1.42	M	14.60	49.3	20.7	30.0	Sandy clay loam
	Bt4	123-159	1.50	M	24.09	54.4	20.7	24.9	Sandy clay loam
	BC1	159+	1.56	M	24.86	56.3	21.3	22.4	Sandy clay loam
4	A1	0-5	0.70	L	13.51	75.0	7.7	17.3	Sandy loam
	A2	5-14	0.85	L	15.34	59.5	18.1	22.4	Sandy clay loam
	AB	14-34	0.96	L	16.97	49.3	19.9	30.8	Sandy clay loam
	Bt1	34-64	1.35	ML	14.53	46.7	19.9	33.4	Sandy clay loam
	Bt2	64-86	1.34	ML	14.25	44.2	20.7	35.1	Clay loam
	Bt3	86-102	1.31	ML	9.60	44.2	20.7	35.1	Clay loam
	Bt4	102-131	1.37	ML	10.47	41.6	25.0	33.4	Clay loam
	BC1	131+	1.34	ML	10.26	41.7	34.3	24.0	Loam
5	A1	0-5	0.83	L	1.59	59.5	20.7	19.8	Sandy loam
	A2	5-20	1.03	L	1.17	54.4	18.2	27.4	Sandy clay loam
	AB	20-36	1.13	L	3.09	51.9	20.7	27.4	Sandy clay loam
	Bt1	36-50	1.19	L	4.80	46.8	20.7	32.5	Sandy clay loam
	Bt2	50-66	1.22	ML	5.14	44.2	25.0	30.8	Clay loam
	Bt3	66-92	1.32	ML	3.34	46.8	27.5	25.7	Sandy clay loam
	Bt4	92-(115/124)	1.44	M	2.52	49.3	28.3	22.4	Loam
	BC1	(115/124)-145	1.54	M	4.08	49.3	35.9	14.8	Loam
	BC2	145+	1.65	MH	4.50	49.3	37.7	13.0	Loam

Note * L = low, ML = moderately low, M = medium, MH = moderately high (Kanchanaprasert, 1986)

0.70-1.06 Mg m^{-3} หย่อมป่าที่ 4 มีค่าต่ำกว่าหย่อมป่าบริเวณอื่น พบปริมาณก้อนกรวด (gravel) ในดินชั้นบนของหย่อมป่าที่ 2 มากกว่าหย่อมป่าอื่น แสดงให้เห็นว่ามีการพัฒนาของดินน้อยกว่า ความหนาแน่นรวมของดินชั้นบนของป่าดิบเขามักจะต่ำหรือต่ำมาก เกิดจากมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินมาก ซึ่งมีน้ำหนักเบา อินทรียวัตถุส่วนใหญ่เกิดจากการผุสลายของซากพืชที่ร่วงหล่น

(2) การกระจายของอนุภาคดิน (Soil particle distribution) อนุภาคทรายในดินหย่อมป่ามีค่าระหว่าง 27-75% โดยมีปริมาณมากในดินบนและมีแนวโน้มลดลงตามความลึก อนุภาคทรายแป้งและดินเหนียวมีน้อยในดินชั้นบนและเพิ่มขึ้นตามความลึก อนุภาคทรายแป้งผันแปรระหว่าง 8-38% และอนุภาคดินเหนียวมีค่า 10-56% หย่อมป่าที่ 3 และ 4 มีปริมาณอนุภาคทรายมาก ส่วนหย่อมป่าที่ 2 มีปริมาณอนุภาคดินเหนียวมากกว่าดินในหย่อมป่าอื่น ซึ่งผลกระทบอนุภาคดินดังกล่าวทำให้เนื้อดิน (soil texture) ของดินชั้นบนในเกือบทุกหย่อมป่าเป็นดินเนื้อหยาบแบบดินร่วนทราย (sandy loam) และดินชั้นล่างเป็นดินเนื้อปานกลางและเนื้อละเอียดประกอบด้วยดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) ดินร่วน (loam) และดินร่วนเหนียว (clay loam) ยกเว้นหย่อมป่าที่ 2 ที่ดินชั้นบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) และดินชั้นล่างเป็นดินเหนียว (clay) และดินร่วนเหนียว (clay loam)

สมบัติทางเคมี (Chemical properties)

สมบัติทางเคมีของดินเกี่ยวข้องกับความอุดมสมบูรณ์หรือความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในดิน ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีของดินในหย่อมป่าได้แสดงไว้ในตารางที่ 3

(1) ปฏิกิริยาดิน (Soil reaction) ปฏิกิริยาดินชั้นบนของเกือบทุกหย่อมป่าเป็นกรดจัด (5.3-5.6) ยกเว้นหย่อมป่าที่ 1 เป็นกรดเล็กน้อย และเป็นกรดปานกลางถึงกรดจัดมากในดินที่อยู่ลึกลงไป ซากพืชที่ร่วงหล่นบนพื้นป่าส่วนใหญ่เมื่อถูกย่อยสลายให้กรดอินทรีย์ต่าง ๆ นอกจากนี้หินแกรนิตเมื่อผุสลายก็จะให้ปฏิกิริยาเป็นกรด (Pritchett and Fisher, 1987) อย่างไรก็ตามป่าไม้บริเวณนี้มักจะเกิดไฟป่าในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งจะทำให้ระดับความเป็นกรดของดินชั้นบนลดลง

(2) อินทรียวัตถุในดิน (Soil organic matter) ดินชั้นบนของทุกหย่อมป่ามีอินทรียวัตถุอยู่ในระดับสูงมาก (60.9-129.6 g/kg) และมีค่าลดลงตามความลึกของดิน แต่ดินหย่อมป่าที่ 2 มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินน้อยกว่าหย่อมป่าอื่น

(3) คาร์บอนในดิน (Soil carbon) คาร์บอนเป็นส่วนประกอบของอินทรียวัตถุในดินโดยเฉลี่ย 58% คาร์บอนในดินชั้นบนของทุกหย่อมป่ามีค่าแปรผันระหว่าง 35.3-75.2 g/kg และลดลงตามความลึกของดิน ดินในหย่อมป่าที่ 2 มีคาร์บอนในดินน้อยกว่าหย่อมป่าอื่น ๆ

(4) ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (Total nitrogen) ดินชั้นบนในหย่อมป่าที่ 4 และ 5 มีไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในระดับสูง (5.9 และ 6.9 g/kg) หย่อมป่าที่ 1, 2 และ 3 มีค่าระดับปานกลาง (4.3, 2.5 และ 2.7 g/kg)

(5) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) ดินชั้นบนในหย่อมป่าที่ 3 และ 5 มีฟอสฟอรัสค่อนข้างสูง (16.0 และ 22.0 mg/kg) หย่อมป่าที่ 1, 2 และ 4 มีค่าปานกลาง (12.2-14.7 mg/kg)

(6) โพแทสเซียมที่สามารถสกัดได้ (Extractable K) โพแทสเซียมมีค่าสูงมากในทุกหย่อมป่าและเกือบทุกระดับชั้นความลึกของดิน (101.5-745.5 mg/kg)

(7) แคลเซียม แมกนีเซียมและโซเดียมที่สกัดได้ (Extractable Ca, Mg and Na) แคลเซียมที่สามารถสกัดได้ในดินชั้นบนในหย่อมป่าที่ 3 และ 5 มีค่าอยู่ในระดับปานกลาง (1,195 และ 1,573 mg/kg) หย่อมป่าที่ 1, 2 และ 4 มีค่าอยู่ในระดับต่ำ (426-894 mg/kg) แมกนีเซียมในดินชั้นบนของหย่อมป่าที่ 1, 3 และ 5 มีค่าอยู่ในระดับปานกลาง (171.3-357.5 mg/kg) ดินหย่อมป่าที่ 2 และ 4 มีค่าอยู่ในระดับต่ำ (118.8 และ 89.9 mg/kg) สำหรับโซเดียมนั้นมีค่าต่ำในทุกหย่อมป่าและทุกระดับชั้นความลึกของดิน (36.2-51.0 mg/kg)

ผลการศึกษาเปรียบเทียบกับดินป่าดิบเขาบริเวณอุทยานดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งมีความหนาแน่นรวมของชั้นดิน 0.8-1.2 Mg m^{-3} ที่ระดับความลึก 0-120 ซม. ดินชั้นบนเป็นดินร่วนเนื้อหยาบปานกลางถึงดินร่วนเนื้อละเอียดปานกลาง และชั้นล่างเป็นดินเหนียว

Table 3 Soil chemical properties and nutrient contents under the five fragmented lower montane forests

Pedon	Profile	Soil depth (cm)	pH		O.M. (g/kg)	*	C (g/kg)	*	Total N (g/kg)	*	Available P (mg/kg)	*	Extractable (mg/kg) K	*	Ca	*	Mg	*	Na	
1	A	0-8	6.13	slightly acid	73.5	VH	42.6	VH	4.3	M	12.2	M	745.5	VH	894.2	L	171.3	M	39.9	L
	AB	8-19	5.86	moderately acid	25.6	MH	14.8	MH	1.9	L	7.7	ML	548.7	VH	192.7	VL	69.6	L	37.7	L
	Bt1	19-31	5.51	strongly acid	14.0	ML	8.1	ML	0.7	VL	2.6	VL	243.4	VH	219.4	VL	49.2	L	40.8	L
	Bt2	31-47	5.88	moderately acid	7.0	L	4.0	L	0.5	VL	1.9	VL	208.4	VH	301.3	VL	50.3	L	36.3	L
	Bt3	47-73	6.05	moderately acid	6.2	L	3.6	L	0.3	VL	1.8	VL	147.9	VH	276.4	VL	58.9	L	36.2	L
	Bt4	73-102	6.07	moderately acid	4.4	VL	2.6	VL	0.3	VL	1.9	VL	140.9	VH	283.5	VL	68.5	L	37.6	L
	Bt5	102-132	5.96	moderately acid	3.2	VL	1.9	VL	0.3	VL	2.7	VL	125.4	VH	208.7	VL	54.6	L	37.3	L
	BC1	132+	6.01	moderately acid	1.7	VL	1.0	VL	0.3	VL	3.1	L	143.7	VH	198.0	VL	46.0	L	36.2	L
2	A	0-(10/17)	5.30	strongly acid	79.1	VH	45.9	VH	2.5	M	12.8	M	384.1	VH	543.5	L	118.8	L	40.3	L
	BA	(10/17)-33	5.75	moderately acid	14.0	ML	8.1	ML	0.9	VL	3.1	L	294.2	VH	137.5	VL	80.3	L	40.5	L
	Bt1	33-59	5.77	moderately acid	5.7	L	3.3	L	0.4	VL	1.3	VL	309.6	VH	116.1	VL	74.9	L	39.6	L
	Bt2	59-104	5.88	moderately acid	3.4	VL	2.0	VL	0.2	VL	1.4	VL	257.6	VH	116.1	VL	52.5	L	39.5	L
	Bt3	104-140	4.82	very strongly acid	3.9	VL	2.3	VL	0.3	VL	1.5	VL	237.9	VH	148.2	VL	51.4	L	45.8	L
	BC1	140+	5.00	very strongly acid	2.1	VL	1.2	VL	0.2	VL	1.3	VL	222.4	VH	148.2	VL	53.5	L	51.0	L
3	A1	0-10	5.55	strongly acid	60.9	VH	35.3	VH	2.7	M	16.0	MH	527.6	VH	1195.2	M	357.5	M	37.2	L
	A2	10-21	5.83	moderately acid	33.7	MH	19.5	MH	1.5	L	4.5	L	593.6	VH	354.7	VL	224.8	M	39.5	L
	AB	21-34	6.03	moderately acid	31.1	MH	18.0	MH	0.8	VL	5.5	L	545.8	VH	183.8	VL	92.1	L	37.7	L
	Bt1	34-62	5.58	strongly acid	17.1	M	9.9	M	1.3	L	2.5	VL	468.5	VH	262.1	VL	86.7	L	38.1	L
	Bt2	62-90	5.86	moderately acid	8.1	L	4.7	L	0.7	VL	2.0	VL	457.3	VH	276.4	VL	79.2	L	40.1	L
	Bt3	90-123	5.86	moderately acid	6.4	L	3.7	L	0.6	VL	2.0	VL	398.2	VH	272.8	VL	68.5	L	40.6	L
	Bt4	123-159	5.73	moderately acid	3.0	VL	1.7	VL	0.6	VL	1.8	VL	152.1	VH	336.9	VL	85.6	L	37.5	L
	BC1	159+	5.57	strongly acid	2.2	VL	1.3	VL	0.3	VL	1.9	VL	146.5	VH	361.8	VL	89.9	L	38.8	L
4	A1	0-5	5.25	strongly acid	127.1	VH	73.7	VH	5.9	H	14.7	M	298.4	VH	425.9	L	89.9	L	37.5	L
	A2	5-14	5.14	strongly acid	54.4	VH	31.5	VH	4.3	M	3.9	L	221.1	VH	101.9	L	28.9	VL	37.3	L
	AB	14-34	5.01	very strongly acid	27.3	MH	15.8	MH	2.6	M	2.4	VL	301.3	VH	41.3	VL	18.2	VL	40.0	L
	Bt1	34-64	5.18	strongly acid	9.7	L	5.6	L	1.1	L	2.7	VL	256.2	VH	73.4	VL	28.9	VL	39.9	L
	Bt2	64-86	5.50	strongly acid	4.0	VL	2.3	VL	0.5	VL	1.3	VL	292.7	VH	55.6	VL	36.4	L	39.3	L
	Bt3	86-102	5.56	strongly acid	4.2	VL	2.4	VL	0.5	VL	1.6	VL	287.1	VH	76.9	VL	40.7	L	36.8	L
	Bt4	102-131	5.67	moderately acid	1.8	VL	1.0	VL	0.4	VL	2.3	VL	273.1	VH	55.6	VL	25.7	VL	39.9	L
	BC1	131+	5.47	strongly acid	0.9	VL	0.5	VL	0.3	VL	2.3	VL	264.6	VH	52.0	VL	22.5	VL	40.4	L
5	A1	0-5	5.26	strongly acid	129.6	VH	75.2	VH	6.9	H	22.0	MH	422.1	VH	1572.7	M	293.3	M	41.9	L
	A2	5-20	5.56	strongly acid	102.9	VH	59.7	VH	4.3	M	11.5	M	249.2	VH	301.3	VL	70.7	L	37.6	L
	AB	20-36	5.65	moderately acid	51.8	VH	30.0	VH	1.3	L	2.7	VL	279.0	VH	116.1	VL	37.5	L	39.8	L
	Bt1	36-50	5.61	moderately acid	33.4	MH	19.3	MH	0.6	VL	1.7	VL	315.3	VH	105.4	VL	33.2	VL	40.8	L
	Bt2	50-66	5.46	strongly acid	15.9	M	9.2	M	0.5	VL	1.5	VL	252.0	VH	87.6	VL	17.1	VL	38.6	L
	Bt3	66-92	5.52	strongly acid	10.4	ML	6.0	ML	0.5	VL	1.6	VL	197.1	VH	69.8	VL	20.3	VL	39.5	L
	Bt4	92-(115/124)	5.64	moderately acid	7.2	L	4.1	L	0.5	VL	1.5	VL	206.4	VH	52.0	VL	24.0	VL	37.3	L
	BC1	(115/124)-145	5.52	strongly acid	3.4	VL	2.0	VL	0.3	VL	1.8	VL	180.3	VH	62.7	VL	30.0	VL	41.7	L
	BC2	145+	6.11	slightly acid	2.6	VL	1.5	VL	0.3	VL	1.4	VL	101.5	H	69.8	VL	25.7	VL	36.2	L

Note: * VL = very low, L = low, ML = moderately low, M = medium, MH = moderately high, H = high, VH = very high

(Land Classification and FAO Project Staff, 1973; Soil Survey Division Staff, 1993; Land Use Planning Division, 1993)

ดินชั้นบนเป็นกรดรุนแรงมาก ดินชั้นล่างเป็นกรดจัดมาก ปริมาณอินทรียวัตถุและไนโตรเจนมีค่าสูงถึงสูงมาก มีปริมาณ P, K, Na, Ca และ Mg เท่ากับ 0.7-8.3, 121.1-235.1, 5.1-8.2, 26.2-192.1, และ 8.3-112.4 mg/kg ตามลำดับ (ณัฐลักษณ์, 2552) แสดงให้เห็นได้ว่ามีสมบัติของดินที่คล้ายคลึงกัน แต่แตกต่างกันในด้านปริมาณธาตุอาหาร ซึ่งมักจะเกิดจากอิทธิพลของชนิดพันธุ์ไม้ที่ขึ้นอยู่ รวมทั้งการเกิดไฟป่า

ปริมาณการกักเก็บธาตุอาหารในดิน (Nutrient storages)

ปริมาณการกักเก็บธาตุอาหารในดินลึก 160 ซม. ของหย่อมป่าดิบเขาบริเวณหน่วยจัดการต้นน้ำบ่อแก้ว ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4

(1) ปริมาณของอินทรียวัตถุและคาร์บอน (Organic matter and carbon) การกักเก็บของอินทรียวัตถุในดินหย่อมป่ามีค่าแปรผันระหว่าง 164.0-476.6 Mg/ha หย่อมป่าที่ 1 และ 2 มีปริมาณน้อยกว่า (164.0 และ 184.1 Mg/ha) และหย่อมป่าที่ 5 มีปริมาณมากที่สุด (476.6 Mg/ha) คิดเป็นปริมาณคาร์บอนในดินหย่อมป่า 95.1-276.5 Mg/ha ดินหย่อมป่าที่ 1 และ 2 มีคาร์บอนน้อยกว่า (95.1 และ 106.8 Mg/ha) หย่อมป่าที่ 5 มีปริมาณมากกว่าหย่อมป่าอื่น ๆ (276.5 Mg/ha)

(2) ปริมาณไนโตรเจน (Nitrogen) ทั้งหมดในดินหย่อมป่ามีค่าผันแปรระหว่าง 9,048-19,845 kg/ha โดยมีการสะสมมากในดินชั้นบนและน้อยลงในดินชั้นล่าง ดินหย่อมป่าที่ 2 มีปริมาณไนโตรเจนน้อยที่สุด ขณะที่หย่อมป่าที่ 4 มีค่ามากที่สุด

(3) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Phosphorus) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินหย่อมป่ามีปริมาณระหว่าง 43.4-63.4 kg/ha โดยมีความผันแปรตามชั้นความลึกของดิน หย่อมป่าที่ 2 มีปริมาณฟอสฟอรัสน้อยที่สุด ขณะที่หย่อมป่าที่ 3 มีปริมาณฟอสฟอรัสมากที่สุด

(4) ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (Potassium) โพแทสเซียมที่สามารถสกัดได้ในดินหย่อมป่ามีค่าระหว่าง 3,656-8,078 kg/ha โดยมีการสะสมมากในดินชั้นล่าง ซึ่งน่าจะเกิดจากการชะล้างลงไปสะสมและถูกดูดยึดโดยอนุภาคดินเหนียว (Wiklander, 1950) หย่อมป่าที่ 1 มีปริมาณโพแทสเซียมน้อยที่สุด ขณะที่หย่อมป่าที่ 3 มีปริมาณโพแทสเซียมมากที่สุด

(5) ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ (Calcium) แคลเซียมที่สามารถสกัดได้ในดินหย่อมป่ามีปริมาณระหว่าง 1,349-6,872 kg/ha หย่อมป่าที่ 4 มีปริมาณแคลเซียมน้อยที่สุด และหย่อมป่าที่ 3 มีปริมาณมากที่สุด

(6) ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ (Magnesium) แมกนีเซียมในดินหย่อมป่ามีค่าระหว่าง 587-2,121 kg/ha หย่อมป่าที่ 4 มีปริมาณแมกนีเซียมน้อยที่สุดและหย่อมป่าที่ 3 มีปริมาณมากที่สุด

(7) ปริมาณโซเดียมที่สกัดได้ (Sodium) โซเดียมในดินหย่อมป่ามีค่าแปรผันระหว่าง 669-828 kg/ha โดยหย่อมป่าที่ 1 มีปริมาณโซเดียมน้อยที่สุด ขณะที่หย่อมป่าที่ 5 มีปริมาณมากที่สุด

Table 4 Nutrient amounts in soil profiles of five fragmented lower montane forests

Pedon	OM (Mg/ha)	C (Mg/ha)	Total N (kg/ha)	Available P (kg/ha)	Extractable (kg/ha)			
					K	Ca	Mg	Na
1	163.99	95.12	10,468	55.75	3,656	4,833	1,102	669
2	184.10	106.79	9,048	43.41	4,962	2,933	1,174	790
3	277.52	160.97	18,239	63.42	8,078	6,872	2,121	821
4	208.41	120.89	19,845	48.62	5,460	1,349	587	787
5	476.62	276.46	19,020	59.36	4,534	2,543	734	828

วิจารณ์ผล

ผลการศึกษาแสดงว่าหย่อมป่าดิบเขาต่ำบริเวณหน่วยจัดการต้นน้ำบ่อแก้วมีสมบัติของดินแตกต่างกันระหว่างหย่อมป่า ดินชั้นบนในเกือบทุกหย่อมป่ามีสภาพเป็นกรดจัด ลักษณะดินจึงเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของไม้สนสามใบ (Armitage and Burley, 1980) จึงพบไม้ชนิดนี้เป็นไม้เด่นทั่วไปในเกือบทุกหย่อมป่า ดินในหย่อมป่าที่ 2 มีการพัฒนาตัวของชั้นดินน้อยกว่าหย่อมป่าบริเวณอื่น ทำให้ดินหย่อมป่านี้มีปริมาณอินทรียวัตถุ คาร์บอนและธาตุอาหารหลัก ได้แก่ N, P และ K ในดินน้อยกว่าหย่อมป่าอื่น ส่วนธาตุอาหารรองได้แก่ Na, Ca และ Mg ไม่ค่อยแตกต่างกันระหว่างหย่อมป่า อีกทั้งพืชต้องการในปริมาณน้อย ส่งผลทำให้ความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้ในหย่อมป่าน้อยกว่าหย่อมป่าที่เหลือ สภาพทั่วไปของหย่อมป่าดิบเขาต่ำบริเวณนี้พบก่อเดือยและสนสามใบ เป็นไม้เด่นที่ระดับความสูง 1,200-1,500 ม. ส่วนที่ระดับตั้งแต่ 1,500 ม. ขึ้นไป พบก่อแป้นและทะโล้ เป็นไม้เด่น นอกจากนี้ ยังพบก่อหมากขึ้นเป็นกลุ่มในหย่อมป่าที่ 2 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ อำไพและคณะ (2553) ที่พบก่อหมากขึ้นเฉพาะที่ระดับความสูง 1,200-1,300 ม. แสดงว่าไม้ชนิดนี้สามารถเจริญเติบโตได้ดีในป่าดิบเขาต่ำที่เป็นดินเหนียวถึงดินเหนียวปนทราย พื้นป่าค่อนข้างแห้ง มีดินตื้นและอุดมสมบูรณ์

ปริมาณการกักเก็บอินทรียวัตถุ คาร์บอนและไนโตรเจนในดินหย่อมป่าดิบเขาบริเวณหน่วยจัดการต้นน้ำบ่อแก้วอยู่ในช่วงปานกลางซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ณัฐลักษณ์ (2552) พบดินที่ระดับความลึก 120 ซม. ในป่าดิบเขาบริเวณอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย ที่ความสูง 1,208 ม. จากระดับน้ำทะเล มีปริมาณอินทรียวัตถุ คาร์บอนและไนโตรเจนเท่ากับ 229, 133 และ 11 Mg/ha ตามลำดับ ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อปริมาณการกักเก็บธาตุอาหารในดิน ได้แก่ ชนิดพันธุ์ไม้ที่ขึ้นเป็นองค์ประกอบ วัตถุต้นกำเนิดดิน ไฟป่า ตลอดจนสภาพภูมิประเทศของพื้นที่ เช่น ความลาดชัน พื้นที่ที่มีความลาดชันน้อยมีการสะสมของธาตุอาหารมากกว่าพื้นที่ที่มีความลาดชันมาก (Handrick, 1981) ซึ่งในการศึกษานี้พบว่าหย่อมป่ามีความลาดชันที่ไม่แตกต่างกันมากนัก

หย่อมป่าที่ 1 และ 2 มีความลาดชันของพื้นที่น้อยกว่าหย่อมป่าอื่น แต่กลับพบปริมาณอินทรียวัตถุ คาร์บอนและไนโตรเจนในดินน้อยกว่าหย่อมป่าอื่น ทั้งนี้น่าจะเป็นเพราะอิทธิพลของชนิดพันธุ์ไม้ที่ขึ้นอยู่ ซึ่งจะเห็นว่าหย่อมป่าที่ 1 และ 2 พบสนสามใบเป็นไม้เด่น ขณะที่หย่อมป่าที่ 3, 4 และ 5 ส่วนใหญ่เป็นไม้ใบกว้างและมีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้สูง ใบไม้ใบกว้างที่ร่วงหล่นในความถี่ที่สม่ำเสมอบนพื้นป่ามีชั้นของเศษซากพืชที่ทับถมบนผิวดินหนา ซึ่งประกอบด้วยธาตุอาหารหลักและกรดอินทรีย์มาก เป็นสาเหตุให้ประจุบวกในดินมากตามไปด้วย ขณะเดียวกันอัตราการย่อยสลายของซากพืชเป็นไปได้ช้าเนื่องจากบนที่สูงมีอุณหภูมิต่ำ และมีความเข้มของแสงแดดน้อย ทำให้การปลดปล่อยธาตุอาหารช้าและสม่ำเสมอ จึงพบการสะสมอินทรียวัตถุและธาตุอาหารในชั้นดินมาก อย่างไรก็ตาม หย่อมป่าที่ 4 และ 5 มีความลาดชันของพื้นที่มากกว่าหย่อมป่าอื่น ทำให้ธาตุอาหารบางชนิด ได้แก่ Ca และ Mg สูญเสียไปกับการชะล้างของน้ำไหลบ่าหน้าดินได้ง่าย จึงพบการสะสมของธาตุอาหารเหล่านี้น้อยกว่าหย่อมป่าอื่นที่มีความลาดชันของพื้นที่น้อยกว่า

สรุปผลการวิจัย

ป่าที่เหลือเป็นหย่อมบริเวณหน่วยจัดการต้นน้ำบ่อแก้วเป็นป่าดิบเขาที่มีองค์ประกอบของสังคมพืชแตกต่างกันไปตามระดับความสูงของพื้นที่ หย่อมป่าที่ระดับความสูง 1,300-1,400 ม. จากระดับน้ำทะเลปานกลาง พบสนสามใบและก่อเดือย เป็นไม้เด่น ที่ระดับความสูงตั้งแต่ 1,500 ม.ขึ้นไป พบก่อแป้นและทะโล้ เป็นไม้เด่น เกือบทุกหย่อมป่ามีค่า SWI ใกล้เคียงกัน ยกเว้นหย่อมป่าที่ 2 มีค่าต่ำกว่าบริเวณอื่น

ดินในหย่อมป่าดิบเขามีวัตถุต้นกำเนิดดินเป็นหินแกรนิต จัดอยู่ในอันดับ Ultisols ส่วนใหญ่มีการพัฒนาของชั้นดินค่อนข้างมากและลึกมากกว่า 200 ซม. มีความหนาแน่นรวมของดินต่ำในดินชั้นบนและเพิ่มสูงขึ้นในดินชั้นล่าง ดินชั้นบนเป็นดินร่วนทราย หรือดิน

ร่วนเหนียวปนทราย และดินชั้นล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ดินร่วน ดินร่วนเหนียว และดินเหนียว ดินในหย่อมป่าส่วนใหญ่เป็นกรดจัดในดินชั้นบนและเป็นกรดปานกลางถึงกรดจัดในดินชั้นล่าง อินทรียวัตถุและธาตุอาหารในดินชั้นบนมีค่าสูงมากและลดลงตามความลึกของดิน องค์ประกอบของชนิดพันธุ์ไม้มีอิทธิพลต่อปริมาณการกักเก็บอินทรียวัตถุและธาตุอาหารในดิน หย่อมป่าที่มีไม้ใบกว้างมากมีโอกาสกักเก็บปริมาณธาตุอาหารได้มากกว่าหย่อมป่าที่มีไม้สนสามใบ ดังนั้น การจัดการสวนป่าในบริเวณพื้นที่ต้นน้ำ ซึ่งส่วนใหญ่ปลูกไม้สนสามใบเป็นหลัก นอกจากปล่อยให้มีการทดแทนตามธรรมชาติโดยไม่ตัดฟันไม้พื้นล่างออกแล้ว ควรมีการปลูกเสริมป่าโดยเลือกปลูกไม้ท้องถิ่นให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ ได้แก่ ระดับความสูง ลักษณะดิน เป็นต้น เพื่อเพิ่มความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้ ซึ่งนอกจากจะเป็นการปรับปรุงดินแล้ว ยังช่วยฟื้นฟูระบบนิเวศพื้นที่ต้นน้ำให้มีสภาพแวดล้อมดีขึ้นด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนส่วนหนึ่งในการทำงานวิจัยนี้ และขอขอบคุณคุณนิรันดร์ คำทอง หัวหน้าหน่วยจัดการต้นน้ำบ่อแก้ว จังหวัดเชียงใหม่ รวมทั้งเจ้าหน้าที่ทุกคนที่ได้ช่วยอำนวยความสะดวกต่าง ๆ

เอกสารอ้างอิง

ณัฐลักษณ์ คำยอง. 2552. ความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้ ลักษณะดินและการสะสมคาร์บอนในป่าชนิดต่าง ๆ บริเวณอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 334 หน้า.

อำไพ พรลีแสงสุวรรณ์, สุนทร คำยอง, เกรียงศักดิ์ ศรีเงินยวง และ นิวัติ อนงค์รักษ์. 2553. ความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้ในป่าที่เหลือเป็นหย่อมและอิทธิพลต่อการปลูกป่าฟื้นฟูพื้นที่ต้นน้ำในภาคเหนือของประเทศไทย, หน้า 63-74. *ใน* การประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมนเรศวร ครั้งที่ 6. ระหว่างวันที่ 1-2 สิงหาคม 2553. คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก.

Armitage, F.B. and J. Burley. 1980. *Pinus kesiya* Royle ex Gordon. Tropical Forestry Papers No. 9, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute, University of Oxford. 199 p.

Handrick, C.A. 1981. Soil-Vegetation relation in the north continental highland region of Thailand: A preliminary investigation of soil-vegetation correlation. Soil Sur. Rep. Tech. Bull. 32: 1-112.

Kanchanaprasert, N. 1986. A Study on vital diagnostic features in soil development and land potential evaluation of alfisols and inceptisols in Mae Klong drainage basin. Ph.D. Thesis, Department of Soil Science, Kasetsart University, Bangkok (in Thai). 483 p.

Khamyong, S., A.M. Lykke, D. Seremethakun and A.S. Barfod. 2004. Species composition and vegetation structure of an upper montane forest at the summit of Doi Inthanon, Thailand. Nord. J. Bot. 23: 83-97.

Krebs, C.J. 1985. Chapter 23. Species diversity I: Theory, pp. 513-542. *In*: Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance. Third edition, Harper & Row Publishers, New York.

Land Classification Division and FAO Project Staff. 1973. Soil interpretation handbook for Thailand. Dept. of Land Development, Min. of Agri. And Cooperative, Bangkok. 135 p.

Land Use Planning Division. 1993. Repot on land suitability study for high land development planning in Chiang Mai province. Land Development Department, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok (in Thai). 393 p.

Pritchett, W.L. and R.F. Fisher. 1987. Properties and management of forest soils. Second Editor. John Wiley & Sons, New York. 494 p.

Santisuk, T. 1988. An account of vegetation of northern Thailand. Geoecological Research (Franz Steiner Verleg, Stuttgart) Vol. 5: 1-101, 75 figs & 2 tabs.

Soil Survey Division Staff. 1993. Soil survey manual. U.S. Dept. of Agr. Handbook No. 18 U.S. Government Printing Office, Washington D.C. 37 p.

Wiklander, L. 1950. Fixation of potassium by clays saturated with different cations. Soil Sci. 69: 261-268.

การใช้ถ่านปรับปรุงดินเพื่อปลูกข้าวโพดข้าวเหนียวหวาน

Using of Charcoal to Improve Soil Fertility for Sweet Waxy Corn Production

เสาวคนธ์ เหมวงษ์[1/] และ ศศิธร เชื้อกุณะ[1/]

Saowakon Hemwong[1/] and Sasithorn Chualsuna[1/]

Abstract: Charcoal is organic matter which is plant nutrition source and C storage in the soil. This experiment studied effect of charcoal application on soil fertility growth and yield of sweet corn variety Dokkoon 49 (KJ 49). They included 4 treatments: 1) soil alone, 2) soil+charcoal, 3) soil+N fertilizer and 4) soil+charcoal+N fertilizer. The results showed that soil moisture contents under soil+charcoal and soil+charcoal+N fertilizer treatments were higher than soil+N fertilizer and soil alone treatments. In soil chemical properties after sweet corn harvest, pH, E.C., soil organic matter and total N were not significantly different. However, total N tended to increase although the amounts of soil organic matter did not change, this probably due to short-term experiment (3 months). The change of soil organic matter by charcoal application must be long-term effects. At 60 day after planting, dry weight and N content were not significantly different between treatments. At final harvest, however, ear fresh weights were significantly different among treatments at 99% confidence in which soil+charcoal treatment gave the highest yield (383 g/stem) and the lowest was in soil+N fertilizer treatment (148 g/stem). In addition, stem and cob dry weight were not significantly different among treatments. Soil + charcoal treatment gave the highest stem (530 g/stem) and cob dry weight (0.21 g/stem). Soil+charcoal+N fertilizer treatment had ear yield (160 g/stem) lower than soil+charcoal treatment, this might due to N fertilizer added was absorbed by charcoal and may be released for the next crop. However, the amount of charcoal used in this experiment was rather high rate (5% of soil dry weight). The next study should focus on long-term impact and reduce the rate of charcoal application in the soil.

Keywords: Charcoal, sweet corn, soil fertility

[1/] สาขาพืชศาสตร์ คณะเกษตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนครพนม จ.นครพนม 48000

[1/] Section of Plant Science, Faculty of Agriculture and Technology, Nakhon Phanom University, Nakhon Phanom 48000, Thailand

บทคัดย่อ: ถ่านซึ่งเป็นอินทรียวัตถุชนิดหนึ่งที่เป็นแหล่งธาตุอาหาร และช่วยเก็บกักคาร์บอนไว้ในดิน การศึกษาผลของการใส่ถ่านต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน การเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวโพด พันธุ์ดอกคูณ 49 โดยมีกรรมวิธีจำนวน 4 กรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 ดินอย่างเดียว (กรรมวิธีควบคุม) กรรมวิธีที่ 2 ดิน+ถ่าน กรรมวิธีที่ 3 ดิน+ปุ๋ยไนโตรเจน และกรรมวิธีที่ 4 ดิน+ถ่าน+ปุ๋ยเคมี ผลการศึกษาพบว่า กรรมวิธี ดิน+ถ่าน และดิน+ถ่าน+ปุ๋ยไนโตรเจน มีความชื้นสูงกว่ากรรมวิธีดิน+ปุ๋ยไนโตรเจน และดินอย่างเดียว ดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด พบว่า pH, Electrical Conditivity, อินทรียวัตถุในดิน และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น ถึงแม้ว่าปริมาณอินทรียวัตถุไม่เปลี่ยนแปลงซึ่งอาจเป็นเพราะเป็นการศึกษาระยะสั้น (3 เดือน) การเปลี่ยนแปลงอินทรียวัตถุจากการใส่ถ่านลงไปต้องใช้เวลานาน การเจริญเติบโตของข้าวโพดเมื่ออายุ 60 วันหลังปลูก พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิตทั้งน้ำหนักแห้ง และปริมาณไนโตรเจนในต้นข้าวโพด อย่างไรก็ตาม น้ำหนักผลผลิตฝักสดข้าวโพดเมื่อถึงอายุเก็บเกี่ยว พบว่า มีความแตกต่างทางสถิตที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99 เปอร์เซ็นต์ โดยกรรมวิธี ดิน+ถ่าน ให้ผลผลิตฝักสดสูงสุด (383 กรัมต่อต้น) และกรรมวิธี ดิน+ปุ๋ยไนโตรเจน ให้ผลผลิตฝักสดต่ำสุด (148 กรัมต่อต้น) อย่างไรก็ตาม น้ำหนักแห้งต้น และซังข้าวโพดเมื่ออายุเก็บเกี่ยว พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยกรรมวิธี ดิน+ถ่าน ให้น้ำหนักแห้งต้นข้าวโพดสูงสุด คือ 530 กรัมต่อต้น และในกรรมวิธี ดิน+ถ่าน ให้น้ำหนักแห้งซังสูงสุด (0.21 กรัมต่อต้น) โดยกรรมวิธีดิน+ถ่าน+ปุ๋ยไนโตรเจน (160 กรัมต่อต้น) ให้ผลผลิตฝักสดต่ำกว่าการใส่ถ่านเพียงอย่างเดียว อาจเนื่องมาจาก ไนโตรเจนที่ใส่ลงไปอาจถูกถ่านดูดซับไว้ และอาจค่อย ๆ ปลดปล่อยออกมาหากทำการเพาะปลูกในปีถัดไป แต่อย่างไรก็ตาม ปริมาณของถ่านที่ใช้ในการทดลองนี้มีอัตราค่อนข้างสูง คือ 5 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักดินแห้ง การศึกษาครั้งถัดไปควรทำการศึกษาผลกระทบในระยะยาวและลดอัตราการใส่ถ่านให้น้อยลง

คำสำคัญ: ถ่าน ข้าวโพดข้าวเหนียวหวาน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน

คำนำ

ดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำจึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้พืชที่ปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีผลผลิตต่ำ ถ่าน (Charcoal) เป็นวัสดุที่เผาในสภาพที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำ จึงแหล่งสะสมคาร์บอน และมีความเสถียรสูงสามารถเก็บรักษาไว้ในดินได้นานถึง 5000 ปี (Panya and Lovelance, 1988) นอกจากนั้น การสะสมถ่านในดินยังเป็นการลดคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศซึ่งเป็นสาเหตุทำให้โลกร้อนได้ อย่างไรก็ตาม ถ้าป่าถูกเผาซึ่งเป็นการเผาแบบระบบเปิดมีปริมาณคาร์บอนในส่วนเหนือผิวดินเหลือเพียง 2-3 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากเกิดเป็นการเผาแบบสมบูรณ์มีปริมาณอุณหภูมิการเผา ประมาณ 300°C และมีปริมาณออกซิเจนสูงทำให้มีปริมาณถ่าน และปริมาณคาร์บอนน้อยกว่าการเผาระบบปิด แต่มีปริมาณเถ้ามากกว่า Hemwong *et al.* (2008) รายงานว่า ปริมาณธาตุอาหารที่เหลือจากการเผาแบบระบบเปิดมีปริมาณคาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปตัสเซียม เหลือประมาณ 58, 0.96, 1.12 และ 2.4 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ในทางกลับกัน ถ่านที่ได้จากการผลิตในสภาพที่มีออกซิเจนต่ำหรือสภาพควบคุมอุณหภูมิ (ระบบปิด) มีปริมาณคาร์บอนในส่วนของผิวดินเหลืออยู่ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ (Feamside *et al.*, 2001) โดยถ่านที่เผาในระบบปิดซึ่งมีอุณหภูมิสูงตั้งแต่ 400 – 600°C มีปริมาณผลผลิตถ่าน และปริมาณคาร์บอนที่เสถียร (stable carbon) 82-97 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าการเผาแบบระบบเปิด (< 66 เปอร์เซ็นต์) (Bruun *et al.*, 2011) อย่างไรก็ตาม ปริมาณคาร์บอนในถ่านขึ้นอยู่กับ ชนิดของซากพืช และอุณหภูมิที่ใช้ในการเผา ในสภาพที่ดอนปริมาณอินทรีย์คาร์บอนเพิ่มขึ้นถ้าหากมีการเพิ่มอินทรียวัตถุหรืออัตราการย่อยสลายลดลง (Sauerbeck, 2001) การมีซากพืชสะสมไว้ในแปลงหลังการเก็บเกี่ยวอาจมีปัญหาในเรื่องการจัดการพืชปลูกได้ ทำให้เกษตรกรส่วนใหญ่เห็นว่า การเผามีประโยชน์มากกว่าการไถกลบซากพืชลงไปในดิน ซึ่งปัจจุบันทั่วโลกมีการปลดปล่อยคาร์บอนจากการเผาประมาณ

4-7 Gt C/y ซึ่งมีปริมาณมากพอ ๆ กับอัตราการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิง (ประมาณ 6 Gt/y ในปี 1990) (Goudriaan, 1995) การใช้ถ่านซึ่งเผาในระบบที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำในการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยการปรับปรุงคุณสมบัติทางเคมี ทางชีวภาพ และทางกายภาพ นอกจากนี้ ถ่านยังเพิ่มการเจริญเติบโตและธาตุอาหารพืช (Lehmann *et al.*, 2003) Lehmann *et al.* (2003) และ Steiner et al. (2008) พบว่า ถ่านในดินช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจน และช่วยเพิ่มมวลชีวภาพจุลินทรีย์ในดิน (microbial biomass) (Steiner *et al.*, 2004; Glaser *et al.*, 2001) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การใส่ถ่านลงไปในดินเพิ่มอัตราการสร้างโคโลนีของเชื้อราไมโคไรซ่า (Warnock *et al.*, 2007) อย่างไรก็ตาม จากคุณสมบัติดังที่กล่าวจึงเป็นที่น่าสนใจในการศึกษาอิทธิพลของถ่านต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน และการเจริญเติบโตของข้าวโพดข้าวเหนียวหวานซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งและมีความต้องการในปริมาณมาก และยังมีข้อมูลการศึกษาน้อย ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ถ่านที่ทำการเผาในระบบปิด (close system) ซึ่งมีปริมาณออกซิเจนต่ำ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของถ่านต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน และการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดข้าวเหนียวหวาน

อุปกรณ์และวิธีการ

ดินที่ใช้ในการทดลองเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) ซึ่งเก็บจากแปลงทดลองของวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนครพนม มหาวิทยาลัยนครพนม ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร จากระดับผิวดิน นำมาตากแดด คลุกให้เข้ากันและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร บรรจุในถุงปลูกปริมาณ 15 กิโลกรัมต่อถุง (น้ำหนักดินแห้ง) โดยดินที่ใช้ในการทดลองมีค่าความชื้น 6 เปอร์เซ็นต์ pH เท่ากับ 4.56 ปริมาณอินทรียวัตถุและไนโตรเจน เท่ากับ1.55 และ 0.075 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ กรรมวิธีในการทดลองประกอบด้วย 4 กรรมวิธี ดังนี้ 1) ดินอย่างเดียว 2) ดิน + ปุ๋ยไนโตรเจน 3) ดิน + ถ่าน และ 4) ดิน + ปุ๋ยไนโตรเจน + ถ่าน จัดแผนการทดลองแบบ Randomize Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ โดยถ่านที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นถ่านที่ซื้อจากชาวบ้านซึ่งเป็นไม้ผสมชนิดที่เผาแบบระบบปิดโดยใช้ถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร นำมาบดให้มีขนาดเล็ก (ประมาณ 1-2 เซนติเมตร) ใส่ลงไปในดินด้วยอัตรา 5 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักดินแห้ง (750 กรัมต่อถุง) ใช้ข้าวโพดข้าวเหนียวหวาน พันธุ์ ดอกคูน 49 ปลูกในถุงปลูกจำนวน 2 หลุมต่อถุง หลุมละ 2 เมล็ด เมื่ออายุ 10 วันทำการถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อหลุม ดังนั้น มี 2 ต้นต่อถุง เพื่อทำการเก็บข้อมูลที่อายุ 60 วันหลังปลูก และอายุเก็บเกี่ยว ทำการให้น้ำทุกวันเพื่อรักษาระดับความชื้นที่ 60 เปอร์เซ็นต์ ของความจุสนาม (Field capacity: FC) ในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนใช้ปุ๋ยในรูปของยูเรีย อัตรา 1 กรัมต่อถุง โดยทำการแบ่งใส่สองครั้ง คือ พร้อมปลูก และ top dressing เมื่ออายุ 20 วันหลังปลูก และกำจัดศัตรูพืชตามความเหมาะสม เมื่อข้าวโพดอายุ 60 วันหลังปลูก ทำการเก็บตัวอย่างต้นข้าวโพดจำนวน 1 ต้นต่อถุง ชั่งน้ำหนักและนำเข้าไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ทำการชั่งน้ำหนักแห้ง และนำไปบดเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) โดยวิธี micro-kjeldahl และทำการวัดด้วยเครื่อง Flow Injection Analyzer (FIA) เมื่อข้าวโพดอายุ 100 วัน ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตเพื่อวัดหาน้ำหนักสดฝัก+เมล็ด, น้ำหนักแห้งต้นและซัง และนำไปบดเพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ในส่วนของดินทำการเก็บตัวอย่างดินก่อนและหลังทำการปลูกข้าวโพดเพื่อทำการวัดหาปริมาณอินทรียวัตถุ (soil organic matter) โดยวิธี Walkley and Black ปริมาณไนโตรเจนในดิน ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (soil pH, 1:2.5 น้ำ) และความชื้นของดิน (soil moisture)

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนโดยใช้โปรแกรม Statistix 8 (Analytical software, 2008) และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ค่า Least Significant Difference (LSD) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกรรรมวิธี

ผลการทดลอง

ความชื้น และความอุดมสมบูรณ์ของดิน

จากการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการใส่ถ่านและปุ๋ยไนโตรเจนต่อความชื้นดินเมื่อข้าวโพดอายุ 20 วันหลังปลูก พบว่า ในดินที่ใส่ถ่านอย่างเดียว (9.50 เปอร์เซ็นต์) และดินที่ได้รับทั้งถ่านและปุ๋ยไนโตรเจน (10.31 เปอร์เซ็นต์) มีความชื้นสูงกว่าดินที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างเดียว (5.57 เปอร์เซ็นต์) และดินที่ไม่ใส่อะไรเลย (7.17 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 1)

ผลของคุณสมบัติทางเคมีของดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดเมื่ออายุ 90 วันหลังปลูก พบว่า pH, E.C., อินทรียวัตถุในดิน และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 2)

การเจริญเติบโต และผลผลิตข้าวโพด

การเจริญเติบโตของข้าวโพดเมื่ออายุ 60 วันหลังปลูก พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติทั้งน้ำหนักแห้งและปริมาณไนโตรเจนในต้นข้าวโพด (ตารางที่ 3)

เมื่ออายุเก็บเกี่ยว พบว่า น้ำหนักฝักสดข้าวโพดมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99 เปอร์เซ็นต์ โดยกรรมวิธี ดิน+ถ่าน ให้ผลผลิตฝักสดสูงสุด คือ 383 กรัมต่อต้น และกรรมวิธี ดิน+ปุ๋ยไนโตรเจน ให้ผลผลิตฝักสดต่ำสุด คือ 148 กรัมต่อต้น (ตารางที่ 4) อย่างไรก็ตาม น้ำหนักแห้งต้นข้าวโพดไม่มีมีความแตกต่างทางสถิติ โดยในกรรมวิธี ดิน+ถ่าน มีค่าสูงสุด คือ 530 กรัมต่อต้น และกรรมวิธี ดิน+ปุ๋ยไนโตรเจน มีค่าต่ำสุด คือ 410 กรัมต่อต้น ส่วนน้ำหนักแห้งซังข้าวโพดเมื่ออายุเก็บเกี่ยว พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติที่

Table 1 Soil moisture content under different soil amendments at 20 days after emergence

Treatment	Soil moisture content (%)
1) Soil alone (control)	7.17
2) Soil + N fertilizer	5.57
3) Soil + Charcoal	9.50
4) Soil+ N fertilizer + Charcoal	10.31
F-test	*
C.V. (%)	24.01
$LSD_{0.05}$	1.38

* = Significantly different at $P \leq 0.05$

Table 2 Soil chemical properties after sweet waxy corn harvest

Treatment	pH (1:2.5 H_2O)	E.C. (mS/cm)	Organic matter (%)	Total N (%)
1) Soil alone (control)	4.64	0.030	1.37	0.084
2) Soil + N fertilizer	4.49	0.043	1.44	0.088
3) Soil + Charcoal	4.61	0.040	1.41	0.087
4) Soil+ N fertilizer + Charcoal	4.57	0.034	1.55	0.093
F-test	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	2.95	28.90	13.03	10.72

ns = not significantly different

Table 3 Sweet waxy corn dry weight and N content at 60 day after planting (DAP)

Treatment	Dry weight (g/stem)	N content (g N/stem)
1) Soil alone (control)	25	0.55
2) Soil + N fertilizer	30	0.38
3) Soil + Charcoal	31	0.67
4) Soil+ N fertilizer + Charcoal	30	0.50
F-test	ns	ns
C.V. (%)	35.11	30.52

ns = not significantly different

Table 4 Ears fresh weight, stem and cob dry weight and N content of sweet waxy corn at final harvest

Treatment	Ears (g/stem)	Stem (g/stem)		Cob (g/stem)		Stem+Ears (g/stem)	
	FW	DW	N	DW	N	DW	N
1) Soil alone (control)	218	430	0.012	0.17	0.001	649	0.184
2) Soil + N fertilizer	148	480	0.005	0.11	0.0003	628	0.080
3) Soil + Charcoal	383	530	0.008	0.21	0.001	912	0.179
4) Soil+ N fertilizer + Charcoal	160	410	0.009	0.16	0.001	570	0.147
F-test	**	ns	ns	#	ns	ns	ns
C.V. (%)	31.55	27	47.72	27.63	39.61	26	43.13
$LSD_{.05}$	115	-	-	0.07	-	-	-

** = significantly different at $P \leq 0.01$, # = significantly different at $P \leq 0.10$

ns = not significantly different

ระดับความเชื่อมั่น 90 เปอร์เซ็นต์ โดยกรรมวิธีที่ ดิน+ปุ๋ยไนโตรเจน ให้น้ำหนักแห้งซังต่ำสุด คือ 0.11 กรัมต่อต้น และในกรรมวิธี ดิน+ถ่าน ให้น้ำหนักแห้งซังสูงสุด (0.21 กรัมต่อต้น) ปริมาณไนโตรเจนในต้น ซัง และไนโตรเจนทั้งหมดของข้าวโพดเมื่ออายุเก็บเกี่ยวไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

วิจารณ์

การใส่ถ่านลงไปในดินเป็นการช่วยรักษาความชื้นของดินซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Tryon (1948) ซึ่งได้ทำการศึกษาอิทธิพลของถ่านต่อเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดินที่มีเนื้อดินแตกต่างกัน พบว่า ดินทราย

ความชื้นที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น (available moisture) เมื่อเพิ่มถ่านลงไปในดิน ส่วนในดินร่วน พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลง และในดินเหนียวความชื้นที่เป็นประโยชน์ลดลงเมื่อเพิ่มถ่านลงไปซึ่งอาจเป็นเพราะคุณสมบัติการดูดซับน้ำ (hydrophobicity) ของถ่าน นอกจากนี้ถ่านยังเพิ่มการหมุนเวียนของน้ำในดิน (soil water retention) โดยเฉพาะในดินเนื้อหยาบ (coarse-textured soil) หรือดินที่มีช่องว่างขนาดใหญ่ (macropores) การช่วยปรับปรุงเม็ดดิน (soil aggregation) หรือโครงสร้างดิน (soil structure) (Verheijen *et al.*, 2010) ถ่านมีผลต่อการเกิดเม็ดดินเนื่องจากมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างอินทรียวัตถุในดิน ธาตุอาหาร และจุลินทรีย์ดิน ลักษณะของประจุที่พื้นผิวดินซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาต้องใช้เวลานานในการวัดผลกระทบที่มีต่อการเกิดเม็ดดิน โดยถ่านที่ผ่านการย่อยสลายมานานมีค่า C.E.C สูงทำให้มีศักยภาพในการเป็นสารยึดกับอินทรียวัตถุ และธาตุอาหารเพิ่มขึ้น (Mbagwu and Piccolo, 1997) อย่างไรก็ตาม การใส่ถ่านทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นถึงแม้ว่าปริมาณอินทรียวัตถุไม่เปลี่ยนแปลงซึ่งอาจเป็นเพราะเป็นการศึกษาระยะสั้น (3 เดือน) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงอินทรียวัตถุจากการใส่ถ่านลงไปต้องใช้เวลานานมากกว่า 5 ปีขึ้นไป Fontaine *et al.* (2004) ได้รายงานผลการทดลองไว้ว่า ถ่านเกิดการย่อยสลายได้ช้าโดยอัตราการย่อยสลายอยู่ระหว่าง 0.5เปอร์เซ็นต์ ต่อปี และสรุปว่าถ่านซึ่งถือว่าเป็นอินทรีย์คาร์บอนตัวหนึ่งสามารถถูกกักเก็บไว้ในดินได้นานถึง 2,000 ปี นอกจากนี้จากตารางที่ 3 ผลการศึกษาพบว่า การเจริญเติบโตของข้าวโพดข้าวเหนียวหวานที่ใส่ถ่านไม่มีความแตกต่างกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน เช่นเดียวกันกับปริมาณไนโตรเจนในต้นข้าวโพดที่อายุเก็บเกี่ยว พบว่าไม่มีความแตกต่างกันระหว่างการใส่ถ่านและการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (ตารางที่ 4) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนลงไปในดินอาจทำให้เกิดการสูญเสียจากกระบวนการ denitrification หรือ volatilization ทำให้ปุ๋ยไนโตรเจนไม่ได้ถูกใช้ในการเจริญเติบโตของข้าวโพดทั้งหมด ในขณะที่ถ่านซึ่งมีคุณสมบัติในการดูดซับธาตุอาหาร เนื่องจากมีค่า C.E.C สูง ช่วยดูดซับไนโตรเจนที่มีอยู่ในดินไว้และค่อยปลดปล่อยออกมาให้พืชได้นำไปใช้ในการเจริญเติบโตทำให้ปริมาณไนโตรเจนที่เหลืออยู่ในดินระหว่างกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและกรรมวิธีที่ใส่ถ่านไม่มีความแตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม คุณสมบัติของถ่านยังขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านคุณภาพของวัสดุ ความชื้นของวัสดุ และวิธีการเผา Masiello (2004) และ Chotikhun and Laemsak (2009) ได้รายงานว่า การเผาถ่านในสภาพทั่วไปมีปริมาณคาร์บอนน้อยกว่าการเผาระบบปิดซึ่งสามารถควบคุมอุณหภูมิให้สูงและมีการเผาอย่างสม่ำเสมอทั่วไปถึงกัน นอกจากนี้ถ่านที่เผาในระบบปิดมีปริมาณสารระเหย (volatile matter) ต่ำกว่าการเผาแบบทั่วไป ซึ่งสารดังกล่าวจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากไปกระตุ้นการเจริญเติบโต และกิจกรรมของจุลินทรีย์ซึ่งมีผลต่อปริมาณธาตุอาหารโดยเฉพาะไนโตเจนในดินซึ่งทำให้เกิดกระบวนการ immobilization ส่งผลให้พืชแสดงอาการขาดไนโตรเจนได้ (Deenik *et al.*, 2010)

ปริมาณผลผลิตฝักสดข้าวโพดมีความแตกต่างทางสถิติ พบว่า ดิน+ ถ่านให้ผลผลิตสูดสุด (383 กรัมต่อต้น) ดีกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ เช่นเดียวกันกับ Ueno *et al.* (2007) ได้ทำการศึกษาการเจริญเติบโตของ radish โดยการเปรียบระหว่างการใส่ถ่าน และไม่ใส่ถ่านในดิน พบว่าในปีแรกของการปลูกการเจริญเติบโตของ radish ในแปลงที่ใส่ถ่านต่ำกว่าแปลงที่ไม่ได้ใส่ถ่าน แต่ในปีที่สอง และสามผลผลิตเพิ่มขึ้นตามเวลา และสูงกว่าแปลงที่ไม่ได้ใส่ถ่าน ในขณะที่ผลการทดลอง พบว่า การที่กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนร่วมกับการใส่ถ่าน (160 กรัมต่อต้น) ให้ผลผลิตฝักสดต่ำกว่ากรรมวิธีที่ใส่ถ่านเพียงอย่างเดียว อาจเนื่องมาจาก ไนโตรเจนที่ใส่ลงไปอาจถูกถ่านดูดซับไว้ในช่วงการปลูกปีแรก และค่อย ๆ ปลดปล่อยออกมาหากทำการเพาะปลูกในปีถัดไปซึ่งทำให้ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน (N use efficiency) ของพืชสูงขึ้น (Ueno *et al.*, 2007; Verheijen *et al.*, 2010) Masulili *et al.* (2010) รายงานว่า การใส่ถ่านแกลบช่วยเพิ่มผลผลิตข้าวที่ปลูกในดินกรดได้ดีกว่าการใส่แกลบปกติ

จากการศึกษาการใส่ถ่านลงไปในดินเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน การเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวโพดหวานมีความแตกต่างมากระหว่างการดินที่ไม่ได้ใส่ถ่านและดินที่ใส่ถ่าน อย่างไรก็ตาม ด้านความอุดมสมบูรณ์ของดินยังพบว่ายังไม่พบความแตกต่าง

เนื่องจากเป็นการศึกษาในช่วงระยะเวลาอันสั้น (3 เดือน) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงทางด้านอินทรียวัตถุ และส่งผลไปยังการเจริญเติบและผลผลิตเพิ่มสูงขึ้นของพืชนั้นต้องใช้ระยะเวลามากกว่า 5 ปี ขึ้นไปทำให้เห็นความแตกต่างอย่างชัดเจน ยิ่งไปกว่านั้น การเผาถ่านระบบปิดจะช่วยลดปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ได้ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน และช่วยดูดซับธาตุอาหารโดยเฉพาะไนโตรเจนได้ดีขึ้นทำให้ลดการสูญเสียโดยการชะล้างของดิน รวมถึงการสูญเสียในรูปของก๊าซ อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันการเผาถ่านแบบระบบปิดเป็นที่นิยม เนื่องจากได้ถ่านที่มีคุณภาพ และปริมาณมากกว่าการเผาแบบระบบเปิด และเป็นสิ่งที่มีอยู่ทุกครัวเรือนสามารถหาได้ง่ายหากนำมาใช้ในการปรับปรุงบำรุงดินเพื่อเพิ่มการเจริญเติบโต และผลผลิตของพืชได้เป็นการลดค่าใช้จ่ายในการซื้อปุ๋ยเคมี และยังเป็นการลดผลตกค้างของสารเคมีในดิน รวมถึงการทำให้ดินมีคุณสมบัติทางกายภาพ ชีวภาพ และเคมีดีขึ้นสามารถใช้เพาะปลูกพืชได้อย่างยั่งยืน ปริมาณของถ่านที่ใช้ในการทดลองนี้มีอัตราค่อนข้างสูง คือ 5 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักดินแห้ง การศึกษาครั้งถัดไปควรทำการศึกษาผลกระทบในระยะยาวและลดอัตราการใส่เพื่อให้ลดต้นทุนให้ต่ำกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี และเกษตรกรสามารถนำเอาไปใช้ได้จริง

สรุป

การใส่ถ่านทำให้ความชื้นของดินสูงกว่าการไม่ใส่ถ่านลงในดิน ซึ่งส่งผลต่อการดูดใช้ธาตุอาหารและการเจริญเติบโตของพืช โดยน้ำหนักผลผลิตฝักสดข้าวโพดเมื่ออายุเก็บเกี่ยวที่ใส่ถ่าน ให้ผลผลิตฝักสดสูงสุดกว่าดินที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างเดียว

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนส่งเสริมการวิจัย วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนครพนม มหาวิทยาลัยนครพนม งบประมาณ 2553 ที่ให้การสนับสนุนการทำงานวิจัย และ น.ส. วรัญญา คำสุข และน.ส. กานต์วลี พลเยี่ยม นักศึกษาผู้ช่วยงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Analytical Software. 2003. User's Manual. Analytical Software, Tallahassee, FL. 396 p.

Bruun, E.W., H. Hauggaard-Nielsen, N. Ibrahim, H. Egsgaard, P. Ambus, P.A. Jensen and K. Dam-Johansen. 2011. Influence of fast pyrolysis temperature on biochar labile fraction and short-term carbon loss in a loamy soil. Biomass and Bioenergy 35: 1182-1189.

Chotikhun, A. and N. Laemsak. 2009. Effects of various carbonization temperatures for closing wood-charcoal kiln on charcoal properties. Thai J. For. 28(2): 73-80.

Deenik, J.L., T. McClellan, G. Uehara, M.J. Antal, Jr. and S. Campbell. 2010. Charcoal volatile matter content influences plant growth and soil Nitrogen transformations. Soil Fert. Plant Nut. 74(4): 1259-1270.

Feamside, P. M., P.M. Lima, A. Graca and F.J.A. Rodrigus. 2001. Burning of Amazonian rainforests: burning efficiency and charcoal formation in forest cleared for cattle pasture near Manus, Brazil. Forest Ecol Management 146: 115-128.

Fontaine, S., G. Bardoux, L. Abbadie and A. Mariotti. 2004. Carbon input to soil may decrease soil carbon content. Ecology Letters 7(4): 314-320.

Glaser, B., L. Haumaier, G. Guggenberger and W. Zech. 2001. The 'Terra Preta' phenomenon: a model for sustainable agriculture in the humid tropics. Naturwissenschaften 88: 37-41.

Goudriaan, J. 1995. Optimization of nitrogen distribution and of leaf area index for maximum canopy assimilation rate. pp. 85-97. In: T.M. Thiyagarajan, H.F.H. ten Berge,

M.C.S. Wopereis (eds.). Nitrogen Management Studies in Irrigated Rice. Los Baños, Philippines: International Rice Research Institute.

Hemwong, S., G. Cadisch, B. Toomsan, V. Limpinuntana, P. Vityakon and A. Patanothai. 2008. Dynamics of residue decomposition and N_2 fixation of grain legumes upon sugarcane residue retention as an alternative to burning. Soil Till. 99: 84-97.

Lehmann, J., J.P. da Silva Jr., C. Steiner, T. Nehls, W. Zech and B. Glaser. 2003. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. Plant Soil 249: 343–357.

Masiello, C.A. 2004. New directions in black carbon organic geochemistry. Marine Chemistry 92: 201-213.

Masulili, A., W.H. Utomo and M.S. Syechfani. 2010. Rice husk biochar for rice based cropping system in acid soil 1. The characteristics of rice husk biochar and its influence on the properties of acid sulfate soils and rice growth in West Kalimantan, Indonesia. Journal of Agricultural Science 2(1): 39-47.

Mbagwu, J.S.C. and A. Piccolo. 1997. Effects of humic substances from 149 oxidized coal on soil chemical properties and maize yield. pp 921–925. In: J. Drozd, S.S. Gonet, N. Senesi, and J. Weber (eds.). The Role of Humic Substances in the Ecosystems and in Environmental Protection. Polish Society of Humic Substances, Poland.

Panya, O. and G.W. Lovelace. 1988. Charcoal making in rural Northeast Thailand: rapid rural appraisal of a wood-based, small-scale enterprise. Research Report. KKU-FORD Rural Systems. Khon Kaen University. 81 p.

Sauerbeck, D.R. 2001. CO_2 emissions and C sequestration by agriculture - perspecives and limitations. Nutr. Cycl. Agroeco. 60: 253-266.

Steiner, C., W. G. Teixeira, J. Lehmann and W. Zech. 2004. Microbial response to charcoal amendments of highly weathered soils and amazonian dark earths in central Amazonia—preliminary results. pp. 195–212. In: B. Glaser and W. I. Woods (eds.). Amazonian Dark Earths: Explorations in Space and Time. Springer Verlag, Heidelberg.

Steiner, C., B. Glaser, W.G. Teixeira, J. Lehmann, W.E.H. Blum and W. Zech. 2008. Nitrogen retention and plant uptake on a highly weathered central Amazonian Ferralsol amended with compost and charcoal. J. Plant Nutr. Soil Sci. 171: 893-899.

Tryon, E.H. 1948. Effect of charcoal on certain physical, chemical and biological properties of forest soils. Ecol. Monogr. 18: 81–115.

Ueno, H., Y. Gomi, N, Asagi and T. Tsurumi. 2007. Effect of charcoal application on radish growth and N uptake estimated by 15N method. Proceedings of ASA-CSSA-SSSA., Louisiana, 4-8 November 2007. pp. 194.

Verheijen, F.G.A., S. Jeffery, A.C. Bastos, M. van der Velde and I. Diafas. 2010. Biochar Application to Soils: A Critical Scientific Review of Effects on Soil Properties, Processes and Functions. Italy: European Communities.

Warnock, D.D., J. Lehmann, T. Kuyper and M. Rillig. 2007. Mycorrhizal responses to biochar in soil – concepts and mechanisms. Plant Soil 300: 9-20.

การพัฒนาออนโทโลยี เพื่อการจัดการความรู้ ด้านการแปรรูปข้าว

Ontology Development for Rice Processing Knowledge Management

โรสริน อัคนิจ[1/], ธนิต พุทธพงศ์ศิริพร[1/] น้ำฝน ลำดับวงศ์[2/] และอารีย์ ธัญกิจจานุกิจ[3/]

Rosarin Akanit[1/], Thanit Putthapongsiriporn[1/], Namfon Lumdabwong[2/] and Aree Thunkijjanukij[3/]

Abstract: This paper reports the results of the development for the rice processing ontology construction which is a knowledge base for describing and categorizing of rice research keywords. The method of ontology construction by the domain experts is divided into 2 parts, the first part is an ontology development process and the second part is an ontology evaluation process. The first part consists of 5 steps as follows, step 1: collect the domain concepts and terms from the literatures of the rice research, step 2: completely update the concepts and terms in the previous step, step 3: define the relationship between those terms, step 4: verify these results by the experts in the field and step 5: developed the rice processing ontology model. Nine categories of rice research concepts are identified. 1. Thai rice standard, 2. Rice quality, 3. Rice production process, 4. Properties of rice, 5. Types of rice product, 6. Rice compositions, 7. Rice products, 8. Measurement tools 9. Machines. Rice processing ontology has 907 concepts and 1863 terms. For the ontology evaluation process, the evaluation model is divided into 2 parts which are evaluated by 17 domain experts and user evaluation by comparing the effective information retrieval between the Ontology and the keyword searching. The result revealed that the ontology method could improve the efficiency of information retrieval based on Recall to 0.382 when compared with keyword search which gave the value of 0.074. The comparison shows that ontology searching is superior in retrieving the relevant information in the database system. The ontology technique will help in the classification and explanation of the word meaning for organizing the rice research database system. In addition, it can be developed for other specific purposes in the future.

Keywords: Ontology, rice, rice processing

[1/]ภาควิชาการจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1/]Department of Agro – Industrial Technology Management, Faculty of Agro – Industry, Kasetsart University, Bangkok 10900

[2/]ภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุและวัสดุ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[2/]Department of Packaging Technology and Material, Kasetsart University, Bangkok 10900

[3/]ศูนย์สนเทศทางการเกษตรแห่งชาติ สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[3/]Thai National AGRIS Centre, Kasetsart University Library, Kasetsart University, Bangkok 10900

บทคัดย่อ: บทความนี้รายงานผลการดำเนินการจัดทำออนโทโลยีการแปรรูปข้าว โดยใช้แนวทางการพัฒนาโครงสร้างออนโทโลยีโดยผู้เชี่ยวชาญ โดยมีกระบวนการพัฒนา 2 ส่วนคือ กระบวนการพัฒนาออนโทโลยี และการประเมินออนโทโลยี ในขั้นของกระบวนการพัฒนาออนโทโลยี แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนคือ 1. รวบรวมมโนทัศน์ (Concept หรือ Class) และคำแทนมโนทัศน์ (Term) จากผลงานวิชาการที่ตีพิมพ์เป็นหลัก 2. ปรับปรุงเพิ่มเติมมโนทัศน์และคำแทนมโนทัศน์ให้สมบูรณ์ 3.กำหนดความสัมพันธ์ระหว่างคำแทนมโนทัศน์เหล่านั้น 4. ทวนสอบผลที่ได้โดยผู้เชี่ยวชาญในสาขา 5. นำผลที่ได้ไปพัฒนาเป็นออนโทโลยีของการแปรรูปข้าว ซึ่งได้โครงสร้างที่ประกอบด้วยความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์หลักและคำแทนมโนทัศน์ รวมทั้งสิ้น 9 กลุ่มคือ มาตรฐานข้าวไทย คุณภาพในแต่ละด้านของข้าว กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าว สมบัติของข้าว ประเภทของผลิตภัณฑ์ องค์ประกอบข้าว ผลิตภัณฑ์จากข้าว เครื่องมือในการตรวจวัดและเครื่องจักรในการแปรรูป โดยมโนทัศน์ทั้งหมดในออนโทโลยีการแปรรูปข้าวมีทั้งหมด 907 มโนทัศน์ และคำแทนมโนทัศน์ทั้งหมด 1863 คำ สำหรับการประเมินออนโทโลยีมี 2 ส่วนคือ ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญในสาขาทั้งหมด 17 ท่าน โดยเทคนิคเดลฟาย และการประเมินโดยผู้ใช้งาน ซึ่งประเมินโดยวัดเป็นค่าประสิทธิภาพในการสืบค้นระหว่างการใช้หลักการของออนโทโลยีกับการสืบค้นโดยใช้วิธีดั้งเดิมคือการใช้คำสำคัญ ในการประเมินประสิทธิภาพในการสืบค้นโดยใช้ความสัมพันธ์ภายในมโนทัศน์ พบว่าการใช้ออนโทโลยีสามารถเพิ่มความครบถ้วนในการสืบค้นข้อมูล โดยการใช้ออนโทโลยีมีค่าความครบถ้วนอยู่ที่ 0.382 ในขณะที่การสืบค้นแบบดั้งเดิมที่ใช้คำสำคัญมีค่าความครบถ้วนอยู่ที่ 0.074 จากการที่ออนโทโลยีมีคุณสมบัติในการขยายคำค้นโดยสามารถดึงเอางานที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ผู้สืบค้นต้องการค้นหาซึ่งจะเป็นการเชื่อมโยงความรู้ในขอบเขตที่เกี่ยวข้องกับการสืบค้น ผลที่ได้จากการพัฒนาออนโทโลยีของการแปรรูปข้าวนี้จะสามารถช่วยในการจัดจำแนกและการอธิบายความหมายของคำสำคัญของงานวิจัยการ แปรรูปข้าวเป็นระเบียบและมีแบบแผน ซึ่งจะสามารถนำไปพัฒนาในการใช้งานตามวัตถุประสงค์ได้ต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: ออนโทโลยี ข้าว การแปรรูปข้าว

บทนำ

ข้าวจัดว่าเป็นอาหารหลักของประชากรส่วนใหญ่ของโลก (อรอนงค์, 2550) และเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย นอกเหนือจากการบริโภคในรูปของข้าวหุงสุกยังสามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ จึงเกิดผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับข้าวเป็นจำนวนมาก ตั้งแต่การพัฒนาพันธุ์ข้าว การแปรรูป การพัฒนาผลิตภัณฑ์ การศึกษาองค์ประกอบภายในข้าวเพื่อปรับปรุงคุณภาพและตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภค ดังนั้นงานวิจัยเกี่ยวกับข้าวจึงควรมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อส่งเสริมการวิจัยด้านข้าว ศูนย์ความเป็นเลิศแห่งนวัตกรรมข้าว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์จึงริเริ่มจัดทำฐานข้อมูลด้านการแปรรูปข้าวขึ้นมาเพื่อเป็นแหล่งข้อมูลในการวิจัย และเพื่อให้เกิดภาพความเชื่อมโยงขององค์ความรู้ด้านการแปรรูปข้าวจึงได้มีความริเริ่มที่จะพัฒนาออนโทโลยีของการแปรรูปข้าวขึ้น

ออนโทโลยีคือแบบจำลองที่แสดงถึงโครงสร้างความสัมพันธ์ ระหว่างหมวดหมู่ของคำสำคัญที่กำหนดขึ้น เพื่อประโยชน์ในการอธิบายความเพื่อความเข้าใจร่วมกัน เชื่อมโยงและสืบค้นข้อมูลที่แม่นยำและมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งเป็นส่วนสำคัญต่อการจัดการองค์ความรู้ ออนโทโลยีใช้การแสดงมโนทัศน์และความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ในรูปแบบโครงสร้างลำดับชั้น (hierarchical structure) และมีการระบุชนิดของความสัมพันธ์ ซึ่งประกอบไปด้วยความสัมพันธ์ 3 ชนิดคือ

1. ความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ที่ไม่ใช่ความสัมพันธ์ตามลำดับชั้น (associate) เช่น "ผลิตโดย" (process by) "เป็นส่วนประกอบของ" (is component of) "จำแนกเป็น" (has type)

2. ความสัมพันธ์ที่อยู่ในรูปแบบโครงสร้างความสัมพันธ์ตามลำดับชั้น (hierarchy) เช่น ชื่อความสัมพันธ์ "เป็นเซตหลัก" (is parent of)

3. ความสัมพันธ์ชนิดเท่าเทียมกัน (equivalent) ความสัมพันธ์ระหว่างคำที่ใช้เรียกแทนและมโนทัศน์ เช่น "มีคำแปลในภาษาอังกฤษคือ" (has translated term) โดยการกำหนดความสัมพันธ์ในเชิงความหมายมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นประโยชน์ในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับความรู้ภายในขอบเขตที่ศึกษา

นักวิจัยได้นำออนโทโลยีมาใช้ในการพัฒนาระบบสืบค้นฐานข้อมูลชีววิทยาเพื่อการรวบรวมคำสืบค้นและรูปภาพ ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีความซับซ้อน และมีการเพิ่มปริมาณขึ้นอย่างรวดเร็ว นอกจากนั้นข้อมูลที่มีอยู่กระจัดกระจาย อีกทั้งใช้รูปแบบการจัดเก็บที่หลากหลาย ระบบที่พัฒนาขึ้นช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสืบค้นและการวิเคราะห์ข้อมูล (บุญรัตน์, 2551)

Noy and MeGuinness (2001) นำหลักการดังกล่าวมาใช้พัฒนา Gene Ontology โดยในงานวิจัยนำไปใช้ในการพัฒนาการค้นคืนข้อมูลโดยรายงานผลคือปรับปรุงค่าประสิทธิภาพในการสืบค้นดีขึ้น จากการทดสอบความครบถ้วนของการสืบค้น

สำหรับการพัฒนาออนโทโลยีการผลิตพืชในกรณีศึกษาส่วนของการผลิตข้าวได้มีการประเมินผลจากผู้ใช้งานโดยชี้วัดเป็นค่าประสิทธิภาพในการสืบค้น ผลที่ได้จากการวิจัยคือ ออนโทโลยีช่วยพัฒนาการสืบค้นทั้งในส่วนของความแม่นยำและในส่วนของความครบถ้วน โดยให้ผลที่ดีกว่าการสืบค้นโดยใช้ความสัมพันธ์ (Thunkijjanukij, 2009)

นอกจากนี้ผู้วิจัยบางท่านได้ให้ข้อสรุปว่า การสร้างออนโทโลยีมีความสำคัญต่อการพัฒนาฐานข้อมูลองค์ความรู้ จากคุณสมบัติของออนโทโลยีที่เป็นการบรรยายเชิงความหมาย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการสร้างความเข้าใจให้ตรงกันภายใต้ขอบเขตที่ศึกษา ความสามารถในการใช้องค์ความรู้ร่วมกัน และนำองค์ความรู้มาใช้ใหม่ได้ (มาลี, 2550)

ประโยชน์ของออนโทโลยีสามารถจำแนกตามวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้งาน ได้ดังนี้ 1.ประสิทธิภาพในการค้นคืน โดยอาศัยข้อมูลด้าน สมบัติและความสัมพันธ์ 2. ขยายคำค้นทำให้เข้าถึงข้อมูลได้ครบถ้วนแม่นยำมากยิ่งขึ้น 3. นำเสนอความรู้ในลักษณะที่เอื้อต่อการสร้างความเข้าใจเบื้องต้น 4. สามารถลดเวลาในการพัฒนาต่อยอดจากโครงสร้างที่มีอยู่เดิม 5. อธิบายความหมายของทฤษฎี หรือ หลักการ (สิริรัตน์, 2550)

หลักการพัฒนาออนโทโลยีสามารถจำแนกได้ 3 วิธีการหลักคือ 1. ใช้ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (manually-driven by domain experts) 2. ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (automatic approach) 3. ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ร่วมกับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (semi-automatic approach) (Thunkijjanukij, 2009) สำหรับการพัฒนาออนโทโลยีการแปรรูปข้าวภายใต้งานวิจัยนี้ใช้แนวทางที่ 1

วิธีการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนในการพัฒนาออนโทโลยีอ้างอิงตามงานวิจัยที่มีมาก่อนหน้านี้ซึ่งก็คือการพัฒนาออนโทโลยีของการผลิตข้าว (Thunkijjanukij, 2009)และขั้นตอนในการสร้างออนโทโลยี (เพ็ญพรรณ, 2547) โดยมีการกำหนดขอบเขตการศึกษาคือการแปรรูปข้าวไทย และเริ่มต้นพัฒนาออนโทโลยีโดยใช้ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการแปรรูปข้าวในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เนื่องจากออนโทโลยีด้านการแปรรูปข้าว โดยเฉพาะที่เกี่ยวกับงานวิจัยการแปรรูปข้าวของไทยยังไม่ได้มีการพัฒนามาก่อน ดังนั้นการกำหนดความสัมพันธ์เชิงความหมายของคำสำคัญจึงต้องพึ่งความรู้ของผู้ชำนาญในสาขาที่กำลังศึกษา

งานวิจัยนี้ประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ การพัฒนาออนโทโลยี และการประเมินออนโทโลยี ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การพัฒนาออนโทโลยี แนวทางการพัฒนาออนโทโลยีที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นการใช้ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการแปรรูปข้าวในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เนื่องจากออนโทโลยีด้านการแปรรูปข้าวยังไม่เคยมีการจัดทำมาก่อนจึงไม่สามารถกำหนดกฎเกณฑ์ที่ต้องใช้ป้อนให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ใช้จัดหมวดหมู่ของคำสำคัญอย่างอัตโนมัติ โดยขั้นตอนการพัฒนาสามารถแบ่งเป็น 5 ขั้นตอนหลักดังนี้

1.1 Ontology specification เป็นขั้นตอนการกำหนดขอบเขตและกรอบการพัฒนาออนโทโลยีให้ชัดเจน

ซึ่งในขั้นตอนนี้สามารถทำได้โดยการระดมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญโดย พิจารณาถึงขอบเขตขององค์ความรู้ที่ต้องการศึกษา วัตถุประสงค์ของการพัฒนาออนโทโลยี ลักษณะของการใช้งานที่ต้องการ และกลุ่มผู้ใช้งานเป้าหมาย

1.2 Knowledge acquisition หรือขั้นการเก็บรวบรวมองค์ความรู้ คือขั้นตอนการรวบรวมและจัดหมวดหมู่เบื้องต้นของมโนทัศน์และคำสำคัญ ภายใต้ขอบเขตการศึกษา แหล่งข้อมูลองค์ความรู้ด้านการแปรรูปข้าวประกอบไปด้วย แหล่งข้อมูลจากเอกสารได้แก่งานวิจัยและหนังสือด้านการแปรรูปข้าว และแหล่งข้อมูลจากตัวบุคคล (ผู้เชี่ยวชาญ)

1.3 Conceptualization เป็นขั้นตอนการสร้างแบบจำลองความสัมพันธ์เบื้องต้น (conceptual model) ให้กับมโนทัศน์ที่รวบรวมมา ผลที่ได้มีลักษณะเป็นโครงสร้างลำดับชั้นซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์

1.4 Formalization เป็นการแปลงความสัมพันธ์เบื้องต้นจากขั้นตอนที่ 3 ให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถนำไปประมวลผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ ในขั้นตอนนี้คำสำคัญทั้งหมดจากขั้นที่ 2 จะถูกนำมาจัดกลุ่มตามความสัมพันธ์ในลักษณะของคำแปล (translated term) คำพ้องความ (synonym) และคำย่อ (acronym) เกิดเป็นกลุ่มของคำสำคัญที่ให้ภาพมโนทัศน์เดียวกันหลาย ๆ กลุ่ม และมีการกำหนดคำสำคัญหลัก (preferred term) ให้กับแต่ละมโนทัศน์โดยยึดหลักตามพจนานุกรม อรรถาภิธาน และคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ

1.5 Implementation การนำไปใช้เป็นการนำผลที่ได้จากขั้นที่ 4 เข้าสู่โปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อการใช้งานต่อไป สำหรับงานวิจัยนี้โปรแกรมที่ใช้คือ FAO AGROVOC Concept Server Workbench Tool version 1.0 ซึ่งใช้ภาษา OWL และมีความสามารถในการนำเสนอโครงสร้างความสัมพันธ์แบบรูปภาพ และเปิดโอกาสให้ผู้ใช้งานสามารถสืบค้นข้อมูลงานวิจัยโดยอาศัยความเชื่อมโยงภายในโครงสร้างความสัมพันธ์

2. การประเมินกระบวนการของออนโทโลยี

การประเมินออนโทโลยีแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ การประเมินความถูกต้องโดยผู้เชี่ยวชาญ และ การประเมินประสิทธิภาพโดยผู้ใช้งาน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 การประเมินความถูกต้องโดยผู้เชี่ยวชาญ เป็นการทวนสอบความถูกต้องของการจัดกลุ่มมโนทัศน์และความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ โดยการใช้เทคนิคเดลฟายซึ่งใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ ข้อแนะนำที่ได้จะถูกนำไปใช้แก้ไขปรับปรุงโครงสร้างของฐานความรู้ก่อนจะทำการประเมินซ้ำเพื่อให้ได้ข้อสรุปและโครงสร้างความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ที่เป็นที่ยอมรับมากที่สุด

2.2 การประเมินประสิทธิภาพการใช้งาน เป็นการวัดความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อผลที่ได้ในการค้นหาคำสำคัญตามที่ออนโทโลยีสามารถตอบสนอง โดยพิจารณาประสิทธิภาพของการสืบค้นที่วัดได้จากค่าความแม่นยำ (precision) และค่าความสมบูรณ์ครบถ้วนของผลการสืบค้น (recall) โดยค่าความแม่นยำกำหนดให้เป็นอัตราส่วนระหว่างจำนวนเอกสารที่ถูกต้องต่อจำนวนผลลัพธ์ทั้งหมดที่ได้จากการสืบค้น ส่วนความสมบูรณ์ครบถ้วนของผลการสืบค้นกำหนดให้เป็นอัตราส่วนระหว่างจำนวนเอกสารที่ถูกต้องต่อจำนวนเอกสารทั้งหมดที่เกี่ยวข้องดังสมการ

$$\text{Precision} = \frac{|\{\text{relevant document}\} \cap \{\text{document retrieved}\}|}{|\{\text{document retrieved}\}|}$$

$$\text{Recall} = \frac{|\{\text{relevant document}\} \cap \{\text{document retrieved}\}|}{|\{\text{relevant document}\}|}$$

ผลการวิจัยและวิจารณ์

กระบวนการพัฒนาออนโทโลยี

1. การกำหนดขอบเขตและกรอบการพัฒนาออนโทโลยี มีวัตถุประสงค์ในการวิจัยเพื่อการจำแนกข้อมูลงานวิจัยข้าวอย่างเป็นระบบลดความซ้ำซ้อนในการจัดจำแนกประเภทงานวิจัยข้าวของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยมีขอบเขตที่มุ่งเน้นในด้านการแปรรูปข้าว และกรอบการพัฒนาที่เกี่ยวข้องกับผู้เชี่ยวชาญด้านการแปรรูปข้าวของมหาวิทยาลัย ซึ่งมีกลุ่มเป้าหมายที่ใช้งานออนโทโลยีคือ กลุ่มผู้วิจัยด้านการแปรรูปข้าว

2. การเก็บรวบรวมองค์ความรู้ จากแหล่งองค์ความรู้ทั้ง 2 ประเภทคือ บุคคลและเอกสาร สามารถ

รวบรวมคำสำคัญได้ประมาณ 2000 คำ และเมื่อทำการจัดกลุ่มของคำสำคัญพบว่าสามารถจำแนกออกเป็น 9 หมวดหมู่ด้วยกันคือ มาตรฐานข้าวไทย กระบวนการ สมบัติของข้าว การใช้ประโยชน์จากข้าว ผลิตภัณฑ์จากข้าว คุณภาพในแต่ละด้านของข้าว องค์ประกอบของข้าว เครื่องมือในการตรวจวัด และเครื่องจักรในการแปรรูป

3. Conceptualization ผลจากการวิเคราะห์มโนทัศน์และคำสำคัญทั้งวิธีพิจารณาจากบนลงล่างและจากล่างขึ้นบน (both top down and bottom up approaches) ได้เป็นแบบจำลองความสัมพันธ์เบื้องต้น ดังแสดงในภาพที่ 1 ทั้ง 9 หมวดหมู่ ซึ่งจำแนกโครงสร้างของแต่ละหมวดหมู่ดังนี้คือ เครื่องจักรในการแปรรูป เครื่องมือในการตรวจวัด และผลิตภัณฑ์จากข้าวระบุตามชื่อโดยตรง แต่มีการกำหนดให้มีความสัมพันธ์กับมโนทัศน์อื่นเช่น เครื่องมือในการตรวจวัด และเครื่องจักรในการแปรรูปจะมีความสัมพันธ์กับกระบวนการผลิต แบบ

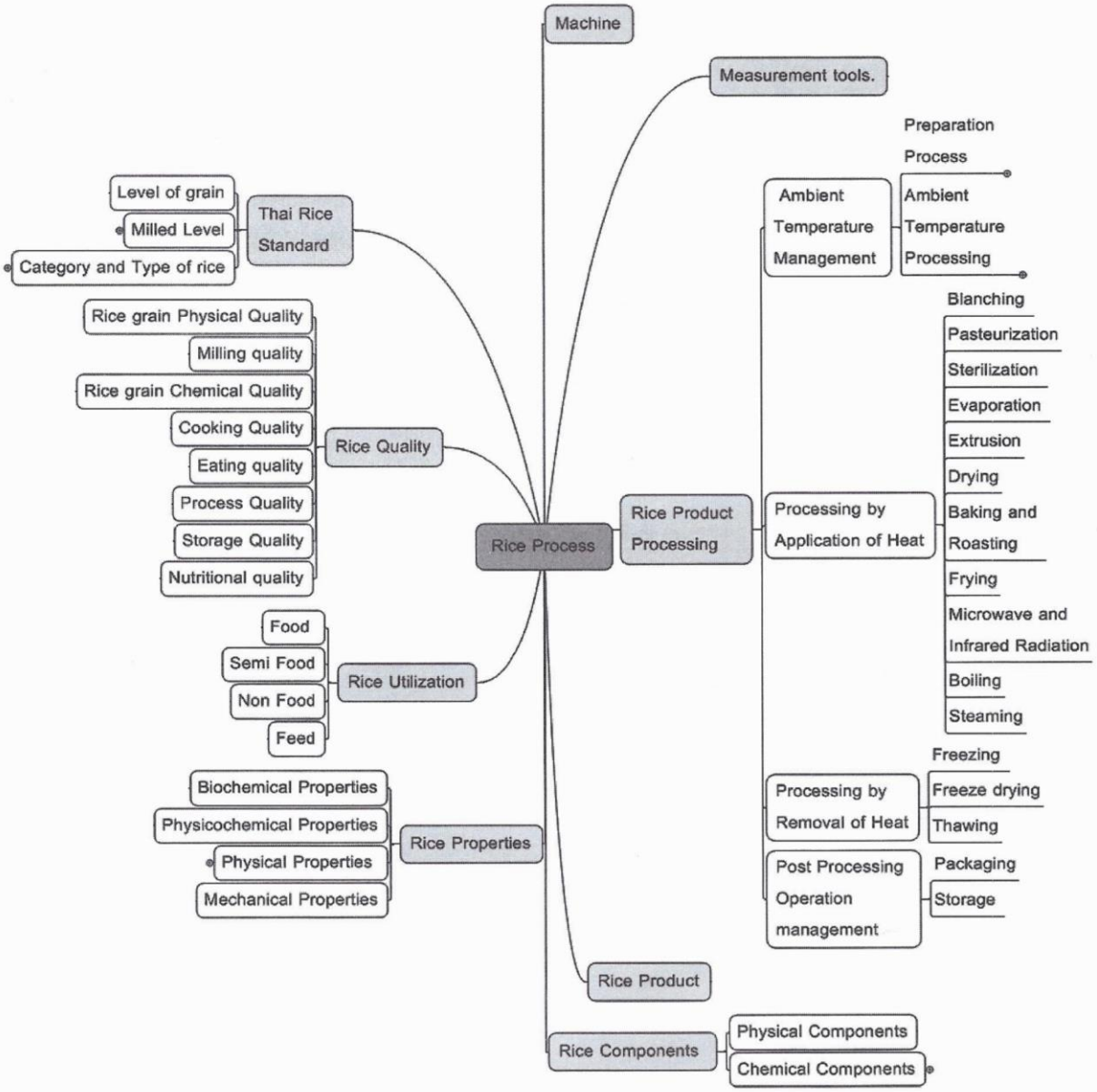


Figure 1 Rice processing conceptual model

ใช้ในกระบวนการ ส่วนผลิตภัณฑ์ข้าวจะสัมพันธ์กับกระบวนการโดยความสัมพันธ์ที่ชื่อว่าผลิตโดยกระบวนการ ในส่วนของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวจำแนกออกเป็น 4 หมวดหมู่หลักคือ กระบวนการจัดการที่อุณหภูมิห้อง การแปรรูปโดยการใช้ความร้อน การแปรรูปโดยการลดอุณหภูมิอาหาร การจัดการหลังการแปรรูป

4. ผลการวิจัยที่ได้จากการทำ Formalization จะได้โครงสร้างของแบบจำลองในแผ่นข้อมูลที่มีการระบุคำหลักที่ใช้เรียกมโนทัศน์ และคำส่วนที่เหลือถูกจัดให้อยู่ในส่วนของคำพ้องความ รวมทั้งมีการระบุประเภทของความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ เพื่อเตรียมให้อยู่ในโครงสร้างที่เหมาะสมสำหรับการนำเข้าข้อมูลสู่โปรแกรมสำเร็จรูปในการพัฒนาออนโทโลยี

5. การนำโครงสร้างของแบบจำลองอย่างเป็นทางการไปใช้งาน นำโครงสร้างแบบจำลองที่ได้ในแผ่นข้อมูลพัฒนาให้อยู่ในรูปแบบของภาษา OWL เพื่อการนำเสนอองค์ความรู้ และพร้อมสำหรับการนำไปใช้งานในขั้นตอนการวิจัยต่อไปโดยใช้การพัฒนาโดยโปรแกรม FAO AGROVOC Concept Server Workbench Toolversion 1.0 ซึ่งสามารถสรุปจำนวนของมโนทัศน์ในขอบเขตของการแปรรูปข้าวได้ 907 มโนทัศน์ คำที่ใช้เรียกแทนมโนทัศน์จำนวน 1863 คำ และสามารถจำแนกจำนวนของมโนทัศน์ในแต่ละหมวดหมู่ได้ดังตารางที่ 1

ผลการประเมินกระบวนการของออนโทโลยี

การประเมินความถูกต้องโดยผู้เชี่ยวชาญ

ผลการประเมินโครงสร้างของออนโทโลยีโดยผู้เชี่ยวชาญในสาขาการแปรรูปข้าว ทำโดยใช้เทคนิคเดลฟายโดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการประเมินความเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อการจัดหมวดหมู่ของมโนทัศน์ภายในโครงสร้างของออนโทโลยีที่พัฒนาขึ้นโดยวัดระดับความคิดเห็นโดยใช้ค่าฐานนิยมและความเป็นเอกฉันท์โดยการใช้ค่าพิสัยของควอไทล์ ผลการประเมินในรอบที่ 1 นำมาใช้ในการปรับโครงสร้างและพัฒนาแบบสอบถามในขั้นต่อไป ผู้เชี่ยวชาญลงความเห็นว่าสมควรต้องปรับโครงสร้างของหมวดหมู่จำนวน 6 หมวดหมู่คือ กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าว สมบัติของข้าว การใช้ประโยชน์จากข้าว ผลิตภัณฑ์ คุณภาพในแต่ละด้านของข้าว องค์ประกอบ จากนั้นนำผลที่ได้ทำการปรับโครงสร้างการจำแนกในแบบสอบถามดังข้อแนะนำ

Table 1 The amount of concepts and term in rice processing ontology

Order	Concept	Concept amount	Term amount
1	Rice production process	192	467
2	Rice properties	92	156
3	Rice compositions	96	270
4	Types of rice product	36	62
5	Rice products	167	358
6	Rice quality	102	161
7	Thai rice standard	82	121
8	Machines	136	258
9	Measurement tools	4	10
	Total	907	1863

ของผู้เชี่ยวชาญและทำการประเมินซ้ำจนกระทั่งได้แบบจำลองที่มีความถูกต้องและเป็นที่ยอมรับมากที่สุด ซึ่งจะทำให้ได้แบบจำลองความสัมพันธ์เบื้องต้นดังภาพที่ 2

การประเมินประสิทธิภาพการใช้งาน

ประเมินประสิทธิภาพของออนโทโลยีที่นำมาใช้ในการสืบค้นโดยวัดประสิทธิภาพในรูปแบบของค่าความแม่นยำและค่าความครบถ้วนของผลการสืบค้น ผลการประเมินที่ได้เทียบกับการสืบค้นโดยการใช้คำสำคัญซึ่งเป็นวิธีการสืบค้นแบบปกติ พบว่าการใช้หลักการของออนโทโลยีทำให้ได้ผลการสืบค้นที่มากกว่าจากความสามารถในการขยายคำค้นของออนโทโลยี จึงส่งผลให้ค่าความครบถ้วนของการสืบค้นโดยหลักการของออนโทโลยีมากกว่าค่าความครบถ้วนของการสืบค้นดังแสดงในตารางที่ 2

สรุป

จากผลการวิจัยการพัฒนาโครงสร้างออนโทโลยีการแปรรูปข้าวโดยใช้แนวทางการพัฒนาโดยผู้เชี่ยวชาญในสาขา ได้โครงสร้างของออนโทโลยีซึ่งประกอบด้วยมโนทัศน์ทั้งสิ้น 907 มโนทัศน์ และคำที่ใช้เรียกแทนมโนทัศน์ทั้งสิ้น 1863 เทอม ภายในโครงสร้างประกอบด้วยความสัมพันธ์ 3 ชนิดคือความสัมพันธ์ชนิดเท่าเทียมกัน ความสัมพันธ์ตามลำดับชั้น และความสัมพันธ์ระหว่าง

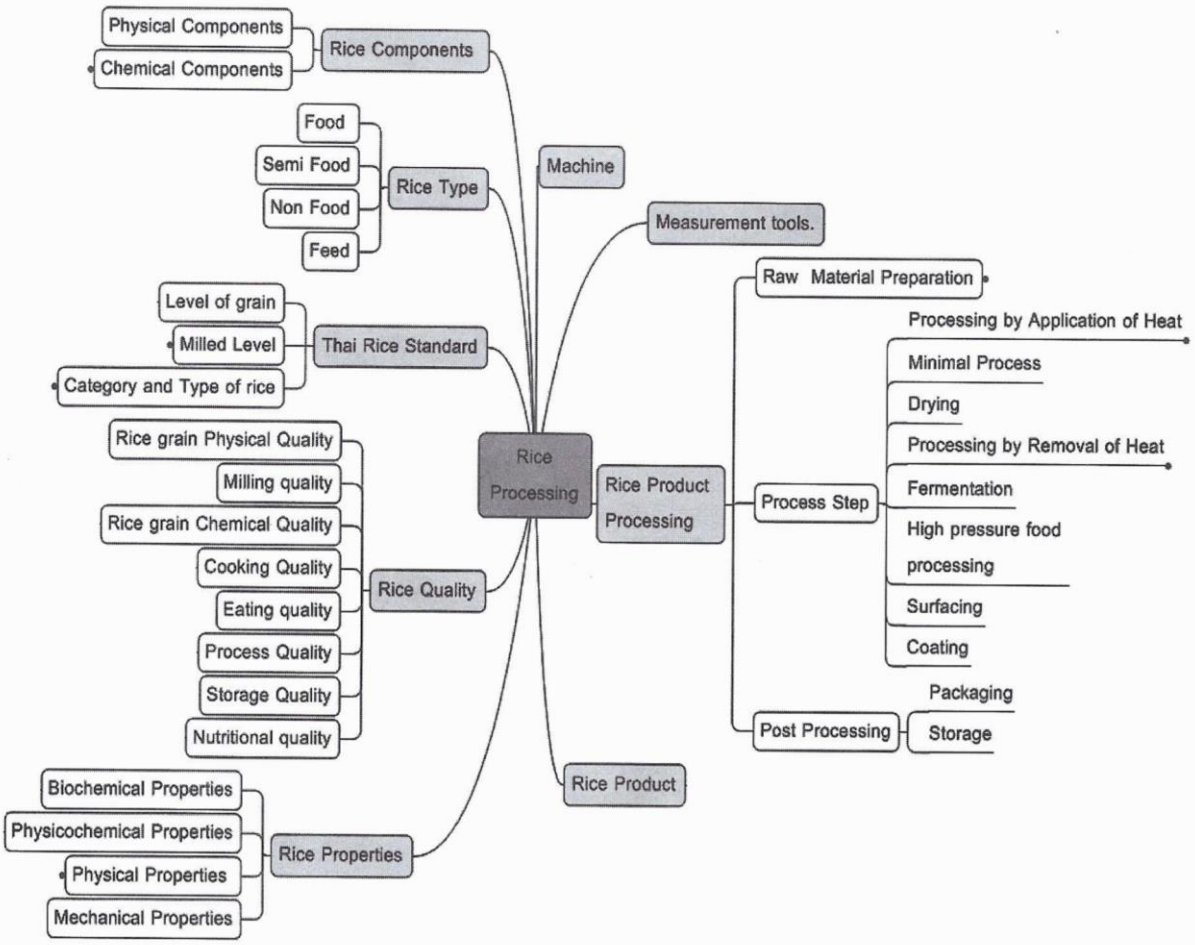


Figure 2 Conceptual model after adjusted by domain experts

Table 2 Comparison of the effectiveness of ontology search and keyword search.

Evaluated	Keyword 1	Keyword 2	Keyword 3	Keyword 4	Keyword 5	Mean
	Products	Rice Properties	Rice Quality	Freezing	Rice Composition	
Keyword Precision	1	1	1	1	1	1
Ontology Precision	1	1	1	1	1	1
Keyword Recall	0.006	0.015	0.004	0.3	0.046	0.074
Ontology Recall	0.429	0.295	0.541	0.6	0.046	0.382

มโนทัศน์ที่ไม่ใช่ความสัมพันธ์ตามลำดับชั้น ซึ่งการประเมินโครงสร้างโดยการใช้งานให้ค่าความครบถ้วนมากกว่าการสืบค้นโดยการใช้คำสำคัญ คือ การสืบค้นโดยใช้หลักการของออนโทโลยีให้ค่าความครบถ้วนที่ 0.382 ในขณะที่การสืบค้นแบบดั้งเดิมที่ใช้คำสำคัญมีค่าความครบถ้วนอยู่ที่ 0.074 แสดงถึงความสามารถในการขยายคำค้นซึ่งจะสามารถช่วยดึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคำสำคัญนั้นๆได้มากกว่าการค้นหาโดยวิธีปกติ จึงช่วยให้นำงานวิจัยด้านการแปรรูปข้าวที่มีอยู่ไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

เอกสารอ้างอิง

บุญรัตน์ เผดิมรอด. 2551. วิธีการใหม่สำหรับสืบค้นแบบหลายความสัมพันธ์บนองค์ความรู้ในฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมคอมพิวเตอร์). มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์. 64 หน้า.

เพ็ญพรรณ อัศวนพเกียรติ. 2547. ออนโทโลยีชีวภาพ : ระบบสำหรับสืบค้นและวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านชีววิทยา. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมคอมพิวเตอร์). มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์. 67 หน้า.

มาลี กาบมาลา. 2550. การพัฒนาออนโทโลยีเพื่อบูรณาการข้อมูลสำหรับการบริหารงานจังหวัดแบบบูรณาการ. วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (สารสนเทศศึกษา). มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 93 หน้า.

สิริรัตน์ ประกฤติกรชัย. 2550. "การสร้างต้นแบบออนโทโลยีของพืชสมุนไพรไทย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือฯ. 71 หน้า.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2550. ข้าว : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 366 หน้า.

Noy, N. F. and D.L. McGuinness. 2001. Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology. Stanford Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL-01-05 and Stanford Medical Informatics Technical Report SMI-2001-0880,. Standford University.

Thunkijjanukij, A. 2009. Ontology Development for Agricultural Research Knowledge Management A Case Study For Thai. Doctor of Philosophy (Tropical Agriculture). Kasetsart University.

การจัดการฝายต้นน้ำของเกษตรกรหมู่บ้านขุนช่างเคี่ยน ในอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ – ปุย จังหวัดเชียงใหม่

Farmer Management of Check Dam in Khun Changkien Village in Doi Suthep-Pui National Park, Chiang Mai Province

วรวิทย์ พิลัยหล้า[1/] และวรทัศน์ อินทรัคคัมพร[1/]

Worawit Pilailar[1/] and Wallratat Intaruccomporn[1/]

Abstract: This research had three main objectives : to study check dam management, to identify appropriate measures of check dam management and to examine problems and obstacles associated with check dam management for agricultural practice of farmers in Khun Changkien village. Population studied were 246 farmers in Khun Changkien village. It was found that farmers managed their check dam in the similar way as other groups. Management process included four steps: surveying potential area for building the check dam, convening village residents in order to divide them into groups that were in charge of building the check dam, building the check dam, and inspecting the check dam in order to evaluate whether it meet the standards. Nonetheless, the check dam was not maintained. Appropriated measures of check dam management suggested by Changkien residents included check dams or a large reservoir should be located in close proximity to agricultural areas and should be strong. Finally, problems and obstacles of check dam construction included tough topography of the area that a check dam would be located, delayed tool relocation to check dam construction site. In addition, some check dams were not utilized efficiently.

Keywords: Check dam management, check dam, management process

[1/]ภาควิชาเศรษฐศาสตร์เกษตรและส่งเสริมเผยแพร่การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

[1/]Department of Agricultural Extension, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

บทคัดย่อ: การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการจัดการ แนวทางที่เหมาะสม และ ปัญหาอุปสรรคในการจัดการฝายต้นน้ำเพื่อประโยชน์ทางการเกษตรของเกษตรกรหมู่บ้านขุนช่างเคี่ยน ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือเกษตรกรหมู่บ้านขุนช่างเคี่ยน จำนวน 246 คน ผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรในแต่ละกลุ่มมีการจัดการฝายต้นน้ำที่คล้ายกันคือ ขั้นตอนแรกเป็นการสำรวจพื้นที่ในการสร้างฝายต้นน้ำ ขั้นตอนที่สองเป็นการประชุมชาวบ้านเพื่อแบ่งกลุ่มสำหรับการสร้างฝายต้นน้ำ ขั้นตอนที่สาม เป็นการลงมือสร้างฝายต้นน้ำ และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการตรวจสอบฝายต้นน้ำที่สร้างเสร็จว่าเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้หรือไม่ แต่ฝายต้นน้ำที่สร้างนั้นจะปล่อยให้ผุพังไปตามอายุการใช้งาน แนวทางที่เหมาะสมในการจัดการฝายต้นน้ำ คือ ควรสร้างฝายต้นน้ำ หรือ อ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ไว้ใกล้กับพื้นที่การเกษตร และ ควรสร้างฝายต้นน้ำให้มีความแข็งแรงทนทานกว่าเดิม ด้านปัญหาและอุปสรรคที่พบคือ สภาพพื้นที่ในการสร้างฝายต้นน้ำมีความยากลำบากในการสร้าง การเคลื่อนย้ายอุปกรณ์เข้ามาในพื้นที่สร้างฝายต้นน้ำมีความล่าช้า และ ฝายต้นน้ำบางแห่งไม่สามารถใช้งานได้เต็มประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การจัดการฝายต้นน้ำ ฝายต้นน้ำ กระบวนการจัดการ

คำนำ

พื้นที่ต้นน้ำเป็นแหล่งผลิตน้ำให้แก่ ลำธารทั้งเล็กและใหญ่ ซึ่งพื้นที่ต้นน้ำส่วนใหญ่ประกอบด้วยภูเขาหรือเนินสูงที่มีความลาดชันค่อนข้างมาก และปกคลุมด้วยสภาพป่าไม้ตามธรรมชาติที่มีความอุดมสมบูรณ์ โดยป่าไม้ช่วยป้องกันน้ำฝนมิให้กัดเซาะพาดินผิวหน้าดิน และที่สำคัญยังช่วยรักษาความสมบูรณ์และความชุ่มชื้นมิให้เสื่อมสูญไปอีกด้วย ป่าไม้จึงมีความสำคัญที่ช่วยให้แม่น้ำลำธารมีน้ำไหลตลอดทั้งปี ถ้าหากพื้นที่ต้นน้ำลำธารมีสภาพที่เสื่อมโทรมแล้ว เมื่อฝนตกน้ำฝนจะไหลบ่าลงสู่ลำธารและลำห้วยอย่างรวดเร็ว เป็นเหตุให้ดินถูกกัดเซาะพังทลาย และน้ำอาจไหลบ่าท่วมพื้นที่ทำการเกษตรและที่อยู่อาศัยในบริเวณพื้นที่ราบทางตอนล่างอย่างฉับพลัน ดังที่ปรากฏมาแล้วในหลายแห่ง แต่พอถึงช่วงฤดูแล้งลำธารและลำห้วยส่วนใหญ่จะไม่มีน้ำไหล ซึ่งส่งผลกระทบต่อความเป็นอยู่และการทำมาหากินของประชากรที่อาศัยอยู่ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำอย่างมาก(สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ เล่ม 12, 2552)

การให้ความสำคัญต่อการอนุรักษ์แหล่งพื้นที่ต้นน้ำจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ทฤษฎีการพัฒนาและฟื้นฟูป่าไม้ของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ในส่วนของฝายต้นน้ำ เป็นการอนุรักษ์พื้นที่ต้นน้ำวิธีหนึ่ง โดยเป็นการใช้ทรัพยากรที่เอื้ออำนวยความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันให้เกิดประโยชน์สูงสุด ฝายต้นน้ำยังทำหน้าที่ในการขวางหรือกั้นทางน้ำ สามารถชะลอการไหลของน้ำให้ช้าลง และช่วยกักเก็บตะกอนไม่ให้ไหลลงไปทับถมลำน้ำตอนล่างได้ เกษตรกรที่ทำการเกษตรบนที่สูงจึงสามารถกักเก็บน้ำไว้ใช้ในยามจำเป็นได้ (สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ ,2552) จากการประชุมเชิงปฏิบัติการ"วาระน้ำแห่งชาติ" รัฐบาลได้วางยุทธศาสตร์ในการจัดการเพื่อแก้ปัญหาทรัพยากรน้ำ การสร้างฝายต้นน้ำเป็นส่วนหนึ่งในยุทธศาสตร์การจัดการปัญหาน้ำท่วม ในเรื่องของการป้องกันและฟื้นฟูต้นน้ำ และยุทธศาสตร์การจัดการปัญหาน้ำแล้ง ในเรื่องการเพิ่มน้ำต้นทุน ด้านแผนงานโครงการแก้ปัญหาน้ำท่วมนั้นรัฐบาลได้จัดสรรงบประมาณสำหรับการก่อสร้างฝายต้นน้ำตั้งแต่ปี 2551 -2559 มีงบประมาณทั้งหมด 4,556 ล้านบาท โดยให้หน่วยงานกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช กรมป่าไม้ และกรมทรัพยากรน้ำ เป็นผู้รับผิดชอบในการจัดการอีกด้วย(การประชุมเชิงปฏิบัติการวาระน้ำแห่งชาติ , 2550)

เนื่องจากภาวะปัจจุบันการที่จำนวนประชากรเพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีการใช้น้ำเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้รูปแบบการผลิตทางการเกษตรนั้นเปลี่ยนไป เช่น การใช้น้ำจากแม่น้ำหรือการขุดเจาะน้ำบาดาลในปริมาณมากเพื่อนำไปใช้ในการปลูกพืชต่าง ๆ เมื่อมีคนใช้น้ำมากขึ้น น้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ มีปริมาณลดลง ฉะนั้นการจัดการแหล่งน้ำ จึงเป็นระบบที่เชื่อมโยงทั้งคนบนที่สูง และบนพื้นราบด้วย หากมีน้ำน้อยก็จะส่งผลกระทบถึงกันทั้งหมด

การสร้างฝายต้นน้ำจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการแก้ไขปัญหาขาดแคลนน้ำสำหรับการเกษตร

จากการศึกษาความรู้เกี่ยวกับฝายต้นน้ำนั้น ทำให้ผู้วิจัยสนใจศึกษาการจัดการฝายต้นน้ำ ของเกษตรกรหมู่บ้านขุนช่างเคี่ยนในพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย โดยวางประเด็นวิจัยการศึกษาที่การจัดการฝายต้นน้ำ รวมทั้งแนวทางที่เหมาะสมเพื่อประโยชน์ทางการเกษตรของเกษตรกรหมู่บ้านขุนช่างเคี่ยน ในอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย ปัญหา หรืออุปสรรคในการจัดการฝายต้นน้ำของเกษตรกร รวมถึงการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของกลุ่มเกษตรกรที่เกี่ยวข้อง ผลการศึกษาครั้งนี้เป็นประโยชน์ต่อบุคคลที่สนใจ และเป็นประโยชน์ในทางการส่งเสริมการเกษตร การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการจัดการฝายต้นน้ำ เพื่อประโยชน์ทางการเกษตรของเกษตรกรหมู่บ้านขุนช่างเคี่ยน เพื่อศึกษาแนวทางที่เหมาะสมในการจัดการฝายต้นน้ำเพื่อประโยชน์ทางการเกษตรของเกษตรกรหมู่บ้านขุนช่างเคี่ยน และ เพื่อศึกษาปัญหาและอุปสรรคของเกษตรกรหมู่บ้านขุนช่างเคี่ยน ในการจัดการฝายต้นน้ำ

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาคือ เกษตรกรหมู่บ้านขุนช่างเคี่ยน หมู่ 4 มีจำนวน 121 ครัวเรือน กลุ่มตัวอย่างมีจำนวน 246 ราย โดยคำนวณขนาดตัวอย่างด้วยสูตรของ Yamane(1967) ผู้วิจัยทำการสุ่มตัวอย่างโดยวิธีการสุ่มแบบมีจุดมุ่งหมาย (Purposive Sampling) ซึ่งเป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ตัดสินใจเลือกเอง เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมกับชนิดของงานวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาคือ แบบสอบถามแบ่งเป็นสองส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นข้อมูลทั่วไปของเกษตรกรหมู่บ้านขุนช่างเคี่ยน และ ส่วนที่ 2 เป็นแบบทดสอบความรู้ของเกษตรกรในเรื่องการจัดการฝายต้นน้ำ และการสัมภาษณ์เกษตรกรเรื่องการจัดการฝายต้นน้ำของเกษตรกรเพียง 4 กลุ่มจากทั้งหมด 11 กลุ่ม เพื่อให้ข้อมูลมีความกระชับ และไม่ซ้ำซ้อน โดยแต่ละกลุ่มจะมีความแตกต่างกันในเรื่องของความรู้ ประสบการณ์ และทัศนคติ เกี่ยวกับการจัดการฝายต้นน้ำ

วิธีการ

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสังคมศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลความรู้ของเกษตรกรในเรื่องของฝายต้นน้ำ โดยการนำคะแนนแต่ละกลุ่มที่ได้มาเปรียบเทียบ ตามช่วงคะแนนที่กำหนดไว้ วิเคราะห์จุดแข็งและจุดอ่อนจากสภาพแวดล้อมภายใน และสภาพแวดล้อมภายนอก ตลอดจนผลกระทบที่เกิดจากปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ที่มีต่อการจัดการฝายต้นน้ำ ของเกษตรกรทั้ง 4 กลุ่ม (SWOT analysis)

SWOT Analysis เป็นการวิเคราะห์สภาพองค์การ หรือหน่วยงาน เพื่อค้นหาจุดแข็ง จุดเด่น จุดด้อย หรือสิ่งที่อาจเป็นปัญหาสำคัญในการดำเนินงานสู่สภาพที่ต้องการในอนาคต ซึ่ง SWOT เป็นตัวย่อของคำต่อไปนี้

S ย่อมาจาก Strengths คือ จุดเด่นหรือจุดแข็ง ซึ่งเป็นผลมาจากปัจจัยภายใน

W ย่อมาจาก Weaknesses คือ จุดด้อยหรือจุดอ่อน ซึ่งเป็นผลมาจากปัจจัยภายใน

O ย่อมาจาก Opportunities คือ โอกาสซึ่งเกิดจากปัจจัยภายนอก

T ย่อมาจาก Threats คือ อุปสรรคซึ่งเกิดจากปัจจัยภายนอก เป็นข้อจำกัดที่เกิดจากสภาพแวดล้อมภายนอกองค์การ(SWOT analysis, 2550)

ผลการศึกษา

ความรู้ของเกษตรกรในเรื่องของฝายต้นน้ำ

จากการทดสอบวัดความรู้เรื่องของการจัดการฝายต้นน้ำของเกษตรกร 4 กลุ่ม ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดการฝายต้นน้ำ จากการแบ่งช่วงคะแนน ได้ผลการศึกษาความรู้เรื่องฝายต้นน้ำโดยสรุปดังนี้

เกษตรกรในกลุ่มที่ 1 และ 2 เกษตรกรมีความรู้ในเรื่องของฝายต้นน้ำอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก

เกษตรกรในกลุ่มที่ 3 และ 4 เกษตรกรมีความรู้ในเรื่องของฝายต้นน้ำอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

การวัดความรู้ของเกษตรกรเป็นการวัดความรู้ในเรื่อง ความรู้ความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับฝายต้นน้ำในเรื่องของ ความสำคัญ ประโยชน์ของฝายต้นน้ำ การก่อสร้างและการดูแลรักษา จากผลการทดสอบวัดความรู้เกษตรกรพบว่าโดยภาพรวมเกษตรกรหมู่บ้านขุนช่างเคี่ยนมีความรู้เกี่ยวกับการจัดการฝายต้นน้ำอยู่ในระดับดีถึงดีมาก เนื่องจากมีหน่วยงานที่สนับสนุนการสร้างฝายต้นน้ำจำนวนมากและยังได้ให้ความรู้เรื่องของฝายต้นน้ำแก่เกษตรกรในการสร้างฝายต้นน้ำ แต่มีเกษตรเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องของฝายต้นน้ำอยู่ในเกณฑ์ต่ำ

การจัดการฝายต้นน้ำของเกษตรกรหมู่บ้านขุนช่างเคี่ยน

ในส่วนของการจัดการฝายต้นน้ำนั้น ทั้ง 4 กลุ่ม มีการจัดการที่คล้ายกัน โดยมีการประชุมหมู่บ้านและ แจ้งแผนการจัดการให้แต่ละกลุ่มรับทราบ และปฏิบัติตามเหมือนกัน โดยมีแผนการ ดังนี้

1. สำรวจพื้นที่ลำห้วยที่เหมาะสมสำหรับการสร้างฝายต้นน้ำตามเส้นทางเดินน้ำ โดยคณะกรรมการหมู่บ้านร่วมกันเดินทางสำรวจพื้นที่ พื้นที่ที่เหมาะสำหรับการสร้างฝายต้องไม่ลำบากเกินไปในการเข้าไปสร้างฝาย

2. ผู้ใหญ่บ้านประกาศนัดรวมเกษตรกร เพื่อแจ้งเรื่อง การจัดทำฝายต้นน้ำ

3. หลังจากที่ประชุมเสร็จ ทำการแบ่งกลุ่มออกเป็นกลุ่มละ 10-12 คน โดยคละกันทั้งผู้ชายผู้หญิง หลังจากนั้น จึงเริ่มสร้างฝายต้นน้ำตามพื้นที่ต่าง ๆ ที่กลุ่มของตนได้รับมอบหมาย

จากการสำรวจพบว่า ฝายต้นน้ำที่เกษตรกรหมู่บ้านขุนช่างเคี่ยน สร้างส่วนมากเป็นฝายผสมผสานแบบกระสอบ ฝายหินก่อ และ ฝายผสมผสานแบบภูมิปัญญาชาวบ้านโดยสร้างตามความเหมาะสมของสภาพพื้นที่ ฝายที่มีอายุการใช้งานนานที่สุดเป็นฝายหินก่อ รองลงมาเป็นฝายผสมผสานแบบกระสอบ และ ฝายผสมผสานแบบภูมิปัญญาชาวบ้าน ฝายที่มีการดูแลรักษาเป็นประจำจะมีอายุการใช้งานมากกว่าฝายที่ไม่ได้รับการดูแลรักษา และอีกส่วนขึ้นอยู่กับพื้นที่ ๆ มีการใช้งาน

การก่อสร้างฝายต้นน้ำ มีขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1. ช่วงที่เริ่มสร้างฝายจะมีการแบ่งกลุ่มออกเป็นกลุ่มย่อยต่าง ๆ ตามหน้าที่ คือ กลุ่มที่ทำหน้าที่ตัดไม้มีหน้าที่ตัดไม้จากบริเวณใกล้แหล่งสร้างฝาย เพื่อนำมาเป็นแม่แบบในการทำฝายและใช้ค้ำยันฝายหลังจากสร้างเสร็จ กลุ่มที่ทำหน้าที่ขุดดิน ขุดจากดินบริเวณด้านข้างที่สร้างฝายแล้วนำมาผสมกับปูนในอัตราส่วนที่พอเหมาะลงในกระสอบ เพื่อวางเป็นแนวทางขวางกั้นลำน้ำ และ กลุ่มที่เตรียมวัสดุและเตรียมแม่แบบสำหรับสร้างฝาย

2. หลังจากนั้น เกษตรกรในแต่ละกลุ่มช่วยกันสร้างฝายต้นน้ำตามแบบที่วางไว้ โดยทั่วไปใช้เวลาสร้างฝายประมาณวันละ 3 – 7 ฝายต่อวัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ความรู้และประสบการณ์ของเกษตรกรที่สร้างฝาย สภาพพื้นที่ในการสร้างฝาย สภาพภูมิอากาศ และ ความพร้อมของอุปกรณ์สำหรับสร้างฝาย

การประเมินผลพบว่า มีการตรวจสอบฝายที่สร้างเสร็จโดยคณะกรรมการหมู่บ้านร่วมกันกับเจ้าหน้าที่ของทางอุทยานดอยสุเทพ-ปุย ว่ามีความถูกต้องตามมาตรฐานหรือไม่ หากสร้างไม่ได้ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ก็ต้องรื้อ และสร้างใหม่ในช่วงเวลานั้น

การติดตามผลงาน โดยการไปตรวจสอบฝายต้นน้ำหลังจากที่มีการใช้งานแล้ว ฝายต้นน้ำที่ชำรุดจะผุพังไปตามกาลเวลาและอายุการใช้งาน ในส่วนนี้ ทางหน่วยงาน หรือ องค์กรที่เกี่ยวข้องควรเข้ามาตรวจสอบหรือให้การช่วยเหลือ อาจเป็นในลักษณะของการซ่อมแซมฝายที่ผุพัง หรือ การสร้างฝายเพิ่มในบางพื้นที่ เพื่อให้มีการใช้งานฝายต้นน้ำอย่างเต็มประสิทธิภาพและมีอายุการใช้งานที่นานขึ้น

แนวทางในการจัดการฝายต้นน้ำเพื่อประโยชน์ทางการเกษตร

1. เกษตรกรหมู่บ้านขุนช่างเคี่ยนต้องการให้มีการ สร้างอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ ไว้ใกล้กับพื้นที่ทำการเกษตร แบ่งน้ำไปใช้กันในแต่ละพื้นที่การเกษตรของตนและ ควรทำฝายต้นน้ำให้มีความแข็งแรง โดยการสร้างฝายต้นน้ำควรเป็นฝายคอนกรีต (ฝายแบบถาวร) ซึ่งมีความคงทนแข็งแรงกว่า ฝายต้นน้ำที่สร้างจากวัสดุแบบผสมผสาน(ฝายแบบผสมผสาน)

2. เกษตรกรหมู่บ้านขุนช่างเคี่ยนแนะนำว่า การสร้างฝายต้นน้ำให้เกิดประโยชน์ต่อการเกษตร ควรเป็นการกระจายงบประมาณไปยังทุกครัวเรือน โดยให้งบประมาณเพื่อการสร้างฝาย 1-2 ฝายต่อครัวเรือน แล้วให้แต่ละครัวเรือนดำเนินการสร้างฝายส่วนตัวของแต่ละครัวเรือนเองซึ่งจะเกิดประโยชน์มากกว่า แต่ในความเป็นจริง ฝายต้นน้ำ เป็นการจัดการทรัพยากรธรรมชาติโดยชุมชน (community based natural resources management) เกษตรกรบางคนมีความเข้าใจที่ผิดเกี่ยวกับฝายต้นน้ำ คิดว่าการกระจายงบประมาณสำหรับการสร้างฝายต้นน้ำไปสู่ครัวเรือนสามารถทำได้ แนวทางในการจัดการฝายต้นน้ำในแนวความคิดนี้จึงมีความเป็นไปได้ยาก

ในอีกทางหนึ่ง แนวทางการแก้ปัญหาที่จะสร้างอ่างเก็บน้ำภายในหมู่บ้าน หรือ พื้นที่ทำการเกษตรในแต่ละจุดเกษตรกรหลายหลังคาเรือนสามารถใช้น้ำร่วมกันได้ ควรที่จะเขียนโครงการเสนอต่อหน่วยงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องเพื่อให้หน่วยงานนั้นรับทราบถึงสภาพของปัญหาที่เกษตรกรในหมู่บ้านขุนช่างเคี่ยนได้รับ และหน่วยงานเหล่านั้นได้เข้ามามีส่วนในการจัดการกับปัญหาที่เกิดขึ้นหรือร่วมกันแก้ไขปัญหากับเกษตรกรในหมู่บ้าน

ปัญหา อุปสรรคในการจัดการฝายต้นน้ำ

1. ปัญหาในเรื่องของพื้นที่ในการสร้างฝาย ถ้าพื้นที่นั้นมีสภาพดินที่เป็นดินอ่อน จะสามารถขุดได้ง่าย ทำให้การสร้างฝายทำได้เร็วกว่าสภาพพื้นดินที่มีลักษณะเป็นดินแข็ง เนื่องจากต้องใช้ดินเป็นวัสดุในการสร้างฝาย และพื้นที่สร้างฝายต้นน้ำที่มีความสะดวก ไม่มีสิ่งกีดขวาง การสร้างฝายต้นน้ำจะสำเร็จลุล่วงโดยง่าย เพราะปกติพื้นที่สร้างฝายต้นน้ำมักจะมีสิ่งกีดขวางอยู่บ้างเช่น ต้นไม้ขนาดเล็กที่ขวางลำน้ำ หรือ เถาวัลย์ที่พาดลงมา

2. พื้นที่สร้างฝายต้นน้ำที่มีสภาพพื้นที่เป็นที่โล่งมีป่าน้อย ส่งผลให้การสร้างฝายล่าช้าเช่นกัน เนื่องจากไม้เป็นวัสดุหลักที่จำเป็นในการสร้างฝาย จึงต้องเสียเวลาไปหาไม้ที่ห่างไกล

3. แรงงานในการสร้างฝายที่ต้องใช้ สำหรับการเคลื่อนย้ายอุปกรณ์เข้ามาในพื้นที่แต่ละพื้นที่ ถ้าแรงงานมีความพร้อมก็ทำให้การเคลื่อนย้ายอุปกรณ์นั้นแล้วเสร็จได้ไว

วิเคราะห์ SWOT เรื่องการจัดการฝายต้นน้ำโดยภาพรวมของหมู่บ้านขุนช่างเคี่ยน

S = Strengths (**จุดแข็ง**)

ในด้านการวิเคราะห์ทางด้านจุดแข็ง พบว่า เกษตรกรหมู่บ้านขุนช้างเคี่ยนให้ความร่วมมือกับหน่วยงานต่าง ๆ ดีมาก ซึ่งมีองค์กรหลายองค์กรได้เข้ามาให้การสนับสนุน ทำให้มีการสร้างฝายต้นน้ำเป็นจำนวนมาก และเกษตรกรเป็นคนในพื้นที่ที่อาศัยอยู่เป็นเวลานาน ทำให้เข้าใจในสภาพพื้นที่ของตนได้ดี การเลือกสำรวจพื้นที่สำหรับการสร้างฝายต้นน้ำรวมถึงการดำเนินงานต่าง ๆ จึงเป็นไปได้ด้วยดี ในส่วนผู้นำหมู่บ้าน เป็นผู้นำที่ดีและเข้มแข็ง เป็นที่พึ่งพาได้ทั้งสมาชิกในหมู่บ้านและบุคคลภายนอกที่เข้ามาให้การสนับสนุนด้านต่าง ๆ ได้ มีการประสานงานกับเกษตรกรได้ดี จุดแข็งอีกด้านคือ การสร้างฝายต้นน้ำใช้แรงงานคนในหมู่บ้านเป็นหลัก ทำให้ลดค่าใช้จ่ายสำหรับการสร้างฝายต้นน้ำ

W = Weaknesses (**จุดอ่อน**)

ในด้านการวิเคราะห์ทางด้านจุดอ่อน พบว่า ความรู้ในเรื่องการจัดการฝายต้นน้ำของเกษตรกรหมู่บ้านขุนช่างเคี่ยนบางคนยังอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำซึ่งเป็นเกษตรกรที่ไม่ได้รับการศึกษาหรือได้รับการศึกษาในระดับต่ำ ส่งผลให้ฝายต้นน้ำที่สร้างออกมา มีลักษณะไม่ตรงตามมาตรฐาน เกษตรกรบางคนไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนการสร้างฝายอย่างเคร่งครัด ส่งผลให้ต้องแก้ไขฝายต้นน้ำที่สร้างขึ้นมาใหม่ และยังมีบางส่วนที่มีความเกียจคร้านและเห็นแก่ประโยชน์ส่วนตน ไม่มาร่วมกิจกรรรมหมู่บ้าน ทางด้านเทคโนโลยีและเครื่องมือที่ใช้สำหรับการสร้างฝายนั้น ไม่สามารถใช้ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ เนื่องจากพื้นที่บางพื้นที่อยู่ในป่าลึก การใช้เครื่องมือที่ทันสมัยเข้าช่วยจึงเป็นไปอย่างยากลำบาก ในเรื่องของการสื่อสารกับเกษตรกรบางคนเป็นไปอย่างลำบาก เนื่องจากมีปัญหาในการใช้ภาษาไทยในการสื่อสาร

O = Opportunities (**โอกาส หรือ ปัจจัย**)

ในด้านการวิเคราะห์ทางด้านโอกาสหรือ ปัจจัย พบว่า รัฐบาลหรือหน่วยงานต่าง ๆ ให้การสนับสนุนอย่าง

เต็มที่ และมีการตรวจสอบอย่างจริงจังในเรื่องของการจัดการฝายต้นน้ำ ทำให้ฝายต้นน้ำที่สร้างมีประสิทธิภาพสูง มีหน่วยงาน องค์กรต่าง ๆ มากมายที่ให้การสนับสนุนการสร้างฝายต้นน้ำ เจ้าหน้าที่ที่มีส่วนร่วม และเกษตรกรมีความตั้งใจในการสร้างฝายต้นน้ำ มองเห็นผลประโยชน์อย่างแท้จริงของการสร้างฝายต้นน้ำ และมีการปลูกฝังให้เกษตรกรมีจิตสำนึกที่ดี ในการดูแลรักษาต้นน้ำและป่าไม้ ในส่วนของฝายต้นน้ำพบว่าต้นทุนในการสร้างฝายต้นน้ำไม่มากเท่าฝายคอนกรีต ทำให้มีการสร้างฝายต้นน้ำได้เป็นจำนวนมาก และขั้นตอนการสร้างฝายต้นน้ำนั้น ไม่มีความซับซ้อนทำให้ง่ายต่อการสร้าง ซึ่งส่งผลต่อการสร้างฝายต้นน้ำ

T = Threats (**อุปสรรค**)

ในด้านการวิเคราะห์ทางด้านอุปสรรค พบว่าพื้นที่สร้างฝายต้นน้ำบางพื้นที่เข้าถึงได้ยาก ทำให้การสร้างฝายต้นน้ำส่วนนั้นดำเนินไปอย่างล่าช้า อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างฝายขาดแคลนบางช่วง เนื่องจากการขนส่งอุปกรณ์ไปยังเส้นทางหมู่บ้านขุนช่างเคี่ยนนั้นเป็นไปอย่างยากลำบาก ส่วนเทคโนโลยีที่ทันสมัยเช่น รถขุนดิน รถบรรทุก เครื่องผสมปูน ไม่สามารถนำมาใช้ได้ในการสร้างฝายต้นน้ำ ส่วนใหญ่ใช้แรงงานคนเป็นหลัก

วิจารณ์

เกษตรกรหมู่บ้านขุนช่างเคี่ยนส่วนใหญ่มีความรู้เกี่ยวกับการจัดการฝายต้นน้ำอยู่ในระดับดีถึงดีมากโดยได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานหรือ องค์กรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของเยาวลักษณ์(2549) ที่ศึกษาเรื่อง ความพร้อมขององค์การบริหารส่วนตำบลในการจัดการฝายต้นน้ำในพื้นที่ของหน่วยศึกษาการพัฒนาการอนุรักษ์ต้นน้ำแม่ถาง อำเภอร้องกวาง จังหวัดแพร่ ที่พบว่า องค์การบริหารส่วนตำบลในพื้นที่แต่ละแห่งที่ทำการวิจัยมีความพร้อมในการจัดการฝายต้นน้ำอยู่ในระดับปานกลางถึงมากที่สุด โดยปัจจัยที่มีผลต่อความพร้อมในการจัดการฝายต้นน้ำคือ ความรู้ความเข้าใจในการอนุรักษ์พื้นที่ต้นน้ำ การติดต่อเจ้าหน้าที่หน่วยศึกษาการพัฒนาการอนุรักษ์ต้นน้ำแม่ถาง การเสียสละทรัพย์สินและเวลาในการจัดการฝายต้นน้ำ การรับรู้ปัญหาในการจัดการเรื่องน้ำ และการเผยแพร่ความรู้เรื่องน้ำให้กับชุมชน

การสร้างฝายต้นน้ำ เป็นประโยชน์ด้านการเกษตรและด้านอื่น ๆ ที่สำคัญคือ ช่วยลดความรุนแรงของน้ำที่ไหลบ่า ช่วยดักตะกอนไม่ให้ทับถมในพื้นที่ทำการเกษตรด้านล่าง และให้ความชุ่มชื้นบริเวณที่สร้างฝายต้นน้ำ เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำขนาดเล็กได้ จากการวิจัยของ พงษ์ศักดิ์ และคณะ(2550) พบว่า ขณะที่น้ำท่าที่ไหลในลำธารมีอัตราการไหลเท่ากับ 12.0 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ฝายต้นน้ำจะช่วยชะลอความเร็วของน้ำได้ร้อยละ 93.41ในขณะเดียวกันถ้าน้ำที่ไหลในลำธารมีปริมาณตะกอนที่แขวนลอยอยู่ในน้ำเป็นจำนวน 1.23 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ฝายต้นน้ำช่วยลดความขุ่นข้นของตะกอนได้ถึงร้อยละ 81.03 ด้วยกันในส่วนของความชื้นในดินสองฝากฝั่งลำน้ำ พบว่าการสร้างฝายต้นน้ำช่วยเพิ่มปริมาณน้ำในดินให้มากขึ้นตลอดทั้งปี เฉลี่ยร้อยละ 43.98

สรุป

เกษตรกรหมู่บ้านขุนช่างเคี่ยนส่วนใหญ่มีความรู้และการปฏิบัติในเรื่องการจัดการฝายต้นน้ำที่ดี โดยได้รับการสนับสนุนจากองค์การทางภาครัฐและเอกชนหลายองค์กร มีเกษตรกรเพียงส่วนน้อยที่ยังบกพร่องในเรื่องของการจัดการฝายต้นน้ำอยู่บ้าง ด้านการจัดการฝายต้นน้ำทั้ง 4 กลุ่มมีการจัดการที่คล้ายกัน โดยมีการวางแผนและแจ้งแผนการจัดการให้แต่ละกลุ่มรับทราบ และปฏิบัติตามฝายต้นน้ำที่เกษตรกรสร้างได้แก่ ฝายผสมผสานแบบกระสอบ ฝายหินก่อ และ ฝายผสมผสานแบบภูมิปัญญาชาวบ้าน โดยฝายต้นน้ำจะสร้างตามความเหมาะสมของพื้นที่ แนวทางที่เหมาะสมในการจัดการฝายต้นน้ำนั้นเกษตรกรได้แนะนำหลายวิธีได้แก่ การสร้างอ่างเก็บน้ำ การกระจายงบประมาณ แต่การพัฒนาหรือสนับสนุนส่วนต่าง ๆ เหล่านี้จะต้องได้รับความเห็นชอบจากหน่วยงานที่รับผิดชอบ ส่วนการสร้างฝายต้นน้ำนั้นไม่ค่อยก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อหมู่บ้านมากเท่าไหร่นัก เนื่องจากน้ำที่ใช้ในหมู่บ้านเป็นน้ำจากประปาภูเขา ฝายต้นน้ำจะเป็นประโยชน์สำหรับพื้นที่ทำการเกษตรในพื้นที่ที่มีฝายอยู่ในบริเวณนั้น ปัญหาและอุปสรรคที่พบคือ สภาพพื้นที่ใน

การสร้างฝายต้นน้ำมีความยากลำบากในการสร้าง การเคลื่อนย้ายอุปกรณ์เข้ามาในพื้นที่สร้างฝายต้นน้ำมีความล่าช้า และ ฝายต้นน้ำบางแห่งไม่สามารถใช้งานได้เต็มประสิทธิภาพ ส่วนการบริหารจัดการน้ำในหมู่บ้านนั้นเกษตรกรส่วนใหญ่มีความเห็นว่าไม่ดีเท่าที่ควร หากเป็นไปได้ควรมีการปรับปรุงการบริหารจัดการน้ำในหมู่บ้านให้ดีกว่านี้ ให้มีการบริหารจัดการน้ำอย่างยุติธรรม ข้อเสนอแนะจากการวิจัย มีดังนี้ ประการแรก ควรให้ความรู้กับเกษตรกรอย่างจริงจังในเรื่องของการจัดการฝายต้นน้ำ รวมถึงปลูกฝังจิตสำนึกในด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ และแหล่งน้ำ ให้มีการบริหารจัดการน้ำอย่างเป็นธรรม โดยการประชุมหารือภายในหมู่บ้านเพื่อร่วมกันแสดงความคิดเห็น ชี้แจงปัญหา และช่วยกันหาทางแก้ไข ประการที่สอง หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรให้ความสนใจในวิถีชีวิตความเป็นอยู่ของเกษตร ให้ทราบถึงปัญหา หรือความต้องการของเกษตรกร เพื่อพัฒนาให้เกษตรกรมีวิถีชีวิตความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น ประการที่สามทางหน่วยงานต่าง ๆ ที่ให้การสนับสนุนเรื่องการจัดการฝายต้นน้ำควรให้การตรวจสอบดูแลการสร้างฝายต้นน้ำจนแล้วเสร็จ เพื่อการสร้างฝายต้นน้ำที่ได้คุณภาพตามที่กำหนดไว้

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และกรมทรัพยากรน้ำ . "การประชุมเชิงปฏิบัติการวาระน้ำแห่งชาติ".ตึกสันติไมตรี ทำเนียบรัฐบาล. พฤษภาคม 2550. 79 หน้า.

พงษ์ศักดิ์ วิทวัสชุติกุล และวารินทร์ จิระสุขทวีกุล. 2550. "เมื่อฝายต้นน้ำเต็ม จะช่วยชะลอน้ำท่าได้หรือไม่ ?" เอกสารเผยแพร่ที่ 1/2550. สถานีวิจัยต้นน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก ส่วนวิจัยต้นน้ำ สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพ ฯ. 6 หน้า

เยาวลักษณ์ แก้วยอด. 2549. "ความพร้อมขององค์การบริหาร ส่วนตำบลในการจัดการฝายต้นน้ำในพื้นที่ของหน่วยศึกษาการพัฒนาการอนุรักษ์ต้นน้ำแม่ถาง อำเภอร้องกวาง จังหวัดแพร่" วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารทรัพยากรป่าไม้ บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 106 หน้า.

สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ เล่ม 12. 2552. "การอนุรักษ์ต้นน้ำลำธาร". (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล http://guru.sanook.com/search/การอนุรักษ์ต้นน้ำลำธาร (5 กรกฎาคม 2552).

สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ. 2552 . "ฝายต้นน้ำลำธารตามแนวพระราชดำริ". (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล http://www.dnp.go.th/checkdam_site/index.htm (5 กรกฎาคม 2552).

SWOT analysis. 2550. "ความหมายของ SWOT analysis". (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล http://bsckru.blog.mthai.com/2007/07/06/public-1 (14 กันยายน 2552).

Yamane, T. 1967. Elementary Sampling Theory, USA; Prentice Hall. 405 p.

ค่าทางชีวเคมีของเลือดแพะที่เลี้ยงในภาคใต้ของประเทศไทย

Biochemical Blood Parameters of Goats in Southern Thailand

สุธี รัตนะ[1/] อรษา อรุณสกุล[1/] และปิยนันท์ สังขไพฑูรย์[1/]

Suthee Rattana[1/], Orasa Arunsakul[1/] and Piyanan Sangkhapaitoon[1/]

Abstract: Biochemical blood parameters were determined in 1,075 goats of 8 provinces in southern Thailand. The goats were categorized to 4 different age groups of female namely aged under 6 months, between 6 months-1 year, between 1-2 years, over 2 years and 2 age groups of male, i.e. under 1 year (young male) and over 1 year (buck). Thirteen biochemical parameters namely Total protein (TP), Albumin (Alb), Globulin (Glo), Calcium (Ca), Phosphorus (P), Magnesium (Mg), Blood urea nitrogen (BUN), Creatinine (Creat), Total bilirubin, Uric acid, Glutamate oxalo-acetate transaminase (GOT), Glutamate pyruvate transaminase (GPT) and gamma-Glutamyltransferase (GGT) were determined. The results reveals that almost all parameters were within the range of reference values, but only TP of young male and Ca of all groups were slightly lower than the reference values. Ten serum parameters, TP, Ca, Mg, BUN, Creat, Total bilirubin, Uric acid, GOT, GPT and GGT did not show significant difference between two genders ($p>0.05$). Ca, BUN, Creat and Uric acid value were not significantly different ($p>0.05$) among age groups, but TP and Glo increased while Alb, Total bilirubin and P decreased with the increasing age.

Keywords: Goat, biochemical blood parameters, serum, southern Thailand

[1/]ศูนย์วิจัยและพัฒนาการสัตวแพทย์ภาคใต้ อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80110

[1/]Veterinary Research and Development Center (Southern Region), Thung Song, Nakhon Si Thammarat, 80110

บทคัดย่อ: การศึกษานี้ได้วิเคราะห์ค่าทางชีวเคมีในเลือดของแพะที่เลี้ยงในพื้นที่ 8 จังหวัดภาคใต้ของประเทศไทย โดยเก็บตัวอย่างเลือดแพะรวมทั้งสิ้น 1,075 ตัวอย่าง จำแนกออกเป็น 6 กลุ่มตามเพศและช่วงอายุคือ เพศเมีย 4 กลุ่มได้แก่ อายุต่ำกว่า 6 เดือน อายุ 6 เดือน - 1 ปี อายุ 1 – 2 ปี และอายุมากกว่า 2 ปี เพศผู้ 2 กลุ่มคือ กลุ่มพ่อพันธุ์ (อายุมากกว่า 1 ปี) และกลุ่มแพะขุน (อายุน้อยกว่า 1 ปี) นำมาตรวจค่าทางชีวเคมี 13 อย่างคือ โปรตีนรวม (TP) อัลบูมิน (Alb) โกลบูลิน (Glo) แคลเซียม (Ca) ฟอสฟอรัส (P) แมกนีเซียม (Mg) Blood urea nitrogen (BUN) ครีเอตินีน (Creat) Total bilirubin, กรดยูริก Glutamate oxalo-acetate transaminase (GOT) Glutamate pyruvate transaminase (GPT) และ gamma-Glutamyltransferase (GGT) ผลการศึกษาพบว่า ค่าทางชีวเคมีส่วนใหญ่ของแพะที่เลี้ยงในภาคใต้ของประเทศไทย มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้นค่า TP ของแพะขุนเพศผู้ ค่า Ca ของแพะทุกกลุ่มที่ศึกษาต่ำกว่าค่ามาตรฐานเล็กน้อย ค่าทางชีวเคมีที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ระหว่างเพศผู้และเพศเมีย ($p > 0.05$) ได้แก่ TP, Ca, Mg, BUN, Creat, Total bilirubin, Uric acid, GOT, GPT และ GGT ค่าที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ระหว่างช่วงอายุของแพะทั้งสองเพศ ($p > 0.05$) คือ Ca, BUN, Creat และ Uric acid ส่วนค่า TP และ Glo พบว่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ Alb, Total bilirubin และ P มีค่าลดลงตามอายุของแพะที่เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: แพะ ค่าทางชีวเคมีในเลือด ซีรัม ภาคใต้ของประเทศไทย

บทนำ

การเลี้ยงแพะในเขตพื้นที่ภาคใต้มีครัวเรือนที่เลี้ยงเป็นจำนวน 83.34% ของจำนวนครัวเรือนที่เลี้ยงแพะในประเทศไทย โดยมีจำนวนแพะที่เลี้ยงทั้งหมด 47.82% ของจำนวนแพะที่เลี้ยงในประเทศ (สาวิตรี, 2553) ส่วนใหญ่การเลี้ยงในภาคใต้เป็นแบบรายย่อย ครอบครัวละ 4-5 ตัว โดยมีจุดประสงค์เพื่อบริโภคเนื้อและประกอบพิธีกรรมทางศาสนาอิสลาม (วินัย, 2005) แพะส่วนใหญ่เป็นแพะพื้นเมือง ไม่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์ให้เหมาะสมต่อการเพิ่มผลผลิต มีขนาดรูปร่างเล็กมีน้ำหนักตัวเมื่อโตเต็มที่ 20–30 กิโลกรัม การจัดการเรื่องอาหารที่ใช้เลี้ยงไม่เหมาะสมเพียงพอ รวมทั้งไม่ได้รับการดูแลเรื่องโรคอย่างถูกต้อง เช่น โรคพยาธิ โรคปากและเท้าเปื่อย โรคบรูเซลโลซีส เป็นต้น ทำให้ได้รับผลผลิตไม่เต็มที่ ปัจจุบันกรมปศุสัตว์ได้มีการนำแพะต่างประเทศเข้ามาเลี้ยงและขยายพันธุ์ทั้งแพะเนื้อและแพะนม ได้แก่พันธุ์ซาเนน พันธุ์แองโกลนูเบียน และพันธุ์บอร์ โดยมีจุดประสงค์เพื่อปรับปรุงแพะพื้นเมืองและแจกจ่ายให้แก่เกษตรกรในพื้นที่ต่างๆ เลี้ยงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตทั้งด้านเนื้อและนมให้ดีขึ้น แต่ยังไม่แพร่หลายนักในพื้นที่ภาคใต้ อย่างไรก็ดีการเลี้ยงแพะให้ประสบความสำเร็จ ต้องคำนึงถึงความเหมาะสมของสายพันธุ์ที่ใช้เลี้ยง สถานที่เลี้ยง ปริมาณอาหารที่เพียงพอ และการจัดการที่เหมาะสม ได้แก่ การให้วัคซีนป้องกันโรค ถ่ายพยาธิ การจัดการโรงเรือน รวมทั้งการหมั่นสังเกตความผิดปกติ เช่นอาการเซื่องซึม เบื่ออาหาร (วินัย, 2005) เพราะถึงแม้ว่าแพะจะเป็นสัตว์ที่กินอาหารได้ง่ายแต่การเลี้ยงให้ประสบผลสำเร็จสูงสุดต้องได้รับอาหารประเภทหญ้าและอาหารเสริมที่เพียงพอ ได้แก่อาหารข้นในกรณีที่จำเป็น และยังต้องมีแร่ธาตุเสริมให้กินตลอดเวลาเพราะแพะเป็นสัตว์ที่ขาดแร่ธาตุได้ง่าย ซึ่งจะส่งผลให้การผสมพันธุ์ไม่มีประสิทธิภาพ เจ็บป่วยบ่อย และมีอัตราการสูญเสียสูง

Singh *et al.*(2010) กล่าวไว้ว่าการตรวจค่าทางชีวเคมีของเลือดแพะตามช่วงระยะเวลาที่เหมาะสม มีความสำคัญสำหรับการประเมินสภาวะทางโภชนาการและสุขภาพพื้นฐาน อันเป็นข้อได้เปรียบในการเลี้ยงสัตว์สมัยใหม่ เนื่องจากผลการตรวจดังกล่าว สามารถบ่งชี้ความสมบูรณ์ทางโภชนาการ อันเป็นผลจากการได้รับอาหารที่มีคุณภาพ และมีการจัดการให้อาหารที่เหมาะสม ใช้บ่งบอกสภาวะสุขภาพโดยรวม และภาวะความผิดปกติของร่างกายสัตว์ เช่น การทำงานของตับ ไต หรืออวัยวะสำคัญอื่นๆ อีกทั้งยังสามารถบ่งชี้สภาวะการได้รับสารที่มีผลกระทบต่อสุขภาพของสัตว์ เช่น สารพิษ ข้อมูลที่ได้จาก

การตรวจค่าเหล่านี้สามารถใช้ในการวางแผนเพื่อปรับปรุงการให้อาหาร การดูแลสุขภาพ เพื่อให้การเลี้ยงแพะมีประสิทธิภาพสูงสุด (Ingraham and Kappus.,1988)

การศึกษาค่าทางชีวเคมีในซีรัมของแพะที่เลี้ยงในเขตพื้นที่ภาคใต้ครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อ ใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานบ่งชี้สภาวะการเลี้ยง สุขภาพ ภาวะทางโภชนาการ และสภาวะการทำงานของตับและไต

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างเลือดแพะที่เลี้ยงใน 8 จังหวัดภาคใต้คือ นครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี พังงา กระบี่ ตรัง พัทลุง สงขลา และสตูล ในช่วงเดือนตุลาคม 2551 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2553 โดยการสุ่มจังหวัดละประมาณ 8-15 ฟาร์ม ฟาร์มละ 10-25 ตัว รวมทั้งสิ้น 1,075 ตัวอย่าง โดยแยกเป็นกลุ่มตัวอย่างตามเพศ อายุและจุดประสงค์ของการเลี้ยงดังนี้

เพศเมียรวมทั้งหมด 686 ตัวอย่าง แยกเป็น 4 กลุ่มอายุคือ

- อายุไม่เกิน 6 เดือน จำนวน 147 ตัวอย่าง
- อายุมากกว่า 6 เดือน – 1ปี จำนวน 178 ตัวอย่าง
- อายุมากกว่า 1 ปี – 2 ปี จำนวน 175 ตัวอย่าง
- อายุมากกว่า 2 ปี จำนวน 186 ตัวอย่าง

เพศผู้รวมทั้งหมด 389 ตัวอย่าง แยกเป็น 2 กลุ่มตามจุดประสงค์ของการเลี้ยงและอายุคือ

- พ่อพันธุ์ (อายุ $\geq$ 1 ปี) จำนวน 187 ตัวอย่าง
- แพะขุน (เพศผู้อายุน้อยกว่า 1 ปี) จำนวน 202 ตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างเลือดทำโดยการเจาะจากเส้นเลือดดำบริเวณคอ (Jugular vein) ปริมาตร 6 มิลลิลิตร ใส่หลอดแยกซีรัม ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องไม่ต่ำกว่า 30 นาที แยกเลือดที่แข็งตัวออก นำซีรัมที่เหลือไปปั่นแยกด้วยเครื่อง Centrifuge ที่ความแรงของการหมุนเหวี่ยงเท่ากับ 1,500 g เป็นเวลา 10 นาที เทส่วนใสเก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ทำการตรวจค่าทางชีวเคมีในช่วงเวลาไม่เกิน 2 สัปดาห์

การตรวจค่าชีวเคมีคลินิก

ตรวจค่าทางชีวเคมีในตัวอย่างซีรัม จำนวน 13 ค่า โดยแบ่งเป็น 4 กลุ่มคือ

- กลุ่มที่ 1: Total protein (TP), Albumin (Alb) และ Globulin (Glo) ซึ่งเป็นตัวหลักในการควบคุมสมดุลของสารในร่างกายของสัตว์ (Body homeostasis) และเป็นค่าพื้นฐานเบื้องต้นที่ใช้บ่งบอกความปกติของร่างกาย
- กลุ่มที่ 2: Calcium (Ca), Phosphorus (P) และ Magnesium (Mg) ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกสภาวะของแร่ธาตุหลักในร่างกายของสัตว์ ซึ่งทำหน้าที่ เป็นโครงสร้างของร่างกาย เป็นตัวควบคุมความเข้มข้นของสารซึ่งมีผลต่อการเข้าออกของสารในเซลล์ ควบคุมภาวะกรด-เบสในร่างกาย และเป็นองค์ประกอบในการทำงานของเอนไซม์และฮอร์โมนบางชนิด (Underwood,1966)
- กลุ่มที่ 3: Blood urea nitrogen (BUN), Creatinine (Creat) และ Uric acid ซึ่งบ่งชี้การทำงานของไต (สุพิศ, 2524ก)
- กลุ่มที่ 4: Glutamate oxalo-acetate transaminase (GOT), Glutamate pyruvate transaminase (GPT), Gamma-Glutamyltransferase (GGT) และ Total bilirubin ซึ่งบ่งชี้การทำงานของตับ (สุพิศ, 2524ก)

การหาปริมาณ TP, Alb, Mg, Creat, Total Bilirubin, Uric acid และ GGT ใช้วิธี Biuret method (Burtis and Ashwood,1994), BCG method (Burtis and Ashwood,1994), Xylidyl blue method (Mann and Yoe,1957), Jaffe' reaction method (Butler,1976), DPD method (Bishop *et al.*, 1985), PAP method (Bishop *et al.*,1985) และ Persijn/van de Silk method (Persijn and Silk,1976) ตามลำดับ โดยทำปฏิกิริยาให้เกิดสีด้วยชุดทดสอบสำเร็จรูป (Human®,Germany) แล้ววัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องAuto analyzer for Clinical Chemistry (Mindray®, Germany) ที่ความยาวคลื่น 546, 546, 546, 510, 546, 510 และ 405 nm. ตามลำดับ

ปริมาณ P, BUN, GOT และ GPT ทำการตรวจด้วยวิธี Ammonium molybdate method (Garber and Miller,1983), Kinetic GLDH method (Hallett and Cook,1971), Modified IFCC method (IFCC, 1986a)

และ Modified IFCC method (IFCC,1986b) ตามลำดับ โดยทำปฏิกิริยาด้วยชุดทดสอบสำเร็จรูป (Human® Germany) แล้ววัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Auto analyzer for Clinical Chemistry (Mindray®,Germany) ที่ความยาวคลื่น 340 nm.

ปริมาณ Ca วิเคราะห์ด้วยวิธี Arsenazo III method (Michaylova and Ilkova,1971) โดยการทำปฏิกิริยาให้เกิดสีด้วยชุดทดสอบสำเร็จรูป (Assel S.r.l®,Italy) แล้ววัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Auto analyzer for Clinical Chemistry (Mindray ®,Germany) ที่ความยาวคลื่น 630 nm.

ส่วนค่า Glo ได้จากการคำนวณโดยใช้สูตร Glo = TP – Alb (Singh *et al.*,2010)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการตรวจ มาวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ที่จำแนกตามเพศ และช่วงอายุ โดยใช้ ANOVA (Analysis of variance) และใช้ LSD (Least-Significant Difference) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยกำหนดค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p< 0.05$

ผลการศึกษาและวิจารณ์

Total protein, Albumin และ Globulin

จากการเปรียบเทียบผลระหว่างเพศผู้กับเพศเมีย (ตารางที่ 1) พบว่าค่า TP ในซีรัมของเพศผู้และเพศเมีย (6.27±0.06 vs 6.37±0.04 g/dl) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.($p>0.05$) และพบว่าเพศผู้มีค่า Alb สูงกว่าของเพศเมีย (3.36±0.04 vs 3.22±0.03 g/dl) ในขณะที่ค่า Glo ของเพศผู้ต่ำกว่าของเพศเมีย (2.92±0.04 vs 3.14±0.03 g/dl) อย่างมีนัยสำคัญ ($p< 0.05$)

เมื่อแยกตามกลุ่มอายุ (ตารางที่ 2) พบว่า ค่า TP, Alb และ Glo ของเพศเมียอายุ 0-6เดือน (6.17±0.07, 3.36±0.06 และ 2.79±0.07 g/dl ตามลำดับ) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) กับกลุ่มแพะขุนเพศผู้ (5.99±0.08, 3.30±0.06และ 2.69±0.05 g/dl ตามลำดับ) และยังพบว่า แพะเพศเมียที่ทำการศึกษา มีค่า TP และ Glo เพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่า Alb มีแนวโน้มลดลงเมื่อมีอายุมากขึ้น ส่วนกลุ่มพ่อพันธุ์พบว่ามีค่า TP ไม่แตกต่างกับกลุ่มเพศเมียอายุเกิน 2 ปี (6.58±0.08 vs 6.63±0.08 g/dl) และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของ Merck (2008) (ตารางที่ 1) พบว่ากลุ่มเพศเมียทั้งหมดและพ่อพันธุ์ มีค่า TP และ Glo อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนกลุ่มแพะขุนเพศผู้มีค่า TP และ Glo ต่ำกว่าค่ามาตรฐานเล็กน้อย ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการได้รับอาหารที่ไม่เพียงพอ (สุพิศ, 2524ก) เนื่อง จากกลุ่มดังกล่าวได้รับการเอาใจใส่จากเกษตรกรผู้เลี้ยงน้อยกว่ากลุ่มพ่อพันธุ์และกลุ่มแพะเพศเมีย

จากผลการศึกษาข้างต้นจะเห็นได้ว่า ค่า TP และ Glo ของแพะที่ทำการศึกษา มีแนวโน้มสูงขึ้นตามอายุที่เพิ่มขึ้น และไม่มีความแตกต่างระหว่างเพศที่ทำการศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับ Mbassa and Poulsen (1993), Castro *et al.*(1977) และ Deangelino *et al.*(1990) ที่กล่าวว่า ปริมาณ TP ที่ตรวจพบในแพะ ไม่มีความแตกต่างระหว่างเพศ แต่ค่าสูงขึ้นตามอายุที่เพิ่มขึ้น ส่วนค่า Alb ที่ตรวจพบสอดคล้องกับการศึกษาของ Castro *et al.* (1977) ที่ทำการศึกษาใน Pygmy goat พบว่า Alb ของเพศผู้มีค่าสูงกว่าเพศเมีย แต่ผลการศึกษาใน Spanish goat โดย Bennis (1991) พบว่าค่า Alb ของเพศเมียสูงกว่าเพศผู้ ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการศึกษาในแพะต่างสายพันธุ์ ซึ่งสอดคล้องกับ Kaneko *et al.*(1997) ที่กล่าวว่าปัจจัยที่ทำให้ค่าทางชีวเคมีของเลือดแพะมีความแตกต่าง ได้แก่ เพศ อายุ สภาพอากาศและฤดูกาล และสภาวะร่างกาย

Calcium, Phosphorus และ Magnesium

จากผลการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างเพศผู้กับเพศเมีย (ตารางที่ 1) พบว่าค่า Ca และ Mg ในซีรัมของเพศผู้ (6.54±0.07 และ 3.05±0.03 mg/dl ตามลำดับ) และเพศเมีย (6.51±0.05 และ 3.10±0.02 mg/dl ตามลำดับ) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัย สำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนค่า P ของเพศผู้สูงกว่าเพศเมีย (6.17±0.08 vs 5.60±0.06 mg/dl) อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

Table 1 Biochemical values (Mean±SE) of goat serum in both genders

Parameters ; unit	Gender		References	
	Female	Male	Merck*	Kaneko**
Total protein ; g/dl	6.37 ± 0.04	6.27 ± 0 .06	6.1 – 7.5	6.4 – 7.0
Albumin ; g/dl	3.22 ± 0.03[a]	3.36 ± 0.04[b]	2.3 – 3.6	2.7 – 3.9
Globulin ; g/dl	3.14 ± 0.03[a]	2.92 ± 0.04[b]	2.7 – 7.4	2.7 – 4.1
Calcium ; mg/dl	6.51 ± 0.05	6.54 ± 0.07	9.0 – 11.6	8.9 – 11.7
Phosphorus ; mg/dl	5.60 ± 0.06[a]	6.17 ± 0.08[b]	3.7 – 9.7	6.5
Magnesium ; mg/dl	3.10 ± 0.02	3.05 ± 0.03	2.1 – 2.9	2.8 – 3.6
BUN ; mg/dl	17.98 ± 0.29	18.30 ± 0.38	13 – 26	10 – 20
Creatinine ; mg/dl	0.90 ± 0.02	0.96 ± 0.03	0.7 – 1.5	1.0 – 1.8
Total bilirubin ; mg/dl	0.17 ± 0.00	0.16 ± 0.00	0.1 – 0.2	0.0 – 0.1
Uric acid ; mg/dl	0.10 ± 0.00	0.10 ± 0.00	-	0.3 – 1.0
SGOT ; u/l	104.86 ± 2.24	97.68 ± 2.47	66 – 230	167 – 513
SGPT ; u/l	27.44 ± 0.42	27.17 ± 0.54	15 – 52	24 – 83
SGGT ; u/l	69.87 ± 1.45	72.78 ± 1.99	20 – 50	20 – 56

Note: Means with different superscripts in the same row are statistically different at $p<0.05$

* The Merck Veterinary manual : Reference Guides; Serum biochemical reference ranges (Merck & Co., Inc., 2008.)

** Clinical Biochemistry of Domestic Animals. 4th edition. (Kaneko, 1989.)

เมื่อจำแนกแพะตามกลุ่มอายุ (ตารางที่ 2) พบว่า Ca ในแพะเพศเมียทุกกลุ่มอายุ (6.37±0.08 - 6.58±0.11 mg/dl) และกลุ่มพ่อพันธุ์ (6.33±0.09 mg/dl) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วน Ca ของกลุ่มแพะขุนเพศผู้ มีค่ามากกว่าของกลุ่มเพศเมียอายุเกิน 2 ปี และกลุ่มเพศผู้พ่อพันธุ์ (6.74±0.09 vs 6.37±0.08 and 6.33±0.09 mg/dl) อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ค่า P พบว่ามีแนวโน้มลดลงตามอายุสัตว์ที่เพิ่มขึ้น ส่วนค่า Mg พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทั้ง 6 กลุ่มที่ทำการศึกษา

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ Ca, P และ Mg กับค่ามาตรฐาน พบว่าปริมาณ Ca ที่ตรวจพบทุกช่วงอายุในทั้ง 2เพศ มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานของ Merck (2008) และ Kaneko (1989) ในขณะที่ปริมาณ P ทุกกลุ่มที่ทำการศึกษามีค่าอยู่ในช่วงมาตรฐาน ส่วนปริมาณ Mg พบว่าทุกช่วงอายุมีค่าอยู่ในมาตรฐานของ Kaneko (1989) แต่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานของ Merck (2008) เล็กน้อย

การที่แพะในภาคใต้ขประเทศไทยมีปริมาณ Ca ในซีรัมต่ำกว่าค่ามาตรฐานทั้ง 2 แหล่งที่อ้างอิงไว้ในตาราง ที่ 1 อาจเนื่องมาจากอาหารที่ใช้เลี้ยงมีปริมาณ Ca ไม่เพียงพอ Daramola *et al.* (2010) กล่าวว่า ปริมาณ Ca และ P ในซีรัมที่แตกต่างกันมีสาเหตุหลักมาจากคุณภาพอาหารซึ่งสอดคล้องกับ Fujihara *et al.* (2006) ที่กล่าวว่า ปริมาณแร่ธาตุในตัวสัตว์เป็นผลโดยตรงจากปริมาณแร่ธาตุในอาหารที่สัตว์ได้รับ แสดงว่าภาวะดังกล่าวควรปรับปรุงโดยให้อาหารแคลเซียมเพิ่มเติมเพื่อป้องกันการขาดในระยะยาว อันอาจส่งผลให้เกิดความผิดปกติต่อการทำงานของ Neuromuscular activity, Membrane permeability และ แอคติวิตี้ของเอนไซม์หลายชนิด (วีกูล และ กนกนาถ, 2525)

BUN, Creatinine, และ Uric acid

จากผลการเปรียบเทียบระหว่างเพศผู้กับเพศเมีย (ตารางที่ 1) พบว่าปริมาณ BUN ,Creat และ Uric acid ของแพะเพศผู้ (18.30±0.38, 0.96±0.03 และ 0.10±0.00 mg/dl ตามลำดับ) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) กับของแพะเพศเมีย (17.98±0.29, 0.90±0.02 และ 0.10±0.00 ตามลำดับ) และทั้งสองเพศมีค่า BUN และ Creat อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของ Kaneko (1989) และ Merck (2008) (ตารางที่ 1) ส่วนปริมาณ Uric acid มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานของ Kaneko (1989) เล็กน้อย

เมื่อศึกษาเป็นกลุ่มอายุ (ตารางที่ 2) พบว่าปริมาณ BUN และ Uric acid ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ในทุกช่วงอายุที่ทำการศึกษา ส่วนค่า Creat พบว่ามีเพียงกลุ่มพ่อพันธุ์เท่านั้น (1.04±0.04) ที่มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

จากผลการศึกษาจะเห็นว่าค่า BUN ในซีรัมซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความเหมาะสมของปริมาณสารอาหารโปรตีนที่แพะได้รับ (Sun and Christopherson, 2005) และบ่งบอกถึงการขับออกของแอมโมเนียที่ได้จากการย่อยโปรตีนโดยกลไกของร่างกายแพะ ผ่านการทำงานของไต (Sakha *et al.*, 2010) มีค่าสอดคล้องกับค่ามาตรฐาน แสดงให้เห็นว่า แพะทุกกลุ่มที่ทำการศึกษา มีสภาพการทำงานของไตที่เป็นปกติ ไม่มีความแตกต่างระหว่างเพศและอายุที่ทำการศึก ษา ซึ่งแตกต่างกับผลการศึกษาของ Bennis *et al* (1991) ที่พบว่าค่าดังกล่าวมีปริมาณต่ำในแพะที่มีอายุน้อยแต่จะเพิ่มขึ้นเมื่อแพะมีอายุมากขึ้น ในขณะที่ Creat มีค่าสอดคล้องกับการศึกษาของ Sakha *et al.* (2010) ที่พบว่าเพศผู้มีค่าสูงกว่าเพศเมีย อย่างไรก็ดี ผลจากการศึกษาที่พบว่าค่านี้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานแสดงว่าแพะที่เลี้ยงในภาคใต้มีการทำงานของไตในการกรอง Creat ออกจากร่างกายผ่านโกลเมอรูลัส (Glomerular filter rate) อยู่ในสภาวะที่สามารถทำงานได้อย่างปกติ (สุพิศ, 2524ข) ส่วนปริมาณ Uric acid ที่มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานเล็กน้อย อาจไม่ได้บ่งบอกการทำงานที่ผิดปกติของไต โดยสุพิศ (2524ข) กล่าวว่า Uric acid ที่เกิดขึ้นอาจถูกดูดกลับได้ถึง 90-95% โดยการทำงานของไต ส่วนที่เหลือจะถูกขับออกทางปัสสาวะ ถ้าต้องการทราบว่าเมแทบอลิสมของ Uric acid เป็นปกติหรือไม่ อาจต้องศึกษา Uric acid ที่ขับออกทางปัสสาวะร่วมด้วย

SGOT, SGPT, SGGTและ Total bilirubin

จากผลการเปรียบเทียบระหว่างแพะเพศผู้กับเพศเมียพบว่า GOT, GPT, GGT และ Total bilirubin ของแพะเพศผู้ (97.68±2.47, 27.17±0.54, 72.78±1.99 U/l และ 0.16±0.00 mg/dl ตามลำดับ) ไม่มีความแตกต่างจากแพะเพศเมีย (104.86±2.24, 27.44±0.42, 69.87±1.45 U/l และ 0.17±0.00 mg/dl ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) โดยค่าดังกล่าวของทั้งสองเพศที่ตรวจพบ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของ Merck (2008) และของ Kaneko (1989) (ตารางที่ 1) และเมื่อศึกษาเป็นกลุ่มอายุ (ตารางที่ 2) พบว่า ค่า GGT ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ในทุกกลุ่มที่ทำการตรวจ ส่วนค่า GOT, GPT, GGT ที่ตรวจพบมีแนวโน้มลดลงในกลุ่มแพะที่มีอายุเพิ่มขึ้น แม้ว่าการเปลี่ยนแปลงของเอนไซม์กลุ่มดังกล่าวจะสามารถบ่งบอกถึงความผิดปกติในการทำงานของตับ เช่นการอักเสบและการตายของเซลล์ตับได้ (สุพิศ, 2524ข) แต่ผลการศึกษาในครั้งนี้ที่พบว่าแพะที่เลี้ยงในภาคใต้มีค่าเอนไซม์ดังกล่าวอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน แสดงว่าสภาวะการทำงานของตับยังอยู่ในเกณฑ์ปกติ

Table 2 Biochemical values (Mean±SE) of goat serum in both genders and different age groups

Parameters ; unit	Female				Male	
	0-6 mths.	6 mths.-1 yr.	1-2 yrs.	> 2 yrs.	Buck (≥ 1 yr)	Young male (≤ 1 yr)
Total protein ; g/dl	6.17 ± 0.07[a]	6.19 ± 0.08[ab]	6.45 ± 0.08[b]	6.63 ± 0.08[c]	6.58 ± 0.08[c]	5.99 ± 0.08[a]
Albumin ; g/dl	3.36 ± 0.06[a]	3.29 ± 0.06[a]	3.18 ± 0.05[b]	3.07 ± 0.06[b]	3.42 ± 0.06[c]	3.30 ± 0.06[ac]
Globulin ; g/dl	2.79 ± 0.07[a]	2.89 ± 0.06[b]	3.27 ± 0.07[c]	3.55 ± 0.07[d]	3.16 ± 0.06[c]	2.69 ± 0.05[a]
Calcium ; mg/dl	6.58 ± 0.11	6.55 ± 0.09	6.57 ± 0.09	6.37 ± 0.08[a]	6.33 ± 0.09[a]	6.74 ± 0.09[b]
Phosphorus ; mg/dl	6.75 ± 0.14[a]	5.66 ± 0.12[b]	5.36 ± 0.11[b]	4.88 ± 0.10[c]	5.76 ± 0.11[b]	6.53 ± 0.12[a]
Magnesium ; mg/dl	3.10 ± 0.05	3.10 ± 0.05	3.09 ± 0.04	3.10 ± 0.05	3.12 ± 0.05	2.99 ± 0.04
BUN ; mg/dl	17.28 ± 0.59	18.32 ± 0.58	17.62 ± 0.60	18.57 ± 0.56	18.39 ± 0.52	18.22 ± 0.54
Creatinine ; mg/dl	0.93 ± 0.04[a]	0.92 ± 0.03[a]	0.87 ± 0.04[a]	0.88 ± 0.03[a]	1.04 ± 0.04[b]	0.89 ± 0.03[a]
Total bilirubin ; mg/dl	0.19 ± 0.01	0.18 ± 0.01[a]	0.16 ± 0.01	0.16 ± 0.01[b]	0.16 ± 0.01[cb]	0.16 ± 0.01
Uric acid ; mg/dl	0.10 ± 0.01	0.10 ± 0.01	0.09 ± 0.00	0.09 ± 0.00	0.11 ± 0.01	0.10 ± 0.01
SGOT ; u/l	144.50 ± 4.73[a]	105.62 ± 5.52	99.92 ± 3.73	101.05 ± 3.73[b]	95.75 ± 3.71[b]	99.45 ± 3.30[b]
SGPT ; u/l	32.30 ± 1.10[a]	27.72 ± 0.87[a]	26.72 ± 0.76[a]	24.02 ± 0.55[bd]	27.79 ± 0.90[b]	26.59 ± 0.62[cd]
SGGT ; u/l	71.86 ± 3.10	70.59 ± 2.82	67.52 ± 2.84	69.80 ± 2.87	72.40 ± 2.84	73.13 ± 2.78

Note : Mean with different superscripts in the same row are statistically different at $p<0.05$

สรุป

จากค่าทางชีวเคมีในเลือดของแพะที่ศึกษาในครั้งนี้สรุปได้ว่า

1. Total protein, Albumin และ Globulin มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการควบคุมสมดุลของสารในร่างกายของสัตว์ (Body homeostasis) มีการทำงานอย่างปกติ

2. Phosphorus และ Magnesium มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานซึ่งแสดงให้เห็นว่าสภาวะของแร่ธาตุหลักทั้งสองชนิดดังกล่าวมีค่าอยู่ในระดับที่เหมาะสม ส่วน Calcium มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานเล็กน้อย ควรแก้ไขโดยการให้อาหารที่เป็นแหล่งแร่ธาตุนี้ เสริมอย่างสม่ำเสมอ

3. Blood urea nitrogen และ Creatinine มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และ Uric acid ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานเล็กน้อย ซึ่งสามารถบ่งชี้ได้ว่าการทำงานของไตอยู่ในสภาวะที่เป็นปกติ

4. Glutamate oxalo-acetate transaminase , Glutamate pyruvate transaminase, gamma-Glutamyltransferase และTotal bilirubin มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน สามารถบ่งชี้ได้ว่าการทำงานของตับอยู่ในสภาวะที่เป็นปกติ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ ที่จัดสรรงบประมาณให้สำหรับการวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดนครศรีธรรมราช สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดสุราษฎร์ธานี สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดกระบี่ สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดพังงา สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดพัทลุง สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดตรัง สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดสงขลา และสำนักงานปศุสัตว์จังหวัดสตูล ที่ช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างจนงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วง

เอกสารอ้างอิง

วินัย ประลมภ์กาญจน์. 2546. แพะสัตว์น่าสนใจ. หลักสูตรเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักสาขาเทคโนโลยี การเกษตรมหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.(ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://webhost.wu. ac.th /agri/ Animal/ Article/ Goat01.htm (28 สิงหาคม 2548).

วีกูล วีรานุวัตติ์ และ กนกนาถ ชูปัญญา. 2525. เคมีคลินิก. มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพ. 554หน้า.

สาวิตรี บุตรเพชร. รายงานเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์และจำนวนสัตว์ปี 2553. ศูนย์สาระสนเทศ กรมปศุสัตว์.(ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www. dld. go.th/ict/th (7 มีนาคม 2554).

สุพิศ จินดาวณิค. 2524ก. ชีวเคมีคลินิค เล่ม 1. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพ. 212 หน้า.

สุพิศ จินดาวณิค. 2524ข. ชีวเคมีคลินิค เล่ม 2. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพ. 261 หน้า.

Bennis, A., F. Farge, M. Kessabi, A. Hamliri, G.P. Valdi, A.G. Rico and J.P. Braun. 1991. Normal serum biochemical values of goat in the Moroccan Sahara. Revue de Medicine Vetrinaire 11:831-837.

Bishop, M.L., J.L. Duben-Von Laufen and E.P. Fody. 1985. Clinical Chemistry. J.B. Lippincott Company. Philadelphia:604 p.

Burtis, C.A. and E.R. Ashwood. 1994. Tietz textbook of Clinical Chemistry : 2nd (ed.). W.B.Saunders Company. Philadelphia. 2326 p.

Butler, A.R.1976. The Jaffe reaction: Identification of the coloured species. Clin. Chim. Acta. 59:227-232.

Castro, A., D.S. Dhinsa, A.S. Hoversland, H. Malkus, C. Rosenthiel and J. Metcalf. 1977. Serum biochemistry values in normal Pygmy goat. Am. J. Vet. Res. 12:2085-2087.

Daramola,J.O., A.A. Adeloye, T. Fatoba and A.O. Soladoye. 2005. Haematological and biochemical parameters of West African Dwarf goats.(Online). Available: http://www. lrrd. org/lrrd17/8/dara17095.htm (Oct 20, 2010)

Deangelino, J.L., M.M. Ishizuka, L. Ribeiro, T.V. Tucci and E.H. Birgel. 1990. Standard serum biochemical values of healthy goats reared in Saopaulo state, Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.1: 91-97.

Fujihara, T., A.B. Serra, S.D. Serra and E.A. Orden. 2006. Mineral nutrition of grazing goat in Luzon Island, Philippines. Bull. Fac. Life Env. 11:19-34.

Garber, C.C. and R.C. Miller. 1983. Revision of the 1963 semidine HCL standard method for inorganic phosphorus. Clin. Chem., 29: 184-188.

Hallett, C.J. and J.G. H.Cook. 1971. Reduced nicotinamide adenine dinucleotide-coupled reaction for emergency blood urea estimation. Clin. Chem. Acta. 35:33-37.

Ingraham, R.H. and L.C. Kappus. 1988. Metabolic profile testing. Veterinary Clinics. North America: Food Animal Practice.4:391-411.

International Federation of Clinical Chemistry(IFCC), 1986a. Approved recommendations(1985) on IFCC method for the measurement of catalytic concentration of enzymes, part 2:IFCC method for aspartate amino transferase(EC2.6.1.1). J. Clin. Chem. Clin. Biochem. 24:497-510.

International Federation of Clinical Chemistry (IFCC), 1986b. Method of aspartate amino- trans ferase. J.Clin.Chem. Clin. Biochem. 24: 481-495.

Kaneko, J.1989. Clinical Biochemistry of Domestic Animals. 4th edition. Academic Press, Inc. California, USA. 932 p.

Kaneko, J., J. Harvey and M. Bruss. 1997. Clinical Biochem of Domestic Animals. 5th Edition. Academic Press, New York, 932 p.

Mann, C.K. and J. H. Yoe. 1957. Spectrophotometric determination of Magnesium with 1-azo-2-hydroxy-3-(2,4-dimethylcarbox-anilido)-napthalene-1'-(2-hydroxybenzene). Anal. Chim. Acta. 16:155-160.

Mbassa, G.K. and J.S. Poulsen. 1993. Reference ranges for clinical chemical values in Danish Landrace goats. Small Rumin. Res. 2:133-142.

Merck & Co.,Inc. 2008. The Merck Veterinary manual : Reference Guides; Serum biochemical reference ranges. (Online). Available : http://www. Merckvetmanual. Com/mvm /htm/bc/ tref7.htm(April 21, 2010).

Michaylova, V. and P. Ilkova. 1971. Photometric determination of micro amounts of calcium with arsenazo III. Anal. Chim. Acta, 53:194-198.

Persijn, J.P. and W.J. van der Slik. 1976. A new method for the determination of gamma-glutamyltransferase in serum. J. Clin. Chem. Clin. Biochem. 14(9):421-427

Sakha, M., M. Shamesdini and F. Mohamad-zadeh. 2009. Serum biochemistry values in Raini goat of Iran. (Online).Available: http:// www.ispub.com/journal/the_internet_journal _of_veterinary_medicine/ volume_ 6_ number_1_39/article/serum-biochemistry-values-in-raini-goat-of-iran.html (April 21, 2010).

Singh, V.K., P. Singh, A.K. Verma and U.R. Mehra. 2008. On farm assessment of nutritional

status of lactating cattle and buffaloes in urban, periurban and rural areas of Middle Gangetic Plains. (Online) Available: http://www.lrrd.org/lrrd20/8/singh20130.htm (April 21, 2010).

Sun, S. and R.J. Christopherson. 2005. Urea kinetics in weathers exposed to different ambient temperatures at the dietary levels of crude protein. Asian-Australasian Journal of Animal Science 18:795-801.

Underwood, E.J. 1966. The Mineral Nutrition of Livestock. 2nd Edition. Commonwealth Agricultural Bureaux. England. 180 p.

นวัตกรรมการส่งเสริมเพื่อการขยายผลเกษตรยั่งยืน

Extension Innovation for Scaling-up Sustainable Agriculture

บุศรา ลิ้มนิรันดร์กุล[1/]
Budsara Limnirankul[1/]

บทนำ

ระบบเกษตรไทยได้เผชิญกับสิ่งที่ท้าทายอย่างเข้มข้นขึ้นตามลำดับจากปัญหาการเปลี่ยนแปลงของสภาวะภูมิอากาศ การเสื่อมถอยของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม การครอบงำของกฎกติกาและข้อสัญญาทางการค้าระหว่างประเทศภายใต้นโยบายตลาดเสรี ตลอดจนการขยายบทบาทและการควบคุมระบบเกษตรและอาหารของบรรษัทข้ามชาติต่อทิศทางการเกษตรของไทย พร้อมทั้งความเปราะบางทางสังคมของชนบทไทย เป็นต้น ภายใต้บริบทของการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ที่สร้างผลกระทบอย่างรุนแรงต่ออนาคตของเกษตรกรรายย่อยของประเทศ ประเด็นที่ท้าทายระบบส่งเสริมในเชิงคำถามอันได้แก่ 1. หน่วยงานที่เกี่ยวข้องจะร่วมกันสร้างทางเลือกที่หลากหลายและมีนัยยะของบริบทเชิงพื้นที่ เพื่อเปิดโอกาสให้เกษตรกรได้ตัดสินใจเลือกใช้ทางเลือกอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิผลต่อกระบวนการปรับตัวภายใต้เงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ได้อย่างไร 2. ระบบการวิจัยพัฒนาและการถ่ายทอดเทคโนโลยีทางเกษตรอย่างที่เคยปฏิบัติกันมาจนถึงปัจจุบันจะต้องได้รับการปรับเปลี่ยนทั้งในด้านกระบวนทัศน์ แนวทางการดำเนินงาน พร้อมทั้งวิธีการและเครื่องมือต่าง ๆ ให้เหมาะสมและก้าวทันต่อการเปลี่ยนแปลงได้อย่างไร 3. ระบบเกษตรซึ่งเป็นระบบที่อาศัยความรู้อย่างเข้มข้นทั้งจากภูมิปัญญาชาวบ้านและประสบการณ์ของเกษตกรพร้อมทั้งความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจากภายนอก ควรจะถูกบูรณาการและประกอบกันขึ้นจนสามารถสร้างประโยชน์ให้กับเกษตรกรอย่างกว้างขวางได้อย่างไร และ 4. นวัตกรรมการส่งเสริมการเกษตรของไทยที่ได้รับการพัฒนาอย่างเป็นระบบด้วยการปรับโครงสร้างและกระบวนการดำเนินงานตามข้อเสนอแนะของธนาคารโลกในช่วงทศวรรษที่ 2520 และตามด้วยการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน จะตอบสนองต่อระบบเกษตรและอาหารที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วได้อย่างไร โดยเฉพาะกระบวนการส่งเสริมเกษตรยั่งยืนภายใต้แนวคิดเศรษฐกิจพอเพียง (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจแห่งชาติ, 2548) หรือการเจริญเติบโตที่มีข้อจำกัด (The Limits to Growth) (Meadows *et al.*, 2004)

งานวิจัยพัฒนาและส่งเสริมระบบเกษตรยั่งยืนเป็นกระบวนการเรียนรู้และพัฒนาเชิงสหวิทยาการที่อาศัยทักษะ เครื่องมือ ความรู้ และเทคโนโลยี โดยการปรับใช้และหลอมรวมของศาสตร์ต่าง ๆ หลายแขนง เพื่อสร้างทางเลือกให้บรรลุเป้าหมายทางการเกษตรและอาหารตลอดจนการรักษาสิ่งแวดล้อมที่สามารถยกระดับสถานะทางเศรษฐกิจและสุขภาวะของครัวเรือนและชุมชน โดยยังคงรักษาความสมบูรณ์ของฐานทรัพยากรธรรมชาติ เกษตรยั่งยืนเป็นผลของการแสดงออก (Performance) ของระบบเกษตร (Richards, 1990) ที่มีนัยยะบริบทของพื้นที่บนฐานของความรู้ที่ถูกหล่อหลอมอยู่ใน

[1/]ภาควิชาเศรษฐศาสตร์เกษตรและส่งเสริมเผยแพร่การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200
[1/]Department of Agricultural Economics and Agricultural Extension, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University 50200, Thailand

กระบวนการพัฒนา และให้ความสำคัญกับมิติของความยั่งยืน (Sustainability) ของสังคมปัจจุบันและในอนาคต

ระบบการส่งเสริมการเกษตรเป็นศาสตร์และศิลป์ของการสื่อสารและนวัตกรรมการเรียนรู้ที่นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในการยอมรับเทคโนโลยี บทความนี้จะเป็นการทบทวนเส้นทางระบบส่งเสริมการเกษตรตั้งแต่การใช้แนวทางปฏิวัติเขียวในการพัฒนาเกษตรไทยจนถึงการขับเคลื่อนเกษตรยั่งยืน ภายใต้เศรษฐกิจพอเพียง ระบบส่งเสริมการเกษตรได้เปลี่ยนผ่านจากแบบบนสู่ล่าง โดยเน้นเทคโนโลยีเป็นตัวขับเคลื่อนจากระบบการส่งเสริมแบบล่างสู่บนโดยเกษตรกรมีส่วนร่วมในการสร้างนวัตกรรม และกระบวนการสร้างการเรียนรู้ร่วมกันของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องหลายภาคส่วน บทความนี้มีวัตถุประสงค์ 1. เพื่ออธิบายและวิเคราะห์พัฒนาการของระบบส่งเสริมการเกษตรตั้งแต่ประเทศไทยได้ใช้แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติเป็นเครื่องมือในการขับเคลื่อนระบบเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ และ 2. เพื่อเสนอรูปแบบการส่งเสริมที่ตอบรับการเปลี่ยนแปลงทางเกษตรสู่ระบบเกษตรยั่งยืนโดยผ่านกระบวนการเรียนรู้ทางสังคม และได้นำเสนอเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจะกล่าวถึงการพัฒนาเทคโนโลยีการเกษตรและระบบการส่งเสริมการเกษตร และส่วนที่สองเป็นการวิเคราะห์ระบบการส่งเสริมการเกษตรที่นำไปสู่ความยั่งยืนในการพัฒนาชนบท

พัฒนาการเทคโนโลยีทางการเกษตรและระบบการส่งเสริมการเกษตร

พัฒนาการระบบการส่งเสริมการเกษตรภายใต้การปรับเปลี่ยนแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ แผนพัฒนาเศรษฐกิจฉบับที่ 1 (2504-09) จนถึง ฉบับที่ 10 (2550-54) สามารถแบ่งพัฒนาการด้านเทคโนโลยีการเกษตรและระบบการส่งเสริมการเกษตรออกเป็น 3 ระยะ กล่าวคือระยะที่ 1 ระบบการส่งเสริมแบบบนสู่ล่าง ระยะที่ 2 ระบบการส่งเสริมแบบล่างสู่บน และระยะที่ 3 ระบบการส่งเสริมแบบการสร้างกระบวนการเรียนรู้ร่วมกัน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ระบบการส่งเสริมแบบบนสู่ล่าง (Top down approach)

แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 1-4 (2504-2524) มุ่งเน้นการพัฒนาประเทศไทยเร่งการเติบโตด้านเศรษฐกิจเป็นหลัก ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญต่อการพัฒนาเกษตรได้แก่ การพัฒนาสาธารณูปโภคพื้นฐาน เช่น การคมนาคม ระบบไฟฟ้าและการปรับปรุงระบบชลประทาน เป็นต้น การพัฒนาผลิตพืชเศรษฐกิจและการปรับปรุงพันธุ์ให้มีความหลากหลายเพิ่มมากขึ้น และการใช้เทคโนโลยีเข้าช่วยในการเพิ่มผลผลิต เช่น การใช้เครื่องจักรกลการเกษตรและการใช้สารเคมี ซึ่งเป็นที่มาของการปฏิวัติเขียว ที่มีส่วนทำให้เกษตรกรต้องพึ่งพิงกับการใช้ปัจจัยการผลิตภายนอกมากขึ้น

การสร้างและนำใช้องค์ความรู้ทางการเกษตรได้ให้ความสำคัญกับการสร้างและการถ่ายทอดนวัตกรรมด้านพันธุ์พืช พันธุ์สัตว์ และเขตกรรม การสื่อสารหรือระบบการส่งเสริมถูกมองว่าเป็นตัวเชื่อมระหว่างแหล่งผลิตความรู้ คือฝ่ายวิจัยหรือฝ่ายพัฒนาเทคโนโลยีกับเกษตรกรผู้ใช้หรือผู้รับผลประโยชน์ การยอมรับนวัตกรรมมีขั้นตอนของการยอมรับตามทฤษฎีการกระจายความรู้และนวัตกรรมของ Rogers (2003) ซึ่งได้จัดแบ่งกลุ่มเกษตรกรออกเป็นประเภทต่าง ๆ เช่น "หัวไวใจสู้ รอดูทีท่าที" จนถึงกลุ่มที่ล้าหลัง ไม่ยอมรับเทคโนโลยีใด ๆ ทั้งสิ้น

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้รับความช่วยเหลือจากธนาคารโลกภายใต้แผนปรับโครงสร้างในช่วงกลางทศวรรษ 70 ได้นำรูปแบบการส่งเสริมแบบฝึกอบรมและการเยี่ยมเยียน (Training and Visit, T&V) พร้อมทั้งให้ความสำคัญกับการถ่ายทอดความรู้เทคโนโลยีการผลิตพืชหลัก 5 ชนิดซึ่งกระจายทั่วประเทศ ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด ถั่วเหลือง ถั่วลิสง และ ถั่วเขียว ซึ่งในขณะนั้นได้ถือว่าเป็นพืชไร่เศรษฐกิจที่สำคัญ ระบบการส่งเสริมการผลิตและเทคโนโลยีการผลิตในยุคนี้เป็นการส่งเสริมแบบบนสู่ล่าง โดยเชื่อว่าเทคโนโลยีสามารถนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงและมีข้อสมมุติฐานว่า เกษตรกรไม่มีความรู้ความสามารถที่จะปรับใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่จำเป็นต้องให้มีการฝึกอบรม กรมส่งเสริมการเกษตร ทำหน้าที่เป็น

สื่อกลางโดยเจ้าหน้าที่ส่งเสริมระดับตำบล หรือเกษตรตำบลผู้ซึ่งได้รับการฝึกอบรมจากกรมวิชาการเกษตร และกรมการข้าว และนำส่งต่อให้กับเกษตรกรโดยผ่านระบบการถ่ายทอดแบบ T&V system อย่างไรก็ตามพบว่าระบบการส่งเสริมดังกล่าวได้รับการยอมรับน้อย สืบเนื่องเนื่องจากเทคโนโลยีไม่สามารถตอบสนองต่อผู้ใช้เนื่องจากข้อจำกัดด้านกายภาพ เศรษฐกิจและสังคม และเทคโนโลยีตามแนวทางปฏิวัติเขียวที่ให้ผลดีเฉพาะในพื้นที่ ๆ มีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสม และมีความพร้อมด้านโครงสร้างพื้นฐานเท่านั้น (Neef, 2005) ที่สำคัญคือฐานคิดของการกำหนดประเด็นวิจัยส่วนใหญ่มาจากนักวิชาการ ไม่ใช่เป็นประเด็นที่ผ่านการสังเคราะห์ในพื้นที่

ในปลายทศวรรษที่ 80 กระแสแนวทางวิจัยระบบฟาร์ม (Farming Systems Research, FSR) ได้ขยายไปสู่การศึกษาและวิจัยของไทย กรมวิชาการเกษตรและกรมส่งเสริมการเกษตรได้ผนวกวิธีการมีส่วนร่วมในการวิจัยและพัฒนาระบบเกษตร โดยปรับใช้แนวทางการวิเคราะห์ระบบเกษตร (Agroecosystem analysis) ซึ่งเริ่มต้นการพัฒนาที่มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และวิธีการประเมินชนบทแบบเร่งด่วน (Rapid Rural Appraisal, RRA) ซึ่งได้รับการปรับปรุงและขยายผลโดยมหาวิทยาลัยขอนแก่น (Chambers, 1994) ผสมผสานและปรับใช้ในกระบวนการวิจัยระบบฟาร์ม ซึ่งนำไปสู่การส่งเสริมแบบล่างสู่บน มีการพัฒนาและปรับกระบวนการมีส่วนร่วมในระบบส่งเสริม ตัวอย่างเช่น เกษตรกรมีส่วนร่วมในการทดลองร่วมกับนักวิจัย ผนวกองค์ความรู้ของเกษตรกรในการพัฒนาเทคโนโลยีร่วมกับองค์ความรู้จากนักวิจัย (Chamber *et. al.*, 1990; Röling and Engel, 1989; Scoones and Thomson, 1994) ซึ่งจะได้กล่าวในรายละเอียดในระบบการส่งเสริมแบบล่างสู่บน

ระบบการส่งเสริมแบบล่างสู่บน (Bottom up approach)

กระแสการส่งเสริมแบบล่างสู่บน โดยเฉพาะการพัฒนาการเกษตรที่เน้นคนเป็นศูนย์กลาง (People centered) ได้ก่อตัวในช่วงกลางทศวรรษที่ 80 และการประยุกต์ใช้ในการวิจัยระบบฟาร์ม ซึ่งเน้นการวิจัยและพัฒนาเชิงพื้นที่ได้สนับสนุนให้เกษตรกรมีส่วนร่วม เกษตรกรได้เปลี่ยนบทบาทจากผู้รับเทคโนโลยีมาเป็นผู้ร่วมงานและเป็นภาคีในการพัฒนาเทคโนโลยีร่วมกัน เพื่อปรับปรุงระบบการทำงานที่ไม่ใช่เพียงทดสอบพันธุ์ในสถานีและพื้นที่เกษตรกร (Na Bangchang, 2005; Neef, 2005) แนวคิดการสร้างและนำองค์ความรู้ไปใช้เกิดจากความต้องการของเกษตรกรได้ขยายออกในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การพัฒนาเทคโนโลยีแบบมีส่วนร่วม การพัฒนาที่เริ่มจากเกษตรกรและเสร็จสิ้นที่เกษตรกร โดยเกษตรกรเป็นผู้ประเมินความเหมาะสมของเทคโนโลยี (Farmer-First-and Last, FFL) (Chambers and Ghildyal,1985) แนวคิดระบบสร้างสรรค์พร้อมทั้งกระบวนการทำงานเชิงภาคีของหลายภาคส่วน และทฤษฎีเครือข่าย เป็นต้น ในทางปฏิบัติการสร้างและใช้องค์ความรู้เป็นกระบวนการเรียนรู้ร่วมกันโดยมีผู้อำนวยการเรียนรู้ (Facilitator) ที่สามารถเชื่อมโยงประเด็น ประมวลความหลากหลายความคิดเห็นให้เหลือประเด็นที่สามารถนำไปปฏิบัติร่วมกัน พร้อมทั้งการตั้งคำถามเพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน นอกจากนี้ วิธีการและเครื่องมือการมีส่วนร่วมได้มีการจัดทำคู่มือในการพัฒนาและเวทีการประชุมเชิงปฏิบัติการ ซึ่งมีความชัดเจนด้านกระบวนการสร้างความร่วมมือการทำงานกับชุมชนและการนำไปใช้ของชุมชน (Pretty *et. al.*, 1995)

ในการพัฒนาแนวทางดังกล่าวได้รับการยืนยันว่าเป็นกระบวนการที่มีประสิทธิผล เช่น การจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสาน (IPM) โดยการใช้แนวทางโรงเรียนเกษตรกร (Farmer Field School) ซึ่งเริ่มใช้ครั้งแรกในประเทศอินโดนีเซีย (Pontious *et. al.*, 2001; Isubikalu, 2007; Van de Fliet *et. al.*, 1993; Röling and Van de Fliet, 1994) กระบวนการเรียนรู้ดังกล่าวผ่านกระบวนการกลุ่มในการจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสานที่เหมาะสมโดยเกษตรกรที่ร่วมโครงการนำความรู้เรื่องระบบนิเวศวิทยา และการรักษาสมดุลระหว่างศัตรูพืชและแมลงที่เป็นประโยชน์ตามธรรมชาติ นอกจากนี้กรณีศึกษาในประเทศไทยพบว่าเกษตรกรสามารถปรับเปลี่ยนระบบการปลูกพืชผักเคมีสู่ระบบการผลิตปลอดสารพิษและอินทรีย์โดยใช้แนวทางโรงเรียนเกษตรกร (Waneesorn, 2004; Kramol *et. al.*, 2006) และกระบวน

การมีส่วนร่วมใน การปรับปรุงพันธุ์ข้าว (พฤกษ์ และคณะ, 2545)เป็นต้น

ในการพัฒนาเกษตรกรรมทางเลือก โดยเฉพาะช่วงแผนพัฒนา ฯ ฉบับที่ 8 นักคิดและนักวิชาการได้ให้ความสำคัญกับการพัฒนาแบบมีส่วนร่วม ทั้งระดับครัวเรือนและระดับชุมชน ช่วงเวลาดังกล่าวในต่างประเทศก็มีผู้เสนอ ได้เสนอวิธีการที่จะเข้าถึงชุมชนด้อยโอกาสในชนบท เช่น การประเมินชนบทแบบมีส่วนร่วม (Chambers, 1992) ซึ่งต่อมาได้รับการพัฒนาปรับปรุงจนเกิดวิธีการใหม่ เช่น Asset Based Approach ในการเสริมสร้างศักยภาพชุมชน (Mathie and Cunningham, 2002)

ขอบเขตและแนวทางการขยายผล (Scaling-up หรือ Up-scaling) ของระบบเกษตรยั่งยืนและการจัดการทรัพยากรธรรมชาติได้รับการวิเคราะห์อย่างกว้างขวางจากสถาบันต่างๆ ทั้งในและต่างประเทศ เช่น เครือข่าย LEISA (Low External Input Sustainable Agriculture) ที่ให้ความสำคัญกับการขยายผลเกษตรยั่งยืนที่ใช้ปัจจัยภายนอกในการผลิตต่ำ (LEISA, 2001) สถาบันวิจัยเกษตรนานาชาติที่ได้ประชุมอย่างต่อเนื่องในเรื่องการขยายผลเกษตรยั่งยืนและการจัดการทรัพยากรธรรมชาติแบบผสมผสานที่นำไปสู่วิถีชีวิตที่ยั่งยืน (McDougall and Braun, 2003)

สำหรับประเทศไทยนอกจากการเปลี่ยนแปลงเชิงกระบวนการแล้วยังมีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างและการกระจายอำนาจสู่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ให้มีการจัดตั้งศูนย์ถ่ายทอดประจำตำบล เพื่อให้บริการด้านการส่งเสริมการเกษตรแบบบูรณาการ ร่วมกับกรมวิชาการเกษตรในพื้นที่ ได้แก่ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตต่าง ๆ สำนักงานปศุสัตว์ ประมง และกรมส่งเสริมการเกษตร โดยมีเจ้าหน้าที่ส่งเสริม ในการให้บริการ และส่งเสริมการพัฒนาวิสาหกิจเกษตรระดับตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์ หนึ่งตำบล (OTOP) ที่กระตุ้นให้เกิดการสร้างนวัตกรรมของชุมชนในสร้างรายได้ ซึ่งจากการพัฒนาดังกล่าวทำให้เกิดการทำงานของเจ้าหน้าที่มีส่วนสำคัญต่อการพัฒนาชนบทร่วมกับเกษตรกร อย่างไรก็ตามรูปแบบและวิธีการในการทำงานร่วมกับเกษตรกรเพื่อพัฒนาที่ยั่งยืน ประการสำคัญ นักวิชาการและนักพัฒนาต้องปรับเปลี่ยนทัศนคติ ลดทิฐิ และพร้อมที่จะเรียนรู้กับเกษตรกรเพื่อปรับตัวกับการเปลี่ยนแปลง ซึ่งนักส่งเสริมเปลี่ยนบทบาทจากการอบรมให้ความรู้มาเป็นผู้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ การสร้างองค์กรแห่งการเรียนรู้ และการอำนวยการในสร้างนวัตกรรม ต้องอาศัยทักษะและการทำงานเชื่อมประสานกับหลายหน่วยงาน

ระบบการส่งเสริมแบบการสร้างกระบวนการเรียนรู้ร่วมกัน (Social learning)

การพัฒนาที่ยั่งยืนยังกลายเป็นกระแสที่มีการถกเถียงกันอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะการส่งเสริมการเกษตรว่าควรจะมีรูปแบบอย่างไรที่ทำให้เกิดการพัฒนาด้านเกษตรที่ยั่งยืน ในแผนพัฒนา ฯ ฉบับที่ 9-10 (2545-2554) กล่าวถึงการปรับเปลี่ยนกระบวนทัศน์ด้านการพัฒนาเทคโนโลยีการเกษตรที่ตอบสนองต่อผู้ใช้เทคโนโลยี (Demand driven) ซึ่งระบบการส่งเสริมและเจ้าหน้าที่ส่งเสริมต้องปรับตัวและเปลี่ยนบทบาทในกระบวนการเพื่อเกิดนวัตกรรมและการเรียนรู้ใหม่ (Na Bagchang, 2005) ปัจจุบันเป็นที่ยอมรับว่า นวัตกรรมทางเกษตร ถึงแม้จะพิจารณาทางด้านเทคนิค ก็ใช่ว่าจะมีเพียงมิติเดียว แต่จะประกอบด้วยหลายองค์ประกอบ เช่น นวัตกรรมเกษตรอินทรีย์ไม่ใช่เพียง การเลิกใช้สารเคมี แต่ยังต้องคำนึงถึงการใช้ประโยชน์ จากความหลากหลายทางชีวภาพ ความสัมพันธ์ระหว่างเกษตรกรกับผู้บริโภคตลอดจนกฎเกณฑ์และมาตรฐานต่างๆ ที่ตามมา ระบบเกษตรอินทรีย์จะต้องเกี่ยวข้องกับภาคีหลายภาคส่วน กระบวนการพัฒนาองค์ความรู้และสร้างความเข้าใจระหว่างกลุ่มที่เกี่ยวข้องจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง การศึกษาและการวิเคราะห์การยอมรับที่ระดับปัจเจกจะไม่เพียงพอที่จะผลักดันเกษตรอินทรีย์และการขยายผลได้ ตัวอย่างกลุ่มที่ประสบความสำเร็จจนนำไปสู่ความยั่งยืนที่เกิดจากการขับเคลื่อนกระบวนการเชิงองค์กร เช่น ความสำเร็จเกิดจากการใช้กระบวนการมีส่วนร่วมในการพึ่งตนเองของเกษตรกรด้านเมล็ดพันธุ์โดยกระบวนการทำกิจกรรมกลุ่มร่วมกัน (Collective action) (Limnirankul, 2007) เครือข่ายเกษตรปลอดพิษแม่ปิง การทำงานร่วมกันระหว่างเกษตรกรและสถาบันการศึกษาในการพัฒนา

ระบบการผลิตและการตลาดที่ยั่งยืน (Limnirankul and Gypmantasiri, 2010)

ดังนั้นการสร้างนวัตกรรมเกษตรยั่งยืนจึงเป็นการหลอมรวมด้านเทคโนโลยีและการปฏิบัติด้านองค์ความรู้และระบบคิด พร้อมทั้งความสัมพันธ์ทางสังคมและรูปแบบขององค์กร ซึ่งการมองนวัตกรรมในเชิงของกระบวนการได้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ในปัจจุบันการเปลี่ยนแปลงเป็นผลจากความสัมพันธ์ของการพึ่งพาซึ่งกันและกัน (Interdependence) ตลอดจนเป็นผลอันเกิดจากสิ่งที่ไม่ได้คาดคิดมาก่อน ซึ่งยุทธศาสตร์ของการสื่อสารในการสร้างองค์ความรู้และการนำไปใช้เพื่อชุมชนเข้มแข็งอย่างน้อยควรประกอบด้วยประเด็นดังนี้ 1. สร้างเครือข่าย ซึ่งมีผู้รู้ให้สร้างแผนที่มนุษย์ในชุมชนเชื่อมโยงกับผู้รู้ภายนอก ฯลฯ การสนับสนุนการเรียนรู้เชิงสังคม โดยแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันของการดำเนินงานและการปฏิบัติของผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง 2. การจัดกระบวนการทบทวนและประเมินผล ศึกษาปรากฏการณ์ที่ผ่านมา แนวโน้มปัจจุบัน และความเป็นไปได้ในอนาคต และ 3. การจัดการข้อขัดแย้งและความสัมพันธ์เชิงอำนาจ โดนเน้นการทำงานเชิงกระบวนการและทำข้อตกลงร่วมกันให้ผู้ที่เกี่ยวข้องทำข้อเสนอและเสนอข้อคิดเห็นที่แตกต่างกัน ซึ่งผู้วิจัยได้นำเสนอแนวทางการปรับกระบวนทัศน์ในระบบการส่งเสริมที่เน้นการนวัตกรรมการเรียนรู้เชิงสังคม เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่และนำไปสู่ความยั่งยืนในการผลิต โดยมีรายละเอียดในหัวข้อถัดไป

ระบบการส่งเสริมการเกษตรยั่งยืน

แนวทางการมีส่วนร่วมได้เป็นกระบวนการหลักของการพัฒนาระบบเกษตรยั่งยืน ซึ่งได้มีการพัฒนาการมาตลอดในสองทศวรรษที่ผ่านมาการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญได้แก่ การเปลี่ยนแปลงด้านความคิด การขยายระดับการทำงานเหนือระดับครัวเรือนไปถึงชุมชน กลุ่มและเครือข่ายตลอดจนระหว่างเครือข่าย ได้มีการเชื่อมโยงระบบเกษตรยั่งยืนกับความมั่นคงทางอาหารซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของการพัฒนาเศรษฐกิจพอเพียงของชุมชน ระบบเกษตรยั่งยืนได้กลายเป็นทิศทางหลักของการพัฒนาเกษตรและเศรษฐกิจทางเลือกของเกษตรกรรายย่อย ที่ต้องการยกระดับสมรรถนะการพึ่งตนเอง สร้างความมั่นคงทางอาหารและแก้ไขความยากจนภายใต้ความกดดันของโลกาภิวัตน์และตลาดเสรี

ความเคลื่อนไหวของเกษตรยั่งยืนเพื่อเกษตรกรรายย่อยในประเทศไทยเป็นการเคลื่อนไหวทางสังคม ที่ต้องการพัฒนาไปสู่วิถีชีวิตที่ยั่งยืนภายใต้การสนับสนุนอย่างเหมาะสมของทุนทางกายภาพ เศรษฐกิจ การเงิน ทรัพยากร สังคมและวัฒนธรรม การขยายผลของระบบเกษตรยั่งยืนในระยะหลัง ส่วนหนึ่งเป็นการขยายผลเชิงความคิด การจัดการความรู้ การบริหารและจัดการชุมชน การออกแบบเทคโนโลยีและรูปแบบการผลิตที่สามารถปรับตัวได้ดีกับการเปลี่ยนแปลง ในขณะเดียวกัน รูปแบบของการเรียนรู้ได้มีการพัฒนาจากวิธีการส่งเสริมที่ออกแบบโดยผู้ให้การส่งเสริมกับเกษตรกรซึ่งเป็นผู้รับบริการ มาเป็นการเรียนรู้ตามอัธยาศัย การจัดการเรียนรู้ในรูปแบบของเวทีแลกเปลี่ยนประสบการณ์ ระหว่างกลุ่มและเครือข่าย ทำให้ชุมชนได้มีส่วนร่วมในการตั้งโจทย์วิจัยและพัฒนามากยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่สนับสนุนเกิดนวัตกรรม กล่าวได้ว่า การเปิดพื้นที่ทางสังคมให้กว้างกว่าเดิมจนครอบคลุมบุคคลทุกสถานะเป็นยุทธศาสตร์ที่สำคัญต่อการเรียนรู้และการขยายผล

การพัฒนากรอบการพัฒนาในระบบส่งเสริมการเกษตรที่มีการปรับกระบวนทัศน์นี้ เป็นการเชื่อมโยงของระบบที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเกษตรยั่งยืนที่มีผู้เกี่ยวข้องหลายภาคส่วน ดัง ภาพที่ 1 (Spielman and Birner, 2008) แสดงให้เห็นถึงลักษณะความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ขององค์กรและสถาบันต่าง ๆ ระบบส่งเสริมที่มีประสิทธิผลจำเป็นต้องเข้าใจกระบวนการทำงานของสถาบันต่าง ๆ และผลลัพธ์ที่สามารถนำมาประกอบเป็นองค์ความรู้ที่เชื่อมโยงระดับท้องถิ่น (local) สู่สากล (Global) และสามารถนำไปปฏิบัติเพื่อสร้างผลประโยชน์ให้กับเกษตรกร ผู้ประกอบการ และผู้บริโภค ในห่วงโซ่มูลค่า (Value chains) ตัวอย่างที่เห็นผลชัดเจน การผลักดันการผลิตมะม่วงคุณภาพเพื่อการส่งออกในรูปแบบของกลุ่มยุทธศาสตร์ (Cluster strategy) (Limnirankul *et.al.*, 2010; ธวัชชัยและคณะ, 2552) ซึ่งการใช้ยุทธศาสตร์นี้ใช้ประโยชน์จากศักยภาพและขีด

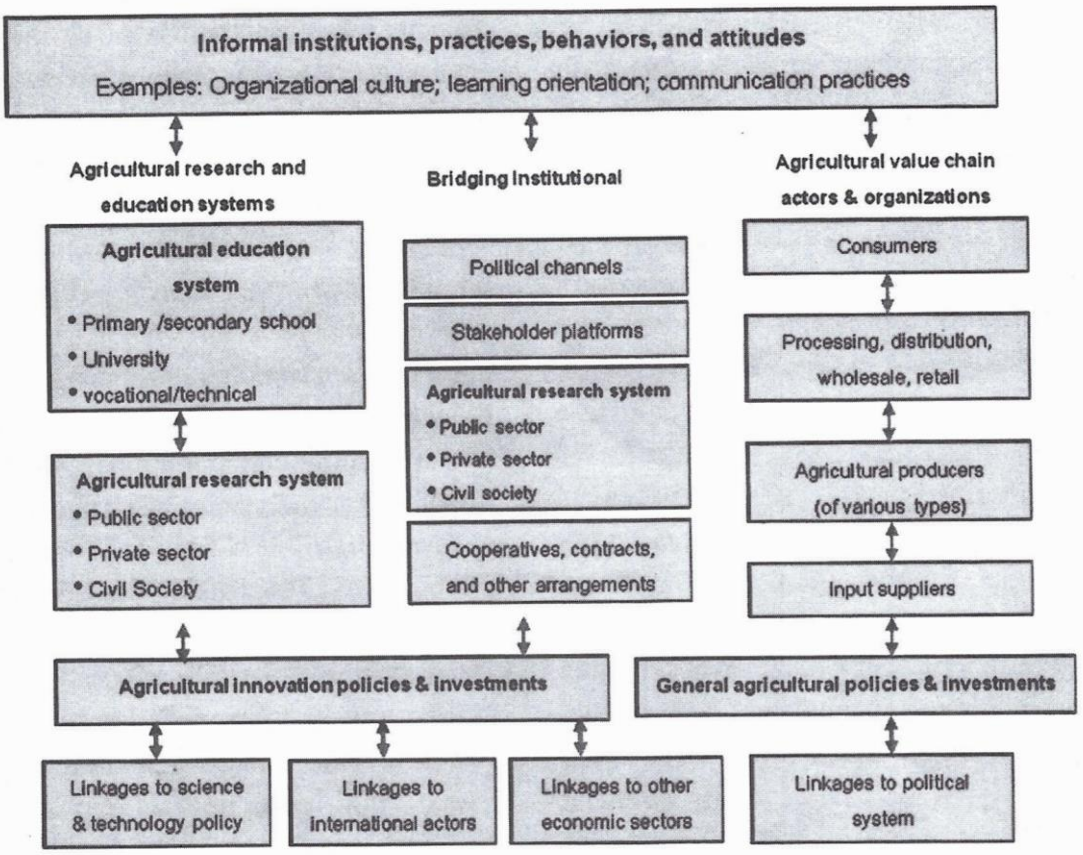


Figure 1 Conceptual diagram of an agricultural innovation systems for sustainable agriculture
Source: Adapted from Spielman and Birner (2008)

ความสามารถของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในห่วงโซ่มูลค่าของมะม่วง เช่น ครัวเรือนเกษตรกรและกลุ่มเกษตรกร ผู้ประกอบการส่งออก ผู้ประกอบวัสดุและปัจจัยการผลิต ผู้ควบคุมคุณภาพและรับรองมาตรฐาน เป็นต้น นอกจากนี้การพัฒนาศักยภาพขององค์กรเกษตรกร เพื่อยกระดับการดำเนินธุรกิจเกษตรระหว่างชายแดนไทยและ สปป.ลาว (บุศรา และคณะ 2552) เป็นตัวอย่างของการยกระดับการพัฒนาสมรรถนะของเกษตรกรที่ระดับปัจเจกและองค์กรและในขณะเดียวกันขยายการทำงานด้านการผลิตสู่การค้าชายแดนที่กลุ่มเกษตรกรมีความได้เปรียบเชิงเปรียบเทียบ ด้านทุนทางมนุษย์ ทุนทางสังคม และทุนทางกายภาพ

สรุปและข้อเสนอแนะ

ระบบการส่งเสริมการเกษตรของไทย เริ่มมีการพัฒนาโครงสร้างและระบบการทำงานจนถึงระดับตำบลและหมู่บ้านตั้งแต่แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 4 เป็นต้นมา การรับเอาแนวคิดและแนวปฏิบัติระบบการฝึกอบรมและการเยี่ยมเยียน (T&V) ทำให้ระบบการผลิตเชิงพาณิชย์ขยายผลอย่างเต็มที่ แต่ในขณะเดียวกัน แนวทางดังกล่าวไม่สามารถแก้ไขปัญหาหรือตอบสนองต่อความต้องการของเกษตรกรรายย่อยในพื้นที่ชายขอบที่ด้อยโอกาส ทั้งทางด้านสังคม เศรษฐกิจและการเมือง การละเลยความสำคัญบริบทเชิงพื้นที่และ

ฐานทรัพยากรธรรมชาติ ตลอดจนภูมิปัญญาท้องถิ่น ทำให้ระบบการส่งเสริมแบบบนสู่ล่างถูกท้าทายมากขึ้นเมื่อเทคโนโลยีการผลิตที่ได้รับการพัฒนาในสถานีทดลองถึงแม้จะผ่านการทดสอบในไร่นาเกษตรกร ไม่เป็นที่ยอมรับของเกษตรกร นักเศรษฐศาสตร์ นักสังคมศาสตร์ และนักมานุษยวิทยาที่ให้ความสนใจกับความอยู่รอดของสังคมเกษตร โดยเฉพาะเกษตรกรรายย่อย และเกษตรกรชายขอบ ต่างยืนยันว่าเทคโนโลยีที่ได้ผลควรเป็นเทคโนโลยีที่ได้รับการยอมรับและปฏิบัติโดยเกษตรกร ดังนั้นการวิจัยระบบฟาร์ม (Farming System Research and Extension หรือ FSR/E) ได้ปรับโครงสร้างระบบการวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยี การเกษตร โดยสนับสนุนให้มีการวิเคราะห์ปัญหาในพื้นที่เกษตรกร การออกแบบการวิจัยเพื่อวิเคราะห์ปัญหาการเพิ่มผลผลิตของเกษตรกร (Yield constraints) ในส่วนนี้ได้มีการพัฒนาเครื่องมือการวิเคราะห์โดยการมีส่วนร่วมของเกษตรกร เช่น การวิเคราะห์ชนบทแบบเร่งด่วน (Participatory Rural Appraisal: PRA) การวิเคราะห์ระบบเกษตรนิเวศน์ (Agroecosystem analysis) และการส่งเสริมตามหลักการวิจัยการทำฟาร์ม (Farming Systems Research Approach) กระบวนการวิจัยที่เริ่มต้นที่ตัวเกษตรกรและสิ้นสุดที่ตัวเกษตรกร (โดยเกษตรกรเป็นผู้ประเมินผลสัมฤทธิ์ของเทคโนโลยี) หรือรู้จักในนามของ Farmer- First and Last model หรือ Farmer First การวินิจฉัยและการออกแบบ (Diagnosis and Design, DoD) ได้กลายเป็นวิธีการที่สำคัญในการปรับเปลี่ยนการทำงานพัฒนาเทคโนโลยีการเกษตร ตามแนวทางระบบวิจัยฟาร์ม

แผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 10 และ 11 (2555-2559) ซึ่งให้ความสำคัญกับระบบเกษตรยั่งยืน ภายใต้เศรษฐกิจพอเพียง บทบาทของนักส่งเสริมจำเป็นต้องเน้นกระบวนการมีส่วนร่วมในเชิงภาคีเครือข่ายมากขึ้น โดยเฉพาะกับหน่วยงานของรัฐระดับพื้นที่ สถาบันการศึกษาในระดับพื้นที่ และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ประเด็นท้าทาย ที่ส่งผลต่อเกษตรยั่งยืน อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงด้านเศรษฐกิจ สังคม และการเมือง ตลอดจนกฎเกณฑ์ข้อตกลงระหว่างประเทศจะสร้างภาวะความกดดันมากขึ้นกอร์ป กับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ ระบบเกษตรและอาหารจำต้องพัฒนาบนฐานของความรู้ที่เข้มข้นและลึกซึ้ง ประเด็นที่ท้าทาย เช่น 1. ยุทธศาสตร์การวิจัย พัฒนา และส่งเสริมจะต้องปรับโครงสร้าง และระบบการทำงานเพื่อให้ก้าวทันต่อการเปลี่ยนแปลงและสร้างความมั่นใจให้กับเกษตรกรรายย่อย 2. เทคโนโลยีสารสนเทศ และ เครื่องมือสื่อสารสมัยใหม่ จะได้รับการใช้ให้เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาด้านเกษตร การเรียนรู้และการขยายผล เพื่อสร้างประโยชน์และความยั่งยืนให้กับเกษตรกร โดยให้คำนึงถึงความเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรรายย่อยในวงกว้าง โดยเฉพาะเกษตรกรหญิง และ 3. กระบวนการเรียนรู้เชิงสังคม และระบบภาคีเครือข่ายที่ประกอบด้วยหลายภาคส่วนจะต้องได้รับการปรับปรุงเพื่อเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาเทคโนโลยี องค์กร และสถาบันเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการจัดการกับความซับซ้อนและความไม่แน่นอนได้อย่างเท่าทันและมีประสิทธิภาพ

การปรับเปลี่ยนแนวคิดและแนวปฏิบัติของการวิจัยพัฒนาและการส่งเสริมทางการเกษตรที่สอดรับกับกระบวนทัศน์และหลักการตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม พอสรุปดังแสดงในตารางที่ 1

ระบบส่งเสริมการเกษตรของภาครัฐ และการศึกษาจำเป็นต้องปรับตัวกับสิ่งที่ท้าทายใหม่ภายใต้สถานการณ์ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น ทั้งนี้เพื่อให้เป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรรายย่อย

Table 1 Paradigm shift in agricultural development, principles and concept as emerged during the National Economic and Social Development Plans 1-10

The National Economic and Social Development Plan	Paradigm	Principles	Concepts/Practices
1. Plan 1-4	Economic led development	Resource management and basic infrastructure for development growth	- Green Revolution - Researchers formulated and carried out research, delivered results to extension officer and then transferred to farmers
2. plan 5-7	Economic and social development in parallel	Technology development relevant to local context	- Farming Systems Research and Agro-ecological approach - Farmer –First and- Last model
3. plan 8-10	Sustainable development	Integration of social, economic and environment	- Sustainable agriculture under sufficiency economy philosophy - Social learning and networking

เอกสารอ้างอิง

ธวัชชัย รัตน์ชเลศ บุศรา ลิ้มนิรันดร์กุล พฤกษ์ ยิบมันตะสิริ และรุ่งทิพย์ อุทุมพันธ์. 2552. การใช้แนวทางกลุ่มยุทธศาสตร์เพื่อปรับปรุงขีดความสามารถของเกษตรกรผู้ผลิตมะม่วงส่งออก. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.110 หน้า.

บุศรา ลิ้มนิรันดร์กุล พฤกษ์ ยิบมันตะสิริ ยุภาพร ศิริบัติ และมาณิชรา ทองน้อย. 2552. การจัดการธุรกิจเกษตรชายแดนไทย-ลาว โดยองค์กรชุมชนท้องถิ่น: กรณีศึกษาชุมชน บ้านฮวก จังหวัดพะเยา. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 139 หน้า.

พฤกษ์ ยิบมันตะสิริ กุศล ทองงาม บุศรา ลิ้มนิรันดร์กุล และบุญรัตน์ จงดี. 2545. การมีส่วนร่วมของเกษตรกรในการปรับปรุงข้าวนาน้ำฝน.หน้า 81-84. *ใน* รายงานการประชุมวิชาการ ศวพก. ปี

2545. 15-16 พฤศจิกายน 2545. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร. มหาวิทยาลัย เชียงใหม่. เชียงใหม่.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2548. เศรษฐกิจพอเพียงคืออะไร. กรุงเทพ.(ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล http://www.moe.go.th/sufficiency/newsite/files/sufficiency.pdf (30 เมษายน 2554)

Chambers, R. 1992. Rural appraisal: Rapid, relaxed and participatory. IDS Discussion Paper 311. Brighton: IDS.

Chamber, R. 1994. The origins and practice of participatory rural appraisal. World Dev. 22(7): 953-969.

Chambers, R. and B. P. Ghildyal. 1985. Agricultural research for resource-poor farmers: the farmer-first-and-last model. Agr. Admin. Ext. 20:1-30.

Chambers, R., A. Pacey and L. A.Thrupp (Eds.). 1990. Farmer First: Farmer Innovation and Agricultural Research. London: Intermediate Technology Publications. 219 p.

Isubikalu, P. 2007. Stepping-stones to improve upon functioning of participatory agricultural extension programs farmer field schools in Uganda. Ph.D. Thesis, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands. 216 p.

Kramol, P., K. Thong-ngam, P. Gypmantasiri. and W.P. Davies. 2006. Challenges in developing pesticide-free and organic vegetable markets and farming systems for smallholder farmers in North Thailand. pp.243-252. Proceedings of the International Symposium on Improving the Performance of Supply Chains in the Transitional Economies, Chiang Mai, July 19 - 23, 2005,

LEISA, 2001. Lessons in scaling up. 17(3): 60 p. (Online). Available: http://www.Agriculturesnetwork.org/magazines/india/3-lessons-in-scaling-up/4-editorial-lessons-for-scaling-up-of-leisa/at_download/article_ pdf (April 30, 2011)

Limnirankul, B. 2007. Collective action and technology development: Up-scaling of innovation in rice farming communities in Northern Thailand. PhD Thesis, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands. 246 p.

Limnirankul, B. and P. Gypmantasiri. 2010. Transforming agri-food systems in peri-urban area of Northern Thailand. pp.1932-1942. Proceedings of the 9th European International Farming Systems Association (IFSA) Symposium. July 4-7, 2010, University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna, Austria.

Limnirankul, B., P. Gypmantasiri, T. Radanachaless, and R. Utumpan. 2010. Multi-stakeholder processes that work towards designing functional fruit cluster for smallholder mango farmers in Thailand. pp. 673-682. Proceedings of Innovation and Sustainable Development in Agriculture and Food (ISDA) Symposium. June 28-July 1, 2010. Corum Convension, Montpellier, France, 673-682.

Mathie, E. and G. Cunningham. 2002. From clients to citizens: Asset-Based Community development as a strategy for community-driven development. Occasional paper. (Online). Available: http://www.mystfx.ca/

institutes/coady/text/about_publications_occational_citizens.html (April 30, 2011)

McDougall, C. and A. Braun. 2003. Navigating Complexity, Diversity and Dynamism: Reflections on Research for Natural Resource Management. pp. 20-47. In: B. Pound, S. Snapp, C. McDougall and A. Braun(eds.). Managing Natural Resources for Sustainable Livelihoods: Uniting Science and Participation. Earthscan Publication Ltd and IDRC Press, UK.

Meadows, T.H.E., D.L. Meadows and J. Randers. 2004. The Limits to Growth: The 30-Year Update. Chelsea Green Publishing, White River Junction. 368 p.

Na Bangchang, O. 2005. Demand driven research on agricultural production technologies; The paradigm shift in the Thai Ministry of Agriculture and Cooperatives' principles and approached. pp. 313-329. In A. Neef (ed.) Participatory Approaches for Sustainable Land Use in Southeast Asia. White Lotus. Bangkok,

Neef, A. 2005. Participatory approaches for sustainable land use in Southeast Asia: An overview. pp.3-32. In: A. Neef (ed.) Participatory Approaches for Sustainable Land Use in Southeast Asia. White Lotus. Bangkok,

Pontious, J., R. Dilts and A. Bartlett. 2001. From farmer field schools to community IPM: Ten years of IPM training in Asia: Community integrated pest management. (Online). Available: http://www.communityipm.org/docs/10%20Years%20of%20IPM/10Years-Main.htm. (January 19, 2011).

Pretty, J. N., I. Gujit, I. Scoones and J. Thomson. 1995. A Trainer's Guide for Participatory Learning and Action. IIED, London. 267 p.

Richards, P. 1990. Agriculture as a performance. pp. 39-43. In: R. Chamber, A. Pacy and L.A. Thrupp (eds.), Farmer First: Farmer Innovation and Agricultural Research. Intermediate Technology Publications, London.

Rogers, Everett M. 2003. Diffusion of Innovations, Fifth Edition 2003. New York: Free Press. 216 p.

Röling, N., and E. Van de Fliert. 1994. Transforming extension for sustainable agriculture: The case of integrated pest management in rice in Indonesia. Agr. Human Values. 11 (3): 96-108.

Röling, N., and P. Engel. 1989. IKS and knowledge management: Utilizing indigenous knowledge in institutional knowledge systems. Pp. 101-115. In: D. Warren et al. (eds.), Indigenous Knowledge Systems: Implications for Agriculture and International Development. Studies in Technology and Social Change, 11. Ames: Technology and Social Change Program, Iowa State University.

Scoones, I., and J. Thompson (eds.). 1994. Beyond Farmer First. London: IT Publications. 288 p.

Spielman, D.J. and R. Birner. 2008. How innovation is your agriculture? Using innovation indicators and benchmarks to strengthen national agriculture innovation systems. Agriculture and Rural Development Discussion paper 41. Washington, D.C. World Bank.

Van de Fliert, E. 1993. Integrated pest management: Farmer field schools generate sustainable practices. A case study in central Java evaluating IPM training. Doctoral Dissertation. Wageningen Agriculture University Papers 93-3. Wageningen: PUDOC.

Waneesorn, C. 2004. Application of farmer field school approach for pesticide-free vegetable production in Peri-urban agriculture system. M.S. Thesis. Chiang Mai University, Chiang Mai. 76 p.

ดีไนทริไฟอิ้งแบคทีเรียและบทบาท ในการแก้ปัญหามลภาวะในสภาพแวดล้อม

Denitrifying Bacteria and the Roles in Problem Solving of Environmental Pollution

ชมภูนุช วิรุณานนท์[1/] จิราพร พวงแก้ว[1/] และวรวุฒิ จุฬาลักษณานุกูล[1/]

Chompunuch Virunanon[1/], Jiraporn Puangkaew[1/], and Warawut Chulalaksananukul[1/]

Abstract: Agriculture in the ancient time was focused on cultivation for food resources and to the produces were used for exchange. The cultivating process depends on nature more than chemical agent. Currently, agriculture adapts technology and chemical agents to increase yields and reduce production time. However, technology builds up environmental pollution extensively especially the contamination of chemical reagent to the living habitat. This review article focused on microbes related to environmental sciences which play important roles on chemical pollution removal process specifically denitrifying bacteria. They can be found both in agricultural area and in the forest. These bacteria play an exceptional role in saprophyte in nirogen cycle. This review targets to 4 main topics, Denitrification process and denitrifying bacteria, stress condition that switch bacteria to use NO^{3-} as electron acceptor, and application of denitrifying bacteria in hazardous waste removal in environmental science task.

Keywords: Denitrifying bacteria, environmental science, hazardous wastes

[1/]หน่วยวิจัยเชื้อเพลิงชีวภาพด้วยตัวเร่งชีวภาพ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

[1/]Biofuels by Biocatalysts Research Unit, Department of Botany, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok 10330

บทคัดย่อ: เกษตรกรรมในยุคโบราณเป็นการเพาะปลูกเพื่อให้ผลผลิตเป็นแหล่งอาหารและเป็นสิ่งแลกเปลี่ยนแทนเงินตรา การผลิตอาศัยธรรมชาติมากกว่าสารเคมี ในปัจจุบัน การเพาะปลูกอาศัยเทคโนโลยีและสารเคมีเป็นสิ่งช่วยเพิ่มผลผลิตและประหยัดเวลา อย่างไรก็ตามเทคโนโลยีทางการเกษตรโดยเฉพาะการใช้ปุ๋ยเคมีก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอันมาก โดยเฉพาะการปนเปื้อนสารเคมีลงสู่สิ่งแวดล้อม ในบทความนี้ได้กล่าวถึงจุลชีพกลุ่มที่มีบทบาทต่อการบำบัดการตกค้างของสารเคมีในสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มดีไนทริไฟอิ้งแบคทีเรีย ซึ่งสามารถพบได้ทั้งพื้นที่เกษตรกรรมและในป่าไม้ และมีบทบาทเป็นผู้ย่อยสลายในวัฏจักรไนโตรเจน โดยเน้นไปที่หัวข้อหลักสี่หัวข้อคือ กระบวนการดีไนทริฟิเคชันและดีไนทริไฟอิ้งแบคทีเรีย สภาวะที่ทำให้แบคทีเรียเกิดกลไกที่จะหันมาใช้ไนเทรต เป็นตัวรับอิเลกตรอน และการประยุกต์ใช้ดีไนทริไฟอิ้งแบคทีเรียในการกำจัดของเสียอันตรายในงานวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ: ดีไนทริไฟอิ้งแบคทีเรีย วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ของเสียอันตราย

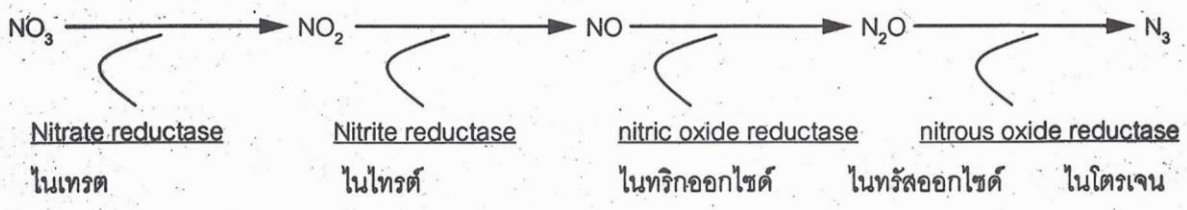
บทนำ

ปัญหามลภาวะสิ่งแวดล้อมเป็นเรื่องเร่งด่วนที่จำเป็นต้องหาทางแก้ไข โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ปุ๋ยและสารเคมีที่มีเพิ่มขึ้นในปัจจุบันถือเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหามลภาวะทั้งทางดินและน้ำ ซึ่งการเกษตรในยุคประมาณช่วง 100 ปีก่อนหน้า ล้วนแต่เป็นการเกษตรที่เน้นการใช้สารเคมีเพื่อเพิ่มผลผลิต กำจัดศัตรูพืช ซึ่งให้ผลดีในการเพิ่มผลผลิตเพียงระยะสั้น สิ่งที่ตามมาของการใช้สารเคมีเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรจะสะสมทีละน้อยแต่มีผลระยะยาวต่อสิ่งแวดล้อมและมนุษย์อย่างรุนแรงและก่อปัญหาตามมาอย่างคาดไม่ถึง ส่งผลทำให้แมลง โรคพืชมีความต้านทานเพิ่มขึ้น เกษตรกรยิ่งใช้สารเคมีมากขึ้นและในที่สุดก็ทำลายระบบนิเวศใกล้เคียงแหล่งเกษตรกรรม ทำให้เกิดการตกค้างของสารที่มีความเป็นพิษ เช่น โพลีไซคลิก อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน หรือ พีเอเอช (PAHs) เมธิลโบรไมด์ (CH_3Br) โพแทสเซียมไนเทรต (KNO_3) แอมโมเนียมไนเทรต (NH_4NO_3) เป็นต้น การมีสารเหล่านี้ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ร่วมกันในระบบนิเวศวิทยา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปนเปื้อนของไนเทรต (NO_3^-) ไนเทรตที่ปนเปื้อนและอาจส่งผลกระทบกับร่างกายสามารถมาได้จากหลายแหล่ง เช่น ในดินประสิวที่ทำเนื้อเค็ม หรือจากปุ๋ยเคมีที่ปนเปื้อนมากับผักสด ตลอดจนการปนเปื้อนในแหล่งน้ำธรรมชาติที่ใกล้กับแหล่งเกษตรกรรม เมื่อมีการรับเข้าสู่ร่างกายจะสามารถเปลี่ยนเป็นไนไทรต์ (NO_2^-) มีผลต่อร่างกายทำให้เกิดอาการปวดท้อง คลื่นไส้ อาเจียน หมดสติ นอกจากนี้ยังมีผลทำให้ตับไม่สามารถสะสมวิตามินเอได้ตามปกติ ในเด็กและทารกหากไนไทรต์ถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดจะมีผลต่อการพาออกซิเจน โดยไนไทรต์จะไปแย่งจับกับฮีโมโกลบินเกิดเป็นเมทีโมโกลบิน (Methemoglobin) ทำให้เกิดโรคบลูเบบี้ (Blue baby syndrome) หรือโรคเมทีโมโกลบิเนเมีย (Methemoglobinemia) ทำให้เด็กมีอาการตัวเขียวคล้ำ สมองขาดออกซิเจน เป็นลมหมดสติ และอาจถึงแก่ชีวิตได้ นอกจากนี้หากไนไทรต์ทำปฏิกิริยากับเอมีน (Amine) ในร่างกาย อาจทำให้เกิดสารไนโทรซามีน (Nitrosamine) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งได้อีกด้วย ดังจะเห็นได้ว่าปัจจุบันในแต่ละปีเต็มไปด้วยผู้ป่วยมะเร็ง คร่าชีวิตทรัพยากรมนุษย์ไปเป็นปีละจำนวนมาก (เก็จกาญจน์, 2546) อย่างไรก็ตามการเป็นมะเร็งนั้นยังมีปัจจัยเหนี่ยวนำอื่นอีกมาก เช่น พันธุกรรมพฤติกรรมการใช้ชีวิต และสารเคมีหรือรังสีอื่นๆที่มีผลต่อการแบ่งเซลล์ มิใช่มาจากการปนเปื้อนของไนเทรตในสิ่งแวดล้อมเพียงอย่างเดียว

การจัดการของเสียอันตรายและสารพิษจึงเป็นศาสตร์อีกแขนงหนึ่งที่นำมาใช้ควบคู่กับการเกษตรอินทรีย์ เพื่อบำบัดและลดปริมาณสารเคมีและของเสียที่เกิดจากการเกษตรเคมี โดยเฉพาะการปนเปื้อนของไนเทรตจากปุ๋ยเคมี แม้ว่าในปัจจุบันจะมีการใช้ปุ๋ยไนเทรตเพื่อเพิ่มธาตุอาหารให้พืช และพืชมีการตอบสนองต่อปุ๋ยได้ดี ซึ่งแสดงว่าดินยังมีการขาดแร่ธาตุไนโตรเจนอยู่ อย่างไรก็ตาม มีรายงานการปนเปื้อนของไนเทรตและฟอสเฟตในน้ำ โดยเฉพาะแหล่งน้ำในบริเวณใกล้เคียงกับพื้นที่การเกษตร

(กรมควบคุมมลพิษ, 2546) สำหรับในต่างประเทศได้มีการศึกษาผลกระทบดังกล่าวมาเป็นเวลานาน ในสหรัฐอเมริกา World Resources Institute ได้มีการประมาณการปริมาณไนเทรตที่จะมีตกค้างในธรรมชาติโดยคำนวนจากปริมาณปุ๋ยที่จะใช้ในการเกษตร ระหว่างปี 1960-2020 พบว่าในประเทศกำลังพัฒนามีแนวโน้มที่จะมีการใช้ปุ๋ยในการเกษตรเพิ่มขึ้นมากที่สุดในปี 2020 เมื่อเทียบกับภูมิภาคอื่นๆของโลกคือ ประเทศกลุ่มยุโรป ประเทศในทวีปอัฟริกา อเมริกาใต้ และเอเชีย ในประเทศไทยก็มีการศึกษาผลกระทบดังกล่าว และพบการปนเปื้อนของไนเทรตในพืชผักและในน้ำใต้ดินมากกว่าการปนเปื้อนในดิน โดยในปี 2536 ฉันทนา ได้ศึกษาการปนเปื้อนของตะกอนในแหล่งน้ำใกล้กับบริเวณสนามกอล์ฟติดกับอ่างเก็บน้ำกลางดง จังหวัดชลบุรี พบว่าปริมาณไนเทรตเฉลี่ยในน้ำสูงกว่าในดินและในตะกอน แต่ต่ำกว่าคุณภาพน้ำผิวดินของ WHO (45 มิลลิกรัมต่อลิตร) (World Health Organization, 2011) อย่างไรก็ตามปริมาณดังกล่าวพบว่าเป็นปริมาณที่สูงมากเมื่อเทียบกับค่า maximum contamination level (MCL) ที่กำหนดไว้ในน้ำดื่มคือ 10 ส่วนต่อล้าน (ppm) โดย United State Environmental Protection Agency (1991) และยังพบการตกค้างของไนเทรตอยู่ในผักกินใบจากการศึกษาของ อัมพิกา (2548) รายงานว่าปริมาณไนเทรตในผักทุกชนิดมีค่าสูงกว่าไนไทรต์มาก ผักใบเป็นผักที่มีปริมาณไนเทรตสูง ส่วนใหญ่มีค่าสูงกว่าเกณฑ์กำหนดปริมาณไนเทรตในอาหารตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขแต่มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานปริมาณไนเทรตในผักของสหภาพยุโรป โดยผักใบ ได้แก่ กวางตุ้งฮ่องเต้ ผักกาดเขียว กวางตุ้ง ผักบุ้งจีน กวางตุ้งดอก กุยช่ายใบ ผักกาดหอม และต้นหอม พบค่าเฉลี่ยปริมาณไนเทรตอยู่ระหว่าง 505.1-1573.4 มก./กก. และมีการศึกษาการปนเปื้อนในน้ำใต้ดินเช่นกันในรายงานของ Wongsanit (2009) โดยพบว่าน้ำใต้ดินที่ปนเปื้อนอยู่ในพื้นที่การเพาะปลูกอ้อยมีการปนเปื้อนในระดับสูง 5.41% ในประเทศไทย ปัจจุบันปัญหาการขาดธาตุไนโตรเจนในดินยังคงมีอยู่ ทำให้การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนยังคงมีอย่างต่อเนื่อง และพืชมีการตอบสนองต่อปุ๋ยได้ดี ดังนั้นประเด็นปัญหาคือปุ๋ยที่ไม่ได้รับการดูดซึมแต่ถูกน้ำชะล้างลงไปใต้ดินจึงเป็นส่วนที่เป็นส่วนที่มักก่อปัญหาการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม การกำจัดและบำบัดไนเทรตมีอยู่ด้วยกันหลายกระบวนการ เช่น กระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange) กระบวนการ รีเวิร์สออสโมซิส (reverse osmosis) กระบวนการแยกไอออนผ่านเยื่อด้วยไฟฟ้า (electrodialysis) กระบวนการกลั่น (distillation) กระบวนการรีดักชันทางเคมี (chemical reduction) และกระบวนการดีไนทริฟิเคชัน (denitrification) เป็นต้น (Gómez *et al.*, 2002) ซึ่งแต่ละกระบวนการก็มีประสิทธิภาพในการกำจัดที่แตกต่างกันออกไป แต่สำหรับกระบวนการดีไนทริฟิเคชันเป็นกระบวนการที่นิยมใช้ เนื่องจากสามารถประยุกต์ได้หลากหลาย มีความจำเพาะ มีความคุ้มค่า และสามารถเปลี่ยนไนเทรตให้อยู่ในรูปของแก๊สไนโตรเจนได้ด้วยวิธีทางชีวภาพ โดยอาศัยการทำงานของดีไนทริไฟอิ้งแบคทีเรีย และสามารถเปลี่ยนสารประกอบไนเทรตให้อยู่ในรูปของแก๊สไนโตรเจนได้

ในทางชีววิทยาสามารถพบไนเทรตเป็นสารตัวกลางในกระบวนการหลักอยู่ 2 กระบวนการ (Zhou *et al.*, 2001; Zhou *et al.*, 2007; Zhou *et al.*, 2011) กระบวนการแรกคือ กระบวนการไนทริฟิเคชัน และกระบวนการที่สองคือ กระบวนการดีไนทริฟิเคชัน ในกระบวนการไนทริฟิเคชัน แอมโมเนียจะถูกเปลี่ยนเป็นไนไทรต์และถูกออกซิไดซ์ต่อได้เป็นไนเทรต ส่วนกระบวนการดีไนทริฟิเคชันไนเทรตจะถูกรีดิวซ์เป็นไนไทรต์ ไนทริกออกไซด์ ไนทรัสออกไซด์ และไนโตรเจนตามลำดับการ และอาศัยการทำปฏิกิริยาของเอนไซม์ 4 ชนิด ดังนี้



กระบวนการดีไนทริฟิเคชัน (Denitrification) และดีไนทริไฟอิ้งแบคทีเรีย (Denitrifying bacteria)

เป็นกระบวนการทางชีวภาพที่สามารถเปลี่ยนไนเทรตไปเป็นแก๊สไนโตรเจนได้ ทำให้เกิดการสูญเสียไนโตรเจนจากดินและน้ำ มีผลต่อการเกษตรกรรมทำให้ผลผลิตทางการเกษตรเป็นไปได้ไม่ดีเท่าที่ควร นอกจากนี้ด้วยความสามารถเปลี่ยนไนเทรตให้เป็นไนทริกออกไซด์และไนทรัสออกไซด์ซึ่งมีความเป็นพิษ ทำลายโอโซน จึงส่งผลต่อปัญหาภาวะโลกร้อน แต่อย่างไรก็ตามงานวิจัยหลายชิ้นได้มีการศึกษาเพื่อนำกระบวนการดีไนทริฟิเคชันไปใช้ประโยชน์เพื่อกำจัดและลดปัญหาการปนเปื้อนของสารประกอบไนโตรเจนในสิ่งแวดล้อม โดยไนทริไฟอิ้งแบคทีเรียที่มีความสามารถในการเปลี่ยนไนเทรตให้เป็นแก๊สไนโตรเจน ซึ่งเป็นแก๊สที่สามารถละลายในน้ำได้น้อยและระเหยสู่อากาศได้ดี จึงทำให้สามารถกำจัดไนเทรตหรือสารประกอบไนโตรเจนออกจากระบบได้ (เก็จกาญจน์, 2546)

ดีไนทริไฟเออร์คือจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการรีดิวซ์สารประกอบไนเทรตให้อยู่ในรูปของแก๊สไนโตรเจนได้ พบในแบคทีเรียและรา แต่โดยส่วนมากเป็นพวกแบคทีเรีย มีทั้งแบคทีเรียที่เจริญในสภาพไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobe) เช่น *Parococus denitrificans*, *Thiobacillus denitrificans*, *Ps. denitrificans*, *Alcaligene* spp., *Azospirillum* spp., *Rhodopseudomonas* spp., *Propionibacterium* spp. และแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจน (aerobe) เช่น *Thiosphaera pantotropha*, *Pseudomonas* spp., *Rhizobium* spp. และ *Bacillus* spp. อย่างไรก็ตาม พบว่า ทั้งสองกลุ่มล้วนมีแบคทีเรียที่น่าสนใจ มีศักยภาพมาใช้ในการกำจัดของเสียทางการเกษตรได้ดี โดยแบคทีเรียที่นำมาประยุกต์ใช้ควรมีศักยภาพอย่างน้อย 2 ประการแรกคือ มีความสามารถเป็นดีไนทริไฟเออร์ ทำให้กำจัดไนเทรตได้ ประการที่สองสามารถย่อยสลายสารอะโรมาติกซึ่งเป็นสารพิษ ตัวอย่างแบคทีเรียที่มีความสามารถเหล่านี้ได้แก่ *Spirillum* spp. ซึ่งมีความสามารถในการสลายสารประเภทฟีนอล (Shinoda *et al.*, 2000) *Hyphomicrobrium* spp. ที่พบในกากตะกอนการบำบัดน้ำเสียที่ปนเปื้อนไปด้วยไนเทรตในสภาพที่มีเมทานอลสูง (Timmermans and Van Haute, 1983) *Agrobacterium* spp. ที่แยกได้โดย Knight *et al.* (2009) มีความสามารถในการย่อยสลายโบรโมไซนิล (Bromoxynil) ซึ่งเป็นสารพิษประเภทยาฆ่าวัชพืชใบกว้างทั่วไปที่เป็นสารประกอบอะโรมาติกไนไทรต์ (halogenated aromatic nitrile herbicide) *Acinetobacter* spp. ซึ่งพบในของเหลวที่ประกอบด้วยสารประกอบที่เป็นอันตรายที่ซึมออกจากบ่อฝังกลบสารประกอบมีพิษ (landfill leachate) ในรายงานก่อนหน้าของ Trois *et al.* (2010) แบคทีเรียอื่นที่พบความสามารถในลักษณะนี้และมีแนวโน้มในการประยุกต์ใช้ได้แก่ *Propionobacterium* spp., *Rhizobium* spp., *Corynebacterium* spp., *Cytophaga* spp., *Thiobacillus* spp.

ดีไนทริไฟอิ้งแบคทีเรียส่วนมากที่พบเป็นได้ทั้งพวกแอนแอโรบิคออโตทรอฟ (anaerobic autotroph) และแอนแอโรบิคเฮเทอโรทรอฟ (anaerobic heterotrophs) ในธรรมชาติ ดีไนทริไฟอิ้งแบคทีเรียมีการอยู่อาศัยและทำงานร่วมกันกับจุลชีพและสิ่งมีชีวิตอื่นในดิน ในสภาพที่สมดุลในธรรมชาติที่ปราศจากการรบกวนของสารเคมีทางการเกษตร เช่น ในป่าไม้ จะพบว่า แม้ว่ากระบวนการดีไนทริฟิเคชันในแบคทีเรียบางชนิดจะมีการเกิดขึ้นเพียงบางขั้นตอนหรือบางส่วน แต่ด้วยการทำงานร่วมกันของแบคทีเรียและจุลชีพอื่นๆในดินก็สามารถทำให้เกิดกระบวนการดีไนทริฟิเคชันทั้งหมดอย่างสมบูรณ์ได้ แบคทีเรียที่มีความสามารถทำให้เกิดกระบวนการดีไนทริฟิเคชันบางส่วนนี้เรียกว่า partial denitrifying bacteria และสามารถจำแนกตามตามความหลากหลายทางความสามารถทางชีวเคมีได้เป็นสี่กลุ่มใหญ่ดังนี้

1. **กลุ่มที่มีความสามารถรีดิวซ์ไนเทรตเป็นไนไทรต์ได้เท่านั้น** เนื่องจากแบคทีเรียในกลุ่มนี้ขาดเอนไซม์ไนไทรต์รีดักเทส ไนทริกออกไซด์รีดักเทส และไนทรัสออกไซด์รีดักเทส ยกตัวอย่างแบคทีเรียในกลุ่มนี้เช่น *Agrobacterium* spp., *Arthobacter* spp., *Pseudomonas* spp., *Rhizobium* spp. (Delwiche, 1981)

2. **กลุ่มที่มีความสามารถรีดิวซ์ไนเทรตเป็นไนทรัสออกไซด์ได้เท่านั้น** เนื่องจากขาดเอนไซม์ไนทรัสออกไซด์รีดักเทส จึงทำให้ไม่สามารถเปลี่ยนไนทรัสออก

ไซด์ไปเป็นแก๊สไนโตรเจนได้ ตัวอย่างแบคทีเรียในกลุ่มนี้ เช่น *Bacillus pyocyaneus (Pseudomonas aeruginosa), Bacillus subtillis, Thiobacillus denitrificans, Micrococcus denitrificans* (สมศักดิ์, 2524)

3. กลุ่มที่มีความสามารถรีดิวซ์ไนไทรต์แต่ไม่สามารถรีดิวซ์ไนเทรตเป็นแก๊สไนโตรเจนได้ แบคทีเรียในกลุ่มนี้ขาดเอนไซม์ไนเทรตรีดักเทส ทำให้ไม่สามารถใช้ไนเทรตเป็นสารตั้งต้นในการเปลี่ยนให้เป็นแก๊สไนโตรเจนได้ ตัวอย่างแบคทีเรียในกลุ่มนี้ *Pseudomonas* sp. บางสายพันธุ์ (Roger, 1982)

4. กลุ่มที่มีสามารถรีดิวซ์ไนเทรตเป็นไนไทรต์และรีดิวซ์ไนทริกออกไซด์เป็นไนทรัสออกไซด์ได้ แบคทีเรียในกลุ่มนี้ขาดเอนไซม์ไนไทรต์รีดักเทส และไนทรัสออกไซด์รีดักเทส ซึ่งกระบวนการในลักษณะเช่นนี้พบได้น้อยและไม่มีนัยสำคัญทางนิเวศวิทยา เนื่องจากเมื่อมีการอาศัยและทำงานร่วมกันกับแบคทีเรียอื่นจะทำให้กระบวนการในลักษณะนี้สามารถเกิดปฏิกริยาต่อไปได้จนเกิดดีไนทริฟิเคชันได้อย่างสมบูรณ์ในที่สุด ตัวอย่างแบคทีเรียในกลุ่มนี้ได้แก่ *Bacillus licheniformis* (เก็จกาญจน์, 2546)

สภาวะที่ทำให้แบคทีเรียเกิดกลไกที่จะหันมาใช้ไนเทรตเป็นตัวรับอิเลกตรอนได้

กระบวนการหายใจ (Respiration) เป็นกระบวนการทางชีวเคมีเพื่อสลายสารให้เกิดพลังงานที่เซลล์สามารถนำไปใช้ได้ กระบวนการหายใจระดับเซลล์มี 2 แบบคือ การหายใจแบบใช้ออกซิเจน (aerobic respiration) ซึ่งมีการใช้ออกซิเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้าย ส่วนการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic respiration) เป็นการใช้ตัวรับอิเล็กตรอนตัวอื่นนอกเหนือจากออกซิเจน เช่น ไนเทรต ซัลเฟต ซัลเฟอร์มาเป็นตัวรับเล็กตรอนตัวสุดท้าย

ดีไนทริไฟอิ้งแบคทีเรียโดยส่วนมากมักเป็นพวกสามารถใช้ออกซิเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอนสุดท้ายได้ในกรณีที่มีออกซิเจน แต่เมื่ออยู่ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนก็สามารถใช้ไนเทรต ซัลเฟต เหล็ก มาเป็นตัวรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้ายได้เช่นกัน เรียกว่า แฟคคัลเททีฟ แอโรบ (Facultative aerobes) (กรมควบคุมมลพิษ, 2546) ดังนั้นการควบคุมให้เกิดภาวะแอนอกสิกจะทำให้ดีไนทริไฟอิ้งแบคทีเรียสามารถนำไนเทรตไปใช้เป็นตัวรับอิเล็กตรอนแทนออกซิเจน ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อบำบัดไนเทรตและฟอสฟอรัสได้ (Hu *et al.*, 2003; Wachtmeister *et al.*, 1997)

เทคนิคการระบุสายพันธุ์และการวัดอัตราการเกิดกระบวนการดีไนทริฟิเคชันและการวัดกิจกรรมของเอนไซม์ (Denitrifying enzyme activity assay) ของแบคทีเรีย

การศึกษาในงานวิจัยของสิรินันท์ (2552) ซึ่งศึกษาวิธีการคัดเลือกดีไนทริไฟอิ้งแบคทีเรียและการทดสอบความสามารถในการรีดิวซ์ไนเทรตเป็นไนไทรต์ โดยใช้เทคนิคทางจุลชีววิทยา เลี้ยงแบคทีเรียให้มีการเจริญแล้วจึงทำการแยกมาเลี้ยงในอาหารเหลวที่มีส่วนผสมของไนเทรต ในสภาพไร้ออกซิเจน จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างอาหารเหลวในวันที่แรก และวันที่ 7 มาทดสอบความสามารถในการรีดิวซ์ไนเทรตด้วยวิธี แอลฟา-เมธิลลาไมน์ (alpha-methylamine method) แบคทีเรียที่มีความสามารถเป็นดีไนทริฟิเคชันแบคทีเรียสามารถทดสอบได้โดยใช้ชุดทดสอบของ API (Analytical Profile Index, Biomeriecs Inc.) ซึ่งเมื่อได้โคโลนีของดีไนทริไฟอิ้งแบคทีเรียแล้วจะนำไปทดสอบความสามารถในการรีดิวซ์ไนเทรต-ไนโตรเจน และไนไทรต์-ไนโตรเจน ขั้นตอนหลังจากนั้นคือ การระบุสายพันธุ์ การระบุสายพันธุ์ของดีไนทริไฟอิ้งแบคทีเรียจะยึดลำดับของยีน 16S rDNA เป็นหลัก โดยใช้ Genomics DNA Purification Kit เพื่อแยกดีเอ็นเอออกจากโครโมโซม ทำให้ได้ไพรเมอร์ที่ถูกตัดในตำแหน่ง 27F และ 1492R เพื่อนำไปใช้ในเทคนิคพีซีอาร์เพื่อตรวจสอบชิ้นดีเอ็นเอที่มีขนาด 1500 คู่เบส แล้วทำบริสุทธิ์โดยใช้ Viogene's Gel Extraction System จนได้ชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่มีความบริสุทธิ์แล้วจึงนำไปเชื่อมกับเวคเตอร์ เพื่อใช้เป็นพาหะเข้าสู่ *E. coli* ทำการสกัดพลาสมิดแล้วนำไปเปรียบเทียบกับตารางข้อมูลของ NCBI (Shi and Lee, 2006) ปัจจุบันเทคนิคดังกล่าวเป็นเทคนิคที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการบ่งชี้ชนิดของดีไนทริไฟอิ้งแบคทีเรีย และยังมียีนอื่นที่นำมาใช้ในการบ่งชี้และ

จัดจำแนกกลุ่มของดีไนทริไฟอิ้งแบคทีเรียอีกด้วย เช่น *nirS* (Falk *et al.*, 2007) ซึ่งพบว่ามียีนนี้ปรากฏในดีไนทริไฟอิ้งแบคทีเรียในก้นตะกอนทะเลบอลติก และ *nirK* (Theerachat *et al.*, 2011) ซึ่งได้ทำการแยกดีไนทริไฟอิ้งแบคทีเรียในประเทศไทย และพบว่าปกติแล้วเมื่อใช้ลำดับของนิวคลีโอไทด์ของยีนที่แตกต่างกันดังนี้ จะทำให้ผลในการจัดกลุ่มของจุลินทรีย์มีความแตกต่างกันไป การใช้ชุดตรวจระบุสปีชีส์ของจุลินทรีย์ควบคู่ไปด้วย เช่น ชุดทดสอบของ API และการหาลำดับของ 16S rDNA ควบคู่กันไปจะทำให้ได้ผลการจัดจำแนกกลุ่มแบคทีเรียที่มีความใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด

Song *et al.* (2011) ได้ใช้วิธีการวัดอัตราการเกิดกระบวนการดีไนทริฟิเคชันจากตัวอย่างดินด้วยวิธีอะเซธิลีนบล็อกกิ้ง (acetylene blocking assay) แล้วนำไปวิเคราะห์เพื่อหาความเข้มข้นของไนทรัสออกไซด์โดยใช้แก๊สโครมาโตกราฟฟี ทำการหาค่าความชันของกราฟเพื่อนำไปคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาดีไนทริฟิเคชัน ส่วนค่ากิจกรรมดีไนทริไฟอิ้งเอนไซม์สามารถทำการวัดได้โดยใช้สารละลายของตัวอย่างดินที่มีการผสมไนเทรต แล้วใช้วิธีการทดลองเช่นเดียวกับวิธีการวัดอัตราการเกิดกระบวนการดีไนทริฟิเคชัน

การประยุกต์ใช้ในทางการเกษตรและสิ่งแวดล้อม

มีงานวิจัยหลายชิ้นที่นำกระบวนการดีไนทริฟิเคชันมาประยุกต์ใช้ในการแก้ไขและบำบัดปัญหาสิ่งแวดล้อม Gómez *et al.* (2005) ได้ทำงานวิจัยเกี่ยวกับผลของความเข้มข้นของออกซิเจนที่มีต่อการกำจัดไนเทรตในน้ำใต้ดินโดยใช้ตัวกรองแบบดีไนทริไฟอิ้งซับเมิร์จ (denitrifying submerg) และได้ออกแบบอุปกรณ์เพื่อใช้ในการกรองกำจัดไนเทรตที่มีการปนเปื้อนอยู่ในน้ำใต้ดิน โดยในการทดลองจะทำการบำบัดน้ำใต้ดินและวัดค่า ไนเทรต, ไนไทรต์, ฟอสเฟต, ซัลเฟต, ออกซิเจน, ซีโอดี และพีเอชทุกวันเป็นระยะเวลา 1 เดือน

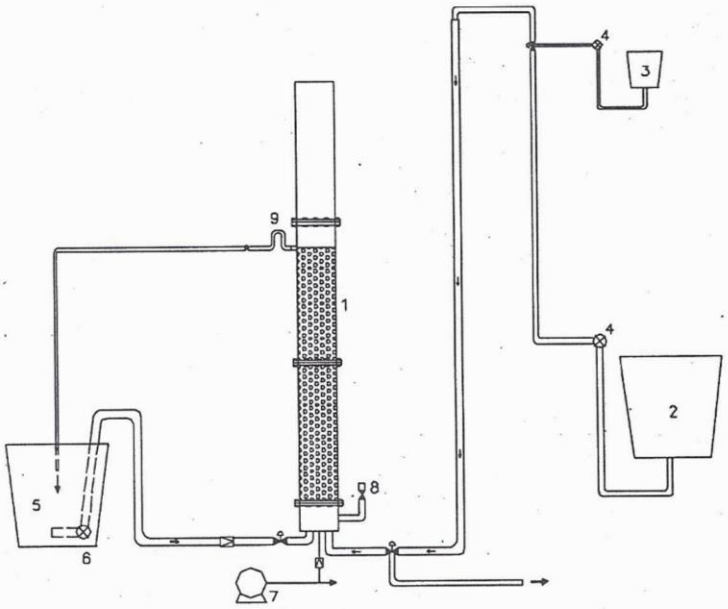


Figure 1 Pilot scale plant setting described in Gómez *et al.* (2005)
(1) Submerged filter (V = 0.21m^3) (2) Influent tank (V = 1.7 m^3) (3) carbon source tank (V = 0.03 m^3) (4) piston pump (5) effluent tank (V = 0.5 m^3) (6) rinsing pump (7) air compressor (8) safety valve (9) U-bend

ผลการทดลองพบว่าไบโอฟิล์มที่มีดีไนทริไฟอิ้งแบคทีเรียเจริญอยู่บนตัวกรองชีวภาพมีคุณสมบัติในการบำบัดและกำจัดไนเทรตที่ปนเปื้อนในน้ำใต้ดินจนสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำสะอาดที่สามารถดื่มได้โดยไม่ส่งผลต่อปัญหาทางด้านสาธารณสุขที่มาจากผลของแอนไอออน ในขณะเดียวกันยังพบว่าความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำมีผลให้กลุ่มของดีไนทริไฟอิ้งแบคทีเรียในไบโอฟิล์มมีการเจริญน้อยลงและส่งผลให้ไนโตรเจนปรากฏขึ้นมาในระบบในรูปของไนไทรต์ ซึ่งส่งผลต่อในประสิทธิภาพให้การบำบัดน้ำใต้ดินได้

งานวิจัยของอาภาวรรณ (2552) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของการเกิดกระบวนการดีไนทริฟิเคชันจากถังเพาะเลี้ยงกล้าเชื้อดีไนทริไฟอิ้งแบคทีเรีย ซึ่งใช้เมทานอลและอาหารปลาหมักเป็นแหล่งคาร์บอนที่ระดับความเค็ม 25 ส่วนต่อพัน (part per thousand, ppt) และมีการตรวจสอบแบคทีเรียที่เกี่ยวข้อง ด้วยเทคนิคฟลูออเรสเซนส์ อินซิตู ไฮบริไดเซชัน (Fluorescence *In Situ* Hybridization, FISH) ซึ่งเป็นวิธีที่มีความจำเพาะในการตรวจสอบกลุ่มดีไนทริไฟอิ้งแบคทีเรีย จากการทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่า เมื่อทำการเปลี่ยนอาหารใหม่ทุก 3 วันในช่วงแรก พบว่าการบำบัดไนเทรตมีประสิทธิภาพน้อย แต่เมื่อเพิ่มช่วงเวลาในการเติมอาหารให้นานขึ้นในช่วงที่สองเป็น 5 วัน/ครั้ง พบว่าในช่วงที่สองภายในถังเพาะกล้าเชื้อของดีไนทริไฟอิ้งมีความสามารถในการบำบัดไนเทรตดีขึ้น และเมื่อเพิ่มระยะเวลาการเติมอาหารเป็น 7 วัน/ครั้งในช่วงที่สาม พบว่าภายในถังเพาะกล้าเชื้อดีไนทริไฟอิ้งแบคทีเรีย มีการบำบัดไนเทรตได้เกือบสมบูรณ์ ซึ่งเมื่อนำแบคทีเรียในถังเพาะไปตรวจสอบด้วยเทคนิค ฟลูออเรส-เซนส์ อินซิตู ไฮบริไดเซชัน ทำให้พบแบคทีเรียในจีนัส *Methalophaga* sp. และแบคทีเรีย *Methalophaga marina* ซึ่งเป็นแบคทีเรียในกลุ่มเด่นของดีไนทริไฟอิ้งแบคทีเรียที่พบในปลาหมัก และสามารถสรุปผลการทดลองได้ว่าระยะเวลาในการเติมอาหารมีผลต่อการบำบัดไนเทรตภายในถังเพาะกล้าเชื้อของดีไนทริไฟอิ้งแบคทีเรียอย่างมีนัยสำคัญ

นอกจากการนำดีไนทริไฟอิ้งแบคทีเรียมาประยุกต์ใช้เพื่อการบำบัดไนเทรตโดยตรงแล้ว ยังมีการใช้ประโยชน์เพื่อบำบัดสารปนเปื้อนอื่นๆ อีกด้วย เช่น ใช้ในการกำจัดฟอสฟอรัส ได้มีผู้ทำการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการบำบัดและกำจัดฟอสฟอรัสโดยใช้ไนเทรตเป็นตัวรับอิเล็กตรอนภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน และได้ข้อสรุปไปในทางเดียวกันว่าไนไทรต์ไม่มีผลเป็นตัวยับยั้งกระบวนการกำจัดฟอสฟอรัส แต่ไนไทรต์ยังมีความสามารถในการเป็นตัวรับอิเล็กตรอนจากฟอสฟอรัสได้เมื่อไนไทรต์มีความเข้มข้นต่ำกว่าระดับที่จะไม่เป็นพิษและไม่ยับยั้งระบบ (Wachtmeister *et al.*, 1997; Hu *et al.*, 2003; Shi and Lee, 2006; Zhou *et al.*, 2011)

แนวโน้มของการประยุกต์ใช้ดีไนทริไฟอิ้งแบคทีเรียในด้านสิ่งแวดล้อมในอนาคต

จากงานวิจัยเกือบทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้กระบวนการดีไนทริไฟอิ้ง พบว่า จุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการใช้กระบวนการดีไนทริฟิเคชันนั้นมีศักยภาพในการนำมาใช้เพื่อบำบัดและแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมซึ่งเกิดจากการปนเปื้อนของสารประกอบไนโตรเจน ฟอสฟอรัส พอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (polycyclic aromatic hydrocarbon; PAH) ฯลฯ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปนเปื้อนของไนเทรตในอาหารและน้ำดื่มซึ่งจะส่งต่อความสบายใจที่ของผู้บริโภคตลอดจนต่อสุขภาพ ซึ่งมีความกังวลกันว่าหากได้รับไนเทรตหรือไนไทรต์อาจมีผลทำให้เกิดการเจ็บป่วยหรือเสียชีวิตได้หากได้รับเข้าสู่ร่างกายในปริมาณมาก อย่างไรก็ตามในส่วนนี้ยังไม่มีผลยืนยันที่ชัดเจนว่าการบริโภคหรือได้รับอาหารที่มีไนเทรตปนเปื้อนเป็นปริมาณมากจะส่งผลต่อการป่วยเป็นมะเร็งหรือเกี่ยวข้องกับความเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งหรือไม่ จากการศึกษาของ Ward *et al.* (2005) ในผู้ป่วยที่เป็นโรคเมทีโมโกลบิเนเมีย พบว่าผลที่ได้ไม่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนเทรตกับการเป็นโรค เขาได้วิจารณ์ผลดังกล่าวไว้ว่าการได้รับไนเทรตจากการกินมีผลต่อร่างกายน้อยกว่ากระบวนการไนโทรเซชัน (nitrosation) และนอกจากนี้ในพืชผักก็มีสารยับยั้งกระบวนการไนโทรเซชันทำให้การได้รับผักที่มีการปนเปื้อนของไนเทรตมีอันตรายน้อยลง อย่างไรก็ตาม L'hirondel *et al.* (2006) ได้อธิบายเพิ่มเติมผลการวิจัยดังกล่าวว่าอาจมีผลเกี่ยวเนื่องกับกระบวนการ

เมแทบอลิซึมของไนเทรตในร่างกายมนุษย์ โดยเฉพาะเมื่อได้รับไนเทรตจากการกิน โดยเขาได้อธิบายไว้ว่า ไนเทรตเมื่อเข้าสู่ร่างกายแล้วโดยผ่านทางปากซึ่งมีน้ำลายจะถูกเปลี่ยนเป็นไนไทรต์ และไนไทรต์จะคงอยู่ในร่างกายในความเข้มข้นสูงเป็นเวลานานประมาณ 20-60 นาที จากนั้นจะค่อยๆ ลดปริมาณลง เนื่องมาจากความเป็นกรดในน้ำย่อย (gastric juice) ในกระเพาะอาหาร การประยุกต์ใช้ดีไนทริไฟอิ้งแบคทีเรียจึงเน้นไปที่ด้านสิ่งแวดล้อมมากกว่าที่จะใช้ทางการแพทย์หรือการเกษตร ปัจจุบันการกำจัดไนเทรตในสิ่งแวดล้อมโดยการใช้ดีไนทริฟอิ้งแบคทีเรียจะเป็นวิธีทางเลือกหนึ่งเพื่อช่วยกำจัดไนเทรตและไนไทรต์ออกจากระบบได้โดยไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนั้นๆ นอกจากนี้ยังมีค่าใช้จ่ายที่น้อยกว่า ไม่เพิ่มปัญหามลภาวะ และประหยัดพลังงาน ในปี 1975 การรั่วไหลของน้ำมันของเครื่องบินทหารปริมาณราว 83,000 แกลลอนทำให้เกิดการปนเปื้อนใกล้กับ North Charleston South California เป็น บริเวณกว้าง ทำให้เกิดการวิจัยเพื่อแก้ปัญหามลภาวะที่เกิดจากอุบัติเหตุตามมา ดังเช่นในงานวิจัยของ Bradley *et al.* (1992) ศึกษาปัจจัยที่จะส่งผลต่อจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการดีไนทริฟิเคชัน ปริมาณไนเทรตค่าความเป็นกรดด่าง และปริมาณฟอสเฟต ที่มีผลต่อกระบวนการดีไนทริฟิเคชันพร้อมกับการย่อยสลายสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ต่อมาในปี 1995 Hess *et al.* คัดแยกจุลินทรีย์จากแหล่งที่มีการปนเปื้อนน้ำมัน (diesel fuel-contaminated source) พบว่าจุลินทรีย์มีความสามารถเจริญบนพี-ไซลีน (p-xylene) การออกซิเดชั่นของพี-ไซลีน ควบคู่ไปกับคาร์บอนไดออกไซด์แสดงให้เห็นว่าสามารถลดปริมาณไนเทรตได้สำเร็จ การเพิ่มปริมาณเชื้อในการเจริญบนโทลูอีน (toluene) และเอ็ม-ไซลีน (m-xylene) สามารถตรวจพบได้ อย่างไรก็ตามพบว่าเชื้อไม่สามารถย่อยเบนซีน (benzene) เอธิลเบนซีน (ethylbenzene) และโอ-ไซลีน (o-xylene)ได้ ในรายงานของ Fukui *et al.* (1999) กล่าวถึงการสำรวจการย่อยสลายสารประกอบอะโรมาติก-ไฮโดรคาร์บอน (aromatic hydrocarbon) ในน้ำมันดิบที่ภาวะไร้ออกซิเจน พบว่าแบคทีเรียที่มีความสามารถดังกล่าวอยู่ในกลุ่มที่เป็นซัลไฟต์ รีดิวซิ่งแบคทีเรีย (sulfite-reducing bacteria) สารประกอบแอลคิล-เบนซีน (alkyl-benzene) และ เอ็น-แอลเคน (n-alkane) ถูกพบว่ามีการย่อยสลายได้ไปพร้อมกับการเปลี่ยนซัลเฟต ไปเป็นซัลไฟต์ ซึ่งนับเป็น 10% อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน น้ำมันดิบ และจึงเป็นคำอธิบายที่ว่าทำไมแบคทีเรียโบราณบางชนิดจึงสามารถพบว่าเจริญได้ในแหล่งน้ำมันดิบซึ่งมีกำมะถันอยู่ด้วย ในปี 2004 Rakhimova *et al.* รายงานประสิทธิภาพของจุลชีพที่ใช้ในการย่อยสลายน้ำมันในการทำไบโอรีมิดิเอชั่นของดินที่ปนเปื้อนน้ำมันถูกทำในห้องปฏิบัติการ ภาวะที่ใช้ในการศึกษาความสามารถในการออกซิไดซ์มีทั้งภาวะไร้ออกซิเจน และภาวะแอนอกสิก ความสามารถในการย่อยสลายน้ำมันที่เป็นสารไฮโดรคาร์บอน มีลำดับของประสิทธิภาพในการย่อยสลายน้ำมันดังนี้ การปล่อยให้เกิดไบโอรีมิดิเอชั่นขึ้นเอง (self-remediation) 40%< เมื่อมีการประยุกต์ใช้ไนเทรต 42%< ระบบ denitrifying oil-oxidizing 50% ระบบที่ใช้ร่วมกันระหว่างกระบวนการดีไนทริฟิเคชันพร้อมกับเติมไนเทรต 60% อย่างไรก็ตามกระบวนการดีไนทริฟิเคชันก็อาจเกิดการยับยั้งได้ถ้ามีปริมาณของสารไฮโดรคาร์บอนสูงมากเกินไป ดังเช่นในรายงานของ Mille *et al.* (2007) ที่ศึกษาประสิทธิภาพการเกิดดีไนทริฟิเคชันที่บริเวณทะเลเมดิเตอร์เรเนียนอ่าวฟอสประเทศฝรั่งเศส (Mediterranean sea, Gulf of Fos-area, France) ทั้งหมดนี้แสดงให้เห็นถึงความพยายามของนักวิทยาศาสตร์ที่จะประยุกต์ใช้แบคทีเรียให้เกิดประโยชน์สูงสุด มันคงจะเป็นการดีที่ในอนาคตสามารถลดการใช้สารเคมีอันตรายในการเกษตรและการบำบัดสิ่งแวดล้อมอย่างน้อยเพื่อให้เกิดความยั่งยืนต่อมนุษย์และสภาพแวดล้อมที่สามารถอิงอาศัยกันได้อย่างสมดุลในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

เก็จกาญจน์ สมาธิวุฒิคุณ. 2546. การตรวจสอบยีนไนไทรต์รีดักเทสในดีไนทริไฟอิ้งแบคทีเรียโดยเทคนิคพีซีอาร์-อาร์เอฟแอลพี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 119 หน้า.

กรมควบคุมมลพิษ. 2546. คู่มือวิชาการระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ เล่มที่ 1. ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ. 161 หน้า.

ฉันทนา จิบโคกหวาย. 2536. การปนเปื้อนของไนเทรตและฟอสเฟตในดิน น้ำ และตะกอนบริเวณสนามกอล์ฟติดกับอ่างเก็บน้ำหนองกลางดง จังหวัดชลบุรี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ. 193 หน้า.

สมศักดิ์ วังใน. 2524. จุลินทรีย์และกิจกรรมในดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 193 หน้า.

สิรินันท์ ศรีดำ. 2552. การคัดเลือกแบคทีเรียดีไนทริไฟอิงที่มีประสิทธิภาพเพื่อการบำบัดไนเทรตในน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.pt.tsu.ac.th/rdi/ConAll/POSTER19/P17.pdf (2 มิถุนายน 2554)

อาภาวรรณ พ่อค้า. 2552. การตรวจสอบแบคทีเรียดีไนทริไฟอิงในหัวเชื้อจุลินทรีย์ผสมสำหรับการบำบัดไนเทรตด้วยเทคนิค Fluorescent *In Situ* Hybridization (FISH). (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.pt.tsu.ac.th/rdi/ConAll/POSTER19/P19.pdf (2 มิถุนายน 2554)

อัมพิกา ภูวนะเสถียรฐ์. 2548. การตกค้างของสารไนเทรตและไนไทรต์ ในผักต่างชนิด ที่เพาะปลูกแบบเคมี แบบปลอดภัยจากสารพิษและแบบอินทรีย์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพฯ. 152 หน้า.

Bradley, P.M., C.M. Aelion and D.A. Vroblesky. 1992. Influence of Environmental factors on denitrification in sediment contaminated with JP-4 Jet Fuel. Ground Water 30: 843–848.

Delwiche, C.C. 1981. Denitrification, Nitrification, and Atmospheric Nitrous Oxide. New York: John Wiley and Sons, Inc. 298 p.

Falk, S., M. Hannig, C. Gilesche, R. Wardenga, M. Köster, K. Jürgens and G. Braker. 2007. *nirS*-containing denitrifier communities in the water column and sediment of Baltic Sea. Biogeosciences 4: 255-268.

Fukui, M., G. Harms, R. Rabus, A. Schramm, F. Widdel, K. Zengler, C. Boreham and H. Wilkes. 1999. Anaerobic degradation of oil hydrocarbons by sulfate-reducing and nitrate-reducing bacteria. Microbial Biosystems (Online): New Frontiers Proceedings of the 8th International Symposium on Microbial Ecology Bel. Available: http://plato.acadiau.ca/isme/Symposium12 /fukui.PDF (June 3, 2011).

Gómez, M.A., E. Hontoria and J. González-López. 2002. Effect of dissolved oxygen concentration on nitrate removal from groundwater using a denitrifying submerged filter. Journal of Hazardous Materials 90: 267–278.

Gómez, M.A., B. Rodelas, F. Saez, C. Pozo, M. Victoria, M. Toledo, E. Hontoria and J.G. López. 2005. Denitrifying activity of *Xanthobacter autotrophicus* strains isolated from a submerged fixed-film reactor. Applied Microbiology and Biotechnology 68: 680-685.

Hess, A., P. Höhener, D. Hunkeler and J. Zeyer. 1995. Bioremediation of a diesel fuel contaminated aquifer: simulation studies in laboratory aquifer columns. Journal of Contaminant Hydrology 23: 329-345.

Hu, J.Y., S.L. Ong, W.J. Ng, F. Lu and X.J. Fan. 2003. A new method for characterizing denitrifying

phosphorus removal bacteria by using three different types of electron acceptors. Water Research 37: 3463–3471.

Knight, V.K., H.B. Mitchell and M.M. Häggblom. 2009. Biotransformation of 3,5-dibromo-4-hydroxybenzonitrile under denitrifying, Fe(III)-reducing, sulfidogenic, and methanogenic conditions. Environmental Toxicology and Chemistry 22: 540-544.

L'hirondel, J.-L., A.A. Avery and T. Addiscott. 2006. Dietary Nitrate: Where is the risk? Environmental Health Perspectives 114: A458-A459.

Mille, G., L. Asia, M. Guiliano, L. Malleret and P. Doumenq. 2007. Hydrocarbons in coastal sediments from the Mediterranean sea (Gulf of Fos area, France). Marine Pollution Bulletin 54: 566–575.

Rakhimova, E.R., A.L. Osipova and S.K. Zaripova. 2004. Purification of soil from oil pollutants with the use of denitrifying hydrocarbon-oxidizing microorganisms. Applied Biochemistry and Microbiology 40: 563–567.

Roger, K. 1982. Denitrification. Microbiological Reviews 46: 43-70.

Shi, H.P. and C.M. Lee. 2006. Combining anoxic denitrifying ability with aerobic–anoxic phosphorus-removal. examinations to screen denitrifying phosphorus-removing bacteria. International Biodeterioration and Biodegradation 57: 121–128.

Shinoda, Y., Y. Sakai, M. Ué, A. Hiraishi and N. Kato. 2000. Isolation and characterization of a new denitrifying spirillum capable of anaerobic degradation of phenol. Applied Environmental Microbiology 66: 1286–1291.

Song, K., S.-H. Lee and H. Kang. 2011. Denitrification rates and community structure of denitrifying bacteria in newly constructed wetland. European Journal of Soil Biology 47: 24-29.

Theerachat, M., C. Virunanon, S. Chulalaksananukul, N. Sinbuathong and W. Chulalaksananukul. 2011. *Nir*K and *nir*S nitrite reductase genes from non-agricultural forest soil bacteria in Thailand. World Journal of Microbiology & Biotechnology 27: 999-1003.

Timmermans, P. and A. Van Haute. 1983. Denitrification with methanol: fundamental study of the growth and denitrification capacity of *Hyphomicrobium* sp. Water Research 17: 1249-1255.

Trois, C., F. Coulon, C. Polge de Combret, J.M.F. Martins and L. Oxarango. 2010. Effect of pine bark and compost on the biological denitrification process of non-hazardous landfill leachate: focus on the microbiology. Journal of Hazardous Materials 181: 1163-1169.

United State Environmental Protection Agency. 1991. Basic Information about Nitrate in Drinking Water (Online). Available: http://water.epa.gov/drink/contaminants/basicinformation/nitrate.cfm (June 1, 2011)

Wachtmeister, A., T. Kuba, M.C.M. van Loosdrecht and J.J. Heijnen. 1997. Development of a sludge characterization assay for aerobic and denitrifying phosphorus removing sludge. Water Research 31: 471-478.

Ward, M.H., T.M. deKok, O. Levallois, J. Brender, G. Gulis and B.T. Nolan. 2005. Workgroup report: drinking –water nitrate and health-recent findings and research needs.

Environmental Health Perspective 113: 1607-1614.

Wongsanit, J. 2009. Risk Assessment of Nitrate Contamination in Groundwater Using Geoinformatics. Dissertation for the Degree of Master of Science. Faculty of Science. Mahidol University. Nakhonpathom. 69 p.

World Health Organization. 2011. Water sanitation and health (Online). Available: http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/en/index.html (June 1, 2011).

Zhou, Z., N. Takaya, M. Antonina, C. Sakairi and H. Shoun. 2001. Oxygen requirement for denitrification by the fungus *Fusarium oxysporum*. Archives Microbiology 175:19–25.

Zhou, Y., M. Pijuan and Z.G. Yuan. 2007. Free nitrous acid inhibition on anoxic phosphorus uptake and denitrification by polyphosphate accumulating organisms. Biotechnolology and Bioengineering 98: 903–912.

Zhou, X., C. Chen, A. Wang, L.-H. K.-L. Liu Ho, N. Ren, and D.- J. Lee. 2011. Rapid acclimation of methanogenic granular sludge into denitrifying sulfide removal granules. Bioresource Technology (in press).

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 งานบริหารงานวิจัย บริการวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

JOURNAL OF AGRICULTURE

A Technical Journal of Faculty of Agriculture, Chiang Mai University

Volume 27, No. 3 October 2011

Potential of Superworm, *Zophobas morio Fabricius*, as Food for Predatory Bug, *Eocanthecona furcellata* (Wolff)
Kornsiri Srinil Sawai Buranapanichpan Yaowaluk Chanbang Jiraporn Kulsarinand and Weerathep Pongprasert.....209

Biometrics of Natural Nest of Eastern Honey Bee (*Apis cerana* F.) as Observed in Northern Thailand
Weeraya Somana Yaowaluk Chanbang Jiraporn Kulsarin and Michael Burgett.....219

Detection of Differential Gene Expression in Bracts of *Curcuma petiolata* Roxb. by DDRT-PCR Technique
Thippawan Chaipar Soraya Ruamrungsri and Weenun Bundithya.....229

Detection of Differential Gene Expression in Sepal and Petal of Some *Spathoglottis* by DDRT-PCR Technique
Jatuporn Anuchai Nuttha Potapohn and Weenun Bundithya.....239

Plant Communities, Soil Characteristics and Nutrient Storages in Fragmented Lower Montane Forests, Samoeng District, Chiang Mai Province
Ampai Pornleesangsuwan Soontorn Khamyong Niwat Anongrak and Kriangsak Sri-ngernyuang.....247

Use of Charcoal to Improve Soil Fertility for Sweet Waxy Corn Production
Saowakon Hemwong and Sasithorn Chualsuna.....259

Ontology Development for Rice Processing Knowledge Management
Rosarin Akanit Thanit Putthapongsiriporn Namfon Lumdabwong and Aree Thunkijjanukij.....267

Check Dam Management of Farmers in Khun Changkien Village in Doi Suthep-Pui National Park, Chiang Mai Province
Worawit Pilailar and Wallratat Intaruccomporn.....275

Biochemical Blood Parameters of Goats in Southern Thailand
Suthee Rettana Orasa Arunsakul andPitanan Sangkhapaitoon.....283

Technical note:

Extension Innovation for Scaling-up Sustainable Agriculture
Budsara Limnirankul.....293

Denitrifying Bacteria and the Roles in Problem Solving of Environmental Pollution
Chompunuch Virunanon Jiraporn Puangkaew and Warawut Chulalaksananukul.....305

ISSN 0857-0841