



# วารสารเกษตร

## JOURNAL OF AGRICULTURE

วารสารวิชาการของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ปีที่ 34 ฉบับที่ 1 มกราคม - เมษายน 2561

ผลของระดับไนโตรเจนต่อการเติบโตและปริมาณของธาตุอาหารในกล้วยไม้แวนดาลูกผสม

กนกวรรณ ปัญจะมา ชัยอาทิตย์ อื่นคำ และ ไชระยา ร่วมรังษี.....1

ผลของการลดอุณหภูมิแบบสัญญาณต่อคุณภาพของผักกาดฮ่องเต้อินทรีย์ที่ปลูกและเก็บเกี่ยวในฤดูแล้ง

เพชรดา อยู่สุข ศิวาพร ธรรมดี พิษญา บุญประสม พูลลาภ และ ดนัย บุญเกียรติ.....11

ผลของสารคล้ายบราสซิคินต่อผลผลิตและคุณภาพของข้าวโพดหวาน

สิริภรณ์ ธกุลสวัสดิ์ และ ธนะชัย พันธุ์เกษมสุข.....21

ผลของปุ๋ยโพแทสเซียมต่อคุณภาพและผลผลิตข้าวโพดหวานที่ปลูกในพื้นที่ อำเภอกาว จังหวัดลำปาง

ประภัศร เจริญไทย และ ชูชาติ สันทรทรัพย์.....29

การตรึงและการปลดปล่อยแอมโมเนียมในดินที่มีแร่ดินเหนียวประเภท 2:1 เป็นองค์ประกอบ

ทิมทอง คุณสนธยา อาภัสสนันท์ สุดเจริญ และ วิทยา จินดาหลวง.....41

ผลของอัลลีโลพาตีในวัชพืชที่ปลูกร่วมกับมะเขือเทศต่อการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยรากปม (*Meloidogyne* spp.)

จำเนียร ชมภู อมรศรี ขุนอินทร์ อภิรัฐ บัณฑิต และ ทศพล พรพรม.....55

ชีวภัณฑ์แอคติโนไมซีตเอนโดไฟต์แบบกระดาศเพื่อควบคุมโรคยอดผักดาบของข้าวไรซ์เบอร์รี่ในระยะกล้า

ชาวลิต ดนนะทิพย์ และ เกวลิน คุณาศักดากุล.....67

ความหลากหลายของเชื้อ *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* สาเหตุโรคใบจุดบนถั่วเหลือง และการพัฒนาไพรเมอร์

จำเพาะที่ใช้ในการตรวจสอบ

ลาวัลย์ กัดสุวรรณ ดุสิต อธิบุญวัฒน์ และ สุดฤดี ประเทืองวงศ์.....77

ความรู้และความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร

สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงราย

กนกรัตน์ นันทะเสน และ วรทัศน์ อินทร์คัมพร.....89

ศักยภาพการผลิตกุหลาบเชิงพาณิชย์ของเกษตรกรบ้านบวกเตย อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่

นิรมล ลี และ รุจ ศิริสัญลักษณ์.....101

การประเมินศักยภาพในการปรับปรุงกระบวนการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวในการผลิตมะม่วงในรัฐจันตอนใต้ประเทศพม่า

โจฮันเนส มีลล์เลอร์ มัทธิส เฟลวา วิชชา สอาดสุด และ วุลแฟรม สเปียร์.....111

แบบแผนการเปลี่ยนแปลงฮอโมนโปรแลคตินและเอสตราไดโอดในไก่พื้นเมืองที่แสดงพฤติกรรมการฟักไข่ที่ยืดเยื้อ

นัตติยา ประกอบแสง และ วันทนี พลวิเศษ.....123

ผลของแหล่งไขมันต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต คอเลสเตอรอลในเลือด และค่าโลหิตวิทยาในไก่เนื้อ

ศรีสุดา ศิริเหล่าไพศาล พงศธร ภูนั้น ไพวัลย์ ปัญญาแก้ว และ ธวัชชัย กิมประสิทธิ์.....135

การเหนี่ยวนำพัฒนาการของฟอลลิเคิลและการตกไข่ในแพะพื้นเมืองไทยโดยใช้ฮอโมน FSH แบบลด ร่วมกับ hCG

จารึก ฅัญฐากรกุล และ ไชยณรงค์ นาวานุเคราะห์.....147

การประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ชาชงใบหม่อนผสมผลหม่อนโดยวิธีสภาวะเร่ง

ธนกิจ ถาหมี พิไลรัก อินธิปัญญา และ คุชฎี บุญธรรม.....157

ISSN 0857-0841

TCI กลุ่มที่ 1

## คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ

### เรื่องที่ต้องพิมพ์

บทความวิจัย บทความปริทัศน์ หรือบทความวิชาการ ทางด้านเกษตรศาสตร์และสาขาที่เกี่ยวข้อง

### การเตรียมต้นฉบับ

1. ภาษา เป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ
2. การพิมพ์ พิมพ์หน้าเดียวบนกระดาษขนาด A4 ด้วย ไมโครคอมพิวเตอร์โปรแกรมไมโครซอฟท์เวิร์ด 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 300-350 คำ และให้ระบุคำสำคัญ (keywords) ไว้ท้ายบทคัดย่อแต่ละภาษาด้วย (บทความปริทัศน์อาจไม่ต้องมีบทคัดย่อ)

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

3.5 อุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods) ให้อธิบายละเอียดวัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ ตลอดจนวิธีและแบบจำลองการศึกษาวิจัยที่ชัดเจน และสมบูรณ์

3.6 ผลการศึกษาหรือผลการทดลอง (Results) ให้บรรยายผลการศึกษาวิจัย พร้อมเสนอข้อมูลในรูปแบบ ตารางหรือภาพประกอบได้ โดยตารางหรือภาพ ให้จัดทำเป็นภาษาอังกฤษทั้งหมด

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

3.8 สรุป (Conclusion) ควรสรุปผลที่ได้รับจากการศึกษาวิจัยว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่ พร้อมให้ข้อเสนอแนะ หรือระบุอุปสรรคและแผนงานวิจัยที่จะดำเนินการต่อไป

### 4. กิตติกรรมประกาศ หรือ คำขอบคุณ (Acknowledgement)

อาจมีหรือไม่ก็ได้ เป็นการแสดงความขอบคุณแก่ผู้ที่ช่วยเหลือในงานวิจัย แต่ไม่ได้เป็นผู้ร่วมงานวิจัย

### 5. เอกสารอ้างอิง (References)

5.1 ในเนื้อเรื่อง ไม่ควรอ้างอิงถึงเรื่องที่ไมเกี่ยวข้องหรือห่างไกล ระบบที่ใช้อ้างอิงคือ ระบบชื่อและปี (Name-and-year System) ในเอกสารภาษาไทย ให้ใช้ชื่อตัวและปี พ.ศ. เช่น สมชาย (2545) รายงานว่า...หรือ...(สมชาย, 2545) หากมีผู้เขียน 2 คน ให้ใช้เป็น สมชาย และสมหญิง (2547) รายงานว่า...หรือ...(สมชาย และสมหญิง, 2547) และถ้ามีผู้เขียนตั้งแต่ 3 คนขึ้นไป ให้ใช้ชื่อคนแรกแล้วตามด้วยคำว่า และคณะ เช่น สมชาย และคณะ (2546) รายงานว่า...หรือ...(สมชาย และคณะ, 2546) ในกรณีเอกสารเป็นภาษาอังกฤษ ให้ใช้ชื่อสกุลและปี ค.ศ. เช่น Johnny (2003)...หรือ...(Johnny, 2003) ถ้าผู้เขียนมี 2 คน ให้ใช้เป็น Johnny and Walker (2004) ...หรือ...(Johnny and Walker, 2004) หากมีมากกว่า 3 คน ให้ใช้เป็น Johnny *et al.* (2005)...หรือ...(Johnny *et al.*, 2005) สำหรับในกรณีที่เอกสารอ้างอิง ให้ใส่ชื่อผู้เขียนทุกคนห้ามใช้คำว่า และคณะ หรือ *et al.*

5.2 ในบัญชีเอกสารอ้างอิง ให้เรียงลำดับเอกสารภาษาไทยก่อนภาษาอังกฤษ โดยเรียงตามลำดับอักษรในแต่ละภาษา ตามรูปแบบการเขียนนี้ดังนี้

### 1) วารสาร (Journals)

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

วันทนา มูทิตา และ ณัฐรา วรรณประเสริฐ. 2547. เชลล์พันธุ์ศาสตร์และการถ่ายทอดสีตอกของฟิวเซีย. วารสารเกษตร 20(1): 10-18.

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

### 2) หนังสือ และตำรา (Books & Textbooks)

ชื่อผู้เขียน ปีที่พิมพ์ ชื่อหนังสือ. สำนักพิมพ์, เมืองที่พิมพ์. จำนวนหน้าทั้งหมด.

จริยา วิสิทธิ์พานิช ขาตรี สิทธิกุล และ เขียวลักษณ์ จันทร์บาง. 2545. โรคและแมลงศัตรูลำไย ลิ้นจี่ และมะม่วง. ธนบรรณการพิมพ์, เชียงใหม่. 308 หน้า.

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

### 3) เรียงย่อในตำราหรือหนังสือที่มีผู้เขียนแยกเรื่องกันเขียน และมีบรรณาธิการ

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

ดำรง เวกิจ และ สมบูรณ์ ทองสกุล. 2535. เทคนิคการใช้สารป้องกันกำจัด ศัตรูพืช. หน้า 22-42. ใน: สุวัฒน์ รวยศรี (บก.). แมลงและศัตรูศัตรูที่สำคัญของพืชเศรษฐกิจและการบริหาร. ห้างหุ้นส่วนจำกัด ไอเดีย สแควร์, กรุงเทพฯ.

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

### 4) วิทยานิพนธ์

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

อภิรักษ์ มณีพองษ์. 2547. ผลของการใช้ไอโซนต่อคุณภาพและสารพิษตกค้างหลังการเก็บเกี่ยวส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 100 หน้า.

### 5) เอกสารวิชาการอื่นๆ

ชื่อผู้เขียน หรือหน่วยงาน ปีที่พิมพ์ ชื่อเรื่องหรือชื่อหนังสือ. ประเภทของเอกสาร. สถาบันหรือหน่วยงานที่จัดทำ. เมืองที่พิมพ์. จำนวนหน้าทั้งหมด.

ทวีศักดิ์ ชโยภาส. 2544. แมลงศัตรูปลาลงน้ำในในประเทศไทย. เอกสารวิชาการ. กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 126 หน้า.

### 6) สื่ออิเล็กทรอนิกส์

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

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2548. การปลูกผักแบบไม่ใช้ดิน (ไฮโดรโปนิคส์). (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <http://www.doe.go.th/proster/hondin/htm> (21 เมษายน 2548).

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

คู่มือคำแนะนำในการใช้ภาษาอังกฤษในเนื้อเรื่องภาษาไทย และการส่งเรื่องเพื่อตีพิมพ์ได้ในนิตยสาร

# วารสารเกษตร

## JOURNAL OF AGRICULTURE

|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ผู้จัดพิมพ์                  | คณะเกษตรศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยเชียงใหม่                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Publisher                     | Faculty of Agriculture,<br>Chiang Mai University                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| กำหนดการพิมพ์                | วารสารราย 4 เดือน (3 ฉบับ/ปี) คือ<br>ฉบับที่ 1 มกราคม-เมษายน<br>ฉบับที่ 2 พฤษภาคม-สิงหาคม<br>ฉบับที่ 3 กันยายน-ธันวาคม                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Publication                   | Tri-annually<br>Issue 1 January-April<br>Issue 2 May-August<br>Issue 3 September-December                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| วัตถุประสงค์                 | เพื่อเผยแพร่วิทยการด้านการเกษตร<br>และสาขาที่เกี่ยวข้อง                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Objective                     | To disseminate academic knowledge in<br>agriculture and related fields                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| ที่ปรึกษา                    | คณบดีคณะเกษตรศาสตร์<br>รองคณบดีฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Consultants                   | Dean, Faculty of Agriculture; Associate<br>Dean for Research and Academic Services                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| บรรณาธิการ                   | ศ.(เชี่ยวชาญพิเศษ) ดร. สันชัย จตุรสิทธิ์ธา<br>มหาวิทยาลัยเชียงใหม่                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Editor                        | Sanchai Jaturasitha, Dr.sc.agr., Prof.<br>Chiang Mai University                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| รองบรรณาธิการ                | รศ.ดร. ไสว บุรณพานิชพันธุ์<br>มหาวิทยาลัยเชียงใหม่                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Vice Editor                   | Sawai Buranapanichpan, Ph.D., Assoc. Prof.<br>Chiang Mai University                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| กองบรรณาธิการ<br>ฝ่ายวิชาการ | ศ.ดร. ดนัย บุญเกียรติ<br>มหาวิทยาลัยเชียงใหม่<br>รศ.ดร. เกวลิน คุณาศักดากุล<br>มหาวิทยาลัยเชียงใหม่<br>รศ.ดร. สุนทร คำยอง<br>มหาวิทยาลัยเชียงใหม่<br>รศ.ดร. รุจ ศิริสัญลักษณ์<br>มหาวิทยาลัยเชียงใหม่<br>รศ.ดร. ชนากานต์ เทโบลต์ พรหมอุทัย<br>มหาวิทยาลัยเชียงใหม่<br>ผศ.ดร. สุรินทร์ นิลสำราญจิต<br>มหาวิทยาลัยเชียงใหม่<br>ผศ.ดร. เยาวลักษณ์ จันทร่าง<br>มหาวิทยาลัยเชียงใหม่<br>ผศ.ดร. ฉันทลักษณ์ ดิทยาน<br>มหาวิทยาลัยเชียงใหม่<br>ผศ.ดร. จิรวรรณ กิจชัยเจริญ<br>มหาวิทยาลัยเชียงใหม่<br>ผศ.ดร. เสาวลักษณ์ แยมหมื่นอาจ<br>มหาวิทยาลัยเชียงใหม่<br>อ.ดร. ชูชาติ สันธทรัพย์<br>มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ | Editorial Board<br>(Academic) | Danai Boonyakiat, Ph.D., Prof.<br>Chiang Mai University<br>Kaewalin Kunasakdakul, Ph.D., Assoc. Prof.<br>Chiang Mai University<br>Soontorn Khamyong, Ph.D., Assoc. Prof.<br>Chiang Mai University<br>Ruth Sirisunyaluck, Ph.D., Assoc. Prof.<br>Chiang Mai University<br>Chanakan Prom-u-thai, Ph.D., Assoc. Prof.<br>Chiang Mai University<br>Surin Nilsamranchit, Ph.D., Assist. Prof.<br>Chiang Mai University<br>Yaowaluk Chanbang, Ph.D., Assist. Prof.<br>Chiang Mai University<br>Chantalak Tiyyon, Ph.D., Assist. Prof.<br>Chiang Mai University<br>Jirawan Kitchaicharoen, Ph.D., Assist. Prof.<br>Chiang Mai University<br>Saowaluck Yammuen-art, Ph.D., Assist. Prof.<br>Chiang Mai University<br>Choochad Santasup, Ph.D.<br>Chiang Mai University |

|                                |                                |                                                |
|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------|
| กองบรรณาธิการ<br>ฝ่ายการจัดการ | อ.ดร. สรณะ สมโน                | Sarana Sommano, Ph.D.                          |
|                                | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่           | Chiang Mai University                          |
|                                | ศ.ดร. จรัญ จันทลักขณา          | Charan Chantalakhana, Ph.D., Prof.             |
|                                | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์         | Kasetsart University                           |
|                                | ศ. ญานวิทย์ ดร. เมธาวรรณพัฒน์  | Metha Wanapat, Ph.D., Prof.                    |
|                                | มหาวิทยาลัยขอนแก่น             | Khon Kaen University                           |
|                                | ศ.ดร. อังศุมาลย์ จันทราปัติย์  | Angsumarn Chandrapatya, Ph.D., Prof.           |
|                                | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์         | Kasetsart University                           |
|                                | ศ.ดร. สุชีลา เดชะวงศ์เสถียร    | Suchila Techawongstien, D.agr., Prof.          |
|                                | มหาวิทยาลัยขอนแก่น             | Khon Kaen University                           |
|                                | ศ.ดร. ธวัชชัย ศุภดิษฐ์         | Tawadchai Suppadit, Ph.D., Prof.               |
|                                | สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์   | Nation Institute of Development Administration |
|                                | รศ.ดร. เสวียน เปรมประสิทธิ์    | Savent Pampasit, Ph.D., Assoc. Prof.           |
|                                | มหาวิทยาลัยนเรศวร              | Naresuan University                            |
|                                | รศ.ดร. วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ     | Weerathep Pongprasert, Ph.D., Assoc. Prof.     |
|                                | มหาวิทยาลัยนเรศวร              | Naresuan University                            |
|                                | รศ.ดร. เพชรรัตน์ ธรรมเบญจพล    | Petcharat Thummabenjapone, Ph.D., Assoc Prof.  |
|                                | มหาวิทยาลัยขอนแก่น             | Khon Kaen University                           |
|                                | รศ. บำเพ็ญ เขียวหวาน           | Bumpen Keowan, M.S., Assoc. Prof.              |
|                                | มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมวิราช    | Sukhothai Thammathirat Open University         |
|                                | รศ.ดร. เกียรติศักดิ์ เม่งอำพัน | Kriangsak Mengumphan, Ph.D., Assoc. Prof.      |
|                                | มหาวิทยาลัยแม่โจ้              | Maejo University                               |
|                                | ผศ.ดร. ปฎิภาณ สุทธิกุลบุตร     | Pathipan Sutigoolabud, Ph.D., Assist. Prof.    |
|                                | มหาวิทยาลัยแม่โจ้              | Maejo University                               |
|                                | ผศ.ดร. เพ็ญพร เจนการกิจ        | Penporn Janekarnkij, Ph.D., Assist. Prof.      |
|                                | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์         | Kasetsart University                           |
|                                | ผศ.ดร. ไชยวรรณ วัฒนจันทร์      | Chaiyawan Wattanachant, Ph.D., Assist. Prof.   |
|                                | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์       | Prince of Songkla University                   |
|                                | ผศ.ดร. เสาวคนธ์ วัฒนจันทร์     | Saowakon Wattanachant, Ph.D., Assist. Prof.    |
|                                | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์       | Prince of Songkla University                   |
|                                | นางลาลิตยา นุ่มมีศรี           | Lalitaya Nummisri                              |
|                                | นางสาวอรณิชาณ์ ปารมี           | Onnichia Paramee                               |
|                                | นายมานพ เปี้ยพรรณ              | Manop Pearpun                                  |
|                                |                                |                                                |



## บทบรรณาธิการ

สวัสดีครับท่านผู้อ่านทุกท่าน

วารสารเกษตรได้ย่างเข้าปีที่ 34 แล้วครับ ขอต้อนรับท่านผู้อ่านด้วยบทความวิจัย จำนวน 15 เรื่องด้วยกัน มีสาขาพืชสวน 3 เรื่อง ปฐพี 2 เรื่อง โรคพืช 3 เรื่อง ส่งเสริมการเกษตร 3 เรื่อง สัตวศาสตร์ 3 เรื่อง และอุตสาหกรรมเกษตรอีก 1 เรื่อง ทุกเรื่องเข้มข้นไปด้วยเนื้อหาวิชาการที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ นี่เป็นการแสดงให้เห็นว่างานวิจัยนำไปใช้ได้จริง นอกจากนี้ยังมีบทความวิจัยที่ได้ทำ ณ ประเทศเมียนมาร์ในเรื่องประเมินศักยภาพมะม่วงก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวนั้น ทำให้เห็นได้ว่าวารสารเกษตรเป็นวารสารที่ได้รับการยอมรับจากนักวิจัยต่างชาติมากขึ้น และเป็นเรื่องที่น่ายินดีที่วารสารเกษตรได้เป็นแม่แบบของวารสารในสายเกษตรด้วยกันที่ยกทีมงานมาดูวิธีการดำเนินการของวารสาร

ขอขอบคุณนักวิจัยและคณะที่ได้ส่งบทความที่ดี มีคุณค่ามาแบ่งปันให้ทุกท่านได้อ่าน ซึ่งจะทำให้ทุกท่านได้สาระจากการอ่านอย่างมาก เพื่อเตรียมตัวกับการก้าวไปสู่ประเทศไทย 4.0 ด้วยกัน

พบกันใหม่ในฉบับหน้าครับ

ศ. (เชี่ยวชาญพิเศษ) ดร. สัมชัย จตุรสิทธิ์ธา

บรรณาธิการวารสารเกษตร



# ผลของระดับไนโตรเจนต่อการเติบโตและปริมาณของธาตุอาหาร ในกล้วยไม้แวนดากลุ่มผสม

## Effects of Nitrogen Levels on Growth and Nutrition Content of *Vanda* Hybrid

กนกวรรณ ปัญจะมา<sup>1</sup> ชัยอาทิตย์ อินคำ<sup>2</sup> และ โสระยา ร่วมรังษี<sup>1\*</sup>

Kanokwan Panjama<sup>1</sup>, Chaiatid Inkham<sup>2</sup> and Soraya Ruamrungsri<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

<sup>1</sup>Department of Plant and Soil Science, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

<sup>2</sup>หน่วยวิจัยธาตุอาหารพืชและการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

<sup>2</sup>Plant Nutrition and Hydroponics Research Unit, Science and Technology Research Institute, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

\*Corresponding author: Email: sorayaruamrung@gmail.com

(Received: 10 April 2017; Accepted: 25 September 2017)

**Abstract:** *Vanda* is recognized as a heavy feeder fertilizer especially nitrogen. The availability of N is an important fertilizer for orchid crop production. The research of optimum fertilizer level for growth and flowering of *Vanda* was rarely reported. The objective of this study was to determine the effect of N levels on growth and nutrition content of *Vanda* 'Ratchaburi Fuchs-Katsura'. Three levels of N fertilizer i.e. 0, 200 and 400 mg/L were supplied to plant with 100 ml/plant once a week. All treatments comprise of 100 mg/L of P fertilizer and 200 mg/L of K fertilizer compared with control treatment (supplied only deionized water). The experimental design was completely randomized design (CRD) with 4 treatments and 10 replications. Plant height, stem height, number of leaves per plant, days to flower and nutrition content were measured. The results found that N level at 400 mg/L showed a tendency of growth rate, nitrogen and phosphorus content in leaves, stem and roots higher than other treatments however it delayed flowering time. N level at 200 mg/L could stimulate earlier flowering and also gave the highest of potassium content in *Vanda* leaves.

**Keywords:** *Vanda* orchid, nitrogen, growth, flowering, nutrition

**บทคัดย่อ:** แวนดาเป็นกล้วยไม้ที่ใช้ปลูกในปริมาณมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในโตรเจน ซึ่งเป็นปุ๋ยสำคัญสำหรับการผลิตกล้วยไม้ แต่อย่างไรก็ตามผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลปริมาณปุ๋ยที่เหมาะสมการเติบโตและคุณภาพดอกของแวนดา ยังมีรายงานอยู่น้อยมาก การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาผลของระดับไนโตรเจนที่ส่งผลต่อการเติบโตออกดอกและปริมาณธาตุอาหารในแวนดา พันธุ์ 'Ratchaburi Fuchs-Katsura' โดยศึกษาการให้ปุ๋ยไนโตรเจน 3 ระดับได้แก่ 0, 200 และ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร สัปดาห์ละครั้ง ครั้งละ 100 มิลลิกรัมต่อต้น ทุกกรรมวิธีประกอบด้วยฟอสฟอรัส 100 มิลลิกรัมต่อลิตร และโพแทสเซียม 200 มิลลิกรัมต่อลิตร เปรียบเทียบกับการมวิธีควบคุม (ให้น้ำดีไอออนไนซ์แทนปุ๋ย) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์จำนวน 4 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 10 ซ้ำ ทำการบันทึกข้อมูล ความสูงต้น ความสูงของลำต้น จำนวนใบต่อต้น วันที่ออกดอก และปริมาณของธาตุอาหาร ผลการทดลองพบว่า การได้รับไนโตรเจน 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้พืชมีอัตราการเติบโตทางลำต้น ปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในใบ ลำต้น และรากมากกว่ากรรมวิธีอื่น แต่ส่งผลให้พืชชะลอการออกดอก ในขณะที่การได้รับไนโตรเจน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร กระตุ้นการออกดอกได้เร็วขึ้น และส่งผลให้มีปริมาณของโพแทสเซียมในใบมากกว่ากรรมวิธีอื่น

**คำสำคัญ:** กล้วยไม้แวนดา ไนโตรเจน การเติบโต การออกดอก ธาตุอาหาร

## คำนำ

กล้วยไม้สกุลแวนดาเป็นกล้วยไม้เขตร้อนสกุลใหญ่ พบในป่าตามธรรมชาติประมาณ 40 ชนิด มีการกระจายพันธุ์อยู่ในทวีปเอเชีย ตั้งแต่อินเดีย ศรีลังกา พม่า ไทย อินโดนีเซีย จนถึงฟิลิปปินส์ (ไชยา และลาวลีย์, 2534) ในประเทศไทยมี 9 ชนิด พบขึ้นตามป่าดิบแล้ง และป่าเบญจพรรณ (อบฉันท, 2543) ไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกดอกกล้วยไม้เขตร้อนอันดับ 1 ของโลก มูลค่าการส่งออกในเดือนมกราคมปี พ.ศ. 2558 คิดเป็นมูลค่า 6.28 ล้านดอลลาร์สหรัฐฯ โดยพันธุ์ที่ส่งออกได้แก่ สกุลหวาย มอคคาร่า และแวนดา (สำนักพัฒนาการค้าและธุรกิจการเกษตรและอุตสาหกรรม, 2558) โดยแวนดาสามารถส่งขายได้ทั้งในรูปของไม้ตัดดอกและไม้กระเช้า (Rittershausen and Rittershausen, 2001)

โดยทั่วไปแวนดาสามารถปลูกในกระเช้าโดยปราศจากวัสดุปลูก และนิยมให้ปุ๋ยด้วยการรดทางใบ (Kamemoto and Sagarik, 1975) ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารสำคัญต่อสิ่งมีชีวิต เนื่องจากเป็นส่วนประกอบหลักของสารประกอบจำเป็นมากมาย อาทิเช่น กรดอะมิโน และโปรตีน ในน้ำหนักแห้งของพืชประกอบด้วยไนโตรเจนถึง 1-5% นอกจากนี้ไนโตรเจนยังเป็นปัจจัยที่จำกัดการเจริญเติบโตของพืชอีกด้วย หากพืชได้รับไนโตรเจนไม่เพียงพอจะทำให้พืชแสดงอาการขาดธาตุไนโตรเจน

อาทิเช่น ใบแคบ ลำต้นแคระแกร็น และใบแก่เป็นสีเหลือง ( Marschner, 2012; Ohyama and Sueyoshi, 2010) ในขณะที่พืชที่ได้รับธาตุไนโตรเจนมากเกินไป จะแสดงอาการเหี่ยวใบ ใบมีสีเขียวเข้ม มีการขยายเพิ่มขนาดและปริมาณของเซลล์ ทำให้ใบมีขนาดใหญ่ ปริมาณของใบมาก การออกดอกและผลข้าง (สมบุญ, 2544) วรรณศิริ และโสระยา (2559) รายงานว่า ต้นกุหลาบที่ได้รับไนโตรเจนที่ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการเจริญเติบโตมากกว่ากรรมวิธีอื่น เช่นเดียวกับกับแวนดาซึ่งควรได้รับปุ๋ยอย่างเหมาะสมและสม่ำเสมอ โดยเฉพาะไนโตรเจน เนื่องจากเป็นกล้วยไม้ที่ไม่มีลำลูกกล้วย (pseudobulb) สำหรับสะสมอาหาร และมีรากแบบรากอากาศซึ่งไม่สามารถรับธาตุอาหารจากวัสดุปลูกได้ การให้ปุ๋ยจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้แวนดาเจริญเติบโตได้ดี (Grove, 1995) ในการให้ปุ๋ยกล้วยไม้นั้นสามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่รดปุ๋ยผ่านน้ำ โดยการใส่ปุ๋ยลงในน้ำที่รดกล้วยไม้ หรือรดน้ำให้ชุ่มก่อนแล้วทิ้งไว้พอน้ำแห้งแล้วจึงรดน้ำปุ๋ยตามอีกครั้ง (ไชยา และลาวลีย์, 2534) โดยทั่วไปในระยะเจริญเติบโตทางต้น เกษตรกรมักให้ปุ๋ยที่มีไนโตรเจนสูง อาทิเช่น 30-10-10 หลังจากนั้นเมื่อพืชเจริญเติบโตทางลำต้นได้ดีแล้วจึงให้ปุ๋ยที่มีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสูงเพื่อช่วยกระตุ้นการออกดอก (Stewart, 2000) Poole and Seeley (1978) รายงานว่าระดับของไนโตรเจนเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโต

ของกล้วยไม้ฟาแลนนอปซิส และซิมบิเดียม ระดับของไนโตรเจนที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับชนิดของกล้วยไม้ โดยพบว่า ไนโตรเจนในช่วง 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของฟาแลนนอปซิส ในขณะที่การให้ไนโตรเจนที่ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ซิมบิเดียมแสดงอาการขาดธาตุไนโตรเจน Lunt and Kofranek (1961) พบว่าการให้ไนโตรเจนที่ความเข้มข้นสูงสัปดาห์ละครั้ง ส่งเสริมการเจริญเติบโตทางลำต้นในช่วงการออกดอกของซิมบิเดียม อย่างไรก็ตาม ความรู้ในเชิงวิชาการเกี่ยวกับการจัดการปุ๋ยที่เหมาะสมต่อการปลูกเลี้ยงแวนดายังมีน้อย โดยเฉพาะการควบคุมการออกดอกของแวนดา ซึ่งกลายเป็นข้อจำกัดในการผลิตดอกของเกษตรกร วัตถุประสงค์ของงานทดลองนี้จึงต้องการศึกษาปริมาณของไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการผลิตแวนดา และปริมาณของธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของแวนดา เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจและสามารถพัฒนาคุณภาพและวางแผนการผลิตแวนดาได้ในที่สุด

## อุปกรณ์และวิธีการ

เลือกต้นกล้วยไม้แวนดาลูกผสมพันธุ์ 'Ratchaburi Fuchs-Katsura' อายุ 2 ปี ที่ผ่านการออกดอกมาแล้ว 1 ครั้ง และมีขนาดต้นใกล้เคียงกัน จำนวน 40 ต้น ย้ายปลูกในโรงเรือนใช้ตาข่ายพรางแสง 50 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิเฉลี่ย  $25 \pm 2$  องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70-80 เปอร์เซ็นต์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) แบ่งออกเป็น 4 กรรมวิธี (ตารางที่ 1) กรรมวิธีละ 10 ซ้ำ ๆ ละ 1 ต้น ให้ปุ๋ยไนโตรเจนกับพืช จำนวน 3 ระดับได้แก่ 0, 200 และ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ทุกกรรมวิธีได้รับธาตุอื่นเท่ากัน ได้แก่ ฟอสฟอรัส 100 มิลลิกรัมต่อลิตร โพแทสเซียม

200 มิลลิกรัมต่อลิตร แคลเซียม 100 มิลลิกรัมต่อลิตร แมกนีเซียม 100 มิลลิกรัมต่อลิตร โบรอน 0.24 มิลลิกรัมต่อลิตร แมงกานีส 0.226 มิลลิกรัมต่อลิตร ซิงค์ 0.11 มิลลิกรัมต่อลิตร คอปเปอร์ 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร โมลิบดีนัม 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร และเหล็ก 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร เปรียบเทียบกับการมววิควบคุม ซึ่งให้น้ำดีไอออนซ์แทนปุ๋ย พันธ์ารละลายธาตุอาหารทางใบและราก ตามตารางที่ 1 ให้กับกล้วยไม้ สัปดาห์ละครั้ง ๆ ละ 100 มิลลิตรต่อต้น

ทำการบันทึกการเติบโต ดังนี้ 1) ความสูงต้น วัดจากโคนต้นจนถึงปลายใบ (เซนติเมตร) 2) ความสูงของลำต้น วัดจากโคนต้นจนถึงปลายยอด (เซนติเมตร) 3) จำนวนใบต่อต้น 4) อัตราการเติบโต และ 5) จำนวนวันตั้งแต่เริ่มการทดลองถึงดอกแรกบาน 2 ช่วงการออกดอก ได้แก่ ระยะการออกดอกครั้งที่ 1 (สิงหาคม-กันยายน 2559) และระยะการออกดอกครั้งที่ 2 (ธันวาคม 2559-มกราคม 2560) โดยอัตราการเติบโตคำนวณจาก

$$\text{อัตราการเติบโต} = [(H_t - H_0) / H_0] \times 100$$

เมื่อ  $H_t$  = ค่าข้อมูลเมื่อระยะเวลา  $t$

$H_0$  = ค่าข้อมูลเริ่มต้น

การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร ทำการสุ่มตัวอย่างพืชเมื่อระยะเวลา 6 เดือนหลังจากให้ปุ๋ย ดังทำ ความสะอาดด้วยน้ำกลั่น จากนั้นนำตัวอย่างพืชไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์จึงนำไปบดให้ละเอียดเพื่อเตรียมวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารต่าง ๆ ได้แก่ 1) ไนโตรเจนรวม โดยวิธีการ modified indophenol (Ohyama *et al.*, 1991) 2) ฟอสฟอรัส โดยวิธีการ ammonium molybdate (Davidescu and Davidescu, 1972) และ 3) โพแทสเซียม โดยวิธีการ atomic absorption spectrophotometry (Mizukoshi *et al.*, 1994)

Table 1. The concentration of chemicals fertilizer in each treatment

| Treatment | Concentration (mg/l) |                |               |
|-----------|----------------------|----------------|---------------|
|           | Nitrogen (N)         | Phosphorus (P) | Potassium (K) |
| 1         | 0                    | 100            | 200           |
| 2         | 200                  | 100            | 200           |
| 3         | 400                  | 100            | 200           |
| 4         | 0                    | 0              | 0             |

วิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยโปรแกรม Statistic 8 (SXW Tallahassee, FL, USA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลโดยใช้ค่า least significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

## ผลการศึกษาและวิจารณ์

### การเติบโต

ความสูงต้น และความสูงของลำต้น

การวัดความสูงต้นของกล้วยไม้แวนดาพันธุ์ลูกผสม พบว่า ในระยะเวลา 4 เดือนหลังจากให้ปุ๋ยกล้วยไม้แวนดาพันธุ์ลูกผสมมีความสูงต้น เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ต่อมาในเดือนที่ 6 พบว่า การได้รับปุ๋ยในกรรมวิธีที่ 1-3 ทำให้พืชมีความสูงต้นเฉลี่ยมากกว่ากล้วยไม้ที่ได้รับน้ำเพียงอย่างเดียว (กรรมวิธีที่ 4) โดยมีความสูงต้นเฉลี่ย 68.0-69.4 เซนติเมตร ในขณะที่กรรมวิธีควบคุม การไม่ให้ปุ๋ย มีความสูงต้นน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเฉลี่ย 66.6 เซนติเมตร (ตารางที่ 2) ไนโตรเจนส่งผลโดยตรงต่อการเติบโตของพืช เนื่องจากไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบสำคัญของกรดอะมิโน และโปรตีนซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของเนื้อเยื่อพืช และกระบวนการต่างๆ ของพืช อย่างไรก็ตามแม้ว่าการเพิ่มระดับปุ๋ยไนโตรเจนทำให้การเจริญเติบโตของกล้วยไม้เพิ่มขึ้น แต่การเพิ่มขึ้นของไนโตรเจนในเนื้อเยื่อมากเกินไป เมื่อร่วมกับปัจจัยอื่นอาจส่งผลจำกัดการเจริญเติบโตได้ (Fageria, 2014)

นอกจากนี้ยังพบว่าความสูงของลำต้น ในเดือนที่ 6 ให้ผลทำนองเดียวกัน โดยการไม่ให้ปุ๋ย (กรรมวิธีที่ 4) ทำให้พืชมีความสูงของลำต้นน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เฉลี่ย 41.4 เซนติเมตร สอดคล้องกับการทดลองของ Wong and Chua (1975) โดยพบว่า ความสูงลำต้นของกล้วยไม้ *Aranda Wendy Scott* เพิ่มขึ้นตามระดับปุ๋ยไนโตรเจน และยิ่งขึ้นอยู่กักระดับของปุ๋ยฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมอีกด้วย กรรมวิธีที่ไม่ให้ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมีความสูงของลำต้นน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น แม้ว่าไนโตรเจนมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ แต่จะมีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อให้ไนโตรเจนร่วมกับฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม (Naik *et al.*, 2009)

### จำนวนใบต่อต้น

ผลของระดับไนโตรเจนต่อจำนวนใบของต้นแวนดาพันธุ์ลูกผสม พบว่า ทุกกรรมวิธีมีจำนวนใบไม่แตกต่างกัน (ไม่ได้แสดงข้อมูล) โดยจำนวนใบค่อยๆ เพิ่มขึ้นตั้งแต่เริ่มการทดลองซึ่งมีจำนวนใบเฉลี่ย 20.0 ใบต่อต้น จนกระทั่ง 6 เดือนหลังจากให้ปุ๋ย ค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 24.6 ใบต่อต้น (ภาพที่ 1) ตรงกันข้ามกับการทดลองในฟาแลนนอปซิส ซึ่งพบว่าการให้ไนโตรเจนที่ความเข้มข้นสูง (100 มิลลิกรัมต่อลิตร) ส่งผลให้มีจำนวนใบต่อต้นมากกว่าการให้ไนโตรเจนที่ความเข้มข้นต่ำ (30 มิลลิกรัมต่อลิตร) (Wang, 2000)

Table 2. Effects of nitrogen levels on plant height and stem height (cm) of *Vanda* 'Ratchaburi Fuchs-Katsura' during 2, 4 and 6 months after feeding

| Treatment           | Plant height (cm) |       |       |                    | Stem height (cm) |       |       |                    |
|---------------------|-------------------|-------|-------|--------------------|------------------|-------|-------|--------------------|
|                     | 0 MAF             | 2 MAF | 4 MAF | 6 MAF <sup>1</sup> | 0 MAF            | 2 MAF | 4 MAF | 6 MAF <sup>1</sup> |
| 1) N 0 mg/l         | 55.4              | 64.2  | 67.1  | 69.6 a             | 33.0             | 40.4  | 42.0  | 44.6 a             |
| 2) N 200 mg/l       | 54.9              | 61.7  | 65.5  | 68.0 b             | 32.8             | 40.0  | 41.1  | 44.6 a             |
| 3) N 400 mg/l       | 54.1              | 63.1  | 67.8  | 69.4 a             | 33.4             | 40.1  | 42.4  | 45.3 a             |
| 4) Control          | 53.8              | 60.5  | 65.4  | 66.6 c             | 35.0             | 37.5  | 39.8  | 41.4 b             |
| CV                  | 2.69              | 3.84  | 3.70  | 1.76               | 7.88             | 7.30  | 8.31  | 4.97               |
| LSD <sub>0.05</sub> | NS                | NS    | NS    | 1.33               | NS               | NS    | NS    | 2.41               |

<sup>1</sup> Means within the same column follow by different letters showed significantly different between treatments by LSD test at  $P \leq 0.05$

<sup>NS</sup> Not significant

MAF = Months after feeding

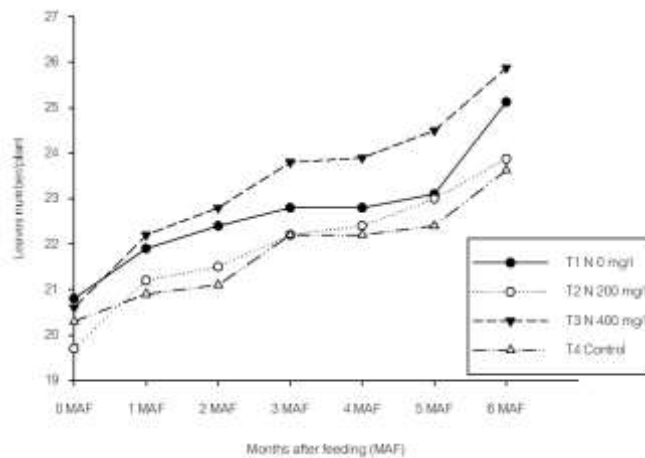


Figure 1. Effect of nitrogen levels on number of leaves per plant of *Vanda* 'Ratchaburi Fuchs-Katsura'

#### อัตราการเติบโต

จากการคำนวณอัตราการเติบโตทั้งความสูงต้น ความสูงของลำต้น และจำนวนใบ หลังจากการให้ปุ๋ย 6 เดือนพบว่า การได้รับไนโตรเจน 400 มิลลิกรัม (กรรมวิธีที่ 3) มีอัตราการเติบโตทั้งความสูงต้น ความสูงของลำต้น และจำนวนใบต่อต้นมากกว่ากรรมวิธีอื่น เฉลี่ย 29.83, 36.71 และ 24.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 3) การได้รับไนโตรเจน 200 หรือ 400 มิลลิกรัมต่อลิตรมีแนวโน้มเพิ่มอัตราการเติบโตในทุก ๆ ด้านมากกว่ากรรมวิธีที่ไม่ได้รับไนโตรเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งอัตราการเพิ่มจำนวนใบ ในขณะที่กรรมวิธีควบคุม (ไม่ให้ปุ๋ย) มีอัตราการเติบโตน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น ทั้งความสูงต้น ความสูงของลำต้น และจำนวนใบเฉลี่ย 24.13, 16.46 และ 15.94 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สอดคล้องกับ Wang and Gregg (1994) ที่ศึกษาผลของวัสดุปลูกและระดับปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้วยไม้แลนคาเซีย พบว่า การเพิ่มระดับปุ๋ย (20N-8.6P-16.6K) จาก 250 เป็น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้กล้วยไม้มีลำต้นสูงขึ้น และจำนวนใบเพิ่มมากขึ้น กล้วยไม้มีความต้องการธาตุอาหารเช่นเดียวกันกับพืชชนิดอื่น แต่กล้วยไม้ใช้เวลาในการแสดงอาการขาดธาตุอาหาร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิด อายุ ระยะการเจริญเติบโต และธาตุอาหารที่กล้วยไม้ได้รับ สำหรับกล้วยไม้แวนดาลูกผสมพันธุ์ 'Ratchaburi Fuchs-Katsura' จากการทดลองพบว่า การให้ปุ๋ยที่แตกต่างกัน

เริ่มทำให้พืชมีการเจริญเติบโตต่างกัน เมื่อได้รับกรรมวิธีทดลองแล้วนาน 6 เดือน ทั้งนี้อาจเนื่องจากกล้วยไม้มีการเจริญเติบโตอย่างช้า ๆ และในต้นเดิมยังมีธาตุอาหารที่ใช้ในการเจริญเติบโตสะสมอยู่บ้าง จึงแสดงผลความแตกต่างยังไม่ชัดเจนในช่วงแรกของการทดลอง

#### การออกดอก

จากการศึกษาผลของระดับไนโตรเจนต่อการออกดอกของกล้วยไม้แวนดาพันธุ์ลูกผสม พบว่า ในระยะออกดอกช่วงที่ 1 (ช่วงเดือนสิงหาคม-กันยายน 2559) การได้รับไนโตรเจน 400 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรรมวิธีที่ 3) ชะลอการบานดอกของแวนดาโดยมีจำนวนวันตั้งแต่เริ่มให้ปุ๋ยจนกระทั่งดอกแรกบานมากกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เฉลี่ย 120 วัน ในขณะที่กรรมวิธีอื่นมีจำนวนวันเฉลี่ยเพียง 103 วัน (ตารางที่ 4) การได้รับไนโตรเจน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรรมวิธีที่ 2) มีก้านดอกย่อยสั้นกว่ากรรมวิธีที่ไม่ได้รับไนโตรเจน (กรรมวิธีที่ 1) ในขณะที่ระยะออกดอกช่วงที่ 2 (ช่วงเดือนธันวาคม-มกราคม) การได้รับไนโตรเจน 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ใช้เวลาในการบานดอกมากกว่ากรรมวิธีอื่น เฉลี่ย 205 วัน และยังให้ก้านช่อดอก และก้านดอกย่อยสั้นกว่ากรรมวิธีอื่น (ตารางที่ 5) การได้รับไนโตรเจนที่ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีจำนวนวันน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น แต่ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม เฉลี่ย 180 และ 183 วัน ตามลำดับ

**Table 3.** Effect of nitrogen levels on growth rate (%) of plant height, stem height and number of leaves of *Vanda* 'Ratchaburi Fuchs-Katsura'

| Treatment    | Growth rate (%)           |                          |                            |
|--------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|
|              | Plant height <sup>1</sup> | Stem height <sup>1</sup> | No. of leaves <sup>1</sup> |
| 1 N 0 mg/l   | 26.56 ab                  | 34.91 a                  | 15.83 b                    |
| 2 N 200 mg/l | 25.67 ab                  | 33.65 a                  | 22.09 a                    |
| 3 N 400 mg/l | 29.83 a                   | 36.71 a                  | 24.17 a                    |
| 4 Control    | 24.13 b                   | 16.46 b                  | 15.94 b                    |
| CV           | 14.39                     | 21.96                    | 16.95                      |
| LSD          | 4.21                      | 7.37                     | 3.00                       |

<sup>1</sup> Means within the same column follow by different letters showed significantly different between treatments by LSD test at  $P \leq 0.05$

**Table 4.** Effect of nitrogen levels on flowering of *Vanda* 'Ratchaburi Fuchs-Katsura' during the first flowering period (August - September, 2016)

| Treatment    | No. of days <sup>1</sup> | Inflorescence length (cm) | Peduncle length (cm) | Pedicel length (cm) <sup>1</sup> | Flower width (cm) | No. of flowers/plant |
|--------------|--------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------------------|-------------------|----------------------|
| 1 N 0 mg/l   | 104.0 b                  | 39.8                      | 25.2                 | 5.6 a                            | 9.7               | 9.3                  |
| 2 N 200 mg/l | 106.3 b                  | 38.7                      | 22.3                 | 4.9 b                            | 10.1              | 7.8                  |
| 3 N 400 mg/l | 120.3 a                  | 37.5                      | 22.0                 | 5.3 ab                           | 9.9               | 8.0                  |
| 4 Control    | 99.5 b                   | 39.7                      | 24.1                 | 5.4 ab                           | 9.9               | 8.3                  |
| CV           | 10.22                    | 12.65                     | 14.22                | 9.37                             | 5.52              | 19.53                |
| LSD          | 13.24                    | NS                        | NS                   | 0.60                             | NS                | NS                   |

<sup>1</sup> Means within the same column follow by different letters showed significantly different between treatments by LSD test at  $P \leq 0.05$

<sup>NS</sup> Not significant

**Table 5.** Effect of nitrogen levels on flowering of *Vanda* 'Ratchaburi Fuchs-Katsura' during the second flowering period (December, 2016 - January, 2017)

| Treatment    | No. of days <sup>1</sup> | Inflorescence length (cm) | Peduncle length (cm) <sup>1</sup> | Pedicel length (cm) <sup>1</sup> | Flower width (cm) | No. of flowers/plant |
|--------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------|----------------------|
| 1 N 0 mg/l   | 197.4 ab                 | 42.7                      | 24.7 ab                           | 5.7 ab                           | 11.0              | 9.6                  |
| 2 N 200 mg/l | 180.4 c                  | 42.3                      | 25.4 ab                           | 6.0 a                            | 10.8              | 9.4                  |
| 3 N 400 mg/l | 205.3 a                  | 40.4                      | 23.4 b                            | 5.4 b                            | 10.9              | 9.0                  |
| 4 Control    | 182.7 bc                 | 44.6                      | 26.4 a                            | 5.9 a                            | 10.7              | 9.3                  |
| CV           | 7.59                     | 10.08                     | 9.95                              | 5.61                             | 4.82              | 17.64                |
| LSD          | 16.03                    | NS                        | 2.74                              | 0.36                             | NS                | NS                   |

<sup>1</sup> Means within the same column follow by different letters showed significantly different between treatments by LSD test at  $P \leq 0.05$

<sup>NS</sup> Not significant



ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณไนโตรเจนที่สะสมมากเกินไป เป็นสาเหตุของการชะลอการออกดอก (Yamamoto Dendrobiums, 2006) นอกจากนี้ Wang (2000) ทำการทดลองเปรียบเทียบการให้ปุ๋ยระหว่างการให้ไนโตรเจนสูงอย่างต่อเนื่อง กับการให้ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมสูงในกล้วยไม้ฟาแลนนอปซิส พบว่าการได้รับฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสูงมีจำนวนดอกน้อยกว่าการให้ไนโตรเจนสูง การให้ไนโตรเจนในระดับที่เหมาะสมอย่างต่อเนื่องอาจมีความสำคัญมากกว่าการให้ฟอสฟอรัสสูงต่อคุณภาพดอกของกล้วยไม้

### ปริมาณธาตุอาหารในส่วนของพืช

ผลของการวิเคราะห์ธาตุอาหารพบว่า เมื่อ 6 เดือนหลังจากให้ปุ๋ย การได้รับไนโตรเจน 400 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรรมวิธีที่ 3) มีปริมาณของไนโตรเจนในใบมากกว่ากรรมวิธีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 6) เฉลี่ย 416.74 มิลลิกรัมต่อต้น สอดคล้องกับอัตราการเพิ่มจำนวนใบที่มีแนวโน้มมากกว่ากรรมวิธีอื่น กรรมวิธีควบคุม (ไม่ได้รับปุ๋ย) มีปริมาณไนโตรเจนในใบน้อยที่สุดเพียง 214.76 มิลลิกรัมต่อต้น การได้รับไนโตรเจนที่ 200 และ 400 มิลลิกรัมต่อลิตรนอกจากส่งผลเพิ่มอัตราการเติบโตของแวนดาแล้ว ยังส่งผลให้พืชมีปริมาณไนโตรเจนสูงในรากอีกด้วย เฉลี่ย 357.65 และ 368.92 มิลลิกรัมต่อต้น ตามลำดับ Hew *et al.* (2004) รายงานว่าในรากของแวนดาประกอบไปด้วยเนื้อเยื่อหลายชั้นที่เรียกว่า velamen ซึ่งทำหน้าที่ดูดซับความชื้นและเก็บรักษาธาตุอาหารไว้เพื่อให้พืชนำไปใช้ต่อไป การให้ไนโตรเจนที่

ความเข้มข้นสูง 400 มิลลิกรัมต่อลิตรส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนที่พบในใบ ลำต้น และรากของแวนดาสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ทั้งนี้เพราะไนโตรเจนกระตุ้นการขยายเพิ่มขนาด และปริมาณของเซลล์ อย่างไรก็ตามการได้รับธาตุอาหารอื่นจะทำให้การนำเข้าของไนโตรเจนมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น Abbasi *et al.* (2012) รายงานว่าการให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสสามารถเพิ่มการนำเข้าของไนโตรเจนในถั่วเหลืองได้ เช่นเดียวกับกับโพแทสเซียม การให้ปุ๋ยโพแทสเซียมส่งเสริมกับนำเข้าและเปลี่ยนรูปของไอออน  $\text{NH}_4^+$  ในพืช (Dibb and Welch, 1976) จากผลการทดลองนี้เห็นได้ว่าในกรรมวิธีที่ 1 การได้รับไนโตรเจน 0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับฟอสฟอรัส 100 มิลลิกรัมต่อลิตร และโพแทสเซียม 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้พืชมีปริมาณไนโตรเจนในใบและลำต้นสูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่ได้รับปุ๋ย

การได้รับไนโตรเจน 0 และ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรรมวิธีที่ 1 และ 3) ส่งผลให้มีปริมาณของฟอสฟอรัสในใบ (295.20 และ 305.79 มิลลิกรัมต่อต้นตามลำดับ) และลำต้น (72.86 และ 68.49 มิลลิกรัมต่อต้นตามลำดับ) มากกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามพบว่า เมื่อ 6 เดือน หรือ 180 วันหลังจากให้ปุ๋ย เป็นช่วงเวลาตรงกับระยะเวลากาบานดอกของแวนดาในกรรมวิธีที่ 2 ซึ่งอาจทำให้ปริมาณของฟอสฟอรัสในใบ และลำต้นน้อยกว่ากรรมวิธีที่ได้รับไนโตรเจน 0 และ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร และฟอสฟอรัสที่ลดลงอาจเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารไปยังส่วนของช่อดอกซึ่งกำลังทำหน้าที่เป็น strong sink หรือถูกส่งไปยังส่วนของราก Naik *et al.* (2009) รายงานว่าในช่วงระยะเวลา

Table 6. Effect of nitrogen levels on nutrition content in various parts of *Vanda* 'Ratchaburi Fuchs-Katsura' at 6 months after feeding

| Treatment  | N content (mg/plant) <sup>1</sup> |         |          | P content (mg/plant) <sup>1</sup> |         |          | K content (mg/plant) <sup>1</sup> |          |          |
|------------|-----------------------------------|---------|----------|-----------------------------------|---------|----------|-----------------------------------|----------|----------|
|            | Leaves                            | Stem    | Roots    | Leaves                            | Stem    | Roots    | Leaves                            | Stem     | Roots    |
| N 0 mg/l   | 342.71 b                          | 59.10 a | 318.70 b | 295.20 a                          | 72.86 a | 291.83 b | 273.13 d                          | 48.48 a  | 98.12 d  |
| N 200 mg/l | 350.48 b                          | 30.82 b | 357.65 a | 256.17 b                          | 50.28 b | 339.12 a | 442.30 a                          | 39.07 b  | 111.23 c |
| N 400 mg/l | 416.74 a                          | 56.85 a | 368.92 a | 305.79 a                          | 68.49 a | 340.57 a | 384.43 b                          | 34.99 bc | 169.07 a |
| Control    | 214.76 c                          | 27.15 b | 329.80 b | 169.25 c                          | 33.28 c | 162.52 c | 295.95 c                          | 34.10 c  | 131.47 b |
| CV         | 3.28                              | 12.09   | 2.72     | 2.28                              | 8.32    | 4.05     | 3.38                              | 5.69     | 4.74     |
| LSD        | 20.43                             | 9.90    | 17.64    | 11.03                             | 8.81    | 21.62    | 22.24                             | 4.20     | 11.37    |

<sup>1</sup> Means within the same column follow by different letters showed significantly different between treatments by LSD test at  $P \leq 0.05$

การบานดอกของกล้วยไม้ฟาแลนอปซิส 'Dos Pueblos' และ อแรนดา 'Noorah Alsagoff' ปริมาณฟอสฟอรัสพบได้มากในส่วนของราก สอดคล้องกับปริมาณของฟอสฟอรัสที่พบในแวนดา โดยพบว่ากรรมวิธีที่ได้รับไนโตรเจน 200 หรือ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณฟอสฟอรัสในรากมากกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 339.12 และ 340.57 มิลลิกรัมต่อต้น ตามลำดับ การได้รับไนโตรเจน 200 หรือ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้มีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในรากของแวนดาสูงขึ้น ไนโตรเจนมีปฏิสัมพันธ์โดยตรงกับฟอสฟอรัส โดยไนโตรเจนสามารถเพิ่มความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในพืชได้ด้วยการเพิ่มการเติบโตของรากซึ่งทำให้รากมีความสามารถในการนำเข้าและเคลื่อนย้ายฟอสฟอรัสได้ในพืช (Fageria, 2014) ในทางตรงกันข้าม กรรมวิธีควบคุมหรือการไม่ได้รับปุ๋ย มีปริมาณของฟอสฟอรัสในใบลำต้น และรากน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เฉลี่ย 169.25, 33.28 และ 165.52 มิลลิกรัมต่อต้น

ผลของระดับไนโตรเจนต่อปริมาณของโพแทสเซียมในแวนดา พบว่า การได้รับไนโตรเจน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรรมวิธีที่ 2) มีปริมาณของโพแทสเซียมในใบมากกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เฉลี่ย 442.30 มิลลิกรัมต่อต้น ในขณะที่การให้ไนโตรเจน 400 มิลลิกรัมต่อลิตรส่งผลให้มีปริมาณโพแทสเซียมในรากมากที่สุด 169.07 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 5) การเพิ่มขึ้นของไนโตรเจนทำให้การนำเข้าโพแทสเซียมมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณโพแทสเซียมที่เหมาะสมในสารละลาย (Fageria, 2014) เป็นที่น่าสนใจว่า ทุกกรรมวิธีมีปริมาณโพแทสเซียมในใบมากกว่าราก ซึ่งแตกต่างจากไนโตรเจน และฟอสฟอรัส สอดคล้องกับรายงานของ Arditti (1992) กล่าวถึงปริมาณของโพแทสเซียมในกล้วยไม้ซิมปีเดียม และแคทลียาว่า สามารถพบโพแทสเซียมได้มากที่สุดใบ และพบได้น้อยกว่าในราก ทั้งนี้เนื่องจากโพแทสเซียมมีบทบาทสำคัญต่อการควบคุมการเปิดปิดปากใบ และการควบคุมสมดุลกรดต่างในใบพืช

## สรุป

กรรมวิธีที่ได้รับไนโตรเจนระดับ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มทำให้แวนดามีการเติบโตทางลำต้นและมีปริมาณธาตุอาหารในพืชมากกว่ากรรมวิธีอื่น แต่ส่งผลทำให้ชะลอการบานของดอก ไนโตรเจนที่ระดับ 200 มิลลิกรัมต่อลิตรมีอัตราการเติบโตทางลำต้นที่ดี และกระตุ้นการบานดอกของแวนดาได้เร็วขึ้น การให้ไนโตรเจนที่ระดับ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับฟอสฟอรัส 100 มิลลิกรัมต่อลิตร และโพแทสเซียม 200 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงเหมาะสมต่อแวนดาลูกผสม 'Ratchaburi Fuchs-Katsura'

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท เมจิก ฟาร์ม จังหวัดราชบุรี สำหรับสนับสนุนพันธุ์กล้วยไม้ใช้ในการทดลอง และศูนย์บริการการพัฒนาขยายพันธุ์ไม้ดอกไม้ผลบ้านไร่อันเนื่องมาจากพระราชดำริที่สนับสนุนสถานที่ทำการทดลอง

## เอกสารอ้างอิง

- ไชยา อัยสูงเนิน และ ลาวัลย์ อัยสูงเนิน. 2534. แวนด้า. สำนักพิมพ์ฐานเกษตรกรรม, นนทบุรี. 94 หน้า.
- วรรณศิริ ดัณฑ์ประศาสน์ และ โสระยา ร่วมรังษี. 2559. ผลของไนโตรเจนต่อคุณภาพของกุหลาบตัดดอกที่ผลิตในกระถาง. วารสารเกษตร 32(3): 339-345.
- สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2544. ศรีวิทยาของพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 237 หน้า.
- สำนักพัฒนาการค้าและธุรกิจการเกษตรและอุตสาหกรรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ. 2558. สถานการณ์กล้วยไม้โลก. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: [http://www.ditp.go.th/contents\\_attach/92375/92375.pdf](http://www.ditp.go.th/contents_attach/92375/92375.pdf) (4 ธันวาคม 2559).

- อบจันท์ ไทยทอง. 2543. กล้วยไม้เมืองไทย. สำนักพิมพ์  
อัมรินทร์พรินต์ติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ. 461  
หน้า.
- Abbasi, M.K., M.M. Tahir, W. Azam, Z. Abbas and N.  
Rahim, 2012. Soybean yield and chemical  
composition in response to phosphorus-  
potassium nutrition in Kashmir. *Agronomy  
Journal* 104: 1476-1484.
- Arditti, J. 1992. *Fundamentals of Orchid Biology*.  
Wiley-Interscience, New York. 704 p.
- Davidescu, D. and V. Davidescu. 1972. Evaluation of  
Fertility by Plant and Soil Analysis. Abacus  
Press, London. 560 p.
- Dibb, D. W. and L. F. Welch. 1976. Corn growth as  
affected by ammonium vs. nitrate absorbed  
from soil. *Agronomy Journal* 68: 89-94.
- Fageria, N.K. 2014. *Nitrogen Management in Crop  
Production*. CRC Press, New York. 436 p.
- Grove, D. L. 1995. *Vandas and Ascocendas and  
Their Combinations with Other Genera*.  
Timber Press, Inc., Portland, Oregon. 282 p.
- Hew, C. S. and J. W. H. Yong. 2004. *The Physiology  
of Tropical Orchids in Relation to The  
Industry*. 2nd ed. The World Scientific  
Publishing, Toh Tuck Link, Singapore.  
388 p.
- Kamemoto, H. and R. Sagarik. 1975. *Beautiful Thai  
Orchid Species*. Orchid Society of Thailand,  
Bangkok. 186 p.
- Lunt, O.R. and A.M. Kofranek. 1961. Exploratory  
nutritional studies on *Cymbidium* using two  
textures of fir bark. *American Orchid Society  
Bulletin* 30: 297-302.
- Marschner, P. 2012. *Marschner's Mineral Nutrition of  
Higher Plants*. Academic Press, Waltham,  
Massachusetts. 651 p.
- Mizukoshi, K., T. Nishiwaki, N. Ohtake, R. Minagawa,  
K. Kobayashi, T. Ikarashi and T. Ohyama.  
1994. Determination of tungstate  
concentration in plant materials by HNO<sub>3</sub>-  
HClO<sub>4</sub> digestion and colorimetric method  
using thiocyanate. *Bulletin. Faculty of  
Agriculture, Niigata University* 46: 51-56.
- Naik, S.K., T. Usha Bharathi, D. Barman, R. Devadas,  
L.C. Rampal and R.P. Medhi. 2009. Status  
of mineral nutrition of orchid - a review.  
*Journal of Ornamental Horticulture* 12(1):  
1-14.
- Ohayama, T., M. Ito, K. Kobayashi, S. Araki, S.  
Yasuyoshi, O. Sasaki, T. Yamazaki, K.  
Soyama, R. Tanemura, Y. Mizuno and T.  
Ikarashi. 1991: Analytical procedures of N,  
P, K contents in plant and manure materials  
using H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Kjeldahl digestion  
method. *Bulletin. Faculty of Agriculture,  
Niigata University* 43: 111-120.
- Ohayama, T. and K. Sueyoshi. 2010. *Nitrogen  
Assimilation in Plants*. Research Signpost,  
Kerala. 378 p.
- Poole, H.A. and J.G. Seeley. 1978. Nitrogen,  
potassium and magnesium nutrition of  
three orchid genera. *Journal of the  
American Society for Horticultural Science*  
103: 485-488.
- Rittershausen, W. and B. Rittershausen. 2001. *The  
Gardener's Guide to Growing Orchids*.  
Timber Press, Inc., Portland, Oregon. 159 p.
- Stewart, J. 2000. *Orchids*. Revised ed. Timber Press,  
Inc., Portland, Oregon. 124 p.
- Wang, Y. and L. T. Gregg. 1994. Medium and  
fertilizer affect the performance of  
*Phalaenopsis* orchids during two flowering  
cycles. *Horticultural Science* 29(4): 269-  
271.
- Wang, Y. 2000. Impact of a high phosphorus fertilizer  
and timing of termination of fertilization on

- flowering of a hybrid Moth orchid. Horticultural Science 35(1): 60-62.
- Wong, Y.K. and S.E. Chua. 1975, Yield and growth responses of Aranda Wendy Scott to manorial treatments with NPK and sawdust mulch, Singapore Journal of Primary Industry 3: 75-106.
- Yamamoto Dendrobiums. 2006. Hints for flowering. (Online). Available: <http://www.yamamotodendrobiums.com/html/hints.html> (December 15, 2016).
-

# ผลของการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศต่อคุณภาพของผักกาดฮ่องเต้อินทรีย์ที่ปลูก และเก็บเกี่ยวในฤดูแล้ง

## Effects of Vacuum Cooling on Quality of Organic Pak Choi Grown and Harvested in Dry Season

เพชรดา อยู่สุข<sup>1,2</sup> ศิวพร ธรรมดี<sup>1</sup> พิชญา บุญประสม พูลลภ<sup>3,4</sup> และ ดนัย บุญเกียรติ<sup>1\*,4</sup>  
Pedcharada Yusuk<sup>1,2</sup>, Siwaporn Thumdee<sup>1</sup>, Pichaya Boonprasom Poonlarp<sup>3,4</sup>  
and Danai Boonyakiat<sup>1\*,4</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

<sup>1</sup>Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

<sup>2</sup>สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) 65 หมู่ที่ 1 ถนนสุเทพ ต. สุเทพ อ. เมือง จ. เชียงใหม่ 50200

<sup>2</sup>Highland Research and Development Institute, 65 Suthep Road, Chiang Mai 50200, Thailand

<sup>3</sup>ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50100

<sup>3</sup>Division of Food Engineering, Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University, Chiang Mai 50100, Thailand

<sup>4</sup>ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

<sup>4</sup>Postharvest Technology Innovation Center, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

\*Corresponding author: Email: danai.b@cmu.ac.th

(Received: 10 January 2017; Accepted: 31 July 2017)

**Abstract:** The purpose of this research was investigated the effect of vacuum cooling on quality changes in organic pak choi that grown and harvested in dry season (February-March). The produce was harvested from the farmer's farm at 6.00-7.30 am and transported to the Royal Project Produce Center, Mueang district, Chiang Mai province at 9.00 am. The produce was then grading, trimming and packing into the polyethylene bag. The qualities of produce from two treatments were compared. For the first treatment, the produce was precooled using vacuum cooling system. The operating parameters used for precooling were at holding the pressure of 6 mbar with a holding time of 5 minutes. Subsequently the second treatment, the produce was stored at 8 °C immediately after harvest (no precooling). The results showed that after storage for 3 days, vacuum cooling reduced the rate of respiration. Vacuumed pak choi had 2 times lower respiration rate than non-vacuum. In addition, the vacuum cooling extended the shelf life from 3 to 6 days. The vacuum cooling did not affected on weight loss, vitamin C, glucosinolate and leaf color change of pak choi.

**Keywords:** Respiration rate, shelf life, vitamin C, glucosinolate, weight loss

**บทคัดย่อ:** งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผักกาดฮ่องเต้อินทรีย์ที่ปลูกและเก็บเกี่ยวในฤดูแล้ง (กุมภาพันธ์-มีนาคม) โดยเก็บเกี่ยวผักกาดฮ่องเต้จากแปลงเกษตรกรรมเวลา 06.00-07.30 น. และขนส่งถึงศูนย์ผลิตผลโครงการหลวง อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ เวลาประมาณ 09.00 น. ผักกาดฮ่องเต้ถูกนำมาคัด ตัดแต่ง และบรรจุใส่ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน เปรียบเทียบคุณภาพของผลิตผล 2 กรรมวิธี โดยกรรมวิธีที่ 1 นำผลิตผลไปลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศ โดยกำหนดให้ผลิตผลอยู่ภายใต้การรักษาระดับความดันที่ 6 มิลลิบาร์เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำผลิตผลไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส สำหรับผลิตผลในกรรมวิธีที่ 2 นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ทันทีหลังการเก็บเกี่ยว (ชุดควบคุม) ผลการทดลองพบว่า หลังจากเก็บรักษาผักกาดฮ่องเต้ไว้ 3 วัน การลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศช่วยลดอัตราการหายใจของผักกาดฮ่องเต้ที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศมีอัตราการหายใจต่ำกว่ากรรมวิธีที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิประมาณสองเท่า นอกจากนี้การลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศช่วยยืดอายุการเก็บรักษาจาก 3 วัน เป็น 6 วัน และไม่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนัก วิตามินซี กลูโคซิโนเลต และการเปลี่ยนแปลงสีของใบ

**คำสำคัญ:** อัตราการหายใจ อายุการเก็บรักษา วิตามินซี กลูโคซิโนเลต การสูญเสียน้ำหนัก

## คำนำ

ผักกาดฮ่องเต้ (pak choi) มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Brassica chinensis* var. *chinensis* จัดเป็นพืชในวงศ์ Brassicaceae มีการเพาะปลูกมากในสาธารณรัฐประชาชนจีน ฟิลิปปินส์ มาเลเซีย อินโดนีเซีย และประเทศไทย (Dixon, 2007) ผักกาดฮ่องเต้อุดมไปด้วยวิตามินเอ และวิตามินซี (USDA, 2016) นอกจากนี้ยังมีกลูโคซิโนเลต (glucosinolates) เป็นองค์ประกอบ ซึ่งเมื่อสลายตัวได้ isothiocyanate ช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็ง (Mithen et al., 2000; Yang et al., 2010) ผักกาดฮ่องเต้เป็นพืชผักที่เกษตรกรนิยมปลูกและเป็นพืชผักที่มูลนิธิโครงการหลวงได้ส่งเสริมให้เกษตรกรเพาะปลูกบนพื้นที่สูงเนื่องจากเป็นผักที่มีรสหวานกรอบสามารถผลิตได้ตลอดทั้งปี (นาวัน และคณะ, 2559) มีระยะเวลาการปลูกสั้นประมาณ 40-45 วัน โดยเฉพาะการปลูกภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ ซึ่งไม่มีการใช้สารเคมีเกษตรทั้งสารกำจัดศัตรูพืชและปุ๋ยเคมีเนื่องจากส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (พหล และสุรัชย์, 2559) แต่ผักกาดฮ่องเต้มักเกิดการเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็วหลังจากเก็บเกี่ยว โดยเกิดอาการเหี่ยวหรือใบเหลืองใน 2-3 วัน ขึ้นอยู่กับฤดูกาล โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูกาลที่มีอุณหภูมิสูงจะแสดงอาการใบเหลืองภายใน 2 วัน ส่งผลให้อายุการวางจำหน่ายสั้น ทำให้สูญเสียโอกาสทางการตลาด (दनัย และคณะ, 2551)

ผักและผลไม้ยังคงเป็นสิ่งมีชีวิตอยู่และมีกระบวนการทางชีวเคมีเกิดมากมายหลังจากเก็บเกี่ยว ซึ่งการเปลี่ยนแปลงหลังจากเก็บเกี่ยวในผลิตผลสดไม่สามารถหยุดยั้งได้แต่สามารถชะลอได้ การเสื่อมสภาพเป็นขั้นตอนสุดท้ายในการพัฒนาของอวัยวะพืชซึ่งไม่สามารถย้อนกลับได้ และนำไปสู่การตายของเซลล์พืช (Kader, 2002) ผลิตผลภายหลังการเก็บเกี่ยวจะมีอุณหภูมิสูงเท่ากับอุณหภูมิของอากาศหรือสภาพแวดล้อม ขณะที่ทำการเก็บเกี่ยว เมื่อขนย้ายผลิตผลมายังโรงคัดบรรจุและกองรวมกันไว้ จะทำให้ความร้อนที่คายออกมาจากผลิตผล (vital heat) รวมกับความร้อนที่ติดมากับผลิตผลจากแปลงปลูก (field heat) ถูกสะสมอยู่ภายในกองผลิตผล ทำให้อุณหภูมิของผลิตผลเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะไปเร่งกระบวนการเมแทบอลิซึมต่าง ๆ ภายในเซลล์ของพืชผักให้เกิดเร็วขึ้น ทำให้คุณภาพของผลิตผลลดลงและมีอายุการเก็บรักษาสั้นลงด้วย ดังนั้นการลดอุณหภูมิของผลิตผลให้ต่ำลงเพื่อไล่ความร้อนจากแปลงปลูกที่ติดมากับผลิตผลออกไปให้เร็วที่สุดและมากที่สุดเมื่อผลิตผลมีอุณหภูมิต่ำจะทำให้กระบวนการเมแทบอลิซึมต่าง ๆ เกิดขึ้นช้าลงด้วย (दनัย และนินิยา, 2548) นอกจากนี้การควบคุมอุณหภูมิยังเป็นปัจจัยสำคัญช่วยรักษาปริมาณวิตามินซีในผักและผลไม้ การสูญเสียวิตามินซีมักเกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูงและการเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลานาน (Lee and Kader, 2000)

ดังนั้นหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลแล้วจึงควรลดอุณหภูมิทันที ซึ่งวิธีการใช้สุญญากาศ (vacuum cooling) เป็นการลดความร้อนที่รวดเร็วและสม่ำเสมอที่สุด อุณหภูมิของผลิตผลจะเย็นลงอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับการลดความร้อนโดยวิธีการอื่น ๆ (दनัย และนิธิยา, 2548) นอกจากนี้การลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศยังเป็นวิธีการที่ใช้กับการยืดอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าผลิตผลที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิในผักกาดขาวปลี (ณัฐพล และคณะ, 2556) ผักกาดฮ่องเต้ (วินิต และคณะ, 2551) คะน้าฮ่องกง (Poonlarp and Boonyakiat, 2015) กะหล่ำดอก (Alibas and Koksai, 2015) และบรอกโคลี (Ding *et al.*, 2016) ทั้งนี้การศึกษาเกี่ยวกับลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศส่วนใหญ่มีการศึกษาในพืชผักที่ปลูกในระบบที่ยังคงมีการใช้สารเคมีเกษตร การศึกษาในพืชผักที่ปลูกในระบบเกษตรอินทรีย์ยังมีการศึกษาไม่มากนัก

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาของผักกาดฮ่องเต้อินทรีย์ที่เก็บเกี่ยวในฤดูแล้ง เพื่อที่จะนำข้อมูลไปปรับใช้ในการวางแผนการจัดการผลิตผลผักกาดฮ่องเต้อินทรีย์หลังเก็บเกี่ยวได้อย่างเหมาะสมต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

ผักกาดฮ่องเต้ปลูกในระบบเกษตรอินทรีย์ภายใต้โรงเรือนโดยเกษตรกรในพื้นที่สถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ บ้านแม่กลางหลวง อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ มีระยะเวลาเพาะเมล็ดถึงย้ายกล้า 14 วัน และระยะเวลาตั้งแต่ปลูกถึงเก็บเกี่ยว 27 วัน เก็บตัวอย่างผักกาดฮ่องเต้จากแปลงเกษตรกรในช่วงเวลา 06.00-07.30 น. และขนส่งถึงโรงคัดบรรจุ ศูนย์ผลิตผลโครงการหลวง อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ เวลาประมาณ 09.00 น. จากนั้นนำผักกาดฮ่องเต้มาคัด ตัดแต่ง และบรรจุผักใส่ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน ขนาด 25x40 เซนติเมตร เจาะรู 18 รู เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 เซนติเมตร โดยบรรจุผัก 300 กรัมต่อถุง จากนั้นแบ่งเป็น 2 กรรมวิธี กรรมวิธีที่ 1 เป็นการลดอุณหภูมิผักด้วยระบบสุญญากาศ กำหนดความดันสุดท้ายของห้องลดอุณหภูมิ (bleed

pressure) ที่ 6 มิลลิบาร์ และกำหนดเวลาที่วางผลิตผลไว้ในห้องลดอุณหภูมิหลังจากความดันภายในห้องลดลงถึงระดับที่กำหนด (soak time) เท่ากับ 5 นาที จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิใกล้เคียงกับตู้แช่สำหรับจำหน่าย สำหรับในกรรมวิธีที่ 2 ผักที่บรรจุใส่ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีนไม่ลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสทันที เปรียบเทียบกันในแต่ละกรรมวิธี จำนวน 4 ซ้ำ (1 ถุง เท่ากับ 1 ซ้ำ) บันทึกข้อมูลทุกวันได้แก่ การสูญเสียน้ำหนักสด วิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีตามวิธีของ (Ranganna, 1986) และกลูโคซิโนเลตตามวิธีของ Chen *et al.* (2008) วัดอัตราการหายใจโดยใช้ flow board และการเปลี่ยนสีของใบด้วยเครื่องวัดคลอโรฟิลล์ รุ่น 502 Plus ของบริษัท Konica Minolta รวมทั้งการประเมินอายุการเก็บรักษาโดยประเมินจากลักษณะปรากฏ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงสีของใบจากสีเขียวเป็นสีเหลือง (โดยเฉพาะบริเวณขอบใบเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลืองถือว่าผลิตผลเสื่อมสภาพ) และอาการเหี่ยว เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแต่ละในกรรมวิธีด้วยวิธี independent-sample t-test โดยโปรแกรม SPSS 16.0 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

## ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาค่าพารามิเตอร์ในการทำงานที่เหมาะสมสำหรับการลดอุณหภูมิผักกาดฮ่องเต้แบบสุญญากาศ ทำให้ได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมดังนี้ ความดันสุดท้ายภายในห้องลดอุณหภูมิเท่ากับ 6.0 มิลลิบาร์ และระยะเวลาที่ผลิตผลอยู่ภายในความดันที่กำหนดเท่ากับ 5 นาที โดยผักกาดฮ่องเต้มีอุณหภูมิเริ่มต้นบริเวณใจกลางของผักเฉลี่ย 19.50 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิสุดท้ายเท่ากับ 4.80 องศาเซลเซียส และมีการสูญเสียน้ำหนักหลังจากลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศ 1.38% โดยใช้ระยะเวลาในการลดอุณหภูมิทั้งหมด 19 นาที ค่าแรงดันค่าพลังงานไฟฟ้าได้เท่ากับ 3.20 กิโลวัตต์ ชั่วโมง คิดเป็นค่าไฟฟ้า 0.17 บาทต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 1)

ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในห้องสุญญากาศและความดันกับเวลาในการลดอุณหภูมิของผักกาดฮ่องเต้ที่บรรจุถุงพลาสติกแล้ววางเรียงในตะกร้า

Table 1. Parameter process and measuring indices for vacuum cooling of organic pak choi in perforated polyethylene bags

| Process parameters                          | Value |
|---------------------------------------------|-------|
| Holding pressure (mbar)                     | 6     |
| Holding time (min)                          | 5     |
| Cycle time (min)                            | 19    |
| Initial center temperature of pak choi (°C) | 19.50 |
| Final center temperature of pak choi (°C)   | 4.80  |
| Weight loss (%)                             | 1.38  |
| Energy consumption (kWh)                    | 3.20  |
| Electrical expense (Baht/kg)                | 0.17  |

พลาสติกแสดงในภาพที่ 1 พบว่า ในช่วง 8 นาทีแรก ความดันภายในห้องลดอุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็วจนมีค่าประมาณ 17.8 มิลลิบาร์ อุณหภูมิอากาศในห้องช่วงนี้ลดลงช้า ๆ ส่วนอุณหภูมิใจกลางผักมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ต่อมาช่วงเวลาที่ 9-15 นาที อัตราการลดความดันในห้องลดอุณหภูมิเริ่มช้าลง ส่วนอัตราการลดอุณหภูมิภายในห้องสุญญากาศและอุณหภูมิใจกลางผักลดลงอย่างรวดเร็ว ในช่วงนี้เป็นช่วงที่ความดันในห้องลดอุณหภูมิลดลงมาก การเปลี่ยนแปลงของน้ำในผักเริ่มเดือดและระเหยกลายเป็นไอ เนื่องจากการลดความดันทำให้จุดเดือดของน้ำต่ำลงจนน้ำเดือดได้ที่อุณหภูมิใกล้ 0 องศาเซลเซียส การที่น้ำระเหยเพราะมีการเดือดของน้ำ ทำให้ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของน้ำ (heat of vaporization) ของผักถูกนำออกไป (दनัย, 2558) ทำให้อุณหภูมิใจกลางผักลดลงอย่างรวดเร็ว จากนั้นเมื่อความดันลดลงมาอยู่ที่ความดันสุดท้ายภายในห้องลดอุณหภูมิที่ 6 มิลลิบาร์ เครื่องจะรักษาระดับความดันให้คงที่เพื่อให้ผักอยู่ภายใต้ความดันดังกล่าวตามระยะเวลาที่กำหนดนาน 5 นาที ซึ่งในช่วงนี้อัตราการลดอุณหภูมิของผักค่อย ๆ ลดลงด้วยความชันค่อนข้างคงที่จนถึงอุณหภูมิสุดท้ายที่ 4.8 องศาเซลเซียส โดยมีอัตราการลดอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 0.74 องศาเซลเซียสต่อนาที

เมื่อเก็บรักษาผักกาดฮ่องเต้ได้เป็นเวลา 3 วัน (ซึ่งเป็นระยะเวลาที่กรรมวิธีที่ไม่ได้ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศเริ่มเกิดการเสื่อมสภาพ) ผักมีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกันทางสถิติในกรรมวิธีที่ผ่านและไม่

ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศเท่ากับ 1.57 และ 1.92% ตามลำดับ (ตารางที่ 2) สอดคล้องกับการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศไม่ส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนักสดเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศในกะหล่ำปลีรูปหัวใจอินทรีย์ ผักกาดฮ่องเต้อินทรีย์ เบบี๋แครอทอินทรีย์ หอระพา กะเพรา และผักชี (दनัย และคณะ, 2552) ทั้งนี้ตลอดอายุการเก็บรักษาในทั้งสองกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (ภาพที่ 2) การสูญเสียน้ำทำให้ผักมีน้ำหนักลดลง ผักสูญเสียน้ำในรูปของไอน้ำ ไอน้ำจะเคลื่อนที่ออกสู่บรรยากาศผ่านทางเลนติเซล ปากใบ บาดแผลที่รอยตัด ลำต้นหรือก้าน บาดแผลอื่น ๆ หรือผ่านทางคิวติเคิลออกมา โดยอัตราการสูญเสียน้ำของผักขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวต่อปริมาตร (दनัย, 2558) ซึ่งการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศเหมาะสำหรับผักที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบภายในเซลล์และมีช่องว่างระหว่างเซลล์รวมทั้งช่องเปิดทางธรรมชาติบริเวณผิวสัมผัสผิวกว้าง เพื่อให้ง่ายต่อการเคลื่อนที่ออกของน้ำ อาศัยหลักการพาความร้อนภายในเนื้อเยื่อของผักออกมาพร้อมกับกระบวนการระเหยกลายเป็นไอของน้ำ แต่ปัญหาของการลดอุณหภูมิโดยวิธีการนี้คือพืชจะสูญเสียน้ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการลดอุณหภูมิด้วยวิธีการอื่น ๆ ดังนั้นจึงต้องระวังและควบคุมไม่ให้เกิดการสูญเสียน้ำมากเกินไปจนกระทั่งส่งผลเสียต่อคุณภาพด้านอื่น ๆ ของผักและผลไม้ (Sun and Zheng, 2006; Zheng and Sun, 2005) โดยเฉพาะผลผลิตจำพวกผักต่าง ๆ ที่ภายหลังจากผ่านขั้นตอนการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศ



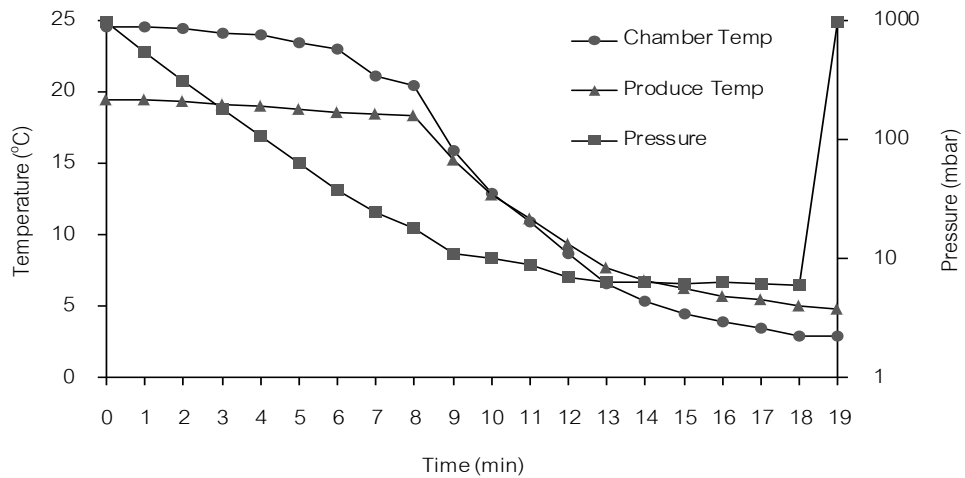


Figure 1. Temperature and pressure in the vacuum chamber and cooling curve of pak choi packed in perforated PE bags during vacuum cooling at 6 mbar for 5 min holding time

Table 2. Effects of vacuum and non-vacuum cooling on qualities of organic pak choi after storage at 8 °C for 3 days

| Treatments         | Weight loss<br>(%) | Vitamin C<br>(mg/100 g FW) | Glucosinolate<br>(μmol/g FW) | Leaf color<br>(SPAD unit) | Respiration rate<br>(mg CO <sub>2</sub> /kg/hr) | Shelf life<br>(days) |
|--------------------|--------------------|----------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------------------------------------|----------------------|
| Vacuum cooling     | 1.57 ns            | 44.07 ns                   | 2.25 ns                      | 37.63 ns                  | 11.81 b                                         | 6.25 a               |
| Non-vacuum cooling | 1.92 ns            | 42.83 ns                   | 2.72 ns                      | 37.03 ns                  | 23.95 a                                         | 3.00 b               |
| 2-tail sig.        | 0.326              | 0.883                      | 0.423                        | 0.829                     | 0.006                                           | 0.026                |

Means with different letters in the same column are significantly different at  $P \leq 0.05$  by t-test

แล้ว อาจจะมีการสูญเสียน้ำหนักมากถึงร้อยละ 3-4 และถึงแม้จะเก็บรักษาผักที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศไว้ที่อุณหภูมิต่ำ พบว่ามีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกับผักที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ (Wang and Sun, 2001)

ปริมาณวิตามินซีในผักกาดฮ่องเต้มีความแตกต่างทางสถิติเฉพาะในวันที่เก็บเกี่ยว โดยผักที่เก็บเกี่ยวแล้วผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศมีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 30.16 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด มากกว่าปริมาณวิตามินซีในผักที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศ 18.28 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด (ภาพที่ 2) เนื่องจากผักกาดฮ่องเต้ที่เก็บเกี่ยวจากแปลงยังคงมีกระบวนการทางชีวเคมีและกระบวนการอื่นๆ เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา รวมทั้งมีความร้อนที่มาจากแปลง

ซึ่งการจัดการอุณหภูมิหลังการเก็บเกี่ยวเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการรักษาระดับวิตามินซี เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะเร่งให้เกิดการสูญเสียวิตามินซี (Lee and Kader, 2000) ดังนั้นการลดอุณหภูมิของผลิตผลหลังจากเก็บเกี่ยวจึงสามารถรักษาปริมาณวิตามินซีได้ดีกว่าผลิตผลที่ไม่ได้ผ่านการลดอุณหภูมิ ทั้งนี้ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษาปริมาณวิตามินซีในผักกาดฮ่องเต้ทั้งสองกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และปริมาณยังมีความผันแปรค่อนข้างมากตลอดอายุการเก็บรักษา (ภาพที่ 2) สอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐพล และคณะ (2556) ที่ได้รายงานผลของการลดอุณหภูมิผักกาดขาวปลีโดยใช้ระบบสุญญากาศแล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 9 วัน ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของวิตามินซี โดยที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาปริมาณ

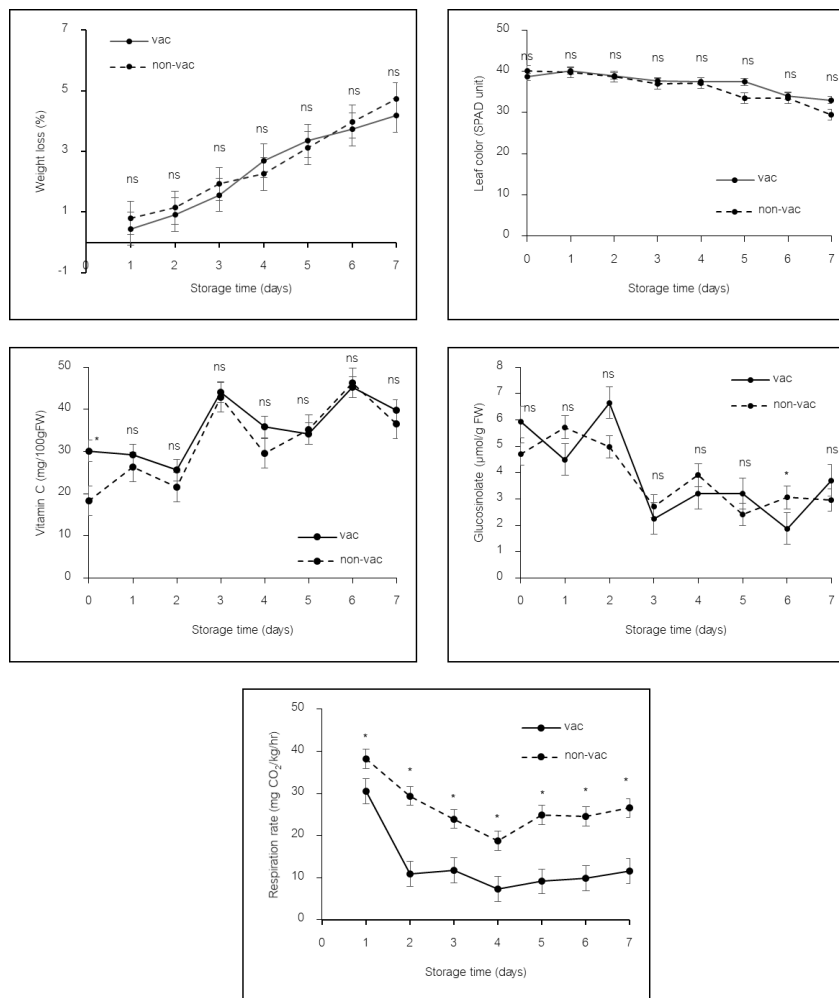


Figure 2. Changes of weight loss, leaf color, vitamin C, glucosinolate content and respiration rate of organic pak choi which were pre-cooled by vacuum cooling (solid line) and non-precooled (dash line) before storage at 8 °C. \* Means at the same storage time were different and ns means at the same storage time were different by independent sample t-test at  $P < 0.05$  levels

วิตามินซีในทุกกรรมวิธีมีค่าค่อนข้างผันแปร เช่นเดียวกับ จีตีฟงศ์ และคณะ (2554) ที่รายงานว่า การลดอุณหภูมิ ผักกาดหวานโดยใช้ระบบสุญญากาศแล้วเก็บรักษาไว้ที่ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 5 วัน ไม่มีผลต่อ การเปลี่ยนแปลงของวิตามินซี และตลอดระยะเวลาการ เก็บรักษาปริมาณวิตามินซีในทุกกรรมวิธีมีค่าค่อนข้างผัน แปร นอกจากนี้เมื่อสิ้นสุดการทดลองปริมาณวิตามินซี ของทั้งสองกรรมวิธีมีค่ามากกว่าตอนเริ่มต้น นั่นอาจเป็น เพราะในการวิจัยนี้ใช้ผักกาดฮ่องเต้ทั้งต้น (ยกเว้นราก) ใน

การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีจึงมีทั้งใบอ่อนและใบแก่ ซึ่ง ในการวิจัยของ Asante *et al.* (2016) รายงานว่า ปริมาณ วิตามินซีในใบอ่อนของ *Verninia amygdalina* มีมากกว่า ในใบแก่ ในขณะที่งานวิจัยของ Mathiventhan and Ramiah (2015) รายงานว่า ปริมาณวิตามินซีในใบของ *Drega volubilis*, *Delonix elata* และ *Murraya koenigii* ในวันที่ 4 ของการเก็บรักษามีค่ามากกว่าตอนเริ่มต้นเมื่อ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ซึ่งจากข้อมูล ดังกล่าวต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

ปริมาณกลูโคซิโนเลตในผักกาดฮ่องเต้ทั้งสองกรรมวิธีในช่วง 2 วันแรกของการเก็บรักษามีค่าสูงกว่าในช่วง 3-7 วันของการเก็บรักษา ประมาณ 1-2 เท่า (ภาพที่ 2) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Yang *et al.* (2010) ที่รายงานว่า ปริมาณกลูโคซิโนเลตรวมในผักกาดฮ่องเต้ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ไม่เปลี่ยนแปลงในช่วง 3 วันแรกของการเก็บรักษา โดยมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาไว้ 5 และ 7 วัน และลดลงเท่ากับตอนเริ่มต้นเมื่อเก็บรักษาไว้ 9 วัน จากผลการทดลอง พบว่า เมื่อเก็บรักษาผักกาดฮ่องเต้ไว้เป็นเวลา 3 วัน ปริมาณกลูโคซิโนเลตไม่มีความแตกต่างทางสถิติในกรรมวิธีที่ผ่านและไม่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศก่อนการเก็บรักษา โดยมีปริมาณเท่ากับ 2.25 และ 2.72  $\mu\text{mol/g FW}$  ตามลำดับ (ตารางที่ 2) อย่างไรก็ตามปริมาณกลูโคซิโนเลตมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพที่ 2) ซึ่งสัมพันธ์กับการสูญเสียน้ำของผลิตผลและส่งผลทำให้เนื้อเยื่อพืชเกิดความเสียหาย ทำให้กลูโคซิโนเลตที่อยู่ในไซโทพลาซึมถูกไฮโดรไลซิสโดยเอนไซม์ไมโรซิเนส (Mithen *et al.*, 2000)

ส่วนการเปลี่ยนแปลงสีเขียวของคลอโรฟิลล์ในใบผักกาดฮ่องเต้ทั้งในกรรมวิธีที่ผ่านและไม่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย และไม่มีความแตกต่างทางสถิติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพที่ 2) โดยในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา ผักกาดฮ่องเต้ที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศ มีค่า SPAD เท่ากับ 37.63 SPAD unit ส่วนผักกาดฮ่องเต้ที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ มีค่าเท่ากับ 37.03 SPAD unit (ตารางที่ 2) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยหลายเรื่องที่ยืนยันว่าการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศไม่มีผลต่อสีของใบชาโยเต้ อินทรีย์ (दनัย และคณะ, 2552; Poonlarp *et al.*, 2012) และคะน้าฮ่องกง (Poonlarp and Boonyakiat, 2015) การเสื่อมสลายของผักบรีโคโนไบที่เด่นชัด คือ การที่สีของใบเปลี่ยนจากสีเขียวกลายเป็นสีเหลือง ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องมาจากการสูญเสียคลอโรฟิลล์ ผักบรีโคโนไบจะเสื่อมสลายเร็วที่อุณหภูมิสูงและเกิดช้าเมื่ออุณหภูมิต่ำ (दनัย, 2556) ในการทดลองนี้ผักกาดฮ่องเต้ทั้งสองกรรมวิธีถูกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส จึงอาจส่งผลในการชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของใบ ทั้งนี้จากการสังเกตการ

เปลี่ยนสีของใบจากสีเขียวเป็นสีเหลืองในผักกาดฮ่องเต้เริ่มจากใบที่อยู่ด้านบนสุด โดยการเปลี่ยนสีเริ่มจากบริเวณขอบใบและกระจายสู่ด้านในของใบ

หลังจากเก็บรักษาผักกาดฮ่องเต้ไว้นาน 3 วันพบว่า อัตราการหายใจมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ( $P < 0.01$ ) โดยกรรมวิธีที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศมีอัตราการหายใจต่ำกว่ากรรมวิธีที่ไม่ได้ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศ คือ มีค่าเท่ากับ 11.81 และ 23.95  $\text{mg CO}_2/\text{kg/hr}$  ตามลำดับ ผักกาดฮ่องเต้เมื่อตัดออกจากต้นยังคงเป็นสิ่งมีชีวิตและมีกระบวนการทางชีวเคมีเกิดมากมาย มีพลังงานความร้อนซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการหายใจ (vital heat) รวมทั้งความร้อนที่มากับผลิตผลจากแปลงปลูก ซึ่งไปเร่งกระบวนการเมแทบอลิซึมต่าง ๆ ภายในเซลล์ มีผลทำให้คุณภาพของผักลดลง (दनัย และนิธิยา, 2548) การลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศช่วยชะลอกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในเซลล์ การเสื่อมสลาย และกระบวนการชราภาพของผลิตผลให้เกิดช้าลง ช่วยรักษาคุณภาพของผลิตผล และมีอายุการเก็บรักษานานขึ้น (Brosnan and Sun, 2001) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ding *et al.* (2016) ที่รายงานว่า การลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศช่วยลดอัตราการหายใจของบรอกโคลีหลังการเก็บเกี่ยวได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการลดอุณหภูมิด้วยวิธีการแช่น้ำเย็น การลดอุณหภูมิด้วยอากาศเย็น และกรรมวิธีที่ไม่มีการลดอุณหภูมิหลังจากเก็บเกี่ยว

สำหรับอายุการเก็บรักษาของผักกาดฮ่องเต้ประเมินจากลักษณะปรากฏได้แก่ การเปลี่ยนแปลงสีของใบจากสีเขียวเป็นสีเหลือง (ขอบใบเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลืองถือว่าผลิตผลเสื่อมสภาพ) และอาการเหี่ยว จากผลการทดลอง พบว่า ผักกาดฮ่องเต้ที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศแล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษา 6.25 วัน ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีที่ไม่ได้ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศที่มีอายุการเก็บรักษา 3 วัน การลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศสามารถชะลอกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในเซลล์ให้เกิดช้าลง ช่วยรักษาคุณภาพของผลิตผล และยืดอายุการเก็บรักษานานขึ้น (Brosnan and Sun, 2001) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ยืนยันว่า การลดอุณหภูมิแบบ

สุญญากาศส่งผลต่อการยืดอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าผลผลิตที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิของผักกาดขาวปลี (ณัฐพล และคณะ, 2556) ผักกาดฮ่องเต้ (วินัด และคณะ, 2551) คะน้าฮ่องกง (Poonlarp and Boonyakiat, 2015) กะหล่ำดอก (Alibas and Koksai, 2015) และบรอกโคลี (Ding *et al.*, 2016)

## สรุป

ผักกาดฮ่องเต้ดินที่ปลูกและเก็บเกี่ยวในฤดูแล้ง โดยผลิตผลผักกาดฮ่องเต้ในกรรมวิธีที่ 1 นำมาผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศ ซึ่งกำหนดความดันสุดท้ายภายในห้องลดอุณหภูมิเป็น 6.0 มิลลิบาร์ ระยะเวลาที่ผลิตผลอยู่ภายใต้ความดันที่กำหนดนาน 5 นาที มีการสูญเสียน้ำหนักสดหลังจากการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศ 1.38% จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับผักกาดฮ่องเต้ในกรรมวิธีที่ 2 ซึ่งเป็นผลิตผลที่นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส หลังจากเก็บเกี่ยวแล้ว พบว่า ผักกาดฮ่องเต้ที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศมีอัตราการหายใจต่ำกว่าผักกาดฮ่องเต้ที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิประมาณสองเท่า และการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศช่วยยืดอายุการเก็บรักษาจาก 3 วัน เป็น 6 วัน ทั้งนี้การลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศไม่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักวิตามินซี กลูโคซิโนเลต และการเปลี่ยนแปลงสีของใบผักกาดฮ่องเต้หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 3 วัน

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมูลนิธิโครงการหลวงและสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) ที่สนับสนุนการวิจัย ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการกลางคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่สนับสนุนทั้งในส่วนของวัสดุอุปกรณ์และบุคลากร และสุดท้ายนี้ขอขอบคุณเกษตรกรที่ช่วยเพาะปลูก ดูแลรักษาผักกาดฮ่องเต้ และให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

## เอกสารอ้างอิง

- จรัสแท้ ศิริพานิช. 2549. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 396 หน้า.
- จิตติพงศ์ ปัญญา คำ ดนัย บุญเกียรติ และ พิษญา บุญประสม พูลลาภ. 2554. กระบวนการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศของผักกาดหวาน (*Lactuca sativa* var. *longefolia*). แก่นเกษตร 39: 359-368.
- ณัฐพล กามล ดนัย บุญเกียรติ และ พิษญา บุญประสม พูลลาภ. 2556. ผลของการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผักกาดขาวปลี. แก่นเกษตร 41(3): 247-256.
- ดนัย บุญเกียรติ. 2558. การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผักบนพื้นที่สูง. วนิดาการพิมพ์, เชียงใหม่. 153 หน้า.
- ดนัย บุญเกียรติ และ นิธิยา รัตนานนท์. 2548. การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 5. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 236 หน้า.
- ดนัย บุญเกียรติ พิษญา บุญประสม ชัยพิชิต เชื้อเมืองพาน และ นพพล จันทรหอม. 2551. การศึกษาคุณภาพของพืชผักและสมุนไพรหลังการลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศ. รายงานฉบับสมบูรณ์. สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน), เชียงใหม่. 155 หน้า.
- ดนัย บุญเกียรติ พิษญา บุญประสม ชัยพิชิต เชื้อเมืองพาน และ นพพล จันทรหอม. 2552. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศเพื่อการส่งออกพืชผักและสมุนไพรของโครงการหลวง. รายงานฉบับสมบูรณ์. สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน), เชียงใหม่. 245 หน้า.
- นาวัน สุขเลิศ จิราพร กุลสาริน ไสว บรณพานิชพันธุ์ และ วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ. 2559. ประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์เชื้อรากำจัดแมลงในการควบคุมด้วงหมัดผักแถบลายในเบบี้ฮ่องเต้บนพื้นที่สูง

- ของจังหวัดเชียงใหม่. วารสารเกษตร 32(2): 171-180.
- พหล ศักดิ์คะทศน์ และ สุรัชย์ กังวล. 2559. การใช้วิธีวิเคราะห์การจัดกลุ่มหมู่บ้านเพื่อส่งเสริมเกษตรอินทรีย์ในจังหวัดเชียงใหม่. วารสารเกษตร 32(2): 201-207.
- วินิต ชินนาพันธ์ ดนัย บุญยเกียรติ และ พิษญา บุญประสม. 2551. กระบวนการลดอุณหภูมิผักกาดฮ่องเต้โดยใช้ระบบสุญญากาศ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 39(3) (พิเศษ): 540-543.
- Alibas, I. and N. Koksai. 2015. Forced-air, vacuum, and hydro precooling of cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis* cv. Freemont): Part II. Determination of quality parameters during storage. Food Science and Technology 35(1): 45-50.
- Asante, D.B., E. Effah-Yeboah, P. Barnes, H.A. Abban, E.O. Ameyaw, J.N. Boampong, E.G. Ofori and J.B. Dadzie. 2016. Antidiabetic effect of young and old ethanolic leaf extracts of *Vernonia amygdalina*: a comparative study. Journal of Diabetes Research 2016: article ID 8252741.
- Brosnan, T. and D.W. Sun. 2001. Precooling techniques and applications for horticultural products: a review. International Journal of Refrigeration 24: 154-170.
- Chen, X., Z. Zhu, J. Gerendás and N. Zimmermann. 2008. Glucosinolates in Chinese *Brassica campestris* vegetables: Chinese cabbage, purple cai-tai, choysum, pakchoi, and turnip. HortScience 43(2): 571-574.
- Ding, T., F. Liu, J.G. Ling, M.L. Kang, J.F. Yu, X.Q. Ye and D.H. Liu. 2016. Comparison of different cooling methods for extending shelf life of postharvest broccoli. International Journal of Agricultural and Biological Engineering 9(6): 178-185.
- Dixon, G.R. 2007. Vegetable Brassicas and Related Crucifers. CABI, Wallingford. 327 p.
- Lee, S.K. and A.A. Kader. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. Postharvest Biology and Technology 20: 207-220.
- Mathiventhan, U. and S. Ramiah. 2015. Vitamin C content of commonly eaten leafy vegetables in fresh and under different storage conditions. Tropical Plant Research 2(3): 240-245.
- Mithen, R.F., M. Dekker, R. Verkerk, S. Rabot and I.T. Johnson. 2000. The nutritional significance, biosynthesis and bioavailability of glucosinolates in human foods. Journal of the Science of Food and Agriculture 80: 967-984.
- Poonlarp, P.B. and D. Boonyakiat. 2015. Application of vacuum cooling technology and active packaging to improve the quality of Chinese kale. Chiang Mai University Journal of Natural Sciences 14(2): 143-151.
- Poonlarp, P.B., D. Boonyakiat and K. Pilakunta. 2012. Effect of vacuum cooling on shelf life of organic chayote shoot (*Sechium edule* Sm.). Journal of Agricultural Science and Technology A 2: 220-227.
- Ranganna, S. 1986. Handbook of Analysis and Quality Control for Fruit and Vegetable Products. Tata McGraw-Hill Publishing Company Inc., New Delhi. 1,112 p.
- Sun, D.W. and L. Zheng. 2006. Vacuum cooling technology for the agri-food industry: past, present and future. Journal of Food Engineering 77: 203-214.
- USDA. 2016. Basic Report: 11116, Cabbage, Chinese (pak-choi), raw. (Online). Available:

- <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/2894?fgcd> (March 13, 2017).
- Wang, L. and D.W. Sun. 2001. Rapid cooling of porous and moisture foods by using vacuum cooling technology. *Trends in Food Science & Technology* 12: 174-184.
- Yang, J., Z. Zhu, Z. Wang and B. Zhu. 2010. Effects of storage temperature on the contents of carotenoids and glucosinolates in pakchoi (*Brassica rapa* L. ssp. *chinensis* var. *communis*). *Journal of Food Biochemistry* 34: 1186-1204.
- Zheng, L.Y. and D.W. Sun. 2005. Vacuum cooling of foods. pp. 579-602. *In*: D.W. Sun (ed.). *Emerging Technologies for Food Processing*. Academic Press, London.
-

# ผลของสารคล้ายบราสซินต่อผลผลิตและคุณภาพของข้าวโพดหวาน

## Effects of Brassin-like Substance on Yield and Quality of Sweet Corn

ศิริภรณ์ ธกุลสวัสดิ์ และ ธนะชัย พันธุ์เกษมสุข\*

Siripaj Thagoolsawat and Tanachai Pankasemsuk\*

ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

\*Corresponding author: Email: tanachai.p@cmu.ac.th

(Received: 27 February 2017; Accepted: 10 August 2017)

**Abstract:** Effects of brassin-like substance on yield and quality of sweet corn cv. Sugar Star were studied. Experimental design was randomized complete block design (RCBD) with 4 treatments; 0 (control), 0.5, 1.0 and 1.5 mg/l of brassin-like substance with 4 replications. All treated plants were sprayed 4 times at different stages, i.e. foliar spray at 7 and 30 days after emergence, 50% of tasseling stage. The fourth application was sprayed on ears at 50% of silking stage. The results showed that fresh weight, length and diameter of sweet corn ears, with and without husk of all brassin-like substance treatments were higher than the control. In addition, number of rows, number of kernels/row and 100 seeds fresh weight was significantly increased after applying brassin-like substance. However, total soluble solids content of all brassin-like substance treatments were not significantly different from the control. Applying 1.0 mg/l of brassin-like substance gave 678.64 gram of fresh weight, 38.11 cm and 8.06 cm of length and diameter of sweet corn ear with husk, respectively. This concentration provided the most cost-effective for increasing quality and yield of sweet corn.

**Keywords:** Plant growth regulators, brassinosteroids, brassin-like substance, sweet corn

**บทคัดย่อ:** ศึกษาผลของสารคล้ายบราสซินต่อผลผลิตและคุณภาพของข้าวโพดหวาน พันธุ์ชูการ์ สตาร์ โดยวางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (RCBD) ประกอบด้วย 4 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 4 ซ้ำ ดังนี้ ฉีดพ่นสารคล้ายบราสซินที่ระดับความเข้มข้น 0 (กรรมวิธีควบคุม), 0.5, 1.0 และ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ใน 4 ระยะ คือ ระยะที่ 1-3 พ่นที่ใบ เมื่อต้นข้าวโพดมีอายุ 7 และ 30 วัน และเมื่อช่อดอกเพศผู้โผล่พ้นใบธง 50% ระยะที่ 4 พ่นที่ฝัก เมื่อดอกเพศเมียปรากฏใหม่ 50% ผลการทดลองพบว่าทุกกรรมวิธีที่ใส่สารคล้ายบราสซินทำให้น้ำหนักสด ความยาว และความกว้างของฝักทั้งก่อนและหลังปอกเปลือก จำนวนแถวต่อฝัก จำนวนเมล็ดต่อแถว และน้ำหนักสด 100 เมล็ด สูงกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในทุกกรรมวิธีที่ใส่สารคล้ายบราสซินไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีควบคุม ซึ่งกรรมวิธีที่ใส่สารคล้ายบราสซินที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้น้ำหนักสด ความยาว และความกว้างของฝักรวมเปลือก 678.64 กรัม 38.11 เซนติเมตร และ 8.06 เซนติเมตร ตามลำดับ และให้ความคุ้มค่าของผลตอบแทนสูงสุด ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้การใส่สารคล้ายบราสซินที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงมีความเหมาะสมที่สุดต่อผลผลิตและคุณภาพของข้าวโพดหวาน

**คำสำคัญ:** สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช บราสซิโนสเตอรอยด์ สารคล้ายบราสซิน ข้าวโพดหวาน

## คำนำ

ข้าวโพดหวาน (sweet corn) จัดอยู่ในวงศ์ Poaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays* L. var. *saccharata* ข้าวโพดหวานเป็นที่นิยมทั้งในการบริโภคฝักสดและนำไปแปรรูป เช่น บรรจุกระป๋อง แช่แข็ง และทำเป็นครีมข้าวโพด (ทวีศักดิ์, 2540) ข้าวโพดหวานเป็นพืชอาหารเศรษฐกิจที่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก โดยในปี พ.ศ. 2556 ประเทศไทยส่งออกข้าวโพดหวานเป็นอันดับ 1 ของโลก แต่ในด้านประสิทธิภาพการผลิตพบว่าประเทศไทยมีผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ 1,477 กิโลกรัม (วรวิธน์ และ ศศิธร, 2557) ขณะที่ประเทศสหรัฐอเมริกา มีผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ 3,201 กิโลกรัม (USDA, 2014) ซึ่งสูงกว่าประเทศไทยถึง 2.17 เท่า ปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้ผลผลิตข้าวโพดหวานเฉลี่ยต่อพื้นที่อยู่ในระดับต่ำคือ การขาดเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการผลิต ทำให้เกิดการค้นคว้าเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตข้าวโพดหวาน

การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชเป็นอีกเทคโนโลยีหนึ่งที่น่าสนใจในการปรับปรุงคุณภาพของผลผลิต โดยเฉพาะการใช้ฮอร์โมนบราสซิโนสเตอรอยด์ (brassinosteroids; BRs) ซึ่งเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่มีบทบาทต่อการเปลี่ยนแปลงทางเมแทบอลิซึมและสรีรวิทยา ทำให้พืชมีผลผลิตสูงขึ้น 20-60% (Divi and Krishna, 2009) โดยกระตุ้นการ

เจริญเติบโตของพืชจากการขยายขนาดของเซลล์และการแบ่งเซลล์ (Gudesblat and Russinova, 2011) นอกจากนี้ยังมีผลในการป้องกันพืชจากความไม่เหมาะสมของสภาพแวดล้อมทั้งจากสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิต (Mussig and Altmann, 1999) Vardhini and Rao (1998) ได้ทำการทดลองพ่นบราสซิโนสเตอรอยด์ทางใบให้กับถั่วลิสงที่อายุ 30, 45 และ 60 วัน ในระดับความเข้มข้น 0.5, 1.0 และ 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร พบการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ ทั้งยังเพิ่มอัตราการสังเคราะห์แสงโดยศึกษาจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์

อย่างไรก็ตามบราสซิโนสเตอรอยด์เป็นสารที่มีราคาสูงและหาได้ยาก จึงได้นำสารสเตอรอยด์สังเคราะห์ ได้แก่ สารคล้ายบราสซิน (บริษัท ชัยวัฒน์ธน จำกัด, ประเทศไทย) มาใช้ในการทดลองเพื่อทดแทนบราสซิโนสเตอรอยด์ สารคล้ายบราสซินเป็นสารสังเคราะห์เลียนแบบรูปแบบโมเลกุลของบราสซิโนสเตอรอยด์ โดยเป็นสารที่มีอนุพันธ์และออกฤทธิ์คล้ายบราสซิโนสเตอรอยด์ พนิตา และคณะ (2559) ได้ศึกษาการใช้สารคล้ายบราสซินที่ระดับความเข้มข้น 0.5, 1.0 และ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ในเงาะ พบว่าผลเงาะมีความกว้างผล ความยาวเมล็ด ความหนาเนื้อผล ความหนาเปลือก น้ำหนักผลสด น้ำหนักเนื้อผล และน้ำหนักเปลือก มากกว่าการไม่ใช้สารคล้ายบราสซิน อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างทางสถิติของสารคล้ายบราสซินทั้ง 3 ระดับความเข้มข้น นอกจากนี้การ



ใช้สารคล้ายบราสซินทั้ง 3 ระดับความเข้มข้นทำให้ผลเงาะถูกจัดอยู่ในลำดับคุณภาพที่ 1 (จำนวนผลต่อกิโลกรัมน้อยกว่า 26 ผล/กก.) ขณะที่กรรมวิธีที่ไม่ใช้สารคล้ายบราสซินทำให้ผลเงาะถูกจัดอยู่ในลำดับคุณภาพที่ 2 (จำนวนผลต่อกิโลกรัม 26-29 ผล/กก.) ในการศึกษาผลของสารคล้ายบราสซินในลำไยพันธุ์ดอพบว่า การพ่นสารคล้ายบราสซินที่ความเข้มข้น 0.5, 1.0 และ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถเพิ่มขนาดผล น้ำหนักผล และความหนาของเนื้อผล เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม แต่สารคล้ายบราสซินไม่ส่งผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และความแน่นเนื้อของเนื้อลำไย (อุบลวรรณ และ ธนะชัย, 2555)

ในการวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาถึงผลของสารคล้ายบราสซินและระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน เพื่อให้ได้แนวทางอันเป็นประโยชน์ต่อการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของข้าวโพดหวานต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

ปลูกข้าวโพดหวานลูกผสมสายพันธุ์ชูการ์ สตาร์ (บริษัท ชินเจนทาซีดีส์ จำกัด, ประเทศไทย) ณ ศูนย์วิจัยระบบทรัพยากรเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (สวทก.) ในพื้นที่ทำการทดลองขนาด 20 x 20 เมตร แบ่งเป็นแปลงทดลองย่อย 3.5 x 4.5 เมตร ปลูกแบบแถวเดี่ยว ให้มีระยะระหว่างแถว 75 เซนติเมตร และระยะระหว่างต้น 25 เซนติเมตร โดยวางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (randomized complete block design; RCBD) การทดลองแบ่งออกเป็น 4 กรรมวิธี ได้แก่ การให้สารคล้ายบราสซิน (บริษัท ชัยวัฒน์ธน จำกัด, ประเทศไทย) 4 ระดับความเข้มข้น คือ 0 (กรรมวิธีควบคุม), 0.5, 1.0 และ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร กรรมวิธีละ 4 ซ้ำ โดยทุกกรรมวิธีให้สารคล้ายบราสซิน 4 ครั้ง เมื่อต้นข้าวโพดอยู่ในระยะต่าง ๆ คือ พ่นที่ใบเมื่อข้าวโพดมีอายุ 7 วัน, 30 วัน และเมื่อช่อดอกเพศผู้โผล่พ้นใบธง 50% และครั้งสุดท้ายพ่นที่ฝักเมื่อดอกเพศเมียปรากฏใหม่ 50%

เมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยวหรือระยะนํานม คือประมาณ 18-20 วัน หลังดอกเพศเมียปรากฏใหม่ 50% สุ่มวัดตัวอย่างฝักข้าวโพดหวานกรรมวิธีละ 10 ต้นต่อ 1 ซ้ำ ทำการบันทึกข้อมูล ได้แก่ น้ำหนักสด ความยาว และความกว้างของฝักทั้งก่อนและหลังปอกเปลือก จำนวนแถวต่อฝัก จำนวนเมล็ดต่อแถว และน้ำหนักสด 100 เมล็ด แล้ววัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solids; TSS) ของเมล็ดข้าวโพดหวานในระยะเก็บเกี่ยวที่แกะเมล็ดและคั้นน้ำแล้วโดยใช้เครื่อง hand refractometer ซึ่งมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

นำข้อมูลที่ได้จากการบันทึกข้อมูลผลผลิตที่ได้ในแต่ละกรรมวิธีมาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตระหว่างกรรมวิธีโดยวิธี LSD

## ผลการทดลองและวิจารณ์

### คุณภาพฝัก

ผลการศึกษาพบว่า การให้สารคล้ายบราสซินความเข้มข้น 0.5, 1.0 และ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของฝักข้าวโพดหวานได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับฝักข้าวโพดหวานในกรรมวิธีควบคุม ซึ่งหลังการพ่นสารคล้ายบราสซินใน 4 ระยะการเจริญเติบโต ข้าวโพดหวานที่ได้รับสารคล้ายบราสซินตามกรรมวิธีดังกล่าว มีน้ำหนักฝักสดรวมเปลือกของข้าวโพดเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น หรือคิดเป็นร้อยละ 23.23, 41.80 และ 56.00 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับฝักข้าวโพดหวานในกรรมวิธีควบคุมซึ่งมีน้ำหนักฝักสดรวมเปลือก 478.57 กรัม (ภาพที่ 1) แต่การให้สารคล้ายบราสซินที่ความเข้มข้น 1.0 และ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตรนั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ด้านน้ำหนักฝักสดหลังปอกเปลือก การใช้สารคล้ายบราสซินกับข้าวโพดหวานตามกรรมวิธีดังกล่าว ทำให้ข้าวโพดหวานมีน้ำหนักฝักสดหลังปอกเปลือกเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารคล้ายบราสซิน โดยคิดเป็นร้อยละ 10.91, 27.50 และ 33.85 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่มีน้ำหนักฝักสดหลังปอกเปลือก 332.09 กรัม ซึ่งแตกต่างกันอย่างมี

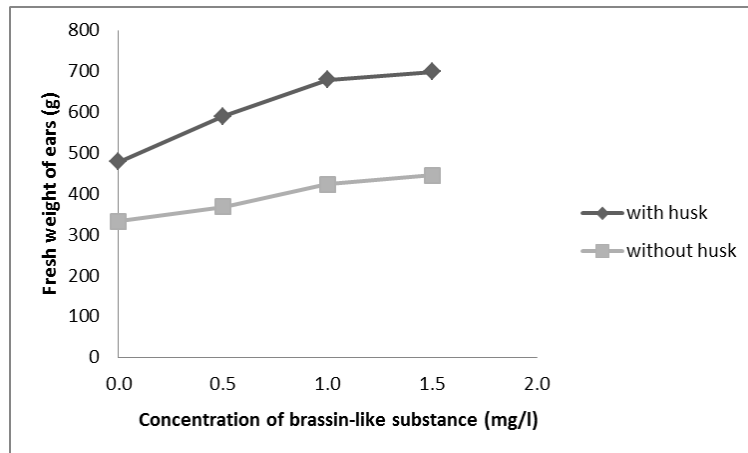


Figure 1. Effect of brassin-like substance on fresh weight of sweet corn ears cv. Sugar Star

นัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับการทดลองในเงาะของ พณิตา และคณะ (2559) โดยใช้สารคล้ายบราสซินที่ระดับความเข้มข้น 0.5, 1.0 และ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าผลเงาะมีขนาดและน้ำหนักผลสดมากกว่าการไม่ใช้สารคล้ายบราสซิน อีกทั้งยังส่งผลให้ผลเงาะถูกจัดอยู่ในลำดับคุณภาพที่ 1 (จำนวนผลต่อกิโลกรัมน้อยกว่า 26 ผล/กก.) ในขณะที่กรรมวิธีที่ไม่ใช้สารคล้ายบราสซินทำให้ผลเงาะถูกจัดอยู่ในลำดับคุณภาพที่ 2 (จำนวนผลต่อกิโลกรัม 26-29 ผล/กก.) นอกจากนี้การศึกษาในมะม่วงพันธุ์มหาชนก โดยครุณี (2553) ได้พ่นสารคล้ายบราสซินความเข้มข้น 0, 0.1, 0.5, 1.0 และ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตรทั่วทั้งต้น เมื่อผลมีอายุ 30 วันหลังดอกบานเต็มที่และพ่นซ้ำทุก ๆ 14 วัน พบว่าผลมีน้ำหนักมากขึ้นถึงร้อยละ 35 เช่นเดียวกับการใช้ phenylbrassinosteroids ในข้าวโพด พบว่า ข้าวโพดมีขนาดเพิ่มขึ้นร้อยละ 14-15 และมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 23-26 (Hayashi *et al.*, 1989) ส่วนในข้าวโพดสายพันธุ์ Kwangok มีน้ำหนักฝักสดเพิ่มขึ้นร้อยละ 7 หลังจากได้รับบราสซินอสเตอรอยด์ (Lim and Han, 1988)

ข้าวโพดหวานที่ได้รับการพ่นสารคล้ายบราสซินทุกความเข้มข้นมีความยาวของฝักเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม พบว่าข้าวโพดหวานที่ได้รับสารคล้ายบราสซินมีความยาวของฝักรวมเปลือก 34.51-38.45 เซนติเมตร (ภาพที่ 2) ซึ่งมีความยาวเพิ่มขึ้นร้อยละ 11.14-23.83 มากกว่ากรรมวิธีควบคุมที่มีความยาวฝักรวมเปลือก 31.05 เซนติเมตร

แต่การให้สารคล้ายบราสซินที่ความเข้มข้น 1.0 และ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตรนั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อปอกเปลือกฝักข้าวโพดหวาน พบว่าฝักข้าวโพดหวานหลังปอกเปลือกมีความยาว 19.62-21.27 เซนติเมตร (ภาพที่ 2) ซึ่งมีความยาวเพิ่มขึ้นร้อยละ 8.46-17.58 มากกว่ากรรมวิธีควบคุมที่มีความยาวฝักหลังปอกเปลือก 18.09 เซนติเมตร ทั้งนี้ยังพบว่าสารคล้ายบราสซินมีผลในการเพิ่มความกว้างของฝักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยหลังการพ่นสารคล้ายบราสซินที่ความเข้มข้น 0.5, 1.0 และ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ฝักข้าวโพดหวานรวมเปลือกมีความกว้างของฝัก 7.59-8.07 เซนติเมตร (ภาพที่ 3) ซึ่งมีความกว้างเพิ่มขึ้นร้อยละ 7.81-14.63 เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่มีความกว้างของฝักรวมเปลือก 7.04 เซนติเมตร และเมื่อปอกเปลือกฝักข้าวโพดหวานแล้วพบว่ากรรมวิธีควบคุมมีความกว้างของฝักหลังปอกเปลือก 5.44 เซนติเมตร (ภาพที่ 3) ซึ่งน้อยกว่าทุกกรรมวิธีที่ได้รับสารคล้ายบราสซินอยู่ร้อยละ 5.70-14.52 แต่ความกว้างของฝักทั้งก่อนและหลังปอกเปลือกนั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างการให้สารคล้ายบราสซินที่ความเข้มข้น 1.0 และ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

สอดคล้องกับการทดลองในลำไย ชรัสนันท์ และธนะชัย (2548) ได้ศึกษาการฉีดพ่นบราสซินอสเตอรอยด์ความเข้มข้น 0.00 (กรรมวิธีควบคุม), 0.004 และ 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้แก่ต้นลำไย พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 0.004 และ 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถเพิ่มขนาดของผลลำไยได้ โดยบราสซินอสเตอรอยด์

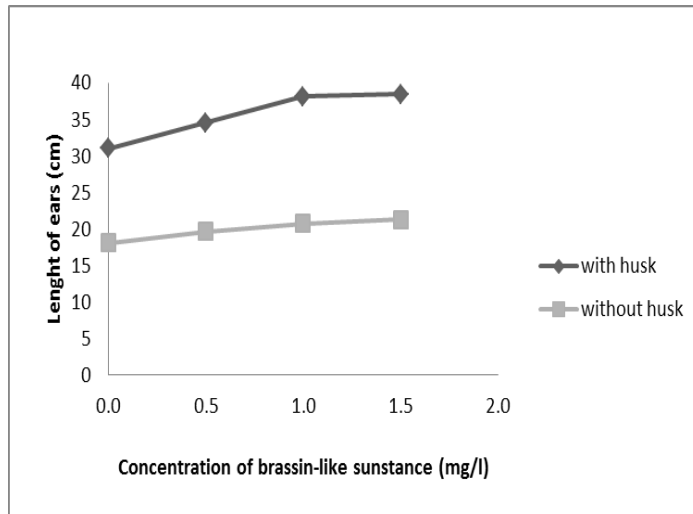


Figure 2. Effect of brassin-like substance on length of sweet corn ears cv. Sugar Star

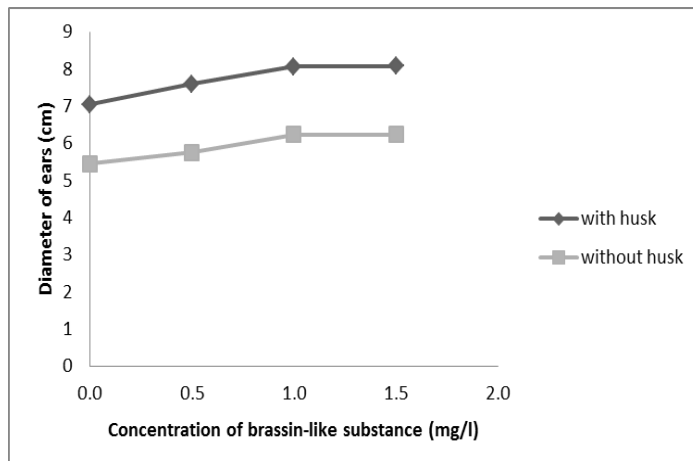


Figure 3. Effect of brassin-like substance on diameter of sweet corn ears cv. Sugar Star

ความเข้มข้น 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ผลลำไยมีขนาดใหญ่ที่สุด เช่นเดียวกับ ญัฐพงศ์ (2552) ทำการทดลองพ่นบราสซิโนสเตอรอยด์ทั่วทั้งทรงพุ่มลำไยที่ความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังติดผลแล้วเป็นเวลา 10, 40 และ 70 วัน พบว่าผลมีขนาดใหญ่ขึ้นและมีน้ำหนักมากขึ้นในทุกกรรมวิธีที่ได้รับบราสซิโนสเตอรอยด์เนื่องจากบราสซิโนสเตอรอยด์เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่มีคุณสมบัติในด้านส่งเสริมการขยายขนาดของเซลล์ การยืดยาวของเซลล์และการแบ่งเซลล์ของพืช (Gudesblat and Russinova, 2011) การให้บราสซิโนสเตอรอยด์ภายนอกน่าจะมีผลทำให้จำนวนเซลล์ภายในผลเพิ่มขึ้นหรือทำให้ขนาดของเซลล์ขยายขนาด

มากขึ้น ส่งผลให้พืชมีขนาดใหญ่ขึ้นและปริมาณผลผลิตเพิ่มมากขึ้นหลังจากได้รับบราสซิโนสเตอรอยด์

เมื่อคำนวณผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ของข้าวโพดหวานพบว่า กรรมวิธีควบคุมมีผลผลิตเฉลี่ยอยู่ที่ 3,824 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่ข้าวโพดหวานที่ได้รับสารคล้ายบราสซิคิน 0.5, 1.0 และ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่เพิ่มขึ้นร้อยละ 23.22-46.02 (ตารางที่ 1) แม้ว่าการให้สารคล้ายบราสซิคินที่ความเข้มข้น 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่มากที่สุด แต่เมื่อคำนวณถึงผลตอบแทนแล้วพบว่า การให้สารคล้ายบราสซิคิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความเหมาะสมในด้านความคุ้มค่าแก่การลงทุนมากกว่า เนื่องจากปริมาณผลผลิตและ

ผลตอบแทนต่อไร่ที่ได้รับไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใช้สารคล้ายบราสซิโนที่ความเข้มข้น 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

### คุณภาพเมล็ด

การศึกษาผลของสารคล้ายบราสซิโนต่อจำนวนแถวต่อฝักและจำนวนเมล็ดต่อแถว พบว่าสารคล้ายบราสซิโนมีผล ในการเพิ่มจำนวนแถวต่อฝักและจำนวนเมล็ดต่อแถวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม การใช้สารคล้ายบราสซิโนที่ความเข้มข้น 0.5, 1.0 และ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ฝักข้าวโพดหวานมีจำนวนแถวต่อฝักเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ตามความเข้มข้นของสารคล้ายบราสซิโนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเพิ่มมากกว่ากรรมวิธีควบคุมร้อยละ 10.84-23.49 (ตารางที่ 2) เช่นเดียวกับจำนวนเมล็ดต่อแถว หลังจากการพ่นสารคล้ายบราสซิโนตามกรรมวิธีดังกล่าวข้างต้น ทำให้ฝักข้าวโพดหวานมีจำนวนเมล็ดต่อแถวเพิ่มขึ้นร้อยละ 12.08-19.28 มากกว่ากรรมวิธีควบคุมที่มีจำนวนเมล็ดต่อแถว 38.9 เมล็ด (ตารางที่ 2) แต่อย่างไรก็ตามทั้งจำนวนแถว

ต่อฝักและจำนวนเมล็ดต่อแถวไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างการพ่นสารคล้ายบราสซิโนที่ความเข้มข้น 1.0 และ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนการศึกษาด้านน้ำหนักสด 100 เมล็ด หลังจากการใช้สารคล้ายบราสซิโน พบว่าข้าวโพดหวานที่ได้รับสารคล้ายบราสซิโนทุกความเข้มข้นมีน้ำหนักสด 100 เมล็ดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่มีน้ำหนักสด 100 เมล็ด 37.00 กรัม (ตารางที่ 2) ซึ่งเพิ่มขึ้นร้อยละ 11.62-20.54 (41.30-44.60 กรัม) โดยการให้สารคล้ายบราสซิโนที่ความเข้มข้น 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้มีน้ำหนักสด 100 เมล็ดมากที่สุด

มีการศึกษาการใช้สารบราสซิโนสเตอรอยด์ในข้าว พบว่า อัตราการสะสมน้ำหนักของเมล็ด อัตราการติดเมล็ด น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากบราสซิโนสเตอรอยด์มีส่วนช่วยกระตุ้นการเพิ่มจำนวน ของเซลล์เอ็นโดสเปิร์มระหว่างการสะสมน้ำหนักของเมล็ดและช่วยเพิ่มอัตราการสะสมแป้งในเซลล์เอ็นโดสเปิร์ม นอกจากนี้ บราสซิโนสเตอรอยด์

Table 1. Effect of brassin-like substance on yield, capital and profit of sweet corn cv. Sugar Star production

| Treatments                      | Yield <sup>1</sup><br>(kg/rai) | %Yield <sup>1</sup><br>Increase | Cost <sup>1</sup><br>(baht/rai) | Income <sup>1,2</sup><br>(baht/rai) | Profit <sup>1</sup><br>(baht/rai) | %Profit <sup>1</sup><br>Increase |
|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| Control                         | 3,824 <sup>c</sup>             | -                               | 4,400 <sup>d</sup>              | 17,208 <sup>c</sup>                 | 12,808 <sup>c</sup>               | -                                |
| Brassin-like substance 0.5 mg/l | 4,712 <sup>b</sup>             | 23.22 <sup>b</sup>              | 4,875 <sup>c</sup>              | 21,204 <sup>b</sup>                 | 16,329 <sup>b</sup>               | 27.49 <sup>b</sup>               |
| Brassin-like substance 1.0 mg/l | 5,424 <sup>a</sup>             | 41.84 <sup>a</sup>              | 5,350 <sup>b</sup>              | 24,408 <sup>a</sup>                 | 19,058 <sup>a</sup>               | 48.80 <sup>a</sup>               |
| Brassin-like substance 1.5 mg/l | 5,584 <sup>a</sup>             | 46.03 <sup>a</sup>              | 5,825 <sup>a</sup>              | 25,128 <sup>a</sup>                 | 19,303 <sup>a</sup>               | 50.71 <sup>a</sup>               |

<sup>1</sup> Means in the same column followed by different letters are significant differences ( $P<0.05$ ) by LSD test

<sup>2</sup> Selling price: 4.5 baht/kg, referenced by Sun Sweet Co.Ltd. (August, 2017) 1 rai = 1,600 sq.m.

Table 2. Effect of brassin-like substance on seed qualities of sweet corn cv. Sugar Star

| Treatments                      | Number <sup>1</sup><br>of rows | Number of <sup>1</sup><br>kernels/row | 100 seeds <sup>1</sup><br>fresh weight (g) | Total soluble <sup>NS</sup><br>solids (%) |
|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Control                         | 16.6 <sup>c</sup>              | 38.9 <sup>c</sup>                     | 37.03 <sup>c</sup>                         | 14.1                                      |
| Brassin-like substance 0.5 mg/l | 18.4 <sup>b</sup>              | 43.6 <sup>b</sup>                     | 41.33 <sup>b</sup>                         | 14.1                                      |
| Brassin-like substance 1.0 mg/l | 19.8 <sup>a</sup>              | 46.0 <sup>a</sup>                     | 42.48 <sup>b</sup>                         | 14.2                                      |
| Brassin-like substance 1.5 mg/l | 20.5 <sup>a</sup>              | 46.4 <sup>a</sup>                     | 44.60 <sup>a</sup>                         | 14.2                                      |
| LSD <sub>0.05</sub>             | 5.98                           | 3.59                                  | 4.61                                       | 2.32                                      |

<sup>1</sup> Means in the same column followed by different letters are significant differences ( $P<0.05$ ) by LSD test

<sup>NS</sup> Non significant difference

ยังส่งเสริมการตรึงคาร์บอนในกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการเพิ่มอัตราการสะสมอาหารในเมล็ด เป็นผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นของผลผลิตร้อยละ 15-44 และศึกษาการใช้สารบราสซิโนไลด์กับข้าวลูกผสมในระยะที่ช่อดอกโผล่พ้นจากกาบใบ พบการเพิ่มขึ้นของอัตราการติดเมล็ดและน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.4-5.7 (Wu *et al.*, 2008) ซึ่งสอดคล้องกับ Divi and Krishna (2009) ได้ศึกษาการใช้บราสซิโนสเตอรอยด์พบว่าการใช้การบราสซิโนสเตอรอยด์ที่ความเข้มข้นที่เหมาะสม สามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตของเมล็ดพันธุ์ต่อหน่วยพื้นที่ปลูกได้อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากบราสซิโนสเตอรอยด์มีบทบาทสำคัญในการควบคุมลักษณะทางกายภาพ เช่น การเจริญเติบโตของพืช การสังเคราะห์แสง และการออกดอก ตลอดจนช่วยเพิ่มความต้านทานของพืชทั้งจากสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต เช่น การขาดน้ำ ความเค็ม ความร้อน ความหนาวเย็น โรคและแมลง

ทางด้านปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solids; TSS) ของเมล็ดข้าวโพดหวานในระยะเก็บเกี่ยว พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดจากการให้สารคล้ายบราสซิโนความเข้มข้น 0-1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ คือมีค่า 14.1-14.2% (ตารางที่ 1) เช่นเดียวกับ อุบลวรรณ และ ธนะชัย (2555) ที่ศึกษาการใช้สารคล้ายบราสซิโนในลำไยพันธุ์ดอพบว่า สารคล้ายบราสซิโนไม่ส่งผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ในทำนองเดียวกันกับ ณัฐพงศ์ (2552) ที่ศึกษาการใช้บราสซิโนสเตอรอยด์ในลำไย พบว่าทุกความเข้มข้นของบราสซิโนสเตอรอยด์ไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

## สรุป

การใช้สารคล้ายบราสซิโนในระดับความเข้มข้น 0.5, 1.0 และ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลต่อน้ำหนักสด ความยาว และความกว้างของฝักทั้งก่อนและหลังปอกเปลือก จำนวนแถวต่อฝัก จำนวนเมล็ดต่อแถว และน้ำหนักสด 100 เมล็ด สูงกว่าการไม่ใช้สารคล้ายบราสซิโนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อีกทั้งมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของสารคล้ายบราสซิโน แต่สารคล้าย

บราสซิโนไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกกรรมวิธี ซึ่งกรรมวิธีที่ให้สารคล้ายบราสซิโนที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้น้ำหนักสด ความยาว และความกว้างของฝักรวมเปลือก 678.64 กรัม 38.11 เซนติเมตร และ 8.06 เซนติเมตร ตามลำดับ และให้ความคุ้มค่าของผลตอบแทนสูงสุด ดังนั้นจึงชี้ให้เห็นได้ว่าการผลิตข้าวโพดหวานทางการค้าจึงควรให้สารคล้ายบราสซิโนที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อให้ได้ข้าวโพดหวานที่มีผลผลิตและคุณภาพดี คุ้มค่าแก่การลงทุน

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยระบบทรัพยากรเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (ศวทก.) และห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาสาขาวิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่สนับสนุนสถานที่ในการทำทดลอง

## เอกสารอ้างอิง

- ชรินทร์ ตาชม และ ธนะชัย พันธุ์เกษมสุข. 2548. การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชบางชนิดเพื่อการเพิ่มขนาดผลลำไยพันธุ์ดอ. วารสารเกษตร 21(3): 213-218.
- ณัฐพงศ์ สัตยพานิช. 2552. ผลของบราสซิโนสเตอรอยด์ต่อการเปลี่ยนแปลงเอทิลีนและสารชีวเคมีในลำไยพันธุ์ดอ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 90 หน้า.
- ดรุณี สมณะ และ ธนะชัย พันธุ์เกษมสุข. 2553. ผลของสารคล้ายบราสซิโนต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและชีวเคมีบางประการของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 27(1): 9-18.
- ทวีศักดิ์ ภูหล้า. 2540. ข้าวโพดหวาน: การปรับปรุงพันธุ์และการปลูกเพื่อการค้า. โอ เอส พริ้นติ้ง เฮาส์, กรุงเทพฯ. 188 หน้า.

- พนิตา สุโข สุทิศา ชัยกุล นงนุช ชนะสิทธิ์ และ ธนะชัย พันธุ์เกษมสุข. 2559. ผลของ GA<sub>3</sub>, NAA และ สารคล้ายบราสซิน (BS) ต่อขนาดและน้ำหนักของผลเงาะพันธุ์โรงเรียน. วารสารเกษตร 33(2): 175-184.
- วรวัจน์ อัสตรนธิ และ ศศิธร ชีมประเสริฐ. 2557. สถานการณ์การผลิตและการแข่งขันทางการค้าข้าวโพดหวานระหว่างประเทศ. เอกสารโครงการจัดสัมมนาวิชาการข้าวโพดฝักสด ครั้งที่ 7. มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และศูนย์วิจัยพืชไร่ เชียงใหม่. เชียงใหม่. 36 หน้า.
- อุบลวรรณ รัตนทิพยาภรณ์ และ ธนะชัย พันธุ์เกษมสุข. 2555. ผลของสารคล้ายบราสซินต่อคุณภาพผลของลำไยพันธุ์ดอ. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 29(2): 8-14.
- Divi, U.K. and P. Krishna. 2009. Brassinosteroid: a biotechnological target for enhancing crop yield and stress tolerance. New Biotechnology 26: 131-136.
- Gudesblat, G.E. and E. Russinova. 2011. Plants grow on brassinosteroids. Plant Biology 14: 530-537.
- Hayashi, S., T. Hohjoh, A. Shida and N. Ikekawa. 1989. 23-Phenylbrassinosteroids. US Patent 4767442.
- Lim, U.K. and S.S. Han. 1988. The effect of plant growth regulating brassinosteroid on early state and yield of corn. Seoul National University of Agricultural Sciences 13: 1-14.
- Mussig, C. and T. Altmann. 1999. Physiology and molecular mode of action of brassinosteroids. Plant Physiology and Biochemistry 37(5): 363-372.
- USDA. 2014. Wisconsin Farm Reporter. USDA Wisconsin Field Office, Wisconsin. 4 p.
- Vardhini, B.V. and S.S.R. Rao. 1998. Effect of brassinosteroids on growth, metabolite content and yield of *Arachis hypogaea*. Phytochemistry 48(6): 927-930.
- Wu, C.Y., A. Trieu, P. Radhakrishnan, S.F. Kwok, S. Harris, K. Zhang, J. Wang, J. Wan, H. Zhai, S. Takatsuto, S. Matsumoto, S. Fujioka, K.A. Feldmann and R.I. Pennell. 2008. Brassinosteroids regulate grain filling in rice. Plant Cell 20: 2130-2145.

# ผลของปุ๋ยโพแทสเซียมต่อคุณภาพและผลผลิตข้าวโพดหวานที่ปลูก ในพื้นที่อำเภอองาว จังหวัดลำปาง

## Effects of Potassium Fertilizer on Quality and Yield of Sweet Corn in Ngao District, Lampang Province

ประภัสสร เจริญไทย และ ชูชาติ สันทรทรัพย์<sup>\*</sup>  
Prapassorn Chalernthai and Choochad Santasup<sup>\*</sup>

ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200  
Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

<sup>\*</sup>Corresponding author: Email: santasup@gmail.com

(Received: 27 March 2017; Accepted: 18 August 2017)

**Abstract:** The study effects of potassium fertilizer on quality and yield of sweet corn (var. Sugar Star Plus) was located in Ngao district, Lampang province. The experimental was designed by randomized complete block design (RCBD) with 4 replications 5 treatments as this flowing: 4 potassium levels 0, 7.5, 15 and 30 kg K<sub>2</sub>O/rai and control that without N-P-K fertilizers. The results showed that potassium fertilizer at the rate of 7.5-30 kg K<sub>2</sub>O/rai were not significantly different on plant growth, dry weight, component, yield and concentration in sweet corn kernel. However, the soil had a low level of exchangeable potassium (56.27 mg/kg) it was recommended that the 7.5 kg K<sub>2</sub>O/rai was sufficient for yield and quality of sweet corn, with yield average at 3.73 ton/rai, weight of ear without husk 322.65 g/ear, diameter and length of ear without husk 5.43 and 19.92 cm, respectively, number of row/ear 15.95 row/ear, total sugars 41.52%, reducing sugars 6.25% and total soluble solids (TSS) average 13.89 Brix.

**Keywords:** Potassium fertilizer, sweet corn, quality and yield of sweet corn

**บทคัดย่อ:** การศึกษาผลของปุ๋ยโพแทสเซียมต่อคุณภาพและผลผลิตของข้าวโพดหวาน พันธุ์การ์สตาร์พลัส ได้ดำเนินการทดลองในพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวาน อำเภอลำปาง จังหวัดลำปาง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ 5 กรรมวิธีทดลอง ประกอบไปด้วยการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตราแตกต่างกัน 4 กรรมวิธี คือ 0 7.5 15 และ 30 กก. $K_2O$ /ไร่ โดยมีกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยเป็นกรรมวิธีควบคุม ผลการศึกษาพบว่า การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 7.5-30 กก. $K_2O$ /ไร่ ไม่ส่งผลให้การเจริญเติบโต น้ำหนักแห้ง องค์ประกอบผลผลิต ผลผลิตและความเข้มข้นของธาตุอาหารในเมล็ดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า ดินที่มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินระดับต่ำ (56.27 มก./กก.) การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตรา 7.5 กก. $K_2O$ /ไร่ เพียงพอต่อคุณภาพและผลผลิตของข้าวโพดหวาน ซึ่งมีผลผลิตเฉลี่ย 3.73 ตัน/ไร่ องค์ประกอบผลผลิตข้าวโพดหวาน ได้แก่ น้ำหนักฝักสดเปลือกเฉลี่ย 322.65 กรัม/ต้น เส้นผ่าศูนย์กลางฝักเฉลี่ย 5.43 ซม. ความยาวฝักเปลือกเฉลี่ย 19.92 ซม. จำนวนแถวเมล็ดต่อฝักเฉลี่ย 15.95 แถว/ฝัก ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเฉลี่ย 41.52% ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เฉลี่ย 6.25% และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (TSS) เฉลี่ย 13.89 องศาบริกซ์

**คำสำคัญ:** ปุ๋ยโพแทสเซียม ข้าวโพดหวาน คุณภาพและผลผลิตข้าวโพดหวาน

## คำนำ

จังหวัดลำปางมีพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวานในปี พ.ศ. 2558 จำนวน 11,582 ไร่ เนื้อที่เก็บเกี่ยว 11,415 ไร่ ผลผลิต 23,424 ตัน และมีผลผลิตต่อเนื้อที่เก็บเกี่ยว 2,052 กิโลกรัม (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) ผลผลิตข้าวโพดหวานร้อยละ 75 ของผลผลิตทั้งหมดส่งเข้าโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูป นำมาแปรรูปเป็นข้าวโพดหวานกระป๋องส่งออกไปขายในต่างประเทศ มีมูลค่าการส่งออกปี พ.ศ. 2556 จำนวน 5,400 ล้านบาท (วรวัจน์ และ ศศิธร, 2557) ทำให้เกษตรกรขาดการจัดการดูแลแปลงข้าวโพดหวาน โดยเฉพาะในด้านธาตุอาหาร ซึ่งส่งผลให้ข้าวโพดหวานมีคุณภาพไม่ดีเท่าที่ควร พื้นที่ปลูกข้าวโพดหวานในจังหวัดลำปางกรณีพื้นที่ศึกษา พบว่ามีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินต่ำ 56.27 มก./กก. (<60 มก./กก.) (กรมวิชาการเกษตร, 2548) คิดเป็นโพแทสเซียม 21.07 กก. $K_2O$ /ไร่ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วในดินที่มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ช่วง 100-120 มก./กก. ถือว่าอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อความต้องการของพืช โดยทั่วไป ส่วนปริมาณความต้องการธาตุโพแทสเซียมในข้าวโพด สำหรับการปลูกข้าวโพดที่ให้ผลผลิต 1 ตัน/ไร่ คิดเป็น 23 กก. $K_2O$ /ไร่ (ชูชาติ, 2553) จากข้อมูลดังกล่าว จึงชี้ให้เห็นว่าในดินมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในระดับที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของข้าวโพดหวาน

การจัดการธาตุอาหารจึงมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโต การเพิ่มผลผลิต และคุณภาพของผลผลิตข้าวโพดหวาน โดยเฉพาะธาตุโพแทสเซียม ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่ควบคุมหลาย ๆ กระบวนการเมแทบอลิซึมในเซลล์ มีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์และเสริมสร้างการเคลื่อนย้ายการดูดซึมธาตุอาหาร และการสังเคราะห์โปรตีน (Devlin and Witham, 1986) ระดับปุ๋ยโพแทสเซียมหรือปริมาณการประยุกต์ใช้เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ผลผลิตและคุณภาพของข้าวโพดหวาน อัตราการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ทั้งปริมาณและผลผลิตข้าวโพดหวานที่มีคุณภาพ จะแตกต่างกันไปตามปริมาณของโพแทสเซียมในดิน จากการศึกษาของ Simic *et al.* (2011) พบว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่เพิ่มขึ้นในการผลิตข้าวโพดหวานมีผลทำให้ช่อดอกตัวผู้และไหม่ออกเร็วขึ้น 3-7 วัน ความสูงเพิ่มขึ้น 30 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลางฝักเพิ่ม 18% น้ำหนักฝักเพิ่ม 20% และส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์เปลือกหุ้มฝักลดลง 3% เช่นเดียวกันกับ Ebrahimi *et al.* (2011) ศึกษาผลของปุ๋ยโพแทสเซียมต่อผลผลิตข้าวโพดภายใต้สภาวะมีความเค็ม (stress) จากภัยแล้ง พบว่า การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 0-38 กก. $K_2O$ /ไร่ ส่งผลให้จำนวนใบ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้น และชีวมวลเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ การใช้ปุ๋ยโพแทสเซียม อัตรา 38 กก. $K_2O$ /ไร่ ช่วยเพิ่มจำนวนเมล็ดต่อแถว น้ำหนักเมล็ดต่อแถว น้ำหนัก 1,000



เมล็ด ซึ่งทำให้ผลผลิตเมล็ดเพิ่มขึ้น Chen *et al.* (1993) ศึกษาเกี่ยวกับอัตราการใช้และอัตราส่วนของปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมต่อผลผลิตและคุณภาพของข้าวโพดหวาน ซึ่งได้ผลผลิตข้าวโพดหวานฝักสดสูงสุดที่ 1.5 ตัน/ไร่ เมื่อมีการประยุกต์ใช้ 44 กก.N/ไร่ 15 กก. $P_2O_5$ /ไร่ และ 43 กก. $K_2O$ /ไร่ และพบว่าของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ของเมล็ดสดเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณโพแทสเซียม และ ชูชาติ และกนกวรรณ (2560) ศึกษาเปรียบเทียบการใส่ปุ๋ยละลายช้ากับการใส่ปุ๋ยเคมี 20-10-10 พบว่าการใส่ปุ๋ยละลายช้า 13-10-20 รองพื้น อัตรา 25 กก./ไร่ และใส่ปุ๋ยละลายช้า 25-15-0 อัตรา 50 กก./ไร่ ที่ระยะ 30 วันหลัง ช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตข้าวโพดให้สูงขึ้นกว่าการใส่ปุ๋ยเคมี 20-10-10 ดังนั้น การจัดการปุ๋ยโพแทสเซียมอย่างเหมาะสม จึงเป็นแนวทางหนึ่ง ในการพัฒนาคุณภาพของผลผลิตข้าวโพดหวานที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดลำปาง

## อุปกรณ์และวิธีการ

**การวางแผนการทดลอง:** การศึกษาทดลองในครั้งนี้ได้ดำเนินการทดลองในแปลงปลูกข้าวโพดหวานของเกษตรกร ตำบลบ้านอ้อน อำเภองาว จังหวัดลำปาง ซึ่งดินอยู่ในชุดดินแม่สาย (Mae Sai series: Ms) ในระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2559 พันธุ์ที่ใช้ปลูกเป็นพันธุ์ ชูการ์สตาร์พลัส โดยดินที่ใช้ปลูกมีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 6.57 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 2.44% ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 56.21 มก./กก. และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 56.27 มก./กก. วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ มีกรรมวิธีทดลอง 5 กรรมวิธี ได้แก่ 1) ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 0 กก. $K_2O$ /ไร่ 2) ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 7.5 กก. $K_2O$ /ไร่ 3) ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 15 กก.  $K_2O$ /ไร่ 4) ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 30 กก.  $K_2O$ /ไร่ และ 5) เป็นกรรมวิธีควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ย) ระยะเวลาในการใส่ปุ๋ยของทุกกรรมวิธี แบ่งใส่เป็น 3 ครั้ง ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยที่ระยะ 15-20 วันหลังปลูก ในอัตราร้อยละ 20 ของปุ๋ยโพแทสเซียมทั้งหมด ครั้งที่ 2 ที่ระยะ 30-35 วันหลังปลูก อัตราร้อยละ 30 ของปุ๋ยโพแทสเซียมทั้งหมด และครั้งที่ 3

ที่ระยะ 45-50 วันหลังปลูก อัตราร้อยละ 50 ของปุ๋ยโพแทสเซียมทั้งหมด โดยใส่แบบกระทุ้งหลุมข้างต้นข้าวโพดหวานแล้วหยอดปุ๋ยพร้อมกลบ สำหรับปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยฟอสฟอรัส ในกรรมวิธีที่ 1, 2, 3 และ 4 จะใส่พร้อมกันกับปุ๋ยโพแทสเซียม ในอัตราที่เท่ากัน คือ 25 กก.N/ไร่ และ 7.5 กก.  $P_2O_5$ /ไร่ โดยแบ่งใส่ 3 ครั้ง ในอัตราส่วนเดียวกันกับปุ๋ยโพแทสเซียม

**การเก็บบันทึกข้อมูล:** วัดความสูงของลำต้น (วัดจากระดับผิวดินถึงโคนใบธงของข้าวโพด) เมื่อข้าวโพดมีอายุ 30 50 และ 75 วันหลังปลูกตามลำดับ และเมื่อข้าวโพดหวานอายุประมาณ 75 วันหลังปลูก (แต่การทดลองนี้ทำการเก็บเกี่ยวที่อายุประมาณ 110 วัน เนื่องจากปลูกในช่วงอากาศหนาวทำให้อายุการเก็บเกี่ยวข้าวโพดยืดออกไป) ทำการเก็บตัวอย่างวิเคราะห์การสะสมน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของต้นข้าวโพด โดยสุ่มเก็บตัวอย่างพืชทดลองละ 1 ตารางเมตร/ซ้ำ แยกส่วนต่าง ๆ ของข้าวโพดหวานออกเป็น ส่วนต้น ส่วนฝัก ส่วนชังและส่วนเมล็ด แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน และนำออกชั่งเพื่อหาน้ำหนักแห้งของแต่ละส่วนคิดเป็นต้น/ไร่ และทำการเก็บเกี่ยวฝักข้าวโพดหวานในแต่ละกรรมวิธี โดยเก็บเกี่ยวตามขนาดพื้นที่แปลงปลูก นำไปชั่งน้ำหนักฝักสดทั้งเปลือก เพื่อคำนวณผลผลิต ทำการเก็บข้อมูลองค์ประกอบของผลผลิต โดยการสุ่มเก็บตัวอย่างข้าวโพดหวานแต่ละกรรมวิธีจำนวน 30 ต้น นำไปชั่งน้ำหนักสดก่อนปอกเปลือกและหลังปอกเปลือก วัดเส้นผ่าศูนย์กลาง ความยาวฝักทั้งก่อนและหลังปอกเปลือก จำนวนแฉกเมล็ดต่อฝัก และทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (total sugar) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugars) (James, 1995) และวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ของเมล็ดสดด้วยเครื่องมือ hand refractometer มีหน่วยเป็นองศาบริกซ์ และทำการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโตรเจน (Novozamsky *et al.*, 1974) ฟอสฟอรัส (ศรีสม, 2544) และโพแทสเซียม (Kalra, 1998) ในเมล็ด

**การวิเคราะห์ข้อมูล:** วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของข้อมูล โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความ

แตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกรรมวิธีการทดลองโดยวิธี least significant difference (LSD)

## ผลการศึกษา

### การเจริญเติบโตในด้านความสูง

การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตราแตกต่างกัน 4 กรรมวิธีพบว่าหลังจากปลูกข้าวโพดได้ 30 วัน การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 15 กก. $K_2O$ /ไร่ มีการเจริญเติบโตด้านความสูงเฉลี่ยสูงสุด 16.02 ซม. ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตรา 7.5 และ 30 กก. $K_2O$ /ไร่ ซึ่งมีการเจริญเติบโตด้านความสูงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 13.05-13.24 ซม. แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม ที่มีการเจริญเติบโตด้านความสูงเฉลี่ย 11.92 ซม. และที่ระยะ 50 วันพบว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 7.5-30 กก. $K_2O$ /ไร่ มีการเจริญเติบโตด้านความสูงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 36.16-39.87 ซม. แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม ที่มีความสูง 30.60 ซม. ส่วนที่ระยะ 75 วันหลังปลูกพบว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 0-30 กก. $K_2O$ /ไร่ ไม่ทำให้การเจริญเติบโตด้านความสูงของต้นข้าวโพด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีความสูงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 151.91-179.73 ซม. สำหรับกรรมวิธีควบคุมที่ไม่ใส่ปุ๋ยใด ๆ พบว่า

ด้านความสูงของต้นข้าวโพดที่ระยะ 30, 50 และ 75 วันหลังปลูก มีความสูงเฉลี่ยเพียง 9.53, 19.34 และ 76.45 ซม. ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ย (ตารางที่ 1)

### การสะสมน้ำในก้าน

การสะสมน้ำในก้านหลังการเก็บเกี่ยว พบว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 7.5-30 กก. $K_2O$ /ไร่ ทำให้น้ำหนักก้านในส่วนลำต้นและเมล็ดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม โดยมีน้ำหนักก้านเฉลี่ย 1.12-1.17 ตัน/ไร่และ 0.48-0.50 ตัน/ไร่ ตามลำดับ ส่วนของน้ำหนักก้านซึ่งข้าวโพดพบว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 15 กก. $K_2O$ /ไร่ มีน้ำหนักก้านของซึ่งเฉลี่ยไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 7.5 และ 30 กก. $K_2O$ /ไร่ ซึ่งมีน้ำหนักก้านเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.24-0.25 ตัน/ไร่ แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม ที่มีน้ำหนักก้านเฉลี่ย 0.23 ตัน/ไร่ และ น้ำหนักก้านในส่วนเปลือกข้าวโพดพบว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 15 กก. $K_2O$ /ไร่ มีน้ำหนักก้านของเปลือกเฉลี่ย 0.42 ตัน/ไร่ ซึ่งมากที่สุดและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ย ที่มีน้ำหนักก้านเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.35-0.37 ตัน/ไร่ สำหรับกรรมวิธีควบคุมที่ไม่ใส่ปุ๋ยใด ๆ พบว่ามีน้ำหนักก้านทุกส่วนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ย (ตารางที่ 2)

Table 1. Effect of potassium fertilizer on plant height of sweet corn planted in farmer field at Ban On subdistrict, Ngao district, Lampang province

| Potassium fertilizer rates<br>(kg $K_2O$ /rai) | Plant height (cm) |        |         |
|------------------------------------------------|-------------------|--------|---------|
|                                                | 30 DAP            | 50 DAP | 75 DAP  |
| 0                                              | 11.92bc           | 30.60b | 151.91a |
| 7.5                                            | 13.24ab           | 37.11a | 176.05a |
| 15                                             | 16.02a            | 39.87a | 179.73a |
| 30                                             | 13.05ab           | 36.16a | 170.99a |
| Control (-N -P -K)                             | 9.53c             | 19.34c | 76.45b  |
| Mean                                           | 12.75             | 32.62  | 151.03  |
| F-test                                         | *                 | *      | *       |
| CV (%)                                         | 17.43             | 10.85  | 13.44   |

Means in each column followed by different letter indicate significant difference using least significant difference (LSD) at 5% probability level (\*), ns = non significant, DAP = day after planting

Table 2. Dry matter of sweet corn plant parts supplied with different rate of potassium fertilize at milk stage

| Potassium fertilizer<br>rates (kg K <sub>2</sub> O/rai) | Dry weight (ton/rai) |        |       |        |
|---------------------------------------------------------|----------------------|--------|-------|--------|
|                                                         | Stem                 | Cob    | Husk  | Kernel |
| 0                                                       | 0.97b                | 0.23b  | 0.35b | 0.43b  |
| 7.5                                                     | 1.17a                | 0.24ab | 0.36b | 0.48a  |
| 15                                                      | 1.13a                | 0.25a  | 0.42a | 0.50a  |
| 30                                                      | 1.12a                | 0.24ab | 0.37b | 0.48a  |
| Control (-N -P -K)                                      | 0.64c                | 0.13c  | 0.17c | 0.15c  |
| Mean                                                    | 1.01                 | 0.22   | 0.33  | 0.41   |
| F-test                                                  | *                    | *      | *     | *      |
| CV (%)                                                  | 3.39                 | 6.68   | 5.07  | 6.59   |

Means in each column followed by different letter indicate significant difference using least significant difference (LSD) at 5% probability level (\*), ns = non significant

#### องค์ประกอบของผลผลิต

ผลของการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมต่อองค์ประกอบผลผลิตแสดงใน ตารางที่ 3 โดยพบว่า การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 15 กก.K<sub>2</sub>O/ไร่ มีน้ำหนักฝักทั้งเปลือกเฉลี่ยต่อฝักมากที่สุดคือ 474.58 กรัม/ฝัก ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 7.5 และ 30 กก.K<sub>2</sub>O/ไร่ ที่มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อฝัก 456.55 และ 427.03 กรัม/ฝัก ตามลำดับ แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม ที่มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อฝัก 422.57 กรัม/ฝัก และจำนวนแถวต่อฝัก พบว่า การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตรา 7.5 กก.K<sub>2</sub>O/ไร่ มีจำนวนแถวต่อฝักสูงสุด 15.95 แถว ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 15 และ 30 กก.K<sub>2</sub>O/ไร่ ที่มีจำนวนแถวต่อฝัก 15.90 และ 15.28 แถว ตามลำดับ แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม ที่มีจำนวนแถวต่อฝัก 14.77 แถว ส่วนน้ำหนักฝักปอกเปลือก เส้นผ่าศูนย์กลางฝักทั้งเปลือกและปอกเปลือก ความยาวฝักทั้งเปลือกและปอกเปลือก พบว่า ทุกกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตราต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับกรรมวิธีควบคุมที่ไม่ใส่ปุ๋ยใด ๆ พบว่ามีองค์ประกอบของผลผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ย

#### ผลผลิตและความเข้มข้นของธาตุอาหารในเมล็ด

ผลของการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตราที่แตกต่างกันต่อผลผลิตและความเข้มข้นของธาตุอาหารในเมล็ดแสดงไว้ใน ตารางที่ 4 ซึ่งพบว่า การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่แตกต่างกันทั้ง 4 กรรมวิธี ไม่ได้ทำให้ผลผลิตของข้าวโพดหวานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีผลผลิตอยู่ในช่วง 3.63-3.82 ตัน/ไร่ แต่มีผลผลิตสูงกว่ากรรมวิธีควบคุมที่ไม่ใส่ปุ๋ยใด ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ได้ผลผลิตเพียง 1.94 ตัน/ไร่ สำหรับความเข้มข้นของธาตุอาหารในเมล็ดพบว่า การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 15 กก.K<sub>2</sub>O/ไร่ มีความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโตรเจนในเมล็ดสูงสุด 2.72% แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 0, 7.5, 30 กก.K<sub>2</sub>O/ไร่ และกรรมวิธีควบคุม ที่มีความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโตรเจนในเมล็ดอยู่ในช่วง 2.33-2.45% ส่วนความเข้มข้นของธาตุอาหารฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในเมล็ดพบว่าทุกกรรมวิธีทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าความเข้มข้นของธาตุอาหารฟอสฟอรัสในเมล็ดอยู่ในช่วง 0.47-0.49% และความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในเมล็ดอยู่ในช่วง 1.61-1.70%

Table 3. Effect of potassium fertilizer on yield component of sweet corn

| Potassium<br>fertilizer<br>rates<br>(kg K <sub>2</sub> O/rai) | Ear weight      |                 | Ear diameter     |                  | Ear length       |              | Number of<br>row /ear |
|---------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|--------------|-----------------------|
|                                                               | With            | Without         | With             | Without          | With             | Without husk |                       |
|                                                               | husk<br>(g/ear) | husk<br>(g/ear) | husk<br>(cm/ear) | husk<br>(cm/ear) | husk<br>(cm/ear) | (cm/ear)     |                       |
| 0                                                             | 422.57b         | 289.65a         | 6.37a            | 5.24a            | 30.36a           | 19.73a       | 14.77bc               |
| 7.5                                                           | 456.55ab        | 322.65a         | 6.54a            | 5.43a            | 30.37a           | 19.92a       | 15.95a                |
| 15                                                            | 474.58a         | 324.40a         | 6.65a            | 5.47a            | 30.49a           | 19.96a       | 15.90a                |
| 30                                                            | 427.03ab        | 298.63a         | 6.42a            | 5.29a            | 30.19a           | 19.38a       | 15.28ab               |
| control (-N -P -K)                                            | 210.60c         | 146.93b         | 4.79b            | 4.09b            | 25.19b           | 16.79b       | 13.91c                |
| Mean                                                          | 398.27          | 276.45          | 6.15             | 5.10             | 29.32            | 19.16        | 15.16                 |
| F-test                                                        | *               | *               | *                | *                | *                | *            | *                     |
| CV (%)                                                        | 7.97            | 9.21            | 4.49             | 4.86             | 3.71             | 2.72         | 4.13                  |

Means in each column followed by different letter indicate significant difference using least significant difference (LSD) at 5% probability level (\*)

Table 4. Effect of potassium fertilizer on yield and concentration of nitrogen, phosphorus and potassium in sweet corn kernel

| Potassium<br>Fertilizer rates<br>(kg K <sub>2</sub> O/rai) | Yield<br>(ton/rai) | Concentration (%) |      |      |
|------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------|------|------|
|                                                            |                    | N                 | P    | K    |
|                                                            |                    |                   |      |      |
| 0                                                          | 3.63a              | 2.35c             | 0.47 | 1.62 |
| 7.5                                                        | 3.73a              | 2.45b             | 0.48 | 1.63 |
| 15                                                         | 3.82a              | 2.72a             | 0.49 | 1.67 |
| 30                                                         | 3.72a              | 2.42b             | 0.48 | 1.70 |
| Control (-N -P -K)                                         | 1.94b              | 2.33c             | 0.49 | 1.61 |
| Mean                                                       | 3.37               | 2.45              | 0.48 | 1.65 |
| F-test                                                     | *                  | *                 | ns   | ns   |
| CV (%)                                                     | 4.82               | 1.20              | 2.71 | 5.34 |

Means in each column followed by different letter indicate significant difference using least significant difference (LSD) at 5% probability level (\*), ns = non significant

#### ปริมาณน้ำตาลและปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (TSS)

สำหรับผลของการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมต่อปริมาณน้ำตาลทั้งหมดพบว่า การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 30 กก./ไร่ มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดสูงสุด คือ 43.74% ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกกรรมวิธีทดลอง ส่วนปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์พบว่าทุกกรรมวิธีที่มี

การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.11-6.25% สำหรับกรรมวิธีควบคุมมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพียง 5.24% และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับทุกกรรมวิธีซึ่งมี TSS เฉลี่ยอยู่ในช่วง 13.69-14.24 องศาบริกซ์ (ตารางที่ 5)

Table 5. Effect of potassium fertilizer on sugar content and total soluble solids (TSS) in sweet corn kernel

| Potassium<br>fertilizer rates (kg K <sub>2</sub> O/rai) | Total sugar (%) | Reducing sugar (%) | TSS (°Brix) |
|---------------------------------------------------------|-----------------|--------------------|-------------|
| 0                                                       | 41.51b          | 6.16a              | 13.83       |
| 7.5                                                     | 41.52b          | 6.25a              | 13.89       |
| 15                                                      | 41.38b          | 6.11a              | 13.99       |
| 30                                                      | 43.74a          | 6.19a              | 14.24       |
| Control (-N -P -K)                                      | 40.02b          | 5.24b              | 13.69       |
| Mean                                                    | 41.63           | 5.99               | 13.93       |
| F-test                                                  | *               | *                  | ns          |
| CV (%)                                                  | 3.18            | 2.44               | 3.76        |

Means in each column followed by different letter indicate significant difference using least significant difference (LSD) at 5% probability level (\*), ns = non significant

## วิจารณ์

**การเจริญเติบโตด้านความสูงและการสะสมน้ำหนักราก** จากการศึกษาการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตราแตกต่างกันทั้ง 4 กรรมวิธี ได้แก่การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 0, 7.5, 15 และ 30 กก.K<sub>2</sub>O/ไร่ พบว่าอัตราการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่แตกต่างกันมีผลต่อการเจริญเติบโตในด้านความสูงของข้าวโพดที่ระยะ 30 และ 50 วันหลังปลูก ซึ่งความต้องการโพแทสเซียมของข้าวโพดจะเริ่มตั้งแต่ระยะเริ่มงอก โดยจะมีความต้องการสูงสุดในช่วงสัปดาห์ที่ 6-8 หลังจากงอก หลังจากนั้นจะลดลง (ราชนทร์, 2539) ส่วนที่ระยะ 75 วันหลังปลูกพบว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม อัตรา 0-30 กก.K<sub>2</sub>O/ไร่ ไม่ทำให้การเจริญเติบโตด้านความสูงของต้นข้าวโพดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับกรรมวิธีควบคุมไม่ใส่ปุ๋ยใด ๆ พบว่ามีความสูงน้อยกว่ากรรมวิธีการใส่ปุ๋ยและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ด้านการสะสมน้ำหนักรากหลังการเก็บเกี่ยว พบว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตรา 7.5-30 กก.K<sub>2</sub>O/ไร่ มีผลทำให้การสะสมน้ำหนักรากในส่วนของลำต้น และเมล็ด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม ส่วนน้ำหนักรากของชังและเปลือกข้าวโพดพบว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตรา 15 กก.K<sub>2</sub>O/ไร่ มีน้ำหนักรากสูงที่สุด 0.25 และ 0.42 ตัน/ไร่ ตามลำดับ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ไม่

ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม ซึ่งการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนจะทำให้ข้าวโพดมีการเจริญเติบโตที่แข็งแรง และมีการสะสมน้ำหนักรากในส่วนลำต้นสูงขึ้น (Stromberger *et al.*, 1994) และสอดคล้องกับการศึกษาของสุรเชษฐ (2550) ที่พบว่าการใส่โพแทสเซียมในรูปแกลบกากสา และโพแทสเซียมคลอไรด์ให้แก่ข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินปากช่องซึ่งมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด เมื่อมีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในดินดังกล่าวมีผลในการเพิ่มการเจริญเติบโตด้านความสูง ผลผลิตน้ำหนักรากฝัก น้ำหนักรากต่อชังของข้าวโพดอย่างเด่นชัด

**องค์ประกอบผลผลิต ปริมาณผลผลิตและปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหารในเมล็ด** พบว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตราส่วน 15 กก.K<sub>2</sub>O/ไร่ ทำให้น้ำหนักฝักสดทั้งเปลือกและจำนวนแถวต่อฝักของข้าวโพดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตรา 7.5 และ 30 กก.K<sub>2</sub>O/ไร่ สำหรับน้ำหนักฝักสดเปลือกเปลือก เส้นผ่าศูนย์กลางฝักทั้งเปลือกและเปลือกเปลือก ความยาวฝักทั้งเปลือกและเปลือกเปลือก พบว่ากรรมวิธีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตราต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม และพบแนวโน้มว่ามีค่าเฉลี่ยมากขึ้นตามอัตราการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่

เพิ่มขึ้นแต่เมื่อมีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตรา 30 กก.  $K_2O$ /ไร่ กลับมีค่าเฉลี่ยลดลง ซึ่งลักษณะมาตรฐานของผัก ข้าวโพดหวานที่โรงงานต้องการ โดยกรมวิชาการเกษตร (2545) ขนาดผักสดปอกเปลือก ควรมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 4-5 ซม. ความยาว 12-18 ซม. น้ำหนัก 200-250 กรัม/ผัก เมล็ดเรียงตัวเป็นระเบียบ 14 ถึง 16 แถว ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้พบว่าขนาดผักสดปอกเปลือกที่ได้นั้นมีค่าอยู่ในช่วงค่าเฉลี่ยนี้ด้วย ในด้านของปริมาณผลผลิตของข้าวโพดหวานและความเข้มข้นของธาตุอาหารในส่วนของเมล็ด พบว่าปริมาณผลผลิตไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าผลผลิตเพิ่มขึ้น ตามปริมาณอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมที่สูงขึ้นแต่กลับลดลงเล็กน้อย เมื่อมีการใส่โพแทสเซียมที่อัตรา 30 กก. $K_2O$ /ไร่ เฉลิมพล (2542) ได้อธิบายว่าในสภาพดินที่ขาดความอุดมสมบูรณ์การใส่ปุ๋ยจะทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตเพิ่มขึ้นตามอัตราการปุ๋ยที่เพิ่มขึ้นจนถึงระดับหนึ่ง เมื่อให้ปุ๋ยมากกว่านี้ก็ไม่ส่งผลทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอีก สำหรับค่าเฉลี่ยของผลผลิตข้าวโพดหวานโดยทั่วไปของจังหวัดลำปาง โดยสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ประเมินผลผลิตข้าวโพดหวานต่อเนื้อที่เก็บเกี่ยวปี พ.ศ. 2558 เท่ากับ 2.05 ตัน/ไร่ ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้พบว่าผลผลิตข้าวโพดหวานที่ได้นั้นมีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยนี้ด้วย ส่วนปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหารในส่วนของเมล็ด พบว่าปริมาณ ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกกรรมวิธี แต่กลับพบว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตรา 15 กก. $K_2O$ /ไร่ มีปริมาณความเข้มข้นของ ไนโตรเจนมากที่สุด 2.72% แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตรา 0, 7.5 และ 30 กก. $K_2O$ /ไร่ เช่นเดียวกับรายงานของ น้ำทิพย์ (2543) ที่พบว่าข้าวที่ได้รับโพแทสเซียมทั้งจากน้ำทิ้งและโพแทสเซียมคลอไรด์มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในข้าวมากกว่าข้าวที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเลย และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในข้าวจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออัตราการใส่โพแทสเซียมเพิ่มขึ้น ผลการศึกษาดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าธาตุอาหารโพแทสเซียมมีอิทธิพลต่อการดูดกินธาตุอาหารไนโตรเจนของข้าวโพดเมื่อข้าวโพดได้รับโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้การดูดกินธาตุอาหารไนโตรเจนของข้าวโพดเพิ่มขึ้น และคิวพร

(2545) ศึกษาประสิทธิภาพของการใช้น้ำต้มเยื่อกระดาษและน้ำกากส่าเป็นแหล่งโพแทสเซียมสำหรับข้าวโพด ผักก่อนที่ปลูกในชุดดินอุบล พบว่าข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมจะมีการดูใช้โพแทสเซียมได้มากกว่าข้าวโพดที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม และการดูใช้โพแทสเซียมจะเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม การเพิ่มปุ๋ยโพแทสเซียมเพื่อให้พืชดูดทางรากจะช่วยเพิ่มความเข้มข้นของธาตุนี้ในส่วนต่าง ๆ ทั้งนี้ ยกเว้นเมล็ดซึ่งมักคงความเข้มข้นไว้เพียงประมาณ 0.3% (โดยน้ำหนักแห้ง) เท่านั้น หากเพิ่มปุ๋ยในอัตราที่สูงเกินไปเนื้อเยื่อพืชอาจจะสะสมไว้มากแต่การเจริญเติบโตไม่เพิ่มขึ้น เรียกสภาพเช่นนี้ว่า “การบริโภคอย่างฟุ่มเฟือย (luxury consumption)” นอกจากจะไม่เกิดประโยชน์ใด ๆ แล้วยังเป็นโทษเนื่องจากมีผลในทางลบต่อการดูใช้และบทบาทเชิงสรีระของแคลเซียมและแมกนีเซียมด้วย (ยงยุทธ, 2543) ความต้องการโพแทสเซียมของพืชชนิดต่าง ๆ นั้นมีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าสถานะของโพแทสเซียมในดิน การที่พืชจะตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทสเซียมหรือไม่นั้น นอกจากจะขึ้นอยู่กับชนิดของพืชแล้ว บางครั้งยังขึ้นอยู่กับพันธุ์พืชอีกด้วย เป็นที่น่าสังเกตว่าเมื่ออัตราการเจริญเติบโตของพืชสูงขึ้น ความต้องการโพแทสเซียมก็จะสูงตามไปด้วย ดังนั้นในสภาพแวดล้อมที่คล้ายกันพืชที่มีอัตราการเจริญเติบโตที่สูงกว่าจะตอบสนองต่อโพแทสเซียมมากกว่าพืชที่มีอัตราการเจริญเติบโตที่ต่ำกว่า ปรากฏการณ์เช่นนี้อาจเป็นเหตุที่ข้าวโพดตอบสนองต่อโพแทสเซียมได้ดีกว่าธัญพืชอื่น ๆ (พิชิต และปรีดา, 2532) การดูใช้โพแทสเซียมของพืชจะมีกระบวนการ luxury consumption ซึ่งขึ้นกับปัจจัยหลายอย่างดังได้กล่าวข้างต้น การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่สูงขึ้นจึงไม่เพิ่มปริมาณผลผลิตแต่ไปกระตุ้นคุณภาพทำให้คุณภาพของพืชดีขึ้น ถ้าขาดโพแทสเซียมจะทำให้คุณภาพของพืชด้อยลงไป เช่น พืชที่ให้หัวที่รากจะมีแป้งน้อยแต่น้ำมาก ธัญพืชมักจะทำให้เมล็ดลีบและน้ำหนักเบา ผิดปกติ ผลไม้จะมีสีไม่สวย และเนื้อฟาม ข้าวโพดจะให้ผักที่เมล็ดไม่เต็มจนถึงปลายฝัก ฝักจะเล็กและรูปร่าง ผิดปกติ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541; Halvin et al., 2005)

สำหรับผลของการจัดการปุ๋ยโพแทสเซียมต่อปริมาณน้ำตาลทั้งหมดพบว่า การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 30 กก. $K_2O$ /ไร่ มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดสูงสุด คือ 43.74% ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกกรรมวิธี แต่พบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับทุกกรรมวิธี ที่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 6.11-6.25% แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย กฤษฎา (2531) พบว่าในข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Cross Bantan ที่อายุเมล็ด 16 วัน มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 8.1% และมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด 23.6% ปริมาณน้ำตาลที่วิเคราะห์ได้อาจแตกต่างกันไปตามชนิดพันธุ์ ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับสภาพทางชีวเคมี ข้าวโพดหวานที่มียืน su แต่ละพันธุ์ จะมีปริมาณน้ำตาลแป้ง ที่แตกต่างกันซึ่งการใช้น้ำความหวานแตกต่างกัน ถ้ายทอดไปอยู่ในพันธุ์ต่าง ๆ ทำให้ความหวานและคุณภาพอื่น ๆ แตกต่างกันไป ส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับทุกกรรมวิธี ซึ่งมาตรฐานสินค้าเกษตรข้าวโพดหวาน โดยสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2555) กำหนดค่า TSS ของข้าวโพดหวานไม่น้อยกว่า 9 องศาบริกซ์ จากผลการศึกษาพบว่ามีความระดับ TSS อยู่ในช่วง 13.69-14.24 องศาบริกซ์ ซึ่งสูงกว่าค่ามาตรฐาน ความหวานของข้าวโพดหวานจะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำตาลภายในเมล็ด ซึ่งประกอบไปด้วยน้ำตาลซูโครส กลูโคส ฟรุคโตสและมอลโทส โดยปริมาณน้ำตาลภายในเมล็ดส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลซูโครส โดยข้าวโพดหวานและข้าวโพดหวานพิเศษมีน้ำตาลซูโครสเป็น 83.4% และ 94.1% ของน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดตามลำดับ (Zhu *et al.*, 1992) และน้ำตาลในข้าวโพดหวานเป็นหนึ่งในปัจจัยหลักของคุณภาพข้าวโพดหวานที่ดี ภายในเมล็ดข้าวโพดจะมีความหวานมากน้อยเพียงใดขึ้นกับปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ด ข้าวโพดหวานที่ยังอ่อน (young sweet) จะมีปริมาณความชื้นและมีปริมาณน้ำตาลสูงเนื่องจากน้ำตาลภายในเมล็ดยังไม่ถูกเปลี่ยนไปเป็นแป้งในระหว่างที่เมล็ดข้าวโพดหวานมีการเจริญเติบโตจะพบว่าปริมาณน้ำตาลจะลดลงโดยปริมาณน้ำตาลทั้งหมดภายในเมล็ดจะมีมาก

ที่สุดเมื่อเมล็ดมีอายุที่ 15-20 วัน หลังการผสมเกสร หลังจากนั้น ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดจะลดลงอย่างรวดเร็ว และเมื่อเมล็ดเจริญเต็มที่แล้วการลดลงของปริมาณน้ำตาลทั้งหมดจะเป็นไปอย่างช้า ๆ ปริมาณน้ำตาลในอนรีดิวซ์จะมีการเปลี่ยนแปลงไปในทำนองเดียวกับปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ส่วนปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จะลดลงอย่างรวดเร็ว (Andrew *et al.*, 1944)

ถึงแม้ว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราต่าง ๆ ไม่มีผลทำให้ผลผลิตข้าวโพดหวานแตกต่างกัน แต่ข้อดีของการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคือ โพแทสเซียมเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรต การเคลื่อนย้ายและการสะสมน้ำตาล การหายใจ การสังเคราะห์โปรตีนและกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ (ยงยุทธ, 2543) โดยไปเพิ่มประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสง เพิ่มจำนวนเซลล์ ผลสุดท้ายที่ปรากฏคือมีการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้น โพแทสเซียมทำให้ลำต้นแข็งแรง ไม่ล้มง่ายและลดการลุกลามของโรค (Martens and Amy, 1967) ซึ่งสอดคล้องกับ Usherwood (1980) รายงานว่าถ้าปริมาณไนโตรเจนและปริมาณโพแทสเซียมในดินสมดุลกันทำให้ลดปัญหาเกี่ยวกับการล้มของต้น โดยทั่วไปเมื่อมีก๊าซ  $CO_2$  แสงและน้ำอย่างเพียงพอ พืชจะเกิดกระบวนการสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างแป้งและน้ำตาลได้ ถ้ามีโพแทสเซียมอย่างเพียงพอร่วมในกระบวนการด้วยแล้ว จะช่วยให้ประสิทธิภาพในการสร้างแป้งและน้ำตาลเพิ่มขึ้น (มณฑิณี, 2532) และโดยทั่วไปแล้วในดินที่มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ช่วง 100-120 มก./กก. ถือว่าอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อความต้องการของพืชโดยทั่วไปและไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิต (ชูชาติ, 2558) แต่สำหรับผลวิเคราะห์ดินในแปลงทดลองมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในดิน 56.27 มก./กก. คิดเป็นโพแทสเซียม 21.07 กก. $K_2O$ /ไร่ ซึ่งตามแนวทางการจำแนกระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยกรมวิชาการเกษตร (2548) ถือว่าต่ำ (< 60 มก./กก.) จึงแนะนำอัตราการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตรา 10 กก.  $K_2O$ /ไร่ และปริมาณความต้องการธาตุโพแทสเซียมในข้าวโพด สำหรับการปลูกข้าวโพดที่ให้ผลผลิต 1 ตัน/ไร่ คิดเป็น 23 กก.  $K_2O$ /ไร่ (ชูชาติ, 2553) ดังนั้นในดินจึงมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในระดับที่ไม่เพียงพอต่อ

ความต้องการของข้าวโพดหวาน จากผลการทดลองจึงชี้ให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตราตั้งแต่ 7.5 กก. $K_2O$ /ไร่ เพียงพอต่อความต้องการของข้าวโพดหวาน

### สรุป

จากการศึกษาผลของอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมต่อคุณภาพและผลผลิตของข้าวโพดหวานที่ปลูก ในพื้นที่อำเภอวาร จังหวัดลำปาง ซึ่งจากการวิเคราะห์ดินพบว่าปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนในดินอยู่ในระดับที่ต่ำ 56.27 มก./กก. (< 60 มก./กก.) คิดเป็นปริมาณโพแทสเซียม 21.07 กก. $K_2O$ /ไร่ แต่ปริมาณความต้องการธาตุโพแทสเซียมในข้าวโพด คิดเป็น 23 กก. $K_2O$ /ไร่ ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการของข้าวโพดหวาน การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตราแตกต่างกันคือ 0, 7.5, 15 และ 30 กก. $K_2O$ /ไร่ พบว่าอัตราการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมตั้งแต่ 7.5 กก. $K_2O$ /ไร่ เป็นอัตราที่เพียงพอต่อความต้องการของข้าวโพดหวานตลอดจนส่งผลต่อคุณภาพและผลผลิตสำหรับการผลิตข้าวโพดหวาน 1 ฤดูกาล โดยจะให้ผลผลิตอย่างน้อย 3.73 ตัน/ไร่ และนอกจากนี้ องค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ น้ำหนักฝัก เส้นผ่าศูนย์กลางฝัก ความยาวฝัก จำนวนแถวต่อฝัก และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ของข้าวโพดหวานก็อยู่ในระดับมาตรฐานของกรมวิชาการเกษตรและสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมควรพิจารณาความอุดมสมบูรณ์ของดิน และความต้องการธาตุอาหารของพืชประกอบด้วย ซึ่งช่วยให้พืชที่ขาดธาตุอาหารสามารถมีการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีการให้ปุ๋ยในระดับที่เหมาะสม ขณะที่พืชมีการเจริญเติบโตเป็นปกติ แต่ภายใต้ระดับธาตุอาหารที่เพียงพอถึงแม้ใส่ปุ๋ยเพิ่มขึ้นจะไม่ช่วยให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นหรือเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ซึ่งถือว่าเป็นการบริโภคที่ฟุ่มเฟือย (luxury consumption) และเกิดการตกค้างสะสมในดินตลอดจนส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงใหม่ที่ให้การสนับสนุนทุนการศึกษาในครั้งนี้ ขอขอบคุณ ห้องปฏิบัติการกลาง ห้องปฏิบัติการเคมีดิน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ในการวิเคราะห์ดินและพืช

### เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2545. เกษตรดีที่เหมาะสม สำหรับข้าวโพดหวาน. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ. 26 หน้า.
- กรมวิชาการเกษตร. 2548. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 121 หน้า.
- กฤษฎา สัมพันธ์รักษ์. 2531. การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานและฝักอ่อน. ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 90 หน้า.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 547 หน้า.
- เฉลิมพล แซมเพชร. 2542. สรีรวิทยาการผลิตพืชไร่. นพบุรุษการพิมพ์, เชียงใหม่. 276 หน้า.
- ชูชาติ สันทรัพย์. 2553. การจัดการปุ๋ยที่เหมาะสมสำหรับการผลิตพันธุ์ข้าวโพดอาหารเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ภาคเหนือ. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 58 หน้า.
- ชูชาติ สันทรัพย์. 2558. คู่มือ การจัดการดินและปุ๋ยสำหรับการผลิตพืช. อาร์ เอส ก๊อบปี้, เชียงใหม่. 24 หน้า.
- ชูชาติ สันทรัพย์ และ กนกวรรณ นพพันธ์. 2560. ผลของการใช้ปุ๋ยละลายช้าต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ของข้าวโพดอาหารสัตว์



- ในพื้นที่จังหวัดตาก. วารสารเกษตร 33(2): 225-234.
- น้ำทิพย์ พงระย้า. 2543. การใช้น้ำทั้งจากการผลิตเยื่อกระดาษเป็นปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับข้าว. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 104 หน้า.
- พิชิต พงษ์สกุล และ ปรีดา พากเพียร. 2532. สถานะของโพแทสเซียมในดินต่อคุณภาพและผลผลิตของพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย. หน้า 35-42. ใน: รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการ ครั้งที่ 8. ความสำคัญของโพแทสเซียมต่อการเพิ่มคุณภาพและผลผลิตการเกษตรของประเทศไทย. สมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย บริษัทไทยเซ็นทรัลเคมี จำกัด บริษัท ไอ เอ็ม ซี เฟอร์ติไลเซอร์ จำกัด สมาคมผู้ส่งออกโพแทสเซียมแมกนีเซียม ซัลเฟต, กรุงเทพฯ.
- มัณฑิณี เศรษฐภักดี. 2532. ผลของปุ๋ยโพแทสเซียมทางใบที่ให้น้ำในเวลาที่เหมาะสมในการกระตุ้นข้าวโพดแนวทางใหม่ในการเพิ่มผลผลิตและปรับปรุงคุณภาพของข้าวโพด. หน้า 15-31 ใน: รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 27, 30 มกราคม - 1 กุมภาพันธ์ 2532.
- ยงยุทธ โสสถภา. 2543. ธาตุอาหารพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 424 หน้า.
- ราเชนทร์ ธีรพร. 2539. ข้าวโพด. ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 274 หน้า.
- วรวิธน์ อัสตรนินิ และ ศศิธร ชุ่มประเสริฐ. 2557. สถานการณ์การผลิตและการแข่งขันทางการค้าข้าวโพดหวานระหว่างประเทศ. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : <http://www.ap.mju.ac.th/webpage/seminar/download.php> (26 มกราคม 2560).
- ศิวพร ศิลเดโช. 2545. ประสิทธิภาพของน้ำต้มเยื่อกระดาษและน้ำกากส่าที่ใช้เป็นปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับข้าวโพดฝักอ่อนที่ปลูกในชุดดินอุบล. หน้า 86-96 ใน: รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ ทนอดหนุนวิจัยปี 2540-2543 โครงการวิจัยรหัสโครงการพิเศษ 2 B1.1.40: การใช้วัสดุเหลือใช้จากการผลิตเยื่อกระดาษเป็นปุ๋ยและปรับปรุงดิน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- ศรีสม สุวรรณวงศ์. 2544. การวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 141 หน้า.
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2555. มาตรฐานสินค้าเกษตรข้าวโพดหวาน. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, กรุงเทพฯ. 12 หน้า.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2559. ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <http://www.oae.go.th/production.html> (3 มกราคม 2560).
- สุรเชษฐ์ อร่ามรักษ์. 2550. การประเมินฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินบางชุดดินของประเทศไทย โดยวิธีเมลลิช 3 และแอมโมเนียมโบรอนด์-ดีทีพีเอ. วารสารดินและปุ๋ย 29(1): 18-28.
- Andrew, R.H., R.A. Brink and N.P. Neal. 1944. Some effects of the waxy and sugary genes on endosperm development in maize. Journal of Agricultural Research 69(9): 355-371.
- Chen, Y.Q., C.L. Zhang, Q.L. Zhang and H.J. Chen. 1993. Effect of applying N, P, K on yield and quality of sweet corn. Journal of South China Agricultural University 14(1): 33-38.
- Devlin, R.M. and F.H. Witham. 1986. Plant Physiology. CBS Publishers, New Delhi. 558 p.
- Ebrahimi, S.T., M. Yarnia, M.B.K. Benam and E.F.M. Tabrizi. 2011. Effect of potassium fertilizer on corn yield (Jeta cv.) under drought stress condition. American-Eurasian Journal

- of Agricultural & Environmental Sciences 10(2): 257-263.
- Havlin, J.L., S.L. Tisdale, J.D. Beaton and W.L. Nelson. 2005. Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management. 7<sup>th</sup> ed. Pearson/Prentice-Hall, Upper Saddle River, New Jersey. 528 p.
- James, C.S. 1995. Analytical Chemistry of Foods. The Alden Press, Oxford. 178 p.
- Kalra, Y.P. 1998. Handbook of Reference Methods for Plant Analysis. CRC Press, London. 300 p.
- Martens, J.W. and D.C. Arny. 1967. Effects of potassium and chloride ion on root necrosis stalk rot and pith condition in corn (*Zea mays* L.). Agronomy Journal 59: 499-502
- Novozamsky, I., R. Van Eck, J.C. Van Schouwenburg and I. Walinga. 1974. Total nitrogen determination in plant material by means of the indophenol blue method. Netherland Journal of Agricultural Science 22: 3-5.
- Simic, B., J. Cosic, V. Duvnjak, L. Andric and I. Liovic. 2011. Influence of fertilization on sweet corn characteristics. Sjemearstvo 27(3/4): 133-137.
- Stromberger, J.A., C.Y. Tsai and D.M. Huber. 1994. Interaction of potassium with nitrogen and their influence on growth and yield potential in maize. Journal of Plant Nutrition 17(1): 19-37.
- Usherwood N.R. 1980. The effects of potassium on plant diseases. pp. 151-164. *In*: Potassium for Agriculture: A Situation Analysis. Potash and Phosphate Institute (ed.). Atlanta, Georgia.
- Zhu, S., J.R. Mount and J.L. Collins. 1992. Sugar and soluble solids changes in refrigerated sweet corn (*Zea mays* L.). Journal of Food Science 57(2): 454-457.
-

# การตรึงและการปลดปล่อยแอมโมเนียมในดินที่มีแร่ดินเหนียวประเภท 2:1 เป็นองค์ประกอบ

## Fixation and Release of Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) in Soils Containing 2:1 Clay Minerals

ทิมทอง ดรุณสนธยา<sup>\*</sup>, อาภัสนันท์ สุดเจริญ และ วิทยา จินดาลuang  
Timtong Darunsontaya<sup>\*</sup>, Apatsanun Sudcharoen and Wittaya Jindaluang

ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900  
Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand  
<sup>\*</sup>Corresponding author: Email: fagrttd@ku.ac.th

(Received: 1 August 2017; Accepted: 13 December 2017)

**Abstract:** Fixation and release of ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) are the important processes influencing nitrogen availability in soils, particularly in soils containing 2:1 clay minerals, because of such clay minerals can fix ammonium in their interlayer sites. The objective of this study was to investigate soil factors affecting fixation and release of  $\text{NH}_4^+$  in soils containing 2:1 clay minerals. The representative soils in this study were Takhli soil series (Tk), Ban Mi soil series (Bm) and Chong Khae soil series (Ck). Soil samples from plough layer (Ap horizon) were collected to determine exchangeable  $\text{NH}_4^+$  and non-exchangeable  $\text{NH}_4^+$  contents. Fixation and release of ammonium were studied by addition of 1,000 mg  $\text{NH}_4^+$ /kg soil and incubated soil samples at field capacity for a week. The results showed that exchangeable  $\text{NH}_4^+$  contents in these soils were very low (0.01-3.95 mg/kg) and non-exchangeable  $\text{NH}_4^+$  contents ranged from 71.4 to 119.3 mg/kg. Fixation of  $\text{NH}_4^+$  contents varied from 11 to 90 mg  $\text{NH}_4^+$ /kg soil and release of  $\text{NH}_4^+$  contents varied from 211 to 703 mg  $\text{NH}_4^+$ /kg soil. Ammonium release showed good fit with parabolic diffusion ( $R^2 = 0.85-0.97$ ) and Elovich equation ( $R^2 = 0.93-0.99$ ). These results indicated that release of  $\text{NH}_4^+$  in these soils was diffusion controlled-process and may occur on heterogeneous surfaces i.e. exchange site and interlayer site of 2:1 clay minerals, including adsorption sites of organic matter. Soil factors affecting adsorption, fixation and release of  $\text{NH}_4^+$  in these soils were extractable Ca, extractable Mg and organic matter content. Ammonium adsorption tended to decrease with increasing extractable Ca content. Whereas ammonium fixation tended to decrease with increasing extractable Mg and organic matter contents and vice-versa for ammonium released.

**Keywords:** Exchangeable  $\text{NH}_4^+$ , non-exchangeable  $\text{NH}_4^+$ , released kinetic, smectite

**บทคัดย่อ:** การตรึงและการปลดปล่อยแอมโมเนียมเป็นกระบวนการสำคัญที่ส่งผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุไนโตรเจนในดิน โดยเฉพาะดินที่มีแร่ดินเหนียวประเภท 2:1 เป็นองค์ประกอบ เนื่องจากแร่ดินเหนียวดังกล่าวสามารถตรึงแอมโมเนียมไว้ในภายในของโครงสร้างได้ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยทางดินที่ส่งผลต่อการตรึงและการปลดปล่อยแอมโมเนียมในดินที่มีแร่ดินเหนียวประเภท 2:1 เป็นองค์ประกอบ ชุดดินตัวแทนสำหรับการศึกษา ได้แก่ ชุดดินตาสี ชุดดินบ้านหมี่ และชุดดินช่องแค เก็บตัวอย่างดินจากชั้นไทรพอร์มาวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียมรูปที่แลกเปลี่ยนได้และรูปที่แลกเปลี่ยนไม่ได้ ศึกษาการตรึงและการปลดปล่อยแอมโมเนียมในดินโดยการเติม  $1,000 \text{ มิลลิกรัม } \text{NH}_4^+/\text{กิโลกรัมดิน}$  และบ่มตัวอย่างดินที่ระดับความจุความชื้นสนามเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่า ชุดดินที่ใช้ศึกษาทั้งหมดมีปริมาณแอมโมเนียมรูปที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับต่ำมาก ( $0.01\text{-}3.95 \text{ มิลลิกรัม/กิโลกรัม}$ ) และดินมีปริมาณแอมโมเนียมรูปที่แลกเปลี่ยนไม่ได้อยู่ในพิสัย  $71.4\text{-}119.3 \text{ มิลลิกรัม/กิโลกรัม}$  ปริมาณการตรึงแอมโมเนียมในดินผันแปรตั้งแต่  $11\text{-}90 \text{ มิลลิกรัม/กิโลกรัม}$  และการปลดปล่อยแอมโมเนียมผันแปรตั้งแต่  $211\text{-}7033 \text{ มิลลิกรัม/กิโลกรัม}$  การปลดปล่อยแอมโมเนียมสามารถอธิบายได้ดีด้วยสมการ parabolic ( $R^2 = 0.85\text{-}0.97$ ) และ Elovich ( $R^2 = 0.93\text{-}0.99$ ) แสดงให้เห็นว่าลักษณะการปลดปล่อยแอมโมเนียมในดินที่ทำการศึกษาเกิดจากกระบวนการแพร่ และอาจเกิดการปลดปล่อยจากผิวหน้าที่ไม่สม่ำเสมอจากพื้นผิวภายนอกและพื้นที่ผิวภายในของแร่ดินเหนียวประเภท 2:1 ตลอดจนพื้นที่ผิวดูดซับของอินทรีย์วัตถุ ปัจจัยทางดินที่ส่งผลต่อลักษณะการดูดซับ การตรึงและการปลดปล่อยแอมโมเนียมในดิน ได้แก่ ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่สกัดได้ และปริมาณของอินทรีย์วัตถุในดิน โดยปริมาณการดูดซับแอมโมเนียมมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณที่เพิ่มขึ้นของแคลเซียมที่สกัดได้ และการตรึงแอมโมเนียมมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณที่เพิ่มขึ้นของแมกนีเซียมที่สกัดได้และปริมาณอินทรีย์วัตถุ ส่วนปริมาณการปลดปล่อยแอมโมเนียมจะแปรผกผันกับปริมาณการตรึงแอมโมเนียม

**คำสำคัญ:** แอมโมเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ แอมโมเนียมที่แลกเปลี่ยนไม่ได้ จลนศาสตร์การปลดปล่อย แร่สเมกไทต์

## คำนำ

ไนโตรเจนเป็นธาตุที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช และส่งผลต่อการให้ผลผลิต ตลอดจนองค์ประกอบทางเคมีของพืช (อุไรวรรณ และจิรัชศักดิ์, 2559) โดยแอมโมเนียม (ammonium;  $\text{NH}_4^+$ ) เป็นไนโตรเจนรูปหนึ่งซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักและมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตของพืช การทำการเกษตรโดยทั่วไปมักมีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม เช่น ปุ๋ยยูเรีย ซึ่งเมื่อดินมีความชื้นเพียงพอธาตุไนโตรเจนในปุ๋ยดังกล่าวจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูป  $\text{NH}_4^+$  โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาพของดินนาข้าวจะมีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปของ  $\text{NH}_4^+$  มากกว่าไนโตรเจนในรูปของไนเตรต ( $\text{NO}_3^-$ ) เนื่องจากดินในสภาพดังกล่าวจะเกิดกระบวนการ denitrification ของ  $\text{NO}_3^-$  และเกิดการสูญเสียธาตุปุ๋ยไนโตรเจนไปในรูปของก๊าซ ( $\text{N}_2$ ) (ทัศนีย์, 2550) โดยทั่วไป  $\text{NH}_4^+$  จะถูกดูดซับไว้ที่ผิวของคอลลอยด์ดิน และอยู่ในรูปแอมโมเนียมที่แลกเปลี่ยนได้

(exchangeable  $\text{NH}_4^+$ ) เช่นเดียวกับแคตไอออน (cations) อื่น ๆ ซึ่งเป็นรูปที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ทันที อย่างไรก็ตาม  $\text{NH}_4^+$  บางส่วนในดินจะถูกตรึงเข้าไปอยู่ภายในหลิบ (interlayer) ของโครงสร้างแร่ดินเหนียว และเปลี่ยนรูปไปอยู่ในรูปแอมโมเนียมที่แลกเปลี่ยนไม่ได้ (non-exchangeable  $\text{NH}_4^+$ ) (Nieder *et al.*, 2011) โดยมีการศึกษาพบว่า กลไกการถูกตรึงของ  $\text{NH}_4^+$  โดยแร่ดินเหนียวนั้นจะมีกระบวนการที่เกี่ยวข้องคล้ายกันกับกระบวนการตรึงโพแทสเซียม ( $\text{K}^+$ ) เนื่องจาก  $\text{NH}_4^+$  มีขนาดของโมเลกุลที่ถูกล้อมรอบด้วยน้ำ (hydrated size) ใกล้เคียงกับ  $\text{K}^+$  จึงทำให้  $\text{NH}_4^+$  สามารถถูกตรึงในหลิบระหว่างชั้น (interlayer) ของแร่ดินเหนียวประเภท 2:1 (เช่น แร่เวอร์มิคิวไลต์ สเมกไทต์ และซิลไลต์) ได้ เช่นเดียวกับ  $\text{K}^+$  (Nommik, 1965) โดยทั่วไปแอมโมเนียมในรูปที่ถูกตรึงหรือแอมโมเนียมที่แลกเปลี่ยนไม่ได้นั้น เป็นรูปที่พืชไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ทันที อย่างไรก็ตาม มีรายงานว่าดินที่มีแร่ดินเหนียวประเภท 2:1 ซึ่งมีความสามารถในการตรึงแอมโมเนียมนั้น อาจช่วยลดการ

สูญเสียแอมโมเนียมไปจากดินโดยกระบวนการชะละลาย (leaching) หรือลดการสูญเสียไนโตรเจนไปในรูปของก๊าซ (volatilization) และช่วยลดการปนเปื้อนของแอมโมเนียมในแหล่งน้ำธรรมชาติซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดน้ำเน่าเสีย (eutrophication) (Buss *et al.*, 2004; Du *et al.* 2005) นอกจากนี้ แอมโมเนียมในรูปที่ถูกตรึงหรือแอมโมเนียมที่แลกเปลี่ยนไม่ได้นั้นอาจถูกปลดปล่อยออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชในภายหลังได้เช่นกัน (Schneiders and Scherer, 1998) ทั้งนี้ ลักษณะการตรึงแอมโมเนียมในดินแต่ละบริเวณนั้นมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสมบัติของดิน เช่น ชนิดของแร่ดินเหนียว (clay mineral types) เนื้อดิน (soil texture) ความเข้มข้นของ  $K^+$  ในสารละลายดิน (K concentration in soil solution) ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity) และ ศักย์รีดอกซ์ของดิน (soil redox potential) เป็นต้น (Nieder *et al.*, 2011) ซึ่งในดินที่มีแร่ดินเหนียวประเภท 2:1 เป็นองค์ประกอบนั้น นอกจากชนิดของแร่ดินเหนียว องค์ประกอบที่ส่งผลต่อการตรึงแอมโมเนียมแล้ว สมบัติทางประจุของแร่ยังมีอิทธิพลต่อการตรึงแอมโมเนียมในดินด้วย (Coulombe *et al.*, 1996) จะเห็นได้ว่ากระบวนการตรึงและการปลดปล่อยแอมโมเนียมของดินนั้นอาจช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุไนโตรเจนให้แก่พืช รวมถึงช่วยลดปัญหาการปนเปื้อนของธาตุปุ๋ยไนโตรเจนต่อสิ่งแวดล้อมได้ ดังนั้น การศึกษาลักษณะการตรึงและการปลดปล่อยแอมโมเนียมของดินที่มีแร่ดินเหนียวประเภท 2:1 เป็นองค์ประกอบ จะทำให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยทางดินที่ส่งผลต่อการตรึงและการปลดปล่อยแอมโมเนียม และเป็นประโยชน์ต่อการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมในดินที่ทำการศึกษาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

## อุปกรณ์และวิธีการ

### การวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์ เคมีและแร่วิทยาของดิน

ดินที่ใช้เป็นตัวแทนในการศึกษาซึ่งมีแร่ดินเหนียวประเภท 2:1 เป็นองค์ประกอบ ได้แก่ 1) ชุดดินตาคลี (Tk) ซึ่งเป็นดินที่ดอนที่ใช้ปลูกข้าวโพด 2) ชุดดินบ้านหมี่ (Bm) และ 3) ชุดดินช่องแค (Ck) เป็นดินที่ลุ่มที่ใช้ในการปลูกข้าว โดยสถานที่เก็บตัวอย่างดินแสดงรายละเอียดในตารางที่ 1 เก็บตัวอย่างชั้นดินบนที่ระดับความลึกชั้นไคพรวน (Ap horizon) ทำการวิเคราะห์สมบัติดินทางฟิสิกส์ และเคมีตามวิธีมาตรฐาน (National Soil Survey Center, 1996) ประกอบด้วย การแจกกระจายขนาดอนุภาคดิน โดยวิธี pipette (Gee and Bauder, 1986) พีเอชดิน (soil pH) อัตราส่วนดินต่อน้ำ เท่ากับ 1:1 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (organic matter) โดยวิธี wet-oxidation (Nelson and Sommers, 1996) ปริมาณไนโตรเจนรวม (Total N) โดยวิธี Kjeldahl method (National Soil Survey Center, 1996) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) โดยวิธี Bray II (Bray and Kurtz, 1945) ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนและปริมาณเบสที่สกัดได้ ด้วย 1M  $NH_4OAc$  pH 7.0 (Thomas, 1982) วิเคราะห์ชนิดของแร่องค์ประกอบในอนุภาคขนาดดินเหนียว และอนุภาคขนาดทรายแป้ง ด้วยวิธีเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (X-ray diffraction) (Whitting, 1965)

### การวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียมในดิน

ทำการวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียมรูปที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable  $NH_4^+$ ) โดยใช้ ดิน 3 กรัม เติม 2M KCl 30 มิลลิลิตร นำไปเขย่า 1 ชั่วโมง จากนั้น กรองและเก็บสารละลายใส่ไปวัดปริมาณแอมโมเนียมโดย

Table 1. Soil sampling sites

| Soil series     | Location                                                                                                 |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Takhli (Tk)     | Nakhon Sawan Field Crops Research Center, Suk Samran subdistrict, Tak Fa district, Nakhon Sawan province |
| Ban Mi (Bm)     | Nong Don subdistrict, Nong Don district, Saraburi province                                               |
| Chong Khae (Ck) | Roeng Rang subdistrict, Sao Hai district, Saraburi province                                              |

colorimetric method ด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542) ปริมาณแอมโมเนียมรูปที่แลกเปลี่ยนไม่ได้วิเคราะห์โดยนำตะกอนตัวอย่างที่เหลื้อมาเติม 1 M HCl 20 มิลลิลิตร และนำไปต้มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที จากนั้น กรองและเก็บสารละลายไปวัดปริมาณแอมโมเนียมโดย colorimetric method (Ranjbar and Jalali, 2014)

### การศึกษาการตรึงและการปลดปล่อยแอมโมเนียมของดิน

ศึกษาการตรึงแอมโมเนียม โดยบ่มตัวอย่างดินแต่ละชุดดินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร ด้วย  $\text{NH}_4\text{Cl}$  อัตรา 1,000 มิลลิกรัม  $\text{NH}_4^+$ /กิโลกรัมดิน ตัวอย่างชุดดินละ 2 ข้ว ทำการบ่มเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ที่ระดับความจุความชื้นสนาม (field capacity; FC) เมื่อครบ 1 สัปดาห์ นำตัวอย่างดินไปผึ่งให้แห้งจากนั้นนำตัวอย่างดินที่แห้งแล้วไปวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียมรูปที่แลกเปลี่ยนได้ และแอมโมเนียมรูปที่แลกเปลี่ยนไม่ได้ตามวิธีการข้างต้น

ศึกษาการปลดปล่อยแอมโมเนียม โดยนำตัวอย่างดินหลังการบ่มที่แห้งแล้ว จำนวน 1 กรัม ตัวอย่างชุดดินละ 2 ข้ว นำมาเติม 0.01M  $\text{CaCl}_2$  ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่าเป็นเวลา 15 นาที นำไป centrifuge และแยกเก็บสารละลายใส่ไว้ ส่วนตัวอย่างตะกอนดินที่เหลือนำไปทำการเขย่าด้วย 0.01M  $\text{CaCl}_2$  10 ปริมาตรมิลลิลิตร เช่นเดิมจำนวน 10 ครั้ง แบบต่อเนื่อง (sequential extraction) ครั้งละ 15 นาที ดังนั้น จะได้ปริมาณแอมโมเนียมสะสม (cumulative content) ที่ปลดปล่อยออกมาที่ระยะเวลา 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120,

135 และ 150 นาทีนำสารละลายใส่ทั้งหมดไปวัดปริมาณแอมโมเนียม โดย colorimetric method จากนั้นนำค่าที่ได้มาอธิบายลักษณะการปลดปล่อยแอมโมเนียมด้วยสมการที่ใช้อธิบายจลนศาสตร์การปลดปล่อยธาตุอาหารในดิน (Havlin and Westfall, 1985; Jardine and Sparks, 1984; Sparks *et al.*, 1980) ได้แก่

- Parabolic diffusion model :

$$q = a + bt^{1/2} \quad (\text{Eq.1})$$

- Elovich equation :

$$Q = a + b \ln(t) \quad (\text{Eq.2})$$

- Power function :

$$\ln(q) = \ln(a) + b \ln(t) \quad (\text{Eq.3})$$

โดย q หมายถึง ปริมาณแอมโมเนียมที่ปลดปล่อย ณ เวลา t และคำนวณหาอัตราเร็วและปริมาณการปลดปล่อย จากค่าความชัน (slope) และจุดตัดแกนตั้ง (intercept) ที่ได้จากสมการตามลำดับ

### ผลการทดลอง

#### สมบัติทางฟิสิกส์ เคมี แร่วิทยาของดิน

ผลการวิเคราะห์การแจกกระจายขนาดอนุภาคดิน (ตารางที่ 2) พบว่า ชุดดินตาคลี (Tk) มีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง ชุดดินบ้านหมี่ (Bm) มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว และชุดดินช่องแค (Ck) มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวปนทรายแป้ง ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน พบว่า ดินที่ใช้ทำการศึกษามีค่าพีเอชเป็นกรดปานกลางถึงด่างปานกลาง ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนอยู่ในพิสัย 30.5-58.8 เซนติโมล/กิโลกรัม โดยมีค่าอยู่ในระดับสูงมาก ปริมาณอินทรีย์วัตถุมีค่าอยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างสูง (16-27 กรัม/กิโลกรัม) ไนโตรเจนรวม

Table 2. Some physicochemical properties of studied soils

| Soil series | Sand           | Silt | Clay | Texture | pH  | OM           | TN   | Avail. P | CEC                     | Extr. Ca         | Extr. Mg | Extr. Na | Extr. K |
|-------------|----------------|------|------|---------|-----|--------------|------|----------|-------------------------|------------------|----------|----------|---------|
|             | (-----%------) |      |      |         |     | (---g/kg---) |      | mg/kg    | (cmol <sub>e</sub> /kg) | (-----g/kg-----) |          |          |         |
| Tk          | 15.4           | 51.6 | 33.0 | SiCL    | 8.2 | 16           | 0.77 | 39.3     | 41.8                    | 13.5             | 0.32     | 0.08     | 0.18    |
| Bm          | 4.1            | 34.2 | 61.7 | C       | 6.9 | 30           | 0.90 | 16.2     | 58.8                    | 11.6             | 0.74     | 0.27     | 0.11    |
| Ck          | 5.5            | 45.3 | 49.2 | SiC     | 5.9 | 27           | 0.98 | 3.4      | 30.5                    | 4.3              | 0.58     | 0.29     | 0.14    |

SiCL = silty clay loam; C = clay; SiC = silty clay; TN=Total nitrogen; OM=organic matter; Avail. P = available P; CEC= cation exchange capacity; Extr.= extractable

ในทุกชุดดิน มีค่าอยู่ในระดับต่ำมาก (0.77-0.98 กรัม/กิโลกรัม) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีค่าอยู่ในระดับต่ำถึงสูง (3.4-39.3 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้มีค่าอยู่ในระดับสูงมาก (21.6-67.4 เซนติโมล/กิโลกรัม) ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้มีค่าอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง (2.9-6.3 เซนติโมล/กิโลกรัม) ปริมาณโซเดียมที่สกัดได้มีค่าอยู่ในระดับปานกลางถึงสูงมาก (0.33-1.25 เซนติโมล/กิโลกรัม) และปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้มีค่าอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (0.28-0.46 เซนติโมล/กิโลกรัม)

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางแร่วิทยาของดินในอนุภาคขนาดดินเหนียว (ตารางที่ 3) พบว่า ดินที่ใช้ทำการศึกษามีทั้งหมี่แร่ดินเหนียวประเภท 2:1 คือ แร่สเมกไทต์ (smectite) เป็นแร่องค์ประกอบหลัก และพบแร่ควอตซ์ในปริมาณเล็กน้อย ชุดดินบ้านหมี่พบแร่ดินเหนียวประเภท 1:1 คือ แร่เคโอลิไนต์เป็นองค์ประกอบในปริมาณเล็กน้อย ส่วนชุดดินช่องแคพบแร่ดินเหนียวประเภทอื่น ๆ นอกจากแร่สเมกไทต์ คือ แร่อีไลต์ และแร่เคโอลิไนต์เป็นองค์ประกอบในปริมาณเล็กน้อยถึงน้อย ตามลำดับ ดังนั้นชุดดินช่องแคจึงมีปริมาณสัมพัทธ์ของแร่สเมกไทต์น้อยที่สุดแต่มีปริมาณสัมพัทธ์ของแร่เคโอลิไนต์สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดดินอื่น ๆ ส่วนผลการศึกษาแร่องค์ประกอบในอนุภาคขนาดทรายแป้ง พบว่า ดินที่ใช้ทำการศึกษาทุกชุดดินมีแร่ควอตซ์เป็นแร่องค์ประกอบหลัก

นอกจากนี้ ชุดดินตาคลีพบแร่แคลไซต์ในปริมาณมาก ส่วนดินชุดดินบ้านหมี่ และชุดดินช่องแค พบแร่ดินเหนียวในกลุ่ม 7 อังสตรอม และกลุ่ม 10 อังสตรอม รวมถึงพบแร่แอลไบต์ (albite) และแร่อนาเทส (anatase) เป็นองค์ประกอบอยู่ในปริมาณเล็กน้อย

### ปริมาณแอมโมเนียมในรูปต่าง ๆ ของดิน

ปริมาณแอมโมเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable  $\text{NH}_4^+$ ) ของตัวอย่างดินก่อนบ่ม (control) ที่ทำการศึกษามีค่าอยู่ในพิสัย 0.01-3.95 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (ตารางที่ 4) ซึ่งมีค่าอยู่ในระดับต่ำมาก สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนรวมของดินที่มีค่าอยู่ในระดับต่ำมาก ส่วนปริมาณแอมโมเนียมรูปที่แลกเปลี่ยนไม่ได้ (non-exchangeable  $\text{NH}_4^+$ ) มีค่าอยู่ในพิสัย 71.4-119.3 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งมีค่าสูงกว่ารูปที่แลกเปลี่ยนได้อย่างชัดเจน โดยชุดดินช่องแคมีปริมาณแอมโมเนียมทั้งรูปที่แลกเปลี่ยนได้และแลกเปลี่ยนไม่ได้มากกว่าชุดดินอื่น ๆ

ผลการศึกษาปริมาณแอมโมเนียมในตัวอย่างดินหลังบ่ม (treated soil) พบว่า ปริมาณแอมโมเนียมรูปที่แลกเปลี่ยนได้และรูปที่แลกเปลี่ยนไม่ได้มีค่าเพิ่มขึ้นจากตัวอย่างดินก่อนบ่ม (control) ในทุกชุดดิน (ภาพที่ 1) แสดงให้เห็นว่า แอมโมเนียมที่ใส่ลงไปดิน ส่วนหนึ่งจะถูกดูดซับอยู่ที่บริเวณพื้นผิวแลกเปลี่ยน (exchange site)

Table 3. Semi-quantitative minerals of clay and silt fractions for investigated soils

| Soil series | Clay fraction |     |     |     | Silt fraction |          |           |     |     |    |
|-------------|---------------|-----|-----|-----|---------------|----------|-----------|-----|-----|----|
|             | Smec          | Ill | Kao | Qtz | Qtz           | 7 Å clay | 10 Å clay | Cal | Ab  | An |
| Tk          | xxxx          | -   | -   | x   | xxx           | -        | -         | xxx | -   | -  |
| Bm          | xxxx          | -   | tr  | tr  | xxxx          | -        | tr        | -   | -   | tr |
| Ck          | xxx           | tr  | x   | tr  | xxxx          | tr       | tr        | -   | -tr | -  |

Smec= smectite; Ill = illite; Kao = kaolinite; Qtz = quartz; Cal = calcite; Ab = albite; An = anatase

tr= trace (<5%), x= small (5-20%), xx= moderate (20-40%), xxx= large (40-60%), xxxx= dominant (>60%)

Table 4. Exchangeable  $\text{NH}_4^+$  and non-exchangeable  $\text{NH}_4^+$  contents in control soils

| Soil series | Exchangeable $\text{NH}_4^+$<br>(-----mg/kg-----) | Non-exchangeable $\text{NH}_4^+$<br>(-----mg/kg-----) |
|-------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Tk          | 0.83                                              | 71.4                                                  |
| Bm          | 0.01                                              | 73.8                                                  |
| Ck          | 3.95                                              | 119.3                                                 |

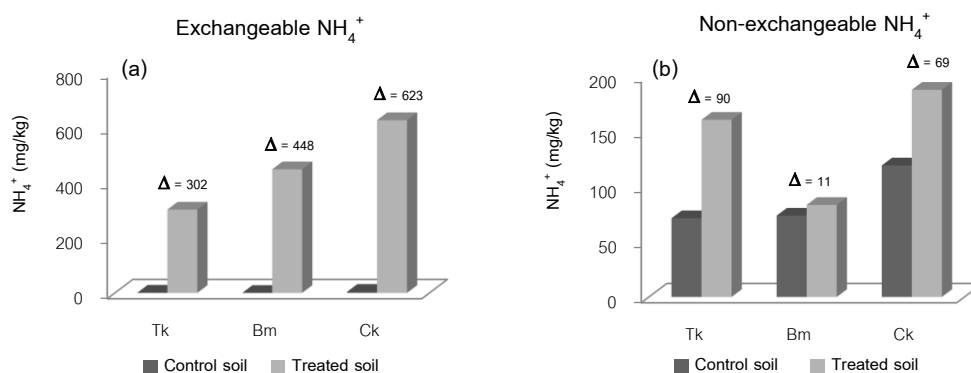


Figure 1. Exchangeable NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (a) and non-exchangeable NH<sub>4</sub><sup>+</sup> contents (b) in control and treated soil samples

และบางส่วนถูกตรึงอยู่ภายในหีบ (interlayer) ของแร่ดินเหนียว ซึ่งทั้ง 3 ชุดดินมีปริมาณการดูดซับและการตรึงแอมโมเนียมแตกต่างกันอย่างชัดเจน

ปริมาณแอมโมเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ในตัวอย่างดินหลังบ่ม มีค่าเพิ่มขึ้นจากตัวอย่างดินก่อนบ่มอยู่ในพิสัย 302-623 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (ภาพที่ 1a) โดยชุดดินช่องแคมีปริมาณแอมโมเนียมรูปที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มสูงขึ้นกว่าชุดดินอื่น ๆ และเมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของแอมโมเนียมรูปที่แลกเปลี่ยนไม่ได้ (non-exchangeable NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) ที่บ่งบอกถึงปริมาณแอมโมเนียมที่ถูกตรึงในหีบของแร่ดินเหนียวประเภท 2:1 พบว่า ชุดดินตาคลีมีปริมาณแอมโมเนียมที่แลกเปลี่ยนไม่ได้เพิ่มขึ้นสูงที่สุด โดยมีค่าเพิ่มขึ้น 90 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างดินก่อนบ่ม (ภาพที่ 1b) และชุดดินบ้านหมี่มีปริมาณแอมโมเนียมที่แลกเปลี่ยนไม่ได้เพิ่มขึ้นต่ำที่สุด โดยมีค่าเพิ่มขึ้น 11 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างดินก่อนบ่ม อย่างไรก็ตาม จะเห็นได้ว่าในช่วงระยะการทดลองบ่มดิน 1 สัปดาห์ แอมโมเนียมที่ใส่ลงไป ในดินอาจถูกดูดซับอยู่ที่บริเวณพื้นผิวแลกเปลี่ยนมากกว่าถูกตรึงอยู่ภายในหีบของแร่ดินเหนียว

### ลักษณะการปลดปล่อยแอมโมเนียมในดิน

เมื่อทำการสกัดแอมโมเนียมในดินที่ทำการศึกษาน้ำยาสกัด 0.01 M CaCl<sub>2</sub> พบว่า ชุดดินบ้านหมี่สามารถสกัดแอมโมเนียมได้สูงสุด และสามารถสกัดได้จำนวน 8 ครั้ง (105 นาที) ส่วนชุดดินช่องแค และ

ชุดดินตาคลี สามารถสกัดแอมโมเนียมได้เพียง 6 ครั้ง (90 นาที) และ 5 ครั้ง (75 นาที) ตามลำดับ ผลการศึกษาปริมาณการปลดปล่อยแอมโมเนียมสะสมพบว่า ชุดดินบ้านหมี่มีการปลดปล่อยแอมโมเนียมสูงที่สุด คือ 703 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (ภาพที่ 2a) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณแอมโมเนียมรูปที่แลกเปลี่ยนไม่ได้ในตัวอย่างดินหลังบ่มของชุดดินบ้านหมี่ที่มีการตรึงแอมโมเนียมไว้ได้ต่ำที่สุด (ภาพที่ 1b) ในขณะที่ชุดดินตาคลีมีการปลดปล่อยแอมโมเนียมต่ำที่สุด คือ 211 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เมื่อนำข้อมูลปริมาณการปลดปล่อยแอมโมเนียมมาอธิบายลักษณะการปลดปล่อยด้วยสมการทั้ง 3 สมการ พบว่า ทั้ง 3 สมการสามารถอธิบายลักษณะการปลดปล่อยแอมโมเนียมในดินที่ทำการศึกษาได้ดี โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R<sup>2</sup>) ของสมการ parabolic diffusion, สมการ Elovich equation และ สมการ power function อยู่ในพิสัย 0.85-0.97, 0.93-0.97 และ 0.89-0.98 ตามลำดับ (ภาพที่ 2b-2d) และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าตัวแปรจากสมการต่าง ๆ ได้แก่ ค่าความชัน (อัตราเร็วในการปลดปล่อย) และจุดตัดแกนตั้ง (ปริมาณในการปลดปล่อย) จากสมการทั้ง 3 สมการพบว่า ชุดดินบ้านหมี่มีค่าความชันสูงกว่าชุดดินตาคลีและชุดดินช่องแคในสมการ parabolic diffusion และ Elovich equation แต่เมื่อพิจารณาค่าความชันของสมการ power function พบว่า ชุดดินบ้านหมี่มีค่าความชันน้อยกว่าชุดดินตาคลี ส่วนค่าจุดตัดแกนตั้งนั้น ชุดดินบ้านหมี่มีค่าสูงกว่าชุดดินอื่น ๆ ในทุกสมการ (ตารางที่ 5)



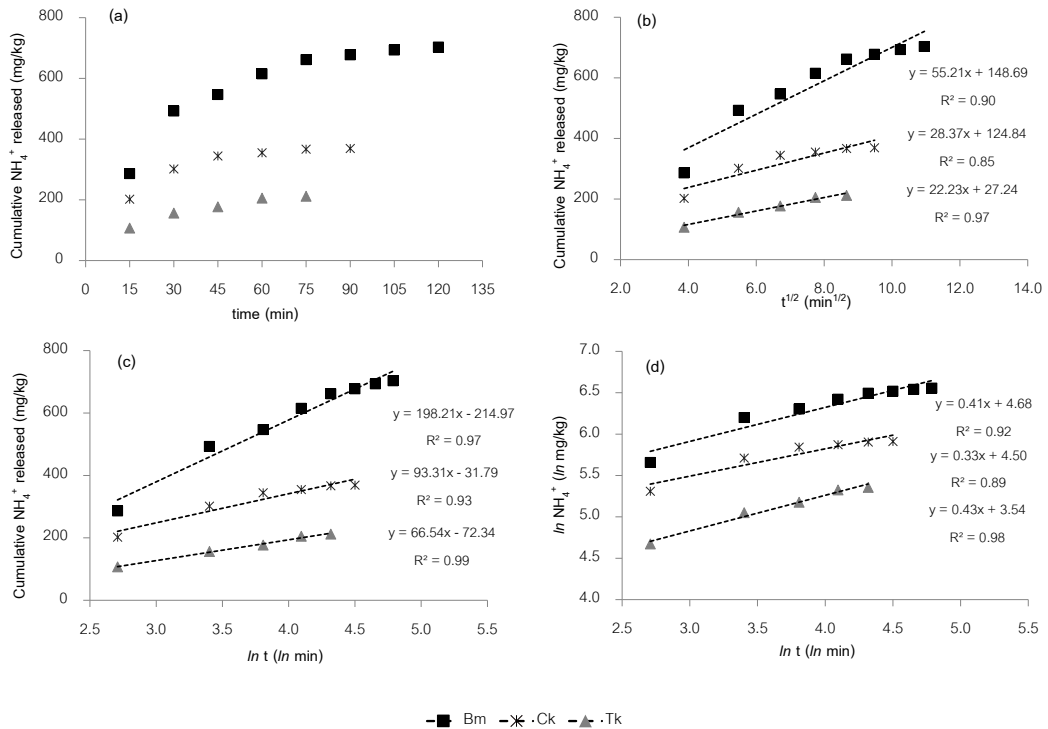


Figure 2. Ammonium released characteristics (a) and data fitted to models describing  $\text{NH}_4^+$  released (b) parabolic diffusion model (c) Elovich equation and (d) power function

Table 5. Parameters of models used to describe the released kinetic of  $\text{NH}_4^+$  in studied soils

| Soil series | Parabolic diffusion |           |       | Elovich equation |           |       | Power function |           |       |
|-------------|---------------------|-----------|-------|------------------|-----------|-------|----------------|-----------|-------|
|             | Slope               | Intercept | $R^2$ | Slope            | Intercept | $R^2$ | Slope          | Intercept | $R^2$ |
| Tk          | 22.2                | 27.2      | 0.97  | 66.5             | 72.3      | 0.99  | 0.43           | 3.54      | 0.98  |
| Bm          | 55.2                | 149       | 0.90  | 198              | 215       | 0.97  | 0.41           | 4.68      | 0.92  |
| Ck          | 28.4                | 125       | 0.85  | 93.3             | 31.8      | 0.93  | 0.33           | 4.50      | 0.89  |

## วิจารณ์

### สมบัติทางฟิสิกส์ เคมี และแร่วิทยาของดิน

ชุดดินที่ใช้ในการศึกษา สามารถจำแนกออกเป็นดินในอันดับ Vertisols และ Mollisols (Soil Survey Staff, 2014) โดยชุดดินบ้านหมี่ (Bm) และชุดดินช่องแค (Ck) เป็นดินในอันดับ Vertisols ส่วนชุดดินตาคลี (Tk) เป็นดินในอันดับ Mollisols ดินที่ใช้ทำการศึกษานี้ทุกชุดดินมีวัตถุต้นกำเนิดจากตะกอนน้ำพา (alluvium) จากหินเนื้อละเอียด ได้แก่ หินปูน และหินมาร์ล จึงทำให้ดินมีเนื้อดินค่อนข้างละเอียด โดยชุดดินตาคลีซึ่งจัดเป็น

ดินเนื้อปูน (calcareous soil) มีค่าพีเอชเป็นด่างปานกลางและสูงกว่าชุดดินอื่นๆ ชุดดินที่ทำการศึกษานี้ทั้งหมดมีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity; CEC) อยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก สอดคล้องกับลักษณะของเนื้อดินที่มีเนื้อดินละเอียด แร่องค์ประกอบหลักเป็นแร่ดินเหนียวประเภท 2:1 คือ แร่ สเมกไทต์ และมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินอยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างสูง (ตารางที่ 2) อย่างไรก็ตาม ค่า CEC ของชุดดินช่องแคมีค่าต่ำกว่าชุดดินอื่นๆ เนื่องจากได้รับอิทธิพลมาจากสัดส่วนปริมาณสัมพัทธ์ของแร่สเมกไทต์ที่ต่ำกว่าชุดดินอื่นๆ และมีสัดส่วนปริมาณสัมพัทธ์ของแร่เคลไลไนต์

ที่สูงกว่าชุดดินอื่น ๆ ปริมาณเบสที่สกัดได้พบว่า ธาตุแคลเซียม ( $\text{Ca}^{2+}$ ) และ แมกนีเซียม ( $\text{Mg}^{2+}$ ) เป็นแคตไอออนเด่นของดินที่ทำการศึกษ ซึ่งลักษณะดังกล่าวเป็นลักษณะทั่วไปของดินในอันดับ Vertisols และ Mollisols (Buol *et al.*, 2011) ส่วนปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ของชุดดินบ้านหมี่ และชุดดินช่องแค มีค่าอยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำ ลักษณะดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ถึงแม้ว่าดินดังกล่าวจะมีเนื้อดินเป็นดินเนื้อละเอียด และมีค่า CEC สูง แต่อาจพบปัญหาการขาดธาตุโพแทสเซียมได้ (สุภัทราและคณะ, 2558)

### การตรึงและการปลดปล่อยแอมโมเนียมในดิน

เมื่อพิจารณาการดูดซับแอมโมเนียมที่พื้นผิวแลกเปลี่ยน พบว่า ชุดดินช่องแคมีปริมาณการดูดซับแอมโมเนียมสูงกว่าชุดดินอื่น ๆ (ภาพที่ 1a) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาจากค่า CEC ของชุดดินช่องแค พบว่า ชุดดินช่องแคมีค่า CEC ต่ำกว่าชุดดินอื่น ๆ (ตารางที่ 2) แต่กลับสามารถดูดซับแอมโมเนียมได้สูงกว่าชุดดินอื่น ๆ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณ  $\text{Ca}^{2+}$  ที่สกัดได้ในชุดดินช่องแคมีค่าต่ำ จึงทำให้เกิดการแข่งขันของแคตไอออนระหว่าง  $\text{NH}_4^+$  และ  $\text{Ca}^{2+}$  น้อยกว่าชุดดินตาคลีและชุดดินบ้านหมี่ซึ่งมีปริมาณ  $\text{Ca}^{2+}$  ที่สกัดได้สูงกว่า ส่วนชุดดินบ้านหมี่และชุดดินช่องแคมีปริมาณอินทรีย์วัตถุและปริมาณอนุภาคดินเหนียวสูงกว่าชุดดินตาคลี จึงสามารถดูดซับแอมโมเนียมได้สูงกว่าชุดดินตาคลี (ตารางที่ 1) นอกจากนี้ การแลกเปลี่ยนประจุบนพื้นผิวแลกเปลี่ยนของแร่ดินเหนียวจะขึ้นอยู่กับอำนาจในการแทนที่ (replacing power) ของแคตไอออนต่าง ๆ ในดิน ซึ่งในกรณีของแร่ดินเหนียวสเมกไทต์นั้น  $\text{Ca}^{2+}$  จะมีอำนาจในการแทนที่มากกว่าแคตไอออนตัวอื่น ๆ (Nommik and Vahtras, 1982) จึงอาจทำให้  $\text{Ca}^{2+}$  เกิดการดูดซับที่บริเวณพื้นผิวแลกเปลี่ยนได้สูงและทำให้ดินมีพื้นที่ผิวแลกเปลี่ยนสำหรับการดูดซับ  $\text{NH}_4^+$  ได้น้อยลง สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Chen (1997) ที่รายงานว่าในดินที่มีปริมาณ  $\text{Ca}^{2+}$  สูง ดินจะมีความพอใจเลือก (affinity) ดูดซับ  $\text{Ca}^{2+}$  มากกว่า  $\text{NH}_4^+$  เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Feigenbaum *et al.* (1990) ที่รายงานว่าเมื่อดินมีปริมาณ  $\text{Ca}^{2+}$  และ  $\text{Mg}^{2+}$  เพิ่มขึ้น  $\text{K}^+$  บริเวณพื้นที่ผิวแลกเปลี่ยนจะถูกแลกเปลี่ยนโดย  $\text{Ca}^{2+}$  และ  $\text{Mg}^{2+}$  ได้

ง่ายขึ้น ซึ่งอาจให้ผลในลักษณะเช่นเดียวกันกับ  $\text{NH}_4^+$  ในดินที่ทำการศึกษา เนื่องจาก  $\text{K}^+$  และ  $\text{NH}_4^+$  มีพฤติกรรมทางประจุและขนาดของไอออนที่ถูกล้อมรอบด้วยน้ำที่ใกล้เคียงกัน

ผลการศึกษาลักษณะการตรึงและการปลดปล่อยแอมโมเนียมของดิน พบว่า ชุดดินบ้านหมี่สามารถตรึงแอมโมเนียมได้ดีที่สุด (ภาพที่ 1b) และมีการปลดปล่อยแอมโมเนียมได้ในปริมาณที่สูงกว่าชุดดินอื่น ๆ (ภาพที่ 2a) ในขณะที่ชุดดินตาคลีมีปริมาณการตรึงแอมโมเนียมได้สูงที่สุด และมีปริมาณการปลดปล่อยแอมโมเนียมได้ต่ำที่สุด ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ถึงแม้ชุดดินบ้านหมี่ซึ่งมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว และมีปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวรวมถึงค่า CEC สูงที่สุด แต่กลับมีความสามารถในการตรึงแอมโมเนียมได้ต่ำที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากลักษณะทางประจุของแร่ดินเหนียวในชุดดินดังกล่าวมีความจำเพาะเจาะจงกับแคตไอออนชนิดอื่นหรือสารประกอบอื่น ๆ มากกว่าแอมโมเนียม โดยผลการศึกษาพบว่ามีปริมาณการตรึงแอมโมเนียมมีแนวโน้มแปรผกผันกับปริมาณ  $\text{Mg}^{2+}$  ที่สกัดได้ และปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (ตารางที่ 2) จึงมีความเป็นไปได้ว่าดินที่มีปริมาณ  $\text{Mg}^{2+}$  สูงนั้น  $\text{Mg}^{2+}$  อาจเกิดการแลกเปลี่ยนกับแคตไอออนที่อยู่ในหีบของแร่ดินเหนียวประเภท 2:1 ได้ ซึ่งโดยทั่วไป  $\text{Mg}^{2+}$  จะมีขนาดไอออนที่ถูกล้อมรอบด้วยน้ำใหญ่กว่า  $\text{NH}_4^+$  (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ทำให้  $\text{Mg}^{2+}$  สามารถแลกเปลี่ยนกับ  $\text{NH}_4^+$  หรือ  $\text{K}^+$  ที่อยู่ในหีบของแร่ดินเหนียวได้ และส่งผลให้  $\text{NH}_4^+$  ในหีบของแร่ดินเหนียวค่อย ๆ ถูกปลดปล่อยออกมา (Nommik and Vahtras, 1982) นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาพบว่าอินทรีย์วัตถุในดินอาจเกิดการแย่งที่  $\text{NH}_4^+$  ในการดูดซับเข้าไปภายในบริเวณหีบของโครงสร้างแร่ดินเหนียว โดยมีรายงานว่า การเพิ่มสารฮิวมิก (humic substances) ลงไปในดิน ส่งผลให้ประจุและพื้นที่ผิวของดินที่มีแร่สเมกไทต์เป็นองค์ประกอบมีค่าลดลง จึงทำให้ดินมีการตรึง  $\text{NH}_4^+$  ที่ลดลงด้วย (Zhang *et al.*, 2013) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Martin-Martinez and Perez-Rodriguez (1969) ที่ศึกษาพบว่าสารฮิวมิกสามารถถูกดูดซับเข้าไปภายในหีบของโครงสร้างแร่ดินเหนียวสเมกไทต์ได้ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารฮิวมิกที่มีมวลโมเลกุลต่ำ

นอกจากนี้ Perez-Rodriguez *et al.* (1977) ได้รายงานว่าการอินทรีย์ที่ถูกดูดซับในบริเวณหลิบบของโครงสร้างแร่ดินเหนียวมักเป็นสารที่มีลักษณะคล้ายโปรตีน (Protein-like) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Jindaluang *et al.* (2013) ที่ศึกษาองค์ประกอบของอินทรีย์วัตถุในกลุ่มดินเนื้อละเอียดที่มีแร่สเมกไทต์เป็นองค์ประกอบในประเทศไทย และพบว่าดินกลุ่มดังกล่าวมีสารอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชัน (functional groups) อยู่ในกลุ่มเอไมด์ (amide;  $-NH_2$ ) เป็นองค์ประกอบหลัก จึงมีความเป็นไปได้ว่าสารอินทรีย์ดังกล่าว อาจถูกดูดซับอยู่ภายในหลิบบของโครงสร้างแร่สเมกไทต์ในดินที่ทำการศึกษ ทำให้  $NH_4^+$  ในดินถูกตรึงลดลงและเกิดการปลดปล่อยมากขึ้น ดังนั้นหากพิจารณาปริมาณการตรึงแอมโมเนียมโดยแร่ดินเหนียวและการดูดซับแอมโมเนียมไว้ที่ผิวคอลลอยด์ของดินที่ทำการศึกษา ชูดินตาดลึงจะมีปริมาณการดูดซับและการตรึงแอมโมเนียมไว้ได้น้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับชูดินบ้านหมี่และชูดินช่องแค ดังนั้น การสูญเสียแอมโมเนียมจากกระบวนการชะละลายเมื่อมีการใส่ปุ๋ยแอมโมเนียม อาจเกิดได้มากในชูดินตาดลึงมากกว่าชูดินอื่นๆ

### จลนศาสตร์การปลดปล่อยแอมโมเนียมในดิน

ลักษณะการปลดปล่อย  $NH_4^+$  ที่อธิบายได้ดีด้วยสมการ parabolic diffusion แสดงให้เห็นว่า ดินที่ทำการศึกษามีลักษณะการปลดปล่อย  $NH_4^+$  โดยกระบวนการแพร่ (diffusion controlled-process) โดยมีการศึกษาพบว่ากระบวนการแพร่เป็นกระบวนการเคลื่อนที่หลักของ  $NH_4^+$  ในดิน (Chen, 1997) ซึ่งการปลดปล่อย  $NH_4^+$  ในดินที่ทำการศึกษาอาจเกิดการปลดปล่อยจากหลิบบของโครงสร้างแร่ดินเหนียว ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาการปลดปล่อย  $K^+$  จากโครงสร้างของแร่โอลด์ ที่สามารถอธิบายการปลดปล่อยได้ดีด้วยสมการ parabolic diffusion (Feigenbaum *et al.*, 1981) ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่า  $NH_4^+$  อาจถูกปลดปล่อยออกมาจากหลิบบของโครงสร้างแร่ดินเหนียวเช่นเดียวกัน ส่วนสมการ Elovich equation นั้นแสดงถึงลักษณะการแพร่ของแคตไอออนที่เกิดบนผิวหน้าที่ไม่สม่ำเสมอ (heterogeneous surfaces) ดังนั้น การปลดปล่อยแอมโมเนียมในดินที่ทำการศึกษาอาจเกิดการปลดปล่อยจาก 2 พื้นผิวที่ดูดซับ ได้แก่ พื้นผิวแลกเปลี่ยน

ภายนอก (exchange site) และ จากบริเวณภายในหลิบบ (interlayer) ของโครงสร้างแร่ดินเหนียวประเภท 2:1 สอดคล้องกับผลการศึกษาอื่นๆ ที่รายงานว่าลักษณะการปลดปล่อย  $NH_4^+$  และ  $K^+$  ในดินที่มีแร่ดินเหนียวประเภท 2:1 เป็นองค์ประกอบ สามารถอธิบายได้ดีด้วยสมการ Elovich equation (Havlin and Westfall, 1985; Jalali, 2006; Ranjbar and Jalali, 2014) นอกจากนี้ ยังมีความเป็นไปได้ว่าการปลดปล่อย  $NH_4^+$  จากกระบวนการแพร่ในดินที่ทำการศึกษาอาจเกิดการปลดปล่อยจากพื้นผิวดูดซับที่มีลักษณะเป็นของผสม ได้แก่ ส่วนที่เป็นอินทรีย์สารหรืออินทรีย์วัตถุ และส่วนที่เป็นอนินทรีย์สารหรือแร่ดินเหนียว (Sparks, 2003) ดินที่ทำการศึกษา ยังสามารถอธิบายลักษณะการปลดปล่อยแอมโมเนียมได้ดีด้วยสมการ power function ซึ่งสมการดังกล่าวสามารถใช้อธิบายลักษณะการปลดปล่อย  $NH_4^+$  ภายในช่วงเวลาน้อย ๆ หรือช่วงต้นของการทดลอง (ช่วงต้นของปฏิกิริยาแบบ S-curve) และเป็นลักษณะการปลดปล่อยที่เกิดจากพื้นผิวดูดซับที่มีความสม่ำเสมอ (homogeneous surfaces) (Aharoni and Suzin, 1982; Sparks, 2003) ลักษณะดังกล่าวอาจแสดงให้เห็นว่า ในช่วงแรกของการทดลองการปลดปล่อย  $NH_4^+$  ในดินที่ทำการศึกษา อาจเกิดการปลดปล่อย  $NH_4^+$  มาจากพื้นที่ผิวแลกเปลี่ยนของแร่ดินเหนียว หรือเกิดจากพื้นที่ผิวดูดซับของคอลลอยด์อินทรีย์วัตถุในดินเพียงอย่างเดียว หลังจากนั้นกระบวนการปลดปล่อย  $NH_4^+$  ในดินที่ทำการศึกษาจะเกิดการปลดปล่อย  $NH_4^+$  ออกมาจากพื้นที่ผิวดูดซับของแร่ดินเหนียวและอินทรีย์วัตถุพร้อม ๆ กัน

เมื่อพิจารณาค่าความชันหรืออัตราเร็วในการปลดปล่อยของสมการ parabolic diffusion และ Elovich equation พบว่า ชูดินบ้านหมี่สามารถปลดปล่อยแอมโมเนียมได้เร็วกว่าชูดินอื่นๆ (ตารางที่ 5) อาจเนื่องมาจากชูดินบ้านหมี่มีปริมาณ  $Mg^{2+}$  ที่สกัดได้ และมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงกว่าชูดินอื่นๆ ส่งผลให้เกิดกระบวนการแลกเปลี่ยนหรือการแทนที่ของ  $Mg^{2+}$  และคอลลอยด์ของสารอินทรีย์กับ  $NH_4^+$  ได้เร็วกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชูดินอื่นๆ (Nommik and Vahtras, 1982; Zhang *et al.*, 2013) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาค่าความชันจากสมการ power function พบว่า ในช่วงต้นของ

การทดลอง ชุดดินตาคีสามารถปลดปล่อยแอมโมเนียมได้เร็วกว่าชุดดินอื่น ๆ อาจเนื่องมาจาก โดยทั่วไปการปลดปล่อยแคตไอออนในช่วงเริ่มต้นของกระบวนการมักจะเป็นการปลดปล่อยจากพื้นผิวแลกเปลี่ยนที่สามารถเกิดการแลกเปลี่ยนกับแคตไอออนอื่น ๆ ในสารละลายดินได้ง่าย และตามด้วยกระบวนการปลดปล่อยจากพื้นผิวภายในหลักของโครงสร้างแร่ดินเหนียวที่เกิดการแลกเปลี่ยนได้ช้ากว่า (Comans and Hockley, 1992; Jardine and Sparks, 1984) โดยมีรายงานว่าในดินที่มีแร่สเมกไทต์เป็นองค์ประกอบ การแลกเปลี่ยนแคตไอออนที่บริเวณพื้นผิวแลกเปลี่ยน จะเกิดขึ้นได้เร็วกว่าดินที่มีแร่ดินเหนียวประเภทอื่น ๆ เป็นองค์ประกอบ (Sparks, 2003) ดังนั้น จึงมีความเป็นไปได้ว่าในช่วงต้นของกระบวนการปลดปล่อย  $\text{NH}_4^+$  จะเกิดจากการปลดปล่อยจากแอมโมเนียมในส่วนที่แลกเปลี่ยนได้ ซึ่งชุดดินตาคีมีปริมาณ  $\text{Ca}^{2+}$  ที่สกัดได้สูงกว่าชุดดินอื่น ๆ จึงอาจส่งผลให้เกิดกระบวนการแลกเปลี่ยนแคตไอออนระหว่าง  $\text{Ca}^{2+}$  และ  $\text{NH}_4^+$  ที่พื้นผิวแลกเปลี่ยนได้อย่างรวดเร็วกว่าชุดดินอื่น ๆ (Nommik and Vahtras, 1982) นอกจากนี้ ค่าความชันของสมการ power function มีค่าต่ำกว่า 1 ในทุกชุดดินแสดงให้เห็นว่า ดินที่ทำการศึกษามีการปลดปล่อย  $\text{NH}_4^+$  ลดลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น (Carey and Metherell, 2003; Nilawonk *et al.*, 2008)

### สรุป

จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า ดินที่ทำการศึกษาถึงแม้จะมีเนื้อดินละเอียดและมีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) สูง แต่ลักษณะการดูดซับกระบวนการตรึง และกระบวนการปลดปล่อย  $\text{NH}_4^+$  ในดินมีความผันแปรไปตามปัจจัยทางดิน ได้แก่ ปริมาณ  $\text{Ca}^{2+}$  และ  $\text{Mg}^{2+}$  ตลอดจนปริมาณและองค์ประกอบของอินทรีย์วัตถุในดิน ดังนั้น การจัดการปุ๋ยไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมในดินที่ทำการศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินที่มีปริมาณ  $\text{Ca}^{2+}$  และ  $\text{Mg}^{2+}$  สูง ควรพิจารณาถึงอัตราการใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมในแต่ละครั้ง เนื่องจาก  $\text{NH}_4^+$  ที่ใส่ลงไปดินอาจถูกแทนที่ด้วย  $\text{Ca}^{2+}$  และ  $\text{Mg}^{2+}$  ได้ง่าย จึงทำให้มีความเสี่ยงต่อการสูญเสีย  $\text{NH}_4^+$  จากกระบวนการ

ต่าง ๆ เช่น การชะละลาย (leaching) ได้ นอกจากนี้ การจัดการอินทรีย์วัตถุในดินที่ทำการศึกษา อาจมีความจำเป็นในการพิจารณาถึงปริมาณและชนิดของอินทรีย์วัตถุร่วมด้วย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของดินในการดูดซับ  $\text{NH}_4^+$  จากการใส่ปุ๋ยไว้ในดินได้ในระยะยาว อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาอิทธิพลของปริมาณและองค์ประกอบของอินทรีย์วัตถุต่อพลวัตของแอมโมเนียมในดินที่ทำการศึกษา เพื่อให้ได้ข้อมูลสำหรับการจัดการอินทรีย์วัตถุได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์สำหรับทุนอุดหนุนในการดำเนินงานวิจัย

### เอกสารอ้างอิง

- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 547 หน้า.
- ทัศนีย์ อัดตะนันท์. 2550. ดินที่ใช้ปลูกข้าว. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 359 หน้า.
- ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และ จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2542. การวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 108 หน้า.
- สุภัทรา หลวงทะ ญัฐพล จิตมาตย์ และ เสาวนุช ถาวรพฤษ. 2558. การประเมินศักยภาพทางการเกษตรของดินเวอร์ทิกซอลส์ที่ใช้ปลูกข้าวของประเทศไทย. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ 2(4): 40-51.
- อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ และ จีระศักดิ์ ขอบแต่ง. 2559. อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนและองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าแพงโกล่า. วารสารเกษตร 32(1): 118-125.

- Aharoni, C. and Y. Suzin. 1982. Application of the Elovich equation to the kinetics of occlusion: Part 3. Heterogenous microporosity. *Journal of the Chemical Society, Faraday Transactions* 78(8): 2329-2336.
- Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils. *Soil Science* 59(1): 39-46.
- Buol, S.W., R.J. Southard, R.C. Graham and P.A. McDaniel. 2011. *Soil Genesis and Classification*. 6<sup>th</sup> ed. Wiley-Blackwell, Chichester. 543 p.
- Buss, S.R., A.W. Herbert, P. Morgan, S.F. Thornton and J.W.N. Smith. 2004. A review of ammonium attenuation in soil and groundwater. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology* 37(4): 347-359.
- Carey, P.L. and A.K. Metherell. 2003. Rates of release of non-exchangeable potassium in New Zealand soils measured by a modified sodium tetraphenyl-boron method. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 46(3): 185-197.
- Chen, J.F. 1997. Adsorption and diffusion of ammonium in soils. pp. 87-111. *In: Z.L. Zhu, Q.X. Wen and J. Freney (eds.). Nitrogen in Soils of China*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Comans, R.N.J. and D.E. Hockley. 1992. Kinetics of cesium sorption on illite. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 56(3): 1157-1164.
- Coulombe, C.E., J.B. Dixon and L.P. Wilding. 1996. Mineralogy and chemistry of Vertisols. pp. 115-200. *In: N. Ahmad and A. Mermut (eds.). Vertisols and Technologies for Their Management*. Elsevier Science, Amsterdam.
- Du, Q., S. Liu, Z. Cao and Y. Wang. 2005. Ammonia removal from aqueous solution using natural Chinese clinoptilolite. *Separation and Purification Technology* 44(3): 229-234.
- Feigenbaum, S., A. Bar-Tal and D.L. Sparks. 1990. Dynamics of soil potassium in multicationic systems. pp. 145-161. *In: Proceedings of the 22<sup>nd</sup> Colloquium of the International Potash Institute, Bern*.
- Feigenbaum, S., R. Edelstein and I. Shainberg. 1981. Release rate of potassium and structural cations from micas to ion exchangers in dilute solutions. *Soil Science Society of America Journal* 45(3): 501-506.
- Gee, G.W. and J.W. Bauder. 1986. Particle-size analysis. pp. 383-411. *In: A. Klute (ed.). Methods of Soil Analysis: Part 1-Physical and Mineralogical Methods*. SSSA Book Series 5. American Society of Agronomy Inc., Madison, WI.
- Havlin, J.L. and D.G. Westfall. 1985. Potassium release kinetics and plant response in calcareous soils. *Soil Science Society of America Journal* 49(2): 366-370.
- Jalali, M. 2006. Kinetics of non-exchangeable potassium release and availability in some calcareous soils of western Iran. *Geoderma* 135: 63-71.
- Jardine, P.M. and D.L. Sparks. 1984. Potassium-calcium exchange in a multireactive soil system: I. Kinetics. *Soil Science Society of America Journal* 48: 39-45.
- Jindaluang, W., I. Kheoruenromne, A. Suddhiprakarn, B.P. Singh and B. Singh. 2013. Influence of soil texture and mineralogy on organic matter content and

- composition in physically separated fractions soils of Thailand. *Geoderma* 195: 207-219.
- Martin-Martinez, F. and J.L. Perez-Rodriguez. 1969. Interlamellar adsorption of a black-earth humic acid on Na-montmorillonite. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 124: 52-57.
- National Soil Survey Center. 1996. Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigation No. 42, Version 3.0. Natural Resources Conservation Service, USDA, Washington, DC.
- Nelson, D.W. and L.E. Sommers. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. pp. 539-579. *In: A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis: Part 2 - Chemical and Microbiological Properties.* American Society of Agronomy Inc., Madison, WI.
- Nieder, R., D.K. Benbi, H.W. Scherer. 2011. Fixation and defixation of ammonium in soils: a review. *Biology and Fertility of Soils* 47(1): 1-14.
- Nilawonk, W., T. Attanandana, A. Phonphoem, R. Yost and X. Shuai. 2008. Potassium release in representative maize-producing soils of Thailand. *Soil Science Society of America Journal* 72(3): 791-797.
- Nommik, H. 1965. Ammonium fixation and other reactions involving nonenzymatic immobilization of mineral nitrogen in soils. pp. 198-258. *In: W.V. Bartholomew and F.E. Clark (eds.). Soil Nitrogen.* Agronomy Monograph 10. American Society of Agronomy Inc., Madison, WI.
- Nommik, H. and K. Vahtras. 1982. Retention and fixation of ammonium and ammonia in soils. pp.123-171. *In: F.J. Stevenson (ed.). Nitrogen in Agricultural Soils.* Agronomy Monograph 22. American Society of Agronomy Inc., Madison, WI.
- Perez-Rodriguez, J.L., A. Weiss and G. Lagaly. 1977. A natural clay organic complex from Andalusian black earth. *Clays and Clay Minerals* 25: 243-251.
- Ranjbar, F. and M. Jalali. 2014. Empirical and mechanistic evaluation of  $\text{NH}_4^+$  release kinetic in calcareous soils. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 66(4): 606-615.
- Schneiders, M. and H.W. Scherer. 1998. Fixation and release of ammonium in flooded rice soils as affected by redox potential. *European Journal of Agronomy*: 8(3): 181-189.
- Soil Survey Staff. 2014. Keys to Soil Taxonomy. 12<sup>th</sup> ed. Natural Resources Conservation Service, USDA, Washington, DC.
- Sparks, D.L. 2003. *Environmental Soil Chemistry*. 2<sup>nd</sup> ed. Academic Press, San Diego. 352 p.
- Sparks, D.L., L.W. Zelazny and D.C. Martens. 1980. Kinetics of potassium desorption in soil using miscible displacement. *Soil Science Society of America Journal* 44: 1205-1208.
- Thomas, G.W. 1982. Exchangeable cations. pp. 159-165. *In: C.A. Black (ed.). Methods of Soil Analysis: Part 2 - Chemical and Microbiological Properties.* Agronomy Monograph 9. American Society of Agronomy Inc., Madison, WI.
- Whitting, L.D. 1965. X-ray diffraction technique for minerals identification and mineralogical composition. pp. 671-698. *In: C.A. Black (ed.). Methods of Soil Analysis: Part 2- Chemical and Microbiological Properties.*

Agronomy Monograph 9. American Society  
of Agronomy Inc., Madison, WI.

Zhang, W.Z., Q.X. Chen, J.M. Zhou., D.H. Liu, H.Y.  
Wang and C.W. Du. 2013. Influence of  
humic acid on interaction of ammonium and  
potassium ions on clay minerals.  
Pedosphere 23(4): 493-502.

---





# ผลของอัลลีโลพาทีในวัชพืชที่ปลูกร่วมกับมะเขือเทศต่อการเข้าทำลาย ของไส้เดือนฝอยรากปม (*Meloidogyne* spp.)

## Allelopathic Effect of Co-cultivation of Weeds and Tomato on Destruction of Root-knot Nematode (*Meloidogyne* spp.)

จำเนียร ชมภู<sup>1\*</sup>, อมรศรี ขุนอินทร์<sup>2</sup>, อภิรัฐ บัณฑิต<sup>3</sup> และ ทศพล พรพรหม<sup>1</sup>  
Jamnian Chompoo<sup>1\*</sup>, Amonsri Khun-in<sup>2</sup>, Apirat Bundit<sup>3</sup> and Tosapon Pornprom<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

<sup>1</sup>Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Sean, Kasetsart University,  
Nakhon Pathom 73140, Thailand

<sup>2</sup>ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

<sup>2</sup>Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Sean, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140, Thailand

<sup>3</sup>ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

<sup>3</sup>Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

\*Corresponding author: E-mail: agrjnc@ku.ac.th

(Received: 10 January 2017; Accepted: 7 July 2017)

**Abstract:** Root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) are major plant-parasitic nematodes of crops. Weeds are one of the major crop pests and also have been reported to be hosts of root-knot nematodes. The aim of this study was to investigate effect of seven weed species grown with or without *Solanum lycopersicum* L. on root galling and survival of nematode in order to provide information and guideline of managing the weeds in field crops. The results showed that *Eclipta prostrata* L. and *Vernonia cinerea* (L.) Less. were the alternate hosts for root-knot nematodes. *Cyperus rotundus* L. was not responsive to root galling when grown without *S. lycopersicum*, however it increased nematodes population when grown together with *S. lycopersicum*. *Crotalaria juncea* L., *Euphorbia hirta* L. and *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) W.D. Clayton were not responsive to root galling, and they decreased nematodes population when grown without *S. lycopersicum*. These results suggested that incorporation or mulching of *C. juncea*, *E. hirta* and *R. cochinchinensis* should be practiced because their allelopathic effect can decrease nematode population. Nonetheless, further research is necessary to determine mode of infestation of *C. juncea*, *E. hirta* and *R. cochinchinensis* against nematodes and identify the allelochemical that negatively affects nematodes.

**Keywords:** Biological control, co-cultivation, root-knot nematode, weeds

**บทคัดย่อ:** ไล่เดือนฝอยรากปม (*Meloidogyne* spp.) เป็นศัตรูพืชสาเหตุรากปมที่สำคัญของพืชเศรษฐกิจหลายชนิด โดยมีรายงานว่าวัชพืชซึ่งเป็นศัตรูพืชที่สำคัญในการก่อกำเนิดปัจจัยที่ในการเจริญเติบโตกับพืชปลูก และเป็นพืชอาศัยของไล่เดือนฝอยรากปมได้อีกด้วย การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของวัชพืช จำนวน 7 ชนิด ที่ปลูกแบบเดี่ยวและปลูกร่วมกับมะเขือเทศต่อการเกิดรากปมและความมีชีวิตรอดของไล่เดือนฝอย สำหรับเป็นข้อมูลและแนวทางในการเลือกจัดการวัชพืชที่พบขึ้นในแปลงของพืชปลูก ผลการทดลองพบว่า กะเม็ง และผักละออง มีการเกิดรากปม จึงเป็นวัชพืชอาศัยที่ดีของไล่เดือนฝอย ส่วนเห็ดหูหนูเป็นวัชพืชที่ไม่มีการเกิดรากปม แต่เมื่อปลูกร่วมกับมะเขือเทศทำให้ไล่เดือนฝอยในดินสามารถขยายพันธุ์เพิ่มจำนวนได้มากขึ้น สำหรับวัชพืชพวกปอเทือง น้ำนมราชสีห์ และหญ้าไชย่ง ไม่มีการเกิดรากปม และเมื่อปลูกแบบเดี่ยวทำให้จำนวนไล่เดือนฝอยในดินลดลง จากผลการทดลองเห็นได้ว่า ปอเทือง น้ำนมราชสีห์ และหญ้าไชย่ง ควรไถกลบหรือทำเป็นพืชคลุมดิน เนื่องจากอาจมีผลทางอัลลีโลพาตีทำให้ประชากรของไล่เดือนฝอยลดลง ดังนั้นกลไกในการต้านทานการเข้าทำลายของไล่เดือนฝอยและการจำแนกชนิดของสารอัลลีโลเคมีคอลที่มีผลต่อการเข้าทำลายของไล่เดือนฝอยของปอเทือง น้ำนมราชสีห์ และหญ้าไชย่ง ควรมีการศึกษาต่อไป

**คำสำคัญ:** การควบคุมโดยชีววิธี การปลูกร่วม ไล่เดือนฝอยรากปม วัชพืช

## คำนำ

วัชพืชนับว่าเป็นศัตรูที่สำคัญอย่างหนึ่งของพืชปลูก โดยการก่อกำเนิดปัจจัยต่าง ๆ ที่ใช้ในการเจริญเติบโตของพืชปลูก มีผลทำให้ผลผลิตของพืชปลูกลดลง นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าวัชพืชบางชนิดสามารถเป็นพืชอาศัยที่เหมาะสมสำหรับไล่เดือนฝอยรากปม ซึ่งไล่เดือนฝอยรากปม (Root-knot nematodes: *Meloidogyne* spp.) เป็นที่ยอมรับว่ามีผลต่อการเจริญเติบโตและทำให้ผลผลิตของพืชลดลง ทำให้ความเสียหายแก่พืชปลูกที่สำคัญหลายชนิด โดยเฉพาะพืชผักและผลไม้บางชนิด เช่น มันฝรั่ง พริก และมะเขือเทศ (Williamson and Hussey, 1996) นอกจากนี้ยังพบปัญหาวัชพืชที่เป็นพืชอาศัยของไล่เดือนฝอยโดยเฉพาะในพื้นที่ค่อนข้างร้อนและเขตร้อนที่มีวัชพืชเติบโตตลอดทั้งปี จากการสำรวจแปลงปลูกฝรั่งของเกษตรกรในเขตนครปฐมและสมุทรสาคร พบวัชพืชหลายชนิดในแปลงที่จัดเป็นพืชอาศัยของไล่เดือนฝอยรากปม ได้แก่ กะเม็ง กระเพราผี ครอบจักรวาล โทงเทง น้ำนมราชสีห์ ผักบุ้ง ผักยาง ผักละออง ลิ้นงู และหญ้าตีนนก เป็นต้น วัชพืชเหล่านี้เป็นพืชอาศัยของไล่เดือนฝอยที่ควรกำจัดออกจากแปลง (จำเนียร และคณะ, 2559) โดยไล่เดือนฝอยรากปมสามารถระบาดทางน้ำได้ในกรณีที่ใช้น้ำจากแหล่งชลประทานเดียวกัน เช่น หากพื้นที่มีการระบายถ่ายเทน้ำลงสู่คลองชลประทาน ไล่เดือน

ฝอยส่วนหนึ่งจะพัดตัวอยู่กับวัชพืชในและริมคลองชลประทาน เมื่อพื้นที่ปลายน้ำดูดน้ำเข้าไปใช้ ไช้และตัวไล่เดือนฝอยรากปมสามารถแพร่ระบาดได้ต่อเนื่อง (Treonis and Wall, 2005) ดังนั้นการหาวิธีการต่าง ๆ เพื่อลดความรุนแรงของโรครากปมหรือลดปริมาณไล่เดือนฝอยสกุลดังกล่าวนี้จึงเป็นเรื่องจำเป็นที่สำคัญ แต่เนื่องจากไล่เดือนฝอยรากปมมีพืชอาศัยได้มากมายหลายชนิด ลักษณะการเข้าทำลายอยู่ที่ส่วนของพืชใต้ดิน มีการเพิ่มจำนวนได้ครั้งละมาก ๆ และรวดเร็ว ทำให้การจัดการโรครากปมทำได้ยากกว่าการจัดการศัตรูพืชชนิดอื่น ๆ การใช้สารเคมีกำจัดไล่เดือนฝอยรากปมเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ สะดวก ใช้ง่าย และได้ผลรวดเร็ว แต่มักเป็นอันตรายต่อสุขภาพของเกษตรกร ผู้บริโภคผลผลิตจากพืชเหล่านั้น และเป็นอันตรายต่อสภาพแวดล้อม จึงจำเป็นต้องหาแนวทางการจัดการไล่เดือนฝอยรากปมที่ปลอดภัย และมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมน้อยที่สุด

การป้องกันกำจัดไล่เดือนฝอยโดยชีววิธี (biological control) จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่มีการศึกษากันอย่างกว้างขวางและต่อเนื่อง โดยการนำศัตรูธรรมชาติมาใช้ควบคุมไล่เดือนฝอย วัชพืชเป็นพืชที่ขึ้นมาจากธรรมชาติในแปลงปลูกพืช ส่วนใหญ่มักสร้างความเสียหายต่อพืชปลูก เนื่องจากวัชพืชเป็นตัวแย่งปัจจัยที่ใช้ในการเจริญเติบโตของพืชปลูก เกษตรกรต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย แรงงาน และเวลาในการกำจัด ในทางกลับกัน

วัชพืชบางชนิดอาจมีคุณสมบัติทางอัลลีโลพาที (allelopathy) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติในระบบนิเวศระหว่างพืชทุกชนิดรวมทั้งจุลินทรีย์ ที่ปลดปล่อยออกมาในสภาพแวดล้อมมีผลยับยั้ง และกระตุ้นการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ (Rimando *et al.*, 2001) จากการศึกษาชนิดของวัชพืชในแปลงพบวัชพืชบางชนิดที่ไม่ตอบสนองต่อการเกิดรากปมหรือไม่พบการเกิดรากปม ได้แก่ ด้อยติ่ง ผักเบี้ยหิน ไม้กวาด หญ้านกสีชมพู หนวดปลาชุก และแห้วหมู (จำเนียรและคณะ, 2559) ซึ่ง Curtis (2008) รายงานว่า ลักษณะบางอย่างของพืชที่ไม่เหมาะสมต่อการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอย ได้แก่ พืชสามารถผลิตสารเคมีบางชนิดออกมาจากราก (root exudates) มีผลในการขับไล่ไม่ให้ไส้เดือนฝอยเข้าทำลายรากพืช ตัวอย่างเช่น สาร  $\beta$ -terthienyl ที่ปลดปล่อยจากรากของดาวเรือง สาร cyclic hydroxamic acid และ 6-methoxy-2-benzoxazolinone จากรากของข้าวโพด (Friebe *et al.*, 1997; Zasada *et al.*, 2005) หรือพืชบางชนิดสามารถพัฒนาตัวเองให้มีผิวราก (root surface) ที่แข็งแรงจนกระทั่งไส้เดือนฝอยไม่สามารถเข้าทำลายได้ และแบบ post-infectious resistance เกิดขึ้นเนื่องจากพืชสามารถสร้างสารอัลลีโลเคมีคอล (allelochemical) หรือการเกิดความไม่สมดุลในเรื่องธาตุอาหารในตัวพืช (nutritional imbalance) จนไส้เดือนฝอยไม่สามารถเจริญเติบโตได้ตามปกติ ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของวัชพืชบางชนิดที่ปลูกร่วมกับมะเขือเทศต่อการเกิดรากปมและความมีชีวิตรอดของไส้เดือนฝอยในดิน โดยคาดว่าวัชพืชบางชนิดที่พบขึ้นทั่วไปในแปลงพืชปลูกจะสามารถปลดปล่อยสารอัลลีโลเคมีคอลออกมาทางรากในการกำจัดหรือตัดวงจรชีวิตของไส้เดือนฝอย เพื่อเป็นทางเลือกอีกทางหนึ่งในการป้องกันกำจัดไส้เดือนฝอยในแปลงพืชปลูกต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

### การเตรียมกลุ่มไข่ของไส้เดือนฝอย *M. incognita* และตัวอย่างพืช

นำรากปมของมะเขือเทศ อายุ 45 วัน จากแปลงที่มีการระบาดของไส้เดือนฝอย มาล้างดินออกให้สะอาด ตัดรากให้มีขนาด 3-5 เซนติเมตร นำไปแช่ในสารละลาย sodium hypochlorite ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ นาน 4 นาที แล้วนำไปล้างด้วยน้ำปลอดเชื้อ 3 ครั้ง ๆ ละ 5 นาที จากนั้นนำไปแช่ใน hydrogen peroxide ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ นาน 10 นาที เพื่อกำจัดปรสิตของไข่ไส้เดือนฝอย หลังจากนั้นเทผ่านตะแกรงร่อนขนาด 500 mesh เปิดน้ำไหลเพื่อล้างเป็นเวลา 3 นาที ใช้เข็มเย็บแยกกลุ่มไข่จากรากภายใต้กล้อง stereo microscope นำกลุ่มไข่ที่ได้พักในน้ำกลั่น ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน สุ่มนับจำนวนไข่ไส้เดือนฝอยจากน้ำกลั่น 10 ไมโครลิตร เพื่อนำไปใส่ลงในกระถางประมาณ 300 ตัวต่อกระถาง

ทำการทดลองในเรือนทดลองแบบเปิด ล้อมรอบด้วยตาข่ายลวด อากาศถ่ายเทได้ ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) จำนวน 6 ซ้ำ โดยนำเมล็ดของวัชพืชที่เก็บจากแปลงพืชปลูกทั่วไป บริเวณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม จำนวน 7 ชนิด ได้แก่ กะเม็ง (*Eclipta prostrata* L.) นานมราชสีห์ (*Euphorbia hirta* L.) ผักกะออง (*Vernonia cinerea* (L.) Less.) หญ้านกสีชมพู (*Echinochloa colona* (L.) Link.) หญ้าตีนกา (*Eleusine indica* (L.) Gaertn.) หญ้าไข่มุก (*Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) W.D. Clayton) และแห้วหมู (*Cyperus rotundus* L.) เปรียบเทียบกับปอเทือง

(*Crotalaria juncea* L.) ซึ่งเป็นพืชที่มีรายงานว่าสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของไส้เดือนฝอยรากปม (Mosjididis *et al.*, 2013) โดยแบ่งการปลูกวัชพืช ออกเป็น 2 แบบ คือ ปลูกวัชพืชเพียงอย่างเดียว จำนวน 2 ต้นต่อกระถาง และ ปลูกวัชพืชร่วมกับมะเขือเทศ (*Solanum lycopersicum* L.) (จำนวน 1 ต่อ 1 ต้นต่อกระถาง) เนื่องจากมีรายงานว่ามะเขือเทศเป็นพืชอาศัยที่ดีของไส้เดือนฝอย (Noling, 1999) จึงเลือกใช้เป็นพืชอาศัยทดสอบปลูกร่วมกับวัชพืชในการทดลองนี้ ปลูกพืชลงในกระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 17 นิ้ว ที่บรรจุดินผสมผ่านการอบฆ่าเชื้อ ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง สุ่มเก็บตัวอย่างดินหลังจากอบฆ่าเชื้อตรวจนับจำนวนไข่และตัวไส้เดือนฝอยที่ยังมีชีวิตอยู่ (พบว่ามีความเป็นศูนย์) ก่อนนำดินใส่ลงในกระถาง ปริมาณ 8 กิโลกรัม ดูแลและรดน้ำเพื่อให้พืชมีการเจริญเติบโตสมบูรณ์ เมื่อพืชอายุ 1 เดือน ใส่ตัวอย่างไส้เดือนฝอยรากปมลงในกระถางพืชแต่ละชนิด โดยใส่ที่บริเวณรากของต้นพืช ด้วย vinyl pipette โดยใช้ไม้แหลมเจาะดินให้เป็นรูรอบโคนต้นพืช 4 รู ลึกประมาณ 1.5 เซนติเมตร เมื่อใส่ไส้เดือนฝอยแล้วจึงกลบดินหลังจากนั้นรดให้น้ำ 4 วัน เก็บตัวอย่างพืชและดินหลังจากใส่ไส้เดือนฝอย 14, 21 และ 30 วัน เพื่อบันทึกข้อมูลการเกิดรากปมและจำนวนไส้เดือนฝอยในดิน

### ตรวจนับจำนวนรากปม

ถอนรากของต้นพืชออกจากกระถาง ทำความสะอาดรากพืชด้วยน้ำไหลเพื่อขจัดดินออกจากรากพืช ประเมินระดับความรุนแรงของการเกิดรากปมด้วยการประเมินด้วยสายตา โดยแบ่งเป็นระดับการประเมิน 0-10 ตามวิธีของ Bridge and Page (1980) (ตารางที่ 1)

### ตรวจนับไส้เดือนฝอยในดินตัวอย่าง

ร่อนดินด้วยวิธีของ Christie and Perry (1951) โดยชั่งตัวอย่างดิน 300 กรัม เติมน้ำให้ท่วม คนให้น้ำและเนื้อดินละลายเป็นเนื้อเดียวกัน นำมาร่อนดินผ่านตะแกรงร่อนขนาด 60, 100, 200 และ 325 mesh ตามลำดับ และนำน้ำใส่ที่ได้จากการผ่านตะแกรงมากรองผ่านกรวยกรองแก้วอีกครั้ง พักไว้เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำตัวอย่างน้ำล้างดินมาตรวจนับจำนวนไส้เดือนฝอยภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบ stereo microscope

### การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลทั้งหมดวิเคราะห์ทางสถิติ ด้วยโปรแกรม R Version 3.0.3 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ ( $P \leq 0.01$ ) ด้วยวิธีของ Duncan's new multiple range test (DMRT)

**Table 1.** Rating chart to assess and rank each root system on a class of root-knot symptom

| Root galling scale | Symptoms of infection                                              |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------|
| 0                  | No galling                                                         |
| 1                  | Few small knots that are difficult to find                         |
| 2                  | Clearly visible small knots                                        |
| 3                  | Some large knots visible                                           |
| 4                  | Large knots predominant                                            |
| 5                  | 50% of the roots infested with knotting on parts of the main roots |
| 6                  | Visible knotting on the main roots                                 |
| 7                  | Majority of the main roots are knotted                             |
| 8                  | All the main roots are knotted                                     |
| 9                  | Severe knotting on the main roots                                  |
| 10                 | All root severely knotted, plants usually dead                     |

Source: Bridge and Page (1980)

## ผลการทดลองและวิจารณ์

### การตอบสนองของพืชต่อการเกิดรากปม

จากการประเมินการเกิดรากปมของพืชทดสอบด้วยสายตา ตามวิธีของ Bridge and Page (1980) พบว่า กะเม็ง และผักละออง มีการเกิดรากปมมากที่สุดในทุกระยะที่ทำการประเมิน รองลงมาคือ หนุ่ยนกสีชมพู นอกจากนี้ยังพบวัชพืชที่ไม่มีการเกิดรากปม ได้แก่ ปอเทือง น้านมราชสีห์ และหญ้าไย่ง (ตารางที่ 2) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาปฏิกิริยาการตอบสนองการเกิดรากปมของวัชพืชในแปลงฝรั่ง พบว่า กะเม็ง และผักละออง จัดเป็นพืชอาศัยของไส้เดือนฝอยรากปม โดยที่พบรากปมเท่ากับ 31-100 ปมในระบบรากของกะเม็ง และมากกว่า 100 ปม ในระบบรากของผักละออง (จำเนียรและคณะ, 2559) นอกจากนี้ Niyaz and Hisamuddin (2009) พบว่ากะเม็งจัดเป็นพืชอาศัยที่ตีมากสำหรับไส้เดือนฝอยรากปม ทำให้การเจริญเติบโตส่วนรากของกะเม็งเปลี่ยนแปลงไปเกิดเป็นปมขนาดใหญ่ที่เนื้อเยื่อลำเลียง ส่วน Quénéhervé *et al.* (2011) พบว่าพืชปลูกอาศัยที่เหมาะสมสำหรับการเข้าฝังตัวของไส้เดือนฝอยในระบบรากของพืชตระกูล Solanaceae ได้แก่ มะเขือยาว พริกไทย มะเขือเทศ ยาสูบ พักทอง ส่วนวัชพืชอาศัยของไส้เดือนฝอย ได้แก่ ผักละออง สาบแร้งสาบกา ผักเสี้ยนผี จัตุรพระอินทร์ และผักกะสังข์ เป็นต้น สำหรับหนุ่ยนกสีชมพูนั้นเป็นวัชพืชหลักที่มีรายงานว่าพบในแปลงปลูกพืชหลายชนิด ตัวอย่างเช่น ข้าว ข้าวโพด อ้อย ถั่ว มันสำปะหลัง มีผลทำให้ผลผลิตของพืชปลูกลดลง และยังมีรายงานว่าวัชพืชชนิดนี้เป็นพืชอาศัยของศัตรูพืชพวกโรคพืช แมลง และไส้เดือนฝอย (Holm *et al.*, 1991) ในทางกลับกันผลการทดลองนี้พบว่า ปอเทือง น้านมราชสีห์ และหญ้าไย่ง ไม่มีการเกิดรากปม อาจเป็นไปได้ว่าวัชพืชทั้ง 3 ชนิดนี้ ไม่เหมาะสมต่อการเข้าอยู่อาศัยของไส้เดือนฝอย

จากการศึกษาผลทางอัลลีโลพาตีและสารสกัดจากวัชพืชเหล่านี้ พบว่ามีผลกระทบในการยับยั้งการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น น้านมราชสีห์สามารถนำมาใช้ในการป้องกันกำจัดเชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา และใช้กำจัดหนอน (Lanthers *et al.*, 1990) ส่วน Gayathri and Ramesh (2013) รายงานว่า สารสกัดด้วย ethyl acetate จากน้านมราชสีห์ สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus flavus* โดยทำลาย cell membrane ทำให้เกิดการรั่วไหลของ cellular protein นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าน้านมราชสีห์สามารถใช้เป็นยาแก้พิษและบรรเทาความเจ็บปวดจากการถูกแมลงปองและงูกัด โดยการใช้ใ้ยางูเพื่อกำจัดหนามออกจากผิวหนัง (Rajeh *et al.*, 2010) โดยที่พบสารประกอบพวก tanins ที่มีคุณสมบัติเป็นสารที่ยับยั้งกิจกรรมของไวรัส (antiretroviral activity) (Gyuris *et al.*, 2009) และพวก flavonoids, polyphenols, triterpenes และ phytosterols ที่สามารถยับยั้งกิจกรรมของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา (Ragasa and Cornelio, 2013) ส่วนหญ้าไย่งซึ่งเป็นวัชพืชฤดูเดียวที่พบมากในแปลงปลูกข้าวโพด และอ้อย มีรายงานว่าการใช้หญ้าไย่งในการคลุมดินสามารถช่วยควบคุมการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืช เช่น ก้นจ้าวขาว ไมยราบกระต่ายยอด สาบแร้งสาบกา และหญ้าข้าวนก (Meksawat and Pornprom, 2010) นอกจากนี้ อภิรัฐ และทศพล (2560) พบว่า การใช้หญ้าไย่งในลักษณะของการคลุมแปลงผัก ทำให้ความหนาแน่นของวัชพืชในแปลงผักลดลง และจากการศึกษาคุณลักษณะทางอัลลีโลพาตีของหญ้าไย่งในดินสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของวัชพืชก้นจ้าวขาวดอกใหญ่และหญ้าข้าวนกได้ สำหรับปอเทืองเป็นพืชที่โตเร็วนิยมใช้เป็นปุ๋ยพืชสดเนื่องจากเป็นแหล่งไนโตรเจน และยังช่วยในการยับยั้งการแพร่ระบาดของไส้เดือนฝอย (Wang and McSorley, 2004)

Table 2. Effects of single culture of weed species in plot experiments on root galling (scale 0 to 10) at 14, 20 and 30 days after inoculation (DAI) of nematodes

| Plant species                      | Root galling score  |        |        |
|------------------------------------|---------------------|--------|--------|
|                                    | 14 DAI              | 21 DAI | 30 DAI |
| <i>Crotalaria juncea</i>           | 0.00 c <sup>1</sup> | 0.00 b | 0.00 b |
| <i>Eclipta prostrata</i>           | 3.17 a              | 4.17 a | 4.83 a |
| <i>Vernonia cinerea</i>            | 2.67 a              | 4.00 a | 4.50 a |
| <i>Euphorbia hirta</i>             | 0.00 c              | 0.00 b | 0.00 b |
| <i>Rottboellia cochinchinensis</i> | 0.00 c              | 0.00 b | 0.00 b |
| <i>Echinochloa colona</i>          | 1.83 b              | 0.83 b | 0.50 b |
| <i>Eleusine indica</i>             | 0.00 c              | 0.17 b | 0.00 b |
| <i>Cyperus rotundus</i>            | 0.00 c              | 0.33 b | 0.00 b |

<sup>1</sup> Different letters in the same column indicate the significant difference (DMRT) at  $P \leq 0.01$

เมื่อทดสอบปลูกวัชพืชร่วมกับมะเขือเทศ (ตารางที่ 3) พบว่า การปลูกปอเทือง น้ำนมราชสีห์ หญ้า ไชย่ง และแห้วหมูร่วมกับมะเขือเทศ ที่ 14, 21 และ 30 วัน หลังจากการใส่ได้เดือนฝอย ไม่มีการเกิดรากปมในรากของวัชพืชทั้ง 4 ชนิด โดยที่การปลูกน้ำนมราชสีห์ หญ้า ไชย่ง และแห้วหมูร่วมกับมะเขือเทศ พบว่าในช่วงเวลา 14 วันหลังการใส่ได้เดือนฝอย วัชพืชทั้ง 3 ชนิด และมะเขือเทศไม่มีการการเกิดรากปม แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไป 21 และ 30 วันหลังจากการใส่ได้เดือนฝอยกลับพบว่า มะเขือเทศมีการเกิดรากปม ในขณะที่วัชพืชทั้ง 3 ชนิดไม่เกิดอาการรากปม โดยทั่วไปวงจรชีวิตของได้เดือนฝอยรากปมอาจจะสั้นหรือยาวขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและอุณหภูมิ ซึ่งอุณหภูมิประมาณ 27 องศาเซลเซียส ได้เดือนฝอยมีวงจรชีวิต 17-25 วัน จากระยะไข่จนตัวเต็มวัย แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำประมาณ 15 องศาเซลเซียส อาจใช้เวลาถึง 57 วัน (หทัยชนก และภาสกร, 2555) ซึ่งตลอดเวลาที่ทำการทดลองนี้อุณหภูมิอยู่ในช่วง 15.3-24.8 องศาเซลเซียส (ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน) สำหรับการปลูกปอเทืองร่วมกับมะเขือเทศ พบว่าปอเทืองไม่มีการเกิดรากปม ในขณะที่มะเขือเทศมีการเกิดรากปมไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับปลูกมะเขือเทศแบบเดี่ยว ทุกช่วงเวลาที่ทำการบันทึกข้อมูล จะเห็นได้ว่าปอเทืองไม่สามารถกำจัดได้เดือนฝอยรากปมได้ด้วยการปลูกร่วมกับ

พืชปลูก ซึ่ง Wang *et al.* (2002) รายงานว่า พืชพวกปอเทืองมีสารประกอบในกลุ่ม alkaloids ที่เป็นพิษต่อสัตว์ เช่น โรคตับแข็งในม้าและวัว รวมถึงมนุษย์ด้วย มีรายงานว่า การใช้ปอเทืองเป็นวัสดูดุคดินช่วยยับยั้งการแพร่กระจายของได้เดือนฝอย และเกิดรากปมน้อยมาก นอกจากนี้ยังรายงานว่าควรใช้วิธีการปลูกปอเทืองสลับกับพืชปลูกโดยการไถกลบในแปลง เนื่องจากการปลูกปอเทืองร่วมกับมะเขือเทศในการทดลอง ทำให้ได้เดือนฝอยไม่เข้าอาศัยรากของปอเทือง แต่กลับเข้าไปอาศัยในรากของมะเขือเทศ ปอเทืองเป็นพืชที่แนะนำให้ใช้ปลูกสลับกับพริก โดยใช้การไถกลบเมื่อต้นปอเทืองอายุ 50 วัน แล้วไถกลบก่อนปลูกพริก จะสามารถลดจำนวนได้เดือนฝอยในดินได้ 70 เปอร์เซ็นต์ (สรศักดิ์ และคณะ, 2552) นอกจากการไถกลบยังพบว่าการปลูกปอเทืองและตัดต้นคลุมดินมีประสิทธิภาพในการควบคุมได้เดือนฝอยได้ (Wang *et al.*, 2008) นอกจากนี้ผลการทดลองยังพบว่า การปลูกกะเม็งและผักละอองร่วมกับมะเขือเทศ ทั้งวัชพืชและมะเขือเทศมีการตอบสนองต่อการเกิดรากปมอย่างเห็นได้ชัดเจนในทุกช่วงเวลาที่ทำการบันทึกข้อมูล (ตารางที่ 3) โดยที่มีรายงานว่ากะเม็งเป็นวัชพืชใบกว้างที่มีกพบในแปลงข้าวและพืชปลูกอื่น ๆ และพบว่าจัดเป็นพืชอาศัย (alternate host) ที่เหมาะสมสำหรับได้เดือนฝอยรากปม (Kaur *et al.*, 2014) ส่วน Gapasin *et al.* (1993) รายงานว่าชนิดของวัชพืชที่มีศักยภาพในการเข้าอาศัยของ

ไส้เดือนฝอย ทำให้ไส้เดือนฝอยสามารถขยายพันธุ์เพิ่ม  
จำนวนประชากรได้ดี เช่น สาบแร้งสาบกา พันธุ์เขียว เขมร  
เล็ก ผักละออง หญ้าตีนกา และหญ้าตีนนก เป็นต้น

#### จำนวนไส้เดือนฝอยในดินบริเวณรากพืช

เมื่อนำดินบริเวณรากพืชในกระถางไปตรวจนับ  
จำนวนไส้เดือนฝอย โดยเปรียบเทียบจำนวนไส้เดือนฝอย  
ในดินที่มีการปลูกมะเขือเทศแบบเดี่ยว วัชพืชแบบเดี่ยว  
กับการปลูกวัชพืชร่วมกับมะเขือเทศ (ตารางที่ 4) พบว่า  
การปลูกวัชพืชทุกชนิดทั้งปลูกเดี่ยวและปลูกร่วมกับ  
มะเขือเทศจะทำให้ไส้เดือนฝอยสามารถมีการ  
แพร่กระจายอยู่ในดินได้ โดยการปลูกหัวหอมร่วมกับ  
มะเขือเทศจะพบไส้เดือนฝอยในดินมากกว่าการปลูกหัว  
หอมแบบเดี่ยว โดยที่มีจำนวนไส้เดือนฝอยในดินมากที่สุด  
เมื่อเปรียบเทียบกับ การปลูกพืชอื่นร่วมกับมะเขือเทศและ  
การปลูกมะเขือเทศเพียงอย่างเดียว ส่วนการปลูกปอเทือง  
น้ำมันราซสีห์ และหญ้าโขง ร่วมกับมะเขือเทศ พบว่ามี  
จำนวนไส้เดือนฝอยในดินมากกว่าการปลูกวัชพืชทั้ง 3  
ชนิดแบบเดี่ยว ในทางกลับกันการปลูกกะเม็งและผัก  
ละอองร่วมกับมะเขือเทศจะพบว่ามีจำนวนของไส้เดือน  
ฝอยในดินลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับ การปลูกกะเม็งและ

ผักละอองแบบเดี่ยว จากการศึกษาแนวโน้มของจำนวน  
ไส้เดือนฝอยในดิน พบว่า การแพร่กระจายของไส้เดือน  
ฝอยในดินที่มีการปลูกมะเขือเทศซึ่งเป็นพืชอาศัยที่  
เหมาะสมสำหรับไส้เดือนฝอยจะมีจำนวนมากที่ 21 วัน  
หลังจากใส่ไส้เดือนฝอย โดยที่ Hay and Stirling (2014)  
รายงานว่าช่วงอายุของไส้เดือนฝอย 20-30 วัน (ระยะ  
juvenile 2) จะมีศักยภาพในการเคลื่อนย้ายเข้าสู่รากพืช  
ได้ดีที่สุด แต่ไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้เมื่อดินแห้ง

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบจำนวนไส้เดือนฝอยใน  
ดินที่ทำการปลูกวัชพืชแบบเดี่ยวเปรียบเทียบกับ การปลูก  
ร่วมกับมะเขือเทศ ที่ 14, 21 และ 30 วันหลังจากการใส่  
ไส้เดือนฝอย พบว่า การปลูกวัชพืชร่วมกับมะเขือเทศมี  
จำนวนไส้เดือนฝอยในดินมากกว่าการปลูกวัชพืชแบบ  
เดี่ยว ยกเว้นการปลูกผักละออง พบว่าที่ 21 และ 30 วัน  
หลังจากใส่ไส้เดือนฝอย การปลูกผักละอองร่วมกับมะเขือ  
เทศทำให้จำนวนไส้เดือนฝอยในดินน้อยกว่าการปลูกผัก  
ละอองแบบเดี่ยว นอกจากนี้ยังพบว่าความสัมพันธ์ของ  
จำนวนไส้เดือนฝอยในดินกับระยะเวลาในการใส่ไส้เดือน  
ฝอยจะมีแนวโน้มลดลงในวัชพืชทดสอบเกือบทุกชนิด  
ยกเว้นการน้ำมันราซสีห์ร่วมกับมะเขือเทศ และการปลูก  
ผักละอองแบบเดี่ยว

Table 3. Effects of mixed culture of weed spices and *Solanum lycopersicum* (crop) in plot experiments  
on root galling (scale 0 to 10) at 14, 20 and 30 days after inoculation (DAI) of nematodes

| Plant species                      | Root galling score |        |         |         |        |         |
|------------------------------------|--------------------|--------|---------|---------|--------|---------|
|                                    | 14 DAI             |        | 21 DAI  |         | 30 DAI |         |
|                                    | Weed               | Crop   | Weed    | Crop    | Weed   | Crop    |
| <i>Solanum lycopersicum</i>        |                    | 3.33 b |         | 6.83 a  |        | 5.67 a  |
| <i>Crotalaria juncea</i>           | 0.00 b             | 5.83 a | 0.00 c  | 4.50 ab | 0.00 b | 4.83 a  |
| <i>Eclipta prostrata</i>           | 1.00 a             | 2.83 b | 1.83 a  | 3.50 b  | 2.00 a | 4.17 ab |
| <i>Vernonia cinerea</i>            | 1.17 a             | 2.33 b | 1.33 ab | 3.83 b  | 2.17 a | 2.17 bc |
| <i>Euphorbia hirta</i>             | 0.00 b             | 0.00 c | 0.00 c  | 0.83 c  | 0.00 b | 0.50 c  |
| <i>Rottboellia cochinchinensis</i> | 0.00 b             | 0.00 c | 0.00 c  | 0.67 c  | 0.00 b | 0.33 c  |
| <i>Echinochloa colona</i>          | 0.17 b             | 0.00 c | 0.00 c  | 0.00 c  | 0.00 b | 0.33 c  |
| <i>Eleusine indica</i>             | 0.00 b             | 0.00 c | 0.67 bc | 0.33 c  | 0.00 b | 0.50 c  |
| <i>Cyperus rotundus</i>            | 0.00 b             | 0.00 c | 0.00 c  | 0.83 c  | 0.00 b | 0.33 c  |

<sup>1</sup>Different letters in the same column indicate the significant difference (DMRT) at  $P \leq 0.01$

นอกจากนี้ระบบรากและการกระจายตัวของรากที่แตกต่างกันของวัชพืชทดสอบ อาจส่งผลกระทบต่อ การเข้าทำลายรากของวัชพืชทดสอบ จากการศึกษาของ Fogain and Gowen (2005) พบว่าระบบรากของพืช นับว่ามีบทบาทสำคัญสำหรับการเข้าทำลายของศัตรูพืชที่อยู่ในดิน ซึ่งระบบรากจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงกลไกความทนทานหรือต้านทานหรือการหลบหลีกจากศัตรูพืช โดยที่ Sheng *et al.* (2017) รายงานว่า ความแตกต่างของระบบรากพืชและบริเวณรอบรากพืช (rhizosphere) จะมีผลต่อปริมาณสารอัลลิเลเคมีคอลที่พืชปลดปล่อยออกมา โดยพืชที่มีการพัฒนาส่วนรากได้ดีมีการแพร่กระจายไปทั่วพื้นที่จะสามารถปลดปล่อยสารออกมาได้ปริมาณมากกว่ารากที่ไม่มีการพัฒนาหรือมีบริเวณรอบรากพืชคงที่ นอกจากนี้ Fogain and Gowan (2005) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะทางสัณฐานวิทยาและการพัฒนาของรากกับผลต่อประชากรไส้เดือนฝอย *Radopholus similis* ซึ่งเป็นไส้เดือนฝอยพวก parasitic-nematode พบว่าการแพร่กระจายของไส้เดือนฝอยจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญโดยที่พบไส้เดือนฝอยเป็นจำนวนมากในรากที่มีความลึก ประมาณ 20-40 เซนติเมตร นอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะของเนื้อเยื่อที่มีช่องว่างของรูอากาศมาก จะพบประชากรของไส้เดือนฝอยเป็นจำนวนมาก

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า กะเม็ง ผักละออง หญ้านกสีชมพู และหญ้าตีนกา จัดเป็นวัชพืชอาศัยที่ดีของไส้เดือนฝอย ควรรีบกำจัดออกจากแปลงพืชปลูก เนื่องจากพบอาการการเกิดรากปมในรากของวัชพืชทั้งสองชนิดและมะเขือเทศเมื่อทำการปลูกร่วมกัน ส่วนเหี่ยวหมื่นเป็นวัชพืชที่ไม่มีการตอบสนองต่อการเกิดรากปม แต่เมื่อปลูกร่วมกับมะเขือเทศทำให้ไส้เดือนฝอยสามารถขยายพันธุ์เพิ่มจำนวนได้มากขึ้น จึงเป็นวัชพืชที่ควรรีบกำจัดออกจากแปลงปลูกด้วยเช่นกัน สำหรับวัชพืชพวกปอเทือง น้ำนมราชสีห์ และหญ้าโขง พบว่าวัชพืชทั้ง 3 ชนิดนี้ ไม่มีการตอบสนองต่อการเกิดรากปม เมื่อปลูกแบบเดี่ยวจะมีผลทำให้จำนวนไส้เดือนฝอยในดินลดลงมากหลังจาก 30 วันที่มีการใส่ไส้เดือนฝอย จึงแนะนำว่าวัชพืชทั้ง 3 ชนิดนี้ควรกำจัดโดยการไถกลบหรือทำเป็นพืชคลุมดิน แล้วทิ้งแปลงไว้สักระยะเวลาหนึ่ง เพื่อให้เศษของวัชพืชได้มีการปลดปล่อยสารอัลลิเลเคมีคอลออกมา กำจัดไส้เดือนฝอยที่มีอยู่ในดิน หลังจากนั้นจึงทำการปลูกพืชในแปลง ซึ่งสารประกอบทางเคมีของวัชพืชที่มีผลทางอัลลิเลพาที่ต่อการมีชีวิตรอดของไส้เดือนฝอยในดิน จึงควรที่จะมีการศึกษาต่อไป

Table 4. Allelopathic effect from weed species on nematode population detected in 300 g soil sample in single (S) and mixed culture with *Solanum lycopersicum* (T) at 14, 20 and 30 days after inoculation (DAI) of nematodes

| Plant species                      | Number of nematode population |                    |        |        |        |         |
|------------------------------------|-------------------------------|--------------------|--------|--------|--------|---------|
|                                    | 14 DAI                        |                    | 21 DAI |        | 30 DAI |         |
|                                    | S                             | T                  | S      | T      | S      | T       |
| <i>Solanum lycopersicum</i>        |                               | 190 c <sup>1</sup> |        | 473 b  |        | 290 c   |
| <i>Crotalaria juncea</i>           | 177 c                         | 540 c              | 82 bc  | 142 d  | 23 d   | 65 d    |
| <i>Eclipta prostrata</i>           | 564 b                         | 1,488 b            | 494 a  | 123 d  | 20 d   | 13 d    |
| <i>Euphorbia hirta</i>             | 9 d                           | 170 c              | 87 bc  | 257 cd | 108 c  | 502 b   |
| <i>Vernonia cinerea</i>            | 172 c                         | 152 c              | 166 b  | 128 d  | 279 a  | 91 d    |
| <i>Echinochloa colona</i>          | 73 d                          | 299 c              | 26 c   | 169 d  | 15 d   | 90 d    |
| <i>Eleusine indica</i>             | 63 d                          | 205 c              | 135 b  | 145 d  | 44 d   | 485 b   |
| <i>Rottboellia cochinchinensis</i> | 52 d                          | 526 c              | 29 c   | 377 bc | 94 c   | 346 c   |
| <i>Cyperus rotundus</i>            | 1,475 a                       | 3,340 a            | 116 bc | 3,170a | 150 b  | 2,157 a |

<sup>1</sup>Different letters in the same column indicate the significant difference (DMRT) at  $P \leq 0.01$



## สรุป

วัชพืชที่ขึ้นร่วมกับพืชปลูกควรกำจัดออกจากแปลงที่มีการระบาดของไส้เดือนฝอย เนื่องจากอาจเป็นพืชอาศัยที่เหมาะสมต่อไส้เดือนฝอยและทำให้การแพร่ขยายพันธุ์ของไส้เดือนฝอยในดินเพิ่มขึ้น ได้แก่ กะเม็ง ผักละออง หญ้านกสีชมพู หญ้าตีนกา และแห้วหมู ส่วนวัชพืชที่ควรปล่อยให้ขึ้นในแปลงที่มีการระบาดของไส้เดือนฝอยก่อนปลูกพืช เนื่องจากมีผลทำให้จำนวนไส้เดือนฝอยในดินลดลงเมื่อปลูกแบบเดี่ยว ได้แก่ ปอเทือง น้านมราชสีห์ และหญ้าโขง

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และขอขอบคุณทุนอุดหนุนวิจัยพืชไร่นา ปี 2561 ซึ่งเป็นโครงการสนับสนุนและส่งเสริมการวิจัยของภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

## เอกสารอ้างอิง

จำเนียร ขมภู อมรศรี ขุนอินทร์ และ ทศพล พรพรม. 2559. วัชพืชในแปลงฝรั่งบางชนิดที่เป็นพืชอาศัยของไส้เดือนฝอยรากปม (*Meloidogyne* spp.). วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 47(1): 81-92.

สรศักดิ์ มณีขาว นุชนารถ ตั้งจิตสมคิด พเยาว์ พรหมพันธุ์ ใจ นวลจันทร์ ศรีสมบัติ วันเพ็ญ ศรีทองชัย นฤทัย วรสถิตย์ นาดยา จันทรสังข์ บุญชู สายธนู ธวัชชัย นิมกังรัตน์ เสาวณี เขตสกุล และอุดม คำชา. 2552. การทดสอบระบบการปลูกพืชเพื่อแก้ปัญหาโรครากปมฟริกที่เกิดจากไส้เดือนฝอยในเขตพื้นที่ภาคตะวันออก เชียงเหนือตอนล่าง, หน้า 220-233. ใน: รายงานการสัมมนาระบบเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 5 ผลงานทดแทนและความมั่นคงทางอาหารเพื่อ

มนุษยชาติ, 2-4 กรกฎาคม 2552, โรงแรมอูบลอินเตอร์เนชั่นแนล, อุบลราชธานี.

หทัยชนก นันทพานิช และ ภาสกร นันทพานิช. 2555. การศึกษาผลของสารสกัดสมุนไพรพื้นบ้านในการกำจัดไส้เดือนฝอยสาเหตุของโรครากปมในฟริก. รายงานฉบับสมบูรณ์ประจำปีงบประมาณ 2555. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

อภิรัฐ บัณฑิต และ ทศพล พรพรม. 2560. การประเมินคุณลักษณะทางอัลลีโลพาตีจากหญ้าโขงต่อการยับยั้งการเติบโตของวัชพืชในสภาพแปลง. วารสารเกษตร 33(2): 193-202.

Bridge, J. and S.L.J. Page. 1980. Estimation of root-knot nematode infestation levels on roots using a rating chart. Tropical Pest Management 26: 296-298.

Christie, J.R. and V.G. Perry. 1951. Removing nematodes from soil. Proceedings of the Helminthological Society of Washington 18: 106-108.

Curtis, R.H.C. 2008. Plant-nematode interactions: environmental signals detected by the nematode's chemosensory organs control changes in the surface cuticle and behavior. Parasite 15: 310-316.

Fogain, R. and R.S. Gowen. 2005. Root morphology and development of banana and plantain root systems in relation to nematode population. Fruits 60(5): 297-302.

Friebe, A., W. Lever, R. Sikora and H. Schnabl. 1997. Allelochemical in root exudates of maize: effects on root lesion nematode *Pratylenchus zea*. Recent Advances in Phytochemistry 32: 71-93.

Gapasin, R.M., E.B. Barsalote and M.S. Lumbre. 1993. Weeds as host for nematodes. Visayas State College of Agriculture, Baybay, Leyte. 10 p.

- Gayathri, A. and K.V. Ramesh. 2013. Antifungal activity of *Euphorbia hirta* L. inflorescence extract against *Aspergillus flavus* - a mode of action study. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 2(4): 31-37.
- Gyuris, A., L. Szilávik, J. Minárovits, A. Vasas, J. Molnár and J. Hohmann. 2009. Antiviral activities of extracts of *Euphorbia hirta* L. against HIV-1, HIV-2 and SIV<sub>mac251</sub>. In Vivo 23: 429-432.
- Holm, L.G., D.L. Plucknett, J.V. Pancho and J.P. Herberger. 1991. The World's Worst Weeds: Distribution and Biology. The University Press of Hawaii, Honolulu. 609 p.
- Hay, F. and G. Stirling. 2014. Management of root-knot nematode in vegetable crops. Booklet of Horticulture Australia Limited Project MT09067, Sydney. 43 p.
- Kaur, B., S. Bhatia and K.K. Sharma. 2014. Diversity and impact of invasive alien plant species of family Asteraceae in Jammu district (Jammu and Kashmir, India). International Journal of Interdisciplinary and Multidisciplinary Studies 1(8): 51-62.
- Lanhers, M.C., J. Fleurentin, P. Caballion, A. Rolland, P. Dorfman, R. Misslin and J.M. Pelt. 1990. Behavioral effects of *Euphorbia hirta* L.: sedative and anxiolytic properties. Journal of Ethnopharmacology 29(2): 189-198.
- Meksawat, S. and T. Pornprom. 2010. Allelopathic effect of itchgrass (*Rottboellia cochinchinensis*) on seed germination and plant growth. Weed Biology and Management 10: 16-24.
- Niyaz, T. and Hisamuddin. 2009. Histology of the interactions of *Paecilomyces lilacinus* with *Meloidogyne incognita* on *Eclipta alba* (L.). Archives of Phytopathology and Plant Protection 42(9): 829-834.
- Quénéhervé, P., M. Godefroid, P. Mège and S. Marie-Luce. 2011. Diversity of *Meloidogyne* spp. parasitizing plants in Martinique Island, French West Indies. Nematopica 41: 191-199.
- Ragasa, C.Y. and K.B. Cornelio. 2013. Triterpenes from *Euphorbia hirta* and their cytotoxicity. Chinese Journal of Natural Medicines 11(5): 528-533.
- Rajeh, M.A.B., Z. Zuraini, S. Sasidharan, L.Y. Latha and S. Amutha. 2010. Assessment of *Euphorbia hirta* L. leaf, flower, stem and root extracts for their antibacterial and antifungal activity and brine shrimp lethality. Molecules 15: 6008-6018.
- Rimando, A.M., M. Olofsdotter, F.E. Dayan and S.O. Duke. 2001. Searching for rice allelochemicals: an example of bioassay-guided isolation. Agronomy Journal 93: 16-20.
- Sheng, C., R. Bol, D. Vetterlein, J. Vanderborght and A. Schnepf. 2017. The development of the rhizosphere: simulation of root exudation for two contrasting exudates: citrate and mucilage. Geophysical Research Abstracts 19: EGU2017-7606.
- Treonis, A.M. and D.H. Wall. 2005. Soil nematodes and desiccation survival in the extreme arid environment of the Antarctic dry valleys. Integrative and Comparative Biology 45(5): 741-750.
- Wang, K.H., B.S. Sipes and D.P. Schmitt. 2002. *Crotalaria* as a cover crop for nematode management: a review. Nematopica 32(1): 35-57.

- Wang, K.H. and R. McSorley. 2004. Management of nematodes and soil fertility with sunn hemp cover crop. Department of Entomology and Nematology, UF/IFAS Extension, Gainesville, Florida.
- Wang, K.H., R. Mcsorley, R. Gallaher and N.K. Burelle. 2008. Cover crops and organic mulches for nematode, weed, and plant health management. *Journal of Nematology* 10: 231-242.
- Williamson, V.M. and R.S. Hussey. 1996. Nematode pathogenesis and resistance in plants. *The Plant Cell* 8: 1735-1745.
- Zasada, I.A., S.L.F. Meyer, J.M. Halbrecht and C. Rice. 2005. Activity of hydroxamic acids from *Secale cereale* against the plant parasitic nematodes *Meloidogyne incognita* and *Xiphinema americanum*. *Phytopathology* 95: 1116-1121.
-



# ชีวภัณฑ์แอกติโนไมซีส์เอนโดไฟต์แบบกระดาษเพื่อควบคุมโรคถดฝักดาบ ของข้าวไรซ์เบอร์รี่ในระยะกล้า

## Paper Type Bioproduct of Endophytic Actinomycetes for Controlling Bakanae Disease of Riceberry Rice in Seedling Stage

ชวลิต ตนะทิพย์ และ เกวาลิน คุณาศักดากุล<sup>\*</sup>  
Chavalit Tanatip and Kaewalin Kunasakdakul<sup>\*</sup>

ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

Department of Entomology and Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

<sup>\*</sup>Corresponding author: Email: kaewalin.k3@gmail.com

(Received: 12 April 2017; Accepted: 25 September 2017)

**Abstract:** A total of 45 isolates of endophytic actinomycete (EA) were isolated from herb and rice explants then were evaluated for their antifungal activities against *Fusarium moniliforme* causing bakanae disease of riceberry rice. Three isolates of EA; PRE5, CINv1 and CEN26, isolated from herbal plants significantly exhibited high percentages of inhibitory activities at 84.80, 82.66 and 81.85, respectively. In order to collect aerial mycelia of the selected EA isolates, type of filter paper (Ø 9.0 cm) were place on the surface of IMA-2 cultured media. The results showed that the germination test paper was the best trial obtaining the highest aerial mycelium averaged number at  $4.13 \times 10^9$  spores/piece for using as bioproduct. Efficacy testing of bio product to control bakanae disease in rice seedling stage was determined at the rating of bioproduct 1 piece/ 1 liter of water, then rice seeds were soaked for 24 hr before planting. Evaluation of the disease trial of isolate CINv1 revealed the diseases reduction and increased survival rate of seedling. Accordingly, colonization trials of CINv1 in rice seedling successfully observed in the root parts with the highest re-isolation percentage at 96.15.

**Keywords:** Endophytic actinomycetes, bakanae disease, riceberry rice

**บทคัดย่อ:** จากการคัดเลือกเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์จำนวน 45 ไอโซเลทที่แยกได้จากพืชสมุนไพรและข้าว ต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Fusarium moniliforme* สาเหตุโรคอดฝักดาบของข้าวไรซ์เบอร์รี่ พบว่า สามารถคัดเลือกเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์ได้ 3 ไอโซเลท คือ PRE5, CINv1 และ CEN26 ที่สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรคได้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 84.80, 82.66 และ 81.85 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และในการเก็บสปอร์ที่สร้างบน aerial mycelium ของเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์ที่คัดเลือกได้โดยเพิ่มปริมาณบนอาหารสังเคราะห์ IMA-2 และทดสอบวางกระดาษกรองชนิดต่าง ๆ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตรบนผิวหน้าของอาหารเพื่อรองรับ aerial mycelium พบว่า สามารถเก็บสปอร์บนกระดาษชนิด germination test paper ได้ดีที่สุดเฉลี่ยจากทั้ง 3 ไอโซเลท เท่ากับ  $4.13 \times 10^9$  สปอร์ต่อแผ่น จากนั้นนำแผ่นกระดาษที่รองรับสปอร์ไปทำให้แห้งเพื่อใช้เป็นชีวภัณฑ์และจากการทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมโรคอดฝักดาบในระยะกล้า โดยใช้แช่เมล็ดพันธุ์ข้าวในสปอร์แขวนลอยของเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์ที่คัดเลือกได้ใน อัตราการใช้ 1 แผ่นต่อน้ำ 1 ลิตร ก่อนนำไปเพาะปลูก ผลการทดสอบพบว่า ไอโซเลท CINv1 สามารถยับยั้งการเกิดโรคและทำให้ต้นกล้าข้าวมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตมากที่สุดในทุกชุดการทดสอบ สอดคล้องกับผลแยกเชื้อกลับเพื่อตรวจสอบความสามารถในการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์ในต้นกล้าข้าวหลังงอก 7 วัน ซึ่งพบว่า ไอโซเลท CINv1 มีเปอร์เซ็นต์การแยกเชื้อกลับในส่วนของรากของต้นกล้าข้าวมากที่สุด เท่ากับ 96.15 เปอร์เซ็นต์

**คำสำคัญ:** เชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์ โรคอดฝักดาบ ข้าวไรซ์เบอร์รี่

## คำนำ

ข้าวไรซ์เบอร์รี่ (riceberry rice) เป็นสายพันธุ์ข้าวที่ได้รับการพัฒนาให้เป็นข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ที่เรียกว่า ธัญโอสธ โดยมีลักษณะประจำพันธุ์เป็นข้าวเจ้า สีม่วงเข้ม เมล็ดเรียวยาว ปลูกได้ตลอดปี ด้านทานต่อโรคไหม้ แต่ไม่ต้านทานต่อโรคอดฝักดาบ อีกทั้งระบบการปลูกที่เหมาะสมและที่เป็นยอมรับของตลาด คือ การปลูกในระบบเกษตรอินทรีย์ที่ไม่มีการใช้สารเคมีชนิดใด ๆ จึงมักประสบกับปัญหาการปนเปื้อนของเชื้อรา *Fusarium moniliforme* สาเหตุโรคอดฝักดาบ ที่สามารถถ่ายทอดโรคโดยการติดไปกับเมล็ดได้มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ (Ou, 1985) และยังสามารถก่อให้เกิดความเสียหายกับเมล็ดพันธุ์ได้ทุกระยะขณะเก็บรักษาไว้ (Sunder et al., 1997) จึงเป็นเหตุให้เกษตรกรไม่มีเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพใช้ในการเพาะปลูกในฤดูถัดไป (Hossain et al., 2013) การใช้เชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์ที่มีความสามารถในการเป็นปฏิปักษ์ต่อเชื้อราสาเหตุโรคเป็นอีกวิธีหนึ่งที่น่าสนใจสนับสนุนในกระบวนการผลิตพืชแบบอินทรีย์ แต่เนื่องด้วยวิธีการนำไปใช้แบบเชื้อสดยังมีความยุ่งยากและไม่เป็นที่ยอมรับของเกษตรกร งานวิจัยในครั้งนี้

จึงมุ่งหวังพัฒนารูปแบบชีวภัณฑ์ของเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์ในรูปแบบสปอร์แห้งบนกระดาษเพื่อให้เกษตรกรสามารถนำไปใช้ในการควบคุมโรคอดฝักดาบได้ง่ายขึ้น

## อุปกรณ์และวิธีการ

### 1. การแยกเชื้อราสาเหตุโรค

สุ่มเก็บตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ข้าวไรซ์เบอร์รี่ จำนวน 400 เมล็ด จากนั้นนำเมล็ดพันธุ์ตัวอย่าง 1 กิโลกรัม ในแต่ละแหล่งผลิต คือ จังหวัดเชียงราย (CR) สระบุรี (SB) และพิษณุโลก (PL) มาเพาะบนกระดาษชนิดเพาะเมล็ด (germination test paper) ด้วยวิธีเพาะบนกระดาษขึ้น (blotter method) บ่มทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 วัน จากนั้นแยกเชื้อรา *Fusarium* spp. ที่เจริญออกมาบนเปลือกเมล็ดพันธุ์ข้าว ด้วยวิธี single spore isolation เพื่อเลี้ยงเป็นเชื้อราบริสุทธิ์ ศึกษาลักษณะของเชื้อราเพื่อยืนยันว่าเป็นเชื้อรา *F. moniliforme* และทดสอบความสามารถในการก่อโรคอดฝักดาบในข้าวไรซ์เบอร์รี่ โดยการปลูกเชื้อลงในเมล็ดพันธุ์ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่ผิวด้วยแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา

3 นาที และแช่ในน้ำร้อน อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำเมล็ดแช่ลงใน spore suspension ของเชื้อรา *F. moniliforme* แต่ละไอโซเลท ที่ความเข้มข้น  $10^6$  spores/ml เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปเพาะลงในดินที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วที่บรรจุในกระบะเพาะเมล็ดขนาด 23 x 23 x 9 เซนติเมตร จำนวนกระบะละ 100 เมล็ด สังเกตและตรวจดูอาการผิดปกติของต้นกล้าหลังจาก 14 วัน และคำนวณเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค (disease incidence) โดยใช้สูตรคำนวณ ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค} = \frac{\text{จำนวนต้นกล้าที่แสดงอาการผิดปกติ}}{\text{จำนวนต้นกล้าทั้งหมด}} \times 100$$

คัดเลือกเชื้อรา *F. moniliforme* สาเหตุโรคที่มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคสูงที่สุดในแต่ละแหล่งผลิตเมล็ดพันธุ์ เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

## 2. การคัดเลือกเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์

นำเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์ที่แยกได้จากพืชสมุนไพร เช่น ผักแว่น อบเชย กระเทียม และดีปลี เป็นต้น จำนวนรวม 15 ไอโซเลท และที่แยกได้จากต้นข้าว จำนวน 30 ไอโซเลท จากห้องปฏิบัติการโรคพืชภาควิชาที่วิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มาเพิ่มจำนวนเพื่อใช้ในการทดสอบความเป็นปฏิปักษ์กับเชื้อรา *F. moniliforme* สาเหตุโรคยอดผักตบของข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่คัดเลือกจากการทดลองข้อ 1 ด้วยวิธี dual culture โดยเลี้ยงเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์บนอาหารเลี้ยงเชื้อ IMA-2 เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นวางเชื้อราสาเหตุโรคบริเวณตรงกันข้าม ระยะห่าง 3 เซนติเมตร วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำทำ 1 จานอาหาร สำหรับชุดควบคุมวางเชื้อราสาเหตุโรคเพียงอย่างเดียว เมื่อบ่มเชื้อไว้เป็นเวลา 10 วัน บันทึกผลโดยวัดขนาดรัศมีของโคโลนีเชื้อราสาเหตุโรคในชุดควบคุมและชุดทดสอบ และคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญ (percent

inhibition of radial growth, PIRG) โดยใช้สูตรคำนวณ ดังนี้

$$\text{PIRG} = \frac{R1 - R2}{R1} \times 100$$

R1 = ความยาวรัศมีของโคโลนีเชื้อราสาเหตุโรคในชุดควบคุม

R2 = ความยาวรัศมีของโคโลนีเชื้อราสาเหตุโรคในชุดทดสอบ

โดยประเมินประสิทธิภาพการยับยั้งจากค่า PIRG ดังนี้

|       |             |                                       |
|-------|-------------|---------------------------------------|
| >75   | เปอร์เซ็นต์ | มีประสิทธิภาพในการยับยั้งระดับสูงมาก  |
| 61-75 | เปอร์เซ็นต์ | มีประสิทธิภาพในการยับยั้งระดับสูง     |
| 50-60 | เปอร์เซ็นต์ | มีประสิทธิภาพในการยับยั้งระดับปานกลาง |
| <50   | เปอร์เซ็นต์ | มีประสิทธิภาพในการยับยั้งระดับต่ำ     |

คัดเลือกเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์ที่มีประสิทธิภาพการยับยั้งระดับสูงมากตั้งแต่ 80 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป (Phuakjaiphaeo and Kunasakdakul, 2015) เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

## 3. การทดสอบชนิดกระดาดรองรับ aerial mycelium ในการเลี้ยงเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์บนอาหารเลี้ยงเชื้อ IMA-2

นำ spore suspension ความเข้มข้น  $10^6$  spores/ml ปริมาตร 100 µl ของเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์ที่มีประสิทธิภาพการยับยั้งระดับสูงมากตั้งแต่ 80 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป มาเพาะเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ IMA-2 โดยใช้เทคนิค spread plate จากนั้นวางทับผิวหน้าอาหารด้วยกระดาษชนิดเพาะเมล็ด และกระดาษกรอง (Whatman filter paper) No.1, 2, 4 และ 5 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร บ่มไว้ในที่มืด อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน ลอกแผ่นกระดาษออกมาด้วยความร้อน 30 องศาเซลเซียส นาน 4 วัน วางแผนการ

ทดลองแบบ CRD โดยทำการทดลอง 4 ซ้ำ แต่ละซ้ำทำ 1 จานอาหาร บันทึกผลการทดลองโดยนับสปอร์ของเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์แต่ละไฮโซเลทที่สร้างบน aerial mycelium ต่อกระดาษ 1 แผ่น ด้วยวิธี dilution plate method

#### 4. การทดสอบประสิทธิภาพเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์ในควบคุมโรคถอดฝักดาบของข้าวไรซ์เบอร์รี่ ระยะกล้า

เตรียมเมล็ดพันธุ์ข้าวไรซ์เบอร์รี่สำหรับการทดสอบด้วยวิธีการฆ่าเชื้อที่ผิวด้วยแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ 3 นาที และแช่ในน้ำร้อน อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำเมล็ดพันธุ์ข้าวไรซ์ใน spore suspension ของเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์ที่คัดเลือกได้ที่ความเข้มข้น  $10^8$  spores/ml ส่วนชุดควบคุมแช่ในน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำเมล็ดพันธุ์ข้าวมาเพาะบนวัสดุเพาะเมล็ดที่ผ่านการฆ่าเชื้อ แล้วผสมด้วย spore suspension ความเข้มข้น  $10^6$  spores/ml ของเชื้อรา *F. moniliforme* สาเหตุโรคถอดฝักดาบของพันธุ์ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่มีความรุนแรงในการก่อโรคมากที่สุดของแต่ละแหล่งผลิต ส่วนชุดควบคุมวางเมล็ดพันธุ์ข้าวบนวัสดุที่ไม่มีการผสมของ spore suspension เชื้อราสาเหตุ วางแผนการทดลองแบบ CRD โดยทำการทดลอง 4 ซ้ำ แต่ละซ้ำทำ 100 เมล็ด ตรวจวัดอาการของโรคในต้นกล้าข้าวเมื่ออายุครบ 7 วัน และนับจำนวนต้นกล้าข้าวที่มีชีวิตรอดหลังอายุครบ 30 วัน

#### 5. การตรวจสอบความคงอยู่ของเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์ในต้นกล้าข้าวหลังการออก

ตรวจสอบความสามารถในการเข้าอาศัยพืชด้วยวิธีการแยกเชื้อกลับ (re-isolation) โดยนำต้นกล้าข้าวไรซ์เบอร์รี่ อายุ 7 วัน จากการทดลองในข้อ 4 ที่แช่ใน spore suspension ของเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์ มาทำการแยกเชื้อกลับโดยตัดแบ่งต้นกล้าข้าวออกเป็นส่วนเล็ก ๆ โดยแยกเป็นส่วน ใบ ลำต้นติดกับเมล็ด และราก นำชิ้นส่วนพืชทั้งหมดล้างผ่านน้ำไหล 30 นาที จากนั้นฆ่าเชื้อที่ผิวด้วยน้ำ EO (electrolyzed oxidizing water) 1 เปอร์เซ็นต์ 3 นาที แช่ในแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์

5 นาที และแช่ในสารกำจัดเชื้อรา azoxystrobin (Heritage) ความเข้มข้น 0.03 เปอร์เซ็นต์ 1 นาที เพื่อกำจัดเชื้อราที่ปนเปื้อนมากับชิ้นพืช ซับชิ้นพืชให้แห้งแล้วตากบนกระดาษกรองที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ผึ่งลมให้แห้งภายในตู้ถ่ายเชื้อเป็นเวลา 3 วัน จากนั้นนำชิ้นพืชวางบนอาหารเลี้ยงเชื้อ IMA-2 บ่มไว้ในที่มีอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7-14 วัน ตรวจสอบการเจริญเติบโตของเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์ที่เจริญออกมาจากชิ้นส่วนพืชที่สามารถแยกเชื้อกลับได้ เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่มีการแช่ในเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์ คำนวณเปอร์เซ็นต์การแยกเชื้อกลับจากสูตร ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การแยกเชื้อกลับ} = \frac{\text{จำนวนชิ้นส่วนพืชที่แยกเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์ได้}}{\text{จำนวนชิ้นพืชทั้งหมด}} \times 100$$

### ผลการทดลองและวิจารณ์

#### 1. การแยกเชื้อราสาเหตุโรค

หลังจากตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ข้าวไรซ์เบอร์รี่มาเพาะบนกระดาษชนิดเพาะเมล็ด เป็นเวลา 5 วัน พบการเจริญของเส้นใยเชื้อราสีขาวพุดอกมาจากบริเวณส่วนปลายของเมล็ดที่ติดกับข้าว (ภาพที่ 1A, B) เมื่อนำเส้นใย เชื้อราที่แยกได้จากเมล็ดพันธุ์ข้าวของทั้ง 3 แหล่งผลิต มาเลี้ยงบนอาหาร potato dextrose agar (PDA) และตรวจสอบลักษณะการเจริญของโคโลนี พบว่า เชื้อราแต่ละไฮโซเลทสามารถเจริญเติบโตสร้างเส้นใยฟู สีขาว หลังการเลี้ยง 3 วันและเจริญเต็มผิวหน้าอาหารในเวลา 7 วัน เมื่อเส้นใยของเชื้อราแต่ละไฮโซเลทมีอายุมากขึ้น จะมีการเปลี่ยนสีจากสีขาวเป็นสีขาวอมม่วง สีขาวอมชมพู สีเหลืองอ่อน สีเหลืองแกมส้ม สีชมพูอ่อน สีชมพูเข้มด้วยสีม่วง จนถึงสีชมพูอมม่วง และสีของโคโลนีได้อาหารวันพบ มีสีขาว สีขาวอมชมพู และสีเหลือง เมื่อนำเส้นใยตรวจดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่า เชื้อราสร้าง microconidium จำนวนมาก โดยสร้างเป็นกลุ่ม (false head) และสร้างต่อกันเป็นลูกโซ่ยาวบน micronidiophore แบบ monophialide micronidiophore มีรูปร่างไข่ (oval)



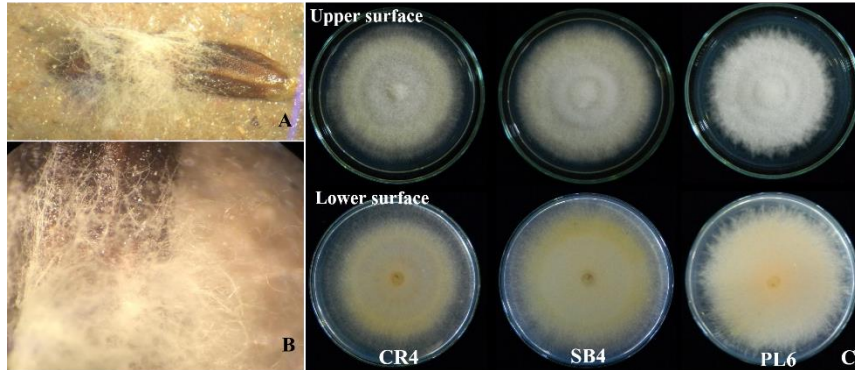


Figure 1. *Fusarium moniliforme* causing bakanae disease of riceberry rice; A and B: mycelial growth on seed. C: colony of 3 isolates, CR4, SB4 and PL6 on PDA incubated at room temperature for 7 days

1 เซลล์ ขนาด  $1.75\text{-}2.5 \times 5\text{-}8.5 \mu\text{m}$  macroconidium มีรูปร่าง fusiform โค้งเล็กน้อยจนถึงเกือบตรง ช่วงกลางสปอร์ค่อนข้างแคบยาว ไม่มีสี มี septum 3-6 ขนาด  $15\text{-}50 \times 2.5\text{-}4 \mu\text{m}$  สอดคล้องกับลักษณะฐานฐานวิทยาของเชื้อราที่ศึกษาโดย Zainudin *et al.* (2008) ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าเชื้อราที่แยกได้จากเมล็ดพันธุ์ข้าวไรซ์เบอร์รี่ คือ เชื้อรา *F. moniliforme* ผลการแยกเชื้อราสาเหตุโรคสามารถแยกได้ทั้งหมดจำนวน 20 ไอโซเลท ซึ่งจำแนกได้ตามแหล่งที่มาของเมล็ดพันธุ์ คือ จังหวัดเชียงราย (CR) 5 ไอโซเลท จังหวัดสระบุรี 9 ไอโซเลท และจังหวัดพิษณุโลก 6 ไอโซเลท จากนั้นทำการทดสอบความสามารถในการเกิดโรคยอดผักตบต่อต้นกล้าข้าวของเชื้อรา *F. moniliforme* แต่ละไอโซเลท พบว่า เชื้อราทำให้เมล็ดแสดงอาการผิดปกติตั้งแต่เริ่มงอก โดยพบเส้นใยของเชื้อราเจริญปกคลุมบนเมล็ด ต้นกล้าอ่อนที่งอกออกมาจะถูกเส้นใยเชื้อราเจริญคลุมจนทำให้ต้นกล้าตายและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ส่วนต้นกล้าที่รอดตายเมื่อเวลาผ่านไป 14 วัน ต้นกล้าแสดงอาการยืดยาว ใบซีดเหลือง บางต้นแสดงอาการแฉะแฉกรีนแตกต่างจากชุดควบคุม โดยเชื้อราไอโซเลท CR4, SB4 และ PL6 มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคสูงที่สุดในแต่ละแหล่งผลิต เท่ากับ 84.00, 78.00 และ 100.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ สายชล และสมบัติ (2550) อภิวิทย์ และคณะ (2553) และ Karov *et al.* (2009) รายงานว่ามีเพียงเชื้อรา

*F. moniliforme* (syn. *Fusarium fujikuroi*) เพียงชนิดเดียวเท่านั้นที่สามารถสร้างฮอร์โมนจิบเบอเรลินได้และก่อให้เกิดโรคยอดผักตบในข้าว ซึ่งจากผลการทดลองที่ได้ทำให้สามารถคัดเลือกเชื้อราสาเหตุโรคเพื่อนำไปทดสอบในการทดลองต่อไป ได้ทั้งหมด จำนวน 3 ไอโซเลท ได้แก่ CR4, SB4 และ PL6 (ภาพที่ 1C)

## 2. การคัดเลือกเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์

จากการทดสอบความสามารถของเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรคจำนวน 30 ไอโซเลท ด้วยวิธี dual culture พบว่า เชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์ที่แยกได้จากพืชสมุนไพร แต่ละไอโซเลทสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *F. moniliforme* ไอโซเลท CR4, SB4 และ PL6 ได้แตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์ที่มีประสิทธิภาพยับยั้งในระดับสูงมากจำนวน 3 ไอโซเลท ได้แก่ PRE5, CINv1 และ CEN26 เท่ากับ 84.80, 82.66 และ 81.85 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 2) นอกจากนั้นจากรายงานของ อาภาพร และ เกวลิน (2557) ที่นำเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์ไอโซเลท CINv1 มาใช้ยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Phytophthora cactorum* สาเหตุโรครากเน่าของสตรอว์เบอร์รี่ พบว่า สามารถยับยั้งได้ในระดับสูงเช่นกัน

### 3. การทดสอบชนิดกระดาศรองรับ aerial mycelium ในการเลี้ยงเชื้อแอกติโนมัยซีตส์เอนโดไฟต์บนอาหารเลี้ยงเชื้อ IMA-2

จากการเพาะเลี้ยงเชื้อแอกติโนมัยซีตส์เอนโดไฟต์ไอโซเลท PRE5, CINv1 และ CEN26 บนอาหารเลี้ยงเชื้อ IMA-2 แล้ววางกระดาศชนิดต่าง ๆ ทับบนผิวหน้าอาหาร การทดลองด้วยกระดาศชนิดเพาะเมล็ดเป็นกระดาศที่พบจำนวนสปอร์ที่สร้างบน aerial mycelium ต่อแผ่นมากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ  $4.13 \times 10^9$  spores/piece (ตารางที่ 1) และเมื่อนำกระดาศที่มีสปอร์ของเชื้อแอกติโนมัยซีตส์เอนโดไฟต์ทดสอบแก้วในน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ พบว่าสปอร์ของเชื้อแอกติโนมัยซีตส์เอนโดไฟต์สามารถหลุดออก

จากกระดาศได้ง่ายและรวดเร็ว แตกต่างจากการใช้กระดาศกรองที่สปอร์จะยึดติดได้แน่นหลุดออกได้ยาก นอกจากนี้กระดาศชนิดเพาะเมล็ดมีความเหนียว ทนต่อการเปื่อยยุ่ยเมื่อจุ่มแก้วในน้ำ และมีราคาถูก จึงเหมาะแก่การนำมาเป็นวัสดุรองรับการสร้างสปอร์และใช้เป็นชีวภัณฑ์แบบสปอร์แห้งควบคุมโรคยอดผักดาบ วิธีการเก็บรักษาเชื้อจุลินทรีย์อย่างง่ายและราคาประหยัดที่นิยมใช้ในห้องปฏิบัติการคือ การเก็บบนกระดาศกรอง ซึ่งมีรายงานการวิจัยของวันเจริญ และคณะ (2540) สามารถเก็บรักษาได้นาน 3 ปี ขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ การพัฒนาวิธีเก็บรักษาเชื้อจุลินทรีย์โดยใช้กระดาศกรองเป็นวัสดุรองรับมีการรายงานโดย Fong *et al.* (2000) และ



Figure 2. *Fusarium moniliforme* isolates PL6, CR4 and SB4 colony inhibited by 3 isolates, PRE5, CEN26 and CINv1 of endophytic actinomycetes using dual culture method on IMA-2 medium for 10 days

Table 1. Number of aerial mycelium (spore) of endophytic actinomycete 3 isolates obtaining on various supported papers placing on surface of IMA-2 media for 7 days then drying at 30 °C for 4 days

| treatment                 | x 10 <sup>9</sup> spores/piece <sup>1</sup> |       |       |                          |
|---------------------------|---------------------------------------------|-------|-------|--------------------------|
|                           | PRE5                                        | CINv1 | CEN26 | Average                  |
| Germination test paper    | 2.29                                        | 5.34  | 4.77  | 4.13 (413%) <sup>2</sup> |
| Whatman filter paper No.1 | 1.52                                        | 2.29  | 1.91  | 1.91 (191%)              |
| Whatman filter paper No.2 | 1.78                                        | 1.83  | 1.72  | 1.78 (178%)              |
| Whatman filter paper No.4 | 1.01                                        | 2.80  | 2.86  | 2.22 (222%)              |
| Whatman filter paper No.5 | 1.02                                        | 1.65  | 1.40  | 1.36 (136%)              |
| Control (without paper)   | 0.09                                        | 0.10  | 0.11  | 0.10                     |

<sup>1</sup> Average of 4 replicates

<sup>2</sup> Percentage increased number of aerial mycelium spore

Kulkarni and Chitte (2015) พบว่า สามารถคงความมีชีวิตของเชื้อราและเชื้อ *Streptomyces* sp. ชนิดทนอุณหภูมิสูงได้เป็นระยะเวลาอันยาวนานมากกว่า 1 ปี

#### 4. การทดสอบประสิทธิภาพเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์ในควบคุมโรคยอดผักตบของข้าวไรซ์เบอร์รี่ ระยะกล้า

จากการตรวจสอบวัดความสูงของต้นกล้าข้าวที่มีอายุ 7 วันหลังวางเมล็ด พบว่า ในชุดควบคุมต้นข้าวที่มีการแช่ด้วยเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์ทั้ง 3 ไอโซเลท คือ PRE5, CINv1 และ CEN26 มีความสูงมากกว่าต้นข้าวที่ไม่ได้แช่ด้วยเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์ ซึ่งแตกต่างกันในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีความสูง 10.95, 11.42 และ 11.05 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนชุดการทดลองที่ปลูกด้วยเชื้อรา *F. moniliforme* ไอโซเลท PL6, CR4 และ SB4 พบว่า ต้นข้าวที่มีการปลูกเชื้อร่วมกับการแช่แอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์ไอโซเลท PRE5 มีความสูงมากที่สุด คือ 19.88, 15.38 และ 19.16 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละชุดการทดลอง จากลักษณะความสูงของต้นกล้าที่พบแสดงให้เห็นว่าเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์สามารถผลิตฮอร์โมนที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นข้าวได้ในระดับหนึ่งที่ไม่ก่อให้เกิดผลเสียกับพืช ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ อรุณมา และเบญจวรรณ (2560) และ Marja (2000) รายงานว่าเชื้อแอกติโนไมซีสต์สามารถผลิตสารที่มีความสามารถในการกระตุ้นการเจริญเติบโตและความแข็งแรงของพืชได้ แต่เมื่อสังเกตในชุดการทดลองที่มีการปลูกเชื้อราสาเหตุร่วมกับเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์ พบว่า ต้นข้าวมีความสูงมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ 2 เท่า ต้นกล้าข้าวมีสีเขียวอมเหลือง ลำต้นลีบเล็ก ใบเรียวยาว ซึ่งลักษณะอาการดังกล่าวเกิดจากต้นกล้าข้าวได้รับปริมาณฮอร์โมนจิบเบอเรลินที่เชื้อราสาเหตุโรคสร้างขึ้นเป็นปริมาณมากจนก่อให้เกิดอาการผิดปกติในพืช สอดคล้องกับผลการรวบรวมเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโรคยอดผักตบในข้าวของ Gupta *et al.* (2015) ระบุว่า สารทุติยภูมิสำคัญที่สร้างขึ้นโดยเชื้อรา *F. moniliforme* (syn. *F. fujikuroi*) คือ gibberellic acid ( $GA_3$ ) เช่นเดียวกับ Chung *et al.*

(2016) รายงานว่าอาการของโรคยอดผักตบในต้นกล้าข้าว สามารถตรวจสอบได้จากลักษณะลำต้นที่ยืดยาว ต้นแคระแกร็น มุมกางของใบกับลำต้นที่กว้างมากกว่าปกติ และใบเหลือง ในการตรวจสอบโดยใช้ลักษณะอาการดังกล่าวมีระดับความแม่นยำ เท่ากับ 87.90-91.80 เปอร์เซ็นต์

สำหรับการนับจำนวนต้นกล้าที่มีชีวิตรอดหลังครบ 30 วัน พบว่า การแช่เมล็ดข้าวด้วยเชื้อแอกติโนไมซีสต์ไอโซเลท CINv1 ต้นกล้ามีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตมากที่สุดในทุกชุดการทดลอง โดยในชุดควบคุมที่ไม่มีการปลูกเชื้อรา *F. moniliforme* มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตเท่ากับ 80.25 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในชุดการทดลองที่มีการปลูกด้วยเชื้อรา *F. moniliforme* ไอโซเลท PL6, CR4 และ SB4 มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต เท่ากับ 20.00, 69.50 และ 55.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อสังเกตลักษณะของต้นกล้าข้าวที่มีชีวิตรอด พบว่า ต้นกล้ามีความสูงในระดับเดียวกับชุดควบคุมที่ไม่มีการปลูกเชื้อราสาเหตุโรค ลำต้นอวบแข็งแรง ใบมีสีเขียว แตกต่างจากต้นกล้าในชุดการทดลองที่มีการปลูกเชื้อราสาเหตุโรคอย่างชัดเจน สอดคล้องกับรายงานของ Kizuka *et al.* (1998) และ Shimizu *et al.* (2001) ที่ต้นกล้า rhododendron เมื่อได้รับการปลูกเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์สามารถต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรคได้มากกว่าต้นกล้าในชุดควบคุมที่ไม่ได้รับการปลูกเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์

#### 5. การตรวจสอบความคงอยู่ของเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์ในต้นกล้าข้าวหลังการออก

จากการนำต้นกล้าข้าวอายุ 7 วัน ที่ได้จากการเพาะเมล็ดโดยการแช่ใน spore suspension ของเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์ที่คัดเลือกได้ มาตรวจสอบความสามารถในการเข้าอยู่อาศัยในพืชโดยวิธีการแยกเชื้อกลับจากชิ้นส่วนใบ ลำต้น ราก และเปลือกเมล็ดของข้าวบนอาหารเลี้ยงเชื้อ IMA-2 เป็นเวลา 7 วัน สามารถแยกเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์กลับได้ทุกไอโซเลท สอดคล้องกับการทดลองของ ฌปภพ และเกวลิน (2560) ที่สามารถแยกเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์กลับจากต้นกล้าข้าวตามระยะเวลาหลังการปลูกเชื้อ 1, 3, 5, 7 และ

14 วันได้เช่นกัน โดยแยกได้จากบริเวณรากมากที่สุดและเมื่อเวลาครบ 14 วันไม่พบการเปลี่ยนแปลงใด ๆ เกิดขึ้นซึ่งเปอร์เซ็นต์การแยกเชื้อกลับแต่ละไอโซเลทของเชื้อแอกติโนไมซีสต์มีความแตกต่างกัน โดยเชื้อไอโซเลท CINv1 มีเปอร์เซ็นต์แยกเชื้อกลับสูงที่สุดเท่ากับ 96.15 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ PRE5 92.31 เปอร์เซ็นต์และ CEN26 75.00 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่พบการเจริญของเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์ออกมาจากชิ้นส่วนต่าง ๆ สอดคล้องการทดลองใช้เชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์ ไอโซเลท CINv1 โดย อภาพร และเกวลิน (2557) ที่พบว่า เชื้อสามารถเข้าอยู่อาศัยในเนื้อเยื่อต้นสตรอว์เบอร์รีในสภาพปลอดเชื้อได้ดีมากเช่นกัน

## สรุป

เชื้อรา *F. moniliforme* สาเหตุโรคอดฝักดาบของข้าวไรซ์เบอร์รี่ ไอโซเลท CR4, SB4 และ PL6 มีความสามารถในการก่อโรคในต้นกล้าข้าวได้อย่างรุนแรงซึ่งส่งผลให้ต้นกล้าที่ได้รับการปลูกเชื้อแสดงอาการลำต้นลีบเล็ก ยืดยาว มีสีเหลือง หากอาหารรุนแรงจะแห้งตายไปในที่สุด จากนั้นนำเชื้อราสาเหตุโรคมาทดสอบกับการเพาะต้นกล้าข้าวโดยใช้วิธีแช่เมล็ดข้าวใน spore suspension ของเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์ไอโซเลท PRE5, CINv1 และ CEN26 ที่แยกได้จากพืชสมุนไพรก่อนนำไปปลูกเชื้อราสาเหตุโรค พบว่า สามารถเพิ่มอัตราการมีชีวิตรอดของต้นกล้าข้าว และเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์มีความสามารถในการคงอยู่ในเนื้อเยื่อต้นกล้าข้าวหลังงอกได้ โดยผลการทดลองที่ได้ชี้ให้เห็นว่าเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์ทั้ง 3 ไอโซเลทเหมาะกับการพัฒนาเป็นชีวภัณฑ์ควบคุมโรคอดฝักดาบของข้าวไรซ์เบอร์รี่ โดยรูปแบบที่เลือกคือ การเพาะเลี้ยงเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์บนกระดาษเพาะเมล็ด ซึ่งพบว่าสามารถสร้างสามารถสร้างสปอร์ได้มากที่สุดมากกว่ากระดาษชนิดอื่นที่นำมาทดสอบ

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยในครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และกลุ่มการผลิตข้าวกำลังานนาและข้าวไรซ์เบอร์รี่ อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ ภายใต้โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) ระดับปริญญาโท

## เอกสารอ้างอิง

- ณภพ แก้วกันทา และ เกวลิน คุณาศักดากุล. 2560. ศักยภาพการเป็นปฏิปักษ์ของเชื้อแอกติโนไมซีสต์เอนโดไฟต์ที่แยกได้จากข้าวในการควบคุมโรคไหม้ของต้นกล้าข้าว. วารสารเกษตร 33(2): 203-213.
- วันเชิญ โพธาเจริญ ไพพรรณ นุตกะ บัณฑิต ผังสินธุ์ ขวัญจิต วรรดี และ ลาวลย์ ชตานนท์. 2540. การใช้เทคนิคอย่างง่ายในการเก็บรักษาจุลินทรีย์. หน้า 228-235. ใน: รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 35. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- สายชล โนชัย และ สมบัติ ศรีชูวงศ์. 2550. ประสิทธิภาพของ เชื้อราปฏิปักษ์ที่แยกได้จากเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในการควบคุมโรคอดฝักดาบในต้นกล้าข้าว. วารสารเกษตร 23: 59-66.
- อภิรักษ์ สมฤทธิ์ ยุทธศักดิ์ เจียมไชยศรี ธารทิพย์ ภาสบุตร และ สุณิรัตน์ สิมะเดื่อ. 2553. สำรวจ รวบรวมและจำแนกราก *Fusarium* สาเหตุโรคพืช. รายงานผลงานวิจัยและพัฒนา ปี 2553. กลุ่มวิจัยโรคพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 20 หน้า.
- อรอุมา เรืองวงษ์ และ เบญจวรรณ ใจจันทร์. 2560. การใช้แอกติโนไมซีท์จากดินเพื่อยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Ralstonia solanacearum* สาเหตุโรคเหี่ยวเฉาของมะเขือเทศ. วารสารเกษตร 33(1): 49-59.

- อภาพพร โพธิยอด และ เกวลิน คุณาศักดากุล. 2557. การชักนำให้เกิดความต้านทานโรครากเน่าไฟทอปธอราในสตรอว์เบอร์รี่ที่เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อด้วยเชื้อแอกติโนไมซีส์เอนโดไฟต์. วารสารเกษตร 30(3): 213-222.
- Chung, C.L., K.J. Huang, S.Y. Chen, M.H. Lia, Y.C. Chen and Y. F. Kuo. 2016. Detecting bakanae disease in rice seedling by machine vision. Computers and Electronics in Agriculture 121: 404-411.
- Fong, Y.K., S. Anuar, H.P. Lim, F.Y. Tham and F.R. Sanderson. 2000. A modified filter paper technique for long-term preservation of some fungal cultures. Mycologist 14(3): 127-130.
- Gupta, A.K., I.S. Solanki, B.M. Bashyal, Y. Singh and K. Srivastava. 2015. Bakanae of rice - an emerging disease in Asia. The Journal of Animal & Plant Sciences 25(6): 1499-1514.
- Hossain, S.A., M. Ayub Ali, M.A. Taher Mia, M.S. Islam and Z.R. Moni. 2013. Estimation of yield loss by *Fusarium moniliforme* caused bakanae disease of rice. Eco-Friendly Agriculture Journal 6(03): 40-43.
- Karov, I.K., S.K. Mitrev and E.D. Kostadinovska. 2009. *Gibberella fujikuroi* (Sawada) Wollenweber, the new parasitical fungus on rice in the Republic of Macedonia. Proceedings for Natural Sciences, Matica Srpska Novi Sad 116: 175-182.
- Kizuka, M., R. Enokita, K. Takahashi, Y. Okamoto, T. Otsuka, Y. Shigematu, Y. Inoue and T. Okazaki. 1998. Studies on actinomycetes isolated from plant leaves. Actinomycetologica 12: 89-91.
- Kulkarni, G.A. and R.R. Chitte. 2015. Preservation of thermophilic bacterial spores using filter paper disc techniques. Journal of Bioprocessing & Biotechniques 5: 1-4.
- Marja, L.L. 2000. How Mycostop® acts in the control of fungal plant diseases. (Online). Available: [http://www.shkagro.com/otros/efecto\\_fungicida.pdf](http://www.shkagro.com/otros/efecto_fungicida.pdf) (April 1, 2016).
- Ou, S.H. 1985. Rice Diseases. 2<sup>nd</sup> ed. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey. 380 p.
- Phuakjaiphaeo, C. and K. Kunasakdakul. 2015. Isolation and screening for inhibitory activity on *Alternaria brassicicola* of endophytic actinomycetes from *Centella asiatica* (L.) Urban. Journal of Agricultural Technology 11(4): 903-912.
- Shimizu, M., N. Fujita, Y. Nakagawa, T. Nishimura, T. Furumai, Y. Igarashi, H. Onaka, R. Yoshida and H. Kunoh. 2001. Disease resistance of tissue-cultured seedlings of rhododendron after treatment with *Streptomyces* sp. R-5. Journal of General Plant Pathology 67: 325-332.
- Sunder, S., Satyavir and K.S. Virk. 1997. Studies on correlation between bakanae incidence and yield loss in paddy. Indian Phytopathology 50(1): 99-101.
- Zainudin, N.A.I.M., A.A. Razak and B. Salleh. 2008. Bakanae disease of rice in Malaysia and Indonesia: etiology of the causal agent based on morphological, physiological and pathogenicity characteristics. Journal of Plant Protection Research 48(4): 475-485.



ความหลากหลายของเชื้อ *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*  
สาเหตุโรคใบจุดบนถั่วเหลืองและการพัฒนาไพรเมอร์จำเพาะที่ใช้ในการตรวจสอบ

Diversity of *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*, the Causal Agent of Bacterial  
Pustule of Soybean and Specific Primer for Detection

ลาวัลย์ กลัดสุวรรณ<sup>1</sup> ดุสิต อธิณูวัฒน์<sup>2</sup> และ สุตฤดี ประเทืองวงศ์<sup>1\*</sup>  
Lawan Kladsuwan<sup>1</sup> Dusit Athinuwat<sup>2</sup> and Sutruedee Prathuangwong<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

<sup>1</sup>Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

<sup>2</sup>สาขาวิชาการจัดการเกษตรอินทรีย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี 12121

<sup>2</sup>Major of Organic Farming Management, Faculty of Science and Technology, Thammasat University, Pathum Thani 12121, Thailand

\*Corresponding author: Email: g5317100119@ku.ac.th

(Received: 16 March 2017; Accepted: 21 September 2017)

**Abstract:** The 171-novel strains of *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*, the bacterial pustule pathogen, were isolated from infected leaves of different commercial soybean fields in Chiang Rai, Chiang Mai, Lamphun and Lampang provinces. The genetic diversity was determined with physiological and molecular analyzed. All strains were tested for their pathogenicity on differential soybean cultivars including Williams 82, Spencer, PI520733 and SJ.5 under greenhouse conditions; then molecular diversity was analyzed by BOX-PCR fingerprinting. The pathogenicity tests showed 2 groups with a large amount of phenotypic variation between strains. Most strains were highly virulent. Using rep- PCR fingerprinting, a relationship between BOX-PCR fingerprinting and phenotype was observed. Two major groups were obtained within the soybean cluster and relationship of the virulence levels of the strains was revealed. The fingerprinting with BOX primer was more relatively unique, stable, and reproducible in that it produced a 650 bp band in all 171 strains tested. We designed primers specific for *X. axonopodis* pv. *glycines*, XagF: 5'ATGGATGCCACCGCACAG3' and XagR: 5'GCGTCGAACCGCACATC3', that amplify a 788 bp product from *hrpB*. To our knowledge, this is the first report of specific primer for identification of *X. axonopodis* pv. *glycines*, the causal pathogen of soybean bacterial pustule.

**Keywords:** *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*, bacterial pustule of soybean, genetic diversity

**บทคัดย่อ:** รวบรวมสายพันธุ์เชื้อ *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* สาเหตุโรคใบจุดนูนถั่วเหลืองจากการเก็บตัวอย่างใบถั่วเหลืองฝักสดในพื้นที่ผลิตที่สำคัญของประเทศไทยทางภาคเหนือตอนบน ซึ่งประกอบด้วย จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ ลำพูน และลำปาง จำนวน 171 สายพันธุ์ มาวิเคราะห์ความหลากหลายทางพันธุกรรมด้วยการตรวจสอบลักษณะทางด้านสรีระวิทยาและโมเลกุล โดยวิเคราะห์ความสามารถในการก่อโรคบนถั่วเหลืองต่างพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ Williams 82, Spencer, PI520733 และ สจ.5 ภายใต้สภาพเรือนทดลอง และศึกษาระดับโมเลกุลด้วยการวิเคราะห์ลำดับเบส BOX ไพรเมอร์ ภายใต้ปฏิกิริยาถูกใช้โพลีเมอเรส พบว่าความสามารถในการก่อโรคบนถั่วเหลืองพันธุ์ต่าง ๆ แบ่งความแตกต่างเชื้อทั้ง 171 สายพันธุ์ ออกเป็น 2 กลุ่ม ทั้งนี้เมื่อวิเคราะห์การก่อโรคบนถั่วเหลืองพันธุ์อ่อนแอ พบว่าประชากรสายพันธุ์เชื้อส่วนใหญ่มีความรุนแรงในการก่อโรคในระดับสูง เมื่อนำไปวิเคราะห์ลายพิมพ์ดีเอ็นเอด้วยไพรเมอร์ BOX พบความสัมพันธ์กับระดับความรุนแรงของเชื้อไปในทิศทางเดียวกันและสามารถแยกความแตกต่างทางพันธุกรรมของสายพันธุ์เชื้อ *X. axonopodis* pv. *glycines* ได้เป็น 2 กลุ่มอย่างเด่นชัด โดยปรากฏแถบอนุรักษขนาด 650 bp ในทุกสายพันธุ์เชื้อทดสอบ เมื่อนำมาวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์พบว่าเป็นส่วนหนึ่งของยีน *hrpB* จึงนำข้อมูลดังกล่าวมาพัฒนาไพรเมอร์ที่จำเพาะเจาะจงกับเชื้อ *X. axonopodis* pv. *glycines* ซึ่งไพรเมอร์ XagF: 5'ATGGATGCCACCGCACAG3' และ XagR: 5'GCGTCGAACCGCACATC3' สามารถตรวจสอบได้เฉพาะเชื้อ *X. axonopodis* pv. *glycines* โดยผลิตแถบดีเอ็นเอขนาด 788 bp ได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ และจำเพาะเจาะจงต่อเชื้อ *X. axonopodis* pv. *glycines* ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ถือเป็นรายงานแรกที่จำแนกชนิดของเชื้อสาเหตุโรคใบจุดนูนถั่วเหลืองที่ถูกต้อง

**คำสำคัญ:** *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* โรคใบจุดนูนถั่วเหลือง ความหลากหลายทางพันธุกรรม

## คำนำ

โรคใบจุดนูนถั่วเหลืองที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* เป็นโรคที่มีความสำคัญต่อการผลิตถั่วเหลืองในประเทศไทย โดยเป็นสาเหตุให้ผลผลิตถั่วเหลืองลดลงทั้งทางด้านคุณภาพและปริมาณ โดยจะแสดงอาการโรครุนแรงกับถั่วเหลืองน้ำมันพันธุ์อ่อนแอ สจ.4 และ สจ.5 (สุฤดี และคณะ, 2523) ทั้งนี้การแพร่ระบาดของโรคเป็นกลไกที่ยู่ยากซับซ้อน เพราะมีความปัจจัยผันแปรมาเกี่ยวข้อง เช่น ชนิดและพันธุ์พืช สายพันธุ์เชื้อโรคและสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม โดยเชื้อโรคแต่ละสายพันธุ์จะมีความสามารถในการเข้าทำลายพืชได้รุนแรงแตกต่างกันไป จึงทำให้การจัดการควบคุมสามารถทำได้ยาก โดย Flor (1942) อธิบายปฏิสัมพันธ์ระหว่างสายพันธุ์เชื้อสาเหตุโรค และพันธุ์พืชอาศัย (race-cultivars specific) ซึ่งจัดเป็นปฏิสัมพันธ์ระดับโมเลกุลระหว่าง avirulence (*avr*) genes ของเชื้อสาเหตุโรค และ resistance (*R*) genes ของพืช โดยแสดงลักษณะพีโนไบป์ของปฏิสัมพันธ์ด้วยการเกิดปฏิกิริยาตอบสนองอย่างเฉียบพลัน (hypersensitive response:

HR) และเรียกทฤษฎีนี้ว่า gene-for-gene hypothesis ปัจจุบันได้มีการใช้เทคนิคทางอณูชีววิทยาในงานด้านอนุกรมวิธาน ความผันแปรทางพันธุกรรม และโครงสร้างพันธุศาสตร์ประชากร (population genetic structure) ของเชื้อแบคทีเรียหลายชนิดมาใช้ในการศึกษาความหลากหลายของเชื้อสาเหตุโรคเพื่อให้ความรวดเร็วในการตรวจสอบเชื้อสาเหตุโรคมายิ่งขึ้น โดยที่ผ่านมาสามารถตรวจสอบเชื้อสาเหตุโรคด้วยวิธี Koch's postulates ซึ่งต้องใช้เวลาานาน ดุสิต และคณะ (2548) วิเคราะห์ความสามารถในการก่อโรคบนถั่วเหลืองต่างสายพันธุ์โดยใช้เทคนิค rep-PCR ด้วยไพรเมอร์ BOX (interspersed repetitive sequence) เนื่องจากเป็น repetitive sequence ที่มีลักษณะอนุรักษสูง สามารถผลิตลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่แตกต่างกันได้อย่างเด่นชัดในทุกสายพันธุ์ แต่ยังมีได้มีการรายงานเทคนิคที่ใช้ในการตรวจสอบเชื้อสาเหตุโรคเพื่อความเร็วและแม่นยำ การศึกษาวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของเชื้อ *X. axonopodis* pv. *glycines* โดยการวิเคราะห์ความจำเพาะเจาะจงในการก่อโรค ด้วยเทคนิค rep-PCR โดยใช้ไพรเมอร์ BOX แล้วนำข้อมูลที่ได้มา



พัฒนาเป็นไพรเมอร์ที่มีความจำเพาะ (specific primer) ในการตรวจสอบเชื้อ *X. axonopodis* pv. *glycines* สาเหตุโรคใบจุดบนถั่วเหลือง

## อุปกรณ์และวิธีการ

### 1. สายพันธุ์แบคทีเรีย การจำแนกเชื้อ และการพิสูจน์โรค

รวบรวมสายพันธุ์เชื้อ *X. axonopodis* pv. *glycines* จากการเก็บตัวอย่างใบถั่วเหลืองฝักสดในพื้นที่ผลิตที่สำคัญของประเทศไทยทางภาคเหนือตอนบน ซึ่งประกอบด้วย จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ ลำพูน และ ลำปาง ช่วงเดือนตุลาคม ปี 2555 มาแยกเชื้อด้วยวิธี cross-streak plate บนอาหาร nutrient agar (NA) (Schaad, 2001) บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง เลือกลโคไลเดี่ยวที่มีลักษณะกลมมน สีเหลืองอำพัน เป็นมันเยิ้ม ขอบเรียบ จากนั้นทำให้บริสุทธิ์ด้วยการ cross streak ซ้ำ 2-3 ครั้ง จึงนำมาทดสอบการเกิดโรคตามการพิสูจน์โรคของ Koch's postulation เพื่อยืนยันการเป็นเชื้อสาเหตุโรค เก็บเชื้อบริสุทธิ์ที่ได้ในหลอด microcentrifuge ขนาด 1.5 มิลลิลิตร ใน glycerol 20% เก็บในอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสเพื่อใช้ในการทดสอบต่อไป

### 2. ทดสอบความรุนแรงในการก่อโรคใบจุดบนถั่วเหลืองในสภาพเรือนทดลอง

เตรียม cell suspension ของ *X. axonopodis* pv. *glycines* ทั้ง 171 สายพันธุ์ โดยเลี้ยงเชื้อบนอาหาร Luria-Bertani broth (LB) ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ปรับความขุ่นด้วยเครื่อง spectrophotometer ให้มีค่า optical density (OD) เท่ากับ 0.2 ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร (ความเข้มข้น  $1 \times 10^8$  cfu/ml) ฟัน cell suspension เชื้อแบคทีเรียบนใบถั่วเหลืองพันธุ์ Williams 82, Spencer, PI520733 และ สจ.5 อายุ 21 วัน ปริมาตรต้นละ 30 มิลลิลิตร (Park *et al.*, 2008) จำนวน 3 ต้น ต่อเชื้อ 1 สายพันธุ์ สำหรับ control ฟันด้วยน้ำกลั่นหนึ่งฆ่าเชื้อ จากนั้นเก็บรักษาต้นถั่วเหลืองไว้ที่อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส และประเมิน

ความรุนแรงของโรคหลังปลูกเชื้อ 7 วัน ตามวิธีการของ ชัยสิทธิ์ (2531)

### 3. การศึกษาลายพิมพ์ดีเอ็นเอของเชื้อ *X. axonopodis* pv. *glycines* โดยเทคนิค rep-PCR

#### 3.1 การเตรียมเชื้อเพื่อสกัดดีเอ็นเอ

สกัดดีเอ็นเอของเชื้อ *X. axonopodis* pv. *glycines* จำนวน 171 สายพันธุ์ ที่เลี้ยงในอาหาร Luria-Bertani broth (LB) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร โดยเขย่าเชื้อ 180 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาสกัดดีเอ็นเอด้วยชุดสกัดดีเอ็นเอ (DNeasy) (Qiagen Valencia, CA)

#### 3.2 การศึกษาลายพิมพ์ดีเอ็นเอด้วยเทคนิค rep-PCR และอิเล็กโตรโฟรีซิส

นำดีเอ็นเอที่สกัดได้มาศึกษาความหลากหลายโดยไพรเมอร์ ที่ใช้ในการทดลองได้แก่ ดีเอ็นเอบริเวณที่เป็นลำดับเบสของ interspersed repetitive BOX sequence (BOX) (Louws *et al.*, 1994) ซึ่งมีลำดับไพรเมอร์ดังนี้ 5'CTACGGCAAGGCGACGCTGACG3' เพิ่มปริมาณชิ้นดีเอ็นเอ ซึ่งประยุกต์จากวิธีของ สุริยะ และคณะ (2559) โดยปริมาตรรวมในการทำปฏิกิริยา PCR 25 ไมโครลิตร ในหลอดขนาด 0.2 มิลลิลิตร ซึ่งประกอบด้วยดีเอ็นเอต้นแบบ 50 นาโนกรัม ปริมาตร 1 ไมโครลิตร, 10X PCR buffer 2 ไมโครลิตร,  $MgCl_2$  0.5 ไมโครลิตร, 2mM dNTPs 2 ไมโครลิตร, Taq polymerase 0.5 ไมโครลิตร, sterile water 17 ไมโครลิตร และไพรเมอร์ BOX 2 ไมโครลิตร ผสมสารทั้งหมดให้เข้ากันบ่มหลอด PCR ในเครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Thermal cycler) กำหนดอุณหภูมิและเวลาให้มีการสังเคราะห์ดีเอ็นเอดังนี้ (Sambrook and Russell, 2001) initial denaturing ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 7 นาที ปรับอุณหภูมิ denaturation ที่ 94 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที, annealing ที่อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที, extension ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 8 นาที โดยเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ จำนวน 30 รอบ และปรับอุณหภูมิ final extension ที่ 65 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ตรวจวิเคราะห์ขนาดดีเอ็นเอที่เพิ่มปริมาณโดยนำดีเอ็นเอที่ได้จากการทำ PCR มาแยกขนาดด้วยวิธีอิเล็กโตรโฟรีซิส บน

1.5% agarose gel ด้วย horizontal slab gel electrophoresis (GelMate 2000, Toyobo) ตรวจสอบแผ่นเจลโดยนำไปส่องดูภายใต้ UV transilluminators พร้อมถ่ายรูปเพื่อบันทึกข้อมูล

### 3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ผลลายพิมพ์ดีเอ็นเอของเชื้อ *X. axonopodis* pv. *glycines* แต่ละสายพันธุ์ที่ใช้ไพรเมอร์ BOX ในการเพิ่มปริมาณชิ้นดีเอ็นเอในหลอดทดลอง ตรวจสอบแถบลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่สำคัญและชัดเจนโดยให้คะแนน แถบดีเอ็นเอที่ปรากฏเท่ากับ 1 ถ้าไม่ปรากฏให้คะแนนเท่ากับ 0 นำผลมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Numerical Taxonomy and Multivariation Analysis System (NTSYS-pc version 2.10) (Rohlf, 1993) วิเคราะห์ dendrogram ที่ได้เปรียบเทียบกับการจัดกลุ่มของเชื้อตามความรุนแรงในการก่อให้เกิดโรคบนถั่วเหลือง

### 4. การออกแบบไพรเมอร์ที่จำเพาะเจาะจงกับเชื้อ *X. axonopodis* pv. *glycines* บริเวณ *hrpB*

เมื่อวิเคราะห์ลายพิมพ์ดีเอ็นเอของ *X. axonopodis* pv. *glycines* ด้วยวิธี BOX ไพรเมอร์พบว่าปรากฏแถบอนุรักษขนาด 650 bp ในทุกสายพันธุ์เชื้อทดสอบ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของกุลขนา (2546) ที่นำเทคนิค rep-PCR มาตรวจสอบความหลากหลายทางพันธุกรรมของเชื้อ *X. axonopodis* pv. *glycines* พบแถบดีเอ็นเอขนาด 650 bp บนเชื้อ *X. axonopodis* pv. *glycines* ทุกสายพันธุ์ จากนั้นนำแถบอนุรักษขนาดดังกล่าวมาวิเคราะห์หาลำดับนิวคลีโอไทด์พบว่าเป็นส่วนหนึ่งของยีน *hrpB* ออกแบบไพรเมอร์จำเพาะสำหรับตรวจสอบและจำแนกชนิด *X. axonopodis* pv. *glycines* จากบริเวณ *hrpB* โดยเลือกตำแหน่งของลำดับนิวคลีโอไทด์ที่มีความจำเพาะสูงในแบคทีเรีย *X. axonopodis* pv. *glycines* ต่างสายพันธุ์ คือ 8ra (AF\_499777), CFBP2526 (NZ\_CM002268.1) และ CFBP7119 (NZ\_CM002264.1) เปรียบเทียบกับ *X. campestris* pv. *campestris* 8004 (NC\_007086), *X. oryzae* pv. *oryzae* PX099A (NC\_010712), *X. axonopodis* pv. *citri* 306 (NC\_003919.1), *X. axonopodis* pv. *phaseoli* NCPPB

1713 (JWTD02000065.1) และ *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* SCRI1043 ซึ่งมีข้อมูลรายงาน (complete genome) ในฐานข้อมูล GenBank คัดเลือกบริเวณจำเพาะโดยการเปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์ด้วยวิธี clustalW2 multiple alignment เพื่อหาตำแหน่งที่เป็นบริเวณอนุรักษ์ของเชื้อ *X. axonopodis* pv. *glycines* โดยสามารถกำหนดลำดับนิวคลีโอไทด์ไพรเมอร์ที่ออกแบบได้ คือ XagF: 5'ATGGATGCCACCGCACAG3' เป็น forward primer และ XagR: 5'GCGTCGAACCGCACATC3' เป็น reward primer ซึ่งชิ้นดีเอ็นเอเป้าหมายมีขนาดเท่ากับ 788 bp นำเชื้อที่มีแนวโน้มเป็น *X. axonopodis* pv. *glycines* จากการศึกษาในข้อ 1 มาทำการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอเป้าหมายด้วยเทคนิค PCR โดยเปรียบเทียบกับแบคทีเรียในกลุ่มใกล้เคียงและต่างกลุ่มเพื่อยืนยันความจำเพาะเจาะจงของไพรเมอร์ ได้แก่ *X. campestris* pv. *campestris* 8004, *X. campestris* pv. *campestris* 2015, *X. oryzae* pv. *oryzae* S345, *X. oryzae* pv. *oryzae* S225, *X. axonopodis* pv. *citri* 11, *X. axonopodis* pv. *citri* 12, *X. axonopodis* pv. *phaseoli* P5, *X. axonopodis* pv. *phaseoli* P21, *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* E15 และ *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* A6 โดย PCR mixer ปริมาตรรวม 25 ไมโครลิตร (ประกอบด้วยโคไลนิซของแบคทีเรียที่ต้องการตรวจสอบ 1 ไมโครลิตร, sterile water 15 ไมโครลิตร, 10X Taq buffer 2 ไมโครลิตร, 2.5 μM dNTPs 2 ไมโครลิตร, 25 mM MgCl<sub>2</sub> 2.5 ไมโครลิตร, Taq DNA - polymerase 0.5 ไมโครลิตร, 10 μM primer mix 2 ไมโครลิตร) กำหนดรอบปฏิกิริยา PCR 30 รอบ โดยกำหนดอุณหภูมิและเวลาในขั้นตอนการสังเคราะห์ดีเอ็นเอ คือ denaturation temperature 94 องศาเซลเซียส 5 นาที, annealing temperature 52 องศาเซลเซียส 1 นาที, extension temperature 72 องศาเซลเซียส 1 นาที และ final extension temperature สุดท้าย 72 องศาเซลเซียส 5 นาที นำ PCR product ที่ได้ไปตรวจสอบการปรากฏของแถบดีเอ็นเอเป้าหมาย (ขนาด 788 bp) ด้วย gel electrophoresis โดยใช้ 1% agarose gel ย้อม gel ด้วย ethidium bromide ตรวจสอบด้วย UV illumination

## ผลการทดลองและวิจารณ์

### 1. สายพันธุ์แบคทีเรีย การจำแนกเชื้อ และการพิสูจน์โรค

การทดลองในครั้งนี้ใช้แบคทีเรีย *X. axonopodis* pv. *glycines* จำนวน 171 สายพันธุ์ ในการศึกษาโดยเป็นแบคทีเรียที่แยกได้ใหม่จากตัวอย่างใบถั่วเหลืองฝักสดที่เก็บจากพื้นที่ผลิตที่สำคัญของประเทศไทยทางภาคเหนือตอนบน จำนวน 169 สายพันธุ์ซึ่งประกอบด้วย จังหวัดเชียงรายจำนวน 41 สายพันธุ์ เชียงใหม่จำนวน 53 สายพันธุ์ ลำพูนจำนวน 49 สายพันธุ์ และลำปางจำนวน 26 สายพันธุ์ และจากการเก็บรวบรวมไว้ก่อนหน้านี้ในห้องปฏิบัติการ ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 2 สายพันธุ์ (Xag12-2 และ KU-P-SW005) และเมื่อนำมาทดสอบการเกิดโรคตามการพิสูจน์โรคของ Koch's postulation เพื่อยืนยันการเป็นเชื้อสาเหตุโรค พบว่าเชื้อทุกสายพันธุ์สามารถก่อโรคบนถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.5 ซึ่งจัดเป็นพันธุ์อ่อนแอต่อโรคใบจุดบนถั่ว

### 2. การทดสอบความรุนแรงในการก่อโรคบนถั่วเหลืองในสภาพเรือนทดลอง

เมื่อทดสอบความรุนแรงในการก่อให้เกิดโรคของ *X. axonopodis* pv. *glycines* ทั้ง 171 สายพันธุ์ บนถั่วเหลืองพันธุ์ Williams 82, Spencer, PI520733 และ สจ.5 นั้น สามารถจัดกลุ่มเชื้อออกเป็น 4 ฟิโนไทป์ ได้แก่ ฟิโนไทป์ A, B, C, และ D (ตารางที่ 1) โดยฟิโนไทป์ D มีจำนวนประชากรเชื้อสูงที่สุดเท่ากับ 107 สายพันธุ์ (คิดเป็น 62.57 เปอร์เซ็นต์ของประชากรเชื้อทั้งหมด) ซึ่งเชื้อทุกสายพันธุ์ใน ฟิโนไทป์ D จัดอยู่ใน race 2 เนื่องจากเป็นเชื้อสายพันธุ์รุนแรงและสามารถก่อโรครุนแรงบนถั่วเหลืองทุกสายพันธุ์ที่ใช้ทดสอบ รองลงมาคือฟิโนไทป์ C มีจำนวนประชากรเชื้อเท่ากับ 34 สายพันธุ์ (คิดเป็น 19.89 เปอร์เซ็นต์ของประชากรเชื้อทั้งหมด) โดยเชื้อทุกสายพันธุ์บนฟิโนไทป์ C จัดอยู่ใน race 3 ซึ่งก่อโรคเฉพาะบนถั่วเหลืองพันธุ์อ่อนแอ (Spencer, PI520733, และ สจ.5) แต่ไม่ก่อโรคบนถั่วเหลืองพันธุ์ต้านทาน (William 82) ส่วนฟิโนไทป์ A และฟิโนไทป์ B มีจำนวนประชากรเชื้อเท่ากับ

13 สายพันธุ์ และ 17 สายพันธุ์ (คิดเป็น 7.60 และ 9.94 เปอร์เซ็นต์ของประชากรเชื้อทั้งหมดตามลำดับ) โดยเชื้อที่จัดอยู่ในฟิโนไทป์ A และ B จัดอยู่ใน race 1 เนื่องจากสามารถก่อโรคบนถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.5 ซึ่งเป็นพันธุ์อ่อนแอต่อโรคได้เพียงพันธุ์เดียวเท่านั้นแต่เชื้อที่จัดอยู่ในฟิโนไทป์ B ก่อโรคบนถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.5 ได้รุนแรงกว่าเชื้อที่จัดอยู่ในฟิโนไทป์ A โดยข้อมูลที่ได้ สอดคล้องกับการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของเชื้อ *X. axonopodis* pv. *glycines* ด้วยเทคนิค rep-PCR พบว่าเชื้อบางสายพันธุ์ถูกจัดเป็นเชื้อที่มีความรุนแรงในการก่อโรคต่ำแต่ถูกจัดเป็นสายพันธุ์รุนแรงเมื่อระยะเวลาผ่านไป (กุลขนา, 2546; ดุสิต และคณะ, 2548) ซึ่งความผันแปรทางพันธุกรรมของเชื้อสามารถปรับเปลี่ยนได้ โดยแบคทีเรียเกิดการกลายพันธุ์ในลักษณะของ spontaneous mutation ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของแบคทีเรียแต่ละสายพันธุ์ ในสภาพธรรมชาติโดยลักษณะการกลายพันธุ์ดังกล่าว เชื้อสาเหตุโรคสามารถพัฒนาและเข้าทำลายพืชพันธุ์ใหม่ที่อ่อนแอต่อเชื้อสาเหตุโรสดังกล่าวได้ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่นักโรคพืชและปรับปรุงพันธุ์พืชต้องคำนึงถึงในการปรับปรุงพืชพันธุ์ใหม่ ๆ ให้มีลักษณะแตกต่างจากเดิมโดยอาจส่งผลให้เชื้อสาเหตุโรคที่เดิมเป็นสายพันธุ์ที่ไม่ก่อให้เกิดโรคหรือก่อให้เกิดโรคเพียงเล็กน้อยแต่ผันแปรก่อให้เกิดการระบาดอย่างรุนแรง (Mhedbi-Hajri *et al.*, 2011; Tervor, 1988)

### 3. การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรม โดยเทคนิค BOX-PCR

การวิเคราะห์ลายพิมพ์ DNA ด้วยไพรเมอร์ BOX สามารถแบ่งกลุ่มเชื้อ *X. axonopodis* pv. *glycines* ออกเป็น 2 กลุ่มที่ค่า similarity coefficient เท่ากับ 0.55 ได้อย่างชัดเจนคือ กลุ่ม 1 และกลุ่ม 2 (ภาพที่ 1) โดยกลุ่ม 1 ประกอบด้วยเชื้อสายพันธุ์อ่อนแอ 30 สายพันธุ์ (คิดเป็น 17.54 เปอร์เซ็นต์ของประชากรเชื้อทั้งหมด) ซึ่งเชื้อทุกสายพันธุ์ในกลุ่ม 1 คือ race 1 โดยเป็นเชื้อที่จัดอยู่ในฟิโนไทป์ A และ B เนื่องจากไม่เกิดโรคบนถั่วเหลืองทุกสายพันธุ์ทดสอบทั้งพันธุ์ต้านทาน (Williams 82) และพันธุ์อ่อนแอ (Spencer และ PI520733) แต่สามารถเกิดโรคบนถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.5 เพียงพันธุ์เดียวเท่านั้น ซึ่งเป็นพันธุ์ที่

Table 1. Phenotype differentiation in *X. axonopodis* pv. *glycines* strains with an extend rang of differential soybean cultivars

| Phenotype <sup>1</sup> | Bacterial strains <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Soybean cultivars |         |          |      | Total strains |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------|----------|------|---------------|
|                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Williams82        | Spencer | PI529733 | SJ.5 |               |
| A                      | 102/104/107/139/141/143/144/150/151/153/154/155/159/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | -                 | -       | -        | +    | 13            |
| B                      | 4/95/98/99/109/112/114/116/118/124/127/128/130/133/ 135/<br>136/No.4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | -                 | -       | -        | ++   | 17            |
| C                      | 7/8/15/24/38/55/56/79/94/97/103/106/110/111/115/117/<br>119/120/122/123/125/126/129/131/132/137/138/140/142/<br>156/158/163/167/KU-P-W005                                                                                                                                                                                                                                              | -                 | +       | ++       | ++   | 34            |
| D                      | 2/3/5/6/9/10/11/12/13/14/16/17/18/19/ 20/21/ 22/23/ 25/ 26/27/<br>28/29/30/ 31/32/33/34/35/36/37/39/40/41/42/43/44/45/46/47/48/<br>49/50/51/52/53/54/57/58/59/60/6162/63/64/65/66/67/68/64/69/70/<br>71/72/73/74/75/76/77/78/80/ 81/82/ 83/84/ 85/ 86/87/ 88/ 89/90/91/<br>92/93/96/100/101/ 105/108/113/ 121/ 134/145/146/147/148/149/<br>152/157/160/161/162/164/165/166/168/Xag12-2 | ++                | ++++    | ++++     | ++++ | 107           |

<sup>1</sup> + = compatible (disease severity between 1.0-25.0 %), ++ = compatible (disease severity between 26.0-50.0 %), +++ = compatible (disease severity between 51.0-75.0 %), ++++ = compatible (disease severity between 76.0-100.0 %) and - = incompatible (no disease symptom)

<sup>2</sup> Code of bacterial isolate

แยกเชื้อสาเหตุโรคได้ ส่วนกลุ่ม 2 ประกอบด้วยเชื้อจำนวน 141 สายพันธุ์ (คิดเป็น 82.46 เปอร์เซ็นต์ของประชากรเชื้อทั้งหมด) นอกจากนี้ที่ค่า similarity coefficient เท่ากับ 0.61 ยังแบ่งประชากรเชื้อในกลุ่ม 2 ออกเป็น 2 กลุ่มย่อย คือ กลุ่ม 2A และ 2B โดยกลุ่ม 2A ประกอบด้วยประชากรเชื้อ 34 สายพันธุ์ ส่วนใหญ่เป็นเชื้อสายพันธุ์ค่อนข้างรุนแรง (คิดเป็น 24.11 เปอร์เซ็นต์ของประชากรเชื้อในกลุ่ม 2) ซึ่งเชื้อทุกสายพันธุ์ในกลุ่ม 2A คือ race 3 โดยจัดอยู่ในฟีโนไทป์ C เนื่องจากไม่เกิดโรคบนถั่วเหลืองพันธุ์ต้านทาน (Williams 82) แต่เกิดโรคบนถั่วเหลืองพันธุ์อ่อนแอทุกสายพันธุ์ทดสอบ (Spencer, PI520733 และ สจ.5) ส่วนกลุ่ม 2B ประกอบด้วยประชากรเชื้อ 107 สายพันธุ์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเชื้อสายพันธุ์รุนแรง (คิดเป็น 75.89 เปอร์เซ็นต์ของประชากรเชื้อในกลุ่ม 2) โดยเชื้อทุกสายพันธุ์ในกลุ่ม 2B คือ race 2 จัดอยู่ในฟีโนไทป์ D เนื่องจากสามารถก่อโรคได้ทั้งบนถั่วเหลืองพันธุ์ต้านทาน (Williams 82) และพันธุ์อ่อนแอ (Spencer, PI520733 และ สจ.5) เมื่อวิเคราะห์ dendrogram ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของกลุ่มเชื้อเป้าหมายโดย BOX-PCR เปรียบเทียบกับการก่อให้โรคกับถั่วเหลืองเฉพาะพันธุ์ สจ.5 (ตารางที่ 2) ผลการทดลองพบว่าลักษณะลายพิมพ์ DNA ของเชื้อในกลุ่ม 1 ประชากรเชื้อทั้งหมดในกลุ่มเป็น

เชื้อที่มีระดับความรุนแรงในการก่อโรคต่ำ (เฉลี่ยความรุนแรงของโรค 34.7 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งเป็นเชื้อในฟีโนไทป์ A และ B ส่วนกลุ่ม 2 ประกอบด้วยประชากรเชื้อที่มีระดับความรุนแรงในการก่อโรคสูง โดยประชากรเชื้อในกลุ่ม 2A สามารถก่อโรคได้รุนแรงเฉลี่ย 57.89 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นเชื้อในฟีโนไทป์ C ทั้งหมด และกลุ่ม 2B สามารถก่อโรคได้รุนแรงเฉลี่ย 89.67 เปอร์เซ็นต์ซึ่งเป็นเชื้อในฟีโนไทป์ D ทั้งหมด พบว่าการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของเชื้อ *X. axonopodis* pv. *glycines* ด้วยไพรเมอร์ BOX สามารถแบ่งเชื้อสายพันธุ์รุนแรงและสายพันธุ์อ่อนแอได้อย่างชัดเจนเนื่องจากไพรเมอร์ BOX แสดงลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่แตกต่างกันชัดเจนระหว่างเชื้อสายพันธุ์อ่อนแอและสายพันธุ์รุนแรง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของกุลชนา (2546) ที่นำเทคนิค rep-PCR มาตรวจสอบความหลากหลายทางพันธุกรรมของเชื้อ *X. axonopodis* pv. *glycines* ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นที่น่าสนใจยิ่งเนื่องจากพบแถบดีเอ็นเอขนาด 650 bp ตามรายงานของกุลชนา (2546) จากเชื้อ *X. axonopodis* pv. *glycines* ที่แยกได้ใหม่จำนวน 169 สายพันธุ์ไม่ว่าจะเป็นเชื้อที่รวบรวมมาจากแหล่งพื้นที่หรือพันธุ์ถั่วเหลืองใดก็ตาม และจากการเก็บรวบรวมไว้ก่อนหน้านี้ห้องปฏิบัติการภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



Table 2. Grouping of *X. axonopodis* pv. *glycines* strains based on BOX-PCR fingerprinting patterns. The patterns of PCR products was generated with BOX primer

| Group <sup>1</sup> | Bacterial strains <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                  | 98/114/116/118/128/130/136/109/112/127/133/124/No.4/4/135/95/99/102/104/107/143/150/154/<br>139/141/153/155/159/151/144                                                                                                                                                                                                                                     |
| 2A                 | 7/94/106/156/138/125/111/117/110/38/103/142/163/115/56/119/131/97/24/55/167/158/137/129/<br>140/132/126/122/8/120/123/15/79                                                                                                                                                                                                                                 |
| 2B                 | 134/2/19/3/12/85/88/13/87/36/11/5/164/6/152/148/37/34/30/113/105/32/29/27/23/21/19/93/90/83/<br>81/18/16/40/35/165/121/31/28/25/149/108/33/22/20/47/14/91/92/82/80/17/161/43/147/26/162/<br>145/53/42/146/160/51/46/45/100/73/39/41/52/84/44/54/86/89/59/57/49/96/168/61/60/58/50/48/<br>166/10/63/74/157/62/64/77/101/71/69/67/65/75/72/<br>70/68/66/78/76 |

Group 1 <sup>1</sup> = Weakly strains (30 strains), Group 2A = Moderately strains (34 strains), Group 2B = Virulent strains (107 strains)

<sup>2</sup> = Code number of *X. axonopodis* pv. *glycines*

จำนวน 2 สายพันธุ์ คณะผู้วิจัยจึงนำแถบดีเอ็นเอขนาด 650 bp ส่ง sequencing เพื่อนำลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล GenBank ว่าเป็นยีนอะไร จากนั้นคัดเลือกรหัสเฉพาะซึ่งดำเนินการโดยการเปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์ ด้วยวิธี clustalW2 multiple alignment เพื่อหาดำแหน่งที่เป็นบริเวณอนุรักษ์เฉพาะของ *X. axonopodis* pv. *glycines* เพื่อพัฒนาเป็นไพรเมอร์จำเพาะที่ใช้ในการตรวจสอบ *X. axonopodis* pv. *glycines* โดยจะเป็นวิธีการในการจำแนกสายพันธุ์เชื้อ *X. axonopodis* pv. *glycines* ออกจากเชื้อสายพันธุ์เปรียบเทียบกับกลุ่ม Xanthomonads ได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งแต่เดิมการจำแนกเชื้อนี้ประสบปัญหาในเรื่องต้องใช้เวลานาน แม้จะมีการค้นพบอาหารทั้งเปลือกเฉพาะแล้วก็ตาม (ชนิษฐา 2532; Wydra et al., 2004)

#### 4. ไพรเมอร์ที่จำเพาะเจาะจงกับเชื้อ *X. axonopodis* pv. *glycines* บริเวณ *hrpB*

Kim et al. (2003) รายงานเกี่ยวกับ *hrp* cluster ของเชื้อ *X. axonopodis* pv. *glycines* ซึ่งประกอบไปด้วย *hrpA*, *hrpB*, *hrpD*, *hrpC*, *hrpE*, *hrpF* โดยพบว่า *hrpB* สำคัญในการก่อโรคและเมื่อศึกษา *hrp* cluster ของเชื้อในกลุ่ม Xanthomonads ซึ่งประกอบไปด้วย *X. axonopodis* pv. *glycines*, *X. axonopodis* pv. *citri*, *X. campestris* pv. *campestris*, *X. campestris* pv. *vesicatoria* และ

*X. oryzae* pv. *oryzae* พบว่าบริเวณ promoter ของ *hrpB* ของเชื้อแต่ละสายพันธุ์มีการเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์ที่แตกต่างกัน จึงนำข้อมูลที่ได้มาออกแบบไพรเมอร์ (specific primer) ที่มีความจำเพาะ เพื่อใช้ตรวจสอบ *X. axonopodis* pv. *glycines* โดยออกแบบจากลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีนบริเวณ promoter ของ *hrpB* ของเชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรคใบจุดบนถั่วเหลืองทั้ง 3 สายพันธุ์ คือ 8ra (AF\_499777), CFBP2526 (NZ\_CM002268.1) และ CFBP7119 (NZ\_CM002264.1) เปรียบเทียบกับยีนบริเวณ promoter *hrpB* ของ *X. campestris* pv. *campestris* 8004 (NC\_007086), *X. oryzae* pv. *oryzae* PX099A (NC\_010712), *X. axonopodis* pv. *citri* 306 (NC\_003919.1), *X. axonopodis* pv. *phaseoli* NCPPB 1713 (JWTD02000065.1) และ *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* SCRI1043 โดยสามารถกำหนดลำดับนิวคลีโอไทด์ไพรเมอร์ที่ออกแบบได้ คือ XagF: 5'ATGGATGCCACCGCACAG3' เป็น forward primer และ XagR: 5'GCGTCGAACCGCACATC3' เป็น reward primer ผลการทดลองพบว่าเมื่อใช้ไพรเมอร์ดังกล่าวตรวจสอบ เฉพาะเชื้อ *X. axonopodis* pv. *glycines* เท่านั้นที่สามารถผลิตแถบดีเอ็นเอที่ขนาด 788 bp (Lanes ที่ 1-13) ได้ (ภาพที่ 2) ส่วนเชื้อ *X. campestris* pv. *campestris* (Lanes ที่ 14-15), *X. oryzae* pv. *oryzae* (Lanes ที่ 16-17), *X. axonopodis* pv. *citri*

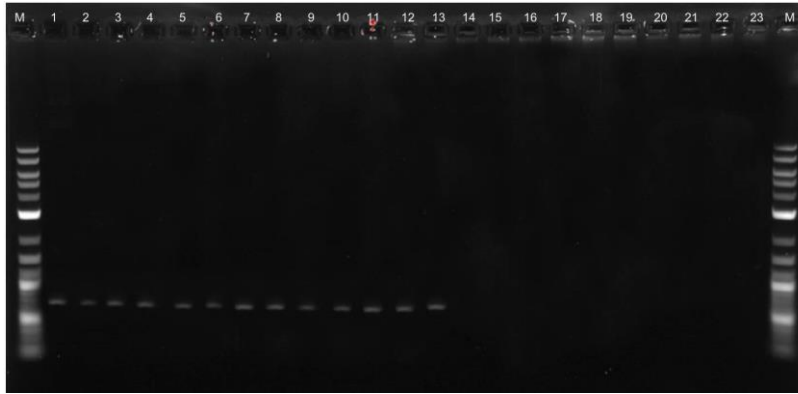


Figure 2. The specific band of *X. axonopodis* pv. *glycines* designed from *hrpB* gene separated by electrophoresis on a 1.0% agarose gel. Lane M = 1 kb DNA Ladder, lanes 1-13 = *X. axonopodis* pv. *glycines* strains No.4, 12-2, KU-P-SW005, 35, 36, 37, 94, 98, 106, 114, 134, 162, and 166 respectively, lane 14 = *X. campestris* pv. *campestris* 8004, lane 15 = *X. campestris* pv. *campestris* 2015, lane 16 = *X. oryzae* pv. *oryzae* S345, lane 17 = *X. oryzae* pv. *oryzae* S225, lane 18 = *X. axonopodis* pv. *citri* 11, lane 19 = *X. axonopodis* pv. *citri* 12, lane 20 = *X. axonopodis* pv. *phaseoli* P5, lane 21 = *X. axonopodis* pv. *phaseoli* P21, lane 22 = *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*, and lane 23 = *Acidovorax avenae* subsp. *avenae*

(Lanes ที่ 18-19), *X. axonopodis* pv. *phaseoli* (Lanes ที่ 20-21), *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* E15 (Lane ที่ 22) และ *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* A6 (Lane ที่ 23) ไม่สามารถตรวจพบแถบดีเอ็นเอขนาดดังกล่าวได้ แสดงว่าไพรเมอร์ XagF: 5'ATGGATGCCACCGCACAG3' และ XagR: 5'GCGTCGAACCGCACATC3' มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการตรวจสอบเชื้อ *X. axonopodis* pv. *glycines* สาเหตุโรคใบจุดบนถั่วเหลืองได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ และจำเพาะเจาะจง โดยใช้เวลาในการตรวจสอบด้วยวิธี PCR เพียง 3 ชั่วโมงซึ่งรวดเร็วกว่าวิธีเดิมที่ใช้ในการตรวจสอบด้วยวิธี Koch's postulates ซึ่งต้องใช้เวลาในการตรวจสอบอย่างน้อย 7 วันจนกว่าพืชจะแสดงอาการ ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ถือเป็นรายงานแรกที่จำแนกชนิดของเชื้อสาเหตุโรคใบจุดบนถั่วเหลืองที่ถูกต้อง และพัฒนาวิธีการตรวจสอบเชื้อสาเหตุโรคใบจุดบนถั่วเหลืองด้วยไพรเมอร์จำเพาะที่มีประสิทธิภาพ

## สรุป

เมื่อนำเชื้อ *X. axonopodis* pv. *glycines* สาเหตุโรคใบจุดบนถั่วเหลือง มาทดสอบความรุนแรงในการก่อโรคบนถั่วเหลืองต่างสายพันธุ์ (Williams 82, Spencer, PI520733 และ สจ.5) นั้น สามารถจัดกลุ่มเชื้อออกเป็น 4 ฟิโนไทป์ตามระดับความรุนแรงในการก่อโรค เมื่อทำการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของ *X. axonopodis* pv. *glycines* ทั้ง 171 สายพันธุ์ โดยเทคนิค rep-PCR โดยใช้ไพรเมอร์ BOX พบว่าสามารถแบ่งเชื้อออกเป็น 2 กลุ่มโดยแยกระหว่างสายพันธุ์อ่อนแอ (กลุ่ม 1) และเชื้อสายพันธุ์รุนแรง (กลุ่ม 2A และ 2B) ได้ชัดเจน เนื่องจากไพรเมอร์ BOX แสดงลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่แตกต่างกันชัดเจนระหว่างเชื้อสายพันธุ์อ่อนแอและสายพันธุ์รุนแรงจำนวน 4 แถบ นอกจากนี้แล้วยังพบแถบดีเอ็นเอขนาด 650 bp จากเชื้อ *X. axonopodis* pv. *glycines* ทั้ง 171 สายพันธุ์ ไม่ว่าจะเป็นสายพันธุ์รุนแรงหรือสายพันธุ์อ่อนแอ เมื่อนำแถบดีเอ็นเอขนาดดังกล่าวส่ง sequencing เพื่อหาลำดับนิวคลีโอไทด์ พบว่าแถบลายพิมพ์ดีเอ็นเอเป็นส่วนหนึ่งของยีน *hrpB* จึงนำข้อมูลที่ได้มา

พัฒนาเป็นไพรเมอร์ที่จำเพาะเจาะจงกับเชื้อ *X. axonopodis* pv. *glycines* โดยออกแบบไพรเมอร์บริเวณ promoter ของ *hrpB* ของเชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรคใบจุดบนถั่วเหลืองทั้ง 3 สายพันธุ์ คือ 8ra, CFBP2526 และ CFBP7119 เปรียบเทียบกับยีนบริเวณ *hrpB* ของ *X. campestris* pv. *campestris* 8004 และ *X. oryzae* pv. *oryzae* PX099A ที่มีรายงานในฐานข้อมูล GenBank พบว่าไพรเมอร์ XagF: 5'ATGGATGCCACCGCACAG3' และ XagR: 5'GCGTCGAACCGCACATC3' สามารถผลิตแถบดีเอ็นเอที่ขนาด 788 bp ได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ และจำเพาะเจาะจงต่อเชื้อ *X. axonopodis* pv. *glycines* เท่านั้น ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ถือเป็นรายงานแรกที่จำแนกชนิดของเชื้อสาเหตุโรคใบจุดบนถั่วเหลืองที่ถูกต้อง

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ภายใต้โครงการทุนวิจัยปริญญาเอกกาญจนาภิเษกและสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่สนับสนุนทุนวิจัย

## เอกสารอ้างอิง

- กุลขนา เกศสุวรรณ. 2546. การตรวจสอบความหลากหลายทางพันธุกรรมของเชื้อ *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* ด้วยเทคนิค rep-PCR. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 96 หน้า.
- ชนิษฐา ชันเดช. 2532. การแพร่ระบาดของเชื้อ *Xanthomonas campestris* pv. *glycines* สาเหตุโรคใบจุดบนถั่วเหลืองที่ติดมากับเมล็ดถั่วเหลือง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 105 หน้า.
- ชัยสิทธิ์ ปรีชา. 2531. การแพร่กระจาย ความรุนแรง และการประเมินความเสียหายเนื่องจากโรคใบจุดบนถั่วเหลืองในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 104 หน้า.
- ดุสิต อธิวัฒน์ สุธฤดี ประเทืองวงศ์ ณัฐธิญา เปื่อนสันเทียะ และ ประชุม จุฑาวรรณะ. 2548. ความหลากหลายทางพันธุกรรมของสายพันธุ์เชื้อ *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* โดยวิเคราะห์การเกิดโรคการตอบสนองอย่างเฉียบพลัน และ BOX-PCR. หน้า 50-51. ใน: รายงานการประชุมทางวิชาการอรัญญาพิชแห่งชาติ “อรัญญาพิช เพื่อคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อม” ครั้งที่ 7. 2-4 พฤศจิกายน 2548, เชียงใหม่.
- สุธฤดี ประเทืองวงศ์ สุพัฒน์ อรรถธรรม สฤติพร สุประยูร และ ปรีดา สัจจนเสถียรชัย. 2523. โรคแบคทีเรียและไวรัสถั่วเหลือง. หน้า 119-135. ใน: รายงานการสัมมนาการวิจัยและพัฒนาพืชโปรตีนสูง ประจำปี 2523. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุริยะ สะวานนท์ สาธกา อินทะเวียง ภูมิพงศ์ บุญแสน และ พิรมา พิริยางกูร. 2559. ความหลากหลายของจุลินทรีย์และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของกระบือปลักที่ได้รับฟางข้าวหรือหญ้าขนสด. วารสารเกษตร 33(2): 235-244.
- Flor, H.H. 1942. Inheritance of pathogenicity of *Melampsora lini*. *Phytopathology* 32: 653-669.
- Kim, J.G., B.K. Park, C.H. Yoo, E. Jeon, J. Oh and I. Hwang. 2003. Characterization of the *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* Hrp pathogenicity island. *Journal of Bacteriology* 185(10): 3155-3166.
- Louws, F.J., D.W. Fulbright, C.T. Stephens and F.J. de Bruijn. 1994. Specific genomic fingerprints of phytopathogenic *Xanthomonas* and *Pseudomonas* pathovars and strains generated with repetitive sequences and PCR. *Applied and*



- Environmental Microbiology 60(7): 2286-2295.
- Mhedbi-Hajri, N., A. Darrasse, S. Pigné, K. Durand, S. Fouteau, V. Barbe, C. Manceau, C. Lemaire and M. A. Jacques. 2011. Sensing and adhesion are adaptive functions in the plant pathogenic xanthomonads. BMC Evolutionary Biology 11: 67. doi: 10.1186/1471-2148-11-67.
- Park, H. J., S. W. Han, C. Oh, S. Lee, D. Ra, S.H. Lee and S. Heu. 2008. Avirulence gene diversity of *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* isolated in Korea. Journal of Microbiology and Biotechnology 18(9): 1500-1509.
- Sambrook, J. and D.W. Russell. 2001. Molecular Cloning: A Laboratory Manual. 3<sup>rd</sup> ed. Cold Spring Harbor Laboratory Press, New York, 999 p.
- Schaad, N.W. 2001. Initial identification of common genera. pp.1-16. In: N. W. Schaad, J.B. Jones and W. Chun (eds.). Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria. 3<sup>rd</sup> ed. APS Press, St. Paul, MN.
- Rohlf, F.J. 1993. NTSYS-pc Numerical Taxonomy and Multivaraition System Version 2.10. Applied Biostatic Inc., New York.
- Tervor, W. 1988. Plant genetic resources and food security. Food Policy 13(2): 178-184.
- Wydra, K., G. Khatri-Chhetri, A. Mavridis, R. Sikirou and K. Rudolph. 2004. A diagnostic medium for the semi-selective isolation and enumeration of *Xanthomonas axonopodis* pv. *vignicola*. European Journal of Plant Pathology 110(10): 991-1001.
-



# ความรู้และความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ ของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงราย

## Knowledge and Ability of Agricultural Extension Officers in Using Information Technology and Computer, Chiang Rai Agricultural Provincial Extension Office

กนกรัตน์ นันทะเสน และ วรทัศน์ อินทรคัมพร  
Kanokrat Nuntasan and Wallratat Intaruccomporn

ภาควิชาพัฒนาเศรษฐกิจการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

Department of Agricultural Economy and Development, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

\*Corresponding author: Email: nuntasan.k@hotmail.com

(Received: 27 February 2017; Accepted: 30 August 2017)

**Abstract:** The objectives of this research were to study the knowledge and ability in using the information technology and computer, personal factors of agricultural extension officers that have a relationship with knowledge and ability in using the information technology and computer as well as problem and recommendation for using the information technology and computer of agricultural extension officers in Chiang Rai. The samples were 1 director of Chiang Rai Provincial Agricultural Extension Office, 18 Chiefs of District Agricultural Extension Office and 73 agricultural extension officers.

From research finding, it was found that agricultural extension officers and chief of district agricultural extension office had high-level of knowledge in using the information technology and computer and a mid-level of ability in using the information technology and computer. The agricultural extension officers' personal factors that were related to their knowledge and ability in using the information technology and computer with statistical significance ( $\text{Sig.} < 0.5$ ) were as follows; 1) gender related to the chief of District Agricultural Extension Office's knowledge, 2) the period of working in a field of technology and computer related to the agricultural extension officers' knowledge, 3) education and the period of working in a field of technology and computer related to the chief of district agricultural extension office's ability. From the study of the problems in using the information technology and computer of Chiang Rai Agricultural Provincial Extension Office, it was found that 1) the lack of specific knowledge in using the information technology and computer, for example, Photoshop program 2) the lack of personnel with specialized knowledge, and 3) the low-potential information technology and computer equipment.

**Keywords:** Agricultural extension officers, information technology and computer, knowledge and ability

**บทคัดย่อ:** การวิจัยเรื่องนี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความรู้ ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ และปัจจัยส่วนบุคคลของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรที่มีความสัมพันธ์กับความรู้ ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ ตลอดจนปัญหา และข้อเสนอแนะในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงราย กลุ่มตัวอย่าง คือ เกษตรจังหวัด 1 คน เกษตรอำเภอ 18 คน และเกษตรตำบล 73 คน

ผลการวิจัยพบว่า เกษตรอำเภอและเกษตรตำบล ทั้งสองกลุ่มมีความรู้ในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ ในระดับมาก และทั้งสองกลุ่มมีความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ ในระดับปานกลาง ปัจจัยส่วนบุคคลที่มีความสัมพันธ์กับความรู้และความสามารถของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $\text{Sig.} < 0.5$ ) คือ 1) เพศ มีความสัมพันธ์กับความรู้ของเกษตรอำเภอ 2) ระยะเวลาการทำงานเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ มีความสัมพันธ์กับความรู้ของเกษตรตำบล 3) ระดับการศึกษา และระยะเวลาการทำงานเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ มีความสัมพันธ์กับความสามารถของเกษตรอำเภอ และจากการศึกษาปัญหาในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ ของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร สังกัดสำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงราย พบว่า 1) นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรขาดความรู้เฉพาะอย่างในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ เช่น การใช้โปรแกรมตัดแต่งรูปภาพ 2) ขาดบุคลากรที่มีความรู้เฉพาะทาง และ 3) อุปสรรคเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ มีศักยภาพต่ำ

**คำสำคัญ:** ความรู้และความสามารถ เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ นักวิชาการส่งเสริมการเกษตร

## คำนำ

ในปัจจุบัน เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ ได้เข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมากในงานส่งเสริมการเกษตร โดยกรมส่งเสริมการเกษตรมีนโยบายขับเคลื่อนการดำเนินงานตามระบบส่งเสริมการเกษตรมิติใหม่ (MRCF) โดยมุ่งเน้นการพัฒนาเชิงคุณภาพ มีการเชื่อมโยงกับนโยบายการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมของรัฐบาล และของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2559ก) และในแผนยุทธศาสตร์กรมส่งเสริมการเกษตร พ.ศ. 2560-2564 ยุทธศาสตร์ที่ 3 ได้กำหนดเป้าหมายการทำงานส่งเสริมการเกษตรที่มีความเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีและคอมพิวเตอร์ไว้คือ การเพิ่มขีดความสามารถและความเชี่ยวชาญนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรที่ปฏิบัติงานในระดับพื้นที่ต้องมีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีที่เหมาะสม (appropriate technology) การพัฒนาระบบข้อมูล ข่าวสาร และองค์ความรู้ โดยมุ่งเน้นพัฒนาฐานข้อมูล การใช้ประโยชน์จากข้อมูล และส่งเสริมสนับสนุนการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารใน

งานส่งเสริมการเกษตร เพื่อก้าวสู่การเป็นองค์กรแห่งการเรียนรู้ (learning organization) เพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน พัฒนาระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์และการสื่อสารให้มีประสิทธิภาพ รวมถึงการพัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเชิงดิจิทัล และยังมุ่งเน้นการเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ผลงานของเจ้าหน้าที่และหน่วยงาน และผลสำเร็จที่เกิดขึ้นกับเกษตรกรและภาคการเกษตรอีกด้วย (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2559ข)

จากนโยบายกรมส่งเสริมการเกษตร และแผนยุทธศาสตร์กรมส่งเสริมการเกษตร เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์เป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อการปฏิบัติงานส่งเสริมการเกษตรเป็นอย่างมาก นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2527 ได้มีการนำเครื่องคอมพิวเตอร์ มาใช้ในการจัดเก็บ จัดทำรายงานข้อมูลการผลิตทางการเกษตร แล้วประมวลผลโดยใช้โปรแกรมที่พัฒนาด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ จนมาถึงปัจจุบันได้มีการดำเนินการพัฒนาระบบการจัดเก็บและการรายงานอย่างต่อเนื่อง และมีการจัดอบรมถ่ายทอด

ความรู้ให้แก่นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรอยู่เสมอ (คณะทำงานการบริหารองค์ความรู้, 2560)

สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงราย ได้นำนโยบายของกรมส่งเสริมการเกษตรมาใช้ และได้มีการฝึกอบรมการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ให้แก่ นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรอยู่เสมอ ซึ่งหลังจากการอบรมจำเป็นต้องมีการประเมินติดตามผลว่า นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรมีความรู้ ความสามารถมากน้อยเพียงใด ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญมากต่อการพัฒนางานส่งเสริมการเกษตร จากงานวิจัยของสิรินาฏ และคณะ (2556) เรื่อง ความพร้อมในการใช้ e - Extension เพื่องานส่งเสริมการเกษตร ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล พบว่า นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรมีปัญหาในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการส่งเสริมการเกษตร หรือ e - Extension คือ ขาดทักษะการใช้งานอุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศ อุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์มีไม่เพียงพอต่อการปฏิบัติงานและจำนวนเจ้าหน้าที่งบประมาณไม่เพียงพอ และแต่จังหวัดเชียงราย จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัย พบว่า มีการศึกษาความรู้และความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ ของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร สังกัดสำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงราย ในด้านนี้อยู่ไม่มากนัก อาทิเช่น งานวิจัยของณัฐ และธานินทร์ (2555) เรื่อง การพัฒนาเว็บไซต์เพื่อสนับสนุน e-Extension ในงานส่งเสริมการเกษตร ซึ่งงานวิจัยได้ทำการวิจัยใน 76 จังหวัด รวมถึง จังหวัดเชียงรายด้วย จึงเป็นที่มาของการศึกษา ความรู้และความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร และผู้วิจัยมีความต้องการที่จะศึกษาถึงปัจจัยใดบ้างที่มีความสัมพันธ์กับความรู้ความสามารถการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร ตลอดจนจนปัญหาและข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาศักยภาพในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร และระบบโปรแกรมต่าง ๆ ในงานส่งเสริมการเกษตร ให้การทำงานส่งเสริมการเกษตรมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

## อุปกรณ์และวิธีการ

### ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ศึกษามี 2 กลุ่ม ได้แก่

กลุ่มที่ 1 ผู้บริหาร ได้แก่ เกษตรจังหวัดเชียงราย จำนวน 1 คน และเกษตรอำเภอ จำนวน 18 คน

กลุ่มที่ 2 เกษตรตำบล จำนวน 89 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

กลุ่มที่ 1 ผู้บริหาร เนื่องจากประชากรกลุ่มนี้มีจำนวนไม่มาก ผู้วิจัยจึงศึกษาจากจำนวนทั้งหมด โดยไม่มีการสุ่มตัวอย่าง คือ เกษตรจังหวัดเชียงราย จำนวน 1 คน และเกษตรอำเภอ จำนวน 18 คน

กลุ่มที่ 2 เกษตรตำบล จำนวน 89 คน ผู้วิจัยคำนวณขนาดตัวอย่างโดยใช้สูตรของ Yamane (1973) โดยยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ร้อยละ 5 ( $e = 0.05$ ) ได้ขนาดตัวอย่างจำนวน 73 คน

### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบ่งตามกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษาดังนี้

กลุ่มที่ 1 เกษตรตำบล ใช้แบบสอบถาม และแบบทดสอบความรู้

กลุ่มที่ 2 เกษตรจังหวัด ใช้แบบสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth interviews)

กลุ่มที่ 3 เกษตรอำเภอ ใช้แบบสอบถาม และแบบทดสอบความรู้

ผู้วิจัยได้ทดสอบความน่าเชื่อถือได้ของเครื่องมือ (reliability) พบว่า แบบสอบถามแต่ละกลุ่มมีค่า Cronbach's alpha ดังนี้ แบบทดสอบความรู้ของเกษตรอำเภอ มีค่าเท่ากับ 0.802 แบบทดสอบความสามารถของเกษตรอำเภอ มีค่าเท่ากับ 0.971 แบบทดสอบความรู้ของเกษตรตำบล มีค่าเท่ากับ 0.822 และแบบทดสอบความสามารถของเกษตรตำบล เท่ากับ 0.822

## การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูป โดยสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าร้อยละ (percentage) ค่าเฉลี่ย (mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ค่าสูงสุด (maximum) และค่าต่ำสุด (minimum) และในการทดสอบสมมติฐาน ใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุ (multiple regression analysis)

2. วิเคราะห์ความคิดเห็นเกษตรกรจังหวัด  
ใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis)

## ผลการศึกษา

### ข้อมูลพื้นฐานของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงราย

เกษตรกรอำเภอ ร้อยละ 83.3 เป็นเพศชาย ร้อยละ 77.8 มีอายุเฉลี่ย 56.8 ปี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี (ร้อยละ 72.2) โดยร้อยละ 77.8 สำเร็จการศึกษาทางด้านเกษตรศาสตร์ มีระยะเวลาการทำงานในตำแหน่งเกษตรอำเภอเฉลี่ย 5.4 ปี ส่วนประสบการณ์ในการทำงานเฉลี่ย 24.6 ปี มีประสบการณ์การทำงานเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์เฉลี่ย 6.83 ปี สำหรับเกษตรกรตำบล ร้อยละ 56.2 เป็นเพศชาย ร้อยละ 39.7 มีอายุเฉลี่ย 45.0 ปี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี (ร้อยละ 75.3) โดยร้อยละ 91.8 สำเร็จการศึกษาทางด้านเกษตรศาสตร์ มีระยะเวลาการทำงานในตำแหน่งเกษตรตำบลเฉลี่ย 18.1 ปี ส่วนประสบการณ์ในการทำงานเฉลี่ย 20.9 ปี มีประสบการณ์การทำงานเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์เฉลี่ย 5.7 ปี

### ความรู้ทั่วไปในด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและ คอมพิวเตอร์ ของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงราย

จากการทำแบบทดสอบด้านความรู้ จำนวน 10 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน พบว่า เกษตรอำเภอ มีความรู้เรื่องการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์อยู่ในระดับมาก ( $\bar{x} = 8.78$ ) สำหรับแหล่งความรู้ในเรื่อง

เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ เกษตรอำเภอต้องการศึกษาจาก การเข้ารับการฝึกอบรมจากหน่วยงาน (ร้อยละ 94.4) ในด้านความรู้ของเกษตรอำเภอในเรื่องเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ พบว่าร้อยละ 88.9 หมายความว่า เกษตรอำเภอมีความรู้ด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก โดยความรู้ในระดับมากที่สุด สามารถแบ่งได้เป็น 2 ด้าน ได้แก่

1) ด้านโปรแกรมเทคโนโลยีสารสนเทศ คือ ความรู้เรื่องโปรแกรม Social Network มากที่สุด (ร้อยละ 94.4)

2) ด้านโปรแกรมที่ใช้ร่วมกับคอมพิวเตอร์ คือ ความรู้เรื่องโปรแกรมดูหนัง ฟังเพลง มากที่สุด (ร้อยละ 88.9)

เกษตรกรอำเภอร้อยละ 94.4 ให้ความเห็นว่าเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์มีประโยชน์ต่อชีวิตประจำวัน คือ สามารถลดอุปสรรคในเรื่องเวลาและระยะทางในการติดต่อสื่อสาร และสามารถเผยแพร่ข้อมูลสารสนเทศต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็ว เกษตรอำเภอร้อยละ 94.4 มีความต้องการมีความรู้ในเรื่องเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์เพิ่มเติม และความรู้ที่ต้องการรับเพิ่มเติมในระดับมากที่สุด คือ ความรู้เรื่องการใช้คอมพิวเตอร์ในการบริหารงาน (ร้อยละ 55.6) สำหรับแหล่งความรู้ในเรื่องการใช้คอมพิวเตอร์ เกษตรอำเภอร้อยละ 88.9 ต้องการเข้ารับการฝึกอบรมจากหน่วยงาน

เกษตรกรตำบล มีความรู้เรื่องการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์อยู่ในระดับมาก ( $\bar{x} = 7.18$ ) สำหรับแหล่งความรู้ในเรื่องเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ เกษตรตำบลต้องการศึกษาจากผู้มีประสบการณ์ หรือผู้เชี่ยวชาญ (ร้อยละ 76.7) ในด้านความรู้ของเกษตรกรตำบลในเรื่องเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ พบว่าร้อยละ 74.0 หมายความว่า เกษตรตำบลมีความรู้ด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก โดยความรู้ในระดับมากที่สุดสามารถแบ่งได้เป็น 2 ด้าน ได้แก่

1) ด้านโปรแกรมเทคโนโลยีสารสนเทศ คือ ความรู้เรื่องโปรแกรม Social Network มากที่สุด (ร้อยละ 93.2)

2) ด้านโปรแกรมที่ใช้งานกับคอมพิวเตอร์ คือ ความรู้เรื่องโปรแกรม Microsoft Office มากที่สุด (ร้อยละ 97.3)

เกษตรตำบลร้อยละ 87.7 ให้ความเห็นว่า เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์มีประโยชน์ต่อชีวิตประจำวัน คือ สามารถติดต่อสื่อสารในเรื่องเวลาและระยะทาง ในการติดต่อสื่อสาร เกษตรตำบลร้อยละ 79.5 มีความต้องการมีความรู้ในเรื่องเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์เพิ่มเติม และความรู้ที่ต้องการรับเพิ่มเติมในระดับมากที่สุด คือ ความรู้ในเรื่องหลักการถ่ายภาพและวิดีโอ (ร้อยละ 75.3) วิธีการเข้ารับความรู้ร้อยละ 76.7 ต้องการเข้ารับการศึกษาอบรมจากหน่วยงาน

### ความสามารถการใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ ในงานส่งเสริมการเกษตร ของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงราย

จากการสอบถาม ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ ของเกษตรอำเภอ และเกษตรตำบล โดยใช้คำถามตามมาตรวัด 3 ระดับ มาก ปานกลาง น้อย พบว่า เกษตรอำเภอ มีความสามารถในการใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ อยู่ในงานส่งเสริมการเกษตร ในระดับปานกลาง ( $\bar{x} = 1.80$ ) ซึ่งสามารถสรุปได้เป็น 2 ด้าน ดังนี้

1) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ พบว่า มีความสามารถระดับปานกลาง ( $\bar{x} = 1.88$ )

2) ความสามารถในการใช้งานเว็บไซต์ของกรมส่งเสริมการเกษตร พบว่า มีความสามารถระดับปานกลาง ( $\bar{x} = 1.71$ )

สำหรับเกษตรตำบล พบว่า มีความสามารถในการใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ ในงานส่งเสริมการเกษตร ในระดับปานกลาง ( $\bar{x} = 1.83$ ) ซึ่งสามารถสรุปได้เป็น 2 ด้าน ดังนี้

1 ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ พบว่า เกษตรตำบลมีความสามารถระดับปานกลาง ( $\bar{x} = 1.93$ )

2) ความสามารถในการใช้งานเว็บไซต์ของกรมส่งเสริมการเกษตร พบว่า เกษตรตำบลมีความสามารถระดับปานกลาง ( $\bar{x} = 1.67$ )

### การทดสอบสมมติฐาน

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร กับความรู้และความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ ผู้วิจัยกำหนดตัวแปรดังนี้

ตัวแปรอิสระ (independent variables) ได้แก่ เพศ (ชาย = 1, หญิง = 0) อายุ (ปี) ระดับการศึกษา (จบปริญญาตรีและต่ำกว่า = 0, สูงกว่าปริญญาตรี = 1) ระยะเวลาการดำรงตำแหน่ง (ปี) ประสบการณ์การทำงาน (ปี) และระยะเวลาการทำงานเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีและคอมพิวเตอร์ (ปี)

ตัวแปรตาม (dependent variable) ได้แก่ ความรู้และความสามารถของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร ซึ่งการวิเคราะห์แยกออกเป็น 2 ด้าน คือ

#### 1. ด้านความรู้ของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร

เกษตรอำเภอ พบว่า เพศ มีความสัมพันธ์กับความรู้ในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Sig. < 0.5)

เกษตรตำบล พบว่า ระยะเวลาการทำงานเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีและคอมพิวเตอร์ มีความสัมพันธ์กับความรู้ในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Sig. < 0.5) รายละเอียดปรากฏตามตารางที่ 1

#### 2. ด้านความสามารถของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร

เกษตรอำเภอ พบว่า ระดับการศึกษา และระยะเวลาการทำงานเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีและคอมพิวเตอร์ มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Sig. < 0.5) รายละเอียดปรากฏตามตารางที่ 2

Table 1. The relationships between general background of agricultural extension officers and knowledge in using the information technology and computer

| Agricultural extensionist                                         | Variables                                                  | Unstandardized coefficients<br>B | t      | Sig.   |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------|--------|
| Chief of District                                                 | (Constant)                                                 | 12.375                           | 1.098  | 0.296  |
| Agricultural Extension Offices                                    | Gender                                                     | 1.512                            | 1.968  | 0.040* |
|                                                                   | Age                                                        | -0.109                           | -0.476 | 0.644  |
|                                                                   | Education                                                  | 0.250                            | 0.435  | 0.672  |
|                                                                   | Period in position                                         | -0.201                           | -0.337 | 0.742  |
|                                                                   | Work experience                                            | 0.035                            | 0.210  | 0.838  |
|                                                                   | Period of working in relation with technology and computer | 0.023                            | 0.476  | 0.643  |
| $R^2 = 0.325$ $SE_{est} + 1.025$ $F = 8.083$ $P - value > 0.038$  |                                                            |                                  |        |        |
| Agricultural extension officers                                   | (Constant)                                                 | 7.762                            | 6.285  | 0.000  |
|                                                                   | Gender                                                     | 0.221                            | 0.670  | 0.505  |
|                                                                   | Age                                                        | 0.010                            | 0.242  | 0.810  |
|                                                                   | Education                                                  | -0.121                           | -0.283 | 0.778  |
|                                                                   | Period in position                                         | 0.008                            | 0.257  | 0.798  |
|                                                                   | Work experience                                            | -0.089                           | -1.675 | 0.099  |
|                                                                   | Period of working in relation with technology and computer | 0.101                            | 3.019  | 0.004* |
| $R^2 = 0.440$ $SE_{est} + 1.3182$ $F = 8.632$ $P - value > 0.000$ |                                                            |                                  |        |        |

\*\* Significant 0.01; \* Significant 0.05

### ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา และข้อเสนอแนะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ ของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงราย

ผลจากการวิจัยพบว่า เกษตรอำเภอและเกษตรตำบล ทั้งสองกลุ่มมีปัญหาการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ที่สำคัญได้แก่ 1) นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรขาดความรู้เฉพาะอย่างในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ เช่น การใช้โปรแกรมตัดแต่งรูปภาพ 2) ขาดบุคลากรที่มีความรู้เฉพาะทาง และ 3) อุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ มีศักยภาพต่ำ ซึ่งปัญหาดังกล่าว ทั้งสองกลุ่มมีข้อเสนอแนะว่า

เกษตรอำเภอเสนอแนะว่า ต้องพัฒนานักวิชาการส่งเสริมการเกษตร ให้มีศักยภาพในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์อย่างมีประสิทธิภาพ และเกษตรตำบลเสนอแนะว่า ต้องพัฒนาบุคลากรให้มีความรู้ ความสามารถยิ่งขึ้น และพัฒนาหลักสูตรด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ ให้เจ้าหน้าที่ทุกคนเข้ารับการฝึกอบรม

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ความคิดเห็นเกษตรจังหวัดเชียงราย

จากการสัมภาษณ์เกษตรจังหวัดเชียงราย สามารถสรุปได้ว่า ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศมีความจำเป็นมากในงานส่งเสริมการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร



Table 2. The relationships between general background of agricultural extension officers and ability in using the information technology and computer

| Agricultural extensionist       |                                                            | Variables                                                           | Unstandardized coefficients<br>B | t      | Sig.    |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------|---------|
| Chief of District               | (Constant)                                                 |                                                                     | -106.554                         | -0.930 | 0.373   |
| Agricultural Extension Offices  | Gender                                                     |                                                                     | -14.023                          | -1.795 | 0.100   |
|                                 | Age                                                        |                                                                     | 4.135                            | 1.774  | 0.104   |
|                                 | Education                                                  |                                                                     | 22.676                           | 3.884  | 0.003** |
|                                 | Period in position                                         |                                                                     | -0.425                           | -0.661 | 0.522   |
|                                 | Work experience                                            |                                                                     | -2.231                           | -1.298 | 0.221   |
|                                 | Period of working in relation with technology and computer |                                                                     | 1.246                            | 2.485  | 0.030*  |
|                                 |                                                            | $R^2 = 0.684$ $SE_{est} + 10.422$ $F = 3.962$ $P - value > 0.023$   |                                  |        |         |
| Agricultural extension officers | (Constant)                                                 |                                                                     | 56.509                           | 4.134  | 0.000   |
|                                 | Gender                                                     |                                                                     | -2.157                           | -0.591 | 0.556   |
|                                 | Age                                                        |                                                                     | 0.559                            | 1.185  | 0.240   |
|                                 | Education                                                  |                                                                     | 8.440                            | 1.778  | 0.080   |
|                                 | Period in position                                         |                                                                     | -0.295                           | -8.37  | 0.405   |
|                                 | Work experience                                            |                                                                     | -0.564                           | -0.958 | 0.342   |
|                                 | Period of working in relation with technology and computer |                                                                     | 0.450                            | 1.216  | 0.228   |
|                                 |                                                            | $R^2 = 0.309$ $SE_{est} + 14.59239$ $F = 4.913$ $P - value > 0.000$ |                                  |        |         |

\*\* Significant 0.01; \* Significant 0.05

ก็ได้ใช้ระบบ MRCF เข้ามาบริหาร โดย M คือ mapping จัดทำและใช้ข้อมูลแผนที่ และ R คือ remote sensing การประสานและให้บริการเกษตรกรด้วยการสื่อสารระยะไกล

การทำงานส่งเสริมการเกษตรได้ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ อาทิเช่น ระบบการขึ้นทะเบียนเกษตรกร ที่มีการขึ้นทะเบียนในระบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ การทำงานผ่านระบบออนไลน์ สามารถประมวลข้อมูล ให้เห็นข้อมูลเกษตรกรที่สามารถตรวจสอบได้จากระบบทันที การส่งงานเป็นลายลักษณ์อักษรผ่านทางโปรแกรมไลน์ (line) ในปัจจุบันกลุ่มของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร จะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแรก

คือ นักวิชาการที่มีอายุ 40 ปีขึ้นไป ซึ่งไม่มีความชำนาญมากในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ ส่วนกลุ่มที่สอง คือ กลุ่มที่มีอายุ 40 ปีลงมา จะเป็นกลุ่มที่มีความชำนาญทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศพอสมควร โดยการทำงานจะเน้นการทำงานร่วมกัน โดยใช้วิธีการที่แนะนำเอง และน้องแนะนำพี่ พี่สอนประสบการณ์ทำงานน้อง ส่วนน้องคอยสอนการใช้เทคโนโลยีและการใช้คอมพิวเตอร์ให้แกพี่ เป็นการทำงานควบคู่กันไป ทำให้การทำงานส่งเสริมการเกษตรสามารถดำเนินไปได้ และได้ยึดหลักนโยบายของรัฐบาลในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามามีบทบาทในการทำงานมากขึ้น เพื่อเป็นการประหยัดเวลา งบประมาณ อีกด้วย และอนาคต หากมี

การศึกษาในเรื่องเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์เพิ่มเติม ส่วนราชการอาจจะเป็นศูนย์กลางให้ความรู้ในเรื่องของการสื่อสารสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ด้านการเกษตร ให้กับพี่น้องเกษตรกรไทยอีกด้วย

### อภิปรายผล

การวิจัยเรื่องความรู้และความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงราย ผู้วิจัยนำประเด็นที่น่าสนใจมาอภิปราย ดังนี้

#### ความรู้ทั่วไปในด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ ของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร

เกษตรกรอำเภอและเกษตรกรตำบล มีความรู้ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ในระดับมาก ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ด้าน ได้แก่

1. โปรแกรมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ จากผลการวิจัยพบว่า เกษตรอำเภอและเกษตรกรตำบลส่วนใหญ่มีความรู้มากที่สุด คือ โปรแกรม Social Network ได้แก่ โปรแกรมไลน์ (Line) และเฟซบุ๊ก (Facebook) สามารถอธิบายได้ว่า โปรแกรมไลน์และเฟซบุ๊ก เป็นโปรแกรมที่มีความสามารถหลากหลาย สามารถใช้งานผ่านโทรศัพท์มือถือและคอมพิวเตอร์ ติดต่อสื่อสารกันง่าย สะดวก รวดเร็ว ประหยัดงบประมาณ และยังเป็นพื้นที่ที่ใช้เผยแพร่ข้อมูลส่วนตัว ผลงาน บทความ วิดีโอ รูปภาพ พูดคุยพบปะเพื่อแสดงความคิดเห็น แลกเปลี่ยนประสบการณ์ซึ่งกันและกัน จากงานวิจัยของ สามารถ (2558) พบว่า โปรแกรมไลน์ เป็นลักษณะของการติดต่อสื่อสารในองค์กรที่มีประสิทธิภาพ ติดต่อสื่อสารระหว่างบุคคลผ่านระบบอินเทอร์เน็ต สามารถติดต่อสื่อสารได้ไม่จำกัดช่วงเวลา รับการส่งไฟล์ข้อมูลได้มากมาย และที่สำคัญคือ สามารถส่งผ่านข้อมูลได้ภายในระยะเวลาอันรวดเร็ว

2. โปรแกรมที่ใช้ทำงานกับคอมพิวเตอร์ จากผลการวิจัยพบว่า เกษตรอำเภอส่วนใหญ่มีความรู้ในเรื่องโปรแกรมดูหนัง ฟังเพลง สามารถอธิบายได้ว่า โปรแกรมดูหนัง ฟังเพลง เป็นโปรแกรมพื้นฐาน ให้ความบันเทิง เป็นที่รู้จักของคนส่วนใหญ่ คนไม่มีความถนัดทางคอมพิวเตอร์ก็สามารถใช้งานโปรแกรมนี้ได้ สำหรับเกษตรกรตำบลส่วนใหญ่มีความรู้ในโปรแกรม Microsoft Office เนื่องจากว่าเป็นโปรแกรมการทำงานที่เกษตรกรตำบล ต้องใช้ในการทำงานอยู่บ่อยครั้ง จึงทำให้มีความรู้และความถนัดในโปรแกรม สอดคล้องกับรายงานของ ปรีดาภรณ์ (2556) เรื่อง Excel statistic analysis พบว่า บุคลากรทุกคนจะใช้โปรแกรม Excel ในด้านการสร้างตารางคำนวณด้านฐานข้อมูล และการนำเสนอข้อมูล จากการศึกษาความต้องการความรู้ในการใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ของเกษตรกรอำเภอและเกษตรกรตำบล พบว่าส่วนใหญ่มีความต้องการความรู้เพิ่มเติม แสดงให้เห็นว่าทั้งเกษตรกรอำเภอและเกษตรกรตำบลส่วนใหญ่เป็นผู้ที่มีความรู้พื้นฐานด้านการใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ และมีศักยภาพที่จะพัฒนาความรู้ของตนให้สูงขึ้น โดยความรู้ที่เกษตรกรอำเภอส่วนใหญ่ต้องการเพิ่มเติมมากที่สุด คือ การใช้งานคอมพิวเตอร์บริหารงาน โดยความต้องการความรู้ในเรื่องการใช้งานคอมพิวเตอร์บริหารงานของเกษตรกรอำเภอ ผู้ซึ่งอยู่ในระดับผู้บริหาร สอดคล้องกับงานวิจัยของ ขาติชาย และคณะ (2558) เรื่อง การจัดการระบบเทคโนโลยีสารสนเทศของโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 37 พบว่า ผู้บริหารต้องมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับการบริหารจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศแล้ว การบริหารงานโดยการนำเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามามีส่วนร่วมในการบริหารนั้น ย่อมทำให้การบริหารงานได้ อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยให้องค์กรสามารถดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ วางแผนควบคุมการทำงาน และประกอบการทำงานได้อย่างถูกต้อง สำหรับเกษตรกรตำบล ความรู้ที่ต้องการเพิ่มเติมมากที่สุด คือ หลักการถ่ายภาพและวิดีโอ

## ความสามารถการใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ ของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร ในงานส่งเสริมการเกษตร

เกษตรอำเภอ มีความสามารถด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ในระดับปานกลาง ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ด้าน ได้แก่

1. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ ผลการวิจัยพบว่า ในภาพรวมเกษตรอำเภอ มีความสามารถในระดับปานกลางที่สำคัญ ได้แก่ 1) การใช้งานคอมพิวเตอร์ รับและส่ง E-mail ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต 2) การใช้คอมพิวเตอร์ค้นหาข้อมูลต่าง ๆ ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต 3) การใช้งานแอปพลิเคชัน Protect Plants DOAE Smart Check plus และ AC AGRI VOCAB ของกรมส่งเสริมการเกษตรผ่านโทรศัพท์มือถือ 4) การเชื่อมต่อสัญญาณการประชุมทางไกล (VDO Conference) ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต

2. ความสามารถในการใช้งานเว็บไซต์ของกรมส่งเสริมการเกษตร ผลจากการวิจัยพบว่า ในภาพรวมเกษตรอำเภอมีความสามารถในระดับปานกลางที่สำคัญ ได้แก่ 1) ระบบฐานข้อมูลทะเบียนเกษตรกร 2) ระบบสารสนเทศองค์การเกษตรกร 3) ระบบการเรียนรู้ผ่านอิเล็กทรอนิกส์ (e - Learning) 4) ข้อมูลการดำเนินงานผลิตพืชรายเดือน

จากความสามารถด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ของเกษตรอำเภอ อยู่ในระดับปานกลาง เนื่องจากว่าเกษตรอำเภอส่วนใหญ่เป็นผู้ที่มีอายุมากแล้วในการทำงานจะเป็นนักบริหาร มากกว่านักปฏิบัติ การทำงานข้อมูล เอกสาร หรืองานพิมพ์ต่าง ๆ จะมีเจ้าหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายงานเป็นผู้ดำเนินงานให้ และเนื่องจากเกษตรอำเภอ มีปัญหาการใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์อยู่ระดับมากในด้าน 1) การเชื่อมต่อเซิร์ฟเวอร์ (server) จากส่วนกลาง 2) อุปกรณ์ของเทคโนโลยีสารสนเทศขาดหาย ขาดชุด ไม่ได้รับการบำรุงรักษา และ 3) ขาดความรู้ในเรื่องการบำรุงรักษาและซ่อมแซมเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสิรินาฏ และคณะ (2556) ที่พบว่า นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรมีปัญหาในการใช้

เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการส่งเสริมการเกษตร คือ ขาดทักษะการใช้งานอุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศ อุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์มีไม่เพียงพอต่อการปฏิบัติงานและจำนวนเจ้าหน้าที่ ที่งบประมาณไม่เพียงพอ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ของเกษตรอำเภอ อยู่ในระดับปานกลาง แต่อย่างไรก็ตามเกษตรอำเภอมีความสามารถในการสื่อสาร ส่งการ เผยแพร่ข้อมูลต่าง ๆ ผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือได้ เช่น Line, WhatsApp การอยู่ในระดับมาก

สำหรับเกษตรตำบล มีความสามารถด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ในระดับปานกลาง ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ด้าน ได้แก่

1. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ ผลการวิจัยพบว่า พบว่า ในภาพรวมเกษตรตำบล มีความสามารถในระดับปานกลางที่สำคัญ ได้แก่ 1) การใช้คอมพิวเตอร์พิมพ์เอกสาร และหนังสือราชการ 2) การใช้เครื่อง GPS ในการเก็บข้อมูลแล้วนำมาศึกษา วิเคราะห์ สังเคราะห์ข้อมูล 3) การเชื่อมต่อสัญญาณการประชุมทางไกล (VDO Conference) ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต 4) การใช้งานแอปพลิเคชัน Protect Plants DOAE Smart Check plus และ AC AGRI VOCAB ของกรมส่งเสริมการเกษตรผ่านโทรศัพท์มือถือ

2. ความสามารถในการใช้งานเว็บไซต์ของกรมส่งเสริมการเกษตร ผลจากการวิจัยพบว่า ในภาพรวมเกษตรตำบลมีความสามารถในระดับปานกลาง ที่สำคัญ ได้แก่ 1) ระบบฐานข้อมูลทะเบียนเกษตรกร 2) ระบบสารสนเทศวิสาหกิจชุมชน (SMCE) 3) ระบบการเรียนรู้ผ่านอิเล็กทรอนิกส์ (e - Learning) 4) ข้อมูลการดำเนินงานผลิตพืชรายเดือน

จากการวิจัยความสามารถด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ของเกษตรตำบล ที่พบว่าอยู่ในระดับปานกลาง เนื่องจากว่า เกษตรตำบลมีปัญหาการใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์อยู่ระดับมากในด้าน 1) เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ไม่เพียงพอต่อการดำเนินงาน 2) อุปกรณ์บางอย่างของ

เทคโนโลยีสารสนเทศขาดหาย ขำรด ไม่ได้รับการบำรุงรักษา 3) การเชื่อมต่อเซิร์ฟเวอร์ (server) จากส่วนกลาง 4) ขาดเจ้าหน้าที่ ที่มีความรู้เฉพาะทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ 5) เจ้าหน้าที่ขาดความรู้ในเรื่องการบำรุงรักษาและซ่อมแซมเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์เมื่อเกิดการขัดข้อง ซึ่งจากนโยบาย ของกรมส่งเสริมการเกษตร (2558) และแผนยุทธศาสตร์กรมส่งเสริมการเกษตร พ.ศ. 2556-2559 ของกรมส่งเสริมการเกษตร (2556) ได้ระบุไว้ว่า นักวิชาการส่งเสริมการเกษตร จะต้องเป็นผู้ที่มีความรู้ ความสามารถ เป็น smart officer ที่มีศักยภาพ มีความรู้ความสามารถ สามารถถ่ายทอดความรู้และเทคโนโลยีต่าง ๆ ไปยังเกษตรกร กลุ่มแม่บ้าน เยาวชน ประชาชนผู้สนใจ และหน่วยงานในภาคีต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและเอกชนได้ และในด้านการขยายการประชาสัมพันธ์เชิงรุก มุ่งเน้นการประชาสัมพันธ์ในเชิงรุกผ่านสื่อและช่องทางต่าง ๆ เพื่อเสริมสร้างความเข้าใจในแนวทาง การดำเนินงานและภารกิจสำคัญ เผยแพร่การดำเนินงาน และสร้างภาพลักษณ์ที่ดีของกรมส่งเสริมการเกษตรต่อสาธารณชน ดังนั้น กรมส่งเสริมการเกษตรควรมีการจัดอบรม ถ่ายทอดความรู้ การใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ ด้านที่มีปัญหาในระดับมาก ให้แก่นักวิชาการส่งเสริมการเกษตร เพื่อที่นักวิชาการส่งเสริมการเกษตร จะได้เป็นผู้ที่มีศักยภาพเป็น smart officer อย่างแท้จริง

**ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา** จะเห็นได้ว่า ส่วนใหญ่มีปัญหาในเรื่องการขาดความรู้ งบประมาณ อุปกรณ์ เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ และระบบโปรแกรมการทำงานต่าง ๆ ซึ่งทุกปัญหาคงมีการแก้ไข ปัญหาให้ตรงประเด็น ตรงตามความต้องการของผู้ดำเนินงาน เพราะถ้าหากปัญหาไม่ได้รับการแก้ไขแล้วนั้น ก็อาจส่งผลให้การดำเนินงานไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ดังนั้นกรมส่งเสริมการเกษตรควรจัดการอบรมในด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ เพื่อให้บุคลากรได้พัฒนาความรู้และความสามารถในการใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ พัฒนาระบบโปรแกรมที่ง่ายต่อการนำไปใช้ สนับสนุนงบประมาณในการจัดซื้อ หรือซ่อมบำรุงรักษาวัสดุ อุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศและ

คอมพิวเตอร์ ให้มีความพร้อมในการทำงาน และมีประสิทธิภาพสอดคล้องกับการทำงานในยุคปัจจุบัน

**ความคิดเห็นเกษตรจังหวัดเชียงราย** สามารถอธิบายได้ว่า เกษตรจังหวัดเชียงรายได้เห็นถึงความสำคัญในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ เห็นควรรณนโยบายของรัฐบาลด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ มาปรับใช้ ให้สอดคล้องกับการทำงานส่งเสริมการเกษตร และเห็นควรให้นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม เพื่อที่จะสามารถเป็นนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรมืออาชีพ สามารถถ่ายทอดความรู้ด้านการเกษตร ให้แก่เกษตรกรได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของจากรุวรรณ และคณะ (2560) สามารถสรุปได้ว่า นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรควรส่งเสริมความรู้ที่เหมาะสม ถ่ายทอดความรู้วิชาการ และเทคโนโลยีสารสนเทศใหม่ ๆ เพื่อให้เกษตรกรได้ติดตามข้อมูลข่าวสารทางการเกษตร

## สรุป

เกษตรอำเภอและเกษตรตำบล มีความรู้ในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ อยู่ในระดับมาก มีความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ อยู่ในระดับปานกลาง โดยผลจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร กับความรู้และความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ พบว่า เพศ มีความสัมพันธ์กับความรู้ในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ของเกษตรอำเภอ ระยะเวลาการทำงานเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีและคอมพิวเตอร์ มีความสัมพันธ์กับความรู้ในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ของเกษตรตำบล ระดับการศึกษา และระยะเวลาการทำงานเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีและคอมพิวเตอร์ มีความสัมพันธ์กับความรู้ในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ของเกษตรอำเภอ และจากการศึกษาปัญหาการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์พบว่า นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรขาดความรู้เฉพาะอย่าง เช่น การใช้โปรแกรมตัดแต่งรูปภาพ

ขาดบุคลากรที่มีความรู้เฉพาะทาง อุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ มีศักยภาพต่ำ ดังนั้น ควรมีการจัดอบรมให้ความรู้อย่างสม่ำเสมอ และควรจัดสรรงบประมาณในการซ่อมบำรุง และจัดซื้อวัสดุอุปกรณ์ที่ทันสมัย เหมาะสมกับการปฏิบัติงาน

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอบขอบคุณนายสุเทพ ทิพย์รัตน์ เกษตรจังหวัดเชียงราย เกษตรอำเภอ และเกษตรตำบลสังกัดสำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงรายทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือและให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์กับงานวิจัยครั้งนี้ งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

## เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2556. แผนยุทธศาสตร์กรมส่งเสริมการเกษตร พ.ศ. 2556-2559. กองแผนงาน กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพฯ. 47 หน้า.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2558. คู่มือการปฏิบัติงานเจ้าหน้าที่กรมส่งเสริมการเกษตรประจำปี 2558. กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพฯ. 114 หน้า.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2559ก. ระบบส่งเสริมการเกษตร MRCF. กองแผนงาน กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพฯ. 70 หน้า.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2559ข. แผนยุทธศาสตร์กรมส่งเสริมการเกษตร พ.ศ. 2560-2564. กองแผนงาน กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพฯ. 24 หน้า.

คณะทำงานการบริหารองค์ความรู้. 2560. รายงานผลการจัดการความรู้ ประจำปี 2560 ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมส่งเสริมการเกษตร. 2 หน้า.

จารุวรรณ พุดัน สุพล เศรษฐบุตร วรทัศน์ อินทร์คัมพร และ ธนะชัย พันธุ์เกษมสุข. 2560. ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเกษตรดิจิทัลที่เหมาะสมในการปลูกผักปลอดภัยของเกษตรกรในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ทาเหนือ จังหวัดเชียงใหม่. วารสารเกษตร 33(3): 97-104.

ชาติชาย ทนะขำว้าง อินทร์ จันทรเจริญ และ วีรพันธุ์ ศิริฤทธิ. 2558. การจัดการระบบเทคโนโลยีสารสนเทศของโรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 37. Veridian E-Journal, Silpakorn University 8(1): 789-800.

ณัฐ สมณคุปต์ และ ธาณินทร์ คงศิลา. 2555. การพัฒนาเว็บไซต์เพื่อสนับสนุน e - Extension ในงานส่งเสริมการเกษตร. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 43(2)(พิเศษ): 613-617

ปรีดาภรณ์ กาญจนสำราญวงศ์. 2556. รู้จักกับโปรแกรม Excel. บริษัท ไอดีซีพีรีเมียร์ จำกัด, นนทบุรี. 310 หน้า.

สามารถ อัยกร. 2558. โปรแกรมไลน์กับการติดต่อสื่อสารภายในองค์กร. วารสารวิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนีนครราชสีมา 9(1): 102-107.

สิรินาฏ เทพหิรัญญู พิชัย ทองดีเลิศ และ สาวิตรี รังสิภัทร์. 2556. ความพร้อมในการใช้ e - Extension เพื่อ งานส่งเสริมการเกษตร ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล. วารสารวิชาการส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร 9(2): 66-76.

Yamane, T. 1973. Statistics: An Introductory Analysis. 3<sup>rd</sup> ed. Harper and Row, New York.



ศักยภาพการผลิตกุหลาบเชิงพาณิชย์ของเกษตรกรบ้านบวกเต๋ย  
อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่

Commercial Rose Production Potential of Farmers in Ban Buak Toey,  
Mae Rim District, Chiang Mai Province

นิรมล ลี และ รุจ ศิริสุนญลักษณ์\*  
Niramol Lee and Ruth Sirisunyaluck\*

ภาควิชาพัฒนาเศรษฐกิจการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

Department of Agricultural Economy and Development, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

\*Corresponding author: Email: ruth.si@cmu.ac.th

(Received: 28 February 2017; Accepted: 10 August 2017)

**Abstract:** The objectives of this research were to study 1) the conditions of farmers' commercial rose production in Ban Buak Toey, Mae Rim district, Chiang Mai province 2) factors related to the commercial rose production potential of farmers 3) the problems, obstacles and suggestion of farmers in rose production. The sample group of this research was 80 farmers. The instrument for data collection was questionnaires. Statistics employed for data analysis was descriptive statistics including frequency, percentage, mean, maximum, minimum and standard deviation. Weight mean score was used to analyze data that farmers answered following their opinions by using 5 levels of Likert's scale and multiple regression analysis was employed to test research hypothesis.

The result from study of farmers' commercial production rose growing found that the farmers had average experience on rose production of 8.74 years. The average cost of planting roses 87,537.5 baht. A farmer grew 11,532 roses as an average. According to water source study, 57.50% of farmers used water from creek for rose planting. The analysis of commercial rose production potential of farmers reveal that 47.50% of farmers had moderate level of rose production potential, 47.50% of farmers had low level of rose production potential and only 5.00% had high level of rose production potential. From multiple regression analysis it was found that there were 3 independent variables that significantly related to commercial rose production potential of farmers 1) contracting with agricultural extension officer 2) being groups membership and 3) experience in growing rose. Farmers have problems for commercial rose production in high level. The important problems were shortage of water, damaged by plant diseases and pests, higher cost of production and more expensive pesticides. Suggestion of farmers from this research was supporting an efficient irrigation system. Most of farmers want to reduce production cost by giving an idea that government should consider and control fertilizer, as well as chemical substances prices and require officers to inform and solve the problem of pests and disease.

**Keywords:** Potential, commercial rose production

**บทคัดย่อ:** การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) สภาพการปลูกกุหลาบเชิงพาณิชย์ของเกษตรกรในหมู่บ้านบวกเตย อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ 2) ปัจจัยที่สัมพันธ์กับศักยภาพการผลิตกุหลาบเชิงพาณิชย์ของเกษตรกร 3) ปัญหาอุปสรรคและข้อเสนอแนะของเกษตรกรในการผลิตกุหลาบเชิงพาณิชย์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือเกษตรกรผู้ปลูกกุหลาบจำนวน 80 ราย ในหมู่บ้านบวกเตย อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือแบบสัมภาษณ์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ข้อมูลให้ตอบตามความคิดเห็นตามมาตรวัด 5 ระดับของ Likert โดยใช้ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก และทดสอบสมมติฐานโดยใช้วิเคราะห์ถดถอยพหุ

ผลการศึกษาศภาพการปลูกกุหลาบเชิงพาณิชย์ของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรมีประสบการณ์ในการปลูกกุหลาบเชิงพาณิชย์โดยเฉลี่ย 8.74 ปี ใช้ต้นทุนในการปลูกกุหลาบเฉลี่ย 87,537.5 บาทต่อเกษตรกร 1 ราย เกษตรกรปลูกกุหลาบโดยเฉลี่ยรายละ 11,532 ต้น ในการทำสวนกุหลาบ เกษตรกรร้อยละ 57.50 ใช้น้ำจากลำห้วย เกษตรกรมีศักยภาพในการผลิตกุหลาบเชิงพาณิชย์อยู่ในระดับต่ำและปานกลางเป็นจำนวนร้อยละเท่ากัน คือร้อยละ 47.50 และเกษตรกรจำนวนร้อยละ 5.00 มีศักยภาพในการผลิตอยู่ในระดับสูง จากการวิเคราะห์ถดถอยพหุพบว่า ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระดับศักยภาพในการผลิตกุหลาบเชิงพาณิชย์ของเกษตรกร ได้แก่ การพบปะเจ้าหน้าที่ การเป็นสมาชิกกลุ่ม และประสบการณ์ในการปลูกกุหลาบ เกษตรกรมีปัญหาอุปสรรคในการปลูกกุหลาบเชิงพาณิชย์ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ประเด็นปัญหาที่สำคัญ คือ การขาดแคลนน้ำ โรคและแมลงรบกวน ต้นทุนการผลิตสูง และสารเคมีราคาแพง ข้อเสนอแนะของเกษตรกร คือให้มีการช่วยเหลือด้านระบบชลประทานที่มีประสิทธิภาพ เกษตรกรส่วนใหญ่ต้องการลดต้นทุนการผลิต โดยการเสนอให้ภาครัฐช่วยเหลือเรื่องราคาปุ๋ยและสารเคมีในการปลูกกุหลาบและต้องการให้เจ้าหน้าที่เข้าไปช่วยแนะนำให้ความรู้ แก้ไขปัญหาเรื่องโรคและแมลง

**คำสำคัญ:** ศักยภาพ การผลิตกุหลาบเชิงพาณิชย์

## คำนำ

ธุรกิจไม้ดอกไม้ประดับในปัจจุบัน เป็นธุรกิจที่ได้รับความนิยมจากนักลงทุนเป็นอย่างมาก เพราะเป็นธุรกิจที่สร้างมูลค่าได้อย่างมหาศาล ปัจจุบันประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่มีศักยภาพสูงในการผลิตและการส่งออกกุหลาบ เนื่องจากประเทศไทยมีความพร้อมทั้งด้านสภาพพื้นที่เพาะปลูก ภูมิประเทศ ภูมิอากาศ แรงงาน และการตลาดที่เอื้ออำนวยต่อการซื้อขาย ในปัจจุบันรัฐบาลได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของธุรกิจการผลิตไม้ดอกไม้ประดับ ในฐานะที่เป็นผลิตผลทางการเกษตรอีกกลุ่มหนึ่งที่ทำรายได้ให้กับประเทศ จากข้อมูลการส่งออกดอกกุหลาบตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2555-2557 ของกรมศุลกากร (ศูนย์ข้อมูลและข่าวสืบสวนเพื่อสิทธิพลเมือง, 2557) ปรากฏว่า ในปี พ.ศ. 2555 ประเทศไทยมีการส่งออกกุหลาบไปต่างประเทศทั้งหมด 6 ประเทศ มูลค่า 12,934,440 บาท ต่อมาปี พ.ศ. 2556 มีการส่งออกไปต่างประเทศทั้งหมด

15 ประเทศ มูลค่า 13,987,246 บาท และในปี พ.ศ. 2557 ส่งออกทั้งหมด 9 ประเทศ มูลค่า 4,141,983 จะเห็นว่าในปี พ.ศ.2556 มีการขยายตลาดส่งออกมากขึ้น มูลค่าการส่งออกกุหลาบเพิ่มขึ้นถึง 54.53% แต่เมื่อถึงปี พ.ศ. 2557 มีตลาดส่งออกลดลง ส่งผลให้มูลค่าการส่งออกลดลงจากปี พ.ศ. 2556 ถึง 79.28% จากข้อมูลทำให้ทราบว่าในปัจจุบันประเทศไทยมีมูลค่าการส่งออกกุหลาบลดลงถึงแม้ในปี พ.ศ. 2557 จะมีแหล่งตลาดส่งออกมากกว่าปี พ.ศ. 2555 แต่ก็ไม่ได้ทำให้มูลค่าการส่งออกเพิ่มขึ้นแต่อย่างใด

การผลิตกุหลาบในประเทศไทยอาจแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ การผลิตกุหลาบในเชิงปริมาณและการผลิตกุหลาบในเชิงคุณภาพ ซึ่งประเทศไทยมีศักยภาพในการผลิตกุหลาบคุณภาพสูงอย่างต่อเนื่อง หากแต่จะต้องผลิตในพื้นที่ที่เหมาะสม คือพื้นที่สูงมากกว่า 800 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง หากปลูกในที่ราบจะได้คุณภาพดีในช่วงฤดูหนาวเท่านั้น ดังนั้นการผลิตกุหลาบมี



แนวโน้มที่จะเพิ่มพื้นที่การผลิตบนที่สูงมากขึ้น (มูลนิธิโครงการหลวงและสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน), 2549)

หมู่บ้านบวคเตย อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ มีชาวไทยภูเขาเผ่าม้งอพยพมาทำไร่ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2515 ในปี พ.ศ. 2533 ชาวบ้านเริ่มมีการปลูกกุหลาบเป็นพืชเศรษฐกิจทดแทนการปลูกฝิ่น ต่อมากุหลาบกลายเป็นสินค้าหลักที่สร้างรายได้ให้แก่หมู่บ้าน และมีหน่วยงานภาครัฐให้การสนับสนุนในการพัฒนาหมู่บ้าน โดยส่งเสริมการตั้งกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกกุหลาบ (สำนักงานพัฒนาชุมชนอำเภอแมริม, 2555) บ้านบวคเตย เป็นพื้นที่ปลูกกุหลาบที่สำคัญของจังหวัดเชียงใหม่ ปัจจุบันพบว่าเกษตรกรมีปัญหาในการผลิตกุหลาบ คือ ปัญหาด้านโรคและแมลงศัตรูกุหลาบ ทำให้ผลผลิตลดลงซึ่งส่งผลกระทบต่อรายได้ของเกษตรกรผู้ปลูกกุหลาบ จากการศึกษาการปลูกกุหลาบเชิงพาณิชย์ในจังหวัดเชียงใหม่ พบว่ามักจะมีปัญหาด้านโรคและแมลง ดังจะเห็นได้จากงานวิจัยของสุชชัย (2537) ศึกษาการผลิตกุหลาบเพื่อการค้าของเกษตรกรเชียงใหม่ นิสารัตน์ (2541) ศึกษากระบวนการผลิตกุหลาบเชิงธุรกิจในพื้นที่อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ พัฒนา (2543) ศึกษาสถานภาพและปัญหาในการผลิตกุหลาบของภาคเหนือ พบว่าปัญหาที่พบมากที่สุดในการปลูกกุหลาบคือ ปัญหาโรคและแมลง ดังนั้นควรจะมีการแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยพัฒนาและส่งเสริมศักยภาพการผลิตกุหลาบเชิงพาณิชย์ของเกษตรกรให้ดียิ่งขึ้น จากที่ผ่านมา สิริรัตน์ (2550) ได้ศึกษารูปแบบพื้นที่ของการผลิตกุหลาบเชิงการค้าในอำเภอพบพระ จังหวัดตาก ทำให้ทราบและเข้าใจถึงพัฒนาการของการผลิตกุหลาบเชิงการค้าและยังสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวางแผนส่งเสริมการปลูกกุหลาบได้

งานวิจัยที่ผ่านมาในอดีตส่วนใหญ่ยังไม่ได้นำแนวคิดด้านการวัดศักยภาพการผลิตกุหลาบเชิงพาณิชย์โดยวิเคราะห์จากศักยภาพด้านการเงิน การผลิตและการตลาดมาใช้ ที่มีการนำแนวคิดนี้มาใช้ มีเพียงแต่การวิเคราะห์ศักยภาพโดยใช้ข้อมูลจากต้นทุน รายได้ และการใช้เทคโนโลยีเท่านั้น ดังจะเห็นได้จากงานวิจัยของประมว (2542) ซึ่งศึกษาปัญหาและศักยภาพการผลิตกุหลาบเชิงพาณิชย์ของกลุ่มผู้ปลูกกุหลาบในอำเภอ

สันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ และผลการวิจัยดังกล่าวไม่ได้แบ่งระดับศักยภาพของเกษตรกรไว้อย่างชัดเจนเท่าที่ควร ดังนั้นเพื่อศึกษาศักยภาพการผลิตกุหลาบเชิงพาณิชย์ให้เห็นภาพที่ชัดเจนและแบ่งระดับความแตกต่างของศักยภาพในการผลิตของเกษตรกรให้ชัดเจนยิ่งขึ้น จึงเป็นที่มาของการวิจัยครั้งนี้ ซึ่งผลการวิจัยจะสะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพในการผลิตกุหลาบของเกษตรกรบ้านบวคเตย ได้อย่างชัดเจน และสามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการจัดทำแผนการผลิต อันจะทำให้การผลิตกุหลาบของเกษตรกรมีประสิทธิภาพและมีความยั่งยืนมากยิ่งขึ้น

## อุปกรณ์และวิธีการ

### ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาคือ เกษตรกรผู้ปลูกกุหลาบในหมู่บ้านบวคเตย อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 100 ราย ผู้วิจัยกำหนดขนาดตัวอย่างโดยคำนวณจากสูตรของ Yamane (1976) ได้ตัวอย่างเกษตรกรผู้ปลูกกุหลาบจำนวน 80 ราย และสุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีการสุ่มกระจายแบบง่าย (simple random sampling)

### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยใช้แบบสัมภาษณ์เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล มีการทดสอบหาความเชื่อถือได้ (reliability) โดยนำไปทดสอบกับเกษตรกรที่มีสถานะคล้ายประชากรแต่ไม่ใช่ประชากร จำนวน 20 ราย ในอำเภอสันกำแพง พบว่าแบบสัมภาษณ์ตอนที่ 5 เรื่องความรู้ความเข้าใจในการปลูกกุหลาบของเกษตรกรมีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) เท่ากับ 0.820

### การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระหลายตัวโดยการวิเคราะห์ถดถอยพหุ

การวิเคราะห์ศักยภาพการผลิตกุหลาบเชิงพาณิชย์ของเกษตรกรในหมู่บ้านบวกเตย อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ ประกอบด้วย 3 ด้าน ดังนี้

1. ศักยภาพด้านการเงิน ประกอบด้วย ต้นทุนการปลูกกุหลาบ และรายได้จากการปลูกกุหลาบ วัดโดยการกำหนดเป็นคะแนน โดยที่ต้นทุนการปลูกกุหลาบ มีคะแนนเต็ม 3 คะแนน และรายได้จากการปลูกกุหลาบ มีคะแนนเต็ม 3 คะแนน รวมทั้งหมด 6 คะแนน

2. ศักยภาพด้านการผลิต ประกอบด้วย พื้นที่ในการปลูกกุหลาบ ความรู้ความเข้าใจในการปลูกกุหลาบ การใช้เทคโนโลยีในการปลูกกุหลาบ และจำนวนต้นกุหลาบที่ปลูก โดยที่พื้นที่ในการปลูกกุหลาบ มีคะแนนเต็ม 3 คะแนน ความรู้ความเข้าใจในการปลูกกุหลาบ มีคะแนนเต็ม 3 คะแนน การใช้เทคโนโลยีในการปลูกกุหลาบ คะแนนเต็มเท่ากับ 1 คะแนน และจำนวนต้นกุหลาบที่ปลูก มีคะแนนเต็ม 3 คะแนน รวมทั้งหมด 10 คะแนน

3. ศักยภาพด้านการตลาด ประกอบด้วย จำนวนแหล่งจำหน่ายกุหลาบ มีคะแนนเต็ม 3 คะแนน เมื่อรวมคะแนนทั้ง 3 ด้าน จะมีคะแนนเต็มของศักยภาพการผลิตกุหลาบเชิงพาณิชย์ เท่ากับ 19 คะแนน ผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์ในการวัดระดับศักยภาพไว้ 3 ระดับ ดังนี้

|                     |             |       |
|---------------------|-------------|-------|
| ศักยภาพระดับสูง     | 14.34-18    | คะแนน |
| ศักยภาพระดับปานกลาง | 10.67-14.33 | คะแนน |
| ศักยภาพระดับต่ำ     | 7-10.66     | คะแนน |

## ผลการศึกษา

### ลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคม

จากการศึกษาพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ร้อยละ 95.00 เป็นเพศชาย มีอายุเฉลี่ย 36.96 ปี มีสถานภาพสมรสแล้ว เกษตรกรร้อยละ 27.50 ไม่ได้เรียนหนังสือ รองลงมาร้อยละ 21.50 จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 6.25 คน และมีแรงงานในครัวเรือนเฉลี่ย 3.46 คน เกษตรกรมีพื้นที่ปลูกกุหลาบเฉลี่ย 4.05 ไร่ ซึ่งเป็นที่ดินของเกษตรกรเอง มีรายได้จากการปลูกกุหลาบเฉลี่ย 295,625 บาท/ปี ส่วนใหญ่ร้อยละ 56.25 ไม่มีการจ้างแรงงาน ร้อยละ 80.00 ใช้

ทุนส่วนตัวในการลงทุนปลูกกุหลาบ และมีการกู้ยืมเงินมาลงทุนปลูกกุหลาบ คิดเป็นร้อยละ 20.00

เกษตรกรร้อยละ 56.25 เคยติดต่อกับเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร ร้อยละ 90.00 เกษตรกรร้อยละ 53.75 เป็นสมาชิกสหกรณ์บ้านบวกเตย รองลงมาคือร้อยละ 42.50 ไม่เป็นสมาชิกกลุ่ม และร้อยละ 38.75 เป็นสมาชิกโครงการหลวงทุ่งเรา โดยเกษตรกรเป็นสมาชิกกลุ่มมากที่สุด 2 กลุ่ม และน้อยที่สุดคือไม่เป็นสมาชิกกลุ่มเลย มีการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ในการปลูกกุหลาบ ร้อยละ 72.50 ได้รับข้อมูลข่าวสารการปลูกกุหลาบจากญาติ พี่น้อง ร้อยละ 61.25 ไม่เคยเข้ารับการฝึกอบรมด้านการปลูกกุหลาบ ร้อยละ 51.75 ไม่เคยศึกษาดูงานเกี่ยวกับการปลูกกุหลาบ เกษตรกรส่วนใหญ่จำหน่ายผลผลิตกุหลาบให้พ่อค้าคนกลางในจังหวัดเชียงใหม่และเกษตรกรส่วนใหญ่เป็นสมาชิกสหกรณ์บ้านบวกเตย

### สภาพการปลูกกุหลาบของเกษตรกร

เกษตรกรมีประสบการณ์ในการปลูกกุหลาบโดยเฉลี่ย 8.74 ปี ใช้ต้นทุนในการปลูกกุหลาบเฉลี่ย 87,537.5 บาท เรียนรู้การปลูกกุหลาบด้วยตนเอง เกษตรกรนิยมปลูกกุหลาบสีแดง สีชมพู สีขาว สีเหลืองและสีส้ม ส่วนใหญ่ปลูกกุหลาบในที่โล่งแจ้ง มีจำนวนต้นที่ปลูกโดยเฉลี่ย 11,532 ต้น/ไร่ รายได้เฉลี่ย 88.75 ได้ผลผลิตกุหลาบมากกว่า 1,000 ดอก/วัน เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่เคยนำตัวอย่างดินในแปลงกุหลาบไปตรวจวิเคราะห์ แต่มีการตัดแต่งกิ่งกุหลาบทุกปี เฉลี่ย 1.65 ครั้ง/ปี เกษตรกรมีการบำรุงดูแลรักษากุหลาบโดยใช้ปุ๋ยเคมี โดยมีการพ่นสารเคมีกำจัดโรคและแมลงทุก ๆ 3-5 วัน ร้อยละ 58.75 ปลูกกุหลาบแต่ละรุ่นเป็นเวลา 5-6 ปี ก่อนจะทำการรื้อหรือแปลงเพื่อปลูกใหม่ ส่วนใหญ่ให้น้ำโดยใช้สายยางฉีด ศัตรูกุหลาบที่พบมากที่สุดคือ โรคใบจุด และไรแดง

เกษตรกรส่วนใหญ่ห่อกุหลาบด้วยกระดาษมัน ก่อนนำไปส่งตลาดที่รับซื้อ และใช้รถยนต์กระบะเป็นยานพาหนะในการขนส่งผลผลิต โดยมีระยะทางเฉลี่ย 159.5 กิโลเมตร จากสวนไปยังตลาดที่รับซื้อ ซึ่งกุหลาบมีราคาดีที่สุดในช่วงฤดูหนาว เกษตรกรร้อยละ 66.25 ให้ความเห็นว่าดินในแปลงกุหลาบของตนมีความอุดมสมบูรณ์ของดินปานกลาง ร้อยละ 56.25 มีความลาดเท

ของพื้นที่ปลูกกุหลาบเกิน 15 ไร่ แต่ไม่เกิน 35 ไร่ สำหรับลักษณะของดินในสวนกุหลาบร้อยละ 40.00 มีลักษณะเป็นดินร่วนปนเหนียว ส่วนแหล่งน้ำที่ใช้ในการทำสวนกุหลาบ ร้อยละ 57.50 มาจากลำห้วย

### ความรู้ในการปลูกกุหลาบ

จากการทดสอบความรู้ของเกษตรกรในการปลูกกุหลาบ โดยใช้แบบสอบถามแบบให้เลือกตอบถูกหรือผิด จำนวน 20 ข้อ ถ้าตอบถูกต้อง จะได้คะแนนข้อละ 1 คะแนน โดยมีคะแนนเต็มทั้งหมด 20 คะแนน พบว่าสามารถจัดระดับความรู้ในการปลูกกุหลาบของเกษตรกรได้ ดังนี้ เกษตรกรส่วนใหญ่ร้อยละ 71.25 มีความรู้เกี่ยวกับการปลูกกุหลาบในระดับมาก ร้อยละ 16.25 มีความรู้เกี่ยวกับการปลูกกุหลาบในระดับปานกลาง และร้อยละ 12.50 มีความรู้เกี่ยวกับการปลูกกุหลาบในระดับน้อย โดยมีคะแนนความรู้เกี่ยวกับการปลูกกุหลาบต่ำสุด 7 คะแนน สูงสุด 20 คะแนน โดยเฉลี่ย 16.37 คะแนน

### ศักยภาพการปลูกกุหลาบเชิงพาณิชย์

ในการวิเคราะห์ศักยภาพของเกษตรกรในการปลูกกุหลาบเชิงพาณิชย์ ผู้วิจัยกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร ศักยภาพ หมายถึง ความสามารถในการผลิตกุหลาบเชิงพาณิชย์ให้ขยายตัวทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ โดยพิจารณาจากกระบวนการผลิตและปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตกุหลาบ ได้แก่ ต้นทุนในการปลูกกุหลาบ รวมกับรายได้จากการปลูกกุหลาบ พื้นที่ปลูก

กุหลาบ ความรู้ในการปลูกกุหลาบ จำนวนแหล่งจำหน่าย การใช้เทคโนโลยีในการปลูกกุหลาบ และจำนวนต้นกุหลาบที่ปลูก

จากการวิเคราะห์พบว่า เกษตรกรร้อยละ 47.5 มีศักยภาพการผลิตกุหลาบต่ำ และร้อยละ 47.5 เท่ากันมีศักยภาพปานกลาง และเกษตรกรที่เหลือร้อยละ 5.00 มีศักยภาพในการปลูกกุหลาบในระดับสูง

### ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับศักยภาพการปลูกกุหลาบเชิงพาณิชย์ของเกษตรกร

การวิจัยครั้งนี้ใช้การวิเคราะห์ถดถอยพหุ (multiple regression analysis) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระ ซึ่งการวิเคราะห์ครั้งนี้ประกอบด้วยตัวแปรอิสระทั้งหมด 9 ตัวแปร โดยแบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่

1. ลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคล ได้แก่ อายุ และระดับการศึกษา
2. ปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจ ได้แก่ แรงงานในการผลิตกุหลาบ และแหล่งที่มาของสินเชื่อ
3. ปัจจัยทางด้านสังคม ได้แก่ การพบปะกับเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร การเป็นสมาชิกกลุ่มต่าง ๆ การฝึกอบรมเกี่ยวกับการปลูกกุหลาบ การศึกษาดูงานเกี่ยวกับการปลูกกุหลาบ และประสบการณ์ในการผลิตกุหลาบ (ตารางที่ 1)

ส่วนตัวแปรตาม คือ ศักยภาพการผลิตกุหลาบเชิงพาณิชย์ของเกษตรกร

Table 1. Mean and standard deviation of variables in regression model

|   | Variables                                               | Mean   | Standard deviation |
|---|---------------------------------------------------------|--------|--------------------|
| 1 | Age (year)                                              | 36.96  | 9.4914             |
| 2 | Education (year)                                        | 3.1375 | 1.8809             |
| 3 | Number of labor                                         | 1.4375 | 0.4992             |
| 4 | Sources of credit (number)                              | 2.1    | 0.4386             |
| 5 | Contacting with agricultural extension officer (number) | 1.5625 | 0.4992             |
| 6 | Group membership (number)                               | 1.925  | 0.8826             |
| 7 | Training on rose production (number)                    | 1.3875 | 0.4902             |
| 8 | Visiting study about rose production (number)           | 1.4875 | 0.5029             |
| 9 | Experience on rose production (year)                    | 8.7375 | 3.8835             |

เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระแต่ละคู่ พบว่าไม่มีตัวแปรอิสระคู่ใดที่มีความสัมพันธ์กันสูงกว่า 0.80 ที่จะก่อให้เกิดปัญหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระด้วยกันเอง (multicollinearity) อันเป็นการละเมิดข้อสมมติฐานที่กำกับเทคนิคการวิเคราะห์ถดถอยพหุ

การวิจัยครั้งนี้มีแบบจำลอง ดังนี้

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + \dots + b_9X_9$$

โดยที่

Y คือ ศักยภาพการผลิตกุหลาบเชิงพาณิชย์ (คะแนน)

$X_1$  คือ อายุของเกษตรกร (ปี)

$X_2$  คือ ระดับการศึกษา (ปี)

$X_3$  คือ จำนวนแรงงานในการผลิตกุหลาบ (คน)

$X_4$  คือ จำนวนแหล่งสินเชื่อ (แหล่ง)

$X_5$  คือ การพบปะเจ้าหน้าที่ (ครั้ง)

$X_6$  คือ การเป็นสมาชิกกลุ่ม (จำนวนกลุ่ม)

$X_7$  คือ จำนวนครั้งที่เข้ารับการฝึกอบรม (ครั้ง)

$X_8$  คือ จำนวนครั้งในการศึกษาดูงาน (ครั้ง)

$X_9$  คือ ประสบการณ์ในการผลิตกุหลาบ (ปี)

A คือ ค่าคงที่

จากการวิเคราะห์ถดถอยพหุโดยนำตัวแปรตาม 1 ตัวแปร และตัวแปรอิสระทั้ง 9 ตัวแปร ไปเข้าสมการแล้วคำนวณโดยใช้วิธีปกติ (enter) ปรากฏว่าได้ค่า  $F = 7.138$ ;

Sig. = 0.000 หมายความว่ามีความสัมพันธ์อย่างน้อย 1 ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามในรูปเชิงเส้น เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ตัดสินใจเชิงพหุ (multiple coefficient of determination,  $R^2$ ) ปรากฏว่า  $R^2$  มีความเท่ากับ 0.479 หมายความว่าตัวแปรอิสระทั้งหมดสามารถอธิบายการผันแปร (การเปลี่ยนแปลง) ของตัวแปรตาม (ศักยภาพการผลิตกุหลาบเชิงพาณิชย์ของเกษตรกรบ้านบวกเตี้ย อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่) ได้ร้อยละ 47.9 ในบรรดาตัวแปรอิสระทั้ง 9 ตัวแปร มีตัวแปรจำนวน 3 ตัวแปร ที่มีผลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 คือ การพบปะเจ้าหน้าที่ การเป็นสมาชิกกลุ่ม และประสบการณ์การปลูกกุหลาบ (ตารางที่ 2)

### ปัญหาอุปสรรคในการปลูกกุหลาบของเกษตรกร

เกษตรกรผู้ปลูกกุหลาบมีปัญหาอุปสรรคในการผลิตกุหลาบเชิงพาณิชย์โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.45) เมื่อพิจารณาปัญหาอุปสรรคในแต่ละประเด็นย่อย พบว่า ประเด็นที่เกษตรกรมีปัญหามากที่สุดคือ การขาดแคลนน้ำในการปลูกกุหลาบ (ค่าเฉลี่ย 4.89) ปัญหาโรคและแมลงรบกวน (ค่าเฉลี่ย 4.65) ราคาผลผลิตกุหลาบไม่แน่นอน (ค่าเฉลี่ย 4.56) ต้นทุนในการปลูกกุหลาบสูงขึ้น (ค่าเฉลี่ย 4.53) ปุ๋ยและสารเคมีราคาแพง (ค่าเฉลี่ย 4.51) และปัญหาผลผลิตตกต่ำ (ค่าเฉลี่ย 4.45)

Table 2. Multiple regression analysis of factors related to farmers' commercial rose production potential

| Variables     |                                                          | B             | t         | P-value           |
|---------------|----------------------------------------------------------|---------------|-----------|-------------------|
| 1             | Age (year)                                               | -0.021        | -0.764    | 0.448             |
| 2             | Education (year)                                         | -0.024        | -0.584    | 0.561             |
| 3             | Number of labor                                          | -0.117        | -0.280    | 0.781             |
| 4             | Sources of credit (number)                               | 0.664         | 1.603     | 0.114             |
| 5             | Contracting with agricultural extension officer (number) | 0.591         | 2.039     | 0.045             |
| 6             | Group membership (number)                                | 0.883         | 3.194     | 0.002             |
| 7             | Train on rose production (number)                        | -0.475        | -1.254    | 0.214             |
| 8             | Visiting study about rose production (number)            | 0.204         | 0.613     | 0.542             |
| 9             | Experience on rose production (year)                     | 0.197         | 2.711     | 0.008             |
| $R^2 = 0.479$ |                                                          | SEE = 1.72087 | F = 7.138 | Sig. of F = 0.000 |

### ข้อเสนอแนะของเกษตรกรผู้ปลูกกุหลาบ

จากการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ปลูกกุหลาบพบว่าเกษตรกรให้ข้อเสนอแนะในการปลูกกุหลาบเชิงพาณิชย์ดังนี้

1. ในช่วงฤดูแล้ง เกษตรกรมักจะประสบกับปัญหาในการขาดแคลนน้ำ จนบางครั้งต้องมีการพักแปลง โดยไม่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตกุหลาบได้ เกษตรกรส่วนใหญ่เสนอให้มีการช่วยเหลือด้านระบบชลประทานที่มีประสิทธิภาพ โดยสามารถจ่ายน้ำได้อย่างพอเพียงและสม่ำเสมอ
2. เกษตรกรส่วนใหญ่ต้องการลดต้นทุนการผลิต โดยเสนอการให้ภาครัฐช่วยเหลือเรื่องราคาปุ๋ยและสารเคมีในการปลูกกุหลาบซึ่งมีแนวโน้มที่ราคาจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ
3. เกษตรกรต้องการให้เจ้าหน้าที่เข้าไปช่วยแนะนำให้ความรู้ แก้ไขปัญหาด้านโรคและแมลง และให้การสนับสนุนด้านปุ๋ยและสารเคมีในราคาถูกและมีคุณภาพดี ตลอดจนมีตลาดที่มีการประกันราคา

### อภิปรายผล

เมื่อศึกษาศักยภาพทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ศักยภาพด้านการเงิน ศักยภาพด้านการผลิต และศักยภาพด้านการตลาด พบว่าเกษตรกรมีศักยภาพในแต่ด้านแตกต่างกัน ดังนี้

ศักยภาพด้านการเงิน ประกอบด้วย ต้นทุนการปลูกกุหลาบ และรายได้จากการปลูกกุหลาบ พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ร้อยละ 67.50 มีศักยภาพด้านการเงินอยู่ในระดับต่ำ รองลงมาร้อยละ 26.25 มีศักยภาพด้านการเงินปานกลาง และร้อยละ 6.25 มีศักยภาพด้านการเงินสูง โดยเกษตรกรที่มีศักยภาพด้านการเงินต่ำ อาจมีสาเหตุมาจากการที่เกษตรกรมีกำลังในการลงทุนต่ำ จึงทำให้ผลผลิตกุหลาบได้ในปริมาณน้อย จะเห็นได้ว่าเกษตรกรร้อยละ 61.25 ปลูกกุหลาบอยู่ระหว่าง 5,001-10,000 ต้น ส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้จากการจำหน่ายกุหลาบต่ำตามไปด้วย รวมถึงเกษตรกรอาจไม่มีการบริหารจัดการค่าใช้จ่ายในการปลูกกุหลาบเพื่อให้เกิดความคุ้มค่าแก่การลงทุนมากที่สุด ด้านเกษตรกรที่มี

ศักยภาพด้านการเงินอยู่ในระดับสูงนั้นมีเพียงร้อยละ 6.25 ซึ่งอาจเป็นเพราะเกษตรกรมีกำลังในการลงทุนสูง ทำให้สามารถปลูกกุหลาบได้จำนวนมาก ส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้จากการจำหน่ายกุหลาบมาก จะเห็นได้ว่าต้นทุนการปลูกกุหลาบและรายได้จากการปลูกกุหลาบมีผลต่อศักยภาพการผลิตกุหลาบเชิงพาณิชย์ของเกษตรกรมาก ดังนั้นเพื่อเป็นการเพิ่มศักยภาพการผลิตกุหลาบของเกษตรกร ควรมีการเสริมสร้างและพัฒนาศักยภาพให้เกษตรกรมีระบบการบริหารจัดการด้านการเงินการบัญชีที่ดี โดยการบริหารจัดการค่าใช้จ่ายในการปลูกกุหลาบให้มีความคุ้มค่ามากที่สุด และมีความเข้มแข็งในการดำเนินธุรกิจและสามารถพึ่งพาตนเองได้

ศักยภาพด้านการผลิต ประกอบด้วย พื้นที่ในการปลูกกุหลาบ ความรู้ความเข้าใจในการปลูกกุหลาบ การใช้เทคโนโลยีในการปลูกกุหลาบ และจำนวนต้นกุหลาบที่ปลูก พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ร้อยละ 66.25 มีศักยภาพด้านการผลิตอยู่ในระดับปานกลาง รองลงมาคือร้อยละ 32.50 มีศักยภาพด้านการผลิตระดับสูง และร้อยละ 1.25 มีศักยภาพด้านการผลิตในระดับต่ำ เมื่อวิเคราะห์พื้นที่ในการปลูกกุหลาบที่มีเฉลี่ย 4.05 ไร่ จะเห็นได้ว่าเกษตรกรมีพื้นที่ค่อนข้างน้อยจึงทำให้เกษตรกรปลูกกุหลาบได้ในจำนวนที่จำกัด โดยเฉลี่ย 11,532.5 ต้น เกษตรกรจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเพิ่มศักยภาพด้านการผลิตให้สูงขึ้น โดยการเพิ่มองค์ความรู้ในการผลิตกุหลาบให้มีความรู้กับเกษตรกรด้วยการอบรม การอบรมเชิงปฏิบัติการ เพื่อให้เกิดผลอย่างแท้จริง และจัดสรรพื้นที่ใช้สอยให้สามารถใช้ประโยชน์และปลูกกุหลาบให้ได้มากที่สุด

ศักยภาพด้านการตลาด ประกอบด้วย จำนวนแหล่งกุหลาบ พบว่าเกษตรกรร้อยละ 37.50 มีศักยภาพด้านการตลาดในระดับสูง รองลงมาร้อยละ 35.00 มีศักยภาพด้านการตลาดในระดับปานกลาง เกษตรกรที่มีศักยภาพด้านการตลาดสูงนั้นมีแหล่งจำหน่ายกุหลาบ 3-4 แหล่ง ซึ่งอาจเป็นเพราะเกษตรกรเป็นสมาชิกโครงการหลวงทุ่งเราและสหกรณ์บ้านบวกเตย นอกจากนั้นเกษตรกรยังจำหน่ายให้พ่อค้าคนกลางในจังหวัดเชียงใหม่ และใน กทม. จึงทำให้เกษตรกรมีช่องทางในการจำหน่ายกุหลาบหลายแหล่ง ส่วนเกษตรกรที่มีศักยภาพด้าน

การตลาดในระดับต่ำนั้น มีแหล่งจำหน่ายกุหลาบเพียง 1 แหล่ง ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากเกษตรกรกลุ่มนี้ไม่ได้เป็นสมาชิกโครงการหลวงทุ่งเราหรือสหกรณ์บ้านบวกเตย แต่จำหน่ายให้พ่อค้าคนกลางในจังหวัดเชียงใหม่หรือพ่อค้าคนกลางในหมู่บ้านแทน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรที่มีพื้นที่ปลูกไม่มากนัก จึงทำให้มีแหล่งจำหน่ายน้อย ดังนั้นหากเกษตรกรจำเป็นต้องขยายช่องทางการทำการตลาดไปยังตลาดที่ใหญ่ขึ้น และหากเกษตรกรสามารถผลิตกุหลาบได้มากพออาจจะแปรรูปผลผลิตกุหลาบเป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบอื่น ๆ ต่อไป เช่น ดอกกุหลาบอบแห้ง สกัดน้ำมันหอมระเหย เป็นต้น

เมื่อวิเคราะห์ศักยภาพการผลิตกุหลาบเชิงพาณิชย์ในภาพรวมของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรร้อยละ 47.50 มีศักยภาพการผลิตกุหลาบต่ำและปานกลางอย่างละเท่า ๆ กัน ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากเกษตรกรมีศักยภาพด้านการเงินเฉลี่ยอยู่ในระดับต่ำและมีศักยภาพด้านการผลิตและด้านการตลาดเฉลี่ยในระดับปานกลาง และเกษตรกรร้อยละ 5.00 มีศักยภาพการผลิตกุหลาบในระดับสูง เป็นเพราะว่าเกษตรกรกลุ่มนี้มีศักยภาพด้านการเงินสูง โดยมีกำลังในการลงทุนปลูกกุหลาบมากกว่าเกษตรกรรายอื่น และมีการใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการปลูกกุหลาบ ได้แก่ เทคโนโลยีการให้น้ำและการกำจัดแมลง นอกจากนี้ยังพบว่าเกษตรกรกลุ่มนี้มีศักยภาพด้านการตลาดสูง โดยมีแหล่งจำหน่ายกุหลาบถึง 3-4 แหล่ง ดังนั้นหากต้องการเพิ่มศักยภาพการผลิตกุหลาบเชิงพาณิชย์ของเกษตรกรส่วนใหญ่ให้สูงขึ้น เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรและรัฐบาลควรมีการสนับสนุนปัจจัยด้านการเงินให้แก่เกษตรกร และส่งเสริมให้เกษตรกรมีการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาช่วยในการปลูกกุหลาบมากขึ้น รวมถึงการขยายช่องทางการจำหน่ายกุหลาบให้มากขึ้น ซึ่งเป็นปัจจัยที่ช่วยเพิ่มศักยภาพการผลิตกุหลาบของเกษตรกรให้สูงขึ้น

เมื่อศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อศักยภาพการผลิตกุหลาบของเกษตรกร พบว่ามีตัวแปรจำนวน 3 ตัวแปรที่มีผลต่อศักยภาพการผลิตกุหลาบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ได้แก่ 1) การพบปะเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร/โครงการหลวง 2) การเป็นสมาชิกกลุ่ม และ

3) ประสบการณ์ในการปลูกกุหลาบ ซึ่งตัวแปรดังกล่าวสามารถอธิบายได้ดังนี้

## 1. การพบปะกับเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร/โครงการหลวง

เกษตรกรที่พบปะกับเจ้าหน้าที่บ่อยครั้ง จะมีศักยภาพในการผลิตกุหลาบเชิงพาณิชย์มากกว่าเกษตรกรที่ไม่ค่อยได้พบปะกับเจ้าหน้าที่ เพราะเมื่อมีการพบปะพูดคุยกับเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรแล้ว ทำให้เกษตรกรได้รับความรู้และคำแนะนำต่าง ๆ เพิ่มเติมและนำความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้ในการปลูกกุหลาบ ดังนั้นหากเกษตรกรมีโอกาสได้พบปะกับเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรมากขึ้นก็จะส่งผลต่อศักยภาพการผลิตกุหลาบเชิงพาณิชย์ของเกษตรกรให้สูงขึ้นด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนภาพร และวรทัศน์ (2558) กล่าวว่า การพบปะเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรซึ่งมีหน้าที่เป็นผู้ชี้แนะเกษตรกร เป็นผู้ถ่ายทอดความรู้ เป็นผู้กระตุ้นให้เกษตรกรรู้จักปัญหาและวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง จึงทำให้เกษตรกรที่พบปะเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรสม่ำเสมอได้รับการเพิ่มศักยภาพและความรู้ทักษะตลอดเวลา และสอดคล้องกับงานวิจัยของคณาธิป และวรทัศน์ (2553) พบว่าการที่เกษตรกรมีการพบปะกับเจ้าหน้าที่ ได้รับคำปรึกษาและถ่ายทอดเทคโนโลยีเกี่ยวกับการผลิตลำไยนอกฤดู เป็นปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้เกษตรกรผลิตลำไยนอกฤดูได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## 2. การเป็นสมาชิกกลุ่ม

การเป็นสมาชิกกลุ่มมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับศักยภาพในการผลิตกุหลาบของเกษตรกร พบว่าเกษตรกรที่เป็นสมาชิกกลุ่มจำนวนหลายกลุ่ม เช่น สมาชิกกลุ่มสหกรณ์บ้านบวกเตย สมาชิกโครงการหลวงทุ่งเรา จะมีศักยภาพการผลิตกุหลาบมากกว่าเกษตรกรที่ไม่ได้เป็นสมาชิกกลุ่ม ซึ่งการที่เกษตรกรที่ประกอบอาชีพเดียวกันมารวมตัวในรูปแบบกลุ่มจะเป็นประโยชน์แก่เกษตรกรเอง มีการแลกเปลี่ยนประสบการณ์และข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการปลูกกุหลาบ โดยเฉพาะการปลูกกุหลาบที่ต้องมีความชำนาญและประสบการณ์มากในการดูแลรักษา ซึ่งไม่ง่ายสำหรับเกษตรกรรายใหม่ที่มีประสบการณ์น้อย

ดังนั้นการเข้าร่วมเป็นสมาชิกกลุ่มปลูกทุกลาบต่าง ๆ จะช่วยให้เกษตรกรมีศักยภาพในการผลิตทุกลาบเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของคันสนีย์ (2559) มีข้อเสนอแนะว่าควรมีการส่งเสริมการรวมกลุ่มเกษตรกรในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งเป็นการสร้างความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างเกษตรกรที่เป็นสมาชิกกลุ่มและสามารถแลกเปลี่ยนความรู้ในการประกอบอาชีพ อีกทั้งยังเป็นการสร้างอำนาจต่อรองราคาสินค้าของเกษตรกร และยังคงสอดคล้องกับงานวิจัยของธวัชชัย และพฤษ (2550) พบว่าการรวมกลุ่มกันของเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วง เป็นการสร้างความได้เปรียบทางการตลาด และเป็นการยกระดับคุณภาพและเงื่อนไขเรื่องเวลาในการผลิตสินค้าของกลุ่ม ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่นำไปสู่การพัฒนาศักยภาพของเกษตรกร

### 3. ประสบการณ์ในการปลูกทุกลาบ

การศึกษาค้นคว้าพบว่า ประสบการณ์ในการปลูกทุกลาบของเกษตรกรมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับศักยภาพในการผลิตทุกลาบเชิงพาณิชย์ หมายความว่า หากเกษตรกรมีประสบการณ์ในการปลูกทุกลาบมาก ก็จะมีศักยภาพในการผลิตทุกลาบมากกว่าเกษตรกรที่มีประสบการณ์ในการปลูกทุกลาบน้อย เนื่องจากประสบการณ์ทำให้เกษตรกรเกิดทักษะและมีความชำนาญในการปลูกทุกลาบ ซึ่งการปลูกทุกลาบนั้นมีปัญหาอุปสรรคมากมาย โดยเฉพาะปัญหาโรคและแมลงรบกวนที่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตทุกลาบ ดังนั้นเกษตรกรที่มีประสบการณ์มาก จะมีความรู้และเทคนิคเฉพาะของตนเองในการแก้ปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอนุพงศ์ (2560) พบว่า เกษตรกรที่มีประสบการณ์ในการปลูกชามาเป็นเวลานาน จะมีประสิทธิภาพทางด้านเทคนิคการปลูกชาสูงตามไปด้วย ซึ่งนำไปสู่การประสบความสำเร็จของเกษตรกร และสอดคล้องกับผลการศึกษาของจิตาภา และสาธิต (2558) ที่สรุปว่าปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จของผู้ประกอบการ SMEs ที่มีความสำคัญในระดับมากที่สุด คือ ประสบการณ์ในการดำเนินธุรกิจของผู้ประกอบการ

### สรุป

จากการศึกษา พบว่าเกษตรกรผู้ปลูกทุกลาบในหมู่บ้านบวคเตยมีศักยภาพในการผลิตทุกลาบโดยภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง โดยมีเกษตรกรร้อยละ 47.5 มีศักยภาพการผลิตทุกลาบในระดับต่ำ และร้อยละ 47.5 เท่ากันมีศักยภาพปานกลาง และเกษตรกรที่เหลือร้อยละ 5.00 มีศักยภาพในการปลูกทุกลาบในระดับสูง

ปัญหาอุปสรรคของเกษตรกรในการปลูกทุกลาบ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ซึ่งพบว่าปัญหาที่เกษตรกรพบมากที่สุดคือ ปัญหาการขาดแคลนน้ำในการปลูกทุกลาบ ส่วนปัญหาอุปสรรคที่เกษตรกรพบน้อยที่สุดคือการขาดแคลนเครื่องมือและอุปกรณ์ในการดูแลรักษาสวนทุกลาบ

ปัจจัยที่มีผลต่อศักยภาพการผลิตทุกลาบเชิงพาณิชย์ มี 3 ตัวแปร ได้แก่ 1) การพบปะกับเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร/โครงการหลวง 2) การเป็นสมาชิกกลุ่ม และ 3) ประสบการณ์ในการปลูกทุกลาบ ซึ่งหมายความว่าหากต้องการเพิ่มศักยภาพการผลิตทุกลาบเกษตรกรควรมีการพบปะกับเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรมากขึ้น หรือมีส่วนร่วมในการเป็นสมาชิกกลุ่มที่เกี่ยวกับการผลิตทุกลาบ รวมถึงเกษตรกรต้องสั่งสมประสบการณ์ในการปลูกทุกลาบให้มาก ซึ่งจะส่งผลต่อศักยภาพการผลิตทุกลาบเชิงพาณิชย์ของเกษตรกรให้สูงขึ้น และจะทำให้ผลการปฏิบัติงานมีประสิทธิภาพ และเกิดความก้าวหน้าในการทำงานมากยิ่งขึ้น

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณนุ ถาวรวิจิตร ประธานสภาองค์การบริหารส่วนตำบลโป่งแยง และคุณยอดชาย โชคนิรมิตร ผู้ใหญ่บ้านหมู่ที่ 8 บ้านปางลุง-บวคเตย ที่ให้ความช่วยเหลือในการนัดหมายเกษตรกรผู้ปลูกทุกลาบ ตลอดจนเกษตรกรปลูกทุกลาบในหมู่บ้านบวคเตยที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการเก็บข้อมูลงานวิจัยในครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

- คณานิป คำวัง และ วรทัศน์ อินทรคัมพร. 2553. ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตลำไยนอกฤดูของเกษตรกรจังหวัดเชียงใหม่. วารสารเกษตร 27(ฉบับพิเศษ): 155-162.
- นภาพร ทางทิศ และ วรทัศน์ อินทรคัมพร. 2558. ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จในการดำเนินงานของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง. วารสารเกษตร 31(1): 59-68.
- จิตาภา สงครามภู และ สาธิต อติตโต. 2558. ปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จในการดำเนินธุรกิจของผู้ประกอบการธุรกิจการเกษตรขนาดกลางและขนาดย่อมในจังหวัดขอนแก่น. วารสารแก่นเกษตร 43(3): 525-534.
- ธวัชชัย รัตนขเลศ และ พงษ์ ยิบมันตะศิริ. 2550. การพัฒนาขีดความสามารถของเกษตรกรเพื่อการผลิตไม้ผลคุณภาพส่งออกตามแนวทางปฏิบัติ “โรงเรียนเกษตรกร”. วารสารเกษตร 23(2): 173-183.
- มูลนิธิโครงการหลวง และสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน). 2549. คู่มือการผลิตไม้ตัดดอกและไม้ตัดใบ. มูลนิธิโครงการหลวง, เชียงใหม่. 375 หน้า.
- คันสนีย์ กระจ่างโหม สุดารัตน์ อุทธารัตน์ ญัฐสิทธิ ศรีนุรักษ์ และ อุบลรัตน์ หย่าไส้. 2559. ปัจจัยที่สัมพันธ์กับแรงจูงใจของทายาทเกษตรกรในการสานต่ออาชีพเกษตรในอำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่. วารสารเกษตร 32(1): 29-38.
- ศูนย์ข้อมูลและข่าวสืบสวนเพื่อสิทธิพลเมือง. 2557. กุหลาบของไทยส่งขายที่ไต้หวัน. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <http://www.tcijthai.com/news/2014/07/watch/4496> (24 มกราคม 2560).
- สำนักงานพัฒนาชุมชนอำเภอแมริม. 2555. รายงานการพัฒนาหมู่บ้าน. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <http://chiangmai.cdd.go.th/pictures/VDR55/maerim/Mae%20Rim%206.pdf> (20 มกราคม 2560).
- อนุพงศ์ วงศ์ไชย. 2560. การวัดประสิทธิภาพทางเทคนิคของการปลูกชาในจังหวัดเชียงราย. แก่นเกษตร 45(ฉบับพิเศษ 1): 567-572.
- Yamane, T. 1967. Elementary Sampling Theory. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 405 p.



# Assessment of the Potential to Improve Pre- and Post-harvest Processes in Mango Production in Southern Shan State, Myanmar

## การประเมินศักยภาพในการปรับปรุงกระบวนการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว ในการผลิตมะม่วงในรัฐฉานตอนใต้ประเทศพม่า

Johannes Mueller<sup>1\*</sup>, Matthias Plewa<sup>2</sup>, Vicha Sardsud<sup>3</sup> and Wolfram Spreer<sup>4</sup>  
โจฮันเนส มิลล์เลอร์<sup>1\*</sup> มัทธิอัส เพลวา<sup>2</sup> วิชชา สอาดสุด<sup>3</sup> และ วูลแฟรม สเปเรียร์<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Department of Highland Agriculture and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University,  
Chiang Mai 50200, Thailand

<sup>1</sup>ภาควิชาเกษตรที่สูงและทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

<sup>2</sup>Gesellschaft für International Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Yangon, Myanmar

<sup>3</sup>135/50 Ban Chao Far, Hang Dong District, Chiang Mai 50230, Thailand

<sup>3</sup>135/50 หมู่บ้านชาวฟ้า ต. หางดง อ. หางดง จ. เชียงใหม่ 50230

<sup>4</sup>Department of Agricultural Engineering in the Tropics and Subtropics, Faculty of Agricultural Engineering,  
University of Hohenheim, Stuttgart, Germany

\*Corresponding author: Email: mueller\_joh@hotmail.de

(Received: 18 May 2017; Accepted: 13 September 2017)

**บทคัดย่อ:** มะม่วง (*Mangifera indica* L.) นับว่าเป็นไม้ผลที่มีบทบาทสำคัญต่อการเกษตรโดยเฉพาะอย่างยิ่งการผลิตผลไม้ในประเทศพม่า และยังมีแนวโน้มว่ามะม่วงจะสามารถเติบโตสร้างมูลค่าอีกมากในตลาดสากล อย่างไรก็ตามการพัฒนาผลผลิตทั้งทางด้านปริมาณและคุณภาพมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อเกษตรกรเพื่อที่จะให้ทันต่อการเติบโตของตลาดที่จะเกิดขึ้น งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาสภาพที่เป็นอยู่ในปัจจุบันของทั้งกระบวนการจัดการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวมะม่วงในรัฐฉาน ประเทศพม่าและแนวทางในการปรับปรุงให้ดีขึ้นโดยใช้งานวิจัยเชิงสำรวจในเชิงปริมาณ โดยศึกษากับกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงจำนวน 114 ราย จาก 7 พื้นที่เพาะปลูกในรัฐฉาน ประเทศพม่า นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เชิงคุณภาพโดยกระบวนการทางสถิติ (ค่าความถี่ ค่าเฉลี่ย ค่าการกระจาย) รวมถึงการสัมภาษณ์เพิ่มเติมอีก 5 ครั้ง เพื่อความเข้าใจที่มากขึ้นในเรื่องกระบวนการผลิตและความท้าทายในการพัฒนาสำหรับผลผลิตในรัฐฉาน ผลของการวิจัยแสดงให้เห็นว่าแม้สวนผลไม้ในรัฐฉานจะมีเทคนิคการจัดการที่ทันสมัย แต่การพัฒนาคุณภาพและปริมาณเพื่อนำออกสู่ตลาดยังต้องการ การจัดการความรู้และการฝึกอบรม เกี่ยวกับเทคนิคการจัดการก่อนการเก็บเกี่ยว เช่น การให้น้ำ การให้น้ำ การกำจัดโรคและแมลงเป็นต้น ยิ่งไปกว่านั้นปัจจัยการผลิตและเทคโนโลยีใหม่ ๆ ควรได้รับการพัฒนาเพิ่มมากขึ้น กระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวในรัฐฉานยังอยู่ในระยะขั้นต้น ทำให้มีการสูญเสียผลผลิตจำนวนมาก เกษตรกรจำนวนมากมีความสนใจเรื่องการส่งออก การสร้างโรงคัดบรรจุ ระบบคัดบรรจุ และห้องคัดบรรจุที่สะอาดเป็นความต้องการอย่างเร่งด่วน และเป็นเงื่อนไขในการรักษาคุณภาพมะม่วงหลังจากเก็บเกี่ยว

**คำสำคัญ:** มะม่วง คุณภาพผลไม้ เทคนิคการดูแลสวนไม้ผล โรงคัดบรรจุ รัฐฉาน (พม่า)

**Abstract:** Mango (*Mangifera indica* L.) plays a central role among horticultural fruit crops in Myanmar and is believed to have a potential on high value in international markets. The aim of the study was to assess the status quo of current pre- and post-harvesting processes in mango orchards in the Shan State, Myanmar, and the potentials for their improvement. An exploratory research approach was applied, drawing on a quantitative research among 114 mango farmers in 7 mango growing zones in the Shan State, Myanmar. The quantitative baseline data was analyzed using standard statistical methods (frequency, mean and dispersion of scores). Additionally, five semi-structured interviews have been conducted to allow a better contextual understanding of the various aspects of mango production and challenges in the Shan State. The results indicated that in spite of advanced orchard management techniques in the Shan State, improving fruit quality and amount of marketable fruits requires providing knowledge and training on pre-harvest management techniques such as fertilization, irrigation and insect and pest management. Moreover, the availability of inputs and technology needs to be improved. Post-harvest handling of mangos is presently at an early stage of development resulting in high post-harvest losses. However, as farmers have a strong interest in exporting, installing full packing-house sequences or as intermediate solution, hygienic field packing houses, are an important precondition to maintain mango quality after harvest.

**Keywords:** Mango, fruit quality, orchard management techniques, packing-house, Shan State (Myanmar)

## Introduction

Mango (*Mangifera indica* L.), native to South- and South-East Asia, is widely cultivated in the tropics and subtropics and plays a major role for local consumption and (inter-)national trade. Commercial mango production takes place in more than 87 countries whereas India, Thailand and Indonesia being the major producing countries (Sivakumar *et al.*, 2011; FAOSTAT, 2015). Despite of an increasing share of land dedicated to horticultural production in Myanmar (for mango: central (Mandalay) and eastern Myanmar (Shan State) (Myo, 2009)), international trade and trade within ASEAN countries develops slowly with Myanmar and Singapore being responsible for less than 0.1% of Mango export (Myat, 2012; FAOSTAT, 2015). The Mekong Institute attributes the differences in mango export to differences in “*quality and safety of ASEAN-produced fruits due to the wide diversity of*

*systems, infrastructure, resources and capacities in the region*” (Mekong Institute, 2013a). Currently most of the mango trade of Myanmar takes place at relatively low prices with China by (road) border trade as no certificates are required (Ksoll *et al.*, 2013). Myat (2012) provides a wide-ranging study focusing on hindrances and opportunities in the downstream mango supply chain in Myanmar. He found that low fruit quality and missing the Good Agricultural Practice (GAP) standards represent major hindrances for mango export (Myat, 2012). A recent report from the Mekong Institute underlines these findings as well (Mekong Institute, 2013b).

The Southern Shan State represents a promising area for mango production. Due to the late maturity, mangos can be sold at comparatively high market prices as late season mangos. However, to identify levers to improve mango production, data about mango production and post-harvest activities in the region are necessary. Currently, statistical data

is hardly available and difficult to collect in a widespread area with deficient infrastructure. In this situation, the application of new ways of data acquisition and interpretation is necessary. Exploratory, qualitative research designs promise, in particular in early stages of a research process, a sufficient degree of contextual and conceptual flexibility to gain insights, refine problems and ideas and gather explanations (Fritz, 1995). For qualitative research, Mayring (2000) suggests a content analysis model with stringent claims towards validity and reliability. His method provides a seamless traceability due to the inherent systematic and high documentation requirements.

The present study consists of a quantitative baseline study and a qualitative research approach to explore and explain the quantitative results in more detail. Using a combination of both, quantitative and qualitative data aimed at balancing the limitations of each type of data collection and improving the validity of the findings.

## Materials and Methods

The overall objective of this research was to analyze current pre- and post-harvest management techniques to produce mango in the Shan State, Myanmar and to identify levers to improve fruit quality. In this study, quantitative and qualitative data collection was carried out.

The quantitative baseline data on mango production in Southern Shan State has been collected by the team from Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) (GIZ project 2012.2451.8-001.00 "Capacity Strengthening for Private Sector Development" (2013-2016)). From February 2014 to May 2014, 114 mango farmers in the growing zones Taunggyi, Yatsauk, Pindaya,

Nyang Shwe and Siasai were interviewed by a partially standardized questionnaire covering mango farm characteristics, pre- and post-harvest management practices and market/logistical data. The data have been analyzed using standard statistical methods to show absolute and relative frequencies, mean values and dispersion of scores. At two locations, namely Yatsauk and Taunggyi, seasonal calendars have been elaborated in two open group interviews with 20 mango farmers, each. The major on-farm activities related to the production of Sein Ta Lone mangos have been listed.

In addition to the quantitative farmer survey, a further qualitative research has been conducted to allow a better contextual understanding of the various aspects of mango production and challenges in the Shan State, Myanmar. From November, 2015 - March, 2016 five semi-structured interviews have been conducted with experts in mango production, post-harvest management and value chain development in Thailand and Myanmar. The questionnaire was designed as a non-standardized guided interview to allow the interviewees enough room for answers.

The raised qualitative data was analyzed according to Mayring's sequential content analysis model illustrated in Figure 1 (Mayring, 2000). GAP-Guidelines concerning fruit quality (Sareen, 2014; Footan *et al.*, 2017) and scientific studies about mango production and post-harvest handling provided a sound basis for the establishment of categories to analyze pre-harvest and post-harvest management processes in mango production in Myanmar. As pre-harvest processes; planting material, fertilizer and soil additives, irrigation, insect and pest management, harvesting and handling and orchard management were identified. Post-harvest processes refer to a packing-house sequence that

includes in general the following activities: Sorting, grading, postharvest treatments (desapping, hot water treatment (HWT), vapor heat treatment (VHT)), packing and labeling, transportation, temperature and storage conditions (Sivakumar *et al.*, 2011). As the next step, all interviews were broken down to text passages. The text passages were then assigned to the identified categories (pre- and postharvest processes) using category definitions and coding rules. For text passages, which could not be assigned to certain categories, new categories were established and the interview material was revised again. Therefore, categories are developed, revised, adapted and controlled iteratively. During the last

phase of the process, the qualitative method allows an interpretation of the results and generates a systematic and wide spectrum of opinions (Figure 1). In particular, this rule system makes the approach of Mayring comprehensible and traceable (Mayring, 2000).

The results of the qualitative study were re-presented and discussed with the interview partners to ensure that the text passages and interpretation by the author are correct. On the other hand, the results of the qualitative study were used to confirm and open-up the findings from the quantitative survey. Thus, the qualitative findings were triangulated and have been cross-checked.

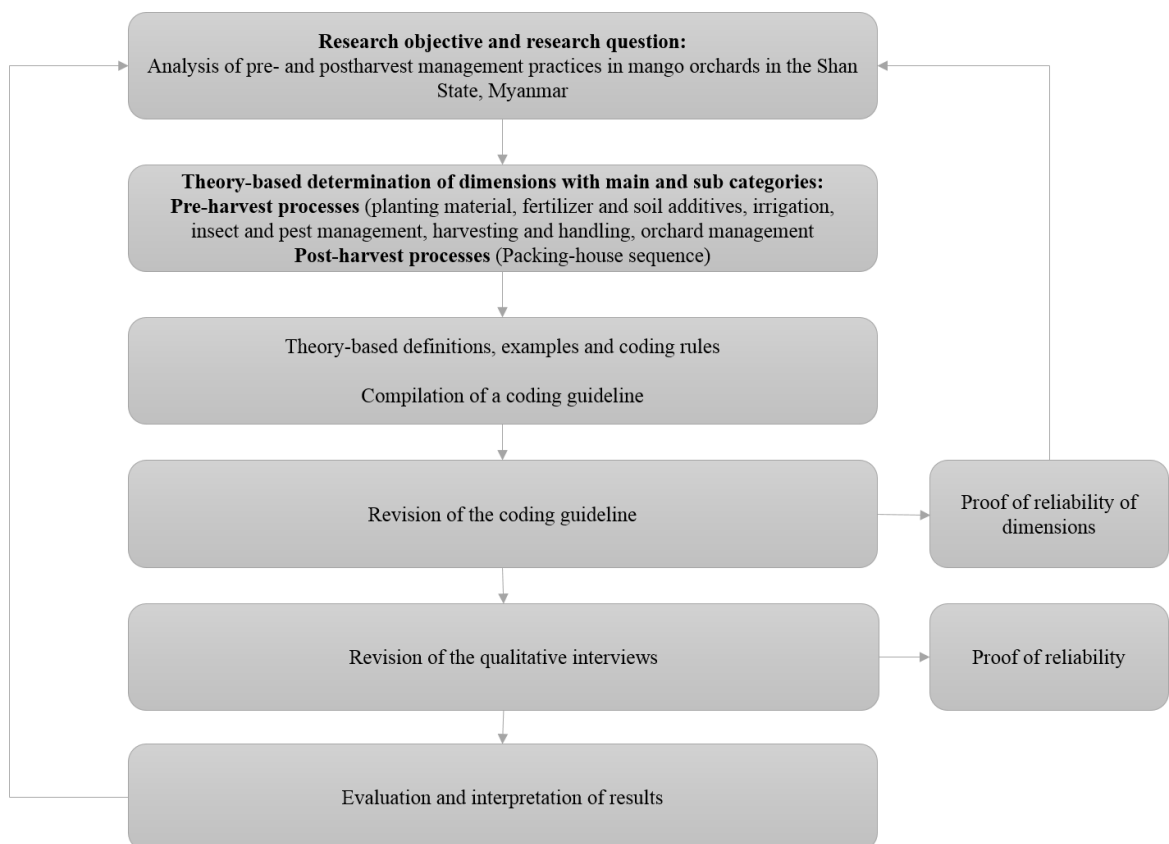


Figure 1. Content Analysis according to Mayring (deductive method) (own, adapted from Mayring, 2000)

## Results

### Mango orchards characteristics in the Shan State, Myanmar

Currently, mangos are cultivated on a total area of 5332 hectares in seven mango growing zones in the Shan State. The different growing zones are Yatsawk (2833 hectares), Taunggyi (1295 hectares), Pindaya (405 hectares), Nyang Shwe (182 hectares), Siasai (132 hectares) and Hopone (60 hectares) (Plewa, 2016).

The interviews of 114 farmers in the different growing zones show, that the majority of mango orchards in Southern Shan State can be characterized as small orchards with mangos being cultivated on less than 4 hectares (69.2%), and medium sized orchards with mangos being cultivated between 4 -16 hectares (28.9%) (Figure 2).

The average age of the mango trees in the orchards is between 6 and 10 years with an average yield of 0,48 tons per hectare in 2013. In Yatsawk, the largest growing area in the Shan State, Myanmar average yields were the highest (1 ton per hectare) and lowest in Si Sai (0.25 tons per hectare). Most of the farmers grow maize (28%) or rice (16%) and to

a minor extent vegetables (10%) as additional crops besides mango. 7.1% grow no other crops besides mango.

### Seasonal calendars

Based on group interviews of each 20 farmers, two seasonal calendars for the locations of Yatsawk (Figure 3) and Taunggyi (Figure 4) have been elaborated. From the seasonal calendars, it can be seen, that farmers in Southern Shan State generally apply most of the management methods of modern mango production, such as scheduled pest and disease control, bagging, pruning and weed management. However, due to the method of the group interview it was not possible to determine percentages of farmers that follow these production steps.

### Current farm management practices

Concerning mango orchard management techniques, the findings indicate that almost half of the farmers (48.2%) possess an own mango tree nursery whereby seeds come from Han Myint Mo, Taunggyi, Yatsawk or Mandalay and are sown in plastic bags, foliar and pesticides are sprayed and

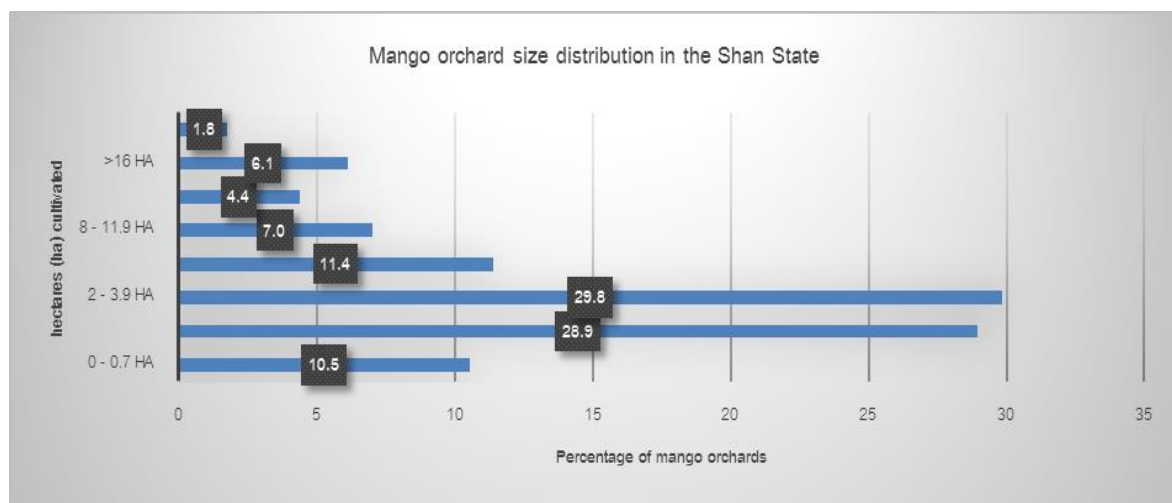


Figure 2. Mango orchard size distribution

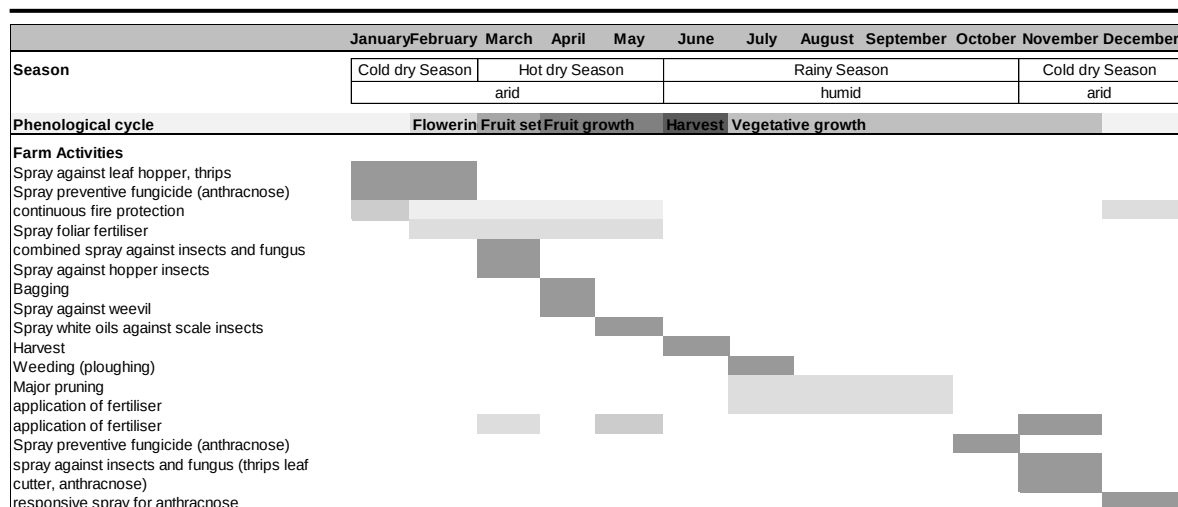


Figure 3. Seasonal calendar for on farm activities related to the production of Sein Ta Lone mangos in Yatsawk

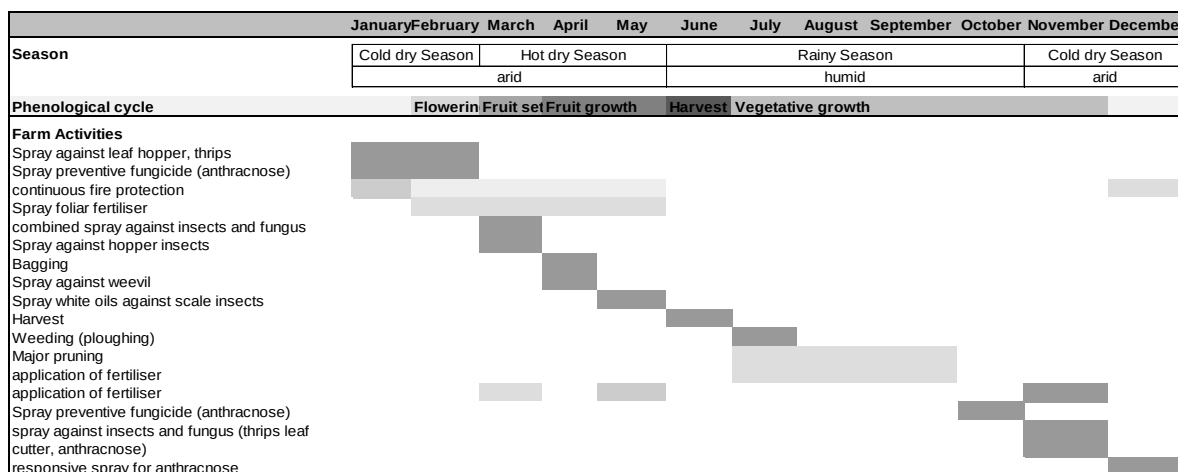


Figure 4. Seasonal calendar for on farm activities related to the production of Sein Ta Lone mangos in Taunggyi

plants are later transplanted. Around 51.1% of the farmers use grafted seedlings and 48.9% of them grow mango trees from seeds. Most of the farmers focus on the variety Sein Ta Lone (STL) (87.8%). To a minor extent the variety Yin Kwe (9.9%) and further varieties (2.3%) are cultivated. The results from the qualitative study reflect this trend and stress the importance of the genetic material for commercial mango production and genuine characteristics of the variety STL.

More than 80% of the farmers prune their trees to improve the incidence of light (24%), enhance aeration (29%) and improve fruit quality in general (20%). Other reasons are to reduce pests (14%) and to improve the ease of spraying and harvesting (9%). Mango bagging with newspaper or waterproof paper bags is also practiced in 49% of the mango orchards. Moreover, 36% of the farmers use pesticides and fungicides. Nonetheless, mango farmers in the Shan State experience substantial

harvest and post-harvest losses. The 24.8% of the farmers have losses between 5-10% and 16.8% of the farmers between 11-20%. Furthermore, 7.1% experience losses exceeding 40% of their harvest. The reasons are manifold. Losses due to pest and diseases (38%), damaged fruits (19%), overripe fruits (19%) and small sized fruits (5%) are prevalent.

Regarding fruit quality, the qualitative findings emphasize the importance of pest and disease management as pest and diseases restrict the amount of marketable fruits considerably. Major pests in orchards in the Shan State include *inter alia* stem borer, fruit flies, seed weevils and mealy bugs. Like fungal disease, anthracnose is prevalent. Most prevalent pest and diseases are illustrated in Figure 5.

In this context, the practice of fruit bagging, application of agrochemicals and pruning play a major role. These management techniques are already practiced in mango orchards in Myanmar. Nevertheless, agrochemicals for fertilization as well as pest and disease management, imported from neighboring countries like Thailand usually lack of descriptions and application guidelines in the local

language. Occasionally, application guidelines are provided by traders or are available in mango clusters. Furthermore, extension services do not cover all mango growing areas. Hence, agrochemicals are frequently not optimally applied and most of the time (70%), no records about application date and dosage are kept. Almost 96% of the farmers are not certified by a certification scheme. The qualitative findings pronounce the positive linkage between irrigation, fertilization and fruit size. In Shan State (Myanmar) the period of rapid fruit growth fall in the dry season. Flowering takes place end of February followed by a phase of rapid fruit growth (end of March/April) and harvesting of fruits (May/June). The supply of water and nutrients during fruit growth is crucial to increase fruit size. Plus, the uptake of macro nutrients, such as nitrogen for fruit growth during the dry season is considerably aggravated without irrigation. The lack of irrigation can result in smaller or shriveled fruits. Conversely, an over-irrigation of mango trees for example by flood irrigation can cause the trunk of the tree to rot. Notwithstanding the importance of irrigation requirements for commercial mango production,

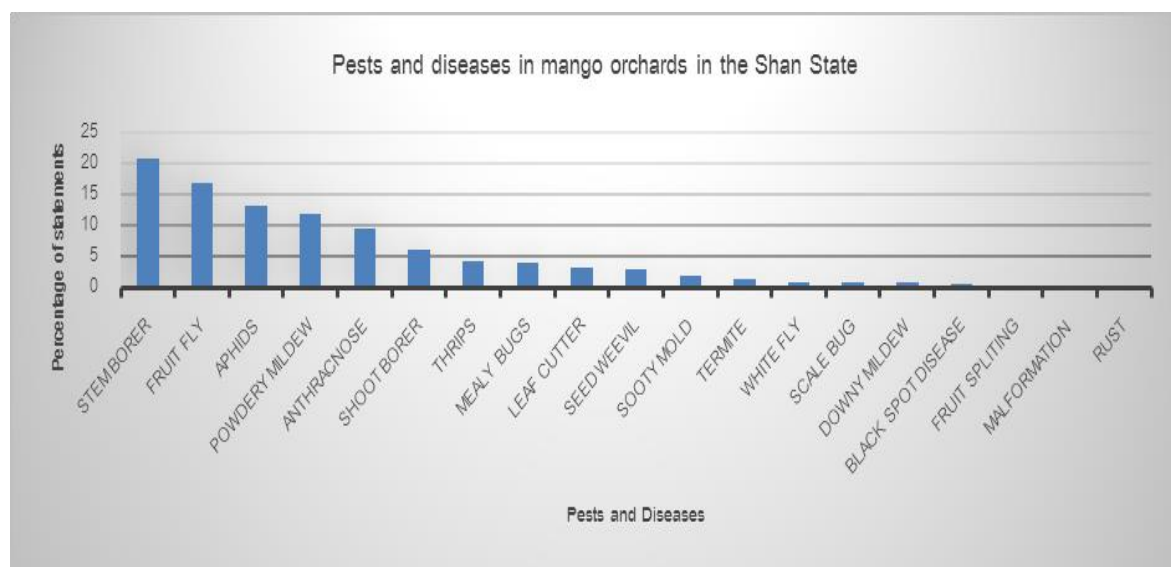


Figure 5. Pests and diseases in mango orchards in the Shan State

appropriate technology such as micro sprinklers or drip irrigation are hardly available (or of minor quality) and have to be imported. Currently 85.7% of the farmers do not employ irrigation systems and maintain their mango orchards under rain fed conditions.

#### **Current post-harvest management practices and marketing**

With regard to post-harvest management, the empirical findings show that 98% of the farmers have no adequate facility for post-harvest processing and 90% of the farmers indicated that they do not have trained and skilled staff for post-harvest processing. Currently, almost half the farmers merely cover the harvested mangos with paper and put them into a basket. Approximately 15% separate small and big sizes before wrapping the mangos with paper. This practice corresponds to actual market requirements, where the size of the fruits and, to a minor extent, ripeness and packaging are demanded. The qualitative findings support these results and indicate, that farmers who are producing for export markets mark bagged mangos already in early stages to ensure similar degrees of ripeness when harvesting the fruits. Nonetheless, the lack of hygienic collecting spaces and systematic packinghouses to perform a targeted post-harvest management was underlined.

Market and distribution data of the mango farms show that most of the farmers (69%) sell mangos to foremost one customer coming from Yangon, Shan State or China. In general, the mangos are transported in open trucks to the market and sold or handed over. About 21% of farmer sell their mangos directly at the farm gate and 53% of them have no access to recent price information, then they are not able to negotiate the price for their produce.

Moreover, 40% of the farmers have no experience in collective marketing and marketing strategies to approach new customers. However, 33% of the farmers transport their produce together with other farmers. Nonetheless, more than 30% of the farmers aim at diversifying their sales channels by export, engaging in cluster groups or farmer associations and direct sales to Muse and wholesale markets thus skipping middle men.

#### **Discussion**

Improving fruit yields in terms of quantity and quality is fundamental to participate in the emerging (international) value chains. Based on a quantitative and qualitative research, direct correlations between different mango pre- and postharvest practices and fruit quality were found.

As mango trees are sturdy the interviewed experts evaluated the importance of fertilizer and soil additives lower than other pre-harvest management processes. Nonetheless, training requirements were identified within this study. A targeted fertilization during phases of fruit growth or after pruning to promote vegetative growth are essential for fruit quality. Currently, mango orchards in Southern Shan State are not fertilized adequately. Planned fertilization and documentation about date and dosage, as necessary for GAP certification, commonly do not take place. The experts emphasized the limited choice and availability of fertilizers as well as the need to systematically integrate natural fertilization to improve nutrient availability in the soil. Instead of knowledge-based procedures farmers rather rely on experience and intuition. While there is a positive correlation between fertigation and fruit size, possibilities for fertigation are lessened, as most of the mango orchards in



Shan State are rain-fed and to a minor extent flood irrigation is applied.

Concerning irrigation systems the interviewed experts recommended micro irrigation systems as flood irrigation can negatively impact on tree health. Currently components for these irrigation systems are barely available or of inferior quality in Myanmar. Despite the currently apparently good availability of water for irrigation in Myanmar (MOAI, 2014), studies about irrigated fruit production in Thailand illustrate that increasing irrigation in mountainous regions may lead to water scarcity. The situation is further aggravated by an increasing number of weather anomalies in recent years, commonly described as climate change (Schulze *et al.*, 2013).

The results underline the linkage between insect and pest management and fruit quality as well as the quantity of marketable fruits. With high post-harvest losses due to pest and diseases, the results reveal that mechanical orchard management practices like pruning and fruit bagging are quite evolved and widely practiced in mango orchards in Southern Shan State. Concerning application of pesticides, insecticides and fungicides, substantial training needs in relation to a systematic and coordinated application of these treatments have been identified. Moreover, the choice of agrochemicals in Myanmar is rather limited and product labels about substances and optimal application are often not available in Burmese. However, in line with the hygiene requirements concerning mechanical methods, a coordinated and documented application of agrochemicals are central building blocks of a GAP certification and inappropriate usage of agrochemicals can even lead to a ban of products by importing countries. Therefore, considerable attention must be paid to

farmer trainings concerning a systematic and integrated pest and disease management.

Harvest and post-harvest handling are at an early stage of development in Southern Shan State. Virtually no appropriate post-harvest handling facilities and skilled staff for post-harvest processing are available. Analyzing the current situation, cooperation among farmers and between farmers and other actors are not common practice. Thus, one strategy for development cooperation, is to start working together with pioneer grower groups at an early stage (Plewa, 2016). Installing field-packing houses seems to be an appropriate and cost-effective stepping-stone before full packinghouse sequences are installed. Moreover, field-packing houses can be financed by farmer groups and guarantee ownership by the grower group besides fruit quality aspects.

The persisting value chain is highly fragmented and several different types of marketing agents exist including contract buyers, primary collectors, brokers, township wholesalers, retailers and exporters (Myat, 2012). For the export to China - which makes the highest share of the exports - mangos are wrapped with a sheet of white paper, packed in boxes and transported by trucks. As Ksoll *et al.* (2013) emphasize, mango exports are usually conducted on a free carrier basis. Consequently, the exporter has to deliver the freight to the truck or warehouse of the buyer. The fresh fruits are collected by small traders and either first transported to Mandalay for consolidation with other growers produce or directly brought to the trading center at the Chinese border. It is noteworthy to mention that the consolidation of the perishable fruits can take up to one full day and the fruits are often stored outside, where they may be exposed to high temperature or humidity. Only after that process, Chinese brokers

buy the produce. The sales agreements are done informally and on a delivery-to-delivery basis. The weaknesses of this current supply chain comprise low farm gate prices for the produce, little protection of the mango during the transport on bad roads and high risks for the Myanmar exporter that result from no insurance coverage, insecure payment, no mechanism to enforce contracts, to name a few. Thus, the more the mango production evolves, the more important is the cooperation on a national level and the support of the government in terms of providing adequate infra-structure for education, transport and residue analysis (Chomchalow and Na Songkhla, 2008).

### Conclusion

While farmers in Southern Shan State apply advanced orchard management techniques in various cases, providing knowledge and training on how to improve the quality and quantity of marketable mango including the use of certified nurseries, irrigation, fertigation, integrative pest and disease management as well as strict compliance with food safety and traceability, represent a key for mango export. Similarly, the establishment of hygienic collecting spaces and packing houses are crucial to participate in international supply chains. As Myanmar mango growers associations are relatively small, collaborative initiatives and horizontal cooperation with actors along the supply chain are needed. Mango clusters and mango grower associations bear a great potential. While strengthening the farmers' bargaining power along with access to information and technology, they make the traditional function of (rural) brokers redundant. Alongside these changes in the value chain, business opportunities including the supply of

improved inputs like quality seedlings and agrochemicals in combination with increasing demand for transfer of knowledge and training for an improved cultivation of mango are likely to emerge. As the value chain develops, there is a growing demand for new technologies, post-harvest management facilities and cool chain systems. There are substantial potentials to develop the mango sector in Myanmar, in particular within the policy transition period to provide services and a framework for private sector development.

### References

- Chomchalow, N. and P. Na Songkhla. 2008. Thai mango export: a slow-but-sustainable development. Assumption University Journal of Technology 12(1): 1-8.
- FAOSTAT. 2015. Crops and livestock products. (Online). Available: <http://faostat3.fao.org/browse/T/TP/E> (August 24, 2015).
- Fritz, W. 1995. Marketing-Management und Unternehmenserfolg: Grundlagen und Ergebnisse einer Empirischen Untersuchung. 2<sup>nd</sup> ed. Schäffer-Poeschel, Stuttgart.
- Footan, C., S. Sreshthaputra, W. Intraucomporn and T. Pankasemsuk. 2017. Factors affecting farmers' adoption in Good Agricultural Practices for safe vegetable production in Mae Tha Nuea Royal Project Development Center, Chiang Mai Province. Journal of Agriculture 33(3): 397-404.
- Ksoll, C., A.K. Myint and T.G. Lwin. 2013. Business process analysis: Export of rice and mango, and import of palm oil in Myanmar. (Online). Available: <http://www.satnetasia.org/sites/>

- 
- default/files/BPA\_Myanmar\_2013.pdf (December 9, 2015).
- Mayring, P. 2000. Qualitative content analysis. *Forum Qualitative Social Research* 1(2): 1-10.
- Mekong Institute. 2013a. Regional training program on improving food quality and safety through good agricultural and postharvest practices (GAP) in fresh produce. (Online). Available: <http://www.mekonginstitute.org/news-activities/detail/2013/06/04/regional-training-pr-3/> (March 8, 2016).
- Mekong Institute. 2013b. SME Cluster Development in Myanmar: Mango and Fishery Cluster. Mekong Institute Research Working Paper Series No. 03, Mekong Institute, Khon Kaen.
- MOAI. 2014. Country statement of Myanmar. Ministry of agriculture and irrigation. (Online). Available: [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/faoweb/docs/MM3/Statements/Myanmar.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/faoweb/docs/MM3/Statements/Myanmar.pdf) (May 5, 2016).
- Myat, K. 2012. Export conditions of Myanmar mango: Hindrances and opportunities in the supply chain. M.S. Thesis. University of Bologna, Bologna.
- Myo, M. 2009. Farmers work to grow export-quality mangos. (Online). Available: <http://www.mmmtimes.com/index.php/national-news/6345-farmers-work-to-grow-export-quality-mangoes.html> (November 10, 2015).
- Plewa, M. 2016. Mango value chain promotion southern Shan State: Strategy & approach. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). Eschborn, Germany. 2 p.
- Sareen, S. 2014. Training Manual on Implementing ASEANGAP in the Fruit and Vegetable Sector: Its Certification and Accreditation. FAO Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok. 158 p.
- Schulze, K., W. Spreer, A. Keil, S. Ongprasert and J. Müller. 2013. Mango (*Mangifera indica* L. cv. Nam Dokmai) production in Northern Thailand - Costs and returns under extreme weather conditions and different irrigation treatments. *Agricultural Water Management* 126: 46-55.
- Sivakumar, D., Y. Jiang and E.M. Yahia. 2011. Maintaining mango (*Mangifera indica* L.) fruit quality during the export chain. *Food Research International* 44: 1254-1263.
-



# แบบแผนการเปลี่ยนแปลงฮอร์โมนโปรแลคตินและเอสตราไดโอลในไก่พื้นเมือง ที่แสดงพฤติกรรมการฟักไข่ที่ยืดเยื้อ

## Changes in Patterns of Prolactin and Estradiol in Native Chicken Expressed Prolonged Incubation Behavior

นัตติยา ประกอบแสง\* และ วันทนีย์ พลวิเศษ  
Nattiya Prakobsaeng\* and Wantanee Polviset

สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จ.มหาสารคาม 44000  
Program in Animal Sciences, Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University,  
Maha Sarakham 44000, Thailand

\*Corresponding author: Email: nattiya06@hotmail.com

(Received: 21 March 2017; Accepted: 25 September 2017)

**Abstract:** The objective of this study was to investigate changes in patterns of prolactin (PRL) and estradiol ( $E_2$ ) in the native hen (Pradoohangdam breed) expressed prolonged incubation behavior. They were raised in floor pen under natural day light. Eighteen females and 2 males were divided into 2 groups (9 hens: 1 rooster). Group 1: the hens were allowed to laying eggs and incubated their eggs naturally. The eggs were removed on day 15 of incubation and replaced with the new 10 eggs. The incubation cycle were repeated until the hen abandoned their nest (ES). Group 2: the hens were allowed to laying eggs and incubated their eggs naturally. The new 10 eggs were introduced into nest after completed the normal clutch while the chicks were removed. The incubation cycle were repeated until the hen abandoned their nest (CS). Plasma PRL and  $E_2$  levels were determined by enzyme-linked immunosorbent assay. The results of this study show that CS hens expressed prolonged incubation ( $65.8 \pm 6.50$  days) more than ES hens ( $51.6 \pm 4.39$  days) but no significant differences were observed ( $P>0.05$ ). Plasma PRL levels of ES hens increased during incubation period ( $364.38 \pm 45.26$  ng/ml), slightly decreased during prolonged incubation is occurred, and lower as non-laying hen ( $23.50 \pm 8.7$  ng/ml) following by abandoned the nest ( $P<0.05$ ). Plasma  $E_2$  were high during laying period, declined during incubation period and did not differ during prolonged incubation is occurred ( $P<0.05$ ). In CS hens, plasma PRL levels increased during incubation period and sharply decreased on day 21 of incubation or day of hatch and increased when the chicks were removed and replaced with new eggs. Plasma PRL levels tended to decrease depending on the increase of incubation cycle ( $P>0.05$ ) but no significant differences were observed in plasma  $E_2$  levels of each incubation cycle ( $P>0.05$ ).

**Keywords:** Native chicken, incubation behavior, prolactin, estradiol

**บทคัดย่อ:** การศึกษาค้นคว้านี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแบบแผนการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนโปรแลคติน (prolactin; PRL) และ เอสตราไดโอด (estradiol;  $E_2$ ) ในไก่พื้นเมืองพันธุ์ประดู่หางดำเพศเมียที่แสดงพฤติกรรมการฟักไข่ที่ยืดเยื้อ โดยใช้ไก่ทดลองเพศเมีย 18 ตัว เพศผู้ 2 ตัว เลี้ยงในโรงเรือนแบบปล่อยพื้น ภายใต้ช่วงแสงธรรมชาติ แบ่งการทดลองเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ตัว (เพศเมีย 9: เพศผู้ 1) กลุ่มที่ 1 ปล่อยให้ไก่ฟักไข่และฟักไข่ตามธรรมชาติ เมื่อไก่ฟักไข่จนถึงวันที่ 15 ของการฟักไข่ นำไข่ชุดเดิมออกและแทนที่ด้วยไข่ชุดใหม่จำนวน 10 ฟอง เพื่อให้ไก่ฟักไข่ต่อไปจนกว่าไก่จะหยุดฟักไข่และทิ้งรัง (ES) กลุ่มที่ 2 ปล่อยให้ไก่ฟักไข่และฟักไข่ตามธรรมชาติ จนกระทั่งลูกไก่ฟักออกจากไข่ แยกลูกไก่ออกและนำไข่ชุดใหม่จำนวน 10 ฟอง เข้าไปแทนที่ลูกไก่ ให้แม่ไก่ฟักไข่ต่อไป จนกระทั่งลูกไก่ชุดใหม่ฟักออกมา แล้วนำลูกไก่ออกและแทนที่ด้วยไข่ชุดใหม่ จนกว่าแม่ไก่จะเลิกฟักไข่และทิ้งรังไป (CS) วิเคราะห์ระดับฮอร์โมน PRL และ  $E_2$  ในพลาสมา โดยใช้วิธี enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) ผลการศึกษพบว่าไก่พื้นเมืองกลุ่ม CS แสดงพฤติกรรมการฟักไข่ที่ยืดเยื้อ ( $65.8 \pm 6.50$  วัน) มากกว่าไก่พื้นเมืองกลุ่ม ES ( $51.6 \pm 4.39$  วัน) แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) ส่วนระดับ PRL ของไก่กลุ่ม ES เพิ่มขึ้นในระยะฟักไข่ ( $364.38 \pm 45.26$  ng/ml) และลดลงอย่างต่อเนื่อง ตามระยะเวลาในการฟักไข่ที่ยืดเยื้อ และลดต่ำลงเท่ากับช่วงที่แม่ไก่ไม่ให้ไข่ ( $23.50 \pm 8.7$  ng/ml) ก่อนแม่ไก่ทิ้งรังไป ( $P<0.05$ ) ส่วน  $E_2$  พบว่ามีระดับสูงสุดในช่วงที่ไก่กำลังออกไข่ เริ่มลดลงเมื่อไก่ฟักไข่ และมีระดับคงที่ไปตลอดช่วงเวลาที่ไก่ฟักไข่ที่ยืดเยื้อ ( $P<0.05$ ) ในไก่กลุ่ม CS ระดับ PRL เพิ่มขึ้นในระยะฟักไข่และลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 21 ของการฟักไข่ หรือวันที่ลูกไก่ฟักออกมา และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อแยกลูกไก่ออกไปและแทนที่ด้วยไข่ฟองใหม่ และมีแนวโน้มลดลงตามวงจรรอบการฟักไข่ที่เพิ่มขึ้น ( $P>0.05$ ) แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของระดับ  $E_2$  ในแต่ละวงจรรอบของการฟักไข่ ( $P>0.05$ )

**คำสำคัญ:** ไก่พื้นเมือง พฤติกรรมการฟักไข่ โปรแลคติน เอสตราไดโอด

## คำนำ

ไก่พื้นเมืองเป็นสัตว์เลี้ยงที่อยู่คู่กับสังคมไทยมาอย่างยาวนาน โดยเฉพาะชาวบ้านที่อยู่ในชนบท เนื่องจากมีความต้านทานต่อโรคและสภาพอากาศร้อนได้ดี (วรพล และสุจินต์, 2546; Aengwanich, 2007) นอกจากนี้เนื้อของไก่พื้นเมืองยังมีคุณภาพดีนั่นคือ มีโปรตีนและคอลลาเจนสูงแต่มีไขมันต่ำกว่าเนื้อไก่กระທงและไก่ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ (จันทร์พร และกันยา, 2549; Wattanachant *et al.*, 2004; Jaturasitha *et al.*, 2008) จึงเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค และเหมาะสำหรับการสร้างแรงจูงใจในการสานต่ออาชีพการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของทายาทเกษตรกร (คันสนีย์ และคณะ, 2559)

ไก่พื้นเมืองมีลักษณะเด่นที่สำคัญ คือ พฤติกรรมความเป็นแม่ (maternal behavior) ได้แก่ พฤติกรรมการฟักไข่ (incubation behavior) และ พฤติกรรมการเลี้ยงลูก (rearing behavior) การเกิดพฤติกรรมเหล่านี้ส่งผลดีต่อเกษตรกรรายย่อยตามชนบททั่วไป เนื่องจากไม่ต้องดูแลเอาใจใส่มาก เพราะเมื่อแม่ไก่

ไข่จนครบชุดแล้ว (4-17 ฟอง) ก็จะฟักไข่และเลี้ยงดูลูกไก่ไปอีกประมาณ 2 เดือน จึงจะให้ไข่อีกรอบ แต่ในแง่ของการผลิตเชิงการค้า การให้แม่ไก่ฟักไข่และเลี้ยงลูกเองจะทำให้ได้ผลผลิตไข่และลูกไก่ปริมาณน้อย เกษตรกรจึงอาจใช้วิธีการจัดการบังคับแม่ไก่ไม่ให้ฟักไข่ แม่ไก่จะเริ่มกลับมาให้ไข่ในรอบต่อไปได้เร็วขึ้น (สุชน และคณะ, 2547; อรอนงค์ และคณะ, 2547; อินทร์ และคณะ, 2549)

ฮอร์โมนเอสตราไดโอด (estradiol;  $E_2$ ) เป็นฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับความสมบูรณ์พันธุ์ของสัตว์ปีก (อินทร์ และคณะ, 2549) และยังมีหน้าที่เกี่ยวกับการสร้างไข่แดงและมีผลต่อน้ำหนักของไข่ (Kang *et al.*, 2001; Palmer and Bahr, 1992) ส่วนฮอร์โมนโปรแลคติน (prolactin; PRL) เป็นฮอร์โมนที่มีส่วนสำคัญในการควบคุมพฤติกรรมการฟักไข่ โดยในช่วงที่ไก่กำลังฟักไข่นั้น พบว่ามีการปล่อยของรังไข่และท่อหน้าไข่ ในขณะที่ระดับฮอร์โมน PRL ในกระแสเลือดเพิ่มสูงขึ้น (El Halawani and Rozenboim, 1993) โดยในระหว่างที่ไก่ยังไม่ให้ไข่ ระดับฮอร์โมน PRL มีระดับต่ำมาก และจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นในช่วงของการให้ไข่ และเพิ่มสูงสุดในช่วงของการ

ฟักไข่ และจะลดระดับลงมาอีกครั้งหลังจากที่ลูกไก่ฟักออกมาจากไข่ (Zadworny *et al.*, 1988; Kuwayama *et al.*, 1992) จึงมีข้อสงสัยว่าในไก่ที่ฟักไข่ยึดเยื้อมีกลไกการควบคุมโดยระบบต่อมไร้ท่ออย่างไร เป็นไปได้หรือไม่ว่าในระหว่างที่แม่ไก่ฟักไข่อีกครั้งหลังจากที่ลูกไก่ฟักแรกฟักออกมาแล้ว ฮอร์โมน PRL จากที่ลดระดับลงไ้ระหว่างที่ลูกไก่ฟักออกมาจะมีระดับเพิ่มสูงขึ้น และระดับฮอร์โมน  $E_2$  ซึ่งลดลงในขณะที่ไก่ฟักไข่จะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามระดับของฮอร์โมน PRL หรือไม่

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการเปลี่ยนแปลงของระดับฮอร์โมน PRL และ  $E_2$  เพื่อให้ทราบถึงกลไกการควบคุมพฤติกรรมการฟักไข่โดยระบบต่อมไร้ท่อของไก่พื้นเมืองไทย

### อุปกรณ์และวิธีการ

ไก่พื้นเมืองสายพันธุ์ประดู่หางดำ เพศเมีย อายุ 24 สัปดาห์ จำนวน 18 ตัว และเพศผู้ อายุ 48 สัปดาห์ จำนวน 2 ตัว เลี้ยงแบบปล่อยพื้นในโรงเรือนระบบเปิด ภายใต้ช่วงแสงธรรมชาติ โดยให้อยู่ในกรงขนาด 2x3 เมตร กรงละ 10 ตัว (เพศเมีย 9: เพศผู้ 1) ภายในกรงมีตะกร้าสำหรับเป็นรังให้ไก่ขึ้นไข่ไปไข่ ไ้ทดลองแต่ละตัวจะมีการติดเบอร์ที่ปีก และให้กินน้ำและอาหารแบบเต็มทีตามความต้องการ (*ad libitum*) สังเกตและจดบันทึกพฤติกรรมของไก่พื้นเมืองเวลา 7.00, 10.00, 13.00 และ 16.00 น. ทุกวัน โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 (ES) ปล่อยให้ไ้วางไข่และฟักไข่ตามธรรมชาติ เมื่อไก่ฟักไข่จนถึงวันที่ 15 ของการฟักไข่ นำไข่ชุดเดิมออก และแทนที่ด้วยไข่ชุดใหม่จำนวน 10 ฟอง และเริ่มต้นนับวันที่แทนที่ด้วยไข่ชุดใหม่เป็นวันที่ 1 ของการฟักไข่รอบที่สอง จนกระทั่งถึงวันที่ 15 ของการฟัก นำไข่ชุดที่ 2 ออก และแทนที่ด้วยไข่ชุดที่ 3 ทำซ้ำ ๆ กันแบบนี้ จนกว่าไ้จะหยุดฟักไข่และทิ้งรังไป เก็บตัวอย่างเลือดจากเส้นเลือดดำที่ปีก (wing vein) ในระยะที่ไ้ไม่ให้ไข่ ระยะไ้ก่อไข่ (วันที่ 7 ของการไข่) และระยะฟักไข่วันที่ 3, 6, 9, 12 และ 15 หรือทุก ๆ 3 วัน ของการฟักไข่ที่ยึดเยื้อ

กลุ่มที่ 2 (CS) ปล่อยให้ไ้วางไข่และฟักไข่ตามธรรมชาติ จนกระทั่งลูกไก่ฟักออกจากไข่ จึงแยกลูกไ้่ออก

และนำไข่ชุดใหม่จำนวน 10 ฟอง เข้าไปแทนที่ลูกไ้ให้แม่ไก่ฟักไข่ต่อไป จนกระทั่งลูกไ้ชุดใหม่ฟักออกมา แล้วนำลูกไ้่ออกและแทนที่ด้วยไข่ชุดใหม่ จนกว่าแม่ไ้จะเลิกฟักไข่และทิ้งรังไป เก็บตัวอย่างเลือดจากเส้นเลือดดำที่ปีก ในระยะที่ไ้ไม่ให้ไข่ ระยะไ้ไข่ (วันที่ 7 ของการไข่) ระยะฟักไข่วันที่ 3, 6, 9, 12, 15, 18 และ 21 (หรือวันที่ลูกไ้ฟักออกจากไข่) และเก็บทุก ๆ 3 วันของการฟักไข่ชุดใหม่ที้นำเข้าไปแทนที่ลูกไ้

ตัวอย่างเลือดที่ได้จะถูกนำไปปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกเก็บพลาสมา นำตัวอย่างพลาสมาที่ได้ไปเก็บไว้ที่ตู้แช่แข็งอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์ระดับของฮอร์โมน PRL และ  $E_2$  ด้วยวิธี enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) ตามวิธีการของ Kosonsiriluk *et al.* (2008) และ Mobarkey *et al.* (2010) ตามลำดับ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบ duplicate in single assay ปริมาณฮอร์โมน PRL และ  $E_2$  น้อยที่สุดที่ตรวจวัดได้ (sensitivity) คือ 3.9 ng/ml และ 0.78 pg/ml ตามลำดับ เปอร์เซนต์ความแปรปรวน (coefficient of variation) ของ intra-assay ในการวิเคราะห์ฮอร์โมน PRL และ  $E_2$  คือ 4.46% และ 6.67% ตามลำดับ

### การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เปรียบเทียบความแตกต่างของระยะเวลาการฟักไข่ที่ยึดเยื้อของไ้ทั้ง 2 กลุ่มโดยการวิเคราะห์ t-test วิเคราะห์ระดับฮอร์โมนในแต่ละวงรอบการสืบพันธุ์โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนโดย one-way analysis of variance และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มโดยวิธี Duncan's new multiple range test โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS for windows version 14 (SPSS Inc., 2005)

### ผลการทดลอง

#### ระยะเวลาการฟักไข่

ไก่พื้นเมืองกลุ่มที่ถูกแยกลูกไ้่ออกไปเมื่อฟักออกและแทนที่ด้วยไข่ฟองใหม่ (CS) แสดงพฤติกรรมการฟักไข่ที่ยึดเยื้อมากกว่าไ้พื้นเมืองกลุ่มที่ฟักไข่อย่าง

ต่อเนื่อง (ES) ที่ไม่ได้รับการกระตุ้นจากลูกไก่ โดยมีระยะเวลาในการฟักไข่  $65.8 \pm 6.50$  วัน และ  $51.6 \pm 4.39$  วัน ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ )

#### ระดับฮอร์โมน PRL

ระดับฮอร์โมน PRL ในกระแสเลือดของไก่พื้นเมืองกลุ่มที่ถูกแทนที่ด้วยไข่ฟองใหม่เพื่อไม่ให้ลูกไก่ฟักออก (ES) มีระดับต่ำในช่วงที่ไก่อังไม่ออกไข่ ( $25.94 \pm 3.00$  ng/ml) เริ่มสูงขึ้นในช่วงที่ไก่อากำลังออกไข่ ( $100.58 \pm 70.31$  ng/ml) และสูงที่สุดในช่วงที่ไก่อากำลังฟักไข่ (วันที่ 15 ของการฟักไข่;  $364.38 \pm 45.26$  ng/ml) เมื่อแทนที่ด้วยไข่ชุดใหม่เพื่อให้แม่ไก่ฟักไข่อย่างต่อเนื่องพบว่าระดับฮอร์โมน PRL ยังคงสูงต่อเนื่องไปจนถึงวันที่ 33 ของการฟัก ( $251.81 \pm 41.51$  ng/ml) หลังจากนั้นแม่ไก่แต่ละตัวจะเริ่มใช้ระยะเวลาในการฟักไข่ที่แตกต่างกัน แต่ในช่วงเวลาก่อนที่แม่ไก่จะหยุดฟักไข่และทิ้งรังไปพบว่าระดับ

ฮอร์โมน PRL ลดลงจนมีระดับต่ำ ( $23.50 \pm 8.7$  ng/ml) เท่ากับช่วงที่ไก่อังไม่ให้ไข่ ( $P<0.05$ ; ตารางที่ 1) ส่วนไก่พื้นเมืองกลุ่มที่ถูกแยกลูกไก่ออกและแทนที่ด้วยไข่ฟองใหม่ (CS) พบว่าระดับฮอร์โมน PRL เพิ่มขึ้นในระยะฟักไข่ และลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 21 ของการฟักไข่ หรือวันที่ลูกไก่ฟักออก และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อแยกลูกไก่ออกไปและแทนที่ด้วยไข่ฟองใหม่ และมีรูปแบบไม่แตกต่างกันในแต่ละวงจรของการฟักไข่ที่ต่อเนื่องกัน ( $P>0.05$ ) ยกเว้นวันที่ 3 ของการฟักไข่ในวงจรที่ 3 พบว่าระดับของฮอร์โมน PRL มีระดับต่ำกว่า ( $39.72 \pm 25.72$  ng/ml) วงจรที่ 2 ( $185.88 \pm 90.67$  ng/ml) และ 1 ( $211.79 \pm 5.93$  ng/ml) ตามลำดับ ( $P<0.05$ ; ตารางที่ 2) นอกจากนี้ในวงจรที่ 3 ระดับฮอร์โมน PRL ตลอดช่วงการฟักไข่ 21 วัน ยังมีแนวโน้มต่ำกว่าวงจรที่ 2 และ 1 อีกด้วย

**Table 1.** Plasma PRL and  $E_2$  levels of the native chicken expressed prolonged incubation behavior while replaced with new eggs at day 15 of incubation (ES)

| Reproductive stage    | Plasma PRL level (ng/ml) | Plasma $E_2$ level (pg/ml) |
|-----------------------|--------------------------|----------------------------|
| Non-egg laying        | $25.94 \pm 3.00^a$       | $709.52 \pm 105.32^{bc}$   |
| Egg laying            | $100.58 \pm 70.31^{ab}$  | $975.08 \pm 229.94^c$      |
| Day 3 of incubation   | $224.31 \pm 61.89^{bc}$  | $580.61 \pm 76.70^{ab}$    |
| Day 6 of incubation   | $235.04 \pm 40.17^{bc}$  | $646.10 \pm 70.43^{ab}$    |
| Day 9 of incubation   | $294.37 \pm 51.15^c$     | $524.47 \pm 78.08^{ab}$    |
| Day 12 of incubation  | $338.97 \pm 72.09^c$     | $512.46 \pm 53.70^{ab}$    |
| Day 15 of incubation  | $364.38 \pm 45.26^c$     | $328.85 \pm 77.53^a$       |
| Day 18 of incubation  | $349.91 \pm 79.69^c$     | $423.08 \pm 72.53^{ab}$    |
| Day 21 of incubation  | $332.95 \pm 91.45^c$     | $528.24 \pm 85.45^{ab}$    |
| Day 24 of incubation  | $256.97 \pm 107.7^{bc}$  | $558.62 \pm 60.18^{ab}$    |
| Day 27 of incubation  | $230.36 \pm 46.52^{bc}$  | $464.49 \pm 69.65^{ab}$    |
| Day 30 of incubation  | $297.38 \pm 48.31^c$     | $404.41 \pm 106.66^{ab}$   |
| Day 33 of incubation  | $251.81 \pm 41.51^{bc}$  | $489.71 \pm 48.58^{ab}$    |
| 6 days before abandon | $100.43 \pm 33.34^{ab}$  | $418.80 \pm 125.86^{ab}$   |
| 3 days before abandon | $26.13 \pm 13.59^a$      | $314.39 \pm 31.12^a$       |
| 1 day before abandon  | $23.50 \pm 8.7^a$        | $478.15 \pm 129.66^{ab}$   |
| P-value               | 0.000                    | 0.007                      |

<sup>a-c</sup> Means  $\pm$  SEM with different superscripted letters within the same column indicate significant difference ( $P<0.05$ )



**ระดับฮอร์โมน E<sub>2</sub>**

ระดับฮอร์โมน E<sub>2</sub> ในกระแสเลือดของไก่พื้นเมืองกลุ่ม ES พบว่ามีระดับสูงในช่วงที่ไก่ยังไม่ออกไข่ (709.52 ± 105.32 pg/ml) และสูงสุดในช่วงที่ไก่กำลังออกไข่ (975.08 ± 229.94 pg/ml) เมื่อไก่เริ่มฟักไข่ระดับฮอร์โมน

E<sub>2</sub> จะเริ่มลดลงและมีระดับคงที่ไปตลอดจนกระทั่งแม่ไก่หยุดฟักไข่และทิ้งรังไป ( $P < 0.05$ ; ตารางที่ 1) ส่วนระดับฮอร์โมน E<sub>2</sub> ของไก่กลุ่ม CS พบว่าในแต่ละวงจรของการฟักไข่ ไก่พื้นเมืองมีระดับของฮอร์โมน E<sub>2</sub> ในกระแสเลือดไม่แตกต่างกัน ( $P > 0.05$ ; ตารางที่ 3)

**Table 2. Plasma PRL levels of the native chicken expressed prolonged incubation behavior while replaced with new eggs at day of hatched (CS)**

| Day of incubation | Plasma PRL level (ng/ml)   |                              |                            | P-value |
|-------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|---------|
|                   | Cycle 1                    | Cycle 2                      | Cycle 3                    |         |
| 3                 | 211.79 ± 5.93 <sup>a</sup> | 185.88 ± 90.67 <sup>ab</sup> | 39.72 ± 25.72 <sup>c</sup> | 0.035   |
| 6                 | 185.77 ± 63.38             | 220.18 ± 66.18               | 122.98 ± 80.79             | 0.818   |
| 9                 | 147.95 ± 45.53             | 172.08 ± 62.23               | 132.94 ± 14.29             | 0.885   |
| 12                | 205.64 ± 35.20             | 199.70 ± 62.28               | 121.17 ± 62.97             | 0.081   |
| 15                | 171.47 ± 24.57             | 179.36 ± 66.15               | 109.34 ± 47.78             | 0.414   |
| 18                | 68.38 ± 29.38              | 196.12 ± 93.30               | 128.70 ± 39.80             | 0.715   |
| 21                | 62.56 ± 52.57              | 159.87 ± 55.71               | 149.43 ± 76.07             | 0.211   |
| P-value           | 0.152                      | 0.997                        | 0.904                      |         |

<sup>a-c</sup> Means ± SEM with different superscripted letters within the same row indicate significant difference ( $P < 0.05$ )

**Table 3. Plasma E<sub>2</sub> levels of the native chicken expressed prolonged incubation behavior while replace with new eggs at day of hatched (CS)**

| Day of incubation | Plasma E <sub>2</sub> level (pg/ml) |                 |                 | P-value |
|-------------------|-------------------------------------|-----------------|-----------------|---------|
|                   | Cycle 1                             | Cycle 2         | Cycle 3         |         |
| 3                 | 1310.88 ± 365.39                    | 838.65 ± 207.20 | 813.79 ± 247.74 | 0.203   |
| 6                 | 874.11 ± 241.56                     | 886.87 ± 204.22 | 682.45 ± 175.96 | 0.829   |
| 9                 | 925.73 ± 173.33                     | 622.20 ± 96.66  | 853.78 ± 218.14 | 0.371   |
| 12                | 674.26 ± 114.89                     | 798.86 ± 324.13 | 756.33 ± 272.99 | 0.571   |
| 15                | 897.01 ± 192.16                     | 548.87 ± 60.44  | 604.05 ± 176.69 | 0.158   |
| 18                | 463.62 ± 131.96                     | 670.89 ± 173.78 | 394.04 ± 82.80  | 0.534   |
| 21                | 954.20 ± 114.83                     | 830.18 ± 160.80 | 762.09 ± 117.25 | 0.291   |
| P-value           | 0.285                               | 0.887           | 0.802           |         |

## วิจารณ์

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าไก่พื้นเมืองมีการแสดงพฤติกรรมการฟักไข่ที่ยืดเยื้อ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วไก่จะฟักไข่ที่ 21 วัน หลังจากลูกไก่ฟักออกจากไข่ แม่ไก่จะเลี้ยงดูลูกไก่ให้เจริญเติบโตโดยการให้ความอบอุ่น ปกป้องลูกไก่ และพาลูกไก่หาอาหาร แต่เมื่อแยกลูกไก่ออกจากแม่ไก่และนำไข่ฟองใหม่เข้าไปแทนที่ แม่ไก่กลับแสดงพฤติกรรมการฟักไข่ โดยให้ความสนใจไข่ที่ใส่เข้าไปใหม่และกกไข่ดังกล่าวอย่างต่อเนื่อง แม้ไข่ดังกล่าวจะไม่ไข่ไข่ของแม่ไก่ตัวนั่นเอง แสดงว่าสิ่งกระตุ้นจากภายนอกโดยเฉพาะไข่ มีความสำคัญต่อการแสดงพฤติกรรมการฟักไข่ และการปรากฏของลูกไก่ทำให้ไก่หยุดแสดงพฤติกรรมการฟักไข่และเปลี่ยนไปแสดงพฤติกรรมเลี้ยงลูกแทน ดังจะเห็นได้จากการฟักไข่ของไก่โดยทั่วไปเมื่อลูกไก่ฟักออกเป็นตัวและแข็งแรงแล้ว แม่ไก่จะพาลูกไก่ออกจากรังและพาไปคุ้ยเขี่ยหาอาหารโดยไม่สนใจไข่ที่ยังฟักออกไม่หมด ซึ่งสอดคล้องกับ Holcomb (1979) ที่ได้รายงานไว้ว่ากลไกทางสรีรวิทยาที่อยู่ภายในและสิ่งกระตุ้นจากภายนอกอาจจะมีส่วนเกี่ยวข้องต่อการแสดงออกของพฤติกรรมที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าการแสดงพฤติกรรมการฟักไข่ที่ยืดเยื้อของไก่พื้นเมืองนั้นเป็นเพราะไก่พื้นเมืองมีความเป็นแม่สูง จึงแสดงพฤติกรรมการฟักไข่ไปจนกว่าลูกไก่จะฟักออกมาจากไข่ เพราะโดยที่จริงแล้วช่วงระยะเวลาของการฟักไข่ควรจะใช้เวลาน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เพื่อไม่ให้สูญเสียพลังงานไประหว่างการฟักไข่ (Reid *et al.*, 2002) และเพิ่มความเสี่ยงของการถูกล่าจากสัตว์ผู้ล่าในขณะที่กำลังฟักไข่อยู่ในรัง (Martin, 2002; Miller *et al.*, 2007; Visser and Lessells, 2001; Weidinger, 2002) ซึ่งจากการศึกษาในนกกระทาป่าพบว่า มีการฟักไข่ที่ยืดเยื้อถึง 75 วัน จากช่วงการฟักไข่ปกติ คือ 23 วัน (Hernandez *et al.*, 2006) ส่วนนกในกลุ่มที่ไม่ใช่นกเกาะคอนมีแนวโน้มที่จะฟักไข่ที่ยืดเยื้อนานกว่ากลุ่มนกเกาะคอน (Holcomb, 1970) ซึ่งการฟักไข่ที่ยืดเยื้อนี้เชื่อว่าเป็นพฤติกรรมที่มีมาแต่กำเนิดของสัตว์เพื่อปกป้องไข่ซึ่งอาจจะใช้เวลามากกว่าไข่ฟองอื่นๆ ในการฟักออก (Skutch, 1962)

จากรายงานของ Rozenboim *et al.* (1993) พบว่าฮอร์โมน PRL มีบทบาทในการยับยั้งการผลิตฮอร์โมน gonadotropin releasing hormone (GnRH) จากสมองส่วนไฮโปทาลามัส ทำให้การหลั่งฮอร์โมน luteinizing hormone (LH) จากต่อมใต้สมองลดลง สัตว์ปีกจึงหยุดออกไข่ และเริ่มแสดงพฤติกรรมการฟักไข่ (El Halawani *et al.*, 1988; Sharp *et al.*, 1988) การเพิ่มขึ้นของฮอร์โมน PRL จึงทำให้รังไข่หยุดการพัฒนา และยับยั้งการผลิตฮอร์โมนสเตอรอยด์จากถุงไข่ (follicle) ทำให้การผลิตฮอร์โมน  $E_2$  จากถุงไข่ขนาดเล็กลดลง และส่งผลกระทบต่อการสะสมไข่แดงในถุงไข่ขนาดใหญ่ (Sackman and Schwabl, 1999) เนื่องจาก ฮอร์โมน  $E_2$  มีส่วนในการสร้างโปรตีนไวเทลโลเจนิน (vitellogenin) และไลโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นต่ำมาก (very-low density lipoprotein) ที่ตับ ซึ่งเป็นองค์ประกอบตั้งต้นในการสร้างไข่แดง (Christians and Williams, 1999; Wallace, 1985) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าฮอร์โมนสเตอรอยด์ในไข่ของสัตว์ปีกเป็นสัญญาณที่ส่งผ่านจากแม่ไปสู่ลูกเพื่อให้ลูกที่เกิดมามีการพัฒนาและตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมโดยผ่านประสบการณ์ของแม่ (Arnold, 2002; Groothuis and Schwabl, 2008)

ระดับฮอร์โมน PRL ในกระแสเลือดของไก่พื้นเมือง มีระดับต่ำสุดในระยะที่ไข่ยังไม่ออกไข่ เพิ่มขึ้นเมื่อไข่ออกไข่ และเพิ่มสูงสุดเมื่อไข่เข้าสู่ระยะการฟักไข่ หลังจากนั้นระดับฮอร์โมน PRL จะลดลงอย่างต่อเนื่องตามจำนวนวันที่แม่ไก่ฟักไข่ต่อเนื่อง สอดคล้องกับการรายงานก่อนหน้านี้ว่าระดับฮอร์โมน PRL จะต่ำเมื่อไข่ยังไม่เข้าสู่ระยะเจริญพันธุ์ เมื่อไข่เริ่มไข่ระดับฮอร์โมน PRL จะค่อย ๆ สูงขึ้น หลังจากหยุดออกไข่และเริ่มฟักไข่ระดับของฮอร์โมน PRL จะเพิ่มขึ้นสูงที่สุด และเมื่อลูกไก่ฟักออกจากไข่ระดับของฮอร์โมน PRL จะลดระดับลงมาอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับระยะออกไข่ (ดินทร์ และคณะ, 2549; Kosonsiriluk *et al.*, 2008) การเพิ่มขึ้นของฮอร์โมน PRL เป็นสาเหตุที่ทำให้หยุดการตกไข่ รังไข่ฝ่อ และเหนียวน่าให้เกิดพฤติกรรมการฟักไข่ (El Halawani *et al.*, 1988) ซึ่งตรงข้ามกับระดับของฮอร์โมน LH ของแม่ไก่จะเริ่มเพิ่มขึ้นเมื่อลูกไก่ฟักออกจากไข่ (Kuwayama *et al.*, 1992) หรือเมื่อลูกไก่ปรากฏตัว (Leboucher *et al.*, 1990; 1993;

Richard-Yris *et al.*, 1995) และระดับของฮอร์โมน PRL ในช่วงของการเลี้ยงลูกจะมีระดับต่ำกว่าช่วงการฟักไข่แต่ก็ยิ่งสูงกว่าช่วงของการไม่ไข่ (Boos *et al.*, 2007) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าฮอร์โมน PRL มีส่วนเกี่ยวข้องกับการดูแลลูกหลังจากฟักออกมาจากไข่ (Criscuolo *et al.*, 2002) เมื่อมีการพรางลูกไก่จากแม่จึงทำให้ระดับของฮอร์โมน PRL ของแม่ไก่อลดลง (Chaiyachet *et al.*, 2013) ส่วนระดับฮอร์โมน  $E_2$  พบว่ามีระดับสูงสุดในช่วงที่ไก่อกำลังออกไข่ เมื่อไก่อเริ่มฟักไข่ระดับฮอร์โมน  $E_2$  จะเริ่มลดลงและมีระดับคงที่ไปตลอดช่วงเวลาของการฟักไข่ สอดคล้องกับรายงานของ รัตน และคณะ (2537) พบว่าระดับฮอร์โมน  $E_2$  พื้นฐานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของอายุและสภาพการให้ผลผลิตไข่ของไก่ และสามารถบอกถึงความสมบูรณ์พันธุ์ของแม่ไก่อก่อนที่จะวางไข่ในรอบถัดไปได้ (อินทร์ และคณะ, 2549)

เมื่อปล่อยให้แม่ไก่ฟักไข่อย่างต่อเนื่องพบว่าระดับฮอร์โมน PRL จะลดลงอย่างต่อเนื่องตามระยะเวลาการฟักไข่ที่ยืดเยื้อของไก่ จนกระทั่งแม่ไก่อหยุดฟักไข่และทิ้งรังไปพร้อมกับระดับฮอร์โมน PRL ลดลงจนต่ำกว่าระดับก่อนการให้ผลผลิตไข่ สอดคล้องกับ Sharp *et al.* (1998) รายงานว่าการเพิ่มขึ้นของระดับฮอร์โมน PRL ทำให้พฤติกรรมการฟักไข่ยังคงอยู่ แต่เมื่อปล่อยให้แม่ไก่ฟักไข่จนครบ 21 วัน พบว่าระดับฮอร์โมน PRL จะลดลงในวันที่ลูกไก่ฟักออกแต่ยังสูงกว่าในระยะก่อนการให้ผลผลิตไข่และจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อพรางลูกไก่อออกจากรังและแทนที่ด้วยไข่ใหม่ให้แม่ไก่ฟัก เช่นเดียวกับการทดลองพรางแม่ไก่อวงและไก่อพื้นเมืองออกจากรังทำให้ระดับของฮอร์โมน PRL ลดลง (El Halawani *et al.*, 1980; Prakobsaeng *et al.*, 2011; Proudman and Opel, 1981) ดังนั้นจะเห็นได้ชัดว่าฮอร์โมน PRL มีบทบาทที่สำคัญต่อการแสดงออกของพฤติกรรมการฟักไข่ของไก่พื้นเมือง อย่างไรก็ตามพบว่าระดับการแสดงออกของพฤติกรรมการฟักไข่และระดับของฮอร์โมน PRL ยังขึ้นอยู่กับสภาพของการเลี้ยงดู (Bedecarrats *et al.*, 1997) ด้วย

จากการทดลองจะเห็นว่าพฤติกรรมการฟักไข่ของไก่พื้นเมืองไทยขึ้นกับสิ่งกระตุ้นภายใน ได้แก่ การควบคุมโดยระบบต่อมไร้ท่อ คือ ฮอร์โมน PRL และสิ่งกระตุ้นภายนอก ได้แก่ การปรากฏของไข่และลูกไก่

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ Prof. Dr. Israel Rozenboim, University of Jerusalem ประเทศอิสราเอล ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการวิเคราะห์ระดับฮอร์โมน PRL และ  $E_2$  สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัย สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม สำหรับพื้นที่เลี้ยงไก่ทดลอง รศ.ดร.ยุพาพร ไชยสีหามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี สำหรับการอำนวยความสะดวกในการส่งตัวอย่างพลาสมาไก่ และนายวุฒิภัทร ภิญโญศักดิ์ ที่ช่วยเหลือเลี้ยงไก่ทดลองและเก็บข้อมูลงานวิจัยซึ่งทำให้การทดลองนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

## เอกสารอ้างอิง

- จันทร์พร เจ้าทรัพย์ และ กันยา ตันติวิสุทธิกุล. 2549. คุณภาพซาก สี และส่วนประกอบของเคมีของเนื้อไก่พื้นเมืองสายพันธุ์พม่า ไก่กระທงและพื้นเมืองสายพันธุ์ไทย. หน้า 400-406. ใน: รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44 วันที่ 30 มกราคม - 2 กุมภาพันธ์ 2549, กรุงเทพฯ.
- รัตนา โชติสังกาศ สุภาพร อิศริโยดม และ นิรัตน์ กองรัตนานันท์. 2537. ระดับสเตอรอยด์ฮอร์โมนพื้นฐาน และพัฒนาการของอวัยวะสืบพันธุ์ของไก่พื้นเมืองและไก่ไข่ออกผสมทางการค้าในสภาวะการให้ผลผลิตไข่ที่แตกต่างกัน. วิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ 28(2): 200-209.
- วรพล เองวานิช และ สุจินต์ สิมารักษ์. 2546. เปรียบเทียบความสามารถในการทนความร้อนระหว่างไก่พื้นเมืองและไก่กระທงภายใต้สภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนเป็นเวลานาน. สัตวแพทยสาร 54: 39-48.
- คันสนีย์ กระจำจโนม สุดารัตน์ อุทธารัตน์ ญัฐสิทธิ ศรีนุรักษ์ และ อุบลรัตน์ หยาไส. 2559. ปัจจัยที่สัมพันธ์กับแรงจูงใจของทนายเกษตรกรในการ

- สานต่ออาชีพเกษตรในอาเภอสนป่าตอง จังหวัด  
เชียงใหม่. วารสารเกษตร 32(1): 29-38.
- สุชน ตั้งทวีวัฒน บัญลอม ชีวะอิสระกุล กัญญา ปัญญา  
ชาติรักษ์ สิริณ ชะเอมเทศ สมควร ปัญญาวิ  
ผ่านฟ้า ณ เชียงใหม่ แสงธิดา แสงดาวเรือง  
และ เบญจวรรณ ศิริศรีสวัสดิ์. 2547. การเพิ่ม  
ประสิทธิภาพการผลิตไก่พื้นเมือง: ระบบการ  
ผลิตในเชิงการค้า. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์.  
สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.  
247 หน้า.
- อรอนงค์ เลี้ยวธราภกุล ชาตรี ประทุม และ อำนวย เลี้ยว  
ธราภกุล. 2547. การเพิ่มจำนวนตัวไขของแม่ไก่  
และการลดอัตราการตายของลูกไก่พื้นเมือง.  
รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานกองทุน  
สนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ. 103 หน้า.
- อินทร์ ศาลางาม นรินทร์ บุญพรหมณ์ รักเกียรติ แสน  
ประเสริฐ ปิยะศักดิ์ สุวรรณ และ กนกวรรณ มะ  
โนรมย์. 2549. วิธีการเพิ่มจำนวนลูกไก่พื้นเมือง  
สำหรับเกษตรกรและรูปแบบการหลังฮอร์โมน  
Progesterone, Prolactin, LH และ Estrogen  
ในวงรอบการสืบพันธุ์ของแม่ไก่พื้นเมือง.  
รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานกองทุน  
สนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ. 92 หน้า.
- Aengwanich, W. 2007. Comparative ability to tolerate  
heat between thai indigenous chickens, thai  
indigenous chickens crossbred and broilers  
by using heterophil/lymphocyte ratio.  
Pakistan Journal of Biological Sciences  
10(11): 1840-1844.
- Arnold, A.P. 2002. Concepts of genetic and  
hormonal induction of vertebrate sexual  
differentiation in the twentieth century, with  
special reference to the brain. pp. 105-135.  
In: D. W. Pfaff, A. Arnold, A. Etgen, S.  
Fahrbach and R. Rubin (eds.). Hormones,  
Brain, and Behavior. Academic Press, New  
York.
- Bedecarrats, G., D. Guemene and M.A. Richard-Yris.  
1997. Effects of environmental and social  
factors on incubation behavior,  
endocrinological parameters, and  
production traits in turkey hens (*Meleagris  
gallopavo*). Poultry Science 76(9): 1307-  
1314.
- Boos, M., C. Zimmer, A. Carriere, J. P. Robin and O.  
Petit. 2007. Post-hatching parental care  
behaviour and hormonal status in a  
precocial bird. Behavioural Processes  
76(3): 206-214.
- Chaiyachet, O-A., D. Chokchaloemwong, N.  
Prakobsaeng, N. Sartsoongnoen, S.  
Kosonsiriluk, I. Rozenboim, M.E. El  
Halawani, T.E. Porter and Y. Chaiseha.  
2013. Neuroendocrine regulation of rearing  
behavior in the native Thai hen. Acta  
Histochemica 115(3): 209-218.
- Christians, J.K. and T.D. Williams. 1999. Effects of  
exogenous 17 $\beta$ -estradiol on the  
reproductive physiology and reproductive  
performance of European starlings (*Sturnus  
vulgaris*). The Journal of Experimental  
Biology 202: 2679-2685.
- Criscuolo, F., O. Chastel, G.W. Gabrielsen, A.  
Lacroix and Y. Le Maho. 2002. Factors  
affecting plasma concentrations of prolactin  
in the common eider, *Somateria mollissima*.  
General and Comparative Endocrinology  
125(3): 399-409.
- El Halawani, M.E. and I. Rozenboim. 1993. The  
ontogeny and control of incubation behavior  
in turkeys. Poultry Science 72(5): 906-911.
- El Halawani, M.E., W.H. Burke and P.T. Dennison.  
1980. Effect of nest-deprivation on serum  
prolactin level in nesting female turkeys.  
Biology of Reproduction 23(1): 118-123.

- El Halawani, M. E., S. C. Fehrer, B. M. Hargis and T. E. Porter. 1988. Incubation behavior in the domestic turkey: Physiological correlates. *CRC Critical Reviews in Poultry Biology* 1: 285-314.
- Groothuis, T. G. and H. Schwabl. 2008. Hormone-mediated maternal effects in birds: mechanisms matter but what do we know of them? *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* 363(1497):1647-1661.
- Hernandez, F., J.A. Arredondo, F. Hernandez, F.C. Bryant and L. A. Brennan. 2006. Abnormal eggs and incubation behavior in Northern Bobwhite. *The Wilson Journal of Ornithology* 118(1): 114-116.
- Holcomb, L.C. 1970. Prolonged incubation behaviour of Red-Winged Blackbirds incubating several egg sizes. *Behaviour* 36(1/2): 74-83.
- Holcomb, L.C. 1979. Response to foster nestlings by Red-Winged Blackbirds at different reproductive stages. *The Wilson Bulletin* 91(3): 434-440.
- Jaturasitha, S., T. Srikanchai, M. Kreuzer and M. Wicke. 2008. Differences in carcass and meat characteristics between chicken indigenous to Northern Thailand (black-boned and Thai native) and imported extensive breeds (Bresse and Rhode Island Red). *Poultry Science* 87(1): 160-169.
- Kang, W.J., J.S. Yun, D.S. Seo, K.C. Hong and Y. Ko. 2001. Relationship among egg productivity, steroid hormones (progesterone and estradiol) and ovary in Korean Ogol chicken. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 14(7): 922-928.
- Kosonsiriluk, S., N. Sartsoongnoen, O-A. Chaiyachet, N. Prakobsaeng, T. Songserm, I. Rozenboim, M.E. El Halawani and Y. Chaiseha. 2008. Vasoactive intestinal peptide and its role in continuous and seasonal reproduction in birds. *General and Comparative Endocrinology* 159(1): 88-97.
- Kuwayama, T., K. Shimada, N. Saito, T. Ohkubo, K. Sato, M. Wada and K. Ichinoe. 1992. Effects of removal of chicks from hens on concentrations of prolactin, luteinizing hormone and oestradiol in plasma of brooding Gifu-jidori hens. *Journal of Reproduction and Fertility* 95(2): 617-622.
- Leboucher, G., M.A. Richard-Yris, D. Guemene and A. Chadwick. 1993. Respective effects of chicks and nest on behavior and hormonal concentrations of incubating domestic hens. *Physiology & Behavior* 54(1): 135-140.
- Leboucher, G., M.A. Richard-Yris, J. Williams and A. Chadwick. 1990. Incubation and maternal behaviour in domestic hens: Influence of the presence of chicks on circulating luteinising hormone, prolactin and oestradiol and on behaviour. *British Poultry Science* 31(4): 851-862.
- Martin, T.E. 2002. A new view for avian life history evolution tested on an incubation paradox. *Proceedings of the Royal Society B* 269(1488): 309-316.
- Miller, D.A., J.B. Grand, T.F. Fondell and R.M. Anthony. 2007. Optimizing nest survival and female survival: Consequences of nest site selection for Canada geese. *Condor* 109(4): 769-780.
- Mobarkey, N., N. Avital, R. Heiblum and I. Rozenboim. 2010. The role of retinal and

- extra-retinal photostimulation in reproductive activity in broiler breeder hens. Domestic Animal Endocrinology 38(4): 235-243.
- Palmer, S.S. and J.M. Bahr. 1992. Follicle stimulating hormone increases serum oestradiol-17 beta concentrations, number of growing follicles and yolk deposition in ageing hens (*Gallus gallus domesticus*) with decreased egg production. British Poultry Science 33(2): 403-414.
- Prakobsaeng, N., N. Sartsoongnoen, S. Kosonsiriluk, O-A. Chaiyachet, D. Chokchaloemwong, I. Rozenboim, M.E. El Halawani, T.E. Porter and Y. Chaiseha. 2011. Changes in vasoactive intestinal peptide and tyrosine hydroxylase immunoreactivity in the brain of nest-deprived native Thai hen. General and Comparative Endocrinology 171(2): 189-196.
- Proudman, J.A. and H. Opel. 1981. Turkey prolactin: Validation of a radioimmunoassay and measurement of changes associated with broodiness. Biology of Reproduction 25(3): 573-580.
- Reid, J.M., P. Monaghan and R.G. Nager. 2002. Incubation and the costs of reproduction. pp. 314-325. In: D. C. Deeming (ed.). Avian Incubation: Behaviour, Environment, and Evolution. Oxford University Press, Oxford.
- Richard-Yris, M.A., A. Chadwick, D. Guemene, H. Grillou-Schuelke and G. Leboucher. 1995. Influence of the presence of chicks on the ability to resume incubation behavior in domestic hens (*Gallus domesticus*). Hormones and Behavior 29(4): 425-441.
- Rozenboim, I., C. Tabibzadeh, J.L. Silsby and M.E. El Halawani. 1993. Effect of ovine prolactin administration on hypothalamic vasoactive intestinal peptide (VIP), gonadotropin releasing hormone I and II content, and anterior pituitary VIP receptors in laying turkey hens. Biology of Reproduction 48(6): 1246-1250.
- Sharp, P.J., A. Dawson and R.W. Lea. 1998. Control of luteinizing hormone and prolactin secretion in birds. Comparative Biochemistry and Physiology. Part C Pharmacology Toxicology & Endocrinology 119(3): 275-282.
- Sharp, P.J., M.C. Macnamee, R.J. Sterling, R.W. Lea, and H.C. Pedersen. 1988. Relationships between prolactin, LH and broody behavior in bantam hens. The Journal of Endocrinology 118(2): 279-286.
- Skutch, A.F. 1962. The constancy of incubation. The Wilson Bulletin 74(2): 115-151.
- Sockman, K.W. and H. Schwabl. 1999. Daily estradiol and progesterone levels relative to laying and onset of incubation in Canaries. General and Comparative Endocrinology 114(2): 257-268.
- SPSS Inc. 2005. SPSS Base 14.0 Users Guide. SPSS Inc., Chicago, Illinois.
- Visser, M.E. and C.M. Lessells. 2001. The costs of egg production and incubation in Great Tits (*Parus major*). Proceedings of the Royal Society B 268(1473): 1271-1277.
- Wallace, R.A. 1985. Vitellogenesis and oocyte growth in nonmammalian vertebrates. pp. 127-177. In: L. W. Browder (ed). Developmental Biology. Plenum Press, New York.
- Wattanachant, S., S. Benjakul and D.A. Ledward. 2004. Composition, color, and texture of

- Thai indigenous and broiler chicken muscles. Poultry Science 83(1): 123-128.
- Weidinger, K. 2002. Interactive effects of concealment, parental behaviour and predators on the survival of open passerine nests. Journal of Animal Ecology 71(3): 424-437.
- Zadworny, D., K. Shimada, H. Ishida, C. Sumi and K. Sato. 1988. Changes in plasma levels of prolactin and estradiol, nutrient intake, and time spent nesting during the incubation phase of broodiness in the Chabo hen (Japanese bantam). General and Comparative Endocrinology 71(3): 406-412.
-





# ผลของแหล่งไขมันต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต คอเลสเตอรอลในเลือด และค่าโลหิตวิทยาในไก่เนื้อ

## Effects of Fat Sources on Growth Performance, Serum Cholesterol and Hematology in Broilers

ศรีสุดา ศิริเหล่าไพศาล\* พงศธร กุณัน ไพวัลย์ ปัญญาแก้ว และ ธัชเวช ภูมิประสิทธิ์

Srisuda Sirilaophaisan\*, Pongsathorn Gunun, Paiwan Panyakaew and Thachawech Kimprasit

คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร อ.พังโคน จ.สกลนคร 47160  
Faculty of Natural Resources, Rajamangala University of Technology Isan Sakon Nakhon Campus, Phung Khon,  
Sakon Nakhon 47160, Thailand

\*Corresponding author: Email: Sreesuda88@hotmail.com

(Received: 21 March 2017; Accepted: 3 October 2017)

**Abstract:** The objective of this study was to determine the effects of vegetable fat sources on growth performance, blood cholesterol and hematology in broilers. A total of 90 d-old male broiler chicks (Cobb 500), were divided into 3 treatment groups. The experimental design was completely randomized design (CRD). Each treatment consisted of three replicates of ten each. The treatments were supplemented with palm oil (T1), soybean oil (T2) and krabok oil (T3) in broiler diet during 42 days. Results indicated that supplementation of different types of vegetable fat significantly differences ( $P<0.05$ ) affect body weight, body weight gain, FCR and productive index (PI) of broilers. The highest live weight, PI and least FCR were found in krabok oil supplemented group. Carcass percentage was tended ( $P=0.056$ ) improved highest in krabok oil treatment. Blood cholesterol and triglyceride levels were not significantly ( $P>0.05$ ) among treatments. Heterophil, lymphocyte and ration of heterophil and lymphocyte were significantly decreased ( $P<0.05$ ) by soybean oil. It was concluded that krabok oil supplement significantly increased growth performance in broilers as compared to palm and soybean oil supplements.

**Keywords:** Fat, krabok oil, broiler, growth performance, cholesterol, hematology

**บทคัดย่อ:** การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมไขมันพืชในอาหาร ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต ระดับคอเลสเตอรอลในเลือด และค่าโลหิตวิทยาในไก่เนื้อ โดยใช้ไก่เนื้อสายพันธุ์คอปปี 500 (Cobb 500) อายุ 1 วัน จำนวน 90 ตัว วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ แบ่งกลุ่มการทดลองเป็น 3 กลุ่ม ๆ ละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 10 ตัว ทำการเสริมน้ำมันจากพืช 3 ชนิด คือ น้ำมันปาล์ม, น้ำมันถั่วเหลือง และ น้ำมันกระบกในอาหารไก่เนื้อเป็นระยะเวลา 42 วัน พบว่า ชนิดของน้ำมันพืชในอาหารมีผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตได้แก่ น้ำหนักตัว น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น FCR และดัชนีประสิทธิภาพการผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดยการเสริมน้ำมันกระบกมีสมรรถนะการเจริญเติบโตดีที่สุด รองลงมาคือน้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันปาล์ม ตามลำดับ ไก่เนื้อกลุ่มเสริมน้ำมันกระบกมีแนวโน้มเปอร์เซ็นต์ซากสูงที่สุด ( $P = 0.056$ ) ปริมาณคอเลสเตอรอล และไตรกลีเซอไรด์ในเลือดไก่ไม่มีความแตกต่างกัน แต่มีผลต่อเม็ดเลือดขาวชนิดเฮโมโกลิน (H) ลิมโฟไซต์ (L) และอัตราส่วนของ H/L แตกต่างกันทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ไก่เนื้อกลุ่มเสริมน้ำมันถั่วเหลืองมีค่า H/L ต่ำที่สุด รองลงมาคือ น้ำมันปาล์ม และน้ำมันกระบก งานทดลองครั้งนี้สรุปได้ว่าน้ำมันกระบกมีประสิทธิภาพในการเพิ่มสมรรถภาพการเจริญเติบโตในไก่เนื้อดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันปาล์มและน้ำมันถั่วเหลือง

**คำสำคัญ:** ไขมัน น้ำมันกระบก ไก่เนื้อ สมรรถนะการเจริญเติบโต คอเลสเตอรอล โลหิตวิทยา

## คำนำ

น้ำมันและไขมันเป็นวัตถุดิบอาหารไก่เนื้อที่ใช้เป็นแหล่งของพลังงาน เนื่องจากมีพลังงานสูงกว่าโปรตีน และคาร์โบไฮเดรตถึง 2.25 เท่า (NRC, 1994) นอกจากนี้ ไขมันยังมีประโยชน์ในการช่วยลดความเป็นพิษของอาหาร เพิ่มความน่ากินให้กับอาหาร ทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายวิตามินที่ละลายในไขมัน (เอ, ดี, อี และเค) มีผลให้ร่างกายดูดซึมวิตามินกลุ่มนี้ไปใช้ประโยชน์ได้ ไขมันยังให้โคเลสเตอรอลที่ช่วยสังเคราะห์วิตามินดี เป็นส่วนประกอบในเซลล์สมอง เซลล์ประสาท เป็นแหล่งของกรดไขมันที่จำเป็นแก่ร่างกาย เช่น กรดไขมันตระกูลโอเมก้า 6 ได้แก่ กรดไลโนเลอิก (linoleic acid) พบมากในน้ำมันพืชที่ได้จากเมล็ดข้าวโพด ถั่วเหลือง งา กรดไขมันชนิดนี้สามารถลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดได้ และป้องกันการเกิดโรคผิวหนังอักเสบที่เกิดจากการขาดกรดไขมัน กรดไขมันตระกูลโอเมก้า 3 ได้แก่ อีโคซาเพนตาอิก (eicosapentaenoic acid: EPA) และกรดโดโคซาเฮกซะอิก (docosahexaenoic acid: DHA) พบมากในน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันคาโนลา น้ำมันปลา ซึ่งน้ำมันประเภทนี้มีบทบาทในการพัฒนาการของสมองและการมองเห็น นอกจากนี้ไขมันยังช่วยให้การเคลื่อนที่ของอาหารในลำไส้เป็นไปอย่างช้า ๆ ทำให้สามารถย่อยและดูดซึม

สารอาหารได้เต็มที่ (Firman *et al.*, 2008) การนำไขมันมาใช้ประกอบสูตรอาหารสัตว์ชั้นต่ำที่เหมาะสม คือ 10 กรัมต่อกิโลกรัม แต่ถ้าให้มากเกินไป 40 กรัมต่อกิโลกรัม อาจมีปัญหาเรื่องการอัดเม็ด (Leeson and Summers, 1997) การนำน้ำมันและไขมันมาใช้ในสูตรอาหารสัตว์เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด จะต้องคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ เนื่องจากปัจจัยดังกล่าวอาจส่งผลให้ไก่มีการเจริญเติบโตดีขึ้นหรือลดลง ซึ่งปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงได้แก่ อายุของลูกไก่ เพศ วัตถุดิบที่ใช้ประกอบสูตรอาหาร ชนิดของไขมัน ไขมันในอาหารมีอิทธิพลต่อคุณภาพซากเนื่องจากไขมันแต่ละแหล่งมีองค์ประกอบของกรดไขมันแตกต่างกัน และมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงไขมันภายในซาก (Sanz *et al.*, 1999) จากการรายงานของ Tanchaorenrat *et al.* (2013) ศึกษาค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (apparent metabolizable energy; AME) ของไขมันชนิดต่าง ๆ ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์ม ไขมันโค ไขมันไก่ และน้ำมันถั่วเหลืองผสมไขมันโค พบว่า น้ำมันถั่วเหลืองมีค่า AME สูงสุด รองลงมาได้แก่ ไขมันไก่ น้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วเหลืองผสมกับไขมันโค และไขมันโค ตามลำดับ การที่น้ำมันถั่วเหลืองมีค่า AME มากที่สุดเนื่องมาจากมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นส่วนประกอบอยู่สูง ในขณะที่ไขมันโคมีค่า AME น้อยสุดเนื่องจากมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวอยู่สูง ทำให้ไก่ไม่สามารถใช้ประโยชน์จากไขมันชนิดนี้ได้เต็มที่ น้ำมันถั่ว

เหลียงสามารถลดการทำงานของกระบวนการสังเคราะห์ไขมัน (lipogenesis) ได้ ซึ่งมีการรายงานว่าการเติมน้ำมันถั่วเหลืองลงในอาหารไก่เนื้อ สามารถลดการสะสมไขมันในร่างกาย ปัจจุบันมีไขมันหลายชนิดให้เลือกใช้ในการประกอบสูตรอาหาร ซึ่งน้ำมันปาล์มเป็นแหล่งของพลังงานที่นิยมใช้ในโรงงานผลิตอาหารสัตว์ปีก โดยเฉพาะไก่เนื้อ

กระบกเป็นพืชท้องถิ่นที่มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Irvingia malayana* Oliv. ex. A. W. Benn. สามารถพบได้ในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้รวมทั้งประเทศไทย กระบกเป็นไม้เนื้อแข็งนำมาเผาถ่านที่มีคุณภาพดี เมล็ดกระบกจะมีเปลือกแข็งหุ้ม ภายในเนื้อในเมล็ดสามารถนำมาบริโภคได้และเป็นที่นิยมบริโภค มีการนำเมล็ดกระบกมาสกัดน้ำมันเพื่อนำไปใช้ทดแทนน้ำมัน เช่น ใช้จุดให้แสงสว่าง ใช้หล่อลื่นในการหีบเมล็ดนุ่น น้ำมันกระบกประกอบด้วยกรดไขมันสายยาวปานกลาง (medium-chain fatty acids, MCFAs) ได้แก่ กรดไขมันลอริก (lauric acid, C12:0) และไมริสติก (myristic acid, C14:0) มีปริมาณ 420 g/kg และ 464 g/kg ตามลำดับ (ประภาพร, 2520) น้ำมันกระบกมีกรดไขมันมีค่าใกล้เคียงกับน้ำมันมะพร้าว ซึ่งมีปริมาณกรดไขมัน C12:0 และ C14:0 มีค่าเท่ากับ 458 และ 205 g/kg ตามลำดับ (Panyakaew *et al.*, 2013; Wongsuthavas *et al.*, 2007) จากการรายงานของ Khatibjoo *et al.* (2017) ทดลองเสริม MCFAs และกรดไขมันสายสั้น (short-chain fatty acids, SCFAs) ในอาหารไก่เนื้อ พบว่าไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และคุณภาพซาก แต่สามารถลดค่าคอเลสเตอรอลและคอเลสเตอรอลในเลือดไก่ได้ ศศิพันธ์ และคณะ (2552) ได้นำน้ำมันกระบกมาเปรียบเทียบกับ น้ำมันถั่วเหลือง และไขวัว ในอาหารไก่เนื้อ พบว่า ไม่มีผลต่อปริมาณอาหารกินได้ต่อวัน และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ แต่ไก่เนื้อกลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำมันถั่วเหลืองมีการสะสมไขมันช่องท้องน้อยที่สุด สามารถใช้ไขกระบกเป็นแหล่งของไขมันในอาหารไก่เนื้อได้โดยไม่มีผลต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงศึกษาผลของการเสริมน้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันกระบกในสูตรอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต คุณภาพซาก ค่าโลหิตวิทยา และชีวเคมีของเลือดในไก่

เนื้อเพื่อเป็นแนวทางในการผลิตเนื้อไก่ที่ส่งผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภค

## อุปกรณ์และวิธีการ

### สัตว์ทดลอง

ใช้ไก่เนื้อสายพันธุ์ทางการค้า สายพันธุ์คอปปี 500 (Cobb 500) เพศผู้ อายุ 1 วัน จำนวน 90 ตัว ซึ่งนำหน้าไก่เป็นรายตัวแล้วแยกขนาดออกเป็น 3 กลุ่ม (เล็ก กลาง ใหญ่) แล้วนับจำนวนเพื่อหาสัดส่วนให้ได้กลุ่มละ 10 ตัว ทำการชั่งน้ำหนักรวมของไก่แต่ละกลุ่มอย่างน้อย 5 ครั้ง โดยให้น้ำหนักเฉลี่ยใกล้เคียงกันมากที่สุด และจัดลูกไก่เข้ากลุ่มการทดลอง

### แผนการทดลองและการให้อาหารทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) เพื่อศึกษาการเสริมไขมันจากพืช 3 ชนิด ได้แก่ น้ำมันปาล์ม (T1) น้ำมันถั่วเหลือง (T2) และน้ำมันกระบก (T3) ในอาหารไก่เนื้อ 3 ระยะ ได้แก่ ระยะเริ่มต้น (starter) ไก่อายุ 1-14 วัน ระยะเติบโต (grower) ไก่อายุ 15-35 วัน และระยะสุดท้าย (finisher) ไก่อายุ 36-42 วัน โดยในแต่ละระยะอาหารจะมีระดับโปรตีน 22, 20 และ 18 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และพลังงานประมาณ 3,200 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม โดยส่วนผสมของสูตรอาหาร ดังแสดงในตารางที่ 1 จัดสุ่มไก่เนื้อเข้ากลุ่มอาหารทดลองทั้ง 3 กลุ่ม ๆ ละ 3 ตัว ให้ไก่กินอาหารอย่างเต็มที่ (*ad libitum*) และให้น้ำสะอาดให้กินอย่างเพียงพอตลอดเวลา

### การดำเนินการทดลอง

จัดไก่เนื้อให้น้ำหนักเริ่มต้นใกล้เคียงกันมากที่สุดเข้ากลุ่มการทดลอง เลี้ยงในคอกขนาด 1x2 เมตร พื้นคอนกรีต มีการใช้เกลบเป็นวัสดุรองพื้น หนาประมาณ 2 เซนติเมตร เลี้ยงในโรงเรือนระบบเปิด ทำการกกไก่เนื้อโดยใช้หลอดไฟขนาด 100 วัตต์ เพื่อให้ความอบอุ่นเป็นระยะเวลาประมาณ 14 วัน ให้วัคซีนนิวคาสเซิล (ND) และหลอดลมอักเสบ (IB) เมื่อไก่อายุ 14 วัน ทำการบันทึกปริมาณอาหารที่กิน และน้ำหนักตัวไก่ทุกระยะของ

Table 1. Composition of basal diet

| Ingredient             | Starter (1 to 14 d) |       |       | Grower (15 to 35 d) |       |       | Finisher (36 to 42 d) |       |       |
|------------------------|---------------------|-------|-------|---------------------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|
|                        | T1                  | T2    | T3    | T1                  | T2    | T3    | T1                    | T2    | T3    |
| Corn                   | 47.00               | 47.00 | 47.00 | 50.50               | 50.50 | 50.50 | 55.60                 | 55.00 | 54.00 |
| Soybean meal (44%)     | 28.00               | 28.00 | 28.00 | 22.00               | 22.00 | 22.00 | 20.00                 | 20.00 | 20.00 |
| Full fat soybean (36%) | 7.90                | 7.90  | 7.90  | 10.00               | 10.00 | 10.00 | 10.00                 | 10.00 | 10.00 |
| Fishmeal (55%)         | 3.00                | 3.00  | 3.00  | 2.00                | 2.00  | 2.00  | 1.00                  | 1.00  | 1.00  |
| Rice bran (crude)      | 5.00                | 5.30  | 5.30  | 5.80                | 5.80  | 5.40  | 2.70                  | 3.40  | 3.40  |
| Monocalcium phosphate  | 2.90                | 2.90  | 2.90  | 2.90                | 2.90  | 2.90  | 2.90                  | 2.90  | 2.90  |
| Limestone              | 1.40                | 1.40  | 1.40  | 1.40                | 1.40  | 1.40  | 1.40                  | 1.40  | 1.40  |
| DL-Methionine          | 0.30                | 0.30  | 0.30  | 0.30                | 0.30  | 0.30  | 0.30                  | 0.30  | 0.30  |
| L-Lysine               | 0.16                | 0.16  | 0.16  | 0.15                | 0.15  | 0.15  | 0.15                  | 0.15  | 0.15  |
| Palm oil               | 3.50                | -     | -     | 4.60                | -     | -     | 5.00                  | -     | -     |
| Soybean oil            | -                   | 3.60  | -     | -                   | 4.60  | -     | -                     | 5.00  | -     |
| Krabok oil             | -                   | -     | 3.90  | -                   | -     | 5.00  | -                     | -     | 6.00  |
| Salt                   | 0.40                | 0.40  | 0.40  | 0.40                | 0.40  | 0.40  | 0.40                  | 0.40  | 0.40  |
| Choline chloride       | 0.10                | 0.10  | 0.10  | 0.15                | 0.15  | 0.15  | 0.10                  | 0.10  | 0.10  |
| Premix *               | 0.35                | 0.35  | 0.35  | 0.35                | 0.35  | 0.35  | 0.35                  | 0.35  | 0.35  |
| Calculated analysis    |                     |       |       |                     |       |       |                       |       |       |
| ME (Kcal/kg)           | 2,980               | 2,988 | 2,977 | 3,083               | 3,083 | 3,083 | 3,176                 | 3,176 | 3,176 |
| Protein (%)            | 21.49               | 21.36 | 21.34 | 19.39               | 19.40 | 19.36 | 18.27                 | 18.27 | 18.13 |

\*Commercial premix

การเปลี่ยนสูตรอาหาร และบันทึกการตายของไก่ในแต่ละวันตลอดระยะเวลาทดลอง

$$\text{Productive index} = \frac{(\text{BWG} \times \text{Survival})}{\text{Age} \times \text{FCR}} \times 100$$

### วิธีเก็บข้อมูลและการเก็บตัวอย่าง

1. เก็บตัวอย่างอาหารที่ใช้ในการทดลองในแต่ละระยะนำไปวิเคราะห์ค่าวัตถุแห้ง (dry matter) โปรตีนหยาบ (crude protein, CP) ไขมัน (ether extract, EE) เถ้า (ash) เยื่อใยหยาบ (crude fiber, CF) แคลเซียม (calcium, Ca) และฟอสฟอรัส (phosphorus, P) ตามวิธีการของเยาวมาลย์ (2523)

2. บันทึกน้ำหนักตัวเริ่มต้น (initial weight) ปริมาณอาหารที่ให้ และอาหารที่เหลือ และน้ำหนักสุดท้าย (body weight, BW) ในแต่ละระยะของการเปลี่ยนสูตรอาหารเพื่อนำไปคำนวณประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (feed conversion ratio, FCR) และคำนวณดัชนีประสิทธิภาพการผลิต (productive index, PI) โดยสูตรที่ใช้ในการคำนวณ คือ

3. บันทึกการป่วยและการตาย ตลอดระยะเวลาการทดลอง 42 วัน

4. เมื่อไก่เนื้ออายุ 35 วัน สุ่มเก็บตัวอย่างเลือดไก่ โดยเจาะเลือดไก่จากเส้นเลือดดำบริเวณใต้ปีก (wing vein) ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดเก็บตัวอย่างที่มีสาร heparin ที่ช่วยป้องกันการแข็งตัวของเลือด เพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าโลหิตวิทยา ได้แก่ ค่าความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (hematocrit, Hct) ค่าเม็ดเลือดแดง (red blood cell, RBC) ค่าเม็ดเลือดขาว (white blood cell, WBC) เม็ดเลือดขาวชนิดเซทเทอโรฟิล (heterophil, H) และลิมโฟไซต์ (lymphocyte, L) เพื่อนำไปหาสัดส่วน H ต่อ L (H/L ratio) และตัวอย่างเลือดปริมาณ 1.5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดแก้วที่สะอาดและแห้ง ตั้งทิ้งไว้ 4-6 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง (25-30 °C) เมื่อเม็ดเลือดแข็งตัวแล้ว แยกเอาส่วนซีรัมใส่ในหลอดไมโครเซนตริฟิวส์

(microcentrifuge tube) ขนาด 1.5 มิลลิลิตร เพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าคอเลสเตอรอล (cholesterol) และไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) โดยวิธี enzymatic colorimetric test (CHOD-PAP method)

5. เมื่อไก่อายุ 42 วัน ทำการถอดอาหารไก่เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 6 ชั่วโมง สุ่มไก่ในแต่ละคอก (2 ตัว/คอก) มาฆ่าแช่แข็งเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ซาก [carcass percentage =  $\{(\text{carcass weight} / \text{live weight}) \times 100\}$ ] และเปอร์เซ็นต์อวัยวะต่าง ๆ

### การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มการทดลองด้วยวิธี Duncan's new multiple range test โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ SAS (SAS, 2002)

## ผลการทดลองและวิจารณ์

### องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารที่ใช้ในการทดลอง พบว่า เปอร์เซ็นต์วัตถุดิบโปรตีนหยาบ ไขมัน เกล็ด และเยื่อหยาบ รวมทั้งแร่ธาตุแคลเซียม และธาตุฟอสฟอรัส (ตารางที่ 2) มีค่าที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับการคำนวณค่าความต้องการโปรตีนและพลังงานของไก่เนื้อสายพันธุ์คอปปี 500

### ผลของแหล่งไขมันในอาหารไก่เนื้อต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต

ผลของการเสริมไขมันปาล์ม (T1) ไขมันถั่วเหลือง (T2) และไขมันกระบก (T3) ในอาหารไก่เนื้อแบ่งออกเป็น 3 ระยะ (periods) ได้แก่ ในช่วงอายุ 1-14, 15-35 และ 36-42 วัน (ตารางที่ 3) พบว่า ในช่วงอายุ 15-35 วัน น้ำหนักตัว น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และ FCR ของไก่เนื้อมีความแตกต่างกันในทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมไขมันกระบกมีน้ำหนักตัว และน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด รองลงมาได้แก่ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมไขมันปาล์ม และไขมันถั่วเหลือง ตามลำดับ ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมไขมันกระบกมีค่า FCR ต่ำที่สุด รองลงมาได้แก่ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมไขมันปาล์ม และไขมันถั่วเหลือง ตามลำดับ ในช่วงอายุ 36-42 วัน น้ำหนักตัวไก่มีค่าแตกต่างกันในทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ไก่เนื้อกลุ่มเสริมไขมันกระบกมีน้ำหนักตัวมากที่สุด รองลงมาคือ ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมไขมันถั่วเหลือง และไขมันปาล์ม ตามลำดับ ในการเลี้ยงไก่เนื้อตลอดระยะเวลา 1-42 วัน พบว่า น้ำหนักตัว, น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และดัชนีประสิทธิภาพการผลิตมีความแตกต่างกันในทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ไก่เนื้อกลุ่มเสริมไขมันกระบกมีค่าดังกล่าวสูงที่สุด และมีค่า FCR ต่ำที่สุด รองลงมาคือ ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมไขมันถั่วเหลือง และไขมันปาล์ม ตามลำดับ จากผลการทดลองในครั้งนี้ สอดคล้องกับงานทดลองของ Das *et al.* (2014) รายงานว่าชนิดของไขมัน 'ไม่' มีผลต่อปริมาณอาหารที่กินในช่วงแรกของไก่เนื้อ แต่จะมีผลในช่วงสัปดาห์ที่ 3, 4 และ 5 น้ำหนักตัวไก่ที่เพิ่มขึ้นไม่มีความแตกต่างกันในช่วงสัปดาห์ที่ 1-3 ยกเว้นสัปดาห์

Table 2. Chemical analysis of experimental diet

| Items                 | Starter (1 to 14 d) |       |       | Grower (15 to 35 d) |       |       | Finisher (36 to 42 d) |       |       |
|-----------------------|---------------------|-------|-------|---------------------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|
|                       | T1                  | T2    | T3    | T1                  | T2    | T3    | T1                    | T2    | T3    |
| Chemical analysis (%) |                     |       |       |                     |       |       |                       |       |       |
| Dry matter            | 89.95               | 90.33 | 89.43 | 88.57               | 89.80 | 89.17 | 90.23                 | 90.00 | 88.00 |
| Protein               | 21.47               | 21.63 | 21.67 | 19.16               | 19.30 | 19.50 | 18.57                 | 18.32 | 18.37 |
| Ether extract         | 8.50                | 8.13  | 8.03  | 9.37                | 9.23  | 8.97  | 9.37                  | 9.30  | 9.13  |
| Ash (%)               | 9.63                | 9.60  | 9.37  | 9.47                | 9.10  | 9.13  | 8.27                  | 8.47  | 8.43  |
| Crude fiber (%)       | 5.01                | 4.97  | 4.70  | 4.50                | 4.53  | 4.43  | 3.90                  | 3.77  | 3.60  |
| Calcium (%)           | 1.30                | 1.22  | 1.20  | 1.16                | 1.13  | 1.30  | 1.09                  | 1.01  | 1.15  |
| Phosphorus (%)        | 1.30                | 1.33  | 1.20  | 0.97                | 1.00  | 1.05  | 1.03                  | 0.96  | 0.95  |

Table 3. Effects of different sources of fat on growth performance of male broiler chickens

| Items                            | Fat sources        |                    |                    | SEM    | P-value |
|----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------|---------|
|                                  | T1 (Palm)          | T2 (Soybean)       | T3 (Krabok)        |        |         |
| Initial weight (g/bird)          | 45.59              | 45.37              | 45.22              | 0.143  | 0.256   |
| <b>Starter period (1-14 d)</b>   |                    |                    |                    |        |         |
| Body weight (g/bird)             | 410                | 413                | 430                | 6.085  | 0.119   |
| Body weight gain (g/bird)        | 364                | 368                | 385                | 6.122  | 0.111   |
| Feed intake (g/bird)             | 530                | 510                | 537                | 9.623  | 0.206   |
| FCR                              | 1.454              | 1.388              | 1.395              | 0.035  | 0.396   |
| Survival (%)                     | 100                | 100                | 100                |        |         |
| Productive index *               | 178                | 190                | 197                | 7.054  | 0.262   |
| <b>Grower period (15-35 d)</b>   |                    |                    |                    |        |         |
| Body weight (g/bird)             | 2,327 <sup>b</sup> | 2,307 <sup>b</sup> | 2,516 <sup>a</sup> | 48.355 | 0.041   |
| Body weight gain (g/bird)        | 1,917 <sup>b</sup> | 1,893 <sup>b</sup> | 2,086 <sup>a</sup> | 43.936 | 0.041   |
| Feed intake (g/bird)             | 2,787              | 2,800              | 2,897              |        |         |
| FCR                              | 1.454 <sup>a</sup> | 1.479 <sup>a</sup> | 1.389 <sup>b</sup> | 0.012  | 0.005   |
| Survival (%)                     | 100                | 100                | 100                |        |         |
| Productive index*                | 627 <sup>b</sup>   | 609 <sup>b</sup>   | 715 <sup>a</sup>   | 16.867 | 0.001   |
| <b>Finisher period (36-42 d)</b> |                    |                    |                    |        |         |
| Body weight (g/bird)             | 3,040 <sup>b</sup> | 3,087 <sup>b</sup> | 3,293 <sup>a</sup> | 42.515 | 0.012   |
| Body weight gain (g/bird)        | 713                | 780                | 778                | 36.984 | 0.408   |
| Feed intake (g/bird)             | 2,150              | 2,267              | 2,233              |        |         |
| FCR                              | 3.014              | 2.911              | 2.889              | 0.098  | 0.653   |
| Survival (%)                     | 100                | 100                | 100                |        |         |
| Productive index*                | 131                | 149                | 151                | 11.541 | 0.471   |
| <b>Overall (1-42 d)</b>          |                    |                    |                    |        |         |
| Body weight (g/bird)             | 3,040 <sup>b</sup> | 3,087 <sup>b</sup> | 3,293 <sup>a</sup> | 42.515 | 0.012   |
| Body weight gain (g/bird)        | 2,994 <sup>b</sup> | 3,041 <sup>b</sup> | 3,248 <sup>a</sup> | 42.524 | 0.012   |
| Feed intake (g/bird)             | 5,467              | 5,577              | 5,667              | 77.102 | 0.262   |
| FCR                              | 1.825 <sup>a</sup> | 1.834 <sup>a</sup> | 1.744 <sup>b</sup> | 0.017  | 0.018   |
| Survival (%)                     | 100                | 100                | 100                |        |         |
| Productive index*                | 390 <sup>b</sup>   | 395 <sup>b</sup>   | 443 <sup>a</sup>   | 7.582  | 0.004   |

<sup>a-c</sup> Means with different superscripts within the same row differ significantly ( $P < 0.05$ )

\*Productive index = (BWG x Survival)/(Age x FCR) x 100

ที่ 4 ที่น้ำหนักตัวไก่ที่ได้รับอาหารเสริมด้วยน้ำมันปลา 3% มีค่าเพิ่มขึ้นมากที่สุด ไก่เนื้อที่ได้รับการเสริมไขมันถั่วเหลืองและน้ำมันปาล์มมีน้ำหนักตัวไม่แตกต่างกันตลอดระยะเวลาการทดลอง ไก่เนื้อที่ได้รับการเสริมน้ำมันปาล์มมีค่า FCR ดีที่สุดแต่ไม่แตกต่างกันในทางสถิติกับน้ำมันถั่วเหลือง อย่างไรก็ตาม Wongsuthavas *et al.* (2007) และศศิพันธุ์ และคณะ (2552) เปรียบเทียบการเสริมไขมัน (0.13%) น้ำมันถั่วเหลือง (2.72%) และน้ำมันกระบก (3%) ในสูตรอาหารไก่เนื้อสายพันธุ์อาร์เบอร์ เอเคอร์ส (Arbor Acres) พบว่า ชนิดของไขมันไม่มีผลต่อปริมาณอาหารที่กิน น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และ FCR ( $P>0.05$ ) นอกจากนี้ Ayed *et al.* (2015) ได้เปรียบเทียบการเสริมไขมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์ม ในระดับ 3% และสูตรอาหารควบคุมที่ไม่เสริมไขมันในสูตรอาหารไก่เนื้อ (*Gallus gallus*) เพศเมีย พบว่า น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่เนื้อกลุ่มควบคุมมีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ น้ำมันปาล์ม และน้ำมันถั่วเหลือง Zulkifli *et al.* (2007) ได้เสริมไขมันปาล์ม น้ำมันถั่วเหลือง ในระดับ 8% และสูตรอาหารควบคุมที่ไม่เสริมไขมัน ในอาหารไก่เนื้อเพศผู้ (Cobb 500) พบว่า ไก่เนื้อที่ได้รับอาหารเสริมด้วยน้ำมันปาล์มมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นมากที่สุด ค่า FCR ดีที่สุด แตกต่างจากกลุ่มควบคุม แต่ไม่แตกต่างจากน้ำมันถั่วเหลือง Velasco *et al.* (2010) เปรียบเทียบน้ำมันปาล์มและน้ำมันเมล็ดทานตะวันในระดับ 90 กรัม/กิโลกรัม ในอาหารไก่เนื้อ พบว่า ไม่มีผลต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น แต่มีผลทำให้ค่า FCR แตกต่างกัน ( $P<0.05$ ) โดยไก่เนื้อที่กินอาหารผสมน้ำมันเมล็ดทานตะวันมีค่า FCR ต่ำกว่าอาหารผสมน้ำมันปาล์ม

อายุของลูกไก่มีผลกับการย่อยและดูดซึมไขมัน รวมถึงการใช้พลังงาน โดยลูกไก่ระยะแรกเกิดโดยเฉพาะในสัปดาห์แรกของการเจริญเติบโตมีความสามารถในการย่อยและดูดซึมไขมันต่ำ (Carew *et al.*, 1972) แต่อย่างไรก็ตามความสามารถในการย่อยและดูดซึมจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อลูกไก่มีอายุมากขึ้น เนื่องจากกระบวนการย่อยอาหารภายในร่างกายไก่มีความสมบูรณ์เต็มที่ (Krogdahl, 1985) อายุของไก่มีความสัมพันธ์กับการใช้พลังงานที่ได้จากไขมัน Tanchaorenrat *et al.* (2013) รายงานว่าค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (AME) และค่าสัมประสิทธิ์

การย่อยได้ของไขมัน (total tract fat digestibility coefficient) ของลูกไก่ในสัปดาห์แรกมีค่าต่ำสุดและลูกไก่สามารถใช้ประโยชน์จากไขมันได้ในสัปดาห์ที่ 2 และพบว่าค่า AME ไม่มีความแตกต่างกันหลังจากสัปดาห์ที่ 2 เป็นต้นไป และเมื่อลูกไก่อายุ 3 สัปดาห์ขึ้นไปการย่อยของไขมันเป็นไปอย่างสมบูรณ์เต็มที่จะไม่มีความแตกต่างเมื่อไก่มีอายุเพิ่มขึ้น ความยาวของโซ่กรดไขมันมีความสำคัญต่อการย่อยและดูดซึมไขมัน โดย MCFAs คือมีจำนวนคาร์บอน 6-12 อะตอม ถูกย่อยและดูดซึมได้ดีกว่ากรดไขมันที่มีสายคาร์บอนยาว (long-chain fatty acids, LCFAs) เช่น น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันปาล์ม (Del Alamo *et al.*, 2007) เนื่องจากกระบวนการ esterification ของ MCFs มีต่ำกว่า ส่วนใหญ่จะดูดซึมโดยตรงโดยไม่ผ่านการย่อยโดยเอนไซม์ไลเปส และผ่านเข้าสู่เส้นเลือดดำเข้าสู่ตับได้อย่างรวดเร็ว ในขณะที่ LCFAs จะลำเลียงผ่านระบบน้ำเหลืองก่อนแล้วจึงเคลื่อนย้ายเข้าสู่อวัยวะต่าง ๆ นอกจากนี้ MCFAs ยังถูกออกซิโดซ์อย่างรวดเร็ว เนื่องจากการเคลื่อนย้ายผ่านเยื่อของไมโตรคอนเดรียโดยการซึมผ่านไปยังตำแหน่งที่เกิดการออกซิเดชันได้โดยตรง โดยไม่ต้องการจับกับ carnitine จึงสามารถเพิ่มศักยภาพของการออกซิเดชัน MCFAs ในกล้ามเนื้อ ไม่เกิดการสะสมไขมันในร่างกาย จึงทำให้มีการเจริญเติบโตที่ดีกว่ากลุ่มที่ได้รับ LCFAs ในปัจจุบันงานทดลองการเสริมไขมันกระบกในอาหารไก่เนื้อยังมีค่อนข้างจำกัด แต่จากผลการทดลองในครั้งนี้การเสริมไขมันกระบกส่งผลดีที่สุดต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่เนื้อเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันปาล์ม และน้ำมันถั่วเหลือง

#### ผลของแหล่งไขมันในอาหารไก่เนื้อต่อคุณภาพซาก

ผลของการเสริมไขมันปาล์ม (T1) น้ำมันถั่วเหลือง (T2) และน้ำมันกระบก (T3) ในอาหารไก่เนื้อต่อคุณภาพซาก (ตารางที่ 4) พบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมไขมันกระบกมีแนวโน้มเปอร์เซ็นต์ซากดีที่สุด ( $P=0.056$ ) รองลงมาได้แก่กลุ่มเสริมไขมันถั่วเหลือง และน้ำมันปาล์มตามลำดับ จากการที่ MCFAs มีการย่อยและดูดซึมที่เร็วกว่า LCFAs จึงทำให้มีการลดการสะสมของไขมันใน adipose tissue (Han *et al.*, 2003; St-Onge *et al.*, 2003) จึงอาจส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของเปอร์เซ็นต์ซาก สอดคล้อง

Table 4. Effects of different sources of fat on carcass quality of male broiler chickens

| Items                  | Fat sources        |                    |                    | SEM   | P-value |
|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|---------|
|                        | T1 (Palm)          | T2 (Soybean)       | T3 (Krabok)        |       |         |
| Carcass percentage (%) | 84.84 <sup>b</sup> | 84.93 <sup>b</sup> | 85.74 <sup>a</sup> | 0.229 | 0.056   |
| Breast (%)             | 24.29              | 23.38              | 24.33              | 1.065 | 0.783   |
| Drum (%)               | 12.37              | 12.28              | 12.04              | 0.525 | 0.902   |
| Thigh (%)              | 10.08              | 10.09              | 9.90               | 0.217 | 0.788   |
| Wing (%)               | 7.27               | 7.25               | 7.22               | 0.228 | 0.986   |
| Edible meat (%)        | 54.00              | 53.01              | 53.48              | 1.228 | 0.853   |
| Feet (%)               | 3.28               | 3.26               | 3.26               | 0.071 | 0.959   |
| Liver (%)              | 1.86               | 1.94               | 1.75               | 0.143 | 0.676   |
| Heart (%)              | 0.53               | 0.51               | 0.50               | 0.030 | 0.825   |
| Gizzard (%)            | 1.43               | 1.35               | 1.41               | 0.077 | 0.754   |
| Spleen (%)             | 0.18               | 0.14               | 0.09               | 0.026 | 0.155   |
| Abdominal fat (%)      | 1.74               | 1.69               | 1.70               | 0.076 | 0.873   |
| Intestine (cm)         | 142.17             | 143.50             | 148.67             | 7.923 | 0.834   |

<sup>a-c</sup> Means with different superscripts within the same row differ significantly ( $P < 0.05$ )

\*Edible meat = (Breast meat + drumstick + thigh + wing)

กับงานทดลองของ Wongsuthavas *et al.* (2007) เปรียบเทียบการเสริมไขมัน (0.13%) ไขมันถั่วเหลือง (2.72%) และไขมันกระบะก (3%) ในสูตรอาหารไก่เนื้อสายพันธุ์อาร์เบอร์ เอเคอร์ส พบว่า ไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมไขมันกระบะกมีค่าเปอร์เซ็นต์เนื้ออก และสะโพกมากที่สุดแต่ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ไก่เนื้อกลุ่มที่ได้รับไขมันถั่วเหลืองมีเปอร์เซ็นต์ดีด และค่าได้สูงที่สุด และไขมันในช่องท้องน้อยที่สุด มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) นอกจากนี้ Zulkifli *et al.* (2007) เสริมไขมันปาล์ม ไขมันถั่วเหลือง ในระดับ 8% และสูตรอาหารควบคุมที่ไม่เสริมไขมัน ในอาหารไก่เนื้อเพศผู้ (Cobb 500) พบว่า ไก่เนื้ออายุ 28 วัน ที่ได้รับอาหารเสริมด้วยไขมันถั่วเหลืองและไขมันปาล์มมีไขมันในช่องท้องไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ไม่เสริมไขมัน นอกจากนี้ Khatibjoo *et al.* (2017) รายงานว่าการเสริม MCFAs และ SCFAs ไม่มีผลต่อคุณภาพซาก เปอร์เซ็นต์เนื้ออก และน้ำหนักแต่อย่างใดก็ตาม Chiang *et al.* (1990) พบว่า MCFAs สามารถลดเปอร์เซ็นต์ไขมันในช่องท้องของไก่เนื้อได้ เนื่องจากดูดซึมเข้าลำไส้เล็กไปที่ตับและถูกใช้เป็นพลังงานในตับได้อย่างรวดเร็ว โดยไม่จับเป็นตะกอนใน

หลอดเลือด จากการไปยับยั้งการดูดซึมไขมัน ลดปริมาณพลังงาน (calorie intake) ที่จะนำเข้าสู่ร่างกาย และเพิ่มการ oxidation ของกรดไขมัน เป็นผลให้ลดการสะสมไขมันในร่างกาย

### ผลของแหล่งไขมันในอาหารต่อค่าโลหิตวิทยา

ผลการตรวจวิเคราะห์ค่าโลหิตวิทยาของเลือดไก่เนื้อ (ตารางที่ 5) ได้แก่ ค่าความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดง อัตรา ค่าฮีโมโกลบิน ค่าเม็ดเลือดแดง ค่าเม็ดเลือดขาว เม็ดเลือดขาวชนิดเซทเทอโรฟิล และลิมโฟไซต์ เพื่อนำไปหาสัดส่วน H/L ratio ค่าคอเลสเตอรอล และไตรกลีเซอไรด์ พบว่า เม็ดเลือดขาวชนิดเซทเทอโรฟิล, ลิมโฟไซต์ และสัดส่วน H/L ratio มีค่าแตกต่างกันในทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ไก่เนื้อกลุ่มที่ได้รับการเสริมไขมันถั่วเหลืองมีค่าเม็ดเลือดขาวชนิด H และสัดส่วน H/L ratio ต่ำที่สุด รองลงมาได้แก่ ไขมันปาล์ม และไขมันกระบะก ตามลำดับ ค่าสัดส่วน H/L ratio ของไก่เนื้อในการศึกษาครั้งนี้อยู่ในเกณฑ์ปกติของสัตว์ปีก คือ อยู่ระหว่าง 0.30-0.57 (Jain, 1993) มีการใช้ค่า H/L ratio เพื่อใช้บอกสถานะความเครียดของไก่เนื้อได้ (ศรีสุตา และคณะ, 2559; Gross and Siegel, 1986)



Table 5. Effects of different sources of fat on blood parameters

| Items                             | Fat sources        |                    |                    | SEM     | P-value |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|---------|
|                                   | T1 (Palm)          | T2 (Soybean)       | T3 (Krabok)        |         |         |
| Hematocrit (%)                    | 40.33              | 39.00              | 40.33              | 0.720   | 0.379   |
| Hemoglobin (g/dl)                 | 16.07              | 17.07              | 16.87              | 0.647   | 0.547   |
| RBC ( $\times 10^6/\text{mm}^3$ ) | 2.55               | 2.48               | 2.49               | 0.095   | 0.839   |
| WBC ( $\times 10^6/\text{mm}^3$ ) | 14.87              | 14.30              | 17.32              | 1.814   | 0.499   |
| Heterophil (%)                    | 25.33 <sup>b</sup> | 22.00 <sup>c</sup> | 27.67 <sup>a</sup> | 0.272   | <.0001  |
| Lymphocyte (%)                    | 74.67 <sup>b</sup> | 78.00 <sup>a</sup> | 72.33 <sup>c</sup> | 0.272   | 0.499   |
| H/L Ratio                         | 0.34 <sup>b</sup>  | 0.28 <sup>c</sup>  | 0.38 <sup>a</sup>  | 0.005   | <.0001  |
| Cholesterol (mg/dl)               | 105.67             | 106.33             | 106.00             | 0.861   | 0.864   |
| Triglyceride (mg/dl)              | 1423.3             | 1526.7             | 1574.0             | 228.888 | 0.895   |

<sup>a-c</sup> Means with different superscripts within the same row differ significantly ( $P < 0.05$ )

ค่า H/L ratio ที่ต่ำกว่าเกณฑ์ปกติไก่เนื้อจะไม่เกิดความเครียด ส่วนค่าที่สูงขึ้นไก่เนื้อจะมีความเครียดเพิ่มขึ้นตามค่าที่เพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นการที่ไก่เนื้อได้รับการเสริมไขมันพืชทั้ง 3 ชนิดนี้แล้วไม่ทำให้ไก่เนื้อเกิดความเครียด มีการรายงานว่ SCFAs และ MCFAs มีคุณสมบัติในการต่อต้านแบคทีเรีย (antibacterial) แกรมบวก (Bergsson *et al.*, 2001) และเชื้ออีโคไล (*E. coli*) (Skrivanova *et al.*, 2009) จากคุณสมบัติในการลด pH และการทำงานของเอนไซม์ไลเปสในแบคทีเรียลง เป็นผลทำให้ทำให้แบคทีเรียเชื้อก่อโรคอ่อนแอและลดจำนวนลงได้ งานทดลองการเสริมไขมันกระบอกในอาหารไก่เนื้อที่มีผลต่อค่าทางโลหิตวิทยายังมีข้อมูลค่อนข้างจำกัด Htin *et al.* (2007) ศึกษาผลของแหล่งไขมันชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ไขมันปาล์ม ไขมันถั่วเหลือง ไขมันปลา และไขมันมะพร้าวซึ่งมีคุณสมบัติเป็น MCFAs เช่นเดียวกับไขมันกระบอก เปรียบเทียบกับอาหารควบคุมที่ไม่เสริมไขมัน ในอาหารไก่เนื้อระยะสุดท้าย (อายุ 21-42 วัน) นอกจากนี้ Zulkifli *et al.* (2007) เสริมไขมันปาล์ม ไขมันถั่วเหลือง ในระดับ 8% และสูตรอาหารควบคุมที่ไม่เสริมไขมัน ในอาหารไก่เนื้อเพศผู้ (Cobb 500) พบว่า ไก่เนื้ออายุ 28 วัน ที่ได้รับอาหารเสริมด้วยไขมันถั่วเหลืองมีค่า H/L ratio ต่ำที่สุดและแตกต่างจากกลุ่มควบคุม แต่ไม่แตกต่างจาก ไขมันปาล์ม ไก่เนื้ออายุ 35 วัน ที่ได้รับอาหารเสริมไขมันปาล์มมีค่า H/L ratio ต่ำที่สุด และแตกต่างจากไก่เนื้อกลุ่มที่เสริมไขมันถั่วเหลือง ไก่เนื้ออายุ 41 วัน ที่ได้รับอาหาร

กลุ่มควบคุม ค่า H/L ratio ต่ำที่สุด และแตกต่างจากกลุ่มเสริมด้วยน้ำมันปาล์มและน้ำมันถั่วเหลือง ค่าคอเลสเตอรอลในเลือดไก่เนื้อไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม Wang *et al.* (2015) พบว่าการเสริมไขมันมะพร้าวซึ่งเป็น MCFAs ในอาหารไก่เนื้อ สามารถลดคอเลสเตอรอลรวม LDL และสัดส่วนของ LDL/HDL ในเลือดไก่เนื้อได้

## สรุป

การใช้น้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วเหลือง และไขมันกระบอกในสูตรอาหารไก่เนื้อมีผลต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต ได้แก่ การใช้น้ำมันกระบอกมีผลต่อ น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และประสิทธิภาพการใช้อาหารที่ดีที่สุด มีแนวโน้มในการเพิ่มเปอร์เซ็นต์ซาก และมีผลต่อค่าโลหิตวิทยา คือ ค่า H, L และ H/L ratio ในไก่เนื้อ แต่ไม่มีผลต่อระดับคอเลสเตอรอลในเลือดไก่ ดังนั้นจากผลการทดลองครั้งนี้การใช้น้ำมันกระบอกในอาหารไก่เนื้อสามารถเพิ่มสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่เนื้อได้ดีที่สุด

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการเลี้ยงสัตว์ และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

## เอกสารอ้างอิง

- ประภาพร พึ่งพระ. 2520. การสกัดและวิเคราะห์ไขมันหรือน้ำมันจากเมล็ดกระบก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 48 หน้า.
- เยาวมาลย์ คำเจริญ. 2523. คู่มือวิเคราะห์อาหารสัตว์. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- ศรีสุตา ศิริเหล่าไพศาล พงศธร กุณัน พฤษณธร สีนตะละ ไพวัลย์ ปัญญาแก้ว และ ธวัชชัย กิมประสิทธิ์. 2559. ผลของการเสริมกากมะม่่าต่อสมรรถภาพการให้ผลผลิต คุณภาพไข่ และค่าโลหิตวิทยาในไก่ไข่. วารสารเกษตร 32(2): 273-281.
- ศศิพันธ์ วงศ์สุทธาวาส เฉลิมพล เยื้องกลาง พิเชษฐ์ เทบารุง ไกรสิทธิ์ วสุเพ็ญ ชเวง สารคล่อง ไพวัลย์ ศรีนาววล และ แอนตอน ซี เบเนน. 2552. ผลของแหล่งไขมันต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต การย่อยได้ของโภชนะ และส่วนประกอบของซากไก่เนื้อ. แก่นเกษตร 37: 37-42.
- Ayed, H.B., H. Attia and M. Ennouri. 2015. Effect of oil supplemented diet on growth performance and meat quality of broiler chickens. *Advanced Techniques in Biology & Medicine* 4(1): 1-5.
- Bergsson, G., J. Arnfinnsson, O. Steingrimsson and H. Thormar. 2001. Killing of gram positive cocci by fatty acids and monoglycerides. *APMIS* 109: 670-678.
- Carew, L.B., R.H. Machemer, R.W. Sharp and D.C. Foss. 1972. Fat absorption by the very young chick. *Poultry Science* 51(3): 738-742.
- Chiang, S., K. Huang and H. Lee. 1990. Effects of medium chain triglyceride on energy metabolism, growth and body fat in broilers. *Journal of the Chinese Society of Animal Science* 19: 11-19.
- Das, G.B., M.E. Hossain and M.A. Akbar. 2014. Performance and economic feasibility of using soybean oil, palm oil and fish oil in broiler diet. *Iranian Journal of Applied Animal Science* (4): 827-833.
- Del Alamo, A.G., J. De Los Mozos, J.T.P. Van Dam, P.P. De Ayala. 2007. The use of short and medium chain fatty acids as an alternative to antibiotic growth promoters in broilers infected with malabsorption syndrome. pp. 317-320. *In: Proceedings of the 16<sup>th</sup> European Symposium on Poultry Nutrition; Strasbourg, France.*
- Firman, J.D., A. Kamyab and H. Leigh. 2008. Comparison of fat sources in rations of broilers from hatch to market. *International Journal of Poultry Science* 7(12): 1152-1155.
- Gross, W.B. and H.S. Seigel. 1986. Effects of initial and second period of fasting on heterophil/lymphocyte ratio and body weight. *Avian Diseases* 30(2): 345-346.
- Han, J., J.A. Hamilton, J.L. Kirkland, B.E. Corkey and W. Guo. 2003. Medium-chain oil reduces fat mass and down-regulates expression of adipogenic genes in rats. *Obesity Research* 11: 734-744.
- Htin, N.N., I. Zulkifli, A.R. Alimon, T.C. Loh and M. Hair-Bejo. 2007. Effects of sources of dietary fat on broiler chickens exposed to transient high temperature stress. *Archiv für Geflügelkunde* 71(2): 74-80.
- Jain, N.C. 1993. *Essentials of Veterinary Hematology.* Lea & Febiger, Philadelphia. 471 p.
- Khatibjoo, A., M. Mahmoodi, F. Fattahnia, M. Akbari-Gharaei, A.N. Shokri and S. Soltani. 2017.

- Effects of dietary short- and medium-chain fatty acids on performance, carcass traits, jejunum morphology, and serum parameters of broiler chickens. *Journal of Applied Animal Research* 46(1): 492-498.
- Krogdahl, A. 1985. Digestion and absorption of lipids in poultry. *Journal of Nutrition* 115(5): 675-685.
- Leeson, S. and J.D. Summers. 1997. *Commercial Poultry Nutrition*. 2<sup>nd</sup> ed. University Book, Ontario.
- National Research Council (NRC). 1994. *Nutrient Requirements of Poultry*, 9<sup>th</sup> rev.ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Panyakaew, P., G. Goel, M. Lourenco, C. Yuangklang and V. Fievez. 2013. Medium-chain fatty acids from coconut or krabok oil inhibit *in vitro* rumen methanogenesis and conversion of non-conjugated dienoic biohydrogenation intermediates. *Animal Feed Science and Technology* 180: 18-25.
- Sanz, M., A. Flores and C.J. Lopez-Bote. 1999. Effect of fatty acid saturation in broiler diets on abdominal fat and breast muscle fatty acid composition and susceptibility to lipid oxidation. *Poultry Science* 78: 378-382.
- SAS. 2002. *SAS User's Guide*. V.6.12. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Skrivanova, E., Z. Molatova, V. Skrivanova and M. Marounek. 2009. Inhibitory activity of rabbit milk and medium-chain fatty acids against enteropathogenic *Escherichia coli* O128. *Veterinary Microbiology* 135: 358-362.
- St-Onge, M.P., R. Ross, W.D. Parsons and P.J.H. Jones. 2003. Medium-chain triglycerides increase energy expenditure and decrease adiposity in overweight men. *Obesity Research* 11: 395-402.
- Tancharoenrat, P., V. Ravindran, F. Zaefarian and G. Ravindran. 2013. Influence of age on the apparent metabolisable energy and total tract apparent fat digestibility of different fat sources for broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology* 186(3-4): 186-192.
- Velasco, S., L.T. Ortiz, C. Alzueta, A. Rebole, J. Trevino and M.L. Rodriguez. 2010. Effect of inulin supplementation and dietary fat source on performance, blood serum metabolites, liver lipids, abdominal fat deposition, and tissue fatty acid composition in broiler chickens. *Poultry Science* 89: 1651-1662.
- Wang, J., X. Wang, J. Li, Y. Chen, W. Yang and L. Zhang. 2015. Effects of dietary coconut oil as a medium-chain fatty acid sources on performance, carcass composition and serum lipids in male broilers. *Asian Australas. Journal of Animal Science* 28(2): 223-230.
- Wongsuthavas, S., C. Yuangklang, S. Wittayakun, K. Vasupen, J. Mitchaothai, P. Srenanul and A.C. Beynen. 2007. Dietary soybean oil, but not krabok oil, diminishes abdominal fat deposition in broiler chickens. *International Journal of Poultry Science* 6(11): 792-795.
- Zulkifli, I., N.N. Htin, A.R. Alimon, T.C. Loh and M. Hair-Bejo. 2007. Dietary selection of fat by heat stressed broiler chickens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 20(2): 245-251.



# Induction of Follicular Development and Ovulation in Thai-native Goat Using Decreasing Dose of FSH with hCG

## การเหนี่ยวนำพัฒนาการของฟอลลิเคิลและการตกไข่ในแพะพื้นเมืองไทยโดยใช้ ฮอร์โมน FSH แบบลด ร่วมกับ hCG

Jaruk Nutthakornkul<sup>1\*</sup> and Chainarong Navanukraw<sup>2</sup>

จารึก ญัตถากรกุล<sup>1\*</sup> และ ไชยณรงค์ นาวานุเคราะห์<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program in Animal Production Technology, Faculty of Agro-Industrial Technology, Kalasin University, Kalasin 46000, Thailand

<sup>1</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ จ. กาฬสินธุ์ 46000

<sup>2</sup>Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand

<sup>2</sup>ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ. ขอนแก่น 40002

\*Corresponding author: Email: jnuttha@gmail.com

(Received: 6 March 2017; Accepted: 21 July 2017)

**บทคัดย่อ:** วัตถุประสงค์ในการวิจัยเพื่อศึกษาผลของฮอร์โมน FSH แบบลดจำนวนเหลือ 2 หรือ 3 วันร่วมกับ hCG ต่อพัฒนาการของฟอลลิเคิลและการตกไข่ในแพะพื้นเมืองไทย โดยทดลองในแพะที่ไม่เคยตั้งท้อง (จำนวน 20 ตัว อายุเฉลี่ย 14 เดือน) แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ ให้ FSH 18 mg แบบ 2 วัน (2D-FSH) และ ให้ FSH 24 mg แบบ 3 วัน (3D-FSH) ฉีดเข้ากล้ามเนื้อวันละ 2 ครั้ง เข้า-เย็น กลุ่มที่ฉีด 2 วัน เริ่มวันที่ 18, 19 และฉีด hCG (300 IU) เช็มเดียวในวันที่ 20 ของวงรอบการเป็นสัด กลุ่มที่ฉีด FSH 3 วัน เริ่มวันที่ 17, 18, 19 และ hCG วันที่ 20 หลังจากนั้น 24 ชั่วโมง เปิดช่องท้องของแพะเพื่อตรวจนับ corpora hemorrhagica (CH) และที่ 72 ชั่วโมงเปิดช่องท้องอีกครั้งเพื่อบันทึกจำนวน corpora lutea (CL) เก็บตัวอย่างเลือดเพื่อนำไปวิเคราะห์หาฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน (P4) ในวันที่ 17, 18, 20, 21 และวันที่ 23 ผลการทดลองพบว่าอัตราการตกไข่ ที่ 24 ชั่วโมงในกลุ่มของ 3D-FSH เท่ากับ 66.66 เปอร์เซ็นต์ดีกว่ากลุ่ม 2D-FSH ที่มีอัตราการตกไข่ 56.09 เปอร์เซ็นต์ ( $P<0.05$ ) จำนวนของฟอลลิเคิลขนาด 1-3, 4-6 และ  $\geq 7$  มม. ที่นับได้เมื่อ 24 ชั่วโมง ในกลุ่ม 2D-FSH และ กลุ่ม 3D-FSH ไม่แตกต่างกัน ( $P>0.05$ ) แต่ที่เวลา 72 ชั่วโมง พบว่าจำนวนฟอลลิเคิลขนาด  $\geq 7$  มม. ในกลุ่ม 3D-FSH มีมากกว่ากลุ่ม 2D-FSH ( $4.10 \pm 1.52$  กับ  $2.80 \pm 1.47$ ;  $P<0.05$ ) ส่วนจำนวนฟอลลิเคิลขนาด 1-3 และ 4-6 มม. ไม่แตกต่างกัน ( $P>0.05$ ) ระดับของ P4 มีระดับสูงในวันที่ 17 หรือ 18 และต่ำลงในวันที่ 20, 21 และ 23 อย่างไรก็ตามระดับความเข้มข้นของ P4 ในแพะทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกัน จากผลการทดลองครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าการใช้ฮอร์โมน FSH แบบ 3 วัน กับ hCG สามารถใช้เป็นโปรแกรมในการเหนี่ยวนำพัฒนาการของฟอลลิเคิลและการตกไข่ในแพะพื้นเมืองได้ และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพทางด้านการสืบพันธุ์ในสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก

**คำสำคัญ:** การเหนี่ยวนำ การตกไข่ FSH hCG แพะพื้นเมืองไทย

**Abstract:** The objective of this study was to evaluate induction of multiple follicular growths and ovulation in Thai-native goats treated with decreasing dose 2 or 3 days of follicle stimulating hormone (FSH) and human chorionic gonadotrophin (hCG). Thai-native non pregnant goats (n = 20; 14 months of age) received two treatments: 2 days FSH (2D-FSH) and 3 days FSH (3D-FSH). Group of 2D-FSH was intramuscularly injected with twice daily FSH for 2 days (18 mg), starting on day 18, 19 and with 300 IU hCG on day 20 of estrous cycle. Group of 3D-FSH was injected with twice daily FSH for 3 days (24 mg), starting on day 17, 18, 19 and with hCG on day 20. Goats underwent laparotomy at 24 h after injected hCG to count corpora hemorrhagica (CH) and at 72 h to count corpora lutea (CL). Blood samples were taken to determine plasma progesterone (P4) concentrations on day 17, 18, 20, 21 and 23. Ovulation rates at 24 h of 3D-FSH were as 66.66 % greater than 2D-FSH as 56.09% ( $P < 0.05$ ). Numbers of follicles in class 1-3, 4-6 and  $\geq 7$  mm at 24 h were not statistically different between 2D-FSH and 3D-FSH groups ( $P > 0.05$ ). However, the number of follicles in class  $\geq 7$  mm of 3D-FSH group was greater than 2D-FSH group ( $4.10 \pm 1.52$  vs  $2.80 \pm 1.47$ ;  $P < 0.05$ ) but were not differ in class 1-3 and 4-6 mm at 72 h ( $P > 0.05$ ). Plasma P4 concentrations were high on day 17 and 18 then decreased on day 20, 21 and 23. However, The plasma P4 were not statistically different between groups ( $P > 0.05$ ). These results indicate that superovulation with decreasing dose FSH (3D-FSH) and 300 IU hCG can be an effective protocol in goats for inducing multiple follicular development and ovulation in order to achieve successful development of reproductive technologies in small ruminants.

**Keywords:** Induction, ovulation, FSH, hCG, Thai-native goat

## Introduction

More than 80% of the goat population in Thailand are in the southern region. They are primarily raised for meat by small holders as a secondary enterprise to crop production. Thai native goats are similar to the Katjang breed of Malaysia (Saithanoo and Milton, 1988). The major colors of goats were brown, (49-60%) followed by cream, black and the combination of brown, black and white (Saithanoo and Milton, 1988). Estimates on the average body weights of adult indigenous goats also vary. Suthiwanich (1983) reported that female goats (1-3 years old) average 21-25 kg and males, 26-29 kg. Goats in Thailand are not seasonal breeders and showing estrus with ovulation in all months of the year. Indigenous does first come into estrus as early

as 3-4 months of age. Does can be used for breeding when they reach 8-10 months of age or 20-25 kg in body weight. The estrous cycle in general ranges from 18-22 days (Pralomkarn *et al.*, 1996). Although goat is potentially a highly prolific animal which has relatively short gestation period compared to other livestock species, little producer is known about reproductive management due to lack of information on the reproductive management i.e., method of mating, time of first mating, pre-partum and post-partum management. In addition, lack of knowledge in management application and assortments of reproductive technology for Thai-native goat is another major concern. These limitations therefore will mostly affect the efficiency and capacity of goat production.

Protocols for multiple ovulation are widely used to improve number of offspring from selected female goats (Baril and Saumande, 2000), as in other ruminant species. However, similar to cows (Moonmanee *et al.*, 2016) or sheep, the high variability in the number of corpora lutea and embryos obtained in response to superovulation, between treatments and between individual animals in the same treatment group, is a major limiting factor in goat embryo transfer programs. This variability, due to both extrinsic factors-source, purity of gonadotropins and protocol of administration and intrinsic factors-breed, age and reproductive status (Holtz, 2005). In goats, superovulatory treatment typically consists of a combination of estrous cycle control (usually involving application of progestagen implants) with an elevated dose of a gonadotropin, to induce the ovary to release more than the typical number of oocytes. The use of equine chorionic gonadotrophin (eCG) with or without a follow-up with eCG antibodies, in many cases did not deliver the anticipated response (Pintado *et al.*, 1998). This might be associated with the rapid degradation of eCG in goats; its half-life being only 10-15 hour, which is several times shorter than in cows. Follicle stimulating hormone, usually of porcine origin (pFSH), proved to be more efficacious than eCG (Nowshari *et al.*, 1992), provided it contains an appropriate admixture of luteinizing hormone (LH). Since the half-life of pFSH in goats is only 5 h (Demoustier *et al.*, 1988), FSH is administered twice daily for 3-4 days, usually in decreasing dosage, beginning between 1 and 3 days before the end of the progestagen treatment. On average 8–16 ovulations are generated, although individual variability is immense (Baril and Saumande, 2000). Several attempts have been made to devise less

labor-intensive treatment regimes without compromising embryo yield. One such attempt was to inject FSH at 24 instead of 12 h intervals while doubling the dose. This resulted in an average ovulation rate of 8.9 as compared to 10.8 in a control group submitted to conventional treatment. This treatment saves on labor and expense and has been adopted by a number of commercial embryo transfer operations.

The objectives of the present study was to evaluate that the induction of multiple follicular growths and ovulation in Thai-native goats treated with FSH and hCG (FSH decreasing dose, 2 or 3 days protocols) can be an effective protocol in goats for Thai-native goat production and expecting that these appropriate technologies and management regimens could be used to enhance the efficiency of goat production.

## Materials and Methods

### Animals and design

Experiment protocols were approved by the animal ethics committee of Rajamangala University of Technology Isan, Kalasin Campus. The study was conducted during the rainy season at the experimental farm of the University. The University (Kalasin Campus) is located at 102 degrees east longitude and 16 degrees north latitude with a tropical climate. The experiment was carried out at the experimental farm, the small ruminant unit, Department of Animal Production Technology, Faculty of Agro-Industrial Technology, Kalasin Campus during June to October 2014. Twenty nulliparous Thai-native does with the average age and body weight of 10 months and  $17 \pm 2.15$  kg, respectively. Animals were routinely assessed for

estrous activity by exposing all does to a vasectomized buck. The estrus was detected and designed as day 0. Animals were then randomly assigned to one of two treatments goats: FSH treatment for two days (2D-FSH) (FSH-P; Folltropin-<sup>®</sup>, Bioniche Animal Health, Canada), or FSH treatment for three days (3D-FSH). Group of 2D-FSH was intramuscularly injected with twice daily FSH for 2 days (5, 4 units per injections; 18 mg), starting on day 18, 19 and with 300 IU hCG (Chorulon<sup>®</sup>, Intervet, UK) on the morning day 20 of estrous cycle. Group of 3D-FSH was injected with twice daily FSH for 3 days (5, 4, 3 units per injections; 24 mg), starting on day 17, 18, 19 and with hCG on day 20 of the estrous cycle. Animals were fed with roughage, clean water and mineral block were provided for animals *ad libitum*. The concentrate (16% CP) was fed 1% of body weight.

#### Data collection

Animals were subjected to a laparotomy to determine the number of corpora hemorrhagica (CH), and corpora lutea (CL). Ovulation rate was then calculated for 24 and 72 h by expressing the number of CH observed at each time point as a percentage of the number of CL at the time of laparotomy, with the assumption that the numbers of CL represent the total number of follicle ovulated. Does which had 4 or more CL were considered as responding to the FSH-treatment as previously described (Stenbak *et al.*, 2003). Follicular growth was determined by number and size of follicle and classified as 1-3, 4-6 and  $\geq 7$  mm, according to Gonzalez-Bulnes *et al.* (2003). Blood samples were taken to determine plasma progesterone (P4) concentration on day 17 (group of 3D-FSH) or 18 (group of 2D-FSH), 20 (before inject hCG) 21

(laparotomy at 24 h) and day 23 (laparotomy at 72 h). Samples were collected in cooled test tubes containing 100  $\mu$ l EDTA kept on ice. Immediately after collection, blood samples were centrifuged at  $1500 \times g$  for 15 min. The plasma was aspirated into vials and then stored at  $-20^{\circ}\text{C}$  until assayed for P4. In addition, other characteristics such as body weight (BW), body condition score (BCS). Body condition scores were assessed by the herd manner at laparotomy to determine the effect of BCS on response variables. Score was assigned to each goat using a quarter-point scale from 1 to 5, where 1 = emaciated and 5 = obese (Ferguson *et al.*, 1994).

#### Hormone assays

Plasma P4 concentrations were determined by competitive ELISA (Crane *et al.*, 2006). Goat anti-mouse IgG (H+L) was made in mouse by using a P4-horse radish peroxidase conjugate. Intraassay coefficients of variation was 2.65%, and assay sensitivity was 0.025 ng/ml.

#### Data analysis

The statistical model included treatment, the ovulation rate (OR) at 24 h and BCS. The effect of OR and BCS were converted to categorical variables by grouping goats by ovulation rate at 24 h and BCS at initial trial (SAS, 2000). Treatment interactions the OR, and BCS were then reanalyzed using Chi-square analysis (Cochran-Mantel-Haenszel statistic) of SAS. Continuous data (CH, CL, Follicle and P4) were analyzed using procedure GLM of SAS. Plasma P4 concentrations were analyzed with a nested analysis of variance with treatment, animal (treatment), and day included in the model, and differences between specific means were evaluated by using the student *t*-tests (SAS, 2000).



## Results

### Superovulatory response

Characteristics of BCS in goats no differ between 2D-FSH and 3D-FSH groups in this study ( $2.97 \pm 0.05$  vs  $2.83 \pm 0.08$  respectively,  $P>0.05$ ). Ovarian follicular development of 2D-FSH were evaluated from numbers of CH by laparotomy at 24 h as  $2.30 \pm 1.15$  and numbers of CL at 72 h as  $4.10 \pm 1.66$ , ovulation rate by laparotomy at 24 h were as 56.09% (Table 1). In 3D-FSH group, number of CH, CL at 24 and 72 h were as  $4.00 \pm 1.15$  vs  $6.00 \pm 1.41$  respectively. Moreover, ovulation rate was as 66.66% during at 24 h (Table 1).

Number of CH of goat receiving 2D-FSH was less than goat receiving 3D-FSH ( $2.30 \pm 1.15$  vs  $4.00 \pm 1.15$  respectively;  $P<0.05$ ). However, the number of CL in 3D-FSH greater than 2D-FSH group at 72 h ( $6.00 \pm 1.41$  vs  $4.10 \pm 1.66$  respectively;  $P<0.05$ ) and ovulation rate of 3D-FSH group were same too. In addition, numbers of CH, CL and

percentage of ovulation at 24 and 72 h after inducing by FSH show in Table 1. Ovulation rate of all groups at 72 h were as 100% because of found only CL on ovaries, but there were not expressed of CH.

In this study, the goat of 2D-FSH group was distinctly response on FSH less than 3D-FSH group, such as number of CH at 24 h, number of CL at 72 h and ovulation rate in 2D-FSH group. BCS were assessed by the herd manner (BCS = 2.5-3.0) to determine the effect of BCS on response ovulation rate, no effect on present study.

### Effect of FSH and hCG on follicular growth

Numbers of follicles in class 1-3, 4-6 and  $\geq 7$  mm at 24 h were not significantly different between 2D-FSH and 3D-FSH group. However, the numbers of follicles in class 1-3, 4-6 mm at 72 h were not significantly different between 2D-FSH and 3D-FSH group but in class  $\geq 7$  mm of 3D-FSH were greater than the 2D-FSH group ( $P<0.05$ ); presented in Table 2.

**Table 1. Numbers of CH, CL and percentage of ovulation at different times responding FSH and hCG treatments**

| Items                      | 2D-FSH             | 3D-FSH             | P-value |
|----------------------------|--------------------|--------------------|---------|
| Number of CH at 24 h       | $2.30 \pm 1.15^a$  | $4.00 \pm 1.15^b$  | 0.03    |
| Number of CL at 72 h       | $4.10 \pm 1.66^a$  | $6.00 \pm 1.41^b$  | 0.04    |
| Ovulation rate at 24 h (%) | 56.09 <sup>c</sup> | 66.66 <sup>d</sup> | 0.02    |

<sup>a,b</sup> Means  $\pm$  SE differ within row,  $P<0.05$

<sup>c,d</sup> Percentages of ovulation differ within row,  $P<0.05$

**Table 2. Numbers of 1-3, 4-6, and  $\geq 7$  mm follicles in FSH treated goats**

| Size of follicle  | 2D-FSH            | 3D-FSH            | P-value |
|-------------------|-------------------|-------------------|---------|
| 1-3 mm            | $1.60 \pm 0.96$   | $2.00 \pm 0.81$   | 0.08    |
| 4-6 mm            | $2.30 \pm 0.94$   | $1.90 \pm 0.99$   | 0.08    |
| $\geq 7$ mm       | $2.80 \pm 1.47^a$ | $4.10 \pm 1.52^b$ | 0.03    |
| Mean $\pm$ S.E.M. | $6.90 \pm 1.19$   | $8.00 \pm 2.16$   | 0.07    |

<sup>a,b</sup> Percentages of ovulation differ within row,  $P<0.05$

### Progesterone profile

In the present study, the plasma P4 concentrations of all groups were high on day 17, 18 (Mean  $\pm$  S.E.M.,  $3.24 \pm 0.30$  and  $3.49 \pm 0.12$  ng/ml respectively) then decreased on day 20, after that to lowest on day 21, there were not differ between groups ( $P>0.05$ ). However, there were different plasma P4 concentrations within groups before injected FSH and after on day 20, 21 and 23 ( $P<0.05$ ; Figure 1).

### Discussion

Protocols for induction of multiple follicular growth and superovulation currently used in the animal industry are not fully optimized (Gordon, 1997). The goat semi-industry has been reluctant to commercialize embryo transfer and other reproductive technologies because of the inconsistency of ovarian response to the

superovulatory treatments (Cognie, 1999). It is known that ovarian stimulation with gonadotropins has an effect on oocyte maturation and competence. The FSH is the gonadotropins most frequently used, providing the best results in small ruminants. Both in sheep and in goat, FSH treatment results in high ovulation rate and better quality embryos per donor than treatment with PMSG. Currently, FSH is administered at 12 h intervals in decreased or constant doses for 3-4 days starting two days before sponge withdrawal or implant removal, and around the time at which prostaglandin  $F_{2\alpha}$  is administered. The dose of total FSH administered varies from 16 to 20 mg depending on type of FSH preparation and genetic features of the sheep and goats donors (Baril and Saumande, 2000). However, this research was to optimize the FSH decreasing dose, 2 or 3 days can be effective protocols for goats expecting that these appropriate technologies could be used to enhance the efficiency of goat production.

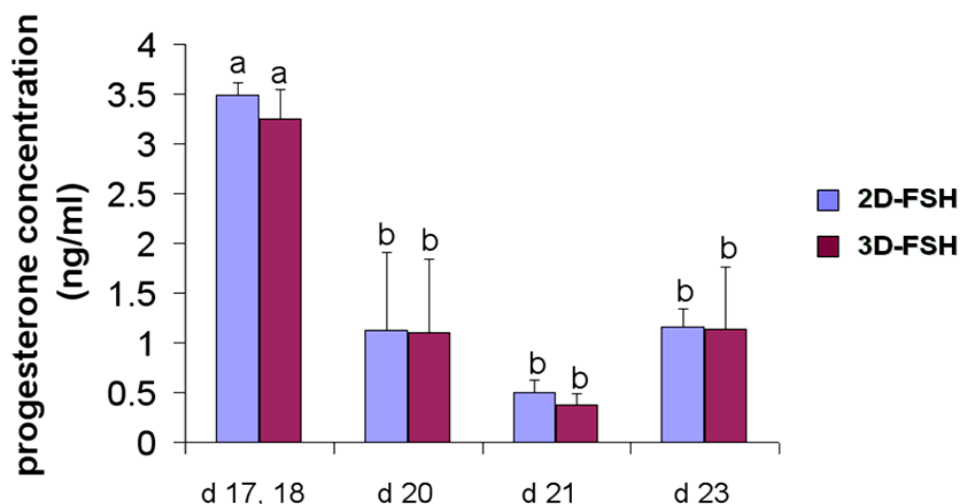


Figure 1. Means ( $\pm$  SEM) plasma P4 concentrations (ng/ml) of goats on days prior injected 2D-FSH (d18) 3D-FSH (d17), hCG (d 20), laparotomy at 24 (d 21) and 72 h (d 23)

<sup>a, b</sup> Proportion differ on days ( $P<0.05$ )

FSH was shown to induce development of multiple follicles on each ovary when injected into goat or sheep for two or more days at regular intervals during the normal breeding season and non-breeding season (Gordon, 1997; Stenbak *et al.*, 2001). Previous studies have shown that exposure of oocytes to various hormones *in vivo* causes maturational changes that are necessary for proper development to occur (Stenbak *et al.*, 2001). Optimal levels of exogenous gonadotropins should be used to promote proper oocyte development and depending on the regime of gonadotropin treatment, positive or negative effects on oocyte maturation and fertilization have been observed (Stenbak *et al.*, 2001).

The results from this study indicate that is ovulation rate of all groups during at 72 h were as 100% because of found only CL on ovaries, but there were not present of CH. Moreover, in this study using hCG was similar as LH to manipulated of limit timing in ovulation within 72 h. Similarly with Walker *et al.* (1986) using FSH or PMSG with GnRH induced of multiple follicular development and ovulation in Marino ewes, found that ovulation rate were as 79% within during at 54-66 h in ewes.

In this study, the goat of 3D-FSH group was distinctly response on FSH greater than 2D-FSH group, such as number of CH at 24 h, number of CL at 72 h and ovulation rate in 3D-FSH group. Moreover, the Thai-native goats adequate responded to FSH treatments by exhibiting greater than or equal to four CL (2D-FSH =  $5.0 \pm 0.70$ , 3D-FSH =  $8.50 \pm 1.04$  CL) but less than to four CL were not responding on FSH (Stenbak *et al.*, 2003). However, Cognie (1999) reported that about 20% of ewes do not respond to superovulatory procedures.

The ovulation rate was positively affected by a high number of follicles with a diameter of 1–6 mm at the onset of the treatment and negatively affected by a high number of follicles with a diameter  $\geq 7$  mm. Ovulatory follicles in superovulated does are derived from smaller antral follicles present at the onset of the FSH treatment which are able to respond of exogenous FSH. On the other hand, the initiation of the FSH treatment after the selection of the large dominant follicle could result in a lower ovulatory response, as in cows (Guilbault *et al.*, 1991) or ewes (Stenbak *et al.*, 2003).

The response of goats, like other mammals, to treatments for the induction of superovulation and embryo production is strongly influenced by the structures (follicles and corpora lutea) present in the ovaries at the beginning of the exogenous gonadotropin regimen. Thus, ovulation rate at the end of the superovulatory treatment is related positively to the number of small gonadotropin-responsive follicles (2–3 mm in size) at first FSH dose (Gonzalez-Bulnes *et al.*, 2003). On the other hand, the ovulation rate is affected negatively by the presence of a large dominant follicle (7 mm in size) in superovulatory protocols with a single dose of eCG or FSH (Lopez-Sebastian *et al.*, 1999).

Early findings in goats showed that follicle waves developing under continuous and high progesterone concentrations have smaller follicles than those developing when progesterone concentration are low (Rubianes and Menchaca, 2003). In the present study, the plasma P4 concentrations all groups were high on day 17, 18 then decreased on day 20, after that to lowest on day 21 confirmed this relationship between progesterone concentrations and the number of follicles development. Moreover, previous study of FSH

surges necessarily precede the emergence of a follicular wave in heifers (Adams *et al.*, 1992), and a similar association of both events has been reported in ewes (Lopez-Sebastian *et al.*, 1999) but we did not measure FSH levels in the present study. According to Baird *et al.* (1991) FSH secretion was not affected directly by progesterone but was regulated by estradiol and inhibin, which was produced mainly by the largest follicles that developed during the cycle.

### Conclusion

In summary, the majority of ovulation in Thai-native goat using FSH and hCG occurred between 24 and 72 h. The results indicate that superovulation with decreasing dose FSH (3D-FSH) and 300 IU hCG can be an effective than FSH (2D-FSH) protocol for Thai-native goat superovulation.

### References

Adams, G.P., R.L. Matteri, J.P. Kastelic, J.C.H. Ko and O.J. Ginther. 1992. Association between surges of follicle-stimulating hormone and the emergence of follicular waves in heifers. *Journal of Reproduction and Fertility* 94(1): 177-188.

Baird, D.T., B.K. Campbell, G.E. Mann and A.S. McNeilly. 1991. Inhibin and oestradiol in the control of FSH secretion in the sheep. *Journal of Reproduction and Fertility* 43(4): 125-138.

Baril, G. and J. Saumande. 2000. Hormonal treatments to control time of ovulation and fertility of goats. pp. 400-405. *In: Proceedings of the 7<sup>th</sup> International*

Conference on 15-21 May 2000. Toure Goats, France.

Cognie, Y. 1999. State of the art in sheep-goat embryo transfer. *Theriogenology* 51(1): 105-116.

Crane, M.B., J. Bartolome, P. Melendez, A. de Vries, C. Risco and L.F. Archbald. 2006. Comparison of synchronization of ovulation with timed insemination and exogenous progesterone as therapeutic strategies for ovarian cysts in lactating dairy cows. *Theriogenology* 65(8): 1563-1574.

Demoustier, M.M., J.F. Beckers, P. Van Der Zwalm, J. Closset, J.L. Gillard and F. Ectors. 1988. Determination of porcine plasma follitropin levels during superovulation treatment in cows. *Theriogenology* 30(2): 379-386.

Ferguson, J.D., D.T. Galligan and N. Thomsen. 1994. Principal descriptors of body condition score in Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 77(9): 2695-2703.

Gonzalez-Bulnes, A., J.A. Carrizosa, C. Diaz-Delfa, R.M. Garcia-Garcia, B. Urrutia, J. Santiago-Moreno, M.J. Cocero and A. Lopez-Sebastian. 2003. Effects of ovarian follicular status on superovulatory response of dairy goats to FSH treatment. *Small Ruminant Research* 48: 9-14.

Gordon, I. 1997. *Controlled Reproduction in Sheep and Goats*. CABI Publishing, Wallingford. 271 p.

Guilbault, L.A., F. Grasso, F. Lussier, J.G. Rouillier and P. Matton. 1991. Decreased superovulatory responses in heifers superovulated in the presence of a

- dominant follicle. *Journal of Reproduction and Fertility* 91(1): 81-89.
- Holtz, W. 2005. Recent developments in assisted reproduction in goats. *Small Ruminant Research* 60(1): 95-110.
- Lopez-Sebastian, A., A. Gonzalez-Bulnes, J. Santiago-Moreno, A. Gomez-Brunet, E.C. Townsend and E.K. Inskeep. 1999. Effects of follicular status at treatment on follicular development and ovulation in response to FSH in Spanish Merino ewes. *Theriogenology* 52(3): 505-514.
- Moonmanee, T., C. Manraen, P. Yama, K. Sringarm, N. Chongkasikit, and S. Yammuen. 2016. Effects of presence of corpus luteum at the beginning of synchronization of ovulation on ovulation rate and luteal characteristics in dairy cattle. *Journal of Agriculture* 32(4): 71-80.
- Nowshari, M. A., E. Yuswiati, M. Puls-Kleingeld and W. Holtz. 1992. Superovulation in peripubertal and adult goats treated with PMSG or pFSH. pp. 1358-1363. *In: R.R. Lokeswhar (ed.). Recent Advances in Goat Production.* Nutan Printers.
- Pintado, B., A. Gutierrez-Adan and B. Perez-Llano. 1998. Superovulatory response of Murciana goats to treatments based on PMSG/anti-PMSG or combined FSH/PMSG administration. *Theriogenology* 50(3): 357-364.
- Pralomkarn, W., S. Saithanoo, W. Ngampongsai, C. Suwanrut and J.T.B. Milton. 1996. Growth and puberty traits of Thai native (TN) and TN x Anglo-Nubian does. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 9(5): 591-595.
- Rubianes, E. and Menchaca, A. 2003. The pattern and Manipulation of ovarian follicular growth in goats. *Animal Reproduction Science* 78(3-4): 271-287.
- Saithanoo, S. and J.T.B. Milton. 1988. Goat meat production in Thailand. pp. 188-196. *In: C. Devendra (ed.) Proceeding of a workshop on Goat Meat Production in Asia.* 13-18 March 1988. Tando Jam, Pakistan.
- SAS. 2000. SAS/STAT: User Guide for the International Database. SAS Inst., Cary, NC.
- Stenbak, T.K., A.T. Grazul-Bilska, H.R. Berginski, J.J. Bilski, A.S. Erickson, J.D. Kirsch, K.C. Kraft, C. Navanukraw, M.J. Toutges, L.P. Reynolds and D.A. Redmer. 2003. Ovulation rate in ewes synchronized with Syncro-Mate-B (SMB) and follicle stimulating hormone. *Small Ruminant Research* 48(1): 1-8.
- Stenbak, T.K., D.A. Redmer, H.R. Berginski, A.S. Erickson, C. Navanukraw, M.J. Toutges, J.J. Bilski, J.D. Kirsch, K.C. Kraft, L.P. Reynolds and A.T. Grazul-Bilska. 2001. Effects of follicle stimulating hormone (FSH) on follicular development, oocyte retrieval, and *in vitro* fertilization (IVF) in ewes during breeding season and seasonal anestrus. *Theriogenology* 56(1): 51-64.
- Suthiwanich, C. 1983. Goat production in southern Thailand. pp. 147-153. *In: Proceedings of Seminar on Goat Development Program in the Southern Region of Thailand.* Faculty of Natural Resources, Prince of Songkhla University, Songkhla.

Walker, S.K., D.H. Smith and R.F. Seamark. 1986.  
Timing of multiple ovulations in the ewe after  
treatment with FSH or PMSG with and  
without GnRH. Journal of Reproduction and  
Fertility 77(1): 135-142.

---

# การประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ชาชงใบหม่อนผสมผลหม่อน โดยวิธีสภาวะเร่ง

## Shelf Life Evaluation of Mixed Tea Product from Mulberry Leaf and Fruit Using Accelerated Testing Method

ธนกิจ ถาหมี<sup>1\*</sup> พิไลรัก อินธิปัญญา<sup>2</sup> และ ดุษฎี บุญธรรม<sup>3</sup>  
Tanakij Thamee<sup>1\*</sup>, Pilairuk Intipunya<sup>2</sup> and Dussadee Buntam<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ แพร่ อ. เด่นชัย จ. แพร่ 54110

<sup>1</sup>Queen Sirikit Sericulture Center (Phrae), Den Chai, Phrae 54110, Thailand

<sup>2</sup>คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ. เมือง จ. เชียงใหม่ 50200

<sup>2</sup>Faculty of Agro-industry, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

<sup>3</sup>คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ อ. เมือง จ. อุดรดิตถ์ 53000

<sup>3</sup>Faculty of Industrial Technology, Uttaradit Rajabhat University, Uttaradit 53000, Thailand

\*Corresponding author: Email: tana\_142@hotmail.com

(Received: 10 March 2017; Accepted: 27 July 2017)

**Abstract:** The objective of this research was to evaluated shelf life of mixed tea product from mulberry leaf and fruit using accelerated shelf life testing method (ASLT;  $Q_{10}$ ). Mixed mulberry tea products were stored at 35, 45 and 55°C for 60 days and kept after that annoying expiration date by thiobarbituric acid (TBA) value over than 1.6 mg MDA/kg. It was found that mixed mulberry tea had total microbial counts compared with the Thai Agricultural Standard (Mulberry leaf tea, TAS 3000-2009) and Thai Community Product Standard (Mulberry leaf tea, TCPS 30-2015). Shelf life of the product by using accelerated shelf life testing method found that the storage conditions at 55 and 45°C were 52 and 121 days, respectively while the predicted shelf life of the mixed mulberry tea product at 30 and 5 °C were 346 and 2,304 days, respectively.

**Keywords:** Shelf life evaluation, prediction, shelf life, mulberry fruit, mulberry leaf, ASLT method, antioxidant

**บทคัดย่อ:** งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินอายุการเก็บรักษาผลผลิตมันฝรั่งของผสมผลหม่อนและใบหม่อนโดยวิธีสภาวะเร่ง (ASLT; Q10) ด้วยการเก็บรักษาผลผลิตมันฝรั่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 °ซ เป็นเวลานาน 60 วัน และเก็บรักษาต่อจนหมดอายุของผลผลิตมันฝรั่ง โดยวัดค่า TBA เกิน 1.6 mg MDA/kg พบว่า ผลผลิตมันฝรั่งมีปริมาณจุลินทรีย์ปนเปื้อนเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลผลิตมันฝรั่งใบหม่อน มกษ.3000-2552 และมาตรฐานผลผลิตมันฝรั่งลินคำชุมชน มผช.30-2558 จากการประเมินอายุการเก็บรักษาของผลผลิตมันฝรั่งโดยวิธีสภาวะเร่ง พบว่าเมื่อเก็บผลผลิตมันฝรั่งที่อุณหภูมิ 55 และ 45 °ซ ผลผลิตมันฝรั่งเก็บได้นาน 52 และ 121 วัน ตามลำดับ ขณะที่การทำนายอายุการเก็บรักษาของผลผลิตมันฝรั่งที่ 30 และ 5 °ซ ผลผลิตมันฝรั่งเก็บได้นาน 345 และ 2,304 วัน ตามลำดับ

**คำสำคัญ:** การประเมินอายุการเก็บ การพยากรณ์ อายุการเก็บรักษา ผลหม่อน ใบหม่อน วิธีสภาวะเร่ง สารต้านอนุมูลอิสระ

## คำนำ

ชาชงใบหม่อนผสมผลหม่อนเป็นการพัฒนาผลผลิตใหม่ ทำให้เกิดความหลากหลาย และมีรูปแบบชาที่น่าสนใจมากยิ่งขึ้น การนำใบหม่อนและผลหม่อนมาเป็นส่วนประกอบหลัก โดยชาที่ได้มีประโยชน์จากผลหม่อนและใบหม่อน ได้ผลผลิตมันฝรั่งที่มีสารต้านอนุมูลอิสระอยู่ประกอบกับในผลผลิตมันฝรั่งนี้จะมีสีชมพูที่แปลกตาจากผลผลิตมันฝรั่งใบหม่อนทั่วไปและชายังคงมีกลิ่นที่หอมอีกด้วย (ธนกิจ และพีไลรัก, 2559)

ในการพัฒนาผลผลิตอาหารนั้น อายุการเก็บรักษาเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อการควบคุมคุณภาพอาหารให้ยังคงมีคุณภาพไม่เปลี่ยนแปลง (ราณี และคณะ, 2557) อายุการเก็บรักษาของผลผลิตมันเป็นระยะเวลาที่ผลผลิตอาหารยังคงมีความปลอดภัยในการบริโภค มีคุณภาพด้านต่าง ๆ เป็นที่ยอมรับ และเป็นไปตามฉลากรวมถึงข้อมูลทางโภชนาการของผลผลิตนั้น ๆ จึงจำเป็นต้องเก็บในสภาวะที่กำหนด (Kilcast and Subramaniam, 2000) ดังนั้น อายุการเก็บรักษาของผลผลิตมันฝรั่ง ทำให้ผู้บริโภคมั่นใจว่าผลผลิตมันฝรั่งนี้ยังคงมีคุณภาพดี ไม่มีการเสื่อมเสีย และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้ในระยะเวลาที่ระบุ การศึกษาอายุการเก็บของผลผลิตมันฝรั่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การนำผลผลิตมันฝรั่งเก็บในสภาพการวางจำหน่ายจริง แต่ต้องใช้ระยะเวลาที่นานกว่าจึงจะได้อายุการเก็บจริง ทำให้เสียเวลาและสิ้นเปลืองต้นทุนในการเก็บรักษา ซึ่งในกระบวนการพัฒนาผลผลิตมันฝรั่งนั้น จำเป็นต้องประเมินอายุการเก็บ

รักษาในเวลาอันสั้น เพื่อให้ทันต่อความต้องการด้านการตลาด ด้วยเหตุนี้การใช้เทคนิควิธีสภาวะเร่งโดยทั่วไป ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง เป็นต้น นอกจากนี้อายุการเก็บรักษาของผลผลิตมันฝรั่งยังขึ้นอยู่กับชนิดของปฏิกิริยา ในปัจจุบันนิยมใช้อุณหภูมิเป็นปัจจัยเร่ง เนื่องจากอุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารเป็นอย่างมาก (รุ่งนภา, 2550)

ดังนั้น ในการวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลผลิตมันฝรั่งชาชงใบหม่อนผสมผลหม่อน โดยใช้วิธีเร่งอุณหภูมิ โดยใช้ค่ากรด thiobarbituric (TBA) เป็นดัชนีบ่งบอกอายุการเก็บรักษา ช่วยให้สามารถทำนายอายุการเก็บรักษาได้เร็วยิ่งขึ้นและการเก็บรักษาที่เหมาะสมสำหรับผลผลิตมันฝรั่งชาชงใบหม่อนผสมผลหม่อนเป็นข้อมูลพื้นฐานและแนวทางในการเก็บรักษาผลผลิตมันฝรั่งให้คงคุณภาพยอมรับได้ตามระยะเวลาที่ระบุ

## อุปกรณ์และวิธีการ

### องค์ประกอบและคุณภาพของชาชงใบหม่อนผสมผลหม่อน

ผลิตชาชงใบหม่อนผสมผลหม่อนตามวิธีการของ ธนกิจ และพีไลรัก (2559) โดยนำใบหม่อนพันธุ์บุรีรัมย์ 60 ผลหม่อนสุกยังไม่เต็มที่พันธุ์เชียงใหม่ และผลหม่อนสุกพันธุ์เชียงใหม่ ล้างทำความสะอาด นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 °ซ บดให้ละเอียด นำไปผสมตามอัตราส่วนดังนี้ ใบหม่อนอบแห้งร้อยละ 30 ผลหม่อนสุกยังไม่เต็มที่อบแห้งร้อยละ 24 และผลหม่อนสุกอบแห้งร้อยละ 46 นำ



ตัวอย่างชาลงในสัปดาห์เริ่มต้นวิเคราะห์หา ความชื้น เถ้า (AOAC, 2005) ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี ( $a_w$ ) (AQUA Lab รุ่น CX3TX) ของผลิตภัณฑ์ชาในรูปแบบผง ส่วนค่าสี L,  $a^*$ ,  $b^*$  (Minolta chroma meter รุ่น CR-300) สารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH (Mahattanatawee *et al.*, 2006) ปริมาณฟีนอลทั้งหมด (Waterman and Mole, 1994) ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (Ranganna, 1991) ปริมาณแคโรทีน ปริมาณคาเทชิน (Fecka and Turek, 2008) ปริมาณแทนนิน (AOAC, 2005) ของผลิตภัณฑ์ชาในรูปแบบผง โดยนำชาผงจำนวนละ 2.5 กรัม แช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 98 °C ปริมาณ 20 มิลลิลิตร นาน 2 นาที จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Maturin and Peeler, 2001) ยีสต์และรา (Tournas *et al.*, 2001) *Staphylococcus aureus* และ *Salmonella* spp. (AOAC, 2005) ของผลิตภัณฑ์ชาในรูปแบบผง โดยวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ เทียบเคียงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน และมาตรฐานสินค้าเกษตรเรื่องชาใบหม่อน (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2552; สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, 2558)

### การศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา

ศึกษาอายุการเก็บรักษาสลัดผักแช่แข็งในหมอนผสมผลหมอนในสภาวะเร่ง (accelerated shelf life testing) โดยบรรจุในซองอลูมิเนียมฟอยล์สำหรับบรรจุชา 2.5 กรัม จำนวน 10 ซอง เร่งการเก็บที่อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 35, 45 และ 55 °C สุ่มตัวอย่างทุก ๆ 5 วัน โดยใน 1 ตัวอย่างประกอบด้วยซองบรรจุชา 2.5 กรัม จำนวน 10 ซอง ต่อการวิเคราะห์ 1 ครั้งโดยใช้จากซองใหม่ทุกครั้งเป็นเวลา 60 วัน และเก็บต่อจนกว่าผลิตภัณฑ์มีค่า TBA สูงเกิน 1.6 mg MDA/kg มาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ ได้แก่ เปอร์เซนต์ความชื้น (AOAC, 2005) ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี ( $a_w$ ) (AQUA Lab : CX3TX, USA) ค่ากรด thiobarbituric (TBA) (Tarlidgis *et al.*, 1960) จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Maturin and Peeler, 2001) และยีสต์และรา (Tournas *et al.*, 2001) *Staphylococcus aureus* และ *Salmonella* spp. (AOAC, 2005) และ ค่าสี L,  $a^*$ ,  $b^*$  (Minolta: CR-300, Japan)

### การคำนวณอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

การหาอายุการเก็บรักษาโดยใช้วิธีการประเมินทางวิทยาศาสตร์ที่เรียกว่า accelerated shelf life testing (ASLT) ด้วยการใส่ค่า  $Q_{10}$  Factor ซึ่งเป็นวิธีการสากลที่นิยมใช้ในการหาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้เวลาการหาสั้นและประหยัดค่าใช้จ่าย แต่สามารถคาดคะเนอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาต่าง ๆ ได้โดยไม่ต้องทดลองทุกอุณหภูมิ และยังใช้ประเมินอายุการเก็บที่เหลือหลังจากการเก็บที่อุณหภูมิต่าง ๆ แล้วได้เช่นกัน (Labuza, 1982; Labuza and Schmidl, 1985) แต่มีข้อจำกัดสำหรับอาหารบางชนิด เช่น การเพิ่มอุณหภูมิในระยะการบ่มอาจจะเร่งให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกระบวนการทางเคมีและกายภาพบางชนิด ทำให้การคาดคะเนอายุมีความคลาดเคลื่อนได้ (ศจี, 2551) ซึ่งการอธิบายความสัมพันธ์ของค่า  $Q_{10}$  และ  $Q_1$  ได้ต่อไปนี้ (Mizrahi, 2004)

$$Q_{10} = \frac{\theta_{s(T)}}{\theta_{s(T+10)}} \text{ และ } Q_1 = Q_{10}^{0.1}$$

$$Q^{\Delta T} = \frac{Q_{s(T)}}{Q_{s(T+\Delta T)}}$$

- เมื่อ  $\theta_{s(T)}$  = อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ T (วัน)  
 $\theta_{s(T+10)}$  = อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ T + 10 (วัน)  
 $Q_{10}$  = อัตราส่วนของอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่มีอุณหภูมิต่างกัน 10 องศาเซลเซียส  
 $Q_1$  = อัตราส่วนของอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่มีอุณหภูมิต่างกัน 1 องศาเซลเซียส  
 $\Delta T$  = ผลต่างของอุณหภูมิที่ทำนายกับอุณหภูมิ T

### ผลการศึกษาและวิจารณ์

#### องค์ประกอบและคุณภาพของชาใบหม่อนผสมผลหมอน

ผลิตภัณฑ์ชาใบหม่อนผสมผลหมอนมีคุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่าคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

Table 1. Physical, chemical and microbiological qualities of mixed mulberry tea product

| Quality                            | Value          | Standard of mulberry leaf tea<br>from TAS & TCPS |
|------------------------------------|----------------|--------------------------------------------------|
| <b>Physical Qualities</b>          |                |                                                  |
| Colour L*                          | 40.71 ± 0.38   | NS                                               |
| a*                                 | 4.43 ± 0.36    | NS                                               |
| b*                                 | 4.21 ± 0.30    | NS                                               |
| Water activity ( $a_w$ )           | 0.273 ± 0.002  | NS                                               |
| <b>Chemical qualities</b>          |                |                                                  |
| Moisture content (g/100g)          | 4.22 ± 0.12    | <6                                               |
| Ash (g/100g)                       | 5.38 ± 0.33    | NS                                               |
| Tannin (g/100g)                    | 0.327 ± 0.09   | NS                                               |
| Catechin (mg/l)                    | 406.62 ± 1.22  | NS                                               |
| Quercetin (mg/l)                   | 100.60 ± 0.65  | NS                                               |
| Total phenolic compound (mg/ml)    | 5.67 ± 0.15    | NS                                               |
| Anthocyanin (mg/100ml)             | 170.49 ± 2.47  | NS                                               |
| EC <sub>50</sub> (mg/100ml)        | 287.08 ± 13.22 | NS                                               |
| <b>Microbiological qualities</b>   |                |                                                  |
| Total plate count (cfu/g)          | <250 ± 0.00    | 1 × 10 <sup>4</sup>                              |
| Yeasts and moulds (cfu/g)          | <25 ± 0.00     | 100                                              |
| <i>Staphylococcus aureus</i> (BAM) | <0.1 ± 0.00    | <0.1                                             |
| <i>Salmonella</i> spp. (BAM)       | <25 ± 0.00     | <25                                              |

Mean of 3 samples ± standard deviation

NS = not specific

และมาตรฐานสินค้าเกษตรเรื่องชาใบหม่อน โดยมีค่าความชื้นไม่เกินร้อยละ 7 ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี ( $a_w$ ) ไม่เกิน 0.75 ปริมาณเถ้าอยู่ระหว่างร้อยละ 4-7 และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกินค่าที่กำหนด (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2552; สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, 2558)

#### การศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา

ผลการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ชาชงใบหม่อนผสมผลหม่อนที่เหมาะสมบรรจุซองอลูมิเนียมพอยล์เคลือบด้วยพลาสติกชนิด PET (polyethylene terephthalate) ปิดผนึกแบบสุญญากาศ เก็บที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 °C สุ่มตัวอย่างทุก ๆ 5 วัน เป็นระยะเวลา 60 วัน วิเคราะห์

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ โดยพบว่าปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอคทิวิตีเพิ่มมากขึ้นตลอดช่วงอายุการเก็บรักษา เมื่อพิจารณาผลของอุณหภูมิต่อปริมาณความชื้นและวอเตอร์แอคทิวิตีในภาพที่ 1 และ 2 พบว่าปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอคทิวิตีของชาชงเพิ่มขึ้นเมื่อระดับอุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบจากผลหม่อนอยู่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะกระตุ้นการเกิดอันตรกิริยาระหว่างโมเลกุลทำให้ผลิตภัณฑ์สามารถดูดซับความชื้น (hygroscopicity) ได้เพิ่มขึ้น (Bell and Labuza, 2000) และยังพบว่าปริมาณค่าวอเตอร์แอคทิวิตีเพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีความชื้นเพิ่มขึ้นด้วย เพราะปริมาณความชื้นเป็นปริมาณน้ำทั้งหมดที่อยู่ในอาหาร (นุชนารถ, 2546)

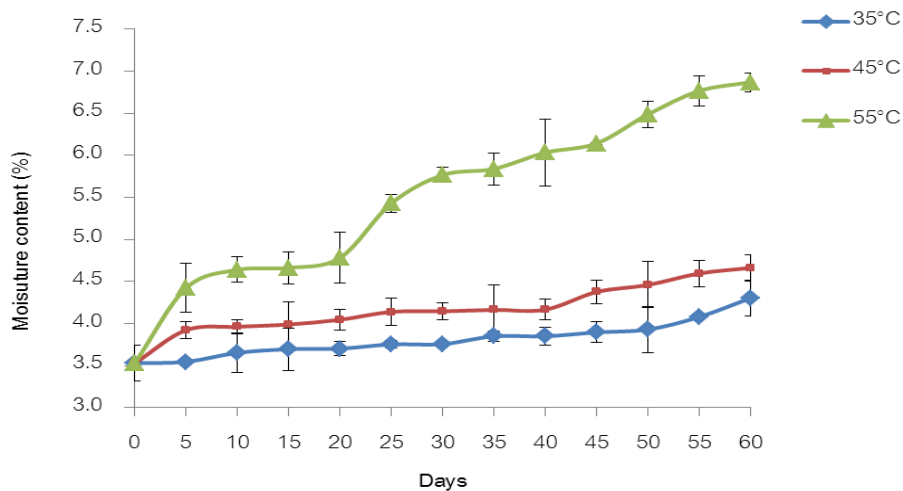


Figure 1. Moisture content of mixed mulberry tea product during storage at 35, 45 and 55 °C for 60 days

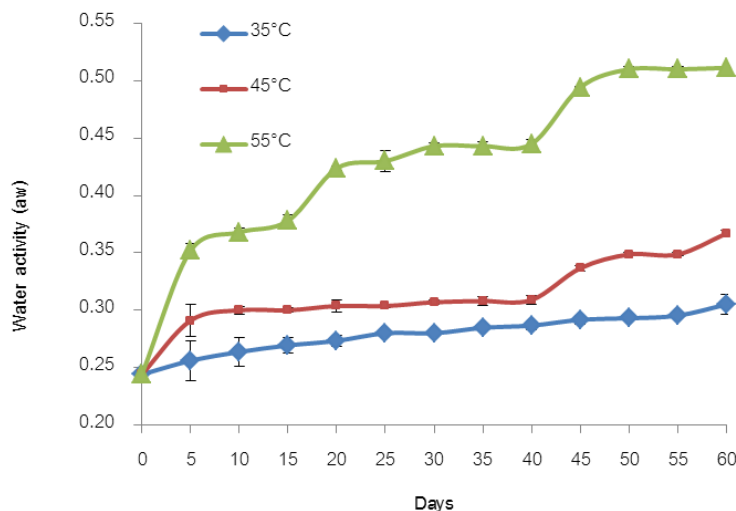


Figure 2. Water activity (aw) of mixed mulberry tea product during storage at 35, 45 and 55 °C for 60 days

จากการศึกษาค่าคุณภาพทางด้านสี แสดงค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ดังแสดงในภาพที่ 3 และค่าสีแดง ( $a^*$ ) ในภาพที่ 4 พบว่าเมื่อทำการเก็บรักษาค่าความสว่างลดลงตลอดช่วงเวลาการเก็บรักษา และผลของอุณหภูมิต่อค่าความสว่างของสีลดลงเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิสูงขึ้น อาจเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดในผลิตภัณฑ์ชาชงส่งผลให้เกิดเป็นสารสีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้นได้ ผลิตภัณฑ์จึงมีสีที่เข้มและคล้ำได้ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นปฏิกิริยาต่าง ๆ เกิดในอัตราที่เร็วขึ้นและมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสี (นิริยา, 2557) ส่วนค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) ดังแสดงใน ภาพที่ 5

พบว่าการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย และค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวม (total color change,  $\Delta E$ ) แสดงในภาพที่ 6 พบว่า การเก็บที่อุณหภูมิสูงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าสีได้มาก

การเปลี่ยนแปลงค่ากรด thiobarbituric (TBA) ระหว่างการเก็บรักษาดังแสดงใน ภาพที่ 7 พบว่าในระหว่างการเก็บรักษาชาชงค่า TBA มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น และเมื่อพิจารณาผลของอุณหภูมิต่อค่า TBA พบว่าช่วงอุณหภูมิที่สูงขึ้นมีปริมาณ TBA ที่สูงขึ้นด้วย โดยในระหว่างการเก็บรักษาพบว่าหากค่าอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้

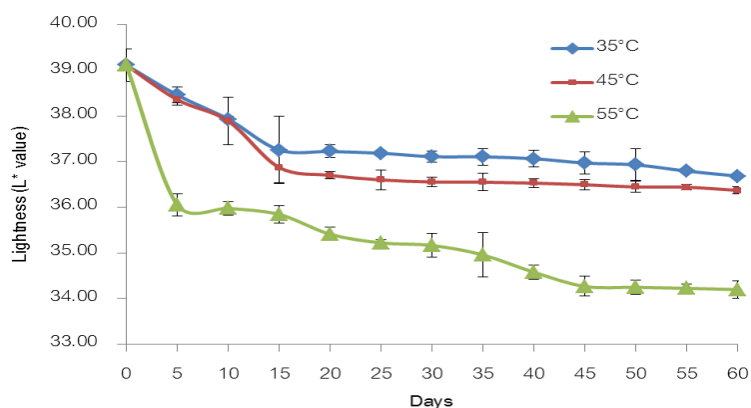


Figure 3. Lightness colour ( $L^*$ ) of mixed mulberry tea product during storage at 35, 45 and 55 °C for 60 days

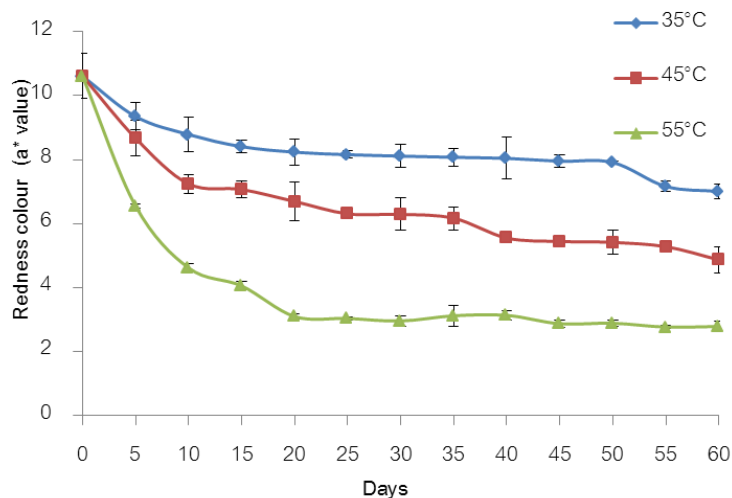


Figure 4. Redness colour ( $a^*$ ) of mixed mulberry tea product during storage at 35, 45 and 55 °C for 60 days

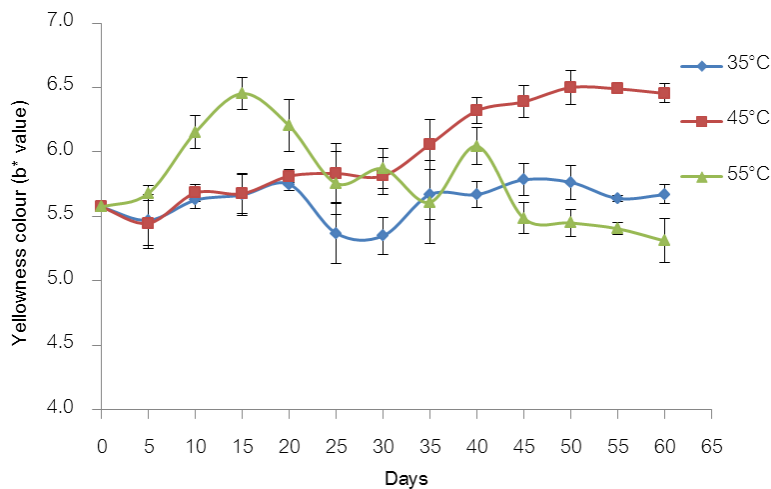


Figure 5. Yellowness colour ( $b^*$ ) of mixed mulberry tea product during storage at 35, 45 and 55 °C for 60 days

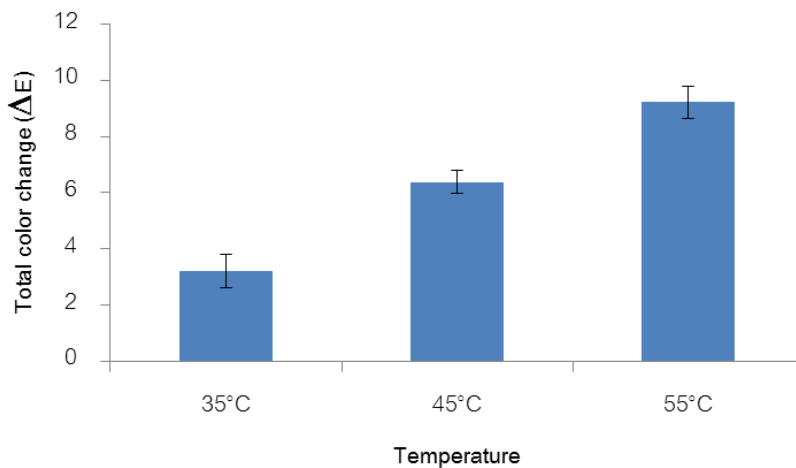


Figure 6. The change of total color difference of mixed mulberry tea product during storage at 35, 45 and 55 °C for 60 days

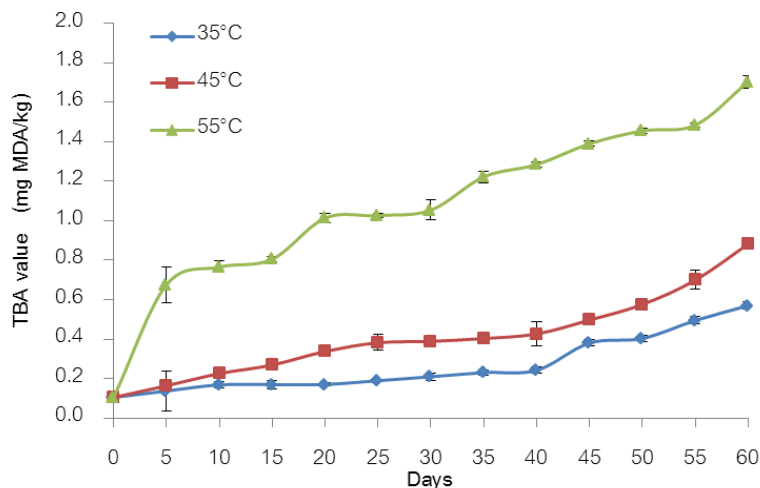


Figure 7. Thiobarbituric acid value (mg MDA/kg) of mixed mulberry tea product during storage at 35, 45 and 55 °C for 60 days

คือค่าไม่เกิน 1.6 mg malonaldehyde (MDA)/kg สำหรับอาหารทั่วไป อาหารยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และผู้บริโภคยังไม่ได้รับกลิ่นเหม็นหืน (ราณี และคณะ, 2557) สำหรับผลิตภัณฑ์ชาชงพบว่าหากเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 55 °C สามารถเก็บไว้ได้ไม่เกิน 60 วัน เพราะมีค่า TBA เกิน 1.6 mg MDA/kg เป็นผลเนื่องจากอุณหภูมิเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์ (นิธิยา, 2557)

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน ที่อุณหภูมิ 3 ระดับได้แก่ 35, 45 และ 55 °C พบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและจำนวนยีสต์และรา ไม่พบการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา อาจเนื่องจากในผลิตภัณฑ์มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตีต่ำกว่า 0.6 ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ (Fennema, 1996) คุณภาพทางจุลินทรีย์จึงไม่มีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา ด้วยเหตุนี้ปัจจัยจากจุลินทรีย์จึงไม่ถูกนำไปวิเคราะห์สัมพันธ์ร่วมต่ออายุการเก็บรักษาในสภาวะเร่ง

### การคำนวณอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

การทำนายอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โดยใช้เทคนิค  $Q_{10}$  เป็นวิธีการเร่งอุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษาเพื่อให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเสื่อมเสียเร็วกว่าปกติ ทำให้สามารถประมาณผลของสภาพการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ได้ โดยเลือกสภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 และ 55 °C เป็นสภาวะที่เร่งอุณหภูมิแล้วนำมาทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ เพื่หาระยะเวลาที่สิ้นสุดของผลิตภัณฑ์โดยใช้ค่า TBA ที่สูงกว่า 1.6 mg MDA/kg ผู้บริโภคจะเริ่มได้รับกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์และไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ได้ (ไพศาล และคณะ 2543; Shamberger *et al.*, 1977) จากการศึกษาพบว่าสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นาน 111 วัน (ความชื้นร้อยละ  $5.37 \pm 0.17$ , ค่า TBA  $1.592 \pm 0.021$  mg MDA/kg, ปริมาณจุลินทรีย์ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน) และ 52 วัน (ความชื้นร้อยละ  $6.62 \pm 0.16$ , ค่า TBA  $1.534 \pm 0.032$  mg MDA/kg, ปริมาณจุลินทรีย์ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน) ตามลำดับ เมื่อนำผลจากการวิเคราะห์ดังกล่าวมาทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ชาซึ่งหม่อน จะสามารถคำนวณค่า  $Q_{10}$  ของผลิตภัณฑ์ได้ (จิราพร และคณะ 2551) จากการประเมินอายุการเก็บรักษาพบว่าสามารถคำนวณค่าอายุการเก็บรักษาที่ 30 °C ผลิตภัณฑ์ชาซึ่งเก็บนาน 346 วัน ดังแสดงตามสมการ และจากค่า  $Q_{10}$  เท่ากับ 2.134 สามารถนำไปคำนวณหาค่า  $Q_1$  เพื่อทำนายอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิอื่น ซึ่งได้ผลตามตารางที่ 2

$$Q_{10} = \frac{\theta_{S(45)}}{\theta_{S(55)}} = \frac{\theta_{S(45)}}{\theta_{S(55)}} = \frac{111}{52} = 2.134$$

$$Q_1 = 2.134^{0.1} = 1.078$$

$$Q_1^{45-30} = 1.078^{15} = \frac{\theta_{S(30)}}{\theta_{S(45)}} = \frac{\theta_{S(30)}}{111}$$

$$\theta_{S(30)} = 1.078^{15} \times 111 = 346 \text{ วัน}$$

### สรุป

การเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์ชาซึ่งใบหม่อนผสมผลหม่อนหลังการเก็บรักษาโดยการบรรจุในซองออลูมิเนียมฟอยล์ปิดซองให้สนิท เป็นระยะเวลา 60 วัน พบว่า ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี ( $a_w$ ) และค่า thiobarbituric acid (TBA) มีค่าเพิ่มขึ้นในทุกอุณหภูมิตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนค่าสีความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าสีแดง ( $a^*$ ) มีแนวโน้มลดลง ค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ส่วนคุณภาพทางจุลินทรีย์มีปริมาณต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนดและไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดอายุการเก็บรักษา ในขณะที่อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ชาโดยวิธีสภาวะเร่ง (accelerated shelf life testing) ที่อุณหภูมิ 55 °C สามารถเก็บผลิตภัณฑ์ได้ 52 วัน ส่วนที่อุณหภูมิที่ 45 °C สามารถเก็บผลิตภัณฑ์ได้ 111 วัน และเมื่อคำนวณอายุการเก็บรักษาโดยใช้  $Q_{10}$  ที่อุณหภูมิ 30 °C สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน 346 วัน ซึ่งโดยปกติผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนจะเก็บได้ประมาณ 10-12 เดือน (300-360 วัน) (อุบลรัตน์ และคณะ 2550) พบว่าผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้มีอายุการเก็บรักษาที่ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด

Table 2. Predicted shelf life of mixed mulberry tea product at various temperatures

| Temperature (°C) | Predicted shelf life (days) |
|------------------|-----------------------------|
| 0                | 3,367                       |
| 5                | 2,304                       |
| 10               | 1,577                       |
| 15               | 1,079                       |
| 20               | 738                         |
| 25               | 505                         |
| 30               | 346                         |

## เอกสารอ้างอิง

- จิราพร ลาภสุทธิพร ประเวทย์ ต้อยเต็มวงศ์ ชรณี ต้อยเต็มวงศ์ และ จิรวัดณ์ กันต์เกรียงวงศ์. 2551. การทดสอบอายุการเก็บน้ำพริกน้ำเงี้ยวโดยวิธีเร่ง. หน้า 301-309. ใน: รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46. (1-4 กุมภาพันธ์ 2551). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ธนิก ธานี และ พิไลรัก อินธิปัญญา. 2559. การพัฒนาสูตรชาขิงใบหม่อนผสมผลหม่อนโดยใช้การทดลองออกแบบส่วนผสม. วารสารเกษตร 32(2): 235-245.
- นุชนารถ ทรัพย์พาณิชย์. 2546. Water Activity กับการควบคุมอายุการเก็บรักษาสกัดสมุนไพรอาหาร. วารสารจารย์พา 9(68): 48-51.
- นิธิยา รัตนพานนท์. 2557. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 5. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 504 หน้า.
- ไพศาล วุฒิจำนงค์ อนุวัตร แจ่มชัด กมลวรรณ แจ่มชัด ธงชัย สุวรรณลิขิตณ์ เพ็ญขวัญ ชมปรีดา หทัยรัตน์ ริมศิริ วาณี ชนเห็นชอบ งามทิพย์ ภู่วโรดม และ สุนทรขึ้น ศรีงาม. 2543. การศึกษาอายุการเก็บรักษาสกัดสมุนไพรอาหารที่ผลิตในประเทศไทยอย่างครบวงจร: การศึกษาอายุการเก็บของผลไม้ไทยทอดกรอบ. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 32 หน้า.
- ราณี หวังถวัลย์ ชัชวาล วชิราเรืองวิทย์ วรพจน์ สุนทรสุข และ ประเวทย์ ต้อยเต็มวงศ์. 2557. การศึกษาดัชนีชี้วัดการเสื่อมเสียและการทำนายอายุการเก็บของข้าวแต่น้ำสมุนไพรอบเนย. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 45(2)พิเศษ: 693-699.
- รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2550. อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์. หน้า 106-128. ใน: รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต (บก.). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมเกษตร. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2552. มาตรฐานสินค้าเกษตร: ชาใบหม่อน มกษ. 3000-2552. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, กรุงเทพฯ. 10 หน้า.
- สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. 2558. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ชาใบหม่อน มผช 30/2558. สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ. 7 หน้า.
- ศจี สุวรรณศรี. 2551. หลักการพัฒนามลิตภัณฑ์และการประเมินทางประสาทสัมผัส. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก. 155 หน้า.
- อุบลรัตน์ สิริภทวารวรรณ สุาเรต บราช สุวัธสา พงษ์อำไพ และ สุภาภรณ์ ตักกลาส. 2550. เทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์เพื่อรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาของชาเขียวใบหม่อน (เพื่อการส่งออก). รายงานการวิจัย. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 407 หน้า.
- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis. 18<sup>th</sup> ed. The Association of Official Analytical Chemists (AOAC), Washington D.C. 1074 p.
- Bell, L.N. and T.P. Labuza. 2000. Moisture Sorption: Practical Aspects of Isotherm Measurement and Use. AACC, Eagan Press, Eagan, Minnesota. 123 p.
- Fecka, I. and S. Turek. 2008. Determination of polyphenolic compounds in commercial herbal drugs and spices from Lamiaceae: thyme, wild thyme and sweet marjoram by chromatographic techniques. Food Chemistry 108: 1039-1053.
- Fennema, O.R. 1996. Water and Ice in Food Chemistry. 3<sup>rd</sup> ed. Marcel Dekker, New York. 1088 p.

- Kilcast, D. and P. Subramaniam. 2000. The Stability and Shelf Life of Food. CRC Press, Boca Raton. 333 p.
- Labuza, T.P. 1982. Shelf Life Dating of Foods. Food and Nutrition Press, Inc., Westport, Connecticut. 499 p.
- Labuza, T.P. and M.K. Schmidl, 1985. Accelerated Shelf Life Testing of Foods. Food Technology 39(9): 57-64.
- Mahattanatawee, K., J.A. Manthey, G. Luzio, S.T. Talcott, K. Goodner and E.A. Baldwin. 2006. Total antioxidant activity and fiber content of select Florida-grown tropical fruits. Journal of Agricultural and Food Chemistry 54: 7355-7363.
- Maturin, L. and J.T. Peeler. 2001. Bacteriological Analytical Manual, Chapter 3: Aerobic plate count. (Online). Available: <http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm063346.htm> (June 1, 2014).
- Mizrahi, S. 2004. Understanding and Measuring the Shelf Life of Food. F&N Press, Westport. 329 p.
- Ranganna, S. 1991. Handbook of Analysis and Quality Control for Fruits and Vegetable Products. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi. 1112 p.
- Shamberger, R.J., B.A. Shamberger and C.E. Willis. 1977. Malonaldehyde content of food. Journal of Nutrition 107: 1404-1409.
- Tarlidgis, B.S., B. M. Watts, M.T. Younathan and L. Dugan. 1960. Determination of thiobarbituric acid value in food. Journal of American Oil Chemists Society 37: 44.
- Tournas, V., M.E. Stack, P.B. Mislivec, H.A. Koch and R. Bandler. 2001. Bacteriological Analytical Manual, Chapter 18: Yeasts, molds, and mycotoxins. (Online). Available: <http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm071435.htm> (June 1, 2014).
- Waterman, P.G. and S. Mole. 1994. Analysis of Phenolic Plant Metabolites. Methods in Ecology. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 238 p.
-



## คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ (ต่อ)

### รูปแบบในการใช้ภาษาอังกฤษในเนื้อเรื่องภาษาไทย

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

### การส่งเรื่องเพื่อตีพิมพ์

ให้ส่งบทความ Online เท่านั้น ได้ที่

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

### การบอกรับเป็นสมาชิก

บอกรับเป็นสมาชิกได้จากใบบอกรับเป็นสมาชิกท้ายเล่ม หรือติดต่อกองบรรณาธิการโดยตรง

\*\* กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการตรวจและแก้ไขบทความที่เสนอเพื่อการตีพิมพ์ในวารสารเกษตร

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

### สำนักงานและการติดต่อ (Office and Inquiries)

กองบรรณาธิการวารสารเกษตร

งานบริหารงานวิจัยและวิเทศสัมพันธ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

จังหวัดเชียงใหม่ 50200

โทร. 0 5394 4089-92 ต่อ 12

โทรสาร 0 5394 4089-92 ต่อ 12

Editorial Board, Journal of Agriculture,

Division of Research and International Affairs, Chiang Mai University, Chiang Mai

50200, Thailand

Tel: 0 5394 4089-92

Fax: 0 5394 4666

E-mail: [agjournal22@gmail.com](mailto:agjournal22@gmail.com)

# JOURNAL OF AGRICULTURE

A Technical Journal of Faculty of Agriculture, Chiang Mai University

## Volume 34, Issue 1 January - April 2019

|                                                                                                                                                                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Effects of Nitrogen Levels on Growth and Nutrition Content of Vanda Hybrid<br>Kanokwan Panjama, Chaivatid Inkham and Soraya Ruamrungsri.....                                                                                | 1   |
| Effects of Vacuum Cooling on Quality of Organic Pak Choi Grown and Harvested in Dry Season<br>Pedcharada Yusuk, Siwaporn Thumdee, Pichaya Boonprasom Poonlarp, and Danai Boonyakiat.....                                    | 11  |
| Effects of Brassin-like Substance on Yield and Quality of Sweet Corn<br>Siripaj Thagoolsawat and Tanachai Pankasemsuk.....                                                                                                  | 21  |
| Effects of Potassium Fertilizer on Quality and Yield of Sweet Corn in Ngao District, Lampang Province<br>Prapassorn Chalernthai and Choochad Santasup.....                                                                  | 29  |
| Fixation and Release of Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) in Soils Containing 2:1 Clay Minerals<br>Tintong Darunsontaya, Apatsanun Sudcharoen and Wittaya Jindaluang.....                                            | 41  |
| Allelopathic Effect of Co-cultivation of Weeds and Tomato on Destruction of Root-knot Nematode ( <i>Meloidogyne</i> spp.)<br>Jamnian Chompoo, Amonsri Khun-in, Apirat Bundit and Tosapon Pornprom.....                      | 55  |
| Paper Type Bioproduct of Endophytic Actinomycetes for Controlling Bakanae Disease of Riceberry<br>Rice in Seedling Stage<br>Chavalit Tanatip and Kaewalin Kunasakdakul.....                                                 | 67  |
| Diversity of <i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>glycines</i> , the Causal Agent of Bacterial Pustule of Soybean and<br>Specific Primer for Detection<br>Lawan Kladsuwan, Dusit Athinuwat and Sutruedee Prathuangwong..... | 77  |
| Knowledge and Ability of Agricultural Extension Officers in Using Information Technology and Computer,<br>Chiang Rai Agricultural Provincial Extension Office<br>Kanokrat Nuntasan and Wallratat Intaruccomporn.....        | 89  |
| Commercial Rose Production Potential of Farmers in Ban Buak Toey, Mae Rim District, Chiang Mai Province<br>Niramol Lee and Ruth Sirisunyaluck.....                                                                          | 101 |
| Assessment of the Potential to Improve Pre- and Post-harvest Processes in Mango Production in<br>Southern Shan State, Myanmar<br>Johannes Mueller, Matthias Plewa, Vicha Sardsud and Wolfram Spreer.....                    | 111 |
| Changes in Patterns of Prolactin and Estradiol in Native Chicken Expressed Prolonged Incubation Behavior<br>Nattiya Prakobsaeng and Wantanee Polviset.....                                                                  | 123 |
| Effects of Fat Sources on Growth Performance, Serum Cholesterol and Hematology in Broilers<br>Srisuda Sirilaophaisan, Pongsathorn Gunun, Paiwan Panyakaew and Thachaweck Kimprasit.....                                     | 135 |
| Induction of Follicular Development and Ovulation in Thai-native Goat Using Decreasing Dose of FSH with hCG<br>Jaruk Nutthakornkul and Chainarong Navanukraw.....                                                           | 147 |
| Shelf Life Evaluation of Mixed Tea Product from Mulberry Leaf and Fruit Using Accelerated Testing Method<br>Tanakij Thamee, Pilairuk Intipunya and Dussadee Buntam.....                                                     | 157 |

ISSN 0857-0841

