



# วารสารเกษตร

JOURNAL OF AGRICULTURE

วารสารวิชาการของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ปีที่ 39 ฉบับที่ 1 มกราคม - เมษายน 2566

## ความเหมาะสมของวัสดุวางไข่และเทคนิคการเก็บไข่ในการเลี้ยงจิ้งหรีดบ้าน

จิราพัชร ทะสี ปิยะวรรณ สุทธิประพันธ์ และ จิราพร กุลสาริน.....1

## การควบคุมด้วงเมล็ดกาแฟ (*Araecerus fasciculatus*) ด้วยคลื่นความถี่วิทยุ

จิตรลดา จารุหิรัญโรจน์ อรุมา เรืองวงษ์ อังสนา อัครพิศาล

ณัฐรัฐวัฒน์ หมื่นมาณี และ เขียวลักษณ์ จันทร์บาง.....11

## ชีวภัณฑ์จากน้ำกรองเลี้ยงเชื้อแบบไบโอฟิล์มและสปอร์ของ *Streptomyces albus* สายพันธุ์ CEN26

### ในการยับยั้งเชื้อรา *Phytophthora infestans* สาเหตุโรคน้ำไหม้มะเขือเทศ

วิศิษฐ์ เจริญอึ้ง และ เกวลิน คุณาศักดากุล.....23

## แบบจำลองเชิงพรรณนาการมีส่วนร่วมเพื่อการจัดการชลประทาน

### ในพื้นที่คลองฝั่งซ้าย จังหวัดเชียงราย

พัฒนา กายาไชย และ ชาญชัย แสงชโยสวัสดิ์.....37

## ผลของการเสริมฮอร์โมนโพเรเจสเทอโรนหลังการผสมเทียม

### ต่อการตั้งท้องในโครีดนมที่มีปัญหาการผสมซ้ำ

อิทธิพล สักลอ วาที คงบรรทัด อานนท์ ปะเสระกั้ง

วรรณลักษณ์ ทาวร และ วิวัฒน์ พัฒนาวงศ์.....49

## ผลของกากตะกอนอ้อยต่อสมบัติทางเคมีดินบางประการ

### ในกลุ่มชุดดินที่ 35 ของจังหวัดเชียงใหม่

จิราภรณ์ อินทसार ธัญจิตรา สุวรรณพิงคา และ ฉัตรปวีณ์ เดชจิรัตน์ศิริ.....59

## ความหลากหลายทางลักษณะสัณฐานของอ้อย 28 พันธุ์

### จากแหล่งพันธุ์กรรมในประเทศไทย

สุพรรณษา ชินวรรณ พิชัย บุตรสีภูมิ และ อนุพงศ์ วงศ์ตามี.....71

## การประเมินคุณภาพผลและการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก

### ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่มีอาการเนื่อโพรง

จุฑามาส สงวนทรัพย์ อรุมา เรืองวงษ์ พิมพีใจ สีเหนาม

พลกฤษณ์ มณีวระ และ ฉันทลักษณ์ ดิทยาน.....81

## ผลของการให้แสงค้นช่วงกลางวันและอัตราปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตของคัตเตอร์

สุชาณุช ใจปิ่นตา ชัยอาทิตย์ อินคำ กนกวรรณ ปัญจะมา และ ไสระยา ร่วมรังษี.....91

## การขยายพันธุ์พืชสมุนไพรข้าวเย็นเหนียวโดยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

# คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ

## เรื่องที่ต้องพิมพ์

1. เป็นบทความวิจัย บทความปริทัศน์ หรือบทความวิชาการทางด้านเกษตรศาสตร์ และสาขาที่เกี่ยวข้อง
2. ต้องไม่เคยได้รับตีพิมพ์มาก่อน (ต้นฉบับ หรือส่วนหนึ่งส่วนใดของต้นฉบับ) และต้นฉบับต้องไม่ได้อยู่ระหว่างกระบวนการพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารหรือสิ่งตีพิมพ์อื่นใด

## การเตรียมต้นฉบับ

1. **ภาษา** เป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ  
ต้นฉบับบทความภาษาอังกฤษโปรดแนบเอกสารรับรองการพิสูจน์อักษรโดยเจ้าของภาษาหรือสถาบันภาษา (Proofreading by Native English Speaker or English Institute)

## 2. การพิมพ์

- 1) พิมพ์หน้าเดียวบนกระดาษขนาด A4 พิมพ์แนวตั้ง (portrait orientation) ด้วยโปรแกรมไมโครซอฟต์ เวิร์ด (Microsoft Word for Windows) ตัวอักษรใช้ Cordia New โดยทั่วไปใช้ระยะบรรทัดปกติคือ 1 เท่า หรือ Single กำหนดระยะขอบทั้ง 4 ด้าน 1 นิ้ว (2.5 เซนติเมตร) ความยาวต้นฉบับไม่เกิน 10 - 12 หน้า (รวมเอกสารอ้างอิง)
- 2) ชื่อเรื่องให้พิมพ์ด้วยตัวอักษร Cordia New ขนาด 18 points พิมพ์ตัวหนา (bold) และจัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ สำหรับชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ กำหนดให้อักษรตัวแรกของคำให้พิมพ์ด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ (capital letter)
- 3) ชื่อผู้เขียนให้พิมพ์ด้วยตัวอักษร Cordia New ขนาด 15 points พิมพ์ตัวหนา และจัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ
- 4) ที่อยู่และที่อยู่อีเมลของผู้เขียนให้พิมพ์ด้วยตัวอักษร Cordia New ขนาด 12 points พิมพ์ตัวเอียงธรรมดา (normal italic) และจัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ
- 5) บทคัดย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษให้พิมพ์ด้วยตัวอักษร Cordia New ขนาด 14 points พิมพ์ตัวธรรมดา (normal) ยกเว้นเฉพาะคำ บทคัดย่อ และ Abstract ให้พิมพ์ตัวหนา และจัดชิดซ้าย
- 6) เนื้อหาให้พิมพ์ด้วยตัวอักษร Cordia New ขนาด 14 points พิมพ์ตัวธรรมดา (normal)
- 7) หัวข้อหลัก ได้แก่ คำนำ อุปกรณ์และวิธีการ ผลการทดลองและวิจารณ์ สรุป เอกสารอ้างอิง ให้พิมพ์ด้วยตัวอักษร Cordia New ขนาด 16 points พิมพ์ตัวหนา และจัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ
- 8) หัวข้อย่อย ให้พิมพ์ตัวหนาและจัดชิดซ้าย
- 9) คำอธิบายตารางและภาพให้พิมพ์ด้วยตัวอักษร Cordia New ขนาด 14 points พิมพ์ตัวหนา โดยคำอธิบายตารางให้พิมพ์เหนือตารางและจัดชิดซ้าย ส่วนคำอธิบายภาพให้พิมพ์ใต้ภาพและจัดกึ่งกลางหน้า และคำอธิบายตารางและภาพถ้ามีมากกว่าหนึ่งบรรทัดให้เริ่มต้นพิมพ์บรรทัดถัดมาตรงกับข้อความของบรรทัดแรก
- 10) หากมีชื่อวิทยาศาสตร์ปรากฏในบทความ ให้เขียนตามหลักเกณฑ์การเขียนชื่อวิทยาศาสตร์ ในครั้งแรกที่ปรากฏชื่อนี้ให้สะกดเต็ม เช่น *Meloidogyne incognita* และหลังจากนั้นถ้ามีการระบุชื่อนี้ซ้ำให้ย่อชื่อสกุล โดยเขียนเป็น *M. incognita*
- 11) คำว่า *et al.* และ *P* (*P*-value) ให้พิมพ์เอน

## ข้อแนะนำการใช้ภาษา

- 1) ใช้คำศัพท์ตามพจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน และประกาศของราชบัณฑิตยสถาน
- 2) การเขียนชื่อเฉพาะหรือคำแปลจากภาษาต่างประเทศ ควรพิมพ์ภาษาเดิมของชื่อนั้น ๆ ไว้ในวงเล็บในครั้งแรกที่ปรากฏในบทความ โดยพิมพ์เป็นอักษรตัวพิมพ์เล็กทั้งหมด ยกเว้นชื่อเฉพาะให้พิมพ์เฉพาะอักษรตัวแรกเป็นตัวพิมพ์ใหญ่
- 3) ไม่ควรใช้ภาษาต่างประเทศถ้ามีภาษาไทยอยู่แล้ว
- 4) รักษาความสม่ำเสมอในการใช้คำ คำศัพท์ และตัวอย่าง โดยตลอดทั้งบทความ

## การเรียงลำดับหัวข้อ ให้เรียงตามลำดับดังนี้

1. **ชื่อเรื่อง (Title)** ควรสั้น ชัดเจน และต้องสื่อเป้าหมายหลักของงานศึกษาวิจัย ระบุชื่อเรื่องทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ต้นฉบับที่เป็นภาษาไทยให้พิมพ์ชื่อเรื่องเป็นภาษาไทยก่อน แล้วตามด้วยชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ ต้นฉบับที่เป็นภาษาอังกฤษให้พิมพ์ชื่อเรื่องเป็นภาษาอังกฤษก่อน แล้วตามด้วยชื่อเรื่องภาษาไทย
2. **ชื่อผู้เขียน** ใช้ชื่อผู้เขียนเต็มและระบุชื่อผู้เขียนทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ใช้เครื่องหมายดอกจัน (\*) กำกับไว้ที่ท้ายนามสกุลของผู้เขียนที่ติดต่อ (corresponding author)
3. **ที่อยู่ หรือสังกัด** ระบุที่อยู่หรือสังกัดทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ หากที่อยู่หรือสังกัดมีหลายแห่ง ให้พิมพ์ภาษาไทยของที่อยู่หรือสังกัดแห่งแรกก่อนแล้วตามด้วย

ภาษาอังกฤษ จากนั้นพิมพ์ภาษาไทยของที่อยู่หรือสังกัดแห่งที่สองแล้วตามด้วยภาษาอังกฤษ ผู้เขียนมีหลายคนและมีที่อยู่หรือสังกัดแตกต่างกัน ให้ใช้เลขตัวยก (superscript) ที่ต่างกัน กำกับไว้ที่ท้ายนามสกุลของผู้เขียนทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ผู้เขียนคนเดียว หรือหลายคนแต่มีที่อยู่หรือสังกัดเดียวกัน ไม่ต้องใช้เลขตัวยก (superscript) กำกับไว้ที่ท้ายนามสกุลของผู้เขียน ผู้เขียนเป็นนักศึกษา ให้ระบุที่อยู่หรือสังกัดตามหลักสูตรของนักศึกษา บรรทัดถัดจากที่อยู่ ให้พิมพ์ที่อยู่อีเมล (email address) ของผู้เขียนที่ติดต่อ (corresponding author)

4. **บทคัดย่อ (Abstract)** ควรเป็นเนื้อหาที่สั้น ชัดเจนและเข้าใจง่าย รวมเหตุผลในการศึกษาวิจัย อุปกรณ์ วิธีการ ตลอดจนผลการศึกษาและสรุป ระบุบทคัดย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ไม่ควรเกิน 250 คำ ต้นฉบับที่เป็นภาษาไทยให้พิมพ์บทคัดย่อภาษาอังกฤษก่อน แล้วตามด้วยบทคัดย่อภาษาไทย ต้นฉบับที่เป็นภาษาอังกฤษให้พิมพ์บทคัดย่อภาษาไทยก่อน แล้วตามด้วยบทคัดย่อภาษาอังกฤษ ระบุคำสำคัญ (Keywords) ไว้ท้ายบทคัดย่อแต่ละภาษาด้วย คำสำคัญไม่ควรเกิน 5 คำ

## 5. เนื้อหา (Text) ประกอบด้วย

- 5.1 **คำนำ (Introduction)** แสดงความเป็นมาและเหตุผลที่นำไปสู่การศึกษาวิจัย อาจรวมการทบทวนเอกสาร (review of literature) และวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัยไว้ด้วย
- 5.2 **อุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods)** ให้บอกรายละเอียดของวัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ ในการทดลอง ตลอดจนวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติ และแบบจำลองการศึกษาวิจัยที่ชัดเจนและสมบูรณ์
- 5.3 **ผลการทดลองและวิจารณ์ หรือ ผลการศึกษาและวิจารณ์ (Results and Discussion)** ให้บรรยายผลการศึกษาวิจัย พร้อมเสนอข้อมูลในรูปแบบตารางหรือภาพประกอบได้ โดยตารางหรือภาพ รวมทั้งคำอธิบายให้จัดทำเป็นภาษาอังกฤษทั้งหมด ถ้ามีตารางหรือภาพในบทความให้อ้างตารางหรือภาพนั้นในเนื้อหาด้วยโดยใช้เป็นภาษาอังกฤษ เช่น Table หรือ Figure สำหรับการวิจารณ์ ควรเชื่อมโยงกับผลการศึกษาว่า สอดคล้องกับสมมุติฐาน หรือแตกต่างไปจากผลงานวิจัยที่มีผู้รายงานไว้ก่อนหรือไม่อย่างไรและด้วยเหตุใด โดยมีพื้นฐานการอ้างอิงที่เชื่อถือได้
- 5.4 **สรุป (Conclusion)** เป็นการสรุปผลที่ได้รับจากการศึกษาวิจัย อาจมีข้อเสนอแนะ หรือระบุอุปสรรคและแผนงานวิจัยที่จะดำเนินการต่อไป
- 5.5 **กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)** อาจมีหรือไม่มีก็ได้ เป็นการแสดงความขอบคุณแก่ผู้ให้ทุนวิจัย หรือผู้ที่ช่วยเหลือในงานวิจัย แต่ไม่ได้เป็นผู้ร่วมงานวิจัย
- 5.6 **เอกสารอ้างอิง (References)** ให้เรียงเอกสารตามตัวอักษรอังกฤษ

## หลักการอ้างอิงและการเขียนเอกสารอ้างอิง

สืบเนื่องจากวารสารเกษตรมีความประสงค์ที่จะพัฒนาคุณภาพวารสารเพื่อปรับเข้าสู่ฐานข้อมูล ACI (ASEAN Citation Index) ซึ่งมีข้อกำหนดในการจัดทำเอกสารอ้างอิง (reference) โดยต้องจัดทำเป็นภาษาอังกฤษทั้งหมด ทั้งในเนื้อเรื่องและท้ายบทความ โดยหลักการอ้างอิงและการเขียนเอกสารอ้างอิง มีดังนี้

1. **การอ้างอิงในเนื้อเรื่อง** ระบบที่ใช้ในการอ้างอิงคือ ระบบชื่อ และปี (Name-and-year System) ให้ใช้ ชื่อสกุล และปี ค.ศ ดังนี้
  - 1.1 ผู้เขียนมี 1 คน ตัวอย่าง Kubo (2003) รายงานว่า.....หรือ.....(Kubo, 2003)
  - 1.2 ผู้เขียนมี 2 คน ให้ใช้คำว่า and คั่นกลาง ตัวอย่าง Muthita and Kuanprasert (2004) รายงานว่า.....หรือ.....(Muthita and Kuanprasert, 2004)
  - 1.3 ผู้เขียนมีมากกว่า 3 คน ให้ใช้ชื่อคนแรกและตามด้วยคำว่า *et al.* ตัวอย่าง Bukhari *et al.* (2011) รายงานว่า.....หรือ.....(Bukhari *et al.*, 2015)
  - 1.4 กรณีมีหลายรายงานอ้างอิงในเรื่องเดียวกัน ให้เรียงลำดับตามตัวอักษรภาษาอังกฤษ และใช้เครื่องหมายอัฒภาค (;) คั่นกลาง ตัวอย่าง (Bukhari *et al.* (2011); Kubo (2003); Muthita and Kuanprasert (2004))
  - 1.5 กรณีผู้แต่งเดียวกัน และปีพิมพ์เดียวกัน ให้เพิ่มตัวอักษร a b c ต่อท้ายปี ตัวอย่าง Tangtaweewipat *et al.* (2011a).....Tangtaweewipat *et al.* (2011b).....
  - 1.6 กรณีผู้แต่งเดียวกัน แต่ปีพิมพ์ต่างกัน ให้เรียงลำดับตามปีพิมพ์ ตัวอย่าง (Tangtaweewipat *et al.* 2009; Tangtaweewipat *et al.* 2018)

(ดูคำแนะนำการเขียนเอกสารอ้างอิง การส่งต้นฉบับเพื่อตีพิมพ์ และการพิจารณาบทความได้ที่ปกหลังด้านใน)

# วารสารเกษตร

## JOURNAL OF AGRICULTURE

ผู้จัดพิมพ์	คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	Publisher	Faculty of Agriculture, Chiang Mai University
กำหนดการพิมพ์	วารสารราย 4 เดือน (3 ฉบับ/ปี) คือ ฉบับที่ 1 มกราคม-เมษายน ฉบับที่ 2 พฤษภาคม-สิงหาคม ฉบับที่ 3 กันยายน-ธันวาคม	Publication	Tri-annually Issue 1 January-April Issue 2 May-August Issue 3 September-December
วัตถุประสงค์	เพื่อเผยแพร่วิทยาการด้านการเกษตร และสาขาที่เกี่ยวข้อง	Objective	To disseminate academic knowledge in agriculture and related fields
ที่ปรึกษา	คณบดีคณะเกษตรศาสตร์ รองคณบดีฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ	Consultants	Dean, Faculty of Agriculture; Associate Dean for Research and Academic Services
บรรณาธิการ	รศ.ดร. ณัฐา โพธาภรณ์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	Editor	Nuttha Potapohn, Ph.D., Assoc. Prof. Chiang Mai University
รองบรรณาธิการ	ผศ.ดร. ชูชาติ สันทรทรัพย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	Vice Editor	Choochad Santasup, Ph.D., Assist. Prof. Chiang Mai University
กองบรรณาธิการ ฝ่ายวิชาการ	ผศ.ดร. บุศรา ลิ้มนิรันดรกุล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ผศ.ดร. จีรวรรณ กิจชัยเจริญ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ รศ.ดร. ชนากานต์ เทโบลต์ พรหมอุทัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ผศ.ดร. ต่อนภา ผุสดี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ผศ.ดร. ฉันทลักษณ์ ดิยายอน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ผศ.ดร. พิมพ์ใจ สีหะนาม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ผศ.ดร. เขียวลักษณ์ จันทร์บาง มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ผศ.ดร. อรุณา เรืองวงษ์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ผศ.ดร. เสาวลักษณ์ แยมหมื่นอาจ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ผศ.ดร. มินตรา ศีลอุดม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.ดร. มนต์รี แสนวงศ์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	Editorial Board (Academic)	Budsara Limnirankul, Ph.D., Assist. Prof. Chiang Mai University Jirawan Kitchaicharoen, Ph.D., Assist. Prof. Chiang Mai University Chanakan Thebault Prom-u-thai, Ph.D., Assoc. Prof. Chiang Mai University Tonapa Pusadee, Ph.D., Assist. Prof. Chiang Mai University Chantalak Tiyyon, Ph.D., Assist. Prof. Chiang Mai University Pimjai Seehanam, Ph.D., Assist. Prof. Chiang Mai University Yaowaluk Chanbang, Ph.D., Assist. Prof. Chiang Mai University On-Uma Ruangwong, Ph.D., Assist. Prof. Chiang Mai University Saowaluck Yammuen-art, Ph.D., Assist. Prof. Chiang Mai University Mintra Seel-audom, Ph.D., Assist. Prof. Chiang Mai University Montri Sanwangsri, Ph.D. Chiang Mai University

รศ.ดร. พิชญา พูลลาภ	Pichaya Poonlarp, Ph.D., Assoc. Prof.
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	Chiang Mai University
รศ.ดร. รุจ ศิริสัจญ์ลักษณ์	Ruth Sirisunyaluck, Ph.D., Assoc. Prof.
ข้าราชการเกษียณอายุ	Retired government official
รศ.ดร. ไสว บุรณพานิชพันธุ์	Sawai Buranapanichpan, Ph.D., Assoc. Prof.
ข้าราชการเกษียณอายุ	Retired government official
ศ.ดร. จริญญา จันทลักขณา	Charan Chantalakhana, Ph.D., Prof.
ข้าราชการเกษียณอายุ	Retired government official
ศ. ญาณวิทย์ ดร. เมธา วรณพัฒน์	Metha Wanapat, Ph.D., Prof.
มหาวิทยาลัยขอนแก่น	Khon Kaen University
ศ.ดร. อังศุมาลย์ จันทราปัติย์	Angsumam Chandrapatya, Ph.D., Prof.
ข้าราชการเกษียณอายุ	Khon Kaen University
ศ.ดร. สุชีลา เตชะวงศ์เสถียร	Suchila Techawongstien, D.Agr., Prof.
ข้าราชการเกษียณอายุ	Retired government official
ศ.ดร. ธวัชชัย ศุภดิษฐ์	Tawadchai Suppadit, Ph.D., Prof.
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์	National 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.
ข้าราชการเกษียณอายุ	Retired government official
รศ.ดร. เพชรรัตน์ ธรรมเบญจพล	Petcharat Thummabenjapone, Ph.D., Assoc. Prof.
มหาวิทยาลัยขอนแก่น	Khon Kaen University
รศ. บำเพ็ญ เขียวหวาน	Bumpen Keowan, M.S., Assoc. Prof.
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมิกราช	Sukhothai Thammathirat Open University
รศ.ดร. เกரியงค์ดี เม่งอำพัน	Kriangsak Mengumphan, Ph.D., Assoc. Prof.
ข้าราชการเกษียณอายุ	Retired government official
รศ.ดร. ธีรนุช เจริญกิจ	Theeranuch Jaroenkit, 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
กองบรรณาธิการ	Editorial Board
ฝ่ายการจัดการ	(Management)
นางลาลิตยา นุ่มมีศรี	Lalitaya Nummisri
นายมานพ เปี้ยพรรณ	Manop Pearpun
นางสาววันวิสา บุตรอินทร์	Wanvisa Butin

## บทบรรณาธิการ

สวัสดีปีใหม่ 2566 ท่านผู้อ่านทุกท่าน วารสารเกษตรฉบับนี้เป็นฉบับแรกของปีที่ 39 ประจำเดือน มกราคม - เมษายน 2566 ในฉบับนี้ประกอบด้วยบทความทางวิชาการที่มีต้นฉบับเป็นภาษาไทย จำนวน 9 เรื่อง ภาษาอังกฤษ จำนวน 1 เรื่อง ประกอบด้วย สาขาภูมิวิทยา 2 เรื่อง สาขาโรคพืช 1 เรื่อง สาขาการจัดการระบบ ทรัพยากรเกษตร 1 เรื่อง สาขาสัตวศาสตร์ 1 เรื่อง สาขาปฐพีศาสตร์ 1 เรื่อง สาขาพืชไร่ 1 เรื่อง และสาขาพืชสวน 3 เรื่อง

ทางวารสารเกษตร เปิดรับบทความวิชาการทางเกษตร วิทยาศาสตร์เกษตร และสาขาที่เกี่ยวข้อง ผู้ที่สนใจส่งบทความเพื่อตีพิมพ์ในวารสารเกษตร สามารถหาข้อมูลเพิ่มเติมได้จากเว็บไซต์วารสาร <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/joacmu/index> หรือสามารถติดต่อมายังกองบรรณาธิการได้ที่ E-mail : [agjournal22@gmail.com](mailto:agjournal22@gmail.com) ขอให้ทุกท่านรักษาสุขภาพ ส่งผลงานวิจัยมาตีพิมพ์กันนะคะ และพบกันฉบับหน้าค่ะ

รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐา ไพธารณ์

บรรณาธิการวารสารเกษตร



# ความเหมาะสมของวัสดุวางไข่และเทคนิคการเก็บไข่ ในการเลี้ยงจิ้งหรีดบ้าน

## Suitability of Egg Laying Media and Egg Collecting Techniques for House Cricket Farming

จิราพัชร ทะสี ปิยะวรรณ สุทธิประพันธ์ และ จิราพร กุลสาริน\*  
Jiraphat Tasee, Piyawan Suttiaprapan and Jiraporn Kulsarin\*

ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

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

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

(Received: 7 April 2022; Accepted: 6 January 2023)

**Abstract:** The house cricket, *Acheta domesticus* (Linnaeus) is a highly nutritious insect. It has a short life cycle and can increase its population quickly. This research aimed to determine the egg laying capability, the suitable egg laying media, the appropriate moisture content of media for egg laying, and the hatching rates of the house crickets. The result revealed that the house crickets laid more eggs in the nighttime (1,059 eggs) than in the daytime (688 eggs). The total number of eggs during its lifespan was 1,795 eggs. Number of eggs on different egg collecting periods of house crickets between every day period (egg collecting period 9 times) and every other day period (egg collecting period 5 times) were collected during 9 days on coconut coir media. It was found that there were no significant difference in the numbers of eggs laid, 856 and 867 eggs/cricket respectively. The study on different types of egg laying media: peat moss, vermiculite, coconut coir and burnt rice husk revealed that peat moss was the most suitable egg laying media among the others ( $P \leq 0.05$ ) yielding  $38.75 \pm 1.32$ ,  $31.97 \pm 1.62$ ,  $22.12 \pm 2.13$  and  $7.17 \pm 1.81$  percent, respectively. Moisture content of peat moss at different percentages was used 10, 20, 30, 40, 50, 60 and 70 percent. The result showed that the moisture content at 50 percent in peat moss provided the maximum average eggs laid for  $35.18 \pm 1.51$  percent and more than 95 percent of the hatching rate.

**Keywords:** House cricket, *Acheta domesticus*, oviposition, egg laying media, moisture

**บทคัดย่อ:** จิ้งหรีดบ้าน *Acheta domestica* (Linnaeus) เป็นแมลงที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ระยะเวลาในการเลี้ยงสั้น และสามารถเพิ่มปริมาณได้อย่างรวดเร็ว การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการหาความสามารถในการวางไข่ ชนิดวัสดุที่เหมาะสมเพื่อการวางไข่ และความชื้นของวัสดุวางไข่ที่เหมาะสมต่ออัตราการวางไข่และการฟักไข่ของจิ้งหรีดบ้านจากการศึกษาพบว่า จิ้งหรีดบ้านมีอัตราการวางไข่ในช่วงเวลากลางคืน (1,059 ฟอง) ซึ่งสูงกว่าเวลากลางวัน (688 ฟอง) จำนวนไข่ตลอดอายุขัยประมาณ 1,795 ฟอง ในการเปรียบเทียบการเก็บไข่ทุกวัน (จำนวนการวางไข่รวม 9 ครั้ง) กับการเก็บไข่วันเว้นวัน (จำนวนการวางไข่รวม 5 ครั้ง) โดยการวางไข่ทั้ง 2 รูปแบบ ทำในช่วงเวลาเดียวกันเป็นระยะเวลา 9 วัน ในวัสดุรองไข่ขุยมะพร้าว พบว่า จำนวนไข่จิ้งหรีดบ้านไม่มีความแตกต่างกัน โดยจำนวนไข่จิ้งหรีดบ้านที่ได้คือ 856 และ 867 ฟองต่อตัว ตามลำดับ การศึกษาวัสดุวางไข่ พีทมอส เวอร์มิคูไลท์ ขุยมะพร้าว และ แกลบเผาพบว่า พีทมอสเป็นวัสดุที่เหมาะสมสำหรับให้จิ้งหรีดบ้านวางไข่มากกว่าวัสดุอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) โดยมีเปอร์เซ็นต์การวางไข่ในวัสดุเท่ากับ  $38.75 \pm 1.32$ ,  $31.97 \pm 1.62$ ,  $22.12 \pm 2.13$  and  $7.17 \pm 1.81$  เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบการวางไข่ในพีทมอสที่ระดับความชื้น 10, 20, 30, 40, 50, 60 และ 70 เปอร์เซ็นต์ พบว่า พีทมอสที่ 50 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นมีอัตราการวางไข่เฉลี่ยสูงสุด  $35.18 \pm 1.51$  เปอร์เซ็นต์ และมีอัตราการฟักออกจากไข่มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์

**คำสำคัญ:** จิ้งหรีดบ้าน *Acheta domestica* การวางไข่ วัสดุวางไข่ ความชื้น

## บทนำ

ในปี พ.ศ. 2559 องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) รายงานสถานการณ์การขาดแคลนอาหารของโลกมีแนวโน้มรุนแรงขึ้นจากปัญหาการเพิ่มขึ้นของประชากรและสภาวะโลกร้อน การเลี้ยงแมลงเพื่อเป็นอาหารจึงเป็นแนวทางลดปัญหาการขาดแคลนอาหารในอนาคตได้ (Halloran et al., 2017) จิ้งหรีดเป็นแมลงกินได้ (Edible insects) ชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพเป็นแหล่งโปรตีนของประชากรโลกสำหรับประเทศไทยมีพัฒนาการเลี้ยงจิ้งหรีดเพื่อเป็นแมลงสำคัญทางเศรษฐกิจ จึงกำหนดมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มจิ้งหรีด (มกษ. 8202-2560) (National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards, 2017) เพื่อเป็นมาตรฐานการผลิตจิ้งหรีดที่มีคุณภาพในการบริโภคและส่งออกต่างประเทศในรูปแบบจิ้งหรีดสดแช่แข็งและการแปรรูปจิ้งหรีดเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ (Smanmit, 2002) ในประเทศไทยมีจิ้งหรีดทั้งหมด 24 ชนิด (Pongpiriyakit, 2004) โดยหนึ่งในชนิดที่ได้รับการรับรองจากมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มจิ้งหรีด และเป็นชนิดที่เกษตรกรนิยมเลี้ยง

เป็นอาชีพอเสริมสร้างรายได้ (Chuamuangphan et al., 2007) คือจิ้งหรีดบ้านหรือจิ้งหรีดสะตั้ง *Acheta domestica* (Linnaeus) มีระยะการเจริญเติบโต 45 - 60 วัน จิ้งหรีดเพศเมีย 1 ตัว สามารถวางไข่ 1,200 - 1,800 ฟอง (Khunthong, 2018) จิ้งหรีดเพศเมียเริ่มวางไข่หลังจากได้รับการผสมพันธุ์ 3 - 5 วัน ซึ่งวัสดุวางไข่ต้องผ่านการทำความสะอาดฆ่าเชื้อก่อนนำมาใช้วางไข่จิ้งหรีด (Hanboonsong and Durst, 2020) โดยทั่วไปในการวางไข่จิ้งหรีดเกษตรกรมักใช้ดินทราย ดินร่วนปนทราย ดินร่วนผสมขุยมะพร้าว ขุยมะพร้าวสับละเอียด หรือแกลบเผา พรมน้ำให้ชุ่มเพื่อให้จิ้งหรีดวางไข่ (Srisa-ard and Wannapho, 2014) ทั้งนี้ ความชื้นของวัสดุวางไข่มีผลต่อการดูดซึมน้ำของไข่จิ้งหรีดในระยะแรกมาก ซึ่งโดยทั่วไปไข่จิ้งหรีดดูดซึมน้ำได้ 60 - 120 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักไข่แรกเริ่ม แต่หากความชื้นของวัสดุเพาะไม่เหมาะสมอาจทำให้ไข่จิ้งหรีดฝ่อ (Masaki and Walker, 1987) และไม่สามารถฟักเป็นตัวอ่อนได้ ดังนั้น การศึกษาความสามารถในการวางไข่ และชนิดวัสดุวางไข่ที่เหมาะสม ตลอดจนความชื้นที่เหมาะสมต่ออัตราการวางไข่และการฟักไข่ของจิ้งหรีดบ้าน จึงมีความจำเป็นและสำคัญอย่างยิ่ง



ในการพัฒนาการเลี้ยงจิ้งหรีดบ้าน เพื่อเป็นแมลง  
สำคัญทางเศรษฐกิจต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการศึกษาในช่วงเดือนพฤษภาคม  
ถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2562 ณ โรงเรียนปฏิบัติการ  
สาขาวิชาที่วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
พระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร

### การเตรียมการสำหรับการศึกษา

การเตรียมจิ้งหรีดบ้าน นำไข่จิ้งหรีดบ้านจาก  
ฟาร์มที่ไม่มีประวัติการเกิดโรคระบาดในจิ้งหรีดของ  
เกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีดในจังหวัดเชียงใหม่ เพาะเลี้ยง  
จนกระทั่งจิ้งหรีดบ้านเข้าสู่ระยะตัวอ่อนวัยที่ 8 หรือ  
ระยะเลื้อยก็ คัดแยกเพศผู้และเพศเมียที่มีความสมบูรณ์  
แข็งแรง และมีความว่องไว แยกกล่องเลี้ยง เมื่อจิ้งหรีด  
บ้านลอกคราบเข้าสู่ระยะตัวเต็มวัยจึงคัดแยกใช้  
ในการทดลองต่อไป

### 1. การศึกษาการวางไข่และช่วงเวลาในการ วางไข่ของจิ้งหรีดบ้าน

1.1 ศึกษาการวางไข่ตลอดอายุขัยโดยนำ  
จิ้งหรีดบ้านที่ผ่านการลอกคราบเข้าสู่ตัวเต็มจำนวน 1 คู่  
ทั้งหมด 50 คู่ ใส่ในกล่องเพาะเลี้ยงขนาดกว้าง x ยาว x  
สูง : 18 x 26 x 10 เซนติเมตร จัดวางภาชนะให้น้ำ  
ถาดอาหาร และกล่องพลาสติกสำหรับวางไข่ (ความหนา  
ของขุยมะพร้าว 1.6 เซนติเมตร) ขนาดกว้าง x ยาว x  
สูง : 5 x 7 x 3 เซนติเมตร ให้จิ้งหรีดบ้านวางไข่ 24  
ชั่วโมง ตั้งแต่วันแรกที่ลอกคราบเข้าสู่ระยะตัวเต็มวัย  
จนกระทั่งหมดอายุขัย โดยทำการเปลี่ยนวัสดุวางไข่  
จิ้งหรีดวันละ 2 ครั้ง ในเวลา 08.00 น. และ 20.00 น.  
แยกไข่จิ้งหรีดออกจากวัสดุวางไข่ บันทึกจำนวนไข่  
จิ้งหรีดบ้านทุกวัน

1.2 การศึกษาระยะเวลาในการวางไข่ที่  
เหมาะสมมีวัตถุประสงค์เพื่อลดแรงงานในการเก็บ  
ไข่จิ้งหรีด โดยเปรียบเทียบการเก็บไข่ทุกวันกับการเก็บ  
ไข่วันเว้นวัน โดยการเก็บไข่ทุกวัน ทำการวางวัสดุวางไข่

ในเวลา 20.00 น. แล้วเก็บวัสดุวางไข่ออกในเวลา 08.00  
น. ทุกวันเป็นระยะเวลา 9 วัน (เก็บไข่จำนวน 9 ครั้ง)  
ในขณะที่การเก็บไข่วันเว้นวันทำการวางวัสดุวางไข่  
ในวันแรกเวลา 20.00 น. แล้วเก็บวัสดุวางไข่ออกใน  
เวลา 08.00 น. แล้วเว้นระยะไว้ 1 วัน (ไม่ใส่วัสดุวางไข่ใน  
กล่องเลี้ยง) แล้วดำเนินการเช่นเดียวกัน (เก็บไข่วันเว้นวัน  
จำนวน 5 ครั้ง ในระยะเวลา 9 วัน) จำนวน 4 คู่ จากการ  
เปรียบเทียบการเก็บไข่ทั้ง 2 รูปแบบพบว่าจิ้งหรีดบ้าน  
สามารถวางไข่ได้ทุกวัน แต่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่มี  
วัสดุวางไข่ทำให้จิ้งหรีดบ้านมีพฤติกรรมการชะลอ  
การวางไข่ จากสมมติฐานข้างต้น ทำการศึกษาโดยนำ  
จิ้งหรีดบ้านที่ผ่านการลอกคราบเข้าสู่ระยะตัวเต็มวัย  
เพศเมีย 5 ตัว เพศผู้ 5 ตัว ใส่ในกล่องเพาะเลี้ยงขนาด  
กว้าง x ยาว x สูง : 36 x 36 x 22 เซนติเมตร ภายใน  
กล่องเลี้ยงมีภาชนะให้อาหารและท่อพีวีซีให้น้ำ หลังจาก  
ให้จิ้งหรีดบ้านผสมพันธุ์เป็นเวลา 5 วัน จึงวางกล่อง  
พลาสติกสำหรับวางไข่ขนาดกว้าง x ยาว x สูง : 7 x 10 x  
5 เซนติเมตร (ความหนาของขุยมะพร้าว 1.6 เซนติเมตร)  
ในกล่องเลี้ยง บันทึกผลการศึกษาโดยเก็บตัวอย่างไข่  
บ่มในกล่องคลุมด้วยผ้าเพื่อรักษาความชื้นวางไว้ที่  
อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 - 36 ชั่วโมง คัดแยกไข่ออก  
จากวัสดุวางไข่บันทึกจำนวนรวมของไข่จิ้งหรีดบ้าน  
ที่ได้จากการเก็บไข่ทุกวัน และการเก็บไข่วันเว้นวัน  
นำจำนวนรวมไข่จิ้งหรีดบ้านทั้ง 2 รูปแบบวิเคราะห์ผล  
ทางสถิติ ด้วยวิธี Paired Samples t-test

### 2. การศึกษาชนิดของวัสดุวางไข่ที่เหมาะสม ต่อการวางไข่และฟักไข่ของจิ้งหรีดบ้าน

นำจิ้งหรีดบ้านเพศผู้และเพศเมียที่ลอกคราบ  
เข้าสู่ระยะตัวเต็มวัยภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง  
คัดเลือกจิ้งหรีดบ้านที่มีลักษณะ สมบูรณ์ ขนาดใหญ่  
แข็งแรง ว่องไว ในอัตราส่วนจิ้งหรีดเพศเมียต่อจิ้งหรีด  
เพศผู้ 1 : 1 จำนวนรวม 80 ตัว ใส่ในกล่องทดลองขนาด  
36 x 36 x 22 เซนติเมตร ภายในกล่องเลี้ยงมีภาชนะ  
ให้อาหารและท่อพีวีซีให้น้ำ หลังจากให้จิ้งหรีดบ้าน  
ผสมพันธุ์เป็นเวลา 5 วัน จึงวางกล่องพลาสติกสำหรับ  
วางไข่ขนาดกว้าง x ยาว x สูง : 7 x 10 x 5 เซนติเมตร  
ที่บรรจุวัสดุวางไข่ที่แตกต่างกัน 4 กรรมวิธี กรรมวิธีละ

4 ซ้ำ ได้แก่ แกลบเผา ขุยมะพร้าว พีทมอส และ เวอร์มิคูไลท์ นำวัสดุวางไข่ โดยบรรจุวัสดุวางไข่ทั้ง 4 ชนิด ที่ผสมน้ำสะอาดอัตรา 1 : 1 ใส่ในภาชนะให้มีความหนาประมาณ 1.6 เซนติเมตร ให้จิ้งหรีดบ้านวางไข่วันละ 1 ครั้ง ครั้งละ 15 ชั่วโมง ช่วงเวลา 17.00 - 08.00 น. และบันทึกผลการศึกษาโดยเก็บตัวอย่างไข่บ่มในกล่องคลุมด้วยผ้าเพื่อรักษาความชื้นวางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 - 36 ชั่วโมง คัดแยกไข่ออกจากวัสดุวางไข่ บันทึกจำนวนไข่จิ้งหรีดบ้านที่ได้จากวัสดุวางไข่ใน 4 กรรมวิธี

จากนั้นนำไข่จิ้งหรีดบ้านที่ผ่านการนับแล้วในแต่ละกรรมวิธี แยกเก็บรักษาหรือบ่มไว้ในกล่องพลาสติกที่มีฝาปิด วางไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 10 วัน เพื่อให้ตัวอ่อนของจิ้งหรีดบ้านฟักออกจากไข่นับจำนวนจิ้งหรีดบ้านระยะแรกฟักในวัสดุวางไข่ที่แตกต่างกัน 4 ชนิด การวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) และเปรียบเทียบจำนวนตัวอ่อนที่ได้ด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD)

### 3. การศึกษาผลของความชื้นวัสดุวางไข่ต่อการวางไข่และฟักไข่ของจิ้งหรีดบ้าน

ทำการคัดแยกจิ้งหรีดบ้านเพศผู้และเพศเมียที่ลอกคราบเข้าสู่ระยะตัวเต็มวัยภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง โดยคัดเลือกจิ้งหรีดบ้านที่มีลักษณะ สมบูรณ์ ขนาดใหญ่ แข็งแรง และว่องไว ในอัตราส่วนจิ้งหรีดเพศเมียต่อจิ้งหรีดเพศผู้ 1 : 1 จำนวนรวม 100 ตัว ใส่ในกล่องทดลองขนาด 36 x 36 x 22 เซนติเมตร ภายในกล่องเลี้ยงมีภาชนะให้อาหารและท่อพีวีซีให้น้ำ หลังจากให้จิ้งหรีดบ้านผสมพันธุ์เป็นเวลา 5 วัน จึงวางกล่องพลาสติกสำหรับวางไข่ขนาดกว้าง x ยาว x สูง : 7 x 10 x 5 เซนติเมตร ภายในบรรจุวัสดุวางไข่บับละเอียดและร่อนด้วยตะแกรงขนาดตาข่ายขนาด 250 ไมครอน และผ่านการอบลมร้อนด้วยตู้อบลมร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำวัสดุวางไข่ผสมน้ำสะอาดเพื่อปรับความชื้นให้มีความชื้นแตกต่างกัน ทั้งหมด 7 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 4 ซ้ำ ได้แก่ 10, 20, 30, 40, 50, 60 และ 70 เปอร์เซ็นต์ โดยบรรจุวัสดุวางไข่แต่ละชนิด

ให้มีความหนาประมาณ 1.6 เซนติเมตร ให้จิ้งหรีดบ้านวางไข่วันละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 15 ชั่วโมง ช่วงเวลา 17.00 - 08.00 น. และบันทึกผลการศึกษา โดยเก็บตัวอย่างไข่บ่มในกล่องคลุมด้วยผ้าเพื่อรักษาความชื้นวางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 - 36 ชั่วโมง คัดแยกไข่ออกจากวัสดุวางไข่ บันทึกจำนวนไข่จิ้งหรีดบ้าน ที่ได้จากวัสดุวางไข่ที่มีความชื้นแตกต่างกัน 7 กรรมวิธี

จากนั้นนำไข่จิ้งหรีดบ้านที่ผ่านการนับแล้วในแต่ละกรรมวิธี แยกเก็บรักษาหรือบ่มไข่จิ้งหรีดบ้านในกล่องพลาสติกที่มีฝาปิด วางไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 10 วัน เพื่อให้ตัวอ่อนของจิ้งหรีดบ้านฟักออกจากไข่ นับจำนวนจิ้งหรีดบ้านระยะแรกฟักในวัสดุวางไข่ที่ความชื้นเริ่มต้นแตกต่างกัน 7 กรรมวิธี การวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) และเปรียบเทียบจำนวนตัวอ่อนที่ได้ ด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD)

### ผลการศึกษาและวิจารณ์

**ลักษณะและพฤติกรรมการผสมพันธุ์ของจิ้งหรีดบ้าน**  
จิ้งหรีดบ้านเมื่อฟักออกเป็นตัวอ่อนมีรูปร่างลักษณะคล้ายคลึงกับจิ้งหรีดบ้านตัวเต็มวัย ตัวอ่อนของจิ้งหรีดเมื่อลอกคราบครั้งที่ 7 มีตุ่มปีก (wing pads) ปรากฏขึ้นมีลักษณะคล้ายใส่เสื่อ กักเรียกจิ้งหรีดระยะนี้ว่ากักใหญ่ (Figure 1a) เมื่อจิ้งหรีดบ้านระยะกักใหญ่ลอกคราบเข้าสู่ระยะตัวเต็มวัย (Figure 1b) สามารถแยกเพศของจิ้งหรีดโดยใช้ลักษณะการมีหรือไม่มีอวัยวะวางไข่ของเพศเมีย ปรากฏออกมาได้ (Huber *et al.*, 1998) โดยจิ้งหรีดเพศผู้มีปีกคู่หน้าเพื่อใช้ทำให้เกิดเสียงดังดูดเพศเมีย จิ้งหรีดเพศเมียมีปีกคู่หน้าเรียบและมีอวัยวะวางไข่ยาวแหลมคล้ายเข็มยื่นออกมาจากส่วนท้อง การผสมพันธุ์จิ้งหรีดเพศผู้ยื่นอวัยวะสืบพันธุ์ส่งน้ำเชื้อที่ไปเก็บสำรองน้ำเชื้อในตัวเพศเมีย (Figure 1c) หลังจากนั้นถุงน้ำเชื้อของเพศผู้ฟ่อลง แล้วตัวเมียใช้ขาเขี่ยถุงน้ำเชื้อทิ้ง จิ้งหรีดเพศเมียที่ได้รับการผสมพันธุ์แล้วใช้อวัยวะวางไข่แทงลงไปวัสดุวางไข่ (Figure 1d) เพื่อวางไข่

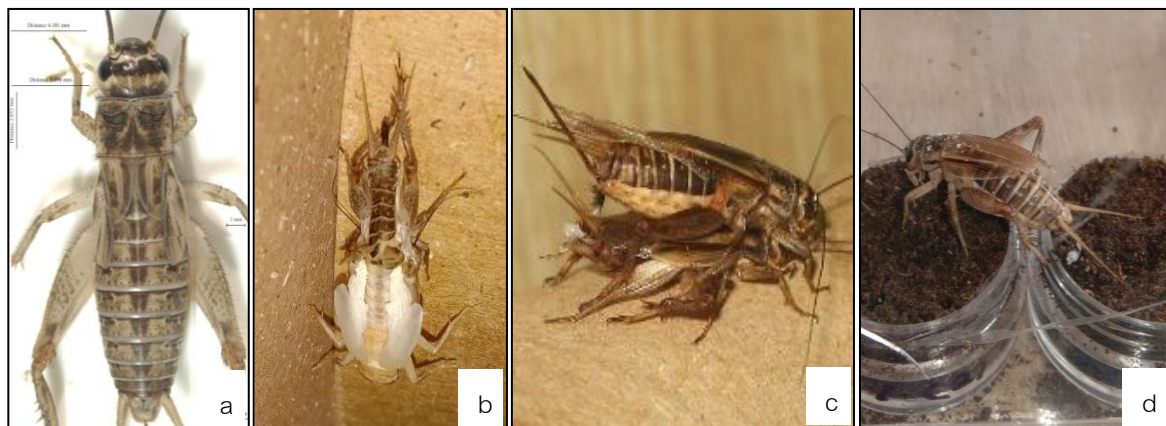


Figure 1. The 7<sup>th</sup> stage nymph (a), Molting (b) Mating (c) and Egg laying (d) of house cricket, *Acheta domesticus* (Linnaeus)

## 1. การศึกษาการวางไข่และช่วงเวลาในการวางไข่ของจิ้งหรีดบ้าน

1.1 การวางไข่ของจิ้งหรีดบ้านตั้งแต่เข้าสู่ระยะตัวเต็มวัยจนหมดอายุขัยเป็นระยะเวลาเฉลี่ย 47 วัน มีจำนวนไข่เฉลี่ย 1,795 ฟองต่อตัว มีการวางไข่ในช่วงเวลากลางคืน (เวลา 20.00 - 08.00 น.) มีจำนวนไข่เฉลี่ย 1,059 ฟอง ซึ่งสูงกว่าเวลากลางวัน (เวลา 08.00 - 20.00 น.) ที่มีจำนวนไข่เฉลี่ย 688 ฟอง โดยพบไข่ของจิ้งหรีดบ้านในวัสดุวางไข่หลังจากจิ้งหรีดบ้านลอกคราบเป็นตัวเต็มวัยได้ 6 วัน ซึ่งมีจำนวนไข่เฉลี่ยค่อนข้างสูง (48 ฟองต่อตัว) (Figure 2) หลังจากนั้นจำนวนไข่เฉลี่ยของจิ้งหรีดบ้านมีทั้งลดลง และเพิ่มขึ้น รวมถึงไม่มีการวางไข่ในบางช่วงเวลา สอดคล้องกับการวางไข่ของจิ้งหรีดชนิดอื่น ๆ เช่น *Gryllus texensis*, *Teleogryllus commodus* และ *Gryllus bimaculatus* (Jansom, 2020; Shoemaker *et al.*, 2006; Sturm, 2010) และมีความสอดคล้องกับรายงานทางวิชาการที่กล่าวว่าจิ้งหรีดเริ่มผสมพันธุ์หลังจากลอกคราบเป็นตัวเต็มวัยประมาณ 3 - 5 วัน โดยพฤติกรรมการผสมพันธุ์ของจิ้งหรีด คือ จิ้งหรีดเพศผู้เสียดสีปีกให้เกิดเสียง เพื่อเรียกจิ้งหรีดเพศเมียเข้ามาผสมพันธุ์ โดยจิ้งหรีดมีการผสมพันธุ์หลายครั้งทุก ๆ 2 - 3 สัปดาห์ ตลอดฤดูการวางไข่ จิ้งหรีดเพศเมียจะเริ่มวางไข่หลังจากผสมพันธุ์แล้ว 3 - 4 วัน (หลังลอกคราบเป็นตัวเต็มวัย 8 - 10 วัน) (Ek-amnuay, 2013) และ (Khunthong, 2018)

จิ้งหรีดเพศเมียแต่ละตัววางไข่เฉลี่ย 1,747.78 ฟอง (Jamjanya *et al.*, 2004) ซึ่งในการกำหนดระยะเวลาที่ใช้ในการวางไข่ช่วยให้จิ้งหรีดมีอัตราการฟักออกจากไข่สูงและฟักออกจากไข่ในเวลาใกล้เคียงกัน จึงเป็นวิธีการทางเลือกที่สามารถลดปัญหาเรื่องความแตกต่างของวัยจิ้งหรีดได้

1.2 การศึกษาระยะเวลาในการวางไข่ที่เหมาะสมโดยเปรียบเทียบการเก็บไข่จิ้งหรีดบ้านทุกวันจำนวนรวม 9 ครั้ง กับการเก็บไข่จิ้งหรีดบ้านวันเว้นวันจำนวนรวม 5 ครั้ง ในช่วงเวลาเดียวกันเป็นระยะเวลา 9 วัน พบว่า ในช่วงเวลาเดียวกันของการวางไข่ในแต่ละครั้ง จำนวนไข่จากการเก็บไข่วันเว้นวันมีจำนวนไข่มากกว่าการเก็บไข่ทุกวัน (Figure 3) และจากผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของจำนวนรวมไข่จิ้งหรีดบ้าน โดยเปรียบเทียบการเก็บไข่จิ้งหรีดทุกวันกับการเก็บไข่จิ้งหรีดบ้านวันเว้นวัน โดยวิธีวิเคราะห์ผลทางสถิติแบบ Paired Samples t-test พบว่า จำนวนไข่รวมของจิ้งหรีดบ้านทั้งสองวิธีไม่มีความแตกต่างกัน ( $t = -0.52$ ,  $df = 3$ ) (Table 1) ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่าการเก็บไข่จิ้งหรีดบ้านแบบวันเว้นวันสามารถลดการใช้แรงงานของเกษตรกรและช่วยลดต้นทุนด้านวัสดุวางไข่จิ้งหรีดได้ เนื่องจากการเก็บไข่จิ้งหรีดทุกวันต้องใช้วัสดุวางไข่มากกว่าการเก็บไข่วันเว้นวันเป็นจำนวนถึง 2 เท่า ของการเก็บไข่วันเว้นวัน

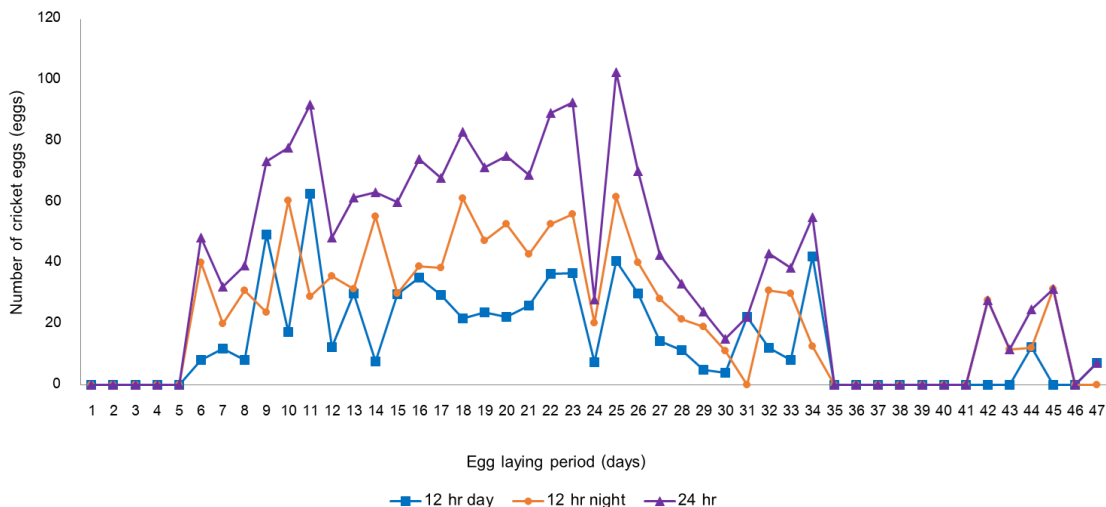


Figure 2. The fecundity rate of female house cricket adult in insectary during day, night and all day (temperature at 28.56 °C and 70.00 %RH)

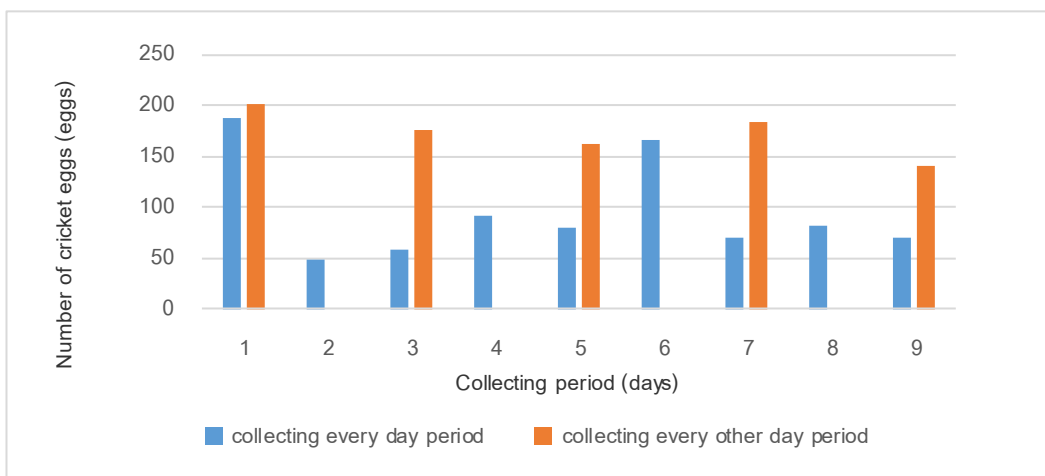


Figure 3. The number of house cricket, *Acheta domesticus* (Linnaeus) collecting in every day period versus collecting every other day period. (29.62 °C, 72.83 %RH)

Table 1. Total number of the house cricket, *Acheta domesticus* (Linnaeus) collecting in every day period versus collecting every other day period (29.62 °C, 72.83 %RH)

Collecting pattern (eggs)	Mean	S.D.	df	t	p
Collecting every day period	855.5	36.23	3	-0.52	0.63
Collecting every other day period	866.5	18.41			

Using a paired t-test to compare the average number of house cricket eggs

## 2. การศึกษาชนิดของวัสดุวางไข่ที่เหมาะสมต่อการวางไข่และฟักไข่ของจิ้งหรีดบ้าน

จากการสังเกตลักษณะของวัสดุวางไข่หลังจากผสมน้ำ พบว่า วัสดุวางไข่ขุยมะพร้าวและพีทมอสมีความร่วนซุยไม่จับตัวเป็นก้อนแต่ในวัสดุวางไข่แกลบเผาและเวอร์มิคูไลท์มีการจับตัวเป็นก้อนเมื่อนำวัสดุวางไข่ทั้ง 4 ชนิดใส่ในกล่องทดลองจิ้งหรีดบ้านเพศเมียมีพฤติกรรมเดินสำรวจวัสดุวางไข่ก่อนใช้อวัยวะวางไข่ (ovipositor) แทงลงในวัสดุวางไข่ในแนวเฉียง ไข่ที่วางลงในวัสดุรองไข่มีการเรียงตัวเป็นกลุ่ม ๆ (Figure 4) จำนวนไข่ของจิ้งหรีดบ้านที่วางในวัสดุที่แตกต่างกัน พบว่า วัสดุวางไข่พีทมอส มีจำนวน

ไข่มากที่สุดคิดเป็น  $38.75 \pm 1.32$  เพอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) กับการใช้เวอร์มิคูไลท์ ขุยมะพร้าว และแกลบเผา ที่มีจำนวนไข่ของจิ้งหรีดบ้านเท่ากับ  $31.97 \pm 1.62$ ,  $22.12 \pm 2.13$  และ  $7.17 \pm 1.81$  เพอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สรุปได้ว่าพีทมอสมีความเหมาะสมสำหรับใช้เป็นวัสดุวางไข่ให้กับจิ้งหรีดบ้าน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Kayikananta and Sakwattanakamchron (2002) รายงานว่า จิ้งหรีดทองดำเพศเมียชอบวางไข่บนดินปลูกลงไม้ ซึ่งพีทมอสที่ใช้ในการศึกษาข้างต้นมีลักษณะทางกายภาพใกล้เคียงกับดินปลูกลงไม้ ทำให้จิ้งหรีดบ้านมีการวางไข่มากกว่าวัสดุชนิดอื่น ๆ

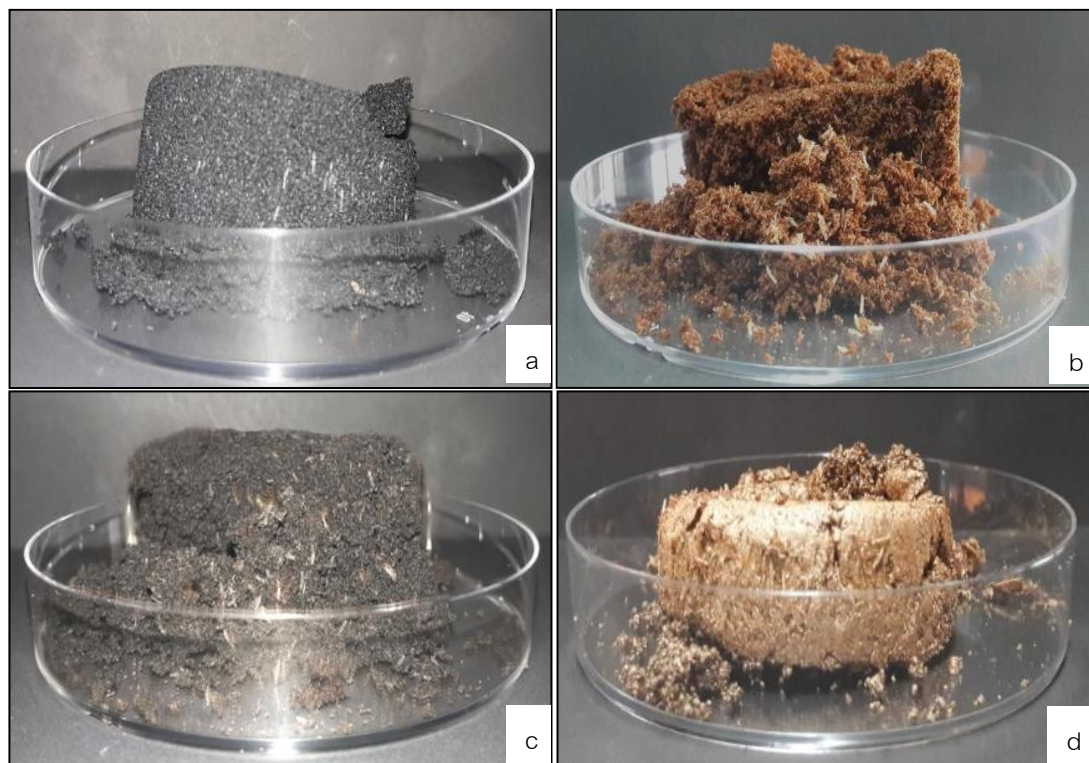


Figure 4. Characteristics of different egg laying media and number of eggs of house cricket, *Acheta domestica* (Linnaeus); Burnt rice husk (a), Coconut husks (b), Peat moss (c), Vermiculite (d)

หลังจากบ่มไข่จิ้งหรีดบ้านในกล่องพลาสติกเป็นเวลา 10 วัน ตัวอ่อนจิ้งหรีดบ้านสามารถฟักออกจากไข่ได้ในวัสดุวางไข่ทุกกรรมวิธี โดยมีอัตราการฟักออกจากไข่เป็นตัวอ่อนในวัสดุวางไข่แกลบเผา ขุยมะพร้าว พีทมอส และเวอร์มิคูไลท์ 96 - 97 เปอร์เซ็นต์ (Table 2)

### 3. ความชื้นของวัสดุวางไข่ที่มีผลต่อการวางไข่และฟักไข่ของไข่จิ้งหรีดบ้าน

จากการศึกษาความชื้นที่เหมาะสมในวัสดุวางไข่ทั้ง 7 กรรมวิธี ในพีทมอสที่มีความชื้นแตกต่างกัน คือ 10, 20, 30, 40, 50, 60 และ 70 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ในกรรมวิธีที่วัสดุวางไข่ที่มีความชื้น 50 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนไข่จิ้งหรีดบ้านเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ  $35.18 \pm 1.51$  เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) กับจำนวนไข่ที่รองด้วยวัสดุวางไข่ที่มีความชื้น 10, 20, 30, 40, 60 และ 70 เปอร์เซ็นต์ โดยมีจำนวนเฉลี่ยของไข่จิ้งหรีดบ้านเท่ากับ  $0.12 \pm 0.03$ ,  $1.46 \pm 0.36$ ,  $7.69 \pm 1.09$ ,  $24.37 \pm 1.43$ ,  $29.31 \pm 2.59$  และ  $1.86 \pm 0.63$  เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 3)

หลังจากบ่มไข่จิ้งหรีดบ้านที่อยู่ในวัสดุวางไข่ที่มีความชื้นแตกต่างกัน 7 กรรมวิธี ในกล่องพลาสติกที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 วัน พบว่า ไข่จิ้งหรีดบ้านสามารถฟักออกเป็นตัวอ่อนในวัสดุวางไข่ที่มีความชื้น 20, 30, 40, 50, 60 และ 70 เปอร์เซ็นต์ ได้เป็นส่วนใหญ่ โดยในวัสดุวางไข่ที่มีความชื้น 50 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการฟักออกจากไข่เป็นตัวอ่อนจิ้งหรีดบ้านสูงที่สุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $96.35 \pm 0.19$  เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความ

แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) กับวัสดุวางไข่ที่มีความชื้น 10, 20, 30, 40, 60 และ 70 เปอร์เซ็นต์ ที่มีค่าเฉลี่ยของอัตราการฟักออกจากไข่เป็นตัวอ่อนจิ้งหรีดบ้านเท่ากับ  $0.00 \pm 0.00$ ,  $6.64 \pm 3.15$ ,  $29.30 \pm 3.00$ ,  $86.20 \pm 4.29$ ,  $89.45 \pm 1.59$  และ  $64.65 \pm 4.00$  เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 3) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Hayslip (1943) ที่กล่าวว่า ไข่จิ้งหรีดดูดซับน้ำในระหว่างการพัฒนาและเพิ่มขนาดมากถึง 25 เปอร์เซ็นต์ ก่อนฟักออกจากไข่ ดังนั้นในวัสดุวางไข่ที่มีความชื้น 10 - 30 เปอร์เซ็นต์ จึงมีอัตราการฟักออกจากไข่ต่ำ

เมื่อพิจารณาผลการศึกษารายงานพบว่า การใช้วัสดุวางไข่ที่ระดับความชื้น 50 เปอร์เซ็นต์ เป็นความชื้นที่เหมาะสมที่สุดในการวางไข่และการฟักออกจากไข่ของจิ้งหรีดบ้าน วัสดุวางไข่ที่ระดับความชื้น 40 และ 60 เปอร์เซ็นต์ เป็นระดับความชื้นที่อยู่ในช่วงยอมรับได้ เนื่องจากมีจำนวนไข่และอัตราการฟักออกจากไข่สูง แต่ในวัสดุวางไข่ที่ระดับความชื้น 10 - 30 และ มากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ เป็นระดับที่ส่งผลให้จิ้งหรีดมีภาวะเครียดจากสภาพที่ไม่เหมาะสมในการวางไข่ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ de Farias-Martins *et al.* (2017) ที่รายงานว่าความชื้นของวัสดุวางไข่เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้จิ้งหรีดวางไข่ โดยพบว่า วัสดุวางไข่ที่มีความชื้นประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ และสูงกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ เล็กน้อยมีการวางไข่ของจิ้งหรีดจำนวนมาก แตกต่างจากระดับความชื้นอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กรณีที่ความชื้นต่ำกว่านี้ จิ้งหรีดมีการวางไข่ในระดับที่ลดลงไปจากวัสดุวางไข่

Table 2. The average egg number and hatching rate of house crickets *Acheta domesticus* (Linnaeus) eggs laid in different egg laying media

Egg laying media type	Average egg number <sup>1</sup> (%)	Hatching rate <sup>1</sup> (%)
Burnt rice husk	$7.17 \pm 1.81^d$	$96.39 \pm 3.93^a$
Coconut coir	$22.12 \pm 2.13^c$	$97.35 \pm 1.22^a$
Peat moss	$38.75 \pm 1.32^a$	$96.76 \pm 1.37^a$
Vermiculite	$31.97 \pm 1.62^b$	$97.64 \pm 1.77^a$
CV (%)	0.78	3.61

<sup>1</sup> Means followed by the same letter within a column are not significantly different according to LSD test ( $P \leq 0.05$ )

Table 3. The average egg number and hatching rate of house crickets, *Acheta domesticus* (Linnaeus) comparing among different moisture contents of peat moss

Egg laying media moisture (%)	Average egg number (%)	Hatching rate (%)
10	0.12±0.03 <sup>e</sup>	0.00±0.00 <sup>f</sup>
20	1.46±0.36 <sup>e</sup>	6.64±3.15 <sup>e</sup>
30	7.69±1.09 <sup>d</sup>	29.30±3.00 <sup>d</sup>
40	24.37±1.43 <sup>c</sup>	86.20±4.29 <sup>b</sup>
50	35.18±1.51 <sup>a</sup>	96.35±0.19 <sup>a</sup>
60	29.31±2.59 <sup>b</sup>	89.45±1.59 <sup>b</sup>
70	1.86±0.63 <sup>e</sup>	64.65±4.00 <sup>c</sup>
CV (%)	1.99	4.15

<sup>1</sup> Means followed by the same letter within a column are not significantly different according to LSD test ( $P \leq 0.05$ )

### สรุป

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า จิ้งหรีดบ้านมีการวางไข่ในช่วงเวลากลางคืน (1,059 ฟอง) ซึ่งสูงกว่าเวลากลางวัน (688 ฟอง) จำนวนไข่ตลอดอายุขัยประมาณ 1,795 ฟอง จากการเปรียบเทียบจำนวนไข่ระหว่างการเก็บไข่จิ้งหรีดบ้านทุกวัน จำนวนรวม 9 ครั้งกับการเก็บไข่จิ้งหรีดบ้านวันเว้นวัน จำนวนรวม 5 ครั้งในช่วงเวลาเดียวกันเป็นระยะเวลา 9 วัน พบว่า จำนวนรวมของไข่จิ้งหรีดบ้านไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยการเก็บไข่จิ้งหรีดบ้านทุกวัน มีจำนวนไข่ 856 ฟอง และการเก็บไข่จิ้งหรีดบ้านวันเว้นวัน มีจำนวนไข่ 867 ฟอง สำหรับการศึกษานิตของวัสดุวางไข่ที่เหมาะสม ได้แก่ 1) แกลบเผา 2) ขุยมะพร้าว 3) พีทมอส และ 4) เวอร์มิคูไลท์ พบว่า จิ้งหรีดบ้านวางไข่ในวัสดุพีทมอสมากที่สุดคิดเป็น  $38.75 \pm 1.32$  เปอร์เซ็นต์ และการใช้พีทมอสที่มีความชื้น 50 เปอร์เซ็นต์ เป็นวัสดุวางไข่ที่พบจำนวนไข่จิ้งหรีดบ้านเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ  $35.18 \pm 1.51$  เปอร์เซ็นต์ และมีอัตราการฟักออกจากไข่มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยภายใต้โครงการพัฒนาฟาร์มต้นแบบการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดคุณภาพในภาคเหนือ

### เอกสารอ้างอิง

- Chuamuangphan, B., W. Wongphathanakul and P. Pongdontri. 2007. Analyses of oil and fatty acid contents of cricket (*Gryllus* sp.) for commercial raising. *KKU Science Journal* 35(1): 88-94. (in Thai)
- de Farias-Martins, F., C.F. Sperber, D. Albeny-Simões, J.A. Breaux, M. Fianco and N. Szinwelski. 2017. Forest litter crickets prefer higher substrate moisture for oviposition: Evidence from field and lab experiments. *PLoS ONE* 12(10): e0185800, doi: 10.1371/journal.pone.0185800.
- Ek-amnuay, P. 2013. Keeping Crickets. Plus Press Co., Ltd., Bangkok. 40 p. (in Thai)

- Halloran, A., Y. Hanboonsong, N. Roos and S. Bruun. 2017. Life cycle assessment of cricket farming in north-eastern Thailand. *Journal of Cleaner Production* 156: 83-94.
- Hanboonsong, Y. and P. Durst. 2020. Guidance on sustainable cricket farming – A practical manual. (Online). Available: <https://doi.org/10.4060/cb2446en> (December 1, 2020). (in Thai)
- Hayslip, N.C. 1943. Notes on biological studies of mole crickets at Plant City, Florida. *Florida Entomologist* 26(3): 33-46.
- Huber, F., T.E. Moore and W. Loher. 1989. Cricket Behavior and Neurobiology. Cornell University Press, New York. 329 p.
- Jamjanya, T., C. Thavornanukulkit and P. Uttamavatin. 2004. Production of edible insects to economic and community nutrition: Crickets. Research report. Khon Kaen University, Khon Kaen. 39 p. (in Thai)
- Jansom, T. 2020. The effect of different diets on the growth, reproductive rate and protein content of the two-spotted cricket (*Gryllus bimaculatus* de Geer). M.S Thesis. Kasetsart University, Bangkok. 101 p. (in Thai)
- Kayikananta, L. and C. Sakwattanakanchron. 2002. Biological study on crickets for developing rearing management. pp. 341-349. *In: Proceedings of the Forestry Conference 2002*. Royal Forestry Department, Bangkok. (in Thai)
- Khunthong, Y. 2018. Wealthy with Insects. MaeBan Co., Ltd., Bangkok. 111 p. (in Thai)
- Masaki, S. and T.J. Walker. 1987. Crickets life cycles. *Evolutionary Biology* 21: 349 - 423.
- National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards. 2017. Good agricultural practices for cricket farm. (Online). Available: [www.acfs.go.th/news/docs/acfs\\_20-02-60\\_03.pdf](http://www.acfs.go.th/news/docs/acfs_20-02-60_03.pdf) (October 9, 2018). (in Thai)
- Pongpiriyakit, P. 2004. Biodiversity and ecology of crickets in western region of Thailand. M.S. Thesis. Kasetsart University, Kampaeng Saen Campus, Nakhon Pathom. 101 p. (in Thai)
- Shoemaker, K.L., N.M. Parsons and S.A. Adamo. 2006. Egg-laying behavior following infection in the cricket *Gryllus texensis*. *Canadian Journal of Zoology* 84(3): 412-418.
- Smanmit, A. 2002. Crickets – a product. *Food Journal* 32(1): 3-5. (in Thai)
- Srisa-ard, A. and T. Wannapho. 2014. Cricket Raising for Making Plenty of Money. Naka Inter Media Co., Ltd., Bangkok. 144 p. (in Thai)
- Sturm, R. 2010. Life time egg production in females of the cricket *Teleogryllus commodus* Walker 1869 (Insecta: Orthoptera): Experimental results and theoretical predictions. *Linzer Biologische Beiträge* 42(1): 803-815.
-



# การควบคุมด้วงเมล็ดกาแฟ (*Araecerus fasciculatus*) ด้วยคลื่นความถี่วิทยุ

## Control of Coffee Bean Weevil (*Araecerus fasciculatus*) Using Radio Frequency

จิตรลดา จารุหิรัญโรจน์<sup>1</sup> อรอุมา เรืองวงษ์<sup>1</sup> อังสนา อัครพิศาล<sup>1</sup>  
ณัฐรัฐวัฒน์ หมื่นมาณี<sup>2,3</sup> และ เขาวลัักษณ์ จันทร์บ่าง<sup>1,2,3\*</sup>

Chittlada Charuhirunroch<sup>1</sup>, On-Uma Ruangwong<sup>1</sup>, Angsana Akarapisan<sup>1</sup>,  
Nadthawat Muenmanee<sup>2,3</sup> and Yaowaluk Chanbang<sup>1,2,3\*</sup>

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

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

<sup>2</sup>ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

<sup>2</sup>Postharvest Technology Research Center, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

<sup>3</sup>ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กองส่งเสริมและประสานเพื่อประโยชน์ทางวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

สำนักงานปลัดกระทรวง กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กรุงเทพฯ 10400

<sup>3</sup>Postharvest Technology Innovation Center, Science, Research and Innovation Promotion and Utilization Division,

Office of Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation 10400, Thailand

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

(Received: 1 June 2022; Accepted: 26 October 2022)

**Abstract:** The coffee bean weevil, *Araecerus fasciculatus* (Coleoptera: Anthribidae), is an important insect pest of Arabica and Robusta coffee green bean during storage which caused unacceptable damage affected to coffee bean standards. In experiment 1, the radio frequency efficacy (RF) at 27.12 MHz was examined for controlling coffee bean weevil in Arabica green bean using 55 °C for 90 seconds on the egg, larval, pupal, and adult stages. The result showed that adult mortality was the least (46.43 ± 1.82 %) and significantly different ( $P < 0.05$ ) to those mortalities of egg (100 %), larval (100 %) and pupal (97.35 ± 0.83 %) stages, respectively. So, in the adult stage, the coffee bean weevil was the most tolerant to RF heat treatment. In experiment 2, the combination of RF heat treatments at 55, 60, 65 and 70 °C for 60, 90, 120 and 150 seconds (16 treatments) were treated on the adult of coffee bean weevil infested on green bean. No RF-treatment was set as the untreated control in each stage. The result revealed that adults exposed to 70 °C for 60 seconds caused 100 % mortality and there was no progeny production. On the treatment with RF at 60 °C for 150 seconds and at 65 and 70 °C for 60, 90, 120 and 150 seconds, the surviving adults exposed to RF heat treatments could not produce their progeny production.

**Keywords:** Coffee bean weevil, radio frequency, green bean coffee, heat treatment

**บทคัดย่อ:** ตัวแมลงศัตรูกาแฟ *Araecerus fasciculatus* (Coleoptera: Anthribidae) จัดเป็นแมลงศัตรูกาแฟที่สำคัญ เข้าทำลายเมล็ดกาแฟอะราบิกาและโรบัสตาในระหว่างการเก็บรักษา และทำให้ผลผลิตสารกาแฟเสียหายไม่เป็นไปตามมาตรฐาน การทดลองครั้งนี้เป็นการใช้คลื่นความถี่วิทยุ (radio frequency, RF) ควบคุมตัวแมลงศัตรูกาแฟที่เข้าทำลาย กาแฟอะราบิกา ในการทดลองที่ 1 ทดสอบใช้คลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 90 วินาทีกับตัวแมลงศัตรูกาแฟในระยะไข่ หนอน ดักแด่ และตัวเต็มวัย พบว่า ตัวแมลงศัตรูกาแฟระยะตัวเต็มวัยมีการตาย น้อยที่สุดเท่ากับ  $46.43 \pm 1.82$  เปอร์เซ็นต์ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) จากระยะไข่ หนอน และ ดักแด่ ซึ่งมีการตายเท่ากับ 100.00, 100.00 และ  $97.35 \pm 0.83$  เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังนั้นตัวแมลงศัตรูกาแฟระยะ ตัวเต็มวัยเป็นระยะที่ทนทานต่อการควบคุมด้วยการใช้พลังงานคลื่นความถี่วิทยุมากที่สุดใน การทดลองที่ 2 ทำ การทดลองใช้คลื่นความถี่วิทยุในการควบคุมตัวแมลงศัตรูกาแฟในระยะตัวเต็มวัย ซึ่งเป็นระยะที่ทนทานที่สุด ในระดับ อุณหภูมิ 55, 60, 65 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60, 90, 120 และ 150 วินาที (16 กรรรมวิธี) และเปรียบเทียบกับ ชุดควบคุมที่ไม่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ พบว่า คลื่นความถี่วิทยุที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 60 วินาที สามารถ ทำให้ตัวแมลงศัตรูกาแฟระยะตัวเต็มวัยตายอย่างสมบูรณ์ (100 เปอร์เซ็นต์) และ ไม่สามารถให้รุ่นลูก (F<sub>1</sub>) ส่วนในกรรรมวิธี ที่ใช้คลื่นความถี่วิทยุที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 150 นาที และที่ระดับความร้อน 65 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60, 90, 120 และ 150 นาที พบว่า ตัวแมลงศัตรูกาแฟที่รอดจากการสัมผัสคลื่นวิทยุดังกล่าวมีสภาพไม่สมบูรณ์ ไม่สามารถให้รุ่นลูกได้ในสารกาแฟ

**คำสำคัญ:** ตัวแมลงศัตรูกาแฟ คลื่นความถี่วิทยุ สารกาแฟ การใช้ความร้อน

## คำนำ

กาแฟเป็นพืชเครื่องดื่มที่นิยมอย่างกว้างขวาง ในปัจจุบัน และยังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ Office of Agricultural Economics (2021) ได้รายงานผลผลิตของ กาแฟทั้งโรบัสตา (*Coffea canephora*) และอะราบิกา (*Coffea arabica* L.) ที่ปลูกในประเทศไทยมีผลผลิต ประมาณ 21,773 ตัน แบ่งเป็นสายพันธุ์โรบัสตามี ผลผลิตประมาณ 12,682 ตัน มีแหล่งที่สำคัญอยู่ใน ภาคใต้ ได้แก่ ชุมพร ระนอง และสุราษฎร์ธานี ส่วน สายพันธุ์อะราบิกามีผลผลิตประมาณ 9,090 ตัน โดย แหล่งปลูกที่สำคัญอยู่ในภาคเหนือ เช่น จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ ลำปาง และแม่ฮ่องสอน อุปสรรคที่มีผล ทำให้กาแฟอะราบิกามีผลผลิตลดลง เนื่องจากสภาพ อากาศที่แปรปรวน และยังพบปัญหาการทำลายของ โรคและแมลงศัตรูกาแฟตั้งแต่ทั้งในแปลงปลูกจนถึง โรงเก็บผลผลิต ตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพเมล็ด กาแฟอะราบิกาของ National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards (2018) ยอมรับให้ มีการพบรูกจากการเข้าทำลายจากแมลงคือ มอดเจาะ

ผลกาแฟ (*Hypothenemus hampei*) ได้ ร้อยละ 5 โดยมวล และไม่เกิน 2 รูก/เมล็ดกาแฟกะลา โดยปกติแล้วกาแฟ เซอร์รี่มีการสุกแก่ และเก็บเกี่ยวช่วงเดียว (ตุลาคมถึง กุมภาพันธ์) ต่อปี และนำผลผลิตมาใช้ตลอดปี การเก็บ รักษา กาแฟ จึงมีระยะเวลายาวนาน แมลงศัตรูที่สำคัญ ที่พบเข้าทำลาย กาแฟระหว่างการเก็บรักษา คือตัวแมลงศัตรูกาแฟซึ่งเข้าทำลายทั้งเมล็ดกาแฟอะราบิกาและ โรบัสตา แมลงชนิดนี้ทำลายเมล็ดให้เสียหายจากร่องรอยการกินทำให้ผลผลิตนั้นไม่เป็นไปตามมาตรฐาน ของเมล็ดกาแฟอะราบิกา โดย National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards (2018) ระบุว่า เมล็ดกาแฟที่ได้มาตรฐานต้องไม่พบร่องรอย การทำลายจากตัวแมลงศัตรูกาแฟ

ตัวแมลงศัตรูกาแฟ (coffee bean weevil), *Araecerus fasciculatus* (Coleoptera: Anthribidae) เพศเมียวางไข่ เป็นฟองเดี่ยว ลักษณะกลมรี ส่วนหัวและท้ายมี ลักษณะมน ตัวเต็มวัยเพศเมียกัดกินเมล็ดให้เป็นรู จากนั้นวางไข่และปิดรูด้วยสารเหนียว เมื่อหนอนฟัก ออกจากไข่ อาศัยและเจริญเติบโตภายในเมล็ดกาแฟ หลังจากลอกคราบครั้งสุดท้าย เข้าระยะดักแด้ยังคง

อาศัยอยู่ภายในเมล็ด เมื่อครบกำหนดพัฒนาเป็นตัวเต็มวัย ด้วงเมล็ดกาแฟออกจากเมล็ด บริเวณที่ถูกกัดเป็นรูมีขนาดเท่าลำตัวของแมลง (Kengkanpanich *et al.*, 2018) Wintgens (2004) รายงานว่าด้วงเมล็ดกาแฟที่เจริญเติบโตในเมล็ดกาแฟ พบว่า ระยะไข่ใช้เวลา 5 - 7 วัน ระยะหนอนใช้เวลา 46 - 66 วัน ระยะดักแด้ใช้เวลา 6 - 9 วัน และระยะก่อนการวางไข่ 4 - 5 วัน โดยวงจรชีวิตของด้วงเมล็ดกาแฟตั้งแต่ระยะไข่จนถึงตัวเต็มวัยใช้เวลา 61 - 87 วัน ด้วงเมล็ดกาแฟเป็นศัตรูที่เข้าทำลายเมล็ดพืชหลายชนิดหลังการเก็บเกี่ยว ทำให้เมล็ดที่ทำการเก็บรักษามีความเสียหายเป็นอย่างมาก นอกจากแมลงจะเข้าทำลาย โกลี และกาแฟแล้ว ยังสามารถเข้าทำลายผลผลิตได้อีกหลายชนิด เช่น สนุดำ มันสำปะหลัง ถั่วลิสง และมะละกอบนต้น (Caasi-Lit and Lit, 2011; Eduku *et al.*, 2018; Wu *et al.*, 2011) นอกจากนี้พบว่า สามารถเข้าทำลายกระเทียมในโรงเก็บ โดยระยะหนอนกัดกินภายในหัวกระเทียมทำให้กระเทียมฝ่อ (Chaisri and Suttiprapan, 2015) จึงทำให้เป็นหนึ่งในแมลงศัตรูที่สำคัญทางเศรษฐกิจในโรงเก็บผลผลิต

ในการป้องกันกำจัดด้วงเมล็ดกาแฟในระหว่างการเก็บรักษา การใช้สารกำจัดแมลงโดยการรมด้วยฟอสฟิน เน้นการรักษาความสะอาดโรงเก็บ อุปกรณ์ และเครื่องมือเครื่องใช้ต่าง ๆ มีการระบายอากาศให้ถ่ายเท ควบคุมความชื้นเมล็ดให้เหมาะสมสม่ำเสมอ และการใช้ความร้อนกำจัดแมลง (Kengkanpanich *et al.*, 2018) ในปัจจุบันพบว่า มีงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้พลังงานคลื่นความถี่วิทยุ (radio frequency, RF) เพื่อกำจัดศัตรูพืชต่าง ๆ ในผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวแพร่หลายมากขึ้น (Mitcham *et al.*, 2004; Wang *et al.*, 2003, 2010; Wang and Tang, 2004) อีกทั้งยังพบว่าการใช้คลื่นวิทยุในการทดสอบให้มีประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับชนิดและความชื้นในผลผลิตที่ต้องการทดสอบ ซึ่งมีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการดูดซับพลังงานที่คลื่นความถี่วิทยุให้ไปและระดับของอุณหภูมิในส่วนของผลผลิต แสดงเห็นถึงประสิทธิภาพของวิธีการควบคุมศัตรูพืชด้วยการใช้คลื่นความถี่วิทยุ ซึ่งเป็นทางเลือกในการควบคุมแมลงศัตรูในโรงเก็บ ลด

ปัญหาผลกระทบจากสารเคมีทางเกษตรตกค้างในสิ่งแวดล้อม

คลื่นความถี่วิทยุ เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่อยู่ในช่วงระหว่าง 3 kHz - 300 MHz ส่วนคลื่นความถี่วิทยุที่มีการนำมาประยุกต์ใช้อยู่ที่คลื่นความถี่ประมาณ 13.56, 27.12 และ 40.68 MHz (Ling *et al.*, 2015) ในทางการเกษตรได้นำคลื่นความถี่วิทยุมาใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูโรงเก็บ ซึ่งเป็นการใช้ความร้อนที่เกิดจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าส่งสะท้อนเสียดสีในชั้นโมเลกุล ต่อมาเกิดการสะสมพลังงานและมีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในตัววัตถุอย่างรวดเร็ว (Jojo and Mahendran, 2013; Nelson, 1973) คลื่นความถี่วิทยุอาศัยการถ่ายเทความร้อนโดยการพา (convection heating) ผ่านอากาศพาไปที่ผิววัตถุ แทรกเข้าไปภายในเนื้อวัตถุ (Pornchalurmping and Rattanapanone, 2016) อย่างรวดเร็วและสม่ำเสมอมีผลทำให้แมลงตาย ณ ระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกันไป

งานวิจัยใช้คลื่นความถี่วิทยุกำจัดแมลงศัตรูโรงเก็บที่ทดสอบในประเทศไทย พบว่ามีศักยภาพในการควบคุมกลุ่มแมลงศัตรูข้าวที่กัดกินภายในเมล็ด ได้แก่ มอดหัวบวม (*Rhizopertha dominica*) (Sumetha, 2009) ด้วงวงงข้าว (*Sitophilus oryzae*) (Wangspa *et al.*, 2015) ด้วงวงงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) (Faikrajaypuan *et al.*, 2011) และมีเสี้ยนข้าวเปลือก (*Sitotroga cerealella*) (Buapud *et al.*, 2012) เป็นต้น ในผลผลิตกาแฟ ซึ่งเมล็ดกาแฟ หรือสารกาแฟ (green bean) มักพบแมลงศัตรูกาแฟจากแปลงติดไประหว่างการเก็บเกี่ยว เคลื่อนย้ายเมล็ดและการเก็บรักษา ได้แก่ มอดเจาะผลกาแฟ (*H. hampei*) ในสหรัฐอเมริกา จัดให้เป็นแมลงที่สำคัญและแพร่กระจายไปกับสารกาแฟเมื่อทำการขนส่งผลผลิตกาแฟไปที่ต่าง ๆ (Jaramillo *et al.*, 2010) ในการกำจัดมอดเจาะผลกาแฟ ที่ติดไปกับการขนส่ง (Pan *et al.*, 2012) ด้วยคลื่นความถี่วิทยุที่ระดับ อุณหภูมิ 48 องศาเซลเซียส ประมาณ 10 นาที พบว่า คุณภาพของสารกาแฟยังคงอยู่ในสภาพที่ยอมรับได้ เปรียบเทียบกับการให้ลมร้อนเพื่อกำจัดแมลงที่ระดับอุณหภูมิเดียวกัน และใช้เวลามากกว่า 237 นาที อย่างไรก็ตามการใช้ความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ

เกี่ยวกับด้วงเมธิดกาแพในสารกาแพยังพบน้อยมากในการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการทดสอบใช้คลื่นความถี่วิทยุควบคุมด้วงเมธิดกาแพในสารกาแพ

## อุปกรณ์และวิธีการ

### การเพาะเลี้ยงและเตรียมด้วงเมธิดกาแพเพื่อใช้ในการทดลอง

เตรียมสารกาแพ ประมาณ 200 กรัม ใส่ในกล่องเลี้ยงแมลงขนาด 15 x 21 x 6 เซนติเมตร ที่ฝากล่องเจาะรูปิดด้วยผ้าตาข่าย จากนั้นนำตัวเต็มวัยของด้วงเมธิดกาแพ (*A. fasciculatus*) ซึ่งมีการเก็บตัวอย่างมาจากโรงเก็บเมธิดกาแพของเกษตรกรในพื้นที่ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ มาใส่ในกล่องเลี้ยงแมลงจำนวน 100 ตัว ปล่อยให้ประมาณ 5 วัน เพื่อให้ตัวเมียวางไข่ จากนั้นนำเมธิดกาแพซึ่งมีไข่ของด้วงเมธิดกาแพ ที่แยกตัวเต็มวัยออกแล้วนำมาเก็บที่อุณหภูมิห้อง (28 - 32 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ เพื่อจำลองการเก็บภายใต้สภาวะโรงเก็บ รอจนกระทั่งพัฒนาเป็นระยะหนอน ระยะดักแด้ และตัวเต็มวัยใช้เวลาประมาณ 50 - 87 วันจากนั้นทำการคัดแยกด้วงเมธิดกาแพตัวเต็มวัยที่มีอายุไม่เกิน 2 สัปดาห์นำมาใช้ในการทดลอง

### การเปรียบเทียบระยะการเจริญเติบโตของด้วงเมธิดกาแพที่ทนทานต่อการใช้คลื่นความถี่วิทยุ

#### การเตรียมด้วงเมธิดกาแพระยะไข่

ปล่อยให้ด้วงเมธิดกาแพตัวเต็มวัย ประมาณ 100 ตัว ลงในขวดโหลเลี้ยงแมลงซึ่งบรรจุสารกาแพเช่นเดียวกับการเลี้ยงเพิ่มปริมาณโดยปล่อยให้แมลงวางไข่เป็นเวลา 5 วัน จากนั้นร่อนตัวเต็มวัยออก และคัดแยกสารกาแพที่มีการวางไข่ของด้วงเมธิดกาแพได้ทำการคัดแยกภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ นำเมธิดกาแพที่มีไข่ ซึ่งจะมีลักษณะเป็นขุยที่ผิวเมธิดกาแพ ไปทดสอบ โดยนำสารกาแพที่มีด้วงเมธิดกาแพเริ่มจากระยะไข่ 30 ตัว (30 เมธิด) ใส่ลงภาชนะเทพลอนหนา 0.5 เซนติเมตร รูปทรงกระบอกขนาดเส้น

ผ่านศูนย์กลาง 16 เซนติเมตร และสูง 5 เซนติเมตรที่บรรจุสารกาแพ 400 กรัม ปิดสนิทด้วยแผ่นอลูมิเนียม นำไปผ่านคลื่นความถี่วิทยุ โดยเครื่องกำเนิดคลื่นความถี่วิทยุชื่อ Sairem ปรับปรุงโดย Institute of Agriculture Engineering, University of Gottingen, Germany ที่ 27.12 MHz อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วินาที จากนั้นนำสารกาแพและด้วงเมธิดกาแพที่ผ่านกรรมวิธีต่าง ๆ เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (28 - 32 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ โดยปรับสภาพความชื้นด้วยสารละลายเกลือโซเดียม-คลอไรด์อิ่มตัว ทำการเตรียมสารกาแพที่มีแมลงระยะไข่ซึ่งไม่ได้นำไปปรับความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ เป็นชุดควบคุม หลังจากนั้นตรวจนับการตายของแมลงระยะไข่โดยประเมินจากแมลงที่รอดชีวิตหลังจากผ่านคลื่นความถี่วิทยุ เป็นเวลา 49 วัน แล้วนำข้อมูลที่ได้คำนวณหาอัตราการตาย จากจำนวนแมลง (ไข่) ทั้งหมดหักลบด้วยจำนวนแมลงที่รอด คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การตาย หากพบการตายในชุดควบคุม นำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์การตายโดยใช้ Abbott's formula (Abbott, 1925) วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของ อัตราการตายของแมลง และเปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี least significant difference (LSD)

#### การเตรียมด้วงเมธิดกาแพระยะหนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย

ทำการทดสอบกับด้วงเมธิดกาแพในระยะหนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย โดยคัดเลือกแมลงตั้งแต่ระยะหนอน ดักแด้ หลังจากที่มีแมลงวางไข่ เป็นเวลา 28 - 32 วัน และ 53 - 54 วัน ตามลำดับ คัดเลือกเมธิดกาแพที่มีแมลงระยะหนอน และดักแด้จากการสังเกตรอยทำลายบนเมธิดกาแพ จำนวน 30 ตัว (เมธิด) ใส่พร้อมกับเมธิดกาแพปกติที่ระดับความชื้นเมธิด 16 เปอร์เซ็นต์ จนครบ 400 กรัม และนำไปผ่านคลื่นความถี่วิทยุ ทำเช่นเดียวกันกับระยะไข่

ในระยะตัวเต็มวัย ใช้ด้วงเมธิดกาแพที่ออกเป็นตัวเต็มวัย (ระยะเวลาจากไข่ถึงตัวเต็มวัย ประมาณ 60 - 62 วัน ในสภาพความชื้นเมธิดกาแพ 16 เปอร์เซ็นต์ อายุไม่เกิน 2 สัปดาห์ โดยร่อนแยกแมลง

ตัวเต็มวัยออกจากเมล็ดด้วยตะแกรงร่อนขนาด 3.0 มิลลิเมตร นำด้วงเมล็ดกาแฟ 30 ตัว ใส่รวมกับสารกาแฟ 400 กรัม เช่นเดียวกันกับกรรมวิธีที่ทดสอบกับ ระยะเวลา 1 หนอน และดักด้ว้ ทุกระยะการเจริญเติบโต มีชุดควบคุมทุกระยะ ทำการทดลอง 4 ซ้ำ นำข้อมูลการตายของแมลงในแต่ละระยะที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอัตราการตายของแมลงแต่ละระยะ โดยวิธี LSD

**การศึกษาเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการใช้คลื่นความถี่วิทยุในการควบคุมด้วงเมล็ดกาแฟในระยะหนาน**

นำด้วงเมล็ดกาแฟในระยะที่หนานที่สุดที่เป็นผลมาจากการทดลองแรก จำนวน 30 ตัว บรรจุในภาชนะเพปลอนพร้อมกับสารกาแฟ นำมาผ่านคลื่นความถี่วิทยุที่ความถี่ 27.12 MHz ที่อุณหภูมิ 55, 60, 65 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60, 90, 120 และ 150 วินาที (4 x 4 กรรมวิธี) เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ วางแผนการทดลองแบบ factorial design ทำการทดลองทั้งหมด 4 ซ้ำ จากนั้นนำด้วงเมล็ดกาแฟ และสารกาแฟที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุในอุณหภูมิ และระยะเวลาต่าง ๆ มาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง หากระยะหนานเป็นระยะไข่ ระยะหนอน หรือระยะดักด้ว้ ทำการตรวจนับเมื่อระยะต่าง ๆ นั้นพัฒนาเป็นระยะตัวเต็มวัย แต่ถ้าระยะตัวเต็มวัยเก็บเป็นระยะเวลา 7 วัน จึงทำการตรวจนับ และคำนวณจำนวนด้วงเมล็ดกาแฟที่ตายจากการผ่านคลื่นความถี่วิทยุ

นำด้วงเมล็ดกาแฟที่เหลือรอดจากการผ่านคลื่นความถี่วิทยุ ย้ายลงในขวดโหลแก้วบรรจุสารกาแฟเดิม (50 กรัม) และเพิ่มให้ครบ 400 กรัม และตรวจนับแมลงรุ่นลูกหลังการปล่อยด้วงเมล็ดกาแฟตัวเต็มวัยเป็นเวลา 7 สัปดาห์ นับอัตราการตาย และจำนวนด้วงเมล็ดกาแฟรุ่นลูก วิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยอัตราการตายของด้วงเมล็ดกาแฟด้วยวิธี LSD

### ผลการทดลองและวิจารณ์

**ลักษณะการเจริญเติบโตของด้วงเมล็ดกาแฟบนสารกาแฟ**

ด้วงเมล็ดกาแฟ (Figure 1a, b) เมื่อเข้าทำลายสารกาแฟพบร่องรอยการทำลายทำให้เมล็ดกาแฟเป็นรูเสียหายซึ่งเกิดจากการกิน โดยระยะหนอนเจริญเติบโตในเมล็ดและเข้าดักด้ว้ จากนั้นพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยในเมล็ดกาแฟ ตัวเต็มวัยที่ออกจากดักด้ว้ หลังการผสมพันธุ์ มีการวางไข่ที่ผิวเมล็ดกาแฟ (สารกาแฟ) โดยปกติผิวสารกาแฟ (Figure 2a) อาจมีรอยยุบเล็กน้อย (Figure 2b) แตกต่างจากเมล็ดที่มีด้วงเมล็ดกาแฟมาวางไข่ ซึ่งผิวเมล็ดเป็นหลุมยุบลงไป ผิวเมล็ดมีความอ่อนนุ่มและเป็นขุย มีผงละเอียดบนผิวเมล็ดกาแฟ (Figure 2c) ซึ่งภายในหากมีการเจาะเปิดขุยผงออก พบไข่ของด้วงเมล็ดกาแฟ (Figure 2d) อยู่ภายใน เมื่อเก็บรักษาเมล็ดที่มีไข่ไว้ประมาณ เวลา 28 - 32 วัน และ 53 - 54 วัน โดยแมลงได้พัฒนาไปเป็นหนอน และตัวเต็มวัย ตามลำดับ (Figure 3) ซึ่งผิวเมล็ดกาแฟที่มีหนอนของด้วงเมล็ดกาแฟอาศัยอยู่ ขุยผงของเมล็ดกาแฟเพิ่มมากขึ้น (Figure 3a) ซึ่งมีหนอนอยู่ภายใน (Figure 3b)



Figure 1. Coffee bean weevil *Araecerus fasciculatus* (a) and infested coffee bean (green bean) (b)

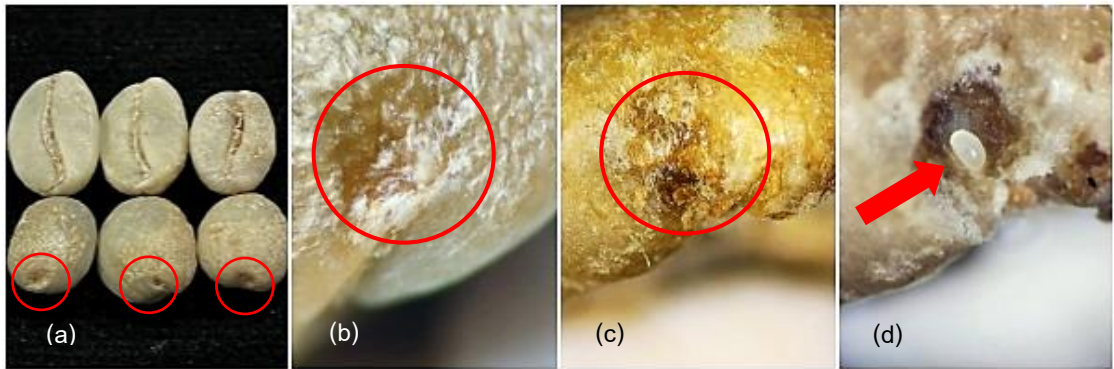


Figure 2. Arabica green bean coffee: normal green bean shown embryo in the red circle (a), normal green bean with an embryo ridge with concave surface (b), an egg of coffee bean weevil (*Araecerus fasciculatus*) covered with fine dust around the hole in embryo ridge (c) and an egg of coffee bean weevil after opening the egg hole at the same embryo ridge (d)

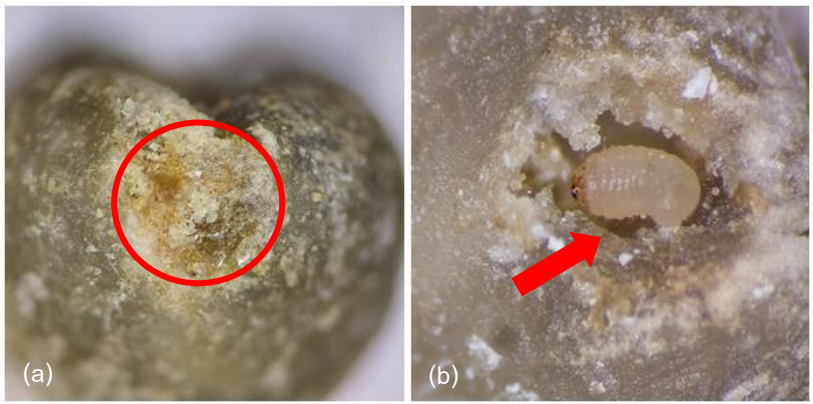


Figure 2. An egg hole of coffee bean weevil on green bean (a) and a larva of coffee bean weevil inside green bean coffee hole (b)

**การเปรียบเทียบระยะเวลาการเจริญเติบโตของด้วงเมล็ดกาแฟที่ทนทานต่อการใช้คลื่นความถี่วิทยุ**

ด้วงเมล็ดกาแฟทั้ง 4 ระยะได้แก่ ระยะไข่ หนอน ดักแด้และตัวเต็มวัย ตอบสนองต่อความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ที่ 55 องศาเซลเซียสระยะเวลา 90 วินาที ทำให้ตัวเต็มวัยตาย  $46.43 \pm 1.82$  เปอร์เซ็นต์ แตกต่างจากระยะไข่ หนอน และดักแด้ซึ่งพบการตาย เท่ากับ 100, 100 และ  $97.35 \pm 0.83$  เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 1) สรุปได้ว่าด้วงเมล็ดกาแฟระยะตัวเต็มวัยเป็นระยะที่ทนทานที่สุดต่อ

ความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ ผลการทดสอบสอดคล้องกับการศึกษาในมอดพื้นเลื้อย (*Oryzaephilus surinamensis*) (Srikam *et al.*, 2014) ด้วงงวงข้าว (Wangspa *et al.*, 2015) ด้วงงวงข้าวโพด (Faikrajaypuan *et al.*, 2011) และมอดหัวป้อม (Sumetha, 2009) ซึ่งเป็นแมลงศัตรูที่เข้าทำลายในข้าวเปลือก ข้าวสารและผลิตภัณฑ์ข้าว ที่พบว่าตัวเต็มวัยเป็นระยะที่ทนทานที่สุด กรณีที่ความชื้นของเมล็ดหรือวัตถุดิบสัมผัสกับปริมาณน้ำที่มีอยู่ในวัตถุ พบว่า แมลงในระยะที่มีความชื้นสูงมีแนวโน้มตอบสนองให้ ทำให้อุณหภูมิวัตถุสูงขึ้นหลังจากได้รับ

คลื่นความถี่วิทยุ ในส่วนของความชื้นในตัวแมลง ซึ่งมีข้อมูลค่อนข้างน้อย จากการศึกษากของ Wangspa (2016) ได้ประเมินความชื้นของด้วงงวงข้าว ระยะหนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย พบว่า มีความชื้นแมลงเป็น 66.53 ± 0.8, 64.21 ± 0.9 และ 46.96 ± 0.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณน้ำในแมลงระยะต่าง ๆ เท่ากับ 0.798 × 10<sup>-3</sup>, 1.170 × 10<sup>-3</sup> และ 1.349 × 10<sup>-3</sup> มิลลิลิตร ต่อปริมาณแมลง 475 - 500 ตัว ขนาดด้วงงวงข้าวซึ่งมีขนาดเล็กมาก 2 - 3 มิลลิเมตร ซึ่งน้ำเป็นโมเลกุลที่มีชีวิตตอบสนองคลื่นความถี่วิทยุโดยการเคลื่อนไหว เสียสปีกัน จนทำให้เกิดเป็นความร้อน ปริมาณน้ำที่มีมากกว่าในตัวแมลงระยะหนอนหรือดักแด้ จึงมีแนวโน้มที่มีอุณหภูมิสูงกว่าในตัวเต็มวัย ซึ่งมีปริมาณน้ำที่น้อยกว่า

การศึกษาเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการใช้คลื่นความถี่วิทยุในการควบคุมด้วงเมล็ดกาแฟในระยะทันทาน

จากผลการทดสอบด้วงเมล็ดกาแฟระยะตัวเต็มวัยซึ่งเป็นระยะทันทานที่สุดต่อการใช้คลื่นความถี่วิทยุ ในการทดลองนี้ ได้นำด้วงเมล็ดกาแฟในระยะตัวเต็มวัยมาผ่านคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่อุณหภูมิ 55, 60, 65 และ 70 องศาเซลเซียส โดยในแต่ละอุณหภูมิใช้เวลา 60, 90, 120 และ 150 วินาที พบว่า ในชุดควบคุมที่ไม่ได้ใช้คลื่นความถี่วิทยุ แมลงมีการตายเพียง 7.34 ± 0.47 เปอร์เซ็นต์ (Table 2) หรืออัตราการรอดของแมลงโดยปกติอยู่ประมาณ 93 เปอร์เซ็นต์

Table 1. Average mortality of coffee bean weevil (*Araecerus fasciculatus*) in various developmental stages after treated by 27.12 MHz radio frequency at the temperature of 55 °C and for 90 seconds

Developmental stage	Mortality (%) ± SE <sup>1</sup>
Egg	100.00 ± 0.00a
Larva	100.00 ± 0.00a
Pupa	97.35 ± 0.83a
Adult	46.43 ± 1.82b

<sup>1</sup> Means within the same column followed by the same letter are not significantly different at the 0.05 level by the LSD test (LSD = 2.11) SE = Standard error of the mean

Table 2. Average mortality of coffee bean weevil (*Araecerus fasciculatus*) in adult stage after treated by 27.12 MHz radio frequency at the temperature of 55, 60, 65 and 70 °C and for 60, 90, 120 and 150 seconds

Temperature (°C)	Mortality in various time periods (seconds) ± SE				Mean of mortality ± SE
	60	90	120	150	
55	32.07 ± 4.40g <sup>1</sup>	48.54 ± 4.32f	45.07 ± 1.33f	57.55 ± 2.73e	45.81 ± 2.82Z <sup>2</sup>
60	64.90 ± 2.94e	74.32 ± 4.59d	77.18 ± 3.40d	90.37 ± 1.93bc	76.69 ± 2.79Y
65	89.31 ± 1.62bc	86.56 ± 2.35c	95.53 ± 1.66ab	94.58 ± 3.43ab	91.49 ± 1.43X
70	100.00 ± 0.00a	100.00 ± 0.00a	100.00 ± 0.00a	100.00 ± 0.00a	100.00 ± 0.00W
Mean of mortality ± SE	71.57 ± 6.86C <sup>3</sup>	77.35 ± 5.12B	79.44 ± 5.65B	85.62 ± 4.40A	

<sup>1</sup> Means within the same column and row followed by the same letter are not significantly different at 0.05 levels by the LSD Test (LSD = 7.05)

<sup>2</sup> Means within the same column followed by the same letter are not significantly different at 0.05 levels by the LSD Test (LSD = 5.56)

<sup>3</sup> Means within the same row followed by the same letter are not significantly different at 0.05 levels by the LSD Test (LSD = 3.52)

Insect mortality in untreated control = 7.34 ± 0.47 %

อุณหภูมิจากคลื่นความถี่วิทยุที่ระดับ 55, 60, 65 และ 70 องศาเซลเซียส และ ระยะเวลาในการให้ความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ ที่ 60, 90, 120 และ 150 วินาที ทำให้แมลงตายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การทดลองมีความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและระยะเวลา ซึ่งให้ผลการตายร่วมกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) การใช้คลื่นความถี่วิทยุที่อุณหภูมิ 55 - 65 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 60 - 150 วินาที ทำให้ด้วงเมล็ดคากาแพระยะตัวเต็มวัยตายอยู่ในช่วง  $32.07 \pm 4.40$  ถึง  $95.53 \pm 1.66$  เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิเป็น 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาดังแต่ 60 วินาทีเป็นต้นไป สามารถทำให้ด้วงเมล็ดคากาแพตายอย่างสมบูรณ์ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) (Table 2)

ดังนั้นในการทดลองนี้จึงสรุปได้ว่า การใช้คลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 60 วินาที สารกาแพมีความชื้นลดลง จาก 16.50 เปอร์เซ็นต์ เป็น 16.10 เปอร์เซ็นต์ เป็นอุณหภูมิและระยะเวลาที่ทำให้ด้วงเมล็ดคากาแพตายอย่างสมบูรณ์ ระดับอุณหภูมิและเวลาที่ใช้กำจัดแมลงอยู่ในระดับใกล้เคียงกันกับการทดลองของ Sumetha (2009) ซึ่งศึกษาผลของการใช้คลื่นความถี่วิทยุต่อมอดหัวบ่อม ซึ่งเป็นแมลงชนิดที่กัดกินภายในเมล็ด โดยทดสอบกับข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ใช้คลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 150 วินาที สามารถทำให้มอดหัวบ่อมระยะตัวเต็มวัยตายได้อย่างสมบูรณ์ 100 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ Srikam *et al.* (2014) ได้ศึกษาการใช้พลังงานคลื่นความถี่วิทยุ โดยทดสอบควบคุมกับมอดพื้นเลื้อยในข้าวสาร ซึ่งเป็นแมลงศัตรูข้าวที่มักพบเข้าทำลายข้าวสารบรรจุถุง ที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วินาที เป็นการใช้คลื่นความถี่วิทยุที่เหมาะสมที่สุดในการใช้กำจัดมอดพื้นเลื้อยตัวเต็มวัยซึ่งเป็นระยะทนทานต่อคลื่นความถี่วิทยุมากที่สุด และ Faikrajaypuan *et al.* (2011) ได้ทดสอบกับด้วงวงข้าวโพด แมลงศัตรูข้าว ข้าวโพดและธัญพืชอีกหลายชนิด โดยทดสอบกับด้วงวงข้าวโพดระยะตัวเต็มวัยที่ทนต่อความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ

ที่ระดับพลังงาน 780 วัตต์ เวลา 180 วินาที ทำให้ด้วงวงข้าวโพดมีอัตราการตาย 80.25 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้เครื่องกำเนิดความถี่วิทยุยี่ห้อ Sairem เช่นเดียวกัน พบว่าด้วงวงข้าวโพดระยะตัวเต็มวัยมีความทนต่อการได้รับความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุมากกว่าระยะไข่ หนอน และดักแด้ เช่นกัน ซึ่งในการป้องกันกำจัดด้วงเมล็ดคากาแพ ในทางปฏิบัติหากมีการเลือกใช้อุณหภูมิที่ทำให้ระยะทนทานตายได้อย่างสมบูรณ์ นับว่าการควบคุมแมลงมีประสิทธิภาพสูงสุด

### ผลของจำนวนรุ่นลูก (F<sub>1</sub>) ของด้วงเมล็ดคากาแพ หลังจากผ่านคลื่นความถี่วิทยุ

ด้วงเมล็ดคากาแพชุดที่เหลือรอดหลังได้รับคลื่นความถี่วิทยุในอุณหภูมิ และระยะเวลาต่าง ๆ ยังคงสามารถวางไข่ และ เจริญเป็นด้วงเมล็ดคากาแพรุ่นลูกได้ ภายใน 7 สัปดาห์ พบว่า การใช้คลื่นความถี่วิทยุ ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 60 - 150 วินาที ยังพบรุ่นลูกของด้วงเมล็ดคากาแพเฉลี่ย  $28.91 \pm 3.46$  ตัว และที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 60 - 120 วินาที พบรุ่นลูกของด้วงเมล็ดคากาแพเฉลี่ยลดลงเป็น  $16.73 \pm 4.40$  ตัว จากแมลงรุ่นพ่อแม่ 30 ตัว โดยค่าเฉลี่ยจำนวนรุ่นลูกลดลงเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาเพิ่มขึ้น ส่วนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 150 วินาที เป็นต้นไป ไม่พบด้วงเมล็ดคากาแพในรุ่นลูก (Table 3)

เพื่อกำจัดด้วงเมล็ดคากาแพให้ตายอย่างสมบูรณ์ ต้องใช้ อุณหภูมิสูงถึง 70 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 60 - 150 วินาทีพบว่าไม่ทำให้เกิดแมลงในรุ่นลูก แต่จากผลการทดสอบ พบว่า ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 60 - 150 วินาที ไม่ได้ทำให้ตัวเต็มวัยตายอย่างสมบูรณ์ (อัตราการตาย 86 - 95 เปอร์เซ็นต์) แต่ให้ผลว่าไม่พบแมลงรุ่นลูกเช่นกัน รวมทั้งเมื่อลดอุณหภูมิการใช้พลังงานคลื่นความถี่วิทยุลงถึง 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 150 วินาทีพบว่า แมลงไม่สามารถให้รุ่นลูกเช่นกัน ซึ่งสามารถนำไปปรับใช้ในการควบคุมแมลงในกาแพได้ นับว่าความร้อนมีผลทำให้แมลงที่เหลือรอดอาจไม่สามารถวางไข่ ได้ หรือไข่แมลงอยู่ในสภาวะที่ไม่เหมาะสมกับการเจริญ เมื่อไม่มี



Table 3. Average of progeny (F<sub>1</sub>) per 30 parents after RF treatment of coffee bean weevil (*Araecerus fasciculatus*) in adult stage after treated by radio frequency at temperature of 55, 60, 65 and 70 °C for 60, 90, 120 and 150 seconds

Temperature (°C)	Number of progeny in various time periods (seconds) ± SE / 400 grams coffee bean					Mean of progeny ± SE
	Untreated control	60	90	120	150	
55	52.06 ± 1.73 a <sup>1</sup>	30.50 ± 16.52 bc	28.50 ± 2.51 c	20.50 ± 8.69 d	13.00 ± 3.74 de	28.91 ± 3.46 X <sup>2</sup>
60	53.12 ± 4.56 a	14.75 ± 5.12 de	8.25 ± 7.27 e	7.5 ± 3.00 ef	No survival	16.73 ± 4.40 Y
65	36.68 ± 11.99 b	No survival	No survival	No survival	No survival	7.34 ± 3.53 Y
70	47.93 ± 1.26 a	No survival	No survival	No survival	No survival	9.59 ± 4.40 Y
Mean of progeny ± SE	47.45 ± 2.22 A <sup>3</sup>	11.31 ± 3.79 B	9.19 ± 3.13 BC	7.00 ± 2.39 BC	3.25 ± 1.51 C	

<sup>1</sup>Means within the same column and row followed by the same letter are not significantly different at 0.05 levels by the LSD Test (LSD = 7.51)

<sup>2</sup>Means within the same column followed by the same letter are not significantly different at 0.05 levels by the LSD Test (LSD = 3.96)

<sup>3</sup>Means within the same row followed by the same letter are not significantly different at 0.05 levels by the LSD Test (LSD = 3.75)

การควบคุมด้วงเมล็ดกาแฟด้วยคลื่นความถี่วิทยุในชุดควบคุม สามารถมีด้วงเมล็ดกาแฟรุ่นลูกเฉลี่ย 52.06 ตัว ต่อสารกาแฟ 400 กรัม จากแมลงจากรุ่นพ่อแม่ 30 ตัว หากประเมินปริมาณแมลงต่อสารกาแฟต่อน้ำหนัก 1 กิโลกรัม อาจทำให้พบด้วงเมล็ดกาแฟถึง 130.15 ตัวต่อกิโลกรัม ซึ่งเมื่อเทียบกับ National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards (2018) ระบุไว้ว่า มาตรฐานสินค้าเกษตรกาแฟอาราบิก้า มกษ. 5701-2561 “ต้องไม่พบร่องรอยการทำลายเมล็ดกาแฟจากด้วงเมล็ดกาแฟ” หากไม่มีการควบคุมด้วงเมล็ดกาแฟ แมลงอาจวางไข่และเจริญเติบโตซึ่งด้วงเมล็ดกาแฟเป็นแมลงศัตรูที่ระยะตัวอ่อน (ไข่ หนอน และดักแด้) เจริญเติบโตภายในเมล็ด ส่งผลให้เกิดร่องรอยการทำลายของสารกาแฟได้เป็นเหตุให้เมล็ดกาแฟไม่เป็นไปตามมาตรฐาน ดังนั้นการใช้ความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุสามารถควบคุมด้วงเมล็ดกาแฟได้อย่างเหมาะสม

## สรุป

ด้วงเมล็ดกาแฟ 30 ตัว ที่อยู่ในสารกาแฟ 400 กรัมสามารถให้แมลงรุ่นลูกได้ 52.06 ตัว หรือ 130.15 ตัวต่อกิโลกรัม ด้วงเมล็ดกาแฟระยะตัวเต็มวัยมีความทนทานต่อคลื่นความถี่วิทยุที่ 27.12 MHz มากกว่าระยะไข่ หนอน และดักแด้ เมื่อนำระยะตัวเต็มวัยมาผ่านคลื่นความถี่วิทยุที่ 55, 60, 65 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา เวลา 60, 90, 120 และ 150 วินาที พบว่า คลื่นความถี่วิทยุที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 60 วินาที เป็นต้นไป สามารถทำให้ด้วงเมล็ดกาแฟระยะตัวเต็มวัยที่อยู่ในกาแฟอาราบิก้าตายอย่างสมบูรณ์ (100 เปอร์เซ็นต์) แมลงที่ได้รับคลื่นความถี่วิทยุและมีอัตราการตายอยู่ในช่วง 86 ถึง 95 เปอร์เซ็นต์ แมลงที่เหลือรอดไม่สามารถให้รุ่นลูกได้เช่นกัน

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กองส่งเสริมและประสานเพื่อประโยชน์ทางวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สำนักงาน

ปลัดกระทรวง กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สำหรับการสนับสนุนทุนวิจัย และขอขอบคุณศูนย์วิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนสถานที่ ห้องปฏิบัติการ ในการทำวิจัยครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

- Abbott, W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18(2): 265-267.
- Buapud, A., Y. Chanbang and S. Vearasilp. 2012. Effects of radio frequency heating on *Sitotroga cerealella* (Olivier) and milling quality of rice cv. Khao Dawk Mali 105. *Journal of Agriculture* 28(2): 137-144. (in Thai)
- Caasi-Lit, M.T. and I.L. Lit. 2011. First report of the coffee bean weevil *Araecerus fasciculatus* (De Geer) (Coleoptera: Anthribidae) as pest of papaya in the Philippines. *Philippine Agricultural Scientist* 94(4): 415-420.
- Chaisri, R. and P. Suttiaprapan. 2015. Biology of coffee bean weevil *Araecerus fasciculatus* (De Geer) (Coleoptera: Anthribidae) in garlic and its control using carbon dioxide. *Journal of Agriculture* 31(1): 11-19. (in Thai)
- Eduku, A., B.K. Maalekuu, P.D. Kaledzi and P.K. Tandoh. 2018. Development of bait for the management of coffee bean weevil, *Araecerus fasciculatus* in stored cocoa. *Asian Research Journal of Agriculture* 8(3): 1-11.
- Faikrajaypuan, W., Y. Chanbang and S. Vearasilp. 2011. Effect of heat radio frequency on maize weevil (*Sitophilus zeamais*). *Agricultural Science Journal* 42(Suppl. 3): 392-395. (in Thai)
- Jaramillo, J., A. Chabi-Olaye and C. Borgemeister. 2010. Temperature-dependent development and emergence pattern of *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) from coffee berries. *Journal of Economic Entomology* 103(4): 1159-1165.
- Jojo, S. and R. Mahendran. 2013. Radio frequency heating and its application in food processing: A review. *International Journal of Current Agricultural Research* 1(9): 42-46.
- Kengkanpanich, R., K. Pengkum, J. Uraichuen, D. Suthisut, P. Noochanapai, S. Sitthichaiyakul, P. Pobsuk and R. Pongmee. 2018. Insects Found in Agricultural Produce and Their Control. The Agricultural Co-operative Federation of Thailand, Ltd., Bangkok. 224 p. (in Thai)
- Ling, B., G. Tiwari and S. Wang. 2015. Pest control by microwave and radio frequency energy: dielectric properties of stone fruit. *Agronomy for Sustainable Development* 35: 233-240.
- Mitcham, E.J., R.H. Veltman, X. Feng, E. de Castro, J.A. Johnson, T.L. Simpson, W.V. Biasi, S. Wang and J. Tang. 2004. Application of radio frequency treatments to control insects in in-shell walnuts. *Postharvest Biology and Technology* 33(1): 93-100.
- National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards. 2018. Thai Agricultural Standard TAS 5701-2018 Arabica green coffee Ministry of Agriculture and Cooperatives ISBN 978-974-403-676-7. (Online). Available: [https://www.acfs.go.th/standard/download/Arabica\\_coffee\\_bean\\_2561.pdf](https://www.acfs.go.th/standard/download/Arabica_coffee_bean_2561.pdf) (March 23, 2020). (in Thai)
- Nelson, S.O. 1973. Potential insect-control applications for microwaves. (Online).

- Available: <https://digitalcommons.unl.edu/usdaarsfacpub/245/> (March 20, 2022).
- Office of Agricultural Economics. 2021. Data of agricultural economics 2021. (Online). Available: <https://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/Varieties%20coffee%2064.pdf> (January 20, 2021). (in Thai)
- Pan, L., S. Jiao, L. Gautz, K. Tu and S. Wang. 2012. Coffee bean heating uniformity and quality as influenced by radio frequency treatments for postharvest disinfestations. *Transactions of the ASABE* 55(6): 2293-2300.
- Pornchalurmpong, P. and N. Rattanapanone. 2016. Radio-frequency (RF). (Online). Available: <https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3707/radio-frequency-rf-คลื่นความถี่วิทยุ> (April 20, 2022). (in Thai)
- Srikam, C., Y. Chanbang and N. Krittigamas. 2014. Use of radio frequency for controlling sawtoothed grain beetle (*Oryzaephilus surinamensis*) in milled rice cv. Khao Dawk Mali 105. *Journal of Agriculture* 30(3): 253-262. (in Thai)
- Sumetha, K. 2009. Effect of radio frequency on *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) (Coleoptera: Bostrichidae) and quality of rice cv. Khao Dawk Mali 105. M.S. Thesis, Chiang Mai University, Chiang Mai. 69 p. (in Thai)
- Wang, S.-J. and J.-M. Tang. 2004. Radio frequency heating: A potential method for post-harvest pest control in nuts and dry products. *Journal Zhejiang University Science A* 5(10): 1169-1174.
- Wang, S., J. Tang, R.P. Cavalieri and D.C. Davis. 2003. Differential heating of insects in dried nuts and fruits associated with radio frequency and microwave treatments. *Transactions of the ASAE* 46(4): 1175-1182.
- Wang, S., G. Tiwari, S. Jiao, J.A. Johnson and J. Tang. 2010. Developing postharvest disinfestation treatments for legumes using radio frequency energy. *Biosystems Engineering* 105(3): 341-349.
- Wangspa, W. 2016. Radio frequency heat treatment for controlling rice weevil in rough rice cv. Khao Dawk Mali 105 and their physical and chemical property changes. Ph.D. Thesis, Chiang Mai University, Chiang Mai. 116 p.
- Wangspa, W., Y. Chanbang and S. Vearasilp. 2015. Radio frequency heat treatment for controlling rice weevil in rough rice cv. Khao Dawk Mali 105. *Chiang Mai University Journal of Natural Sciences* 14(2): 189-197.
- Wintgens, J.N. 2004. Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production: A Guidebook for Growers, Processors, Traders, and Researchers. Wiley-VCH Verlag, Weinheim. 976 p.
- Wu, Y.-K., N.-B. Chen and G.-T. Ou. 2011. Damage of coffee bean weevil (*Araecerus fasciculatus* De Geer) on its new host *Jatropha curcas* L. *Plant Diseases and Pests* 2(2): 22-24.



ชีวภัณฑ์จากน้ำกรองเลี้ยงเชื้อแบบไบโอฟิล์มและสปอร์  
ของ *Streptomyces albus* สายพันธุ์ CEN26 ในการยับยั้ง  
เชื้อรา *Phytophthora infestans* สาเหตุโรคใบไหม้มะเขือเทศ

Bioproducts from Biofilm Culture Filtrate and Spore of  
*Streptomyces albus* Strain CEN26 Against *Phytophthora infestans*  
Causing Tomato Late Blight

วิศิษฐ์ เจริญยิ่ง<sup>1</sup> และ เกวาลิน คุณาศักดากุล<sup>2\*</sup>  
Wisit Jaroenueng<sup>1</sup> and Kaewalin Kunasakdakul<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

<sup>1</sup>Biotechnology Program, Graduate School, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

<sup>2</sup>สาขาโรคพืช ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

<sup>2</sup>Division of Plant Pathology, Department of Entomology and Plant Pathology, Faculty of Agriculture,  
Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

\*Corresponding author: Email: kaewalin.k3@gmail.com

(Received: 26 September 2021; Accepted: 9 January 2023)

**Abstract:** The efficacy of biofilm culture filtrate from *Streptomyces albus* strain CEN26 to control late blight pathogen, *Phytophthora infestans* was investigated. Inhibition of *P. infestans*, mycelial growth, germination and viability of the sporangia were evaluated and found that the minimum concentration of the filtrate at 60 % effectively 100 % inhibited the fungus. The filtrate concentration at 40 % resulted in significant inhibition of the fungal mycelial growth and sporangia viability at lower rates than the 60 % trials, though, it's still extremely inhibited the sporangia germination in all incubation period trials. Even though, the concentration at 20 % had no effect on sporangia viability but clearly restrained its germination period. The disease control trial in greenhouse condition using bioproducts produced from biofilm culture filtrate combined with dry spore of *S. albus* strain CEN26 showed reductions in both percentages of disease incidence and severity index better than the trial of bioproduct produced from only the dry spore. Then, bioproduct produced from biofilm culture filtrate combined with the dry spore was selected to apply in farmer plot trial, by spraying 0.3 g/l once a week for 4 months, the disease reduction was found with percent of disease incidence and severity index revealed at 25.45 % and 45.63 %, while the untreated farmer plot was determined at 52.30 % and 75.45 %, respectively.

**Keywords:** *Streptomyces albus*, *Phytophthora infestans*, biofilm culture filtrate, bioproduct

**บทคัดย่อ:** การทดสอบประสิทธิภาพน้ำกรองเลี้ยงเชื้อแบบไบโอฟิล์มของ *Streptomyces albus* สายพันธุ์ CEN26 ในการควบคุมรา *Phytophthora infestans* สาเหตุโรคใบไหม้ของมะเขือเทศ และประเมินการยับยั้งการเจริญของเส้นใย การงอกและความมีชีวิตของ sporangia พบว่า น้ำกรองความเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ เป็นความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของรา *P. infestans* ได้ที่ 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม ที่ความเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์ แม้จะสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยและความมีชีวิตของ sporangia ได้ต่ำกว่าความเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ยังคงยับยั้งการงอกของ sporangia ได้ดีมากในทุกๆ การบ่มเชื้อ และที่ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ แม้ไม่สามารถยับยั้งความมีชีวิตของ sporangia ได้ แต่สามารถชะลอการงอกได้อย่างชัดเจน ส่วนการใช้ชีวภัณฑ์ควบคุมโรคใบไหม้ของมะเขือเทศในสภาพโรงเรือน พบว่า ชีวภัณฑ์ที่ผลิตจากน้ำกรองเลี้ยงเชื้อแบบไบโอฟิล์มร่วมกับสปอร์แห้ง ลดการเกิดโรคและมีดัชนีความรุนแรงของโรคต่ำกว่าการใช้ชีวภัณฑ์ที่ผลิตจากสปอร์แห้งเพียงอย่างเดียว และเมื่อนำชีวภัณฑ์ที่ผลิตจากน้ำกรองเลี้ยงเชื้อแบบไบโอฟิล์มร่วมกับสปอร์แห้ง ไปทดสอบในแปลงปลูกของเกษตรกร โดยฉีดพ่นชีวภัณฑ์ 0.3 กรัมต่อลิตร สัปดาห์ละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 4 เดือน พบว่า สามารถลดการเกิดโรคได้ดี โดยมีการเกิดโรคและดัชนีความรุนแรงของโรคเท่ากับ 25.45 และ 45.63 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่แปลงที่ไม่ได้ฉีดพ่นชีวภัณฑ์มีค่าเท่ากับ 52.30 และ 75.45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

**คำสำคัญ:** *Streptomyces albus* *Phytophthora infestans* น้ำกรองเลี้ยงเชื้อแบบไบโอฟิล์ม ชีวภัณฑ์

## คำนำ

โรคใบไหม้ของมะเขือเทศ เกิดจากรา *Phytophthora infestans* เป็นโรคที่มีความสำคัญที่สุดที่ส่งผลกระทบต่อผลิตมะเขือเทศทั่วโลก ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม เชื้อสาเหตุจะสามารถแพร่ระบาดเข้าทำลายพืชได้อย่างรวดเร็ว และก่อให้เกิดผลเสียหายอย่างรุนแรง (Nelson, 2008) สามารถพบอาการของโรคได้ในทุกระยะการเจริญเติบโตและทุกส่วนของต้นมะเขือเทศ โดยทั่วไป เกษตรกรนิยมควบคุมโรคนี้ด้วยการใช้สารเคมีสังเคราะห์ในกลุ่มของสารฆ่ารา เนื่องจากมีประสิทธิภาพและมีความสะดวก แต่พบว่า การใช้สารฆ่าราอย่างไม่ถูกต้อง ส่งผลกระทบต่อการติดต่อสารฆ่าราของเชื้อสาเหตุ และก่อให้เกิดความล้มเหลวในการควบคุมโรค (Brent and Hollomon, 1995) และการตกค้างของสารพิษทั้งในผลผลิตและสภาพแวดล้อมตามมาในภายหลัง ปัจจุบันเกษตรกรมีความตระหนัก และให้ความสำคัญต่อการผลิตพืชผลทางการเกษตรให้มีมาตรฐานและความปลอดภัยด้านอาหารมากขึ้น (FAO, 2017) การควบคุมโรคพืชด้วยวิธีทางชีวภาพ เช่น การใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ควบคุมโรคพืช เป็นวิธีที่ค่อนข้าง

เฉพาะเจาะจงและมีประสิทธิภาพ สามารถลดหรือบรรเทาการเกิดโรคของพืชได้ ดังนั้นความต้องการในการใช้ผลิตภัณฑ์ชีวภาพในท้องตลาดจึงมีมากขึ้น หากแต่ความหลากหลายของจุลินทรีย์ที่มีการนำมาใช้ควบคุมโรคพืชยังมีไม่มากนัก ที่มีในท้องตลาด เช่น *Bacillus* sp., *Trichoderma* sp., *Pseudomonas* sp. และ *Streptomyces* sp. (Markets and Markets, 2021) สำหรับ *Streptomyces* sp. เป็นแบคทีเรียที่มีลักษณะการเจริญคล้ายรา สามารถสังเคราะห์สารปฏิชีวนะ (Shimizu et al., 2000; Igarashi et al., 2000) ยับยั้งราสาเหตุโรคพืชได้ เช่น *Phytophthora* spp. (Abbasi et al., 2021) *Pythium ultimum* (Sellem et al., 2017) *Sclerotium rolfsii* (Taechowisan et al., 2012) *Fusarium* sp. (Winter et al., 2019) และ *Alternaria brassicicola* (Phuakjaiphaeo et al., 2016) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาประสิทธิภาพของน้ำกรองเลี้ยงเชื้อที่ประยุกต์การเลี้ยงเชื้อแบบไบโอฟิล์ม ของเชื้อ *Streptomyces albus* สายพันธุ์ CEN26 ในการยับยั้งรา *P. infestans* และพัฒนาเป็นชีวภัณฑ์สำหรับการควบคุมโรคใบไหม้ของมะเขือเทศ เพื่อเพิ่มทางเลือกให้เกษตรกรในการใช้ผลิตภัณฑ์ชีวภาพควบคุมโรคพืชให้มากขึ้นในอนาคต

## อุปกรณ์และวิธีการ

### การแยกเชื้อและการระบุสายพันธุ์ของเชื้อราสาเหตุโรค

เก็บตัวอย่างโรคใบไหม้จากแปลงปลูกมะเขือเทศ ณ สถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ มาแยกเชื้อสาเหตุโรคด้วยวิธีใช้เหยื่อล่อ (ดัดแปลงจาก Tumwine *et al.*, 2000) โดยนำหัวมันฝรั่งมาหั่นที่ผิวด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นตัดให้มีขนาด 5x5x2 เซนติเมตร ตัดใบมะเขือเทศที่เป็นโรคกว้างประมาณ 1x1 เซนติเมตร ใส่บนฝาจานเพาะเชื้อที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วจึงปิดด้วยชั้นมันฝรั่ง และปิดด้วยก้นจานอาหารเพาะเชื้อที่ประกอบด้วยอาหาร WA (water agar) บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน หลังจากนั้นนำเส้นใยที่เจริญบนอาหาร WA มาแยกเชื้อบริสุทธิ์โดยใช้เทคนิคตัดปลายเส้นใย และเลี้ยงบนอาหาร rye-B บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส ในที่มืด เป็นเวลา 20 วัน นำเชื้อราบริสุทธิ์มาศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา และระบุสายพันธุ์โดยใช้เทคนิค PCR ใช้ไพรเมอร์ ITS1 (5' TCC GTA GGT GAA CCT GCG G 3') และ ITS4 (5' TCC TCC GCT TAT TGA TAT GC 3') ในการตรวจสอบ โดยการตรวจและจัดลำดับนิวคลีโอไทด์จากบริษัท Macrogen ประเทศเกาหลีใต้

### การเตรียม sporangia ขบวนการ

เตรียมรา *P. infestans* โดยเลี้ยงบนอาหาร rye-B บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน จากนั้นเก็บ sporangia โดยการเทน้ำกลั่นที่นิ่งฆ่าเชื้อแล้ว 5 มิลลิลิตร ลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ แล้วขูดผิวหน้าอาหารด้วยห่วงเขี่ยเชื้อ นำไปกรองเส้นใยเชื้อราออกโดยใช้ผ้าขาวบาง และแบ่งสปอร์แขวนลอยที่ได้ใส่ลงในหลอด Eppendorf ขนาด 1.5 มิลลิลิตร ก่อนนำไปปั่นเหวี่ยงให้ตกตะกอนที่ความเร็วรอบ 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที และเก็บรวบรวม sporangia ที่ตกตะกอนที่ก้นหลอดไว้ใช้ต่อไป

### การเตรียมน้ำกรองเลี้ยงเชื้อแบบไบโอฟิล์ม

นำเชื้อ *S. albus* สายพันธุ์ CEN26 (Phuakjaiphaeo, 2017) ที่เก็บรักษาไว้ที่ภาควิชาชีววิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มาเลี้ยงบนอาหาร IMA-2 เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นเตรียมหัวเชื้อ โดยใช้ 10 culture disc ของเชื้อเลี้ยงในอาหารเหลว ISPS สูตรดัดแปลง (ISP-2 + แบ่งถั่วเหลือง 2 เปอร์เซ็นต์) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ที่บรรจุใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เขย่าด้วยความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน แล้วจึงนำหัวเชื้อที่ได้มาเพิ่มปริมาณในอาหารใหม่โดยเลี้ยงแบบไบโอฟิล์ม โดยใช้หัวเชื้อ 2 มิลลิลิตร ผสมกับอาหาร ISPS ปริมาตร 8 มิลลิลิตร เทลงในจานแก้วขนาด 15 x 1.5 เซนติเมตร ปิดฝา และบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นกรองน้ำเลี้ยงเชื้อและสปอร์ออกจากกันโดยใช้กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 นำน้ำกรองไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 12,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที นำน้ำกรองใส่ด้านบนไปทำให้ปลอดเชื้อโดยกรองผ่าน nylon-syringe filter membrane ที่มี pore size เท่ากับ 0.20 ไมครอนเมตร ปรับความเข้มข้นของน้ำกรองเลี้ยงเชื้อด้วยน้ำกลั่นให้ได้ความเข้มข้นที่ 20, 40, 60, 80 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เพื่อนำไปทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งราสาเหตุโรคต่อไป

### การยับยั้งการเจริญของเส้นใยราสาเหตุโรค

ทดสอบการยับยั้งการเจริญของเส้นใยรา *P. infestans* โดยวิธี agar well diffusion (Kavitha *et al.*, 2010) โดยนำ culture disc ของราขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร วางห่าง 1 เซนติเมตร จากหลุมที่เจาะบนอาหารวุ้น rye-A ที่นำน้ำกรองเลี้ยงเชื้อแบบไบโอฟิล์มแต่ละความเข้มข้นที่ 20, 40, 60, 80 และ 100 เปอร์เซ็นต์ หยดลงไป ในหลุม ๆ ละ 50 ไมครอนลิตร ส่วนชุดควบคุมใช้น้ำกลั่นแทนน้ำกรองเลี้ยงเชื้อ บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน บันทึกผล โดยวัดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีของการเจริญของเส้นใยราเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ทดลองกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) เปรียบเทียบโดยใช้วิธี least significant difference (LSD) วิเคราะห์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ คำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยโดยใช้สูตรต่อไปนี้ (Costa *et al.*, 2015)

$$\text{เปอร์เซ็นต์ของการยับยั้งเส้นใย (\%)} = [(C-T)/C] \times 100$$

โดย C คือ เส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีราในกรรมวิธีควบคุม และ T คือเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีราในกรรมวิธีทดสอบด้วยน้ำกรองเลี้ยงเชื้อแบบไบโอฟิล์มในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

### การยับยั้งการงอกและความมีชีวิตของ sporangia

ทดสอบการยับยั้งการงอกและความมีชีวิตของ sporangia ของราสาเหตุโรค โดยประยุกต์วิธีการของ Glendinning *et al.* (1963) โดยนำ sporangia มาผสมกับน้ำกรองเลี้ยงเชื้อแบบไบโอฟิล์มปริมาตร 1 มิลลิลิตร ในระดับความเข้มข้น 20, 40, 60, 80 และ 100 เปอร์เซ็นต์ บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียสในที่มืด และตรวจสอบความมีชีวิตของ sporangia ภายใต้อินเวอร์ตฟลูออเรสเซนต์ไมโครสโคป การย้อมด้วยสารเรืองแสง FDA (fluorescein diacetate) ดัดแปลงตามวิธีของ Larkin (1976) โดยใช้ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร บันทึกเปอร์เซ็นต์การงอกและความมีชีวิตของ sporangia ทุก ๆ วัน เป็นเวลา 12 วัน โดยนับกรรมวิธีละ 100 sporangia ส่วนชุดควบคุมใช้น้ำกลั่นแทนน้ำกรองเลี้ยงเชื้อ

### การเตรียมชีวภัณฑ์

เตรียมชีวภัณฑ์จากเชื้อ *S. albus* สายพันธุ์ CEN26 จำนวน 2 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 (T1) ชีวภัณฑ์ 100 กรัม ประกอบด้วยสปอร์แห้งและน้ำกรองเลี้ยงเชื้อแบบไบโอฟิล์ม จำนวน 1 กรัม ผสมกับสารพาได้แก่ น้ำตาลแลคโตส 35 กรัม โซเดียมไบคาร์บอเนต 30 กรัม กรดซิตริก 30 กรัม และ CMC 4 กรัม (Kunasakdakul and Chaichom, 2018; Kunasakdakul *et al.*, 2021) สูตรที่ 2 (T2) ชีวภัณฑ์ประกอบด้วยสปอร์แห้ง ผสมกับการสารพาเช่นเดียวกับ T1

### การควบคุมโรคใบไหม้ของมะเขือเทศ

การทดสอบประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์ที่ผลิตได้ในการควบคุมโรคใบไหม้ของมะเขือเทศสายพันธุ์โทมัส ในสภาพโรงเรือน ณ ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยกำหนดการทดลอง กรรมวิธีที่ 1 ใช้ชีวภัณฑ์ T1 และกรรมวิธีที่ 2 ใช้ชีวภัณฑ์ T2 โดยการนำต้นกล้ามะเขือเทศอายุ 7 วัน จำนวน 5 ต้นต่อกรรมวิธี นำมาพ่นด้วยชีวภัณฑ์ ความเข้มข้น 0.3 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร พ่นทุก 3 วัน เป็นเวลา 5 สัปดาห์ ส่วนกรรมวิธีควบคุมพ่นด้วยน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ สุ่มใบมะเขือเทศจากแต่ละกรรมวิธี จำนวน 20 ใบต่อซ้ำ จำนวน 3 ซ้ำต่อกรรมวิธี มาทำ ความสะอาดผิวใบด้วยเอทานอล 70 เปอร์เซ็นต์ ก่อนนำไปปลูกเชื้อ *P. infestans* ความเข้มข้นของ sporangia  $10^5$  สปอร์ต่อมิลลิลิตร บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน บันทึกจำนวนใบที่ติดเชื้อ และความรุนแรงของอาการโรค โดยให้คะแนนตามระดับความรุนแรงของโรคแบ่งเป็น 6 ระดับคือ ระดับ 0 = พืชไม่แสดงอาการของโรค, ระดับ 1 = พืชแสดงอาการโรคใบไหม้ 1 - 10 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ใบ, ระดับ 2 = พืชแสดงอาการโรคใบไหม้ 11 - 25 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ใบ, ระดับ 3 = พืชแสดงอาการโรคใบไหม้ 26 - 50 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ใบ, ระดับ 4 = พืชแสดงอาการโรคใบไหม้ 51 - 75 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ใบ, ระดับ 5 = พืชแสดงอาการโรคใบไหม้ 76 - 100 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ใบ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ เปรียบเทียบโดยใช้วิธี least significant difference (LSD) วิเคราะห์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค (Waller *et al.*, 2002) และดัชนีความรุนแรงของโรค (McMaugh, 2005) ตามสูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค (\%)} = \left( \frac{\text{จำนวนใบที่ติดเชื้อ}}{\text{จำนวนใบที่ประเมินทั้งหมด}} \right) \times 100$$

$$\text{ดัชนีความรุนแรงของโรค (\%)} = \frac{\text{ผลรวมของ(จำนวนต้นพืช \times ระดับความรุนแรงของอาการ)}}{\text{จำนวนต้นพืชทั้งหมด \times ระดับความรุนแรงอาการสูงสุด}} \times 100$$



สำหรับการทดสอบในสภาพแปลงปลูก ณ แปลงปลูกมะเขือเทศในพื้นที่โครงการหลวงอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ ในช่วงเดือนมิถุนายน-กันยายน โดยคัดเลือกชีวภัณฑ์ที่มีศักยภาพสูงจากการทดสอบในสภาพโรงเรือนมาทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมโรคใบไหม้ของมะเขือเทศสายพันธุ์โหม่สในแปลงปลูกของเกษตรกร ที่เคยพบการระบาดของโรคในฤดูปลูกที่ผ่านมา เริ่มพ่นชีวภัณฑ์บนต้นกล้ามะเขือเทศอายุ 7 วันหลังการย้ายปลูก โดยพ่นทุก ๆ 7 วัน เป็นเวลา 4 เดือน จนถึงระยะเก็บเกี่ยว โดยใช้ความเข้มข้น 0.3 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร บันทึกเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคและดัชนีความรุนแรงของโรคทุก ๆ เดือน เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่ไม่ได้พ่นชีวภัณฑ์ทดลองกรรมวิธีละ 5 ซ้ำ ซ้ำละ 20 ต้น วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ เปรียบเทียบโดยใช้วิธี least significant difference (LSD) วิเคราะห์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

### ผลการทดลอง

#### ลักษณะและสายพันธุ์เชื้อราสาเหตุโรค

จากการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อราสาเหตุโรคราไหม้ พบว่า เส้นใยมีลักษณะ

เป็นปุยสีขาว มีการเติบโตช้าเจริญเต็มผิวหน้าอาหารได้ภายใน 3 สัปดาห์หลังการเลี้ยงบนอาหาร rye A เมื่อนำมาตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบเส้นใยไม่มีผนังกัน มีการสร้าง sporangium รูปร่างทรงรีคล้ายผลมะนาว มีขนาด 20-27 x 38-45 ไมโครเมตรเมื่อตรวจสอบลำดับนิวคลีโอไทด์โดยใช้เทคนิค PCR บริเวณ ITS และเมื่อเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล GenBank ของ NCBI พบว่า มีความเหมือนกับเชื้อรา *P. infestans* (accession number KT363860.1) 100 เปอร์เซ็นต์

#### ลักษณะการเจริญของเชื้อ *S. albus* สายพันธุ์ CEN26 และน้ำกรองเลี้ยงเชื้อแบบไบโอฟิล์ม

การสร้างสปอร์ของ *S. albus* สายพันธุ์ CEN26 ได้รับการกระตุ้นจากการใช้วิธีเลี้ยงแบบไบโอฟิล์มบนอาหารเหลว ISPS (Figure 1A) ซึ่งลักษณะการเจริญของ aerial mycelium เจริญขึ้นมาจำนวนมากปกคลุมเต็มผิวหน้าอาหารเหลว และ substrate mycelium จมอยู่ใต้อาหารเหลว (Figure 1B, C) ซึ่งใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงเชื้อประมาณ 5-7 วัน น้ำเลี้ยงเชื้อมีความเข้มข้นเล็กน้อย มีประมาณ 3 มิลลิลิตรต่อจานอาหารเลี้ยงเชื้อ นำมากรองเพื่อแยกสปอร์ และเส้นใยออกจากน้ำเลี้ยงเชื้อเพื่อนำไปใช้ในการทดลองถัดไป

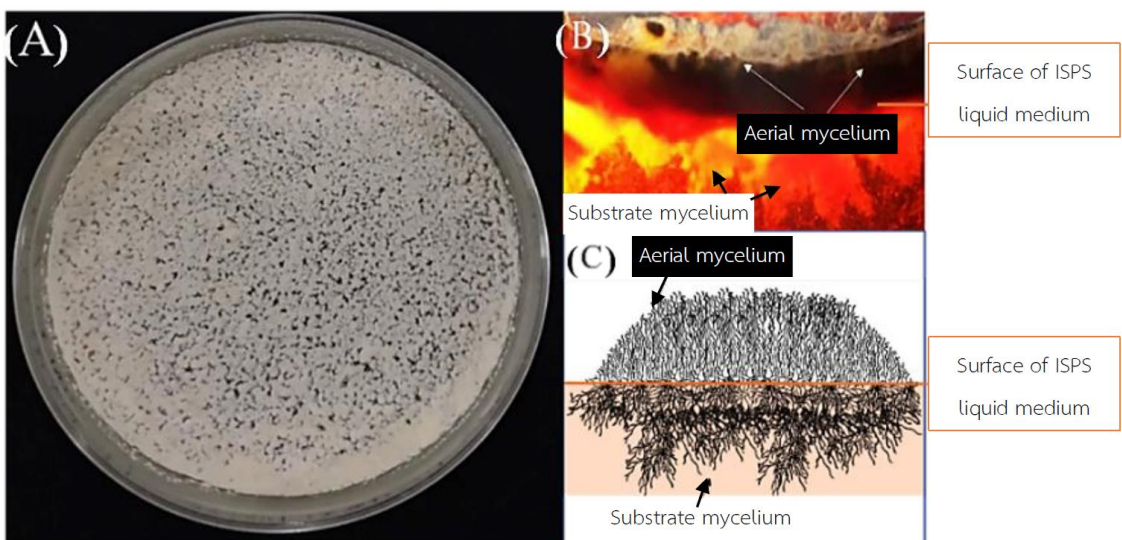


Figure 1. Growth characteristics of *Streptomyces albus* strain CEN26 on biofilm culture over the surface of ISPS for 7 days (A), Aerial mycelium, substrate and aerial mycelium of biofilm culture (B-C)

### การยับยั้งการเจริญของเส้นใยราสาเหตุโรค

จากการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำกรองเลี้ยงเชื้อแบบไบโอฟิล์มต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *P. infestans* พบว่า ความเข้มข้นของน้ำกรองเลี้ยงเชื้อแบบไบโอฟิล์มที่ 20 และ 40 เปอร์เซ็นต์สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยของราได้ถึง 85.67 และ 91.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ความเข้มข้นมากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเจริญของ

เส้นใยได้อย่างสมบูรณ์ที่ 100.00 เปอร์เซ็นต์ หลังจากบ่มเชื้อเป็นระยะเวลา 10 วัน (Table 1 และ Figure 2A) จากการสังเกตสัณฐานวิทยาของเส้นใยเชื้อรา *P. infestans* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบความผิดปกติได้แก่ เกิดการรวมตัวของไซโตพลาสซึม (Figure 2B) เส้นใยมีผนังบางบวมพอง (Figure 2C) และมีการแตกสลายของเซลล์ (Figure 2D) แตกต่างจากการเจริญปกติของเส้นใยในกรรมวิธีควบคุม (Figure 2E, F)

Table 1. Percent inhibition of radial growth of *Phytophthora infestans* mycelia after treated with biofilm culture filtrate (BFC) of *Streptomyces albus* strain CEN26 using agar well diffusion method on rye-A agar, incubation for 10 days

Concentration of BFC (%)	Mycelial inhibition (%)
sterilized distilled water	0.00
20	85.67 <sup>C1</sup>
40	91.67 <sup>B</sup>
60	100.00 <sup>A</sup>
80	100.00 <sup>A</sup>
100	100.00 <sup>A</sup>

<sup>1</sup>Values with the same letter within a column are not significant at  $P \leq 0.05$

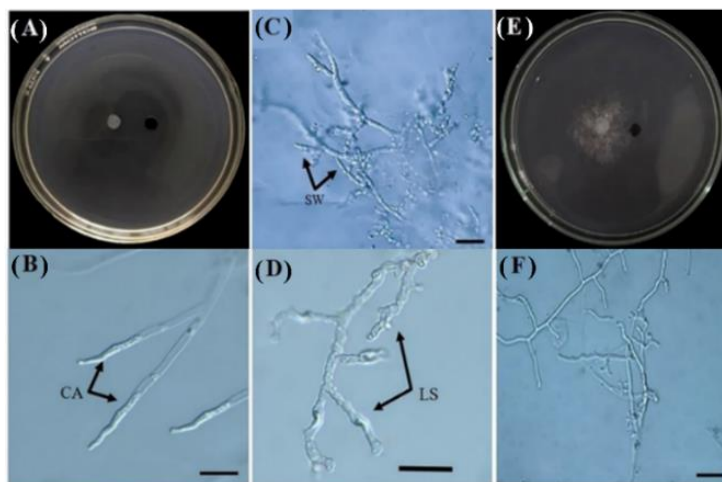


Figure 2. Effects of biofilm culture filtrate (BFC) from *Streptomyces albus* strain CEN26 on *Phytophthora infestans* mycelial growth on rye-A agar, after incubation at 18 °C for 10 days; BFC 20 % trial (A), cytoplasm aggregation (B), swelling (C), and lysis (D), control trial (E), normal growth of hypha (F). Scale bar= 10 μm. CA: cytoplasm aggregation; SW: swelling and LS: lysis

**การยับยั้งการงอกและความมีชีวิตของ sporangia**

จากการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำกรองเลี้ยงเชื้อแบบไบโอฟิล์มต่อการยับยั้งการงอกและความมีชีวิตของรา *P. infestans* พบว่า ในกรรมวิธีควบคุม สปอร์ของราสามารถงอกได้ (Figure 3A) มีการปลดปล่อย zoospore (Figure 3B) และสร้าง appressorium (Figure 3C) หลังบ่มเชื้อ 1 วัน และงอก 100.00 เปอร์เซ็นต์ หลังบ่มเชื้อ 3 วัน แต่ในกรรมวิธีที่ใช้ น้ำกรองเลี้ยงเชื้อในทุกความเข้มข้น สามารถยับยั้งการงอกของ sporangia ได้ โดยให้ผลแปรไปตามระดับความเข้มข้นและระยะเวลาในการบ่มเชื้อ การยับยั้งการงอกอย่างสมบูรณ์ที่ 100.00 เปอร์เซ็นต์ ตรวจพบในกรรมวิธีที่ใช้ความเข้มข้นของน้ำกรอง 40, 60, 80 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (Table 2) ส่วนที่ความเข้มข้นของน้ำกรอง 20 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เส้นใยราเกิด

การรวมพอง (Figure 3D) และเซลล์แตก (Figure 3E) และพบการรวมตัวของไฮโดพลาสซึมที่ผิดปกติ ที่ระดับความเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ (Figure 3F) หลังจากการบ่มเชื้อเป็นระยะเวลา 2 วัน สำหรับการตรวจสอบความมีชีวิตของ sporangia หลังย้อมด้วย FDA พบว่า ที่ความเข้มข้นของน้ำกรอง 20 และ 40 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตไม่แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุมเมื่อบ่มเชื้อ 10 และ 4 วัน ตามลำดับ ในขณะที่ความเข้มข้น 60, 80 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ความมีชีวิตของ sporangia ลดลงอย่างต่อเนื่องตามระยะเวลาการบ่มเชื้อ และลดลงเป็น 0.00 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 12, 10 และ 9 วันหลังจากการบ่มเชื้อ ตามลำดับ (Table 2, Figure 4) แสดงให้เห็นว่าน้ำกรองเลี้ยงเชื้อแบบไบโอฟิล์ม ที่ความเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป สามารถยับยั้งการมีชีวิตของ sporangia ของรา *P. infestans* ได้

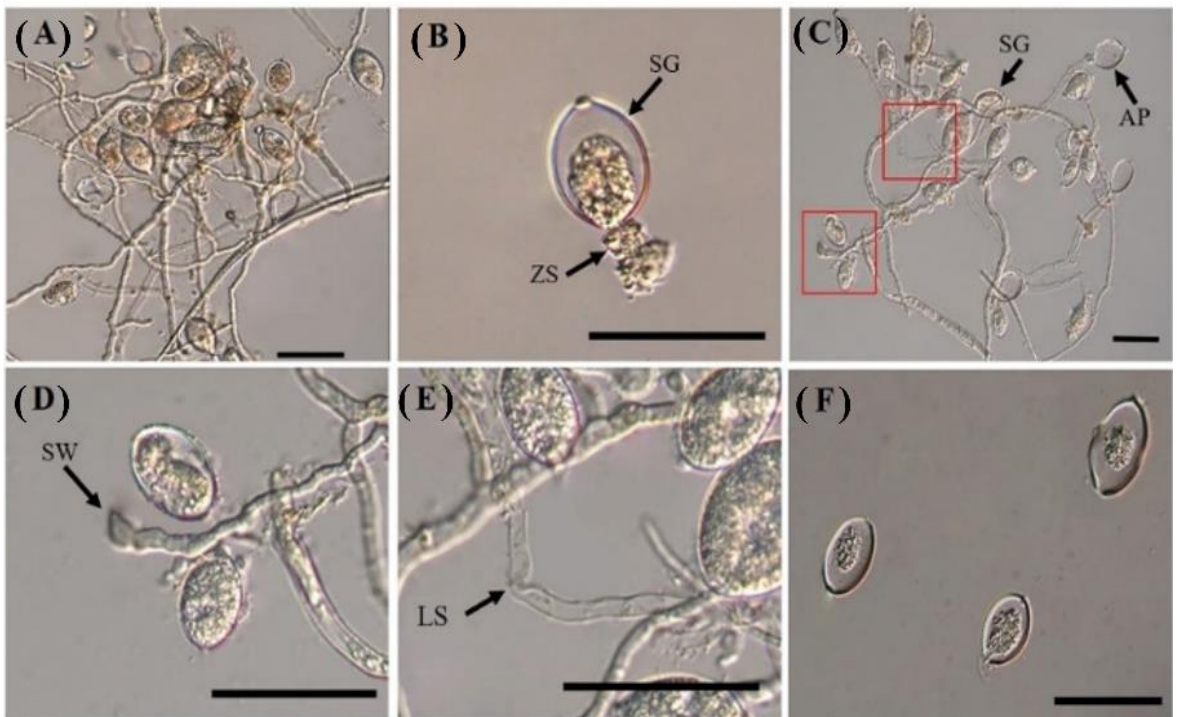


Figure 3. Effects of biofilm culture filtrate (BFC) from *Streptomyces albus* strain CEN26 on *Phytophthora infestans* sporangia germination after incubation for 10 days; Untreated sporangia with zoospore releasing (A, B), hyphae swelling in BFC 20 % trial (C, D), Lysis of hyphae (E), cytoplasm aggregation in BFC 60 % trials (F), respectively. Scale bar = 50  $\mu$ m. SG: sporangia, ZS: zoospore, AP: appressorium, SW: swelling and LS: lysis

Table 2. Viability and germination percentages of *Phytophthora infestans* sporangia after treating with *Streptomyces albus* strain CEN26 biofilm culture filtrate (BCF) at different concentrations and various incubation periods

Incubation periods	Percentages of sporangium viability and germination of <i>Phytophthora infestans</i>											
	sterilized distilled water	BCF <sup>1</sup> 20 %		BCF 40 %		BCF 60 %		BCF 80 %		BCF 100 %		
	viability <sup>2</sup> (%)	germination <sup>3</sup> (%)	viability (%)	germination (%)	viability (%)	germination (%)	viability (%)	germination (%)	viability (%)	germination (%)	viability (%)	germination (%)
1 Day	100.00	60.30	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00
2 Days	100.00	97.20	100.00	18.40	100.00	0.00	79.70	0.00	70.40	0.00	67.00	0.00
3 Days	100.00	100.00	100.00	35.70	100.00	0.00	59.40	0.00	54.20	0.00	50.70	0.00
4 Days	100.00	100.00	100.00	39.90	100.00	0.00	55.90	0.00	49.80	0.00	42.70	0.00
5 Days	100.00	100.00	100.00	42.40	98.50	0.00	49.20	0.00	43.30	0.00	32.60	0.00
6 Days	100.00	100.00	100.00	45.10	96.80	0.00	42.60	0.00	38.60	0.00	29.30	0.00
7 Days	100.00	100.00	100.00	48.40	95.00	0.00	37.80	0.00	30.90	0.00	26.60	0.00
8 Days	100.00	100.00	100.00	50.80	90.30	0.00	27.80	0.00	10.10	0.00	2.70	0.00
9 Days	100.00	100.00	100.00	55.70	84.40	0.00	20.40	0.00	3.40	0.00	0.00	0.00
10 Days	100.00	100.00	100.00	58.70	81.00	0.00	10.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11 Days	100.00	100.00	98.40	60.90	76.40	0.00	4.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12 Days	100.00	100.00	95.30	65.30	70.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

<sup>1</sup> Concentrations of biofilm culture filtrate of *S. albus* strain CEN26

<sup>2</sup> Viable (%) fluorescents emitting percentage of *P. infestans* sporangia, observing 100 sporangia/trial

<sup>3</sup> Germination (%) of *P. infestans* sporangia, observing 100 sporangia/trial

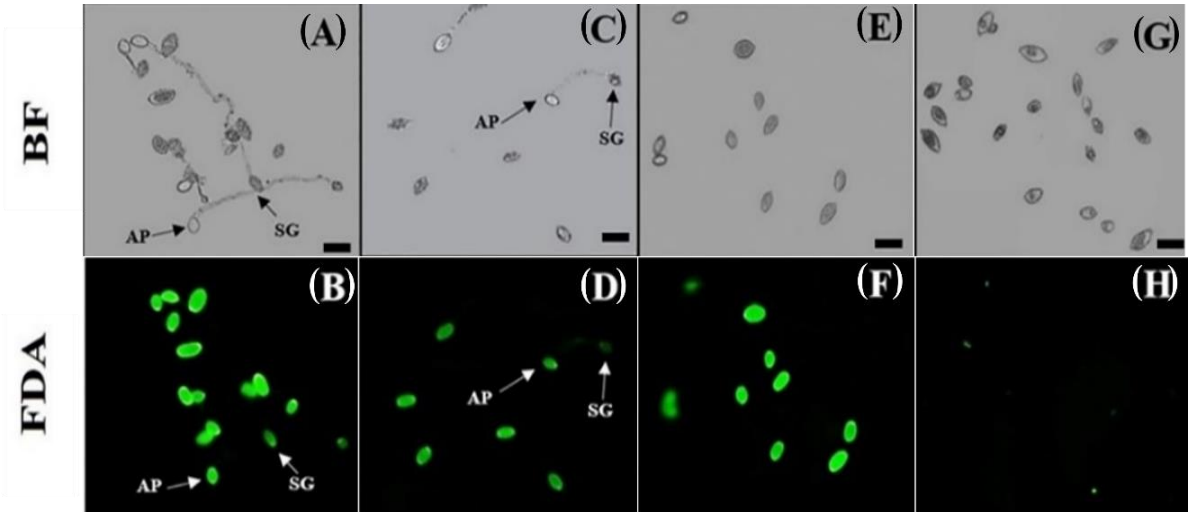


Figure 3. Sporangia of *Phytophthora infestans* fluorescein emitting after incubation at 25 °C for 12 days in biofilm culture filtrate of *Streptomyces albus* strain CEN26 at various concentrations; Control trial (distilled water) (A, B), 20 % (C, D), 40 % (E, F), and. 60 % (G, H). Scale bar = 50  $\mu$ m. BF: blight field, FDA: fluorescein diacetate staining, SG: sporangia and AP: appressorium

### การควบคุมโรคใบไหม้ของมะเขือเทศ

จากการทดสอบชีวภัณฑ์ควบคุมโรคใบไหม้ของมะเขือเทศในสภาพโรงเรือน พบว่า ไบโอมะเขือเทศที่ปนด้วยชีวภัณฑ์มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคที่ต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย กรรมวิธีที่ 1 ใช้ชีวภัณฑ์ T1 มีส่วนผสมของน้ำกรองเลี้ยงเชื้อสามารถลดเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคและดัชนีความรุนแรงของโรคได้ ที่ 15.00 และ 46.63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่า กรรมวิธีที่ 2 ซึ่งใช้ชีวภัณฑ์ T2 ที่ใช้เฉพาะสปอร์เพียงอย่างเดียว มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคและดัชนีความรุนแรงของโรค เท่ากับ 39.78 และ 77.94 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 3) แสดงให้เห็นชัดเจนว่าน้ำกรองเลี้ยงเชื้อแบบไบโอฟิล์มที่ผสมในชีวภัณฑ์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันโรคได้อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม ชีวภัณฑ์ T1 และ T2 ที่กล่าวข้างต้น สามารถควบคุมโรคใบไหม้ของมะเขือเทศได้ดีแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม

สำหรับผลการทดสอบในสภาพแปลงปลูกของเกษตรกร ที่ได้นำชีวภัณฑ์ T1 ที่มีส่วนผสมของสปอร์และน้ำกรองเลี้ยงเชื้อแบบไบโอฟิล์ม ไปใช้ควบคุมโรคใบไหม้ของมะเขือเทศ พบว่า กรรมวิธีที่มีการปนด้วยชีวภัณฑ์สามารถควบคุมการเกิดโรคได้ตัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการประเมินผลการเกิดโรค เดือนที่ 1-4 ในกรรมวิธีควบคุม พบเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคและดัชนีความรุนแรงของโรคค่อย ๆ เพิ่มสูงขึ้น จากในเดือนที่ 1 เท่ากับ 34.20 และ 20.84 เปอร์เซ็นต์ และ เดือนที่ 4 เท่ากับ 52.30 และ 75.45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากกรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์ที่สามารถลดการเกิดโรคใบไหม้ได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะเดือนที่ 1 สามารถวัดผลการเกิดโรคและดัชนีความรุนแรงของโรคได้ต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุมถึง 3 เท่า โดยมีค่าเท่ากับ 10.80 และ 3.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และผลของการประเมินการควบคุมโรคใบไหม้ในเดือนถัดมาจนกระทั่งถึงเดือนที่ 4 หรือระยะเก็บเกี่ยว ยังคงแสดงประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์ในการควบคุมโรคได้แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุมอย่างชัดเจน (Table 4) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองควบคุมโรคในสภาพโรงเรือน

**Table 3.** The efficacy of bioproducts from *Streptomyces albus* strain CEN26 for controlling tomato late blight under greenhouse condition

Treatments	Percentage of disease incidence (%) <sup>1</sup>	Percentage of disease severity index (%) <sup>2</sup>
Control+ (sterilized distilled water)	-	-
Control- ( <i>Phytophthora infestans</i> )	100.00 <sup>A3</sup>	100.00 <sup>A</sup>
Bioproduct T1	15.00 <sup>C</sup>	45.63 <sup>C</sup>
Bioproduct T2	39.78 <sup>B</sup>	77.94 <sup>B</sup>

<sup>1</sup> Mean percentage of disease incidence from 20 leaves/trial

<sup>2</sup> Mean percentage of disease severity index from 20 plants/trial

<sup>3</sup> Values with the same letter within a column are not significant at  $P \leq 0.05$

**Table 4.** The efficacy of bioproduct T1 from *Streptomyces albus* strain CEN26 for controlling tomato late blight under field condition

Treatments	Disease incidence (%) <sup>1</sup>				Disease severity index (%) <sup>2</sup>			
	1	2	3	4	1	2	3	4
	month	months	months	months	month	months	months	months
Control	34.20 <sup>A3</sup>	40.23 <sup>A</sup>	46.19 <sup>A</sup>	52.30 <sup>A</sup>	20.84 <sup>A</sup>	43.61 <sup>A</sup>	64.20 <sup>A</sup>	75.45 <sup>A</sup>
Bioproduct T1	10.80 <sup>B</sup>	13.87 <sup>B</sup>	22.30 <sup>B</sup>	25.45 <sup>B</sup>	3.50 <sup>B</sup>	17.90 <sup>B</sup>	35.84 <sup>B</sup>	49.76 <sup>B</sup>

<sup>1</sup> Mean percentage of disease incidence from 20 plants/trial

<sup>2</sup> Mean percentage of disease severity index from 20 plants/trial

<sup>3</sup> Values with the same letter within a column are not significant at  $P \leq 0.05$

### วิจารณ์

โดยทั่วไป เชื้อ *Streptomyces* spp. มักมีการสร้างสปอร์หรือ aerial mycelia บนอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดแข็ง ซึ่งอาจเป็นอุปสรรคต่อการเพิ่มปริมาณหัวเชื้อเชิงอุตสาหกรรม ซึ่งส่วนใหญ่มักเลี้ยงเชื้อในถังหมัก (fermenter) ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลว ซึ่งเป็นสถานะที่เชื้อจะไม่สร้างสปอร์ (Yague *et al.*, 2012) ทำให้ขาดโอกาสของการผลิตสปอร์ที่มีความคงทนกว่า substrate mycelia อย่างไรก็ตาม จากรายงานของ Manteca *et al.* (2008) พบว่า การเลี้ยง *S. coelicolor*

ในอาหารเหลว มีการสร้างเส้นใยรุ่นที่ 2 สามารถสร้างสปอร์ที่ชิว่นะได้ ซึ่งในระยะนี้พบการตายของเส้นใยรุ่นแรกหลังการเลี้ยงประมาณ 2 วัน ซึ่งเป็นสภาวะความเครียด ที่เริ่มมีข้อจำกัดด้านอาหารและออกซิเจนสอดคล้องกับงานวิจัยนี้ที่เริ่มพบการสร้างสปอร์หรือ aerial mycelia หลังการเลี้ยงในเวลาดังกล่าวเช่นกัน สำหรับการพิสูจน์ประสิทธิภาพน้ำกรองเลี้ยงเชื้อแบบไบโอฟิล์มจากเชื้อ *S. albus* สายพันธุ์ CEN26 ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใย การงอก และการมีชีวิตของเชื้อรา *P. infestans* นั้น การใช้เทคนิคย้อมสีแบบ vital staining ด้วย FDA ซึ่งเป็นสารที่สามารถ

ซีมีผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ และทำปฏิกิริยากับเอนไซม์  
เอสเทอร์เอสภายในเซลล์ที่มีชีวิต ทำให้สามารถ  
ตรวจสอบความมีชีวิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Larkin,  
1976) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Phuakjaiphaeo  
(2017) ที่พบสารต้านเชื้อราในน้ำกรองเลี้ยงเชื้อของ  
*S. albus* สายพันธุ์ CEN26 และสามารถยับยั้งการเจริญ  
ของเส้นใยรา *A. brassicicola* ได้ และชีวภัณฑ์ที่  
ประกอบด้วยสปอร์และน้ำกรองเลี้ยงเชื้อแบบไบโอฟิล์ม  
สามารถควบคุมโรคใบไหม้ของมะเขือเทศได้ดีทั้ง  
การทดสอบภายใต้สภาพโรงเรือนและในสภาพแปลง  
บ่งชี้ให้เห็นว่าชีวภัณฑ์มีประสิทธิภาพสูงในการควบคุม  
โรค และสิ่งที่น่าสนใจ คือ การนำน้ำกรองเลี้ยงเชื้อ  
แบบไบโอฟิล์มมาผสมลงในชีวภัณฑ์สามารถเพิ่ม  
ประสิทธิภาพในการป้องกันโรคได้อย่างเห็นได้ชัด  
โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากการศึกษาของ Phuakjaiphaeo  
(2017) พบว่า สารต้านเชื้อราที่พบในน้ำเลี้ยงเชื้อของ  
*S. albus* สายพันธุ์ CEN26 ยังคงมีประสิทธิภาพ  
ยับยั้งการเจริญของเส้นใยรา *A. brassicicola* หลังผ่าน  
ความร้อนในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath) ที่  
อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที แสดงให้  
เห็นว่าสารต้านราของเชื้อชนิดนี้ทนต่ออุณหภูมิสูง  
ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ดีของส่วนผสมของชีวภัณฑ์ที่  
พัฒนาขึ้น

## สรุป

น้ำกรองเลี้ยงเชื้อแบบไบโอฟิล์มของเชื้อ  
*S. albus* สายพันธุ์ CEN26 สามารถยับยั้งเชื้อรา  
*P. infestans* ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถยับยั้ง  
การเจริญของเส้นใย การงอกของ sporangia และ  
ความมีชีวิตของ sporangia ของราสาเหตุโรคใบไหม้  
มะเขือเทศ โดยเฉพาะที่ความเข้มข้นที่มากกว่าหรือ  
เท่ากับ 60 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนำมาผลิตเป็นชีวภัณฑ์  
ควบคุมโรคใบไหม้ของมะเขือเทศ ส่วนผสมของชีวภัณฑ์  
ที่เพิ่มน้ำกรองเลี้ยงเชื้อแบบไบโอฟิล์ม สามารถเพิ่ม  
ประสิทธิภาพการควบคุมโรคได้สูงกว่าชีวภัณฑ์ที่มี  
เฉพาะสปอร์แห้ง อย่างไรก็ตาม ชีวภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นทั้ง  
2 สูตร สามารถใช้ควบคุมโรคใบไหม้ได้ดีทั้งในสภาพ

โรงเรือนและสภาพแปลงปลูกโดยส่งผลให้เปอร์เซ็นต์  
การเกิดโรคและดัชนีความรุนแรงของโรคลดลงเมื่อ  
เปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ได้พ่นชีวภัณฑ์

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมูลนิธิโครงการหลวงในการให้ทุน  
สนับสนุนและพื้นที่แปลงปลูกมะเขือเทศของเกษตรกร  
สำหรับทำงานวิจัย และทุนผู้ช่วยสอน ผู้ช่วยวิจัย  
(TA/RA) จากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

## เอกสารอ้างอิง

- Abbasi, S., A., Spor, A. Sadeghi and N. Safaie. 2021.  
*Streptomyces* strains modulate dynamics of  
soil bacterial communities and their efficacy  
in disease suppression caused by  
*Phytophthora capsici*. Scientific Reports 11:  
9317, doi: 1.1038/S41598-021-88495-y.
- Brent, K.J. and D.W. Hollomon. 1995. Fungicide  
resistance in crop pathogens: How can  
it be managed? (Online). Available:  
[https://www.frac.info/docs/default-source/  
publications/monographs/monograph-1.pdf](https://www.frac.info/docs/default-source/publications/monographs/monograph-1.pdf)  
(December 31, 2021).
- Costa, L.C.B., J.E.B.P. Pinto, S.K.V. Bertolucci,  
J.C.D.B. Costa, P.B. Alves and E.D.S  
Niculau. 2015. In vitro antifungal activity of  
*Ocimum selloi* essential oil and methylchavicol  
against phytopathogenic fungi. Revista  
Ciencia Agronomica 46(2): 428-435.
- FAO. 2017. The future of food and agriculture:  
Trends and challenges. (Online). Available:  
<http://www.fao.org/3/i6583e/i6583e.pdf>  
(December 20, 2021).
- Glendinning, D., J.A. Macdonald and J. Grainger.  
1963. Factors affecting the germination of  
sporangia in *Phytophthora infestans*.

- Transactions of the British Mycological Society 46(4): 595-603.
- Igarashi, Y., M. Ogawa, Y. Sato, N. Saito, R. Yoshida, H. Kunoh, H. Onaka and T. Furumai. 2000. Fistupyrone, a novel inhibitor of the infection of Chinese cabbage by *Alternaria brassicicola*, from *Streptomyces* sp. TP-A0569. The Journal of Antibiotics 53(10): 1117-1122.
- Kavitha, A., M. Vijayalakshmi, P. Sudhakar and G. Narasimha. 2010. Screening of actinomycetes strains for the production of antifungal metabolites. African Journal of Microbiology Research 4(1): 27-32.
- Kunasakdakul, K. and S. Chaichom. 2018. Research and development of bioproducts against gray mold of roses. Final Report. Highland Research and Development Institute (Public Organization), Chiang Mai. 50 p. (in Thai)
- Kunasakdakul, K., W. Jaroenueng, J. Chanthawong and P. Thayaping. 2021. Development of soluble powder bio-pesticide from *Streptomyces* sp. for control leaf diseases of solanaceous plant. Final Report. Royal Project Foundation, Chiang Mai. 110 p. (in Thai)
- Larkin, P.J. 1976. Purification and viability determinations of plant protoplasts. Planta 128(3): 213-216.
- Manteca, A., R. Alvarez, N. Salazar, P. Yague and J. Sanchez. 2008. Mycelium differentiation and antibiotic production in submerged cultures of *Streptomyces coelicolor*. Applied and Environmental Microbiology 74(12): 3877-3886.
- Markets and Markets. 2021. Biofungicides market by type (microbial species, botanical), mode of application (soil treatment, foliar application, seed treatment), species (*Bacillus*, *Trichoderma*, *Streptomyces*, *Pseudomonas*), crop type, formulation, and region - Global forecast to 2025. (Online). Available: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/biofungicide-market-8734417.html> (December 20, 2021).
- McMaugh, T. 2005. Guidelines for Surveillance Plant Pests in Asia and the Pacific. ACIAR Monograph No. 119, Australia. 192 p.
- Nelson, S.C. 2008. Late blight of tomato (*Phytophthora infestans*). (Online). Available: <https://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/PD-45.pdf> (December 31, 2021).
- Phuakjaiphaeo, C., C.I. Chang, O. Ruangwong and K. Kunasakdakul. 2016. Isolation and identification of an antifungal compound from endophytic *Streptomyces* sp. CEN26 active against *Alternaria brassicicola*. Letters in Applied Microbiology 63(1): 38-44.
- Phuakjaiphaeo, C. 2017. Selection of endophytic actinomycetes and evaluation of their antifungal compounds for controlling *Alternaria* leaf spot of cabbage. Ph.D. Thesis. Chiang Mai University, Chiang Mai. 169 p.
- Sellem, I., M.A. Triki, L. Elleuch, M. Cheffi, A. Chakchouk, S. Smaoui and L. Mellouli. 2017. The use of newly isolated *Streptomyces* strain TN258 as potential biocontrol agent of potato tubers leak caused by *Pythium ultimum*. Journal of Basic Microbiology 57(5): 393-401.
- Shimizu, M, Y. Nakagawa, Y. Sato, T. Furumai, Y. Igarashi, H. Onaka, R. Yoshida and H. Kunoh. 2000. Studies on endophytic actinomycetes (I) *Streptomyces* sp. isolated



- from *Rhododendron* and its antifungal activity. *Journal of General Plant Pathology* 66: 360-366.
- Taechowisan, T., S. Chanaphat, W. Ruensamran and W.S. Phutdhawong. 2012. Antifungal activity of 3- methylcarbazoles from *Streptomyces* sp. LJK109; an endophyte in *Alpinia galanga*. *Journal of Applied Pharmaceutical Science* 2(3): 124-128.
- Tumwine, J., H.D. Frinking and M.J. Jeger. 2000. Isolation techniques and cultural media for *Phytophthora infestans* from tomatoes. *Mycologist* 14(3): 137-139.
- Waller, J.M., J.M. Lenne and S.J. Waller. 2002. *Plant Pathologist's Pocketbook*. 3rd ed. CABI Publishing, Wallingford. 516 p.
- Winter, M., P.L. Samuels, L.K. Otto-Hanson, R. Dill-Macky and L.L. Kinkel. 2019. Biological control of *Fusarium* crown and root rot of wheat by *Streptomyces* isolates - it's complicated. *Phytobiomes Journal* 3(1): 52-60.
- Yague, P., M.T. Lopez-Garcia, B. Rioseras, J. Sanchez and A. Manteca. 2012. New insights on the development of *Streptomyces* and their relationships with secondary metabolite production. *Current Trends in Microbiology* 8: 65-73.
-



Participatory Descriptive Diagram for Irrigation Management in  
Left Main Canal Scheme, Chiang Rai Province

แบบจำลองเชิงพรรณนาการมีส่วนร่วมเพื่อการจัดการชลประทาน  
ในพื้นที่คลองฝางซ้าย จังหวัดเชียงราย

Pattana Kayachai\* and Chanchai Sangchyoswat  
พัฒนา กายาไชย\* และ ชาญชัย แสงชัยสวัสดิ์

Center for Agricultural Resource System Research (CARSR), Faculty of Agriculture,  
Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand  
ศูนย์วิจัยระบบทรัพยากรเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200  
\*Corresponding author: Email: Pudd.Woody@gmail.com

(Received: 11 October 2022; Accepted: 20 January 2023)

**บทคัดย่อ:** การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อบ่งชี้ถึงถ้อยแถลงปัญหาของระบบชลประทาน ณ พื้นที่คลองฝางซ้าย ในจังหวัดเชียงราย ซึ่งพืชหลักที่เพาะปลูกในพื้นที่ชลประทานนี้คือข้าว โดยผ่านการวิเคราะห์แผนภาพเชิงพรรณนาของกระบวนการมีส่วนร่วม ภายใต้หลักแนวคิดเชิงระบบของ Chambers (1988) และ Small and Svendsen (1992) แผนภาพเชิงพรรณนาของกระบวนการมีส่วนร่วมแสดงถึงความสัมพันธ์ของระบบชลประทานในพื้นที่ศึกษา โดยส่วนประกอบของระบบชลประทานถูกจัดหมวดหมู่เป็นสี่หมวด (หมวดเทคนิค หมวดเกษตร-ชลประทาน หมวดสถาบัน และ หมวดการเงินงบประมาณ) ซึ่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องสำหรับการศึกษานี้ได้ถูกรวบรวมผ่านกระบวนการมีส่วนร่วมที่เรียกว่า “การวิเคราะห์ชุมชนแบบมีส่วนร่วม” ซึ่งข้อมูลเชิงคุณภาพและข้อมูลเชิงปริมาณถูกรวบรวมโดยผ่านกลุ่มผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ได้แก่ กลุ่มเจ้าหน้าที่รัฐ (11 คน) และสมาชิกกลุ่มผู้ใช้น้ำ (22 คน) ในปี พ.ศ. 2563 โดยแผนภาพเชิงพรรณนาของกระบวนการมีส่วนร่วมได้อธิบายถึงถ้อยแถลงปัญหาของระบบชลประทานในฤดูฝน และ ฤดูแล้ง ที่ว่าปัญหาหลักคือ ในฤดูฝน น้ำท่วมคลองส่งน้ำหลักเป็นปัญหาหลัก โดยมีสาเหตุหลายสาเหตุ เช่น ปริมาณน้ำฝนที่มากในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคมทำให้ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าด้านข้างของคลองส่งน้ำหลักในฤดูฝนจากร่องน้ำตามธรรมชาติ ความจุปริมาณน้ำของคลองส่งน้ำหลักในบริเวณปลายคลองส่งน้ำ และระบบระบายน้ำที่ไม่มีประสิทธิภาพ ส่งผลให้เกิดน้ำท่วมหนักในบริเวณปลายคลองส่งน้ำ สำหรับฤดูแล้ง ปัญหาหลักคือ การขาดแคลนน้ำสำหรับการเกษตร โดยมีสาเหตุมาจากสามปัจจัยหลัก ได้แก่ พื้นที่ปลูกข้าวที่มากขึ้นโดยไม่สัมพันธ์กับปริมาณน้ำชลประทาน การจัดการชลประทานที่ไม่ดีเนื่องจากความอ่อนแอขององค์กรของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการใช้น้ำและประสิทธิภาพของระบบการกระจายน้ำที่ไม่ดี

**คำสำคัญ:** แผนภาพเชิงพรรณนาของกระบวนการมีส่วนร่วม วิธีการเชิงระบบ การวิเคราะห์ชุมชนแบบมีส่วนร่วม ระบบชลประทาน การจัดการชลประทาน

**Abstract:** The objective of this study aimed to identify the problem statement of the irrigation system in the left main canal scheme (LMC scheme) in Chiang Rai province, which had rice as the mainly cultivated crop, through the participatory descriptive diagram (PDD). Under the system approach concept presented by Chambers (1988) and Small and Svendsen (1992), the PDD shows the relationship of irrigation systems with the components categorized into four domains (technical domain, irrigated agricultural domain, institutional domain, and financial domain). Relevant data in this research was collected by the participatory method called the participatory rural appraisal (PRA), in which quality and quantity information were collected through relevant stakeholders; 11 persons from the government sector and 22 persons from groups of water users in 2020. The PDD described the problem statement of irrigation systems in both rainy and dry seasons. In the rainy season, flooding in the main canal level was a major problem, caused by many factors, i.e., extremely lateral flow in the main canal from several natural streams from July to August, low capacity at the downstream-end section of the main canal, and inefficient drainage system. In the dry season, water scarcity was a major problem, caused by three main factors, i.e., over paddy rice cultivation with insufficient irrigation supply, incompetent management of the irrigation system of the stakeholders, and low conveyance efficiency of the canal distribution networks.

**Keywords:** Participatory descriptive diagram, system approach, participatory rural appraisal, irrigation system, irrigation management

## Introduction

Mae Lao Irrigation Scheme (MLIS) is a large irrigation scheme, which is located in the upper northern Thailand, Chiang Rai province. The Left Main Canal scheme (LMC scheme), which is dominated by the MLIS, is one of the irrigation districts in the MLIS. The LMC scheme was poorly managed, which led to unsatisfactory performances, for example, poor water distribution, damaged hydraulic infrastructures, flooding in the main canal, etc. (Wongtragoon *et.al.*, 2010); moreover, social co-operation among government sector and water user sector also created negative effects to the LMC scheme. All obstacles are complexity in terms of physical factors, human factor, and bio-economic factors in that irrigated agricultural system according to the description by Chambers (1988). So, these obstacles were complex situations

of irrigation management in the LMC scheme. To capture these obstacles, the system approach, integrated with the participatory method for investigating unstructured data, will be applied to identify relevant problems in terms of the problem statement in order to define all criteria and problem solutions in a decision-making process of irrigation management. Moreover, the concept of participation was supported and driven as a policy, called as the participatory irrigation management (PIM), by the Thai Royal Irrigation Department (RID). The RID has defined the PIM policy as the participation of water users in the management of the irrigation system for better management in all aspects and at all levels of its aspects including planning, design, construction, operation and maintenance, financing, decision rules and the monitoring and evaluation of the irrigation system. In Thailand, the PIM policy has been introduced as the main policy by the

RID since the year 2005 (Wongprasittiporn, 2005), which is stated that Thai rice-based irrigation system should be changed and adapted irrigation to be effective management in some terms that 1) increasing time of a canal maintenance, 2) changing the management of irrigation supply from continuous flow to rotation flow, 3) decreasing inequitable sharing of water among head-end and tailed-end water users and 4) gaining complaints and disputes from water users (Wongprasittiporn, 2007). The objectives of this study were to generate the participatory descriptive diagram (PDD) for perceiving the complex situations and to define crucial managerial problems and some factors that were related to problems.

## Framework Methodology

### Study area

In the Figure 1. the LMC scheme was the study area, which was dominated by the MLIS in Chiang Rai province, Thailand. The LMC scheme

covers 5,440 hectares in the wet season. The main crop was paddy rice that was divided into five zones of irrigation districts. But in the dry season, the irrigation service area (ISA) will be decreased by 2,080 ha.

### Conceptual framework

In the Figure 2. the conceptual framework of this study could be divided into two major phases. The first phase, which was called the problem situation phase, involves collecting all relevant information about an irrigated agricultural system in order to find out some systematic problems of the irrigation system, which the PRA tools are applied for collecting both quantitative and qualitative data through the workshop of both government sector and water user group. The second phase is the development phase of the PDD, in which the participatory descriptive diagram is generated by relevant information in the first phase. Moreover, the PDD will be extracted to generate the problematic statement for further decision-making.

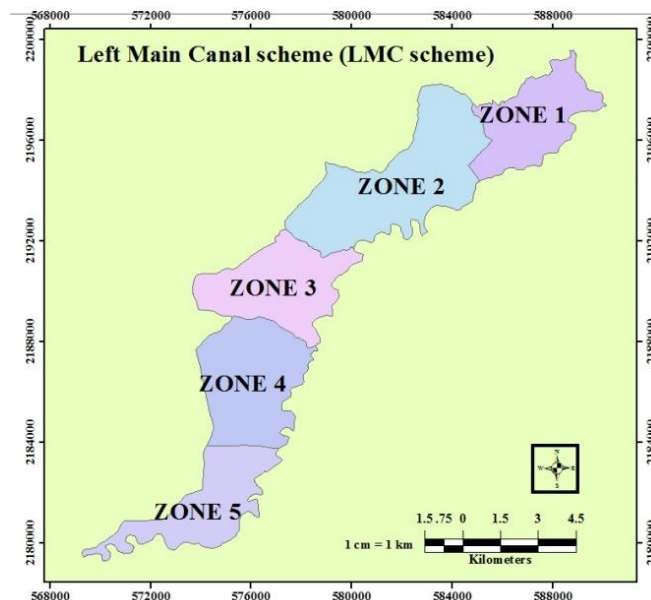


Figure 1. The Left Main Canal scheme (LMC scheme) (sourced by the Mae Lao irrigation department)

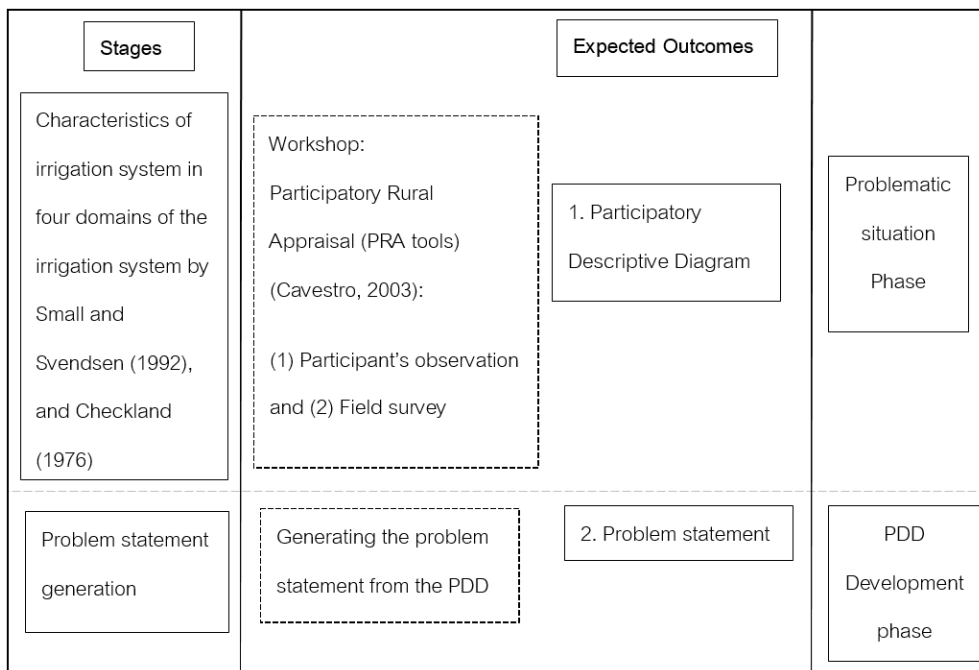


Figure 2. Conceptual framework of the study for generating of the PDD

**Characteristics of irrigation system**

To fulfill an understanding of the characteristics of irrigation system through under four domains of irrigation systems, suggested by Small and Svendsen (1992) and Checkland (1976), the data collection process was gathered in the workshop in the problematic situation phase through an activity of the participatory rural appraisal techniques (PRA techniques) (Cavestro, 2003). Two activities in the workshop were (1) participant observation in a focus group meeting and (2) the field survey for investigating the conveyance of irrigation system.

**Participant observation**

The participant observation process was held by a facilitator through an annual focus group meeting before starting irrigation supply season at the head quarter office in May 2020. All relevant stakeholders, i.e., the government sector (11 persons; 2 irrigation engineers and 9 operation

staffs) and representatives of water user groups (22 persons; 4 head of villagers, 5 irrigation volunteers and 13 general water user members from zone 5 to zone 2) were addressed to join a group in the first round meeting in order to extract all relevant information of irrigation characteristics. After the first round of meeting, all questionnaire checklists were introduced to extract all required information by the facilitator to all participants in the meeting. Relevant checklists were considerably selected under the outlined components of the irrigation system (Table 1.). Such relevant domain components, three domains of the irrigation system (irrigated agricultural, institutional and budget domain) and some outlined topics in technique domain were developed to be relevant questionnaire checklists for investigating all required information of characteristics of irrigation system in both dry and wet seasons that several conceptual issues were shown in Table 2.

**Table 1. Category of irrigation system components**

Domain	Components
Technical	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Physical conditions related to design and operation: climate, topography, soil, water resource</li> <li>● Conveyance system: main canal system, roads and hydraulic structures</li> </ul>
Irrigated-agriculture	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Distribution networks</li> <li>● Agricultural system</li> </ul>
Institution	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Types of Organization, structure and functions</li> <li>● Legal framework of the institution</li> <li>● Role of water usage</li> </ul>
Budget	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Fraction of financial management; operation and maintenance, disaster, improvement</li> </ul>

**Table 2. Conceptual issues of questionnaire checklists in each irrigation system components**

Domain	Checklists	Participants/information sources
Technique	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Water source</li> <li>2. External/internal water storage</li> <li>3. Irrigation supply</li> <li>4. Physical characteristics: rainfall/soils/topography, natural streams</li> </ol>	Government sector/ documents, GIS data, map data
Irrigated agriculture	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Agriculture/irrigation project/irrigation service area</li> <li>2. Agricultural system: paddy rice, maize, animal farm</li> </ol>	Government sector/ documents, GIS data, map data
Institution	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Water user groups/ government sector organization</li> <li>2. Functions of water user groups and government sector</li> <li>3. Strength of water user group</li> </ol>	Government sector and water user groups/ documents, meeting information, observed information
Budget	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fraction of financial management: operation, maintenance, disasters and improvement fractional budgets</li> <li>2. Local irrigation budget</li> </ol>	Government sector and water user groups/ documents, meeting information, observed information

## Field survey

The field survey information was collected the required data by survey observation before the irrigation season in the wet season, in 2020 for two days from the upstream section (zone 5) to the downstream section (zone 2). Characteristics of the main canal level were focused on this survey observation. All relevant checklists, which were introduced in the modern water control and management practices in irrigation-impact on performance (FAO, 1997 and Allen, 1998), were shown in Table 3.

For the integrated information process in order to generate the Participatory Descriptive Diagram process, relevant information, collected by participants observation and field survey, were categorized in each four domains of the irrigation system to generate the participatory descriptive diagram (PDD) in the next step.

## Problem statement generation

Relevant information from the problem statement was transformed and extracted relevant information by the PDD. Selected information in four domains were generated to a problem statement under the relationship of the system approach, introduced by Smyth and Checkland (1976).

## Results

### Participatory descriptive diagram (PDD)

The PDD was generated to analyze a relationship between the irrigation system in both wet and dry seasons (Figure 3 and Figure 4 respectively). Flow water resources and irrigation procedures of the LMC scheme were described under four irrigation domains in Table 1 as follows.

**Technical domain** consists of three major sub systems: (1) delivery canal system, (2) drainage system and (3) internal water storage system. For the delivery canal system, the main canal, which canal characteristics were 24.1 km in length, rectangular lined canal shape. The most canal capacity is in zone 5 (119,280 m<sup>3</sup>) and the least canal capacity is in zone 2 (13,094 m<sup>3</sup>). The irrigation supply was  $34 \pm 4$  million cubic meters (MCM) in the wet season and was  $59 \pm 9$  MCM in the dry season (in the year 2015 - 2020). The irrigation schedule was set by the rotational flow in each irrigational zone. The internal water storage system stored water in the wet season (0.3 MCM) and supplied the water in the dry season (0.2 MCM). For the drainage system, the main canal had a function to drain excessive water in the wet season, in which seven natural streams and

**Table 3.** Main canal level inspection checklists for searching characteristics of the main canal

Checklists	Conveyance system level
1. Canal section: Vegetation obstruction of flow, Rubbish obstruction flow at siphons, aqueducts, culverts, etc.	Main canal level
2. Canal embankments: Siltation, Seepage through embankment, Erosion	Main canal level
3. Structures: Seepage through concrete or masonry	Main canal level
4. Gates: Leakage through closed gate	Main canal level
5. Measuring structures: Drowned out or damaged measuring structures	Main canal level



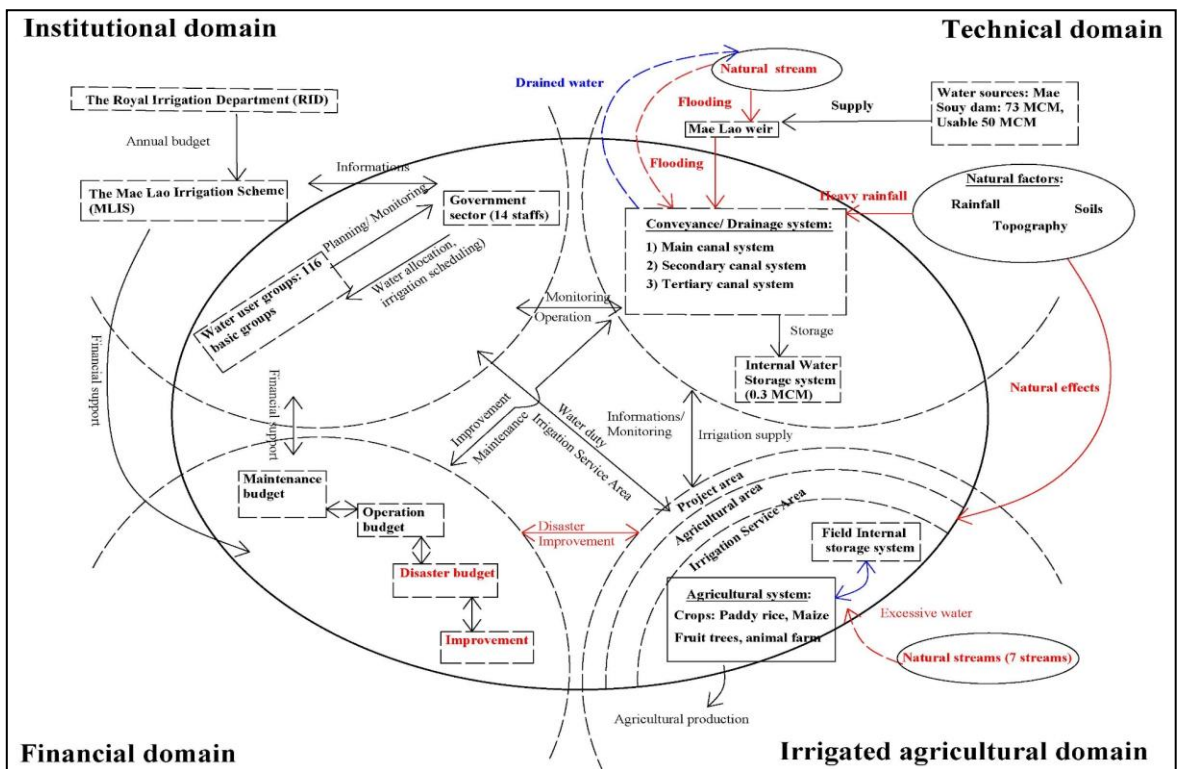


Figure 3. Diagram relationship of the irrigation system in the wet season

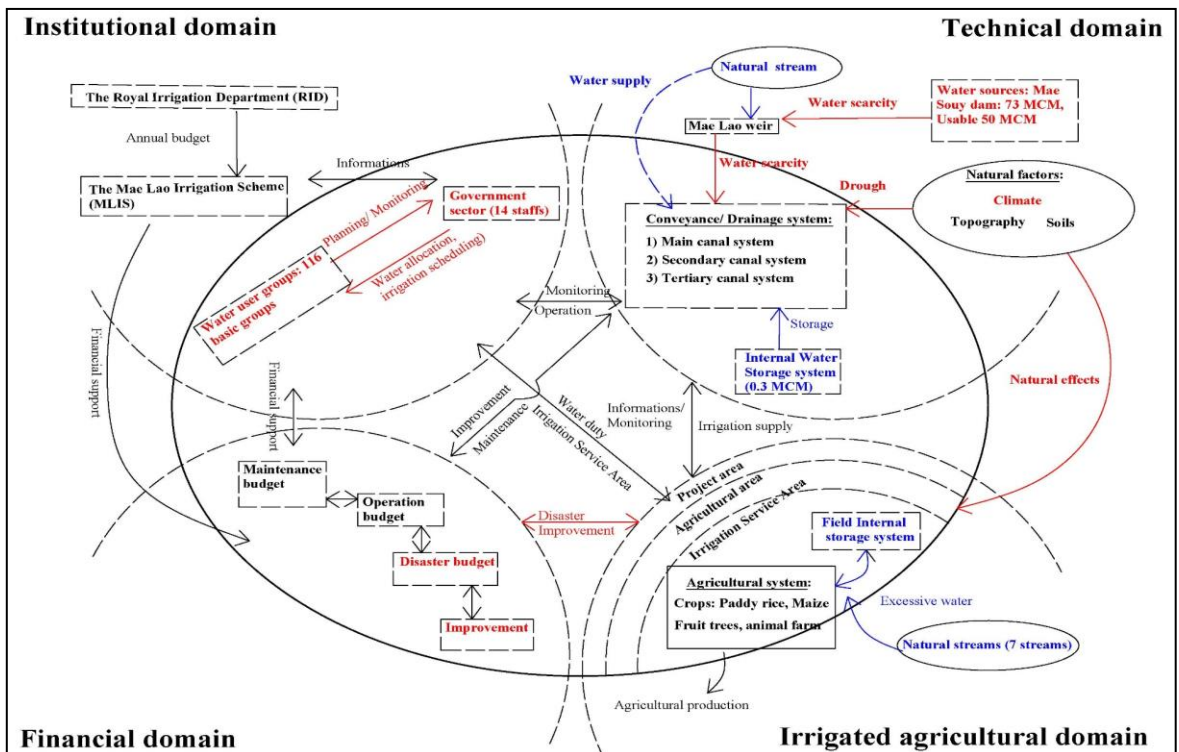


Figure 4. Diagram relationship of the irrigation system in the dry seasons

drained water of paddy nearby area were drained into the canal. Moreover, more effects of natural factors (rainfall  $129 \pm 22$  mm/wet season and  $29 \pm 21$  mm dry season) and topography (the main canal across several natural streams) affected the performance of the system.

**Irrigated agricultural domain** consists of two major sub-systems, i.e., the agricultural system and irrigated agricultural system (from the secondary canal to the field level). The main agricultural cultivation areas were paddy rice fields (over 80 %), some vegetable crops (4 %), fruit farms and fish farms (1 %) were minor agricultural areas respectively. Seventeen secondary and several tertiary canal levels supplied irrigation water to serve these agricultural areas (5,628 hectares in the wet season and 1,920 hectares in the dry season). In addition, the field internal water storage system (0.7 MCM of capacity) was more important for supporting the irrigation supply (0.07 MCM of capacity) of the outer boundary of the agricultural area in the dry season.

**Institutional domain** consists of two main sectors, i.e., the government sector and the water user group. For government sector (14 government staffs; operation staffs (12 staffs) and 2 irrigation engineers), dominated many relevant responsibilities to manage only the main canal level, such as operation, maintenance, fixing, checking and building infrastructures. Moreover, the government sector also supported and encouraged the water user groups to participate in irrigational activities, such as setting a group meeting before irrigation season, and setting and supporting the strength of water user groups. The water user groups, which consists of 116 basic groups in each five zones of irrigation districts, had a major responsibility for maintaining some part of the canal system from all secondary level to field distribution level in irrigational districts.

**Budget domain** is the expenditure (average  $11.8 \pm 2$  million Baht/year from 2016 to 2020) for irrigation management in the study area. The annual budget was allocated by the RID through the MLIS. The budget could be divided into four fractions of financial management (operation budget, maintenance budget, disaster budget and improvement budget), including expenditures for secondary and tertiary canal systems. In the budget domain, the improvement fraction was more than 85 % of the total budget and this amount of budget was used to build hydraulic infrastructures, broken by disasters in both wet and dry seasons.

#### **Problem statement**

According to the PDD, the problem statement of the LMC scheme states that in the wet season, flooding in the main canal level was the main problem, caused by many factors, i.e., heavy rainfall situation (from July to August), extremely lateral flow in the main canal level by several natural streams, less capacity at the end of the main canal and poor of the drainage system. In the dry season, water scarcity was the main problem, caused by two major factors, i.e., over paddy rice cultivation area, which was not match with the amount of irrigation water supply, poor irrigation management due to weak institution led to conflict among water users, and low conveyance efficiency of the canal distribution networks.

#### **Discussion**

##### **Participatory descriptive diagram (PDD)**

The PDD was the diagram of the irrigation system (Figure 3 and Figure 4) purposed to reveal relevant irrigation systems and sub-systems in four domains. These relationships among irrigation

domain systems, sub-systems in each irrigation domain and the components of each irrigation domain could be categorized. Starting of water resource from the Mae Souy dam water storage was supplied to paddy rice field through a canal conveyance system to the field distribution systems were defined as a relationship of irrigation flow in a hierarchical conveyance system. In addition, environmental factors (climate, soils, topography) were also defined as effects of irrigation problems in the LMC scheme in the technical domain and irrigated agricultural domains. Moreover, the human activity system (HAS) between water user groups and the government sector was illustrated by a relationship between irrigational activity procedures in both dry and wet seasons.

To simplify the complex irrigation system, four domains of irrigation were defined as relevant checklist information of system components by a concept of the nested hierarchy of the irrigation system, presented by Small and Svendsen (1992). These components of the system were set in four components of the system according to four domains that cover the physical and social dimensions of the irrigation system. To simplify the relationship under four domains, the PDD was generated by relevant information in the form of a diagram of that water resource flow, and a process and output in each system component.

The PDD supported decision makers to manage irrigation systems effectively through a setting of the goal achievement in each irrigation domain and to take action in each irrigation domain for achieving the goals. This DM process involved the participatory method that was a more powerful tool to not only deal with the problem that it was able to deal with a conflict among stakeholders in irrigation management under the soft system

method (Smyth and Checkland, 1976) in order to raise a collaborative social learning (sharing knowledge among stakeholders acquire) and collective skills through better understanding the perceptions in a complex situation (Hare, 2011). Moreover, the participatory concept was also supported by the PIM policy, which has been promoted by the Thai Royal Irrigation Department since 2005 because almost irrigation problems in Thailand were unstructured problems (Chittaladakorn, 2013).

### **Problem statement**

The problem statement was generated by the PDD, in which four domains of the irrigation system (technical, irrigated-agriculture, institutional and budget domain) were set according to the system approach. The statement described problem situations that complex situations were combined among four domains of irrigation system. In problem, natural, physical, agricultural, social and economic factors affected each other. Generally, the problem of irrigation management was very difficult to involve stakeholders. Due to more complex problems of irrigation systems among infrastructural, environmental, social and economic aspects, suggested options for irrigation development, published by the FAO (1997) in an issue as modernized irrigation that six options for irrigation improvement could be suggested for improving the irrigation management, i.e., (1) improving yield, financial sustainability of the project, including collection water fee, (2) eliminating of anarchy among institution, (3) improving irrigation efficiency, (4) increasing of environment degradation, (5) reducing maintenance and operation cost and (6) improving recovery of operation and maintenance cost. These options could be set as feasible choices for problem

solutions through a decision-making approach for irrigation management, which was based on the participatory method by relevant stakeholders in the LMC scheme.

### Conclusion

The participatory descriptive diagram (PDD) described the relationship of an irrigation system according to four domains (technical domain, irrigated agricultural domain, institutional domain and financial domain). The technical domain involved the relationship of physical factors (climate, topography, soil, and water resource) and the conveyance system, irrigated agricultural domain involved the relationship of distribution networks and agricultural system, the institutional domain involved the relationship of the related organization, the legal framework of the institution and role of water usage and budget domain involved relation of operation and maintenance, disaster and improvement budgets.

The PDD described the problem statement in both wet and dry seasons in the study area. It was stated that in the wet season, flooding in the main canal level was a main problem caused by heavy rainfall, extremely lateral flow in the main canal level, less capacity at the end of the main canal and poor of drainage system led to a flood in this area. In the dry season, water scarcity was a main problem, caused by over paddy rice cultivation, poor irrigation management and low conveyance efficiency of the canal distribution networks. All of these led to water scarcity for cultivation.

### References

- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. FAO. Rome. 300 p.
- Cavestro, L. 2003. P.R.A.- Participatory rural appraisal: Concepts methodologies and techniques. M.A. Thesis. Universita degli Studi di Padova, Padova. 38 p.
- Chambers, R. 1988. Managing Canal Irrigation: Practical Analysis from South Asia. Cambridge University Press. Cambridge. 279 p.
- Chittaladakorn, S. 2013. Decision Support System for Water Resources Engineering Management. Kasetsart University Press, Bangkok. 503 p. (in Thai)
- FAO. 1997. Modernization of Irrigation Schemes: Past Experiences and Future Options. Water Report Series 12. FAO Regional Office for Asia and the Pacific. Bangkok. 258 p.
- Hare, M. 2011. Forms of participatory modelling and its potential for widespread adoption in the water sector. *Environmental Policy and Governance* 21(6): 386-402.
- Small, L.E. and M. Svendsen. 1992. A framework for assessing irrigation performance. *Irrigation and Drainage Systems*. 4: 283-312.
- Smyth, D.S. and P.B. Checkland. 1976. Using a systems approach: The structure of root definitions. *Journal of Applied Systems Analysis* 5: 75-83
- Wongprasittiporn, C. 2005. Large rice-based irrigation systems in Thailand. pp. 136-140. *In: Proceedings of the Regional Workshop*

- on the Future of Large Rice-Based Irrigation Systems in Southeast Asia. Ho Chi Minh City, Viet Nam.
- Wongprasittiporn, C. 2007. The Future of Large Rice-based Irrigation System in Southeast Asia. FAO Regional Office for Asia and the Pacific. Bangkok. 119 p.
- Wongtragoon, U., N. Kubo and H. Tanji. 2010. Performance diagnosis of Mae Lao Irrigation Scheme in Thailand. (I) Development of unsteady irrigation water distribution and consumption model. Paddy and Water Environment 8(1): 1-13.
-



ผลของการเสริมฮอร์โมนโปรเจสเทอโรนหลังการผสมเทียม  
ต่อการตั้งท้องในโครีดนมที่มีปัญหาการผสมซ้ำ

Effects of Post-insemination Progesterone Supplementation  
on Pregnancy in Repeat-breeder Lactating Dairy Cows

อิทธิพล สักลอ<sup>1</sup> วาที คงบรรทัด<sup>2</sup> อานนท์ ประเสริฐ<sup>1</sup> วรณลักษณ์ ถาวร<sup>1</sup> และ วิวัฒน์ พัฒนาวงศ์<sup>1\*</sup>  
Ittipol Saklo<sup>1</sup>, Watee Kongbuntad<sup>2</sup>, Anon Paserakung<sup>1</sup>, Wannaluk Thaworn<sup>1</sup> and Wiwat Pattanawong<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ. เชียงใหม่ 50290

<sup>1</sup>Faculty of Animal Science and Technology, Maejo University, Chiang Mai 50290, Thailand

<sup>2</sup>คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ. เชียงใหม่ 50290

<sup>2</sup>Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai 50290, Thailand

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

(Received: 7 April 2022; Accepted: 28 September 2022)

**Abstract:** The aim of this study was to determine the effect of post-insemination supplementation with using plaster synthetic progesterone (P-Sync) on pregnancy in repeat-breeder lactating dairy cows. Experiment was divided into 2 groups. Group 1 cows did not receive progesterone (P-Sync) after artificial insemination (AI) (n = 27). Group 2 cows received progesterone (P-Sync) after AI (n = 23). After that, record milk yields and lactation number all of repeat - breeder lactating dairy cows and pregnancy was diagnosed at 60 days after AI with ultrasound. The result found that cows at first lactation with progesterone (P-Sync) supplementation after AI had the highly pregnancy (risk ratio, i.e., RR = 5.00) (95 % CI = 0.767, 32.574) ( $P < 0.05$ ). Effect of supplemented progesterone after AI on repeat-breeder lactating dairy cows shown that among cows with days in milk (191 - 400) in combination with progesterone supplementation after AI tended to be the highly pregnancy (risk ratio, i.e. RR = 3.14) (95 % CI = 0.769, 12.850) ( $P = 0.10$ ). The results of this study demonstrate that the group of repeat-breeder lactating dairy cows with first lactation with progesterone supplementation after AI can increase the pregnancy rate per AI.

**Keywords:** Repeat-breeder, dairy cow, progesterone, post-insemination, pregnancy rate

**บทคัดย่อ:** การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนสังเคราะห์ในรูปแบบพลาสเตอร์ (P-Sync) หลังการผสมเทียมต่อการตั้งท้องในโครีดนมที่มีปัญหาการผสมซ้ำ ซึ่งแบ่งการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 แม่โคไม่ได้รับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน (P-Sync) หลังการผสมเทียม (n = 27) กลุ่มที่ 2 แม่โครีดนมได้รับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน (P-Sync) หลังการผสมเทียม (n=23) หลังจากนั้นบันทึกข้อมูลการให้น้ำนมและจำนวนระยะการให้นมของแม่โครีดนมที่มีปัญหาการผสมซ้ำทุกตัว และตรวจการตั้งท้องโดยการใส่เครื่องเครื่องอัลตราซาวด์ในวันที่ 60 หลังการผสมเทียม พบว่า โคที่อยู่ใน lactation number ที่ 1 ร่วมกับการเสริมฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน P-Sync หลังการผสมเทียม มีการตั้งท้องสูงสุด (risk ratio, i.e. RR = 5.00) (95 % CI = 0.767, 32.574) ( $P < 0.05$ ) และอิทธิพลของ days in milk ต่อผลของการเสริมฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนหลังการผสมเทียมต่อการตั้งท้องแสดงให้เห็นว่า กลุ่มโคที่มี days in milk (191 - 400) ร่วมกับการเสริมฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนหลังการผสมเทียม มีแนวโน้มของการตั้งท้องสูงสุด (risk ratio, i.e. RR = 3.14) (95 % CI = 0.769, 12.850) ( $P = 0.10$ ) ผลการศึกษาค้นนี้แสดงให้เห็นว่า ในกลุ่มโครีดนมที่มีปัญหาการผสมซ้ำซึ่งอยู่ใน lactation ที่ 1 เมื่อทำการเสริมฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน หลังการผสมเทียมสามารถเพิ่มอัตราการตั้งท้องต่อการผสมเทียมได้

**คำสำคัญ:** ปัญหาการผสมซ้ำ โคนม ฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน หลังการผสมเทียม อัตราการตั้งท้อง

## บทนำ

ปัญหาการผสมซ้ำในโคนม (repeat breeder) เป็นปัญหาที่สำคัญในการเลี้ยงแม่โคนม ไม่ว่าจะเป็นอย่างใดก็ตามหรือในประเทศไทย โดยผลที่ตามมาจากปัญหาดังกล่าว คือ ความสูญเสียจากระยะท้องว่างและเพิ่มอัตราการคัดทิ้งจากปัญหาระบบสืบพันธุ์ โดยสาเหตุของปัญหาการผสมซ้ำในโคนม อาจเกิดจากฤดูกาลที่แม่โคคลอด แม่โคที่คลอดในฤดูร้อนมีอุบัติการณ์ผสมซ้ำสูงกว่าแม่โคที่คลอดช่วงฤดูฝน ( $P < 0.0001$ ) (Punyapornwithaya *et al.*, 2006) และการตายของตัวอ่อน (embryonic mortality) มีส่วนทำให้เกิดปัญหาการผสมซ้ำในโคนม (Villarreal *et al.*, 2004) ปัจจุบันการเลี้ยงโคนมเป็นหนึ่งในอาชีพที่สร้างรายได้ และเป็นอาชีพที่สำคัญต่อเกษตรกรไทย การเลี้ยงโคนมให้ประสบความสำเร็จนั้นจะต้องมีการจัดการผสมพันธุ์แม่โคที่ดี เพื่อแก้ไขปัญหาการผสมซ้ำในโคนม โดยความผิดพลาดในการตรวจการเป็นสัดและการผสมเทียม ก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้การผสมติดลดลงและถือได้ว่าเป็นปัญหาหลักที่พบได้สม่ำเสมอภายในฟาร์มโคนม ในขณะที่โปรแกรมการจัดการระบบสืบพันธุ์เป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยในการแก้ไขหรือบรรเทาปัญหาเหล่านี้ ทั้งในแง่ของการจัดการระดับฝูงและการจัดการรายตัวได้ (Yohkma, 2006)

การใช้โปรแกรมการจัดการระบบสืบพันธุ์ร่วมกับเสริมฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนหลังการผสมเทียมนั้น มีแนวโน้มที่จะปรับปรุงอัตราการตั้งท้องต่อการผสมเทียมให้สูงขึ้นได้ (44.4 % vs. 38.1 % สำหรับกลุ่มที่เสริม P4 vs. กลุ่มที่ไม่ได้เสริม P4) ( $P = 0.08$ ) (Forro *et al.*, 2012) โดย Bilby *et al.* (2013) พบว่า การเสริมฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนในโปรแกรมเหนี่ยวนำการเป็นสัด สามารถเพิ่มอัตราการตั้งท้องต่อการผสมเทียมได้ ซึ่งการเสริมฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนหลังการผสมเทียมสามารถเพิ่มอัตราการตั้งท้องได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้เสริม ( $P < 0.01$ ) โดยการเสริมฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนหลังการผสมเทียมจะเป็นประโยชน์อย่างมากในกลุ่มโคที่มีความสมบูรณ์พันธุ์ต่ำ (lower fertility) เพิ่มโอกาสในการตั้งท้องให้สูงขึ้น (Yan *et al.*, 2016) การเสริมฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนให้ถึงระดับ 2.65 ng/ml สามารถฟื้นฟูความสมบูรณ์พันธุ์ในโคที่ขาด Corpus luteum ในวันที่ทำการผสมเทียมแบบกำหนดเวลา (timed AI protocol) (Bisinotto *et al.*, 2012) อีกทั้งไม่มีผลต่อการสูญเสียต่ออัตราการตั้งท้องระหว่างการเสริมฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนหลังการผสมเทียมอีกด้วย (Lima *et al.*, 2009) และการเสริมฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนในช่วงก่อนระยะลูเทียลเฟส (luteal phase) สามารถเพิ่มอัตราการเกิดลูกแฝดได้ (twin pregnancy rate) (Garcia-Ispuerto



and Lopez-Gatius, 2017) ซึ่ง Pattanawong and Thaworn (2014) ได้ทำการเปรียบเทียบ ความสามารถในการปลดปล่อยฮอร์โมนโพรเจสเทอโรน เข้าสู่กระแสเลือดระหว่างฮอร์โมนโพรเจสเทอโรนสังเคราะห์ในรูปแบบสอดช่องคลอด (CIDR) และฮอร์โมนโพรเจสเทอโรนสังเคราะห์ในรูปแบบพลาสติกเตอร์ (P-Sync) พบว่า มีประสิทธิภาพในการปลดปล่อยฮอร์โมนโพรเจสเทอโรนได้ไม่แตกต่างกัน

ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมฮอร์โมนโพรเจสเทอโรนสังเคราะห์ในรูปแบบพลาสติกเตอร์ (P-Sync) หลังการผสมเทียมต่อการตั้งท้องในโครีดนมที่มีปัญหาการผสมซ้ำในโคนมและเพิ่มอัตราการตั้งท้องต่อการผสมเทียมให้สูงขึ้น

## อุปกรณ์และวิธีการ

### สถานที่และสัตว์ทดลอง

ในการศึกษานี้ได้รับอนุมัติภายใต้การพิจารณาจากคณะกรรมการกำกับดูแลการเลี้ยงและใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยแม่โจ้ (Approval No. MACUC 043A/2561) โดยใช้โคพันธุ์ทรอปิคอลโฮลสไตน์ (tropical Holstein, TH) ที่มีปัญหาผสมซ้ำ ซึ่งมีจำนวนครั้งการผสมเทียม 3 ครั้งขึ้นไป โดยมีอายุอยู่ในช่วง 2 - 5 ปี มีระยะการให้นมเฉลี่ยอยู่ที่ lactation ที่ 3 โดยแบ่งเป็น lactation ที่ 1 จำนวน 14 ตัว, lactation ที่ 2 จำนวน 15 ตัว และ lactation ที่ 3+ จำนวน 21 ตัว มีคะแนนร่างกาย (body condition score) เฉลี่ยอยู่ที่ 4 คะแนน มีจำนวนวันท้องว่างหลังคลอดเฉลี่ย 150 วัน และมีปริมาณน้ำนมเฉลี่ย 25 กิโลกรัมต่อวัน ทำการล้างตรวจระบบสืบพันธุ์เพื่อดูความสมบูรณ์ของรังไข่ หากตัวไหนมีความผิดปกติ อาทิเช่น เป็นถุงน้ำบนรังไข่ จะทำการแยกรักษา และไม่คัดเข้าทำการทดลอง โดยทำการทดลองที่บริษัทเชียงใหม่เฟรชมิลค์ฟาร์ม (Chiangmai Freshmilk Farm Co., Ltd) ซึ่งตั้งอยู่ในพื้นที่อำเภอบ้านไผ่ จังหวัดลำพูน ซึ่งเป็นฟาร์มที่ได้รับมาตรฐานฟาร์มโคนมและการผลิตน้ำนมดิบของประเทศไทย จากกรมปศุสัตว์

### อาหารและโรงเรือน

แม่โคทุกตัวได้รับอาหารแบบ TMR (total mix ration) โดยมีข้าวโพดสับละเอียด หญ้าเนเปียร์ และหญ้าธัญ เป็นแหล่งอาหารหยาบคุณภาพสูง อีกทั้งมีกากถั่วเหลือง สับปะรดอัดก้อน มัน+ข้าวโพดหมักยีสต์ และมันเส้น เป็นแหล่งอาหารข้น โดยมีสัดส่วนอาหารข้นต่ออาหารหยาบอยู่ที่ 60 : 40 ในส่วนของโรงเรือนของแม่โค แม่โคถูกเลี้ยงดูในโรงเรือนมาตรฐานแบบหน้าจั่ว 2 ชั้น พื้นคอกเทด้วยคอนกรีต มีชอนนอนให้แม่โคแต่ละตัว โดยมีแผ่นยางเป็นวัสดุรองพื้นของ ภายในโรงเรือนมีอุปกรณ์กวาดมูลอัตโนมัติทำงาน 24 ชั่วโมง มีแปลงเกาหลีหลังแม่โคอัตโนมัติ (happy cow) สำหรับให้แม่โคได้คลายเครียดและผ่อนคลายไปในตัว ในส่วนของรางอาหารนั้นมีความยาวตลอดโรงเรือน ส่วนภายในโรงเรือนมีรางระบายมูล (gutter) อยู่ถัดจากชอนมาด้านหลัง เพื่อรองรับน้ำปัสสาวะ อีกทั้งมีทางเดินหลัง (service passage) ใช้เป็นเส้นทางสำหรับลำเลียงมูล และการจัดการอื่น ๆ ออกจากโรงเรือน ในส่วนของอุปกรณ์ให้น้ำ ให้เป็นอ่างน้ำอัตโนมัติสามารถเติมน้ำได้เองและมีเพียงพอต่อแม่โคทุกตัว

### การตรวจการตั้งท้อง

ทำการตรวจการตั้งท้องหลังจากผสมเทียมไปแล้ว 60 วัน ด้วยเครื่องอัลตราซาวด์ (เครื่องอัลตราซาวด์ยี่ห้อ CARELIFE รุ่น HV - 5 ความถี่ 7.5 MH) โดยทำการล้างผ่านทางทวารหนัก และใช้เครื่องอัลตราซาวด์สแกนผ่านผนังลำไส้ใหญ่เพื่อหาตัวอ่อนเป็นการยืนยันผลการผสมติด และทำการคำนวณอัตราการตั้งท้องต่อการผสมเทียม

### การเหนี่ยวนำการเป็นสัดและการเสริมฮอร์โมนโพรเจสเทอโรน

โคทดลองในการศึกษานี้ในวันแรกที่แรกของการทดลอง (day 0) ทำการล้างตรวจความสมบูรณ์ของมดลูก รังไข่ เสริม Catosal® 25 มิลลิกรัม Vitamin AD3E® 8 มิลลิกรัม โดยทำการฉีดเข้ากล้ามเนื้อบริเวณคอ และทำการเสริมฮอร์โมนโพรเจสเทอโรนสังเคราะห์ในรูปแบบสอดช่องคลอด (CIDR) เข้าบริเวณช่องคลอด

เพื่อเริ่มกระบวนการเหนี่ยวนำการเป็นสัด หลังจากนั้นในวันที่ 6 (day 6) ทำการฉีด cloprostenal, Estrumate® 2 มิลลิกรัม เข้ากล้ามเนื้อบริเวณคอ ในวันที่ถัดมา (day 7) ทำการถอดฮอร์โมนโพรเจสเทอโรนสังเคราะห์ในรูปแบบสอดช่องคลอด (CIDR) ออกจากช่องคลอด หลังจากนั้นอีก 48 - 60 ชั่วโมง จึงทำการผสมเทียม หลังจากการผสมเทียมทำการเสริม buserelin, Receptal® 1 มิลลิกรัม โดยฉีดเข้าบริเวณช่องคลอด ดังแสดงใน Figure 1

หลังจากนั้นแบ่งโคเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มควบคุม เป็นกลุ่มที่ไม่ได้รับการเสริมฮอร์โมนโพรเจสเทอโรนหลังการผสมเทียมและกลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่ทำการเสริมฮอร์โมนโพรเจสเทอโรนหลังการผสมเทียม โดยทำการเสริมวันที่ 3 - 18 หลังการผสมเทียม โดยมีขั้นตอนดังนี้

ในกลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่ทำการเสริมฮอร์โมนโพรเจสเทอโรนหลังการผสมเทียม โดยหลังจากทำการเหนี่ยวนำการเป็นสัดและผสมเทียมเสร็จสิ้น หลังจากนั้นอีก 3 วัน (day 12) ทำการเสริมฮอร์โมนโพรเจสเทอโรนสังเคราะห์ในรูปแบบพลาสติก (P-Sync) โดยทำการพันไว้บริเวณโคนหางของโคและทำการถอดแผ่นฮอร์โมนโพรเจสเทอโรนสังเคราะห์ ออกในวันที่ 18 หลังการผสมเทียม ดังแสดงใน Figure 2

**การวิเคราะห์ทางสถิติ**

วิเคราะห์หาค่า relative risk ของ 2 กลุ่ม การทดลอง โดยใช้ confidence interval ของ relative risk ที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยการใช้โปรแกรม IBM SPSS Statistics 28 หาก 95 % CI ของ relative risk ไม่มีค่า 1 รวมอยู่ด้วย หมายความว่าค่า relative risk ที่วิเคราะห์หามาได้มีค่าแตกต่างจาก 1 อย่างมีนัยสำคัญ นั่นคือ ตัวแปรทั้งสองมี association กัน ส่วนการอธิบายหรือนำค่า relative risk ที่ได้จากการวิเคราะห์ไปใช้ จะพิจารณาดังนี้

1. เมื่อ RR = 1 สัดส่วนของ outcome ใน exposed และ unexposed ไม่แตกต่างกัน หรือไม่มี association ระหว่างตัวแปรทั้งสอง หรือความเสี่ยงของ outcome ในกลุ่มตัวอย่างไม่ว่าจะเป็น exposed group หรือ unexposed group ไม่แตกต่างกัน

2. เมื่อ RR > 1 สัดส่วนของ outcome ใน exposed และ unexposed แตกต่างกัน หรือมี association เชิงบวกระหว่างตัวแปรทั้งสอง หรืออาจกล่าวได้อย่างใดอย่างหนึ่ง ดังนี้

- ในกลุ่มตัวอย่างที่เป็น exposed group มีโอกาส (หรือมีความเสี่ยง) เกิด outcome คิดเป็น RR เท่า เมื่อเทียบกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็น unexposed group

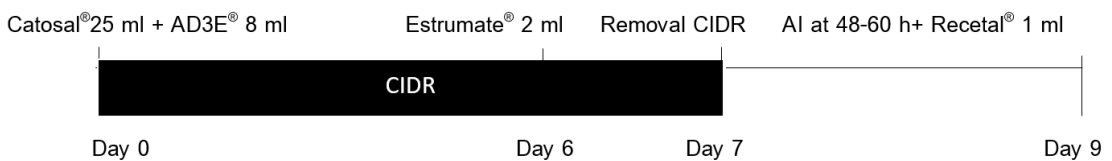


Figure 1. Program synchronization supplementation none Progesterone after AI in group 1 (non P4 group)

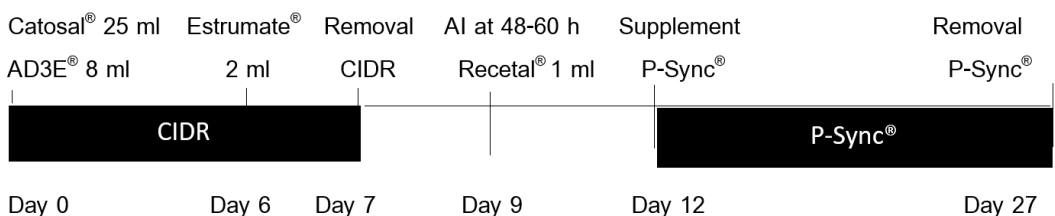


Figure 2. Program synchronization supplementation Progesterone after AI in group 2 (P4 group)

- ในกลุ่มตัวอย่างที่เป็น exposed group มีโอกาส (หรือมีความเสี่ยง) เกิด outcome เพิ่มขึ้น  $(1 - RR) \times 100$  เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็น unexposed group

3. เมื่อ  $RR < 1$  สัดส่วนของ outcome ใน exposed และ unexposed แตกต่างกัน หรือมี association เชิงลบระหว่างตัวแปรทั้งสอง หรืออาจกล่าวได้อย่างใดอย่างหนึ่ง ดังนี้

- ในกลุ่มตัวอย่างที่เป็น exposed group มีโอกาส (หรือมีความเสี่ยง) เกิด outcome คิดเป็น RR เท่า เมื่อเทียบกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็น unexposed group

- ในกลุ่มตัวอย่างที่เป็น exposed group มีโอกาส (หรือมีความเสี่ยง) เกิด outcome ลดลง  $(1 - RR) \times 100$  เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็น unexposed group

การคำนวณหาขนาดตัวอย่าง (sample size) ของ 2 กลุ่มการทดลอง ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป G\*Power ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ช่วยคำนวณขนาดตัวอย่าง โดยการใช้งานประกอบด้วย การใส่ข้อมูลกลุ่มของสถิติ (test family) สถิติที่ใช้งาน (statistics) และการระบุ type of power analysis โดยในการคำนวณหาขนาดตัวอย่าง (sample size) ในครั้งนี้ใช้ข้อมูลกลุ่มของสถิติ (test family) แบบ t-test ในส่วนของ การใส่ค่าพารามิเตอร์ (input parameters) ประกอบด้วย ค่าขนาดอิทธิพล (effect size) ซึ่งการประมาณค่าขนาดอิทธิพลได้กำหนดเป็นค่าพื้นฐานไว้ 3 ระดับ คือ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ โดยค่าอำนาจการทดสอบ (power test) ซึ่งได้จากการคำนวณโดยใช้ค่า type II error (type II error หรือ  $\beta$  เรียกว่าเบต้า/Beta ค่า  $power = 1 - \beta$ ) ซึ่งนิยมกำหนดค่า  $\beta$  ร้อยละ 20 จึงได้ค่า Power ร้อยละ 80 ระดับนัยสำคัญ โดยกำหนดค่าอัลฟา/alpha หรือ  $\alpha$  ไว้ที่ 0.05 ซึ่งเป็นค่าเริ่มต้น (default)

### ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาในโครีดที่มีปัญหาการผสมซ้ำ จำนวน 50 ตัว ซึ่งแบ่งการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 ประกอบด้วยโครีดนมที่เสริมฮอร์โมน

โปรเจสเทอโรน P-sync หลังการผสมเทียม จำนวน 23 ตัว และกลุ่มที่ 2 ประกอบด้วยโครีดนมที่ไม่เสริมฮอร์โมนโปรเจสเทอโรนหลังการผสมเทียม จำนวน 27 ตัว โดยทั้ง 2 กลุ่ม ได้จำแนกโคตามตัวแปรดังนี้ lactation number, milk production, No. of AI และ days in milk ดังแสดงใน Table 1

ผลของการเสริมฮอร์โมนโปรเจสเทอโรนหลังการผสมเทียมต่อการตั้งท้อง เมื่อจำแนกโคออกเป็น lactation number พบว่า ในกลุ่มโคใน lactation number ที่ 1 ร่วมกับการเสริมฮอร์โมนโปรเจสเทอโรนหลังการผสมเทียม มีอัตราการตั้งท้องสูงสุด (risk ratio, i.e.  $RR = 5.00$ ) (95 % CI = 0.767, 32.574) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญสถิติ ( $P < 0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มโคที่ไม่ได้รับการเสริมฮอร์โมนโปรเจสเทอโรนหลังการผสมเทียม และในกลุ่มโคที่อยู่ใน lactation number ที่ 2 และ 3 ขึ้นไป ร่วมกับการเสริมฮอร์โมนโปรเจสเทอโรนหลังการผสมเทียม มีอัตราการตั้งท้องที่ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ (risk ratio, i.e.  $RR = 0.89$ ) (95 % CI = 0.301, 2.626), (risk ratio, i.e.  $RR = 5.00$ ) (95 % CI = 0.767, 32.574) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มโคที่ไม่ได้รับการเสริมฮอร์โมนโปรเจสเทอโรนหลังการผสมเทียม ( $P > 0.05$ ) ดังแสดงใน Table 2

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า กลุ่มโคที่อยู่ใน lactation number ที่ 1 ร่วมกับการเสริมฮอร์โมนโปรเจสเทอโรน หลังการผสมเทียม มีอัตราการตั้งท้องสูงสุด (risk ratio, i.e.  $RR = 5.00$ ) (95 % CI = 0.767, 32.574) ( $P < 0.05$ ) เนื่องจากโคนมที่ให้ลูกครั้งเดียว (primiparous cows) มีการพัฒนาของฟอลลิเคิลในลักษณะเป็นคลื่นฟอลลิเคิล (wave-like pattern) ซึ่งระยะเวลาที่เกิดคลื่นฟอลลิเคิลในแต่ละคลื่นในโคนมที่ให้ลูกครั้งเดียว (primiparous cows) มีระยะเวลายาวนานกว่าโคนมที่ให้ลูกหลายครั้ง (multiparous cows) ( $17.2 \pm 2.3$  วัน vs.  $11.9 \pm 0.7$  วัน) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) (Guntaprom, 2006) ซึ่งจากระยะเวลาที่เกิดคลื่นฟอลลิเคิลที่มีระยะเวลายาวนานกว่า ทำให้โคนมที่ให้ลูกครั้งเดียว (primiparous cows) หรือโคที่อยู่ใน lactation number ที่ 1 มีโอกาสสูงกว่าที่จะพบฟอลลิเคิลบางฟองที่มี

Table 1. Distribution of cows by studying variables and outcome (n = 50) for evaluation of the effect of progesterone supplementation in repeat-breeder lactating dairy cows after insemination

Variable	level	No. of cows in P-Sync group	No. of cows in control group
Lactation number	1	7	7
	2	9	6
	3+	7	14
Milk production (kg)	7.8 - 15.3	9	7
	15.4 - 20.5	9	8
	20.6 - 32.0	5	12
No. of AI	3 - 11	19	22
	12 - 19	2	3
	20 - 27	2	2
Days in milk	63 - 120	10	12
	121 - 190	6	4
	191 - 400	7	11
Outcome	Pregnancy	14	10
	Open	9	17
Total number of cows		23	27

Table 2. Effect of progesterone supplementation on pregnancy in repeat-breeder lactating dairy cows after insemination stratified by lactation number

Lactation	Outcome	P-Sync	Control	Relative risk of pregnancy 95% CI (lower limit, upper limit)	<i>P</i> -value
1	Pregnancy	5	1	5.00 (0.767, 32.574)	0.03
	Open	2	6		
2	Pregnancy	4	3	0.89 (0.301, 2.626)	0.62
	Open	5	3		
3+	Pregnancy	5	3	3.33 (1.102, 10.085)	0.06
	Open	2	11		
Total number of cows		23	27		

ขนาดใหญ่ (dominant follicle) ที่สามารถเกิดการตกไข่ได้ ซึ่งการเสริมฮอร์โมนโพรเจสเทอโรนหลังการผสมเทียม ทำให้มีเลือดไหลเข้าสู่บริเวณเยื่อบุมดลูกมากขึ้น ทำให้มีลักษณะบวม สรุปได้ว่าผลของฮอร์โมนโพรเจสเทอโรนทำหน้าที่เตรียมเยื่อบุมดลูกสำหรับให้ไข่ที่ผสมกับน้ำเชื้ออสุจิแล้วเกิดการฝังตัว (implantation) ได้ง่ายขึ้นและสามารถเจริญต่อไปได้ สอดคล้องกับ Villarroel *et al.* (2004) ได้ศึกษาผลของการเสริมฮอร์โมนโพรเจสเทอโรน PRID หลังการผสมเทียมในโคที่มีปัญหาการผสมซ้ำ พบว่า การเสริมฮอร์โมนโพรเจสเทอโรน PRID หลังการผสมเทียมสามารถปรับปรุงอัตราการตั้งท้องให้ดีขึ้น ในในกลุ่มโคที่อยู่ใน lactation number ที่ 1 ซึ่งได้รับการเสริมฮอร์โมนโพรเจสเทอโรน PRID จำนวน 18 วัน หลังการผสมเทียม โดย Garcia-Ispierto and Lopez-Gatius (2017) ได้ศึกษาการเสริมฮอร์โมนโพรเจสเทอโรนหลังการผสมเทียมเพื่อเพิ่มอัตราการผสมติดในโคที่ให้ผลผลิตสูง พบว่า กลุ่มโค primiparous มีอัตราการตั้งท้องที่สูงกว่า กลุ่มโค multiparous (52.1 % vs. 31.2 %) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.0001$ )

เมื่อศึกษาถึงอิทธิพลของ days in milk ต่อผลของการเสริมฮอร์โมนโพรเจสเทอโรน P-Sync หลังการผสมเทียมต่อการตั้งท้อง พบว่า กลุ่มโคที่มี days in milk (63 - 120), days in milk (121 - 190) และ days in milk (191 - 400) ร่วมกับการเสริมฮอร์โมนโพรเจสเทอโรนหลังการผสมเทียม มีอัตราการตั้งท้องที่ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ (risk ratio, i.e., RR = 2.40) (95 % CI = 0.797, 7.231), (risk ratio, i.e. RR = 1.33) (95 % CI = 0.430, 4.134), (risk ratio, i.e., RR = 3.14) (95 % CI = 0.769, 12.850) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มโคที่ไม่เสริมฮอร์โมนโพรเจสเทอโรนหลังการผสมเทียม ( $P > 0.05$ ) ดังแสดงใน Table 3

อิทธิพลของ days in milk ต่อผลของการเสริมฮอร์โมนโพรเจสเทอโรนหลังการผสมเทียมต่อการตั้งท้อง พบว่า กลุ่มโคที่มี days in milk (191-400) ร่วมกับการเสริมฮอร์โมนโพรเจสเทอโรน P-Sync หลังการผสมเทียม มีแนวโน้มของการตั้งท้องสูงสุด (risk ratio, i.e. RR = 3.14) (95 % CI = 0.769, 12.850) ( $P = 0.10$ ) โดยกลุ่ม

โคที่มี days in milk (191-400) ในช่วง Peak ของการให้ผลผลิตน้ำนมมีค่าเฉลี่ยน้ำนมต่อตัวต่อวันอยู่ที่ 38 กิโลกรัม ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มที่ให้ผลผลิตน้ำนมมากของฝูง หลังจากผ่านช่วง Peak ของการให้ผลผลิตน้ำนม กลุ่มโคที่มี days in milk (191-400) ร่วมกับการเสริมฮอร์โมนโพรเจสเทอโรน P-Sync หลังการผสมเทียม มีอัตราการตั้งท้องดีที่สุดใน เนื่องจากการเสริมฮอร์โมนโพรเจสเทอโรน P-Sync หลังการผสมเทียม ช่วยเพิ่มความเข้มข้นของฮอร์โมนโพรเจสเทอโรนให้สูงขึ้นกระตุ้นให้ผนังมดลูกเจริญหนาตัวขึ้น ทั้ง myometrium และ endometrium เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการฝังตัวของตัวอ่อน ช่วยเพิ่มอัตราการรอดตายของตัวอ่อน (embryo survival rate) ให้สูงขึ้น (Ball and Peters, 2004) สอดคล้องกับ Villarroel *et al.* (2004) ได้รายงานไว้ว่า อิทธิพลของ days in milk ต่อผลของการเสริมฮอร์โมนโพรเจสเทอโรน PRID หลังการผสมเทียม ในโคที่มีปัญหาการผสมซ้ำ กลุ่มโคที่มี days in milk (185 - 407) มีอัตราการตั้งท้องสูงที่สุด (risk ratio, i.e. RR = 1.64) โดยการเสริมฮอร์โมนโพรเจสเทอโรนระยะเวลา 2 สัปดาห์หลังการผสมเทียมนั้นทำให้ความเข้มข้นของฮอร์โมนโพรเจสเทอโรนที่เพิ่มขึ้นซ้ำในช่วงสัปดาห์แรก หลังการผสมเทียมนั้นครอบคลุมช่วงวิกฤติก่อนการตั้งท้อง เพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตของตัวอ่อน และเพื่อให้แน่ใจว่าความเข้มข้นของฮอร์โมนโพรเจสเทอโรนจะเพียงพอต่อการกระตุ้นให้ผนังมดลูกเจริญหนาตัวขึ้น ส่งผลให้การฝังตัวของตัวอ่อนดีขึ้น และ Larson *et al.* (2007) ได้รายงานเสริมว่า กลุ่มโครีดนมที่เสริมฮอร์โมนโพรเจสเทอโรนหลังการผสมเทียม และมี days in milk ( $126 \pm 17$ ) มีอัตราการตั้งท้องที่แตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มโครีดนมที่ไม่เสริม โดยการเสริมฮอร์โมนโพรเจสเทอโรนในวันที่ 4 หลังการผสมเทียม เป็นประโยชน์ต่อการเพิ่มอัตราการตั้งท้องของโครีดนม ซึ่งได้รับการผสมเทียมแบบกำหนดเวลา (Monteriro *et al.*, 2014)

**Table 3.** Effect of progesterone supplementation on pregnancy repeat-breeder lactating dairy cows after insemination stratified by stage of lactation

Day in milk	Outcome	P-Sync	Control	Relative risk of pregnancy 95 % CI (lower limit, upper limit)	P-value
63 - 120	Pregnancy	6	3	2.40 (0.797, 7.231)	0.11
	Open	4	9		
121 - 190	Pregnancy	4	2	1.33 (0.430, 4.134)	0.54
	Open	2	2		
191 - 400	Pregnancy	4	2	3.14 (0.769, 12.850)	0.10
	Open	3	9		
Total number of cows		23	27		

**สรุป**

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า กลุ่มโคที่อยู่ใน lactation number ที่ 1 ร่วมกับการเสริมฮอร์โมนโพรเจส-เทอโรนหลังการผสมเทียม มีการตั้งท้องสูงสุด (risk ratio, i.e. RR = 5.00) (95 % CI = 0.767, 32.574) ( $P < 0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มไม่เสริม และพบว่า อิทธิพลของ Days in milk ต่อผลของการเสริมฮอร์โมนโพรเจส-เทอโรนหลังการผสมเทียมต่อการตั้งท้องพบว่า กลุ่มโคที่มี days in milk 191 - 400 day ร่วมกับการเสริมฮอร์โมนโพรเจสเทอโรนหลังการผสมเทียม มีแนวโน้มของการตั้งท้องสูงสุด (risk ratio, i.e. RR = 3.14) (95 % CI = 0.769, 12.850) ( $P = 0.10$ )

**กิตติกรรมประกาศ**

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ดร.บัลลกุลพ์ ทิพย์เนตร กรรมการผู้จัดการบริษัท เซียงใหม่เฟรชมีลค์ จำกัด ที่ให้การสนับสนุนสถานที่ในการทดลอง สัตว์ทดลอง ข้อมูลประวัติโค และข้อมูลด้านการผสมเทียม จึงทำให้ได้ข้อมูลมาเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผล ทำให้การวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

**เอกสารอ้างอิง**

Ball, P.J.H. and A.R. Peters. 2004. Reproduction in Cattle. 3<sup>rd</sup> ed. Blackwell Publishing Ltd, Oxford. 242 p.

Bilby, T.R., R.G.S. Bruno, K.J. Lager, R.C. Chebel, J.G.N. Moraes, P.M. Fricke, G. Lopes, J.O. Giordano, J.E.P. Santos, F.S. Lima, J.S. Stevenson and S.L. Pulley. 2013. Supplemental progesterone and timing of resynchronization on pregnancy outcomes in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science 96(11): 7032-7042.

Bisinotto, R.S., E.S. Ribeiro, F.S. Lima, N. Martinez, L.F. Greco, L.F.S.P. Barbosa, P.P. Bueno, L.F.S. Scagion, W.W. Thatcher and J.E.P. Santos. 2012. Targeted progesterone supplementation improves fertility in lactating dairy cows without a corpus luteum at initiation of the timed artificial insemination protocol. Journal of Dairy Science 96(4): 2214-2225.

Forro, A., G. Tsousis, N. Beindorff, R. Sharifi, L. Jakel and H. Bollwein. 2012. Combined

- use of Ovsynch and progesterone supplementation after artificial insemination in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 95(8): 4372-4381.
- Garcia-Ispuerto, I. and F. Lopez-Gatius. 2017. Progesterone supplementation in the early luteal phase after artificial insemination improves conception rates in high-producing dairy cows. *Theriogenology* 90: 20-24.
- Guntaprom, S. 2006. Follicular development and enhancing the efficiency of synchronization of ovulation in early postpartum dairy cows. M.S. Thesis. Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen. 119 p. (in Thai)
- Larson, S.F., W.R. Butler and W.B. Currie. 2007. Pregnancy rates in lactating dairy cattle following supplementation of progesterone after artificial insemination. *Animal Reproduction Science* 102(1-2): 172-179.
- Lima, J.R., F.A. Rivera, C.D. Narcisco, R. Oliveira, R.C. Chebel and J.E.P. Santos. 2009. Effect of increasing amounts of supplemental progesterone in a timed artificial insemination protocol on fertility of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 92(11): 5436-5446.
- Monteriro, P.L.J., E.S. Ribeiro, R.P. Maciel, A.L.G. Dias, E. Sole, F.S. Lima, R.S. Bisinotto, W.W. Thatcher, R. Sartori and J.E.P. Santos. 2014. Effect of supplemental progesterone after artificial insemination on expression of interferon-stimulated genes and fertility in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 97(8): 4907-4921.
- Pattanawong, W. and W. Thaworn. 2014. Development of estrus synchronization equipment for fixed-timed artificial insemination. *Thai Journal of Animal Science* 1(Suppl. 2): 87-90. (in Thai)
- Punyapornwithaya, V., S. Teepatimakorn and S. Chaiprasat. 2006. The study of factors effects on the incidence of repeat breeder in cross bred dairy cows using log-linear model. *Journal of the Thai Veterinary Medical Association Under Royal Patronage* 57(1): 36-45. (in Thai)
- Villarroel, A., A. Martino, R.H. BonDurant, F. Deletang and W.M. Sischo. 2004. Effect of post-insemination supplementation with PRID on pregnancy in repeat-breeder Holstein cows. *Theriogenology* 61(7-8): 1513-1520.
- Yan, L., R. Robinson, Z. Shi and G. Mann. 2016. Efficacy of progesterone supplementation during early pregnancy in cows: A meta-analysis. *Theriogenology* 85(8): 1390-1398.
- Yohkma, W. 2006. Artificial Insemination in Cattle. Kaset Sarn Publishing, Bangkok. 112 p. (in Thai)
-





ผลของกากตะกอนอ้อยต่อสมบัติทางเคมีดินบางประการ  
ในกลุ่มชุดดินที่ 35 ของจังหวัดเชียงใหม่

Effects of Sugarcane Filter Cake on Soil Chemical Properties of  
Soil Series Group No.35, Chiang Mai Province

จิราภรณ์ อินทสาร<sup>1\*</sup> ทัศนิตรา สุวรรณพิงคา<sup>1</sup> และ ฉัตรปวีณ์ เดชจिरรัตน์สิริ<sup>2</sup>  
Jiraporn Inthasan<sup>1\*</sup>, Tanjittra Suwanpingka<sup>1</sup> and Chatprawe Dechjiraratthanasiri<sup>2</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ. เชียงใหม่ 50290

<sup>1</sup>Division of Soil Resources and Environment, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290, Thailand

<sup>2</sup>ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

<sup>2</sup>Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, 10900

\*Corresponding author: Email: inthasan@mju.ac.th

(Received: 18 April 2022; Accepted: 12 October 2022)

**Abstract:** Sugarcane filter cake is a by-product of the sugarcane industry, which has the potential to use as a soil amendment. Therefore, the study of the effects of sugarcane filter cake (a waste product) on soil chemical properties of soil series group No.35 was conducted from April to August 2020. The soil samples were collected at 0-25 cm depth from 2 sites in Sansai district, Chiang Mai province. Six treatments were laid out in a completely randomized design (CRD) with four replications consisting of 1) control (no sugarcane filter cake, C) and follows with 2 - 6 by different rates of sugarcane filter cake at 500, 1,000, 1,500, 3,000, and 4,500 kg/rai, respectively. The sugarcane filter cake was mixed well with soil and incubated for 12 weeks at room temperature. The result showed that the sugarcane filter cake rate at 4,500 kg/rai caused the highest soil pH after 2 weeks of incubation and slightly decreased till the end at 12 weeks in both sites of soil samples. Interestingly, the sugarcane filter cake rate at 4,500 kg/rai provided the highest amount of organic matter, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, iron, manganese, copper, and zinc contents in soil series group No. 35 at both sites after 12 weeks of incubation. This study revealed that the sugarcane filter cake could be used as a soil amendment to improve soil fertility and some soil chemical properties of the soil series group No. 35.

**Keywords:** Soil amendment, soil fertility, sugarcane industrial by-product

**บทคัดย่อ:** กากตะกอนอ้อยเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาล ซึ่งมีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน จึงนำวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวมาศึกษาผลของกากตะกอนอ้อยต่อสมบัติทางเคมีดินบางประการในกลุ่มชุดดินที่ 35 ในระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2563 โดยทำการเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0 - 25 เซนติเมตร จาก 2 พื้นที่ในเขตอำเภอสนทราย จังหวัดเชียงใหม่ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ประกอบด้วย 6 ตำรับ จำนวน 4 ซ้ำ ดังนี้ 1) ควบคุม (ไม่ใส่กากตะกอนอ้อย) 2 - 6) ตำรับกากตะกอนอ้อยในอัตรา 500, 1,000, 1,500, 3,000 และ 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ นำกากตะกอนอ้อยมาบ่มกับดินและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่า การใส่กากตะกอนอ้อยในอัตรา 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ ในดินทั้งสองตัวอย่างมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงที่สุดในสัปดาห์ที่ 2 หลังบ่มดิน จากนั้นค่าความเป็นกรด-ด่างค่อย ๆ ลดลงตามระยะเวลาจนถึงสัปดาห์ที่ 12 นอกจากนี้ อัตราดังกล่าวยังส่งผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัส ปริมาณโพแทสเซียม ปริมาณแคลเซียม ปริมาณแมกนีเซียม ปริมาณเหล็ก ปริมาณแมงกานีส ปริมาณสังกะสีและปริมาณทองแดงในดินเพิ่มขึ้นหลังจากการบ่มดินเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ การศึกษาในครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่ากากตะกอนอ้อยสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและสมบัติทางเคมีของดินบางประการในกลุ่มชุดดินที่ 35

**คำสำคัญ:** วัสดุปรับปรุงดิน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ผลพลอยได้จากการผลิตน้ำตาล

## คำนำ

ปัจจุบันในประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกอ้อยทั้งหมดประมาณ 10 ล้านไร่ มีจำนวนอ้อยที่ส่งเข้าโรงงานน้ำตาลประมาณ 67 ล้านตันต่อปี (Office of Cane and Sugar Board, 2021) การผลิตน้ำตาลทำให้มีเศษเหลือใช้หรือผลพลอยได้จากการผลิต เช่น กากตะกอนอ้อย กากอ้อย กากน้ำตาล เป็นต้น กากอ้อยสามารถนำมาทำเป็นเชื้อเพลิงและผลิตไฟฟ้า กากน้ำตาลสามารถนำไปหมักเพื่อผลิตเอทานอล และส่วนกากตะกอนอ้อยที่มีจำนวนไม่น้อยกว่า 2.5 ล้านตันในแต่ละปี สามารถนำไปผสมลงดิน ผสมรองก้นหลุม ใส่ระหว่างร่องปลูกเพื่อปรับปรุงสมบัติของดิน ซึ่งกากตะกอนอ้อย (filter cake, filter mud หรือ press mud) คือสิ่งเจือปน ที่อยู่ในน้ำอ้อยไม่สามารถละลายน้ำได้ สิ่งเจือปนนี้ถูกกำจัดไปในกระบวนการทำใส (clarification) โดยผ่านหม้อกรองสุญญากาศ (vacuum rotary filter) ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ที่มาจากกระบวนการผลิตน้ำตาลที่ได้จากการแยกตะกอนออกจากน้ำอ้อยในขั้นตอนสุดท้าย เพื่อนำน้ำอ้อยไปผลิตเป็นน้ำตาลทราย กากตะกอนอ้อยทั่วไปมีลักษณะเปียกชื้นเป็นสีดำ ซึ่งในนั้นประกอบด้วย เศษของพืชในส่วนของใบและกาบใบเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ยังพบไซ เศษดิน

ทราย กรวด โดยกากตะกอนอ้อยมีปริมาณธาตุไนโตรเจน 1.6 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 1.3 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียม 0.4 เปอร์เซ็นต์ (Khwaitrakpam and Bhargava, 2009) นอกจากนี้ ยังมีองค์ประกอบของธาตุอาหารรองเช่น แคลเซียม 23.4 มิลลิกรัมต่อกรัม แมกนีเซียมและกำมะถัน 3.9 มิลลิกรัมต่อกรัม (Rasul *et al.*, 2008) เมื่อนำไปใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินสามารถเพิ่มปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชได้ ช่วยปรับโครงสร้างของดินให้มีการอุ้มน้ำได้ดี ทำให้พืชสามารถดูดธาตุอาหารไปใช้ได้ เพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน เป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ในดินที่เป็นประโยชน์ (Santos *et al.*, 2014) รวมทั้งยังสามารถเพิ่มเสถียรภาพของเม็ดดิน เพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ และ ยังลดความหนาแน่นรวมของดินเมื่อมีการใช้กากตะกอนอ้อยใส่ให้กับดินในอัตราตั้งแต่ 20 เมกกะกรัมต่อเฮกตาร์ (de Jesus Duarte *et al.*, 2020; de Mello Prado *et al.*, 2013) ที่มีธาตุอาหารหลายตัว โดยส่วนมากสมบัติของกากตะกอนอ้อยมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่า 7.5 และยังมีปริมาณธาตุอาหารรองเช่น แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันในสัดส่วนที่ค่อนข้างสูง จึงทำให้มีศักยภาพในการเพิ่มความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกของดิน และลดความเป็นพิษของอลูมิเนียม ซึ่งเป็นพิษต่อพืช (Komdorfer and

Anderson, 1997) ขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่างของกากตะกอนอ้อยที่พบในประเทศไทยจาก 3 แหล่งอยู่ในช่วง 5.26 - 7.12 (Boonyuen *et al.*, 2014) จากคุณสมบัติดังกล่าว กากตะกอนอ้อยมีศักยภาพที่จะนำมาเป็นวัสดุปรับปรุงดินเพื่อทำให้เกิดประโยชน์ทางการเกษตร โดยเฉพาะการนำกากตะกอนอ้อยมาในการปรับปรุงดินกรดหรือดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ซึ่งกลุ่มชุดดินที่ 35 เป็นอีกกลุ่มชุดดินใน ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ที่มีลักษณะเป็นกรดและมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เทียบเคียงใกล้กันกับกลุ่มชุดดินที่ 29 โดยในเขตตำบลหนองหารนั้นมีกลุ่มชุดดิน ที่ 35 และ 29 รวมกันมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ (Land Development Department, 2015) ทำให้มีผลกระทบต่อเกษตรของเกษตรกรในพื้นที่ โดยพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นา 25 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทำการเกษตรทั้งหมด รองลงมาคือพืชไร่และไม้ผล จากการสัมภาษณ์เกษตรกรยังไม่มีวิธีการจัดการด้านปุ๋ยและปรับปรุงดินที่เหมาะสมกับการเพาะปลูก ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการทำการศึกษาค้นคว้าผลของกากตะกอนอ้อยจากโรงงานน้ำตาลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีดินบางประการในกลุ่มชุดดินที่ 35 ของจังหวัดเชียงใหม่ โดยทำการศึกษาค้นคว้าการใช้ของกากตะกอนอ้อยที่เหมาะสมในระดับห้องปฏิบัติการก่อนการนำไปทดสอบและประยุกต์ใช้ในแปลงปลูกของเกษตรกรในสภาพไร่นา เพื่อให้ได้อัตราที่เหมาะสมสำหรับการส่งเสริมการใช้กากตะกอนอ้อย อีกทั้งยังสามารถนำผลพลอยได้จากโรงงานน้ำตาลมาทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดในภาคการเกษตรต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาค้นคว้าผลของกากตะกอนอ้อยต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีดินบางประการได้ดำเนินการ ณ อาคารปฏิบัติการและฝึกอบรมทางดินและปุ๋ยชั้นสูง คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ตั้งแต่เดือนเมษายน - สิงหาคม พ.ศ. 2563 โดยนำกากตะกอนอ้อยที่ผ่านกระบวนการกรองแยกกากตะกอนออกจาก

น้ำอ้อย โดยใช้หม้อกรองสุญญากาศและถูกกองทิ้งไว้ตามธรรมชาติในบริเวณลานตากกากตะกอนมาแล้วไม่น้อยกว่า 3 เดือน จากโรงงานน้ำตาล บริษัทอุตสาหกรรมโคราช จังหวัดนครราชสีมา มาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพดินในกลุ่มชุดดินที่ 35 ที่มีลักษณะเป็นกรดค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 4.0 - 5.5 ดินระดับบนมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย มีสีดินเป็นสีน้ำตาล สีเหลือง หรือสีแดง อันเกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินพวกตะกอนลำนํ้า หรือเกิดจากการสลายตัวของฟองหินเนื้อหยาบ และมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ซึ่งเป็นกลุ่มชุดดินที่เกษตรกรในพื้นที่อำเภอสันทราย ใช้ในการทำการเกษตรและพบปัญหาเกี่ยวกับความเป็นกรดในพื้นที่

## การเก็บตัวอย่างดินและการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน

ทำการเก็บตัวอย่างดินรวม (composite sampling) ในกลุ่มชุดดินที่ 35 จากแปลงของเกษตรกร 2 รายในเขตตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ โดยแปลงของเกษตรกรรายที่ 1 เป็นที่กร้างเกษตรกรใช้เลี้ยงสัตว์ ขณะที่ตัวอย่างดินจากแปลงที่ 2 เป็นแปลงที่เกษตรกรทำการปลูกผักสวนครัวแต่ไม่มีการใช้ปุ๋ยเคมี ใช้ปุ๋ยคอกปีละ 1 ครั้งและไม่ระบุนัตราการใช้ปุ๋ยคอกที่แน่นอน ซึ่งเกษตรกรทั้ง 2 มีเป้าหมายที่จะทำการเพาะปลูกพืชไร่และพืชผักสวนครัวในอนาคตและคาดหวังต่อการจัดการดินที่เหมาะสมในพื้นที่ จึงทำการเก็บสุ่มตัวอย่างดินในพื้นที่ 1 ไร่ แปลงละ 10 จุด ที่ระดับความลึก 0 - 25 เซนติเมตร จากนั้นทำให้แห้งโดยผึ่งไว้ในที่ร่ม (air-dried) และนำไปบดผ่านตะแกรงร่อนดินขนาด 0.5 และ 2.0 มิลลิเมตร เพื่อนำตัวอย่างดินมาวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางเคมีของดินบางประการก่อนและหลังบ่มดิน โดยทำการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ใช้ดิน 10 กรัมต่อน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร (1 : 1) โดยใช้เครื่องมือ pH-meter หาปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (soil organic matter) โดยวิธีของ Walkley and Black (Motsara and Roy, 2008) หาปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorous) ด้วยน้ำยาสกัด Bray II ตามวิธีการของ

Watanabe and Olsen (1962) อ่านค่าด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 882 นาโนเมตร ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่ แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable potassium, calcium, magnesium) ด้วย น้ำยา สกัด  $\text{NH}_4\text{OAc}$  pH 7.0 (Onthong and Poonpakdee, 2020) และหาปริมาณ เหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดงที่เป็นประโยชน์ (available iron, manganese, zinc and copper) ด้วย น้ำยา สกัด DTPA (diethylene triamine penta acetic acid) จากนั้นนำไปอ่านค่าด้วยเครื่อง atomic absorption spectro-photometer (AAS) (Motsara and Roy, 2008)

### การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในกากตะกอนย่อย

นำตัวอย่างกากตะกอนย่อยที่ได้จากการแยก ตะกอนออกจากน้ำย่อยในขั้นตอนสุดท้ายมาทำการผึ่ง ให้แห้งและบดให้มีขนาดเล็กผ่านตะแกรงร่อน 0.5 และ 2.0 มิลลิเมตร วิเคราะห์หาปริมาณอินทรีย์- คาร์บอน (organic carbon) โดยวิธีของ Walkley and Black (Motsara and Roy, 2008) ปริมาณไนโตรเจน ทั้งหมด (total nitrogen) โดยวิธีของ Kjeldahl Method กากตะกอนย่อยมาย่อยด้วยกรด  $\text{HClO}_4 : \text{HNO}_3$  (wet oxidation) ในอัตรา 6 : 1 จากนั้นกรองด้วย กระดาษกรองเบอร์ 5 (whatman No. 5) เพื่อนำมา วิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดด้วยการพัฒนาสี ด้วย vanadomolybdate reagent อ่านค่าด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร สำหรับปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี อ่านค่าด้วย เครื่อง AAS (Motsara and Roy, 2008)

### การวางแผนการทดลอง

ทำการบ่มตัวอย่างดินที่ผ่านการร่อนด้วย ตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร จำนวน 500 กรัมร่วมกับ กากตะกอนย่อยที่ผ่านการร่อนด้วยตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตรเช่นเดียวกันในแต่ละอัตราส่วนของแต่ละ ตำรับทดลอง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วยสิ่งที่ทดลอง 6 ตำรับ ดังนี้ 1) ตำรับควบคุม

ไม่มีการใส่การตะกอนย่อย 2) ตำรับกากตะกอนย่อย ในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ 3) ตำรับกากตะกอนย่อย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ 4) ตำรับกากตะกอนย่อย ในอัตรา 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ 5) ตำรับกากตะกอนย่อย ในอัตรา 3,000 กิโลกรัมต่อไร่ และ 6) ตำรับกากตะกอน ย่อยในอัตรา 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ จากนั้นนำดิน มาคลุกเคล้ากับกากตะกอนย่อยในอัตราที่กำหนด ทำ การปรับความชื้นของดินให้อยู่ในระดับ 60 เปอร์เซ็นต์ ของความชื้นดินที่จุดอิ่มตัวด้วยน้ำ คือ 23 เปอร์เซ็นต์ (w/w) ที่ได้จากการวิเคราะห์โดยวิธี gravimetric method (Gardner, 1986) โดยเติมน้ำกลั่น ปริมาตร 13.8 มิลลิเมตร ต่อตัวอย่างดิน 100 กรัม ทำการบ่มดินในระบบปิดด้วย กระจกปัดขนาด 6 x 9 นิ้ว ที่อุณหภูมิห้อง (25 - 30 องศา เซลเซียส) เป็นระยะเวลา 3 เดือน (ปรับปรุงจาก Feng *et al.*, 2021) ทำการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ทุก ๆ 2 สัปดาห์ และวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน ก่อนการทดลองและหลังการบ่มดิน

### การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยโปรแกรม Statistix 10 ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance: ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่ม สมบูรณ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง ค่าเฉลี่ยโดยวิธีจัดกลุ่มของสิ่งทดลอง (least significant difference: LSD)

## ผลการศึกษาและวิจารณ์

### สมบัติทางเคมีของดินและกากตะกอนย่อยก่อนทำ การทดลอง

จากการศึกษาสมบัติทางเคมีของกลุ่มชุดดิน ที่ 35 ก่อนทำการทดลอง พบว่า ตัวอย่างดินจากจุดที่ 1 และ จุดที่ 2 มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในเกณฑ์กรด รุนแรง (3.50 และ 3.81) ตามลำดับ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ในดินทั้ง 2 จุดอยู่ในเกณฑ์ต่ำมาก ปริมาณฟอสฟอรัส อยู่ในเกณฑ์ต่ำมากและโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ในดินอยู่ในเกณฑ์ที่สูง ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ในตัวอย่างดินมีค่าอยู่ที่ 3,518 และ 3,501 มิลลิกรัมต่อ

กิโลกรัม ในดินจุดที่ 1 และจุดที่ 2 ตามลำดับ ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมีค่าอยู่ที่ 930 (จุดที่ 1) และ 735 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (จุดที่ 2) ส่วนปริมาณธาตุอาหารเสริมในดินก่อนทำการทดลองพบว่า มีปริมาณเหล็กเป็นประโยชน์มีค่าอยู่ที่ 38 - 44 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณแมงกานีสที่เป็นประโยชน์มีค่าอยู่ที่ 17 - 19 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณทองแดงเป็นประโยชน์มีค่าอยู่ที่ 0.5 - 0.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณสังกะสีเป็นประโยชน์มีค่าอยู่ที่ 1.9 - 2.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Table 1) โดยดินทั้งสองจุดมีความเป็นกรดต่างต่ำอยู่ในเกณฑ์ใกล้เคียงกับชุดดินที่ 35 ซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.0 - 4.5 แต่มีปริมาณต่ำกว่าเล็กน้อย และมีปริมาณฟอสฟอรัสอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำและมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (Office of Soil Survey and Land Use Planning, 2005)

สมบัติทางเคมีบางประการในกากตะกอนอ้อยพบว่า กากตะกอนอ้อยมีความเป็นด่างปานกลาง 7.92 ซึ่งใกล้เคียงกับ Ossom (2010) มีค่า pH อยู่ที่ 7.98 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน 16.7 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของกากตะกอนอ้อยอยู่ที่ 1.90

เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดอยู่ที่ 0.54 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณแคลเซียมทั้งหมดอยู่ที่ 3.33 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมดอยู่ที่ 0.71 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าสูงกว่าข้อมูลของ de Mello Prado *et al.* (2013) ที่พบปริมาณไนโตรเจน (2.0 เปอร์เซ็นต์) ปริมาณฟอสฟอรัส (1.1 เปอร์เซ็นต์) ปริมาณโพแทสเซียม (0.3 เปอร์เซ็นต์) ปริมาณแคลเซียม (2.1 เปอร์เซ็นต์) และปริมาณแมกนีเซียม (0.6 เปอร์เซ็นต์) ส่วนปริมาณธาตุอาหารเสริมในกากตะกอนอ้อยที่วิเคราะห์ก่อนการทดลองพบว่า ปริมาณเหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสีทั้งหมดอยู่ที่ 1,801 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม 1,415 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม 132 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 59 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ขณะที่รายงานของ Office of Cane and Sugar Board (2021) ได้รวบรวมข้อมูลสมบัติของกากตะกอนอ้อยจากตะกอนหม้อกรองมีความเป็นกรดต่างอยู่ในช่วง 8.0 - 9.0 มีปริมาณไนโตรเจน 3.0 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัส 0.24 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโพแทสเซียม 0.2 เปอร์เซ็นต์ โดยผลการวิเคราะห์กากตะกอนอ้อยที่ใช้ในงานทดลองครั้งนี้สูงกว่าถึง 0.54 เปอร์เซ็นต์ (Table 2)

Table 1. Soil chemical properties before Sugarcane filter cake application

Soil	pH	OM (%)	Extractable-forms							
			P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
(-----mg/kg-----)										
Site 1	3.50	0.22	1.5	83	439	114	1.7	0.6	0.8	0.30
Site 2	3.81	0.22	1.0	87	493	110	1.6	0.6	1.0	0.30

Table 2. Chemical properties of Sugarcane filter cake

pH	Total contents									
	OC	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
(-----%-----) (-----mg/kg-----)										
7.92	16.7	1.95	1.90	0.54	3.33	0.71	1,801	1,415	132	59

### ค่าความเป็นกรด-ด่างของกลุ่มชุดดินที่ 35 หลังการทดลอง

ตัวอย่างดินจุดที่ 1 หลังการบ่ม พบว่า ความเป็นกรด-ด่างในตำรับการใช้กากตะกอนอ้อยในอัตรา 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลให้มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงที่สุดในทุกสัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) แต่ไม่มีความแตกต่างกับตำรับที่ใส่กากตะกอนอ้อยในอัตรา 3,000 กิโลกรัมต่อไร่ โดยพบว่า ในสัปดาห์ที่ 2 หลังการบ่มทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างสูงที่สุดคือ 4.61 ขณะที่ตำรับควบคุมมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำที่สุดในทุกสัปดาห์หลังการบ่ม (Table 3)

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินจุดที่ 2 ตำรับที่ใส่กากตะกอนอ้อยในอัตรา 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงที่สุดคือ 4.52 ซึ่งไม่มีความแตกต่างในทางสถิติกับตำรับ 1,500 และ 3,000 กิโลกรัมต่อไร่ ( $P < 0.05$ ) หลังจากบ่มดินครบ 2 สัปดาห์ ขณะที่ตำรับควบคุมพบค่าความเป็นกรด-ด่างน้อยที่สุดคือ 4.25 ระยะเวลา 4 - 10 สัปดาห์หลังบ่ม ค่าความเป็นกรด-ด่างสูงที่สุดพบในตำรับที่ใส่กากตะกอนอ้อยในอัตรา 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งไม่มีความแตกต่างในทางสถิติกับตำรับที่ใส่กากตะกอนอ้อยในอัตรา 3,000 กิโลกรัมต่อไร่ ( $P < 0.01$ ) (Table 3)

Table 3. Soil acidity (soil pH) after incubation of soil series group No. 35

Treatment	0 weeks	2 weeks	4 weeks	6 weeks	8 weeks	10 weeks	12 weeks
Site 1							
Control	4.07 <sup>c</sup>	4.07 <sup>b</sup>	4.10 <sup>b</sup>	4.12 <sup>c</sup>	4.12 <sup>d</sup>	4.09 <sup>c</sup>	3.94 <sup>c</sup>
Filter cake 500	4.20 <sup>b</sup>	4.38 <sup>b</sup>	4.22 <sup>b</sup>	4.15 <sup>bc</sup>	4.16 <sup>cd</sup>	4.12 <sup>c</sup>	4.12 <sup>c</sup>
Filter cake 1,000	4.32 <sup>b</sup>	4.39 <sup>b</sup>	4.19 <sup>b</sup>	4.24 <sup>bc</sup>	4.19 <sup>bcd</sup>	4.18 <sup>bc</sup>	4.14 <sup>bc</sup>
Filter cake 1,500	4.38 <sup>b</sup>	4.48 <sup>b</sup>	4.30 <sup>b</sup>	4.26 <sup>b</sup>	4.26 <sup>bc</sup>	4.17 <sup>bc</sup>	4.21 <sup>ab</sup>
Filter cake 3,000	4.50 <sup>ab</sup>	4.55 <sup>ab</sup>	4.53 <sup>a</sup>	4.40 <sup>a</sup>	4.30 <sup>b</sup>	4.30 <sup>ab</sup>	4.22 <sup>ab</sup>
Filter cake 4,500	4.58 <sup>a</sup>	4.61 <sup>a</sup>	4.60 <sup>a</sup>	4.50 <sup>a</sup>	4.46 <sup>a</sup>	4.39 <sup>a</sup>	4.28 <sup>a</sup>
Grand mean	4.34	4.41	4.32	4.28	4.25	4.21	4.15
CV (%)	1.91	1.70	1.46	1.21	1.12	1.47	0.78
F-test	*	**	**	**	**	**	**
Site 2							
Control	4.24 <sup>c</sup>	4.25 <sup>c</sup>	4.22 <sup>c</sup>	4.21 <sup>c</sup>	4.19 <sup>c</sup>	4.21 <sup>b</sup>	4.18
Filter cake 500	4.30 <sup>bc</sup>	4.39 <sup>bc</sup>	4.23 <sup>bc</sup>	4.26 <sup>c</sup>	4.27 <sup>bc</sup>	4.21 <sup>b</sup>	4.23
Filter cake 1,000	4.40 <sup>bc</sup>	4.39 <sup>bc</sup>	4.24 <sup>bc</sup>	4.24 <sup>c</sup>	4.22 <sup>bc</sup>	4.25 <sup>b</sup>	4.26
Filter cake 1,500	4.47 <sup>ab</sup>	4.49 <sup>ab</sup>	4.28 <sup>bc</sup>	4.32 <sup>bc</sup>	4.24 <sup>bc</sup>	4.25 <sup>b</sup>	4.31
Filter cake 3,000	4.50 <sup>ab</sup>	4.44 <sup>abc</sup>	4.40 <sup>ab</sup>	4.47 <sup>ab</sup>	4.33 <sup>ab</sup>	4.36 <sup>ab</sup>	4.34
Filter cake 4,500	4.52 <sup>a</sup>	4.52 <sup>a</sup>	4.50 <sup>a</sup>	4.49 <sup>a</sup>	4.45 <sup>a</sup>	4.43 <sup>a</sup>	4.43
Grand mean	4.41	4.41	4.31	4.33	4.28	4.29	4.29
CV (%)	1.59	1.29	1.39	2.29	1.33	2.02	2.62
F-test	*	*	**	*	**	*	ns

Mean in the column followed by different letters were different significantly by LSD, \* $P < 0.05$ , \*\* $P < 0.01$  and ns = non-significant

หลังจากบ่มครบเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ค่าความเป็นกรด-ด่างทุกตัวรับการทดลองไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่าง เฉลี่ยอยู่ที่ 4.29 ตัวรับที่ใส่กากตะกอนอ้อยในอัตรา 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงที่สุดคือ 4.43 และตัวรับควบคุมพบค่าความเป็นกรด-ด่างน้อยที่สุดคือ 4.18 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างในชุดดินที่ 35 พบว่าการใส่กากตะกอนอ้อยทุกตัวรับการทดลองทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างในดินเพิ่มขึ้นทั้งสองตัวอย่าง โดยตัวรับใส่กากตะกอนอ้อยในอัตรา 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ สามารถทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นมากที่สุด ใน 2 สัปดาห์แล้วค่อย ๆ ลดลงเล็กน้อยในสัปดาห์ต่อมา โดยการเพิ่มขึ้นในระยะแรกของความเป็นกรด-ด่างอาจเป็นผลของออกไซด์และคาร์บอนเนตของแคลเซียมที่เป็นองค์ประกอบของกากตะกอนอ้อย (Table 2) ทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนและน้ำ (Vance, 1996) ขณะที่เมื่อเวลาผ่านไปอาจเกิดกระบวนการสลายตัวของหินและแร่ทำให้มีการปลดปล่อยแคตไอออนต่าง ๆ ออกมาในสารละลายดิน รวมทั้งกระบวนการสลายตัวของหินที่เกิดขึ้นจากอินทรีย์วัตถุในรูปที่เป็นกรดอินทรีย์และอนินทรีย์ ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง ลดลงเล็กน้อย (McLaren and Camero, 1996) แต่จะพบว่า การใส่กากตะกอนอ้อยยังทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่าตัวรับควบคุมเมื่อเวลาผ่านไป 12 สัปดาห์ ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Srinarong and Panchaban (2003) ได้ทำการทดสอบผลของกากตะกอนอ้อยกับปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตของผลผลิตข้าว 5 สายพันธุ์ที่ปลูกในดินเค็ม พบว่า เมื่อใส่กากตะกอนอ้อยในอัตรา 3,000 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้น จาก 6.2 เป็น 6.8 เช่นเดียวกัน Dee *et al.* (2002) ทำการศึกษาการนำของเสียจากโรงงานน้ำตาลมาปรับปรุงดิน ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างดินที่เมือง KwaZulu-Natal ประเทศแอฟริกาใต้ พบว่า การใส่กากตะกอนอ้อยในดิน Cartref ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้น จาก 4.6 เป็น 5.4 จากการใส่กากตะกอนอ้อยในอัตรา 10 มิลลิกรัมต่อกรัม และ 5.6 จากการใส่กากตะกอนอ้อยในอัตรา 20 มิลลิกรัมต่อกรัม ในดินหลังการทดลอง

### สมบัติทางเคมีบางประการของดินหลังทำการทดลอง

จากผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของกลุ่มชุดดินที่ 35 หลังการบ่มเป็นเวลา 3 เดือน พบว่า ดินจุดที่ 1 ในตัวรับที่ใส่กากตะกอนอ้อยในอัตรา 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณอินทรีย์วัตถุและปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงที่สุด อยู่ที่ 0.73 เปอร์เซ็นต์ และ 98 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมีความแตกต่างกันในทางสถิติกับทุกตัวรับทดลอง ( $P < 0.01$ ) ตัวรับควบคุมมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำที่สุดคือ 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติกับตัวรับที่ใส่กากตะกอนอ้อยในอัตรา 500 และ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ( $P < 0.01$ ) ปริมาณโพแทสเซียม ปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสูงที่สุดพบในตัวรับที่ใส่กากตะกอนอ้อยในอัตรา 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ คือ 115 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม 1,071 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 234 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติกับทุกตัวรับทดลอง ( $P < 0.01$ ) ปริมาณธาตุอาหารเสริมที่ทำการวิเคราะห์ได้ผลดังนี้ ปริมาณเหล็ก และแมงกานีส และสังกะสีที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสูงที่สุดคือตัวรับที่ใส่กากตะกอนอ้อยในอัตรา 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าอยู่ที่ 6.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม 16.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 1.36 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ( $P < 0.01$ ) ส่วนปริมาณทองแดงที่แลกเปลี่ยนได้ในดินตัวรับที่ใส่กากตะกอนอ้อยในอัตรา 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณสูงที่สุดคือ 0.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติกับตัวรับที่ใส่กากตะกอนอ้อยในอัตรา 1,500 และ 3,000 กิโลกรัมต่อไร่ ( $P < 0.05$ ) (Table 4)

Table 5. Soil chemical properties after 3 months incubated

Treatment	OM (%)	Extractable-forms									
		P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu		
		(-mg/kg)									
Control	0.25 <sup>d</sup>	2.0 <sup>d</sup>	84 <sup>d</sup>	312 <sup>d</sup>	92 <sup>c</sup>	3.0 <sup>b</sup>	1.0 <sup>d</sup>	0.86 <sup>b</sup>	0.33 <sup>b</sup>		
Filter cake 500	0.27 <sup>d</sup>	6.6 <sup>d</sup>	89 <sup>cd</sup>	397 <sup>d</sup>	98 <sup>c</sup>	4.0 <sup>b</sup>	2.0 <sup>d</sup>	0.96 <sup>b</sup>	0.33 <sup>b</sup>		
Filter cake 1,000	0.34 <sup>c</sup>	14 <sup>d</sup>	89 <sup>c</sup>	573 <sup>c</sup>	118 <sup>c</sup>	4.3 <sup>b</sup>	4.3 <sup>c</sup>	1.03 <sup>b</sup>	0.33 <sup>b</sup>		
Filter cake 1,500	0.38 <sup>c</sup>	28 <sup>c</sup>	92 <sup>c</sup>	688 <sup>c</sup>	152 <sup>b</sup>	4.0 <sup>b</sup>	5.3 <sup>c</sup>	1.10 <sup>b</sup>	0.40 <sup>ab</sup>		
Filter cake 3,000	0.64 <sup>b</sup>	67 <sup>b</sup>	104 <sup>b</sup>	880 <sup>b</sup>	182 <sup>b</sup>	4.3 <sup>b</sup>	10.6 <sup>b</sup>	0.93 <sup>b</sup>	0.43 <sup>ab</sup>		
Filter cake 4,500	0.73 <sup>a</sup>	98 <sup>a</sup>	115 <sup>a</sup>	1,071 <sup>a</sup>	234 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	16.3 <sup>a</sup>	1.36 <sup>a</sup>	0.50 <sup>a</sup>		
Grand mean	0.44	36	95	653	146	4.3	6.6	1.04	0.39		
CV (%)	8.59	13.77	2.29	8.49	8.74	15.58	7.13	16.43	14.43		
F-test	*	**	**	**	**	**	**	*	*		
Control	0.27 <sup>d</sup>	2.3 <sup>e</sup>	88 <sup>c</sup>	438 <sup>d</sup>	94 <sup>c</sup>	3.0 <sup>d</sup>	1.0 <sup>e</sup>	0.93 <sup>c</sup>	0.30 <sup>c</sup>		
Filter cake 500	0.33 <sup>cd</sup>	6.0 <sup>e</sup>	97 <sup>c</sup>	577 <sup>cd</sup>	114 <sup>bc</sup>	5.0 <sup>b</sup>	2.0 <sup>de</sup>	1.03 <sup>bc</sup>	0.30 <sup>c</sup>		
Filter cake 1,000	0.40 <sup>c</sup>	13 <sup>d</sup>	94 <sup>c</sup>	673 <sup>bc</sup>	135 <sup>bc</sup>	5.0 <sup>b</sup>	3.0 <sup>d</sup>	1.03 <sup>bc</sup>	0.33 <sup>c</sup>		
Filter cake 1,500	0.45 <sup>bc</sup>	26 <sup>c</sup>	97 <sup>c</sup>	802 <sup>b</sup>	144 <sup>b</sup>	4.0 <sup>c</sup>	5.0 <sup>c</sup>	1.16 <sup>bc</sup>	0.36 <sup>bc</sup>		
Filter cake 3,000	0.58 <sup>b</sup>	73 <sup>b</sup>	115 <sup>b</sup>	1,042 <sup>a</sup>	215 <sup>a</sup>	4.6 <sup>bc</sup>	11.3 <sup>b</sup>	1.20 <sup>ab</sup>	0.46 <sup>ab</sup>		
Filter cake 4,500	0.68 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	133 <sup>a</sup>	1,189 <sup>a</sup>	234 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	16.7 <sup>a</sup>	1.43 <sup>a</sup>	0.53 <sup>a</sup>		
Grand mean	0.45	37	104	757	156	4.7	6.5	1.13	0.38		
CV (%)	13.46	4.41	4.21	9.24	11.66	7.06	8.11	9.30	12.30		
F-test	*	**	**	**	**	**	**	**	**		

Mean in the same column followed by different letters were different significantly by LSD. \*P < 0.05 and \*\*P < 0.01



ผลวิเคราะห์ดินหลังบ่มจุดที่ 2 พบว่า ตำรับที่ใส่กากตะกอนอ้อยในอัตรา 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินสูงที่สุดคือ 0.68 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันในทางสถิติกับทุกตำรับทดลอง โดยตำรับควบคุมมีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำที่สุด ( $P < 0.01$ ) ปริมาณฟอสฟอรัสเป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินตำรับที่ใส่กากตะกอนอ้อยในอัตรา 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณสูงที่สุดคือ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมและ 133 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างในทางสถิติกับทุกตำรับทดลอง ปริมาณฟอสฟอรัสเป็นประโยชน์และโพแทสเซียมน้อยที่สุดพบในตำรับควบคุม ( $P < 0.01$ ) ส่วนปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินพบว่า ตำรับที่ใส่กากตะกอนอ้อยในอัตรา 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงที่สุดคือ 1,189 และ 234 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันในทางสถิติกับตำรับที่ใส่กากตะกอนอ้อยในอัตรา 3,000 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนตำรับควบคุมมีปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำที่สุด ( $P < 0.01$ ) ปริมาณเหล็กและแมงกานีสเป็นประโยชน์ในดินพบว่า ตำรับที่ใส่กากตะกอนอ้อยในอัตรา 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณสูงที่สุดอยู่ที่ 6.6 และ 16.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันในทางสถิติกับทุกตำรับทดลองอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ปริมาณสังกะสีเป็นประโยชน์ในดินตำรับที่ใส่กากตะกอนอ้อยในอัตรา 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณสังกะสีสูงที่สุดมีค่าอยู่ที่ 1.43 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติกับตำรับใส่กากตะกอนอ้อยในอัตรา 3,000 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนตำรับควบคุมมีปริมาณสังกะสีเป็นประโยชน์ต่ำที่สุดคือ 0.93 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณทองแดงที่เป็นประโยชน์ในดินพบสูงที่สุดในตำรับที่ใส่กากตะกอนอ้อยในอัตรา 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าอยู่ที่ 0.53 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติกับตำรับใส่กากตะกอนอ้อยในอัตรา 3,000 กิโลกรัมต่อไร่ ( $P < 0.05$ ) (Table 4)

ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินการใส่กากตะกอนอ้อย 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ ของดินทั้งสองจุด สามารถทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มขึ้นมากที่สุด สอดคล้องกับการทดลองของ Donjedee *et al.* (2019) โดยทำการทดลองการใส่ประโยชน์น้ำเสียและกากตะกอนอ้อยจากโรงงานน้ำตาลในการปลูกข้าวโพด ซึ่งการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับกากตะกอนอ้อยและมูลสุกรสามารถทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นผลจากปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่เป็นองค์ประกอบของกากตะกอนอ้อย ซึ่งมีสูงถึง 16.7 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งการใส่กากตะกอนอ้อยในอัตรา 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ ยังช่วยเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัส ปริมาณโพแทสเซียม ปริมาณแคลเซียม ปริมาณแมกนีเซียม และปริมาณธาตุอาหารเสริมในดินให้เพิ่มสูงขึ้น เช่นเดียวกับการทดลอง Nekir *et al.* (2019) ที่ทำการศึกษาผลของกากตะกอนอ้อยและขานอ้อยต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเคมีของดินที่เมือง Amibara ในประเทศเอธิโอเปีย โดยพบว่า การใส่กากตะกอนอ้อยในอัตรา 10 ตันต่อเฮกตาร์ (1,600 กิโลกรัมต่อไร่) ร่วมกับขานอ้อย 20 ตันต่อเฮกตาร์ (3,200 กิโลกรัมต่อไร่) ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสและปริมาณโพแทสเซียมในดินมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น คล้ายกับงานทดลองของ Yao *et al.* (2018) ที่ทดสอบความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกของดินและผลผลิตอ้อยจากอิทธิพลกากตะกอนอ้อยและปุ๋ยในเมือง Borotou ทางตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศโกตดิวัวร์ (Cote d'Ivoire) โดยใส่กากตะกอนอ้อยในอัตรา 15 ตันต่อเฮกตาร์ (2,400 กิโลกรัมต่อไร่) ร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในอัตรา 350 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ทำให้ปริมาณแคลเซียมและปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเพิ่มขึ้น และยังสอดคล้องกับการทดลองของ Goncalves *et al.* (2018) ที่ทดสอบอิทธิพลของการใส่กากตะกอนอ้อยต่อคุณสมบัติทางเคมีของดินในประเทศบราซิล พบว่า การใส่กากตะกอนอ้อยในอัตรา 25 ตันต่อเฮกตาร์ (4,000 กิโลกรัมต่อไร่) ในดินเป็นระยะเวลา 90 วัน ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง อินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณแคลเซียมและปริมาณโพแทสเซียม

ที่แลกเปลี่ยนได้ ปริมาณ สังกะสี แมงกานีส ทองแดง และปริมาณ เหล็ก ที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ การบ่มดินที่อยู่ในระบบปิดมีการย่อยสลาย อินทรีย์วัตถุเกิดขึ้น ทำให้มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณ คาร์บอนไดออกไซด์ ส่งผลทำให้แคลไซต์ที่ไม่ละลายน้ำ เปลี่ยนรูปมาเป็นแคลเซียมไบคาร์บอเนตที่ละลายได้ง่ายกว่า รวมทั้งมีการลดคาร์บอนิกที่ไปละลายธาตุอาหาร ต่าง ๆ ที่กล่าวมาได้อีกด้วย (Mengel and Kirkby, 1987) ซึ่งผลดังกล่าวเป็นอัตราที่ใกล้เคียงกับอัตรา 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ ที่ใช้ในงานทดลองนี้ ซึ่งแม้ว่าเป็น การทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการ แต่เห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารต่าง ๆ ในดินเป็นไปในทิศทางที่ใกล้เคียงกับงานวิจัยหลาย ๆ ประเทศ ที่ทำการศึกษานในสภาพแปลงทดลอง จึงเป็นเรื่อง น่าสนใจที่จะนำอัตราส่วนที่ได้จากการทดสอบครั้งนี้ ไปทำการทดสอบต่อในระดับไร่ต่อไป เพื่อติดตาม การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี การเปลี่ยนแปลง การเคลื่อนที่ของธาตุอาหารกลุ่มต่าง ๆ อีกด้วย ซึ่ง การศึกษาที่ผ่านมาได้มีการนำกากตะกอนอ้อยมาใช้ในการเกษตรในประเทศบ้างแต่เป็นการวัดการตอบสนอง ของพืชในด้านกาให้ผลผลิต เช่น Somphob *et al.* (2002) พบว่า การใช้กากตะกอนอ้อย 8 ตันต่อไร่ ทำให้อ้อยต่อมีผลผลิตสูงกว่าการใช้กากตะกอนอ้อย 4 และ 12 ตันต่อไร่ ทั้งนี้ หากพิจารณาถึงความคุ้มค่า ทางเศรษฐศาสตร์พบว่า กากตะกอนอ้อยจากการผลิต ของโรงงานน้ำตาลหลายที่ เช่น จากโรงงานน้ำตาล บริษัทอุตสาหกรรมโคราช จังหวัดนครราชสีมา เป็นผลพลอยได้และไม่ได้มีการจัดจำหน่าย ในปัจจุบัน เกษตรกรหรือผู้ที่สนใจสามารถนำกากตะกอนอ้อย ไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้โดยไม่มี ค่าใช้จ่าย ทำให้สามารถนำกากตะกอนอ้อยเพื่อ เป็นวัสดุปรับปรุงดินต่อได้ ในอนาคตควรมีการศึกษา เพิ่มเติมถึงต้นทุนในการขนส่งประกอกับการนำไปใช้ ประโยชน์ในพื้นที่ใกล้เคียงของโรงงานน้ำตาล หรือนำข้อมูลเบื้องต้นจากวิจัยครั้งนี้ไปประยุกต์ ใช้กับดินเขตพื้นที่จังหวัดนครราชสีมาและจังหวัด ใกล้เคียงเช่น ขอนแก่นและบุรีรัมย์ ที่มีกลุ่มชุดดิน ที่ 35 40 และ 41 ซึ่งเป็นกลุ่มชุดดินที่มีความเป็น

กรด-ด่างน้อยกว่า 5.5 จึงน่าจะนำกากตะกอนอ้อยไป ประยุกต์ใช้ในแง่วัสดุปรับปรุงได้ต่อไปในอนาคต

## สรุป

การศึกษาปริมาณกากตะกอนอ้อยที่เหมาะสม ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีดินบางประการพบว่าการบ่มดิน ด้วยการใช้กากตะกอนอ้อยอัตรา 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลให้ความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้น ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณพแทสเซียมแลกเปลี่ยนได้ในดินเพิ่มสูงที่สุด รวมทั้งยังทำให้ปริมาณเหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสีที่เป็นประโยชน์สูงที่สุดในดินทั้งสองพื้นที่ การใช้กากตะกอนอ้อยในอัตราตั้งแต่ 3,000 กิโลกรัม ต่อไร่ สามารถลดความเป็นกรดของดินในชุดดินกลุ่ม ที่ 35 ในจังหวัดเชียงใหม่ได้ ทั้งนี้ ยังเพิ่มปริมาณธาตุ อาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริมหลัง ทำการบ่มดินเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ผลการทดลองครั้งนี้ มีแนวโน้มชี้ให้เห็นว่า การใช้วัสดุพลอยได้จากการผลิต น้ำตาลหรือกากตะกอนอ้อย ในอัตรา 3,000 - 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีศักยภาพสูงและเหมาะสมสำหรับ ปรับปรุงดินในกลุ่มชุดดินที่ 35 และกลุ่มดินที่มีความ อุดมสมบูรณ์ต่ำ อย่างไรก็ตามการนำกากตะกอนอ้อย ในอัตราดังกล่าวไปทดสอบกับสภาพไร่จริง เป็นเรื่อง ที่จำเป็นต้องศึกษาเพื่อยืนยันความเป็นไปได้ ก่อนนำไป ส่งเสริมให้แก่เกษตรกรนำไปใช้งานในพื้นที่ต่อไป

## เอกสารอ้างอิง

- Boonyuen, N., L. Manoch, C. Chamswang, J.J. Luangsa-Ard, O. Piasai, V. Sri-Indrasutdhi, J. Ueapattanakit and C. Chuaseeharonnachai. 2014. Fungal occurrence on sugarcane filter cake and bagasse isolated from sugar refineries in Thailand. *Thai Journal of Agricultural Science* 47(2): 77-86.
- Dee, B.M., R.J. Haynes and J.H. Meyer. 2002. Sugar mill wastes can be important soil

- amendments. Proceedings of South African Sugar Technologists Association 76: 51-60.
- de Jesus Duarte, S., B. Glaser., B.L.P. Pano and C.E.P. Cerri. 2022. Biochar and sugar cane filter cake interaction on physical and hydrological soil properties under tropical field conditions. *Biochar* 2(2): 195-210.
- de Mello Prado, R., G. Caione and C.N.S. Campos. 2013. Filter cake and vinasse as fertilizers contributing to conservation agriculture. *Applied and Environmental Soil Science* 2013: 581984, doi: 10.1155/2013/581984.
- Donjedee, K., K. Tungkananuruk and N. Tungkananuruk. 2019. Utilization of wastewater and filter cake from sugarcane factory for corn cultivation. *King Mongkut's Agricultural Journal* 37(2): 284-292. (in Thai)
- Feng, H., J. Guo, S. Malghani, M. Han, P. Cao, J. Sun, X. Xu and W. Wang. 2021. Effect of soil moisture and temperature on microbial regulation of methane fluxes in a poplar plantation. *Forests* 12(4): 407, doi: 10.3390/f12040407.
- Gardner, W.H. 1986. Water content. pp. 493-544. *In: A. Klute (ed.). Method of Soil Analysis, Part 1: Physical and Mineralogical Methods.* 2<sup>nd</sup> ed. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.
- Goncalves, J.C., N. Caetano Vasques, C.N. da Silva, E.P. de Souza Paccola, E. Schmidt Filho, N. Ueba Yamaguchi, M. Aparecida Andreazzi and F. Gasparotto. 2018. Influence of the application of filter cake on soil chemical characteristics. *Chemical Engineering Transactions* 65: 775-780.
- Khwairakpam, M. and R. Bhargava. 2009. Bioconversion of filter mud using vermicomposting employing two exotic and one local earthworm species. *Bioresource Technology* 100(23): 5846-5852.
- Korndorfer, G.H. and D.L. Anderson. 1997. Use and impact of sugar-alcohol residues vinasse and filter on sugarcane production in Brazil. *Sugar Y Azucar* 92(3): 26-35.
- Land Development Department. 2015. LDD soil guide. (Online). Available: <http://laddsoilguide.ldd.go.th/soilguide/#/app/map> (June 15, 2022). (in Thai)
- McLaren, R.G. and K.C. Cameron. 1996. *Soil Science.* 2<sup>nd</sup> ed. Oxford University Press, Victoria. 304 p.
- Mengel, K. and E. A. Kirkby. 1987. *Principles of Plant Nutrition.* 4<sup>th</sup> ed. International Potash Institute, Worblaufen-Bern. 687 p.
- Motsara, M.R. and R.N. Roy. 2008. *Guide to Laboratory Establishment for Plant Nutrient Analysis.* FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin No. 19. FAO, Rome. 103 p.
- Nekir, B., L. Wogi and S. Tamiru. 2019. Effect of filter cake and bagasse on selected physicochemical properties of calcareous sodic soils at Amibara, Ethiopia. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research* 14(5): 20-28.
- Office of Cane and Sugar Board. 2021. Report of sugarcane production in 2020/2021. (Online). Available: <http://www.ocsb.go.th/upload/journal/fileupload/923-9200.pdf> (April 4, 2022). (in Thai)
- Office of Soil Survey and Land Use Planning. 2005. *Soil Miracles.* Land Development Department, Bangkok. 137 p. (in Thai)
- Onthong, J. and C. Poonpakdee. 2020. *Guideline for Soil and Plant Analysis.* Songkhla: Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkla. 181 p. (in Thai)

- Ossom, E.M. 2010. Effects of filter cake fertilization on weed infestation, disease incidence and tuber yield of cassava (*Manihot esculenta*) in Swaziland. *International Journal of Agriculture and Biology* 12(1): 45-50.
- Rasul, G., K.S. Khan, T. Müller and R.G. Joergensen. 2008. Soil-microbial response to sugarcane filter cake and biogenic waste compost. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 171(3): 355-360.
- Santos, D.H., M. de Almeida Silva, C.S. Tiritan and C.A.C. Crusciol. 2014. The effect of filter cakes enriched with soluble phosphorus used as a fertilizer on the sugarcane ratoons. *Acta Scientiarum: Agronomy* 36(3): 365-372.
- Somphob, J., D. Thavornmas and U. Rattanrak. 2002. Appropriate nitrogen and filter cake rates for sugarcane grown on various soil in Sa Kaeo province. *Thai Agricultural Research Journal* 20(3): 275-284. (in Thai)
- Srinarong, S. and S. Panchaban. 2003. Effect of filter cake, sludge cake and chemical fertilizer on growth and yield of five rice cultivars (*Oryza sativa* L.) grown on saline soil. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 6(5): 432-436.
- Vance, E.D. 1996. Land application of wood-fired and combination boiler ashes: an overview. *Journal of Environmental Quality* 25(5): 937-944.
- Watanabe, F.S. and S.R. Olsen. 1962. Colorimetric determination of phosphorus in water extracts of soil. *Soil Science* 93(3): 183-188.
- Yao, K., B.T.J. Gala, F.G. Messoum and A. Yao-Kouame. 2018. Soil cation exchange capacity and sugarcane yield as influenced by filter cake and mineral fertilizer in Borotou, Northwestern Cote d'Ivoire. *International Journal of Agricultural Policy and Research* 6(1): 1-6.
-

ความหลากหลายทางลักษณะพื้นฐานของอ้อย 28 พันธุ์  
จากแหล่งพันธุกรรมในประเทศไทย

Morphological Diversity of 28 Sugarcane Varieties  
from Thailand Germplasm

สุพรรณา ชินวรรณ<sup>1</sup> พิชัย บุตรสีภูมิ<sup>2</sup> และ อนูปงศ์ วงศ์ตามี<sup>2\*</sup>  
Supansa Chinaworn<sup>1</sup>, Pichai Boodseephum<sup>2</sup> and Anupong Wongtamee<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก จ. ชลบุรี 20110

<sup>1</sup>Department of Plant Production Technology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Rajamangala University of  
Technology Tawan-Ok, Chonburi 20110, Thailand

<sup>2</sup>ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จ. พิษณุโลก 65000

<sup>2</sup>Department of Agricultural Sciences, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University,  
Phitsanulok 65000, Thailand

\*Corresponding author: Email: anupongw@nu.ac.th

(Received: 1 April 2022; Accepted: 20 September 2022)

**Abstract:** The development of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) varieties in Thailand is relying on a diversity of genetic resources. The morphological assessment of sugarcane varieties is necessary for future sugarcane breeding programs. Therefore, the objectives of this study were (1) to evaluate morphological diversity, and (2) to assess the cluster analysis of 27 morphological characters in 28 sugarcane varieties from five sources of variety: Kasetsart University (KU), Khon Kaen University (KKU), Suphan Buri Field Crops Research Center (SBFCRC), Khon Kaen Field Crops Research Center (KKFCRC) and Office of the Cane and Sugar Board (OCSB). This study was conducted in 2018 - 19 at the farmer's field in Bo Thong sub-district, Bang Rakam district, Phitsanulok. The experiment was arranged in a randomized complete block design (RCBD) with four replications. Each genotype was cultivated 8-m long plot, consisting of four rows subplots. The length between rows was 1.65 m. There were 16 plants in each row. Eight months after cultivation, 27 morphological characteristics were evaluated and recorded following DUS descriptors. Morphological relationships were clustered by using the agglomerative hierarchical cluster (AHC) analysis method. The results showed that the  $H_{sv}$  ranged 0.43 (OCSB) - 0.56 (KKFCRC). The cluster analysis based on morphotypes can be classified into 4 groups. The first cluster was the biggest group composed of 13 varieties from three sources (OCSB, SBFCRC and KU), followed by the second cluster composed of 12 varieties from five sources (OCSB, SBFCRC, KKU, KKFCRC and KU). The small groups were the third and fourth clusters composed of 2 and 1 varieties from only OCSB sources,

respectively. The morphological diversity data from this study can be used as a genetic resource for sugarcane. Therefore, an appropriate conservation strategy should be adopted for these genetic resources for breeding projects in the future.

**Keywords:** Sugarcane, morphological diversity, cluster analysis

**บทคัดย่อ:** การพัฒนาพันธุ์อ้อย (*Saccharum officinarum* L.) ในประเทศไทยจำเป็นต้องอาศัยแหล่งพันธุกรรมที่หลากหลาย การประเมินลักษณะพื้นฐานของพันธุ์อ้อยจึงมีความสำคัญต่อกระบวนการปรับปรุงพันธุ์อ้อยในอนาคต ดังนั้น ในการศึกษาที่มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อประเมินความหลากหลายของลักษณะทางพื้นฐาน และ 2) เพื่อจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางลักษณะพื้นฐานจำนวน 27 ลักษณะ ของพันธุ์อ้อยจำนวน 28 พันธุ์จากแหล่งพันธุ์ 5 แหล่ง ได้แก่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (KU) มหาวิทยาลัยขอนแก่น (KKU) ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี (SBFCRC) ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น (KKFCRC) และสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (OCSB) ดำเนินการในฤดูปลูกอ้อยปี 2561/62 ณ แปลงปลูกอ้อยของเกษตรกร ตำบลบ่อทอง อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ ปลูกอ้อยแต่ละพันธุ์ในแปลงย่อยที่มีแถวอ้อยยาว 8 เมตร จำนวน 4 แถว โดยมีระยะระหว่างแถว 1.65 เมตร แต่ละแถวมี 16 ต้น ประเมินและบันทึกข้อมูลลักษณะทางพื้นฐานอ้อยจำนวน 27 ลักษณะ เมื่ออ้อยมีอายุ 8 เดือนหลังปลูก ตาม DUS descriptors จัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางลักษณะทางพื้นฐานด้วยวิธีการ agglomerative hierarchical cluster (AHC) analysis จากผลการศึกษาพบว่า พันธุ์อ้อยมีค่า  $H_{sv} = 0.43$  (OCSB) - 0.56 (KKFCRC) การจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางลักษณะทางพื้นฐาน สามารถจำแนกได้ 4 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มแรก ประกอบด้วยพันธุกรรมอ้อยจำนวน 13 พันธุ์ จาก 3 แหล่งพันธุ์ (OCSB, SBFCRC และ KU) กลุ่มที่สอง ประกอบด้วยพันธุกรรมอ้อยจำนวน 12 พันธุ์ จาก 5 แหล่งพันธุ์ (OCSB, SBFCRC, KKU, KKFCRC และ KU) กลุ่มที่สามและสี่ ประกอบด้วยพันธุกรรมอ้อยจำนวน 2 และ 1 พันธุ์ ตามลำดับ จากข้อมูลความหลากหลายของลักษณะทางพื้นฐานวิทยาดังกล่าว มีความสำคัญอย่างมากต่อแหล่งพันธุกรรมอ้อย จึงควรมีกิจกรรมที่เหมาะสมในการอนุรักษ์พันธุกรรมเหล่านี้ไว้ สำหรับการปรับปรุงพันธุ์อ้อยในอนาคต

**คำสำคัญ:** อ้อย ความหลากหลายทางพื้นฐานวิทยา การวิเคราะห์จัดกลุ่มความสัมพันธ์

## คำนำ

อ้อย (*Saccharum officinarum* L.) เป็นพืชไร่อุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย เพราะผลผลิตอ้อยใช้เป็นวัตถุดิบหลักในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาล นอกจากนี้ในวงการการผลิตอ้อยและน้ำตาลเกี่ยวข้องกับการสร้างอาชีพและรายได้ให้กับประเทศไทยหลายแสนล้านบาทต่อปี ในปัจจุบันการผลิตอ้อย นอกจากจะส่งผลโดยตรงต่อการผลิตน้ำตาลแล้ว ผลิตภัณฑ์ร่วมและของเหลือจากกระบวนการผลิตน้ำตาล สามารถนำไปแปรรูปสร้างมูลค่าเพิ่ม เช่น กากน้ำตาลนำไปผลิตแอลกอฮอล์

การผลิตเอทานอลเพื่อใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตน้ำมันแก๊สโซฮอล์ รวมไปถึงการผลิตกระดาษชานอ้อย และการผลิตไฟฟ้า เป็นต้น (Set-tow *et al.*, 2020)

ตลอดระยะเวลาหลายสิบปีที่ผ่านมา ประเทศไทยได้พัฒนาปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งเสริมการผลิตอ้อยเพื่อเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น เช่น พันธุ์อ้อย การจัดการระบบปลูก ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ปริมาณน้ำฝน เป็นต้น แต่ยังไม่สามารถเพิ่มศักยภาพของผลผลิตได้เทียบเท่าต่างประเทศ โดยเฉพาะด้านพันธุ์อ้อย การปรับปรุงพันธุ์อ้อยจำเป็นต้องอาศัยแหล่งพันธุกรรมเริ่มต้นที่หลากหลาย ตลอดจนวิธีการและสภาพแวดล้อมในการคัดเลือก เพื่อให้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ

การปรับปรุงพันธุ์อ้อยด้วยวิธีดั้งเดิมใช้ระยะเวลาค่อนข้างนานกว่าจะประสบผลสำเร็จให้ได้พันธุ์ที่ต้องการ ขั้นตอนเริ่มต้นเป็นหัวใจสำคัญของการปรับปรุงพันธุ์ ถ้าเป็นไปในทิศทางที่ดีส่งผลกระทบต่อขั้นตอนต่อไปด้วยเช่นกัน การเริ่มต้นกระบวนการการปรับปรุงพันธุ์นอกจากการกำหนดทิศทางหรือการตั้งวัตถุประสงค์ที่ชัดเจนแล้ว การประเมินเชื้อพันธุกรรมเริ่มต้นที่ใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมสำคัญไม่แตกต่างกัน เพราะเป็นปัจจัยที่ใช้ในการคัดเลือกต้นพ่อแม่พันธุ์ สำหรับการสร้างประชากรลูกผสม และคัดเลือกเพื่อให้ได้พันธุ์ใหม่ที่มีลักษณะตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ

ปัจจุบันการประเมินเชื้อพันธุกรรมอ้อยนิยมใช้การประเมินโดยลักษณะทางสัณฐานร่วมกับดีเอ็นเอ เพราะต้องการความแม่นยำในการประเมิน แต่อย่างไรก็ตามการประเมินโดยดีเอ็นเอมีต้นทุนสูง ประกอบกับต้องอาศัยความชำนาญของผู้ประเมิน ดังนั้น การประเมินเชื้อพันธุกรรมโดยลักษณะทางสัณฐานจึงเป็นวิธีการแรกที่น่าสนใจ การประเมินลักษณะทางสัณฐานสามารถประเมินได้ด้วยสายตาหรือการสัมผัส ส่วนใหญ่ใช้ในการศึกษาลักษณะภายนอกหรือโครงสร้างของสิ่งมีชีวิต เช่น สี ขนาด รูปร่าง เป็นต้น แต่ลักษณะที่ปรากฏออกมามีอิทธิพลของสภาพแวดล้อมร่วมด้วย การประเมินลักษณะทางสัณฐานสามารถจำแนกได้ 2 ลักษณะ คือ ลักษณะทางปริมาณ (quantitative traits) ได้แก่ ความสูงต้น จำนวนหน่อตอก เป็นต้น และลักษณะทางคุณภาพ (qualitative traits) ได้แก่ สีปล้อง รูปร่างหูใบ เป็นต้น (Powers and McSorley, 2000) ในอดีตการประเมินเชื้อพันธุกรรมอ้อยจากลักษณะทางสัณฐานให้ความสำคัญแก่ลักษณะทางการเกษตรและองค์ประกอบผลผลิตเป็นหลัก เช่น จำนวนลำตอก น้ำหนักลำ และค่าความหวาน เป็นต้น (Tippayawat *et al.*, 2012) แต่ปัจจัยที่เป็นตัวส่งเสริมผลผลิตอ้อยไม่ได้ขึ้นอยู่กับลักษณะดังกล่าวเท่านั้น แต่ยังมีปัจจัยที่สำคัญอื่น ๆ ได้แก่ ลักษณะที่ต้านทานต่อโรคและแมลงศัตรู ลักษณะที่ส่งเสริมการเกษตรกรรม และลักษณะที่เป็นประโยชน์ต่อการใช้เครื่องจักรกลเกษตร เช่น รถตัดอ้อย เป็นต้น และจากปัจจัยดังกล่าวจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องประเมิน

ลักษณะทางสัณฐานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องร่วมด้วย เช่น ลักษณะทรงกอ ลักษณะการติดของกาบใบกับลำต้น เป็นต้น เพื่อให้พันธุ์ใหม่ที่ตรงตามวัตถุประสงค์การปรับปรุงพันธุ์มากที่สุด

ปัจจุบันการปรับปรุงพันธุ์อ้อยในประเทศไทยมีหน่วยงานที่รับผิดชอบที่หลากหลาย เช่น กรมวิชาการเกษตร (ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่นและสุพรรณบุรี) สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (สอน.) สถาบันการศึกษา (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น) และบริษัทเอกชน (บริษัทน้ำตาลมิตรผล จำกัด) เป็นต้น โดยแต่ละหน่วยงานมีฐานพันธุกรรมอ้อยที่หลากหลาย และมีสภาพแวดล้อมที่ใช้คัดเลือกพันธุ์ที่ต่างกัน ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อประเมินความหลากหลายของลักษณะทางสัณฐาน และ (2) เพื่อจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางลักษณะสัณฐานจำนวน 27 ลักษณะ ของพันธุ์อ้อยจำนวน 28 พันธุ์จากแหล่งพันธุ์ 5 แหล่ง ได้แก่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (KU) มหาวิทยาลัยขอนแก่น (KKU) ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี (SBFCRC) ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น (KKFCRC) และสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (OCSB)

## อุปกรณ์และวิธีการ

### สถานที่ทำการศึกษาและพันธุกรรมอ้อย

การประเมินความหลากหลายของลักษณะทางสัณฐานวิทยาของอ้อย จำนวน 28 พันธุ์ ดำเนินการในช่วงฤดูปลูกอ้อย ปี พ.ศ. 2561/62 ณ แปลงปลูกอ้อยของเกษตรกร ตำบลบ่อทอง อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก พิกัด 16.638642N, 100.150440E

รวบรวมพันธุ์อ้อยดีเด่นที่เกษตรกรนิยมปลูกและให้ผลผลิตสูงจากแหล่งปรับปรุงพันธุ์ต่าง ๆ จำนวน 28 พันธุ์ จากแหล่งปรับปรุงพันธุ์ 5 แหล่ง ได้แก่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน (KU) มหาวิทยาลัยขอนแก่น (KKU) ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี (SBFCRC) ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น (KKFCRC) และสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (OCSB) รายละเอียดดัง Table 1

Table 1. Sugarcane varieties from different germplasm in Thailand

Germplasm	No.	Varieties
KU	6	TBy27-0590, TBy28-0348, TBy30-0464, TBy30-0484, KPS 07-17-83 and KPS 07-21-4
KKU	4	KKU99-01, KKU99-02, KKU99-03 and KKU99-06
KKFCRC	3	KK07-250, KK07-599 and Khon Kaen 3
SBFCRC	3	U-thong 12, U-thong 84-10 and U-thong 15
OCSB	12	Kpk98-51, CSB07-184, CSB07-199, CSB08-72, CSB08-101, CSB09-10, CSB09-11, CSB09-15, CSB10-403, CSB10-458, CSB10-89 and LK92-11

KU, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus; KKU, Khon Kaen University; KKFCRC, Khon Kaen Field Crop Research Center; Suphan Buri Field Crop Research Center; OCSB, Office of The Cane and Sugar Board

### การวางแผนการทดลอง การปลูก และการดูแล้วย

วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 4 ซ้ำ ปลูกอ้อยแต่ละพันธุ์ในแปลงย่อยที่มี 4 แถว แต่ละแถว ยาว 8 เมตร และมีระยะระหว่างร่อง 1.65 เมตร แต่ละแถว ปลูกอ้อยให้มีระยะระหว่างต้น 0.5 เมตร ได้จำนวนต้น อ้อย 16 ต้นต่อแถว เตรียมดินโดยลงรีปเปอร์เพื่อระเบิด ดินดาน หลังจากนั้นทำการไถด้วยจวนไถ 24 จวน ปลูก อ้อยแบบแถวเดี่ยวด้วยรถปลูก ท่อนพันธุ์ที่เลือกใช้ ท่อนพันธุ์ที่ขนาดสม่ำเสมอที่สุด มีจำนวนตาสมบูรณ์สูง ไม่มีโรคและแมลงเข้าทำลาย ขณะลำเลียงลำอ้อย ลงปลูกมีการพันสารเคมีป้องกันการเข้าทำลายของ เชื้อราลงในท่อนพันธุ์ พร้อมฝังปุ๋ยเคมีสูตร 10 - 20 - 10 ปริมาณ 30 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับรองพื้นก่อนกลบดิน หลังจากนั้นมีการให้น้ำอ้อยตามร่องทันที หลังจากปลูก 2 วัน พันสารเคมีควบคุมวัชพืชก่อนงอกทั้งชนิดพืช ไบแคบและไบกว้าง เมื่อต้นอ้อยอายุ 3 เดือนหลังปลูก ใส่ปุ๋ยเคมีครั้งที่ 2 สูตร 21 - 3 - 27 ปริมาณ 30 กิโลกรัม ต่อไร่ พร้อมกำจัดวัชพืชระหว่างร่องทั้งชนิดพืชไบแคบ และไบกว้าง

### การประเมินและการวิเคราะห์ข้อมูล

ประเมินและบันทึกข้อมูลลักษณะทางสัณฐาน วิทยาของอ้อย เมื่ออ้อยมีอายุ 8 เดือนหลังปลูก จำนวน 27 ลักษณะ ตาม DUS descriptors (Anonymous, 2009) ประกอบด้วย ทรงกอ (PGH) ขนที่กาบใบ (LSH) รูปร่าง ลิ่นใบ (LSSL) รูปร่างหูใบด้านใน (LSSIA) สีคอใบ

(LSCD) การโค้งของแผ่นใบ (LBC) ความกว้างของ แผ่นใบ (LBW) การจับของกาบใบ (PALS) สีปล้องเมื่อ ไม่ถูกแสง (ICNS) สีปล้องเมื่อถูกแสง (ICES) ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางลำ (ID) รูปร่างลำ (IS) ความคด ของลำ (IZA) ร่องแตกลึกของลำ (IGC) ผิวเปลือกลำ (IRSA) ไชบนผิวลำ (IW) รูปร่างตา (NSB) ขนาดยอดตา (NSBT) ร่องบนตา (NBG) ฐานตา (NBC) ความกว้าง ของยอดตาถึงจุดกำเนิดราก (NBT) ปริมาณจุดกำเนิด ราก (NPG) ความกว้างของจุดกำเนิดราก (NWR) หน้าตัดของปล้อง (IC) ขนที่ตา (IP) จำนวนลำต่อกอ (PNMC) และความสูงต้น (PCH) (Table 2)

ประเมินความหลากหลายของประชากร จากลักษณะทางสัณฐาน โดยใช้ค่าความหลากหลาย Shannon's index ( $H'$ ) (Spellerberg and Fedor, 2003) จากสูตร ดังนี้

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \cdot \ln(p_i)$$

โดยที่ S = จำนวนชนิดความแตกต่างที่พบใน ลักษณะที่บันทึก

Pi = สัดส่วนของชนิดนั้นต่อจำนวนทั้งหมด

ในการพิจารณาความหลากหลายนี้ หาก  $H' = 0$  แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันของประชากร หรือไม่มีความหลากหลายในประชากร และเมื่อ  $H' > 0$  แสดงว่าประชากรมีความหลากหลายมากขึ้น



**Table 2. Morphological characteristics of sugarcane according to DUS descriptors by Anonymous (2009)**

No.	Variable	Character and score
1	Plant: Growth habit, PGH	Erect (1), Semi-erect (2)
2	Leaf sheath: Hairiness, LSH	Absent (1), Sparse (3), Dense (5)
3	Leaf sheath: Shape of ligule, LSSL	Strap-shaped (1), Deltoid (2), Crescent-shaped (3), Arch (bow) shaped (4)
4	Leaf sheath: Shape of inner auricle, LSSIA	Incipient (1), Deltoid (2) Dentoid (3), Unciform (4), Calcariform (5), Lanceolate (6), Falcate (7)
5	Leaf sheath: Color of dewlap, LSCD	Green (1), Greenish-yellow (2), Yellow (3), Yellow-green (4), Brown (5), Purple (6)
6	Leaf blade: Curvature, LBC	Erect (1), Curved tip (2), Arched (3)
7	Leaf blade: Width, LBW	Narrow (< 3.0 cm) (3), Medium (3.0-5.0 cm) (5), Broad (>5.0 cm) (7)
8	Plant: Adherence of leaf sheath, PALS	Weak (self de-trashing) (3), Medium (semi clasping) (5), Strong (tight clasping) (7)
9	Internode: Color (Not exposed to sun), ICNS	Green (1), Green yellow (2), Green white (3), Yellow (4), Yellow green (5), Yellow white (6), Orange white (7), Greyed green (8), Greyed yellow (9)
10	Internode: Color (Exposed to sun), ICES	Green yellow group (1), Yellow green group (2), Yellow group (3), Greyed group (4), Brown group (5), Purple group (6)
11	Internode: Diameter, ID	Thin (<2.2 cm) (3), Medium (2.2 – 3.0 cm) (5), Thick (>3.0 cm) (7)
12	Internode: Shape, IS	Cylindrical (1), Tumescant (2), Bobbin shaped (3), Conoidal (4), Obconoidal (5), Curved (6)
13	Internode: Zig zag Alignment, IZA	Absent (1), Present (9)
14	Internode: Growth crack (Split), IGC	Absent (1), Present (9)
15	Internode: Rind surface appearance, IRSA	Smooth (1), Corky patches only (2), Ivory marks only (3), Corky patches and ivory marks present (4)
16	Internode: Waxiness, IW	Light (3), Medium (5), Heavy (7)
17	Node: Shape of bud, NSB	Ovate (1), Obovate (2), Oval (3), Round (4), Pentagonal (5), Rhomboid (6), Rectangular (7), Triangular pointed (8), Beaked (9)
18	Node: Size of bud (Measured from base of bud to the tip), NSBT	Small (6 mm or less) (3), Medium (6-9 mm) (5), Large (9 mm or more) (7)
19	Node: Bud groove, NBG	Absent (1), Shallow (3), Deep (5)
20	Node: Bud cushion (Space between bud base and leaf scar), NBC	Absent (1), Present (9)
21	Node: Bud tip in relation to growth ring, NBT	Below growth ring (1), Touching the ring (3), Above growth ring (5)
22	Node: Prominence of growth ring, NPG	Weak (Not swollen) (1), Strong (Swollen) (9)
23	Node: Width of root band (Opposite to bud), NWR	Narrow (3), Medium (5), Broad (7)
24	Internode: Cross-section, IC	Round (1), Oval (2)
25	Internode: Pithiness, IP	Absent (1), Present (9)
26	Plant: Number of millable canes (NMC) per stool, PNMC	Low (<3.0) (3), Medium (3.0 – 5.0) (5), High (5.1 – 7.0) (7), Very high (>7.0) (9)
27	Plant: Cane height, PCH	Short (<1.75 m) (3), Medium (1.75-2.5 m) (5), Tall (2.6 – 3.25 m) (7), Very tall (>3.25 m) (9)

จากนั้นจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางลักษณะทางสัณฐานด้วยวิธีการ agglomerative hierarchical cluster (AHC) analysis โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ร่วมกับ XLSTAT statistical software (Sudianto *et al.*, 2016) โดย AHC เป็นวิธีการจัดกลุ่มความสัมพันธ์ของลักษณะที่นำมาศึกษา 27 ลักษณะ ของพันธุ์ย่อยจำนวน 28 พันธุ์ ซึ่งคำนวณความเหมือนกัน (similarity) หรือความไม่เหมือนกัน (dissimilarity) ของลักษณะต่าง ๆ เมื่อกลุ่มย่อยที่มีลักษณะคล้ายกันมากที่สุดของลักษณะต่าง ๆ ถูกรวมเข้าอยู่ในกลุ่มย่อยเดียวกันแล้วคำนวณว่ากลุ่มย่อยใดมีระยะห่าง (distance coefficient) สั้นที่สุด หรือมีความคล้ายกันมากที่สุด หลังจากนั้นจึงรวมกลุ่มย่อยเหล่านั้นเข้าด้วยกัน

## ผลการทดลองและวิจารณ์

### ความหลากหลายของลักษณะทางสัณฐานวิทยา

การประเมินความหลากหลายของลักษณะทางสัณฐาน จำนวน 27 ลักษณะ โดยประเมินจากค่า  $H'$  ของแต่ละลักษณะ เมื่อพิจารณาความหลากหลายของลักษณะทางสัณฐาน ทั้งภายในและระหว่างแหล่งพันธุ์ย่อย แสดงใน Table 3 ลักษณะทางสัณฐานทั้ง 27 ลักษณะที่ประเมินมีความแตกต่างของลักษณะย่อย และกระจายในทุกส่วนของต้นย่อย ได้แก่ ลำต้นปล้อง ข้อ และใบ โดยในแต่ละลักษณะมีความแตกต่างของรูปแบบของความแปรปรวน ( $H'$ ) โดยมีค่าระหว่าง 0.12 (รูปร่างลำใบ (LSSL) และสีคอใบ (LSCD)) ถึง 1.18 (สีปล้องเมื่อถูกแสง (ICES)) และมีค่าเฉลี่ยของทุกลักษณะเท่ากับ 0.69

ในการประเมินความหลากหลายในแต่ละลักษณะ พบว่า ลักษณะส่วนใหญ่ในการศึกษานี้พบความแปรปรวนของชนิดลักษณะย่อยในระดับปานกลางถึงระดับสูง (50 - 118 %) ยกเว้นในลักษณะรูปร่างลำใบ (LSSL = 12 %) สีคอใบ (LSCD = 12 %) ความสูงต้น (PCH = 17 %) รอยแตกลึกของปล้อง (IGC = 27 %) ขนที่กาบใบ (LSH = 39 %) และรูปร่างหูใบส่วนใน (LSSIA = 46 %) พบความแปรปรวนของชนิดลักษณะย่อยในระดับต่ำ (< 50 %) (Table 3)

ค่า  $H'$  จากการจัดกลุ่มย่อยตามแหล่งพันธุ์ (5 แหล่งพันธุ์) พบค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.43 (OCSB) ถึง 0.56 (KKFCRC) ทุกแหล่งพันธุ์แสดงค่า  $H'$  ในระดับปานกลาง (ประมาณ 50 %) เมื่อพิจารณาในแต่ละลักษณะของการจำแนกตามแหล่งพันธุ์ พบว่า ลักษณะรูปร่างลำใบ (LSSL) และสีคอใบ (LSCD) มีค่าน้อยสุด ( $H_{SV} = 0.10$ ) ในทางตรงกันข้ามลักษณะสีปล้องเมื่อไม่ถูกแสง (ICNS) มีค่ามากที่สุด ( $H_{SV} = 0.90$ ) (Table 3)

ในการประเมินความหลากหลายของลักษณะสัณฐาน โดยใช้ค่า Shannon's index ( $H'$ ) นั้น ถ้าค่า  $H'$  ในลักษณะใดมีค่าสูง แสดงว่าพบความแปรปรวนระดับสูงของชนิดลักษณะย่อยในลักษณะนั้น ๆ ซึ่งจากการศึกษานี้บ่งชี้ว่าประชากรของพันธุ์ย่อยทั้ง 28 พันธุ์ มีรูปแบบและขนาดความแปรปรวนที่แตกต่างกัน ทั้งการประเมินในระดับพันธุ์ ระหว่างพันธุ์ภายในแหล่งพันธุ์ เมื่อพิจารณาความหลากหลายในแต่ละลักษณะ พบความแปรปรวนในระดับปานกลางถึงสูง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Gashaw *et al.* (2016) ที่ได้ทำการประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมของพันธุ์กรรมย่อยจำนวน 400 สายพันธุ์ จากลักษณะเชิงคุณภาพ 16 ลักษณะ ในประเทศเอธิโอเปีย พบว่า ลักษณะส่วนใหญ่มีความหลากหลายสูง ( $H' > 0.70$ ) ยกเว้นลักษณะรอยแตกลึกในปล้อง (presence or absence of stalk corky cracks) มีค่าความหลากหลายต่ำที่สุด ( $H' = 0.43$ ) นอกจากนี้พบรูปแบบและระดับความแปรปรวนของความหลากหลาย ๆ ที่แตกต่างกันระหว่างพันธุ์ภายนอกแหล่งพันธุ์ จากการวิเคราะห์ความหลากหลายของลักษณะสัณฐานของพันธุ์ย่อยตามแหล่งพันธุ์ พบว่า ค่าเฉลี่ยดัชนีความหลากหลาย ( $H'$ ) ของแต่ละแหล่งพันธุ์ไม่สอดคล้องกับจำนวนประชากรพันธุ์ย่อยในแหล่งพันธุ์นั้น ๆ เช่น ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น (KKFCRC) มีจำนวนพันธุ์ย่อย ต่ำที่สุด แต่มีค่า  $H'$  สูงที่สุดในขณะที่ยานักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (OCSB) มีจำนวนพันธุ์ย่อย มากที่สุด แต่กลับมีค่า  $H'$  ต่ำที่สุดในระดับความหลากหลายของลักษณะทางสัณฐานของพันธุ์ย่อยจากแหล่งพันธุ์ดังกล่าวที่แตกต่างกัน

Table 3. Estimates of  $H'$ , partitioning into within and between sources for 27 morphological characters in 28 sugarcane varieties

No.	Character code	$H'$	$H_{sv}$	Sources of varieties				
				KKU	KU	KKFCRC	OCSB	SBFCRC
1	Plant: Growth habit, PGH	0.49	0.32	0.29	0.05	0.40	0.49	0.34
2	Leaf sheath: Hairiness, LSH	0.39	0.32	0.24	0.24	0.28	0.39	0.38
3	Leaf sheath: Shape of ligule, LSSL	0.12	0.10	0.06	0.11	0.11	0.11	0.10
4	Leaf sheath: Shape of inner auricle, LSSIA	0.46	0.28	0.25	0.29	0.29	0.15	0.18
5	Leaf sheath: Color of dewlap, LSCD	0.12	0.10	0.10	0.08	0.10	0.09	0.09
6	Leaf blade: Curvature, LBC	0.59	0.44	0.46	0.45	0.41	0.43	0.38
7	Leaf blade: Width, LBW	0.79	0.53	0.50	0.52	0.55	0.56	0.48
8	Plant: Adherence of leaf sheath, PALS	0.70	0.54	0.55	0.56	0.52	0.59	0.46
9	Internode: Color (Not exposed to sun), ICNS	1.01	0.90	0.83	0.82	0.90	0.94	0.78
10	Internode: Color (Exposed to sun), ICES	1.18	0.86	0.81	0.72	0.93	0.94	0.80
11	Internode: Diameter, ID	0.87	0.71	0.62	0.57	0.69	0.75	0.80
12	Internode: Shape, IS	0.80	0.62	0.59	0.68	0.88	0.34	0.49
13	Internode: Zig zag Alignment, IZA	0.71	0.51	0.51	0.40	0.69	0.20	0.23
14	Internode: Growth crack (Split), IGC	0.27	0.23	0.19	0.32	0.23	0.20	0.11
15	Internode: Rind surface appearance, IRSA	0.50	0.41	0.41	0.40	0.47	0.32	0.28
16	Internode: Waxiness, IW	0.99	0.70	0.69	0.68	0.63	0.68	0.76
17	Node: Shape of bud, NSB	0.98	0.82	0.76	1.10	1.41	0.22	0.40
18	Node: Size of bud (Measured from base of bud to the tip), NSBT	0.90	0.57	0.40	0.48	0.54	0.36	0.69
19	Node: Bud groove, NBG	0.81	0.54	0.46	0.45	0.74	0.28	0.62
20	Node: Bud cushion (Space between bud base and leaf scar), NBC	0.99	0.85	0.88	0.76	0.77	0.60	0.75
21	Node: Bud tip in relation to growth ring, NBT	0.83	0.62	0.64	0.47	0.64	0.39	0.75
22	Node: Prominence of growth ring, NPG	0.95	0.74	0.72	0.41	0.60	0.58	0.71
23	Node: Width of root band (Opposite to bud), NWR	0.68	0.54	0.24	0.45	0.35	0.65	0.33
24	Internode: Cross-section, IC	0.83	0.57	0.56	0.45	0.74	0.25	0.28
25	Internode: Pithiness, IP	0.97	0.62	0.57	0.62	0.82	0.49	0.53
26	Plant: Number of millable canes (NMC) per stool, PNMC	0.65	0.58	0.52	0.47	0.50	0.43	0.56
27	Plant: Cane height, PCH	0.17	0.11	0.08	0.08	0.05	0.09	0.09
<b>Average</b>		0.69	0.52					
<b>Mean ± SE</b>				0.48 ± 0.06	0.47 ± 0.04	0.56 ± 0.06	0.43 ± 0.05	0.46 ± 0.05

$H'$ : diversity index for each character calculated from entire data set;  $H_{sv}$ : average diversity index of each character for the 5 sources;  $H_{sv}/H'$ : proportion of diversity within source; and  $(H' - H_{sv})/H'$ : proportion of diversity between sources in relation to the total variation.

อาจจะเป็นผลมาจากระดับความใกล้ชิดทางพันธุกรรมของพันธุ์พ่อ-แม่ ในกระบวนการจับคู่เพื่อผสมพันธุ์ซึ่งพันธุ์ที่มาจาก OCSB มีความใกล้ชิดทางพันธุกรรมของพันธุ์พ่อ-แม่ ในลักษณะเป็น Half-sib กัน โดยพันธุ์พ่อ-แม่ ที่นำมาจับคู่ได้แก่ K84-200 และ อีเหี่ยว นอกจากนี้ ต้นกำเนิดพันธุ์พ่อ-แม่เหล่านี้ก็มีความใกล้ชิดทางพันธุกรรมกันสูง (Chaisan, 2020) ในทางกลับกัน พันธุ์ที่มาจาก KKFCRC มีค่า  $H'$  สูงที่สุด อาจเป็นเพราะพันธุ์เหล่านั้นเกิดการปรับตัวของลักษณะต่าง ๆ ต่อสภาพแวดล้อมที่หลากหลายได้ดีกว่า

อย่างไรก็ตาม ค่าเฉลี่ยความหลากหลายของลักษณะพื้นฐานระหว่างแหล่งพันธุ์ แสดงให้เห็นว่าระดับความหลากหลายของลักษณะพื้นฐานจากแต่ละแหล่งพันธุ์มีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องมาจากความใกล้ชิดของต้นกำเนิดแหล่งพันธุกรรมหรือจากการแลกเปลี่ยนแหล่งพันธุกรรมระหว่างกัน ซึ่งอาจส่งผลในระยะยาว ทำให้ฐานพันธุกรรมย่อยในขนาดของไทยแคบลงเรื่อย ๆ และส่งผลต่อความสามารถในการปรับตัวของอ้อยต่อสภาพแวดล้อมที่แปรปรวนและการวิวัฒนาการของโรคและแมลงศัตรูต่าง ๆ ของอ้อยในอนาคต (Pinata *et al.*, 2018) อย่างไรก็ตาม แม้ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นรูปแบบ และการกระจายตัวของความหลากหลายของลักษณะทางพันธุกรรมในพันธุ์อ้อยในระดับปานกลาง จากทุกแหล่งพันธุ์ที่สำคัญของประเทศไทย แต่เมื่อพิจารณาในแต่ละลักษณะพบว่า บางลักษณะในบางพันธุ์อ้อยมีความหลากหลายในระดับสูง ( $H' > 0.90$ ) เช่น ในลักษณะ สีของปล้องเมื่อไม่ถูกแสง (ICNS) สีของปล้องเมื่อถูกแสง (ICES) การเคลือบผิวปล้อง (IW) รูปร่างตาอ้อย (NSB) ขนาดของตาอ้อย (NSBT) ฐานตาอ้อย (NBC) ลักษณะของวงเจริญ (NPG) และรอยแตก (IP) โดยลักษณะดังกล่าวนอกจากจะใช้เป็นลักษณะประจำพันธุ์แล้ว ยังมีประโยชน์ในด้านการคัดเลือกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการงอก เช่น รูปร่างตาอ้อย (NSB) ขนาดของตาอ้อย (NSBT) ฐานตาอ้อย (NBC) นอกจากนี้ลักษณะ รอยแตก (IP) ของปล้องยังเป็นลักษณะที่กำหนดคุณภาพของผลผลิตอ้อยด้วย

นอกจากนี้ ความหลากหลายของลักษณะทางพันธุกรรมยังมีความสำคัญอย่างมากต่อแหล่งพันธุกรรมอ้อย ซึ่งควรมีวิธีการจัดการในการอนุรักษ์พันธุกรรมเหล่านี้ไว้อย่างเหมาะสม สำหรับเป็นฐานพันธุกรรมที่ใช้ในการคัดเลือกหรือปรับปรุงพันธุ์ในอนาคต (Gashaw *et al.*, 2016)

### การจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางลักษณะพื้นฐาน

การจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมจากลักษณะพื้นฐานจำนวน 27 ลักษณะ ด้วยวิธีการ agglomerative hierarchical cluster analysis (AHC) ของพันธุกรรมอ้อย 28 พันธุ์ สามารถจำแนกได้เป็น 4 กลุ่ม ที่ค่าสัมประสิทธิ์ระยะห่างทางพันธุกรรม (distance coefficient) ของแต่ละคู่พันธุ์ เท่ากับ 0.18 (Figure 1) โดยกลุ่มแรก (I cluster) ประกอบด้วยอ้อยจำนวน 13 พันธุ์ จาก 3 แหล่งพันธุ์ (OCSB, SBFCRC และ KU) กลุ่มที่สอง (II cluster) ประกอบด้วยอ้อยจำนวน 12 พันธุ์ จาก 5 แหล่งพันธุ์ (OCSB, SBFCRC, KKU, KKFCRC และ KU) กลุ่มที่สาม และสี่ (III and IV cluster) ประกอบด้วยอ้อยจำนวน 2 และ 1 พันธุ์ตามลำดับ จากแหล่งพันธุ์ OCSB จากการจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางลักษณะทางพันธุกรรม ด้วยวิธี AHC แสดงให้เห็นว่าทุกพันธุ์มีระดับความใกล้ชิดทางพันธุกรรมสูง อาจเนื่องมาจากต้นกำเนิดพันธุ์อาจมาจากบรรพบุรุษเดียวกันหรือใกล้เคียงกัน (Milligan *et al.*, 1990) นอกจากนี้ พันธุ์อ้อยส่วนใหญ่ที่มาจากแหล่งพันธุ์เดียวกันถูกจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน ซึ่งอาจเป็นผลมาจากเป้าหมายการคัดเลือกในลักษณะทางพันธุกรรมเดียวกัน ทำให้พันธุกรรมอ้อยจากแต่ละแหล่งพันธุ์มีความใกล้ชิดทางพันธุกรรมระหว่างสายพันธุ์อ้อยสูง (Thongpaiyai *et al.*, 2012)

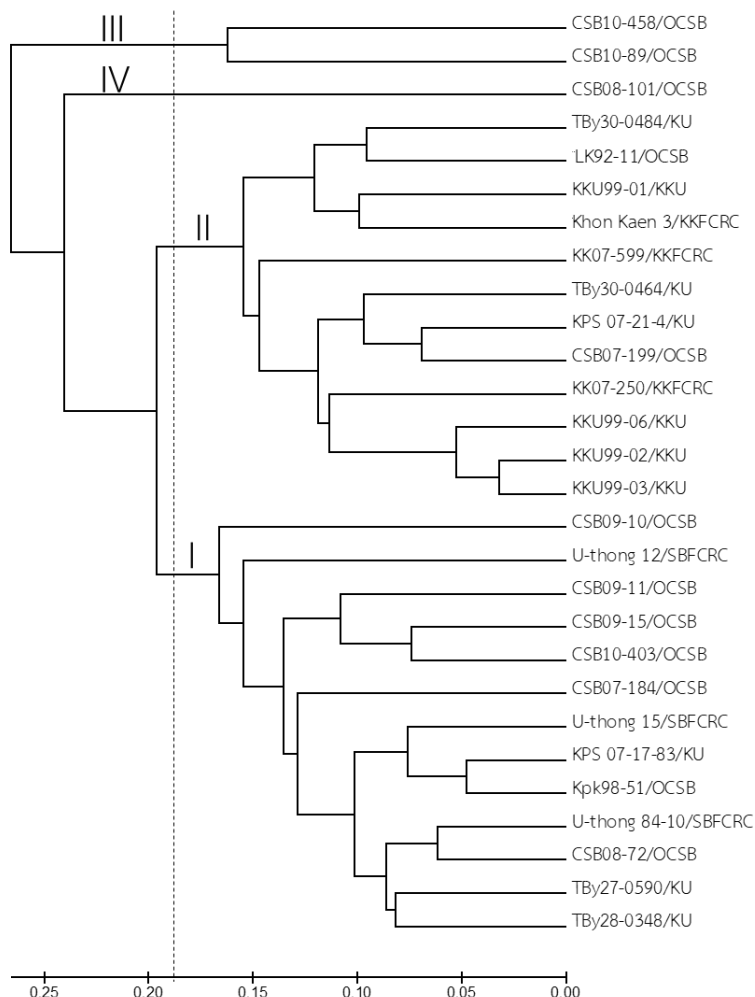


Figure 1. Clustering of 28 sugarcane varieties into four groups using 27 morphological characters

### สรุป

ความหลากหลายของลักษณะพื้นฐาน 27 ลักษณะ จากพันธุ์อ้อยจำนวน 28 พันธุ์ พบค่าความหลากหลายตามการจำแนกแหล่งพันธุ์ (total  $H_{SV}$ ) ใกล้เคียงกัน ( $H' = 0.43$  (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล; OCSB) ถึง  $0.56$  (ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น; KKFCRC)) การจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางลักษณะพื้นฐาน (AHC) สามารถจำแนกได้เป็น 4 กลุ่ม ที่ค่า distance coefficient เท่ากับ 0.18 โดยกลุ่มที่ 1 และ 2 เป็นกลุ่มใหญ่ประกอบด้วยพันธุ์อ้อยจำนวน 13 พันธุ์ จาก 3 แหล่งพันธุ์ (OCSB, SBFCRC และ KU)

และ 12 พันธุ์ จาก 5 แหล่งพันธุ์ (OCSB, SBFCRC, KKU, KKFCRC และ KU) ตามลำดับ พันธุ์อ้อยที่เหลือถูกจำแนกในกลุ่มที่สาม และสี่ ประกอบด้วยพันธุ์อ้อยจำนวน 2 และ 1 พันธุ์ ตามลำดับ ดังนั้นในการสร้างลูกผสมเพื่อปรับปรุงพันธุ์ให้ได้ลักษณะตามต้องการ ควรเลือกใช้ข้อมูลทั้งความหลากหลายของลักษณะดังกล่าว และข้อมูลการจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางลักษณะทางพื้นฐานที่มีระยะห่างทางพันธุกรรมหรือมีค่า distance coefficient สูงเพื่อจะได้ลูกผสมที่มีการกระจายตัวของลักษณะดังกล่าวสูงสุด และอาจได้ลักษณะใหม่ ๆ ที่เป็นประโยชน์ในอนาคต

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้การสนับสนุนทุนสนับสนุนการวิจัยแบบมุ่งเป้า: อ้อย ประจำปีงบประมาณ 2560 รหัสโครงการ RDG60T0181 และประจำปีงบประมาณ 2562 รหัสโครงการ RDG62T0097 สำหรับรับงบประมาณในการทำวิจัย ขอขอบคุณบริษัท ธาอัส จำกัด สนับสนุนในส่วนของพื้นที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย

## เอกสารอ้างอิง

Anonymous. 2009. Specific DUS test guidelines for three notified crops. *Plant Variety Journal of India* 3(9): 42-54.

Gashaw, E.T., F. Mekbib and A. Ayana. 2016. Genetic diversity among sugarcane genotypes based on qualitative traits. *Advances in Agriculture* 2016: Article ID 8909506, doi: 10.1155/2016/8909506.

Milligan, S.B., K.A. Gravois, K.P. Bischoffk and F.A. Martin. 1990. Crop effects on genetic relationships among sugarcane traits. *Crop Science* 30(4): 927-931.

Pinata, P., P. Songsri, N. Jongrungklang and P. Klomsa-ard. 2018. Genetic diversity of yield and agronomic traits in sugarcane germplasm 258 clones. *Prawarun Agricultural Journal* 15(2): 335-344. (in Thai)

Powers, L.E. and R. McSorley. 2000. *Ecological Principles of Agriculture*. Delmar Thomson Learning of Albany. 456 p.

Set-tow, S., P. Songsri, N. Jongrungklang and P. Jaisil. 2020. Evaluation of cane yield and agronomic traits of ratoon crops grown in a drought period of 16 rainfed advanced sugarcane clones. *King Mongkut's Agricultural Journal* 38(1): 42-51. (in Thai)

Spellerberg, I.F. and P.J. Fedor. 2003. A tribute to Claude Shannon (1916-2001) and a plea for more rigorous use of species richness, species diversity and the 'Shannon-Wiener' index. *Global Ecology and Biogeography* 12(3): 177-179.

Sudianto, E., T.X. Neik, S.M. Tam, T.S. Chuah, A.A. Idris, K.M. Olsen and B.K. Song. 2016. Morphology of Malaysian weedy rice (*Oryza sativa*): Diversity, origin and implications for weed management. *Weed Science* 64(3): 501-512.

Chaisan, T. 2020. Development and assessment of modern sugarcane varieties for suitable production areas in each region for increasing sugarcane production improvement. Full Report. The Thailand Research Fund, Bangkok. 325 p.

Thongpaiyai, C., A. Wongpraneekul and P. Chatwachirawong. 2012. Genetic diversity and relationships among commercial sugarcane varieties in Thailand. *Khon Kaen Agriculture Journal* 40(Suppl. 3): 60-67. (in Thai)

Tippayawat, A., W. Ponragdee and T. Sansayawichai. 2012. Characteristics of Thai sugarcane (*Saccharum* spp. hybrid) cultivars and potential for utilization. *Khon Kaen Agriculture Journal* 40(Suppl. 3): 53-59. (in Thai)

# การประเมินคุณภาพผลและการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่มีอาการเนื้อโพรง

## Evaluation of Fruit Quality and Principal Component Analysis of Spongy Tissue Symptom in 'Namdokmai Sithong' Mango

จตุมาส สงวนทรัพย์<sup>1</sup> อรุมา เรืองวงษ์<sup>2,3</sup> พิมพีใจ สีหะนาม<sup>1,3,4</sup>  
พลกฤษณ์ มณีวระ<sup>3,4</sup> และ จันทลักษณ์ ตียายน<sup>1,3\*</sup>  
Jutamas Sanguansub<sup>1</sup>, On-Uma Ruangwong<sup>2,3</sup>, Pimjai Seehanam<sup>1,3,4</sup>  
Phonkrit Maniwara<sup>3,4</sup> and Chantalak Tiyyon<sup>1,3\*</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>ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

<sup>2</sup>Department of Entomology and Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

<sup>3</sup>ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กรุงเทพฯ 10400

<sup>3</sup>Postharvest Technology Innovation Center, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, Bangkok 10400, Thailand

<sup>4</sup>ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

<sup>4</sup>Postharvest Technology Research Center, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

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

(Received: 22 November 2021; Accepted: 17 October 2022)

**Abstract:** Spongy tissue is one of a problem of 'Namdokmai Sithong' mango fruit quality. This experiment aimed to study the physical and chemical qualities of 'Namdokmai Sithong' mango fruit with spongy tissue symptoms. The experiment was carried out using a completely randomized design (CRD). Mango flesh was divided into four groups; 1) healthy tissue from healthy fruit (HTH), 2) healthy tissue from spongy tissue fruit (HTS), 3) tissue near spongy tissue (TNS), and 4) spongy tissue (ST). The results showed that ST had lightness, chroma, hue angle, total soluble solids (TSS), and titratable acidity (TA) lower than HTH and HTS. The ST fruit had the highest dry weight, TSS/TA, and phenolic compound. Principal component analysis (PCA) revealed that physical quality parameters in ST were clearly separated. The PC1 and PC2 could explain the main variations of data achieving 77.6%. Chemical quality parameters of HTH and HTS were not separated. Therefore, spongy tissue had no impact on chemical qualities of healthy tissue from spongy tissue fruit.

**Keywords:** Physical disorder, *Mangifera indica* L., postharvest

**บทคัดย่อ:** อาการเนื่อโพรงเป็นปัญหาหนึ่งของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่มีอาการเนื่อโพรง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ แบ่งเนื่อมะม่วงออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ 1) เนื่อของผลปกติ 2) เนื่อปกติของผลที่มีอาการเนื่อโพรง 3) เนื่อที่อยู่ใกล้เคียงกับเนื่อโพรง และ 4) เนื่อที่มีอาการเนื่อโพรง จากการทดลองพบว่า เนื่อผลที่มีอาการเนื่อโพรงมีค่าความสว่างค่า Chroma ค่า hue angle ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ต่ำกว่าเนื่อของผลปกติและเนื่อปกติของผลที่มีอาการเนื่อโพรง โดยมีน้ำหนักแห้ง อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA) และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุด จากการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (principal component analysis; PCA) พบว่า ข้อมูลทางกายภาพของเนื่อมะม่วงที่มีอาการเนื่อโพรงสามารถแบ่งกลุ่มได้ชัดเจน โดย PC1 และ PC2 สามารถอธิบายความแปรปรวนที่สำคัญของข้อมูลได้ 77.6 เปอร์เซ็นต์ และพบว่า ข้อมูลคุณภาพทางเคมีของเนื่อผลปกติและเนื่อปกติของผลที่มีอาการเนื่อโพรงไม่แบ่งกลุ่มกัน แสดงให้เห็นว่าอาการเนื่อโพรงที่เกิดขึ้นไม่มีผลต่อคุณภาพทางเคมีของเนื่อปกติจากผลที่มีอาการเนื่อโพรง

**คำสำคัญ:** ความผิดปกติทางสรีรวิทยา มะม่วง หลังเก็บเกี่ยว

## คำนำ

มะม่วงเป็นหนึ่งในไม้ผลเศรษฐกิจของประเทศไทยที่มีมูลค่าการส่งออกและความต้องการเพื่อการส่งออกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในแต่ละปี (Wasusri, 2013) การส่งออกมะม่วงสดหรือแช่เย็นจนแข็ง ในปี พ.ศ. 2564 ปริมาณ 116 ล้านกิโลกรัม มูลค่า 3,367 พันล้านบาท (Office of Agricultural Economics, 2021) มะม่วงที่มีศักยภาพในการส่งออกคือมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ซึ่งผลมีสีเหลืองทอง รสชาติหวาน เมล็ดบางลึบ เนื่อผลมีความฉ่ำน้ำ กลิ่นหอม ไม่มีเสี้ยนหรือมีเสี้ยนเล็กน้อย (Pohsomboon and Radanachalee, 2013) ปัจจุบันพบปัญหาความผิดปกติทางสรีรวิทยาในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เรียกว่า อาการเนื่อโพรง (spongy tissue) โดยผลมะม่วงที่มีอาการเนื่อโพรงมีลักษณะเนื่อผลเป็นรูพรุนคล้ายฟองน้ำ มีสีเหลืองอ่อนหรือสีขาวจนถึงสีน้ำตาล เนื่อเยื่อบริเวณนี้อาจเป็นโพรงอากาศหรือไม่ก็ได้ และมักพบว่า กลิ่นและรสชาติของเนื่อมะม่วงมีความผิดปกติ (Ravindra, 2015) อาการนี้มีความสำคัญเพราะหากสุ่มตรวจพบผลที่มีอาการเนื่อโพรงในการส่งออก มะม่วงในรอบนั้นจะถูกปฏิเสธจากประเทศปลายทาง จากการสอบถามเกษตรกรพบว่า อาการเนื่อโพรงอาจไม่พบเลยหรือพบมากน้อยต่างกันไปในแต่ละปีตั้งแต่ 2 - 3 เปอร์เซ็นต์จนถึง 20 เปอร์เซ็นต์

ของผลผลิตทั้งหมด เกษตรกรสันนิษฐานว่าอาการเนื่อโพรงเกิดจากอากาศร้อนร่วมกับความแห้งแล้ง และบางรายให้ข้อมูลว่าอาจเกิดจากการใช้ฮอร์โมนและปุ๋ยที่เร่งการขยายขนาดของผลมากเกินไป งานวิจัยที่ผ่านมา ได้รายงานถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดอาการเนื่อโพรงอยู่หลายปัจจัย เช่น ปริมาณแคลเซียมต่ำ (Gunjate *et al.*, 1979; Shivashankar, 2014) ผลได้รับแสงแดดหลังเก็บเกี่ยว (Gunjate *et al.*, 1982) น้ำหนักผลมาก (Joshi and Limaye, 1986) อุณหภูมิในดินสูง (Katrodia and Seth, 1988) และการเก็บเกี่ยวล่าช้า (Subramanyam *et al.*, 1971) อุณหภูมิสูงภายในผล อัตราการคายน้ำต่ำ และอัตราการหายใจสูง ซึ่งพบมากในมะม่วงพันธุ์อัลฟอนโซ (Vasanthaiha *et al.*, 2008) และการเกิดการงอกของเมล็ดในช่วงระยะผลสุก (Ravindra and Shivashankar, 2004) เป็นต้น การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่มีอาการเนื่อโพรง และศึกษาลักษณะพื้นฐานของข้อมูลคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลมะม่วงที่มีอาการเนื่อโพรง โดยการนำข้อมูลนี้ไปประยุกต์ใช้ร่วมกับเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปีเพื่อใช้ในการคัดแยกผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่มีอาการเนื่อโพรงแบบไม่ทำลายตัวอย่างสำหรับการส่งออก



## อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการทดลองที่ห้องปฏิบัติการกลาง  
ห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาพืชสวน และห้องปฏิบัติการ  
หลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัย  
เชียงใหม่ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์  
(completely randomized design; CRD) และวิเคราะห์  
ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS  
(statistical packages for the social science) version  
16.0 โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of  
variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่าง  
ของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Tukey's honest significant  
difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดย  
การทดลองใช้ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่มี  
อายุการเก็บเกี่ยวหลังจากดอกบานถึงผลแก่ ประมาณ  
100 ถึง 105 วัน จากสวนมะม่วงของเกษตรกรอำเภอ  
แม่แตงและอำเภอฟ้าหว้า จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน  
163 ผล ขนส่งด้วยรถยนต์ปรับอากาศ ระยะเวลาใน  
การขนส่งประมาณ 1.5 ชั่วโมง หลังจากนั้นเก็บรักษา  
ที่ 15 องศาเซลเซียส โดยแบ่งกลุ่มของเนื้อมะม่วง

ออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ 1) เนื้อของผลปกติ 2) เนื้อ  
ปกติของผลที่มีอาการเนื้อโพรง 3) เนื้อที่อยู่ใกล้เคียง  
กับเนื้อที่มีอาการเนื้อโพรง และ 4) เนื้อที่มีอาการเนื้อ  
โพรง กลุ่มละอย่างน้อย 10 ตัวอย่าง (Figure 1) ทำ  
การทดลองระหว่างเดือน ธันวาคม 2562 ถึง กันยายน  
2563

## การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

สีเนื้อผล: วัดสีเนื้อผลด้วยเครื่อง chroma  
meter (Konica Minolta รุ่น CR-400 บริษัท Minolta  
ประเทศญี่ปุ่น) บันทึกน้ำหนักแห้งโดยการอบเนื้อ  
มะม่วงในตู้อบลมร้อน (Contherm รุ่น Thermotec 2000  
Oven บริษัท Lab Focus ประเทศไทย) ที่อุณหภูมิ 70  
องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน นำมาชั่งน้ำหนักด้วย  
เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัลทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Zepper  
รุ่น ES-1200HA บริษัท Zepper Instrument ประเทศ-  
ไทย) และคำนวณน้ำหนักแห้งของเนื้อผล หน่วยเป็น  
เปอร์เซ็นต์ จากสมการ

$$\text{น้ำหนักแห้ง} = \left( \frac{\text{น้ำหนักหลังอบ}}{\text{น้ำหนักก่อนอบ}} \right) \times 100$$

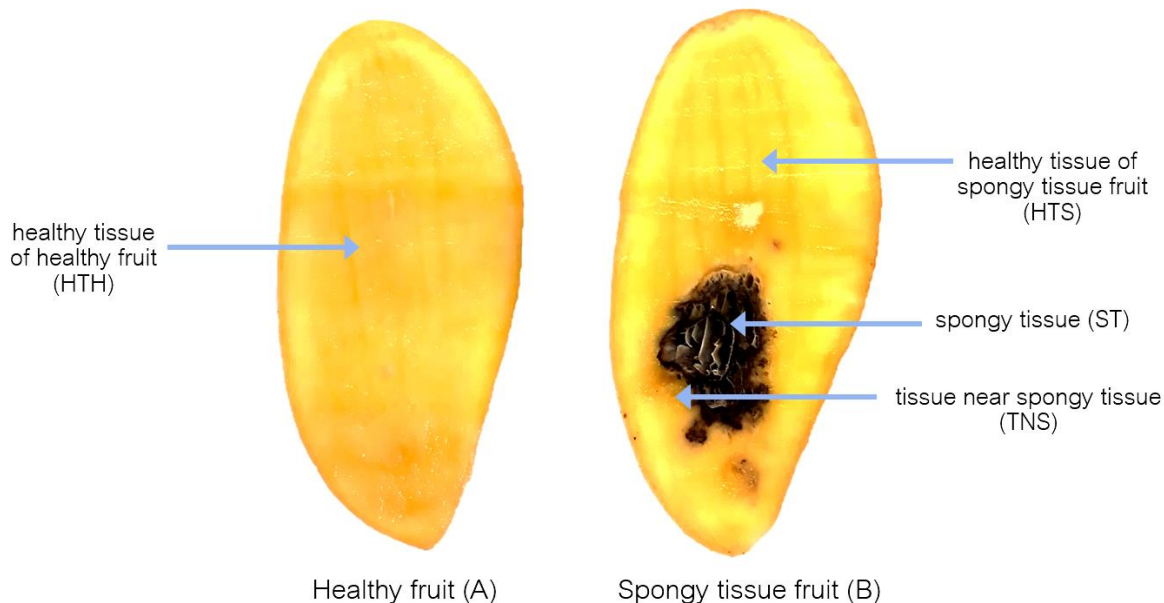


Figure 1. Mango tissue: healthy fruit (A) and spongy tissue fruit (B) of 'Namdokmai Sithong' mango

### การเตรียมตัวอย่างแห้ง

หั่นเนื้อมะม่วงเป็นลูกเต๋าชิ้นเล็ก ๆ เติมน้ำในโถร่อนเหลวเพื่อให้เนื้อมะม่วงแข็งตัวอย่างรวดเร็ว นำไปแช่ในตู้แช่แข็งอุณหภูมิต่ำ -50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วัน จากนั้นนำไปเข้าเครื่อง freeze dry (Labconco รุ่น FreeZone Pluse บริษัท Labconco ประเทศสหรัฐอเมริกา) เป็นเวลา 3 วัน นำเนื้อมะม่วงแห้งมาบดด้วยโถร่อนบดยา เก็บใส่ถุงซิปล็อค และเก็บรักษาในภาชนะบรรจุซิปล็อคที่มิดชิด เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

### การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้: วัดจากน้ำหนักของเนื้อมะม่วงสดด้วยเครื่องวัดของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้แบบดิจิทัล (digital refractometer: Atago PAL-1) ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้: ดำเนินการตามวิธีการของ AOAC (2000) ใช้เนื้อมะม่วงสดที่ปั่นละเอียด 5 กรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร จากนั้นไทเทรตด้วยสารละลายไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 N นำค่าที่ได้คำนวณปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA): คำนวณจากสัดส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

ปริมาณวิตามินซี: ดำเนินการตามวิธีการของ Ranganna (1986) โดยใช้เนื้อมะม่วงสดที่ปั่นละเอียด 10 กรัม ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยกรดออกซาลิกความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรอง ใช้สารละลายตัวอย่าง ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ไทเทรตด้วยสารละลาย 2, 6-ไดคลอโรฟีนอล อินโดฟีนอล ความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ นำค่าที่ได้คำนวณปริมาณวิตามินซีโดยใช้กรดแอสคอร์บิกเป็น equivalent ตามสมการดังนี้

ปริมาณกรดแอสคอร์บิก (มิลลิกรัมในตัวอย่างน้ำหนักสด 100 กรัม) = (b/a) x 100

a = ปริมาตรสี่อ้อมอินโดฟีนอลที่ใช้ไทเทรตกรดแอสคอร์บิก 1 มิลลิกรัม (จาก standard)  
b = ปริมาตรสี่อ้อมอินโดฟีนอลที่ใช้ไทเทรตกรดแอสคอร์บิก จากสารละลายตัวอย่าง

ปริมาณแคโรทีนอยด์: วิเคราะห์ตามวิธีการของ Romainum *et al.* (2018) ใช้ตัวอย่างแห้ง 1 กรัม เติมหะเอทานอลความเข้มข้น 2:1:1 ปริมาตร 25 มิลลิลิตร เขย่า 10 นาที จากนั้นใส่น้ำกลั่น ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เขย่า 5 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Thermo Genesys 10S Vis) ที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร นำค่าที่ได้คำนวณปริมาณแคโรทีนอยด์โดยเทียบกับปริมาณเบต้าแคโรทีนมาตรฐาน

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด: วิเคราะห์ตามวิธีการของ Romainum *et al.* (2018) ใช้ตัวอย่างแห้ง 1 กรัม เติมหะเอทานอลความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ ที่มีกรดฟอริกความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร นำไปเข้าเครื่อง ultrasonic cleaner (Elma S 30 H) เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องเซนตริฟิวจ์ (Hettich Universal 32 R) ที่ 9000 x g อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที เก็บส่วนที่เป็นของเหลวใสไว้ นำตะกอนมาทำซ้ำตามขั้นตอนข้างต้น นำของเหลวใสทั้งสองครั้งมารวมกัน ใช้สารละลายตัวอย่างปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร จากนั้นเติม Folin-Ciocalteu ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ทิ้งไว้เป็นเวลา 5 นาที เติมหะเอทานอลคาร์บอนเตตความเข้มข้น 75 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 1.8 มิลลิลิตร ทิ้งไว้เป็นเวลา 60 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร นำค่าที่ได้คำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดโดยเทียบกับปริมาณกรดแกลลิกมาตรฐาน

### การวิเคราะห์ส่วนประกอบสำคัญ (principal component analysis; PCA)

วิเคราะห์ลักษณะพื้นฐานของข้อมูลคุณภาพทางกายภาพและเคมีเนื้อมะม่วงด้วยวิธี PCA โดยข้อมูลคุณภาพทางกายภาพและเคมีของเนื้อมะม่วง

ได้แก่ สีของเนื้อผล น้ำหนักแห้ง ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ ปริมาณวิตามินซี ปริมาณแคโรทีนอยด์ และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยใช้โปรแกรม MATLAB version 7.0 (The Math Works Inc., Natick)

## ผลการศึกษาและวิจารณ์

### คุณภาพทางกายภาพ

สีเนื้อผล: จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของสีเนื้อมะม่วงจากผลปกติและผลที่มีอาการเนื้อโพรง พบว่า เนื้อผลปกติ เนื้อปกติของผลที่มีอาการเนื้อโพรง และเนื้อที่อยู่ใกล้เคียงกับเนื้อโพรง มีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) อยู่ในช่วง  $62.56 \pm 1.20 - 65.31 \pm 0.71$  ค่า chroma (C) อยู่ในช่วง  $41.47 \pm 1.17 - 46.49 \pm 1.01$  และค่า hue angle (Hue) อยู่ในช่วง  $86.78 \pm 0.57 - 87.58 \pm 1.68$  ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Romainum *et al.* (2018) ที่รายงานว่าการเนื้อผลปกติของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองมีค่า  $L^*$  และ hue angle  $72.3 \pm 0.5$  และ  $83.0 \pm 0.4$  ตามลำดับ โดยเนื้อผลมีสีเหลืองเข้มในการทดลองนี้เนื้อโพรงมีค่า  $L^*$  C และ hue angle น้อยกว่าเนื้อผลสามกลุ่มข้างต้น โดยมีค่า 49.15, 25.51 และ 78.11 ตามลำดับ (Table 1) จึงแสดงว่าเนื้อที่มีอาการเนื้อโพรงมีสีคล้ำ

น้ำหนักแห้ง : น้ำหนักแห้งของเนื้อผลมะม่วงปกติ เนื้อปกติของผลที่มีอาการเนื้อโพรง เนื้อที่อยู่ใกล้เคียงกับเนื้อโพรง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่เนื้อบริเวณที่เป็นโพรงมีค่าน้ำหนักแห้งมากกว่าเนื้อทั้งสามส่วนข้างต้น โดยมีน้ำหนักแห้ง  $58.29$  เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่มะม่วงปกติมีน้ำหนักแห้ง  $43.81 \pm 0.36$  เปอร์เซ็นต์ Shivashankar (2014) รายงานว่า เนื้อผลที่เป็นโพรงมีน้ำหนักน้อยกว่าเนื้อปกติที่อยู่ภายในผลเดียวกัน เนื่องจากมีการเคลื่อนที่ของน้ำจากเนื้อผลไปยัง และยังทำให้เกิดความเสียหายต่อเนื้อสัมผัสและความแน่นเนื้อของเนื้อผล

### คุณภาพทางเคมี

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้: ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ของเนื้อผลปกติและผลที่มีอาการเนื้อโพรงมีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดยปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของเนื้อผลปกติและเนื้อปกติของผลที่มีอาการเนื้อโพรงมีค่ามากกว่าส่วนเนื้อโพรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) เนื่องจากเนื้อเยื่อบริเวณที่เกิดอาการเนื้อโพรง เป็นการเกิดบาดแผลที่เนื้อผล (Chantrasri, 2013) เนื้อเยื่อที่เกิดอาการเนื้อโพรงจึงถูกกระตุ้นให้สร้างเอทิลีน ทำให้อัตราการหายใจสูงขึ้นและเข้าสู่ระยะสุก ทำให้ปริมาณกรดลดลง เนื่องจากกรดถูกนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการหายใจและถูกสังเคราะห์ไปเป็นน้ำตาล (Pithakpol and Rattanapanone, 2013)

Table 1. Physical quality of 'Namdokmai Sithong' mango fruit flesh related to the spongy tissue

Mango flesh samples	Flesh color			Dry weight (%)
	Lightness ( $L^*$ )	Chroma (C)	Hue angle (hue)	
HTH	$65.31 \pm 0.71$ a	$46.49 \pm 1.01$ a	$86.78 \pm 0.57$ a	$43.81 \pm 0.36$ b
HTS	$64.79 \pm 1.04$ a	$42.01 \pm 1.02$ ab	$87.36 \pm 0.52$ a	$47.55 \pm 0.93$ b
TNS	$62.56 \pm 1.20$ a	$41.47 \pm 1.17$ b	$87.58 \pm 0.58$ a	$45.45 \pm 1.07$ b
ST	$49.15 \pm 1.77$ b	$25.51 \pm 1.98$ c	$78.11 \pm 1.68$ b	$58.29 \pm 2.07$ a

Mean values with different letters in the same column indicate significant differences ( $P < 0.05$ )

Remarks: HTH = healthy tissue from healthy fruit; HTS = healthy tissue from spongy tissue fruit; TNS = tissue near spongy tissue; ST = spongy tissue

ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้: ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ ของเนื้อผลปกติและผลที่มีอาการเนื้อโพรงมีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) (Table 2) เนื่องจากเนื้อเยื่อที่เกิดอาการเนื้อโพรงถูกกระตุ้นให้สร้างเอทิลีน ทำให้อัตราการหายใจสูง ทำให้ปริมาณกรดของผลมะม่วงลดลง เนื่องจากกรดถูกนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการหายใจ (Pithakpol and Rattanapanone, 2013) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Trivedi *et al.* (2015) ที่รายงานว่า ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของเนื้อผลปกติมีค่าสูงกว่าเนื้อผลที่มีอาการเนื้อโพรง

อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA): อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของเนื้อผลปกติและผลที่มีอาการเนื้อโพรงมีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) (Table 2) เนื้อเยื่อที่เกิดอาการเนื้อโพรงถูกกระตุ้นให้สร้างเอทิลีน ทำให้อัตราการหายใจสูงขึ้น และเข้าสู่ระยะสุก ปริมาณกรดของผลมะม่วงลดลง การลดลงของปริมาณกรดจึงเกิดขึ้นพร้อมกับการลดลงของแป้งและการเพิ่มขึ้นของน้ำตาล ซึ่งทำให้อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้มีค่าเพิ่มขึ้น (Pithakpol and Rattanapanone, 2013)

ปริมาณวิตามินซี: การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของเนื้อผลปกติและผลที่มีอาการเนื้อโพรง พบว่าปริมาณวิตามินซีของเนื้อผลปกติและผลที่มีอาการเนื้อโพรงไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 2) ปริมาณวิตามินซีของเนื้อที่อยู่ใกล้เคียงกับเนื้อโพรงและเนื้อโพรงมีแนวโน้มน้อยกว่าเนื้อของผลปกติและเนื้อปกติของผลที่มีอาการเนื้อโพรง เนื่องจากบริเวณเนื้อที่มีอาการเนื้อโพรงเกิดแผลและขยายตัวกว้าง (Chantrasri, 2013) ทำให้เนื้อเยื่อบริเวณดังกล่าวถูกกระตุ้นให้สร้างเอทิลีนและเกิดอัตราการหายใจสูงขึ้น ทำให้ปริมาณเอนไซม์ ascorbate oxidase เพิ่มขึ้น และมีปริมาณวิตามินซีลดลง (Pithakpol and Rattanapanone, 2013) ซึ่ง Mitra and Baldwin (1997) รายงานว่า เนื้อที่มีอาการเนื้อโพรงมีกรดแอสคอร์บิกต่ำ

ปริมาณแคโรทีนอยด์: การวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ของเนื้อผลปกติและผลที่มีอาการเนื้อโพรงไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) (Table 2) ในส่วนของปริมาณแคโรทีนอยด์ของเนื้อที่มีอาการเนื้อโพรงมีค่าต่ำ (Table 2) เนื่องจากแคโรทีนอยด์เกิดการสลายตัวซึ่งเกิดจากการที่เนื้อเยื่อบริเวณที่เกิดอาการเนื้อโพรงมีเซลล์เสื่อมสภาพหรือหมดอายุขัย (Uthaibutra and Whangchai, 2013) จึงทำให้ปริมาณแคโรทีนอยด์ของเนื้อโพรงมีปริมาณต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับ Mitra and Baldwin (1997) ที่รายงานว่า เนื้อที่มีอาการเนื้อโพรง

Table 2. Chemical quality of 'Namdokmai Sithong' mango fruit flesh related to the spongy tissue

Mango flesh samples	TSS (%)	TA (%)	TSS/TA	Vitamin C contents (mg/100g FW)	Carotenoid contents (mg/100g DW)	Phenolic compound (mg/g DW)
HTH	17.81 ± 0.27 a	4.54 ± 0.06 ab	7.50 ± 0.74 ab	9.09 ± 1.37	1.58 ± 0.30	4.40 ± 0.09 c
HTS	16.12 ± 0.93 a	7.57 ± 0.20 a	3.29 ± 0.67 b	15.87 ± 3.55	1.66 ± 0.25	7.41 ± 1.50 c
TNS	15.08 ± 0.71 ab	3.50 ± 0.29 b	10.34 ± 3.40 ab	3.50 ± 2.00	0.43 ± 0.16	17.60 ± 4.06 b
ST	11.99 ± 1.96 b	1.31 ± 0.20 b	13.59 ± 3.90 a	6.00 ± 1.50	0.16 ± 0.00	36.39 ± 10.84 a

Mean values with different letters in the same column indicate significant differences ( $P < 0.05$ )

Remarks: HTH = healthy tissue from healthy fruit; HTS = healthy tissue from spongy tissue fruit; TNS = tissue near spongy tissue; ST = spongy tissue

มีปริมาณเบต้าแคโรทีนต่ำ โดยแคโรทีนอยด์เป็นสารสีหลักที่ทำให้มะม่วงมีสีเหลืองถึงส้ม และในเนื้อบริเวณเนื้อโพรงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูง (Table 2) ซึ่งสารประกอบฟีนอลิกถูกออกซิไดซ์ด้วยเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของผลไม้และผัก ทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (browning reaction) (Soto-Vaca *et al.*, 2012) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ de Oliveira Lima *et al.* (1999) ที่รายงานว่า ในผลมะม่วงที่มีอาการเนื้อโพรงมีกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase (POD) และ PPO สูงกว่าผลมะม่วงปกติ

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด : การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของเนื้อผลปกติและผลที่มีอาการเนื้อโพรง พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดยสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของเนื้อที่เป็นโพรงมีค่ามากที่สุดถึง 36.39 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งสูงกว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในเนื้อผลปกติ เนื้อปกติของผลที่มีอาการเนื้อโพรง และเนื้อที่อยู่ใกล้เคียงเนื้อโพรงอย่างมาก (Table 2) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Oak *et al.* (2019) ที่รายงานว่า เนื้อเยื่อที่เกิดอาการ

เนื้อโพรงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเพิ่มขึ้น ระหว่างกระบวนการสุก ซึ่งสารประกอบฟีนอลิกมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ สร้างขึ้นเพื่อต้านทานโรค (Pithakpol and Rattanapanone, 2013)

### การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Components Analysis; PCA)

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของข้อมูลคุณภาพทางกายภาพพบว่า PC1 และ PC2 สามารถแสดงความแปรปรวนที่สำคัญของข้อมูลได้ 77.55 เปอร์เซ็นต์ และพบว่า เนื้อที่มีอาการเนื้อโพรงมี PCA scores ที่แยกออกมาจากเนื้อมะม่วงลักษณะอื่น ในขณะที่เนื้อผลปกติ เนื้อปกติของผลที่มีอาการเนื้อโพรง และเนื้อที่อยู่ใกล้เคียงกับเนื้อโพรงมี scores ของ PC1 และ PC2 อยู่ในตำแหน่งใกล้เคียงกัน (Figure 2) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเนื้อผลปกติ เนื้อปกติของผลที่มีอาการเนื้อโพรง และเนื้อที่อยู่ใกล้เคียงกับเนื้อโพรงมีข้อมูลคุณภาพทางกายภาพที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลคุณภาพทางกายภาพของเนื้อมะม่วง (Table 1)

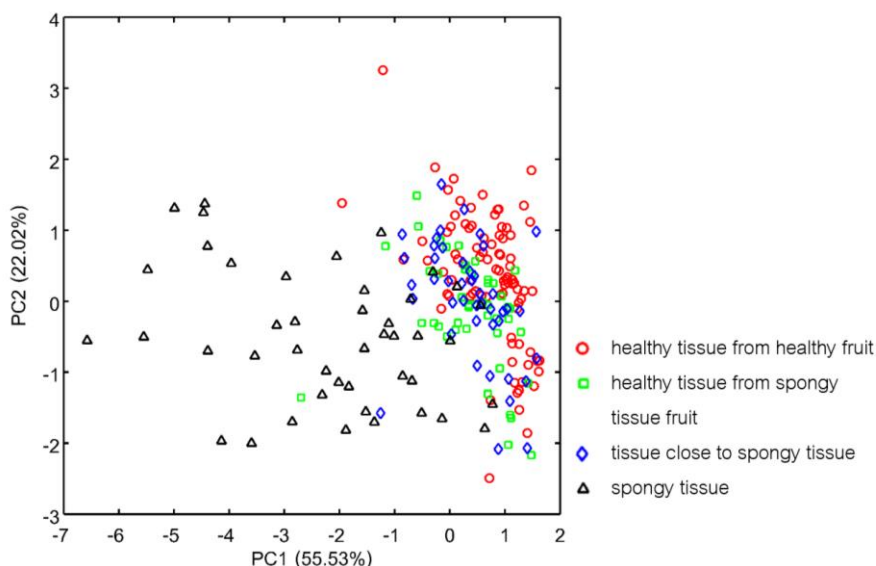


Figure 2. PCA score plot (PC1 vs. PC2) of physical quality parameters of 'Namdokmai Sithong' mango fruit flesh related to the spongy tissue

นอกจากนี้ เมื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของข้อมูลคุณภาพทางเคมีโดยใช้ข้อมูลจากเนื้อผลปกติ และเนื้อปกติของผลที่มีอาการเนื้อโพรงพบว่า PC1 และ PC2 สามารถอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลได้ 54.16 เปอร์เซ็นต์ โดยแผนภาพ PCA score plot ไม่พบการแบ่งกลุ่มของเนื้อผลปกติและเนื้อปกติของผลที่มีอาการเนื้อโพรง (Figure 3) ทั้งนี้ แสดงให้เห็นว่าเนื้อมะม่วงจากทั้งสองประเภทนี้มีคุณภาพทางเคมีที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลคุณภาพทางเคมีของเนื้อมะม่วง (Table 2)

### สรุป

เนื้อมะม่วงที่มีอาการเนื้อโพรงมีปริมาณวิตามินซี ปริมาณแคโรทีนอยด์ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ต่ำ และมีอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ และสารประกอบ

ฟีนอลิกทั้งหมดสูง จากข้อมูลคุณภาพทางกายภาพของเนื้อผลทั้ง 4 กลุ่ม จะเห็นว่ามีความโน้มในการแบ่งกลุ่ม และจากการวิเคราะห์ PCA ของข้อมูลคุณภาพทางเคมีโดยใช้ข้อมูลจากเนื้อผลปกติ และเนื้อปกติของผลที่มีอาการเนื้อโพรง พบว่า ไม่สามารถแบ่งกลุ่มกันได้ จึงอาจเป็นไปได้ว่าอาการเนื้อโพรงไม่มีผลต่อคุณภาพทางเคมีของเนื้อส่วนที่ปกติที่อยู่ภายในผลเดียวกัน

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และศูนย์วิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สำหรับทุนสนับสนุนงานวิจัย และภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สำหรับสถานที่และอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย

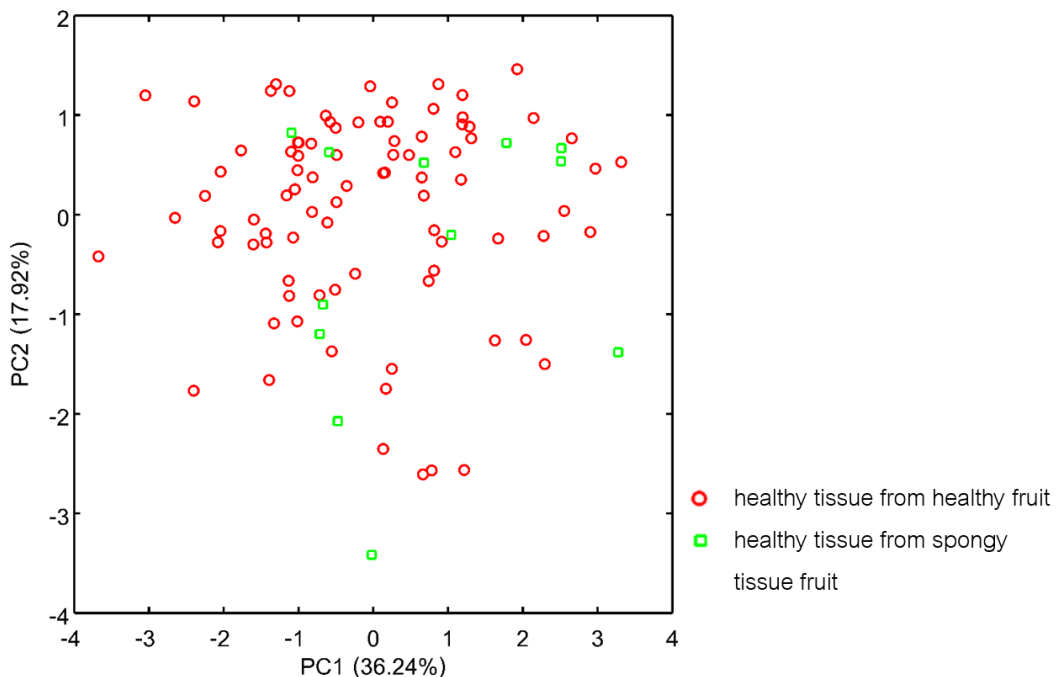


Figure 3. PCA score plot (PC1 vs. PC2) of chemical quality parameters of healthy tissue from healthy (HTH) fruit and spongy tissue fruit (HTS) in 'Namdokmai Sithong' mango

เอกสารอ้างอิง

- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International. 17<sup>th</sup> ed. AOAC, Washington, D.C.
- Chantrasri, P. 2013. Diseases and disorders. pp. 267-288. *In*: T. Radanachaless, W. Kumpoun and T. Jaroenkit (eds.). Mango Production and Postharvest Technology. Postharvest Technology Innovation Center, Chiang Mai. (in Thai)
- de Oliveira Lima, L.C., A.B. Chitarra, M.I.F. Chitarra and E.B. Silva. 1999. Enzymatic activity changes in spongy tissue: a physiological ripening disorder of 'Tommy Atkins' mango. *Acta Horticulturae* 485: 255-258.
- Gunjate, R.T., B.P. Walimbe, B.P. Lad and V.P. Limaye. 1982. Development of internal breakdown in Alphonso mango by post harvest exposure of fruits to sunlight. *Science and Culture* 48(5): 188-190.
- Gunjate, R.T., S.J. Tare, A.D. Rangawala and V.P. Limaye. 1979. Calcium content in Alphonso mango fruits in relation to occurrence of spongy tissue. *Journal of Maharashtra Agricultural Universities* 4(2): 159-161.
- Joshi, G.D. and V.P. Limaye. 1986. Effects of tree location and fruit weight on spongy tissue occurrence in Alphonso mango. *Journal of Maharashtra Agricultural Universities* 11: 104-109.
- Katrodia, J.S. and I.K. Sheth. 1988. Spongy tissue development in mango fruit of cv. Alphonso in relation to temperature and its control. *Acta Horticulturae* 231: 827-834.
- Mitra, S.K. and E.A. Baldwin. 1997. Mango. pp. 85-122. *In*: S.K. Mitra (ed.). Postharvest Physiology and Storage of Tropical and Subtropical Fruits. CAB International, Wallingford. 448 p.
- Oak, P., A. Deshpande, A. Giri and V. Gupta. 2019. Metabolomic dynamics reveals oxidative stress in spongy tissue disorder during ripening of *Mangifera indica* L. fruit. *Metabolites* 9(11): 255, doi: 10.3390/metabo9110255.
- Office of Agricultural Economics. 2020. Export. (Online). Available: <http://impexp.oae.go.th/service/export.php> (March 8, 2021). (in Thai)
- Pithakpol, W. and N. Rattanapanone. 2013. Fruit ripening. pp. 75-94. *In*: T. Radanachaless, W. Kumpoun and T. Jaroenkit (eds.). Mango Production and Postharvest Technology. Postharvest Technology Innovation Center, Chiang Mai. (in Thai)
- Pohsomboon, M. and T. Radanachaless. 2013. Commercial Thai mango cultivars. pp. 157-189. *In*: T. Radanachaless, W. Kumpoun and T. Jaroenkit (eds.). Mango Production and Postharvest Technology. Postharvest Technology Innovation Center, Chiang Mai. (in Thai)
- Ranganna, S. 1986. Handbook of Analysis and Quality Control for Fruit and Vegetable Products. 2<sup>nd</sup> ed. Tata McGraw-Hill Publishing Co., Ltd., New Delhi. 1112 p.
- Ravindra, V. 2015. Recent understanding of spongy tissue problem in 'Alphonso' mango - a review. *Acta Horticulturae* 1066: 169-175.
- Ravindra, V. and S. Shivashankar. 2004. Spongy tissue in Alphonso mango - significance of in situ seed germination events. *Current Science* 87(8): 1045-1049.
- Rumainum, I. M., K. Worarad, V. Srilaong and K. Yamane. 2018. Fruit quality and antioxidant capacity of six Thai mango cultivars.

- Agriculture and Natural Resources 52(2): 208-214.
- Shivashankar, S. 2014. Physiological disorders of mango fruit. pp. 313-347. *In*: J. Janick (ed.). Horticultural Reviews: Volume 42. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken.
- Soto-Vaca, A., A. Gutierrez, J. N. Losso, Z. Xu and J. W. Finley. 2012. Evolution of phenolic compounds from color and flavor problems to health benefits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 60(27): 658-6677.
- Subramanyam, H., S. Krishnamurthy, N.V. Subhadra, V.B. Dalal, G.S. Randhawa and E.K. Chacko. 1971. Studies on internal breakdown, a physiological ripening disorder in Alphonso mango (*Mangifera indica* L.). *Tropical Science* 13(3): 203-210.
- Trivedi, M.K., A. Branton, D. Trivedi, G. Nayak, S.C. Mondal and S. Jana. 2015. Morphological characterization, quality, yield and DNA fingerprinting of biofield energy treated alphonso mango (*Mangifera indica* L.). *Journal of Food and Nutrition Sciences* 3(6): 245-250.
- Uthaibutra, J. and K. Whangchai. 2013. Pigments and fruit color changes. pp. 59-74. *In*: T. Radanachaless, W. Kumpoun and T. Jaroenkit (eds.). *Mango Production and Postharvest Technology*. Postharvest Technology Innovation Center, Chiang Mai. (in Thai)
- Vasanthaiiah, H.K.N., K.V. Ravishankar, P. Narayanaswamy and K.S. Shivashankara. 2008. Influence of temperature on spongy tissue formation in 'Alphonso' mango. *International Journal of Fruit Science* 8(3): 226-234.
- Wasusri, T. 2013. Mango supply chain. pp. 681-686. *In*: T. Radanachaless, W. Kumpoun and T. Jaroenkit (eds.). *Mango Production and Postharvest Technology*. Postharvest Technology Innovation Center, Chiang Mai. (in Thai)
-



# ผลของการให้แสงคืนช่วงกลางคืนและ อัตราปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตของคัตเตอร์

## Effects of Night-break and Fertilizer Rates on Growth and Development of Cutter (*Symphotrichum ericoides*)

สุชานุช ใจปิ่นตา<sup>1</sup> ชัยอาทิตย์ อินคำ<sup>2</sup> กนกวรรณ ปัญจะมา<sup>1</sup> และ โสระยา ร่วมรังษี<sup>1,3\*</sup>  
Suchanuch Jaipinta<sup>1</sup>, Chaiartid Inkham<sup>2</sup>, Kanokwan Panjama<sup>1</sup> and Soraya Ruamrungsri<sup>1,3\*</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>สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

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

<sup>3</sup>ศูนย์บริการการพัฒนายาขยายพันธุ์ไม้ดอกไม้ผลบ้านไร่อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จ. เชียงใหม่ 50200

<sup>3</sup>H.M. The King's Initiative Centre for Flower and Fruit Propagation, Chiang Mai 50230, Thailand

\*Corresponding author: Email: soraya.r@cmu.ac.th

(Received: 25 June 2022; Accepted: 25 October 2022)

**Abstract:** Cutter (*Symphotrichum ericoides*) is an economically ornamental crops of Thailand that has been utilized as cut flower and landscape plant. This plant is generally sensitive to day-length and fertilizer. However, the research on night-break and fertilizer rates on this plant were limited. Thus, this research aimed to study on the effects of night-break 2, 3 and 4 hours and fertilizer rates 0, 1.5, 3.0 and 4.5 g/pot on growth and development of cutter (*Symphotrichum ericoides*). Plants were grown under plastics greenhouse with temperature of  $27 \pm 2$  °C, relative humidity (RH) was 70 %, and the average midday light intensity was  $836.0 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Growth and development were recorded for 3 months. It was found that at 70 days after planting (DAP), fertilizer rate 1.5 g pot<sup>-1</sup> treatments increased the highest average of plant height, leaf greenness index, and net photosynthesis rate. On the other hand, flower quality was the lowest when supplied with fertilizer rate 0 g pot<sup>-1</sup> treatment. We concluded that using night break for 4 hours combined with fertilizer rate 1.5 g pot<sup>-1</sup> gave the highest flower quality, fresh weight and dry weight of Cutter.

**Keywords:** Aster, flower quality, short-day plant, photoperiod, fertilizer rates

**บทคัดย่อ:** คัตเตอร์เป็นไม้ดอกเศรษฐกิจที่ใช้ประโยชน์ได้ทั้งทำเป็นไม้ตัดดอก หรือปลูกประดับแปลง พืชชนิดนี้มีการตอบสนองต่อความยาววัน และปุ๋ยค่อนข้างมาก อย่างไรก็ตามข้อมูลการวิจัยเกี่ยวกับการให้แสงคืนช่วงกลางวันร่วมกับอัตราปุ๋ยในพืชชนิดนี้ยังมีน้อย การทดลองนี้จึงมุ่งศึกษาผลของการให้แสงคืนช่วงกลางวัน 2, 3 และ 4 ชั่วโมง และอัตราปุ๋ย 0, 1.5, 3.0 และ 4.5 กรัมต่อกระถาง ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของคัตเตอร์ (*Symphotrichum ericoides*) โดยทำการปลูกคัตเตอร์ในโรงเรือนพลาสติกที่มีอุณหภูมิ  $27 \pm 2$  องศาเซลเซียส ความชื้นในอากาศ 70 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มแสงเฉลี่ยตอนกลางวัน  $836.0 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตเป็นระยะเวลานาน 3 เดือน ผลการทดลองพบว่า หลังย้ายปลูก 70 วัน ต้นคัตเตอร์ในกรรมวิธีที่ได้รับปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกระถาง มีความสูงต้น ค่าความเข้มของสีใบและอัตราการสังเคราะห์แสงเฉลี่ยสูงที่สุดในทางตรงข้าม การได้รับปุ๋ย 0 กรัมต่อกระถาง ส่งผลให้พืชมีคุณภาพดอกต่ำที่สุด จากการทดลองสรุปได้ว่า กรรมวิธีที่ได้รับแสงคืนช่วงกลางวัน 4 ชั่วโมงร่วมกับอัตราปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกระถาง ให้คุณภาพดอก มีน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งสูงสุด

**คำสำคัญ:** แอสเตอร์ คุณภาพดอก พืชวันสั้น ช่วงแสง อัตราปุ๋ย

## คำนำ

คัตเตอร์หรือพีค็อก *Symphotrichum ericoides* (L.) G.L.Nesom และมีชื่อสามัญหลายชื่อ ได้แก่ white heath aster, frost weed aster, many-flowered aster และ white prairie aster เมื่อนำมาปลูกในประเทศไทย เรียกว่า Aster Peacock จัดอยู่ในวงศ์ Asteraceae เป็นพืชที่แตกกิ่งก้านได้ดี ใบเป็นใบเดี่ยว ขอบใบเรียบรูปใบหอก ก้านใบสั้น ออกดอกตามปลายยอดหรือปลายกิ่ง สามารถเจริญเติบโตได้ดีในที่ที่มีแสงแดดจัด ดินระบายน้ำดี อากาศค่อนข้างเย็นเช่นในทางภาคเหนือ ฤดูที่ปลูกได้ผลดีที่สุดคือฤดูหนาว ตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนมีนาคม แต่ปัจจุบันสามารถปลูกได้ทั่วประเทศและทุกฤดู ตลาดแอสเตอร์ที่สำคัญ 2 แห่ง คือ ตลาดวโรรส จังหวัดเชียงใหม่ และตลาดปากคลองตลาด กรุงเทพมหานคร ในส่วนของคัตเตอร์นิยมจำหน่ายเป็นไม้ตัดดอก โดยจำหน่ายในราคา 100 - 200 บาทต่อกิโลกรัม (ประมาณ 8 - 10 ช่อ) ในพื้นที่ 1,000 ตารางเมตร สามารถผลิตช่อได้ 120,000 - 300,000 ช่อต่อปี (Office of Agricultural Extension and Development Region 6, 2020) เนื่องจากคัตเตอร์เป็นพืชวันสั้นออกดอกได้เมื่อได้รับแสงน้อยกว่าช่วงความยาววันวิกฤติ ดังนั้นการปลูกเป็นการค้าในช่วงฤดูหนาวที่มีความยาววันสั้นต้นจะออกดอกได้แม้ต้นยังเล็ก ทำให้ได้ดอกที่ไม่มีคุณภาพ ดังนั้นการชักนำให้เกิดสภาพวันยาว โดยการให้

แสงคืนช่วงกลางวันจึงช่วยสนับสนุนการเติบโตด้านลำต้น เมื่อเติบโตเต็มที่จะจึงทำให้ไฟคืนช่วงกลางวันเพื่อให้เกิดการสร้างตาดอก และได้ดอกที่มีคุณภาพ อีกทั้งยังช่วยควบคุมให้ออกดอกพร้อมกัน เกษตรกรจึงสามารถดูแลและเก็บเกี่ยวผลผลิตได้สะดวกยิ่งขึ้น (Sirisawad, 2020) นอกจากสภาพแสงแล้ว การให้ปุ๋ยเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพดอกของคัตเตอร์ ปุ๋ยเคมีมักใช้เพื่อเพิ่มการเติบโตของพืช โดยธาตุไนโตรเจนเกี่ยวข้องกับการสร้างกรดอะมิโน (โปรตีน) กรดนิวคลีอิก นิวคลีโอไทด์ และคลอโรฟิลล์ในพืช ธาตุฟอสฟอรัสมีหน้าที่เก็บและขนส่งพลังงานในพืช และธาตุโพแทสเซียมทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ และช่วยเคลื่อนย้ายอาหารจากใบไปยังเนื้อเยื่อต่าง ๆ ภายในต้นพืช (Jayaweera and Mikkelsen, 1991) การให้ปุ๋ยในอัตราที่ไม่เหมาะสมอาจส่งผลต่อการเจริญเติบโตที่ผิดปกติ Boodley (1975) พบว่า คุณภาพผลผลิตที่ได้มักเกี่ยวข้องกับระดับปุ๋ย โดยระดับปุ๋ยที่มากเกินไปจะส่งผลกระทบต่อเชิงลบในด้านการเจริญเติบโตของแอสเตอร์ภายใต้สภาพการปลูกในแปลง Sultana *et al.* (2006) และ Zhang *et al.* (2010) รายงานว่าการให้ปุ๋ยในอัตราที่เหมาะสมมีความสำคัญในการผลิตพืชให้แข็งแรง เพื่อให้มีจำนวนกิ่งและใบสูงสุด ซึ่งส่งผลเชิงบวกในด้านคุณภาพดอก และช่วยยืดระยะเวลาการบานของดอกได้ อย่างไรก็ตามพบว่า รายงานการวิจัยในเรื่องดังกล่าวมีน้อยมาก

ดังนั้นการทดลองนี้จึงมุ่งศึกษาผลของการให้แสง  
คั่นช่วงกลางคืนร่วมกับอัตราการให้ปุ๋ยที่มีต่อการ  
เจริญเติบโตของคัตเตอร์ เพื่อให้เป็นข้อมูลพื้นฐาน  
ด้านการผลิตที่มีประโยชน์ต่อเกษตรกรในการจัดการ  
เพื่อเพิ่มคุณภาพผลผลิตต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

ชำต้นกล้าคัตเตอร์ลงภาชนะขนาด 21 หลุม  
ใช้ขุยมะพร้าวและแกลบดำ (อัตราส่วน 1 : 1) เป็นวัสดุ  
ปลูก จากนั้นนำไปอนุบาลในโรงเรือนพรางแสง 50  
เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 26 องศาเซลเซียส ความชื้น  
ในอากาศเฉลี่ย 85 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มแสงเฉลี่ย  
 $455.46 \mu \text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  นาน 1 เดือน จากนั้นคัดเลือก  
ต้นกล้าที่มีความสูงเฉลี่ย 7-9 เซนติเมตร ย้ายปลูกใน  
ถุงปลูกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว ใช้ขุยมะพร้าว :  
ถ่านแกลบ : ดินร่วน (อัตราส่วน 1 : 1 : 1) เป็นวัสดุปลูก  
นำมาปลูกในโรงเรือนพลาสติกที่มีอุณหภูมิเฉลี่ย  
 $27 \pm 2$  องศาเซลเซียส ความชื้นในอากาศ 70 เปอร์เซ็นต์  
ความเข้มแสงเฉลี่ยตอนกลางวัน  $836.0 \mu \text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$   
ให้แสงคั่นช่วงกลางคืนด้วยหลอดไฟชนิด LED สีขาว  
(light-emitting diode) ขนาด 18 วัตต์ ร่วมกับการให้ปุ๋ย  
ซึ่งจำนวนชั่วโมงในการให้แสงคั่นช่วงกลางคืน และอัตรา  
ปุ๋ยต่างกัน

วางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลในสุ่ม  
สมบูรณ์ (factorial in CRD) จำนวน 2 ปัจจัย ขนาด  $3 \times 4$   
กรรมวิธี กรรมวิธีละ 20 ซ้ำ (ต้น) โดยปัจจัยที่ 1 คือ  
จำนวนชั่วโมงที่ให้แสงคั่นช่วงกลางคืน ตั้งแต่เวลา 20.00  
น. แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ 2,3 และ 4 ชั่วโมง นาน 1  
เดือนหลังย้ายปลูก ปัจจัยที่ 2 คือ อัตราปุ๋ย โดยการให้  
ปุ๋ยสูตร 15 - 15 - 15 จำนวน 4 ระดับ ได้แก่ 0, 1.5, 3.0  
และ 4.5 กรัมต่อกระถาง สัปดาห์ละ 1 ครั้ง

บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูง  
ของลำต้นโดยวัดจากโคนต้นถึงปลายยอดเมื่อรวบใบขึ้น  
(เซนติเมตร) น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งต้น (กรัม)  
คุณภาพดอกในระยะดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่  
จำนวนวันตั้งแต่ปลูกถึงดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ ความ  
ยาวช่อดอกหลัก (เซนติเมตร) จำนวนช่อดอกย่อยต่อต้น

จำนวนดอกต่อช่อดอกย่อยแรก โดยวัดจากช่อล่างสุด  
และเปอร์เซ็นต์การออกดอก บันทึกค่าความเข้มของสี  
ใบด้วยเครื่อง chlorophyll meter (Konica Minolta รุ่น  
SPAD-502 Plus) บันทึกค่าอัตราการสังเคราะห์แสง และ  
ค่าการเปิดของปากใบด้วยเครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์  
แสง (LCpro-SD Portable) โดยวัดจากตำแหน่งใบล่าง  
กลาง และบนสุดของลำต้น ตำแหน่งละ 3 ใบ

การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่  
โครงสร้าง (total non-structural carbohydrate : TNC)  
โดยสุ่มเก็บตัวอย่างพืชทั้งต้นในระยะดอกบาน 50  
เปอร์เซ็นต์ ล้างทำความสะอาดพืชด้วยน้ำกลั่น จากนั้น  
นำตัวอย่างพืชไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส  
เป็นเวลา 1 สัปดาห์ จึงนำไปบดให้ละเอียดเพื่อเตรียม  
วิเคราะห์ TNC ตามวิธีการของ Hodge and Hofreiter  
(1962)

วิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลอง โดยใช้โปรแกรม  
สำเร็จรูปทางสถิติ Statistix Analytical software (SXW  
Tallahassee, FL) เพื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน และ  
เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกรรมวิธี โดยวิธี least  
significant difference ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

## ผลการศึกษาและวิจารณ์

### การเจริญเติบโต

การวัดความสูงของต้นคัตเตอร์ หลังได้รับ  
กรรมวิธีครบ 3 เดือน พบว่า จำนวนชั่วโมงที่ให้แสงคั่น  
ช่วงกลางคืน และอัตราปุ๋ย มีผลต่อความสูงของต้น  
โดยการให้แสงคั่นช่วงกลางคืน 4 ชั่วโมงทำให้พืชมี  
ต้นเตี้ยที่สุด ในขณะที่การให้ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกระถาง  
ส่งผลให้พืชมีความสูงของต้นมากที่สุด เฉลี่ย 102.12  
เซนติเมตร (Table 1) สอดคล้องกับการทดลองของ  
Sarhan *et al.* (2017) ที่พบว่า การให้ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อ  
กระถาง ส่งผลให้สร้อยทองมีความสูงต้นมากกว่า  
กรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการวิเคราะห์  
ค่าปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยพบว่า กรรมวิธีที่ได้รับ  
แสงคั่นช่วงกลางคืน 3 ชั่วโมงร่วมกับอัตราปุ๋ย 1.5 กรัม  
ต่อกระถาง มีความสูงของต้นมากกว่ากรรมวิธีอื่น แต่  
ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ได้รับแสง

คืนช่วงกลางวัน 4 ชั่วโมงร่วมกับอัตราปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกระถาง (Table 1, Figure 1a) Salih and Hussien (2019) พบว่า เมื่อพืชวันสั้น เช่น เบบูจมาศ ได้รับความยาววันมากกว่าช่วงความยาววันวิกฤต ส่งผลให้สมดุลฮอร์โมนเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะสารคล้าย จิบเบอเรลลินที่มีผลทำให้การเติบโตทางด้านลำต้นเพิ่มขึ้น นอกจากการเพิ่มแสงคืนช่วงกลางวันแล้ว อัตราปุ๋ยที่พืชได้รับยังส่งผลต่อการเติบโตของพืชได้ ความสูงของพืชเกิดจากการแบ่งเซลล์หลังจากการดูดซึมน้ำธาตุอาหาร (Barita *et al.*, 2018) ซึ่งในระยะแบ่งเซลล์พืชต้องการคาร์โบไฮเดรต เนื่องจากเป็นองค์ประกอบหลักของผนังเซลล์ โดยที่คาร์โบไฮเดรตได้มาจากกระบวนการสังเคราะห์แสง จึงเกี่ยวข้องกับธาตุอาหารในปุ๋ยซึ่งมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมกระบวนการสังเคราะห์แสง (Herdiana *et al.*, 2008)

ค่าความเข้มของสีใบ ของต้นคัตเตอร์ในระยะ 90 วันหลังย้ายปลูก พบว่า ทั้งจำนวนชั่วโมงที่ให้แสงคืนช่วงกลางวันและอัตราปุ๋ย ทำให้ค่าความเข้มของสีใบเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติ การให้แสงคืนช่วงกลางวัน 3 และ 4 ชั่วโมง และกรรมวิธีที่ได้รับปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกระถาง ทำให้พืชมีค่าความเข้มของสีใบสูงสุด (Table 1) Ngui *et al.* (2021) พบว่า การให้ปุ๋ยเคมีในอัตราที่เหมาะสมช่วยเพิ่มค่าความเข้มของสีใบขาวสามารถทำให้ขาวมีการสังเคราะห์แสงดีขึ้น ในขณะที่การไม่ให้ปุ๋ยใด ๆ (0 กรัมต่อกระถาง) ทำให้พืชไม่ได้รับธาตุอาหารที่จำเป็นอย่างเพียงพอ เช่น ไนโตรเจน ซึ่งเป็นธาตุองค์ประกอบที่สำคัญของโปรตีน กรดอะมิโน กรดนิวคลีอิก และคลอโรฟิลล์ (Ruamrungsri *et al.*, 2008) จึงทำให้ค่าความเข้มของสีใบต่ำกว่ากรรมวิธีอื่นจากการวิเคราะห์ค่าปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยพบว่า กรรมวิธีที่ได้รับแสงคืนช่วงกลางวัน 2, 3 และ 4 ชั่วโมงร่วมกับอัตราปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกระถาง มีค่าความเข้มของสีใบสูงที่สุด เมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ได้รับแสงคืนช่วงกลางวัน 2, 3 และ 4 ชั่วโมง ร่วมกับการไม่ให้ปุ๋ย (Table 1) การที่กรรมวิธีดังกล่าวทำให้พืชมีค่าความเข้มของสีใบสูง จึงส่งผลให้การเติบโตด้านความสูงดีกว่าด้วย ทั้งนี้อาจเนื่องจากค่าความเข้มของสีใบของคัตเตอร์ มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณคลอโรฟิลล์

ในเนื้อเยื่อใบของพืช ซึ่งบ่งบอกถึงความสามารถในการสร้างอาหาร และการเจริญเติบโตของพืชได้ (Naenon *et al.*, 2017)

อัตราการสังเคราะห์แสงของต้นคัตเตอร์พบว่า ทั้งจำนวนชั่วโมงที่ให้แสงคืนช่วงกลางวันและอัตราปุ๋ย มีผลทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงของต้นคัตเตอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่า การให้แสงคืนช่วงกลางวัน 3 ชั่วโมงมีผลทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงต่ำกว่าการให้แสงคืนช่วงกลางวัน 4 ชั่วโมง และกรรมวิธีที่ได้รับปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกระถางส่งผลให้อัตราการสังเคราะห์แสงสูงสุด (Table 1) จากการวิเคราะห์ค่าปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยพบว่า กรรมวิธีที่ได้รับแสงคืนช่วงกลางวัน 4 ชั่วโมงร่วมกับอัตราปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกระถาง มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงสุด แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ได้รับแสงคืนช่วงกลางวัน 2 ชั่วโมงร่วมกับอัตราปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกระถาง (Table 1) ทั้งนี้ การที่กรรมวิธีดังกล่าวมีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงอาจเนื่องมาจากการที่พืชในกรรมวิธีนี้มีค่าความเข้มของสีใบสูง ดังนั้น จึงมีปริมาณรงควัตถุที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงสูง (Ommen *et al.*, 1999, Rajcan *et al.*, 1999) และความสามารถในการสังเคราะห์แสงยังมีความสัมพันธ์อย่างมากกับอัตราการได้รับปุ๋ยอีกด้วย (Han *et al.*, 2009)

การวัดค่าการเปิดของปากใบ (stomatal conductance) พบว่า ปัจจัยด้านจำนวนชั่วโมงที่ให้แสงคืนช่วงกลางวันและอัตราปุ๋ยมีผลต่อค่าการเปิดของปากใบ โดยพืชที่ได้รับแสงคืนช่วงกลางวัน 4 ชั่วโมงมีค่าการเปิดของปากใบต่ำและกรรมวิธีที่ได้รับปุ๋ยอัตรา 3 และ 4.5 กรัมต่อกระถาง ส่งผลให้ระดับการเปิดกว้างของปากใบต่ำกว่าการได้รับปุ๋ยในอัตรา 1.5 กรัมต่อกระถาง (Table 1) จากการวิเคราะห์ค่าปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยพบว่า กรรมวิธีที่ได้รับแสงคืนช่วงกลางวัน 2 และ 3 ชั่วโมงร่วมกับการไม่ให้ปุ๋ยทำให้พืชมีค่าการเปิดของปากใบสูงกว่าทุกกรรมวิธี อาจเนื่องมาจากสัญญาณแสง และการเปลี่ยนแปลงของสารเมแทบอลิต์ที่เกิดจากแสงเป็นปัจจัยหนึ่งของการเปิดปากใบ (Yang *et al.*, 2020) นอกจากนี้ Sousa *et al.* (2021) พบว่า การให้น้ำเพียงอย่างเดียว โดยไม่ให้ปุ๋ยในถ่วงลิสงทำให้ค่าการเปิด

Table 1. Plant growth, photosynthesis rate, and stomatal conductance of cutter (*Symphytotrichum ericoides*) grown under different treatments at vegetative stage (90 DAP)

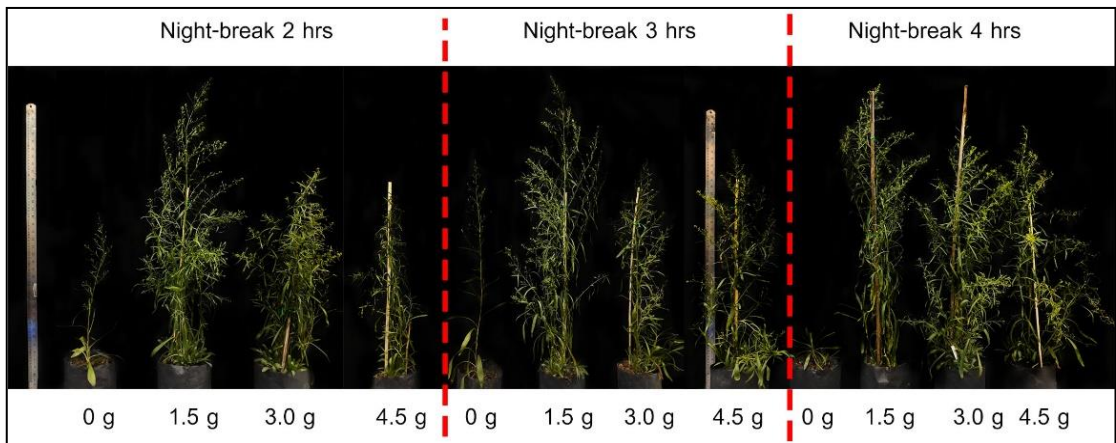
Treatment	Plant growth (90 days after planting)			
	Plant height <sup>1</sup> (cm)	Leaf greenness index <sup>1</sup> (SPAD unit)	Photosynthesis rate <sup>1</sup> ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	Stomatal conductance <sup>1</sup> ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )
<b>Night-break (hour)</b>				
2	82.55 a	47.34 b	3.86 a	0.05 a
3	82.02 a	48.23 a	2.30 c	0.05 a
4	74.02 b	47.96 a	3.38 b	0.03 b
LSD <sub>0.05</sub>	0.86	0.87	0.32	0.01
<b>Fertilizer rates (g pot<sup>-1</sup>)</b>				
0	48.35 d	43.05 d	3.14 b	0.07 a
1.5	102.12 a	50.81 a	4.10 a	0.05 b
3	85.21 b	49.79 b	2.98 b	0.02 c
4.5	82.43 c	47.71 c	2.50 c	0.02 c
LSD <sub>0.05</sub>	0.99	1.10	0.37	0.01
<b>Night-break x Fertilizer rate</b>				
2 hr X 0 g pot <sup>-1</sup>	52.52 h	42.90 c	3.73 bc	0.09 a
2 hr X 1.5 g pot <sup>-1</sup>	101.12 b	50.40 a	4.42 a	0.04 cd
2 hr X 3.0 g pot <sup>-1</sup>	87.03 d	47.83 b	3.56 bc	0.03 de
2 hr X 4.5 g pot <sup>-1</sup>	89.55 c	48.10 b	3.47 c	0.03 de
3 hr X 0 g pot <sup>-1</sup>	65.28 g	43.88 c	2.42 d	0.09 a
3 hr X 1.5 g pot <sup>-1</sup>	103.17 a	51.45 a	3.53 bc	0.05 c
3 hr X 3.0 g pot <sup>-1</sup>	81.52 e	50.25 a	1.76 ef	0.03 de
3 hr X 4.5 g pot <sup>-1</sup>	78.10 f	46.95 b	1.50 f	0.03 de
4 hr X 0 g pot <sup>-1</sup>	27.25 i	42.53 c	3.24 c	0.03 de
4 hr X 1.5 g pot <sup>-1</sup>	102.08 ab	50.38 a	4.43 a	0.07 b
4 hr X 3.0 g pot <sup>-1</sup>	87.08 d	50.38 a	3.62 bc	0.01 f
4 hr X 4.5 g pot <sup>-1</sup>	79.65 f	48.00 b	2.28 de	0.02 ef
LSD <sub>0.05</sub>	2.08	0.23	1.06	0.02
Night - break	*	*	*	*
Fertilizer rate	*	*	*	*
Night t- break x Fertilizer rate	*	*	*	*

<sup>1</sup>Means in the same column of each category followed by different letters are significantly different ( $P \leq 0.05$ ) by LSD

ของปากใบสูงสุด อาจเป็นเพราะพืชในกรรมวิธีนี้ไม่ได้  
 ได้รับความเค็มจากปุ๋ย ที่เป็นสาเหตุให้พืชสร้างกลไกใน  
 การลดศักยภาพออสโมซิสลงเพื่อหลีกเลี่ยงการเสียน้ำสู่  
 ชั้นบรรยากาศ ทำให้การดูดน้ำจากรากลดลงสัมพันธ์  
 กับการลดค่าการเปิดของปากใบ (Prazares *et al.*,  
 2015) ซึ่งค่าการเปิดของปากใบเป็นการแสดงถึงอัตรา  
 การผ่านของคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปยังปากใบ และ  
 ค่าของไอน้ำที่ออกจากปากใบ ซึ่งคาร์บอนไดออกไซด์

มีความสำคัญต่อพืชในการใช้ผลิตภัณฑ์ไฮเดรตใน  
 ระหว่างกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งการเพิ่มขึ้น  
 ของอัตราการสังเคราะห์แสงและระดับการเปิดกว้าง  
 ของปากใบมักเกิดขึ้นพร้อมกัน (Jarvis and Davies,  
 1998) อย่างไรก็ตามหากพืชมีระดับการเปิดกว้างของ  
 ปากใบมากเกินไปจนส่งผลให้อัตราการคายน้ำสูงขึ้น  
 อาจเป็นสาเหตุให้กิจกรรมการสังเคราะห์แสงลดลงได้  
 เช่นกัน

(A)



(B)

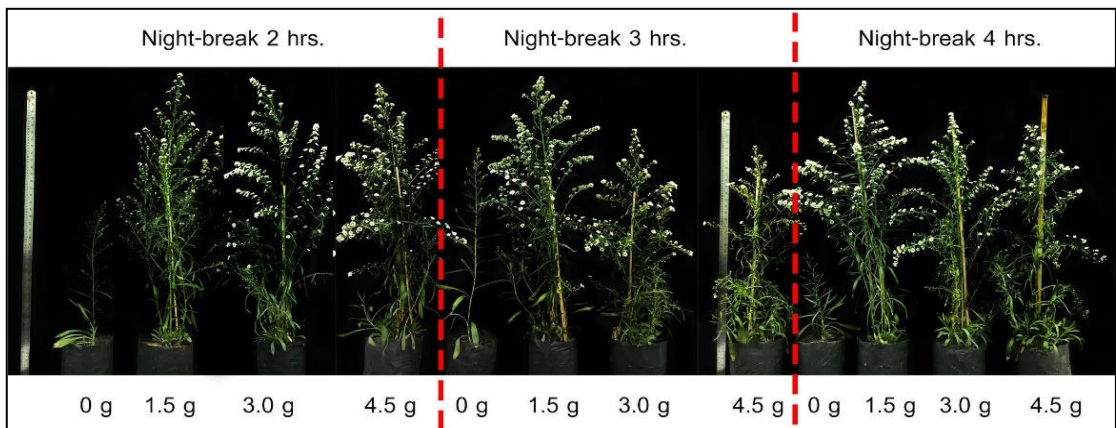


Figure 1. Growth of cutter (*Symphytotrichum ericoides*) plants affected from different night-break and fertilizer rate (A = at 70 days after planting, B = 85 days after planting)

## คุณภาพดอก

จากการศึกษาผลของการเพิ่มแสงคั่นช่วงกลางคืนร่วมกับอัตราปุ๋ยต่อการออกดอกของคัตเตอร์ พบว่า ในระยะดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ ปัจจัยด้านจำนวนชั่วโมงที่ให้แสงคั่นช่วงกลางคืน และอัตราปุ๋ย มีผลต่อจำนวนวันปลูกถึงระยะดอกบาน และคุณภาพดอกของคัตเตอร์ จากผลการทดลองพบว่า การให้แสงคั่นช่วงกลางคืน 2 และ 3 ชั่วโมง ทำให้พืชมีจำนวนวันปลูกถึงระยะดอกบานสั้นที่สุด และกรรมวิธีที่ไม่ได้รับปุ๋ย มีผลชะลอการออกดอกของพืช โดยมีจำนวนวันตั้งแต่ปลูกถึงระยะดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์มากที่สุด (Table 2) Thakur (2016) รายงานว่าการออกดอกในเบญจมาศชะลอออกไปเมื่อมีการให้แสงคั่นช่วงกลางคืน และพบว่า หากมีการให้แสงคั่นช่วงกลางคืน ร่วมกับการให้ปุ๋ย พืชจะมีจำนวนวันตั้งแต่ปลูกถึงดอกบานสั้นกว่าการไม่ได้รับปุ๋ย ซึ่งกลไกระดับโมเลกุลของกระบวนการออกดอกมีการศึกษาอย่างมาก โดยเฉพาะช่วงความยาววัน (Salazar *et al.*, 2009; Valverde *et al.*, 2004) และหลายงานวิจัยชี้ให้เห็นว่า นอกจากปัจจัยข้างต้นแล้ว ยังมีปัจจัยหลักอื่นที่ส่งผลต่อกระบวนการนี้ เช่น ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ (May *et al.*, 2013) อุณหภูมิ (Daba *et al.*, 2016; Sun *et al.*, 2018) และธาตุอาหารพืช (Kazan and Lyons, 2016) ด้านคุณภาพดอก พบว่า การให้แสงคั่นช่วงกลางคืน 2 ชั่วโมง และกรรมวิธีที่ได้รับปุ๋ยอัตรา 1.5 กรัมต่อกระถางทำให้พืชมีความยาวช่อดอกสูงสุด (Table 2, Figure 1b) นอกจากนี้พบว่า การให้แสงคั่นช่วงกลางคืน 3 และ 4 ชั่วโมง และกรรมวิธีที่ได้รับปุ๋ยอัตรา 1.5 กรัมต่อกระถาง ทำให้พืชมีจำนวนช่อดอกย่อยสูงสุด (Table 2) การให้แสงคั่นช่วงกลางคืน 3 ชั่วโมง และกรรมวิธีที่ไม่ได้รับปุ๋ย ส่งผลให้พืชมีจำนวนดอกต่อช่อดอกย่อยแรกน้อยที่สุด เฉลี่ย 15.79 และ 8.28 ดอกต่อช่อ ตามลำดับ (Table 2) Belay *et al.* (2021) พบว่า การให้แสงคั่นช่วงกลางคืนตั้งแต่ 3 ชั่วโมงขึ้นไป ส่งผลกระทบเชิงลบต่อการสร้างและพัฒนาตาดอกในเบญจมาศ (*Dendranthema x grandiflorum* Kitam.) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองในครั้งนี้ เนื่องจากเมื่อพืชในกรรมวิธีดังกล่าวได้รับแสงคั่นช่วงกลางคืน 3 ชั่วโมง

ทำให้การแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการยืดยาวของลำต้นเพิ่มขึ้น ในขณะที่การพัฒนาตาดอกถูกยับยั้ง นอกจากนี้การที่พืชไม่ได้รับปุ๋ยมีผลทำให้จำนวนดอกต่อช่อดอกย่อยแรกน้อยที่สุด เนื่องจากพืชต้องการปุ๋ยเพื่อส่งเสริมการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อจากตาใบเป็นตาดอก ซึ่งมักเกิดขึ้นพร้อมกับการแตกกิ่งก้านรวมถึงการเปลี่ยนแปลงระดับฮอร์โมนและสารอาหารที่สะสมภายในตา (Ito *et al.*, 2002; Vajari *et al.*, 2018; Wan *et al.*, 2018) จากการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลของการเพิ่มแสงคั่นช่วงกลางคืนร่วมกับอัตราปุ๋ยต่อเปอร์เซ็นต์การออกดอกของพืชพบว่า การได้รับแสงคั่นช่วงกลางคืน 2 และ 3 ชั่วโมง ส่งผลให้พืชมีเปอร์เซ็นต์การออกดอกสูงสุด (Table 2) นอกจากนี้พบว่า กรรมวิธีที่ได้รับปุ๋ยอัตรา 1.5 กรัมต่อกระถาง มีผลทำให้พืชมีเปอร์เซ็นต์การออกดอกสูงสุด คือ 100 เปอร์เซ็นต์ (Table 2) การวิเคราะห์ค่าปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยพบว่า กรรมวิธีที่ให้แสงคั่นช่วงกลางคืน 4 ชั่วโมงร่วมกับการให้ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกระถางส่งผลให้พืชมีความยาวช่อดอกสูงสุด และมีจำนวนช่อดอกย่อย และเปอร์เซ็นต์การออกดอกมากที่สุดเมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ให้แสงคั่นช่วงกลางคืน 2, 3 และ 4 ชั่วโมง ร่วมกับปุ๋ยทุกอัตรา ยกเว้น 1.5 กรัมต่อกระถาง (Table 2, Figure 1b) เนื่องจากเมื่อพืชได้รับแสงคั่นช่วงกลางคืนที่เหมาะสมทำให้การเติบโตของกิ่งก้านเพิ่มขึ้น ซึ่งมักเกิดขึ้นพร้อมกับความยาวของก้านดอก (Singh and Bala, 2020) นอกจากนี้หากพืชได้รับปุ๋ยในอัตราที่เหมาะสมทำให้คุณภาพดอกดีขึ้น Sarhan *et al.* (2017) พบว่า การให้ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกระถางในสร้อยทองทำให้พืชมีความสูงต้นและมีความยาวช่อดอกมากที่สุด ตลอดจนทำให้พืชมีคุณภาพดอกสูงกว่าการให้ปุ๋ยในอัตราอื่น และ Asrar *et al.* (2014) รายงานว่าการให้ปุ๋ยในอัตราที่เหมาะสมส่งผลให้คุณภาพดอกของเบญจมาศสูงที่สุด เนื่องจากปุ๋ยช่วยกระตุ้นการพัฒนาของเนื้อเยื่อเจริญ จึงส่งเสริมการเติบโตทางด้านกิ่งใบ จนกระทั่งถึงกระบวนการออกดอก

Table 2. Flowers quality of cutter (*Symphytotrichum ericoides*) grown under different night-break levels and fertilizer rates at flowering stage (85 DAP)

Treatment	Days to 50% bloom <sup>1</sup>	Flowers quality			
		IF length <sup>1</sup> (cm)	No. peduncles per plant <sup>1</sup>	No. florets in first peduncle <sup>1</sup>	Percentage of flowering plant <sup>1</sup>
<b>Night-break (hour)</b>					
2	84.56 b	67.14 a	16.29 b	22.46 a	71.25 a
3	85.06 b	60.68 b	17.14 a	15.79 c	66.25 a
4	86.56 a	58.18 c	17.16 a	18.33 b	56.25 b
LSD <sub>0.05</sub>	1.05	1.10	0.94	0.72	7.93
<b>Fertilizer rates (g pot<sup>-1</sup>)</b>					
0	90.17 a	39.19 d	7.42 d	8.28 c	51.67 c
1.5	85.67 b	76.32 a	22.75 a	20.83 b	100 a
3	83.00 c	69.36 b	19.14 b	25.28 a	70 b
4.5	82.75 c	63.14 c	18.14 c	21.06 b	36.67 d
LSD <sub>0.05</sub>	1.21	1.26	1.09	0.83	9.15
<b>Night-break X Fertilizer rate</b>					
2 hr X 0 g pot <sup>-1</sup>	90.25 a	48.08 i	5.31 h	11.50 h	70 b
2 hr X 1.5 g pot <sup>-1</sup>	84.25 cd	73.70 cd	23.50 a	24.67 c	100 a
2 hr X 3.0 g pot <sup>-1</sup>	82.00 e	75.00 bc	20.55 bc	27.83 b	80 b
2 hr X 4.5 g pot <sup>-1</sup>	81.75 e	71.78 de	15.77 e	25.83 c	35 c
3 hr X 0 g pot <sup>-1</sup>	89.75 a	50.78 h	9.60 f	10.50 h	45 c
3 hr X 1.5 g pot <sup>-1</sup>	85.25 c	76.27 b	21.56 b	13.00 g	100 a
3 hr X 3.0 g pot <sup>-1</sup>	81.75 e	62.45 f	19.09 cd	18.50 e	80 b
3 hr X 4.5 g pot <sup>-1</sup>	83.50 cde	53.23 g	18.29 d	21.17 d	40 c
4 hr X 0 g pot <sup>-1</sup>	90.50 a	18.72 j	7.36 g	2.83 i	40 c
4 hr X 1.5 g pot <sup>-1</sup>	87.50 b	79.00 a	23.19 a	24.83 c	100 a
4 hr X 3.0 g pot <sup>-1</sup>	85.25 c	70.62 e	17.76 d	29.50 a	50 c
4 hr X 4.5 g pot <sup>-1</sup>	83.00 de	64.40 f	20.34 bc	16.17 f	35 c
LSD <sub>0.05</sub>	2.10	2.19	1.89	1.43	15.86
Night - break	*	*	*	*	*
Fertilizer rate	*	*	*	*	*
Night - break x Fertilizer rate	*	*	*	*	*

<sup>1</sup>Means in the same column of each category followed by different letters are significantly different ( $P \leq 0.05$ ) by LSD

NB: IF = inflorescence



## น้ำหนักรากและน้ำหนักแห้ง

จากผลการทดลองพบว่า ปัจจัยด้านจำนวน ชั่วโมงที่ให้แสงคลื่นช่วงกลางคืนไม่มีผลต่อน้ำหนักรากของคัตเตอร์ ในขณะที่ปัจจัยด้านอัตราปุ๋ยที่พืชได้รับส่งผลต่อน้ำหนักราก และน้ำหนักแห้งของพืช ผลการทดลองพบว่า การให้แสงคลื่นช่วงกลางคืน 2 ชั่วโมง ส่งผลให้พืชมีน้ำหนักรากช่อดอกน้อยที่สุด (Table 3) ด้านอัตราปุ๋ยพบว่า การให้ปุ๋ยอัตรา 1.5 กรัมต่อกระถาง ส่งผลให้พืชมีน้ำหนักราก และน้ำหนักแห้งสูงที่สุด (Table 3) จากการวิเคราะห์ค่า ปฏิบัติการสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยพบว่า กรรมวิธีที่ให้แสงคลื่นช่วงกลางคืน 4 ชั่วโมงร่วมกับการให้ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกระถาง ส่งผลให้พืชมีน้ำหนักราก และน้ำหนักแห้งสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ (Table 3) Kumar and Singh (2017) รายงานว่า การจำลองสภาพวันยาวให้กับเบญจมาศ ส่งผลให้พืชมีการเติบโตทางด้านลำต้น ทำให้พืชมีน้ำหนักราก และน้ำหนักรากต้นสูงที่สุด Horridge and Cockshull (1989) พบว่า การให้แสงคลื่นช่วงกลางคืน 4 ชั่วโมง ในเบญจมาศ ส่งผลให้พืชมีจำนวนใบมากที่สุด เมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ได้รับแสงคลื่นช่วงกลางคืน นอกจากนี้ปัจจัยด้านการให้แสงคลื่นช่วงกลางคืนแล้ว อัตราปุ๋ยที่พืชได้รับยังส่งผลต่อน้ำหนักรากและน้ำหนักรากแห้งของพืชได้ ซึ่ง Bashir *et al.* (2019) พบว่า การให้ปุ๋ยเคมีในอัตราที่เหมาะสมกับภู้าฝรั่งส่งผลให้พืชมีน้ำหนักรากช่อดอกและน้ำหนักรากหัวสูงที่สุด จึงสรุปได้ว่าการเพิ่มผลผลิตของพืชสามารถทำได้โดยการให้ปุ๋ย ในปริมาณที่เหมาะสม Jahan and Jahani (2007)

## สรุป

จากการศึกษาผลของการให้แสงคลื่นช่วง กลางคืนและอัตราปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตของคัตเตอร์ ผลการทดลองพบว่า ปัจจัยด้านจำนวนชั่วโมงที่ให้แสง คลื่นช่วงกลางคืน 2 และ 3 ชั่วโมง ส่งผลให้คัตเตอร์มี ความสูงต้น ค่าการเปิดของปากใบ และเปอร์เซ็นต์ การออกดอกสูงสุด ในขณะที่การให้แสงคลื่นช่วง กลางคืน 2 ชั่วโมง ทำให้คัตเตอร์มีความยาวช่อดอก

และจำนวนดอกต่อช่อดอกย่อยแรกสูงสุด ทั้งนี้ ปัจจัย ด้านจำนวนชั่วโมงที่ให้แสงคลื่นช่วงกลางคืนไม่มีผลต่อ น้ำหนักรากของคัตเตอร์ ปัจจัยด้านอัตราปุ๋ยพบว่า การให้ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกระถางส่งผลให้การเติบโต ทางด้านลำต้น คุณภาพดอก และคุณภาพหลังการ- เก็บเกี่ยวของคัตเตอร์สูงสุด จากการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ ระหว่างปัจจัยพบว่า กรรมวิธีที่ให้แสงคลื่นช่วงกลางคืน 4 ชั่วโมง ร่วมกับการให้พืชได้รับปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกระถาง มีแนวโน้มส่งเสริมการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น และ คุณภาพดอก นอกจากนี้ยังส่งผลให้คัตเตอร์มีน้ำหนักราก และน้ำหนักรากสูงที่สุด

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์บริการการพัฒนาขยายพันธุ์ ไม้ดอกไม้ผลบ้านไร่อันเนื่องมาจากพระราชดำริที่ สนับสนุนสถานที่ทำการทดลอง ห้องปฏิบัติการสรีรวิทยา และห้องปฏิบัติการธาตุอาหารพืช สาขาวิชาพืชสวน ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่อนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ ในการทำวิจัย

Table 3. Effects of night-break and fertilizer rates on fresh weight and dry weight, and total non-structural carbohydrate of cutter (*Symphytichum ericoides*)

Treatment	Harvesting stage				TNC <sup>1</sup> (g/plant)
	FW <sup>1</sup> (g)		DW <sup>1</sup> (g)		
	Inflorescence	Total plant	Inflorescence	Total plant	
<b>Night-break (hour)</b>					
2	46.53	60.95	11.15 b	13.48	0.05 × 10 <sup>-3</sup> c
3	47.25	59.79	12.36 a	14.29	0.14 × 10 <sup>-3</sup> a
4	46.43	59.89	11.77 ab	13.88	0.10 × 10 <sup>-3</sup> b
LSD <sub>0.05</sub>	1.20	1.63	0.79	0.89	0.03
<b>Fertilizer rates (g pot<sup>-1</sup>)</b>					
0	14.73 d	22.59 d	4.03 d	5.59 d	0.21 × 10 <sup>-3</sup> a
1.5	65.53 a	86.92 a	18.26 a	21.34 a	0.11 × 10 <sup>-3</sup> b
3	57.61 b	71.94 b	13.67 b	15.86 b	0.04 × 10 <sup>-3</sup> c
4.5	49.73 d	59.32 c	11.07 c	12.73 c	0.03 × 10 <sup>-3</sup> c
LSD <sub>0.05</sub>	1.44	1.96	0.92	1.04	0.03
<b>Night-break X Fertilizer rate</b>					
2 hr X 0 g pot <sup>-1</sup>	17.35 h	25.17 h	3.87 gh	5.14 hi	0.08 × 10 <sup>-3</sup> d
2 hr X 1.5 g pot <sup>-1</sup>	45.29 f	66.91 e	12.11 e	15.76 de	0.07 × 10 <sup>-3</sup> d
2 hr X 3.0 g pot <sup>-1</sup>	62.50 c	78.97 c	14.21 cd	16.78 cd	0.04 × 10 <sup>-3</sup> d
2 hr X 4.5 g pot <sup>-1</sup>	60.98 c	72.73 d	14.40 c	16.25 cd	0.03 × 10 <sup>-3</sup> d
3 hr X 0 g pot <sup>-1</sup>	16.25 h	23.70 h	5.00 fg	6.79 gh	0.42 × 10 <sup>-3</sup> a
3 hr X 1.5 g pot <sup>-1</sup>	70.08 b	89.48 b	20.38 b	22.91 b	0.07 × 10 <sup>-3</sup> d
3 hr X 3.0 g pot <sup>-1</sup>	48.89 e	60.72 f	11.32 e	13.07 f	0.03 × 10 <sup>-3</sup> d
3 hr X 4.5 g pot <sup>-1</sup>	53.79 d	65.26 e	12.77 de	14.38 ef	0.05 × 10 <sup>-3</sup> d
4 hr X 0 g pot <sup>-1</sup>	10.61 i	18.91 i	3.26 h	4.84 i	0.13 × 10 <sup>-3</sup> c
4 hr X 1.5 g pot <sup>-1</sup>	81.21 a	104.36 a	22.29 a	25.36 a	0.19 × 10 <sup>-3</sup> b
4 hr X 3.0 g pot <sup>-1</sup>	61.44 c	76.12 cd	15.49 c	17.73 c	0.05 × 10 <sup>-3</sup> d
4 hr X 4.5 g pot <sup>-1</sup>	32.47 g	40.19 g	6.04 f	7.58 g	0.02 × 10 <sup>-3</sup> d
LSD <sub>0.05</sub>	2.49	3.39	1.59	1.80	0.06
Night - break	ns	ns	*	ns	*
Fertilizer rate	*	*	*	*	*
Night - break x Fertilizer rate	*	*	*	*	*

<sup>1</sup>Means in the same column of each category followed by different letters are significantly different ( $P \leq 0.05$ ) by LSD

<sup>ns</sup> Not significant

NB: FW = fresh weight, DW = dry weight, TNC = total non-structural carbohydrate

## เอกสารอ้างอิง

- Asrar, A.-W., K. Elhindi and E. Abdel-Salam. 2014. Growth and flowering response of chrysanthemum cultivars to Alar and slow-release fertilizer in an outdoor environment. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 12(2): 963-971.
- Barita, Y., E. Prihastanti, S. Haryanti, A. Subagio and Ngadiwiyan. 2018. The influence of granting NPK fertilizer and nanosilic fertilizers on the growth of Ganyong plant (*Canna edulis* Ker.). *Journal of Physics: Conference Series* 1025: 012054, doi: 10.1088/1742-6596/1025/1/012054.
- Bashir, M., M. Asif, R.W.K. Qadri and N. Faried. 2019. Various quantitative regimes of NPK influence the growth and quality of saffron (*Crocus sativus* L.). *The International Journal of Biological Research* 2(2): 289-294.
- Belay, M.H., H.M. Beshir, M.T. Terfa and A.G. Roro. 2021. Control of growth and flowering of chrysanthemum (*Dendranthema × grandiflorum* Kitam.) using day length extension and red light night break. *Ornamental Horticulture* 27(3): 365-373.
- Boodley, J.W. 1975. Plant nutrition and flower crop quality (*Dianthus caryophyllus*). *Horticultural Science* 10(1): 41-42.
- Daba, K., B. Tar'an, R. Bueckert and T.D. Warkentin. 2016. Effect of temperature and photoperiod on time to flowering in chickpea. *Crop Science* 56(1): 200-208.
- Han, X., J. Linlin, W. Shuai, Z. Xiumei, L. Yu and M. Bin. 2009. Effects of fertilizer application on photosynthetic traits of spring maize. *Journal of Shenyang Agricultural University* 40(4): 444-448.
- Herdiana, N., A.H. Lukman and K. Mulyadi. 2008. Effect of dosage and frequency of NPK fertilizer application on the growth of *Shorea ovalis* Korth. (Blume.). *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam* 5(3): 289-296.
- Hodge, J.E. and B.T. Hofreiter. 1962. Determination of reducing sugars and carbohydrates. pp. 380-394. In: R.L. Whistler and M.L. Wolfrom (eds.) *Method in Carbohydrates Chemistry*, Academic Press, New York.
- Horridge, J.S. and K.E. Cockshull. 1989. The effect of the timing of a night-break on flower initiation in *Chrysanthemum morifolium* Ramat. *Journal of Horticultural Science* 64(2): 183-188.
- Ito, A., H. Hayama and Y. Kashimura. 2002. Sugar metabolism in buds during flower bud formation: a comparison of two Japanese pear [*Pyrus pyrifolia*, (Burm.) Nak.] cultivars possessing different flowering habits. *Scientia Horticulturae* 96(1-4): 163-175.
- Jahan, M. and M. Jahani. 2007. The effects of chemical and organic fertilizers on saffron flowering. *Acta Horticulturae* 739: 81-86
- Jarvis, A.J. and W.J. Davies. 1998. The coupled response of stomatal conductance to photosynthesis and transpiration. *Journal of Experimental Botany* 49(Suppl.): 399-406.
- Jayaweera, G.R. and D.S. Mikkelsen. 1991. Assessment of ammonia volatilization from flooded soil systems. *Advances in Agronomy* 45: 303-353.
- Kazan, K. and R. Lyons. 2016. The link between flowering time and stress tolerance. *Journal of Experimental Botany* 67(1): 47-60.
- Kumar, S. and M.C. Singh. 2017. Effect of photoperiod on growth characteristics in

- Chrysanthemum morifolium* Ramat. cv. Zembla using high pressure sodium light. *Research on Crops* 18(1): 110-115.
- May, P., W. Liao, Y. Wu, B. Shuai, W.R. McCombie, M.Q. Zhang and Q.A. Liu. 2013. The effects of carbon dioxide and temperature on microRNA expression in *Arabidopsis* development. *Nature Communications* 4: 2145, doi: 10.1038/ncomms3145.
- Naenon, T., T. Pengsom and N. Phakamas. 2017. Influence of nitrogen fertilizer on the correlation between chlorophyll contents and yield of *Panicum maximum* cv. Mombasa. *Khon Kaen Agriculture Journal* 45(Suppl. 1): 1009-1015.
- Ngui, M.E., M. Sugiyanta and M. Melati. 2021. The leaf greenness and yield components of paddy plants influenced by biological fertilizer with and without combination of inorganic fertilizers. *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology* 5(10): 1-4.
- Office of Agricultural Extension and Development Region 6. 2020. Margaret and cutter planting. (Online). Available: <http://www.ndoae.doae.go.th/article.php?a=49> (August 14, 2021). (in Thai)
- Ommen, O.E., A. Donnelly, S. Vanhoutvin, M. van Oijen and R. Manderscheid. 1999. Chlorophyll content of spring wheat flag leaves grown under elevated CO<sub>2</sub> concentrations and other environmental stress within the 'ESPACE-wheat' project. *European Journal of Agronomy* 10(3-4): 197-203.
- Prazeres, S.S., C.F. Lacerda, F.E.L. Barbosa, A.V. Amorim, I.C.S. Araujo, L.F. Cavalcante. 2015. Crescimento e trocas gasosas de plantas de feijão-caupi sob irrigação salina e doses de potássio. *Revista Agroambiente* 9(2): 111-118.
- Rajcan, I., L.M. Dwyer and M. Tollenaar. 1999. Note on relationship between leaf soluble carbohydrate and chlorophyll concentrations in maize during leaf senescence. *Field Crop Research* 63(1): 13-17.
- Ruamrungsri, S., W. Khongkhaw, A. Payakaihapon and R. Kijkar. 2008. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium on growth and development of *Curcuma petiolata* Roxb. *Journal of Agriculture* 24(3): 179-186. (in Thai)
- Salazar, J.D., T. Saithong, P.E. Brown, J. Foreman, J.C.W. Locke, K.J. Halliday, I.A. Carre, D.A. Rand and A.J. Millar. 2009. Prediction of photoperiodic regulators from quantitative gene circuit models. *Cell* 139(6): 1170-1179.
- Salih, Z.K. and A.N. Hussen. 2019. Effect of night break duration and paclobutrazol on growth and flowering of *Dendranthema grandiflora* pot plant production. *Scientific Journal of Flowers and Ornamental Plants* 7(1): 1-9.
- Sarhan, A.M.Z, E.I. El-Maadawy, N.M. Arafa and M.F. Gaber. 2017. Influence of pinching, some fertilization treatments and spraying with alar on solidago plants. B: Flowering characteristics. *Scientific Journal of Flowers and Ornamental Plants* 4(1): 51-71.
- Singh, R. and M. Bala. 2020. Effect of different sources of light as night break on growth characteristics of Korean chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.) Genotypes. *Bangladesh Journal of Botany* 49(4): 967-974.

- Sirisawad, T. 2020. Light supplement in plants. (Online). Available: <https://stri.cmu.ac.th/> (August 17, 2020). (in Thai)
- Sousa, J.T.M., G.G. Sousa, E.B. Silva, F.B.S. Junior and T.V.A. Viana. 2021. Physiological responses of peanut crops to irrigation with brackish waters and application of organo-mineral fertilizer. *Surgical and Cosmetic Dermatology* 34(3): 682-691.
- Sultana, S., R.N. Khan, F.N. Haque, M.A. Akhter and S. Noor. 2006. Effect of NPK on growth and flowering in tuberose. *Journal of Subtropical Agricultural Research and Development* 4(2): 111-113.
- Sun, A., I. Somayanda, S.V. Sebastian, K. Singh, K. Gill, P.V.V. Prasad and S.V.K. Jagadish. 2018. Heat stress during flowering affects time of day of flowering, seed set, and grain quality in spring wheat. *Crop Science* 58(1): 380-392.
- Thakur, T. 2016. Effects of photoperiod, nitrogen and growing media on morphological development of chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.). Ph.D. Thesis. Punjab Agricultural University, Ludhiana. 93 p.
- Vajari, M.A., J.F. Moghadam and S. Eshghi. 2018. Influence of late season foliar application of urea, boric acid and zinc sulfate on nitrogenous compounds concentration in the bud and flower of Hayward kiwifruit. *Scientia Horticulturae* 242: 137-145.
- Valverde, F., A. Mouradov, W. Soppe, D. Ravenscroft, A. Samach and G. Coupland. 2004. Photoreceptor regulation of CONSTANS protein in photoperiodic flowering. *Science* 303(5660): 1003-1006.
- Wan, C.Y., L. Mi, B.Y. Chen, J.F. Li, H.Z. Huo, J.T. Xu and X.P. Chen. 2018. Effects of nitrogen during nursery stage on flower bud differentiation and early harvest after transplanting in strawberry. *Brazilian Journal of Botany* 41(1): 1-10.
- Yang, J., C. Li, D. Kong, F. Guo and H. Wei. 2020. Light-mediated signaling and metabolic changes coordinate stomatal opening and closure. *Frontiers in Plant Science* 11: 1-12, doi: 10.3389/fpls.2020.601478.
- Zhang, W.-J., J.-W. Lu, Z.-P. Jiang and Y.-Y. Wang. 2010. Effects of nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizer on the growth, blossom, and N.P.K uptake in *Calendula officinalis* L. *Journal of Wuhan Botanical Research* 28(4): 491-496.



# การขยายพันธุ์พืชสมุนไพรข้าวเย็นเหนือโดยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

## *In vitro* Propagation of Medicinal Plant *Smilax corbularia* Kunth

เท็ดศักดิ์ โทณลักษณ์<sup>1\*</sup> วชิระ ชุ่มมงคล<sup>2</sup> และ ธีระพล เสนพันธ์<sup>3</sup>  
Therdsak Thonnalak<sup>1\*</sup>, Vachira Choommongkol<sup>2</sup> and Threeraphol Senphan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาวิทยาการสมุนไพร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ. เชียงใหม่ 50290

<sup>1</sup>Medicinal Plant Science Program, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290, Thailand

<sup>2</sup>สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ. เชียงใหม่ 50290

<sup>2</sup>Chemistry Program, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai 50290, Thailand

<sup>3</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ. เชียงใหม่ 50290

<sup>3</sup>Food Engineering Program, Faculty of Engineering and Agro-industry, Maejo University, Chiang Mai 50290, Thailand

\*Corresponding author: Email: th.thonnalak@gmail.com

(Received: 8 November 2022; Accepted: 26 January 2023)

**Abstract:** *In vitro* propagation of the *Smilax corbularia* Kunth. From Mae Chon Luang, Chiang Mai, Thailand was studied. The nodal explants were cultured on MS medium supplemented with 0, 0.5 and 1.0 mg/l NAA in combination with 0, 1.0, 3.0 and 0.5 mg/l BA for 8 weeks. The results showed that the most effective formula for shoot induction (number of new shoots at 3.43 and shoot height at 1.98 cm) were cultured on MS medium supplemented with 0.5 mg/l NAA in combination with 3.0 mg/l BA. Then, the shoots of *S. corbularia* were cultured on the appropriate formula of ½ MS or MS medium supplemented with 0, 0.5 and 1.0 mg/l NAA for rooting. The results showed that both of the medium supplemented with 1.0 mg/l NAA was the most effective in root induction (10.43 and 11.25 roots). The root tended to be longer when the plant were cultured on MS medium without plant growth regulator and ½ MS or MS medium supplemented with 0.5 mg/l NAA. In addition, it was found that the survival rate of *S. corbularia* plantlets observed were 60 to 80 % when the plantlets were transplanted in peat moss for 4 weeks.

**Keywords:** *Smilax corbularia*, medicinal plant, micropropagation, *in vitro*

**บทคัดย่อ:** การขยายพันธุ์ข้าวเย็นเหนือจากแหล่งพื้นที่บ้านแม่จอนหลวง จังหวัดเชียงใหม่ ประเทศไทย โดยวิธีการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนข้อบนอาหารสูตร MS ที่เติม NAA ความเข้มข้น 0, 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 0, 1.0, 3.0 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า การเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม NAA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ชักนำให้เกิดยอดได้ดีที่สุด (จำนวนยอด 3.43 ยอด และความสูงยอด 1.98 เซนติเมตร) จากนั้นเมื่อนำยอดของข้าวเย็นเหนือมาชักนำให้เกิดรากบนอาหารสูตร ½ MS และ MS ที่เติม NAA ความเข้มข้น 0, 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า ยอดข้าวเย็นเหนือเกิดรากได้จำนวนมากที่สุด (10.43 และ 11.25 ราก) เมื่อเพาะเลี้ยงบนอาหารทั้ง 2 สูตร ที่เติม NAA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยรากมีแนวโน้มมีความยาวมากที่สุดเมื่อเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต และอาหารสูตร ½ MS หรือ MS ที่เติม NAA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และพบว่า ต้นอ่อนของข้าวเย็นเหนือมีอัตราการรอดชีวิต 60 ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ เมื่อย้ายปลูกในพีทมอสเป็นเวลา 4 สัปดาห์

**คำสำคัญ:** ข้าวเย็นเหนือ พืชสมุนไพร การขยายพันธุ์ สภาพปลอดเชื้อ

## คำนำ

ข้าวเย็นเหนือเป็นพืชสมุนไพรที่ใช้ส่วนหัวใต้ดินซึ่งมีรสหวานเล็กน้อย เป็นส่วนประกอบในการปรุงตำรับยาแผนโบราณไทยมากกว่า 2,400 รายการ ได้รับการขึ้นทะเบียนจากกระทรวงสาธารณสุขให้เป็นหนึ่งในสมุนไพรรักษาโรคต่าง ๆ เช่น น้ำเหลืองเสีย โรคเรื้อน กามโรค การติดเชื้อแบคทีเรีย โรคมะเร็งและอาการอักเสบต่าง ๆ เป็นต้น (Tewtrakul et al., 2006) ในตำรับยาไทยใช้หัวข้าวเย็นในสกุล *Smilax* 2 ชนิด คือ หัวข้าวเย็นเหนือ (*Smilax corbularia* Kunth.) และหัวข้าวเย็นใต้ (*Smilax glabra* Roxb.) (Itharat, 2010) ปัจจุบันการใช้ประโยชน์จากหัวข้าวเย็นเหนือได้มาจากต้นที่มีอยู่ในธรรมชาติ หากในอนาคตพืชชนิดนี้ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายและมีการส่งเสริมให้ปลูกเพื่อการค้า อาจทำให้ต้นพันธุ์มีไม่เพียงพอต่อความต้องการในการใช้ประโยชน์ นอกจากนี้ การขยายพันธุ์โดยวิธีการเพาะเมล็ดอาจเกิดการกลายพันธุ์ ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลผลิต ดังนั้นเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจึงมีส่วนสำคัญที่เข้ามาช่วยในการขยายพันธุ์เพื่อเพิ่มจำนวนต้นพันธุ์และรักษาลักษณะของต้นพันธุ์ที่ได้ตรงตามสายพันธุ์

การศึกษาของ Thirugnanasampandan et al. (2009) ได้ทำการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนข้อจากยอดของ *Smilax zeylanica* บนอาหารสูตร ½ MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และผงถ่านกัมมันต์ 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 7 - 10 วัน และย้ายเนื้อเยื่อไปเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร ½ MS ที่เติม kinetin ความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ l-glutathione ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และผงถ่านกัมมันต์ 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า สามารถเพิ่มจำนวนของยอดได้ดี และชักนำให้ยอดเกิดรากได้บนอาหารสูตร ½ MS ที่เติม IBA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 3 สัปดาห์ ซึ่งต้นอ่อนรอดชีวิตได้ถึง 70 เปอร์เซ็นต์ เมื่อย้ายปลูกในวัสดุปลูกเวอร์มิคูไลท์ ททราย และขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1 : 1 : 1

สำหรับ *S. glabra* สามารถชักนำให้ตาข้างของชิ้นส่วนข้อพัฒนาได้บนอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA ความเข้มข้น 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร และชักนำให้เกิดยอดได้จำนวนมากที่สุด เมื่อเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยชักนำให้ต้นอ่อนเกิดรากได้บนอาหารสูตร Hyponex (H)



ที่เติม IBA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยต้นอ่อนมีชีวิตรอดได้เมื่อย้ายปลูกในวัสดุที่หมอสและทราย-แม่น้ำ อัตราส่วน 1 : 1 (Dong *et al.*, 2014) ส่วนการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตาข้างของ *Smilax myosotiflora* พบว่า สามารถชักนำให้เกิดยอดได้ดีบนอาหารสูตร MS ที่เติม BAP ความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และชักนำให้เกิดรากได้ดีบนอาหารสูตร ½ MS ที่เติม IBA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (Abdullah *et al.*, 2021) สำหรับประเทศไทย มีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อข้าวเย็นใต้ (*S. glabra*) ซึ่งสามารถเพิ่มจำนวนยอดได้ เมื่อเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนข้อบนอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA หรือ IBA ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และชักนำให้ยอดเกิดรากได้เมื่อเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร ½ MS หรือ MS ที่เติม NAA หรือ IBA ความเข้มข้น 0.5 - 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยต้นอ่อนที่เกิดรากแล้วย้ายปลูกอนุบาลในโรงเรือนพรางแสง นาน 2 สัปดาห์ มีอัตราการรอดชีวิต 70 เปอร์เซ็นต์ (Jirakiattikul *et al.*, 2015)

เนื่องจากยังไม่มีรายงานวิธีการขยายพันธุ์ของข้าวเย็นเหนือ จึงได้มีการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยง โดยเฉพาะอย่างยิ่งสูตรอาหารที่ใช้สำหรับการพัฒนาให้ชิ้นส่วนพืชเกิดเป็นต้นอ่อนสมบูรณ์ และสามารถนำออกปลูกให้มีชีวิตรอดในสภาพแวดล้อมปกติได้ การศึกษาครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสารควบคุมการเจริญเติบโตที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อการขยายพันธุ์ข้าวเย็นเหนือ และใช้เป็นข้อมูลสำหรับพัฒนาการผลิตวัตถุปลูกพืชสมุนไพรข้าวเย็นเหนือต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

### การฟอกฆ่าเชื้อและชักนำให้เกิดยอด

นำชิ้นส่วนข้อของข้าวเย็นเหนือ (Figure 1A) จากแหล่งรวบรวมในพื้นที่แม่จอนหลวง ตำบลแม่จอน อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ขนาด 1.0 เซนติเมตร มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา แล้วฟอกฆ่าเชื้อ

ด้วยสารละลายคลอโรกซ์ (Clorox®, USA) ที่ความเข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์ (คลอโรกซ์มี active NaOCl 5.25 % v/v) ร่วมกับ Tween20 ปริมาตร 100 ไมโครลิตร เป็นเวลา 15 นาที จำนวน 2 ครั้ง จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ 3 ครั้ง ครั้งละ 1 นาที แล้วนำไปเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 4 สัปดาห์ เพื่อให้ชิ้นส่วนข้อเกิดการพัฒนาและอยู่ในสภาพปลอดเชื้อ จากนั้นนำชิ้นส่วนข้อที่มีการพัฒนาตาข้างขนาด 0.5 เซนติเมตร มาเพาะเลี้ยงต่อเนื่องบนอาหารสูตร MS ที่เติมน้ำตาลซูโครส 30 กรัมต่อลิตร ผงวุ้น 5 กรัมต่อลิตร และเติม naphthalene acetic acid (NAA) ร่วมกับ N6-benzyladenine (BA) ความเข้มข้นแตกต่างกัน แล้วนำไปเพาะเลี้ยงในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ให้ได้รับความเข้มแสง 35  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  นาน 14 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์

วางแผนการทดลองแบบ 3 x 4 Factorial in Completely Randomized Design (CRD) ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ได้แก่ ความเข้มข้นของ NAA มี 3 ระดับ คือ 0, 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และความเข้มข้นของ BA มี 4 ระดับ คือ 0, 1.0, 3.0 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร รวมจำนวน 12 สิ่งทดลอง สิ่งทดลองละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ชิ้นส่วนพืช บันทึกจำนวนยอด (ยอด) และความสูงของยอด (เซนติเมตร) จำนวนราก (ราก) และความยาวของราก (เซนติเมตร) วิเคราะห์ข้อมูล และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

### การชักนำราก

ชักนำให้ต้นอ่อนข้าวเย็นเหนือเกิดรากบนอาหารสูตร ½ MS หรือ MS ที่เติมน้ำตาลซูโครส 30 กรัมต่อลิตร และวุ้น 5 กรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้นแตกต่างกัน แล้วนำไปเพาะเลี้ยงในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ภายใต้การให้แสง 14 ชั่วโมงต่อวัน ที่ความเข้มแสง 35  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  เป็นเวลา 8 สัปดาห์ เมื่อต้นอ่อนเกิดราก นำออกจากขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ล้างวุ้นอาหารด้วยน้ำประปาออกให้หมด ปลูกอนุบาลต้นอ่อนข้าวเย็นเหนือในโรงเรือนพรางแสง 50 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้วัสดุปลูกที่หมอส

วางแผนการทดลองแบบ 2 x 4 Factorial in CRD ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ได้แก่ ความเข้มข้นของเกลืออนินทรีย์ในอาหารสูตร MS มี 2 ระดับ คือ ½ MS และ MS และความเข้มข้นของ NAA มี 3 ระดับ คือ 0, 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร รวมจำนวน 6 สิ่งทดลอง

สิ่งทดลองละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ชิ้นส่วนพืช บันทึกความสูงต้นอ่อน (เซนติเมตร) จำนวนราก (ราก) ความยาวของราก (เซนติเมตร) และการรอดชีวิตหลังย้ายปลูก (เปอร์เซ็นต์) วิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

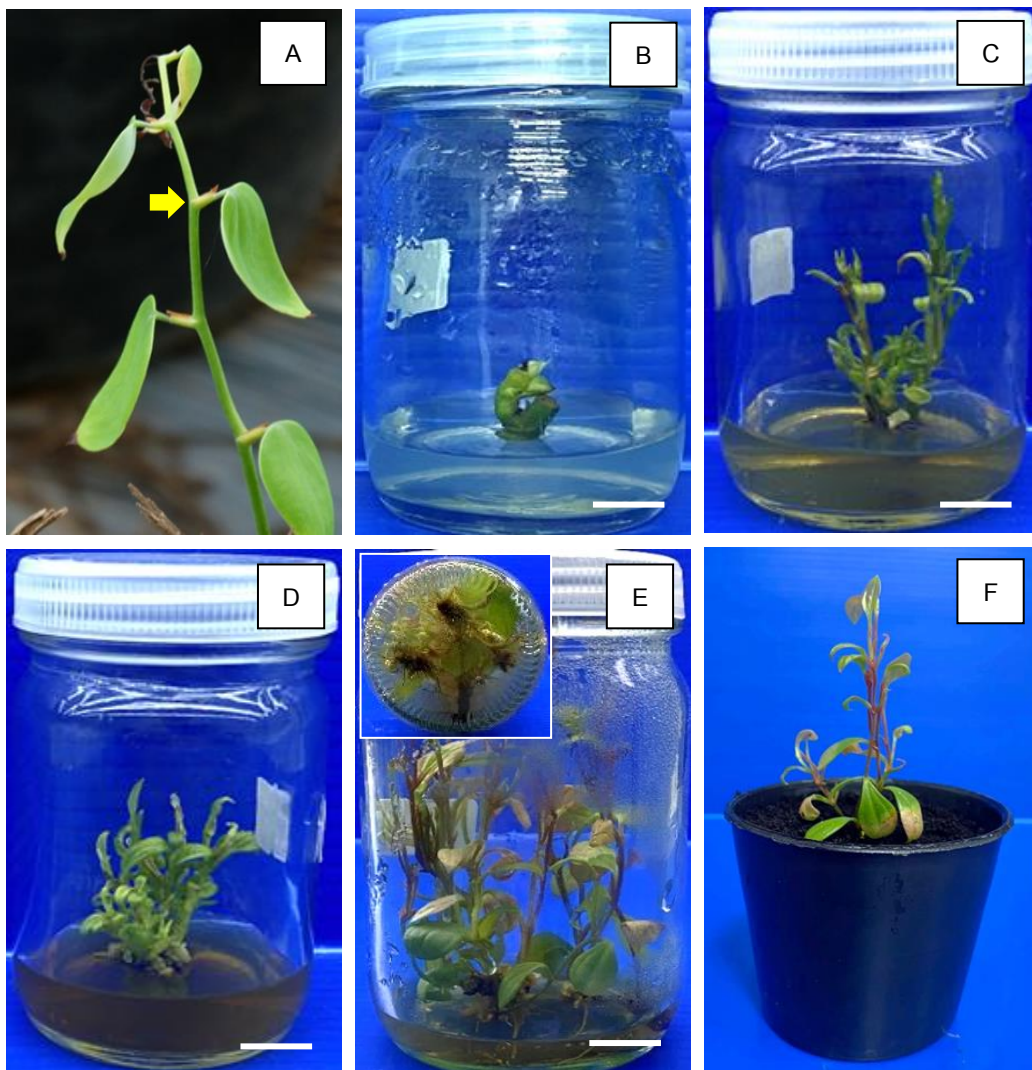


Figure 1. *In vitro* propagation of *Smilax corbularia* Kunth; (A) Nodal explant used for culture initiation (arrow), (B) Development of axillary shoots from nodal explants on MS medium supplemented with 1.0 mg/l BA after 4 weeks of culture, (C, D) Development of multiple shoots from nodal explants on MS medium supplemented with 0.5 or 1.0 mg/l NAA and 3.0 or 5.0 mg/l BA after 8 weeks of subculture, (E) Induction of roots from microshoots in ½ MS medium supplemented with 0.5 mg/l NAA after 8 weeks, (F) The plantlet planted in the peat moss. (bar = 1 cm)

## ผลการศึกษาและวิจารณ์

### การฟอกฆ่าเชื้อและชักนำให้เกิดยอด

การนำชิ้นส่วนข้อของข้าวเย็นเห็บเหื่อ (Figure 1A) มาฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลายคลอโรกซ์ความเข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 15 นาที จำนวน 2 ครั้ง ล้างด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อจำนวน 3 ครั้ง ครั้งละ 1 นาที ส่งผลให้ได้ชิ้นส่วนปลอดเชื้อ 80 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจากการฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลายคลอโรกซ์ซึ่งเป็นสารฟอกขาวที่มีส่วนผสมของโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่มีคุณสมบัติในการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ (Daud *et al.*, 2012; Hesami *et al.*, 2017) อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของสารฟอกฆ่าเชื้อยังขึ้นอยู่กับระยะเวลาและปริมาณความเข้มข้นของสารด้วย โดยทั่วไปถ้าใช้เวลานานขึ้นและความเข้มข้นของสารสูงขึ้น โอกาสปนเปื้อนของจุลินทรีย์จะลดน้อยลง แต่หากใช้เวลาและความเข้มข้นที่สูงเกินไป อาจเกิดอันตรายต่อชิ้นส่วนพืชได้ (Gu *et al.*, 2022)

หลังจากเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนข้อในสภาพปลอดเชื้อบนอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ตาข้างที่บริเวณชิ้นส่วนข้อเกิดการพัฒนาดำเนินจำนวน 50 เปอร์เซ็นต์ (Figure 1B) การที่ตาข้างบริเวณชิ้นส่วนข้อของข้าวเย็นเห็บเหื่อสามารถพัฒนาดำเนิน เนื่องจากเนื้อเยื่อเจริญของตาข้างที่บริเวณส่วนข้อนั้นถูกควบคุมภายใต้อิทธิพลของเนื้อเยื่อเจริญส่วนปลายยอดของพืชซึ่งเกี่ยวข้องกับฮอร์โมนออกซิน (Müller and Leyser, 2011) โดยออกซินถูกสังเคราะห์ขึ้นที่บริเวณปลายยอด จากนั้นลำเลียงแบบมีทิศทางผ่านเนื้อเยื่อไซเลม (xylem) ไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืชที่อยู่ส่วนล่าง ส่งผลให้ออกซินยับยั้งการเจริญเติบโตและการพัฒนาของตาข้างที่บริเวณส่วนข้อ เรียกว่า ปรากฏการณ์ข่มโดยตายอด (apical dominance) (Dun *et al.*, 2006) การตัดชิ้นส่วนพืชเฉพาะเพียงชิ้นส่วนข้อมาเพาะเลี้ยง จึงเป็นการกำจัดออกซินที่ปลายยอดของพืชออก ส่งผลให้เนื้อเยื่อเจริญตาข้างของข้าวเย็นเห็บเหื่อเจริญเติบโตและพัฒนาขึ้นได้ นอกจากนี้การเพิ่ม BA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ยังช่วยให้เนื้อเยื่อ

เจริญตาข้างพัฒนาดำเนินได้ดีขึ้น เนื่องจาก BA เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มไซโทไคนิน ซึ่งมีคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมทางสรีรวิทยาของพืชที่หลากหลาย เช่น การชะลอการช่มของตายอดทำให้ตาข้างเกิดการเจริญและพัฒนา การนำไซโทไคนินมาใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช จึงส่งผลให้พืชสร้างยอดใหม่ นอกจากนี้ยังช่วยส่งเสริมกระบวนการแบ่งเซลล์และการขยายตัวของเซลล์ ยับยั้งการแก่ชราของใบ ช่วยการลำเลียงอาหาร ป้องกันการเสื่อมชราของเนื้อเยื่อพืช และการตอบสนองต่อความเครียดของพืชอีกด้วย (Azizi *et al.*, 2015; Kacer *et al.*, 2005) ซึ่งไซโทไคนินที่นำมาใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชมีหลายชนิดทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น zeatin และ 2-isopentyladenine (2IP) และมีการสังเคราะห์ขึ้น เช่น 6-benzylaminopurine (BAP), kinetin (KIN) และ thidiazuron (TDZ) เป็นต้น (Jana *et al.*, 2013) อย่างไรก็ตาม การประเมินว่าควรเลือกใช้ไซโทไคนินชนิดใดเพื่อให้พืชพัฒนายอดใหม่นั้น ขึ้นอยู่กับชนิด สายพันธุ์ ตลอดจนพันธุกรรมของพืชชนิดนั้น ๆ ด้วย (Arab *et al.*, 2014)

เมื่อนำชิ้นส่วนข้อที่มีการพัฒนามาเพาะเลี้ยงต่อเนื้อบนอาหารสูตร MS ที่เติม NAA ความเข้มข้น 0, 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 0, 1.0, 3.0 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าเมื่อเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม NAA ความเข้มข้น 0.5 หรือ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 3.0 หรือ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เกิดยอดจำนวนสูงที่สุดเฉลี่ย 3.62 4.15 3.71 และ 3.43 ยอด ตามลำดับ (Table 1) ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอาหารสูตร MS ที่เติม NAA และ BA ความเข้มข้นอื่น ๆ ในขณะที่การเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต หรืออาหารสูตร MS ที่เติมเพียงเฉพาะ BA ความเข้มข้น 3.0 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาหารสูตร MS ที่เติม NAA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มจะส่งผลให้ความสูงของยอดมีค่าสูงที่สุดเฉลี่ย 2.16, 1.93, 2.08 และ 1.98 เซนติเมตร ตามลำดับ (Table 1) แต่อย่างไรก็ตาม

Table 1. Effects of NAA and BA combinations on shoot regeneration from nodal explants of *Smilax corbularia* in MS medium, 8 weeks after cultured

Factors	Number of new shoots	Shoot height (cm)	Number of roots	Root length (cm)
<b>1-Naphthaleneacetic acid (NAA)</b>				
0 mg/l	1.83 ± 0.30 <sup>b</sup>	2.01 ± 0.35 <sup>a</sup>	0.16 ± 0.02 <sup>c</sup>	0.24 <sup>b</sup>
0.5 mg/l	2.65 ± 0.45 <sup>a</sup>	1.67 ± 0.35 <sup>ab</sup>	0.81 ± 0.16 <sup>b</sup>	0.27 <sup>ab</sup>
1.0 mg/l	2.75 ± 0.57 <sup>a</sup>	1.24 ± 0.25 <sup>b</sup>	1.16 ± 0.40 <sup>a</sup>	0.32 <sup>a</sup>
F-test	*	*	*	*
<b>N6-Benzyladenine (BA)</b>				
0 mg/l	1.28 ± 0.17 <sup>c</sup>	1.71 ± 0.29 <sup>a</sup>	2.77 ± 0.45 <sup>a</sup>	0.81 ± 0.20 <sup>a</sup>
1.0 mg/l	1.78 ± 0.32 <sup>b</sup>	1.65 ± 0.34 <sup>a</sup>	0.06 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.07 ± 0.04 <sup>b</sup>
3.0 mg/l	3.15 ± 0.67 <sup>a</sup>	1.73 ± 0.34 <sup>a</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>c</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>c</sup>
5.0 mg/l	3.41 ± 0.69 <sup>a</sup>	1.46 ± 0.31 <sup>b</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>c</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>c</sup>
F-test	*	*	*	*
<b>Interaction (NAA x BA)</b>				
0 mg/l NAA + 0 mg/l BA	1.14 ± 0.10 <sup>c</sup>	2.16 ± 0.34 <sup>a</sup>	0.63 ± 0.07 <sup>b</sup>	0.94 ± 0.20 <sup>a</sup>
0 mg/l NAA + 1.0 mg/l BA	1.38 ± 0.21 <sup>c</sup>	1.87 ± 0.38 <sup>ab</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>c</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>d</sup>
0 mg/l NAA + 3.0 mg/l BA	2.13 ± 0.47 <sup>b</sup>	1.93 ± 0.26 <sup>a</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>c</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>d</sup>
0 mg/l NAA + 5.0 mg/l BA	2.65 ± 0.50 <sup>b</sup>	2.08 ± 0.44 <sup>a</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>c</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>d</sup>
0.5 mg/l NAA + 0 mg/l BA	1.27 ± 0.15 <sup>c</sup>	1.64 ± 0.27 <sup>b</sup>	3.22 ± 0.63 <sup>a</sup>	1.06 ± 0.20 <sup>a</sup>
0.5 mg/l NAA + 1.0 mg/l BA	1.56 ± 0.32 <sup>c</sup>	1.72 ± 0.34 <sup>ab</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>c</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>d</sup>
0.5 mg/l NAA + 3.0 mg/l BA	3.62 ± 0.61 <sup>a</sup>	1.98 ± 0.49 <sup>a</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>c</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>d</sup>
0.5 mg/l NAA + 5.0 mg/l BA	4.15 ± 0.81 <sup>a</sup>	1.32 ± 0.29 <sup>c</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>c</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>d</sup>
1.0 mg/l NAA + 0 mg/l BA	1.43 ± 0.25 <sup>c</sup>	1.32 ± 0.23 <sup>c</sup>	4.47 ± 1.27 <sup>a</sup>	0.43 ± 0.17 <sup>b</sup>
1.0 mg/l NAA + 1.0 mg/l BA	2.41 ± 0.46 <sup>b</sup>	1.37 ± 0.28 <sup>c</sup>	0.18 ± 0.09 <sup>b</sup>	0.21 ± 0.12 <sup>c</sup>
1.0 mg/l NAA + 3.0 mg/l BA	3.71 ± 0.91 <sup>a</sup>	1.28 ± 0.25 <sup>c</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>c</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>d</sup>
1.0 mg/l NAA + 5.0 mg/l BA	3.43 ± 0.76 <sup>a</sup>	0.97 ± 0.20 <sup>d</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>c</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>d</sup>
F-test	*	*	*	*

\*, Significant difference ( $p \leq 0.05$ ), Mean values followed by the same letters within a column are not significantly different according to DMRT.

ความสูงของยอดมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอาหารสูตร MS ที่เติมเพียงเฉพาะ BA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (1.87 ยอด) หรืออาหารสูตร MS ที่เติม NAA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (1.72 ยอด) นอกจากนี้ ชิ้นส่วนพืชยังมีการพัฒนารากเกิดขึ้นเมื่อเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่เติมเฉพาะเพียง NAA ความเข้มข้น 0.5 หรือ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และอาหารสูตร MS ที่เติม NAA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (Table 1) การพัฒนายอดของข้าวเย็นเหนือจำนวนมากที่เกิดขึ้นนั้น (Figure 1C, D) เกิดจากปฏิสัมพันธ์ร่วมของสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มออกซิน (NAA) และไซโทไคนิน (BA) ในระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม จึงทำให้ชิ้นส่วนพืชพัฒนายอดหรือรากผ่านกระบวนการพัฒนาอวัยวะ (organogenesis) ได้ (Su *et al.*, 2011) โดยออกซินทำหน้าที่กระตุ้นการแบ่งเซลล์และการยึดตัวของเซลล์ (Mayerni *et al.*, 2020) ส่วนไซโทไคนินช่วยส่งเสริมให้เกิดกระบวนการสร้าง tRNA ในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนที่มีความสำคัญกับการแบ่งเซลล์ และช่วยในการพัฒนายอดและใบ (Mayerni *et al.*, 2020; Takahashi and Umeda, 2014) การทำหน้าที่ร่วมกันของสารควบคุมการเจริญเติบโตทั้ง 2 กลุ่ม ทำให้เกิดการแบ่งเซลล์จำนวนมาก และมีการพัฒนายอดใหม่ผ่านกระบวนการที่เซลล์จำนวนหนึ่งเปลี่ยนแปลงไปมีลักษณะเฉพาะเพื่อทำหน้าที่เฉพาะอย่าง (cell differentiation) (Fehér, 2019; Takahashi and Umeda, 2014) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากผลการทดลอง พบว่า เมื่อเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตใด ๆ ยอดของข้าวเย็นเหนือมีการเจริญเติบโตและพัฒนาในด้านความสูงได้เช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจากในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อประกอบด้วยสารประกอบอนินทรีย์ น้ำตาล และวิตามิน ซึ่งช่วยให้ยอดมีการเจริญเติบโต แต่ไม่มีการเกิดยอดใหม่เพิ่มขึ้น (Pérez *et al.*, 2004)

จากการศึกษาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชชนิดอื่น ๆ ในสกุล *Smilax* พบว่า ชิ้นส่วนพืชมีการตอบสนองต่อความเข้มข้นของไซโทไคนินแตกต่างกันไป แต่อย่างไร

ก็ตาม การเติมไซโทไคนินไม่ว่าเป็นชนิดและระดับความเข้มข้นใด ๆ ในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อนั้น ช่วยส่งเสริมให้พืชพัฒนายอดใหม่ได้ (Kadota and Niimi, 2003) เช่น ใน *S. zeylanica* สามารถชักนำให้เกิดยอดได้เมื่อเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร ½ MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และ IAA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (Thirugnanasampandan *et al.*, 2009) ใน *S. glabra* ชักนำให้เกิดการพัฒนาตาข้างที่บริเวณส่วนข้อได้เมื่อเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA ความเข้มข้น 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร (Dong *et al.*, 2014) หรือบนอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA หรือ IBA ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร (Jirakiattikul *et al.*, 2015) ส่วน *S. myosotiflora* สามารถชักนำให้เกิดยอดได้บนอาหารสูตร MS ที่เติม BAP ความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (Abdullah *et al.*, 2021)

### การชักนำราก

การชักนำต้นอ่อนข้าวเย็นเหนือเกิดราก โดยนำต้นอ่อนเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร ½ MS หรือ MS ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0, 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า การเพาะเลี้ยงต้นอ่อนบนอาหารสูตร ½ MS หรือ MS ที่เติม NAA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้ต้นอ่อนมีจำนวนรากสูงที่สุด 10.43 และ 11.25 ราก ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอาหารสูตร ½ MS หรือ MS ที่เติม NAA ความเข้มข้นอื่น ๆ (Table 2) ในขณะที่ความยาวรากมีค่าสูงเฉลี่ย 1.45 และ 1.39 เซนติเมตร เมื่อเพาะเลี้ยงต้นอ่อนบนอาหารสูตร ½ MS หรือ MS ที่เติม NAA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ที่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับความยาวรากของต้นข้าวเย็นเหนือที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ซึ่งมีความยาวเฉลี่ย 1.28 เซนติเมตร แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอาหารสูตรอื่น ๆ (Table 2) ส่วนความสูงต้นอ่อนที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่ไม่เติม NAA หรือเติม NAA ความเข้มข้น 0.5 และ 1.0

มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าความสูงเฉลี่ย 7.73, 8.02 และ 7.96 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับต้นอ่อนที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร

½ MS ที่เติม NAA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ให้ความสูงยอดเฉลี่ย 7.63 เซนติเมตร (Table 2) (Figure 1E)

**Table 2.** Effects of NAA on plantlet height and root induction from shoot of *Smilax corbularia* on ½MS or MS medium, 8 weeks after cultured

Factors	Plantlet height (cm)	Number of roots	Root length (cm)	Survival rate <sup>1</sup> (%)
<b>Culture medium (A)</b>				
½ MS	7.55 ± 0.51	5.59 ± 0.93	1.12 ± 0.21	71.70
MS	7.90 ± 0.66	6.13 ± 1.20	1.12 ± 0.24	71.70
F-test	ns	ns	ns	-
<b>Plant growth regulator (B)</b>				
0 mg/l	7.59 ± 0.51	0.90 ± 0.13 <sup>c</sup>	1.23 ± 0.21 <sup>a</sup>	62.50
0.5 mg/l	7.83 ± 0.60	5.84 ± 1.18 <sup>b</sup>	1.42 ± 0.29 <sup>a</sup>	72.50
1.0 mg/l	7.77 ± 0.65	10.84 ± 2.14 <sup>a</sup>	0.70 ± 0.17 <sup>b</sup>	80.00
F-test	ns	*	*	-
<b>Interaction A x B</b>				
½ MS + 0 mg/l NAA	7.45 ± 0.42 <sup>c</sup>	0.67 ± 0.08 <sup>c</sup>	1.18 ± 0.19 <sup>b</sup>	60.00
½ MS + 0.5 mg/l NAA	7.63 ± 0.50 <sup>ab</sup>	5.68 ± 1.15 <sup>b</sup>	1.45 ± 0.27 <sup>a</sup>	75.00
½ MS + 1.0 mg/l NAA	7.58 ± 0.63 <sup>b</sup>	10.43 ± 1.89 <sup>a</sup>	0.72 ± 0.16 <sup>c</sup>	80.00
MS + 0 mg/l NAA	7.73 ± 0.60 <sup>a</sup>	1.13 ± 0.20 <sup>c</sup>	1.28 ± 0.23 <sup>ab</sup>	65.00
MS + 0.5 mg/l NAA	8.02 ± 0.71 <sup>a</sup>	6.01 ± 1.21 <sup>b</sup>	1.39 ± 0.30 <sup>a</sup>	70.00
MS + 1.0 mg/l NAA	7.96 ± 0.69 <sup>a</sup>	11.25 ± 2.39 <sup>a</sup>	0.68 ± 0.17 <sup>c</sup>	80.00
F-test	*	*	*	-

\*; Significant difference ( $p \leq 0.05$ ), ns; No significant difference, Mean values followed by the same letters within a column are not significantly different according to DMRT.

<sup>1</sup>; The survival rate of plantlets were transplanted in peat moss for 4 weeks.

จากการศึกษาการพัฒนารากของต้นอ่อนข้าวเย็นเหนือดังกล่าว พบว่า ให้ผลการศึกษาสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกับ Jirakiattikul *et al.* (2015) ที่รายงานว่าสามารถชักนำให้เกิดรากในข้าวเย็นใต้ได้ เมื่อเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร 1/2 MS และ MS ที่เติม NAA หรือ IBA ความเข้มข้น 0.5 - 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมื่อพิจารณาปัจจัยความเข้มข้นของเกลืออนินทรีย์ในอาหารสูตร 1/2 MS และ MS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนทั้งด้านความสูงต้นอ่อน จำนวนราก และความยาวราก (Table 2) ดังนั้นการที่ต้นอ่อนสามารถพัฒนาทั้งทางด้านจำนวนรากและความยาวรากได้นั้นเกิดจากอิทธิพลของ NAA เพียงปัจจัยเดียว ซึ่งการได้รับ NAA ในระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมช่วยกระตุ้นให้มีการพัฒนารากพิเศษ (adventitious root) โดยการพัฒนารากพิเศษนั้นประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ ระยะเวลาชักนำให้เกิดเซลล์กำเนิดราก (induction) ระยะเวลาเริ่มต้นพัฒนาราก (initiation) และระยะการเติบโตและยืดขยายราก (extension) โดยออกซินมีส่วนช่วยในกระบวนการสร้างรากพิเศษดังกล่าวในทุกขั้นตอน (Guan *et al.*, 2019) ส่วนสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มอื่นได้แก่ ไซโทไคนิน พบว่า มีคุณสมบัติยับยั้งไม่ให้เกิดการพัฒนารากกำเนิดราก (Azizi *et al.*, 2015) และเมื่อนำต้นอ่อนข้าวเย็นเหนือที่มีรากสมบูรณ์ย้ายออกปลูกในพีทมอส และอนุบาลในโรงเรือนพรางแสง 50 เปอร์เซ็นต์ (Figure 1F) พบว่า หลังย้ายปลูกเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ต้นอ่อนข้าวเย็นเหนือมีการรอดชีวิต 60 ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ (Table 2)

### สรุป

การเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนของข้าวเย็นเหนือบนอาหารสูตร MS ที่เติม NAA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดยอดได้ดีที่สุด โดยให้จำนวนยอด 3.43 ยอด และยอดมีความสูง 1.98 เซนติเมตร หลังจากเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ในขณะที่ชิ้นส่วนพืชมีการพัฒนารากเกิดขึ้นเมื่อเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่เติมเพียง NAA ความเข้มข้น 0.5 หรือ 1.0 มิลลิกรัม

ต่อลิตร และอาหารสูตร MS ที่เติม NAA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

ยอดของข้าวเย็นเหนือสามารถชักนำให้เกิดรากได้จำนวนมากที่สุดเฉลี่ย 10.43 และ 11.25 รากเมื่อเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร 1/2 MS หรือ MS ที่เติม NAA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยรากมีแนวโน้มมีความยาวมากที่สุด เมื่อเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตใด ๆ และอาหารสูตร 1/2 MS หรือ MS ที่เติม NAA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมื่อย้ายปลูกต้นอ่อนข้าวเย็นเหนือที่มีรากสมบูรณ์ในพีทมอส และอนุบาลในโรงเรือนพรางแสง 50 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ต้นอ่อนการรอดชีวิต 60 ถึง 80 เปอร์เซ็นต์

### กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) เป็นอย่างยิ่งที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย (สวก.-63-012.3) และขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาการสมุนไพร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่เชื้อเพื่ออุปกรณ์และสถานที่สำหรับการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

- Abdullah, N., N.H. Hassan, M.F. Yahya, M.S.A. Wahid, R. Khalid, S. Ramuddin and R. Abdullah. 2021. *In vitro* propagation of *Smilax myosotiflora* (Ubi Jaga) for conservation and commercial purposes. International Journal of Agriculture, Forestry and Plantation 12: 110-113.
- Arab, M.M., A. Yadollahi, A. Shojaeiyan, S. Shokri and S.M. Ghoghaj. 2014. Effects of nutrient media, different cytokinin types and their concentrations on *in vitro* multiplication of

- G × N15 (hybrid of almond × peach) vegetative rootstock. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology* 12(2): 81-87.
- Azizi, P., M.Y. Rafii, M. Maziah, S.N.A. Abdullah, M.M. Hanafi, M.A. Latif, A.A. Rashid and M. Sahebi. 2015. Understanding the shoot apical meristem regulation: A study of the phytohormones, auxin and cytokinin, in rice. *Mechanisms of Development* 135: 1-15.
- Daud, N.H., S. Jayaraman and R. Mohamed. 2012. An improved surface sterilization technique for introducing leaf, nodal and seed explants of *Aquilaria malaccensis* from field sources into tissue culture. *Asia Pacific Journal of Molecular Biology and Biotechnology* 20(2): 55-58.
- Dong, Q., Z. Yan, L. Bai and Q. Wu. 2014. Rapid propagation system for tissue culture of *Smilax glabra*. *Journal of Chinese Medicinal Materials* 37(1): 5-9.
- Dun, E.A., B.J. Ferguson and C.A. Beveridge. 2006. Apical dominance and shoot branching. Divergent opinions or divergent mechanisms? *Plant Physiology* 142(3): 812-819.
- Fehér, A. 2019. Callus, dedifferentiation, totipotency, somatic embryogenesis: What these terms mean in the era of molecular plant biology? *Frontiers in Plant Science* 10: 536, doi: 10.3389/fpls.2019.00536.
- Gu, M., Y. Li, H. Jiang, S. Zhang, Q. Que, X. Chen and W. Zhou. 2022. Efficient *in vitro* sterilization and propagation from stem segment explants of *Cnidioscolus aconitifolius* (Mill.) I.M. Johnst, a multipurpose woody plant. *Plants* 11: 1937, doi: 10.3390/plants11151937.
- Guan, L., R. Tayengwa, Z. Cheng, W.A. Peer, A.S. Murphy and M. Zhao. 2019. Auxin regulates adventitious root formation in tomato cuttings. *BMC Plant Biology* 19: 435, doi: 10.1186/s12870-019-2002-9.
- Hesami, M., M.H. Daneshvar and A. Lotfi-Jalalabadi. 2017. Effect of sodium hypochlorite on control of *in vitro* contamination and seed germination of *Ficus religiosa*. *Iranian Journal of Plant Physiology* 7(4): 2157-2162.
- Itharat, A. 2010. Comparative biological activities of five Thai medicinal plants called Hua-Khao-Yen. *Thai Journal of Pharmacology* 32(1): 327-331.
- Jana, S., I. Sivanesan and B.R. Jeong. 2013. Effect of cytokinins on *in vitro* multiplication of *Sophora tonkinensis*. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* 3(7): 549-553.
- Jirakiattikul, Y., O. Songsri, P. Rithichai and A. Itharat. 2015. *In vitro* propagation of Hao-Khao-Yen (*Smilax glabra* Roxb.). *Thai Science and Technology Journal* 23(1): 11-21. (in Thai)
- Kacer, Y.A., M. Mazmanoglu, Y.Y. Mendi, S. Serce and S. Cetiner. 2005. The effect of cytokinin type and concentration on multiplication rate of *Spathiphyllum* (Fam. Araceae). *Asian Journal of Plant Sciences* 4(4): 401-404.
- Kadota, M. and Y. Niimi. 2003. Effects of cytokinin types and their concentrations on shoot proliferation and hyperhydricity in *in vitro* pear cultivar shoots. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 72(3): 261-265.
- Mayerni, R., B. Satria, D.K. Wardhani and S.R.O.S. Chan. 2020. Effect of auxin (2,4-D) and cytokinin (BAP) in callus induction of local



- patchouli plants (*Pogostemon cablin* Benth.). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 583: 012003, doi:10.1088/1755-1315/583/1/012003.
- Müller, D. and O. Leyser. 2011. Auxin, cytokinin and the control of shoot branching. *Annals of Botany* 107(7): 1203-1212.
- Pérez, A., L. Nápoles, C. Carvajal, M. Hernandez and J.C. Lorenzo. 2004. Effect of sucrose, inorganic salts, inositol, and thiamine on protease excretion during pineapple culture in temporary immersion bioreactors. *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant* 40: 311-316.
- Su, Y.H., Y.B. Liu and X.S. Zhang. 2011. Auxin-cytokinin interaction regulates meristem development. *Molecular Plant* 4(4): 616-625.
- Takahashi, N. and M. Umeda. 2014. Cytokinins promote onset of endoreplication by controlling cell cycle machinery. *Plant Signaling & Behavior* 9: e29396, doi: 10.4161/psb.29396.
- Tewtrakul, S., A. Itharat and P. Rattanasuwan. 2006. Anti-HIV-1 protease- and HIV-1 integrase activities of Thai medicinal plants known as Hua-Khao-Yen. *Journal of Ethnopharmacology* 105(1-2): 312-315.
- Thirugnanasampandan, R., V.N. Mutharai and V. Narmatha Bai. 2009. *In vitro* propagation and free radical studies of *Smilax zeylanica* Vent. *African Journal of Biotechnology* 8(3): 395-400.
-



## คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ (ต่อ)

1.7 กรณีอ้างอิงเป็นภาษาอื่น เช่น ภาษาไทย ต้องแปลเป็นภาษาอังกฤษ และเปลี่ยนปี พ.ศ. เป็น ปี ค.ศ.

1.8 กรณีเป็นหน่วยงาน ได้แก่ หน่วยงานราชการ สมาคม สถาบัน สำนักงาน ฯลฯ ให้ใช้ชื่อหน่วยงานเต็มในการอ้างอิงทั้งบทความ ตัวอย่าง (Department of Agricultural Extension, 1995).....

1.9 กรณีมีผู้แต่งที่มีทั้งบุคคลและเป็นหน่วยงาน ให้ใส่ชื่อผู้แต่งตามด้วยหน่วยงาน และใช้ ( ) คั่นระหว่างชื่อผู้แต่งและหน่วยงาน

### 2. การเขียนเอกสารอ้างอิง มีรูปแบบการเขียนมีดังนี้

**วารสาร (Journals)** อ้างอิงวารสารที่มีความทันสมัยและเป็นปัจจุบันมากที่สุด

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

TH: Muthita, W. and N. Kuanprasert. 2004. Cytogenetics and flower color inheritance of fuchsias. *Journal of Agriculture* 20(1): 10-18. (in Thai)

EN: 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.

ในกรณีที่เว็บไซต์วารสารออนไลน์ ไม่สามารถระบุเลขหน้าเริ่มต้นและเลขหน้าสิ้นสุดได้ ให้ระบุ doi แทน

EN: Bukhari, T., W. Takken and C.J.M. Koenraadt. 2011. Development of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* formulations for control of malaria mosquito larvae. *Parasites & Vectors* 4: 23, doi: 10.1186/1756-3305-4-23.

**หนังสือ และตำรา (Books & Textbooks)**

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

TH: Ek-amnuay, P. 2016. Diseases and Pests of Economic Importance. 5<sup>th</sup> ed. Amarin Printing and Publishing PCL, Bangkok. 704 p. (in Thai)

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

**เรื่องย่อในตำราหรือหนังสือที่มีผู้เขียนแยกเรื่องเขียน และมีบรรณาธิการ**

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

TH: Krairiksh, S. and W. Namruangsi. 1997. Integrated pest control of mango. pp. 137-144. In: K. Jumroenma (ed.). *Integrated Pest Control*. The Agricultural Cooperative Federation of Thailand, Ltd., Bangkok. (in Thai)

EN: 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.

**รายงานการประชุม สัมมนา (Reports and Proceedings)**

ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่องย่อ. หน้า เลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าที่สิ้นสุด. ใน: รายงานการประชุม สัมมนา. สถานที่จัดประชุม.

TH: Tantarawongsa, P. and D. Ketrot. 2017. Diuron residue in soils under pineapple cultivation. pp. 17-24. In: *Proceedings of 55<sup>th</sup> Kasetsart University Annual Conference: Plants, Animals, Veterinary Medicine, Fisheries, Agricultural Extension and Home Economics*, Bangkok. (in Thai)

EN: 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.

**วิทยานิพนธ์ (Thesis)**

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

TH: Maneepong, A. 2004. Effects of ozone treatments on postharvest quality and pesticide residue of Mandarin cv. Sai Nam Pung. M.S. Thesis. Chiang Mai University, Chiang Mai. 100 p. (in Thai)

EN: Liquido, N.J. 1982. Population ecology of *Cyrtorhinus lividipennis* Reuter (Heteroptera: Miridae). Ph.D. Dissertation. University of Hawaii, Honolulu. 175 p.

**เอกสารวิชาการอื่น ๆ**

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

TH: Shutsrirung, A., C. Santasup and K. Kunasakdakul. 2010. Screening of bio-organic inputs for high quality tea production. Final Report. The Thailand Research Fund, Bangkok. 109 p. (in Thai)

EN: Siriphontangmun, S., U. Nounart, S. Rounchaiapikun and S. Srijuntra. 2016. Insect Pests of Vegetable, Mushroom and Cut Flower. Technical Document. Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture, Bangkok. 74 p. (in Thai)

**สื่ออิเล็กทรอนิกส์**

ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่อง. (ระบุออนไลน์). แหล่งข้อมูล: ที่อยู่ของไฟล์หรือเว็บไซต์ (URL) (เดือน วันที่, ปีที่ สืบค้นข้อมูล).

(ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลปีที่ตีพิมพ์ ให้ระบุเป็นปีที่เข้าไปสืบค้นข้อมูล)

TH: Department of Agricultural Extension. 2005. Hydroponics. (Online). Available: <http://www.doae.go.th/proster/nondin/htm> (April 21, 2005). (in Thai)

EN: Marja, L.L. 2000. How Mycostop<sup>®</sup> acts in the control of fungal plant diseases. (Online). Available: [http://www.shkagro.com/otros/efecto\\_funcicida.pdf](http://www.shkagro.com/otros/efecto_funcicida.pdf) (April 1, 2016).

**การส่งต้นฉบับเพื่อตีพิมพ์**

โปรดตรวจสอบบทความต้นฉบับให้เป็นไปตามคำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ พร้อมแนบแบบฟอร์มนำส่งบทความเพื่อพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารเกษตร (<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/joacmu/information/authors>) โดยนำส่งบทความผ่านทาง online เท่านั้น ที่ <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/joacmu/index>

**การพิจารณาบทความ**

1) ต้นฉบับที่ไม่ปฏิบัติตามคำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับของวารสารเกษตร จะไม่ได้รับการพิจารณา

2) ทุกบทความที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารเกษตร ต้องผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ ไม่น้อยกว่า 3 ท่าน

3) กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการตรวจและแก้ไขบทความทุกเรื่องที่เราเห็นสมควรตีพิมพ์ในวารสารเกษตร (The Editorial Board claims a right to review and correct all articles submitted for publishing in Journal of Agriculture)

4) หากบทความใดขาดการติดต่อเกิน 6 เดือน กองบรรณาธิการจะดำเนินการลบบทความดังกล่าวออกจากระบบ ThaiJo 2.0 เพื่อให้การจัดทำวารสารเกษตรเป็นไปด้วยความเรียบร้อยและมีคุณภาพ

5) ผู้เขียนไม่สามารถดำเนินการร้องขอเพิ่มชื่อผู้เขียนบทความหรือขอลบชื่อผู้เขียนบทความในวารสารเกษตรได้ หากมีความประสงค์ที่จะเปลี่ยนชื่อ First author หรือ Corresponding author สามารถดำเนินการได้ (เปลี่ยนชื่อภายในบทความเท่านั้น ไม่สามารถเพิ่มหรือเปลี่ยนเป็นชื่อผู้เขียนท่านอื่นนอกเหนือจากที่ปรากฏในบทความต้นฉบับได้) ทั้งนี้ การร้องขอเปลี่ยนแปลงดังกล่าว สามารถดำเนินการได้ในช่วงกระบวนการพิจารณาบทความเท่านั้น หากได้รับเอกสารตอบรับการตีพิมพ์เรียบร้อยแล้วไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้

**สำนักงานและการติดต่อสอบถาม (Office and Inquiries)**

กองบรรณาธิการวารสารเกษตร

งานบริหารงานวิจัยและวิเทศสัมพันธ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
จ.เชียงใหม่ 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, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand Tel: 0 5394 4089-92 ext. 12

Fax: 0 5394 4089-92 ext. 12 Email: [agjournal22@gmail.com](mailto:agjournal22@gmail.com)

# JOURNAL OF AGRICULTURE

A Technical Journal of Faculty of Agriculture, Chiang Mai University

Volume 39, Issue 1 January - April 2023

Suitability of Egg Laying Media and Egg Collecting Techniques for House Cricket Farming Jiraphat Tasee Piyawan Suttiaprapan and Jiraporn Kulsarin.....	1
Control of Coffee Bean Weevil ( <i>Araecerus fasciculatus</i> ) Using Radio Frequency Chitlada Charuhirunroch On-Uma Ruangwong Angsana Akarapisan Nadthawat Muenmanee and Yaowaluk Chanbang.....	11
Bioproducts from Biofilm Culture Filtrate and Spore of <i>Streptomyces albus</i> Strain CEN26 Against <i>Phytophthora infestans</i> Causing Tomato Late Blight Wisit Jaroenueng and Kaewalin Kunasakdakul.....	23
Participatory Descriptive Diagram for Irrigation Management in Left Main Canal Scheme, Chiang Rai Province Pattana Kayachai and Chanchai Sangchyoswat.....	37
Effects of Post-insemination Progesterone Supplementation on Pregnancy in Repeat-breeder Lactating Dairy Cows Ittipol Saklo Watee Kongbuntad Anon Paserakung Wannaluk Thaworn and Wiwat Pattanawong.....	49
Effects of Sugarcane Filter Cake on Soil Chemical Properties of Soil Series Group No.35, Chiang Mai Province Jiraporn Inthasan Tanjitra Suwanpingka and Chatprawee Dechjiraratthanasiri.....	59
Morphological Diversity of 28 Sugarcane Varieties from Thailand Germplasm Supansa Chinaworn Pichai Boodseephum and Anupong Wongtamee.....	71
Evaluation of Fruit Quality and Principal Component Analysis of Spongy Tissue Symptom in 'Namdokmai Sithong' Mango Jutamas Sanguansub On-Uma Ruangwong Pimjai Seehanam Phonkrit Maniwara and Chantalak Tiyyon.....	81
Effects of Night-break and Fertilizer Rates on Growth and Development of Cutter ( <i>Symphotrichum ericoides</i> ) Suchanuch Jaipinta Chaiartid Inkham Kanokwan Panjama and Soraya Ruamrungsri.....	91
<i>In vitro</i> Propagation of Medicinal Plant <i>Smilax corbularia</i> Kunth Therdsak Thonnalak Vachira Choommongkol and Threeraphol Senphan.....	105