Journal of Agricultural Research and Communications

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ปีที่ 41 ฉบับที่ 1 มกราคม-เมษายน 2568

การคัดเลือกสายพันธุ์ฟักทองพื้นเมืองแบบสกัดสายพันธุ์
และจดบันทึกประวัติเพื่อให้ได้ปริมาณผลผลิตและคุณภาพสูง
จานุลักษณ์ ขนบดี ภัทราภรณ์ ศรีสมรรถการ และ พรพนา จินาวงค์.....1

การเก็บรวบรวมและคัดเลือกสายพันธุ์เห็ดยานาง (*Agrocybe cylindracea*)
เพื่อใช้ในการพัฒนาสายพันธุ์
จิตรา กิตติโมรากุล ธนภักษ์ อินยอด วิภาวี ชั้นโรจน์
ภรณี สว่างศรี และ รัชฎาภรณ์ ทองเหม.....11

การขยายพันธุ์มะแหลบโดยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ
พัชราวดี วัฒนวิกย์กิจ และ ภัทราภรณ์ ศรีสมรรถการ 23

การคัดเลือกข้าวลูกผสมระหว่างพันธุ์แสง 5 และพันธุ์ปทุมธานี 1
เพื่อเพิ่มปริมาณสารฟีนอลิกและผลผลิตในชั่วที่ 4 และชั่วที่ 5
เกริกเกียรติ ปัญญาหล้า ชนากานต์ เทโบลต์ พรมอุทัย
ต่อนภา ผุสดี และ ศันสนีย์ จำจด.....35

ผลของระบบการให้น้ำต่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
สายพันธุ์แท้ตากฟ้า 1 ในชุดดินลพบุรี
ณัฐกิตติ์ เพชรหมื่นไว ศิวิไล ลาภบรรจบ การิตา จงเจือกลาง สามัคคี จงฐิตินนท์
สมนึก คงเทียน อภิชาติ สุพรรณรัตน์ และ สุณีย์ ชมชิด.....49

ISSN XXXX-XXXX (Online)
TCI

คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ

เรื่องที่ตีพิมพ์

1. เป็นบทความวิจัย บทความปริทัศน์ หรือบทความวิชาการทางด้านเกษตรศาสตร์และสาขาที่เกี่ยวข้อง

2. ต้องไม่เคยได้รับตีพิมพ์มาก่อน (ต้นฉบับ หรือส่วนหนึ่งส่วนใดของต้นฉบับ) และต้นฉบับต้องไม่ได้อยู่ระหว่างกระบวนการพิจารณาลงตีพิมพ์ในวารสารหรือสิ่งตีพิมพ์อื่นใด

การเตรียมต้นฉบับ

1. **ภาษา** เป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ

2. **การพิมพ์**

1) พิมพ์หน้าเดียวบนกระดาษขนาด A4 พิมพ์แนวตั้ง (portrait orientation) ด้วยโปรแกรมไมโครซอฟต์ เวิร์ด (Microsoft Word for Windows) ตัวอักษรใช้ Cordia New โดยทั่วไปใช้ระยะบรรทัดปกติคือ 1 เท่า หรือ Single ความยาวต้นฉบับไม่เกิน 10 -12 หน้า

2) ชื่อเรื่องให้พิมพ์ด้วยตัวอักษร Cordia New ขนาด 18 points พิมพ์ตัวหนา (bold) และจัดกึ่งกลางหน้า กระดาษสำหรับชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ 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 ให้พิมพ์ตัวหนาและจัดชิดซ้าย

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* และหลังจากนั้นถ้ามีการระบุชื่อนี้อีกให้ย่อชื่อสกุล โดยเขียนเป็น *M. incognita*

11) คำว่า *et al.* และ *P* (*P*-value) ให้พิมพ์เอน

ข้อแนะนำการใช้ภาษา

1) ใช้คำศัพท์ตามพจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน และประกาศของราชบัณฑิตยสภา

2) การเขียนชื่อเฉพาะหรือคำแปลจากภาษาต่างประเทศ ควรพิมพ์ภาษาเดิมของชื่อนั้นๆ ไว้ในวงเล็บในครั้งแรกที่ปรากฏในบทความ โดยพิมพ์เป็นอักษรตัวพิมพ์เล็กทั้งหมด ยกเว้นชื่อเฉพาะให้พิมพ์เฉพาะอักษรตัวแรกเป็นตัวพิมพ์ใหญ่

3) ไม่ควรใช้ภาษาต่างประเทศถ้ามีภาษาไทยใช้อยู่แล้ว

4) รักษาความสม่ำเสมอในการใช้คำ คำศัพท์ และตัวย่อ โดยตลอดทั้งบทความ

การเรียงลำดับหัวข้อ ให้เรียงตามลำดับดังนี้

1. **ชื่อเรื่อง (Title)** ควรสั้น ชัดเจน และต้องสื่อเป้าหมายหลักของการศึกษาวิจัย ระบุชื่อเรื่องทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ต้นฉบับที่เป็นภาษาไทยให้พิมพ์ชื่อเรื่องเป็นภาษาไทยก่อน แล้วตามด้วยชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ ต้นฉบับที่เป็นภาษาอังกฤษให้พิมพ์ชื่อเรื่องเป็นภาษาอังกฤษก่อน แล้วตามด้วยชื่อเรื่องภาษาไทย

2. **ชื่อผู้เขียน** ใช้ชื่อผู้เขียนเต็มและระบุชื่อผู้เขียนทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ใส่เครื่องหมายดอกจัน (*) กำกับไว้ที่ท้ายนามสกุลของผู้เขียนที่ให้ติดต่อ (corresponding author)

3. **ที่อยู่ หรือสังกัด** ระบุที่อยู่หรือสังกัดทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ หากที่อยู่หรือสังกัดมีหลายแห่ง ให้พิมพ์ภาษาไทยของที่อยู่หรือสังกัดแห่งแรกก่อนแล้วตามด้วยภาษาอังกฤษ จากนั้นพิมพ์ภาษาไทยของที่อยู่หรือสังกัดแห่งที่สองแล้วตามด้วยภาษาอังกฤษ ผู้เขียนมีหลายคนและมีที่อยู่หรือสังกัดแตกต่างกัน ให้ใช้เลขตัวยก (superscript) ที่ต่างกันกำกับไว้ท้ายนามสกุลของผู้เขียนทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ผู้เขียนคนเดียว หรือหลายคนแต่มีที่อยู่หรือสังกัดเดียวกัน ไม่ต้องใช้เลขตัวยก (superscript) กำกับท้ายนามสกุลของผู้เขียน ผู้เขียนเป็นนักศึกษา ให้ระบุที่อยู่หรือสังกัดตามหลักสูตรของนักศึกษา บรรทัดถัดจากที่อยู่ ให้พิมพ์ที่อยู่อีเมล์ (email address) ของผู้เขียนที่ให้ติดต่อ (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 อาจรวมการตรวจเอกสาร (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 ควรเชื่อมโยงกับผลการศึกษาว่าสอดคล้องกับสมมุติฐาน หรือแตกต่างไปจากผลงานวิจัยที่มีผู้รายงานไว้ก่อนหรือไม่อย่างไรและด้วยเหตุใด โดยมีพื้นฐานการอ้างอิงที่เชื่อถือได้

5.4 **สรุป (Conclusion)** เป็นการสรุปผลที่ได้รับจากการศึกษาวิจัย อาจมีข้อเสนอแนะหรือระบุอุปสรรคและแผนงานวิจัยที่จะดำเนินการต่อไป

5.5 **กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)** อาจมีหรือไม่มีก็ได้ เป็นการแสดงความขอบคุณแก่ผู้ให้ทุนวิจัย หรือผู้ที่ช่วยเหลือในงานวิจัย แต่ไม่ได้เป็นผู้ร่วมงานวิจัย

5.6 **เอกสารอ้างอิง (References)** ให้เรียงเอกสารตามตัวอักษรอังกฤษ

หลักการอ้างอิงและการเขียนเอกสารอ้างอิง

สืบเนื่องจากวารสาร มีความประสงค์ที่จะพัฒนาคุณภาพวารสารเพื่อปรับเข้าสู่ฐานข้อมูล ACI (ASEAN Citation Index) ซึ่งมีข้อกำหนดเกี่ยวกับรูปแบบในการจัดทำ เอกสารอ้างอิง (reference) โดยต้องจัดทำเป็นภาษาอังกฤษทั้งหมด ทั้งในเนื้อเรื่องและท้ายบทความ โดยหลักการอ้างอิงและการเขียนเอกสารอ้างอิง มีดังนี้

1. **การอ้างอิงในเนื้อเรื่อง** ระบบที่ใช้ในการอ้างอิงคือ ระบบชื่อ และปี (Name-and-year System) ให้ใช้ชื่อสกุล 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 ให้เรียงลำดับตามตัวอักษรภาษาอังกฤษและใช้ (;) 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)……

(ดูคำแนะนำการเขียนเอกสารอ้างอิง การส่งต้นฉบับเพื่อตีพิมพ์ และการพิจารณาบทความได้ที่ปกหลังด้านใน)

JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH AND COMMUNICATIONS

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 สันธทรัพย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	Vice Editor	Choochad Santasup, Ph.D., Assist. Prof. Chiang Mai University
กองบรรณาธิการ ฝ่ายวิชาการ	ผศ.ดร. บุศรา ลิ้มนิรันดร์กุล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	Editorial Board (Academic)	Budsara Limnirankul, Ph.D., Assist. Prof. Chiang Mai University
	ผศ.ดร. จิรวรรณ กิจชัยเจริญ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่		Jirawan Kitchaicharoen, Ph.D., Assist. Prof. Chiang Mai University
	ศ.ดร. ชนากานต์ เทโบลต์ พรมอุทัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่		Chanakan Thebault Prom-u-thai, Ph.D., Prof. Chiang Mai University
	รศ.ดร. ต่อนภา ผุสดี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่		Tonapa Pusadee, Ph.D., Assoc. Prof. Chiang Mai University
	ผศ.ดร. ฉันทลักษณ์ ติยายน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่		Chantalak Tiyayon, Ph.D., Assist. Prof. Chiang Mai University
	ผศ.ดร. พิมพ์ใจ สีหะนาม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่		Pimjai Seehanam, Ph.D., Assist. Prof. Chiang Mai University
	ผศ.ดร. เยาวลักษณ์ จันทร์บาง มหาวิทยาลัยเชียงใหม่		Yaowaluk Chanbang, Ph.D., Assist. Prof. Chiang Mai University
	ผศ.ดร. อรอุมา เรืองวงษ์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่		On-Uma Ruangwong, Ph.D., Assist. Prof. Chiang Mai University
	รศ.ดร. เสาวลักษณ์ แย้มหมื่นอาจ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่		Saowaluck Yammuen-art, Ph.D., Assoc. Prof. Chiang Mai University
	ผศ.ดร. มินตรา ศีลอุดม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่		Mintra Seel-audom, Ph.D., Assist. Prof. Chiang Mai University
	อ.ดร. มนตรี แสนวังสี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่		Montri Sanwangsri, Ph.D. Chiang Mai University

	รศ.ดร. พิชญา พูลลาภ		Pichaya Poonlarp, Ph.D., Assoc. Prof.
	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่		Chiang Mai University
	รศ.ดร. รุจ ศิริสัญลักษณ์		Ruth Sirisunyaluck, Ph.D., Assoc. Prof.
	ข้าราชการเกษียณอายุ		Retired government official
	รศ.ดร. ไสว บูรณพานิชพันธุ์		Sawai Buranapanichpan, Ph.D., Assoc. Prof.
	ข้าราชการเกษียณอายุ		Retired government official
	ศ. ญาณวิทย์ ดร. เมธา วรรณพัฒน์		Metha Wanapat, Ph.D., Prof.
	มหาวิทยาลัยขอนแก่น		Khon Kaen University
	ศ.ดร. อังศุมาลย์ จันทราปัตย์		Angsumarn Chandrapatya, Ph.D., Prof.
	ข้าราชการเกษียณอายุ		Khon Kaen University
	ศ.ดร. สุชีลา เตชะวงค์เสถียร		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.
	มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช		Sukhothai Thammathirat Open University
	ศ.ดร. เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน		Kriangsak Mengumphan, Ph.D., Prof.
	ข้าราชการเกษียณอายุ		Retired government official
	รศ.ดร. ธีรนุช เจริญกิจ		Theeranuch Jaroenkit, Ph.D., Assoc. Prof.
	มหาวิทยาลัยแม่โจ้		Maejo University
	ผศ.ดร. ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร		Pathipan Sutigoolabud, Ph.D., Assist. Prof.
	มหาวิทยาลัยแม่โจ้		Maejo University
	รศ.ดร. เพ็ญพร เจนการกิจ		Penporn Janekarnkij, Ph.D., Assoc. Prof.
	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์		Kasetsart University
	รศ.ดร. ไชยวรรณ วัฒนจันทร์		Chaiyawan Wattanachant, Ph.D., Assoc. Prof.
	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์		Prince of Songkla University
	ผศ.ดร. เสาวคนธ์ วัฒนจันทร์		Saowakon Wattanachant, Ph.D., Assist. Prof.
	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์		Prince of Songkla University
กองบรรณาธิการ	นางลาลิตยา นุ่มมีศรี	Editorial Board	Lalitaya Nummisri
ฝ่ายการจัดการ	นายมานพ เปี้ยพรรณ์	(Management)	Manop Pearpun
	นางสาวศิริลักษณ์ ใจเหล็ก		Sirilak Chailek

บทบรรณาธิการ

สวัสดีท่านผู้อ่านทุกท่าน วารสาร Journal Of Agricultural Research And Communications ฉบับนี้เป็นวารสารปีที่ 41 ฉบับที่ 1 ประจำเดือนมกราคม – เมษายน พ.ศ. 2568 ซึ่งเป็นฉบับแรกของปีที่ 41 โดยประกอบด้วยบทความทางวิชาการที่มีต้นฉบับเป็นภาษาไทย จำนวน 5 เรื่อง ประกอบด้วย สาขาวิชาพืชสวน 3 เรื่อง สาขาวิชาส่พืชไร่ 2 เรื่อง

ทางวารสาร Journal Of Agricultural Research And Communications เปิดรับบทความวิชาการทางเกษตร วิทยาศาสตร์เกษตร และสาขาที่เกี่ยวข้อง ผู้ที่สนใจส่งบทความเพื่อตีพิมพ์ในวารสาร สามารถหาข้อมูลเพิ่มเติมได้จากเว็บไซต์วารสาร https://li01.tci-thaijo.org/index.php/joacmu/index หรือสามารถติดต่อมายังกองบรรณาธิการได้ที่ E-mail : agjournal22@gmail.com ขอให้ทุกท่านมีความสุข สุขภาพแข็งแรง ส่งผลงานวิจัยมาตีพิมพ์กันนะคะ และพบกันฉบับต่อไปค่ะ

รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐา โพธาภรณ์
บรรณาธิการวารสาร

การคัดเลือกสายพันธุ์ฟักทองพื้นเมืองแบบสกัดสายพันธุ์ และจดบันทึกประวัติเพื่อให้ได้ปริมาณผลผลิตและคุณภาพสูง

Selection of Local Pumpkin Varieties by Inbred Line Selection and Pedigree Method for High Yield and Quality

จานุลักษณ์ ขนบดี[1*] ภัทราภรณ์ ศรีสมรรถการ[2] และ พรพนา จินาวงค์[2]

Chanulak Khanobdee[1*], Pattharaporn Srisamatthakarn[2] and Pornpana Jinawong[2]

[1] สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 98 หมู่ 8 ต. ป่าป้อง อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่ 50220

[1] Research and Development Institute, Rajamangala University of Technology Lanna, 98 Moo 8, Papong, Doi Saket, Chiang Mai 50220, Thailand

[2] สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 202 ต. พิชัย อ. เมือง จ. ลำปาง 52000

[2] Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna, 202 Pichai, Mueang, Lampang 52000, Thailand

**Corresponding author: Email: januluk@yahoo.com*

(Received: 22 April 2024; Accepted: 29 January 2025)

Abstract: The heirloom cultivars of pumpkin in Thailand are diverse and valuable for conservation and utilization. Selection of lines for the creation of hybrids is a method of use in the seed industry. The objective of this study was to select the 4th and 5th generations of local pumpkin lines, which were selected by inbred line selection and pedigree methods. Thirty-one lines of the 4th and 5th generations and seventeen lines of 4th and 5th generations of PKT/CMO439 pedigree method lines and 9 standard cultivars were grown to determine for yield, yield components, and quality using RCB design with 3 blocks during October 2022 to April 2023. The results showed the significant differences of all traits except harvesting period. In the evaluation, 13 lines with yields per rai and fruit weight of more than 1.4 tons and 1.7 kg, 21 varieties with a solid content of more than 20.0%, and 5 varieties with a raw pulp total soluble solid content of more than 11.0% were selected. By the independent culling selection was able to select 15 lines from inbred line selection and the pedigree method of 7 and 8 lines, respectively. The selected lines from inbred line selection had higher qualities than the selected lines from the pedigree method. Those qualities included solid content equal to 20.6 and 19.2%. The total soluble solid contents of raw and cooked flesh were 10.1 and 8.0 with 11.1 and 8.7%, respectively. The selected lines can be tested for combining ability in order to select high yield and quality crosses for creating hybrids that are suitable for the seed industry.

Keywords: Pumpkin, *Cucurbita moschata* Duch. ex Poir, plant breeding, yield, quality

Copyright @ Journal of Agricultural Research and Communications. All rights reserved.

บทคัดย่อ: ฟักทองพันธุ์พื้นเมืองของไทยมีความหลากหลายทางพันธุกรรม และมีคุณค่าแก่การอนุรักษ์และใช้ประโยชน์ การคัดเลือกสายพันธุ์เพื่อการสร้างพันธุ์ลูกผสมเป็นแนวทางการใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมเมล็ดพันธุ์ การทดลองนี้จึงมี วัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ฟักทองพันธุ์พื้นเมืองแบบสกัดสายพันธุ์และจดบันทึกประวัติชั่วที่ 4 และ 5 จำนวน 31 สายพันธุ์ และ 17 สายพันธุ์ จากการคัดเลือกแบบจดบันทึกประวัติของคู่ผสม PKT/CMO439 ชั่วที่ 4 และ 5 ร่วมกับพันธุ์มาตรฐาน 9 พันธุ์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ จำนวน 3 บล็อก ระหว่างตุลาคม 2565 ถึง เมษายน 2566 พบว่า ลักษณะผลผลิต องค์ประกอบของผลผลิต และลักษณะคุณภาพทางกายภาพและเคมีทุกลักษณะที่ศึกษามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้น ช่วงเวลาเก็บเกี่ยว การประเมินคัดเลือก 13 สายพันธุ์ ที่ให้ผลผลิตต่อไร่และน้ำหนักผลมากกว่า 1.4 ตัน และ 1.7 กิโลกรัม และพบว่ามีจำนวน 21 สายพันธุ์ที่มีปริมาณของแข็งมากกว่า ร้อยละ 20.0 และ 5 สายพันธุ์ มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเนื้อดิบมากกว่าร้อยละ 11.0 การคัดเลือกอย่างอิสระ (independent culling selection) สามารถคัดเลือกได้ 15 สายพันธุ์ จากการสกัดสายพันธุ์และแบบจดบันทึกประวัติ จำนวน 7 และ 8 สายพันธุ์ ตามลำดับ พบว่า สายพันธุ์จากการสกัดมีค่าเฉลี่ยของคุณภาพมากกว่าสายพันธุ์ที่คัดเลือกแบบจดบันทึกประวัติ ได้แก่ ปริมาณของแข็ง เท่ากับ ร้อยละ 20.6 และ 19.2 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของเนื้อดิบและเนื้อนึ่งสุกเท่ากับ ร้อยละ 10.1 และ 8.0 กับ ร้อยละ 11.1 และ 8.7 ตามลำดับ สายพันธุ์ที่ได้รับการคัดเลือกสามารถนำไปทดสอบสมรรถนะการผสม เพื่อคัดเลือกคู่ผสมที่ให้ผลผลิตและคุณภาพสูงสำหรับสร้างเป็นพันธุ์ลูกผสมที่เหมาะสมสำหรับอุตสาหกรรมเมล็ดพันธุ์ต่อไป

คำสำคัญ: ฟักทอง การปรับปรุงพันธุ์พืช ผลผลิต คุณภาพ

คำนำ

ฟักทองเป็นพืชผสมข้ามตามธรรมชาติและพบการเสื่อมถอยทางพันธุกรรมน้อย ลักษณะความดีเด่นเหนือพ่อแม่ระหว่าง ร้อยละ 40 - 44 (Wehner, 1999) การปรับปรุงพันธุ์ฟักทองนิยมการคัดเลือกพันธุ์โดยสกัดสายพันธุ์แท้ (inbred line selection) หรือการคัดเลือกแบบวงจร (recurrent selection) การคัดเลือกต้นที่มีลักษณะที่ต้องการและผสมตัวเองรุ่นต่อรุ่นจนได้สายพันธุ์แท้ จากนั้นนำไปสร้างเป็นพันธุ์ลูกผสมเดี่ยว (single cross) พันธุ์การค้าไม่นิยมผลิตเป็นพันธุ์ลูกผสมสามทางหรือลูกผสมคู่ ส่วนการปรับปรุงพันธุ์แบบบันทึกประวัติ (pedigree method) และคัดเลือกแบบหมู่ (mass selection) สามารถเพิ่มความสม่ำเสมอให้ประชากรของพันธุ์ผสมปล่อย และสามารถใช้วิธีผสมกลับ (back cross) กับพันธุ์หรือสายพันธุ์ที่มีลักษณะดี โดยทั่วไปแล้วลักษณะที่เป็นวัตถุประสงค์ของการปรับปรุงพันธุ์ฟักทอง ได้แก่ ปริมาณผลผลิตสูง การแสดงดอกเพศเมียสูง (gynoecious type) การทดสอบพันธุ์ในระยะแรก ๆ มักจะใช้วิธีคัดด้วยสายตาในลักษณะที่มองเห็นได้ เช่น ลักษณะผลและสีผล สม่ำเสมอ ต้านทานต่อโรคและแมลง เป็นต้น ตลาดของฟักทองให้ความสำคัญต่อผลผลิตและคุณภาพการบริโภคที่สม่ำเสมอ พันธุ์ลูกผสมที่มีคุณภาพการบริโภคสูง รสชาติเนื้อเหนียวและหวาน ปริมาณของแข็งสูงและสีเนื้อสีเข้ม ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้สูง ได้รับความนิยมในอุตสาหกรรมเมล็ดพันธุ์ของโลก (Khanobdee, 2020; Paris, 2016) การศึกษายีนที่ควบคุมลักษณะเศรษฐกิจของฟักทองจำนวน 173 ลักษณะ และมี 30 ยีน ซึ่งควบคุมลักษณะสารพฤกษเคมี (Paris and Padley, 2014) การถ่ายทอดพันธุกรรมของสารพฤกษเคมี เช่น ปริมาณของแข็ง แคโรทีนอยด์ วิตามินซี แคลเซียม และเหล็ก เป็นยีนแบบข่ม (over dominance) จึงทำให้การใช้ประโยชน์ความดีเด่นเหนือพ่อแม่เพื่อพัฒนาพันธุ์ลูกผสมเพื่อการค้าชัดเจนยิ่งขึ้น (Sirohi and Yayasani, 2001) ทั้งนี้ ลักษณะเชิงปริมาณ เช่น ผลผลิต ขนาดผล ปริมาณของแข็ง การประเมินพันธุ์ต้องทำหลายสภาพแวดล้อม สถานที่ ฤดูกาล และทำซ้ำเพื่อพิจารณาการปรับตัวของพันธุ์ (Loy, 2012)

การสร้างสายพันธุ์โดยการสกัดสายพันธุ์เป็นวิธีการผสมพันธุ์ระหว่างต้นพืชที่เกี่ยวข้องเป็นเครือญาติกันหรือบรรพบุรุษร่วมกัน โดยใช้วิธีการผสมเลือดชิดและวิธีการผสมตัวเอง (selfing) เป็นวิธีที่นิยมที่สุด เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการขจัดยีนแฝงซึ่งควบคุมลักษณะที่ไม่ต้องการออกไป สามารถเพิ่มความถี่ของยีนและเพิ่มระดับความคงตัวทางพันธุกรรมของยีนที่ดีในการคัดเลือกแต่ละชั่ว (Sleper and Poehlman, 2006) หรือการคัดเลือกพันธุ์ภายหลังการผสมพันธุ์ เช่น การคัดเลือกแบบจดบันทึกประวัติ ซึ่งการคัดเลือกลักษณะทางคุณภาพสามารถคัดเลือกได้ในชั่วต้น ๆ แต่ถ้าเป็นลักษณะเชิงปริมาณต้องรอคัดเลือกในชั่วหลัง ๆ จึงจะได้ผล เพื่อให้พืชมีความคงตัวทางพันธุกรรมสูงสุดก่อน ซึ่งจะอยู่ในชั่วที่ 6 ถึง 7 เป็นต้นไป (Khanobdee, 2020) Khanobdee *et al.* (2022a) รวบรวมเชื้อพันธุกรรมฟักทองพันธุ์พืชมรดกตกทอด “พันธุ์ไข่เน่า” ณ จ. น่าน ระหว่างตุลาคม 2562 ถึง ตุลาคม 2564 จำนวน 110 สายพันธุ์ พบว่า น้ำหนักผลน้อยกว่า 4.0 กิโลกรัม จำนวน ร้อยละ 87.7 ผลกลมหรือยาวปานกลาง ร้อยละ 67.9 ปริมาณของแข็งทั้งหมด ร้อยละ 16.7 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของเนื้อสดและนึ่งสุกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 11.1 และ 10.9 ตามลำดับ ต่อมา Khanobdee *et al.* (2024) ประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมลักษณะพฤกษเคมีของเชื้อพันธุกรรมฟักทองพันธุ์พืชมรดกตกทอด “พันธุ์ไข่เน่า” รวบรวมจาก จ. น่าน จำนวน 100 สายพันธุ์ ระหว่างตุลาคม 2562 ถึง ตุลาคม 2564 และคัดเลือกสายพันธุ์ ชั่วที่ 1 พบว่า ปริมาณของแข็งของกลุ่มเริ่มต้นและประเมินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 17.0 และ 14.7 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของเนื้อดิบและนึ่งสุกเท่ากับ ร้อยละ 11.0 และ 10.8 กับ 11.2 และ 11.5 Khanobdee *et al.* (2022b) รายงานการคัดเลือกสายพันธุ์ฟักทอง ชั่วที่ 2 คัดเลือกสายพันธุ์ CM0420-1-1 ซึ่งมีน้ำหนักผลสูงสุดเท่ากับ 3.1 กิโลกรัม ผลกลมหรือผลยาวปานกลาง ปริมาณของแข็ง ร้อยละ 18.9 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของเนื้อดิบและนึ่งสุกเท่ากับ ร้อยละ 13.4 และ 14.1 ตามลำดับ และคัดเลือกและประเมินพันธุ์ไข่เน่า ชั่วที่ 3 จำนวน 2 ฤดูกาล พบว่าคุณภาพทางเคมีและกายภาพของฟักทองในฤดูที่ 2 มีค่าสูงกว่าฤดูที่ 1 โดยมีปริมาณของแข็งร้อยละ 18.1 และ 16.3 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของเนื้อดิบและนึ่งสุกเท่ากับ ร้อยละ 14.7 และ 9.1 กับ 14.8 และ 8.6 ตามลำดับ พันธุ์ไข่เน่าให้ผลผลิตต่อไร่และน้ำหนักผลมากกว่าพันธุ์มาตรฐาน 1 และ 2 เท่ากับ 1.5, 1.1 และ 0.8 ตัน กับ 2.9, 2.1 และ 2.2 กิโลกรัม ตามลำดับ

การคัดเลือกอย่างอิสระ (independent culling level) มีหลักการคัดเลือกตั้งแต่ 2 ลักษณะขึ้นไป และมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ หากพันธุ์ใดที่มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานจะถูกคัดทิ้งไป วิธีการทำง่าย แต่จะซับซ้อนเมื่อมีการพิจารณาลักษณะต่าง ๆ มากขึ้น และหากมีความสัมพันธ์เชิงลบระหว่างลักษณะต่าง ๆ จึงควรพิจารณาลักษณะที่สำคัญบางประการ (Bernardo, 2010) Seangngern *et al.* (2012) ใช้วิธีการดังกล่าวในการคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวโพดไร่ กำหนดลักษณะในการคัดเลือกโดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยและสหสัมพันธ์ใน 2 ลักษณะ คือ คะแนนความเป็นโรคใบไหม้แผลใหญ่และน้ำหนักเมล็ดต่อไร่ กำหนดความเข้มข้นของการคัดเลือก (selection intensity) ร้อยละ 21 คัดเลือกได้ 4 พันธุ์ จากทั้งหมด 20 พันธุ์

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการคัดเลือกสายพันธุ์ฟักทองพื้นเมือง 2 วิธี คือ การคัดเลือกพันธุ์แท้ และการคัดเลือกแบบจดบันทึกประวัติ เพื่อสร้างสายพันธุ์ที่ให้ปริมาณผลผลิตและคุณภาพสูงสำหรับพัฒนาเป็นพันธุ์ลูกผสมเพื่อใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมเมล็ดพันธุ์

อุปกรณ์และวิธีการ

การรวบรวมเชื้อพันธุกรรมฟักทองซึ่งเป็นพันธุ์พืชมรดกตกทอด “พันธุ์ไข่เน่า” จากแปลงเกษตร ณ จ. น่าน ระหว่างตุลาคม 2562 ถึง ตุลาคม 2564 จำนวน 110 สายพันธุ์ (Khanobdee *et al.*, 2022a) จากนั้นปรับปรุงพันธุ์ 2 วิธี คือ การสกัดสายพันธุ์ ชั่วที่ 4 และ 5 จำนวน 31 สายพันธุ์ และการคัดเลือกแบบจดบันทึกประวัติ ระหว่างคู่ผสม PKT/CMO439 ซึ่งเป็นคู่ผสมระหว่างพันธุ์การค้ากับพันธุ์พื้นเมืองที่มีศักยภาพ

คัดเลือกถึง ชั่วที่ 4 และ 5 จำนวน 17 สายพันธุ์ ดำเนินการประเมินผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตร่วมกับพันธุ์มาตรฐานซึ่งเป็นพันธุ์การค้า จำนวน 9 พันธุ์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ 3 บล็อก จำนวน 12 ต้นต่อแปลงย่อย พื้นที่ศึกษา 3.5 ไร่ ระหว่างตุลาคม 2565 ถึง เมษายน 2566 ดำเนินการ ณ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร จ. ลำปาง โดยมีการเพาะปลูกและดูแล คือ เพาะกล้าและย้ายปลูกเมื่อต้นกล้าอายุ 7 ถึง 10 วัน ระยะปลูกระหว่างต้นและแถว 1.0 x 4.5 เมตร ปลูกแถวคู่ ขนาดแปลงย่อย 40 ตารางเมตร เตรียมพื้นที่โดยใส่ปุ๋ยรองพื้น คือ ปุ๋ยหมักอัตรา 1 ตัน/ไร่ ปุ๋ยแต่งหน้าใส่มูลไก่ อัตรา 200 กก./ไร่ หลังย้ายปลูก 10, 20 และ 40 วัน การให้น้ำใช้ระบบน้ำหยด ในการทดลองไม่พบศัตรูพืชที่มีผลต่อผลผลิต และเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่ออายุ 80 ถึง 100 วัน หลังย้ายปลูก

การบันทึกข้อมูลผลผลิตต่อไร่ องค์ประกอบของผลผลิต ได้แก่ น้ำหนักผล ขนาดผลและไส้ (เส้นผ่านศูนย์กลางและความยาว) อัตราส่วนของความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของผล ความหนาและบางของเนื้อบริเวณส่วนที่กว้างและบางที่สุดของเนื้อ อายุเก็บเกี่ยวและช่วงเวลาเก็บเกี่ยว ตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและเคมี ซึ่งคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ลักษณะเนื้อสัมผัสของฟักทองดิบและสุกโดยเครื่อง Force Gauge, Model FS 1001 บริษัท Lutron, Republic of China ค่าสีของเนื้อฟักทองดิบและสุกโดยแสดงเป็นค่า L* (lightness), a* (red-green) และ b* (yellow-blue) โดยใช้เครื่องวัดสี (3NH-NR200, Republic of China) คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมด โดยวิธี AOAC (2000) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของเนื้อฟักทองดิบและสุก โดยใช้เครื่องวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ยี่ห้อ Atago, N-32 ประเทศญี่ปุ่น

จากนั้นดำเนินการคัดเลือกสายพันธุ์อย่างอิสระ (Bernardo, 2010) ทั้งนี้โดยพิจารณาลักษณะที่สำคัญทางเศรษฐกิจของฟักทอง ได้แก่ ผลผลิตต่อไร่ น้ำหนักผล ปริมาณของแข็ง และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของเนื้อดิบและสุก ไม่น้อยกว่า 1.2 ตัน 1.5 กิโลกรัม ร้อยละ 14.6 และร้อยละ 7.0 และ 6.2 ตามลำดับ

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การประเมินสายพันธุ์ฟักทองพื้นเมืองที่คัดเลือกพันธุ์ 2 วิธี คือ การสกัดสายพันธุ์และการคัดเลือกแบบจดบันทึกประวัติ พบว่า ลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตทุกลักษณะที่ศึกษามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นช่วงเวลาเก็บเกี่ยว ค่าเฉลี่ยของผลผลิตต่อไร่ และน้ำหนักผลของสายพันธุ์ฟักทองพื้นเมืองและพันธุ์มาตรฐาน เท่ากับ 1.2 และ 1.1 ตัน กับ 1.7 และ 1.6 กิโลกรัม ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของขนาดผลและไส้ (เส้นผ่านศูนย์กลางและความยาว) ของสายพันธุ์ฟักทองพื้นเมืองและพันธุ์มาตรฐาน เท่ากับ 17.3 และ 17.8, 11.4 และ 9.2 กับ 11.9 และ 12.1, 7.5 และ 5.5 เซนติเมตร ตามลำดับ และค่าอัตราส่วนของความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางผล เท่ากับ 0.7 และ 0.5 ตามลำดับ ซึ่งจัดเป็นฟักทองที่ลักษณะผลกลมหรือผลยาวปานกลาง โดยสายพันธุ์พื้นเมืองมีความยาวผลมากกว่าพันธุ์มาตรฐาน ความหนาและบางของเนื้อ เท่ากับ 3.0 และ 3.4 กับ 1.4 และ 1.3 เซนติเมตร ตามลำดับ อายุเก็บเกี่ยวและช่วงเวลาเก็บเกี่ยวของสายพันธุ์พื้นเมืองนานกว่าพันธุ์มาตรฐาน เท่ากับ 92.5 และ 88.6 วัน หลังย้ายปลูก และ 12.2 และ 12.6 วัน ตามลำดับ การคัดเลือกสายพันธุ์ฟักทองตามลักษณะผลผลิตต่อไร่และน้ำหนักผลมากกว่า 1.2 ตัน และ 1.7 กิโลกรัม ซึ่งมากกว่าค่าเฉลี่ยของพันธุ์มาตรฐาน จำนวน 13 สายพันธุ์ และไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งคัดเลือกสายพันธุ์แบบสกัดสายพันธุ์และจดบันทึกประวัติ ได้จำนวน 6 และ 7 สายพันธุ์ ตามลำดับ (Table 1)

การศึกษาลักษณะคุณภาพทางกายภาพและเคมี พบว่า ทุกลักษณะที่ศึกษามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปริมาณของแข็งทั้งหมดของสายพันธุ์ที่คัดเลือกมีค่ามากกว่าพันธุ์มาตรฐาน เท่ากับร้อยละ 19.7 และ 18.8 ตามลำดับ และเนื้อสัมผัสของเนื้อฟักทองดิบและสุก เท่ากับ 10.5 และ 9.6 กับ 0.4 และ 0.3 กิโลกรัม ตามลำดับ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของเนื้อดิบและสุกมีค่าน้อยกว่าพันธุ์มาตรฐาน เท่ากับ 9.0 และ 9.6 กับ 9.6 และ 10.1 ตามลำดับ

ค่า L* ของสีเนื้อฟักทองดิบและนึ่งสุก ซึ่งแสดงถึงความสว่างของสีของสายพันธุ์มีค่ามากกว่าพันธุ์มาตรฐาน เท่ากับ 80.1 และ 78.8 กับ 58.6 และ 56.8 ตามลำดับ ในขณะที่ค่าสีแดง-สีเขียว (a*) ค่าเหลือง- สีน้ำเงิน (b*) ของเนื้อดิบและนึ่งสุก พบว่า สายพันธุ์ที่คัดเลือกมีค่าน้อยกว่าพันธุ์มาตรฐาน เท่ากับ 8.2 และ 10.2 กับ 2.1 และ 3.3, 32.4 และ 33.1 กับ 12.3 และ 13.3 ตามลำดับ แสดงว่าสายพันธุ์ที่คัดเลือกมีเนื้อสีเหลืองอมเขียวมากกว่าพันธุ์มาตรฐานที่มีเนื้อสีเหลืองอมส้ม

เนื่องจากค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งและปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของเนื้อดิบของสายพันธุ์ฟักทองพื้นเมือง เท่ากับ ร้อยละ 19.7 และ 9.0 และเชื้อพันธุกรรมฟักทองพันธุ์พืชมรดกตกทอด “พันธุ์ไข่เน่า” รวบรวมจาก จ. น่าน จำนวน 100 สายพันธุ์ พบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของเนื้อดิบและนึ่งสุก เท่ากับ ร้อยละ 11.0 กับ 11.2 (Khanobdee *et al*, 2024) จึงคัดเลือก 21 สายพันธุ์ ที่มีปริมาณของแข็งมากกว่า ร้อยละ 20 และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของเนื้อดิบมากกว่าร้อยละ 11.0 จำนวน 5 สายพันธุ์ ได้แก่ CM0421-2-4#-2-OP-4 KN, CM0421-2-4#-1-1 OP-2 KN, CM0421-2-1#-2-OP-1 KN, CM0421-4-2-2-5 KN และ CM0421-2-4#-1-1 OP-1 KN ในขณะที่สายพันธุ์ที่ได้จากการคัดเลือกแบบบันทึกประวัติมีปริมาณของแข็งสูงมากกว่าร้อยละ 22.0 แต่ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่ำกว่า ร้อยละ 10.0 ได้แก่ สายพันธุ์ (PKT/CMO439)-#-6-4-4 H และ (PKT/CMO439)-#-6-4-2 (Table 2)

การคัดเลือกอย่างอิสระของสายพันธุ์ฟักทองกำหนดลักษณะในการคัดเลือกโดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยและสหสัมพันธ์ในลักษณะที่ศึกษา สามารถกำหนดได้ 4 ลักษณะที่สำคัญทางเศรษฐกิจ คือ 1) ผลผลิตต่อไร่ 2) น้ำหนักผล 3) ปริมาณของแข็ง และ 4) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของเนื้อดิบและสุก กำหนดความเข้มข้นของการคัดเลือก (selection intensity) เป็นร้อยละ 31.3 คัดเลือกได้ 15 สายพันธุ์ จากทั้งหมด 48 สายพันธุ์ จากการคัดเลือกสายพันธุ์แบบสกัดสายพันธุ์และจดบันทึกประวัติ พบว่า มีฟักทองจำนวน 7 และ 8 สายพันธุ์ ที่ให้ผลผลิตต่อไร่มากกว่า 1.4 ตัน น้ำหนักผลระหว่าง 1.5 ถึง 2.6 กิโลกรัม ปริมาณของแข็ง ระหว่าง ร้อยละ 15.3 ถึง 27.0 และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของเนื้อดิบและนึ่งสุก เท่ากับ ร้อยละ 7 ถึง 12.0 และ 6.2 ถึง 12.0 ตามลำดับ (Table 3) ฟักทองที่มีปริมาณของแข็งสูงมีความสัมพันธ์กับปริมาณวิตามินซี น้ำตาล ฟีนอลรวม และฟลาโวนอยด์ในทางบวก (Javaherdashti *et al.*, 2012; Medelyaeva *et al.*, 2021) ดังนั้นการคัดเลือกผลผลิตต่อไร่ และลักษณะคุณภาพโดยเฉพาะปริมาณของแข็งและปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้จะทำให้เพิ่มผลผลิตและคุณภาพในการบริโภคร่วมกัน

Table 1. Yield and yield components of the 4th and 5th pumpkin inbred line selection and pedigree method lines were evaluated during October 2022 to April 2023

Number	Pedigree	Lines	Yield/rai	Fruit	Fruit size		Ratio	Flesh size		Thickness of flesh		Harvesting	
				weight	Diameter	Length	L/D	Diameter	Length	Thickness	Thinness	Date	Period
			(t)	(kg)	(cm)	(cm)		(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(day)	(day)
1	F_5	(PKT/CMO439)-#-6-4-2 KN	1.8 a[2/]	2.4 a-c	19.7 b-d	10.5 k-u	0.5	13.2 a-g	6.0 m-t	3.8 c-e	1.7 a-d	88.7 e-l	18.7
2	S_4	CM0420-2-10-2-1 KN	1.7 a-c	2.6 a	19.4 b-g	16.0 b	0.8	13.8 a-e	11.8 b	3.3 e-m	1.3 f-l	95.7 a-h	19.0
3	F_5	(PKT/CMO439)-#-6-4-5	1.7 a-c	2.2 a-e	19.9 bc	11.0 i-s	0.6	13.9 a-d	6.8 i-p	3.4 c-i	1.6 b-e	87.0 f-l	16.0
4	F_5	(PKT/CMO439)-#-6-4-3	1.7 a-d	2.1 a-g	19.7 b-e	10.0 o-x	0.5	13.1 a-h	6.1 m-t	3.6 c-g	1.5 b-j	94.3 b-i	20.3
5	F_5	(PKT/CMO439)-#-6-3-3 H	1.6 a-e	2.2 a-e	18.5 c-i	14.6 b-d	0.8	12.3 d-o	9.7 cd	3.3 e-m	1.7 a-c	91.3 d-l	19.0
6	S_4	CM0420-2-10-2-1	1.5 a-g	2.0 a-j	17.8 c-n	14.9 bc	0.8	12.1 e-o	10.2 c	3.3 e-m	1.4 d-k	88.0 e-l	14.7
7	S_4	CM0421-4-2-2-3 KN	1.4 a-h	1.7 d-n	17.3 c-p	11.2 h-r	0.6	11.8 f-p	6.9 h-o	3.0 e-q	1.6 b-e	94.3 b-i	16.0
8	S_5	CM0421-2-4#-2-OP-2 H, KN	1.4 a-i	1.9 b-k	17.8 c-n	11.7 g-o	0.7	11.9 f-p	7.6 f-l	3.0 e-q	1.5 b-i	95.7 a-h	8.3
9	S_5	CM0421-2-1#-2-OP-1 KN	1.4 a-h	1.8 c-m	18.6 c-i	10.2 n-w	0.5	12.2 d-o	6.7 j-q	3.4 c-j	1.4 d-k	85.7 g-l	21.7
10	F_5	(PKT/CMO439)-#-6-4-1 R	1.4 a-h	1.8 c-m	18.0 c-m	10.5 j-u	0.6	11.8 f-p	6.3 k-s	3.2 e-m	1.5 b-i	82.0 kl	14.3
11	S_4	CM0420-2-10-2-2	1.4 a-i	1.9 b-j	18.0 c-m	12.0 g-m	0.7	12.9 a-j	7.9 f-j	2.8 g-r	1.4 d-k	103.5 a-c	9.0
12	F_5	(PKT/CMO439)-#-6-4-3 R	1.4 a-i	2.2 a-f	19.6 b-f	12.2 f-k	0.6	14.0 a-c	7.6 f-l	3.1 e-n	1.5 b-i	93.3 b-j	17.0
13	F_5	(PKT/CMO439)-#-6-4-2	1.4 a-i	1.8 c-m	18.7 b-h	10.3 m-v	0.6	13.2 a-g	6.3 l-t	3.1 e-o	1.5 b-k	94.0 b-j	16.3
Line average			1.21	1.7	17.3	11.4	0.7	11.9	7.5	3.0	1.4	92.5	12.2
Check average			1.1	1.6	17.8	9.2	0.5	12.1	5.5	3.4	1.3	88.6	12.6
F-test[1/]			**	**	**	**		**	**	**	**	**	ns
C.V. (%)			26.6	19.9	7.5	8.1		7.2	9.7	13.1	10.6	5.7	12.5

[1/] ns and ** : not significant and significant at 0.01 level of probability, respectively

[2/] Means with different letters in the same column are significantly different at *P<0.05* by DMRT

* S_4 and S_5 meaned the 4th and 5th generations by inbred line selection, F_5 meaned the 5th generations by pedigree method

Table 2. Physical and chemical qualities of the 4th and 5th pumpkin lines were evaluated during October 2022 to April 2023

Number	Pedigree	Lines	Total solid content (%)		Total soluble solid				Texture				Flesh color											
					Fresh (%)		Cooked (%)		Fresh (kg)		Cooked (kg)		Fresh						Cooked					
													L*		a*		b*		L*		a*		b*	
1	F_5	(PKT/CMO439)-#-6-4-4 H	27.0	a[2/]	7.3	ij	6.2	t	11.9	a-d	0.7	a	81.7	c-j	13.1	bc	32.0	c-i	59.3	a	6.0	a	16.0	a-c
2	S_5	CM0421-2-4#-2-OP-4 KN	25.6	b	12.0	a	14.1	a	10.7	c-kl	0.4	a-e	78.2	j-r	3.1	st	30.4	g-j	59.3	a	1.7	f-l	11.5	d-f
3	S_5	CM0421-2-4#-1-1 OP-2 KN	22.9	c	11.0	b	9.8	d-n	10.8	b-k	0.4	a-f	80.5	e-o	7.0	j-r	31.9	c-i	60.7	a	1.8	f-m	13.2	a-f
4	S_5	CM0420-1-1-1-4-2 KN	22.8	c	8.7	ef	9.5	f-o	9.9	g-m	0.5	a-c	82.2	b-i	9.0	d-m	32.9	b-i	59.8	a	2.5	c-k	12.0	c-f
5	S_5	CM0420-1-1-1-4-1 KN	22.6	c	8.9	ef	6.9	st	9.8	g-m	0.4	a-f	81.3	d-k	5.7	n-t	32.1	c-i	59.2	a	1.3	h-n	9.7	f
6	S_4	CM0420-2-10-2-4 R, KN	22.6	c	10.0	d	9.1	h-p	10.5	d-m	0.4	a-f	81.5	c-k	6.2	l-s	34.5	a-e	59.0	a	0.9	k-o	12.0	d-f
7	F_5	(PKT/CMO439)-#-6-4-2	22.1	d	8.3	fg	7.3	p-t	12.9	a	0.6	a	81.1	d-m	10.0	c-j	30.7	e-j	58.1	a	2.7	c-i	12.7	b-f
8	S_4	CM0420-2-10-2-2	21.9	de	7.1	ij	7.0	rst	9.5	h-n	0.7	a	84.6	a-d	2.6	t	34.3	a-f	61.5	a	1.1	i-o	13.5	a-f
9	F_5	(PKT/CMO439)-#-6-4-1 HS, KN	21.5	e-g	9.3	e	8.8	j-q	11.0	b-j	0.4	a-f	78.5	i-r	8.2	f-o	34.9	a-c	58.9	a	2.3	c-k	13.2	a-f
10	S_5	CM0421-2-1#-2-OP-2 KN	21.5	fg	10.0	d	11.3	b-e	9.7	g-n	0.4	a-f	78.2	j-r	7.8	g-p	36.7	a	58.7	a	1.6	f-m	11.2	d-f
11	S_4	CM0420-2-10-2-3	21.4	fg	9.0	e	9.3	f-o	10.1	f-m	0.5	a-e	83.9	a-e	7.4	g-r	34.2	a-f	60.2	a	2.0	d-l	14.3	a-d
12	S_5	CM0420-1-1-1-4-1 KN	21.3	f-h	7.5	hij	9.0	i-q	11.3	a-h	0.5	a-e	83.0	a-g	4.9	o-t	32.2	c-i	59.4	a	0.6	m-o	12.2	c-f
13	S_4	CM0420-2-10-2-1	21.3	f-h	10.7	bc	12.0	b	9.8	g-m	0.4	a-f	80.4	e-o	9.5	d-l	36.2	ab	60.5	a	3.0	b-h	16.9	a
14	F_5	(PKT/CMO439)-#-6-4-2 Oval shape, KN	21.1	g-i	8.9	ef	8.7	k-s	9.6	h-n	0.5	a-f	80.7	e-n	9.6	d-k	32.8	b-i	59.5	a	3.9	a-c	13.6	a-f
15	S_5	CM0421-2-1#-2-OP-1 KN	21.1	g-i	11.0	b	11.7	bc	9.7	g-n	0.2	f	75.8	qr	7.7	g-p	33.7	a-g	58.0	a	2.6	c-i	12.1	c-f
16	S_4	CM0421-4-2-2-5 KN	20.9	hi	11.0	b	10.7	b-i	10.1	f-m	0.2	f	78.2	j-r	4.6	p-t	31.6	c-i	58.3	a	1.5	f-m	12.3	c-f
17	S_5	CM0421-2-4#-1-1 OP-1 KN	20.9	hi	11.7	a	11.7	bc	9.4	j-n	0.3	c-f	77.7	k-r	9.8	d-k	31.9	c-i	59.4	a	3.2	b-g	10.9	d-f
18	F_5	(PKT/CMO439)-#-6-4-1 KN	20.8	i	9.2	e	10.5	b-k	12.5	ab	0.5	a-d	78.8	h-r	11.6	b-e	32.5	b-i	58.6	a	2.6	c-i	11.4	d-f
19	S_4	CM0420-2-1-3-1 H	20.8	i	10.7	bc	9.6	e-o	11.1	b-j	0.3	b-f	78.7	h-r	11.9	b-d	34.7	a-d	61.0	a	1.4	i-o	13.8	a-e
20	S_5	CM0420-1-1-1-4-2 KN	20.7	i	7.1	ij	8.7	k-s	10.6	c-l	0.6	ab	81.8	c-j	4.3	q-t	31.3	c-i	60.4	a	1.5	g-n	11.9	d-f
21	S_4	CM0421-4-2-2-1 KN	20.1	j	10.7	bc	10.9	b-h	9.2	k-n	0.2	f	78.9	h-r	4.1	r-t	32.8	b-i	58.3	a	1.4	h-n	13.3	a-f
Line average			19.7		9.0		9.6		10.5		0.4		80.1		8.2		32.4		58.6		2.1		12.3	
Checks average			18.8		9.6		10.1		9.6		0.3		78.5		10.2		33.1		56.8		3.3		13.3	
F-test [1/]			**		**		**		**		**		**		**		**		**		**		**	
C.V. (%)			8.5		9.1		9.6		10.3		8.5		11.5		8.5		12.2		9.8		8.5		12.5	

[1/] ** : Significant at 0.01 level of probability

[2/] Means with different letters in the same column are significantly different at *P<0.05* by DMRT

Table 3. Independent culling selection of multiple traits selected to the 4th and 5th of pumpkin lines

Number	Pedigree	Lines	Yield/rai		Fruit weight		Total solid content		Total soluble solid				Yield& Fruit weight	Quality	All traits
									Fresh		Cooked				
			(t)	Order	(kg)	Order	(%)	Order	(%)	Order	(%)	Order	Order	Order	Order
1	S_5	CM0421-2-4#-2-OP-4 KN	1.3	18	1.8	23	25.6	2	12.0	1	14.1	1	41	4	45
2	S_4	CM0420-2-10-2-1	1.5	9	2.0	10	21.3	16	10.7	10	12.0	3	19	29	48
3	S_5	CM0421-2-1#-2-OP-1 KN	1.4	11	1.8	23	21.1	18	11.0	5	11.7	6	34	29	63
4	F_5	(PKT/CMO439)-#-6-4-2 KN	1.8	1	2.4	3	18.2	38	9.1	24	10.1	20	4	82	86
5	S_5	CM0421-2-4#-2-OP-2 H, KN	1.4	11	1.9	14	17.7	43	10.1	14	11.8	5	25	62	87
6	S_4	CM0421-4-2-2-3 KN	1.4	10	1.7	29	17.0	47	11.7	2	12.1	2	39	51	90
7	S_4	CM0420-2-10-2-1 KN	1.7	4	2.6	1	19.5	26	8.0	40	9.0	34	5	100	105
8	F_5	(PKT/CMO439)-#-6-3-3 H	1.6	7	2.2	6	19.4	27	8.0	40	9.7	25	13	92	105
9	F_5	(PKT/CMO439)-#-6-4-1 R	1.4	13	1.8	25	17.7	42	9.0	25	11.0	11	38	78	116
10	F_5	(PKT/CMO439)-#-6-4-5	1.7	5	2.2	5	17.1	46	8.3	37	9.0	34	10	117	127
11	F_5	(PKT/CMO439)-#-6-4-2	1.4	16	1.8	22	22.1	8	8.3	37	7.3	52	38	97	135
12	S_4	CM0420-2-10-2-2	1.4	14	1.9	13	21.9	10	7.1	50	7.0	54	27	114	141
13	F_5	(PKT/CMO439)-#-6-4-3	1.7	6	2.1	8	16.7	50	7.2	49	8.5	47	14	146	160
14	F_5	(PKT/CMO439)-#-6-4-4 H	1.2	30	1.5	38	27.0	1	7.3	46	6.2	56	68	103	171
15	F_5	(PKT/CMO439)-#-6-4-3 R	1.4	15	2.2	7	15.3	52	7.0	53	8.0	50	22	155	177
1		Check 1	1.7	3	1.9	12	25.4	3	11.0	5	8.7	42	15	50	65
2		Check 6	1.8	2	2.5	2	15.1	53	8.7	35	8.7	42	4	130	134
3		Check 9	1.5	8	2.3	4	14.6	56	7.0	53	8.5	47	12	156	168

สรุป

การคัดเลือกสายพันธุ์ฟักทองพื้นเมืองแบบสกัดสายพันธุ์และจดบันทึกประวัติโดยคัดเลือกลักษณะผลผลิตต่อไร่และน้ำหนักผลสูงมากกว่าพันธุ์มาตรฐาน ได้จำนวน 7 และ 8 สายพันธุ์ ตามลำดับ สายพันธุ์ที่มีปริมาณของแข็งมากกว่า ร้อยละ 20 และสายพันธุ์ที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของเนื้อดิบมากกว่าร้อยละ 11 ได้แก่ CM0421-2-4#-2-OP-4 KN, CM0421-2-4#-1-1OP-2 KN, CM0421-2-1#-2-OP-1 KN, CM0421-4-2-2-5 KN และ CM0421-2-4#-1-1 OP-1 KN และจากการคัดเลือกหลายลักษณะพร้อมกันในแต่ละชั่วได้จำนวน 15 สายพันธุ์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ในการสนับสนุนงบประมาณโครงการหน่วยบริหารจัดการเชื้อพันธุกรรมผักวงศ์แตง ระยะที่ 6

เอกสารอ้างอิง

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. 17th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, Maryland. 2200 p.

Bernardo R. 2010. Breeding for Quantitative Traits in Plants. 1st ed. Woodbury: Stemma Press. 390 p.

Javaherashti, M., M. Ghasemnezhad, H.S. Lahiji, M. Shiri and M. Ali. 2012. Comparison of nutritional value and antioxidant compounds of some winter pumpkin (*Cucurbita* sp.) species fruits in Iran. Advances Environmental Biology 6(10): 2611 - 2616.

Khanobdee, C. 2020. Cucurbits Breeding and Seed Production. O.S. Printing House, Bangkok. 186 p. (in Thai)

Khanobdee, C., P. Srisamatthakarn, C. Pongsukhumalkul and P. Jinawong. 2022a. Genetic diversity and cluster analysis of 110 heirloom “Khi Nao” pumpkin varieties. Khon Kaen Agriculture Journal 50(Suppl. 1): 208-213. (in Thai)

Khanobdee, C., P. Srisamatthakarn, C. Pongsukhumalkul and P. Jinawong. 2022b. Inbred line selection and evaulation of “ Khai-Nao Nan” pumpkin varieties. pp. 214-223. *In:* Proceedings of the 1st Agricultural Innovation and Natural Resources Conference 2022. Prince of Songkla University, Songkhla. (in Thai)

Khanobdee, C., P. Srisamatthakarn, C. Pongsukhumalkul and P. Jinawong. 2024. Genetic diversity assessment of physical and chemical traits of 100 heirloom “ Khai Nao” pumpkin varieties. Journal of Agricultural Research and Extension 41(1): 42-51 (in Thai)

Loy, J.B. 2012. Breeding squash and pumpkins. pp. 93-139. *In*: Y.-H. Wang, T.K. Behera. and C. Kole (eds.). Genetics, Genomics and Breeding of Cucurbits. CRC Press, Boca Raton.

Medelyaeva, A.Y., A.F. Bukharov, Y.V. Trunov, I.B. Kirina, L.V. Titova and O.A. Protasova. 2021. Biochemical evaluation of the assortment of pumpkin vegetable crops for the creation of functional food products. Earth and Environmental Science 845: 012093, doi 10.1088/1755-1315/845/1/012093.

Paris, H.S. 2016. Genetic resources of pumpkins and squash, *Cucurbita* spp. pp. 111-154. *In:* R. Grumet, N. Katzir and J. Garcia-Mas (eds.). Genetics and Genomics of Cucurbitaceae. Springer, Cham, Switzerland.

Paris, H.S. and Les D. Jr. Padley. 2014. Gene List for Cucurbita Species. Available: https://cucurbit.info/wp-content/uploads/2018/10/gene14squash.pdf.(September 26, 2024)

Seangngern, J., P. Puddhanon, S. Siripin and V. Sangtong. 2012. Development of single cross hybrid field corn using DNA fingerprinting diversity and diallel cross. Journal of Agricultural Research and Extension 29(2): 25 - 35. (in Thai)

Sirohi, P.S. and S.R. Yayasani. 2001. Gene action of mineral elements and vitamins in pumpkin (*Cucurbita moschata*). Vegetable Science. 28: 127-129.

Sleper, D.A. and J.M. Poehlman. 2006. Breeding Field Crops. 5th ed. Wiley-Blackwell, Oxford. 432 p.

Wehner, T.C. 1999. Heterosis in vegetable crops. pp. 387-397. *In*: J.G. Coors and S. Pandey (eds.). Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.

การเก็บรวบรวมและคัดเลือกสายพันธุ์เห็ดยานาง (*Agrocybe cylindracea*) เพื่อใช้ในการพัฒนาสายพันธุ์

Collection and Selection of Yanagi Mushroom (*Agrocybe cylindracea*) for Strain Development

จิตรา กิตติโมรากุล[1*] ธนภักษ์ อินยอด[2] วิภาวี ชั้นโรจน์[1] ภรณี สว่างศรี[1] และ รัชฎาภรณ์ ทองเหม[1]

Jittra Kittimorakul[1*], Tanapak Inyod[2], Vipavee Chanroj[1], Paranee Sawangsri[1] and Ratchadaporn Thonghem[1]

[1]สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[1]Biotechnology Research and Development Office, Department of Agriculture, 50 Phahonyothin Road, Lat Yao, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

[2]สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) 35 หมู่ 3 ต. คลองห้า อ. คลองหลวง จ. ปทุมธานี 12120

[2]Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR), 35 Moo 3, Khlong Ha, Khlong Luang, Pathum Thani 12120, Thailand

**Corresponding author: E-mail: Kittimorakul.j@gmail.com*

(Received: 22 May 2024; Accepted: 30 January 2025)

Abstract: Yanagi mushroom (*Agrocybe cylindracea*) is an important economic mushroom that is very popular for consume. Currently, the commercial Yanagi mushroom strains have problems with low yields due to climate change, and the color of the pileus was light-brown, which did not satisfy the consumer. Yanagi mushroom strains were necessary collected and selected to serve as germplasm for strain development to solve the problem. The objective of this research was to collect Yanagi mushroom strains to cultivate and select the potential strains with high yield performance and darker pileus color for market demand. Twenty-tree Yanagi mushroom strains were collected and investigated for mycelium growth rate, days required to complete spawn running, fresh yield, and morphological characteristics compared with Yanagi-1 . The results revealed that the growth rate of mycelium and the days required for spawn completion of 23 Yanagi mushroom strains were not significantly different, but the strains Ya18, Ya13, and Ya10 obtained high fresh yields of 87.33, 86.54, and 79.09 g/bag, and biological efficiency of 24.26, 24.04, and 21.96%, respectively, which is a significant difference from Yanagi-1. In addition, a darker color of pileus was selected, and it was found that strains Ya10, Ya21, and Ya22 have a darker pileus color than other strains with high yields. Therefore, 5 Yanagi mushroom strains, Ya10, Ya13, Ya18, Ya21, and Ya22, were selected as germplasm for the development of new commercial cultivars.

Keywords: Yanagi mushroom, collection strain, selection strain

Copyright @ Journal of Agricultural Research and Communications. All rights reserved.

บทคัดย่อ: เห็ดยานาง (*Agrocybe cylindracea*) เป็นเห็ดเศรษฐกิจที่ได้รับความนิยมบริโภคอย่างแพร่หลาย แต่ปัจจุบันเห็ดยานางิสายพันธุ์การค้ามักประสบปัญหาการให้ผลผลิตลดลงจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ และดอกมีสีน้ำตาลอ่อน ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค จำเป็นต้องดำเนินการรวบรวมและคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีศักยภาพเพื่อใช้เป็นแหล่งเชื้อพันธุกรรมในการพัฒนาสายพันธุ์และแก้ไขปัญหาดังกล่าว งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมสายพันธุ์เห็ดยานางิ สำหรับ ทดสอบและคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีศักยภาพการให้ผลผลิตสูงและดอกสีเข้มตามความต้องการของตลาด โดยรวบรวมเห็ดยานางิ 23 สายพันธุ์ นำมาศึกษาอัตราการเจริญของเส้นใย จำนวนวันที่เส้นใยเจริญเต็มก้อนอาหารเพาะขี้เลื่อย น้ำหนักผลผลิต และลักษณะทางสัณฐานวิทยา เปรียบเทียบกับเห็ดยานางิ-1 พบว่าเห็ดยานางิทั้ง 23 สายพันธุ์ มีอัตราการเจริญของเส้นใย และจำนวนวันที่เส้นใยเจริญเต็มก้อนอาหารเพาะขี้เลื่อยไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่สายพันธุ์ Ya18, Ya13 และ Ya10 ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงคือ 87.33, 86.54 และ 79.09 กรัม/ถุง และมีประสิทธิภาพการใช้อาหารเท่ากับ 24.26, 24.04 และ 21.96 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากเห็ดยานางิ-1 นอกจากนี้ เมื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีลักษณะดอกสีเข้ม พบว่า สายพันธุ์ Ya10, Ya21 และ Ya22 มีสีของหมวกดอกเข้มกว่าสายพันธุ์อื่นและให้ผลผลิตสูง ดังนั้น จึงคัดเลือกเห็ดยานางิ 5 สายพันธุ์ คือ Ya10, Ya13, Ya18, Ya21 และ Ya22 สำหรับเป็นเชื้อพันธุกรรมในการพัฒนาเห็ดยานางิสายพันธุ์การค้าต่อไป

คำสำคัญ: เห็ดยานางิ รวบรวมสายพันธุ์ คัดเลือกสายพันธุ์

คำนำ

เห็ดยานางิหรือเห็ดโคนญี่ปุ่น (*Agrocybe cylindracea*) เป็นเห็ดที่มีถิ่นกำเนิดในต่างประเทศและเป็นที่รู้จักกันดีในชื่อ poplar mushroom เนื่องจากเห็ดชนิดนี้มักเจริญและเกิดดอกอยู่บนตอของต้นไม้เนื้ออ่อนจำพวกไม้ poplar (Kibby, 1979) สามารถพบกระจายทั่วไปในแถบทวีปอเมริกาเหนือ ทวีปยุโรป และประเทศในแถบทวีปเอเชียที่มีอากาศเย็น เช่น ญี่ปุ่น เกาหลี ไต้หวัน และจีน ในประเทศไทยมีการรวบรวมเชื้อพันธุกรรมเห็ดยานางิจากต่างประเทศโดยศูนย์รวบรวมเชื้อพันธุ์เห็ดแห่งประเทศไทย กรมวิชาการเกษตร และเริ่มมีการศึกษาสรีรวิทยา นิเวศวิทยา และการเพาะเห็ดยานางิตั้งแต่ปี พ.ศ. 2532 (Payapanon, 1993) เนื่องจากเห็ดยานางิมีรสชาติดี เนื้อและก้านดอกแน่น เก็บรักษาไว้ในตู้เย็นได้นานกว่า 1 สัปดาห์ สามารถแปรรูปเป็นเห็ดดองซีอิ๊ว เห็ดกระป๋อง และเห็ดอบกรอบได้ อีกทั้งมีโปรตีนสูง มีกรดแอมิโนครบทุกชนิด และมีสรรพคุณทางยาช่วยควบคุมความดัน ลดคลอเรสเตอรอล บำรุงประสาท ป้องกันและยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งกระเพาะอาหาร มะเร็งลำไส้ และมะเร็งเต้านม (Diyabalanage *et al.,* 2008; Kiho *et al.,* 1994; Uhart and Alberto, 2007) เห็ดยานางิจึงเป็นเห็ดเศรษฐกิจที่ได้รับความนิยมผลิตเพื่อจำหน่ายจนถึงปัจจุบัน โดยมีราคาจำหน่ายเฉลี่ยที่กิโลกรัมละ 160 บาท (Inyod, 2020)

เนื่องจากเห็ดยานางิที่มีถิ่นกำเนิดในพื้นที่อากาศเย็น อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญของเส้นใยและการออกดอกจึงอยู่ในช่วง 24 - 30 องศาเซลเซียส อีกทั้งในสภาพอากาศเย็นมักส่งผลให้ดอกเห็ดบางสายพันธุ์มีสีดอกที่เข้มขึ้น โดยเห็ดยานางิที่มีดอกสีน้ำตาลถึงน้ำตาลเข้มมักเป็นที่นิยมบริโภคมากกว่าสีน้ำตาลอ่อน แต่เนื่องด้วยสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงในปัจจุบันส่งผลให้เห็ดยานางิสายพันธุ์ที่เพาะจำหน่ายในประเทศไทยมีปริมาณการให้ผลผลิตลดลง ลักษณะของสีดอกไม่ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค ที่ผ่านมาจึงมีการศึกษาด้านการพัฒนาสายพันธุ์เห็ดยานางิและการพัฒนาเทคโนโลยีการเพาะเห็ดยานางิ เพื่อผลิตเห็ดยานางิให้เพียงพอต่อความต้องการของตลาด เช่น การพัฒนาสายพันธุ์เห็ดยานางิด้วยวิธีการฉายรังสีแกมมาที่ระดับต่าง ๆ (0, 10, 25 และ 50 กิโลแรด) โดยเห็ดยานางิสายพันธุ์กลายที่ได้จากการฉายรังสีส่วนใหญ่ให้ผลผลิตและปริมาณโปรตีนสูงกว่าเห็ดยานางิสายพันธุ์ต้นแบบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รวมถึงคุณภาพของดอกเห็ด ได้แก่ ขนาดของดอกเห็ด ความยาว และความกว้างของก้านดอก

เห็ดดีกว่าสายพันธุ์ต้นแบบ อีกทั้ง เห็ดยานางที่ผ่านการฉายรังสียังมีลำดับนิวคลีโอไทด์แตกต่างจาก Yanagi Matsutake mushroom ในฐานข้อมูล GenBank (Inyod, 2020) นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาเทคโนโลยีการเพาะเห็ดยานางในโรงเรือนระบบปิดที่สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพันธ์ภายในโรงเรือนได้ โดยสภาวะที่เหมาะสมในระหว่างการเปิดดอกจำเป็นต้องควบคุมอุณหภูมิในโรงเรือนให้อยู่ที่ 24 - 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนไม่ต่ำกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ และนอกจากสภาวะที่เหมาะสมแล้วสายพันธุ์เห็ดยานางที่ใช้ผลิตทางการค้าต้องเป็นสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตมากกว่า 150 กรัมต่อก้อนต่อปี จึงจะสามารถสร้างผลกำไรได้ (Thongthieng *et al.*, 2019)

จากประเด็นปัญหาการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศที่ส่งผลให้เห็ดยานางมีผลผลิตลดลงและมีสีดอกอ่อนลง ไม่เป็นที่ต้องการของตลาด กรมวิชาการเกษตร ซึ่งเป็นหน่วยงานที่มีภารกิจด้านการเก็บอนุรักษ์เชื้อพันธุกรรมเห็ด การวิจัยพัฒนาและให้บริการเชื้อพันธุ์เห็ดบริสุทธิ์แก่เกษตรกร จึงจำเป็นต้องดำเนินการศึกษาเห็ดยานางสายพันธุ์ที่มีศักยภาพทั้งด้านผลผลิตและลักษณะสีดอกเข้มซึ่งตรงตามความการของตลาด สำหรับเป็นแหล่งพันธุกรรมในการพัฒนาสายพันธุ์และปรับปรุงพันธุ์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมสายพันธุ์เห็ดยานางจากพื้นที่ต่าง ๆ ที่มีการพัฒนาสายพันธุ์และเพาะจำหน่ายทางการค้าในประเทศไทย นำมาเพาะทดสอบและคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีศักยภาพทั้งด้านการให้ผลผลิตและมีลักษณะดอกสีเข้มตามความต้องการของตลาด เพื่อการให้บริการเห็ดยานางสายพันธุ์ใหม่ ตลอดจนเก็บอนุรักษ์สายพันธุ์เห็ดยานางเพื่อการใช้ประโยชน์ด้านต่าง ๆ ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. สายพันธุ์เห็ดที่ใช้ในการศึกษา

เก็บรวบรวมสายพันธุ์เห็ดยานางจากแหล่งต่าง ๆ ได้แก่ ศูนย์รวบรวมเชื้อพันธุ์เห็ดแห่งประเทศไทย หน่วยงานวิจัย แหล่งจำหน่ายเชื้อพันธุ์เห็ด ฟาร์มเกษตรกรผู้เพาะเห็ด จำนวน 13 แห่ง รวมทั้งสิ้น 23 ตัวอย่าง ซึ่งเป็นตัวอย่างเห็ดยานางทั้งสายพันธุ์ที่เก็บอนุรักษ์ สายพันธุ์ทางการค้า และสายพันธุ์ที่ผ่านการศึกษาวิจัย นำมาบันทึกสถานที่เก็บรวบรวมและแหล่งที่มาของสายพันธุ์ โดยตัวอย่างเห็ดยานางที่เก็บรวบรวมได้มีทั้งตัวอย่างดอกเห็ดสด หัวเชื้อเมล็ดข้าวฟ่าง และเส้นใยในอาหารเลี้ยงเชื้อ ซึ่งตัวอย่างดอกเห็ดสดและหัวเชื้อเมล็ดข้าวฟ่าง มีวิธีการแยกเชื้อ ดังนี้

การแยกเชื้อจากดอกเห็ด

ทำการแยกเชื้อจากตัวอย่างดอกเห็ดยานางบริเวณก้านดอก โดยเลือกดอกเห็ดที่สมบูรณ์ไม่ฉ่ำน้ำมาแยกเป็น 2 ส่วน ใช้ใบมีดตัดแยกให้เป็นรอย แล้วฉีกรอยผ่าให้ดอกเห็ดแยกออกจากกัน จุ่มเข็มเขี่ยเชื้อหรือใบมีดในแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ ลนเปลวไฟให้ร้อนแดง พักไว้ให้เย็น แล้วนำไปตัดเนื้อเยื่อดอกเห็ดส่วนด้านในที่ฉีกออกให้เป็นชิ้นขนาดประมาณ 5×5 มิลลิเมตร ใช้เข็มเขี่ยย้ายชิ้นเนื้อเยื่อของดอกเห็ดไปวางลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) แล้วนำไปบ่มในที่ไม่มีแสงสว่างกระทบเชื้อเห็ดโดยตรง ที่อุณหภูมิ 28 - 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 - 7 วัน เมื่อเริ่มเห็นเส้นใยเจริญจากชิ้นเนื้อเยื่อที่เลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA จึงตัดเส้นใยที่เจริญนั้นย้ายลงบนอาหารใหม่อีกครั้ง ก่อนนำไปเตรียมเป็นแม่เชื้อเห็ดบริสุทธิ์เพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป

การแยกเชื้อจากเมล็ดข้าวฟ่าง

แยกเชื้อจากตัวอย่างเห็ดยานางในหัวเชื้อเมล็ดข้าวฟ่าง โดยใช้เข็มเขี่ยเชื้อที่ผ่านการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์แล้ว เขี่ยเมล็ดข้าวฟ่างที่มีเส้นใยเห็ดยานางเจริญคลุมเต็มเมล็ดวางลงบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA จำนวน 3 - 5 เมล็ดต่อ 1 จานอาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นนำไปบ่มในที่ไม่มีแสงสว่างกระทบเชื้อเห็ดโดยตรง ที่อุณหภูมิ 28 - 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 - 7 วัน เมื่อเริ่มเห็นเส้นใยเจริญออกจากเมล็ดข้าวฟ่างที่วางบนอาหารเลี้ยงเชื้อ ทำการตัดเส้นใยที่งอกออกมา แล้วย้ายลงบนอาหารใหม่อีกครั้งก่อนนำไปเตรียมเป็นแม่เชื้อเห็ดบริสุทธิ์เพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป

2. การเตรียมแม่เชื้อเห็ดบริสุทธิ์

ตัวอย่างเห็ดยานางที่รวบรวมได้ทั้งในรูปแบบเส้นใยบนอาหารเลี้ยงเชื้อ เส้นใยที่เจริญบนเมล็ดข้าวฟ่าง และตัวอย่างดอกเห็ด นำมาแยกเชื้อให้ได้เชื้อเห็ด

บริสุทธิ์โดยย้ายเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA บ่มที่อุณหภูมิ 28 - 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 - 7 วัน เมื่อเส้นใยเจริญเต็มผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ ทำการย้ายเชื้อ (sub culture) อีก 1 ครั้ง ก่อนนำไปใช้ผลิตหัวเชื้อขยายต่อไป

3. การเตรียมหัวเชื้อขยาย

นำเมล็ดข้าวฟ่างมาล้าง คัดเมล็ดลีบทิ้ง และแช่น้ำไว้ 1 คืน จากนั้นล้างเมล็ดข้าวฟ่างด้วยน้ำสะอาดอีก 3 - 4 ครั้ง แล้วนำไปต้มประมาณ 10 - 15 นาที โดยสังเกตเมล็ดข้าวฟ่างเริ่มบานหรือปริแตกประมาณ 10 - 20 เปอร์เซ็นต์ของเมล็ดข้าวฟ่างทั้งหมดภายในหม้อ นำเมล็ดข้าวฟ่างสุกไปผึ่งในตะแกรงเพื่อลดความชื้นส่วนเกินในเมล็ดข้าวฟ่าง กรอกเมล็ดข้าวฟ่างลงในขวดแก้วสะอาดประมาณ 2 ใน 3 ของขวด ปิดจุกด้วยสำลีและคลุมด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ นำเมล็ดข้าวฟ่างไปนึ่งฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 20 นาที พักให้เมล็ดข้าวฟ่างเย็น นำ cork borer ที่ผ่านการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์แล้ว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร เจาะอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่มีเส้นใยเชื้อเห็ดยานางิเจริญอยู่ แล้วย้ายชิ้นส่วนวุ้นที่เจาะได้วางลงในขวดเมล็ดข้าวฟ่างที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว 1 ชิ้น นำขวดข้าวฟ่างบ่มที่อุณหภูมิ 28 - 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 - 15 วัน หรือจนกว่าเส้นใยเจริญเต็มเมล็ดข้าวฟ่าง เพื่อใช้ในการศึกษาขั้นตอนต่อไป

4. การเตรียมถุงอาหารเพาะนึ่งฆ่าเชื้อเพื่อทดสอบผลผลิตของเห็ดยานางิ

นำหัวเชื้อเมล็ดข้าวฟ่างของเห็ดยานางิสายพันธุ์ต่าง ๆ หยอดลงในถุงอาหารเพาะที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อจุลินทรีย์แล้ว เพื่อทดสอบผลผลิตเปรียบเทียบกับเห็ดยานางิ-1 (Ya01) ซึ่งเป็นสายพันธุ์เห็ดที่ให้บริการของกรมวิชาการเกษตร โดยมีสูตรอาหารที่ใช้ในการเตรียมถุงอาหารเพาะ ประกอบด้วย ขี้เลื่อย 100 กิโลกรัม : รำละเอียด 6 กิโลกรัม : ดีเกลือ 0.2 กิโลกรัม : ปูนขาว 1 กิโลกรัม โดยน้ำหนักแห้ง ปรับความชื้นด้วยน้ำให้มีความชื้น 60 - 70 เปอร์เซ็นต์ บรรจุลงในถุงพลาสติกทนร้อนขนาด 6½ × 13 นิ้ว ถุงละ 800 กรัม จากนั้นนำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งชนิดไม่อัดความดันที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็น แล้วใส่เชื้อเห็ดยานางิที่เจริญในเมล็ดข้าวฟ่าง โดยใช้หัวเชื้อเมล็ดข้าวฟ่าง 20 - 25 เมล็ดต่อถุง นำถุงอาหารเพาะบ่มในที่มืดในโรงเรือนที่อุณหภูมิ 28 - 33 องศาเซลเซียส เมื่อเส้นใยเจริญเต็มถุงอาหารเพาะ ทำการบ่มต่ออีก 5 - 7 วัน เพื่อให้เส้นใยสะสมอาหาร แล้วนำไปเปิดดอกในโรงเรือนสภาพไม่ควบคุมอุณหภูมิของกรมวิชาการเกษตร กรุงเทพมหานคร โดยให้น้ำด้วยวิธีพ่นฝอยวันละ 4 - 6 ครั้ง (ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศภายนอกโรงเรือน) เพื่อควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงที่เห็ดให้ผลผลิตไม่ให้ต่ำกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ แล้วเก็บผลผลิตเป็นเวลา 6 เดือนหลังเปิดดอก

5. การวางแผนการทดลองและบันทึกข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) จำนวน 24 กรรมวิธี (24 สายพันธุ์) กรรมวิธีละ 4 ซ้ำ (20 ถุงอาหารเพาะต่อซ้ำ) โดยในระยะบ่มเส้นใยให้เจริญเต็มถุงอาหารเพาะ บันทึกอัตราการเจริญของเส้นใยเห็ดยานางิแต่ละสัปดาห์ และจำนวนวันที่เส้นใยเจริญเต็มถุงอาหารเพาะ ส่วนในระยะเปิดดอกบันทึกอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนเปิดดอก และเมื่อเห็ดให้ผลผลิต บันทึกลักษณะทางสัณฐานวิทยาของดอกเห็ดยานางิแต่ละสายพันธุ์ ได้แก่ สี รูปร่างของดอก ก้านดอก ขนาดหมวกดอก จำนวนดอกต่อช่อ น้ำหนักสดผลผลิตแต่ละสายพันธุ์ คำนวณค่าประสิทธิภาพการใช้อาหาร (B.E., biological efficiency) จากสูตร B.E. (%) = (น้ำหนักผลผลิตเห็ดสดที่ได้รับ/น้ำหนักแห้งของวัสดุเพาะ) × 100 (Tsegaye and Tefera, 2017) และบันทึกลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ได้แก่ ลักษณะของสปอร์ และวัดขนาดของสปอร์ จำนวน 30 ตัวอย่าง/สายพันธุ์

ผลการศึกษาและวิจารณ์

สายพันธุ์เห็ดยานางิที่ใช้ในการศึกษา

จากการรวบรวมสายพันธุ์เห็ดยานางิ ระหว่างเดือนตุลาคม 2564 ถึง เดือนมกราคม 2565 สามารถรวบรวมเห็ดยานางิได้ทั้งหมด 23 สายพันธุ์ จากแหล่งต่าง ๆ ในพื้นที่ทั่วประเทศ ทั้งในรูปแบบดอกเห็ดสด

แม่เชื้อขยายในเมล็ดข้าวฟ่าง และแม่เชื้อเห็ดบริสุทธิ์ โดยแบ่งเป็น 1) ศูนย์รวบรวมเชื้อพันธุ์เห็ดแห่งประเทศไทย 8 สายพันธุ์ 2) สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) 4 สายพันธุ์ ซึ่งเป็นเชื้อพันธุ์เห็ดยานางที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์ด้วยวิธีการฉายรังสีแกมมา และ 3) แหล่งจำหน่ายเชื้อพันธุ์เห็ดและฟาร์มเกษตรกรผู้เพาะเห็ด 11 สายพันธุ์ (Table 1) เตรียมตัวอย่างเชื้อพันธุ์เห็ดยานางทั้ง 23 สายพันธุ์ ในอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA และแม่เชื้อเห็ดขยาย เพื่อเพาะทดสอบเปรียบเทียบกับเห็ดยานาง-1 สายพันธุ์แนะนำที่ให้บริการของกรมวิชาการเกษตร โดยเชื้อพันธุ์เห็ดยานางทั้ง 23 สายพันธุ์ ที่รวบรวมจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ทำการเก็บอนุรักษ์เชื้อพันธุกรรมไว้ภายในศูนย์รวบรวมเชื้อพันธุ์เห็ดแห่งประเทศไทย กรมวิชาการเกษตร

Table 1. Twenty-three strains of Yanagi mushroom (*Agrocybe cylindracea*) from various locations in Thailand

No.	Sample codes	Source of samples	Type of samples
1	Ya02	TMCC[1]	Mother culture
2	Ya03	TMCC	Mother culture
3	Ya06	TMCC	Mother culture
4	Ya07	TMCC	Mother culture
5	Ya08	TMCC	Mother culture
6	Ya09	TMCC	Mother culture
7	Ya10	TMCC	Mother culture
8	Ya11	TMCC	Mother culture
9	Ya12	Buriram province	Mother culture
10	Ya13	Sakon Nakhon province	Mother culture
11	Ya14	Nan province	Fruiting body
12	Ya15	Lat Krabang, Bangkok	Fruiting body
13	Ya16	Pathum Thani province	Fruiting body
14	Ya17	Buriram province	Sorghum master culture
15	Ya18	Thanyaburi, Pathum Thani province	Fruiting body
16	Ya19	Phitsanulok province	Fruiting body
17	Ya20	Bangkok	Fruiting body
18	Ya21	Sri Muang market, Ratchaburi province	Fruiting body
19	Ya22	TISTR[2]_AGCY-01	Mother culture
20	Ya23	TISTR_AGCY-02	Mother culture
21	Ya24	TISTR_AGCY-03	Mother culture
22	Ya25	TISTR_AGCY-04	Mother culture
23	Ya26	Si Sa Ket province	Sorghum master culture

[1] Thailand mushroom culture collection

[2] Thailand Institute of Scientific and Technological Research

อัตราการเจริญของเส้นใยและจำนวนวันที่เส้นใยเจริญเต็มถุงอาหารเพาะ

จากการศึกษาอัตราการเจริญของเส้นใยของเห็ดยานางิทั้ง 23 สายพันธุ์ เปรียบเทียบกับเห็ดยานางิ-1 สายพันธุ์แนะนำที่ให้บริการของกรมวิชาการเกษตร พบว่า เห็ดยานางิแต่ละสายพันธุ์มีอัตราการเจริญของเส้นใยต่อสัปดาห์ ไม่แตกต่างทางสถิติกับเห็ดยานางิ-1 โดยเห็ดยานางิแต่ละสายพันธุ์มีอัตราการเจริญของเส้นใยเฉลี่ยตั้งแต่ 1.66 - 2.35 เซนติเมตร/สัปดาห์ และเห็ดยานางิ-1 มีอัตราการเจริญของเส้นใยเฉลี่ยที่ 2.07 เซนติเมตร/สัปดาห์ นอกจากนี้ จำนวนวันเฉลี่ยที่เส้นใยเห็ดยานางิแต่ละสายพันธุ์เจริญเต็มถุงอาหารเพาะ ยังไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับเห็ดยานางิ-1 โดย Ya23 เส้นใยสามารถเจริญเต็มถุงวัสดุเพาะได้เร็วเฉลี่ยที่ 51.75 วัน ส่วน Ya07 มีระยะเวลาการเจริญของเส้นใยเต็มถุงวัสดุอาหารเพาะได้ช้าเฉลี่ยที่ 54.75 วัน และเส้นใยของเห็ดยานางิ-1 สามารถเจริญเต็มถุงอาหารเพาะเฉลี่ยที่ 54 วัน (Table 2) โดยการศึกษาในครั้งนี้ใช้อุณหภูมิในการบ่มเส้นใยในถุงอาหารเพาะที่ 28 - 33 องศาเซลเซียส และเส้นใยเจริญเต็มถุงวัสดุอาหารเพาะ 800 กรัม ภายในระยะเวลา 51.75 - 54.75 วัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Landingin *et al.* (2020) ที่ทดสอบการเจริญของเส้นใยเห็ดยานางินบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 23 และ 32 องศาเซลเซียส ซึ่งเส้นใยเห็ดยานางิสามารถเจริญได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และการเจริญของเส้นใยบนวัสดุเพาะขี้เลื่อยน้ำหนัก 750 กรัม เมื่อนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส เส้นใยสามารถเจริญเต็มถุงวัสดุอาหารเพาะได้ที่ 49.53 วัน ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของเส้นใยเห็ดอยู่ในช่วง 20 - 30 องศาเซลเซียส (Klomklung *et al.,* 2014) ทั้งนี้ เห็ดยานางิเป็นเห็ดที่มีถิ่นกำเนิดในต่างประเทศ ซึ่งเป็นพื้นที่สภาพภูมิอากาศเย็น จึงมีรายงานอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับบ่มเส้นใยในวัสดุเพาะที่ 25 องศาเซลเซียส (Jasinska *et al.,* 2012) อย่างไรก็ตาม อัตราการเจริญของเส้นใยบนวัสดุเพาะ ไม่สามารถยืนยันความสามารถในการให้ผลผลิตของเห็ดแต่ละสายพันธุ์ได้ จำเป็นต้องมีการกระตุ้นจนกระทั่งมีการเกิดดอกและเพาะทดสอบ เพื่อเปรียบเทียบศักยภาพการให้ผลผลิตแต่ละสายพันธุ์ด้วย

น้ำหนักผลผลิตของเห็ดยานางิแต่ละสายพันธุ์

เมื่อเปิดดอกเห็ดยานางิทั้ง 23 สายพันธุ์เปรียบเทียบกับเห็ดยานางิ-1 ในโรงเรือนไม่ควบคุมอุณหภูมิ ขนาด 4 × 6 เมตร ระหว่างเดือนเมษายน ถึง เดือนตุลาคม 2565 มีอุณหภูมิระหว่างเปิดดอกจนกระทั่งเก็บผลิตอยู่ในช่วง 29 - 34 องศาเซลเซียส (เวลากลางวันและกลางคืน) และมีความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนไม่น้อยกว่า 80 - 85 เปอเซ็นต์ โดยเก็บผลผลิตเป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่า เห็ดยานางิทั้ง 23 สายพันธุ์ สามารถให้ผลผลิตได้ตั้งแต่ 54.36 - 87.33 กรัม/ถุง มีค่าประสิทธิภาพการใช้อาหาร (%B.E.) ที่ 15.10 - 24.26 เปอเซ็นต์ โดยเห็ดยานางิสายพันธุ์ Ya18, Ya13 และ Ya10 สามารถให้ผลผลิตได้สูงสุดเท่ากับ 87.33, 86.54 และ 79.09 กรัม/ถุง ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพการใช้อาหารที่ 24.26, 24.04 และ 21.96 เปอเซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากเห็ดยานางิ-1 (ชุดควบคุม) อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ในขณะที่ Ya25 เป็นสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตต่ำสุดคือ 54.36 กรัม/ถุง มีประสิทธิภาพการใช้อาหารเท่ากับ 15.10 เปอเซ็นต์ ในขณะที่เห็ดยานางิ-1 สามารถให้ผลผลิตเท่ากับ 65.72 กรัม/ถุง มีประสิทธิภาพการใช้อาหารเท่ากับ 18.25 เปอเซ็นต์ (Table 2) ดังนั้น เห็ดยานางิสายพันธุ์ Ya18, Ya13 และ Ya10 จึงเป็นสายพันธุ์ที่มีศักยภาพและมีแนวโน้มการให้ผลผลิตสูง สามารถคัดเลือกเป็นสายพันธุ์เพื่อการพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์ได้ อย่างไรก็ตาม วัสดุเพาะความชื้น และอุณหภูมิถือเป็นปัจจัยสำคัญในการให้ผลผลิตของเห็ด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูร้อนที่มีอุณหภูมิสูง ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศน้อย จำเป็นต้องควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนช่วงที่เห็ดกำลังออกดอกไม่ให้ต่ำกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้ในช่วงฤดูร้อนต้องมีการให้น้ำภายในโรงเรือนมากถึง 6 ครั้งต่อวัน เนื่องจากระยะที่เห็ดยานางิกำลังสร้างดอก หากได้รับความชื้นที่ไม่เพียงพอ สามารถส่งผลให้หมวกดอกแห้ง แตกดอกเจริญได้ไม่สมบูรณ์ จนถึงไม่สามารถเก็บผลผลิตได้ ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Rezaeian *et al.* (2022) ที่ศึกษาการทดสอบเพาะเห็ดยานางิ (*Cyclocybe aegerita*) ด้วยวัสดุเพาะสูตรต่าง ๆ เพื่อประเมินศักยภาพการให้ผลผลิต โดยในระหว่างการเปิดดอกจำเป็นต้องควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนที่ 80 - 85 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้เห็ดยานางิเจริญเป็นดอกอย่างสมบูรณ์และเก็บผลผลิตได้

Table 2. Mycelium growth rate, day required to complete spawn running, yield and biological efficiency of 24 strains Yanagi mushroom (*Agrocybe cylindracea*) cultivated on sawdust

Strain	Mycelium growth rate (cm/week)	Day required to complete spawn running (day)	Cumulative yield (g/bag)	B.E. (%)
Yanagi-1 (Control)	2.07 ± 0.17 ns	54.00 ± 0.00 ns	65.72 ± 3.82 bcd	18.25 ± 1.06 bcd
Ya02	2.09 ± 0.44	54.00 ± 1.41	64.59 ± 2.84 cd	17.94 ± 0.78 cd
Ya03	1.95 ± 0.33	52.25 ± 3.19	69.70 ± 5.19 bc	19.36 ± 2.27 bc
Ya06	1.72 ± 0.31	52.25 ± 3.59	57.78 ± 4.51 cd	16.05 ± 1.25 cd
Ya07	2.22 ± 0.15	54.75 ± 2.06	66.96 ± 5.85 bcd	18.60 ± 1.62 bcd
Ya08	2.19 ± 0.12	53.00 ± 2.24	69.82 ± 3.97 bc	19.39 ± 1.10 bc
Ya09	2.35 ± 0.34	52.50 ± 2.43	65.60 ± 3.40 cd	18.22 ± 0.94 cd
Ya10	2.16 ± 0.39	53.50 ± 1.73	79.09 ± 3.25 ab	21.96 ± 0.90 ab
Ya11	2.10 ± 0.45	53.75 ± 0.50	58.69 ± 1.96 cd	16.30 ± 0.54 cd
Ya12	1.96 ± 0.07	53.50 ± 0.57	69.54 ± 3.54 bc	19.32 ± 0.98 bc
Ya13	2.34 ± 0.15	52.00 ± 2.36	86.54 ± 3.93 a	24.04 ± 1.09 a
Ya14	2.06 ± 0.32	53.25 ± 2.21	61.04 ± 1.90 cd	16.95 ± 0.53 cd
Ya15	2.01 ± 0.13	52.50 ± 2.87	69.20 ± 4.99 bc	19.22 ± 1.38 bc
Ya16	1.98 ± 0.40	53.50 ± 2.19	63.55 ± 3.86 bc	17.65 ± 1.07 cd
Ya17	2.02 ± 0.21	52.50 ± 2.35	69.58±3.06 bc	19.33 ± 0.85 bc
Ya18	1.98 ± 0.35	52.00 ± 3.46	87.33 ± 0.87 a	24.26 ± 0.24 a
Ya19	2.05 ± 0.49	52.75 ± 3.40	62.53 ± 4.15 cd	17.37 ± 1.15cd
Ya20	1.66 ± 0.07	52.75 ± 2.78	64.39 ± 1.73 cd	17.88 ± 0.48 cd
Ya21	2.02 ± 0.14	52.75 ± 1.89	69.83 ± 7.63 bc	19.39 ± 2.11 bc
Ya22	1.98 ± 0.17	54.25 ± 1.25	70.10 ± 9.38 bc	19.47 ± 2.60 bc
Ya23	1.92 ± 0.12	51.75 ± 4.03	69.85 ± 7.28 bc	19.40 ± 2.85 bc
Ya24	1.89 ± 0.41	53.00 ± 0.81	69.80 ± 5.56 bc	19.39 ± 1.54 bc
Ya25	1.77 ± 0.43	54.50 ± 1.73	54.36 ± 1.84 d	15.10 ± 0.51 d
Ya26	2.03 ± 0.26	52.25 ± 2.59	70.65 ± 5.06 bc	19.62 ± 1.40 bc
CV (%)	4.44	5.40	12.89	10.14

Means within the same column follow by different letters showed significantly different between treatments by Turkey HSD test $P<0.05$

^{NS} Not significant

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเห็ดยานางิ

จากการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเห็ดยานางิทั้ง 24 สายพันธุ์ พบว่า ดอกของเห็ดยานางิแต่ละสายพันธุ์มีลักษณะที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะสีของดอกซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มสีน้ำตาลถึงน้ำตาลอ่อนและครีม ได้แก่ เห็ดยานางิสายพันธุ์ Ya02, Ya03, Ya06, Ya07, Ya08, Ya09, Ya12, Ya13, Ya14, Ya15, Ya16, Ya18, Ya20, Ya24, Ya25 และ Ya26 และ 2) กลุ่มสีน้ำตาลเข้มถึงเกือบดำ ได้แก่ เห็ดยานางิสายพันธุ์ Ya10, Ya11, Ya17, Ya19, Ya21, Ya22 และ Ya23 โดยเห็ดยานางิ-1 มีลักษณะดอกสีน้ำตาล และมีสีอ่อนกว่าบางสายพันธุ์ที่ทำการทดสอบ เห็ดที่ศึกษาจำนวน 20 สายพันธุ์ เป็นสายพันธุ์ที่เป็นเชื้อพันธุ์เห็ดอนุรักษ์และเป็นสายพันธุ์ที่มีจำหน่ายเป็นการค้าในประเทศไทย ซึ่งลักษณะหมวกดอกทรงกลมขนาดตั้งแต่ 8 - 65 มิลลิเมตร ก้านดอกทรงกระบอกสีขาวครีมถึงน้ำตาลอ่อนขนาดยาวตั้งแต่ 40 - 140 มิลลิเมตร จำนวนดอกต่อช่อตั้งแต่ 3 - 15 ดอก และเห็ดยานางิ 4 สายพันธุ์ ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์ด้วยวิธีฉายรังสีแกรมมา โดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ได้แก่ Ya22, Ya23, Ya24 และ Ya25 พบว่า ดอกมีสีน้ำตาลเข้มกว่าเห็ดยานางิ-1 บางสายพันธุ์มีดอกสีน้ำตาลเข้มตรงกลางหมวกดอก ดอกมีขนาดใหญ่ โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางของหมวกดอกตั้งแต่ 7 - 75 มิลลิเมตร พบลักษณะหมวกดอกทั้งแบบทรงกลมและทรงรี ก้านดอกหนาและยาวตั้งแต่ 45 - 220 มิลลิเมตร และมีจำนวนดอกต่อช่อตั้งแต่ 2 - 15 ดอก (Figure 1) อย่างไรก็ตาม เมื่อทำการวัดขนาดสปอร์ของเห็ดยานางิทั้ง 24 สายพันธุ์ พบว่า สปอร์มีลักษณะทรงรีรูปไข่ ผิวเรียบ มีขนาดที่ใกล้เคียงกันตั้งแต่ 4 - 5 × 8 - 11 ไมโครเมตร (Table 3) ดังนั้น เห็ดยานางิสายพันธุ์ Ya10, Ya21 และ Ya22 ซึ่งมีสีของหมวกดอกที่เข้มกว่าสายพันธุ์อื่น ๆ และให้ผลผลิตสูงเท่ากับ 79.09, 68.83 และ 70.10 กรัม/ถุง จึงเป็นสายพันธุ์ที่มีศักยภาพ สามารถคัดเลือกเพื่อการพัฒนาสายพันธุ์ต่อไปได้

Figure 1. Morphological fruiting bodies of 24 strains Yanagi mushroom (*Agrocybe cylindracea*)

Table 3. Morphological characteristics of 24 strains Yanagi mushroom (*Agrocybe cylindracea*)

Strain	Color	Diameter of pileus (mm)	Length of stalk (mm)	Diameter of stalk (mm)	Number of fruiting bodies per cluster	Spore size (µm)
Yanagi-1	Brown	12 - 32	40 - 87	4 - 10	4 - 11	4 - 5 × 8 - 9
Ya02	Light brown to cream	13 - 34	55 - 85	4 - 9	3 - 10	4 - 5 × 8 - 9
Ya03	Brown	10 - 37	55 - 112	3 - 11	3 - 10	5 - 6 × 8 - 9
Ya06	Brown	10 - 34	55 - 115	4 - 8	4 - 12	5 - 6 × 8 - 10
Ya07	Brown	14 - 37	47 - 110	3 - 8	4 - 10	5 - 7 × 8 - 11
Ya08	Brown	10 - 29	50 - 110	3 - 9	6 - 13	5 - 7 × 8 - 10
Ya09	Brown	10 - 35	55 - 105	3 - 10	3 - 10	5 - 6 × 8 - 11
Ya10	Dark brown	10 - 53	55 - 125	3 - 10	9 - 12	5 - 6 × 8 - 10
Ya11	Dark brown	10 - 36	40 - 105	3 - 13	5 - 15	5 - 6 × 8 - 9
Ya12	Light brown	12 - 35	55 - 115	3 - 8	4 - 11	5 - 6 × 8 - 10
Ya13	Brown	8 - 35	55 - 115	2 - 8	8 - 10	5 - 6 × 7 - 10
Ya14	Light brown	10 - 34	57 - 120	3 - 12	3 - 8	5 - 6 × 7 - 10
Ya15	Brown	11 - 33	60 - 100	4 - 9	5 - 10	5 - 6 × 7 - 9
Ya16	Brown	10 - 34	53 - 100	4 - 10	5 - 10	4 - 7 × 7 - 10
Ya17	Dark brown	8 - 47	45 - 105	4 - 11	4 - 10	5 - 6 × 8 - 9
Ya18	Brown	8 - 36	50 - 125	4 - 9	9 - 12	5 - 6 × 8 - 11
Ya19	Brown to dark brown	10 - 65	45 - 110	4 - 10	4 - 10	4 - 5 × 7 - 9
Ya20	Brown	7 – 34	50 - 110	3 - 8	5 - 12	5 - 6 × 7 - 10
Ya21	Dark brown to black	13 - 56	50 - 140	2 - 9	10 - 13	5 - 6 × 7 - 9
Ya22	Dark brown	10 - 62	50 – 155	5 - 16	7 - 10	5 - 6 × 7 - 10
Ya23	Dark brown	12 - 75	53 - 220	5 - 18	2 - 7	5 - 6 × 8 - 10
Ya24	Brown to dark brown	10 - 62	47 - 160	4 - 16	5 - 10	5 - 6 × 7 - 10
Ya25	Brown to dark brown	7 - 58	45 - 153	3 - 17	8 - 15	5 - 6 × 8 - 9
Ya26	Brown	10 - 37	50 - 105	4 - 13	10 - 15	5 - 6 × 7 - 10

โดยทั่วไปในการเพาะเห็ดยานางิเพื่อจำหน่าย เกษตรกรมักทำการเปิดดอกและเก็บผลผลิตนานถึง 12 - 18 เดือน เนื่องจากเห็ดยานางิมีความแตกต่างจากเห็ดชนิดอื่น โดยหลังจากเก็บผลผลิตในแต่ละรุ่น เกษตรกรต้องพักก้อน งดให้น้ำ เพื่อให้เส้นใยเห็ดสะสมอาหารนานถึง 15 - 20 วัน แล้วจึงกระตุ้นการเกิดดอกและให้น้ำเพื่อเก็บผลผลิตในรุ่นถัดไป และเห็ดยานางิเป็นเห็ดที่มีถิ่นกำเนิดจากพื้นที่สภาพอากาศเย็น เกษตรกรจึงมักเพาะแล้วบ่มก้อนในช่วงปลายฤดูฝนและเริ่มเปิดก้อนเพื่อเก็บผลผลิตรุ่นแรกในช่วงปลายปี ซึ่งหลายพื้นที่ของไทยเริ่มมีอากาศเย็นลง อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้ทำการเพาะทดสอบสายพันธุ์และเปิดดอกเก็บผลผลิตเห็ดยานางิ ดำเนินการในช่วงเดือนเมษายน - ตุลาคม 2565 ซึ่งเปิดดอกรุ่นที่ 1 ในฤดูร้อน และเก็บผลผลิตเป็นระยะเวลา 6 เดือน ดังนั้น เห็ดยานางิทั้ง 5 สายพันธุ์ ที่ทำการคัดเลือก ซึ่งสามารถให้ผลผลิตเฉลี่ยที่ 69.83 - 87.33 กรัม/ถุง จึงมีแนวโน้มให้ผลผลิตได้สูงกว่า 150 กรัมต่อก้อนต่อปี มีสีดอกเข้มในสภาพที่มีอุณหภูมิสูง ซึ่งโดยทั่วไปเห็ดหลายชนิดรวมถึงเห็ดยานางิมักมีสีดอกเข้มในสภาพเพาะที่อุณหภูมิต่ำ (Kong, 2004; Thawthong *et al.,* 2014) โดยเห็ดยานางิสายพันธุ์ Ya22 ซึ่งดอกสีเข้มและให้ผลผลิตสูง เป็นสายพันธุ์ที่ผ่านการชักนำให้กลายพันธุ์ด้วยวิธีฉายรังสี เพื่อการเพาะในพื้นที่ราบและทนต่อสภาพอากาศร้อน สอดคล้องกับ Inyod (2020) ซึ่งรายงานว่า เห็ดยานางิที่ผ่านการฉายรังสีสามารถทนอากาศร้อนได้ดีขึ้น โดยมีขนาดของหมวกดอก ความยาวและความกว้างของก้านดอกที่ใหญ่กว่าสายพันธุ์แม่ รวมถึงมีความแตกต่างของลำดับนิวคลีโอไทด์ในฐานข้อมูล GenBank โดยลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเห็ดยานางิตามรายงานของ Uhart and Alberto (2007) พบว่า หมวกดอกมีลักษณะกลมสีน้ำตาล ขอบหมวกดอกมักเป็นสีขาว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 - 200 มิลลิเมตร ผิวดอกเรียบ ดอกระยะแรกมีสีน้ำตาลเข้ม ดอกแก่สีซีดลงเป็นสีน้ำตาลอ่อน และดอกขยายใหญ่ขึ้น ทำให้เยื่อหุ้มใต้ดอกฉีกขาดเปลี่ยนเป็นวงแหวนสีน้ำตาลเข้มติดอยู่ที่ก้านดอก และเห็นสปอร์ได้ชัดเจนบริเวณครีบใต้ดอก สปอร์มีลักษณะกลมรี รูปไข่ ผิวเรียบ ขนาด 5 - 9 × 9 - 16 ไมโครเมตร ก้านดอกทรงกระบอกกลมสีขาว ขนาด 10 - 150 × 2 - 25 มิลลิเมตร ดอกอาจเกิดเป็นดอกเดี่ยวหรือเป็นกลุ่ม โดยส่วนปลายก้านดอกยึดติดกับวัสดุเพาะเล็กน้อย ไม่ติดแน่นเหมือนเห็ดบางชนิด อย่างไรก็ตาม มีรายงานการจัดจำแนกเห็ดยานางิที่มีลักษณะดอกสีน้ำตาลเข้มและเป็นสายพันธุ์ที่เพาะเป็นการค้าในแถบภูมิภาคเอเชีย คือ เห็ดยานางิ *A. chaxingu* ซึ่งแตกต่างจากเห็ดยานางิ *A. cylindracea* กล่าวคือ เห็ดยานางิ *A. chaxingu* มีหมวกดอกสีน้ำตาลเข้ม พบเกล็ดสีขาวขนาดเล็กกระจายอยู่บนหมวกดอก เมื่อดอกบาน แผ่นวงแหวนสีน้ำตาลที่ติดกับก้านดอกมีขนาดยาวกว่า แต่ขนาดของสปอร์ไม่แตกต่างกัน (Callac *et al.,* 2011) ทั้งนี้ การจัดจำแนกเห็ดยานางิทั้ง 2 ชนิด จำเป็นต้องศึกษาลักษณะทางชีวโมเลกุลควบคู่กับการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่อาจแปรปรวนตามสภาพแวดล้อม เพื่อให้จัดจำแนกได้อย่างถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

เห็ดจัดเป็นเชื้อราชนิดหนึ่งที่เจริญได้เร็ว แต่มักประสบปัญหาความแปรปรวนของเชื้อพันธุกรรม ซึ่งมีสาเหตุมาจากสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงในปัจจุบัน การคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีศักยภาพเป็นวิธีการหนึ่งในการพัฒนาสายพันธุ์เห็ด เพื่อทดแทนสายพันธุ์เดิมที่ใช้เพาะเป็นการค้า ซึ่งมักประสบปัญหาการกลายพันธุ์ ให้ผลผลิตลดลง และมีลักษณะทางกายภาพที่เปลี่ยนแปลงจากเดิม โดยสายพันธุ์เห็ดที่ผ่านการคัดเลือกแล้ว สามารถใช้เป็นเชื้อพันธุกรรมสำหรับการปรับปรุงพันธุ์เห็ด ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถพัฒนาสายพันธุ์ลูกผสมให้มีความโดดเด่นกว่าสายพันธุ์พ่อ-แม่ได้

สรุป

จากการรวบรวมและเพาะทดสอบเห็ดยานางิสายพันธุ์ต่าง ๆ ในประเทศไทย พบว่า เห็ดยานางิทุกสายพันธุ์มีอัตราการเจริญและจำนวนวันที่เส้นใยเจริญเต็มถุงอาหารเพาะไม่แตกต่างกัน โดยเห็ดยานางิสายพันธุ์ Ya10, Ya13, Ya18, Ya21 และ Ya22 เป็นสายพันธุ์ที่มีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงและมีลักษณะดอกสีน้ำตาลเข้มตรงตามความต้องการของตลาด ดังนั้น

จึงคัดเลือกเห็ดยานางิทั้ง 5 สายพันธุ์ เพื่อใช้ในการพัฒนาปรับปรุงพันธุ์และทำการศึกษาวิจัยด้านต่าง ๆ ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัย และขอขอบคุณ ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมเกษตรสร้างสรรค์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) กระทรวงการอุดมศึกษาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (อว.) ที่เอื้อเฟื้อสายพันธุ์เห็ดยานางิสำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Callac, P., J. Guinberteau, C. Ferandon and G. Barroso. 2011. An Asian commercial strain of *Agrocybe chaxingu* and a European wild strain of *Agrocybe cylindracea* exhibiting morphological difference and high genetic divergence are interfertile. pp. 113-122. *In*: Proceedings of the 7th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products. Institut National de Recherche Agronomique (INRA), Arcachon.

Diyabalanage, T., V. Mulabagal, G. Mills, D.L. DeWitt and M.G. Nair. 2008. Health-beneficial qualities of the edible mushroom, *Agrocybe aegerita*. Food Chemistry 108(1): 97-102.

Inyod, T. 2020. New strain of Yanagi mushroom. Journal of Science and Technology 35(4): 42-45. (in Thai)

Jasinska, A., M. Siwulski and K. Sobieralski. 2012. Mycelium growth and yielding of black poplar mushroom-*Agrocybe aegerita* (Brig.) Sing. on different substrates. Journal of Agricultural Science and Technology 2(9): 1040-1047.

Kibby, G. 1979. Mushrooms and Toadstools: A Field Guide. Oxford University Press, Oxford.

Kiho, T., S. Sobue and S. Ukai. 1994. Structural features and hypoglycemic activities of two polysaccharides from a hot-water extract of *Agrocybe cylindracea.* Carbohydrate Research 251: 81-87.

Klomklung, N., S.C. Karunarathna, K.D. Hyde and E. Chukeatirote. 2014. Optimal conditions of mycelial growth of three wild edible mushrooms from northern Thailand. Acta Biologica Szegediensis 58(1): 39-43.

Kong, W.S. 2004. Description of commercially important *Pleurotus* species. pp. 54-61. *In*: K.W. Choi (ed.). Mushroom Growers' Handbook 1: Oyster Mushroom Cultivation. MushWorld, Seoul.

Landingin, H.R.R., B.E. Francisco, R.M.R. Dulay, S.P. Kalaw and R.G. Reyes. 2020. Optimization of culture conditions for mycelial growth and basidiocarp production of *Cyclocybe cylindracea* (Maire). CLSU International Journal of Science and Technology 4(1): 1-17.

Payapanon, A. 1993. *Agrocybe cylindracea* ATCC#90228 mushroom from Plant Disease Division. Plant Disease and Microbiology News 3(3): 20 p. (in Thai)

Rezaeian, S.H., H.R. Pourianfar and S.H. Shahtahmasbi. 2022. Cultivation of black poplar mushroom, *Cyclocybe aegerita*, on woody and non-woody lignocellulosic substrates with a high biological efficiency. Asian Journal of Mycology 5(1): 31-39.

Thawthong, A., S.C. Karunarathna, N. Thongklang, E. Chukeatirote, P. Kakumyan, S. Chamyuang, L.M. Rizal, P.E. Mortimer, J. Xu, P. Callac and K.D. Hyde. 2014. Discovering and domesticating wild tropical cultivatable mushrooms. Chiang Mai Journal of Science 41(4): 731-764.

Thongthieng, T., T. Theunpao, S. Punyadee and S. Mayteeworakoon. 2019. Development of Yanagi mushroom (*Agrocybe cylindracea*) Cultivation in Close System. Research report. King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok. 44 p. (in Thai)

Tsegaye, Z. and G. Tefera. 2017. Cultivation of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* Kumm, 1871) using agro-industrial residues. Journal of Applied Microbiological Research 1(1): 15-20.

Uhart, M. and E. Alberto. 2007. Morphologic characterization of *Agrocybe cylindracea* (Basidiomycetes, Agaricales) from America, Europe and Asia. Revista Mexicana de Micología 24: 9-18.

การขยายพันธุ์มะแหลบโดยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

In Vitro Propagation of Heracleum siamicum Craib

พัชราวดี วัฒนวิกย์กิจ[1] และ ภัทราภรณ์ ศรีสมรรถการ[2*]

Patcharawadee Wattanawikkit[1], and Pattharaporn Srisamatthakarn[2*]

[1]ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง กรุงเทพฯ 10240

[1]Department of Biology, Faculty of Science, Ramkhamhaeng University, Bangkok 10240, Thailand

[2]สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จ. ลำปาง 52000

[2]Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna, Lampang 52000, Thailand

**Corresponding author: Email: patr99@hotmail.com*

(Received: 1 August 2024; Accepted: 30 January 2025)

Abstract: *Heracleum siamicum* Craib. is herbal spice plant that contains many important chemical components. However, there are a few research information on its propagation by tissue culture. This research was aimed to study the optimal media for *H. siamicum* Craib. shoot induction. The 1 cm shoot tips were cultured on the MS and WPM media which supplemented with different of BAP and TDZ at concentrations of 0, 1, 2, 4 and 8 mg/L with 20 replicates for 45 days. The results showed that the BAP addition of any 2 mg/L gave significantly greater shoot number (5.55±0.87 shoots/explant) than the other (P<0.05). While, the MS and WPM media without growth regulators exhibited the greatest shoot length of 6.80±0.42 and 7.21±0.35 cm, respectively. The *H. siamicum* Craib. root induction was afterwards conducted on the MS and WPM media supplemented with different growth regulators of IBA, IAA and NAA at 0, 1, 2, 4 and 8 mg/L with 20 replicates. It was shown that the MS medium plus 1 mg/L IBA gave the highest percentage of root induction of 90%, higher root number of 15.65±2.06 roots per shoot and root length of 1.81±0.29 cm. *H. siamicum* Craib. shoot was induced callus formation of 100% and callus diameter of 2.43±0.13 cm on the WPM medium plus 8 mg/L NAA. The plantlets with both roots and shoots were transferred to various planting materials which were vermiculite, perlite, peat, and the mixture of vermiculite, perlite, and peat at the ratio of 1:1:1 for 30 days in the green house. It was found that *H. siamicum* Craib. planted in the mixtures of vermiculite, perlite, and peat had 50% survival percentage and average plant height 3.5 cm.

Keywords: Tissue culture, *H. siamicum* Craib., growth regulator

Copyright @ Journal of Agricultural Research and Communications. All rights reserved.

บทคัดย่อ: มะแหลบ (*H. siamicum* Craib) เป็นพืชสมุนไพรเครื่องเทศที่มีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญมากมาย แต่งานวิจัยด้านการขยายพันธุ์มะแหลบโดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมีค่อนข้างน้อย งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมในการชักนำให้เกิดยอดของเนื้อเยื่อมะแหลบ โดยการนำปลายยอดมะแหลบขนาด 1 เซนติเมตร มาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS และอาหารสูตร woody plant medium (WPM) ที่เติม BAP (6-Benzylaminopurine) และ TDZ (1-Phenyl-3-(1, 2, 3-thiadiazol-5-yl)-urea) ที่ระดับความเข้มข้น 0, 1, 2, 4 และ 8 มิลลิกรัมต่อลิตร จำนวน 20 ซ้ำ เป็นเวลานาน 45 วัน พบว่า การเติม BAP ที่ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถเพิ่มปริมาณยอดได้ 5.55 ± 0.87 ยอดต่อชิ้นส่วนพืช ซึ่งมากกว่าความเข้มข้นอื่น ๆ ที่ทดสอบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนสูตรอาหาร MS และ WPM ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตนั้น สามารถชักนำให้มะแหลบมีความยาวยอดสูงสุด 6.80±0.42 และ 7.21 ± 0.35 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อนำยอดมะแหลบไปเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS และ WPM ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต IBA (4-Indole-3-yl butyric acid), IAA (Indole-3-acetic acid) และ NAA (α-naphthaleneacetic acid) ที่ความเข้มข้น 0, 1, 2, 4 และ 8 มิลลิกรัมต่อลิตร จำนวน 20 ซ้ำ เพื่อชักนำให้เกิดราก พบว่าอาหารสูตร MS ที่เติม IBA เข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดรากได้สูงเฉลี่ยร้อยละ 90 มีจำนวนรากสูง 15.65 ± 2.06 รากต่อยอด และมีความยาวราก 1.81 ± 0.29 เซนติเมตร เนื้อเยื่อมะแหลบที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร WPM ที่เติม NAA เข้มข้น 8 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสได้เฉลี่ยร้อยละ 100 และมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.43 ± 0.13 เซนติเมตร เมื่อนำต้นมะแหลบที่มีทั้งรากและยอดไปย้ายปลูกในวัสดุปลูกที่ต่างกัน 4 ชนิด คือ vermiculite, perlite, peat และวัสดุผสมระหว่าง vermiculite : perlite : peat ที่อัตราส่วน 1:1:1 เป็นเวลา 30 วัน ในสภาพโรงเรือน พบว่าวัสดุผสม vermiculite : perlite : peat ส่งผลให้ต้นมะแหลบมีการรอดชีวิตร้อยละ 50 มีความสูง 3.5 เซนติเมตร

คำสำคัญ: การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ มะแหลบ สารควบคุมการเจริญเติบโต

คำนำ

มะแหลบ เป็นพืชพื้นเมืองและเป็นพืชเศรษฐกิจท้องถิ่นที่พบมากทางภาคเหนือของไทย เช่น จังหวัดน่าน พะเยา แพร่ เชียงราย ลำปาง แม่ฮ่องสอน และเชียงใหม่ เป็นต้น ผลมีกลิ่นหอมเฉพาะตัว มีรสขมและเผ็ดเล็กน้อย จึงใช้เป็นเครื่องเทศในการปรุงแต่งรสอาหารพื้นเมืองภาคเหนือ นิยมใส่ในน้ำพริกลาบหรือเครื่องลาบ เพื่อปรุงแต่งกลิ่นรสและดับกลิ่นคาวของเนื้อสัตว์ (Samphunphuang *et al*., 2014) อีกทั้งพืชสกุลมะแหลบ (*Heracleum*) มีสรรพคุณเป็นพืชสมุนไพร เนื่องจากมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาต่างๆ เช่น ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ต้านการอักเสบ ฤทธิ์การต้านจุลินทรีย์ต่าง ๆ และเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งต่าง ๆ (Bahadori *et al*., 2016; Iscan *et al*., 2004; Kuljanabhagavad *et al*., 2011) ปัจจุบันความต้องการมะแหลบเพิ่มขึ้นมาก ส่งผลให้ราคาเพิ่มสูงขึ้นถึง 1,000-1,200 บาทต่อกิโลกรัม แต่ปริมาณผลผลิตมะแหลบมีค่อนข้างน้อย เนื่องจากการบุกรุกเผา จึงมีการขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ด แต่ได้ผลผลิตช้า ดังนั้นการขยายพันธุ์มะแหลบโดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชจึงเป็นวิธีการขยายพันธุ์อีกวิธีหนึ่งที่เพิ่มผลผลิตที่เร็วขึ้น และยังมีการศึกษากันค่อนข้างน้อยในประเทศไทย ส่วนใหญ่เป็นรายงานจากต่างประเทศ Wakhlu and Sharma (1999) ได้รายงานว่าการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อยอดด้านข้าง (axillary shoot) ของ *H. candicans* Wall. บนอาหารสูตร MS เติม BAP เข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA เข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้จำนวนยอดเพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 7.5±2.94 ยอดต่อชิ้นส่วนยอด การเพาะเลี้ยงบนอาหาร MS ที่เติม IBA เข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร กระตุ้นให้สร้างรากเป็นจำนวนมากเฉลี่ยร้อยละ 100 มีจำนวนรากสูงสุด 5.9 ± 2.1 รากต่อยอด และเมื่อย้ายปลูกบนดิน ร่วนพบว่าต้นพืชมีลักษณะทางสัณฐาน รูปร่าง และเซลล์ เหมือนต้นแม่พันธุ์ทุกประการ Zou *et al*., (2019)

ได้รายงานว่าการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของปลายยอดและก้านใบของ *H. scabridum* บนอาหาร MS เติม IAA เข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และเติม Zinc (Zn) เข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้ปลายยอดเกิดจำนวนยอดได้สูงสุด 27.25 ± 4.19 ยอดต่อชิ้นส่วนปลายยอด และชักนำให้ก้านใบเกิดยอดได้ 18.23 ± 2.12 ยอดต่อใบ ปลายยอดที่เพาะเลี้ยงบนอาหาร MS เติม IAA เข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และ TDZ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดจำนวนยอดได้ร้อยละ 94.4 มีจำนวนยอด 7.12 ± 1.23 ยอด เมื่อเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อบนอาหารสูตร MS ที่เติม IBA เข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดจำนวนราก และความยาวรากได้สูงสุดเท่ากับ 20.73 ± 4.86 รากต่อยอด และ 6.1 ± 1.26 มิลลิเมตร ตามลำดับ เมื่อย้ายต้นอ่อนปลูกลงในวัสดุผสม peat : vermiculite ในอัตราส่วน 3:1 มีการรอดชีวิตร้อยละ 95 ต่อมา Jan *et al*. (2019) รายงานว่าการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อก้านใบของ *H. candicans* Wall บนอาหาร MS ที่เติม BAP เข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ชักนำให้เกิดยอดได้เฉลี่ยร้อยละ 100 เกิดจำนวนยอดและความยาวยอดมากที่สุด 15.2 ± 0.6 ยอดต่อชิ้นส่วน 7.6 ± 0.2 เซนติเมตร และอาหารสูตร MS สามารถชักนำให้เกิดรากได้สูงเฉลี่ยร้อยละ 90 และมีจำนวนรากเฉลี่ย 6.9 รากต่อยอด และมีความยาวราก 1.81 ± 0.29 เซนติเมตร มีการรายงานของ Xia *et al*. (1993) พบว่าการขยายพันธุ์พืชสกุลมะแหลบ *H. moellendorffi* โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจากข้อลำต้น (stem node) บนอาหาร MS ที่เติม 2,4-D เข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสได้ ส่วนของโปรโตพลาสต์ที่เพาะเลี้ยงบนอาหาร MS และ N6 ที่เติมอะกาโรส ร้อยละ 0.3 ส่งผลให้โปรโตพลาสต์แบ่งเซลล์จำนวนมาก เมื่อนำไปเพาะเลี้ยงต่อบนอาหารที่มีน้ำตาลกลูโคส 0.2 โมลาร์ ทำให้เกิดการพัฒนาเป็นแคลลัส และเมื่อเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม 2,4-D เข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร แคลลัสมีการพัฒนาเป็นเอมบริโอและต้นอ่อนเกิดขึ้น

การขยายพันธุ์มะแหลบโดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในประเทศไทยมีค่อนข้างน้อย แต่มีการศึกษาในพืชสมุนไพรอื่น ดังรายงานของ Wattanawikkit *et al*. (2018) ที่พบว่าการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อตายอดของมะแขว่นบนอาหารสูตร MS ที่เติม BAP เข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถเพิ่มปริมาณยอดมะแขว่นได้มากที่สุด และสูตรอาหาร MS ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญให้ความยาวยอดสูงสุด ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงศึกษาวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่เหมาะสมในการขยายพันธุ์มะแหลบได้จำนวนมากในระยะเวลาสั้น ช่วยอนุรักษ์พันธุกรรมพืชพื้นบ้านที่มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีประโยชน์ มีสรรพคุณทางเภสัชวิทยาสูง และเป็นพืชเศรษฐกิจชุมชนไม่ให้สูญหายไปจากประเทศไทย และเพียงพอกับความต้องการของตลาด

อุปกรณ์และวิธีการ

การพัฒนาเทคนิคขยายพันธุ์มะแหลบโดยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อได้ดำเนินการ ณ ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง และ ห้องปฏิบัติการและโรงเรือนเพาะชำ สถาบันเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาในระหว่างเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2561 ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2563

การศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมในการชักนำให้เกิดยอดของเนื้อเยื่อมะแหลบ

นำเมล็ดมะแหลบจากแหล่งปลูกในจังหวัดลำปาง มาล้างน้ำให้สะอาด ผึ่งให้แห้ง แล้วนำไปฟอกฆ่าเชื้อในสารละลายคลอร็อกซ์เข้มข้นร้อยละ 30 เป็นเวลานาน 30 นาที แล้วนำไปล้างด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว จำนวน 3 ครั้ง ครั้งละ 5 นาที นำเมล็ดมะแหลบที่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อแล้ว ไปเพาะลงบนอาหารสังเคราะห์สูตร MS (Murashige and Skoog, 1962) ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต นาน 45 วัน จากนั้นตัดชิ้นส่วนปลายยอดมะแหลบขนาด 1 เซนติเมตร ไปทำการเพิ่มจำนวนยอดโดยการเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS และอาหารสูตร WPM ที่เติม BAP และ TDZ ความเข้มข้น 0, 1, 2, 4 และ 8 มิลลิกรัมต่อลิตร ในสภาพที่ได้รับแสงที่ความเข้มแสง 3,000 ลักซ์ เป็นเวลานาน 16 ชั่วโมงต่อวัน ที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 45 วัน รวมเป็น 18 กรรมวิธี วางแผนการทดลอง

แบบ completely randomized design (CRD) แต่ละความเข้มข้นของ BAP และ TDZ ที่เติมในอาหารทั้ง 2 สูตร โดยศึกษากรรมวิธีละ 20 ซ้ำ ซ้ำละ 2 ชิ้นส่วน บันทึกจำนวนยอด และความยาวยอด

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Duncan, 1955)

การศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมในการชักนำรากจากปลายยอดมะแหลบ

นำส่วนปลายยอดของมะแหลบขนาด 1 เซนติเมตรที่เพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อมาเลี้ยงบนอาหารสูตร MS และอาหารสูตร WPM ที่เติม IBA, IAA และ NAA ความเข้มข้น 0, 1, 2, 4 และ 8 มิลลิกรัมต่อลิตร และให้แสงที่ความเข้มแสง 3,000 ลักซ์ เป็นเวลานาน 16 ชั่วโมงต่อวัน ที่อุณหภูมิ 25 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 45 วัน รวมเป็น 26 กรรมวิธี โดยศึกษากรรมวิธีละ 20 ซ้ำ ซ้ำละ 2 ชิ้นส่วน บันทึกจำนวนการเกิดราก และวัดความยาวรากเปรียบเทียบกัน โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Duncan, 1955)

การย้ายปลูกและอนุบาลต้นอ่อนในโรงเรือนเพาะชำ

นำขวดเพาะเลี้ยงยอดมะแหลบที่ออกรากดีแล้ว คลายเกลียวฝาขวดเล็กน้อย แล้วนำไปปรับสภาพอุณหภูมิและความชื้นภายนอกห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ 1 สัปดาห์ แล้วนำต้นอ่อนมะแหลบจากสูตรอาหารที่มีจำนวนรากสูงสุด ขนาดความสูงเริ่มต้น 2 เซนติเมตร ออกจากขวด ล้างวุ้นให้สะอาด แช่สารป้องกันและกำจัดเชื้อรา นำไปทดลองปลูกบนวัสดุปลูก 4 ชนิด คือ Vermiculite, Perlite, Peat และ Vermiculite ผสม Perlite และ Peat ที่อัตราส่วน 1:1:1 รดน้ำจนชุ่มแล้วคลุมด้วยถุงพลาสติก แล้วค่อย ๆ เปิดถุงพลาสติกเพื่อให้พืชปรับตัวอยู่ในสภาพธรรมชาติได้ เป็นเวลานาน 30 วัน ทดลอง 10 ซ้ำ บันทึกความสูงต้น จำนวนราก ความยาวราก และร้อยละการรอดชีวิต

ผลการศึกษาและวิจารณ์

สูตรอาหารที่เหมาะสมในการชักนำให้เกิดยอดของเนื้อเยื่อมะแหลบ

เมื่อนำเนื้อเยื่อปลายยอดมะแหลบขนาด 1 เซนติเมตรที่ปลอดเชื้อ ไปเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS และอาหารสูตร WPM ที่เติม BAP และ TDZ ที่ความเข้มข้น 0, 1, 2, 4 และ 8 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อชักนำให้เกิดยอด พบว่าเนื้อเยื่อของมะแหลบมีลักษณะการเกิดยอดที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของสูตรอาหารและความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญที่เติม โดยการเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม BAP เข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถเพิ่มปริมาณยอดได้สูง 5.55 ± 0.87 ยอดต่อชิ้นส่วนพืช (Table 1, Figure 1C) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jan *et al*. (2019) ที่รายงานว่าการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสกุลมะแหลบ *H. candicans* Wall บนอาหาร MS ที่เติม BAP เข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดจำนวนยอดได้สูงสุด อย่างไรก็ตาม การเกิดจำนวนยอดไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($P > 0.05$) กับผลของการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมะแหลบบนอาหารสูตร MS ที่เติม TDZ เข้มข้น 1 และ 8 มิลลิกรัมต่อลิตร (Table 1, Figure 2B, 2E) มีรายงานว่า TDZ เกี่ยวข้องกับการเพิ่มระดับของ auxin และ cytokinin ภายในเซลล์พืชให้สูงขึ้น จึงช่วยชักนำให้เกิดยอดได้จำนวนมากในการเพาะเลี้ยง stem tip ของ *H. scabridum* บนสูตรอาหาร MS ที่เติม TDZ (Zou *et al*., 2019) การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมะแหลบบนสูตรอาหาร MS และ WPM ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ให้ความยาวยอดมากกว่าต้นในกรรมวิธีอื่นๆ คือ 6.80 ± 0.42 และ 7.21 ±0.35 เซนติเมตร ตามลำดับ (Table 1, Figure 1A, 2A, 3A, 4A) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wakhlu and Sharma (1999) ที่รายงานว่าการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อยอด axillary shoot ของ *H. candicans* Wall. บนอาหารสูตร MS ที่เติม BAP มีความยาวยอดลดลง เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ BAP

Table 1. Shoot number and shoot length of *H. siamicum* Craib. induced from culturing shoot tip on MS and WPM supplemented with BAP and TDZ at different concentrations for 45 days

Medium	Number of shoots ± SE (shoots/explant)	Shoot length (cm) ± SEd
MS	1.00 ± 0.00 e	6.80 ± 0.42 a
MS + 1 mg/L BAP	2.60 ± 0.41 bcde	4.53 ± 0.43 cdef
MS + 2 mg/L BAP	5.55 ± 0.87 a	5.15 ± 0.31 bcd
MS + 4 mg/L BAP	2.85 ± 0.44 bcd	3.86 ± 0.29 ef
MS + 8 mg/L BAP	3.50 ± 0.48 bc	4.08 ± 0.39 def
MS + 1 mg/L TDZ	4.25 ± 0.86 ab	4.65 ± 0.31 cdef
MS + 2 mg/L TDZ	3.95 ± 0.73 bc	5.18 ± 0.39 bcd
MS + 4 mg/L TDZ	3.90 ± 0.78 bc	4.85 ± 0.57 cde
MS + 8 mg/L TDZ	4.20 ± 0.66 ab	3.80 ± 0.34 ef
WPM	1.00 ± 0.00 e	7.21 ± 0.35 a
WPM + 1 mg/L BAP	1.60 ± 0.15 de	6.30 ± 0.35 ab
WPM + 2 mg/L BAP	1.85 ± 0.22 de	6.18 ± 0.36 ab
WPM + 4 mg/L BAP	2.60 ± 0.30 bcde	5.62 ± 0.28 bc
WPM + 8 mg/L BAP	3.25 ± 0.43 bcd	4.34 ± 0.28 def
WPM + 1 mg/L TDZ	2.90 ± 0.60 bcd	4.64 ± 0.61 cdef
WPM + 2 mg/L TDZ	1.75 ± 0.18 de	3.53 ± 0.42 fg
WPM + 4 mg/L TDZ	2.35 ± 0.36 cde	2.68 ± 0.27 gh
WPM + 8 mg/L TDZ	1.75 ± 0.19 de	2.11 ± 0.22 h

Means within the same column followed by different letters are significantly different at $P < 0.05$ by DMRT

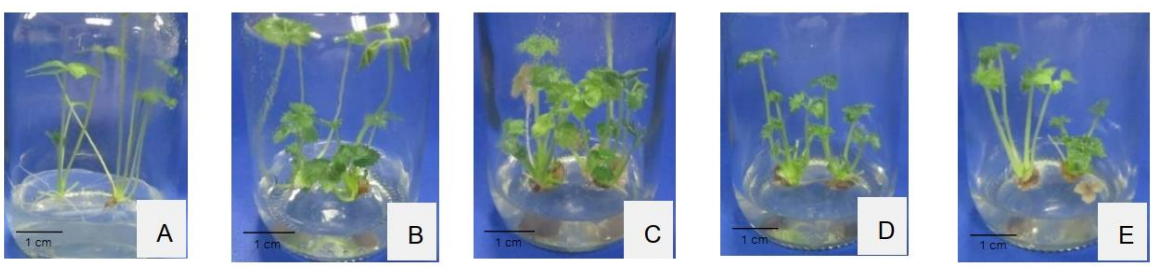

Figure 1. Multiple shoot formation from culturing shoot tip of *H. siamicum* Craib. on MS medium added with 0, 1, 2, 4 and 8 mg/L BAP for 45 days (A – E, respectively)

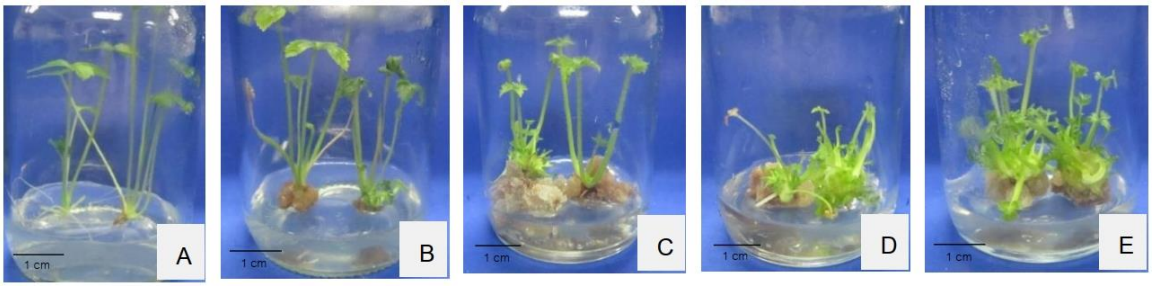

Figure 2. Multiple shoot formation from culturing shoot tip of *H. siamicum* Craib. on MS medium added with 0, 1, 2, 4 and 8 mg/L TDZ for 45 days (A – E, respectively)

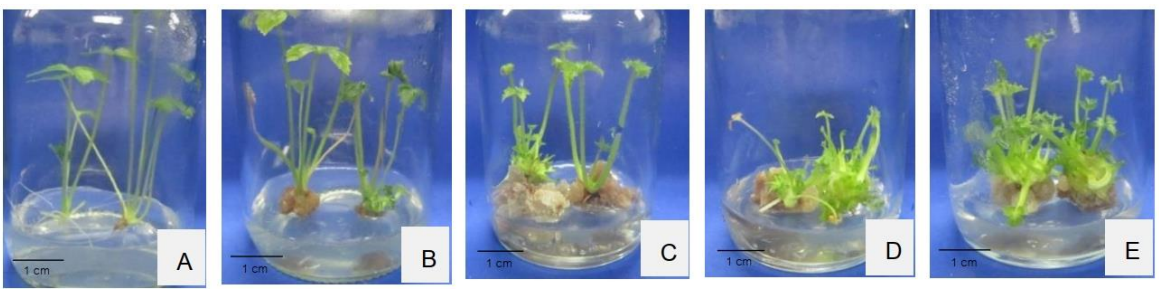

Figure 3. Multiple shoot formation from culturing shoot tip of *H. siamicum* Craib. on WPM medium added with 0, 1, 2, 4 and 8 mg/L BAP for 45 days (A – E, respectively)

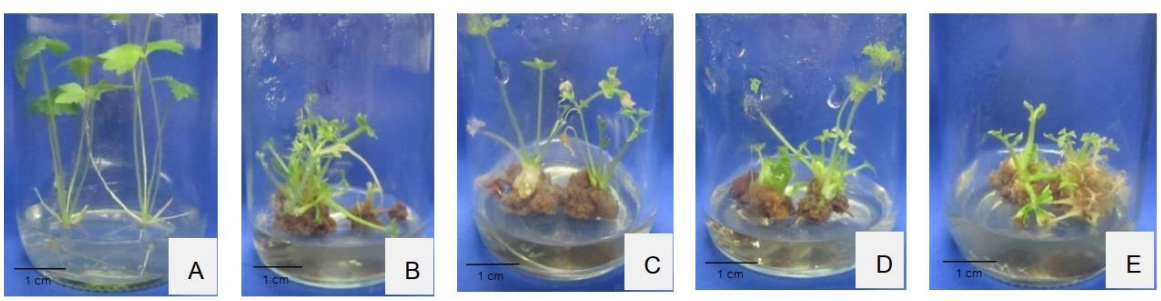

Figure 4. Multiple shoot formation from culturing shoot tip of *H. siamicum* Craib. on WPM medium added with 0, 1, 2, 4 and 8 mg/L TDZ for 45 days (A – E, respectively)

สูตรอาหารที่เหมาะสมในการชักนำให้เกิดรากของยอดมะแหลบ

เมื่อนำส่วนยอดของมะแหลบขนาด 1 เซนติเมตรในสภาพปลอดเชื้อมาเลี้ยงบนอาหารสูตร MS และ WPM ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต IBA และ NAA ที่ความเข้มข้นที่แตกต่างกัน คือ 0, 1, 2, 4 และ 8 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าการเพาะเลี้ยงยอดมะแหลบบนอาหารสูตร MS ที่เติม IBA เข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดรากได้เฉลี่ยร้อยละ 90 (Table 2, Figure 5B) อาหารสูตร MS ที่เติม IBA เข้มข้น 1 และ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลให้ยอดมะแหลบมีจำนวนรากสูงสุด 15.65±2.06 รากต่อยอด (Figure 5B, 5C) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Wakhlu and Sharma (1999) ที่พบว่าการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อยอดของ *H. candicans* Wall. บนอาหารสูตร MS ที่เติม IBA เข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร กระตุ้นให้เกิดรากเฉลี่ยร้อยละ 100 และมี

จำนวนรากสูงสุด และอาหารสูตร MS ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญ ทำให้ยอดมะแหลบมีความยาวรากมากที่สุด 2.57±0.45 เซนติเมตร (Table 2, Figure 5A) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jan *et al*. (2018) ที่รายงานว่าการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของ *H. candicans* Wall บนอาหารสูตร MS ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญชักนำให้เกิดรากได้ดีที่สุด ทุกสูตรอาหารที่ศึกษาสามารถชักนำให้เกิดแคลลัสของยอดมะแหลบ ยกเว้นอาหารสูตร WPM ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตไม่สามารถชักนำให้เกิดแคลลัส (Table 3, Figure 8A, 9A, 10A) สูตรอาหาร WPM ที่เติม NAA เข้มข้น 8 มิลลิกรัมต่อลิตร ชักนำให้เกิดแคลลัสที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่ที่สุด 2.43±0.13 เซนติเมตร (Table 3, Figure 9E) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Zaman *et al*. (2016) ที่รายงานว่าการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในวงศ์มะแหลบ (UMBELLIFERAE) บนอาหารสูตร WPM ที่มีการเติมสารออกซินจะสร้างแคลลัสได้ดีกว่าสูตรอาหาร MS

Table 2. Root number and length of *H. siamicum* Craib. induced from culturing shoot tip on MS and WPM supplemented with IBA, NAA and IAA at different concentrations for 45 days

Media	Root induction (%)	Root number ± SE (roots/shoot)	Root length ± SE (cm)
MS	90	3.90 ± 0.09 fghi	2.57 ± 0.45 a
MS + 1 mg/L IBA	90	15.65 ± 2.06 a	1.81 ± 0.29 b
MS + 2 mg/L IBA	95	13.60 ± 1.68 ab	1.11 ± 0.10 cd
MS + 4 mg/L IBA	95	11.05 ± 1.59 bcd	1.06 ± 0.07 cd
MS + 8 mg/L IBA	90	11.35 ± 1.92 bcd	0.93 ± 0.10 cd
MS + 1 mg/L NAA	90	9.95 ± 1.33 bcde	1.84 ± 0.44 b
MS + 2 mg/L NAA	90	11.70 ± 1.69 abc	0.90 ± 0.10 cd
MS + 4 mg/L NAA	65	6.25 ± 1.43 efgh	0.55 ± 0.12 cd
MS + 8 mg/L NAA	60	10.75 ± 2.32 bcde	0.46 ± 0.10 d
MS + 1 mg/L IAA	60	3.90 ± 0.96f ghi	0.95 ± 0.23 cd
MS + 2 mg/L IAA	60	3.30 ± 0.85 ghi	0.49 ± 0.15 d
MS + 4 mg/L IAA	80	5.35 ± 1.18 fghi	0.94 ± 0.15 cd
MS + 8 mg/L IAA	70	6.80 ± 1.94 defgh	0.65 ± 0.12 cd
WPM	85	3.05 ± 0.59 ghi	1.92 ± 0.24 b
WPM + 1 mg/L IBA	70	4.05 ± 0.80 fghi	1.12 ± 0.23 cd
WPM + 2 mg/L IBA	55	2.50 ± 0.94 hi	0.67 ± 0.14 cd
WPM + 4 mg/L IBA	50	3.75 ± 0.92 fghi	0.50 ± 0.13 d
WPM + 8 mg/L IBA	50	1.05 ± 0.28 i	0.69 ± 0.18 cd
WPM + 1 mg/L NAA	100	7.70 ± 1.05 cdefg	0.64 ± 0.07 cd
WPM + 2 mg/L NAA	80	8.39 ± 2.22 cdef	1.21 ± 0.18 c
WPM + 4 mg/L NAA	60	3.95 ± 0.92 fghi	1.01 ± 0.28 cd
WPM + 8 mg/L NAA	90	4.20 ± 0.70 fghi	0.71 ± 0.08 cd
WPM + 1 mg/L IAA	50	3.30 ± 0.94 ghi	0.84 ± 0.23 cd
WPM + 2 mg/L IAA	80	4.25 ± 0.93 fghi	0.67 ± 0.18 cd
WPM + 4 mg/L IAA	100	7.10 ± 1.32 defgh	1.11 ± 0.10 cd
WPM + 8 mg/L IAA	90	10.80 ± 2.19 bcde	0.78 ± 0.10 cd

Means within the same column followed by different letters are significantly different at $P < 0.05$ by DMRT

Table 3. Percentage of callus induction and callus diameter of *H. siamicum* Craib. induced from culturing shoot tip on MS and WPM supplemented with IBA, NAA and IAA at different concentrations for 45 days

Media	Callus induction ± SE (callus/shoot)	Callus diameter ± SE (cm)
MS	20	0.10 ± 0.05 kl
MS + 1 mg/L IBA	100	1.14 ± 0.07 de
MS + 2 mg/L IBA	100	1.05 ± 0.07 def
MS + 4 mg/L IBA	100	0.98 ± 0.08 def
MS + 8 mg/L IBA	100	0.91 ± 0.06 efgh
MS + 1 mg/L NAA	100	0.95 ± 0.05 efg
MS + 2 mg/L NAA	100	1.05 ± 0.04 def
MS + 4 mg/L NAA	100	0.98 ± 0.07 def
MS + 8 mg/L NAA	90	0.86 ± 0.09 efgh
MS + 1 mg/L IAA	30	0.42 ± 0.16 ijk
MS + 2 mg/L IAA	30	0.25 ± 0.09 jkl
MS + 4 mg/L IAA	80	1.11 ± 0.19 def
MS + 8 mg/L IAA	100	1.08 ± 0.15 def
WPM	0	0.00 ± 0.00 l
WPM + 1 mg/L IBA	80	0.98 ± 0.15 def
WPM + 2 mg/L IBA	90	0.77 ± 0.11 efghi
WPM + 4 mg/L IBA	90	0.72 ± 0.10 fghi
WPM + 8 mg/L IBA	80	0.58 ± 0.08 ghij
WPM + 1 mg/L NAA	100	2.05 ± 0.17 b
WPM + 2 mg/L NAA	100	1.96 ± 0.19 b
WPM + 4 mg/L NAA	90	1.07 ± 0.16 def
WPM + 8 mg/L NAA	100	2.43 ± 0.13 a
WPM + 1 mg/L IAA	40	0.54 ± 0.16 hij
WPM + 2 mg/L IAA	40	0.30 ± 0.09 jkl
WPM + 4 mg/L IAA	100	1.52 ± 0.15 c
WPM + 8 mg/L IAA	100	1.37 ± 0.17 cd

Means within the same column followed by different letters are significantly different at $P < 0.05$ by DMRT

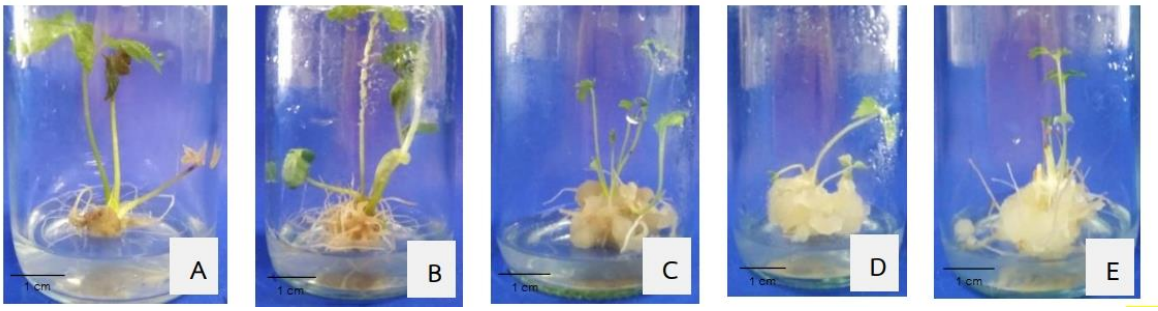

Figure 5. Root and callus development of *H. siamicum* Craib. on MS medium added with 0, 1, 2, 4 and 8 mg/L IBA for 45 days (A – E, respectively)

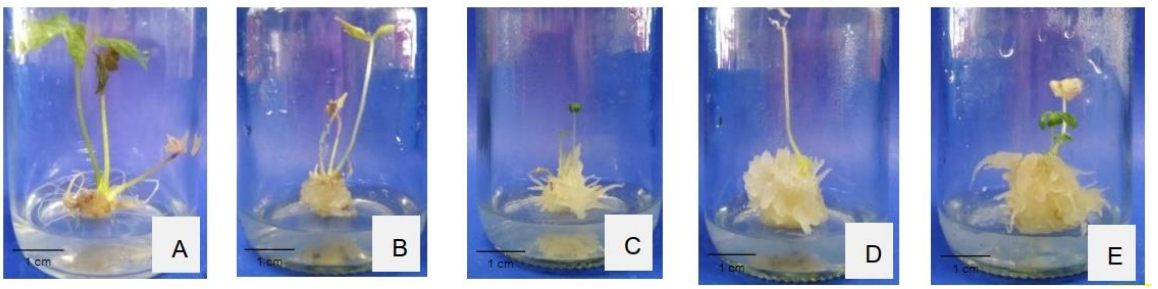

Figure 6. Root and callus development of *H. siamicum* Craib. on MS medium added with 0, 1, 2, 4 and 8 mg/L NAA for 45 days (A – E, respectively)

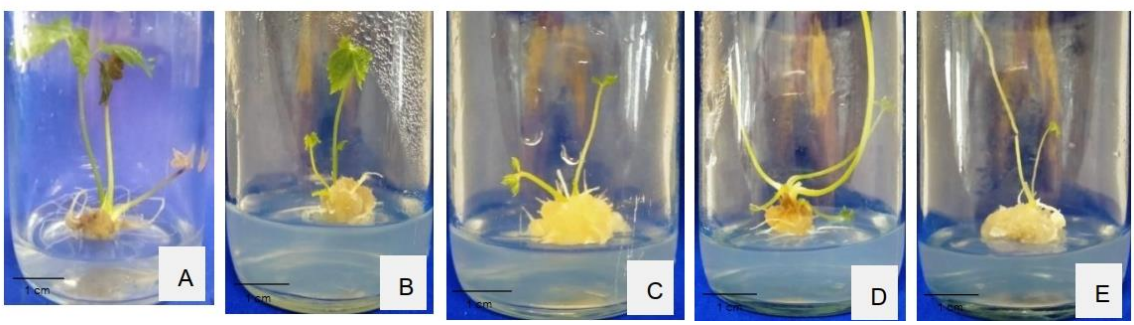

Figure 7. Root and callus development of *H. siamicum* Craib. on MS medium added with 0, 1, 2, 4 and 8 mg/L IAA for 45 days (A – E, respectively)

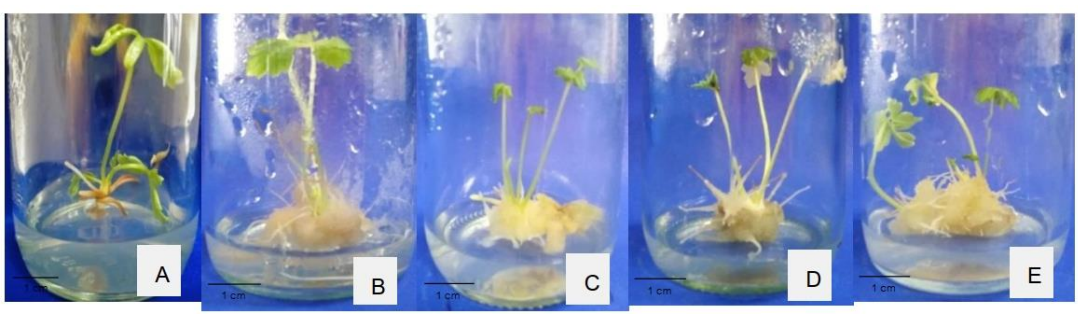

Figure 8. Root and callus development of *H. siamicum* Craib. on WPM medium added with 0,1, 2, 4 and 8 mg/L IBA for 45 days (A – E, respectively)

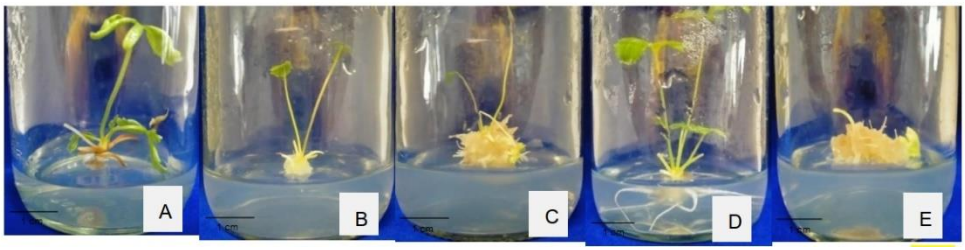

Figure 9. Root and callus development of *H. siamicum* Craib. on WPM medium added with 0, 1, 2, 4 and 8 mg/L NAA for 45 days (A – E, respectively)

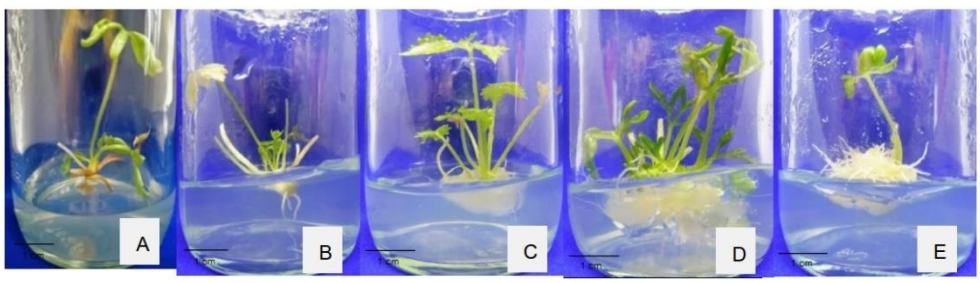

Figure 10. Root and callus development of *H. siamicum* Craib. on WPM medium added with 0, 1, 2, 4 and 8 mg/L IAA for 45 days (A – E, respectively)

Figure 11. Survival of *H. siamicum* Craib. plant after 30 days of transplanting to pot containing mixture of vermiculite : perlite : peat at ratio of 1:1:1 under green house condition

Table 4. Average of survival percentage, plantlet height, root number, and root length of *H. siamicum* Craib. after transplantation under green-house condition for 30 days

Planting material	Survival percentage	Plantlet height (cm)	Number of roots (roots/plantlet)	Root length (cm)
Vermiculite	0	N/A	N/A	N/A
Perlite	0	N/A	N/A	N/A
Peat	0	N/A	N/A	N/A
Vermiculite : Perlite : Peat	50	3.5	5	4.2

N/A = No plant growth was observed

การย้ายปลูกและอนุบาลต้นอ่อนมะแหลบในโรงเรือนเพาะชำ

เมื่อนำต้นอ่อนมะแหลบที่มีทั้งรากและยอดที่ได้จากสูตรอาหาร MS เติม IBA ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ขนาดความสูงเริ่มต้น 2 เซนติเมตร ย้ายออกไปปลูกในวัสดุ 4 ชนิด คือ vermiculite, perlite, peat และวัสดุผสม vermiculite : perlite : peat ที่อัตราส่วน 1:1:1 ในสภาพโรงเรือน เป็นเวลานาน 30 วัน พบว่าการปลูกต้นอ่อนมะแหลบในวัสดุผสม vermiculite : perlite : peat เท่านั้นที่มีการรอดชีวิตร้อยละ 50 และหลังจากปลูกได้ 30 วัน พบว่าต้นมะแหลบมีความสูง 3.5 เซนติเมตร มีจำนวนรากเฉลี่ย 5 ราก และมีความยาวรากเฉลี่ย 4.2 เซนติเมตร ซึ่งอาจเป็นผลมาจากวัสดุปลูกผสมนี้มีคุณสมบัติที่ดูดซับน้ำและอุ้มน้ำได้ และสามารถดูดซับธาตุอาหารแล้วค่อย ๆ ปลดปล่อยให้ในภายหลัง จึงช่วยให้ต้นอ่อนมะแหลบที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ มีการรอดชีวิตและมีการเจริญเติบโตดีกว่าวัสดุแบบอื่น ๆ แต่งานวิจัยของ Zou *et al*. (2019) ได้รายงานว่าการย้ายปลูกต้นอ่อนของ *H. scabridum* จากสูตรอาหาร MS เติม IBA เข้มข้น 0.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวัสดุผสม peat : vermiculite ที่อัตราส่วน 3:1 มีการรอดชีวิตร้อยละ 95

สรุป

การเพาะเลี้ยงปลายยอดมะแหลบบนอาหารสูตร MS เติม BAP ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร เหมาะสมในการเพิ่มปริมาณจำนวนยอดมะแหลบได้ 5.55±0.87 ยอดต่อชิ้นส่วนพืช ซึ่งสูงกว่าสูตรอาหารอื่น ๆ ยกเว้นอาหารสูตร MS ที่เติม TDZ 1 และ 8 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนการเพาะเลี้ยงบนสูตรอาหาร MS และ WPM ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต สามารถชักนำให้มะแหลบมีความยาวยอดสูงกว่าอาหารสูตรอื่น ๆ คือ 6.80±0.42 และ 7.21±0.35 เซนติเมตร ตามลำดับ การเพาะเลี้ยงยอดมะแหลบบนอาหารสูตร MS เติม IBA ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดรากได้เฉลี่ยร้อยละ 90 มีจำนวนรากสูงกว่าสูตรอาหารอื่น ๆ คือ 15.65 ± 2.06 รากต่อยอด สูตรอาหาร MS เติม IBA ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตชักนำให้ยอดมะแหลบมีความยาวรากมากที่สุด คือ 2.57 ± 0.45 เซนติเมตร ทุกสูตรอาหารที่ศึกษาสามารถชักนำให้ยอดมะแหลบเกิดแคลลัสได้ ยกเว้นอาหารสูตร WPM ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต การเพาะเลี้ยงยอดมะแหลบบนอาหารสูตร WPM ที่เติม NAA เข้มข้น 8 มิลลิกรัมต่อลิตร ชักนำให้เกิดแคลลัสที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากที่สุด คือ 2.43 ± 0.13 เซนติเมตร เมื่อนำต้นมะแหลบที่มีทั้งรากและยอดไปย้ายปลูกในวัสดุผสม vermiculite : perlite : peat ที่อัตราส่วน 1:1:1 ต้นมะแหลบมีการรอดชีวิตร้อยละ 50 และมีความสูง 3.5 เซนติเมตร หลังการปลูกได้ 30 วัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยรามคำแหง ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการวิจัยครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบพระคุณภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง และสถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ให้การสนับสนุนและการอนุเคราะห์ในด้านเครื่องมืออุปกรณ์และสถานที่ในการศึกษาวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Bahadori, M.B., L. Dinparast and G. Zengin. 2016. The Genus Heracleum: A comprehensive review on its phytochemistry, pharmacology, and ethnobotanical values as a useful herb. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety 15(6): 1018-1039.

Duncan, D.B. 1955. Multiple Range and Multiple F-Test. Biometrics 11: 1-5.

Iscan, G., T. Ozek, A. Duran and K.H.C. Baser. 2004. Essential oils of tree species of *Heracleum anticandidal* activity. Chemistry of Natural Compounds 40(6): 544-547.

Jan, M., S., Singh, F., Maqbool and I.A. Nawchoo. 2019. Effect of explant source and different hormonal combinations on *in vitro* regeneration of *Heracleum candicans* Wall: An important medicinal herb. African Journal of Biotechnology 18(28): 707-712.

Kuljanabhagavad, T., N. Sriubolmas and N. Ruangrungsi. 2011. Chemical composition, antibacterial and antifungal activities of essential oil from *Heracleum siamicum* Craib. Pharmaceutical Chemistry Journal 45(3): 178-182.

Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. Phisiologia Plantarum 15(3): 473-497.

Samphunphuang, C., W. Somprasong and P. Sangkasa-ad. 2014. Study botanical characteristics to record characteristics for plant variety protection under the Plant Variety Protection Act B.E. 2542. Final Report. Department of Agriculture. Bangkok.39 p. (in Thai)

Wakhlu, A.K. and R.K. Sharma. 1999. Micropropagation of *Heracleum candicans* wall: A rare medicinal herb. In Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant 35: 79-81.

Wattanawikkit, P., A. Meeburut and P. Srisamatthakarn. 2018. *In vitro* propagation of *Zanthoxylum limonella* Alston. The Agricultural Science Journal, 49(Suppl. 1): 152-154. (in Thai)

Xia, G., Z. Li and H. Chen. 1993. Plant regeneration from cell suspension derived protoplasts of *Heracleum moellendorffii*. Journal of Integrative Plant Biology 35(9): 730-732.

Zaman, M.A.K, A.M. Azzeme, I.K. Ramle, N. Normanshah, S.N. Ramli, N.A. Shaharuddin, S. Ahmad and S.N.A. Abdullah, 2020. Induction, multiplication, and evaluation of antioxidant activity of *Polyalthia bullata* callus, a woody medicinal plant. Plants, 9(12): 1772.

Zou, L., J. Hu, M. Luo and Q. Wu. 2019. *In vitro* propagation of the Chinese traditional and medicinal plant *Heracleum scabridum* Franch. Bangladesh Journal of Botany 48(3): 575-581.

การคัดเลือกข้าวลูกผสมระหว่างพันธุ์แสง 5 และพันธุ์ปทุมธานี 1 เพื่อเพิ่มปริมาณสารฟีนอลิกและผลผลิตในชั่วที่ 4 และชั่วที่ 5

Selection of Cross Between Saeng 5 and Pathum Thani 1 Rice Varieties to Increase Phenolic Content and Yield in the F4 and F5 Generations

เกริกเกียรติ ปัญญาหล้า[1] ชนากานต์ เทโบลต์ พรมอุทัย[1,2] ต่อนภา ผุสดี[1,2] และ ศันสนีย์ จำจด[1,2*]

Kroegiat Panyala[1], Chanakan Thebault Prom-u-thai[1,2], Tonapha Pusadee[1,2] and Sansanee Jamjod[1,2*]

[1]ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

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

[2]ศูนย์วิจัยข้าวล้านนา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 52000

[2]Lanna Rice Research Center, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

[*]Corresponding author: Email: sansanee.j@cmu.ac.th

(Received: 19 April2024; Accepted: 4 October2025)

Abstract: The Saeng 5 variety, a local purple rice is characterized by its purple pericarp and high grain phenolic content, which possesses antioxidant properties. However, it has low yield compared to modern rice varieties. This research aimed to evaluate and select rice lines with black pericarp, high phenolic content, and high yield. The selection was made from the 3rd generation cross between Saeng 5 and Pathum Thani 1, with a total of 14 plants with pigmented pericarp and high grain phenol content, In the 4th generation, the segregating population was grown in experimental pots under greenhouse conditions during the off-season in 2020, with 10 plants per populations. Four plants with high yield and high phenolic content were selected. Seeds of F_5 lines were grown in the field during the rainy season in 2020. The final 7 lines of purple rice were selected for high phenol content, black pericarp, and high grain yield. The phenolic content ranged from 753.0 to 1237.4 mg of GAE per 100 g, which is higher than the Saeng 5 variety (533.34 mg of GAE per 100 g) and the Pathum Thani 1 variety (not detectable level of phenol content). In addition, the selected lines produced high grain yield which ranged from 20.2 to 24.6 g per plant. The selected lines can serve as a vital genetic resource for breeding and as a genetic base for selecting high-phenol, high-yield rice varieties in the future.

Keywords: Selection, purple rice, black sticky rice, phenol

Copyright @ Journal of Agricultural Research and Communications. All rights reserved.

บทคัดย่อ: ข้าวก่ำพันธุ์แสง 5 เป็นข้าวพื้นเมืองที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีม่วงดำและมีสารฟีนอลสูง (phenol) ซึ่งมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) แต่ให้ผลผลิตต่ำเมื่อเทียบกับข้าวสายพันธุ์สมัยใหม่ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินและคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวลูกผสมที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำ ปริมาณฟีนอลสูง และให้ผลผลิตสูง โดยคัดเลือกจากประชากรลูกผสมชั่วที่ 3 ระหว่างข้าวพันธุ์แสง 5 และปทุมธานี 1 ได้ทั้งหมดจำนวน 14 ต้น นำไปปลูกประเมินและคัดเลือกในชั่วที่ 4 และ 5 โดยในประชากรลูกผสมชั่วที่ 4 ปลูกในกระถางทดลองสภาพนาสวน ในโรงเรือนทดลอง ในฤดูนาปรัง พ.ศ. 2563 ปลูกประชากรละ 10 ต้นคัดเลือกได้ทั้งหมด 4 ต้นที่ให้ผลผลิตและมีปริมาณฟีนอลสูงเป็นตัวแทนของประชากร ในชั่วที่ 5 ปลูกคัดเลือกในแปลงทดลอง พบว่าพันธุ์แม่แสง 5 มีปริมาณฟีนอล 533.3 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อน้ำหนักเมล็ด 100 กรัม ในขณะที่พันธุ์พ่อปทุมธานี 1 ไม่พบสารฟีนอล สามารถคัดเลือกต้นที่มีปริมาณฟีนอลสูง เยื่อหุ้มเมล็ดสีดำ และผลผลิตสูงกว่าพันธุ์แม่ได้ 7 สายพันธุ์ โดยมีปริมาณฟีนอลระหว่าง 753.0-1237.4 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อน้ำหนักเมล็ด 100 กรัม และผลผลิตระหว่าง 20.2-24.6 กรัมต่อต้น สายพันธุ์ที่คัดเลือกได้ในครั้งนี้สามารถใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวคุณภาพพิเศษที่มีปริมาณฟีนอลสูงและให้ผลผลิตสูงในอนาคต

คำสำคัญ: การคัดเลือก ข้าวก่ำ ข้าวเหนียวดำ ฟีนอล

คำนำ

ข้าวก่ำ หรือข้าวเหนียวดำ เป็นสายพันธุ์ข้าวพื้นเมืองที่มีการปลูกในพื้นที่ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ด้วยลักษณะเฉพาะที่แตกต่างไปจากข้าวทั่วไป คือการปรากฏของสีม่วง ตามส่วนต่าง ๆ เช่น ใบ กาบใบ ลำต้น เปลือกเมล็ดข้าว รวมไปถึงการปรากฏสีม่วงบริเวณเยื่อหุ้มเมล็ดเป็นต้น (Kaladee *et al*., 2000) ในข้าวพื้นเมืองที่มีการปรากฏสีม่วงเหล่านี้นั้น เกิดจากการสะสมของสารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ซึ่งเป็นสารที่จัดอยู่ในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoid) เช่นเดียวกับฟีนอล (phenol) ที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant)สารคุณภาพพิเศษดังกล่าวพบในข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำเป็นส่วนใหญ่ จากการศึกษาของ Lichanporn *et al*. (2019) ที่วิเคราะห์สารประกอบฟีนอลในข้าวก่ำ 2 สายพันธุ์และข้าวขาว 3 สายพันธุ์ พบว่า ข้าวก่ำทั้ง 2 สายพันธุ์มีปริมาณฟีนอลในเมล็ดรวม สูงกว่าข้าวขาวทุกสายพันธุ์ ซึ่งสารคุณภาพพิเศษที่พบในข้าวเหนียวดำ มีคุณสมบัติช่วยกระตุ้นให้ร่างกายเพิ่มประสิทธิภาพในการสร้างภูมิคุ้มกันต้านทานต่อโรคต่าง ๆ นอกจากนั้น ในสารประกอบฟีนอลิกมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ช่วยป้องกันโรคเรื้อรัง เช่น เบาหวาน ความดันโลหิตสูง โรคหัวใจ และมะเร็ง โดยกลไกหลักจากฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชัน ซึ่งช่วยลดปฏิกิริยาออกซิเดชันในร่างกายที่เป็นสาเหตุของโรคต่าง ๆ (González-Burgos and Gómez-Serranillos, 2021) จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ลักษณะสีเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวที่เป็นสีม่วงเกิดจากการควบคุมของยีนในกลุ่ม *Rc* (red pericarp) และ *Pb* (purple pericarp) ซึ่งควบคุมการแสดงออกของสารแอนโทไซยานินในเยื่อหุ้มโดยยีน *Rc* เป็นยีนเด่นที่ควบคุมลักษณะสีแดงของเยื่อหุ้มเมล็ด ในขณะที่ยีน *Pb* เป็นยีนด้อยที่ควบคุมลักษณะสีม่วงของเยื่อหุ้มเมล็ด ซึ่งการแสดงออกของทั้งสองยีนนี้ทำให้เกิดสีม่วงเข้มของเยื่อหุ้มเมล็ด (Sweeney *et al*., 2006) อย่างไรก็ตาม ปัจจัยสภาพแวดล้อม เช่น ความเครียดจากอุณหภูมิ และสภาวะขาดน้ำ ก็มีผลต่อการสะสมของสารประกอบฟีนอลในเมล็ดข้าวด้วยเช่นกัน (Sharma *et al*., 2019) ดังนั้น ในการคัดเลือกข้าวที่มีปริมาณฟีนอลสูง จึงต้องพิจารณาทั้งอิทธิพลของพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมประกอบการคัดเลือก

กลุ่มวิจัยทรัพยากรพันธุกรรมและธาตุอาหารพืช มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ได้เก็บรวบรวมพันธุ์ข้าวพื้นเมืองจากที่สูงภาคเหนือของประเทศไทย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินและคัดเลือกพันธุ์บริสุทธิ์เพื่อคุณภาพพิเศษคุณค่าทางโภชนาการสูงเช่น แอนโทไซยานิน ธาตุเหล็ก ฟีนอลในเมล็ด (Jamjod *et al*., 2015) ปลูกประเมินลักษณะทางสัณฐานและประเมินปริมาณ

สารฟีนอลเปรียบเทียบกับพันธุ์มาตรฐาน ไม่พบการกระจายตัวในลักษณะทางสัณฐาน และสามารถคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีค่าปริมาณฟีนอลสูง คือ พันธุ์แสง 5 มช. (Khao Saeng 5; KS5) ซึ่งมีปริมาณฟีนอลในเมล็ดข้าวกล้องสูง 655.4 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อน้ำหนักเมล็ด 100 กรัม (Plant Varieties Protection Office, 2020) อย่างไรก็ตามพบว่า ในสายพันธุ์ข้าวไร่ที่ได้คัดเลือก สามารถปลูกได้เพียงปีละหนึ่งครั้ง และมีผลผลิตที่ต่ำ เมื่อเทียบกับข้าวพันธุ์ปรับปรุงสมัยใหม่ที่ให้ผลผลิตที่สูงและสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี จึงได้สร้างลูกผสมระหว่างข้าวพันธุ์คัดเลือกคุณภาพพิเศษสูงกับข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่เป็นข้าวพันธุ์ปรับปรุงสมัยใหม่ โดยข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 เป็นข้าวเจ้า ไม่ไวต่อช่วงแสง ลำต้นแข็งแรง ให้ผลผลิตสูง เพื่อปรับปรุงข้อด้อยของพันธุ์ข้าวแสง 5 มช. โดย Tonking *et al.* (2022) ได้ศึกษาในประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 และ 2 ระหว่างข้าวพันธุ์แสง 5 เป็นพันธุ์แม่ และปทุมธานี 1 เป็นพันธุ์พ่อ พบว่าในประชากรลูกผสมชั่วที่ 1 มีจำนวนหน่อต่อต้น จำนวนรวงต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อรวง มีค่าใกล้เคียงกับพันธุ์แม่ อย่างไรก็ตามประชากรลูกผสมมีความสูงต้นเฉลี่ยสูงกว่าพันธุ์แม่ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 95 เซนติเมตร ซึ่งมากกว่าพันธุ์แม่ที่มีความสูงต้นเฉลี่ย 80 เซนติเมตร ในประชากรลูกผสมชั่วที่ 2 พบการกระจายตัวในลักษณะสีเยื่อหุ้มเมล็ด คัดเลือกต้นที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลในเมล็ดจำนวน 129 ต้น คัดเลือกต้นที่มีปริมาณฟีนอลในเมล็ดสูงกว่าพันธุ์พ่อแม่ แต่ยังคงมีผลผลิตเฉลี่ยระหว่างสายพันธุ์พ่อแม่ เป็นตัวแทนประชากรปลูกประเมินและคัดเลือกในชั่วที่ 3

สำหรับงานวิจัยนี้ เป็นงานวิจัยต่อเนื่อง ซึ่งได้เมล็ดพันธุ์ชั่วที่ 3 ระหว่างข้าวพันธุ์แสง 5 และพันธุ์ปทุมธานี 1 จากการศึกษาของ Tonking *et al.* (2022) ระหว่างข้าวพันธุ์แสง 5 และปทุมธานี 1 เป็นประชากรตั้งต้น เพื่อประเมินและคัดเลือกในชั่วที่ 4 และชั่วที่ 5 ถัดไป โดยในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินและคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวลูกผสมที่มีปริมาณฟีนอลในเมล็ดสูง มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำ และให้ผลผลิตสูงเมื่อเทียบกับพันธุ์แสง 5 สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการเป็นฐานพันธุกรรมในการคัดเลือกหรือนำไปวางแผนปรับปรุงพันธุ์ข้าวต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

ประชากรศึกษา

ใช้ประชากรลูกผสมระหว่างข้าวพันธุ์แสง 5 (KS5) ที่มีลักษณะเด่นเป็นเมล็ดสีดำและมีปริมาณฟีนอลในเมล็ดสูง กับข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 (PTT1) ที่เป็นพันธุ์ปรับปรุงสมัยใหม่และไม่ไวต่อช่วงแสง ในชั่วที่ 2 คัดเลือกประชากรที่มีปริมาณฟีนอลสูง ใกล้เคียงพันธุ์แม่หรือมากกว่า ในฤดูนาปี พ.ศ. 2561 (Tonking *et al.*, 2022) ปลูกชั่วที่ 3 และพันธุ์พ่อแม่อย่างละ 10 ต้น ในฤดูนาปี พ.ศ. 2562 คัดเลือกลูกผสมที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำได้ 54 ต้น วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลในเมล็ดแบบแยกต้น ตามวิธีของ Folin and Ciocalteu (1927) พบว่ามีปริมาณฟีนอลในเมล็ดระหว่าง 46.6 ถึง 711.6 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อน้ำหนักเมล็ด 100 กรัม (Figure 1) โดยที่พันธุ์ปทุมธานี 1 และพันธุ์แสง 5 มีปริมาณฟีนอลในเมล็ดเท่ากับ 0 และ 226.8 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อน้ำหนักเมล็ด 100 กรัม จึงคัดเลือกต้นที่มีปริมาณฟีนอลในเมล็ดระหว่าง 427.1 ถึง 711.6 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อน้ำหนักเมล็ด 100 กรัม ซึ่งสูงกว่าพันธุ์แม่จำนวน 14 ต้น เพื่อเป็นตัวแทนประชากรปลูกประเมินในชั่วที่ 4

การประเมินลักษณะประชากรลูกผสมชั่วที่ 4

ปลูกประชากรลูกผสมชั่วที่ 4 และพันธุ์พ่อแม่ในกระถางทดลองสภาพนาสวน ในโรงเรือนทดลองสาขาวิชาพืชไร่ ศูนย์วิจัย บูรณาการ สาธิตและฝึกอบรมนวัตกรรมการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในฤดูนาปรัง พ.ศ. 2563 ตั้งแต่เดือน มกราคม ถึงเมษายน เพาะเมล็ดลูกผสมชั่วที่ 4 ในถาดเพาะเมล็ดเมื่อต้นกล้ามีอายุครบ 10 วัน นำไปย้ายปลูกลงในกระถางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 นิ้ว โดยใช้วัสดุปลูกเป็นดินร่วนปนทราย จัดอยู่ในหน่วยสัมพันธ์ชุดดินโคราชและชุดสตึก (Kt/Suk) (Chiangmai Land Development Station, 2024) ปลูกจำนวน 1 ต้น

ต่อหลุม จำนวน 5 ต้นต่อกระถาง กระถางละ 1 ประชากร ประชากรละ 10 ต้น และปลูกพันธุ์พ่อแม่พันธุ์ละ 10 ต้น บันทึกวันออกดอกร้อยละ 50 ในระยะสุกแก่ เมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยว วัดความสูงจากโคนต้นถึงฐานรวง และบันทึกจำนวนรวงต่อต้น จากนั้นดำเนินการเก็บเกี่ยวโดยแยกเป็นรายต้น ชั่งน้ำหนักผลผลิตเมล็ด และสุ่มตัวอย่างรวงเพื่อบันทึกองค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ ความยาวรวง จำนวนระแง้ต่อรวง จำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวง และจำนวนเมล็ดดีต่อรวง เป็นต้น หลังจากนั้นคัดเลือกต้นที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำ ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์แม่ และมีปริมาณฟีนอลในเมล็ดในชั่วที่ 3 สูงกว่าพันธุ์แม่ สำหรับปลูกประเมินและคัดเลือกในชั่วถัดไป

การประเมินลักษณะประชากรลูกผสมชั่วที่ 5

ปลูกประชากรลูกผสมชั่วที่ 5 ในฤดูนาปี ในแปลงทดลองภายในพื้นที่ของศูนย์วิจัยบูรณาการ สาธิตและฝึกอบรมนวัตกรรมการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย จัดอยู่ในหน่วยสัมพันธ์ชุดดินโคราชและชุดสตึก (Kt/Suk) (Chiangmai Land Development Station, 2024) โดยปลูกด้วยวิธีการปักดำ ระยะปลูก 25 x 25 เซนติเมตร ปลูก 1 ต้นต่อหลุม จำนวน 4 ประชากร ประชากรละ 12 ต้น จำนวน 3 ซ้ำและปลูกพ่อแม่สายพันธุ์ละ 12 ต้น คั่นระหว่างลูกผสมแต่ละซ้ำ เมื่อถึงระยะสุกแก่ เก็บเกี่ยวแยกเป็นรายต้น เก็บข้อมูลทางพืชไร่ และองค์ประกอบผลผลิตเช่นเดียวกับชั่วที่ 4 คัดกรองเบื้องต้นโดยใช้เมล็ดรวมจากทุกต้นภายในประชากร ต้นละ 5 กรัม นำมารวมกันและวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลในเมล็ดแบบรวม หลังจากนั้นคัดเลือกประชากรที่มีปริมาณฟีนอลในเมล็ดรวมสูงกว่าพันธุ์แม่ นำเมล็ดแต่ละต้นจากประชากรคัดเลือกมาแกะเปลือกเมล็ด คัดเลือกต้นที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำทั้งเมล็ดนำมาวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลแบบแยกต้น (Figure 2)

การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลในเมล็ด

วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลในเมล็ดข้าว โดยประยุกต์ใช้วิธีของ Folin and Ciocalteu (1927) โดยเริ่มจากนำตัวอย่างข้าวเปลือกที่ความชื้น 12 % จำนวน 3 กรัม มาแกะและนำไปบดให้ละเอียด จากนั้นชั่งตัวอย่างที่บดละเอียด 0.5 กรัม ใส่ลงในหลอดปั่นเหวี่ยง (centrifuge tube) และสกัดด้วยสารละลายเมทานอลความเข้มข้น 50% เก็บสารสกัดที่ได้ แล้วนำสารสกัดปริมาตร 1 มิลลิลิตร มาทำปฏิกิริยากับ Folin Ciocalteu reagent และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

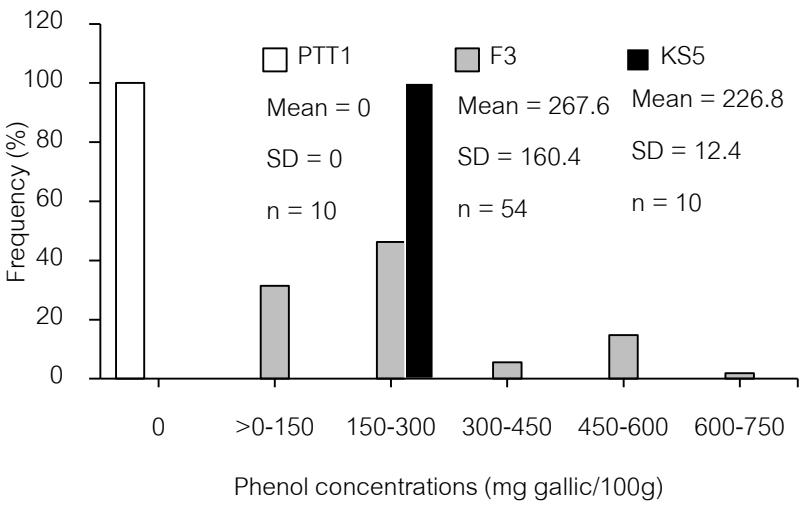

Figure 1. Frequency distribution (%) of phenol concentrations of 54 plants and parents (KS5 and PTT1)

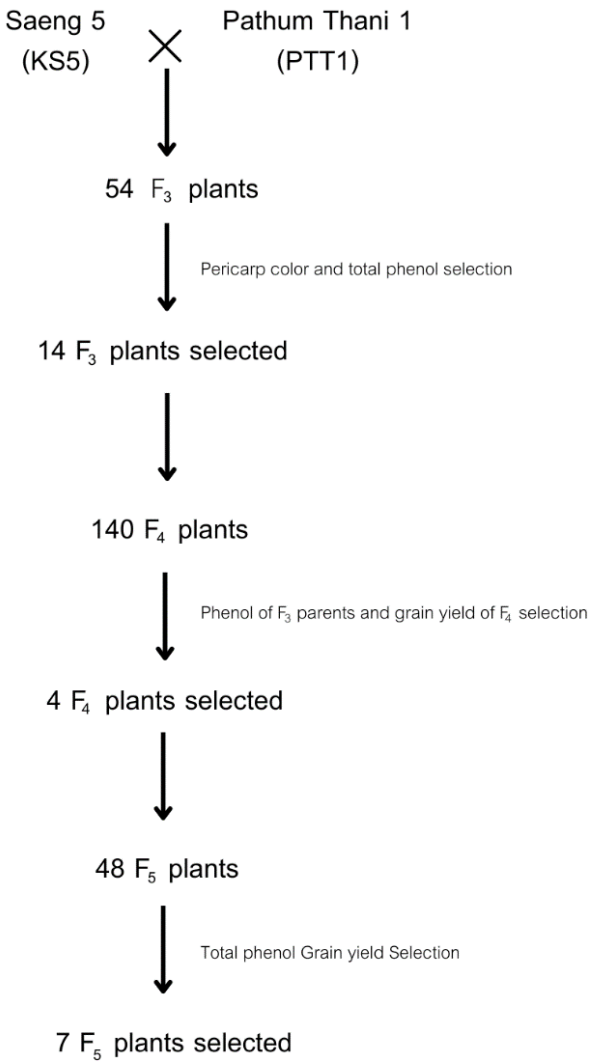

Figure 2. Source of advanced line in F_3 – F_5 generations between KS5 x PTT1 in this study

(spectrophotometer) จัดทำกราฟมาตรฐานโดยใช้กรดแกลลิก (gallic acid) เป็นสารมาตรฐาน แล้วคำนวณปริมาณสารฟีนอลในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อน้ำหนักตัวอย่างเมล็ดข้าว 100 กรัม

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลประชากรลูกผสมชั่วที่ 4 และ 5 วิเคราะห์ช่วงของการกระจายตัว (range) ค่าเฉลี่ย mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, SD) และ ค่าสัมประสิทธิ์ของการแปรปรวน (coefficient of variation, CV) เทียบกับพันธุ์พ่อแม่ ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ Statistix 9

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การประเมินและคัดเลือกประชากรลูกผสมชั่วที่ 4

ลักษณะทางพืชไร่

พันธุ์ปทุมธานี 1 และพันธุ์แสง 5 มีอายุออกดอกเฉลี่ย 117 และ 75 วัน และมีความแปรปรวนภายใน

พันธุ์ระหว่าง 1.2 และ 2.0 ตามลำดับ ลูกผสมชั่วที่ 4 มีค่าเฉลี่ยอายุออกดอกภายในประชากร ระหว่าง 73 ถึง 155 วัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของอายุออกดอกระหว่าง 0.4 ถึง 12.5 เปอร์เซ็นต์ใกล้เคียงหรือมากกว่าพันธุ์พ่อแม่ (Figure 3a) สำหรับลักษณะความสูงต้น พันธุ์พ่อและพันธุ์แม่มีความสูงเฉลี่ย 117.6 และ 97.8 เซนติเมตรตามลำดับ ประชากรลูกผสมชั่วที่ 4 มีความสูงเฉลี่ยน้อยกว่าพันธุ์พ่อแม่ โดยมีความสูงกระจายตัวระหว่าง 68.6 ถึง 95.5 เซนติเมตร (Figure 3b) ส่วนผลผลิตต่อต้นพบว่าพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่มีผลผลิตเฉลี่ย 9.4 และ 2.3 กรัมต่อต้นตามลำดับ ประชากรลูกผสมชั่วที่ 4 มีผลผลิตต่อต้นกระจายตัวระหว่าง 1.5 ถึง 2.8 กรัมต่อต้น โดยลูกผสมส่วนใหญ่มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนภายในประชากรของลักษณะความสูงและผลผลิตมากกว่าพันธุ์พ่อแม่ (Figure 3c) แสดงให้เห็นว่าในลูกผสมชั่วที่ 4 ยังมีความแปรปรวนของลักษณะต่าง ๆ ภายในประชากรและระหว่างประชากรสูง

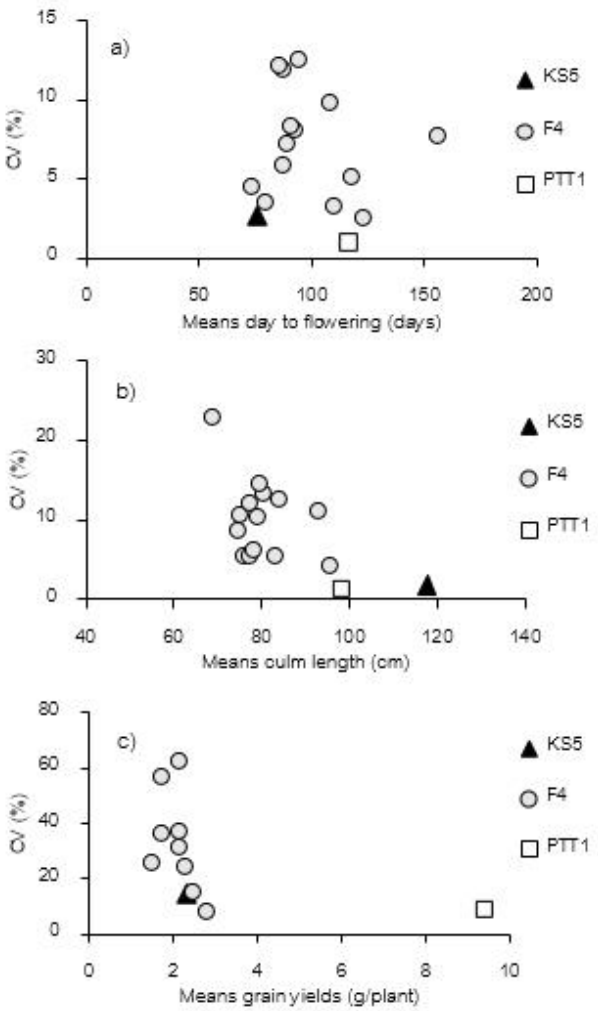

Figure 3. Means and CV within families of a) days to flowering b) culm length and c) grain yield of 14 F4 families and parents (KS5 and PTT1)

การคัดเลือก

ในประชากรลูกผสมชั่วที่ 4 พบว่าไม่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ทั้งหมด สาเหตุเนื่องจากมีอุณหภูมิสูงในช่วงกลางวันตั้งแต่ระยะกำเนิดช่อดอกไปจนถึงระยะดอกบาน ซึ่งส่งผลกระทบต่อความมีชีวิตของเกสรและอัตราการติดเมล็ดน้อย ส่งผลให้ผลผลิตลดลง (Hu *et al*., 2021) ทำให้ปริมาณเมล็ดที่เก็บเกี่ยวได้ไม่เพียงพอสำหรับใช้วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลในเมล็ด ในประชากรลูกผสมชั่วที่ 4 สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้เพียง 42 ต้น จากทั้งหมด 140 ต้น การคัดเลือกจึงใช้ข้อมูลปริมาณฟีนอลในเมล็ดจากชั่วที่ 3 ร่วมคัดเลือกกับลักษณะผลผลิต (Figure 4) สามารถคัดเลือกต้นที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดดำ ผลผลิตสูง และปริมาณฟีนอลในเมล็ดพันธุ์ชั่วที่ 3 สูงกว่าพันธุ์แสง 5 ได้จำนวน 4 ต้น เป็นตัวแทนประชากรชั่วที่ 4 สำหรับปลูกประเมินและคัดเลือกในชั่วถัดไป (Figure 4)

การประเมินและคัดเลือกประชากรลูกผสมชั่วที่ 5

ลักษณะทางพืชไร่

ข้าวลูกผสมชั่วที่ 5 จำนวน 4 ประชากร มีอายุออกดอกเฉลี่ยระหว่าง 64 ถึง 78 วัน พันธุ์ปทุมธานี 1 และพันธุ์แสง 5 มีอายุออกดอกเฉลี่ยเท่ากับ 96 และ 87 วันตามลำดับ (Figure 6a) ความสูงต้นเฉลี่ยของลูกผสมชั่วที่ 5 มีค่าระหว่าง 68.3 ถึง 75.9 เซนติเมตร โดยพันธุ์ปทุมธานี 1 และพันธุ์แสง 5 มีความสูงเฉลี่ย 67.7 และ 85.4 เซนติเมตร ตามลำดับ (Figure 6b) เช่นเดียวน้ำหนักต่อต้นซึ่งในลูกผสมชั่วที่ 5 มีค่าเฉลี่ยแต่ละประชากรระหว่าง 10.5 ถึง 32.2 กรัม โดยพันธุ์ปทุมธานี 1 และพันธุ์แสง 5 มีน้ำหนักต้นเฉลี่ยเท่ากับ 34.9 และ 15.8 กรัม ตามลำดับ (Figure 6c) ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (CV) ภายในประชากรของประชากรลูกผสมชั่วที่ 5 ในเกือบทุกต้น มีค่าอยู่ในช่วงของพ่อแม่ และมีค่าต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนภายในประชากรของชั่วที่ 4 แสดงให้เห็นว่าการคัดเลือกในชั่วที่ 4 นั้นมีประสิทธิภาพในการเพิ่มความสม่ำเสมอของลักษณะทางพืชไร่ภายในประชากรความสม่ำเสมอของลักษณะพืชไร่นี้สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญในการประเมินศักยภาพของสายพันธุ์นั้น ๆ และเป็นปัจจัยสำคัญในการคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีคุณภาพที่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป เช่นเดียวกับการศึกษาของ Wongput (2019) ที่ได้คัดเลือกประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 4 ถึง 6 ระหว่างข้าวก่ำดอยสะเก็ดและข้าวปทุมธานี 1 พบว่า ในลักษณะทางพืชไร่ของสายพันธุ์ลูกผสมดังกล่าวแสดงค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนที่ลดลงเมื่อปลูกในชั่วถัดไป และในชั่วที่ 6 ถึง 8 พบว่า ความปรวนของลักษณะทางพืชไร่ในแต่ละสายพันธุ์มีน้อยมาก เนื่องจากยีน (gene) ที่ควบคุมลักษณะดังกล่าวเริ่มเข้าสู่ homozygosity ซึ่งสอดคล้องกับหลักการทางพันธุศาสตร์และการปรับปรุงพันธุ์พืชที่ Acquaah (2012) ได้อธิบายไว้ กล่าวคือ การผสมข้ามพันธุ์ระหว่างสายพันธุ์ที่มีความแตกต่างทางพันธุกรรมจะสร้างความหลากหลายทางพันธุกรรมและความแปรปรวนของลักษณะทางฟีโนไทป์ (phenotype) ในประชากรลูกผสมชั่วแรก ๆ แต่เมื่อผ่านกระบวนการคัดเลือกและผสมตัวเองไปหลายชั่วอายุ ความแปรปรวนจะลดลงและสายพันธุ์ที่คัดเลือกจะแสดงลักษณะที่พึงประสงค์ชัดเจนขึ้น อันเนื่องมาจากการสะสมยีนที่ดีและการกำจัดยีนที่ไม่ต้องการออกจากประชากร

ปริมาณฟีนอลในเมล็ด

ในการคัดกรองเบื้องต้นโดยการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลแบบรวมตัวอย่างเมล็ดข้าวกล้องจากทุกต้นในแต่ละประชากร พบว่า มีค่าปริมาณฟีนอลในเมล็ดกระจายตัวในช่วง 209.4 ถึง 722.7 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อน้ำหนักเมล็ด 100 กรัม และเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวพันธุ์แสง 5 ซึ่งมีปริมาณฟีนอลในเมล็ดเท่ากับ 431.2 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อน้ำหนักเมล็ด 100 กรัม (Figure 5) พบ 2 ประชากรที่มีปริมาณฟีนอลสูงกว่าพันธุ์แม่ โดยมีค่าระหว่าง 575.4 และ 722.7 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อน้ำหนักเมล็ด 100 กรัม

จากสองประชากรที่ถูกคัดเลือก คัดเลือกต้นที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำทั้งเมล็ดได้ 12 ต้น จากประชากรที่ 1 จำนวน 6 ต้น และประชากรที่ 3 จำนวน 6 ต้น นำมาวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลแบบแยกรายต้นเปรียบเทียบกับพันธุ์แม่ พบว่าพันธุ์แสง 5 ที่มีปริมาณฟีนอล 533.3 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อน้ำหนักเมล็ด 100 กรัม ลูกผสมที่คัดเลือกทั้ง 12 ต้น มีปริมาณฟีนอลในเมล็ดระหว่าง 179.3 ถึง 1237.4 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิก

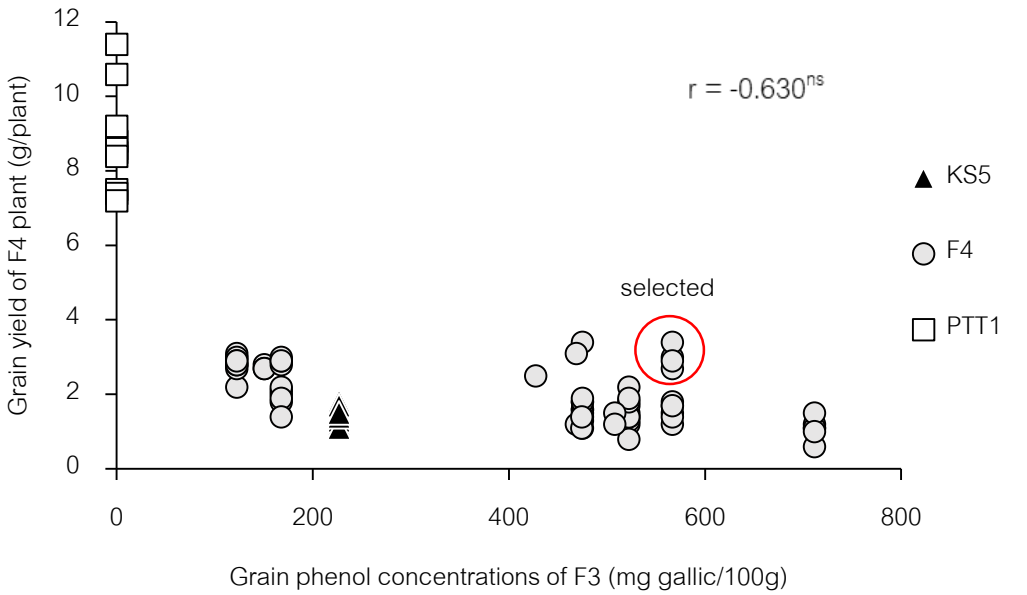

Figure 4. Distribution of grain phenol concentrations in F3 families and grain yield in 42 F4 families and parents (KS5 and PTT1)

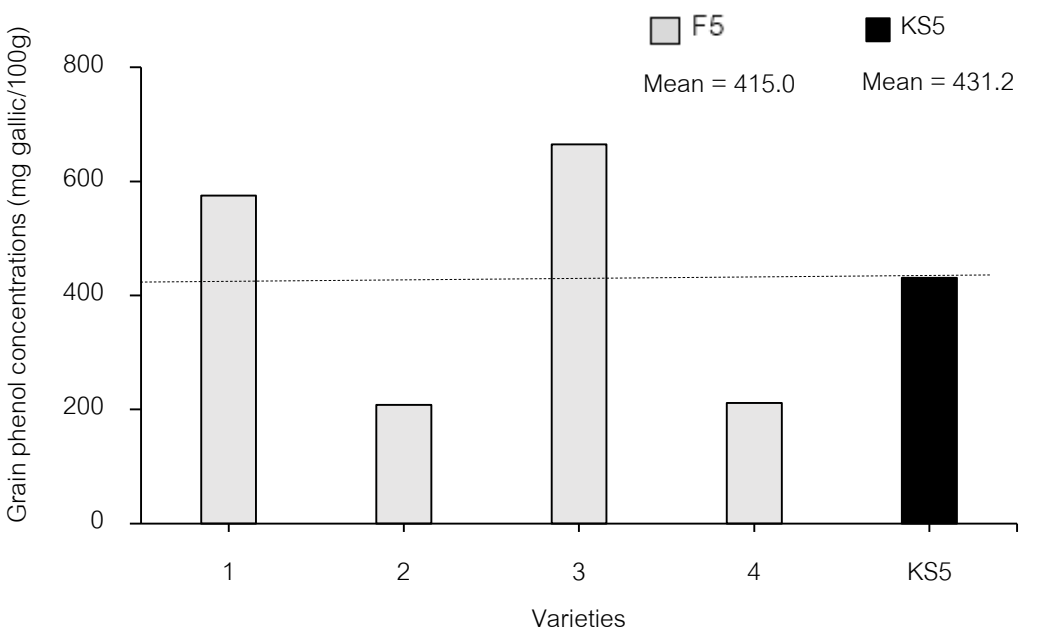

Figure 5. Grain phenol concentrations in 4 varieties of F5 families and female parent (KS5). Dashed line represents the phenol concentration of KS5 parent

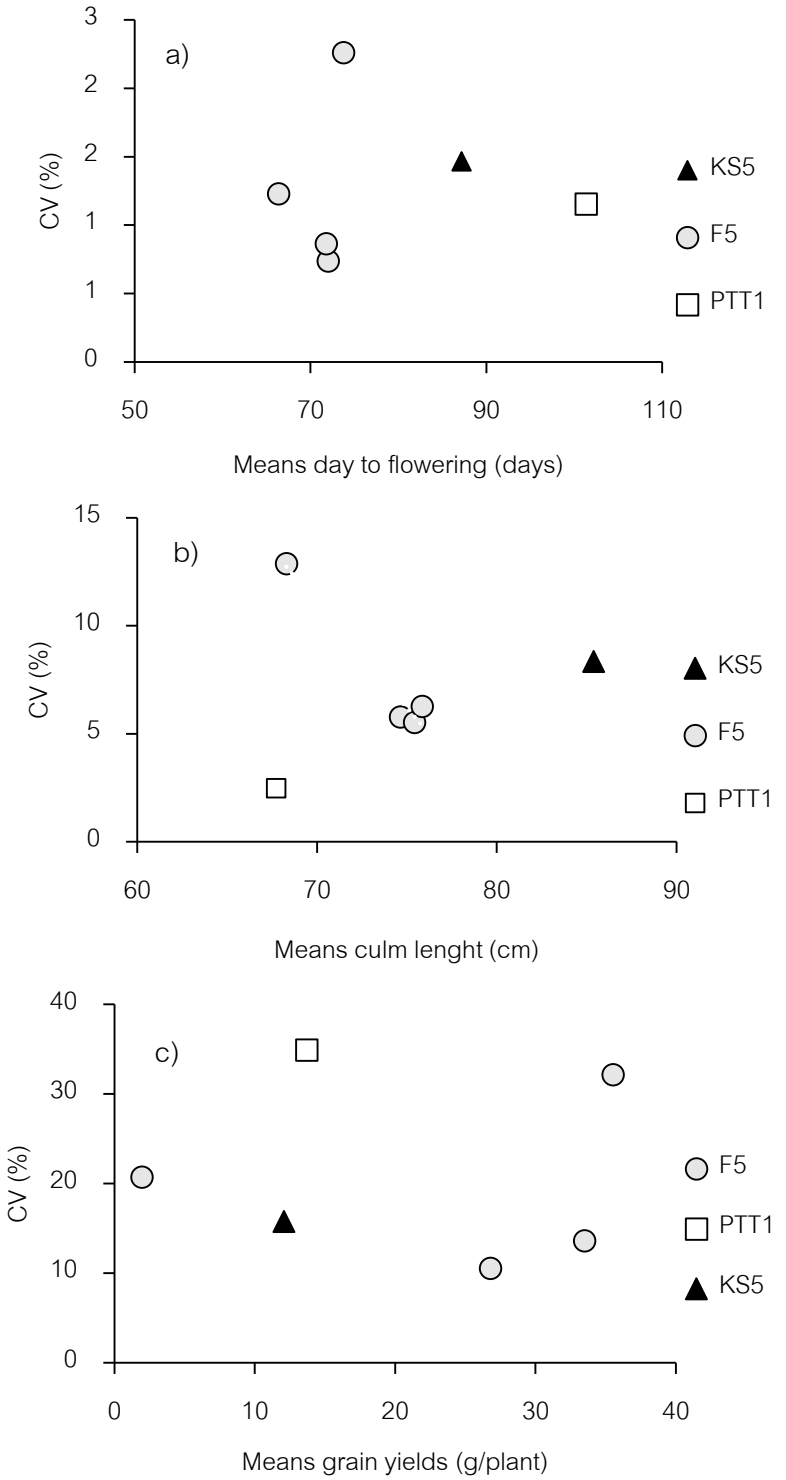

Figure 6. Means and CV within population of a) days to flowering b) culm length and c) grain yield of 4 F5 families and parents (KS5 and PTT1)

ต่อน้ำหนักเมล็ด 100 กรัม (Figure 7 และ Figure 8) และพบ 7 ต้นที่มีปริมาณฟีนอลสูงกว่าพันธุ์แม่ โดยมีค่าปริมาณฟีนอลในเมล็ดระหว่าง 753.0 ถึง 1237.4 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อน้ำหนักเมล็ด 100 กรัม

การกระจายตัวระหว่างปริมาณฟีนอลในเมล็ดและผลผลิต

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลในเมล็ดและผลผลิตของประชากรข้าวลูกผสมชั่วที่ 5 ไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสองลักษณะดังกล่าว ($r = -0.556$; ns) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tonking *et al.* (2022) ที่ได้ประเมินปริมาณฟีนอลในเมล็ดและผลผลิตในลูกผสมชั่วที่ 2 ซึ่งพบว่าไม่พบความสัมพันธ์ของทั้งสองลักษณะ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Kunnam *et al.* (2023) ซึ่งได้วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลรวมในเมล็ดข้าวจากข้าว 6 สายพันธุ์ และศึกษาความสัมพันธ์กับผลผลิตของข้าว ผลการศึกษา ไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างปริมาณฟีนอลรวม กับผลผลิตของข้าว ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า การเพิ่มขึ้นของปริมาณฟีนอลในเมล็ดข้าว ไม่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อศักยภาพการให้ผลผลิต ซึ่งจากผลการศึกษาปริมาณฟีนอลในเมล็ดและผลผลิตต่อต้น พบว่าสายพันธุ์ลูกผสมที่คัดเลือกนั้นมีการตอบสนองสนองต่อการคัดเลือก โดยพบปริมาณสารฟีนอลในเมล็ดสูงกว่าพันธุ์แม่ในทุกชั่ว และยังคงแสดงผลผลิตที่สูงกว่าพันธุ์แม่เช่นกัน ซึ่งมีความเป็นไปได้ในสำหรับการปรับปรุงพันธุ์ข้าวเพื่อเพิ่มทั้งปริมาณสารฟีนอลและผลผลิตไปพร้อมกันได้ อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอที่จะสรุปได้ว่าการเพิ่มปริมาณสารฟีนอลในเมล็ดจะไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตของข้าว เนื่องจากการ-วิเคราะห์ความสัมพันธ์เป็นเพียงการบ่งชี้ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเท่านั้น การวิเคราะห์ path analysis เพิ่มเติมจะช่วยให้สามารถประเมินอิทธิพลทางตรงและทางอ้อมของปัจจัยต่าง ๆ รวมถึงปริมาณสารฟีนอล ที่มีต่อผลผลิตของข้าวได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

ในการศึกษานี้ได้คัดเลือกสายพันธุ์ข้าวที่มีปริมาณฟีนอลสูง โดยใช้วิธีการคัดเลือกแบบสองขั้นตอน ขั้นตอนแรกเป็นการคัดกรองประชากรที่มีปริมาณฟีนอลรวมสูง และขั้นตอนที่สองเป็นการคัดเลือกต้นข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำภายในประชากรที่ผ่านการคัดเลือกในขั้นตอนแรก เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลแบบรายต้น ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Poonlamai *et al.* (2022) ที่ได้คัดเลือกข้าวก่ำเพื่อให้ได้ธาตุเหล็กในเมล็ดผลผลิตสูง โดยใช้วิธีการคัดเลือกและวิเคราะห์ธาตุเหล็กในเมล็ดแบบรวมคัดกรองในช่วงแรกตามด้วยการคัดเลือกปริมาณธาตุเหล็กและผลผลิตต้นเดี่ยว ซึ่งพบว่าการคัดเลือกแบบรวมนั้นมีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะใช้เป็นการคัดเลือกเบื้องต้นได้

จากการทดลองนี้สามารถคัดเลือกประชากรลูกผสมชั่วที่ 5 จำนวน 7 ต้นเป็นตัวแทนประชากรที่มีปริมาณฟีนอลในเมล็ดและผลผลิตสูงกว่าพันธุ์แม่ ในสายพันธุ์ที่คัดเลือก มีอายุออกดอกระหว่าง 71 ถึง 73 วัน มีความสูงต้นระหว่าง71 ถึง 80 เซนติเมตร มีจำนวนรวงระหว่าง 8 ถึง 10 รวงต่อต้น มีความยาวรวงระหว่าง 24.4 ถึง 28.3 เซนติเมตร มีเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดระหว่าง 73.9 ถึง 87.7 เปอร์เซ็นต์ และมีผลผลิตของต้นที่คัดเลือกระหว่าง 17.7 ถึง 23.8 กรัมต่อต้น เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อแม่ จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ทั้ง 7 สายพันธุ์ที่ถูกคัดเลือกมีค่าฟีนอลระหว่าง 753.0 ถึง 1,237.4 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อน้ำหนักเมล็ด 100 กรัม ในขณะที่พันธุ์แสง 5 มีค่า 533.3 ± 35.6 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อน้ำหนักเมล็ด 100 กรัม โดยปริมาณฟีนอลนั้นพบว่า มีความสัมพันธ์กับลักษณะสีดำของเยื่อหุ้มเมล็ด นอกจากนี้ สายพันธุ์ลูกผสมที่คัดเลือกยังแสดงปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่สูง โดยมีค่าระหว่าง 441.2 ถึง 663.1 มิลลิกรัม Trolox สมมูลต่อน้ำหนักเมล็ด 100 กรัม ซึ่งสูงกว่าพันธุ์แสง 5 ที่มีค่า 257.1±33.4 มิลลิกรัม Trolox สมมูลต่อน้ำหนักเมล็ด 100 กรัม (Table 1) จากการศึกษานี้สามารถคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวลูกผสมที่มีศักยภาพสูงในการให้ผลผลิตและมีคุณค่าทางโภชนาการ โดยมีปริมาณฟีนอลในเมล็ดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าพันธุ์แม่ ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้

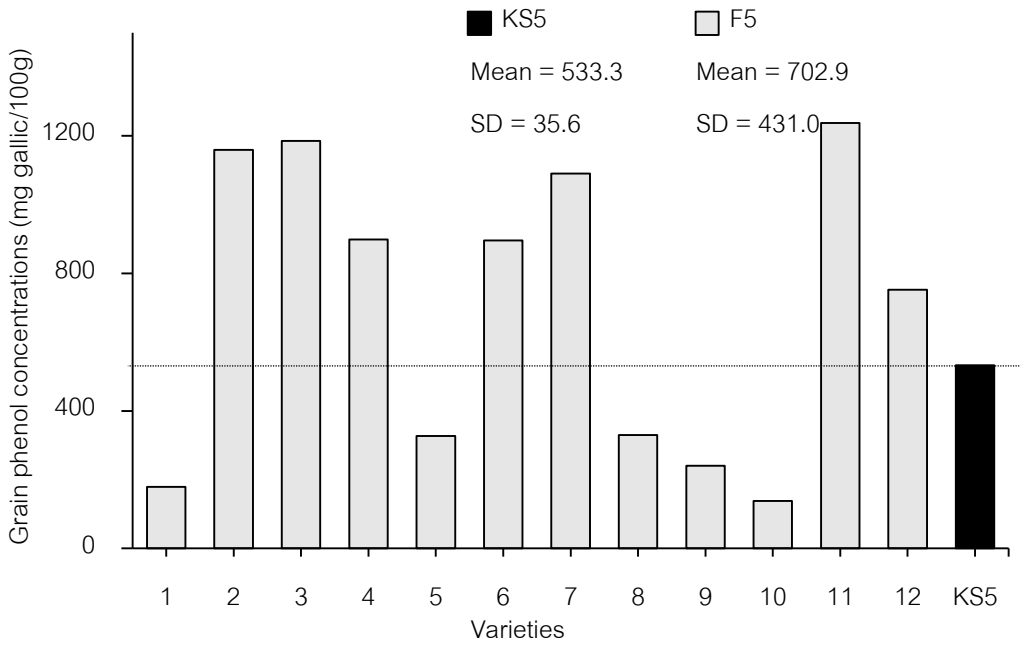

Figure 7. Grain phenol concentrations in 4 families by 12 individual plants with black pericarp and female parents (KS5). Dashed line represents the phenol concentration of KS5 parent

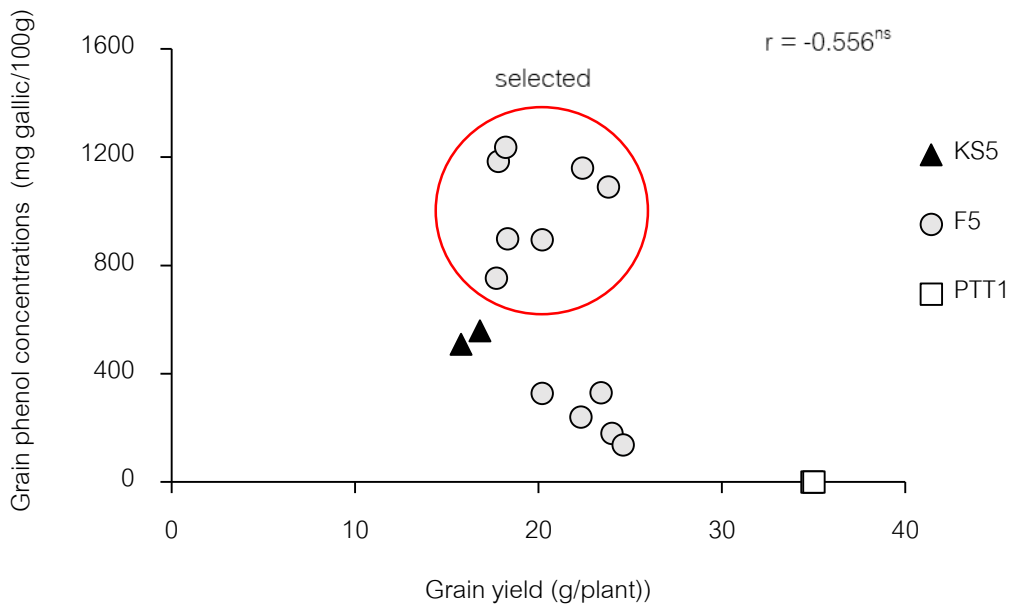

Figure 8. Distribution between grain phenol concentrations and grain yield in 12 F5 lines, analyzed by individual plant and parents (KS5 and PTT1)

Table 1. Agronomic characteristics, phenol, and antioxidant concentrations in 7 selected plants from F5 population and parents (KS5 and PTT1)

Selection/ Parent	Phenol (mg gallic/100g)	Antioxidant (mg Trolox/100g)	Pericarp color	Days to flowering	Clum length (cm)	Number of panicles	% Filled grain	Grain yield (g/plant)
1	1,237.4	647.8	Black	73	79.5	8	87.7	18.2
2	1,185.5	663.1	Black	71	78	9	81.3	17.8
3	1,159.7	464.3	Black	73	71	9	75.2	22.4
4	1,090.9	566.8	Black	73	73	10	73.9	23.8
5	898.5	646.3	¾ Black	72	75	9	86.9	18.3
6	895.5	645.7	¾ Black	73	70	10	76.3	20.5
7	753.0	441.2	¾ Black	72	80	9	84.7	17.7
Mean	1031.5	582.2		72.4	75.2	9.1	80.9	19.8
SD	182.5	94.0		0.8	4.1	0.7	5.8	2.5
KS5	533.3 ± 35.6[a]	257.1 ± 33.4	Black	89 ± 0.8	76 ± 6.3	7 ± 2.1	86.8 ± 1.5	15.7 ± 1.9
PTT1	0	0	White	96 ± 1.2	70 ± 1.0	15 ± 2.7	93.7 ± 3.5	38.6 ± 4.8

สรุป

ในการศึกษานี้ได้แสดงผลการคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวลูกผสมระหว่างข้าวพันธุ์แสง 5 และพันธุ์ปทุมธานี 1 เพื่อปริมาณฟีนอลในเมล็ดสูง มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำ และผลผลิตสูง โดยคัดเลือกเมล็ดจากประชากรชั่วที่ 3 เพื่อปลูกประเมินลักษณะทางพืชไร่ และปริมาณฟีนอลในเมล็ดในประชากรลูกผสมชั่วที่ 4 และ 5 ผลการทดลองพบการกระจายตัว ทั้งในลักษณะทางพืชไร่และปริมาณฟีนอลในเมล็ด ทั้งระหว่างประชากรและภายในประชากร พบการกระจายตัวของปริมาณฟีนอลในเมล็ดสูงเหนือขอบเขตของพ่อแม่ (transgressive segregation) ในทุกชั่ว ในประชากรลูกผสมชั่วที่ 5 สามารถคัดเลือกได้ 7 ต้นที่มีปริมาณฟีนอลในเมล็ดข้าวกล้องระหว่าง 753.0 - 1,237.4 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อน้ำหนักเมล็ด 100 กรัม และมีผลผลิตระหว่าง 20.2 - 24.6 กรัมต่อต้น ซึ่งสูงกว่าพันธุ์แม่ที่มีปริมาณฟีนอล 533.3 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อน้ำหนักเมล็ด 100 กรัม และผลผลิตเฉลี่ย 15.7 กรัมต่อต้น เป็นตัวแทนของประชากรชั่วที่ 5 สายพันธุ์ที่ได้จากการคัดเลือกนี้สามารถใช้เป็นฐานพันธุกรรมหรือพัฒนาเป็นสายพันธุ์ข้าวที่มีปริมาณฟีนอลในเมล็ดและผลผลิตสูงต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนบางส่วนจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) (สวก.)

เอกสารอ้างอิง

Acquaah, G. 2012. Principles of Plant Genetics and Breeding. 2nd ed. Wiley-Blackwell, Oxford. 768 p.

Chiangmai Land Development Station. 2024. Soil series map of Chiang Mai province. (Online). Available: http://www.chiangmailand.go.th/data/soil/soil_series.html (July 26, 2024). (in Thai)

Folin, O. and V. Ciocalteu. 1927. On tyrosine and tryptophane determinations in proteins. Journal of Biological Chemistry 73: 627-650.

González-Burgos, E. and M.P. Gómez-Serranillos. 2021. Effect of phenolic compounds on human health. Nutrients 13(11): 3922, doi: 10.3390/nu13113922.

Hu, Q., W. Wang, Q. Lu, J. Huang, S. Peng and K. Cui. 2021. Abnormal anther development leads to lower spikelet fertility in rice (*Oryza sativa* L.) under high temperature during the panicle initiation stage. BMC Plant Biology 21(1): 428, doi: 10.1186/s12870-021-03209-w.

Jamjod, S., C. Prom-u-thai, N. Yimyam and S. Lordkaew. 2015. Collection, evaluation and characterization for special quality in Thai rice varieties from Chiang Mai, Chiang Rai and Mae Hong Son provinces. Final report. Lanna Rice Research Center, Chiang Mai University, Chiang Mai. 71 p. (in Thai)

Kaladee, D., P. Pongpiachan and S. Jamjod. 2000. Genetics, breeding, and agriculture nutritional immunity of purple rice (*Oryza sativa* L.). Final report. Science and Technology Research Institute. Chiang Mai University. Chiang Mai. 74 p. (in Thai)

Kunnam, J., W. Pinta, R. Ruttanaprasert, D. Bunphan, T. Thabthimtho and C. Aninbon. 2023. Stability of phenols, antioxidant capacity and grain yield of six rice genotypes. plants 12(15): 2787, doi: 10.3390/plants12152787.

Lichanporn, I., N. Nanthachai, P. Tanganurat and P. Akkarakultron. 2019. The studies of phenolic compound and antioxidant of the

native varieties of rice in Pathum Thani province. Khon Kaen Agriculture Journal 47 (Suppl. 1): 637-642. (in Thai)

Plant Varieties Protection Office. 2020. Advertisement of a request for the certificate of a new plant variety registration according to the Plant Varieties Protection Act, B.E 1975. (Online). Available: https://www.doa.go.th/pvp/wp-content/uploads/2020/11/AnnoDOA_Public 233.pdf (February 12, 2024). (in Thai)

Poonlamai, S., C. T. Prom-u-thai, T. Pusadee and S. Jamjod. 2022. Purple rice selection for high grain iron and yield rice lines in F4 and F5 generations from cross between Kum Hom Mor Chor and Pathum Thani 1. Journal of Agriculture 38(1): 51-61. (in Thai)

Sharma, A., B. Shahzad, A. Rehman, R. Bhardwaj, M. Landi and B. Zheng. 2019. Response of phenylpropanoid pathway and the role of polyphenols in plants under abiotic stress. Molecules 24(13): 2452, doi: 10.3390/molecules24132452.

Sweeney, M.T., M.J. Thomson, B.E. Pfeil and S. McCouch. 2006. Caught red-handed: Rc encodes a basic helix-loop-helix protein conditioning red pericarp in rice. The Plant Cell 18(2): 283-294.

Tonking, P., C. T. Prom-u-thai, T. Pusadee and S. Jamjod. 2022. Evaluation of progeny populations between purple rice with high grain phenol cv. Saeng 5 and modern variety cv. Pathum Thani 1. Journal of Agriculture 38(2): 293-303. (in Thai)

Wongput, C. 2019. Selection of purple rice lines for photoperiod insensitivity during F4 to F6 generations between Kum Doi Saket and Pathum Thani 1. M.S. Thesis. Chiang Mai University, Chiang Mai. 64 p. (in Thai)

ผลของระบบการให้น้ำต่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ สายพันธุ์แท้ตากฟ้า 1 ในชุดดินลพบุรี

Effects of Irrigation Methods on Seed Production of Takhfa 1 Inbred line Maize in the Lop Buri Soil Series

ณัฐกิตติ์ เพชรหมื่นไว[1*], ศิวิไล ลาภบรรจบ[1], การิตา จงเจือกลาง[1], สามัคคี จงฐิตินนท์[2] สมนึก คงเทียน[1], อภิชาติ สุพรรณรัตน์[1] และ สุณีย์ ชมชิด[1]

Nattakit Petmuenwai[1*], Siwilai Lapbanjob[1], Karita Chongchuaklang[1], Samakkee Jongthitinon[2], Somnuek Kongtien[1], Apichat Supannarut[1] and Sunee Chomchid[1]

[1]ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ต.สุขสำราญ อ.ตากฟ้า จ.นครสวรรค์ 60190

[1]Nakhon Sawan Field Crops Research Center, Suk Samran, Tak Fa, Nakhon Sawan 60190, Thailand

[2]ศูนย์วิจัยพืชไร่สงขลา อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110

[2]Songkhla Field Crops Research Center, Hat Yai, Songkhla, 90110, Thailand

**Corresponding author: Email: nattakit@kkumail.com*

(Received: 13 August 2024; Accepted: 1 November 2024)

Abstract: Water is a crucial factor for the growth of maize. Proper irrigation enhances root respiration, air circulation, soil moisture, and soil fertility, all of which contribute to seed production. There are various irrigation methods to mitigate the risk of water deficiency. This study investigated the effects of irrigation methods on seed production of Takhfa 1 Inbred line Maize in the Lop Buri soil series. The experiment was designed as a randomized complete block design (RCBD) with 6 treatments and 4 replications consisting of two irrigation methods (drip and rain spray) with three water application levels (50%, 75%, and 100% of maize evapotranspiration). The results indicated that rain spray irrigation at 75% of maize evapotranspiration yielded the highest grain yield (760 kg/rai), surpassing other treatments. This method also positively influenced shelling percentage, seed moisture content, 100-grain weight, and seed size. Additionally, the rain spray Irrigation influenced the growth in terms of plant height, SPAD value in maize leaves, day to silking and day to tasseling, and leaf senescence. These findings suggest that rain spray irrigation at 75% of maize evapotranspiration is an effective strategy for cultivating the Takhfa 1 inbred line maize, leading to higher yields and improved crop quality.

Keywords: Evapotranspiration, irrigation, maize inbred line

Copyright @ Journal of Agricultural Research and Communications. All rights reserved.

บทคัดย่อ: น้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด การให้น้ำที่เหมาะสมจะช่วยเพิ่มการหายใจของราก พืช การถ่ายเทอากาศ ความชุ่มชื้นในดิน และเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินส่งผลต่อเมล็ดพันธุ์ของข้าวโพด การให้น้ำมีหลากหลายรูปแบบเพื่อที่จะลดความเสี่ยงจากการขาดน้ำ จึงได้ศึกษาผลของวิธีการให้น้ำต่อการเจริญเติบโต และเมล็ดพันธุ์ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ สายพันธุ์แท้ตากฟ้า 1 ในชุดดินลพบุรี วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) ประกอบด้วย 6 กรรมวิธีทดลอง จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วยวิธีการให้น้ำ 2 ระบบ คือ ระบบน้ำหยด และระบบน้ำพุ่ง ร่วมกับปริมาณการให้น้ำ 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ของการคายระเหยน้ำ ผลการทดลองพบว่า ระบบน้ำพุ่งที่ปริมาณการให้น้ำ 75 เปอร์เซ็นต์ ของการคายระเหยน้ำ ให้ผลผลิตสูงสุด 760 กก.ต่อไร่ สอดคล้องกับเปอร์เซ็นต์กะเทาะ ความชื้นเมล็ดขณะเก็บเกี่ยว น้ำหนัก 100 เมล็ด และขนาดของเมล็ด นอกจากนี้ระบบน้ำพุ่งยังส่งผลต่อการเจริญเติบโตทางด้านความสูงต้น ค่า SPAD ในใบของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ วันออกดอกตัวเมีย ตัวผู้ และความแก่ของใบ ดังนั้นวิธีการให้น้ำที่เหมาะสมในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์แท้ ตากฟ้า 1 คือ ระบบน้ำพุ่ง ที่ปริมาณการให้น้ำ 75 เปอร์เซ็นต์ ของการคายระเหยน้ำ

คำสำคัญ: การคายระเหยน้ำ, ระบบการให้น้ำ, ข้าวโพดสายพันธุ์แท้

คำนำ

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์แท้เหมาะแก่การพัฒนานำมาเป็นเมล็ดพันธุ์ ที่มีคุณภาพ เมล็ดพันธุ์สามารถนำมาใช้ในพันธุ์ลูกผสมเพื่อให้มีประสิทธิภาพและผลผลิตที่สูงขึ้น เช่นสายพันธุ์แท้ตากฟ้า 1 ซึ่งได้รับการรับรองจากกรมวิชาการเกษตร เป็นพันธุ์ที่มีสมรรถนะการผสมดี มีความต้านทานต่อโรคราน้ำค้างและทนทานแล้ง (Nakhon Sawan Field Crops Research Center, 2000) ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดนั้นจะมีเมล็ดหลายขนาดคละกันในหนึ่งฝัก ซึ่งนิยมใช้เมล็ดพันธุ์ที่ได้ขนาดมาตรฐาน ส่วนเมล็ดที่มีขนาดเล็กกว่าจะถูกคัดออก เนื่องจากในระยะกล้าต้นกล้าที่เกิดจากเมล็ดที่มีขนาดเล็กจะมีน้ำหนักแห้ง ความสูงลำต้น จำนวนราก แขนงและความแข็งแรงของต้นกล้าน้อยกว่าต้นกล้าที่เกิดจากเมล็ดที่มีขนาดใหญ่ อีกทั้งมีการเจริญเติบโตที่ช้ากว่า (Sakhamula and Boonmee, 2011)

ความอุดมสมบูรณ์ของดินมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชเนื่องจากดินสามารถบ่งบอกถึงความต้องการน้ำของพืชเช่น การอุ้มน้ำของดิน อุณหภูมิ สภาพพื้นที่ ความลาดชัน ความลึกของหน้าตัดดิน โครงสร้างของดิน เนื้อดิน และการระบายน้ำ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ล้วนเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเพาะปลูกพืชให้ได้ผลผลิตตามต้องการ (Taun and Srinarong, 2009) ถ้าน้ำในดินมีปริมาณที่ไม่เหมาะสม เช่นมีปริมาณน้ำมากเกินไป จะทำให้สัดส่วนช่องว่างในดินไม่เหมาะสมมีผลต่อการถ่ายเทอากาศในดิน พืชขาดอากาศในการหายใจ จะส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของพืชได้ (Suksawat, 2001) ซึ่งความต้องการน้ำของข้าวโพดมีความแตกต่างกันในแต่ละระยะการเจริญเติบโต เพื่อสร้างชีวมวล หากข้าวโพดขาดน้ำในช่วงระยะออกดอกจะส่งผลต่อผลผลิต โดยเมล็ดจะติดไม่เต็มฝักหรือไม่ติดเมล็ด และทำให้ผลผลิตลดลง 50% (Huang *et al.*, 2006) การให้น้ำมีหลากหลายรูปแบบ ได้แก่ การให้น้ำแบบฉีดฝอย การให้น้ำทางผิวดิน การให้น้ำทางใต้ดิน และการให้น้ำแบบหยด (Royal Irrigation Department, 1996) ซึ่งในแต่ละระบบจะมีความสามารถการให้น้ำแตกต่างกัน เช่น ระบบการให้น้ำแบบหยดเป็นระบบการให้น้ำที่เกษตรกรใช้กันอย่างแพร่หลาย เป็นการให้น้ำแก่พืชเป็นจุด ๆ หรือหลายจุด ขึ้นอยู่กับขนาดและความต้องการของพืช ๆ จะได้รับน้ำอย่างสม่ำเสมอและรักษาความชื้นในดินให้อยู่ในระดับความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช (Saengchan, 1997) แต่จะมีปัญหาเรื่องการอุดตันที่หัวจ่ายน้ำและค่าลงทุนเริ่มแรกสูง ส่วนการให้น้ำแบบฉีดฝอยเป็นการให้น้ำแบบฟุ้งกระจาย ทำให้บรรยากาศรอบๆ ต้นพืชมีความชื้นสูง เหมาะแก่การเจริญเติบโตของพืช แต่จะมีปัญหากระแสลมที่พัดจะทำให้ฝอยน้ำที่พ่นออกมาไม่

สม่ำเสมอ และค่าลงทุนเริ่มแรกสูง (Department of Soil Science, 2005) ซึ่งข้าวโพดต้องการน้ำตามระยะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน การให้น้ำในอัตราที่เหมาะสมโดยอาศัยหลักการทางวิชาการ ตามความต้องการน้ำของพืช (ETc) และมีระบบการให้น้ำที่มีประสิทธิภาพ (น้ำระบบน้ำหยด หรือระบบน้ำพุ่ง) จะส่งผลต่อการเจริญเติบโตให้ได้เมล็ดพันธุ์ที่ดี และมีคุณภาพ ดังนั้นจึงได้ศึกษาผลของระบบการให้น้ำต่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ สายพันธุ์แท้ตากฟ้า 1 ในชุดดินลพบุรีเพื่อใช้เป็นคำแนะนำวิธีการให้น้ำที่เหมาะสมในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์แท้ตากฟ้า 1

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาระบบการให้น้ำต่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ สายพันธุ์แท้ตากฟ้า 1 เริ่มการทดลองเดือนธันวาคม 2566 ถึง เดือนเมษายน 2567 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ตำบลสุขสำราญ อำเภอตากฟ้า จังหวัดนครสรรค์ ปลูกในชุดดินลพบุรี (Lop Buri series: Lb; Very-fine,Smectitic, Typic Mollic Haplusterts) (Land Development Department, 2005)

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วยวิธีการให้น้ำ 2 ระบบ คือ น้ำหยด drip irrigation (DI), และน้ำพุ่ง rain spray irrigation (RSI) ร่วมกับปริมาณการให้น้ำ 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ของการคายระเหยน้ำ โดยใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปของยูเรีย (46-0-0) ปุ๋ยฟอสฟอรัสในรูปของทริปเปิลซุปเปอร์ฟอสเฟต (0-46-0) และปุ๋ยโพแทสเซียมในรูปของโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) ใส่ในอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน 7.5-2.5-10 (N-P_2O_5-K_2O) กก.ต่อไร่ (Department of Agriculture, 2021)

วิธีการทดลอง

การเก็บตัวอย่างดินเพื่อการวิเคราะห์สมบัติดินโดยการสุ่มเก็บให้มีความสม่ำเสมอของพื้นที่ ที่ระดับความลึก 0-20 ซม. ผึ่งให้แห้งในที่ร่มเก็บเศษวัสดุที่ปนเปื้อนออกและบดดิน จากนั้นร่อนผ่านตะแกรงช่องเปิดขนาด 2 มม. สำหรับวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน โดยวิธีดินต่อน้ำ 1:1 w/v (Black, 1965) ค่าการนำไฟฟ้าโดยวิธีดินต่อน้ำ 1:5 v/v (Jackson, 1960) ปริมาณอินทรียวัตถุโดยวิธี Walkley and Black (Walkley and Black, 1934) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์โดยวิธี Bray II (Cottenie, 1980) และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้โดยวิธี 1 M NH_4OAC pH7.0 (Black, 1965) เพื่อประเมินการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินของกรมวิชาการเกษตร ส่วนการเก็บตัวอย่างดินโดยการใช้กระบอกเก็บตัวอย่างดิน (soil core) หรือกระบอกโลหะเก็บตัวอย่างดินแบบไม่รบกวนโครงสร้างดิน เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดิน ได้แก่ ความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density, BD) โดยวิธี core method (Back and Hartge, 1986) ความชื้นของดิน (soil moisture content) โดยวิธี oven dry และเนื้อดิน (soil texture) โดยวิธี pipette method (Gardner, 1982)

ขนาดของแปลงย่อย 59 ตร.ม. 10 แถว ๆ ละ 9 ม. ระยะระหว่างแถว 65 ซม. ระยะระหว่างหลุม 15 ซม. หยอดเมล็ดหลุมละ 1 – 2 เมล็ด ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินด้วยปุ๋ยไนโตรเจนครึ่งอัตรา ปุ๋ยฟอสฟอรัส และปุ๋ยโพแทสเซียมใส่เต็มอัตราพร้อมปลูก พ่นสารกำจัดวัชพืชอะลาคลอร์ อัตรา 300 มล.ต่อไร่ หลังปลูกขณะดินมีความชื้น เมื่อข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อายุ 14 วัน ถอนแยกเหลือ 1 ต้นต่อหลุม เมื่อข้าวโพดอายุ 3-4 สัปดาห์ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 ด้วยปุ๋ยไนโตรเจนครึ่งอัตรา พื้นที่เก็บเกี่ยว 15.6 ตร.ม. (4 แถว ๆ ละ 6 ม.)

ให้น้ำตามความต้องการของพืชตามวิธีของ Smith (1992) และ Doorenbos and Kassam (1979) โดยใช้สมการ ETc = ETo x Kc (ETc = ปริมาณความต้องการน้ำของพืช (มม.ต่อวัน), ETo = ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (มม.ต่อวัน), Kc = ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช) (Royal Irrigation Department, 2012)

การเก็บบันทึกข้อมูล

วัดค่าความเขียวของใบ (leaf greenness) ในหน่วยของ SPAD โดยใช้เครื่อง chlorophyll meter (Konica Minolta SPAD 502 plus) ในใบอ่อนที่คลี่เต็มที่แล้ว (Y-leave) ตามระยะการเจริญเติบโตที่กำหนดไว้ ได้แก่ V3, V5, V7, V9, V11, V13 และ V15 ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น (vegetative stage, V) นับจาก

ใบแรกจากโคนต้นถึงคอใบ โดยแต่ละกรรมวิธีจะวัดค่า SPAD จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จำนวน 2 ต้น วัดส่วนซ้ายและขวาของใบส่วนละ 5 ตำแหน่ง รวมทั้งหมด 10 ตำแหน่ง แล้วนำค่าทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ย

การเจริญเติบโตเช่น ความสูงต้นวัดเมื่อข้าวโพดอายุ 30 (วัดจากพื้นดินถึงใบที่หูใบ leaf collar กางเต็มที่) และ 60 วันหลังปลูก (วัดจากพื้นดินถึงข้อใบธง) วันออกดอก (จำนวนวันตั้งแต่ปลูกจนถึงวันที่จำนวนต้นในแปลงมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ โปรยละอองเกสรและมีไหมโผล่พ้นกาบหุ้มฝักออกมา) ความแก่ของใบ และองค์ประกอบของข้าวโพดเช่น น้ำหนัก 100 เมล็ด เปอร์เซ็นต์กะเทาะ ความชื้นเมล็ด (โดยวัดจากตัวอย่างของเมล็ดที่กะเทาะจากฝักที่เก็บเกี่ยว วัดความชื้นทันทีหลังจากชั่งน้ำหนักเมล็ด) ขนาดเมล็ด และผลผลิต (น้ำหนักเมล็ด gain yield) เก็บข้อมูลหลังการเก็บเกี่ยวเมื่อข้าวโพดอายุ 110-120 วัน)

คะแนนการแก่ของใบ (leaf senescence) พิจารณาเปอร์เซ็นต์ใบแห้งต่อใบทั้งหมดโดยการให้คะแนน 1 - 10 หลังออกดอกตัวผู้ 20-30 วัน เกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้ 1 = มีใบแห้ง 10 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ใบทั้งต้น ถึงเกณฑ์การให้คะแนน 10 = มีใบแห้ง 100 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ใบทั้งต้น

ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (water use efficiency, WUE) โดยเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตและมวลน้ำหนักแห้งทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นต่อหนึ่งหน่วยของน้ำที่ให้ข้าวโพด

$$WUE = \frac{\text{ผลผลิต หรือมวลน้ำหนักแห้ง (กก.)}}{\text{ปริมาณน้ำ (มม.)}}$$

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยวิธี ANOVA (analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของกรรมวิธีทดลองโดยวิธี Duncan' s new multiple range test (DMRT)

ผลการทดลองและวิจารณ์

สมบัติทางเคมี และทางกายภาพของดิน

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดินก่อนปลูกที่ความลึก 0-20 ซม. พบว่าความหนาแน่นรวมของดิน 1.58 ก.ต่อลบ.ซม. ความชื้นของดิน 21.06 เปอร์เซ็นต์ เนื้อดิน ดินเหนียว มีอนุภาคขนาด ทราย (sand) 4.6 เปอร์เซ็นต์ ทรายแป้ง (silt) 29.0 เปอร์เซ็นต์ และดินเหนียว (clay) 66.4 เปอร์เซ็นต์ ชุดดินลพบุรีซึ่งจัดเป็นดินเหนียวจัด สีดำหรือสีเทาเข้ม เมื่อแห้งจะแข็งมากแต่พอเปียกน้ำจะแฉะ ถ้าไถพรวนไม่ถูกวิธีจะทำให้การไถพรวนยากลำบาก และทำให้โครงสร้างของดินไม่ดี โดยทั่วไปเหมาะในการปลูกพืชไร่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าวโพดหรือฝ้าย แต่ควรไถพรวนดินในขณะที่ดินมีความชื้นเหมาะสม และควรใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มผลผลิต (Agricultural Resource Systems Research Center, 2012) และสมบัติเบื้องต้นของน้ำพบว่าค่าความเป็นกรดด่างของน้ำ 6.67 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ 752.9 ไมโครซีเมนส์ต่อซม.

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินก่อนปลูกที่ความลึก 0-20 ซม. พบว่าค่าความเป็นกรดด่างของดิน 7.30 ซึ่งจัดว่าดินเป็นกลาง ค่าการนำไฟฟ้า 29.22 ไมโครซีเมนส์ต่อซม.ไม่มีผลกระทบของเกลือต่อพืช ปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ย 2.22 เปอร์เซ็นต์ จัดอยู่ในระดับปานกลาง ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 31 มล.ต่อกก. จัดอยู่ในระดับสูง และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 100 มล.ต่อกก. จัดอยู่ในระดับปานกลาง ทำให้ได้อัตราปุ๋ยแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน คือ 7.5-2.5-10 N-P_2O_5-K_2O กก.ต่อไร่ (Department of Agriculture, 2021)

ผลการวิเคราะห์ดินหลังปลูก พบว่าค่าความเป็นกรดด่างเฉลี่ย 7.53 ซึ่งจัดเป็นดินด่างเล็กน้อย มีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ย 109.41 ไมโครซีเมนส์ต่อซม.ไม่มีผลกระทบของเกลือต่อพืช ปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ย 1.90 เปอร์เซ็นต์ จัดอยู่ในระดับปานกลาง ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย 12.79 มก.ต่อกก. จัดอยู่ในระดับปานกลาง และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนเฉลี่ย 88.07 มก.ต่อกก. จัดอยู่ในระดับปานกลาง (Table 1) การให้น้ำที่มีค่าการนำไฟฟ้าสูงจะส่งผลทำให้ดินมีค่าการนำไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น ถ้ามีปริมาณที่มากอาจจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อดินและผลผลิตของพืชได้ (Tophakngam, 2006) ธาตุอาหารพืชเช่น อินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ พืชจะดึงดูดธาตุอาหารในดินไปใช้ และเก็บสะสมไว้ในส่วนต่างๆ

Table 1. Characteristics of soil properties at Nakhon Sawan Field Crops Research Center after planting

Irrigation management	Soil pH	Electrical Conductivity (uS/cm)	Organic matter (%)	Available phosphorus (mg/kg)	Exchangeable potassium (mg/kg)
DI 50 %ETc	7.35	155.03	1.88	14.22	87.25
DI 75 %ETc	7.53	137.20	1.92	13.21	89.71
DI 100 %ETc	7.52	104.72	1.95	11.75	82.31
RSI 50 %ETc	7.64	88.35	1.83	12.47	89.71
RSI 75 %ETc	7.54	87.08	1.93	14.04	87.25
RSI 100 %ETc	7.64	84.07	1.89	11.05	92.18
Mean	7.53	109.41	1.90	12.79	88.07

DI = drip irrigation, RSI = rain spray irrigation, ETc = crop evapotranspiration

ได้แก่ ใบ ลำต้น ดอก และผล เพื่อการเจริญเติบโต ธาตุอาหารที่สะสมอยู่เหล่านั้นย่อมถูกนำออกไปจากพื้นที่ด้วย นอกจากนี้ธาตุอาหารบางส่วนยังถูกดินหรือสารประกอบในดินจับยึดไว้ หรือสูญเสียไปกับการชะล้างพังทลายของดิน (Department of Soil Science, 2005)

ตลอดฤดูปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีค่าการคายระเหยน้ำ 678.3 มม. ปริมาณน้ำฝน 0 มม. ทำให้ต้องมีการให้น้ำเสริมตามกรรมวิธีต่าง ๆ ดังนี้ ระบบน้ำหยดที่ปริมาณการให้น้ำ 50 75 และ100 เปอร์เซ็นต์ ของการคายระเหยน้ำ มีการให้น้ำ คิดเป็นเวลา 1,076 1,614 และ 2,152 นาที (อัตราการจ่ายน้ำ 2.46 ลิตรต่อชั่วโมงต่อหัวจ่าย) ตามลำดับ ส่วนระบบน้ำพุ่งที่ปริมาณการให้น้ำ 50 75 และ100 เปอร์เซ็นต์ ของการคายระเหยน้ำ มีการให้น้ำ คิดเป็นเวลาในการให้น้ำ 316 474 และ 632 นาที (อัตราการจ่ายน้ำ 5.1 ลิตรต่อชั่วโมงต่อหัวจ่าย) ตามลำดับ (Table 2) จะเห็นได้ว่าระบบน้ำพุ่งสามารถช่วยลดระยะเวลาในการให้น้ำได้ถึง 3 เท่าของระบบน้ำหยด Fageria *et al.* (1997) รายงานว่าข้าวโพดเป็นพืชที่ต้องการน้ำเพื่อที่จะสร้างชีวมวล และผลผลิต ข้าวโพดที่ปลูกในเขตร้อนควรได้รับปริมาณน้ำฝนในตลอดช่วงฤดูปลูก 600-900 มม.

ผลผลิต และลักษณะทางการเกษตร

ผลการศึกษาวิธีการให้น้ำของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่แตกต่างกันต่อความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่อายุ 30 วัน โดยระบบน้ำหยด และระบบน้ำพุ่งที่ปริมาณการให้น้ำ 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ของการคายระเหยน้ำ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีค่าเฉลี่ย 13 ซม. ความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่อายุ 45 วัน พบว่าระบบน้ำพุ่งที่ปริมาณการให้น้ำ 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ของการคายระเหยน้ำ มีค่าความสูง 54 55 49 ซม.ตามลำดับ ไม่แตกต่างทางสถิติ โดยมีค่าความสูงมากกว่าระบบน้ำหยดที่ปริมาณการให้น้ำ 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ของการคายระเหยน้ำ มีค่าความสูง 37 40 42 ซม.ตามลำดับ ซึ่งจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) สอดคล้องกับความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่อายุ 60 และ 75 วัน พบว่าระบบน้ำพุ่งที่ปริมาณการให้น้ำ 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ของการคายระเหยน้ำ ไม่แตกต่างทางสถิติ โดยมีค่าความสูงมากกว่าระบบน้ำหยดที่ปริมาณการให้น้ำ 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ของการคายระเหยน้ำ ซึ่งจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) (Table 3)

Table 2. Evapotranspiration (mm) of maize and water supplemented under different irrigation management

Week	ETc (mm)	Rainfall (mm)	Irrigation rate (mm)		
			50% ETc	75% ETc	100% ETc
1	22.61	0.00	11.31	16.96	22.61
2	28.88	0.00	14.44	21.66	28.88
3	34.42	0.00	17.21	25.82	34.42
4	42.56	0.00	21.28	31.92	42.56
5	51.16	0.00	25.58	38.37	51.16
6	58.78	0.00	29.39	44.09	58.78
7	65.68	0.00	32.84	49.26	65.68
8	68.53	0.00	34.27	51.40	68.53
9	71.06	0.00	35.53	53.30	71.06
10	69.45	0.00	34.73	52.09	69.45
11	66.93	0.00	33.47	50.20	66.93
12	55.33	0.00	27.67	41.50	55.33
13	42.91	0.00	21.46	32.18	42.91
Total	678.3	0.00	339.15	508.73	678.3

Note : ETc = crop evapotranspiration

Table 3. Plant height at 30, 45, 60, and 75 days after sowing under different irrigation management

Irrigation management	Height (cm)			
	30 days	45 days	60 days	75 days
DI 50 %ETc	13	37 c	113 d	118 d
DI 75 %ETc	13	40 bc	126 c	130 c
DI 100 %ETc	13	42 bc	133 c	135 c
RSI 50 %ETc	14	54 a	156 ab	158 ab
RSI 75 %ETc	14	55 a	160 a	161 a
RSI 100 %ETc	14	49 ab	147 b	151 b
Mean	13	46	139	142
F-test	ns	*	**	**
C.V. (%)	8.68	8.79	4.64	4.38

Note: ns = non-significant, ** significantly different at $P<0.05$ and $P<0.01$, respectively, means in each column followed by different lowercase letters indicate significant ($P<0.05$) determined Duncan' s new multiple range test (DMRT) DI = drip irrigation, RSI = rain spray irrigation, ETc = crop evapotranspiration

วันออกดอก พบว่าวันออกดอกตัวเมีย ระบบน้ำหยดอยู่ระหว่าง 61 - 63 วัน โดยมีวันออกดอกตัวเมียช้ากว่าระบบน้ำพุ่งอยู่ระหว่าง 59 - 60 วัน ซึ่งจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) และวันออกดอกตัวผู้อยู่ระหว่าง 61 - 64 วัน โดยมีวันออกดอกตัวผู้ช้ากว่าระบบน้ำพุ่งอยู่ระหว่าง 59 - 60 วัน ซึ่งจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) (Table 4) โดยศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์แท้ ตากฟ้า 1 ซึ่งได้รับการรับรองจากกรมวิชาการเกษตร มีลักษณะทางการเกษตร วันออกดอกตัวเมียเฉลี่ย 58 วัน และวันออกดอกตัวผู้ เฉลี่ย 59 วัน (Nakhon Sawan Field Crops Research Center, 2000) การขาดน้ำของข้าวโพดส่งผลต่อการให้ผลผลิตที่แตกต่างกันไปตามแต่ละระยะการเจริญเติบโต และการพัฒนาองค์ประกอบส่วนต่าง ๆ ของข้าวโพด (Carkir, 2004) และน้ำเป็นตัวกลางควบคุมระดับอุณหภูมิของเซลล์พืช โดยการคายน้ำ ลดระดับอุณหภูมิให้เหมาะสมต่อกระบวนการต่างๆของพืช (Trelo-ges, 1998)

ค่า SPAD พบว่าในระยะการเจริญเติบโต V3 ระบบน้ำหยด และระบบน้ำพุ่งที่ปริมาณการให้น้ำ 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ของการคายระเหยน้ำ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 37.7 - 39.7 ระบบน้ำพุ่งที่ปริมาณการให้น้ำ 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ของการคายระเหยน้ำ ในระยะการเจริญเติบโต V5 V7 V9 V11 V13 และV15 ไม่แตกต่างทางสถิติ แต่เมื่อเปรียบเทียบค่า SPAD สูงกว่าระบบน้ำหยดที่ปริมาณการให้น้ำ 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ของการคายระเหยน้ำในระยะการเจริญเติบโต V5 V7 V9 V11 V13 และV15 ซึ่งจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (Table 5) การให้น้ำซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช น้ำเป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญของเซลล์พืช และกระบวนการเสริมสร้างการเจริญเติบโต เช่น เป็นวัตถุดิบในกระบวนการสังเคราะห์แสง (Sinchai, 2012) น้ำเป็นตัวกลางในการละลายธาตุอาหารของพืช และการขนย้ายนำส่งธาตุอาหารพืชไปยังส่วนต่างๆ ของพืช (Raj *et al*., 2013) นอกจากนี้น้ำในเซลล์จะช่วยรักษาความเต่งตึงของเซลล์ มีการขยายตัว

Table 4. Days to silking and days to tasseling under different irrigation management

Irrigation management	Day to silking (days)	Day to tasseling (days)
DI 50 %ETc	63 a	64 a
DI 75 %ETc	61 b	62 b
DI 100 %ETc	61 bc	61 bc
RSI 50 %ETc	59 bc	59 bc
RSI 75 %ETc	59 c	59 c
RSI 100 %ETc	60 c	60 c
Mean	63	64
F-test	**	**
C.V. (%)	2.06	2.23

Note: ns = non-significant, ** significantly different at P<0.05 and P<0.01, respectively, means in each column followed by different lowercase letters indicate significant (P<0.05) determined Duncan' s new multiple range test (DMRT) DI = drip irrigation, RSI = rain spray irrigation, ETc = crop evapotranspiration

ของเซลล์ และมีการแบ่งเซลล์ ทำให้พืชสามารถเจริญเติบโต และรับแสงแดดได้เพียงพอต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงต่อไป (Suksawat, 2001)

คะแนนความแก่ของใบ พบว่าระบบน้ำหยดที่ปริมาณการให้น้ำ 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ของการคายระเหยน้ำ คะแนนความแก่ของใบเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3 - 6 คะแนน ไม่แตกต่างทางสถิติ แต่เมื่อเปรียบเทียบความแก่ของใบมีค่าสูงกว่าระบบน้ำพุ่งที่ปริมาณการให้น้ำ 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ของการคายระเหยน้ำ โดยมีคะแนนความแก่ของใบเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1 - 2 คะแนน ซึ่งจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) (Table 6) การที่จะให้ผลผลิตสูงในสภาพขาดน้ำในระยะออกไหมของข้าวโพด จะต้องมีคะแนนความแก่ของใบน้อย และคะแนนการม้วนใบน้อย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์และความแตกต่างทางพันธุกรรมของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (Chaiwat *et al.,* 2022)

ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์แท้ ตากฟ้า 1

ผลผลิต พบว่าระบบการให้น้ำที่แตกต่างกันมีผลต่อผลผลิตเมล็ด อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยระบบน้ำพุ่งที่ปริมาณการให้น้ำ 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ของการคายระเหยน้ำ ให้ผลผลิต 734 760 และ 693 กก.ต่อไร่ ตามลำดับ ไม่แตกต่างทางสถิติ ซึ่งสูงกว่าระบบน้ำหยดที่ปริมาณการให้น้ำ 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ของการคายระเหยน้ำ ให้ผลผลิต 320 388 และ 464 กก. ต่อไร่ ตามลำดับ (Table 7) สอดคล้องกับ Jongthitinon *et al.* (2023) พบว่าผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์นครสวรรค์ 5 โดยเฉพาะระบบน้ำพุ่งที่ปริมาณการให้น้ำ 75 เปอร์เซ็นต์ ของการคายระเหยน้ำ ให้ผลผลิตสูง 1,032 กก.ต่อไร่ เทียบเท่ากับระบบน้ำพุ่ง และน้ำหยดที่ปริมาณการให้น้ำ 100 เปอร์เซ็นต์ ของการคายระเหยน้ำ ที่ให้ผลผลิต 1,106 และ 1,053 กก.ต่อไร่ ซึ่งระบบน้ำพุ่ง สามารถช่วยให้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ดูดใช้ธาตุอาหารได้ดีกว่าการให้ระบบน้ำหยด มีผลต่อการเจริญเติบโตทาง ด้านความสูงต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ การให้น้ำแบบระบบน้ำพุ่งจะช่วยเพิ่มความชุ่มชื้นให้กับบรรยากาศรอบข้าง ลดอุณหภูมิที่มีผลกระทบต่อพืช จากการเก็บข้อมูลสถานีอุตุนิยมวิทยาเกษตรตากฟ้าในระหว่างทำการทดลอง พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วง 23-37 องศาเซลเซียส ซึ่งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จะเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิเฉลี่ย

Table 5. Means of leaf greenness (SPAD unit) under different irrigation management

Irrigation management	Leaf greenness (SPAD)							Mean
	V3	V5	V7	V9	V11	V13	V15	
DI 50 %ETc	39.7	40.3 b	41.5 d	41.9 b	34.8 c	30.6 c	23.2 d	36.0 c
DI 75 %ETc	39.1	42.8 ab	43.2 cd	43.2 b	35.9 c	32.0 bc	24.6 d	37.3 c
DI 100 %ETc	40.5	42.3 ab	44.8 bc	45.2 ab	39.2 b	40.4 b	27.2 c	40.0 b
RSI 50 %ETc	38.5	45.7 a	49.7 a	48.5 a	44.5 a	44.8 a	33.0 a	43.5 a
RSI 75 %ETc	37.7	43.9 ab	49.2 a	48.2 a	45.6 a	45.0 a	30.0 b	42.8 a
RSI 100 %ETc	38.8	43.5 ab	47.7 ab	48.5 a	45.3 a	42.1 ab	31.6 ab	42.5 ab
Mean	39.1	43.1	46.0	45.9	40.9	39.1	28.3	40.3
F-test	ns	*	*	*	*	*	*	*
C.V. (%)	5.48	5.51	4.41	4.53	4.75	6.81	5.59	5.90

Note: ns = non-significant, ** significantly different at P<0.01, respectively, means in each column followed by different lowercase letters indicate significant (P<0.05) determined Duncan' s new multiple range test (DMRT) DI = drip irrigation, RSI = rain spray irrigation, ETc = crop evapotranspiration

Table. 6 Leaf senescence under different irrigation management

Irrigation management	Leaf senescence (1-10)
DI 50 %ETc	6 d
DI 75 %ETc	4 c
DI 100 %ETc	3 c
RSI 50 %ETc	2 b
RSI 75 %ETc	2 b
RSI 100 %ETc	1 a
Mean	3
F-test	**
C.V. (%)	13.67

Note: ns = non-significant, ** significantly different at $P<0.01$, respectively, means in each column followed by different lowercase letters indicate significant ($P<0.05$) determined Duncan' s new multiple range test (DMRT) DI = drip irrigation, RSI = rain spray irrigation, ETc = crop evapotranspiration

Table. 7 Grain yield of maize under different irrigation management

Irrigation management	Grain yield (kg/rai)	100 Grain weight (g)	Shelling percentage (%)	Seed moisture (%)
DI 50 %ETc	320 e	19.4 d	71 b	24.3 a
DI 75 %ETc	388 d	20.7 cd	72 b	25.5 bc
DI 100 %ETc	464 c	22.0 bc	72 b	25.8 c
RSI 50 %ETc	734 ab	23.1 ab	79 a	24.8 ab
RSI 75 %ETc	760 a	24.3 a	78 a	26.6 cd
RSI 100 %ETc	693 b	23.3 ab	78 a	27.4 d
Mean	560	22.1	75	25.7
F-test	**	**	*	**
C.V. (%)	5.65	4.49	3.05	2.75

Note: ns = non-significant, ** significantly different at $P<0.01$, respectively, means in each column followed by different lowercase letters indicate significant ($P<0.05$) determined Duncan' s new multiple range test (DMRT) DI = drip irrigation, RSI = rain spray irrigation, ETc = crop evapotranspiration

24-35 องศาเซลเซียส อุณหภูมิดินที่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดควรอยู่ในช่วง 26-30 องศาเซลเซียส หากอุณหภูมิดินต่ำกว่า 18 องศาเซลเซียส จะทำให้ระยะเวลาในการงอกเพิ่มขึ้น 2-4 วัน (Department of Agriculture, 2021) แต่จะมีปัญหาการกระจายตัวของน้ำไม่สม่ำเสมอกันเพราะลมแรง และชำระล้างสารกำจัดวัชพืชที่พ่นทางใบ (Locascio, 2005) ส่วนการให้น้ำแบบระบบน้ำหยด เป็นการให้น้ำเฉพาะในเขตรากพืช น้ำจะค่อย ๆ หยดทีละน้อยลงเขตราก ไม่มีการไหลบ่าของน้ำ แต่จะมีปัญหาการอุดตันที่หัวจ่ายน้ำ และการกระจายตัวของรากไม่ดี (Tharawut, 2018 ; Tongarm, *et al.,* 2002)

น้ำหนัก 100 เมล็ด พบว่าระบบการให้น้ำที่แตกต่างกันมีผลต่อน้ำหนัก 100 เมล็ด อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยระบบน้ำพุ่งที่ปริมาณการให้น้ำ 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ของการคายระเหยน้ำให้น้ำหนัก 100 เมล็ด 23.1 24.3 และ 23.3 กรัม ตามลำดับ ไม่แตกต่างทางสถิติ ซึ่งสูงกว่าระบบน้ำหยดที่ปริมาณการให้น้ำ 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ของการคายระเหยน้ำ ให้น้ำหนัก 100 เมล็ด 19.4 20.7 และ 22 กรัม ตามลำดับ (Table 7)

เปอร์เซ็นต์กะเทาะ พบว่าระบบการให้น้ำที่แตกต่างกันมีผลต่อเปอร์เซ็นต์กะเทาะ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยระบบน้ำพุ่งที่ปริมาณการให้น้ำ 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ของการคายระเหยน้ำ ให้เปอร์เซ็นต์กะเทาะ 79 78 และ 78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไม่แตกต่างทางสถิติ ซึ่งสูงกว่าระบบน้ำหยดที่ปริมาณการให้น้ำ 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ของการคายระเหยน้ำ ให้เปอร์เซ็นต์กะเทาะ 71 72 และ 72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 7)

ความชื้นเมล็ดขณะเก็บเกี่ยว พบว่าระบบน้ำหยด และน้ำพุ่งที่ปริมาณการให้น้ำ 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ของการคายระเหยน้ำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 24.3 - 27.4 เปอร์เซ็นต์ (Table 7)

ขนาดเมล็ด พบว่าระบบการให้น้ำที่แตกต่างกันมีผลต่อขนาดของเมล็ด อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยระบบน้ำพุ่งที่ปริมาณการให้น้ำ 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ของการคายระเหยน้ำ มีเมล็ดที่มีขนาดใหญ่ (เมล็ดที่ค้างอยู่บนตะแกรงขนาด 20/64 และ 18/64 นิ้ว) ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติ และมีจำนวนเมล็ดที่มากกว่าในระบบน้ำหยดที่ปริมาณการให้น้ำ 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ของการคายระเหยน้ำ ขณะที่เมล็ดที่มีขนาดเล็ก (เมล็ดที่ค้างอยู่บนตะแกรงขนาด 16/64 นิ้ว) ในระบบน้ำหยดที่ปริมาณการให้น้ำ 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ของการคายระเหยน้ำ มีจำนวนเมล็ดที่มากกว่าระบบน้ำพุ่งที่ปริมาณการให้น้ำ 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ของการคายระเหยน้ำ (Table 8) การปลูกข้าวโพดโดยใช้เมล็ดที่มีขนาดเล็กจะมีน้ำหนักแห้ง ความสูงลำต้น จำนวนรากแขนง และความแข็งแรงของต้นกล้าน้อยกว่าต้นกล้าที่เกิดจากเมล็ดที่มีขนาดใหญ่ อีกทั้งมีการเจริญเติบโตที่ช้ากว่า และเมล็ดพันธุ์ขนาดใหญ่มีอาหารสะสมในปริมาณมากกว่าจึงส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการตั้งตัวในระยะกล้า (Sakhamula and Boonmee, 2011)

ประสิทธิภาพการใช้น้ำของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์แท้พันธุ์ตากฟ้า 1

ระบบการให้น้ำที่แตกต่างกันมีผลต่อประสิทธิภาพการใช้น้ำของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยระบบน้ำพุ่ง ที่ปริมาณการให้น้ำ 50 เปอร์เซ็นต์ ของการคายระเหยน้ำ มีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงที่สุด คือ 2.13 กก. ผลผลิตต่อน้ำ 1 มม. และระบบน้ำหยดที่ปริมาณการให้น้ำ 50 เปอร์เซ็นต์ ของการคายระเหยน้ำ มีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงที่สุด คือ 0.94 กก.ผลผลิตต่อน้ำ 1 มม. (Table 9) เนื่องมาจากระบบน้ำพุ่งเป็นการให้น้ำแบบฟุ้งกระจาย เพิ่มความชื้นบริเวณรอบๆต้นพืช ลดอุณหภูมิในสภาพแวดล้อมที่มีความร้อนสูงหรืออากาศแห้ง ส่วนระบบน้ำหยด เป็นการให้น้ำแก่พืชเป็นจุด ๆ หรือเฉพาะเขตรากพืช และอาจจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช (Tharawut, 2018) ซึ่งสอดคล้องกับ Jongthitinon *et al.* (2023) พบว่าระบบน้ำพุ่งและน้ำหยดที่ปริมาณการให้น้ำ 50 เปอร์เซ็นต์ ของการคายระเหยน้ำ ถึงแม้ว่าประสิทธิภาพการใช้น้ำของระบบน้ำพุ่งและน้ำหยดที่ปริมาณการให้น้ำ 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ของการคายระเหยน้ำจะต่ำกว่า แต่ให้ผลผลิตที่สูงกว่าระบบน้ำพุ่งและน้ำหยดที่ปริมาณการให้น้ำ 50 เปอร์เซ็นต์ของการคายระเหยน้ำ ในพื้นที่ที่มีน้ำอยู่อย่างจำกัดจึง ควรที่จะ

เลือกใช้ระบบที่มีประสิทธิ ภาพการใช้น้ำสูงที่สุด แต่ประสิทธิภาพการใช้น้ำของข้าวโพดนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ สภาพภูมิอากาศ สมบัติของดิน ลักษณะทางพันธุกรรม และการจัดการดูแลรักษา (Huang *et al.*, 2006)

Table. 8 Seed Size of maize under different irrigation management

Irrigation management	No. 20/64	No. 18/64	No. 16/64	Under the grill
			(%)	
DI 50 %ETc	8.87 d	38.36 c	38.67 a	14.10 a
DI 75 %ETc	12.87 d	45.97 b	31.67 b	9.49 b
DI 100 %ETc	19.59 c	50.64 a	24.36 c	5.41 c
RSI 50 %ETc	27.56 b	52.06 a	17.16 d	2.98 c
RSI 75 %ETc	33.74 a	48.39 ab	14.69 d	3.18 c
RSI 100 %ETc	29.74 ab	50.93 a	16.00 d	3.32 c
Mean	22.06	47.73	23.36	6.41
F-test	**	**	**	**
C.V. (%)	17.34	6.30	10.63	30.46

Note: ns = non-significant, ** significantly different at $P<0.01$, respectively, means in each column followed by different lowercase letters indicate significant ($P<0.05$) determined Duncan' s new multiple range test (DMRT) DI = drip irrigation, RSI = rain spray irrigation, ETc = crop evapotranspiration

Table. 9 Water use efficiency of maize under different irrigation management

Irrigation management	Water use efficiency, WUE (kg grain yield/mm of water)
DI 50 %ETc	0.94 c
DI 75 %ETc	0.76 d
DI 100 %ETc	0.68 d
RSI 50 %ETc	2.13 a
RSI 75 %ETc	1.47 b
RSI 100 %ETc	1.00 c
Mean	1.16
F-test	**
C.V. (%)	9.11

Note: ns = non-significant, ** significantly different at $P<0.01$, respectively, means in each column followed by different lowercase letters indicate significant ($P<0.05$) determined Duncan' s new multiple range test (DMRT) DI = drip irrigation, RSI = rain spray irrigation, ETc = crop evapotranspiration

สรุป

จากการศึกษาวิธีการให้น้ำต่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ สายพันธุ์แท้ตากฟ้า 1 ในชุดดินลพบุรี พบว่าวิธีการให้น้ำที่แตกต่างกันมีผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์แท้ตากฟ้า 1 โดยเฉพาะระบบน้ำพุ่งที่ปริมาณการให้น้ำ 75 เปอร์เซ็นต์ ของการคายระเหยน้ำ ให้ผลผลิตสูงสุด 760 กก./ไร่ สอดคล้องกับเปอร์เซ็นต์กะเทาะ ความชื้นเมล็ดขณะเก็บเกี่ยว น้ำหนัก 100 เมล็ด และขนาดของเมล็ด นอกจากนี้ระบบน้ำพุ่งยังส่งผลต่อการเจริญเติบโตทางด้านความสูงต้น ค่า SPAD ในใบของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ วันออกดอกตัวเมีย ตัวผู้ และความแก่ของใบ ดังนั้นวิธีการให้น้ำที่เหมาะสมในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์แท้ ตากฟ้า 1 คือ ระบบน้ำพุ่งที่ปริมาณการให้น้ำ 75 เปอร์เซ็นต์ ของการคายระเหยน้ำ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ สถาบันพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร ตลอดจนเจ้าหน้าที่และผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่สนับสนุนการทำงานวิจัยให้สำเร็จด้วยดีเสมอมา

เอกสารอ้างอิง

Agricultural Resource Systems Research Center. 2012. Knowledge of Thai soil series. (Online). Available: http://www.mcc.cmu.ac.th/dinthai/index.asp (April 1, 2024). (in Thai)

Back, G. R. and K. H. Hartge. 1986. Bulk density. pp. 363-382. *In:* A. Klute (ed.). Methods of Soil Analysis. Part 1, 1: Physical and Mineralogical Methods. 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, WI.

Black, C.A. 1965. Method of Soil Analysis. Part 1: Physical and Mineralogical Properties. American Society of Agronomy Madison, Wi. 770 p.

Carkir, R. 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. Field Crops Research 89(1): 1-16.

Chaiwat, N., P. Kansomchet, T, Butthong and S. Thaithet. 2022. Selection of high-yielding and drought-tolerant inbred maize varieties using Smith's selection index. Journal of Agriculture and Food, RMUTT 1(2): 42-50. (in Thai)

Cottenie, A. 1980. Soil and plant testing as a basis of fertilizer recommendations. FAO Soil Bulletin 38/2. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 250 p.

Department of Agriculture. 2021. Recommendations for using fertilizer based on soil analysis values for economic field crops. Department of Agriculture, Bangkok. 100 p. (in Thai)

Department of Soil Science. 2005. Introduction to Soil Science. Department of Soil Science, Kasetsart University, Bangkok. 547 p. (in Thai)

Doorenbos, J., and A.H.Kassem. 1979. Yield Response to Water. FAO Irrigation and Drainage Paper No 33. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 193 p.

Fageria, N.K., V. C. Baligar, and C. A. Jones. 1997. Growth and Mineral Nutrition of Field Crops. 2nd (ed.). Marcel Dekker, Inc. New York. 494 p.

Gardner, W. H. 1982. Water content. pp.493-544 *in:* A. Klute (ed.). Methods of Soil Analysis, Part 1: Physical and Mineralogical Methods. 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, WI.

Huang, R., C.J. Birch and D.L. Goerge. 2006. Water use efficiency in maize production – the challenging and Improvement Strategies. *In:* Water to Gold-Proceeding 6th Triennial Conference. Maize Association of Australia, Griffith, NSW.

Jackson, M.L. 1960. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall Inc., Englewood Cliff, New Jersey. 521 p.

Jongthitinon, S., L. Siwilai and C. Karita. 2023. Effects of irrigation methods on the growth and yield of Nakhon Sawan hybrid maize 5. pp. 1-7. *In:* Proceedings of Songkhla University Academic Conference on Agricultural Innovation and Natural Resources. Songkhla University. Songkhla. (in Thai)

Land Development Department. 2005. Characteristics and Properties of Established Soil Series in the North and Central Plain Regions of Thailand, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok. (Online). Available: http://oss101.ldd.go.th/web_standard/_series_desc/D_Cseries_thai.pdf Retrieved 1 April 2024. (in Thai)

Locascio, S.J. 2005. Management of irrigation for vegetables: past, present, and future. Horticulture Technology. 15(3): 477-481.

Nakhon Sawan Field Crops Research Center. 2000. Pure line of field corn, parental line of hybrid maize. (Online). Available: https://www.doa.go.th/fc/nakhonsawan/?p=3347 (May 1, 2024). (in Thai)

Raj, A.F.S, P. Muthukrishnan, and P. Ayyadurai. 2013. Root characters of maize as influenced by drip fertigation levels. American Journal of Plant Sciences 4(2): 340-348.

Royal Irrigation Department. 1996. Introducing irrigation work for the people. Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok. (Online). Available: https://archives-library.rid.go.th/handle/123456789/1971 (April 1, 2024). (in Thai)

Royal Irrigation Department. 2012. crop Coefficient (Kc) by the Penman – Monteith method. Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok. (Online). Available: https://water.rid.go.th/hwm/cropwater/iwmd/db/pdf/kc.pdf (April 1, 2024). (in Thai)

Saengchan, P. 1997. Agriculture irrigation. Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen. 335 p. (in Thai)

Sakhamula, T. and S. Boonmee. 2011. Effect of seed size on germination and growth of corn seedlings. Journal of Kaen Kaset 39 (suppl.): 98-103. (in Thai)

Sinchai, K. 2012. Influence of nitrogen, phosphorus, potassium and cow manure fertilizers on the growth, yield and nutrient uptake of cassava grown in soil, Yasothon series. M.S. Thesis. Khon Kaen University, Khon Kaen. 100 p. (in Thai)

Smith, M. 1992. CROPWAT a Computer Program for Irrigation Planning and Management. FAO Irrigation and
Drainage Paper No 46. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 126 p.

Suksawat, M. 2001. Soil Fertility. Odean Store, Bangkok. 344 p. (in Thai)

Taun, M. and S. Srinarong. 2009. Soil lacking nutrients. Faculty of Agriculture Khon Kaen University and the Land Development Department, Khon Kaen. 130 p. (in Thai)

Tharawut, K. 2018. Citizen's water system design manual. Agricultural Land Reform Office, Bangkok. 108 p. (in Thai)

Tongarm, D., W. Tangkosakul, N. Jirachiwee and I. Nanthakit. 2002. Design and Technology for Watering Plants. Chroenrat Printing, Bangkok. 470 p. (in Thai)

Tophakngam, B. 2006. Salinity in Northeastern Region. 2nd ed. Khon Kaen University, Khon Kaen: 243 p. (in Thai)

Trelo-ges, V. 1998. Soil Physics. Faculty of Agriculture Khon Kaen University, Khon Kaen. 94 p. (in Thai)

Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method for determination of soil organic matter. Soil Science. 37: 29 – 33.

คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ (ต่อ)

1.6 กรณีผู้แต่งเดียวกัน แต่ปีพิมพ์ต่างกัน ให้เรียงลำดับตามปีพิมพ์

ตัวอย่าง (Tangtaweewipat et al. 2009; Tangtaweewipat et al. 2018)

1.7 กรณีอ้างอิงเป็นภาษาอื่น เช่น ภาษาไทย ต้องแปลงเป็นภาษาอังกฤษ และเปลี่ยนปี พศ. เป็นปี คศ.

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.

ในกรณีที่เป็นวารสารออนไลน์ 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. 5th 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. 3rd ed. Blackwell Publishing, Malden. 505 p.

เรื่องย่อยในตำราหรือหนังสือที่มีผู้เขียนแยกเรื่องเขียน และมีบรรณาธิการ

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

TH: Krairiksh, S. and W. Namruangsri. 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. ชื่อเรื่องย่อย. 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 55th 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 22nd 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. Roumchaiapikun 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. (ระบบออนไลน์). 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® acts in the control of fungal plant diseases. (Online). Available: http://www.shkagro.com/otros/efecto_fungicida.pdf (April 1, 2016).

การส่งต้นฉบับเพื่อตีพิมพ์

โปรดตรวจสอบบทความต้นฉบับให้เป็นไปตามคำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ พร้อมแนบแบบฟอร์มนำส่งบทความเพื่อพิจารณาตีพิมพ์ในวารสาร (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) ต้นฉบับที่ไม่ปฏิบัติตามคำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับของวารสาร จะไม่ได้รับการพิจารณา

2) ทุกบทความที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสาร ต้องผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ ไม่น้อยกว่า 3 ท่าน

3) กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการตรวจและแก้ไขบทความทุกเรื่องที่เสนอเพื่อการตีพิมพ์ในวารสาร (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 เพื่อให้การจัดทำวารสารเป็นไปด้วยความเรียบร้อยและมีคุณภาพ

สำนักงานและการติดต่อสอบถาม (Office and Inquiries)

กองบรรณาธิการวารสาร

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

(ดูตัวอย่างต้นฉบับที่เป็นทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษที่ https://drive.google.com/file/d/1AK1gabPWQgw2ErSRUaTiKMrjFdtKdsFC/view)

Journal of Agricultural Research and Communications

Faculty of Agriculture, Chiang Mai University

Volume 41, Issue 1 January - April 2025

Selection of Local Pumpkin Varieties by Inbred Line Selection and Pedigree Method for High Yield and Quality

Chanulak Khanobdee, Pattharaporn Srisamatthakarn and Pornpana Jinawong.....1

Collection and Selection of Yanagi Mushroom (*Agrocybe cylindracea*) for Strain Development

Jittra Kittimorakul, Tanapak Inyod, Vipavee Chanroj, Paranee Sawangsri and Ratchadaporn Thonghem.....11

***In Vitro* Propagation of Heracleum siamicum Craib.**

Patcharawadee Wattanawikkit and Pattharaporn Srisamatthakarn.....23

Selection of Cross Between Saeng 5 and Pathum Thani 1 Rice Varieties to Increase Phenolic Content and Yield in the F4 and F5 Generations

Kroegiat Panyala, Chanakan Thebault Prom-u-thai, Tonapha Pusadee and Sansanee Jamjod.....35

Effects of Irrigation Methods on Seed Production of Takhfa 1 Inbred line Maize in the Lop Buri Soil Series

Nattakit Petmuenwai, Siwilai Lapbanjob, Karita Chongchuaklang, Samakkee Jongthitinon, Somnuek Kongtien Apichat Supannarut and Sunee Chomchid.....49

ISSN XXXX-XXXX (Online)