



การประเมินความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีเตตระโซเลียมและผลของน้ำร้อน
ต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันพันธุ์ทรัพย์ ม.อ. 1

Evaluation of Seed Viability and Vigor by Tetrazolium Test and Effect of
Hot Water on Germination of Oil Palm Seed, Variety SUP-PSU 1

จุฑามาศ แก้วนาบอน
Jutamat Kaewnaborn

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาพืชศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Master of Science in Plant Science
Prince of Songkla University

2568

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์



การประเมินความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีเตตระโซเลียมและผลของน้ำร้อน
ต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันพันธุ์ทรัพย์ ม.อ. 1
Evaluation of Seed Viability and Vigor by Tetrazolium Test and Effect of
Hot Water on Germination of Oil Palm Seed, Variety SUP-PSU 1

จุฑามาศ แก้วนาบอน
Jutamat Kaewnaborn

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาพืชศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Master of Science in Plant Science
Prince of Songkla University
2568
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การประเมินควมมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีเตตระโซเลียม
และผลของน้ำร้อนต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันพันธุ์ทรัพย์ ม.อ. 1

ผู้เขียน นางสาวจุฑามาศ แก้วนาบอน

สาขาวิชา พืชศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

คณะกรรมการสอบ

วิชัย หวังโรดม

Digitally signed : 2025.07.08 15:36:52 +07:00

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิชัย หวังโรดม)



.....กรรมการ

Digitally signed : 2025.07.11 10:36:30 +07:00

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรรัตน์ อโณทัย)

วิชัย หวังโรดม

Digitally signed : 2025.07.08 15:36:55 +07:00

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิชัย หวังโรดม)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

สมปอง เตชะโต

Digitally signed : 2025.07.09 9:25:52 +07:00

(ศาสตราจารย์ ดร.สมปอง เตชะโต)

สมปอง เตชะโต

Digitally signed : 2025.07.09 9:25:54 +07:00

(ศาสตราจารย์ ดร.สมปอง เตชะโต)



Digitally signed : 2025.07.12 14:01:44 +07:00

(รองศาสตราจารย์ ดร.คริสสุสพล หนูพรหม)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชศาสตร์



Digitally signed : 2025.07.16 17:38:11 +07:00

(ศาสตราจารย์ ดร.มิตรชัย จงเขียวชำนาญ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(3)

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ วิชัย หวังวิโรตม
Digitally signed : 2025.07.08 15:36:57 +07:00
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิชัย หวังวิโรตม)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลงชื่อ สมปอง เตชะโต
Digitally signed : 2025.07.08 9:25:56 +07:00
(ศาสตราจารย์ ดร.สมปอง เตชะโต)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ลงชื่อ จุฑามาศ แก้วนาบอน
(นางสาวจุฑามาศ แก้วนาบอน)
นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และ
ไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ จุฑามาศ แก้วนาบอน
(นางสาวจุฑามาศ แก้วนาบอน)
นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์	การประเมินความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีเตตระโซเลียมและผลของน้ำร้อนต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันพันธุ์ทรัพย์ ม.อ. 1
ผู้เขียน	นางสาวจุฑามาศ แก้วนาบอน
สาขาวิชา	พืชศาสตร์
ปีการศึกษา	2568

บทคัดย่อ

กระบวนการผลิตเมล็ดงอกปาล์มน้ำมันใช้ระยะเวลานาน เนื่องจากต้องทำลายการพักตัวของเมล็ดพันธุ์นาน 40–60 วัน หลังจากนั้นจึงเพาะให้งอกทำให้การประเมินคุณค่าในการเพาะปลูกจากความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันต้องใช้ระยะเวลานานมาก ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการทดสอบความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันพันธุ์ทรัพย์ ม.อ. 1 โดยใช้วิธีปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ ความเข้มข้นของสารเตตระโซเลียม และระยะเวลาย้อมที่ต่างกัน ผลการศึกษาพบว่าการปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ให้ความมีชีวิตมากกว่าการไม่ปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ ความเข้มข้นของสารเตตระโซเลียมที่ต่ำลงให้ผลการย้อมความมีชีวิตเพิ่มขึ้น โดยความเข้มข้น 0.075 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลการย้อมความมีชีวิตสูงสุด 96.50 เปอร์เซ็นต์ และไม่มีความแตกต่างระหว่างการย้อม 4 และ 8 ชั่วโมง การใช้ต้นอ่อนจากเมล็ดพันธุ์ที่ปรับสภาพรวมกับการย้อมด้วยสารเตตระโซเลียมความเข้มข้น 0.075 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เป็นวิธีที่เหมาะสมในการประเมินความมีชีวิตและจำแนกระดับความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมัน สำหรับการศึกษาผลของน้ำร้อนต่อความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ ความงอก และการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างฝาปิดต้นอ่อนของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมัน เพื่อวัตถุประสงค์ในการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์นั้น การทดสอบทำโดยแช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำร้อน 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3–60 นาที จากนั้นทดสอบความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ด้วยการย้อมต้นอ่อนด้วยสารเตตระโซเลียมที่ความเข้มข้น 0.075 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 4 ชั่วโมง พบว่าระยะเวลาแช่น้ำร้อนที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้เมล็ดพันธุ์มีความมีชีวิตและความแข็งแรง และความงอกลดลง และมีเวลาเฉลี่ยในการงอกและเมล็ดเน่าเพิ่มขึ้น โดยเมล็ดพันธุ์ที่แช่น้ำร้อน 3 นาที มีความมีชีวิตและความแข็งแรงระดับสูง 92.00 และ 77.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีความงอก 61.50 เปอร์เซ็นต์ ต่ำกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ใช้วิธีทางการค้า (81.00 เปอร์เซ็นต์) การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างฝาปิดต้นอ่อนภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าการแช่น้ำร้อน 3 นาที ทำให้ฝาปิดต้นอ่อนเกิดรอยแยก และเมื่อแช่น้ำร้อน 60 นาที พบรอยแยก รูกกลมขนาดเล็กและใหญ่ และการฉีกขาดของเส้นใย ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่ใช้วิธีทางการค้ามีรอยแยกล้อมรอบฝาปิดต้นอ่อนเท่านั้น

คำสำคัญ : เมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมัน, ความมีชีวิตและความแข็งแรง, ความงอก

Thesis Title	Evaluation of Seed Viability and Vigor by Tetrazolium Test and Effect of Hot Water on Germination of Oil Palm Seed, Variety SUP-PSU 1
Author	Miss Jutamat Kaewnaborn
Major Program	Plant Science
Academic Year	2025

ABSTRACT

Oil palm seed germination for commercial production takes 40–60 days in order to break the dormancy. These processes took a long time, which hinders the efficient management of seeds for sale and storage. Evaluating the viability and vigor test of the seeds using tetrazolium method is highly accurate and requires less testing time. Therefore, this study aimed to develop a method for testing the viability and vigor of oil palm seed variety SUP–PSU 1 using different seed preconditioning methods, tetrazolium concentrations, and staining periods. The results showed that seed preconditioning gave higher viability than untreated seeds. Lower concentrations of tetrazolium resulted in increasing seed viability. The concentration of 0.075 percent tetrazolium solution gave the highest seed viability at 96.50 percent and there was no difference between 4 and 8 hours of staining periods. Excision of embryo from preconditioning seed and staining with 0.075 percent tetrazolium solution for 4 hours was an appropriate protocol to assess the viability and classify the vigor of oil palm seeds. For the study on the effect of hot water on seed viability and vigor, germination and changes in the structure of operculum of oil palm seeds for the purpose of stimulating seed germination, the seeds were soaked in 60 °C hot water for 3–60 minutes, following by excision of embryos and testing the viability and vigor using 0.075 percent tetrazolium for 4 hours. The results showed that an increase in soaking time in hot water resulted in decrement of seed viability and vigor and germination percentage but increment of mean germination time and rotted seed. Seeds soaked in hot water for 3 minutes had high viability and vigor at 92.00 and 77.00 percent, respectively. Seed germination was recorded to be 61.50 percent, significantly lower than commercial method (81.00 percent). Soaking in hot water for 3 minutes caused cracks on the operculum whereas soaking for 60 minutes caused small and large

round holes and tearing of fibers as revealed by scanning electron microscope. In case of commercial germination method, the seed cracked surrounding its operculum.

Keywords: Oil palm seed, viability and vigor, germination

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือ ความอนุเคราะห์จากคณาจารย์และบุคคลหลายฝ่าย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วิชัย หวังวโรดม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และศาสตราจารย์ ดร.สมปอง เตชะโต อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้การอบรมสั่งสอน ให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ แนะนำแนวทางในการทำวิจัยและเขียนเล่มวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.ศรีชัยสิทธิ์ หนูพรหม ผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักร์ตัน อโณทัย ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาสละเวลาให้คำแนะนำ และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณสาขาวิชาวัฒนธรรมการเกษตรและการจัดการ เอกพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้ห้องปฏิบัติการ และวัสดุอุปกรณ์ในการทำวิจัย ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนเงินทุนในการทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นัตยา มนตรี ที่สนับสนุนทุนการศึกษา ศาสตราจารย์ ดร.ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันพันธุ์ทรัพย์ ม.อ. 1 และนายศักดิ์ดา คงแจ่ม ที่ช่วยเตรียมเมล็ดพันธุ์และให้คำแนะนำต่าง ๆ ขอขอบคุณนางสาวศิวาพร เกิดวัน นางสาวพรเพ็ญ สุคนธมัท และนางสาวศศิพิมพ์ ภิรมย์จิตร ผู้เป็นกัลยาณมิตรที่ดี คอยให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำ และเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา ขอขอบคุณคณาจารย์และสมาชิกห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ และห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีชีวภาพของพืชปลูกที่ให้ความรู้ คำแนะนำ ความห่วงใย และเป็นกำลังใจให้กันเสมอมา ขอขอบคุณนางสาวธัญญารัตน์ สุวรรณโณ ที่ช่วยติดตามการทำเอกสารต่าง ๆ ในระหว่างการศึกษา และขอขอบพระคุณบิดาและมารดาของข้าพเจ้าที่อุปการะข้าพเจ้าจนจบการศึกษา

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณทุกคนที่เข้ามาเป็นเรื่องราวดี ๆ ในการศึกษาระดับปริญญาโทของข้าพเจ้า

จุฬามาศ แก้วนาบอน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	(5)
ABSTRACT.....	(6)
กิตติกรรมประกาศ.....	(8)
สารบัญ	(9)
รายการตาราง.....	(10)
รายการภาพประกอบ	(12)
บทที่ 1 บทนำ.....	1
บทที่ 2 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ.....	11
บทที่ 3 ผล.....	21
บทที่ 4 วิจารณ์.....	45
บทที่ 5 สรุป.....	50
บรรณานุกรม	51
ประวัติผู้เขียน	57

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ความชื้นของเมล็ดพันธุ์และต้นอ่อนของเมล็ดพันธุ์ที่ปรับและไม่ปรับสภาพเมล็ดพันธุ์	21
2	ความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์เมื่อใช้การปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ ความเข้มข้น และระยะเวลาย่อยด้วยสารเตตระโซเลียมที่ต่างกัน	23
3	ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างวิธีปรับสภาพเมล็ดพันธุ์และความเข้มข้นของสารเตตระโซเลียมต่อความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์	24
4	ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างวิธีปรับสภาพเมล็ดพันธุ์และระยะเวลาย่อยด้วยสารเตตระโซเลียมต่อความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์	24
5	ความแข็งแรงระดับสูงของเมล็ดพันธุ์ เมื่อใช้การปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ ความเข้มข้น และระยะเวลาย่อยด้วยสารเตตระโซเลียมที่ต่างกัน	26
6	ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างวิธีปรับสภาพเมล็ดพันธุ์และความเข้มข้นของสารเตตระโซเลียมต่อความแข็งแรงระดับสูงของเมล็ดพันธุ์	27
7	ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างวิธีปรับสภาพเมล็ดพันธุ์และระยะเวลาย่อยด้วยสารเตตระโซเลียมต่อความแข็งแรงระดับสูงของเมล็ดพันธุ์	27
8	ความแข็งแรงระดับปานกลางของเมล็ดพันธุ์ เมื่อใช้การปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ ความเข้มข้น และระยะเวลาย่อยด้วยสารเตตระโซเลียมที่ต่างกัน	28
9	ความแข็งแรงระดับต่ำของเมล็ดพันธุ์ เมื่อใช้การปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ ความเข้มข้น และระยะเวลาย่อยด้วยสารเตตระโซเลียมที่ต่างกัน	29
10	ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างวิธีปรับสภาพเมล็ดพันธุ์และความเข้มข้นของสารเตตระโซเลียมต่อความแข็งแรงระดับต่ำของเมล็ดพันธุ์	30
11	เมล็ดตาย เมื่อใช้การปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ ความเข้มข้น และระยะเวลาย่อยด้วยสารเตตระโซเลียมที่ต่างกัน	31
12	ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างวิธีปรับสภาพเมล็ดพันธุ์และความเข้มข้นของสารเตตระโซเลียมต่อเมล็ดตาย	32
13	ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างวิธีปรับสภาพเมล็ดพันธุ์และระยะเวลาย่อยด้วยสารเตตระโซเลียมต่อเมล็ดตาย	32

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
14	ความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ เมื่อใช้การปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ ความเข้มข้น และระยะเวลาโดยมีสารเตตระโซเลียมที่ต่างกันเปรียบเทียบกับความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่แก่การพักตัวด้วยวิธีทางการค้า	34
15	ความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์หลังแช่น้ำร้อนที่เวลาต่างกันจากการทดสอบโดยวิธีเตตระโซเลียม	36
16	ความงอกและเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพันธุ์ที่แก่การพักตัวด้วยวิธีการแช่น้ำร้อนเป็นเวลาต่าง ๆ เปรียบเทียบกับการแก่การพักตัวด้วยวิธีทางการค้า	38
17	ลักษณะและอัตราการงอกผิดปกติของเมล็ดพันธุ์ที่แช่น้ำร้อนที่เวลาต่างกัน และเมล็ดพันธุ์ที่แก่การพักตัวด้วยวิธีทางการค้า	39
18	ลักษณะและอัตราการไม่งอกของเมล็ดพันธุ์ที่แช่น้ำร้อนที่เวลาต่างกัน และเมล็ดพันธุ์ที่แก่การพักตัวด้วยวิธีทางการค้า	40
19	ผลของการแก่การพักตัวของเมล็ดพันธุ์ต่ออัตราความมีชีวิตและระดับความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ที่ไม่งอก	42

รายการภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
1	โครงสร้างผลและเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมัน และต้นอ่อน	4
2	กระบวนการงอกของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมัน	5
3	ขั้นตอนการเตรียมเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมัน	14
4	โครงสร้างของต้นอ่อนที่ใช้ในการจำแนกความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันด้วยวิธีเตตระโซเลียม	16
5	ตำแหน่งที่ย้อมติดสี ความเข้มสี และความสม่ำเสมอของสีที่ย้อมติดบริเวณต้นอ่อนซึ่งแสดงถึงความมีชีวิต และระดับความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมัน	17
6	เมล็ดงอกปกติของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันพันธุ์ทรัพย์ ม.อ. 1	18
7	ลักษณะการติดสีของต้นอ่อนหลังใช้วิธีปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ร่วมกับความเข้มข้น และระยะเวลาด้วยสารเตตระโซเลียมที่ต่างกัน	25
8	ความงอกของเมล็ดพันธุ์หลังแก้การพักตัวด้วยวิธีทางการค้าและเพาะทดสอบความงอก 49 วัน	33
9	ผลการแช่น้ำร้อนที่เวลาต่างกันต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์เปรียบเทียบกับวิธีแก้การพักตัวด้วยวิธีทางการค้า	37
10	เมล็ดงอกผิดปกติที่มีลักษณะยอดกุด รากกุด และทั้งยอดและรากกุด และเมล็ดเน่าของเมล็ดพันธุ์ที่แช่และไม่แช่น้ำร้อน	41
11	ลักษณะของต้นอ่อนภายในเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการแช่น้ำร้อนเป็นเวลาต่าง ๆ เมื่อย้อมด้วยสารเตตระโซเลียมหลังจากนำเมล็ดพันธุ์ไปเพาะเป็นเวลา 119 วัน	43
12	ลักษณะฝักปิดต้นอ่อนของเมล็ดพันธุ์ที่ไม่แช่น้ำร้อน แช่น้ำร้อน 3 นาที และ 60 นาที และเมล็ดพันธุ์ที่แก้การพักตัวด้วยวิธีทางการค้า	44

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

ปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญระดับโลก มีศักยภาพในการให้น้ำมันต่อพื้นที่สูงสุดเมื่อเทียบกับพืชน้ำมันชนิดอื่น โดยสูงกว่าถั่วเหลืองประมาณ 11 เท่า (Khor *et al.*, 2021) และใช้ต้นทุนในการผลิตน้ำมันต่อกิโลกรัมต่ำกว่าพืชน้ำมันชนิดอื่น (สถานวิจัยพืชกรรมปาล์มน้ำมัน, 2553) น้ำมันปาล์มจากเนื้อผลและเนื้อในเมล็ดเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในอุตสาหกรรมสินค้าอุปโภคและบริโภค รวมทั้งพลังงานทดแทนและอุตสาหกรรมต่อเนื่องอีกจำนวนมาก แหล่งผลิตปาล์มน้ำมันหลักของโลกอยู่ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ในปี พ.ศ. 2566 มีพื้นที่ปลูกที่ให้ผลผลิตทั่วโลก 25.15 ล้านเฮกตาร์ โดยประเทศอินโดนีเซียมีพื้นที่ปลูกที่ให้ผลผลิตสูงสุด 12.60 ล้านเฮกตาร์ รองลงมาคือประเทศมาเลเซีย 5.13 ล้านเฮกตาร์ ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกที่ให้ผลผลิต 1.03 ล้านเฮกตาร์ (CPOPC Palm Oil Database, 2023) และพื้นที่ให้ผลผลิตในปี พ.ศ. 2565 ส่วนใหญ่อยู่ในภาคใต้และได้มีการปลูกขยายในพื้นที่ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือเพิ่มมากขึ้น (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565) ทำให้ความต้องการใช้เมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันพันธุ์ดีภายในประเทศไทยสูงถึงปีละประมาณ 12 ล้านเมล็ด (สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2563) ทั้งนี้ยังไม่นับรวมถึงเมล็ดพันธุ์ที่ส่งออกไปยังต่างประเทศ กระบวนการเพาะงอกของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันใช้ระยะเวลานาน 2-3 เดือน เนื่องจากต้องนำเมล็ดพันธุ์ไปทำการพักตัวนาน 40-60 วัน หลังจากนั้นจึงเพาะให้งอก ทำให้การประเมินคุณค่าในการเพาะปลูกจากความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันต้องใช้ระยะเวลานานมาก เป็นอุปสรรคต่อการจัดการเมล็ดพันธุ์เพื่อการจำหน่ายและในระหว่างการรักษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ การทดสอบความมีชีวิตและความแข็งแรงด้วยการย้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารเตตระโซเลียมมีความแม่นยำสูง ใช้เวลาในการทดสอบน้อย และสามารถใช้กับเมล็ดพันธุ์พืชทุกชนิด (วัลลภ, 2550) การตรวจสอบความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันสามารถทำได้โดยวางต้นอ่อนระหว่างกระดาษเพาะขึ้นที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง และย้อมด้วยสารเตตระโซเลียมที่ความเข้มข้น 0.075 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง (Bonetti *et al.*, 2016) หรือปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ด้วยการแช่เนื้อในเมล็ดในน้ำ 1 คิน และย้อมต้นอ่อนด้วยสารเตตระโซเลียมที่ความเข้มข้น 0.5-0.75 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง (Murugesan *et al.*, 2002) อย่างไรก็ตาม มีรายงานว่าปริมาณความชื้นที่เมล็ดพันธุ์ได้รับในขั้นตอนการปรับสภาพและเตรียมเมล็ดพันธุ์มีอิทธิพลต่อผลการย้อมความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ (Grzybowski *et al.*, 2012) โดยเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองให้ผลการย้อมสีเพื่อตรวจสอบความมีชีวิตที่สัมพันธ์กับความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์เมื่อมีความชื้นอย่างน้อย 32 เปอร์เซ็นต์ (Costa and Marcos-Filho, 1994) และเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศให้ผลการย้อมที่ดีเมื่อเมล็ดพันธุ์มีความชื้นอย่างน้อย 45 เปอร์เซ็นต์ (Santos *et al.*, 2007) ปัจจุบันยังขาดข้อมูลเกี่ยวกับ

ระดับความชื้นเมล็ดพันธุ์ที่เพียงพอในการประเมินความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันที่สามารถทำได้รวดเร็วและมีความสัมพันธ์กับศักยภาพในการงอกและการเจริญเติบโตของเมล็ดงอก (เมล็ดพันธุ์) และต้นกล้า ข้อมูลและวิธีการดังกล่าวนี้จะเป็นประโยชน์ต่อบริษัทหรือผู้ผลิตเมล็ดงอกปาล์มน้ำมันต่อไป

เมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันมีการพักตัว (Noor, 2007) ทำให้ไม่สามารถนำเมล็ดพันธุ์ไปใช้ในการเพาะปลูกได้ทันที ปัจจุบันการแก้การพักตัวของเมล็ดพันธุ์เพื่อผลิตต้นกล้าปาล์มน้ำมันทางการค้านิยมใช้วิธีให้ความร้อนแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน วิธีนี้ให้เปอร์เซ็นต์ความงอกหรือจำนวนต้นกล้าปกติสูง แต่มีข้อจำกัดคือ ต้องใช้เวลานานและมีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าสูงมาก ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น (Myint *et al.*, 2010) Baskin และ Baskin (2014) รายงานว่าฝาปิดต้นอ่อน (Operculum) เป็นโครงสร้างสำคัญที่มีผลต่อการยับยั้งการงอกของเมล็ดพันธุ์ปาล์มหลายชนิด หากเอาส่วนนี้ออกไปจากเมล็ดพันธุ์จะทำให้สามารถงอกได้ การศึกษาเพื่อพัฒนาวิธีการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันโดย Myint และคณะ (2010) พบว่าการนำฝาปิดต้นอ่อนออกทำให้เมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันพันธุ์ Cross 23 (สุราษฎร์ธานี 3) และ Cross 37 (สุราษฎร์ธานี 2) สามารถงอกได้ทันที และมีความงอกเฉลี่ย 80.66 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างทางสถิติกับวิธีแก้การพักตัวทางการค้า (85.17 เปอร์เซ็นต์) แต่วิธีนี้ยังคงต้องใช้แรงงานซึ่งสามารถทำได้เพียง 150 เมล็ดต่อคนต่อวันเท่านั้น ดังนั้น การศึกษาพัฒนาวิธีการที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นยังคงมีความจำเป็นต่อไป การใช้ความร้อนเพื่อวัตถุประสงค์ในการทำให้ฝาปิดต้นอ่อนอ่อนตัวลงหรือเสื่อมสภาพไปอาจทำให้เมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันสามารถงอกได้เร็วขึ้น ทั้งนี้การใช้ความร้อนเป็นวิธีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม มีค่าใช้จ่ายต่ำ และทำได้จำนวนมากในครั้งเดียว Baskin และ Baskin (1998) รายงานว่าน้ำที่มีอุณหภูมิสูงมีผลต่อการเสื่อมสภาพหรือการแตกสลายในเนื้อเยื่อพืช เช่น ทำให้เซลล์ชั้นพาลิเสดอ่อนนุ่มและแยกตัว เปลือกหุ้มเมล็ดแตกร้าว หรือทำให้ Chalazal plug หลุดออกจากเมล็ดพันธุ์ และมีผลทำให้เมล็ดพันธุ์งอกได้ดีขึ้น ทั้งนี้ยังไม่มีรายงานการใช้ความร้อนในการทำลายฝาปิดต้นอ่อนเพื่อกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมัน ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการทดสอบความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีเตตระโซเลียม และศึกษาระยะเวลาแช่ความร้อนที่เหมาะสมในการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันพันธุ์ทรัพย์ ม.อ. 1

การตรวจเอกสาร

1. ปาล์มน้ำมันพันธุ์ทรัพย์ ม.อ. 1

ปาล์มน้ำมันพันธุ์ทรัพย์ ม.อ. 1 เป็นพันธุ์ปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอร่า (Deli dura x AVROS pisifera) ที่ได้จากการคัดเลือกพ่อแม่จากฐานพันธุ์กรรมในภาคใต้ของประเทศไทย ผ่านการปรับปรุงและพัฒนาพันธุ์มาอย่างยาวนานกว่า 15 ปี โดยโครงการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปาล์มน้ำมันพันธุ์ทรัพย์ ม.อ. 1 เป็นพันธุ์ที่มีผลผลิตสูงและสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่ไม่ดี (ณัฐพล และคณะ, 2563) เช่น ความเครียดแล้ง (Duangpan *et al.*, 2018) ความเครียดเกลือ (ธีรศักดิ์ และคณะ, 2565) และลูกผสมบางสายพันธุ์สามารถต้านทานโรคใบจุด

จากเชื้อรา *Curvularia oryzae* ได้ (Kittimorakul *et al.*, 2020) ผลปาล์มน้ำมันมีรูปร่างกลมรี มีสีดำเมื่อยังไม่สุก และเปลี่ยนเป็นสีแดงถึงส้มเมื่อสุกเต็มที่ ทะลายมีรูปร่างกลมรี มีหนามสั้น และเริ่มให้ผลผลิต ทะลายเก็บเกี่ยวได้เมื่อต้นมีอายุ 24–36 เดือนหลังจากปลูกลงแปลง และมีลักษณะพิเศษคือ ความยาวทางใบค่อนข้างสั้นเมื่อเปรียบเทียบกับปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราที่ปลูกในประเทศไทย (เมื่อต้นอายุ 3–5 ปี และ 7–8 ปี มีความยาวทางใบ 2.35 เมตร และ 4.86 เมตร ตามลำดับ) ให้ผลผลิตทะลายมากกว่า 2 ตันต่อไร่ต่อปีเมื่ออายุ 3–4 ปี 3.5 ตันต่อไร่ต่อปีเมื่ออายุ 5–8 ปี และมากกว่า 6 ตันต่อไร่ต่อปีเมื่ออายุมากกว่า 9 ปี มีผลผลิตน้ำมันสูง (น้ำมันต่อทะลาย 20.09 เปอร์เซ็นต์ เมื่ออายุ 3–4 ปี และ 28.74 เปอร์เซ็นต์เมื่ออายุ 5–8 ปี) เนื่องจากผลมีเนื้อหนา กะลาบาง และเนื้อในเมล็ดมีขนาดปานกลาง ปาล์มน้ำมันพันธุ์ทรัพย์ ม.อ. 1 เป็นพันธุ์ที่มีพันธุกรรมที่สามารถปรับตัวให้เข้ากับดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและสภาพแห้งแล้งได้ดี เนื่องจากต้นพ่อและต้นแม่พันธุ์ได้รับการคัดเลือกภายใต้สภาพแวดล้อมดังกล่าว ด้วยศักยภาพของพันธุ์ในการให้ผลผลิตทะลายต่อพื้นที่เพิ่มขึ้น 30 เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตเฉลี่ยทั้งประเทศ ทำให้เกษตรกรผู้ปลูกมีรายได้เพิ่มขึ้น 30 เปอร์เซ็นต์เช่นกัน ประกอบกับโรงงานที่รับซื้อผลผลิตมีปริมาณน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันปาล์มกลั่นบริสุทธิ์เพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้มูลค่าโดยรวมของอุตสาหกรรมปาล์ม น้ำมันของประเทศสูงขึ้น นอกจากนี้ยังส่งผลให้อุตสาหกรรมมีวัสดุพลอยได้อื่น ๆ ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อเพิ่มมูลค่าได้มากขึ้น เช่น กะลาปาล์ม ทะลายเปล่า และกากตะกอนปาล์ม เป็นต้น (สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2563)

2. เมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมัน การงอก การพักตัว และวิธีการแก้การพักตัวของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมัน

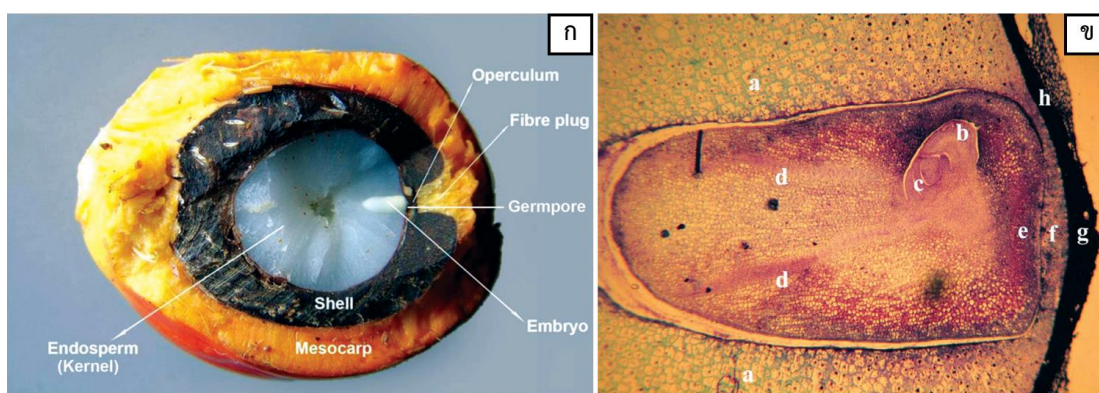
ผลปาล์มน้ำมันเป็นผลที่มีเมล็ดเดี่ยว ผลสดมีเนื้อผลชั้นนอก (Exocarp) และเนื้อผลชั้นกลาง (Mesocarp) อ่อนนุ่ม เนื้อผลชั้นใน (Endocarp) แข็งมากติดแน่นอยู่กับเมล็ด ผลแบบนี้เรียกว่า ครอบ (Drupe) ผลแห้งมีเปลือกแข็งและผิวมันคล้ายแผ่นหนัง เมื่อแก่แล้วไม่แตกเองตามธรรมชาติ ผลมีเนื้อผลชั้นในแข็งหนา เยื่อหุ้มเมล็ดบางมาก และเป็นผลที่เกิดจากรังไข่ที่มีหลายคาร์เพลเชื่อมติดกันแต่เป็นเมล็ดเดี่ยว ผลแบบนี้เรียกว่า นัท (Nut) (ธีระ, 2554) เมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันประกอบด้วยไขมัน 53 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้ง คาร์โบไฮเดรตและเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ 38 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง โปรตีน 8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง เกลืออนินทรีย์ 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง และแป้งและน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง (Cui *et al.*, 2020) เมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมัน (ภาพที่ 1ก) มีรูปร่างกลม-กลมรี และมักมีรูปร่างไม่สมมาตร ขนาดและน้ำหนักเมล็ดมีความแปรปรวนมากขึ้นอยู่กับความหนาของกะลาและขนาดของเนื้อในเมล็ด เมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันประกอบด้วยเปลือกแข็งซึ่งเป็นส่วนของผนังผลชั้นในหรือกะลา (Endocarp หรือ Shell) สัดส่วน 64.00–73.00 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของเมล็ดพันธุ์ และเมล็ดจริง สัดส่วนประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของเมล็ดพันธุ์ (Myint *et al.*, 2009) กะลาแข็งสีเทาเข้ม-ดำ ส่วนเมล็ดที่สุกแก่ไม่เต็มที่จะมีกะลาสีขาว-เหลืองเข้ม ผิวภายนอกมีเส้นใยเป็นแนวยาวติดอยู่ และเส้นใยรวมกันเป็นกระจุกที่ส่วนฐานปลายด้านแหลมของกะลา ด้านปลายกะลาที่อยู่ตรงกันข้ามกับข้อผลมีลักษณะโค้งมน และมีรูสำหรับการงอก (Germ pore) ของต้นอ่อนเป็นช่องทางให้น้ำผ่านเข้าไป

ภายในเมล็ดในระยะที่เมล็ดเริ่มงอก ซึ่งจำนวนรูสำหรับการงอกจะสอดคล้องกับจำนวนคาร์เพลตามโครงสร้างของดอกที่แต่ละดอกประกอบด้วยรังไข่ที่มีจำนวน 3 คาร์เพล และแต่ละรูสำหรับการงอกมีกระจุกเส้นใย (Fiber plug) ปกคลุมอยู่ ปลายกระจุกเส้นใยภายในรูจะเชื่อมติดแน่นกับผนังด้านในของกะลา และมีเยื่อบาง ๆ กันแยกระหว่างรูนี้กับเยื่อหุ้มเมล็ด (ธีระ, 2554) เมล็ดจึงอยู่ภายในกะลาประกอบด้วย 3 ชั้น ดังนี้

1. เยื่อหุ้มเมล็ด (Testa หรือ Seed coat) เป็นเยื่อที่บางมาก มีลักษณะเป็นร่างแหสีน้ำตาลอ่อน-เข้มหรือสีดำ ถัดจากกะลาเข้าไป

2. เนื้อในเมล็ด (Endosperm) เป็นส่วนที่ล้อมรอบต้นอ่อน มีสีขาว-ขาวเทา (ขุ่น) มีลักษณะแข็งและมีน้ำมัน เนื้อในเมล็ดมีน้ำหนักประมาณ 1-2 กรัม โดยแต่ละเมล็ดอาจมีเนื้อในเมล็ด 1-3 อันตามจำนวนคาร์เพลที่พัฒนา เนื้อในเมล็ดประกอบด้วยกาแลคโตแมนแนน เม็ดไขมัน (Oil bodies) ซึ่งเป็นกรดไขมันอิ่มตัวประมาณ 89 เปอร์เซ็นต์ กรดลอริกและกรดไมริสติกคิดเป็นสัดส่วนมากถึง 55 และ 18 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันในเนื้อในเมล็ดทั้งหมด ตามลำดับ และมีโปรตีนสะสมซึ่งเป็นอาหารสะสมสำหรับเลี้ยงต้นกล้าในระยะแรกของการเจริญเติบโต (Cui *et al.*, 2020)

3. ต้นอ่อน มีลักษณะบอบบาง สีขาว-สีเหลือง และมีขนาดเล็ก กว้างประมาณ 1 มิลลิเมตร และยาวประมาณ 3 มิลลิเมตร เมื่อผ่าเนื้อในเมล็ดตามแนวยาวจะพบต้นอ่อนฝังตัวในลักษณะตรงใต้รูสำหรับการงอก ปิดทับด้วยฝาปิดต้นอ่อน แกนต้นอ่อน (Embryonic axis) ประกอบด้วยรากอ่อนหรือรากแรกเกิด (Radicle) ยอดอ่อนหรือยอดแรกเกิด (Plumule) และใบเลี้ยง (Cotyledon) เมื่อเมล็ดงอกใบเลี้ยงจะพัฒนาเป็นจาว (Haustorium) (ภาพที่ 1ข) ทำหน้าที่กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ภายในเนื้อในเมล็ดเพื่อให้เกิดการสลายอาหารสะสม สร้างเอนไซม์ในการย่อยสลายอาหาร และเคลื่อนย้ายสารอาหารไปยังต้นอ่อน



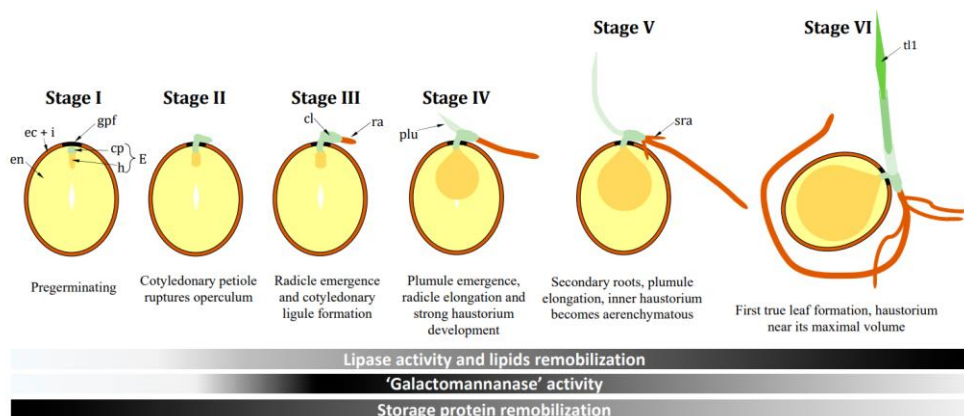
ภาพที่ 1 โครงสร้างผลและเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมัน (ก) และต้นอ่อน (ข)

(a=Endosperm, b=Radicle, c=Plumule, d=Haustorium's band, e=Quiescent cells, f= Micropylar region, g=Operculum extension of seed coat และ h=Seed coat)

ที่มา : Murugesan และคณะ (2015)

Ellis และคณะ (1991) จำแนกเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันอยู่ในกลุ่ม Intermediate storage behaviour โดยเมล็ดพันธุ์สามารถลดความชื้นได้ในระดับหนึ่ง เก็บรักษาได้ในระยะเวลาปานกลาง และสูญเสียความมีชีวิตเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส (Grout *et al.*, 1983) โดย Meerow และ Broschat (1991) รายงานว่าการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ปาล์มที่ดีที่สุดคือ การเก็บเมล็ดพันธุ์ที่อุณหภูมิ 18–23 องศาเซลเซียส

เมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมัน (ภาพที่ 2 Stage I) มีการงอกแบบ Adjacent germination (ภาพที่ 2) โดยก้านใบเลี้ยง (Cotyledonary petiole) ยื่นออกจากเมล็ดพันธุ์เพียงเล็กน้อย แล้วจึงมีการสร้างรากอ่อน การงอกของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันเริ่มจากเมล็ดพันธุ์มีการดูดน้ำ และเนื้อเยื่อเจริญต่าง ๆ ของต้นอ่อนมีการเจริญและพัฒนา โดยก้านใบเลี้ยงมีการเจริญและดันตัวผ่านฝาปิดต้นอ่อนออกมาทางรูสำหรับการงอกที่แนบชิดกับผิวเมล็ด (ภาพที่ 2 Stage II) จากนั้นรากอ่อนเจริญออกมาจากปลายด้านล่างของก้านใบเลี้ยง และมีการสร้างลิ้นใบ (Cotyledonary ligule) (ภาพที่ 2 Stage III) ต่อมายอดอ่อนเจริญออกมาจากส่วนปลายด้านบนของก้านใบเลี้ยงโดยเชื่อมกับรากอ่อนตรงเยื่อบริเวณลิ้นใบที่ห่อหุ้มรอยต่อระหว่างรากอ่อนกับต้นอ่อนใต้ใบเลี้ยง รากอ่อนยืดยาว และจาวขยายขนาดเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 2 Stage IV) หลังจากนั้นเกิดรากพิเศษที่บริเวณรอยต่อของรากอ่อนกับต้นอ่อนใต้ใบเลี้ยง ยอดอ่อนเจริญยืดยาวขึ้น และจาวขยายขนาดอย่างต่อเนื่องเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวในการดูดซับอาหารจากเนื้อในเมล็ดได้มากขึ้น (ภาพที่ 2 Stage V) จนกระทั่งเข้าสู่ระยะที่มีใบจริงใบแรก รากพัฒนายืดยาวมากขึ้น และจาวเพิ่มขนาดเต็มช่องว่างในเมล็ด (ภาพที่ 2 Stage VI) โดยจาวจะมีการเพิ่มขนาดได้ถึง 90 วัน และจะเริ่มสลายประมาณ 160 วัน หลังการงอกของเมล็ด



ภาพที่ 2 กระบวนการงอกของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมัน

(en=Endosperm, ec= Endocarp, i= Integuments, gpf= Germinative fibrous pore, cp=Cotyledonary petiole, h= Haustorium, E= Embryo, cl=Cotyledonary ligule, ra=Radicle, plu=Plumule, sra=Secondary roots และ tl1= First true leaf

ที่มา : Cui และคณะ (2020)

การพักตัวของเมล็ดพันธุ์ หมายถึง การที่เมล็ดพันธุ์ที่มีชีวิตไม่สามารถงอกได้ในสภาวะที่เหมาะสมต่อการงอก (Bewley, 1997; Baskin and Baskin, 2004) เมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันมีการพักตัวซึ่งต้องใช้เวลาในการงอกในสภาพธรรมชาติ 1–3 ปี (Martine *et al.*, 2019) จากการศึกษาชนิดหรือสาเหตุของการพักตัวพบว่าเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันมีการพักตัวทางกายภาพ (Physical dormancy) และอาจเกิดจากสาเหตุอื่นร่วมด้วย (Ghazali, 2016; Norsazwan *et al.*, 2016) ทำให้เมล็ดพันธุ์งอกช้า มีความงอกต่ำ และงอกไม่สม่ำเสมอ จากรายงานเกี่ยวกับการศึกษาวิธีทำลายการพักตัวในเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันพบว่า การแช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำ 5 วัน ร่วมกับการเร่งอายุที่อุณหภูมิ 40 ± 0.5 องศาเซลเซียส (สภาพร้อนชื้น) เป็นเวลา 80 วัน ให้ความงอก 80 เปอร์เซ็นต์ (Murugesan *et al.*, 2015) Myint และคณะ (2010) ศึกษาการกำจัดฝักปิดตันอ่อนออกจากเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันพันธุ์ Cross 23 (สุราษฎร์ธานี 3) และ Cross 37 (สุราษฎร์ธานี 2) พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่แยกเอาฝักปิดตันอ่อนออกให้ความงอก 80.66 เปอร์เซ็นต์ หลังเพาะ 14 วัน ไม่แตกต่างทางสถิติกับการให้ความร้อนแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน (85.17 เปอร์เซ็นต์) และความงอกไม่มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์ เมล็ดพันธุ์ที่แยกเอาฝักปิดตันอ่อนออกมีเวลาเฉลี่ยในการงอก 50 เปอร์เซ็นต์ เพียง 4.6 วัน และสิ้นสุดการงอกภายใน 14 วัน แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) กับการให้ความร้อนแห้งซึ่งมีเวลาเฉลี่ยในการงอก 50 เปอร์เซ็นต์ ที่ 15.5 วัน และสิ้นสุดการงอกภายใน 28 วัน การศึกษาของ Kaewtaphan และคณะ (2016) พบว่าการนำฝักปิดตันอ่อนออกให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดงอกปกติสูงกว่าการให้ความร้อนแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังนั้นฝักปิดตันอ่อนจึงเป็นโครงสร้างที่มีส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดการพักตัวหรือการยับยั้งการงอกของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมัน (Myint *et al.*, 2010) และเมล็ดพันธุ์ปาล์มอื่น ๆ เช่น *Mauritia flexuosa* (Moura *et al.*, 2019) Needle palm (Carpenter *et al.*, 1993) สาคุ (Sago palm) (Jong, 1995 อ้างโดย Myint *et al.*, 2010) และอินทผลัม (Date palm) (Warrag *et al.*, 2007 อ้างโดย Myint *et al.*, 2010) อย่างไรก็ตามการให้ความร้อนแห้งแก่เมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันที่อุณหภูมิ 39–40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน (Karneta *et al.*, 2017 and Myint *et al.*, 2010) ยังคงเป็นวิธีที่ใช้ในการผลิตเมล็ดงอกทางการค้าในปัจจุบัน ดังนั้น วิธีการในการทำลายการพักตัวของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันหรือการกระตุ้นความงอกที่ช่วยลดระยะเวลาและลดการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าน้อยลงได้ จึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจและเป็นประโยชน์ต่อภาคอุตสาหกรรมการผลิตต้นกล้าปาล์มน้ำมันต่อไป

3. การประเมินความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ด้วยสารเตตระโซเลียม

เมล็ดพันธุ์เป็นสิ่งมีชีวิตจึงมีปฏิกิริยาและกิจกรรมทางชีวเคมีเกิดขึ้นตลอดเวลา ด้วยคุณสมบัตินี้ทำให้สามารถตรวจสอบความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ได้ การย้อมด้วยสารเตตระโซเลียม (2,3,5-triphenyl tetrazolium chloride : TZ) ถือเป็นวิธีหนึ่งที่ได้ผลดีในการประเมินความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ มีความแม่นยำสูง ใช้อุปกรณ์ที่ง่ายและราคาไม่แพง ใช้เวลาในการทดสอบสั้น สามารถใช้กับเมล็ดพันธุ์พืชทุกชนิด (วัลลภ, 2550) และไม่มีอิทธิพลจากการพักตัวของเมล็ดพันธุ์ นอกจากนี้ยังสามารถวินิจฉัยสาเหตุที่ทำให้คุณภาพทางสรีรวิทยาของเมล็ดพันธุ์ลดลง เช่น ความเสียหายทางกล (Maquine *et*

al., 2014) ความเสียหายจากสภาพแวดล้อมก่อนเก็บเกี่ยว แผล และ การเสื่อมสภาพระหว่างการเก็บรักษา การทดสอบเตตระโซเลียมสามารถใช้ในทุกขั้นตอนของการผลิตเมล็ดพันธุ์ เช่น การเก็บเกี่ยว การรับซื้อ ก่อนและหลังการปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์และการลดความชื้น ระหว่างการเก็บรักษาและก่อนการเพาะปลูก การทดสอบนี้ช่วยให้ผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ตัดสินใจได้ว่าควรเก็บเกี่ยวเป็นเมล็ดพันธุ์ (Seed) หรือเมล็ดพืช (Grain) ทำให้ประหยัดเงินได้มาก และสามารถหลีกเลี่ยงค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นในการขนส่ง การลดความชื้น การปรับปรุงสภาพ การบรรจุ และการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์คุณภาพต่ำ (França-Neto and Krzyzanowski, 2022)

เตตระโซเลียมมีลักษณะเป็นผงสีขาวและเสื่อมคุณภาพได้ง่ายเมื่อได้รับแสง จึงต้องเก็บไว้ในที่มืดหรือภาชนะสีขา เมื่อเตรียมเป็นสารละลายจะมีลักษณะใส ไม่มีสี และสามารถเก็บรักษาได้หลายเดือนในสภาพอุณหภูมิห้อง การตรวจสอบความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์โดยการย้อมด้วยสารเตตระโซเลียมอาศัยปฏิกิริยาของกลุ่มเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนส (AOSA, 2002) ที่เกิดขึ้นในกระบวนการหายใจของไมโทคอนเดรียในเซลล์ที่ประกอบเป็นเนื้อเยื่อของเมล็ดพันธุ์ ซึ่งประกอบด้วย glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase ในวิถีไกลโคไลซิส และอีก 5 เอนไซม์ ได้แก่ pyruvate dehydrogenase, isocitrate dehydrogenase, α -ketoglutarate dehydrogenase, succinate dehydrogenase และ malate dehydrogenase ในวัฏจักรเครบส์ (França-Neto and Krzyzanowski, 2019) โดยเมื่อสารเตตระโซเลียมทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนไอออนที่ปลดปล่อยจากปฏิกิริยาของกลุ่มเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนสจะเปลี่ยนรูปเป็น 2,3,5-triphenyl formazan ซึ่งเป็นสารสีแดง ตกตะกอน และไม่ละลายน้ำอยู่ในเนื้อเยื่อที่มีชีวิตของเมล็ดพันธุ์

การทดสอบความมีชีวิตด้วยสารเตตระโซเลียมประกอบด้วย 3 ขั้นตอน (วัลลภ, 2550) ได้แก่

1. การปรับสภาพและการเตรียมเมล็ดพันธุ์ เมล็ดพันธุ์ที่จะนำมาตรวจสอบต้องทำการปรับสภาพก่อนเพื่อกระตุ้นเมตาบอลิซึมของเอนไซม์ทำให้สารละลายแพร่กระจายเข้าไปในเมล็ดพันธุ์ได้ดี ให้ผลการย้อมที่ดี และสามารถประเมินผลได้ชัดเจนขึ้น การปรับสภาพทำได้หลายวิธี เช่น การผ่าเมล็ด การเจาะหรือแกะเปลือกออก การให้เมล็ดดูดน้ำเพียงอย่างเดียว และการแช่เมล็ดโดยตรง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดรูปร่าง ขนาด และลักษณะของเมล็ดพันธุ์ นอกจากนี้การจัดสภาพการย้อมเมล็ดพันธุ์ให้มีความเหมาะสมต่อปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น เช่น อุณหภูมิ ความดันของบรรยากาศ ความเป็นกรดต่าง และความเข้มข้นของสารเตตระโซเลียมยังช่วยให้ได้ผลการย้อมและการประเมินผลดีขึ้น

2. การย้อม ทำโดยการนำต้นอ่อนหรือเมล็ดพันธุ์แช่ในสารละลายเตตระโซเลียมที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสม

3. การประเมินผล ทำโดยตรวจสอบการติดสีแดงในบริเวณโครงสร้างที่สำคัญของเมล็ดพันธุ์ เมล็ดพันธุ์ที่มีชีวิตต้องติดสีแดงในส่วนของต้นอ่อนและเนื้อเยื่อที่มีชีวิตอย่างสม่ำเสมอ รวมถึงลักษณะการติดสีแดง-จาง ใช้บอกระดับความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ได้ โดยขั้นตอนนี้อาศัยประสบการณ์ ความชำนาญของผู้ประเมินซึ่งต้องมีความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างเมล็ดพันธุ์เป็นอย่างดี เพื่อให้ได้ผลการทดสอบที่ถูกต้องแม่นยำ

การทดสอบความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมัน

Murugesan และคณะ (2002) ทดสอบความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมัน dura 255D โดยปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ด้วยการแช่เนื้อในเมล็ดในน้ำ 1 คืบ และย้อมต้นอ่อนด้วยสารเตตระโซเลียม ที่ความเข้มข้น 0.5-0.75 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง หากต้นอ่อน ส่วน Tigelo หรือ Haustorium หรือทั้งสองส่วนย้อมติดสีแดง ถือว่าเมล็ดพันธุ์นั้นมีชีวิต

Fondom และคณะ (2010) ทดสอบความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันโดยแช่ต้นอ่อน ในสารละลายเตตระโซเลียมที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ในที่มืด เป็นเวลา 6-8 ชั่วโมง หากต้นอ่อน ติดสีแดงหรือสีชมพูเป็นบางส่วนหรือทุกส่วน ถือว่าเมล็ดพันธุ์นั้นมีชีวิต

Maquine และคณะ (2014) ทดสอบความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันลูกผสมข้ามชนิด BRS Manicoré (*E. oleifera* × *E. guineensis*) โดยวางต้นอ่อนบนกระดาษเพาะชั้นที่อุณหภูมิ 30-35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง และย้อมด้วยสารละลายเตตระโซเลียมที่ความเข้มข้น 0.075 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง การจำแนกความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ พิจารณาจากการติดสีของต้นอ่อน 3 ระดับ คือ ระดับที่ 1 เมล็ดพันธุ์มีความแข็งแรงมากที่สุด โดยต้นอ่อน ส่วน Tigelo และ Haustorium ติดสีแดงหรือสีชมพูสม่ำเสมอทั้งชิ้นส่วน ระดับที่ 2 เมล็ดพันธุ์ มีความแข็งแรงสูง โดยต้นอ่อนส่วน Tigelo ติดสีแดงหรือสีชมพูสม่ำเสมอ และต้นอ่อนส่วน Haustorium ติดสีแดงหรือสีชมพูมากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ และระดับที่ 3 เมล็ดพันธุ์มีความแข็งแรงปานกลาง โดยต้นอ่อนส่วน Tigelo ติดสีแดงหรือสีชมพูสม่ำเสมอ และต้นอ่อนส่วน Haustorium ติดสีแดงหรือสีชมพู 50-75 เปอร์เซ็นต์

Bonetti และคณะ (2016) ทดสอบความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันลูกผสมข้ามชนิด BRS Manicoré (*E. guineensis* X *E. oleifera*) โดยวางต้นอ่อนบนกระดาษเพาะชั้นที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง และย้อมด้วยสารเตตระโซเลียมที่ความเข้มข้น 0.075 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง การจำแนกความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์แบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ระดับที่ 1 เมล็ดพันธุ์มีชีวิตและมีความแข็งแรงสูง โดยต้นอ่อนส่วน Tigelo และ Haustorium ติดสีแดงหรือสีชมพูทั้งหมด ระดับที่ 2 เมล็ดพันธุ์มีชีวิตและมีความแข็งแรงปานกลาง โดย ต้นอ่อนส่วน Tigelo ย้อมติดสีแดงหรือสีชมพูทั้งหมด และต้นอ่อนส่วน Haustorium มีบางส่วนไม่ติดสี ระดับที่ 3 เมล็ดพันธุ์มีชีวิตและมีความแข็งแรงต่ำ โดยต้นอ่อนทั้งส่วน Tigelo และ Haustorium ไม่ติดสี บางส่วน และระดับที่ 4 เมล็ดไม่มีชีวิต โดยต้นอ่อนทั้งส่วน Tigelo และ Haustorium ไม่ติดสี ความมีชีวิต ของเมล็ดพันธุ์คำนวณจากเมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงระดับ 1 และ 2 เท่านั้น

4. ผลของน้ำร้อนต่อโครงสร้างและการงอกของเมล็ดพันธุ์

การใช้น้ำร้อนเพื่อทำลายการพักตัวทางกายภาพของเมล็ดพันธุ์ ได้รับความนิยมนในเมล็ดพันธุ์พืชหลายชนิด เนื่องจากมีราคาถูก ใช้ได้ดีในทางปฏิบัติ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ลดโรคและแมลงที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ได้ และเหมาะสำหรับเมล็ดพันธุ์ที่มีโครงสร้างเปลือกหุ้มเมล็ดแข็งหรือหนา (Baskin and Baskin, 1998) วัลลภ (2540) รายงานว่าความร้อนที่เหมาะสมช่วยให้โครงสร้างเปลือกอ่อนนุ่ม ชะล้างสารเคมีที่ยับยั้งการงอก หรือช่วยละลายสารพิษที่เคลือบเปลือกเมล็ด นอกจากนี้ Baskin และคณะ (2000) และ Baskin (2003) รายงานว่าความร้อนทำให้โครงสร้างพิเศษบริเวณส่วนห่อหุ้ม เช่น Water gap สลายตัว Lens (Strophiole) (Smychniuk *et al.*, 2020) Pleurogram (Rodrigues-Junior *et al.*, 2019) และ Chalazal plug (Egley, 1989) ที่อาจพบในเมล็ดพันธุ์ที่มีการพักตัวทางกายภาพบางชนิดพืชแตกกว้างหรือหลุดออกไป เมื่อโครงสร้างเหล่านี้ถูกทำลายได้ด้วยอุณหภูมิ ทำให้น้ำซึมผ่านเข้าเมล็ดได้หรือทำให้เสียสภาพไป เมล็ดพันธุ์จึงสามารถงอกได้ มีนักเมล็ดพันธุ์หลายท่านได้ใช้วิธีแช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำที่อุณหภูมิสูงเพื่อทำลายการพักตัวของเมล็ดพันธุ์ เช่น จันทนา และคณะ (2566) พบว่าการแช่น้ำร้อนสามารถกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์ตาลโตนดพันธุ์ตาลหม้อจากผลแก่ที่ยีเนื้อแล้วได้ดีกว่าการไม่แช่น้ำร้อน โดยเมล็ดพันธุ์ที่แช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิเริ่มต้น 70 องศาเซลเซียส นาน 20–40 นาที มีความงอก 88.89–91.11 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่แช่น้ำร้อนซึ่งมีความงอก 78.89 เปอร์เซ็นต์ หลังเพาะ 30 วัน การแช่น้ำร้อนสามารถเพิ่มความงอกและลดการสูญเสียเมล็ดตาลจากการเพาะงอกได้ Muhammad และคณะ (2017) พบว่าการแช่เมล็ดพันธุ์อินทผลัมในน้ำร้อน 5 นาที ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอก 30 65 75 และ 76 เปอร์เซ็นต์ ที่ 5 8 11 และ 14 วันหลังเพาะ ตามลำดับ ในขณะที่เมล็ดพันธุ์ในชุดควบคุมมีความงอก 5 25 35 และ 45 เปอร์เซ็นต์ หลังจากเพาะ 5 8 11 และ 14 วัน ตามลำดับ และยังพบว่าเมล็ดพันธุ์ในแต่ละพันธุ์ให้ความงอกเฉลี่ยหลังเพาะแตกต่างกัน การแช่เมล็ดพันธุ์อินทผลัมป่าในน้ำร้อน 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ให้ความงอกเฉลี่ย 74.17 เปอร์เซ็นต์ หลังเพาะ 20 วัน และมีความยาวยอดและรากสูงสุด 1.12 และ 4.1 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่ไม่แช่น้ำร้อนไม่พบการงอก (Alasasfa, 2020) Yousif และคณะ (2019) พบว่าเมล็ดพันธุ์กระถิน (*Acacia nilotica*) ที่มีการพักตัวทางกายภาพแบบลึก โดยเยื่อหุ้มเมล็ดไม่ยอมให้น้ำผ่านเนื่องจากเนื้อเยื่อมีความหนาและมีชั้น Palisade epidermal layer อยู่หนาแน่น การแช่ในน้ำร้อน 100 องศาเซลเซียส นาน 90 นาที ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอก 30 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) กับเมล็ดพันธุ์ชุดควบคุมที่มีความงอกเพียง 10 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำร้อนมีผลทำให้ Water gap ซึ่งเป็นบริเวณแรกที่น้ำเข้าสู่เมล็ดพันธุ์เปิดออก Geisler และคณะ (2017) รายงานว่าการแช่เมล็ดพันธุ์ *Peltophorum dubium* (Spreng) Taub. ที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส ทำให้โครงสร้างของ Lens สลายตัวให้น้ำเข้าสู่เมล็ดพันธุ์ได้ Baskin และ Baskin (1998) รายงานว่าน้ำที่มีอุณหภูมิสูงทำให้น้ำเยื่อบริเวณชั้นพาลิเสดอ่อนนุ่ม แยกตัวออกและทำให้เปลือกหุ้มเมล็ดแตกกว้าง นอกจากนี้ยังทำให้ Chalazal plug ของเมล็ดพันธุ์ *Apeiba tibourbou* Aubl. หลุดออกและเมล็ดพันธุ์งอกได้ดีขึ้น (Daws *et al.*, 2006) จะเห็นได้ว่า น้ำที่มีอุณหภูมิสูงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในเนื้อเยื่อพืชหรือโครงสร้างบริเวณส่วนห่อหุ้มของเมล็ดพันธุ์

อย่างไรก็ตาม การใช้ความร้อนที่สูงเกินไปเป็นเวลานานเกินไป อาจส่งผลให้ต้นอ่อนในเมล็ดพันธุ์สูญเสียความมีชีวิตได้เช่นกัน (วัลลภ, 2540) ดังนั้น จึงควรศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง (เช่น อ่อนนุ่ม เสื่อมสลาย แตกร้าวหรือหลุดออก) ของเนื้อเยื่อเป้าหมายที่นำไปสู่การงอกของเมล็ดพันธุ์ได้และในขณะเดียวกันไม่ส่งผลให้ต้นอ่อนเสียหาย ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการลดระยะเวลาและต้นทุนการผลิตเมล็ดงอกปาล์มน้ำมันของประเทศไทยต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาวิธีการทดสอบความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันพันธุ์ทรัพย์ ม.อ. 1 โดยใช้วิธีปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ ความเข้มข้นของสารเตตระโซเลียม และระยะเวลาแช่ที่แตกต่างกัน
2. เพื่อศึกษาผลของน้ำร้อนต่อความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ ความงอก และการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างฟาปิดต้นอ่อนของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันพันธุ์ทรัพย์ ม.อ. 1

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

การทดลองทำที่อาคารปฏิบัติการเมล็ดพันธุ์พืช (พืชศาสตร์ 1) สาขาวิชาวนวัฒนกรรมการเกษตร และการจัดการ วิชาเอกพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ และสำนักเครื่องมือวิทยาศาสตร์และการทดสอบ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ดำเนินการทดลองระหว่างเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2564–กันยายน พ.ศ. 2565

1. วัสดุ

1.1 วัสดุในการแยกเนื้อผลออกจากเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมัน

1.1.1 ทะลายปาล์มน้ำมันพันธุ์ทรพี ม.อ. 1 อายุ 150–165 วันหลังผสมเกสร

1.1.2 ขวาน ใช้สับแยกข้อผลของทะลายปาล์มน้ำมัน

1.1.3 ซ้อนตักเมล็ดพันธุ์

1.1.4 กระสอบพลาสติกสาน

1.1.5 เชือกฟาง

1.1.6 ผงซักฟอก

1.1.7 กะละมัง

1.1.8 สารเมทาแลกซิล

1.1.9 ชันตากเมล็ดพันธุ์

1.1.10 ถุงพลาสติกหนา ขนาด 18x30 นิ้ว ใช้บรรจุเมล็ดพันธุ์ขณะเก็บรักษา

1.2 วัสดุในการเตรียมต้นอ่อนเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันเพื่อทดสอบความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์

1.2.1 เมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันพันธุ์ทรพี ม.อ. 1

1.2.2 ค้อน ใช้ทุบกะลาเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมัน

1.2.3 เชียง

1.2.4 ถุงพลาสติก

1.2.5 มีด

1.2.6 มีดคัตเตอร์

1.2.7 ปากคืบ

1.2.8 กระดาษเพาะ

1.2.9 จานแก้ว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 มิลลิเมตร

1.2.10 น้ำกลั่น

1.2.11 กระบอกลง

- 1.2.12 กระบอกฉีดน้ำ
- 1.2.13 ป้ายพลาสติก
- 1.2.14 กรรไกร
- 1.3 วัสดุในการย้อมสี
 - 1.3.1 ปีกเกอร์ ขนาด 50 มิลลิลิตร
 - 1.3.2 สาร 2,3,5-triphenyl tetrazolium chloride
 - 1.3.3 แผ่นพลาสติกทรงกลม ใช้ป้องกันต้นอ่อนลอยเหนือสารละลาย
 - 1.3.4 อะลูมิเนียมฟอยล์
 - 1.3.5 ตะแกรง
 - 1.3.6 ถ้วยอะลูมิเนียม
- 1.4 วัสดุในการให้ความร้อนและเพาะเมล็ดพันธุ์
 - 1.4.1 ถังพลาสติกหนา ขนาด 8x12 นิ้ว
 - 1.4.2 ปากกาเคมี
 - 1.4.3 ไม้บรรทัด
 - 1.4.4 ถังตาข่าย ใช้บรรจุเมล็ดพันธุ์ขณะจุ่มน้ำร้อน
- 1.5 วัสดุในการตรวจสอบโครงสร้างฝาปิดต้นอ่อน
 - 1.5.1 ถังซิปล็อกพลาสติก
 - 1.5.2 แผ่นอะลูมิเนียม
 - 1.5.3 กาว 2 หน้า
 - 1.5.4 ทอง

2. อุปกรณ์

- 2.1 เครื่องแยกเนื้อผลออกจากเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมัน
- 2.2 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (รุ่น FKU 1800 Index 20/774 ยี่ห้อ Lovibond ประเทศเยอรมนี)
- 2.3 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (รุ่น 2005 serial no 0607894 บริษัท Sheldon Manufacturing, Inc. ประเทศสหรัฐอเมริกา)
- 2.4 เครื่องชั่งละเอียด 2 ตำแหน่ง
- 2.5 เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
- 2.6 เครื่องทำความร้อน
- 2.7 ตู้อบลมร้อน
- 2.8 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ
- 2.9 กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ
- 2.10 เครื่องเจีย
- 2.11 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (ยี่ห้อ Thermo Fisher Scientific รุ่น Quanta 400)

3. วิธีการ

การศึกษานี้ใช้เมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันพันธุ์ทรัพย์ ม.อ. 1 ที่ได้จากการผสมระหว่างแม่สายพันธุ์ Deli dura และพ่อสายพันธุ์ AVROS pisifera ในแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมัน สถานีวิจัยคลองหอยโข่ง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

3.1 การเตรียมเมล็ดพันธุ์

นำทะลายที่เก็บเกี่ยวมาสับแยกข้อผลด้วยขวานให้มีจำนวน 10–15 ผลต่อข้อ บรรจุในกระสอบพลาสติกสานและเก็บไว้ในที่อุณหภูมิห้องเพื่อให้ผลหลุดร่วง 3 วัน จากนั้นแยกเมล็ดพันธุ์ออกจากผลด้วยเครื่องแยกเมล็ดพันธุ์ โดยนำข้อผลที่สับแยกใส่ในเครื่องแยกเมล็ดพันธุ์ (ภาพที่ 3ก) ซึ่งเป็นเครื่องมือโลหะทรงกระบอกที่ทำงานด้วยระบบไฟฟ้าและมีน้ำฉีกรอบทิศทางจากด้านบนไหลออกสู่ด้านล่างของเครื่องตลอดเวลา ปั่น 2–3 ครั้ง ๆ ละ 2 นาที (ภาพที่ 3ข) โดยนำก้านข้อผลออกจากเครื่องมือทุกครั้งหลังการปั่น (ภาพที่ 3ค) ในขั้นตอนนี้หากเมล็ดพันธุ์มีเนื้อผลที่ผิวกะลาหรือภายในรูสำหรับการงอกจะต้องแช่น้ำ 3 วัน (เปลี่ยนน้ำทุกวัน) (ภาพที่ 3ง) และปั่น 2–3 ครั้ง ๆ ละ 2 นาที ทำเช่นนั้นจนเมล็ดพันธุ์ไม่มีเนื้อผลติดอยู่ (ภาพที่ 3จ) ขจัดคราบน้ำมันบนผิวเมล็ดพันธุ์ด้วยผงซักฟอก (ภาพที่ 3ฉ) และปั่นโดยไม่เปิดน้ำ 2 นาที ล้างให้สะอาด และแช่ในสารเมทาแลกซิล อัตรา 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตรเป็นเวลา 30 นาที (ภาพที่ 3ช) ผึ่งเมล็ดพันธุ์ในที่ร่ม 3 วัน (ภาพที่ 3ซ) จากนั้นบรรจุในถุงพลาสติกหนาขนาด 18x30 นิ้ว และเก็บรักษาในห้องที่อุณหภูมิ 25–30 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 3ณ)



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการเตรียมเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมัน

ก. ซอผลที่สับแยกและเก็บไว้ในที่อุณหภูมิห้อง 3 วัน ข. น้ำที่ไหลออกจากเครื่องแยกเมล็ดพันธุ์ระหว่างที่มีการปั่นแยกเนื้อผล ค. ก้านซอผลที่ได้หลังปั่นแยกเมล็ดพันธุ์ ง. การแช่เมล็ดพันธุ์ที่มีเนื้อผลที่ผิวกะลาหรือภายในรูสำหรับการงอกในน้ำ จ. เมล็ดพันธุ์ที่ไม่มีเนื้อผลติดอยู่ ฉ. การขจัดคราบน้ำมันบนผิวเมล็ดพันธุ์ด้วยผงซักฟอก ช. การแช่เมล็ดพันธุ์ในสารเมทาแลกซิล ซ. การผึ่งเมล็ดพันธุ์ในที่ร่ม และ ฌ. เมล็ดพันธุ์ที่บรรจุในถุงพลาสติกหนา ขนาด 18x30 นิ้ว

3.2 ผลของการปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ต่อความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันพันธุ์ทรพย์ ม.อ. 1 และความงอกของเมล็ดพันธุ์จากวิธีแก้การพักตัวทางการค้า

3.2.1 การศึกษาการปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ต่อความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์

วางแผนการทดลองแบบ 2x3x2 Factorial in completely randomized design โดยปัจจัยที่ 1 วิธีปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ มี 2 ระดับ คือ การไม่ปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ และการปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ด้วยการแช่น้ำ 5 วัน ปัจจัยที่ 2 ความเข้มข้นของสารเตตระโซเลียม มี 3 ระดับ คือ 0.075 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ และปัจจัยที่ 3 ระยะเวลาขัอม มี 2 ระดับ คือ 4 และ 8 ชั่วโมง การทดสอบทำโดยแบ่งเมล็ดพันธุ์ขนาดปานกลาง (4.86–8.05 กรัม) ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ เมล็ดพันธุ์ที่ไม่แช่น้ำและเมล็ดพันธุ์ที่แช่น้ำ 5 วัน (เปลี่ยนน้ำทุกวัน) จากนั้นทุบกะลาบริเวณตรงข้ามรูสำหรับการงอกโดยไม่ให้เกิดความเสียหาย

แก้ต้นอ่อน คัดแยกต้นอ่อนวางบนกระดาษเพาะขึ้น 3 แผ่น และปิดทับด้วยกระดาษเพาะขึ้น 3 แผ่น ในจานแก้วปิดฝาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 มิลลิเมตร วางที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง จากนั้นย้อมต้นอ่อนในสารละลายเตตระโซเลียมที่ความเข้มข้น 0.075 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 4 และ 8 ชั่วโมง ในสภาพมืด เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาย้อม ล้างต้นอ่อนด้วยน้ำไหลผ่านบนตะแกรง และแช่ต้นอ่อนในน้ำกลั่นตลอดการประเมินผลการย้อม

การบันทึกข้อมูล

1. ความขึ้นต้นอ่อนและเมล็ดพันธุ์ หาความขึ้นต้นอ่อนและเมล็ดพันธุ์ที่ปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ด้วยการแช่น้ำ 5 วัน (เปลี่ยนน้ำทุกวัน) และไม่ปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ ทำ 4 ซ้ำ ๆ ละ 5 เมล็ด เมื่อชั่งน้ำหนักสด แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นชั่งน้ำหนักแห้ง และคำนวณความขึ้นโดยน้ำหนักแห้ง (วัลลภ, 2550) จากสูตร

$$\text{ความขึ้น (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{(\text{น้ำหนักสด} - \text{น้ำหนักแห้ง})}{\text{น้ำหนักแห้ง}} \times 100$$

2. ความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ ทำ 4 ซ้ำ ๆ ละ 25 เมล็ด ประเมินจากตำแหน่งที่ย้อมติดสี (ต้นอ่อนประกอบด้วย 2 ส่วน คือ Tigelo และ Haustorium ดังภาพที่ 4) ความเข้มสี และความสม่ำเสมอของสีที่ย้อมติดบริเวณต้นอ่อนเมื่อส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ ซึ่งการประเมินที่ดัดแปลงจาก Maquine และคณะ (2014) และ Bonetti และคณะ (2016) แบ่งระดับความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ 4 ระดับ (ภาพที่ 5) ดังนี้

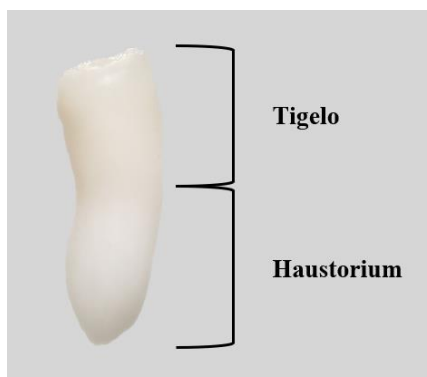
ระดับที่ 1 เมล็ดพันธุ์มีชีวิตและความแข็งแรงสูง โดย Tigelo และ Haustorium มีสีแดงหรือสีชมพูสม่ำเสมอ

ระดับที่ 2 เมล็ดพันธุ์มีชีวิตและความแข็งแรงปานกลาง โดย Tigelo มีสีแดงหรือสีชมพูสม่ำเสมอและ Haustorium มีสีแดงหรือสีชมพูมากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์

ระดับที่ 3 เมล็ดพันธุ์มีชีวิตและความแข็งแรงต่ำ โดย Tigelo มีสีแดงหรือสีชมพูสม่ำเสมอและ Haustorium มีสีแดงหรือสีชมพู 50-75 เปอร์เซ็นต์

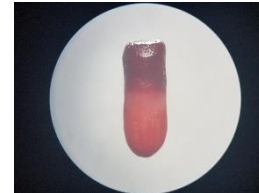
ระดับที่ 4 เมล็ดตาย โดย Tigelo มีสีแดงหรือสีชมพูสม่ำเสมอ และ Haustorium มีสีแดงหรือสีชมพูน้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ หรือ Tigelo มีบริเวณที่ย้อมไม่ติดสี

คำนวณเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิต และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ในระดับสูง ปานกลาง ต่ำ และเมล็ดตาย

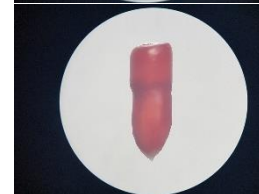


ภาพที่ 4 โครงสร้างของต้นอ่อนที่ใช้ในการจำแนกความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมัน
ด้วยวิธีเตตระโซเลียม

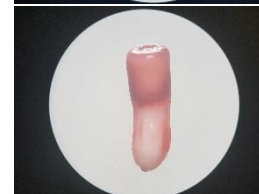
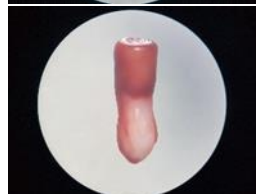
เมล็ดพันธุ์มีชีวิตและ
มีความแข็งแรงสูง



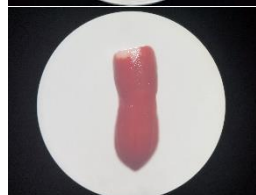
เมล็ดพันธุ์มีชีวิตและ
มีความแข็งแรง
ปานกลาง



เมล็ดพันธุ์มีชีวิตและ
มีความแข็งแรงต่ำ



เมล็ดตาย



ภาพที่ 5 ตำแหน่งที่ย้อมติดสี ความเข้มสี และความสม่ำเสมอของสีที่ย้อมติดบริเวณต้นอ่อนซึ่งแสดงถึงชีวิต และระดับ
ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมัน

3.2.2 ความมีชีวิตและความงอกของเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีการค้า

ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design) โดยนำผลการย้อมความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ซึ่งใช้การปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ ความเข้มข้น และระยะเวลาย้อมด้วยสารเตตระโซเลียมที่ต่างกัน จากข้อ 3.2.1 มาเปรียบเทียบกับ การทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีการค้า

การแก้การพักตัวของเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีการค้า

นำเมล็ดพันธุ์แช่น้ำ 5 วัน (เปลี่ยนน้ำทุกวัน) จากนั้นแช่ด้วยสารเมทาแลกซิล อัตรา 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เป็นเวลา 30 นาที ผึ่งเมล็ดพันธุ์ในที่ร่มให้แห้งหมาด บรรจุใส่ถุงพลาสติก ขนาด 8x12 นิ้ว มัดปากถุงให้แน่นด้วยเชือกฟางโดยให้มีอากาศอยู่ภายในถุง ทำ 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ด วางในห้องที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน หากมีน้ำเกิดขึ้นภายในถุงให้พลิกถุงเพื่อให้ น้ำเคลือบเมล็ดพันธุ์โดยทั่วกัน หรือหากเมล็ดพันธุ์แห้งให้ฉีดพ่นน้ำ

การทดสอบความงอก

นำเมล็ดพันธุ์แช่น้ำ 5 วัน (เปลี่ยนน้ำทุกวัน) จากนั้นแช่ด้วยสารเมทาแลกซิล อัตรา 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เป็นเวลา 30 นาที ผึ่งเมล็ดพันธุ์ในที่ร่มให้แห้งหมาด บรรจุใส่ถุงพลาสติก ขนาด 8x12 นิ้ว มัดปากถุงให้แน่นด้วยเชือกฟางโดยให้มีอากาศอยู่ภายในถุง วางในห้องที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส (ธีระ, 2554) ฉีดพ่นน้ำสม่ำเสมอตลอดระยะเวลาทดสอบความงอก การประเมินความงอกทำได้โดยตรวจนับเมล็ดงอกปกติที่สามารถแยกส่วนของรากและยอดอ่อนยาวรวมกัน 8 มิลลิเมตร (สุธารา, 2559) ดังภาพที่ 6 ประเมินความงอกทุก 7 วัน จนครบ 49 วันหลังเพาะ (นาฏอนงค์, 2563) และนำข้อมูลมาคำนวณเปอร์เซ็นต์ความงอก



ภาพที่ 6 เมล็ดงอกปกติของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันพันธุ์ทรัพย์ ม.อ. 1

เวลาเฉลี่ยในการงอก (Mean germination time) นำผลการตรวจนับเมล็ดงอกปกติ จากข้อ 2.2 มาคำนวณเวลาเฉลี่ยในการงอก (Ellis and Roberts, 1981) จากสูตร

$$\text{Mean germination time} = \frac{\sum Dn}{\sum n}$$

เมื่อ D คือ อายุวันที่ตรวจนับ

n คือ จำนวนเมล็ดที่งอกในวันที่ตรวจนับ

$\sum n$ คือ จำนวนเมล็ดที่งอกทั้งหมด

เมล็ดงอกผิดปกติและลักษณะของเมล็ดพันธุ์ที่ไม่งอก คำนวณเปอร์เซ็นต์เมล็ดงอกผิดปกติ และตรวจสอบความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ที่ไม่งอก โดยปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ด้วยการแช่น้ำ 5 วัน (เปลี่ยนน้ำทุกวัน) ร่วมกับการย้อมต้นอ่อนด้วยสารละลายเตตระโซเลียมที่ความเข้มข้น 0.075 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

3.3 ผลของระยะเวลาแช่น้ำร้อนต่อความมีชีวิตและความแข็งแรง ความงอก และโครงสร้างฝักปิตันอ่อนของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันพันธุ์ทรัพย์ ม.อ. 1

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยนำเมล็ดพันธุ์ที่มีน้ำหนัก 3.30–4.70 กรัม ซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25–30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน มาแช่น้ำ 5 วัน (เปลี่ยนน้ำทุกวัน) จากนั้นแช่เมล็ดพันธุ์ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิคงที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 5 7 9 12 15 30 และ 60 นาที เปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่แช่น้ำร้อนและเมล็ดพันธุ์ที่แก่การพักตัวด้วยวิธีการค้ำ เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำเมล็ดพันธุ์ทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์

การบันทึกข้อมูล

1. ความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ ทำโดยปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ด้วยการแช่น้ำ 5 วัน (เปลี่ยนน้ำทุกวัน) ร่วมกับการย้อมต้นอ่อนด้วยสารละลายเตตระโซเลียมที่ความเข้มข้น 0.075 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

2. การแก่การพักตัวของเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีการค้ำ การเพาะทดสอบความงอก เวลาเฉลี่ยในการงอก เมล็ดงอกผิดปกติและลักษณะของเมล็ดพันธุ์ที่ไม่งอก ทำเช่นเดียวกับข้อ 3.2.2

3. โครงสร้างฝักปิตันอ่อน นำเมล็ดพันธุ์แช่น้ำ 5 วัน (เปลี่ยนน้ำทุกวัน) และแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิคงที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 และ 60 นาที เปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่แช่น้ำร้อน และเมล็ดพันธุ์ที่แก่การพักตัวด้วยวิธีการค้ำ จากนั้นใช้เครื่องมือเจียตามขวางของกะลาโดยให้ห่างจากรูสำหรับการงอกเพื่อไม่ให้กระทบกระเทือนต่อฝักปิตันอ่อน ตัดเนื้อในเมล็ดให้ล้อมรอบบริเวณฝักปิตันอ่อนเป็นรูปสี่เหลี่ยม ฉีกผิวส่วนฐานของตัวอย่างให้เรียบตรงและติดกาว 2 หน้า วางตัวอย่างบนแท่นอะลูมิเนียมเคลือบด้วยทอง 2 นาที และใช้กำลังศักย์ไฟฟ้า 20 กิโลโวลต์ จากนั้นตรวจสอบโครงสร้างฝักปิตันอ่อน

ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope) ที่สำนักเครื่องมือวิทยาศาสตร์และการทดสอบ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$ ขึ้นไป (วัชรินทร์, 2555) ด้วยโปรแกรม R version 4.2.2

บทที่ 3

ผล

1. ผลของการปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ต่อความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันพันธุ์ ทรัพย์ ม.อ. 1 และความงอกของเมล็ดพันธุ์จากวิธีแก้การพักตัวทางการค้า

ความชื้นของเมล็ดพันธุ์และต้นอ่อน

การปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ (แช่น้ำ 5 วัน) ทำให้เมล็ดพันธุ์และต้นอ่อนมีความชื้นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเมล็ดพันธุ์ที่ปรับสภาพมีความชื้น 21.40 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ปรับสภาพซึ่งมีความชื้น 18.62 เปอร์เซ็นต์ ส่วนต้นอ่อนของเมล็ดพันธุ์ที่ปรับสภาพมีความชื้น 191.77 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มขึ้น 3 เท่าของต้นอ่อนของเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ปรับสภาพ (56.79 เปอร์เซ็นต์) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความชื้นของเมล็ดพันธุ์และต้นอ่อนของเมล็ดพันธุ์ที่ปรับและไม่ปรับสภาพเมล็ดพันธุ์

การปรับสภาพเมล็ดพันธุ์	ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	
	เมล็ดพันธุ์	ต้นอ่อน
ไม่แช่น้ำ	18.62 ± 1.41 b	56.79 ± 8.34 b
แช่น้ำ	21.40 ± 1.10 a	191.77 ± 20.71 a
F-test	*	**
C.V. (%)	6.32	12.71

* = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

** = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$)

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรต่างกัน แตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์แบบ DMRT

ความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์

ความมีชีวิต

การปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ด้วยการแช่น้ำ 5 วัน ให้ผลการย้อมความมีชีวิต 99.50 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าการไม่แช่น้ำ (78.00 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) สำหรับความเข้มข้นของสารเตตระโซเลียม พบว่าการใช้ความเข้มข้นต่ำให้ผลการย้อมความมีชีวิตมากกว่าความเข้มข้นสูง โดยความเข้มข้น 0.075 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลการย้อมความมีชีวิตสูงที่สุด 96.50 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$) กับความเข้มข้น 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ (88.75 และ 81.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ส่วนระยะเวลาย้อม พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างการย้อม 4 และ 8 ชั่วโมง (86.84 และ 90.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ดังตารางที่ 2 นอกจากนี้ พบปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างการปรับสภาพเมล็ดพันธุ์และความเข้มข้นของสาร โดยการปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ร่วมกับการย้อมต้นอ่อนด้วยสารเตตระโซเลียมที่ความเข้มข้น 0.075 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลการย้อมความมีชีวิต 99.50 99.50 และ 99.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$) กับทริตเมนต์อื่น ยกเว้นการไม่ปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ร่วมกับการย้อมต้นอ่อนด้วยสารเตตระโซเลียมความเข้มข้น 0.075 เปอร์เซ็นต์ (93.50 เปอร์เซ็นต์) ดังตารางที่ 3 และพบปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างการปรับสภาพเมล็ดพันธุ์และระยะเวลาย้อม โดยการปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ร่วมกับการย้อมต้นอ่อน 4 และ 8 ชั่วโมง ให้ผลการย้อมความมีชีวิต 100.00 และ 99.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) กับการไม่ปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ร่วมกับการย้อมต้นอ่อน 4 และ 8 ชั่วโมง (ตารางที่ 4) นอกจากนี้ การปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ด้วยการแช่น้ำ 5 วัน ให้ผลการย้อมต้นอ่อนมีสีแดงเข้มชัดเจน และสม่ำเสมอว่าการไม่ปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ (ภาพที่ 7)

ตารางที่ 2 ความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์เมื่อใช้การปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ ความเข้มข้น และระยะเวลาแช่
ด้วยสารเตตระโซเลียมที่ต่างกัน

วิธีปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ (A)	ความเข้มข้นของสาร (เปอร์เซ็นต์) (B)						ค่าเฉลี่ย (A)
	0.075		0.5		1		
	ระยะเวลาแช่ (ชั่วโมง) (C)						
	4	8	4	8	4	8	
ไม่แช่น้ำ	87.00	100.00	74.00	82.00	60.00	65.00	78.00 B
แช่น้ำ	100.00	99.00	100.00	99.00	100.00	99.00	99.50 A
ค่าเฉลี่ย (B)	96.50 A		88.75 B		81.00 C		
ค่าเฉลี่ย (C)	86.84				90.67		
A							**
B							**
C							ns
A x B							**
A x C							*
B x C							ns
A x B x C							ns

C.V. (%) = 8.62

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

* = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

** = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$)

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์และแถวเดียวกันที่มีอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ต่างกัน แตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์แบบ DMRT

ตารางที่ 3 ปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างวิธีปรับสภาพเมล็ดพันธุ์และความเข้มข้นของสารเตตระโซเลียมต่อความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์

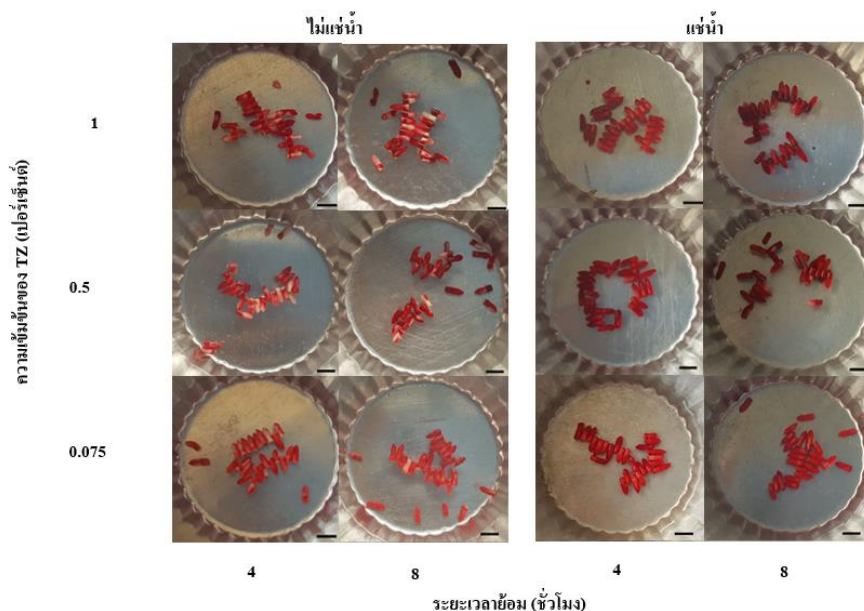
วิธีปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ (A)	ความเข้มข้นของสาร (B)			ค่าเฉลี่ย (A)
	0.075	0.5	1	
ไม่แช่น้ำ	93.50 a	78.00 b	62.50 c	78.00 B
แช่น้ำ	99.50 a	99.50 a	99.50 a	99.50 A
ค่าเฉลี่ย (B)	96.50 A	88.75 B	81.00 C	

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์และแถวเดียวกันที่มีอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ต่างกัน และปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างวิธีปรับสภาพเมล็ดพันธุ์และความเข้มข้นของสารที่มีอักษรตัวพิมพ์เล็กต่างกัน แตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์แบบ DMRT

ตารางที่ 4 ปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างวิธีปรับสภาพเมล็ดพันธุ์และระยะเวลาแช่ด้วยสารเตตระโซเลียมต่อความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์

วิธีปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ (A)	ระยะเวลาแช่ (C)		ค่าเฉลี่ย (A)
	4	8	
ไม่แช่น้ำ	73.67 c	82.33 b	78.00 B
แช่น้ำ	100.00 a	99.00 a	99.50 A
ค่าเฉลี่ย (C)	86.84	90.67	

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์และแถวเดียวกันที่มีอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ต่างกัน และปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างวิธีปรับสภาพเมล็ดพันธุ์และระยะเวลาแช่ที่มีอักษรตัวพิมพ์เล็กต่างกัน แตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์แบบ DMRT



ภาพที่ 7 ลักษณะการติดสีของต้นอ่อนหลังใช้วิธีปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ร่วมกับความเข้มข้น และระยะเวลา ย้อมด้วยสารเตตระโซเลียมที่ต่างกัน (บาร์ = 0.5 เซนติเมตร)

ความแข็งแรงระดับสูง

การปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ด้วยการแช่น้ำ 5 วัน ให้ผลการย้อมความแข็งแรงในระดับสูงเพิ่มขึ้น โดย 96.00 เปอร์เซ็นต์ของเมล็ดพันธุ์ที่มีชีวิตจัดอยู่ในความแข็งแรงระดับสูง แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) กับการไม่ปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ (75.00 เปอร์เซ็นต์) สำหรับความเข้มข้นของสารเตตระโซเลียม พบว่าการใช้ความเข้มข้นต่ำให้ผลการย้อมความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ระดับสูงมากกว่าความเข้มข้นสูง โดยการใช้ความเข้มข้น 0.075 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ 95.50 เปอร์เซ็นต์ของเมล็ดพันธุ์ทั้งหมดจัดอยู่ในความแข็งแรงระดับสูง แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) กับความเข้มข้น 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ (84.25 และ 76.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ส่วนระยะเวลาย้อมไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างการย้อม 4 และ 8 ชั่วโมง (ตารางที่ 5) นอกจากนี้พบปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างการปรับสภาพเมล็ดพันธุ์และความเข้มข้นของสาร โดยการใช้การปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ให้ผลการย้อมเมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงระดับสูง 98.00 96.00 และ 94.00 เปอร์เซ็นต์ เมื่อย้อมต้นอ่อนด้วยสารเตตระโซเลียมที่ความเข้มข้น 0.075 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) กับทรีตเมนต์อื่น ยกเว้นการไม่ปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ร่วมกับการย้อมต้นอ่อนด้วยสารเตตระโซเลียมความเข้มข้น 0.075 เปอร์เซ็นต์ (93.00 เปอร์เซ็นต์) ดังตารางที่ 6 และพบปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างการปรับสภาพเมล็ดพันธุ์และระยะเวลาย้อม โดยการใช้การปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ให้ผลการย้อมเมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงระดับสูง 96.67 และ 95.33 เปอร์เซ็นต์ เมื่อย้อมต้นอ่อน 4 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) กับการไม่ปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ร่วมกับการย้อมต้นอ่อนทั้ง 4 และ 8 ชั่วโมง (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 5 ความแข็งแรงระดับสูงของเมล็ดพันธุ์ เมื่อใช้การปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ ความเข้มข้น และระยะเวลา
เวลาอ้อมด้วยสารเตตระโซเลียมที่ต่างกัน

วิธีปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ (A)	ความเข้มข้นของสาร (เปอร์เซ็นต์) (B)						ค่าเฉลี่ย (A)
	0.075		0.5		1		
	ระยะเวลาอ้อม (ชั่วโมง) (C)						
	4	8	4	8	4	8	
ไม่แช่น้ำ	86.00	100.00	67.00	78.00	56.00	63.00	75.00 B
แช่น้ำ	98.00	98.00	96.00	96.00	96.00	92.00	96.00 A
ค่าเฉลี่ย (B)	95.50 A		84.25 B		76.75 B		
ค่าเฉลี่ย (C)	87.83			83.17			
A				**			
B				**			
C				ns			
A x B				**			
A x C				*			
B x C				ns			
A x B x C				ns			

C.V. (%) = 10.85

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

* = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

** = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$)

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์และแถวเดียวกันที่มีอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ต่างกัน แตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์แบบ DMRT

ตารางที่ 6 ปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างวิธีปรับสภาพเมล็ดพันธุ์และความเข้มข้นของสารเตตระโซเลียม
ต่อความแข็งแรงระดับสูงของเมล็ดพันธุ์

วิธีปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ (A)	ความเข้มข้นของสาร (B)			ค่าเฉลี่ย (A)
	0.075	0.5	1	
ไม่แช่น้ำ	93.00 a	72.50 b	59.50 c	75.00 B
แช่น้ำ	98.00 a	96.00 a	94.00 a	96.00 A
ค่าเฉลี่ย (B)	95.50 A	84.25 B	76.75 B	

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์และแถวเดียวกันที่มีอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ต่างกัน และปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างวิธีปรับสภาพเมล็ดพันธุ์และความเข้มข้นของสารที่มีอักษรตัวพิมพ์เล็กต่างกัน แตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์แบบ DMRT

ตารางที่ 7 ปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างวิธีปรับสภาพเมล็ดพันธุ์และระยะเวลาแช่น้ำด้วยสารเตตระโซเลียม
ต่อความแข็งแรงระดับสูงของเมล็ดพันธุ์

วิธีปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ (A)	ระยะเวลาแช่น้ำ (C)		ค่าเฉลี่ย (A)
	4	8	
ไม่แช่น้ำ	69.67 c	80.33 b	75.00 B
แช่น้ำ	96.67 a	95.33 a	96.00 A
ค่าเฉลี่ย (C)	83.17	87.83	

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์และแถวเดียวกันที่มีอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ต่างกัน และปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างวิธีปรับสภาพเมล็ดพันธุ์และระยะเวลาแช่น้ำที่มีอักษรตัวพิมพ์เล็กต่างกัน แตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์แบบ DMRT

ความแข็งแรงระดับปานกลาง

การปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ด้วยการแช่น้ำ 5 วัน ให้ผลการย้อมความแข็งแรงระดับปานกลางเพิ่มขึ้น (3.17 เปอร์เซ็นต์) ทั้งนี้ไม่แตกต่างทางสถิติกับการไม่แช่น้ำ (1.67 เปอร์เซ็นต์) สำหรับความเข้มข้นของสารเตตระโซเลียมพบว่าการใช้ความเข้มข้นสูงให้ผลการย้อมความแข็งแรงระดับปานกลางมากกว่าความเข้มข้นต่ำ โดยความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ 3.50 เปอร์เซ็นต์ของเมล็ดพันธุ์ทั้งหมดจัดอยู่ในความแข็งแรงระดับปานกลางมากกว่าความเข้มข้น 0.5 และ 0.075 เปอร์เซ็นต์ (3.00 และ 0.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนระยะเวลาย้อมไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างการย้อม 4 และ 8 ชั่วโมง (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ความแข็งแรงระดับปานกลางของเมล็ดพันธุ์ เมื่อใช้การปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ ความเข้มข้น และระยะเวลาย้อมด้วยสารเตตระโซเลียมที่ต่างกัน

วิธีปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ (A)	ความเข้มข้นของสาร (เปอร์เซ็นต์) (B)						ค่าเฉลี่ย (A)
	0.075		0.5		1		
	ระยะเวลาย้อม (ชั่วโมง) (C)						
	4	8	4	8	4	8	
ไม่แช่น้ำ	1.00	0.00	4.00	1.00	3.00	1.00	1.67
แช่น้ำ	1.00	1.00	4.00	3.00	4.00	6.00	3.17
ค่าเฉลี่ย (B)	0.75		3.00		3.50		
ค่าเฉลี่ย (C)	2.00				2.83		
A	ns						
B	ns						
C	ns						
A x B	ns						
A x C	ns						
B x C	ns						
A x B x C	ns						

C.V. (%) = 175.01

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

ความแข็งแรงระดับต่ำ

วิธีปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ ความเข้มข้น และระยะเวลาด้วยสารเตตระโซเลียม ให้ผลการย้อมเมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงระดับต่ำไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 9) อย่างไรก็ตาม พบปฏิกิริยสัมพันธ์ระหว่างการปรับสภาพเมล็ดพันธุ์และความเข้มข้นของสารเตตระโซเลียม โดยการไม่ปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ร่วมกับการย้อมต้นอ่อนด้วยสารเตตระโซเลียมที่ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลการย้อมเมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงระดับต่ำ 3.00 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) กับทรีตเมนต์อื่น ยกเว้นการไม่ปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ร่วมกับการย้อมต้นอ่อนด้วยสารเตตระโซเลียมที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ (1.00 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 9 ความแข็งแรงระดับต่ำของเมล็ดพันธุ์ เมื่อใช้การปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ ความเข้มข้น และระยะเวลาด้วยสารเตตระโซเลียมที่ต่างกัน

วิธีปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ (A)	ความเข้มข้นของสาร (เปอร์เซ็นต์) (B)						ค่าเฉลี่ย (A)
	0.075		0.5		1		
	ระยะเวลาย่อย (ชั่วโมง) (C)						
	4	8	4	8	4	8	
ไม่แช่น้ำ	0.00	0.00	3.00	3.00	1.00	1.00	1.33
แช่น้ำ	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.33
ค่าเฉลี่ย (B)	0.25		1.50		0.75		
ค่าเฉลี่ย (C)	0.83				0.83		
A	ns						
B	ns						
C	ns						
A x B	*						
A x C	ns						
B x C	ns						
A x B x C	ns						

C.V. (%) = 233.24

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

* = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 10 ปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างวิธีปรับสภาพเมล็ดพันธุ์และความเข้มข้นของสารเตตระโซเลียมต่อความแข็งแรงระดับต่ำของเมล็ดพันธุ์

วิธีปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ (A)	ความเข้มข้นของสาร (B)			ค่าเฉลี่ย (A)
	0.075	0.5	1	
ไม่แช่น้ำ	0.00 b	3.00 a	1.00 ab	1.33
แช่น้ำ	0.50 b	0.00 b	0.50 b	0.33
ค่าเฉลี่ย (B)	0.25	1.50	0.75	

ปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างวิธีปรับสภาพเมล็ดพันธุ์และความเข้มข้นของสารที่มีอักษรตัวพิมพ์เล็กต่างกัน แตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์แบบ DMRT

เมล็ดตาย

การไม่ปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ให้ผลการย้อมเป็นเมล็ดตาย 22.00 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) กับการปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ (0.50 เปอร์เซ็นต์) สำหรับความเข้มข้นของสารเตตระโซเลียมพบว่าความเข้มข้นสูงให้ผลการย้อมเป็นเมล็ดตายมากกว่าความเข้มข้นต่ำ โดยความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลการย้อมเป็นเมล็ดตายสูงสุด 19.00 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) กับความเข้มข้น 0.5 และ 0.075 เปอร์เซ็นต์ (11.25 และ 3.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ส่วนระยะเวลาย้อมไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างการย้อม 4 และ 8 ชั่วโมง (ตารางที่ 11) นอกจากนี้พบปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างการปรับสภาพเมล็ดพันธุ์และความเข้มข้นของสารเตตระโซเลียม โดยการไม่ปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ร่วมกับการย้อมต้นอ่อนด้วยความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลการย้อมเมล็ดตายสูงสุด 37.50 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) กับทรีตเมนต์อื่น รองลงมาคือการไม่ปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ร่วมกับการย้อมต้นอ่อนด้วยความเข้มข้น 0.5 และ 0.075 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งให้ผลการย้อมเป็นเมล็ดตาย 22.00 และ 6.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 12) ส่วนปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างการปรับสภาพเมล็ดพันธุ์และระยะเวลาย้อมพบว่า การไม่ปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ร่วมกับการย้อมต้นอ่อน 4 ชั่วโมง ให้ผลการย้อมเป็นเมล็ดตายสูงสุด 26.33 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) กับทรีตเมนต์อื่น ในขณะที่การปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ร่วมกับการย้อมต้นอ่อน 4 ชั่วโมง ไม่มีผลการย้อมเป็นเมล็ดตาย (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 11 เมล็ดตาย เมื่อใช้การปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ ความเข้มข้น และระยะเวลาย้อมด้วยสาร
เตตระโซเลียมที่ต่างกัน

วิธีปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ (A)	ความเข้มข้นของสาร (เปอร์เซ็นต์) (B)						ค่าเฉลี่ย (A)
	0.075		0.5		1		
	ระยะเวลาย้อม (ชั่วโมง) (C)						
	4	8	4	8	4	8	
ไม่แช่น้ำ	13.00	0.00	26.00	18.00	40.00	35.00	22.00 A
แช่น้ำ	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.50 B
ค่าเฉลี่ย (B)	3.50 C		11.25 B		19.00 A		
ค่าเฉลี่ย (C)	9.34				13.17		
A							**
B							**
C							ns
A x B							**
A x C							*
B x C							ns
A x B x C							ns

C.V. (%) = 68.02

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

* = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

** = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$)

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์และแถวเดียวกันที่มีอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ แตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์แบบ DMRT

ตารางที่ 12 ปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างวิธีปรับสภาพเมล็ดพันธุ์และความเข้มข้นของสารเตตระโซเลียมต่อเมล็ดตาย

วิธีปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ (A)	ความเข้มข้นของสาร (B)			ค่าเฉลี่ย (A)
	0.075	0.5	1	
ไม่แช่น้ำ	6.50 c	22.00 b	37.50 a	22.00 A
แช่น้ำ	0.50 c	0.50 c	0.50 c	0.50 B
ค่าเฉลี่ย (B)	3.50 C	11.25 B	19.00 A	

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์และแถวเดียวกันที่มีอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ต่างกัน และปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างวิธีปรับสภาพเมล็ดพันธุ์และความเข้มข้นของสารที่มีอักษรตัวพิมพ์เล็กต่างกัน แตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์แบบ DMRT

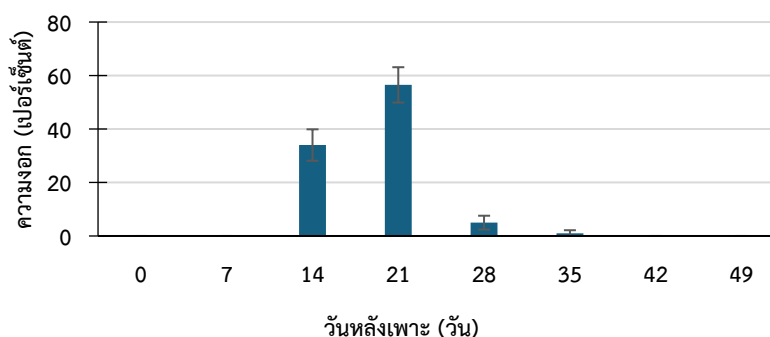
ตารางที่ 13 ปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างวิธีปรับสภาพเมล็ดพันธุ์และระยะเวลาแช่น้ำด้วยสารเตตระโซเลียมต่อเมล็ดตาย

วิธีปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ (A)	ระยะเวลาแช่น้ำ (C)		ค่าเฉลี่ย (A)
	4	8	
ไม่แช่น้ำ	26.33 a	17.67 b	22.00
แช่น้ำ	0.00 c	1.00 c	0.50
ค่าเฉลี่ย (C)	13.17	9.34	

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์และแถวเดียวกันที่มีอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ต่างกัน และปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างวิธีปรับสภาพเมล็ดพันธุ์และระยะเวลาแช่น้ำที่มีอักษรตัวพิมพ์เล็กต่างกัน แตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์แบบ DMRT

ความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่แก่การพักตัวด้วยวิธีการค้า

หลังจากที่เมล็ดพันธุ์ได้รับความร้อนแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน และเพาะทดสอบความงอก 49 วัน พบว่าเมล็ดพันธุ์เริ่มงอกที่ 14 วันหลังเพาะ โดยมีความงอก 34.00 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นเมล็ดพันธุ์งอกเพิ่มขึ้นโดยมีความงอก 56.50 เปอร์เซ็นต์หลังเพาะ 21 วัน และความงอก 5.00 และ 1.00 เปอร์เซ็นต์ หลังเพาะ 28 และ 35 วัน ตามลำดับ (ภาพที่ 8) เมล็ดพันธุ์มีความงอกสะสม 96.50 เปอร์เซ็นต์ และมีเวลาเฉลี่ยในการงอก 18.68 วัน เมื่อตรวจสอบลักษณะของเมล็ดพันธุ์ที่ไม่งอก พบว่ามีต้นกล้าผิดปกติ เมล็ดที่ไม่มีเนื้อในเมล็ด และเมล็ดที่ไม่มีต้นอ่อน 1 0.5 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การทดสอบความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ที่ไม่งอกด้วยการย้อมต้นอ่อนด้วยสารเตตระโซเลียมที่ความเข้มข้น 0.075 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง พบว่ามีเมล็ดพันธุ์พักตัวที่มีความแข็งแรงระดับสูง 1 เปอร์เซ็นต์ และเมล็ดตาย 0.5 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 8 ความงอกของเมล็ดพันธุ์หลังแก่การพักตัวด้วยวิธีการค้าและเพาะทดสอบความงอก 49 วัน

การเปรียบเทียบความมีชีวิตด้วยวิธีเตตระโซเลียมกับความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่แก่การพักตัวด้วยวิธีทางการค้า

การปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ด้วยการแช่น้ำ 5 วัน ร่วมกับการย้อมต้นอ่อนด้วยสารเตตระโซเลียม ที่ความเข้มข้น 0.075 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ และย้อม 4 และ 8 ชั่วโมง ให้ผลการย้อมความมีชีวิตของ เมล็ดพันธุ์ 99.00–100.00 เปอร์เซ็นต์ และการไม่ปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ร่วมกับการย้อมต้นอ่อนด้วยสาร เตตระโซเลียมที่ความเข้มข้น 0.075 เปอร์เซ็นต์ และย้อม 4 และ 8 ชั่วโมง หรือความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และย้อม 8 ชั่วโมง ให้ผลการย้อมความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ 82.00–100.00 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างทางสถิติกับความงอกของเมล็ดพันธุ์ (96.50 เปอร์เซ็นต์) ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ เมื่อใช้การปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ ความเข้มข้น และระยะเวลาย้อม ด้วยสารเตตระโซเลียมที่ต่างกันเปรียบเทียบกับความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่แก่การพักตัวด้วย วิธีทางการค้า

การปรับสภาพเมล็ดพันธุ์	ความเข้มข้นของสาร (เปอร์เซ็นต์)	ระยะเวลาย้อม (ชั่วโมง)	ความมีชีวิต (เปอร์เซ็นต์)
ไม่แช่น้ำ	0.075	4	87.00 ± 10.52 abc
		8	100.00 ± 0.00 a
	0.5	4	74.00 ± 12.00 cd
		8	82.00 ± 12.00 bc
	1	4	60.00 ±16.65 d
		8	65.00 ± 3.83 d
แช่น้ำ	0.075	4	100.00 ± 0.00 a
		8	99.00 ± 2.00 a
	0.5	4	100.00 ± 0.00 a
		8	99.00 ± 2.00 a
	1	4	100.00 ± 0.00 a
		8	99.00 ± 2.00 a
ความงอก (เปอร์เซ็นต์)			96.50 ± 1.91 ab
F-test			**
C.V. (%)			8.25

** = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (p< 0.01)

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่มีอักษรต่างกัน แตกต่างทางสถิติจากการวิเคราะห์แบบ DMRT

2. ผลของระยะเวลาแช่น้ำร้อนต่อความมีชีวิตและความแข็งแรง ความงอก และโครงสร้างฝักปิด ต้นอ่อนของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันพันธุ์ทรัพย์ ม.อ. 1

ความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์

จากการนำเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการแช่น้ำร้อนอุณหภูมิคงที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 5 7 9 12 15 30 และ 60 นาที และเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการแช่น้ำร้อนมาทดสอบความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์โดยนำต้นอ่อนแช่ในสารเตตระโซเลียมที่ความเข้มข้น 0.075 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เมื่อพิจารณาความมีชีวิตพบว่า ระยะเวลาแช่น้ำร้อนที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) เมล็ดพันธุ์ที่ไม่แช่น้ำร้อนมีความมีชีวิตสูงสุด 97.00 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่แช่น้ำร้อน 3 นาที (92.00 เปอร์เซ็นต์) แต่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) กับระยะเวลาแช่อื่น ๆ การแช่น้ำร้อนนานกว่า 12 นาที ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความมีชีวิตต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ และเมล็ดพันธุ์สูญเสียความมีชีวิตอย่างสมบูรณ์ เมื่อแช่นาน 60 นาที (ตารางที่ 15) เมื่อพิจารณาความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์พบว่า ระยะเวลาแช่น้ำร้อนที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้เมล็ดพันธุ์มีความแข็งแรงในระดับสูงและปานกลางลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) หลังจากแช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำร้อนที่เวลาต่างกัน พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการแช่น้ำร้อน 3 นาที ยังมีชีวิตและความแข็งแรงในระดับสูง 77.00 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่แช่น้ำร้อน (87.00 เปอร์เซ็นต์) และเมล็ดพันธุ์ที่แช่น้ำร้อน 5 และ 7 นาที (55.00 และ 63.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ระดับปานกลาง พบว่าการแช่น้ำร้อน 9 นาที มีเมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงระดับปานกลางมากที่สุด 10.00 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่แช่น้ำร้อน 3-7 นาที และ 12 นาที แต่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) กับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่แช่น้ำร้อน ส่วนความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ระดับต่ำ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยเมล็ดพันธุ์มีความแข็งแรงระดับต่ำ 0.00-14.00 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้การแช่น้ำร้อน 30 และ 60 นาที ทำให้เมล็ดตาย 96.00 และ 100.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$) กับทรีตเมนต์อื่น (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 15 ความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์หลังแช่น้ำร้อนที่เวลาต่างกันจากการทดสอบโดยวิธีเตตระโซเลียม

ระยะเวลา (นาทีก)	ความมีชีวิต (เปอร์เซ็นต์)	ความแข็งแรง (เปอร์เซ็นต์)			
		สูง	ปานกลาง	ต่ำ	เมล็ดตาย
0	97.00 ± 2.00 a	87.00 ± 8.87 a	3.00 ± 3.83 bc	7.00 ± 6.83	3.00 ± 2.00 e
3	92.00 ± 3.27 a	77.00 ± 13.22 ab	5.00 ± 3.83 abc	10.00 ± 9.52	8.00 ± 3.27 de
5	76.00 ± 5.66 b	55.00 ± 14.38 bc	7.00 ± 6.00 ab	14.00 ± 5.16	24.00 ± 5.66 cd
7	76.00 ± 10.33 b	63.00 ± 16.45 bc	4.00 ± 3.27 abc	9.00 ± 11.49	24.00 ± 10.33 cd
9	68.00 ± 7.30 b	47.00 ± 13.22 cd	10.00 ± 6.93 a	11.00 ± 8.25	32.00 ± 7.30 c
12	41.00 ± 2.00 c	26.00 ± 12.44 de	5.00 ± 3.83 abc	10.00 ± 8.33	59.00 ± 2.00 b
15	30.00 ± 18.62 c	22.00 ± 12.00 ef	3.00 ± 2.00 bc	5.00 ± 6.00	70.00 ± 18.62 b
30	4.00 ± 3.27 d	2.00 ± 2.31 f	0.00 ± 0.00 c	2.00 ± 2.31	96.00 ± 3.27 a
60	0.00 ± 0.00 d	0.00 ± 0.00 f	0.00 ± 0.00 c	0.00 ± 0.00	100.00 ± 0.00 a
F-test	**	**	*	ns	**
C.V. (%)	14.77	27.53	96.85	96.12	17.19

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

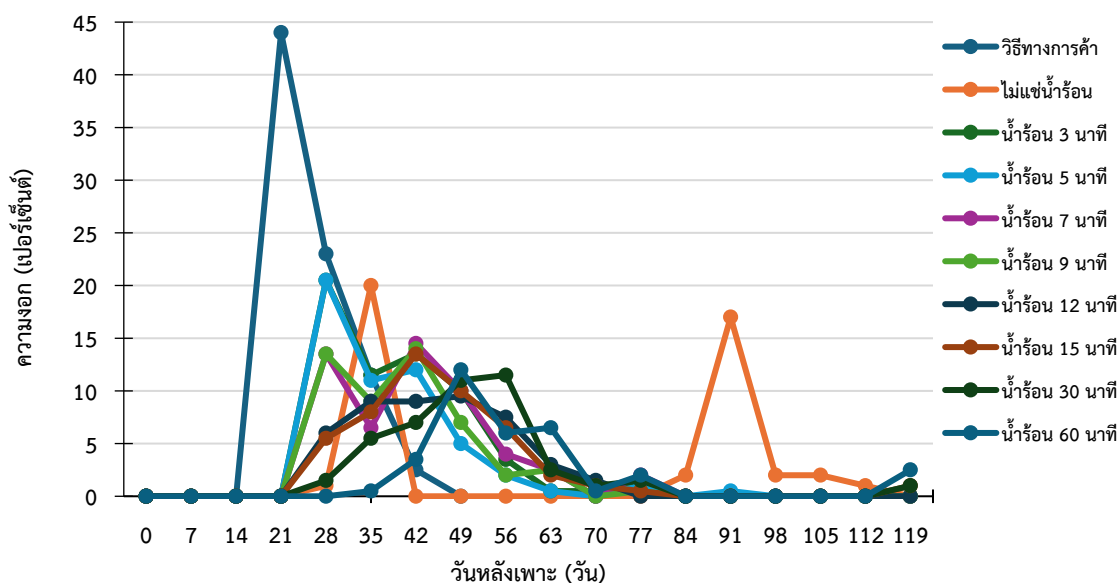
* = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

** = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$)

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่มีอักษรต่างกัน แตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์แบบ DMRT

ความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการแช่น้ำร้อน

จากการนำเมล็ดพันธุ์ที่แช่น้ำร้อนอุณหภูมิคงที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 5 7 9 12 15 30 และ 60 นาที และเมล็ดพันธุ์ที่ไม่แช่น้ำร้อนมาเพาะทดสอบความงอก 119 วัน และเมล็ดพันธุ์ที่แก่การพักตัวด้วยวิธีการค้ำมาเพาะทดสอบความงอก 49 วัน พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่แช่น้ำร้อน 3–30 นาที เริ่มงอกที่ 28 วันหลังเพาะ (ความงอก 1.50–20.50 เปอร์เซ็นต์) ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่แช่น้ำร้อน 60 นาที เริ่มงอกที่ 35 วันหลังเพาะ (ความงอก 0.50 เปอร์เซ็นต์) เมล็ดพันธุ์ที่แช่น้ำร้อนสิ้นสุดการงอกที่ 77 วันหลังเพาะ ยกเว้นเมล็ดพันธุ์ที่แช่น้ำร้อน 5 15 30 และ 60 นาที ซึ่งยังคงมีความงอก 0.50 เปอร์เซ็นต์ที่ 91 วันหลังเพาะ และ 1.00 1.00 และ 2.50 เปอร์เซ็นต์ ที่ 119 วันหลังเพาะ ตามลำดับ เมล็ดพันธุ์ที่ไม่แช่น้ำร้อน เริ่มงอกที่ 28 วันหลังเพาะ (ความงอก 1.00 เปอร์เซ็นต์) และมีความงอกสูงสุด 20.00 เปอร์เซ็นต์ที่ 35 วันหลังเพาะ จากนั้นไม่งอกเป็นเวลา 42 วัน และเมล็ดพันธุ์งอกอีกครั้งที่ 84 วันหลังเพาะ และสิ้นสุดการงอกที่ 112 วันหลังเพาะ ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่แก่การพักตัวด้วยวิธีการค้ำพบว่า เริ่มงอกที่ 21 วันหลังเพาะ (ความงอก 44.00 เปอร์เซ็นต์) และสิ้นสุดการงอกที่ 42 วันหลังเพาะ (ภาพที่ 9)



ภาพที่ 9 ผลการแช่น้ำร้อนที่เวลาต่างกันต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์เปรียบเทียบกับวิธีแก่การพักตัวด้วยวิธีการค้ำ

การเปรียบเทียบความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่แช่น้ำร้อนที่เวลาต่างกัน เมล็ดพันธุ์ที่ไม่แช่น้ำร้อน และเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพักตัวด้วยวิธีการคั่ว พบว่าเมล็ดพันธุ์มีความงอกแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) โดยเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพักตัวด้วยวิธีการคั่วมีความงอกสูงสุด 81.00 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ การแช่น้ำร้อน 3 นาที โดยเมล็ดพันธุ์มีความงอก 61.50 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่แช่น้ำร้อน 5–15 นาที (45.50–53.00 เปอร์เซ็นต์) และเมล็ดพันธุ์ที่ไม่แช่น้ำร้อน (45.00 เปอร์เซ็นต์) ในขณะที่การแช่น้ำร้อน 30 และ 60 นาที ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกลดลงตามระยะเวลาแช่ที่เพิ่มขึ้นเหลือเพียง 42.50 และ 33.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 16)

สำหรับเวลาเฉลี่ยในการงอกพบว่า เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพักตัวด้วยวิธีการคั่วมีเวลาเฉลี่ยในการงอกน้อยที่สุด 25.61 วัน แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) กับทรีตเมนต์อื่น รองลงมาคือ การแช่น้ำร้อน 5 นาที ซึ่งมีเวลาเฉลี่ยในการงอก 37.42 วัน แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) กับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่แช่น้ำร้อน แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่แช่น้ำร้อน 3 7 9 และ 12 นาที (38.93–44.52 วัน) เมล็ดพันธุ์ที่ไม่แช่น้ำร้อนมีเวลาเฉลี่ยในการงอกมากที่สุด 65.69 วัน แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่แช่น้ำร้อน 60 นาที (59.29 วัน) ดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ความงอกและเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพักตัวด้วยวิธีการแช่น้ำร้อนเป็นเวลาต่าง ๆ เปรียบเทียบกับการพักตัวด้วยวิธีการคั่ว

การพักตัวของเมล็ดพันธุ์	ความงอก (เปอร์เซ็นต์)	เวลาเฉลี่ยในการงอก (วัน)
วิธีการคั่ว	81.00 ± 6.22 a	25.61 ± 0.72 e
น้ำร้อน (นาที)		
0 (ไม่แช่น้ำร้อน)	45.00 ± 13.32 bcd	65.69 ± 7.90 a
3	61.50 ± 10.50 b	38.93 ± 2.80 cd
5	52.50 ± 5.51 bc	37.42 ± 2.67 d
7	53.00 ± 6.83 bc	42.01 ± 4.37 cd
9	48.50 ± 5.26 bcd	39.79 ± 3.05 cd
12	45.50 ± 7.19 bcd	44.52 ± 2.88 bcd
15	48.00 ± 4.90 bcd	46.04 ± 0.95 bc
30	42.50 ± 6.81 cd	50.87 ± 4.53 b
60	33.50 ± 6.40 d	59.29 ± 1.83 a
F-test	**	**
C.V. (%)	15.08	8.29

** = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$)

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรต่างกัน แตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์แบบ DMRT

การงอกของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการแช่น้ำร้อน

เมื่อตรวจสอบการงอกของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการแช่น้ำร้อน พบว่ามีทั้งที่งอกผิดปกติและเมล็ดพันธุ์ที่ไม่งอกหลังครบเวลาทดสอบ เมล็ดที่งอกผิดปกติมีลักษณะยอดกุดแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยพบเฉพาะในเมล็ดพันธุ์ที่แช่น้ำร้อน 60 นาที (1.00 เปอร์เซ็นต์) ส่วนลักษณะรากกุด และยอดและรากกุดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยลักษณะรากกุดพบในเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพักตัวด้วยวิธีการการค้ำ และเมล็ดพันธุ์ที่แช่น้ำร้อน 7 และ 60 นาที (0.50 0.50 และ 1.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ส่วนลักษณะยอดและรากกุดพบในทุกทรีตเมนต์ (0.50–3.50 เปอร์เซ็นต์) ยกเว้นการแช่น้ำร้อน 3 นาที (ตารางที่ 17 และภาพที่ 9)

ตารางที่ 17 ลักษณะและอัตราการงอกผิดปกติของเมล็ดพันธุ์ที่แช่น้ำร้อนที่เวลาต่างกันและเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพักตัวด้วยวิธีการการค้ำ

การแก้การพักตัวของเมล็ดพันธุ์	เมล็ดงอกผิดปกติ (เปอร์เซ็นต์)		
	ยอดกุด	รากกุด	ยอดและรากกุด
วิธีการการค้ำ			
น้ำร้อน (นาที)			
0 (ไม่แช่น้ำร้อน)	0.00 ± 0.00 b	0.50 ± 1.00	1.50 ± 1.91
3	0.00 ± 0.00 b	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
5	0.00 ± 0.00 b	0.00 ± 0.00	3.50 ± 3.42
7	0.00 ± 0.00 b	0.50 ± 1.00	1.00 ± 2.00
9	0.00 ± 0.00 b	0.00 ± 0.00	0.50 ± 1.00
12	0.00 ± 0.00 b	0.00 ± 0.00	0.50 ± 1.00
15	0.00 ± 0.00b	0.00 ± 0.00	2.00 ± 1.63
30	0.00 ± 0.00 b	0.00 ± 0.00	2.50 ± 1.91
60	1.00 ± 1.15 a	1.00 ± 1.15	2.50 ± 1.91
F-test	*	ns	ns
C.V. (%)	365.15	322.03	120.70

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

* = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรต่างกันแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์แบบ DMRT

การตรวจสอบลักษณะเมล็ดพันธุ์ที่ไม่งอก พบว่าระยะเวลาแช่น้ำร้อนที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้มีเมล็ดพันธุ์เน่าเพิ่มขึ้น การแช่น้ำร้อน 60 นาที มีเมล็ดเน่าสูงสุด 40.00 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) กับทรีตเมนต์อื่น ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่แช่น้ำร้อน 3–30 นาที มีเมล็ดเน่า 3.00–15.00 เปอร์เซ็นต์ โดยเมล็ดเน่ามีเนื้อในเมล็ดอ่อนนุ่มสีน้ำตาลอมเหลือง มีกลิ่นเหม็น พบทั้งเนื้อในเมล็ดเน่าบางส่วนจนถึงเป็นน้ำเหลวทั้งเมล็ด อย่างไรก็ตาม ไม่พบเมล็ดเน่าในเมล็ดพันธุ์ที่แก้การพักตัวด้วยวิธีทางการค้าและเมล็ดพันธุ์ที่ไม่แช่น้ำร้อน (ภาพที่ 10) ส่วนเมล็ดที่ไม่มีเนื้อในเมล็ดและเมล็ดที่ไม่มีต้นอ่อนพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 18)

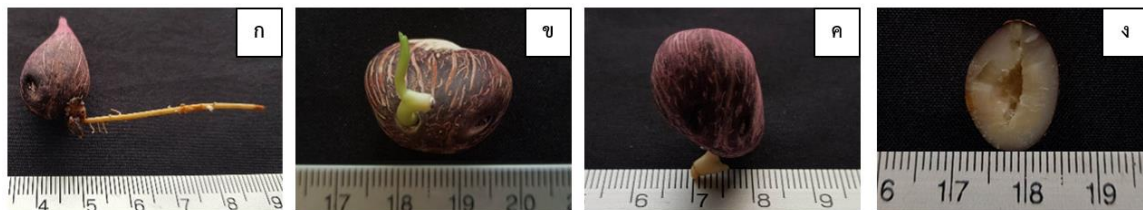
ตารางที่ 18 ลักษณะและอัตราการไม่งอกของเมล็ดพันธุ์ที่แช่น้ำร้อนที่เวลาต่างกัน และเมล็ดพันธุ์ที่แก้การพักตัวด้วยวิธีทางการค้า

การแก้การพักตัวของเมล็ดพันธุ์	เมล็ดเน่า (เปอร์เซ็นต์)	เมล็ดที่ไม่มีเนื้อเมล็ด (เปอร์เซ็นต์)	เมล็ดที่ไม่มีต้นอ่อน (เปอร์เซ็นต์)
วิธีทางการค้า	0.00 ± 0.00 c	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
น้ำร้อน (นาที)			
0 (ไม่แช่น้ำร้อน)	0.00 ± 0.00 c	0.00 ± 0.00	0.50 ± 1.00
3	3.00 ± 2.00 bc	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
5	3.00 ± 2.00 bc	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
7	8.00 ± 5.66 bc	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
9	5.00 ± 5.03 bc	0.50 ± 1.00	0.00 ± 0.00
12	13.00 ± 8.87 bc	1.00 ± 1.15	0.50 ± 1.00
15	11.00 ± 6.00 bc	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
30	15.00 ± 11.49 b	0.00 ± 0.00	0.50 ± 1.00
60	40.00 ± 9.24 a	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
F-test	**	ns	ns
C.V. (%)	64.32	322.03	365.15

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

** = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$)

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรต่างกัน แตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์แบบ DMRT



ภาพที่ 10 เมล็ดงอกผิดปกติที่มีลักษณะยอดกุด (ก) รากกุด (ข) และทั้งยอดและรากกุด (ค) และเมล็ดเน่าของเมล็ดพันธุ์ที่แช่และไม่แช่น้ำร้อน

เมล็ดพันธุ์ที่ไม่งอกหลังสิ้นสุดระยะเวลาทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่แช่น้ำร้อนที่เวลาต่างกัน เมล็ดพันธุ์ที่ไม่แช่น้ำร้อน และเมล็ดพันธุ์ที่แก้การพักตัวด้วยวิธีการค้ำ นำมาจำแนกความมีชีวิต และระดับความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์โดยวิธีเตตระโซเลียม พบว่าความมีชีวิตและความแข็งแรงระดับสูงของเมล็ดพันธุ์ที่แช่น้ำร้อน 3-30 นาที ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) กับเมล็ดพันธุ์ที่แช่น้ำร้อน 60 นาที และเมล็ดพันธุ์ที่แก้การพักตัวด้วยวิธีการค้ำ การแช่น้ำร้อน 3-30 นาที มีเมล็ดพันธุ์พักตัวซึ่งเป็นเมล็ดพันธุ์ที่มีชีวิต 21.50-28.50 เปอร์เซ็นต์ และ 20.50-27.00 เปอร์เซ็นต์ของเมล็ดพันธุ์ทั้งหมดจัดอยู่ในความแข็งแรงระดับสูง ส่วนความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ระดับปานกลางและต่ำ และเมล็ดตาย พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยเมล็ดพันธุ์มีความแข็งแรงระดับปานกลาง 0.00-2.50 เปอร์เซ็นต์ ความแข็งแรงระดับต่ำ 0.00-1.50 เปอร์เซ็นต์ และเมล็ดตาย 8.50-21.50 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 19) ต้นอ่อนของเมล็ดตายจำนวนหนึ่งของเมล็ดพันธุ์ที่แช่น้ำร้อนและไม่แช่น้ำร้อนหลังการทดสอบความงอก 119 วัน มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและสีเมื่อย้อมทดสอบความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ด้วยสารเตตระโซเลียม (ภาพที่ 11) ซึ่งประกอบด้วยต้นอ่อนสีน้ำตาลที่มีการแบ่งเซลล์สีน้ำตาลเข้มและดำกระจายเป็นกลุ่ม ๆ ในบริเวณ Haustorium (ภาพที่ 11ก) ต้นอ่อนที่มีการแบ่งเซลล์ทั้งส่วน Tigelo และ Haustorium โดยมีก้อนเนื้อเยื่อสีน้ำตาลขนาดใหญ่ที่ Haustorium (ภาพที่ 11ข) ต้นอ่อนที่ย้อมติดสีม่วงแดงและมีการแบ่งเซลล์ขนาดเล็กในบริเวณ Haustorium (ภาพที่ 11ค) และต้นอ่อนที่ย้อมติดสีแดงในส่วนเซลล์ที่แบ่งตัวบริเวณ Tigelo และตอนบนของ Haustorium และย้อมติดสีแดงในบริเวณ Haustorium น้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 11ง)

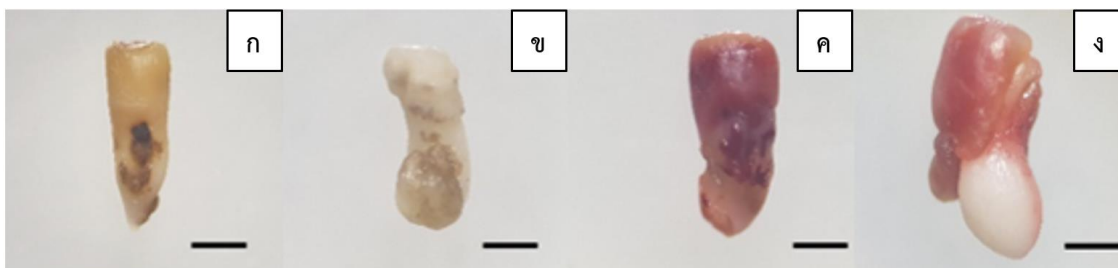
ตารางที่ 19 ผลของการแก้การพักตัวของเมล็ดพันธุ์ต่ออัตราความมีชีวิตและระดับความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ที่ไม่งอก

การแก้การพักตัว ของเมล็ดพันธุ์	ความมีชีวิต (เปอร์เซ็นต์)	ระดับความแข็งแรง (เปอร์เซ็นต์)			
		สูง	ปานกลาง	ต่ำ	เมล็ดตาย
วิธีการคั่ว น้ำร้อน (นาที่)	1.50 ± 1.91 b	1.50 ± 1.91 b	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	15.50 ± 4.43
0 (ไม่แช่น้ำร้อน)	31.50 ± 3.79 a	29.00 ± 2.58 a	2.00 ± 1.63	0.50 ± 1.00	21.50 ± 8.06
3	27.00 ± 8.08 a	27.00 ± 8.08 a	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	8.50 ± 4.12
5	28.50 ± 8.06 a	24.50 ± 7.90 a	2.50 ± 1.91	1.50 ± 1.91	12.50 ± 3.42
7	23.00 ± 11.60 a	20.50 ± 12.79 a	2.00 ± 2.83	0.50 ± 1.00	14.50 ± 1.00
9	27.50 ± 2.52 a	26.50 ± 1.91 a	1.00 ± 2.00	0.00 ± 0.00	18.00 ± 4.90
12	25.00 ± 6.22 a	25.00 ± 6.22 a	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	14.50 ± 7.19
15	26.00 ± 5.66 a	25.00 ± 5.03 a	1.00 ± 2.00	0.00 ± 0.00	13.00 ± 2.58
30	21.50 ± 10.63 a	20.50 ± 9.85 a	0.50 ± 1.00	0.50 ± 1.00	18.00 ± 9.93
60	2.50 ± 5.00 b	2.50 ± 5.00 b	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	19.50 ± 3.00
F-test	**	**	ns	ns	ns
C.V. (%)	32.98	34.70	169.73	272.17	35.48

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

** = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (p<0.01)

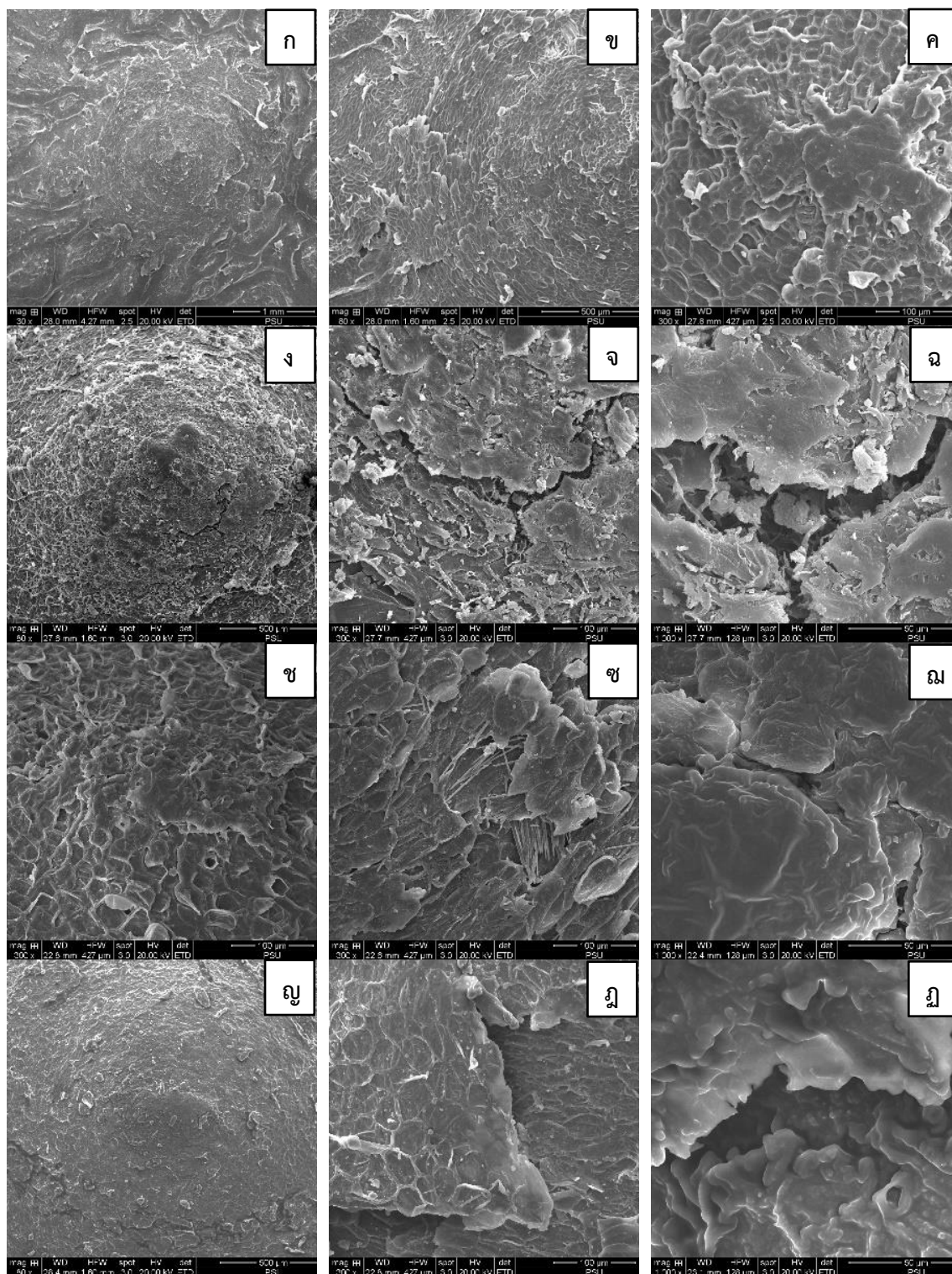
ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรต่างกันแตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์แบบ DMRT



ภาพที่ 11 ลักษณะของต้นอ่อนภายในเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการแช่น้ำร้อนเป็นเวลาต่าง ๆ เมื่อย้อมด้วยสารเตตระโซเลียมหลังจากนำเมล็ดพันธุ์ไปเพาะเป็นเวลา 119 วัน (บาร์ = 1 มิลลิเมตร)
 ก. ต้นอ่อนสีน้ำตาลที่มีการแบ่งเซลล์สีน้ำตาลเข้มและดำกระจายเป็นกลุ่ม ๆ ในบริเวณ Haustorium ข. ต้นอ่อนที่มีการแบ่งเซลล์ทั้งส่วน Tigelo และ Haustorium โดยมีก้อนเนื้อเยื่อสีน้ำตาลขนาดใหญ่ที่ Haustorium ค. ต้นอ่อนที่ย้อมติดสีม่วงแดงและมีการแบ่งเซลล์ขนาดเล็กในบริเวณ Haustorium และ ง. ต้นอ่อนที่ย้อมติดสีแดงในส่วนเซลล์ที่แบ่งตัวบริเวณ Tigelo และตอนบนของ Haustorium และย้อมติดสีแดงในบริเวณ Haustorium น้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์

ผลของน้ำร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงของฝักปิดต้นอ่อน

ฝักปิดต้นอ่อนประกอบด้วยเยื่อหุ้มเมล็ดและชั้นบาง ๆ ของเอ็นโดสเปิร์มซึ่งวางตัวอยู่เหนือต้นอ่อน และเป็นโครงสร้างสำคัญที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการงอกของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมัน เมื่อนำฝักปิดต้นอ่อนไปตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าฝักปิดต้นอ่อนของเมล็ดพันธุ์ที่ไม่แช่น้ำร้อนมีลักษณะเป็นแผ่นหลายชั้น ซ้อนทับกันจากตรงกลางลงสู่ด้านข้าง รูปร่างและขนาดไม่แน่นอน มีขอบชัดเจน พื้นผิวมีความแข็งแรง และไม่มีรอยแยก (ภาพที่ 12 ก-ค) เมื่อแช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำร้อน 3 นาที พบว่าพื้นผิวบริเวณฝักปิดต้นอ่อนหด่น มีขุยขนาดเล็กกระจายทั่วพื้นผิว และมีรอยแยก (ภาพที่ 12 ง-ฉ) เมื่อแช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำร้อน 60 นาที ทำให้ฝักปิดต้นอ่อนหดตัว เกิดรอยแยกเป็นแถบริ้วยาว มีรูกลมขนาดเล็กและใหญ่กระจายทั่วไปบนพื้นผิว เส้นใยฉีกขาดและมีรอยแยกบริเวณฝักปิดต้นอ่อน (ภาพที่ 12 ช-ณ) ซึ่งความเสียหายเหล่านี้ทำให้น้ำร้อนผ่านเข้าไปในเมล็ดพันธุ์ได้ ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่แก่การพักตัวด้วยวิธีการค้ำมีพื้นผิวฝักปิดต้นอ่อนมันวาว และมีรอยแยกโอบล้อมบริเวณฝักปิดต้นอ่อนเนื่องจากการเจริญเติบโตของต้นอ่อนที่เกิดแรงดันต่อ Micropylar endosperm (ภาพที่ 12 ญ-ฎ)



ภาพที่ 12 ลักษณะผาปิดตันอ่อนของเมล็ดพันธุ์ที่ไม่แช่น้ำร้อน (ก-ค) แช่น้ำร้อน 3 นาที (ง-ฉ) และ 60 นาที (ช-ฎ) และเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพักตัวด้วยวิธีการคั่ว (ญ-ฏ)

บทที่ 4

วิจารณ์

การปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันและการย้อมด้วยสารเตตระโซเลียม

เมล็ดพันธุ์ที่ไม่ปรับสภาพ (ไม่แช่น้ำ) มีความชื้น 18.62 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง ใกล้เคียงกับความชื้นของเมล็ดพันธุ์ก่อนการแก้การพักตัวด้วยความร้อนแห้ง (Myint *et al.*, 2010) ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่ปรับสภาพ (แช่น้ำนาน 5 วัน) มีความชื้น 21.40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง สอดคล้องกับความชื้นของเมล็ดพันธุ์ก่อนการเพาะงอกด้วยวิธีการการค้า (Murugesan *et al.*, 2015) และความชื้นของเมล็ดพันธุ์ที่นำฝักปิดตันอ่อนออกและเพาะให้ความงอกทันที (Myint *et al.*, 2010) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความชื้นของเมล็ดพันธุ์ที่ปรับสภาพอยู่ในระดับที่เหมาะสม ส่วนต้นอ่อนของเมล็ดพันธุ์ที่ปรับสภาพมีความชื้นสูงกว่าต้นอ่อนของเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ปรับสภาพ ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ที่เพิ่มขึ้นหลังจากปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ สอดคล้องกับ Badek และคณะ (2006) ซึ่งพบว่าเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum* Mill.) ที่แช่น้ำที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง มีความชื้น 43.50 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ เมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้แช่น้ำมีความชื้น 9.9 เปอร์เซ็นต์

การปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ด้วยการแช่น้ำ 5 วัน ให้ผลการย้อมความมีชีวิต 99.50 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ปรับสภาพ (78.00 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยความมีชีวิตที่เพิ่มขึ้นอาจเนื่องมาจากการทำงานของกลุ่มเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนสที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเมื่อเอนไซม์ได้รับการกระตุ้นและปลดปล่อยไฮโดรเจนไอออนอย่างเพียงพอจะส่งผลให้เนื้อเยื่อย้อมติดสีแดงสม่ำเสมอ และสามารถใช้สารเตตระโซเลียมที่ความเข้มข้นต่ำในการทดสอบได้ (Santos *et al.*, 2007) ความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ที่เพิ่มขึ้นหลังการปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ สอดคล้องกับ Saha และคณะ (1990) ซึ่งพบว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ผ่านการเตรียมความพร้อมด้วยการแช่น้ำและวางในทรายชื้นมีผลการย้อมความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้น และมีกิจกรรมของกลุ่มเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนสสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเตรียมความพร้อม และ Bam และคณะ (2006) พบว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ IDSA 85 ที่แช่น้ำ สารละลาย KH_2PO_4 และ KCl นาน 24 ชั่วโมง มีผลการย้อมความมีชีวิตและความแข็งแรงมากขึ้น และเมล็ดพันธุ์มีปริมาณกิจกรรมของกลุ่มเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนสเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ Costa และ Marcos-Filho (1994) รายงานว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองให้ผลการย้อมความมีชีวิตสัมพันธ์กับความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ เมื่อมีความชื้นอย่างน้อย 32 เปอร์เซ็นต์ สำหรับเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศมีรายงานการย้อมติดสีแดงสม่ำเสมอ และมีเมตาบอลิซึมเพิ่มขึ้น เมื่อเมล็ดพันธุ์มีความชื้นอย่างน้อย 45 เปอร์เซ็นต์ (Santos *et al.*, 2007)

ความเข้มข้นของสารเตตระโซเลียมที่ต่างกันให้ผลการย้อมต้นอ่อนของปาล์มน้ำมันต่างกัน ความเข้มข้น 0.075 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลการย้อมความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ (96.50 เปอร์เซ็นต์) มากกว่าการใช้ความเข้มข้นสูง 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ (88.75 และ 81.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) (ตารางที่ 3) สอดคล้องกับ Vera และคณะ (2019) พบว่าการย้อมเมล็ดพันธุ์เจีย (*Salvia hispanica* L.) ด้วยสารเตตระโซเลียมที่ความเข้มข้น 0.075 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ให้ผล

การย้อมความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์มากกว่าการใช้ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และ ผลการย้อมความมีชีวิตไม่แตกต่างทางสถิติกับความงอกของเมล็ดพันธุ์ ระยะเวลาการย้อม นาน 4 และ 8 ชั่วโมง ให้ผลการย้อมความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ไม่ต่างกัน เช่นเดียวกับการศึกษาของ Santos และคณะ (2007) ซึ่งพบว่าเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศพันธุ์ Bruna ที่ย้อมด้วยสารเตตระโซเลียมที่ความเข้มข้น 0.075 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 2 และ 3 ชั่วโมง ให้ความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ไม่ต่างกันทางสถิติในทุกกองเมล็ดพันธุ์

ในภาพรวมการปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ด้วยการแช่น้ำ 5 วัน ให้ผลการย้อมขึ้นส่วนที่มีสีแดงเข้มชัดเจน และสม่ำเสมอว่าการไม่ปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ (ภาพที่ 6) และทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดตายลดลง (ตารางที่ 11) แสดงว่าปริมาณความชื้นที่เมล็ดพันธุ์ได้รับในขั้นตอนการปรับสภาพและเตรียมเมล็ดพันธุ์ มีอิทธิพลต่อผลการย้อมความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ ผลดังกล่าวเป็นไปในทำนองเดียวกับรายงานของ Grzybowski และคณะ (2012) ซึ่งพบว่าเมื่อเมล็ดพันธุ์ดูดซึมน้ำอย่างสมบูรณ์จะกระตุ้นกิจกรรมของกลุ่มเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนสให้เพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีการปลดปล่อยไฮโดรเจนโอออนซึ่งทำให้สารละลายเตตระโซเลียมลดปริมาณลง ดังนั้นการใช้ต้นอ่อนของเมล็ดพันธุ์ที่ปรับสภาพรวมกับการย้อมด้วยสารเตตระโซเลียมที่ความเข้มข้น 0.075 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ในการศึกษาเป็นวิธีที่เหมาะสมในการทดสอบความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ การแยกต้นอ่อนออกจากเมล็ดพันธุ์ทำได้ง่ายขึ้น เนื่องจากต้นอ่อนมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นและเอ็นโดสเปิร์มอ่อนนุ่มขึ้น และลดการสูญเสียต้นอ่อนในการทดสอบได้ อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาครั้งต่อไปควรมีการศึกษาการใช้ความเข้มข้นของสารเตตระโซเลียมที่ต่ำกว่า 0.075 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนค่าสารเคมีได้มากขึ้น

การจำแนกระดับความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ด้วยการย้อมเตตระโซเลียมเป็นประโยชน์ในการควบคุมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ (Franca-Neto and Krzyzanowski, 2022) เป็นวิธีการที่ทำได้รวดเร็ว ทำให้ทราบถึงเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณค่าในการเพาะปลูก ช่วยในการจัดการเมล็ดพันธุ์ได้ดีขึ้นโดยใช้เป็นสิ่งบ่งชี้ศักยภาพในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์แต่ละล็อตและใช้ในการจัดอันดับล็อตเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพแตกต่างกัน และช่วยในการคำนวณปริมาณการใช้เมล็ดพันธุ์ได้แม่นยำขึ้น การทดสอบความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันด้วยการปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ 5 วัน ร่วมกับการย้อมต้นอ่อนด้วยสารเตตระโซเลียมที่ความเข้มข้น 0.075 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 4 ชั่วโมง และประเมินจากตำแหน่งที่ย้อมติดสี (ต้นอ่อนประกอบด้วย 2 ส่วน คือ Tigelo และ Haustorium (ภาพที่ 3) ความเข้มสี และความสม่ำเสมอของสีที่ย้อมติดบริเวณต้นอ่อน เป็นการประเมินในต้นอ่อนปาล์มน้ำมันที่แม่นยำ แบ่งระดับความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ 4 ระดับ (ภาพที่ 4) ประกอบด้วยระดับที่ 1 เมล็ดพันธุ์มีชีวิตและมีความแข็งแรงสูง โดย Tigelo และ Haustorium มีสีแดงหรือสีชมพูสม่ำเสมอ ระดับที่ 2 เมล็ดพันธุ์มีชีวิตและมีความแข็งแรงปานกลาง โดย Tigelo มีสีแดงหรือสีชมพูสม่ำเสมอ และ Haustorium มีสีแดงหรือสีชมพูมากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ ระดับที่ 3 เมล็ดพันธุ์มีชีวิตและมีความแข็งแรงต่ำ โดย Tigelo มีสีแดงหรือสีชมพูสม่ำเสมอ และ Haustorium มีสีแดงหรือสีชมพู 50-75 เปอร์เซ็นต์ และระดับที่ 4 เมล็ดตาย โดย Tigelo มีสีแดงหรือสีชมพูสม่ำเสมอ และ Haustorium มีสีแดงหรือสีชมพู น้อยกว่า

50 เปอร์เซ็นต์ หรือ Tigelo มีบริเวณที่ย่อมไม่ติดสี จากข้อมูลในตารางที่ 5 8 9 และ 11 แสดงให้เห็นว่าการปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ ความเข้มข้นของสาร ระยะเวลาการย้อม และวิธีการจำแนกข้างต้นมีประสิทธิภาพในการจำแนกระดับความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันได้ดี สำหรับเมล็ดพันธุ์พืชชนิดอื่นที่ได้ มีการรายงานการจำแนกระดับความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์โดยการย้อมเตตระโซเลียม ได้แก่ ฝ้าย ถั่วแขก ข้าวโพด ถั่วเหลือง ข้าวสาลี ทานตะวัน ถั่วลิสง มะเขือเทศ และหญ้าอาหารสัตว์ (Franca-Neto and Krzyzanowski, 2022)

ผลของน้ำร้อนต่อความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันพันธุ์ทรัพย์ ม.อ. 1

ระยะเวลาแช่น้ำร้อนอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ส่งผลต่อความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมัน โดยความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ระดับสูง ปานกลาง และต่ำลดลงเมื่อระยะเวลาแช่น้ำร้อนเพิ่มขึ้น การแช่น้ำร้อน นาน 3 นาที ทำให้เมล็ดพันธุ์มีชีวิต 92.00 เปอร์เซ็นต์ และ 77.00 5.00 และ 10.00 เปอร์เซ็นต์ของเมล็ดพันธุ์ทั้งหมดจัดอยู่ในความแข็งแรงระดับสูง ปานกลาง และต่ำ ไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่แช่น้ำร้อน แสดงว่าการแช่น้ำร้อนอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที ไม่ส่งผลเสียต่อความมีชีวิตและระดับความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ (ตารางที่ 15) ในขณะเดียวกันมีแนวโน้มส่งเสริมการงอกของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันทั้งจำนวนและระยะเวลาในการงอก (ตารางที่ 16) ระยะเวลาแช่น้ำร้อนที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้เมล็ดตายมากขึ้น โดยการแช่น้ำร้อน นาน 60 นาที ทำให้เมล็ดพันธุ์สูญเสียความมีชีวิตอย่างสมบูรณ์ 100.00 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 15) สอดคล้องกับการศึกษาของ Neto และคณะ (2014) ซึ่งพบว่าการแช่เมล็ดพันธุ์ Macaw palm ในน้ำที่อุณหภูมิ 57.6–98.0 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที ทำให้เมล็ดพันธุ์ตาย 5.00 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเพิ่มเวลาแช่เป็น 4 นาที ทำให้เมล็ดตายเพิ่มขึ้นเป็น 21.20 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) กับเมล็ดพันธุ์ชุดควบคุม การแช่น้ำร้อนในการศึกษาครั้งนี้สามารถกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันได้ โดยเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันที่แช่น้ำร้อน นาน 3 นาที สามารถงอกได้มากกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่แช่น้ำร้อน 15 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 16) และการแช่น้ำร้อนอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที มีแนวโน้มทำให้ความงอกของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันลดลง เช่นเดียวกับการศึกษาของ จันทนา และคณะ (2566) พบว่าการแช่น้ำร้อนกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์ตาลโตนดแก่พันธุ์ตาลหม้อที่ยีเนื้อแล้วได้ดีกว่าการไม่แช่น้ำร้อน โดยเมล็ดพันธุ์ที่แช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิเริ่มต้น 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที มีความงอก 93.33 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่แช่น้ำร้อนซึ่งมีความงอก 81.11 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อเพิ่มเวลาเป็น 90 นาที ส่งผลให้ความงอกลดลงเหลือ 88.89 เปอร์เซ็นต์ หลังเพาะงอก 60 วัน อย่างไรก็ตาม เมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันที่ไม่แช่น้ำร้อนในการศึกษานี้มีความงอก 45.00 เปอร์เซ็นต์ หลังเพาะทดสอบความงอก 119 วัน (ตารางที่ 16)

การแช่น้ำร้อนอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส สามารถเร่งการงอกของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันได้ โดยเมล็ดพันธุ์ที่แก่การพักตัวด้วยวิธีทางการค้าสามารถงอกได้เร็ว โดยมีเวลาเฉลี่ยในการงอกน้อยที่สุด 25.61 วัน ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่แช่น้ำร้อน นาน 3 นาที มีเวลาเฉลี่ยในการงอก 38.93 วัน แตกต่างทางสถิติ

อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) กับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่แช่น้ำร้อนซึ่งมีเวลาเฉลี่ยในการงอกมากที่สุด 65.69 วัน (ตารางที่ 16) การแช่น้ำร้อนทำให้เมล็ดพันธุ์มีเวลาเฉลี่ยในการงอกน้อยกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่แช่น้ำร้อน อย่างไรก็ตาม ความรุนแรงของทริตเมนต์ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้เมล็ดพันธุ์มีเวลาเฉลี่ยในการงอกเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการศึกษาของ Ullah และคณะ (2020) ซึ่งพบว่าเมล็ดพันธุ์สาคุที่แช่น้ำร้อน 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที น้ำร้อน 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และน้ำร้อน 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที มีเวลาเฉลี่ยในการงอกเพิ่มขึ้นเป็น 161.10 180.47 และ 185.20 วัน ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม เมล็ดพันธุ์ที่แช่น้ำร้อนมีเวลาเฉลี่ยในการงอกน้อยกว่าเมล็ดพันธุ์ชุดควบคุมที่แช่น้ำ 24 ชั่วโมง (204.58 วัน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

การแช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3–60 นาที ทำให้เมล็ดเน่าและจำนวนเมล็ดเน่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) เมื่อระยะเวลาในการแช่เพิ่มขึ้น เนื่องจากความรุนแรงของน้ำร้อนทำลายเนื้อเยื่อด้านนอกของเมล็ดพันธุ์และทำให้เมล็ดพันธุ์ไม่สามารถงอกได้ (University of Massachusetts Amherst, n.d.) ประกอบกับการทำงานออกในสภาพชื้นเป็นเวลานานและองค์ประกอบของเมล็ดพันธุ์ส่วนใหญ่ซึ่งเป็นเอนโดสเปิร์มที่มีน้ำมันซึ่งสลายตัวได้ง่ายและสามารถถูกทำลายได้ด้วยเชื้อรา (Wongvarodom *et al.*, 2023) จึงอาจส่งเสริมให้มีเมล็ดเน่าเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม มีข้อสังเกตว่าความงอกของเมล็ดพันธุ์ภายหลังการแช่น้ำร้อนอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 30–60 นาที ไม่สอดคล้องกับความมีชีวิตที่ทดสอบด้วยวิธีเตตระโซเลียม

ผลของน้ำร้อนต่อฝักปิดตันอ่อน พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่แช่น้ำร้อนมีโครงสร้างฝักปิดตันอ่อนที่แข็งแรงและไม่พรอยแยก การแช่น้ำร้อน 3 นาที เกิดรอยแยกบางส่วนบริเวณฝักปิดตันอ่อน ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่แก้การพักตัวด้วยวิธีการค้ำพรอยแยกล้อมรอบฝักปิดตันอ่อน ในการศึกษาของ Murugesan และคณะ (2015) พบว่า ฝักปิดตันอ่อนของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันที่แก้การพักตัวด้วยวิธีการค้ำมี การเคลื่อนตัวในระหว่างการให้ความร้อนแห้ง ซึ่งรอยแยกเหล่านี้อาจทำให้น้ำสามารถซึมเข้าสู่เมล็ดพันธุ์ ช่วยให้ต้นอ่อนเจริญเติบโต ขยายขนาด ยึดตัวดินฝักปิดตันอ่อนในรูสำหรับการงอกออกและพัฒนาเป็นรากอ่อนและยอดอ่อนได้ Yousif และคณะ (2019) พบว่าการแช่น้ำร้อน 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ทำให้เมล็ดพันธุ์ *Leucaena leucocephala* มีความงอกเพิ่มขึ้นจากเมล็ดพันธุ์ที่ไม่แช่น้ำร้อนประมาณ 89.00 เปอร์เซ็นต์ และ lens ซึ่งเป็นตำแหน่งที่น้ำเข้าสู่เมล็ดพันธุ์ถูกเปิดออกและเซลล์ชั้นพาลิเสดถูกทำลาย อย่างไรก็ตาม การแช่เมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันในน้ำร้อน 60 นาที เป็นเวลานานเกินไปจนทำให้ฝักปิดตันอ่อนเกิดรอยแยก รุกกลขนาดเล็กและใหญ่ และเส้นใยฉีกขาด ซึ่งเสียหายรุนแรงจนอาจส่งผลให้ต้นอ่อนสูญเสียความมีชีวิต (ภาพที่ 12) ดังนั้น การแช่เมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันในน้ำร้อนอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที มีแนวโน้มกระตุ้นการงอกได้ทั้งจำนวนและลดระยะเวลาในการงอกได้ระดับหนึ่ง จึงยังคงมีความจำเป็นในการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้ได้วิธีการที่มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น โดยสามารถกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันได้มากและรวดเร็วกว่าเดิม อย่างไรก็ตาม หากเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตเมล็ดงอกโดยวิธีการค้ำที่ต้องใช้เวลาประมาณ 90 วัน จากการอบทำลายการพักตัวด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 60 วัน

กับระยะเวลาในการเพาะเมล็ดงอกประมาณ 30 วัน ดังนั้น หากพิจารณาในประเด็นระยะเวลาที่ใช้ที่ลดลงอย่างมากจากวิธีการแช่น้ำร้อน จะเป็นประโยชน์ในอุตสาหกรรมการผลิตเมล็ดพันธุ์งอกปาล์มน้ำมัน รวมถึงการประหยัดพลังงาน และเป็นวิธีการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

บทที่ 5

สรุป

การปรับสภาพเมล็ดพันธุ์ด้วยการแช่น้ำ 5 วัน ทำให้ต้นอ่อนและเมล็ดพันธุ์มีความชื้นเพิ่มขึ้น โดยมีความชื้น 191.77 และ 21.40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ การย้อมต้นอ่อนด้วยสารเตตระโซเลียมที่ความเข้มข้น 0.075 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เหมาะสมในการทดสอบความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์โดยให้ผลการย้อมความมีชีวิตสอดคล้องกับความงอกของเมล็ดพันธุ์ สำหรับผลของระยะเวลาแช่น้ำร้อนต่อความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ พบว่าระยะเวลาการแช่เมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความมีชีวิตและความแข็งแรงลดลง โดยเมล็ดพันธุ์ที่แช่น้ำร้อน นาน 3 นาที มีผลการย้อมความมีชีวิต 92.00 เปอร์เซ็นต์ และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ในระดับสูง 77.00 เปอร์เซ็นต์ และเมล็ดตาย 8.00 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการแช่น้ำร้อน 60 นาที ทำให้เมล็ดพันธุ์สูญเสียความมีชีวิตอย่างสมบูรณ์ 100.00 เปอร์เซ็นต์ เมื่อตรวจสอบด้วยการย้อมด้วยสารเตตระโซเลียม ส่วนความงอกนั้นสรุปได้ว่า ระยะเวลาแช่น้ำร้อนที่นานขึ้นทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกลดลง และใช้เวลาเฉลี่ยในการงอกนานขึ้น โดยเมล็ดพันธุ์ที่แช่น้ำร้อน นาน 3 นาที มีความงอก 61.50 เปอร์เซ็นต์ และใช้เวลาเฉลี่ยในการงอก 38.93 วัน ขณะที่เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพักตัวด้วยวิธีการค้ำมีความงอก 81.00 เปอร์เซ็นต์ และใช้เวลาเฉลี่ยในการงอก 25.61 วัน นอกจากนี้ การแช่น้ำร้อนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างฟลาปิดต้นอ่อน โดยเมล็ดพันธุ์ที่แช่น้ำร้อน นาน 3 นาที เกิดรอยแยกบริเวณฟลาปิดต้นอ่อน และเมื่อแช่น้ำร้อน นาน 60 นาที พบรูกลมขนาดเล็กและใหญ่ เส้นใยฉีกขาด และรอยแยกบริเวณฟลาปิดต้นอ่อน ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพักตัวด้วยวิธีการค้ำพบรอยแยกโอบล้อมบริเวณฟลาปิดต้นอ่อนของเมล็ดพันธุ์

บรรณานุกรม

- จันทนา กองเกา, วัชรภรณ์ ประภาสโนบล, พาขวัญ ทองรักษ, ฉออน จุยแจง และ นิสันติ ศิลประเสริฐ. 2566. การพัฒนากระบวนการเร่งการเพาะงอกของตาลโตนดในพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี. วารสาร แกนเกษตร 51: 301-308.
- ณัฐพล จันทรสว่าง, อีระ เอกสมทราเมษฐ์, ประมวล หน่อสกุล, ชมพูนุท บัวเผื่อน, อีระภาพ แก้วประดับ, ประกิจ ทองคำ, รุ่งรัตน์ แซ่หยาง และธนนต์ รุ่งนิลรัตน์. 2563. การประเมินศักยภาพของปาล์ม น้ำมันพันธุ์ทรัพย์ ม.อ. 1 อายุ 5 ปีในพื้นที่นาร้าง: กรณีศึกษาจังหวัดสงขลา. วารสารผลิตภัณฑ์เกษตร 2: 37-49.
- ธีรศักดิ์ สุขดี, สมปอง เตชะโต และสุรรัตน์ เย็นซ้อน. 2565. ผลของโซเดียมคลอไรด์ต่อการเจริญและการตอบสนองทางสัณฐานวิทยาของแคลลัสปาล์มน้ำมันลูกผสมพันธุ์ทรัพย์ ม.อ. 1. แกนเกษตร 50: 810-818.
- อีระ เอกสมทราเมษฐ์. 2554. การปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมัน. กรุงเทพฯ: โอ เอส พริ้นติ้งเฮาส์.
- นาฏอนงค์ เมื่อนาโพธิ์. 2563. ผลของระยะเวลาเก็บรักษา ระยะเวลาการให้ความร้อน และน้ำหนัก เมล็ดพันธุ์ต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์และการเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันพันธุ์ทรัพย์ ม.อ. 1. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- วัชรินทร์ ชื่นสุวรรณ. 2555. สถิติสำหรับการวิจัยทางการเกษตร. การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม R. สงขลา: ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- วัลลภ สันติประชา. 2540. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. สงขลา: ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- วัลลภ สันติประชา. 2550. บทปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. สงขลา: ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สถานวิจัยพืชกรรมปาล์มน้ำมัน และสำนักวิจัยและพัฒนา. 2553. ปาล์มน้ำมัน: การปรับปรุงขยายพันธุ์ การปลูกและการจัดการสวน. กรุงเทพฯ: โอ เอส พริ้นติ้ง เฮาส์.
- สุธารา สุวรรณดวง. 2559. อายุทะลายต่อการพัฒนาและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมัน. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2565. ปาล์มน้ำมัน: เนื้อที่ยืนต้น เนื้อที่ให้ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ ปี 2565. เข้าถึงได้จาก <https://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/oilpalm%2065.pdf> (เข้าถึงเมื่อ 2 มีนาคม 2567).
- สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 2563. ปาล์มน้ำมัน “พันธุ์ทรัพย์ ม.อ. 1”. เข้าถึงได้จาก <https://rdo.psu.ac.th/th/index.php/recommend/420-psu-palm1> (เข้าถึงเมื่อ 27 พฤศจิกายน 2563).
- Alasasfa, M. 2020. Effect of stratification and sulphuric acid scarification for breaking

- seed dormancy on different genotypes of Arecaceae family; *Phoenix dactylifera* and *Washingtonia robusta*. Natural and Applied Sciences Journal 35: 53–66.
- AOSA. 2002. Seed Vigor Testing Handbook. AOSA Contribution No.32 to the Handbook on Seed Testing. Washington: The Association of Official Seed Analysts.
- Badek, B., Duijn, B. and Grzesik, M. 2006. Effects of water supply methods and seed moisture content on germination of China aster (*Callistephus chinensis*) and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) seeds. European Journal of Agronomy 24: 45–51.
- Bam, R. K., Kumaga, F. K., Ofori, K. and Asiedu, E. A. 2006. Germination, vigour and dehydrogenase activity of naturally aged rice (*Oryza sativa* L.) seeds soaked in potassium and phosphorus salts. Asian Journal of Plant Sciences 5: 948–955.
- Baskin, C. C. 2003. Breaking physical dormancy in seeds – focusing on the lens. New Phytologist 158: 229–232.
- Baskin, C. C. and Baskin, J. M. 1998. Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. San Diego: Academic Press.
- Baskin, C. C. and Baskin, J. M. 2014. What kind of seed dormancy might palms have?. Seed Science Research 24: 17–22.
- Baskin, J. M. and Baskin, C. C. 2004. A classification system for seed dormancy. Seed Science Research 14: 1–16.
- Baskin, J. M., Baskin, C. C. and Li, X. 2000. Taxonomy, anatomy and evolution of physical dormancy in seeds. Plant Species Biology 15: 139–152.
- Bewley, J. D. 1997. Seed germination and dormancy. Plant Cell 9: 1055–1066.
- Bonetti, K. A. P., Quoirin, M., Quisen, R. C. and Lima, S. C. S. 2016. *In vitro* germination of zygotic embryos of hybrid BRS Manicoré (*E. guineensis* X *E. oleifera*). Annals of the Brazilian Academy of Sciences 88: 1841–1850.
- Carpenter, W. J., Ostmark, E. R. and Cornell, J. A. 1993. Embryo cap removal and high temperature exposure stimulate rapid germination of needle palm seeds. HortScience 28: 904–907.
- Costa, N. P. and Marcos-Filho, J. 1994. Alternative methodology for the tetrazolium test for soybean seeds. Seed Science and Technology 22: 9–17.
- CPOPC Palm Oil Database. 2023. Oil Palm Matured Area. Available from: <https://database.cpopc.org/> [accessed 3 March 2024].

- Cui, J., Lamade, E. and Tcherkez, G. 2020. Seed germination in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.): a review of metabolic pathways and control mechanisms 21: 1–13.
- Daws, M. I., Orr, D., Burslem, D. F. R. P. and Mullins, C. E. 2006. Effect of high temperature on chalazal plug removal and germination in *Apeiba tibourbou* Aubl. Seed Science and Technology 34: 221–225.
- Duangpan, S., Buapet, P., Sujitto, S. and Eksomtramage, T. 2018. Early assessment of drought tolerance in oil palm DxP progenies using growth and physiological characters in seedling stage. Plant Genetic Resources 16: 544–554.
- Egley, G. H. 1989. Water-impermeable seed coverings as barriers to germination. In Recent Advances in the Development and Germination of Seeds. (ed. R.B. Taylorson). pp. 207–204. New York: Plenum Press.
- Ellis, R. H. and Roberts, E. H. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. Seed Science and Technology 9: 373–409.
- Ellis, R. H., Hong, T. D., Roberts, E. H. and Soetisna, U. 1991. Seed storage behaviour in *Elaeis guineensis*. Seed Science Research 1: 99–104.
- Fondom, N. Y., Etta, C. E. and Mih, A. 2010. Breaking seed dormancy: revisiting heat-treatment duration on germination and subsequent seedling growth of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) progenies. Journal of Agricultural Science 2: 101–110.
- França-Neto, J. B. and Krzyzanowski, F. C. 2019. Tetrazolium: an important test for physiological seed quality evaluation. Journal of Seed Science 41: 359–366.
- França-Neto, J. B. and Krzyzanowski, F. C. 2022. Use of the tetrazolium test for estimating the physiological quality of seeds. Seed Science and Technology 50: 31–44.
- Geisler, G. E., Pinto, T. T., Santos, M. and Paulilo, M. T. S. 2017. Seed structures in water uptake, dormancy release, and germination of two tropical forest Fabaceae species with physically dormant seeds. Brazilian Journal of Botany 40: 67–77.
- Ghazali, M. N. 2016. Breaking methods for oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) seeds. Master of Science Thesis, Universiti Putra Malaysia.
- Grout, B. W. W., Shelton, K. and Pritchard, H. W. 1983. Orthodox behaviour of oil palm seed and cryopreservation of the excised embryo for genetic conservation. Annals of Botany 52: 381–384.
- Grzybowski, C. R. S., Ohlson, O. C., Silva, R. C. and Panobianco, M. 2012. Viability of barley seeds by the tetrazolium test. Revista Brasileira de Sementes 34: 47–54.

- Kaewtaphan, P., Chanprasert, W., Sayasoonthorn, S., Wongsri, O. and Petchrrun, T. 2016. Germination of de-operculated oil palm (*Elaeis guineensis*) seed as affected by gibberellic acid (GA₃). *Seed Science and Technology* 44: 298–309.
- Karneta, R., Delita, K. and Indrata, B. 2017. The viability of oil palm seeds during storage and heating. *International Journal of Engineering Research and Science and Technology* 6: 1–11.
- Khor, J. F., Ling, L., Yusop, Z., Tan, W. L., Ling, J. L. and Soo, E. Z. X. 2021. Impact of El Niño on oil palm yield in Malaysia. *Agronomy* 11: 1–22.
- Kittimorakul, J., Eksomtramage, T., Sunpapao, A. and Chairin, T. 2020. Indication of oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) resistance to *Curvularia* leaf spot disease by PR-proteins productivity ability. *Journal of Oil Palm Research* 32: 464–470.
- Maquine, T. M., Cysne, A. Q., Lima, W. A. A., Abreu, S. C., Green, M. and Rios, S. A. 2014. Germination of seeds of interspecific hybrid caiaué x oil palm submitted to the mechanical depulping. *American Journal of Plant Sciences* 5: 2965–2972.
- Martine, B. M., Laurent, K. K., Pierre, B. J., Eugène, K. K., Hilaire, K. T. and Justin, K. Y. 2019. Effect of storage and heat treatments on the germination of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) Seed. *African Journal of Agricultural Research* 4: 931–937.
- Meerow, A. W. and Broschat, T. K. 1991. Palm seed germination. [Online] Available: https://www.researchgate.net/publication/350536008_Palm_Seed_Germination (accessed on 25/4/2023)
- Moura, A. C. F., Ribeiro, L. M., Mazzottini-dos-Santos, H. C., Mercadante-Simões, M. O. and Nunes, Y. R. F. 2019. Cytological and histochemical evaluations reveal roles of the cotyledonary petiole in the germination and seedling development of *Mauritia flexuosa* (Arecaceae). *Protoplasma* 256: 1299–1316.
- Muhammad, M., Ringim, A. S. and Dangora, I. I. 2017. Effects of different methods of breaking dormancy and seed germination rate in date palm (*Phoenix dactylifera* L.). *Journal of Research in Forestry, Wildlife and Environment* 9: 28–35.
- Murugesan, P., Vanangamudi, K. and Umarani, R. 2002. Evaluation of viability of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) seeds by tetrazolium test and comparison with germination and *in vitro* culture results. *Proceedings of the 15th Plantation Crops Symposium Placrosym XV, Mysore, India, 10–13 December 2002*, pp 246–250.

- Murugesan, P., Ravichandran, G. and Shareef, M. 2015. Seed germination and ultra structural changes in oil palm (*Elaeis guineensis*) hybrid seed influenced by heat treatments. Indian Journal of Agricultural Sciences 85: 1419–1423.
- Myint, T., Srikul, S., Chanprasert, W. and Jaithoeng, A. 2009. Seed weight distribution of different crosses and relationships between seed weight and physical characteristics of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). Agricultural Science Journal 40: 301–304.
- Myint, T., Chanprasert, W. and Srikul, S. 2010. Germination of seed of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) as affected by different mechanical scarification methods. Seed Science and Technology 38: 635–645.
- Neto, A. R., Silva, F. G., Sales, J. F., Reis, E. F., Silva, L. Q. and Campos, R. C. 2014. Dormancy breaking in macaw palm (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Loddiges ex Mart.) seeds. Acta Scientiarum 36: 43–50.
- Noor, M. R. M. 2007. A review on seed dormancy and germination. Oil Palm Bulletin 55: 31–35.
- Norsazwan, M. G., Puteh, A. B. and Rafii, M. Y. 2016. Oil palm (*Elaeis guineensis*) seed Dormancy type and germination pattern. Seed Science and Technology 44: 15–26.
- Rodrigues-Junior, A. G., Mello, A. C. M. P., Baskin, C. C., Baskin, J. M., Oliveira, D. M. T. and Garcia, Q. S. 2019. A function for the pleurogram in physically dormant seeds. Annals of Botany 123: 867–876.
- Saha, R., Mandal, A. K. and Basu, R. N. 1990. Physiology of seed invigoration treatments in soybean (*Glycine max* L.). Seed Science and Technology 18: 269–276.
- Santos, M. A. O., Novembre, A. D. L. C. and Marcos-Filho, J. 2007. Tetrazolium test to assess viability and vigour of tomato seeds. Seed Science and Technology 35: 213–223.
- Smychniuk, A. A., Calvi, G. P. and Ferraz, I. D. K. 2020. Moist heat overcomes physical dormancy at the seed coat lens in *Schizolobium parahyba* var. amazonicum. Floresta e Ambiente 27: e20190093.
- Ullah, Z., Hassan, I., Hafiz, I. A. and Abbasi, N. A. 2020. Effect of different priming treatments on seed germination of sago palm (*Cycas revoluta* L.). World Journal of Biology and Biotechnology 5: 1–3.

- University of Massachusetts Amherst. n.d. Hot water seed treatment. Available from: <https://ag.umass.edu/vegetable/fact-sheets/hot-water-seed-treatment> [accessed 12 May 2024].
- Vera, M. J. G., Aumonde, T. Z., Meneghello, G. E., Martins, A. B. N., Aquino, Y. L. and Peña, P. 2019. Chia seed viability analysis protocol by tetrazolium test. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas* 10: 1481-1489.
- Wongvarodom, V., Sookkarn, R., Muangnapho, N., Eksomtramage, T., Thippan, S. and Lerslerwong, L. 2023. Dry-heat treatment for releasing the dormancy of stored oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) seeds. *Journal of Oil Palm Research*. DOI: <https://doi.org/10.21894/jopr.2023.0015>
- Yousif, M. A. I., Wang, Y. R. and Hu, X. W. 2019. Seed dormancy and dormancy breaking of selected acacia species from Sub-Saharan Africa. *Seed Science and Technology* 47: 131–144.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวจุฑามาศ แก้วนาบอน	
รหัสประจำตัวนักศึกษา	6210620005	
วุฒิการศึกษา		
วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2560

ทุนการศึกษา

ทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน

นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตร สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 2 กรมวิชาการเกษตร

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

จุฑามาศ แก้วนาบอน วิชัย หวังวโรดม และสมปอง เตชะโต. 2566. ผลของน้ำร้อนต่อความงอก และโอเพนคูลัมของเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันพันธุ์ทรัพย์ ม.อ. 1. รายงานประชุมวิชาการนวัตกรรมเกษตรและทรัพยากรธรรมชาติ ครั้งที่ 2 ณ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ 3-4 และ 18 สิงหาคม 2566. หน้า 15-22.