การเปลี่ยนแปลงของการเสื่อมคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง [*Glycine max* (L.) Merr.] ในระหว่างการเร่งอายุและการเสื่อมตามธรรมชาติ

DETERIORATIVE CHANGES IN SOYBEAN [*Glycine max* (L.) Merr.] SEEDS DURING ACCELERATED AND NATURAL AGING

ศุภลักษณ์ ปานรัศมี
SUPPALAK PANRATSAMEE

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาพืชไร่
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2547
ISBN 974-9680-97-9

วนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาต
กทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของ

DETERIORATIVE CHANGES IN SOYBEAN [*Glycine max* (L.) Merr.] SEEDS DURING ACCELERATED AND NATURAL AGING

SUPPALAK PANRATSAMEE

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN AGRONOMY
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2004

ISBN 974-9680-97-9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2004

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเปลี่ยนแปลงของการเสื่อมคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง [*Glycine max* (L.) Merr.] ในระหว่างการเร่งอายุและการเสื่อมตามธรรมชาติ
นักศึกษา	นางสาวศุภลักษณ์ ปานรัศมี
รหัสประจำตัว	42066104
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	พืชไร่
พ.ศ.	2547
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. อารมย์ ศรีพิจิตต์

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์โดยการเร่งอายุและการเสื่อมตามธรรมชาติที่มีต่อความงอก ความแข็งแรง และการรั่วไหลของเมมเบรนของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองและสาเหตุการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ว่าเกิดจากการเปลี่ยนแปลงภายในเมล็ดหรือเกิดจากการทำลายของเชื้อรา โดยใช้เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 4 ซึ่งเก็บเกี่ยวที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา สุ่มเมล็ดออกเป็น 3 ส่วนเท่า ๆ กันโดยน้ำหนัก ส่วนแรกนำไปเร่งอายุที่อุณหภูมิ 40 °ซ ความชื้นสัมพัทธ์ 100% เป็นระยะเวลา 7 วัน ส่วนที่ 2 นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องโดยเก็บเมล็ดพันธุ์ใส่ในถุงผ้าวางไว้ในห้องปฏิบัติการ เป็นระยะเวลา 8 เดือน และส่วนที่ 3 นำไปเก็บรักษาในสภาพที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพโดยเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ในถุงพลาสติกที่ปิดผนึกเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นระยะเวลา 8 เดือน สุ่มตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ของแต่ละส่วนมาตรวจสอบความงอก ความแข็งแรง การนำไฟฟ้าของสารที่รั่วไหล การดูดน้ำ การย้อมสีเมล็ดด้วย Evan's blue และ triphenyl tetrazolium chloride (TZ) การเจริญของเชื้อรา กิจกรรมของเอนไซม์ dehydrogenase และปริมาณสาร malondialdehyde (MDA) ผลการทดลองพบว่าเมล็ดพันธุ์มีความงอกและความแข็งแรงลดลงตลอดระยะเวลาของการเร่งอายุและการเก็บรักษา การย้อมสีด้วย Evan's blue และ TZ เป็นตัวสนับสนุนให้เห็นถึงการเสื่อมสภาพของเมมเบรนซึ่งทำให้เกิดการรั่วไหลของเมล็ดพันธุ์ การเปลี่ยนแปลงของ MDA แสดงให้เห็นถึงการเกิดขึ้นของ lipid peroxidation ส่วนการลดลงในกิจกรรมของเอนไซม์ dehydrogenase ชี้ให้เห็นถึงการเสื่อมสภาพของเมมเบรนของไมโตคอนเดรีย การเจริญอย่างรวดเร็วของเชื้อราในระยะแรกของทั้งการเร่งอายุ และการเก็บรักษาในสภาพธรรมชาติไม่มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ ดังนั้นการเสื่อมสภาพของเมม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบรนซึ่งเกิดจาก lipid peroxidation อาจเป็นสาเหตุเบื้องต้นของการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ที่นำไปสู่การสูญเสียความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Deteriorative Changes in Soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] Seeds During Accelerated and Natural Aging
Student	Miss Suppalak Panratsamee
Student ID	42066104
Degree	Master of Science
Programme	Agronomy
Year	2004
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Arom Sripichitt

ABSTRACT

The objectives of this research were to study the effects of deterioration by accelerated aging and natural aging on germination, vigor and membrane leakage in soybean seeds and cause of seed deterioration resulting from intrinsic or from invasion of storage fungi. Seeds of cv.CM4 harvested at physiological maturity (PM) were divided into three equal parts by weight. The first part was treated as accelerated aging at 40 °c and 100% RH for 7 days. The second was kept in cotton bag at room temperature for 8 months and the last part was kept in a plastic air tight bag at 4 °c for 8 months. Sampling seeds of each part were tested for germination, vigor, leakage conductivity, water absorbtion, staining with Evan's blue and triphenyl tetrazolium chloride (TZ), malondialdehyde (MDA), level of dehydrogenase activity and fungal infection. The results revealed that germination and vigor of seed declined through accelerated aging and natural storage. Staining seeds with Evan's blue and TZ supported the changes in membrane integrity resulting in seed leakage, change in level of MDA showing the occurrence of lipid peroxidation and decrease in dehydrogenase activity indicating damage of mitochondrial membrane. Due to a rapid increase of fungi at an early stage of both accelerated aging and natural storage caused no change in seed quality. Therefore loss of membrane integrity due to lipid peroxidation may be the primary cause of seed deterioration leading to loss of seed germination and vigor.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ รศ. ดร. อารมย์ ศรีพิจิตต์ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ สั่งสอน และจัดหาอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับงานวิจัย ตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จสมบูรณ์ไปด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณ รศ. ดร. ปัญญา โพธิ์ฐิติรัตน์ และ ผศ. ดร. ทรงยศ ตันพิพัฒน์ ที่ให้คำปรึกษา แนะนำ และตรวจแก้ไขให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิประสาทความรู้ในด้านต่าง ๆ ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ได้สนับสนุนทุนสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบคุณ คุณจริชาติ โครตดงเค็ง คุณบุญสม พรหมสุวรรณ์ คุณอภสิรี มีกลาง คุณวิไลพร น้อยบุรี คุณอัจฉรา แก้วเทพ คุณมยุรา พิมพ์ทวด และคุณอธิการ นาโสก ตลอดไปจนถึงทุก ๆ ท่านซึ่งมิอาจกล่าวได้ทั้งหมดที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ คุณเปรม - คุณหลับ ปานรัศมี คุณบุญรัตน์ ปานรัศมี และคุณฌอน เทวิส เกรย์ ที่ให้ทุนสนับสนุนการศึกษาและเป็นกำลังใจผลักดันให้ข้าพเจ้าประสบความสำเร็จการศึกษาในครั้งนี้

ศุภลักษณ์ ปานรัศมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	III
กิตติกรรมประกาศ	IV
สารบัญ	V
สารบัญตาราง	VII
สารบัญภาพ	XI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 คุณภาพของเมล็ดพันธุ์	4
2.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์	4
2.3 การเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์	7
2.4 การเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์	10
2.5 สาเหตุการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์	14
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	16
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	16
3.2 การผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง	17
3.3 สถานที่การดำเนินงาน	18
3.4 ระยะเวลาการดำเนินงาน	18
3.5 วิธีการดำเนินงาน	18
3.6 วิธีการทดลอง	19
3.7 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลอง..... 23

บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง..... 53

บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง..... 58

บรรณานุกรม..... 60

ภาคผนวก..... 69

ประวัติผู้เขียน..... 85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	ผลของการเร่งอายุ การเสื่อมตามธรรมชาติ และการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพที่มีต่อลักษณะการติดสี TZ ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง.....	29
4.2	ผลของการเร่งอายุที่มีต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง.....	34
4.3	ผลของการเสื่อมตามธรรมชาติที่มีต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง.....	35
4.4	ผลของการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพที่มีต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง.....	35
4.5	ผลของการเร่งอายุที่มีต่อการนำไฟฟ้าและการดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง.....	36
4.6	ผลของการเสื่อมตามธรรมชาติที่มีต่อการนำไฟฟ้าและการดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง.....	36
4.7	ผลของการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพที่มีต่อการนำไฟฟ้าและการดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง.....	37
4.8	ผลของการเร่งอายุที่มีต่อกิจกรรมของเอนไซม์ dehydrogenase ในเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง.....	48
4.9	ผลของการเสื่อมตามธรรมชาติที่มีต่อกิจกรรมของเอนไซม์ dehydrogenase ในเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง.....	49
4.10	ผลของการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพที่มีต่อกิจกรรมของเอนไซม์ dehydrogenase ในเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง.....	49
ผ.1	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความชื้นของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเร่งอายุ.....	70
ผ.2	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความชื้นของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ.....	70
ผ.3	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความชื้นของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ.....	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ผ.4	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเร่งอายุ.....	71
ผ.5	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ.....	71
ผ.6	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ.....	71
ผ.7	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความมีชีวิต (TZ) ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเร่งอายุ.....	72
ผ.8	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความมีชีวิต (TZ) ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ.....	72
ผ.9	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความมีชีวิต (TZ) ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ.....	72
ผ.10	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเร่งอายุ.....	73
ผ.11	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ.....	73
ผ.12	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ.....	73
ผ.13	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนอัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเร่งอายุ.....	74
ผ.14	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนอัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ.....	74
ผ.15	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนอัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ.....	74
ผ.16	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความงอกในไร่ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเร่งอายุ.....	75
ผ.17	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความงอกในไร่ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ.....	75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ผ.18	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความงอกในไร่ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ.....	75
ผ.19	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเร่งอายุ.....	76
ผ.20	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ.....	76
ผ.21	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ.....	76
ผ.22	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าการดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเร่งอายุ.....	77
ผ.23	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าการดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ.....	77
ผ.24	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าการดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ.....	77
ผ.25	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ MDA ในเมล็ดทั้งเมล็ดของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเร่งอายุ.....	78
ผ.26	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ MDA ในใบเลี้ยงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเร่งอายุ.....	78
ผ.27	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ MDA ในแกนคัพภะของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเร่งอายุ.....	78
ผ.28	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ MDA ในเมล็ดทั้งเมล็ดของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ.....	79
ผ.29	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ MDA ในใบเลี้ยงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ.....	79
ผ.30	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ MDA ในแกนคัพภะของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเสื่อมธรรมชาติ.....	79
ผ.31	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ MDA ในเมล็ดทั้งเมล็ดของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ.....	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ผ.32	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ MDA ในใบเลี้ยงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ.....	80
ผ.33	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ MDA ในแกนคัพภะของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ.....	80
ผ.34	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนกิจกรรมของเอนไซม์ dehydrogenase ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเร่งอายุ.....	81
ผ.35	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนกิจกรรมของเอนไซม์ dehydrogenase ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ.....	81
ผ.36	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนกิจกรรมของเอนไซม์ dehydrogenase ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ.....	81
ผ.37	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนการเจริญของเชื้อราในเมล็ดทั้งเมล็ดของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเร่งอายุ.....	82
ผ.38	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนการเจริญของเชื้อราในใบเลี้ยงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเร่งอายุ.....	82
ผ.39	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนการเจริญของเชื้อราในแกนคัพภะของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเร่งอายุ.....	82
ผ.40	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนการเจริญของเชื้อราในเมล็ดทั้งเมล็ดของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ.....	83
ผ.41	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนการเจริญของเชื้อราในใบเลี้ยงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ.....	83
ผ.42	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนการเจริญของเชื้อราในแกนคัพภะของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเสื่อมธรรมชาติ.....	83
ผ.43	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนการเจริญของเชื้อราในเมล็ดทั้งเมล็ดของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ.....	84
ผ.44	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนการเจริญของเชื้อราในใบเลี้ยงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ.....	84
ผ.45	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนการเจริญของเชื้อราในแกนคัพภะของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ.....	84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
4.1	การเปลี่ยนแปลงความชื้น (–○–) และความงอก (–■–) ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เสื่อมคุณภาพในระหว่างการเร่งอายุ.....	24
4.2	การเปลี่ยนแปลงความชื้น (–○–) และความงอก (–■–) ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ.....	25
4.3	การเปลี่ยนแปลงความชื้น (–○–) และความงอก (–■–) ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ.....	25
4.4	ลักษณะการติดสี (TZ1-TZ10) ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เสื่อมคุณภาพในระหว่างการเร่งอายุ การเสื่อมตามธรรมชาติ และการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ คอลัมน์ทางซ้ายมือแสดงการติดสีโครงสร้างภายนอกของเมล็ด คอลัมน์ทางขวามือแสดงการติดสีโครงสร้างภายในของเมล็ด.....	26
4.5	การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้า (A) และการดูดน้ำ (B) ในระหว่างการแช่เมล็ดในน้ำของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เสื่อมคุณภาพในระหว่างการเร่งอายุ (–◆–ก่อนเร่งอายุ–◇– เร่งอายุ 1 วัน –▲– เร่งอายุ 2 วัน –△– เร่งอายุ 3 วัน –●–เร่งอายุ 4 วัน–○–เร่งอายุ 5 วัน –■–เร่งอายุ 6 วัน และ –□– เร่งอายุ 7 วัน).....	39
4.6	การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้า (A) และการดูดน้ำ (B) ในระหว่างการแช่เมล็ดในน้ำของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ (–◆–ก่อนเก็บรักษา–◇– เก็บรักษา 1 เดือน –▲– เก็บรักษา 2 เดือน –△– เก็บรักษา 3 เดือน –●– เก็บรักษา 4 เดือน –○– เก็บรักษา 5 เดือน –■– เก็บรักษา 6 เดือน –□– เก็บรักษา 7 เดือน และ –✳– เก็บรักษา 8 เดือน).....	40
4.7	การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้า (A) และการดูดน้ำ (B) ในระหว่างการแช่เมล็ดในน้ำของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ (–◆–ก่อนเก็บรักษา –◇– เก็บรักษา 2 เดือน –▲– เก็บรักษา 4 เดือน –△–เก็บรักษา 6 เดือน และ –●–เก็บรักษา 8 เดือน).....	41
4.8	ลักษณะการติดสี Evan's blue ของเซลล์ใบเลี้ยงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเร่งอายุ (A = ก่อนเร่งอายุ B = เร่งอายุ 1 วัน C = เร่งอายุ 2 วัน D = เร่งอายุ 3 วัน E = เร่งอายุ 4 วัน F = เร่งอายุ 5 วัน G = เร่งอายุ 6 วัน และ H = เร่งอายุ 7 วัน).....	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.9	ลักษณะการติดสี Evan's blue ของเซลล์ใบเลี้ยงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ (A = ก่อนเก็บรักษา B = เก็บรักษา 1 เดือน C = เก็บรักษา 2 เดือน D = เก็บรักษา 3 เดือน E = เก็บรักษา 4 เดือน F = เก็บรักษา 5 เดือน G = เก็บรักษา 6 เดือน H = เก็บรักษา 7 เดือน และ I = เก็บรักษา 8 เดือน).....	44
4.10	ลักษณะการติดสี Evan's blue ของเซลล์ใบเลี้ยงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพที่ระยะเวลา (A = ก่อนเก็บรักษา B = เก็บรักษา 2 เดือน C = เก็บรักษา 4 เดือน D = 6 เดือน และ E = เก็บรักษา 8 เดือน).....	46
4.11	ปริมาณ MDA ในเมล็ดทั้งเมล็ด (—o—) ใบเลี้ยง (—▲—) และแกนคัพภะ (—■—) ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เสื่อมคุณภาพในระหว่างการเร่งอายุ.....	47
4.12	ปริมาณ MDA ในเมล็ดทั้งเมล็ด (—o—) ใบเลี้ยง (—▲—) และแกนคัพภะ (—■—) ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเสื่อมตามชาติ.....	47
4.13	ปริมาณ MDA ในเมล็ดทั้งเมล็ด (—o—) ใบเลี้ยง (—▲—) และแกนคัพภะ (—■—) ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ.....	48
4.14	การเจริญของเชื้อราในเมล็ดทั้งเมล็ด (—o—) ใบเลี้ยง (—▲—) และแกนคัพภะ (—■—) ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เสื่อมคุณภาพในระหว่างการเร่งอายุ.....	51
4.15	การเจริญของเชื้อราในเมล็ดทั้งเมล็ด (—o—) ใบเลี้ยง (—▲—) และแกนคัพภะ (—■—) ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเสื่อมตามชาติ.....	51
4.16	การเจริญของเชื้อราในเมล็ดทั้งเมล็ด (—o—) ใบเลี้ยง (—▲—) และแกนคัพภะ (—■—) ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ.....	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปริมาณและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ที่ผลิตในเขตร้อนชื้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งถั่วเหลืองจะต่ำกว่าที่ผลิตในเขตอบอุ่นของประเทศที่พัฒนาแล้วอยู่มาก (FAO. 1976) อุปสรรคสำคัญเกิดจากสภาพอากาศร้อนชื้นที่มีฝนตกบ่อย สภาพดังกล่าวนอกจากไม่เอื้ออำนวยต่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ให้มีคุณภาพดีแล้วยังทำให้เมล็ดพันธุ์เสื่อมคุณภาพและสูญเสียความมีชีวิตอย่างรวดเร็วซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ตั้งแต่ภายหลังการสุกแก่ก่อนเก็บเกี่ยว (preharvest postmaturation period) หรือในระหว่างการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ (Delouche. 1980 ; Kueneman. 1982)

ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์จะเกิดขึ้นสูงสุดเมื่อเมล็ดพันธุ์มีการสุกแก่ทางสรีรวิทยา (physiological maturity ; PM) (Tekrony *et al.* 1980) ในขณะเดียวกันการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์จะเริ่มขึ้นในระยะนี้เป็นต้นไป อัตราการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์จะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับความผันแปรของสภาพแวดล้อมเป็นสำคัญ (Paschal and Ellis. 1978) ดังนั้นการศึกษาการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์โดยเริ่มที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาน่าจะเป็นวิธีที่เหมาะสมวิธีหนึ่งเพราะเริ่มต้นในระยะเริ่มแรกของการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ซึ่งการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ที่เกิดขึ้นก่อนการสูญเสียความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ อาจเป็นสาเหตุเบื้องต้นของการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์และหากนำเมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมคุณภาพหรือสูญเสียความแข็งแรงไปปลูกในไร่จะมีอัตราการงอกลดลง อัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้าลดลง และต้นกล้าอ่อนแอต่อสภาพแวดล้อมที่แปรปรวน ในที่สุดอาจสูญเสียความมีชีวิต ดังนั้นการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์จึงเป็นปัญหาสำคัญของการเกษตร

ในปัจจุบันการศึกษากลไกหรือสาเหตุของการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ที่นำไปสู่การสูญเสียความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ยังไม่เป็นที่เข้าใจกันดี นักวิทยาศาสตร์หลายท่านเชื่อว่าความเสียหายของเมมเบรน (membrane damage) ซึ่งเกิดจากขบวนการ lipid peroxidation เป็นสาเหตุสำคัญเกิดขึ้นก่อนที่เมล็ดจะมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านคุณภาพอื่น ๆ ตามมา (Parrish and Leopold. 1979 ; Stewart and Bewley. 1980 ; Basavarajappa *et al.* 1991 ; Perez and Arguello. 1995) การศึกษาการเสื่อมสภาพของเมมเบรนซึ่งก่อให้เกิดการรั่วไหลของสารประกอบออกมาจากเมล็ดนั้นส่วนใหญ่จะศึกษาโดยใช้เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุมากกว่าการศึกษาโดยใช้เมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมคุณภาพตามธรรมชาติเพราะเป็นวิธีที่สะดวกและรวดเร็ว จากการศึกษาทั้งสองวิธีพบว่าการเสื่อมสภาพของเมมเบรนเป็นสาเหตุเบื้องต้นที่ทำให้เมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พันธุ์เสื่อมคุณภาพ (Parrish and Leopold. 1979) นอกจากนี้การเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์โดยการเร่งอายุอาจมีสาเหตุมาจากเชื้อรา *Aspergillus* spp. เพราะสภาพการเร่งอายุต้องใช้อุณหภูมิ และความชื้นที่สูง (Christensen. 1972) สภาพดังกล่าวเหมาะสมอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราซึ่งสามารถเจริญผ่านเข้าไปยังภายในเนื้อเยื่อของเมล็ด เชื้อรานี้ผลิตทั้งเอนไซม์และสารพิษทำความเสียหายให้กับเมมเบรนจนเกิดการรั่วไหลของสารประกอบต่าง ๆ ออกจากเมล็ด (วันชัย จันทร์ประเสริฐ. 2542 ; Parrish and Leopold. 1977)

การศึกษาการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์โดยการเร่งอายุถือเป็นวิธีที่สะดวกและรวดเร็วซึ่งจะศึกษาควบคู่ไปกับเมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมคุณภาพตามธรรมชาติโดยใช้เมล็ดพันธุ์ที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ โดยมีการตรวจสอบต่างๆ เช่นการตรวจสอบความมีชีวิตหรือความงอก ความแข็งแรง การรั่วไหลของสารประกอบต่าง ๆ จากภายในเมล็ด การตรวจหาเชื้อรา การวัดกิจกรรมของเอนไซม์ dehydrogenase และการวัดปริมาณสาร malondialdehyde (MDA) การตรวจสอบต่าง ๆ เหล่านี้อาจช่วยเปิดเผยสาเหตุการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ที่นำไปสู่การสูญเสียความมีชีวิตและความแข็งแรงในที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 ศึกษาผลของการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์โดยการเร่งอายุ และการเสื่อมตามธรรมชาติที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความงอก ความแข็งแรง และการรั่วไหลของเมมเบรนของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

1.2.2 ศึกษาว่าการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์เกิดจากการเปลี่ยนแปลงภายในเมล็ดหรือเกิดจากการทำลายของเชื้อรา

1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 การเร่งอายุสามารถใช้ทดแทนการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในการศึกษาการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์

1.3.2 ทราบถึงสาเหตุที่ทำให้เมล็ดพันธุ์เกิดการเสื่อมคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง [*Glycine max* (L.) Merr.] จะเริ่มขึ้นหลังจากไข่ได้รับการปฏิสนธิ ในขณะเดียวกันความงอกหรือความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ด (คุณภาพเมล็ดพันธุ์) จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นในระหว่างการพัฒนาของเมล็ด การพัฒนานี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระยะดังนี้

ระยะที่ 1 ระยะนี้เริ่มขึ้นหลังจากไข่ได้รับการปฏิสนธิและจะมีการแบ่งตัวอย่างรวดเร็ว เมื่อสิ้นสุดระยะนี้ ใบเลี้ยงและคัพภะจะเจริญและพัฒนาอย่างสมบูรณ์ซึ่งใช้เวลาประมาณ 2 อาทิตย์หลังออกดอก (Tekrony *et al.* 1980)

ระยะที่ 2 ระยะนี้มีการสะสมอาหารสำรองที่ส่งมาจากต้นแม่ ทำให้น้ำหนักแห้งของเมล็ดเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ในขณะที่ความชื้นของเมล็ดจะค่อย ๆ ลดลง เมื่อใกล้สิ้นสุดระยะนี้น้ำหนักแห้งของเมล็ดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

ระยะที่ 3 ระยะนี้การสะสมอาหารสำรองเริ่มช้าลงและจะหยุดการสะสมเมื่อถึงระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา ระยะนี้เมล็ดจะมีการสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุดและเป็นระยะที่เมล็ดพันธุ์มีความงอกและความแข็งแรงสูงสุด (Harrington. 1972 ; Egli and Tekrony. 1979) ระยะนี้น้ำและธาตุอาหารจากต้นแม่จะไม่เคลื่อนย้ายไปยังเมล็ด เพราะระบบท่อน้ำท่ออาหารระหว่างต้นแม่กับเมล็ดได้แห้งลงไป ทำให้ความชื้นของเมล็ดลดลงอย่างรวดเร็วจนเหลือความชื้นประมาณ 15-16% ซึ่งเป็นระดับความชื้นที่เหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยว หรือเรียกว่าระยะสุกแก่ที่เก็บเกี่ยวได้ (harvest maturity ; HM) ระยะเวลาจากการสุกแก่ทางสรีรวิทยาถึงระยะสุกแก่ที่เก็บเกี่ยวได้อาจใช้เวลาหลายวันจนถึงหลายอาทิตย์ (Tekrony *et al.* 1979) ช่วงระยะเวลาดังกล่าวคุณภาพของเมล็ดพันธุ์จะลดลง อัตราการเสื่อมคุณภาพจะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมในไร่เป็นสำคัญ Delouche (1980) รายงานว่าสภาพอากาศที่มีฝนตกสลับกับการมีอุณหภูมิสูงซึ่งเกิดขึ้นภายหลังระยะสุกแก่ที่เก็บเกี่ยวได้ มีผลทำให้ความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองลดลงอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้สภาพอากาศร้อนชื้นดังกล่าวยังเหมาะสมต่อการเจริญอย่างรวดเร็วของเชื้อราอีก Tekrony *et al.* (1987) รายงานว่าการเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองล่าช้าหลังระยะสุกแก่ที่เก็บเกี่ยวได้ทำให้ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phomopsis* spp. ดังนั้นการทิ้งเมล็ดพันธุ์ไว้กับต้นแม่ในแปลงปลูกนานเท่าใดก็จะยิ่งทำให้การเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์เพิ่มมากขึ้นเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 คุณภาพของเมล็ดพันธุ์

คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ประกอบด้วยคุณสมบัติหรือลักษณะสำคัญหลายประการ (Delouche. 1974 ; Tekrony *et al.* 1987) ดังนี้

2.1.1 ความบริสุทธิ์ทางพันธุกรรม (genetic purity)

หรือความบริสุทธ์ทางสายพันธุ์ (variety purity) ความบริสุทธ์ของพันธุ์พืชที่ปลูกนับได้ว่ามีความสำคัญต่อการแสดงออกและความสม่ำเสมอของพืชโดยเฉพาะอย่างยิ่งการมีระยะสุกแก่ที่พร้อมกัน

2.1.2 ความบริสุทธ์ทางกายภาพ (physical purity)

เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพดีควรประกอบไปด้วยสิ่งเจือปน (inert matter) น้อยที่สุดและไม่ควรมีการปะปนของเมล็ดวัชพืชและเมล็ดพันธุ์พืชอื่น ๆ

2.1.3 ความงอก (germination)

เมล็ดพืชต่างชนิดกันมีความงอกมาตรฐานต่างกัน ในอเมริกาเหนือความงอกมาตรฐานขั้นต่ำของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เป็นพันธุ์รับรอง (certified seed) เท่ากับ 80% (Tekrony *et al.* 1987) สำหรับประเทศไทยความงอกมาตรฐานของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เสนอโดยกรมส่งเสริมการเกษตรเท่ากับ 75%

2.1.4 ความแข็งแรง (vigor)

ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ประกอบด้วยคุณสมบัติที่จะทำให้เมล็ดพันธุ์สามารถงอกได้เร็ว สม่ำเสมอ และพัฒนาไปเป็นต้นกล้าปกติภายใต้สภาพแวดล้อมที่แปรปรวนในไร่ (AOSA. 1983)

ในบรรดาองค์ประกอบของคุณภาพเมล็ดพันธุ์เหล่านี้ ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์มีความสำคัญมากที่สุด เพราะปัญหาของคุณภาพเมล็ดพันธุ์ส่วนใหญ่โดยเฉพาะอย่างยิ่งในถั่วเหลืองจะสัมพันธ์กับความงอกและความแข็งแรงมากที่สุด

2.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์

มีปัจจัยหลายประการที่ทำให้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ผันแปรไปหลังจากที่มีคุณภาพสูงสุดที่ระยะการสุกแก่ทางสรีรวิทยา ปัจจัยดังกล่าวได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 สภาพแวดล้อม (environment)

คุณภาพของเมล็ดพันธุ์โดยเฉพาะอย่างยิ่งถั่วเหลืองจะเสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็วภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูง หรือมีอุณหภูมิสูงสลับกับการมีฝนตกในช่วงภายหลังการสุกแก่ก่อนเก็บเกี่ยว การเสื่อมที่เกิดขึ้นในช่วงนี้เรียกว่า การเสื่อมคุณภาพในไร่ (field weathering) (Kueneman. 1982) Delouche (1980) ได้แสดงให้เห็นว่าสภาพอากาศที่มีฝนตกบ่อย สลับกับการมีอุณหภูมิสูง ซึ่งเกิดขึ้นภายหลังการสุกแก่ก่อนเก็บเกี่ยว มีผลทำให้ความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองลดลงอย่างรวดเร็ว สอดคล้องกับ Tekrony *et al.* (1980) ซึ่งรายงานว่าการเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองล่าช้าหลังการสุกแก่ที่เก็บเกี่ยวได้ ภายใต้สภาพอากาศที่มีอุณหภูมิและความชื้นอากาศสูงทำให้คุณภาพเมล็ดพันธุ์ลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งความแข็งแรง (ความงอกภายหลังการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์) จะลดลงอย่างรวดเร็วก่อนการลดลงของความงอก สิ่งนี้แสดงให้เห็นว่า ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ไวต่อการเสื่อมคุณภาพในไร่มากกว่าความงอกของเมล็ดพันธุ์ (Mugnisjah *et al.* 1984)

สภาพอากาศร้อนสลับชื้นดังกล่าว นอกจากจะทำให้ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ลดลงแล้วยังเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของเชื้อราอีกด้วย Tekrony *et al.* (1987) ได้รายงานว่าการเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ล่าช้าหลังจากการสุกแก่ที่เก็บเกี่ยวได้ทำให้ความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองลดลง ซึ่งสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของเชื้อรา โดยเฉพาะอย่างยิ่ง *Phomopsis* spp. ที่เพิ่มขึ้นในเมล็ดอีกด้วย McGee (1986) แสดงให้เห็นว่าการเจริญเติบโตของ *Phomopsis* spp. ซึ่งเพิ่มขึ้นภายใต้สภาพอากาศร้อนและมีฝนตก ทำให้ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองลดลงอย่างรวดเร็ว

2.2.2 พันธุกรรม (genetic)

เมล็ดพืชชนิดเดียวกันแต่ต่างพันธุ์กันมีอัตราการเสื่อมคุณภาพที่แตกต่างกัน ถึงแม้จะได้รับการดูแลรักษาที่เหมือนกันภายใต้สภาพแวดล้อมเดียวกันก็ตาม (วันชัย จันทร์ประเสริฐ. 2537 ; Dornbos. 1995) Nangju (1977) รายงานว่าการปลูกถั่วเหลืองต่างสายพันธุ์กันในสภาพแวดล้อมและการปฏิบัติดูแลรักษาที่เหมือนกันจะให้เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพและความสามารถในการเก็บรักษาต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ที่ต่างสายพันธุ์กันจะมีความต้านทานต่อสภาพแวดล้อมในระหว่างการพัฒนาและการสุกแก่ของเมล็ดพันธุ์ต่างกันซึ่งเป็นผลมาจากพันธุกรรมของเมล็ดพันธุ์ Krishnasamy and Seshu (1990) รายงานว่าการปลูกถั่วเหลืองในเขตร้อนชื้นที่มีความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิสูง สภาพเช่นนี้จะมีอิทธิพลต่อการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ ดังนั้นการคัดเลือกพันธุ์ที่มีพื้นฐานทางพันธุกรรมต้านทานต่อการเสื่อมคุณภาพจึงมีความสำคัญมาก เนื่องจากจะช่วยลดอัตราเสี่ยงในการนำเมล็ดพันธุ์ไปปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความผันแปรทางพันธุกรรมดังกล่าวอาจเกี่ยวข้องกับลักษณะต่าง ๆ ทางกายภาพของเมล็ดพันธุ์ (วันชัย จันทร์ประเสริฐ และคณะ. 2543 ; Paschal and Ellis. 1978 ; Dassou and Kueneman. 1984 ; Horling *et al.* 1994) Paschal and Ellis (1978) รายงานว่าเมล็ดพันธุ์ที่มีขนาดเล็กจะมีความต้านทานต่อการเสื่อมคุณภาพในไร่และการเจริญของเชื้อราได้ดีกว่าเมล็ดพันธุ์ที่มีขนาดเมล็ดใหญ่กว่า โดยเมล็ดพันธุ์ที่มีขนาดเล็กจะให้ความงอกและความแข็งแรงสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ที่มีขนาดใหญ่ Dassou and Kueneman (1984) พบว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีขนาดเล็กและมีเยื่อหุ้มเมล็ด (seed coat) สีดำจะมีความต้านทานต่อการเสื่อมคุณภาพใน incubator weathering ได้ดีกว่าเมล็ดพันธุ์ขนาดใหญ่และมีเยื่อหุ้มเมล็ดสีเหลือง

Muehlbauer and Kraft (1978) รายงานว่าในพืชหลายชนิดเมล็ดพันธุ์ที่มีสีเข้มจะมีความต้านทานต่อการเสื่อมคุณภาพสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ชนิดเดียวกันที่มีสีจาง เนื่องจากสายพันธุ์ที่เมล็ดมีสีเข้มมีความต้านทานต่อการทำลายของโรคและแมลงสูงกว่าสายพันธุ์ที่เมล็ดมีสีจาง โดย Dickson and Boettger (1977) รายงานว่าลักษณะต้านทานเหล่านี้เกิดจากการควบคุมของยีน *P* ซึ่งจะทำให้เมล็ดพันธุ์มีสีต่าง ๆ นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าเมล็ดพันธุ์ที่มีสีเหล่านี้จะมีความทนทานต่อความเสียหายจากเครื่องจักรกล (mechanical damage) ในระหว่างการเก็บเกี่ยว การนวดและการคัดแยกขนาดหรือการบรรจุหีบห่อ York *et al.* (1977) รายงานว่าเมล็ดพันธุ์ที่มีความทนทานต่อความเสียหายจากเครื่องจักรกลนี้จะให้ต้นกล้าที่แข็งแรงกว่าต้นกล้าที่งอกจากเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ทนทาน เนื่องจากในระหว่างการงอกเมล็ดพันธุ์ที่มีความทนทานจะมีการรั่วไหลของสารประกอบภายในออกสู่ภายนอกเมล็ดน้อยกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ทนทาน

Dickson (1980) รายงานว่าลักษณะเยื่อหุ้มเมล็ดแข็งหรือลักษณะเมล็ดแข็งซึ่งถูกถ่ายทอดทางพันธุกรรมร่วมกับสภาพแวดล้อมจะทำให้เมล็ดพันธุ์มีความต้านทานต่อการเสื่อมคุณภาพและสามารถเก็บรักษาได้นานกว่าเมล็ดพันธุ์ปกติ เนื่องด้วยเยื่อหุ้มเมล็ดไม่ยอมให้น้ำและอากาศเข้าสู่เมล็ดได้ สอดคล้องกับการทดลองของ Potts *et al.* (1978) ซึ่งรายงานว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีความต้านทานต่อการเสื่อมคุณภาพในไร่มักจะเป็นพันธุ์ที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดแข็ง

นอกจากนี้การเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ยังขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดพันธุ์ โดยองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดพันธุ์ที่แตกต่างกันมีผลต่อการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ต่างกัน เมล็ดพันธุ์ที่มีองค์ประกอบทางเคมีส่วนใหญ่เป็นแป้งและน้ำตาลจะมีอัตราการเสื่อมคุณภาพช้ากว่าเมล็ดพันธุ์ที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นน้ำมันและโปรตีน ดังนั้นเมล็ดพันธุ์ที่ประกอบด้วยแป้งและน้ำตาลสูงจึงมีความสามารถในการเก็บรักษาสูง วิภาวรรณ วิจิตรจินดา (2536) รายงานว่าในเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบถึง 18% จะมีการเสื่อมคุณภาพมากกว่าข้าวโพดซึ่งมีไขมันเป็นองค์ประกอบเพียง 5% สอดคล้องกับการทดลองของ Ching

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1973) ซึ่งรายงานว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองมีการเสื่อมคุณภาพเร็วกว่าเมล็ดพันธุ์ชนิดอื่น ๆ เนื่องจากมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นไขมัน ซึ่งจะถูกออกซิไดซ์เปลี่ยนเป็นกรดไขมันอิสระได้ง่าย

2.3 การเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์

การเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์หมายถึงการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับเมล็ดพันธุ์ ซึ่งมีผลทำให้เมล็ดพันธุ์ตายในที่สุด เมล็ดพันธุ์จะเริ่มมีการเสื่อมคุณภาพเกิดขึ้นนับตั้งแต่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา ซึ่งเป็นระยะที่เมล็ดพันธุ์มีความงอกและความแข็งแรงสูงสุด (Delouche. 1982) หลังจากระยะนี้แล้วความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์จะลดลงเรื่อย ๆ Delouche (1980) รายงานว่าอัตราการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ขึ้นอยู่กับความผันแปรของสภาพแวดล้อมภายหลังระยะสุกแก่เป็นสำคัญ

Delouche and Baskin (1973) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ไว้ 3 ประการคือ

1) การเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์เป็นขบวนการที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติไม่สามารถป้องกันหรือหยุดยั้งได้ (inexorable process) แต่หากมีวิธีการเก็บรักษาที่ดีอาจทำให้อัตราการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ช้าลง

2) ขบวนการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ไม่สามารถคืนกลับได้ (irreversible process) เมล็ดพันธุ์ที่มีการเสื่อมคุณภาพเกิดขึ้นจะไม่สามารถกลับมาเป็นเมล็ดพันธุ์ที่ดีสมบูรณ์แข็งแรงดังเดิมได้ Priestley (1986) รายงานว่าการที่เมล็ดพันธุ์ที่มีการเสื่อมคุณภาพเกิดขึ้นไม่สามารถกลับมาสมบูรณ์ดังเดิมได้ เนื่องจากเกิดการเสื่อมคุณภาพในระดับเซลล์ โครงสร้าง และหน้าที่ของอวัยวะย่อยภายในเซลล์

3) การเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์จะแตกต่างกันไปตามชนิด พันธุ์ เมล็ดในแต่ละกอง และเมล็ดแต่ละเมล็ด

โดยทั่วไปคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมนับตั้งแต่ปลูก การเจริญเติบโตระยะสุกแก่ ระยะเก็บเกี่ยว และการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ การเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์จะเกิดขึ้นมากหรือน้อยเพียงใดจึงขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมภายหลังการสุกแก่ก่อนการเก็บเกี่ยว ระยะเวลาการเก็บรักษา ความชื้นสัมพัทธ์ ภาชนะบรรจุเมล็ดพันธุ์เป็นต้น

Harrington (1972) กล่าวว่าความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิเป็นปัจจัยภายนอกที่มีความสำคัญมากต่อความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ โดยความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศจะมีความสำคัญมากกว่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศจะควบคุมความชื้นภายในเมล็ด ทำให้ความชื้นของเมล็ดเปลี่ยนแปลงไปตามระดับความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศ เนื่องจากเมล็ดมีคุณสมบัติในการดูดและคายความชื้นได้ (hygroscopic) กล่าวคือสามารถแลกเปลี่ยนความชื้นกับบรรยากาศจน

เอกสารนี้เป็นกรรมสิทธิ์ของ [illegible] ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว่าความดันไอน้ำภายในเมล็ดจะสมดุลกับความดันไอน้ำในบรรยากาศภายนอกเมล็ด ในสภาพเช่นนี้ความชื้นของเมล็ดจะคงที่ เรียกความชื้นที่จุดนี้ว่าความชื้นของเมล็ดที่จุดสมดุล (จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2523) ดังนั้นถ้าความชื้นสัมพัทธ์สูงเมล็ดก็จะมีความชื้นที่จุดสมดุลสูง หากความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศต่ำ เมล็ดพันธุ์ก็จะมีความชื้นที่จุดสมดุลต่ำด้วย ความชื้นและอุณหภูมิที่สูงจะเร่งอัตราการหายใจของเมล็ดพันธุ์ทำให้เมล็ดพันธุ์สูญเสียความมีชีวิตหรือความงอกอย่างรวดเร็ว เนื่องจากพลังงานที่ใช้ในการหายใจของเมล็ดมาจากการย่อยสลายอาหารสะสมภายในเมล็ดที่มีอยู่จำกัด รวมทั้งเมล็ดที่มีการหายใจสูงจะมีการปลดปล่อยความร้อนออกมาในปริมาณมากจนกระทั่งเป็นอันตรายต่อเมล็ดเองและมีผลทำให้โรคและแมลงเข้าทำลายเมล็ดได้ง่ายขึ้น (Hobbs and Obendrof. 1972 ; Halder and Gupta. 1980)

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าคุณภาพของเมล็ดพันธุ์จะเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปแล้วเกษตรกรจะไม่ทำการเก็บเกี่ยว เนื่องจากเมล็ดพันธุ์มีความชื้นสูงมากเกินไป จึงต้องรอจนกระทั่งความชื้นของเมล็ดลดลงเหลือประมาณ 14-16% จึงสามารถทำการเก็บเกี่ยวได้ซึ่งอาจใช้เวลาเพียงไม่กี่วันไปจนถึงมากกว่า 3 อาทิตย์ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมเป็นสำคัญ (Tekrony *et al.* 1979) ในช่วงระยะเวลานี้ถ้าเมล็ดพันธุ์ได้รับสภาพอากาศที่ไม่เหมาะสม เช่นอากาศร้อนสลับกับการมีฝนตกจะทำให้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ลดลงอย่างรวดเร็ว (Delouche. 1980 ; Tekrony *et al.* 1980) จนกระทั่งไม่มีคุณภาพพอที่จะใช้ปลูก

การเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์นอกจากอาจจะเกิดขึ้นก่อนการเก็บเกี่ยวแล้ว ยังอาจเกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาอีกด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเก็บรักษาโดยให้เมล็ดพันธุ์สัมผัสโดยตรงกับอากาศที่มีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูง (Harrington. 1972 ; Justice and Bass. 1979 ; Tekrony *et al.* 1987) สภาพเช่นนี้จะทำให้เมล็ดพันธุ์เสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็ว เมื่อมีการเสื่อมคุณภาพเกิดขึ้นจนถึงระยะสุดท้าย เมล็ดพันธุ์จะสูญเสียความมีชีวิตหรือสูญเสียความงอกในที่สุด (Delouche. 1982)

Delouche (1974) รายงานว่าการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเป็นระยะเวลาสั้นประมาณ 1-9 เดือน ควรเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ในสภาพที่มีอุณหภูมิคิดเป็นองศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศรวมกันแล้วมีค่าไม่เกิน 80 ซึ่งการเก็บรักษาในสภาพนี้จะไม่มีผลต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ แต่หากเก็บรักษาไว้ในที่มีอุณหภูมิ 30 $^{\circ}$ซ ความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศ 75% เมล็ดพันธุ์จะมีความงอกลดลงอย่างรวดเร็ว และจะสูญเสียความมีชีวิตเมื่อเก็บรักษาเพียง 6 เดือน Bass *et al.* (1963) รายงานว่าความสามารถในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์จะนานขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดลง ความเย็นจะมีผลทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ต่าง ๆ ภายในเมล็ดลดลงส่งผลให้อัตราการหายใจของเมล็ดต่ำลง ในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง 9 สายพันธุ์ ที่ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ กัน พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 $^{\circ}$ซ เป็นระยะเวลา 9 เดือนจะมีผลต่อการลดลงของความงอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพียงเล็กน้อย ส่วนการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ความงอกของเมล็ดพันธุ์จะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 2-3 เดือนแรก และเมื่อเก็บรักษาไว้นานถึง 9 เดือนเมล็ดพันธุ์จะมีความงอกต่ำมากจนเกือบเป็นศูนย์ในบางสายพันธุ์ นอกจากนี้ Mallick and Nandi (1979) รายงานว่าการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในสภาพการเก็บรักษาที่มีความชื้นและอุณหภูมิสูงยังมีผลมาจากการเข้าทำลายของเชื้อราพวก storage fungi เช่น *Aspergillus* spp. และ *Penicillium* spp. ซึ่งเป็นเชื้อราที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพดังกล่าว นอกจากนี้ Dornworth and Christensen (1968) รายงานว่าปริมาณของเชื้อรา *Aspergillus* spp. ในเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองจะเพิ่มมากยิ่งขึ้นเมื่อความชื้นของเมล็ดพันธุ์และอุณหภูมิในการเก็บรักษาสูงขึ้น ความงอกของเมล็ดพันธุ์จะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อปริมาณของเชื้อราเพิ่มมากขึ้น Anderson *et al.* (1970) พบว่าที่อุณหภูมิ 30-35 ^{o}ซ เชื้อรา *Aspergillus flavus* เจริญเติบโตในเมล็ดพันธุ์ได้มาก ทำให้ความงอกของเมล็ดพันธุ์ลดลงอย่างรวดเร็ว

Ketring (1971) ทดลองเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงพวก spanish เป็นเวลา 9 เดือนที่อุณหภูมิ 3 ^{o}ซ ความชื้นสัมพัทธ์ 10% และ 100% พบว่าการเก็บรักษาที่ความชื้นสัมพัทธ์ 100 % ความงอกของเมล็ดลดลงจาก 100% เหลือ 31% หลังจากเก็บรักษาไว้นาน 9 เดือน ในขณะที่การเก็บรักษาที่ความชื้นสัมพัทธ์ 10% ความงอกยังคงไม่ลดลงเลย นอกจากนี้ สุจรรยา บุณวรรณโณ และ กฤษณพงศ์ ลักษณะโภคิน (2531) ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และสภาพการเก็บรักษาที่มีผลต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงพันธุ์ไทนาน9 หลังจากลดความชื้นโดยการผึ่งแดด 5 วัน และ 10 วัน จนความชื้นเหลือ 9.20% และ 4.89% ตามลำดับ แล้วเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในสภาพปิด พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการตากแดด 5 วัน มีความงอกและความแข็งแรงลดลงอย่างรวดเร็วและไม่งอกเลยเมื่อเก็บรักษานาน 5 เดือน ทั้งนี้เนื่องจากเมล็ดพันธุ์มีความชื้นสูงในขณะเริ่มเก็บรักษาจึงทำให้เมล็ดพันธุ์เกิดการเสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็ว ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่ตากแดด 10 วัน ความงอกจะค่อย ๆ ลดลง และยังคงมีความงอก 70-80% เมื่อเก็บรักษานาน 5 เดือน ทั้งนี้เนื่องจากความชื้นเริ่มต้นก่อนการเก็บรักษาต่ำ และความชื้นของเมล็ดต่ำตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

นอกจากสภาพแวดล้อม ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวและสภาพในการเก็บรักษาจะมีผลต่อการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์แล้ว การปฏิบัติต่าง ๆ หลังการเก็บเกี่ยวเช่น การนวด การคัดแยกขนาด และการบรรจุหีบห่อ อาจทำให้เมล็ดพันธุ์เกิดการแตกร้าวมีผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ได้เช่นกัน นงลักษณ์ ประกอบบุญ (2524) รายงานว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่แกะด้วยมือจะมีความงอกสูงกว่าการนวดด้วยไม้และการใช้เครื่องจักร สอดคล้องกับการทดลองของ Baskin and Delouche (1971) ซึ่งรายงานว่าเมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคนจะมีความเสียหายน้อยกว่าเมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวด้วยเครื่องจักร การนวดหรือการกระเทาะ และการปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์อาจมีผลทำให้การเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์เกิดมากขึ้นหากทำโดยไม่ระมัดระวัง การปฏิบัติต่าง ๆ ภายหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเก็บเกี่ยวจึงควรปฏิบัติในขณะที่เมล็ดมีความชื้นในระดับที่เหมาะสม ดังนั้นในการผลิตเมล็ดพันธุ์ให้มีคุณภาพดีจึงต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ฤดูปลูก ระยะเวลาในการเก็บเกี่ยว การลดความชื้น การปฏิบัติต่าง ๆ หลังการเก็บเกี่ยว และการเก็บรักษาเป็นต้น

2.4 การเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์

การเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์มีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ เมล็ดพันธุ์จะมีความแข็งแรงสูงสุดและมีการเสื่อมคุณภาพต่ำสุดขณะที่เมล็ดมีการสุกแก่ทางสรีรวิทยา หลังจากระยะนี้ไปแล้วเมล็ดพันธุ์จะมีการเสื่อมคุณภาพมากขึ้นจนกระทั่งเมล็ดพันธุ์สูญเสียความมีชีวิตหรือตาย ก่อนการตายของเมล็ดพันธุ์จะมีการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ เกิดขึ้นกับเมล็ดพันธุ์ (Delouche and Baskin. 1973) ตามลำดับดังนี้

2.4.1 การเสื่อมสภาพของเมมเบรน (membrane degradation)

ลักษณะแรกสุดที่เกิดขึ้นกับเมล็ดพันธุ์ที่เกิดการเสื่อมคุณภาพคือ การเสื่อมสภาพของเมมเบรนของเซลล์และเมมเบรนของอวัยวะย่อยภายในเซลล์ (suborganelle) ทำให้เกิดการสูญเสียความสามารถในการควบคุมการผ่านเข้าออกของสาร และเมื่อนำเมล็ดพันธุ์ไปแช่น้ำจะทำให้เกิดการรั่วไหลของสารต่าง ๆ ออกจากเมล็ด เช่นโปรตีนชนิดละลายน้ำ คาร์โบไฮเดรทชนิดละลายน้ำ และฟอสฟอรัสเป็นต้น (Ching and Schoolcraft. 1968 ; Abdul-Baki and Anderson. 1970 ; Dawidowicz-Grzegorzewska and Podstolski. 1992) การรั่วไหลของสารต่าง ๆ ที่ออกมาจากเมล็ดพันธุ์สามารถตรวจสอบได้โดยการวัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำที่ผ่านการแช่เมล็ด (Hibbard and Miller. 1929 ; Senaratna *et al.* 1988) เมล็ดพันธุ์ที่มีการเสื่อมคุณภาพจะมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของไขมันภายในเมล็ดที่มีความสำคัญมากคือ phospholipid โดยการย่อยสลายของเอนไซม์ phospholipase ทำให้เมมเบรนเกิดการเสื่อมสภาพ เนื่องจาก phospholipid เป็นไขมันที่ทำหน้าที่เป็นองค์ประกอบทางโครงสร้างของเมมเบรน (Basavarajappa *et al.* 1991) นอกจากนี้การย่อยสลายไขมันในเมล็ดจะทำให้เกิดกรดไขมันอิสระถูกปลดปล่อยออกมา กรดไขมันอิสระจะมีส่วนในการทำลายเมมเบรนเนื่องจากมีคุณสมบัติคล้ายกับสารดีเทอร์เจนท์ (detergent) และทำให้โครงสร้างของไมโตคอนเดรียผิดปกติซึ่งกระทบกระเทือนต่อการหายใจของเซลล์ (Priestley. 1986) นอกจากนี้ในการย่อยสลายไขมันยังทำให้เกิดกรดไขมันไม่อิ่มตัวซึ่งจะไวต่อการทำลายของปฏิกิริยา peroxidation ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ (free radical) ก่อให้เกิดสารพิษ (toxin product) หลายชนิดที่มีผลต่อการทำงานภายในเซลล์ตลอดจนทำให้เมมเบรนสูญเสียสภาพไม่สามารถทำหน้าที่ได้อย่างปกติ (Wilson and McDonald. 1986)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 กิจกรรมของเอนไซม์ลดลง (loss of enzymatic activity)

เมล็ดพันธุ์พืชที่มีชีวิตจะมีเอนไซม์หลายชนิด เมื่อเมล็ดมีการเสื่อมคุณภาพเกิดขึ้น กิจกรรมของเอนไซม์ต่าง ๆ จะลดลง เอนไซม์เหล่านี้ได้แก่ dehydrogenase, glutamic acid decarboxylase, amylase, catalase และ phenolase เป็นต้น Roberts (1973) รายงานว่าในเมล็ดพันธุ์ที่มีการเสื่อมคุณภาพกิจกรรมของเอนไซม์ dehydrogenase และระดับการสร้าง ATP ในเมล็ดจะลดลงซึ่งมีผลต่อการสังเคราะห์โปรตีน Ram and Wiesner (1988) รายงานว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่มีการเสื่อมคุณภาพกิจกรรมของเอนไซม์ glutamic acid decarboxylase จะลดลง ส่วนในเมล็ดพันธุ์ข้าวฟ่างพันธุ์ Hazera 10 ที่ผ่านการเร่งอายุ 48 วัน เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ต่าง ๆ พบว่าปริมาณของเอนไซม์ amylase จะเพิ่มขึ้นหลังการเร่งอายุ 6 วัน และลดลงหลังจากการเร่งอายุ 24 วัน โดยลดลงประมาณ 30% เช่นเดียวกับเอนไซม์ glutamic acid decarboxylase ส่วนเอนไซม์ acid phosphatase และเอนไซม์ dehydrogenase มีการลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อระยะเวลาในการเร่งอายุเพิ่มขึ้นโดยลดลงประมาณ 15-20% ทำให้ความสามารถในการสังเคราะห์โปรตีนลดลงถึง 50% นอกจากนี้พบว่าเอนไซม์ proteinase เป็นเอนไซม์เพียงชนิดเดียวที่มีการเพิ่มขึ้นในขณะที่เมล็ดพันธุ์มีการเสื่อมคุณภาพ ทั้งนี้เพราะเอนไซม์ proteinase ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อนำไปย่อยเอนไซม์ตัวอื่น ๆ

2.4.3 อัตราการหายใจลดลง (reduced respiration)

การหายใจเป็นขบวนการที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมของเอนไซม์หลายชนิดซึ่งจะทำงานร่วมกันในการย่อยสลายอาหารสะสมในเมล็ดพันธุ์เพื่อใช้ในการงอก ในขณะที่เมล็ดพันธุ์มีการเสื่อมคุณภาพ ขบวนการหายใจจะลดลงทำให้เมล็ดพันธุ์มีความแข็งแรงลดลงและสูญเสียความงอกในที่สุด (Copeland. 1976) ขบวนการหายใจมีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ เมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงสูงจะมีอัตราการหายใจสูงมีผลทำให้เกิดพลังงานในรูป ATP ที่จำเป็นต่อการย่อยสลายอาหารสะสมสำหรับใช้ในการงอก (Woodstock *et al.* 1984) Woodstock (1969) รายงานว่าการประเมินความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์สามารถทำได้โดยการวัดค่า respiration quotient ซึ่งเป็นอัตราส่วนของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยออกมาต่อปริมาณของออกซิเจนที่เมล็ดดูดซับไปใช้ โดยค่า respiration quotient จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อเมล็ดพันธุ์มีการเสื่อมคุณภาพ ทั้งนี้เนื่องจากมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์มากขึ้นแต่เมล็ดสามารถดูดซับออกซิเจนได้น้อยลง

2.4.4 กรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น (increase in free fatty acid)

ไขมันเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเมล็ด ไขมันในเมล็ดมี 2 แบบ คือไขมันสะสม (storage lipid) และไขมันที่ทำหน้าที่เป็นส่วนประกอบของโครงสร้าง (functional lipid) ไขมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สะสมประกอบด้วยไขมันที่ไม่มีขั้วประจุ (apolar lipid) ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานของเมล็ดพันธุ์ที่จะถูกย่อยสลายและเคลื่อนย้ายไปใช้ในการงอก เช่น triacylglycerol หรือ triglyceride ส่วนไขมันที่ทำหน้าที่เป็นองค์ประกอบของโครงสร้างเช่น phospholipid, glycolipid, sterol, sterol ester และ sterol ester glucoside ไขมันเหล่านี้จะเป็นส่วนประกอบของเมมเบรนของเซลล์และอวัยวะย่อยต่าง ๆ ของเซลล์ ในระหว่างการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ปริมาณไขมันในเมล็ดพันธุ์จะลดลงโดยการย่อยของเอนไซม์ lipolytic เช่น lipase และ phospholipase กิจกรรมการย่อยสลายอาหารสะสมจะเกิดขึ้นมากในสภาพที่อุณหภูมิสูงโดยร่วมกับกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ปล่อยเอนไซม์ lipase ออกมาย่อยสลายไขมันในเมล็ดทำให้เกิด glycerol และกรดไขมันอิสระ (Bewley and Black. 1982) การเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระจะมีผลทำให้ความงอกของเมล็ดพันธุ์ลดลง เนื่องจากกรดไขมันอิสระมีส่วนในการทำลายเมมเบรนและทำให้โครงสร้างของไมโตคอนเดรียผิดปกติ (Buchvarov and Gantcheff. 1984) นอกจากนี้ Francis and Coolbear (1988) รายงานว่าการลดลงของ phospholipid มีความสัมพันธ์กับการลดลงของความงอก

2.4.5 เมล็ดพันธุ์งอกได้ในสภาพแวดล้อมที่จำกัด (narrow germination requirement)

เมล็ดพันธุ์จะงอกได้เมื่อรับปัจจัยต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการงอกอยู่ในช่วงใดช่วงหนึ่ง เมื่อเมล็ดพันธุ์มีการเสื่อมคุณภาพเกิดขึ้นช่วงของปัจจัยต่าง ๆ จะแคบลง นั่นคือเมล็ดพันธุ์จะงอกได้ในสภาพแวดล้อมที่จำกัดหรือเฉพาะเจาะจงที่ระดับใดระดับหนึ่ง Woodstock (1969) รายงานว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดที่มีการเสื่อมคุณภาพสูงสามารถงอกได้ในช่วงอุณหภูมิ 15 – 38 ^{o}ซ ส่วนในเมล็ดพันธุ์ที่มีการเสื่อมคุณภาพต่ำสามารถงอกได้ในช่วงอุณภูมิตั้งแต่ 10 - 40 ^{o}ซ และยังมีความงอกสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ที่มีการเสื่อมคุณภาพสูงอีกด้วย

2.4.6 อัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์ลดลง (slow germination rate)

เมล็ดพันธุ์ที่มีการเสื่อมคุณภาพเกิดขึ้นแต่ยังไม่ถึงขั้นรุนแรงจะยังคงงอกได้ปกติ แต่จะมีการลดลงของอัตราเร็วในการงอก ทั้งนี้สามารถวัดได้จากดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์ (McDonald. 1980)

2.4.7 ความสามารถในการเก็บรักษาลดลง (reduced storability)

เมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมคุณภาพจะมีความสามารถในการเก็บรักษาลดลง Matthews (1980) เสนอวิธีการประเมินอายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์โดยวิธีการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ ซึ่งเป็นการเร่งขบวนการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ เมล็ดพันธุ์ที่มีการเสื่อมคุณภาพมากจะมีความงอกต่ำซึ่งจะบอกถึงการมีอายุการเก็บรักษาที่สั้นกว่าเมล็ดพันธุ์ที่มีความงอกสูงกว่า และจากการทดลองของ Byrd (1970) พบว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีการเสื่อมคุณภาพในระดับต่างกัน จะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถในการเก็บรักษาต่างกันโดยระยะเวลาในการเก็บรักษาจะพิจารณาจากระยะเวลาที่เมล็ดพันธุ์ยังคงมีความงอกไม่ต่ำกว่า 80%

2.4.8 อัตราการเจริญเติบโตและการพัฒนาของต้นกล้าลดลง (reduced rate of seedling growth and development)

เมล็ดพันธุ์ที่มีการเสื่อมคุณภาพเกิดขึ้นไม่มากจะยังคงงอกได้ตามปกติในไร่ แต่ต้นกล้าที่งอกจะมีการเจริญเติบโตและพัฒนาการช้ากว่าต้นกล้าที่งอกจากเมล็ดพันธุ์ที่ยังไม่มีการเสื่อมคุณภาพ นอกจากนี้ยังมีผลทำให้การออกดอกและติดผลหรือเมล็ดลดลงด้วย

2.4.9 สูญเสียความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่แปรปรวน (loss of environmental stress resistance)

เมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมคุณภาพจะให้ต้นกล้าที่ไม่สามารถทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่แปรปรวนในไร่ เช่นสภาวะขาดน้ำ (water stress) และความแปรปรวนของอุณหภูมิเป็นต้น (Mondragon and Potts. 1974)

2.4.10 ความสม่ำเสมอของต้นกล้าในแปลงปลูกลดลง (decreased uniformity of seedling)

เมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมคุณภาพจะมีผลให้ต้นกล้าไม่ทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่แปรปรวนในแปลงปลูกและจะมีอาการต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาข้างต้นจึงทำให้ต้นกล้าเหล่านี้มีการเจริญเติบโตไม่สม่ำเสมอ เช่น อัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์ช้าลงจึงทำให้ต้นกล้าออกดอก ติดผล และสุกแก่ไม่พร้อมกันเป็นต้น (Wahab and Burris. 1971)

2.4.11 เมล็ดพันธุ์เปลี่ยนสี (color change)

เมล็ดพันธุ์ที่มีการเสื่อมคุณภาพเช่นเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาไว้เป็นเวลานานจะมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพเกิดขึ้น ลักษณะที่เด่นชัดคือการเปลี่ยนแปลงของสีเมล็ดซึ่งอาจเป็นสีของเพอริคาร์พ (pericarp) หรือสีของเยื่อหุ้มเมล็ดพันธุ์ ส่วนใหญ่สีของเมล็ดจะคล้ำขึ้น แสดงว่าเมล็ดพันธุ์มีการเสื่อมคุณภาพค่อนข้างสูง (Starzinger *et al.* 1982) สอดคล้องกับการทดลองของ Saio (1980) ซึ่งรายงานว่าในเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เก็บรักษาไว้นานจะมีสีคล้ำ

2.4.12 ผลผลิตลดลง (reduced yield)

เมล็ดพันธุ์ที่มีการเสื่อมคุณภาพแม้จะงอกได้ตามปกติจนกระทั่งออกดอก ติดผลหรือเมล็ดก็ตาม แต่ผลผลิตและคุณภาพของผลผลิตที่ได้จะต่ำกว่าต้นพืชที่งอกจากเมล็ดพันธุ์ที่แข็งแรงสูง (Walter and Jensen. 1970)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.13 ความงอกในไร่ลดลง (loss of field emergence)

เมล็ดพันธุ์ที่มีการเสื่อมคุณภาพซึ่งมีอาการต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้น เมื่อนำไปปลูกจะมีความงอกในไร่หรือในแปลงปลูกลดลง ถึงแม้ว่าความงอกในห้องปฏิบัติการจะยังไม่ลดลงก็ตาม (Moore and Longer. 1989)

2.4.14 ต้นกล้าผิดปกติเพิ่มมากขึ้น (increased abnormal seedling)

เมื่อเมล็ดพันธุ์มีการเสื่อมคุณภาพมากขึ้นจะมีผลทำให้ความงอกของเมล็ดพันธุ์ในห้องปฏิบัติการลดลงเนื่องจากมีจำนวนต้นกล้าผิดปกติมากขึ้น ความผิดปกติของต้นกล้านี้เกิดขึ้นเนื่องจากมีเนื้อเยื่อที่เสื่อมสภาพมากขึ้น เช่น การที่ไฮโปคอททิล (hypocotyl) ไม่ยืดตัวทำให้ส่วนของรากชะงักงัน (stunt root) ต้นกล้าที่ผิดปกตินี้ไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปเนื่องจากใบเลี้ยงไม่สามารถดึงส่วนของยอดอ่อนให้โผล่พ้นเหนือผิวดินได้ ซึ่งอาการที่แสดงออกนี้เป็นอาการของเมล็ดพันธุ์ที่มีการเสื่อมคุณภาพสูงสุดก่อนที่เมล็ดพันธุ์จะตาย (Roberts and Ellis. 1982)

2.5 สาเหตุการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์

ปรากฏการณ์แรกของการเสื่อมคุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาในสภาพธรรมชาติและเมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมคุณภาพโดยการเร่งอายุคือการเสื่อมสภาพของเมมเบรน (Ching and Schoolcraft. 1968 ; Roberts. 1972 ; Powell and Matthews. 1977 ; Parrish and Leopold. 1979) ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากขบวนการ peroxidation ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว (polyunsaturated fatty acid) ที่เป็นผลจากการย่อยสลายไขมันสะสมและไขมันที่ทำหน้าที่เป็นส่วนประกอบของโครงสร้างของเมมเบรนของเซลล์และอวัยวะย่อยของเซลล์โดยเอนไซม์ lipolytic เช่น lipase และ phospholipase ได้กรดไขมันอิสระ (free fatty acid) ที่เป็นอันตรายต่อเมมเบรนและกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่ไวต่อการทำลายของปฏิกิริยา peroxidation จะถูกออกซิไดซ์และกระตุ้นต่อด้วยเอนไซม์ lipoxygenase หรือ autoxidation ได้สารประกอบ hydroperoxide ขบวนการ peroxidation โดยการเกิด autoxidation แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน (Halliwell and Gutteridge. 1984) ดังนี้

Initiation เป็นขั้นตอนแรกของการเกิด autoxidation ในขั้นตอนนี้กรดไขมันไม่อิ่มตัว (RH) จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนโดยอาจมีความร้อน แสง metal ions หรือ metalloprotein เช่น haem เป็นตัวกระตุ้นปฏิกิริยา ทำให้ได้ free radical (R :) ดังปฏิกิริยาต่อไปนี้

$$RH + O_2 \longrightarrow \text{free radical (R :)}$$

$$ROOH \longrightarrow \text{free radical (ROO .)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Propagation เป็นขั้นตอนที่ free radical (R:) ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนทำให้ได้ peroxy radical (ROO .) และเกิดปฏิกิริยาต่อไปได้เป็นสารประกอบ hydroperoxide (ROOH) และ free radical (R :) ตัวใหม่ดังปฏิกิริยาต่อไปนี้

$$R: + O_2 \longrightarrow ROO.$$

$$ROO. + RH \longrightarrow R: + ROOH \text{ (hydroperoxide)}$$

Termination เป็นขั้นตอนที่ free radical (R:) 2 ตัวรวมกันเกิดเป็นสารประกอบที่เสถียรภาพ (stable) ไม่เกิดปฏิกิริยาต่อไปดังนี้

$$R: + R: \longrightarrow \text{stable end product}$$

สารประกอบ hydroperoxide เป็นผลผลิตปฐมภูมิ (primary product) ของปฏิกิริยา peroxidation เป็นสารที่ไม่เสถียรสามารถเกิดปฏิกิริยากับสารอื่น ๆ และเกิดการแตกตัวเป็นสารประกอบที่มีโมเลกุลเล็กลงเช่น aldehyde, alcohol และ hydrocarbon (Woodstock and Taylorson. 1981) สารประกอบเหล่านี้เป็นผลผลิตทุติยภูมิ (secondary product) ที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อเมล็ดพันธุ์ โดยทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเมมเบรนซึ่งมีผลต่อความเหลว (fluidity) ของเมมเบรน กระทบกระเทือนส่วนประกอบของไขมันและ receptor ตลอดจนทำให้เมมเบรนสูญเสียสภาพไม่สามารถทำหน้าที่ได้อย่างปกติ เป็นผลให้แคลเซียมซึมผ่านเข้าสู่เซลล์มากขึ้น โดยแคลเซียมจะไปเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ proteinase และ nuclease ทำให้เกิดการทำลายของโปรตีนและดีเอ็นเอและมีผลทำให้ไมโตคอนเดรียมีรูปร่างผิดปกติ นอกจากนี้ hydroperoxide สามารถก่อให้เกิด cross – linkage ของโปรตีน ซึ่งความเสียหายทั้งหมดที่เกิดขึ้นจาก lipid peroxidation เชื่อว่ามีผลต่อการแก่ของเซลล์ และอวัยวะย่อยภายในเซลล์ (Sung. 1996) Halliwell and Gutteridge (1984) รายงานว่า การวัดสารประกอบ hydroperoxide มีหลายวิธีซึ่งวิธีที่นิยมแพร่หลายคือการวัดค่าเปอร์รอกไซด์ (peroxide value) และ gas liquid chromatography (GC) ส่วนการวัดผลผลิตทุติยภูมิจะนิยมวัดปริมาณสาร MDA โดยวิธี thiobarbituric acid test (Stewart and Bewley. 1980)

นอกจากนี้ยังพบว่าการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เก็บรักษาไว้ในสภาพธรรมชาติและเมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมคุณภาพโดยการเร่งอายุยังมีสาเหตุมาจากการทำลายของเชื้อรา *Aspergillus* spp. และ *Penicillium* spp. โดยเฉพาะ *Aspergillus* spp. เป็นเชื้อราที่สำคัญที่สุด เพราะสามารถเจริญเติบโตได้ดีกว่า และยังสามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพที่มีความชื้นต่ำซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนสีและรูปร่างของเมล็ดพันธุ์ นอกจากนี้ยังผลิตเอนไซม์และสารพิษพวก alflatoxin ทำความเสียหายให้กับเมมเบรนจนเกิดการรั่วไหลของสารประกอบต่าง ๆ ออกจากเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 4

3.1.2 สารเคมี

3.1.2.1 Evan's blue [$C_{34}H_{24}N_6O_{14}S_4Na_4$]

3.1.2.2 2,3,5-Triphenyl tetrazolium chloride (TZ) [$C_{19}H_{15}ClN_4$]

3.1.2.3 Ethylene glycol monomethyl ether (Methyl cellosolve) [$C_3H_8O_2$]

3.1.2.4 2-Thiobarbituric acid (TBA) [$C_4H_4N_2O_2S$]

3.1.2.5 Trichloroacetic acid [$C_2HCl_3O_2$]

3.1.2.6 Ethanol [C_2H_5OH]

3.1.2.7 Sodium chloride [NaCl]

3.1.2.8 Sodium hypochlorite [NaClO]

3.1.2.9 Malt agar

3.1.3 เครื่องมือวิทยาศาสตร์

3.1.3.1 ตู้อบแห้ง WTB Binder รุ่น F115

3.1.3.2 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ WTB Binder รุ่น KB

3.1.3.3 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ Hotpack รุ่น 352602

3.1.3.4 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 3 ตำแหน่ง Sartorius รุ่น 3105

3.1.3.5 เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า Jenway รุ่น 4010

3.1.3.6 เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ Milton roy รุ่น 401

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3.7 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง Consort รุ่น C831T

3.1.3.8 เครื่องคนสารละลายอัตโนมัติและแท่งแม่เหล็ก Gem รุ่น HS 101

3.1.3.9 อ่างควบคุมอุณหภูมิ Memmert รุ่น WB22

3.1.3.10 Microscope Olympus รุ่น BX51

3.1.3.11 Refrigerated centrifuge Hettich รุ่น Universal 32R

3.1.3.12 Maximum-minimum thermometer

3.1.3.13 Wet and dry bulb psychrometer

3.1.3.14 Hygrometer

3.1.4 เครื่องแก้ว ประกอบด้วย บีกเกอร์ ขวดปรับปริมาตร ไปเปต กระบอกตวง จานเพาะเลี้ยง และหลอดทดลอง เป็นต้น

3.1.5 วัสดุ

3.1.5.1 กล่องพลาสติกเร่งอายุขนาด 10.5x10.5x6.5 ซม. และตะแกรงลวดขนาด 10x10 ซม. มีขาตั้งสูง 4.5 ซม.

3.1.5.2 ถุงพลาสติกขนาด 45x55 ซม.

3.1.5.3 กระบะไม้ขนาด 40x50x10 ซม.

3.1.5.4 ถุงกระดาษหนังสือพิมพ์ขนาด 10x12 ซม.

3.1.5.5 ถ้วยอลูมิเนียมสำหรับตรวจสอบความชื้น (moisture can)

3.1.5.6 กระป๋องพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 18 ซม. สูง 23 ซม.

3.1.5.7 กระดาษเพาะ

3.2 การผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

ปลูกเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 4 ซึ่งเป็นเมล็ดพันธุ์ขยายของศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ ในแปลงเกษตรกร อ.พระพุทธบาท จ.สระบุรี ในวันที่ 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พฤษภาคม 2543 ปลูกแบบหยอดเมล็ดเป็นแถวโดยมีระยะระหว่างแถว 50 ซม. ระยะระหว่างหลุม 7 ซม. หยอดเมล็ดลงในหลุม ๆ ละ 4 เมล็ด โดยมีฟูราดานรองก้นหลุมเพื่อป้องกันแมลง เมื่อถั่วเหลืองอายุได้ 15 วันหลังงอกทำการพรวนดินกำจัดวัชพืชและถอนแยกต้นกล้าให้เหลือหลุมละ 2 ต้น เมื่อถั่วเหลืองอายุ 30 วันหลังงอกใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อถั่วเหลืองอายุ 40 และ 60 วันหลังงอกฉีดพ่นสารกำจัดแมลง (พาราไธออน) และสารกำจัดโรค (ไบแนบ) ในอัตรา 30 กรัมต่อน้ำ 100 ลิตร เมื่อถั่วเหลืองอายุ 65 วันหลังงอกใส่ปุ๋ยสูตร 13-13-21 ในอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ เก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์เมื่อเมล็ดพันธุ์สุกแก่ทางสรีรวิทยาหรือเมื่อฝักเมล็ดเปลี่ยนเป็นสีเหลืองประมาณ 80-90 % ในวันที่ 1 กันยายน 2543

3.3 สถานที่ดำเนินงาน

ห้องปฏิบัติการเมล็ดพันธุ์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.4 ระยะเวลาการดำเนินงาน

เดือนกันยายน พ.ศ. 2543 – พฤษภาคม พ.ศ. 2544

3.5 วิธีการดำเนินงาน

นำเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เก็บเกี่ยวในระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยามาผึ่งลมในที่ร่มในห้องปฏิบัติการจนฝักแห้งจึงกระเทาะเมล็ดด้วยมือและนำเมล็ดผึ่งลมจนกระทั่งความชื้นของเมล็ดลดลงเหลือประมาณ 10-12% สุ่มแบ่งเมล็ดพันธุ์ที่ได้ออกเป็น 3 ส่วนเท่า ๆ กัน นำเมล็ดพันธุ์ในแต่ละส่วนทำการทดลองดังนี้

การทดลองที่ 1 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเร่งอายุ โดยทำการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ที่อุณหภูมิ 40 $^{\circ}$ซ ความชื้นสัมพัทธ์ 100% ด้วยวิธี tray method (McDonald and Phaneedranath. 1978) เป็นระยะเวลา 7 วัน สุ่มตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ทุกวันหลังการเร่งอายุเพื่อทำการตรวจสอบคุณภาพ

การทดลองที่ 2 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ โดยนำเมล็ดพันธุ์ใส่ถุงผ้าวางไว้ในห้องปฏิบัติการในสภาพที่มีอากาศถ่ายเทได้สะดวก บันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ทุกวันโดยใช้ maximum-minimum thermometer และ hygrometer ตามลำดับ เก็บรักษาเมล็ดพันธุ์นาน 8 เดือน สุ่มตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ทุกเดือนเพื่อทำการตรวจสอบคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 3 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ โดยนำเมล็ดพันธุ์ใส่ถุงพลาสติก 2 ชั้นรัดปากถุงให้แน่นนำไปใส่ในกล่องพลาสติกที่ปิดผนึก เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 5 °ซ เป็นระยะเวลานาน 8 เดือนสุ่มตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ทุก 2 เดือนเพื่อทำการตรวจสอบคุณภาพ

3.6 วิธีการทดลอง

3.6.1 การตรวจสอบความชื้น (Moisture test)

สุ่มเมล็ดในแต่ละตัวอย่างจำนวน 50 เมล็ดต่อซ้ำทำ 3 ซ้ำ นำเมล็ดไปชั่งหาน้ำหนักสดจากนั้นนำไปใส่ใน moisture can แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 °ซ เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง นำเมล็ดไปชั่งหาน้ำหนักแห้งหลังอบ คำนวณหาความชื้นของเมล็ดพันธุ์โดยสูตรตามวิธีของจวงจันทร์ ดวงพัตรา (2529) ดังนี้

$$\text{ความชื้นของเมล็ด (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักสดของเมล็ด} - \text{น้ำหนักแห้งของเมล็ด}}{\text{น้ำหนักสดของเมล็ด}} \times 100$$

3.6.2 การตรวจสอบความงอกมาตรฐาน (Standard germination test)

ตรวจสอบตามวิธีการของ ISTA (1985) โดยสุ่มเมล็ดในแต่ละตัวอย่างจำนวน 50 เมล็ดต่อซ้ำทำ 3 ซ้ำ เพาะเมล็ดโดยวางเมล็ดไว้ระหว่างกระดาษเพาะ (between paper) ที่ทำให้ชื้นด้วยน้ำกลั่น ม้วนกระดาษเพาะหลวม ๆ นำใส่ในถุงพลาสติกแล้วรัดปากถุงนำไปเพาะที่อุณหภูมิ 25 °ซ ตรวจนับความงอกครั้งแรกที่ 5 วัน และครั้งสุดท้ายที่ 8 วันหลังเพาะ คำนวณเปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐานจากจำนวนต้นกล้าปกติที่งอกรวมกับจำนวนเมล็ดแข็ง

3.6.3 การตรวจสอบความมีชีวิตด้วยสารละลาย TZ (TZ test)

ตรวจสอบตามวิธีการของ ISTA (1985) โดยสุ่มเมล็ดในแต่ละตัวอย่างจำนวน 50 เมล็ดต่อซ้ำทำ 3 ซ้ำ นำเมล็ดไปหุ้มด้วยกระดาษเพาะที่ชุ่มน้ำ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 °ซ เป็นเวลา 16 ชั่วโมง จากนั้นนำเมล็ดไปแช่ในสารละลาย TZ เข้มข้น 1% โดยปริมาณสารละลายต้องท่วมเมล็ดตลอดระยะเวลาการแช่ แล้วนำไปไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 35 °ซ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จึงนำเมล็ดมาล้างด้วยน้ำสะอาด ประเมินความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์จากรูปแบบการติดสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.4 การตรวจสอบความแข็งแรง (Vigor test) วิธีการที่ใช้มีดังนี้

3.6.4.1 การวัดอัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้า (Seedling growth rate test)

สุ่มเมล็ดในแต่ละตัวอย่างจำนวน 50 เมล็ดต่อซ้ำทำ 3 ซ้ำ เพาะเมล็ดโดยวางเมล็ดไว้ระหว่างกระดาษเพาะที่ทำให้ชื้นด้วยน้ำกลั่น ม้วนกระดาษเพาะหลวม ๆ นำไปใส่ในบีกเกอร์ขนาด 1 ลิตร เติมน้ำกลั่นลงในบีกเกอร์ประมาณ 10 มล. จากนั้นนำถุงพลาสติกหุ้มปิดปากบีกเกอร์เพื่อรักษาระดับความชื้นภายในให้ชื้นอยู่เสมอ นำไปไว้ที่อุณหภูมิ 25 $^{\circ}$ซ เมื่อครบ 7 วัน ตรวจนับความงอกตามวิธีการตรวจสอบความงอกมาตรฐาน (ISTA. 1985) จากนั้นนำต้นกล้าซึ่งงอกปกติมาตัดเอาเฉพาะส่วนของใบเลี้ยง (cotyledon) ทิ้ง นำต้นกล้าบรรจุใส่ถุงกระดาษหนังสือพิมพ์นำไปอบที่อุณหภูมิ 100 $^{\circ}$ซ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อหาน้ำหนักแห้งและคำนวณหาอัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้าจากสูตรของ AOSA (1983) ดังนี้

$$\text{อัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้า} = \frac{\text{น้ำหนักแห้งของต้นกล้า}}{\text{จำนวนต้นกล้าปกติ}}$$

3.6.4.2 การวัดความเร็วในการงอก (Speed of germination test)

วิธีการนี้ทำร่วมกับการตรวจสอบความงอกมาตรฐาน ตรวจนับจำนวนต้นกล้าที่งอกปกติ คำนวณหาความเร็วในการงอกจากสูตรของ AOSA (1983) ดังนี้

$$\text{ความเร็วในการงอก} = \frac{\text{จำนวนต้นกล้าปกติ}}{\text{จำนวนวันของการนับครั้งแรก}} + \frac{\text{จำนวนต้นกล้าปกติ}}{\text{จำนวนวันของการนับครั้งสุดท้าย}}$$

3.6.4.3 การตรวจสอบความงอกในไร่ (Field emergence test)

สุ่มเมล็ดในแต่ละตัวอย่างจำนวน 50 เมล็ดต่อซ้ำ ทำ 3 ซ้ำ ปลูกในกระบะไม้ที่มีขนาด 40x50x10 ซม. ใช้ดินผสมเป็นวัสดุปลูก โดยใช้ระยะระหว่างแถว 9 ซม. และระยะระหว่างหลุม 5 ซม. ปลูกหลุมละ 1 เมล็ด ตรวจนับจำนวนต้นกล้าปกติซึ่งมียอดและใบเลี้ยงโผล่พ้นผิวดินทุก ๆ 2 วันหลังการปลูก (Maguire. 1962)

3.6.5 การตรวจสอบการรั่วไหลของเมมเบรนของเมล็ดพันธุ์มีดังนี้

3.6.5.1 การวัดค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity test)

ตรวจสอบตามวิธีการของ AOSA (1983) โดยสุ่มเมล็ดในแต่ละตัวอย่างจำนวน 50 เมล็ดต่อซ้ำทำ 3 ซ้ำ ชั่งน้ำหนักในแต่ละซ้ำแล้วนำเมล็ดใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เติมน้ำกลั่น 120 มล. นำไปไว้ที่อุณหภูมิ 20 °ซ วัดค่าการนำไฟฟ้าของสารที่รั่วไหลออกมาจากเมล็ดทุกๆ 1 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 10 ชั่วโมง และครั้งสุดท้ายที่ 24 ชั่วโมง

3.6.5.2 การวัดการดูดน้ำ (Imbibition test)

สุ่มเมล็ดในแต่ละตัวอย่างจำนวน 50 เมล็ดต่อซ้ำทำ 3 ซ้ำ ชั่งน้ำหนักในแต่ละซ้ำ นำเมล็ดใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มล. เติมน้ำกลั่น 120 มล. นำไปไว้ที่อุณหภูมิ 20 °ซ ชั่งน้ำหนักเมล็ดทุก ๆ 1 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 10 ชั่วโมง และครั้งสุดท้ายที่ 24 ชั่วโมง (Kalpana and Madhava Rao. 1995)

3.6.5.3 การย้อมสีเมล็ดด้วย Evan's blue (Evan's blue test)

ตรวจสอบตามวิธีการของ Schoettle and Leopold (1984) โดยสุ่มเมล็ดในแต่ละตัวอย่างจำนวน 10 เมล็ดต่อซ้ำทำ 3 ซ้ำ นำเมล็ดไปหุ้มด้วยกระดาษเพาะที่ชุ่มน้ำ นำไปไว้ที่อุณหภูมิ 25 °ซ เป็นเวลา 16 ชั่วโมง จากนั้นผ่าครึ่งเมล็ดตามขวางบริเวณกึ่งกลางของใบเลี้ยง โดยที่เยื่อหุ้มเมล็ดยังไม่ขาดออกจากกันแล้วนำเมล็ดไปแช่ในสารละลาย Evan's blue เข้มข้น 1% ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จึงนำเมล็ดออกมาล้างด้วยน้ำสะอาดแล้วใช้ใบมีดโกนตัดเนื้อเยื่อบริเวณที่ติดสีส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์

3.6.6 การวัดปริมาณสาร MDA

ตรวจสอบตามวิธีการของ Stewart and Bewley (1980) โดยสุ่มเมล็ดในแต่ละตัวอย่างจำนวน 30 เมล็ดต่อซ้ำทำ 4 ซ้ำ แบ่งเมล็ดในแต่ละซ้ำเป็น 3 ส่วนดังนี้คือ เมล็ดทั้งเมล็ด จำนวน 10 เมล็ด เมล็ดที่ตัดเอาเฉพาะส่วนของ แกนคัพภะ (embryo) จำนวน 10 เมล็ด และเมล็ดที่ตัดเอาเฉพาะส่วนของใบเลี้ยง (cotyledon) จำนวน 10 เมล็ด หลังจากนั้นนำเอาส่วนของเมล็ดทั้งเมล็ด แกนคัพภะ และใบเลี้ยง ต้มใน ethanol เข้มข้น 80% ปริมาณ 10 มล. เป็นเวลา 20 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วดูดเอาเฉพาะสารละลายปริมาณ 1 มล. ผสมรวมกับ TBA เข้มข้น 0.5% ในสารละลาย trichloroacetic acid เข้มข้น 20% ปริมาณ 2 มล. นำสารละลายที่ผสมกันดังกล่าวต้มที่อุณหภูมิ 90 °ซ เป็นเวลา 25 นาที แล้วนำไปแช่ในน้ำแข็งทันทีเพื่อหยุดปฏิกิริยา จากนั้นนำสารละลายดังกล่าวปั่นตกตะกอนด้วยความเร็ว 6,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นเวลา 15 นาที ดูดเอาเฉพาะสารละลายใสด้านบน (supernatant) นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 และ 600 นาโนเมตร นำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณสาร MDA จากความเข้มข้นของสารละลายที่ดูดกลืนแสง (C) ตามสูตรดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$A = KCL$$

A = ค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) คำนวนจาก ค่าการดูดกลืนแสงที่ A_{532}- A_{600}

K = ค่าคงที่ของการดูดกลืนแสงของสารที่ความยาวคลื่นหนึ่ง ๆ (specific extinction coefficient) ซึ่งเท่ากับ 155 $mM^{-1} \cdot CM^{-1}$

C = ความเข้มข้นของสารละลายที่ดูดกลืนแสง

L = ระยะทางที่แสงเดินทางผ่านซึ่งเท่ากับ 1 CM

3.6.7 การวัดกิจกรรมของเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนส (Dehydrogenase activity test)

ตรวจสอบตามวิธีการของ Saha and Basu (1984) โดยสุ่มเมล็ดในแต่ละตัวอย่างจำนวน 10 เมล็ดต่อซ้ำทำ 4 ซ้ำ นำเมล็ดไปหุ้มด้วยกระดาษเพาะที่ชุ่มน้ำ นำไปไว้ที่อุณหภูมิ 25 ^{o}ซ เป็นเวลา 16 ชั่วโมง จากนั้นใช้ใบมีดโกนตัดเอาเฉพาะแกนคัพภะไปแช่ในสารละลาย TZ เข้มข้น 0.2% แล้วนำไปไว้ที่อุณหภูมิ 30 ^{o}ซ เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จึงล้างออกด้วยน้ำสะอาด ซับให้แห้งและนำไปใส่ในหลอดทดลองที่มีสาร methyl cellosolve 6 มล. แล้วนำไปไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 8 ชั่วโมง กรองเอาสารละลายสีแดง นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร

3.6.8 การตรวจหาเชื้อรา (Fungi test)

สุ่มเมล็ดในแต่ละตัวอย่างจำนวน 30 เมล็ดต่อซ้ำทำ 4 ซ้ำ แบ่งเมล็ดในแต่ละซ้ำเป็น 3 ส่วนดังนี้คือ เมล็ดทั้งเมล็ดจำนวน 10 เมล็ด เมล็ดที่ตัดเอาเฉพาะส่วนของแกนคัพภะจำนวน 10 เมล็ด และเมล็ดที่ตัดเอาเฉพาะส่วนของใบเลี้ยง จำนวน 10 เมล็ด จากนั้นนำเอาส่วนของเมล็ดทั้งเมล็ด แกนคัพภะ และใบเลี้ยง ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่เยื่อหุ้มเมล็ดโดยการแช่ในสารละลาย sodium hypochlorite เข้มข้น 5% เป็นเวลา 2 นาที ล้างออกด้วยน้ำกลั่นที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้วเพาะส่วนต่าง ๆ ดังกล่าวลงบน malt salt agar ซึ่งประกอบด้วย agar เข้มข้น 2% malt extract เข้มข้น 2% (Harman. 1972) นำไปไว้ในที่มืดอุณหภูมิ 25 ^{o}ซ เป็นเวลา 10 วัน ตรวจสอบการทำลายของเชื้อราที่เจริญเติบโตบนเมล็ดพันธุ์

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด และตรวจสอบความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Statistical Analysis System (SAS)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 ความชื้นและความงอกของเมล็ดพันธุ์

4.1.1 ความชื้นและความงอกของเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการเร่งอายุ

ความชื้นและความงอกของเมล็ดพันธุ์มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 4.1) ตามระยะเวลาการเร่งอายุที่เพิ่มขึ้น ความชื้นของเมล็ดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วภายหลังการเร่งอายุ 1 วัน หลังจากนี้ความชื้นของเมล็ดจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเร่งอายุ ส่วนความงอกของเมล็ดจะลดลงเพียงเล็กน้อยใน 2 วันแรกของการเร่งอายุ หลังจากนี้ความงอกจึงลดลงอย่างรวดเร็ว และสูญเสียความมีชีวิตหมดสิ้นหลังจาก 5 วันของการเร่งอายุ

4.1.2 ความชื้นและความงอกของเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ

การเก็บรักษาตามธรรมชาติทำให้ความชื้นและความงอกของเมล็ดพันธุ์มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 4.2) โดยความชื้นของเมล็ดพันธุ์มีการผันแปรไปตามสภาพความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในระหว่างการเก็บรักษา ส่วนความงอกของเมล็ดพันธุ์จะลดลงต่ำกว่า 80% ภายหลังการเก็บรักษาได้ 3 เดือน และความงอกจะลดลงอย่างรวดเร็วภายหลังการเก็บรักษา 5 เดือน

4.1.3 ความชื้นและความงอกของเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ

ระยะเวลาการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพมีผลทำให้ความชื้นและความงอกของเมล็ดพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 4.3) โดยความชื้นและความงอกของเมล็ดพันธุ์มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ก่อนการเก็บรักษา

4.2 ลักษณะการติดสี TZ ของเมล็ดพันธุ์

4.2.1 ลักษณะการติดสี TZ ของเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการเร่งอายุ

จากการตรวจสอบความมีชีวิตโดยดูจากลักษณะการติดสีของเมล็ดพันธุ์ (ภาพที่ 4.4) พบว่ามีการลดลงในสัดส่วนของ TZ1 อย่างรวดเร็วเมื่อระยะเวลาการเร่งอายุเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.1) ขณะเดียวกันสัดส่วนของเมล็ดพันธุ์มีชีวิตโดยเฉพาะ TZ3 จะเพิ่มมากขึ้นใน 2 วันแรกของการเร่งอายุ หลังจากนี้ไปแล้วจะมีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในสัดส่วนของเมล็ดพันธุ์ไม่มีชีวิต ส่วน 3 วัน

เอกสารนี้ ... ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

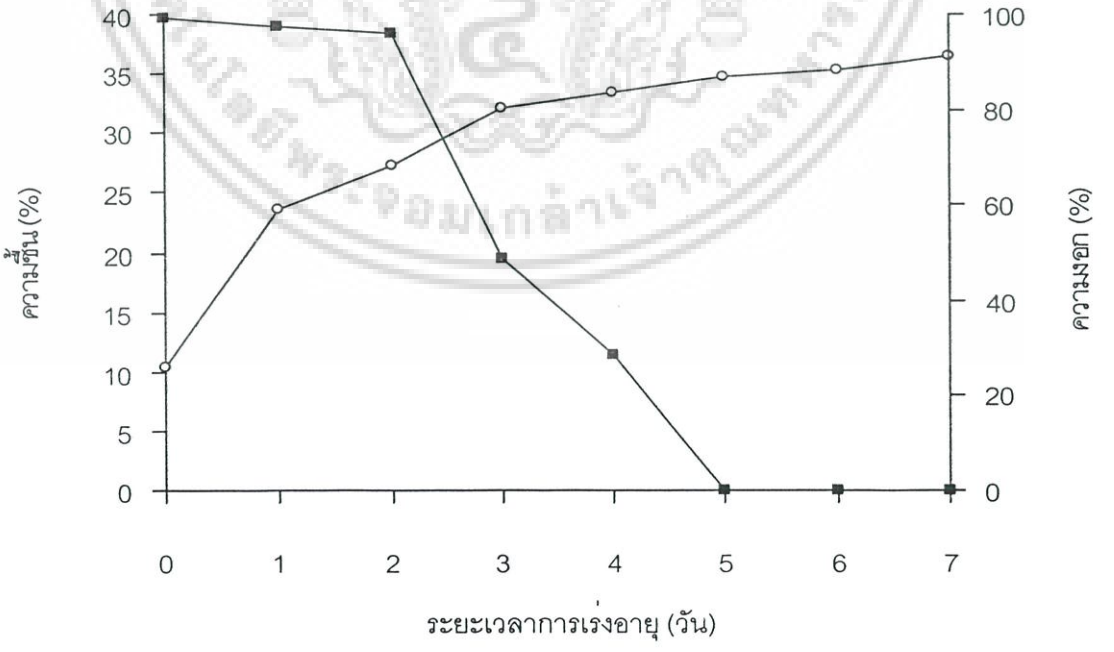
สุดท้ายของการเร่งอายุไม่พบสัดส่วนของเมล็ดพันธุ์ที่มีชีวิตอยู่เลย นอกจากนี้จะเห็นว่าเมล็ดพันธุ์ยังมีการเสื่อมคุณภาพสูงมาก โดยสังเกตจากการเพิ่มขึ้นในสัดส่วนของ TZ8-TZ10

4.2.2 ลักษณะการติดสี TZ ของเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ

จากการตรวจสอบความมีชีวิตโดยดูจากลักษณะการติดสีของเมล็ดพันธุ์ (ภาพที่ 4.4) พบว่าในภาพรวมแล้วการเปลี่ยนแปลงในสัดส่วนของเมล็ดพันธุ์มีชีวิตเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.1) มีลักษณะคล้ายคลึงกับสัดส่วนของเมล็ดพันธุ์มีชีวิตภายหลังการเร่งอายุ อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นไปในลักษณะที่ช้ากว่า ส่วนการเปลี่ยนแปลงในสัดส่วนของเมล็ดพันธุ์ไม่มีชีวิตเกิดขึ้นในลักษณะที่คล้ายคลึงกับสัดส่วนของเมล็ดพันธุ์ไม่มีชีวิตภายหลังการเร่งอายุเช่นกัน แต่การเปลี่ยนแปลงจะเป็นไปในลักษณะที่ช้ากว่า และไม่พบสัดส่วนของ TZ10 เกิดขึ้น

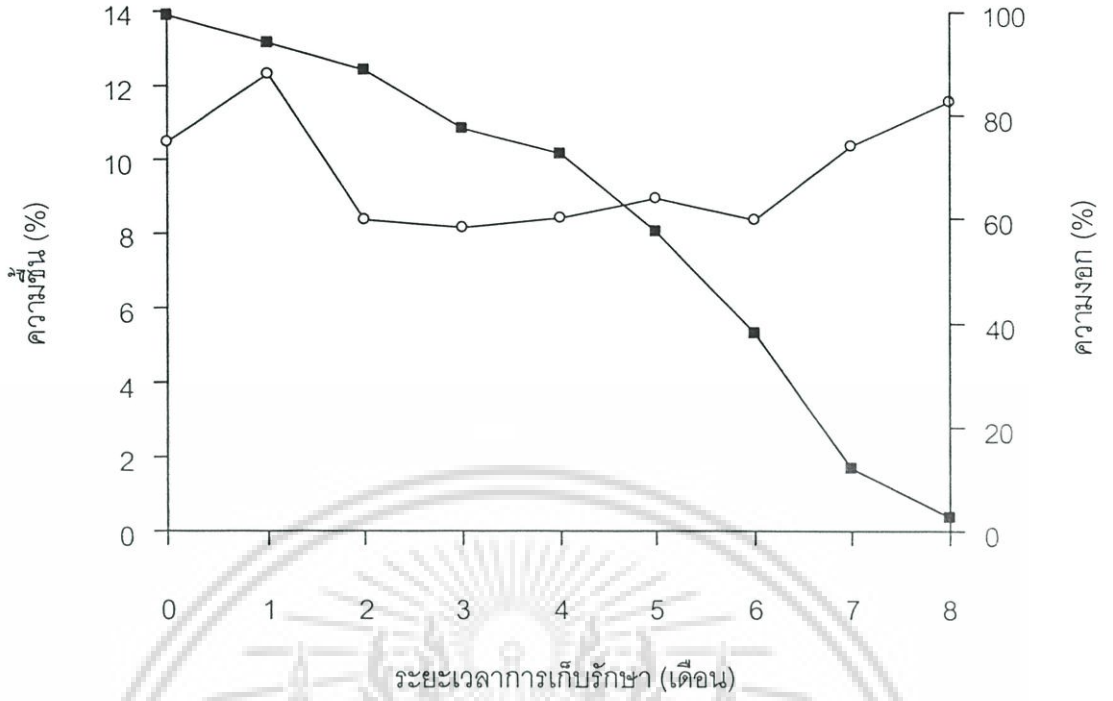
4.2.3 ลักษณะการติดสี TZ ของเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ

จากการตรวจสอบความมีชีวิตโดยดูจากลักษณะการติดสีของเมล็ดพันธุ์ (ภาพที่ 4.4) พบว่ามีการลดลงในสัดส่วนของ TZ1 เพียงเล็กน้อยตลอดอายุการเก็บรักษา (ตารางที่ 4.1) นอกจากนี้พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วน TZ3 น้อยมากจึงทำให้สัดส่วนของเมล็ดพันธุ์ส่วนใหญ่เป็นเมล็ดพันธุ์มีชีวิต

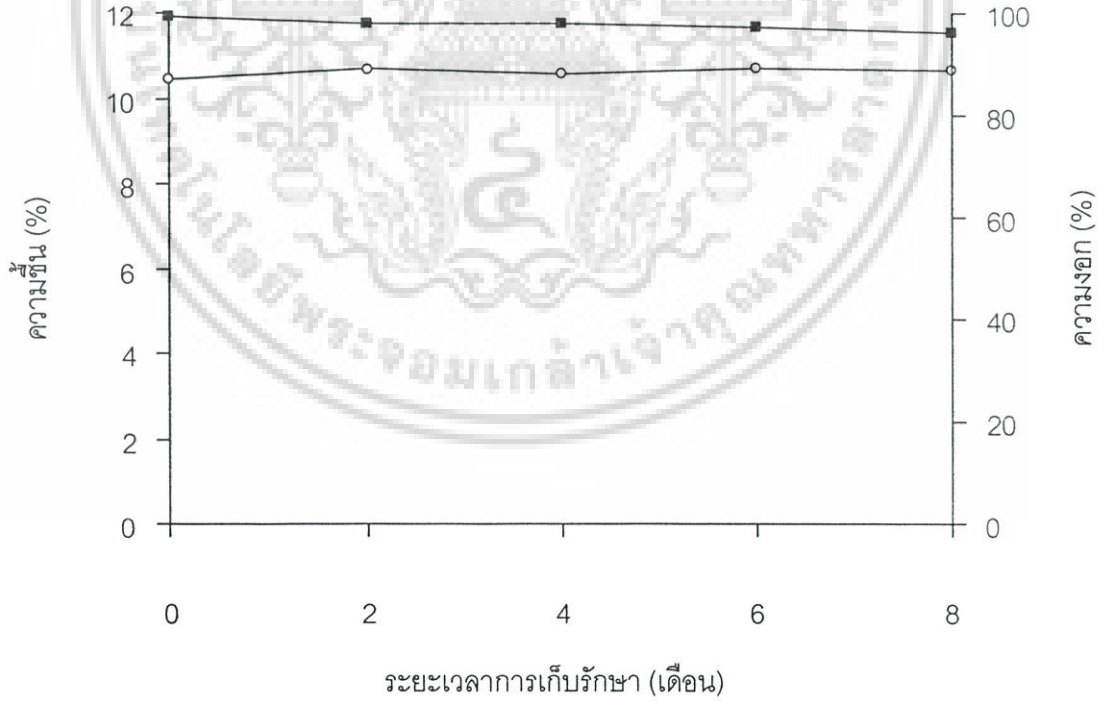


ภาพที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงความชื้น (–o–) และความงอก (–■–) ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เสื่อมคุณภาพในระหว่างการเร่งอายุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

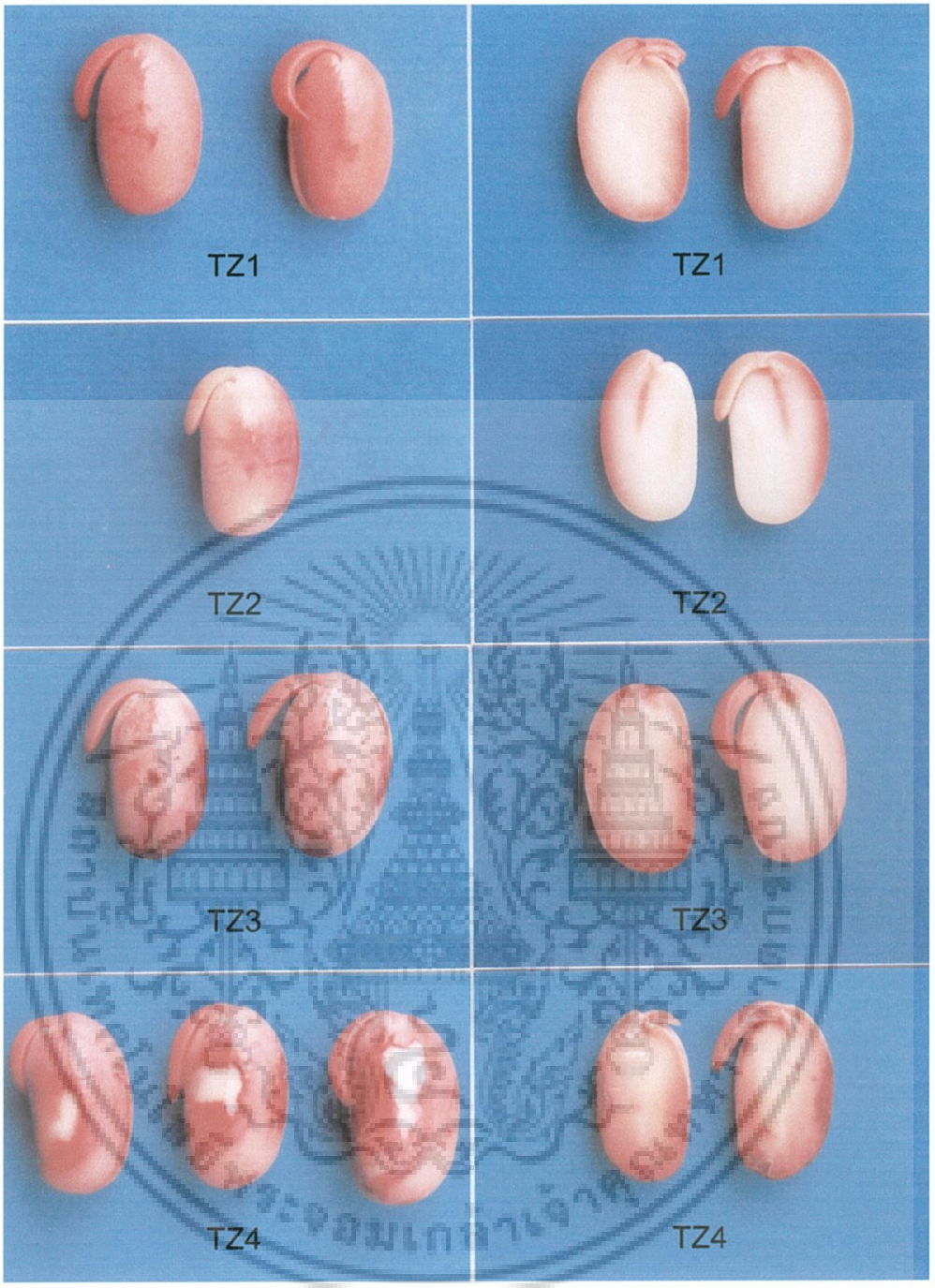


ภาพที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงความชื้น (—o—) และความงอก (—■—) ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ



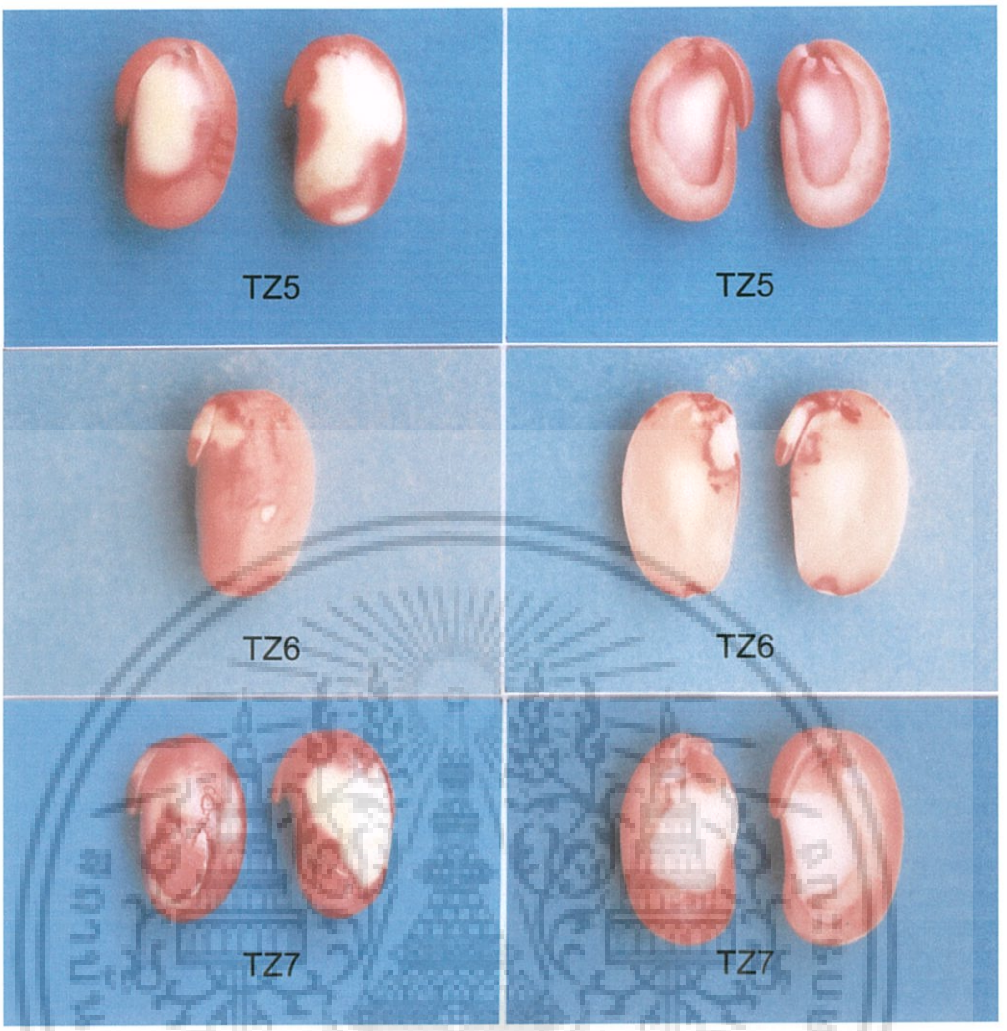
ภาพที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงความชื้น (—o—) และความงอก (—■—) ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



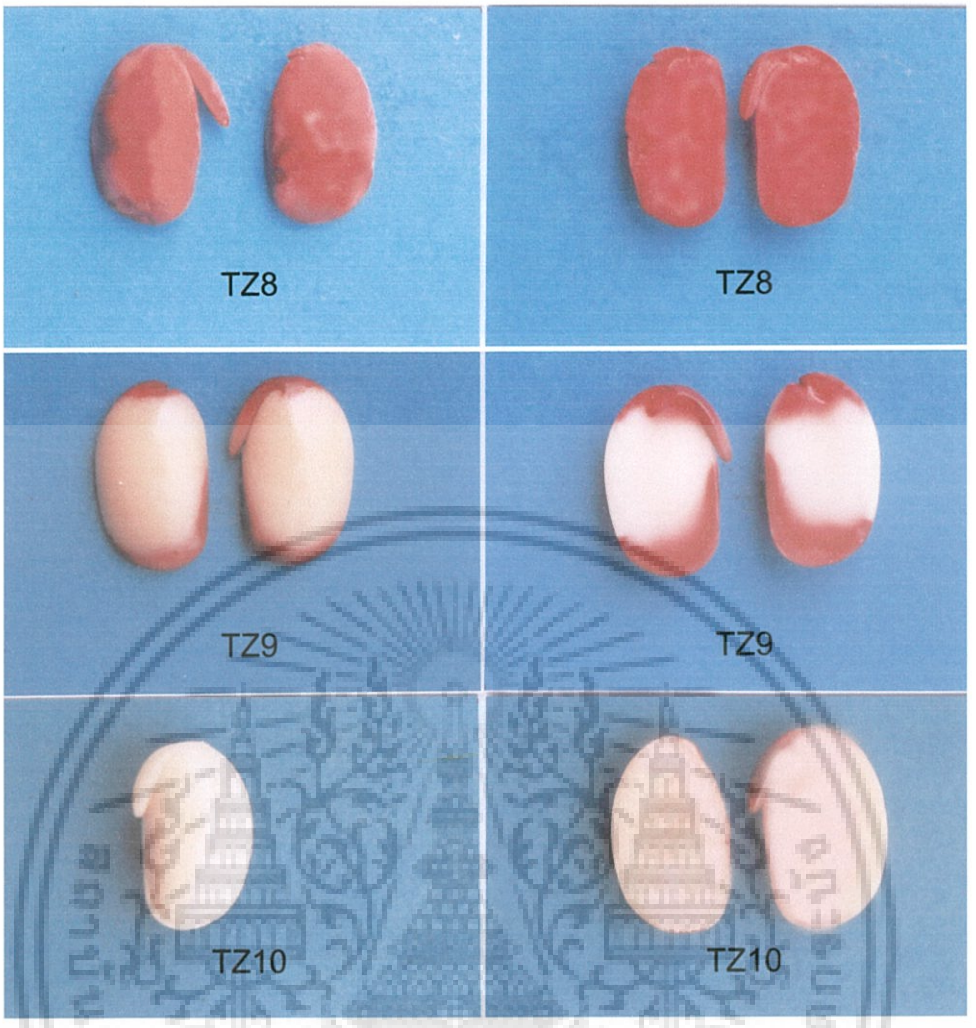
ภาพที่ 4.4 ลักษณะการติดสี (TZ1-TZ10) ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เสื่อมคุณภาพในระหว่างการเร่งอายุ การเสื่อมตามธรรมชาติ และการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ คอลัมน์ทางซ้ายมือแสดงการติดสีโครงสร้างภายนอกของเมล็ด คอลัมน์ทางขวามือแสดงการติดสีโครงสร้างภายในของเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.4 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.4 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลของการเร่งอายุ การเสื่อมตามธรรมชาติ และการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพที่มีต่อลักษณะการติดสี TZ ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

การทดลอง	ลักษณะการติดสี									
	เมล็ดพันธุ์มีชีวิต [1]				เมล็ดพันธุ์ไม่มีชีวิต [2]					
	TZ1	TZ2	TZ3	TZ4	TZ5	TZ6	TZ7	TZ8	TZ9	TZ10
การเร่งอายุ (วัน)										
0	73	1	25	ND	1	ND	ND	ND	ND	ND
1	47	ND	45	3	5	ND	ND	ND	ND	ND
2	36	ND	47	8	7	ND	2	ND	ND	ND
3	5	ND	15	25	35	1	16	3	ND	ND
4	7	ND	6	10	19	1	33	23	1	ND
5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	65	10	25
6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	11	23	66
7	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	6	93
เฉลี่ย	21	0.12	17.25	5.75	8.38	0.25	6.38	12.87	5	23
การเสื่อมตาม ธรรมชาติ (เดือน)										
0	73	1	25	ND	1	ND	ND	ND	ND	ND
1	43	ND	46	5	5	ND	1	ND	ND	ND
2	41	ND	39	5	12	ND	2	1	ND	ND
3	16	ND	46	11	16	ND	9	2	ND	ND
4	13	ND	30	26	23	1	4	3	ND	ND
5	2	ND	9	42	19	1	15	11	1	ND
6	1	ND	7	23	14	ND	22	27	6	ND
7	ND	1	5	3	10	1	23	28	29	ND
8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	7	41	52	ND
เฉลี่ย	21	0.22	23	12.78	11.11	0.33	9.22	12.56	9.78	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

การทดลอง	ลักษณะการติดสี									
	เมล็ดพันธุ์มีชีวิต [1]				เมล็ดพันธุ์ไม่มีชีวิต [2]					
	TZ1	TZ2	TZ3	TZ4	TZ5	TZ6	TZ7	TZ8	TZ9	TZ10
การเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ (เดือน)										
0	73	1	25	ND	1	ND	ND	ND	ND	ND
2	72	ND	27	ND	1	ND	ND	ND	ND	ND
4	74	ND	23	1	2	ND	ND	ND	ND	ND
6	69	ND	25	4	2	ND	ND	ND	ND	ND
8	69	ND	20	6	4	ND	1	ND	ND	ND
เฉลี่ย	71.4	0.2	24	2.2	2	0	0.2	0	0	0

[1] เมล็ดพันธุ์มีชีวิต
- TZ1 เมล็ดติดสีแดงปกติทั้งเมล็ด
- TZ2 เมล็ดติดสีแดงอ่อนปนกับสีแดงปกติเล็กน้อย
- TZ3 เมล็ดติดสีแดงปกติ และมีสีแดงเข้มกระจายทั่วไปบริเวณใบเลี้ยงน้อยกว่า 50%
- TZ4 เมล็ดมีบริเวณที่ติดสีแดงเข้มและไม่ติดสีกระจายทั่วไปบริเวณใบเลี้ยงน้อยกว่า 50% บริเวณที่เหลือติดสีแดงปกติ

[2] เมล็ดพันธุ์ไม่มีชีวิต
- TZ5 เมล็ดมีบริเวณที่ติดสีแดงเข้มและไม่ติดสีกระจายทั่วไปบริเวณใบเลี้ยงมากกว่า 50% บริเวณที่เหลือติดสีแดงปกติ
- TZ6 เมล็ดมีบริเวณที่ติดสีแดงเข้ม และ/หรือไม่ติดสีบริเวณปลายรากมากกว่า 50% และ/หรือบริเวณรอยต่อของใบเลี้ยงกับแกนคัพภะ บริเวณที่เหลือติดสีแดงปกติ
- TZ7 เมล็ดติดสีแดงเข้มมากกว่า 50% และบริเวณที่เหลือไม่ติดสี
- TZ8 เมล็ดติดสีแดงเข้มทั้งเมล็ด
- TZ9 เมล็ดมีบริเวณที่ติดสีแดงเข้มเฉพาะบริเวณขอบรอยต่อระหว่างใบเลี้ยง บริเวณที่เหลือไม่ติดสี
- TZ10 เมล็ดไม่ติดสีทั้งเมล็ด

ND = Not Detected (ไม่ปรากฏอาการ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์

4.3.1 ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการเร่งอายุ

ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายหลังการเร่งอายุ (ตารางที่ 4.2) ความงอกมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเมื่อเร่งอายุได้ 2 วัน หลังจากนี้ความงอกจะลดลงอย่างรวดเร็วจนไม่มีเมล็ดงอกเลยใน 3 วันสุดท้ายของการเร่งอายุ ส่วนการลดลงของความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์เป็นไปในลักษณะเดียวกันกับความงอก อย่างไรก็ตามในบรรดาวิธีที่ใช้ในการตรวจสอบความแข็งแรงทั้งหมด ความงอกในไร่เป็นวิธีการตรวจสอบเพียงวิธีเดียวที่ให้ค่าเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายหลังการเร่งอายุเพียง 1 วันแสดงให้เห็นว่าเมล็ดพันธุ์มีการเสื่อมคุณภาพเกิดขึ้น ในขณะที่ความงอกไม่สามารถบอกได้อย่างชัดเจน

4.3.2 ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ

ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.3) ในลักษณะที่คล้ายคลึงกับการลดลงของความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุ (ตารางที่ 4.2) แต่การลดลงในความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาในสภาพธรรมชาติเกิดขึ้นช้ากว่า จากการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์เพียง 1 เดือน พบว่าเมล็ดพันธุ์มีความงอกลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และความงอกจะลดลงอย่างรวดเร็วภายหลัง 6 เดือนของการเก็บรักษา ในบรรดาการตรวจสอบความแข็งแรงทั้งหมดพบว่าความเร็วในการงอกสามารถตรวจวัดการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ได้ภายหลังการเก็บรักษาเพียง 1 เดือนเท่านั้น

4.3.3 ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ

ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ลดลงเล็กน้อยโดยไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ (ตารางที่ 4.4)

4.4 การรั่วไหลของเมมเบรนของเมล็ดพันธุ์

4.4.1 การรั่วไหลของเมมเบรนของเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการเร่งอายุ

4.4.1.1 การนำไฟฟ้าของเมล็ดพันธุ์

เมล็ดพันธุ์มีการรั่วไหลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.5) ตามระยะเวลาการเร่งอายุที่เพิ่มขึ้น เมื่อติดตามลักษณะการรั่วไหลภายหลังการแช่เมล็ดในน้ำที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน พบว่าการรั่วไหลเพิ่มขึ้นเห็นได้อย่างชัดเจนเมื่อแช่เมล็ดในน้ำได้เพียง 1 ชั่ว

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ห้ามมิให้ผู้ใดนำไปใช้ประโยชน์ในทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมงเท่านั้น (ภาพที่ 4.5 A) หลังจากนี้ไปจนถึงชั่วโมงที่ 10 เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุได้ 1 และ 2 วัน มีอัตราการรั่วไหลเพิ่มขึ้นแต่เพิ่มขึ้นในอัตราที่ลดลงหรือเป็นเส้นตรงคู่ขนานกันอย่างใกล้ชิด เมล็ดพันธุ์ที่เร่งอายุได้ 3 และ 4 วัน มีอัตราการรั่วไหลที่มากกว่า และคู่ขนานกันอย่างใกล้ชิด ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่เร่งอายุ 5 6 และ 7 วัน มีลักษณะการรั่วไหลที่เพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วตลอดระยะเวลาการแช่เมล็ดในน้ำ

4.4.1.2 การดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์

การดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.5) ตลอดระยะเวลาการเร่งอายุ เมื่อติดตามลักษณะการดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์ภายหลังการแช่น้ำในระยะเวลาต่าง ๆ กันพบว่าเมล็ดพันธุ์ที่เร่งอายุต่างกันดูดน้ำเข้าไปอย่างรวดเร็วต่างกัน หลังจากแช่เมล็ดในน้ำเพียง 1 ชั่วโมงเท่านั้น (ภาพที่ 4.5B) หลังจากนี้การดูดน้ำของเมล็ดจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ แต่จะเพิ่มขึ้นในอัตราที่ลดลง เมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้เร่งอายุ (0 วัน) มีลักษณะการดูดน้ำที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วใน 2-3 ชั่วโมงแรกของการแช่เมล็ดในน้ำ หลังจากนี้จึงเพิ่มอย่างช้า ๆ ตลอดระยะเวลาการแช่เมล็ดในน้ำ เมล็ดพันธุ์ที่เร่งอายุ 1 วันมีการดูดน้ำที่คล้ายคลึงกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้เร่งอายุ แต่หลังจาก 7 ชั่วโมงไปแล้วการดูดน้ำจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่เร่งอายุอื่น ๆ มีการดูดน้ำเพิ่มขึ้นมากกว่าอย่างเห็นได้ชัดตลอดระยะเวลาการแช่เมล็ดในน้ำ

4.4.2 การรั่วไหลของเมมเบรนของเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ

4.4.2.1 การนำไฟฟ้าของเมล็ดพันธุ์

เมล็ดพันธุ์มีการรั่วไหลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.6) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา การรั่วไหลของเมล็ดพันธุ์มีลักษณะที่คล้ายคลึงกับการรั่วไหลของเมล็ดพันธุ์ที่เร่งอายุ (ตารางที่ 4.5) แต่เกิดขึ้นในลักษณะที่ช้ากว่า เมื่อติดตามลักษณะการรั่วไหลของเมล็ดพันธุ์ภายหลังการแช่เมล็ดในน้ำในระยะเวลาต่าง ๆ กัน พบว่าเมล็ดพันธุ์มีการรั่วไหลเพิ่มขึ้นเห็นได้ชัดหลังจากแช่เมล็ดในน้ำเพียง 1 ชั่วโมงเท่านั้น (ภาพที่ 4.6A) การรั่วไหลของเมล็ดพันธุ์เป็นไปได้ในลักษณะที่เพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นถึงการเกิดขึ้นของการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์

4.4.2.2 การดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์

การดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.6) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เมื่อติดตามลักษณะการดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์ภายหลังการแช่เมล็ดในน้ำที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่มีอายุการเก็บรักษาต่างกันดูดน้ำเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วต่างกันหลังจากการแช่เมล็ดในน้ำได้เพียง 1 ชั่วโมงเท่านั้น (ภาพที่ 4.6B) ลักษณะการดูด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำของเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาในสภาพธรรมชาตินี้คล้ายกับการดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์ที่เร่งอายุ (ภาพที่ 4.5B)

4.4.3 การรั่วไหลของเมมเบรนของเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ

4.4.3.1 การนำไฟฟ้าของเมล็ดพันธุ์

เมล็ดพันธุ์มีการรั่วไหลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.7) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามการรั่วไหลนี้เพิ่มขึ้นไม่มากนักเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ก่อนการเก็บรักษา เมื่อติดตามผลลักษณะการรั่วไหลภายหลังการแช่เมล็ดในน้ำที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน พบว่าเมล็ดพันธุ์ทุกระยะการเก็บรักษามีลักษณะการรั่วไหลที่ต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (ภาพที่ 4.7A)

4.4.3.2 การดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์

เมล็ดพันธุ์มีการดูดน้ำเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาแต่ไม่พบว่ามีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.7) การเพิ่มขึ้นของการดูดน้ำไม่มากนักเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ก่อนการเก็บรักษา เมื่อติดตามผลลักษณะการดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์ภายหลังการแช่เมล็ดในน้ำ พบว่าในชั่วโมงแรกเมล็ดพันธุ์ที่มีอายุการเก็บรักษาต่างกันมีการดูดน้ำต่างกันน้อยมาก (ภาพที่ 4.7B) หลังจากนี้ไปแล้วเมล็ดพันธุ์จึงแสดงการดูดน้ำให้เห็นอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ก่อนการเก็บรักษา แต่ส่วนใหญ่แล้วอัตราการดูดน้ำเป็นไปในลักษณะที่ใกล้เคียงกัน

4.5 การติดสีของเนื้อเยื่อที่ย้อมด้วย Evan's blue

เซลล์ที่ติดสีน้ำเงินเมื่อย้อมด้วยสารละลาย Evan's blue เกิดจากความเสียหายของเมมเบรน (Schoettle and Leopold. 1984) ซึ่งทำให้สีที่ใช้ย้อมซึมผ่านเมมเบรนของเซลล์เข้าไปได้

4.5.1 การติดสี Evan's blue ของเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการเร่งอายุ

เมล็ดพันธุ์ก่อนการเร่งอายุมีจำนวนเซลล์ที่ติดสีเพียงเล็กน้อยภายหลังการเร่งอายุ จำนวนเซลล์ที่ติดสีมีเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาการเร่งอายุที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4.8) จำนวนเซลล์ที่ติดสีจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนเห็นได้ชัดภายหลังการเร่งอายุ 3 วัน และเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งเมล็ดพันธุ์มีเซลล์ที่ติดสีทั้งเมล็ดภายหลังการเร่งอายุ 5 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.2 การติดสี Evan's blue ของเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ

เมล็ดพันธุ์ก่อนการเก็บรักษาตามธรรมชาติมีจำนวนเซลล์ที่ติดสีเพียงเล็กน้อย ภายหลังการเก็บรักษาจำนวนเซลล์ติดสีจึงมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4.9) จำนวนเซลล์ที่ติดสีจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนเห็นได้ชัดภายหลังการเก็บรักษา 5 เดือน และจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งเมล็ดพันธุ์มีเซลล์ที่ติดสีทั้งเมล็ดภายหลังการเก็บรักษา 8 เดือน

4.5.3 การติดสี Evan's blue ของเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ

เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเก็บรักษาโดยควบคุมการเสื่อมคุณภาพ มีจำนวนเซลล์ที่ติดสีเล็กน้อยและไม่มีความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ก่อนการเก็บรักษา (ภาพที่ 4.10)

ตารางที่ 4.2 ผลของการเร่งอายุที่มีต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

ระยะเวลาการเร่งอายุ (วัน)	ความงอก (%)	ความมีชีวิต (%)	ความเร็วในการงอก (index)	อัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้า (mg/seedling)	ความงอกในไร่ (%)
0	99.33 a[1]	98.67 a	9.93 a	49.06 a	97.33 a
1	97.33 ab	95.33 ab	9.73 ab	46.51 ab	92.00 b
2	96.00 b	91.33 b	9.60 b	44.19 b	88.00 c
3	48.67 c	44.67 c	4.87 c	33.97 c	38.67 d
4	28.67 d	22.67 d	2.87 d	23.22 d	18.67 e
5	0.00 e	0.00 e	0.00 e	0.00 e	0.00 f
6	0.00 e	0.00 e	0.00 e	0.00 e	0.00 f
7	0.00 e	0.00 e	0.00 e	0.00 e	0.00 f

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ตามวิธีวิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลของการเสื่อมตามธรรมชาติที่มีต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

ระยะเวลาการเก็บรักษา(เดือน)	ความงอก (%)	ความมีชีวิต (%)	ความเร็วในการงอก (index)	อัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้า (mg/seedling)	ความงอกในไร่ (%)
0	99.33 a [1]	98.67 a	9.93 a	49.06 a	97.33 a
1	94.00 b	93.33 ab	9.40 b	47.59 ab	90.67 a
2	88.67 c	84.67 b	8.80 c	44.22 abc	81.33 b
3	77.33 d	77.33 c	7.73 d	43.88 abc	70.67 c
4	72.67 d	68.67 c	7.20 e	42.19 bc	59.33 d
5	57.33 e	52.67 d	5.73 f	41.05 c	46.67 e
6	38.00 f	31.33 e	3.80 g	27.04 d	25.33 f
7	12.00 g	9.33 f	1.20 h	21.78 d	7.33 g
8	2.67 h	0.00 f	0.27 i	0.00 e	0.00 h

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ตามวิธีวิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range Test

ตารางที่ 4.4 ผลของการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพที่มีต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)	ความงอก (%)	ความมีชีวิต (%)	ความเร็วในการงอก (index)	อัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้า (mg/seedling)	ความงอกในไร่ (%)
0	99.33 a [1]	98.67 a	9.93 a	49.06 a	97.33 a
2	98.00 a	98.67 a	9.80 a	48.96 a	97.33 a
4	98.00 a	98.00 a	9.80 a	48.03 a	96.67 a
6	97.33 a	96.67 a	9.73 a	47.95 a	96.00 a
8	96.00 a	94.67 a	9.60 a	47.72 a	95.33 a

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ตามวิธีวิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลของการเร่งอายุที่มีต่อการนำไฟฟ้าและการดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

ระยะเวลาการเร่งอายุ (วัน)	การนำไฟฟ้า (µs/cm/g.seed)	การดูดน้ำ (mg/seed)
0	37.72 g [1]	137.79 d
1	56.92 f	165.54 c
2	80.70 e	169.35 bc
3	114.83 d	174.55 abc
4	145.37 c	178.33 abc
5	201.89 b	185.45 abc
6	211.98 b	191.39 ab
7	253.30 a	197.90 a

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ตามวิธีวิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range Test

ตารางที่ 4.6 ผลของการเสื่อมตามธรรมชาติที่มีต่อการนำไฟฟ้าและการดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)	การนำไฟฟ้า (µs/cm/g.seed)	การดูดน้ำ (mg/seed)
0	37.27 f [1]	137.79 e
1	58.17 e	155.95 d
2	60.83 e	161.39 cd
3	62.62 e	164.89 cd
4	79.83 d	167.47 cd
5	94.56 c	169.72 bcd
6	101.77 c	171.04 bc
7	149.14 b	181.85 ab
8	188.97 a	189.99 a

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ตามวิธีวิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ผลของการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพที่มีต่อการนำไฟฟ้าและการดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)	การนำไฟฟ้า (µs/cm/g.seed)	การดูดน้ำ (mg/seed)
0	37.72 c [1]	137.79 a
2	39.88 b	140.28 a
4	40.13 ab	140.65 a
6	40.89 ab	142.43 a
8	41.71 a	145.55 a

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ตามวิธีวิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range Test

4.6 ปริมาณสาร MDA ของเมล็ดพันธุ์

4.6.1 ปริมาณสาร MDA ของเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการเร่งอายุ

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณ MDA ในส่วนต่าง ๆ ของเมล็ดพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดตลอดระยะเวลาการเร่งอายุ (ภาพที่ 4.11) MDA ของเมล็ดทั้งเมล็ดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายหลังการเร่งอายุได้ 5 วัน MDA ในส่วนของใบเลี้ยงมีปริมาณมากกว่าในส่วนของเมล็ดทั้งเมล็ดและเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายหลังการเร่งอายุได้ 1 วันและยังคงเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ตลอดระยะเวลาของการเร่งอายุ ปริมาณ MDA พบมากที่สุดในแกนคัพภะตลอดระยะเวลาของการเร่งอายุ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากปริมาณ MDA ที่เพิ่มขึ้นมีความผันแปรตลอดระยะเวลาของการเร่งอายุ

4.6.2 ปริมาณสาร MDA ของเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณ MDA ในส่วนต่าง ๆ ของเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาตามธรรมชาติ (ภาพที่ 4.12) มีลักษณะที่คล้ายคลึงกับเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุ (ภาพที่ 4.11) MDA ของเมล็ดพันธุ์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเก็บรักษาไปได้ 2 เดือน หลังจากนี้ไปแล้ว MDA ของเมล็ดทั้งหมดมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก MDA ในส่วนของใบเลี้ยงมีปริมาณมากกว่าในส่วนของเมล็ดทั้งเมล็ด MDA ในส่วนของใบเลี้ยงมีแนวโน้มที่จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ก่อนการเก็บรักษา แต่การเพิ่มขึ้นค่อนข้างผันแปรตลอดอายุการเก็บรักษาจึงทำให้ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ ปริมาณ MDA ยังคงมีมากที่สุดในแกนคัพภะและมีแนวโน้มที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเพิ่มขึ้นแต่การเพิ่มขึ้นมีความผันแปรตลอดอายุการเก็บรักษาเช่นเดียวกับที่พบในส่วนของใบเลี้ยง จึงทำให้ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติเช่นเดียวกัน

4.6.3 ปริมาณสาร MDA ของเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ

โดยทั่วไปการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ MDA ในทุก ๆ ส่วนของเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาที่มีการควบคุมการเสื่อมคุณภาพ (ภาพที่ 4.13) ยังคงมีลักษณะที่คล้ายคลึงกับเมล็ดพันธุ์ที่เร่งอายุ (ภาพที่ 4.11) และเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาตามธรรมชาติ (ภาพที่ 4.12) อย่างไรก็ตามการเพิ่มขึ้นของ MDA ในทุกส่วนของเมล็ดพันธุ์เกิดขึ้นน้อยมาก จึงทำให้การเปลี่ยนแปลงของ MDA ตลอดอายุการเก็บรักษาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4.7 กิจกรรมของเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนส

4.7.1 กิจกรรมของเอนไซม์ dehydrogenase ในระหว่างการเร่งอายุ

กิจกรรมของเอนไซม์ dehydrogenase ของเมล็ดพันธุ์ภายหลังการเร่งอายุลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.8) เอนไซม์นี้จะลดลงอย่างรวดเร็วภายหลังการเร่งอายุ 3 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ก่อนการเร่งอายุ (0 วัน) ในช่วง 3 วันสุดท้ายของการเร่งอายุกิจกรรมของเอนไซม์นี้จะลดลงอย่างรวดเร็วมากขึ้นไปอีก จนแทบจะไม่พบกิจกรรมของเอนไซม์นี้ใน 2 วันสุดท้ายของการเร่งอายุ ซึ่งสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นในสัดส่วนของเมล็ดพันธุ์ที่ไม่มีชีวิต (TZ8-TZ10) ในช่วง 3 วันสุดท้ายของการเร่งอายุ (ตารางที่ 4.1)

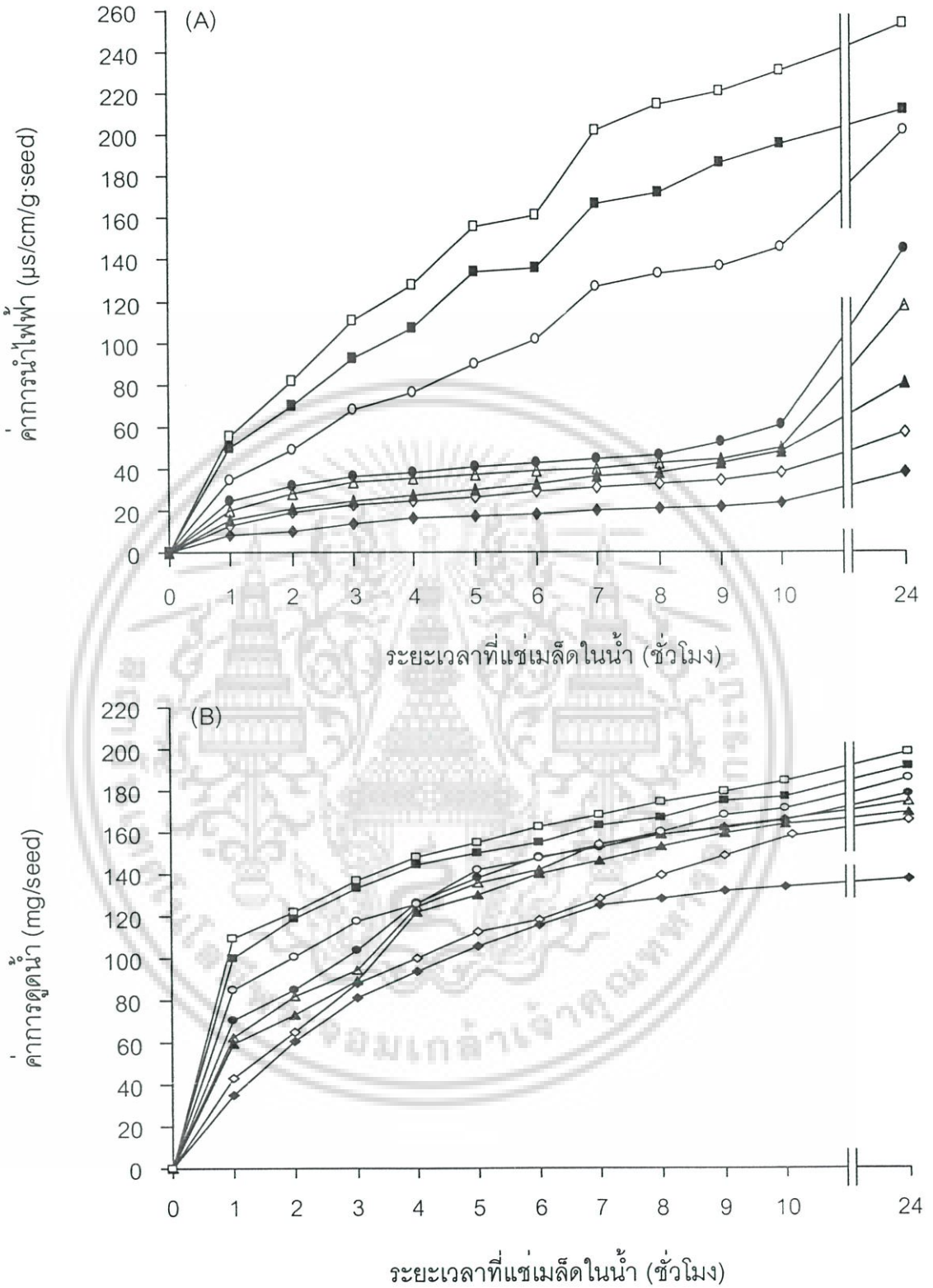
4.7.2 กิจกรรมของเอนไซม์ dehydrogenase ในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ

กิจกรรมของเอนไซม์ dehydrogenase ของเมล็ดพันธุ์ภายหลังการเก็บรักษาตามธรรมชาติเริ่มลดลงภายหลัง 4 เดือนของการเก็บรักษาเป็นต้นไป (ตารางที่ 4.9) เอนไซม์นี้มีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายหลัง 5 เดือนของการเก็บรักษา

4.7.3 กิจกรรมของเอนไซม์ dehydrogenase ในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ

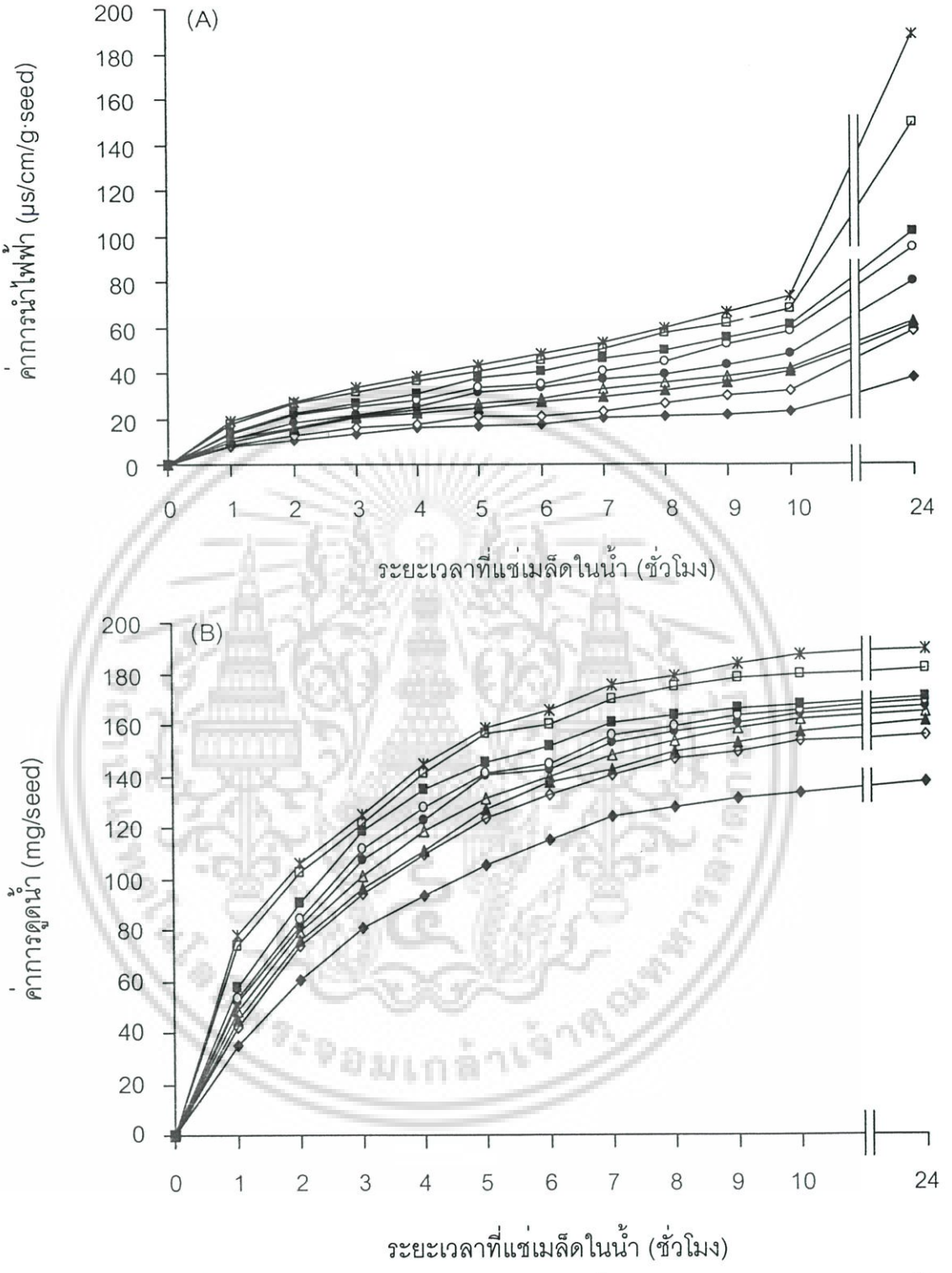
กิจกรรมของเอนไซม์ dehydrogenase ของเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาโดยควบคุมการเสื่อมคุณภาพไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.10) เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ dehydrogenase น้อยมากตลอดอายุการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



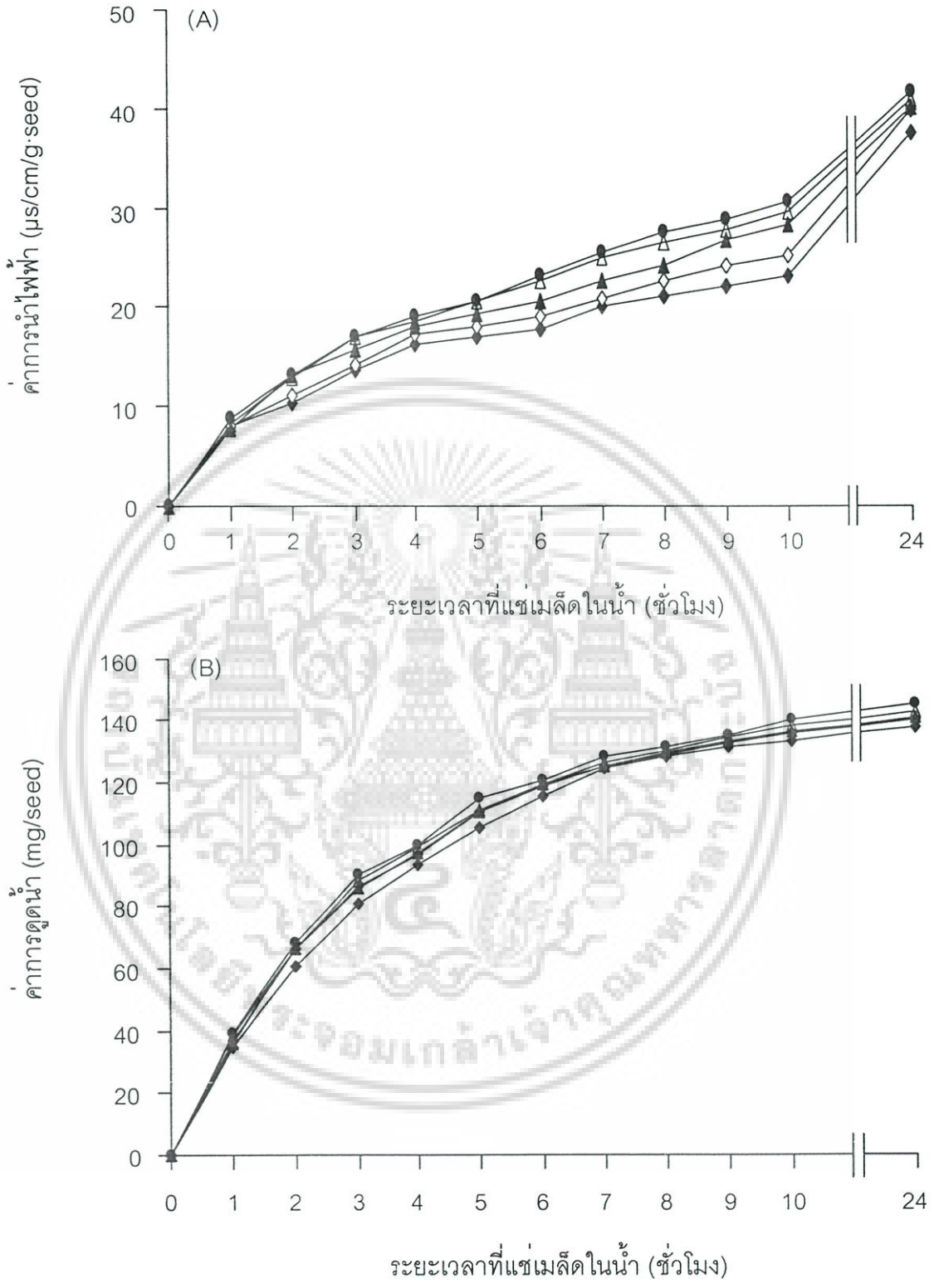
ภาพที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้า (A) และการดูดน้ำ (B) ในระหว่างการแช่เมล็ดในน้ำของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เสื่อมคุณภาพในระหว่างการเร่งอายุ (—◆— ก่อนเร่งอายุ —◇— เร่งอายุ 1 วัน —▲— เร่งอายุ 2 วัน —△— เร่งอายุ 3 วัน —●— เร่งอายุ 4 วัน —○— เร่งอายุ 5 วัน —■— เร่งอายุ 6 วัน และ —□— เร่งอายุ 7 วัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



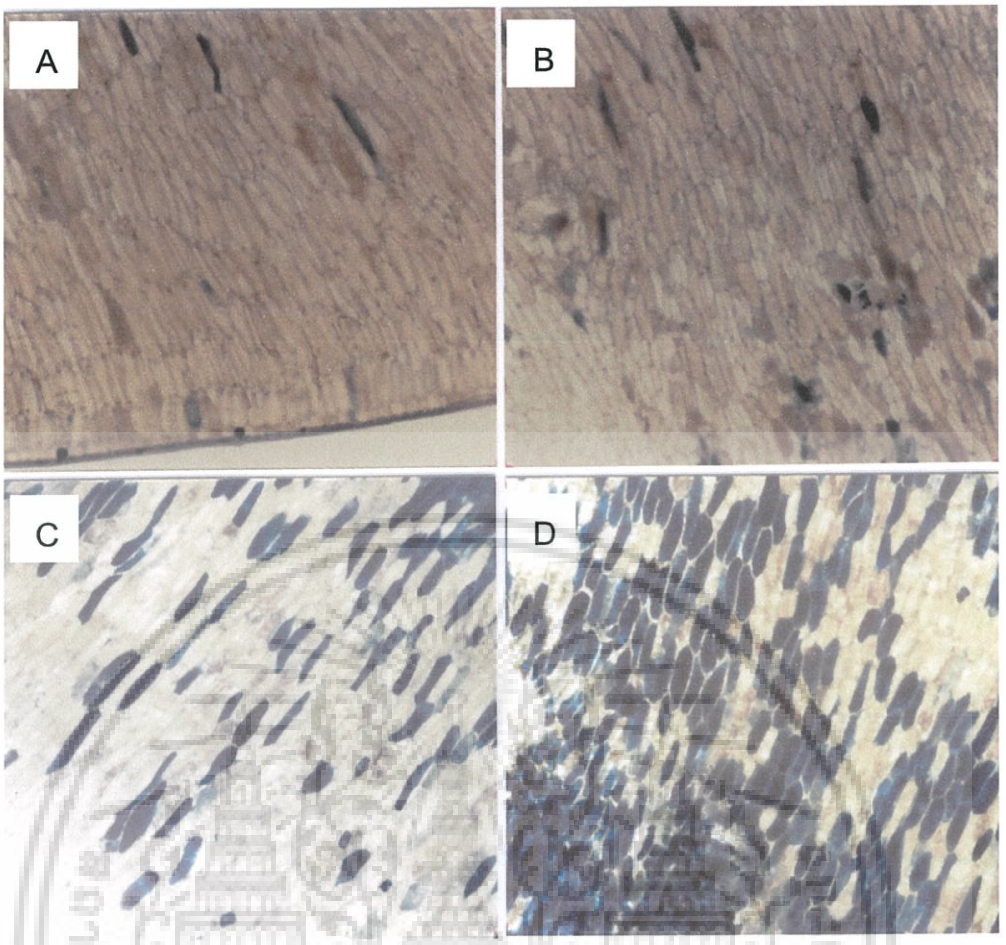
ภาพที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้า (A) และการดูดน้ำ (B) ในระหว่างการแช่เมล็ดในน้ำของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ (—◆— ก่อนเก็บรักษา —◇— เก็บรักษา 1 เดือน —▲— เก็บรักษา 2 เดือน —△— เก็บรักษา 3 เดือน —●— เก็บรักษา 4 เดือน —○— เก็บรักษา 5 เดือน —■— เก็บรักษา 6 เดือน —□— เก็บรักษา 7 เดือน และ —✳— เก็บรักษา 8 เดือน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



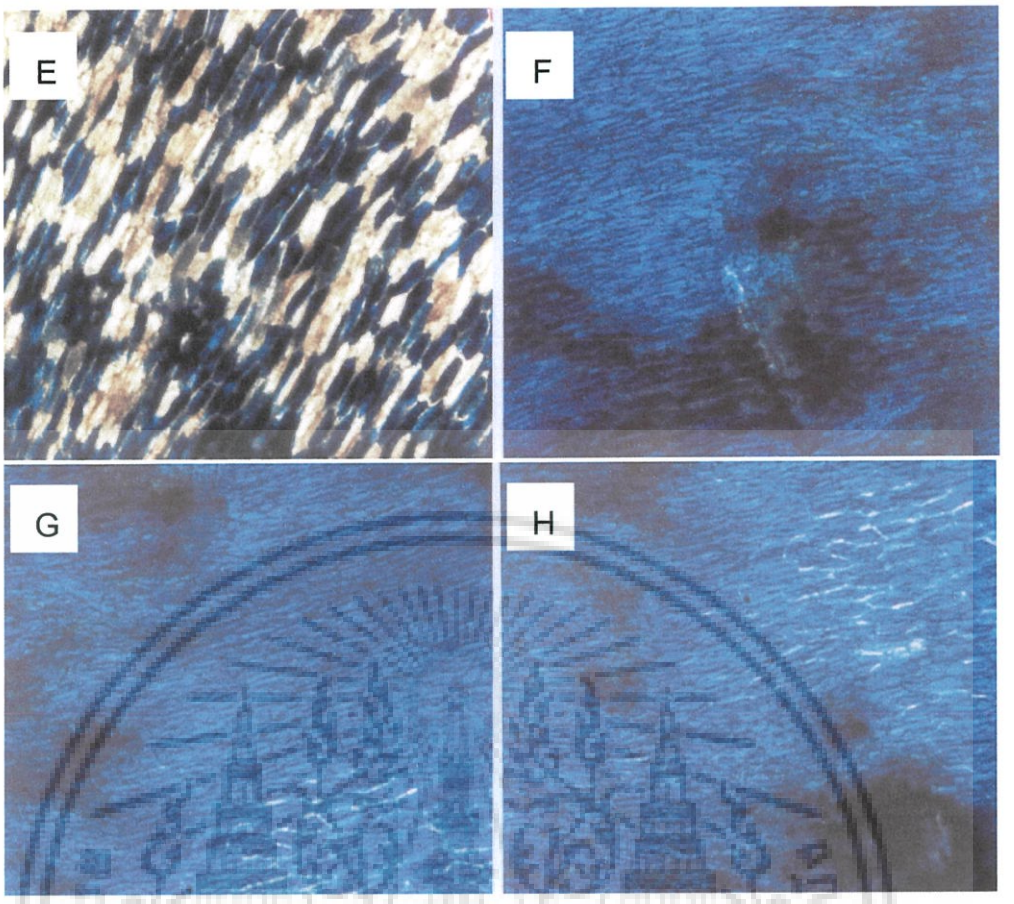
ภาพที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้า (A) และการดูดน้ำ (B) ในระหว่างการแช่เมล็ดในน้ำของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ (—◆— ก่อนเก็บรักษา —◇— เก็บรักษา 2 เดือน —▲— เก็บรักษา 4เดือน —△— เก็บรักษา 6 เดือน และ —●— เก็บรักษา 8 เดือน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



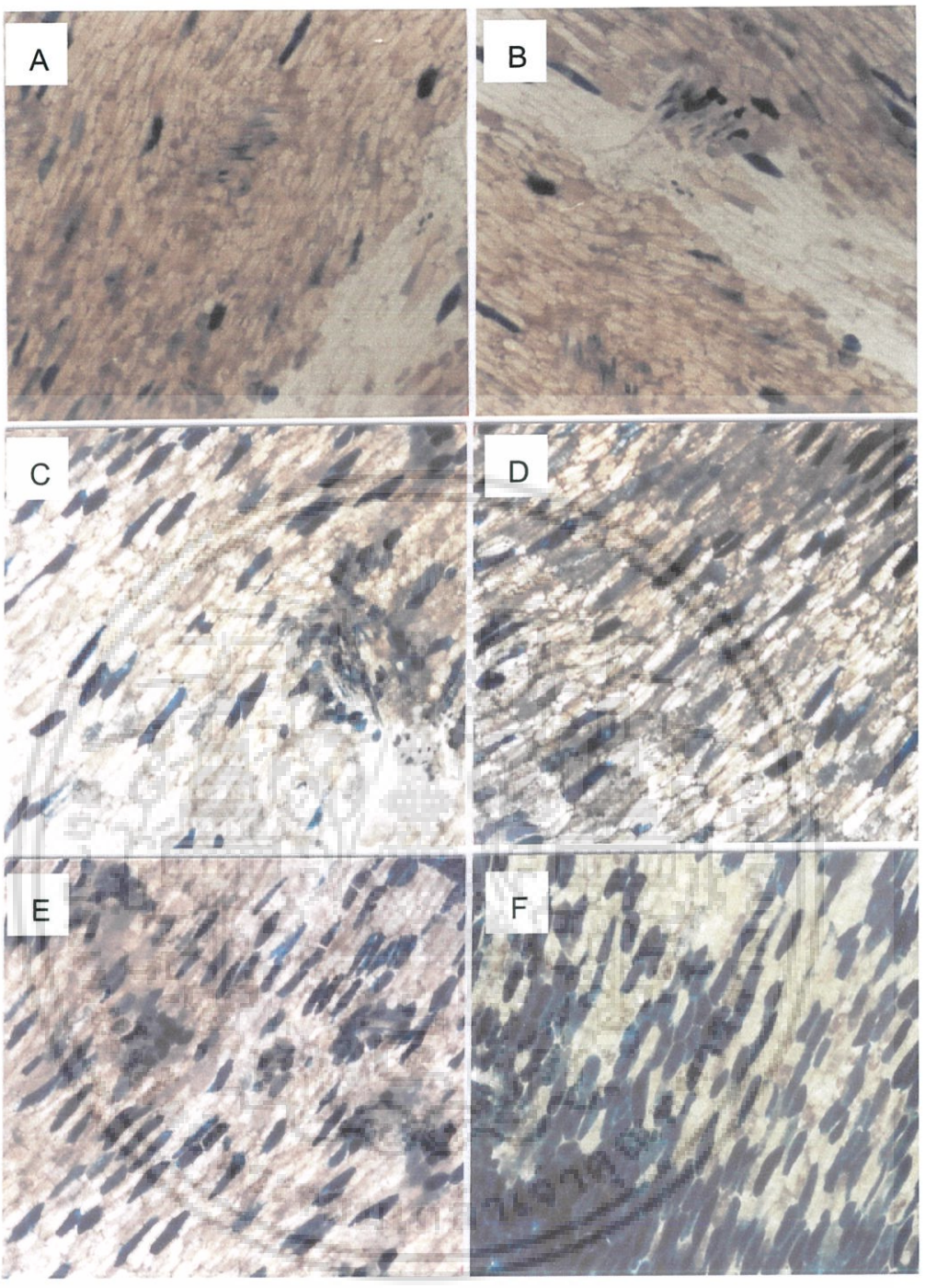
ภาพที่ 4.8 ลักษณะการติดสี Evan's blue ของเซลล์ใบเลี้ยงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเร่งอายุ (A = ก่อนเร่งอายุ B = เร่งอายุ 1 วัน C = เร่งอายุ 2 วัน D = เร่งอายุ 3 วัน E = เร่งอายุ 4 วัน F = เร่งอายุ 5 วัน G = เร่งอายุ 6 วัน และ H = เร่งอายุ 7 วัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



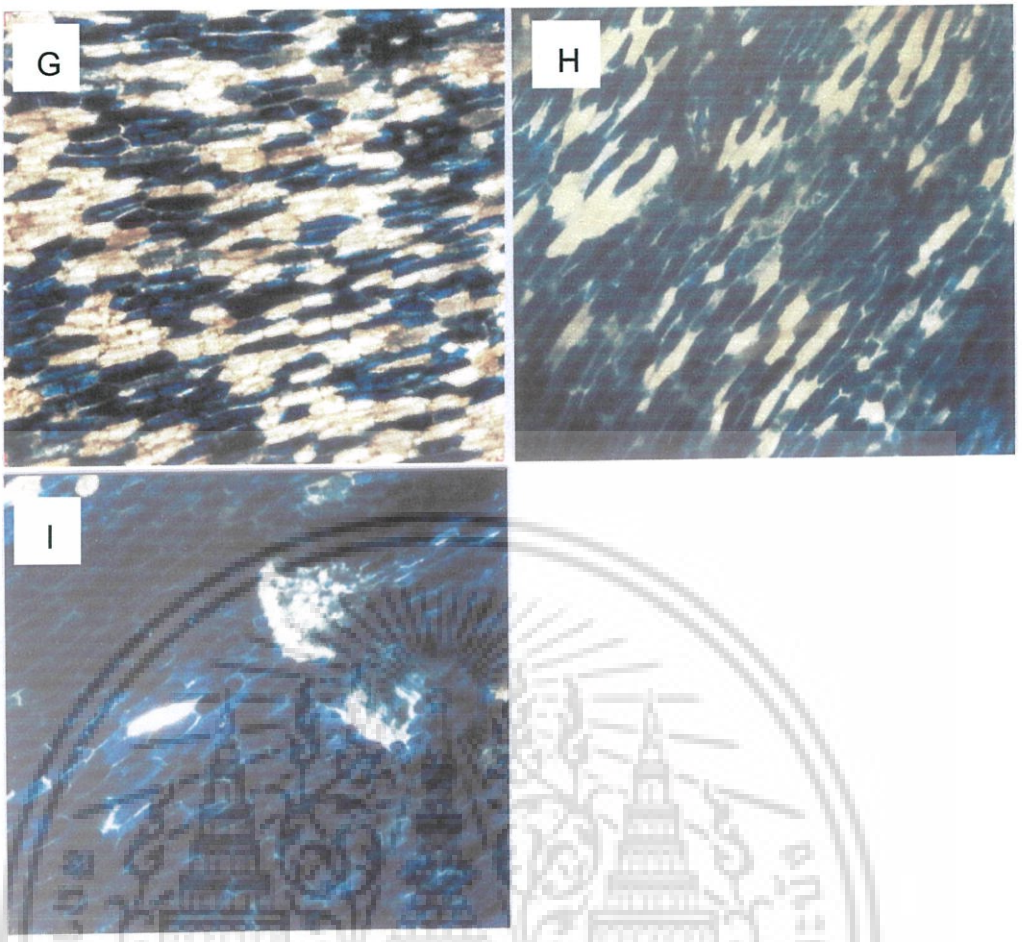
ภาพที่ 4.8 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



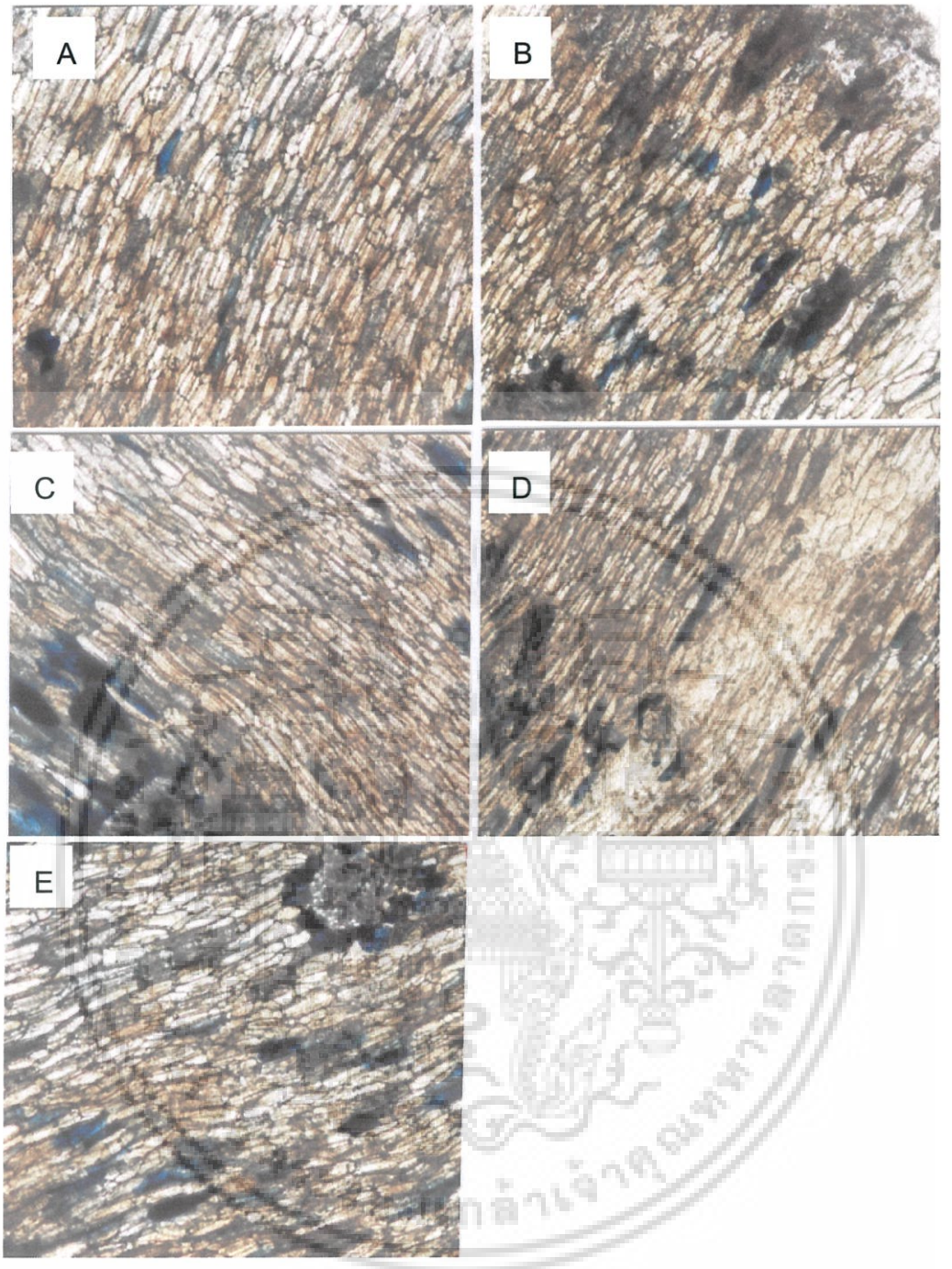
ภาพที่ 4.9 ลักษณะการติดสี Evan's blue ของเซลล์ใบเลี้ยงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ (A = ก่อนการเก็บรักษา B = เก็บรักษา 1 เดือน C = เก็บรักษา 2 เดือน D = เก็บรักษา 3 เดือน E = เก็บรักษา 4 เดือน F = เก็บรักษา 5 เดือน G = เก็บรักษา 6 เดือน H = เก็บรักษา 7 เดือน และ I = เก็บรักษา 8 เดือน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



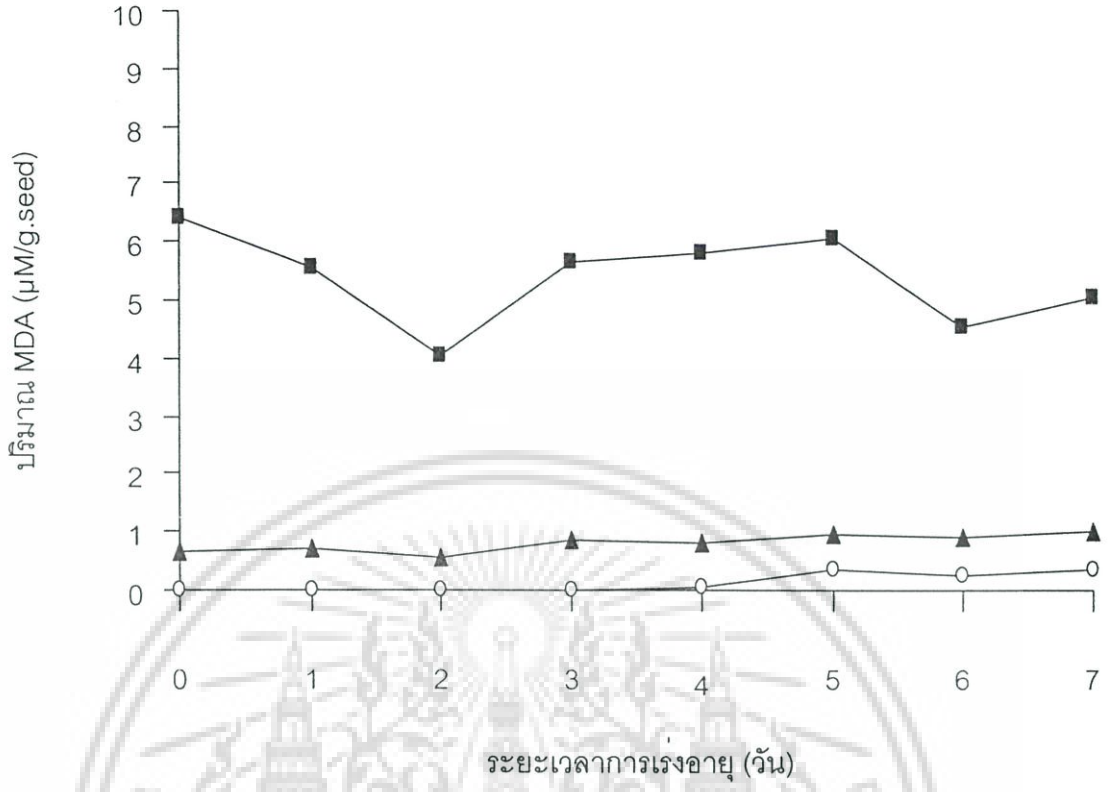
ภาพที่ 4.9 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

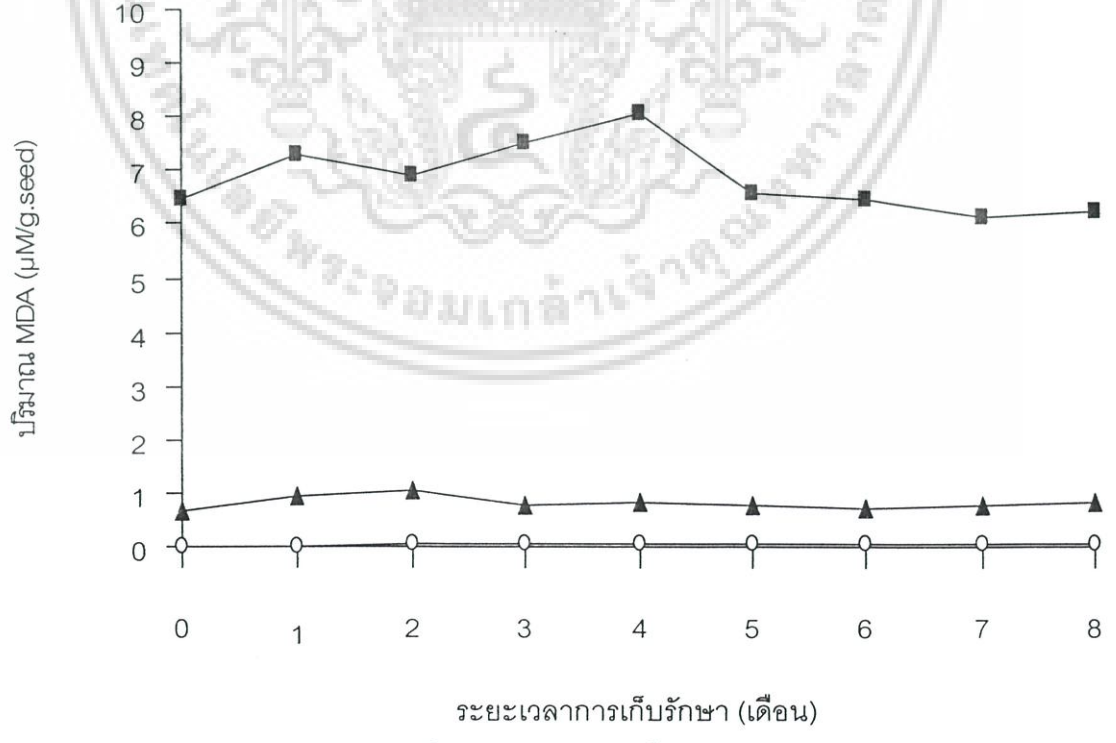


ภาพที่ 4.10 ลักษณะการติดสี Evan's blue ของเซลล์ใบเลี้ยงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ (A = ก่อนเก็บรักษา B = เก็บรักษา 2 เดือน C = เก็บรักษา 4 เดือน D = เก็บรักษา 6 เดือน และ E = เก็บรักษา 8 เดือน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

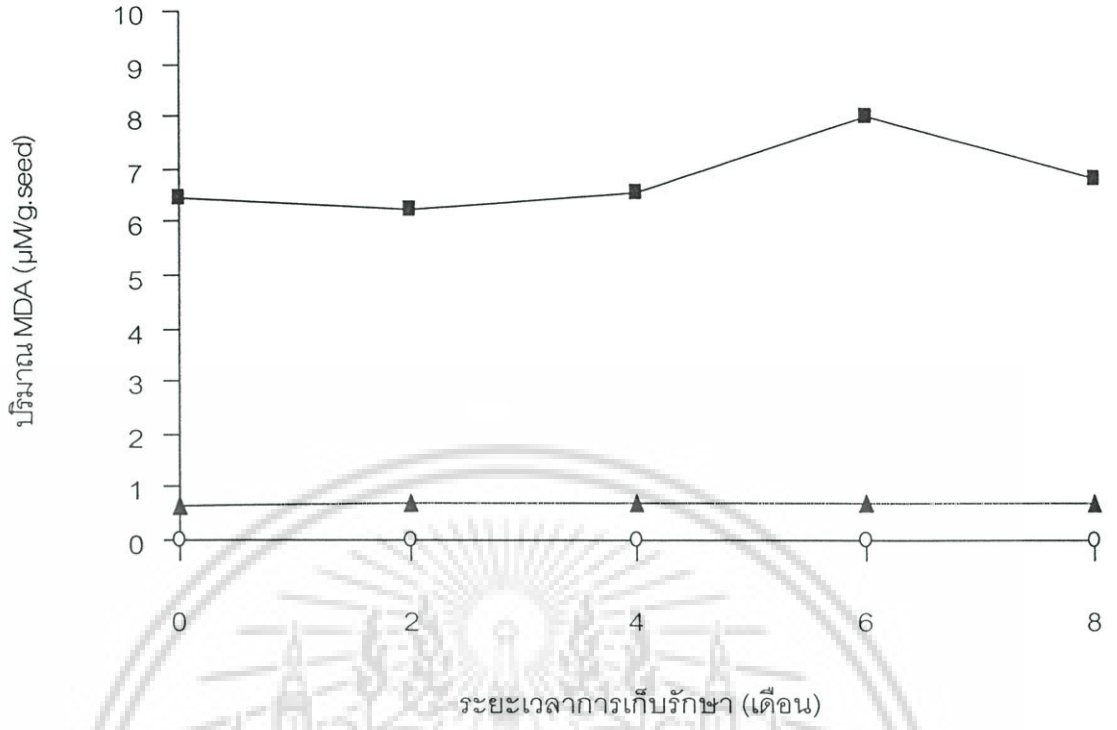


ภาพที่ 4.11 ปริมาณ MDA ในเมล็ดทั้งเมล็ด (—o—) ใบเลี้ยง (—▲—) และแกนคัพภะ (—■—) ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เสื่อมคุณภาพในระหว่างการเร่งอายุ



ภาพที่ 4.12 ปริมาณ MDA ในเมล็ดทั้งเมล็ด (—o—) ใบเลี้ยง (—▲—) และแกนคัพภะ (—■—) ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.13 ปริมาณ MDA ในเมล็ดทั้งเมล็ด (—o—) ใบเลี้ยง (—▲—)และแกนคัพภะ (—■—) ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ

ตารางที่ 4.8 ผลของการเร่งอายุที่มีต่อกิจกรรมของเอนไซม์ dehydrogenase ในเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

ระยะเวลาการเร่งอายุ (วัน)	กิจกรรมของเอนไซม์ dehydrogenase (absorbance)
0	0.74 a[1]
1	0.66 ab
2	0.60 bc
3	0.53 c
4	0.49 c
5	0.27 d
6	0.04 e
7	0.00 e

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ตามวิธีวิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ผลของการเสื่อมตามธรรมชาติที่มีต่อกิจกรรมของเอนไซม์ dehydrogenase ในเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)	กิจกรรมของเอนไซม์ dehydrogenase (absorbance)
0	0.74 bc [1]
1	0.74 bc
2	1.20 a
3	1.24 a
4	1.03 a
5	0.80 b
6	0.53 cd
7	0.72 bc
8	0.47 d

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ตามวิธีวิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range Test

ตารางที่ 4.10 ผลของการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพที่มีต่อกิจกรรมของเอนไซม์ dehydrogenase ในเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)	กิจกรรมของเอนไซม์ dehydrogenase (absorbance)
0	0.74 a [1]
2	0.70 a
4	0.73 a
6	0.75 a
8	0.79 a

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ตามวิธีวิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8 การเจริญของเชื้อราในเมล็ดพันธุ์

4.8.1 การเจริญของเชื้อราในเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการเร่งอายุ

เชื้อรามีการเจริญเพิ่มขึ้นในทุกส่วนของเมล็ดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 4.14) ตามระยะเวลาการเร่งอายุที่เพิ่มขึ้น ใน 4 วันแรกของการเร่งอายุเชื้อราเกิดขึ้นมากในเมล็ดทั้งเมล็ดและใบเลี้ยงมากกว่าในแกนคัพภะ เชื้อราในแกนคัพภะเจริญอย่างรวดเร็วเมื่อเร่งอายุได้เพียง 1 วัน หลังจากนี้เชื้อราจึงมีการเจริญเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอและในช่วง 3 วันสุดท้ายของการเร่งอายุเชื้อรามีการเจริญ 100% ในส่วนของใบเลี้ยงและเมล็ดทั้งเมล็ดการเจริญของเชื้อรามีลักษณะที่ใกล้เคียงกันตลอดระยะเวลาการเร่งอายุ โดยในวันแรกของการเร่งอายุพบว่าการเจริญของเชื้อรามีประมาณ 80% หลังจากนี้จึงเจริญเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ จนกระทั่งภายหลัง 4 วันของการเร่งอายุเชื้อรามีการเจริญถึง 100%

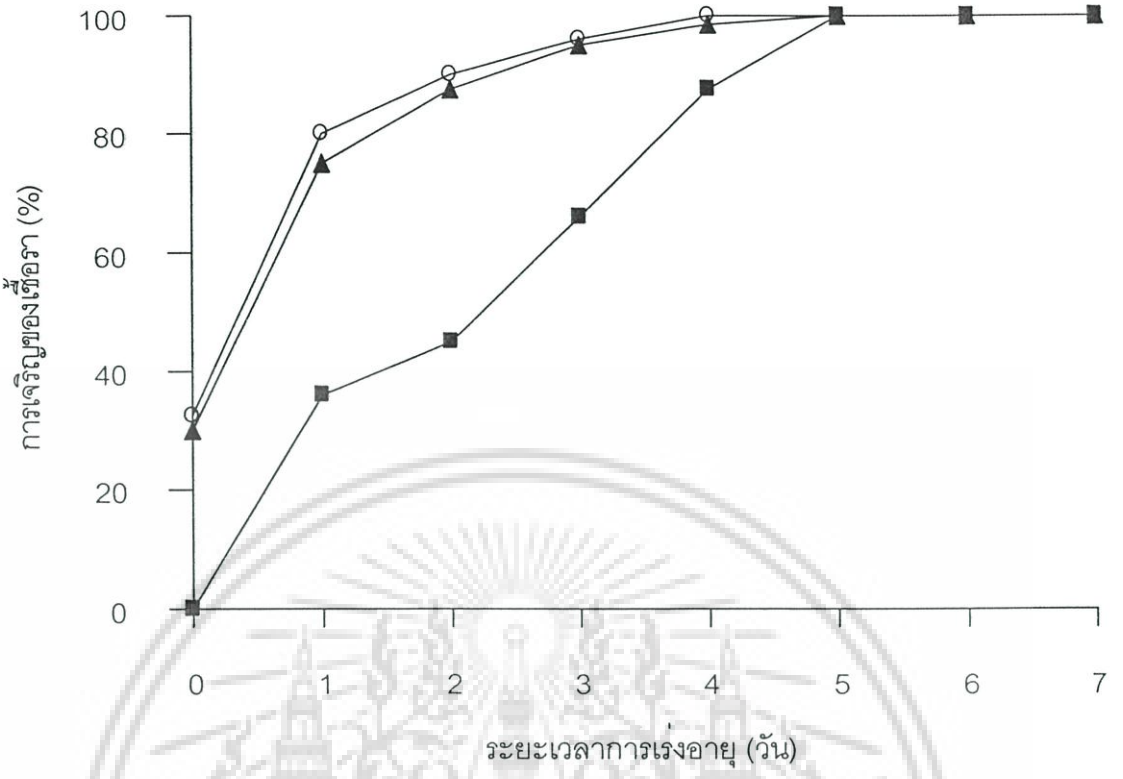
4.8.2 การเจริญของเชื้อราในเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ

การเจริญของเชื้อราในเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับการเจริญของเชื้อราในเมล็ดพันธุ์ที่เร่งอายุ เชื้อราเจริญเพิ่มขึ้นในทุกส่วนของเมล็ดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 4.15) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แต่อัตราการเจริญของเชื้อราเกิดขึ้นช้ากว่าการเจริญของเชื้อราในเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุ ใน 2 เดือนแรกการเจริญของเชื้อราในคัพภะเกิดขึ้นน้อยกว่า 10% โดยเชื้อราเจริญเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วภายหลัง 7 เดือนของการเก็บรักษา เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาการเจริญของเชื้อราเกิดขึ้นประมาณ 70% การเจริญของเชื้อราในส่วนของเมล็ดทั้งเมล็ดและใบเลี้ยงมีลักษณะเป็นเส้นคู่ขนานตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยการเจริญของเชื้อราในเมล็ดทั้งเมล็ดจะเกิดขึ้นมากกว่าในส่วนของใบเลี้ยง

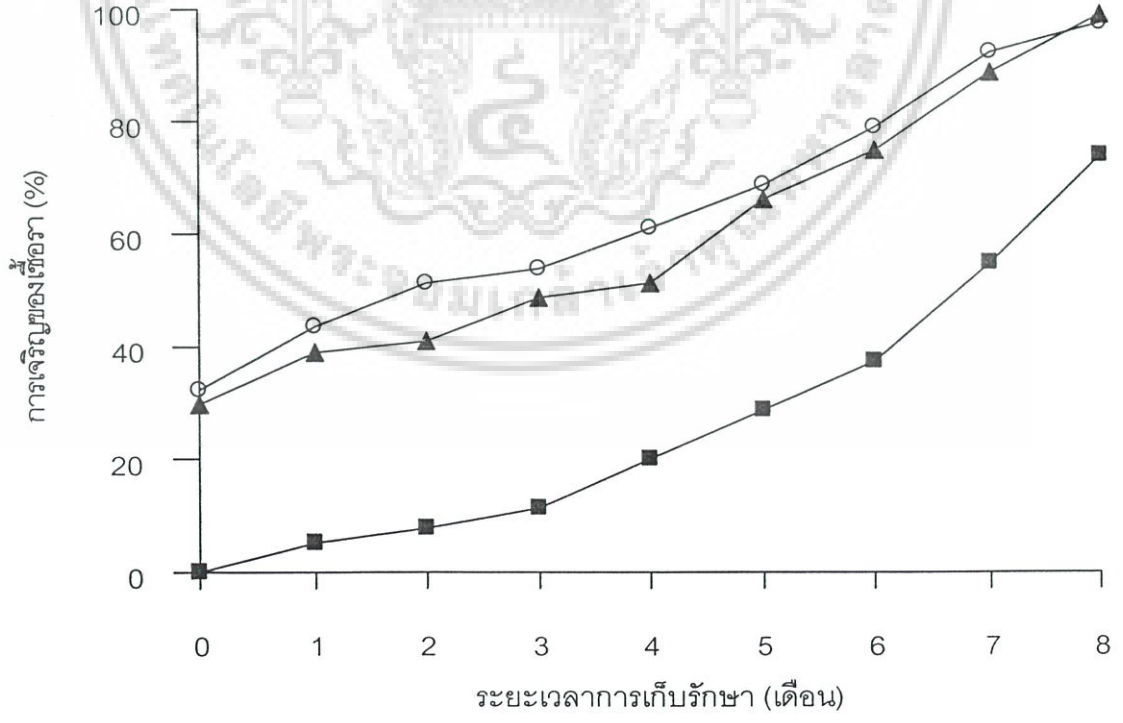
4.8.3 การเจริญของเชื้อราในเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ

เชื้อราในเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาโดยควบคุมการเสื่อมคุณภาพยังคงสามารถเจริญได้ (ภาพที่ 4.16) แต่การเจริญเกิดขึ้นน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ก่อนการเก็บรักษาจึงทำให้ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ ในทำนองเดียวกับที่กล่าวมาแล้วการเจริญของเชื้อรายังคงเกิดขึ้นในเมล็ดทั้งเมล็ดและใบเลี้ยงมากกว่าในแกนคัพภะ แต่การเจริญของเชื้อราเพิ่มขึ้นน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ก่อนการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

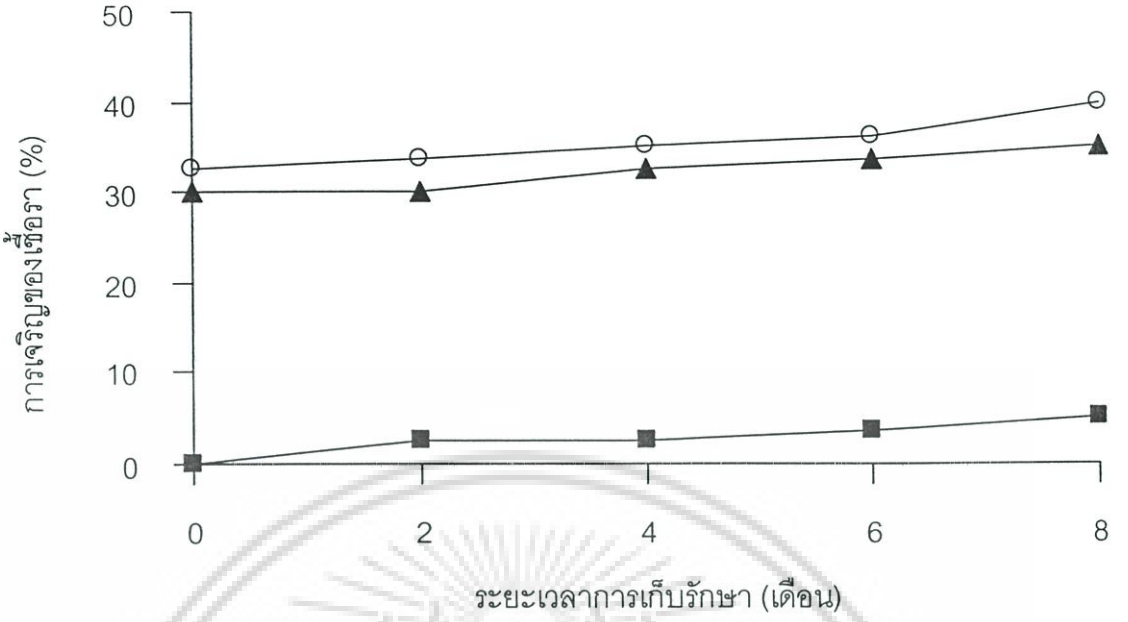


ภาพที่ 4.14 การเจริญของเชื้อราในเมล็ดทั้งเมล็ด (—o—) ใบเลี้ยง (—▲—) และแกนคัพภะ (—■—) ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เสื่อมคุณภาพในระหว่างการเร่งอายุ



ภาพที่ 4.15 การเจริญของเชื้อราในเมล็ดทั้งเมล็ด (—o—) ใบเลี้ยง (—▲—) และแกนคัพภะ (—■—) ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.16 การเจริญของเชื้อราในเมล็ดทั้งเมล็ด (—o—) ใบเลี้ยง (—▲—) และแกนคัพภะ (—■—) ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์จะเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา (Harrington. 1972 ; Tekrony *et al.* 1980) แต่ถ้าเกิดสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมก่อนระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาก็อาจมีผลทำให้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ลดลง Spears *et al.* (1997) พบว่าสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิสูง (33-38 °ซ) ซึ่งเกิดขึ้นในระยะ R5-R7 (ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา) ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ถึงแม้จะรีบเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์โดยทันทีที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยามาถึงก็ไม่ได้ช่วยป้องกันการสูญเสียคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ อย่างไรก็ตามเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองซึ่งเก็บเกี่ยวที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาและนำมาใช้ในการศึกษาในครั้งนี้นับได้ว่ามีคุณภาพสูงจึงเป็นการสนับสนุนแนวคิดที่ว่า ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์จะเกิดขึ้นสูงสุดที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา อีกทั้งยังเป็นการแสดงให้เห็นว่าสภาพแวดล้อมในระยะก่อนการสุกแก่ทางสรีรวิทยาไม่มีความรุนแรงที่จะทำให้เมล็ดพันธุ์เสื่อมคุณภาพ ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ใช้จึงมีคุณภาพสูงสุดซึ่งนับได้ว่าเหมาะสมอย่างยิ่งในการศึกษาเกี่ยวกับการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ที่เกิดขึ้นหลังจากนี้อาจเกี่ยวข้องกับสาเหตุการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์

การเร่งอายุและการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในสภาพธรรมชาติทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ดังนี้คือ เมล็ดพันธุ์สูญเสียความงอก ความมีชีวิต และความแข็งแรงจนกระทั่งเมล็ดพันธุ์ตายหมด ผลจากการย้อมสีแสดงให้เห็นถึงความเสียหายของเซลล์และเนื้อเยื่อ เมล็ดพันธุ์มีการรั่วไหลเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงของ MDA และกิจกรรมของเอนไซม์ dehydrogenase การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ตรงกับหลักการที่ว่ามีการเสื่อมสภาพของเมมเบรนเกิดขึ้น นอกจากนี้การรั่วไหลที่เกิดขึ้นโดยทันทีที่เมล็ดดูดน้ำ การย้อมสีติดสีแดงเข้ม การเปลี่ยนแปลงของ MDA และการเปลี่ยนแปลงของเอนไซม์ dehydrogenase ในขณะที่ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงในความงอกและความแข็งแรงในระยะแรกของการเร่งอายุและการเก็บรักษาในสภาพธรรมชาติ เป็นการสนับสนุนแนวคิดที่ว่า การเสื่อมสภาพของเมมเบรนเป็นสาเหตุเบื้องต้นของการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

โดยพื้นฐานแล้วการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์เป็นวิธีการที่ใช้สำหรับการทำนายความสามารถในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ (Delouche and Baskin. 1973) นักวิทยาศาสตร์หลายท่านได้ใช้วิธีนี้ในการศึกษากลไกการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ในสภาพตามธรรมชาติ โดยพบว่าการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์มีกลไกการเสื่อมคุณภาพในลักษณะที่คล้ายคลึงกับการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาในสภาพธรรมชาติ (Buchvarov and Gantcheff. 1984 ; Sung. 1996) ในการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งนี้พบว่าการเปลี่ยนแปลงของความงอก การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมีในเมล็ดพันธุ์ที่เร่งอายุและเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาในสภาพธรรมชาติมีลักษณะคล้ายคลึงกัน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของนักวิทยาศาสตร์ดังกล่าวข้างต้น ดังนั้นจากการศึกษาในครั้งนี้จึงมีความเป็นไปได้ที่จะใช้การเร่งอายุในการศึกษากลไกการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์แทนการศึกษาจากการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในสภาพธรรมชาติซึ่งต้องใช้เวลานานกว่ามาก

ความงอกและความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ไม่แสดงการเปลี่ยนแปลงในระยะแรกของการเร่งอายุ (ตารางที่ 4.2) หรือเดือนแรกของการเก็บรักษาในสภาพธรรมชาติ (ตารางที่ 4.3) สิ่งนี้แสดงให้เห็นว่าการตรวจสอบความงอกหรือความมีชีวิตเป็นวิธีที่ไม่ไวต่อการตรวจหาระดับการเสื่อมคุณภาพในเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง อย่างไรก็ตามการทดลองนี้พบว่าความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ โดยเฉพาะความงอกในไร่ของเมล็ดพันธุ์ภายหลังการเร่งอายุ 1 วัน และความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาในสภาพธรรมชาติเพียง 1 เดือน ได้ลดลงทันทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ถึงแม้ว่าการลดลงนี้จะเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยก็ตาม สิ่งนี้อาจเป็นการแสดงให้เห็นถึงระยะเริ่มแรกของการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ ดังนั้นในการตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ควรใช้ทั้งการตรวจสอบความงอกและความแข็งแรงควบคู่ไปด้วยกัน โดยเฉพาะการตรวจสอบความแข็งแรงควรใช้การตรวจสอบหลายวิธีแทนที่จะใช้เพียงวิธีเดียว เพราะวิธีต่าง ๆ กันของการตรวจสอบความแข็งแรงมีความไว (sensitive) ต่างกัน ซึ่งบอกไม่ได้ว่าวิธีใดดีกว่ากัน

ถึงแม้ว่าจะไม่พบการเปลี่ยนแปลงในความงอกหรือความมีชีวิตและความแข็งแรงบางวิธีในระยะเริ่มแรกของการเร่งอายุหรือการเก็บรักษาในสภาพธรรมชาติ การศึกษานี้พบว่าในระยะเวลาดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงในสัดส่วนของ TZ ให้เห็นอย่างชัดเจน ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นว่าเมล็ดพันธุ์มีการเสื่อมคุณภาพเกิดขึ้นแล้ว การลดลงในสัดส่วนของ TZ1 เป็นการชี้ให้เห็นว่าเมล็ดพันธุ์มีความแข็งแรงลดลง (Yaklich and Kulik. 1979) การลดลงของความงอกในไร่และความเร็วในการงอกจากการทดลองนี้เป็นการสนับสนุนการรายงานดังกล่าว นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นในสัดส่วนของเมล็ดพันธุ์ที่ติดสีแดงเข้ม (TZ3-TZ5) ในระยะเวลาดังกล่าวเกิดจากสารละลาย TZ ซึมเข้าไปในเนื้อเยื่อได้เร็วและลึก จึงทำให้มองเห็นเป็นสีแดงเข้มกว่าเนื้อเยื่อปกติ ซึ่งอาจจะเกิดจากเมมเบรนของเซลล์ที่ยังมีชีวิตได้รับความเสียหายจนทำให้เกิดการรั่วไหลและดูดซึมสารละลาย TZ เข้าไปอย่างรวดเร็ว (Powell and Matthews. 1977) นอกจากนี้การติดสีแดงเข้มที่เพิ่มขึ้นนี้ยังมีความสัมพันธ์กับการรั่วไหลของเมล็ดพันธุ์ซึ่งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังจากการเร่งอายุไปได้เพียง 1 วัน หรือเมื่อเก็บรักษาไปได้เพียง 1 เดือน โดยที่ยังไม่พบการเปลี่ยนแปลงในความงอกและความแข็งแรงสิ่งนี้เป็นการสนับสนุนให้เห็นถึงระยะเริ่มแรกของการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ซึ่งอาจเกิดจากการเสื่อมสภาพของเมมเบรน (Schoettle and Leopold. 1984 ; Ferguson *et al.* 1990 ; Perez and Arguello. 1995)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์นั้น Delouche and Baskin (1973) ได้เสนอว่าการเสื่อมสภาพของเมมเบรนเป็นปรากฏการณ์แรกที่นำไปสู่การสูญเสียความสามารถในการงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ ถ้าการเสื่อมสภาพของเมมเบรนเป็นสาเหตุเบื้องต้นที่ทำให้เมล็ดพันธุ์เสื่อมคุณภาพหรือสูญเสียความแข็งแรง การเสื่อมสภาพของเมมเบรนก็ควรแสดงออกมาให้เห็นในช่วงแรกที่เมล็ดเริ่มดูดน้ำ Simon and Raja Harun (1972) ได้เสนอข้อสมมติฐานว่าขณะที่เมล็ดแห้ง เมมเบรนของเมล็ดที่ยังไม่เสื่อมสภาพจะไม่เรียงตัวกันอยู่ในลักษณะปกติ เมื่อนำเมล็ดดังกล่าวไปแช่น้ำ เมล็ดจะดูดน้ำเข้าไปอย่างรวดเร็วในระยะแรก เมื่อเวลาผ่านไปเมมเบรนก็จะจัดเรียงตัวกันใหม่หรือซ่อมแซมตัวเอง (Villiers. 1973) จึงทำให้เมล็ดมีการรั่วไหลน้อยลง ข้อสมมติฐานนี้จึงสามารถใช้อธิบายถึงลักษณะการรั่วไหลในระยะแรก ๆ ของการแช่น้ำของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เร่งอายุและการเก็บรักษาในสภาพธรรมชาติได้เป็นอย่างดี ดังนั้นการรั่วไหลที่เกิดขึ้นของเมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมคุณภาพดังกล่าวในระยะแรกของการแช่น้ำ และการรั่วไหลที่ยังคงเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาของการแช่เมล็ดในน้ำจึงอาจเกิดจากการเสื่อมสภาพของเมมเบรนซึ่งเกิดขึ้นมากจนเกินกว่าที่จะซ่อมแซมตัวเองหรือสูญเสียกลไกในการซ่อมแซม (Villers. 1973 ; Berjak and Villiers. 1992)

อัตราการดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมคุณภาพไม่ว่าจะโดยการเร่งอายุหรือการเก็บรักษาในสภาพธรรมชาติ ซึ่งเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะแรกที่แช่เมล็ดในน้ำและยังคงเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาที่แช่เมล็ดในน้ำ เป็นการสนับสนุนการสูญเสียความสามารถหรือการเสื่อมสภาพของเมมเบรนในการควบคุมการดูดน้ำ สอดคล้องกับการทดลองของ Sreeramulu (1983) และ Kalpana and Madhava Rao (1995) ดังนั้นลักษณะการดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมคุณภาพจึงสอดคล้องกับลักษณะการรั่วไหลของเมล็ดพันธุ์ นอกจากนี้การรั่วไหลและการดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาโดยมีการควบคุมการเสื่อมคุณภาพก็ยังมีการเพิ่มขึ้นโดยตลอดถึงแม้ว่าจะเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยก็ตามในระหว่างการแช่น้ำ (ภาพที่ 4.7B) โดยที่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงในความงอกหรือความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ตารางที่ 4.4) สิ่งนี้แสดงให้เห็นว่าการเสื่อมคุณภาพสามารถซ่อมได้และการเสื่อมคุณภาพซึ่งแสดงออกมาให้เห็นจากการรั่วไหลเป็นการสนับสนุนว่าการเสื่อมสภาพของเมมเบรนน่าจะเป็นสาเหตุสำคัญเบื้องต้นที่จะนำไปสู่การสูญเสียความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์

การย้อมสีเมล็ดพันธุ์ด้วย Evan's blue เป็นการสนับสนุนให้เห็นถึงการเสื่อมสภาพหรือความเสียหายของเมมเบรน จำนวนเซลล์ที่ย้อมติดสี Evan's blue เพิ่มขึ้นตามอัตราการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ที่เร่งอายุและเก็บรักษาในสภาพธรรมชาติ (ภาพที่ 4.8 และ 4.9) แต่เมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาโดยควบคุมการเสื่อมคุณภาพ (ภาพที่ 4.10) มีจำนวนเซลล์ที่ติดสีไม่แตกต่าง ๆ ไปจากก่อนการเก็บรักษา สิ่งนี้แสดงให้เห็นว่าการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองซึ่งเกิดจากการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสื่อมสภาพของเมมเบรนสามารถชลอได้จึงทำให้เมล็ดพันธุ์ยังคงมีคุณภาพสูงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เซลล์ที่ย้อมติดสี Evan's blue เกิดจากความเสียหายของเมมเบรน จึงทำให้สีที่ย้อมซึมผ่านเข้าไปได้ ส่วนเซลล์ซึ่งเมมเบรนอยู่ในสภาพปกติจะย้อมไม่ติดสี (Taylor and West. 1980) ดังนั้นเมล็ดพันธุ์ที่ยังไม่เสื่อมคุณภาพจึงมีเซลล์ที่ติดสีน้อยมาก ปรากฏการณ์เช่นนี้เป็นการยืนยันให้เห็นถึงความเสียหายของเมมเบรน ซึ่งสอดคล้องกับ Schoettle and Leopold (1984) ที่ได้แสดงให้เห็นถึงการมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดระหว่างการรั่วไหลของเมล็ดพันธุ์กับเปอร์เซ็นต์การติดสีของ Evan's blue ในใบเลี้ยง

ปัจจุบันกระบวนการทางชีวเคมีของ lipid peroxidation ยังไม่เป็นที่เข้าใจกันดี อย่างไรก็ตาม lipid peroxidation ก็ยังได้รับการสันนิษฐานว่าอาจเป็นสาเหตุเบื้องต้นของการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการเก็บรักษา (Stewart and Bewley. 1980 ; Ferguson *et al.* 1990) McDonald (1999) ได้บรรยายถึงความเสียหายที่เกิดกับเซลล์เนื่องจาก lipid peroxidation ได้แก่ เมมเบรนของไมโตคอนเดรียเสียหาย เอนไซม์ไม่ทำงาน การเสื่อมของเมมเบรนและความเสียหายของสารพันธุกรรม ความเสียหายเหล่านี้เกิดจากอนุมูลอิสระที่ได้จากปฏิกิริยาของ lipid peroxidation ในที่นี้ใช้การวิเคราะห์ปริมาณ MDA ซึ่งเป็นวิธีการที่สะดวกและนิยมใช้ในการวัดปริมาณการเกิดขึ้นของ lipid peroxidation มากกว่าการวิเคราะห์สารอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เนื่องจากผลที่ได้ไม่เปลี่ยนแปลงเร็วเกินไป (Halder and Gupta. 1980 ; Perez and Arguello. 1995 ; McDonald. 1999) จึงทำให้สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงของ MDA ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ผลจากการทดลองนี้พบว่า MDA ในแกนคัพภะมีปริมาณมากกว่าในใบเลี้ยงและในเมล็ดทั้งเมล็ด สิ่งนี้เป็นการชี้ให้เห็นว่า lipid peroxidation โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่เกิดขึ้นในแกนคัพภะอาจมีบทบาทที่สำคัญต่อการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์สอดคล้องกับรายงานของ Buchvarov and Gantcheff (1984) ซึ่งพบปริมาณของอนุมูลอิสระเกิดขึ้นมากที่สุดในแกนคัพภะของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เสื่อมคุณภาพทั้งโดยการเร่งอายุและการเสื่อมในสภาพธรรมชาติ ในทำนองเดียวกัน Perez and Arguello (1995) พบว่า MDA เกิดขึ้นมากที่สุดในแกนคัพภะของเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงในระหว่างการเร่งอายุโดยเปรียบเทียบกับส่วนของใบเลี้ยงและเมล็ดทั้งเมล็ด

ปริมาณ MDA ที่เพิ่มขึ้นในแกนคัพภะภายหลัง 3 วันของการเร่งอายุและภายหลัง 1 เดือนของการเก็บรักษาในสภาพธรรมชาติแสดงให้เห็นว่า lipid peroxidation กำลังเกิดขึ้น ส่วนการลดลงของ MDA ใน 2 วันสุดท้ายของการเร่งอายุและภายหลัง 5 เดือนไปจนถึงสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษาในสภาพธรรมชาติ อาจเกิดจาก autoxidation ของ MDA หรือ MDA รั่วไหลออกไปในระหว่างการดูดน้ำหรือการลดลงของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว (Stewart and Bewley. 1980)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอนไซม์ dehydrogenase เป็นเอนไซม์ที่มีความสำคัญต่อการหายใจของไมโตคอนเดรีย (Moller. 1986 ; Shatters *et al.* 1994) เอนไซม์นี้เกิดขึ้นใน matrix ของเมมเบรนของไมโตคอนเดรีย (Moller. 1986) ดังนั้นถ้าเมมเบรนของไมโตคอนเดรียได้รับความเสียหายย่อมมีผลกระทบกระเทือนต่อเอนไซม์ดังกล่าว ซึ่งจะมีผลทำให้การหายใจลดลง (Ferguson *et al.* 1986 ; Kalpana and Madhava Rao. 1995) ในการศึกษานี้กิจกรรมของเอนไซม์ dehydrogenase ในเมล็ดพันธุ์ที่เร่งอายุและในเมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมสภาพตามธรรมชาติได้ลดลงโดยตลอดในระหว่างการเสื่อมคุณภาพ การลดลงของเอนไซม์นี้เกิดขึ้นควบคู่ไปกับการรั่วไหลและการเพิ่มขึ้นของ MDA ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ไม่แต่เพียงเมมเบรนของเซลล์เท่านั้นที่เสียหาย แต่ยังพบว่าเมมเบรนของไมโตคอนเดรียก็ได้รับความเสียหายด้วยเช่นกัน จึงมีผลทำให้เอนไซม์ดังกล่าวลดลง การสูญเสียกิจกรรมของเอนไซม์ในเมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมคุณภาพอาจจะสัมพันธ์กับการลดลงของระดับ ATP ซึ่งเป็นพลังงานที่มีความจำเป็นต่อการงอกของเมล็ด การลดลงของการหายใจดังกล่าวเมื่อเกิดขึ้นจนถึงระดับหนึ่งก็อาจส่งผลให้เมล็ดพันธุ์มีความแข็งแรงลดลง ดังที่ได้แสดงไว้โดยการทดลองของ Ferguson *et al.* (1990)

การเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการเก็บรักษาอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงภายในเมล็ดหรือการเจริญของเชื้อรา (Roberts. 1972) นักวิทยาศาสตร์หลายท่านพบว่าการเจริญของเชื้อรามีความสัมพันธ์กับการสูญเสียความงอกในเมล็ดพันธุ์หลายชนิด เช่น ข้าวโพด (Moreno-Martinez *et al.* 1994) ถั่วเหลือง (Kabeere and Taligoola. 1983) และข้าวเปลือก (Mallick and Nandi. 1979) จากการศึกษานี้พบว่าเชื้อราสามารถเจริญเข้าไปอยู่ภายในเมล็ดได้ทุกส่วนไม่ว่าจะเป็นใบเลี้ยง หรือแกนคัพภะ เชื้อราจะเจริญเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในเมล็ดพันธุ์ที่เร่งอายุ เนื่องจากสภาพที่ใช้ในการเร่งอายุมีความเหมาะสมอย่างมากต่อการเร่งการเจริญเติบโตของเชื้อรา สภาพเช่นนี้จึงทำให้เชื้อราเจริญเพิ่มขึ้น (80%) อย่างรวดเร็วภายหลังการเร่งอายุเพียง 1 วัน โดยที่ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ ในทำนองเดียวกันการเจริญเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอของเชื้อราในเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาในสภาพธรรมชาติก็ไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในความงอกและความแข็งแรงภายหลังเดือนแรกของการเก็บรักษาเช่นกัน ดังนั้นการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ในระยะเริ่มแรกจึงไม่น่าจะมีสาเหตุพื้นฐานมาจากการเจริญของเชื้อรา (อารมย์ ศรีพิจิตต์ และ จริชาติ โครตดงเค็ง. 2543 ; Harrison and Perry. 1976) แต่การเจริญของเชื้อราในเมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมคุณภาพน่าจะเป็นปัจจัยที่สอง (secondary factor) ที่ช่วยเพิ่มความเสียหายให้กับเมล็ดพันธุ์เพิ่มมากขึ้นรองลงมาจากปัจจัยทางสรีรวิทยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองภายใต้สภาพการเร่งอายุและการเก็บรักษาในสภาพธรรมชาติโดยใช้วิธีการตรวจสอบต่าง ๆ สามารถสรุปได้ดังนี้

1) ความงอกและความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ที่เร่งอายุและที่เก็บรักษาในสภาพธรรมชาติลดลงในลักษณะที่คล้ายคลึงกัน สิ่งนี้แสดงให้เห็นถึงการมีกลไกการเสื่อมคุณภาพที่คล้ายกัน ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะใช้การเร่งอายุในการศึกษาการเสื่อมคุณภาพเมล็ดพันธุ์แทนการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในสภาพธรรมชาติซึ่งใช้เวลาในการศึกษายาวนานกว่ามาก

2) การศึกษาการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ควรใช้การตรวจสอบความงอกควบคู่ไปกับการตรวจสอบความแข็งแรง เนื่องจากประสิทธิภาพของการตรวจสอบความงอกไม่ไวต่อการตรวจการเปลี่ยนแปลงการเสื่อมคุณภาพในระยะแรกได้ดีเท่าการตรวจสอบความแข็งแรง นอกจากนี้ควรใช้หลาย ๆ วิธีในการตรวจสอบความแข็งแรงแทนที่จะใช้เพียงวิธีเดียว

3) การลดลงในสัดส่วนของ TZ1 แสดงให้เห็นว่าเมล็ดพันธุ์มีการเสื่อมคุณภาพเกิดขึ้นโดยเฉพาะการติดสีแดงเข้มใน TZ3-TZ5 เป็นการแสดงให้เห็นถึงความเสียหายของเมมเบรนซึ่งทำให้สารละลาย TZ ซึมเข้าไปในเนื้อเยื่อได้เร็วและลึก จึงทำให้เมล็ดพันธุ์เป็นสีแดงเข้ม

4) การเสื่อมสภาพของเมมเบรนเป็นสาเหตุเบื้องต้นของการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ เพราะเกิดขึ้นก่อนการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ เมื่อเมมเบรนได้รับความเสียหาย เมล็ดพันธุ์จะแสดงการรั่วไหลภายหลังการแช่เมล็ดในน้ำ ถ้าการเสื่อมของเมมเบรนเกิดขึ้นมากจนไม่สามารถซ่อมแซมตัวเองได้เมล็ดพันธุ์ก็จะแสดงการรั่วไหลเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาที่แช่เมล็ดในน้ำ

5) เมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมคุณภาพจะมีอัตราการดูดน้ำเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และยังคงเพิ่มขึ้นตลอดระยะที่แช่เมล็ดในน้ำ สิ่งนี้แสดงให้เห็นถึงการขาดความสามารถของเมมเบรนในการควบคุมการดูดน้ำสอดคล้องกับการรั่วไหลของเมล็ดพันธุ์ และเป็นการสนับสนุนว่าการเสื่อมสภาพของเมมเบรนเป็นสาเหตุเบื้องต้นที่นำไปสู่การสูญเสียความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์

6) การเพิ่มขึ้นของจำนวนเซลล์ที่ติดสี Evan's blue เป็นการยืนยันว่าเมมเบรนของเซลล์ได้รับความเสียหายในขณะที่เซลล์ปกติจะไม่ยอมให้ Evan's blue ซึมผ่านได้

7) การเสื่อมสภาพของเมมเบรนอาจมีสาเหตุมาจาก lipid peroxidation ซึ่งจะเกิดขึ้นมากในแกนคัพภะ ดังนั้นแกนคัพภะจึงอาจเป็นแหล่งที่อ่อนไหว (sensitive site) ต่อการเกิด lipid peroxidation มากกว่าส่วนอื่น ๆ ของเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8) การลดลงของเอนไซม์ dehydrogenase ในขณะที่มีการเพิ่มขึ้นของ MDA และการรั่วไหลของเมล็ดพันธุ์ยังเป็นการแสดงให้เห็นว่าการเสื่อมสภาพของเมมเบรนสามารถที่จะเกิดกับอวัยวะย่อยภายในเซลล์ เช่น ไมโตคอนเดรียได้อีกด้วย

9) เชื้อราสามารถที่จะเจริญเข้าไปอยู่ภายในเนื้อเยื่อส่วนต่าง ๆ ของเมล็ดพันธุ์ การเจริญของเชื้อรามีปริมาณเพิ่มขึ้นตามความชื้นและอุณหภูมิของอากาศ อย่างไรก็ตามการเจริญของเชื้อราในเมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมคุณภาพเป็นปัจจัยที่สองที่ช่วยเพิ่มความเสียหายให้กับเมล็ดพันธุ์ โดยการเสื่อมสภาพของเมมเบรนซึ่งเกิดจาก lipid peroxidation อาจเป็นสาเหตุสำคัญพื้นฐานที่ทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์จนนำไปสู่การสูญเสียความงอกและความแข็งแรงในที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2523. **สรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์**. กรุงเทพฯ : เอกสารประกอบการสอนวิชาสรีรวิทยาของเมล็ด. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2529. **เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์**. กรุงเทพฯ : กลุ่มหนังสือเกษตร.

นงลักษณ์ ประกอบบุญ. 2524. "Viability of soybean as affected by threshing injury." หน้า 59-65. ใน **รายงานการสัมมนาเรื่องวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวของข้าว พืชไร่และพืชสวน 19-20 พฤศจิกายน** 2524. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ. 2537. **สรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์**. กรุงเทพฯ : ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ. 2542. **สรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์**. กรุงเทพฯ : ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ และคณะ. 2543. "ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางกายภาพกับคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง 40 สายพันธุ์/พันธุ์." หน้า 32-42. ใน **รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 38**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิภาวรรณ วิจิตรจินดา. 2536. **เมล็ดพันธุ์และเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์**. ลำปาง : ภาควิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิชาเกษตรและอุตสาหกรรมการเกษตร วิทยาลัยครูลำปาง.

สุจรรยา บุณวรรณโณ และ กฤษณพงศ์ ลักษณะโภคิน. 2531. "ผลของความชื้นเบื้องต้นและสภาพการเก็บรักษาต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสง." หน้า 453-456. ใน **รายงานการสัมมนาเรื่องงานวิจัยถั่วลิสง ครั้งที่ 7**. ชลบุรี.

อารมย์ ศรีพิจิตต์ และ จริชาติ โครตดงเค็ง. 2543. "การเสื่อมสภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง [*Glycine max* (L.) Merr.] ที่เก็บรักษาภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและสูง : การเปลี่ยนแปลงในความงอก ความแข็งแรง เมมเบรนเพอร์มีอบิลิตี้และการเจริญของเชื้อรา." **วารสารวิชาการเกษตร**. 18 : 148-163.

Abdul-Baki, A.A. and Anderson, J.D. 1970. "Viability and leaching of sugars from germinating barley." Crop Sci. 10 : 31-34.

Anderson, J.D. *et al.* 1970. "Ultrastructural changes in embryos of wheat infected with storage fungi." Plant Physiol. 46 : 857-859.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AOSA. 1983. **Seed Virgor Testing Handbook.** Contribution No. 32. Association of Official Seed Analyst.

Basavarajappa, B.S. *et al.* 1991. "Membrane deterioration and other biochemical changes, associated with accelerated aging of maize seeds." **Seed Sci. and Technol.** 19 : 279-286.

Baskin, C.C. and Delouche, J.C. 1971. "Effect of mechanical shelling on storability of peanut (*Arachis hypogaea* L.) seed." **Proc. Assoc. Off. Seed Anal.** 61 : 78-84.

Bass, L.N. *et al.* 1963. "Vacuum and inert gas storage of sunflower and sesame seeds." **Crop Sci.** 3 : 237-240.

Berjak, P. and Villiers, T.A. 1992. "Aging in plant embryos 2. age-induces damage and its repair during early germination." **New Phytol.** 71 : 13-140.

Bewley, J.D. and Black, M. 1982. "Viability and longevity." Pages 1-59. In J.D. Bewley and M. Black, eds. **Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination**, Vol. II. New York : Springer Verlag.

Buchvarov, P. and Gantcheff, T.S. 1984. "Influence of accelerated and natural aging on free radical levels in soybean seeds." **Physiologia Plantarum** 60 : 53-56.

Byrd, H.W. 1970. "Effect of deterioration in soybean (*Glycine max*) seed on storability and field performance." Ph.D. Thesis, Mississippi : Mississippi State Univ.

Ching, T.M. 1973. "Biochemical aspect of seed vigor." **Seed Sci. and Technol.** 1 : 73-88.

Ching, T.M. and Schoolcraft, I. 1968. "Physiological and biochemical differences in aged seed." **Crop Sci.** 8 : 407-409.

Christensen, C.M. 1972. "Microflora and seed deterioration." Pages 59-93. In E.H. Roberts, ed. **Viability of seeds.** London : Chapman and Hall.

Copeland, L.O. 1976. **Principles of seed science and technology.** Minnesota : Burgress Publishing Company.

Dassou, S. and Kueneman, E.A. 1984. "Screening methodology for resistance to field weathering of soybean seed." **Crop Sci.** 24 : 774-779.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dawidowicz-Grzegorzewska, A. and Podstolski, A. 1992. "Age – related changes in the ultrastructure and membrane properties of *Brassica napus* L. seeds." **Ann. Bot.** 69 : 39-46.

Delouche, J.C. and Baskin, C.C. 1973. "Accelerated aging techniques for predicting the storability of seed lots." **Seed Sci. and Technol.** 1 (2) : 427-452.

Delouche, J.C. 1974. "Maintaining soybean seed quality." Pages 42-46. In **Soybean Production, Marketing and Use. Bulletin Y-69.** Tennessee : National Fertilizer Development Center.

Delouche, J.C. 1980. "Environment effects on seed development and seed quality." **Hort. Sci.** 15 : 755-780.

Delouche, J.C. 1982. "Physiological changes during storage that affect soybean seed quality." Pages 57-66. In J.B. Sinclair and J.A. Jackobs, eds. **Soybean Seed Stand Establishment.** Proceedings of Conference for Scientists of Asia. International Agriculture Publication. INTSOY Series No. 22.

Dickson, M.H. 1980. "Genetic aspects of seed quality." **Hort. Sci.** 15 (6) : 771-774.

Dickson, H.M. and Boettger, M.A. 1977. "Inheritance of resistance to mechanical damage and transverse cotyledon cracking in snap beans (*Phaseolus vulgaris* L.) seed." **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 102 : 498-501.

Dornbos, D.L., Jr. 1995. "Production environment and seed quality." Pages 119-152. In A.S. Basra, ed. **Seed Quality : Basic Mechanisms and Agricultural Implications.** New York : Food Product Press, an Imprint of the Haworth Press, Inc.

Dornworth, C.F. and Christensen, C.M. 1968. "Influence of moisture content, temperature and storage time upon changes in fungus flora, germinability and fat acidity values of soyabeans." **Phytopathology** 58 : 1457-1459.

Egli, D.B. and Tekrony, D.M. 1979. "Relationship between soybean seed vigor and yield." **Agron. J.** 71 : 755-759.

FAO. 1976. **FAO Production Yearbook,** Vol. 30. Rome : FAO.

Ferguson, J.M. *et al.* 1990. "Changes during early soybean seed and axes deterioration : I seed quality and mitochondrial respiration." **Crop Sci.** 30 : 175-179.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Francis, A. and Coolbear, P. 1988. "Changes in the fatty acid content of the polar lipid fraction of tomato seeds induced by aging and/or subsequent low temperature presowing treatment." **Seed Sci. and Technol.** 16 : 87-95.

Halder, S. and Gupta, K. 1980. "Effect of storage of sunflower seeds in high and low relative humidity on solute leaching and internal biochemical changes." **Seed Sci. and Technol.** 8 (3) : 317-321.

Halliwell, B. and Gutteridge, J.M.C. 1984. "Lipid peroxidation, oxygen radicals, cell damage and antioxidant therapy." **Seed Sci. Res.** 3 : 141-153.

Harman, G.E. 1972. "Deterioration of stored pea seed by *Aspergillus rubber* : Extraction and properties of a toxin." **Phytopathology** 62 : 206-208.

Harrington, J.F. 1972. "Seed storage and longevity." Pages 145-245. In T.T. Kozlowski, ed. **Seed Biology.** Vol. III. New York : Academic Press.

Harrison, J.G. and Perry, D.A. 1976. "Study on the mechanisms of barley seed deterioration." **Ann. Appl. Biol.** 84 : 57-62.

Hibbard, R.P. and Miller, E.V. 1929. "Biochemical studies on seed viability.I. Measurement of conductance and reductance." **Plant Physiol.** 3 : 335-352.

Hobbs, P.R. and Obendrof, R.L. 1972. "Interaction of initial seed moisture and imbibitional temperature on germination and productivity of soybean." **Crop Sci.** 12 : 664-667.

Horling, G.P. *et al.* 1994. "Weathering of soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] in the tropics, as affected by seed characteristics and reproductive development." **Trop. Agric. (Trinidad)** 71 (2) : 110-115.

ISTA. 1985. "International rules for seed testing." Seed Sci. and Technol. 13 : 356-513.

Justice, O.L. and Bass, L.N. 1979. **Principles and Practices of Seed Storage.** London : Castle House Publications Ltd.

Kabeere, F. and Taligoola, H.K. 1983. "Microflora and deterioration of soybean seeds in Uganda." **Seed Sci. and Technol.** 11 : 381-392.

Kalpana, R. and Madhava Rao, K.V. 1995. "On the aging mechanism in pigeonpea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) seeds." **Seed Sci. and Technol.** 23 : 1-9.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ketring, D.L. 1971. "Response of initially high and low germinating Spanish-type peanut seeds to three storage environments." **Agron. J.** 63 : 435-438.

Krishnasamy, V. and Seshu, D.V. 1990. "Germination after accelerated aging and associated characters in rice varieties." **Seed Sci. and Technol.** 18 : 147-156.

Kueneman, E.A. 1982. "Genetic differences in soybean seed quality : screening methods for cultivar improvement." Pages 31-41. In J.B. Sinclair and J.A. Jackobs, eds. **Soybean Seed Stand Establishment.** Proceedings of Conference for Scientists of Asia. International Agriculture Publication. INTSOY Series No.22.

Mallick, A.K. and Nandi, B. 1979. "Role of moisture content in deterioration of rough rice in storage." **Seed Sci. and Technol.** 7 (3) : 423-429.

Matthews, S. 1980. "Controlled deterioration : a new vigor test for crop seeds." Pages 647-660. In P.D. Hebblethwaite, ed. **Seed Production.** London : Butterworths and Co., Ltd.

Maguire, J.D. 1962. "Speed of germination-aid in selection and evalution for seedling and vigor." **Crop Sci.** 2 : 176-177.

McDonald, M.B. and Phaneedranath, B.R. 1978. "A modified accelerated aging seed vigor test for soybeans." **J. Seed Technol.** 3 : 27-37.

McDonald, M.B. 1980. "Assessment of seed quality." **Hort. Sci.** 15(6) : 784-790.

McDonald, M.B. 1999. "Seed derterioration : physiology repair and assessment." **Seed Sci. and Technol.** 27 : 177-237.

McGee, D.C. 1986. "Prediction of Phomopsis seed decay by measuring soybean pod infection." **Plant Dis.** 70 : 329-333.

Moller, I.M. 1986. "NADH dehydrogenases in plant mitochondrial." **Physiologia Plantarum** 67 : 517-520.

Mondragon, R.L. and Potts, H.C. 1974. "Field deterioration of soybeans as affected by environment." **Proc. Assoc. Off. Seed Anal.** 64 : 63-71.

Moore, S.H. and Longer, D.E. 1989. "Correlation of seedling emergence force with field emergence of soybean." **J. Seed Technol.** 13 : 24-30.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Moreno-Martinez, E. *et al.* 1994. "Effect of fungi and chemical treatment on viability of maize and barley seeds with different characteristics." Seed Sci. and Technol. 22 : 541-549.

Mugnisjah, W.O. *et al.* 1984. "Vigour of soybean seed produced from different harvest date and phosphorus fertilizer application." Seed Sci. and Technol. 12 : 483-491.

Muehlbauer, F.J. and Kraft, J.M. 1978. "Effect of pea seed genotype on preemergence damping off and resistance to Fusarium and Pythium root rot." Crop Sci. 18 : 321-323.

Nangju, D. 1977. "Effect of date harvest on seed quality and viability of soybean." J. Agric. Sci. 89 : 107-112.

Parrish, D.J. and Leopold, A.C. 1977. "Transient changes during soybean imbibition." Plant Physiol. 59 : 1111-1115.

Parrish, D.J. and Leopold, A.C. 1979. "On the mechanism of aging in soybean seeds." Plant Physiol. 61 : 365-368.

Paschal, E.H. and Ellis, M.A. 1978. "Variation in seed quality characteristics of tropically grown soybeans." Crop Sci. 18 : 837-840.

Perez, M.A. and Arguello, J.A. 1995. "Deterioration in peanut (*Arachis hypogaea* L. cv. Florman) seeds under natural and accelerated aging." Seed Sci. and Technol. 23 : 439-445.

Potts, H.C. *et al.* 1978. "Some influences of hard seededness on soybean seed quality." Crop Sci. 18 : 221-224.

Powell, A.A. and Matthews, S. 1977. "Deteriorative changes in pea seeds (*Pisum sativum* L.) stored in humid or dry conditions." J. Exp. Bot. 28 : 225-234.

Priestley, D.A. 1986. "Morphological, structure and biochemical changes associated with seed aging." Pages 125-195. In D.A. Priestley, ed. Seed Aging. New York : Comstock Publishing Associates.

Ram, C. and Wiesner, L.E. 1988. "Effect of artificial aging on physiological and biochemical parameters of seed quality in wheat." Seed Sci. and Technol. 16 : 579 : 587.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Roberts, E.H. 1972. "Cytological, genetical and metabolic changes associated with loss of viability." Pages 253-306. In E.H. Roberts, ed. **Viability of Seeds.** London : Chapman and Hall.

Roberts, E.H. 1973. "Loss of seed viability : Chromosomal and genetical aspects." **Seed Sci. and Technol.** 1 : 515 - 527.

Roberts, E.H. and Ellis, R.H. 1982. "Physiological, ultrastructural and metabolic aspects of seed viability." Pages 367-389. In A.A. Khan, ed. **The Physiology and Biochemistry of Seed Development, Dormancy and Germination.** New York : Elsevier Biomedical Press.

Saha, R. and Basu, R.N. 1984. "Invigoration of soybean seed for the alleviation of soaking injury and aging damage on germinability." **Seed Sci. and Technol.** 12 : 613-622.

Saio, K. 1980. "Soybean quality changes during model storage studies." **Cereal Chem.** 57 : 77-82.

Schoettle, A.W. and Leopold, A.C. 1984. "Solute leakage from artificially aged soybean seeds after imbibition." **Crop Sci.** 24 : 835-838.

Senaratna, T. *et al.* 1988. "Age induced changes in cellular membranes of imbibed soybean seed axes." **Physiologia Plantarum** 73 : 85-91.

Shatters, R.G. *et al.* 1994. "Soybean seed deterioration and response to osmotic priming : changes in specific enzyme activities in extracts from dry and germinating seeds." **Seed Sci. Res.** 4 : 33-41.

Simon, E.W. and Raja Harun, R.M. 1972. "Leakage during seed imbibition." **J. Exp. Bot.** 23 : 1076-1085.

Spears, J.F. *et al.* 1997. "Temperature during seed filling and soybean seed germination and vigor." **Seed Sci. and Technol.** 25 : 233-244.

Sreeramulu, N. 1983. "Leakage during imbibition by seeds of bambara groundnut [*Voandzeia subterrance* (L.) thouass] at different stages of loss of viability." **Trop. Agric. (Trinidad)** 60 : 265-268.

Starzinger, E.K. *et al.* 1982. "An observation on the relationship of soybean seed coat colour to viability maintenance." **Seed Sci. and Technol.** 10 : 301-305.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stewart, R.R.C. and Bewley, J.D. 1980. "Lipid peroxidation associated with accelerated aging of soybean axes." **Plant Physiol.** 65 : 245-248.

Sung, J.M. 1996. "Lipid peroxidation and peroxide-scavenging in soybean seeds during aging." **Physiologia Plantarum** 97 : 85-89.

Taylor, J.A. and West, D.W. 1980. "The use of Evan's blue stain to test the survival of plant cells after exposure to high salt and high osmotic pressure." **J. Exp. Bot.** 31 : 571-576.

Tekrony, D.M. *et al.* 1979. "Physiological maturity in soybean." **Agron. J.** 71 : 771-775.

Tekrony, D.M. *et al.* 1980. "Effect of the field production environment on soybean seed quality." Pages 403-426. In P.D. Hebblethwaite, ed. **Seed Production.** London : Butterworth and Co., Ltd.

Tekrony, D.M. *et al.* 1987. "Seed production and technology." Pages 275-353. In J.R. Wilcox, ed. **Soybeans : Improvement, Production and Uses.** Madison : American Society of Agronomy.

Villiers, T.A. 1973. "Aging and the longevity of seed in the field condition." Pages 265-288. In W. Heydecker, ed. **Seed Ecology.** London : Butterworth and Co., Ltd.

Wahab, A.H. and Burris, J.S. 1971. "Physiological and chemical difference in low and high quality soybean seeds." **Proc. Assoc. Off. Seed Anal.** 61 : 58-68.

Walter, L.E. and Jensen, E.H. 1970. "Effect of environment during seed production on seedling vigor of two alfalfa varieties." **Crop Sci.** 10 : 635-638.

Wilson, D.O. and McDonald, M.B. 1986. "The lipid peroxidation model of seed aging." **Seed Sci. and Technol.** 14 : 269-300.

Woodstock, L.W. 1969. "Seedling growths as a measurement of seed vigor." **Proc. Int. seed Test. Assoc.** 34 : 273-280.

Woodstock, L.W. and Taylorson, R.B. 1981. "Ethanol and acetaldehyde in imbibing soybean seeds in relation to deterioration." **Plant Physiol.** 67 : 424-428.

Woodstock, L.W. *et al.* 1984. "Changes in respiratory metabolism during aging in seeds and isolated axes of soybean." **Plant Physiol.** 25 : 15-26.

Yaklich, R.W. and Kulik, M.K. 1979. "Evaluation of vigor tests in soybean seeds : relationship of the standard germination test, seedling vigor classification,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

seedling length, and tetrazolium staining to field performance." **Crop Sci.** 19 : 247-252.

York, D. *et al.* 1977. "Inheritance of resistance to seed decay and preemergence damping off caused of *Pythium ultimum* Trow in snap beans." **Plant Dis.Rptr.** 285-289.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความชื้นของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเร่งอายุ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	7	1598.9803	228.4257	2033.39 **
Error	16	1.7974	0.1123	
Total	23	1600.7777		

C.V. = 1.1494 %

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางที่ ผ.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความชื้นของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	8	58.7718	7.3464	11.34 **
Error	18	11.6596	0.6477	
Total	26	70.4315		

C.V. = 8.3338%

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางที่ ผ.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความชื้นของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	4	0.1345	0.0336	0.24 ns
Error	10	1.4191	0.1419	
Total	14	1.5536		

C.V. = 3.5481 %

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเร่งอายุ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	7	43903.8333	6271.9761	5375.98 **
Error	16	18.6666	1.1666	
Total	23	43922.5		

C.V. = 2.3354 %

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางที่ ผ.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	8	30202.6666	3775.3333	943.83 **
Error	18	72	4	
Total	26	30274.6666		

C.V. = 3.3210%

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางที่ ผ.6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	4	17.6	4.4	1.18 ns
Error	10	37.3333	3.7333	
Total	14	54.9333		

C.V. = 1.9769%

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความมีชีวิต (TZ) ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเร่งอายุ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	7	42382.5	6054.6428	726.56 **
Error	16	133.3333	8.3333	
Total	23	42515.8333		

C.V. = 6.5483 %

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางที่ ผ.8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความมีชีวิต (TZ) ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	8	31269.3333	3908.6666	184.50 **
Error	18	381.3333	21.1851	
Total	26	31650.6667		

C.V. = 8.0907%

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางที่ ผ.9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความมีชีวิต (TZ) ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	4	34.6666	8.6666	2.03 ns
Error	10	42.6666	4.26666	
Total	14	77.3333		

C.V. = 2.1221%

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเร่งอายุ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	7	439.0383	62.7197	5375.98 **
Error	16	0.1866	0.0116	
Total	23	439.225		

C.V. = 2.3354 %

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางที่ ผ.11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	8	300.4118	37.5514	817.65 **
Error	18	0.8266	0.0459	
Total	26	301.2385		

C.V. = 3.5673%

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางที่ ผ.12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	4	0.176	0.044	1.18 ns
Error	10	0.3733	0.0373	
Total	14	0.5493		

C.V. = 1.9769%

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนอัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเร่งอายุ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	7	10102.0923	1443.1560	1062.55 **
Error	16	21.7312	1.3582	
Total	23	10123.8235		

C.V. = 4.7337 %

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางที่ ผ.14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนอัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	8	6213.2126	776.6515	140.49 **
Error	18	99.5072	5.5281	
Total	26	6312.7198		

C.V. = 6.6794%

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางที่ ผ.15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนอัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	4	4.5995	1.1498	0.58 ns
Error	10	19.9558	1.9955	
Total	14	24.5553		

C.V. = 2.9219%

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความงอกในไร่ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเร่งอายุ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	7	40575.3333	5796.4761	3864.32 **
Error	16	24	1.5	
Total	23	40599.3333		

C.V. = 2.9276 %

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางที่ ผ.17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความงอกในไร่ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	8	30716.7407	3839.5925	249.20 **
Error	18	277.3333	15.4074	
Total	26	30994.0740		

C.V. = 7.3803%

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางที่ ผ.18 ตารางผนวกที่ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความงอกในไร่ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	4	9.0666	2.2666	2.13 ns
Error	10	10.6666	1.0666	
Total	14	19.7333		

C.V. = 1.0698%

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเร่งอายุ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	7	130055.2425	18579.3204	481.61 **
Error	16	671.2342	38.5771	
Total	23	130672.4767		

C.V. = 4.5059 %

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางที่ ผ.20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	8	56517.953	7064.7441	227.12 **
Error	18	559.9126	31.1062	
Total	26	57077.8656		

C.V. = 6.0214%

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางที่ ผ.21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	4	26.7205	6.6801	18.54 **
Error	10	3.6032	0.3603	
Total	14	30.3237		

C.V. = 1.4981 %

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.22 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าการดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเร่งอายุ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	7	72574.6475	1036.8068	11.09 **
Error	16	1495.2784	93.4549	
Total	23	8752.9259		

C.V. = 5.522882 %

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางที่ ผ.23 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าการดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	8	5349.2196	668.6524	21.21 **
Error	18	567.4768	31.5264	
Total	26	5916.6964		

C.V. = 3.3687%

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางที่ ผ.24 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าการดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	4	0.3644	24.8411	0.46 ns
Error	10	539.2418	53.9241	
Total	14	638.6062		

C.V. = 5.1953 %

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.25 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ MDA ในเมล็ดทั้งเมล็ดของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเร่งอายุ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	7	0.7103	0.1014	42.60 **
Error	24	0.0571	0.0023	
Total	31	0.7675		

C.V. = 38 3430 %

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางที่ ผ.26 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ MDA ในใบเลี้ยงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเร่งอายุ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	7	0.7073	0.1010	5.58 **
Error	24	0.4342	0.0180	
Total	31	1.1415		

C.V. = 16.6810 %

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางที่ ผ.27 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ MDA ในแกนคัพภะของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเร่งอายุ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	7	17.5594	2.5084	1.16 ns
Error	24	52.0181	2.1674	
Total	31	69.5776		

C.V. = 27.2921 %

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.28 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ MDA ในเมล็ดทั้งเมล็ดของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	8	0.0102	0.0012	5.71 **
Error	27	0.0060	0.0002	
Total	35	0.0163		

C.V. = 37.8350 %

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางที่ ผ.29 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ MDA ในใบเลี้ยงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	8	0.4303	0.0537	1.38 ns
Error	27	1.0528	0.0389	
Total	35	1.4831		

C.V. = 24.2991 %

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ ผ.30 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ MDA ในแกนคัพภะของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเสื่อมธรรมชาติ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	8	23.3518	2.9189	0.76 ns
Error	27	103.4380	3.8310	
Total	35	126.7899		

C.V. = 29.1680 %

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.31 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ MDA ในเมล็ดทั้งเมล็ดของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	4	0.00002134	0.00000533	0.64 ns
Error	15	0.00012583	0.00000839	
Total	19	0.00014717		

C.V. = 74.28631 %

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ ผ.32 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ MDA ในใบเลี้ยงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	4	0.0102	0.0025	0.15 ns
Error	15	0.2561	0.0170	
Total	19	0.2663		

C.V. = 19.2179 %

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ ผ.33 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ MDA ในแกนคัพภะของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	4	7.7464	1.9366	1.21 ns
Error	15	24.0101	1.6006	
Total	19	31.7565		

C.V. = 18.5376 %

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.34 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนกิจกรรมของเอนไซม์ dehydrogenase ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเร่งอายุ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	7	2.2026	0.3146	105.78**
Error	24	0.0713	0.0029	
Total	31			

C.V. = 13.0724%

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางที่ ผ.35 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนกิจกรรมของเอนไซม์ dehydrogenase ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	8	2.3568	0.2946	26.02**
Error	27	0.3057	0.0113	
Total	35			

C.V. = 12.8566%

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางที่ ผ.36 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนกิจกรรมของเอนไซม์ dehydrogenase ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	4	0.0163	0.0040	0.72ns
Error	15	0.0848	0.0056	
Total	19			

C.V. = 10.1433%

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.37 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนการเจริญของเชื้อราในเมล็ดทั้งเมล็ดของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเร่งอายุ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	7	15155.4687	2165.0669	38.67 **
Error	24	1343.75	55.9895	
Total	31	16499.2187		

C.V. = 8.5668 %

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางที่ ผ.38 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนการเจริญของเชื้อราในใบเลี้ยงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเร่งอายุ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	7	16361.7187	2337.3883	142.47 **
Error	24	393.75	16.4062	
Total	31	16755.4687		

C.V. = 4.7218 %

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางที่ ผ.39 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนการเจริญของเชื้อราในแกนคัพภะของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเร่งอายุ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	7	38425	5489.2857	79.24 **
Error	24	1662.5	69.2708	
Total	31	40087.5		

C.V. = 12.4454 %

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.40 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนการเจริญของเชื้อราในเมล็ดทั้งเมล็ดของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	8	15401.3888	1925.1736	10.02 **
Error	27	5187.5	192.1296	
Total	35	20588.8888		

C.V. = 21.5085 %

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางที่ ผ.41 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนการเจริญของเชื้อราในใบเลี้ยงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเสื่อมตามธรรมชาติ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	8	17993.0555	2249.1319	11.95 **
Error	27	5081.25	188.1944	
Total	35	23074.3055		

C.V. = 22.9170 %

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางที่ ผ.42 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนการเจริญของเชื้อราในแกนคัพภะของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเสื่อมธรรมชาติ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	8	19259.7222	2407.4652	22.32 **
Error	27	2912.5	107.8703	
Total	35	22172.2222		

C.V. = 38.1529 %

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.43 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนการเจริญของเชื้อราในเมล็ดทั้งเมล็ดของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	4	132.5	33.125	0.18 ns
Error	15	2762.5	184.1666	
Total	19	2895		

C.V. = 38.2276 %

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ ผ.44 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนการเจริญของเชื้อราในใบเลี้ยงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	4	80	20	0.38 ns
Error	15	793.75	52.9166	
Total	19	873.75		

C.V. = 22.5562%

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ ผ.45 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนการเจริญของเชื้อราในแกนคัพภะของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษาที่ควบคุมการเสื่อมคุณภาพ

Source	df	SS	MS	F
Treatment	4	55	13.75	0.65 ns
Error	15	318.75	21.25	
Total	19	373.75		

C.V. = 167.6281 %

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล : นางสาวศุภลักษณ์ ปานรัศมี

เกิดเมื่อ : วันที่ 13 มิถุนายน พ.ศ. 2518

สถานที่เกิด : จ. นครศรีธรรมราช

ที่อยู่ปัจจุบัน : 59/4 หมู่ที่ 1 ต. ปากแพรก อ. ดอนสัก จ. สุราษฎร์ธานี 84340

การศึกษา :

- ระดับประถมศึกษา โรงเรียนวัดกาญจนาราม ต. กะแดะ อ. กาญจนดิษฐ์ จ. สุราษฎร์ธานี
- ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนสุราษฎร์พิทยา อ. เมือง จ. สุราษฎร์ธานี
- ระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีการผลิตพืช) สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ.เมือง จ. นครราชสีมา
- ศึกษาระดับปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาวิชาพืชไร่) คณะบัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้