

รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

ผลของการลดความชื้นด้วยเครื่องอบแห้งที่ประดิษฐ์ขึ้นต่อคุณภาพ
ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

Effect of Drying with Artificial dryer on Quality of Soybean Seed

โดย

นายอารมย์ ศรีพิจิตต์¹
นายวัชระ เพิ่มชาติ²
นายปัญญา โพธิ์ฐิติรัตน์¹
นางอุมา แสงคร้าม¹
นายสมภาร อยู่สุขยิ่งสถาพร¹

RCH

S

๗15

, ๘๗

๗๑๑

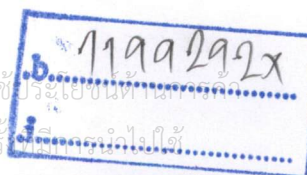
เลขหมู่..... 84489

เลขทะเบียน..... 13 ต.ค. 2551

วัน,เดือน,ปี.....

1. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง



บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการลดความชื้นเมล็ดด้วยเครื่องอบแห้งที่ประดิษฐ์ขึ้นต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ประกอบด้วย 2 การทดลองคือ

การทดลองที่ 1 การศึกษาการนำแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ในการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์พืช โดยทำการออกแบบและสร้างเครื่องลดความชื้นเมล็ดพันธุ์พืชโดยใช้แสงอาทิตย์และใช้ไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อนเสริม ตัวเครื่องที่สร้างประกอบด้วยส่วนสำคัญ คือ แผงรับแสงอาทิตย์ ตัวตู้อบ ท่อลมที่นำความร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์ไปยังพัดลม heater และตู้ควบคุมการทำงานของ heater ผลจากการตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพบว่าในวันที่ท้องฟ้าโปร่ง ประสิทธิภาพของแผงรับแสงขณะเปิดพัดลมโดยวัดจากอัตราการไหลของลมร้อน จะสูงกว่าการไม่เปิดพัดลม เมื่อทำการลดความชื้นเมล็ดข้าวเปลือกที่มีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 20% ด้วยเครื่องอบแห้งนี้ พบว่าความชื้นของเมล็ดจะลดลงอย่างรวดเร็วใน 9 ชั่วโมงแรก และลดลงเหลือประมาณ 12% ภายหลัง 30 ชั่วโมงของการลดความชื้นด้วยเครื่องอบแห้ง ในทำนองเดียวกันความชื้นเบื้องต้นของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ลดด้วยเครื่องอบแห้งก็ลดลงอย่างรวดเร็วจาก 16% เหลือประมาณ 12% โดยใช้เวลาประมาณ 6 ชั่วโมง เมื่อทำการเปรียบเทียบการใช้พลังงานของเครื่องอบแห้งกับเครื่องอบของทางราชการในการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ดังกล่าว มีแนวโน้มว่าเครื่องอบแห้งที่สร้างขึ้นนี้ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยกว่าและสิ้นเปลืองพลังงานต่ำกว่า

การทดลองที่ 2 การศึกษาคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองภายหลังการลดความชื้นด้วยเครื่องอบแห้งที่ประดิษฐ์ขึ้น ลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ให้เหลือประมาณ 6% ด้วยแสงอาทิตย์ ที่ร่มและเครื่องอบที่ประดิษฐ์ขึ้น ภายหลังการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ทำการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ การร่วไหล การแตกร้าวของเมล็ด และการเก็บรักษา ผลจากการทดลองพบว่าความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ที่ลดความชื้นด้วยเครื่องอบ ลดลงช้ากว่าเมล็ดพันธุ์ที่ลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์และที่ร่ม ในทำนองเดียวกันภายหลังการเก็บรักษา คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ดังกล่าวที่ลดความชื้นด้วยเครื่องอบก็ยังเสื่อมน้อยหรือช้ากว่าการลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์และที่ร่ม ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ไว้ได้ยาวนานอย่างน้อย 120 วัน โดยใช้เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพเบื้องต้นสูง ลดความชื้นเมล็ดให้เหลือประมาณ 6% ด้วยเครื่องอบแห้งที่ประดิษฐ์ขึ้น โดยควบคุมให้มีอุณหภูมิ ความเร็วลม และความชื้นสัมพัทธ์ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSTRACT

Study of seed drying with artificial dryer on quality of soybean seed was conducted by 2 experiments.

Experiment 1 Drying of seed with sun light was investigated by design and construct seed dryer using sun light and electricity as supplemental heat energy. The major components of dryer consisted of flat-plate solar collector, drying body heat, wind tunnel to fan, heater and controlling cabinet. The results showed that on the clear sky the efficiency of the solar collector in terms of velocity of heat flow during fan blowing was higher than those without fan blowing. When the initial moisture of rice grains of about 20% which was reduced by the dryer was rapidly decreased in the first 9 hours and decreased to about 12% after 30 hours. Similarly, the initial moisture of soybean seeds of about 16% reduced by the dryer was rapidly decreased to about 12% after 6 hours. The comparison of energy consumption between the artificial dryer and the official one, there was a tendency that the drying time and energy consumption of the artificial dryer were less.

Experiment 2 The quality of soybean seeds after drying with the artificial dryer was evaluated. The seed moisture of soybean cv. Chiangmai 60 was reduced to about 6% by sun light, shade and the dryer. Then, the seeds were stored and tested for quality, leachate and seedcoat cracking. It was found that seed germination and vigor dried with the dryer decreased slower than those by sun light and shade. In a similar way, the quality of seed dried by the dryer also deteriorated slower than those by sun light and shade. Therefore, there was a possibility to stored seeds for at least 120 days by various applications including using seed with high initial quality, reduced seed moisture to about 6% by the artificial dryer with proper control of temperature, air velocity and relative humidity.

คำนิยม

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะกรรมการเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ให้ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ที่จำเป็นในการวิจัย นอกจากนี้ขอขอบคุณนายโกเมนทร์ กิตติศักดิ์ และนายสรณะ สุริยะ นักศึกษาปริญญาตรีที่มีส่วนช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัย เก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผลการวิจัยจนทำให้งานวิจัยนี้สมบูรณ์และสำเร็จด้วยดี

นายอารมย์	ศรีพิจิตรต์
นายวัชระ	เพิ่มชาติ
นายปัญญา	โพธิ์ฐิติรัตน์
นางอุมา	แสงคร้าม
นายสมมารท	อยู่สุขยิ่งสถาพร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญรูป	(3)
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง/ทบทวนเอกสาร	5
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัยและผลการวิจัย	14
3.1 วิธีการดำเนินการวิจัย	14
3.2 ผลการวิจัย	21
บทที่ 4 อภิปรายผลการวิจัยและวิจารณ์	35
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	38
บรรณานุกรม	40



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การใช้พลังงานในการลดความชื้นเมล็ดพืชจากความชื้นเริ่มต้น 16-16.5% และสิ้นสุดที่ 12%	25
2	ผลของการลดความชื้นด้วยวิธีการต่าง ๆ ต่อความงอกมาตรฐาน (SG) การเร่งอายุ (AA) อัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้า (SGR) ความงอกในไร่ (FE) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) และการแตกร้าวของเยื่อหุ้มเมล็ด (SCC)	28
3	ผลของการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีการต่าง ๆ ต่อความงอกมาตรฐาน (SG) การเร่งอายุ (AA) อัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้า (SGR) ความงอกในไร่ (FE) การนำไฟฟ้า (EC) และรอยแตกร้าวของเยื่อหุ้มเมล็ด (SCC)	29
4	ค่าสัมพัทธ์ของความงอกมาตรฐาน ความแข็งแรง การรื้อไหล และการแตกร้าวของเยื่อหุ้มเมล็ดโดยตลอดทุก treatment	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	โครงสร้างแผงรับแสงอาทิตย์	15
2	ผู้ลดความชื้นเมล็ดพันธุ์แสดงโครงสร้างภายนอก (a) และโครงสร้างภายใน (b)	16
3	พัดลมและปล่องดูดอากาศที่ต่อกับแผงรับความร้อน	16
4	รายละเอียดวงจรไฟฟ้าภายใน	17
5	แสดงแบบเครื่องลดความชื้น	17
6	ประสิทธิภาพแผงรับแสงที่สภาพท้องฟ้าโปร่งและท้องฟ้ามีเมฆปกคลุม	21
7	ประสิทธิภาพแผงรับแสงในวันที่ท้องฟ้าโปร่ง (Clear sky) ที่อัตราการไหลลมร้อน 0.15, 0.27, 0.37 และ 0.53 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที	22
8	ประสิทธิภาพแผงรับแสงในวันที่ท้องฟ้าโปร่ง (Clear sky) ขณะทำการลดความชื้นที่อัตราการไหลลมร้อน 0.53 และ 0.27 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที	22
9	อุณหภูมิลมร้อนที่ไหลเข้าตู้อบเมื่อมีอัตราการไหลแตกต่างกัน	23
10	การลดความชื้นเมล็ดข้าวเปลือก เมื่ออัตราการไหลลมร้อน 0.15 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที	23
11	การลดลงของความชื้นในเมล็ดถั่วเหลืองที่อัตราการไหลลมร้อน 0.53 และ 0.27 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที โดยทดสอบในวันที่ท้องฟ้าโปร่ง	24
12	การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ ชม.60 ด้วยแสงอาทิตย์ (▲) เครื่องอบ (■) และที่ร้อม (◆)	27
13	การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ ชม.60 ด้วยซิลิกาเจล ภายหลังจากลดในที่ร้อม	27
14	การเปลี่ยนแปลงของความงอกมาตรฐานของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ซึ่งลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์ (▲) เครื่องอบ (■) และที่ร้อม (◆) ในระหว่าง 120 วันของการเก็บรักษา	30
15	การเปลี่ยนแปลงของความงอกหลังการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ซึ่งลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์ (▲) เครื่องอบ (■) และที่ร้อม (◆) ในระหว่าง 120 วันของการเก็บรักษา	30
16	การเปลี่ยนแปลงของความงอกในไร่ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ซึ่งลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์ (▲) เครื่องอบ (■) และที่ร้อม (◆) ในระหว่าง 120 วันของการเก็บรักษา	31
17	การเปลี่ยนแปลงของอัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้าของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ซึ่งลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์ (▲) เครื่องอบ (■) และที่ร้อม (◆) ในระหว่าง 120 วัน ของการเก็บรักษา	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
18	การเปลี่ยนแปลงของการรั่วไหลของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ซึ่งลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์ (▲) เครื่องอบ (■) และที่ร่ม (◆) ในระหว่าง 120 วันของการเก็บรักษา	33
19	เปอร์เซ็นต์แตกร้าวของเยื่อหุ้มเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ซึ่งลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์ (▲) เครื่องอบ (■) และที่ร่ม (◆) ในระหว่าง 120 วันของการเก็บรักษา	34



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในรอบสี่ทศวรรษที่ผ่านมา ถั่วเหลืองได้กลายมาเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของโลก โดยพิจารณาจากปริมาณการผลิตและการค้าระหว่างประเทศ ถั่วเหลืองเป็นแหล่งอาหารโปรตีนที่มีราคาถูกที่สุดสำหรับมนุษย์และสัตว์เลี้ยงทางการเกษตร และยังเป็นแหล่งสำคัญของน้ำมันที่บริโภคได้โดยผลิตได้มากถึง 20% ของผลผลิตน้ำมันของโลกมากกว่าพืชน้ำมันอื่น ๆ แต่ละชนิด (Singh and Rachie, 1987)

ความสำคัญของถั่วเหลืองดังกล่าวไม่ว่าจะเป็นในด้านแหล่งอาหารโปรตีนหรือการขยายตัวของอุตสาหกรรมน้ำมันพืช รัฐบาลไทยจึงได้สนับสนุนการผลิตถั่วเหลือง โดยบรรจุไว้ในแผนพัฒนาสังคมและเศรษฐกิจ นับตั้งแต่ปี 2510 เป็นต้นมา ความต้องการใช้ถั่วเหลืองในประเทศเพิ่มขึ้นจาก 13,000 ตัน ในปี 2510 เป็น 1.15 ล้านตันในปี 2532 และยังคงมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ อย่างไรก็ตามผลผลิตถั่วเหลืองในประเทศยังไม่พอเพียงที่จะต้องสนองความต้องการของอุตสาหกรรมแปรรูปต่าง ๆ ทำให้ประเทศไทยต้องสั่งซื้อถั่วเหลืองเข้าประเทศคิดเป็นมูลค่าหลายพันล้านบาทต่อปี (Na Lampang, 1993) ซึ่งนับได้ว่าเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ประเทศไทยต้องขาดดุลการค้าเพิ่มขึ้น

ผลผลิตของถั่วเหลืองขึ้นอยู่กับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่ปลูก การใช้เมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงทำให้ต้นกล้าตั้งตัวไม่ดีและได้ผลผลิตต่ำ โดยเฉพาะในเขตร้อนชื้นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เมล็ดพันธุ์เสื่อมคุณภาพคือ การมีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูง สภาพเช่นนี้ถ้าเกิดขึ้นก่อนการเก็บเกี่ยวจะทำให้เมล็ดเสื่อมคุณภาพไปในระดับหนึ่ง (Delouche, 1990) การเสื่อมคุณภาพจะเพิ่มขึ้นไปอีกถ้าการลดความชื้นกระทำในลักษณะที่ไม่ถูกต้อง นอกจากนี้การเก็บรักษาถ้าปฏิบัติไม่เหมาะสม เช่น เก็บไว้ในภาชนะที่กันความชื้นไม่ได้ เมล็ดก็จะเสื่อมคุณภาพจนกระทั่งไม่มีคุณค่าพอที่จะนำไปปลูกได้เช่นกัน ดังนั้นการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองจึงต้องกระทำด้วยความระมัดระวังนับตั้งแต่ระยะเก็บเกี่ยว การลดความชื้นและการเก็บรักษาเพื่อให้ได้เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพดีซึ่งจะนำไปสู่การมีผลผลิตดีในที่สุด

ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง จะเกิดขึ้นสูงสุดเมื่อเมล็ดมีการสุกแก่ทางสรีรวิทยา ซึ่งเป็นระยะที่เมล็ดมีน้ำหนักแห้งสูงสุด (Harrington, 1972; Delouche 1975) หลังจากระยะนี้ไปแล้วการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดก็จะเริ่มขึ้น ซึ่งจะเกิดเร็วหรือช้าเพียงใดขึ้นอยู่กับสภาพลมฟ้าอากาศเป็นสำคัญ Green et al. (1965) รายงานว่าเมล็ดถั่วเหลืองซึ่งสุกแก่หลังจากอากาศร้อน และแห้งสิ้นสุดลง มีความงอกและความแข็งแรงสูงกว่าเมล็ดถั่วเหลืองซึ่งสุกแก่ในระหว่างสภาพอากาศดังกล่าว Delouche (1980) ได้สาธิตให้เห็นว่าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การมีฝนตกสลับกับอากาศร้อนบ่อย ๆ ในระหว่างภายหลังการสุกแก่ก่อนเก็บเกี่ยวมีผลทำให้ความงอกของเมล็ดถั่วเหลืองลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการปลุกถั่วเหลืองในประเทศไทยส่วนใหญ่อาศัยน้ำฝนเป็นหลัก จึงเป็นการยากที่จะหลีกเลี่ยงไปจากสภาพลมฟ้าอากาศดังกล่าว ดังนั้นการเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองเพื่อใช้เป็นเมล็ดพันธุ์น่าที่จะเก็บเกี่ยวเมื่อเมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยาซึ่งเป็นระยะที่เมล็ดมีคุณภาพสูงสุด

อย่างไรก็ตามการเก็บเกี่ยวเมล็ดถั่วเหลืองที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา นอกจากจะมีความงอกและความแข็งแรงสูงสุดแล้ว เมล็ดก็ยังมีค่าขึ้นสูงมากอีกด้วย (ประมาณ 50-55%) (Delouche, 1980) เมล็ดที่เก็บเกี่ยวมาจึงต้องทำการลดความชื้นโดยเร็ว มิฉะนั้นเมล็ดก็จะเสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็วเนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นจากการหายใจของเมล็ด และการเข้าทำลายของเชื้อรา (Harrington, 1972) โดยทั่วไปการทำให้เมล็ดแห้งด้วยแสงอาทิตย์เพื่อเก็บรักษาเป็นวิธีการปฏิบัติกันแพร่หลาย วิธีนี้ขึ้นอยู่กับความร้อนจากดวงอาทิตย์ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศและกระแสลม วิธีนี้ไม่สามารถปฏิบัติได้อย่างมีประสิทธิภาพในฤดูฝนหรือในสภาพอากาศที่มีความชื้นสูง นอกจากนี้ความร้อนจากแสงอาทิตย์อาจทำให้อุณหภูมิของอากาศสูงกว่า 45°C ซึ่งมีผลทำให้ความชื้นเมล็ดลดลงอย่างรวดเร็วเกินไป จนทำให้เมล็ดแตกร้าวเนื่องจากเนื้อเยื่อบริเวณใกล้ผิวภายนอกหดตัวอย่างรวดเร็ว ในขณะที่เนื้อเยื่อส่วนที่อยู่ลึกลงไปยังชื้นอยู่ (Harrington, 1972) สภาพเช่นนี้อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เมล็ดสูงเสียดความงอกและความแข็งแรง (Harrington, 1973; Franca Neto *et al.*, 1994) ก่อนที่จะทำการเก็บรักษา

ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงสภาพอากาศภายหลังการสุกแก่ทางสรีรวิทยาและก่อนเก็บเกี่ยวซึ่งไม่เอื้ออำนวยต่อการทำให้เมล็ดแห้งอย่างมีประสิทธิภาพ และข้อเสียต่าง ๆ ของการลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์ การเก็บเกี่ยวเมล็ดเมื่อสุกแก่ทางสรีรวิทยาและลดความชื้นด้วยเครื่องลดความชื้น (Artificial dryer) ในรูปแบบต่าง ๆ ดังที่ใช้กันในประเทศที่พัฒนาแล้ว เป็นที่ยอมรับกันว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการลดความชื้น อย่างไรก็ตามระบบดังกล่าวไม่สามารถที่จะนำมาใช้ได้โดยทันทีในประเทศที่กำลังพัฒนา เนื่องจากความเหมาะสมทางเศรษฐกิจ การขาดแคลนบุคลากรในการใช้เครื่องและตรวจบำรุงรักษา ดังนั้นควรทำการออกแบบและสร้างเครื่องลดความชื้นให้มีขนาดที่เหมาะสมสำหรับสภาพการทำฟาร์มขนาดเล็กที่ปฏิบัติกันในประเทศไทย

ในปัจจุบันเครื่องลดความชื้นที่ผลิตขึ้นในประเทศไทย มีทั้งแบบที่ใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ (สมชาติ, 2540; วัชรและคณะ, 2542) และแบบที่ใช้ความร้อนซึ่งผลิตขึ้นจากไฟฟ้าหรือเชื้อเพลิง อย่างไรก็ตามเครื่องลดความชื้นดังกล่าวใช้เตาเผาถ่านหินดีเซลและ/หรือแก๊สเป็นต้นกำเนิดความร้อน ซึ่งมีขนาดใหญ่และราคาแพง อีกทั้งยังส่งผลกระทบต่อ

สิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังใช้งานค่อนข้างลำบาก มีอุปกรณ์ที่ต้องควบคุมดูแลมาก การควบคุมอุณหภูมิและความเร็วลมทำได้ไม่สะดวก ดังนั้นการออกแบบและสร้างเครื่องลดความชื้นขนาดเล็กสำหรับใช้ลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ในครัวเรือน โดยใช้ไฟฟ้าเป็นต้นกำเนิดลมร้อน เคลื่อนย้ายและใช้งานได้สะดวก มีราคาที่เหมาะสม น่าที่จะมีความเหมาะสมสำหรับเกษตรกรและเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์

เพื่อลดการสูญเสียคุณภาพของเมล็ดในระหว่างการลดความชื้นด้วยเครื่องลดความชื้น เราควรพิจารณาถึงปัจจัยคือ อุณหภูมิที่เหมาะสม ความชื้นเมล็ด อัตราของลม ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ผ่านเมล็ด และระยะเวลาการลดความชื้น (Franca neto *et al.*, 1994) การใช้เครื่องลดความชื้นโดยปราศจากการควบคุมปัจจัยดังกล่าวให้เหมาะสม อาจทำให้เมล็ดเกิดรอยแตกร้าว เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้สูงเกินไปหรือเมล็ดแห้งเร็วเกินไป (Foster, 1973) ความเสียหายเช่นนี้ทำให้เมล็ดสูญเสียความงอกและความแข็งแรง (McDonald and Copeland, 1997) Seydin *et al.* (1984) พบว่าการลดความชื้นเมล็ดข้าวโพดที่มีความชื้นสูงมาก 40% ที่อุณหภูมิ 50 °C ทำให้ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับที่อุณหภูมิ 35 °C นอกจากนี้การลดความชื้นด้วยอุณหภูมิที่สูงยังทำให้เมมเบรนได้รับความเสียหายอีกด้วย Ghaly and Dutherland (1983) ลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองซึ่งมีความชื้น 14, 16 และ 18% ที่อุณหภูมิ 60 °C นาน 4 ชั่วโมง พบว่าความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดที่มีความชื้น 18% ลดลงมากที่สุด แต่เมื่อลดด้วยอุณหภูมิ 40-55 °C ในระยะเวลาเดียวกัน ไม่พบการเปลี่ยนแปลงในคุณภาพของเมล็ดพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าการลดความชื้นเมล็ดที่มีความชื้นสูงควรใช้อุณหภูมิต่ำ นักวิทยาศาสตร์หลายท่านแนะนำให้ใช้อุณหภูมิ 32-43 °C และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่เคลื่อนที่ผ่านเมล็ดประมาณ 40-50% (Tanner and Hume, 1978; Scott and Aldrich, 1983; Franca Neto *et al.*, 1994)

ดังนั้นอุณหภูมิและความชื้นจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ภายหลังจากสุกแก่ก่อนเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษา การผลิตเมล็ดพันธุ์ให้มีคุณภาพดีจึงไม่ได้จำกัดอยู่แต่เพียงการดูแลรักษาในระหว่างการเจริญและพัฒนาของเมล็ด แต่ขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีภายหลังจากเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมดังกล่าวอีกด้วย ในที่นี้เราเสนอให้มีการเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ให้เร็วที่สุดภายหลังจากสุกแก่ทางสรีรวิทยาแล้วลดความชื้นด้วยเครื่องลดความชื้นที่มีการปรับอุณหภูมิ อัตราการเคลื่อนที่ของลมและความชื้นที่เหมาะสมจนกระทั่งเมล็ดมีความชื้นต่ำกว่า 10% จึงนำไปเก็บรักษา

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการนำแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ในการอบเมล็ดพันธุ์พืช
2. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องลดความชื้นเมล็ดพันธุ์พืชโดยใช้แสงอาทิตย์และใช้ไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อนเสริม และตรวจสอบสมรรถนะของเครื่องอบในการลดความชื้นและการใช้พลังงาน
3. เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองภายหลังการลดความชื้นด้วยเครื่องอบแสงอาทิตย์และที่รม
4. เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ซึ่งลดความชื้นด้วยเครื่องอบแสงอาทิตย์และที่รม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง/การทบทวนเอกสาร

คุณภาพเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการพัฒนาและการสุกแก่ทางสรีรวิทยาของเมล็ดพันธุ์

การพัฒนาของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองจะเริ่มตั้งแต่ระยะที่มีการปฏิสนธิขึ้น ภายหลังจาก ออกดอกประมาณ 25-30 วัน เมล็ดมีการสะสมน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และดำเนิน เรื่อยไปจนกระทั่งถึงจุดที่เมล็ดมีน้ำหนักแห้งสูงสุดหลังดอกบานประมาณ 60-65 วัน หลังจากนั้น น้ำหนักแห้งจะคงที่หรือเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ในระหว่างที่เมล็ดมีการสะสมน้ำหนักแห้ง อย่างรวดเร็วนี้ ความชื้นในเมล็ดจะลดลงอย่างช้าๆจนเหลือประมาณ 40-50 % ซึ่งเป็นระยะที่ เมล็ดมีน้ำหนักแห้งสูงสุด เรียกระยะนี้ว่า ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา (Tekrony *et al.*, 1979)

เมล็ดที่สุกแก่ทางสรีรวิทยา (physiological maturity : PM) จะมีความงอกและความ แข็งแรงสูงสุด แต่โดยปกติแล้วเกษตรกรไม่ทำการเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองในระยะนี้ เพราะมีเมล็ด พันธุ์มีความชื้นสูงเกินไป (Tekrony *et al.*, 1979) จึงต้องทิ้งให้เมล็ดอยู่กับต้นแม่ จนกระทั่ง ความชื้นของเมล็ดลดลงเหลือประมาณ 14% ระยะนี้เรียกว่า ระยะการสุกแก่ที่เก็บเกี่ยวได้ (harvest maturity, HM) ระยะการสุกแก่จาก PM ถึง HM อาจใช้ระยะเวลายาวนานถึง 3 อาทิตย์ (Tekrony *et al.*, 1980) ในช่วงระยะเวลาดังกล่าว หากเกิดสภาพอากาศที่ไม่ เหมาะสม เช่น อากาศร้อน ฝนตกบ่อยๆ มีผลทำให้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ลดลง หรือเสื่อม ลงอย่างรวดเร็ว (Delouche, 1980 ; Tekrony *et al.*, 1980) เพื่อหลีกเลี่ยงสภาพอากาศที่ไม่ เหมาะสมจึงควรทำการเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ที่ระยะ PM ธนินาฏ และคณะ (2521) อนงค์ (2531) พบว่า ถั่วเหลืองที่ถูกฝนแม้แต่ครั้งเดียวจะมีผลต่อความงอกโดยทันที Delouche (1975) รายงานว่า การเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระยะ PM ทำได้ยากเนื่องจากเมล็ดยัง มีความชื้นสูงอยู่ หากเก็บเกี่ยวมาแล้วต้องทำการตากหรืออบเมล็ดพันธุ์โดยทันที เพื่อให้เมล็ด พันธุ์มีความชื้นอยู่ในระยะที่ปลอดภัยต่อการเก็บรักษา

การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์

ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ คือ น้ำที่มีอยู่อย่างอิสระภายในเมล็ดโดยอาจอยู่ในช่องว่าง หรือเป็นน้ำที่เคลือบโมเลกุลใหญ่ (macromolecule) เช่น แป้ง โปรตีน โดยไม่รวมน้ำที่เป็น ส่วนประกอบของสารเคมีของเมล็ด โดยเฉพาะน้ำที่เป็นความชื้นของเมล็ดมีผลอย่างมากต่อ คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการเก็บรักษา (วัลลภ, 2538)

โดยทั่วไปเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองหรือที่เก็บเกี่ยวมาจากแปลงจะมีความชื้นประมาณ 15% หรือต่ำกว่า แต่ในบางครั้งเมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวก็อาจมีความชื้นสูงมากกว่านี้ (Hor, 1976)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากต้องรีบเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์เพื่อหลีกเลี่ยงฝนที่อาจจะตกลงมาในช่วงฤดูฝน ในกรณีเช่นนี้ต้องรีบทำการลดความชื้นอย่างรวดเร็วให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อการเก็บรักษา มิฉะนั้นเมล็ดพันธุ์ก็จะเสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็ว เนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นจากการหายใจและการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ (Harrington, 1972)

การลดความชื้นเมล็ดเป็นการทำให้ความชื้นภายในเมล็ดระเหยเป็นไอออกไปจากเมล็ด การที่จะทำให้เมล็ดแห้งหรือมีความชื้นลดลงได้นั้น ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศจะต้องต่ำกว่าจุดสมดุลงกับความชื้นของเมล็ด เมื่อสภาพเช่นนี้เกิดขึ้น ความชื้นภายในเมล็ดก็จะระเหยออกไปจากเมล็ดสู่อากาศ โดยอาศัยหลักการเดียวกันนี้ ถ้าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเพิ่มสูงขึ้นจากสภาพสมดุลงกับความชื้นเมล็ด ความชื้นที่อยู่รอบเมล็ดก็จะเคลื่อนที่เข้าไปภายในเมล็ด จึงทำให้เมล็ดมีความชื้นเพิ่มขึ้นแทนที่จะลดลง

การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ที่นิยมใช้ในปัจจุบันมี 2 วิธี คือ การลดด้วยวิธีธรรมชาติ (natural drying) และการใช้เครื่องอบ (artificial drying) (อารมย์, 2524)

1. การลดความชื้นด้วยวิธีธรรมชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการอาศัยความร้อนจากแสงอาทิตย์ ในปัจจุบันยังนิยมใช้กัน เพราะเป็นการใช้ประโยชน์จากแสงอาทิตย์และลมจากธรรมชาติ โดยไม่ต้องลงทุนอะไรเลย แต่ก็มีข้อเสียหลายประการ เช่น อุณหภูมิสูงเกินไปบางครั้งอาจสูงถึง 70°C ทำให้เมล็ดแตกร้าวได้ อัตราการแห้งไม่คงที่และไม่สามารถควบคุมได้

2. การลดความชื้นโดยใช้เครื่องอบ เป็นการอบเมล็ดให้แห้งโดยไม่อาศัยความร้อนจากแสงอาทิตย์ แต่ใช้ความร้อนจากเครื่องยนต์และอาศัยแรงลมจากลมพัดเป็นตัวช่วยพาความร้อนไปยังเมล็ดที่จะทำการลดความชื้น วิธีนี้นับว่ามีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด เพราะสามารถควบคุมอุณหภูมิที่ใช้อบเมล็ดได้ และสามารถอบเมล็ดได้เป็นจำนวนมาก แต่มีราคาแพง

ปัจจัยสำคัญที่สุดที่ควรระวังถึงในการลดความชื้นโดยการตากหรืออบเมล็ดพันธุ์ (จวงจันทร, 2529) มีดังนี้

1. ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ การลดความชื้นของเมล็ดพันธุ์นั้นต้องทราบว่ามีเมล็ดพันธุ์มีความชื้นมากน้อยเพียงใด เพื่อปรับอุณหภูมิที่ใช้ให้เหมาะสม ถ้าเมล็ดพันธุ์มีความชื้นสูงชันและนำไปลดความชื้นที่อุณหภูมิที่สูงๆทันที เมล็ดพันธุ์จะได้รับความเสียหาย

2. อุณหภูมิที่ใช้ลดความชื้น ปกติแล้วอุณหภูมิที่ใช้ลดความชื้นของเมล็ดพันธุ์ไม่ควรเกิน 43°C ถ้าอุณหภูมิสูงไปกว่านี้เมล็ดอาจได้รับอันตราย เช่น รากอ่อนแตก ทำให้ต้นกล้าผิดปกติ (abnormal seedling) หรือบางครั้งเมล็ดอาจตายได้

3. ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเป็นตัวกำหนดความชื้นของเมล็ด จึงมีความสำคัญต่อความชื้นของเมล็ดและระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจาก

เมล็ดจะรับหรือถ่ายเทความชื้นกับอากาศจนกว่าความดันไอน้ำภายในเมล็ดเท่ากับแรงดันไอน้ำเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอบๆเมล็ด ฉะนั้นในการลดความชื้นของเมล็ดนั้น บรรยากาศรอบๆ กองเมล็ดควรมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ไม่ควรเกิน 60% มิฉะนั้นการลดความชื้นจะไม่ได้ผล

ผลของการลดความชื้นต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์

1. การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ด้วยแสงอาทิตย์ โดยทั่วไปการทำให้เมล็ดแห้งก่อนการเก็บรักษาด้วยแสงอาทิตย์ เป็นวิธีปฏิบัติกันแพร่หลาย ซึ่งไม่สามารถได้ในฤดูฝนหรือฤดูที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง นอกจากนี้วันที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 45°C ซึ่งทำให้ความชื้นของเมล็ดลดลงอย่างรวดเร็ว ในขณะที่เนื้อเยื่อส่วนที่อยู่ลึกลงไปยังชื้นอยู่ อารมย์ (2544) พบว่า การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ด้วยแสงอาทิตย์ มีผลทำให้ค่าการนำไฟฟ้าของสารที่รั่วออกมาจากเมล็ดมีอัตราเพิ่มขึ้นหลังการเก็บรักษาได้ 120 วัน Hor (1976) และ Thomson (1979) พบว่าการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ด้วยการอบด้วยเครื่องและด้วยการตากด้วยแสงอาทิตย์นั้นไม่ทำให้คุณภาพของเมล็ดแตกต่างกัน เมื่อต้องการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในระยะสั้น แต่ในระยะยาวเมล็ดพันธุ์ที่ลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์จะมีความงอกความงอกต่ำกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ลดความชื้นด้วยเครื่องอบ Shephard *et al.* (1996) พบว่า การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ข้าวฟ่าง [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] ด้วยแสงอาทิตย์ทำให้ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ต่ำกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ความชื้นลดลงช้าๆ ในที่ร่มมาก ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Hor (1976) พบว่าความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ที่ทำให้แห้งลงอย่างช้าๆ ภายใต้ห้องปรับอากาศ (22°C ความชื้นสัมพัทธ์ 50%)

2. การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ด้วยตู้อบลมร้อน การอบเมล็ดพันธุ์ด้วยการใช้ลมร้อนเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพแต่ต้องระมัดระวังเป็นอย่างมากเพราะในระหว่างการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์อาจเกิดรอยแตกร้าว เนื่องจากได้รับอุณหภูมิสูงเกินไปหรือเมล็ดแห้งเร็วเกินไป (Foster, 1973) และยังทำให้เมล็ดพันธุ์สูญเสียความงอกและความแข็งแรงอีกด้วย (McDonald and Copeland, 1997) การแตกร้าวของเยื่อหุ้มเมล็ดและใบเลี้ยงจะสัมพันธ์กับความชื้นสัมพัทธ์และความชื้นเริ่มต้นของเมล็ด White *et al.* (1976) พบว่าการแตกร้าวของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองจะเกิดขึ้นเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศต่ำกว่า 50% ถ้าเมล็ดพันธุ์ได้รับความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 50% โดยอุณหภูมิไม่สูงเกินไป เยื่อหุ้มเมล็ดจะปลอดภัยจากการแตกร้าวสำหรับใบเลี้ยงการแตกร้าวจะเริ่มเกิดเมื่ออากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 35% และเกิดมากขึ้นหากความชื้นเมล็ดเริ่มต้นสูง การตอบสนองของใบเลี้ยงต่อความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดนี้อาจเป็นไปได้ในทางตรงกันข้ามกับการแตกร้าวของเยื่อหุ้มเมล็ดเพราะเยื่อหุ้มเมล็ดที่มีความชื้นต่ำจะเสียหายมากกว่าเมล็ดที่มีความชื้นสูง นักวิทยาศาสตร์แนะนำให้ใช้อุณหภูมิ 32-43°C และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่เคลื่อนที่ผ่านเมล็ด 40-50% ในการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ Scott เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

and Aldrich (1983) ; Franca Neto *et al.* (1994) ; White *et al.* (1976) รายงานว่าการอบเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองด้วยอุณหภูมิ 57°C ถึง 74°C (ความชื้นเมล็ดพันธุ์ไม่เกิน 17%) จะทำให้เกิดเมล็ดแตกร้าวสูงถึง 75-85% และความงอกจะลดลงจากเดิม 50-100% ขณะที่การอบที่อุณหภูมิ 24°C และ 41°C มีผลเพียงเล็กน้อยต่อความงอกและการเกิดรอยแตกร้าวที่เมล็ด Ghaly and Sutherland (1983) รายงานการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีความชื้น 14, 16 และ 18% ที่อุณหภูมิ 60°C นาน 4 ชั่วโมง พบว่าความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้น 18% ลดลงมากที่สุด แต่เมื่อลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ที่อุณหภูมิ 40-55°C ในระยะเวลาเดียวกัน คุณภาพเมล็ดพันธุ์ไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ Seyedin *et al.* (1979) พบว่าการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ ข้าวโพดที่มีความชื้นสูง 40% ที่อุณหภูมิ 50°C ทำให้ความแข็งแรงและความงอกลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ที่อุณหภูมิ 35°C Brown *et al.* (1979) พบว่าการอบเมล็ดข้าวโพดที่มีความชื้นเริ่มต้น 20-30% ด้วยอุณหภูมิไม่เกิน 60°C จะไม่กระทบต่อความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ แต่หากอุณหภูมิสูงกว่า 60°C จะทำให้ความงอกลดลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้นชี้ให้เห็นว่าการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นสูงควรใช้อุณหภูมิต่ำ

3. การลดความชื้นในเมล็ดพันธุ์ด้วยลมในที่ร่ม การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์อย่างช้าๆ ด้วยลมในที่ร่มจนกระทั่งสมดุลกับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ อาจเป็นวิธีการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพอีกวิธีหนึ่ง Adams and Rinne (1981) พบว่าการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองทั้งฝัก ซึ่งเก็บเกี่ยวขณะที่ฝักมีอายุได้ 30 วันหลังออกดอกในที่ร่มเป็นระยะเวลา 3 อาทิตย์ เมล็ดพันธุ์จะมีความงอกสูงถึง 86% Adams *et al.* (1983) เปรียบเทียบความงอกของเมล็ดพันธุ์ภายหลังการลดความชื้นในที่ร่มได้ 21 วัน พบว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองทั้งฝักกับเมล็ดที่นวดแล้วนั้น ความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่ทำให้งอกอย่างช้าๆ ทั้งฝักมีความงอกสูงถึง 93% ในขณะที่ความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่นวดซึ่งความชื้นลดลงอย่างรวดเร็วจะสูงเพียง 54% การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่นวดด้วยมือที่ใช้อุณหภูมิต่ำ (ไม่เกิน 38°C) จะช่วยเก็บรักษาความงอกได้นาน 12 เดือนหลังการเก็บรักษา (Overhults *et al.*, 1976) นอกจากนี้ความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่ลดความชื้นเมล็ดพันธุ์อย่างช้าๆ นี้ยังอยู่ในระดับเดียวกับความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่ปล่อยให้แห้งและสุกแก่กับต้นแม่อีกด้วย การลดความชื้นในที่ร่มอาจทำให้เร็วขึ้นโดยใช้พัดลมช่วย การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์จะมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นไปอีกถ้าการลดความชื้นกระทำในฤดูที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ

การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์

การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองให้มีชีวิตยาวนานควรใช้พันธุ์ที่มีความงอกและความแข็งแรงสูง โดยการเก็บเกี่ยวด้วยระยะเวลาและวิธีการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม นอกจากนี้เมล็ดพันธุ์ต้องผ่านการนวด การทำความสะอาดเบื้องต้น การตากหรืออบให้แห้ง ทำการคัดแยก และทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการปรับสภาพแล้วจะมีเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพเหมาะแก่การเก็บรักษา (Delouche, 1968) นอกจากนี้ประวัติความเป็นมาของเมล็ดพันธุ์เริ่มต้นตั้งแต่ชนิดและพันธุ์ที่ปลูก การดูแลในระหว่างปลูก การเก็บเกี่ยว การอบ การตาก การคัดแยกทำความสะอาด บรรจุหีบห่อ และวิธีเก็บรักษา ล้วนมีผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ (จวงจันท์, 2523) ความแตกต่างในกระบวนการต่างๆ เหล่านี้มีผลทำให้เมล็ดพันธุ์ในแต่ละกองมีคุณภาพต่างกัน สิ่งเหล่านี้เป็นตัวบ่งชี้ว่าเมล็ดนั้นจะเก็บรักษาได้นานเพียงใด (Delouche and Baskin, 1973)

การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นสูงทำให้เกิดกิจกรรมต่าง ๆ ภายในเมล็ดเกิดขึ้นมากกว่าปกติ เช่น การหายใจสูง โรคและแมลงเข้าทำลายได้ง่าย (Hobbs and Obendorf, 1972 ; Delouche, 1974 ; Halder and Gupta, 1980) การเก็บเมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นสูงนอกจากจะทำให้ความงอกลดลงมากกว่าปกติแล้ว ยังทำให้เกิดสารพิษที่เป็นอันตรายแก่คนและยังทำให้เมล็ดสูญเสียน้ำหนักอีกด้วย (Christensen and Kaufman, 1969) นอกจากนี้ Wolf and Cawan (1971) พบว่าการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีความชื้นสูงเป็นระยะเวลา 11 วัน ทำให้ความงอกลดลงอย่างรวดเร็ว และเมล็ดมีกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก

เมล็ดพันธุ์ที่จะเก็บรักษาไว้ได้นานควรมีความชื้นในเมล็ดต่ำ โดยเฉพาะเมล็ดพันธุ์พืชที่มีน้ำมันเป็นองค์ประกอบอยู่เป็นส่วนใหญ่ ควรจะลดความชื้นให้เหลือประมาณ 8-9% เพราะเมล็ดที่มีความชื้นสูงจะมีอัตราการหายใจสูง มีการสะสมความร้อนและความชื้น จนอาจเป็นอันตรายต่อความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ได้ (จวงจันท์, 2521) Delouche (1974) พบว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีความชื้น 9.4% เมื่อนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 10°C จะเก็บไว้ได้นานถึง 10 ปี โดยที่ความงอกไม่ลดลง แต่เมื่อนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 20°C จะเก็บได้นาน 5 ปี หากเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30°C จะเก็บได้นาน 1 ปี โดยเมล็ดยังคงมีความงอกสูงกว่า 80% แต่เมล็ดที่มีความชื้น 13.9% เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 10°C จะเก็บได้นาน 5 ปี หากเก็บไว้ที่ 20°C จะเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ไว้ได้นาน 2 ปี และถ้าเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30°C จะเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ได้นาน 6 เดือนเท่านั้น และเมล็ดพันธุ์เหล่านี้จะมีความงอกต่ำกว่า 80%

จิรากร (2526) พบว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีความชื้น 8-9% สามารถเก็บไว้ได้นาน 12 เดือน ที่อุณหภูมิ 20°C ความชื้นสัมพัทธ์ 60% พูนพันธ์ และคณะ (2529) พบว่าเมล็ดที่มีความชื้น 6.9-7.2% สามารถเก็บไว้ได้นาน 10 เดือน โดยเมล็ดพันธุ์ยังคงมีความงอกสูงกว่าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

80% อรชร และคณะ (2520) พบว่าถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.2 เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 9 เดือน เมล็ดมีความชื้นสูง (12%) จะมีความงอกเหลือเพียง 23% ในขณะที่เมล็ดมีความชื้นต่ำ (8%) ยังคงมีความงอกสูงถึง 87% อย่างไรก็ตามการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีความชื้นต่ำมากเกินไปอาจจะมีผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ได้เช่นกัน เช่น เยื่อหุ้มเมล็ด (seed coat) แตกร้าวเป็นต้น (Green *et al.*, 1966) เมล็ดที่มีความชื้นต่ำ (6.7%) เมื่อนำไปปลูกพบว่าต้นอ่อนมีลักษณะผิดปกติคือ รากอ่อนขาดหรือมีแค่ส่วนของใบเลี้ยงเท่านั้นที่เจริญเติบโต (Hobbbs and Obendorf, 1972)

เมล็ดพันธุ์ที่ลดความชื้นจนความชื้นอยู่ในระดับที่เหมาะสมแล้วหากเก็บไว้ในสภาพ อุณหภูมิห้องเป็นเวลานาน ความชื้นเมล็ดจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดการถ่ายเทความชื้นกับ อากาศ เป็นผลให้เมล็ดพันธุ์เสื่อมคุณภาพได้เร็วขึ้น ดังนั้นควรเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ในภาชนะที่ ปิดสนิท (Hor, 1976) การเก็บเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองไว้ในภาชนะที่ปิดสนิทนั้น เมล็ดจะต้องมี ความชื้นต่ำกว่าเก็บไว้ในห้องปกติเนื่องจากสภาพปกตินั้นเมล็ดสามารถถ่ายเทหรือแลกเปลี่ยน ความชื้นกับอากาศได้ แต่ในภาชนะปิดนั้น บรรยากาศในภาชนะที่บรรจุเมล็ดจะถูกกำหนด จากความชื้นเมล็ด ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ภายในภาชนะที่บรรจุเมล็ดสูงขึ้น เช่น ที่อุณหภูมิ 42.7°C เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีความชื้น 12% จะมีผลทำให้ภาชนะที่บรรจุเมล็ดแบบปิดแน่น สนิทที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 60% ดังนั้นควรลดความชื้นในเมล็ดให้ต่ำลงอีก 2-3% เพื่อให้ความชื้น ในภาชนะที่บรรจุมีความชื้นไม่สูงเกิน 60% Delouche (1968) Sripichitt *et al.* (1988) พบว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีความชื้น 6% หรือ 8% เก็บรักษาไว้ในภาชนะที่ปิดสนิทและ เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 20°C ความชื้นสัมพัทธ์ 75% จะเสื่อมคุณภาพช้าและเมื่อเก็บไว้ครบ 9 เดือน โดยเมล็ดพันธุ์ยังคงมีความงอกสูงถึง 80%

Harrington (1973) รายงานว่า เมล็ดพันธุ์ที่นำมาบรรจุภายในภาชนะที่ปิดสนิทและ ป้องกันความชื้นได้นั้นควรลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ลงก่อนการบรรจุให้เหลือ 4-9% สำหรับพืชที่มี ปริมาณไขมันสูง และ 6-12% สำหรับพืชที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบหลัก ภาชนะที่ใช้เก็บ เมล็ดพันธุ์ในลักษณะนี้ ควรเป็นวัสดุที่สามารถป้องกันการถ่ายเทความชื้นของอากาศ (Clark and Bass, 1975) เช่น ถุงพลาสติกที่มีความหนาอย่างต่ำ 7 mil (1 mil = 1/1000 นิ้ว) กระดาษอลูมิเนียม ขวดแก้ว (จวงจันทร์, 2521) การใช้ภาชนะบรรจุเมล็ดพันธุ์ที่เป็นถุงผ้าและ กระดาษนั้นจะทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความชื้นระหว่างเมล็ดพันธุ์ภายในภาชนะบรรจุ และ ความชื้นภายนอกได้ เนื่องจากภาชนะทั้งสองมีรูพรุนเล็กๆ ที่ยอมให้ความชื้นเข้าออกได้ Gregg (1982) พบว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เก็บรักษาในเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน ควรลด ความชื้นให้เหลือน้อยกว่าหรือเท่ากับ 9% และเก็บไว้ในถุงพลาสติกที่หนา 10 มิลลิเมตร เพื่อให้เมล็ดยังคงรักษาความมีชีวิตและความแข็งแรงได้นานขึ้น พิมพาพร และคำพันธุ์ (2531)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่า การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์หญ้ารัฐ (*Brachiaria ruzizinesis*) ในภาชนะบรรจุถุงพลาสติก จะมีคุณภาพสูงกว่าการเก็บรักษาในถุงกระดาษ Ching and Abu-Shakra (1965) รายงานว่า เมล็ดพันธุ์ crimson clover (*Trifolium incarnatum*) ที่บรรจุในถุงผ้าจะมีชีวิตภายใน 1 เดือน ในขณะที่เดียวกันเมล็ดพันธุ์ที่บรรจุในถุงพลาสติก (polyethylene) หนา 2, 4, 6 และ 10 มิลลิเมตร ยังคงรักษาความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ได้นาน 2, 4, และ 6 เดือน ตามลำดับ Bass (1978) รายงานว่าการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ crimson clover ที่มีความชื้นในเมล็ดประมาณ 4, 6 และ 11% ไว้ในกระป๋องโลหะที่ปิดสนิท พบว่าเมล็ดที่มีความชื้น 4% ยังคงมีความงอกสูงกว่า 70% ในขณะที่เมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้น 11% จะมีความงอกเหลือเพียง 4% หลังเก็บรักษานาน 16 ปี อัจฉรี และคณะ (2531) พบว่าการเก็บรักษาพืชตระกูลกะหล่ำในภาชนะบรรจุกระป๋องปิดผนึกระบบสุญญากาศและกระป๋องปิดผนึกธรรมดา เมล็ดพันธุ์จะมีคุณภาพสูงกว่าการเก็บรักษาไว้ในกระดาษฟอยล์ พรนิภา และคณะ (2531) พบว่าการเก็บเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีในสภาพอุณหภูมิห้องโดยบรรจุในบีบปิดฝามันก็ซีลิ่ง ทำให้สามารถเก็บรักษาไว้ได้นานกว่าเมล็ดพันธุ์ที่บรรจุในถุงผ้าดิบและกระสอบปึก

การตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์

การตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์อาจทำได้หลายอย่าง เช่น การตรวจสอบความงอก หรือความมีชีวิต และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์

1. การตรวจสอบความงอกมาตรฐาน (Standard germination)

การตรวจสอบความงอกมาตรฐานของเมล็ดเป็นวิธีที่ง่ายและนิยมกันมากที่สุด ใช้อุปกรณ์น้อยในการประเมินคุณภาพของเมล็ดพันธุ์และใช้ได้กับเมล็ดพันธุ์ทุกชนิด วัสดุที่เพาะมีหลายชนิด เช่น กระดาษเพาะ ดิน และทราย วิธีการประเมินค่าความงอกและระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบความงอกจะแตกต่างกันไปตามชนิดพันธุ์พืช (Anonymous, 1976) ค่าความงอกของเมล็ดพันธุ์อาจแปรปรวนไปได้เนื่องจากวัสดุเพาะและวิธีการเพาะ Escoar (1983) พบว่าการเพาะโดยใช้กระดาษเป็นวัสดุเพาะโดยไม่ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ จะทำให้ค่าความงอกของข้าวโพดมีความแปรปรวนมากกว่าในทราย Delouche (1975) กล่าวว่าความงอกไม่สามารถใช้วัดขั้นตอนการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดได้ เนื่องจากความงอกเป็นวิธีวัดการเสื่อมคุณภาพในขั้นตอนสุดท้ายของเมล็ดพันธุ์

2. การตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์

ความแข็งแรงคือความสามารถที่จะงอกเป็นต้นกล้าปกติ และสามารถให้ผลผลิตสูงในสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน ความแข็งแรงของเมล็ดเป็นผลรวมของคุณสมบัติของเมล็ดพันธุ์ เมื่อนำเมล็ดพันธุ์ไปปลูกภายใต้สภาพแวดล้อมต่างๆ จะได้ต้นกล้าที่แข็งแรงสม่ำเสมอ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ว่าสภาพแวดล้อมเหล่านี้จะเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมหรือไม่ก็ตาม Anonymous, 1983 จวงจันท์ (2523) กล่าวว่าความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์เป็นลักษณะเด่นบางประการของเมล็ดพันธุ์ซึ่งจะแสดงออกเมื่อสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม หรือมีความแปรปรวนผิดปกติ สำหรับการตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์มีหลายวิธี บางวิธีที่ใช้ตรวจสอบกันได้แก่

1. การตรวจสอบความงอกในไร่ (Field emergence test) การตรวจสอบความงอกมาตรฐานต่างจากการตรวจสอบความงอกในไร่ คือการตรวจสอบความงอกมาตรฐานมักจะให้ผลที่สูงกว่า เนื่องจากนำมาเพาะปลูกในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม (ยวนใจ, 2529 ; Johnson and Wax, 1978) ทำให้ได้ค่าความงอกสูง ส่วนการตรวจสอบความงอกในไร่จะให้ค่าความงอกต่ำกว่า ดังรายงานของ ธนินาฏ และเฉลิมพล (2526) ซึ่งทำการทดลองในถั่วเหลือง พันธุ์ สจ.5 พบว่าค่าความงอกมาตรฐานมีความงอกสูงถึง 91% ในขณะที่ความงอกในไร่มีค่าความงอกเพียง 32%

2. การเร่งอายุ (Accelerated aging) เป็นการนำเมล็ดพันธุ์ไปอบในรูปที่มีอุณหภูมิสูง 40-45 °C และความชื้นสัมพัทธ์ มากกว่า 90% เป็นระยะเวลา 3-4 วัน แล้วแต่ชนิดพืช จากนั้นจึงนำมาเพาะความงอกมาตรฐาน (AOSA, 1983) Egli and Tekrony (1979) พบว่าการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองสามารถจำแนกระดับความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ออกเป็น 3 ระดับ คือเมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงสูง แข็งแรงปานกลาง และแข็งแรงต่ำ นอกจากนี้การเร่งอายุยังสามารถทำนายการงอกในไร่ (Johnson and Wax, 1978) และอายุการเก็บรักษาได้อีกด้วย (Delouche and Baskin, 1973)

3. การวัดอัตราการรั่วไหลหรือค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity test) Priestley (1958) เป็นผู้นำวิธีนี้มาตรวจสอบคุณภาพเมล็ดฝ้ายเป็นคนแรก Matthews and Bradnock (1968) พัฒนามาใช้วัดความแข็งแรงในเมล็ดพันธุ์ถั่วลิ้นเต่าเพื่อทำนายค่าความงอกในแปลงปลูก วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมกันมากเนื่องจากทราบผลรวดเร็ว (Thomas, 1960) และนิยมวัดความแข็งแรงในเมล็ดพันธุ์พืชอื่น เช่น ถั่วเหลือง (Tao, 1979 ; Yaklich *et al.*, 1979) การตรวจสอบวิธีนี้เป็นการตรวจสอบที่อาศัยหลักการที่ว่าเมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมคุณภาพสูญเสียความสามารถที่จะให้สารซึมผ่านอันเนื่องมาจากเมมเบรนเสื่อมคุณภาพ ทำให้มีสารรั่วไหลออกมาจากเมล็ดพันธุ์ ทำให้ค่าการนำไฟฟ้าสูง (Abdul – Baki and Anderson, 1973) ปัจจัยที่มีผลต่อการนำไฟฟ้าคือ ความบริสุทธิ์ของน้ำที่ใช้แช่เมล็ด ความสะอาดของเครื่องมือที่ใช้ ความสม่ำเสมอของตัวอย่าง เวลา อุณหภูมิที่ใช้แช่ ความชื้นของเมล็ดไม่ควรสูงหรือต่ำเกินไป ควรอยู่ในช่วง 10 – 14% (Anonymous, 1983)

เมล็ดที่มีความชื้นต่ำเกินไป (ต่ำกว่า 8.8%) เมื่อนำไปแช่น้ำโดยไม่มีกรปรับค่าความชื้นภายในเมล็ดที่สูงขึ้นจะทำให้ค่าการนำไฟฟ้าสูงผิดปกติ เนื่องจากเมล็ดดูน้ำเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกินไปจนทำให้เมล็ดเสียหายได้ (Pollock *et al.*, 1969) Tao (1978) พบว่าชนิดของน้ำที่ใช้
แช่ควรเป็นน้ำกลั่น (distilled water) หรือน้ำที่ปราศจากประจุไฟฟ้า (deionized water) ใน
เมล็ดพันธุ์พืชที่มีความแข็งแรงพันธุ์หนึ่ง อาจมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำกว่าเมล็ดพันธุ์ที่มีความ
แข็งแรงสูงของอีกพันธุ์หนึ่ง (Tao, 1979) ปรีศนา (2527) ทำการทดลองในเมล็ดพันธุ์ละหุ่ง
พบว่า วิธีการตรวจสอบของเมล็ดโดยใช้การวัดค่าการนำไฟฟ้าที่มีความสัมพันธ์กับความงอก
ในไร่ที่ 21 วัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัยและผลการวิจัย

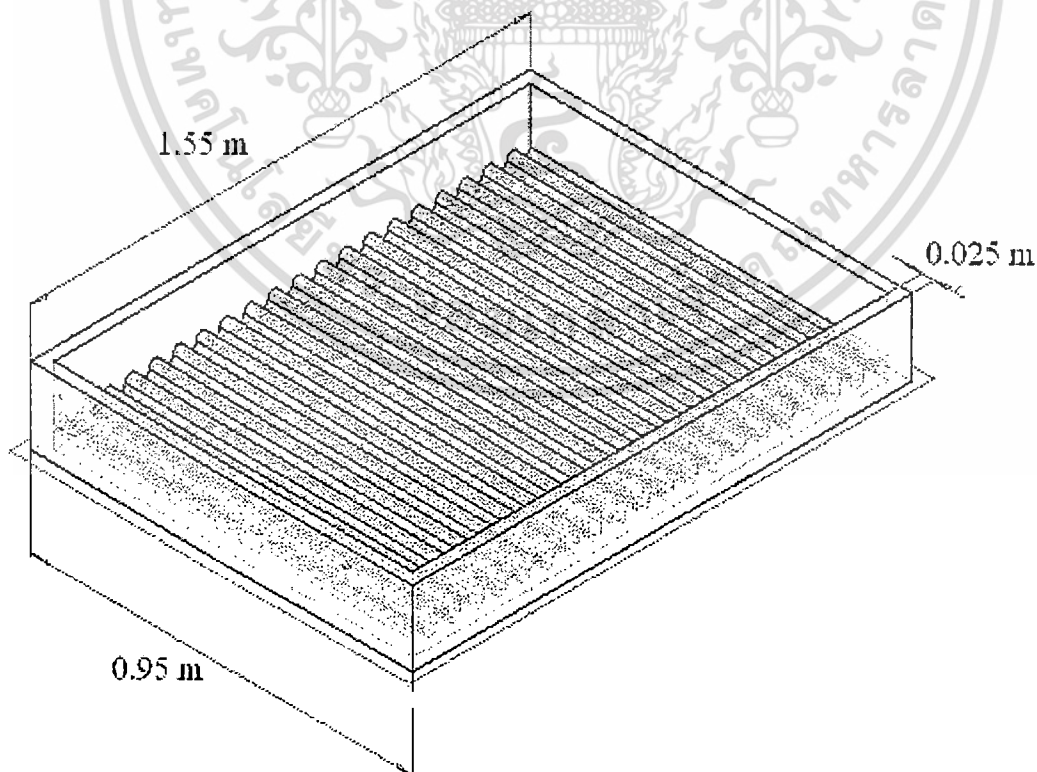
3.1 วิธีดำเนินการวิจัย

การทดลองมี 2 ขั้นตอน ในขั้นตอนแรกเป็นการออกแบบและสร้างเครื่องลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ ขั้นตอนที่สองเป็นการตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องโดยนำมาลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง แล้วทำการตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ที่ลดความชื้น เพื่อใช้เป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพของเครื่อง

1. การทดลองที่ 1 การออกแบบและสร้างเครื่องลดความชื้นเมล็ดพันธุ์

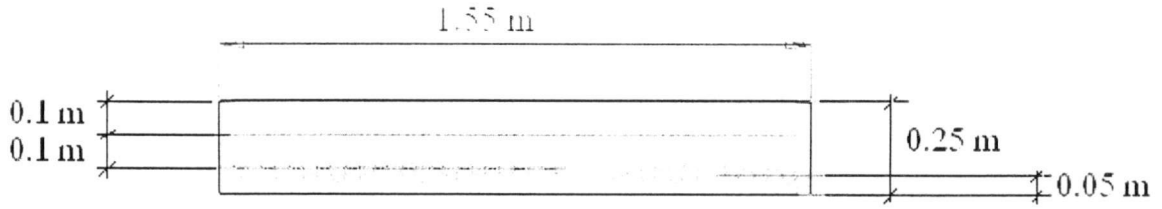
เครื่องลดความชื้นเมล็ดพันธุ์แบบใช้แสงอาทิตย์และไฟฟ้าร่วมกันนี้ มีส่วนประกอบต่าง ๆ ดังนี้

1.1 แผงรับแสงอาทิตย์ชนิดแผ่นเรียบ (Flat-plate solar collector) มีขนาด $0.95 \times 1.55 \text{ m}^2$ ด้านบนปิดด้วยกระจกใสหนา 6 mm 2 ชั้น (รูปที่ 1) แผ่นดูดกลืนรังสีเป็นแผ่นสังกะสีลอนทาสีดำด้าน ระหว่างกระจกกับแผ่นดูดกลืนรังสีมีช่องว่างอากาศนิ่งหนา 9 cm และระหว่างแผ่นดูดกลืนรังสีกับแผ่นไม้ มีช่องอากาศไหลหนา 5 cm ด้านล่างแผ่นไม้และผนังด้านข้างบุด้วยฉนวนกันความร้อน มีความหนา 5 mm ปิดทับด้วยแผ่นไม้หนา 4 mm แผงรับแสงอาทิตย์วางท่ามุม 14° กับแนวระดับ



(a) Isometric ของแผงรับแสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



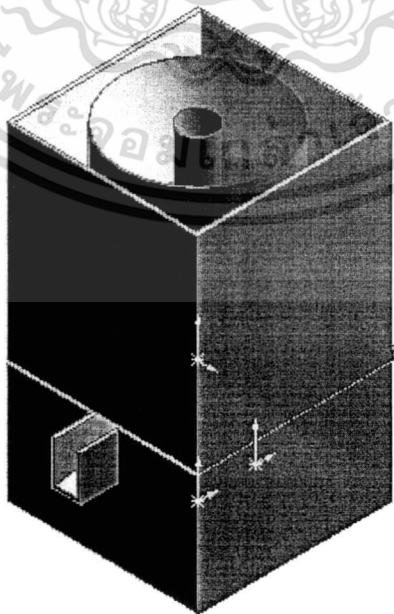
(b) ภาพตัดขวาง ของแผงรับแสงอาทิตย์

รูปที่ 1 โครงสร้างแผงรับแสงอาทิตย์

1.2 ตู้ลดความชื้น (Drying chamber) ทำจากสังกะสี บุด้วยฉนวนกันความร้อน ลมร้อนจะเข้าตู้ทางด้านล่างและกระจายลมออกตามแนวรัศมีเพื่อเคลื่อนที่ผ่านเมล็ดพันธุ์ที่บรรจุอยู่รอบ ๆ แกนกระจายลม และลมจะระบายออกทางด้านข้าง ตู้ลดความชื้นสามารถแยกเป็น 2 ส่วน คือ

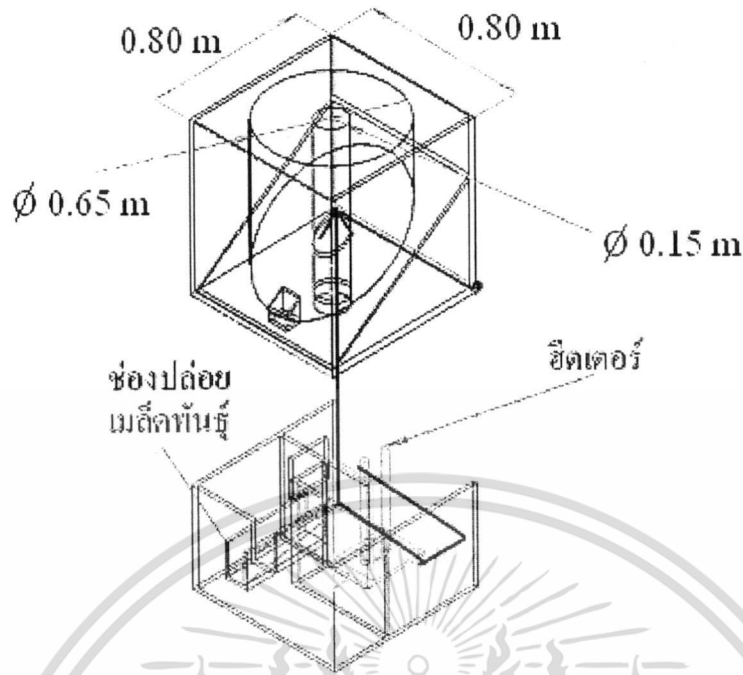
1.2.1 ส่วนบน สำหรับบรรจุเมล็ดพันธุ์ที่ต้องการจะลดความชื้น ภายในประกอบด้วย แผงเหล็กเจาะรูพูนม้วนขดเป็นทรงกระบอก ด้านล่างตัดให้มีความลาดชัน 2 ชั้น โดยจะบรรจุเมล็ดพันธุ์ ระหว่าง เหล็กเจาะรูพูนทรงกระบอก เพื่อให้อากาศสามารถแพร่กระจายได้อย่างสะดวก ด้านบน มีฝาสำหรับเปิดบรรจุเมล็ดพันธุ์

1.2.2 ส่วนล่าง จะเป็นที่สำหรับวาง อุปกรณ์ให้ความร้อน (ฮีตเตอร์) และ ช่องปล่อยเมล็ดพันธุ์ (รูปที่ 2) เมื่อลมผ่านเข้ามาในตู้ส่วนล่างก็จะ ผ่านฮีตเตอร์ เพื่อทำให้อากาศร้อนขึ้น (ฮีตเตอร์จะทำงานเมื่อ แผงรับแสงอาทิตย์ ทำความร้อนไม่ได้ตามที่กำหนด) แล้วจึงผ่านขึ้นไปตู้ส่วนบน ช่องปล่อยเมล็ดพันธุ์ จะเป็นช่องสำหรับนำเมล็ดพันธุ์ออกจากตู้ลดความชื้น หลังทำการลดความชื้นได้ ตามที่ต้องการแล้ว นำไปเก็บรักษาต่อไป



(a) ตู้ลดความชื้นเมื่อประกอบเข้าด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(b) โครงสร้างภายใน

รูปที่ 2 ตู้อัดความชื้นเมล็ดพันธุ์แสดงโครงสร้างภายนอก (a) และโครงสร้างภายใน (b)

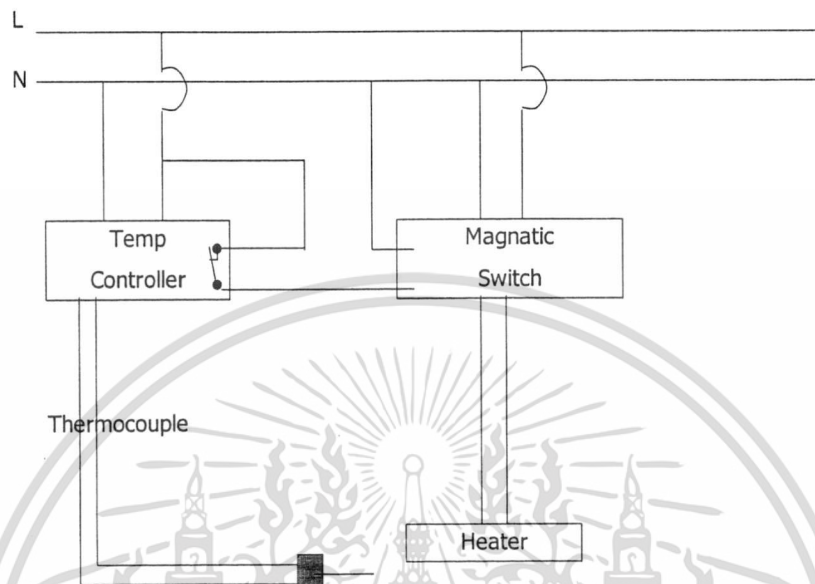
1.3 พัดลม เป็นแบบ Centrifugal Fan แบบใบพัดโค้งหน้า (Forward curved blade) (รูปที่ 3) ขนาด 12 นิ้ว ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ขนาด 1 HP ต่อเข้ากับปล่องนำอากาศที่ต่ออยู่กับแผงรับแสงอาทิตย์



รูปที่ 3 พัดลมและปล่องดูดอากาศที่ต่อกับแผงรับความร้อน

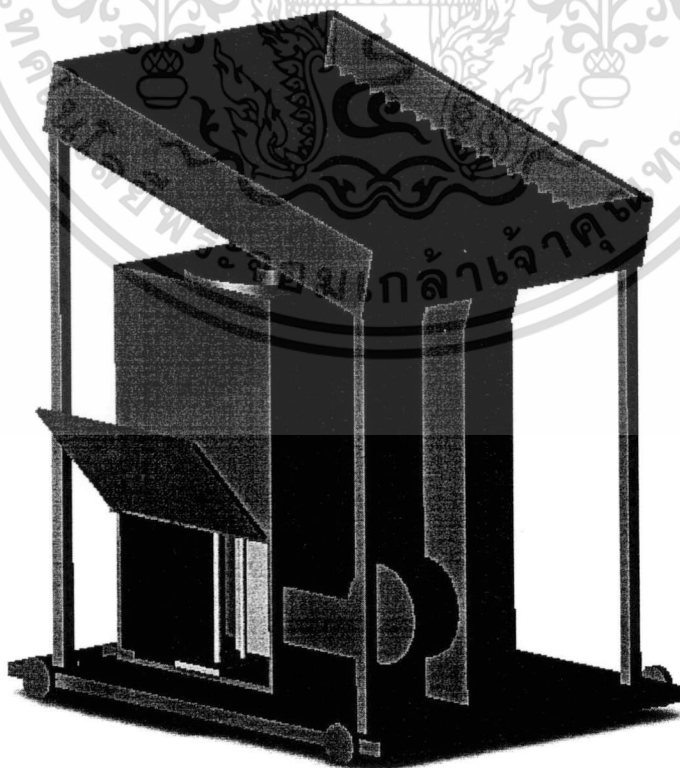
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ตู้ควบคุม จะทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของ Heater โดยจะควบคุมการเปิด-ปิดการทำงานของ Heater ตามค่าอุณหภูมิที่ได้ตั้งไว้ รูปที่ 4 แสดงรายละเอียดวงจรไฟฟ้าภายในตู้ควบคุม



รูปที่ 4 รายละเอียดวงจรไฟฟ้าภายใน

1.5 เครื่องลดความชื้น เมื่อประกอบเสร็จสมบูรณ์ (รูปที่ 5)



รูปที่ 5 แสดงแบบเครื่องลดความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การทดลองที่ 2 การศึกษาคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองภายหลังการลดความชื้นด้วยเครื่องอบแห้งที่ประดิษฐ์ขึ้น

2.1 การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์

ตรวจสอบความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ซึ่งเพิ่งจะเก็บเกี่ยวจากแปลงของเกษตรกรในจังหวัดลำปาง จากนั้นจึงแบ่งเมล็ดพันธุ์ออกเป็น 3 ส่วนเท่า ๆ กันโดยนำหนักเพื่อนำมาลดความชื้นให้เหลือประมาณ 6% ด้วยวิธีการต่าง

2.1.1 การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ด้วยแสงอาทิตย์ วางเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองให้แผ่กระจายเป็นชั้นเดียวบนผ้าพลาสติกทึบแสงซึ่งปูอยู่บนพื้นซีเมนต์ ให้เมล็ดพันธุ์ได้รับแสงอาทิตย์เป็นเวลา 6 ชั่วโมง โดยเริ่มในช่วงเช้า (9.10 น.) เป็นต้นไป สุ่มตัวอย่างเมล็ดพันธุ์มาตรวจสอบความชื้นเมล็ดทุก ๆ ชั่วโมง จนกว่าความชื้นเมล็ดจะลดลงเหลือประมาณ 6% ถ้าความชื้นเมล็ดยังคงสูงกว่า 6% ให้ทำการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ต่อไปในวันถัดไปโดยเริ่มในช่วงเช้า (9.10 น.) เช่นเดียวกัน ในครั้งนี้จะตรวจสอบความชื้นเมล็ดเมื่อลดความชื้นเมล็ดพันธุ์เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง เมื่อความชื้นเมล็ดพันธุ์ลดลงเหลือประมาณ 6% สุ่มตัวอย่างเมล็ดพันธุ์มาตรวจสอบคุณภาพ การแตกตัวของเยื่อหุ้มเมล็ดและการร่วไหลก่อนการเก็บรักษา

2.1.2 การลดความชื้นเมล็ดด้วยเครื่องอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้า (รูปที่ 1) การลดความชื้นด้วยเครื่องอบนี้จะเริ่มในช่วงเช้า (9.10 น.) เช่นเดียวกับการลดด้วยแสงอาทิตย์ เมื่อใส่เมล็ดพันธุ์ที่ต้องการลดความชื้นลงไปแล้วตั้งอุณหภูมิที่ต้องการลดความชื้นเมล็ดไว้ที่ 35°C ความร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์จะถูกดูดเข้ามาด้วยพัดลมเข้าไปยังกองเมล็ดพันธุ์ในตัวเครื่อง ตัวทำความร้อน (Heater) จะทำงานเมื่อแผงรับแสงอาทิตย์ทำความร้อนไม่ได้ตามที่ตั้งไว้ สุ่มตัวอย่างเมล็ดพันธุ์มาตรวจสอบความชื้นเมล็ดทุก ๆ ชั่วโมง ในช่วง 6 ชั่วโมงแรกของการลดความชื้น หลังจากนั้นจึงจะสุ่มตัวอย่างเมล็ดพันธุ์มาตรวจสอบความชื้นเมล็ดทุก ๆ 3 ชั่วโมงติดต่อกันไป จนกระทั่งความชื้นเมล็ดลดลงเหลือประมาณ 6% จึงสุ่มตัวอย่างเมล็ดพันธุ์มาตรวจสอบคุณภาพและคุณสมบัติอื่น ๆ ของเมล็ดดังที่ได้กล่าวมาแล้วก่อนการเก็บรักษา

2.1.3 การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ด้วยลมในที่ร่ม และซิลิกาเจล วางเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองให้แผ่กระจายเป็นชั้นเดียวบนผ้าพลาสติกทึบแสง ซึ่งปูบนพื้นซีเมนต์ในที่ร่มโดยอยู่ในทิศทางที่มีลมพัดผ่านได้สะดวก การลดความชื้นจะเริ่มในช่วงเช้า ซึ่งเป็นเวลาเดียวกับวิธีการที่ได้กล่าวมาแล้ว สุ่มตัวอย่างเมล็ดพันธุ์มาตรวจสอบความชื้นเมล็ดทุก ๆ ชั่วโมงในช่วง 6 ชั่วโมงแรกของการลดความชื้น หลังจากนั้นจึงสุ่มตัวอย่างเมล็ดพันธุ์มาตรวจสอบความชื้นทุก ๆ 3 ชั่วโมง การลดความชื้นจะทำเฉพาะในช่วงเวลาที่มีแสงอาทิตย์ เมื่อความชื้นเมล็ดอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในภาวะสมดุลกับอากาศ นำเมล็ดพันธุ์มาลดความชื้นต่อไปด้วย ซิลิกาเจลในอัตราส่วนเมล็ดต่อซิลิกาเจล 20 : 1 (อารมย์, 2533) จนกระทั่งความชื้นเมล็ดลดลงเหลือประมาณ 6% จึงสุ่มตัวอย่างเมล็ดพันธุ์มาตรวจสอบคุณภาพและคุณสมบัติอื่น ๆ ของเมล็ดที่ได้กล่าวมาแล้ว ก่อนการเก็บรักษา

2.2 การตรวจสอบความชื้นเมล็ด

ความชื้นเมล็ดตรวจสอบโดยอบเมล็ดจำนวน 25 เมล็ดต่อซ้ำ ทำ 4 ซ้ำ ที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (ASAE, 1981) นำข้อมูลมาคำนวณจากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักสดของเมล็ด} - \text{น้ำหนักแห้งของเมล็ด}}{\text{น้ำหนักสดของเมล็ด}} \times 100$$

2.3 การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์

วิธีการที่ใช้คือ

2.3.1 การตรวจสอบความงอกมาตรฐาน (Standard germination test)

เพาะเมล็ดจำนวน 50 เมล็ด ทำ 4 ซ้ำ บนกระดาษเพาะที่ทำให้ขึ้นด้วยน้ำกลั่น (between paper) ม้วนกระดาษหลวมๆ แล้วใส่ในกล่องพลาสติก ปิดฝาให้สนิทนำไปเพาะไว้ในตู้อบที่อุณหภูมิ 25°C ประเมินผลความงอกโดยนับต้นกล้าที่งอกปกติภายหลังเพาะได้ 5 และ 8 วัน (ISTA, 1985)

2.3.2 การตรวจสอบความแข็งแรง

ก. การเร่งอายุ (Accelerated aging) วางเมล็ดจำนวน 50 เมล็ดต่อซ้ำ ทำ 4 ซ้ำ บนตะแกรงลวด (9.5x9.5x4.5) ในกล่องพลาสติกที่มีน้ำ 110 มล. ปิดฝากล่องให้แน่นสนิท นำไปอบที่อุณหภูมิ 40 °C ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 100 % เป็นระยะเวลา 3 วัน จึงนำไปตรวจสอบความงอกมาตรฐาน (AOSA, 1983)

ข. การวัดอัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้า (Seedling growth rate, SGR)

เพาะเมล็ด 50 เมล็ดต่อซ้ำ ทำ 4 ซ้ำ บนกระดาษเพาะตามวิธีการที่บรรยายไว้โดย AOSA (1983) นำม้วนกระดาษเพาะนี้ใส่ในภาชนะพลาสติกที่มีน้ำกลั่นอยู่ประมาณ 20 มล. นำถุงพลาสติกสวมครอบภาชนะพลาสติก โดยให้ปลายบนของม้วนกระดาษเพาะอยู่ห่างจากก้นถุงพลาสติกที่ครอบประมาณ 10 ซม. แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 25 °C นาน 8 วัน ภายหลังการประเมินความงอก ใช้มีดโกนตัดใบเลี้ยงทิ้ง นำต้นกล้าปกติใส่ถุงกระดาษ ออบที่อุณหภูมิ 100 °C นาน 24 ชั่วโมง แล้วจึงนำมาชั่งน้ำหนักต้นกล้าเพื่อคำนวณ SGR จากสูตร

$$\text{SGR} = \frac{\text{น้ำหนักแห้งต้นกล้า}}{\text{จำนวนต้นกล้าปกติ}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. การตรวจสอบความงอกในไร่ (Field emergence)

เพาะเมล็ด 50 เมล็ดต่อซ้ำ ทำ 4 ซ้ำ ในกระบะเพาะ (1x1.5 ม.) ที่มีดินผสมเป็นวัสดุปลูก ปลูกหลุมละ 1 เมล็ด ระยะปลูก 5x6.5 ซม. ให้น้ำทุกวันให้ดินมีความชื้นที่เหมาะสม ประเมินความงอกหลังปลูก 14 วัน

2.4 การตรวจสอบการรั่วไหลของเมล็ดพันธุ์

ทำตามวิธีของ (AOSA, 1983) ชั่งน้ำหนักเมล็ด 25 เมล็ดต่อซ้ำ ทำ 4 ซ้ำ แล้วจึงแช่เมล็ดพันธุ์ในบีกเกอร์ (250 มล.) ที่มีน้ำ deionized water อยู่ 75 มล. ปิดปากบีกเกอร์ด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ นำไปไว้ในที่อุณหภูมิ 20°C ตรวจสอบค่าการนำไฟฟ้าที่รั่วไหลออกจากเมล็ดหลังแช่นานาน 24 ชั่วโมง

2.5 การตรวจสอบรอยแตกงาของเยื่อหุ้มเมล็ด (Seed coat cracking)

แช่เมล็ด 10 เมล็ดต่อซ้ำทำ 4 ซ้ำ ในน้ำกลั่นเป็นเวลา 1 คืน แล้วจึงนำมาแช่ในสารละลาย fast green FCF 1% นาน 5 นาที ล้างเมล็ดด้วยน้ำประปา แกะเยื่อหุ้มเมล็ดออกประเมินลักษณะการติดสี เมล็ดที่เสียหายจะปรากฏให้เห็นเป็นรอยสีเขียวเข้ม (Powell and Matthews, 1979)

2.6 การเก็บรักษา

ภายหลังการลดความชื้นด้วยวิธีการต่าง ๆ ดังกล่าว แบ่งเมล็ดของแต่ละวิธีออกเป็น 5 ส่วนเท่า ๆ กัน โดยน้ำหนักบรรจุเมล็ดพันธุ์ของแต่ละส่วนในถุงพลาสติกหนา 2 ชั้นมัดปากถุงให้แน่นสนิทใส่ลงในถุงพลาสติกสีดำ โดยมีกระสอบปุยหุ้มออก ภายนอกเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่อุณหภูมิห้อง ตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ รอยแตกงา และการรั่วไหลทุก ๆ 30 วัน เป็นระยะเวลา 120 วันของการเก็บรักษา

2.7 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ 3x5 Factorial in Completely Randomized Design ทำ 4 ซ้ำ การทดลองนี้มี 2 ปัจจัยร่วมดังนี้

ปัจจัยแรก คือ การลดความชื้นมี 3 วิธีดังกล่าวมาแล้ว

ปัจจัยสอง คือ ระยะเวลาการเก็บรักษามี 5 ระยะ ได้แก่ 0, 30, 60, 90 และ 120 วัน

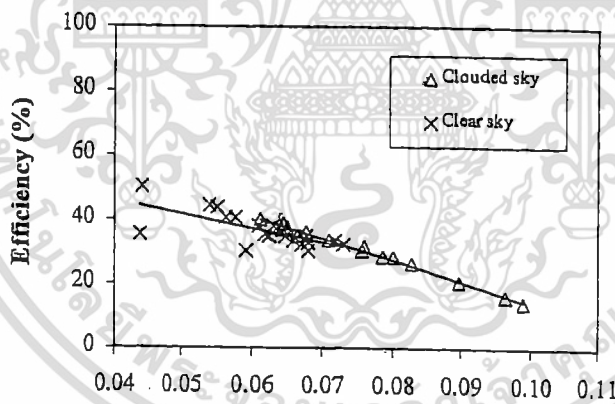
ข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) และทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละหน่วยทดลอง

3.2 ผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 การศึกษาการนำแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ในการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์พืช โดยการออกแบบและสร้างเครื่องลดความชื้นเมล็ดพันธุ์พืช โดยใช้แสงอาทิตย์และใช้ไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อนเสริม

1.1 ประสิทธิภาพแผงรับแสงอาทิตย์

ผลการทดสอบประสิทธิภาพแผงรับแสงขณะไม่เปิดพัดลม (Free convection) เมื่อท้องฟ้ามีเมฆปกคลุม (Clouded sky) และท้องฟ้าโปร่ง (Clear sky) (รูปที่ 6) พบว่าประสิทธิภาพแผงรับแสงในกรณีที่ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุม จะมีค่าน้อยกว่าในกรณีที่ท้องฟ้าโปร่ง และเมื่อพิจารณาความชันของเส้นกราฟประสิทธิภาพ พบว่า ความชันของเส้นกราฟในกรณีที่ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมจะมีความชันมากกว่าในกรณีที่ท้องฟ้าโปร่ง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแผงรับแสงอาทิตย์ในกรณีที่ท้องฟ้ามีเมฆจะมีค่าการสูญเสียความร้อนรวมที่มากกว่า โดยค่าการสูญเสียความร้อนนี้เกิดจาก 2 ปัจจัย คือ การสูญเสียความร้อนเนื่องจากการแผ่รังสีความร้อนและการพาความร้อนแบบอิสระ ดังนั้นการใช้ประโยชน์จากแผงรับแสงในกรณีที่ท้องฟ้าโปร่งจึงมีแนวโน้มที่จะใช้ประโยชน์ได้มากกว่าและเป็นระยะเวลาที่นานกว่า

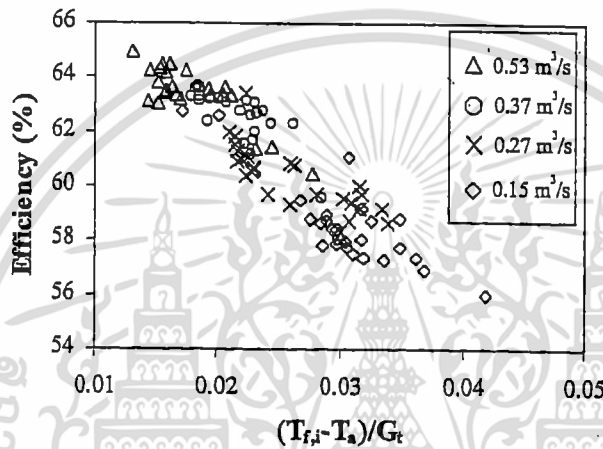


รูปที่ 6 ประสิทธิภาพแผงรับแสงที่สภาพท้องฟ้าโปร่งและท้องฟ้ามีเมฆปกคลุม

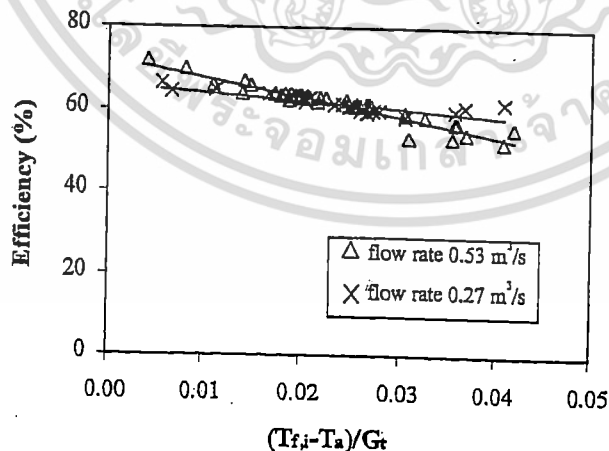
ค่าประสิทธิภาพของแผงรับแสงในวันที่ท้องฟ้าโปร่ง (Clear sky) เมื่อเปิดพัดลมที่อัตราไหลของลมร้อนเป็น 0.15, 0.27, 0.37 และ 0.53 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (รูปที่ 7) ซึ่งพบว่าค่าประสิทธิภาพของแผงรับแสงขณะเปิดพัดลมมีค่าสูงกว่าในกรณีที่ไม่เปิดพัดลม (รูปที่ 6) ทั้งนี้เนื่องจากการลดลงของความร้อนที่สูญเสียไปจากการพาความร้อนแบบอิสระ (Free convection) ซึ่งเป็นผลมาจากการดึงความร้อนส่วนนี้มาใช้ประโยชน์ด้วยพัดลมดูดลมร้อนดังกล่าว และการลดลงของการสูญเสียความร้อนเนื่องจากการพาความร้อนแบบอิสระนี้ ยังมีผลทำให้การสูญเสียความร้อนอันเนื่องจากการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) มีค่าลดลงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้ท่านใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงทำให้ค่าประสิทธิภาพของแผงรับแสงในกรณีที่เปิดพัดลมดูดความร้อนมีค่าสูงขึ้น และเมื่อเพิ่มอัตราการไหลของอากาศร้อนที่ไหลผ่านแผงรับแสงให้มากขึ้น พบว่าประสิทธิภาพของแผงรับแสงโดยเฉลี่ยมีค่ามากขึ้นแต่การเปลี่ยนแปลงมีไม่มากนัก แต่เมื่อทำการศึกษาค่าประสิทธิภาพแผงรับแสงอาทิตย์ขณะทำการลดความชื้นเมล็ดถั่วเหลืองที่อัตราการไหลลมร้อน 0.27 และ 0.53 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (รูปที่ 8) พบว่าความสม่ำเสมอของค่าประสิทธิภาพที่อัตราการไหลสูงกลับมีแนวโน้มที่จะลดลงรวดเร็วกว่าในกรณีที่ใช้อัตราการไหลที่ต่ำ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะช่วงเวลาในการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศกับแผ่น Absorber มีน้อยลง



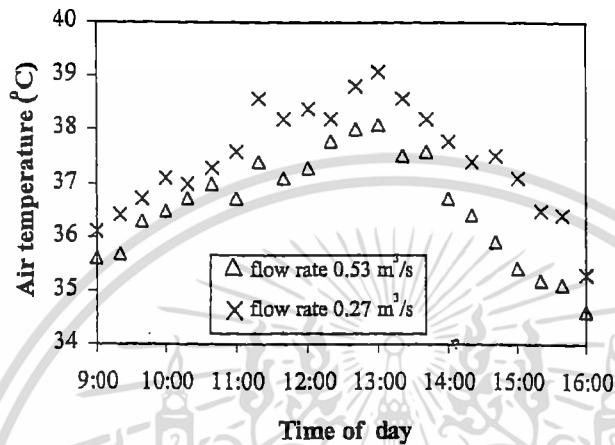
รูปที่ 7 ประสิทธิภาพแผงรับแสงในวันที่ท้องฟ้าโปร่ง (Clear sky) ที่อัตราการไหลลมร้อน 0.15, 0.27, 0.37 และ 0.53 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที



รูปที่ 8 ประสิทธิภาพแผงรับแสงในวันที่ท้องฟ้าโปร่ง (Clear sky) ขณะทำการลดความชื้นที่อัตราการไหลลมร้อน 0.53 และ 0.27 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่ออัตราการไหลลมร้อนขณะทำการลดความชื้นถั่วเหลืองมีค่า 0.53 และ 0.27 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีนั้น อุณหภูมิของลมร้อนที่ได้จากแผงรับแสงขณะผ่านเข้าไปในตู้อบ (รูปที่ 9) พบว่าที่อัตราการไหลลมร้อน 0.53 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที อุณหภูมิที่ได้จากแผงรับแสงจะมีค่าต่ำกว่าที่อัตราการไหลลมร้อน 0.27 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ประมาณ 1-1.5 °C โดยอุณหภูมิที่อัตราการไหลลมร้อน 0.53 และ 0.27 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที มีค่าประมาณ 36.5 และ 37.5 °C ตามลำดับ

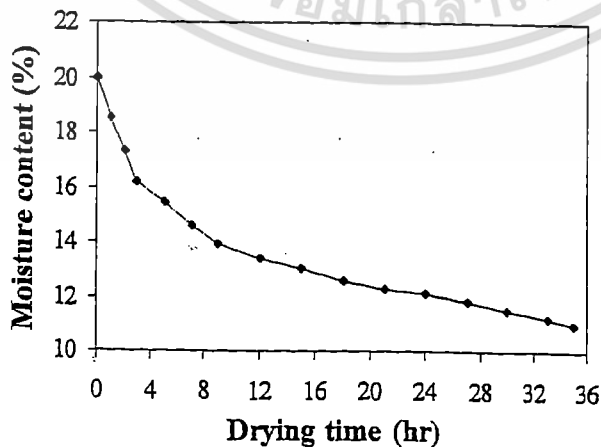


รูปที่ 9 อุณหภูมิลมร้อนที่ไหลเข้าตู้อบเมื่อมีอัตราการไหลแตกต่างกัน

ผลการทดสอบการลดความชื้น

- เมล็ดข้าวเปลือก

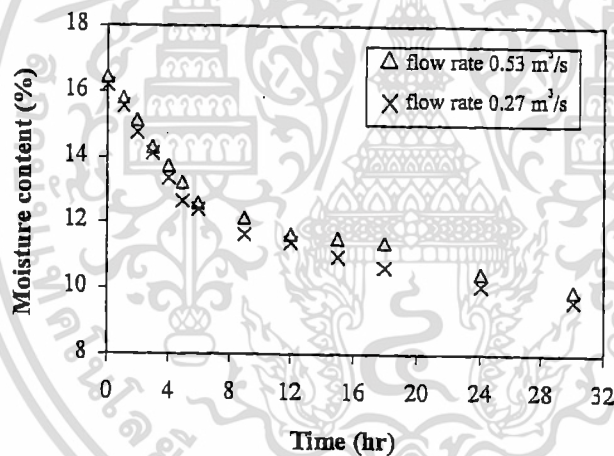
ทำการลดความชื้นข้าวเปลือกปริมาณ 150 กิโลกรัม เปิดพัดลมในอัตราคงที่ที่ 0.15 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที โดยข้าวเปลือกมีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 20% ผลการทดลอง (รูปที่ 10) พบว่าอัตราการลดลงของความชื้นในข้าวเปลือกในช่วง 9 ชั่วโมงแรกนั้น จะลดลงอย่างรวดเร็วและช้าลงเมื่อความชื้นลดลงเหลือประมาณ 14% และเมื่อระยะเวลาผ่านไปประมาณ 30 ชั่วโมง ความชื้นในข้าวเปลือกจึงลดลงเหลือประมาณ 12%



รูปที่ 10 การลดความชื้นเมล็ดข้าวเปลือก เมื่ออัตราการไหลลมร้อน 0.15 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมล็ดถั่วเหลือง

ผลการทดสอบการลดความชื้นเมล็ดถั่วเหลืองประมาณ 100 กิโลกรัม โดยใช้อัตราการไหลของลมร้อนเป็น 0.53 และ 0.27 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที โดยเมล็ดถั่วเหลืองที่ใช้ในการทดสอบมีความชื้นเริ่มต้น ประมาณ 16% (รูปที่ 11) พบว่าอัตราการลดลงของความชื้นในเมล็ดถั่วเหลืองในช่วง 6 ชั่วโมงแรกนั้น จะลดลงอย่างรวดเร็วและช้าลงเมื่อความชื้นลดลงเหลือประมาณ 12% และอัตราการลดลงของความชื้นดังกล่าวนี้ที่อัตราการไหลลมร้อน 0.27 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที จะมีค่าสูงกว่าที่อัตราการไหลลมร้อน 0.53 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที เล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากค่าอัตราการไหลของลมร้อนที่ต่ำกว่าอุณหภูมิของลมร้อนที่ได้จากแผงรับแสงจะมีค่าสูงกว่าที่ค่าอัตราการไหลลมร้อนสูง และเมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง (ความชื้นเมล็ดถั่วเหลืองเป็น 11%) พบว่าที่อัตราการไหลลมร้อน 0.27 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที จะใช้เวลาประมาณ 15 ชั่วโมง ในขณะที่ที่อัตราการไหลลมร้อนเป็น 0.53 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีจะใช้เวลาประมาณ 20 ชั่วโมง



รูปที่ 11 การลดลงของความชื้นในเมล็ดถั่วเหลืองที่อัตราการไหลลมร้อน 0.53 และ 0.27 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที โดยทดสอบในวันที่ท้องฟ้าโปร่ง

การเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงาน

เครื่องลดความชื้นที่สร้างนี้ใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อนและเป็นแหล่งพลังงานให้ฮีตเตอร์ไฟฟ้า ส่วนเครื่องลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ของศูนย์ขยายพันธุ์ใช้ไฟฟ้าในส่วนของพัดลมและฮีตเตอร์ไฟฟ้า รวมทั้งใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (น้ำมันดีเซลและน้ำมันก๊าด) เป็นแปลงให้ความร้อน จากค่าการใช้พลังงาน (ตารางที่ 1) พบว่า เครื่องลดความชื้นเมล็ดพืชแบบใช้แสงอาทิตย์และไฟฟ้าที่สร้างขึ้นนี้ เมื่ออัตราการไหลลมร้อนมีค่า 0.27 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที มีค่าการใช้พลังงานในการลดความชื้นน้อยที่สุด ส่วนค่าการใช้พลังงานเมื่ออัตราการไหลลมร้อน 0.53

ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที มีค่าใกล้เคียงกับการใช้พลังงานเมื่อเชื้อเพลิงเป็นน้ำมันก๊าด ส่วนการใช้พลังงานเมื่อเชื้อเพลิงเป็นน้ำมันดีเซลมีค่ามากที่สุด ทั้งนี้เป็นเพราะเครื่องลดความชื้นที่สร้างขึ้นสามารถใช้ประโยชน์จากแสงอาทิตย์ได้เกือบตลอดช่วงการอบ 10 ชั่วโมง ทำให้ฮีตเตอร์ไฟฟ้าทำงานเพียง 3 ชั่วโมง

ตารางที่ 1 การใช้พลังงานในการลดความชื้นเมล็ดพืชจากความชื้นเริ่มต้น 16-16.5% และสิ้นสุดที่ 12 %

แหล่งพลังงาน	ความจุถังอบ (ตัน)	เวลาอบ (ชั่วโมง)	ค่าการใช้พลังงาน (MJ/Kg hr)
แสงอาทิตย์และไฟฟ้า			
- ข้าวเปลือก อัตราการไหลลมร้อน 0.15m ³ /s	0.15	30	0.036
- ถั่วเหลือง อัตราการไหลลมร้อน 0.53m ³ /s	0.1	10	0.026
อัตราการไหลลมร้อน 0.27m ³ /s	0.1	8	0.011
น้ำมันดีเซล	20	20	0.031
น้ำมันก๊าด	10	20	0.024

หมายเหตุ: ค่าจากตารางของแหล่งพลังงานน้ำมันดีเซลและน้ำมันก๊าด เป็นค่าที่ได้จากการอบของศูนย์ขยายพันธุ์พืชที่ 19 จังหวัดชลบุรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 2 การศึกษาคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองภายหลังการลดความชื้นด้วยเครื่องอบแห้งที่ประดิษฐ์ขึ้น

2.1 อัตราการลดลงของความชื้นเมล็ด

วิธีการต่าง ๆ ที่ใช้ในการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ทำให้อัตราการลดลงของความชื้นแตกต่างกัน (รูปที่ 12) แสงอาทิตย์ทำให้ความชื้นเมล็ดลดลงเร็วกว่าวิธีอื่น ๆ โดยใช้ระยะเวลาเพียง 9 ชั่วโมงก็สามารถทำให้ความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดจากประมาณ 12% ลดลงเหลือประมาณ 6% ส่วนเครื่องอบใช้เวลา 30 ชั่วโมง จึงทำให้ความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดที่ประมาณ 12% ลดลงเหลือประมาณ 6% ส่วนการลดในที่ร่ม ลมแล้วตามด้วยซิลิกาเจล ทำให้ความชื้นเมล็ดลดลงช้ามากภายหลัง 9 ชั่วโมงแรกไปแล้ว ความชื้นเมล็ดเปลี่ยนแปลงน้อยมาคลิ่งนี้เป็นการแสดงให้เห็นถึงความสมดุลระหว่างความชื้นเมล็ดกับความชื้นของอากาศ ดังนั้นเพื่อทำให้ความชื้นของเมล็ดที่ลดในที่ร่มลดลงเหลือประมาณ 6% จึงนำไปลดด้วยซิลิกาเจลต่อไปอีกถึง 7 วัน (รูปที่ 13) จึงทำให้ความชื้นเมล็ดลดลงเหลือประมาณ 6% ตามที่ต้องการ

2.2 ผลของการลดความชื้นต่อคุณภาพเบื้องต้นของเมล็ดพันธุ์

ภายหลังการลดความชื้นความงอกมาตรฐานของการลดความชื้นโดยทั้ง 3 วิธี ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 2) แต่การลดในที่ร่มความงอกมาตรฐานลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการลดความชื้น

การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีการต่าง ๆ ดังกล่าวทำให้ความแข็งแรงซึ่งตรวจสอบด้วยการเร่งอายุ SGR และความงอกในไร่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2) การลดความชื้นเมล็ดด้วยแสงอาทิตย์ และในที่ร่มให้ความงอกภายหลังการเร่งอายุไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ต่ำกว่าการลดด้วยเครื่องอบ และก่อนการลดความชื้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความงอกภายหลังการเร่งอายุของเมล็ดพันธุ์ที่ลดความชื้นด้วยเครื่องอบ และก่อนการลดความชื้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ส่วนความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ซึ่งตรวจสอบด้วย SGR นั้นพบว่า SGR ของเมล็ดพันธุ์ที่ลดความชื้นในที่ร่ม ลดลงต่ำกว่าทั้งก่อนการลดความชื้นและการลดด้วยเครื่องอบ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับ SGR ของเมล็ดพันธุ์ที่ลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์ ถึงแม้ว่า SGR ของเมล็ดพันธุ์ก่อนการลดความชื้น ภายหลังการลดด้วยแสงอาทิตย์ และการลดด้วยเครื่องอบจะไม่แสดงความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ SGR ของเมล็ดพันธุ์ที่ลดความชื้นด้วยเครื่องอบลดลงน้อยที่สุด

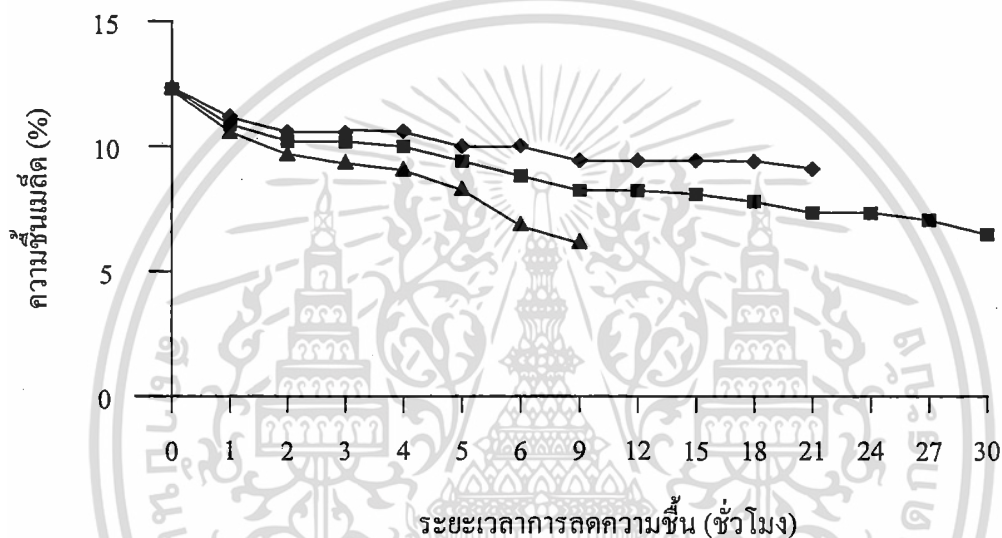
ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ซึ่งตรวจสอบโดยความงอกในไร่ นั้น เมล็ดพันธุ์ที่ลดความชื้นทั้ง 3 วิธีดังกล่าวมีความงอกในไร่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับความงอกในไร่ของเมล็ดพันธุ์ก่อนการลดความชื้น (ตารางที่ 2) และใน 3 วิธีดังกล่าวนี้ความงอกในไร่ของเมล็ดพันธุ์ที่ลดความชื้นในที่ร่มให้ความงอกต่ำสุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

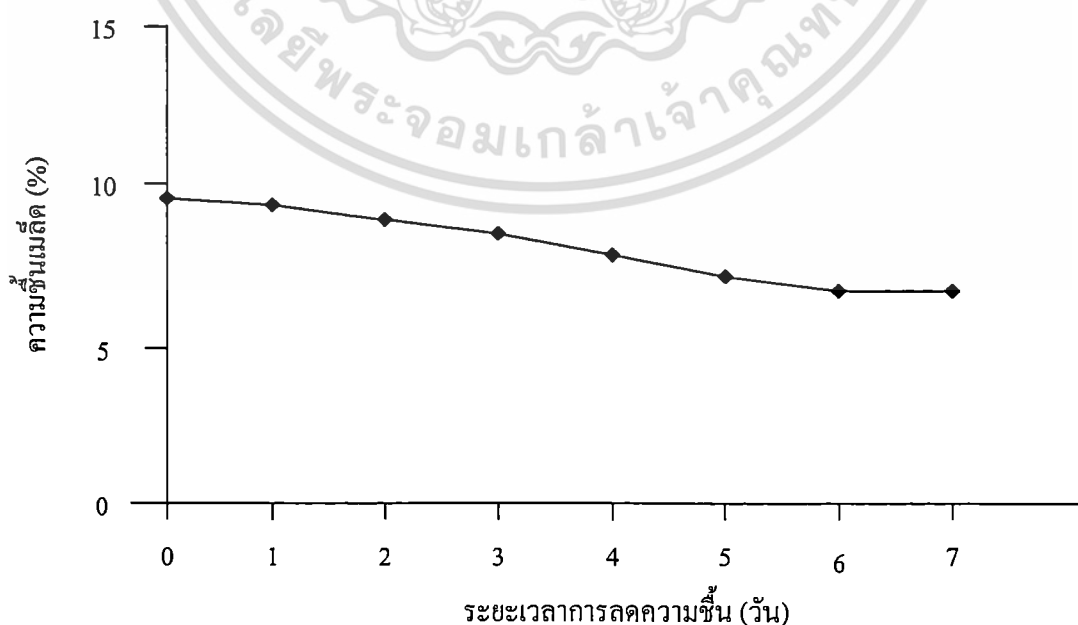
ทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับ 2 วิธีที่เหลือ อย่างไรก็ตามในทั้ง 3 วิธีดังกล่าวมีแนวโน้มว่า การใช้เครื่องอบจะทำให้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ลดลงไม่มากนัก

การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์โดยทั้ง 3 วิธีดังกล่าวทำให้การรื้อไหลของเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการลดความชื้น (ตารางที่ 2) อย่างไรก็ตามการลดความชื้นโดยทั้ง 3 วิธีไม่ทำให้การรื้อไหลของเมล็ดพันธุ์ต่างกัน

จากการตรวจสอบการแตกตัวของเยื่อหุ้มเมล็ดพบว่า รอยแตกตัวของทั้งก่อนการลดความชื้นและภายหลังการลดความชื้นโดยทั้ง 3 วิธีดังกล่าว ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 2) แต่เมล็ดพันธุ์ที่ลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์มีแนวโน้มที่จะมีการแตกร้าวมากกว่า



รูปที่ 12 การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ ชม.60 ด้วยแสงอาทิตย์ (▲) เครื่องอบ (■) และที่ร่ม (◆)



เอกสารรูปที่ 13 การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ ชม.60 ด้วยวิธีการตากแห้ง ภายหลังการลดในที่ร่ม ด้านการคำนวณว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ผลของการลดความชื้นด้วยวิธีการต่าง ๆ ต่อความงอกมาตรฐาน (SG) การเร่งอายุ (AA) อัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้า (SGR) ความงอกในไร่ (FE) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) และการแตกร้าวของเยื่อหุ้มเมล็ด (SCC)

ตัวแปร	SG (%)	AA (%)	SGR (mg/seedling)	FE (%)	EC ($\mu\text{s/cm/g seed}$)	SCC (%)
ก่อนการลดความชื้น	96.50a ¹	97.50a	49.25a	98.00a	76.24 b	2.5a
การลดด้วยแสงอาทิตย์	88.50ab	81.50 b	45.75ab	87.00 b	94.90a	6.25a
การลดด้วยเครื่องอบ	92.50ab	90.00a	48.00a	90.00 b	91.94a	3.75a
การลดในที่ร่ม ²	84.50 b	83.50 b	43.50 b	81.50 c	90.05a	1.25a

¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับ $p \leq 0.05$ เปรียบเทียบโดย Duncan's multiple range test

² ลดด้วยลมแล้วตามด้วยซิลิกาเจล

2.3 ผลของการลดความชื้นต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการเก็บรักษา

2.3.1 ความงอกมาตรฐานของเมล็ดพันธุ์

เมล็ดพันธุ์ซึ่งลดความชื้นด้วยเครื่องอบมีเปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐานสูงกว่าการลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์ และในที่ร่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยตลอดอายุการเก็บรักษา (ตารางที่ 3) ความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่ลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์และด้วยลมในที่ร่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ในระหว่างการเก็บรักษา ความงอกมาตรฐานของเมล็ดพันธุ์โดยตลอดทั้ง 3 วิธีการลดความชื้นเริ่มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายหลัง 60 วัน ของการเก็บรักษาไปแล้ว (ตารางที่ 3) การเปลี่ยนแปลงของความงอกมาตรฐานในช่วง 60 วันแรกมีเพียงเล็กน้อยเนื่องจากความงอกมาตรฐานของเมล็ดพันธุ์ที่ลดความชื้นโดยทั้ง 3 วิธีดังกล่าวสูงกว่า 80% (รูปที่ 14) โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีแนวโน้มว่าเมล็ดพันธุ์ที่ลดความชื้นด้วยเครื่องอบ มีอายุการเก็บรักษาสูงกว่าวิธีการลดความชื้นอื่น ๆ เพราะมีความงอกมาตรฐานสูงกว่า 80% โดยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ความงอกมาตรฐานของเมล็ดพันธุ์ที่ลดความชื้นโดยทั้งแสงอาทิตย์และในที่ร่มลดลงอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกันอย่างรวดเร็ว

2.3.2 ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์

ก. การเร่งอายุเมล็ดพันธุ์

ความงอกของเมล็ดพันธุ์ภายหลังการเร่งอายุซึ่งลดความชื้นด้วยเครื่องอบสูงกว่า 2 วิธีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยตลอดอายุการเก็บรักษา (ตารางที่ 3) ในขณะที่ทั้ง 2 วิ

เอกสารให้ความงอกของเมล็ดพันธุ์ภายหลังการเร่งอายุไม่แตกต่างกันทางสถิติ ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความงอกของเมล็ดพันธุ์ภายหลังการเร่งอายุซึ่งลดความชื้นโดยทั้ง 3 วิธีลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกระยะของการเก็บรักษา (ตารางที่ 3) ความงอกนี้ลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเก็บรักษาไปได้เพียง 30 วัน ซึ่งเป็นผลมาจากการลดลงอย่างรวดเร็วของความงอกของทั้งการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ด้วยแสงอาทิตย์ และในที่ร่มเมื่อเก็บรักษาไปได้ 30 วัน เป็นสำคัญ (รูปที่ 15) ส่วนการลดลงของความงอกของเมล็ดพันธุ์ภายหลังการเร่งอายุซึ่งลดด้วยเครื่องอบนั้น ก็ลดลงเร็วเช่นกันแต่ลดลงในลักษณะที่ช้ากว่าของการลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์ และในที่ร่ม

ข. ความงอกในไร่

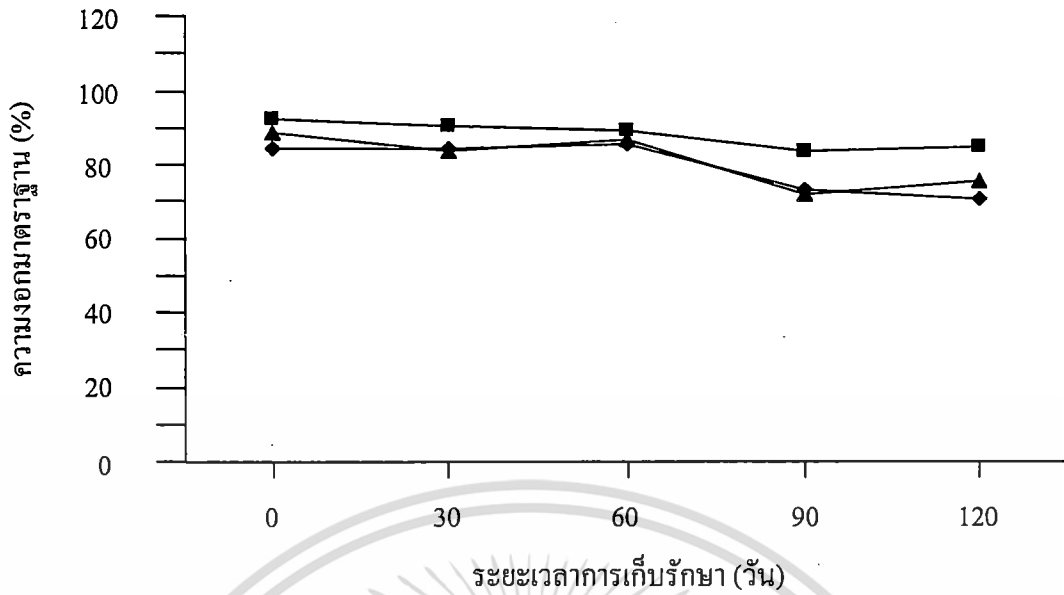
การเปลี่ยนแปลงของความงอกในไร่โดยตลอดอายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ที่ลดความชื้นด้วยเครื่องอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับความงอกในไร่ของเมล็ดพันธุ์ที่ลดในที่ร่ม (ตารางที่ 3) แต่ไม่แตกต่างกับความงอกในไร่ของเมล็ดพันธุ์ที่ลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์ ความงอกในไร่ของเมล็ดพันธุ์ทั้งที่ลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์และในที่ร่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตามความงอกในไร่ของเมล็ดพันธุ์ที่ลดความชื้นด้วยเครื่องอบมีแนวโน้มที่จะให้ความงอกในไร่สูงกว่าอีก 2 วิธี

ตารางที่ 3 ผลของการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีต่างๆ ต่อความงอกมาตรฐาน (SG) การเร่งอายุ (AA) อัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้า (SGR) ความงอกในไร่ (FE) การนำไฟฟ้า (EC) และรอยแตกร้าวของเยื่อหุ้มเมล็ด (SCC)

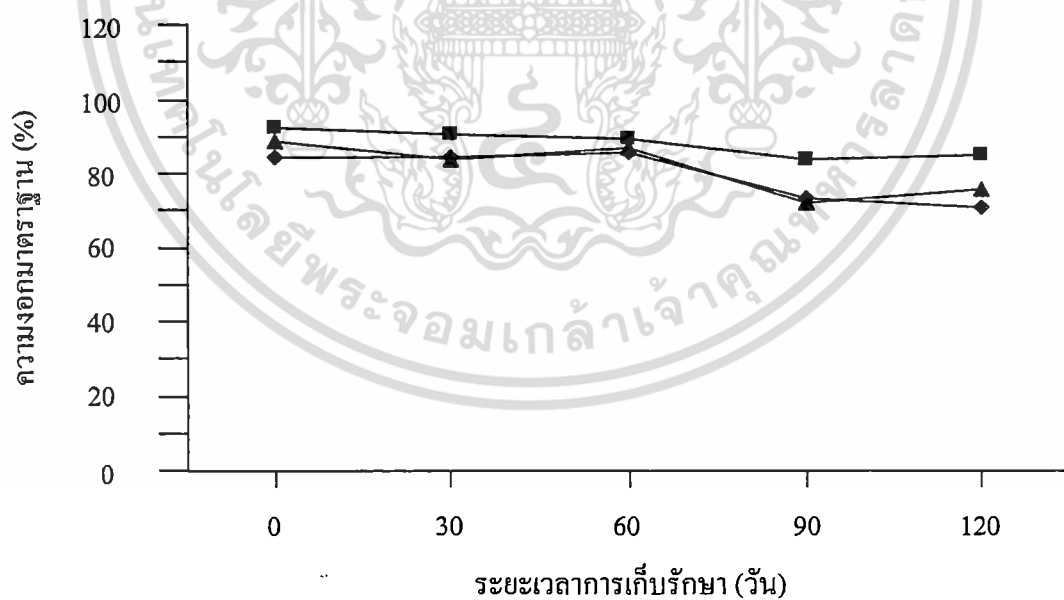
ตัวแปร	SG (%)	AA (%)	SGR (mg/seedling)	FE (%)	EC ($\mu\text{s}/\text{cm}/\text{g seed}$)	SCC (%)
วิธีการลดความชื้น						
แสงอาทิตย์	81.20 b ¹	39.20 b	42.05ab	73.30ab	95.53a	14.25a
เครื่องอบ	88.20a	49.20a	43.33a	82.20a	93.27a	6.00 b
ที่ร่ม	79.60 b	35.40 b	41.12 b	69.30 b	96.78a	6.00 b
ระยะเวลาการเก็บรักษา(วัน)						
0	88.50a	85.00a	45.54a	86.17a	92.29a	3.75 c
30	86.17a	56.00 b	46.19a	81.17a	94.84a	3.75 c
60	87.00a	39.00 c	42.10 b	81.00a	94.07a	6.67 bc
80	76.33 b	26.30 d	38.76 c	65.50 b	96.97a	12.92ab
120	77.00 b	0.00 e	38.23 c	64.17 b	97.79a	13.67a

¹ ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับ

เอกสารนี้มีความเป็นไปได้อีก 0.01 ตามวิธีวิเคราะห์แบบ Duncan's Multiple Range Test เอกสารนี้ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 14 การเปลี่ยนแปลงของความงอกมาตฐานของเมลิตพันธุ์ถั่วเหลือง ซึ่งลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์ (▲) เครื่องอบ (■) และที่รวม (◆) ในระหว่าง 120 วันของการเก็บรักษา



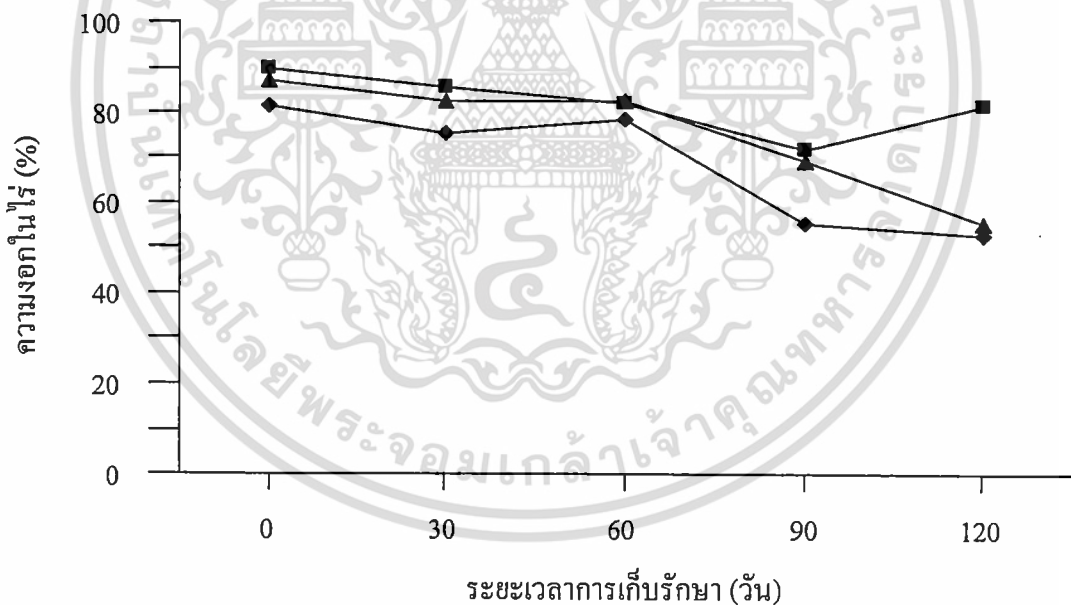
รูปที่ 15 การเปลี่ยนแปลงของความงอกหลังการเร่งอายุเมลิตพันธุ์ถั่วเหลือง ซึ่งลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์ (▲) เครื่องอบ (■) และที่รวม (◆) ในระหว่าง 120 วันของการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนแปลงของความงอกในไร่ของเมล็ดพันธุ์ที่ลดความชื้นโดยตลอดทั้ง 3 วิธี มีความแตกต่างกันทางสถิติภายหลัง 60 วัน ของการเก็บรักษา (ตารางที่ 3) การไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติของความงอกในไร่ในช่วง 60 วันแรกของการเก็บรักษา นำที่จะเกิดจากมีการเปลี่ยนแปลงน้อยของความงอกในไร่ของเมล็ดพันธุ์ที่ลดความชื้นด้วยวิธีต่าง ๆ (รูปที่ 16) ภายหลังการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ 60 วันไปแล้ว ความงอกในไร่ของเมล็ดพันธุ์ทั้งที่ลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์ และในที่ร่มลดลงอย่างรวดเร็ว ส่วนการใช้เครื่องอบทำให้ความงอกในไร่ของเมล็ดพันธุ์ลดลงช้า ๆ โดยตลอดอายุการเก็บรักษา โดยเฉลี่ยแล้วเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ก็ยังคงมีความงอกในไร่สูงกว่า 80%

ค. อัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้า

การเปลี่ยนแปลงของ SGR โดยตลอดอายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ที่ลดความชื้นด้วยเครื่องอบเป็นไปในลักษณะที่สูงกว่าของเมล็ดพันธุ์ที่ลดในที่ร่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 3) แต่ไม่แตกต่างกับเมล็ดพันธุ์ที่ลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์



รูปที่ 16 การเปลี่ยนแปลงของความงอกในไร่ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ซึ่งลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์ (▲) เครื่องอบ (■) และที่ร่ม (◆) ในระหว่าง 120 วันของการเก็บรักษา

ภายหลังการเก็บรักษา การเปลี่ยนแปลงของ SGR ของเมล็ดพันธุ์ที่ลดความชื้นโดยตลอดทั้ง 3 วิธี มีความแตกต่างกันทางสถิติภายหลัง 30 วันของการเก็บรักษา (ตารางที่ 3) การไม่พบความแตกต่างของ SGR ในช่วง 30 วันแรกของการเก็บรักษา น่าที่จะมาจากความแตกต่างของ SGR ที่ลดความชื้นด้วยวิธีต่าง ๆ น้อยมาก (รูปที่ 17) ภายหลัง 60 วันของการเก็บรักษา SGR ลดลงอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้ น่าจะเกิดจากการลดลงของ SGR อย่างรวดเร็วของเมล็ดพันธุ์ที่ลดความชื้นในที่ร่ม และด้วยแสงอาทิตย์ มีแนวโน้มว่า SGR ของเมล็ดพันธุ์ที่ลดด้วยเครื่องอบจะลดลงช้ากว่าอีก 2 วิธี

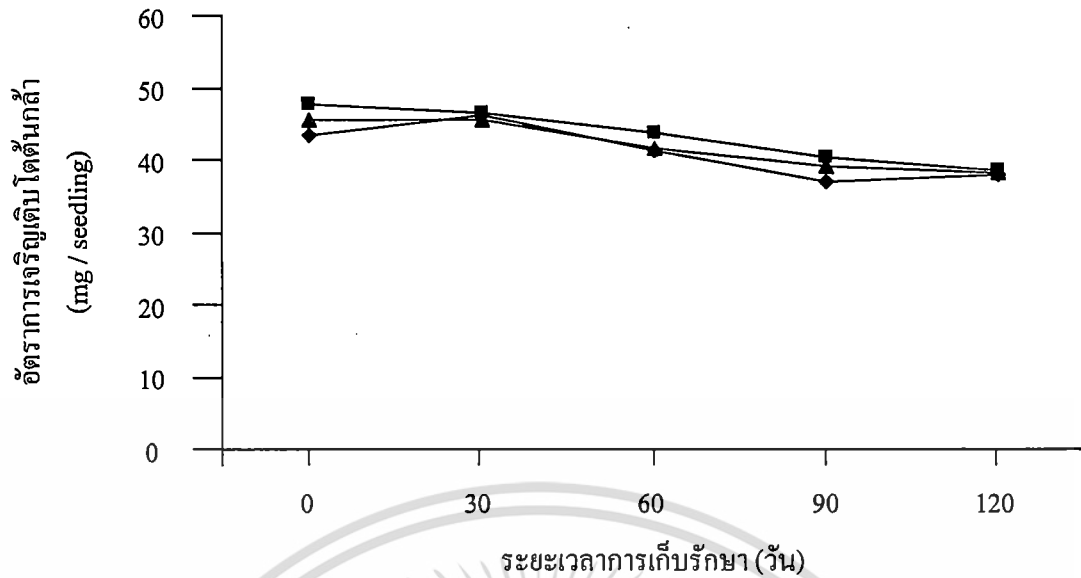
2.3.3 การร่วไหลของเมล็ดพันธุ์

การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ของทั้ง 3 วิธี โดยตลอดอายุการเก็บรักษาไม่มีผลทำให้การร่วไหลของเมล็ดพันธุ์แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 3) ในทำนองเดียวกันภายหลังการเก็บรักษา การร่วไหลของเมล็ดพันธุ์ที่ลดความชื้นโดยตลอดทั้ง 3 วิธี ก็ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติด้วยเช่นกัน สิ่งนี้อาจเกิดจากการลดความชื้นโดยแต่ละวิธี ทำให้เมล็ดพันธุ์มีการร่วไหลใกล้เคียงกันในแต่ละระยะเวลาการเก็บรักษา (รูปที่ 18) อย่างไรก็ตามมีแนวโน้มว่าการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ในที่ร่มอาจทำให้เมล็ดพันธุ์มีการร่วไหลเพิ่มขึ้นในช่วง 90-100 วันของการเก็บรักษา

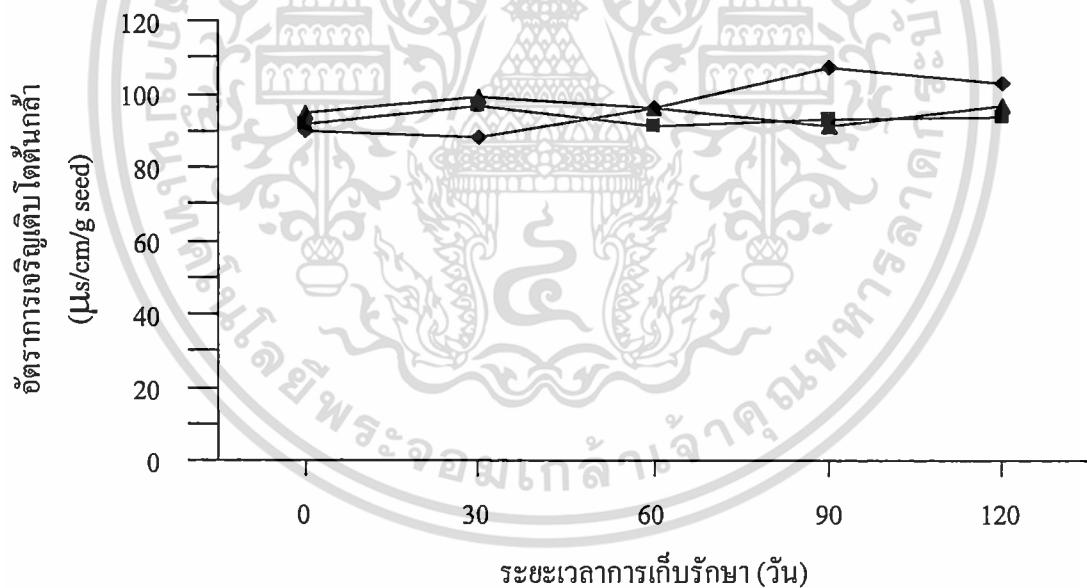
2.3.4 การแตกร้าวของเยื่อหุ้มเมล็ด

ทั้ง 3 วิธีของการลดความชื้น การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ด้วยแสงอาทิตย์มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การแตกร้าวของเยื่อหุ้มเมล็ดสูงกว่าอีก 2 วิธีอย่างมีนัยสำคัญ โดยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ตารางที่ 3) ส่วนการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ด้วยเครื่องอบ และในที่ร่มไม่ทำให้การแตกร้าวของเยื่อหุ้มเมล็ดแตกต่างกันทางสถิติ

ภายหลังการเก็บรักษาเปอร์เซ็นต์การแตกร้าวของเยื่อหุ้มเมล็ดของทั้ง 3 วิธีการลดความชื้นเริ่มเพิ่มสูงขึ้นที่ระยะ 60 วันของการเก็บรักษา แต่ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 3) หลังจากระยะนี้ไปจนถึงสิ้นสุดการเก็บรักษาเปอร์เซ็นต์การแตกร้าวดังกล่าวก็ยังคงเพิ่มขึ้นโดยตลอด และมีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับในช่วง 30 วันแรกของการเก็บรักษา สาเหตุสำคัญที่ทำให้เมล็ดพันธุ์มีการแตกร้าวของเยื่อหุ้มเมล็ดเพิ่มสูงขึ้นในช่วงท้ายของการเก็บรักษา น่าจะเป็นผลมาจากการลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์เป็นสำคัญ เพราะเมื่อตรวจสอบการแตกร้าวของเยื่อหุ้มเมล็ดที่ลดความชื้นด้วยวิธีต่าง ๆ ในระหว่างการเก็บรักษา พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่ลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์มีเปอร์เซ็นต์การแตกร้าวของเยื่อหุ้มเมล็ดเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วโดยตลอดภายหลัง 30 วันของการเก็บรักษา (รูปที่ 19) ในขณะที่การลดความชื้นทั้งด้วยเครื่องอบและในที่ร่มมีเปอร์เซ็นต์การแตกร้าวของเยื่อหุ้มเมล็ดเพิ่มขึ้นช้ากว่ามาก

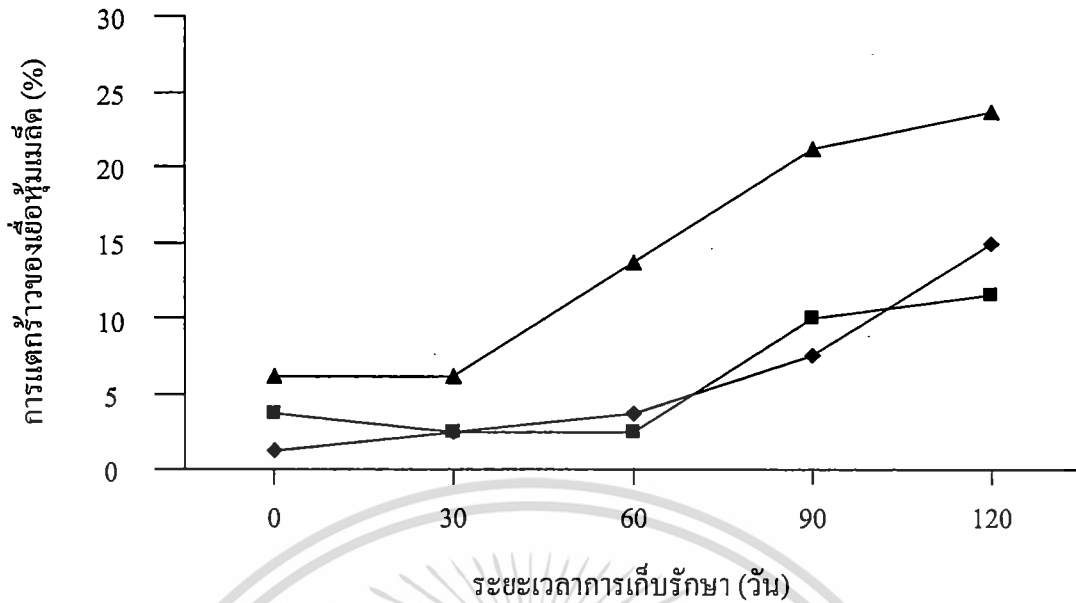


รูปที่ 17 การเปลี่ยนแปลงของอัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้าของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ซึ่งลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์ (▲) เครื่องอบ (■) และที่รุ่ม (◆) ในระหว่าง 120 วันของการเก็บรักษา



รูปที่ 18 การเปลี่ยนแปลงของการรั่วไหลของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ซึ่งลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์ (▲) เครื่องอบ (■) และที่รุ่ม (◆) ในระหว่าง 120 วันของการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 19 เปอร์เซ็นต์แตกกร้าวของเยื่อหุ้มเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ซึ่งลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์ (▲) เครื่องอบ (■) และที่รุ่ม (◆) ในระหว่าง 120 วันของการเก็บรักษา

2.4 ความสัมพันธ์ของคุณภาพเมล็ดพันธุ์ การรั่วไหลและการแตกกร้าวของเนื้อเยื่อจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคุณภาพเมล็ดพันธุ์ การรั่วไหล และการแตกกร้าวของเนื้อเยื่อเมล็ด พบว่าความงอกมาตรฐานมีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงทั้งหมด และการแตกกร้าวของเนื้อเยื่อ (ตารางที่ 4) แต่ไม่พบความสัมพันธ์กับการรั่วไหล ความแข็งแรงทั้งหมดต่างก็มีความสัมพันธ์กันทั้งสิ้น และยังมีสัมพันธ์กับการแตกกร้าวของเนื้อเยื่ออีกด้วย ยกเว้นอัตรา การเจริญเติบโตของต้นกล้าที่ไม่พบความสัมพันธ์กับการแตกกร้าวของเนื้อเยื่อ ในบรรดาความแข็งแรงทั้งหมดมีเพียงความงอกในไรเท่านั้นที่มีความสัมพันธ์กับการรั่วไหลของเมล็ด

ตารางที่ 4 ค่าสหสัมพันธ์ของความงอกมาตรฐาน ความแข็งแรง การรั่วไหล และการแตกกร้าวของเยื่อหุ้มเมล็ดโดยตลอดทุก treatment

	SG	AA	SGR	FE	EC	SCC
SG	-	0.72**	0.91**	0.67**	-0.50	-0.69**
AA			0.76**	0.59*	-0.39	-0.68**
FE				0.65**	-0.56*	-0.62*
SGR					-0.51	-0.42
EC						0.21

เอกสารนี้ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าการณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

อภิปรายผลการวิจัยและวิจารณ์

วัตถุประสงค์หลักของการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ก็เพื่อที่จะควบคุมให้เมล็ดพันธุ์มีคุณภาพดีหรือชะลอการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์จนถึงวันที่นำไปปลูก การที่จะประสบความสำเร็จในการเก็บรักษาดังกล่าวนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น พันธุกรรม (Wien and Kuenman, 1981) การเสื่อมคุณภาพในไร่ (field deterioration or weathering damage) (Franca Neto *et al.*, 1994) และการลดความชื้น (Wilson, 1995 ; McDonald and Copeland, 1997) เป็นต้น การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ให้อยู่ในระดับต่ำเพียงพอเพื่อชะลอการเสื่อมคุณภาพก่อนการเก็บรักษาเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้สามารถเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ได้ยาวนาน อย่างไรก็ตามปัจจัยอื่น ๆ ก็ควรนำมาพิจารณาในที่นี้ด้วยคือ คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ที่ได้รับก่อนการลดความชื้น ผลจากการทดลองนี้ พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่ได้รับมีคุณภาพสูงไม่ว่าจะเป็นการมีความงอกหรือความแข็งแรงสูง (ตารางที่ 2) และการมีการร่วงไหลต่ำ สิ่งเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าการเสื่อมคุณภาพในไร่ของเมล็ดพันธุ์ก่อนการเก็บเกี่ยวเกิดขึ้นน้อยมาก ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงในคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษา จึงน่าที่จะขึ้นอยู่กับผลของการลดความชื้นเพียงปัจจัยเดียวเท่านั้น

การลดความชื้นเมล็ดเป็นการทำให้ความชื้นระเหยออกไปจากเมล็ด ความชื้นที่ระเหยออกไปนี้เกิดขึ้นจาก 2 กระบวนการในเวลาเดียวกันคือ กระบวนการแรกเมล็ดจะได้รับพลังงานความร้อนจากอากาศ เพื่อทำให้ความชื้นที่อยู่บริเวณผิวเมล็ดระเหยออกไป จากนั้นก็จะเข้าสู่กระบวนการที่สองซึ่งเกิดขึ้นภายในเมล็ด โดยความชื้นภายในเมล็ดก็จะเคลื่อนย้ายไปยังบริเวณพื้นผิวแล้วจึงระเหยออกไป (Menon and Mujumdar, 1987) ความชื้นที่ระเหยออกไปนี้เกิดจากความร้อนที่เมล็ดได้รับจะทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ โดยรอบเมล็ดลดลงต่ำกว่าจุดสมดุลกับความชื้นของเมล็ด จึงทำให้ความชื้นระเหยออกไปจากเมล็ดได้ ในกรณีที่การระเหยดังกล่าวเกิดขึ้นเร็วเกินไป ซึ่งอาจเกิดจากเมล็ดได้รับอุณหภูมิสูงเกินไปหรือทำให้ความชื้นสัมพัทธ์โดยรอบเมล็ดต่ำมากเกินไป สภาพเช่นนี้จะทำให้เมล็ดแห้งเร็วมากเกินไป (excessive drying) ทำให้เนื้อเยื่อพื้นผิวเมล็ดหดตัวอย่างรวดเร็ว ในขณะที่เนื้อเยื่อด้านในเมล็ดยังไม่แห้งดี ความแตกต่างเช่นนี้ทำให้เนื้อเยื่อพื้นผิวเมล็ดแตกร้าวขึ้นได้ (Harrington, 1972) ซึ่งจะนำไปสู่การสูญเสียความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ (Harrington, 1973 ; Justice and Bass, 1979)

นอกจากนี้ตัวของเมล็ดถั่วเหลืองยังมีทั้งเยื่อหุ้มเมล็ดบาง และตำแหน่งของ radicle – hypocotyls ที่ยื่นออกมาจึงทำให้เมล็ดแตกร้าวได้ง่ายยิ่งขึ้นเมื่อทำให้เมล็ดแห้งลงอย่างรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในห้องปฏิบัติการเท่านั้น ไม่ควรนำออกจำหน่าย การคัดลอกหรือการนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย

(Moore, 1972) จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ความร้อนจากแสงอาทิตย์ทำให้ความชื้นของเมล็ดลดลงอย่างรวดเร็วมากกว่าประมาณ 12% เหลือประมาณ 6% โดยใช้เวลาเพียง 9 ชั่วโมง (รูปที่ 19) ซึ่งเป็นผลมาจากการได้รับอุณหภูมิที่สูง (46 องศาเซลเซียส) และความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ (ประมาณ 33%) สภาพแวดล้อมเช่นนี้จึงมีแนวโน้มที่ทำให้เนื้อเยื่อเมล็ดเกิดรอยแตกกว้างเพิ่มขึ้นสูงกว่าการลดความชื้นเมล็ดด้วยเครื่องอบ และในที่ร่ม อย่างไรก็ตาม ภายใต้อุณหภูมิที่คงที่ ไม่มีผลแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการลดความชื้น (ตารางที่ 2) นอกจากนี้ การลดความชื้นเมล็ดด้วยแสงอาทิตย์ยังไม่มีผลทำให้เกิดการสูญเสียความงอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Harrington (1972) และ Moysey (1973) รอยแตกกว้างของเนื้อเยื่อผิวนี้อาจไม่ลึกหรือรุนแรงมากพอที่จะทำให้ความงอกของเมล็ดพันธุ์ลดลง (Harrington, 1973 ; Bass, 1980)

ถึงแม้ว่าการทำให้ความชื้นเมล็ดลดลงอย่างรวดเร็วด้วยแสงอาทิตย์จะไม่มีผลต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ แต่ทำให้ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์โดยเฉพาะการเร่งอายุ และความงอกในไร่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการลดความชื้น (ตารางที่ 2) สิ่งนี้เป็นการชี้ให้เห็นถึงอาจมีความเสียหายบางอย่างเกิดขึ้นกับเมล็ดพันธุ์ที่ลดความชื้นลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งไม่รุนแรงพอที่จะมีผลเสียหายต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ในขณะตรวจสอบความงอก แต่ความเสียหายนี้จะปรากฏออกมาในภายหลัง ดังที่ได้พบว่ามีรอยแตกกว้างของเนื้อเยื่อเมล็ดเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา (ตารางที่ 3 และรูปที่ 26) การมีความสัมพันธ์ระหว่างความงอกมาตรฐาน และความแข็งแรง (การเร่งอายุ และความงอกในไร่) กับรอยแตกกว้าง (ตารางที่ 4) จึงเป็นการสนับสนุนความเสียหายดังกล่าวซึ่งขัดแย้งกับรายงานของอารมย์ (2533) ว่าการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ด้วยเครื่องอย่างรวดเร็วอาจทำความเสียหายให้องค์ประกอบของเมมเบรนจนทำให้เมล็ดพันธุ์มีการร่วไหลเพิ่มขึ้น จึงทำให้ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ลดลง (Powell and Matthews, 1977) ในการศึกษาถึงแม้จะพบว่าการลดความชื้นด้วยวิธีต่าง ๆ ทำให้เมล็ดพันธุ์มีการร่วไหลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการลดความชื้นก็ตาม (ตารางที่ 1) แต่การร่วไหลนี้เพิ่มขึ้นน้อยมากในระหว่างการเก็บรักษา (ตารางที่ 3) จึงทำให้ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างความงอกมาตรฐาน และความแข็งแรงกับการร่วไหล (ตารางที่ 4) ยกเว้นความงอกในไร่เท่านั้นที่สัมพันธ์กับการร่วไหล ความสัมพันธ์เช่นนี้น่าที่จะมาจากการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ในที่ร่ม เพราะพบว่าเมล็ดพันธุ์ที่ลดความชื้นในที่ร่มมีการร่วไหลเพิ่มขึ้นสูงโดยตลอดในระหว่างการเก็บรักษา (รูปที่ 25) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการร่วไหลจะเพิ่มขึ้นเร็วมากภายหลัง 60 วันของการเก็บรักษา จากการตรวจสอบความสัมพันธ์ของแต่ละวิธีการลดความชื้นตลอดอายุการเก็บรักษา พบว่าเฉพาะความงอกในไร่ของเมล็ดพันธุ์ที่ลดความชื้นในที่ร่มเท่านั้นที่มีความสัมพันธ์สูงกับการร่วไหล ($r = 0.90^*$ ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาในครั้งนี้ยังพบอีกว่าการลดความชื้นเมล็ดในที่ร่มซึ่งทำให้ความชื้นของเมล็ดลดลงอย่างช้า ๆ มีผลทำให้ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ลดลงตั้งแต่ก่อนการเก็บรักษา (ตารางที่ 2) สาเหตุอาจเกิดจากปัจจัยภายในเมล็ด (Roberts, 1972) ซึ่งทำงานได้ดีในสภาพเมล็ดที่มีความชื้นสูง โดยเมล็ดที่ลดความชื้นดังกล่าวมีระดับความชื้นที่สูงกว่า 10% ยาวนานถึง 21 ชั่วโมง (รูปที่ 19) ซึ่งนับได้ว่าอาจยาวนานพอสมควรที่จะทำให้ปัจจัยดังกล่าวมีผลกระทบต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ในระดับหนึ่ง

ผลจากการทดลองนี้ได้แสดงให้เห็นแล้วว่า การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ที่เร็วหรือช้าเกินไปนั้นเป็นผลเสียต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ ดังนั้นการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ด้วยเครื่องอบน้ำที่จะมีความเหมาะสมมากกว่า เพราะทำให้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์มีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า (ตารางที่ 4) เนื่องจากการใช้เครื่องอบสามารถควบคุมให้เครื่องมีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการลดความชื้น อัตราของลมและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (Franca Neto *et al.*, 1994) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของนักวิทยาศาสตร์หลายท่าน (Foster, 1973 ; Ghaly and Sutherland, 1983) ที่พบว่าการใช้เครื่องอบในการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ที่ชื้นในระดับต่าง ๆ โดยมีการควบคุมอุณหภูมิ อัตราของลมและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศให้เหมาะสมแล้ว จะทำให้ความงอก ความแข็งแรง และการแตกตัวของเมล็ดไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

นักวิทยาศาสตร์หลายท่านแนะนำว่าการที่จะประสบความสำเร็จในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในสภาพผนึกแน่นสนิท (sealed storage) เมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาควรลดความชื้นให้ต่ำประมาณ 6-8% (Chin, 1976 ; Hor, 1977 ; Sripichitt *et al.*, 1988) อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้ ทั้งที่เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองได้รับการลดความชื้นให้เหลือประมาณ 6% เก็บรักษาไว้ในถุงพลาสติกที่ปิดแน่นสนิทภายใต้สภาพอุณหภูมิห้องพบว่า ความงอก และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ก็ยังคงลดลงโดยตลอดอายุการเก็บรักษา (ตารางที่ 3) การเปลี่ยนแปลงในคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการเก็บรักษานี้ น่าที่จะเกิดจากการลดความชื้นเมล็ดที่เร็ว และช้ามากเกินไปเพราะทั้ง 2 วิธีนี้ ทำให้ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองสูญเสียไปมากกว่าการลดความชื้นเมล็ดด้วยเครื่องอบตั้งแต่ก่อนการเก็บรักษา (ตารางที่ 3) เมล็ดพันธุ์ดังกล่าวก็จะมีคุณภาพลดลงและมีอายุการเก็บรักษาที่สั้น (Hor, 1977 ; Tekrony *et al.*, 1987) ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่ลดความชื้นด้วยเครื่องอบนั้นมีการเปลี่ยนแปลงในคุณภาพน้อยกว่าในระยะก่อนการเก็บรักษา จึงทำให้เมล็ดพันธุ์มีคุณภาพดีกว่า และมีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานกว่า ซึ่งเห็นได้จากการมีความสัมพันธ์ระหว่างความงอกมาตรฐานกับความงอกในไร่ และความงอกมาตรฐานกับการเร่งอายุ (ตารางที่ 4) ดังนั้นการที่จะประสบความสำเร็จในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์นั้นต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ก่อนการเก็บรักษา เช่น วิธีการลดความชื้น ระดับความชื้นของเมล็ดพันธุ์ที่ต้องการเก็บรักษา คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ภายหลังการเก็บเกี่ยว เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลองที่ 1

ค่าประสิทธิภาพแผงรับแสงเมื่อท้องฟ้าโปร่งมีค่าสูงกว่าเมื่อท้องฟ้ามีเมฆปกคลุม และค่าประสิทธิภาพแผงรับแสงเมื่อมีการเปิดพัดลมดูดลมร้อน มีค่าสูงกว่าในกรณีที่ไม่เปิดพัดลม นอกจากนี้ค่าประสิทธิภาพแผงรับแสงเมื่ออัตราการไหลลมร้อนมีค่ามากขึ้นจะมีค่าสูงขึ้น แต่จะมีอัตราการสูญเสียความร้อนมากกว่า ในขณะที่อัตราการลดลงของความชื้นในเมล็ดถั่วเหลืองเมื่ออัตราการไหลมีค่า 0.53 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีจะมีค่าน้อยกว่า และเวลาที่ใช้ในการลดความชื้นจะมากกว่าด้วยเมื่อเทียบกับอัตราการไหลลมร้อนที่ 0.27 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที โดยทดสอบเมื่อท้องฟ้าโปร่ง

ส่วนค่าการใช้พลังงานของเครื่องลดความชื้นเมล็ดพืชแบบใช้แสงอาทิตย์และไฟฟ้าที่สร้างขึ้นนี้ในวันที่ทำการทดสอบเพื่อลดความชื้นเมล็ดข้าวเปลือก ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมมากทำให้ขณะทดสอบต้องเปิดให้ Heater ทำงานตลอดเวลาเนื่องจากอุณหภูมิที่ได้จากแผงมีค่าน้อยเกินไป ทำให้ค่าการใช้พลังงานมีค่าสูงที่สุด ส่วนการทดสอบเพื่อลดความชื้นเมล็ดถั่วเหลืองที่อัตราการไหลลมร้อน 0.27 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที มีค่าต่ำสุดโดยเฉลี่ย 0.011 เมกกะจูลต่อกิโลกรัม-ชั่วโมง ในขณะที่อัตราการใช้พลังงานของเครื่องลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ของศูนย์ขยายพันธุ์พืชที่ 19 จังชบลูรี มีค่า 0.031 และ 0.024 เมกกะจูล ต่อกิโลกรัม-ชั่วโมง สำหรับเครื่องที่ใช้ น้ำมันดีเซลและน้ำมันก๊าดเป็นเชื้อเพลิง ตามลำดับ

สรุปผลการทดลองที่ 2

การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์จะประสบความสำเร็จได้เพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการในระยะก่อนการเก็บรักษา การศึกษาในครั้งนี้ได้แสดงให้เห็นว่า คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ภายหลังการเก็บเกี่ยว และการลดความชื้นที่เหมาะสมเป็นส่วนหนึ่งของปัจจัยดังกล่าวที่จะช่วยชะลอการสูญเสียคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์

การทำให้ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ลดลงเร็วหรือช้าเกินไปจะมีผลทำให้เกิดการสูญเสียความงอก และความแข็งแรงในอัตราที่สูงกว่าการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ด้วยเครื่องอบซึ่งสามารถควบคุมอุณหภูมิ อัตราลม และความชื้นสัมพัทธ์ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมจึงทำให้เมล็ดพันธุ์มีการเปลี่ยนแปลงในคุณภาพน้อย ความสูญเสียดังกล่าวทำให้เมล็ดพันธุ์ที่ถึงแม้ว่าจะลดความชื้นให้ต่ำถึง 6% ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาในสภาพปิดแล้วก็ตาม มีการลดลงของความงอก และความแข็งแรงเร็วกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ลดความชื้นด้วยเครื่องอบ ความสูญเสียดังกล่าวนี้อาจเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดจากรอยแตกร้าวของเนื้อเยื่อเมล็ดในกรณีที่เกิดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์ หรือเกิดจากปัจจัยภายในของเมล็ดพันธุ์ที่ลดความชื้นในที่ร่ม

ดังนั้นการที่จะทำให้เมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาไว้อย่างน้อย 1 ฤดูปลูกภายใต้สภาพธรรมชาติยังคงมีคุณรูปที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูก ก่อนการเก็บรักษาควรใช้เมล็ดที่มีคุณภาพดี ภายหลังจากการเก็บเกี่ยว และลดความชื้นให้ต่ำประมาณ 6 ด้วยเครื่องอบที่ตั้งอุณหภูมิ อัตราลม และความชื้นสัมพัทธ์ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมกับความชื้นเบื้องต้นของเมล็ดพันธุ์ที่จะลดความชื้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

จิรากร โกศัยเสวี. 2526. "อิทธิพลของการเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษาที่มีต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ถั่วเหลือง." วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2521. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. กรุงเทพฯ : ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2523. สรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์. กรุงเทพฯ : เอกสารประกอบการสอนวิชา พืชไร่นา ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตร.

จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2529. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. กรุงเทพฯ : กลุ่มหนังสือเกษตร

ธนีนาฏ สมบัติศิริ และคณะ. 2521. "ศึกษาการเจริญเติบโตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่ผลิตจาก สายพันธุ์ใหม่." ใน รายงานผลการทดลองและวิจัยประจำปี 2526(ฉบับย่อ).

กรุงเทพฯ : กองพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

นิรนาม. 2543. เอกสารวิชาการกองเกษตรวิศวกรรม. ปีที่ 11 ฉบับที่ 2

ปริศนา ภูวบัณฑิตสิน. 2527. "ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพเมล็ดพันธุ์กับความงอกในสภาพ ไร่ การเจริญเติบโตระยะแรกและการเจริญเติบโตของระหู่่ง." วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พิมพ์พร เทวาทูดี และคำพันธ์ ศิริสมภาร. 2531. "อายุการเก็บรักษาและระยะเวลาการพัก ตัวของเมล็ดถั่วเขียวที่เก็บรักษาในสภาพต่างๆกัน." ใน รายงานการสัมมนา ความก้าวหน้าของงานวิจัยและพัฒนาวิทยาการเมล็ดพันธุ์ ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

พูนพันธ์ สมบัตินันท์ และคณะ. 2529. "รายงานผลการวิจัยประจำปี (ถั่วเหลือง)." เชียงใหม่ : ศูนย์วิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร.

ยวนใจ อ่อนเรียบร้อย. 2526. "ความสัมพันธ์ระหว่างความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดกับ การเจริญเติบโตและลักษณะบางประการในข้าวโพดไร่." วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วัชรระ เพิ่มชาติ นิตย นามวงษ์ และวิจิตร อ่อนนวล. 2542. เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบใช้ กระจก 2 ชั้น. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ.

วัลลภ สันติประชา. 2538. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สมชาติ ไสภณรณฤทธิ. 2540. การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท. สำนักพิมพ์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ.
- อนงค์ รัตนอุบล. 2531. "ผลการเก็บเกี่ยวล่าช้า วิธีนวด และการเก็บรักษาในสภาพต่างๆต่อ
คุณภาพของเมล็ดถั่วเหลือง (*Glycine max* (L.) Marr)." วิทยานิพนธ์ปริญญาโท
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อรรวรรณ วงษ์วานิช. 2520. "ผลของความชื้นที่มีต่อการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง." ใน
รายงานผลการทดลองและวิจัยวิทยาการเมล็ดพันธุ์ 2520-2522. สาขา
มาตรฐานเมล็ดพันธุ์พืช. กรุงเทพฯ : กองพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร.
- อารมย์ ศรีพิจิตต์. 2524. วิทยาการเมล็ดพันธุ์เบื้องต้น. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช
คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- อารมย์ ศรีพิจิตต์. 2533. ผลของการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองด้วยซิลิกาเจลที่มีต่อการ
ติดสีของ TTC ความงอก ความแข็งแรง และการแตกตัวของเยื่อหุ้มเมล็ด.
ว.เกษตรศาสตร์ (วิทย.) 24 : 167-175.
- อารมย์ ศรีพิจิตต์. 2544. "อิทธิพลของระยะสุกแก่และการลดความชื้นต่อความงอก ความ
แข็งแรงและการรั่วไหลของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษา." ใน
วารสารวิชาการเกษตร. 19 : 58-70.
- Abdul-Baki, A.A. and J.D. Anderson. 1973. "Vigor determination in soybean by
multiple criteria." *Crop sci.* 13 : 630-633.
- Adams, C.A. and R.W. Rinne. 1981. "Seed maturation in soybeans (*Glycine max*
L.Merr.) Is independent of seed mass and of the parent plant, yet is
necessary for Slow dehydration." *J.Exp.Bot.* 32 : 615-620.
- Adams, C.A. et al. 1983. "Characteristics of soybean Seed maturation : necessity
for Slow dehydration." *Crop Sci.* 23 : 265-267.
- Anonymous. 1976. "Internationnal Rules Of seed testing." *Seed Sci. and Tectnol.*
4(1) : 3-177.
- AOSA. 1983. Seed vigor testing handbook. Contribution No. 32. The Handbook on
Seed Testing. Assoc. Off. Seed Analysts. 88 p.
- Brown, R.B. et. al. 1979. "Effect of drying method on grain core quality." *Cereal*
Chemistry. 56 : 529-532.
- Chin, H.F. 1976. Influence of seed quality on plant growth and development. Pages
75-83. In H.F. Chin, I.C. Enoch and R.M. Raja Harun, eds. *Seed technology*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- in the tropics. Universiti Pertanian Malaysia, Serdang, Selangor, Malaysia.
- Christensen, C.M. and H.H. Kaufman. 1969. "The role of fungi in quality loss." In Grain Storage. Minneapolis : Univ. Of Minnesota Press.
- Clark, D.C. and L.N. Bass. 1975. "Effect of storage condition, packaging materials, and moisture content on longevity of crimson clover seeds. Crop Sci. 15 : 577-580.
- Delouche, J.C. 1968. "Precepts for seed storage." Pages 85-119. In Proc. Short Course for Seedmen. Mississippi : Mississippi State Univ.
- Delouche, J.C. and C.C. Baskin. 1973. "Accelerated aging techniques for Predicting the storability of seed lot." Seed Sci. and Technol. 1(2) : 427-453.
- Delouche, J.C. 1975. Seed quality and storage of soybeans. Pages 86-107. In D.K. Whigham, ed. Proceeding : soybean production, protection, and utilization. INTSOY Series No.6. University of Illinois, Urbana – Champaign.
- Delouche, J.C. 1980. Environmental effects on seed development and seed quality. HortScience 15:775-780.
- Escoar, R. 1983. "Comparison of some method for the evaluation of germination in Seed of maize (*Zea mays* L.)." Field Crop Abstr. 36(7) : 548.
- Foster, G.H. 1973. Heated – air grain drying. Pages 189-208. In R.N. Sinha and W.E. Muir, eds. Grain storage part of a system. The AVI Publishing Co., Inc., Connecticut.
- Franca Neto, J.B., A.A. Henning and F.C. Krzyzanowski. 1994. Seed production and technology for the tropics. Pages 217-240. In tropical soybean : improvement and production. FAO, Rome, Italy.
- Ghaly, T.F. and J.W. Sutherland. 1983. Quality aspects of heated-air drying of soybeans. J. Stored Prod. Res. 19 : 31-41.
- Green, D.E., E.L. Pinnell, L.E. Cavanaugh and L.F. Williams. 1965. Effect of planting date and maturity date on soybean seed quality. Agron. J. 57 : 165-168.
- Gregg, B.R. 1982. "Soybean seed quality and practical storage." INTSOY Series. 22 : 52-56.

- Halder, S. and K. Gupta. 1980. "Effect of storage fo sunflower seed in hight and low reletive humidity on solute leaching and internal biochemical changes." *Seed Sci. and Technol.* 8(3) : 317-321.
- Harrington, J.F. 1972. Seed storage and longevity. Pages 145-245. In T.T.Kozlowski, ed. *Seed biology*, Vol. III. Academic Press, Inc., New York.
- Harrington, J.F. 1973. Problems of seed storage. Pages 251-263. In W.Heydecker,ed. *Seed ecology*. Butterworth and Co. (Publishers) Ltd., London.
- Hopps, P.R. and R.L. Obendorf. 1972. "Iteration of initial seed moisture and imbibitional temperature on germination and productivity of soybean." *Crop Sci.* 12 : 664-667.
- Hor, Y.L. 1976. "Storage of field crop seeda under Malaysian condition. "Page 123-133. In H.F. Chin, I.C. Enoch and R.M. Raja Harun, eds. *Seed Technology inthe Tropics*. Malaysia : Kuala Lumpur.
- ISTA. 1996. International rules for seed testing. Annexes 1996. *Seed Sci. and Technol.* 24:155-202.
- John, R.R. and L.M. Wax. 1978. "Relationship of soybean germination and vigor test to field performance." *Agron.J.* 70 : 273-278.
- Matthews, S. and W.T. Bradnock. 1968. "Relationship between seed exudation and field emergence in peas and French beans." Pages 65-66. In *Seed Vigor Testing Handbook*. Associated of Official Seed Analyst. USA.
- McDonald, M.B. and L. Copeland. 1997. *Seed production : principles and practices*. Chapman and Hall, New York. 749 p.
- Na Lampang, A. 1993. Country report 14 – Thailand. Pages 128-142. In N. Chomchalow and P. Laosuwan, eds. *Science Publishers, Inc.* Lebanon, Newhamshire.
- Overhults, D.G. *et al.* 1973. "Drying soybean with heated air." *Transactions of The ASAE.* 16 ; 112-113.
- Pollock, B.M. *et al.* 1969. "Vigor of garden bean seeds and seedling influence by initial seed moisture, substrate, oxygen and imbibition temperature." *J. Amer. Soc. Sci.* 94 : 577-584.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Wolf, W.J. and J.C. Cowan. 1971 "Processing soybean into oil meal." Pages 15-20. Soybean as a Food Source. London : Butterworth Co., Ltd.
- Yacklich, R.W. *et al.* 1979. "Evaluation of vigor in soybean seed : Influence of planting and soil type on emergence, stand and yield." Crop Sci. 19 : 242-246.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้