

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. แผนงานวิจัย : แผนงานวิจัยและพัฒนาด้านเมล็ดพันธุ์พืช
2. โครงการวิจัย : โครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตเมล็ดพันธุ์
กิจกรรม : -
กิจกรรมย่อย (ถ้ามี) : -
3. ชื่อการทดลอง : ผลของความแตกร้าวต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของ
(ภาษาไทย) เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง
ชื่อการทดลอง : Effect of cracking on germination and storability of
(ภาษาอังกฤษ) soybean seed
4. คณะผู้ดำเนินงาน
หัวหน้าการทดลอง : ภาสกร วัฒนกุลภาคิน ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชพิษณุโลก
ผู้ร่วมงาน : กัญทิมา ทองศรี ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชพิษณุโลก
จิระ สุวรรณประเสริฐ ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชพิษณุโลก
ศุภลักษณ์ สัตยสมิตสถิต ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชพิษณุโลก
สนอง บัวเกตุ ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชพิษณุโลก
5. บทคัดย่อ

เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองมักแตกร้าวและเกิดความเสียหายทางกลได้ง่าย ทั้งในขั้นตอนการเก็บเกี่ยว การลดความชื้น และการปรับปรุงสภาพ ส่งผลให้ความงอก ความแข็งแรง และอายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ลดลง งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาผลของระดับความแตกร้าวต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 โดยนำเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่ผลิตฤดูฝนปี 2559 และฤดูแล้งปี 2560 มาทดสอบความแตกร้าวโดยการย้อมสีด้วย Indoxyl acetate จากนั้นนำเมล็ดพันธุ์มาจัดกลุ่มตามระดับความแตกร้าวเป็น 3 กลุ่ม คือ (1) ระดับความแตกร้าวที่ 0-2% (2) 3-5% และ (3) >5% แล้วนำตัวอย่างแต่ละกลุ่มบรรจุใส่ถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีน เก็บรักษาที่อาคารเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ อุณหภูมิ 20-22 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วัน ทำการทดสอบคุณภาพก่อนและภายหลังการเก็บรักษาทุกๆ 30 วัน ผลการทดลองพบว่าความชื้นของเมล็ดพันธุ์ที่ลดลงสัมพันธ์กับระดับความแตกร้าวที่เพิ่มขึ้น สำหรับความงอกและความแข็งแรงซึ่งวัดโดยความงอกภายหลังการเร่งอายุและดัชนีอัตราความงอกแสดงความสัมพันธ์แบบผกผันกับความแตกร้าวกล่าวคือความแตกร้าวต่ำส่งผลให้ความงอก ความแข็งแรง และอายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ที่มีความแตกร้าวสูง โดยที่ระดับความแตกร้าว 3% ขึ้นไป ทำให้ความงอกและความแข็งแรงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องในระหว่างการเก็บรักษา สำหรับค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามระดับความแตกร้าวที่สูงขึ้นและมีการสะสมเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา แต่อย่างไรก็ตามค่า Thiobarbituric acid (TBA) ค่อนข้างคงที่ในระหว่างการเก็บรักษา นอกจากนี้พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่ผลิตในฤดูแล้งปี 2560 มีความแข็งแรงสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ผลิตในฤดูฝนปี 2559 ซึ่งเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองฤดูแล้งปี 2560 ที่

แตกร้าวไม่เกิน 5% สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20-22 องศาเซลเซียส ข้ามฤดูปลูกได้ ในขณะที่เมล็ดพันธุ์ฤดู
ฝนปี 2559 ต้องมีความแตกร้าวไม่เกิน 3% จึงสามารถเก็บรักษาเพื่อเพาะปลูกฤดูถัดไปได้
คำสำคัญ: เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง, ระดับความแตกร้าว, คุณภาพเมล็ดพันธุ์, อายุการเก็บรักษา

Abstract

Soybean seed is very fragile and susceptible to mechanical damages during harvesting, drying and processing caused to reduce seed germination, vigor and storability. This study focused on the effect of cracking levels on quality and storability of soybean seed cv. Chiang Mai 60. Soybean seeds cultivated at rainy season 2016 and dry season 2017 were studied in this experiment. The cracking levels of soybean seeds were explicit by indoxyl acetate solution. Thereafter, seed samples were categorized into three groups depended on their cracking levels followed by (1) 0–2% (2) 3–5% and (3) >5%. Each group were packed in polypropylene bag and kept in seed store room at 20-22°C for 120 days. Seed qualities were examined before and after storage 30 days each until the end of storage. The experiment revealed that the longer storage times had a significant effect to increase soybean seed moisture content and the declining of moisture content related to enhance cracking levels. The germination and vigor, measured by germination after accelerated aging and germination rate index, had a negative relationship with the cracking levels. The lower cracking levels showed the higher germination, vigor and storability of soybean seeds compared to the higher cracking levels. Up to 3% of cracking levels caused to reduce germination and vigor significantly, and their vigor continuously decreased until the end of storage. The increased electrical conductivity value with the larger cracking levels was observed and the higher accumulation also found along the time. Meanwhile, a minor change of thiobarbituric acid (TBA) value during storage times had detected. This experiment also observed that the vigor of soybean seed cultivated at dry season 2017 was higher than rainy season 2016. Cultivated soybean seed of drying season 2017, up to 5% cracking levels, can store at 20-22°C for the next growing season. However, soybean seed cultivated in rainy season 2016, not over 3% cracking level, can reserve for the next growing period.

Key words: Soybean seed, cracking level, seed quality, storability

6. คำนำ

ถั่วเหลืองเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศและมีความต้องการใช้ตลอดทั้งปี แต่ปัจจุบันผลผลิตถั่วเหลืองมีไม่เพียงพอต่อการบริโภคภายในประเทศ ซึ่งมีสาเหตุมาจากการขาดแคลนเมล็ดพันธุ์ดี เนื่องจากถั่วเหลืองเป็นพืชที่อ่อนไหวต่อสภาพแวดล้อม เช่น การมีฝนตกสลับกับแดดจัด ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง อุณหภูมิสูง การขาดน้ำ สภาวะแล้งจัด อีกทั้งในปัจจุบันได้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาวะอากาศโลกที่แปรปรวน ส่งผลให้เกิดภาวะร้อนจัด หนาวจัด หรือที่เรียกว่า extreme weather อากาศร้อนมากขึ้นและฤดูแล้งยาวนานขึ้น (U.S. Department of Agriculture, 2009) ปัจจัยเหล่านี้ทำให้เมล็ดพันธุ์เกิดความแตกร้าวได้ เช่น เกิด

รอยร้าว หรือ ปรีแตก เชื้อราเข้าทำลาย เมล็ดเน่าเสีย ส่งผลให้ความงอกและความแข็งแรงต่ำ (นิลบล และ ละอองดาว, 2547) นอกจากนี้ปัญหาการขาดแคลนแรงงานในภาคการเกษตร และค่าจ้างแรงงานที่สูงมากขึ้น ล้วนเป็นสาเหตุสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง อีกทั้งปัญหาด้านสุขภาพของเกษตรกร เนื่องจากการใช้สารเคมี ทำให้เป็นข้อจำกัดในการจัดการดูแลรักษาพืชปลูกให้เจริญเติบโตได้เป็นอย่างดี ดังนั้น จึงมีการศึกษาเพื่อนำเครื่องจักรกลการเกษตรมาใช้ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองมากขึ้น เพื่อทดแทนปัญหาด้านแรงงานและเร่งการทำงานให้ทันกับช่วงเวลาที่เหมาะสม แต่อย่างไรก็ตามการใช้เครื่องจักรกลการเกษตร อาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง (Maryam and Oskouie, 2011) เนื่องจากเปลือกเมล็ด (seed coat) ค่อนข้างบางจึงเสียหายได้ง่าย (Segio Carbonell and Natal, 2011) การเกี่ยวขนาดเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองด้วยเครื่องจักรกล พบความแตกร้าวยอยู่ในช่วง 9.6-25.5% (ความชื้น 15.0-20.2%) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบการเกี่ยวขนาดด้วยเครื่องจักรกลและมือ พบว่าการเกี่ยวขนาดด้วย เครื่องจักรกลมีการแตกร้าวยของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเท่ากับ 9.6% มากกว่าการเก็บเกี่ยวด้วยมือซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.6% (กัณทิมา และคณะ, 2557) ความชื้นที่สูงหรือต่ำเกินไปส่งผลต่อความเสียหายในเมล็ดพันธุ์ จากการ รายงานของ Maryam and Oskouie (2011) พบว่า ความชื้นในช่วง 12-14% มีเปอร์เซ็นต์ความแตกร้าวยต่ำกว่าและเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงกว่าที่ความชื้น 16-18% อย่างไรก็ตามความชื้นที่ต่ำกว่า 10% ทำให้การแตกร้าวยในเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์การแตกร้าวยส่งผลต่อการลดลงของความงอกและความแข็งแรง (Van Utrecht et al., 2000; นงลักษณ์, 2529) ผลผลิตมีแนวโน้มลดลง (อนุสร, 2537) และส่งผลให้ ต้นอ่อนมีลักษณะผิดปกติ (abnormal seedling) มากขึ้น นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพของเมล็ดพันธุ์ ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษา (Van Utrecht et al., 2000; Mayeux et al., 1972) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระดับความแตกร้าวยต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของ เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง เพื่อช่วยในการจัดการเมล็ดพันธุ์แต่ละกองเป็นไปอย่างรวดเร็ว ทันต่อสถานการณ์ และมี ประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

7. วิธีดำเนินการ

- อุปกรณ์

- เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60
- สารเคมี ได้แก่ อินดอกซิล อะซิเตท (Indoxyl acetate) เอทิลแอลกอฮอล์ แอมโมเนีย
- อุปกรณ์สำหรับทดสอบความงอกและความแข็งแรงในห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพ เมล็ดพันธุ์

- วิธีการ

แบบและวิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Split plot design จำนวน 4 ซ้ำ กรรมวิธี ประกอบด้วย

Main Plot คือ ระดับการแตกร้าวย 3 ระดับ ได้แก่

M 1 : เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่แตกร้าวย 0-2%

M 2 : เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่แตกร้าวย 3-5%

M 3 : เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่แตกร้าวย >5%

Sub-plot คือ อายุการเก็บรักษาจำนวน 5 ระยะ ได้แก่

S 1 : อายุการเก็บรักษาที่ 0 วัน

S 2 : อายุการเก็บรักษาที่ 30 วัน

S 3 : อายุการเก็บรักษาที่ 60 วัน

S 4 : อายุการเก็บรักษาที่ 90 วัน

S 5 : อายุการเก็บรักษาที่ 120 วัน

วิธีปฏิบัติการทดลอง

1. สุ่มเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองจากแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์ของศูนย์วิจัยและเมล็ดพันธุ์พืช พิษณุโลกทั้ง 2 ฤดูการผลิต ได้แก่ ปลายฤดูฝน (ระหว่างกรกฎาคม – สิงหาคม 2559) และ ฤดูแล้ง (ระหว่างธันวาคม – มกราคม 2560) แบ่งเมล็ดพันธุ์ตามระดับความแตกร้าวดังกล่าว 3 ระดับ ตามที่กำหนดในวิธีการทดลอง ทำการแบ่งกลุ่มเมล็ดพันธุ์โดยตรวจสอบความแตกร้าวดังกล่าวด้วยวิธีอินดอกซิล อะซิเตท (Indoxyl acetate test) (French *et al.*, 1962; Paulsen and Nave, 1979)

การตรวจสอบความแตกร้าวดังกล่าวด้วยวิธีอินดอกซิล อะซิเตท (Indoxyl acetate test) ทำโดย สุ่มเมล็ดพันธุ์จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 100 เมล็ด แช่ในสารละลายอินดอกซิล อะซิเตท ความเข้มข้น 0.1% (ซึ่ง อินดอกซิล อะซิเตท 1 กรัม ละลายในเอทิลแอลกอฮอล์ (ethyl alcohol) 10%; เอทิลแอลกอฮอล์ 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 900 มิลลิลิตร) เป็นเวลา 5-10 วินาที เทสารละลายออก ผึ่งให้แห้งด้วยกระดาษเป่า หรือกระดาษซับ 4-5 นาที ที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส จากนั้นนำเมล็ดที่ผึ่งแล้วใส่ขวดแก้ว (ขวดแก้วหรือภาชนะที่เป็นแก้วพร้อมฝาปิด) นำสำลีชุบแอมโมเนียให้ชุ่ม ใส่ลงในขวดแก้ว โดยไม่ให้สำลีสัมผัสกับเมล็ดพันธุ์โดยตรง ปิดฝาให้สนิท แอมโมเนียจะทำปฏิกิริยากับอินดอกซิล อะซิเตท ที่เข้าไปสูรรอยแตกร้าวดังกล่าวของเมล็ดพันธุ์ รอยแตกร้าวดังกล่าวจะปรากฏสีน้ำเงินเขียว หรือน้ำเงินม่วง บันทึกจำนวนเมล็ดที่ติดสี

2. นำเมล็ดพันธุ์ที่แบ่งกลุ่มตามระดับความแตกร้าวดังกล่าว 4 ระดับ ที่เก็บเกี่ยวแต่ละฤดูการผลิต มาลดความชื้น โดยให้เมล็ดพันธุ์ทุกกรรมวิธีมีความชื้นอยู่ระหว่าง 9-11% และทำความสะอาดในโรงปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ จากนั้นบรรจุเมล็ดพันธุ์ด้วยถุงโพลีโพรพิลีน เก็บรักษาที่อาคารเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ อุณหภูมิ 20-22 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วัน (4 เดือน)

3. ทำการสุ่มเมล็ดพันธุ์ในวันที่ 0 30 60 90 และ 120 ภายหลังจากการเก็บรักษา เพื่อตรวจสอบคุณภาพ ได้แก่ ความชื้น ความงอกมาตรฐาน ความแข็งแรง และการเสื่อมสภาพของเมล็ดพันธุ์

4. วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย DMRT (Duncan's Multiple Range Test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิเคราะห์ผลการทดลองแยกฤดูการผลิต

การบันทึกข้อมูล

1. ความชื้น (ISTA, 2018)

นำเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองมาบดหยาบด้วยเครื่องบด (Lab Mill 3310, Perten) อบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 17 ชม. ด้วยตุ้บลมร้อน

2. ความงอกมาตรฐาน (ISTA, 2018)

นำเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองมาเพาะในทรายที่อบฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชม. จำนวน 4 ซ้ำๆ ละ 100 เมล็ด บ่มไว้ในห้องเพาะความงอก อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส และประเมินความงอกภายหลังเพาะ 8 วัน

3. ความแข็งแรง

3.1 ความงอกภายหลังการเร่งอายุ (Germination after Accelerated Aging Test, GAA) (Hampton and TeKrony, 1995)

นำเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองจำนวน 4 ซ้ำๆ ละ 100 เมล็ด มาบ่มที่อุณหภูมิ 41 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชม. ความชื้นสัมพัทธ์ $98 \pm 2\%$ ในตู้อบลมร้อน แล้วนำไปทดสอบความงอกตามวิธีมาตรฐาน

3.2 ดัชนีอัตราการงอก (Germination Rate Index, GRI) (Esechie, 1994)

ทำการทดสอบเหมือนความงอกมาตรฐาน โดยทำการนับต้นอ่อนปกติตั้งแต่วันแรกที่สังเกตเห็น แล้วนับทุกวันจนถึงวันนับครั้งสุดท้าย (8 วัน) รายงานผลเป็นเปอร์เซ็นต์ความงอกต่อวัน คำนวณผลโดยใช้สูตรดังนี้

$$GRI = Gx/x + Gy/y + \dots + Gz/z$$

โดยที่ Gx คือ เปอร์เซ็นต์ความงอกในวันที่ x, x คือ วันที่นับ

4. การเสื่อมสภาพของเมล็ดพันธุ์

4.1 ค่าการนำไฟฟ้า (ISTA, 2018)

สุ่มเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองจำนวน 50 เมล็ดต่อซ้ำ ใส่เมล็ดในขวดรูปชมพู่ที่บรรจุน้ำกลั่นจำนวน 250 มิลลิลิตร แกว่งเบาๆ เพื่อให้เมล็ดทั้งหมดจมน้ำ ปิดฝาด้วยกระดาษฟอยล์ บ่มที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นวัดค่าการนำไฟฟ้าของตัวอย่าง และน้ำกลั่นเพื่อใช้เป็นชุดควบคุม รายงานผลเป็น $\mu S/cm/g$ โดยคำนวณตามสูตรดังนี้

$$\text{ค่าการนำไฟฟ้า} = (\text{ค่าการนำไฟฟ้าของตัวอย่าง} - \text{ค่าน้ำกลั่น}) / \text{น้ำหนักเมล็ด (กรัม)}$$

4.2 ค่า Thiobarbituric acid (TBA)

ดำเนินการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐานของ The chemical analysis of food, 1976

- เวลาและสถานที่

เริ่มต้น 1 ตุลาคม 2559 สิ้นสุด 30 กันยายน 2561 (ฤดูฝนและฤดูแล้ง)

ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชพิษณุโลก ตำบลวังทอง อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลของระดับความแตกร้าวดต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

ดำเนินการวิจัยโดยใช้ตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ของศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชพิษณุโลก ที่ผลิตในปลายฤดูฝนปี 2559 และฤดูแล้งปี 2560

สุ่มเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่เพาะปลูกปลายฤดูฝนปี 2559 (กรกฎาคม-สิงหาคม) และเก็บเกี่ยวช่วงเดือนพฤศจิกายน 2559 จำนวน 87 ตัวอย่าง นำมาตรวจสอบความชื้นความแตกร้าวด และคุณภาพเบื้องต้น เพื่อนำมาจัดกลุ่มตามระดับความแตกร้าวดก่อนทำการเก็บรักษา พบว่าความชื้นอยู่ในช่วง 7.6-12.5% และมีความแตกร้าวด 0-9% (ภาคผนวก ตารางที่ 1) ทดสอบโดยวิธีการย้อมสีด้วย 0.1% Indoxyl acetate เมล็ดที่แตกร้าวดจะติดสีเขียวแกมน้ำเงินในบริเวณที่แตกร้าวดหรือมีความเสียหายเกิดขึ้น (a) ส่วนเมล็ดที่ไม่แตกร้าวดจะไม่ติดสีภายหลังการย้อม (b) (รูปที่ 1) จากนั้นนำเมล็ดพันธุ์ทั้งหมดมาจัดกลุ่มตามความแตกร้าวด โดยแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ (1) ความแตกร้าวดที่ 0-2% (พบ 52%) (2) 3-5% (พบ 42%) และ (3) >5%

(พบ 6%) แล้วนำตัวอย่างบรรจุใส่ถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีน เก็บรักษาที่อาคารเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ อุณหภูมิ 20-22 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วัน (4 เดือน) ทำการทดสอบคุณภาพก่อนและภายหลังการเก็บรักษาทุกๆ 30 วัน ได้แก่ ความชื้น ความงอก ความงอกภายหลังการเร่งอายุ ดัชนีอัตราความงอก ค่าการนำไฟฟ้า และ ค่า TBA

สำหรับเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่ผลิตในฤดูแล้งปี 2560 (ธันวาคม- ต้นมกราคม) เก็บเกี่ยวช่วงเดือนมีนาคม 2560 ดำเนินการสุ่มเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองจำนวน 51 ตัวอย่าง เพื่อนำมาทดสอบความชื้น ความแตกร้าวและคุณภาพเบื้องต้น พบว่า เมล็ดพันธุ์มีความชื้นอยู่ในช่วง 6.7-11.3% และมีความแตกร้าว 1-9% (ภาคผนวก ตารางที่ 2) จากนั้นนำเมล็ดพันธุ์ทั้งหมดมาจัดกลุ่มตามความแตกร้าว 3 ระดับตามที่กล่าวข้างต้น ซึ่งพบว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองฤดูแล้งปี 2560 มีความแตกร้าวในระดับ 0-2% จำนวน 23 ตัวอย่าง ระดับ 3-5% จำนวน 23 ตัวอย่าง และระดับ >5% จำนวน 5 ตัวอย่าง (ภาคผนวก ตารางที่ 2) นำเมล็ดพันธุ์มาจัดกลุ่มตามระดับความแตกร้าว แล้วบรรจุใส่ถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีน เก็บรักษาที่อาคารเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ อุณหภูมิ 20-22 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วัน (4 เดือน) ทำการทดสอบคุณภาพก่อนและภายหลังการเก็บรักษาทุกๆ 30 วัน เหมือนการทดลองในชุดฤดูฝนปี 2559 ผลการทดลองมีดังนี้

8.1 ความชื้น

จากการตรวจสอบความชื้นของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองปลายฤดูฝนปี 2559 พบว่าความชื้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.74% และค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา นอกจากนี้พบว่าความชื้นมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับระดับความแตกร้าว โดยความชื้นที่ลดลงส่งผลให้ความแตกร้าวสูงขึ้น จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าความแตกร้าว >5% มีความชื้นเฉลี่ยเท่ากับ 9.15% ซึ่งกว่าระดับความแตกร้าวอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 1)

สำหรับเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองฤดูแล้งปี 2560 มีความชื้นเฉลี่ยเท่ากับ 8.64% ความชื้นในระหว่างการเก็บรักษาอยู่ในช่วง 8.28-9.51% โดยความชื้นที่ระดับความแตกร้าว >5% มีค่าต่ำที่สุด เท่ากับ 8.10% ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความแตกร้าวอื่นๆ (ตารางที่ 2) สอดคล้องกับผลการทดลองในฤดูฝนปี 2559

8.2 ความงอก

ระดับความแตกร้าวที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ลดลงมากขึ้น ซึ่งผลการทดลองให้ผลไปในทิศทางเดียวกันทั้งสองฤดูปลูก (ตารางที่ 3 และ 4) ระดับความแตกร้าวที่ 3% ขึ้นไปส่งผลให้ความงอกลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความแตกร้าว 0-2% แต่อย่างไรก็ตามระยะเวลาการเก็บรักษา 0-120 วัน ไม่มีผลต่อความงอก

นอกจากนี้พบว่าความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่เพาะปลูกในฤดูแล้งปี 2560 มีความงอกเฉลี่ยเท่ากับ 88% ซึ่งสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เพาะปลูกในฤดูฝน 2559 ที่มีความงอกเฉลี่ย 79% (ตารางที่ 3 และ 4)

8.3 ความแข็งแรง

8.3.1 ความงอกภายหลังการเร่งอายุ

ความงอกภายหลังการเร่งอายุเป็นวิธีการวัดความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ที่นิยมกันอย่างแพร่หลายทั่วไปเนื่องจากสามารถใช้ทำนายความสามารถในการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ที่ระยะเวลาประมาณ 1 ปีได้ (Harrington, 1973) และนิยมใช้ในการจัดกลุ่มความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ จากการทดลองพบว่าระดับความ

แตกร้าวและระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองทั้งสองฤดูปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 5 และ 6) โดยความแตกร้าวและอายุการเก็บรักษามีความสัมพันธ์แบบผกผันกับความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง กล่าวคือความแตกร้าวที่เพิ่มขึ้นและระยะเวลาการเก็บที่นานขึ้นส่งผลให้ความงอกภายหลังการเร่งอายุลดลง ในฤดูฝนปี 2559 เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ระดับความแข็งแรง 0-2 3-5 และ >5% มีความงอกภายหลังการเร่งอายุเท่ากับ 56 41 และ 40% ตามลำดับ และมีความงอกภายหลังการเร่งอายุเฉลี่ยเท่ากับ 46% (ตารางที่ 5) สำหรับเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ปลูกในฤดูแล้งปี 2560 มีความงอกภายหลังการเร่งอายุเท่ากับ 64 55 และ 44% ที่ระดับความแตกร้าว 0-2 3-5 และ >5% ตามลำดับ และมีความงอกภายหลังการเร่งอายุเฉลี่ยเท่ากับ 54% (ตารางที่ 6) ซึ่งจากงานวิจัยพบว่าที่ระดับความแตกร้าวตั้งแต่ 3% ขึ้นไป ส่งผลให้ความงอกภายหลังการเร่งอายุลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับความแตกร้าวที่ระดับ 0-2%

เมื่อพิจารณาผลการทดลองในระหว่างการเก็บรักษาพบว่าความงอกภายหลังการเร่งอายุทั้งสองฤดูปลูกมีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น ภายหลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 120 วัน ที่อุณหภูมิ 20-22 องศาเซลเซียส ความงอกภายหลังการเร่งอายุของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองฤดูฝนปี 2559 ที่ระดับความแตกร้าว 0-2% มีค่าสูงสุดเท่ากับ 45% ในขณะที่เมล็ดพันธุ์ที่แตกร้าว 3% ขึ้นไปมีความงอกภายหลังการเร่งอายุไม่ถึง 40% ดังนั้นเมล็ดพันธุ์ที่แตกร้าว 0-2% สามารถเก็บรักษาไว้ได้นานถึง 120 วัน ที่อุณหภูมิ 20-22 องศาเซลเซียส โดยยังคงมีความงอกภายหลังการเร่งอายุอยู่ในเกณฑ์การยอมรับของเมล็ดพันธุ์ชั้นพันธุ์ขยาย (เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองชั้นพันธุ์ขยายควรมีความงอกภายหลังการเร่งอายุไม่ต่ำกว่า 40%; ข้อมูลจากงานผลิตเมล็ดพันธุ์ของ สวม.พิษณุโลก) สำหรับเมล็ดพันธุ์ที่แตกร้าว 3% ขึ้นไป แนะนำให้เพาะปลูกทันที หรือเก็บรักษาได้ไม่เกิน 1 เดือน (ตารางที่ 5) สำหรับเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองฤดูแล้งปี 2560 ให้ผลไปในทำนองเดียวกันกับเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองฤดูฝนปี 2559 โดยเมล็ดที่แตกร้าวไม่เกิน 2% สามารถเก็บรักษาได้นาน 120 วัน และ 90 วัน ในเมล็ดพันธุ์ที่แตกร้าว 3-5% ซึ่งมีความงอกภายหลังการเร่งอายุเท่ากับ 43 และ 48 ตามลำดับ จึงสามารถเก็บรักษาข้ามฤดูได้ ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่แตกร้าว >5% ควรกระจายเมล็ดพันธุ์ทั้งกองภายใน 60 วัน (ตารางที่ 6)

8.3.2 ดัชนีอัตราการความงอก

ดัชนีอัตราการงอกเป็นวิธีทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ที่นิยมโดยทั่วไป ซึ่งสามารถบ่งบอกถึงความสามารถในการงอกของเมล็ดพันธุ์ต่อวันได้ ผลการทดลองสอดคล้องกับความงอกและความแข็งแรงซึ่งวัดโดยความงอกภายหลังการเร่งอายุ ระดับความแตกร้าวที่สูงขึ้นและระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นส่งผลให้ดัชนีอัตราการงอกต่อวันลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งสองฤดูปลูก (ตารางที่ 7 และ 8) โดยที่ระดับความแตกร้าว 3% ขึ้นไป ส่งผลให้เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองมีดัชนีอัตราการงอกลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความแตกร้าวที่ 0-2% (ตารางที่ 7-8) กล่าวคือ เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองฤดูฝนปี 2559 มีค่าดัชนีอัตราการงอกเฉลี่ยต่อวันที่ระดับความแตกร้าว 0-2% เท่ากับ 17.90% และลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 15.85 และ 14.15% เมื่อความแตกร้าวเพิ่มขึ้นที่ระดับ 3-5% และ >5% ตามลำดับ (ตารางที่ 7) สำหรับในฤดูแล้งปี 2560 ดัชนีอัตราการงอกเฉลี่ยต่อวันที่ระดับความแตกร้าว 0-2% เท่ากับ 20.36% และมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อความแตกร้าวเพิ่มขึ้นเท่ากับ 19.74% และ 17.53% ที่ระดับความแตกร้าว 3-5% และ >5% ตามลำดับ (ตารางที่ 8) อีกทั้งพบว่าอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้นทำให้เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองมีค่าดัชนีอัตราการงอกต่อวันลดลงอย่างมีนัยสำคัญทั้งสองฤดูปลูก โดยค่าดัชนีอัตราการงอกเฉลี่ยต่อวันในฤดูฝนปี 2559 มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 17.91% และลดลงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 12.87% ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (ตารางที่ 7) ส่วนในฤดูแล้งปี 2560 มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 19.36% และ

ลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเท่ากับ 18.49% (ตารางที่ 8) นอกจากนี้พบว่าค่าเฉลี่ยดัชนีอัตราความงอกต่อวันในฤดูแล้งปี 2560 มีค่าเท่ากับ 19.21% สูงกว่าฤดูฝนปี 2559 เท่ากับ 15.97% (ตารางที่ 7 และ 8) ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับความงอกและความงอกภายหลังการเร่งอายุตามที่ได้กล่าวในข้างต้น

8.4 ค่าการนำไฟฟ้า

ค่าการนำไฟฟ้าซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงการเสื่อมสภาพของเมมเบรน โดยการเพิ่มขึ้นของค่าการนำไฟฟ้าส่งผลให้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ลดลง จากผลการทดลองเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เพาะปลูกในฤดูฝนปี 2559 พบว่าค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามระดับความแตกร้าที่สูงขึ้น โดยที่ระดับความแตกร้า 0-2% ($24.90 \mu\text{s/cm/g}$) มีค่าต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับที่ความแตกร้า 3% ขึ้นไป ($31.13 \mu\text{s/cm/g}$) และพบว่าค่าการนำไฟฟ้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาแต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 9) ในทำนองเดียวกันเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เพาะปลูกในฤดูแล้งปี 2560 มีค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามระดับความแตกร้าที่สูงขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ระดับความแตกร้า >5% เท่ากับ $40.892 \mu\text{s/cm/g}$ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับที่ระดับความแตกร้า 0-2% ($35.821 \mu\text{s/cm/g}$) และพบว่าค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น (ตารางที่ 10) สอดคล้องกับความงอกและความแข็งแรงที่ลดลง

8.5 ค่า Thiobarbituric acid (TBA)

ค่า TBA เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการเกิด lipid peroxidation ซึ่งเป็นสาเหตุของการเสื่อมสภาพ ในเมล็ดพันธุ์ จากผลการทดลองพบว่าระดับความแตกร้าและระยะเวลาการเก็บรักษาไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า TBA ในเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองฤดูฝนปี 2559 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $1.17 \mu\text{g malondialdehyde/g}$ (ตารางที่ 11) สอดคล้องกับผลการทดลองในฤดูแล้งปี 2560 พบว่าระดับความแตกร้าไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า TBA โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $1.22 \mu\text{g malondialdehyde/g}$ แต่อย่างไรก็ตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นทำให้ค่า TBA สูงขึ้นเท่ากับ $1.53 \mu\text{g malondialdehyde/g}$ ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับการเก็บรักษาเริ่มต้น ($1.22 \mu\text{g malondialdehyde/g}$) (ตารางที่ 12)

วิจารณ์ผลการทดลอง

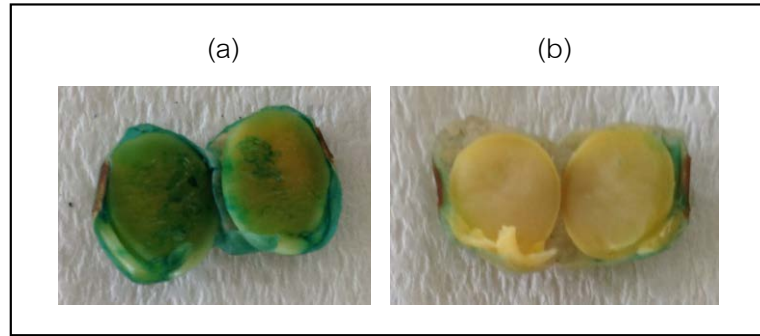
ความแตกร้าในเมล็ดพันธุ์เป็นสาเหตุที่ส่งผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ทำให้ความงอก ความแข็งแรง และความสามารถในการเก็บรักษาลดลง (Van Utrecht *et al.*, 2000; Mayeux *et al.*, 1972; ภาสกร และ คณะ, 2560) ปัจจัยที่ก่อให้เกิดความแตกร้าในเมล็ดพันธุ์ เช่น สภาพที่มีฝนตกสลับกับแดดจัด ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง อุณหภูมิสูง การขาดน้ำ สภาพแวดล้อมที่แห้งจัด ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลต่อการเกิดรอยร้าว หรือ ปริแตก ของเมล็ดพันธุ์ ทำให้เชื้อราเข้าทำลายได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้ความงอกและความแข็งแรงต่ำ (นิลกุล และ ละอองดาว, 2547) นอกจากนี้การใช้เครื่องจักรกลการเกษตร เช่น การใช้เครื่องเก็บเกี่ยว การกะเทาะหรือนวดเมล็ด การลดความชื้น หรือการปรับปรุงสภาพด้วยเครื่องจักรกล ล้วนเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ (จวง จันท์, 2521; วันชัย, 2542; Gagare *et al.*, 2014) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง (Maryam and Oskouie, 2011) เนื่องจากเปลือกเมล็ด (seed coat) ค่อนข้างบางจึงเสียหายได้ง่าย (Segio Carbonell and Natal, 2011)

จากงานวิจัยนี้พบว่าระดับความแตกร้าที่เพิ่มขึ้นในเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองมีความสัมพันธ์กับความชื้นที่ลดลง และพบว่าความแตกร้าตั้งแต่ 3% ขึ้นไปทำให้ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ จากการรายงานที่ผ่านมาพบว่าการเกี่ยวขนาดเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองด้วยเครื่องจักรกลพบความแตกร้าอยู่ในช่วง 9.6-25.5% (ความชื้น 15.0-20.2%) (กัณทิมา และคณะ, 2557) ขึ้นอยู่กับความชื้นของเมล็ดพันธุ์ โดยความชื้นที่สูงหรือต่ำเกินไปส่งผลต่อความเสียหายในเมล็ดพันธุ์ อย่างไรก็ตาม Van Utrecht *et al.* (2000) พบว่าความชื้นต่ำกว่า 10% ทำให้การแตกร้าในเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นส่งผลต่อการลดลงของความงอกและความแข็งแรง ทำให้เมล็ดพันธุ์มีลักษณะตันอ่อนผิดปกติสูงขึ้น และส่งผลต่อการเสื่อมสภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษา (Van Utrecht *et al.*, 2000; Mayeux *et al.*, 1972)

ความแตกร้าที่เกิดขึ้นในเมล็ดพันธุ์ส่งผลให้เนื้อเยื่อหรือเซลล์ในส่วนสะสมอาหาร (ใบเลี้ยง) หรือในส่วนของคัพภะซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการเจริญของต้นอ่อนได้รับการกระทบกระเทือนหรือเกิดความเสียหาย จึงทำให้ความงอกและความแข็งแรงที่ทดสอบโดยความงอกภายหลังการเร่งอายุและดัชนีอัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์ที่แตกร้าตั้งแต่ 3% ขึ้นไปลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับค่าการนำไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นตามระดับความแตกร้าที่สูงขึ้น เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของค่าการนำไฟฟ้าบ่งบอกถึงการเสื่อมสภาพของเมมเบรนหรือเมมเบรนได้รับความเสียหาย โดยปกติเซลล์เมมเบรนมีโครงสร้างเป็นลิปิดไบเลเยอร์ (lipid bilayer) มีคุณสมบัติในการเป็นเยื่อเลือกผ่าน ทำหน้าที่ในการกักเก็บสารละลายต่างๆ ไม่ให้รั่วไหลออกภายนอกเซลล์ (วันชัย, 2537) เมล็ดพันธุ์ที่แข็งแรงจึงมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำ แต่เมื่อเมล็ดพันธุ์เกิดความแตกร้าส่งผลให้เนื้อเยื่อหรือเซลล์ในบริเวณดังกล่าวได้รับความเสียหายหรือเซลล์เมมเบรนเสียหายรูปร่างไป (Delouche and Baskin, 1973; Robert, 1973) ทำให้ความสามารถในการกักเก็บสารละลายของเซลล์เมมเบรนลดลง สารละลายภายในรั่วไหลออกสู่ภายนอกได้ง่ายขึ้น เมื่อวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้าจึงมีค่าสูงขึ้นและส่งผลให้ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ลดลง (ศานิต, 2552) สอดคล้องกับงานวิจัยของ ภักดิ์สร และคณะ (2559) ซึ่งพบว่าค่าการนำไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองมีความแข็งแรงลดลง

นอกจากนี้พบว่าความแข็งแรงเฉลี่ยของเมล็ดพันธุ์ที่ผลิตในฤดูแล้งปี 2560 มีความแข็งแรงเฉลี่ยสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ฤดูฝนปี 2559 โดยความงอกภายหลังการเร่งอายุเฉลี่ยเท่ากับ 54% และ 46% ในเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองฤดูแล้งปี 2560 และฤดูฝนปี 2559 รวมถึงค่าดัชนีอัตราการงอกเฉลี่ยต่อวันในฤดูแล้งปี 2560 เท่ากับ 19.21% สูงกว่าในฤดูฝนปี 2559 เท่ากับ 15.97% อาจเนื่องจากเมล็ดพันธุ์ที่ผลิตในฤดูฝน (กรกฎาคม-สิงหาคม) มักพบปัญหาการโดนฝนในช่วงเริ่มการเพาะปลูกเนื่องจากเป็นปลายฤดูฝนและมักพบฝนตกในช่วงการเก็บเกี่ยวประมาณเดือนพฤศจิกายนจึงทำให้เมล็ดพันธุ์ที่แห้งพร้อมเก็บเกี่ยวดูดความชื้นจากบรรยากาศเข้าไปส่งเสริมให้เชื้อราเข้าทำลายเมล็ดพันธุ์ได้ดียิ่งขึ้นและเร่งการเสื่อมสภาพของเมล็ดพันธุ์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุมนา และคณะ (2559) พบว่าเชื้อราที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ผลิตในฤดูฝนมีจำนวนชนิดและปริมาณมากกว่าในฤดูแล้ง โดยเฉพาะโรคเมล็ดสีม่วงซึ่งเป็นโรคที่สำคัญและมักพบในฤดูฝน ดังนั้นเมื่อเมล็ดพันธุ์ได้รับความกระทบกระเทือน เสียหาย หรือแตกร้า จึงส่งผลให้เชื้อราเข้าทำลายเมล็ดพันธุ์ได้ง่ายขึ้นโดยเฉพาะเมล็ดพันธุ์ในฤดูฝน จึงทำให้ที่ระดับความแตกร้าเท่ากันเมล็ดพันธุ์ฤดูฝนมีความแข็งแรงต่ำกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ผลิตในฤดูแล้ง

จากผลการทดลองกล่าวได้ว่าระดับความแตกร้าตั้งแต่ส่งผลโดยตรงต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ การพิจารณาเพียงความงอกเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอต่อการประเมินคุณภาพเมล็ดพันธุ์ จึงควรทดสอบความแข็งแรงด้วยเสมอจึงจะสามารถประเมินคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการเก็บรักษาได้ชัดเจนและแม่นยำขึ้น



รูปที่ 1 เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่ทดสอบความแตกร้าด้วย 0.1% อินดอกซิล อะซิเตท;
(a) เมล็ดแตกร้า และ (b) เมล็ดที่ไม่แตกร้า

ตารางที่ 1 ระดับความแตกร้าต่อความชื้นของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ปลายฤดูฝนปี 2559
ในระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 20-22 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ความชื้น (%) ฤดูฝนปี 2559			เฉลี่ย ^{1/}
	ระดับความแตกร้า (%)			
	0-2	3-5	>5	
0	10.05 ^{aA}	10.15 ^{bA}	9.08 ^{bB}	9.76 ^b
30	9.45 ^{bB}	10.03 ^{bA}	9.05 ^{bB}	9.51 ^c
60	9.95 ^{aB}	10.25 ^{abA}	9.15 ^{bC}	9.78 ^b
90	10.08 ^{aB}	10.43 ^{aA}	9.35 ^{aC}	9.95 ^a
120	9.90 ^{aA}	10.00 ^{bA}	9.10 ^{bB}	9.67 ^b
เฉลี่ย ^{1/}	9.89 ^B	10.17 ^A	9.15 ^C	9.74
F-test; ระดับความแตกร้า		**		
ระยะเวลาการเก็บรักษา		**		
ระดับความแตกร้า x ระยะเวลาการเก็บรักษา		ns		
C.V. (%); ระดับความแตกร้า		1.546		
ระยะเวลาการเก็บรักษา		1.459		

หมายเหตุ ^{1/}ในแนวเดียวกันค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 2 ระดับความแตกร้าวดต่อความชื้นของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ฤดูแล้งปี 2560
 ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20-22 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ความชื้น (%) ฤดูแล้งปี 2560			เฉลี่ย ^{1/}
	ระดับความแตกร้าวด (%)			
	0-2	3-5	>5	
0	8.73 ^{bA}	8.50 ^{bA}	7.68 ^{cdB}	8.31 ^b
30	9.80 ^{aA}	9.85 ^{aA}	8.88 ^{aB}	9.51 ^a
60	8.88 ^{bA}	8.65 ^{bB}	8.50 ^{bB}	8.68 ^d
90	8.73 ^{bA}	8.48 ^{bB}	7.63 ^{dc}	8.28 ^c
120	8.80 ^{bA}	8.63 ^{bA}	7.83 ^{cB}	8.42 ^{bc}
เฉลี่ย ^{1/}	8.99 ^A	8.82 ^B	8.10 ^C	8.64
F-test; ระดับความแตกร้าวด	**			
ระยะเวลาการเก็บรักษา	**			
ระดับความแตกร้าวด x ระยะเวลาการเก็บรักษา	**			
C.V. (%); ระดับความแตกร้าวด	1.334			
ระยะเวลาการเก็บรักษา	1.276			

หมายเหตุ ^{1/}ในแนวเดียวกันค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 3 ระดับความแตกร้าวดต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ปลายฤดูฝนปี 2559
 ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20-22 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ความงอก (%) ฤดูฝนปี 2559			เฉลี่ย ^{1/}
	ระดับความแตกร้าวด (%)			
	0-2	3-5	>5	
0	90 ^A	79 ^{AB}	71 ^B	80
30	93 ^A	77 ^B	69 ^C	80
60	86 ^A	78 ^B	73 ^B	79
90	88 ^A	79 ^B	73 ^B	80
120	82	76	75	78
เฉลี่ย ^{1/}	88 ^A	78 ^B	72 ^C	79
F-test; ระดับความแตกร้าวด	**			
ระยะเวลาการเก็บรักษา	ns			
ระดับความแตกร้าวด x ระยะเวลาการเก็บรักษา	ns			
C.V. (%); ระดับความแตกร้าวด	5.972			
ระยะเวลาการเก็บรักษา	6.015			

หมายเหตุ ^{1/}ในแนวเดียวกันค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 4 ระดับความแตกร้าวดต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ถั่วเหลืองปี 2560
 ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20-22 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ความงอก (%) ถั่วเหลืองปี 2560			
	ระดับความแตกร้าวด (%)			เฉลี่ย ^{1/}
	0-2	3-5	>5	
0	93 ^A	88 ^B	83 ^C	88
30	92 ^A	92 ^A	84 ^B	89
60	92 ^A	87 ^B	81 ^C	87
90	94 ^A	91 ^A	83 ^B	89
120	92 ^A	91 ^A	80 ^B	88
เฉลี่ย ^{1/}	93 ^A	90 ^B	82 ^C	88
F-test; ระดับความแตกร้าวด	**			
ระยะเวลาการเก็บรักษา	ns			
ระดับความแตกร้าวด x ระยะเวลาการเก็บรักษา	ns			
C.V. (%); ระดับความแตกร้าวด	3.324			
ระยะเวลาการเก็บรักษา	3.391			

หมายเหตุ ^{1/}ในแนวเดียวกันค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 5 ระดับความแตกร้าวดต่อความงอกภายหลังการเร่งอายุของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ปลาย
 ถั่วเหลืองปี 2559 ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20-22 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ความงอกภายหลังการเร่งอายุ (%) ถั่วเหลืองปี 2559			
	ระดับความแตกร้าวด (%)			เฉลี่ย ^{1/}
	0-2	3-5	>5	
0	82 ^{aA}	53 ^{aB}	56 ^{aB}	60.92 ^a
30	61 ^b	50 ^a	51 ^a	56.42 ^a
60	43 ^c	38 ^b	39 ^b	40.00 ^b
90	48 ^{cA}	36 ^{bB}	38 ^{bB}	4.067 ^b
120	45 ^{cA}	24 ^{cB}	21 ^{cB}	30.00 ^c
เฉลี่ย ^{1/}	55.50 ^A	41.15 ^B	40.15 ^B	45.60
F-test; ระดับความแตกร้าวด	**			
ระยะเวลาการเก็บรักษา	**			
ระดับความแตกร้าวด x ระยะเวลาการเก็บรักษา	**			
C.V. (%); ระดับความแตกร้าวด	13.131			
ระยะเวลาการเก็บรักษา	13.609			

หมายเหตุ ^{1/}ในแนวเดียวกันค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 6 ระดับความแตกร้าวดต่อความงอกภายหลังการเร่งอายุของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ฤดูแล้งปี 2560 ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20-22 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ความงอกภายหลังการเร่งอายุ (%) ฤดูแล้งปี 2560			
	ระดับความแตกร้าวด (%)			เฉลี่ย ^{1/}
	0-2	3-5	>5	
0	78 ^{aA}	69 ^{aAB}	58 ^{aB}	68 ^a
30	72 ^{abA}	67 ^{aB}	56 ^{aC}	65 ^a
60	69 ^b	53 ^b	47 ^b	56 ^b
90	57 ^{cA}	48 ^{bB}	39 ^{bB}	48 ^{ab}
120	43 ^{dA}	38 ^{cA}	19 ^{cA}	33 ^c
เฉลี่ย ^{1/}	64 ^A	55 ^B	44 ^C	54
F-test; ระดับความแตกร้าวด		**		
ระยะเวลาการเก็บรักษา		**		
ระดับความแตกร้าวด x ระยะเวลาการเก็บรักษา		**		
C.V. (%); ระดับความแตกร้าวด		10.279		
ระยะเวลาการเก็บรักษา		9.815		

หมายเหตุ ^{1/}ในแนวเดียวกันค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 7 ระดับความแตกร้าวดต่อดัชนีอัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ปลายฤดูฝน ปี 2559 ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20-22 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ดัชนีอัตราการงอก (%/วัน) ฤดูฝนปี 2559			
	ระดับความแตกร้าวด (%)			เฉลี่ย ^{1/}
	0-2	3-5	>5	
0	21.14 ^{aA}	17.23 ^{abB}	15.35 ^{aB}	17.91 ^a
30	20.71 ^{aA}	18.26 ^{aB}	15.10 ^{abC}	18.02 ^a
60	16.96 ^{baA}	15.09 ^{cbB}	14.12 ^{bcB}	15.40 ^b
90	17.01 ^{baA}	15.90 ^{bcA}	13.83 ^{cbB}	15.58 ^b
120	13.67 ^c	12.78 ^d	12.17 ^d	12.87 ^c
เฉลี่ย ^{1/}	17.90 ^A	15.85 ^B	14.15 ^C	15.97
F-test; ระดับความแตกร้าวด		**		
ระยะเวลาการเก็บรักษา		**		
ระดับความแตกร้าวด x ระยะเวลาการเก็บรักษา		**		
C.V. (%); ระดับความแตกร้าวด		6.289		
ระยะเวลาการเก็บรักษา		6.321		

หมายเหตุ ^{1/}ในแนวเดียวกันค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 8 ระดับความแตกร้าวต่อดัชนีอัตราความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ถั่วเหลือง ปี 2560 ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20-22 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ดัชนีอัตราความงอก (%/วัน) ถั่วเหลืองปี 2560			เฉลี่ย ^{1/}
	ระดับความแตกร้าว (%)			
	0-2	3-5	>5	
0	20.93 ^{aA}	20.06 ^{abA}	17.11 ^B	19.36 ^a
30	20.50 ^{aA}	20.36 ^{aA}	18.01 ^B	19.62 ^a
60	20.78 ^{aA}	19.13 ^{cB}	17.66 ^C	19.19 ^a
90	20.63 ^{aA}	19.66 ^{abCB}	17.85 ^C	19.38 ^a
120	18.96 ^{baA}	19.51 ^{bcA}	17.00 ^B	18.49 ^b
เฉลี่ย ^{1/}	20.36 ^A	19.74 ^B	17.53 ^C	19.21
F-test; ระดับความแตกร้าว		**		
ระยะเวลาการเก็บรักษา		**		
ระดับความแตกร้าว x ระยะเวลาการเก็บรักษา		**		
C.V. (%); ระดับความแตกร้าว		3.001		
ระยะเวลาการเก็บรักษา		2.864		

หมายเหตุ ^{1/}ในแนวเดียวกันค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 9 ระดับความแตกร้าวต่อค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ปลายฤดูฝนปี 2559 ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20-22 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ค่าการนำไฟฟ้า ($\mu\text{s}/\text{cm}/\text{g}$) ฤดูฝนปี 2559			เฉลี่ย ^{1/}
	ระดับความแตกร้าว (%)			
	0-2	3-5	>5	
0	20.93 ^B	27.38 ^A	29.23 ^A	25.85
30	24.70	29.57	30.58	28.28
60	25.04 ^B	31.16 ^A	31.19 ^A	29.13
90	26.70	29.61	31.63	29.31
120	27.13 ^B	27.14 ^B	33.05 ^A	29.11
เฉลี่ย ^{1/}	24.90 ^C	28.97 ^B	31.13 ^A	28.33
F-test; ระดับความแตกร้าว		**		
ระยะเวลาการเก็บรักษา		ns		
ระดับความแตกร้าว x ระยะเวลาการเก็บรักษา		ns		
C.V. (%); ระดับความแตกร้าว		10.795		
ระยะเวลาการเก็บรักษา		10.858		

หมายเหตุ ^{1/}ในแนวเดียวกันค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 10 ระดับความแตกร้าวดต่อค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ฤดูแล้งปี 2560
 ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20-22 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ค่าการนำไฟฟ้า ($\mu\text{s}/\text{cm}/\text{g}$) ฤดูแล้งปี 2560			เฉลี่ย ^{1/}
	ระดับความแตกร้าวด (%)			
	0-2	3-5	>5	
0	26.02 ^{bb}	31.42 ^{ba}	32.14 ^{ba}	29.86 ^b
30	37.98 ^a	38.17 ^a	43.70 ^a	39.95 ^a
60	38.44 ^a	38.95 ^a	43.42 ^a	40.27 ^a
90	37.43 ^a	39.36 ^a	42.36 ^a	39.71 ^a
120	39.24 ^a	39.73 ^a	42.85 ^a	40.60 ^a
เฉลี่ย ^{1/}	35.82 ^b	37.52 ^B	40.89 ^A	38.08
F-test; ระดับความแตกร้าวด		**		
ระยะเวลาการเก็บรักษา		**		
ระดับความแตกร้าวด x ระยะเวลาการเก็บรักษา		ns		
C.V. (%); ระดับความแตกร้าวด		8.976		
ระยะเวลาการเก็บรักษา		8.698		

หมายเหตุ ^{1/}ในแนวเดียวกันค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 11 ระดับความแตกร้าวดต่อค่า Thiobarbituric acid (TBA) ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60
 ปลายฤดูฝนปี 2559 ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20-22 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ค่า TBA (μg malondialdehyde/g) ฤดูฝนปี 2559			เฉลี่ย ^{1/}
	ระดับความแตกร้าวด (%)			
	0-2	3-5	>5	
0	1.24	1.17	1.10	1.17
30	1.14	1.09	1.13	1.12
60	1.33	1.21	1.17	1.23
90	1.31	1.10	1.12	1.17
120	1.22	1.15	1.17	1.18
เฉลี่ย ^{1/}	1.25	1.14	1.13	1.17
F-test; ระดับความแตกร้าวด		ns		
ระยะเวลาการเก็บรักษา		ns		
ระดับความแตกร้าวด x ระยะเวลาการเก็บรักษา		ns		
C.V. (%); ระดับความแตกร้าวด		11.569		
ระยะเวลาการเก็บรักษา		10.861		

หมายเหตุ ^{1/}ในแนวเดียวกันค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 12 ระดับความแตกร้าวดต่อค่า Thiobarbituric acid (TBA) ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ฤดูแล้งปี 2560 ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20-22 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ค่า TBA (μg malondialdehyde/g) ฤดูแล้งปี 2560			
	ระดับความแตกร้าวด (%)			
	0-2	3-5	>5	เฉลี่ย ^{1/}
0	1.24 ^b	1.32 ^{ab}	1.10	1.22 ^b
30	1.14 ^b	0.93 ^c	1.13	1.06 ^b
60	1.23 ^b	1.21 ^{bc}	1.17	1.20 ^b
90	1.15 ^b	1.20 ^{bc}	1.12	1.12 ^b
120	1.52 ^a	1.51 ^a	1.57	1.53 ^a
เฉลี่ย ^{1/}	1.25	1.21	1.21	1.23
F-test; ระดับความแตกร้าวด	ns			
ระยะเวลาการเก็บรักษา	**			
ระดับความแตกร้าวด x ระยะเวลาการเก็บรักษา	ns			
C.V. (%); ระดับความแตกร้าวด	10.136			
ระยะเวลาการเก็บรักษา	9.949			

หมายเหตุ ^{1/}ในแนวเดียวกันค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ :

- เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ฤดูฝนปี 2559 ที่แตกร้าวด 0-2% สามารถเก็บรักษาได้นาน 120 วัน ที่อุณหภูมิ 20-22 องศาเซลเซียส โดยที่ความงอกและความแข็งแรงอยู่ในเกณฑ์ของเมล็ดพันธุ์ชั้นพันธุ์ขยาย (ความแข็งแรงวัดโดยความงอกภายหลังการเร่งอายุไม่ต่ำกว่า 40%) สามารถเก็บรักษาเพื่อเพาะปลูกข้ามฤดูได้ แต่ความแตกร้าวดตั้งแต่ 3% ขึ้นไป ไม่แนะนำให้เก็บรักษาข้ามฤดูปลูก ควรกระจายเมล็ดพันธุ์ทันทีหรือไม่ควรเก็บไว้นานเกิน 30 วัน

- เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ฤดูแล้ง 2560 มีความแข็งแรงสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ผลิตในฤดูฝน โดยเมล็ดพันธุ์ที่แตกร้าวด 0-2% สามารถเก็บรักษาได้นาน 120 วัน และ 3-5% เก็บรักษาได้นาน 90 วัน ที่อุณหภูมิ 20-22 องศาเซลเซียส โดยความงอกและความแข็งแรงยังอยู่ในเกณฑ์ของเมล็ดพันธุ์ชั้นพันธุ์ขยายสามารถเก็บรักษาข้ามฤดูปลูกได้ แต่ที่ความแตกร้าวด 5% ขึ้นไป ไม่แนะนำให้เก็บรักษาข้ามฤดูปลูก ควรกระจายเมล็ดพันธุ์ที่กองให้หมดภายใน 60 วัน

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ :

10.1 ได้แนวทางปฏิบัติสำหรับการจัดการเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 โดยเมล็ดพันธุ์ฤดูแล้งปี 2560 ที่แตกร้าวดไม่เกิน 5% สามารถเก็บรักษาเพื่อปลูกข้ามฤดูได้ ส่วนเมล็ดพันธุ์ฤดูฝนปี 2559 สามารถเก็บ

ข้ามฤดูได้ถ้าความแตกร้าวไม่เกิน 3% แต่หากแตกร้าวเกิน 3% แนะนำให้เพาะปลูกทันทีหรือเก็บรักษาได้ไม่เกิน 1 เดือน

10.2 นำผลงานวิจัยไปเผยแพร่โดยการฝึกอบรมให้กับกลุ่มเกษตรกร และหน่วยงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น หน่วยงานที่ผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองของกรมวิชาการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร กรมส่งเสริมสหกรณ์ กลุ่มวิสาหกิจชุมชน และ สหกรณ์การเกษตร เป็นต้น รวมถึงเผยแพร่ในงานประชุมวิชาการ

11. คำขอบคุณ (ถ้ามี) : -

12. เอกสารอ้างอิง :

กัณทิมา ทองศรี นรีลักษณ์ วรรณสาย นิภาภรณ์ พรรณรา และสนอง บัวเกตู. 2557. การศึกษาช่วงอายุเก็บเกี่ยวและวิธีการเก็บเกี่ยวที่มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง. หน้า 218-225. ใน : เรื่อง เต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53. 3-6 กุมภาพันธ์ 2558 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

นงลักษณ์ ประกอบบุญ. 2529. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 219 หน้า.

นิลกุล ทวีกุล และ ละอองดาว แสงหล้า. 2547. วิทยาการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวถั่วเหลือง. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 171 หน้า.

ภักดิ์สร วัฒนกุลภาคิน, กัณทิมา ทองศรี, ศุภลักษณ์ สัตย์สมิตสถิต และ จิระ สุวรรณประเสริฐ. 2560. ผลของความแตกร้าวต่อความงอกและความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง. รายงานการประชุมทางวิชาการเมล็ดพันธุ์พืชแห่งชาติ ครั้งที่ 14, 30 พฤษภาคม - 2 มิถุนายน 2560, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร, น. 226-232.

ภักดิ์สร วัฒนกุลภาคิน, นิภาภรณ์ พรรณรา, กัณทิมา ทองศรี และ สุนนา จำปา. 2559. ความสัมพันธ์ระหว่างความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60. รายงานการประชุมทางวิชาการเมล็ดพันธุ์พืชแห่งชาติ ครั้งที่ 13, 21-25 มิถุนายน 2559, ม.ราชภัฏวชิรเวศน์ วิทยาเขตสุรินทร์, น. 301-311.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ. 2537. สรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 213 น.

ศานิต สวัสดิ์กาญจน. 2552. ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์และวิธีประเมินความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์. วารสารวิทยาศาสตร์ประยุกต์ 8:107-118.

สุนนา จำปา, นิภาภรณ์ พรรณรา, กัณทิมา ทองศรี, สอนง บัวเกตู. 2559. การตรวจสอบชนิดและปริมาณเชื้อราสาเหตุโรคที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในแหล่งปลูกที่สำคัญ. รายงานการประชุมทางวิชาการเมล็ดพันธุ์พืชแห่งชาติ ครั้งที่ 13, 21-25 มิถุนายน 2559, ม.ราชภัฏวชิรเวศน์ วิทยาเขตสุรินทร์, น. 327-334.

อนุสร เวชสิทธิ์. 2537. เครื่องนวดถั่วเหลืองใช้ระบบชนิดเดียวกับเครื่องนวดข้าวซึ่งพัฒนาโดยเพื่อนวดถั่วเหลือง. สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร.

Delouche, J. C. and C. C. Baskin. 1973. Accelerated Aging Techniques for Predicting the Relative Storability of Seed Lot. Seed Sci. and Technol.1: 427- 452.

- Esechie, H. 1994. Interaction of Salinity and Temperature on the Germination of Sorghum. *J. of Agro. And Crop Sci.* 172: 194 - 199.
- Gagare, K.C., R.W. Bharud, V.R. Shelar and A.P. Karjule. 2014a. Detection of Mechanical Damage to Soybean Seed Surface Using Ferric Chloride Test. *Agric. Sci. Digest.*, 34 (4): 289 – 292.
- Hampton, J.G. and D.M. TeKrony. 1995. Handbook of vigour test methods, 3rd Edition, The International Seed Testing Association, Zurich, Switzerland.
- Harrington, J.F. 1973. Biochemical Basis of Seed Longevity. *Seed Sci. & Technol.* 1(2): 453-456.
- ISTA. 2018. International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association. Bassesdorf, Switzerland.
- Maryam, D. and B. Oskouie. 2011. Study the Effect of Mechanical Damage at Processing on Soybean Seed Germination and Vigor. *ARPN J. Agric. Biol. Sci.* 6(7): 60-64.
- Mayeux, M.M., M. Esphaphani and O.J. Jr. Kiver. 1972. The Effects of Environmental Conditions on Germination of Soybean. *ASAE. MI. Paper No.72-319.*
- Moreano, T.B., A.L. Braccini, C.A.Scapim, F.C. Krzyzanowski, J.B. Fraça-Neto, O.J. Marques. 2011. Changes in the Effects of Weathering and Mechanical Damage on Soybean Seed During Storage. *Seed Sci. and Technol.* 39: 604-611.
- Paulsen, M.R. and W.R.Nave. 1979. Improved Indoxyl Acetate Test for Detecting Soybean Seed Coat Damage. *Transactions of the ASABE.* 22(6): 1475-1479.
- Robert, E.H. 1973. Loss of Seed Viability: Ultrastructure and Physiological Aspects. *Seed Sci. and Technol.* 1: 529-545.
- Sérgio Carbonell A.M. and A. Natal Vello. 2001. Genetic Analysis of Soybean Seed Response to Mechanical Damage. *Crop Breed. Appl. Biot.* 1(1): 35-43.
- Van Utrecht, D., Bern, C.J. and Rukunudin, I.H. 2000. Soybean Mechanical Damage Detection. *Appl. Eng. in Agric.* 16(2): 137-141.

13. ภาคผนวก

ตารางที่ 1 เปอร์เซนต์ ความชื้น (Moisture content, MC) ความงอก (Germination, G) ความงอก
ภายหลังการเร่งอายุ (Germination after accelerated aging, GAA) และความแตกร้า (Cracking)
ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเชียงใหม่ 60 ฤดูฝนปี 2559 จำนวน 87 ตัวอย่าง (ต่อ)

No.	MC (%)	G (%)	GAA (%)	Cracked seeds (%)
1	11.4	90	77	7
2	11.4	81	61	2
3	11.1	77	53	3
4	11.4	68	47	4
5	11.5	72	37	2
6	10.0	93	81	1
7	11.1	92	77	3
8	11.1	78	47	3
9	11.4	71	50	3
10	12.5	76	46	1
11	10.4	90	68	2
12	10.8	96	80	3
13	10.4	75	32	3
14	11.1	92	79	0
15	10.9	73	43	2
16	10.5	80	66	1
17	10.6	75	58	1
18	11.0	68	46	2
19	11.3	65	36	1
20	10.7	34	14	1
21	10.9	81	63	0
22	10.6	60	39	3
23	9.3	39	23	1
24	8.9	76	55	2
25	10.3	74	45	1
26	10.3	65	48	2
27	10.2	51	30	4
28	8.6	69	52	6
29	9.9	82	61	4
30	9.6	59	41	2
31	10.4	86	67	1
32	9.5	87	79	1
33	8.6	82	66	1

ตารางที่ 1 เปอร์เซ็นต์ ความชื้น (Moisture content, MC) ความงอก (Germination, G) ความงอก
 ภายหลังการเร่งอายุ (Germination after accelerated aging, GAA) และความแตกร้าว (Cracking)
 ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเชียงใหม่ 60 ฤดูฝนปี 2559 จำนวน 87 ตัวอย่าง (ต่อ)

No.	MC (%)	G (%)	GAA (%)	Cracked seeds (%)
34	9.0	62	51	3
35	10.9	67	56	3
36	9.6	66	44	1
37	9.2	74	56	2
38	9.8	54	36	8
39	10.1	55	51	2
40	8.5	32	20	2
41	10.3	69	57	5
42	7.9	87	73	0
43	7.9	62	42	4
44	7.9	29	22	3
45	8.5	44	27	2
46	8.4	74	50	2
47	10.6	70	45	3
48	10.0	60	27	4
49	8.8	87	66	3
50	7.6	87	79	9
51	7.8	80	49	3
52	7.7	79	63	1
53	7.6	75	65	3
54	9.8	58	38	3
55	9.6	74	60	3
56	10.1	33	17	2
57	9.6	32	31	3
58	10.1	71	58	3
59	9.1	75	64	4
60	8.7	74	58	3
61	9.4	85	67	3
62	8.4	72	57	2
63	9.4	76	65	3
64	10.7	71	50	1
65	10.2	81	67	3

ตารางที่ 1 เปอร์เซ็นต์ ความชื้น (Moisture content, MC) ความงอก (Germination, G) ความงอก
 ภายหลังการเร่งอายุ (Germination after accelerated aging, GAA) และความแตกร้า (Cracking)
 ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเชียงใหม่ 60 ฤดูฝนปี 2559 จำนวน 87 ตัวอย่าง (ต่อ)

No.	MC (%)	G (%)	GAA (%)	Cracked seeds (%)
66	10.4	79	39	0
67	10.8	68	61	1
68	10.7	88	70	2
69	9.8	88	73	1
70	9.7	84	67	0
71	9.4	67	58	1
72	10.1	86	81	0
73	9.5	73	66	0
74	9.2	79	66	2
75	9.9	76	47	4
76	9.3	89	78	0
77	10.2	89	76	1
78	9.6	67	40	0
79	9.7	83	60	0
80	9.7	79	53	1
81	10.0	89	72	1
82	9.2	79	51	1
83	10.2	66	47	2
84	9.3	91	80	2
85	8.5	60	53	3
86	9.0	64	50	4
87	10.0	78	46	2

ตารางที่ 1 เปอร์เซ็นต์ ความชื้น (Moisture content, MC) ความงอก (Germination, G) ความงอก
 ภายหลังการเร่งอายุ (Germination after accelerated aging, GAA) และความแตกร้าว (Cracking)
 ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเชียงใหม่ 60 ถั่วเหลืองปี 2560 จำนวน 51 ตัวอย่าง

No.	MC (%)	G (%)	GAA (%)	Cracked seeds (%)
1	7.6	90	57.3	6
2	8.6	92	57.0	5
3	8.2	93	68.0	3
4	8.3	91	51.5	4
5	8.7	82	44.0	4
6	10.0	90	47.3	3
7	10.7	88	27.8	3
8	7.7	84	42.0	6
9	7.6	79	68.5	4
10	8.4	86	68.3	4
11	9.3	92	76.3	4
12	7.7	89	70.8	4
13	7.7	80	66.5	7
14	7.3	75	66.8	9
15	8.7	86	68.3	6
16	8.2	81	72.3	3
17	8.2	88	86.8	1
18	8.0	85	74.5	2
19	9.4	95	64.5	1
20	8.3	95	54.5	1
21	7.7	87	51.5	1
22	8.1	90	66.8	1
23	7.8	86	63.8	1
24	9.1	95	67.0	1
25	9.3	85	50.5	2
26	6.7	85	48.0	2
27	8.2	90	35.8	2
28	7.8	86	53.3	1
29	8.9	93	48.8	2

ตารางที่ 1 เปอร์เซ็นต์ ความชื้น (Moisture content, MC) ความงอก (Germination, G) ความงอก
 ภายหลังการเร่งอายุ (Germination after accelerated aging, GAA) และความแตกร้าว (Cracking)
 ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเชียงใหม่ 60 ถั่วเหลืองปี 2560 จำนวน 51 ตัวอย่าง (ต่อ)

No.	MC (%)	G (%)	GAA (%)	Cracked seeds (%)
30	9.2	93	77.3	1
31	9.6	69	31.0	4
32	9.3	87	62.0	4
33	8.3	83	49.8	2
34	9.1	65	36.5	5
35	10.6	67	25.8	2
36	8.4	74	54.0	3
37	7.6	69	50.0	2
38	8.9	84	44.0	4
39	9.5	83	44.5	4
40	9.5	85	32.0	3
41	9.6	92	57.3	1
42	11.3	88	50.8	1
43	9.0	92	71.5	2
44	9.6	89	80.0	1
45	9.9	86	54.3	3
46	9.1	86	65.3	2
47	9.8	86	68.0	3
48	8.4	78	49.0	3
49	7.7	78	43.3	2
50	8.6	82	55.5	5
51	7.6	82	54.0	3