อิทธิพลของระยะสุกแก่และการลดความชื้นต่อความงอก ความแข็งแรง และการรั่วไหลของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษา

The Influence of Maturity Stages and Drying on Germination, Vigor and Leachate of Soybean Seeds During Storage

อารมย์ ศรีพิจิตต์ [1]

Arom Sripichitt[1]

ABSTRACT

Harvesting seeds at physiological maturity (PM) and drying in the shade offers an effective mean for maintenance of seed quality in soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]. The present study was conducted to evaluate the effects of maturity stages and desiccation on germination, vigor and leachate of soybean seeds during storage. The seeds growing at Lansak District, Uthaitani, during rainy season in 1999 were harvested either at PM or at field maturity (FM) and allowed to air-dry in intact pods either slowly under shade in the laboratory or rapidly in full sunlight. The seeds were hand shelled when seed moisture content of 14-15 % was achieved and further dried until moisture content of 8-9 % was obtained. Seed at PM with sun drying showed decline in vigor at 120 days of storage. Instead of no change in germination, deterioration appeared by reduction of TZ1 and increased of TZ3 to TZ5. However, such changes were small in seed at PM with shade drying. Seed at FM with sun drying showed apparent leachate at early imbibition through storage period up to 90 days, whereas seed at PM with sun drying showed leachate at 120 days of storage. The results suggested that harvested seeds at PM and drying in the shade could maintain seed quality in storage. This would be a practical method for the farmers to harvest earlier and avoid from field weathering.

Key words : soybean, seed maturity, drying, seed quality, storage.

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

[1] Department of Plant Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology, Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand.

บทคัดย่อ

การเก็บเกี่ยวเมล็ดที่สุกแก่ทางสรีรวิทยา (PM) และลดความชื้นในที่ร่มน่าที่จะเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง [*Glycine max* (L.) Merr.] การศึกษานี้เป็นการวิจัยเพื่อประเมินผลของระยะสุกแก่ของเมล็ด และการลดความชื้นต่อความงอก ความแข็งแรง และการรั่วไหลของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษา เก็บเกี่ยวเมล็ดซึ่งปลูกที่อำเภอลานสัก จังหวัดอุทัยธานีในระหว่างฤดูฝนของปี 2542 ที่ระยะ PM และเมื่อสุกแก่ในแปลง (FM) มาลดความชื้นโดยไม่ต้องนวด โดยให้เมล็ดแห้งลงอย่างช้าๆ ภายในร่มของห้องปฏิบัติการ และแห้งอย่างรวดเร็วด้วยแสงอาทิตย์ นวดเมล็ดด้วยมือเมื่อความชื้นเมล็ดลดลงเหลือ 14-15 % แล้วลดความชื้นต่อไปจนกระทั่งเมล็ดมีความชื้น 8-9 % เมล็ดที่ PM ซึ่งลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์แสดงการลดลงของความแข็งแรงเมื่อเก็บรักษาได้ 120 วัน การเสื่อมสภาพปรากฏออกมาให้เห็นทั้งที่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงในความงอก โดยมีการลดลงของ TZ1 และการเพิ่มขึ้นของ TZ3 ถึง TZ5 อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงเช่นนี้เกิดขึ้นน้อยในเมล็ดที่ PM ซึ่งลดความชื้นในที่ร่ม เมล็ดที่ FM ซึ่งลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์แสดงการรั่วไหลออกมาให้เห็นในระยะเริ่มแรกของการดูดน้ำโดยตลอดระยะการเก็บรักษา 90 วัน ในขณะที่เมล็ดที่ PM ซึ่งลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์มีการรั่วไหลเกิดขึ้นเมื่อเก็บรักษาไปได้ 120 วัน ผลการทดลองนี้เสนอแนะว่าการเก็บเกี่ยวเมล็ดที่ PM และลดความชื้นในที่ร่มสามารถรักษาคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ไว้ได้ วิธีการนี้น่าที่จะเหมาะสมสำหรับเกษตรกรเพราะสามารถเก็บเกี่ยวได้เร็วขึ้นเพื่อหลีกเลี่ยงการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์เนื่องจากสภาพอากาศไม่เหมาะสม

คำหลัก : ถั่วเหลือง การสุกแก่ของเมล็ด การลดความชื้น คุณภาพเมล็ดพันธุ์ การเก็บรักษา

คำนำ

ผลผลิตของถั่วเหลืองขึ้นอยู่กับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ปลูก คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ไม่ว่าจะเป็นความงอกหรือความแข็งแรงจะเกิดขึ้นสูงสุดเมื่อเมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา (physiological maturity, PM) (Hilhorst and Toorop, 1997) หลังจากระยะ PM ไปแล้วการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดก็จะเริ่มขึ้น อัตราการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดขึ้นอยู่กับสภาพของสิ่งแวดล้อมเป็นสำคัญ (Tekrony *et al.*, 1979) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตร้อนชื้นการปลูกถั่วเหลืองมักจะเริ่มในฤดูฝน การสุกแก่ของเมล็ดนับตั้งแต่ PM ไปจนถึงการสุกแก่ที่เก็บเกี่ยวได้ (harvest maturity, HM) จึงตกอยู่ภายใต้สภาพอากาศที่แห้งและเปียกสลับกัน สภาพเช่นนี้ทำให้ความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์สูญเสียไปอย่างรวดเร็ว (Delouche, 1980) ดังนั้นสภาพอากาศในเขตร้อนชื้นจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองทั้งก่อนการเก็บเกี่ยวและในระหว่างการเก็บรักษา

ถึงแม้ว่าเมล็ดสุกแก่ที่ PM จะมีคุณภาพสูงสุด โดยปกติเราจะไม่เก็บเกี่ยวกันในระยะนี้เพราะความชื้นของเมล็ดสูงเกินไป อย่างไรก็ตามในช่วงเวลาระหว่าง PM กับ HM นี้ถ้าอากาศมีสภาพร้อนสลับกับฝนตกบ่อยๆ จะทำให้เนื้อเยื่อเมล็ดเกิดการหดตัวและขยายตัวอย่างรวดเร็ว อาจทำให้เมล็ดเหี่ยวย่นและเกิดรอยร้าวขึ้นจนทำให้ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ลดลง นอกจากนี้ยังทำให้เชื้อราเข้าทำลายเมล็ดเพิ่มขึ้นอีกด้วย (Franca Neto *et al.*, 1994) เนื่องจากการปลูกถั่วเหลืองในเขตร้อนชื้นยังต้องอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก จึงเป็นการยากที่จะหลีกเลี่ยงสภาพแวดล้อมที่มีผลเสียต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ภายหลังการสุกแก่ที่ PM ดังนั้นการเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ซึ่งสุกแก่ที่ PM และทำการลดความชื้นด้วยแสงแดดหรือในที่ร่ม น่าที่จะยังคงรักษาคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ไว้ได้เพราะเมล็ดพันธุ์ไม่มีโอกาสที่จะได้รับผลกระทบจากสภาพอากาศที่ไม่เหมาะสมดังกล่าว

การลดความชื้นของเมล็ดด้วยแสงแดดเป็นวิธีการที่ปฏิบัติกันทั่วไป วิธีการนี้ขึ้นอยู่กับความร้อนจากดวงอาทิตย์ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศและกระแสลม อย่างไรก็ตาม การที่จะทำให้ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ลดลง อย่างเหมาะสม

เพื่อการเก็บรักษานั้นเป็นสิ่งที่ค่อนข้างลำบาก โดยเฉพาะในสภาพที่มีอากาศชื้นและมีฝนตกบ่อย ๆ นอกจากนี้ความร้อนจากแสงอาทิตย์อาจทำให้อุณหภูมิของอากาศสูงกว่า 40 °ซ. (Harrington, 1972) ซึ่งมีผลทำให้เมล็ดแห้งลงอย่างรวดเร็วจนทำให้เกิดรอยแตกร้าวขึ้นที่เยื่อหุ้มเมล็ด จึงอาจเป็นสาเหตุสำคัญของการสูญเสียความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ที่ลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์ (Harrington, 1973; Franca Neto *et al.*, 1994) Hor (1976) พบว่าความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสง (*Arachis hypogaea* L.) ที่ลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์ต่ำกว่าเมล็ดที่ทำให้แห้งลงอย่างช้า ๆ ภายใต้ห้องปรับอากาศ (22°ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 50 %) แต่ไม่พบว่ามีความงอกแตกต่างกัน Shephard *et al.* (1996) แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวฟ่าง (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) ซึ่งเก็บเกี่ยวที่ PM และลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์ต่ำกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ความชื้นลดลงอย่างช้า ๆ ในที่ร่มมาก ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากระบบเมมเบรนภายในเซลล์ได้รับความเสียหาย (Adams *et al.*, 1983) ดังนั้นคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองซึ่งเก็บเกี่ยวที่ PM และลดความชื้นในที่ร่มจึงน่าที่จะสูงกว่าการทำให้เมล็ดแห้งอย่างรวดเร็วด้วยแสงแดดและยังสามารถเก็บรักษาไว้ได้ยาวนานกว่าอีกด้วยเพราะเป็นการ ลดความชื้นโดยไม่อาศัยความร้อนที่อาจมีผลกระทบต่อสภาพของเมมเบรน

การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงผลของระยะเวลาการสุกแก่และวิธีการลดความชื้นที่มีต่อคุณภาพการรั่วไหลของเมล็ดและความสามารถในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองครั้งนี้ใช้เมล็ดพันธุ์ขยายของถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.5 ซึ่งผลิตที่อำเภอลานสัก จังหวัดอุทัยธานี โดยปลูกเมื่อวันที่ 25 กรกฎาคม 2542 ภายใต้ความควบคุมของศูนย์ขยายพันธุ์พืชที่ 4 จังหวัดชัยนาท สุ่มเก็บตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองด้วยมือ 2 ครั้ง ครั้งแรกเมื่อเมล็ดสุกแก่ในระยะ PM (ฝักเปลี่ยนเป็นสีเหลือง) เมล็ดมีความชื้นประมาณ 50 % เมื่อวันที่ 29 ตุลาคม 2542 ครั้งที่ 2 เมื่อฝักเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหรือเมล็ดมีความชื้นประมาณ 25 % (FM) เมื่อวันที่ 4 พฤศจิกายน 2542 นำเมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวในแต่ระยะการสุกแก่มาตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นและลดความชื้น หลังจากลดความชื้นแล้วนำเมล็ดพันธุ์มาตรวจสอบคุณภาพก่อนทำการเก็บรักษาที่ห้องปฏิบัติการของภาควิชา

การลดความชื้น

ตากเมล็ดโดยไม่ต้องนวดบนชั้นตะแกรงในห้องปฏิบัติการและกลางแจ้งภายใต้แสงอาทิตย์เกลี่ยให้เป็นชั้นบางๆ และกลับฝักไปมาวันละ 3 ครั้ง เพื่อให้เมล็ดแห้งโดยทั่วถึงกัน เมื่อความชื้นของเมล็ดลดลงเหลือประมาณ 14-15 % ทำการนวดเมล็ดด้วยมือแล้วตากเมล็ดต่อไปจนกระทั่งเมล็ดมีความชื้นลดลงเหลือประมาณ 8-9 % จึงตรวจสอบคุณภาพและการรั่วไหลของเมล็ดก่อนนำไปเก็บรักษา

เนื่องจากการลดความชื้นในห้องปฏิบัติการ (ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 70 %) ไม่สามารถจะทำให้เมล็ดพันธุ์มีความชื้นต่ำกว่า 10 % ดังนั้นเพื่อให้ความชื้นของเมล็ดลดลงต่ำกว่า 10 % จึงได้ใช้ซิลิกาเจลช่วยลดความชื้นเมล็ดพันธุ์โดยใช้อัตราส่วน 20 : 1 (เมล็ด : ซิลิกาเจล) โดยน้ำหนัก (อารมย์ , 2533) จนกว่าความชื้นของเมล็ดจะลดลงเหลือ 8-9 % ความชื้นของเมล็ดวัดได้โดยอบเมล็ดที่ 105°ซ. นาน 24 ชั่วโมง

การตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์

ก่อนการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ทำการปรับระดับความชื้นของเมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นต่ำกว่า 10 % ให้อยู่ประมาณ 11-12 % เพื่อป้องกันการแตกร้าวของเนื้อเยื่อเนื่องจากการดูดน้ำอย่างรวดเร็ว แล้วจึงทดสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. การตรวจสอบความงอกมาตรฐาน ทำตามวิธีการของ International Seed Testing Association (ISTA) (1996) โดยเพาะเมล็ดจำนวน 25 เมล็ดบนกระดาษเพาะ นำไปวางที่อุณหภูมิ 25 °ซ. ประเมินผลหลังจากเพาะได้ 8 วัน

2. การย้อมสีเมล็ดด้วย TZ (triphenyl tetrazo-

lium chloride) ทำตามวิธีการของ ISTA (1985) โดยนำเมล็ดจำนวน 25 เมล็ดมาทำให้อ่อนนุ่มบนกระดาษเพาะที่ชื้นด้วยน้ำกลั่นเป็นเวลา 1 คืน แล้วแช่ในสารละลาย TZ 1 % นำไปวางที่อุณหภูมิ 35 °ซ. นาน 3 ชั่วโมง แกะเยื่อหุ้มเมล็ดออกแล้วประเมินลักษณะรูปแบบการติดสีและความเข้มของสีออกเป็นประเภทที่มีชีวิต (TZ1 - TZ4) และไม่มีชีวิต (TZ5 - TZ9) (Grabe, 1970)

3. การตรวจสอบรอยแตกร้าวของเยื่อหุ้มเมล็ด ตรวจสอบรอยแตกร้าวของเยื่อหุ้มเมล็ดที่เกิดขึ้นจากการลดความชื้น โดยใช้เมล็ดจำนวน 25 เมล็ดที่ทำให้อ่อนนุ่มด้วยน้ำกลั่นมาแช่ในสารละลาย fast green FCF 1 % นาน 5 นาที แล้วจึงล้างเมล็ดด้วยน้ำประปา บริเวณรอยแตกร้าวจะปรากฏออกมาเป็นสีเขียวเข้ม (Powell and Matthews, 1979)

4. การตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ ตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ในด้านต่าง ๆ ดังนี้

4.1 การวัดการเจริญเติบโตของต้นกล้า ทำตามวิธีการของ Association of Official Seed Analysts (AOSA) (1983)

4.2 การเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ นำเมล็ดไปวางที่อุณหภูมิ 42 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 100 % ด้วยวิธี tray method (McDonald and Phaneendranath, 1978) นาน 48 ชั่วโมงแล้วนำไปทดสอบความงอกในห้องปฏิบัติการโดยเพาะบนทรายที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วทำการประเมินผลความงอกหลังจากเพาะแล้ว 8 วัน

4.3 การวัดความเร็วในการงอก (speed of germination) ทำตามวิธีของการตรวจสอบความงอกมาตรฐาน แต่ประเมินผลทุก 2 วันจนครบ 8 วันแล้วคำนวณโดยใช้สูตรของ Maguire (1962) ดังนี้

$$\text{อัตราเร็วการงอก} = \frac{\text{จำนวนต้นกล้าปกติ}}{2} + \ldots\ldots\ldots\ldots + \frac{\text{จำนวนต้นกล้าปกติ}}{8}$$

4.4 การตรวจสอบความงอกในไร่ (field emergence test) เพาะเมล็ด 25 เมล็ดในกระบะดินผสมโดยหยอดเมล็ดลงในหลุมลึก 2 ซม. ระยะปลูก 5 X 10 ซม. ตรวจนับต้นที่งอกเมื่อใบเลี้ยงโผล่พ้นผิวดินทุก 2 วัน

การตรวจสอบการรั่วไหลของเมล็ด

ตรวจสอบการรั่วไหลของเมล็ดดังนี้

1. การวัดค่าการนำไฟฟ้าของสารที่รั่วไหลออกมาจากเมล็ด ทำตามวิธีการของ AOSA (1983) วัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่รั่วไหลออกมาจากเมล็ดจำนวน 25 เมล็ดด้วย Jenway 4041 conductivity meter และ PCM 121 (K = 1.0) conductivity cell ทุก 1 ชั่วโมงเป็นระยะเวลา 10 ชั่วโมง และวัดครั้งสุดท้ายที่ 24 ชั่วโมง

2. การย้อมสีเมล็ดด้วย Evans blue นำเมล็ดจำนวน 20 เมล็ดมาทำให้อ่อนนุ่มด้วยการให้เมล็ดดูดน้ำระหว่างกระดาษเพาะนาน 16 ชั่วโมง จากนั้นผ่าเมล็ดตามยาวผ่านกึ่งกลางของใบเลี้ยงโดยที่เยื่อหุ้มเมล็ดยังไม่ขาดออกจากกัน แล้วนำไปแช่ในสารละลาย Evans blue 1 % (W/V) นาน 2 ชั่วโมง (Schoettle and Leopold, 1984) ล้างเมล็ดด้วยน้ำประปา แล้วใช้ใบมีดโกนตัดเนื้อเยื่อที่ติดสีไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์

การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์

นำเมล็ดพันธุ์ที่ลดความชื้นจนเหลือประมาณ 8-9 % ของระยะสุกแก่ที่ PM และ FM มาเก็บในกระป๋องพลาสติกที่ปิดผนึกให้แน่นสนิทเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ตรวจสอบความชื้น คุณภาพและการรั่วไหลของเมล็ดทุก 30 วัน เป็นระยะเวลา 120 วัน

ผลการทดลอง

ความชื้นเมล็ดพันธุ์ซึ่งเก็บเกี่ยวที่ PM ลดลงอย่างรวดเร็วจาก 50 % เหลือประมาณ 10 % หลังจากตากด้วยแสงอาทิตย์และ 13 % หลังจากผึ่งลมได้ 4 วัน (Figure 1) หลังจากนี้ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ที่ลดโดยวิธีทั้งสองจะค่อย ๆ ลดลงเหลือประมาณ 8 % โดยใช้เวลาทั้งหมด 14 วัน และ

24 วัน จากการตากด้วยแสงอาทิตย์และในที่ร่มโดยใช้ซิลิกาเจลช่วยด้วยตามลำดับ

สำหรับเมล็ดพันธุ์ซึ่งเก็บเกี่ยวที่ FM นั้น การลดลงของความชื้น (Figure 1) มีลักษณะคล้ายคลึงกับเมล็ดที่ PM

ความงอกและความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการเก็บรักษา

ความงอกและความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ก่อนการเก็บรักษาอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกันคือที่ 90 % หรือสูงกว่าไม่ว่าจะเก็บเกี่ยวเมื่อสุกแก่ในระยะใดหรือลดความชื้นด้วยวิธีใดก็ตาม (Table 1) ในระหว่างการเก็บรักษาเปอร์เซนต์ความงอกและความมีชีวิตก็ยังคงเป็นไปในลักษณะที่คล้ายคลึงกับในระยะก่อนการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามมีแนวโน้มว่าความงอกของเมล็ดที่สูญเสียความชื้นไปอย่างรวดเร็วด้วยแสงอาทิตย์ (Figure 1) ลดลงภายหลังการเก็บรักษาได้ 120 วัน

ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการเก็บรักษา

ในระยะก่อนการเก็บรักษาพบว่าความงอกภายหลัง AA ของเมล็ดพันธุ์ ส่วนใหญ่สูงกว่า 90% (Table 1) แสดงให้เห็นว่าเมล็ดพันธุ์นี้สามารถเก็บรักษาได้ยาวนาน ผลจากการงอกของเมล็ดพันธุ์ในห้องปฏิบัติการและการงอกในสภาพไร่ซึ่งสูงกว่า 90 % ในระหว่างการเก็บรักษา (Table 1) เป็นการสนับสนุนแนวคิดดังกล่าว

จากการตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีการต่าง ๆ พบว่าความงอกภายหลัง AA และความเร็วของการงอกไม่แสดงการเปลี่ยนแปลงตลอดอายุการเก็บรักษา 120 วัน ไม่ว่าจะเก็บเกี่ยวในระยะใดหรือลดความชื้นด้วยวิธีใด อย่างไรก็ตามพบว่าค่าการนำไฟฟ้าของสารที่รั่วไหลออกมาจากเมล็ดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษา ส่วนอัตราการเจริญของต้นกล้าของเมล็ดที่ PM ซึ่งลดความชื้นโดยทั้ง 2 วิธีลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนเก็บรักษา (0 วัน) อย่างไรก็ตามการลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์มีแนวโน้มที่จะทำให้อัตราการเจริญของต้นกล้าลดลงในอัตราที่เร็วกว่าการลดความชื้นในที่ร่ม แต่เมล็ดที่ FM ค่อนข้างมีการผันแปร (Table 1) ส่วนความงอกในสภาพไร่ลดลงเฉพาะเมล็ดที่ PM ซึ่งลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์เท่านั้น

การติดสีของเมล็ดพันธุ์

จากการตรวจสอบความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ที่ PM และ FM ด้วย TZ โดยส่วนใหญ่มีค่ามากกว่า 90 % (Table 1) หรือมีความสามารถที่จะงอกได้สูงซึ่งสอดคล้องกับผลของการตรวจสอบความงอก อย่างไรก็ตามโดยอาศัยรูปแบบและความเข้มของการติดสีที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาชี้ให้เห็นว่าเมล็ดพันธุ์มีการเสื่อมคุณภาพเกิดขึ้นหรือมีความแข็งแรงลดลง โดยมีการลดลงของสัดส่วนเมล็ดในกลุ่ม TZ1 ซึ่งลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์ (เก็บเกี่ยวที่ PM และ FM) และในที่ร่ม (เก็บเกี่ยวที่ FM) (Table 2) โดยสัดส่วนใน TZ1 ของเมล็ดพันธุ์ที่ PM ซึ่งลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์ลดลงมากที่สุดแต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของ TZ1 ในเมล็ดพันธุ์ที่ PM ซึ่งลดความชื้นในที่ร่มตลอดอายุการเก็บรักษาอย่างใดเลยทั้งสิ้น นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของการเสื่อมคุณภาพนอกเหนือไปจาก TZ1 ก็มีเพียงเล็กน้อย ในขณะที่การเพิ่มขึ้นเห็นได้ชัดเจนโดยเฉพาะ TZ3, TZ4 และ TZ5 ของเมล็ดพันธุ์ที่ PM และ FM ซึ่งลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์ และเมล็ดพันธุ์ที่ FM ซึ่งลดความชื้นในที่ร่ม การเสื่อมคุณภาพนี้ดูเหมือนกับว่าจะเกิดขึ้นมากในเมล็ดพันธุ์ที่ PM ซึ่งลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์

การรั่วไหลของเมล็ดพันธุ์

ค่าการนำไฟฟ้าของสารที่รั่วไหลออกมาจากเมล็ดพันธุ์ (วัดที่ 24 ชั่วโมง) ไม่ว่าจะเก็บเกี่ยวที่ระยะใดหรือลดความชื้นด้วยวิธีใดก็ตาม เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษา (Table 1) อย่างไรก็ตามเมื่อได้ตรวจสอบการรั่วไหลของเมล็ดพันธุ์เป็นระยะๆ เป็นเวลา 10 ชม. (Figure 2) พบว่าค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดพันธุ์ที่ FM และลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์มีอัตราเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะ 4-5 ชั่วโมงแรก ภายในระยะเวลา 0, 30,60 และ 90 วัน ของการเก็บรักษา (Figures 2a, b, c และ d) สำหรับเมล็ดพันธุ์ที่ PM ซึ่งลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์นั้นค่าการนำไฟฟ้ามีอัตราการเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนหลังจากที่แช่น้ำได้ 6 ชม. และเพิ่มขึ้นโดยตลอดจนถึง 24 ชม. ภายหลังการเก็บรักษาได้ 120 วัน (Figure 2) ผลจากการย้อมสีเมล็ดพันธุ์ด้วย Evans blue โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมล็ดพันธุ์ที่ FM ซึ่งลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์

มีพื้นที่ของเซลล์ที่เมมเบรนเสียหาย (เซลล์ติดสีน้ำเงิน) มากกว่าพื้นที่ของเมล็ดพันธุ์ที่ PM หรือ FM ซึ่งผึ่งให้แห้งในที่ร่มหลังการเก็บรักษาได้ 30, 60, 90 และ 120 วันสิ่งนี้อาจเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เมล็ดพันธุ์ดังกล่าวมีอัตราการรั่วไหลอย่างเห็นได้ชัดเจนในระยะแรกของการดูดน้ำ (Figure 2) ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่ PM ซึ่งลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์นั้น เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ PM ซึ่งลดความชื้นในที่ร่ม มีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ที่เมมเบรนของเซลล์เสียหายเช่นกัน แต่ก็ยังเพิ่มขึ้นน้อยกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ FM ซึ่งลดความชื้นด้วยวิธีเดียวกัน อย่างไรก็ตามที่ 120 วัน ของการเก็บรักษา เมล็ดพันธุ์ที่ PM ซึ่งลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์มีพื้นที่ของเซลล์ที่เมมเบรนเสียหายเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกับเมล็ดพันธุ์ที่ FM ซึ่งลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์ นี่ก็อาจเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เมล็ดพันธุ์ดังกล่าวมีการรั่วไหลเพิ่มมากขึ้นภายหลังการดูดน้ำไปได้ 6 ชั่วโมง ที่ 120 วันของการเก็บรักษา (Figure 2) แต่ไม่สามารถอธิบายได้ว่าทำไมเมล็ดพันธุ์ที่ FM ซึ่งลดความชื้นด้วยวิธีเดียวกันที่ 120 วันของการเก็บรักษาจึงมีอัตราการรั่วไหลต่ำกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ PM ทั้งที่มีพื้นที่ที่เมมเบรนเสียหายไม่แตกต่างกัน

Table 1 Effects of maturity stage, drying and storage period on germination (G) (%), viability (TZ) (%), field emergence (FE)(%), germination after accelerated aging (AA) (%), speed of germination, SGR (mg/seedling), electrical conductivity of seed leachate (μs/cm/g seed) (EC) of soybean seeds.

Maturity stage	Drying treatment (days)	Storage period	G (%)	TZ (%)	FE (%)	AA (%)	Speed	SGR(mg/ seedling)	EC(μ s/cm/g seed)
PM	shade	0	100[1]	97	100	100	10.75	37.03	46.52
		30	100	99	98	96	11.44	26.43	47.62
		60	98	99	99	99	10.00	26.81	44.01
		90	100	99	98	98	11.50	22.59	47.93
		120	100	98	95	100	11.75	24.35	53.55
PM	sun	0	95	91	100	99	11.89	29.78	51.14
		30	88	82	95	88	11.44	17.67	39.52
		60	96	90	95	94	12.06	23.72	47.64
		90	95	94	97	96	11.44	22.51	39.38
		120	87	98	90	97	10.81	22.56	66.95
FM	shade	0	89	93	89	84	9.44	22.45	49.39
		30	95	93	96	93	11.25	23.89	48.24
		60	94	95	98	94	10.38	24.43	48.74
		90	96	97	99	99	11.19	26.41	47.18
		120	90	98	97	96	11.00	23.25	59.06
FM	sun	0	97	92	90	92	11.63	28.49	49.47
		30	92	97	100	92	11.69	26.54	39.71
		60	95	94	98	98	12.06	25.25	40.90
		90	96	95	100	94	12.00	23.47	50.43
		120	91	96	93	93	11.25	27.51	54.26

[1] All values are the means of 4 replications.

Table 2 Effects of maturity, drying and storage period on TZ staining pattern of soybean seeds.

Maturity stage	Drying treatment	Storage period (days)	TZ staining pattern (%)								
			Viable seed				Nonviable seed				
			TZ1	TZ2	TZ3	TZ4	TZ5	TZ6	TZ7	TZ8	TZ9
PM	shade	0	92	-	3	2	2	1	-	-	-
		30	93	-	2	4	1	-	-	-	-
		60	97	-	2	1	-	-	-	-	-
		90	95	-	1	3	1	-	-	-	-
		120	95	-	-	3	2	-	-	-	-
PM	sun	0	76	1	10	4	4	-	-	1	-
		30	75	-	-	7	8	-	-	3	-
		60	79	4	4	3	7	-	-	-	-
		90	66	1	1	10	6	-	-	-	-
		120	79	-	-	13	1	1	-	-	-
FM	shade	0	88	-	4	-	8	-	-	-	-
		30	75	-	9	9	5	1	1	-	-
		60	86	1	1	7	5	-	-	-	-
		90	87	-	2	8	2	-	-	1	-
		120	93	-	3	2	1	-	-	1	-
FM	sun	0	84	-	3	5	4	3	-	-	1
		30	94	-	2	1	2	-	1	-	-
		60	89	-	2	3	4	2	-	-	-
		90	85	-	4	6	5	-	-	-	-
		120	79	-	4	13	3	-	1	-	-

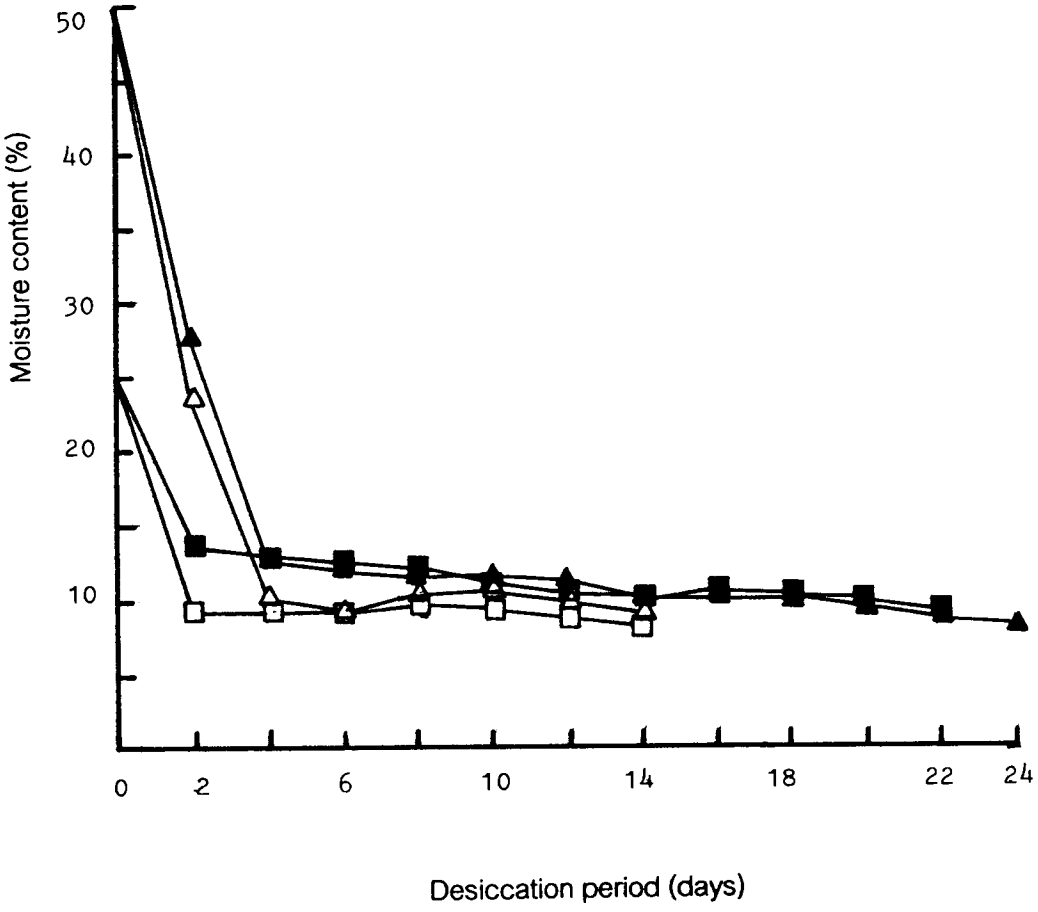

Figure 1 Changes in moisture content of soybean seeds harvested at PM and FM. ▲, PM with shade drying ; △, PM with sun drying; ■, FM with shade drying ; □, FM with sun drying.

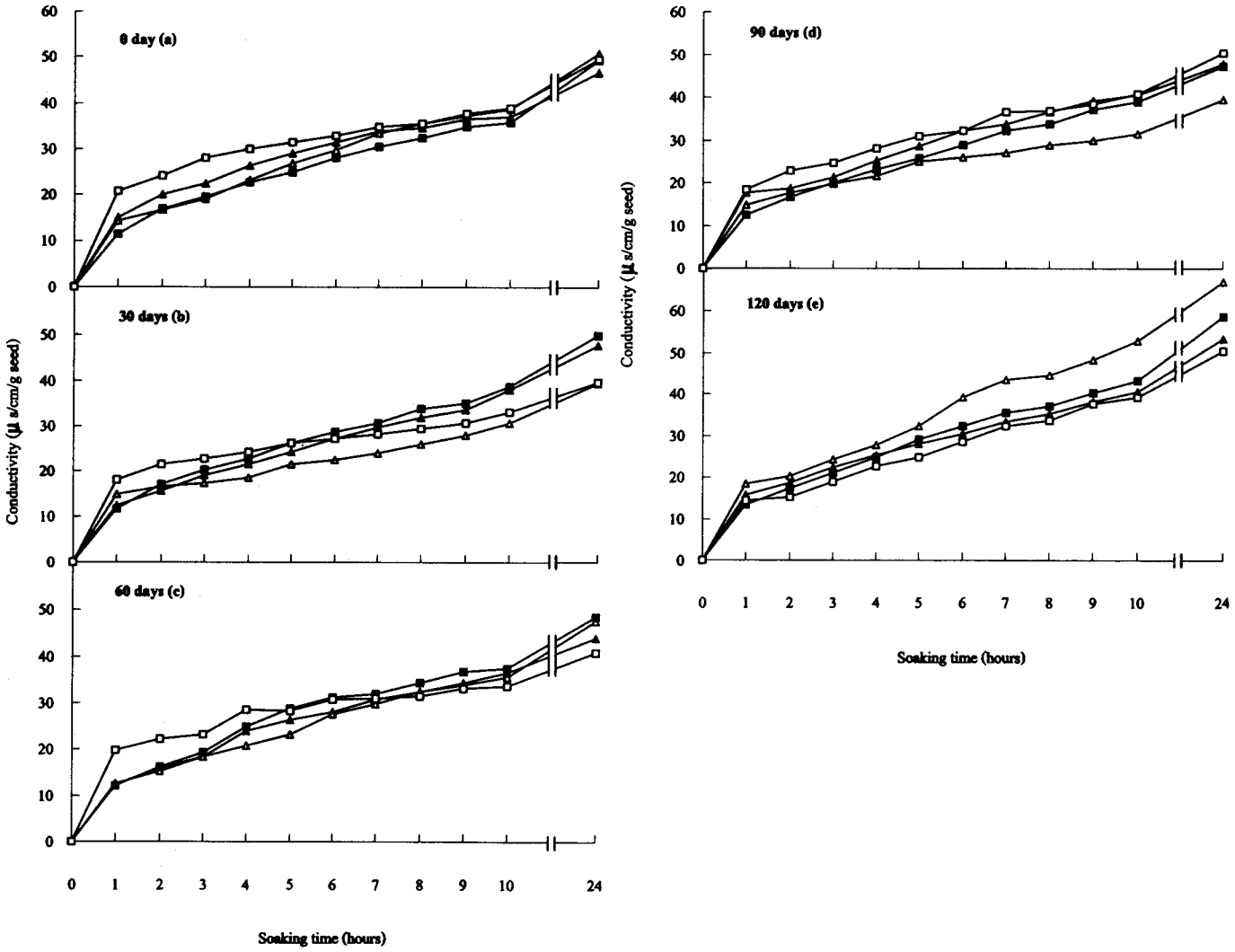

Figure 2 Changes in electrical conductivity of leachate from soybean seeds stored for various period of 0 (a), 30 (b), 60 (c), 90 (d) and 120 days (e) at room temperature. ▲, PM with shade drying; △, PM with sun drying; ■, FM with shade drying; □, FM with sun drying.

วิจารณ์ผลการทดลอง

ความงอกและความแข็งแรงจะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ในระหว่างการพัฒนาของเมล็ดและเพิ่มขึ้นสูงสุดเมื่อเมล็ดสุกแก่ที่ PM (Harrington, 1972) แต่ถ้าสภาพแวดล้อมเกิดไม่เหมาะสมขึ้นในระยะที่การสุกแก่ของเมล็ดเข้าใกล้ PM ก็อาจมีผลทำให้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ลดลงได้ Spears *et al.* (1997) พบว่า สภาพอากาศที่มีอุณหภูมิสูง (33-38 °ซ.) ซึ่งเกิดขึ้นในระยะ R5 ถึง PM ของเมล็ดถั่วเหลืองนั้น ถึงแม้จะรีบเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์โดยทันทีที่ระยะ PM มาถึง ก็ไม่ได้ช่วยป้องกันการสูญเสียคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ อย่างไรก็ตามเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองซึ่งเก็บเกี่ยวที่ PM และใช้ในการศึกษานี้นับได้ว่ามีคุณภาพสูง (ความงอกในห้องปฏิบัติการและความงอกในไร่มากกว่า 95 %) จึงเป็นการสนับสนุนแนวคิดที่ว่า ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์จะเกิดขึ้นสูงสุดที่ PM อีกทั้งยังเป็นการแสดงให้เห็นว่าสภาพแวดล้อมในระยะก่อน PM ไม่มีความรุนแรงที่จะทำให้เมล็ดพันธุ์เสื่อม คุณภาพ แต่ในระหว่าง PM - FM สภาพในแปลงปลูกมีอากาศร้อนสลับกับฝนตกบ่อยๆ จึงมีผลทำให้เมล็ดพันธุ์ซึ่งเก็บเกี่ยวที่ FM มีความแข็งแรงลดลง (เปอร์เซ็นต์ความงอกในไร่และภายหลังการเร่งอายุ) เมื่อเปรียบเทียบกับ PM (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ ธนีนาฏ และคณะ (2521) และ Delouche (1980) จึงเป็นการยืนยันให้เห็นว่าการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดภายหลังจาก PM เป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ตราบใดที่เรายังต้องผลิตพืชกันในฤดูฝน ดังนั้นการเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ที่ PM เพื่อใช้เป็นเมล็ดพันธุ์น่าที่จะมีความเหมาะสมมากกว่า

ในบรรดาเมล็ดพันธุ์พืชไร่ด้วยกัน เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองจัดเข้าอยู่ในกลุ่มที่มีการเสื่อม คุณภาพเร็ว (Delouche *et al.*, 1973) นอกจากนี้การมีเยื่อหุ้มเมล็ดที่บางประกอบกับตำแหน่งของ radicle-hypocotyl ที่นูนออกมา จึงทำให้เมล็ดมีโอกาสแตกร้าวง่ายเมื่อเมล็ดแห้งลงอย่างรวดเร็ว (Moore, 1972) อย่างไรก็ตามการทำให้เมล็ดแห้งไม่ว่าโดยลดความชื้นของเมล็ดลงอย่างรวดเร็วด้วยความร้อนจากแสงอาทิตย์ หรือทำให้ความชื้นลดลงอย่างช้าๆ โดยผึ่งเมล็ดในที่ร่ม ทั้งสองวิธีนี้ไม่มีผลต่อความงอกในระหว่างหรือสูญเสียความมีชีวิต (Carter, 1973) อย่างไรก็ตามไม่พบความเสียหายนี้ในการทดลองเข้าใจว่าเกิดจากการลดความชื้น กระทำโดยปราศจากการนวดเมล็ดฝักที่หุ้มเมล็ดจึงเป็นเสมือนร่มเงาที่ช่วยลดความร้อนที่มากระทบเมล็ดโดยตรง จึงทำให้ไม่พบความเสียหายดังกล่าวเกิดขึ้น

การสูญเสียความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมีซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา เช่น สูญเสียการทำงานของเอนไซม์ โปรตีนเสื่อมสภาพ การหายใจลดลง เมมเบรนเสียหาย ระบับการสังเคราะห์โปรตีน (McDonald, 1999) การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้จะเกิดขึ้นน้อยมากในเมล็ดที่มีความชื้นต่ำ (Ching, 1972) นอกจากนี้ถ้าเมล็ดที่เก็บรักษามีคุณภาพสูงด้วยแล้วก็จะทำให้สามารถเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ได้ยาวนานถึงแม้จะเก็บไว้ภายใต้สภาพธรรมดา (Delouche, 1975) Egli *et al.* (1979) เสนอแนะว่าการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการเก็บรักษามีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับคุณภาพเบื้องต้น เนื่องจากเมล็ดที่ใช้ในการศึกษานี้มีความงอกและความแข็งแรงเบื้องต้นสูงจึงสามารถเก็บรักษาได้ยาวนานถึง 120 วัน อย่างไรก็ตามการย้อมสีเมล็ดด้วย TZ แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าเมล็ดมีการเสื่อม คุณภาพเกิดขึ้น การเปลี่ยนแปลงในสัดส่วนของเมล็ดจาก TZ1 ถึง TZ9 แสดงให้เห็นถึงอาการเสื่อมคุณภาพ การลดลงของสัดส่วนใน TZ1 เป็นการชี้ให้เห็นว่าเมล็ดพันธุ์มีความแข็งแรงลดลง (Yaklich and kulik, 1979) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเสื่อมคุณภาพจะเกิดกับเมล็ดพันธุ์ที่ PM ซึ่งลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์มากกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ FM ซึ่งลดความชื้นในที่ร่มและด้วยแสงอาทิตย์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Shephard *et al.* (1996) การติดสีเข้ม (TZ3 และ TZ6) เกิดจากสารละลาย TZ ซึมเข้าไปในเนื้อเยื่อได้เร็วและลึกจึงทำให้มองเห็นเป็นสีแดงเข้มกว่าเนื้อเยื่อปกติ ซึ่งอาจเกิดจากเมมเบรนของเซลล์ที่ยังมีชีวิตได้รับความเสียหายจนทำให้เกิดการรั่วไหลและดูดซึมสารเคมีเข้าไปอย่างรวดเร็ว (Powell and Matthews, 1977) นอกจากนี้พื้นที่ที่ย้อมสีไม่ติด (TZ4 และ TZ5) เกิดจากการตายของเนื้อเยื่อ(Grabe,1970) ซึ่งมีสาเหตุมาจากการสูญเสีย

เอนไซม์ dehydrogenase (Roberts, 1951)

เนื้อเยื่อที่ติดสีแดงเข้ม (TZ3 และ TZ6) และเนื้อเยื่อที่ย้อมสีไม่ติด (TZ4 และ TZ5) น่าที่จะเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการรั่วไหลของเมล็ด โดยเฉพาะอย่างยิ่งรูปแบบการติดสีของเมล็ดพันธุ์ที่ PM ซึ่งลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์ (Table 2) ดูราวกับว่ามีการเสื่อมคุณภาพเกิดขึ้นมากกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ FM ซึ่งลดความชื้นด้วยวิธีเดียวกัน แต่การรั่วไหลของเมล็ดที่ PM กว่าที่จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อเก็บรักษาไปได้ 120 วัน ทั้งที่ควรจะเกิดขึ้นในอัตราที่ใกล้เคียงกันหรือมากกว่าในระยะแรกของการเก็บรักษา คำอธิบายที่น่าจะเป็นไปได้อาจเกิดจากการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่ PM นั้นเป็นการเริ่มต้นในระยะที่ยังไม่มีการเสื่อมคุณภาพเกิดขึ้น ในขณะที่เมล็ดพันธุ์ FM มีอัตราการเสื่อมคุณภาพเกิดขึ้นมาแล้วในระดับหนึ่ง ขณะอยู่ในแปลงก่อนเก็บเกี่ยว จึงอาจทำให้เมล็ดพันธุ์ที่ FM ซึ่งลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์มีอัตราการเสื่อมสภาพของเมมเบรนเกิดขึ้นเร็วกว่า (Adams *et al.*, 1983; Seyedin *et al.*, 1984)

สรุปผลการทดลอง

ผลจากการศึกษานี้ได้ชี้ให้เห็นว่าเมล็ดพันธุ์ที่มีระยะสุกแก่ต่างกันมีผลทำให้คุณภาพเมล็ดต่างกัน โดยเมล็ดพันธุ์ที่ PM จะมีความงอกและความแข็งแรงสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ซึ่งเก็บเกี่ยวที่ FM การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์อย่างรวดเร็วด้วยแสงอาทิตย์อาจทำให้เมมเบรนเสื่อมสภาพ การเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ที่ PM และลดความชื้นโดยไม่มีการนวดด้วยการผึ่งลมในที่ร่มไม่มีผลเสียใดๆ ต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ วิธีนี้จึงน่าที่จะเป็นทางเลือกของเกษตรกรที่ต้องการเก็บรักษาถั่วเหลืองเป็นเมล็ดพันธุ์หรือปลูกในฤดูต่อไป โดยไม่ต้องอาศัยเครื่องลดความชื้นหรือห้องควบคุมอุณหภูมิซึ่งไม่เหมาะสมต่อสภาพเศรษฐกิจเพื่อเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์

เอกสารอ้างอิง

ธนีนาฏ สมบัติศิริ เจริญรัฐ น้อยสุวรรณ โกมล เจริญศรี และสนิท กิติกรณ์. 2521. การศึกษาคุณภาพและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ผลิตในฤดูฝน. หน้า 215. ใน : รายงานผลการค้นคว้าวิจัยปี 2521. กองพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพ.

อารมย์ ศรีพิจิตต์. 2533. ผลของการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองด้วยซิลิกาเจลที่มีต่อการติดสีของ TTC ความงอก ความแข็งแรง และการแตกร้าวของเยื่อหุ้มเมล็ด. *ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย.)* 24 : 167-175.

Adams, C.A.; M.C. Fjerstad and R.W. Rinne. 1983. Characteristics of soybean seed maturation : necessity for slow dehydration. *Crop Sci.* 23 : 265-267.

AOSA. 1983. Seed vigor testing handbook. Contribution No.32 to the Handbook on Seed Testing. Assoc. Off. Seed Analysts. 88 p.

Carter, J.B.H. 1973. The influence of the testa, damage and seed dressing on the emergence of groundnut (*Arachis hypogaea*). *Ann. appl. Biol.* 74 : 315-323.

Ching, T.M. 1972. Aging stresses on physiological and biochemical activities of crimson clover (*Trifolium incarnatum* L. var. Dixie) seeds. *Crop Sci.* 12:415-418.

Delouche, J.C.; A.K.Matthes; G.M. Dougherty and A.H. Boyd. 1973. Storage of seed insubtropical and tropical regions. Seed Sci. and Technol. 1 : 427-452.

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. *Hort Science* 15 : 775-780.

Egli, D.B.; G.M. White and D.M. Tekrony. 1979. Relationship between seed vigor and the storability of soybean seed. *J. Seed Technol.* 3 : 1-11.

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., Westport, 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.

Grabe, D.F., ed. 1970. Tetrazolium testing handbook for agricultural seeds. Contribution No. 29 to the Handbook on Seed Testing. Assoc. Off. Seed Analysts.

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.

Hilhorst, H.W.M. and P.E. Toorop. 1997. Review on dormancy, germinability and germination in crop and weed seeds. Pages 11-165. In : L.D. Sparks (ed.). Advances in agronomy, vol. 61. Academic Press, San Diego, California.

Hor, Y.L. 1976. Storage of field crop seeds under Malaysian conditions. Pages 123-134. In : H.F. Chin, I.C. Enoch and R.M. Raja Harun (eds.). Seed technology in the tropics. Universiti Pertanian Malaysia, Serdang, Selangor, Malaysia.

ISTA. 1985. Handbook on tetrazolium testing. The International Seed Testing Association.99 p.

ISTA. 1996. International rules for seed testing. Annexes 1996. *Seed Sci. and Technol.* 24 : 155-202.

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

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

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

Moore, R.P. 1972. Effects of mechanical injures on viability. Pages 94-113. In : E.H. Roberts (ed.). Viability of seeds. Chapman and Hall Ltd., London.

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

Powell, A.A. and S. Matthews. 1979. The influence of testa condition on the imbibition and vigour of pea seeds. *J. Exp. Bot.* 30 : 193-197.

Roberts, L.W. 1951. Survey of factors responsible for reduction of 2, 3, 5-triphenyl tetrazolium chloride in plant meristem. *Science* 113 : 692-693.

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

Seyedin, N.; J.S. Burris and T.E. Flynn. 1984. Physiological studies on the effects of drying temperatures on corn seed quality. *Can. J. Plant Sci.* 64 : 497-504.

Shephard, H.L.; R.E. L. Naylor and T. Stuchbury. 1996. The influence of seed maturity at harvest and drying method on the embryo, α - amylase activity and seed vigour in sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Seed Sci. and Technol.* 24 : 245-259.

Spears, J.F.; D.M. Tekrony and D.B. Egli. 1997. Temperature during seed filling and soybean seed germination and vigour. *Seed Sci. and Technol.* 25 : 233-244.

Tekrony, D.M.; D.B.Egli; J.Balles; T. Pfeiffer and R.J.Fellows. 1979. Physiological maturity in soybean. *Agron. J.* 71:771-775.

Yaklich, R.W. and M.K. Kulik. 1979. Evaluation of vigor tests in soybean seeds : relationship of the standard gremination test, seedling vigor classification, seedling length, and tetrazolium staining to field performance. *Crop Sci.* 19 : 247-252.