วิธีตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

นางสาวมนัสชนก กองดิน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปีการศึกษา 2555

SEED VIGOR TESTS IN SOYBEAN

Manutchanok Kongdin

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the

Degree of Master of Science in Crop Production Technology

Suranaree University of Technology

Academic Year 2012

วิธีตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

_____

(อ. ดร.รุจ มรกต)
ประธานกรรมการ

_____

(ผศ. ดร.ธวัชชัย ทีฆชุณหเถียร)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

_____

(รศ. ดร.ปิยะดา อลิฌาณ์ ตันตสวัสดิ์)
กรรมการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

_____

(ศ. ดร.ชูกิจ ลิมปีจำนงค์)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

_____

(ผศ. ดร.สุเวทย์ นิงสานนท์)
คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

มนัสชนก กองดิน : วิธีตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง (SEED VIGOR TESTS IN SOYBEAN) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธวัชชัย ทีฆชุณหเถียร, 85 หน้า.

เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองอาจเสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็วก่อนและหลังเก็บเกี่ยว และขณะเก็บรักษา จึงควรมีวิธีตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีประสิทธิภาพสำหรับใช้คัดเลือกล๊อต ที่มีความแข็งแรงสูงไว้ใช้ปลูก หรือเก็บรักษาข้ามฤดู วัตถุประสงค์ของการทดลองครั้งนี้คือ ศึกษาหาวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีประสิทธิภาพสำหรับถั่วเหลืองรวมพันธุ์ (ไม่เจาะจงพันธุ์) และพันธุ์เชียงใหม่ 60 การทดลองในถั่วเหลืองรวมพันธุ์ ใช้เมล็ดพันธุ์ ถั่วเหลืองพันธุ์รับรอง (certified variety) ของประเทศไทยจำนวน 14 พันธุ์ รวม 33 ล๊อต สำหรับการทดลองในพันธุ์เชียงใหม่ 60 ใช้ตัวอย่าง 46 ล๊อต ที่มีความแข็งแรงต่างกัน ทำการทดลองในปี พ.ศ. 2554 ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุนารี ใช้วิธีการตรวจสอบความแข็งแรงรวม 6 วิธี ผลการทดลองในถั่วเหลืองรวมพันธุ์พบว่า วิธีที่มีความสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูกสูงที่สุดคือ วิธีวัดค่าการนำไฟฟ้าเมล็ดพันธุ์ตามวิธีของ AOSA และเทสารละลายไปมาระหว่างบีกเกอร์ 5 ครั้ง ก่อนวัดค่า (r = -0.73**) วิธีการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ที่ 41°ซ 54 ชม. (r = 0.70**) รองลงมาคือ วิธีเร่งอายุที่ 40°ซ 64 ชม. (r = 0.67**) และวิธีตรวจสอบอัตราการเจริญเติบโตของต้นอ่อน (r = 0.66**) ตามลำดับ ซึ่งค่าความสัมพันธ์ของวิธีดังกล่าวกับความงอกในแปลงปลูก สูงกว่าค่าความสัมพันธ์ของความงอกมาตรฐานกับความงอกในแปลงปลูก (r = 0.64**) เพียงเล็กน้อย ผลการทดลองในพันธุ์เชียงใหม่ 60 พบว่า วิธีตรวจสอบความแข็งแรงหลายวิธี มีความสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูกสูงกว่าถั่วเหลืองรวมพันธุ์ วิธีการตรวจสอบทุกวิธีการมีความสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูก ยกเว้นวิธีวัดความยาวยอดและความยาวรวมต้นอ่อนและวิธีตรวจสอบการเจริญเติบโตของต้นอ่อน เปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐานมีความสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูกที่ r = 0.65** วิธีการตรวจสอบที่มีค่าความสัมพันธ์สูงกว่าความงอกมาตรฐานอย่างเด่นชัดได้แก่ วิธีเร่งอายุที่ 41°ซ 54 ชม. (r = 0.86**) วิธีตรวจสอบความงอกอย่างเร็วที่ 3 วัน (0.84**) วิธีตรวจสอบความงอกในสภาพอากาศเย็นที่ 2 วัน (r=0.80**) วิธีตรวจสอบความงอกในสภาพอากาศเย็นที่ 5 วัน (r = 0.75**) และวิธีตรวจสอบความงอกอย่างเร็ว ที่ 4 วัน (r = 0.71**) ตามลำดับ สรุปได้ว่าวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ที่เหมาะสมน่าจะมีความเฉพาะเจาะจงในแต่ละพันธุ์ วิธีเร่งอายุที่ 41°ซ 54 ชม. เป็นวิธีที่มีความแม่นยำสูงที่สุดสำหรับพันธุ์เชียงใหม่ 60 วิธีที่มีประสิทธิภาพรองลงมา ได้แก่ วิธีตรวจสอบความงอกอย่างเร็วที่ 3 วัน และการตรวจสอบความงอกในสภาพอากาศเย็นที่ 18°ซ ที่

2 วัน สำหรับถั่วเหลืองรวมพันธุ์ แนะนำให้ใช้วิธีวัดค่าการนำไฟฟ้าตามวิธี AOSA Pour (เทสารละลายไปมาระหว่างบีกเกอร์ 5 ครั้งก่อนวัดค่า) และวิธีเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ที่ 41°ซ 54 ชม.

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช ลายมือชื่อนักศึกษา_____

ปีการศึกษา 2555 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____

MANUTCHANOK KONGDIN : SEED VIGOR TESTS IN SOYBEAN. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. THAWATCHAI TEEKACHUNHATEAN, Ph.D., 85 PP.

SEED VIGOR TEST/SOYBEAN/CHIANGMAI 60 VARIETY/COMBINED VARIETIES

Soybean seeds may deteriorate rapidly before and after harvesting and during storage. Accurate vigor tests are required for soybean seeds in order to screen vigorous seed lots for planting and over season storage. The objective of this study was to investigate the accurate soybean seed vigor tests for combined varieties (non-specified varieties) and Chiangmai 60 variety. Six vigor tests were conducted with 33 seed lots of 14 Thai certified soybean varieties and 46 seed lots of Chiangmai 60 variety. The experiments were conducted at Suranaree University of Technology during 2011. The results from the combined varieties revealed that the standard germination test provided correlation of r = 0.64** with the field emergence test. The vigor tests that showed significantly higher correlations to the field emergence were the AOSA electrical conductivity test of 5 times pouring the electrolyte between 2 beakers (r = -0.73**), the accelerated aging at 41ºC 54 hrs. (r = 0.70**), the accelerated aging at 40ºC 64 hrs (r = 0.67**) and the seedling growth rate test (r = 0.66**), respectively. However, various vigor tests showed higher correlations to the field emergence in Chiangmai 60 variety than the combined varieties were. In Chiangmai 60 variety, all vigor tests showed correlation to the field emergence except the seedling shoot length, the seedling growth rate test and the AOSA conductivity test. The standard germination test provided correlation of r = 0.65** with the field

emergence test. The vigor tests that exhibited significantly higher correlation to the field emergence in Chiangmai 60 were the accelerated aging at 41ºC 54 hrs (r = 0.86**), the 3 day quick germination test (r = 0.84**), the 2 day cool germination test (r = 0.80**), the 5 day cool germination test (r = 0.75**) and the 4 day quick germination test (r = 0.71**), respectively. It can be concluded that vigor tests in soybean seeds should be varietal specific. The accelerated aging test at 41ºC 54 hrs was the most accurate vigor test for Chiangmai 60 variety followed by the 3 day quick germination test and the 2 day cool germination test at 18ºC. For the combined soybean varieties, the AOSA Pour electrical conductivity test and the accelerated aging test at 41ºC 54 hrs were recommended.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Crop Production Technology Student's Signature_____

Academic Year 2012 Advisor's Signature_____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธวัชชัย ทีฆชุณหเถียร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ให้คำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลือ และเอาใจใส่อย่างดียิ่ง ทั้งด้านการเรียน งานวิจัย ตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ เป็นแบบอย่างอาจารย์และนักวิจัยที่ดีแก่ข้าพเจ้า และขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนช่วยให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีอีกหลายท่าน ดังนี้

คุณอุทัย พลแสงจันทร์ เจ้าหน้าที่ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่กรุณาอำนวยความสะดวก จัดเตรียมพื้นที่ปลูกขยายพันธุ์เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ใช้ในการทำวิจัย

คุณนวลปรางค์ อุทัยดา และคุณสมยง พิมพ์พรม เจ้าหน้าที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่กรุณาอำนวยความสะดวก และให้คำปรึกษาในการใช้เครื่องมือที่เกี่ยวข้องในการดำเนินการวิจัย

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิษณุโลก ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุโขทัย และ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเลย ที่ให้ความอนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้

ขอขอบคุณศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และฟาร์มมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการดำเนินการทดลอง

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่อบรมเลี้ยงดู เอาใจใส่ เป็นกำลังใจ ส่งเสริมและสนับสนุนด้านการศึกษาเป็นอย่างดีตลอดเสมอมา ขอขอบคุณเพื่อน พี่ น้อง ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจอย่างดี

ท้ายนี้ ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ให้โอกาสในการศึกษาระดับมหาบัณฑิต แก่ข้าพเจ้า ด้วยทุนศักยภาพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มนัสชนก กองดิน

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

AA	=	accelerated aging test
AOSA	=	Association of Official Seed Analysts
CG 2d	=	2 day cool germination test
CG 5d	=	5 day cool germination test
EC	=	electrical conductivity test
FE	=	field emergence test
ISTA	=	International Seed Testing Association
RL	=	root length
SG	=	standard germination test
SGR	=	seedling growth rate test
SL	=	shoot length
QG 3d	=	3 day quick germination test
QG 4d	=	4 day quick germination test
SUT	=	Suranaree University of Technology
TSL	=	total seedling length

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก

บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ค

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฎ

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ..... ฎ

บทที่

1 บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 สมมติฐานการวิจัย 2

1.4 ขอบเขตการวิจัย 3

2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประโยชน์ของถั่วเหลือง 5

2.2 ความสำคัญของถั่วเหลือง 7

2.3 ปัญหาการขาดแคลนเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง 8

2.4 ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ 8

2.5 ปัญหาความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 10

2.6 วิธีตรวจสอบความแข็งแรงในเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง 11

2.7 การสุกแก่ทางสรีรวิทยา 18

2.8 ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่สัมพันธ์กับคุณภาพ 21

3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุอุปกรณ์ 24

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2 ระยะเวลาการทดลอง 24
3.3 สถานที่ทำการทดลอง 24
3.4 วิธีการตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองรวมพันธุ์ 28
3.5 วิธีการตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 35
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 36

4 ผลการการทดลองและวิจารณ์

4.1 การทดลองที่ 1 วิธีการตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองรวมพันธุ์
4.1.1 ผลการตรวจสอบความงอกมาตรฐาน ความงอกในแปลงปลูก ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองรวมพันธุ์ (ไม่เจาะจงพันธุ์) 37
4.1.2 ผลการศึกษาวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองรวม พันธุ์โดยวิธีเร่งอายุ 38
4.1.3 ผลการศึกษาวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง รวมพันธุ์ในประเภท ของการตรวจสอบการเจริญเติบโตและประเมินผล ต้นอ่อนและวิธีตรวจสอบในสภาพอากาศเย็น 38
4.1.4 ผลการศึกษาวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองรวมพันธุ์ โดยวิธีวัดค่าการนำไฟฟ้า 39
4.1.5 สหสัมพันธ์ระหว่างความงอกมาตรฐาน ความงอกในแปลงและ วิธีการตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองรวมพันธุ์ 39
4.2 การทดลองที่ 2 วิธีการตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60
4.2.1 ผลการตรวจสอบความงอกมาตรฐาน ความงอกในแปลงปลูก ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 41
4.2.2 ผลการศึกษาวิธีตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง พันธุ์เชียงใหม่ 60 โดยวิธีเร่งอายุ 41
4.2.3 ผลการศึกษาวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง พันธุ์เชียงใหม่ 60 ในประเภทของการตรวจสอบการเจริญเติบโตและการ ประเมินผลต้นอ่อน และวิธีตรวจสอบในสภาพอากาศเย็น 42

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.4 ผลการศึกษาวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง พันธุ์เชียงใหม่ 60 โดยวิธีวัดค่าการนำไฟฟ้า 42
4.2.5 สหสัมพันธ์ระหว่างความงอกมาตรฐาน ความงอกในแปลง และวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ เชียงใหม่ 60 43
4.3 วิจารณ์ผลการทดลอง 44
5 สรุปผลการทดลอง 70
รายการอ้างอิง 71
ภาคผนวก 80
ประวัติผู้เขียน 85

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 AOSA (1983) and ISTA (1999) common recommendations for conditions of accelerated aging test for vigor test in several crop seeds 13

3.1 Varieties, seed sources and lot number of 33 seed lots of 14 soybean varieties included in each test in experiment I..... 25

3.2 Lot numbers and seed sources of 46 soybean seed lots of Chiangmai 60 variety included in each test in experiment II 26

3.3 Ten accelerated aging treatments used in the experiment..... 29

4.1 Field emergence, standard germination, accelerated aging test of 10 conditions of 31 soybean seed lots of combined varieties, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence..... 51

4.2 Field emergence, standard germination and r seed vigor tests of 31 soybean seed lots of combined varieties, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence..... 53

4.3 Field emergence, standard germination and conductivity tests of 31 soybean seed lots of combined varieties, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence 55

4.4 Correlation coefficient (r) of standard germination, field emergence, accelerated aging test of 10 conditions and other seed vigor tests of 31 soybean seed lots of combined varieties 57

4.5 Correlation coefficient (r) of field emergence and conductivity test of 31 soybean seed lots of combined varieties..... 58

4.6 Field emergence, standard germination, accelerated aging test of 10 conditions of 46 soybean seed lots of Chiangmai 60 variety, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence..... 59

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.7 Field emergence, standard germination and seed vigor tests of 46 soybean seed lots of Chiangmai 60 variety, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence 62

4.8 Field emergence, standard germination and electrical conductivity test of 46 soybean seed lots of Chiangmai 60 variety, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence 65

4.9 Correlation coefficient (r) of standard germination, field emergence, accelerated aging test of 10 conditions and other seed vigor tests of 46 soybean seed lots of Chiangmai 60 variety 68

4.10 Correlation coefficient (r) of field emergence and conductivity test of 36 soybean seed lots of Chiangmai 60 variety 69

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญภาพ

รูปที่ **หน้า**

3.1 Characteristics of soybean seedlings qualified for 3 day quick germination test of combined varieties and Chiangmai 60 variety. 32

3.2 Characteristics of soybean seedlings that are not qualified for 3 day quick germination test of combined varieties and Chiangmai 60 variety..... 33

3.3 Characteristics of soybean seedlings qualified for 4 day quick germination test of combined varieties and Chiangmai 60 variety..... 33

3.4 Characteristics of soybean seedlings qualified for 2 day cool germination test of combined varieties and Chiangmai 60 variety..... 34

3.5 Characteristics of soybean seedlings qualified for 5 day cool germination test of combined varieties and Chiangmai 60 variety.. 34

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ถั่วเหลือง [*Glycine max* (L.) Merrill] เป็นพืชที่มีปริมาณโปรตีนและน้ำมันในเมล็ดสูง ประเทศไทยใช้เมล็ดถั่วเหลืองเพื่อการบริโภคโดยตรง และแปรรูปเป็นน้ำมันพืชและอาหารสัตว์ มากถึงปีละ 1.7 ถึง 2 ล้านตัน แต่สามารถผลิตได้เองเพียงร้อยละ 10 ส่วนที่เหลือต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ปริมาณการนำเข้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 4.77 ต่อปี จากตัวเลขปี พ.ศ. 2554 ประเทศไทยบริโภคถั่วเหลืองรวม 2.04 ล้านตัน ซึ่งได้จากการผลิตภายในประเทศเพียงประมาณ 0.15 ล้านตัน หรือ 7.35% และนำเข้า 1.89 ล้านตัน (92.65%) โดยนำไปสกัดน้ำมันและผลิตอาหารสัตว์ 1.57 ล้านตัน (76.9%) บริโภค 0.46 ล้านตัน (22.5%) ใช้ทำพันธุ์ 10,331 กก. (0.5%) และส่งออก 2,751 กก. (0.1%) (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555) นอกจากนี้ยังมีการนำเข้ากากถั่วเหลืองอีกปีละ 2.2 ล้านตัน (กนกพร เมาลานนท์, 2553)

ประเทศไทยมีการปลูกถั่วเหลืองมานาน ช่วงที่มีการปลูกถั่วเหลืองมากที่สุดคือ ปี พ.ศ. 2530-2537 ซึ่งมีพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองมากกว่าปีละ 2 ล้านไร่ อย่างไรก็ตามตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538 พื้นที่ปลูกถั่วเหลืองลดลงอย่างต่อเนื่อง จนในปี พ.ศ. 2554 มีพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองเพียง 570,000 ไร่ ผลผลิต 150,000 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 263 กก./ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555) การลดลงของพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองมีสาเหตุสำคัญเนื่องมาจากการขาดแคลนเมล็ดพันธุ์ดี และผลตอบแทนต่ำกว่าพืชแข่งขัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555) และรัฐบาลมีนโยบายการให้นำเข้าถั่วเหลือง (สมศักดิ์ ศรีสมบุญ, ม.ป.ป.)

เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เกษตรกรใช้ปลูกทั่วประเทศประมาณ 15,000 ตัน/ปี นั้นเกือบทั้งหมดได้มาจากการเก็บรักษาไว้ใช้เองของเกษตรกร แลกเปลี่ยนระหว่างเกษตรกร และซื้อจากโกดังพืชไร่ในท้องถิ่น ซึ่งเมล็ดถั่วเหลืองเหล่านี้มีความงอกและความแข็งแรงต่ำ เมื่อนำไปปลูกจะทำให้ได้ผลผลิตต่ำ ปัญหาการขาดแคลนเมล็ดพันธุ์ดีนี้ มีส่วนทำให้เกษตรกรหันไปปลูกพืชอื่นแทนถั่วเหลืองมากขึ้น (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) การขาดแคลนเมล็ดพันธุ์ดีนั้น เนื่องมาจากเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเสื่อมคุณภาพก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวได้ง่าย ไม่สามารถเก็บรักษาไว้ข้ามฤดูได้ จึงไม่จูงใจให้เอกชนเข้าสู่ธุรกิจเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง (สมมาตร จงวนิช, 2540) ถึงแม้ถั่วเหลืองเป็นพืชน้ำมันที่เมล็ดพันธุ์มีอายุการเก็บรักษาสั้นประมาณ 3-4 เดือนเท่านั้น ไม่สามารถเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ไว้ใช้

ข้ามฤดูได้ แต่ทั้งในอดีตและปัจจุบันพบว่ามีเทคโนโลยีที่สามารถเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีความแข็งแรงสูงไว้ข้ามฤดูได้ (จิรากร โกศัยเสวี 2526; อนงค์ รัตนอุบล, 2531; จิณณจาร์ เศรษฐสุข และ ประนอม ศรัยสวัสดิ์, 2531; ธวัชชัย ทีฆชุณหเถียร, 2533; นงเยาว์ รัตนพันธ์, 2538; พริศรา ยี่รัญศิริ, 2544; ศิรกานต์ และคณะ, 2545; ธรรมรัตน์ ทองมี, 2547; ปัทมาวดี และคณะ, 2553; ปัทมาวดี และคณะ, 2554; Heatherly et al, 1995) ดังนั้น วิธีหนึ่งที่จะช่วยให้มีเมล็ดพันธุ์ดีมากขึ้นคือทำการผลิตเมล็ดพันธุ์ในช่วงปลายฝนต่อต้นหนาวแล้วเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์เฉพาะที่มีความแข็งแรงสูงไปใช้ในฤดูถัดไป จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีความแม่นยำ รวดเร็ว และไม่ซับซ้อน ที่เหมาะสมกับพันธุ์ถั่วเหลืองของประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีความนิยมสูงที่สุดพันธุ์หนึ่งในประเทศไทยแต่มีความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ต่ำกว่าพันธุ์อื่น ๆ โดยทางพันธุกรรม (วันชัย จันทร์ประเสริฐ, 2533; วันชัย จันทร์ประเสริฐ และคณะ, 2539; ธวัชชัย ทีฆชุณหเถียร, 2540; เชิดชาย วังคำ, 2542; วันชัย จันทร์ประเสริฐ และคณะ, 2543; วันชัย จันทร์ประเสริฐ และคณะ, 2544; ปรีชา วาจาสัตย์, 2545; ละอองดาว แสงหล้า และคณะ, 2550; ปัทมาวดี คุณวัลลี และคณะ, 2554) ซึ่งคาดว่าจะต้องการวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงที่เฉพาะเจาะจงและแตกต่างจากพันธุ์อื่น ส่วนวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ระบุไว้ในคู่มือการตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ในระดับนานาชาตินั้น เป็นเพียงวิธีแนะนำและอาจไม่เหมาะสมสำหรับพันธุ์ถั่วเหลืองและสภาพการเพาะปลูกของประเทศไทย (ธวัชชัย ทีฆชุณหเถียร, 2554)

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาหาวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองรวมพันธุ์ (ไม่เจาะจงพันธุ์)

1.2.2 เพื่อศึกษาหาวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ เชียงใหม่ 60

1.3 สมมุติฐานการวิจัย

1.3.1 วิธีและสภาพของการตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่แนะนำโดยสมาคมเมล็ดพันธุ์นานาชาติ เป็นเพียงวิธีและสภาพกว้าง ๆ อาจไม่มีความแม่นยำสำหรับพันธุ์ในเขตร้อนของประเทศไทย จึงต้องหาวิธีที่เหมาะสมสำหรับถั่วเหลืองพันธุ์ไทย

1.3.2 เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 มีความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ต่ำกว่าถั่วเหลืองพันธุ์อื่นโดยพันธุกรรม จึงต้องการวิธีและสภาพการตรวจสอบความแข็งแรงที่ต่างจากพันธุ์อื่น ๆ

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1. การศึกษาครั้งนี้ทำการศึกษาในถั่วเหลืองพันธุ์รับรอง (certified varieties) ของประเทศไทย ที่เมล็ดพันธุ์ผลิตโดยศูนย์วิจัยของกรมวิชาการเกษตรและฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีเท่านั้น

2. ทำการทดลองกับเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีความงอกมาตรฐานในระดับ 58.66% ขึ้นไปเท่านั้น

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ถั่วเหลือง [*Glycine max* (L.) Merrill] มีถิ่นกำเนิดในเอเชียตะวันออก บริเวณตอนเหนือและกลางของประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ชาวจีนปลูกถั่วเหลืองมานาน 3,100-4,800 ปีแล้ว ต่อมาได้แพร่สู่คาบสมุทรเกาหลีและหมู่เกาะญี่ปุ่นเมื่อประมาณ 1,700-2,300 ปีที่ผ่านมา ต่อมาปี พ.ศ. 2255 ถั่วเหลืองได้กระจายเข้าสู่ยุโรป โดย Kaemfer นักพฤกษศาสตร์ชาวเยอรมัน ใน พ.ศ. 2352 ได้มีการใช้ถั่วเหลืองเป็นอาหารของมนุษย์และสัตว์มากขึ้น พ.ศ. 2347 มีการกล่าวถึงถั่วเหลืองในประเทศสหรัฐอเมริกา และในปี พ.ศ. 2473 เริ่มมีการปรับปรุงพันธุ์ การใช้เครื่องทุนแรง และวิชาการด้านอื่น ๆ จนกระทั่งปัจจุบันสหรัฐอเมริกาเป็นผู้ผลิตและส่งออกถั่วเหลืองที่สำคัญรายใหญ่ของโลก (เพิ่มศักดิ์ สุภาพรเหมินทร์ และสมศักดิ์ ศรีสมบุญ, 2547)

สันนิษฐานว่าถั่วเหลืองเข้ามาในประเทศไทยพร้อมกับคนจีนที่อพยพเข้ามาในประเทศไทยในสมัยกรุงศรีอยุธยา การส่งเสริมให้มีการปลูกถั่วเหลืองหลังนาปีเริ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2473 ในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน เพิ่มศักดิ์ สุภาพรเหมินทร์ และสมศักดิ์ ศรีสมบุญ (2547) ให้ข้อมูลด้านวิชาการการส่งเสริมการผลิตและปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีมาเป็นลำดับ ดังนี้

พ.ศ. 2477 นายเส็ง มุกสิกโปดก นายอำเภอบ้านแพ จังหวัดเชียงใหม่ แนะนำให้เกษตรกรปลูกถั่วเหลืองในนาข้าว และแนะนำให้ปลูกถั่วเหลืองในฤดูฝนเพื่อเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ใช้ฤดูถัดไป

พ.ศ. 2479 ขุนกสิกรไพศาล เขียนเอกสารเกี่ยวกับการปลูกถั่วเหลือง และจำแนกพันธุ์ถั่วเหลืองออกเป็น 3 กลุ่ม คือ พันธุ์ไทย พันธุ์จีน และพันธุ์ญี่ปุ่น

พ.ศ. 2488 นายชม รัถตกนิสถ์ ศึกษาการใช้จุลินทรีย์กับถั่วเหลือง

พ.ศ. 2491 จัดตั้งสหกรณ์ถั่วเหลืองสันป่าตอง จำกัดสินใช้ อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ วันที่ 5 เมษายน 2494 มีการจัดงานวันที่ระลึกสหกรณ์สันป่าตอง จัดการประกวดเทพธิดาถั่วเหลืองซึ่งแสดงให้เห็นถึงการให้ความสำคัญของถั่วเหลืองในสมัยนั้น

พ.ศ. 2494 มีการนำพันธุ์ถั่วเหลืองจากประเทศสหรัฐอเมริกามาปลูกทดลองที่สถานีกสิกรรมแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ และรวบรวมพันธุ์จากเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มาปลูกที่สถานีกสิกรรมบางเขน กรุงเทพฯ สถานีกสิกรรมแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่และสถานีกสิกรรมท่าพระ จังหวัดขอนแก่น

พ.ศ. 2493-2501 กองค้นคว้าและทดลอง กรมกสิกรรม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ศึกษาพันธุ์ของไทยและพันธุ์นำเข้า พบพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง ได้แก่พันธุ์ SB60 (อุตสาหะ A) เหมาะสมกับ

แหล่งปลูกจังหวัดเชียงใหม่ และพันธุ์ปากช่องให้ผลผลิตสูงในจังหวัดขอนแก่นและนครราชสีมา พ.ศ. 2508 สถานีกสิกรรมแม่โจ้ แนะนำพันธุ์ถั่วเหลือง พันธุ์ สจ 1 สจ 2 และ สจ 3 ซึ่งให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์อุตสาหะ A เกือบ 1 เท่า

พ.ศ. 2508-ปัจจุบัน (พ.ศ. 2555) มีการรับรองพันธุ์ถั่วเหลืองรวม 19 พันธุ์ คือ สจ 1, สจ 2, สจ 4, สจ 5, เชียงใหม่ 60, เชียงใหม่ 1, เชียงใหม่ 2, เชียงใหม่ 3, เชียงใหม่ 4, เชียงใหม่ 5, เชียงใหม่ 6, สุโขทัย 1, สุโขทัย 2, สุโขทัย 3, นครสวรรค์ 1, ขอนแก่น, ศรีสำโรง 1, มข.35 (ขอรับรองพันธุ์จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น) และจักรพันธ์ 1 (ขอรับรองพันธุ์จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์เป็นผลงานร่วมกันระหว่างมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรมวิชาการเกษตร และมหาวิทยาลัยขอนแก่น) ข้อมูลพันธุ์และลักษณะประจำพันธุ์แสดงไว้ในตารางภาคผนวกที่ 1 ผลจากการวิจัยพันธุ์ตลอดจนเทคโนโลยีการผลิตถั่วเหลืองที่เกษตรกรสามารถนำไปปฏิบัติได้ส่งผลให้ผลผลิตของประเทศเพิ่มขึ้นจาก 150 กก./ไร่ ในปี พ.ศ. 2521 เป็น 263 กก./ไร่ ในปี พ.ศ. 2555 (กรมวิชาการเกษตร, 2547; วิระศักดิ์ เทพจันทร์ และ สิทธิ์ แดงประดับ, 2547; เพิ่มศักดิ์ สุภาพรเหมินทร์ และ สมศักดิ์ ศรีสมบุญ, 2547; สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555; ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่, 2556; อ้อยทิน จันทร์เมือง, 2556; เอนก โชติญาณวงค์, ม.ป.ป.;)

2.1 ประโยชน์ของถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญพืชหนึ่งของโลก และประเทศไทย เพราะถั่วเหลืองเป็นพืชที่มีปริมาณโปรตีนและปริมาณน้ำมันในเมล็ดสูงและเป็นโปรตีนและไขมันที่มีคุณภาพสูง นอกจากนี้ยังมีสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อการบำรุงร่างกายหลายชนิด ถั่วเหลืองจึงเป็นพืชที่มีประโยชน์ในหลายรูปแบบ ทั้งในแง่โภชนาการ ใช้ทำน้ำนมถั่วเหลือง เต้าหู้ เต้าเจี้ยว โปรตีนเกษตรบริโภคสดในรูปของถั่วเหลืองฝักสด ตลอดจนใช้ในอุตสาหกรรมน้ำมันพืช และอาหารสัตว์ โปรตีนจากถั่วเหลืองยังนำมาใช้ในอุตสาหกรรมกาว และพลาสติก (อภิพรรณ พุกภักดี, 2546; เพิ่มศักดิ์ สุภาพรเหมินทร์ และ สมศักดิ์ ศรีสมบุญ, 2547; สมศักดิ์ ศรีสมบุญ, ม.ป.ป.)

องค์ประกอบที่สำคัญของเมล็ดถั่วเหลือง ใน 100 กรัม ได้แก่ พลังงาน 411 กิโลกรัมแคลอรี่ ความชื้น 11.1 กรัม โปรตีน 34.0 กรัม คาร์โบไฮเดรท 26.7 กรัม ไขมัน 18.7 กรัม กากใย 4.7 กรัม เถ้า 4.8 กรัม ฟอสฟอรัส 500 มิลลิกรัม แคลเซี่ยม 245 มิลลิกรัม วิตามินซี 14.0 มิลลิกรัม ไนอาซีน 1.5 มิลลิกรัม ไทอามีน 0.7 มิลลิกรัม ไรโบฟลาวิน 0.2 มิลลิกรัม และเหล็ก 10.0 มิลลิกรัม/กรัม (กรมวิชาการเกษตร, 2556)

เมล็ดถั่วเหลืองมีโปรตีน 38-40% มีน้ำมัน 18-20% โปรตีนของถั่วเหลืองมีกรดอะมิโนที่สำคัญและมีคุณภาพดี โดยเฉพาะไลซีน (lysine) และ ทริปโตเฟน (tryptophan) ที่มีปริมาณสูงกว่าเมล็ดพืชอื่น ๆ ถั่วเหลืองมีกรดไขมันอิ่มตัว 12-14% เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงถึง 86-88%

ประกอบด้วยกรดโอเลอิก (oleic acid) 30-35% กรดลิโนเลอิก (linoleic acid) 45-55% กรดลิโนเลนิก (linolenic acid) 5-10% (กรมวิชาการเกษตร, 2556)

ในเมล็ดถั่วเหลืองมีสารเลซิตินในปริมาณสูง 1,480 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม เลซิตินมีประโยชน์ต่อร่างกายของผู้บริโภคดังนี้ (กรมวิชาการเกษตร, 2555)

1. ทำหน้าที่เป็นตัวสลายโคเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ และไขมันอื่น ๆ ที่อยู่ในหลอดเลือดให้แตกตัวเป็นอนุภาคที่เล็กที่สุด ไขมันที่แตกตัวเหล่านี้จะรวมตัวเข้ากันเป็นเนื้อเดียวกับโลหิต ไหลเวียนไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆในร่างกาย

2. ป้องกันไม่ให้ไขมันเกาะที่ตับและอวัยวะที่สำคัญอื่น ๆ

3. ป้องกันนิ่วในถุงน้ำดี ซึ่งเกิดจากการตกตะกอนของโคเลสเตอรอลในถุงน้ำดี

4. เป็นส่วนประกอบของเนื้อเยื่อบาง ๆ หุ้มรอบเส้นใยประสาท (mylin)

5. ทำให้เกิดโคลีน ซึ่งเป็นส่วนจำเป็นในการสร้างสารเคมีชนิดหนึ่ง สำหรับระบบประสาทที่ให้สัญญาณในการสื่อสาร ผู้ที่มีโคลีนต่ำ จิตใจจะหดหู่ เศร้าหมอง หลงลืม และไม่มีสมาธิ มักเป็นอาการที่เกิดกับผู้สูงอายุ นอกจากนี้ โคลีนจะช่วยปลดปล่อยฮอร์โมน วาโสเพลสซิน (vosopressin) ซึ่งมีความสำคัญเกี่ยวกับความจำ การเรียนรู้ การควบคุมปริมาณของปัสสาวะและควบคุมความดันโลหิต

6. ควบคุมและส่งเสริมการทำงานของระบบประสาทให้ปกติ สม่ำเสมอ ไม่มีความกระวนกระวายใจ ไม่ให้เหนื่อยง่ายหรืออ่อนเพลียได้ง่าย

7. ซ่อมแซมส่วนที่สึกเหรอ ส่งเสริมการทำงานของเซลล์ให้มีประสิทธิภาพอย่างสม่ำเสมอ ให้ความชุ่มชื้น แข็งแรง โดยเฉพาะ กล้ามเนื้อหัวใจ ตับ ไต และต่อมไร้ท่อ ตลอดถึงการไหลเวียนโลหิตดีขึ้น

8. รักษาผิวพรรณ ลดรอยด่าง รอยตกกระบนผิวหนัง และสีคล้ำรอบดวงตาเนื่องจากการเกาะของไขมัน

นอกจากนี้ ถั่วเหลืองและผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองยังมี ไอโซฟลาโวน (isoflavone) ซึ่งเป็นกลุ่มของสารประเภท ฟลาโวนอยด์ (flavonoid) ซึ่งเป็นสารรงควัตถุ สารไอโซฟลาโวนที่พบในถั่วเหลือง คือ สารประกอบไกลโคไซด์ของเดดซีน (daidzein) และจีนิสทีน (genistein) เป็นสารพฤกษเคมี (phytochemical) ที่มีสรรพคุณที่ดีต่อสุขภาพ เป็นสารโภชนเภสัช มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) และเป็นไฟโตเอสโทรเจน (phytoestrogen) ซึ่งทำงานคล้ายกับฮอร์โมนเพศหญิง (estrogen, 17b-estradiol E2 Isoflavones) เนื่องจากมีสูตรโครงสร้างคล้ายคลึงกัน ทำให้เดดซีนและจีนิสทีนสามารถจับกับโปรตีนตัวรับของเอสโตรเจน (estrogen receptor) ในร่างกายได้ สามารถใช้สารนี้ลดปัญหาที่เกี่ยวเนื่องกับอาการวัยทองหลังการหมดประจำเดือน (menopausal symptoms) ในสตรีหรืออาจมีผลป้องกันหรือปรับเปลี่ยนภาวะความผิดปกติของร่างกายหรือการเกิดโรคต่าง ๆ เช่น

สามารถช่วยเพิ่มมวลกระดูก จึงลดความเสี่ยงจากโรคกระดูกพรุน ลดความเสี่ยงต่อมะเร็งเต้านม มะเร็งต่อมลูกหมาก โรคหัวใจและหลอดเลือดหัวใจตีบ (เพิ่มศักดิ์ สุภาพรเหมินทร์ และสมศักดิ์ ศรีสมบุญ, 2547; Food Network Solution, 2012)

ถั่วเหลือง มีปมบักเตรีที่รากสามารถตรึงไนโตรเจนได้ 0.5-2.16 มิลลิกรัมต่อวันต่อกรัม จึงเป็นพืชที่สร้างความอุดมสมบูรณ์ให้กับดิน เมื่อปลูกถั่วเหลืองในระบบปลูกพืชจะช่วยลดการระบาดของโรคและแมลงศัตรูได้ (เพิ่มศักดิ์ สุภาพรเหมินทร์ และสมศักดิ์ ศรีสมบุญ, 2547)

2.2 ความสำคัญของถั่วเหลือง

ในปี พ.ศ. 2550 มีพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองทั่วโลก 616.7 ล้านไร่ เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2542 ถึง 16.0 ล้านไร่ (2.6%) ประเทศที่มีพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองมากที่สุดคือ สหรัฐอเมริกา บราซิล อาร์เจนตินา จีน และอินเดีย ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) สำหรับประเทศไทยมีการปลูกถั่วเหลืองมานาน ช่วงที่มีการปลูกถั่วเหลืองมากที่สุดคือปี พ.ศ. 2530-2537 ซึ่งมีพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองมากกว่าปีละ 2 ล้านไร่ โดยปี พ.ศ. 2532 มีพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองมากที่สุดถึง 3,208,876 ไร่ ผลผลิต 672,368 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 214 กก./ไร่ อย่างไรก็ตามตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538 พื้นที่ปลูกถั่วเหลืองลดลงอย่างต่อเนื่อง จนในปี พ.ศ. 2554 มีพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองเพียง 570,000ไร่ ผลผลิต 150,000 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 263 กก./ไร่ พื้นที่ปลูกและผลผลิตลดลงจากปี พ.ศ. 2532 82.24 และ 83.70% ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555) การลดลงของพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองมีสาเหตุสำคัญ 3 ประการ คือ 1) พื้นที่ปลูกมีศักยภาพการผลิตต่ำ 2) ขาดแคลนเมล็ดพันธุ์ดี และ 3) มีพืชแข่งขันที่ให้ผลตอบแทนดีกว่า เช่น ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อ้อยโรงงาน เป็นต้น (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551) และนโยบายการนำเข้าถั่วเหลืองของรัฐบาล (สมศักดิ์ ศรีสมบุญ, ม.ป.ป.)

เนื่องจากปัจจุบันประเทศไทย มีประชากรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และการขยายตัวในด้านปศุสัตว์โดยเฉพาะการส่งออกไก่เนื้อ ทำให้ต้องการใช้เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเพิ่มมากขึ้นทุกปี ในปี พ.ศ. 2552 ประเทศไทยใช้ถั่วเหลืองรวม 1.83 ล้านตัน ซึ่งได้จากการผลิตภายในประเทศ 0.202 ล้านตัน นำเข้า 1.63 ล้านตัน (ร้อยละ 89 ของความต้องการใช้ทั้งหมด) โดยนำไปสกัดน้ำมันและใช้ผลิตอาหารสัตว์ 1.24 ล้านตัน (68%) แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร 0.58 ล้านตัน (31%) ใช้ทำพันธุ์ 14,040 กก. (0.8%) และส่งออก 1,200 กก. ทั้งนี้มีการนำเข้ากากถั่วเหลืองอีกปีละประมาณ 2.2 ล้านตัน (กนกพร เมาลานนท์, 2553) การนำเข้าถั่วเหลืองจากต่างประเทศคิดเป็นอันดับที่ 4 ของการนำเข้าผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรองลงมาจากผลิตภัณฑ์จากปลาสดแช่เย็นแช่แข็ง อาหารสัตว์ และปุ๋ย ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553)

2.3 ปัญหาการขาดแคลนเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

ในช่วงปี พ.ศ. 2540 ความต้องการใช้เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองของเกษตรกรมีประมาณ 30,000 ตัน และส่วนราชการสามารถผลิตเมล็ดพันธุ์ดีได้เฉลี่ยเพียง 9,000 ตัน/ปี (คิดเป็นร้อยละ 30 ของความต้องการ) ส่วนที่เหลืออีกประมาณ 20,000 ตัน จะต้องใช้เมล็ดพันธุ์จากแหล่งอื่นมาทำเป็นเมล็ดพันธุ์ จะเห็นได้ว่าปริมาณการผลิตเมล็ดพันธุ์ต่ำกว่าปริมาณความต้องการมาก ทั้งนี้เนื่องมาจากปัญหาด้านการผลิตที่เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองผลิตได้ยาก มีปัญหาการตลาด และการจัดการ สำหรับภาคเอกชนยังไม่ให้ความสนใจที่จะผลิตและจำหน่าย เพราะผลตอบแทนไม่คุ้มค่า ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ต่อไร่ต่ำ ขณะที่ต้นทุนการผลิตสูง รวมทั้งเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองอ่อนแอสูญเสียความงอกเร็ว ไม่สามารถเก็บรักษาข้ามฤดูได้ (สมมาตร จงวนิช, 2540)

ในปี พ.ศ. 2549 กองขยายพันธุ์พืช กรมส่งเสริมการเกษตรได้เปลี่ยนโครงสร้างไปสังกัดกรมการข้าวและมีหน้าที่ผลิตพันธุ์ข้าวเพียงอย่างเดียว มีผลให้การผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองประมาณปีละ 9,000 ตัน ได้สิ้นสุดไปด้วย ดังนั้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เกษตรกรต้องใช้ทั่วประเทศประมาณ 16,000 ตัน/ปี นั้นเกือบทั้งหมดจะได้มาจากที่เกษตรกรเก็บรักษาไว้ใช้เอง แลกเปลี่ยนระหว่างเกษตรกรและซื้อจากโกดังพืชไร่ของพ่อค้าในท้องถิ่นเท่านั้น ซึ่งเมล็ดถั่วเหลืองเหล่านี้จะมีความงอกและความแข็งแรงต่ำเมื่อนำไปปลูกจะทำให้ได้ผลผลิตต่ำ ปัญหาการขาดแคลนเมล็ดพันธุ์ดีนี้มีส่วนทำให้เกษตรกรหันไปปลูกพืชอื่นแทนถั่วเหลืองมากขึ้น (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551)

เนื่องจากถั่วเหลืองเป็นพืชน้ำมัน เมล็ดพันธุ์มีอายุการเก็บรักษาสั้นประมาณ 3 เดือนเท่านั้น ไม่สามารถเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ไว้ใช้ข้ามฤดูได้ อย่างไรก็ตามในอดีตด้วยภูมิปัญญาชาวบ้านเกษตรกรทางภาคเหนือสามารถเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองข้ามฤดูไว้ใช้เองได้ โดยจะเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองฤดูแล้งในเดือนเมษายนและเก็บรักษาไปปลูกในเดือนธันวาคมของปีเดียวกัน ทั้งนี้จะเก็บรักษาไว้ในภาชนะปิดสนิท เช่น ปี๊ป ไห (ธวัชชัย ทีฆชุณหเถียร, 2533) จากการทดลองประเมินอายุการเก็บรักษาในเขตร้อนชื้นของ นงเยาว์ รัตนพันธ์ (2538) พบว่าสามารถเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์ สจ 4 และ เชียงใหม่ 60 ให้คงความงอกดีอยู่ได้นานกว่า 12 เดือน โดยเก็บรักษาในถุงพลาสติกในห้องเก็บไม่ปรับอากาศ เนื่องจากการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในฤดูแล้ง ทำได้ค่อนข้างยาก กัลยา เนตรกัลยามิตร (2553) จึงเสนอว่าควรเลื่อนการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองไปเป็นระหว่างปลายเดือน พ.ย.-ธ.ค. (ไม่เกินวันที่ 5 ธ.ค.) แล้วคัดเลือกเมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงสูงไปเก็บรักษาใช้ทำพันธุ์ในฤดูฝนถัดไป ดังนั้นหากมีวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่แม่นยำก็จะช่วยให้การคัดเลือกเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเพื่อเก็บข้ามฤดูมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2.4 ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ (seed vigor)

การตรวจสอบความงอกมาตรฐาน (standard germination) แม้ว่าจะเป็นวิธีการตรวจสอบที่ยอมรับและถือปฏิบัติกันทั่วไป แต่มีข้อจำกัดหลายประการที่การตรวจสอบความงอกมาตรฐานไม่สามารถบอกให้ทราบถึงคุณภาพที่แท้จริงของเมล็ดพันธุ์ทั้งหมดได้ เพราะการตรวจสอบความงอกมาตรฐานนั้น เป็นการตรวจสอบภายใต้สภาพปัจจัยที่เหมาะสมมากที่สุดต่อการงอก ผลการตรวจสอบความงอกจึงเป็นความสามารถสูงสุดที่เมล็ดพันธุ์จะงอกได้ แต่เมื่อนำเมล็ดพันธุ์ไปปลูกในแปลงปลูก ซึ่งมีสภาพแวดล้อมแปรปรวน เมล็ดพันธุ์เหล่านี้อาจมีเปอร์เซ็นต์ความงอกในแปลงปลูกต่ำกว่าความงอกมาตรฐานได้ ดังนั้นการตรวจสอบความแข็งแรงจึงถูกนำมาใช้เป็นวิธีการตรวจวัดหรือคาดคะเนคุณสมบัติต่าง ๆ ของเมล็ดพันธุ์ เพื่อใช้ประเมินความสามารถของเมล็ดพันธุ์ที่จะงอกในแปลงปลูก ตลอดจนความสามารถในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ (seed storability) (ธวัชชัย ทีฆชุณหเถียร, 2554)

เมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงสูงหมายถึง เมล็ดพันธุ์ที่สามารถให้เปอร์เซ็นต์ความงอกสูง ในสภาพแวดล้อมแปลงปลูกที่แปรปรวน นอกจากนี้ ยังงอกได้เร็ว ต้นอ่อนมีขนาดสม่ำเสมอ ตั้งตัวดีและเติบโตเร็ว มีผลทำให้ต้นพืชทนทานต่อสภาพแวดล้อม โรคและแมลง นำไปสู่การให้ผลผลิตสูง ในทางตรงข้ามถ้าเมล็ดพันธุ์มีความแข็งแรงต่ำมากจะทำให้ผลผลิตลดต่ำลงได้ [ธวัชชัย ทีฆชุณหเถียร, 2554; Association of Official Seed Analyst (AOSA), 1983; International Seed Testing Association (ISTA), 1995]

ในขณะที่เมล็ดพันธุ์ยังมีความงอกสูงอยู่ ความแข็งแรงอาจจะสูงหรือเริ่มลดต่ำลงแล้วก็ได้ เราจึงมีความจำเป็นต้องตรวจสอบหาความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์เพื่อหาศักยภาพในการงอกได้ดีในแปลงปลูก การวัดความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์คือ การวัดลักษณะและปริมาณของการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ก่อนเมล็ดพันธุ์ตาย วิธีการตรวจสอบความแข็งแรงมีมากมายหลายวิธีซึ่ง สมาคมนักวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดพันธุ์ [Association of Official Seed Analyst; AOSA (1983)] ได้แบ่งวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ ได้แก่

1. การตรวจสอบการเจริญเติบโต และการประเมินต้นอ่อน (seedling growth and evaluation test) หลักการของวิธีนี้คือ ประยุกต์วิธีการตรวจสอบความงอกมาตรฐานมาจำแนกระดับความแข็งแรงของต้นอ่อน ตัวอย่างของการเจริญเติบโตที่ใช้ประเมินความแข็งแรง เช่น การวัดความยาวยอด ราก และความยาวรวมของต้นอ่อน (shoot, root and total seedling length) การจำแนกความแข็งแรงของต้นอ่อน (seedling vigor classification) ความเร็วในการงอกหรือดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์ (germination index) การตรวจสอบอัตราการเจริญเติบโตของต้นอ่อน (seedling growth rate)

2. ตรวจสอบในสภาวะเครียด (stress test) เมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาได้ดีในสภาวะเครียดหรืองอกได้ดีในสภาพแปลงปลูกที่ไม่เหมาะสม แสดงว่าเป็นเมล็ดพันธุ์ที่แข็งแรงสูง ซึ่งอาจเป็นสภาพที่

ไม่เหมาะสมหรือสภาพเครียดในแปลงปลูกที่เมล็ดพันธุ์มักจะได้รับในขณะที่เมล็ดพันธุ์กำลังงอก เช่น ความชื้นดินสูงเกินไปจากฝนตกหนัก ความชื้นดินต่ำเกินไปจากฝนแล้ง อุณหภูมิสูง อุณหภูมิต่ำ ความแน่นของหน้าดิน เป็นต้น สภาพเครียดในขณะที่เก็บรักษาได้แก่ อุณหภูมิสูง และความชื้นสัมพันธ์สูง ฉะนั้นการตรวจสอบเมล็ดพันธุ์ในสภาวะเครียด จึงเป็นการตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ที่ดีวิธีหนึ่ง ตัวอย่างของวิธีนี้ ได้แก่ การเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ (accelerated aging test; AA test) การตรวจสอบในสภาพอากาศหนาว (cold test) การตรวจสอบในสภาพอากาศเย็น (cool germination test)

3. การตรวจสอบทางชีวเคมี (biochemical test) วิธีการตรวจสอบความแข็งแรงทางชีวเคมีอาศัย ลักษณะทางชีวเคมีที่มีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ เมล็ดพันธุ์ที่แข็งแรงต้องมีกระบวนการทางชีวเคมีที่ทำงานได้ดี การตรวจสอบโดยวิธีเหล่านี้มีข้อดีที่ใช้เวลาสั้น รู้ผลเร็ว แต่ต้องอาศัยเครื่องมืออุปกรณ์ที่เฉพาะและความรู้ความชำนาญของผู้ปฏิบัติ เช่น การย้อมเมล็ดพันธุ์โดยสารเตตระโซเลียม (tetrazolium test; TZ test) การตรวจสอบค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity test; EC test) การวัดประสิทธิภาพการทำงานของเอ็มไซม์และอัตราการหายใจ

จะเห็นได้ว่า การตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์มีหลายวิธี ซึ่งเหมาะกับชนิดพืชและสภาพการเพาะปลูกที่แตกต่างกันไป วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจสอบก็แตกต่างกันไปได้ จึงไม่มีวิธีการใดใช้เป็นวิธีการมาตรฐานได้สำหรับทุกพืช เช่น การตรวจสอบความแข็งแรงที่เหมาะกับเมล็ดพันธุ์ของพืชที่ใช้เพาะปลูกในบริเวณที่มีภูมิอากาศหนาวเย็น อาจจะใช้ไม่ได้กับเมล็ดพันธุ์พืชที่ปลูกในสภาพภูมิอากาศร้อนชื้น อีกตัวอย่างหนึ่งคือ สภาพการเร่งอายุที่มีความสัมพันธ์กับการเก็บรักษาในสภาพอากาศในเขตหนาว อาจใช้ตรวจสอบเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ในเขตร้อนชื้นได้ไม่แม่นยำเท่าที่ควร ดังนั้น การจะใช้วิธีการใดหรือสภาพใดตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ในแต่ละพื้นที่ปลูก จำเป็นต้องศึกษาเพื่อปรับเทคนิคให้เหมาะกับสภาพแวดล้อมของการเพาะปลูกและการเก็บรักษา การใช้วิธีการตรวจสอบหลาย ๆ วิธีร่วมกัน และเป็นวิธีที่มีผลการทดลองยืนยันแล้วว่าเป็นวิธีการที่เหมาะสมกับเมล็ดพันธุ์พืชชนิดนั้นและในสภาพเพาะปลูกนั้น ๆ จะให้ผลการประเมินโดยรวมที่มีประสิทธิภาพดีกว่า นอกจากนี้ผู้ปฏิบัติ สามารถปรับประยุกต์วิธีการ วัสดุอุปกรณ์ ให้เหมาะสมกับท้องถิ่นของตนเองได้ หรือพัฒนาวิธีการตรวจสอบใหม่ ๆ ขึ้นมาใช้ได้โดยไม่มีข้อจำกัดแต่อย่างใด อย่างไรก็ตามวิธีการที่ใช้ตรวจสอบจะต้องมีความสัมพันธ์อย่างเด่นชัดกับเปอร์เซ็นต์ความงอกในแปลงปลูก (field emergence test) (ธวัชชัย ทีฆชุณหเถียร, 2554; AOSA, 1983)

2.5 ปัญหาความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60

ปัจจุบันถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เป็นพันธุ์ที่ได้รับความนิยมสูงในประเทศไทยเนื่องจากเมล็ดมีขนาดใหญ่ ผลผลิตต่อไร่สูง และสามารถปรับตัวเข้ากับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี แต่ถั่ว

เหลืองพันธุ์นี้มีความแข็งแรงโดยพันธุกรรมต่ำกว่าพันธุ์อื่นวันชัย จันทร์ประเสริฐ (2533) ศึกษาความงอก ความแข็งแรงและความสามารถในการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง 18 สายพันธุ์ พบว่า พันธุ์เชียงใหม่ 60 อยู่ในกลุ่มที่มีความแข็งแรงต่ำที่สุด ในทำนองเดียวกัน วันชัย จันทร์ประเสริฐ และคณะ (2539) รายงานว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 และนว 1 เสื่อมความงอกในแปลงปลูกเร็วที่สุดและเร็วกว่าพันธุ์ สจ 1, สจ 2, สจ 4 และ สจ 5 นงเยาว์ รัตนพันธ์ (2538) รายงานว่า ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เสื่อมความงอกในโรงเก็บเร็วกว่าพันธุ์ สจ 4 เชิดชาย วังคำ (2542) สำรวจเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง 6 พันธุ์ ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอน (scanning electron microscopy) พบว่า ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 มีหลุมที่เยื่อหุ้มเมล็ดขนาดใหญ่และลึกและมีจำนวนหลุมต่อพื้นที่มากกว่าพันธุ์อื่น ซึ่งอาจจะเป็นลักษณะที่สัมพันธ์กับการเสื่อมความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ได้เร็ว โดยอาจทำให้เมล็ดพันธุ์ดูดซับความชื้นได้เร็วและเชื้อราเข้าทำลายเมล็ดในระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาได้มากขึ้น ซึ่งเป็นลักษณะเดียวกับที่พบในถั่วเหลืองพันธุ์ Williums ที่เป็นพ่อของพันธุ์เชียงใหม่ 60 นอกจากนี้ วันชัย จันทร์ประเสริฐ และคณะ (2543) ยังพบว่าในระหว่างเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง 40 สายพันธุ์ พันธุ์เชียงใหม่ 60 มีความแข็งแรงต่ำกว่าพันธุ์อื่น ๆ ไม่ว่าจะตรวจสอบด้วยวิธีการตรวจสอบความงอกในแปลงปลูก วิธีเร่งอายุ หรือวิธีวัดค่าการนำไฟฟ้าก็ตาม

2.6 วิธีตรวจสอบความแข็งแรงในเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

AOSA (1983) ได้แนะนำวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงสำหรับเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง 5 วิธี ได้แก่ วิธีการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ ที่ 41°ซ 64 ชม. วิธีวัดค่าการนำไฟฟ้า วิธีวัดอัตราการเจริญเติบโตของต้นอ่อน วิธีจำแนกความแข็งแรงของต้นอ่อน และวิธีย้อมด้วยเตตราโซเลียม

2.6.1 การตรวจสอบความแข็งแรงโดยวิธีเร่งอายุเมล็ดพันธุ์

วิธีตรวจสอบความแข็งแรงโดยวิธีเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ ได้ถูกพัฒนาขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1965 โดย Dr. James C. Delouche (AOSA, 1983) ต่อมา Delouche และ Baskin (1973) ได้ทำการศึกษาเพิ่มเติม และเสนอให้ใช้วิธีเร่งอายุเพื่อประเมินอายุการเก็บรักษาและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ของพืชหลายชนิด วิธีนี้กระทำโดยการนำเมล็ดพันธุ์ไปไว้ในสภาพที่จำลองสภาพความเครียดที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ได้แก่ อุณหภูมิสูง (40-45°ซ) ความชื้นสัมพัทธ์ 100% เป็นระยะเวลา 48-96 ชม. ขึ้นกับชนิดเมล็ดพันธุ์ แล้วจึงนำเมล็ดพันธุ์ไปตรวจสอบเปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐาน เมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงสูงจะยังคงมีเปอร์เซ็นต์ความงอกหลังเร่งอายุสูงหรือลดลงเพียงเล็กน้อย ในปัจจุบันการตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์โดยวิธีเร่งอายุได้รับความนิยมมาก เนื่องมาจากเป็นวิธีการที่ง่าย รวดเร็ว ประหยัด ไม่ต้องใช้อุปกรณ์และประสบการณ์พิเศษ และเป็นที่ยอมรับว่า สามารถใช้ประเมินอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์และความงอกในแปลงปลูกได้ดี (AOSA, 1983)

สมาคมตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์นานาชาติ [International Seed Testing Association (ISTA), 1995] และสมาคมนักวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดพันธุ์ [Assosiation of Official Seed Analyst (AOSA), 1983] ได้แนะนำให้ใช้วิธีเร่งอายุตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ ในเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี ข้าวฟ่าง ข้าวโพด ถั่วเหลือง ถั่วต่าง ๆ หอมหัวใหญ่ ผักกาดหัวและผักกาดหอม (ISTA, 1995; AOSA, 1983) ทั้งนี้ AOSA (1983) และ ISTA (1995) ได้แนะนำสภาพการเร่งอายุสำหรับเมล็ดพันธุ์พืชต่าง ๆไว้ปรากฏตามตารางที่ 2.1

ในขณะนี้ มีงานวิจัยจำนวนมากที่ยืนยันว่าวิธีการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์เป็นวิธีเหมาะสมสำหรับการตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ เช่น ถั่วเหลือง (นงเยาว์ รัตนพันธ์, 2538; เชิดชาย วังคำ, 2542; Torres et al., 2004) ข้าว (Chhetri, 2009; Ali et al., 2003; Krisnasamy and Seshu, 1990), ฝ้าย (Basra et al., 2003) แตงกวา แตงเทศ และมะเขือ (Demir et al., 2004) บีท (Silva et al., 2006) คะน้า (Komba et al., 2006) ผักกาดหัว (Jain et al., 2006)

อย่างไรก็ตาม มีงานวิจัยยืนยันว่าสภาพการเร่งอายุที่ระบุไว้ในคู่มือการตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์พืชชนิดต่าง ๆ ในระดับนานาชาติจะเป็นเพียงสภาพกว้าง ๆ (general recommendation)ไม่เฉพาะเจาะจงสำหรับพันธุ์ใดพันธุ์หนึ่ง ซึ่งอาจจะไม่แม่นยำสำหรับพันธุ์ใดพันธุ์หนึ่ง (specific recommendation)โดยเฉพาะอย่างยิ่งพันธุ์ที่พัฒนาในเขตร้อน โดย วัลลภ สันติประชา และคณะ (2536ก) กล่าวว่า การเร่งอายุเป็นวิธีการหนึ่งที่แนะนำให้ใช้วัดความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์โดย AOSA (1983) ที่พัฒนาวิธีการขึ้นเพื่อประเมินอายุในสภาพภูมิอากาศเขตหนาวซึ่งมีอัตราการเสื่อมช้ากว่าเขตร้อนชื้น จึงไม่สามารถใช้ได้ดีในเขตร้อนชื้น วัลลภ สันติประชา และคณะ (2536ก) ศึกษาศักยภาพการเก็บรักษาและการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดพันธุ์ นครสวรรค์ 1 และสุวรรณ 2 ในเขตร้อนชื้นโดยใช้อุณหภูมิ 3 ระดับคือ 42, 43 และ 44°ซ เป็นเวลา 48, 72, และ 92 ชม. ความชื้นสัมพัทธ์ 100% ทำการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในถุงกระดาษและถุงพลาสติก ที่ห้องเก็บไม่ปรับอากาศ และห้องปรับอากาศเป็นเวลา 12 เดือน พบว่าการเร่งอายุที่ 42°ซ 96 ชม.ไม่สามารถประเมินอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดพันธุ์ในเขตร้อนชื้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนการเร่งอายุที่ 44°ซ นาน 96 ชม.ทำให้เมล็ดพันธุ์มีคุณภาพที่มีความสัมพันธ์ที่ดีกว่ากับการเก็บรักษาในเขตร้อนชื้น

นอกจากนี้ วัลลภ สันติประชา และคณะ (2536ข) ได้เร่งอายุเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวเพื่อประเมินอายุการเก็บรักษาในเขตร้อนชื้น โดยใช้ถั่วเขียวพันธุ์ มอ 1, อู่ทอง 1 และกำแพงแสน 1 ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 100% อุณหภูมิ 43, 45 และ 47°ซ ระยะเวลา 48, 72 และ 96 ชม. พบว่า เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวเสื่อมความงอกตามอุณหภูมิและระยะเวลาการเร่งอายุที่เพิ่มขึ้น แต่การเร่งอายุสามารถทำให้เมล็ดแข็งหมดไป เมล็ดแข็งช่วยชะลอการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ ทั้งในรูปความงอกและความแข็งแรง การเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวพันธุ์ มอ 1, อู่ทอง 1 และกำแพงแสน 1 เพื่อประเมินอายุการเก็บรักษาในเขตร้อนชื้น นานประมาณ 1 ปี คือสภาพการเร่งอายุที่อุณหภูมิ 43°ซ ระยะเวลา 96 ชม.

ซึ่งแตกต่างจากที่ ISTA (1995) แนะนำสภาพการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวไว้ที่ 45°ซ ระยะเวลา 96 ชม.

Table 2.1 AOSA (1983) and ISTA (1995) common recommendations for conditions of accelerated aging test for vigor test in several crop seeds.

Crops	AOSA (1983)		ISTA (1995)	
	Temp (°C)	Hour	Temp (°C)	Hour
Tall Fescue	40	72	41	72
Lettuce	40	72	41	72
Garden bean	42	72	41	72
Bean and Onion	42	72	41	72
Corn	42	96	45	72
Sweet corn	-	-	41	72
Sorghum	45	72	43	72
Wheat	45	48	41	72
Radish	45	48	45	48
Soybean	41	64	41	72
Onion	42	72	41	72
Tomato	-	-	41	72
Mungbean	-	-	45	96
French bean	-	-	45	48
Pepper	-	-	41	72
Cotton	-	-	45	72
Water melon	45	72	45	144

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ชวนพิศ อรุณรังสี (2529) พบว่า การเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ไทยซุปเปอร์สวีท คอมโพสิต เบอร์ 1 ดีเอ็มอาร์ ที่เหมาะสมคือ ที่อุณหภูมิ 43°ซ ระยะเวลา 48 ชม. ความชื้นสัมพัทธ์ 98-100% เป็นสภาพที่เหมือนกับการเก็บรักษาในภาชนะเปิด ภายในห้องเก็บไม่ปรับอากาศ นาน 6-7 เดือน วราภรณ์ สิงหบำรุง และ สุนันทา จันทกูล (2547) ศึกษาวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน 12 สายพันธุ์ พบว่า การเร่งอายุที่อุณหภูมิ 43°ซ ระยะเวลา 72 ชม.ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูกสูงที่สุด วัลลภ สันติประชา และคณะ (2533) ได้ตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดถั่วฝักยาวพันธุ์เมล็ดขาว และพันธุ์เจียไต๋ ที่ผลิตในภาคใต้ พบว่า การเร่งอายุถั่วฝักยาวทั้งสองพันธุ์ที่อุณหภูมิ 42°ซ เป็นเวลา 48 ชม. ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 100% ทำให้มีคุณภาพสัมพันธ์กับเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาในถุงพลาสติก ห้องเก็บไม่ปรับอากาศของภาคใต้ที่ร้อนชื้นนาน 12 เดือน นอกจากนี้ วัลลภ สันติประชา และ ขวัญจิตร สันติประชา (2541) เสนอว่า การเร่งอายุเพื่อประเมินการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในเขตร้อนชื้นของข้าว ข้าวโพด ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วฝักยาว ถั่วลิสง ต้องใช้อุณหภูมิสูงกว่า หรือระยะเวลานานกว่าการประเมินในเขตหนาว มิฉะนั้นจะทำให้ได้ความงอกหลังเร่งอายุสูงกว่าการเสื่อมในระหว่างการเก็บรักษาจริง และหากเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุมีความงอกต่ำกว่า 75% ต้องรีบนำไปเพาะปลูก ไม่ควรนำไปเก็บรักษาไว้ต่อไป นอกจากนี้ยังทำให้ผลผลิตลดลงอีกด้วย

AOSA (1983) แนะนำให้ตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองโดยวิธีการเร่งอายุที่อุณหภูมิ 41°ซ ระยะเวลา 64 ชม. ซึ่งแตกต่างจาก ISTA (1995) ที่แนะนำสภาพเร่งอายุของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองไว้ที่อุณหภูมิ 41°ซ ระยะเวลา 72 ชม.

Torres และคณะ (2004) ศึกษาความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองโดยวิธีการต่าง ๆ 3 ปี พบว่า การตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์โดยวิธีการเร่งอายุสามารถใช้พยากรณ์ความงอกในแปลงปลูกของถั่วเหลืองได้ ซึ่งสอดคล้องกับ นงเยาว์ รัตนพันธ์ (2538) ที่รายงานว่า การเร่งอายุที่อุณหภูมิ 41°ซ นาน 64 ชม. ที่กำหนดโดย AOSA (1983) สามารถใช้ประเมินอายุการเก็บรักษาและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในเขตร้อนชื้นได้ แต่ก็ยังเป็นสภาพที่กว้าง ๆ อาจจะไม่เหมาะสมกับถั่วเหลืองพันธุ์ไทย วันชัย จันทร์ประเสริฐ (2533) พบว่า การเร่งอายุที่ 42°ซ 48 ชม. เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองมีความสัมพันธ์กับความงอกมาตรฐาน (r = 0.700**) ความงอกหลังเก็บรักษา 3 เดือน ในถุงพลาสติกที่สภาพไม่ปรับอากาศ (r = 0.685**) และความงอกในแปลงปลูก (r = 0.477**) Tomes และคณะ (1988) ศึกษาสภาพการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่อุณหภูมิต่าง ๆ โดยละเอียด พบว่า การเร่งอายุที่อุณหภูมิ 37-39°ซ ความงอกจะลดลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ในขณะที่อุณหภูมิ 43°ซ จะทำให้เมล็ดพันธุ์ทั้งหมดตายโดยเฉพาะเมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงต่ำ และสรุปว่าที่อุณหภูมิ 41°ซ เป็นอุณหภูมิสูงสุดที่สามารถใช้ได้ (threshold sensitivity) โดยความงอกจะเริ่มลดลงหลังเร่งอายุไปแล้ว 48 ชม. และจะลดลงอย่างรวดเร็วที่ 96 ชม. ความชื้นสัมพันธ์ในตู้เร่งอายุจะเพิ่มขึ้นถึงระดับ 90

และ 95% ในชั่วโมงที่ 24 และ 72 หลังเร่งอายุ ตามลำดับ ในขณะที่เมล็ดพันธุ์มีความชื้นเริ่มต้น 8.0, 10.5 และ 13.5% แต่ความชื้นของเมล็ดพันธุ์เมื่อสิ้นสุดการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ที่ 72 ชม. (31-34%) ในที่สุด Tomes และคณะ (1988) แนะนำสภาพการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ 41°ซ นาน 72 ชม. Egli และ Tekrony (1995) รายงานว่า เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีความงอกหลังเร่งอายุที่ 41°ซ นาน 72 ชม. สูงกว่า 80% เท่านั้น จึงจะมีความสัมพันธ์สูงกับความงอกในแปลงปลูก

สุชาดา ยุติวงษ์ (2538) ประเมินความแข็งแรง การเจริญเติบโต และผลผลิตของถั่วเหลืองพันธุ์ นว 1 เชียงใหม่ 60 และ สท 1 จากเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุที่ 41°ซ เป็นเวลา 18, 36, 54 และ 72 ชม. พบว่า เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ทุกระยะการเร่งอายุและเก็บไว้ภายใต้อุณหภูมิไม่ปรับอากาศ มีเปอร์เซ็นต์ความงอกที่เพาะในห้องปฏิบัติการสูงกว่าในสภาพแปลง ซึ่งเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุ 36 และ 54 ชม. จะมีเปอร์เซ็นต์ความงอกในสภาพแปลงเท่ากับผ่านการเก็บรักษามาประมาณ 1 เดือน ส่วนเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุ 72 ชม. พันธุ์เชียงใหม่ 60 และสท 1 จะเท่ากับผ่านการเก็บรักษานานประมาณ 2 เดือน หรือ 3 เดือนในพันธุ์ นว 1 ในขณะที่เปอร์เซ็นต์ความงอกหลังเร่งอายุที่ 18, 36 และ 54 ชม. ใกล้เคียงกับเมล็ดใหม่ ยกเว้นพันธุ์ นว 1 การเร่งอายุที่ 54 ชม. เท่ากับการเก็บรักษาประมาณ 1 เดือน

2.6.2 การตรวจสอบค่าการนำไฟฟ้าเมล็ดพันธุ์

วันชัย จันทร์ประเสริฐ (2537) อธิบายไว้ว่า โครงสร้างของเมมเบรนในสภาพปกติ มีลักษณะเป็นไลปิด ไบเลเยอร์ (lipid bilayer) ประกอบด้วยโปรตีน และฟอสโฟไลปิด เป็นส่วนใหญ่ ฟอสโฟไลปิดแต่ละโมเลกุลเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบ โดยด้านที่มีขั้วประจุ (polar) หันเข้าหาน้ำ อีกด้านหนึ่งจะหันหนีน้ำ และสันนิษฐานว่า ในสภาพที่เมล็ดแห้งมีความชื้นต่ำกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง เมมเบรนจะเรียงตัวกันอย่างไม่เป็นระเบียบแต่เมื่อมีการดูดซับน้ำเกิดขึ้น เมมเบรนของอวัยวะภายในเซลล์ก็จะมีการจัดเรียงตัวเพื่อให้เข้าสู่สภาพปกติ (reorganization) เป็นไลปิด ไบเลเยอร์ อีกครั้งหนึ่ง ในระยะแรกของกระดูดซับน้ำ เมล็ดพันธุ์จะดูดซับน้ำอย่างรวดเร็ว และขณะที่การจัดเรียงตัวของเมมเบรนยังไม่สมบูรณ์นั้น จึงมีการรั่วไหลของสารต่าง ๆ หรืออิเล็คโทรไลท์ (electrolytes) จากภายในเซลล์ออกสู่ภายนอกเซลล์

จวงจันทร์ ดวงพัตรา (2529) กล่าวว่า การตรวจสอบความแข็งแรงโดยการวัดค่าการนำไฟฟ้า เป็นการวัดปริมาณสารที่รั่วไหลออกมาจากเมล็ดพันธุ์ใน 24 ชั่วโมงแรก ของการดูดซับน้ำ เมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงต่ำหรือเมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมคุณภาพ เมมเบรนจะสูญเสียสภาพการกักเก็บสารต่าง ๆ มากกว่าเมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงสูง มีผลทำให้สารต่าง ๆ เช่น กรดอะมิโน น้ำตาล และสารอินทรีย์อื่น ๆ รั่วไหลออกมานอกเมล็ด ฉะนั้นน้ำที่ผ่านการแช่เมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมคุณภาพหรือเมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงต่ำจึงมีค่าการนำไฟฟ้าสูง การที่เมมเบรนของเซลล์ เสียสภาพการกักเก็บสารต่าง ๆ นี้ ทำให้ไม่สามารถกักเก็บสารต่างๆที่อยู่ภายในเมล็ดได้

ISTA (1995) รายงานว่า ได้มีการพัฒนาวิธีวัดค่าการนำไฟฟ้าเพื่อใช้ทำนายความงอกในแปลงปลูกโดยเฉพาะอย่างยิ่ง เป็นวิธีที่ใช้เป็นประจำ (routine method) ในการประเมินความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วลันเตา นอกจากนี้ ISTA (1995) ยังรายงานผลการศึกษาที่ยืนยันว่า วิธีการวัดค่าการนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูกของเมล็ดพันธุ์พืชหลายชนิด เช่น ถั่วเหลือง ถั่วเขียว field bean French bean หอมหัวใหญ่ กะหล่ำปลี ฝ้าย มะเขือเทศ ข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าวโพดหวาน หญ้าอาหารสัตว์อีกหลายชนิด

Matthews และ Powell (1981) รายงานการกำหนดค่าการนำไฟฟ้ามาตรฐานสำหรับประเมินความสามารถในการงอกในแปลงปลูกของเมล็ดพันธุ์ถั่วลันเตาไว้ดังนี้

24 $\mu S\ cm^{-1}g^{-1}$ หรือต่ำกว่า	สามารถงอกได้ดีในสภาพแปลงปลูกที่แปรปรวน
25-29 $\mu S\ cm^{-1}g^{-1}$	มีความเสี่ยงที่จะงอกได้ในสภาพแปลงปลูกที่แปรปรวน
30-43 $\mu S\ cm^{-1}g^{-1}$	ไม่สามารถงอกได้ในสภาวะแปลงปลูกที่แปรปรวน
44 $\mu S\ cm^{-1}g^{-1}$ หรือสูงกว่า	ไม่เหมาะสมที่จะนำมาเพาะปลูก

Kolasinska และคณะ (2000) ศึกษาวิธีตรวจสอบความแข็งแรงที่มีความสัมพันธ์กับการงอกในสภาพอากาศเย็นจัดที่อุณหภูมิต่ำกว่า 9°ซ ของ common bean 39 สายพันธุ์ พบว่า วิธีวัดค่าการนำไฟฟ้าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงและดีกว่าวิธีการตรวจสอบในสภาพอากาศเย็น วิธีเตตราโซเลียม วิธีอัตราความเร็วในการงอก เปอร์เซ็นต์ความงอกจากการนับครั้งแรก และเปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐาน นอกจากนี้ ยังมีงานวิจัยที่ระบุว่า วิธีวัดค่าการนำไฟฟ้าสามารถใช้ได้ดีกับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดและถั่วเหลือง (AOSA, 1983; หนึ่งฤทัย ศรีธรราษฎร์, 2546) ถั่วลันเตา (AOSA, 1983; ISTA, 1995) กะหล่ำปลี (Taylor et al., 1995) และ ข้าว (Chea, 2006)

Taylor และคณะ (1995) ศึกษาปริมาณและชนิดของกรดอมิโนที่รั่วไหลออกจากเมล็ดพันธุ์ผักที่เสื่อมคุณภาพพบว่า ในเมล็ดที่เสื่อมความงอกและเมล็ดตาย เมล็ดพันธุ์ หอมหัวใหญ่ กะหล่ำปลี และกระเทียมต้น มีปริมาณกรดอะมิโนรั่วไหลออกจากเมล็ดพันธุ์เพิ่มมากขึ้น โดยมีกรดอะมิโนถึง 20 ชนิดที่รั่วไหลออกจากเมล็ดพันธุ์ดังกล่าว ในขณะที่เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศและพริก มีกรดอะมิโนรั่วไหลจากเมล็ดน้อยมาก

บุญมี ศิริ และคณะ (2544) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพแทสเซียมและแคลเซียมที่รั่วซึมออกจากเมล็ดกับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงพันธุ์ไทนาน 9 พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมและแคลเซียมที่รั่วไหลออกจากเมล็ดเพิ่มมากขึ้นเมื่อเมล็ดเสื่อมคุณภาพ ในทำนองเดียวกัน ปรียา แก้วนารี และคณะ (2550) รายงานว่า สารละลายรั่วไหลออกจากเมล็ดพันธุ์พริกหวานเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ตามอัตราการเสื่อมคุณภาพ และพบปริมาณการรั่วไหลของ K^+ และ Na^+ เพิ่มขึ้นตามอัตราการเสื่อมคุณภาพ แต่การรั่วไหลของ Ca^{2+} จะมีปริมาณเท่าเดิมในเมล็ดที่เสื่อมและไม่เสื่อมคุณภาพ

สำหรับเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ได้มีรายงานว่า วิธีวัดค่าการนำไฟฟ้าสามารถใช้ประเมินคุณภาพเมล็ดพันธุ์ได้ผลดีเป็นที่น่าพอใจ (วันชัย จันทร์ประเสริฐ, 2539; หนึ่งฤทัย ศรีธรรราษฎร์, 2546; AOSA, 1983; Loeffer et al., 1988; Vieira et al., 1999a, 1999b;) ทั้งนี้ ในสหรัฐอเมริกา AOSA (1983) ได้กำหนดค่ามาตรฐานกลางของค่าการนำไฟฟ้าสูงสุดของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีความแข็งแรงต่ำไม่สามารถใช้เพาะปลูกได้ไว้ที่ 150 μS $cm^{-1}g^{-1}$ หนึ่งฤทัย ศรีธรรราษฎร์ (2546) รายงานว่า ค่าการนำไฟฟ้าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น ในขณะที่เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเสื่อมคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา และมีความสัมพันธ์แบบเส้นตรงกับค่าความงอกมาตรฐาน ค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ เชียงใหม่ 60 และ นว 1 มีความสัมพันธ์เป็นแบบเส้นตรงกับเปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐาน จากสมการดังกล่าว เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองทั้งสองพันธุ์ที่มีความงอกมาตรฐานไม่ต่ำกว่า 80% มีค่าการนำไฟฟ้าตามวิธี AOSA (1983) ไม่สูงกว่า 70 และ 100 μS $cm^{-1}g^{-1}$ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามหากใช้วิธีวัดค่าการนำไฟฟ้าตามวิธี ISTA (1995) เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 1 เชียงใหม่ 2 เชียงใหม่ 60 และ นว 1 ที่มีความงอกมาตรฐานไม่ต่ำกว่า 80% จะมีค่าการนำไฟฟ้าไม่สูงกว่า 20, 22, 26, และ 20 μS $cm^{-1}g^{-1}$ ตามลำดับ จากการทดลองของ Vieira และคณะ (2004) พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองจำนวน 22 ตัวอย่าง มีความสัมพันธ์โดยตรงกับความงอกในแปลงปลูกจริง และความงอกในห้องปฏิบัติการในสภาพความชื้นของดินที่ระดับ -0.03, -0.20 และ -0.40 Mpa และสามารถกำหนดค่ามาตรฐานการนำไฟฟ้าของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีความแข็งแรงสูงไว้ที่ > 90 μS $cm^{-1}g^{-1}$ ซึ่งสามารถงอกได้ดีในดินที่มีสภาพเครียดจากความชื้นในระดับดังกล่าว และที่ระดับ > 110 μS $cm^{-1}g^{-1}$ สำหรับแปลงปลูกที่มีสภาพเหมาะสม

เชิดชาย วังคำ (2542) ทำการทดลองกับถั่วเหลือง 40 สายพันธุ์พบความสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐานกับวิธีวัดค่าการนำไฟฟ้า ($r = -0.612^{**}$) และขณะเดียวกันวิธีเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ที่ 41°ซ 64 ชม. มีความสัมพันธ์กับค่าความงอกในแปลงปลูก ($r = 0.681^{**}$) อย่างไรก็ตาม Panobianco และ Vieira (1996) พบว่า ระดับค่าการนำไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับระดับความแข็งแรงจะเฉพาะเจาะจงไปตามสายพันธุ์ถั่วเหลือง ในทำนองเดียวกัน หนึ่งฤทัย ศรีธรรราษฎร์ (2546) รายงานว่า สมการทำนายความงอกมาตรฐานจากค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง แต่ละพันธุ์มีความแม่นยำกว่าสมการที่ใช้สำหรับถั่วเหลืองรวมพันธุ์ Kuo (1989) ศึกษาพบว่า เมล็ดถั่วเหลืองต่างพันธุ์กันมีอัตราการดูดซับน้ำต่างกัน สายพันธุ์ที่เมล็ดมีอัตราการดูดซับน้ำช้ามีอัตราการรั่วไหลของสารละลายออกจากเมล็ดได้ช้ากว่าสายพันธุ์ ที่ดูดซับน้ำเร็ว และในทำนองเดียวกันเมล็ดที่ดูดซับน้ำช้าก็จะดูดซับไอน้ำจากอากาศได้ช้ากว่าสายพันธุ์ที่ดูดซับน้ำเร็ว อย่างไรก็ตาม เมล็ดทั้ง 2 ประเภทนี้มีอัตราการคายความชื้นจากเมล็ดสู่บรรยากาศไม่แตกต่างกัน และสรุปว่า ลักษณะที่เมล็ดดูดซับน้ำได้ช้าน่าจะส่งเสริมให้การผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองมีคุณภาพสูงขึ้นได้

2.6.3 การตรวจสอบความแข็งแรงโดยวิธีอื่น

วสุ อมฤตสุทธิ์ (2547) ใช้เทคนิคการงอกของเมล็ดย้อมพัฒนารูปแบบการติดสีมาตรฐานของเตตราโซเลียมของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเพื่อใช้ตรวจสอบความงอก และความแข็งแรง และรายงานว่า ค่าความแข็งแรงที่ได้จากวิธีนี้ มีความสัมพันธ์สูงกับความงอกในแปลงปลูก (r = 0.994**) และค่าความแข็งแรงจากวิธีเร่งอายุ (r = 0.985**) โดยที่ค่าความแข็งแรงที่ประเมินโดยวิธีเตตรา โซเลียมมีค่าไม่แตกต่างทางสถิติกับความงอกในแปลงปลูก TeKrony และ Egli (1977) รายงานว่าเปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐานของการนับครั้งแรก (first count) สามารถใช้ทำนายความงอกในแปลงปลูกของถั่วเหลืองได้

2.7 การสุกแก่ทางสรีรวิทยา (physiological maturity; PM)

การสุกแก่ทางสรีรวิทยาคือ ระยะที่เมล็ดพันธุ์พัฒนาถึงจุดที่มีการสะสมน้ำหนักแห้งสูงที่สุด จึงทำให้เมล็ดพันธุ์ที่เจริญถึงระยะนี้จะให้ผลผลิตสูงที่สุด หลังจากระยะนี้ จะไม่มีการเพิ่มน้ำหนักแห้งของเมล็ดพันธุ์อีก ในทางตรงข้ามน้ำหนักแห้งของเมล็ดสามารถลดลงได้เล็กน้อยจากการเสื่อมจากการหายใจของเมล็ด การเข้าทำลายของโรคและแมลง ที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา ยังเป็นระยะที่เมล็ดพันธุ์มีความแข็งแรงสูงสุด แต่เมล็ดพันธุ์จะยังมีความชื้นในระดับสูงที่ไม่เหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยว สำหรับการสุกแก่ทางการเก็บเกี่ยว (harvest maturity; HM) คือระยะที่ความชื้นในเมล็ดพันธุ์เหมาะสมกับการเก็บเกี่ยวและเมล็ดพันธุ์ยังไม่เกิดการร่วงหล่น (shattering) สภาพอากาศที่ไม่เหมาะสมของแปลงปลูกหลังระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาจนถึงก่อนเก็บเกี่ยวจึงมีผลต่อการลดลงของความงอก ความแข็งแรง และการเข้าทำลายของเชื้อราของเมล็ดพันธุ์ การเสื่อมของคุณภาพเมล็ดพันธุ์ก่อนเก็บเกี่ยวเนื่องจากสภาพอากาศนี้ เรียกว่า field weathering ในทางปฏิบัตินักวิจัย จะศึกษาหาลักษณะทางกายภาพที่ปรากฏขึ้น ในระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา และที่ระยะการสุกแก่ทางการเก็บเกี่ยว เพื่อใช้จัดการการเก็บเกี่ยวและรักษาผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ (ธวัชชัย ทีฆชุณหเถียร, 2538)

Crookston และ Hill (1978) ศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของฝักเดี่ยว เมล็ดเดี่ยว และใบในทรงพุ่ม ที่เกิดขึ้นในระยะการสุกแก่ทางสรีรวิทยาในเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง 6 พันธุ์ ที่มีสีเปลือกหุ้มเมล็ดต่างกันพบว่า ลักษณะทางกายภาพที่มีความเสถียรในการใช้ระบุการสุกแก่ทางสรีรวิทยาของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง แม้จะปลูกต่างปี และต่างพันธุ์กันคือ การสูญเสียสีเขียวจาก ฝักแก่ไปทั้งหมดและการเริ่มหดตัวของเมล็ด ที่ระยะนี้เมล็ดพันธุ์มีความชื้น 55-62% และความชื้นในเมล็ดจะลดลงอย่างรวดเร็ว ที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาเปลือกหุ้มเมล็ดจะมีสีเขียวซีดและใช้เวลา 8-16 วัน หลังสุกแก่ทางสรีรวิทยาที่จะเกิดสีของเมล็ดแก่ การเปลี่ยนลักษณะทางกายภาพอื่น ๆ ของเมล็ดไม่สามารถบ่งชี้การสุกแก่ทางสรีรวิทยาได้ สำหรับการเปลี่ยนสีของใบแรก

ในทรงพุ่มเป็นสีเหลืองเกิดขึ้น 4-12 วันก่อนระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา และใช้เวลา 20-24 วัน ที่ทุกใบในต้นจะกลายเป็นสีเหลือง

เนื่องจากฝักถั่วเหลืองเป็นพืชที่ทยอยออกดอก และติดฝัก เมล็ดในต้นเดียวกันจึงสุกแก่ไม่พร้อมกัน จึงมีการศึกษาการสุกแก่ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองรวมทั้งต้น TeKrony และคณะ (1979) พบว่า เมื่อร้อยละ 35 ของฝักในต้นเปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือน้ำตาลแล้วน้ำหนักแห้งของเมล็ดในต้นนั้นจะสูงสุด และไม่เพิ่มขึ้นอีก Gbikpi และ Crookston (1981) รายงานเพิ่มเติมว่า เมื่อทุกฝักบนต้นถั่วเหลืองเข้าสู่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาและระยะที่ทุกฝักเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (visual maturity) แล้วความชื้นของเมล็ดเฉลี่ยจะอยู่ที่ 44 และ 32% ตามลำดับ เมื่อทุกฝักเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลแล้วและเมล็ดมีความชื้น 13-14% จึงจะเป็นระยะสุกแก่ทางการเก็บเกี่ยว (harvest maturity) ตั้งแต่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาถึงระยะที่ฝักทั้งหมดเป็นสีน้ำตาลจะใช้เวลา 6-9 วัน และใช้เวลาอีก 6-9 วัน จึงจะเข้าสู่ระยะสุกแก่ทางการเก็บเกี่ยว ขึ้นกับพันธุ์ถั่วเหลือง อย่างไรก็ตาม จากระยะที่ฝักแรกในต้นเข้าสู่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา (R7) จนถึงที่ทุกฝักถึงระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละพันธุ์และแต่ละปีจึงทำให้ไม่สามารถใช้ประมาณการการสุกแก่ทางสรีรวิทยาและทางการเก็บเกี่ยวได้อย่างแม่นยำ แต่ชี้ให้เห็นว่าเมล็ดพันธุ์ใกล้ระยะการสุกแก่ทางสรีรวิทยาแล้ว โดยใช้เวลาอีกไม่เกิน 9 วัน จึงสามารถใช้ร่วมกับลักษณะการสูญเสียสีเขียวของฝักได้

คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง จะขึ้นกับสภาพอากาศของแปลงปลูกในช่วงการพัฒนาการสุกแก่และก่อนการเก็บเกี่ยว TeKrony และคณะ (1980) ศึกษาการเสื่อมคุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวล่าช้าในถั่วเหลืองพันธุ์ Cutler 71 และ Kent ทำการศึกษาเป็นเวลา 3 และ 2 ปี ติดต่อกันตามลำดับพบว่า ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาอยู่ที่ 52-57% ในแต่ละปีระยะสุกแก่ทางการเก็บเกี่ยวห่างจากระยะสรีรวิทยาแตกต่างกันไประหว่าง 10-20 วัน ขึ้นกับอัตราการระเหยของน้ำในแต่ละปี ความงอกและความแข็งแรง (โดยวิธีเร่งอายุเมล็ดพันธุ์) ของเมล็ดพันธุ์อยู่ในระดับสูงที่สุด (สูงกว่า 80%) ที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์จะเริ่มลดลงเมื่อเก็บเกี่ยวล่าช้าไป 4-39 วัน ในขณะที่การลดลงของความงอกจะยังไม่ปรากฏ เมื่อเก็บเกี่ยวล่าช้าไป 1-2 เดือน ทั้งนี้มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ ความชื้นสัมพันธ์ และปริมาณฝน และความแข็งแรงจะลดลงสู่ระดับต่ำกว่า 50% เมื่อเก็บเกี่ยวล่าช้า 1 เดือน จึงชี้ให้เห็นว่า ต้องจัดเวลาปลูกให้เก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองได้ในระยะเวลาที่สภาพอากาศเหมาะสม และต้องเก็บเกี่ยวตรงเวลาและควรตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์หลังการเก็บเกี่ยว

สำหรับถั่วเหลืองพันธุ์ไทยนั้น อารมย์ ศรีพิจิตต์ (2537) ได้ศึกษาในพันธุ์เชียงใหม่ 60 พบว่าเมื่อน้ำหนักแห้งของเมล็ดสูงสุดเป็นครั้งแรก ฝักและเมล็ดยังมีสีเขียวอยู่บ้าง แต่มีสีเหลืองสมบูรณ์ในอีก 6 วันต่อมา เมล็ดเริ่มหดตัวจากผนังฝัก และเมล็ดพันธุ์มีความชื้นที่ 60% ซึ่งถือว่าเป็นระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ถึงแม้ว่าในการทดลองนี้ สภาพแวดล้อมก่อนเก็บเกี่ยวของ

แปลงปลูกมีความแปรปรวนน้อยก็ตาม แต่ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 มีความงอก และความแข็งแรงลดลงอย่างเห็นได้ชัด อารมย์ ศรีพิจิตต์ (2544) พบว่า หากเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ สจ 5 ที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาแล้วลดความชื้น โดยผึ่งในร่มสามารถรักษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์ไว้ได้ เนื่องจากสามารถหลีกเลี่ยงการเสื่อมคุณภาพเนื่องจากสภาพอากาศไม่เหมาะสมได้

ปรีชา วาจาสัตย์ (2545) รายงานว่า ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ สจ 5 เชียงใหม่ 60 และนครสวรรค์ 1 มีความชื้นที่ 49.89, 55.05 และ 55.21% ตามลำดับ อัตราความเร็วในการลดลงของความชื้นหลังระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา ขึ้นกับสภาพอากาศเป็นสำคัญ ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์อยู่ในระดับสูง ที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา สภาพอากาศร้อนและฝนตกในระยะหลังสุกแก่ทางสรีรวิทยาเพียง 9 วัน มีผลทำให้ความงอกและความแข็งแรงลดลงสู่ระดับที่ไม่สามารถใช้ทำพันธุ์ได้ เนื่องมาจากระยะที่รอให้ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ลดลง และเหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยว สภาพแวดล้อมในแปลงปลูกก่อนเก็บเกี่ยวจะมีผลต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ สภาพอากาศร้อนสลับกับฝนตกบ่อยทำให้เมล็ดเหี่ยวย่น และเกิดรอยร้าวขึ้นจนทำให้ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ลดลง (อารมย์ ศรีพิจิตต์, 2544) และเชื้อราเข้าทำลายเมล็ดเพิ่มมากขึ้น (Franca et al., 1994)

TeKrony และคณะ (1980) รายงานว่า การเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองล่าช้าหลังระยะสุกแก่ทางสรีระวิทยา แม้เปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ไม่แตกต่างกันกับเมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา แต่ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ลดลงอย่างรวดเร็วภายใน 4-39 วัน หลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งสอดคล้องกับที่ Andrews (1982) รายงานว่า ในช่วงก่อนหรือระยะเก็บเกี่ยวหากมีฝน หมอก หรือน้ำค้าง ซึ่งเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิสูง เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เก็บเกี่ยวได้จะมีคุณภาพต่ำกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ก่อนการเก็บเกี่ยวมีความชื้นสัมพันธ์และอุณหภูมิต่ำ

จิรากร โกศัยเสวี (2526) ศึกษาในกรณีที่เก็บเกี่ยวฝักถั่วเหลืองทั้งต้นพร้อมกัน พบว่า ระยะเก็บเกี่ยวที่ให้ความงอกและความแข็งแรงสูงที่สุดของพันธุ์ Cutler, Davis, Hardee, Improved pelican และ สจ 2 คือ 52, 53, 56, 58 และ 59 วันหลังดอกบาน ตามลำดับ และเมล็ดพันธุ์มีความชื้นเฉลี่ย 15.72, 14.42, 17.79, 12.88 และ 12.94% ตามลำดับ การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองจะดีที่สุดเมื่อเก็บเกี่ยวเมล็ดที่ระยะสุกแก่ทางการเก็บเกี่ยว ตากแดดและนวดด้วยมือ คลุกยาแคปแทน (captan) อัตรา 100-150 กรัม ต่อเมล็ดพันธุ์ 1 กก. บรรจุในถุงพลาสติกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60%

อรรณพ กสิวิวัฒน์ (2532) ศึกษาผลของวันปลูกถั่วเหลืองพันธุ์ สจ 5 ต่อผลผลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ที่จังหวัดเชียงใหม่พบว่า การปลูก วันที่ 20 และ 30 ธันวาคม 2529 และ 10 มกราคม 2530 ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของทุกวันปลูกที่เก็บเกี่ยว ที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา และระยะสุกแก่ทางการเก็บเกี่ยวไม่แตกต่างกันทางสถิติ การปลูกล่าช้าแต่มีการจัดการ

น้ำที่ดี และอุณหภูมิสูงทำให้การเติบโตทางลำต้นสูงกว่าการปลูกต้นฤดู การปลูกล่าในวันที่ 10 มกราคม 2530 ให้เมล็ดพันธุ์ที่มีความงอกต่ำกว่าวันปลูกเร็ว 7% การเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา และสุกแก่ทางการเก็บเกี่ยว มีเปอร์เซ็นต์ความงอกแตกต่างกันเพียง 4 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม ตลอดช่วงระยะเวลา 4 เดือนที่เก็บรักษา เมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวในระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยามีความงอกและความแข็งแรงสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวในระยะสุกแก่ทางการเก็บเกี่ยว

2.8 ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่สัมพันธ์กับคุณภาพ

ถั่วเหลืองต่างพันธุ์กันปลูกในสภาพแวดล้อมเดียวกัน ได้รับการดูแลรักษาเหมือนกัน สามารถให้เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพต่างกันได้ ทั้งนี้ เนื่องจากในขณะที่เมล็ดพันธุ์กำลังพัฒนา และสุกแก่ เมล็ดถั่วเหลืองต่างพันธุ์มีความทนทานต่อสภาพอากาศที่ไม่เหมาะสมต่างกัน และมีคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ที่ระยะเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน หรือพันธุกรรมมีผลอย่างยิ่งต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ระยะเก็บเกี่ยวมีความสัมพันธ์กับลักษณะทางกายภาพของเมล็ดพันธุ์ ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานให้นักปรับปรุงพันธุ์ใช้ในการพิจารณาคัดเลือกพันธุ์ที่มีคุณภาพเมล็ดพันธุ์ดี และมีอายุการเก็บรักษายาวนาน ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีผู้ศึกษาได้แก่ ขนาด ความหนาแน่น รูปร่างกลมหรือรี สีและความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ด ลักษณะและขนาดของหลุมเล็ก ๆ บนเปลือกหุ้มเมล็ด ขนาดแกนต้นอ่อน ขนาดรูของไมโครไพล์ (micropyle) เป็นต้น

Edwards และ Hartwig รายงานเป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1971 ว่าถั่วเหลืองสายพันธุ์ near-isogenic line 3 สายพันธุ์ที่มีขนาดเมล็ดต่างกัน 3 ขนาด ปลูกในดินเหนียวที่มีความชื้นต่างกันตั้งแต่ 22.5 – 30.0% สายพันธุ์ที่มีขนาดเล็กงอกเร็วกว่า ต้นกล้ามีรากยาวกว่าสายพันธุ์ที่มีเมล็ดขนาดใหญ่ พร้อมกับสรุปว่า พันธุ์ถั่วเหลืองที่มีขนาดเมล็ดพันธุ์ 100 เมล็ด 9-10 กรัม จะช่วยลดความเสียหายจากการปลูกในสภาพดินเหนียวที่อุ้มน้ำมากได้ดี วันชัย จันทร์ประเสริฐ (2533) เก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง 18 สายพันธุ์ เมื่อฝักทั้งหมดในต้นเปลี่ยนเป็นสีเหลืองหมดทั้งต้น (ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา) และศึกษาเปอร์เซ็นต์ความงอก ความงอกในแปลงปลูก ความงอกหลังเร่งอายุ และความสามารถในการเก็บรักษา และสรุปว่า พันธุกรรมมีผลอย่างยิ่งต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

ต่อมาในปี พ.ศ. 2539 วันชัย จันทร์ประเสริฐ และคณะ ได้ศึกษาการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง 10 สายพันธุ์ในสภาพไร่ รายงานว่า พันธุ์ถั่วเหลืองที่มีเมล็ดขนาดเล็ก รูปร่างรี และเปลือกหุ้มเมล็ดหนา จะให้เมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงสูงกว่าพันธุ์ที่มีเมล็ดขนาดใหญ่ รูปร่างกลม และเปลือกหุ้มเมล็ดบาง อย่างเด่นชัด ส่วนลักษณะความหนาแน่นของเมล็ด และขนาดแกนต้นอ่อนไม่มีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ จากการศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะทางกายภาพของเมล็ด และเปลือกหุ้มเมล็ดของถั่วเหลือง 40 สายพันธุ์/พันธุ์ วันชัย จันทร์ประเสริฐ และ

คณะ (2543) ค้นพบว่า ถั่วเหลืองพันธุ์ที่มีเมล็ดขนาดเล็ก รูปร่างรีจะมีเปลือกหุ้มเมล็ดหนา ในทางตรงข้ามพันธุ์ที่มีเมล็ดใหญ่ และกลมจะมีเปลือกหุ้มเมล็ดบาง ซึ่งสอดคล้องกับ Kuo (1989) ที่รายงานก่อนหน้านี้ว่า เมล็ดถั่วเหลืองที่มีขนาดใหญ่มักมีคุณภาพต่ำ และมีรูปร่างค่อนข้างเป็นทรงกลมในกรณีที่นำถั่วเหลืองพันธุ์เดียวกันมาคัดออกเป็นขนาดใหญ่ กลางและเล็ก วันชัย จันทร์ประเสริฐ (2525) ชี้ให้เห็นว่า ถั่วเหลืองพันธุ์ สจ 1 สจ 2 และ สจ 4 ที่มีขนาดใหญ่ (ใหญ่กว่า 6.47 มม.) และขนาดกลาง (5.56-6.75 มม.) มีความงอก และความแข็งแรง ซึ่งวัดโดยหาอัตราความเร็วในการงอก และน้ำหนักแห้งของต้นกล้าสูงกว่าเมล็ดที่มีขนาดเล็ก (เล็กกว่า 5.56 มม.)

จากการทดลองของ ธีระพนธ์ ยุพงษ์ฉาย (2551) ในถั่วเหลือง 44 พันธุ์/สายพันธุ์ พบว่าขนาดเมล็ด พื้นที่ผิว และเปอร์เซ็นต์เปลือกหุ้มเมล็ดมีความสัมพันธ์กับความงอก และค่าการนำไฟฟ้า และการดูดซับน้ำของเมล็ด Dassou และ Kueneman (1984) ได้เสนอว่า เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดหนาสามารถชะลอการซึมผ่านเข้าออกของน้ำ และสารละลาย อาจช่วยป้องกันการเสื่อมคุณภาพในสภาพแปลงได้

ในกรณีของสีของเปลือกหุ้มเมล็ด มีรายงานการค้นพบที่ตรงกันว่า พันธุ์ถั่วเหลืองที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดสีดำมีเปลือกเมล็ดหนากว่า พวกที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดสีเหลือง มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมในแปลงปลูกได้ดีกว่า (วันชัย จันทร์ประเสริฐ และคณะ, 2543; Dassou และ Kueueman, 1984) มีโรคที่ผิวเมล็ดน้อยกว่า และเก็บรักษาได้นานกว่าพันธุ์ที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีเหลือง (Starzinger and West, 1982)

เปลือกหุ้มเมล็ดเป็นส่วนที่สำคัญที่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ เพราะเป็นส่วนที่ปกป้องส่วนที่อยู่ภายในได้แก่ แกนคัพพะ และใบเลี้ยง Calero และคณะ (1981) กล่าวไว้ว่าถั่วเหลืองพันธุ์ที่มีเมล็ดขนาดกลาง และใหญ่มีหลุมบนเปลือกหุ้มเมล็ดเป็นขนาดยาว แต่ในเมล็ดขนาดเล็กจะมีหลุมของเปลือกหุ้มเมล็ดค่อนข้างกลมโดยหลุมที่เปลือกหุ้มเมล็ดนี้ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความชื้นของเมล็ดตั้งแต่เมล็ดยังอยู่บนต้นแม่ รวมไปถึงในระหว่างการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีเมล็ดขนาดเล็กและมีเปลือกหนาจะดูดน้ำได้ช้ากว่าเมล็ดที่มีขนาดใหญ่

Kulik และ Yaklich (1991) พบว่า ลักษณะขนาด รูปร่าง และจำนวนหลุมของเปลือกหุ้มเมล็ด แตกต่างกันไประหว่างถั่วเหลืองพันธุ์ต่าง ๆ และยังพบขนาดของไมโครไพล์ แตกต่างกันไปตามพันธุ์โดยเฉพาะพันธุ์ Williams ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ มีหลุมที่เปลือกหุ้มเมล็ดและไมโครไพล์มีขนาดใหญ่เมื่อเทียบกับพันธุ์อื่น ๆ ซึ่งผลที่ได้ก็สอดคลองกับการทดลองของ เชิดชาย วังคำ (2542) ที่ได้ศึกษาลักษณะทางกายภาพของเมล็ดและเปลือกหุ้มเมล็ดที่สัมพันธ์กับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง โดยใช้เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองจำนวน 6 สายพันธุ์ได้แก่ เชียงใหม่ 60, Williams, สจ 4, สุโขทัย 1, อุตสาหะเอ และ SSR 8502-2-2 นำมาวัดความยาวและจำนวนหลุมของเปลือกหุ้มเมล็ดพบว่าพันธุ์ Williams มีความยาวของหลุมเปลือกหุ้มเมล็ดสูงสุด รองลงมาคือสุโขทัย 1,

เชียงใหม่ 60, SSR 8502-2-2, สจ. 4 และอุตสาหะ A การที่เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมีความยาวและจำนวนหลุมของเปลือกหุ้มเมล็ดมากอาจส่งผลให้เชื้อราเข้าทำลายเมล็ดได้ง่ายอีกด้วย (Pereira and Andrews, 1985)

ธีระพนธ์ ยุพงษ์ฉาย (2551) พบว่า เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองมีอัตราการรั่วไหลของสารละลายออกจากเมล็ดพันธุ์ใน 30 นาที แรกของการดูดซับน้ำ 2 รูปแบบ คือ 8 พันธุ์เป็นประเภทการซึมซับน้ำแบบชะลอตัว ซึ่งมีอัตราการรั่วไหลของสารละลายจากเมล็ดพันธุ์ช้า อีก 36 พันธุ์ เป็นประเภทซึมซับน้ำแบบไม่ชะลอตัว มีการดูดซับน้ำอย่างรวดเร็วและมีการรั่วไหลของสารละลายจากเมล็ดพันธุ์ทันที การรายงานนี้ สอดคล้องกับที่ Kuo (1989) ได้รายงานไว้ก่อนหน้านี้เช่นกัน สุชาติ อ่อนดำ (2540) กล่าวว่า เปลือกหุ้มเมล็ดที่หนา น่าจะมีส่วนช่วยชะลอการดูดน้ำ และความชื้นของเมล็ดถั่วเหลืองในขณะที่อยู่ในแปลงปลูก อันจะทำให้เมล็ดเสื่อมคุณภาพเมล็ดช้าลง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาหาวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองประกอบด้วยการทดลอง 2 ทดลอง ได้แก่

การทดลองที่ 1 วิธีการตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองรวมพันธุ์ [ไม่เจาะจงพันธุ์ (combined varieties)]

การทดลองที่ 2 วิธีการตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60

3.1 วัสดุอุปกรณ์

เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ใช้ในการทดลองเป็นถั่วเหลืองพันธุ์รับรอง (certified variety) จำนวน 14 พันธุ์ รวมทั้งสิ้น 79 ล๊อต ได้แก่ พันธุ์เชียงใหม่ 60, เชียงใหม่ 2, เชียงใหม่ 5, จักรพันธ์ 1, มข 35, นครสวรรค์ 1, ศรีสำโรง 1, สจ. 1, สจ 2, สจ 4, สจ 5, สุโขทัย 1, สุโขทัย 2 และ สุโขทัย 3 ลักษณะประจำพันธุ์ของถั่วเหลืองทั้ง 14 พันธุ์ แสดงไว้ในตารางภาคผนวกที่ 1 เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ใช้ในการทดลองดังกล่าวรวบรวมจากแหล่งต่าง ๆ 6 แห่ง ซึ่งเป็นเมล็ดพันธุ์ที่ผลิตตามกระบวนการผลิตเมล็ดพันธุ์ ในฤดูแล้ง ปีการผลิต พ.ศ. 2553 ของหน่วยงานนั้น ๆ ในแต่ละการทดลองพยายามใช้เมล็ดพันธุ์ล๊อตเดียวกันในการตรวจสอบความงอกมาตรฐานและความแข็งแรงตลอดในทุกวิธีการ ยกเว้นกรณีที่เมล็ดพันธุ์บางล๊อตมีไม่เพียงพอ พันธุ์ ล๊อตที่ใช้ในแต่ละการทดลอง และแหล่งที่มาของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง แสดงไว้ในตารางที่ 3.1 และ 3.2

3.2 ระยะเวลาการทดลอง กุมภาพันธ์ 2554-ธันวาคม 2554

3.3 สถานที่ทำการทดลอง

3.3.1 การทดสอบในห้องปฏิบัติการ ดำเนินการ ณ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

3.3.2 การทดสอบในแปลงปลูก ดำเนินการ ณ ฟาร์มมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

Table 3.1 Varieties, seed sources and lot numbers of 33 soybean seed lots of 14 combined varieties included in each test in experiment I.

No.	Lot No.	Varieties	Seed Sources	AA/CG QG/SL/ SGR	EC
1	62	Chiangmai 2	Sukhothai Agricultural Research and Development Center	✓	✓
2	64	Chiangmai 2	Center for Science and Technology Equipment, SUT [1/]	✓	✓
3	65	Chiangmai 2	Center for Science and Technology Equipment, SUT	✓	✓
4	59	Chiangmai 5	SUT Farm	✓	✓
5	1	Chiangmai 60	Chiang Mai Field Crop Research Center	✓	-
6	2	Chiangmai 60	Chiang Mai Field Crop Research Center	✓	-
7	127	Chiangmai 60	Chiang Mai Field Crop Research Center	-	✓
8	133	Chiangmai 60	Chiang Mai Field Crop Research Center	-	✓
9	71	Chakkrabhandhu 1	SUT Farm	✓	✓
10	72	Chakkrabhandhu 1	SUT Farm	✓	✓
11	109	KKU 35	Sukhothai Agricultural Research and Development Center	✓	✓
12	73	Nakhon Sawan 1	Nakhon Sawan Agricultural Research and Development Center	✓	✓
13	74	Nakhon Sawan 1	Nakhon Sawan Agricultural Research and Development Center	✓	✓
14	75	Nakhon Sawan 1	Nakhon Sawan Agricultural Research and Development Center	✓	✓
15	78	Nakhon Sawan 1	Nakhon Sawan Agricultural Research and Development Center	✓	✓
16	79	Nakhon Sawan 1	Nakhon Sawan Agricultural Research and Development Center	✓	✓
17	77	Nakhon Sawan 1	SUT Farm	✓	✓
18	104	Srisamrong 1	Sukhothai Agricultural Research and Development Center	✓	✓
19	105	Srisamrong 1	Sukhothai Agricultural Research and Development Center	✓	✓
20	100	SJ 1	SUT Farm	✓	✓
21	94	SJ 2	SUT Farm	✓	✓
22	95	SJ 2	SUT Farm	✓	✓
23	89	SJ 4	SUT Farm	✓	✓
24	90	SJ 4	SUT Farm	✓	✓
25	97	SJ 5	SUT Farm	✓	✓
26	98	SJ 5	-	✓	✓
27	82	Sukhothai 1	SUT Farm	✓	✓
28	84	Sukhothai 1	SUT Farm	✓	✓
29	113	Sukhothai 1	SUT Farm	✓	✓
30	87	Sukhothai 2	SUT Farm	✓	✓
31	88	Sukhothai 2	SUT Farm	✓	✓
32	68	Sukhothai 3	SUT Farm	✓	✓
33	70	Sukhothai 3	SUT Farm	✓	✓

[1/] SUT = Suranaree University of Technology

Table 3.2 Lot numbers and seed sources of 46 soybean seed lots of Chiangmai 60 variety included in each test in experiment II.

No.	Lot No.	Seed Sources	AA/CG QG/TSL/SGR	EC
1	1	Chiang Mai Field Crops Research Center	✓	✓
2	2	Chiang Mai Field Crops Research Center	✓	✓
3	3	Chiang Mai Field Crops Research Center	✓	✓
4	4	Chiang Mai Field Crops Research Center	✓	✓
5	5	Chiang Mai Field Crops Research Center	✓	✓
6	6	Chiang Mai Field Crops Research Center	✓	✓
7	8	Chiang Mai Field Crops Research Center	✓	-
8	9	Chiang Mai Field Crops Research Center	✓	✓
9	10	Chiang Mai Field Crops Research Center	✓	✓
10	11	Chiang Mai Field Crops Research Center	✓	✓
11	12	Chiang Mai Field Crops Research Center	✓	✓
12	13	Chiang Mai Field Crops Research Center	✓	✓
13	14	Chiang Mai Field Crops Research Center	✓	✓
14	15	Chiang Mai Field Crops Research Center	✓	-
15	16	Chiang Mai Field Crops Research Center	✓	✓
16	17	Chiang Mai Field Crops Research Center	✓	✓
17	18	Chiang Mai Field Crops Research Center	✓	✓
18	19	Chiang Mai Field Crops Research Center	✓	✓
19	21	Chiang Mai Field Crops Research Center	✓	✓
20	22	Chiang Mai Field Crops Research Center	✓	✓
21	23	Chiang Mai Field Crops Research Center	✓	✓
22	24	Chiang Mai Field Crops Research Center	✓	✓
23	25	Chiang Mai Field Crops Research Center	✓	✓
24	26	Chiang Mai Field Crops Research Center	✓	-
25	27	Chiang Mai Field Crops Research Center	✓	✓
26	28	Chiang Mai Field Crops Research Center	✓	✓
27	29	Chiang Mai Field Crops Research Center	✓	✓
28	30	Chiang Mai Field Crops Research Center	✓	✓
29	31	Chiang Mai Field Crops Research Center	✓	✓
30	33	Chiang Mai Field Crops Research Center	✓	✓
31	122	Chiang Mai Field Crops Research Center	✓	✓
32	127	Chiang Mai Field Crops Research Center	✓	✓

Table 3.2 Lot numbers and seed sources of 46 soybean seed lots of Chiangmai 60 variety included in each test in experiment II. (continued)

No.	Lot No.	Seed Sources	AA/CG QG/TSL/SGR	EC
33	133	Chiang Mai Field Crops Research Center	✓	✓
34	44	Phitsanulok Agricultural Research and Development Center	✓	✓
35	45	Phitsanulok Agricultural Research and Development Center	✓	-
36	46	Phitsanulok Agricultural Research and Development Center	✓	-
37	47	Phitsanulok Agricultural Research and Development Center	✓	-
38	48	Phitsanulok Agricultural Research and Development Center	✓	-
39	50	Phitsanulok Agricultural Research and Development Center	✓	✓
40	53	Phitsanulok Agricultural Research and Development Center	✓	-
41	54	Phitsanulok Agricultural Research and Development Center	✓	✓
42	55	Phitsanulok Agricultural Research and Development Center	✓	✓
43	34	Loei Agricultural Research and Development Center	✓	-
44	35	Loei Agricultural Research and Development Center	✓	✓
45	36	Loei Agricultural Research and Development Center	✓	✓
46	41	Sukhothai Agricultural Research and Development	✓	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.4 วิธีการตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองรวมพันธุ์

3.4.1 แผนการทดลอง (experimental design)

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ การทดลองในถั่วเหลืองรวมพันธุ์ ใช้ถั่วเหลืองพันธุ์รับรองจำนวน 14 พันธุ์ รวม 31 ล๊อต ที่มาของล๊อตเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ในการทดลองปรากฏในตารางที่ 3.1 ซึ่งล๊อตเมล็ดพันธุ์ที่นำมาทดลองมีเปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐานตั้งแต่ 69.33% ขึ้นไป

3.4.2 ชนิดและจำนวนกรรมวิธีของการตรวจสอบเมล็ดพันธุ์ (test and treatment)

ทำการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองทุกล๊อตด้วยวิธีการต่าง ๆ 8 วิธี ตามที่ระบุไว้ข้างล่างนี้

3.4.2.1 ตรวจสอบความงอกมาตรฐาน (standard germination test; SG)

3.4.2.2 ตรวจสอบความงอกในแปลงปลูก (field emergence test; FE)

3.4.2.3 ตรวจสอบความแข็งแรงในประเภทการตรวจสอบในสภาพเครียด (stress test) มี 2 กรรมวิธี ได้แก่

1) ตรวจสอบความแข็งแรงโดยวิธีเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ (accelerated aging test; AA) ทำการทดลองใน 10 สภาพ (กรรมวิธี) ตามที่ปรากฏในตารางที่ 3.3
2) ตรวจสอบความงอกในสภาพอากาศเย็น (cool germination test; CG) 2 กรรมวิธี ได้แก่
   2.1) ตรวจสอบความงอกในสภาพอากาศเย็นที่ 2 วัน (2 day cool germination test; CG 2d)
   2.2) ตรวจสอบความงอกในสภาพอากาศเย็นที่ 5 วัน (5 day cool germination test; CG 5d)

3.4.2.4 ตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ในประเภทการตรวจสอบการเจริญเติบโตและประเมินผลต้นอ่อน (seedling growth and evaluation test) มี 4 วิธี ได้แก่

1) วัดความยาวต้นอ่อน (seedling length) 3 กรรมวิธี
   1.1) วัดความยาวยอด (shoot length; SL)
   1.2) วัดความยาวราก (root length; RL)
   1.3) วัดความยาวต้นอ่อนรวม (total seedling length; TSL)
2) ตรวจสอบอัตราการเจริญเติบโตของต้นอ่อน (seedling growth rate test; SGR)
3) ตรวจสอบความงอกอย่างเร็ว (quick germination test; QG) 2 กรรมวิธี

3.1) ตรวจสอบความงอกอย่างเร็วที่ 3 วัน

(3 day quick germination test; QG 3d)

3.2) ตรวจสอบความงอกอย่างเร็วที่ 4 วัน

(4 day quick germination test; QG 4d)

3.4.2.5 ตรวจสอบความแข็งแรงในประเภทการตรวจสอบทางชีวเคมีมี 1 วิธี ได้แก่ วิธีวัดค่าการนำไฟฟ้าเมล็ดพันธุ์ (electrical conductivity test; EC) มี 6 กรรมวิธี ได้แก่ วิธีแนะนำ 2 กรรมวิธี และวิธีเตรียมสารละลายที่แช่เมล็ดพันธุ์ก่อนวัดค่า 3 กรรมวิธี กรรมวิธีที่แนะนำได้แก่ 1. วิธี AOSA (1983) และ 2. วิธี ISTA (1999) วิธีเตรียมสารละลายก่อนวัดค่า 3 กรรมวิธีได้แก่

1) แกว่งบีกเกอร์ (swirl) 15 วินาที

2) คนด้วยแท่งแก้ว (stir) 15 วินาที

3) เทไปมาระหว่างบีกเกอร์ 2 อัน (pour) 5 ครั้ง

กรรมวิธีแกว่งบีกเกอร์ 15 วินาที เป็นวิธีที่แนะนำโดย AOSA (1983) กรรมวิธีคนด้วยแท่งแก้ว 15 วินาที เป็นวิธีที่แนะนำโดย ISTA (1995) และวิธีเทไปมาระหว่างบีกเกอร์ 2 อัน 5 ครั้ง ประยุกต์มาจากวิธีที่แนะนำโดย ISTA (1981)

Table 3.3 Ten accelerated aging treatments used in the experiment I.

Treatments	Temperature (°C)	Hours
1	40	54
2	40	60
3	40	64
4	40	68
5	40	72
6	41	54
7	41	60
8	41	64
9	41	68
10	41	72

3.4.3 วิธีการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์และการเก็บข้อมูล

3.4.3.1 วิธีตรวจสอบความงอกมาตรฐาน เพาะเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองซ้ำละ 50 เมล็ด จำนวน 3 ซ้ำ เพาะโดยวิธีม้วนกระดาษ (between paper) ใช้กระดาษเพาะยี่ห้อ เคี่ยนหงวน รุ่น K1 ปรับความชื้นกระดาษเพาะเริ่มต้นก่อนเพาะให้เท่ากันทั้งหมดโดยใช้น้ำประปา 260 ซีซี ต่อน้ำหนักกระดาษเพาะ 100 กรัม (กระดาษเพาะ ยี่ห้อ เคี่ยนหงวน รุ่น K1 กว้างxยาว เท่ากับ 20x33 ซม. จำนวน 24 แผ่น เพาะซ้ำละ 3 แผ่น จะเพาะได้ 8 ซ้ำ) วางม้วนกระดาษเพาะเอียง 45 องศา ในตู้เพาะที่อุณหภูมิ 25°ซ ประเมินผลความงอกหลังเพาะ 5 และ 8 วัน ตามวิธีการที่ระบุในสมาคมตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์นานาชาติ (ISTA, 1999) ทั้งนี้

3.4.3.2 วิธีตรวจสอบความงอกในแปลงปลูก ปลูกเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง 50 เมล็ด จำนวน 3 ซ้ำ ในกระถางพลาสติกสีดำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้ว ในโรงเรือนหลังคาพลาสติก เพื่อให้เกิดความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์ความงอกในแต่ละกระถางน้อยที่สุด จึงใช้ดินปลูก มทส. เป็นวัสดุปลูก (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีผลิตดินปลูกเป็นการค้า องค์ประกอบของดินปลูก มทส. คือ กากหม้อกรองโรงงานน้ำตาล : ขุยมะพร้าว : หน้าดิน : แกลบดิบ : ขี้เถ้าแกลบ อัตรา 1 : 1 : 1 : 1 : 1) ให้น้ำทันทีหลังปลูกและทุกวันเว้นวัน โดยให้น้ำเท่ากันทุกกระถางในปริมาณที่ดินสามารถอุ้มน้ำไว้ได้ทั้งหมดไม่มีน้ำเหลือซึมออกจากรูระบายน้ำที่ก้นกระถาง โดยใช้วิธีทดสอบหาปริมาณน้ำที่ต้องให้ต่อหนึ่งกระถางก่อน แล้วใช้วิธีตวงรดลงในทุกกระถางในปริมาณเท่า ๆ กัน นับต้นอ่อนที่สมบูรณ์ 12 วันหลังปลูก

3.4.3.3 วิธีตรวจสอบความแข็งแรงโดยวิธีเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ ทำการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ตัวอย่างละ 50 เมล็ด จำนวน 3 ซ้ำ ใส่เมล็ดพันธุ์ในตะแกรงทรงกะบอก ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 ซม. ขาตะแกรงสูง 3.5 ซม. วางในกระป๋องพลาสติกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ซม. ที่บรรจุน้ำไว้แล้วจำนวน 100 ซีซี. (ระดับน้ำสูงจากก้นกระป๋อง 1.8 ซม. และห่างจากก้นตะแกรง 2 ซม.) วางกระดาษซับน้ำอย่างหนาไว้บนตะแกรงเพื่อป้องกันน้ำที่เกิดจากการกลั่นตัวใต้ฝากระป๋องหยดถูกเมล็ดพันธุ์ ปิดฝาให้สนิท แล้วนำไปเร่งอายุในตู้อบตามอุณหภูมิและระยะเวลาที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3.3 เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาเร่งอายุนำเมล็ดพันธุ์มาตรวจสอบความงอกมาตรฐานตามวิธีที่ระบุไว้ในข้อ 3.4.3.1 แต่ให้ความชื้นกระดาษเพาะน้อยกว่า คือให้น้ำกระดาษเพาะ 220 ซีซี ต่อกระดาษเพาะ 100 กรัม ก่อนม้วนกระดาษเพาะ (3 แผ่น กว้างxยาว เท่ากับ 20x33 ซม.) ฉีดพ่นยาเคมีป้องกันเชื้อราที่มีส่วนผสมของ mancozep และ metalaxyl ชนิดละ 0.2 กรัม ต่อน้ำรวม 1 ลิตร จำนวนประมาณ 3 ซีซี ลงบนกระดาษเพาะด้วยกระบอกฉีดน้ำ (ปริมาณน้ำที่ให้ต่อกระดาษเพาะ 100 กรัม เท่ากับประมาณ 243 ซีซี ซึ่งน้อยกว่าน้ำที่ใช้ในวิธีตรวจสอบความงอกมาตรฐานในข้อ 3.4.3.1 16 ซีซี ทั้งนี้ ทำการตรวจความชื้นกระดาษเพาะทุกวันและเติมน้ำแก่กระดาษเพาะให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม เพื่อไม่ให้เมล็ดพันธุ์ขาดออกซิเจนแต่มีความชื้นเพียงพอต่อการงอก)

3.4.3.4 วิธีวัดความยาวราก ยอด และความยาวรวมต้นกล้า เพาะเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ซ้ำละ 25 เมล็ด จำนวน 3 ซ้ำ โดยใช้กระดาษเพาะตามวิธีตรวจสอบความงอกมาตรฐานในข้อ 3.4.3.1 ขนาดกระดาษเพาะ กว้างxยาว เท่ากับ 25x50 ซม. วางเมล็ดพันธุ์ตามแนวยาวของกระดาษเพาะเป็นแถวเดียวตรงกลางกระดาษ เพื่อให้รากงอกลงและยอดงอกขึ้นทันทีที่งอกและไม่บิดงอ ทำให้วัดความยาวได้ง่ายและถูกต้อง จึงวางเมล็ดให้ส่วนแกนต้นอ่อนอยู่ด้านบนและปลายรากอ่อน (radical) ชี้ลงด้านล่าง เมื่อปิดกระดาษเพาะแผ่นบนแล้ว พับกระดาษเพาะเป็น 3 ตอน วางพับกระดาษเพาะเอียง 45 องศา ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่มืด ที่อุณหภูมิ 25°ซ เมื่อครบ 5 วัน นำเฉพาะต้นอ่อนปกติ (normal seeding) มาวัดความยาวรากและยอด เป็นเซนติเมตร นำไปคำนวณหาค่าเฉลี่ยความยาวราก ยอด และความยาวรวมของต้นอ่อน

3.4.3.5 วิธีตรวจสอบอัตราการเจริญเติบโตของต้นอ่อน เพาะเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ซ้ำละ 25 เมล็ด จำนวน 3 ซ้ำโดยใช้กระดาษเพาะ ตามวิธีวัดความยาวยอดและราก ในข้อ 3.4.3.4 เพาะในที่มืด ที่อุณหภูมิ 25°ซ เมื่อครบ 5 วัน นำเฉพาะต้นอ่อนปกติ (normal seedling) ที่ตัดใบเลี้ยงออก เหลือเฉพาะส่วนลำต้นและราก ไปอบที่อุณหภูมิ 80°ซ เป็นระยะเวลา 24 ชม. แล้วชั่งน้ำหนักแห้งเป็นกรัม คำนวณน้ำหนักแห้งของต้นอ่อนเป็นกรัมต่อต้น ตามวิธีที่ระบุไว้ในคู่มือการตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ของ ISTA (1995)

3.4.3.6 วิธีตรวจสอบความงอกอย่างเร็ว เพาะเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง โดยวิธีม้วนกระดาษ จำนวน 50 เมล็ดต่อซ้ำ รวม 3 ซ้ำ วางม้วนกระดาษเพาะเอียง 45 องศา ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ให้แสงตามปกติ ที่อุณหภูมิ 25°ซ ตามวิธีตรวจสอบความงอกมาตรฐานในข้อ 3.4.3.1 ประเมินผลต้นอ่อน ประเมินผลความงอกหลังเพาะ 2 กรรมวิธี คือ

1) วิธีตรวจสอบความงอกอย่างเร็วที่ 3 วัน ประเมินผลต้นอ่อนหลังเพาะ 3 วัน โดยนับต้นอ่อนที่มีลำต้นอ่อน (hypocotyl) ยาวไม่ต่ำกว่า 1 ซม. (ไม่รวมความยาวส่วนที่เป็นตะขอ) และรากแรก (primary root) ยาวไม่น้อยกว่า 1.5 ซม. ที่ระยะนี้รากแรกจะยืดตัวมีความยาวออกมาให้เห็นอย่างเด่นชัด แต่รากยังค่อนข้างหนา ไม่เรียวบางเหมือนเส้นด้าย นอกจากนี้ต้องสังเกตว่ารากแรกจะยังไม่มีตุ่มของรากแขนง (secondary root) (ภาพที่ 3.1) ต้นอ่อนที่ยังไม่สามารถประเมินได้จะเป็นต้นอ่อนที่มีรากแรกสั้น หนา และส่วนปลายแหลมทู่ ยังไม่ยืดตัวหรือยืดตัวบ้างแต่ไม่ยาวมากนัก ลำต้นอ่อนสั้นกว่า 1 ซม. (ภาพที่ 3.2)

2) วิธีตรวจสอบความงอกอย่างเร็วที่ 4 วัน ประเมินผลต้นอ่อนหลังเพาะ 4 วัน โดยนับต้นอ่อนที่มีลำต้นอ่อนยาวไม่ต่ำกว่า 2 ซม. (ไม่รวมความยาวส่วนที่เป็นตะขอ) รากมีความยาวมากกว่า 2 ซม. และเริ่มมีตุ่มรากแขนง (secondary root) และต้นอ่อนส่วนใหญ่มีรากแขนงขนาดเล็กงอกออกมาเห็นได้ชัดเจน มีความยาวประมาณ 1-5 มม. โดยส่วนน้อยมีเพียงตุ่มกำเนิดของรากแขนงเท่านั้น ต้นอ่อนที่แข็งแรงมากจะมีปลายรากแรกยืดยาวจนมีลักษณะบางแบบเส้นด้าย

สังเกตได้ง่ายว่าต้นอ่อนเหล่านี้จะสามารถประเมินเป็นต้นอ่อนปกติ (normal seedling) ได้แล้วตามวิธีการตรวจสอบความงอกมาตรฐานที่ระบุโดย ISTA (1999) (ภาพที่ 3.3)

3.4.3.6 วิธีตรวจสอบความงอกในสภาพอากาศเย็น เพาะเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองตัวอย่างละ 50 เมล็ด จำนวน 3 ซ้ำ โดยวิธีม้วนกระดาษตามวิธีตรวจสอบความงอกมาตรฐานในข้อ 3.4.3.1 เพาะเมล็ดพันธุ์ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่มืด ที่อุณหภูมิ 18°ซ ประเมินผลความงอกหลังเพาะ 2 วิธีการคือ

1) วิธีตรวจสอบความงอกในสภาพอากาศเย็นที่ 2 วัน ประเมินต้นอ่อนหลังเพาะ 2 วัน นับต้นอ่อนที่มีปลายรากแรก (radical) ปริออกจากเมล็ดอย่างเด่นชัดแล้ว มีลักษณะคล้ายงาช้าง ยาวประมาณ 3-5 มม. (ภาพที่ 3.4)

2) วิธีตรวจสอบความงอกในสภาพอากาศเย็นที่ 5 วัน ประเมินต้นอ่อนหลังเพาะ 5 วัน ต้นอ่อนที่ระยะนี้สามารถประเมินเป็นต้นอ่อนปกติได้แล้ว ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับลักษณะต้นอ่อนของโดยวิธีการตรวจสอบความงอกอย่างเร็วที่ 4 วันแต่มีขนาดเล็กกว่า การพัฒนาของต้นอ่อนช้ากว่าเล็กน้อย กล่าวคือ ต้นอ่อนมีลำต้นอ่อนยาวไม่ต่ำกว่า 1 ซม. (ไม่รวมความยาวส่วนที่เป็นตะขอ) รากมีความยาวไม่ต่ำกว่า 1-1.5 ซม. และมีตุ่มกำเนิดรากแขนง (secondary root) เห็นได้ชัดเจน ซึ่งบางต้น (ส่วนน้อย) จะเห็นรากแขนงขนาดเล็กงอกออกมาแล้ว มีความยาวไม่เกิน 1-2 มม. เท่านั้น (ภาพที่ 3.5)

Figure 3.1 Characteristics of soybean seedlings qualified for 3 day quick germination test of combined varieties and Chiangmai 60 variety.

Figure 3.2 Characteristics of soybean seedlings unqualified for 3 day quick germination test of combined varieties and Chiangmai 60 variety.

Figure 3.3 Characteristics of soybean seedlings qualified for 4 day quick germination test of combined varieties and Chiangmai 60 variety.

Figure 3.4 Characteristics of soybean seedlings qualified for 2 day cool germination test of combined varieties and Chiangmai 60 variety.

Figure 3.5 Characteristics of soybean seedlings qualified for 5 day cool germination test of combined varieties and Chiangmai 60 variety.

3.4.3.7 วิธีตรวจสอบค่าการนำไฟฟ้า ทำการสอบเทียบ (calibrate) เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า โดยใช้สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) 0.745 กรัม ละลายน้ำ 1 ลิตร จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 0.01 M และค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายมาตรฐานคือ 1,273 μS $cm^{-1}g^{-1}$ ที่อุณหภูมิ 20°ซ การเตรียมเมล็ดพันธุ์ ให้นับเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองจำนวนตามที่ระบุโดย AOSA (1983) หรือ ISTA (1995) ชั่งน้ำหนักเมล็ดให้ได้ทศนิยม 2 ตำแหน่ง ทำการตรวจสอบตามขั้นตอนวิธีมาตรฐานที่ระบุโดย AOSA (1983) และ ISTA (1995) และกรรมวิธีเตรียมสารละลายที่แช่เมล็ดก่อนวัดค่าการนำไฟฟ้า 3 กรรมวิธี ดังนี้

1) วิธีตรวจสอบค่าการนำไฟฟ้าตามวิธี AOSA (1983) แช่เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง 25 เมล็ด จำนวน 3 ซ้ำ ในน้ำปราศจากประจุ (de-ionization) 75 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ขนาด 150 ซีซี ที่อุณหภูมิ 20°ซ นาน 24 ชม. แล้วนำสารละลายที่แช่เมล็ดพันธุ์มาวัดค่าการนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 20°ซ

2) การตรวจสอบค่าการนำไฟฟ้าตามวิธี ISTA (1995) แช่เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง 50 เมล็ด 3 ซ้ำ ในน้ำปราศจากประจุ (de-ionization) 250 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ขนาด 600 ซีซี ที่อุณหภูมิ 20 °ซ นาน 24 ชม. แล้ววัดค่าการนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 20°ซ

กรรมวิธีเตรียมสารละลายก่อนวัดค่าการนำไฟฟ้ามี 3 วิธี ดังนี้

1) แกว่งบีกเกอร์ (swirl) 15 วินาที
2) คนด้วยแท่งแก้ว (stir) 15 วินาที
3) เทไปมาระหว่างบีกเกอร์ (pour) 2 อัน 5 ครั้ง

วิธีการเตรียมสารละลายก่อนการวัดค่าการนำไฟฟ้านี้ปรับมาจากคำแนะนำของคู่มือการตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ กล่าวคือ AOSA (1983) แนะนำให้คนเบา ๆ โดยไม่ระบุจำนวนครั้งหรือเวลา ISTA (1981) แนะนำให้เทเมล็ดผ่านตะแกรงเพื่อกรองเอาเมล็ดออกเทสารละลายกลับสู่บีกเกอร์อันเดิม ในขณะที่ ISTA (1995) ระบุให้แกว่งบีกเกอร์เบา ๆ 10-15 วินาที

การวัดค่าการนำไฟฟ้า ให้วัดค่าหลังแช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำปราศจากประจุที่ 24 ชั่วโมงทันที และวัดที่อุณหภูมิ 20°ซ ตลอดระยะเวลาที่วัดค่า นำค่าการนำไฟฟ้าที่ได้ (ทศนิยม 2 ตำแหน่ง) ในแต่ละซ้ำมาหารด้วยน้ำหนักเมล็ดพันธุ์ จะได้ค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยต่อน้ำหนักเมล็ด 1 กรัม หน่วยที่ได้จะเป็น μS $cm^{-1}g^{-1}$

3.5 การทดลองที่ 2 การตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ เชียงใหม่ 60

3.5.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ การทดลอง

ในถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 รวบรวมเมล็ดพันธุ์จากแหล่งต่าง ๆ จำนวน 4 แห่ง รวม 46 ล๊อต ตามที่ปรากฏในตารางที่ 3.2 ซึ่งล๊อตเมล็ดพันธุ์ที่นำมาทดลองมีความงอกมาตรฐานตั้งแต่ 58.66% ขึ้นไป

3.5.2 กรรมวิธีตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์

การตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ เชียงใหม่ 60 ดำเนินการเช่นเดียวกับกรรมวิธีตรวจสอบความแข็งแรงในเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองรวมพันธุ์ ในการทดลองที่ 1 ตามข้อ 3.4.2 ทุกกรรมวิธี

3.5.3 วิธีการตรวจสอบเมล็ดพันธุ์และการเก็บข้อมูล

วิธีตรวจสอบเมล็ดพันธุ์และเก็บข้อมูลเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ เชียงใหม่ 60 ดำเนินการเช่นเดียวกับวิธีการตรวจสอบเมล็ดพันธุ์และเก็บข้อมูลเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองรวมพันธุ์ในการทดลองที่ 1 ตามที่ระบุไว้ในข้อ 3.4.3

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทั้ง 2 การทดลอง ทำการวิเคราะห์วาเรียนส์ ของข้อมูล (analysis of varience) โดยใช้โปรแกรม SPSS version 13 for window วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างผลการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ทุกวิธีการด้วยวิธีหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient; r)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การทดลองที่ 1 วิธีการตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองรวมพันธุ์

ทำการศึกษาหาวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีประสิทธิภาพสูง โดยวิธีการที่ดีจะต้องมีความสัมพันธ์สูงกับเปอร์เซ็นต์ความงอกในแปลงปลูก ทำการทดลองกับเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์รับรอง 14 พันธุ์ จำนวน 31 ล็อต ที่มีระดับความแข็งแรงต่างกัน ใช้วิธีการตรวจสอบความแข็งแรงทั้ง 3 ประเภท คือ การตรวจสอบในสภาพเครียด การตรวจสอบเจริญเติบโตและประเมินต้นอ่อน และการตรวจสอบทางชีวเคมี รวมทั้งสิ้น 6 วิธี วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของผลการตรวจสอบความงอกและความแข็งแรงแต่ละวิธีระหว่างล๊อตเมล็ดพันธุ์โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) และหาค่าสหสัมพันธ์ (r) ของการตรวจสอบความพันธ์แต่ละวิธีกับเปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐานและความงอกในแปลงปลูก

4.1.1 ผลการตรวจสอบความงอกมาตรฐาน ความงอกในแปลงปลูกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองรวมพันธุ์ (ไม่เจาะจงพันธุ์)

ผลการตรวจสอบความงอกมาตรฐานและความงอกในแปลงปลูกของถั่วเหลืองรวมพันธุ์แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 พบว่าเมล็ดพันธุ์ 31 ล๊อตมีเปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐาน ตั้งแต่ 69.33 ถึง 97.33% และมีความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ความงอกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐานทั้ง 31 ล๊อตเท่ากับ 86.88% เมื่อนำเมล็ดพันธุ์ไปปลูกในสภาพแปลงปลูกพบว่าค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความงอกในแปลงมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) เช่นกัน และมีช่วงเปอร์เซ็นต์ความงอกในแปลงปลูก 68.66-97.33% ค่าเฉลี่ย 84.12% สรุปได้ว่าเมล็ดพันธุ์ที่นำมาใช้ทดลองมีคุณภาพแตกต่างกันทั้งในด้านเปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐานและความงอกในแปลงปลูก หรือกล่าวได้ว่ามีความแข็งแรงต่างกัน

เป็นที่ทราบกันดีว่าความงอกมาตรฐานไม่สามารถทำนายความงอกในแปลงปลูกได้ในทุกกรณี เนื่องจากความงอกมาตรฐานเป็นการตรวจสอบศักยภาพในการงอกของเมล็ดพันธุ์ในสภาพที่ให้ปัจจัยที่ในการงอกที่เหมาะสมมากที่สุด ส่วนเปอร์เซ็นต์ความงอกในแปลงปลูกจะขึ้นกับความแปรปรวนของสภาพแปลงปลูกและระดับความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ (ธวัชชัย ทีฆชุณหเถียร, 2554) เช่นเดียวกับการทดลองนี้พบว่าเปอร์เซ็นต์ความงอกในแปลงปลูกของเมล็ดพันธุ์บางล็อต ต่ำกว่าความงอกมาตรฐานอย่างเด่นชัด จะเห็นว่าในล็อตที่ความงอกในแปลงปลูกสูงกว่า 81.33%

เป็นล๊อตที่เมล็ดพันธุ์มีความแข็งแรงสูงถึงสูงมาก ทำให้ความงอกในแปลงปลูกใกล้เคียงความงอกมาตรฐาน หรือกล่าวได้ว่าเปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐานสามารถทำนายเปอร์เซ็นต์ความงอกในแปลงปลูกได้ดี ยกตัวอย่างเช่น ล๊อตที่ 74 ถั่วเหลืองพันธุ์ นว 1 มีเปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐานในห้องปฏิบัติการ 91.33% เมื่อนำลงปลูกในแปลงปลูกจริงพบว่ามีเปอร์เซ็นต์ความงอกในแปลงปลูก 88.00% ซึ่งลดลงเพียง 3.33% เท่านั้น ในขณะที่เมล็ดพันธุ์ล๊อตที่ 95 พันธุ์ สจ 2 มีเปอร์เซ็นต์ความงอกในแปลงปลูกต่ำกว่าความงอกมาตรฐานสูงถึง 14% (ความงอกมาตรฐาน 88.00% ความงอกในแปลงปลูก 74.00%) แสดงให้เห็นว่าเมล็ดพันธุ์ล๊อตที่ 95 นี้ มีความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ต่ำ เปอร์เซ็นต์ความงอกมีคุณสมบัติไม่เพียงพอที่จะใช้ทำนายความงอกในแปลงปลูก

ดังนั้น เมล็ดพันธุ์ล๊อตที่มีความงอกมาตรฐานสูงเมื่อนำไปปลูกในแปลงปลูกอาจจะให้ผลความงอกในแปลงปลูกต่ำได้ ขึ้นกับระดับความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์และความแปรปรวนของสิ่งแวดล้อมในขณะนั้น ด้วยเหตุผลนี้เปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐานจึงไม่มีประสิทธิภาพที่จะใช้ทำนายความสามารถในการงอกในแปลงปลูกจริงได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องหาวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีความสัมพันธ์สูงกับความงอกในแปลงปลูกหรือสามารถทำนายความสามารถในการงอกในแปลงปลูกจริงได้ ทั้งนี้เนื่องจากความแข็งแรงจะสะท้อนถึงความสามารถในการงอกในสภาพที่แปรปรวนแต่ความงอกมาตรฐานบ่งบอกความสามารถที่จะงอกได้ในสภาพที่เหมาะสม (วันชัย จันทร์ประเสริฐ, 2533)

4.1.2 ผลการศึกษาวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองรวมพันธุ์โดยวิธีเร่งอายุ

การตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์โดยวิธีเร่งอายุเป็นวิธีการที่อยู่ในประเภทที่ให้สภาพเครียดแก่เมล็ดพันธุ์ (stress test) ก่อนนำไปตรวจสอบความงอกมาตรฐาน เปอร์เซ็นต์ความงอกหลังเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ด้วยอุณหภูมิและระยะเวลาที่แตกต่างกัน 10 สภาพ (กรรมวิธี) ที่ความชื้นสัมพันธ์ 100% แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 พบว่าค่าเฉลี่ยความงอกหลังเร่งอายุของแต่ละสภาพ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าเมล็ดพันธุ์ที่นำมาใช้ในการทดลองมีความแตกต่างกันในระดับความแข็งแรง การเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ที่ 40°ซ 54 ชม. ให้ค่าเฉลี่ยความงอกหลังเร่งอายุสูงที่สุด เนื่องจากเป็นสภาพที่มีอุณหภูมิและระยะเวลาต่ำที่สุด ในขณะที่การเร่งอายุที่ 41°ซ 72 ชม. ให้ค่าเฉลี่ยความงอกต่ำที่สุด คือ 32.86% เพราะมีอุณหภูมิและระยะเวลาสูงที่สุด ที่แต่ละอุณหภูมิ (40 และ 41°ซ) ความงอกหลังเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ลดลงเรื่อย ๆ ตามระยะเวลาที่ใช้ในการเร่งอายุ (54, 60, 64, และ 68 ชม.)

4.1.3 ผลการศึกษาวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองรวมพันธุ์ในประเภท ของการตรวจสอบการเจริญเติบโตและประเมินผลต้นอ่อน และวิธีตรวจสอบในสภาพอากาศเย็น

ผลการทดลองตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองรวมพันธุ์ในหลักการของการตรวจสอบการเจริญเติบโตและประเมินผลต้นอ่อน ได้แก่ การตรวจสอบความงอกอย่างเร็ว ที่ 3 วัน และ 4 วัน การตรวจสอบการเจริญเติบโตของต้นอ่อน การวัดความยาวยอด ความยาวราก และความยาวรวมต้นอ่อน และการตรวจสอบในสภาพเครียด ได้แก่ การตรวจสอบความงอกในสภาพอากาศเย็นที่ 2 และ 5 วัน ผลการทดลองรายงานไว้ในตารางที่ 4.2 ผลการทดลองพบว่าวิธีที่สามารถตรวจพบความแตกต่างของระดับความแข็งแรงระหว่างเมล็ดพันธุ์ 31 ล๊อต ได้แก่ วิธี ตรวจสอบความงอกอย่างเร็วที่ 3 และ 4 วัน และวิธีตรวจสอบในสภาพอากาศเย็นที่ 2 และ 5 วัน และวิธีตรวจสอบอัตราการเจริญเติบโตของต้นอ่อน ส่วนวิธีวัดความยาวยอด ราก และความยาวรวมต้นอ่อนไม่สามารถประเมินความแตกต่างของความแข็งแรงระหว่างล๊อตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองรวมพันธุ์ได้

4.1.4 ผลการศึกษาวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองรวมพันธุ์โดยวิธีวัดค่าการนำไฟฟ้า

วิธีการตรวจสอบค่าการนำไฟฟ้าเมล็ดพันธุ์เป็นวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองทางชีวเคมีเพียงวิธีเดียวที่นำมาทดลองในการศึกษาครั้งนี้ วิธีการประกอบด้วยวิธีการที่แนะนำโดย AOSA (1983) และ ISTA (1995) แต่ละวิธีการมีวิธีเตรียมสารละลายก่อนการวัดค่าการนำไฟฟ้าอีก 3 กรรมวิธี ซึ่งเป็นกรรมวิธีที่สถาบันทั้ง 2 แห่งดังกล่าวแนะนำไว้แตกต่างกัน เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ เชียงใหม่ 60 จำนวน 2 ล๊อต มีไม่เพียงพอ จึงได้ใช้เมล็ดพันธุ์เชียงใหม่ 60 ล๊อตอื่นแทน

ผลการทดลองปรากฏในตารางที่ 4.3 ซึ่งพบว่าทุกกรรมวิธีตรวจพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติของระดับความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองรวมพันธุ์ 14 พันธุ์ ทั้ง 31 ล๊อต วิธีการเตรียมสารละลายก่อนการวัด 3 กรรมวิธี ได้แก่ การแกว่งบีกเกอร์ 15 วินาที การคนด้วยแท่งแก้ว 15 วินาที และการเทสารละลายไปมาระหว่างบีกเกอร์ 2 อัน 5 ครั้ง ตามวิธีของ AOSA วัดค่าการนำไฟฟ้าได้ 93.37, 96.65 และ 84.51$\mu S\ cm^{-1}g^{-1}$ ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ไม่ได้แสดงค่าการวิเคราะห์ทางสถิติไว้) และสูงกว่าวิธีของ ISTA ซึ่งวัดได้ 26.80, 27.18 และ 27.81 $\mu S\ cm^{-1}g^{-1}$ ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ไม่ได้แสดงค่าการวิเคราะห์ทางสถิติไว้) เช่นกัน การที่ค่าการนำไฟฟ้าระหว่างวิธีการทั้ง 2 แตกต่างกันอย่างมากเพราะทั้ง 2 วิธีการใช้จำนวนเมล็ดพันธุ์และปริมาณน้ำปราศจากประจุที่ใช้แช่เมล็ดพันธุ์ต่างกันมาก จึงไม่สามารถนำค่าการน้ำไฟฟ้าทั้ง 2 วิธีการมาเปรียบเทียบกัน

4.1.5 สหสัมพันธ์ระหว่างความงอกมาตรฐาน ความงอกในแปลงและวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองรวมพันธุ์

ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความงอกมาตรฐาน ความงอกในแปลงปลูก และวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงทุกวิธีการแสดงไว้ในตารางที่ 4.4 ยกเว้นวิธีการตรวจสอบโดยวิธีการนำไฟฟ้าได้แยก

แสดงไว้ในตารางที่ 4.5 เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ พันธุ์เชียงใหม่ 60 บางล๊อตที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นคนละล๊อตกัน (เมล็ดพันธุ์มีไม่เพียงพอ) จึงไม่สามารถใช้ค่าสหสัมพันธ์ร่วมกับวิธีการอื่นได้

ความงอกมาตรฐานของถั่วเหลืองรวมพันธุ์ 14 พันธุ์ มีค่าสหสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูก อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ 0.64** วิธีวัดความยาวยอด ราก และความยาวต้นอ่อนรวมของถั่วเหลืองไม่มีความสัมพันธ์กับความงอกมาตรฐานและความงอกในแปลงปลูก วิธีการตรวจสอบอัตราการเจริญเติบโตของต้นอ่อน ไม่มีความสัมพันธ์กับความงอกมาตรฐานแต่มีความสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูกที่ระดับ 0.66** การตรวจสอบในสภาพอากาศเย็นที่ 18°ซ ที่ 5 วัน และการตรวจสอบความงอกอย่างเร็วที่ 5 วัน มีความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติแต่ไม่สูงมากโดยมีค่าสหสัมพันธ์ที่ 0.50** และ 0.53** สำหรับวิธีการเร่งอายุ 10 สภาพ ทุกสภาพมีความสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูกยกเว้นที่ 41°ซ 68 และ 72 ชม. ทั้งนี้การเร่งอายุที่ 41°ซ 54 ชม. มีความสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูกสูงที่สุด (r = 0.70**) รองลงมาเป็นสภาพการเร่งอายุที่แนะนำโดย ISTA (1995) ที่ 41°ซ 64 ชม. มีค่าความสัมพันธ์ 0.67** ซึ่งต่ำกว่าที่ 41°ซ 54 ชม. เพียงเล็กน้อย

จากผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างวิธีการตรวจสอบความงอกมาตรฐานและกรรมวิธีวัดค่าการนำไฟฟ้าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองรวมพันธุ์กับความงอกในแปลงปลูกพบว่า ความงอกมาตรฐานและวิธีวัดค่าการนำไฟฟ้าทุกกรรมวิธี มีความสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 4.5) โดยวิธีการตรวจสอบความงอกมาตรฐานมีค่าสหสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูก 0.71** การตรวจสอบค่าการนำไฟฟ้าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองรวมพันธุ์โดยวิธี ISTA Swirl มีค่าสหสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูกต่ำที่สุด (r = -0.54**) ส่วนวิธี AOSA Pour มีค่าสหสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูกสูงที่สุด คือ r = -0.73** ซึ่งใกล้เคียงกับความสัมพันธ์ของความงอกมาตรฐานกับความงอกในแปลงปลูก จึงสรุปได้ว่าวิธีการวัดค่าการนำไฟฟ้าเมล็ดพันธุ์วิธี AOSA Pour มีความแม่นยำในการทำนายค่าความงอกในแปลงปลูกใกล้เคียงกับวิธีตรวจสอบความงอกมาตรฐาน ซึ่งสามารถใช้ทดแทนกันได้ ส่วนกรรมวิธีอื่น ๆ มีความเหมาะสมน้อยกว่า

สาเหตุที่วิธีการของ AOSA วัดค่าการนำไฟฟ้าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองได้สูงกว่า เพราะวิธี AOSA ใช้น้ำปราศจากประจุต่อน้ำหนักเมล็ดน้อยกว่าวิธี ISTA ทำให้ได้สารละลายที่รั่วไหลออกจากเมล็ดตามวิธี AOSA เข้มข้นกว่าวิธีที่แนะนำโดย AOSA สำหรับกรรมวิธีการเตรียมสารละลายก่อนการวัดค่าการนำไฟฟ้าสรุปได้ว่า วิธีที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดคือวิธีการเทสารละลายไปมาระหว่างบีกเกอร์ 2 อัน 5 ครั้ง วิธีที่มีประสิทธิภาพรองลงมาคือ คนสารละลายด้วยแท่งแก้ว 15 วินาที และวิธีแกว่งบีกเกอร์ 15 วินาที ตามลำดับ ซึ่งแสดงว่าก่อนการวัดค่าการนำไฟฟ้า มีความจำเป็นต้องกวนเมล็ดถั่วเหลืองให้สารละลายที่รั่วไหลออกจากเมล็ดที่อาจจะเกาะติดกับเมล็ดและตกตะกอนให้เข้ากับสารละลายเป็นเนื้อเดียวกันกัน

4.2 การทดลองที่ 2 วิธีการตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60

วิธีการตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่เหมาะสมอาจจะแตกต่างจากถั่วเหลืองรวมพันธุ์ เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 มีระดับความแข็งแรงตามธรรมชาติต่ำกว่าถั่วเหลืองพันธุ์อื่น ๆ และเนื่องจากในปัจจุบันถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เป็นพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูกมากที่สุด จึงมีความสำคัญที่จะต้องศึกษาหาวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงที่มีความแม่นยำสูงเฉพาะสำหรับถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 จึงทำการทดลองหาวิธีตรวจสอบความแข็งแรงในเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 จำนวน 46 ล๊อต ที่มีระดับเปอร์เซ็นต์ความงอกต่างกัน ทำการทดลองเช่นเดียวกับที่ศึกษาในถั่วเหลืองรวมพันธุ์

4.2.1 ผลการตรวจสอบความงอกมาตรฐาน ความงอกในแปลงปลูก ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60

ผลการตรวจสอบความงอกมาตรฐานและความงอกในแปลงปลูกของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 แสดงไว้ในตารางที่ 4.6 พบว่าเมล็ดพันธุ์ทั้ง 46 ล๊อตมีเปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐานตั้งแต่ 58.66-96.66% และเปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐานมีความแตกต่าง กันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.01$) ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐานทั้ง 46 ล๊อตเท่ากับ 86.54% เมื่อนำเมล็ดพันธุ์ไปปลูกในสภาพแปลงพบว่าค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความงอกในแปลงปลูกมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.01$) เช่นกัน และมีช่วงเปอร์เซ็นต์ความงอกในแปลงปลูก 22.66-91.33% ค่าเฉลี่ย 84.11% จึงสามารถสรุปได้ว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่นำมาใช้ในการทดลองมีความงอกและความแข็งแรงแตกต่างกัน

ผลการทดลองในถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 สนับสนุนผลการทดลองที่ได้จากการทดลองในถั่วเหลืองรวมพันธุ์ ที่พบว่าความงอกมาตรฐานไม่สามารถทำนายความงอกในแปลงปลูกได้ในทุกกรณี ซึ่งจะเห็นว่าเปอร์เซ็นต์ความงอกในแปลงปลูกต่ำกว่าความงอกมาตรฐานอย่างเด่นชัด ล็อตที่มีความงอกในแปลงปลูกสูงตั้งแต่ 85.33% ขึ้นไป ถือเป็นล๊อตที่เมล็ดพันธุ์มีความแข็งแรงสูง ทำให้เปอร์เซ็นต์ความงอกในสภาพแปลงปลูกจริงไม่แตกต่างจากเปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐานมากนัก ซึ่งในกรณี สามารถใช้เปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐานประเมินความงอกในแปลงปลูกได้ดี

4.2.2 ผลการศึกษาวิธีตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 โดยวิธีเร่งอายุ

ผลการตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 โดยวิธีเร่งอายุด้วยอุณหภูมิและระยะเวลาที่แตกต่างกัน 10 สภาพ ที่ความชื้นสัมพันธ์ 100% แสดงไว้ในตารางที่ 4.6 พบว่าค่าเฉลี่ยความงอกหลังเร่งอายุของเมล็ดพันธุ์ทั้ง 46 ล๊อต ในแต่ละสภาพ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของระดับความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ที่นำมาใช้ในการทดลอง การเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ที่ 40°ซ 54 ชม. ให้ค่าเฉลี่ยความงอกหลังเร่งอายุสูง

ที่สุด (85.67%) และใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยความงอกมาตรฐาน (86.54%) เนื่องจากเป็นสภาพที่มีอุณหภูมิและระยะเวลาต่ำที่สุด ในขณะที่การเร่งอายุที่ 41°ซ 72 ชม. ให้ค่าเฉลี่ยความงอกต่ำที่สุด คือ 36.35% เพราะมีอุณหภูมิและระยะเวลาสูงที่สุด ที่แต่ละอุณหภูมิ (40 และ 41°ซ) ความงอกหลังเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ลดลงเรื่อย ๆ ตามระยะเวลาที่ใช้ในการเร่งอายุ (54, 60, 64, และ 68 ชม.) ซึ่งเป็นไปในทำนองเดียวกับผลที่พบในเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองรวมพันธุ์ (ตารางที่ 4.1)

4.2.3 ผลการศึกษาวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในประเภทของการตรวจสอบการเจริญเติบโต การประเมินผลต้นอ่อน และวิธีตรวจสอบในสภาพอากาศเย็น

ผลการทดลองตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในวิธีตรวจสอบความงอกอย่างเร็วที่ 3 วันและ 4 วัน การตรวจสอบความงอกในในสภาพอากาศเย็นที่ 2 และ 5 วัน การตรวจสอบการเจริญเติบโตของต้นอ่อน และการวัดความยาวยอด ความยาวราก และความยาวรวมต้นอ่อน ปรากฏในตารางที่ 4.7

ผลการทดลองพบว่า วิธีการตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ที่สามารถตรวจพบความแตกต่างของระดับความแข็งแรงระหว่างเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 46 ล๊อต ได้แก่ วิธี ตรวจสอบความงอกอย่างเร็วที่ 3 และ 4 วัน วิธีการตรวจสอบในสภาพอากาศเย็นที่ 2 และ 5 วัน วิธีตรวจสอบอัตราการเจริญเติบโตของต้นอ่อน และวิธีวัดความยาวยอด ส่วนวิธีวัดความยาวราก และความยาวรวมต้นอ่อน ไม่สามารถประเมินความแตกต่างของความแข็งแรงระหว่างล๊อตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่นำมาใช้ในการทดลองนี้ได้

4.2.4 ผลการศึกษาวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 โดยวิธีวัดค่าการนำไฟฟ้า

วิธีการวัดค่าการนำไฟฟ้าเมล็ดพันธุ์เป็นวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองทางชีวเคมีที่นำมาศึกษาในครั้งนี้ กรรมวิธีประกอบด้วยวิธีการที่แนะนำโดย AOSA (1983) และ ISTA (1995) แต่ละวิธีการมีวิธีเตรียมสารละลายก่อนการวัดค่าการนำไฟฟ้าอีก 3 กรรมวิธี ซึ่งเป็นกรรมวิธีที่สถาบันทั้ง 2 แห่ง ดังกล่าวแนะนำไว้แตกต่างกันเนื่องจากเมล็ดพันธุ์ พันธุ์เชียงใหม่ 60 จำนวน 10 ล๊อต มีไม่เพียงพอ จึงได้ใช้เมล็ดพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในส่วนที่เหลือเพียง 36 ล๊อต

ผลการทดลองปรากฏในตารางที่ 4.8 ซึ่งพบว่า ทุกกรรมวิธีตรวจพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติของระดับความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่นำมาใช้ในการทดลองนี้ วิธีการเตรียมสารละลายก่อนการวัด 3 วิธีการ ได้แก่ การแกว่งบีกเกอร์ 15 วินาที การคนด้วยแท่งแก้ว 15 วินาที และการเทสารละลายไปมาระหว่างบีกเกอร์ 2 อัน 5 ครั้ง ตามวิธีของ AOSA วัดค่าการนำไฟฟ้าได้ 75.79, 85.03 และ 83.14 $\mu S\ cm^{-1}g^{-1}$ ตามลำดับซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ไม่ได้แสดงค่าการวิเคราะห์ทางสถิติไว้) และสูงกว่าวิธีของ ISTA ซึ่งวัดได้ 24.41, 24.25 และ

24.35 μS $cm^{-1}g^{-1}$ ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ไม่ได้แสดงค่าการวิเคราะห์ทางสถิติไว้) เช่นกัน การที่ค่าการนำไฟฟ้าระหว่างวิธีการทั้ง 2 แตกต่างกันอย่างมากเพราะทั้ง 2 วิธีการใช้จำนวนเมล็ดพันธุ์และปริมาณน้ำปราศจากประจุที่ใช้แช่เมล็ดพันธุ์ ต่างกันมาก จึงไม่สามารถนำค่าการนำไฟฟ้าทั้ง 2 วิธีการมาเปรียบเทียบกันได้

4.2.5 สหสัมพันธ์ระหว่างความงอกมาตรฐาน ความงอกในแปลง และวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ เชียงใหม่ 60

ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความงอกมาตรฐาน ความงอกในแปลงปลูก และวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงทุกวิธีการ ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 แสดงไว้ในตารางที่ 4.9 ยกเว้นวิธีการตรวจสอบโดยวิธีวัดค่าการนำไฟฟ้าได้แยกแสดงไว้ในตารางที่ 4.10 เนื่องจากใช้เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ต่างล๊อตกัน เพราะเมล็ดพันธุ์บางล๊อตมีไม่เพียงพอจึงไม่สามารถใช้ค่าสหสัมพันธ์ร่วมกับวิธีการอื่นได้

ความงอกมาตรฐานของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 มีค่าสหสัมพันธ์กับความงอกในแปลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ r = 0.65** วิธีการตรวจสอบความแข็งแรงประเภทการตรวจสอบการเจริญเติบโตและการประเมินต้นอ่อนที่ไม่พบค่าสหสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ความงอกในแปลงได้แก่ วิธีวัดความยาวยอด และวิธีตรวจสอบการเจริญเติบโตของต้นอ่อน ในขณะที่ความยาวรากและความยาวรวมของต้นอ่อน มีความสัมพันธ์ในระดับต่ำกับความงอกในแปลงปลูก (r = 0.37* และ 0.32 **) ทั้งนี้ วิธีการตรวจสอบความงอกในสภาพอากาศเย็นที่ 2 และ 5 วัน การตรวจสอบความงอกอย่างเร็วที่ 3 และ 4 วัน มีความสัมพันธ์สูงและมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับความงอกในแปลงปลูกที่ r = 0.80**, 0.75**, 0.84** และ 0.71** ตามลำดับ สำหรับการตรวจสอบในสภาพเครียดได้แก่วิธีการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ 10 สภาพ พบว่าทุกสภาพมีความสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูกตั้งแต่ 0.50** ถึง 0.86** ที่อุณหภูมิ 40°ซ 60 ชม. และ 41°ซ 54 ชม. ตามลำดับ ส่วนสภาพที่ 41°ซ 64 ชม. ที่แนะนำโดย ISTA (1995) มีความสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูกเพียง 0.68** ซึ่งมีความสัมพันธ์รองลงมาจากที่สภาพ 41°ซ 54 ชม.

จากผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างวิธีการตรวจสอบความงอกมาตรฐาน และกรรมวิธีวัดค่าการนำไฟฟ้าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 กับความงอกในแปลงปลูก พบว่าความงอกมาตรฐาน และวิธีวัดค่าการนำไฟฟ้าทุกกรรมวิธี มีความสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 4.10) โดยวิธีการตรวจสอบความงอกมาตรฐานมีค่าสหสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูก 0.60** การตรวจสอบค่าการนำไฟฟ้าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ทุกกรรมวิธี มีความสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูกสูงกว่าเปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐาน โดยวิธี AOSA ทุกกรรมวิธี การเตรียมสารละลายก่อนการวัดค่าการนำไฟฟ้าให้ค่าความสัมพันธ์กับความงอกในแปลงต่ำกว่าวิธี ISTA และวิธี ISTA ทุกกรรมวิธีมีระดับ

ความสัมพันธ์ใกล้เคียงกันที่ r = -0.63 ถึง -0.64** ซึ่งผลการทดลองของพันธุ์เชียงใหม่ 60 ไม่สอดคล้องกับถั่วเหลืองรวมพันธุ์ ที่วิธี AOSA มีค่าสหสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูกสูงกว่าวิธี ISTA แต่อย่างไรก็ตามวิธี Pour มีความสัมพันธ์สูงที่สุดในทั้ง พันธุ์เชียงใหม่ 60 และรวมพันธุ์ จึงเป็นการยืนยันว่ามีความจำเป็นต้องให้เกิดการฟุ้งกระจายของสารอิเลคโทรไลท์ที่รั่วไหลออกมาจากเมล็ดก่อนการวัดค่าการนำไฟฟ้า

4.3 วิจารณ์ผลการทดลอง

4.3.1 ข้อบกพร่องของความงอกมาตรฐานในการประเมินความแข็งแรง

จากผลการทดลองพบว่าเปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐานสามารถทำนายความงอกในแปลงปลูกได้ในระดับ 0.64** และ 0.65** ในถั่วเหลืองรวมพันธุ์ และพันธุ์เชียงใหม่ 60 ตามลำดับ ซึ่งมีระดับความสัมพันธ์ค่อนข้างสูง ทั้งนี้เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ในการทดลองได้มาจากการผลิตเมล็ดพันธุ์ของศูนย์วิจัยต่าง ๆ และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งมีความงอกและความแข็งแรงเฉลี่ยในระดับสูงถึง 87% และ 84% ในถั่วเหลืองรวมพันธุ์ และเชียงใหม่ 60 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองโดยทั่วไปจะมีความงอกไม่สูงมากนัก ดังนั้นเปอร์เซ็นต์ความงอกจะมีความสัมพันธ์ต่ำกว่าในการทดลองนี้ ดังนั้นในทางปฏิบัติเปอร์เซ็นต์ความงอกจะไม่สามารถทำนายเปอร์เซ็นต์ความงอกในแปลงปลูกจริงได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่มีความแปรปรวนสูง เช่น อุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไป ปริมาณความชื้นในดินต่ำ มีฝนตกชุกในช่วงปลูก ปลูกโดยวิธีขังน้ำท่วมแปลง การเตรียมดินที่ไม่เหมาะสม การปลูกแบบไม่มีการเตรียมดิน เป็นต้น ความงอกจะยิ่งมีความสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูกต่ำลงมาก (วันชัย จันทร์ประเสริฐ, 2533; วันชัย จันทร์ประเสริฐ และคณะ, 2539; วันชัย จันทร์ประเสริฐ และคณะ, 2543; Chhetri, 2009) ยกตัวอย่างเช่นการทดลองของ Baskin และคณะ (1993) ในเมล็ดพันธุ์ข้าวฟ่างที่แสดงให้เห็นว่าเมื่อดินชื้นและเย็นความงอกเฉลี่ยจะลดลงจากสภาพที่เหมาะสมจาก 86.5% เป็น 65.9% และความสัมพันธ์ของความงอกมาตรฐานกับความงอกในแปลงจะลดลงจาก r = 0.825** เป็น 0.501** ด้วยเหตุนี้ จึงเป็นความสำคัญอย่างยิ่งที่จะต้องมีการตรวจหาระดับความแข็งแรงก่อนที่ระดับความงอกมาตรฐานจะลดลงเพื่อใช้ทำนายความสามารถในการงอกในแปลงในสภาพแวดล้อมที่แปรปรวนหรือหลังจากเก็บรักษาเป็นระยะเวลาหนึ่งก่อนนำไปปลูก (AOSA, 1983)

4.3.2 สภาพการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ที่เหมาะสม

วิธีเร่งอายุเมล็ดพันธุ์เป็นวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ที่ได้รับความนิยมมากที่สุดเนื่องจากเป็นวิธีที่ไม่ซับซ้อน ประหยัด ไม่ต้องการความชำนาญพิเศษ มีความสัมพันธ์สูงกับความงอกในแปลงปลูกและอายุการเก็บรักษา (AOSA, 1983) อุณหภูมิและระยะเวลาเร่งอายุ จะเป็นไปตามชนิดเมล็ดพันธุ์ที่มีอัตราการเสื่อมคุณภาพตามธรรมชาติ เมล็ดพืชชนิดที่เสื่อมคุณภาพช้า

เช่น เมล็ดธัญพืชจะต้องใช้อุณหภูมิสูงและระยะเวลาเร่งอายุนานกว่าชนิดที่เสื่อมคุณภาพเร็ว เช่น ถั่วเหลือง (AOSA, 1983; ISTA, 1995) อย่างไรก็ตาม แม้จะเป็นเมล็ดพืชชนิดเดียวกัน คู่มือการตรวจสอบความแข็งแรงต่างสถาบันแนะนำสภาพเร่งอายุที่แตกต่างกัน เช่น กรณีเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองนั้น ISTA (1995) แนะนำให้เร่งอายุที่ 42°ซ 72 ชั่วโมง ในขณะที่ AOSA (1983) แนะนำไว้ที่ 41°ซ 64 ชั่วโมง ซึ่งสภาพที่แนะนำนี้อาจจะไม่เหมาะสมกับถั่วเหลืองบางพันธุ์ของไทย การจัดกรรมวิธีของสภาพการเร่งอายุในการทดลองนี้จึงได้ใช้สภาพเร่งอายุที่แนะนำโดย ISTA (1995) และ AOSA (1983) เป็นหลักก่อน แล้วปรับเวลาออกเป็นช่วงแคบ ๆ หลาย ๆ ช่วงที่เหมาะสมต่อการปฏิบัติในห้องปฏิบัติการ ผลการทดลอง ชี้ให้เห็นเด่นชัดว่า สภาพที่แม่นยำที่สุดสำหรับถั่วเหลืองรวมพันธุ์และเชียงใหม่ 60 นั้นไม่ตรงกับสภาพที่แนะนำโดย ISTA (1995) และ AOSA (1983) ที่กล่าวไว้ข้างต้น แต่เป็นสภาพเดียวกันคือที่ 41°ซ 54 ชั่วโมง ในทั้งถั่วเหลืองรวมพันธุ์และเชียงใหม่ 60 อย่างไรก็ตาม เป็นไปได้ว่าถั่วเหลืองต่างพันธุ์กันของประเทศไทยอาจจะต้องใช้สภาพการเร่งอายุที่ต่างกัน

ในกรณีของพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่มีความอ่อนแอกว่าพันธุ์อื่นตามธรรมชาติ หากใช้สภาพเร่งอายุที่ให้ความเครียดสูงเกินไป เมล็ดพันธุ์หลังเร่งอายุจะสูญเสียความงอกมากหรือทั้งหมด และพันธุ์ที่มีความแข็งแรงสูงจะทนความเครียดได้มากกว่า และอาจจะจะสูญเสียความงอกเพียงเล็กน้อยหรือไม่สูญเสียความงอกเลย ในการนี้จะเห็นว่า ถั่วเหลืองพันธุ์ของไทยจะเป็นพันธุ์ที่อ่อนแอต่อความเครียดมากกว่าพันธุ์ต่างประเทศ จึงต้องใช้อุณหภูมิและระยะเวลาที่ต่ำกว่าที่คู่มือได้แนะนำไว้มาก

นอกจากนี้ Chhetri (2009) ได้แนะนำหลักการจัดอุณหภูมิและระยะเวลาเร่งอายุที่เหมาะสม ว่า อุณหภูมิที่ใช้เร่งอายุไม่ควรจะสูงเกินไป เพราะจะทำให้เกิดความแปรปรวนต่อความงอกหลังเร่งอายุมาก ส่วนระยะเวลาเร่งอายุหากมีระยะเวลาที่สั้นลงก็สามารถลดเวลาการประเมินได้ นอกจากนี้ระยะเวลาเร่งอายุควรพิจารณาให้เหมาะสมกับช่วงเวลาที่เหมาะสมกับการทำงานประจำวัน กล่าวคือเวลาที่นำเข้าตู้เร่งอายุและสิ้นสุดเวลาเร่งอายุแล้วนำออกมาเพาะจนเสร็จควรอยู่ในช่วงเวลา 08.00-17.00 น. จึงจะสะดวกต่อการปฏิบัติ ดังนั้นสภาพเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ 41°ซ 54 ชม. ที่ได้จากผลการทดลองนี้จึงเป็นสภาพการเร่งอายุที่ลงตัวมากที่สุด กล่าวคือมีระยะเวลาการเร่งอายุที่ปฏิบัติงานได้สะดวกระหว่างชั่วโมงทำงานประจำวัน (08.00-17.00 น.) มีระยะเวลาเร่งอายุสั้น และอุณหภูมิไม่สูงเกินไปสำหรับเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เป็นพืชน้ำมันซึ่งมีความอ่อนแอกว่าเมล็ดธัญพืช

4.3.3 การตรวจสอบความแข็งแรงในประเภทการตรวจสอบการเจริญเติบโตและประเมินต้นอ่อนและการตรวจสอบในสภาพอากาศเย็น

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้วิธีการตรวจสอบความแข็งแรงในประเภทการตรวจสอบการเจริญเติบโตและประเมินต้นอ่อนถั่วเหลือง 5 วิธี ได้แก่ การวัดความยาวยอด ราก และความยาวต้น

อ่อนรวมที่อายุ 5 วัน การตรวจสอบการเจริญเติบโตของต้นอ่อน ความงอกอย่างเร็วที่ 3 และ 4 วัน และการตรวจสอบความงอกในสภาพอากาศเย็นที่ 18°ซ ที่ 2 และ 5 วัน พบว่าวิธีวัดความยาวยอด ราก และต้นอ่อนรวม ไม่มีความแม่นยำในทั้งถั่วเหลืองรวมพันธุ์และพันธุ์เชียงใหม่ 60 ยกเว้นวิธีการตรวจสอบการเจริญเติบโตของต้นอ่อนให้ความสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูกใกล้เคียงกับความงอกมาตรฐานในถั่วเหลืองรวมพันธุ์ แต่ไม่แนะนำให้ใช้วิธีดังกล่าวเพราะมีความยุ่งยากในการตรวจสอบมากกว่าการตรวจสอบความงอกมาตรฐาน

สำหรับวิธีการตรวจสอบความงอกอย่างเร็วและการตรวจสอบความงอกในสภาพอากาศเย็นให้ผลแตกต่างกันระหว่างถั่วเหลืองรวมพันธุ์ และพันธุ์เชียงใหม่ 60 โดยเป็นวิธีที่มีความแม่นยำสูงสำหรับพันธุ์เชียงใหม่ 60 แต่ไม่สามารถใช้ได้กับถั่วเหลืองรวมพันธุ์ได้ ทั้งนี้อาจจะต้องใช้จำนวนวันในการประเมินในถั่วเหลืองรวมพันธุ์แตกต่างจากพันธุ์เชียงใหม่ 60 จึงจะมีความแม่นยำ อย่างไรก็ตามได้กำหนดวันประเมินต้นอ่อนในทั้ง 2 วิธี จากลักษณะของต้นอ่อนที่สามารถประเมินการเจริญเติบโตได้ง่ายและชัดเจน หากนับในวันอื่นอาจจะมีความแปรปรวนในผลการประเมินและประเมินต้นอ่อนได้ยาก นอกจากนี้ยังพยายามใช้เวลาในการประเมินสั้นที่สุด ซึ่งจะทำให้ได้ผลการตรวจสอบเร็วขึ้น ดังนั้นด้วยวิธีการตรวจสอบในสภาพอากาศเย็นที่ 2 วัน และวิธีตรวจสอบความงอกอย่างเร็วที่ 3 วัน ซึ่งมีความแม่นยำใกล้เคียงกันมาก สำหรับพันธุ์เชียงใหม่ 60 นั้น สามารถตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ได้ในเวลาเพียง 2 และ 3 วันเท่านั้น ซึ่งเร็วกว่าการตรวจสอบความงอกมาตรฐานที่ต้องใช้เวลาอย่างน้อย 5 วัน (ISTA, 1999) นอกจากนี้วิธีการดังกล่าวยังไม่ต้องการวิธีปฏิบัติใด ๆ ที่เพิ่มเติมจากการตรวจสอบความงอกมาตรฐาน สำหรับวิธีการตรวจสอบความงอกในสภาพอากาศเย็นจะต้องใช้ตู้เพาะที่ปรับอุณหภูมิได้ 18°ซ ในขณะที่วิธีตรวจสอบความงอกอย่างเร็วต้องการตู้เพาะปกติที่ 25°ซ จึงน่าจะมีความคล่องตัวและประหยัดในทางปฏิบัติมากกว่า สำหรับการตรวจสอบความงอกในสภาพอากาศเย็นได้ใช้อุณหภูมิ 18°ซ ตามที่ AOSA (1983) และ ISTA (1995) แนะนำสำหรับเมล็ดพันธุ์ฝ้าย ในกรณีของเมล็ดพันธุ์ฝ้ายแนะนำให้ประเมินต้นอ่อนที่มีลักษณะ ต้นอ่อนปกติที่มีส่วนของรากและลำต้นอ่อน ยาวรวมกันตั้งแต่ 4 เซนติเมตรขึ้นไป

อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อประเมินค่าเปอร์เซ็นต์มาตรฐานของความแข็งแรงโดยวิธีความงอกอย่างเร็วและวิธีตรวจสอบความงอกในสภาพอากาศเย็นโดยต้องใช้จำนวนตัวอย่างที่มีระดับความแข็งแรงที่มีช่วงกว้างและจำนวนตัวอย่างมากกว่าที่ใช้ในการทดลองนี้

4.3.4 การใช้ประโยชน์และข้อจำกัดของวิธีวัดค่าการนำไฟฟ้าเมล็ดพันธุ์ในถั่วเหลือง

ตามทฤษฎีของการเสื่อมคุณภาพ การสูญเสียสภาพของเมมเบรนทำให้เกิดการรั่วไหลของสารละลายออกจากเซลล์มากขึ้น เป็นอาการเสื่อมที่เป็นลำดับแรก (McDonald, 1999; AOSA, 1985) ดังนั้นวิธีวัดค่าการนำไฟฟ้าที่รั่วไหลจากเมล็ดจึงเป็นวิธีตรวจสอบความแข็งแรงที่มีประสิทธิภาพสูง

ที่สุด เพราะสามารถตรวจจับการเสื่อมของเมล็ดพันธุ์ได้เร็วที่สุด นอกจากนี้การตรวจสอบยังใช้เวลาสั้นเพียง 24 ชั่วโมง วิธีการไม่ซับซ้อน และเครื่องมือมีราคาไม่สูงมากนัก ผลการทดลองที่สนับสนุนทฤษฎีนี้ได้แก่ การทดลองของ Chhetri (2009) ในเมล็ดพันธุ์ข้าวซึ่งวิธีวัดค่าการนำไฟฟ้าตามวิธี AOSA (1983) มีประสิทธิภาพสูงกว่าวิธีเร่งอายุในการตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ข้าว ในทางตรงข้ามการทดลองส่วนใหญ่ในเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพบว่าวิธีวัดค่าการนำไฟฟ้ามีประสิทธิภาพในการประเมินความมีชีวิต (viability) แต่ยังขาดความแม่นยำในการตรวจสอบความแข็งแรง (เชิดชาย วังคำ, 2542; อารมย์ ศรีพิจิตต์, 2544; Marwanto, 2004) จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองต่อไป

ในการทดลองครั้งนี้ พบว่าวิธีวัดค่าการนำไฟฟ้าสามารถทำนายความงอกในแปลงปลูกของถั่วเหลืองรวมพันธุ์ และพันธุ์เชียงใหม่ 60 ได้ในระดับเดียวกับความงอกมาตรฐานเท่านั้น ในกรณีนี้จึงสามารถใช้วิธีวัดค่าการนำไฟฟ้าทดแทนวิธีการตรวจสอบความงอกมาตรฐานได้ และมีความรวดเร็วในการตรวจสอบโดยทราบผลในเวลาเพียง 24 ชั่วโมง จากตัวเลขในตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่า ค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองรวมพันธุ์สูงขึ้นอย่างเด่นชัดเมื่อความงอกในแปลงปลูกอยู่ในระดับตั้งแต่ 73.33% ลงมาเท่านั้นและเฉพาะในวิธีการของ AOSA เท่านั้น แสดงให้เห็นว่าวิธีวัดการนำไฟฟ้าไม่สามารถตรวจจับระดับความแข็งแรงที่ลดลงก่อนหน้านี้ได้ ซึ่งไม่สอดคล้องกับหลักการของ AOSA (1983) และ McDonald (1999) สำหรับพันธุ์เชียงใหม่ 60 พบความเด่นชัดของการเพิ่มขึ้นของค่าการนำไฟฟ้าตามระดับการเพิ่มขึ้นของการเสื่อมของเมล็ดน้อยกว่าถั่วเหลืองรวมพันธุ์ แต่จะเห็นได้ชัดขึ้นที่ระดับความงอกในแปลงปลูกที่ไม่เกิน 75.33% เฉพาะในวิธี ISTA เท่านั้น

การที่วิธีวัดค่าการนำไฟฟ้าในเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ใช้ในการทดลองนี้มีประสิทธิภาพต่ำกว่าวิธีอื่น ๆ อาจจะเนื่องมาจากถั่วเหลืองรวมพันธุ์ มีความแตกต่างของขนาดและรูปร่างของเมล็ดพันธุ์ ความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ด ฯลฯ ซึ่งจะมีผลต่อปริมาณการรั่วไหลของสารละลาย และเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ในการทดลองส่วนใหญ่ยังคงมีความแข็งแรงสูง

ความสับสนของวิธีวัดค่าการนำไฟฟ้าเกิดขึ้นเมื่อคู่มือการตรวจสอบความแข็งแรงของ AOSA (1983), ISTA (1981) และ ISTA (1995) กำหนดวิธีการตรวจสอบที่ต่างกันไปได้แก่ จำนวนเมล็ดและปริมาณน้ำที่ใช้ และวิธีการเตรียมสารละลาย (วิธีการกวนสารละลายก่อนการวัด) การทดลองครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบกรรมวิธีเหล่านี้ในเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ผลการทดลองสรุปได้ชัดเจนว่าวิธีการของ AOSA (1983) และ ISTA (1995) วัดค่าการนำไฟฟ้าได้ต่างกัน เนื่องจากใช้จำนวนเมล็ดและปริมาณน้ำต่างกันมาก แต่วิธีการเตรียมสารละลายทั้ง 3 กรรมวิธีคือ วิธีแกว่ง 15 วินาที คนด้วยแท่งแก้ว 15 วินาที และเทไปมาระหว่างบีกเกอร์ 5 ครั้ง วัดค่าได้ไม่แตกต่างกันในแต่ละวิธีการ แม้วิธีเทไปมาระหว่างบีกเกอร์จะให้ค่าความสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูกสูงกว่าทุกวิธี และในถั่วเหลืองรวมพันธุ์ วิธีของ AOSA (1983) มีความสัมพันธ์กับความงอกใน

แปลงปลูกสูงกว่าวิธี ISTA (1995) แต่ผลกลับกันในพันธุ์เชียงใหม่ 60 จึงสรุปได้ว่าในการเตรียมสารละลายก่อนการวัดจะต้องทำให้สารละลายเข้ากันเป็นเนื้อเดียวกันเสียก่อนจึงจะวัดค่าการนำไฟฟ้าโดยไม่ต้องกรองเอาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองออกและจุ่มหัววัดให้อยู่ต่ำกว่าระดับน้ำและใกล้เมล็ดแต่ไม่สัมผัสเมล็ด และให้วัดในระดับความลึกเดียวกับทุกตัวอย่าง ในกรณีที่ต้องการความแม่นยำเฉพาะพันธุ์ใดพันธุ์หนึ่งต้องทำการทดลองเปรียบเทียบระหว่างวิธีการ AOSA (1983) และ วิธี ISTA (1995) เสียก่อน อย่างไรก็ตามวิธีการวัดค่าการนำไฟฟ้าให้ผลรวดเร็วใน 24 ชั่วโมงและวิธีการไม่ซับซ้อนจึงควรใช้เป็นวิธีทางเลือกหรือเสริมวิธีอื่น ๆ และศึกษาเพิ่มเติมให้เกิดความแม่นยำมากขึ้น

ในกรณีของวิธีวัดค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองนั้น Loeffler และคณะ (1988) ได้ศึกษาถึงปัจจัยที่ก่อให้เกิดความแปรปรวนของผลการตรวจสอบและรายงานว่าปัจจัยที่มีผลต่อความแปรปรวนของการตรวจสอบคือ ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ อุณหภูมิที่แช่และวัดค่าเมล็ดพันธุ์ ความเสียหายของเมล็ดจากการแตกร้าวและโรค จำนวนเมล็ดที่ใช้ในการตรวจสอบ โรคที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ และสารเคมีคลุกเมล็ดพันธุ์ โดยความชื้นของเมล็ดพันธุ์ที่ต่ำกว่า 11% ให้ค่าการนำไฟฟ้าสูงขึ้นได้ ความชื้นเมล็ดพันธุ์ที่ 11-18% ให้ค่าการนำไฟฟ้าที่แตกต่างกันไม่มาก สำหรับอุณหภูมิในขณะแช่และวัดค่าจะต้องรักษาไว้ให้คงที่เพราะพบว่าการแปรปรวนของอุณหภูมิทุก ๆ 5 องศาเซลเซียสมีผลให้ค่าที่วัดได้เปลี่ยนแปลง การตรวจสอบต้องสุ่มจากส่วนของเมล็ดพันธุ์บริสุทธิ์ (pure seed) ที่ไม่แตกร้าวและไม่มีร่องรอยของโรคเมล็ดพันธุ์ การเพิ่มจำนวนเมล็ดพันธุ์ในการตรวจสอบจาก 25 เป็น 50 เมล็ดต่อซ้ำทำให้ค่าความสัมพันธ์ลดลง 9.8-19.0% อย่างไรก็ตามไม่พบความแปรปรวนของค่าการนำไฟฟ้าที่วัดได้เมื่อเมล็ดติดเชื้อ *Phomopsis* sp. หรือ *Cercosspora kikucchii* นอกจากนี้พบความแปรปรวนเพียงเล็กน้อยในกรณีที่คลุกเมล็ดด้วยยาเคมี Captan-80, Arasan-50 และ Vitavax-200 แต่ควรให้ความระมัดระวังสำหรับการใช้สารเคมีอื่น

4.3.5 ความแปรปรวนของการตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์

เป็นที่ทราบกันดีว่า การตรวจสอบความแข็งแรงไม่สามารถจัดทำเป็นวิธีมาตรฐานได้ เนื่องจากผลการตรวจสอบความแข็งแรงมีความแปรปรวนระหว่าง ซ้ำ ผู้ตรวจสอบ และห้องปฏิบัติการในระดับสูง เนื่องมาจากมีการให้ความเครียดแก่เมล็ดพันธุ์ระหว่างการตรวจสอบ การควบคุมสภาพการตรวจสอบให้สม่ำเสมอเป็นไปได้ยาก การตรวจสอบต้องการเครื่องมือที่เฉพาะเจาะจงและวิธีการมีความละเอียดอ่อน นอกจากนี้สภาพที่ใช้ในการตรวจสอบที่เหมาะสมผันแปรไปตามพืชและพันธุ์อีกด้วย (AOSA, 1983) สถาบันที่เกี่ยวข้องจึงจัดทำวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์เป็นเพียงคู่มือ (handbook) การตรวจสอบความแข็งแรง หรือวิธีแนะนำเท่านั้น ไม่ระบุเป็นวิธีมาตรฐาน ผู้ปฏิบัติสามารถทดลองปรับประยุกต์วิธีการไปใช้ให้มีความเหมาะสมและแม่นยำกับพืช พันธุ์ และบริบทของหน่วยงานของตนเองได้

อย่างไรก็ตาม เพื่อให้มีความแปรปรวนในผลการตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์มีน้อยที่สุด ผู้ตรวจสอบควรจัดสภาพ วัสดุ อุปกรณ์ ให้สม่ำเสมอและเหมือนกันทุกครั้ง เช่น อุณหภูมิการตรวจสอบ ระยะเวลาตั้งอุณหภูมิ (set up time) ชนิดของกระดาษเพาะ ปริมาณความชื้นในกระดาษเพาะ การคลุกยาเคมีเมล็ดพันธุ์ก่อนตรวจสอบและอัตรา ชนิดและรุ่นเครื่องมือและอุปกรณ์ สำหรับระยะเวลาการประเมินที่กำหนดเป็นวัน ควรจะครบรอบ 24 ชม. หรือห่างกันไม่เกิน 2-3 ชั่วโมง เช่นการประเมินความงอกมาตรฐานหลังเร่งอายุ ที่ 5 วัน การตรวจสอบความงอกอย่างเร็วที่ 3 วัน หรือการตรวจสอบความงอกในสภาพอากาศเย็นที่ 2 และ 4 วัน นั้น จะต้องนับต้นอ่อนเมื่อครบรอบ 24 ชม. พอดี หากมีตัวอย่างจำนวนมาก ไม่สามารถประเมินได้ทัน ควรทยอยเพาะห่างกันเป็นช่วง ๆ หรือหากจำเป็นให้นำตัวอย่างที่รอการประเมินเข้าตู้เย็น 5-10°ซ และทำการประเมินโดยเร็วที่สุด

ในการทดลองนี้พบว่ามีความแปรปรวนสูงในการตรวจสอบความงอกในแปลงปลูก เนื่องจากไม่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมของแปลงปลูกได้ เช่น สภาพอากาศ ปริมาณการให้น้ำ ในกรณีที่มีจำนวนตัวอย่างเมล็ดพันธุ์มาก ไม่สามารถปลูกทั้ง 3 ซ้ำ ของทุกกรรมวิธีในแปลงได้ในวันเดียวกัน ทำให้ต้องปลูกห่างกันหลายวัน อุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนไปในแต่ละซ้ำ ทำให้ความเร็วในการงอกของต้นอ่อนแตกต่างกัน การกำหนดวันนับต้นอ่อนเท่ากัน เช่น 12 วัน ก็อาจได้เปอร์เซ็นต์ความงอกที่แปรปรวนได้ รวมทั้งการให้น้ำจะต้องให้ปริมาณที่เท่ากันในทุกซ้ำ เมล็ดที่มีความแข็งแรงต่ำถึงปานกลางจะให้ผลที่แปรปรวนสูงกว่าเมล็ดที่มีความงอกและความแข็งแรงสูง

ตามทฤษฎีวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงที่ดีจะต้องมีค่าความสัมพันธ์ (correlation coefficient) สูงกับความงอกในแปลงปลูก (AOSA, 1983) ในการทดลองนี้มีข้อสังเกตว่า ผลการตรวจสอบความงอกในแปลงปลูกระหว่างซ้ำ หรือทำใหม่แล้วได้ผลแปรปรวน ทำให้ค่าสหสัมพันธ์เปลี่ยนแปลง และนำผลการทดลองที่ตรวจสอบความงอกในแปลงปลูกคนละครั้งมาเปรียบเทียบกันไม่ได้ นอกจากนี้ พบว่าวิธีการหาค่าความสัมพันธ์ของวิธีการตรวจสอบคุณภาพกับความงอกในแปลงปลูกนั้น จะได้ค่าความสัมพันธ์ (r) เฉพาะในกรณีที่ตัวอย่างมีความแตกต่างของระดับความแข็งแรงตั้งแต่ ต่ำ กลาง และสูง หากตัวอย่างมีความแตกต่างของคุณภาพน้อย มักจะไม่พบค่าความสัมพันธ์ เช่น กรณีที่ใช้เมล็ดพันธุ์ที่มีความงอกสูง 80-90% จะไม่พบความสัมพันธ์ของวิธีการที่ศึกษากับค่าความงอกในแปลงปลูก ในการทดลองที่ต้องการหาค่าความสัมพันธ์ ควรใช้ตัวอย่างที่มีความงอกมาตรฐานหรือความงอกในแปลงปลูกตั้งแต่ 30-90% เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติ การผลิตเมล็ดพันธุ์เป็นการค้า ในกระบวนการผลิตส่วนใหญ่จะมีแต่เมล็ดพันธุ์ที่มีระดับความแข็งแรงสูงเท่านั้น ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะหาวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงมาแยกแยะความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ในระดับสูงออกเป็นหลายระดับที่ความแข็งแรงแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยได้ โดยใช้วิธีหาความสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูก

ในการนี้ นักวิจัยควรจะหาวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงที่ผลการตรวจสอบมีความเสถียรสูง ทำซ้ำได้เหมือนเดิม แม้ผู้ตรวจสอบเป็นคนละคน มาเป็นวิธีมาตรฐานเพื่อหาค่าความสัมพันธ์กับวิธีที่ทดลองแทนวิธีตรวจสอบความงอกในแปลงปลูก ยกตัวอย่าง การจำลองสภาพแปลงที่เป็นวิธีมาตรฐาน อาจจะควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นของอากาศ ความชื้นวัสดุเพาะหรือวัสดุปลูก เช่นการปรับความชื้นของการงอกโดยใช้สาร โพลีเอธิลีนไกลคอล (polyethelene glycol) จากการทดลองของ วสุ อมฤตสุทธิ์ (2547) ชี้ให้เห็นว่า การตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองโดยวิธีเตตราโซเลียมมีความสัมพันธ์ไม่แตกต่างกับความงอกในแปลงปลูก และโดยหลักการของวิธีเตตราโซเลียม หากผู้ปฏิบัติมีความชำนาญและมีการควบคุมสภาพแวดล้อมของการตรวจสอบให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน ผลการตรวจสอบความแข็งแรงจะไม่แปรปรวน น่าจะสามารถใช้เป็นวิธีมาตรฐานสำหรับตรวจสอบความแข็งแรงแทนวิธีตรวจสอบความงอกในแปลงปลูกได้

ในการทดลองครั้งนี้ ได้ตระหนักถึงการลดความแปรปรวนในการตรวจสอบความงอก และความแข็งแรงให้มีน้อยที่สุด ในการตรวจสอบที่มีการเพาะเมล็ดพันธุ์จะใช้กระดาษเพาะชนิดเดิมตลอดการทดลอง มีการปรับปริมาณน้ำให้เป็นมาตรฐานโดยการชั่งกระดาษแล้วคำนวณปริมาณน้ำต่อน้ำหนัก ในกรณีที่เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองผ่านการเร่งอายุแล้ว การเพาะจะให้ความชื้นกระดาษเพาะลดลงกว่าการตรวจสอบความงอกเล็กน้อยร่วมกันการพ่นยาเคมีป้องกันเชื้อรา มีการตรวจสอบอุณหภูมิของตู้ควบคุมอุณหภูมิตลอดระยะเวลากรตรวจสอบด้วยเทอร์โมมิเตอร์ที่สอบเทียบแล้ว ตรวจเช็คเวลาการอุ่นตู้แล้วกำหนดเวลาตั้งอุณหภูมิ (set up time) เท่ากันทุกครั้ง เวลาการประเมินที่กำหนดเป็นวันได้ตรวจสอบทันทีที่ครบรอบ 24 ชั่วโมง เช่น ระยะการตรวจสอบ 2 วัน ก็จะประเมินเมื่อครบ 48 ชั่วโมงพอดี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Table 4.1 Field emergence, standard germination, accelerated aging test of 10 conditions of 31 soybean seed lots of combined varieties, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence.

No.	Varieties	Lots	FE (%)	SG (%)	Accelerated Aging Conditions									
					40°C 54 hrs (%)	40°C 60 hrs (%)	40°C 64 hrs (%)	40°C 68 hrs (%)	40°C 72 hrs (%)	41°C 54 hrs (%)	41°C 60 hrs (%)	41°C 64 hrs (%)	41°C 68 hrs (%)	41°C 72 hrs (%)
1	Nakhon Sawan 1	78	97.33 $^{a\ 1}$	94.66 $^{a-b}$	96.00 ^{a}	91.33 $^{a-d}$	86.00 $^{a-c}$	88.66 ^{a}	44.00 $^{f-h}$	92.66 $^{a-b}$	66.66 $^{c-h}$	54.66 $^{b-h}$	32.00 $^{f-i}$	31.33 $^{e-h}$
2	SJ 5	97	96.00 $^{a-b}$	92.66 $^{a-d}$	90.00 $^{a-c}$	86.66 $^{a-f}$	89.33 $^{a-b}$	78.00 $^{a-d}$	60.66 $^{b-d}$	88.66 $^{a-e}$	82.00 $^{a-b}$	62.00 $^{a-f}$	34.00 $^{f-i}$	38.00 $^{c-e}$
3	Chakkrabhandhu 1	71	94.66 $^{a-c}$	97.33 ^{a}	95.33 ^{a}	94.00 $^{a-c}$	90.00 $^{a-b}$	78.66 $^{a-c}$	76.66 ^{a}	91.33 $^{a-c}$	87.33 ^{a}	60.00 $^{a-g}$	48.00 $^{b-e}$	51.33 $^{a-b}$
4	Chiangmai 2	64	94.00 $^{a-d}$	88.00 $^{a-f}$	83.33 $^{a-c}$	74.66 $^{f-i}$	74.00 $^{d-f}$	68.00 $^{c-i}$	14.00 ^{m}	82.00 $^{c-f}$	47.33 $^{j-k}$	42.66 $^{f-j}$	6.00 ^{l}	24.00 $^{f-i}$
5	Nakhon Sawan 1	73	94.00 $^{a-d}$	88.66 $^{a-e}$	91.33 $^{a-c}$	80.00 $^{d-g}$	89.33 $^{a-b}$	58.66 $^{h-k}$	27.33 $^{j-l}$	87.33 $^{a-f}$	80.66 $^{a-c}$	76.66 ^{a}	54.00 $^{a-b}$	48.66 $^{a-d}$
6	Chiangmai 60	2	92.66 $^{a-e}$	93.33 $^{a-c}$	93.33 $^{a-b}$	95.33 $^{a-b}$	92.00 ^{a}	71.33 $^{c-g}$	65.33 ^{b}	91.33 $^{a-c}$	81.33 $^{a-b}$	72.00 $^{a-b}$	53.33 $^{b-c}$	48.00 $^{a-d}$
7	Chakkrabhandhu 1	72	92.66 $^{a-e}$	90.66 $^{a-e}$	90.66 $^{a-c}$	94.00 $^{a-c}$	84.00 $^{a-c}$	74.66 $^{c-f}$	60.66 $^{b-d}$	90.66 $^{a-c}$	80.00 $^{a-d}$	79.33 ^{a}	44.66 $^{c-f}$	32.00 $^{e-g}$
8	Sukhothai 3	68	91.33 $^{a-f}$	90.00 $^{a-e}$	78.66 ^{c}	86.00 $^{a-f}$	72.00 $^{e-g}$	54.00 $^{j-l}$	54.00 $^{c-f}$	76.66 $^{f-g}$	58.66 $^{f-j}$	53.33 $^{b-h}$	36.66 $^{d-h}$	34.00 $^{e-f}$
9	Sukhothai 1	84	91.33 $^{a-f}$	90.00 $^{a-e}$	83.33 $^{a-c}$	68.66 $^{g-i}$	60.66 ^{h}	19.33 ^{n}	12.66 $^{m-n}$	88.00 $^{a-e}$	54.66 $^{g-j}$	38.00 $^{h-j}$	6.00 ^{l}	20.00 $^{g-j}$
10	Chiangmai 5	59	90.00 $^{a-f}$	85.33 $^{a-g}$	90.66 $^{a-c}$	68.00 $^{h-i}$	68.66 $^{f-h}$	44.66 $^{l-m}$	3.33 $^{n-o}$	79.33 $^{d-f}$	63.33 $^{e-i}$	28.66 $^{j-k}$	5.33 ^{l}	2.00 ^{l}
11	Nakhon Sawan 1	77	88.66 $^{a-f}$	81.33 $^{c-g}$	93.33 $^{a-b}$	0.00 $^{a-b}$	83.33 $^{a-d}$	66.00 $^{d-j}$	56.00 $^{b-e}$	81.33 $^{c-f}$	64.00 $^{e-i}$	53.33 $^{b-h}$	25.33 $^{h-j}$	21.33 $^{f-j}$
12	Nakhon Sawan 1	74	88.00 $^{a-g}$	91.33 $^{a-e}$	80.00 $^{b-c}$	88.00 $^{a-e}$	78.66 $^{c-e}$	63.33 $^{f-j}$	32.00 $^{i-k}$	82.00 $^{c-f}$	65.33 $^{d-h}$	46.66 $^{d-j}$	31.33 $^{f-i}$	30.66 $^{e-h}$
13	Nakhon Sawan 1	79	87.33 $^{a-h}$	94.66 $^{a-b}$	93.33 $^{a-b}$	98.00 ^{a}	87.33 $^{a-c}$	87.33 $^{a-b}$	64.66 ^{b}	95.33 ^{a}	55.33 $^{g-j}$	32.00 $^{i-k}$	54.66 $^{b-c}$	27.33 $^{e-i}$
14	SJ 2	94	86.66 $^{a-h}$	81.33 $^{c-g}$	87.33 $^{a-c}$	92.00 $^{a-d}$	87.33 $^{a-c}$	64.00 $^{e-j}$	48.66 $^{e-g}$	87.33 $^{a-f}$	76.00 $^{a-e}$	56.66 $^{b-h}$	41.33 $^{c-g}$	38.66 $^{b-e}$
15	Nakhon Sawan 1	75	86.00 $^{a-h}$	92.66 $^{a-d}$	86.66 $^{a-c}$	83.33 $^{b-f}$	72.66 $^{e-g}$	74.66 $^{c-f}$	22.00 $^{k-m}$	77.33 $^{e-g}$	66.00 $^{d-h}$	60.66 $^{a-g}$	30.66 $^{g-i}$	28.00 $^{e-i}$
16	Srisamrong 1	104	86.00 $^{a-h}$	86.66 $^{a-f}$	89.33 $^{a-c}$	82.00 $^{c-f}$	88.00 $^{a-c}$	79.33 $^{a-c}$	33.33 $^{i-j}$	78.66 $^{d-f}$	53.33 $^{g-j}$	41.33 $^{g-j}$	37.33 $^{d-h}$	50.66 $^{a-c}$

Table 4.1 Field emergence, standard germination, accelerated aging test of 10 conditions of 31 soybean seed lots of combined varieties, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence. (continued)

No.	Varieties	Lots	FE (%)	SG (%)	Accelerated Aging Conditions									
					40 °C 54 hrs (%)	40 °C 60 hrs (%)	40 °C 64 hrs (%)	40 °C 68 hrs (%)	40 °C 72 hrs (%)	41 °C 54 hrs (%)	41 °C 60 hrs (%)	41 °C 64 hrs (%)	41 °C 68 hrs (%)	41 °C 72 hrs (%)
17	Srisamrong 1	105	85.33 a-h	84.66 b-g	90.00 a-c	86.66 a-f	68.66 f-h	61.33 g-j	31.33 i-k	78.00 d-g	76.00 a-e	69.33 a-b	6.00 l	5.33 k-l
18	SJ 4	89	84.66 a-i	88.00 a-f	87.33 a-c	88.66 a-e	81.33 b-e	75.33 c-f	36.66 h-j	86.00 a-f	61.33 e-j	46.00 d-j	26.66 h-j	30.00 e-h
19	SJ 1	100	84.66 a-i	80.66 d-g	83.33 a-c	90.66 a-d	92.66 a	72.66 c-g	45.33 f-h	85.33 a-f	65.33 d-h	56.00 b-h	34.66 e-h	27.33 e-i
20	Sukhothai 2	88	82.00 b-j	80.00 e-g	90.66 a-c	86.66 a-f	68.00 f-h	28.66 n	16.00 m	86.66 a-f	64.00 d-i	44.00 e-h	20.66 i-k	18.66 h-j
21	Sukhothai 1	82	81.33 c-j	88.66 a-e	85.33 a-c	77.33 e-h	62.66 g-h	47.33 k-m	13.33 m	68.66 g-h	32.66 l	84.66 b-h	60.00 a-b	57.33 a
22	SJ 4	90	81.33 c-j	90.66 a-e	91.33 a-c	86.00 a-f	80.66 b-e	72.00 c-g	32.00 i-k	83.33 b-f	79.33 a-d	70.66 a-b	52.00 b-c	50.66 a-c
23	Chiangmai 2	62	80.00 d-j	86.00 a-g	90.00 a-c	84.00 b-f	68.00 f-h	68.00 c-i	12.66 m-n	84.00 b-f	50.00 i-j	53.33 b-h	33.33 f-i	26.66 e-i
24	Chiangmai 60	1	80.00 d-j	93.33 a-c	93.33 a-b	92.66 a-d	87.33 a-c	57.33 i-k	40.66 g-i	76.66 g-f	75.33 a-e	67.33 a-c	50.00 b-d	37.33 e-d
25	SJ 5	98	78.66 e-j	90.66 a-e	82.66 a-c	87.33 a-e	72.00 e-g	70.00 c-h	64.00 b-c	80.66 c-f	65.33 d-h	49.33 c-i	67.33 a	58.66 a
26	Sukhothai 3	70	78.00 f-j	76.66 f-h	83.33 a-c	88.00 a-e	80.00 b-e	76.00 b-e	52.66 d-f	80.66 c-f	68.00 b-g	63.33 a-f	43.33 c-g	48.00 a-d
27	SJ 2	95	74.00 g-j	88.00 a-f	88.66 a-c	81.33 c-f	67.33 f-h	67.33 c-i	36.66 h-j	84.66 b-f	58.66 f-j	60.66 a-g	50.00 b-d	55.33 a
28	Chiangmai 2	65	73.33 h-j	80.66 d-g	85.33 a-c	63.33 i	64.66 f-h	64.00 e-j	20.00 l-m	60.00 h-j	72.00 b-f	64.66 a-d	8.66 k-l	10.00 j-l
29	KKU 35	109	70.66 i-j	74.66 g-h	34.66 d	29.33 k	25.33 j	1.33 o	2.00 o	55.33 i	52.66 h-j	38.66 h-j	41.33 c-g	46.66 a-d
30	Sukhothai 2	87	70.00 j	82.66 b-g	58.66 d	63.33 i	41.33 i	39.33 m	16.00 m	36.00 j	36.00 k-l	7.33 l	6.00 l	4.66 k-l
31	Sukhothai 1	113	68.66 j	69.33 h	42.00 e	42.66 j	19.33 j	49.33 k-m	15.33 m	23.33 k	24.00 l	16.00 k-l	15.33 j-l	16.00 i-k
	Mean		**84.12**	**86.88**	**84.17**	**81.50**	**73.63**	**61.96**	**35.65**	**78.68**	**63.31**	**52.23**	**34.06**	**32.86**
	F test		**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	C.V. (%)		**8.54**	**6.91**	**25.54**	**7.86**	**7.09**	**10.30**	**16.05**	**6.84**	**11.93**	**19.07**	**21.09**	**20.77**

[1] Means in the same column that followed by the same letters are not significantly difference according to DMRT.

** = Significant difference at the 1% level of probability.

Table 4.2 Field emergence, standard germination and seed vigor tests of 31 soybean seed lots of combined varieties, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence.

No.	Varieties	Lot No.	FE (%)	SG (%)	Seed Vigor Tests							
					QG 3d (%)	QG 4d (%)	CG 2d (%)	CG 5d (%)	SGR (mg/plant)	SL (cm)	RL (cm)	TSL (cm)
1	Nakhon Sawan 1	78	97.33 $^{a\ 1}$	94.66 $^{a-b}$	39.00 $^{a-c}$	46.33 $^{a-c}$	68.66 $^{a-d}$	80.00 $^{a-d}$	36.82 $^{b-e}$	11.33	5.39	16.73
2	SJ 5	97	96.00 $^{a-b}$	92.66 $^{a-d}$	37.33 $^{a-c}$	46.00 $^{a-c}$	78.66 $^{a-b}$	88.66 ^{a}	44.51 $^{a-b}$	12.74	5.95	18.69
3	Chakkrabhandhu 1	71	94.66 $^{a-c}$	97.33 ^{a}	39.67 $^{a-c}$	47.66 ^{a}	54.66 $^{b-f}$	88.00 ^{a}	33.20 $^{d-g}$	9.46	5.24	14.71
4	Chiangmai 2	64	94.00 $^{a-d}$	88.00 $^{a-f}$	20.34^{e}	44.00 $^{a-d}$	33.33 ^{f}	75.33 $^{a-d}$	48.94 ^{a}	11.34	4.82	16.16
5	Nakhon Sawan 1	73	94.00 $^{a-d}$	88.66 $^{a-e}$	41.66 $^{a-b}$	44.33 $^{a-c}$	83.33 ^{a}	78.00 $^{a-d}$	43.14 $^{a-c}$	10.79	8.39	19.19
6	Chiangmai 60	2	92.66 $^{a-e}$	93.33 $^{a-c}$	23.67 $^{d-e}$	41.33 $^{a-d}$	76.00 $^{a-b}$	88.66 ^{a}	27.17 $^{e-k}$	11.06	6.76	17.83
7	Chakkrabhandhu 1	72	92.66 $^{a-e}$	90.66 $^{a-e}$	27.67 $^{c-e}$	44.66 $^{a-c}$	58.00 $^{a-f}$	80.66 $^{a-d}$	30.31 $^{d-j}$	10.52	5.56	16.09
8	Sukhothai 3	68	91.33 $^{a-f}$	90.00 $^{a-e}$	34.99 $^{a-d}$	43.66 $^{a-d}$	40.66 $^{d-f}$	79.33 $^{a-d}$	26.49 $^{f-k}$	10.27	7.44	17.71
9	Sukhothai 1	84	91.33 $^{a-f}$	90.00 $^{a-e}$	41.33 $^{a-b}$	45.00 $^{a-c}$	52.66 $^{b-f}$	79.33 $^{a-d}$	33.45 $^{c-g}$	12.02	8.09	20.11
10	Chiangmai 5	59	90.00 $^{a-f}$	85.33 $^{a-g}$	33.67 ^{ad}	41.00 $^{a-e}$	65.33 $^{a-e}$	84.00 $^{a-b}$	30.84 $^{d-i}$	9.89	4.56	14.46
11	Nakhon Sawan 1	77	88.66 $^{a-f}$	81.33 $^{c-g}$	39.66 ^{ac}	40.66 $^{b-e}$	58.00 $^{a-f}$	78.00 $^{a-d}$	33.50 $^{c-g}$	10.91	5.36	16.27
12	Nakhon Sawan 1	74	88.00 $^{a-g}$	91.33 $^{a-e}$	36.67 ^{ac}	45.66 $^{a-c}$	71.33 $^{a-c}$	81.33 $^{a-d}$	39.22 $^{b-d}$	8.34	5.09	13.44
13	Nakhon Sawan 1	79	87.33 $^{a-h}$	94.66 $^{a-b}$	45.67 ^{a}	47.33 $^{a-b}$	52.66 $^{b-f}$	73.33 $^{a-e}$	36.18 $^{b-f}$	12.35	6.08	18.42
14	SJ 2	94	86.66 $^{a-h}$	81.33 $^{c-g}$	31.33 $^{b-e}$	40.66 $^{b-e}$	45.33 $^{c-f}$	78.00 $^{a-d}$	34.06 $^{c-g}$	12.00	6.16	18.17
15	Nakhon Sawan 1	75	86.00 $^{a-h}$	92.66 $^{a-d}$	45.67 ^{a}	46.00 $^{a-c}$	61.33 $^{a-f}$	80.66 $^{a-d}$	32.57 $^{d-g}$	10.40	6.44	16.84
16	Srisamrong 1	104	86.00 $^{a-h}$	86.66 $^{a-f}$	41.00 $^{a-b}$	43.33 $^{a-d}$	46.66 $^{c-f}$	82.66 $^{a-b}$	20.13 $^{i-l}$	11.47	5.33	16.80
17	Srisamrong 1	105	85.33 $^{a-h}$	84.66 $^{b-g}$	41.01 $^{a-b}$	41.66 $^{a-d}$	68.00 $^{a-e}$	78.00 $^{a-d}$	21.05 $^{i-l}$	9.98	4.83	14.81

Table 4.2 Field emergence, standard germination and seed vigor tests of 31 soybean seed lots of combined varieties soybean, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence. (continued)

No.	Varieties	Lot No.	FE (%)	SG (%)	Seed Vigor Tests							
					QG 3d (%)	QG 4d (%)	CG 2d (%)	CG 5d (%)	SGR (mg/plant)	SL (cm)	RL (cm)	TSL (cm)
18	SJ 4	89	84.66 $^{a-i}$	88.00 $^{a-f}$	32.34 $^{b-e}$	43.33 $^{a-d}$	72.66 $^{a-c}$	85.33 ^{a}	30.53 $^{d-i}$	11.59	5.86	17.45
19	SJ 1	100	84.66 $^{a-i}$	80.66 $^{d-g}$	30.33 $^{b-e}$	40.00 $^{c-e}$	51.33 $^{b-f}$	66.00 $^{c-e}$	18.70 $^{k-l}$	9.91	5.07	14.99
20	Sukhothai 2	88	82.00 $^{b-j}$	80.00 $^{e-g}$	40.34 $^{a-c}$	40.00 $^{c-e}$	58.00 $^{a-f}$	65.33 $^{d-e}$	32.50 $^{d-h}$	11.54	6.57	18.12
21	Sukhothai 1	82	81.33 $^{c-j}$	88.66 $^{a-e}$	31.00 $^{b-e}$	44.33 $^{a-c}$	46.00 $^{c-f}$	82.00 $^{a-c}$	23.85 $^{g-l}$	9.87	6.32	16.20
22	SJ 4	90	81.33 $^{c-j}$	90.66 $^{a-e}$	37.66 $^{a-c}$	45.00 $^{a-c}$	78.66 $^{a-b}$	84.00 $^{a-b}$	27.48 $^{e-k}$	12.61	6.16	18.77
23	Chiangmai 2	62	80.00 $^{d-j}$	86.00 $^{a-g}$	41.66 $^{a-b}$	43.00 ^{ad}	68.66 $^{a-d}$	88.00 ^{a}	24.02 $^{g-k}$	10.78	7.10	17.88
24	Chiangmai 60	1	80.00 $^{d-j}$	93.33 $^{a-c}$	41.33 $^{a-b}$	41.66 $^{a-c}$	64.00 $^{a-e}$	82.00 $^{a-c}$	14.89 ^{l}	11.01	5.75	16.85
25	SJ 5	98	78.66 $^{e-j}$	90.66 $^{a-e}$	31.33 $^{b-e}$	44.33 $^{a-c}$	78.00 $^{a-b}$	80.66 $^{a-d}$	22.33 $^{h-l}$	10.63	6.35	16.99
26	Sukhothai 3	70	78.00 $^{f-j}$	76.66 $^{f-h}$	34.33 $^{a-d}$	37.66 $^{d-e}$	55.33 $^{a-f}$	79.33 $^{a-d}$	27.63 $^{e-k}$	9.95	5.15	15.11
27	SJ 2	95	74.00 $^{g-j}$	88.00 $^{a-f}$	40.66 $^{a-c}$	44.00 $^{a-d}$	68.00 $^{a-e}$	78.66 $^{a-d}$	24.40 $^{g-l}$	11.02	7.20	18.23
28	Chiangmai 2	65	73.33 $^{h-j}$	80.66 $^{d-g}$	33.66 $^{a-d}$	40.00 $^{c-e}$	42.00 $^{d-f}$	68.66 $^{b-e}$	22.37 $^{h-l}$	11.30	5.20	16.51
29	KKU.35	109	70.66 $^{i-j}$	74.66 $^{g-h}$	35.33 $^{a-d}$	37.33 ^{de}	40.00 $^{e-f}$	79.33 $^{a-d}$	19.82 $^{k-l}$	10.53	6.01	16.55
30	Sukhothai 2	87	70.00 ^{j}	82.66 $^{b-g}$	34.34 $^{a-d}$	40.00 $^{c-e}$	46.66 $^{c-f}$	66.00 $^{c-e}$	20.95 $^{i-l}$	12.12	7.02	19.14
31	Sukhothai 1	113	68.66 ^{j}	69.33 ^{h}	37.00 $^{a-c}$	34.66 ^{e}	47.33 $^{c-f}$	60.00 ^{e}	23.77 $^{g-l}$	10.79	6.29	17.09
	Mean		**84.12**	**86.88**	**36.18**	**42.72**	**59.07**	**78.62**	**29.19**	**10.92**	**6.05**	**16.98**
	F test		**	**	**	**	**	**	**	ns	ns	ns
	C.V. (%)		**8.54**	**6.91**	**18.08**	**7.94**	**23.84**	**10.40**	**17.77**	**19.74**	**25.05**	**19.33**

[1] Means in the same column that followed by the same letters are not significantly different according to DMRT.

ns and ** = Non-significant and significant difference at the 1% level of probability, respectively.

Table 4.3 Field emergence, standard germination and conductivity tests of 31 soybean seed lots of combined varieties, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence.

No.	Varieties	Lots	FE (%)	SG (%)	Conductivity Test (μS $cm^{-1}g^{-1}$)					
					AOSA			ISTA		
					Swirl	Stir	Pour	Swirl	Stir	Pour
1	Nakhon Sawan 1	78	97.33 $^{a\ 1}$	94.66 $^{a-b}$	75.25 $^{j-l}$	75.63 $^{h-j}$	55.89 $^{j-l}$	26.20 $^{e-j}$	26.72 $^{c-h}$	27.21 $^{c-h}$
2	SJ 5	97	96.00 $^{a-b}$	92.66 $^{a-c}$	105.06 $^{d-e}$	107.59 $^{d-e}$	75.77 $^{f-i}$	25.50 $^{g-l}$	25.64 $^{e-i}$	25.95 $^{f-h}$
3	Chakkrabhandhu 1	71	94.66 $^{a-c}$	97.33 ^{a}	56.24 $^{n-o}$	56.88 ^{k}	51.46 ^{l}	24.62 $^{k-m}$	25.27 $^{g-i}$	25.67 ^{h}
4	Chiangmai 2	64	94.00 $^{a-c}$	88.00 $^{a-d}$	95.98 $^{e-f}$	98.09 $^{e-f}$	75.52 $^{f-i}$	24.77 $^{j-m}$	25.44 $^{f-i}$	26.08 $^{e-h}$
5	Nakhon Sawan 1	73	94.00 $^{a-c}$	88.66 $^{a-d}$	89.26 $^{f-h}$	89.83 $^{e-i}$	86.68 $^{d-h}$	27.02 $^{c-g}$	27.41 $^{b-e}$	27.94 $^{b-f}$
6	Chakkrabhandhu 1	72	92.66 $^{a-d}$	90.66 $^{a-c}$	64.29 $^{m-n}$	64.06 $^{j-k}$	62.88 $^{i-l}$	25.36 $^{h-l}$	25.39 $^{f-i}$	26.63 $^{d-h}$
7	Sukhothai 3	68	91.33 $^{a-d}$	90.00 $^{a-c}$	92.82 $^{f-g}$	93.64 $^{e-h}$	78.44 $^{f-i}$	23.81 ^{m}	23.81 ^{i}	27.37 $^{c-h}$
8	Sukhothai 1	84	91.33 $^{a-d}$	90.00 $^{a-c}$	127.56 $^{b-c}$	128.57 $^{b-c}$	98.92 $^{c-e}$	25.13 $^{i-m}$	25.31 $^{g-i}$	25.71 $^{g-h}$
9	Chiangmai 5	59	90.00 $^{a-d}$	85.33 $^{a-e}$	79.84 $^{h-l}$	81.48 $^{f-j}$	78.70 $^{f-i}$	25.11 $^{i-m}$	25.63 $^{e-i}$	26.05 $^{f-h}$
10	Nakhon Sawan 1	77	88.66 $^{a-e}$	81.33 $^{c-g}$	54.61 $^{n-o}$	54.83 ^{k}	53.53 $^{k-l}$	24.25 $^{l-m}$	25.67 $^{e-i}$	26.02 $^{f-h}$
11	Nakhon Sawan 11	74	88.00 $^{a-f}$	91.33 $^{a-c}$	77.31 $^{i-l}$	77.05 $^{g-j}$	76.55 $^{f-i}$	27.74 $^{c-e}$	27.78 $^{b-d}$	28.45 $^{b-d}$
12	Nakhon Sawan 1	79	87.33 $^{a-f}$	94.66 $^{a-b}$	53.15 ^{o}	55.34 ^{k}	51.59 ^{l}	28.04 $^{c-d}$	28.17 $^{b-c}$	28.85 $^{b-c}$
13	SJ 2	94	86.66 $^{a-g}$	81.33 $^{c-g}$	118.67 ^{c}	120.00 $^{c-d}$	99.01 $^{c-e}$	26.48 $^{e-i}$	27.08 $^{b-h}$	27.22 $^{c-h}$
14	Naknon Sawan 1	75	86.00 $^{a-g}$	92.66 $^{a-c}$	92.66 $^{f-g}$	93.74 $^{e-h}$	64.85 $^{i-l}$	24.77 $^{j-m}$	25.15 $^{h-i}$	25.90 $^{f-h}$
15	Srisamrong 1	104	86.00 $^{a-g}$	86.66 $^{a-e}$	84.34 $^{g-j}$	84.65 $^{f-i}$	79.27 $^{f-i}$	28.44 ^{c}	28.82 ^{b}	36.03 ^{a}
16	Srisamrong 1	105	85.33 $^{a-g}$	84.66 $^{b-f}$	124.87 $^{b-c}$	134.71 $^{b-c}$	94.04 $^{d-f}$	26.47 $^{e-i}$	28.38 $^{b-c}$	28.54 $^{b-d}$
17	SJ 4	89	84.66 $^{a-h}$	88.00 $^{a-d}$	70.79 $^{k-m}$	71.42 $^{i-k}$	69.64 $^{h-k}$	26.76 $^{d-h}$	27.27 $^{b-f}$	27.77 $^{b-f}$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Table 4.3 Field emergence, standard germination and conductivity tests of 31 soybean seed lots of combined varieties, data sortedby maximum to minimum percentages of field emergence. (continued)

No.	Varieties	Lots	FE (%)	SG (%)	Conductivity Test (μS cm^{-1}g^{-1})					
					AOSA			ISTA		
					Swirl	Stir	Pour	Swirl	Stir	Pour
18	SJ 1	100	84.66 $^{a-h}$	80.66 $^{c-g}$	74.86 $^{j-l}$	75.65 $^{h-j}$	73.28 $^{g-j}$	25.01 $^{i-m}$	25.30 $^{g-i}$	25.96 $^{f-h}$
19	Sukhothai 2	88	82.00 $^{b-i}$	80.00 $^{c-g}$	81.24 $^{h-k}$	81.94 $^{f-j}$	80.89 $^{f-i}$	26.21 $^{e-j}$	26.59 $^{c-h}$	26.56 $^{d-h}$
20	Sukhothai 1	82	82.00 $^{b-i}$	88.66 $^{a-d}$	95.92 $^{e-f}$	96.24 $^{e-g}$	91.93 $^{d-g}$	26.50 $^{e-i}$	27.45 $^{b-e}$	27.85 $^{b-f}$
21	SJ 4	90	81.33 $^{b-i}$	90.66 $^{a-c}$	86.25 $^{f-i}$	86.59 $^{f-i}$	85.56 $^{e-h}$	26.88 $^{d-h}$	27.10 $^{b-h}$	27.73 $^{b-g}$
22	Chiangmai 2	62	80.00 $^{c-i}$	86.00 $^{a-e}$	165.45 ^{a}	167.78 ^{a}	112.62 $^{b-c}$	26.03 $^{f-k}$	26.22 $^{d-h}$	26.87 $^{c-h}$
23	SJ 5	98	78.66 $^{d-i}$	90.66 $^{a-c}$	95.16 $^{e-g}$	97.74 $^{e-f}$	91.29 $^{d-g}$	25.44 $^{h-l}$	25.75 $^{e-h}$	26.15 $^{e-h}$
24	Sukhothai 3	70	78.00 $^{d-i}$	76.66 $^{d-g}$	75.10 $^{j-l}$	76.49 $^{h-j}$	73.50 $^{g-j}$	26.71 $^{d-h}$	27.12 $^{b-g}$	27.93 $^{b-f}$
25	SJ 2	95	74.00 $^{e-j}$	88.00 $^{a-d}$	70.17 $^{l-m}$	70.92 $^{i-j}$	68.43 $^{h-l}$	27.42 $^{c-f}$	27.51 $^{b-e}$	28.26 $^{b-d}$
26	Chiangmai 2	65	73.33 $^{f-j}$	80.66 $^{c-g}$	131.61 ^{b}	129.81 $^{b-c}$	124.15 ^{b}	26.68 $^{d-h}$	27.01 $^{b-h}$	28.23 $^{b-d}$
27	Chiangmai 60	127	72.00 $^{g-j}$	62.66 ^{h}	107.41 ^{d}	144.00 ^{b}	141.20 ^{a}	36.35 ^{b}	35.70 ^{a}	36.03 ^{a}
28	KKU.35	109	70.66 $^{h-j}$	74.66 $^{e-g}$	126.82 $^{b-c}$	136.74 $^{b-c}$	103.88 $^{c-d}$	26.38 $^{e-i}$	27.71 $^{b-d}$	28.12 $^{b-e}$
29	Sukhothai 2	87	70.00 $^{i-j}$	82.66 $^{b-f}$	90.48 $^{f-h}$	92.91 $^{e-h}$	80.22 $^{f-i}$	26.42 $^{e-i}$	26.66 $^{c-h}$	27.47 $^{c-h}$
30	Sukhothai 1	113	68.66 $^{i-j}$	69.33 $^{g-h}$	124.87 $^{b-c}$	125.48 $^{b-c}$	116.13 $^{b-c}$	26.14 $^{f-k}$	26.19 $^{d-h}$	26.78 $^{d-h}$
31	Chiangmai 60	133	61.33 ^{j}	72.66 $^{f-h}$	95.98 $^{e-f}$	126.30 $^{b-c}$	123.97 ^{b}	38.36 ^{a}	37.25 ^{a}	37.45 ^{a}
	Mean		83.54	85.22	93.37	96.65	84.51	26.80	27.18	27.81
	F test		**	**	**	**	**	**	**	**
	C.V. (%)		8.94	7.40	6.26	10.46	11.30	2.94	3.63	3.70

[1] Means in the same column that followed by the same letters are not significantly different according to DMRT.

** = Significant difference at the 1% level of probability.

Table 4.4 Correlation coefficient (r) of standard germination, field emergence, accelerated aging test of 10 conditions and other seed vigor tests of 31 soybean seed lots of combined varieties.

Tests	SG	RL	SL	TSL	SGR	CG 2d	CG 5d	QG 3d	QG 4d	Accelerated Aging Conditions										FE
										40 ºC 54 hrs	40 ºC 60 hrs	40 ºC 64 hrs	40 ºC 68 hrs	40 ºC 72 hrs	41 ºC 54 hrs	41 ºC 60 hrs	41 ºC 64 hrs	41 ºC 68 hrs	41 ºC 72 hrs	
SG	1.00	0.06	0.05	0.09	0.31	0.43*	0.64**	0.11	0.89**	0.56**	0.63**	0.65**	0.44	0.49**	0.62**	0.40*	0.33	0.22	0.35	0.64**
RL		1.00	0.26	0.65**	0.20	0.01	-0.15	0.32	0.06	-0.22	-0.20	-0.25	-0.18	-0.22	-0.11	-0.39*	-0.28	0.09	-0.08	-0.14
SL			1.00	0.83**	0.10	-0.00	-0.11	0.08	0.15	0.12	0.00	-0.01	0.05	-0.04	0.01	-0.03	-0.20	-0.15	-0.05	-0.05
TL				1.00	0.08	0.09	-0.78	0.20	0.17	0.00	-0.07	-0.10	-0.05	-0.09	-0.01	-0.19	-0.25	0.04	-0.01	-0.09
SGR					1.00	0.13	0.16	-0.10	0.31	0.19	0.30	0.32	0.24	0.10	0.41*	0.29	0.18	-0.11	0.06	0.66**
CG 2d						1.00	0.14	0.30	0.32	0.35	0.41*	0.43*	0.33	0.39**	0.34	0.47**	0.37	0.41*	0.14	0.25
CG 5d							1.00	0.04	0.48**	0.44*	0.41*	0.45*	0.13	0.35	0.56**	0.47**	0.49**	0.40*	0.56**	0.50**
QG 3d								1.00	0.30	0.00	-0.00	-0.04	-0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.27	-0.22	-0.10
QG 4d									1.00	0.49**	0.56**	0.56**	0.46**	0.35	0.50**	0.27	0.24	0.21	0.27	0.53**
40/54 hrs										1.00	0.86**	0..85**	0.69**	0.56**	0.72**	0.54**	0.63**	0.12	0.18	0.54**
40 /60 hrs											1.00	0.91**	0.77**	0.65**	0.77**	0.56**	0.59**	0.26	0.20	0.62**
40 /64 hrs												1.00	0.76**	0.68**	0.80**	0.63**	0.57**	0.19	0.33	0.67**
40 /68 hrs													1.00	0.66**	0.34	0.34	0.22	0.07	0.04	0.40*
40 /72 hrs														1.00	0.45	0.54**	0.34	0.39*	0.30	0.48**
41 /54 hrs															1.00	0.68**	0.73**	0.30	0.42*	0.70**
41 /60 hrs																1.00	0.75**	0.21	0.34	0.57**
41 /64 hrs																	1.00	0.32	0.36*	0.51**
41 /68 hrs																		1.00	0.58**	0.12
41 /72 hrs																			1.00	0.18
FE																				1.00

* and ** = Significant difference at the 5% and 1% level of probability, respectively.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Table 4.5 Correlation coefficient (r) of field emergence and conductivity test of 31 soybean seed lots of combined varieties.

Test	SG	Conductivity Test (μS $cm^{-1}g^{-1}$)						FE
		AOSA			ISTA			
		Swirl	Stir	Pour	Swirl	Stir	Pour	
SG	1.00	-0.404*	-0.546**	-0.699**	-0.514**	-0.548**	-0.572**	0.715**
AOSA Swirl		1.00	0.971**	0.788**	0.108	0.091	0.097	-0.584**
AOSA Stir			1.00	0.866**	0.293	0.276	0.281	-0.660**
AOSA Pour				1.00	0.579**	0.559**	0.558**	-0.733**
ISTA Swirl					1.00	0.978**	0.947**	-0.543**
ISTA Stir						1.00	0.970**	-0.567**
ISTA Pour							1.00	-0.595**
FE								1.00

** = Significant difference at the 1% level of probability.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Table 4.6 Field emergence, standard germination, accelerated aging test of 10 conditions of 46 soybean seed lots of Chiangmai 60 variety, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence.

No.	Lots	FE (%)	SG (%)	Accelerated Aging Conditions									
				40°C 54 hrs (%)	40°C 60 hrs (%)	40°C 64 hrs (%)	40°C 68 hrs (%)	40°C 72 hrs (%)	41°C 54 hrs (%)	41°C 60 hrs (%)	41°C 64 hrs (%)	41°C 68 hrs (%)	41°C 72 hrs (%)
1	22	95.33 a 1	78.66 e-g	80.66 f-g	85.33 d-g	80.00 c-j	63.33 k-n	63.33 c-g	76.66 i	72.00 b-j	66.00 a-i	22.66 i-j	24.00 j-n
2	47	95.33 a	91.33 a-e	96.66 a-b	95.33 a-b	82.66 b-i	81.33 a-d	66.00 a-g	94.66 a-c	86.00 a	77.33 a-d	36.00 f-i	31.33 i-m
3	12	94.66 a-b	88.66 a-f	98.00 a	92.00 a-e	88.66 a-c	81.33 a-d	31.33 k	92.66 a-d	75.55 a-i	81.33 a	52.66 d-e	39.33 e-i
4	46	94.66 a-b	94.66 a-c	94.00 a-c	96.66 a	85.33 a-f	68.66 f-l	74.00 a-c	91.33 a-d	84.00 a-b	78.00 a-c	28.00 h-i	24.66 j-n
5	53	94.66 a-b	88.00 a-f	94.00 a-c	94.00 a-d	78.66 d-k	64.66 j-n	60.00 e-g	92.00 a-d	75.55 a-i	64.00 c-i	54.66 b-e	36.00 g-k
6	45	94.00 a-b	86.00 a-f	94.00 a-c	96.66 a	86.99 a-e	83.33 a-c	74.66 a-b	92.66 a-d	76.00 a-i	61.33 e-k	49.33 d-f	47.33 b-h
7	19	93.33 a-b	80.00 d-g	82.66 e-g	80.00 g	60.00 m	64.66 j-n	41.33 j-k	75.33 i	68.00 h-k	62.00 d-k	36.00 f-i	20.66 m-n
8	48	93.33 a-b	86.66 a-f	90.66 a-e	86.00 c-g	88.66 a-c	65.33 i-n	36.66 k	88.66 a-f	55.33 l	60.66 f-k	45.33 d-g	36.00 g-k
9	54	93.33 a-b	88.66 a-f	93.33 a-d	92.00 a-e	88.00 a-c	89.33 a	63.33 c-g	95.33 a-b	83.33 a-c	70.66 a-h	59.33 a-d	60.66 a-b
10	2	92.66 a-c	93.33 a-c	93.33 a-d	95.33 a-b	92.00 a	71.33 d-k	65.33 b-g	91.33 a-d	81.33 a-f	72.00 a-h	53.33 c-e	48.00 b-g
11	11	92.00 a-c	90.00 a-f	94.66 a-d	94.66 a-c	87.33 a-d	77.33 b-h	75.33 a-b	96.00 a	82.66 a-d	80.66 a-b	67.33 a-c	64.00 a
12	17	92.00 a-c	85.33 a-g	92.66 a-d	88.00 a-g	83.33 a-i	66.66 h-m	59.33 e-h	87.33 a-g	77.33 a-h	37.33 m-n	54.00 b-e	50.66 a-f
13	25	91.33 a-d	95.33 a-b	90.66 a-e	94.00 a-d	86.00 a-e	78.66 a-f	58.66 e-i	88.66 a-f	76.00 a-i	72.00 a-h	30.00 h-i	20.66 m-n
14	8	90.66 a-e	92.00 a-e	89.33 a-f	84.66 e-g	81.33 b-j	70.66 d-l	14.66 l	86.66 b-h	73.33 b-j	48.66k-m	54.00 b-e	46.66 c-h
15	10	90.66 a-e	90.66 a-e	94.00 a-c	95.33 a-b	84.66 a-g	73.33 c-k	48.00 i-j	94.66 a-c	70.66 d-k	61.33 e-k	49.33 d-f	42.00 c-i
16	9	90.00 a-f	85.33 a-g	93.33 a-d	91.33 a-e	86.66 a-d	67.33g-m	62.66 d-g	93.33 a-d	80.66 a-g	75.33 a-f	49.33 d-f	36.66 f-k

Table 4.6 Field emergence, standard germination, accelerated aging test of 10 conditions of 46 soybean seed lots of Chiangmai 60 variety, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence (continued).

No.	Lots	FE (%)	SG (%)	Accelerated Aging Conditions									
				40°C 54 hrs (%)	40°C 60 hrs (%)	40°C 64 hrs (%)	40°C 68 hrs (%)	40°C 72 hrs (%)	41°C 54 hrs (%)	41°C 60 hrs (%)	41°C 64 hrs (%)	41°C 68 hrs (%)	41°C 72 hrs (%)
17	13	90.00 a-f	93.33 a-c	93.33 a-d	93.00 a-e	84.00 a-h	74.00 c-k	76.66 a	89.33 a-f	72.00 b-j	69.33 a-h	58.66 a-d	37.33 f-k
18	28	90.00 a-f	84.66 a-g	88.00 b-f	84.66 e-g	76.00 g-k	87.33 a-b	56.00 f-i	86.66 b-h	73.33 b-j	62.00 d-k	44.66 d-g	46.66 c-h
19	24	89.33 a-f	86.00 a-f	94.66 a-c	92.00 a-e	76.66 f-k	72.00 d-k	68.66 a-e	91.33 a-d	80.66 a-g	74.00 a-g	22.00 i-j	21.33 l-n
20	30	89.33 a-f	96.66 a	88.66 a-f	88.66 a-g	87.33 a-d	75.33 c-j	67.33 a-f	80.66 f-i	76.66 a-i	66.00 a-i	55.33 b-e	54.66 a-d
21	50	88.66 a-f	78.66 e-g	84.00 d-g	85.33 d-g	70.00 k-i	60.00 l-n	59.33 e-h	78.66 h-i	60.00 k-l	56.66 h-l	48.00 d-f	46.66 c-h
22	33	88.00 a-f	89.33 a-f	91.33 a-e	93.33 a-e	80.66 b-j	72.00 d-k	56.00 f-i	88.00 a-f	80.00 a-h	70.00 a-h	36.00 f-i	36.00 g-k
23	15	87.33 a-g	87.33 a-f	88.66 a-e	86.00 c-g	73.33 j-l	80.66 a-e	72.66 a-d	86.66 b-h	68.66 g-k	44.00 l-m	45.33 d-g	40.66 d-i
24	5	86.66 a-g	86.00 a-f	90.00 a-e	90.66 a-e	82.66 b-i	79.33 a-f	67.33 a-f	82.00 e-i	82.00 a-e	75.33 a-f	41.33 e-h	40.66 d-i
25	26	86.00 a-g	90.66 a-e	96.00 a-b	94.66 a-c	88.00 a-c	81.33 a-d	67.33 a-f	89.33 a-f	82.66 a-d	59.33 g-k	50.66 d-f	35.33 g-k
26	44	85.33 a-g	88.00 a-f	94.00 a-c	92.66 a-c	76.00 g-k	64.00 k-n	22.00 l	86.66 b-h	60.00 k-l	53.33 i-m	26.66 i	24.66 j-n
27	55	85.33 a-g	82.00 b-g	89.33 a-f	91.33 a-c	83.33 a-i	66.00 i-n	58.00 e-i	80.66 f-i	73.33 b-j	67.33 a-i	52.66 d-e	50.66 a-f
28	27	84.66 a-g	92.00 a-e	90.00 a-e	92.66 a-c	75.33 h-k	77.33 b-h	60.66 e-g	85.33 d-h	69.33 f-k	65.33 b-i	52.66 d-e	44.00 c-i
29	29	83.33 a-g	95.33 a-b	91.33 a-e	91.33 a-e	74.66 i-k	56.00 n	48.66 h-j	80.66 f-i	71.33 c-k	62.66 c-k	50.66 d-f	40.66 d-i
30	36	83.33 a-g	90.66 a-e	86.00 c-f	81.33 f-g	77.33 e-k	72.00 d-k	55.33 g-i	78.66 h-i	41.33 m	49.33 j-m	49.33 d-f	38.00 e-j
31	41	82.66 a-g	95.33 a-b	76.00 g	63.33 h	66.00 l-m	19.00 o	18.66 l	75.33 i	20.00 n	27.33 n	12.00 j-k	12.66 n-o
32	34	82.00 a-h	92.66 a-d	92.66 a-d	93.33 a-e	84.66 a-g	77.33 b-h	55.33 g-i	90.00 a-e	80.66 a-g	73.33 a-g	47.33 d-f	33.33h-m
33	23	81.33 a-h	84.66 a-g	94.66 a-c	91.33 a-e	76.66 f-k	79.33 a-f	74.00 a-c	88.66 a-f	63.33 i-l	62.00 d-k	58.00 a-d	64.00 a

Table 4.6 Field emergence, standard germination, accelerated aging test of 10 conditions of 46 soybean seed lots of Chiangmai 60 variety, data by maximum to minimum percentages of field emergence. (continued)

No.	Lots	FE (%)	SG (%)	Accelerated Aging Conditions									
				40°C 54 hrs (%)	40°C 60 hrs (%)	40°C 64 hrs (%)	40°C 68 hrs (%)	40°C 72 hrs (%)	41°C 54 hrs (%)	41°C 60 hrs (%)	41°C 64 hrs (%)	41°C 68 hrs (%)	41°C 72 hrs (%)
34	14	80.66 a-h	81.33 c-g	91.33 a-e	93.33 a-e	83.33 a-i	78.00 b-g	72.00 a-d	89.33 a-f	78.00 a-h	75.33 a-f	50.00 d-f	23.33 k-n
35	1	80.00 a-h	93.33 a-c	93.33 a-d	92.66 a-e	87.33 a-d	57.33 m-n	40.66 j-k	76.66 i	75.55 a-i	67.33 a-i	50.00 d-f	37.33 f-k
36	18	79.33 b-h	89.33 a-f	82.66 e-g	86.66 b-g	75.33 h-k	79.33 a-f	34.00 k	76.00 i	70.00 e-k	30.00 n	30.66 h-i	24.66 j-n
37	21	79.33 b-h	78.66 e-g	75.00 g	81.33 f-g	75.33 h-k	70.00 e-l	74.66 a-b	79.33 g-i	65.33 i-l	59.33 g-k	45.33 d-g	46.66 c-h
38	35	77.33 c-h	83.33 a-g	86.00 c-g	80.00 g	75.33 h-k	67.33 g-m	67.33 a-f	82.00 e-i	68.66 g-k	63.33 c-k	31.33 g-i	34.66 g-i
39	16	76.00 d-h	92.66 a-d	92.00 a-d	90.66 a-e	89.33 a-b	66.66 h-m	58.66 e-i	90.00 a-e	77.33 a-h	72.00 a-h	70.00 a	52.00 a-e
40	4	75.33 e-i	84.00 a-g	92.00 a-d	90.66 a-e	80.66 b-j	76.00 c-i	57.33 e-i	86.00 c-h	78.00 a-h	64.66 c-i	50.00 d-f	45.33 c-i
41	3	74.66 f-i	84.00 a-g	84.99 a-g	85.33 d-g	74.66 i-k	78.66 a-f	48.66 h-k	74.66 i	80.66 a-g	78.00 a-c	56.00 b-e	56.66 a-c
42	31	72.00 g-i	80.66 d-g	88.00 b-f	87.33 b-g	75.33 h-k	70.00 e-l	68.66 a-e	87.33 a-g	74.66 a-j	77.33 a-d	68.00 a-b	21.33 l-n
43	127	72.00 g-i	62.66 h-i	29.33 i	26.66 j	21.33 n	2.00 p	0.66 m	32.00 j	6.66 o	11.33 o	0.66 k	0 p
44	6	67.33 h-i	93.33 a-c	89.33 a-f	89.33 a-f	76.66 f-k	74.00 c-k	72.66 a-d	90.00 a-e	77.33 a-h	75.33 a-f	45.33 d-g	57.33 a-c
45	133	61.33 i	72.66 g-h	16.66 j	13.33 k	13.33 o	4.66 p	3.33 m	20.66 k	6.66 o	6.00 o	2.00 k	4.00 o-p
46	122	22.66 j	58.66 i	46.66 h	43.33 j	22.00 n	4.66 p	3.33 m	8.66 l	6.00 o	8.66 o	0.66 k	3.33 o-p
Mean		**84.11**	**86.54**	**85.67**	**84.64**	**75.64**	**66.40**	**52.88**	**80.50**	**66.85**	**59.53**	**42.55**	**36.35**
F test		**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)		**9.25**	**7.70**	**5.40**	**5.20**	**6.04**	**8.32**	**10.75**	**5.44**	**8.89**	**13.00**	**17.24**	**19.63**

[1] Means in the same column that followed by the same letters are not significantly different according to DMRT.

** = Significant difference at the 1% level of probability.

Table 4.7 Field emergence, standard germination and seed vigor tests of 46 soybean seed lots of Chiangmai 60 variety, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence.

No.	Lots	FE (%)	SG (%)	Seed Vigor Tests							
				QG 3d (%)	QG 4d (%)	CG 2d (%)	CG 5d (%)	SGR (mg/plant)	SL (cm)	RL (cm)	TSL (cm)
1	22	95.33 [a 1]	78.66 [e-g]	39.00 [a-f]	39.33 [d-g]	82.00 [a-d]	84.66 [a-c]	23.52 [e-j]	9.84	5.77	15.60
2	47	95.33 [a]	91.33 [a-e]	21.33 [h]	45.00 [a-d]	56.00 [e-h]	88.66 [a-c]	24.47 [e-j]	11.90	5.58	17.48
3	12	94.66 [a-b]	88.66 [a-f]	37.66 [a-f]	44.33 [a-e]	66.66 [a-g]	86.66 [a-c]	26.61 [d-j]	10.49	5.99	16.48
4	46	94.66 [a-b]	94.66 [a-c]	37.66 [a-f]	47.33 [a-b]	86.00 [a-b]	83.33 [a-c]	32.34 [a-e]	9.73	5.42	15.15
5	53	94.66 [a-b]	88.00 [a-f]	12.33 [a-e]	44.00 [a-f]	68.00 [a-g]	90.00 [a-b]	22.59 [f-k]	13.60	6.74	20.34
6	45	94.00 [a-b]	86.00 [a-f]	35.00 [b-g]	43.00 [a-f]	77.33 [a-e]	86.66 [a-c]	28.46 [b-i]	11.54	6.49	18.04
7	19	93.33 [a-b]	80.00 [d-g]	35.66 [a-g]	39.66 [c-g]	71.33 [a-f]	74.66 [b-c]	18.86 [j-k]	9.92	4.43	14.21
8	48	93.33 [a-b]	86.66 [a-f]	41.00 [a-e]	43.33 [a-f]	75.33 [a-e]	79.33 [a-c]	28.02 [b-j]	10.19	6.74	16.94
9	54	93.33 [a-b]	88.66 [a-f]	39.00 [a-f]	44.33 [a-e]	75.33 [a-e]	92.66 [a]	24.94 [e-j]	13.50	7.25	20.75
10	2	92.66 [a-c]	93.33 [a-c]	23.66 [g-h]	41.33 [a-f]	76.00 [a-e]	88.66 [a-c]	27.17 [c-j]	11.06	6.76	17.83
11	11	92.00 [a-c]	90.00 [a-f]	36.00 [a-f]	44.33 [a-e]	82.66 [a-d]	85.33 [a-c]	26.54 [d-j]	10.52	5.78	16.29
12	17	92.00 [a-c]	85.33 [a-g]	41.33 [a-e]	41.66 [a-f]	70.00 [a-g]	78.00 [a-c]	26.61 [d-j]	12.73	7.03	19.76
13	25	91.33 [a-d]	95.33 [a-b]	33.66 [b-g]	47.66 [a-b]	59.33 [c-h]	85.33 [a-c]	31.19 [a-f]	10.49	5.46	15.95
14	8	90.66 [a-e]	92.00 [a-e]	41.66 [a-e]	46.00 [ae]	60.00 [c-h]	84.00 [a-c]	25.71 [d-j]	9.76	5.44	15.16
15	10	90.66 [a-e]	90.66 [a-e]	40.00 [a-e]	45.33 [ad]	71.33 [a-f]	82.66 [a-c]	38.61 [a]	10.49	5.77	16.26
16	9	90.00 [a-f]	85.33 [a-g]	41.33 [a-e]	42.66 [af]	74.66 [a-e]	82.00 [a-c]	29.73 [b-h]	11.39	5.55	16.94
17	13	90.00 [a-f]	93.33 [a-c]	32.00 [c-h]	40.33 [bf]	47.33 [f-h]	77.33 [b-c]	29.36 [b-h]	9.80	5.76	15.56

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Table 4.7 Field emergence, standard germination and seed vigor tests of 46 soybean seed lots of Chiangmai 60 variety, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence **(**continued).

No.	Lots	FE (%)	SG (%)	Seed Vigor Tests							
				QG 3d (%)	QG 4d (%)	CG 2d (%)	CG 5d (%)	SGR (mg/plant)	SL (cm)	RL (cm)	TSL (cm)
18	28	90.00 $^{a-f}$	84.66 $^{a-g}$	36.66 $^{a-f}$	42.33 $^{a-f}$	66.00 $^{a-g}$	86.66 $^{a-c}$	27.42 $^{b-j}$	10.52	5.73	16.25
19	24	89.33 $^{a-f}$	86.00 $^{a-f}$	41.00 $^{a-e}$	43.00 $^{a-f}$	77.33 $^{a-e}$	87.33 $^{a-c}$	36.11 $^{a-c}$	12.54	6.45	18.99
20	30	89.33 $^{a-f}$	96.66 ^{a}	47.66 ^{a}	48.33 ^{a}	75.33 $^{a-e}$	80.66 $^{a-c}$	29.23 $^{b-h}$	9.29	5.79	15.09
21	50	88.66 $^{a-f}$	78.66 $^{e-g}$	43.00 $^{a-e}$	37.00 $^{h-g}$	59.33 $^{c-h}$	88.66 $^{a-c}$	31.65 $^{a-f}$	8.60	4.99	13.59
22	33	88.00 $^{a-f}$	89.33 $^{a-f}$	37.66 $^{a-f}$	44.66 $^{a-e}$	78.00 $^{a-e}$	84.00 $^{a-c}$	29.58 $^{b-h}$	12.01	7.41	19.42
23	15	87.33 $^{a-g}$	87.33 $^{a-f}$	39.00 $^{a-f}$	43.00 $^{a-f}$	57.33 $^{d-h}$	80.66 $^{a-c}$	29.85 $^{b-h}$	9.97	6.31	16.29
24	5	86.66 $^{a-g}$	86.00 $^{a-f}$	35.00 $^{b-g}$	43.00 $^{a-f}$	78.00 $^{a-e}$	76.66 $^{b-c}$	25.96 $^{d-j}$	10.55	6.29	16.83
25	26	86.00 $^{a-g}$	90.66 $^{a-e}$	40.00 $^{a-e}$	45.3333 $^{a-d}$	84.00 $^{a-c}$	86.66 $^{a-c}$	36.51 $^{a-b}$	10.52	6.15	16.67
26	44	85.33 $^{a-g}$	88.00 $^{a-f}$	31.33 $^{d-h}$	43.00 $^{a-f}$	52.66 $^{e-h}$	76.00 $^{b-c}$	30.03 $^{a-h}$	9.56	5.54	15.10
27	55	85.33 $^{a-g}$	82.00 $^{b-g}$	38.33 $^{a-f}$	40.66 $^{b-f}$	72.66 $^{a-f}$	84.66 $^{a-c}$	27.70 $^{b-j}$	10.75	5.71	16.49
28	27	84.66 $^{a-g}$	92.00 $^{a-e}$	42.00 $^{a-e}$	44.00 $^{a-f}$	88.66 ^{a}	90.00 $^{a-b}$	34.33 $^{a-d}$	11.69	6.39	18.09
29	29	83.33 $^{a-g}$	95.33 $^{a-b}$	44.66 $^{a-b}$	47.33 $^{a-b}$	66.00 $^{a-g}$	82.66 $^{a-c}$	19.34 $^{i-k}$	11.21	5.79	17.00
30	36	83.33 $^{a-g}$	90.66 $^{a-e}$	43.66 $^{a-c}$	45.33 $^{a-d}$	45.33 $^{g-h}$	75.33 $^{b-c}$	27.17 $^{c-j}$	10.55	5.16	15.71
31	41	82.66 $^{a-g}$	95.33 $^{a-b}$	31.00 $^{e-h}$	47.00 $^{a-c}$	54.66 $^{e-h}$	80.66 $^{a-c}$	27.00 $^{c-j}$	9.66	5.31	14.97
32	34	82.00 $^{a-h}$	92.66 $^{a-d}$	35.66 $^{a-f}$	46.33 $^{a-d}$	64.66 $^{a-g}$	73.33 ^{c}	24.99 $^{e-j}$	10.82	4.84	15.66
33	23	81.33 $^{a-h}$	84.66 $^{a-g}$	38.00 $^{a-f}$	42.33 $^{a-f}$	84.66 $^{a-c}$	81.33 $^{a-c}$	26.07 $^{d-j}$	12.12	5.99	18.11
34	14	80.66 $^{a-h}$	81.33 $^{c-g}$	33.00 $^{b-g}$	39.33 $^{d-g}$	77.33 $^{a-e}$	85.33 $^{a-c}$	30.88 $^{a-g}$	9.73	5.51	15.24

Table 4.7 Field emergence, standard germination and seed vigor tests of 46 soybean seed lots of Chiangmai 60 variety, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence. (continued)

No.	Lots	FE (%)	SG (%)	Seed Vigor Tests							
				QG 3d (%)	QG 4d (%)	CG 2d (%)	CG 5d (%)	SGR (mg/plant)	SL (cm)	RL (cm)	TSL (cm)
35	1	80.00 [a-h]	93.33 [a-c]	41.33 [a-e]	46.66 [a-e]	64.00 [a-g]	82.00 [a-c]	14.89 [k]	11.10	5.75	16.85
36	18	79.33 [b-h]	89.33 [a-f]	31.00 [e-h]	44.66 [a-e]	64.00 [a-g]	76.66 [b-c]	25.91 [d-j]	10.77	6.03	16.80
37	21	79.33 [b-h]	78.66 [e-g]	34.00 [b-g]	39.33 [d-g]	60.00 [c-h]	80.00 [a-c]	24.40 [e-j]	11.12	5.00	16.12
38	35	77.33 [c-h]	83.33 [a-g]	32.66 [b-h]	41.66 [a-f]	54.00 [e-h]	83.33 [a-c]	32.47 [a-e]	11.32	5.42	16.75
39	16	76.00 [d-h]	92.66 [a-d]	37.66 [a-f]	45.33 [a-d]	77.33 [a-e]	85.33 [a-c]	27.36 [c-j]	10.54	5.65	16.19
40	4	75.33 [e-i]	84.00 [a-g]	35.33 [b-g]	42.00 [a-f]	83.33 [a-c]	80.66 [a-c]	27.83 [b-j]	9.79	4.76	14.58
41	3	74.66 [f-i]	84.00 [a-g]	31.33 [d-h]	42.00 [a-f]	77.33 [a-e]	84.66 [a-c]	27.68 [b-j]	10.32	6.24	16.57
42	31	72.00 [g-i]	80.66 [d-g]	38.66 [a-f]	37.66 [e-g]	84.00 [a-c]	86.00 [a-c]	29.80 [b-h]	9.24	7.57	16.81
43	127	72.00 [g-i]	62.66 [h-i]	27.00 [f-h]	30.66 [h]	36.00 [h-i]	52.00 [d]	25.41 [e-j]	11.34	4.82	16.16
44	6	67.33 [h-i]	93.33 [a-c]	43.66 [a-d]	46.66 [a-e]	62.66 [b-g]	83.33 [a-c]	27.19 [c-j]	9.08	5.07	14.15
45	133	61.33 [i]	72.66 [g-h]	27.00 [f-h]	33.33 [g-h]	22.00 [i-j]	36.00 [e]	21.29 [g-k]	9.95	5.15	15.11
46	122	22.66 [j]	58.66 [i]	2.00 [i]	23.66 [i]	10.00 [j]	37.33 [e]	21.04 [h-k]	9.89	4.56	14.46
Mean		**84.11**	**86.54**	**35.38**	**42.50**	**66.87**	**80.39**	**27.46**	**27.46**	**5.81**	**16.50**
F test		**	**	**	**	**	**	**	**	ns	ns
C.V. (%)		**9.25**	**7.70**	**16.93**	**8.44**	**19.00**	**9.30**	**16.52**	**16.52**	**20.56**	**16.10**

[1] Means in the same column that followed by the same letters are not significantly different according to DMRT.

ns and ** = Non-significant and significant difference at the 1% level of probability, respectively.

Table 4.8 Field emergence, standard germination and electrical conductivity test of 46 soybean seed lots of Chiangmai 60 variety, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence.

No.	Lots	FE (%)	SG (%)	Conductivity Test ($\mu S\ cm^{-1}g^{-1}$)					
				AOSA			ISTA		
				Swirl	Stir	Pour	Swirl	Stir	Pour
1	22	95.33 $^{a\ 1}$	78.66 $^{d-f}$	80.95 $^{b-d}$	94.55 ^{c}	92.98 ^{c}	24.04 $^{d-h}$	23.37 $^{d-h}$	23.37 $^{d-i}$
2	12	94.66 ^{a}	88.66 $^{a-e}$	69.97 $^{d-h}$	76.06 $^{c-e}$	75.11 $^{c-e}$	22.90 $^{e-m}$	22.32 $^{e-i}$	22.37 $^{e-j}$
3	19	93.33 $^{a-b}$	80.00 $^{c-f}$	76.61 $^{b-h}$	80.43 $^{c-e}$	79.52 $^{c-e}$	23.74 $^{d-i}$	23.80 $^{c-h}$	23.80 $^{c-h}$
4	54	93.33 $^{a-b}$	88.66 $^{a-e}$	72.00 $^{c-h}$	80.72 $^{c-e}$	79.13 $^{c-e}$	23.32 $^{d-l}$	23.21 $^{e-h}$	23.26 $^{d-i}$
5	2	92.66 $^{a-b}$	93.33 $^{a-c}$	67.37 $^{f-h}$	70.58 ^{e}	71.39 $^{d-e}$	20.77 $^{k-n}$	21.22 $^{g-j}$	21.22 $^{h-j}$
6	11	92.00 $^{a-c}$	90.00 $^{a-e}$	66.46 ^{h}	71.16 $^{d-e}$	70.47 $^{d-e}$	20.60 $^{l-o}$	22.09 $^{e-i}$	22.14 $^{e-j}$
7	17	92.00 $^{a-c}$	85.33 $^{a-f}$	69.91 $^{d-h}$	77.74 $^{c-e}$	76.54 $^{c-e}$	20.59 $^{l-o}$	21.33 $^{f-j}$	21.49 $^{g-j}$
8	25	91.33 $^{a-d}$	95.33 $^{a-c}$	71.90 $^{c-h}$	89.72 $^{c-e}$	78.33 $^{c-e}$	23.11 $^{e-m}$	22.84 $^{e-i}$	22.89 $^{e-i}$
9	10	90.66 $^{a-e}$	90.66 $^{a-e}$	81.23 $^{b-d}$	88.82 $^{c-e}$	86.82 $^{c-e}$	22.24 $^{f-n}$	22.83 $^{e-i}$	22.88 $^{e-i}$
10	9	90.00 $^{a-e}$	85.33 $^{a-f}$	73.40 $^{c-h}$	78.19 $^{c-e}$	78.37 $^{c-e}$	25.41 $^{d-e}$	25.41 $^{c-e}$	25.41 $^{c-e}$
11	13	90.00 $^{a-e}$	93.33 $^{a-c}$	79.51 $^{b-e}$	83.25 $^{c-e}$	81.67 $^{a-e}$	23.53 $^{d-l}$	24.57 $^{c-g}$	24.95 $^{c-f}$
12	28	90.00 $^{a-e}$	84.66 $^{a-f}$	68.15 $^{e-h}$	74.12 $^{c-e}$	72.72 $^{c-e}$	24.75 $^{d-f}$	25.30 $^{c-e}$	25.21 $^{c-e}$
13	24	89.33 $^{a-e}$	86.00 $^{a-f}$	65.70 ^{h}	72.84 $^{c-e}$	71.37 $^{d-e}$	18.13 ^{o}	18.53 ^{j}	19.45 ^{j}
14	30	89.33 $^{a-e}$	96.66 ^{a}	78.61 $^{b-g}$	94.29 $^{c-d}$	83.18 $^{c-e}$	24.35 $^{d-g}$	23.99 $^{c-h}$	23.99 $^{c-h}$
15	50	88.66 $^{a-e}$	76.66 $^{e-f}$	79.43 $^{a-e}$	86.74 $^{c-e}$	84.91 $^{c-e}$	26.06 ^{d}	25.33 $^{c-e}$	25.38 $^{c-e}$
16	33	88.00 $^{a-e}$	89.33 $^{a-e}$	75.25 $^{c-h}$	85.47 $^{c-e}$	82.49 $^{a-e}$	20.53 $^{m-o}$	21.33 $^{f-j}$	21.43 $^{g-j}$
17	5	88.66 $^{a-f}$	86.00 $^{a-f}$	74.80 $^{c-h}$	82.44 $^{c-e}$	82.15 $^{a-e}$	24.72 $^{d-f}$	23.42 $^{d-h}$	23.42 $^{d-i}$

วิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Table 4.8 Field emergence, standard germination and conductivity test of 46 soybean seed lots of Chiangmai 60 variety, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence. (continued).

No.	Lots	FE (%)	SG (%)	Conductivity Test (μS $cm^{-1}g^{-1}$)					
				AOSA			ISTA		
				Swirl	Stir	Pour	Swirl	Stir	Pour
18	44	85.33 $^{a-f}$	88.00 $^{a-e}$	71.11 $^{c-h}$	76.06 $^{c-e}$	75.37 $^{c-e}$	19.96 $^{n-o}$	19.94 $^{i-j}$	20.08 $^{i-j}$
19	55	85.33 $^{a-f}$	82.00 $^{b-f}$	72.69 $^{c-h}$	79.34 $^{c-e}$	77.64 $^{c-e}$	21.34 $^{h-n}$	21.39 $^{f-j}$	21.72 $^{f-j}$
20	27	84.66 $^{a-f}$	92.00 $^{a-d}$	73.06 $^{c-h}$	77.28 $^{c-e}$	75.15 $^{c-e}$	23.42 $^{d-k}$	23.68 $^{c-h}$	23.78 $^{c-h}$
21	29	83.33 $^{a-f}$	95.33 $^{a-b}$	66.91 $^{g-h}$	69.94 ^{e}	69.36 ^{e}	20.91 $^{j-n}$	21.06 $^{h-j}$	21.16 $^{h-j}$
22	36	83.33 $^{a-f}$	90.66 $^{a-e}$	70.62 $^{c-h}$	81.82 $^{c-e}$	79.92 $^{c-e}$	24.80 $^{d-f}$	24.32 $^{c-h}$	24.32 $^{c-h}$
23	23	81.33 $^{a-g}$	84.66 $^{a-f}$	73.05 $^{c-h}$	76.52 $^{c-e}$	75.64 $^{c-e}$	23.48 $^{d-k}$	23.28 $^{d-h}$	23.38 $^{d-i}$
24	14	80.66 $^{a-g}$	81.33 $^{b-f}$	91.98 $^{c-h}$	75.59 $^{c-e}$	74.87 $^{c-e}$	21.70 $^{g-n}$	22.45 $^{e-i}$	22.50 $^{e-j}$
25	1	80.00 $^{a-g}$	93.33 $^{a-c}$	69.86 $^{d-h}$	75.10 $^{c-e}$	74.22 $^{c-e}$	23.77 $^{d-i}$	22.82 $^{e-i}$	22.82 $^{e-i}$
26	18	79.33 $^{a-g}$	89.33 $^{a-e}$	78.64 $^{b-g}$	83.47 $^{c-e}$	81.93 $^{c-e}$	24.35 $^{d-g}$	24.23 $^{c-h}$	24.32 $^{c-h}$
27	21	79.33 $^{a-g}$	78.66 $^{d-f}$	79.16 $^{b-f}$	90.50 $^{c-e}$	90.29 $^{c-e}$	29.02 ^{c}	26.81 ^{c}	26.95 ^{c}
28	35	77.33 $^{b-g}$	83.33 $^{a-f}$	73.63 $^{c-h}$	81.69 $^{c-e}$	80.22 $^{c-e}$	21.08 $^{i-n}$	23.60 $^{c-h}$	23.56 $^{d-h}$
29	16	76.00 $^{c-h}$	92.66 $^{a-d}$	69.31 $^{d-h}$	75.34 $^{c-e}$	74.98 $^{c-e}$	22.08 $^{f-n}$	22.12 $^{e-i}$	22.12 $^{e-j}$
30	4	75.33 $^{d-h}$	84.00 $^{a-f}$	72.34 $^{c-h}$	81.25 $^{c-e}$	78.86 $^{c-e}$	25.14 $^{d-e}$	24.65 $^{c-f}$	24.78 $^{c-g}$
31	3	74.66 $^{e-h}$	84.00 $^{a-f}$	77.49 $^{b-h}$	88.12 $^{c-e}$	85.69 $^{c-e}$	28.48 ^{c}	26.55 $^{c-d}$	26.60 $^{c-d}$
32	31	72.00 $^{f-h}$	80.66 $^{c-f}$	82.38 $^{b-c}$	92.51 $^{c-e}$	90.00 $^{c-d}$	23.67 $^{d-j}$	23.25 $^{e-h}$	23.37 $^{d-i}$
33	127	72.00 $^{f-h}$	62.66 $^{g-h}$	107.41 ^{a}	144.00 ^{a}	141.20 ^{a}	36.35 ^{a}	35.70 ^{a}	36.03 ^{a}
34	6	67.33 $^{g-h}$	93.33 $^{a-c}$	74.85 $^{c-h}$	80.95 $^{c-h}$	78.97 $^{c-e}$	28.94 ^{c}	26.86 ^{c}	26.91 ^{c}

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Table 4.8 Field emergence, standard germination and conductivity test of 46 soybean seed lots of Chiangmai 60 variety, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence (continued).

No.	Lots	FE (%)	SG (%)	Conductivity Test (μS $cm^{-1}g^{-1}$)					
				AOSA			ISTA		
				Swirl	Stir	Pour	Swirl	Stir	Pour
35	133	61.33 [h]	72.66 [f-g]	104 .84 [a]	126.30 [a-b]	123.97 [b]	38.36 [a]	37.25 [a]	37.45 [a]
36	122	22.66 [i]	58.66 [h]	87.74 [b]	118.00 [b]	116.63 [b]	33.26 [b]	32.01 [b]	32.15 [b]
Mean		82.46	84.21	75.79	85.03	83.14	24.41	24.25	24.35
F test		**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)		9.71	8.42	7.85	13.44	12.65	5.80	6.86	6.97

[1] Means in the same column that followed by the same letters are not significantly different according to DMRT.

** = Significant difference at the 1% level of probability.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Table 4.9 Correlation coefficient (r) of standard germination, field emergence, accelerated aging test of 10 conditions and other seed vigor tests of 46 soybean seed lots of Chiangmai 60 variety.

Tests	SG	RL	SL	TL	SGR	CG 2d	CG 5d	QG 3d	QG 4d	Accelerated Aging Conditions										FE
										40°C 54 hrs	40°C 60 hrs	40°C 64 hrs	40°C 68 hrs	40°C 72 hrs	41°C 54 hrs	41°C 60 hrs	41°C 64 hrs	41°C 68 hrs	41°C 72 hrs	
SG	1.00	0.34*	0.07	0.20	0.21	0.64**	0.70**	0.62**	0.87**	0.67**	0.65**	0.76**	0.72**	0.67**	0.79**	0.71**	0.67**	0.74**	0.59**	0.65**
RL		1.00	0.46**	0.79**	0.25	0.47**	0.45**	0.32*	0.28	0.36*	0.35*	0.41**	0.40**	0.39**	0.41**	0.42**	0.34*	0.42**	0.33**	0.37 *
SL			1.00	0.90**	-0.10	0.17	0.17	0.09	0.21	0.12	0.12	0.12	0.09	0.12	0.15	0.147	0.09	0.89	0.23	0.212
TL				1.00	0.04	0.34*	0.33**	0.21	0.27	0.24	0.24	0.27	0.24	0.26	0.29 *	0.29*	0.22	0.26	0.31*	0.318*
SGR					1.00	0.32	0.34*	0.23	0.11	0.28	0.28	0.30*	0.29*	0.31*	0.35*	0.27	0.27	0.22	0.22	0.25
CG 2d						1.00	0.87**	0.79**	0.70**	0.70**	0.72**	0.81**	0.77**	0.76**	0.90**	0.84**	0.82**	0.81**	0.76**	0.80**
CG 5d							1.00	0.66**	0.73**	0.87**	0.87**	0.92**	0.86**	0.83**	0.93**	0.89**	0.90**	0.87**	0.80**	0.75**
QG 3d								1.00	0.70**	0.40**	0.40**	0.56**	0.56**	0.54**	0.80**	0.62**	0.57**	0.67**	0.67**	0.84**
QG 4d									1.00	0.65**	0.63**	0.73**	0.68**	0.60**	0.80**	0.70**	0.66**	0.69**	0.61**	0.71**
40/54 hrs										1.00	0.99**	0.96**	0.89**	0.84**	0.81**	0.88**	0.89**	0.85**	0.73**	0.51**
40 /60 hrs											1.00	0.96**	0.89**	0.85**	0.80 *	0.89**	0.90**	0.85**	0.74**	0.50**
40 /64 hrs												1.00	0.92**	0.88**	0.90**	0.93**	0.92**	0.91**	0.82**	0.65**
40 /68 hrs													1.00	0.93**	0.86**	0.96**	0.90**	0.94**	0.85**	0.62**
40 /72 hrs														1.00	0.82**	0.91**	0.88**	0.89**	0.78**	0.57**
41 /54 hrs															1.00	0.90**	0.87**	0.89**	0.81**	0.86**
41 /60 hrs																1.00	0.93**	0.93**	**0.83****	0.68**
41 /64 hrs																	1.00	0.89**	0.78**	0.63**
41 /68 hrs																		1.00	0.92**	0.66**
41 /72 hrs																			1.00	0.65**
FE																				1.00

* and ** = Significant difference at the 5% and 1% level of probability, respectively.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Table 4.10 Correlation coefficient (r) of field emergence and conductivity test of 36 soybean seed lots of Chiangmai 60 variety.

Tests	SG	Conductivity Test (μS $cm^{-1}g^{-1}$)						FE
		AOSA			ISTA			
		Swirl	Stir	Pour	Swirl	Stir	Pour	
SG	1.00	-0.689**	-0.736**	-0.783**	-0.692**	-0.684**	-0.661**	0.608**
AOSA Swirl		1.00	0.955**	0.961**	0.884**	0.874**	0.848**	-0.490**
AOSA Stir			1.00	0.987**	0.879**	0.872**	0.849**	0.560**
AOSA Pour				1.00	0.894**	0.887**	0.862**	-0.587**
ISTA Swirl					1.00	0.999**	0.978**	-0.635**
ISTA Stir						1.00	0.980**	-0.632**
ISTA Pour							1.00	-0.644**
FE								1.00

** = Significant difference at the 1% level of probability.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

1. วิธีวัดค่าการนำไฟฟ้าตามวิธี AOSA (1983) และเทสารละลายไปมาระหว่างบีกเกอร์ 5 ครั้ง ก่อนวัดค่าเป็นวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ที่ดีที่สุดในถั่วเหลืองรวมพันธุ์
2. สภาพการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองรวมพันธุ์และพันธุ์เชียงใหม่ 60 คืออุณหภูมิ 41°ซ ระยะเวลา 54 ชม.
3. วิธีเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ที่ อุณหภูมิ 41°ซ ระยะเวลา 54 ชม. เป็นวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงที่ดีที่สุดสำหรับถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60
4. วิธีตรวจสอบความงอกอย่างเร็วที่ 3 วัน วิธีตรวจสอบความงอกในสภาพอากาศเย็นที่ 18°ซ นาน 2 วัน และ 5 วัน และวิธีตรวจสอบความงอกอย่างเร็วที่ 4 วัน เป็นวิธีการตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่มีความแม่นยำสูง
5. วิธีการตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ที่เหมาะสม อาจจะมีความเฉพาะเจาะจงกับพันธุ์ถั่วเหลือง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายการอ้างอิง

กนกพร เมาลานนท์. 2553. **ถั่วเหลือง**. แหล่งที่มา: http://as.doa.go.th/fieldcrops/res/fcri2/007.pdf., 8 มีนาคม 2553.

กรมวิชาการเกษตร. 2547. **ฐานข้อมูลเชื้อพันธุ์พืช: ถั่วเหลือง**. ฝ่ายคุ้มครองพันธุ์พืช กองควบคุมพันธุ์พืช กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2555. **ถั่วเหลือง**. แหล่งที่มา: http://it.doa.go.th/vichakan/news., 26 ธันวาคม 2555.

กรมวิชาการเกษตร. 2556. **ถั่วเหลือง ถึงไหน**. แหล่งที่มา: http://it.doa.go.th/pibai/, 2 มกราคม 2556.

กัลยา เนตรกัลยามิตร. 2553. **ติดต่อส่วนตัว**. ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิษณุโลก, จังหวัดพิษณุโลก.

จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2529. **เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กลุ่มหนังสือเกษตร, กรุงเทพฯ.

จิณณจาร์ เศรษฐสุข และ ประนอม ศรัยสวัสดิ์. 2531. การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองโดยใช้วัสดุดูดความชื้นภายในภาชนะปิดผนึก, น. 1-11. *ใน* **รายงานการสัมมนาความก้าวหน้าของงานวิจัยและพัฒนาวิทยาการเมล็ดพันธุ์ ครั้งที่ 3**. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

จิราภร โกศัยเสวี. 2526. **อิทธิพลของเวลาเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษาที่มีผลต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ถั่วเหลือง**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชวนพิศ อรุณรังสิกุล. 2529. เทคนิคการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์กับการประเมินอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ ข้าวโพดหวาน. **วารสารวิชาการเกษตร** 4: 201-205.

เชิดชาย วังคำ. 2542. **ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดและเยื่อหุ้มเมล็ดที่สัมพันธ์กับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธรรมรัตน์ ทองมี. 2547. **ผลของการเคลือบเมล็ดด้วยน้ำมันสะเดาที่มีต่อการดูดน้ำ การหายใจ และการงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง [*Glycine max* (L.) Merrill]**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธวัชชัย ทีฆชุณหเถียร. 2533. ความก้าวหน้าวิทยาการเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง 2533, น. 29-53. *ใน* **รายงานการสัมมนาเชิงปฏิบัติการถั่วเหลือง ครั้งที่ 3**. สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้

กรมวิชาการเกษตร และกรมส่งเสริมการเกษตร. 21-23 กุมภาพันธ์ 2553. ณ จังหวัดเชียงใหม่.

ธวัชชัย ทีฆชุณหเถียร. 2538. **การพัฒนาและการสุกแก่เมล็ดพันธุ์**. เอกสารประกอบการสอนวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร, สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ธวัชชัย ทีฆชุณหเถียร. 2540. **รายงานการวิจัยเรื่อง การสำรวจโครงสร้างของเปลือกหุ้มเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีลักษณะเมล็ดย่นโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด**. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร, สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ธวัชชัย ทีฆชุณหเถียร. 2554. หน่วยที่ 5 การตรวจสอบคุณภาพและการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์:เรื่องที่ 5.3.1 การตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์, น. 55-63. *ใน* **เอกสารการสอนชุดวิชาการฝึกปฏิบัติเสริมทักษะการผลิตพืช หน่วยที่ 1-7**. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, กรุงเทพฯ.

ธีระพนธ์ ยุพงษ์ฉาย. 2551. **ความแตกต่างทางสายพันธุ์ในคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองภายหลังการเสื่อมคุณภาพในไร่.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาวิชาพืชไร่), สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

นงเยาว์ รัตนพันธ์. 2538. **เทคนิคการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเพื่อประเมินอายุการเก็บรักษาในเขตร้อนชื้น**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

บุญมี ศิริ, อัญชุลี มุขศรี และ ชินานาตย์ คำพันธ์. 2544. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพแทสเซียมและแคลเซียมที่รั่วซึมออกจากเมล็ดกับคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงพันธุ์ไทนาน 9. **แก่นเกษตร**. 29 (3): 140-146.

ปรีชา วาจาสัตย์. 2545. **ผลของวันสุกแก่ตอความมีชีวิต ความแข็งแรง และการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง 3 สายพันธุ์ ในระหว่างการเก็บรักษา.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาวิชาพืชไร่), สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ปรียา แก้วนารี, คณิต วิชิตพันธุ์, ปรีย์กมล กลั่นฤทธิ์ และ บุญมี ศิริ. 2550. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงความงอกและการรั่วไหลของสารอิเล็คโทรไลท์จากเมล็ดพันธุ์พริกหวานที่ผ่านการเร่งอายุ **ว. วิทย์ กษ**. 38 (5): 156-159.

ปัทมาวดี คุณวัลลี, วันชัย จันทร์ประเสริฐ, ปริยานุช จุลกะ และ สุปราณี งามประสิทธิ์. 2553. ผลของการเคลือบเมล็ดด้วยน้ำมันสะเดาบริสุทธิ์ที่มีต่อความสามารถในการงอกและการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง, น. 81-88. *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการเมล็ดพันธุ์พืชแห่งชาติ ครั้งที่ 7**. วันที่ 18-20 พฤษภาคม 2553. ณ โรงแรมท็อปแลนด์ จังหวัดพิษณุโลก.

ปัทมาวดี คุณวัลลี, วันชัย จันทร์ประเสริฐ, ปริยานุช จุลกะ และ สุปราณี งามประสิทธิ์. 2554. ความไวต่อการสำลักน้ำของถั่วเหลืองต่างพันธุ์และผลของการเคลือบน้ำมันสะเดาต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์, น. 150-155. *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการเมล็ดพันธุ์พืชแห่งชาติ ครั้งที่ 8**. วันที่ 17-20 พฤษภาคม 2554. ณ โรงแรมสุนีย์ แกรนด์ แอนด์ คอนเวนชั่น เซ็นเตอร์ จังหวัดอุบลราชธานี.

พริศรา ยี่รัญศิริ. 2544. **ผลของการเคลือบเมล็ดที่มีต่อการป้องกันการสำลักน้ำ และความสามารถในการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสด**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เพิ่มศักดิ์ สุภรณ์เหมินทร์ และ สมศักดิ์ ศรีสุมบุญ. 2547. ประวัติและความสำคัญของถั่วเหลือง, น. 1-3.*ใน* อรอนันต์ เลขะกุล, พรรณนีย์ วิชชาชู, ประเวศ แสงเพชร, สมศักดิ์ ทองศรี, อิสิวัฒน์ บัณฑราภิวัฒน์ และ อมรา เวียงวีระ, บรรณาธิการ. **เอกสารวิชาการถั่วเหลือง**. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

ละอองดาว แสงหล้า, สิทธิ์ แดงประดับ และ จิดาภา แดงประดับ. 2550. ผลของลักษณะทางกายภาพที่มีต่อการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์/สายพันธุ์ต่าง ๆ. **วารสารวิชาการเกษตร** 25 (2): 166-176.

วราภรณ์ สิงหบำรุง และ สุนันทา จันทกูล. 2547. การศึกษาวิธีวัดความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์เพื่อประเมินความงอกในสภาพไร่สำหรับข้าวโพดหวาน, น. 291-299. *ใน* **รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42 (สาขาพืช**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วสุ อมฤตสุทธิ์. 2547. **การพัฒนาวิธีการประเมินความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองด้วยวิธีเตตราโซเลียม**. ปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

วิระศักดิ์ เทพจันทร์ และ สิทธิ์แดงประดับ. 2547. พันธุ์ถั่วเหลือง, น. 13-21. *ใน* **เอกสารวิชาการถั่วเหลือง**. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ. 2525. **อิทธิพลของขนาดเมล็ดที่มีต่อลักษณะบางประการของเมล็ดพันธุ์และผลผลิตของถั่วเหลือง**. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ. 2533. การศึกษาความงอก ความแข็งแรง และความสามารถในการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง 18 สายพันธุ์. **ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย.)**. 24: 261-267.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ. 2537. **สรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ, เชิดชาย วังคำ, สมศักดิ์ ศรีสมบุญ และ ลิลลี่ กาวีต๊ะ. 2543. ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดและเยื่อหุ้มเมล็ดของถั่วเหลือง 40 สายพันธุ์/พันธุ์, น. 11-21. *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 38**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ, สุชาติ อ่อนดำ, รังสฤษฎ์ กาวีต๊ะ และ สุรพล อุปดิสสกุล. 2539. การเสื่อมคุณภาพในแปลงและลักษณะทางกายภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง 10 สายพันธุ์, น. 296-302. *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการถั่วเหลืองแห่งชาติครั้งที่ 6**.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ, เชิดชาย วังคำ, สมศักดิ์ ศรีสมบุญ และ ลิลลี่ กาวีต๊ะ. 2544. การศึกษาเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบลำแสงส่องกราดในถั่วเหลืองพันธุ์ที่มีคุณภาพเมล็ดต่างกัน, น. 278-290. *ใน* **การประชุมวิชาการถั่วเหลืองแห่งชาติ ครั้งที่ 8**. จังหวัดเชียงใหม่.

วัลลภ สันติประชา และ ขวัญจิตร สันติประชา. 2541. **รายงานการวิจัยเรื่อง เทคนิคการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์พืชสำหรับเขตร้อน.** ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

วัลลภ สันติประชา, ขวัญจิตร สันติประชา และ กาญจนา สุวรรณสินธุ์. 2536ก. ศักยภาพการเก็บรักษาและเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดในเขตร้อนชื้น. **วารสารสงขลานครินทร์**. 15 (3): 47-52.

วัลลภ สันติประชา, ขวัญจิตร สันติประชา และ ชูศรี ณรงค์ราช. 2536ข. การเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวเพื่อประเมินอายุการเก็บรักษาในเขตร้อนชื้น. **วารสารเกษตรศาสตร์**. 27: 283-294.

วัลลภ สันติประชา, ขวัญจิตร สันติประชา และ พรวิรัช งามสิงห์. 2533. การเร่งอายุถั่วฝักยาวเพื่อประเมินอายุการเก็บรักษาในเขตร้อนชื้น. **วารสารสงขลานครินทร์**. 12 (4): 305-315.

ศิริกานต์ มุกดาหาร, พรรณนา ไวคกุล, นวลจันทร์ วิไลพล และ จงกล กรรณเลขา. 2545. อิทธิพลของระยะสุกแก่ทางสรีระวิทยา วิธีการเก็บเกี่ยว และสภาพการเก็บรักษา ที่มีผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์เชียงใหม่ 1. **ว. วิทย์. กษ**. 33 (4-5 พิเศษ): 53-57.

ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่. 2556. **ถั่วเหลือง/ถั่วเหลืองฝักสด**. แหล่งที่มา: http://www.doa.go.th/fcrc/chiangmai/index.php., 17 มกราคม 2556.

สมมาตร จงวนิช. 2540. **รายงานผลการประชุมแนวทางการวิจัย โครงการพัฒนาการผลิตถั่วเหลือง (สกว.) กลุ่มเมล็ดพันธุ์ โครงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบการจัดทำแปลงขยายพันธุ์ถั่วเหลือง 2540-2544**. วันที่ 15-16 พฤษภาคม 2540. ณ ศูนย์ขยายเมล็ดพันธุ์พืชที่ 17 จังหวัดขอนแก่น.

สมศักดิ์ ศรีสมบุญ. ม.ป.ป. สถานการณ์ถั่วเหลือง, น. 1-15. *ใน* **สรุปรายงานผลงานวิจัยถั่วเหลือง กรมวิชาการเกษตร ปี 2531-2541**. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

สุชาดา ยุติวงษ์. 2538. **การประเมินความแข็งแรง การเจริญเติบโต และผลผลิตถั่วเหลืองจากเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุ**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตเกษตรศาสตร์ สาขาวิชาพืชไร่, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สุชาติ อ่อนดำ. 2540. **ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางกายภาพกับคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2551. **สถานการณ์และแนวโน้มสินค้าเกษตรที่สำคัญ ปี 2551** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2555. **สถานการณ์และแนวโน้มสินค้าเกษตรที่สำคัญ ปี 2555**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2553. **ตัวชี้วัดเศรษฐกิจของประเทศไทย ปี 2552**. ศูนย์สารสนเทศการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

หนึ่งฤทัย ศรีธรราษฎร์. 2546. **การประเมินความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองขณะเสื่อมคุณภาพด้วยวิธีวัดค่าการนำไฟฟ้าแบบรวม**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อนงค์ รัตนอุบล. 2531. **ผลของการเก็บเกี่ยวล่าช้า วิธีการนวด และการเก็บรักษาในสภาพต่าง ๆ ต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง [*Glycine max* (L.) Merrill]**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อภิพรรณ พุกภักดี. 2546. **ถั่วเหลือง พืชทองของไทย**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเพพฯ.

อรรณพ กสิวิวัฒน์. 2532. **ผลของวันปลูกและช่วงการเก็บเกี่ยวที่มีต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในสภาพไร่นา**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์), มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อ้อยทิน จันทร์เมือง. 2556. **พันธุ์และลักษณะประจำพันธุ์ของถั่วเหลือง**. แหล่งที่มา: http://training.agritech.doae.go.th/data/soybean/doc4.pdf, 29 มกราคม, 2556.

อารมย์ ศรีพิจิตต์. 2537. การบ่งชี้ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดถั่วเหลืองที่สุกแก่ในระยะสรีระวิทยา. **วารสารวิชาการเกษตร** 12 (3): 170-175.

อารมย์ ศรีพิจิตต์. 2544. อิทธิพลของการสุกแก่และการลดความชื้นตอความงอก ความแข็งแรงและการรั่วไหลของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษา. **วารสารวิชาการเกษตร** 19 (1): 58-70.

เอนก โชติญาณวงษ์. ม.ป.ป. สรุปผลงานวิจัยปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลือง, น. 16-31. *ใน* **สรุปรายงานผลงานวิจัยถั่วเหลือง กรมวิชาการเกษตร ปี 2531-2541**. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

Ali, M.G., R.E.L. Naylor and S. Matthews. 2003. The effect of ageing (using controlled deterioration) on the germination at 21°C as an indicator of physiological quality of seed lots of fourteen Bangladeshi rice (*Oryza sativa* L.) cultivars, **Pak. J. Biol. Sci**. 6 (10): 910-917.

Andrews, C.H. 1982. Preharvest environment: Weathering. pp. 19-25. *In* J. B. Sinclair and J.A. Jackobs, eds. **Soybean Seed Stand Establishment. Proceeding of a Conference for Scientists of Asia**. Colombo, Srilanka. International Agriculture Publication. INTSOY Series 22.

Association of Official Seed Analysts. 1983. **Seed Vigor Testing Handbook**. Contribution No. 32. Association of Official Seed Analysts. Lincon , NE., U.S.A.

Baskin, C.C., S. Paliwal and J.C. Delouch. 1993. **Estimating Field Emergence of Grain Sorghum.** MS. Bulletine No. 996. Office of Agricultural Communications, Division of Agriculture Forestry and Veterinary Medicine, Mississippi Agricultural & Forestry Experiment Station. Mississippi State**,** U.S.A.

Basra, S.M.A., N. Ahamad, M.M. Khan., N. Iqbal and M.A. Cheema. 2003. Assessment of cotton seed deterioration during accelerated ageing. **Seed Sci. & Technol**. 31: 531-540.

Calero, E., S.H. West and K. Hinson. 1981. Water absorption of soybean seeds and association causal factors. **Crop Sci**. 21: 926-933.

Chhetri, S. 2009. **Identification of Accelerated Aging Conditions for Seed Vigor Test in Rice (*Oryza sativa* L.)**. M.Sc. Thesis, School of Crop Production Technology, Suranaree University of Technology. Thailand.

Chea, S. 2006. **Seed Vigor Tests and Their Use in Predicting Field Emergence of Rice**. M.Sc. Thesis, Khon Kaen University. Thailand.

Crookston, R.K. and D.S. Hill. 1978. A visual indicator of the physiological maturity of soybean seed. **Crop Sci**. 18: 867-870.

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

Demir, I., Y. S. Ozeden and K. Yilmaz. 2004. Accelerated ageing test of aubergine, cucumber and

melon seeds in relation to time and temperature variables. **Seed Sci. & Technol.** 32: 851-855.

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

Edwards, Jr. C. J. and E. E. Hartwig. 1971. Effect of seed size upon rate of germination in soybean. **Agronomy J**. 63: 429-430.

Egli, D.B. and D.M. Tekrony. 1995. Soybean seed germination, vigor and field emergence. Seed Sci & Technol. 23: 595-607.

Food Network Solution. 2013. **Isoflavone**. Available source: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3741/isoflavone, January 29, 2513.

Franca, N.J.B., A. A. Henning and F.C. Kizyzanowski. 1994. Seed production and technology for the tropics. pp. 217-240. *In* **Tropical Soybean: Improvement and Production**. Fao, Rome, Italy.

Gbikpi, P.J. and R.K. Crookston. 1981. A whole-plant indicator of soybean physiological maturity. **Crop Sci**. 21: 469-472.

Heatherly, L. G., M. Michael, M. Kenty and T.C. Kilen. 1995. Effects of storage environment and duration on impermeable seed coat in soybean. **Field Crops Research**. 40: 57-62.

International Seed Testing Association. 1981. **Handbook of Vigour Test Methods**. D.A. Perry, ed. Internaitonal Seed Testing Association. Zürich, Switzerland.

International Seed Testing Association. 1995. **Handbook of Vigour Test Methods**. 3rd edition. Internaitonal Seed Testing Association. Zürich, Switzerland.

International Seed Testing Association. 1999. **International Rules for Seed Testing.** Supplement to Seed Sci. & Technol**.** V. 27.

Jain, N., R. Koopar and S. Saxena. 2006. Effect of accelerated ageing on seed of radish (*Raphanus sativus* L.). **Asian J. of Plant Sci.** 5 (3): 461-464.

Kolasinska, K., J. Szyrmer and S. Dul. 2000. Relationship between laboratory seed quality tests and field emergence of common bean seed. **Crop Sci.,** 40: 470-475.

Komba, C.G., B.J. Brunton and J.G. Hamptton. 2006. Accelerated ageing vigour testing of kale (*Brassica oleracea* L. var. acephala DC) seed. **Seed Sci. & Techol**. 34: 205-208.

Kulik, M.M. and R.W. Yaklich. 1991. Soybean seed coat structures: Relationship to weathering resistance and infection by the fungus *Phomopsis phaseoli.* **Crop Sci**. 31: 108-113.

Krishnasamy, V. and D.V. Seshu. 1990. Germination after accelerated ageing and association characters in rice varieties. **Seed Sci. & Techol**. 18: 147-156.

Kuo, W.H. J. 1989. Delayed-permeability of soybean seed: Characteristics and screening methodology. **Seed Sci. & Technol**. 17: 131-142.

Loeffler, T. M., D. M. Tekrony and D.B. Egli. 1988. The bulk conductivity test as an indication of soybean seed quality. **J. of Seed Technology** 12: 37-53.

Marwanto. 2004. Soybean seed coat characteristics and its quality losses during incubator aging storage. **Journal Ilmu-Ilmu Peertanian Indonisia**. 6 (2):57-65.

Matthews, S. and A.A. Powell. 1981. Electrical conductivity test, pp. 37-42. *In* D.A. Perry, ed. **Handbook of Vigour Test Methods**. Internaitonal Seed Testing Association. Zürich, Switzerland.

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

Panobianco, M. and R.D. Vieira. 1996. Electrical conductivity of soybean soaked seeds. I. Effect of genotype. **Pesq. Agropec. Bras.** 31 (9): 621-627.

Pereira, L. A. G. and C. H. Andrews. 1985. Comparison of non-wrinkled and wrinkled soybean seed coats by electron microscopy. **Seed Sci. & Technol**. 13: 853-859.

Silva, J. B., R.D. Vieira and M. Panobianco. 2006. Acclerated ageing and controlled deterioration in beetroot seeds. **Seed Sci. & Technol**. 34: 265-271.

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

Taylor, A.G., S.S. Lee, M.M. Beresniewicz and D.H. Paine. 1995. Amino acid leakage from aged vegetable seeds. **Seed Sci. & Technol.** 23: 113-122.

Tekrony, D.M. and D.B. Egli. 1977. Relationship between laboratory indices of soybean seed vigor and field emergence. **Crop Sci.** 17: 573-577.

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

Tekrony, D.M., D.B. Egli and A.D. Phillips. 1980. Effects of field weathering on the viability and vigor of soybean seed. **Agron. J**. 72: 749-753.

Tomes, L. J., D.M. Tekrony and D.B. Egli. 1988. Factors influencing the tray accelerated aging

test for soybean seed. **J. of seed technology**. 12 (1): 24-36.

Torres, R.M., R.D. Vieira and M. Panobianco. 2004. Accelerated aging and seedling field emergence in soybean. **Sci. Agric.** (**Piracicaba**, **Braz.**). 61 (5): 476-480.

Vieira, R. D., J. A. Paiva-Aguero and D. Perecin. 1999a. Electrical conductivity and field performance of soybean seed. **Seed Technology** 12: 15-24.

Vieira, R.D., J.A. Paiva-Aguero, D. Perecin and S.R.M. Bittencourt. 1999b. Correlation of electrical conductivity and other vigor tests with field emergence of soybean seedling. **Seed Sci. & Technol**. 27: 67-75.

Vieira, R. D., A. S. Neto and S. R. Mudrovitsch de Bittencourt. 2004. Electrical conductivity of the seed soaking solution and soybean seedling emergence. **Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)** 61 (2): 164-168.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก

Appendix Table 1 Varietal characteristics of 18 certified Thai soybean varieties.

Varietal Characteristics	Chiangmai 2	Chiangmai 5	Chiangmai 60	Chakkrabhandhu 1	KKU 35
1. Certified year	1998	2006	1987	1998	1994
2. Days to 50% flowering	31-35days	33-35 days	32-34 days	43days	37 days
3. Days to harvest	77 days	85-100 days	89-92 days	111 days	104 days
4. Maturity group	Early	Moderate	Moderate	Late	Late
5. Plant height at R1	28-35 cm	NA	41-42 cm	NA	NA
6. Plant height at R8	31-47cm	56 cm	55-67 cm	71 cm	NA
7. Petal color	Purple	Purple	White	Purple	White
8. Mature pod color	Light brown	Brown	Dark brown	Brown	Dark brown
9. Hilum color	Brown	Brown	Brown	Brown	Black
10. Hypocotyl color	Purple	Green	Green	Purple	Green
11. Pubescence color	Gray	Brown	Brown	Brown	Brown
12. Leaflet shape	Ovate	Ovate	Ovate	Ovate	Ovate
13. Growth habit	Determinate	Semi-indeterminate	Semi-determinate	Semi-determinate	Semi-determinate
14. Seed coat color	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
15. Seed size	Large	Small	Medium	Small	Medium
16. 100 seed weight	25 g	13-15 g	16-20 g	11g	16 g
17. Number seed at pod	2	2	2	2	2
18. Protein/oil content	39.8% / 20.2%	33.4-20.1%	39.1% / 22.9%	41.3% / 22.2%	46.6% / 20.1%
19. Disease resistance	Downy mildew	Rust	Rust, bacterial pustule and downy mildew	Downy mildew and antracnose	Bacterial pustule
20. Disease susceptibility	Rust	None	None	Rust	Downy mildew and rust
21. Seed yield	1,463 kg/ha (234 kg/rai)	2,419 kg/ha (424.5 kg/rai)	1,750 -2,188 kg/ha (280-350 kg/rai)	1,800 kg/ha (288 kg/rai)	1,913 kg/ha (306 kg/rai)
22. Recommended planting seasons	All regions	All regions	All regions	All regions	Lower northern, central and northeastern regions
23. Recommended planting seasons	All seasons	All seasons	All seasons	Early rainy and dry seasons	All seasons

Appendix Table 1 Varietal characteristics of 18 certified Thai soybean varieties. (continued)

Varietal Characteristics	Nakhon Sawan 1	SJ 1	SJ 2	SJ 4	SJ 5
1. Certified year	1986	1965	1965	1976	1980
2. Days to 50% flowering	26-32 days	35-36 days	36 days	34-35 days	33-35 days
3. Days to harvest	75-80 days	85-95 days	92-97 days	89-98 days	88-96 days
4. Maturity group	Early	Moderate	Moderate	Moderate	Moderate
5. Plant height at R1	18-26 cm	32-41 cm	32-38 cm	47-48 cm	53-57 cm
6. Plant height at R8	30-42 cm	60-76 cm	42-56 cm	59-66 cm	60-74 cm
7. Petal color	Light purple	Purple	Purple	Purple	Purple
8. Mature pod color	Tan	Dark brown	Dark brown	Dark brown	Dark brown
9. Hilum color	Brown	Black	Redish brown	Brown	Brown
10. Hypocotyl color	Purple	Purple	Purple	Purple	Purple
11. Pubescence color	Brown	Brown	Brown	Brown	Brown
12. Leaflet shape	Ovate	Ovate	Ovate	Ovate	Ovate
13. Growth habit	Determinate	Indeterminate	Semi-determinate	Semi-determinate	Semi-determinate
14. Seed coat color	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
15. Seed size	Medium	Small	Small	Medium	Small
16. 100 seed weight	16-20 g	11-15 g	11-15 g	15-18 g	13-16 g
17. Number seed at pod	2	2	2	2	2
18. Protein/oil content	36.7% / 9.1%	40.2% / 16.6%	38.8% / 21.3%	39.0% / 20.5%	41.9% / 19.3%
19. Disease resistance	Bacterial pustule and soybean mosaic virus	None	Bacterial pustule	Rust and antracnose	Rust, soybean mosaic virus, antracnose and purple seed stain
20. Disease susceptibility	Downy mildew, rust and antracnose	Rust	Rust and downy mildew	Bacterial pustule	Bacterial pustule
21. Seed yield	1,538 kg/ha (246 kg/rai)	1,562.5-1,875 kg/ha (250-300 kg/rai)	1,250-1,875 kg/ha (200-300 kg/rai)	1,875 kg/ha (300 kg/rai)	2,000 kg/ha (320 kg/rai)
22. Recommended planting locations	Lower northern and upper central regions	Northern, central and northeastern regions	All regions	Northern and central regions	All regions
23. Recommended planting seasons	Rainy season	Rainy seasons	Late rainy season and dry seasons	All seasons	Widely adapted variety

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Appendix Table 1 Varietal characteristics of 18 certified Thai soybean varieties. (continued)

Varietal Characteristics	Srisamrong 1	Sukhothai 1	Sukhothai 2	Sukhothai 3	Chiangmai 3
1. Certified year	2007	1986	1995	1999	2000
2. Days to 50% flowering	26-28 days	30-35 days	29 days	39-40 days	32-33 days
3. Days to harvest	72-77 days	83-88 days	82-88 days	90-93 days	85-93 days
4. Maturity group	Early	Moderate	Moderate	Moderate	Moderate
5. Plant height at R1	NA	27-31 cm	21-68 cm	40-106 cm	NA
6. Plant height at R8	49 cm	56-58 cm	42-95cm	81-122 cm	NA
7. Petal color	Purple	Purple	Purple	White	Purple
8. Mature pod color	Brown	Gray	Dark brown	Dark brown	Dark brown
9. Hilum color	Brown	Gray	Black	Black	Brown
10. Hypocotyl color	Green	Purple	Purple	Green	Purple
11. Pubescence color	White	Gray	Brown	Brown	White
12. Leaflet shape	Ovate	Lanceolate	Lanceolate	Ovate	Ovate
13. Growth habit	Determinate	Indeterminate	Semi-determinate	Semi-determinate	Determinate
14. Seed coat color	Yellow	Yellowish white	Yellow	Black	Yellow
15. Seed size	Small	Small	Small	Small	Small
16. 100 seed weight	13-15 g	9-12 g	13-15 g	11-13 g	12.9g
17. Number seed at pod	2	2	3	2	2
18. Protein/oil content	35.9% / 14.5%	36.4-23.2 %	37.4% / 9.0%	39.5% / 12.2%	39.0% / 22.0%
19. Disease resistance	Downy mildew	Bacterial pustule, virus	Bacterial pustule, downy mildew and virus	Antracnose, downy mildew (moderate)	Bacterial pustule and downy mildew
20. Disease susceptibility	None	Purple seed stain	Rust	Bacterial pustule	Rust
21. Seed yield	1,819 kg/ha (291 kg/rai)	1,538 kg/ha	1,813-1,938 kg/ha	1,863 kg/ha	2,013 kg/ha (322 kg/rai)
22. Recommended planting locations	Lower northern region	Upper central region	Lower northern and central regions	All regions	NA
23. Recommended planting seasons	NA	All seasons but not suitable for middle and late rainy seasons in upper northern region	All seasons variety but not suitable for middle and late rainy seasons in upper northern region	All seasons	Late rainy and dry seasons

Appendix Table 1 Varietal characteristics of 18 certified Thai soybean varieties. (continued)

Varietal Characteristics	Chiangmai 4	Chiangmai 6	Khon Kaen
1. Certified year	2000	2010	2004
2. Days to 50% flowering	34-35 days	33-36 days	35-40 days
3. Days to harvest	90 days	90-99 days	92-95 days
4. Maturity group	Moderate	Moderate	Moderate
5. Plant height at R1	NA	NA	NA
6. Plant height at R8	69 cm	NA	52-58 cm
7. Petal color	Purple	Purple	Purple
8. Mature pod color	Dark brown	Dark brown	Dark brown
9. Hilum color	Brown	Brown	Brown
10. Hypocotyl color	Purple	Purple	Purple
11. Pubescence color	White	Brown	Brown
12. Leaflet shape	Ovate	Ovate	Ovate
13. Growth habit	Semi-determinate	Semi-determinate	Semi-determinate
14. Seed coat color	Yellow	Yellow	Yellow
15. Seed size	Small	Small	Small
16. 100 seed weight	12.1 g	13.5-14.8 g	15 g
17. Number seed at pod	2	2	2
18. Protein/oil content	40% / 20%	43.6% / NA	39.5% / 17.3%
19. Disease resistance	Bacterial pustule, downy mildew and soybean mosaic virus	Rust and downy mildew	NA
20. Disease susceptibility	Charcoal Rot	NA	NA
21. Seed yield	1,976 kg/ha (316 kg/rai)	2,000 kg/ha (320 kg/rai)	1,903 kg/ha (305 kg/rai)
22. Recommended planting locations	Northeast region	All regions	Northeast region
23. Recommended planting seasons	All seasons	All seasons	Dry season

NA = Data not available.

(เพิ่มศักดิ์ สุภรณ์เหมินทร์ และสมศักดิ์ ศรีสมบุญ, 2547; วิระศักดิ์ เทพจันทร์ และ สิทธิ์แดงประดับ, 2547; กรมวิชาการเกษตร, 2547; อ้อยทิน จันทร์เมือง, 2556; ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่, 2556; เอนก โชติญาณวงษ์, ม.ป.ป.)

ประวัติผู้เขียน

นางสาวมนัสชนก กองดิน เกิดเมื่อวันที่ 2 มกราคม 2530 ที่จังหวัดนครราชสีมา ได้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เมื่อปี พ.ศ.2551

ภายหลังสำเร็จการศึกษา ได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สถานที่ติดต่อ บ้านเลขที่ 84 หมู่ 9 ตำบลโคกสูง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30310

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี