

การทดสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ข้าว พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15



นางสาวปัทมาภรณ์ ใจเย็น

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาพืชศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปีการศึกษา 2556

**SEED VIGOR TESTS IN KHAO DOWK MALI 105 AND
RD 15 RICE VARIETIES**

Patimaporn Jaiyen



**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Science Program in Crop Science
Suranaree University of Technology
Academic Year 2013**

การทดสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นักวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(อ. ดร. รุจ มรกต)

ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร. รัชชัย ทิมชุมทองเถียร)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(ผศ. ดร. หัสไชย บุญจง)

กรรมการ

(อ. ดร. ธีรยุทธ เกิดไทย)

กรรมการ

(ศ. ดร. ชูกิจ ลิ้มปิจำนงค์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและนวัตกรรม

(ผศ. ดร. สุเวทย์ นิงสานนท์)

คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

ปฏิมากรณ์ ไชเย็น : การทดสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ข้าว พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 และ กข 15

(SEED VIGOR TESTS IN KHAO DOWK MALI 105 AND RD 15 RICE VARIETIES)

อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รวิชัย ทิฆมณเฑียร, 90 หน้า.

ข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 และ กข 15 เป็นพันธุ์ข้าวที่มีมูลค่าการส่งออกสูงที่สุดของไทย ในชื่อ “ข้าวหอมมะลิไทย” เมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงสูงจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตทั้งด้าน ผลผลิตและคุณภาพ วัตถุประสงค์ของการทดลองครั้งนี้คือ ศึกษาหาระยะเวลาเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ที่ อุณหภูมิ 44°ซ ที่แม่นยำที่สุดเพื่อใช้ทดสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ที่เฉพาะเจาะจงสำหรับเมล็ด พันธุ์ข้าว พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 และ กข 15 และศึกษาหาวิธีทดสอบความแข็งแรงวิธีการอื่น ๆ เพื่อ ใช้เป็นวิธีทางเลือกและใช้ทดสอบร่วมกันหลาย ๆ วิธี ใช้เมล็ดพันธุ์จากศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าว รวม 11 แห่ง พันธุ์ละ 30 ตัวอย่าง ที่มีระดับความแข็งแรงแตกต่างกัน ทำการทดลอง ณ มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีสุรนารี ระหว่างปี พ.ศ. 2553-2554 ใช้วิธีการทดสอบความแข็งแรงรวม 5 วิธี ได้แก่วิธีเร่ง อายุเมล็ดพันธุ์ วิธีทดสอบความงอกประยุกต์ วิธีวัดการเจริญเติบโตและประเมินต้นอ่อน และวิธีวัด ค่าการนำไฟฟ้าเมล็ดพันธุ์ รวม 45 กรรมวิธี ผลการทดลองในพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 พบว่า ความงอกมาตรฐานมีความสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูกที่ $r = 0.663^{**}$ วิธีทดสอบความ แข็งแรงที่มีความสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูกสูงที่สุดในแต่ละวิธีได้แก่ วิธีการเร่งอายุเมล็ด พันธุ์ที่ 44°ซ 72 ชม. ($r = 0.887^{**}$) รองลงมาคือวิธีทดสอบความงอกประยุกต์ที่ 25°ซ นับต้นอ่อน ปกติที่ 5 วัน ($r = 0.870^{**}$) วิธีวัดความยาวรวมต้นอ่อน ($r = 0.809^{**}$) และวิธีวัดค่าการนำไฟฟ้า เมล็ดพันธุ์ โดยวิธี AOSA และคนสารละลายก่อนวัดค่า ($r = -0.759^{**}$) ตามลำดับ ผลการทดลองใน พันธุ์ กข 15 พบว่า ความงอกมาตรฐานมีความสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูกที่ $r = 0.504^{**}$ วิธี ที่มีความสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูกสูงที่สุดในแต่ละวิธีคือวิธีการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ที่ 44°ซ 80 ชม. ($r = 0.913^{**}$) รองลงมาคือ วิธีวัดความยาวรวมต้นอ่อน ($r = 0.856^{**}$) วิธีการทดสอบค่าการ นำไฟฟ้าตามวิธี AOSA โดยไม่ต้องเตรียมสารละลายก่อนวัดค่า ($r = -0.821^{**}$) และวิธีทดสอบความ งอกประยุกต์ที่ 25°ซ นับต้นอ่อนปกติที่ 5 วันตามลำดับ สรุปได้ว่าวิธีทดสอบความแข็งแรงเมล็ด พันธุ์มีความเฉพาะเจาะจงระหว่างพันธุ์ วิธีที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดคือวิธีเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ที่ 44°ซ 72 ชม. และ 44°ซ 80 ชม. ในพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 และ กข 15 ตามลำดับ

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช

ปีการศึกษา 2556

ลายมือชื่อนักศึกษา _____

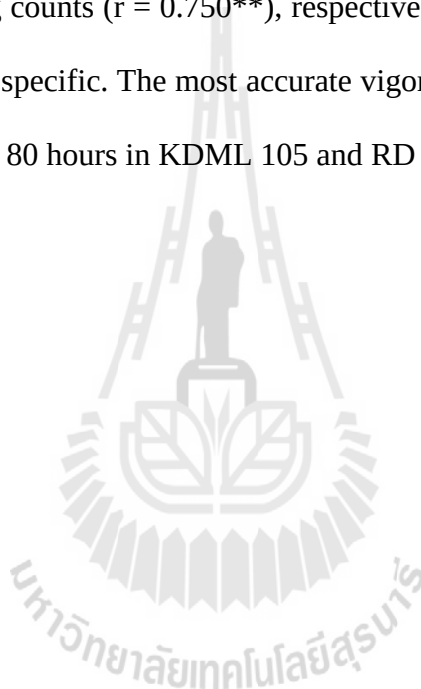
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

PATIMAPORN JAIYEN : SEED VIGOR TESTS IN KHAO DOWK MALI
105 AND RD 15 RICE VARIETIES. THESIS ADVISOR : ASST. PROF.
THAWATCHAI TEEKACHUNHATEAN, Ph.D., 90 PP.

SEED VIGOR TEST/RICE SEED/KHAO DOWK MALI 105 VARIETY/RD 15
VARIETY

Khao Doak Mali 105 (KDML 105) and RD 15 rice varieties have been Thailand's major export rice value defined as "Thai Hom Mali rice". Having high vigor seeds is one of the potential means of increasing rice productivity and quality. The objectives of this study were to determine the most accurate accelerated aging duration at 44°C specific for KDML 105 and RD 15 rice varieties and to investigate others seed vigor tests that can be used as alternative and combined methods. Thirty seed lots of each variety of different seed vigor levels, procured from 11 rice seed centers, were used in the experiment. The experiment was conducted at Suranaree University of Technology during 2010-2011. Four vigor test methods : accelerated aging test, modified germination tests, seedling growth and evaluation tests, and conductivity test, with total of 45 treatments were examined. The results from the KDML 105 variety revealed that the standard germination test provided correlation of $r = 0.663^{**}$ with the field emergence test. The vigor tests showing the highest correlation with the field emergence test in each vigor method were the accelerated aging test at 44°C for 72 hours ($r = 0.887^{**}$), the modified germination test at 25°C with day 5 normal seedling counts ($r = 0.870^{**}$), the total seedling length ($r = 0.809^{**}$) and the conductivity test by AOSA method with 10 seconds stirring the electrolyte before measurement ($r = -0.759^{**}$), respectively. The results from the

RD 15 variety revealed that the standard germination test provided correlation of $r = 0.504^{**}$ with the field emergence test. The vigor tests showing the highest correlation with the field emergence test in each vigor method were the accelerated aging test at 44°C for 80 hours ($r = 0.913^{**}$), the total seedling length ($r = 0.856^{**}$) and the conductivity test by AOSA method without any preparation of the electrolyte before measurement ($r = -0.821^{**}$) and the modified germination test at 25°C with day 5 normal seedling counts ($r = 0.750^{**}$), respectively. It can be concluded that the vigor tests are varietal specific. The most accurate vigor test was the accelerated aging test of 44°C for 72 and 80 hours in KDML 105 and RD 15, respectively.



School of Crop Production Technology Student's Signature _____

Academic Year 2013 Advisor's Signature _____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธวัชชัย ทิมขุนทด อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และความเอาใจใส่อย่างดียิ่งทั้งด้านการเรียน งานวิจัย ตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ตั้งแต่เริ่มต้น จนสำเร็จเสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดี อีกทั้งเป็นแบบอย่างอาจารย์ และนักวิจัยที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนช่วยให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีอีกหลายท่าน ดังนี้

คุณอุทัย ขจิ่งหริด เจ้าหน้าที่ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่กรุณาอำนวยความสะดวก ทั้งทางด้านจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ และแรงงานในการปลูกทดสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ ข้าวจนเสร็จสมบูรณ์

คุณนวลปรานค์ อุทัยดา และคุณสมพงษ์ พิมพ์พรม เจ้าหน้าที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่กรุณาอำนวยความสะดวก และให้คำปรึกษาในการใช้เครื่องมือที่เกี่ยวข้องในการดำเนินการวิจัย

ขอขอบคุณศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และฟาร์มมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการดำเนินการทดลอง ตลอดจน สถาบันวิจัยและพัฒนา ที่ให้ทุนวิจัยบางส่วน

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ให้โอกาสในการศึกษาระดับมหาบัณฑิตแก่ข้าพเจ้า ด้วยทุนศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาที่สนับสนุนงบประมาณการวิจัยบางส่วน

ขอขอบคุณศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวทั่วประเทศทั้ง 11 แห่ง ที่ให้ความอนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้

ขอขอบคุณ เพื่อน พี่ น้อง ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจอย่างดีเสมอมา

ในที่สุดนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา และมารดา ที่อบรมเลี้ยงดู เอาใจใส่ เป็นกำลังใจ ส่งเสริมและสนับสนุนด้านการศึกษาเป็นอย่างดีตลอดเสมอมา

ท้ายนี้ คุณประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ บิดา มารดา ครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

ปฏิมาภรณ์ ใจเย็น

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	ข
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ญ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ฉ
บทที่	

1 บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 สมมติฐานการวิจัย	3
1.4 ขอบเขตการวิจัย	3

2 ปรัชญ่วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความสำคัญของข้าวไทยและข้าวหอมมะลิไทย	4
2.2 ข้าวหอมและข้าวหอมมะลิไทย	5
2.3 ประวัติพันธุ์ข้าวหอมมะลิไทย	6
2.4 ประเภทของการทำนาในประเทศไทย	7
2.5 ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์	11
2.6 การทดสอบความแข็งแรงโดยวิธีเร่งอายุเมล็ดพันธุ์	13
2.7 สภาพของการทดสอบความแข็งแรงโดยวิธีเร่งอายุในเมล็ดพันธุ์พืชต่าง ๆ	14
2.8 การทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าว	16

3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุอุปกรณ์	19
3.2 ระยะเวลาการทดลอง	19

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3	สถานที่ทำการทดลอง	19
3.4	เค้าโครงของการทดลอง	19
3.5	วิธีการทดสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ข้าว	25
3.6	การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	29
4	ผลการทดลองและวิจารณ์	
4.1	ผลการทดสอบความงอกมาตรฐาน ความงอกในแปลงปลูกของเมล็ดพันธุ์ข้าว พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15	34
4.2	ผลการศึกษาวิธีการทดสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 โดยวิธีเร่งอายุ	36
4.3	ผลการศึกษาวิธีการทดสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 โดยวิธีทดสอบความงอกประยุกต์	38
4.4	ผลการศึกษาวิธีการทดสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 ในประเภทของการทดสอบการเจริญเติบโตและประเมินผล ดินอ่อน	41
4.5	ผลการศึกษาวิธีการทดสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 โดยวิธีวัดค่าการนำไฟฟ้า	42
4.6	ตารางสรุปผล	45
4.7	ปัญหาความแปรปรวนของการทดสอบความแข็งแรง	45
5	สรุปผลการทดลอง	77
	รายการอ้างอิง	78
	ภาคผนวก	84
	ประวัติผู้เขียน	90

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	Lot numbers and seed sources of 30 rice seed lots of KDML 105 variety included in the experiment	20
3.2	Lot numbers and seed sources of 30 rice seed lots of RD 15 variety included in the experiment	22
3.3	Five accelerated aging treatments used in the experiment	28
4.1	Field emergence test, standard germination test and 5 conditions of accelerated aging test of 30 seed lots of KDML 105, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence	48
4.2	Field emergence test, standard germination test and 5 conditions of accelerated aging test of 30 seed lots of RD 15 rice variety, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence	50
4.3	Correlation coefficient (r) of standard germination test, field emergence test and 5 conditions of accelerated aging test of 30 seed lots of KDML 105 and RD 15 rice varieties.....	52
4.4	Standard germination test and modified germination test at 20°C and 6-10 day seedling counts of normal and prenormal seedlings of 30 seed lots of KDML 105 rice variety, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence.....	53
4.5	Standard germination test and modified germination test at 20°C and 6-10 day seedling counts of normal and prenormal seedlings of 30 seed lots of RD 15 rice variety, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence	55
4.6	Standard germination test and modified germination test at 25°C and 3-7 day seedling counts of normal and prenormal seedlings of 30 seed lots of KDML 105 rice variety, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence	57
4.7	Standard germination test and modified germination test at 25°C and 3-7 day seedling counts of normal and prenormal seedlings of 30 seed lots of RD 15 rice	



สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่

หน้า

	variety, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence	59
4.8	Standard germination test and modified germination test at 30°C and 2-5 day seedling counts of normal and prenatal seedlings of 30 seed lots of KDML 105 rice variety, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence	61
4.9	Standard germination test and modified germination test at 30°C and 2-5 day seedling counts of normal and prenatal seedlings of 30 seed lots of RD 15 rice variety, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence	63
4.10	Correlation coefficient (r) among standard germination test, field emergence test and modified germination test at 20°C and 6-9 day seedling counts of normal and prenatal seedlings of KDML 105 and RD 15 rice varieties	65
4.11	Correlation coefficient (r) among standard germination test, field emergence test and modified germination test at 25°C and 3-7 day seedling counts of normal and prenatal seedlings of KDML 105 and RD 15 rice varieties	66
4.12	Correlation coefficient (r) among standard germination test, field emergence test and modified germination test at 30°C and 2-5 day seedling counts of normal and prenatal seedlings of KDML 105 and RD 15 rice varieties	67
4.13	Field emergence test, standard germination test, seedling growth rate test and seedling shoot, root and total length of 30 seed lots of KDML 105 rice variety, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence	68
4.14	Standard germination, seedling growth rate test and seedling shoot, root and total length of 30 seed lots of RD 15 rice variety, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence	69
4.15	Correlation coefficient (r) among standard germination test, field emergence test and seedling shoot, root and total length seedling and seedling growth rate test of KDML105 and RD 15 rice varieties	70
4.16	Field emergence test, standard germination test and conductivity test by AOSA and ISTA methods with 4 treatments of solution preparation of 30 seed lots of	

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่

หน้า

	KDML 105 rice variety, data sorted by maximum to minimum percentages of Field emergence.....	71
4.17	Field emergence test, standard germination test and conductivity test by AOSA and ISTA methods with 4 treatments of solution preparation of 30 seed lots of RD 15 rice variety, data sorted by maximum to minimum percentages of field Emergence	73
4.18	Correlation coefficient (r) among standard generation test, field emergence test and 4 treatments of solution preparations of AOSA and ISTA conductivity tests of KDML 105 and RD 15 rice varieties	75
4.19	Summary of correlation coefficients (r) between standard germination test and all vigor tests to field emergence test of KDML 105 and RD 15 rice varieties	76

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
3.1	Outline of the experiments 24
3.2	Characteristics of rice seedlings classified for prenatal seedlings (PNS) of KDML 105 variety in the modified germination test. Seedling shoots are 0.2-1 cm. long and primary roots are longer than 1.5 cm..... 31
3.3	Characteristics of rice seedlings classified for prenatal seedlings (PNS) of RD 15 variety in the modified germination test. Seedling shoots are 0.2-1 cm. long and primary roots are longer than 1.5 cm..... 32
3.4	Characteristics of rice seedlings classified for normal seedlings (NS) of KDML 105 variety in the modified germination test. Seedling shoots and primary roots longer than 1.0 and 2.0 cm, respectively. 33
3.5	Characteristics of rice seedlings classified for normal seedlings (PNS) of RD 15 variety in the modified germination test. Seedling shoots and primary roots are longer than 1.0 and 2.0 cm, respectively. 34

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

AA	=	accelerated aging test
AOSA	=	Association of Official Seed Analysts
EC	=	electrical conductivity test
FE	=	field emergence test
ISTA	=	International Seed Testing Association
KDML 105	=	Khao Dowk Mali 105
MG	=	modified germination tests
NS	=	normal seedling
PNS	=	prenormal seedling
RL	=	root length
SG	=	standard germination test
SGR	=	seedling growth rate test
SL	=	shoot length
TSL	=	total seedling length

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ข้าวเป็นอาหารหลักของประชากรมากกว่าครึ่งหนึ่งของโลกหรือมากกว่า 4 พันล้านคน (ตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าแห่งประเทศไทย, 2556) โดยเฉพาะทวีปเอเชียที่มีประชากรประมาณ 2 พันล้านคน ซึ่งร้อยละ 60-70 บริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก [Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO), 2004] สำหรับประเทศไทย เป็นที่รู้กันดีว่าเป็นผู้ส่งออกข้าวรายใหญ่ของโลก โดยเฉพาะข้าวหอมมะลิไทยเป็นชนิดที่มีปริมาณการส่งออกและมูลค่ามากที่สุด (กรมการค้าข้าว, 2555) ทั้งนี้กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ประกาศให้การรับรองเฉพาะข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ กข 15 เท่านั้น ที่สามารถส่งออกได้ในนามข้าวหอมมะลิไทย (กรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์, 2546) จึงทำให้ข้าวสองพันธุ์นี้มีความสำคัญต่อการผลิตและส่งออกข้าวหอมในนามข้าวหอมมะลิไทย

ในปัจจุบันสภาพอากาศแปรปรวนจากปัญหาโลกร้อน (สมาน กรอบกระโทก, 2556) ทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำเพื่อการเพาะปลูก อุณหภูมิ และโรคระบาดเพิ่มสูงขึ้น มีผลทำให้ผลผลิตข้าวลดลง ผลผลิตข้าวของโลกจึงมีแนวโน้มอยู่ในภาวะตึงตัว ปริมาณการผลิตต่ำกว่าปริมาณความต้องการ ผู้จัดการออนไลน์ (2553) รายงานว่าอุณหภูมิโลกที่สูงขึ้นตลอดช่วง 25 ปีส่งผลให้ผลผลิตข้าวในทวีปเอเชียลดลง 10-20% การศึกษาในฟิลิปปินส์พบว่าผลผลิตข้าวลดลงประมาณ 10% ต่ออุณหภูมิกลางคืนที่เพิ่มขึ้น 1°C สะท้อนถึงภาวะวิกฤตของความมั่นคงทางอาหาร โดยเฉพาะในทวีปเอเชียที่เป็นแหล่งเพาะปลูกข้าวที่สำคัญของโลก

FAO (1998) ยืนยันว่าการใช้เมล็ดพันธุ์ดีทำให้ผลผลิตข้าวสูงขึ้น 12.6% เมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงสูงเมื่อนำไปปลูกในสภาพที่แปรปรวนจากสภาวะโลกร้อนจะมีความงอกในแปลงปลูกสูงสามารถงอกได้เร็ว งอกสม่ำเสมอ ได้ต้นกล้าที่สมบูรณ์ตั้งตัวได้เร็ว ส่งผลให้ต้นอ่อนทนทานต่อสภาพแวดล้อม โรค แมลง และให้ผลผลิตและคุณภาพผลผลิตสูง นอกจากนี้เมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงสูงจะเก็บรักษาได้นาน [วิชชัย ทิมชุมเหิธร, 2535; Association of Official Seed Analysts (AOSA), 1983; International Seed Testing Association (ISTA), 1995]

AOSA (1983) ระบุว่าแม้แต่เมล็ดพันธุ์พืชชนิดเดียวกันแต่คนละพันธุ์ก็ต้องการสภาพการทดสอบความแข็งแรงที่แตกต่างกันจึงจะมีความแม่นยำสูงสุด ดังนั้นควรใช้วิธีการทดสอบความ

แข็งแรงหลายๆ วิธีมาประมวลผลร่วมกัน ดังนั้นประเทศไทยควรให้ความสำคัญต่อการพัฒนาความรู้เรื่องความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวและใช้ประโยชน์จากความแข็งแรง เพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพผลผลิตข้าวเนื่องจากสภาพโลกร้อน และจะนำไปสู่การรักษาสถานะความเป็นผู้นำในการส่งออกข้าวและเพิ่มมูลค่าการส่งออกของประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าวหอมมะลิไทย

สำหรับการศึกษาวิธีการทดสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ข้าวทั้งในต่างประเทศและในประเทศไทยพบว่ามีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องไม่มากนัก ข้อมูลในประเทศไทยครั้งแรกระบุในหนังสือการตรวจสอบและวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดพันธุ์ของ จวงจันทร์ ดวงพัตรา (2529) ระบุสภาพการเร่งอายุ (accelerated aging test) เมล็ดพันธุ์ข้าวที่อุณหภูมิ 42°C ระยะเวลา 48 ชม. ในการทดลองของ วัดลก สันติประชา (2541) ใช้สภาพการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ข้าวที่อุณหภูมิ 43°C นาน 120 ชม. และรายงานว่า หากเมล็ดพันธุ์ข้าวมีเปอร์เซ็นต์ความงอก หลังเร่งอายุสูงกว่า 75% จึงจะเหมาะสมที่จะนำไปเพาะปลูก ต่อมา Chea (2006) พบว่าวิธีการทดสอบความงอกมาตรฐาน วิธีการเร่งอายุที่อุณหภูมิ 41°C ระยะเวลา 84 ชม. ความยาวยอดต้นอ่อน และค่าการนำไฟฟ้า (conductivity test) สามารถใช้ทำนายความงอกเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 6 ในสภาพแปลงนาได้ และผลงานวิจัยล่าสุด Chhetri (2009) รายงานว่าสภาพการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ 44°C 72 ชม. วิธีวัดค่าการนำไฟฟ้าโดยวิธีของ AOSA (1983) และวิธีวัดความยาวยอดต้นอ่อนเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงในการทดสอบความงอกเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ไทย

อย่างไรก็ตามในกระบวนการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว หน่วยงานที่รับผิดชอบส่วนใหญ่จะผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวเพียง 1-3 พันธุ์เท่านั้น จึงควรมีการวิจัยหาวิธีการทดสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ข้าว ที่แม่นยำที่สุดที่และเฉพาะเจาะจงสำหรับแต่ละพันธุ์ เพื่อพัฒนาความรู้ด้านความแข็งแรงและการทดสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ข้าวที่จะนำไปสู่การลดต้นทุน การเพิ่มผลผลิตและคุณภาพข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาหาวิธีการทดสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ที่เฉพาะเจาะจงและแม่นยำมากที่สุดสำหรับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 (ข้าวหอมมะลิไทย)

1.3 สมมุติฐานการวิจัย

1.3.1 เมล็ดพันธุ์ข้าว พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 ต้องการระยะเวลาสำหรับการทดสอบความแข็งแรงโดยวิธีเร่งอายุที่เฉพาะเจาะจงและแตกต่างจากสภาพที่แนะนำสำหรับใช้ทดสอบกับเมล็ดพันธุ์ข้าวทั่วไป (general recommendation)

1.3.2 วิธีทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 ที่แม่นยำมีได้หลายวิธี ซึ่งอาจจะใช้เป็นวิธีทางเลือก นำมาประเมินร่วมกัน หรือเหมาะสมกับการทดสอบความแข็งแรงในสภาพแวดล้อมของแปลงปลูกที่ต่างกัน

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1.4.1 ทำการศึกษาเฉพาะในเมล็ดพันธุ์ข้าวหอมมะลิไทยพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 ที่มีระดับความแข็งแรงที่ประเมินโดยวิธีการทดสอบความงอกในแปลงปลูก (field emergence test) ในระดับ 50.4% ขึ้นไป

1.4.2 เมล็ดพันธุ์ข้าวทั้ง 2 พันธุ์ ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นเมล็ดพันธุ์ที่ผลิตตามกระบวนการผลิตเมล็ดพันธุ์หลัก ขยาย และจำหน่าย ของศูนย์วิจัยข้าวและศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวต่าง ๆ ทั่วประเทศ 11 แห่ง ในปี พ.ศ. 2551-2552



บทที่ 2

ปรัทัศนัวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความสำคัญของข้าวและข้าวหอมมะลิไทย

ข้าวเป็นพืชอาหารที่สำคัญชนิดหนึ่งของโลก โดยเฉพาะในภูมิภาคเอเชียข้าวเป็นอาหารหลักมากกว่าภูมิภาคอื่น ๆ ของโลก ผลิตข้าวของโลกมากกว่า 90% (418.31 ล้านตันข้าวสาร) อยู่ในเอเชีย (ปิยะนันท์ อึ้งทรงธรรม, 2543; สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2556ก) ในปีการผลิต พ.ศ. 2554/2555 ความต้องการบริโภคข้าวและใช้ประโยชน์จากข้าวของโลกมีรวม 457.63 ล้านตันข้าวสาร ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปีการผลิต พ.ศ. 2553/2554 จำนวน 12.17 ล้านตันข้าวสาร หรือเพิ่มขึ้น 2.80% และประเทศที่มีความต้องการข้าวมากที่สุดคือ จีน รองลงมาคือ อินเดีย และอินโดนีเซีย สำหรับประเทศไทยมีการบริโภคข้าวสารรวม 10.40 ล้านตันต่อปี เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2554 เป็นจำนวน 0.10 ล้านตัน (1.92%) (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2556ก)

ในอดีต ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524-2554 ประเทศไทยส่งออกข้าวเป็นอันดับหนึ่งของโลกมาโดยตลอด ปริมาณส่งออกปีละ 8-10 ล้านตันข้าวสาร จากปริมาณการค้าข้าวโลกเฉลี่ยปีละ 27 ล้านตันข้าวสาร และส่งออกสูงสุดในปี พ.ศ. 2554 10.64 ล้านตันข้าวสาร (วีระเดช คชเสนีย์, 2556) สำหรับปี พ.ศ. 2555 การส่งออกข้าวของประเทศไทยตกมาอยู่ที่อันดับ 3 (6.50 ล้านตันข้าวสาร) รองจากอินเดีย และเวียดนาม เนื่องจากราคาส่งออกข้าวไทยสูงกว่าอินเดียและเวียดนามมาก ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากนโยบายโครงการรับจำนำข้าวของรัฐบาลที่กำหนดราคารับจำนำสูงกว่าตลาด โดยข้าวหอมมะลิ ราคาตันละ 20,000 บาท และข้าวขาวราคาตันละ 15,000 บาท ทำให้ราคาส่งออกปรับตัวสูงขึ้นตามไปด้วย ส่งผลให้ไทยไม่สามารถแข่งขันการส่งออกข้าวในตลาดโลกได้นอกจากนี้ยังต้องเผชิญกับการแข่งขันที่รุนแรงจากประเทศคู่แข่ง เช่น อินเดียที่ขายข้าวในราคาค่ากว่า และเวียดนามที่ได้ปรับลดราคาส่งออกข้าวขาวให้ต่ำลงเพื่อให้สามารถแข่งขันกับคู่แข่งได้ (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2556ก)

ในปีการผลิต พ.ศ. 2554/2555 ประเทศไทยมีพื้นที่เก็บเกี่ยวข้าว 68.75 ล้านไร่ ซึ่งเป็นอันดับ 2 ของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และอันดับ 5 ของโลก มีผลผลิตรวมอยู่ที่ 20.46 ล้านตันข้าวสาร อยู่ในอันดับ 3 ของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และอันดับ 5 ของโลก ผลิตข้าวเปลือกเฉลี่ยต่อไร่ 451 กิโลกรัม (กรมการข้าว, 2555) ปัจจัยที่ทำให้ผลผลิตข้าวไทยต่ำกว่าประเทศเวียดนามซึ่งมีพื้นที่เก็บเกี่ยวที่น้อยกว่า 21 ล้านไร่ ได้แก่ การใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ไม่มีคุณภาพ การใช้เมล็ดพันธุ์ในอัตราที่ไม่เหมาะสม การใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในปริมาณมาก และที่สำคัญคือการปลูกข้าวอย่าง

ต่อเนื่องไม่มีการพักนา ทำให้ดินเสื่อมโทรม ขาดความอุดมสมบูรณ์ ขาดความรู้ทางด้านเทคโนโลยี ที่ถูกต้อง และระบบชลประทานในพื้นที่เพาะปลูกมีจำกัด ปัจจุบันมีระบบชลประทานในพื้นที่เพาะปลูกข้าวเพียงร้อยละ 32 ของพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมดของประเทศ พื้นที่ปลูกข้าวที่ไม่มีระบบชลประทานส่วนใหญ่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือของไทย ในขณะที่เวียดนามมีระบบชลประทานกระจายอยู่ในพื้นที่เพาะปลูกร้อยละ 50 ของพื้นที่เพาะปลูกข้าวทั่วประเทศ จึงทำให้เกษตรกรที่อยู่ในเขตชลประทานสามารถปลูกข้าวได้ 2-3 ครั้งต่อปี (อัทธ พิศาลวานิช, 2554; กรมการข้าว, 2555; นิติ วรรณ, 2556; IBTV, 2011)

ในปีการค้า พ.ศ. 2554 ประเทศไทยส่งออกข้าว 10.70 ล้านตันข้าวสาร คิดเป็นมูลค่า 196,117 ล้านบาท แยกเป็นข้าวขาว 4.57 ล้านตัน (60,600 ล้านบาท) รองลงมาเป็นข้าวหอมมะลิ 2.36 ล้านตัน (60,404 ล้านบาท) ข้าวเหนียว 3.41 ล้านตัน (55,305 ล้านบาท) และข้าวชนิดอื่นๆ รวมกัน 0.36 ล้านตัน (คิดเป็นมูลค่า 19,808 ล้านบาท) (กรมการข้าว, 2555) จากข้อมูลการผลิตข้าวหอมมะลิของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2556ข) พบว่าปี พ.ศ. 2554 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวนาปีในประเทศไทยทั้งหมด 64.57 ล้านไร่ ปลูกข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มากที่สุด คือ 22.30 ล้านไร่ (34.54%) ได้ผลผลิตข้าวเปลือก 7.71 ล้านตัน (29.98%) สำหรับพันธุ์ กข 15 มีพื้นที่ปลูก 1.88 ล้านไร่ (2.92%) ได้ผลผลิตข้าวเปลือก 0.68 ล้านตัน (2.64%)

2.2 ข้าวหอมและข้าวหอมมะลิไทย

ข้าวหอมที่รู้จักแพร่หลายในระดับโลก มีหลายพันธุ์ เช่น พันธุ์บาสมาติ (Basmati) ของอินเดียและปากีสถาน พันธุ์ Malagkit Sungsong และ Milagrosa ของฟิลิปปินส์ พันธุ์ Seratus Malam ของอินโดนีเซีย พันธุ์ Goolarah ของออสเตรเลีย พันธุ์ Hieri ของญี่ปุ่น พันธุ์ Delimont ของสหรัฐอเมริกา สำหรับข้าวหอมของไทย มีการปลูกกระจายทั่วประเทศ มีทั้งที่เป็นพันธุ์ข้าวเหนียวและข้าวเจ้า มีชื่อเรียกต่างๆ กัน ที่เป็นข้าวเจ้ารู้จักกันอย่างแพร่หลายได้แก่ ข้าวหอมมะลิ (พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15) หอมนางมล หอมอ้ม หอมดง หอมจัน ส่วนพันธุ์ข้าวเหนียวได้แก่พันธุ์ กข 6 และ ดอกหอม ทั้งนี้พันธุ์ข้าวหอมของประเทศไทยที่สำคัญและสามารถสร้างชื่อเสียงให้กับประเทศได้ทั่วโลก คือ ข้าวหอมมะลิ (แสงนวล ทองเพียร, 2548)

ข้าวหอมมะลิมีคุณภาพในการหุงต้มและรสชาติดี มีความนุ่มเหนียว หรือนุ่มร่วน โดยเฉพาะคุณสมบัติพิเศษที่มีกลิ่นหอมนั้น สามารถพบได้ตั้งแต่เป็นต้นกล้า ระยะแตกกอ ระยะออกรวง เมล็ดสุกแก่ จนถึงเมื่อนำไปหุงต้ม โดยสารที่ให้กลิ่นหอม คือ 2-acetyl-1-pyrroline ข้าวที่มีกลิ่นหอมจะมีสารชนิดนี้มากกว่าข้าวที่ไม่มีกลิ่นหอม ด้วยคุณสมบัติทั้งหมดที่กล่าวมาจึงทำให้ประชากรที่บริโภคข้าวหันมานิยมบริโภคข้าวหอมมะลิ จึงมีผลให้ตลาดมีการขยายตัวรวมทั้งสิ้นตัวทางด้านการผลิต เนื่องจากความสามารถทำให้ผลผลิตของข้าวหอมส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ต่ำ จึงมี

ความจำเป็นในการเร่งพัฒนาข้าวหอมเพื่อให้มีผลผลิตเพิ่มสูงขึ้น (แสงนวล ทองเพ็ชร, 2548)

ข้าวหอมมะลิไทยเป็นสินค้าที่มีคุณภาพและมาตรฐานเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคระดับโลก เนื่องจากมีลักษณะเฉพาะตัวคือ มีลักษณะข้าวเปลือกเรียวยาว เมื่อสีเป็นข้าวสารจะได้ข้าวเมล็ดเรียวยาว ขาวใสเป็นเงา มีเปอร์เซ็นต์ท้องไข่น้อย ลักษณะคุณภาพการหุงต้มดี หุงขึ้นหม้อ ข้าวสุกอ่อนนุ่ม น่ารับประทาน และลักษณะพิเศษกว่าสายพันธุ์อื่น ๆ คือมีกลิ่นหอม (ตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้า, 2551) ซึ่งพันธุ์ข้าวที่นำมาผลิตข้าวหอมมะลิไทยได้แก่ พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 และ กข 15 เท่านั้น ซึ่งเป็นข้าวที่มีอมิโลสต่ำ ข้าวสุกจึงนุ่มและค่อนข้างเหนียว ด้วยคุณสมบัติดังกล่าวจึงทำให้ข้าวหอมมะลิไทยได้รับความนิยมอย่างรวดเร็ว (งามชื่น คงเสรี, 2545)

เนื่องจากมีความต้องการบริโภคข้าวหอมมะลิไทยมีมากและราคาสูง จึงทำให้เกิดปัญหาการนำเข้าชนิดอื่นที่มีรูปร่างใกล้เคียงกับข้าวหอมทั้งสองพันธุ์นี้มาผสม ในระยะแรกพ่อค้ามักผสมด้วยข้าวพันธุ์ กข 23 แต่ในปัจจุบันจะนิยมผสมด้วยข้าวพันธุ์ ชัยนาท 1 ทำให้เกิดปัญหาการร้องเรียนจากผู้บริโภคทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ (งามชื่น คงเสรี, 2545) ดังนั้นเพื่อประโยชน์ในการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสินค้าข้าวหอมมะลิไทยให้เป็นที่เชื่อถือและยอมรับในตลาดต่างประเทศ ในปี พ.ศ. 2544 กระทรวงพาณิชย์ จึงได้มีประกาศ กำหนดให้ข้าวหอมมะลิไทยเป็นสินค้ามาตรฐาน และกำหนดให้ข้าวหอมมะลิไทย (Thai hom mali rice หรือ Thai jasmine rice หรือ Thai fragrant rice หรือชื่ออื่นที่มีความหมายเดียวกันไม่ว่าจะมีคำที่มีความหมายว่า “ไทย” หรือไม่ก็ตาม) หมายถึงข้าวกล้องและข้าวขาวที่แปรรูปมาจากข้าวเปลือกเจ้าพันธุ์ข้าวหอมที่ไวต่อแสงซึ่งผลิตในประเทศไทยในฤดูนาปี เป็นข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ กข 15 เท่านั้น ทั้งนี้ต้องมีความบริสุทธิ์ของสายพันธุ์ดังกล่าวไม่น้อยกว่าร้อยละ 92 ในกรณีของข้าวหอมมะลิไทยผสม (mixed Thai hom mali rice หรือ mixed Thai jasmine rice หรือ mixed Thai fragrant rice หรือชื่ออื่นที่มีความหมายเดียวกันไม่ว่าจะมีคำที่มีความหมายว่า “ไทย” หรือไม่ก็ตาม) ต้องมีข้าวหอมมะลิไทยไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ผู้ทำการค้าข้าวส่งออกต้องแสดงชื่อความเป็นภาษาอังกฤษว่า mixed Thai hom mali rice หรือ mixed Thai jasmine rice หรือ mixed Thai fragrant rice หรือชื่ออื่นที่มีความหมายเดียวกัน ให้ชัดเจนบนวัตถุที่ใช้ในการบรรจุ พร้อมทั้งระบุอัตราส่วนการผสมหรือปนของข้าวเจ้าพันธุ์อื่นที่ไม่ใช่ข้าวหอมมะลิไทยไว้ด้วย (กรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์, 2546)

2.3 ประวัติพันธุ์ข้าวหอมมะลิไทย

ข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 (Khao Dawk Mali 105) เป็นข้าวเจ้าพันธุ์พื้นเมือง ปลูกได้เฉพาะนาปี ปรับปรุงพันธุ์โดย นายสุนทร สีหะเนิน พนักงานกรมการข้าว เมื่อ พ.ศ. 2493-2494 ได้รวบรวมพันธุ์ข้าวจากอำเภอบางคล้าจังหวัดฉะเชิงเทรา จำนวน 199 รวง แล้วนำไปคัดเลือกแบบคัดพันธุ์บริสุทธิ์ (pure line selection) ทำการปลูกเปรียบเทียบพันธุ์ที่สถานีทดลองข้าวโคกสำโรง และปลูก

เปรียบเทียบพันธุ์ในท้องถิ่นที่ ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จนได้สายพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 4-2-105 ซึ่งเลข 4 หมายถึง สถานที่เก็บรวงข้าว คืออำเภอบางคล้า เลข 2 หมายถึงพันธุ์ ทดสอบที่ 2 คือ ขาวดอกมะลิ และเลข 105 หมายถึง แถวหรือรวงที่ 105 จากจำนวน 199 รวง (มังกร จูมทอง, 2497)

คณะกรรมการพิจารณาพันธุ์ข้าวได้ ได้รับอนุมัติให้ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เป็นพันธุ์ ส่งเสริมแก่เกษตรกรเมื่อวันที่ 25 พฤษภาคม พ.ศ. 2502 ซึ่งมีลักษณะดีเด่นเป็นพิเศษ คือ เมล็ด ข้าวสารเรียวยาวสวยและมีกลิ่นหอม มีรสชาติดี ทนแล้ง ทนดินเปรี้ยวและดินเค็ม มีลำต้นสีเขียวจาก ใบสีเขียวยาวค่อนข้างแคบ ฟางสีอ่อน ใบธงทำมุมกว้างกับรวงเมล็ดข้าวรูปร่างเรียวยาว ข้าวเปลือกสี ฟาง ระยะเวลาพักตัวของเมล็ด 8 สัปดาห์ ข้อดีของพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีดังนี้ สามารถทนแล้งได้ดี พอสมควร นำมาปลูกเป็นข้าวไร่ได้ เมล็ดข้าวสารมีลักษณะใส แข็งแกร่ง มีคุณภาพการขัดสีดี สำหรับคุณภาพการหุงต้มมีกลิ่นหอมและอ่อนนุ่ม ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีความต้านโรค ก่อนข้างต่ำ ไม่ต้านทานโรคขอบใบแห้ง โรคใบไหม้ โรคใบสีส้ม และโรคใบหงิก ไม่ต้านทานเพลี้ย กระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยจักจั่นสีเขียวและหนอนกอ (วารกรณ์ คำบุญเรือง, 2535)

พันธุ์ กข 15 (RD 15) เป็นข้าวเจ้าที่ส่งเสริมให้ปลูกแบบข้าวนาสวนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดันดีกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และทนแล้งได้ดีกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ข้าวพันธุ์ กข 15 ได้จากการปรับปรุงพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 โดยในปี พ.ศ. 2508 ได้นำเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ไปอาบ รังสีแกมมา 15 กิโลเรด ที่สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติแห่งประเทศไทย เพื่อชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ ในพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 แล้วนำเอาเมล็ดพันธุ์ที่อาบรังสีแล้วไปปลูกคัดเลือกที่สถานีทดลองข้าว ต่างๆ ในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือจนได้สายพันธุ์ KDML-105, 65G₂U-45 ที่มีอายุเบา กว่าและให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ประมาณ 4-6% ปลูกได้ในท้องถิ่นแห้งแล้ง ฝนทิ้งช่วง หรือมีปัญหาดินเค็ม คณะกรรมการวิจัยของกรมวิชาการเกษตรพิจารณาส่งเสริมให้เกษตรกรใช้ เพาะปลูก เมื่อวันที่ 28 เมษายน พ.ศ. 2521 ซึ่งมีลักษณะดีเด่นเป็นพิเศษ คือ มีลำต้นและใบสีเขียวอ่อน ใบยาวค่อนข้างแคบ ใบธงทำมุมกว้างกับรวง ข้าว เปลือกสีฟาง บิดงอเล็กน้อย ระยะเวลาพักตัวของ เมล็ด 7 สัปดาห์ ข้อดีของพันธุ์ กข 15 คือ สามารถทนแล้งได้ดีพอสมควร เหมาะสำหรับพื้นที่ฝนทิ้งช่วง หรือฝนหมดเร็ว เมล็ดข้าวสารมีลักษณะใส แข็งแกร่ง เรียวยาว ต้านทานโรคใบจุดสีน้ำตาล ข้าวพันธุ์ กข 15 ไม่เหมาะกับพื้นที่น้ำท่วม ซึ่งระบายน้ำได้ไม่ดีเนื่องจากข้าวจะสุกแก่ทางสรีรวิทยาในระยะที่น้ำ ชังอยู่ในนาทำให้เก็บเกี่ยวลำบาก ส่วนข้อเสียคืออ่อนแอต่อโรคขอบใบแห้ง โรคไหม้ แมลงบั่ว เพลี้ย กระโดดสีน้ำตาล และหนอนกอ (วารกรณ์ คำบุญเรือง, 2535)

2.4 ประเภทของการทำนาในประเทศไทย

สำหรับประเภทของการทำนา และข้อมูลการเตรียมดิน การตกกล้า และการดูแลรักษา มีดังนี้

(วรวิทย์ พาณิชพัฒน์ และคณะ, 2529; วราภรณ์ คำบุญเรือง, 2535; บุญหงส์ จงคิด, 2547; สำราญ อินแถลง, 2553; สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว, 2556; ประพาส วีระแพทย์, 2556; ทองเปลว กองจันทร์, 2556)

2.4.1 การปลูกข้าวนาดำ (transplanting or indirect seeding method) หมายถึง การทำนาที่ต้องมีการตกกล้าเตรียมไว้ก่อน แล้วถอนกล้าที่มีอายุเหมาะสมไปปักดำในนาที่เตรียมไว้ และมีน้ำขังอยู่ในนา โดยมีขั้นตอนการปลูก ดังนี้

2.4.1.1 การเตรียมดิน แปลงทำนาดำ ประกอบด้วย การไถตะ เป็นการไถครั้งแรกเพื่อพลิกกลับหน้าดินและทำลายวัชพืช และตากดินทิ้งไว้ประมาณ 7 วัน ก่อนที่จะทำการไถแปรหรือไถครั้งที่สอง โดยการไถแปรจะทำการไถตัดกับรอยไถตะเพื่อให้ดินแตกตัว หลังจากนั้นทำการคราดเพื่อปรับพื้นที่นาให้ได้ระดับสม่ำเสมอ เมื่อเตรียมดินเสร็จ ควรแบ่งพื้นนาออกเป็นแปลงๆ โดยมีคันดินกั้น ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการรักษาระดับน้ำในนาทั้งในช่วงปักดำ และช่วงการเจริญเติบโตในระยะต่างๆ ของต้นข้าว ก่อนการปักดำจะมีการทำเทือก และปล่อยให้มีน้ำขังในนาสูงจากระดับพื้นนาประมาณ 5-10 เซนติเมตร

2.4.1.2 การตกกล้า แบ่งได้เป็น 2 ประเภท ประเภทแรกคือการตกกล้าเปียก ขั้นตอนการเตรียมดินในแปลงกล้าเหมือนข้อ 2.4.1.1 หลังจากเตรียมดินแล้วให้ยกแปลงกล้าสูงขึ้นจากระดับน้ำในพื้นนาประมาณ 3-5 เซนติเมตร ขนาดของแปลงไม่ควรให้กว้างมาก ควรให้อยู่ในลักษณะแคบและยาว และทิศทางของความยาวแปลงขนานไปตามทิศทางของลมพัด เพื่อให้ระบายความชื้นระหว่างต้นข้าวได้ดี ส่งผลให้โรคและแมลงทำลายกล้าน้อยลง หลังจากเตรียมแปลงแล้ว นำเมล็ดที่สมบูรณ์ใส่ถุงผ้าดิบแช่น้ำ 12-24 ชั่วโมง แล้วนำเมล็ดพันธุ์ไปหุ้มโดยแผ่นเมล็ดไว้บนพื้นเรียบและใช้ผ้าหรือกระสอบชุมน้ำคลุมไว้ 36-48 ชั่วโมง ให้เมล็ดงอกรากไม่เกิน 5 มิลลิเมตร หลังจากนั้นนำเมล็ดไปหว่านลงในแปลงนาที่เตรียมไว้ หลังจากหว่านเมล็ด 7 วัน ใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟต (16-20-0) อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ หลังจากใส่ปุ๋ยให้รดน้ำเข้าแปลงกล้าแล้วปล่อยให้ต้นกล้าเจริญเติบโตจึงนำไปปักดำต่อไป

การตกกล้าประเภทที่สองคือการตกกล้าแห้ง โดยโรยเมล็ดพันธุ์แห้งเป็นแถว ในร่องบนแปลงกล้าแห้งแล้วใช้ดินกลบ รดน้ำให้ชุ่มวันละสองครั้ง อายุต้นกล้าที่สามารถนำไปปักดำได้ของข้าวไม่ไวแสงควรมีอายุประมาณ 20 วัน สำหรับพันธุ์ข้าวไวแสงหรือข้าวนาปี ต้นกล้าควรมีอายุประมาณ 30 วัน

2.4.1.3 การดูแลรักษา ในระยะแรกของการปักดำเมื่อข้าวยังไม่แตกใบใหม่ให้รักษาระดับน้ำให้สูงประมาณ 10 ซม. หลังจากการปักดำประมาณ 10-15 วัน เมื่อต้นข้าวเริ่มแตกใบใหม่และรากใหม่ควรรักษาระดับน้ำให้สูงประมาณ 20-30 ซม. และรักษาระดับน้ำนี้ตลอดไปจนถึงระยะข้าวแตกกอเต็มที่หรือออกรวง การใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 ควรหว่านปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต 35 และ 15

กิโกรัมต่อไร่ ในข้าวไม่ไวแสงและข้าวไวแสงตามลำดับ โดยหว่านหลังปักดำ 30 วัน หรือก่อนข้าวออกดอก 30 วัน พร้อมกับการกำจัดวัชพืชครั้งแรก การกำจัดวัชพืชครั้งที่สองทำในระหว่างการสร้างรวงอ่อนหรือ 60 วันหลังปักดำ

2.4.2 การปลูกข้าวนาหว่าน (seed broadcasting or direct seeding method) การปลูกข้าวนาหว่านแตกต่างจากการปลูกข้าวนาดำโดยที่ไม่มีการตกกล้า แต่จะใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวแห้งหรือที่ทำให้งอกแล้วหว่านลงในแปลงนาโดยตรงทำการเตรียมแปลงโดยการไถและไถแปรเช่นเดียวกับการปลูกข้าวนาดำ การปลูกข้าวโดยวิธีหว่านนี้จะช่วยประหยัดแรงงานที่ใช้ในการปักดำ การปลูกข้าวนาหว่านมีวิธีปฏิบัติที่แตกต่างกัน 4 วิธี ได้แก่

2.4.2.1 การหว่านสำรวย (dry seed broadcasting without harrowing) เป็นการหว่านในสภาพดินแห้ง ซึ่งเป็นการหว่านเมล็ดพันธุ์ข้าวแห้งโรยบน มีขั้นตอนคือนำเมล็ดพันธุ์ที่ยังไม่ได้เพาะให้งอกหว่านลงบนพื้นที่ที่มีการไถและไถแปรในช่วงเวลาก่อนมีฝนตก โดยใช้เมล็ดพันธุ์ประมาณ 15 กิโลกรัมต่อไร่ เมล็ดพันธุ์ข้าวจะงอกหลังจากฝนตกแล้ว การหว่านด้วยวิธีนี้จะไม่มีการคราดกลบเมล็ดพันธุ์

2.4.2.2 การหว่านคราดกลบ (dry seed broadcasting followed by harrowing) มีวิธีปฏิบัติเช่นเดียวกับการหว่านสำรวย แต่หลังจากการหว่านแล้วจะตามด้วยการคราดกลบเมล็ดที่หว่านไว้ได้ผิวดินทำให้เมล็ดสามารถงอกได้เร็วกว่าวิธีหว่านแบบสำรวย ทั้งนี้เพราะได้ผิวดินมีความชื้นสะสมเพียงพอต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์ การหว่านโดยวิธีนี้ทำเมื่อมีฝนตกมาเร็วกว่าปกติ ทำให้ดินชื้นแต่ไม่ถึงกับมีสภาพน้ำท่วมขัง

2.4.2.3 การหว่านข้าวงอก (pre-germinated seed broadcasting) การหว่านโดยวิธีนี้จะใช้ในพื้นที่ปลูกที่มีน้ำขังและอยู่ทั่วไป ดังนั้นจึงจำเป็นต้องนำเมล็ดพันธุ์มาแช่น้ำนาน 12 ชั่วโมง แล้วนำมาหุ้มให้รากงอกเสียก่อน จึงนำไปหว่านในพื้นที่ที่เตรียมไว้ ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเน่าเสียของเมล็ดพันธุ์ที่แช่น้ำเป็นเวลานาน การทำนาหว่านด้วยวิธีนี้จะทำให้ข้าวงอกได้เร็วกว่าสองวิธีแรก

2.4.2.4 การหว่านน้ำตม (pre-germinated broadcasting rice) การทำนาหว่านน้ำตมที่จะให้ได้ผลดีต้องปรับพื้นที่นาให้สม่ำเสมอ มีคันนาล้อมรอบและสามารถควบคุมน้ำได้ การเตรียมดินโดยการ ไถและ ไถแปร และคราด เช่นเดียวกับการทำนาดำ หลังจากไถและไถแปรแล้วควรปล่อยน้ำเข้านาพอให้ดินชุ่มเป็นเวลา 5-10 วัน เพื่อให้วัชพืชงอก จึงปล่อยน้ำเข้านาเพิ่มขึ้นและทำการไถแปรและคลาดเพื่อกำจัดวัชพืชหรือใช้ลูกทุบตี อาจจะมีการทำเช่นนี้หลายครั้ง แต่ละครั้งเว้น 5 วัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืช หลังจากการไถแปรและไถคราดแล้ว ปล่อยน้ำขังประมาณ 3 สัปดาห์ เพื่อปล่อยให้ลูกหญ้าที่เป็นวัชพืชน้ำ เช่น ผักปอด ขาเขียดงอกขึ้นมาเสียก่อน แล้วจึงทำการคราด แล้วจึงระบายน้ำออกจากนาและปรับเทือกให้มีระดับสม่ำเสมอก่อนหว่านข้าวงอก 1 วัน

สำหรับการเตรียมเมล็ดข้าวออกให้น้ำเมล็ดมาเพาะให้งอกตามวิธีนาดำ 2.4.1.1 หลังจากนำเมล็ดข้าวออกหว่านแล้วประมาณ 5-7 วัน จึงรดน้ำเข้านาให้มีระดับสูง 2-3 เซนติเมตร จากผิวดิน หรือสูงประมาณหนึ่งในสามของความสูงต้นข้าว และเมื่อต้นข้าวแตกกอ ควรรักษาระดับน้ำให้สูงประมาณ 5-10 เซนติเมตร สำหรับการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 และ 2 จะใช้สูตรปุ๋ยและอัตราเช่นเดียวกับในนาดำ แต่การใส่ปุ๋ยครั้งแรกในนาหว่านน้ำตามจะใส่เมื่อหว่านเมล็ดพันธุ์ข้าวไปแล้ว 30 วัน ในขณะที่การใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 จะทำในช่วง 30 วัน ก่อนข้าวออกดอกเหมือนกับในนาดำ

2.4.3 การปลูกข้าวนาหยอด (seed drilling method) วิธีนี้เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีน้ำไม่เพียงพอ ขั้นตอนในการทำนาหยอดเริ่มจากการเตรียมพื้นที่ ไถตะ ไถแปรและคราดเก็บวัชพืชหลายๆ ครั้งก่อน แล้วนำเมล็ดพันธุ์ข้าวคลุกด้วยสารฆ่าแมลงหยอดลงในหลุมลึก 1 นิ้ว โดยใช้ระยะปลูก 25x25 ซม. นอกจากการปลูกแบบหยอดแล้ว อาจทำการปลูกแบบโรยเป็นแถวลึก 5 ซม. แล้วกลบด้วยดินระหว่างแถวประมาณ 25 ซม. สำหรับข้อดีของการโรยเป็นแถวนี้ทำให้สามารถกำจัดวัชพืชระหว่างแถวได้ง่าย แต่การปลูกแบบโรยเป็นแถวสิ้นเปลืองเมล็ดพันธุ์มากกว่า และระบบรากของข้าวตื้นกว่าในวิธีหยอดเป็นหลุม สำหรับการใส่ปุ๋ยในวิธีการปลูกข้าวนาหยอดนั้นจะใช้สูตรปุ๋ยอัตราปุ๋ย และระยะเวลาการใส่ปุ๋ยเช่นเดียวกับในนาหว่านโดยทั่วไป

2.4.4 การปลูกข้าวไร่ หรือข้าวนาดอน (upland rice planting method) เป็นการปลูกข้าวบนที่ดอนและไม่มีน้ำขังในพื้นที่ปลูก เนื่องจากที่ดอนไม่มีน้ำขังและไม่มีชลประทานการปลูกข้าวไร่จึงต้องใช้น้ำฝนเพียงอย่างเดียว ดังนั้นพันธุ์ข้าวที่ปลูกจะต้องมีอายุสั้น โดยปลูกต้นฤดูฝนและเก็บเกี่ยวช่วงปลายฤดูฝน ดังนั้นกรณีที่ฝนแล้งหรือฝนทิ้งช่วงเป็นเวลานาน หรือปริมาณน้ำในดินต่ำอาจทำให้ข้าวไร่มีปัญหาในการเจริญเติบโต ถึงแม้ว่าข้าวไร่จะมีลักษณะทนแล้งก็ตาม สำหรับการเตรียมดินในการปลูก โดยไถตะในระดับลึกประมาณ 15 เซนติเมตร และไถแปรเพื่อกำจัดวัชพืชและย่อยดินให้ละเอียดขึ้น หลังจากนั้นตากดินไว้ประมาณ 7-10 วัน จึงใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยชีวภาพ หรือปุ๋ยเคมี แอมโมเนียมฟอสเฟต อย่างใดอย่างหนึ่ง หลังจากใส่ปุ๋ยแล้วจึงไถพรวนดินคลุกเคล้าให้เข้ากับปุ๋ยอีกครั้งก่อนลงมือปลูก โดยวิธีการปลูกข้าวไร่ สามารถแบ่งได้ 3 วิธี ได้แก่ 1) การปลูกโดยวิธีหยอดหลุม โดยไถไม่แหลมกระทุ้งดินเป็นหลุมลึกประมาณ 3-5 เซนติเมตร ให้ระยะห่างระหว่างหลุม 30 เซนติเมตร หยอดเมล็ดแล้วกลบ 2) การปลูกโดยวิธีโรยเมล็ดเป็นแถว ทำร่องปลูกโดยให้แต่ละร่องห่างกัน 30 เซนติเมตร โรยเมล็ดลงร่องและกลบ และ 3) การปลูกโดยวิธีหว่าน ซึ่งหว่านเมล็ดในพื้นที่สม่ำเสมอหว่านเสร็จแล้วพรวนดินกลบอีกครั้ง

2.4.5 การปลูกข้าวโดยวิธีการโยนกกล้า (parachute) การปลูกข้าวโดยวิธีโยนกกล้าหรือนาโยนเป็นวิธีที่ประหยัดเมล็ดพันธุ์ ช่วยแก้ไขปัญหาร่องวัชพืชหรือข้าววัชพืช ข้าวแตกกอได้ดี และเป็นวิธีแบบใหม่ที่สามารถนำมาใช้แทนการปักดำด้วยเครื่องได้

2.4.5.1 การเตรียมแปลงโยนกกล้า การไถเตรียมดินเหมือนการทำนาดำ และนา

หว่านน้ำตามและต้องปรับพื้นที่ทำเทือกให้เรียบร้อยเสมอกัน ถ้าแปลงเป็นนาดินเหนียว เมื่อไถทำเทือกแล้วสามารถโยนกกล้าได้ในวันถัดไป แต่ถ้าเป็นดินร่วนปนทรายเมื่อทำเทือกแล้วสามารถโยนกกล้าได้ทันที และสามารถใส่ปุ๋ยรองพื้นได้ในขณะทำเทือก

2.4.5.2 การเพาะกล้า แบ่งได้ 2 ประเภท ประเภทแรกคือการเพาะกล้าแห้ง ทำได้โดยนำดินร่วนหอยดลงครึ่งหนึ่งของถาดหลุมปลูก จากนั้นนำเมล็ดข้าวที่ผ่านการแช่น้ำ 1 วัน และหุ้ม 1 วัน หอยดลงหลุม แล้วโรยดินร่วนกลบทับ แล้วคลุมทับด้วยกระสอบป่าน รดน้ำวันละครั้ง 5 วัน เมื่อกล้างอกจึงเปิดกระสอบคลุมออก คูแตรรดน้ำให้ต้นกล้าอายุครบ 15 วัน จึงสามารถนำไปโยนกกล้าได้ ประเภทที่สองคือการเพาะต้นกล้าแบบเปียก วิธีเตรียมถาดเพาะกล้าแบบเปียกไม่เป็นที่นิยม (นิยมในประเทศจีนและโยนใต้ที่ละ 1-2 ต้นเท่านั้น) โดยเลือกแปลงนาที่ไม่มีข้าววัชพืช และวัชพืชทั่วไประบาด มีการเตรียมแปลงคล้ายกับเพาะกล้านาดำ ลูบเทือกให้ดินสม่ำเสมอ นำถาดเพาะกล้าวางเป็นแถวตอน 2-5 แผ่น ความยาวแล้วแต่แปลงกล้า แต่ละแถวตอนห่างกันประมาณ 50 ซม. เพื่อสะดวกในการปฏิบัติงาน โดยนำดินระหว่างร่องทางเดินใส่ในถาดให้เต็ม ปรับให้เสมอปากหลุมถาด จากนั้นหว่านเมล็ดพันธุ์ข้าวที่หุ้มแล้ว และใช้แผ่นไม้คล้ายไม้บรรทัดกดหรือลูบเมล็ดพันธุ์ให้จมเลน รักษาความชื้นตลอดไป หากมีฝนตกต้องหาวัสดุมาคลุมเพื่อกันเมล็ดข้าวกระเด็นออกจากถาดเพาะ สามารถนำกล้าไปโยนได้เมื่อกล้าอายุ 12-16 วัน หรือต้นกล้ายาว 3-5 นิ้ว

2.4.5.3 การโยนกกล้า การมีระดับน้ำในแปลงนาสูงประมาณ 1 ซม. โยนกล้าให้สูงกว่าศีรษะ ต้นกล้าจะพุ่งลงโดยใช้ส่วนรากที่มีดินติดอยู่ลงดินก่อน 1 คน สามารถหว่านได้วันละ 4-5 ไร่

2.4.5.4 การดูแลรักษาระดับน้ำ หลังหว่านกล้าแล้ว 3 วัน ต้นข้าวตั้งตัวได้แล้ว สามารถเพิ่มระดับน้ำให้อยู่ที่ระดับครึ่งหนึ่งของต้นข้าว หรือประมาณ 5 เซนติเมตร

2.5 ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ (seed vigor)

คุณภาพทางสรีรวิทยาของเมล็ดพันธุ์จำแนกได้ 2 ลักษณะคือ ความมีชีวิต (viability) และความแข็งแรง (vigor) ความมีชีวิตเป็นคุณภาพที่แสดงออกในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการงอก ได้แก่ การทดสอบความงอกมาตรฐาน (standard germination) เป็นการทดสอบเมล็ดพันธุ์ในสภาพที่มีปัจจัยที่จำเป็นสำหรับการงอกอย่างครบถ้วนและเหมาะสมมากที่สุด (optimum) สำหรับความแข็งแรงเป็นคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ที่แสดงออกในสภาพแวดล้อมแปลงปลูกที่ไม่เหมาะสม การแสดงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ในด้านความงอกจึงไม่สามารถบอกได้ว่าเมล็ดพันธุ์นั้นสามารถให้ต้นกล้าที่ตั้งตัวได้ดีในแปลงปลูกโดยเฉพาะในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์จึงเป็นอีกคุณลักษณะหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการประเมินคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ เพื่อการเพาะปลูกในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นการ

ทดสอบความแข็งแรงจึงถูกนำมาใช้เป็นวิธีการวัดหรือคาดคะเนคุณสมบัติต่างๆ ของเมล็ดพันธุ์ เพื่อใช้ประเมินความสามารถของเมล็ดพันธุ์ที่งอกในแปลงปลูก และความสามารถในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ (seed storability) เมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงสูงเมื่อนำไปปลูกในสภาพที่แปรปรวนจะมีความงอกในแปลงปลูกสูง สามารถงอกได้เร็ว งอกสม่ำเสมอ ได้ต้นกล้าที่สมบูรณ์ เติบโตเร็ว ส่งผลให้ต้นอ่อนทนทานต่อสภาพแวดล้อม โรค แมลง และให้ผลผลิตสูง นอกจากนี้เมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงสูงจะสามารถเก็บรักษาได้นาน (ธวัชชัย ทิมขุนทด, 2554; AOSA, 1983; ISTA, 1995)

วิธีการทดสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ปรากฏเพียงคำแนะนำที่เฉพาะเจาะจงสำหรับเมล็ดพันธุ์ชนิดใดชนิดหนึ่งเท่านั้น โดยยึดถือตามคู่มือการทดสอบความแข็งแรงของสมาคมผู้ทดสอบเมล็ดพันธุ์ (Association of Official Seed Analyst) AOSA, 1983) และสมาคมทดสอบเมล็ดพันธุ์นานาชาติ (International Seed Testing Association) (ISTA, 1995)

AOSA (1983) ได้แบ่งประเภทของวิธีการทดสอบความแข็งแรง 3 กลุ่มใหญ่ ดังนี้

1. การทดสอบทางชีวเคมี (biochemical test) เป็นวิธีการทดสอบความแข็งแรง โดยอาศัยลักษณะทางชีวเคมีที่มีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ เมล็ดพันธุ์ที่แข็งแรงต้องมีกระบวนการทางชีวเคมีที่ทำงานได้ดี การทดสอบโดยวิธีนี้มีข้อดีคือ ใช้เวลาสั้น รู้ผลเร็ว แต่มีข้อจำกัดคือ ต้องอาศัยความชำนาญของผู้ปฏิบัติงาน และเครื่องมืออุปกรณ์ที่เฉพาะ ตัวอย่างของวิธีนี้ เช่น การทดสอบความแข็งแรงด้วยวิธีเตตราโซเลียม (tetrazolium test; TZ test) การทดสอบการนำไฟฟ้า (electrical conductivity test; EC test) การวัดการหายใจของเมล็ดพันธุ์ (respiration)

2. การทดสอบในสภาพเครียด (stress test) เมล็ดพันธุ์ที่งอกได้ดีในสภาพแปลงปลูกที่ไม่เหมาะสม หรือเก็บรักษาได้นาน ถือว่าเป็นเมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงสูง สภาพที่ไม่เหมาะสมหรือสภาพเครียดในแปลงปลูก ที่เมล็ดพันธุ์มักจะได้รับในขณะที่เมล็ดพันธุ์กำลังงอก เช่น น้ำท่วมขัง ฝนแล้ง อุณหภูมิสูง อุณหภูมิต่ำ ความแน่นของหน้าดิน สภาพเครียดในขณะที่เก็บรักษา ได้แก่ อุณหภูมิสูง และความชื้นสัมพัทธ์สูง ฉะนั้นการทดสอบเมล็ดพันธุ์ในสภาวะเครียด จึงเป็นการทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ที่ดีวิธีหนึ่ง ตัวอย่างของวิธีนี้ เช่น วิธีเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ (accelerated aging test; AA test) การทดสอบในสภาพอากาศเย็น (cool germination test) และการทดสอบในสภาพอากาศหนาว (cold test)

3. การทดสอบการเจริญเติบโต และการประเมินต้นอ่อน (seedling growth and evaluation test) เป็นวิธีที่ต้องมีการเพาะให้เมล็ดงอกก่อน แล้วนำต้นอ่อนมาวัดการเจริญเติบโตหรือประเมินความแข็งแรงในลักษณะใดลักษณะหนึ่ง ตัวอย่างของวิธีนี้ เช่น การทดสอบอัตราการเจริญเติบโตของต้นอ่อน (seedling growth rate) การวัดความยาวยอด ราก และความยาวรวมของต้นอ่อน (shoot, root and total seedling length) การจำแนกระดับความแข็งแรงของต้นอ่อน (seedling vigor classification) ความเร็วในการงอกหรือดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์ (germination index)

จะเห็นได้ว่า การทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์มีหลายวิธี ซึ่งเหมาะกับชนิดพืช พันธุ์ และสภาพการเพาะปลูกที่แตกต่างกันไป จึงไม่มีวิธีการใดใช้เป็นวิธีการมาตรฐานได้สำหรับทุกพืชทุกพันธุ์และทุกสภาพการเพาะปลูก เช่น การทดสอบความแข็งแรงที่เหมาะสมกับเมล็ดพันธุ์ของพืชที่ใช้เพาะปลูกในบริเวณที่มีภูมิอากาศหนาวเย็น อาจไม่สามารถนำมาใช้ทดสอบกับเมล็ดพันธุ์พืชที่ปลูกในสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นได้ อีกตัวอย่างหนึ่งคือ สภาพการเร่งอายุที่มีความสัมพันธ์กับการเก็บรักษาในสภาพอากาศร้อน อาจไม่สามารถใช้ทดสอบเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ในเขตหนาวเย็นได้อย่างแม่นยำ ดังนั้น การใช้วิธีการใดหรือสภาพใดทดสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ในแต่ละพื้นที่ปลูกแต่ละพืช แต่ละพันธุ์ จำเป็นต้องมีการศึกษาวิจัยสนับสนุน และอาจจะต้องใช้วิธีการทดสอบหลายๆ วิธีร่วมกัน นอกจากนี้ผู้ปฏิบัติสามารถปรับประยุกต์วิธีการทดสอบและวัสดุอุปกรณ์ ให้เหมาะสมกับท้องถิ่นของตนเองได้ หรือพัฒนาวิธีการทดสอบใหม่ ๆ ขึ้นมาใช้ได้โดยไม่มีข้อจำกัดแต่อย่างใด อย่างไรก็ตามวิธีการที่ใช้ทดสอบจะต้องมีความสัมพันธ์อย่างเด่นชัดกับเปอร์เซ็นต์ความงอกในแปลงปลูก (field emergence test) (ธวัชชัย ทิมขุนทด, 2554; AOSA, 1983; ISTA, 1995)

2.6 การทดสอบความแข็งแรงโดยวิธีเร่งอายุเมล็ดพันธุ์

วิธีทดสอบความแข็งแรงโดยวิธีเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ ได้ถูกพัฒนาขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1965 โดย Dr. James C. Delouche (AOSA, 1983) ต่อมา Delouche และ Baskin (1973) แห่งมหาวิทยาลัยมิสซิสซิปปี (Mississippi State University) ได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมและได้เสนอว่าวิธีเร่งอายุเมล็ดพันธุ์เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการประเมินอายุการเก็บรักษาและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ของพืชหลายชนิด หลังจากนั้นได้มีนักวิจัยได้นำหลักการนี้ไปศึกษาเพิ่มเติมในเมล็ดพันธุ์พืชหลากหลายชนิด จนเป็นวิธีการทดสอบความแข็งแรงที่เป็นที่นิยมอย่างกว้างขวาง

วิธีการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์กระทำโดยการนำเมล็ดพันธุ์ไปไว้ในสภาพที่จำลองสภาพความเครียดที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ ได้แก่ อุณหภูมิสูง (38-45°C) ความชื้นสัมพัทธ์ 100% เป็นระยะเวลา 48-144 ชม. ซึ่งเป็นสภาพความเครียดของสภาพโรงเก็บเมล็ดพันธุ์ (อุณหภูมิและระยะเวลาของการเร่งอายุขึ้นกับพันธุ์ ชนิดเมล็ดพันธุ์ สภาพโรงเก็บ และวิธีการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์) แล้วจึงนำเมล็ดพันธุ์ไปทดสอบเปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐาน เมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงสูงจะยังคงมีเปอร์เซ็นต์ความงอกหลังเร่งอายุสูง หรือลดลงเพียงเล็กน้อย ในปัจจุบันการทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์โดยวิธีเร่งอายุได้รับความนิยมมาก เนื่องจากเป็นวิธีการที่ง่าย รวดเร็ว ประหยัด ไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษ ผู้ทดสอบไม่ต้องมีทักษะพิเศษ และเป็นที่ยอมรับว่า สามารถใช้ประเมินอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์และความงอกในแปลงปลูกได้ดี (AOSA, 1983)

2.7 สภาพของการทดสอบความแข็งแรงโดยวิธีเร่งอายุในเมล็ดพันธุ์พืชต่าง ๆ

AOSA (1983) และ ISTA (1995) ได้แนะนำสภาพการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ ข้าวสาลี ข้าวฟ่าง ข้าวโพด ข้าวโพดหวาน ถั่วเหลือง ถั่วต่าง ๆ หอมหัวใหญ่ พริก ผักกาดหัว ผักกาดหอม ฝ้าย และ แตงโม และในหนังสือการทดสอบและวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดพันธุ์ ของ จวงจันทร์ ดวงพัตรา (2529) ได้ระบุสภาพของการเร่งอายุเพื่อทดสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ ในเมล็ดพันธุ์ ข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าวสาลี จิบโซฟีลา แตงโม ถั่วต่าง ๆ บวบเหลี่ยม ผักกาดเขียวปลี ผักกาดหัว ผักกาดหอม ผักบุ้งจีน ฝ้าย ละหุ่ง และหัวหอมใหญ่

สำหรับในต่างประเทศมีหลายงานวิจัยที่ยืนยันว่าวิธีการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ เช่น ข้าวสาลี (Bhattacharyya et al., 1985) ข้าว (Krisnasamy and Seshu, 1990; Ali et al., 2003), ฝ้าย (Batra et al., 2003), แครอท (Al-Maskri et al., 2003) ถั่วเหลือง (Torres et al., 2004), แตงกวา แตงเทศ และมะเขือ (Demir et al., 2004) บีท (Silva et al., 2006) ผักกาดหัว (Jain et al., 2006)

อย่างไรก็ตาม มีงานวิจัยยืนยันว่าสภาพการเร่งอายุที่ระบุไว้ในคู่มือการทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์พืชชนิดต่าง ๆ ในระดับนานาชาติจะเป็นเพียงสภาพกว้าง ๆ (general recommendation) ไม่เฉพาะเจาะจงสำหรับพันธุ์ใดพันธุ์หนึ่ง ซึ่งอาจจะไม่แม่นยำสำหรับพันธุ์ใดพันธุ์หนึ่ง (specific recommendation) โดยเฉพาะอย่างยิ่งพันธุ์ที่พัฒนาในเขตร้อน โดย วัลลภ สันติประชา และคณะ (2536ก) กล่าวว่า การเร่งอายุเป็นวิธีการหนึ่งที่แนะนำให้ใช้วัดความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์โดย AOSA (1983) ที่พัฒนาวิธีการขึ้นเพื่อประเมินอายุในสภาพภูมิอากาศเขตหนาวซึ่งเมล็ดพันธุ์มีอัตราการเสื่อมช้ากว่าเขตร้อนชื้น จึงไม่สามารถใช้ได้ดีในเขตร้อนชื้น วัลลภ สันติประชา และคณะ (2536ก) ศึกษาศึกษาการเก็บรักษาและการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดพันธุ์ นครสวรรค์ 1 และ สุวรรณ 2 ในเขตร้อนชื้นโดยใช้อุณหภูมิ 3 ระดับคือ 42, 43 และ 44°C ระยะเวลา 48, 72 และ 96 ชม. ความชื้นสัมพัทธ์ 100% ทำการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในถุงกระดาษและถุงพลาสติก ที่ห้องเก็บไม่ปรับอากาศ และห้องปรับอากาศเป็นเวลา 12 เดือน พบว่าการเร่งอายุที่ 42°C ระยะเวลา 96 ชม. ตามที่ AOSA (1983) แนะนำ ไม่สามารถประเมินอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดพันธุ์ในเขตร้อนชื้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนการเร่งอายุที่ 44°C ระยะเวลา 96 ชม. สามารถใช้ประเมินคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดที่มีความสัมพันธ์ที่ดีกว่ากับการเก็บรักษาในเขตร้อนชื้น

นอกจากนี้ วัลลภ สันติประชา และคณะ (2536ข) ได้เร่งอายุเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวเพื่อประเมินอายุการเก็บรักษาในเขตร้อนชื้น โดยใช้ถั่วเขียวพันธุ์ มอ 1 อุทอง 1 และกำแพงแสน 1 ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 100% อุณหภูมิ 43, 45 และ 47°C ระยะเวลา 48, 72 และ 96 ชม. พบว่า เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวเสื่อมความงอกตามอุณหภูมิและระยะเวลาการเร่งอายุที่เพิ่มขึ้น แต่การเร่งอายุสามารถทำให้เมล็ดแข็งแรงหมดไป เมล็ดแข็งช่วยชะลอการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ ทั้งในรูปความงอกและความ

แข็งแรง การเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวพันธุ์ มอ 1 อุทอง 1 และกำแพงแสน 1 เพื่อประเมินอายุการเก็บรักษาในเขตร้อนชื้น นานประมาณ 1 ปี คือสภาพการเร่งอายุที่อุณหภูมิ 43°C ระยะเวลา 96 ชม. ซึ่งแตกต่างจากที่ ISTA (1995) แนะนำสภาพการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวไว้ที่ 45°C ระยะเวลา 96 ชม.

จากสภาพการเร่งอายุข้างต้นจะเห็นว่าชนิดของเมล็ดพันธุ์มีผลต่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการเร่งอายุที่แตกต่างกันไป และแม้แต่เมล็ดพันธุ์พืชชนิดเดียวกันแต่ละพันธุ์ ก็พบได้ว่าต้องใช้สภาพการเร่งอายุที่แตกต่างกัน เช่นงานวิจัยของ Santipracha และคณะ (1997) พบว่าความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดลูกผสมเดี่ยวหลังเร่งอายุจะลดลงเร็วกว่าพันธุ์ลูกผสมสามทางและลูกผสมคู่ โดยลูกผสมสามทางและลูกผสมคู่ ตอบสนองต่อสภาพการเร่งอายุที่อุณหภูมิสูงถึง 43-44°C ระยะเวลา 96 ชม. นอกจากนี้ยังสรุปว่าสำหรับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดลูกผสมที่พัฒนาพันธุ์สำหรับเขตร้อนจะต้องใช้สภาพการเร่งอายุที่ 44°C ระยะเวลา 96 ชม. ซึ่งให้ความแม่นยำในการทดสอบความแข็งแรงมากกว่าสภาพที่แนะนำโดย AOSA (1983) ที่อุณหภูมิ 42°C ระยะเวลา 96 ชม. ซึ่งน่าจะเหมาะสมสำหรับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดในเขตนานาชาติ

สำหรับงานวิจัยในข้าวโพดหวาน ชวนพิศ อรุณรังสิกุล (2529) พบว่าการเร่งอายุที่อุณหภูมิ 43°C 48 ชม. สามารถทำนายการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ไทยซูเปอร์สวีท คอมโพสิตเบอร์ 1 ดีเอ็มอาร์ ได้นาน 6-7 เดือน วราภรณ์ สิงห์บำรุง (2546) แนะนำการเร่งอายุที่อุณหภูมิ 43°C ระยะเวลา 72 ชม. และ 41°C ระยะเวลา 92 ชม. ในข้าวโพดหวาน 12 สายพันธุ์ ซึ่งได้แก่ข้าวโพดหวาน 27127 ข้าวโพดหวานลูกผสม ชูการ์ 73 ชูการ์ 74 กอนโดล่า 021 เอทีแอล-2 อินทรี 1 อินทรี 2 ไฮบริก-5 ไฮบริก-10 ซูเปอร์สวีท ข้าวโพดสวีทอาร์โก้ และ ข้าวโพดขาว ในขณะที่ บุญมี ศิริ และคณะ (2554) พบว่าอุณหภูมิที่ 41°C ระยะเวลา 96 ชม. สามารถประเมินคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SCHB521 ได้ดี จากข้อมูลข้างต้นจึงเป็นข้อสรุปได้ว่าแม้แต่เมล็ดพันธุ์พืชชนิดเดียว แตกต่างพันธุ์กัน สภาพการเร่งอายุก็จะแตกต่างกันไปด้วย

ในประเทศไทยได้มีการศึกษาวิธีการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ในพืชหลายชนิดและมีคำแนะนำสำหรับสภาพการเร่งอายุที่เหมาะสมสำหรับพันธุ์และสภาพแวดล้อมของประเทศไทยไว้แล้ว เช่นเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองรวมพันธุ์และถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่ อุณหภูมิ 41°C ระยะเวลา 54 ชม. สามารถทำนายความงอกในแปลงปลูกได้ (มนัสชนก กองดิน, 2555) เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวเร่งอายุที่อุณหภูมิ 43°C ระยะเวลา 96 ชม. (วัลลภ สันติประชา, 2536) ถั่วฝักยาว เร่งอายุที่ อุณหภูมิ 42°C ระยะเวลา 48 ชม. จะสามารถบอกคุณภาพเมล็ดพันธุ์เท่ากับที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้องในเขตร้อนชื้นนาน 12 เดือน (วัลลภ สันติประชา, 2533) ถั่วลิสง เร่งอายุที่อุณหภูมิ 42°C ระยะเวลา 96 ชม. (จุฑามาศ ร่มแก้ว, 2539) พริก มะเขือเทศ และมะเขือ เร่งอายุที่อุณหภูมิ 45°C ระยะเวลา 72 ชม. 40°C ระยะเวลา 96 ชม. และ 45°C ระยะเวลา 48 ชม. ตามลำดับ (กุลวดี ฐาน์กาญจน์, 2547) ผักกาดเขียวปลี

เร่งอายุที่อุณหภูมิ 43°C ระยะเวลา 60 ชม. และผักเขียวกางตั้ง เร่งอายุที่อุณหภูมิ 41°C ระยะเวลา 60 ชม. (มารศรี วงศ์อนันทรพย, 2548) แดงกวา บวบ และมะระ เร่งอายุที่อุณหภูมิ 45°C ระยะเวลา 48 ชม. 45°C ระยะเวลา 96 ชม. และ 40°C ระยะเวลา 72 ชม. ตามลำดับ (สรวิศ อังคประเสริฐกุล, 2547) การเร่งอายุสามารถประเมินอายุการเก็บรักษาของข้าวโพดเทียนพันธุ์สำลีและพันธุ์บ้านเกาะ ซึ่งการเร่งอายุที่อุณหภูมิ 42°C ระยะเวลา 72 ชม. 43°C ระยะเวลา 96 ชม. และ 44°C ระยะเวลา 96 ชม. ตามลำดับ ให้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์อยู่ในระดับเดียวกับการเก็บรักษาที่อายุ 6, 9 และ 12 เดือน ตามลำดับ (สานิต สวัสดิ์กาญจน์, 2554)

2.8 การทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าว

สำหรับวิธีการทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวนั้นยังไม่ปรากฏคำแนะนำในกลุ่มวิธีการทดสอบความแข็งแรงของ AOSA (1983) และ ISTA (1995) และมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องไม่มากนักในประเทศสหรัฐอเมริกา Bradford (1988) พบปัญหาว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีเปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐานสูงบางล็อตไม่สามารถงอกได้ดีในแปลงปลูก จากหลักการของการเร่งอายุที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลา 20 ชม. เปอร์เซ็นต์ความงอกหลังเร่งอายุจะสามารถเทียบเท่ากับความเสี่ยงตามธรรมชาติของเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผ่านการเก็บรักษาไว้เป็นเวลาหลายเดือน จึงได้นำแนวคิดของวิธีการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์มาทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวเพื่อแยกคัดเมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีความงอกมาตรฐานและความงอกในสภาพแปลงนาสูง พบว่าวิธีการเร่งอายุสามารถประเมินความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวได้ดีเฉพาะล็อตที่มีความงอกในแปลงนาตั้งแต่ 40% ขึ้นไปเท่านั้น อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ไม่ได้ระบุอุณหภูมิและระยะเวลาเร่งอายุที่ชัดเจน

Siddique และคณะ (1988) ทดสอบหาสายพันธุ์ข้าวที่เมล็ดพันธุ์ทนทานต่อการเร่งอายุที่ 43°C ที่ระยะเวลา 2, 4 และ 6 วัน ในข้าว 185 สายพันธุ์ พบว่ามีสายพันธุ์ข้าวที่ทนทานต่อสภาพการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ในข้าวทั้ง 3 กลุ่ม ได้แก่ indica, japonica และ javanica สายพันธุ์ที่ไวแสงและไม่ไวแสง ข้าวไร่ และข้าวขึ้นน้ำ สายพันธุ์ที่ทนดินเปรี้ยว และสายพันธุ์ที่ต้านทานโรค tungro virus สายพันธุ์ที่มีระดับการพักตัวสูงจะทนทานต่อการเร่งอายุได้มากกว่า ต่อมา Krishnasamy and Seshu (1990) ใช้วิธีเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ แยกแยะความสามารถของสายพันธุ์ข้าวที่ไม่มีลักษณะพักตัว ที่ทนต่อสภาพเร่งอายุ จากสายพันธุ์ข้าว 68 สายพันธุ์ ที่ได้จาก 16 ประเทศ และ IRRI พบว่ามี 7 สายพันธุ์ที่ยังมีความงอกสูงกว่า 61% หลังเร่งอายุที่ 43°C 192 ชม. ในการทดลองนี้ยังพบว่าวิธีการเร่งอายุดังกล่าวมีความสัมพันธ์สูงกับวิธีวัดค่าการนำไฟฟ้าเมล็ดพันธุ์ ($r = -0.873^{**}$) และปริมาณไขมันในเมล็ดพันธุ์ข้าว ($r = -0.826^{**}$)

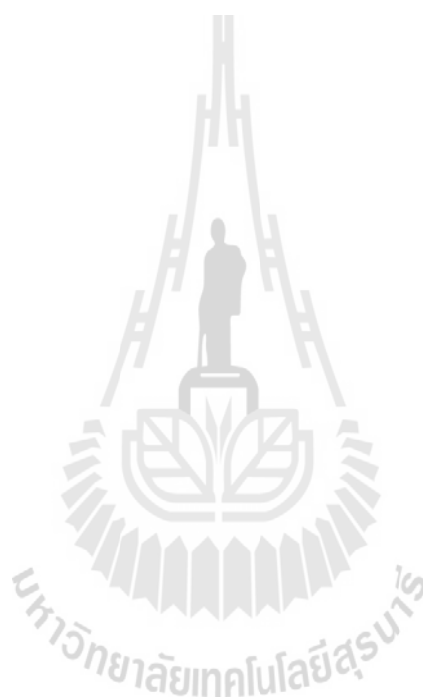
Ali และคณะ (2003) ยืนยันว่าสามารถใช้สภาพเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ที่ 45°C 48 ชม. จำแนกสายพันธุ์ข้าวที่สามารถงอกได้ในสภาพอากาศเย็นที่ 21°C เพื่อใช้ในการโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวที่ใช้

ปลูกโดยการหว่านในน้ำตามในสภาพอากาศเย็นที่ 21°C สรุปได้ว่าความงอกในแปลงนาขึ้นกับความแข็งแรงและพันธุกรรม สำหรับการงอกในสภาพอากาศเย็นนั้นพันธุกรรมมีอิทธิพลมากกว่าความแข็งแรง ซึ่งการทดลองทั้ง 3 ดังกล่าวนี้นี้มีประโยชน์ในการนำมาใช้แยกแยะสายพันธุ์ที่มีความแข็งแรงสูงเพื่อใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าว ต่อมาในปี ค.ศ. 2005 Patin และ Gutormson รายงานว่าวิธีการเร่งอายุที่อุณหภูมิ 41°C 72 ชม. และวิธีการทดสอบในสภาพอากาศหนาว (cold test) สามารถแยกแยะระดับความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวได้ แต่วิธีการทดสอบในสภาพอากาศเย็น (cool test) และการทดสอบค่าการนำไฟฟ้า (conductivity test) เป็นวิธีที่ไม่มีประสิทธิภาพ

สำหรับประเทศไทย พบว่าได้มีการระบุคำแนะนำสำหรับการทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวเป็นครั้งแรกในหนังสือ การตรวจสอบและวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดพันธุ์ของ จวงจันทรดวงพัตรา (2529) ที่ระบุสภาพการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ข้าวที่อุณหภูมิ 42°C ระยะเวลา 48 ชม. วัลลกสันติประชา (2541) ทำการทดลองกับข้าว 7 พันธุ์แล้วรายงานว่าการประเมินอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวนั้นควรใช้สภาพการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ที่อุณหภูมิ 43°C นาน 120 ชม. หากเปอร์เซ็นต์ความงอกหลังเร่งอายุสูงกว่า 75% ก็จะเหมาะสมที่จะนำไปเพาะปลูก ต่อมา Chea (2006) ได้พยายามหาวิธีการทดสอบความแข็งแรงที่สามารถทำนายการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 6 ที่ปลูกโดยวิธีต่างๆ 3 สภาพ คือ 1. หว่านข้าวแห้งในสภาพนาแห้ง 2. หว่านข้าวแห้งในสภาพน่าน้ำตม และ 3. หว่านข้าวที่หุ้มแล้วในสภาพน่าน้ำตม พบว่าวิธีการทดสอบความงอกมาตรฐาน วิธีการเร่งอายุที่อุณหภูมิ 41°C ระยะเวลา 84 ชม. ความยาวยอดต้นอ่อน และค่าการนำไฟฟ้า (conductivity test) สามารถใช้ทำนายความงอกในสภาพแปลงนาได้ระดับหนึ่ง ทั้งนี้ขึ้นกับสภาพแปลงที่ใช้ทดสอบ อายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ (ระดับความแข็งแรงที่ไม่ต่ำเกินไป) วิธีการเตรียมเมล็ดพันธุ์ที่เหมาะสม และวิธีการปลูก

ก่อนปี พ.ศ. 2552 ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวจำนวน 23 แห่ง ทั่วประเทศไทย ใช้วิธีการเร่งอายุทดสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ข้าวแต่สภาพการเร่งอายุที่ใช้แตกต่างกันไป และพบว่าไม่สามารถให้ผลที่แม่นยำได้ (วเรนยา สิงคนิภา, 2552) และมีข้อสังเกตว่าข้าวพันธุ์ใหม่บางพันธุ์หรือกระบวนการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวที่แตกต่างจากในอดีตหรือสภาพแวดล้อมในบางปี อาจทำให้เกิดปัญหาความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ต่ำ เมล็ดพันธุ์ข้าวเสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็วหลังหมดระยะพักตัว เป็นต้น Chhetri (2009) จึงได้ศึกษาสภาพของวิธีการเร่งอายุ เปรียบเทียบกับวิธีทดสอบความแข็งแรงวิธีอื่นๆ กับเมล็ดพันธุ์ข้าว พันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105 ชัยนาท 1 และ พิษณุโลก 1 และนำผลไปทดสอบซ้ำกับเมล็ดพันธุ์ข้าวอีก 9 พันธุ์ จำนวน 60 ตัวอย่าง แล้วแนะนำให้ใช้สภาพการเร่งอายุที่อุณหภูมิ 44°C เวลา 72 ชม. ซึ่งมีค่าสหสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูกสูง ($r = 0.89^{**}$) ถือเป็นสภาพเร่งอายุที่แนะนำสำหรับเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ที่นิยมปลูกโดยทั่วไป (general recommendation) ของประเทศไทย ในกรณีศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผลิตเมล็ดพันธุ์เพียง 1-2 พันธุ์นั้น Chhetri (2009) แนะนำ

ว่าควรทำการวิจัยให้ทราบสภาพการเร่งอายุที่ให้ผลแม่นยำมากที่สุดสำหรับพันธุ์นั้นๆ เพื่อใช้เป็นมาตรฐานเฉพาะแต่ละพันธุ์ (specific recommendation) จากงานวิจัยดังกล่าว Chhetri (2009) ยังพบอีกว่าวิธีการวัดค่าการนำไฟฟ้าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงเช่นกัน โดยมีค่าสหสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูกที่ $r = -0.86^{**}$ ส่วนความยาวยอดต้นอ่อนแม้จะมีความสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูก ($r = 0.75^{**}$) แต่ในทางปฏิบัติเป็นวิธีที่ใช้เวลาและแรงงานมากเกินไป



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุอุปกรณ์

เมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็นเมล็ดพันธุ์ที่ผลิตตามกระบวนการผลิตเมล็ดพันธุ์หลัก ขยาย และจำหน่าย ในปี พ.ศ. 2551-2552 ของศูนย์วิจัยข้าว และศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าว 11 แห่ง พันธุ์ละ 30 ตัวอย่าง ทุกการทดลองใช้ตัวอย่างเมล็ดพันธุ์เดียวกันในทุกวิธีการทดสอบ แหล่งที่มาของเมล็ดพันธุ์ตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ข้าวแสดงไว้ในตารางที่ 3.1 และ 3.2

3.2 ระยะเวลาการทดลอง

ธันวาคม 2552-กันยายน 2555

3.3 สถานที่ทำการทดลอง

3.3.1 การทดสอบในห้องปฏิบัติการ ดำเนินการ ณ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

3.3.2 การทดสอบในแปลงปลูก ดำเนินการ ณ ฟาร์มมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

3.4 कैำโครงของการทดลอง

कैำโครงการทดลองได้แสดงไว้ในภาพที่ 1

Table 3.1 Lot numbers and seed sources of 30 rice seed lots of KDML 105 variety included in the experiment.

No.	Lot No.	Seed Sources	Seed Classes	Production Season and Year
1	19/31	Chon Buri Rice Seed Center	Registered seed	Rainy 2009
2	19/33	Chon Buri Rice Seed Center	Extension seed	Rainy 2009
3	5/13	Lop Buri Rice Seed Center	NA	Rainy 2009
4	2/46	Nakhon Ratchasima Rice Seed Center	NA	NA
5	2/50	Nakhon Ratchasima Rice Seed Center	NA	NA
6	2/61	Nakhon Ratchasima Rice Seed Center	NA	NA
7	2/65	Nakhon Ratchasima Rice Seed Center	NA	NA
8	2/77	Nakhon Ratchasima Rice Seed Center	NA	Rainy 2008
9	2/79	Nakhon Ratchasima Rice Seed Center	NA	NA
10	2/80	Nakhon Ratchasima Rice Seed Center	NA	NA
11	2/83	Nakhon Ratchasima Rice Seed Center	NA	NA
12	2/82	Nakhon Ratchasima Rice Seed Center	NA	NA
13	2/85	Nakhon Ratchasima Rice Seed Center	Foundation seed	Rainy 2009
14	2/86	Nakhon Ratchasima Rice Seed Center	Foundation seed	Rainy 2009
15	2/87	Nakhon Ratchasima Rice Seed Center	Foundation seed	Rainy 2009
16	2/93	Nakhon Ratchasima Rice Seed Center	Foundation seed	Rainy 2009
17	2/97	Nakhon Ratchasima Rice Seed Center	Foundation seed	Rainy 2010
18	2/106	Nakhon Ratchasima Rice Seed Center	Foundation seed	Rainy 2009
19	2/108	Nakhon Ratchasima Rice Seed Center	Foundation seed	Rainy 2009
20	2/123	Nakhon Ratchasima Rice Seed Center	Registered seed	Rainy 2009
21	2/128	Nakhon Ratchasima Rice Seed Center	Registered seed	Rainy 2009
22	2/136	Nakhon Ratchasima Rice Seed Center	Registered seed	Rainy 2009
23	14/7	Phrae Rice Seed Center	Extension seed	Rainy 2009
24	14/9	Phrae Rice Seed Center	NA	Rainy 2009
25	1/3	Phitsanulok Rice Seed Center	NA	Rainy 2009
26	1/7	Phitsanulok Rice Seed Center	NA	Rainy 2009
28	11/28	Roi Et Rice Seed Center	Extension seed	Rainy 2009

Table 3.1 Lot numbers and seed sources of 30 rice seed lots of KDML 105 variety included in the experiment (continued).

No.	Lot No.	Seed Sources	Seed Classes	Production Season and Year
29	16/8	Surin Rice Seed Center	Registered seed	Rainy 2009
30	16/11	Surin Rice Seed Center	Registered seed	Rainy 2009

NA = data not available.

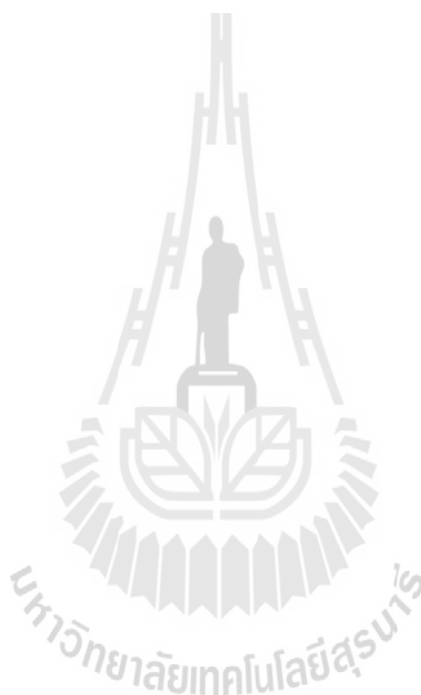


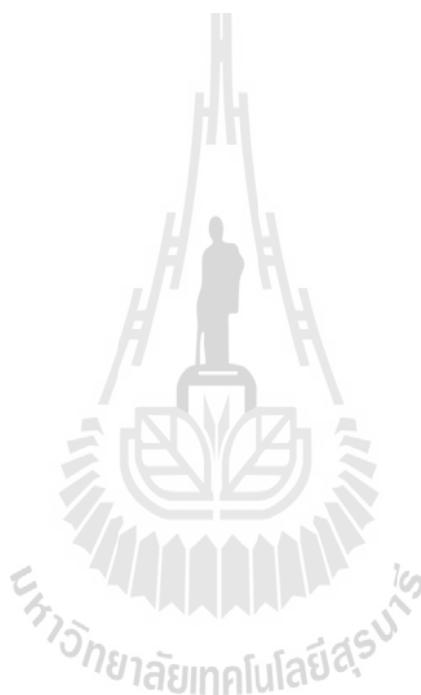
Table 3.2 Lot numbers and seed sources of 30 rice seed lots of RD 15 variety included in the experiment.

No.	Lot No.	Seed Sources	Seed Class	Production Season and Year
1	8/28	Phayao Rice Seed Center	NA	Rainy 2009
2	8/29	Phayao Rice Seed Center	NA	Rainy 2009
3	8/30	Phayao Rice Seed Center	NA	Rainy 2009
4	8/31	Phayao Rice Seed Center	Registered seed	Rainy 2009
5	8/35	Phayao Rice Seed Center	NA	Rainy 2009
6	8/36	Phayao Rice Seed Center	NA	Rainy 2009
7	8/45	Phayao Rice Seed Center	NA	Rainy 2009
8	8/50	Phayao Rice Seed Center	NA	Rainy 2009
9	18/22	Sakon Nakhon Rice Seed Center	Registered seed	Rainy 2009
10	18/23	Sakon Nakhon Rice Seed Center	Registered seed	Rainy 2009
11	18/27	Sakon Nakhon Rice Seed Center	Registered seed	Rainy 2009
12	18/28	Sakon Nakhon Rice Seed Center	Registered seed	Rainy 2009
13	18/31	Sakon Nakhon Rice Seed Center	NA	Rainy 2009
14	18/45	Sakon Nakhon Rice Seed Center	Registered seed	Rainy 2009
15	10/35	Ubon Ratchathani Rice Seed Center	Registered seed	NA
16	10/38	Ubon Ratchathani Rice Seed Center	Registered seed	NA
17	10/42	Ubon Ratchathani Rice Seed Center	Registered seed	Rainy 2009
18	10/46	Ubon Ratchathani Rice Seed Center	Registered seed	NA
19	10/48	Ubon Ratchathani Rice Seed Center	Registered seed	NA
20	10/51	Ubon Ratchathani Rice Seed Center	Registered seed	NA
21	10/56	Ubon Ratchathani Rice Seed Center	Registered seed	NA
22	10/60	Ubon Ratchathani Rice Seed Center	Registered seed	NA
23	12/1	Udon Thani Rice Seed Center	Registered seed	Rainy 2009
24	12/4	Udon Thani Rice Seed Center	Registered seed	Rainy 2009
25	12/6	Udon Thani Rice Seed Center	Registered seed	Rainy 2009
26	12/10	Udon Thani Rice Seed Center	Registered seed	Rainy 2009
27	12/16	Udon Thani Rice Seed Center	Registered seed	Rainy 2009

Table 3.2 Lot numbers and seed sources of 30 rice seed lots of RD 15 variety included in the experiment (continued).

No.	Lot No.	Seed Sources	Seed Class	Production Season and Year
28	12/17	Udon Thani Rice Seed Center	Registered seed	Rainy 2009
29	12/29	Udon Thani Rice Seed Center	Registered seed	Rainy 2009
30	12/37	Udon Thani Rice Seed Center	Registered seed	Rainy 2009

NA = data not available.



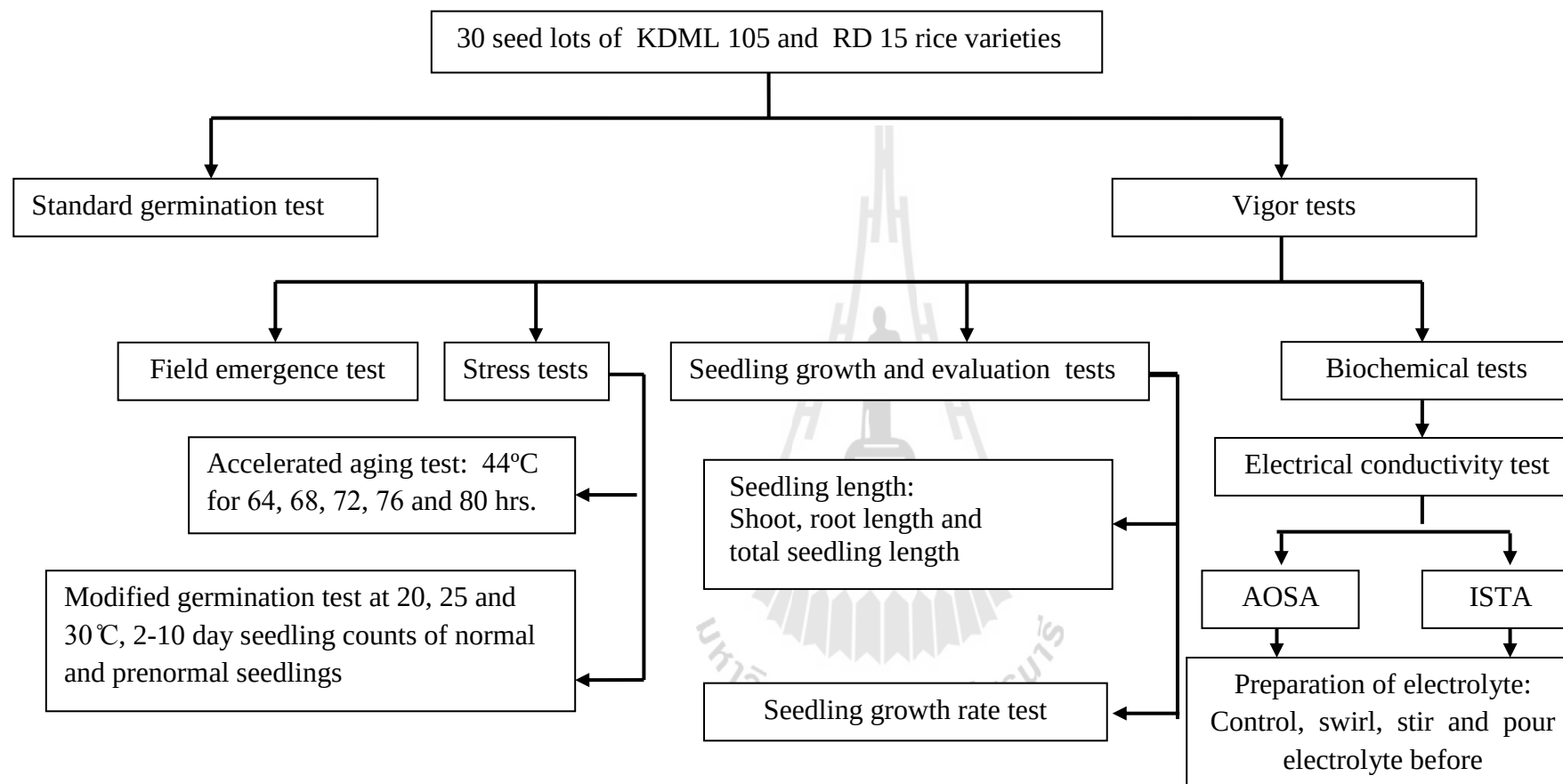


Figure 3.1 Outline of the experiments.

3.5 แผนการทดลองและวิธีการทดสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ข้าว

3.5.1 แผนการทดลอง (experimental design)

ทำการทดลองโดยใช้เมล็ดพันธุ์ข้าว พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 จำนวนพันธุ์ละ 30 ตัวอย่าง นำเมล็ดพันธุ์ไปทดสอบความงอกมาตรฐาน ความงอกในแปลงปลูก และวิธีการทดสอบความแข็งแรงด้วยการต่างๆ อีก 7 วิธี จากนั้นวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างผลการทดสอบทุกวิธีการด้วยวิธีหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient; r) ทั้งนี้ทำการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แยกกันระหว่างพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 วิธีทดสอบความแข็งแรงที่มีความสัมพันธ์ (r) สูงที่สุดและมีนัยสำคัญทางสถิติกับความงอกในแปลงปลูกจะเป็นวิธีทดสอบความแรงที่ดีที่สุดในพันธุ์นั้นๆ

3.5.2 ชนิดและจำนวนกรรมวิธีของการทดสอบเมล็ดพันธุ์ (seed testing and treatment)

ทำการทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวทุกตัวอย่างด้วยวิธีการต่างๆ 7 วิธี ตามที่ระบุไว้ข้างล่างนี้

3.5.2.1 ทดสอบความงอกมาตรฐาน (standard germination test; SG)

3.5.2.2 ทดสอบความงอกในแปลงปลูก (field emergence test; FE)

3.5.2.3 ทดสอบความแข็งแรงในประเภทการทดสอบในสภาพเครียด (stress test) มี 2 กรรมวิธี ได้แก่

1) ทดสอบความแข็งแรงโดยวิธีเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ (accelerated aging test; AA) ทำการทดลองใน 5 สภาพ (กรรมวิธี) ตามที่ปรากฏในตารางที่ 3.3

2) ทดสอบความงอกประยุกต์ (modified germination test; MG) 3 กรรมวิธี ได้แก่

2.1) ทดสอบความงอกประยุกต์ที่อุณหภูมิ 20°C

2.2) ทดสอบความงอกประยุกต์ที่อุณหภูมิ 25°C

2.3) ทดสอบความงอกประยุกต์ที่อุณหภูมิ 30°C

3.5.2.4 ทดสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ในประเภทการทดสอบการเจริญเติบโตและประเมินผลต้นอ่อน (seedling growth and evaluation test) มี 4 วิธี ได้แก่

1) วัดความยาวต้นอ่อน (seedling length) 3 กรรมวิธี

1.1) วัดความยาวยอดต้นอ่อน (seedling shoot length; SL)

1.2) วัดความยาวรากต้นอ่อน (seedling root length; RL)

1.3) วัดความยาวรวมต้นอ่อน (total seedling length; TL)

2) ทดสอบอัตราการเจริญเติบโตของต้นอ่อน (seedling growth rate test; SGR)

3.5.2.5 ทดสอบความแข็งแรงในประเภทการทดสอบทางชีวเคมี (biochemical test)

มี 1 วิธีได้แก่วิธีวัดค่าการนำไฟฟ้าเมลต์พันธุ์ (electrical conductivity test; EC) มี 6 กรรมวิธีได้แก่วิธีแนะนำ 2 กรรมวิธี และวิธีเตรียมสารละลายที่แช่ เมลต์พันธุ์ก่อนวัดค่า 3 กรรมวิธี

กรรมวิธีที่แนะนำได้แก่

- 1) วิธีที่แนะนำโดย AOSA (1983)
- 2) วิธีที่แนะนำโดย ISTA (1999)

กรรมวิธีเตรียมสารละลายก่อนวัดค่า 3 กรรมวิธี ได้แก่

- 1) ไม่มีการเตรียมสารละลาย (control)
- 2) แกว่งบีกเกอร์ (swirl) 10 วินาที
- 3) คนด้วยแท่งแก้ว (stir) 10 วินาที
- 4) เทไปมาระหว่างบีกเกอร์ 2 อัน (pour) 5 ครั้ง

กรรมวิธีแกว่งบีกเกอร์ 10-15 วินาที เป็นวิธีที่แนะนำโดย ISTA (1995) กรรมวิธีคนด้วยแท่งแก้วเป็นวิธีที่แนะนำโดย AOSA (1983) และวิธีเทไปมาระหว่างบีกเกอร์ 2 อัน 5 ครั้ง ประยุกต์มาจากวิธีที่แนะนำโดย ISTA (1981)

3.5.3 วิธีการทดสอบคุณภาพเมลต์พันธุ์และการเก็บข้อมูล

3.5.3.1 วิธีทดสอบความงอกมาตรฐาน เพาะเมลต์พันธุ์ข้าวชาละ 50 เมล็ด จำนวน 3 ซ้ำ เพาะโดยวิธีมีวนกระดาษ (between paper) ใช้กระดาษเพาะความงอกยี่ห้อ เกียนหงวน รุ่น K13 จำนวน 3 แผ่นต่อ 1 ตัวอย่าง (กว้างxยาว ประมาณ 25x33 ซม. มีน้ำหนักประมาณ 3.5-4.0 กรัม ต่อ 1 แผ่น) เพาะในตู้เพาะที่อุณหภูมิ 25°C และให้แสง ประเมินผลความงอกหลังเพาะ 5 และ 10 วัน ตามวิธีการที่ระบุใน ISTA (1999)

เนื่องจากกระดาษยี่ห้อ เกียนหงวน ดังกล่าว ไม่ได้ผลิตมาเพื่อใช้เพาะความงอกโดยตรง มีคุณสมบัติดูดซับความชื้นมากเกินไป ทำให้เมลต์พันธุ์ขาดออกซิเจนได้ ต้นอ่อนที่ขาดออกซิเจน จะงอกช้า ยอดและรากจะพอมบาง อย่างไรก็ตาม สำหรับการเพาะเมลต์พันธุ์ข้าวควรปรับความชื้นกระดาษเพาะให้พอดีและเท่ากันทุกตัวอย่าง โดยใช้น้ำประปา 205 ซีซี ต่อกระดาษเพาะความงอก 100 กรัม และควรใช้วิธีสัมผัสกระดาษเพาะร่วมด้วย เพราะถ้าให้ความชื้นกระดาษเพาะจำนวนมากในครั้งเดียว เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 10 นาที น้ำจะซึมลงไปที่ส่วนล่างของกระดาษเพาะ กระดาษเพาะส่วนล่างจะชื้นเกินไป กระดาษเพาะที่มีความชื้นเหมาะสมสำหรับข้าวคือ ถ้าใช้นิ้วชี้กดกระดาษเพาะที่ให้น้ำแล้ว (กระดาษเพาะหนาประมาณ 2 ซม. ขึ้นไป) จะมีประกายน้ำซึมออกรอบนิ้วมือเพียงเล็กน้อยแล้วซึมหายไปอย่างรวดเร็ว ถ้ากระดาษเพาะหนาไม่ถึง 2 ซม. ให้ทาบกระดาษเพาะ 3 ชั้นแล้วทดสอบ) ทั้งนี้ ควรตรวจสอบความชื้นกระดาษเพาะตลอดช่วงการ

ทดสอบความงอก และให้น้ำเพิ่มแก่กระดาดเพาะได้หากกระดาดเพาะแห้งเกินไป หรือซับน้ำออก จากกระดาดเพาะถ้าขึ้นเกินไป สำหรับการเพาะเมล็ดพันธุ์ที่มีขนาดใหญ่กว่าเมล็ดพันธุ์ข้าว เช่น เมล็ดพันธุ์ข้าวโพด ควรให้กระดาดเพาะมีความชื้นมากกว่านี้เล็กน้อยอีก 5 ซีซี ต่อกระดาดเพาะ 100 กรัม) หลังจากเพาะแล้วให้ตรวจสอบความชื้นกระดาดเพาะทุกวัน และให้ความชื้นเพิ่มแก่กระดาด ให้พอดีทุกวัน โดยเฉพาะในวันที่ 2 หลังเพาะ

3.5.3.2 วิธีทดสอบความงอกในแปลงปลูก ปลูกเมล็ดพันธุ์ข้าวละ 50 เมล็ด จำนวน 3 ซ้ำ ในกระถางพลาสติกสีดำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 นิ้ว ในโรงเรือนหลังคาพลาสติก เพื่อให้ เกิดความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์ความงอกในแต่ละกระถางน้อยที่สุด จึงใช้ดินปลูก มทส. เป็น วัสดุปลูก (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ผลิตดินปลูกเป็นการค้า องค์ประกอบคือ กากหม้อกรอง โรงงานน้ำตาล : ขุยมะพร้าว : หน้าดิน : แกลบดิบ : จี๊เจ้าแกลบ อัตรา 1 : 1 : 1 : 1 : 1) ใส่ดินในแต่ละ กระถางเท่ากันทุกกระถาง กลบเมล็ดลึก 1 ซม. ให้น้ำทันทีหลังปลูกและให้น้ำหลังปลูกทุกวัน โดย ให้น้ำเท่ากันทุกกระถางในปริมาณที่ดินสามารถอุ้มน้ำไว้ได้ทั้งหมดไม่มีน้ำเหลือซึมออกจากรู ระบายน้ำที่ก้นกระถาง โดยใช้วิธีทดสอบหาปริมาณน้ำที่ต้องให้ต่อหนึ่งกระถางก่อน แล้วใช้วิธีตวง น้ำ รดลงในทุกกระถางในปริมาณเท่าๆ กัน นับต้นอ่อนที่สมบูรณ์ 10 วันหลังปลูก

3.5.3.3 วิธีทดสอบความแข็งแรงโดยวิธีเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ ทำการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ ข้าวละ 50 เมล็ด จำนวน 3 ซ้ำ ใส่เมล็ดพันธุ์ในตะแกรงทรงกระบอก ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 ซม. ขาดะแกรงสูง 3.5 ซม. วางในกระป๋องพลาสติกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ซม. ที่บรรจุน้ำไว้แล้ว จำนวน 100 ซีซี ระดับน้ำสูงจากก้นกระป๋อง 1.8 ซม. และห่างจากก้นตะแกรง 2 ซม. วางกระดาด แบบหนาไว้บนตะแกรงเพื่อป้องกันน้ำที่เกิดจากการกลั่นตัวได้ฝากระป๋องหยดถูกเมล็ดพันธุ์ แล้วปิด ฝาให้สนิท นำไปเร่งอายุในตู้อบตามอุณหภูมิและระยะเวลาที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3.3 เมื่อสิ้นสุด ระยะเวลาเร่งอายุนำเมล็ดพันธุ์มาทดสอบความงอกมาตรฐานตามวิธีที่ระบุไว้ในข้อ 3.4.3.1 แต่ให้ ความชื้นกระดาดเพาะน้อยกว่าคือ ให้น้ำกระดาดเพาะน้อยลง 15 ซีซี ต่อกระดาดเพาะความงอก 100 กรัม (ให้น้ำกระดาดเพาะ 190 ซีซี ต่อกระดาดเพาะ 100 กรัม) ฉีดพ่นยาเคมีป้องกันเชื้อราที่มี ส่วนผสมของ mancozep และ metalaxyl ชนิดละ 0.2 กรัม ค่อน้ำรวม 1 ลิตร จำนวนประมาณ 1.5-2 ซีซี ลงบนกระดาดเพาะด้วยกระบอกฉีดน้ำ (ปฏิบัติโดยการกดฉีดยาเคมี 3-4 ครั้งจากกระบอกฉีดน้ำ ให้ยาเคมีกระจายครอบคลุมผิวหน้ากระดาดเพาะ) แล้วจึงม้วนกระดาดเพาะ ล้างเกดอย่าให้กระดาด เพาะแห้งหรือขึ้นจนเกินไป ทั้งนี้ หลังเพาะให้ตรวจสอบความชื้นกระดาดเพาะทุกวันให้อยู่ในระดับที่ เหมาะสม

Table 3.3 Five accelerated aging treatments used in the experiment.

Treatments	Temperature (°C)	Hours
1	44	64
2	44	68
3	44	72
4	44	76
5	44	80

3.5.3.4 วิธีทดสอบความงอกประยุกต์ เพาะเมล็ดพันธุ์ตัวอย่างละ 50 เมล็ด จำนวน 3 ซ้ำโดยวิธีมันกระดาษ ตามวิธีทดสอบความงอกมาตรฐานในข้อ 3.5.3.1 เพาะเมล็ดพันธุ์ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่มีด ที่อุณหภูมิ 20, 25 และ 30°ซ ที่อุณหภูมิ 20°ซ ประเมินผลความงอกหลังเพาะทุกวัน ตั้งแต่ 6-10 วัน ที่อุณหภูมิ 25°ซ ประเมินผลความงอกหลังเพาะทุกวัน ตั้งแต่ 3-7 วัน และที่อุณหภูมิ 30°ซ ประเมินผลความงอกหลังเพาะทุกวัน ตั้งแต่ 2-5 วัน ในการประเมินแยกประเภทต้นอ่อนเป็น 2 ประเภท คือ

1) ต้นอ่อนก่อนปกติ (prenormal seedling; PNS) ประเมินต้นอ่อนที่มีการงอกของหลอดหุ้มยอด (coleoptile) ออกมาอย่างเด่นชัดแล้ว มีความยาวยอด 0.2-1 ซม. และความยาวรากแรก (primary root) มากกว่า 1.5 ซม. (ภาพที่ 3.1 และ 3.2)

2) ต้นอ่อนปกติ (normal seedling, NS) ประเมินต้นอ่อนที่มีความยาวยอดมากกว่า 1 ซม. และความยาวรากมากกว่า 2 ซม. (ภาพที่ 3.3 และ 3.4) ซึ่งเป็นลักษณะของต้นอ่อนปกติในการทดสอบความงอกมาตรฐาน

3.5.3.5 วิธีวัดความยาวราก ยอด และความยาวรวมต้นกล้า เพาะเมล็ดพันธุ์ซ้ำละ 25 เมล็ด จำนวน 3 ซ้ำ โดยใช้กระดาษเพาะตามวิธีทดสอบความงอกมาตรฐานในข้อ 3.5.3.1 ขนาดกระดาษเพาะ กว้างxยาว เท่ากับ 25x50 ซม. วางเมล็ดพันธุ์ตามแนวยาวของกระดาษเพาะเป็นแถวเดียวตรงกลางกระดาษ เอาส่วนรากชี้ลง เพื่อให้รากงอกลงและยอดงอกขึ้น ปิดกระดาษเพาะแผ่นบนแล้ว พับกระดาษเพาะเป็น 3 ตอน วางพับกระดาษเพาะเอียง 45 องศา ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่มีด ที่อุณหภูมิ 25°ซ เมื่อครบ 5 วัน นำเฉพาะต้นอ่อนปกติ (normal seedling) มาวัดความยาวรากและยอดเป็น ซม. นำไปคำนวณหาค่าเฉลี่ยความยาวราก ยอด และความยาวรวมของต้นอ่อน

3.5.3.6 วิธีทดสอบอัตราการเจริญเติบโตของต้นอ่อน เพาะเมล็ดพันธุ์ซ้ำละ 25 เมล็ด จำนวน 3 ซ้ำโดยใช้กระดาษเพาะตามวิธีวัดความยาวยอดและราก ในข้อ 3.5.3.5 เพาะในที่มืด ที่อุณหภูมิ 25°ซ เมื่อครบ 7 วัน นำเฉพาะต้นอ่อนปกติ (normal seedling) ที่ตัดเอาเฉพาะลำต้นและรากต้นอ่อน ไปอบที่อุณหภูมิ 80°ซ เป็นระยะเวลา 24 ชม. แล้วชั่งน้ำหนักแห้งเป็นกรัม คำนวณน้ำหนัก

แห้งของดินอ่อนเป็นกรัมต่อดิน ตามวิธีที่ระบุไว้ในคู่มือการทดสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ของ ISTA (1983)

3.5.3.7 วิธีทดสอบค่าการนำไฟฟ้า ทำการสอบเทียบ (calibrate) เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า โดยใช้สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) 0.745 กรัม ละลายน้ำ 1 ลิตร จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 0.01M และค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายมาตรฐานคือ $1,273 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ที่อุณหภูมิ 20°C การเตรียมเมล็ดพันธุ์ นับเมล็ดพันธุ์จำนวน 25 และ 50 เมล็ดตามที่ระบุโดยวิธี AOSA (1983) และ ISTA (1995) ชั่งน้ำหนักเมล็ดพันธุ์ด้วยทศนิยม 2 ตำแหน่ง ทำการทดสอบตามขั้นตอนวิธีมาตรฐานที่ระบุโดย AOSA (1983) และ ISTA (1995) และกรรมวิธีเตรียมสารละลายที่แช่เมล็ดก่อนวัดค่าการนำไฟฟ้า 3 กรรมวิธี ดังนี้

1) การทดสอบค่าการนำไฟฟ้าตามวิธี AOSA (1983) แช่เมล็ดพันธุ์ ซ้ำละ 25 เมล็ด จำนวน 3 ซ้ำ ในน้ำปราศจากประจุ (de-ionization) 75 มล. ในบีกเกอร์ขนาด 150 ซีซี ที่อุณหภูมิ 20°C นาน 24 ชม. แล้วนำสารละลายที่แช่เมล็ดพันธุ์มาวัดค่าการนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 20°C ทันที

2) การทดสอบค่าการนำไฟฟ้าตามวิธี ISTA (1995) แช่เมล็ดพันธุ์ซ้ำละ 50 เมล็ด จำนวน 3 ซ้ำ ในน้ำปราศจากประจุ (de-ionization) 250 มล. ในบีกเกอร์ขนาด 600 ซีซี ที่อุณหภูมิ 20°C นาน 24 ชม. แล้ววัดค่าการนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 20°C ทันที

กรรมวิธีเตรียมสารละลายก่อนวัดค่าการนำไฟฟ้ามี 3 วิธี ดังนี้

- 1) วัดปกติ (control)
- 2) แกว่งบีกเกอร์ (swirl) 10 วินาที
- 3) คนด้วยแท่งแก้ว (stir) 10 วินาที
- 4) เทไปมาระหว่างบีกเกอร์ (pour) 2 อัน 5 ครั้ง

แต่ละกรรมวิธีวัดค่าที่ระดับอิเล็กโทรด ห่างจากเมล็ด 0.5 มม.

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ห้ำวเรียนส์ ของข้อมูล (analysis of variencie) โดยใช้โปรแกรม SPSS version 16 for window วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างผลการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ทุกวิธีการด้วยวิธีหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient; r)



Figure 3.2 Characteristics of rice seedlings classified for prenormal seedlings (PNS) of KDML 105 variety in the modified germination test. Seedling shoots are 0.2-1 cm long and primary roots are longer than 1.5 cm.



Figure 3.3 Characteristics of rice seedlings classified for prenatal seedlings (PNS) of RD 15 variety in the modified germination test. Seedling shoots are 0.2-1 cm long and primary roots are longer than 1.5 cm.

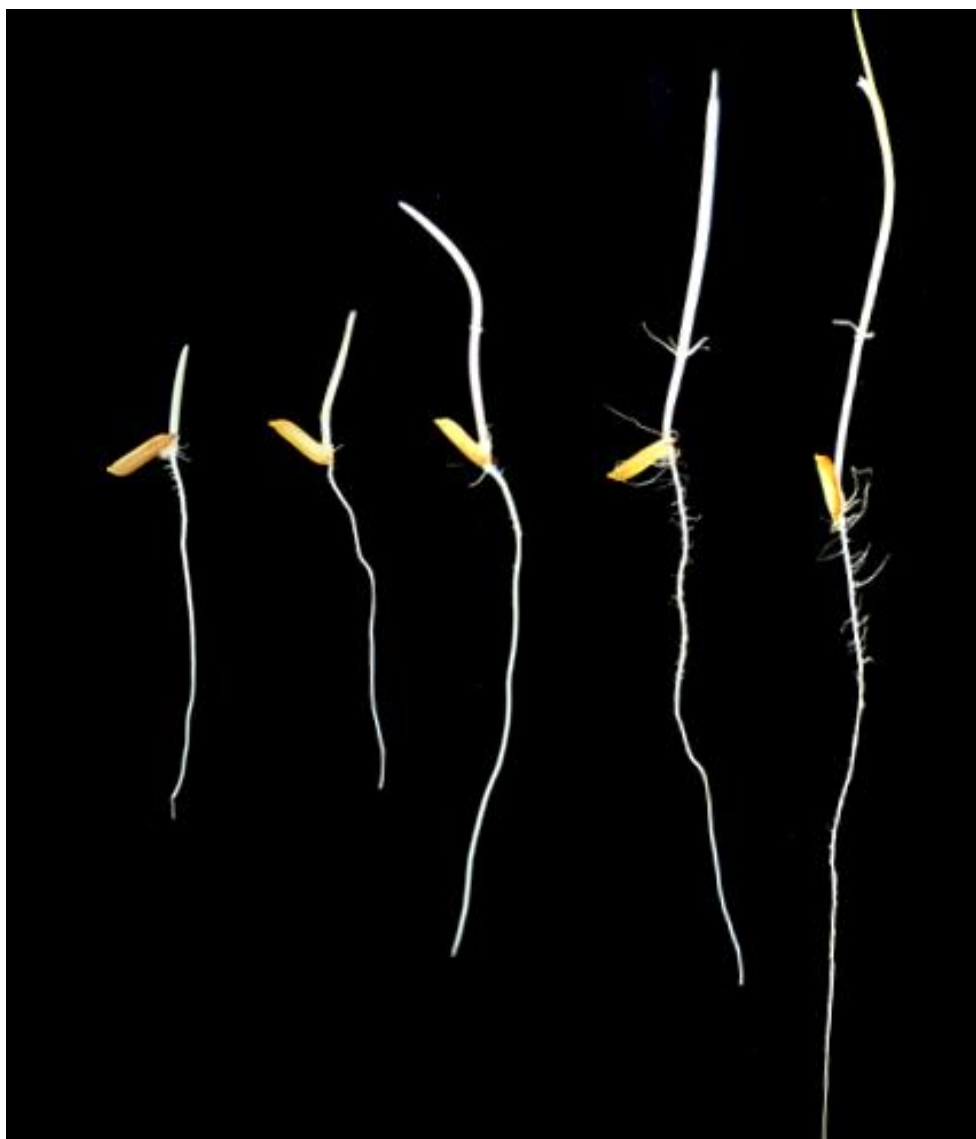


Figure 3.4 Characteristics of rice seedlings classified for normal seedlings (NS) of KDML 105 variety in the modified germination test. Seedling shoots and primary roots are longer than 1.0 and 2.0 cm, respectively.



Figure 3.5 Characteristics of rice seedlings classified for normal seedlings (PNS) of RD 15 variety in the modified germination test. Seedling shoots and primary roots are longer than 1.0 and 2.0 cm, respectively.

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

ด้วยมีงานวิจัยของ Chhetri (2009) ระบุว่าสภาพการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ที่ 44°ซ นาน 72 ชม. วิธีการวัดความยาวยอดต้นอ่อน และวิธีวัดค่าการนำไฟฟ้าโดยวิธี AOSA เป็นวิธีการทดสอบความแข็งแรงที่แม่นยำในเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ไทย การวิจัยครั้งนี้จึงสนใจที่จะศึกษาหาระยะเวลาเร่งอายุที่แม่นยำที่สุด สำหรับการเร่งอายุที่อุณหภูมิ 44°ซ และมีความเฉพาะเจาะจงสำหรับข้าวหอมมะลิ ซึ่งได้แก่ ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 ซึ่งมีมูลค่าการส่งออกสูงที่สุดของไทย นอกจากนี้ยังต้องการศึกษาเพื่อยืนยันว่าวิธีการวัดความยาวต้นอ่อน และวิธีวัดค่าการนำไฟฟ้าเป็นวิธีที่มีความแม่นยำในเมล็ดพันธุ์ดังกล่าว อีกทั้งศึกษาหาวิธีการอื่นๆ ที่มีประสิทธิภาพสูงเพื่อใช้เป็นวิธีทางเลือก หรือนำมาใช้ประเมินความแข็งแรงร่วมกันกับวิธีอื่นๆ

ทำการทดลองในเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 จำนวนพันธุ์ละ 30 ตัวอย่าง เมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ใช้ในการทดลองมีเปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐาน 68.00-69.67% และความงอกในแปลงปลูก ตั้งแต่ 50.40-91.20% ในขณะที่เมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ กข 15 ที่ใช้ในการทดลองมีเปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐาน 72.00-95.33% และความงอกในแปลงปลูก ตั้งแต่ 57.20-87.60% นำมาศึกษาหาวิธีการทดสอบความแข็งแรงทั้ง 3 ประเภท คือ การทดสอบในสภาพเครียด การทดสอบการเจริญเติบโตและประเมินต้นอ่อน และการทดสอบทางชีวเคมี รวม 7 วิธี และวิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์ (r) ระหว่างวิธีการทดสอบความแข็งแรงทุกวิธีการกับความงอกมาตรฐาน และความงอกในแปลงปลูก เพื่อหาวิธีการทดสอบความแข็งแรงที่มีประสิทธิภาพ

4.1 ผลการทดสอบความงอกมาตรฐานและความงอกในแปลงปลูกของเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15

ผลการทดสอบความงอกมาตรฐานและความงอกในแปลงปลูกของเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 แสดงไว้ใน ตารางที่ 4.1 พบว่าเมล็ดพันธุ์จำนวนทั้ง 30 ตัวอย่าง มีเปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐาน ตั้งแต่ 68.00-96.67% และมีความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ความงอกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐานทั้ง 30 ตัวอย่าง เท่ากับ 88.49% เมื่อนำเมล็ดพันธุ์ไปปลูกในสภาพแปลงปลูกพบว่าค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความงอกในแปลงมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) เช่นกัน และมีช่วงเปอร์เซ็นต์ความงอกในแปลงปลูก 50.40-91.20% โดยมีค่าเฉลี่ย 74.79%

ผลการทดสอบความงอกมาตรฐานและความงอกในแปลงปลูกของเมล็ดพันธุ์ข้าวในพันธุ์ กข 15 แสดงไว้ใน ตารางที่ 4.2 พบว่าเมล็ดพันธุ์จำนวนทั้ง 30 ตัวอย่าง มีเปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐาน ตั้งแต่ 62.67-95.33% ซึ่งมีความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ความงอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐานทั้ง 30 ตัวอย่าง เท่ากับ 84.64% เมื่อนำเมล็ดพันธุ์ไปปลูกในสภาพแปลงปลูกพบว่าค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความงอกในแปลงมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) เช่นกัน และมีช่วงเปอร์เซ็นต์ความงอกในแปลงปลูก 57.20-87.60% มีค่าเฉลี่ย 75.63%

สรุปได้ว่าตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ข้าวทั้งสองพันธุ์ที่นำมาใช้ทดลองมีคุณภาพแตกต่างกันทั้งในด้านเปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐานและความงอกในแปลงปลูก หรือมีความแข็งแรงต่างกัน จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐานและความงอกในแปลงปลูกของทั้ง 2 พันธุ์ พบว่าเปอร์เซ็นต์ความงอกในแปลงปลูกสูงกว่าค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐาน กล่าวคือมีความงอกในแปลงปลูกต่ำกว่าความงอกมาตรฐาน 13.7 และ 9.01% ในพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 และ กข 15 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาความงอกมาตรฐานและความงอกในแปลงปลูกของแต่ละตัวอย่างก็พบเช่นเดียวกันว่าส่วนใหญ่แล้ว เปอร์เซ็นต์ความงอกในแปลงปลูกจะต่ำกว่าความงอกมาตรฐาน จึงสรุปได้ว่าความงอกมาตรฐานนั้นไม่สามารถทำนายความงอกในแปลงปลูกได้ เนื่องจากความงอกมาตรฐานเป็นการทดสอบศักยภาพในการงอกของเมล็ดพันธุ์ในสภาพที่ให้ปัจจัยที่ในการงอกที่เหมาะสมมากที่สุด ส่วนเปอร์เซ็นต์ความงอกในแปลงปลูกจะขึ้นกับความแปรปรวนของสภาพแปลงปลูกและระดับความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ (ธวัชชัย ทิมชุนหะเถียร, 2554) สำหรับการทดลองในพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 พบว่าตัวอย่างที่ 2/80 มีความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐานและความงอกในแปลงปลูกสูงสุด คือ 25.5% (ตารางที่ 4.1) โดยมีความงอกมาตรฐาน 87.3% และความงอกในแปลงปลูก 61.80% สำหรับพันธุ์ กข 15 ตัวอย่างที่มีความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐานและความงอกในแปลงปลูกสูงสุด ได้แก่ ตัวอย่างที่ 12/17 และ 18/28 คือ 24.00% เท่ากัน (ตารางที่ 4.2) ตัวอย่างที่ 12/17 มีความงอกมาตรฐาน 92.00% ความงอกในแปลงปลูก 68.00% และตัวอย่างที่ 18/28 มีความงอกมาตรฐาน 92.00% ความงอกในแปลงปลูก 68.00%

เมื่อพิจารณาค่าความสัมพันธ์ของความงอกมาตรฐานกับความงอกในแปลงปลูกใน ตารางที่ 4.3 พบว่า ความงอกมาตรฐานมีความสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $r = 0.663^{**}$ และ 0.504^{**} ในพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 และ กข 15 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐานสามารถทำนายความงอกในแปลงปลูกได้เพียงระดับปานกลางเท่านั้น สาเหตุที่เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวสามารถทำนายความแข็งแรงได้ในระดับหนึ่งเพราะข้าวเป็นพืชมงคลพืช เมล็ดมีแป้งมากและมีเปลือกปกป้องส่วนต้นอ่อนภายใน ทำให้เสื่อมความงอกได้ช้าและเก็บรักษาได้นาน มักจะไม่มีปัญหาเรื่องความแข็งแรง ยกเว้นว่าจะเก็บไว้นาน

หรือสภาพแปลงปลูกแปรปรวนสูงมาก อย่างไรก็ตาม ค่าสหสัมพันธ์ของความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ได้จากการทดลองครั้งนี้ ยังไม่สูงพอที่จะใช้เป็นวิธีทดสอบความแข็งแรงที่มีประสิทธิภาพสูงได้

ดังนั้นในทางปฏิบัติเปอร์เซ็นต์ความงอกจะไม่สามารถทำนายเปอร์เซ็นต์ความงอกในแปลงปลูกจริงได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่มีความแปรปรวนสูง เช่น อุณหภูมิแปลงนาสูงหรือต่ำเกินไป ปริมาณความชื้นในดินต่ำ (หว่านสำรวย) มีฝนตกชุกในช่วงปลูกมาก ปลูกโดยวิธีขังน้ำท่วมแปลง (น่าน้ำตม) การเตรียมดินที่ไม่เหมาะสม เป็นต้น ความงอกจะยังมีความสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูกต่ำลงมาก (วันชัย จันทรประเสริฐ, 2533; วันชัย จันทรประเสริฐ และคณะ, 2539; วันชัย จันทรประเสริฐ และคณะ, 2543; มนัสชนก กองดิน, 2555; Baskin และคณะ (1993); Chea, 2006; Chhetri, 2009) Ali และคณะ (2003) แสดงให้เห็นว่าในเมล็ดพันธุ์ข้าวฟ่างที่เมื่อดินชื้นและเย็น ความงอกเฉลี่ยจะลดลงจากสภาพที่เหมาะสมจาก 86.5% เป็น 65.9% และความสัมพันธ์ของความงอกมาตรฐานกับความงอกในแปลงจะลดลงจาก $r = 0.825^{**}$ เป็น 0.501^{**} ด้วยเหตุนี้ จึงเป็นความสำคัญอย่างยิ่งที่จะต้องมีการทดสอบหาระดับความแข็งแรงก่อนที่ระดับความงอกมาตรฐานจะลดลงเพื่อใช้ทำนายความสามารถในการงอกในแปลงในสภาพแวดล้อมที่แปรปรวนหรือหลังจากเก็บรักษาเป็นระยะเวลาหนึ่งก่อนนำไปปลูก

4.2 ผลการศึกษาวิธีการทดสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ข้าว พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 โดยวิธีเร่งอายุ

วิธีเร่งอายุเมล็ดพันธุ์เป็นวิธีการทดสอบความแข็งแรงในสภาพเครียด (stress test) ทำการศึกษาสภาพการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ด้วยอุณหภูมิ 44°C ความชื้นสัมพัทธ์ 100% ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน คือ 64, 68, 72, 76 และ 80 ชม. ซึ่งระยะเวลาเร่งอายุห่างกันระหว่างแต่ละกรรมวิธีเพียง 4 ชม. ทั้งนี้เพื่อหาระยะเวลาเร่งอายุที่แม่นยำที่สุดในแต่ละพันธุ์ ที่อุณหภูมิ 44°C

เปอร์เซ็นต์ความงอกหลังเร่งอายุเร่งอายุ แสดงไว้ใน ตารางที่ 4.1 และ 4.2 ซึ่งพบว่าค่าเฉลี่ยความงอกหลังเร่งอายุของแต่ละสภาพ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ และความงอกเฉลี่ยหลังเร่งอายุเฉลี่ยของทุกะยะเวลามีค่าต่ำกว่าความงอกมาตรฐานเฉลี่ย ความงอกเฉลี่ยหลังเร่งอายุลดลงตามระยะเวลาเร่งอายุที่มากขึ้น ในพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 การเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ที่ 44°C 64 ชม. ให้ค่าเฉลี่ยความงอกหลังเร่งอายุสูงที่สุด คือ 83.20% และ 83.87% ตามลำดับ ในขณะที่การเร่งอายุที่ 44°C 80 ชม. ให้ค่าเฉลี่ยความงอกต่ำที่สุด คือ 70.31% และ 74.16% ตามลำดับ

สำหรับค่าความสัมพันธ์ของวิธีการเร่งอายุที่ระยะเวลาต่างๆ กัน กับความงอกในแปลงปลูก พบว่าในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 สภาพการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ที่ 44°C 72 ชม. และ 44°C 76 ชม. มีความสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูกสูงที่สุดและมีค่าใกล้เคียงกัน คือ $r = 0.887^{**}$ และ 0.886^{**} ตามลำดับ และในพันธุ์ กข 15 สภาพการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ที่ 44°C 80 ชม. มีความสัมพันธ์กับ

ความงอกในแปลงปลูกสูงที่สุดที่ $r = 0.913^{**}$ (ตารางที่ 4.3) สาเหตุที่ทำให้ระยะเวลาเร่งอายุในพันธุ์ กข 15 ที่เหมาะสม นานกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 อาจเนื่องมาจากพันธุ์ กข 15 มีความแข็งแรงของ เมล็ดพันธุ์สูงกว่า พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ทั้งนี้สังเกตได้จากขนาดของดินอ่อนและความเร็วในการ งอกในการทดสอบความงอกมาตรฐานของพันธุ์ กข 15 ที่โดยเด่นกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

ในกรณีของเมล็ดพันธุ์ข้าวที่เดิมนั้น Chhetri (2009) ได้แนะนำสภาพการเร่งอายุสำหรับ เมล็ดพันธุ์ข้าวรวมพันธุ์ (general recommendation) ที่ $44^{\circ}\text{ซ} 72 \text{ ชม.}$ ($r = 0.89^{**}$) นั้น และตาม วัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้ต้องการทราบระยะเวลาการเร่งอายุที่แม่นยำที่สุดสำหรับใช้กับ เมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 ที่ 44°ซ นั้น สามารถสรุปได้ว่าระยะเวลาที่แม่นยำ ที่สุดสำหรับข้าวแต่ละพันธุ์อาจแตกต่างกันไปได้ ขึ้นกับความแข็งแรงตามพื้นพันธุกรรมของพันธุ์ นั้นๆ ซึ่งควรทำการศึกษาเฉพาะเจาะจงสำหรับแต่ละพันธุ์โดยละเอียด สำหรับข้าวขาวดอกมะลิ 105 นั้น สามารถใช้ระยะเวลาเร่งอายุที่ 72 ชม. เช่นเดียวกับในข้าวทั่วๆ ไป แต่สำหรับพันธุ์ กข 15 จำเป็นต้องเพิ่มระยะเวลาเป็น 80 ชม. จึงจะมีความแม่นยำสูงที่สุด

วิธีเร่งอายุเมล็ดพันธุ์เป็นวิธีการทดสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ที่ได้รับความนิยมมาก ที่สุดเนื่องจากเป็นวิธีที่ไม่ซับซ้อน ประหยัด ไม่ต้องการความชำนาญพิเศษ มีความสัมพันธ์สูงกับ ความงอกในแปลงปลูกและอายุการเก็บรักษา อุณหภูมิและระยะเวลาเร่งอายุ จะเป็นไปตามชนิด เมล็ดพันธุ์ซึ่งสัมพันธ์กับอัตราการเสื่อมคุณภาพตามธรรมชาติของเมล็ดพืชชนิดนั้นๆ เมล็ดพืชชนิด ที่เสื่อมคุณภาพช้าเช่น เมล็ดข้าวโพด จะต้องใช้อุณหภูมิสูงและระยะเวลาเร่งอายุนานกว่าชนิดที่ เสื่อมคุณภาพเร็ว เช่น ถั่วเหลือง (AOSA, 1983; ISTA, 1995) อย่างไรก็ตาม แม้จะเป็นเมล็ดพืชชนิด เดียวกัน คู่มือการทดสอบความแข็งแรงต่างสถาบันแนะนำสภาพเร่งอายุที่แตกต่างกันไป เช่น กรณี เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองนั้น ISTA (1995) แนะนำให้เร่งอายุที่ $42^{\circ}\text{ซ} 72 \text{ ชั่วโมง}$ ในขณะที่ AOSA (1983) แนะนำไว้ที่ $41^{\circ}\text{ซ} 64 \text{ ชั่วโมง}$ ซึ่งสภาพที่แนะนำนี้อาจจะไม่เหมาะสมกับถั่วเหลืองบางพันธุ์ของไทย ในกรณีของถั่วเหลือง มนัสชนก กองดิน (2555) พบว่าสภาพการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ดีที่สุด ของพันธุ์ไทยคือ $41^{\circ}\text{ซ} 54 \text{ ชม.}$ ซึ่งให้สภาวะเครียดต่ำกว่าที่แนะนำโดย AOSA (1983) และ ISTA (1995) จึงมีความจำเป็นต้องศึกษาหาสภาพเร่งอายุที่เหมาะสมเฉพาะเจาะจงสำหรับแต่ละพืช พันธุ์หรือกลุ่มพันธุ์

Chhetri (2009) ได้แนะนำหลักการจัดอุณหภูมิและระยะเวลาเร่งอายุที่เหมาะสมว่า อุณหภูมิที่ใช้เร่งอายุไม่ควรจะสูงเกินไป เพราะจะทำให้เกิดความแปรปรวนต่อความงอกหลังเร่งอายุ มาก ส่วนระยะเวลาเร่งอายุหากมีระยะเวลาที่สั้นลงก็สามารถลดเวลาการประเมินได้ ทำให้ทราบผล การทดสอบเร็วขึ้น นอกจากนี้ระยะเวลาเร่งอายุควรพิจารณาให้เหมาะสมกับช่วงเวลาที่เหมาะสมกับ การทำงานประจำวัน กล่าวคือเวลาที่นำเข้าสู่เร่งอายุและสิ้นสุดเวลาเร่งอายุแล้วนำออกมาเพาะจน เสร็จควรอยู่ในช่วงเวลา 08.00-17.00 น. จึงจะสะดวกต่อการปฏิบัติ ดังนั้นสภาพเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 ที่ $44^{\circ}\text{ซ} 72 \text{ ชม.}$ และ $44^{\circ}\text{ซ} 80 \text{ ชม.}$ ที่ได้จากผลการทดลองนี้จึง

เป็นสภาพการเร่งอายุที่ลงตัวมากที่สุด กล่าวคือมีระยะเวลาการเร่งอายุที่ปฏิบัติงานได้สะดวก ระหว่างชั่วโมงทำงานประจำวัน (08.00-17.00 น.) และเนื่องจากใช้อุณหภูมิที่สูงถึง 44°C ทำให้มีระยะเวลาเร่งอายุสั้นลง จึงทราบผลการทดสอบเร็วขึ้น ตารางเวลาเร่งอายุที่เหมาะสมต่อเวลาปฏิบัติงานประจำวันได้แสดงไว้ใน ตารางภาคผนวกที่ 1 เช่น ระยะเวลาเร่งอายุ 80 ชม. ถ้านำเข้านำเข้าตู้เร่งอายุเวลา 16.00 น. จะครบเวลานำออกตู้เร่งอายุ 08.00 น. ของวันที่ 4

4.3 ผลการศึกษาวิธีการทดสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 โดยวิธีการทดสอบความงอกประยุกต์

วิธีการทดสอบความงอกประยุกต์เป็นวิธีที่ดัดแปลงจากวิธีทดสอบความงอกมาตรฐาน ที่อุณหภูมิ 25°C ในตู้เพาะที่ให้แสงวันละ 8 ชม. มาเป็นการทดสอบที่สภาพอุณหภูมิ 20, 25 และ 30°C ในตู้เพาะที่มีด และประเมินต้นอ่อนแบบต้นอ่อนปกติ (normal seedling) และแบบก่อนปกติ (prenormal seedling) ตามที่ระบุไว้ในภาพที่ 3.2-3.5 ที่ระยะเวลาการเพาะต่างๆ กันตั้งแต่ 2-10 วัน ขึ้นกับอุณหภูมิเพาะ วิธีนี้จึงเป็นการทดสอบโดยให้ความเครียดร่วมกับการจำแนกประเภทต้นอ่อน และความเร็วในการงอก

ผลการทดสอบความงอกประยุกต์ที่อุณหภูมิ 20°C แสดงไว้ในตารางที่ 4.4 และ 4.5 พบว่า ในพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เปอร์เซ็นต์ความงอกเฉลี่ยของทุกกรรมวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ยกเว้นวันที่ 6, 7 และ 8 วัน นับต้นอ่อนแบบต้นอ่อนปกติ ที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากที่อุณหภูมิ 20°C ระยะเวลาหลังเพาะ 6, 7 และ 8 วัน ต้นอ่อนงอกได้น้อยหรือยังไม่สามารถงอกได้ ส่วนเมล็ดข้าวพันธุ์ กข 15 มีแนวโน้มว่าจะงอกได้เร็วกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิที่อุณหภูมิ 20°C ที่ 6 และ 7 วัน ความงอกเฉลี่ยหลังเพาะทุกกรรมวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นที่ 6 วัน หลังเพาะที่นับต้นอ่อนแบบต้นอ่อนปกติ และทั้ง 2 พันธุ์ มีความงอกที่ 10 วัน ต่ำกว่าความงอกมาตรฐานมาก (79.16% เทียบกับ 88.49% ในพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ 74.10% เทียบกับ 84.64% ในพันธุ์ กข 15) จึงจะเห็นได้ว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวทั้ง 2 พันธุ์อ่อนไหวต่ออุณหภูมิ 20°C มีผลกระทบทำให้งอกช้าลง

ผลการทดสอบความงอกประยุกต์ที่อุณหภูมิ 25°C ที่ 3-7 วัน แสดงไว้ใน ตารางที่ 4.6-4.7 พบว่าในพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 ทุกกรรมวิธีให้เปอร์เซ็นต์ความงอกเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ยกเว้นที่ 3 วัน นับแบบต้นอ่อนปกติ ที่ยังไม่มีอาการงอกเกิดขึ้น และยังพบว่า พันธุ์ กข 15 สามารถงอกได้เร็วกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ 3 และ 4 วัน หลังเพาะ

ผลการทดสอบความงอกประยุกต์ที่อุณหภูมิ 30°C ที่ 2-5 วัน แสดงไว้ใน ตารางที่ 4.8-4.9 พบว่าที่ 30°C สามารถกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวทั้ง 2 พันธุ์ ให้งอกได้เร็วขึ้น โดยเฉพาะที่การนับแบบก่อนต้นอ่อนปกติ สามารถงอกได้ทั้งหมดในเวลา 3 วันหลังเพาะ (เร็วกว่าที่ 25°C 1 วัน)

ส่วนการนับแบบต้นอ่อนปกติ ต้นอ่อนจะงอกได้สูงสุดที่ 5 วัน (เร็วกว่าที่ 25°ซ 2 วัน) ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความงอกของทุกกรรมวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติในทุกกรรมวิธี ยกเว้นที่ 2 และ 3 วัน ที่นับต้นอ่อนแบบก่อนต้นอ่อนปกติ ในทั้งพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 และ กข 15 เพราะเมล็ดงอกได้น้อยมาก

เมื่อพิจารณาค่าสหสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์ความงอกที่อุณหภูมิ 20, 25 และ 30°ซ และวิธีการประเมินต้นอ่อนทั้ง 2 ประเภท ที่ 2-10 วันหลังเพาะขึ้นกับอุณหภูมิเพานั้น สรุปได้ว่าการทดสอบความงอกประยุกต์ที่ 20°ซ กรรมวิธีที่มีความสัมพันธ์สูงสุดกับความงอกในแปลงปลูก ในพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 คือการนับต้นอ่อนแบบก่อนต้นอ่อนปกติที่ 9 วันหลังเพาะ มีค่าความสัมพันธ์ที่ $r = 0.864^{**}$ สำหรับพันธุ์ กข 15 การนับต้นอ่อนแบบก่อนต้นอ่อนปกติที่ 8 วันหลังเพาะ มีค่าความสัมพันธ์ที่ $r = 0.738^{**}$ ส่วนผลการทดสอบความงอกประยุกต์ที่ 25°ซ พบว่าวิธีที่ได้ผลแม่นยำที่สุดคือการนับต้นอ่อนแบบต้นอ่อนปกติที่ 5 วัน มีค่า $r = 0.870^{**}$ และ 0.750^{**} ในพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 และ กข 15 ตามลำดับ ส่วนที่อุณหภูมิ 30°ซ พบว่ากรรมวิธีที่มีความแม่นยำที่สุดจะเร็วขึ้น 1 วัน คือเป็นการนับต้นอ่อนแบบต้นอ่อนปกติที่ 4 วัน มีค่าสหสัมพันธ์ 0.850^{**} และ 0.727^{**} ในพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 และ กข 15 ตามลำดับ ซึ่งทุกกรรมวิธีที่กล่าวมาข้างต้นมีประสิทธิภาพในการทดสอบความแข็งแรงสูงกว่าวิธีการทดสอบความงอกมาตรฐานมาก (ตารางที่ 4.10-4.12)

สรุปผลการทดสอบความงอกประยุกต์ที่มีความแม่นยำสูงที่สุดในการทดสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 และ กข 15 คือวิธีเพาะที่อุณหภูมิ 25°ซ 5 วัน ประเมินผลต้นอ่อนแบบต้นอ่อนปกติ

โดยทั่วไปแล้ว พืชในเขตหนาวสามารถงอกได้ดีที่อุณหภูมิต่ำกว่าพืชในเขตร้อน พืชป่า (wild species) สามารถงอกได้ในที่อุณหภูมิต่ำกว่าพืชปลูก (domesticated plants) (Hardegree, 2006) กล่าวว่า อุณหภูมิต่ำสุด (minimum temperature) อุณหภูมิสูงสุด (maximum temperature) และอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุด (optimum temperature) ที่เมล็ดจะงอกได้ขึ้นกับชนิดของพืช อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการงอกของเมล็ดพืชส่วนใหญ่จะอยู่ที่ 15-30°ซ และอุณหภูมิสูงสุดที่จะงอกได้อยู่ที่ 30-40°ซ Puteh และคณะ (2010) รายงานว่าเมล็ดข้าววัชพืชต่างพันธุ์กันตอบสนองต่ออุณหภูมิต่ำสุด สูงสุด และอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการงอกแตกต่างกันไป จากการศึกษาในเมล็ดพันธุ์ข้าว 15 พันธุ์ Tilebeni (2012) พบว่าอุณหภูมิที่เมล็ดข้าวงอกได้แตกต่างกันไปในแต่ละพันธุ์ ช่วงอุณหภูมิที่เมล็ดข้าวงอกได้ดีอยู่ในช่วง 20-33°ซ และเปอร์เซ็นต์ความงอกและความเร็วในการงอกลดลงที่อุณหภูมิ 16 และ 36°ซ และเมล็ดข้าวไม่สามารถงอกได้ที่อุณหภูมิ 12 และ 40°ซ อุณหภูมิที่เมล็ดข้าวงอกได้สูงสุดคือ 27 และ 30°ซ โดยเมล็ดจะงอกเร็วที่สุดที่ 30°ซ Tilebeni (2012) จึงสรุปว่าการศึกษาให้ทราบถึงอุณหภูมิที่เมล็ดข้าวแต่ละพันธุ์จะงอกได้สามารถใช้ทำนายเปอร์เซ็นต์ความงอกในเขตพื้นที่ที่มีอุณหภูมิไม่เหมาะสม

จากการทดลองประยุกต์ใช้การทดสอบความงอกที่อุณหภูมิ 20, 25 และ 30°ซ ในผู้เพาะที่ไม่ให้แสง มาเป็นวิธีทดสอบความแข็งแรง พบว่าเมล็ดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 มีความแตกต่างกันในการตอบสนองต่ออุณหภูมิดังกล่าว โดย พันธุ์ กข 15 มีความสามารถในการงอกรากอ่อนและยอดอ่อนได้เร็วกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 1 วัน โดยเฉพาะที่ 25 และ 30°ซ เมล็ดข้าวทั้ง 2 พันธุ์ อ่อนแอต่ออุณหภูมิต่ำ 20°ซ เมื่อเพาะได้ 10 วัน มีความงอกเฉลี่ยเพียง 50% เท่านั้น แต่สามารถใช้เป็นวิธีทดสอบความแข็งแรงได้ดี โดยนับประเมินต้นอ่อนแบบก่อนต้นอ่อนปกติ หลังเพาะ 9 วัน ($r = 0.864^{**}$) ในเมล็ดพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และนับต้นอ่อนแบบก่อนต้นอ่อนปกติที่ 8 วันหลังเพาะ ในพันธุ์ กข 15 มีค่าความสัมพันธ์ที่ $r = 0.738^{**}$ อย่างไรก็ตาม หากต้องการความแม่นยำสูงที่สุดควรใช้การทดสอบที่อุณหภูมิ 25°ซ นับต้นอ่อนแบบต้นอ่อนปกติ หลังเพาะ 5 วัน ($r = 0.870^{**}$ และ 0.750^{**} ในเมล็ดพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 ตามลำดับ) หากต้องการลดเวลาในการทดสอบลงเหลือ 4 วันสามารถทดสอบที่อุณหภูมิ 30°ซ นับต้นอ่อนแบบต้นอ่อนปกติ ($r = 0.850^{**}$ และ 0.727^{**} ในเมล็ดพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 ตามลำดับ)

วิธีการทดสอบความงอกประยุกต์ที่ 25°ซ นี้ สามารถใช้เป็นการทดสอบความแข็งแรงได้โดยมีค่าสหสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูกสูงกว่าวิธีทดสอบความงอกมาตรฐาน ($r = 0.663^{**}$ และ 0.504^{**} ในเมล็ดพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 ตามลำดับ) แม้จะเป็นการเพาะทดสอบที่อุณหภูมิ 25°ซ เช่นเดียวกัน ทั้งนี้เพาะการทดสอบในวิธีทดสอบความงอกประยุกต์ที่ 25°ซ นั้นทำการประเมินต้นอ่อนปกติที่ 5 วัน ซึ่งเท่ากับความงอกมาตรฐานที่ประเมินต้นอ่อนครั้งแรกที่ 5 วัน แต่การทดสอบความแข็งแรงโดยวิธีความงอกประยุกต์จะเป็นการเพาะในที่มืด ทำให้ต้นอ่อนไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ นอกจากนี้วิธีนี้เป็นวิธีที่ไม่ต้องใช้อุปกรณ์ใดๆ เพิ่ม เพียงแต่มีผู้เพาะความงอกที่ 25°ซ เท่านั้น และใช้เวลาเพียง 5 วัน จึงเป็นวิธีที่สะดวกและรวดเร็ว

สำหรับการทดสอบความแข็งแรงโดยเฉพาะทดสอบที่อุณหภูมิต่ำนั้น เป็นการทดสอบโดยให้สภาพเครียดจากอุณหภูมิต่ำและเหมาะสมกับพืชทั้งในเขตหนาวและร้อน โดยเรียกว่า วิธีการทดสอบความแข็งแรงในสภาพอากาศเย็น (cool test) ใช้อุณหภูมิ 18°ซ และเป็นวิธีที่ AOSA (1983) แนะนำให้ใช้ในเมล็ดพันธุ์ฝ้าย โดยใช้เวลาดทดสอบ 7 วีระพันธ์ ดวงจันทร์โชติ และ วันชัย จันทรประเสริฐ (2551) รายงานว่าในเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน วิธีการทดสอบในสภาพอากาศเย็นที่ 18°ซ สามารถใช้ทดสอบหาความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ความงอกในแปลงปลูกในช่วงปลูกที่มีอากาศหนาวเย็นของเดือนมกราคม มนัสชนก กองดิน (2555) รายงานประสิทธิภาพของวิธีนี้ในการทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองโดยใช้เวลาดทดสอบเพียง 2 วัน แต่ในกรณีของเมล็ดพันธุ์ข้าวซึ่งอ่อนไหวต่ออุณหภูมิต่ำ และผู้วิจัยได้ทำการทดสอบเบื้องต้นแล้วเมล็ดพันธุ์ข้าวไม่สามารถงอกได้ที่อุณหภูมิดังกล่าว (18°ซ) จึงต้องทำการวิจัยทดสอบการงอกที่อุณหภูมิ 20°ซ แทน และต้องใช้เวลาดทดสอบนานถึง 9 วัน สำหรับที่อุณหภูมิสูงกว่า 30°ซ ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบ

เบื้องต้นพบว่า ที่อุณหภูมิ 35°C เมล็ดพันธุ์ข้าวทั้ง 2 พันธุ์ ส่วนใหญ่เป็นต้นอ่อนผิดปกติและเมล็ดตาย และด้วยเหตุผลที่ การเพาะที่อุณหภูมิ 30°C นั้น เมล็ดพันธุ์ข้าวเริ่มงอกได้ตั้งแต่ 2 วัน ซึ่งเร็วมากแล้ว จึงไม่จำเป็นต้องทดสอบที่ 35 °C

4.4 ผลการศึกษาวิธีการทดสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 ในประเภท ของการทดสอบการเจริญเติบโตและประเมินผลต้นอ่อน

ผลการทดลองศึกษาหาวิธีทดสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ข้าวในประเภทการทดสอบการเจริญเติบโตและประเมินผลต้นอ่อน ซึ่งได้แก่ การวัดความยาวยอด ความยาวราก และความยาวรวมต้นอ่อน และการทดสอบการเจริญเติบโตของต้นอ่อน ได้รายงานไว้ในตารางที่ 4.13-4.15 ผลการทดลองพบว่า ค่าเฉลี่ยความยาวราก ยอด และความยาวรวมต้นอ่อน และน้ำหนักแห้งของต้นอ่อนของตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ในการทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในทั้งเมล็ดพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (ตารางที่ 4.13) และพันธุ์ กข 15 (ตารางที่ 4.14) ต้นอ่อนข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีความยาวเฉลี่ยราก ยอด และความยาวรวมต้นอ่อน 10.42, 4.17 และ 14.59 ซม. ตามลำดับ สำหรับต้นอ่อนพันธุ์ กข 15 มีความยาวเฉลี่ยราก ยอด และ ความยาวรวมต้นอ่อน 10.84, 5.12 และ 15.96 ซม. ตามลำดับ โดยพันธุ์ กข 15 มีความยาวเฉลี่ยของทั้ง ราก ยอด และความยาวรวมต้นอ่อนยาวกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 0.42, 0.95 และ 1.37 ซม. ตามลำดับ สำหรับน้ำหนักแห้งต้นอ่อนของต้นอ่อนพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 มีน้ำหนัก 7.18 และ 6.32 มก. ต่อต้น ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ต้นอ่อนพันธุ์ กข 15 มีน้ำหนักแห้งน้อยกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 0.86 กรัม/ต้น

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างวิธีการทดสอบความงอกในแปลงปลูกกับวิธีวัดความยาวต้นอ่อน ของเมล็ดพันธุ์ข้าวทั้ง 2 พันธุ์ มีทิศทางไปในทางเดียวกัน กล่าวคือ วิธีวัดความยาวรวม ความยาวยอด และ ความยาวรากต้นอ่อน มีความสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ และมีประสิทธิภาพในการทดสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์จากระดับ สูงที่สุดและรองลงมา ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพสูงกว่าวิธีทดสอบความงอกมาตรฐาน เมล็ดพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความงอกในแปลงปลูกกับความยาวรวม ความยาวยอด และรากต้นอ่อน เท่ากับ 0.809**, 0.804** และ 0.749** ตามลำดับ และเมล็ดพันธุ์ กข 15 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความงอกในแปลงปลูกกับความยาวรวม ความยาวยอด และรากต้นอ่อน เท่ากับ 0.876**, 0.718** และ 0.714** ตามลำดับ

ผลการศึกษาครั้งนี้เป็นยืนยันรายงานของ Chea (2006) และ Chhetri (2009) ที่รายงานก่อนหน้านี้ว่า ความยาวยอดมีความสัมพันธ์สูงกับความงอกในแปลงปลูกและใช้เป็นวิธีทดสอบความแข็งแรงในเมล็ดพันธุ์ข้าวได้ โดย Chea (2006) รายงานความสัมพันธ์นี้ในพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 อายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ 12 เดือน ในการปลูกแบบเมล็ดแห้งในนํ้าตาม ($r = 0.49^{**}$) และการ

ปลูกแบบหุ้มเมล็ดก่อนหว่านในนํ้าตาม (0.63**) ในขณะที่ Chhetri (2009) รายงานการทดลองในเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ชัยนาท 1 และ พิษณุโลก 1 ว่าวิธีวัดความยาวยอด มีความสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูกที่ $r = 0.75^{**}$ ในขณะที่ ความยาวรากและความยาวต้นอ่อน รวมมีความสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูก 0.56** และ 0.63** ตามลำดับ) ดังนั้นการทดลองในครั้งนี้และการทดลองดังกล่าวข้างต้น จึงพอจะเป็นการยืนยันได้ว่า ความยาวยอด หรือความยาวรวมต้นอ่อน มีความสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูก ขึ้นกับพันธุ์และอาจจะเนื่องจากสภาพความงอกในแปลงปลูกในขณะที่ทดสอบ และใช้เป็นวิธีการทดสอบความแข็งแรงในเมล็ดพันธุ์ข้าวได้ อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติน่าจะปรับใช้วิธีนี้ ให้มีความสะดวกและรวดเร็ว เพราะการวัดความยาวยอดใช้เวลามาก วิธีที่น่าจะปรับใช้โดยต้องมีการทดลองก่อนคือ การเพาะเมล็ดพันธุ์โดยวิธีเพาะบนกระดาษในจานแก้วหรือวางเอียงในกระป๋องเพาะ 45 องศา ในวิธีเพาะแบบม้วนกระดาษเพาะ เพื่อให้ยอดชี้ขึ้นและรากชี้ลง แล้วนับประเมินต้นอ่อนที่มีความยอดและรากที่แตกต่างกันโดยการแยกประเภทต้นอ่อนแทนการวัดความยาว ซึ่งวิธีนี้ สุนทรี ตั้งชูยัง (2555) รายงานไว้ใน การทดสอบเบื้องต้นว่าในเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดลูกผสม ที่จำแนกต้นอ่อนที่มียอดยาวตั้งแต่ 0.8 ซม. และรากยาวกว่า 3 ซม. หลังเพาะ 4 วัน มีความสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูกที่ $r = 0.826^{**}$

สำหรับวิธีวัดการเจริญเติบโตของต้นอ่อนแม้ว่าจะมีความสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพต่ำกว่าความงอกมาตรฐานมาก (ตารางที่ 4.15) ซึ่งผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Chea (2006) ที่พบว่าวิธีวัดการเจริญเติบโตของต้นอ่อนในพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่เก็บรักษามาแล้ว 12 เดือน มีความสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูกเพียง 0.53** และ Chhetri (2009) ที่พบความสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูกของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ชัยนาท 1 และ พิษณุโลก 1 เพียง 0.55** จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นวิธีทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าว ทั้งนี้เนื่องจากต้นกล้าของเมล็ดพันธุ์ข้าวมีขนาดเล็กมาก และมีน้ำหนักแห้งต่อต้นไม่มาก

4.5 ผลการศึกษาวิธีการทดสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 โดยวิธีวัดค่าการนำไฟฟ้า

วิธีการทดสอบค่าการนำไฟฟ้าเมล็ดพันธุ์เป็นวิธีการทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวทางชีวเคมีที่ให้ผลการทดสอบรวดเร็ว สามารถทราบผลการทดสอบได้ในเวลาเพียง 24 ชม. วิธีการที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ประกอบด้วยวิธีที่แนะนำโดย AOSA (1983) และ ISTA (1995) และเตรียมสารละลายก่อนวัดค่า 4 กรรมวิธี

ผลการทดลองปรากฏในตารางที่ 4.16 และ 4.17 ซึ่งพบว่าทุกกรรมวิธีตรวจพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าการนำไฟฟ้าของตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ทั้งสองพันธุ์ วิธีการ

เตรียมสารละลายก่อนการวัด 4 กรรมวิธี ได้แก่ วิธีควบคุม (ไม่มีการรบกวนสารละลายก่อนวัดค่า) การแกว่งปิกเกอร์ 10 วินาที การคนด้วยแท่งแก้ว 10 วินาที และการเทสารละลายไปมาระหว่างปิกเกอร์ 2 อัน 5 ครั้ง ตามวิธีของ AOSA วัดค่าการนำไฟฟ้าในพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ได้ 35.76, 36.41, 35.22 และ 35.64 $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ กข 15 วัดได้ 30.03, 29.74, 30.04 และ 30.94 $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าวิธีของ ISTA ซึ่งวัดในพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ได้ 12.39, 12.40, 12.57 และ 12.54 $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ กข 15 ได้ 10.57, 10.66, 10.70 และ 10.62 $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ ตามลำดับ การที่ค่าการนำไฟฟ้าระหว่างวิธีการทั้ง 2 แตกต่างกันอย่างมากระหว่างทั้ง 2 วิธีการใช้จำนวนเมล็ดพันธุ์และปริมาณน้ำปราศจากประจุที่ใช้แช่เมล็ดพันธุ์ต่างกันมาก จึงไม่สามารถนำค่าการนำไฟฟ้าทั้ง 2 วิธีการมาเปรียบเทียบกัน

ในกรณีของวิธี AOSA เมื่อนำค่าเฉลี่ยของค่าการนำไฟฟ้าของวิธีการเตรียมสารละลายก่อนวัดค่า 4 กรรมวิธี มาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ พบว่าค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยของทั้งวิธี ควบคุม แกว่งปิกเกอร์ 10 วินาที คนด้วยแท่งแก้ว 10 วินาที และเทไปมาระหว่างปิกเกอร์ 2 อัน 5 ครั้ง มีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยไม่ต่างกันทางสถิติ ทั้งในพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 และ กข 15 และไม่พบความแตกต่างทางสถิติเช่นเดียวกันกับวิธี ISTA (ตารางที่ 4.16-4.17) (ไม่ได้แสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติไว้ในตาราง) อย่างไรก็ตาม เมื่อวิเคราะห์หาค่าสหสัมพันธ์ของค่าการนำไฟฟ้าของกรรมวิธีเตรียมสารละลายก่อนวัดค่าทั้ง 4 กรรมวิธีพบว่ามีความสัมพันธ์แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย โดยที่วิธี AOSA มีความสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูกสูงกว่าวิธี ISTA

ในกรณีของพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 วิธีวัดค่าการนำไฟฟ้าที่ดีที่สุดได้แก่วิธี AOSA ที่คนสารละลาย 10 วินาทีก่อนวัดค่า ($r = -0.759^{**}$) รองลงมาได้แก่วิธี AOSA ที่ไม่มีการรบกวนสารละลายก่อนวัดค่า ($r = -0.752^{**}$) สำหรับพันธุ์ กข 15 วิธีที่ดีที่สุดได้แก่วิธี AOSA ที่ไม่มีการรบกวนสารละลายก่อนวัดค่า ($r = -0.821^{**}$) และวิธีที่รองลงมาได้แก่วิธี AOSA คนสารละลาย 10 วินาทีก่อนวัดค่า ($r = -0.814^{**}$)

ตามทฤษฎีของการเสื่อมคุณภาพเมล็ดพันธุ์ การสูญเสียสภาพของเมมเบรนทำให้เกิดการรั่วไหลของสารละลายออกจากเซลล์มากขึ้น เป็นอาการเสื่อมที่เกิดขึ้นเป็นลำดับแรก (McDonald, 1999; AOSA, 1983) ดังนั้นในทางทฤษฎี วิธีวัดค่าการนำไฟฟ้าที่รั่วไหลจากเมล็ด จึงควรเป็นวิธีทดสอบความแข็งแรงที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด เพราะสามารถตรวจจับการเสื่อมของเมล็ดพันธุ์ได้เร็วที่สุด นอกจากนี้การทดสอบยังใช้เวลาสั้นเพียง 24 ชม. วิธีการไม่ซับซ้อน และเครื่องมือมีราคาไม่สูงมากนัก ผลการทดลองที่สนับสนุนทฤษฎีนี้ได้แก่ การทดลองของ Chhetri (2009) ในเมล็ดพันธุ์ข้าว ซึ่งวิธีวัดค่าการนำไฟฟ้าตามวิธี AOSA (1983) มีประสิทธิภาพสูงกว่าวิธีเร่งอายุในการทดสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ของไทย 60 ตัวอย่าง มีความสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูก -0.86^{**} และซึ่งใกล้เคียงกับวิธีเร่งอายุ ($r = 0.89^{**}$) ในทางตรงข้าม Chea (2006) รายงานค่าความสัมพันธ์ของค่า

การนำไฟฟ้าของเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ ไร่เพียง -0.34^{**} และการทดลองส่วนใหญ่ในเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพบว่าวิธีวัดค่าการนำไฟฟ้ามีประสิทธิภาพในการประเมินความมีชีวิต (viability) แต่ยังคงความแม่นยำในการตรวจสอบความแข็งแรง (มนัสชนก กองดิน, 2556; เชิดชาย วั่งคำ, 2542; อารมย์ ศรีพิจิตต์, 2544; Marwanto, 2004)

ในการทดลองครั้งนี้ พบว่าวิธีวัดค่าการนำไฟฟ้า ตามวิธี AOSA (1983) สามารถทำนายความงอกในแปลงปลูกของเมล็ดพันธุ์ข้าว ทั้ง 2 พันธุ์ได้ ในระดับที่ดีและดีกว่าความงอกมาตรฐาน และค่าระหว่างวิธีการเตรียมสารละลายก่อนวัดค่าทั้ง 4 กรรมวิธี มีค่าใกล้เคียงกันมา จึงไม่จำเป็นต้องทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของอิเล็กโทรไลต์ (electrolyte) ที่อาจจะตกตะกอน ก่อนวัดค่า อย่างไรก็ตามในเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง มนัสชนก กองดิน (2556) พบว่าวิธีวัดค่าการนำไฟฟ้ามีประสิทธิภาพในระดับเดียวกับความงอกมาตรฐานเท่านั้น ซึ่งเป็นวิธีการของ ISTA (1995) และต้องทดสอบสารละลายไปมาระหว่างบีกเกอร์ให้ตะกอนฟุ้งกระจายก่อนวัดค่าการนำไฟฟ้าด้วย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องมีการทดลองระหว่างวิธี AOSA (1983) และ ISTA (1981) รวมทั้งวิธีการเตรียมสารละลายก่อนวัดค่าที่เฉพาะเจาะจงกับเมล็ดพันธุ์แต่ละชนิด

ความสับสนของวิธีวัดค่าการนำไฟฟ้าเกิดขึ้นเมื่อคู่มือการทดสอบความแข็งแรงของ AOSA (1983), ISTA (1981) และ ISTA (1995) กำหนดวิธีการทดสอบที่ต่างกันไปได้แก่ จำนวนเมล็ดและปริมาณน้ำที่ใช้ และวิธีการเตรียมสารละลาย (วิธีการกวนสารละลายก่อนการวัด) การทดลองครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบกรรมวิธีเหล่านี้ในเมล็ดพันธุ์ข้าว ผลการทดลองสรุปได้ชัดเจนว่าวิธีการของ AOSA (1983) และ ISTA (1995) วัดค่าการนำไฟฟ้าได้ต่างกันเนื่องจากใช้จำนวนเมล็ดและปริมาณน้ำต่างกันมาก แต่วิธีการเตรียมสารละลายทั้ง 4 กรรมวิธีคือ วิธีควบคุม แกว่ง 10 วินาที คนด้วยแท่งแก้ว 10 วินาที และเทไปมาระหว่างบีกเกอร์ 5 ครั้ง วัดค่าได้ไม่แตกต่างกันในแต่ละวิธีการ แม้วิธีคนด้วยแท่งแก้ว และวิธีควบคุม ให้ค่าความสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูกสูงที่สุด โดยวิธีของ AOSA (1983) มีความสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูกสูงกว่าวิธี ISTA (1995) จึงสรุปได้ในเมล็ดพันธุ์ข้าวไม่มีความจำเป็นต้องเตรียมสารละลายก่อนวัดค่า เพียงแต่จุ่มหัววัดให้อยู่ต่ำกว่าระดับน้ำและใกล้เมล็ดมากที่สุดแต่ไม่สัมผัสเมล็ด และให้วัดในระดับความลึกเดียวกับทุกตัวอย่าง อย่างไรก็ตามวิธีการวัดค่าการนำไฟฟ้าให้ผลรวดเร็วใน 24 ชม. และวิธีการไม่ซับซ้อนจึงควรใช้เป็นวิธีทางเลือกหรือเสริมวิธีอื่น ๆ และศึกษาเพิ่มเติมให้เกิดความแม่นยำมากขึ้นต่อไป

ในกรณีของวิธีวัดค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองนั้น Loeffler และคณะ (1988) ได้ศึกษาถึงปัจจัยที่ก่อให้เกิดความแปรปรวนของผลการทดสอบและรายงานว่าปัจจัยที่มีผลต่อความแปรปรวนของการทดสอบคือ ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ อุณหภูมิที่แช่และวัดค่าเมล็ดพันธุ์ ความ

เสียหายของเมล็ดจากการแตกร้าวและโรค จำนวนเมล็ดที่ใช้ในการทดสอบ โรคที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ และสารเคมีคลุกเมล็ดพันธุ์ การรักษาคูณหุมิในขณะแช่และวัดค่าจะต้องรักษาไว้ให้คงที่ 20°C

4.6 ตารางสรุปผล

ตารางสรุปรวมค่าความสัมพันธ์ของทุกวิธีการทดสอบความแข็งแรง 4 วิธี รวม 45 กรรมวิธี ของเมล็ดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 แสดงไว้ใน ตารางที่ 4.19 จะเห็นได้ว่า ค่าสหสัมพันธ์ที่ดีที่สุดของวิธีการทดสอบความแข็งแรงทุกวิธีการ มีประสิทธิภาพสูงกว่าวิธีการทดสอบความงอกมาตรฐาน และส่วนใหญ่เป็นกรรมวิธีเดียวกัน ในพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 ยกเว้นวิธีเร่งอายุเมล็ดพันธุ์และ วิธีการทดสอบความงอกประยุกต์ที่อุณหภูมิ 20°C ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเฉพาะเจาะจงของกรรมวิธีกับพันธุ์ข้าว

4.7 ปัญหาความแปรปรวนของการทดสอบความแข็งแรง

โดยธรรมชาติของการทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ นั้น ผลการทดสอบจะมีความแปรปรวนระหว่าง ข้า ผู้ทดสอบ และห้องปฏิบัติการในระดับสูง เนื่องมาจากการทดสอบมีการให้ความเครียดแก่เมล็ดพันธุ์ระหว่างการทดสอบ การควบคุมสภาพการทดสอบให้สม่ำเสมอทำได้ยาก การทดสอบต้องการเครื่องมือที่เฉพาะเจาะจงและวิธีการมีความละเอียดอ่อน นอกจากนี้สภาพที่ใช้ในการทดสอบที่เหมาะสมผันแปรไปตามชนิดพืชและพันธุ์อีกด้วย ดังนั้น สถาบันที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดมาตรฐานการทดสอบคุณภาพเมล็ด เช่น AOSA และ ISTA จึงจัดทำวิธีการทดสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์เป็นเพียงคู่มือ (handbook) การทดสอบความแข็งแรง หรือวิธีแนะนำเท่านั้น ไม่ระบุเป็นวิธีมาตรฐาน ผู้ปฏิบัติสามารถทดลองปรับประยุกต์วิธีการไปใช้ให้มีความเหมาะสมและแม่นยำกับพืช พันธุ์ และความสะดวกของห้องปฏิบัติการของตนเองได้

ในการทดลองนี้ เพื่อให้เกิดความแปรปรวนในผลการทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์น้อยที่สุด ผู้วิจัยได้จัดสภาพ วัสดุ อุปกรณ์ ให้สม่ำเสมอและเหมือนกันทุกครั้ง เช่น อุณหภูมิการทดสอบ ระยะเวลาตั้งอุณหภูมิ (set up time) ของตู้ควบคุมอุณหภูมิ ชนิดของกระดาดเพาะ ปริมาณความชื้นในกระดาดเพาะ การคลุกยาเคมีเมล็ดพันธุ์ก่อนทดสอบ และอัตรา ชนิดและรุ่นเครื่องมือและอุปกรณ์ สำหรับระยะเวลาการทดสอบและระยะเวลาการประเมินที่กำหนดเป็นวัน จะกำหนดให้ครบรอบ 24 ชม. พอดี หรือให้บวกลบได้ไม่เกิน 1-2 ชม. เช่นการประเมินความงอกมาตรฐานหลังเร่งอายุ ที่ 7 วัน การประเมินความงอกประยุกต์ที่ 25°C 5 วัน การวัดค่าการนำไฟฟ้า ที่ 20°C 24 ชม. นั้นจะต้องนับต้นอ่อนเมื่อครบรอบ 24 ชม. พอดี หากมีตัวอย่างจำนวนมาก ไม่สามารถประเมินได้ทัน ได้ทยอยเพาะห่างกันเป็นช่วง ๆ หรือหากจำเป็นได้นำตัวอย่างที่รอการประเมินเข้าห้องเย็น $5-10^{\circ}\text{C}$ และทำการประเมินโดยเร็วที่สุด นอกจากนี้ในกรณีที่ควบคุมอุณหภูมิการทดสอบจะใช้ช่วงพิสัยความแตกต่างไม่เกิน บวกลบ 0.5°C ตัวอย่างของการตั้งอุณหภูมิตู้เร่งอายุเมล็ดพันธุ์ให้ถึง

ระดับอุณหภูมิที่ต้องการในระยะเวลาที่สั้นที่สุด (set up time) และเป็นช่วงเวลาที่อุณหภูมิในตู้เร่งอายุเข้าสู่สภาวะคงที่ตลอดการทดลอง ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ซึ่งเมื่ออุณหภูมิคงที่แล้วจึงเริ่มจับเวลาเริ่มต้นการเร่งอายุ

ในการทดลองนี้ พบว่ามีความแปรปรวนสูงในการทดสอบความงอกในแปลงปลูกมาก เนื่องจากไม่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมของแปลงปลูกได้ เช่น สภาพอากาศ ปริมาณการให้น้ำ ในกรณีที่มิจำนวนตัวอย่างเมล็ดพันธุ์มาก ไม่สามารถปลูกทั้ง 3 ซ้ำ ของทุกกรรมวิธีในแปลงได้ในวันเดียวกัน ทำให้ต้องปลูกห่างกันหลายวัน อุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนไปในแต่ละซ้ำ ทำให้ความเร็วในการงอกของต้นอ่อนแตกต่างกัน การกำหนดวันนับต้นอ่อนเท่ากัน เช่น 12 วัน ก็อาจได้เปอร์เซ็นต์ความงอกที่แปรปรวนได้ รวมทั้งการให้น้ำจะต้องให้ปริมาณที่เท่ากันในทุกซ้ำ เมล็ดที่มีความแข็งแรงต่ำถึงปานกลางจะให้ผลที่แปรปรวนสูงกว่าเมล็ดที่มีความงอกและความแข็งแรงสูง

ตามทฤษฎีแล้ว วิธีการทดสอบความแข็งแรงที่ดีจะต้องมีค่าความสัมพันธ์ (correlation coefficient) สูง ที่มีนัยสำคัญทางสถิติกับความงอกในแปลงปลูก (AOSA, 1983) ในการทดลองนี้มีข้อสังเกตว่า ผลการทดสอบความงอกในแปลงปลูกระหว่างซ้ำมีความแปรปรวนสูง เมื่อทำซ้ำก็จะได้ผลแปรปรวนอีกเช่นกัน ทำให้ค่าสหสัมพันธ์เปลี่ยนแปลง และนำผลการทดลองที่ทดสอบความงอกในแปลงปลูกคนละครั้งมาวิเคราะห์ร่วมกัน (ถือเป็นคนละซ้ำ) ไม่ได้ ต้องทำการทดสอบซ้ำหลายครั้ง จนในที่สุดต้องทำการทดสอบความงอกในแปลงแบบเพาะในถาดแทนการลงแปลงพร้อมกันทุกซ้ำ ใช้ดินปลูกและควบคุมการให้น้ำเท่ากันทุกกระถาง

นอกจากนี้ยังพบว่าวิธีการหาค่าความสัมพันธ์ของวิธีการทดสอบความแข็งแรงกับความงอกในแปลงปลูกนั้น จะให้ค่าความสัมพันธ์ (r) สูง และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เฉพาะในกรณีที่ตัวอย่างมีความแตกต่างของระดับความแข็งแรง ตั้งแต่ระดับ ต่ำ กลาง และสูง กล่าวคือมีความแตกต่างของหน่วยทดลองมาก และมีจำนวนตัวอย่างมากพอ เท่านั้น หากตัวอย่างมีความแตกต่างไม่มากพอ มักจะไม่พบค่าความสัมพันธ์ เช่น กรณีที่ใช้เมล็ดพันธุ์ที่มีความงอกสูง 80-90% จะไม่พบความสัมพันธ์ของวิธีการทดสอบความแข็งแรงที่ศึกษากับค่าความงอกในแปลงปลูก อย่างไรก็ตาม วัตถุประสงค์ของการทดลองและการประกันคุณภาพต้องการวิธีการทดสอบความแข็งแรงที่สามารถแยกแยะตัวอย่างที่มีความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ในระดับสูงออกเป็นหลายระดับที่ความแข็งแรงแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ซึ่งวิธีทางสถิติของสหสัมพันธ์ไม่สามารถทำได้ จึงเป็นการยากที่จะหาวิธีการทดสอบความแข็งแรงในลักษณะดังกล่าวได้

เพื่อหลีกเลี่ยงการใช้วิธีหาค่าสหสัมพันธ์ นักวิจัยควรจะหาวิธีการทดสอบความแข็งแรงที่ผลการทดสอบมีความเสถียรสูง ทำซ้ำได้เหมือนเดิม แม้ผู้ทดสอบเป็นคนละคน มาเป็นวิธีมาตรฐาน เพื่อหาค่าความสัมพันธ์กับวิธีที่ทดลองแทนวิธีทดสอบความงอกในแปลงปลูก ยกตัวอย่าง การจำลองสภาพแปลงที่เป็นวิธีมาตรฐาน อาจจะควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นของอากาศ ความชื้น วัสดุ

เพาะหรือวัสดุปลูก เช่น การปรับความชื้นของการงอกโดยใช้สารโพลีเอทิลีน ไกลคอล (polyethelene glycol)

นอกจากปัญหาของความแปรปรวนของผลการทดสอบแล้ว ยังพบว่าค่าสหสัมพันธ์ของวิธีการทดสอบความแข็งแรงกับความงอกในแปลงปลูกแปรผันไปตามสภาพแวดล้อมแปลงปลูก ทำให้ไม่สามารถยืนยันผลระหว่างฤดูหรือปี เช่น Wilson Jr. และคณะ (1992) พบว่าในการศึกษาหาวิธีทดสอบความแข็งแรงทดสอบความแข็งแรง 9 วิธีการ เป็นเวลา 2 ปี กับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน นั้น วิธีการที่พบว่าดีที่สุดในปี ค.ศ.1988 และ1989 เป็นวิธีวัดค่าการนำไฟฟ้าเมล็ดพันธุ์ ($r = -0.62^{**}$) และวิธีเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ ($r = 0.87^{**}$) ตามลำดับ ซึ่งเป็นคนละวิธีกัน จึงได้เสนอวิธีการให้นำวิธีที่มีศักยภาพในการทำนายความงอกในแปลงปลูกมาประเมินร่วมกัน มากกว่าการใช้วิธีใดวิธีหนึ่ง จากการทดลองของ Chea (2006) ชี้ชัดว่าความแม่นยำของการทำนายความงอกในแปลงปลูกของวิธีการทดสอบความแข็งแรงต่างๆ ของเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 นั้น มีความไม่แน่นอน มีความผันแปรไปตามอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ สภาพแปลงเพาะกล้า และวิธีเขตกรรมของการเพาะกล้า



Table 4.1 Field emergence test, standard germination test and 5 conditions of accelerated aging test of 30 seed lots of KDML 105, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence.

Lot No.	FE (%)	SG (%)	Accelerated Aging Conditions				
			44 °C	44 °C	44 °C	44 °C	44 °C
			64 hrs	68 hrs	72 hrs	76 hrs	80 hrs
			(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
19/33	91.20 ^{a 1/}	90.67 ^{a-d}	92.67 ^{a-c}	89.33 ^a	88.00 ^a	86.00 ^a	82.67 ^a
16/11	88.20 ^{a-b}	89.33 ^{a-d}	96.67 ^a	88.67 ^{a-b}	86.00 ^{a-b}	84.67 ^{a-b}	82.00 ^{a-b}
1/3	86.20 ^{a-c}	86.00 ^{b-d}	86.67 ^{d-f}	90.00 ^a	85.33 ^{a-c}	82.67 ^{a-c}	76.00 ^{c-d}
2/106	85.00 ^{a-d}	92.67 ^{a-d}	82.67 ^{e-h}	86.00 ^{a-d}	86.67 ^a	84.00 ^{a-b}	82.67 ^a
1/8	83.60 ^{a-d}	88.00 ^{a-d}	88.00 ^{c-e}	85.33 ^{a-e}	81.33 ^{b-d}	81.33 ^{a-d}	80.67 ^{a-c}
2/123	83.00 ^{a-d}	91.33 ^{a-d}	96.67 ^a	90.00 ^a	86.00 ^{a-b}	86.00 ^a	86.00 ^a
2/65	81.60 ^{a-d}	90.67 ^{a-d}	87.33 ^{c-f}	82.00 ^{d-g}	78.67 ^{d-e}	78.67 ^{c-f}	74.67 ^{d-f}
14/7	81.20 ^{a-d}	90.00 ^{a-d}	93.33 ^{a-b}	83.33 ^{c-f}	80.00 ^{c-d}	80.00 ^{b-f}	76.00 ^{c-d}
19/31	80.80 ^{a-d}	90.67 ^{a-d}	84.00 ^{e-h}	80.67 ^{e-h}	81.33 ^{b-d}	80.67 ^{b-e}	74.67 ^{d-f}
2/93	80.60 ^{a-e}	90.67 ^{a-d}	85.33 ^{d-g}	80.67 ^{e-h}	80.67 ^{b-d}	76.67 ^{d-g}	72.00 ^{d-f}
11/28	80.00 ^{a-e}	93.33 ^{a-d}	84.00 ^{e-h}	82.67 ^{c-g}	80.67 ^{b-d}	80.00 ^{b-f}	74.67 ^{d-f}
1/7	79.40 ^{a-e}	90.00 ^{a-d}	87.33 ^{c-f}	76.00 ^{h-i}	72.00 ^{f-h}	70.00 ^{i-k}	71.33 ^{d-f}
2/61	77.20 ^{a-f}	96.67 ^a	94.00 ^{a-b}	82.00 ^{d-g}	80.67 ^{b-d}	81.33 ^{a-d}	77.33 ^{b-d}
2/85	76.20 ^{a-g}	90.67 ^{a-d}	83.33 ^{e-h}	76.00 ^{h-i}	72.67 ^{f-h}	69.33 ^{i-k}	69.33 ^{e-g}
14/9	76.20 ^{a-g}	86.67 ^{a-d}	82.00 ^{f-h}	78.00 ^{g-i}	76.67 ^{d-f}	76.00 ^{e-g}	74.00 ^{d-f}
2/136	75.80 ^{a-g}	88.67 ^{a-d}	90.67 ^{b-d}	82.00 ^{d-g}	79.33 ^{d-e}	77.33 ^{d-f}	76.00 ^{c-d}
2/46	74.80 ^{a-g}	87.33 ^{a-d}	84.00 ^{e-h}	83.33 ^{c-f}	80.00 ^{c-d}	78.67 ^{c-f}	74.00 ^{d-f}
2/50	73.80 ^{a-g}	95.33 ^{a-b}	82.00 ^{e-h}	80.00 ^{f-h}	78.67 ^{d-e}	78.00 ^{c-f}	76.00 ^{c-d}
2/128	73.40 ^{a-g}	90.67 ^{a-d}	88.00 ^{c-e}	87.33 ^{a-c}	78.67 ^{d-e}	75.33 ^{f-h}	72.00 ^{d-f}
2/108	72.40 ^{a-g}	95.33 ^{a-b}	83.33 ^{e-h}	81.33 ^{d-g}	74.00 ^{e-g}	71.33 ^{h-j}	65.33 ^{g-h}
2/87	71.60 ^{b-g}	92.00 ^{a-d}	80.00 ^{g-i}	79.33 ^{f-h}	70.67 ^{d-h}	69.33 ^{i-k}	68.67 ^{f-g}
16/8	70.00 ^{b-g}	94.00 ^{a-c}	85.33 ^{d-g}	80.67 ^{e-h}	79.33 ^{d-e}	77.33 ^{d-f}	75.33 ^{c-e}
5/13	69.20 ^{b-g}	87.33 ^{a-d}	87.33 ^{c-f}	84.00 ^{b-f}	81.33 ^{b-d}	81.33 ^{a-d}	72.67 ^{d-f}
2/86	68.80 ^{c-g}	88.00 ^{a-d}	74.00 ^{j-k}	73.33 ^{i-j}	78.67 ^{d-e}	72.67 ^{g-i}	61.33 ^{h-i}

Table 4.1 Field emergence test, standard germination test and 5 conditions of accelerated aging test of 30 seed lots of KDML 105 rice variety, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence (continued).

Lot No.	FE (%)	SG (%)	Accelerated Aging Conditions				
			44 °C	44 °C	44 °C	44 °C	44 °C
			64 hrs	68 hrs	72 hrs	76 hrs	80 hrs
			(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
2/82	67.60 ^{c-h}	84.67 ^{c-d}	76.00 ^{i-k}	76.00 ^{h-i}	74.00 ^{e-g}	66.67 ^k	62.67 ^{h-i}
2/77	66.20 ^{d-h}	83.33 ^d	72.00 ^k	70.00 ^{j-k}	68.67 ^{h-i}	68.00 ^{j-k}	46.67 ^{k-l}
2/80	61.80 ^{e-h}	87.33 ^{a-d}	78.67 ^{h-j}	78.00 ^{g-i}	62.00 ^{j-k}	62.00 ^l	59.33 ⁱ
2/83	59.80 ^{f-h}	83.33 ^d	63.33 ^{l-m}	68.67 ^{k-l}	59.33 ^k	52.00 ^m	42.00 ^l
2/97	57.60 ^{g-h}	72.00 ^e	66.67 ^{l-u}	64.67 ^l	64.67 ^{i-j}	48.67 ^m	53.33 ^j
2/79	50.40 ^h	68.00 ^e	60.67 ^m	60.00 ^m	53.33 ^l	51.33 ^m	50.00 ^{j-k}
Mean	74.79	88.49	83.20	79.98	76.64	74.24	70.31
F test	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	16.41	5.6	3.51	3.35	3.69	3.38	4.40

^{l/} = 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 4.2 Field emergence test, standard germination test and 5 conditions of accelerated aging test of 30 seed lots of RD 15 rice variety, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence.

Lot No.	FE (%)	SG (%)	Accelerated Aging Conditions				
			44 °C	44 °C	44 °C	44 °C	44 °C
			64 hrs (%)	68 hrs (%)	72 hrs (%)	76 hrs (%)	80 hrs (%)
10/38	87.60 ^{a 1/}	90.00 ^{a-f}	86.00 ^{c-f}	86.00 ^{c-f}	87.33 ^{a-c}	87.33 ^{a-c}	82.67 ^{a-b}
12/37	86.60 ^{a-b}	82.67 ^{e-h}	90.67 ^{a-b}	90.67 ^{a-b}	88.00 ^{a-b}	86.00 ^{a-e}	80.67 ^{a-d}
12/6	86.20 ^{a-b}	92.67 ^{a-d}	90.67 ^{a-b}	90.67 ^{a-b}	88.67 ^{a-b}	86.67 ^{a-d}	81.33 ^{a-c}
10/56	85.60 ^{a-b}	92.67 ^{a-d}	87.33 ^{a-c}	87.33 ^{a-c}	89.33 ^{a-b}	89.33 ^a	86.67 ^a
10/35	83.80 ^{a-c}	95.33 ^a	86.67 ^{b-f}	86.67 ^{b-f}	89.33 ^{a-b}	88.67 ^{a-b}	82.00 ^{a-c}
18/27	83.20 ^{a-c}	94.67 ^{a-b}	88.67 ^{a-d}	88.67 ^{a-d}	83.33 ^{b-g}	86.00 ^{a-e}	80.00 ^{a-e}
12/10	82.20 ^{a-c}	90.00 ^{a-f}	81.33 ^{g-h}	81.33 ^{g-h}	86.67 ^{a-d}	84.00 ^{b-g}	79.33 ^{a-f}
10/42	81.60 ^{a-d}	90.67 ^{a-f}	86.00 ^{c-f}	86.00 ^{c-f}	84.00 ^{a-g}	85.33 ^{a-f}	78.67 ^{a-g}
12/4	81.20 ^{a-d}	92.67 ^{a-d}	88.00 ^{a-d}	88.00 ^{a-d}	85.33 ^{a-e}	85.33 ^{a-f}	77.33 ^{a-h}
18/23	80.40 ^{a-e}	86.00 ^{b-h}	90.67 ^{a-b}	90.67 ^{a-b}	86.67 ^{a-d}	86.00 ^{a-e}	77.33 ^{a-h}
18/22	80.40 ^{a-e}	85.33 ^{c-h}	88.67 ^{a-d}	88.67 ^{a-d}	90.00 ^a	86.33 ^a	82.00 ^{a-c}
18/45	79.40 ^{a-e}	86.00 ^{b-h}	85.33 ^{d-g}	85.33 ^{d-g}	84.00 ^{a-g}	85.33 ^{a-f}	81.33 ^{a-c}
12/16	78.00 ^{a-e}	84.00 ^{c-h}	84.67 ^{d-h}	84.67 ^{d-h}	87.33 ^{a-c}	82.00 ^{d-i}	73.33 ^{b-i}
12/1	77.80 ^{a-e}	93.33 ^{a-c}	88.00 ^{a-d}	88.00 ^{a-d}	84.67 ^{a-f}	80.00 ^{g-k}	74.00 ^{b-i}
8/50	77.20 ^{a-e}	62.67 ^j	73.33 ^{i-j}	73.33 ^{i-j}	79.33 ^{f-i}	77.33 ^{i-l}	72.67 ^{c-i}
8/28	76.60 ^{a-e}	76.67 ^{h-i}	91.33 ^a	91.33 ^a	81.33 ^{d-i}	84.00 ^{b-g}	68.67 ^{h-j}
8/45	75.20 ^{a-f}	79.33 ^{g-i}	80.67 ^h	80.67 ^h	78.67 ^{g-i}	85.33 ^{a-f}	75.33 ^{b-i}
8/36	73.60 ^{a-f}	83.33 ^{d-h}	85.33 ^{d-g}	85.33 ^{d-g}	76.67 ^{h-i}	82.67 ^{c-h}	74.67 ^{b-i}
8/30	72.60 ^{a-f}	76.67 ^{h-i}	82.67 ^{f-h}	82.67 ^{f-h}	80.00 ^{e-i}	78.67 ^{h-l}	75.33 ^{b-i}
8/35	71.60 ^{a-f}	86.67 ^{a-g}	86.67 ^{b-f}	86.67 ^{b-f}	87.33 ^{a-c}	80.67 ^{f-j}	70.67 ^{e-j}
10/46	71.40 ^{a-f}	80.00 ^{g-r}	81.33 ^{g-h}	81.33 ^{g-h}	80.00 ^{e-i}	74.67 ^{l-m}	67.33 ^{i-j}
8/31	71.40 ^{a-f}	78.00 ^{g-i}	88.00 ^{a-d}	88.00 ^{a-d}	84.00 ^{a-g}	75.33 ^{k-m}	69.33 ^{g-j}
18/31	69.00 ^{a-f}	91.33 ^{a-e}	69.33 ^k	69.33 ^k	71.33 ^{j-k}	76.67 ^{j-l}	68.67 ^{h-j}
12/17	68.00 ^{a-e}	92.00 ^{a-d}	88.67 ^{a-d}	88.67 ^{a-d}	89.33 ^{a-b}	86.00 ^{a-e}	70.00 ^{f-j}

Table 4.2 Field emergence test, standard germination test and 5 conditions of accelerated aging test of 30 seed lots of RD 15 rice variety, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence (continued).

Lot No.	FE (%)	SG (%)	Accelerated Aging Conditions				
			44 °C	44 °C	44 °C	44 °C	44 °C
			64 hrs	68 hrs	72 hrs	76 hrs	80 hrs
			(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
18/28	68.0 a-e	92.00 ^{a-d}	76.67 ⁱ	76.67 ⁱ	76.00 ^{h-i}	81.33 ^{e-j}	68.67 ^{h-j}
12/29	66.40 ^{a-d}	84.67 ^{c-h}	83.33 ^{e-h}	83.33 ^{e-h}	82.00 ^{c-h}	82.00 ^{d-i}	71.33 ^{d-i}
10/48	65.20 ^{a-d}	82.00 ^{f-h}	80.67 ^h	80.67 ^h	78.67 ^{g-i}	82.67 ^{c-h}	68.00 ^{h-j}
8/29	62.80 ^{a-c}	77.33 ^{g-i}	90.00 ^{a-c}	90.00 ^{a-c}	86.00 ^{a-d}	78.00 ^{h-l}	61.33 ^{j-k}
10/60	62.00 ^{a-b}	72.00 ⁱ	70.00 ^{j-k}	70.00 ^{j-k}	79.33 ^{f-i}	72.00 ^m	68.00 ^{h-j}
10/51	57.20 ^a	77.33 ^{g-i}	65.33 ^l	65.33 ^l	66.67 ^{j-k}	60.00 ⁿ	58.00 ^k
Mean	75.63	84.64	83.87	83.04	81.78	77.27	74.16
F test	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	16.00	5.60	2.60	3.64	3.05	3.32	6.69

^{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 4.3 Correlation coefficients (r) of standard germination test, field emergence test and 5 conditions of accelerated aging test of 30 seed lots of KDML 105 and RD 15 rice varieties.

Tests	44°C 64 hrs	44°C 68 hrs	44°C 72 hrs	44°C 76 hrs	44°C 80 hrs	SG	FE
KDML 105							
44°C 64 hrs	1.000	0.894**	0.829**	0.874**	0.898**	0.709**	0.839**
44°C 68 hrs		1.000	0.881**	0.903**	0.877**	0.709**	0.854**
44°C 72 hrs			1.000	0.953**	0.887**	0.672**	0.887**
44°C 76 hrs				1.000	0.906**	0.721**	0.886**
44°C 80 hrs					1.000	0.661**	0.866**
SG						1.000	0.663**
FE							1.000
RD 15							
44°C 64 hrs	1.000	0.819**	0.747**	0.416**	0.497**	0.482**	0.583**
44°C 68 hrs		1.000	0.760**	0.521**	0.634**	0.467**	0.641**
44°C 72 hrs			1.000	0.739**	0.806**	0.585**	0.763**
44°C 76 hrs				1.000	0.848**	0.628**	0.737**
44°C 80 hrs					1.000	0.545**	0.913**
SG						1.000	0.504**
FE							1.000

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

Table 4.4 Standard germination test and modified germination test at 20°C and 6-10 day seedling counts of normal and prenormal seedlings of 30 seed lots of KDML 105 rice variety, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence.

Lot No.	FE (%)	SG (%)	6 Days		7 Days		8 Days		9 Days		10 Days	
			NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)
19/33	91.20 ^{a1/}	90.67 ^{a-d}	0.00 ^a	68.00 ^a	0.00 ^b	96.66 ^a	19.33 ^{a-b}	96.66 ^a	62.00 ^a	98.00 ^a	65.00 ^{a-b}	98.00 ^a
16/11	88.20 ^{a-b}	89.33 ^{a-d}	0.00 ^a	47.33 ^{a-d}	0.00 ^b	78.00 ^{b-c}	14.00 ^{a-b}	86.66 ^{a-d}	54.66 ^{a-c}	88.66 ^{a-b}	60.00 ^{a-c}	90.66 ^{a-b}
1/3	86.20 ^{a-c}	86.00 ^{b-d}	0.00 ^a	48.66 ^{a-d}	0.00 ^b	70.00 ^{b-e}	18.66 ^{a-b}	74.66 ^{b-g}	52.66 ^{a-c}	78.66 ^{b-d}	58.66 ^{a-c}	79.33 ^{b-e}
2/106	85.00 ^{a-d}	92.67 ^{a-d}	0.00 ^a	9.33 ^{g-i}	0.00 ^b	63.33 ^{c-e}	7.33 ^{a-b}	79.33 ^{b-e}	49.33 ^{a-c}	86.00 ^{a-c}	59.00 ^{a-c}	91.33 ^{a-b}
1/8	83.60 ^{a-d}	88.00 ^{a-d}	0.00 ^a	33.33 ^{c-g}	0.00 ^b	64.00 ^{b-e}	11.33 ^{a-b}	76.66 ^{b-f}	38.66 ^{a-e}	78.66 ^{b-d}	47.00 ^{b-d}	79.33 ^{b-e}
2/123	83.00 ^{a-d}	91.33 ^{a-d}	0.00 ^a	34.00 ^{b-g}	0.66 ^{a-b}	76.66 ^{b-d}	8.00 ^{a-b}	84.00 ^{a-d}	52.00 ^{a-c}	87.33 ^{a-c}	62.33 ^{a-c}	87.33 ^{a-e}
2/65	81.60 ^{a-d}	90.67 ^{a-d}	0.00 ^a	41.33 ^{b-e}	0.00 ^b	82.66 ^{a-b}	15.33 ^{a-b}	89.33 ^{a-b}	52.00 ^{a-c}	90.00 ^{a-b}	62.33 ^{a-c}	90.00 ^{a-c}
14/7	81.20 ^{a-d}	90.00 ^{a-d}	0.00 ^a	35.33 ^{b-f}	0.00 ^b	78.00 ^{b-c}	16.66 ^{a-b}	82.00 ^{b-e}	52.66 ^{a-c}	86.00 ^{a-c}	61.66 ^{a-c}	86.00 ^{b-e}
19/31	80.80 ^{a-d}	90.67 ^{a-d}	0.00 ^a	33.33 ^{b-g}	0.00 ^b	77.33 ^{b-c}	16.00 ^{a-b}	84.66 ^{a-d}	66.00 ^a	87.33 ^{a-c}	74.33 ^a	88.00 ^{a-e}
2/93	80.60 ^{a-e}	90.67 ^{a-d}	0.00 ^a	14.66 ^{f-i}	0.66 ^{a-b}	64.66 ^{b-e}	18.66 ^{a-b}	74.00 ^{b-g}	47.33 ^{a-c}	76.66 ^{b-e}	58.66 ^{a-c}	78.00 ^{c-e}
11/28	80.00 ^{a-e}	93.33 ^{a-d}	0.00 ^a	49.33 ^{a-d}	0.00 ^b	80.66 ^{a-c}	14.66 ^{a-b}	87.33 ^{a-c}	42.66 ^{a-e}	88.66 ^{a-b}	54.33 ^{a-c}	88.66 ^{a-c}
1/7	79.40 ^{a-e}	90.00 ^{a-d}	0.00 ^a	24.00 ^{d-i}	0.00 ^b	58.00 ^{d-f}	10.00 ^{a-b}	68.00 ^{c-g}	40.66 ^{a-e}	74.66 ^{c-e}	51.33 ^{a-c}	75.33 ^{e-g}
2/61	77.20 ^{a-f}	96.67 ^a	0.00 ^a	46.00 ^{a-d}	1.33 ^a	67.33 ^{b-e}	12.66 ^{a-b}	76.66 ^{b-f}	56.00 ^{a-b}	80.66 ^{b-d}	64.33 ^{a-c}	80.66 ^{b-e}
2/85	76.20 ^{a-g}	90.67 ^{a-d}	0.00 ^a	13.33 ^{f-i}	0.00 ^b	41.33 ^{f-h}	4.00 ^{a-b}	63.33 ^{f-h}	31.33 ^{a-e}	74.00 ^{c-e}	45.33 ^{b-e}	75.33 ^{e-g}
14/9	76.20 ^{a-g}	86.67 ^{a-d}	0.00 ^a	51.33 ^{a-c}	0.00 ^b	70.66 ^{b-e}	14.66 ^{a-b}	79.33 ^{b-e}	37.33 ^{a-e}	80.00 ^{b-d}	48.33 ^{b-d}	80.66 ^{b-e}
2/136	75.80 ^{a-g}	88.67 ^{a-d}	0.00 ^a	26.00 ^{c-h}	0.00 ^b	66.66 ^{b-e}	9.33 ^{a-b}	78.00 ^{b-f}	36.00 ^{a-e}	82.66 ^{b-d}	47.33 ^{b-d}	85.33 ^{b-e}
2/46	74.80 ^{a-g}	87.33 ^{a-d}	0.00 ^a	58.00 ^{a-b}	0.00 ^b	76.00 ^{b-d}	24.00 ^a	82.00 ^{b-e}	59.33 ^{a-b}	84.00 ^{b-d}	64.66 ^{a-b}	84.66 ^{b-e}
2/50	73.80 ^{a-g}	95.33 ^{a-b}	0.00 ^a	48.66 ^{a-d}	0.66 ^{a-b}	71.33 ^{b-e}	14.66 ^{a-b}	77.33 ^{b-f}	48.00 ^{a-c}	79.33 ^{b-d}	56.00 ^{a-c}	79.33 ^{b-e}

Table 4.4 Standard germination test and modified germination test at 20°C and 6-10 day seedling counts of normal and prenormal seedlings of 30 seed lots of KDML 105 rice variety, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence (continued).

Lot No.	FE (%)	SG (%)	6 Days		7 Days		8 Days		9 Days		10 Days	
			NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)
2/128	73.40 ^{a-g}	90.67 ^{a-d}	0.00 ^a	26.00 ^{c-h}	0.66 ^{a-b}	66.66 ^{b-c}	12.66 ^{a-b}	78.66 ^{b-e}	49.33 ^{a-c}	81.33 ^{b-d}	61.66 ^{a-c}	81.33 ^{b-e}
2/108	72.40 ^{a-g}	95.33 ^{a-b}	0.00 ^a	8.00 ^{h-i}	0.00 ^b	37.33 ^{g-h}	0.66 ^b	61.33 ^{g-h}	25.33 ^{c-f}	70.66 ^{d-e}	41.00 ^{b-f}	75.33 ^{c-g}
2/87	71.60 ^{b-g}	92.00 ^{a-d}	0.00 ^a	26.00 ^{c-h}	0.00 ^b	53.33 ^{c-g}	14.00 ^{a-b}	71.33 ^{d-g}	48.66 ^{a-c}	74.66 ^{c-e}	57.33 ^{a-c}	76.00 ^{d-f}
16/8	70.00 ^{b-g}	94.00 ^{a-c}	0.00 ^a	48.00 ^{a-d}	0.00 ^b	71.33 ^{b-e}	8.66 ^{a-b}	78.66 ^{b-e}	47.33 ^{a-c}	84.66 ^{b-c}	58.66 ^{a-c}	84.66 ^{b-e}
5/13	69.20 ^{b-g}	87.33 ^{a-d}	0.00 ^a	50.00 ^{a-c}	0.00 ^b	76.00 ^{b-d}	19.33 ^{a-b}	78.00 ^{b-f}	40.00 ^{a-e}	79.33 ^{b-d}	51.33 ^{a-c}	80.00 ^{b-e}
2/86	68.80 ^{c-g}	88.00 ^{a-d}	0.00 ^a	17.33 ^{e-i}	0.00 ^b	53.33 ^{c-g}	10.00 ^{a-b}	72.66 ^{c-g}	62.00 ^a	82.66 ^{b-d}	75.00 ^a	82.66 ^{b-e}
2/82	67.60 ^{c-h}	84.67 ^{c-d}	0.00 ^a	4.00 ^{h-i}	0.00 ^b	26.00 ^{h-i}	0.66 ^b	52.00 ^{h-i}	14.00 ^{d-f}	64.00 ^{e-f}	26.66 ^{d-h}	75.33 ^{c-g}
2/77	66.20 ^{d-h}	83.33 ^d	0.00 ^a	2.66 ^{h-i}	0.00 ^b	10.00 ^{i-j}	0.66 ^b	38.00 ^j	10.00 ^{e-f}	55.33 ^{f-g}	23.00 ^{d-h}	60.00 ^{h-i}
2/80	61.80 ^{e-h}	87.33 ^{a-d}	0.00 ^a	2.66 ^{h-i}	0.00 ^b	15.33 ^{i-j}	0.00 ^b	42.00 ^{i-j}	10.00 ^{e-f}	54.00 ^{f-g}	20.66 ^{f-h}	66.00 ^{f-h}
2/83	59.80 ^{f-h}	83.33 ^d	0.00 ^a	0.00 ⁱ	0.00 ^b	16.66 ^{i-j}	0.00 ^b	39.33 ^{i-j}	2.00 ^f	51.33 ^{g-h}	16.33 ^{g-h}	61.33 ^h
2/97	57.60 ^{g-h}	72.00 ^e	0.00 ^a	5.33 ^{h-i}	0.00 ^b	27.33 ^{h-i}	2.66 ^{a-b}	50.00 ^{h-j}	31.33 ^{b-e}	57.33 ^{f-g}	38.66 ^{c-g}	64.00 ^{g-h}
2/79	50.40 ^h	68.00 ^e	0.00 ^a	0.00 ⁱ	0.00 ^b	9.33 ^j	0.00 ^b	21.33 ^k	0.00 ^f	40.00 ^h	3.33 ^h	50.00 ⁱ
Mean	74.79	88.49	0.00	29.07	0.13	58.11	10.62	70.78	40.62	76.56	50.48	79.16
F test	**	**	Ns	**	ns	**	ns	**	**	**	**	**
C.V.	16.41	5.6	0.00	44.62	44.76	16.56	104.42	10.88	37.28	9.11	25.47	7.93
(%)												

^{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, respectively.

Table 4.5 Standard germination test and modified germination test at 20°C and 6-10 day seedling counts of normal and prenatal seedlings of 30 seed lots of RD 15 rice variety, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence.

Lot No.	FE (%)	SG (%)	6 Days		7 Days		8 Days		9 Days		10 Days	
			NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)
10/38	87.60 ^{a 1/}	90.00 ^{a-f}	0.00 ^a	48.67 ^{b-h}	0.00 ^b	72.00 ^{a-c}	12.67 ^{c-j}	80.00 ^{a-c}	50.67 ^{a-f}	81.33 ^{a-b}	59.33 ^{a-c}	81.33 ^{a-c}
12/37	86.60 ^{a-b}	82.67 ^{c-h}	0.00 ^a	55.33 ^{a-c}	0.67 ^b	74.00 ^{a-c}	15.33 ^{c-i}	82.00 ^{a-b}	44.00 ^{a-h}	83.33 ^{a-b}	54.67 ^{a-c}	83.33 ^{a-c}
12/6	86.20 ^{a-b}	92.67 ^{a-d}	0.00 ^a	53.33 ^{a-f}	1.33 ^b	74.00 ^{a-c}	10.67 ^{f-j}	83.33 ^a	54.67 ^{a-d}	83.33 ^{a-b}	60.67 ^{a-c}	83.33 ^{a-c}
10/56	85.60 ^{a-b}	92.67 ^{a-d}	0.00 ^a	38.00 ^{g-i}	0.00 ^b	63.33 ^{b-f}	10.00 ^{g-k}	82.67 ^{a-b}	36.00 ^{c-i}	84.00 ^a	46.64 ^{b-f}	87.33 ^a
10/35	83.80 ^{a-c}	95.33 ^a	0.00 ^a	38.67 ^{f-i}	0.00 ^b	66.67 ^{a-f}	12.00 ^{d-j}	75.33 ^{a-e}	48.67 ^{a-g}	78.67 ^{a-c}	56.00 ^{a-e}	78.67 ^{a-e}
18/27	83.20 ^{a-c}	94.67 ^{a-b}	0.00 ^a	51.33 ^{a-g}	1.33 ^b	72.00 ^{a-c}	18.00 ^{a-h}	79.33 ^{a-c}	58.00 ^{a-c}	80.67 ^{a-b}	62.67 ^{a-b}	81.33 ^{a-c}
12/10	82.20 ^{a-c}	90.00 ^{a-f}	0.00 ^a	36.00 ^{h-i}	0.00 ^b	69.33 ^{a-d}	11.33 ^{c-j}	84.00 ^a	46.00 ^{a-g}	84.67 ^a	62.67 ^{a-b}	86.00 ^{a-b}
10/42	81.60 ^{a-d}	90.67 ^{a-f}	0.00 ^a	38.00 ^{g-i}	1.33 ^b	62.00 ^{b-f}	10.00 ^{g-k}	76.67 ^{a-e}	41.33 ^{b-i}	78.00 ^{a-d}	54.00 ^{a-e}	78.00 ^{a-f}
12/4	81.20 ^{a-d}	92.67 ^{a-d}	0.00 ^a	50.00 ^{a-h}	1.33 ^b	71.33 ^{a-c}	22.00 ^{a-e}	76.67 ^{a-e}	53.33 ^{a-e}	77.33 ^{a-d}	58.67 ^{a-d}	77.33 ^{a-f}
18/23	80.40 ^{a-e}	86.00 ^{b-h}	0.00 ^a	55.33 ^{a-e}	0.00 ^b	75.33 ^{a-b}	21.33 ^{a-f}	78.67 ^{a-c}	52.67 ^{a-e}	78.67 ^{a-c}	58.67 ^{a-d}	79.33 ^{a-d}
18/22	80.40 ^{a-e}	85.33 ^{c-h}	0.00 ^a	54.00 ^{a-e}	0.67 ^b	79.33 ^a	23.33 ^{a-c}	82.67 ^{a-b}	60.67 ^a	83.33 ^{a-b}	65.33 ^a	84.00 ^{a-b}
18/45	79.40 ^{a-e}	86.00 ^{b-h}	0.00 ^a	58.00 ^{a-c}	4.00 ^a	74.00 ^{a-c}	26.67 ^{a-b}	77.33 ^{a-e}	58.67 ^{a-b}	78.00 ^{a-d}	59.33 ^{a-c}	79.33 ^{a-d}
12/16	78.00 ^{a-e}	84.00 ^{c-h}	0.00 ^a	20.00 ^{j-k}	0.00 ^b	42.67 ^{i-j}	6.00 ^{i-k}	59.33 ^{h-j}	26.67 ^{h-j}	66.67 ^{c-f}	38.67 ^{c-f}	66.67 ^{d-h}
12/1	77.80 ^{a-e}	93.33 ^{a-c}	0.00 ^a	38.00 ^{g-i}	0.00 ^b	71.33 ^{a-c}	22.00 ^{a-e}	82.67 ^{a-b}	56.67 ^{a-c}	84.00 ^a	62.00 ^{a-b}	84.67 ^{a-b}
8/50	77.20 ^{a-e}	62.67 ^j	0.00 ^a	44.00 ^{c-i}	1.33 ^b	58.00 ^{d-g}	17.33 ^{a-h}	74.67 ^{a-f}	38.00 ^{d-i}	75.33 ^{a-d}	42.67 ^{c-f}	75.33 ^{a-f}
8/28	76.60 ^{a-e}	76.67 ^{h-i}	0.00 ^a	38.67 ^{f-i}	0.00 ^b	54.67 ^{f-i}	19.33 ^{a-g}	72.00 ^{a-g}	42.67 ^{a-h}	74.00 ^{a-d}	45.33 ^{b-f}	74.00 ^{a-f}
8/45	75.20 ^{a-f}	79.33 ^{g-i}	0.00 ^a	50.00 ^{a-h}	0.00 ^b	68.67 ^{a-e}	20.67 ^{a-g}	74.00 ^{a-g}	43.33 ^{a-h}	77.33 ^{a-d}	50.67 ^{a-f}	77.33 ^{a-f}
8/36	73.60 ^{a-f}	83.33 ^{d-h}	0.00 ^a	41.33 ^{c-i}	0.67 ^b	60.67 ^{c-g}	16.00 ^{b-i}	65.33 ^{d-i}	40.00 ^{c-i}	65.33 ^{d-f}	42.67 ^{c-f}	65.33 ^{f-h}

Table 4.5 Standard germination test and modified germination test at 20°C and 6-10 day seedling counts of normal and prenatal seedlings of 30 seed lots of RD 15 rice variety, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence (continued).

Lot No.	FE (%)	SG (%)	6 Days		7 Days		8 Days		9 Days		10 Days	
			NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)
8/30	72.60 ^{a-f}	76.67 ^{h-i}	0.00 ^a	50.67 ^{a-h}	4.67 ^a	56.00 ^{c-h}	27.33 ^a	70.00 ^{b-h}	46.67 ^{a-g}	70.00 ^{b-c}	48.67 ^{a-f}	70.00 ^{c-g}
8/35	71.60 ^{a-f}	86.67 ^{a-g}	0.00 ^a	42.67 ^{d-i}	0.67 ^b	57.33 ^{d-g}	16.67 ^{a-i}	71.33 ^{a-h}	31.33 ^{g-j}	76.67 ^{a-d}	34.00 ^{f-g}	76.67 ^{a-f}
10/46	71.40 ^{a-f}	80.00 ^{g-r}	0.00 ^a	18.00 ^k	0.00 ^b	37.33 ^j	4.67 ^{j-k}	68.00 ^{c-h}	24.00 ^{i-k}	74.67 ^{a-d}	34.67 ^{f-g}	78.67 ^{a-c}
8/31	71.40 ^{a-f}	78.00 ^{g-i}	0.00 ^a	59.33 ^{a-b}	1.33 ^b	78.00 ^a	18.67 ^{a-g}	78.00 ^{a-d}	51.33 ^{a-f}	80.67 ^{a-b}	60.67 ^{a-c}	80.67 ^{a-c}
18/31	69.00 ^{a-f}	91.33 ^{a-e}	0.00 ^a	2.67 ^l	0.00 ^b	16.67 ^k	0.00 ^k	50.67 ^j	9.33 ^{k-l}	56.67 ^f	18.67 ^{g-h}	56.67 ^h
12/17	68.00 ^{a-e}	92.00 ^{a-d}	0.00 ^a	56.67 ^{a-d}	0.00 ^b	73.33 ^{a-c}	10.67 ^{f-j}	73.33 ^{a-g}	50.67 ^{a-f}	76.00 ^{a-d}	58.67 ^{a-d}	76.00 ^{a-f}
18/28	68.0 ^{a-e}	92.00 ^{a-d}	0.00 ^a	33.33 ^{i-j}	0.00 ^b	54.67 ^{f-i}	20.00 ^{a-g}	64.67 ^{e-i}	47.33 ^{a-g}	71.33 ^{a-e}	56.00 ^{a-e}	73.33 ^{b-g}
12/29	66.40 ^{a-d}	84.67 ^{c-h}	0.00 ^a	31.33 ^{i-k}	0.00 ^b	61.33 ^{c-f}	6.00 ^{i-k}	61.33 ^{g-j}	47.33 ^{a-g}	66.00 ^{c-f}	50.67 ^{a-f}	66.67 ^{d-h}
10/48	65.20 ^{a-d}	82.00 ^{f-h}	0.00 ^a	30.00 ^{i-k}	0.00 ^b	48.00 ^{g-j}	7.33 ^{h-k}	62.00 ^{f-j}	33.33 ^{f-j}	66.00 ^{c-f}	40.67 ^{d-f}	66.00 ^{e-h}
8/29	62.80 ^{a-c}	77.33 ^{g-i}	0.00 ^a	64.00 ^a	0.67 ^b	74.00 ^{a-c}	22.67 ^{a-d}	74.67 ^{a-f}	50.67 ^{a-f}	75.33 ^{a-d}	55.33 ^{a-e}	75.33 ^{a-f}
10/60	62.00 ^{a-b}	72.00 ⁱ	0.00 ^a	29.33 ^{i-k}	0.00 ^b	44.00 ^{h-j}	3.33 ^{j-k}	54.67 ^{i-j}	17.33 ^{j-l}	61.33 ^{e-f}	32.67 ^{f-g}	61.33 ^{g-h}
10/51	57.20 ^a	77.33 ^{g-i}	0.00 ^a	2.67 ^l	0.00 ^b	6.00 ^k	0.00 ^k	16.00 ^k	2.67 ^l	20.67 ^g	8.67 ^h	21.33 ⁱ
Mean	75.63	84.64	0.00	40.98	0.67	60.53	14.40	71.04	41.69	73.64	49.33	74.18
F test	**	**	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	16.00	5.60	0.00	18.73	189.73	11.33	37.95	9.29	22.21	9.05	18.89	9.02

^{l/} = 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, respectively.

Table 4.6 Standard germination test and modified germination test at 25°C and 3-7 day seedling counts of normal and prenatal seedlings of 30 seed lots of KDML 105 rice variety, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence.

Lot No.	FE (%)	SG (%)	3 Days		4 Days		5 Days		6 Days		7 Days	
			NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)
19/33	91.20 ^{a 1/}	90.67 ^{a-d}	0.00 ^a	43.33 ^{a-e}	24.00 ^{b-c}	93.33 ^a	90.00 ^a	94.00 ^{a-b}	92.66 ^{a-b}	94.66 ^{a-b}	94.66 ^a	94.66 ^{a-b}
16/11	88.20 ^{a-b}	89.33 ^{a-d}	0.00 ^a	45.33 ^{a-d}	21.33 ^{b-d}	90.00 ^{a-b}	86.66 ^{a-b}	90.66 ^{a-c}	88.00 ^{a-d}	90.66 ^{a-d}	90.66 ^{a-c}	90.66 ^{a-c}
1/3	86.20 ^{a-c}	86.00 ^{b-d}	0.00 ^a	34.00 ^{c-g}	11.33 ^{d-h}	87.33 ^{a-c}	85.33 ^{a-c}	90.00 ^{a-c}	89.33 ^{a-d}	90.00 ^{a-d}	90.00 ^{a-c}	90.00 ^{a-c}
2/106	85.00 ^{a-d}	92.67 ^{a-d}	0.00 ^a	8.00 ^{i-k}	5.33 ^{g-i}	78.66 ^{c-f}	78.66 ^{b-f}	83.33 ^{c-e}	82.66 ^{c-f}	84.00 ^{d-f}	84.00 ^{b-d}	84.66 ^{c-d}
1/8	83.60 ^{a-d}	88.00 ^{a-d}	0.00 ^a	23.33 ^{f-i}	12.66 ^{d-g}	86.66 ^{a-c}	82.00 ^{a-c}	90.00 ^{a-c}	86.66 ^{a-d}	90.00 ^{a-d}	88.66 ^{a-c}	90.00 ^{a-c}
2/123	83.00 ^{a-d}	91.33 ^{a-d}	0.00 ^a	30.66 ^{d-h}	8.00 ^{f-i}	90.00 ^{a-b}	83.33 ^{a-c}	92.00 ^{a-c}	90.00 ^{a-d}	92.00 ^{a-c}	91.33 ^{a-c}	92.00 ^{a-c}
2/65	81.60 ^{a-d}	90.67 ^{a-d}	0.00 ^a	36.66 ^{a-f}	21.33 ^{b-d}	86.66 ^{a-c}	80.00 ^{b-f}	87.33 ^{a-d}	86.00 ^{b-e}	88.66 ^{a-d}	88.66 ^{a-c}	90.66 ^{a-c}
14/7	81.20 ^{a-d}	90.00 ^{a-d}	0.00 ^a	49.33 ^{a-c}	14.00 ^{c-g}	88.66 ^{a-c}	80.66 ^{b-f}	92.00 ^{a-c}	88.00 ^{a-d}	92.66 ^{a-c}	92.00 ^{a-c}	93.33 ^{a-c}
19/31	80.80 ^{a-d}	90.67 ^{a-d}	0.00 ^a	24.00 ^{f-i}	13.33 ^{d-g}	93.33 ^a	84.66 ^{a-d}	96.00 ^a	96.00 ^a	96.00 ^a	96.00 ^a	96.66 ^{a-b}
2/93	80.60 ^{a-e}	90.67 ^{a-d}	0.00 ^a	15.33 ^{h-k}	18.00 ^{b-f}	81.33 ^{b-e}	79.33 ^{b-f}	88.00 ^{a-d}	88.00 ^{a-d}	90.00 ^{a-d}	90.66 ^{a-c}	96.00 ^{a-b}
11/28	80.00 ^{a-e}	93.33 ^{a-d}	0.00 ^a	54.66 ^a	21.33 ^{b-d}	87.33 ^{a-c}	82.66 ^{a-c}	88.66 ^{a-c}	86.66 ^{a-d}	90.66 ^{a-d}	89.33 ^{a-c}	91.33 ^{a-c}
1/7	79.40 ^{a-e}	90.00 ^{a-d}	0.00 ^a	26.66 ^{e-h}	11.33 ^{d-h}	82.00 ^{b-d}	77.33 ^{c-f}	87.33 ^{a-d}	85.33 ^{b-e}	88.00 ^{a-d}	87.33 ^{a-c}	88.00 ^{b-c}
2/61	77.20 ^{a-f}	96.67 ^a	0.00 ^a	50.66 ^{a-c}	14.66 ^{b-g}	88.66 ^{a-c}	77.33 ^{c-f}	90.00 ^{a-c}	85.33 ^{b-e}	91.33 ^{a-d}	92.00 ^{a-c}	93.33 ^{a-c}
2/85	76.20 ^{a-g}	90.67 ^{a-d}	0.00 ^a	8.66 ^{i-k}	6.00 ^{g-i}	78.00 ^{c-f}	76.00 ^{d-f}	86.00 ^{a-e}	84.00 ^{b-f}	86.66 ^{a-d}	86.66 ^{a-c}	88.00 ^{b-c}
14/9	76.20 ^{a-g}	86.67 ^{a-d}	0.00 ^a	38.00 ^{a-f}	20.00 ^{b-e}	84.66 ^{a-d}	74.66 ^{c-f}	84.66 ^{b-e}	81.33 ^{d-g}	84.66 ^{d-f}	84.00 ^{b-d}	84.66 ^{c-d}
2/136	75.80 ^{a-g}	88.67 ^{a-d}	0.00 ^a	36.00 ^{b-g}	7.33 ^{g-i}	80.00 ^{b-e}	78.66 ^{b-f}	86.66 ^{a-e}	86.00 ^{b-e}	87.33 ^{a-d}	86.66 ^{a-c}	87.33 ^{b-c}
2/46	74.80 ^{a-g}	87.33 ^{a-d}	0.00 ^a	44.00 ^{a-e}	20.66 ^{b-e}	84.66 ^{a-d}	80.66 ^{b-f}	87.33 ^{a-d}	92.00 ^{a-c}	89.33 ^{a-d}	92.66 ^{a-b}	92.66 ^{a-c}
2/50	73.80 ^{a-g}	95.33 ^{a-b}	0.00 ^a	53.33 ^{a-b}	20.00 ^{b-e}	75.66 ^{d-f}	72.00 ^{f-g}	85.00 ^{b-e}	72.66 ^{g-h}	85.66 ^{b-e}	88.66 ^{a-c}	88.66 ^{b-c}

Table 4.6 Standard germination test and modified germination test at 25°C and 3-7 day seedling counts of normal and prenatal seedlings of 30 seed lots of KDML 105 rice variety, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence (continued).

Lot No.	FE (%)	SG (%)	3 Days		4 Days		5 Days		6 Days		7 Days	
			NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)
2/128	73.40 ^{a-g}	90.67 ^{a-d}	0.00 ^a	33.33 ^{c-h}	24.66 ^b	88.66 ^{a-c}	79.33 ^{b-f}	88.66 ^{a-c}	86.66 ^{a-d}	90.00 ^{a-d}	90.00 ^{a-c}	90.66 ^{a-c}
2/108	72.40 ^{a-g}	95.33 ^{a-b}	0.00 ^a	3.33 ^{g-k}	2.00 ^{h-i}	68.66 ^{f-h}	63.33 ^h	82.00 ^{c-f}	76.66 ^{e-h}	88.66 ^{a-d}	88.66 ^{a-c}	98.00 ^a
2/87	71.60 ^{b-g}	92.00 ^{a-d}	0.00 ^a	18.00 ^{g-k}	18.00 ^{b-f}	86.00 ^{a-d}	82.66 ^{a-e}	88.66 ^{a-c}	86.66 ^{a-d}	88.66 ^{a-d}	88.00 ^{a-c}	88.66 ^{b-c}
16/8	70.00 ^{b-g}	94.00 ^{a-c}	0.00 ^a	49.33 ^{a-c}	12.00 ^{d-h}	87.33 ^{a-c}	76.66 ^{c-f}	89.33 ^{a-c}	88.66 ^{a-d}	92.00 ^{a-c}	92.00 ^{a-c}	92.00 ^{a-c}
5/13	69.20 ^{b-g}	87.33 ^{a-d}	0.00 ^a	42.66 ^{a-e}	36.00 ^a	88.00 ^{a-c}	83.33 ^{a-c}	90.00 ^{a-c}	89.33 ^{a-d}	90.00 ^{a-d}	91.33 ^{a-c}	92.66 ^{a-c}
2/86	68.80 ^{c-g}	88.00 ^{a-d}	0.00 ^a	20.66 ^{f-g}	11.33 ^{d-h}	78.00 ^{e-f}	72.66 ^{f-g}	86.66 ^{a-e}	83.33 ^{b-f}	90.00 ^{a-d}	88.00 ^{a-c}	92.66 ^{a-c}
2/82	67.60 ^{c-h}	84.67 ^{c-d}	0.00 ^a	2.00 ^k	0.66 ⁱ	71.33 ^{e-g}	65.33 ^{g-h}	78.66 ^{d-g}	76.00 ^{f-h}	82.00 ^{d-f}	82.66 ^{c-d}	90.00 ^{a-c}
2/77	66.20 ^{d-h}	83.33 ^d	0.00 ^a	2.66 ^k	0.00 ⁱ	60.66 ^h	60.66 ^h	73.33 ^{f-g}	71.33 ^h	76.66 ^{f-g}	76.00 ^{d-e}	77.33 ^{d-e}
2/80	61.80 ^{e-h}	87.33 ^{a-d}	0.00 ^a	0.66 ^k	0.00 ⁱ	63.33 ^{g-h}	48.00 ⁱ	71.33 ^{g-h}	61.33 ⁱ	72.00 ^g	72.00 ^e	75.33 ^e
2/83	59.80 ^{f-h}	83.33 ^d	0.00 ^a	0.66 ^k	0.00 ⁱ	68.66 ^{f-h}	60.00 ^h	77.33 ^{e-g}	72.66 ^{g-h}	77.33 ^{e-g}	78.00 ^{d-e}	84.00 ^{c-d}
2/97	57.60 ^{g-h}	72.00 ^e	0.00 ^a	2.00 ^k	10.66 ^{e-h}	60.00 ^h	58.00 ^h	64.66 ^h	62.66 ⁱ	69.33 ^g	70.00 ^e	73.33 ^e
2/79	50.40 ^h	68.00 ^e	0.00 ^a	0.00 ^k	0.00 ⁱ	34.66 ⁱ	30.66 ^j	48.00 ⁱ	42.66 ^j	50.66 ^h	50.66 ^f	60.00 ^f
Mean	74.79	88.49	0.00	26.58	12.87	79.74	74.36	84.59	81.96	85.99	86.04	88.24
F test	**	**	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	16.41	5.6	0.00	35.95	40.93	7.06	6.00	5.94	5.97	5.61	5.44	5.27

^{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, respectively.

Table 4.7 Standard germination test and modified germination test at 25°C and 3-7 day seedling counts of normal and prenatal seedlings of 30 seed lots of RD 15 rice variety, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence.

Lot No.	FE (%)	SG (%)	3 Days		4 Days		5 Days		6 Days		7 Days	
			NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)
10/38	87.60 ^{a 1/}	90.00 ^{a-f}	0.00 ^a	66.00 ^{d-i}	8.67 ^{b-f}	86.00 ^{a-c}	82.67 ^{a-d}	92.67 ^{a-b}	90.00 ^{a-d}	94.67 ^{a-c}	92.00 ^{a-d}	95.33 ^{a-c}
12/37	86.60 ^{a-b}	82.67 ^{c-h}	0.00 ^a	63.33 ^{c-i}	6.00 ^{c-f}	88.00 ^{a-b}	85.33 ^{a-b}	91.33 ^{a-b}	91.33 ^{a-c}	92.67 ^{a-d}	91.33 ^{a-c}	92.67 ^{a-d}
12/6	86.20 ^{a-b}	92.67 ^{a-d}	0.00 ^a	76.00 ^{a-d}	10.67 ^{b-f}	93.00 ^a	87.33 ^a	96.00 ^a	96.00 ^a	97.33 ^a	97.33 ^a	97.33 ^a
10/56	85.60 ^{a-b}	92.67 ^{a-d}	0.00 ^a	38.67 ^{k-l}	3.33 ^{d-f}	84.00 ^{a-d}	78.67 ^{a-f}	88.00 ^{a-f}	82.67 ^{b-i}	90.67 ^{a-e}	89.33 ^{a-g}	90.67 ^{a-e}
10/35	83.80 ^{a-c}	95.33 ^a	0.00 ^a	56.00 ^{h-j}	8.67 ^{b-f}	84.67 ^{a-d}	81.33 ^{a-d}	90.00 ^{a-d}	84.67 ^{a-h}	91.33 ^{a-e}	87.33 ^{a-h}	91.33 ^{a-e}
18/27	83.20 ^{a-c}	94.67 ^{a-b}	0.00 ^a	67.33 ^{d-h}	6.00 ^{c-f}	92.00 ^a	80.00 ^{a-e}	92.00 ^{a-b}	84.67 ^{a-h}	92.00 ^{a-d}	86.00 ^{b-i}	92.00 ^{a-d}
12/10	82.20 ^{a-c}	90.00 ^{a-f}	0.00 ^a	68.67 ^{b-g}	10.00 ^{b-f}	89.33 ^a	84.00 ^{a-c}	92.00 ^{a-b}	88.67 ^{a-e}	92.00 ^{a-d}	91.33 ^{a-e}	92.00 ^{a-d}
10/42	81.60 ^{a-d}	90.67 ^{a-f}	0.00 ^a	56.67 ^{g-j}	1.33 ^{c-f}	87.33 ^{a-c}	81.33 ^{a-d}	91.33 ^{a-b}	90.00 ^{a-d}	92.67 ^{a-d}	91.33 ^{a-e}	93.33 ^{a-d}
12/4	81.20 ^{a-d}	92.67 ^{a-d}	0.00 ^a	58.67 ^{g-j}	10.67 ^{b-f}	86.67 ^{a-c}	82.00 ^{a-d}	90.67 ^{a-c}	90.67 ^{a-c}	94.00 ^{a-d}	93.33 ^{a-c}	94.00 ^{a-d}
18/23	80.40 ^{a-e}	86.00 ^{b-h}	0.00 ^a	60.67 ^{f-i}	7.33 ^{b-f}	89.33 ^a	84.67 ^{a-b}	94.67 ^a	88.67 ^{a-e}	96.00 ^{a-b}	90.00 ^{a-f}	96.00 ^{a-b}
18/22	80.40 ^{a-e}	85.33 ^{c-h}	0.00 ^a	72.00 ^{a-f}	10.67 ^{b-f}	92.67 ^a	80.67 ^{a-d}	94.00 ^a	89.33 ^{a-e}	94.00 ^{a-d}	91.33 ^{a-e}	94.00 ^{a-d}
18/45	79.40 ^{a-e}	86.00 ^{b-h}	0.00 ^a	72.00 ^{a-f}	14.00 ^{a-d}	87.33 ^{a-e}	78.67 ^{a-f}	87.33 ^{a-f}	83.33 ^{b-i}	88.00 ^{a-f}	85.33 ^{b-j}	88.00 ^{a-f}
12/16	78.00 ^{a-e}	84.00 ^{c-h}	0.00 ^a	27.00 ^l	2.67 ^{c-f}	78.00 ^{b-f}	70.00 ^{c-h}	79.33 ^{d-g}	78.00 ^{e-i}	82.67 ^{d-f}	80.00 ^{f-k}	82.67 ^{d-f}
12/1	77.80 ^{a-e}	93.33 ^{a-c}	0.00 ^a	57.33 ^{g-j}	7.33 ^{b-f}	90.00 ^a	83.33 ^{a-d}	92.67 ^{a-b}	93.33 ^{a-b}	94.67 ^{a-c}	94.00 ^{a-b}	94.67 ^{a-c}
8/50	77.20 ^{a-e}	62.67 ^j	0.00 ^a	82.67 ^a	18.00 ^{a-b}	88.00 ^{a-b}	70.00 ^{c-h}	88.00 ^{a-f}	73.33 ^{h-i}	88.00 ^{a-f}	75.33 ^{j-k}	88.00 ^{a-f}
8/28	76.60 ^{a-e}	76.67 ^{h-i}	0.00 ^a	80.67 ^a	15.33 ^{a-c}	86.00 ^{a-c}	75.33 ^{b-g}	88.00 ^{a-f}	80.67 ^{c-i}	88.00 ^{a-f}	80.67 ^{c-k}	88.00 ^{a-f}
8/45	75.20 ^{a-f}	79.33 ^{g-i}	0.00 ^a	68.00 ^{c-h}	10.00 ^{b-f}	82.00 ^{a-e}	73.33 ^{d-h}	94.00 ^a	78.67 ^{d-i}	94.00 ^{a-d}	79.33 ^{g-k}	94.00 ^{a-d}
8/36	73.60 ^{a-f}	83.33 ^{d-h}	0.00 ^a	77.33 ^{a-d}	12.00 ^{b-e}	88.00 ^{a-b}	78.67 ^{a-f}	90.00 ^{a-d}	86.67 ^{a-f}	90.00 ^{a-e}	86.67 ^{b-h}	90.00 ^{a-e}

Table 4.7 Standard germination test and modified germination test at 25°C and 3-7 day seedling counts of normal and prenatal seedlings of 30 seed lots of RD 15 rice variety, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence (continued).

Lot No.	FE (%)	SG (%)	3 Days		4 Days		5 Days		6 Days		7 Days	
			NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)
8/30	72.60 ^{a-f}	76.67 ^{h-i}	0.00 ^a	80.00 ^{a-b}	22.67 ^a	90.00 ^a	74.00 ^{c-h}	90.67 ^{a-c}	84.67 ^{a-h}	92.67 ^{a-d}	88.00 ^{a-h}	92.67 ^{a-d}
8/35	71.60 ^{a-f}	86.67 ^{a-g}	0.00 ^a	66.67 ^{d-i}	7.33 ^{b-f}	86.67 ^{a-c}	67.33 ^{g-h}	86.67 ^{a-f}	74.67 ^{g-i}	86.67 ^{a-f}	74.67 ^k	86.67 ^{a-f}
10/46	71.40 ^{a-f}	80.00 ^{g-r}	0.00 ^a	33.33 ^l	2.67 ^{c-f}	69.33 ^f	70.00 ^{c-h}	80.00 ^{c-g}	78.67 ^{d-i}	84.67 ^{b-f}	82.00 ^{d-k}	84.67 ^{b-f}
8/31	71.40 ^{a-f}	78.00 ^{g-i}	0.00 ^a	79.33 ^{a-c}	14.67 ^{a-c}	92.00 ^a	80.67 ^{a-d}	94.00 ^a	91.33 ^{a-c}	94.00 ^{a-d}	91.33 ^{a-c}	94.00 ^{a-d}
18/31	69.00 ^{a-f}	91.33 ^{a-c}	0.00 ^a	8.00 ^m	0.00 ^f	54.00 ^g	38.67 ⁱ	54.67 ^h	46.00 ^j	56.67 ^g	47.33 ^l	56.67 ^g
12/17	68.00 ^{a-c}	92.00 ^{a-d}	0.00 ^a	56.67 ^{g-j}	8.00 ^{b-f}	92.00 ^a	66.67 ^{g-h}	92.00 ^{a-b}	75.33 ^{f-i}	92.00 ^{a-d}	76.00 ^{i-k}	92.00 ^{a-d}
18/28	68.00 ^{a-c}	92.00 ^{a-d}	0.00 ^a	30.67 ^l	2.67 ^{c-f}	82.00 ^{a-c}	69.33 ^{f-h}	88.67 ^{a-c}	86.00 ^{a-g}	89.33 ^{a-c}	88.67 ^{a-h}	89.33 ^{a-c}
12/29	66.40 ^{a-d}	84.67 ^{c-h}	0.00 ^a	54.67 ^{i-j}	6.67 ^{c-f}	72.67 ^{e-f}	64.00 ^h	75.33 ^g	78.00 ^{e-i}	80.33 ^{c-f}	78.67 ^{h-k}	80.33 ^{c-f}
10/48	65.20 ^{a-d}	82.00 ^{f-h}	0.00 ^a	38.00 ^{k-l}	3.33 ^{d-f}	76.67 ^{c-f}	69.00 ^{f-h}	81.33 ^{b-g}	83.33 ^{b-i}	85.33 ^{b-f}	85.33 ^{b-j}	85.33 ^{b-f}
8/29	62.80 ^{a-c}	77.33 ^{g-i}	0.00 ^a	74.00 ^{a-c}	16.67 ^{a-c}	76.67 ^{c-f}	64.00 ^h	77.33 ^{f-g}	72.00 ⁱ	77.33 ^f	73.33 ^k	77.33 ^f
10/60	62.00 ^{a-b}	72.00 ⁱ	0.00 ^a	48.00 ^{j-k}	2.00 ^{c-f}	74.00 ^{d-f}	65.33 ^{g-h}	78.00 ^{c-g}	80.00 ^{c-i}	84.00 ^{c-f}	82.67 ^{c-k}	84.00 ^{c-f}
10/51	57.20 ^a	77.33 ^{g-i}	0.00 ^a	4.00 ^m	0.00 ^f	19.33 ^h	20.00 ^j	26.00 ⁱ	28.00 ^k	30.00 ^h	29.33 ^m	30.00 ^h
Mean	75.63	84.64	0.00	57.42	8.31	81.93	72.89	85.22	80.96	86.86	82.64	86.90
F test	**	**	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	16.00	5.60	0.00	10.94	67.40	6.96	7.17	6.72	7.37	6.65	6.53	6.62

^{l/} = Means in the same column that followed by the same letters are not significantly different according to DMRT.

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

Table 4.8 Standard germination test and modified germination test at 30°C and 2-5 day seedling counts of normal and prenatal seedlings of 30 seed lots of KDML 105 rice variety, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence.

Lot No.	FE (%)	SG (%)	2 Days		3 Days		4 Days		5 Days	
			NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)
19/33	91.20 ^{a1/}	90.67 ^{a-d}	0.00 ^b	14.67 ^{a-b}	10.67 ^{a-b}	90.00 ^{a-d}	86.33 ^a	90.67 ^{a-c}	92.00 ^{a-b}	90.67 ^{a-c}
16/11	88.20 ^{a-b}	89.33 ^{a-d}	0.00 ^b	11.33 ^{b-e}	5.33 ^{a-b}	91.33 ^{a-c}	84.00 ^{a-c}	92.00 ^{a-d}	91.33 ^{a-b}	92.00 ^{a-d}
1/3	86.20 ^{a-c}	86.00 ^{b-d}	0.00 ^b	8.00 ^{b-e}	7.33 ^{a-b}	88.67 ^{a-d}	82.67 ^{a-d}	89.33 ^{a-c}	88.67 ^{a-c}	98.33 ^{a-c}
2/106	85.00 ^{a-d}	92.67 ^{a-d}	0.00 ^b	1.33 ^e	4.00 ^{a-b}	84.00 ^{a-c}	82.00 ^{a-d}	87.33 ^{a-f}	87.33 ^{a-c}	87.33 ^{a-f}
1/8	83.60 ^{a-d}	88.00 ^{a-d}	0.00 ^b	12.67 ^{b-d}	6.67 ^{a-b}	90.67 ^{a-c}	74.67 ^{a-d}	90.67 ^{a-c}	89.33 ^{a-c}	90.67 ^{a-c}
2/123	83.00 ^{a-d}	91.33 ^{a-d}	0.00 ^b	6.67 ^{c-e}	7.33 ^{a-b}	90.99 ^{a-d}	83.33 ^{a-c}	90.00 ^{a-c}	92.00 ^{a-b}	90.00 ^{a-c}
2/65	81.60 ^{a-d}	90.67 ^{a-d}	0.00 ^b	8.00 ^{b-e}	4.00 ^{a-b}	82.67 ^{b-c}	76.00 ^{a-d}	84.00 ^{b-f}	89.33 ^{a-c}	84.00 ^{b-f}
14/7	81.20 ^{a-d}	90.00 ^{a-d}	3.33 ^a	9.33 ^{b-e}	5.33 ^{a-b}	89.33 ^{a-d}	81.33 ^{a-d}	90.00 ^{a-c}	89.33 ^{a-c}	90.67 ^{a-c}
19/31	80.80 ^{a-d}	90.67 ^{a-d}	0.00 ^b	6.00 ^{c-e}	6.67 ^{a-b}	90.67 ^{a-c}	86.00 ^{a-b}	90.67 ^{a-c}	94.00 ^a	90.67 ^{a-c}
2/93	80.60 ^{a-c}	90.67 ^{a-d}	0.00 ^b	8.67 ^{b-e}	8.00 ^{a-b}	85.33 ^{a-c}	86.00 ^{a-b}	86.67 ^{a-f}	90.00 ^{a-c}	86.67 ^{a-f}
11/28	80.00 ^{a-c}	93.33 ^{a-d}	0.00 ^b	25.33 ^a	7.33 ^{a-b}	98.00 ^a	82.00 ^{a-d}	98.00 ^{a-b}	97.33 ^a	98.00 ^{a-b}
1/7	79.40 ^{a-c}	90.00 ^{a-d}	0.00 ^b	7.33 ^{c-e}	4.00 ^{a-b}	88.00 ^{a-d}	76.00 ^{a-d}	88.00 ^{a-c}	90.00 ^{a-c}	88.00 ^{a-c}
2/61	77.20 ^{a-f}	96.67 ^a	0.00 ^b	14.00 ^{a-b}	4.00 ^{a-b}	95.33 ^{a-b}	67.33 ^d	95.33 ^{a-c}	90.00 ^{a-c}	95.33 ^{a-c}
2/85	76.20 ^{a-g}	90.67 ^{a-d}	0.00 ^b	6.00 ^{c-e}	10.67 ^{a-b}	76.00 ^{d-e}	67.33 ^d	78.00 ^{d-f}	82.00 ^{b-d}	78.00 ^{d-f}
14/9	76.20 ^{a-g}	86.67 ^{a-d}	0.00 ^b	5.33 ^{c-e}	1.33 ^{a-b}	98.00 ^a	70.00 ^{c-d}	98.67 ^a	97.33 ^a	98.67 ^a
2/136	75.80 ^{a-g}	88.67 ^{a-d}	0.00 ^b	2.67 ^{d-e}	0.00 ^b	92.00 ^{a-c}	72.00 ^{a-d}	92.00 ^{a-d}	88.67 ^{a-c}	92.00 ^{a-d}
2/46	74.80 ^{a-g}	87.33 ^{a-d}	0.00 ^b	7.33 ^{c-e}	5.33 ^{a-b}	84.67 ^{a-c}	72.00 ^{a-d}	85.33 ^{a-f}	86.00 ^{a-c}	85.33 ^{a-f}
2/50	73.80 ^{a-g}	95.33 ^{a-b}	0.00 ^b	14.00 ^{a-b}	4.00 ^{a-b}	92.67 ^{a-c}	72.67 ^{a-d}	93.33 ^{a-c}	92.00 ^{a-b}	93.33 ^{a-c}

Table 4.8 Standard germination test and modified germination test at 30°C and 2-5 day seedling counts of normal and prenatal seedlings of 30 seed lots of KDML 105 rice variety, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence (continued).

Lot No.	FE (%)	SG (%)	2 Days		3 Days		4 Days		5 Days	
			NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)
2/128	73.40 ^{a-g}	90.67 ^{a-d}	0.00 ^b	5.33 ^{c-e}	5.33 ^{a-b}	89.33 ^{a-d}	76.67 ^{a-d}	90.00 ^{a-e}	94.00 ^a	90.99 ^{a-e}
2/108	72.40 ^{a-g}	95.33 ^{a-b}	0.00 ^b	1.33 ^e	4.00 ^{a-b}	86.67 ^{a-e}	70.67 ^{b-d}	90.00 ^{a-e}	94.67 ^a	90.99 ^{a-e}
2/87	71.60 ^{b-g}	92.00 ^{a-d}	0.00 ^b	2.67 ^{d-e}	6.67 ^{a-b}	87.33 ^{a-e}	87.00 ^{a-d}	88.67 ^{a-e}	94.00 ^a	88.67 ^{a-e}
16/8	70.00 ^{b-g}	94.00 ^{a-c}	0.00 ^b	13.33 ^{b-d}	4.00 ^{a-b}	95.33 ^{a-b}	75.33 ^{a-d}	96.00 ^{a-c}	94.00 ^a	96.00 ^{a-c}
5/13	69.20 ^{b-g}	87.33 ^{a-d}	0.00 ^b	18.67 ^{a-b}	8.67 ^{a-b}	94.67 ^{a-b}	79.33 ^{a-d}	94.67 ^{a-c}	94.00 ^a	94.67 ^{a-c}
2/86	68.80 ^{c-g}	88.00 ^{a-d}	0.00 ^b	5.33 ^{c-e}	12.00 ^a	79.33 ^{c-e}	83.33 ^{a-c}	82.00 ^{c-f}	94.99 ^a	82.00 ^{c-f}
2/82	67.60 ^{c-h}	84.67 ^{c-d}	0.00 ^b	0.00 ^e	0.00 ^b	74.00 ^{e-f}	41.33 ^e	76.67 ^{e-f}	78.67 ^{c-d}	76.67 ^{e-f}
2/77	66.20 ^{d-h}	83.3 ^d	0.00 ^b	1.33 ^e	0.67 ^b	73.33 ^{e-f}	38.00 ^{e-f}	74.00 ^{f-g}	72.00 ^{d-e}	74.00 ^{f-g}
2/80	61.80 ^{e-h}	87.3 ^{a-d}	0.00 ^b	0.67 ^e	0.00 ^b	73.33 ^{e-f}	26.67 ^f	76.67 ^{e-f}	73.33 ^{d-e}	76.00 ^{e-f}
2/83	59.80 ^{f-h}	83.3 ^d	0.00 ^b	0.00 ^e	0.67 ^b	62.00 ^{f-g}	33.33 ^{e-f}	62.67 ^{g-h}	65.33 ^{e-f}	62.67 ^{g-h}
2/97	57.60 ^{g-h}	72.0 ^e	0.00 ^b	0.67 ^e	6.67 ^a	58.00 ^{g-h}	37.33 ^{e-f}	60.00 ^h	60.00 ^f	60.00 ^h
2/79	50.40 ^h	68.0 ^e	0.00 ^b	0.00 ^e	0.00 ^b	48.67 ^h	11.33 ^g	54.00 ^h	57.33 ^f	54.00 ^h
Mean	74.79	88.49	0.00	7.67	4.82	84.31	68.47	85.51	86.60	85.53
F test	**	**	ns	**	ns	**	**	**	**	**
C.V. (%)	16.41	5.6	0.00	78.00	114.50	62.52	11.35	8.367	6.81	8.37

^{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, respectively.

Table 4.9 Standard germination test and modified germination test at 30°C and 2-5 day seedling counts of normal and prenatal seedlings of 30 seed lots of RD 15 rice variety, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence.

Lot No.	FE (%)	SG (%)	2 Days		3 Days		4 Days		5 Days	
			NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)
10/38	87.60 ^{a 1/}	90.00 ^{a-f}	0.00 ^a	34.67 ^{a-h}	0.00 ^a	94.67 ^{a-b}	84.67 ^{a-c}	95.33 ^{a-b}	87.00 ^{a-c}	95.33 ^{a-b}
12/37	86.60 ^{a-b}	82.67 ^{e-h}	0.00 ^a	31.33 ^{b-h}	1.33 ^a	96.67 ^a	89.33 ^a	96.67 ^a	91.00 ^{a-b}	96.67 ^a
12/6	86.20 ^{a-b}	92.67 ^{a-d}	0.00 ^a	32.67 ^{b-h}	4.67 ^a	97.33 ^a	88.67 ^a	97.33 ^a	91.00 ^{a-b}	97.33 ^a
10/56	85.60 ^{a-b}	92.67 ^{a-d}	0.00 ^a	22.67 ^{d-i}	2.67 ^a	83.33 ^{b-d}	80.00 ^{a-d}	84.67 ^{b-f}	83.67 ^{a-f}	84.67 ^{b-f}
10/35	83.80 ^{a-c}	95.33 ^a	0.00 ^a	41.33 ^{a-f}	3.33 ^a	89.33 ^{a-c}	86.00 ^{a-b}	90.67 ^{a-e}	89.00 ^{a-c}	91.00 ^{a-e}
18/27	83.20 ^{a-c}	94.67 ^{a-b}	0.00 ^a	31.33 ^{b-h}	4.00 ^a	88.67 ^{a-c}	82.67 ^{a-d}	90.00 ^{a-f}	84.33 ^{a-f}	90.00 ^{a-f}
12/10	82.20 ^{a-c}	90.00 ^{a-f}	0.00 ^a	42.00 ^{a-e}	0.00 ^a	89.33 ^{a-c}	81.33 ^{a-d}	90.00 ^{a-f}	85.33 ^{a-f}	90.00 ^{a-f}
10/42	81.60 ^{a-d}	90.67 ^{a-f}	0.00 ^a	24.67 ^{d-i}	0.67 ^a	89.33 ^{a-c}	82.00 ^{a-d}	89.33 ^{a-f}	87.33 ^{a-d}	89.67 ^{a-f}
12/4	81.20 ^{a-d}	92.67 ^{a-d}	0.00 ^a	38.00 ^{a-f}	2.67 ^a	91.33 ^{a-b}	84.67 ^{a-c}	91.33 ^{a-d}	87.33 ^{a-d}	91.33 ^{a-e}
18/23	80.40 ^{a-e}	86.00 ^{b-h}	0.00 ^a	15.33 ^{e-i}	0.00 ^a	97.33 ^a	82.67 ^{a-d}	97.33 ^a	87.00 ^{a-e}	97.67 ^a
18/22	80.40 ^{a-e}	85.33 ^{c-h}	0.00 ^a	44.67 ^{a-d}	4.67 ^a	93.33 ^{a-b}	84.00 ^{a-c}	93.33 ^{a-c}	87.33 ^{a-d}	93.33 ^{a-d}
18/45	79.40 ^{a-e}	86.00 ^{b-h}	0.00 ^a	46.00 ^{a-d}	3.33 ^a	97.33 ^a	88.67 ^a	97.33 ^a	91.67 ^a	97.33 ^a
12/16	78.00 ^{a-e}	84.00 ^{c-h}	0.00 ^a	20.00 ^{d-i}	0.00 ^a	78.67 ^{c-e}	76.00 ^{b-e}	83.33 ^{c-f}	80.67 ^{b-h}	84.00 ^{c-f}
12/1	77.80 ^{a-e}	93.33 ^{a-c}	0.00 ^a	28.00 ^{c-i}	3.33 ^a	91.33 ^{a-b}	83.33 ^{a-d}	91.33 ^{a-d}	89.67 ^{a-c}	91.33 ^{a-e}
8/50	77.20 ^{a-e}	62.67 ^j	0.00 ^a	55.33 ^{a-b}	3.33 ^a	94.67 ^{a-b}	66.00 ^{e-g}	94.67 ^{a-b}	69.33 ^j	94.67 ^{a-c}
8/28	76.60 ^{a-e}	76.67 ^{h-i}	0.00 ^a	57.33 ^{a-b}	2.00 ^a	92.00 ^{a-b}	74.00 ^{c-f}	92.67 ^{a-c}	79.33 ^{c-j}	92.67 ^{a-d}
8/45	75.20 ^{a-f}	79.33 ^{g-i}	0.00 ^a	24.00 ^{d-i}	0.67 ^a	94.00 ^{a-b}	61.33 ^g	94.00 ^{a-c}	70.00 ^{i-j}	94.00 ^{a-d}

Table 4.9 Standard germination test and modified germination test at 30°C and 2-5 day seedling counts of normal and prenatal seedlings of 30 seed lots of RD 15 rice variety, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence (continued).

Lot No.	FE (%)	SG (%)	2 Days		3 Days		4 Days		5 Days	
			NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)	NS (%)	PNS (%)
8/36	73.60 ^{a-f}	83.33 ^{d-h}	0.00 ^a	41.33 ^{a-c}	0.00 ^a	92.00 ^{a-b}	72.00 ^{d-g}	93.33 ^{a-c}	77.67 ^{d-j}	93.67 ^{a-d}
8/30	72.60 ^{a-f}	76.67 ^{h-i}	0.00 ^a	52.00 ^{a-c}	1.33 ^a	97.33 ^a	74.67 ^{b-f}	97.33 ^a	80.33 ^{c-h}	97.33 ^a
8/35	71.60 ^{a-f}	86.67 ^{a-g}	0.00 ^a	31.33 ^{b-h}	0.00 ^a	92.67 ^{a-b}	72.00 ^{d-g}	92.67 ^{a-c}	75.00 ^{f-j}	93.00 ^{a-d}
10/46	71.40 ^{a-f}	80.00 ^{g-r}	0.00 ^a	12.00 ^{f-i}	0.00 ^a	76.00 ^{d-e}	67.33 ^{e-g}	80.00 ^{e-f}	76.67 ^{e-j}	80.00 ^f
8/31	71.40 ^{a-f}	78.00 ^{g-i}	0.00 ^a	36.00 ^{a-h}	3.33 ^a	90.00 ^{a-c}	79.33 ^{a-d}	90.00 ^{a-f}	85.33 ^{a-f}	90.00 ^{a-f}
18/31	69.00 ^{a-f}	91.33 ^{a-e}	0.00 ^a	11.33 ^{g-i}	0.00 ^a	54.00 ^f	42.00 ^h	58.00 ^g	52.67 ^k	58.33 ^g
12/17	68.00 ^{a-c}	92.00 ^{a-d}	0.00 ^a	36.67 ^{a-g}	0.00 ^a	94.67 ^{a-b}	76.00 ^{b-e}	96.00 ^a	80.00 ^{c-i}	96.33 ^a
18/28	68.00 ^{a-c}	92.00 ^{a-d}	0.00 ^a	10.00 ^{h-i}	0.00 ^a	75.33 ^{d-e}	64.67 ^{e-g}	80.67 ^{d-f}	73.33 ^{g-j}	80.67 ^{e-f}
12/29	66.40 ^{a-d}	84.67 ^{c-h}	0.00 ^a	27.33 ^{c-i}	0.67 ^a	90.67 ^{a-b}	80.67 ^{a-d}	92.00 ^{a-c}	84.67 ^{a-f}	92.00 ^{a-d}
10/48	65.20 ^{a-d}	82.00 ^{f-h}	0.00 ^a	27.33 ^{c-i}	0.67 ^a	78.67 ^{c-e}	74.00 ^{c-f}	83.33 ^{c-f}	81.33 ^{a-g}	83.33 ^{d-f}
8/29	62.80 ^{a-c}	77.33 ^{g-i}	0.00 ^a	60.67 ^a	0.00 ^a	95.33 ^{a-b}	64.00 ^{f-g}	95.33 ^{a-b}	70.67 ^{h-j}	95.33 ^{a-b}
10/60	62.00 ^{a-b}	72.00 ⁱ	0.00 ^a	16.67 ^{e-i}	0.00 ^a	68.00 ^e	60.67 ^g	79.33 ^f	71.33 ^{g-j}	79.33 ^f
10/51	57.20 ^a	77.33 ^{g-i}	0.00 ^a	3.33 ⁱ	0.00 ^a	37.33 ^g	30.67 ⁱ	42.67 ^h	39.00 ^l	43.00 ^h
Mean	75.63	84.64	0.00	31.84	1.42	86.69	74.44	88.33	79.63	88.44
F test	**	**	ns	**	ns	**	**	**	**	**
C.V. (%)	16.00	5.60	0.00	41.88	174.16	7.18	8.09	6.33	6.71	7.08

^{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, respectively.

Table 4.10 Correlation coefficients (r) among standard germination test, field emergence test and modified germination test at 20°C and 6-10 day seedling counts of normal and prenatal seedlings of KDML 105 and RD 15 rice varieties.

Tests		6 days		7 Days		8 Days		9 Days		10 Days		SG	FE
		NS	PNS	NS	PNS	NS	PNS	NS	PNS	NS	PNS		
KDML 105													
	NS	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6 Days	PNS		1.000	0.115	0.870**	0.837**	0.807**	0.716**	0.768**	0.662**	0.716**	0.450*	0.621**
	NS			1.000	0.215	0.191	0.192	0.247	0.150	0.268	0.091	0.337	0.136
7 Days	PNS				1.000	0.859**	0.975**	0.883**	0.952**	0.863**	0.914**	0.611**	0.820**
	NS					1.000	0.800**	0.810**	0.746**	0.768**	0.679**	0.407*	0.642**
8 Days	PNS						1.000	0.902**	0.988**	0.906**	0.961**	0.698**	0.852**
	NS							1.000	0.898**	0.985**	0.847**	0.582**	0.744**
9 Days	PNS								1.000	0.908**	0.979**	0.723**	0.864**
	NS									1.000	0.855**	0.658**	0.735**
10 Days	PNS										1.000	0.703**	0.850**
SG												1.000	0.663**
FE													1.000
RD 15													
	NS	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6 Days	PNS		1.000	0.426*	0.917**	0.783**	0.755**	0.862**	0.695**	0.755**	0.911**	0.142	0.399*
	NS			1.000	0.218	0.573**	0.179	0.328	0.115	0.033	0.204	-0.057	0.116
7 Days	PNS				1.000	0.693**	0.886**	0.925**	0.849**	0.939**	0.996**	0.372*	0.563**
	NS					1.000	0.598**	0.797**	0.536**	0.526**	0.679**	0.065	0.300
8 Days	PNS						1.000	0.827**	0.986**	0.888**	0.884**	0.404*	0.738**
	NS							1.000	0.778**	0.841**	0.922**	0.462*	0.558**
9 Days	PNS								1.000	0.890**	0.846**	0.414*	0.717**
	NS									1.000	0.935**	0.467**	0.572**
10 Days	PNS										1.000	0.378*	0.581**
SG												1.000	0.504**
FE													1.000

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

Table 4.11 Correlation coefficients (r) among standard germination test, field emergence test and modified germination test at 25°C and 3-7 day seedling counts of normal and prenatal seedlings of KDML 105 and RD 15 rice varieties.

Tests		3 Days		4 Days		5 Days		6 Days		7 Days		SG	FE
		NS	PNS	NS	PNS	NS	PNS	NS	PNS	NS	PNS		
KDML 105													
3 Days	NS	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	PNS		1.000	0.737**	0.716**	0.668**	0.658**	0.602**	0.638**	0.641**	0.513**	0.514**	0.549**
4 Days	NS			1.000	0.656**	0.652**	0.567**	0.565**	0.547**	0.564**	0.474**	0.326	0.430*
	PNS				1.000	0.958**	0.969**	0.954**	0.947**	0.929**	0.827**	0.729**	0.819**
5 Days	NS					1.000	0.948**	0.964**	0.928**	0.918**	0.810**	0.680**	0.870**
	PNS						1.000	0.964**	0.988**	0.977**	0.906**	0.809**	0.825**
6 Days	NS							1.000	0.961**	0.952**	0.878**	0.713**	0.811**
	PNS								1.000	0.988**	0.940**	0.826**	0.805**
7 Days	NS									1.000	0.952**	0.830**	0.787**
	PNS										1.000	0.801**	0.697**
SG												0.663**	0.663**
FE												1.000	1.000
RD 15													
3 Days	NS	1.000	0.000	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	PNS		1.000	0.823**	0.772**	0.689**	0.732**	0.634	0.698**	0.600**	0.698**	-0.067	0.399*
4 Days	NS			1.000	0.493**	0.370*	0.435*	0.318	0.392*	0.296	0.392*	-0.242	0.157
	PNS				1.000	0.917**	0.977**	0.896	0.964**	0.884**	0.964**	0.315	0.619**
5 Days	NS					1.000	0.944**	0.969	0.952**	0.963**	0.952**	0.470**	0.750**
	PNS						1.000	0.929	0.993**	0.919**	0.993**	0.368*	0.639**
6 Days	NS							1.000	0.950**	0.996**	0.950**	0.484**	0.618**
	PNS								1.000	0.945**	1.000**	0.385*	0.632**
7 Days	NS									1.000	0.945**	0.500**	0.620**
	PNS										1.000	0.385*	0.632**
SG												0.504**	0.504**
FE												1.000	1.000

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

Table 4.12 Correlation coefficients (r) among standard germination test, field emergence test and modified germination test at 30°C and 2-5 day seedling counts of normal and prenatal seedlings of KDML 105 and RD 15 rice varieties.

Tests		2 Days		3 Days		4 Days		5 Days		SG	FE
		NS	PNS	NS	PNS	NS	PNS	NS	PNS		
KDML 105											
2 Days	NS	1.000	0.054	0.009	0.075	0.118	0.077	0.044	0.093	0.047	0.125
	PNS		1.000	0.520**	0.659**	0.558**	0.637**	0.560**	0.637**	0.450*	0.483**
3 Days	NS			1.000	0.399*	0.702**	0.401*	0.554**	0.401*	0.420*	0.527**
	PNS				1.000	0.838**	0.996**	0.938**	0.996**	0.814**	0.740**
4 Days	NS					1.000	0.835**	0.904**	0.835**	0.736**	0.850**
	PNS						1.000	0.950**	1.000**	0.826**	0.731**
5 Days	NS							1.000	0.950**	0.833**	0.722**
	PNS								1.000	0.826**	0.732**
SG										1.000	0.663**
FE											1.000
RD 15											
2 Days	NS	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	PNS		1.000	0.358	0.684**	0.420*	0.662**	0.374*	0.655**	-0.153	0.254
3 Days	NS			1.000	0.341	0.488**	0.311	0.449*	0.301	0.215	0.479**
	PNS				1.000	0.811**	0.990**	0.794**	0.990**	0.215	0.564**
4 Days	NS					1.000	0.815**	0.988**	0.816**	0.566**	0.727**
	PNS						1.000	0.806**	1.000**	0.200	0.530**
5 Days	NS							1.000	0.808**	0.582**	0.686**
	PNS								1.000	0.204	0.533**
SG										1.000	0.504**
FE											1.000

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

Table 4.13 Field emergence test, standard germination test, seedling growth rate test and seedling shoot, root and total length of 30 seed lots of KDML 105 rice variety, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence.

Lot No.	FE (%)	SG (%)	Seed Vigor Tests			
			RL (cm)	SL (cm)	TL (cm)	SGR (mg/seedling)
19/33	91.20 ^{al/}	90.67 ^{a-d}	11.33 ^{a-b}	4.77 ^{a-b}	16.10 ^a	11.63 ^a
16/11	88.20 ^{a-b}	89.33 ^{a-d}	11.40 ^{a-b}	4.23 ^{a-d}	15.63 ^{a-b}	7.37 ^{b-c}
1/3	86.20 ^{a-c}	86.00 ^{b-d}	10.30 ^{a-g}	4.73 ^{a-b}	15.03 ^{a-c}	8.40 ^b
2/106	85.00 ^{a-d}	92.67 ^{a-d}	10.30 ^{c-g}	4.33 ^{a-d}	14.63 ^{a-c}	8.10 ^b
1/8	83.60 ^{a-d}	88.00 ^{a-d}	10.83 ^{c-c}	4.27 ^{a-d}	15.10 ^{a-c}	6.20 ^{b-c}
2/123	83.00 ^{a-d}	91.33 ^{a-d}	11.27 ^{a-b}	4.73 ^{a-b}	16.00 ^a	7.47 ^{b-c}
2/65	81.60 ^{a-d}	90.67 ^{a-d}	11.20 ^{a-b}	4.47 ^{a-c}	15.67 ^{a-b}	8.63 ^b
14/7	81.20 ^{a-d}	90.00 ^{a-d}	10.93 ^{c-c}	4.50 ^{a-c}	15.43 ^{a-b}	6.97 ^{b-c}
19/31	80.80 ^{a-d}	90.67 ^{a-d}	11.20 ^{a-b}	4.47 ^{a-c}	15.67 ^{a-b}	6.90 ^{b-c}
2/93	80.60 ^{a-c}	90.67 ^{a-d}	10.70 ^{c-c}	4.87 ^a	15.57 ^{a-b}	6.87 ^{b-c}
11/28	80.00 ^{a-c}	93.33 ^{a-d}	12.13 ^a	4.87 ^a	17.00 ^a	7.13 ^{b-c}
1/7	79.40 ^{a-c}	90.00 ^{a-d}	10.80 ^{c-c}	4.23 ^{a-d}	15.03 ^{a-c}	8.13 ^b
2/61	77.20 ^{a-f}	96.67 ^a	11.20 ^{a-b}	4.47 ^{a-c}	15.67 ^{a-b}	7.37 ^{b-c}
2/85	76.20 ^{a-g}	90.67 ^{a-d}	12.07 ^a	4.37 ^{a-d}	16.43 ^a	8.00 ^b
14/9	76.20 ^{a-g}	86.67 ^{a-d}	10.63 ^{c-f}	4.00 ^{a-c}	14.63 ^{a-c}	7.43 ^{b-c}
2/136	75.80 ^{a-g}	88.67 ^{a-d}	11.13 ^{a-c}	4.47 ^{a-c}	15.60 ^{a-b}	5.90 ^{b-c}
2/46	74.80 ^{a-g}	87.33 ^{a-d}	11.70 ^a	4.50 ^{a-c}	16.20 ^a	7.43 ^{b-c}
2/50	73.80 ^{a-g}	95.33 ^{a-b}	11.73 ^a	4.83 ^{a-b}	16.57 ^a	6.53 ^{b-c}
2/128	73.40 ^{a-g}	90.67 ^{a-d}	10.96 ^{c-c}	4.37 ^{a-d}	15.32 ^{a-b}	7.37 ^{b-c}
2/108	72.40 ^{a-g}	95.33 ^{a-b}	9.10 ^{b-h}	3.53 ^{c-g}	12.63 ^{b-d}	6.60 ^{b-c}
2/87	71.60 ^{b-g}	92.00 ^{a-d}	10.40 ^{c-g}	4.47 ^{a-c}	14.87 ^{a-c}	6.80 ^{b-c}
16/8	70.00 ^{b-g}	94.00 ^{a-c}	10.37 ^{c-g}	3.87 ^{a-f}	14.23 ^{a-c}	7.07 ^{b-c}
5/13	69.20 ^{b-g}	87.33 ^{a-d}	10.87 ^{c-c}	4.27 ^{a-d}	15.13 ^{a-c}	6.87 ^{b-c}
2/86	68.80 ^{c-g}	88.00 ^{a-d}	10.47 ^{c-g}	4.60 ^{a-b}	15.07 ^{a-c}	7.07 ^{b-c}
2/82	67.60 ^{c-h}	84.67 ^{c-d}	8.33 ^{f-h}	2.90 ^{f-g}	11.23 ^d	4.90 ^c
2/77	66.20 ^{d-h}	83.33 ^d	8.77 ^{c-h}	3.37 ^{d-g}	12.13 ^{c-d}	5.70 ^{b-c}
2/80	61.80 ^{c-h}	87.33 ^{a-d}	8.20 ^{g-h}	3.07 ^{c-g}	11.27 ^d	5.87 ^{b-c}
2/83	59.80 ^{f-h}	83.33 ^d	8.37 ^{f-h}	3.80 ^{b-f}	12.17 ^{c-d}	7.17 ^{b-c}
2/97	57.60 ^{g-h}	72.00 ^c	8.70 ^{d-h}	3.50 ^{c-g}	12.20 ^{c-d}	7.87 ^{b-c}
2/79	50.40 ^h	68.00 ^c	7.43 ^h	2.60 ^g	10.03 ^d	5.87 ^{b-c}
Mean	74.79	88.49	10.42	4.17	14.59	7.18
F test	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	16.41	5.60	11.50	12.60	10.90	21.20

^{l/} = 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 4.14 Standard germination, seedling growth rate test and seedling shoot, root and total length of 30 seed lots of RD 15 rice variety, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence.

Lot No.	FE (%)	SG (%)	Seed Vigor Tests			
			RL (cm)	SL (cm)	TL (cm)	SGR (mg/seedling)
10/38	87.60 ^{a 1/}	90.00 ^{a-f}	10.57 ^{b-d}	6.13 ^{a-b}	16.70 ^{a-d}	6.16 ^{c-k}
12/37	86.60 ^{a-b}	82.67 ^{c-h}	11.03 ^{a-d}	5.70 ^{a-d}	16.73 ^{a-d}	6.71 ^{c-g}
12/6	86.20 ^{a-b}	92.67 ^{a-d}	11.90 ^{a-c}	5.30 ^{b-f}	17.20 ^{a-c}	5.41 ^{i-m}
10/56	85.60 ^{a-b}	92.67 ^{a-d}	10.83 ^{a-d}	5.87 ^{a-c}	16.70 ^{a-d}	6.71 ^{c-g}
10/35	83.80 ^{a-c}	95.33 ^a	11.30 ^{a-c}	5.53 ^{a-c}	16.83 ^{a-d}	6.32 ^{d-k}
18/27	83.20 ^{a-c}	94.67 ^{a-b}	10.47 ^{b-d}	5.43 ^{a-f}	15.90 ^{a-c}	6.46 ^{d-i}
12/10	82.20 ^{a-c}	90.00 ^{a-f}	10.40 ^{b-d}	6.57 ^a	16.97 ^{a-d}	8.27 ^a
10/42	81.60 ^{a-d}	90.67 ^{a-f}	10.70 ^{b-d}	5.90 ^{a-c}	16.60 ^{a-d}	7.89 ^{a-b}
12/4	81.20 ^{a-d}	92.67 ^{a-d}	10.57 ^{b-d}	6.07 ^{a-b}	16.63 ^{a-d}	7.79 ^{a-c}
18/23	80.40 ^{a-c}	86.00 ^{b-h}	11.33 ^{a-c}	5.20 ^{b-f}	16.53 ^{a-d}	6.56 ^{d-h}
18/22	80.40 ^{a-c}	85.33 ^{c-h}	11.67 ^{a-c}	5.37 ^{a-f}	17.03 ^{a-d}	5.47 ^{h-m}
18/45	79.40 ^{a-c}	86.00 ^{b-h}	11.67 ^{a-c}	5.80 ^{a-c}	17.47 ^{a-b}	6.78 ^{c-g}
12/16	78.00 ^{a-c}	84.00 ^{c-h}	10.07 ^{c-e}	5.23 ^{b-f}	15.30 ^{b-e}	5.82 ^{e-l}
12/1	77.80 ^{a-c}	93.33 ^{a-c}	11.40 ^{a-c}	5.57 ^{a-c}	16.97 ^{a-d}	5.74 ^{f-l}
8/50	77.20 ^{a-c}	62.67 ^j	11.30 ^{a-c}	4.53 ^{d-h}	15.83 ^{a-c}	6.95 ^{b-e}
8/28	76.60 ^{a-c}	76.67 ^{h-i}	10.70 ^{b-d}	3.97 ^{g-i}	14.67 ^{d-e}	6.59 ^{d-h}
8/45	75.20 ^{a-f}	79.33 ^{g-i}	11.50 ^{a-c}	4.30 ^{c-h}	15.83 ^{a-c}	5.31 ^{j-m}
8/36	74.60 ^{a-f}	83.33 ^{d-h}	11.37 ^{a-c}	4.27 ^{f-h}	15.63 ^{a-c}	6.24 ^{c-k}
8/30	73.60 ^{a-f}	83.33 ^{d-h}	11.63 ^{a-c}	4.70 ^{c-h}	16.33 ^{a-d}	6.41 ^{d-j}
8/35	72.60 ^{a-f}	76.67 ^{h-i}	10.90 ^{a-d}	4.47 ^{d-h}	15.37 ^{a-c}	6.89 ^{b-f}
10/46	71.60 ^{a-f}	86.67 ^{a-g}	9.93 ^{c-e}	5.27 ^{b-f}	15.20 ^{b-e}	5.51 ^{h-m}
8/31	71.40 ^{a-f}	80.00 ^{g-r}	12.73 ^a	5.13 ^{b-g}	17.87 ^a	7.69 ^{a-c}
18/31	71.40 ^{a-f}	78.00 ^{g-i}	9.30 ^{d-e}	5.57 ^{a-d}	14.87 ^{c-e}	7.44 ^{a-d}
12/17	69.00 ^{a-f}	91.33 ^{a-c}	12.13 ^{a-b}	4.40 ^{c-h}	16.53 ^{a-d}	4.83 ^{i-m}
18/28	68.00 ^{a-c}	92.00 ^{a-d}	11.30 ^{a-c}	4.70 ^{c-h}	16.00 ^{a-c}	6.08 ^{c-k}
12/29	66.40 ^{a-d}	84.67 ^{c-h}	11.57 ^{a-c}	5.87 ^{a-c}	17.43 ^{a-b}	5.21 ^{k-m}
10/48	65.20 ^{a-d}	82.00 ^{f-h}	11.10 ^{a-d}	5.57 ^{a-c}	16.67 ^{a-d}	6.16 ^{c-k}
8/29	62.80 ^{a-c}	77.33 ^{g-i}	10.87 ^{a-d}	2.90 ⁱ	13.77 ^{e-f}	4.61 ^m
10/60	62.00 ^{a-b}	72.00 ⁱ	8.37 ^e	3.90 ^{h-i}	12.27 ^{f-g}	5.63 ^{g-m}
10/51	57.20 ^a	77.33 ^{g-i}	6.53 ^f	4.50 ^{d-h}	11.03 ^g	5.79 ^{f-l}
Mean	75.63	84.64	10.84	5.12	15.96	6.32
F test	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	16.0	5.6	9.1	12.2	7.8	9.2

^{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 4.15 Correlation coefficients (r) among standard germination test, field emergence test and seedling shoot, root and total length seedling and seedling growth rate test of KDML105 and RD 15 rice varieties.

Tests	RL	SL	TL	SGR	SG	FE
KDML 105						
RL	1.000	0.876*	0.940**	0.507**	0.636**	0.749**
SL		1.000	0.988**	0.563**	0.640**	0.804**
TL			1.000	0.561**	0.656**	0.809**
SGR				1.000	0.202	0.528*
SG					1.000	0.663**
FE						1.000
RD 15						
RL	1.000	0.360*	0.907**	0.300	0.302	0.714**
SL		1.000	0.719**	0.540**	0.625**	0.718**
TL			1.000	0.467**	0.507**	0.856**
SGR				1.000	0.183	0.430*
SG					1.000	0.572**
FE						1.000

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

Table 4.16 Field emergence test, standard germination test and conductivity test by AOSA and ISTA methods with 4 treatments of solution preparation of 30 seed lots of KDML 105 rice variety, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence.

Lot No.	FE (%)	SG (%)	Conductivity Test ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$)							
			AOSA				ISTA			
			Control	Swirl	Stir	Pour	Control	Swirl	Stir	Pour
19/33	91.20 ^{a1/}	90.67 ^{a-d}	26.60 ^{a-d}	25.90 ^{a-c}	26.37 ^{a-b}	27.10 ^{a-c}	8.13 ^{a-b}	8.20 ^{a-b}	8.00 ^{a-b}	8.07 ^a
16/11	88.20 ^{a-b}	89.33 ^{a-d}	27.33 ^{a-d}	28.03 ^{a-d}	26.33 ^{a-b}	28.67 ^{a-c}	8.10 ^{a-b}	8.50 ^{a-c}	8.23 ^{a-b}	8.87 ^{a-c}
1/3	86.20 ^{a-c}	86.00 ^{b-d}	30.47 ^{b-f}	31.20 ^{c-f}	30.70 ^{a-f}	31.60 ^{b-h}	9.83 ^{a-c}	9.77 ^{a-c}	10.03 ^{b-f}	9.73 ^{a-d}
2/106	85.00 ^{a-d}	92.67 ^{a-d}	38.07 ^{e-h}	39.33 ⁱ	38.80 ^{d-f}	39.70 ^j	11.20 ^{c-f}	11.80 ^{a-g}	10.83 ^{d-g}	11.93 ^{a-f}
1/8	83.60 ^{a-d}	88.00 ^{a-d}	25.63 ^{a-c}	23.33 ^{a-b}	28.53 ^{a-d}	24.53 ^{a-b}	7.97 ^{a-b}	7.97 ^a	8.20 ^{a-b}	8.00 ^a
2/123	83.00 ^{a-d}	91.33 ^{a-d}	32.00 ^{d-g}	30.83 ^{c-e}	33.30 ^{a-f}	31.53 ^{b-h}	13.00 ^{d-g}	13.60 ^{b-i}	12.73 ^{g-h}	13.47 ^{b-h}
2/65	81.60 ^{a-d}	90.67 ^{a-d}	28.30 ^{a-e}	27.70 ^{a-d}	27.67 ^{a-b}	28.00 ^{a-c}	10.93 ^{b-e}	10.70 ^{a-g}	11.40 ^{f-g}	10.67 ^{a-f}
14/7	81.20 ^{a-d}	90.00 ^{a-d}	23.47 ^a	26.10 ^{a-c}	28.20 ^{a-c}	26.30 ^{a-c}	8.53 ^{a-c}	8.37 ^{a-b}	8.90 ^{a-d}	8.27 ^{a-b}
19/31	80.80 ^{a-d}	90.67 ^{a-d}	26.27 ^{a-d}	26.20 ^{a-c}	27.00 ^{a-b}	26.40 ^{a-c}	8.10 ^{a-b}	8.17 ^a	8.13 ^{a-b}	8.23 ^{a-b}
2/93	80.60 ^{a-c}	90.67 ^{a-d}	32.47 ^{d-g}	32.63 ^{c-i}	34.27 ^{a-f}	33.30 ^{c-j}	13.23 ^{e-h}	13.83 ^{c-i}	12.67 ^{g-h}	13.87 ^{c-h}
11/28	80.00 ^{a-c}	93.33 ^{a-d}	31.50 ^{b-f}	30.73 ^{c-e}	30.87 ^{a-f}	31.20 ^{b-h}	13.27 ^{e-h}	13.00 ^{a-h}	13.10 ^{h-i}	13.00 ^{a-g}
1/7	79.40 ^{a-c}	90.00 ^{a-d}	24.40 ^{a-b}	22.17 ^a	25.30 ^a	23.13 ^a	7.80 ^a	8.10 ^a	7.80 ^a	8.13 ^{a-b}
2/61	77.20 ^{a-f}	96.67 ^a	30.67 ^{b-f}	29.17 ^{b-d}	31.90 ^{a-f}	29.47 ^{a-f}	9.33 ^{a-c}	9.67 ^{a-d}	9.30 ^{a-e}	9.67 ^{a-d}
2/85	76.20 ^{a-g}	90.67 ^{a-d}	39.07 ^h	38.37 ^{g-i}	40.23 ^f	38.87 ^{i-j}	16.26 ^{i-k}	15.93 ^{g-j}	16.83 ^k	15.73 ^{f-i}
14/9	76.20 ^{a-g}	86.67 ^{a-d}	30.97 ^{b-f}	29.83 ^{b-e}	32.50 ^{a-f}	30.67 ^{b-g}	8.37 ^{a-c}	8.37 ^{a-b}	8.60 ^{a-c}	8.50 ^{a-b}
2/136	75.80 ^{a-g}	88.67 ^{a-d}	38.83 ^h	36.73 ^{e-i}	39.57 ^{e-f}	36.60 ^{f-j}	13.93 ^{f-i}	14.43 ^{d-i}	13.80 ^{h-j}	14.27 ^{d-h}
2/46	74.80 ^{a-g}	87.33 ^{a-d}	36.00 ^{e-h}	34.10 ^{d-i}	36.33 ^{b-f}	34.07 ^{d-j}	10.27 ^{a-d}	10.43 ^{a-f}	10.30 ^{c-f}	10.43 ^{a-f}

Table 4.16 Field emergence test, standard germination test and conductivity test by AOSA and ISTA methods with 4 treatments of solution preparation of 30 seed lots of KDML 105 rice variety, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence (continued).

Lot No.	FE (%)	SG (%)	Conductivity Test ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$)							
			AOSA				ISTA			
			Control	Swirl	Stir	Pour	Control	Swirl	Stir	Pour
2/50	73.80 ^{a-g}	95.33 ^{a-b}	30.47 ^{b-f}	28.47 ^{a-d}	32.53 ^{a-f}	28.70 ^{a-e}	9.80 ^{a-c}	9.80 ^{a-c}	10.00 ^{b-f}	9.63 ^{a-d}
2/128	73.40 ^{a-g}	90.67 ^{a-d}	38.83 ^{e-h}	38.70 ^{h-i}	39.63 ^{e-f}	38.40 ^{h-j}	14.60 ^{g-j}	14.43 ^{d-i}	15.00 ^{i-k}	14.43 ^{d-h}
2/108	72.40 ^{a-g}	95.33 ^{a-b}	37.87 ^{e-h}	37.77 ^{f-i}	38.47 ^{e-f}	37.73 ^{g-j}	15.60 ^{g-j}	15.47 ^{f-j}	16.07 ^k	15.23 ^{e-i}
2/87	71.60 ^{b-g}	92.00 ^{a-d}	33.93 ^{e-h}	33.97 ^{d-i}	33.13 ^{a-f}	33.63 ^{e-j}	17.63 ^{i-l}	18.57 ^{i-k}	16.83 ^k	18.50 ^{h-j}
16/8	70.00 ^{b-g}	94.00 ^{a-c}	36.40 ^{e-h}	36.20 ^{e-i}	36.17 ^{b-f}	36.73 ^{f-g}	14.90 ^{g-j}	18.27 ^{h-k}	11.60 ^{f-g}	18.17 ^{g-j}
2/80	61.80 ^{e-h}	87.33 ^{a-d}	35.17 ^{e-h}	33.60 ^{d-i}	36.50 ^{b-f}	34.30 ^{e-j}	15.50 ^{g-j}	8.77 ^{a-b}	15.63 ^{j-k}	15.50 ^{e-i}
2/83	59.80 ^{f-h}	83.33 ^d	50.47 ^j	50.47 ^j	50.30 ^g	50.53 ^k	10.70 ^{a-e}	10.47 ^{a-f}	11.20 ^{e-g}	10.33 ^{a-e}
2/97	57.60 ^{g-h}	72.00 ^e	63.10 ^k	60.43 ^k	64.80 ^h	61.70 ^l	18.40 ^{k-m}	18.10 ^{h-k}	19.00 ^l	17.77 ^{g-j}
2/79	50.40 ^h	68.00 ^e	74.53 ^l	76.20 ^l	72.97 ^h	76.43 ^m	20.13 ^{l-m}	19.80 ^{j-k}	20.47 ^l	19.87 ^{i-j}
Mean	74.79	88.49	35.76	35.22	36.41	35.64	12.39	12.57	12.40	12.54
F test	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	16.41	5.67	9.09	10.1	14.56	10.45	12.30	21.81	8.64	21.62

^{l/} = 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 propability.

Table 4.17 Field emergence test, standard germination test and conductivity test by AOSA and ISTA methods with 4 treatments of solution preparation of 30 seed lots of RD 15 rice variety, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence.

Lot No.	FE (%)	SG (%)	Conductivity Test ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$)							
			AOSA				ISTA			
			Control	Swirl	Stir	Pour	Control	Swirl	Stir	Pour
10/38	87.60 ^{a 1/}	90.00 ^{a-f}	21.67 ^a	24.00 ^{a-b}	19.27 ^a	24.33 ^a	10.60 ^{h-i}	10.53 ^{b-c}	10.87 ^{i-j}	10.03 ^{c-e}
12/37	86.60 ^{a-b}	82.67 ^{e-h}	25.52 ^{b-d}	26.10 ^{a-d}	26.17 ^{b-d}	26.97 ^{a-d}	8.57 ^{a-b}	8.57 ^b	8.70 ^{a-d}	8.63 ^{b-d}
12/6	86.20 ^{a-b}	92.67 ^{a-d}	24.43 ^{a-b}	25.73 ^{a-d}	23.67 ^b	26.33 ^{a-c}	8.37 ^{a-c}	9.13 ^b	7.77 ^a	7.33 ^{a-b}
10/56	85.60 ^{a-b}	92.67 ^{a-d}	28.27 ^{b-f}	27.30 ^{a-e}	28.20 ^{b-g}	27.60 ^{a-e}	11.70 ^{i-j}	11.73 ^{c-d}	11.77 ^{j-k}	11.60 ^{c-f}
10/35	83.80 ^{a-c}	95.33 ^a	27.76 ^{b-f}	28.17 ^{a-e}	26.17 ^{b-d}	28.60 ^{a-e}	10.40 ^{g-h}	10.53 ^{b-c}	10.77 ^{h-j}	10.47 ^{d-e}
18/27	83.20 ^{a-c}	94.67 ^{a-b}	24.67 ^{a-c}	24.13 ^{a-c}	24.70 ^{b-c}	25.13 ^{a-b}	9.77 ^{c-h}	9.60 ^{b-c}	10.33 ^{h-i}	9.60 ^{c-e}
12/10	82.20 ^{a-c}	90.00 ^{a-f}	27.83 ^{b-f}	28.87 ^{a-e}	26.60 ^{b-c}	29.90 ^{a-e}	8.67 ^{a-b}	8.67 ^b	8.90 ^{a-d}	8.70 ^{b-d}
10/42	81.60 ^{a-d}	90.67 ^{a-f}	27.87 ^{b-f}	26.30 ^{a-d}	28.73 ^{c-h}	27.67 ^{a-e}	9.33 ^{b-h}	9.73 ^{b-c}	9.37 ^{b-g}	9.63 ^{c-e}
12/4	81.20 ^{a-d}	92.67 ^{a-d}	27.74 ^{b-f}	28.53 ^{a-e}	26.73 ^{b-e}	29.93 ^{a-e}	8.37 ^{a-c}	8.70 ^b	8.37 ^{a-c}	8.70 ^{b-d}
18/23	80.40 ^{a-e}	86.00 ^{b-h}	24.89 ^{a-c}	23.53 ^a	25.80 ^{b-d}	24.30 ^a	9.90 ^{d-h}	9.73 ^{b-c}	10.30 ^{f-i}	9.73 ^{c-e}
18/22	80.40 ^{a-e}	85.33 ^{c-h}	26.25 ^{b-e}	25.97 ^{a-d}	26.33 ^{b-d}	26.93 ^{a-b}	8.47 ^{a-c}	8.30 ^{a-b}	8.87 ^{a-b}	8.37 ^{b-d}
18/45	79.40 ^{a-e}	86.00 ^{b-h}	28.00 ^{b-f}	29.20 ^{a-e}	26.63 ^{b-e}	30.40 ^{a-f}	8.93 ^{a-f}	8.90 ^b	9.20 ^{b-f}	8.83 ^{b-d}
12/16	78.00 ^{a-e}	84.00 ^{c-h}	30.67 ^{f-i}	30.70 ^{d-f}	28.80 ^{c-h}	32.57 ^{c-h}	9.43 ^{b-h}	9.67 ^{b-c}	9.43 ^{b-g}	9.77 ^{c-e}
12/1	77.80 ^{a-e}	93.33 ^{a-c}	28.85 ^{d-g}	29.13 ^{a-e}	30.33 ^{d-h}	31.03 ^{b-g}	7.67 ^a	6.30 ^a	9.27 ^{b-f}	6.23 ^a
8/50	77.20 ^{a-e}	62.67 ^j	27.63 ^{b-f}	28.20 ^{a-e}	26.80 ^{b-e}	28.57 ^{a-e}	9.37 ^{b-h}	9.27 ^b	9.57 ^{c-h}	9.30 ^{b-d}
8/28	76.60 ^{a-e}	76.67 ^{h-i}	30.65 ^{f-i}	30.10 ^{c-f}	31.57 ^{e-i}	30.93 ^{b-g}	10.20 ^{c-h}	10.27 ^{b-c}	10.23 ^{e-j}	10.30 ^{d-e}
8/45	75.20 ^{a-f}	79.33 ^{g-i}	28.39 ^{c-g}	29.23 ^{a-e}	26.00 ^{b-e}	31.37 ^{b-g}	9.53 ^{c-h}	9.57 ^{b-c}	9.60 ^{d-h}	9.67 ^{c-e}

Table 4.17 Field emergence test, standard germination test and conductivity test by AOSA and ISTA methods with 4 treatments of solution preparation of 30 seed lots of RD 15 rice variety, data sorted by maximum to minimum percentages of field emergence (continued).

Lot No.	FE (%)	SG (%)	Conductivity Test ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$)							
			AOSA				ISTA			
			Control	Swirl	Stir	Pour	Control	Swirl	Stir	Pour
8/36	73.60 ^{a-f}	83.33 ^{d-h}	28.06 ^{b-f}	27.23 ^{a-e}	27.47 ^{b-e}	28.63 ^{a-g}	9.13 ^{b-g}	9.07 ^b	9.67 ^{b-h}	8.97 ^{b-d}
8/30	72.60 ^{a-f}	76.67 ^{h-i}	30.47 ^{f-i}	29.70 ^{b-f}	30.43 ^{d-h}	30.67 ^{a-f}	9.37 ^{b-h}	9.70 ^{b-c}	9.07 ^{b-e}	9.57 ^{c-e}
8/35	71.60 ^{a-f}	86.67 ^{a-g}	29.61 ^{e-i}	29.17 ^{a-e}	30.13 ^{d-h}	29.87 ^{a-e}	9.90 ^{d-h}	9.43 ^{b-c}	10.23 ^{e-i}	9.50 ^{c-e}
10/46	71.40 ^{a-f}	80.00 ^{g-r}	33.15 ⁱ	32.97 ^{e-g}	33.67 ^{h-i}	33.90 ^{e-i}	10.30 ^{f-h}	10.20 ^{b-c}	10.57 ^{g-i}	10.20 ^{c-e}
8/31	71.40 ^{a-f}	78.00 ^{g-i}	27.08 ^{b-f}	25.83 ^{a-d}	27.87 ^{b-f}	27.07 ^{a-d}	8.87 ^{a-e}	8.57 ^b	9.13 ^{b-f}	8.57 ^{b-d}
18/31	69.00 ^{a-f}	91.33 ^{a-e}	32.23 ^{h-i}	35.37 ^{f-h}	28.70 ^{c-h}	36.63 ^{g-i}	9.73 ^{c-h}	9.77 ^{b-c}	10.13 ^{e-j}	9.67 ^{c-e}
12/17	68.00 ^{a-e}	92.00 ^{a-d}	28.38 ^{c-g}	27.97 ^{a-e}	28.73 ^{c-h}	29.13 ^{a-e}	9.33 ^{b-h}	9.50 ^{b-c}	9.37 ^{b-g}	9.53 ^{c-e}
18/28	66.40 ^{a-d}	84.67 ^{c-h}	38.89 ^{j-k}	37.50 ^{g-h}	40.40 ^j	38.37 ^{h-i}	12.43 ^j	13.03 ^d	12.00 ^k	12.97 ^f
12/29	65.20 ^{a-d}	82.00 ^{f-h}	40.13 ^k	39.90 ^h	40.43 ^j	36.30 ^{h-i}	8.10 ^{a-b}	8.20 ^{a-b}	8.30 ^{a-b}	8.13 ^{b-c}
10/48	62.80 ^{a-c}	77.33 ^{g-i}	33.11 ⁱ	32.37 ^{e-g}	33.00 ^{g-i}	34.00 ^{e-i}	9.97 ^{d-h}	9.90 ^{b-c}	10.20 ^{e-i}	9.90 ^{c-e}
8/29	62.00 ^{a-b}	72.00 ⁱ	32.14 ^{g-i}	37.57 ^{d-f}	32.50 ^{f-i}	32.77 ^{d-h}	17.07 ^k	17.60 ^e	16.83 ^l	17.60 ^g
10/60	57.20 ^a	77.33 ^{g-i}	36.66 ^j	37.60 ^{g-h}	35.77 ⁱ	38.93 ⁱ	20.07 ^l	21.80 ^f	18.50 ^m	21.97 ^h
10/51	57.20 ^a	77.33 ^{g-i}	49.99 ^l	49.03 ⁱ	50.25 ^k	49.47 ^j	23.47 ^m	24.90 ^g	22.43 ^m	25.10 ⁱ
Mean	75.63	84.64	30.03	30.04	29.74	30.94	10.57	10.70	10.66	10.62
F test	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	16.00	5.6	6.63	10.16	8.51	10.33	6.73	11.13	5.84	10.06

^{l/} = 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 4.18 Correlation coefficients (r) among standard generation test, field emergence test and 4 treatments of solution preparations of AOSA and ISTA conductivity tests of KDML 105 and RD 15 rice varieties.

Test	Conductivity Test								SG	FE
	AOSA				ISTA					
	Control	Stir	Swirl	Pour	Control	Stir	Swirl	Pour		
KDML 105										
AOSA Control	1.000	0.993**	0.994**	0.995**	0.732**	0.741**	0.703**	0.699**	- 0.707**	- 0.752**
AOSA Stir		1.000	0.985**	0.986**	0.724**	0.737**	0.690**	0.686**	- 0.714**	- 0.759**
AOSA Swirl			1.000	0.999**	0.725**	0.731**	0.698**	0.695**	- 0.697**	- 0.731**
AOSA Pour				1.000	0.719**	0.725**	0.691**	0.689**	- 0.709**	- 0.728**
ISTA Control					1.000	0.983**	0.983**	0.983**	- 0.353	- 0.621**
ISTA Stir						1.000	0.933**	0.934**	- 0.409*	- 0.632**
ISTA Swirl							1.000	0.999**	- 0.284	- 0.589**
ISTA Pour								1.000	- 0.289	- 0.585**
SG									1.000	0.663**
FE										1.000
RD 15										
AOSA Control	1.000	0.980**	0.980**	0.963**	0.684**	0.676**	0.685**	0.702**	- 0.295	- 0.821**
AOSA Stir		1.000	0.929**	0.909**	0.655**	0.651**	0.651**	0.668**	- 0.256	- 0.814**
AOSA Swirl			1.000	0.984**	0.677**	0.667**	0.681**	0.693**	- 0.322	- 0.790**
AOSA Pour				1.000	0.707**	0.699**	0.709**	0.723**	- 0.337	- 0.805**
ISTA Control					1.000	0.993**	0.995**	0.995**	- 0.370*	- 0.627**
ISTA Stir						1.000	0.978**	0.982**	- 0.362*	- 0.623**
ISTA Swirl							1.000	0.996**	- 0.359	- 0.618**
ISTA Pour								1.000	- 0.380*	- 0.640**
SG									1.000	0.504**
FE										1.000

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

Table 4.19 Summary of correlation coefficients (r) between standard germination test and each vigor test to field emergence test of KDML 105 and RD 15 rice varieties.

Tests	KDML 105	RD 15	Tests	KDML 105	RD 15	Tests	KDML 105	RD 15
SG	0.663**	0.504**	Modified Germination Test at 25 °C			Seedling Growth and Evaluation Tests		
Accelerated Aging Test			3 days NS	0.000	0.000	SL	0.804**	0.718**
44 °C 64hrs	0.839**	0.583**	3 days PNS	0.549**	0.399*	RL	0.749**	0.714**
44 °C 68 hrs	0.854**	0.641**	4 days NS	0.430*	0.157	TL	0.809**	0.856**
44 °C 72 hrs	0.887**	0.763**	4 days PNS	0.819**	0.619**	SGR	0.528**	0.430*
44 °C 76 hrs	0.886**	0.737**	5 days NS	0.870**	0.750**	Conductivity Test		
44 °C 80 hrs	0.866**	0.913**	5 days PNS	0.825**	0.639**	AOSA Control	-0.752**	-0.821**
Modified Germination Test at 20 °C			6 days NS	0.811**	0.618**	AOSA Swirl	-0.731**	-0.790**
6 days NS	0.000	0.000	6 days PNS	0.805**	0.632**	AOSA Stir	-0.759**	-0.814**
6 days PNS	0.621**	0.399*	7 days NS	0.787**	0.620**	AOSA Pour	-0.728**	-0.805**
7 days NS	0.136**	0.116	7 days PNS	0.697**	0.632**	ISTA Control	-0.621**	-0.627**
7 days PNS	0.820**	0.563**	Modified Germination Test at 30 °C			ISTA Swirl	-0.589**	-0.618**
8 days NS	0.642**	0.300	2 days NS	0.125	0.000	ISTA Stir	-0.623**	-0.623**
8 days PNS	0.852**	0.738**	2 days PNS	0.483**	0.254	ISTA Pour	-0.585**	-0.640**
9 days NS	0.744**	0.558**	3 days NS	0.527**	0.479**			
9 days PNS	0.864**	0.717**	3 days PNS	0.740**	0.564**			
10 days NS	0.735**	0.572**	4 days NS	0.850**	0.727**			
10 days PNS	0.850**	0.581**	4 days PNS	0.731**	0.530**			
			5 days NS	0.722**	0.686**			
			5 days PNS	0.732**	0.533**			

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

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาหาวิธีการทดสอบความแข็งแรงที่มีประสิทธิภาพสูง สามารถใช้ทำนายความงอกในแปลงปลูกได้ ในเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 ซึ่งเป็นข้าวหอมมะลิไทยที่มีมูลค่าการส่งออกมากที่สุดของไทย นั้น สรุปได้ว่า ค่าความสัมพันธ์ของทุกวิธีการทดสอบความแข็งแรง 4 วิธี มีค่าสหสัมพันธ์ของกรรมวิธีที่ดีที่สุด สูงกว่าวิธีการทดสอบความงอกมาตรฐาน และส่วนใหญ่เป็นกรรมวิธีเดียวกัน ในพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 ยกเว้นวิธีเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ และวิธีการทดสอบความงอกประยุกต์ที่อุณหภูมิ 20°C ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเฉพาะเจาะจงของกรรมวิธีกับพันธุ์ข้าวในระดับหนึ่ง

1. วิธีทดสอบความงอกมาตรฐาน มีความสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูกที่ $r = 0.663^{**}$ และ 0.504^{**} ในพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 ตามลำดับ
2. ระยะเวลาเร่งอายุที่อุณหภูมิ 44 °C ที่ทดสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ได้แม่นยำสูงที่สุดในพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 ได้แก่ 72 และ 80 ชม. ตามลำดับ และเป็นวิธีที่มีค่าสหสัมพันธ์กับความงอกในแปลงปลูกสูงที่สุดในการศึกษาครั้งนี้ ถือว่าเป็นวิธีทดสอบความแข็งแรงที่มีประสิทธิภาพหรือแม่นยำที่สุด ($r = 0.887^{**}$ และ 0.913^{**} ในพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 ตามลำดับ)
3. วิธีทดสอบความงอกประยุกต์ที่ดีที่สุดคือ วิธีการทดสอบความงอกในที่มีอุณหภูมิ 25°C นับต้นอ่อนแบบต้นอ่อนปกติ หลังเพาะ 5 วัน ในทั้งพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 ให้ค่า $r = 0.870^{**}$ และ 0.750^{**} ตามลำดับ
4. วิธีวัดความยาวรวมต้นอ่อน เป็นวิธีที่ดีที่สุดในการทดสอบประเภทการทดสอบการเจริญเติบโตและประเมินต้นอ่อน มีค่า $r = 0.809^{**}$ และ 0.856^{**} ในพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 ตามลำดับ
5. วิธีการวัดค่าการนำไฟฟ้า ตามวิธี AOSA (1983) มีประสิทธิภาพสูงกว่าวิธี ISTA (1995) มาก และแนะนำวิธีวัดค่าโดยตรงโดยไม่รบกวนสารละลายก่อนวัดค่า มีค่า $r = -0.752^{**}$ และ -0.821^{**} ในพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 ตามลำดับ

รายการอ้างอิง

กรมการข้าว. 2555. สถานการณ์การผลิตและการตลาดข้าวของโลก ปี 2555/2556 ณ เดือนกรกฎาคม

2555. แหล่งที่มา: http://www.ricethailand.go.th/rice%20web/Rice%20Situation/Rice_Situation.html, 1 กันยายน 2556.

กรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์. 2546. มาตรฐานข้าวไทยและมาตรฐานข้าวหอมมะลิ ไทย. กรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์, กรุงเทพฯ.

กุลวดี ฐานันท์กาญจน์. 2547. การเปรียบเทียบการทดสอบความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์พริก มะเขือและมะเขือเทศ. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

งามชื่น คงเสรี. 2545. คุณภาพข้าวและการตรวจสอบข้าวปนในข้าวหอมมะลิไทย. กรมกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และกระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

ตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าแห่งประเทศไทย. 2551. มาตรฐานข้าวหอมมะลิไทย. แหล่งที่มา: <http://www.afet.or.th/v081/thai/product/bhmr/>, 10 กันยายน 2556.

ตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าแห่งประเทศไทย. 2556. ความสำคัญของสินค้าข้าว. แหล่งที่มา: <http://www.afet.or.th/Downloadnow.php>, 9 กันยายน 2556.

จุฑามาศ ร่มแก้ว. 2539. อิทธิพลของความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ที่มีต่อความงอกในไร่นา การเจริญเติบโต ผลผลิต และความสามารถในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงเมล็ดโต. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชวนพิศ อรุณรังสิกุล. 2529. เทคนิคการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์กับการประเมินอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน. วารสารวิชาการเกษตร 4: 201-205.

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

เชิดชาย วังคำ. 2542. ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดและเยื่อหุ้มเมล็ดที่สัมพันธ์กับคุณภาพ เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทองเปลว กองจันทร์. 2556. การปลูกข้าวโดยวิธีโยนกกล้า. แหล่งที่มา:

kmcenter.rid.go.th/kchyd/home/download_manual/paddy%2056.pdf, 2 กันยายน 2556.

ธวัชชัย ทิมขุนทด. 2554. หน่วยที่ 5 การตรวจสอบคุณภาพและการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์: เรื่องที่ 5.3.1 การตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์, น. 55-63. ใน เอกสารการสอนชุดวิชา การฝึก

- ปฏิบัติเสริมทักษะการผลิตพืช หน่วยที่ 1-7. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, กรุงเทพฯ.
 นิติ วรรณ. 2556. ปัญหาของข้าวไทย. แหล่งที่มา:
<http://www.thairath.co.th/column/oversea/worldsky/360232>, 7 พฤศจิกายน 2556.
- บุญหงส์ จงคิด. 2547. ข้าวและเทคโนโลยีการผลิต. ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- บุญมี ศิริ, นงนุช แสงหิน และ วิทวัส ชีรธิดิ. 2554. ช่วงเวลาการเร่งอายุที่เหมาะสมเพื่อใช้ประเมิน
 คุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 42: 403-406.
- ปิยะนันท์ อึ้งทรงธรรม. 2543. สายพันธุ์ข้าว. แหล่งที่มา:
nutrition.anamai.moph.go.th/temp/files/K-center/morning54/4.pdf, 1 กันยายน 2556.
- ประพาส วีระแพทย์. 2556. การปลูกข้าว. แหล่งที่มา: web.ku.ac.th/nk40/nk/data/03/lab1k31.htm, 1
 กันยายน 2556.
- ผู้จัดการออนไลน์. 2553. สถานการณ์ข้าวผลผลิตข้าวในเอเชีย. แหล่งที่มา:
<http://manager.co.th/Science/ViewNews.aspx?NewsID=9530000110921>, 30 กันยายน 2556.
- มังกร จูมทอง. 2497. ประวัติพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105. แหล่งที่มา:
www.brrd.in.th/library/index.php?option=com105, 1 พ.ย. 2556.
- มนัสชนก กองดิน. 2555. วิธีตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร
 มหบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- มารศรี วงศ์อนันทรพัญ. 2548. ความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการทดสอบความแข็งแรงและความงอกใน
 สภาพแปลงของเมล็ดพันธุ์ฝักกะน้ำ ผักกาดเขียวปลี และผักกาดเขียวแกวตั้ง. วิทยานิพนธ์
 ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วรวิทย์ พาณิชพัฒน์, อุคม สิมามบรรพ์ และ ทรงชัย วัฒนพชัยกุล. 2529. การทำน่าน้ำฝน, น. 195-
 218. ใน การทำน่าน้ำฝน. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.
- วราภรณ์ คำบุญเรือง. 2535. ความรู้เรื่องข้าวและการทำนา, น. 11-46. ใน เทคโนโลยีการปลูกข้าวที่อาศัย
 น้ำฝน. สถาบันวิจัยข้าว, กรุงเทพฯ.
- วราภรณ์ สิงห์บำรุง. 2546. การศึกษาวิธีวัดความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์เพื่อการประเมินความงอก
 ในสภาพไร่สำหรับข้าวโพดหวาน. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์),
 มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์.
- วเรนยา สิงคณิภา. 2552. ติดต่อบริษัท. นักวิชาการเกษตรชำนาญการ ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าว
 นครราชสีมา, นครราชสีมา.
- วันชัย จันทน์ประเสริฐ. 2533. การศึกษาความงอก ความแข็งแรง และความสามารถในการเก็บรักษา
 ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง 18 สายพันธุ์. ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย.) 24: 261-267.

วันชัย จันทรประเสริฐ, เชิดชาย วังคำ, สมศักดิ์ ศรีสมบุญ และ ลิลลี่ กาวีตะ. 2543. ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดและเชื้อหุ้มเมล็ดของถั่วเหลือง 40 สายพันธุ์/พันธุ์, น. 11-21. ใน รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 38. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วันชัย จันทรประเสริฐ, สุชาติ อ่อนคำ, รังสฤษฎ์ กาวีตะ และ สุรพล อุปดิสสกุล. 2539. การเสื่อมคุณภาพในแปลงและลักษณะทางกายภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง 10 สายพันธุ์, น. 296-302. ใน รายงานการประชุมวิชาการถั่วเหลืองแห่งชาติ ครั้งที่ 6.

วัลลภ สันติประภา. 2533. การเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ถั่วฝักยาวเพื่อประเมินอายุการเก็บรักษาในเขตร้อนชื้น. วารสารสงขลานครินทร์ 12: 305-309.

วัลลภ สันติประภา. 2541. รายงานการวิจัยเรื่องเทคนิคการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์พืชสำหรับเขตร้อนชื้น. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. (อัดสำเนา).

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

วัลลภ สันติประภา, ขวัญจิตร สันติประภา และ ชุศรี ณรงค์ราษฎร์. 2536ข. การเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวเพื่อประเมินอายุการเก็บรักษาในเขตร้อนชื้น. วารสารเกษตรศาสตร์ 27: 283-294.

วีระพันธ์ ดวงจันทร์โชติ และวันชัย จันทรประเสริฐ. 2551. วิธีวัดความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานเพื่อประเมินความงอกในไร่ภายใต้สภาพอากาศเย็น, น. 58-64. ใน รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46.

วีระเดช คชเสนีย์. 2556. ทิศทางการส่งออกข้าวไทยในอนาคต. แหล่งที่มา:

http://thainews.prd.go.th/centerweb/News/NewsDetail?NT01_NewsID=WNEVN56081400100031, 30 กันยายน 2556.

ศานิต สวัสดิกาญจน์. 2554. การประเมินอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเทียนโดยวิธีเร่งอายุ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 41: 365-368.

แสงนวล ทองเพ็ชร. 2548. พันธุ์ข้าวหอม และมาตรฐานข้าวหอมมะลิไทย. แหล่งที่มา:

aglib.doa.go.th/lib/images/Downloads/2551/EB00018.pdf, 30 กันยายน 2556.

สรุณี อังคประเสริฐกุล. 2547. การเปรียบเทียบวิธีการทดสอบความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์พืชตระกูลถั่ว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมาน ครอบกระโทก. 2556. ผลกระทบจากภาวะโลกร้อนที่มีต่อเกษตรไทย. แหล่งที่มา:

www.baanjommyut.com/library_2/thai_agriculture_to_global_warming/index.html, 20 กันยายน 2556.

- สุนทรี ตั้งชูชัย. 2555. การตรวจสอบความแข็งแรงโดยวิธีการจำแนกความแข็งแรงของต้นอ่อนข้าวโพด. ปัญหาพิเศษนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2556ก. ข้อมูลการส่งออกข้าว. แหล่งที่มา:
www.oae.go.th/download/journal/trends2555.pdf, 1 กันยายน 2556.
- สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2556ข. ติดต่อส่วนตัว. สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, กรุงเทพฯ.
- สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. 2556. การปลูก ดูแลรักษา และใช้ประโยชน์นาข้าว. แหล่งที่มา:
www.ricethailand.go.th, 1 กันยายน 2556.
- สำราญ อินแถลง. 2553. การทำนาด้วยวิธีโยนกล้า. แหล่งที่มา:
snrrc.ricethailand.go.th/srrc/textpdf/Yon%20kla.doc, 2 กันยายน 2556.
- อัทธ์ พิศาลวานิช. 2554. ปัญหาข้าวไทยในอาเซียน. แหล่งที่มา:
<https://notes/love-thailand/ปัญหาข้าวไทยในอาเซียน>, 7 พฤศจิกายน 2556.
- อารมย์ ศรีพิชิตต์. 2544. อิทธิพลของการสุกแก่และการลดความชื้นต่อความงอก ความแข็งแรงและการร่วงไหลของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษา. วารสารวิชาการเกษตร 19 (1): 58-70.
- Al-Maskri, A.Y., M.M. Khan, I.A. Khan and K. Al Habsi. 2003. Effect of accelerated aging on Viability, Vigor (RGR), Lipid Peroxidation and Leakage in Carrot (*Daucus carota* L.) Seeds, **J. Agri. Biol.** 5 (4): 580-584.
- 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.
- Association of Official Seed Analysts (AOSA). 1983. **Seed Vigor Testing Handbook**. Contribution No. 32. Association of Official Seed Analysts. Lincoln, NE., U.S.A.
- Baskin, C.C., S. Paliwal and J.C. Delouch. 1993. **Estimating Field Emergence of Grain Sorghum**. MS. Bulletin 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.
- Bhattacharyya, S., A.K. Hazra and S.S. Mandi. 1985. Accelerated ageing of seed in hot water: germination characteristics of aged wheat seeds. **Seed Sci. & Technol.** 13: 683-690.

- Bradford, K. J. 1988. **Rice Seed-88**. 1988 Annual report. Department of Vegetable Crops, UC Davis. Available source: <http://www.carrb.com/88rpt/RiceSeed.htm>, 29 June, 2013.
- 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.
- 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.
- 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.
- Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO). 1998. **Report of the Fifth External Programme and Management Review of International Rice Research Institute (IRRI)**. IRRI, Los Banos, Philippines. Available source: <http://www.fao.org/docrep/W8439E/w8439e05.htm>, 10 September, 2009.
- Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO). 2004. **Rice is life**. Available source: <http://www.fao.org/rice2004/en/p17.htm>, 1 September 2013.
- Hardegree, S.P., 2006. Predicting germination response to temperature. **I. Cardinal-temperature modal and subpopulation-specific regression Ann.** 97: 1,115-1,125.
- Krishnasamy, V. and D.V. Seshu. 1990. Accelerated aging in rice. **Seed Sci. & Technol.** 18: 147-156.
- IBTV. 2011. **Low productivity of rice Thailand**. Available source: http://www.ibtv99.com/viwe_story.php?story_id=167#.UntyPSchG4x, 7 November, 2013.
- International Seed Testing Association (ISTA). 1981. **Handbook of Vigour Test Methods**. D.A. Perry, ed. Internaitonal Seed Testing Association. Zürich, Switzerland.
- International Seed Testing Association (ISTA). 1995. **Handbook of Vigour Test Methods**. 3rd edition. Internaitonal Seed Testing Association. Zürich, Switzerland.
- Jain, N., R. Koopar and S. Saxena. 2006. Effect of accelerated ageing on seed of radish (*Raphanus sativus* L.). **Asian J. Plant Sci.** 5 (3): 461-464.
- Krishnasamy, V. and D.V. Seshu. 1990. Germination after accelerated ageing and association characters in rice varieties. **Seed Sci. & Technol.** 18: 147-156.

- 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. **J. Ilmu-Ilmu Peertanian Indonesia** 6 (2): 57-65.
- McDonald, M.B. 1999. Seed deterioration: Physiology, repair and assessment. **Seed Sci. & Technol.** 27: 177-237.
- Patin, A.L. and T. J. Gutormson. 2009. **Evaluating rice (*Oryza sativa* L.) seed vigor**. CABI Abstract. Available source:
<http://www.cababstractsplus.org/abstracts/Abstract.aspx?AcNo=20053186670>, 1 June 2013.
- Puteh, B.A., R. Rosli and B. Mohamad. 2010. Dormancy and cardinal temperatures during seed germination of five weed rice (*Oryza sativa* spp.) Strains. **Pertanika J. Trop. Agric Sci.** 33 (2): 243-250.
- Santipracha, W., Q. Santipracha and V. Wongvarodom. 1997. Hybrid corn seed quality and accelerated aging. **Seed Sci. & Technol.** 25: 203-208.
- Siddique, S.B., D.V. Seshu and W.D. Pardee. 1988. Rice cultivar variability in tolerance for accelerated aging of seed. **IRRI Research Paper Series** 131: 1-7.
- Silva, J.B., R.D. Vieira and M. Panobianco. 2006. Accelerated ageing and controlled deterioration in beetroot seeds. **Seed Sci. & Technol.** 34: 265-271.
- Tilebeni H.G., H. Yousefpour, R. Farhadi and A. Golpayegani, 2012. Germination behavior of rice (*Oriza sativa* L.) cultivars seeds to difference temperatures. **Advances in Environmental Biology** 6 (2): 573-577
- 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.
- Wilson Jr., D.O., Alleyne J.C., Shafii B. and Mohan S.K. 1992. Seed physiology, production and technology. **Crop Sci.** 32: 1,496-1,502.



Appendix Table 1 Accelerated aging starting and finishing times for specific aging durations and office hour practicality.

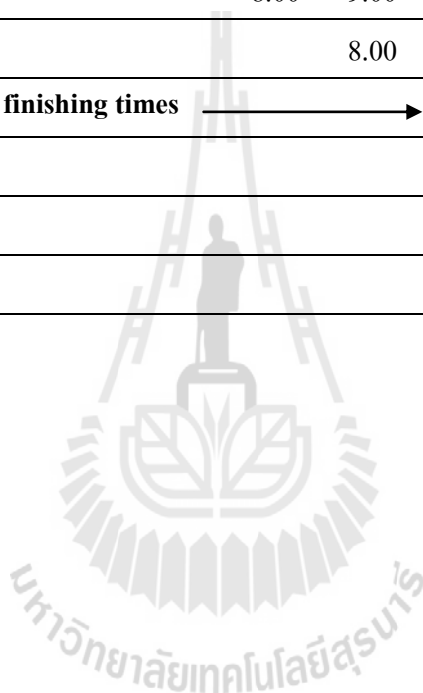
Aging durations	Aging Starting Times									
	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00
30							8.00	9.00	10.00	11.00
31								8.00	9.00	10.00
32									8.00	9.00
33										8.00
34-38	Aging hours which are non-practicality during office hours									
39	17.00									
40	16.00	17.00								
41	15.00	16.00	17.00	← Aging finishing times						
42	14.00	15.00	16.00	17.00						
43	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00					
44	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00				
45	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00			
46	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00		
47	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	
48	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00
49		8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00
50			8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00
51				8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00
52					8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00
53						8.00	9.00	10.00	11.00	12.00
54							8.00	9.00	10.00	11.00
55								8.00	9.00	10.00
56									8.00	9.00
57										8.00
58-62	← Aging hours which are non-practicality during office hours									
63	17.00									
64	16.00	17.00								

Appendix Table 1 Accelerated aging starting and finishing times for specific aging durations and office hour practicality (continued).

Aging Durations	Aging Starting Times									
	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00
65	15.00	16.00	17.00	← Aging finishing times						
66	14.00	15.00	16.00	17.00						
67	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00					
68	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00				
69	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00			
70	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00		
71	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	
72	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00
73		8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00
74			8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00
75				8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00
76					8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00
77						8.00	9.00	10.00	11.00	12.00
78							8.00	9.00	10.00	11.00
79								8.00	9.00	10.00
80									8.00	9.00
81										8.00
82-86	← Aging hours which are non-practicality during office hours									
87	17.00									
88	16.00	17.00								
89	15.00	16.00	17.00							
90	14.00	15.00	16.00	17.00						
91	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00					
92	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00				
93	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00			
94	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00		
95	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	

Appendix Table 1 Accelerated aging starting and finishing times for specific aging durations and office hour practicality (continued).

Aging Durations	Aging Starting Times									
	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00
96	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00
97		8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00
98			8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00
99				8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00
100					8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00
101						8.00	9.00	10.00	11.00	12.00
102	Aging finishing times →						8.00	9.00	10.00	11.00
103								8.00	9.00	10.00
104									8.00	9.00
105										8.00



ตารางผนวก 2 วิธีการปรับอุณหภูมิตู้เร่งอายุ รุ่น HOTPACK ให้ได้อุณหภูมิขึ้นถึง 44.0 ± 0.5 °C ในเวลาที่สั้นที่สุดและคงที่ตลอดระยะเวลาเร่งอายุ

วิธีการปรับตู้	ระยะเวลาหลังจาก ใส่ตัวอย่างในตู้ (นาที)	อุณหภูมิภายในตู้ โดย data locker (°C)	หมายเหตุ
1. ตั้งอุณหภูมิหน้าตู้เปล่า ที่ 50° ช. ระยะเวลา 2 ชม.	-	48	หน้าปิดหน้าตู้จะแสดง อุณหภูมิสูงกว่าภายใน 2 °C
2. นำกระป๋องตัวอย่างทดสอบเร่ง อายุเมล็ดพันธุ์ใส่ตู้จำนวน 119 ใบ (เต็มตู้) แล้วปิดตู้	0	43.7	
	1	44.0	
3. หลังจากนำกระป๋องตัวอย่าง ทดสอบเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ใส่ตู้ 2 นาที ตั้งอุณหภูมิ ไว้ที่ 48° (ลดลง 2 °C)	2	44.2	หากไม่ปรับอุณหภูมิใน ตู้ลง 2 °C อุณหภูมิจริง ภายในตู้จะสูงมากกว่า 44.2° C และสูงขึ้น เรื่อยๆ จนถึง 46.0° C
	3	44.2	
	4	44.2	
	8	44.1	
	12	44.0	
	14	44.0	
	16	43.9	
	20	43.8	
	22	43.9	
	24	44.0	
	26	44.1	
	28	44.2	

ตารางผนวก 2 วิธีการปรับอุณหภูมิตู้เร่งอายุ รุ่น HOTPACK ให้ได้อุณหภูมิขึ้นถึง 44.0 ± 0.5 °ซ ในเวลาที่สั้นที่สุดและคงที่ตลอดระยะเวลาเร่งอายุ (ต่อ)

วิธีการปรับตู้อบ	ระยะเวลาหลังจากใส่ตัวอย่าง(นาทื)	อุณหภูมิในตู้ที่อ่านได้จาก Testo (°ซ)	หมายเหตุ
4. หลังจากนำกระป๋องตัวอย่างทดสอบเร่งอายุเมสส์พันธุใส่ตู้อบ 30 นาที ให้ปรับอุณหภูมิที่ 46 °ซ (ปรับลดลงอีก 2 °ซ)	30	44.3	หากไม่ลดอุณหภูมิลงอีก 2 °ซ อุณหภูมิจริงในตู้จะสูงมากกว่า 44.3 °ซ และสูงขึ้นเรื่อยๆ ถึง 46 °ซ
	34	44.0	
	36	43.9	
	38	43.8	
	45	43.9	
	46	44.0	
	60 (1 ชั่วโมง)	44.0	
	80 (1 ชั่วโมง 20 นาที)	44.0	อุณหภูมิจะคงที่ที่ 40 °ซ ตั้งแต่นาทีที่ 46 หลังนำตัวอย่างเข้าตู้
	120 (2 ชั่วโมง)	44.0	
	180 (3 ชั่วโมง)	44.0	
	240 (4 ชั่วโมง)	44.0	

ประวัติผู้เขียน

นางสาวปฐมาภรณ์ ใจเย็น เกิดเมื่อวันที่ 30 เมษายน พ.ศ. 2529 อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา ปี พ.ศ. 2542 สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนสุริยาอุทัย อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา จากนั้นเข้าศึกษาต่อระดับมัธยมต้นและปลายที่โรงเรียนพิมายวิทยา อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา และสำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายในปี พ.ศ. 2548

ต่อมาในปี พ.ศ. 2548-2552 ได้เข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรีใน สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยขณะศึกษาได้ปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ณ บริษัท กรุงเทพอุตสาหกรรมเมล็ดพันธุ์ อำเภอพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี และในปี พ.ศ.2552 ได้เข้าศึกษาต่อระดับปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

