

การประเมินการตอบสนองต่อภาวะแล้งของข้าว *Oryza sativa* L. ที่มีส่วนของโครโมโซมที่ 8 จาก  
ข้าวสายพันธุ์ DH103 และมีพื้นฐานทางพันธุกรรมของข้าวขาวดอกมะลิ 105



นางสาวจุฑารัตน์ ปัญจันต์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)  
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)  
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาพฤกษศาสตร์ ภาควิชาพฤกษศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2557

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EVALUATION FOR DROUGHT STRESS RESPONSES OF RICE *Oryza sativa* L. CONTAINING  
SEGMENT OF CHROMOSOME 8 FROM 'DH103' RICE AND GENETIC BACKGROUND OF  
'KDML105' RICE

Miss Chutarat Puchkhon



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science Program in Botany  
Department of Botany  
Faculty of Science  
Chulalongkorn University  
Academic Year 2014  
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การประเมินการตอบสนองต่อภาวะแล้งของข้าว *Oryza sativa* L. ที่มีส่วนของโครโมโซมที่ 8 จากข้าวสายพันธุ์ DH103 และมีพื้นฐานทางพันธุกรรมของข้าวขาวดอกมะลิ 105

โดย

นางสาวจุฑารัตน์ ปัญจพันธ์

สาขาวิชา

พฤกษศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญธิดา โฆษิตทรัพย์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

รองศาสตราจารย์ ดร. ศุภจิตรา ชัชวาลย์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ ทารหนองบัว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ต่อศักดิ์ สีลานันท์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญธิดา โฆษิตทรัพย์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร. ศุภจิตรา ชัชวาลย์)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร. อัญชลี ใจดี)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร. ธีรยุทธ ตูจันดา)

จุฑารัตน์ ปัญจพันธ์ : การประเมินการตอบสนองต่อภาวะแล้งของข้าว *Oryza sativa* L. ที่มีส่วนของโครโมโซมที่ 8 จากข้าวสายพันธุ์ DH103 และมีพื้นฐานทางพันธุกรรมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 (EVALUATION FOR DROUGHT STRESS RESPONSES OF RICE *Oryza sativa* L. CONTAINING SEGMENT OF CHROMOSOME 8 FROM 'DH103' RICE AND GENETIC BACKGROUND OF 'KDML105' RICE) อ.ที่ปริกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร. บุญธิดา โฆษิตทรัพย์, อ.ที่ปริกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: รศ. ดร. ศุภจิตรา ชัชวาลย์, 155 หน้า.

การประเมินลักษณะการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อภาวะแล้งของประชากรข้าว CSSLs จำนวน 4 สายพันธุ์ ที่มีพื้นฐานทางพันธุกรรมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และได้รับยีนทนแล้งบนโครโมโซมที่ 8 จากสายพันธุ์ DH103 เปรียบเทียบกับสายพันธุ์พ่อแม่ (DH103 และ KDML105) โดยให้ภาวะแล้งระดับ 75% field capacity และ 50% field capacity สำหรับชุดทดลอง ส่วนชุดควบคุมกำหนดให้ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity พบว่า เฉพาะภาวะแล้งระดับ 50% field capacity เท่านั้นที่สามารถกระตุ้นให้ข้าวแสดงการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อภาวะแล้ง ซึ่งข้าวแต่ละสายพันธุ์มีลักษณะการตอบสนองต่อภาวะแล้งที่แตกต่างกัน โดยสายพันธุ์ RGD06064-6-MAS52 เป็นข้าว CSSL สายพันธุ์เดียวที่มีความสามารถในการตอบสนองต่อภาวะแล้งที่ดีกว่าข้าวพันธุ์ KDML105 โดยมีค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ประมาณ 0.8 มีคะแนนความแห้งของใบต่ำ และมีปริมาณน้ำสัมพัทธ์ภายในใบข้าวสูงกว่าข้าวพันธุ์ KDML105 ขณะได้รับภาวะแล้ง ซึ่งลักษณะการตอบสนองต่อภาวะแล้งดังกล่าว คล้ายกับลักษณะการตอบสนองต่อภาวะแล้งของข้าวสายพันธุ์ DH103 ซึ่งเป็นข้าวสายพันธุ์ข้าวทนแล้ง แสดงว่ายีนทนแล้งที่อยู่บนโครโมโซมที่ 8 ควบคุมลักษณะความสามารถในการรักษาประสิทธิภาพของ photosystem II ความสามารถในการป้องกันการเกิดการแห้งของใบ และความสามารถในการรักษาปริมาณน้ำภายในเซลล์เมื่อได้รับภาวะแล้ง

ภาควิชา พฤกษศาสตร์

ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา พฤกษศาสตร์

ลายมือชื่อ อ.ที่ปริกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2557

ลายมือชื่อ อ.ที่ปริกษาร่วม .....

# # 5671929723 : MAJOR BOTANY

KEYWORDS: CSSL / DROUGHT TOLERANCE / CHLOROPHYLL FLUORESCENCE / LEAF DRYING / RELATIVE WATER CONTENT

CHUTARAT PUNCHKHON: EVALUATION FOR DROUGHT STRESS RESPONSES OF RICE *Oryza sativa* L. CONTAINING SEGMENT OF CHROMOSOME 8 FROM 'DH103' RICE AND GENETIC BACKGROUND OF 'KDML105' RICE. ADVISOR: ASST. PROF. BOONTHIDA KOSITSUP, Ph.D., CO-ADVISOR: ASSOC. PROF. SUPACHITRA CHADCHAWAN, Ph.D., 155 pp.

Physiological responses of 4 CSSL rice populations, which have genetic background of 'KDML105' rice and contain the drought-tolerant gene from DH103 line on chromosome 8 were compared with parental lines (DH103 and KDML105). The seedlings were treated with drought stress by exposure to soil with 75% and 50% field capacity. The control condition was set at 100% field capacity. Results showed that only the treatment of 50% field capacity could distinguish physiological responses to drought stress. Moreover, each line responded differently when exposed to drought stress. RGD060646-6-MAS52 was the only CSSL line that had higher level of drought tolerance than 'KDML105' rice as determined by normal level of chlorophyll fluorescence, lower leaf drying score and higher relative water content than 'KDML105' rice under drought stress condition. The responses of RGD060646-MAS52 in these parameters were similar to DH103 which was drought-tolerant line. This suggests that the drought-tolerant genes located on chromosome 8 involve in maintaining photosystem II function, transpiration, and retaining intracellular water levels.

Department: Botany

Field of Study: Botany

Academic Year: 2014

Student's Signature .....

Advisor's Signature .....

Co-Advisor's Signature .....

## กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญธิดา โฆษิตทรัพย์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รองศาสตราจารย์ ดร. ศุภจิตรา ชัชวาลย์ ที่มีส่วนทำให้เกิดหัวข้อวิทยานิพนธ์นี้ขึ้น รวมถึงความช่วยเหลือ ในการให้คำแนะนำ คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ และข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ตลอดระยะเวลาการทำวิจัย รวมถึงการตรวจแก้ไข วิทยานิพนธ์ให้ถูกต้องและสมบูรณ์ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี อีกทั้งการให้กำลังใจ แก่ผู้วิจัยเสมอมา

กราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ต่อศักดิ์ สีลานันท์ ประธานกรรมการสอบ วิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.อัญชลี ใจดี และ ดร.ธีรยุทธ ตูจันทา กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณา ให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ Jonaliza L. Siengliw, Ph.D. ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่ให้คำแนะนำต่างๆ รวมถึงการจัดหาเมล็ดพันธุ์ข้าวเพื่อใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.วราลักษณ์ เกษตรนันท์ สำหรับคำปรึกษาด้านสถิติ ในงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสถาบันบัณฑิตวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทย (TGIST) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์แห่งชาติ สัญญารับทุนเลขที่ TG-CPMO 01-56-006

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัว สำหรับการสนับสนุน การให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจให้เสมอมา

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ คุณเมวิกา สำลีปั้น คุณธรรมพร โคจรนา คุณศุภาพิชญ์ ท่อประทุม คุณภัทรพล พลุพัฒนธนกิจ คุณภณชา ธนโชติศิริ คุณธีระพล เลิศสหพันธ์ และนิสิตทุกท่านในศูนย์ เชี่ยวชาญเฉพาะทางสิ่งแวดล้อมและสรีรวิทยาของพืช รวมถึงเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ ทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลือ และกำลังใจแก่ผู้วิจัยตลอดมา

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูปภาพ.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
บทที่ 2 ตรวจสอบเอกสาร.....	3
1. ข้าว.....	3
2. ข้าวกับปัญหาภาวะแล้ง.....	4
3. ลักษณะทนแล้ง.....	5
4. การปรับปรุงสายพันธุ์ข้าวทนแล้ง.....	7
5. ลักษณะทางสรีรวิทยาที่ใช้ในการประเมินข้าวทนแล้ง.....	9
5.1 การคงความเขียว (stay-green ability).....	9
5.2 คลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ ( $F_v/F_m$ ).....	11
5.3 ความสามารถในการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์.....	12
5.4 การม้วนของใบ.....	13
5.5 ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ภายในใบ.....	13
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	15
1. การศึกษา field capacity ของดินที่ใช้ในการทดลอง.....	15
2. การศึกษาผลของภาวะแล้งที่มีต่อลักษณะทางสรีรวิทยาของข้าว ที่มีพื้นฐานทางพันธุกรรม ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และมียืนทนแล้งอยู่บนโครโมโซมที่ 8.....	17
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	20

1. การศึกษา field capacity ของดินที่ใช้ในการทดลอง.....	20
2. การศึกษาผลของภาวะแล้งที่มีต่อลักษณะทางสรีรวิทยาของข้าว ที่มีพื้นฐานทางพันธุกรรม ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และมียืนทนแล้งอยู่บนโครโมโซมที่ 8.....	24
2.1 ผลของภาวะแล้งที่มีต่อคะแนนการคงความเขียว (stay-green score).....	31
2.2 ผลของภาวะแล้งที่มีต่อดัชนีการคงความเขียว (SPAD).....	38
2.3 ผลของภาวะแล้งต่อค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ ( $F_v/F_m$ ).....	44
2.5 ผลของภาวะแล้งที่มีต่อปริมาณน้ำสัมพัทธ์ (RWC) .....	58
2.6 ผลของภาวะแล้งต่อคะแนนความแห้งของใบ (leaf drying score).....	62
2.7 ผลของภาวะแล้งต่อคะแนนการม้วนของใบ (leaf rolling score).....	69
2.8 ผลของภาวะแล้งต่อน้ำหนักสดของข้าว.....	77
2.9 ผลของภาวะแล้งต่อน้ำหนักแห้งของข้าว.....	82
2.10 ผลของภาวะแล้งต่ออัตราส่วนรากต่อลำต้นของข้าว (root/shoot ratio).....	87
2.11 ผลของภาวะแล้งต่อความยาวใบ.....	92
2.12 ความสัมพันธ์ของลักษณะการตอบสนองทางสรีรวิทยาของข้าว .....	96
บทที่ 5 อภิปรายผลการทดลอง และสรุปผลการทดลอง.....	99
1. การศึกษา field capacity ของดินที่ใช้ในการทดลอง.....	99
2. การศึกษาผลของภาวะแล้งที่มีต่อลักษณะทางสรีรวิทยาของข้าวที่มีพื้นฐานทางพันธุกรรม ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และมียืนทนแล้งอยู่บนโครโมโซมที่ 8.....	100
รายการอ้างอิง .....	106
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ .....	155



## สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 field capacity ของดินที่ใช้ในการทดลอง.....	20
ตารางที่ 2 น้ำหนักและปริมาณน้ำของชุดควบคุม 100% field capacity, ชุดทดลองที่ได้รับ ภาวะแล้งระดับ 50% field capacity และ 25% field capacity.....	21
ตารางที่ 3 Field capacity ของดินที่ใช้ในการทดลอง.....	25
ตารางที่ 4 น้ำหนักและปริมาณน้ำของชุดควบคุม 100% field capacity, ชุดทดลองที่ได้รับ ภาวะแล้งระดับ 75% field capacity และ 50% field capacity.....	25
ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0 – 9 หลังจากเริ่มทำการทดลอง.....	33
ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยดัชนีการคงความเขียวของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 หลังจากเริ่มทำการ ทดลอง .....	40
ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ ( $F_v/F_m$ ) ของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0 – 9 หลังจากเริ่มการ ทดลอง .....	46
ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยค่าความสามารถในการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ (CMS) ของข้าวเมื่อ ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 หลังจากเริ่มทำการทดลอง.....	54
ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำสัมพัทธ์ (RWC) ของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 หลังจาก เริ่มทำการทดลอง.....	59
ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยคะแนนการแห้งของใบ (leaf drying score) ของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0 – 9 หลังจากเริ่มทำการทดลอง .....	64

<b>ตารางที่ 11</b> ค่าเฉลี่ยคะแนนการม้วนของใบ (leaf rolling score) ของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0 – 9 หลังจากเริ่มการทดลอง .....	71
<b>ตารางที่ 12</b> ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 หลังจากเริ่มทำการทดลอง .....	78
<b>ตารางที่ 13</b> ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 หลังจากเริ่มทำการทดลอง .....	83
<b>ตารางที่ 14</b> ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนรากต่อลำต้น (root/shoot ratio) ของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 หลังจากเริ่มทำการทดลอง .....	88
<b>ตารางที่ 15</b> ค่าเฉลี่ยความยาวใบของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 หลังจากเริ่มทำการทดลอง .....	93
<b>ตารางที่ 16</b> ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ คลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ ดัชนีการคงความเขียว น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และอัตราส่วนรากต่อลำต้นของข้าว .....	97

## สารบัญรูปภาพ

หน้า

<b>ภาพที่ 1</b> องค์ประกอบของการควบคุมลักษณะการให้ผลผลิตของข้าว ซึ่งประกอบไปด้วย primary traits, secondary traits, integrative traits, plant-type traits และ phenology (Kamoshita และคณะ, 2008) .....	6
<b>ภาพที่ 2</b> ขั้นตอนการพัฒนาประชากรข้าว CSSLs โดยใช้วิธีผสมกลับ ร่วมกับการใช้เครื่องหมาย โมเลกุล (ธีรยุทธ ตูจันทา และคณะ, 2555) .....	8
<b>ภาพที่ 3</b> ชิ้นส่วนยีนจาก DH103 ที่อยู่บนโครโมโซมที่ 8 ของข้าว CSSL ที่มีพื้นฐานทาง พันธุกรรมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 .....	8
<b>ภาพที่ 4</b> ขั้นตอนการเกิดการเสื่อมถอยของใบ (leaf senescence) (Munné-Bosch และ Alegre, 2004) .....	10
<b>ภาพที่ 5</b> ขั้นตอนการสลายคลอโรฟิลล์ (Hörtensteiner, 2009) .....	10
<b>ภาพที่ 6</b> ค่าเฉลี่ยคะแนนการม้วนของใบข้าว ในชุดควบคุม 100% field capacity .....	22
<b>ภาพที่ 7</b> ค่าเฉลี่ยคะแนนการม้วนของใบข้าวที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity .....	23
<b>ภาพที่ 8</b> ค่าเฉลี่ยคะแนนการม้วนของใบข้าวที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 25% field capacity .....	23
<b>ภาพที่ 9</b> ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำในดิน (soil water content) ของชุดควบคุมที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, ชุดทดลองที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 หลังจากเริ่มทำการทดลอง .....	26
<b>ภาพที่ 10</b> ลักษณะของข้าวสายพันธุ์ RGD06063-69-MAS24 (A), RGD06064-6-MAS52 (B), RGD06064-6-MAS16-MAS2 (C), RGD06064-26-MAS45-MAS8 (D), KDML105 (E) และ DH103 (F) ที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, ภาวะแล้งระดับ 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0 .....	27
<b>ภาพที่ 11</b> ลักษณะของข้าวสายพันธุ์ RGD06063-69-MAS24 (A), RGD06064-6-MAS52 (B), RGD06064-6-MAS16-MAS2 (C), RGD06064-26-MAS45-MAS8 (D), KDML105 (E) และ DH103 (F) ที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, ภาวะแล้งระดับ 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 3 หลังจากเริ่มทำการทดลอง .....	28

**ภาพที่ 12** ลักษณะของข้าวสายพันธุ์ RGD06063-69-MAS24 (A), RGD06064-6-MAS52 (B), RGD06064-6-MAS16-MAS2 (C), RGD06064-26-MAS45-MAS8 (D), KDML105 (E) และ DH103 (F) ที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, ภาวะแล้งระดับ 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 6 หลังจากเริ่มทำการทดลอง..... 29

**ภาพที่ 13** ลักษณะของข้าวสายพันธุ์ RGD06063-69-MAS24 (A), RGD06064-6-MAS52 (B), RGD06064-6-MAS16-MAS2 (C), RGD06064-26-MAS45-MAS8 (D), KDML105 (E) และ DH103 (F) ที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, ภาวะแล้งระดับ 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 9 หลังจากเริ่มทำการทดลอง..... 30

**ภาพที่ 14** ค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity โดยแสดงค่าเฉลี่ยในวันที่ 0 – 9 หลังจากเริ่มปรับระดับน้ำ (A) และ ค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวของแต่ละสายพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 2 หลังจากเริ่มปรับระดับน้ำ (B)..... 37

**ภาพที่ 15** ค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวของข้าวเมื่อได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity โดยแสดงค่าเฉลี่ยในวันที่ 0 – 9 หลังจากได้รับภาวะแล้ง (A) และ ค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวของแต่ละสายพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 9 หลังจากได้รับภาวะแล้ง (B)..... 37

**ภาพที่ 16** ค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวของข้าวเมื่อได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity โดยแสดงค่าเฉลี่ยในวันที่ 0 - 9 หลังจากได้รับภาวะแล้ง (A) และ ค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวของแต่ละสายพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 1 หลังจากได้รับภาวะแล้ง (B)..... 38

**ภาพที่ 17** ค่าเฉลี่ยดัชนีการคงความเขียว (spad) ของข้าว เมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity โดยแสดงค่าเฉลี่ยในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 หลังจากเริ่มปรับระดับน้ำ (A) และ ค่าเฉลี่ยดัชนีการคงความเขียวของแต่ละสายพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 0 (B), วันที่ 3 (C) และวันที่ 6 (D) หลังจากเริ่มปรับระดับน้ำ..... 42

**ภาพที่ 18** ค่าเฉลี่ยดัชนีการคงความเขียว (spad) ของข้าวเมื่อได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity โดยแสดงค่าเฉลี่ยในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 หลังจากได้รับภาวะแล้ง (A) และ ค่าเฉลี่ยดัชนีการคงความเขียวของแต่ละสายพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 3 หลังจากได้รับภาวะแล้ง (B)..... 43

ภาพที่ 19 ค่าเฉลี่ยดัชนีการคงความเขียว (spad) ของข้าว ในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 หลังจากได้รับ ภาวะแล้งระดับ 50% field capacity.....	43
ภาพที่ 20 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียว (stay-green score) และ ค่าเฉลี่ยดัชนีการคงความเขียว (spad).....	44
ภาพที่ 21 ค่าเฉลี่ยค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ ( $F_v/F_m$ ) ของข้าว เมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity .....	50
ภาพที่ 22 ค่าเฉลี่ยค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ ( $F_v/F_m$ ) ของข้าว เมื่อได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity .....	50
ภาพที่ 23 ค่าเฉลี่ยค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ ( $F_v/F_m$ ) ของข้าวทุกสายพันธุ์ที่ได้รับภาวะแล้ง ระดับ 75% field capacity แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 3 (A) และวันที่ 9 (B) หลังจากได้รับภาวะแล้ง .....	51
ภาพที่ 24 ค่าเฉลี่ยค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ ( $F_v/F_m$ ) ของข้าว เมื่อได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity .....	51
ภาพที่ 25 ค่าเฉลี่ยค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ ( $F_v/F_m$ ) ของข้าวทุกสายพันธุ์ที่ได้รับภาวะแล้ง ระดับ 50% field capacity แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 1 (A) และวันที่ 9 (B) หลังจากได้รับภาวะแล้ง .....	52
ภาพที่ 26 ความสามารถในการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ (CMS) ของข้าว เมื่อได้รับน้ำ ระดับ 100% field capacity โดยแสดงค่าเฉลี่ยในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 หลังจากเริ่มปรับระดับ น้ำ (A) และค่าเฉลี่ยความสามารถในการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ของข้าวแต่ละสายพันธุ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 3 หลังจากเริ่มปรับระดับน้ำ (B).....	56
ภาพที่ 27 ค่าเฉลี่ยความสามารถในการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ (CMS) ของข้าว ใน วันที่ 0, 3, 6 และ 9 หลังจากได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity .....	56
ภาพที่ 28 ความสามารถในการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ (CMS) ของข้าว เมื่อได้รับ ภาวะแล้งระดับ 50% field capacity โดยแสดงค่าเฉลี่ยในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 หลังจากได้รับ ภาวะแล้ง (A) และค่าเฉลี่ยความสามารถในการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ของข้าวแต่ละ สายพันธุ์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 6 หลังจากได้รับภาวะแล้ง (B) .....	57
ภาพที่ 29 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำสัมพัทธ์ (RWC) ภายในใบข้าว ในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 หลังจาก ข้าวได้รับน้ำระดับ 100% field capacity .....	61

ภาพที่ 30 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำสัมพัทธ์ (RWC) ภายในใบข้าว ในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 หลังจากข้าวได้รับภาวะแล้งระดับ 100% field capacity.....	61
ภาพที่ 31 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำสัมพัทธ์ (RWC) ภายในใบข้าว ในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 หลังจากข้าวได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity (A) โดยข้าวแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในวันที่ 3 หลังจากได้รับภาวะแล้ง (B) .....	62
ภาพที่ 32 ค่าเฉลี่ยคะแนนการแห้งของใบ (leaf drying score) ของข้าว ในวันที่ 0 – 9 หลังจากได้รับน้ำระดับ 100% field capacity.....	68
ภาพที่ 33 ค่าเฉลี่ยคะแนนการแห้งของใบ (leaf drying score) ของข้าว ที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity ในวันที่ 0 – 9 (A) โดยแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในวันที่ 7 หลังจากได้รับภาวะแล้ง (B) .....	68
ภาพที่ 34 ค่าเฉลี่ยคะแนนการแห้งของใบ (leaf drying score) ของข้าว ที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity ในวันที่ 0 – 9 (A) โดยแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในวันที่ 3 (B), วันที่ 4 (C) และวันที่ 7 (C) หลังจากได้รับภาวะแล้ง.....	69
ภาพที่ 35 ค่าเฉลี่ยคะแนนการม้วนของใบ (leaf rolling score) ของข้าว ในวันที่ 0 – 9 หลังจากได้รับน้ำระดับ 100% field capacity .....	75
ภาพที่ 36 ค่าเฉลี่ยคะแนนการม้วนของใบ (leaf rolling score) ของข้าว ในวันที่ 0 – 9 หลังจากได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity.....	75
ภาพที่ 37 ค่าเฉลี่ยคะแนนการม้วนของใบ (leaf rolling score) ของข้าว ในวันที่ 0 – 9 หลังจากได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity.....	76
ภาพที่ 38 ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ยคะแนนการม้วนของใบ (leaf rolling score) ของข้าวทุกสายพันธุ์ที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity ในวันที่ 3 (A) และวันที่ 8 (B) หลังจากได้รับภาวะแล้ง .....	76
ภาพที่ 39 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของข้าว ในวันที่ 0 – 9 หลังจากได้รับน้ำระดับ 100% field capacity.....	80
ภาพที่ 40 ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของข้าวทุกสายพันธุ์ที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity ในวันที่ 3 (A) และวันที่ 6 (B) หลังจากได้รับภาวะแล้ง.....	80

ภาพที่ 41 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของข้าว ในวันที่ 0 – 9 หลังจากได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity.....	81
ภาพที่ 42 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของข้าว ในวันที่ 0 – 9 หลังจากได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity.....	81
ภาพที่ 43 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของข้าว ในวันที่ 0 – 9 หลังจากได้รับน้ำระดับ 100% field capacity.....	85
ภาพที่ 44 ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของข้าวทุกสายพันธุ์ที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity ในวันที่ 3 (A) และวันที่ 6 (B) หลังจากได้รับภาวะแล้ง.....	85
ภาพที่ 45 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของข้าว ในวันที่ 0 – 9 หลังจากได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity.....	86
ภาพที่ 46 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของข้าว ในวันที่ 0 – 9 หลังจากได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity.....	86
ภาพที่ 47 ค่าเฉลี่ยสัดส่วนรากต่อลำต้น (root/shoot ratio) ของข้าวที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity ในวันที่ 0 – 9 หลังจากเริ่มทำการปรับระดับน้ำ (A) ซึ่งค่าเฉลี่ยสัดส่วนรากต่อลำต้นของข้าวแต่ละสายพันธุ์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในวันที่ 0 หลังจากเริ่มทำการปรับระดับน้ำ (B).....	90
ภาพที่ 48 ค่าเฉลี่ยสัดส่วนรากต่อลำต้น (root/shoot ratio) ของข้าว ที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity ในวันที่ 0 – 9 หลังจากได้รับภาวะแล้ง .....	90
ภาพที่ 49 ค่าเฉลี่ยสัดส่วนรากต่อลำต้น (root/shoot ratio) ของข้าวที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity ในวันที่ 0 – 9 หลังจากได้รับภาวะแล้ง (A) ซึ่งค่าเฉลี่ยสัดส่วนรากต่อลำต้นของข้าวแต่ละสายพันธุ์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในวันที่ 0 หลังจากได้รับภาวะแล้ง (B).....	91
ภาพที่ 50 ค่าเฉลี่ยความยาวใบ (leaf length) ของข้าวทุกสายพันธุ์ ที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity ในวันที่ 0, 2, 4, 6 และ 8 หลังจากเริ่มทำการทดลอง.....	95
ภาพที่ 51 ค่าเฉลี่ยความยาวใบ (leaf length) ของข้าวทุกสายพันธุ์ ที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity ในวันที่ 0, 2, 4, 6 และ 8 หลังจากเริ่มทำการทดลอง.....	95

ภาพที่ 52 ค่าเฉลี่ยความยาวใบ (leaf length) ของข้าวทุกสายพันธุ์ ที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity ในวันที่ 0, 2, 4, 6 และ 8 หลังจากเริ่มทำการทดลอง..... 96





## บทที่ 1

### บทนำ

ข้าวมีความสำคัญต่อประเทศไทย เนื่องจากเป็นอาหารหลักของคนไทย และเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญของประเทศ โดยเฉพาะข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งมีความพิเศษกว่าข้าวพันธุ์อื่นๆ คือ มีเมล็ดอ่อนนุ่ม และมีกลิ่นหอมคล้ายใบเตย จึงทำให้ข้าวขาวดอกมะลิเป็นที่ต้องการของตลาด (สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว, 2557) โดยประเทศไทยปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 มากบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น จังหวัดร้อยเอ็ด จังหวัดสุรินทร์ โดยปลูกแบบอาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียว (rainfed area) ซึ่งบริเวณดังกล่าวมักประสบปัญหาภาวะแล้งและภาวะดินเค็ม ส่งผลให้ผลผลิตของข้าวต่อไร่ลดต่ำลง (สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย, 2557)

ธีรยุทธ ตูจันดา และคณะ (2555) ได้พัฒนาสายพันธุ์ข้าวทนแล้งขึ้น โดยข้าวสายพันธุ์ทนแล้งนี้มีพื้นฐานทางพันธุกรรมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 จากการสร้าง Double haploid lines ที่พัฒนาจากคู่ผสมระหว่าง CT9993 และ IR62266 ซึ่งเป็นข้าวที่มีลักษณะทนแล้ง แล้วนำยีนทนแล้งย้ายเข้าสู่ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จากนั้นจึงผสมกลับไปยังข้าวขาวดอกมะลิ 105 อีก 5ชั่วรุ่น เพื่อสร้างประชากรข้าวทนแล้งที่มีฐานพันธุกรรมคล้ายข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งข้าวสายพันธุ์ทนแล้งแต่ละสายพันธุ์มียีนทนแล้งบนโครโมโซมเพียงโครโมโซมเดียว โดยหน่วยค้นหาและใช้ประโยชน์จากยีนข้าว คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้ทำการศึกษาประชากรข้าวทนแล้ง พบว่า ข้าวสายพันธุ์ทนแล้งมียีนทนแล้งอยู่บนโครโมโซมที่ 1 3 4 8 และ 9 ซึ่งลักษณะที่ใช้ในการคัดเลือกสายพันธุ์ทนแล้งคือ ความสามารถในการให้ผลผลิตของข้าวเมื่อได้รับภาวะแล้ง โดยข้าวที่มียีนทนแล้งจะสามารถให้ผลผลิตได้สูงกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 เมื่อได้รับภาวะแล้ง โดยความสามารถในการให้ผลผลิตของข้าวถูกควบคุมโดยยีนจำนวนมาก ทั้งที่เป็น primary trait เช่น ความลึกของราก ความหนาบางของราก รูปแบบการแตกแขนงของราก และความสามารถในการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ หรือ secondary trait เช่น ความสามารถในการคงความเขียว (Stay-green ability) รวมทั้ง integrative trait ต่างๆ เช่น ความสามารถในการดูดน้ำไปใช้ของพืชแต่ละชนิด (Kamoshita และคณะ, 2008)

เมื่อข้าวได้รับภาวะแล้ง ข้าวจะมีการตอบสนองต่อภาวะแล้งโดยมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะบางประการ เช่น ลักษณะการคงความเขียว (stay-green ability) โดยข้าวจะมีความสามารถในการคงความเขียวลดลงเมื่อข้าวได้รับภาวะแล้ง สังเกตได้จากใบข้าวจะเหลืองมากขึ้นเนื่องจากคลอโรฟิลล์

ในใบถูกทำลาย (Borrell และคณะ, 2000) ซึ่งหากข้าวมีความสามารถทนต่อภาวะแล้งได้ดีจะทำให้มีความสามารถในการคงความเขียวที่ดี (Kassahun และคณะ, 2010)

การรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane stability) เป็นลักษณะหนึ่ง ที่ใช้ในการศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อภาวะแล้งของข้าว เนื่องจาก เมื่อข้าวได้รับภาวะแล้งจะทำให้เยื่อหุ้มเซลล์สูญเสียความสามารถในการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้เกิดการรั่วไหลของไอออน (electrolyte leakage) ถ้าหากข้าวมีความสามารถตอบสนองต่อภาวะแล้งที่ดี จะสามารถลดการสูญเสียเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ได้ (Venkateswarlu และ Ramesh, 1993)

การรักษาประสิทธิภาพของ photosystem II (PSII) เป็นอีกลักษณะหนึ่งที่บ่งบอกถึงความสามารถในการทนแล้งได้ สามารถดูได้จากค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ ( $F_v/F_m$ ) โดยเมื่อข้าวได้รับภาวะแล้งจะสามารถกระตุ้นให้เกิด reactive oxygen species (ROS) ภายในเซลล์ เช่น superoxides และ hydrogen peroxides ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของ PSII ลดต่ำลง ข้าวที่มีความสามารถในการทนต่อภาวะแล้งได้ดี จะมีกระบวนการกำจัด ROS ที่ดีกว่าข้าวที่ไม่ทนแล้ง และ PSII ของข้าวสายพันธุ์ทนแล้งจะมีประสิทธิภาพในการทำงานได้ดีกว่าข้าวสายพันธุ์ไม่ทนแล้ง เป็นผลให้ ข้าวสายพันธุ์ไม่ทนแล้งจะมีค่า  $F_v/F_m$  ต่ำกว่าข้าวสายพันธุ์ทนแล้ง โดยปกติพืชที่ไม่ได้รับความเครียดจากปัจจัยทางกายภาพ เช่น ภาวะแล้ง มีค่า  $F_v/F_m$  ประมาณ 0.8 (Faraloni และคณะ, 2011)

นอกจากนี้ ข้าวที่ได้รับภาวะแล้งจะมีปริมาณน้ำสัมพัทธ์ (relative water content) ภายในเซลล์ลดลง ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการต่างๆ ภายในเซลล์ เช่น การเกิดกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง การเกิดกระบวนการหายใจเพิ่มขึ้น และมีการสะสมสารต่างๆ ภายในเซลล์เพิ่มขึ้น เช่น proline และ abscisic acid ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการต่างๆ เหล่านี้ ทำให้การเจริญเติบโตของข้าวเป็นไปอย่างไม่ปกติ (González และ González-Vilar, 2001) ดังนั้น ข้าวที่มีความสามารถในการทนแล้งดีกว่า จะสามารถรักษาปริมาณน้ำภายในลำต้นให้มีระดับปกติได้ (Kumar และคณะ, 2014)

จากการศึกษาลักษณะทนแล้งของข้าวที่มีพื้นฐานทางพันธุกรรมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และมียืนทนแล้งอยู่บนโครโมโซมที่ 8 นั้น ในขณะนี้ทราบเพียงว่าข้าวสายพันธุ์เหล่านี้เป็นสายพันธุ์ทนแล้ง แต่ยังไม่ทราบว่ายืนทนแล้งที่อยู่บนโครโมโซมที่ 8 นั้นควบคุมลักษณะใดบ้าง งานวิจัยนี้จึงต้องทำการศึกษาลักษณะการตอบสนองทางสรีรวิทยาบางประการต่อภาวะแล้งของข้าวสายพันธุ์ทนแล้งที่มียืนทนแล้งอยู่บนโครโมโซมที่ 8 อันได้แก่ ความสามารถในการคงความเขียว ความสามารถในการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ ค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ และค่าปริมาณน้ำในใบสัมพัทธ์ หากทราบว่ายืนทนแล้งบนโครโมโซมที่ 8 ควบคุมลักษณะการตอบสนองทางสรีรวิทยาใดบ้าง ก็จะเป็นประโยชน์ต่อนักปรับปรุงพันธุ์ที่จะนำยืนดังกล่าวไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ได้จำเพาะเจาะจงมากยิ่งขึ้น

## บทที่ 2

### ตรวจสอบเอกสาร

#### 1. ข้าว

ข้าวจัดอยู่ในวงศ์ Poaceae จีนัส *Oryza* (IRRI, 2015) โดยข้าวที่มีการเพาะปลูกในปัจจุบันคือ ข้าวแอฟริกา (*Oryza glaberrima*) ซึ่งมีการเพาะปลูกเฉพาะแถบแอฟริกาเท่านั้น และข้าวเอเชีย (*Oryza sativa*) มีการเพาะปลูกหลายพื้นที่ทั่วโลก ข้าวเอเชียสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 สายพันธุ์ (สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร, 2558) คือ

1. ข้าว indica หรือข้าวเจ้า พบครั้งแรกในประเทศอินเดีย มีลักษณะลำต้นสูง และมีเมล็ดยาว รี เป็นข้าวที่นิยมเพาะปลูกในทวีปเอเชีย และอเมริกา
2. ข้าว japonica มีลักษณะเมล็ดป้อม ปลูกมาบริเวณประเทศจีน เกาหลี และญี่ปุ่น
3. ข้าว Javanica หรือข้าวชวา มีลักษณะเมล็ดป้อม ใหญ่ มีการเพาะปลูกในประเทศอินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ ไต้หวัน และญี่ปุ่น

ข้าวเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญของโลก เนื่องจากประชากรกว่าครึ่งของโลก นิยมบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก (Saikumar และคณะ, 2014) โดยเฉพาะชาวเอเชีย โดยพื้นที่เพาะปลูกข้าวในทวีปเอเชีย มีพื้นที่กว่า 135 ล้านเฮกตาร์ ทำให้ได้ผลผลิตถึง 516 ล้านตัน (Bunnag และ Pongthai, 2013) คิดเป็น 90% ของปริมาณผลผลิตข้าวทั่วโลก ซึ่งประเทศจีน อินเดีย และอินโดนีเซีย มีการเพาะปลูกข้าวมากที่สุด ปริมาณการส่งออกข้าวของประเทศเหล่านี้ คิดเป็น 6-7% ของผลผลิตข้าวในตลาดโลก ส่วนประเทศที่มีการส่งออกข้าวเป็นจำนวนมาก ได้แก่ ประเทศไทย เวียดนาม จีน และสหรัฐอเมริกา (Maclean และคณะ, 2002)

และสำหรับประเทศไทยนั้น คนไทยเพาะปลูกข้าวเป็นจำนวนมาก และบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก นอกจากนี้ ข้าวยังเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญของไทย โดยในปี 2557 ประเทศไทยมีปริมาณการส่งออกข้าวเป็นอันดับที่ 6 ของโลก โดยมีปริมาณการส่งออกจำนวน 10,969,334 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) โดยเฉพาะข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่มีปริมาณการส่งออกมากกว่าข้าวพันธุ์อื่นๆ เนื่องจากข้าวขาวดอกมะลิมีลักษณะพิเศษกว่าข้าวพันธุ์อื่นๆ คือ เมล็ดข้าวมีสีขาวคล้ายสีของดอกมะลิ เมื่อหุงสุกจะมีกลิ่นหอม และเมล็ดข้าวอ่อนนุ่ม จึงทำให้เป็นที่ต้องการของตลาด (สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว, 2557)

ข้าวขาวดอกมะลิเป็นข้าวเจ้าไวต่อแสง ซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวหอมที่ได้จากการนำข้าวพันธุ์พื้นเมืองจำนวน 199 รวง ปลูกเพื่อศึกษา และพบว่ารวงที่ 105 มีลักษณะพิเศษ คือ มีกลิ่นหอม และเมื่อสุกมีเมล็ดที่อ่อนนุ่ม จึงปรับปรุงพันธุ์ให้มีความบริสุทธิ์ จนได้พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งมีความสูงประมาณ 140-150 เซนติเมตร ลักษณะเมล็ดข้าวเปลือกเรียวยาว ก้นงอน สีฟาง และมีขนาดเมล็ดข้าวกล้องยาว 7.5 มิลลิเมตร กว้าง 2.1 มิลลิเมตร และหนา 1.8 มิลลิเมตร เป็นพันธุ์ที่ขายได้ราคาดี และเป็นที่ต้องการของตลาด (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2558)

## 2. ข้าวกับปัญหาภาวะแล้ง

ภาวะแล้ง คือ ภาวะที่มีปริมาณน้ำในดินไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช อาจเกิดจากปริมาณน้ำฝนไม่เพียงพอ หรือมีการระเหยของน้ำบริเวณผิวดินมากเนื่องจากความชื้นในอากาศต่ำและมีความร้อนจากแสงอาทิตย์สูง (Munné-Bosch และ Alegre, 2004) ซึ่งปัญหาภาวะแล้งเป็นปัญหาที่พบมากในปัจจุบัน สามารถส่งผลทำให้ผลผลิตของพืชมีปริมาณลดลง โดยมีการได้ศึกษาพบว่า เมื่อข้าวได้รับความเครียดจากภาวะแล้งในระยะต้นกล้าจะส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาส่วนต้น ซึ่งกระบวนการเหล่านี้เป็นกระบวนการที่มีความอ่อนไหวต่อภาวะแล้ง เนื่องจากพืชจะสูญเสียปริมาณน้ำภายในเซลล์ และสูญเสียแรงดันเต่ง (turgor pressure) ทำให้มีการเจริญเติบโตลดลง โดยลดการแบ่งเซลล์ (cell division) การขยายขนาดของเซลล์ (cell enlargement) และการเปลี่ยนแปลงเซลล์เพื่อไปทำหน้าที่เฉพาะ (cell differentiation) (Tripathy และคณะ, 2000; Manickavelu และคณะ, 2006) ซึ่งการเจริญเติบโตที่ลดลงมีผลต่อพื้นที่รับแสงของใบ ส่งผลทำให้การสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง (Taiz และ Zeiger, 2006) นอกจากนี้ เมื่อข้าวได้รับภาวะแล้งในระดับสูงขึ้นไปหรือได้รับภาวะแล้งเป็นระยะเวลานานขึ้น สามารถกระตุ้นให้เกิดกระบวนการต่างๆ ภายในเซลล์ เช่น osmotic adjustment เพื่อให้ข้าวสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ต่อไป และพบว่า มีการสร้าง reactive oxygen species (ROS) เพิ่มขึ้น เช่น superoxide radical, hydroxyl radical และ hydrogen peroxide เป็นต้น ซึ่ง ROS มีผลทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ของข้าวเกิดความเสียหาย ซึ่งการตอบสนองต่อภาวะแล้งของข้าวดังกล่าว ทำให้ปริมาณผลผลิตของข้าวลดลง (Serraj และคณะ, 2009; Ashraf และคณะ, 2011)

สำหรับข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญของประเทศไทย พบว่า พื้นที่ปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ส่วนใหญ่อยู่บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น จังหวัดร้อยเอ็ด จังหวัดสุรินทร์ ซึ่งพื้นที่เหล่านี้เป็นพื้นที่ปลูกข้าวโดยอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก (rainfed area) (สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย, 2557) เมื่อเกิดปัญหาฝนไม่ตกตามฤดูกาล ทำให้ปริมาณน้ำฝนไม่เพียงพอต่อความต้องการของข้าว ส่งผลให้ข้าวที่ปลูกในพื้นที่เหล่านี้ ประสบกับความเครียดจากภาวะแล้ง ทำให้ผลผลิตของข้าวลดลง (Fukai และคณะ, 1999) โดยสถิติการส่งออกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในปี พ.ศ. 2557 ลดลง

จากปี พ.ศ. 2555 โดยลดจาก 1,912,656,982 กิโลกรัม เหลือเพียง 1,869,672,897 กิโลกรัม (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558)

### 3. ลักษณะทนแล้ง

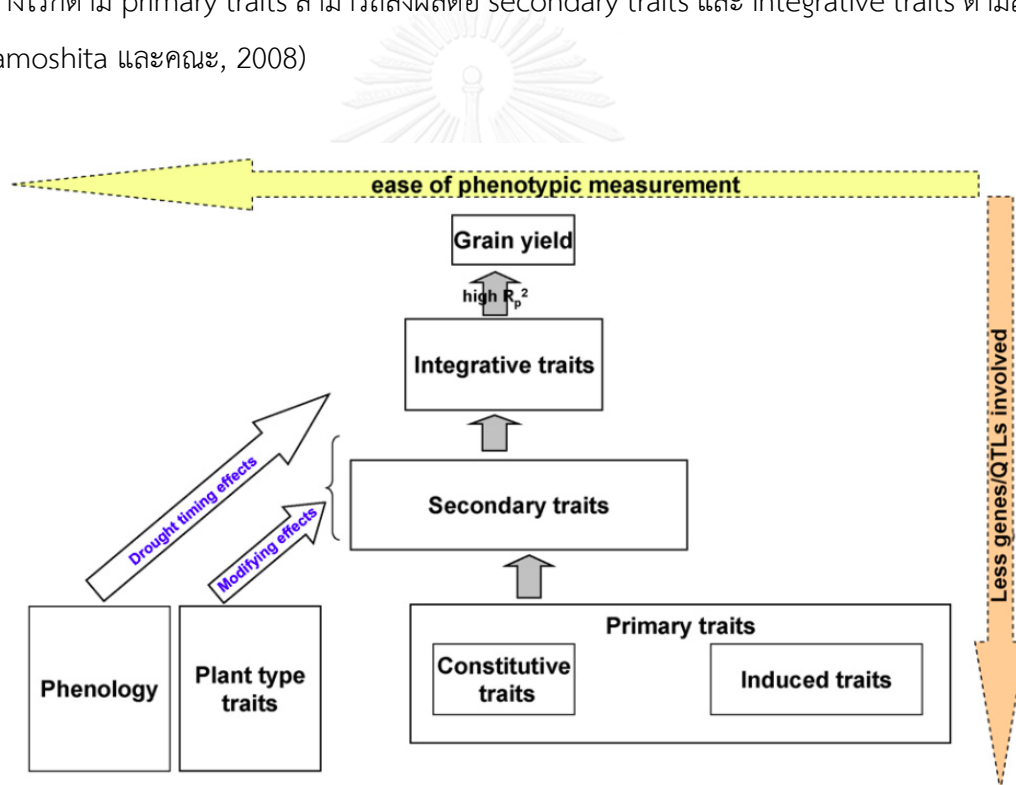
พืชทนแล้ง หมายถึง พืชที่มีความสามารถในการปรับตัวและอยู่รอดได้เมื่อได้รับภาวะแล้ง โดยอาจมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานวิทยา หรือการตอบสนองทางสรีรวิทยาและชีวเคมี เช่น สามารถเจริญเติบโต มีการสืบพันธุ์ และสร้างผลผลิตได้ภายใต้ภาวะแล้ง การตอบสนองต่อภาวะแล้งของพืชทนแล้งสามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ การทนแล้ง (drought resistance), การหนีแล้ง (drought escape) และการเลี่ยงแล้ง (drought avoidance) (Farooq และคณะ, 2009)

ลักษณะการตอบสนองต่อภาวะแล้งของพืชแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน สำหรับลักษณะการทนแล้งของพืชขึ้นอยู่กับ 3 ปัจจัย คือ ความสามารถของรากในการดูดน้ำเพื่อชดเชยน้ำที่สูญเสียจากการคายน้ำ การรักษาแรงดันเต่งของเซลล์เพื่อให้การเจริญเติบโตของพืชเป็นไปอย่างปกติ และความสามารถในการลดการสูญเสียน้ำ (Nguyen และคณะ, 2004) ส่วนการหนีแล้งของพืชเป็นการตอบสนองต่อภาวะแล้งอีกลักษณะหนึ่ง เช่น การมีช่วงชีวิต (life cycle) ที่สั้น หรือมีการสืบพันธุ์และสร้างเมล็ดก่อนได้รับภาวะแล้ง (Araus และคณะ, 2002) สำหรับพืชที่มีลักษณะเลี่ยงแล้งจะมีการตอบสนองต่อภาวะแล้งที่ได้รับ โดยมีความสามารถในการลดการสูญเสียน้ำ โดยควบคุมการปิดและเปิดของปากใบ และการมีแว็กซ์เคลือบที่ผิวใบ นอกจากนี้ยังมีการรักษาความสามารถในการดูดน้ำของราก ซึ่งรากของพืชที่มีลักษณะเลี่ยงแล้งนี้มีความยาวและความหนาแน่นมากกว่าพืชอื่นๆ (Kavar และคณะ, 2008; Farooq และคณะ, 2009)

สำหรับข้าวทนแล้ง พบว่า การมีผลผลิตสูงถึงแม้ได้รับภาวะแล้งเป็นลักษณะหนึ่งที่สามารถใช้ประเมินความสามารถในการทนแล้งของข้าวได้ โดยผลผลิตของข้าวถูกควบคุมด้วยองค์ประกอบต่างๆ ประกอบด้วย primary traits, secondary traits และ integrative traits ตามจำนวนยีนที่ควบคุมลักษณะการตอบสนองเมื่อได้รับภาวะแล้ง โดย primary traits เป็นลักษณะทางสรีรวิทยาที่ถูกควบคุมโดยยีนจำนวนน้อย แบ่งออกเป็น constitutive traits (เช่น ความยาวของราก ความหนาของราก และรูปแบบของราก) และ induced traits (เช่น osmotic adjustment) ซึ่งลักษณะของรากสามารถเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณน้ำในดินขณะได้รับภาวะแล้ง นอกจากนี้ยังมีลักษณะการตอบสนองทางสรีรวิทยาที่เกิดจากการทำงานร่วมกันของ induced traits และ secondary traits เช่น ความสามารถในการรักษาปริมาณน้ำภายในเซลล์ คະแนนการม้วนของใบ และคະแนนการแห้งของใบ ซึ่งลักษณะดังกล่าวสามารถลดปริมาณของผลผลิตได้ นอกจากนี้ยังมี plant-type traits เช่น จำนวนกอ และความสูงของต้นข้าว ซึ่งเป็นการแสดงออกร่วมกันระหว่าง secondary traits และ

integrative traits ที่เกี่ยวข้องกับปริมาณการคายน้ำของพืช โดยข้าวที่มีขนาดใหญ่ จะมีการคายน้ำมาก ทำให้ปริมาณน้ำในเซลล์ลดลงอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้คะแนนการแห้งของใบสูงขึ้น และทำให้ช่อดอกเป็นหมัน ส่วน phenology จะมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาที่ข้าวได้รับภาวะแล้ง ส่งผลโดยตรงต่อ integrative traits และจะส่งผลทำให้ข้าวมีผลผลิตลดลง (ภาพที่ 1)

ลักษณะของ plant-type traits และ phenology เป็นลักษณะที่นักปรับปรุงพันธุ์พืชมักใช้ประเมินลักษณะข้าวทนแล้ง เนื่องจากเป็นลักษณะที่สามารถประเมินได้ง่ายและรวดเร็ว เช่น ลักษณะการม้วนของใบ นอกจากนี้ยังมีการศึกษา integrative traits เป็นจำนวนมาก เช่น จำนวนเมล็ด และจำนวนช่อดอกที่สมบูรณ์ ซึ่งถูกควบคุมโดยยีนจำนวนมาก เนื่องจากเป็นลักษณะที่ส่งผลต่อผลผลิตโดยตรง และดีกว่าการศึกษาลักษณะที่เป็น primary traits ซึ่งถูกควบคุมโดยยีนจำนวนเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม primary traits สามารถส่งผลต่อ secondary traits และ integrative traits ตามลำดับ (Kamoshita และคณะ, 2008)

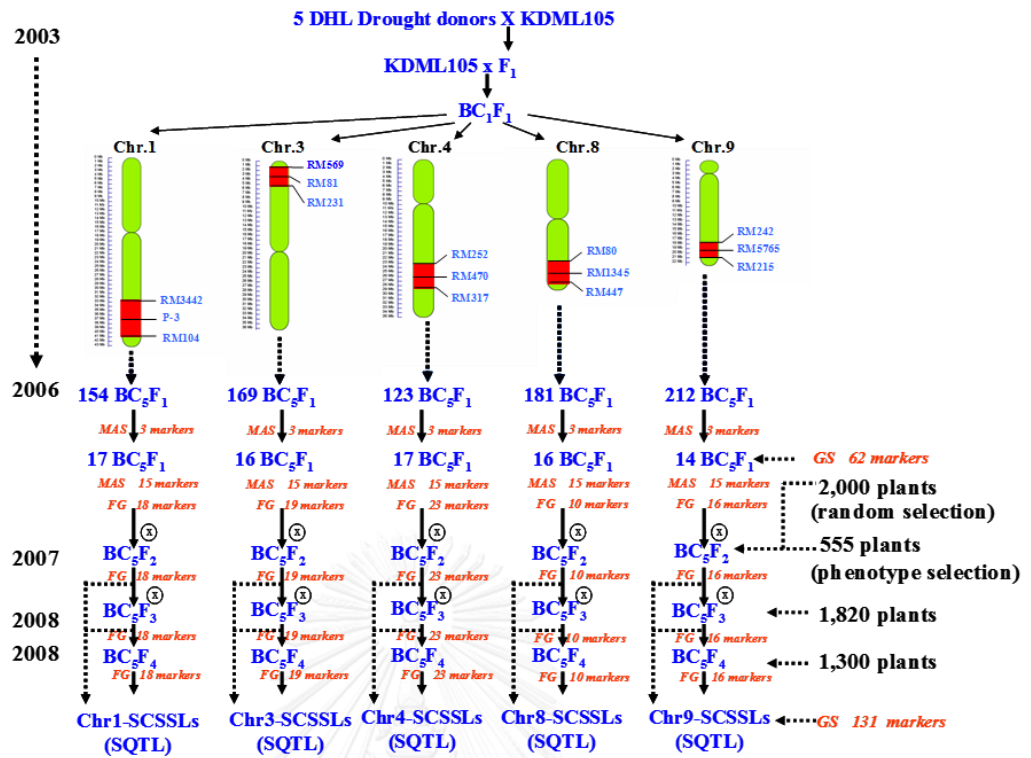


ภาพที่ 1 องค์ประกอบของการควบคุมลักษณะการให้ผลผลิตของข้าว ซึ่งประกอบไปด้วย primary traits, secondary traits, integrative traits, plant-type traits และ phenology (Kamoshita และคณะ, 2008)

#### 4. การปรับปรุงสายพันธุ์ข้าวทนแล้ง

ธีรยุทธ ตูจันดา และคณะ (2555) ได้พัฒนาสายพันธุ์ข้าว chromosome segment substitution lines (CSSLs) ขึ้น โดยประชากรข้าว CSSLs ได้รับชิ้นส่วนของยีนทนแล้งจากสายพันธุ์ข้าว 2 สายพันธุ์ คือ DH103 และ DH212 ซึ่งเป็น double haploid lines ที่พัฒนามาจากคู่ผสมระหว่าง CT9993 ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่มีระบบรากที่ดี และ IR62266 ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่มีกระบวนการควบคุม osmotic adjustment ที่ดี (Siangliw และคณะ, 2007) จากนั้นจึงนำมาผสมพันธุ์กับข้าวขาวดอกมะลิ 105 (KDML105) แล้วผสมกลับไปยังพันธุ์ KDML105 อีก 5 รุ่น โดยอาศัยเครื่องหมายโมเลกุล (Marker assisted selection; MAS) คือ SSR marker ช่วยในการคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวที่มียีนทนแล้งทุกขั้นตอน ดังภาพที่ 2 จึงได้ประชากร CSSLs ที่มีพื้นฐานทางพันธุกรรมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และมียีนทนแล้งวางตัวอยู่บนโครโมโซมที่ 1, 3, 4, 8 และ 9 ซึ่งข้าวแต่ละสายพันธุ์มียีนทนแล้งอยู่บนโครโมโซมใดโครโมโซมหนึ่งเท่านั้น โดยข้าวที่มียีนทนแล้งอยู่บนโครโมโซมที่ 1, 3, 4 และ 9 ได้รับยีนทนแล้งจากสายพันธุ์ DH212 ส่วนข้าวที่มียีนทนแล้งอยู่บนโครโมโซมที่ 8 ได้รับยีนทนแล้งจากสายพันธุ์ DH103 โดยยีนทนแล้งดังกล่าวอยู่ระหว่าง marker RM5333 – RM3480 (ภาพที่ 3)

จากนั้นศึกษาประชากรข้าว CSSLs ที่ได้ โดยตรวจสอบลักษณะจีโนมไทป์เพื่อคัดเลือกตัวแทนจากประชากรข้าวทั้งหมด ที่ได้รับชิ้นส่วนยีนทนแล้งที่มีขนาดแตกต่างกัน แล้วจึงทำ genome scan โดยใช้ polymorphic SSR marker ที่สามารถแยกความแตกต่างของพ่อและแม่ได้ จำนวน 131 ตำแหน่ง เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความคล้ายกับ KDML105 พบว่า ฐานพันธุกรรมของประชากรข้าว CSSLs มีค่าเฉลี่ยความคล้ายคลึงกับ KDML105 96.30 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นจึงประเมินลักษณะทางการเกษตร ผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิต ภายใต้ภาวะปกติและภาวะแล้ง เช่น ความสูงของต้น จำนวนรวง น้ำหนักเมล็ดทั้งหมดต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อรวง น้ำหนัก 1000 เมล็ด และความเป็นมัน เป็นต้น พบว่า ข้าวแต่ละสายพันธุ์แสดงความแตกต่างของลักษณะผลผลิต องค์ประกอบของผลผลิต และลักษณะทางกายภาพจำนวนมาก (ธีรยุทธ ตูจันดา และคณะ, 2555)



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการพัฒนาประชากรข้าว CSSLs โดยใช้วิธีผสมกลับ ร่วมกับการใช้เครื่องหมายโมเลกุล (ธีรยุทธ ตูจันดา และคณะ, 2555)

line	Genotypes of Chr.8 Markers									
	RM210	RM5353	RM80	RM149	RM3845	RM1345	RM1615	RM447	RM3480	RM4153
RGD06063-69-MAS24	Green	Green	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
RGD06064-6-MAS52	Green	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
RGD06064-6-MAS16-MAS2	Green	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
RGD06064-26-MAS45-MAS8	Green	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Green	Red
KDML105	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
DH103	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red

ภาพที่ 3 ชิ้นส่วนยีนจาก DH103 ที่อยู่บนโครโมโซมที่ 8 ของข้าว CSSL ที่มีพื้นฐานทางพันธุกรรมของข้าวขาวดอกมะลิ 105



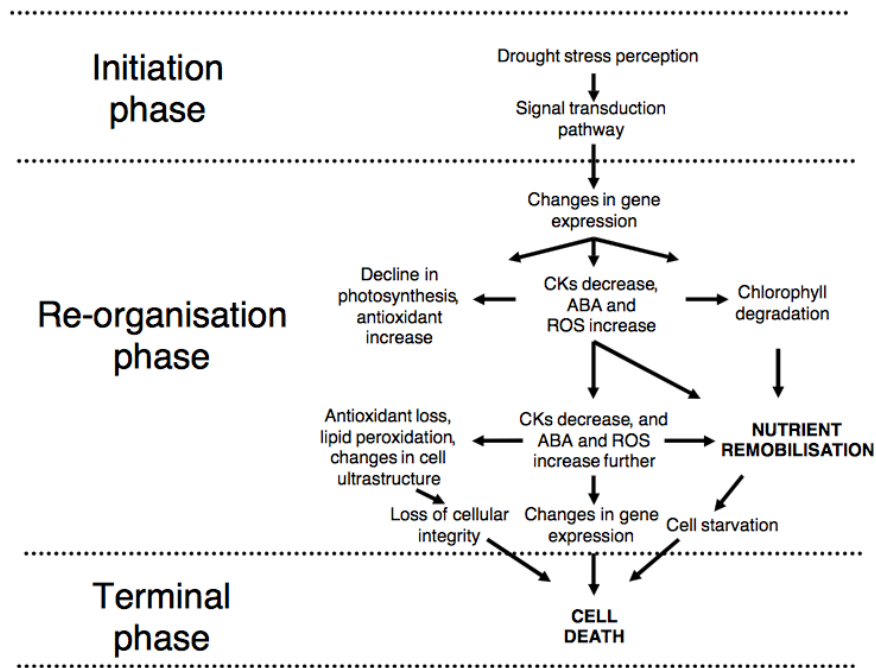
## 5. ลักษณะทางสรีรวิทยาที่ใช้ในการประเมินข้าวทนแล้ง

### 5.1 การคงความเขียว (stay-green ability)

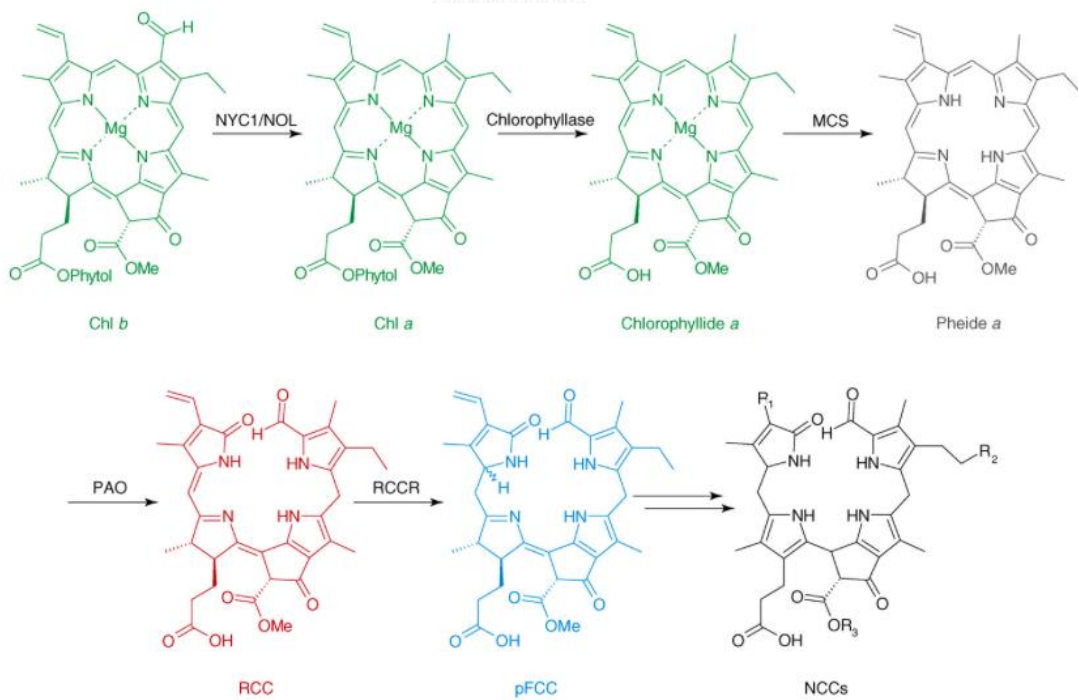
ในภาวะปกติ พืชจะถูกกระตุ้นให้เกิดการเสื่อมถอยของใบ (leaf senescence) ในช่วงสุดท้ายของการพัฒนาของใบ นำไปสู่การตายของเซลล์บริเวณนั้นๆ ซึ่งกระบวนการนี้ถูกควบคุมด้วยยีนจำนวนมาก และพบว่า พืชที่ได้รับภาวะแล้งจะเกิดการเสื่อมถอยของใบได้เร็วขึ้น (Borrás และคณะ, 2003) หมายความว่า ภาวะแล้งสามารถกระตุ้นให้เกิดการเสื่อมถอยของใบได้ โดยขั้นตอนการเกิดการเสื่อมถอย สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอน คือ initiation phases, re-organisation phase และ terminal phase ดังภาพที่ 4 ซึ่งกระบวนการเสื่อมถอยที่ถูกกระตุ้นโดยภาวะแล้งนั้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะการแสดงออกของยีนต่างๆ ทำให้การเสื่อมถอยของใบเกิดขึ้นได้เร็วขึ้น โดยระหว่างขั้นตอนการเกิด re-organisation phase นั้น จะเกิดการสลายของคลอโรฟิลล์ด้วยการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชลดลง ซึ่งการสลายคลอโรฟิลล์ส่งผลทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารที่สำคัญ (nutrient remobilisation) ออกจากเซลล์ (Munné-Bosch และ Alegre, 2004) เช่น กรดอะมิโน ไนโตรเจน และแมกนีเซียม จากโมเลกุลคลอโรฟิลล์ เพื่อนำไปหมุนเวียนในส่วนอื่นๆ ของพืช ทำให้มองเห็นบริเวณที่เกิดการเสื่อมถอยมีสีเหลือง (Kassahun และคณะ, 2010)

กระบวนการสลายคลอโรฟิลล์เกิดขึ้นโดยเริ่มจากการเปลี่ยนคลอโรฟิลล์ บี เป็นคลอโรฟิลล์ เอ จากนั้นเอนไซม์ chlorophyllase และ metal-chelating substance (MCS) นำเอา phytol และแมกนีเซียม (Mg) ออกจากโมเลกุลคลอโรฟิลล์ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ยังคงมีสีเขียวตัวสุดท้าย คือ pheophorbide (pheide) a หลังจากนั้น เอนไซม์ pheide a oxygenase จึงทำงาน ทำให้เกิดการเปิดวงของ porphyrin ring โดยเปลี่ยน pheide a ให้เป็นโมเลกุลไม่มีสีคือ red chlorophyll catabolite (RCC), primary fluorescent chlorophyll catabolite (pFCC) และ nonfluorescent chlorophyll catabolite (NCCs) ตามลำดับ ดังภาพที่ 5 แล้วจึงมีการส่งโมเลกุลที่ไม่มีสีเหล่านี้ออกจากคลอโรพลาสต์ (Hörtensteiner, 2009)

การคงความเขียว คือ ลักษณะที่พืชสามารถรักษาความเขียวของใบไว้ได้นาน และทำให้พืชสามารถสร้างผลผลิตได้อย่างปกติ (Messmer และคณะ, 2011) การคงความเขียวเกี่ยวข้องกับปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในเซลล์พืช ทำให้มองเห็นพืชมีสีเขียว พืชที่สามารถคงความเขียวได้ดีภายใต้ความเครียดจากปัจจัยภายนอกต่างๆ พืชนั้นมีแนวโน้มที่จะมีการเจริญเติบโตและพัฒนาไปสู่ระยะต่างๆ ได้อย่างเป็นปกติ ซึ่งพืชที่มีลักษณะการคงความเขียวที่ดีภายใต้ภาวะแล้ง จะมีกระบวนการรักษาปริมาณคลอโรฟิลล์ โดยการสร้าง chlorophyllide a oxygenase มากขึ้น เพื่อให้มีการสร้างคลอโรฟิลล์มากขึ้น และชะลอการส่งธาตุอาหารต่างๆ เช่น กรดอะมิโน และไนโตรเจน ออกนอกเซลล์ (Yoo และคณะ, 2007)



ภาพที่ 4 ขั้นตอนการเกิดการเสื่อมถอยของใบ (leaf senescence) (Munné-Bosch และ Alegre, 2004)



ภาพที่ 5 ขั้นตอนการสลายคลอโรฟิลล์ (Hörtensteiner, 2009)

## 5.2 คลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ ( $F_v/F_m$ )

ในภาวะปกติ เมื่อคลอโรฟิลล์ถูกกระตุ้นจากพลังงานจากแสง พลังงานแสงนั้นส่วนหนึ่งจะถูกเปลี่ยนแปลงเป็นพลังงานเคมีเพื่อใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ส่วนพลังงานที่เหลือถูกปลดปล่อยออกมาในรูปของความร้อนและแสงฟลูออเรสเซนซ์ การปลดปล่อยฟลูออเรสเซนซ์ออกมาเรียกว่า คลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ ซึ่งแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่ถูกปลดปล่อยออกมาจะมีความยาวคลื่นมากกว่าแสงที่พืชได้รับ จึงใช้ลักษณะความแตกต่างนี้ในการศึกษาการเกิดคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ในพืช (Maxwell และ Johnson, 2000) พืชปกติจะมีค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ประมาณ 0.8 ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากสัดส่วน  $F_v/F_m$  โดย  $F_0$  (minimum fluorescence) คือ ค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ต่ำที่สุด เป็นการเกิดฟลูออเรสเซนซ์ขณะที่ใบไม่ได้รับแสง และไม่มีอิเล็กตรอนอยู่ในระบบ ส่วน  $F_m$  (maximum fluorescence) คือ ค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ที่เกิดขึ้นสูงสุด มักเกิดขึ้นหลังจากใบได้รับแสงครั้งแรกหลังจากไม่ได้รับแสง (dark-adapted) เป็นระยะเวลาไม่เกิน 1 วินาที และ  $F_v$  (variable fluorescence) คือ ช่วงความแตกต่างระหว่าง  $F_0$  และ  $F_m$  (Sayed, 2003) ซึ่งค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์สามารถบ่งบอกประสิทธิภาพของ photosystem II (PSII) ได้

เมื่อพืชได้รับภาวะแล้ง พบว่า ประสิทธิภาพของ photosystem II ลดลง เนื่องจากเกิดกระบวนการต่างๆ เช่น การปิดปากใบ ทำให้การสังเคราะห์ด้วยแสงเกิดขึ้นช้าลง การถ่ายทอดอิเล็กตรอนในระบบจึงเกิดการชะลอ ทำให้มีการปลดปล่อยพลังงานในรูปฟลูออเรสเซนซ์มากขึ้น (Pieters และ El Souki, 2005) นอกจากนี้ เมื่อได้รับภาวะแล้งเป็นระยะเวลาที่นานขึ้น พลังงานแสงที่พืชได้รับไม่สามารถเปลี่ยนแปลงไปเป็นพลังงานเคมีได้ จึงมีการกระตุ้นให้เกิดการเพิ่มขึ้นของ ROS ต่างๆ เช่น superoxide radical และ hydrogen peroxide ซึ่งส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อโปรตีน D1 ที่เป็นโปรตีนใน PSII ทำให้กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงในพืชเกิดความเสียหาย (Giardi และคณะ, 1996) มีการศึกษาพบว่า  $F_v/F_m$  มีค่าลดลง และ  $F_0$  มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อพืชได้รับความเครียดจากภาวะต่างๆ เช่น ภาวะความเครียดจากอุณหภูมิสูง, ภาวะที่มีแสงมากเกินไป และภาวะแล้ง เป็นต้น (Maxwell และ Johnson, 2000; Qi และคณะ, 2006) ซึ่งค่า  $F_v/F_m$  ของพืชที่มีความสามารถในการทนแล้งได้ดี กับค่า  $F_v/F_m$  ของพืชที่ไม่สามารถทนต่อภาวะแล้งได้ มีความแตกต่างกัน ดังนั้น จึงสามารถใช้ลักษณะการเกิดคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ในการประเมินพืชทนแล้งได้ (Pieters และ El Souki, 2005; Li และคณะ, 2006)

### 5.3 ความสามารถในการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์

เยื่อหุ้มเซลล์ของพืชอยู่ในชั้นถัดจากผนังเซลล์ ประกอบด้วย phospholipid bilayer ที่มีโปรตีนแทรกอยู่ โดยโปรตีนนั้นสามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ Integral proteins, peripheral protein และ anchored proteins โดยเยื่อหุ้มเซลล์มีหน้าที่จำกัดการผ่านเข้าออกของโมเลกุลต่างๆ จากภายในเซลล์และภายนอกเซลล์ ซึ่งโมเลกุลที่ไม่มีขั้วหรือมีขั้วเล็กน้อยสามารถผ่านเข้าออกเซลล์ได้ โดยผ่าน phospholipid bilayer ในขณะที่โมเลกุลที่มีขั้วมาก เช่น น้ำ และน้ำตาล ไม่สามารถผ่านได้ จึงจำเป็นต้องมีกระบวนการนำโมเลกุลเหล่านี้เข้าสู่เซลล์ผ่านทางโปรตีนที่เป็น transport proteins ซึ่งการนำโมเลกุลเหล่านี้ผ่านเข้าออกเซลล์มีทั้งแบบไม่ใช้พลังงาน คือ carriers และ channels และแบบใช้พลังงาน คือ pumps (Taiz และ Zeiger, 2006) ซึ่งการนำสารต่างๆ เข้าและออกนอกเซลล์ มีความสำคัญต่อการเกิดกระบวนการต่างๆ ของพืช เช่น การรักษาสมดุลย์ไอออนภายในเซลล์พืช ทำให้การทำงานต่างๆ ภายในเซลล์เป็นไปอย่างปกติ

การรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความเสียหายของเยื่อหุ้มเซลล์ (Farooq และคณะ, 2009) และเป็นลักษณะสำคัญที่ใช้สำหรับประเมินลักษณะทนแล้งอย่างแพร่หลาย (Bajji และคณะ, 2002) ในขณะที่พืชได้รับความเครียดจากปัจจัยที่ไม่เหมาะสมต่างๆ เช่น ภาวะอุณหภูมิสูง ภาวะเค็ม และภาวะแล้ง เป็นต้น จะทำให้ภายในเซลล์พืชมีการเพิ่มขึ้นของ ROS ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายต่อเยื่อหุ้มเซลล์ของพืช (Sharma และคณะ, 2012) โดยส่งผลทำให้ membrane lipid content ลดลง, มีการยับยั้งการสังเคราะห์ไขมัน นอกจากนี้ยังกระตุ้นให้เกิดการสลายของไขมัน ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเยื่อหุ้มเซลล์ (GIGON และคณะ, 2004) การเกิดความเสียหายต่อเยื่อหุ้มเซลล์สามารถส่งผลทำให้กระบวนการต่างๆ ภายในเซลล์ผิดปกติ ดังนั้น พืชที่มีลักษณะทนแล้งจึงจำเป็นต้องมีความสามารถในการป้องกันการเกิดความเสียหายต่อเยื่อหุ้มเซลล์ได้ดี นอกจากนี้ ต้องสามารถซ่อมแซมเยื่อหุ้มเซลล์และกระบวนการต่างๆ ข้างต้นที่เสียหาย ให้เป็นปกติได้ไวที่สุด (Tripathy และคณะ, 2000)

#### 5.4 การม้วนของใบ

ใบของข้าวประกอบด้วยเซลล์ที่สำคัญ ที่เกี่ยวข้องกับการม้วนของใบ คือ bulliform cell อยู่บริเวณ upper epidermis พบว่า เมื่อข้าวได้รับความเครียดจากปัจจัยภายนอกต่างๆ เช่น ภาวะขาดน้ำ หรือภาวะอุณหภูมิสูง ทำให้ปริมาณน้ำภายในใบลดลง ส่งผลต่อแรงดันเต่ง (turgor pressure) ของ bulliform cell ทำให้เซลล์มีแรงดันเต่งลดลง ใบข้าวจึงเกิดการม้วน (Bunnag และ Pongthai, 2013) ซึ่งการม้วนของใบสามารถบ่งบอกถึงปริมาณน้ำภายในใบได้ โดยการม้วนของใบข้าวสามารถช่วยลดการเกิดความเสียหายของใบจากปริมาณแสงที่ได้รับ เนื่องจากการม้วนใบช่วยลดพื้นที่ของใบข้าวที่ปะทะกับแสง นอกจากนี้การม้วนของใบยังช่วยลดการคายน้ำได้ ทำให้ข้าวสามารถรักษาปริมาณน้ำภายในใบไว้ได้ภายใต้ภาวะขาดน้ำ (O'Toole และคณะ, 1979) ซึ่งข้าวที่มีความสามารถในการทนต่อภาวะแล้งได้ดีจะมีการแสดงการม้วนของใบไวกว่าข้าวที่ไม่ทนแล้ง กล่าวคือ ปริมาณน้ำภายในใบที่ทำให้ข้าวทนแล้งแสดงการม้วนมีค่าสูงกว่าปริมาณน้ำที่ทำให้ข้าวไม่ทนแล้งแสดงการม้วนใบ นอกจากนี้ยังพบว่า การม้วนของใบทำให้การสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวลดลง น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของข้าวจึงลดลงด้วย (Kadioglu และ Terzi, 2007)

#### 5.5 ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ภายในใบ

น้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของพืช โดยมีมากถึง 70-95% ของมวลชีวภาพของต้นพืช ทำหน้าที่ขนส่งสารต่างๆ ทั้งภายในเซลล์และออกนอกเซลล์ เนื่องจากน้ำเป็นโมเลกุลที่มีขั้วสูง จึงทำหน้าที่ขนส่งสารภายในเซลล์จำพวกน้ำตาล กรดอะมิโน และโปรตีน ไปยังเซลล์ข้างเคียง นอกจากนี้โมเลกุลน้ำยังทำหน้าที่ขนส่งคาร์โบไฮเดรต ธาตุอาหาร และ phytohormones จากบริเวณหนึ่งไปยังอีกบริเวณหนึ่ง ซึ่งสารเหล่านี้เป็นสารสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช และพืชส่วนใหญ่ โดยเฉพาะพืชล้มลุก ใช้น้ำในการรักษารูปร่างของเซลล์และค้ำจุนเซลล์ ซึ่งเมื่อมีปริมาณน้ำภายในเซลล์ปริมาณมากทำให้เกิดแรงดันเต่ง (turgor pressure) หากพืชสูญเสียแรงดันเต่งจะทำให้เกิดอาการเหี่ยวและนำไปสู่การตายได้ (Lambers และคณะ, 2008)

ปริมาณน้ำในใบพืชมีความสำคัญต่อกระบวนการต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในเซลล์พืช เช่น กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และการขยายขนาดของเซลล์ (Tezara และคณะ, 1999) ในภาวะปกติ พืชมีการสูญเสียน้ำจากการคายน้ำผ่านทางปากใบ แต่เมื่อพืชได้รับความเครียดจากภาวะแล้งจะทำให้ปากใบปิด (stomatal closure) เพื่อรักษาปริมาณน้ำภายในเซลล์ นอกจากนี้ยังพบว่า พืชมีการสะสมสารจำพวก osmolites เช่น proline และ abscisic acid เพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้การเปลี่ยนแปลงของกระบวนการต่างๆ ภายในเซลล์ (González และ González-Vilar, 2001) โดยการศึกษาปริมาณ

น้ำในใบพืชสามารถทำได้หลายวิธี เช่น ศึกษาได้จากการสังเกตการม้วนของใบ, การแห้งของใบ, การเก็บค่า leaf water potential และปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ (Lafitte, 2002)

การศึกษาปริมาณน้ำสัมพัทธ์ภายในใบพืชสามารถใช้ประเมินลักษณะทนแล้งได้ โดยเมื่อพืชได้รับภาวะแล้ง พืชทนแล้งจะมีความสามารถในการรักษาปริมาณน้ำสัมพัทธ์ได้ดีกว่าพืชที่ไม่ทนแล้ง โดยการรักษาปริมาณน้ำภายในเซลล์อาจทำได้โดยการม้วนใบ หรือการสะสมสาร osmolytes ภายในเซลล์ ทำให้มีค่าปริมาณน้ำสัมพัทธ์ภายในเซลล์สูง ส่งผลให้กระบวนการต่างๆ ภายในเซลล์เป็นไปอย่างปกติ (Teulat และคณะ, 1997)



### บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

#### 1. การศึกษา field capacity ของดินที่ใช้ในการทดลอง

ศึกษา field capacity ของดิน ตามวิธีของ นันทนา อังกินันท์ และ ศุภจิตรา ชัชวาลย์ (2543) โดยบรรจุดินสำหรับใช้ในการปลูกข้าว ลงในกระบอกตวงทีละน้อย แล้วใช้จุกยางกดให้ดินแน่นอย่างสม่ำเสมอ จากนั้นเติมน้ำกลั่นลงไป 10 มิลลิลิตร และปิดปากกระบอกตวงด้วยกระดาษอลูมิเนียม เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำระเหยจากกระบอกตวง จนกระทั่งน้ำเคลื่อนที่ลงสู่ดินและหยุดเคลื่อนที่ จึงนำดินบริเวณส่วนกลางของดินที่เปียกชุ่มน้ำหนักสุด หลังจากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จนดินแห้งสนิท นำมาชั่งน้ำหนักแห้ง และคำนวณตามสมการ

$$\% \text{field capacity} = \frac{\text{น้ำหนักดินเปียก} - \text{น้ำหนักดินแห้ง}}{\text{น้ำหนักดินแห้ง}} \times 100$$

โดยทำทั้งสิ้นจำนวน 5 ซ้ำ และนำมาหาค่าเฉลี่ย %field capacity ของดิน

หลังจากนั้นศึกษา % field capacity ที่เหมาะสมสำหรับการให้ภาวะแล้งแก่ข้าว โดยวางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ต้น กำหนดภาวะแล้ง 3 ชุดการทดลอง คือให้น้ำระดับ 100% field capacity สำหรับชุดควบคุม และกำหนดให้ภาวะแล้งมีระดับ 50% field capacity และ 25% field capacity

#### พืชทดลอง

ข้าวที่ใช้ในการทดลองจำนวน 8 สายพันธุ์ ประกอบด้วย

สายพันธุ์ข้าว CSSL จำนวน 5 สายพันธุ์ ซึ่งมียืนทนแล้งอยู่บนโครโมโซมต่างๆ ดังนี้

RGD05164-11-MAS25	มียืนทนแล้งอยู่บนโครโมโซมที่ 1
RGD05169-2-MAS12	มียืนทนแล้งอยู่บนโครโมโซมที่ 3
RGD05131-6-MAS5	มียืนทนแล้งอยู่บนโครโมโซมที่ 4
RGD06064-6-MAS52	มียืนทนแล้งอยู่บนโครโมโซมที่ 8
RGD05157-5-MAS8	มียืนทนแล้งอยู่บนโครโมโซมที่ 9

สายพันธุ์ตรวจสอบจำนวน 3 สายพันธุ์ คือ KDML105, DH103 และ DH212

1.1 เตรียมต้นกล้าข้าว โดยเฉพาะเมล็ดข้าวสายพันธุ์ทนแล้งจำนวน 5 สายพันธุ์คือ สายพันธุ์ที่มียืนทนแล้งอยู่บนโครโมโซมที่ 1 3 4 8 และ 9 อย่างละ 1 สายพันธุ์ และสายพันธุ์พ่อแม่จำนวน 2 สายพันธุ์คือ KDML105 และ DH103 โดยเฉพาะลงในกล่องพลาสติกกล่องละ 30 เมล็ด เป็นเวลา 5 วัน หลังจากนั้นย้ายต้นกล้าข้าวลงในดินโดย 1 กระถางขนาด 4 นิ้วบรรจุดิน 220 กรัม และย้ายปลูก กระถางละ 1 ต้น เติมน้ำลงในกระถางให้ท่วมผิวดิน

1.2 เมื่อข้าวอายุ 28 วัน จึงเริ่มให้ภาวะแล้งแก่ข้าว โดยเริ่มปรับระดับ %field capacity ในดินให้เป็น 100% field capacity, 50% field capacity และ 25% field capacity ตามค่า field capacity ที่ได้ศึกษาไว้ โดยปรับปริมาณน้ำทุกเช้าและเย็น โดยการชั่งน้ำหนัก และเติมน้ำลงไปทดแทนน้ำหนักของน้ำที่ระเหยไปในแต่ละวัน ให้มีปริมาณน้ำในดินตาม % field capacity ที่กำหนดไว้

1.3 เก็บผลการทดลอง โดยเก็บค่า leaf rolling score ตั้งแต่วันที่ระดับน้ำเป็นไปตามที่กำหนดไว้ คือวันที่ 5 จนกระทั่งถึงวันที่ 9 โดยให้คะแนนการม้วนของใบ 1 – 5 คะแนน ตามวิธีของ O'Toole J และ Cruz (1980) โดยสังเกตจากใบอ่อนที่แผ่ขยายเต็มที่ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

- 1 คะแนน คือ ไม่แสดงอาการม้วนของใบ
- 2 คะแนน คือ ขอบใบงอขึ้นเล็กน้อย
- 3 คะแนน คือ ใบม้วนเป็น u-shape
- 4 คะแนน คือ ใบมีการม้วนจนปลายใบเกือบแตะกัน
- 5 คะแนน คือ ใบม้วนเป็นหลอด

1.4 วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติโดยใช้ analysis of variance (ANOVA) และ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) เพื่อหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ย Leaf rolling score ระหว่างแต่ละชุดการทดลอง และเลือกภาวะแล้งที่เหมาะสม โดยเป็นภาวะแล้งที่ไม่ทำให้ข้าวสูญเสียความมีชีวิตระหว่างทำการทดลอง



## 2. การศึกษาผลของภาวะแล้งที่มีต่อลักษณะทางสรีรวิทยาของข้าว ที่มีพื้นฐานทางพันธุกรรมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และมียีนทนแล้งอยู่บนโครโมโซมที่ 8

### พืชทดลอง

ข้าวที่ใช้ในการทดลองจำนวน 6 สายพันธุ์ ประกอบด้วย

สายพันธุ์ CSSL ที่มียีนทนแล้งอยู่บนโครโมโซมที่ 8 จำนวน 4 สายพันธุ์ ดังนี้

RGD06063-69-MAS24

RGD06064-6-MAS52

RGD06064-6-MAS16-MAS2

RGD06064-26-MAS45-MAS8

สายพันธุ์ตรวจสอบ จำนวน 2 สายพันธุ์ คือ KDML105 และ DH103

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ต้น โดยกำหนดให้มี 3 ชุดการทดลองคือ ชุดการทดลองควบคุม กำหนดให้มีระดับน้ำในดิน 100% field capacity และชุดการทดลองที่ได้รับภาวะแล้งโดยมีระดับน้ำในดิน 75% field capacity และ 50% field capacity

2.1 เตรียมต้นกล้า โดยเฉพาะเมล็ดข้าว CSSL ที่มียีนทนแล้งอยู่บนโครโมโซมที่ 8 จำนวน 4 สายพันธุ์ และสายพันธุ์ตรวจสอบ 2 สายพันธุ์คือ KDML105 และ DH103 ซึ่งเป็นสายพันธุ์พ่อแม่ลงในกล่องพลาสติกกล่องละ 30 เมล็ด เป็นเวลา 5 วัน หลังจากนั้นย้ายต้นกล้าข้าวลงในดิน กระจายละ 1 ต้น โดยใช้กระถางขนาด 5 นิ้ว บรรจุดินน้ำหนัก 900 กรัมต่อกระถาง และรดน้ำให้ท่วมผิวดิน

2.2 เมื่อข้าวมีอายุ 28 วัน เริ่มปรับระดับน้ำในดินตามระดับ %field capacity ที่ได้ศึกษาจากขั้นตอนที่ 2 โดยเลือกใช้ %field capacity ที่ระดับ 75% field capacity และ 50% field capacity สำหรับชุดการทดลองที่ได้รับภาวะแล้ง และ 100% field capacity สำหรับชุดควบคุมที่ไม่ได้รับภาวะแล้ง ปรับปริมาณน้ำทุกวัน เวลา 7.30 น. และ 16.30 น. โดยการชั่งน้ำหนัก และเติมน้ำลงไปทดแทนน้ำหนักของน้ำที่ระเหยไปในแต่ละครั้ง ให้มีปริมาณน้ำในดินตามระดับ %field capacity ที่กำหนดไว้

2.3 เก็บผลการทดลองโดยเก็บ 4 ครั้ง ในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 หลังได้รับภาวะแล้ง โดยเก็บค่าต่างๆ ดังนี้

2.3.1 ศึกษาลักษณะการคงความเขียว (Stay-green score, SGS) ของต้นข้าวทั้งต้น โดยการให้คะแนนการคงความเขียว 1-5 คะแนน ตามเกณฑ์การให้คะแนนของ Reddy และคณะ (2007) โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

- 1 คะแนน คือ ข้าวมีความเขียวทั้งต้น 100%
- 2 คะแนน คือ ต้นข้าวมีความเขียว 75%
- 3 คะแนน คือ ต้นข้าวมีความเขียว 50%
- 4 คะแนน คือ ต้นข้าวมีความเขียว 25%
- 5 คะแนน คือ ข้าวเหลืองทั้งต้น (มีความเขียว 0%)

2.3.2 เก็บค่าดัชนีสีใบ (SPAD) ตามวิธีของ Adu และคณะ (2011) โดยใช้เครื่อง Spad-502 chlorophyll meter (Spectrum Technologies Inc., USA) วัดบริเวณใบ youngest fully expanded leaf จำนวน 3 ตำแหน่ง คือ โคนใบ กลางใบ และปลายใบ

2.3.3 ศึกษาลักษณะการแห้งของใบ (leaf drying score, LDS) โดยศึกษาบริเวณใบ youngest fully expanded leaf และให้คะแนน 1-9 คะแนน ตามเกณฑ์การให้คะแนนของ IRRI (1996) ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนน มีดังนี้

- 0 คะแนนคือ ไม่มีการแห้งของใบ
- 1 คะแนน คือ ใบมีอาการแห้งของปลายใบเล็กน้อย
- 3 คะแนน คือ ใบแสดงอาการแห้งจากปลายใบเข้ามาถึง 1/4 ของความยาวใบ
- 5 คะแนน คือ ใบแสดงอาการแห้ง 1/4 – 1/2 ของความยาวใบ
- 7 คะแนน คือ ใบมีอาการแห้งมากกว่า 2/3 ของความยาวใบ
- 9 คะแนน คือ ใบแห้งทั้งใบ

2.3.4 เก็บค่าความสามารถในการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane stability) โดยเก็บตัวอย่างใบข้าวที่ตำแหน่ง youngest fully expanded leaf จำนวน 1 ใบ ตัดเป็นชิ้นขนาดเล็ก แล้วนำไปชั่งน้ำหนักให้ได้ 0.05 กรัม แช่น้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร และวัดค่าความสามารถในการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ตามวิธีของ Sullivan และ Ross (1979) โดยใช้เครื่อง EC meter วัดค่า electrical conductivity (EC) ครั้งที่ 1 ( $EC_0$ ) หลังจากนั้นนำตัวอย่างใบข้าวที่แช่น้ำกลั่นเข้าเครื่อง autoclave เพื่อทำลายเซลล์ทั้งหมด และวัดค่า EC อีกครั้ง ( $EC_1$ ) และคำนวณตามสมการ

$$\% \text{ injury} = (EC_0 / EC_1) \times 100$$

$$\text{CMS} = 100 - (\% \text{ injury})$$

2.3.5 เก็บค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ ( $F_v/F_m$ ) โดยการใช้คลิปปหนีบบริเวณใบ youngest fully expanded leaf และปิดไม่ให้ใบได้รับแสงเป็นเวลา 30 นาที และวัดค่าด้วยเครื่อง PAR-FluorPen FP100-MAX-LM-D (PSI, Czech Republic) ตามวิธีของ Li และคณะ (2006)

2.3.6 เก็บค่า relative water content โดยใช้ตัวอย่างจากใบข้าวบริเวณ youngest fully expanded leaf จำนวน 1 ใบในการเก็บผลการทดลอง ตามวิธีของ González และ González-Vilar (2001) โดยการตัดใบข้าวเป็นชิ้นความยาวประมาณ 0.5 เซนติเมตร จำนวน 2 ชิ้น นำไปชั่งน้ำหนักสด (fresh weight) แล้วแช่ใบข้าวลงในน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร เก็บตัวอย่างใบข้าวที่แช่ในน้ำกลั่นไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้ง (saturated weight) แล้วนำใบข้าวอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน แล้วชั่งน้ำหนักแห้ง (dry weight) แล้วนำน้ำหนักที่ได้มาคำนวณดังนี้

$$RWC = \frac{\text{fresh weight} - \text{dry weight}}{\text{saturated weight} - \text{dry weight}} \times 100$$

2.3.7 เก็บค่า leaf rolling score บริเวณ youngest fully expanded leaf โดยการให้คะแนน 1-5 คะแนน ตามเกณฑ์การให้คะแนนของ O'Toole J และ Cruz (1980)

2.3.8 เก็บน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของส่วนต้นและส่วนราก โดยการแยกส่วนต้นและรากของต้นข้าวออกจากกัน และนำไปชั่งน้ำหนักสด หลังจากนั้น นำตัวอย่างต้นและรากอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเป็นเวลา 5 วัน แล้วจึงนำตัวอย่างต้นและรากของข้าวมาชั่งน้ำหนักแห้ง (IRRI, 1996)

2.3.9 วัดความยาวใบ youngest fully expanded leaf ของข้าว โดยใช้ไม้บรรทัด

2.3.10 เก็บน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของดิน (Smith และ Mullins, 2000) เพื่อศึกษาปริมาณน้ำในดิน โดยใช้ดินบริเวณที่มีรากของข้าวอยู่ นำมาชั่งน้ำหนักสด แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน ให้ดินแห้งสนิท แล้วจึงนำมาชั่งน้ำหนักแห้ง แล้วคำนวณหาปริมาณน้ำในดิน ตามสมการ

$$\text{ปริมาณน้ำในดิน} = \text{น้ำหนักสดของดิน} - \text{น้ำหนักแห้งของดิน}$$

### การวิเคราะห์ผลการทดลอง

วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติโดยใช้ analysis of variance (ANOVA) และ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) เพื่อหาความแตกต่างของค่าต่างๆ ระหว่างสายพันธุ์ที่มียืนทนแล้งว่าแตกต่างกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 หรือไม่

## บทที่ 4 ผลการทดลอง

### 1. การศึกษา field capacity ของดินที่ใช้ในการทดลอง

จากการศึกษา field capacity ของดินที่ใช้ในการทดลอง พบว่า ค่าเฉลี่ย field capacity ของดินทั้ง 3 กระจบอกลง มีค่าเท่ากับ 15.926 ซึ่งหมายความว่า ดินชนิดนี้ปริมาณ 100 กรัม มีความสามารถในการยึดเหนี่ยวน้ำได้ 15.926 มิลลิลิตร ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 field capacity ของดินที่ใช้ในการทดลอง

กระจบอกลง	น้ำหนักสดของดิน (g)	น้ำหนักแห้งของดิน (g)	ค่า field capacity (%)
1	15.283	13.151	16.213
2	16.410	14.201	15.562
3	17.734	15.288	16.002
ค่าเฉลี่ย field capacity (%)			15.926

จากการศึกษา field capacity ของดินข้างต้น ทำให้ทราบว่าดินที่ใช้ในการทดลองเพื่อหา % field capacity ที่เหมาะสมสำหรับการให้ภาวะแล้งแก่ข้าว ซึ่งใช้ดินจำนวน 220 กรัม แสดงว่าดินจำนวน 220 กรัมสามารถอุ้มน้ำได้ทั้งหมด 35.037 มิลลิลิตร ดังนั้น ในการศึกษา % field capacity ที่เหมาะสมสำหรับการให้ภาวะแล้งแก่ข้าวนี้ จึงกำหนดให้ชุดควบคุมที่ไม่ได้รับภาวะแล้ง คือ 100% field capacity มีน้ำหนักของกระจบอกลง, ดิน และน้ำรวมกันเท่ากับ 275.037 กรัม สำหรับชุดทดลองที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity มีน้ำหนักรวมเท่ากับ 257.519 กรัม และชุดทดลองที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 25% field capacity มีน้ำหนักรวมทั้งหมดเท่ากับ 248.760 กรัม (ตารางที่ 2) ซึ่งน้ำหนักรวมนี้จะใช้สำหรับการปรับระดับน้ำให้เป็นไปตาม % field capacity ที่กำหนดไว้ของแต่ละชุดการทดลอง

**ตารางที่ 2** น้ำหนักและปริมาณน้ำของชุดควบคุม 100% field capacity, ชุดทดลองที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity และ 25% field capacity

% field capacity	ค่า field capacity (%)	น้ำหนักดิน (g)	น้ำหนักน้ำที่ดินอุ้มได้ (g)	น้ำหนักกระถาง (g)	น้ำหนักรวม (g)
100%	15.926	220	35.037	20	275.037
50%	7.963	220	17.519	20	257.519
25%	3.982	220	8.760	20	248.760

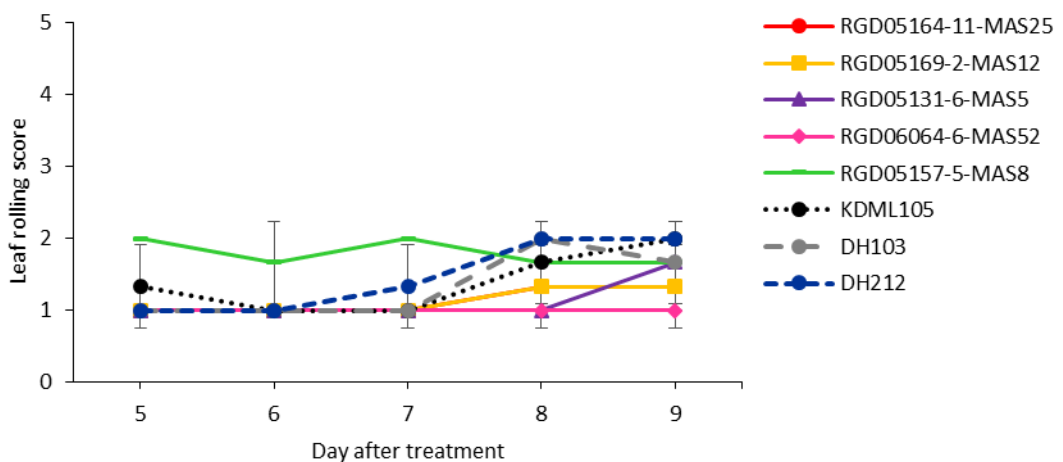
เมื่อปลูกต้นข้าว และให้น้ำอย่างสม่ำเสมอจนกระทั่งต้นข้าวมีอายุ 28 วัน จึงเริ่มทำการให้ภาวะแล้งแก่ข้าว และศึกษาการตอบสนองของต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากภาวะแล้ง จากการสังเกตการม้วนของใบ พบว่า เมื่อข้าวได้รับภาวะแล้ง ชุดการทดลองที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity มีคะแนนการม้วนของใบเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ยังคงแสดงอาการม้วนไม่ถึงระดับ 2 แสดงว่าการให้น้ำระดับ 100% field capacity ไม่ทำให้ข้าวได้รับความเครียดจากภาวะแล้ง และข้าวแต่ละสายพันธุ์ไม่แสดงความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยคะแนนการม้วนของใบ (ภาพที่ 6)

ในขณะที่ข้าวที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity แสดงการม้วนของใบ ตั้งแต่วันที่ 5 หลังจากได้รับภาวะแล้ง โดยข้าวแต่ละสายพันธุ์มีค่าเฉลี่ยคะแนนการม้วนของใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในวันที่ 5 หลังจากได้รับภาวะแล้ง และเมื่อได้รับภาวะแล้งเป็นระยะเวลาสั้นขึ้น ข้าวทุกสายพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยคะแนนการม้วนของใบอีก แต่มีแนวโน้มที่แสดงการตอบสนองที่แตกต่างกัน (ภาพที่ 7) ซึ่งการให้ภาวะแล้งระดับ 50% field capacity แก่ต้นข้าว ทำให้ต้นข้าวแสดงการตอบสนองต่อภาวะแล้งที่ได้รับ ในขณะเดียวกันก็ยังสามารถรักษาความมีชีวิตไว้ได้ ซึ่งแสดงว่าภาวะแล้งระดับ 50% field capacity มีความรุนแรงไม่มากจนเกินไป และเหมาะสมสำหรับเป็นระดับภาวะแล้งที่นำมาใช้ในการทดลองเพื่อศึกษาผลของความแล้งที่มีต่อลักษณะทางสรีรวิทยาของข้าว ที่มีพื้นฐานทางพันธุกรรมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และมียีนทนแล้งอยู่บนโครโมโซมที่ 8 ต่อไป

สำหรับข้าวที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 25% field capacity พบว่า ในวันที่ 5 หลังจากได้รับภาวะแล้ง ใบข้าวแสดงการม้วนของใบสูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity และ 50% field capacity และหลังจากข้าวทุกสายพันธุ์ที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 25% field capacity เป็นระยะเวลา 6 วันขึ้นไป ใบข้าวแสดงการม้วนของใบระดับ 5 คือ ใบมีลักษณะม้วนเป็นหลอด (ภาพที่ 8) โดยใบข้าวไม่สามารถกลับมาลดการม้วนของใบลงได้ และหลังจากนั้น ต้นข้าวก็ไม่สามารถรักษาความมีชีวิตไว้ได้อีก แสดงว่าภาวะแล้งระดับ 25% field capacity เป็นระดับความแล้งที่มีความรุนแรง ซึ่งมีผลการเจริญเติบโตและการพัฒนาของต้นข้าวมากเกินไป ทำให้ต้นข้าวไม่สามารถรักษาความมีชีวิตไว้ได้ จึงเป็นภาวะแล้งระดับที่ไม่เหมาะสมสำหรับการนำมาใช้เพื่อศึกษาผลของความแล้งที่มีต่อลักษณะทางสรีรวิทยาของข้าว ที่มีพื้นฐานทางพันธุกรรมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และมียืนทนแล้งอยู่บนโครโมโซมที่ 8

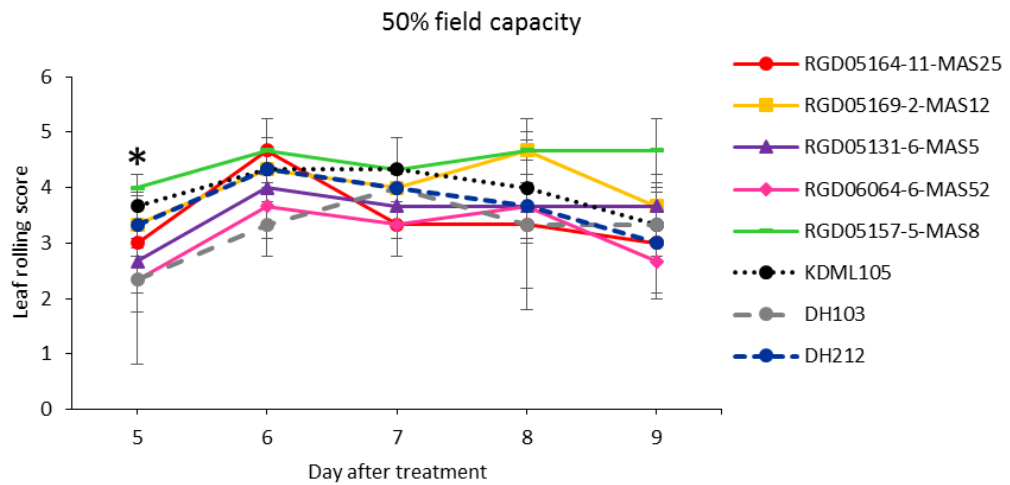


100% field capacity

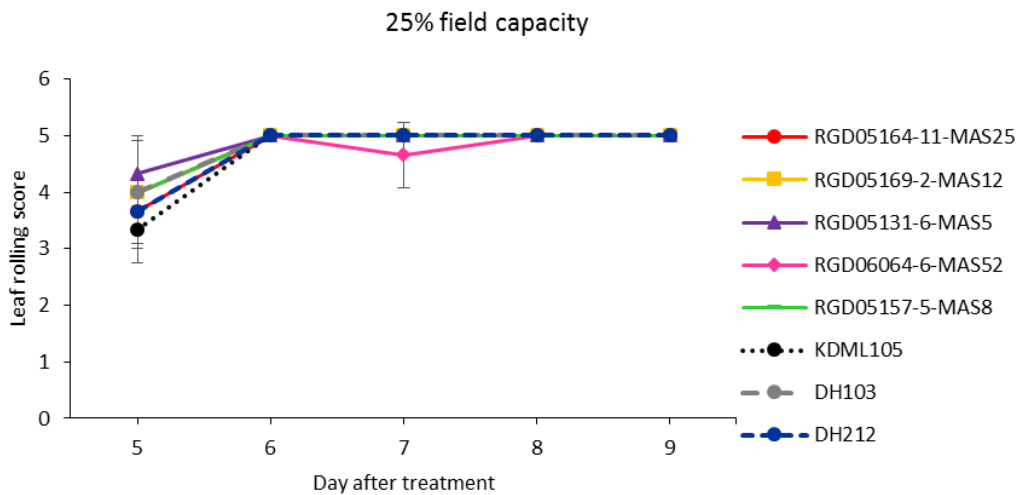


ภาพที่ 6 ค่าเฉลี่ยคะแนนการม้วนของใบข้าว ในชุดควบคุม 100% field capacity

เครื่องหมาย \* แสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างข้าวแต่ละสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



**ภาพที่ 7** ค่าเฉลี่ยคะแนนการม้วนของใบข้าวที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity เครื่องหมาย \* แสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างข้าวแต่ละสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



**ภาพที่ 8** ค่าเฉลี่ยคะแนนการม้วนของใบข้าวที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 25% field capacity เครื่องหมาย \* แสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างข้าวแต่ละสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

## 2. การศึกษาผลของภาวะแล้งที่มีต่อลักษณะทางสรีรวิทยาของข้าว ที่มีพื้นฐานทางพันธุกรรมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และมีอินทผลุงอยู่บนโครโมโซมที่ 8

จากการศึกษาผลของภาวะแล้งที่มีต่อข้าว โดยกำหนดให้ระดับน้ำที่ต้นข้าวได้รับ 3 ระดับคือ 100% field capacity สำหรับชุดควบคุมที่ไม่ได้รับภาวะแล้ง สำหรับชุดทดลองที่ได้รับภาวะแล้ง กำหนดให้ต้นข้าวได้รับภาวะแล้งที่ระดับ 75% field capacity สำหรับภาวะแล้งระดับกลาง และ 50% field capacity สำหรับภาวะแล้งระดับสูง จากการคำนวณ % field capacity ของดินที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ มีค่าเท่ากับ 13.170 (ตารางที่ 3) หมายความว่า ดินที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้จำนวน 100 กรัม สามารถอุ้มน้ำได้ทั้งหมด 13.170 มิลลิเมตร ดังตารางที่ 3 ทำให้ผลรวมน้ำหนักน้ำ, น้ำหนักดิน และน้ำหนักกระถาง สำหรับแต่ละชุดการทดลองคือ 1063.530 กรัม สำหรับชุดควบคุม 100% field capacity ส่วนชุดทดลองที่ได้รับภาวะแล้ง 75% field capacity และ 50% field capacity มีน้ำหนักรวมเท่ากับ 1033.902 และ 951.585 ตามลำดับ ซึ่งน้ำหนักรวมน้ำนี้ ใช้สำหรับการปรับระดับน้ำ ทำให้ต้นข้าวได้รับน้ำในระดับที่กำหนดไว้ (ตารางที่ 4)

ซึ่งเมื่อเริ่มทำการทดลอง โดยกำหนดให้ข้าวได้รับน้ำระดับต่างๆ กัน แล้วศึกษาปริมาณน้ำในดินที่ข้าวได้รับ โดยพบว่า ในวันที่ 0 ทั้ง 3 ชุดการทดลองมีค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำในดินในระดับเดียวกัน ซึ่งเป็นระดับน้ำที่มากกว่า 100% field capacity หลังจากนั้น ปริมาณน้ำในดินในแต่ละชุดการทดลองมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 3, 6 และ 9 หลังจากเริ่มทำการทดลอง โดยชุดควบคุมที่ได้รับน้ำระดับ 100% มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าชุดทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รองลงมาคือชุดทดลองที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity และชุดทดลองที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity มีค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำในดินต่ำที่สุด โดยชุดควบคุมที่ได้รับน้ำ 100% field capacity มีค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำในดินในวันที่ 3, 6 และ 9 เท่ากับ 23.4, 14.1, 13.1 และ 12.2 ตามลำดับ ส่วนชุดทดลองที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity มีค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำในดินในทั้ง 4 วันเท่ากับ 23.7, 11.3, 9.5 และ 9.0 ตามลำดับ และสำหรับชุดทดลองที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity มีค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำในดินเท่ากับ 23.9, 9.3, 7.5 และ 7.8 ตามลำดับ (ภาพที่ 9) แสดงให้เห็นว่า แต่ละชุดการทดลองมีปริมาณน้ำในดินเป็นไปตามที่กำหนดไว้ ยกเว้น ชุดทดลองที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity ที่มีปริมาณน้ำในดินสูงกว่า % field capacity ที่กำหนดไว้เล็กน้อย



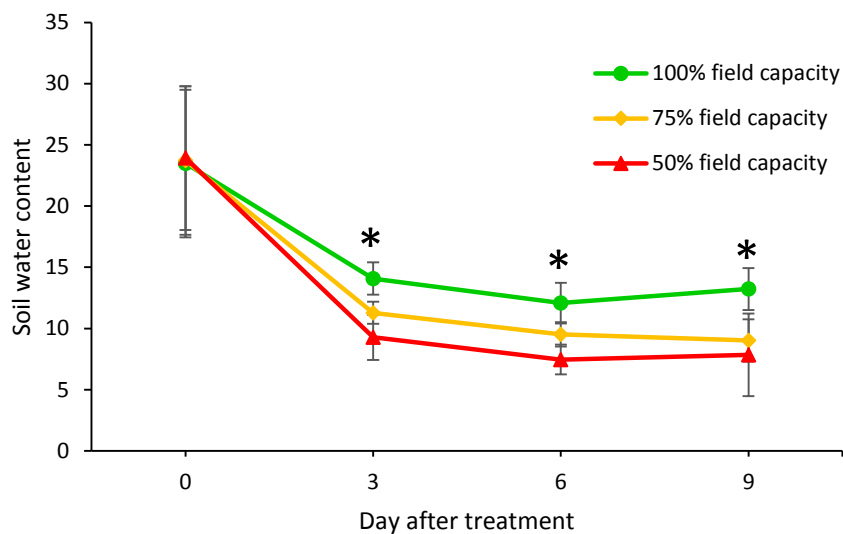
เมื่อสังเกตลักษณะภายนอกของข้าวที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity และภาวะแล้ง ทั้งระดับ 75% field capacity และ 50% field capacity พบว่า ข้าวแสดงการตอบสนองต่อภาวะแล้งระดับ 50% field capacity ชัดเจนกว่าการตอบสนองต่อภาวะแล้งระดับ 75% field capacity และเมื่อข้าวได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity เป็นระยะเวลาสั้นๆ ทำให้เกิดความเสียหายต่อข้าวเกือบทุกสายพันธุ์ โดยทำให้เกิดการแห้งของใบและใบข้าวบางส่วนเกิดการหักและเสียหาย (ภาพที่ 10 ภาพที่ 11 ภาพที่ 12 และภาพที่ 13)

ตารางที่ 3 Field capacity ของดินที่ใช้ในการทดลอง

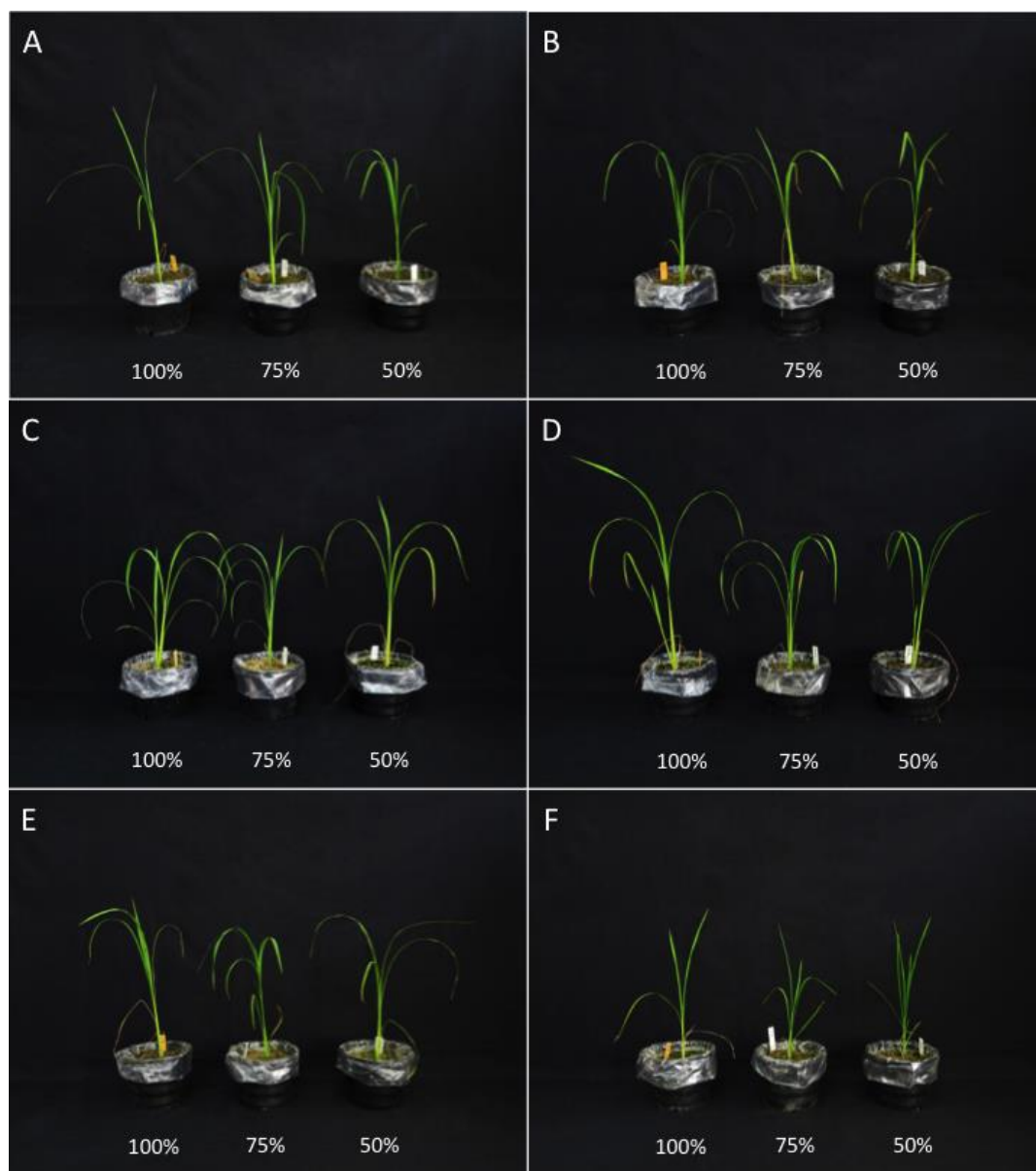
กระบอกที่	น้ำหนักสดของดิน (g)	น้ำหนักแห้งของดิน (g)	ค่า field capacity (%)
1	16.003	13.993	14.367
2	13.771	12.253	12.390
3	19.589	17.446	12.280
4	19.422	17.090	13.643
ค่าเฉลี่ย field capacity (%)			13.170

ตารางที่ 4 น้ำหนักและปริมาณน้ำของชุดควบคุม 100% field capacity, ชุดทดลองที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity และ 50% field capacity

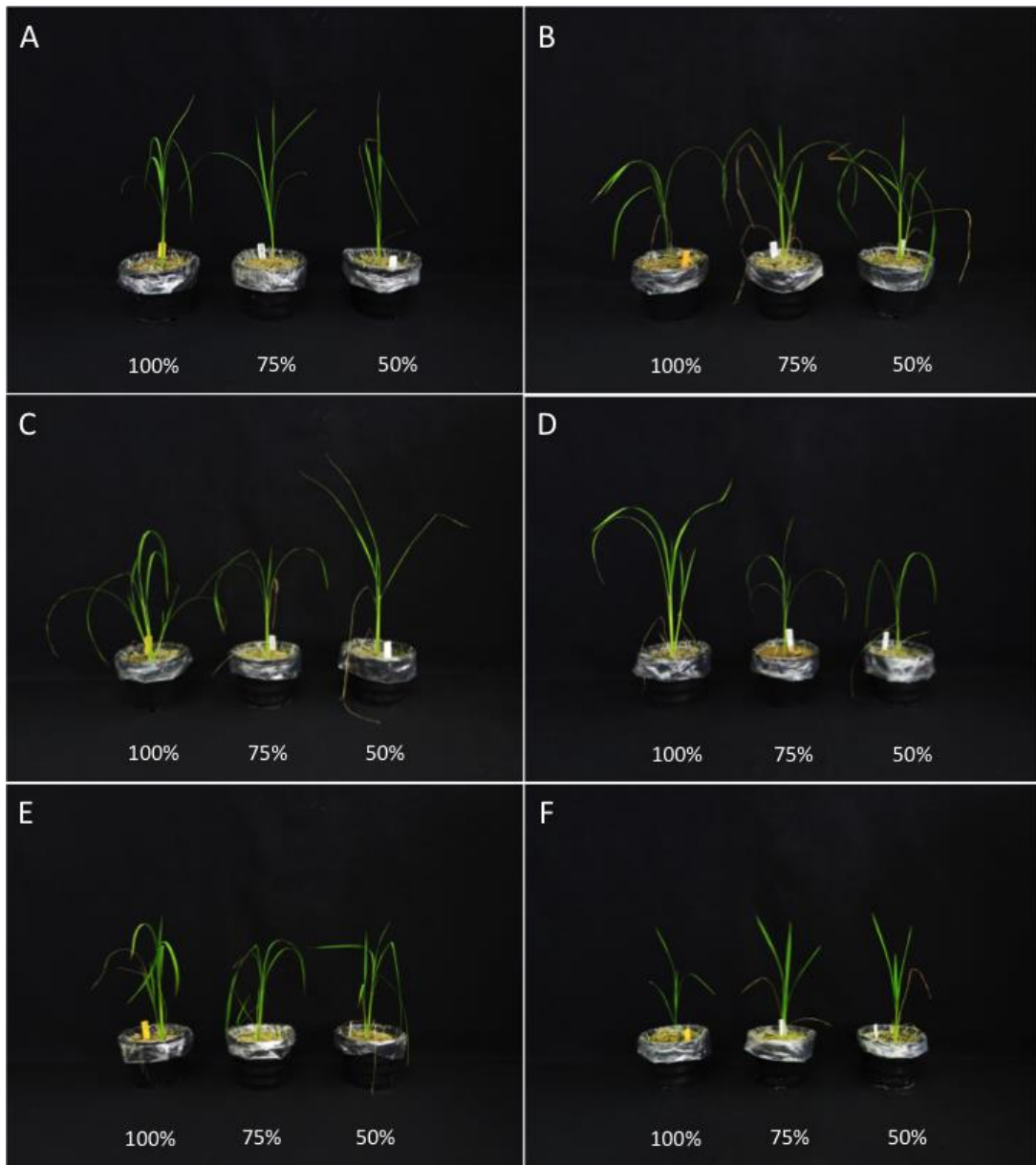
% field capacity	ค่า field capacity (%)	น้ำหนักดิน (g)	น้ำหนักน้ำที่ดิน 900 กรัม อุ่มได้ (g)	น้ำหนักกระถาง (g)	น้ำหนักรวม (g)
100%	13.170	900	118.530	45	1063.530
75%	9.878	900	88.902	45	1033.902
50%	6.585	900	59.265	45	951.585



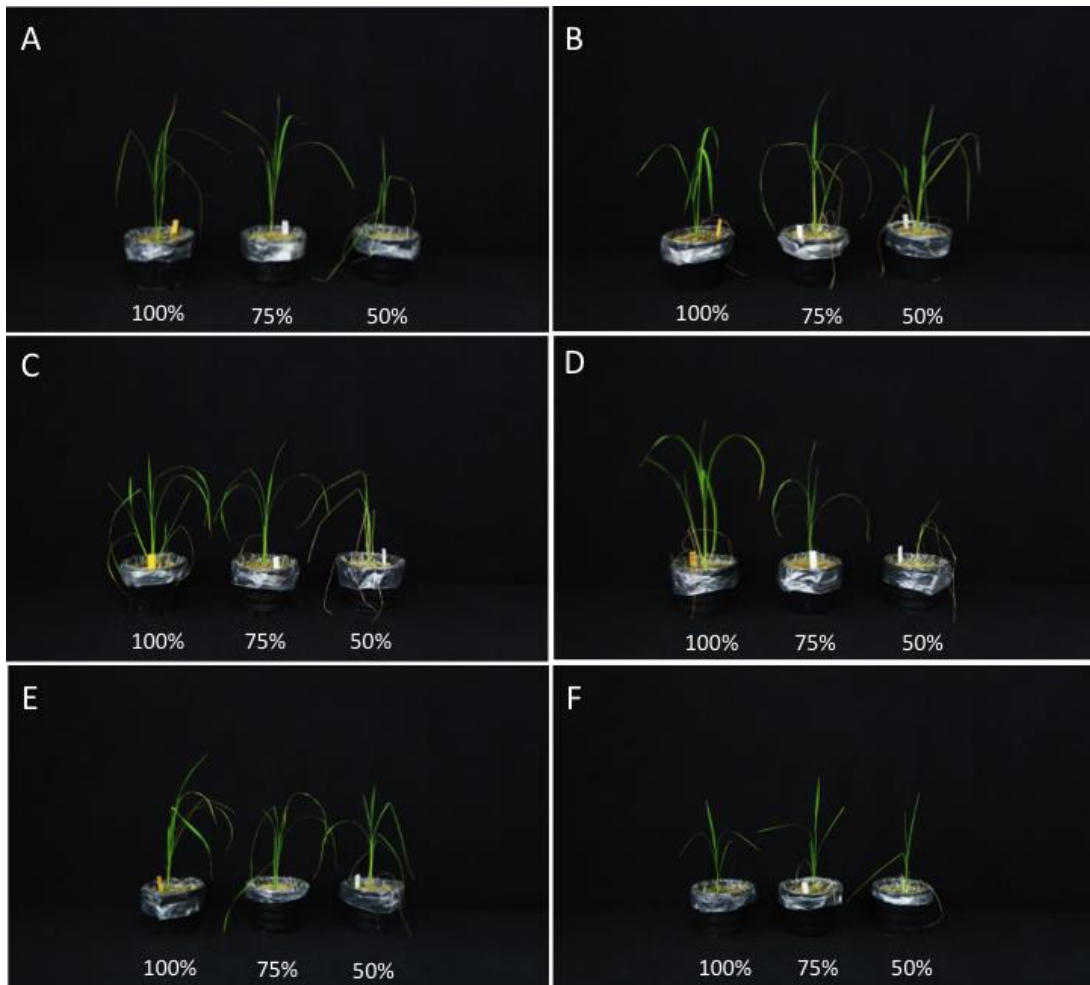
ภาพที่ 9 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำในดิน (soil water content) ของชุดควบคุมที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, ชุดทดลองที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 หลังจากเริ่มทำการทดลอง เครื่องหมาย \* แสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างข้าวแต่ละสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



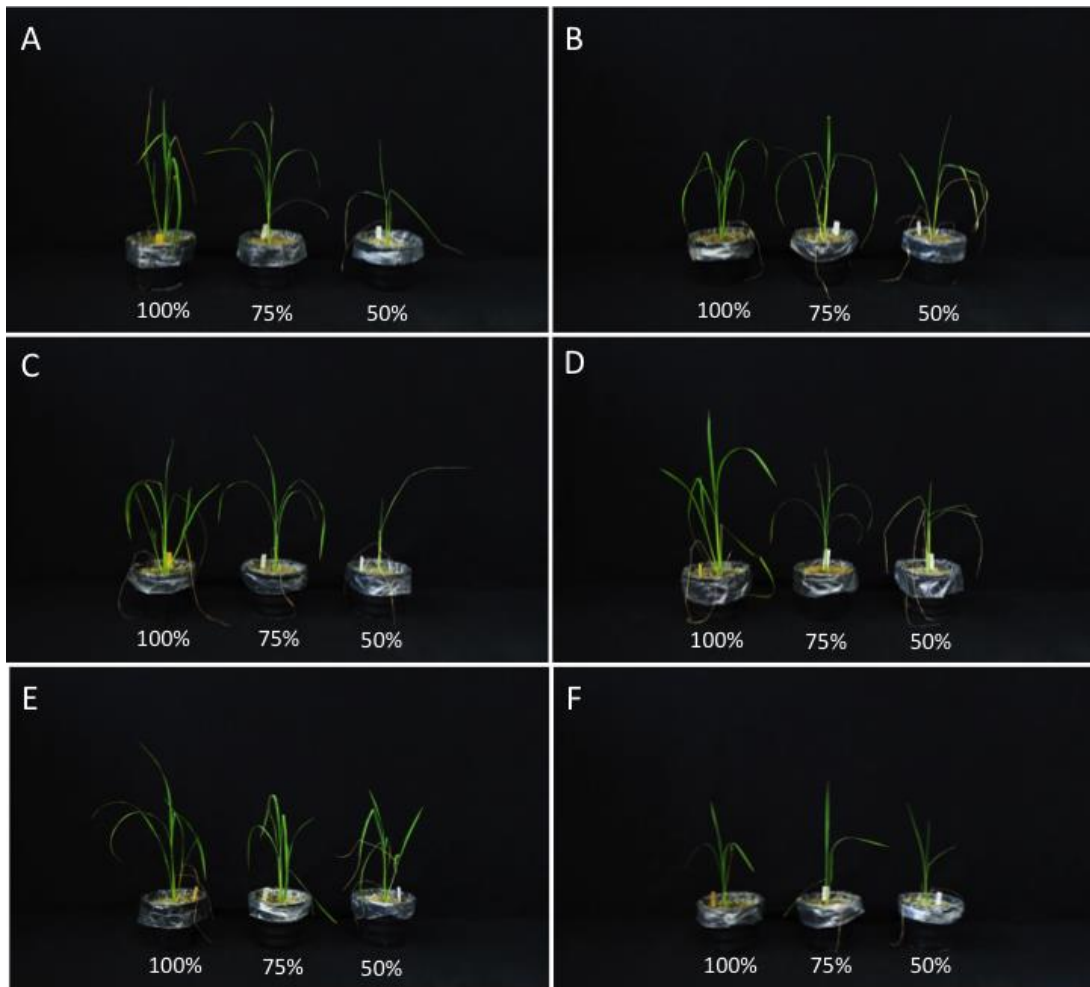
ภาพที่ 10 ลักษณะของข้าวสายพันธุ์ RGD06063-69-MAS24 (A), RGD06064-6-MAS52 (B), RGD06064-6-MAS16-MAS2 (C), RGD06064-26-MAS45-MAS8 (D), KDML105 (E) และ DH103 (F) ที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, ภาวะแล้งระดับ 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0



ภาพที่ 11 ลักษณะของข้าวสายพันธุ์ RGD06063-69-MAS24 (A), RGD06064-6-MAS52 (B), RGD06064-6-MAS16-MAS2 (C), RGD06064-26-MAS45-MAS8 (D), KDML105 (E) และ DH103 (F) ที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, ภาวะแล้งระดับ 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 3 หลังจากเริ่มทำการทดลอง



ภาพที่ 12 ลักษณะของข้าวสายพันธุ์ RGD06063-69-MAS24 (A), RGD06064-6-MAS52 (B), RGD06064-6-MAS16-MAS2 (C), RGD06064-26-MAS45-MAS8 (D), KDML105 (E) และ DH103 (F) ที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, ภาวะแล้งระดับ 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 6 หลังจากเริ่มทำการทดลอง



ภาพที่ 13 ลักษณะของข้าวสายพันธุ์ RGD06063-69-MAS24 (A), RGD06064-6-MAS52 (B), RGD06064-6-MAS16-MAS2 (C), RGD06064-26-MAS45-MAS8 (D), KDML105 (E) และ DH103 (F) ที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, ภาวะแล้งระดับ 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 9 หลังจากเริ่มทำการทดลอง

ผลของภาวะแล้งที่มีต่อลักษณะทางสรีรวิทยาของข้าวที่มีพื้นฐานทางพันธุกรรมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และมียีนทนแล้งบนโครโมโซมที่ 8 มีดังนี้

## 2.1 ผลของภาวะแล้งที่มีต่อคะแนนการคงความเขียว (stay-green score)

ความสามารถในการรักษาความเขียวของพืชเป็นลักษณะทางสรีรวิทยาลักษณะหนึ่ง ที่สามารถใช้ประเมินได้ว่า พืชมีความสามารถในการตอบสนองต่อความเครียดจากภาวะแล้งที่ดีหรือไม่ ซึ่งจากการทดลองให้ภาวะแล้งแก่ต้นข้าว และศึกษาการตอบสนองต่อภาวะแล้งของข้าวโดยการสังเกตลักษณะการคงความเขียวของต้นข้าว แล้วให้คะแนนการคงความเขียว พบว่า ภาวะที่ให้แก่ข้าวส่งผลทำให้ข้าวมีค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตั้งแต่วันที่ 4 หลังจากเริ่มทำการทดลอง (ตารางที่ 5) โดยภาวะแล้งระดับ 50% field capacity ทำให้ค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวของข้าวสูงกว่าข้าวที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity และข้าวที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของข้าวแต่ละสายพันธุ์ที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity พบว่า ข้าวมีคะแนนการคงความเขียวเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยมีค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวสูงขึ้นในวันที่ 3 และวันที่ 4 หลังจากเริ่มทำการปรับระดับน้ำ หลังจากนั้น ต้นข้าวมีค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวก่อนข้างคงที่ ซึ่งคะแนนการคงความเขียวของต้นข้าวที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1 ถึง 2 คะแนน (ภาพที่ 14 A) หากพิจารณาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวของข้าวแต่ละสายพันธุ์ พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวของข้าวแต่ละสายพันธุ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 2 หลังจากเริ่มปรับระดับน้ำ โดยสายพันธุ์ RGDO6063-69-MAS24 มีค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวน้อยที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวเท่ากับ 1 คะแนน (ภาพที่ 14 B) และเมื่อเวลาผ่านไป ค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวของข้าวแต่ละสายพันธุ์ไม่แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญอีก

ส่วนข้าวที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity บางสายพันธุ์มีแนวโน้มของการคงความเขียวลดลงเล็กน้อย กล่าวคือ มีค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวเพิ่มขึ้น ในวันที่ 1 และวันที่ 2 หลังจากได้รับภาวะแล้ง และตั้งแต่วันที่ 3 หลังจากได้รับภาวะแล้งเป็นต้นไป ต้นข้าวมีค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวที่คงที่ ซึ่งค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวอยู่ในช่วง 2 คะแนน หมายความว่า ต้นข้าวมีความเขียว 75% ของทั้งต้น เมื่อพิจารณาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวของข้าวที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity ในแต่ละสายพันธุ์ พบว่า ต้นข้าวแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวในวันที่ 9 หลังจากได้รับภาวะแล้ง (ภาพที่ 15 A) โดยข้าวสายพันธุ์ RGDO6064-26-MAS45-MAS8 มีค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียว

สูงที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวเท่ากับ 2.5 คะแนน ในขณะที่ข้าวสายพันธุ์อื่นๆ แสดงค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวต่ำกว่า คือมีค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวเท่ากับ 2 คะแนน (ภาพที่ 15 B) แสดงว่า ข้าวสายพันธุ์ RGD06064-26-MAS45-MAS8 มีความสามารถในการคงความเขียวภายใต้ภาวะแล้งระดับกลาง (75% field capacity) ต่ำกว่าข้าวสายพันธุ์อื่นๆ

เมื่อทำการศึกษาลักษณะการคงความเขียวของข้าวที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity พบว่า ต้นข้าวมีความเขียวลดลงตั้งแต่วันที่ 2 หลังจากได้รับภาวะแล้ง และเมื่อได้รับภาวะแล้งเป็นระยะเวลาเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความเขียวของต้นข้าวลดลงมากขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นโดย ต้นข้าวมีค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวที่สูงขึ้น โดยเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวของข้าวแต่ละสายพันธุ์พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 1 หลังจากได้รับภาวะแล้ง (ภาพที่ 16 A) ซึ่งค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวของพันธุ์ KDML105 และสายพันธุ์ RGD06063-69-MAS24 มีค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวต่ำที่สุด คือ มีค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวเท่ากับ 1 คะแนน (ภาพที่ 16 B) หมายความว่า ทั้ง 2 สายพันธุ์นี้มีความเขียวของต้นข้าว 100% และเมื่อได้รับภาวะแล้งเป็นเวลานาน ไม่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวอีก แสดงว่า ภาวะแล้งระดับ 50% field capacity สามารถส่งผลให้ ข้าวทุกสายพันธุ์มีความสามารถในการคงความเขียวของข้าวลดลง



**ตารางที่ 5** ค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0 – 9 หลังจากเริ่มทำการทดลอง

ns คือ ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

\*\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99%

condition	line	day after treatment		
		0	1	2
100% field capacity	RGD06063-69-MAS24	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00
	RGD06064-6-MAS52	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.75 ± 0.50
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	1.25 ± 0.50	1.50 ± 0.58	1.25 ± 0.50
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	1.25 ± 0.50	1.50 ± 0.58	2.00 ± 0.00
	KDML105	1.25 ± 0.50	1.25 ± 0.50	1.75 ± 0.50
	DH103	1.25 ± 0.50	1.50 ± 0.50	2.00 ± 0.50
75% field capacity	RGD06063-69-MAS24	1.25 ± 0.50	1.25 ± 0.50	1.50 ± 0.58
	RGD06064-6-MAS52	1.25 ± 0.50	1.75 ± 0.50	1.75 ± 0.50
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	1.25 ± 0.50	1.50 ± 0.58	1.50 ± 0.58
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	1.00 ± 0.00	1.50 ± 0.58	2.25 ± 0.96
	KDML105	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.82	1.75 ± 0.50
	DH103	1.25 ± 0.50	1.00 ± 0.82	1.75 ± 0.50
50% field capacity	RGD06063-69-MAS24	1.25 ± 0.50	1.00 ± 0.00	1.50 ± 0.58
	RGD06064-6-MAS52	1.50 ± 0.58	1.75 ± 0.50	2.25 ± 0.50
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	1.25 ± 0.50	1.25 ± 0.50	1.75 ± 0.50
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	1.75 ± 0.50	1.75 ± 0.50	2.25 ± 0.50
	KDML105	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00
	DH103	1.00 ± 0.00	1.50 ± 0.58	1.75 ± 0.96
condition		ns	ns	ns
line		ns	ns	**
condition * line		ns	ns	ns

**ตารางที่ 5 (ต่อ)** ค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0 – 9 หลังจากเริ่มทำการทดลอง

ns คือ ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

\*\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99%

condition	line	day after treatment		
		3	4	5
100% field capacity	RGD06063-69-MAS24	1.25 ± 0.50	2.00 ± 0.00	1.75 ± 0.50
	RGD06064-6-MAS52	1.75 ± 0.50	2.00 ± 0.00	1.75 ± 0.50
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	1.50 ± 0.58	1.75 ± 0.50	2.00 ± 0.00
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	2.25 ± 0.50	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00
	KDML105	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00	1.75 ± 0.50
	DH103	1.75 ± 0.00	1.75 ± 0.00	1.75 ± 0.50
75% field capacity	RGD06063-69-MAS24	1.50 ± 0.58	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00
	RGD06064-6-MAS52	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00	1.75 ± 0.50
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	2.25 ± 0.96	2.25 ± 0.96	2.25 ± 0.50
	KDML105	1.50 ± 0.58	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00
	DH103	2.00 ± 0.82	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00
50% field capacity	RGD06063-69-MAS24	1.75 ± 0.50	2.25 ± 0.50	2.75 ± 0.50
	RGD06064-6-MAS52	2.00 ± 0.00	2.25 ± 0.50	2.50 ± 0.58
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	2.25 ± 0.96	2.25 ± 0.50	3.25 ± 0.96
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	2.50 ± 0.58	3.00 ± 0.00	2.75 ± 0.50
	KDML105	2.00 ± 0.00	2.25 ± 0.50	2.75 ± 0.96
	DH103	1.50 ± 0.58	2.00 ± 0.00	2.50 ± 0.58
condition		ns	**	**
line		*	*	ns
condition * line		ns	ns	ns

**ตารางที่ 5 (ต่อ)** ค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0 – 9 หลังจากเริ่มทำการทดลอง

ns คือ ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

\*\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99%

condition	line	day after treatment	
		6	7
100% field capacity	RGD06063-69-MAS24	2.00 ± 0.00	2.25 ± 0.50
	RGD06064-6-MAS52	1.75 ± 0.50	2.00 ± 0.00
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	2.00 ± 0.00	2.25 ± 0.50
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	2.00 ± 0.00	2.5 ± 1.00
	KDML105	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00
	DH103	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00
75% field capacity	RGD06063-69-MAS24	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00
	RGD06064-6-MAS52	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	2.00 ± 0.00	1.75 ± 0.50
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	2.25 ± 0.50	2.25 ± 0.50
	KDML105	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00
	DH103	1.75 ± 0.50	2.00 ± 0.00
50% field capacity	RGD06063-69-MAS24	2.25 ± 0.50	2.75 ± 0.50
	RGD06064-6-MAS52	2.75 ± 0.50	2.75 ± 0.50
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	3.00 ± 0.00	2.50 ± 0.58
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	3.00 ± 0.82	2.50 ± 0.58
	KDML105	2.50 ± 0.58	2.75 ± 0.96
	DH103	2.50 ± 0.58	2.75 ± 0.96
condition		**	**
line		ns	ns
condition * line		ns	ns

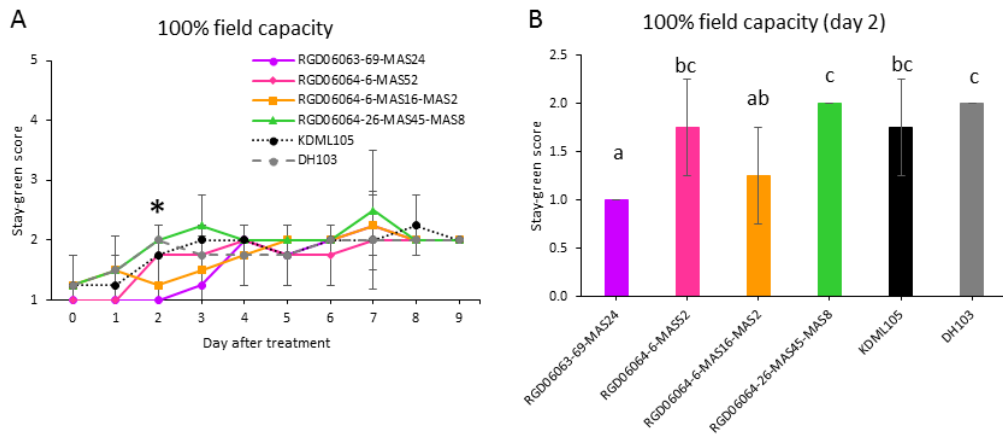
**ตารางที่ 5 (ต่อ)** ค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0 – 9 หลังจากเริ่มทำการทดลอง

ns คือ ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

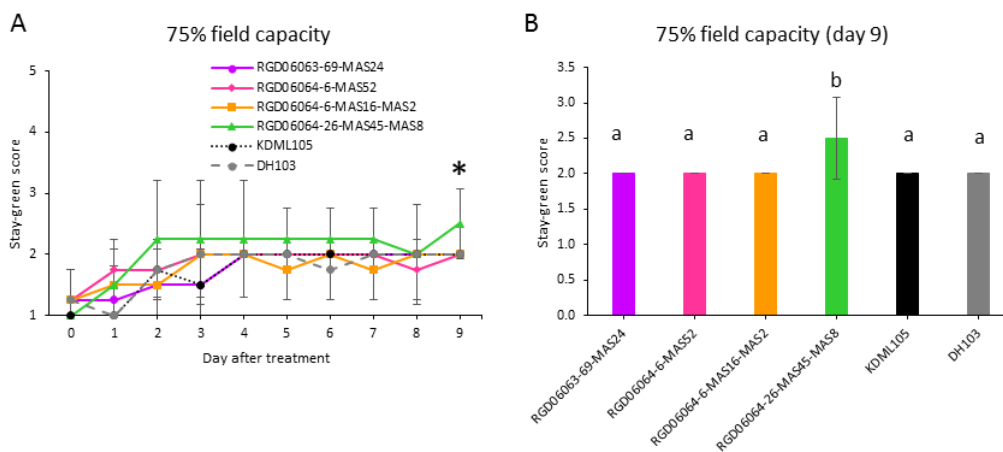
\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

\*\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99%

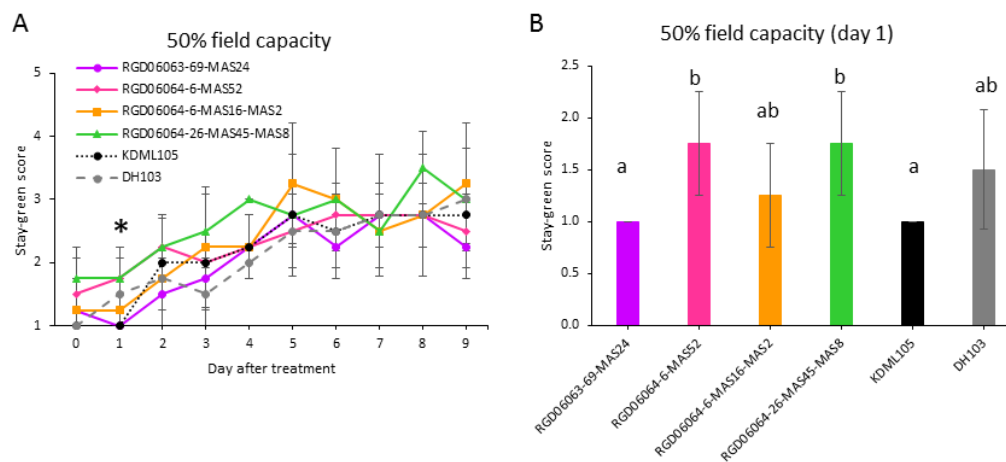
condition	line	day after treatment	
		8	9
100% field capacity	RGD06063-69-MAS24	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00
	RGD06064-6-MAS52	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00
	KDML105	2.25 ± 0.50	2.00 ± 0.00
	DH103	2.00 ± 0.50	2.00 ± 0.00
75% field capacity	RGD06063-69-MAS24	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00
	RGD06064-6-MAS52	1.75 ± 0.50	2.00 ± 0.00
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	2.00 ± 0.82	2.50 ± 0.58
	KDML105	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00
	DH103	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00
50% field capacity	RGD06063-69-MAS24	2.75 ± 0.96	2.25 ± 0.50
	RGD06064-6-MAS52	2.75 ± 0.50	2.50 ± 0.58
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	2.75 ± 0.50	3.25 ± 0.96
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	3.50 ± 0.58	3.00 ± 0.82
	KDML105	2.75 ± 0.96	2.75 ± 0.50
	DH103	2.75 ± 0.50	3.00 ± 0.00
condition		**	**
line		ns	ns
condition * line		ns	ns



ภาพที่ 14 ค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity โดยแสดงค่าเฉลี่ยในวันที่ 0 – 9 หลังจากเริ่มปรับระดับน้ำ (A) และ ค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวของแต่ละสายพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 2 หลังจากเริ่มปรับระดับน้ำ (B) เครื่องหมาย \* แสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างข้าวแต่ละสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 15 ค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวของข้าวเมื่อได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity โดยแสดงค่าเฉลี่ยในวันที่ 0 – 9 หลังจากได้รับภาวะแล้ง (A) และ ค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวของแต่ละสายพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 9 หลังจากได้รับภาวะแล้ง (B) เครื่องหมาย \* แสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างข้าวแต่ละสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 16 ค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวของข้าวเมื่อได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity โดยแสดงค่าเฉลี่ยในวันที่ 0 - 9 หลังจากได้รับภาวะแล้ง (A) และ ค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวของแต่ละสายพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 1 หลังจากได้รับภาวะแล้ง (B) เครื่องหมาย \* แสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างข้าวแต่ละสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

## 2.2 ผลของภาวะแล้งที่มีต่อดัชนีการคงความเขียว (SPAD)

จากการศึกษาค่าดัชนีการคงความเขียวของข้าวในภาวะต่างๆ พบว่า ผลของภาวะแล้งทั้ง 75% field capacity และ 50% field capacity มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติวันที่ 0, 3 และ 9 หลังจากเริ่มการทดลอง โดยในวันที่ 0 และ 3 นั้น พบว่าค่าเฉลี่ยดัชนีการคงความเขียวของข้าวที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity สูงกว่าข้าวที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อข้าวได้รับภาวะแล้งเป็นเวลา 9 วัน ค่าเฉลี่ยของข้าวที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity ต่ำกว่าข้าวที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity และ 75% field capacity อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยข้าวแต่ละสายพันธุ์มีค่าเฉลี่ยค่าดัชนีการคงความเขียวที่แตกต่างกันเมื่อได้รับน้ำระดับต่างๆ ในวันที่ 0 และ 3 หลังจากทำการทดลอง (ตารางที่ 6)

เมื่อพิจารณาค่าดัชนีการคงความเขียวของข้าวในชุดควบคุมที่ไม่ได้รับภาวะแล้ง (100% field capacity) แสดงลักษณะการคงความเขียวของข้าวอย่างคงที่ตลอดระยะเวลา 9 วันที่ทำการทดลอง โดยข้าวแต่ละสายพันธุ์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยดัชนีการคงความเขียว ในวันที่ 0, 3 และ 6 หลังจากเริ่มทำการปรับระดับน้ำ แต่เมื่อข้าวได้รับน้ำระดับ 100% field capacity เป็นเวลา 9 วัน พบว่า ไม่มีการแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยดัชนีการคงความเขียวอีก (ภาพที่ 17 A) เมื่อพิจารณาความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยดัชนีการคงความเขียวของข้าวแต่ละสายพันธุ์ ในวันที่ 0 พบว่า ข้าวสายพันธุ์ RGD06064-26-MAS45-MAS8 มีค่าเฉลี่ยดัชนีการคงความเขียวที่ต่ำ

ที่สุด รองลงมาคือข้าวพันธุ์ KDML105 (ภาพที่ 17 B) ซึ่งความแตกต่างนี้มีแนวโน้มคล้ายกับค่าเฉลี่ยดัชนีการคงความเขียวของวันที่ 3 หลังจากเริ่มทำการปรับระดับน้ำ (ภาพที่ 17 C) และเมื่อข้าวได้รับน้ำระดับ 100% field capacity เป็นเวลา 6 วัน พบว่า ข้าวสายพันธุ์ RGD06064-6-MAS52 มีค่าเฉลี่ยดัชนีการคงความเขียวสูงที่สุด ในขณะที่ข้าวพันธุ์ KDML105 มีค่าเฉลี่ยดัชนีการคงความเขียวน้อยที่สุด (ภาพที่ 17 D) ซึ่งความแตกต่างของค่าเฉลี่ยดัชนีการคงความเขียวของข้าวนี้ มีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงสีของใบข้าวแต่ละสายพันธุ์ที่มีความแตกต่างกันในแต่ละช่วงอายุ

จากการศึกษาค่าดัชนีการคงความเขียวของข้าวเมื่อได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity พบว่า ข้าวทุกสายพันธุ์มีการคงความเขียวของใบ youngest fully expanded leaf ในระดับที่คงที่ตลอดระยะเวลา 9 วันที่ทำการทดลอง ยกเว้นข้าวสายพันธุ์ RGD06063-69-MAS24 ที่แสดงแนวโน้มของค่าดัชนีการคงความเขียวของใบ youngest fully expanded leaf ที่ต่ำกว่าข้าวสายพันธุ์อื่นๆ ดังภาพที่ 18 A ซึ่งค่าเฉลี่ยดัชนีการคงความเขียวของข้าวแต่ละสายพันธุ์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 3 หลังจากได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity โดยข้าวพันธุ์ KDML105 และ สายพันธุ์ DH103 มีค่าเฉลี่ยดัชนีการคงความเขียวสูงที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 36.0 และ 36.1 ตามลำดับ หมายความว่า ข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์นี้ มีความเขียวของใบมากที่สุด ในขณะที่ข้าวสายพันธุ์ RGD06063-69-MAS24 มีค่าดัชนีการคงความเขียวของใบน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์อื่นๆ โดยมีค่าเฉลี่ยดัชนีการคงความเขียวของข้าวเท่ากับ 30.7 (ภาพที่ 18 B) แสดงว่า ภาวะแล้งระดับ 75% field capacity ไม่มีผลต่อความสามารถในการคงความเขียวของใบ youngest fully expanded leaf ของข้าวพันธุ์ KDML105 และสายพันธุ์ DH103 แต่ทำให้ข้าวสายพันธุ์ RGD06063-69-MAS24 มีความสามารถในการคงความเขียวของใบ youngest fully expanded leaf ลดลง

เมื่อข้าวได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity พบว่า ค่าเฉลี่ยดัชนีการคงความเขียวของใบ youngest fully expanded leaf ของข้าวทุกสายพันธุ์มีค่าลดลงหลังจากข้าวได้รับภาวะแล้งเป็นเวลา 6 วัน และในวันที่ 9 หลังจากได้รับภาวะแล้ง ข้าวบางสายพันธุ์มีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยดัชนีการคงความเขียวคงที่ แต่ KDML105 แสดงแนวโน้มการลดลงของค่าเฉลี่ยดัชนีการคงความเขียว อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยดัชนีการคงความเขียวของใบข้าวแต่ละสายพันธุ์ (ภาพที่ 19) แสดงว่า ภาวะแล้งระดับ 50% field capacity ส่งผลให้ข้าวทุกสายพันธุ์มีความเขียวของใบ youngest fully expanded leaf ลดลง

และเมื่อศึกษาความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวของข้าวทั้งต้นกับค่าเฉลี่ยดัชนีการคงความเขียวของใบอ่อนที่สุดที่แผ่ขยายเต็มที่ พบว่า ความสัมพันธ์ของค่าทั้ง 2 มีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.1486 ซึ่งต่ำกว่า 0.5 (ภาพที่ 20) แสดงว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวของทั้งต้นและค่าเฉลี่ยดัชนีการคงความเขียวของใบอ่อนที่สุดที่แผ่ขยายเต็มที่ ไม่มีความสัมพันธ์กัน

**ตารางที่ 6** ค่าเฉลี่ยดัชนีการคงความเขียวของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 หลังจากเริ่มทำการทดลอง ns คือ ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

\*\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99%

condition	line	day after treatment	
		0	3
100% field capacity	RGD06063-69-MAS24	31.85 ± 2.81	33.85 ± 2.65
	RGD06064-6-MAS52	34.55 ± 1.01	34.18 ± 1.93
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	33.00 ± 0.82	32.70 ± 1.58
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	27.30 ± 2.42	28.03 ± 2.03
	KDML105	28.63 ± 3.67	29.58 ± 4.09
	DH103	30.53 ± 3.40	30.90 ± 2.70
75% field capacity	RGD06063-69-MAS24	32.50 ± 1.28	30.70 ± 2.92
	RGD06064-6-MAS52	31.53 ± 2.26	33.98 ± 2.13
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	33.30 ± 3.50	33.63 ± 3.68
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	32.15 ± 1.35	33.68 ± 2.97
	KDML105	33.18 ± 2.87	36.00 ± 1.83
	DH103	35.73 ± 2.36	36.13 ± 1.42
50% field capacity	RGD06063-69-MAS24	33.55 ± 1.08	33.35 ± 2.56
	RGD06064-6-MAS52	33.38 ± 3.82	35.30 ± 2.02
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	28.78 ± 3.35	31.20 ± 3.87
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	28.83 ± 3.48	30.28 ± 4.85
	KDML105	34.23 ± 4.51	35.05 ± 2.13
	DH103	30.55 ± 4.08	31.08 ± 4.22
condition		*	*
line		*	ns
condition * line		*	*

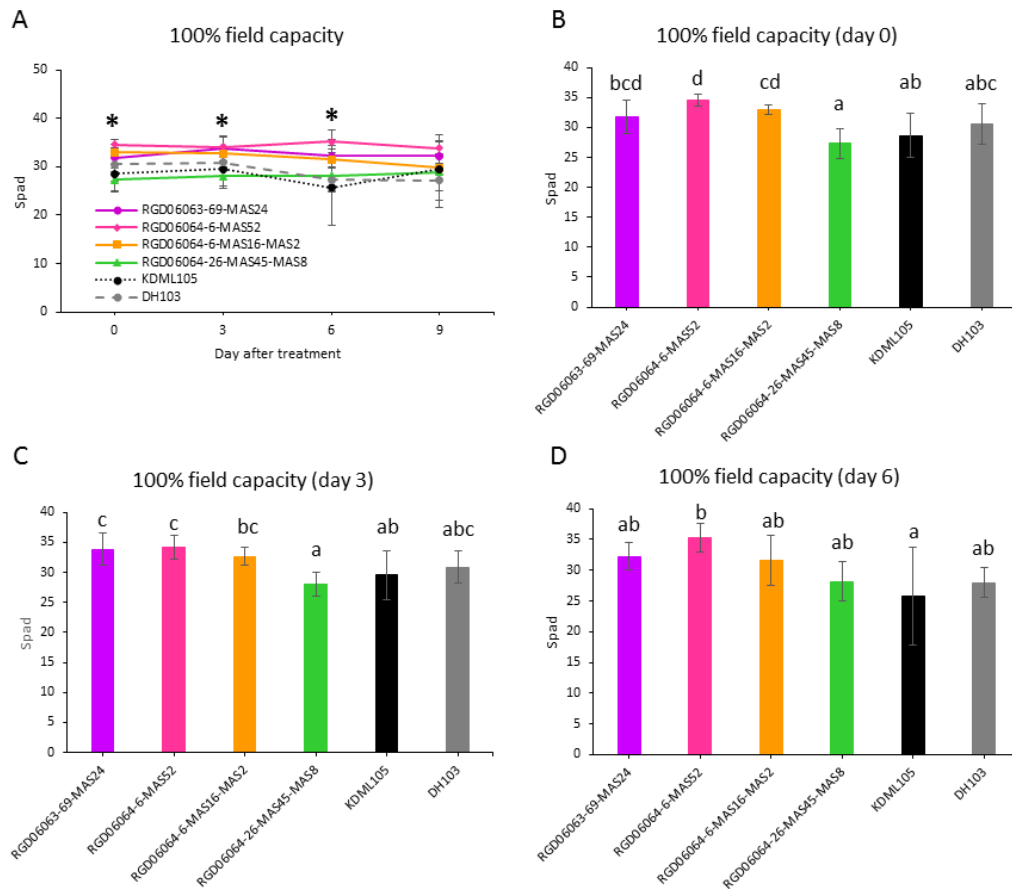


**ตารางที่ 6 (ต่อ)** ค่าเฉลี่ยดัชนีการคงความเขียวของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 หลังจากเริ่มทำการทดลอง ns คือ ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

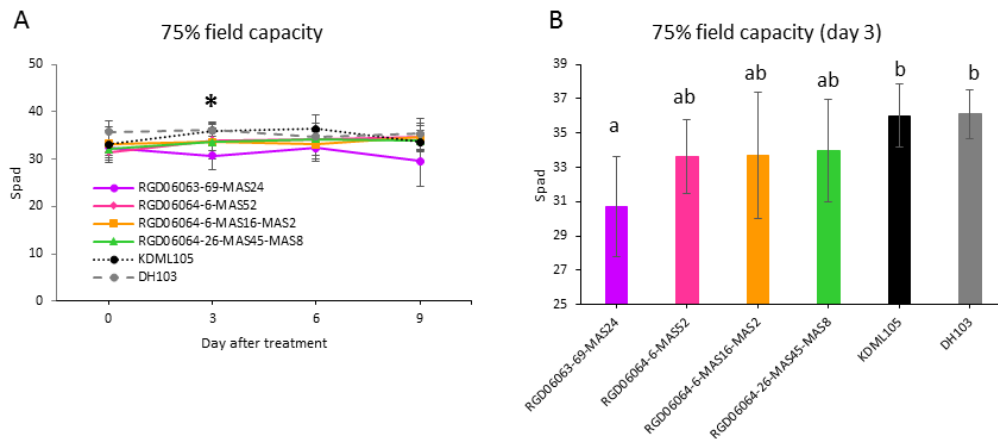
\*\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99%

condition	line	day after treatment	
		6	9
100% field capacity	RGD06063-69-MAS24	32.25 ± 2.25	32.25 ± 3.08
	RGD06064-6-MAS52	35.28 ± 2.33	33.83 ± 1.46
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	31.58 ± 4.11	29.83 ± 6.77
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	28.20 ± 3.20	28.93 ± 3.80
	KDML105	25.75 ± 7.90	29.60 ± 1.15
	DH103	27.29 ± 2.48	27.23 ± 5.55
75% field capacity	RGD06063-69-MAS24	32.43 ± 1.75	29.55 ± 5.23
	RGD06064-6-MAS52	34.13 ± 1.88	34.58 ± 2.40
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	33.15 ± 3.51	34.68 ± 2.94
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	34.23 ± 1.66	33.88 ± 2.30
	KDML105	36.40 ± 1.27	33.65 ± 1.82
	DH103	34.70 ± 4.68	35.35 ± 3.26
50% field capacity	RGD06063-69-MAS24	25.10 ± 10.76	25.27 ± 6.71
	RGD06064-6-MAS52	31.40 ± 9.13	31.95 ± 3.42
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	30.23 ± 9.48	29.73 ± 7.21
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	30.71 ± 4.71	25.10 ± 7.86
	KDML105	30.10 ± 18.12	17.68 ± 16.35
	DH103	24.98 ± 15.90	20.95 ± 13.68
condition		ns	**
line		ns	ns
condition * line		ns	ns



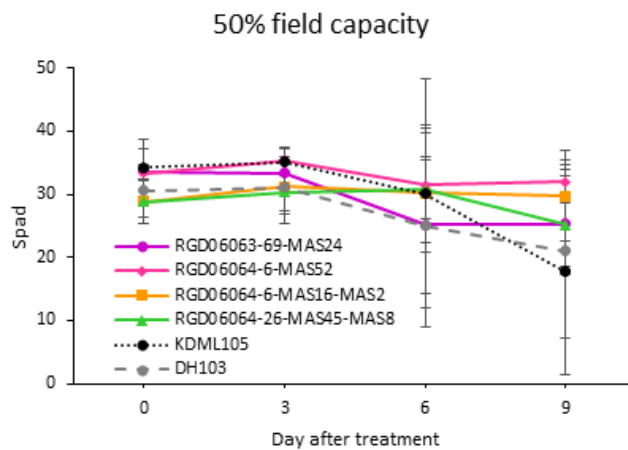
ภาพที่ 17 ค่าเฉลี่ยดัชนีการคงความเขียว (spad) ของข้าว เมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity โดยแสดงค่าเฉลี่ยในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 หลังจากเริ่มปรับระดับน้ำ (A) และ ค่าเฉลี่ยดัชนีการคงความเขียวของแต่ละสายพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 0 (B), วันที่ 3 (C) และวันที่ 6 (D) หลังจากเริ่มปรับระดับน้ำ

เครื่องหมาย \* แสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างข้าวแต่ละสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

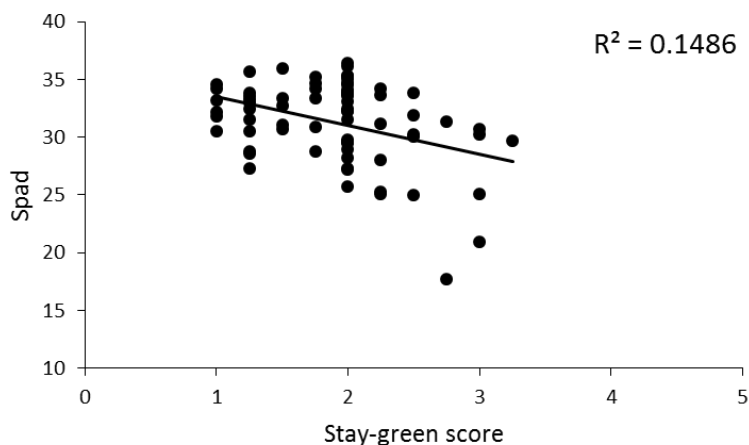


ภาพที่ 18 ค่าเฉลี่ยดัชนีการคงความเขียว (spad) ของข้าวเมื่อได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity โดยแสดงค่าเฉลี่ยในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 หลังจากได้รับภาวะแล้ง (A) และ ค่าเฉลี่ยดัชนีการคงความเขียวของแต่ละสายพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 3 หลังจากได้รับภาวะแล้ง (B)

เครื่องหมาย \* แสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างข้าวแต่ละสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 19 ค่าเฉลี่ยดัชนีการคงความเขียว (spad) ของข้าว ในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 หลังจากได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity



ภาพที่ 20 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียว (stay-green score) และค่าเฉลี่ยดัชนีการคงความเขียว (spad)

### 2.3 ผลของภาวะแล้งต่อค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ ( $F_v/F_m$ )

จากการศึกษาค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ของข้าว เมื่อข้าวได้รับภาวะแล้งระดับต่างๆ พบว่า วันที่ 9 หลังจากเริ่มทำการทดลอง ค่าเฉลี่ยคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ของข้าวแต่ละสายพันธุ์มีค่าแตกต่างกันเมื่อได้รับน้ำในระดับที่แตกต่างกัน โดยภาวะแล้งระดับ 50% field capacity ส่งผลต่อค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ของข้าว ทำให้ค่าเฉลี่ยคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ของข้าวมีค่าต่ำกว่าข้าวที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity และข้าวที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 7)

เมื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ในข้าวที่เป็นชุดการทดลองควบคุมซึ่งได้รับน้ำระดับ 100% field capacity พบว่า ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ตลอดการทดลอง โดยมีค่าเฉลี่ยค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ของแต่ละสายพันธุ์อยู่ในช่วง 0.80 (ภาพที่ 21) ซึ่งค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ดังกล่าว เป็นค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ของข้าวในภาวะปกติ

สำหรับข้าวที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity มีค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลอง เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ของแต่ละสายพันธุ์ พบว่า ค่าเฉลี่ยค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 3 และวันที่ 9 หลังจากได้รับภาวะแล้ง (ภาพที่ 22) ซึ่งในวันที่ 3 ข้าวเกือบทุกสายพันธุ์มีค่าเฉลี่ยค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ลดลง ยกเว้นสายพันธุ์ DH103 ไม่มีการลดลงของค่าเฉลี่ยคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.809 (ภาพที่ 23 A) และในวันที่ 9 หลังจากได้รับภาวะแล้ง ข้าวทุกสายพันธุ์แสดง

ค่าเฉลี่ยคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ในระดับปกติ ยกเว้นสายพันธุ์ RGD06063-69-MAS24 ที่มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าข้าวสายพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.769 (ภาพที่ 23 B)

ภาวะแล้งระดับ 50% field capacity ส่งผลให้ข้าวมีค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ต่ำลงเมื่อได้รับภาวะแล้งเป็นเวลานานขึ้น (ภาพที่ 24) โดยพบว่า ค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ของข้าวแต่ละสายพันธุ์เริ่มมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญตั้งแต่วันที่ 1 หลังจากได้รับภาวะแล้ง โดยในวันที่ 1 หลังจากได้รับภาวะแล้ง ข้าวสายพันธุ์ RGD06064-26-MAS45-MAS8 มีค่าเฉลี่ยคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ต่ำกว่าข้าวสายพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 25 A) หลังจากนั้น ค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ของข้าวแต่ละสายพันธุ์ไม่แสดงความแตกต่างกัน จนกระทั่งในวันที่ 7 หลังจากได้รับภาวะแล้ง ข้าวเกือบทุกสายพันธุ์แสดงแนวโน้มการลดลงของค่าเฉลี่ยคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ ยกเว้นสายพันธุ์ RGD06064-6-MAS52 และสายพันธุ์ DH103 ที่แสดงค่าเฉลี่ยคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ในระดับปกติตลอดการทดลอง และในวันที่ 9 หลังจากได้รับภาวะแล้ง มีการแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ของข้าวแต่ละสายพันธุ์อีก โดยพบว่า สายพันธุ์ RGD06064-6-MAS52 มีค่าเฉลี่ยคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์เท่ากับ 0.80 ซึ่งมีค่าเท่ากับ DH103 ที่เป็นสายพันธุ์ทนแล้ง และมีแนวโน้มค่าเฉลี่ยที่สูงกว่าข้าวพันธุ์ KDML105 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.408 (ภาพที่ 25 B) แสดงว่า สายพันธุ์ RGD06064-6-MAS52 มีความสามารถในการรักษาระดับคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ที่ดี ภายใต้ภาวะแล้งระดับ 50% field capacity

**ตารางที่ 7** ค่าเฉลี่ยคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ ( $F_v/F_m$ ) ของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0 – 9 หลังจากเริ่มการทดลอง ns คือ ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

\*\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99%

condition	line	day after treatment		
		0	1	2
100% field capacity	RGD06063-69-MAS24	0.81 ± 0.01	0.79 ± 0.01	0.78 ± 0.04
	RGD06064-6-MAS52	0.81 ± 0.02	0.79 ± 0.02	0.78 ± 0.02
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	0.81 ± 0.01	0.80 ± 0.01	0.78 ± 0.02
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	0.81 ± 0.01	0.80 ± 0.01	0.78 ± 0.02
	KDML105	0.80 ± 0.02	0.79 ± 0.03	0.78 ± 0.02
	DH103	0.80 ± 0.03	0.80 ± 0.03	0.80 ± 0.02
75% field capacity	RGD06063-69-MAS24	0.81 ± 0.01	0.80 ± 0.01	0.79 ± 0.02
	RGD06064-6-MAS52	0.81 ± 0.01	0.80 ± 0.01	0.78 ± 0.01
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	0.81 ± 0.02	0.79 ± 0.01	0.80 ± 0.02
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	0.81 ± 0.01	0.80 ± 0.01	0.79 ± 0.02
	KDML105	0.81 ± 0.02	0.79 ± 0.01	0.78 ± 0.03
	DH103	0.82 ± 0.01	0.81 ± 0.01	0.81 ± 0.01
50% field capacity	RGD06063-69-MAS24	0.81 ± 0.01	0.80 ± 0.01	0.78 ± 0.02
	RGD06064-6-MAS52	0.80 ± 0.02	0.80 ± 0.01	0.79 ± 0.01
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	0.81 ± 0.02	0.80 ± 0.01	0.79 ± 0.02
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	0.81 ± 0.01	0.77 ± 0.02	0.78 ± 0.01
	KDML105	0.81 ± 0.01	0.81 ± 0.00	0.80 ± 0.01
	DH103	0.81 ± 0.01	0.82 ± 0.01	0.81 ± 0.00
condition		*	ns	ns
line		ns	ns	*
condition * line		ns	ns	ns

**ตารางที่ 7 (ต่อ)** ค่าเฉลี่ยคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ ( $F_v/F_m$ ) ของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0 – 9 หลังจากเริ่มการทดลอง ns คือ ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

\*\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99%

condition	line	day after treatment		
		3	4	5
100% field capacity	RGD06063-69-MAS24	0.78 ± 0.03	0.79 ± 0.01	0.79 ± 0.01
	RGD06064-6-MAS52	0.78 ± 0.02	0.79 ± 0.01	0.80 ± 0.02
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	0.80 ± 0.01	0.79 ± 0.01	0.79 ± 0.00
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	0.79 ± 0.01	0.80 ± 0.00	0.80 ± 0.01
	KDML105	0.79 ± 0.01	0.79 ± 0.02	0.80 ± 0.01
	DH103	0.79 ± 0.03	0.78 ± 0.03	0.80 ± 0.02
75% field capacity	RGD06063-69-MAS24	0.79 ± 0.02	0.79 ± 0.01	0.79 ± 0.02
	RGD06064-6-MAS52	0.78 ± 0.02	0.79 ± 0.01	0.80 ± 0.01
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	0.80 ± 0.01	0.83 ± 0.06	0.81 ± 0.01
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	0.80 ± 0.01	0.80 ± 0.01	0.80 ± 0.01
	KDML105	0.79 ± 0.02	0.79 ± 0.01	0.80 ± 0.01
	DH103	0.81 ± 0.00	0.80 ± 0.01	0.81 ± 0.02
50% field capacity	RGD06063-69-MAS24	0.79 ± 0.03	0.81 ± 0.01	0.81 ± 0.02
	RGD06064-6-MAS52	0.80 ± 0.02	0.81 ± 0.01	0.81 ± 0.01
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	0.81 ± 0.01	0.81 ± 0.02	0.81 ± 0.01
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	0.78 ± 0.03	0.76 ± 0.06	0.80 ± 0.02
	KDML105	0.81 ± 0.01	0.81 ± 0.01	0.80 ± 0.04
	DH103	0.80 ± 0.01	0.79 ± 0.01	0.81 ± 0.01
condition		ns	ns	ns
line		ns	ns	ns
condition * line		ns	ns	ns

**ตารางที่ 7 (ต่อ)** ค่าเฉลี่ยคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ ( $F_v/F_m$ ) ของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0 – 9 หลังจากเริ่มการทดลอง ns คือ ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

\*\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99%

condition	line	day after treatment	
		6	7
100% field capacity	RGD06063-69-MAS24	0.80 ± 0.05	0.79 ± 0.01
	RGD06064-6-MAS52	0.79 ± 0.01	0.80 ± 0.02
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	0.79 ± 0.00	0.79 ± 0.04
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	0.79 ± 0.01	0.81 ± 0.01
	KDML105	0.79 ± 0.01	0.80 ± 0.02
	DH103	0.79 ± 0.03	0.79 ± 0.03
75% field capacity	RGD06063-69-MAS24	0.80 ± 0.01	0.80 ± 0.03
	RGD06064-6-MAS52	0.80 ± 0.02	0.80 ± 0.02
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	0.80 ± 0.00	0.81 ± 0.01
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	0.80 ± 0.01	0.81 ± 0.01
	KDML105	0.80 ± 0.01	0.81 ± 0.01
	DH103	0.81 ± 0.02	0.81 ± 0.01
50% field capacity	RGD06063-69-MAS24	0.81 ± 0.00	0.61 ± 0.40
	RGD06064-6-MAS52	0.81 ± 0.01	0.81 ± 0.01
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	0.81 ± 0.00	0.84 ± 0.04
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	0.79 ± 0.02	0.81 ± 0.01
	KDML105	0.81 ± 0.00	0.54 ± 0.45
	DH103	0.81 ± 0.01	0.81 ± 0.03
condition		*	ns
line		ns	ns
condition * line		ns	ns

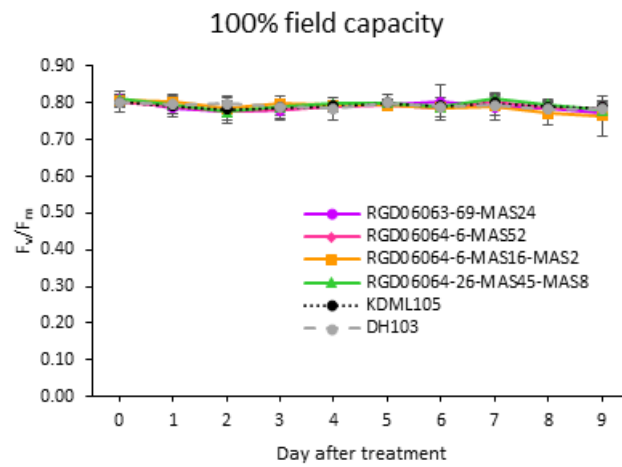


**ตารางที่ 7 (ต่อ)** ค่าเฉลี่ยคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ ( $F_v/F_m$ ) ของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0 – 9 หลังจากเริ่มการทดลอง ns คือ ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

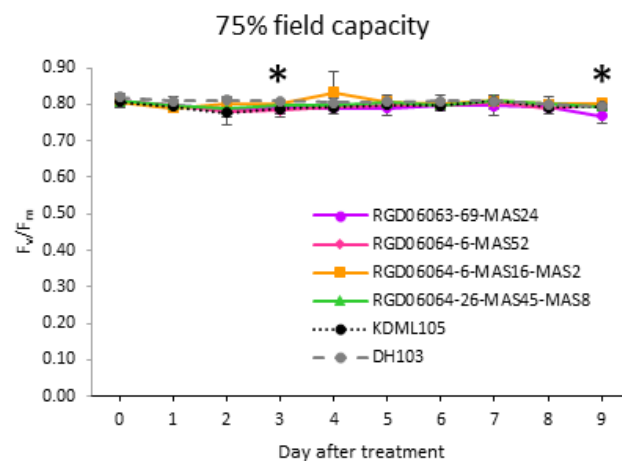
\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

\*\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99%

condition	line	day after treatment	
		8	9
100% field capacity	RGD06063-69-MAS24	0.79 ± 0.02	0.77 ± 0.02
	RGD06064-6-MAS52	0.79 ± 0.02	0.79 ± 0.01
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	0.77 ± 0.03	0.81 ± 0.06
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	0.80 ± 0.01	0.78 ± 0.02
	KDML105	0.79 ± 0.01	0.79 ± 0.01
	DH103	0.78 ± 0.02	0.78 ± 0.02
75% field capacity	RGD06063-69-MAS24	0.79 ± 0.01	0.77 ± 0.02
	RGD06064-6-MAS52	0.79 ± 0.01	0.80 ± 0.01
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	0.80 ± 0.01	0.80 ± 0.01
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	0.80 ± 0.02	0.79 ± 0.01
	KDML105	0.79 ± 0.02	0.79 ± 0.01
	DH103	0.80 ± 0.01	0.79 ± 0.01
50% field capacity	RGD06063-69-MAS24	0.58 ± 0.39	0.21 ± 0.00
	RGD06064-6-MAS52	0.80 ± 0.02	0.80 ± 0.02
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	0.62 ± 0.38	0.61 ± 0.39
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	0.60 ± 0.39	0.61 ± 0.39
	KDML105	0.60 ± 0.40	0.41 ± 0.46
	DH103	0.80 ± 0.02	0.80 ± 0.02
condition		*	**
line		ns	**
condition * line		ns	**

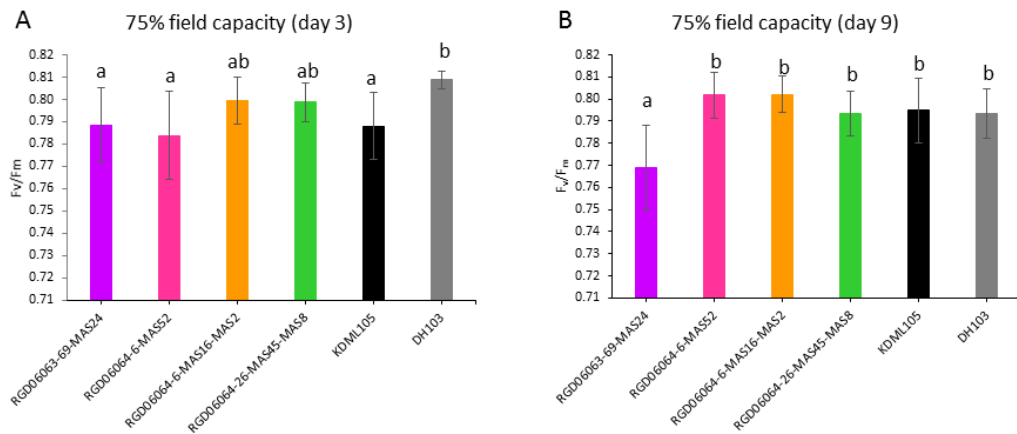


ภาพที่ 21 ค่าเฉลี่ยค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ ( $F_v/F_m$ ) ของข้าว เมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity

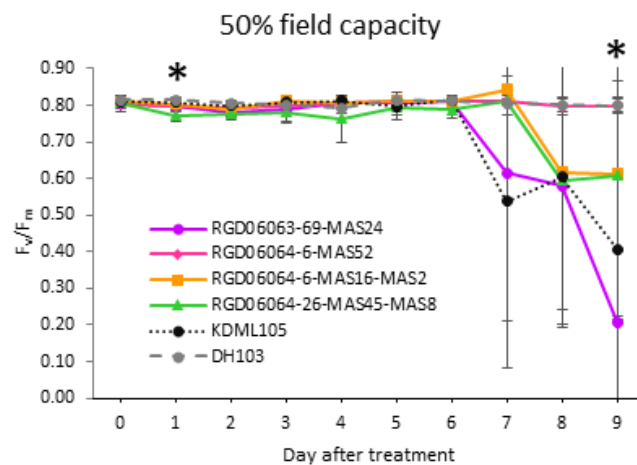


ภาพที่ 22 ค่าเฉลี่ยค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ ( $F_v/F_m$ ) ของข้าว เมื่อได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity

เครื่องหมาย \* แสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างข้าวแต่ละสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

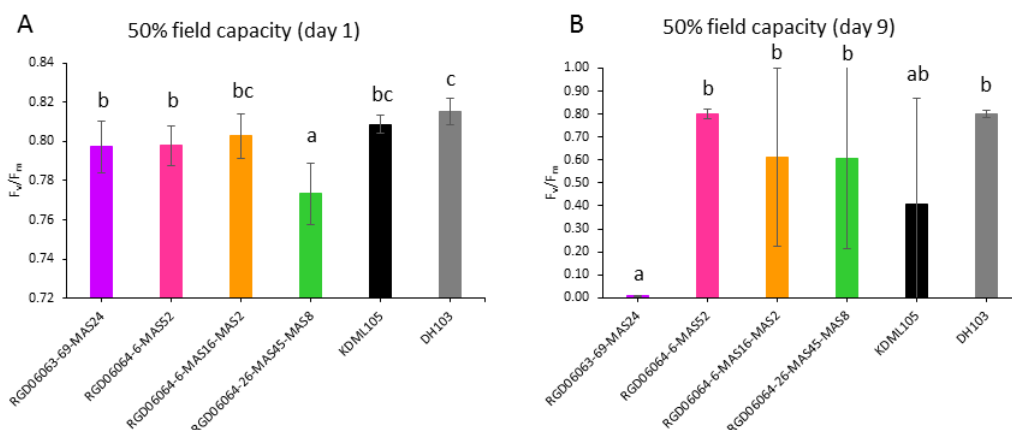


ภาพที่ 23 ค่าเฉลี่ยค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ ( $F_v/F_m$ ) ของข้าวทุกสายพันธุ์ที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 3 (A) และวันที่ 9 (B) หลังจากได้รับภาวะแล้ง



ภาพที่ 24 ค่าเฉลี่ยค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ ( $F_v/F_m$ ) ของข้าว เมื่อได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity

เครื่องหมาย \* แสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างข้าวแต่ละสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 25 ค่าเฉลี่ยค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ ( $F_v/F_m$ ) ของข้าวทุกสายพันธุ์ที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 1 (A) และวันที่ 9 (B) หลังจากได้รับภาวะแล้ง

## 2.4 ผลของภาวะแล้งที่มีต่อความสามารถในการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ (CMS)

ความสามารถในการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ของข้าว สามารถบ่งบอกถึงความเสียหายของเยื่อหุ้มเซลล์ที่เกิดขึ้นเมื่อข้าวได้รับความเครียดจากภาวะแล้ง ซึ่งข้าวที่มีความทนแล้งสูง จะมีความสามารถในการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์สูงด้วย ซึ่งในการทดลองพบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความสามารถในการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ของข้าวเมื่อภาวะแล้งระดับ 50% field capacity ต่ำกว่าข้าวที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity และข้าวที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 8)

จากการศึกษาค่าการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ของข้าวที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity พบว่า ข้าวเกือบทุกสายพันธุ์มีค่าเฉลี่ยของค่าการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ที่คงที่ตลอดการทดลอง 9 วัน ยกเว้นสายพันธุ์ DH103 ที่มีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยลดลงเล็กน้อย หลังจากเริ่มทำการปรับระดับน้ำ โดยข้าวที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity เป็นเวลา 3 วัน มีการแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยค่าการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ระหว่างแต่ละสายพันธุ์ (ภาพที่ 26 A) โดยสายพันธุ์ DH103 แสดงความสามารถในการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ต่ำที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 92.145% (ภาพที่ 26 B) แต่ยังคงถือว่าสายพันธุ์ DH103 มีค่าเฉลี่ยค่าการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์อยู่ในระดับที่ดี อย่างไรก็ตาม เมื่อข้าวทุกสายพันธุ์ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity เป็นเวลานานขึ้น ก็ไม่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยค่าการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์อีก แสดงว่า ระดับน้ำ 100% field capacity ไม่มีผลต่อเยื่อหุ้มเซลล์ของข้าวทุกสายพันธุ์

สำหรับข้าวที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity พบว่า ค่าการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ของข้าวทุกสายพันธุ์มีค่าคงที่ตลอดการทดลองทั้ง 9 วัน และข้าวที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity ยังไม่มีการแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยค่าการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ระหว่างข้าวแต่ละสายพันธุ์ (ภาพที่ 27) หมายความว่า ภาวะแล้งระดับ 75% field capacity ยังไม่มีผลต่อเยื่อหุ้มเซลล์ของข้าว

ในขณะที่ ข้าวที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity มีการลดลงของความสามารถในการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ โดยข้าวเกือบทุกสายพันธุ์มีค่าเฉลี่ยค่าการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ลดลงเมื่อได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity เป็นเวลา 9 วัน แต่สายพันธุ์ RGD06064-6-MAS16-MAS2 แสดงการลดลงของค่าเฉลี่ยค่าการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ตั้งแต่วันที่ 6 หลังจากได้รับภาวะแล้ง ซึ่งค่าเฉลี่ยค่าการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ของข้าวที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 6 หลังจากได้รับภาวะแล้ง (ภาพที่ 28 A) โดยสายพันธุ์ RGD06064-6-MAS16-MAS2 มีค่าเฉลี่ยค่าการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ต่ำที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 83.463% (ภาพที่ 28 B) แต่เมื่อข้าวได้รับภาวะแล้งเป็นเวลา 9 วัน พบว่า ข้าวทุกสายพันธุ์มีค่าเฉลี่ยค่าการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ลดลงและไม่แสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างแต่ละสายพันธุ์อีก จากผลการทดลองดังกล่าวเห็นได้ว่า ข้าวที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity เริ่มมีการเกิดความเสียหายต่อเยื่อหุ้มเซลล์ แต่อย่างไรก็ตาม ยังคงไม่สามารถจำแนกความแตกต่างของค่าเฉลี่ยค่าการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ของข้าวแต่ละสายพันธุ์ได้อย่างชัดเจน

**ตารางที่ 8** ค่าเฉลี่ยค่าความสามารถในการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ (CMS) ของข้าวเมื่อนำน้ำระดับ 100% field capacity, 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 หลังจากเริ่มทำการทดลอง

ns คือ ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

\*\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99%

condition	line	day after treatment	
		0	3
100% field capacity	RGD06063-69-MAS24	93.03 ± 1.43	94.76 ± 0.72
	RGD06064-6-MAS52	93.23 ± 1.02	95.85 ± 1.02
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	94.63 ± 0.56	95.45 ± 0.80
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	94.28 ± 1.11	94.82 ± 1.36
	KDML105	94.54 ± 0.76	95.66 ± 0.80
	DH103	95.99 ± 0.00	92.15 ± 1.94
75% field capacity	RGD06063-69-MAS24	91.46 ± 5.40	93.86 ± 1.71
	RGD06064-6-MAS52	93.35 ± 1.36	94.44 ± 1.21
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	93.90 ± 1.57	89.98 ± 10.88
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	94.48 ± 1.56	93.72 ± 0.72
	KDML105	94.63 ± 2.20	96.61 ± 0.83
	DH103	91.88 ± 6.09	89.37 ± 7.49
50% field capacity	RGD06063-69-MAS24	94.10 ± 1.05	94.41 ± 0.94
	RGD06064-6-MAS52	92.64 ± 1.11	90.64 ± 8.44
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	94.96 ± 0.81	95.46 ± 1.04
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	94.77 ± 1.30	95.58 ± 0.46
	KDML105	92.79 ± 3.98	89.08 ± 11.47
	DH103	93.68 ± 0.77	93.29 ± 2.20
condition		ns	ns
line		ns	ns
condition * line		ns	ns

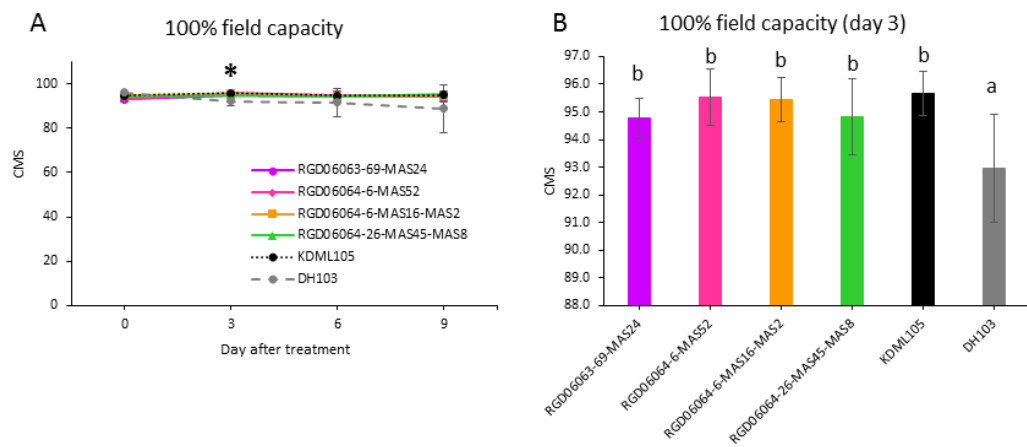
**ตารางที่ 8 (ต่อ)** ค่าเฉลี่ยค่าความสามารถในการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ (CMS) ของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 หลังจากเริ่มทำการทดลอง

ns คือ ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

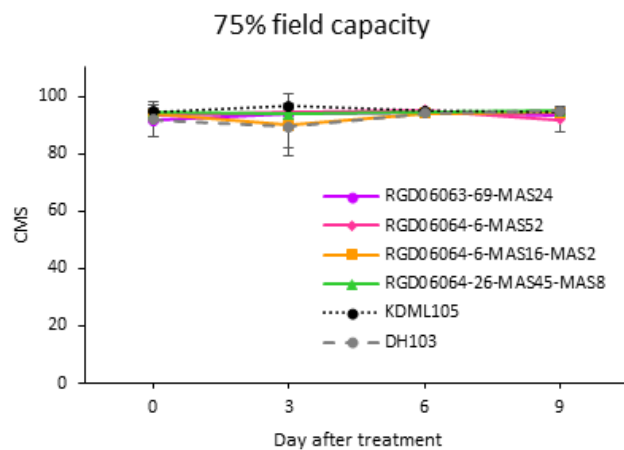
\*\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99%

condition	line	day after treatment	
		6	9
100% field capacity	RGD06063-69-MAS24	94.30 ± 0.72	94.11 ± 1.79
	RGD06064-6-MAS52	94.55 ± 0.39	93.98 ± 2.16
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	94.43 ± 2.14	94.70 ± 1.35
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	94.18 ± 1.26	95.27 ± 0.51
	KDML105	94.64 ± 0.83	95.04 ± 1.64
	DH103	91.62 ± 6.42	88.76 ± 10.74
75% field capacity	RGD06063-69-MAS24	94.33 ± 1.25	93.58 ± 0.84
	RGD06064-6-MAS52	95.07 ± 0.64	91.98 ± 4.40
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	94.03 ± 1.52	94.24 ± 1.39
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	94.51 ± 0.84	94.87 ± 0.77
	KDML105	94.86 ± 0.22	94.58 ± 0.79
	DH103	94.00 ± 1.23	94.85 ± 0.96
50% field capacity	RGD06063-69-MAS24	92.68 ± 1.08	72.90 ± 14.25
	RGD06064-6-MAS52	91.09 ± 7.11	82.58 ± 22.00
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	83.46 ± 3.92	82.39 ± 13.65
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	93.19 ± 0.87	68.07 ± 24.88
	KDML105	91.79 ± 1.43	81.99 ± 10.97
	DH103	94.17 ± 1.31	77.45 ± 17.46
condition		ns	**
line		ns	ns
condition * line		ns	ns



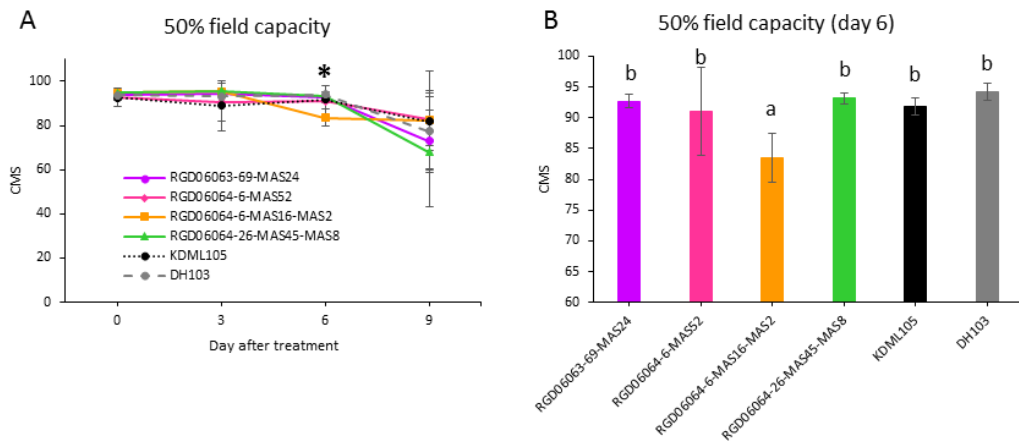
ภาพที่ 26 ความสามารถในการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ (CMS) ของข้าว เมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity โดยแสดงค่าเฉลี่ยในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 หลังจากเริ่มปรับระดับน้ำ (A) และ ค่าเฉลี่ยความสามารถในการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ของข้าวแต่ละสายพันธุ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 3 หลังจากเริ่มปรับระดับน้ำ (B)

เครื่องหมาย \* แสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างข้าวแต่ละสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 27 ค่าเฉลี่ยความสามารถในการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ (CMS) ของข้าว ในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 หลังจากได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity





ภาพที่ 28 ความสามารถในการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ (CMS) ของข้าว เมื่อได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity โดยแสดงค่าเฉลี่ยในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 หลังจากได้รับภาวะแล้ง (A) และค่าเฉลี่ยความสามารถในการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ของข้าวแต่ละสายพันธุ์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 6 หลังจากได้รับภาวะแล้ง (B)

เครื่องหมาย \* แสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างข้าวแต่ละสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

## 2.5 ผลของภาวะแล้งที่มีต่อปริมาณน้ำสัมพัทธ์ (RWC)

จากการศึกษาปริมาณน้ำสัมพัทธ์ของข้าวที่ได้รับภาวะแล้ง โดยศึกษาจากใบ youngest fully expanded leaf ของข้าวที่ได้รับน้ำระดับต่างๆ ตั้งแต่อายุ 28 วัน พบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำสัมพัทธ์ภายในเซลล์ของข้าวมีค่าแตกต่างกันเมื่อได้รับภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 6 วันขึ้นไป โดยภาวะแล้งระดับ 50% field capacity ส่งผลทำให้ข้าวมีปริมาณน้ำสัมพัทธ์ภายในเซลล์ต่ำกว่าข้าวที่ได้รับน้ำปกติและข้าวที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในวันที่ 6 และวันที่ 9 หลังจากได้รับภาวะแล้ง (ตารางที่ 9)

เมื่อศึกษาข้าวที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity และข้าวที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity พบว่า ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำสัมพัทธ์ภายในใบข้าวในช่วงเวลาที่ทำการทดลอง โดยค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำสัมพัทธ์ของข้าวที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity และข้าวที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity มีค่าอยู่ในช่วง 85% – 95% (ภาพที่ 29 และ ภาพที่ 30) จากผลการทดลองดังกล่าว ทำให้ทราบว่า การให้น้ำระดับ 100% field capacity และการให้ภาวะแล้งระดับ 75% field capacity เป็นเวลา 9 วัน แก่ข้าวอายุที่มี 28 วัน ไม่ส่งผลต่อความสามารถในการรักษาปริมาณน้ำสัมพัทธ์ของข้าวทุกสายพันธุ์

สำหรับการศึกษาผลของภาวะแล้งระดับ 50% field capacity ที่มีต่อปริมาณน้ำสัมพัทธ์ของข้าว พบว่า ข้าวที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity เกือบทุกสายพันธุ์ แสดงแนวโน้มการลดลงของค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำสัมพัทธ์หลังจากได้รับภาวะแล้งเป็นเวลา 3 วัน หลังจากนั้น เมื่อข้าวได้รับภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 6 วัน ส่งผลให้ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ของข้าวทุกสายพันธุ์มีค่าเฉลี่ยลดลง และข้าวทุกสายพันธุ์มีค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำสัมพัทธ์ลดลงอีก หลังจากได้รับภาวะแล้งเป็นเวลา 9 วัน ซึ่งค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำสัมพัทธ์ของข้าวแต่ละสายพันธุ์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 3 หลังจากได้รับภาวะแล้ง (ภาพที่ 31 A) โดยข้าวสายพันธุ์ RGD06063-69-MAS24 และพันธุ์ KDML105 มีค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำสัมพัทธ์ต่ำที่สุดหลังจากได้รับภาวะแล้งเป็นเวลา 3 วัน ในขณะที่สายพันธุ์ RGD06064-6-MAS52 และสายพันธุ์ DH103 มีค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำสัมพัทธ์สูงที่สุด (ภาพที่ 31 B) แสดงว่า สายพันธุ์ RGD06064-6-MAS52 มีความสามารถในการทนแล้งสูง เนื่องจากมีความสามารถในการรักษาปริมาณน้ำสัมพัทธ์ได้ดีเช่นเดียวกับสายพันธุ์ DH103 ซึ่งเป็นสายพันธุ์ทนแล้ง

**ตารางที่ 9** ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำสัมพัทธ์ (RWC) ของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 หลังจากเริ่มทำการทดลอง ns คือ ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

\*\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99%

condition	line	day after treatment	
		0	3
100% field capacity	RGD06063-69-MAS24	91.21 ± 5.13	92.84 ± 4.37
	RGD06064-6-MAS52	86.83 ± 9.81	90.05 ± 7.47
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	89.34 ± 6.72	92.86 ± 1.56
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	89.27 ± 6.46	95.03 ± 1.51
	KDML105	92.10 ± 3.13	88.28 ± 5.58
	DH103	93.94 ± 0.00	89.21 ± 8.05
75% field capacity	RGD06063-69-MAS24	89.71 ± 7.41	88.42 ± 3.16
	RGD06064-6-MAS52	87.50 ± 3.19	93.82 ± 2.56
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	89.23 ± 6.66	85.04 ± 12.56
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	91.25 ± 3.52	90.41 ± 0.58
	KDML105	88.29 ± 4.18	92.73 ± 2.54
	DH103	89.45 ± 9.77	87.93 ± 9.90
50% field capacity	RGD06063-69-MAS24	92.46 ± 5.08	80.72 ± 13.31
	RGD06064-6-MAS52	87.36 ± 5.99	97.23 ± 3.69
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	91.25 ± 1.73	87.00 ± 5.08
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	94.12 ± 4.09	87.55 ± 3.99
	KDML105	92.91 ± 3.61	81.62 ± 11.82
	DH103	93.72 ± 2.61	95.97 ± 2.72
condition		ns	ns
line		ns	ns
condition * line		ns	ns

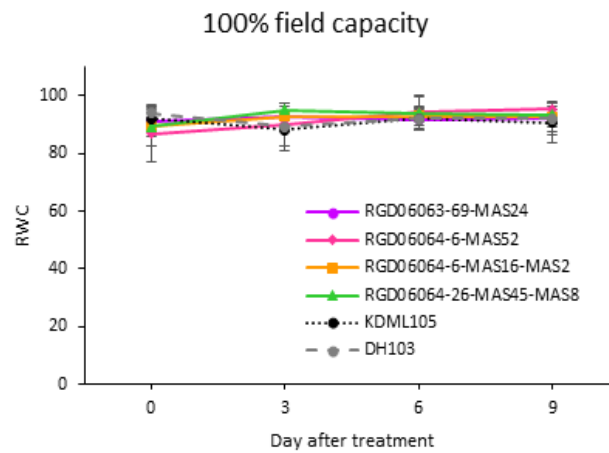
**ตารางที่ 9 (ต่อ)** ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำสัมพัทธ์ (RWC) ของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 หลังจากเริ่มทำการทดลอง

ns คือ ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

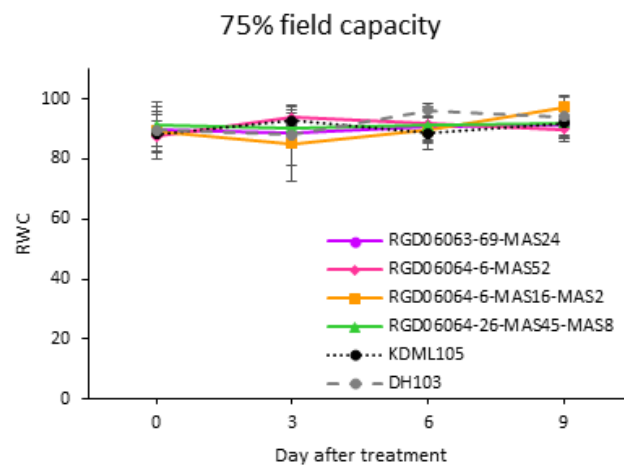
\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

\*\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99%

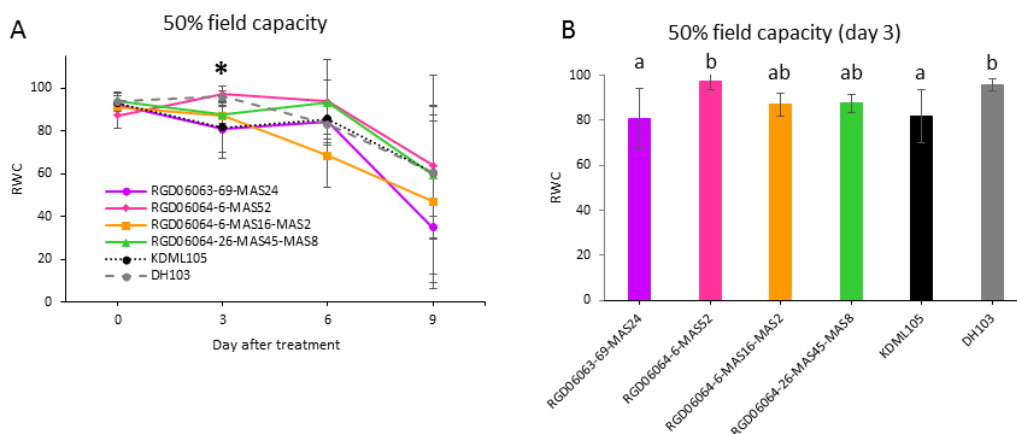
condition	line	day after treatment	
		6	9
100% field capacity	RGD06063-69-MAS24	91.82 ± 3.16	91.98 ± 5.68
	RGD06064-6-MAS52	94.28 ± 5.97	95.37 ± 2.24
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	92.98 ± 3.11	92.58 ± 5.13
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	93.98 ± 5.77	93.54 ± 3.00
	KDML105	91.94 ± 3.62	90.58 ± 6.78
	DH103	91.98 ± 4.01	92.08 ± 3.00
75% field capacity	RGD06063-69-MAS24	90.94 ± 2.47	91.12 ± 3.09
	RGD06064-6-MAS52	91.59 ± 5.60	89.94 ± 2.95
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	89.64 ± 6.46	97.22 ± 3.21
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	91.19 ± 4.92	91.86 ± 4.75
	KDML105	88.46 ± 3.25	92.05 ± 6.29
	DH103	96.17 ± 2.13	93.93 ± 6.92
50% field capacity	RGD06063-69-MAS24	84.31 ± 7.99	34.99 ± 28.55
	RGD06064-6-MAS52	93.86 ± 19.45	63.83 ± 23.61
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	68.47 ± 15.01	46.95 ± 37.53
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	93.09 ± 10.80	59.42 ± 46.45
	KDML105	85.74 ± 7.34	60.68 ± 30.84
	DH103	82.95 ± 9.65	60.69 ± 31.54
condition		**	**
line		ns	ns
condition * line		ns	ns



ภาพที่ 29 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำสัมพัทธ์ (RWC) ภายในใบข้าว ในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 หลังจากข้าวได้รับน้ำระดับ 100% field capacity



ภาพที่ 30 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำสัมพัทธ์ (RWC) ภายในใบข้าว ในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 หลังจากข้าวได้รับภาวะแล้งระดับ 100% field capacity



ภาพที่ 31 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำสัมพัทธ์ (RWC) ภายในใบข้าว ในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 หลังจากข้าวได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity (A) โดยข้าวแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในวันที่ 3 หลังจากได้รับภาวะแล้ง (B)

เครื่องหมาย \* แสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างข้าวแต่ละสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

## 2.6 ผลของภาวะแล้งต่อคะแนนความแห้งของใบ (leaf drying score)

จากการเก็บข้อมูลคะแนนความแห้งของใบ โดยสังเกตจากใบ youngest fully expanded leaf ของข้าว พบว่า ภาวะแล้งระดับ 50% field capacity ทำให้ค่าเฉลี่ยคะแนนการแห้งของใบข้าวแตกต่างจากข้าวที่ได้รับภาวะปกติและภาวะแล้งระดับ 75% field capacity อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตั้งแต่วันที่ 4 จนถึงวันที่ 9 หลังจากได้รับภาวะแล้ง (ตารางที่ 10)

ในภาวะปกติ ข้าวทุกสายพันธุ์มีค่าเฉลี่ยคะแนนความแห้งของใบเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 2 หลังจากได้รับน้ำระดับ 100% field capacity และหลังจากนั้นค่าเฉลี่ยคะแนนความแห้งของใบมีค่าคงที่ และในวันที่ 9 หลังจากได้รับน้ำระดับ 100% field capacity พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความแห้งของใบของข้าวทุกสายพันธุ์เพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อย แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยคะแนนความแห้งของใบระหว่างข้าวแต่ละสายพันธุ์ที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity (ภาพที่ 32)

สำหรับข้าวที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity มีแนวโน้มค่าเฉลี่ยคะแนนความแห้งของใบ คล้ายกับข้าวที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity คือ ข้าวทุกสายพันธุ์มีค่าเฉลี่ยคะแนนความแห้งของใบเพิ่มขึ้นในวันที่ 2 หลังจากได้รับภาวะแล้ง และหลังจากนั้น ค่าเฉลี่ยคะแนนความแห้งของใบค่อนข้างคงที่ และพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยคะแนนความแห้งของใบระหว่างข้าวแต่ละสายพันธุ์ในวันที่ 7 หลังจากได้รับภาวะแล้ง (ภาพที่ 33 A) โดยข้าวสายพันธุ์

DH103 มีค่าเฉลี่ยคะแนนความแห้งของใบต่ำที่สุด ซึ่งต่ำกว่าข้าวพันธุ์ KDML105 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่า สายพันธุ์ RGD06063-69-MAS24 และสายพันธุ์ RGD06064-6-MAS52 มีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยที่ต่ำกว่าพันธุ์ KDML105 ด้วย (ภาพที่ 33 B) แสดงว่า ข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์นี้มีแนวโน้มที่จะมีความสามารถในการทนแล้งระดับกลาง (75% field capacity) ที่ดีกว่าข้าวพันธุ์ KDML105

เมื่อข้าวได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity แสดงค่าเฉลี่ยคะแนนความแห้งของใบเพิ่มขึ้น เมื่อได้รับภาวะแล้งเป็นระยะเวลาที่นานขึ้น โดยข้าวทุกสายพันธุ์ มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 2 หลังจากได้รับภาวะแล้ง หลังจากนั้นในวันที่ 3, 4 และ 7 หลังจากได้รับภาวะแล้ง ข้าวแต่ละสายพันธุ์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยคะแนนความแห้งของใบ (ภาพที่ 34 A) โดยในวันที่ 3 และวันที่ 4 หลังจากได้รับภาวะแล้ง พบว่าสายพันธุ์ DH103 เป็นสายพันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด รองลงมาคือ สายพันธุ์ RGD06064-6-MAS52 คะแนน ซึ่งทั้ง 2 สายพันธุ์นี้มีค่าเฉลี่ยที่ต่ำกว่าพันธุ์ KDML105 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 34 B และภาพที่ 34 C) ส่วนวันที่ 7 หลังจากได้รับภาวะแล้งสายพันธุ์ RGD06064-6-MAS52 และสายพันธุ์ DH103 ยังคงมีค่าเฉลี่ยคะแนนความแห้งของใบที่ต่ำกว่าพันธุ์ KDML105 (ภาพที่ 35 D) แสดงว่า สายพันธุ์ RGD06064-6-MAS52 มีความสามารถในป้องกันการเกิดการแห้งของใบได้ดีในระดับเดียวกับสายพันธุ์ DH103 ซึ่งเป็นสายพันธุ์ทนแล้ง และดีกว่าข้าวพันธุ์ KDML105



**ตารางที่ 10** ค่าเฉลี่ยคะแนนการแห้งของใบ (leaf drying score) ของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0 – 9 หลังจากเริ่มการทดลอง

ns คือ ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

\*\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99%

condition	line	day after treatment		
		0	1	2
100% field capacity	RGD06063-69-MAS24	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00
	RGD06064-6-MAS52	0.00 ± 0.00	0.25 ± 0.50	1.00 ± 0.00
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	0.00 ± 0.00	0.50 ± 0.58	1.00 ± 0.82
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	0.25 ± 0.50	0.50 ± 0.58	1.25 ± 0.50
	KDML105	0.25 ± 0.50	0.75 ± 0.50	1.75 ± 0.96
	DH103	0.00 ± 0.00	0.50 ± 0.58	1.25 ± 1.26
75% field capacity	RGD06063-69-MAS24	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00
	RGD06064-6-MAS52	0.00 ± 0.00	0.50 ± 0.58	1.50 ± 1.00
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	0.00 ± 0.00	0.25 ± 0.50	1.25 ± 1.50
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	0.00 ± 0.00	0.50 ± 0.58	0.75 ± 0.50
	KDML105	0.25 ± 0.50	0.25 ± 0.50	0.50 ± 0.58
	DH103	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.50 ± 0.58
50% field capacity	RGD06063-69-MAS24	0.00 ± 0.00	0.50 ± 0.58	1.00 ± 0.00
	RGD06064-6-MAS52	0.25 ± 0.50	0.50 ± 0.58	1.50 ± 1.00
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	0.00 ± 0.00	0.50 ± 0.58	1.75 ± 0.96
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	0.25 ± 0.50	0.75 ± 0.50	2.25 ± 0.96
	KDML105	0.25 ± 0.50	0.50 ± 0.58	1.75 ± 0.96
	DH103	0.00 ± 0.00	0.25 ± 0.50	0.50 ± 0.58
condition		ns	ns	ns
line		ns	ns	ns
condition * line		ns	ns	ns



**ตารางที่ 10 (ต่อ)** ค่าเฉลี่ยคะแนนการแห้งของใบ (leaf drying score) ของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0 – 9 หลังจากเริ่มการทดลอง

ns คือ ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

\*\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99%

condition	line	day after treatment		
		3	4	5
100% field capacity	RGD06063-69-MAS24	1.00 ± 0.00	1.50 ± 1.00	2.00 ± 2.00
	RGD06064-6-MAS52	1.25 ± 0.50	1.25 ± 0.50	1.25 ± 0.50
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	1.25 ± 0.96	2.25 ± 0.96	2.00 ± 0.82
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	1.25 ± 0.50	1.50 ± 0.58	1.50 ± 1.00
	KDML105	2.00 ± 1.15	1.50 ± 1.00	2.00 ± 0.82
	DH103	1.75 ± 2.06	1.25 ± 1.26	1.00 ± 1.41
75% field capacity	RGD06063-69-MAS24	1.00 ± 0.82	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00
	RGD06064-6-MAS52	1.25 ± 0.50	1.50 ± 1.00	1.25 ± 0.50
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	1.75 ± 1.50	1.25 ± 0.50	1.50 ± 1.00
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	2.00 ± 1.41	1.50 ± 0.58	2.00 ± 0.00
	KDML105	1.25 ± 0.50	1.75 ± 0.96	1.00 ± 0.00
	DH103	0.75 ± 0.50	0.75 ± 0.50	1.75 ± 1.50
50% field capacity	RGD06063-69-MAS24	1.50 ± 1.00	2.50 ± 1.91	3.00 ± 1.41
	RGD06064-6-MAS52	1.00 ± 0.00	1.25 ± 0.50	2.00 ± 0.82
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	2.25 ± 0.96	3.25 ± 1.50	3.25 ± 0.96
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	2.75 ± 1.26	2.75 ± 0.96	3.25 ± 1.89
	KDML105	2.50 ± 0.58	3.25 ± 1.26	4.25 ± 2.22
	DH103	0.75 ± 0.50	0.75 ± 0.50	1.25 ± 0.50
condition		ns	**	**
line		ns	*	ns
condition * line		ns	ns	ns

**ตารางที่ 10 (ต่อ)** ค่าเฉลี่ยคะแนนการแห้งของใบ (leaf drying score) ของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0 – 9 หลังจากเริ่มการทดลอง

ns คือ ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

\*\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99%

condition	line	day after treatment	
		6	7
100% field capacity	RGD06063-69-MAS24	2.25 ± 1.89	2.25 ± 1.89
	RGD06064-6-MAS52	1.50 ± 0.58	2.25 ± 0.50
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	2.25 ± 1.26	2.75 ± 1.26
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	1.50 ± 0.58	2.25 ± 0.50
	KDML105	2.00 ± 0.82	2.25 ± 0.50
	DH103	1.50 ± 1.29	1.75 ± 0.96
75% field capacity	RGD06063-69-MAS24	1.50 ± 0.58	1.75 ± 0.50
	RGD06064-6-MAS52	1.25 ± 0.50	1.50 ± 0.58
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	2.00 ± 0.82	2.25 ± 0.50
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	1.75 ± 0.50	2.25 ± 0.50
	KDML105	1.75 ± 0.50	2.25 ± 0.50
	DH103	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00
50% field capacity	RGD06063-69-MAS24	4.25 ± 2.22	5.00 ± 2.45
	RGD06064-6-MAS52	2.50 ± 0.58	2.75 ± 0.96
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	5.25 ± 2.06	7.00 ± 0.82
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	4.50 ± 2.38	3.50 ± 1.29
	KDML105	5.25 ± 1.89	5.25 ± 2.75
	DH103	3.00 ± 3.00	2.82 ± 2.00
condition		**	**
line		ns	**
condition * line		ns	ns

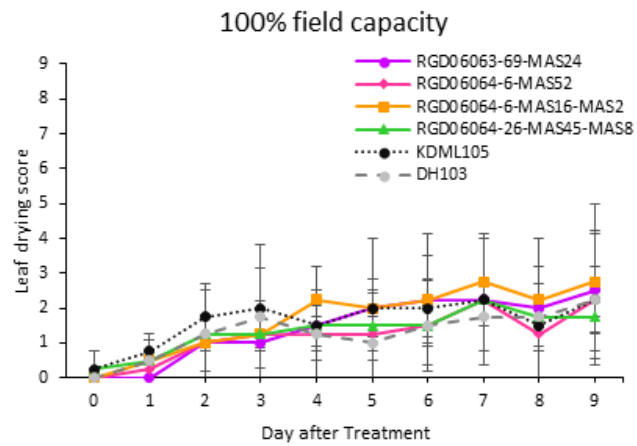
ตารางที่ 10 (ต่อ) ค่าเฉลี่ยคะแนนการแห้งของใบ (leaf drying score) ของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0 – 9 หลังจากเริ่มการทดลอง

ns คือ ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

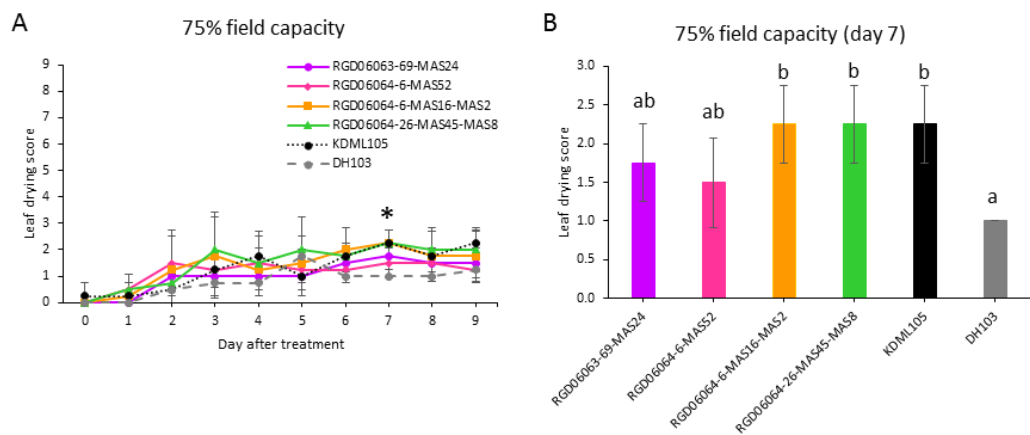
\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

\*\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99%

condition	line	day after treatment	
		8	9
100% field capacity	RGD06063-69-MAS24	2.00 ± 2.00	2.50 ± 1.73
	RGD06064-6-MAS52	1.25 ± 0.50	2.25 ± 0.50
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	2.25 ± 0.96	2.75 ± 2.22
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	1.75 ± 0.50	1.75 ± 0.50
	KDML105	1.50 ± 0.58	2.25 ± 0.96
	DH103	1.75 ± 0.96	2.25 ± 1.89
75% field capacity	RGD06063-69-MAS24	1.50 ± 0.58	1.50 ± 0.58
	RGD06064-6-MAS52	1.50 ± 0.58	1.25 ± 0.50
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	1.75 ± 0.96	1.75 ± 0.96
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	2.00 ± 0.82	2.00 ± 0.82
	KDML105	1.75 ± 0.96	2.25 ± 0.50
	DH103	1.00 ± 0.00	1.25 ± 0.50
50% field capacity	RGD06063-69-MAS24	5.25 ± 2.06	6.75 ± 2.50
	RGD06064-6-MAS52	3.75 ± 1.50	4.00 ± 1.63
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	6.50 ± 1.29	6.25 ± 1.71
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	5.00 ± 2.16	5.50 ± 3.00
	KDML105	6.75 ± 1.89	6.75 ± 2.63
	DH103	3.75 ± 2.50	4.25 ± 2.99
condition		**	**
line		ns	ns
condition * line		ns	ns

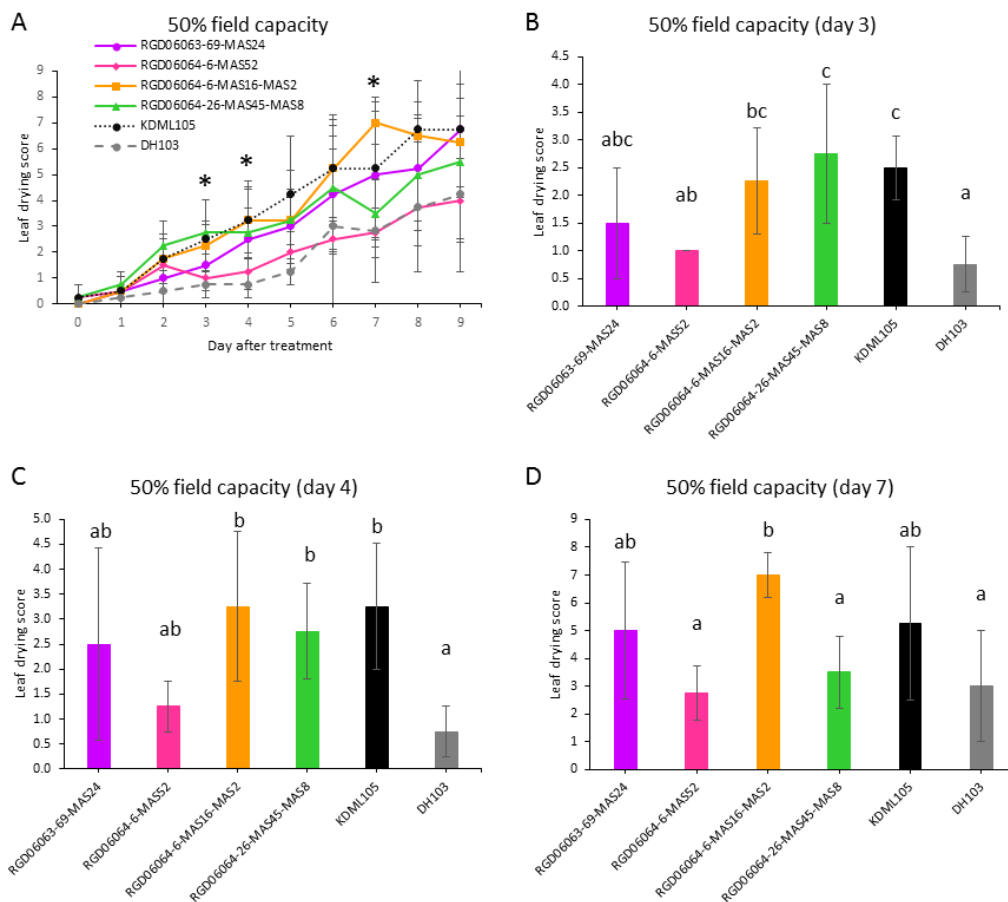


ภาพที่ 32 ค่าเฉลี่ยคะแนนการแห้งของใบ (leaf drying score) ของข้าว ในวันที่ 0 – 9 หลังจากได้รับน้ำระดับ 100% field capacity



ภาพที่ 33 ค่าเฉลี่ยคะแนนการแห้งของใบ (leaf drying score) ของข้าว ที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity ในวันที่ 0 – 9 (A) โดยแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในวันที่ 7 หลังจากได้รับภาวะแล้ง (B)

เครื่องหมาย \* แสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างข้าวแต่ละสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 34 ค่าเฉลี่ยคะแนนการแห้งของใบ (leaf drying score) ของข้าว ที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity ในวันที่ 0 – 9 (A) โดยแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในวันที่ 3 (B), วันที่ 4 (C) และวันที่ 7 (C) หลังจากได้รับภาวะแล้ง เครื่องหมาย \* แสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างข้าวแต่ละสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

## 2.7 ผลของภาวะแล้งต่อคะแนนการม้วนของใบ (leaf rolling score)

จากการศึกษาลักษณะการม้วนของใบข้าวเมื่อได้รับน้ำในระดับต่างๆ กัน และให้คะแนนการม้วนของใบ พบว่า ภาวะที่ข้าวได้รับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญตั้งแต่วันที่ 2 หลังจากเริ่มทำการทดลอง โดยภาวะแล้งระดับ 50% field capacity ทำให้ข้าวมีคะแนนการม้วนของใบสูงกว่าข้าวที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity และข้าวที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งความแตกต่างของระดับน้ำที่ข้าวได้รับ ส่งผลต่อคะแนนการม้วนของใบข้าวแต่ละสายพันธุ์ ทำให้ข้าวแต่ละสายพันธุ์มีคะแนนการม้วนของใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 2, 3, 4, 5, 6, 8 และ 9 หลังจากเริ่มทำการทดลอง (ตารางที่ 11)

ในชุดควบคุมซึ่งได้รับน้ำระดับ 100% field capacity แสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนการม้วนของใบ ตั้งแต่วันที่ 2 จนถึงวันที่ 9 หลังจากเริ่มทำการปรับระดับน้ำ โดย ข้าวสายพันธุ์ DH103 แสดงค่าเฉลี่ยคะแนนการม้วนของใบสูงกว่าข้าวสายพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งข้าวสายพันธุ์ DH103 มีค่าเฉลี่ยคะแนนการม้วนของใบในระดับ 2 คะแนน ตั้งแต่วันที่ 2 หลังจากเริ่มทำการปรับระดับน้ำ ในขณะที่ข้าวสายพันธุ์อื่นๆ มีค่าเฉลี่ยคะแนนการม้วนของใบอยู่ในช่วง 1 – 1.5 คะแนน ตลอดการทดลอง (ภาพที่ 35)

เมื่อศึกษาการม้วนของใบในข้าวที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity พบว่า ข้าวบางสายพันธุ์มีค่าเฉลี่ยคะแนนการม้วนของใบเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 2 หลังจากได้รับภาวะแล้ง และยังคงพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ยคะแนนการม้วนของใบตั้งแต่วันที่ 2 ถึงวันที่ 6 หลังจากได้รับภาวะแล้ง ซึ่งข้าวสายพันธุ์ DH103 ยังคงมีค่าเฉลี่ยคะแนนการม้วนของใบที่สูงกว่าสายพันธุ์อื่นๆ เช่นเดียวกับในชุดควบคุม (100% field capacity) หลังจากนั้นข้าวทุกสายพันธุ์ไม่แสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอีก จนในวันที่ 9 หลังจากข้าวได้รับภาวะแล้ง พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนการม้วนของใบอีกครั้ง โดยข้าวสายพันธุ์ RGD06063-69-MAS24 และสายพันธุ์ DH103 มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าสายพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 36) จากผลการทดลองข้างต้น จะเห็นได้ว่าข้าวสายพันธุ์ DH103 มีการตอบสนองต่อภาวะแล้งเร็วกว่าข้าวสายพันธุ์อื่นๆ ซึ่งอาจเป็นลักษณะหนึ่งที่ทำให้ข้าวสายพันธุ์นี้มีความสามารถในการทนแล้งสูง

ส่วนข้าวที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity ทุกสายพันธุ์ แสดงการม้วนของใบตั้งแต่วันที่ 2 หลังจากได้รับภาวะแล้ง โดยข้าวทุกสายพันธุ์มีค่าเฉลี่ยคะแนนการม้วนของใบเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับภาวะแล้งเป็นระยะเวลาเพิ่มขึ้น และค่าเฉลี่ยคะแนนการม้วนของใบข้าวแต่ละสายพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในวันที่ 3 และวันที่ 8 หลังจากได้รับภาวะแล้ง (ภาพที่ 37) โดยในวันที่ 3 หลังจากได้รับภาวะแล้ง พบว่า ข้าวสายพันธุ์ RGD06064-6-MAS52 มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด รองลงมาคือสายพันธุ์ RGD06064-26-MAS45-MAS8 ซึ่งต่ำกว่าข้าวพันธุ์ KDML105 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยทั้ง 2 สายพันธุ์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.50 และ 2.00 คะแนนตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์ KDML105 มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 3.75 คะแนน (ภาพที่ 38 A) แต่เมื่อข้าวได้รับภาวะแล้งเป็นเวลา 8 วัน พบว่า ข้าวเกือบทุกสายพันธุ์มีค่าเฉลี่ยคะแนนการม้วนของใบอยู่ในระดับเดียวกัน ยกเว้นสายพันธุ์ RGD06064-26-MAS45-MAS8 เท่านั้น ที่ยังคงมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าข้าวพันธุ์ KDML105 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 38 B) จากผลการทดลอง คะแนนการม้วนของใบข้าวแต่ละสายพันธุ์ยังไม่สามารถชี้แจงความแตกต่างระหว่างข้าวทนแล้งและไม่ทนแล้งออกจากกันได้

**ตารางที่ 11** ค่าเฉลี่ยคะแนนการม้วนของใบ (leaf rolling score) ของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0 – 9 หลังจากเริ่มการทดลอง

ns คือ ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

\*\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99%

condition	line	day after treatment		
		0	1	2
100% field capacity	RGD06063-69-MAS24	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.25 ± 0.50
	RGD06064-6-MAS52	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00
	KDML105	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00
	DH103	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.75 ± 0.50
75% field capacity	RGD06063-69-MAS24	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.25 ± 0.50
	RGD06064-6-MAS52	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.75 ± 1.50
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.25 ± 0.50
	KDML105	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00
	DH103	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00
50% field capacity	RGD06063-69-MAS24	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.75 ± 0.96
	RGD06064-6-MAS52	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.25 ± 0.50
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	2.00 ± 1.41
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.25 ± 0.50
	KDML105	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.50 ± 1.00
	DH103	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00
condition		ns	ns	*
line		ns	ns	*
condition * line		ns	ns	ns

**ตารางที่ 11 (ต่อ)** ค่าเฉลี่ยคะแนนการม้วนของใบ (leaf rolling score) ของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0 – 9 หลังจากเริ่มการทดลอง

ns คือ ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

\*\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99%

condition	line	day after treatment		
		3	4	5
100% field capacity	RGD06063-69-MAS24	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.50 ± 0.58
	RGD06064-6-MAS52	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.25 ± 0.50
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	1.00 ± 0.00	1.25 ± 0.50	1.00 ± 0.00
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00
	KDML105	1.00 ± 0.00	1.50 ± 0.58	1.00 ± 0.00
	DH103	1.50 ± 0.58	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00
75% field capacity	RGD06063-69-MAS24	1.75 ± 0.50	1.50 ± 0.58	1.25 ± 0.50
	RGD06064-6-MAS52	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	1.25 ± 0.50	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00
	KDML105	1.25 ± 0.50	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00
	DH103	2.00 ± 0.82	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00
50% field capacity	RGD06063-69-MAS24	3.00 ± 1.15	3.13 ± 0.85	3.75 ± 0.50
	RGD06064-6-MAS52	1.50 ± 0.58	2.75 ± 1.26	3.25 ± 0.96
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	3.25 ± 0.96	3.25 ± 0.96	4.25 ± 0.50
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	2.00 ± 1.41	2.00 ± 1.41	3.00 ± 1.83
	KDML105	3.75 ± 0.50	3.38 ± 1.11	4.13 ± 0.85
	DH103	2.25 ± 0.50	2.50 ± 0.58	3.38 ± 0.48
condition		**	**	**
line		**	*	*
condition * line		**	ns	ns



**ตารางที่ 11 (ต่อ)** ค่าเฉลี่ยคะแนนการม้วนของใบ (leaf rolling score) ของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0 – 9 หลังจากเริ่มการทดลอง

ns คือ ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

\*\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99%

condition	line	day after treatment	
		6	7
100% field capacity	RGD06063-69-MAS24	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00
	RGD06064-6-MAS52	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00
	KDML105	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00
	DH103	2.00 ± 0.00	2.25 ± 0.50
75% field capacity	RGD06063-69-MAS24	1.50 ± 0.58	2.00 ± 1.00
	RGD06064-6-MAS52	1.00 ± 0.00	1.63 ± 1.25
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	1.25 ± 0.50	2.00 ± 1.41
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	1.25 ± 0.50	1.63 ± 1.25
	KDML105	1.00 ± 0.00	1.75 ± 1.50
	DH103	2.25 ± 0.50	1.50 ± 0.58
50% field capacity	RGD06063-69-MAS24	4.25 ± 0.50	3.00 ± 1.41
	RGD06064-6-MAS52	3.38 ± 0.48	2.75 ± 1.50
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	4.63 ± 0.48	3.13 ± 1.44
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	3.25 ± 1.26	2.00 ± 0.82
	KDML105	4.50 ± 1.00	3.25 ± 1.71
	DH103	4.00 ± 0.82	2.88 ± 0.85
condition		**	**
line		**	ns
condition * line		*	ns

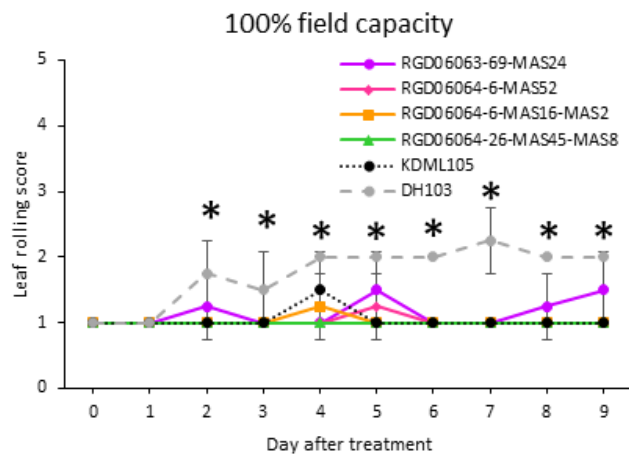
ตารางที่ 11 (ต่อ) ค่าเฉลี่ยคะแนนการม้วนของใบ (leaf rolling score) ของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0 – 9 หลังจากเริ่มการทดลอง

ns คือ ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

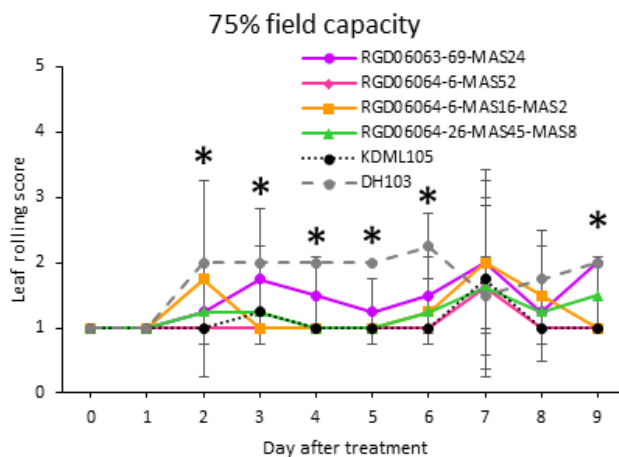
\*\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99%

condition	line	day after treatment	
		8	9
100% field capacity	RGD06063-69-MAS24	1.25 ± 0.50	1.50 ± 0.58
	RGD06064-6-MAS52	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00
	KDML105	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00
	DH103	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00
75% field capacity	RGD06063-69-MAS24	1.25 ± 0.50	2.00 ± 0.00
	RGD06064-6-MAS52	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	1.50 ± 1.00	1.00 ± 0.00
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	1.25 ± 0.50	1.50 ± 0.58
	KDML105	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00
	DH103	1.75 ± 0.50	2.00 ± 0.00
50% field capacity	RGD06063-69-MAS24	3.75 ± 0.50	3.50 ± 0.58
	RGD06064-6-MAS52	3.25 ± 0.50	3.25 ± 0.50
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	3.25 ± 0.96	4.00 ± 0.00
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	2.25 ± 0.50	3.75 ± 0.96
	KDML105	3.38 ± 0.48	3.75 ± 0.50
	DH103	3.88 ± 0.63	4.00 ± 0.82
condition		**	**
line		**	**
condition * line		ns	*



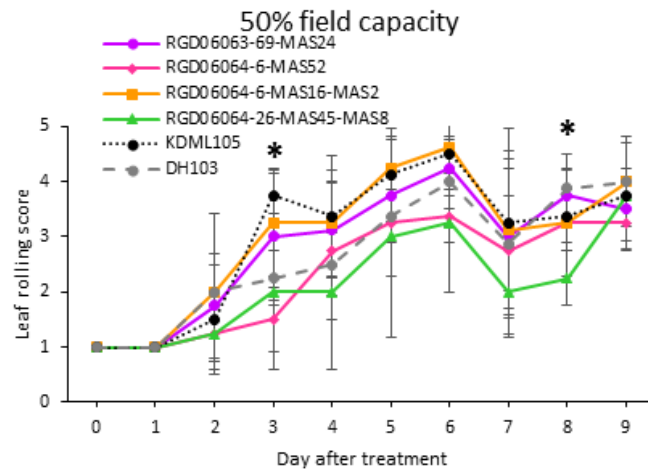
ภาพที่ 35 ค่าเฉลี่ยคะแนนการม้วนของใบ (leaf rolling score) ของข้าว ในวันที่ 0 – 9 หลังจากได้รับน้ำระดับ 100% field capacity

เครื่องหมาย \* แสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างข้าวแต่ละสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

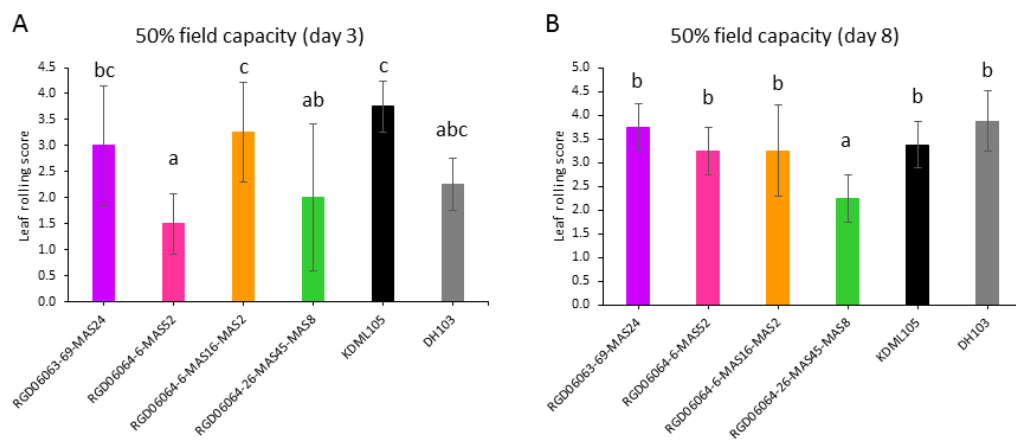


ภาพที่ 36 ค่าเฉลี่ยคะแนนการม้วนของใบ (leaf rolling score) ของข้าว ในวันที่ 0 – 9 หลังจากได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity

เครื่องหมาย \* แสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างข้าวแต่ละสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 37 ค่าเฉลี่ยคะแนนการม้วนของใบ (leaf rolling score) ของข้าว ในวันที่ 0 – 9 หลังจากได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity เครื่องหมาย \* แสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างข้าวแต่ละสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 38 ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ยคะแนนการม้วนของใบ (leaf rolling score) ของข้าวทุกสายพันธุ์ที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity ในวันที่ 3 (A) และวันที่ 8 (B) หลังจากได้รับภาวะแล้ง

## 2.8 ผลของภาวะแล้งต่อน้ำหนักสดของข้าว

จากการทดลองพบว่าภาวะแล้งส่งผลต่อน้ำหนักสดของข้าวตั้งแต่วันที่ 3 หลังจากเริ่มทำการทดลอง ทำให้ข้าวที่ได้รับน้ำระดับที่ต่างกันมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยข้าวที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity ทำให้ข้าวมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดสูงกว่าข้าวที่ได้รับภาวะแล้งทั้ง 75% field capacity และ 50% field capacity อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และข้าวแต่ละสายพันธุ์มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 6 หลังจากเริ่มทำการทดลอง (ตารางที่ 12)

จากการศึกษาน้ำหนักสดของข้าวที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity พบว่า ข้าวทุกสายพันธุ์มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดไม่คงที่ และพบว่าข้าวสายพันธุ์ RGD06064-6-MAS16-MAS2 มีแนวโน้มมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดสูงกว่าข้าวสายพันธุ์อื่นๆ และข้าวสายพันธุ์ DH103 มีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดที่ต่ำกว่าข้าวสายพันธุ์อื่นๆ ตลอดการทดลอง โดยข้าวแต่ละสายพันธุ์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดในวันที่ 3 และวันที่ 6 หลังจากได้รับภาวะแล้ง (ภาพที่ 39) โดยในวันที่ 3 หลังจากได้รับภาวะแล้ง ข้าวสายพันธุ์ RGD06064-6-MAS16-MAS2 และพันธุ์ KDML105 มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดสูงกว่าสายพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่สายพันธุ์ RGD06064-26-MAS45-MAS8 และสายพันธุ์ DH103 มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด (ภาพที่ 40 A) ส่วนวันที่ 6 หลังจากได้รับภาวะแล้ง พบว่าข้าวพันธุ์ KDML105 ยังคงมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าข้าวสายพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และสายพันธุ์ RGD06064-6-MAS16-MAS2 แสดงค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดสูงกว่าข้าวสายพันธุ์อื่นๆ เช่นกัน แต่มีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยที่ต่ำกว่าพันธุ์ KDML105 นอกจากนี้ยังพบว่า ข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์นี้มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าข้าวสายพันธุ์ RGD06064-6-MAS52 และสายพันธุ์ DH103 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 40 B) แสดงว่า ในภาวะปกติข้าวสายพันธุ์ DH103 มีลักษณะต้นที่เล็กกว่า KDML105 และลักษณะนี้ถูกถ่ายทอดให้ข้าวรุ่นลูกบางสายพันธุ์เท่านั้นสำหรับข้าวที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity ไม่แสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดระหว่างแต่ละสายพันธุ์ แต่พบว่า KDML105 มีแนวโน้มค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดที่สูงกว่าข้าวสายพันธุ์อื่นๆ ในขณะที่ DH103 มีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยต่ำกว่าข้าวสายพันธุ์อื่นๆ (ภาพที่ 41) เช่นเดียวกับชุดควบคุมที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity

ส่วนข้าวที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity ไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างข้าวแต่ละสายพันธุ์เช่นกัน และพบว่าสายพันธุ์ DH103 มีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดต่ำที่สุดตลอดการทดลอง นอกจากนี้ยังพบว่า ข้าวสายพันธุ์ RGD06064-6-MAS52 มีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับเดียวกับสายพันธุ์ DH103 (ภาพที่ 42) จากผลการทดลองดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ภาวะแล้งระดับ 75% field capacity และ 50% field capacity ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวที่มีความทนแล้งต่ำ ทำให้ข้าวมีการเจริญเติบโตลดลง โดยเฉพาะข้าวพันธุ์ KDML105

**ตารางที่ 12** ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 หลังจากเริ่มทำการทดลอง

ns คือ ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

\*\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99%

condition	line	Day after treatment	
		0	3
100% field capacity	RGD06063-69-MAS24	1.51 ± 0.80	1.08 ± 0.50
	RGD06064-6-MAS52	0.67 ± 0.44	1.42 ± 0.57
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	2.47 ± 1.16	1.92 ± 0.56
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	1.37 ± 0.32	0.92 ± 0.91
	KDML105	1.39 ± 0.39	2.02 ± 0.33
	DH103	0.30 ± 0.00	0.51 ± 0.18
75% field capacity	RGD06063-69-MAS24	1.03 ± 0.36	1.15 ± 0.55
	RGD06064-6-MAS52	1.27 ± 0.54	0.63 ± 0.49
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	0.78 ± 0.62	0.77 ± 0.41
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	1.36 ± 0.27	1.03 ± 0.32
	KDML105	1.19 ± 0.48	1.60 ± 0.80
	DH103	0.70 ± 0.58	0.37 ± 0.17
50% field capacity	RGD06063-69-MAS24	1.29 ± 0.34	1.01 ± 0.26
	RGD06064-6-MAS52	0.68 ± 0.36	0.59 ± 0.39
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	2.00 ± 0.52	1.57 ± 0.63
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	2.00 ± 1.20	1.34 ± 0.75
	KDML105	1.84 ± 0.91	1.01 ± 0.34
	DH103	0.68 ± 0.42	0.40 ± 0.22
condition		ns	*
line		**	**
condition * line		ns	ns

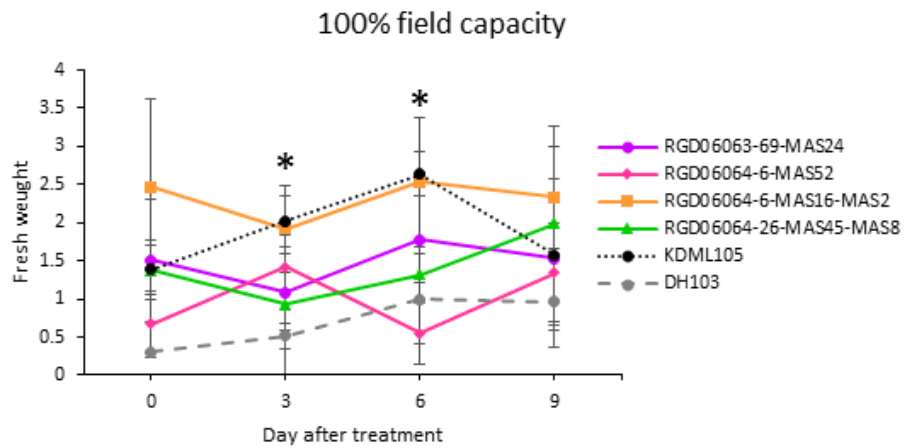
**ตารางที่ 12 (ต่อ)** ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 หลังจากเริ่มทำการทดลอง

ns คือ ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

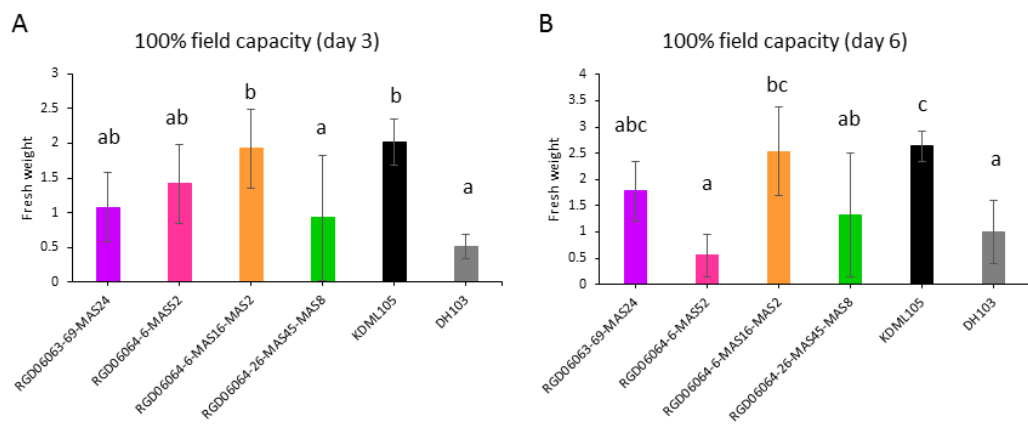
\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

\*\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99%

condition	line	day after treatment	
		6	9
100% field capacity	RGD06063-69-MAS24	1.78 ± 0.57	1.53 ± 0.87
	RGD06064-6-MAS52	0.55 ± 0.40	1.34 ± 0.65
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	2.53 ± 0.85	2.34 ± 0.67
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	1.32 ± 1.18	1.99 ± 1.29
	KDML105	2.64 ± 0.29	1.57 ± 0.99
	DH103	1.00 ± 0.60	0.96 ± 0.59
75% field capacity	RGD06063-69-MAS24	0.98 ± 0.22	1.13 ± 0.30
	RGD06064-6-MAS52	1.71 ± 0.62	0.69 ± 0.40
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	1.20 ± 0.78	1.13 ± 0.45
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	1.01 ± 0.39	0.96 ± 0.37
	KDML105	1.31 ± 0.91	1.19 ± 0.61
	DH103	0.57 ± 0.26	0.94 ± 0.40
50% field capacity	RGD06063-69-MAS24	1.17 ± 0.48	0.76 ± 0.33
	RGD06064-6-MAS52	0.54 ± 0.44	0.84 ± 0.15
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	0.99 ± 0.28	1.19 ± 0.30
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	0.35 ± 0.27	0.60 ± 0.30
	KDML105	1.01 ± 0.42	0.83 ± 0.36
	DH103	0.44 ± 0.30	0.75 ± 0.28
condition		**	**
line		**	ns
condition * line		**	ns

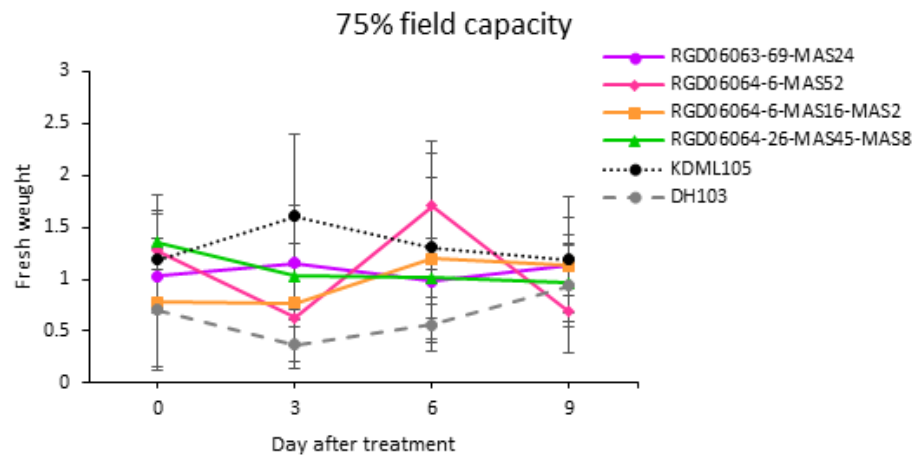


ภาพที่ 39 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของข้าว ในวันที่ 0 – 9 หลังจากได้รับน้ำระดับ 100% field capacity เครื่องหมาย \* แสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างข้าวแต่ละสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

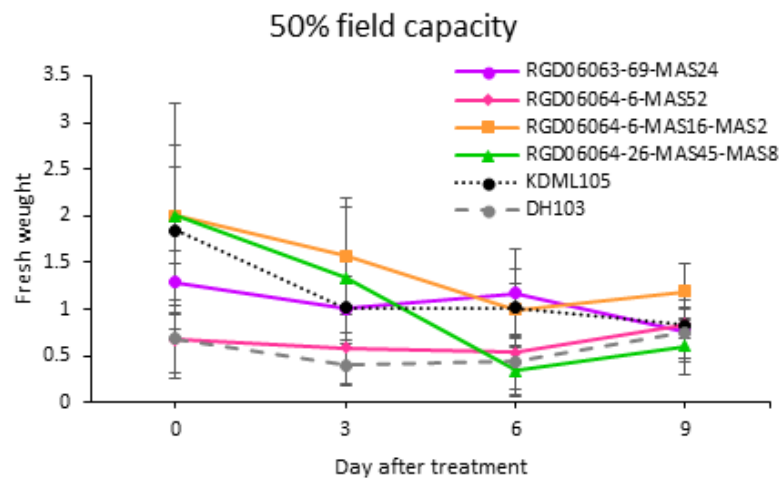


ภาพที่ 40 ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของข้าวทุกสายพันธุ์ที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity ในวันที่ 3 (A) และวันที่ 6 (B) หลังจากได้รับภาวะแล้ง





ภาพที่ 41 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของข้าว ในวันที่ 0 – 9 หลังจากได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity



ภาพที่ 42 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของข้าว ในวันที่ 0 – 9 หลังจากได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity

## 2.9 ผลของภาวะแล้งต่อน้ำหนักแห้งของข้าว

จากการศึกษาน้ำหนักแห้งของข้าวที่ได้รับน้ำระดับต่างๆ พบว่า ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของข้าวที่ได้รับภาวะแล้งทั้ง 50% field capacity และ 75% field capacity มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในวันที่ 6 และ 9 หลังจากได้รับภาวะแล้ง ซึ่งข้าวที่ได้รับภาวะแล้งมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าข้าวที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity อย่างมีนัยสำคัญ และในวันที่ 6 หลังจากเริ่มทำการทดลอง ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของข้าวแต่ละสายพันธุ์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อได้รับน้ำแตกต่างกัน (ตารางที่ 13)

ข้าวที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity และข้าวที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity มีแนวโน้มค่าเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งของข้าวที่คล้ายกันกับแนวโน้มของค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของข้าวที่อยู่ในภาวะเดียวกัน โดยค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของข้าวพันธุ์ KDML105 มีแนวโน้มสูงกว่าค่าเฉลี่ยของข้าวสายพันธุ์อื่นๆ และ ข้าวสายพันธุ์ DH103 มีแนวโน้มค่าเฉลี่ยที่ต่ำกว่าข้าวสายพันธุ์อื่นๆ เช่นกัน (ภาพที่ 43 และ ภาพที่ 45) และพบว่า ข้าวที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างแต่ละสายพันธุ์ในวันที่ 3 และ วันที่ 6 หลังจากเริ่มทำการปรับระดับน้ำ ซึ่งในวันที่ 3 ข้าวสายพันธุ์ RGD06064-6-MAS16-MAS2 และพันธุ์ KDML105 มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าข้าวสายพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ข้าวสายพันธุ์ DH103 มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าข้าวสายพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 44 A) และในวันที่ 6 พบว่าข้าวพันธุ์ KDML105 ยังคงมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าข้าวสายพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนข้าวสายพันธุ์ RGD06064-6-MAS16-MAS2 มีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งที่สูงกว่าข้าวสายพันธุ์อื่นๆ โดยข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์นี้มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งที่สูงกว่าข้าวสายพันธุ์ RGD06064-6-MAS52 และสายพันธุ์ DH103 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 44 B) ส่วนข้าวที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity ไม่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งระหว่างแต่ละสายพันธุ์

สำหรับข้าวที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity ไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งระหว่างข้าวแต่ละสายพันธุ์ แต่พบว่า ข้าวสายพันธุ์ RGD06064-6-MAS52 และสายพันธุ์ DH103 มีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งต่ำกว่าข้าวสายพันธุ์อื่นๆ โดยข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์นี้มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นในวันที่ 6 หลังจากได้รับภาวะแล้ง ในขณะที่ข้าวสายพันธุ์อื่นๆ มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งต่ำลง (ภาพที่ 46)

**ตารางที่ 13** ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 หลังจากเริ่มทำการทดลอง

ns คือ ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

\*\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99%

condition	line	day after treatment	
		0	3
100% field capacity	RGD06063-69-MAS24	0.22 ± 0.11	0.23 ± 0.09
	RGD06064-6-MAS52	0.12 ± 0.05	0.31 ± 0.09
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	0.40 ± 0.21	0.42 ± 0.11
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	0.20 ± 0.04	0.21 ± 0.18
	KDML105	0.19 ± 0.04	0.42 ± 0.07
	DH103	0.05 ± 0.00	0.12 ± 0.04
75% field capacity	RGD06063-69-MAS24	0.29 ± 0.32	0.27 ± 0.09
	RGD06064-6-MAS52	0.18 ± 0.06	0.12 ± 0.10
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	0.11 ± 0.09	0.20 ± 0.09
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	0.21 ± 0.05	0.27 ± 0.05
	KDML105	0.18 ± 0.07	0.37 ± 0.17
	DH103	0.10 ± 0.07	0.13 ± 0.07
50% field capacity	RGD06063-69-MAS24	0.19 ± 0.06	0.28 ± 0.08
	RGD06064-6-MAS52	0.11 ± 0.04	0.19 ± 0.09
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	0.29 ± 0.07	0.41 ± 0.19
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	0.27 ± 0.15	0.33 ± 0.17
	KDML105	0.24 ± 0.10	0.27 ± 0.11
	DH103	0.11 ± 0.06	0.11 ± 0.06
condition		ns	ns
line		*	**
condition * line		ns	ns

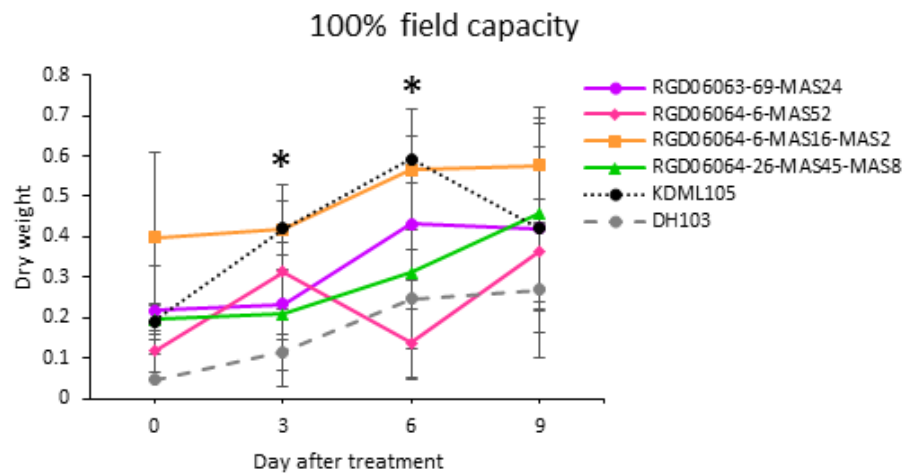
**ตารางที่ 13 (ต่อ)** ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 หลังจากเริ่มทำการทดลอง

ns คือ ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

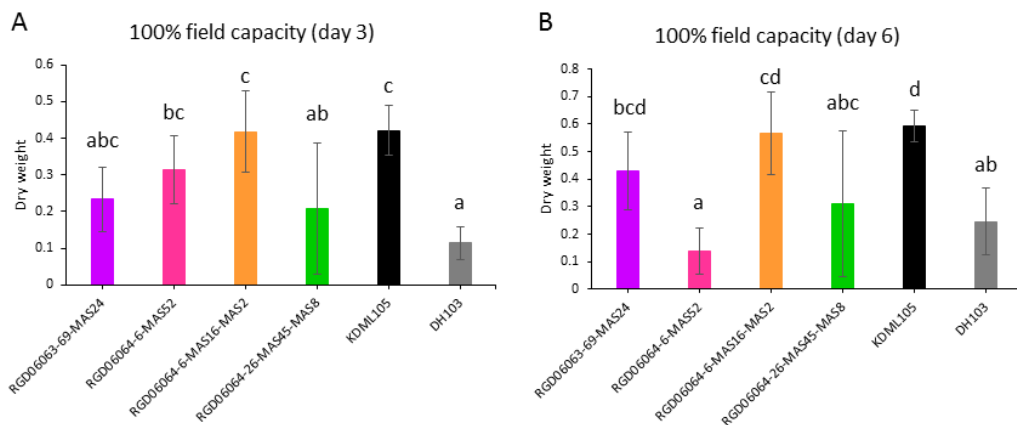
\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

\*\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99%

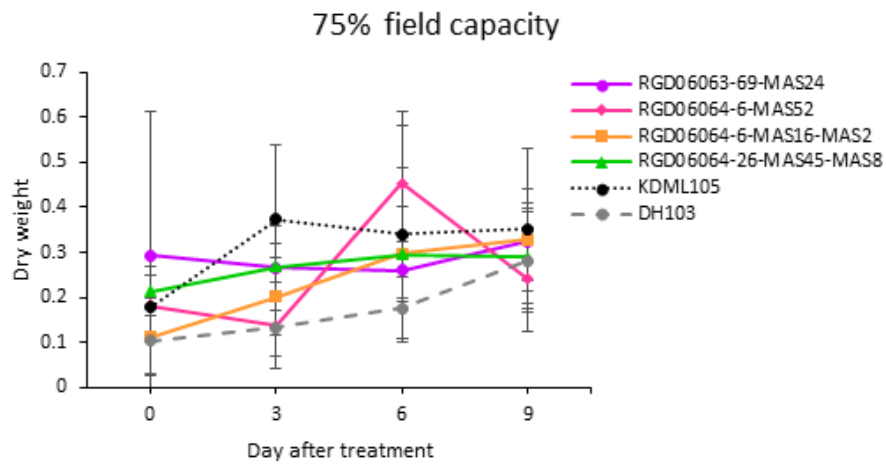
condition	line	day after treatment	
		6	9
100% field capacity	RGD06063-69-MAS24	0.43 ± 0.14	0.42 ± 0.20
	RGD06064-6-MAS52	0.14 ± 0.09	0.36 ± 0.13
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	0.57 ± 0.15	0.58 ± 0.14
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	0.31 ± 0.27	0.46 ± 0.24
	KDML105	0.59 ± 0.06	0.42 ± 0.26
	DH103	0.25 ± 0.12	0.27 ± 0.17
75% field capacity	RGD06063-69-MAS24	0.26 ± 0.06	0.32 ± 0.08
	RGD06064-6-MAS52	0.45 ± 0.16	0.24 ± 0.11
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	0.30 ± 0.19	0.33 ± 0.11
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	0.30 ± 0.10	0.29 ± 0.10
	KDML105	0.34 ± 0.24	0.35 ± 0.18
	DH103	0.18 ± 0.07	0.28 ± 0.12
50% field capacity	RGD06063-69-MAS24	0.32 ± 0.11	0.23 ± 0.08
	RGD06064-6-MAS52	0.13 ± 0.06	0.27 ± 0.04
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	0.30 ± 0.11	0.40 ± 0.07
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	0.18 ± 0.08	0.19 ± 0.09
	KDML105	0.30 ± 0.11	0.25 ± 0.11
	DH103	0.21 ± 0.19	0.23 ± 0.07
condition		**	**
line		**	ns
condition * line		**	ns



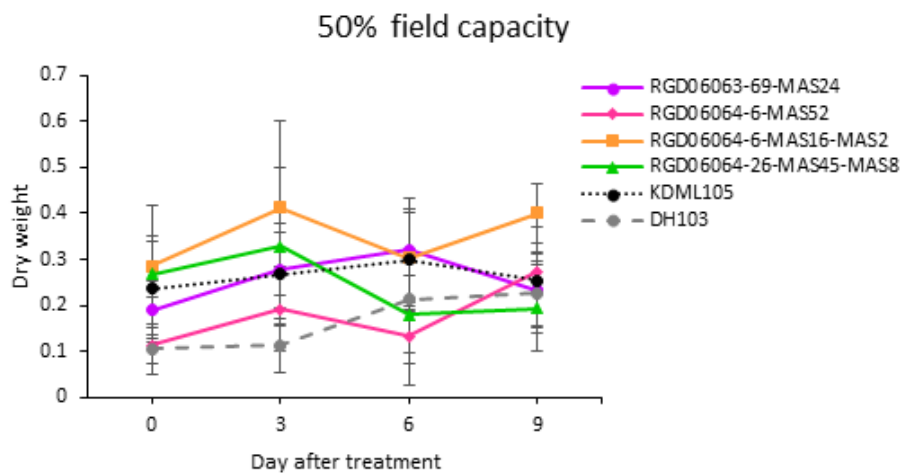
ภาพที่ 43 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของข้าว ในวันที่ 0 – 9 หลังจากได้รับน้ำระดับ 100% field capacity เครื่องหมาย \* แสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างข้าวแต่ละสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 44 ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของข้าวทุกสายพันธุ์ที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity ในวันที่ 3 (A) และวันที่ 6 (B) หลังจากได้รับภาวะแล้ง



ภาพที่ 45 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของข้าว ในวันที่ 0 – 9 หลังจากได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity



ภาพที่ 46 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของข้าว ในวันที่ 0 – 9 หลังจากได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity

## 2.10 ผลของภาวะแล้งต่ออัตราส่วนรากต่อลำต้นของข้าว (root/shoot ratio)

จากการศึกษาอัตราส่วนรากต่อลำต้นของข้าวที่ได้รับน้ำระดับต่างๆ พบว่า ภาวะแล้งไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนรากต่อลำต้นของข้าว (ตารางที่ 14) แต่เมื่อพิจารณาข้าวในชุดควบคุมที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ยอัตราส่วนรากต่อลำต้นของข้าวแต่ละสายพันธุ์ในวันที่ 0 หลังจากเริ่มทำการปรับระดับน้ำ โดยพบว่า ข้าวสายพันธุ์ DH103 มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าข้าวสายพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รองลงมาคือสายพันธุ์ RGD06064-6-MAS52 ซึ่งมีแนวโน้มที่จะมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าข้าวพันธุ์ KDML105 (ภาพที่ 47 B) หลังจากนั้น เมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity เป็นระยะเวลาที่นานขึ้น ส่งผลให้ข้าวสายพันธุ์ RGD06064-6-MAS52 และสายพันธุ์ DH103 มีค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนรากต่อลำต้นลดลง จนไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างข้าวแต่ละสายพันธุ์อีก จนจบการทดลอง ส่วนข้าวสายพันธุ์อื่นๆ พบว่า มีค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนรากต่อลำต้นที่ค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลอง (ภาพที่ 47 A)

สำหรับข้าวที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity พบว่า ในวันที่ 0 หลังจากได้รับภาวะแล้ง ข้าวสายพันธุ์ RGD06064-6-MAS16-MAS2 และสายพันธุ์ DH103 แสดงแนวโน้มมีค่าเฉลี่ยอัตราส่วนรากต่อลำต้นสูงกว่าสายพันธุ์อื่นๆ หลังจากนั้น เมื่อข้าวได้รับภาวะแล้งเป็นเวลา 3 วัน พบว่า ข้าวสายพันธุ์ RGD06064-6-MAS16-MAS2 มีค่าเฉลี่ยลดลง ส่วนสายพันธุ์ DH103 ยังคงมีแนวโน้มค่าเฉลี่ยที่สูงกว่าข้าวสายพันธุ์อื่นๆ ตลอดการทดลอง อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอัตราส่วนรากต่อลำต้นระหว่างข้าวแต่ละสายพันธุ์ ตลอดการทดลอง (ภาพที่ 48)

และเมื่อศึกษาผลของภาวะแล้งระดับ 50% field capacity ต่ออัตราส่วนรากต่อลำต้นของข้าว พบว่า มีการแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ยอัตราส่วนรากต่อลำต้นระหว่างข้าวแต่ละสายพันธุ์ ในวันที่ 0 หลังจากได้รับภาวะแล้ง โดยข้าวสายพันธุ์ DH103 มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าข้าวสายพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นข้าวสายพันธุ์ RGD06064-6-MAS52 ที่มีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยที่สูง รองลงมาจากสายพันธุ์ DH103 (ภาพที่ 49 B) หลังจากนั้น เมื่อข้าวได้รับภาวะแล้งเป็นระยะเวลาที่นานขึ้น พบว่า ข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์นี้มีค่าเฉลี่ยลดลง และมีค่าเฉลี่ยที่ค่อนข้างคงที่เมื่อเวลาผ่านไป ในขณะที่ข้าวสายพันธุ์อื่นๆ แสดงค่าเฉลี่ยที่ค่อนข้างคงที่ตั้งแต่วันที่ 0 จนถึงวันที่ 9 หลังจากได้รับภาวะแล้ง อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอัตราส่วนรากต่อลำต้นของข้าวแต่ละสายพันธุ์อีก (ภาพที่ 49 A)

**ตารางที่ 14** ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนรากต่อลำต้น (root/shoot ratio) ของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 หลังจากเริ่มทำการทดลอง

ns คือ ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

\*\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99%

condition	line	day after treatment	
		0	3
100% field capacity	RGD06063-69-MAS24	139.83 ± 78.03	92.20 ± 24.44
	RGD06064-6-MAS52	252.46 ± 112.25	53.24 ± 6.55
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	68.50 ± 16.95	54.10 ± 21.62
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	131.07 ± 5.02	194.25 ± 196.91
	KDML105	143.43 ± 21.08	50.38 ± 12.18
	DH103	542.13 ± 148.82	220.14 ± 181.13
75% field capacity	RGD06063-69-MAS24	190.45 ± 122.87	85.38 ± 31.03
	RGD06064-6-MAS52	179.89 ± 113.07	230.64 ± 141.91
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	362.25 ± 334.86	87.09 ± 35.26
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	119.40 ± 42.84	58.43 ± 3.33
	KDML105	165.08 ± 94.16	83.13 ± 56.91
	DH103	376.83 ± 225.89	176.00 ± 131.72
50% field capacity	RGD06063-69-MAS24	121.71 ± 44.12	74.86 ± 33.84
	RGD06064-6-MAS52	239.41 ± 45.28	133.85 ± 78.14
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	83.66 ± 25.88	64.13 ± 20.35
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	139.80 ± 140.14	123.70 ± 133.94
	KDML105	112.92 ± 58.80	110.91 ± 49.68
	DH103	395.28 ± 214.03	177.50 ± 80.15
condition		ns	ns
line		**	*
condition * line		ns	ns



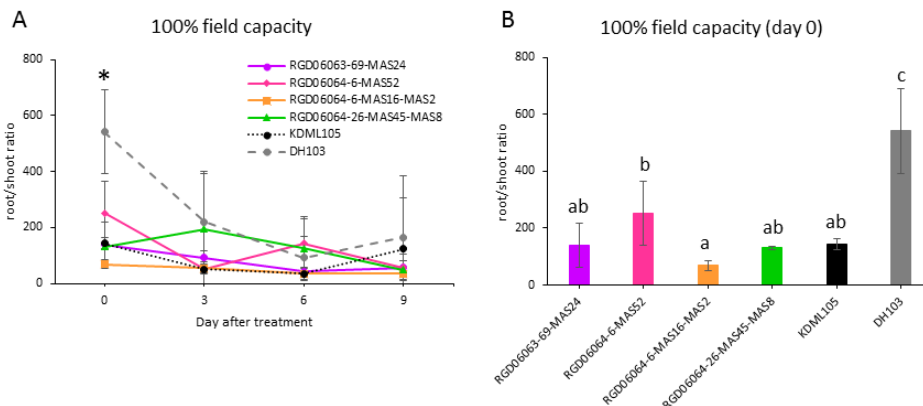
**ตารางที่ 14 (ต่อ)** ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนรากต่อลำต้น (root/shoot ratio) ของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 หลังจากเริ่มทำการทดลอง

ns คือ ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

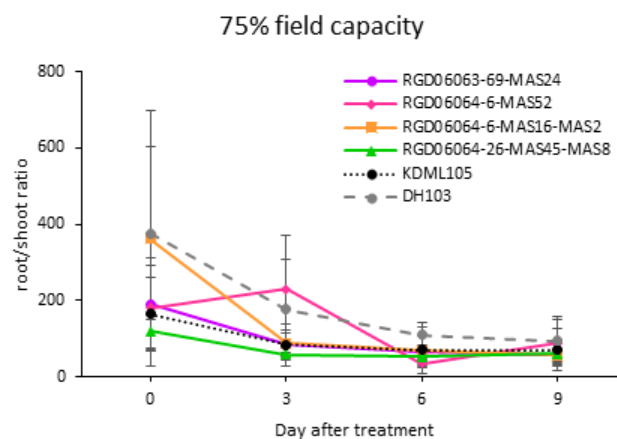
\*\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99%

condition	line	day after treatment	
		6	9
100% field capacity	RGD06063-69-MAS24	41.69 ± 14.13	57.04 ± 47.76
	RGD06064-6-MAS52	142.49 ± 89.41	56.63 ± 23.47
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	35.36 ± 11.41	34.42 ± 10.82
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	124.54 ± 112.88	48.04 ± 34.37
	KDML105	33.97 ± 7.96	123.08 ± 184.20
	DH103	91.42 ± 77.76	165.62 ± 218.04
75% field capacity	RGD06063-69-MAS24	64.58 ± 19.92	55.80 ± 15.24
	RGD06064-6-MAS52	35.23 ± 13.11	88.07 ± 61.67
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	68.10 ± 40.28	55.52 ± 13.04
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	52.54 ± 21.02	60.75 ± 26.89
	KDML105	69.48 ± 60.83	70.73 ± 54.38
	DH103	109.39 ± 31.58	93.16 ± 62.88
50% field capacity	RGD06063-69-MAS24	74.76 ± 64.35	96.36 ± 47.14
	RGD06064-6-MAS52	151.18 ± 43.29	82.86 ± 27.99
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	122.33 ± 150.14	56.39 ± 17.00
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	211.61 ± 287.69	103.28 ± 49.20
	KDML105	73.51 ± 21.00	83.11 ± 31.06
	DH103	153.93 ± 130.27	93.16 ± 41.03
condition		ns	ns
line		ns	ns
condition * line		ns	ns

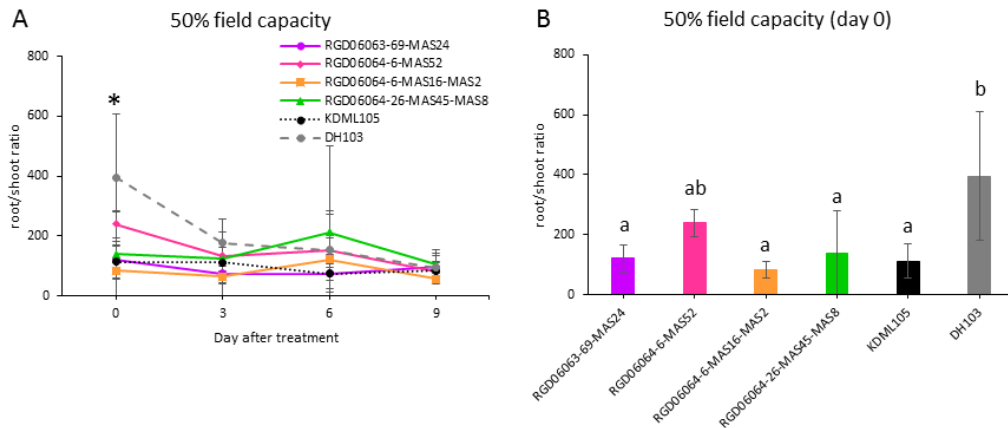


ภาพที่ 47 ค่าเฉลี่ยสัดส่วนรากต่อลำต้น (root/shoot ratio) ของข้าวที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity ในวันที่ 0 – 9 หลังจากเริ่มทำการปรับระดับน้ำ (A) ซึ่งค่าเฉลี่ยสัดส่วนรากต่อลำต้นของข้าวแต่ละสายพันธุ์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในวันที่ 0 หลังจากเริ่มทำการปรับระดับน้ำ (B)

เครื่องหมาย \* แสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างข้าวแต่ละสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 48 ค่าเฉลี่ยสัดส่วนรากต่อลำต้น (root/shoot ratio) ของข้าว ที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity ในวันที่ 0 – 9 หลังจากได้รับภาวะแล้ง



ภาพที่ 49 ค่าเฉลี่ยสัดส่วนรากต่อลำต้น (root/shoot ratio) ของข้าวที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity ในวันที่ 0 – 9 หลังจากได้รับภาวะแล้ง (A) ซึ่งค่าเฉลี่ยสัดส่วนรากต่อลำต้นของข้าวแต่ละสายพันธุ์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในวันที่ 0 หลังจากได้รับภาวะแล้ง (B) เครื่องหมาย \* แสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างข้าวแต่ละสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

## 2.11 ผลของภาวะแล้งต่อความยาวใบ

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของข้าวโดยการวัดความยาวของใบอ่อนที่สุดที่แผ่ขยายเต็มที่ (youngest fully expanded leaf) ของวันที่ 0 หลังจากเริ่มทำการทดลอง และวัดความยาวของใบข้าวใบเดิมทุก 2 วัน พบว่า ค่าเฉลี่ยของความยาวใบของข้าวแต่ละสายพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยภาวะแล้งไม่มีผลต่อความยาวใบ (ตารางที่ 15)

เมื่อศึกษาความยาวของใบข้าวที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity และความยาวของใบข้าวที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity มีลักษณะคล้ายกัน กล่าวคือ ภาวะแล้งระดับ 75% field capacity ไม่มีผลต่อความยาวของใบข้าว และพบว่า ค่าเฉลี่ยความยาวใบของข้าวมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลอง ซึ่งค่าเฉลี่ยความยาวใบของข้าวที่ได้รับน้ำ 100% field capacity และ 75% field capacity แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญตลอดการทดลอง โดยข้าวสายพันธุ์ DH103 มีความยาวใบน้อยกว่าข้าวสายพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยความยาวใบอยู่ในช่วง 20 – 30 เซนติเมตร ในขณะที่ข้าวสายพันธุ์อื่นๆ มีความยาวใบประมาณ 40 เซนติเมตร (ภาพที่ 50 และภาพที่ 51)

เมื่อข้าวได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity พบว่า ใบข้าวส่วนใหญ่มีความยาวที่คงที่ตลอดการทดลอง ยกเว้นความยาวใบของข้าวสายพันธุ์ DH103 ที่มีค่าเฉลี่ยลดลงในวันที่ 6 หลังจากได้รับภาวะแล้ง ซึ่งค่าเฉลี่ยความยาวใบของข้าวแต่ละสายพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญตลอดการทดลอง โดยพบว่า ข้าวสายพันธุ์ DH103 มีค่าเฉลี่ยของความยาวใบน้อยกว่าข้าวสายพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 52) อาจเกิดจากลักษณะพันธุกรรมของข้าวสายพันธุ์ DH103 ทำให้ข้าวสายพันธุ์นี้มีลักษณะต้นเตี้ยกว่าข้าวสายพันธุ์อื่นๆ และภาวะแล้งระดับ 50% field capacity ไม่มีผลต่อความยาวของใบข้าวที่ใช้ในการทดลอง

**ตารางที่ 15** ค่าเฉลี่ยความยาวใบของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 หลังจากเริ่มทำการทดลอง

ns คือ ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

\*\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99%

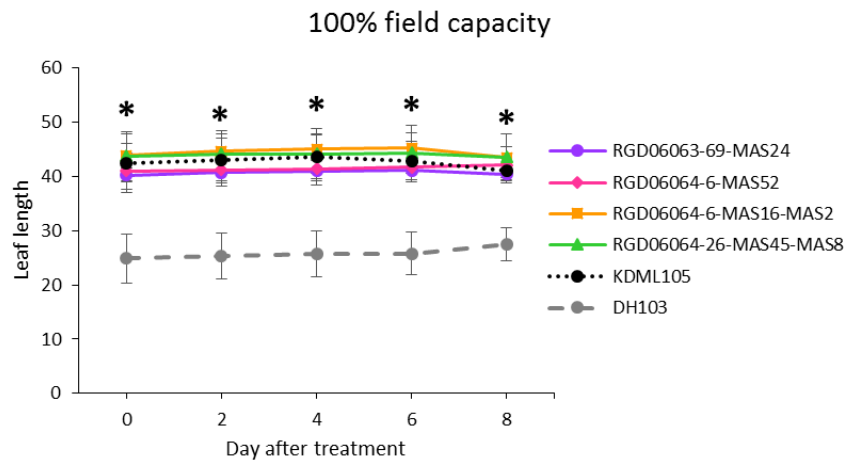
condition	line	day after treatment		
		0	2	4
100% field capacity	RGD06063-69-MAS24	40.18 ± 1.31	40.63 ± 1.96	40.98 ± 1.81
	RGD06064-6-MAS52	40.95 ± 3.29	41.20 ± 3.11	41.35 ± 2.94
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	43.80 ± 2.29	44.63 ± 3.81	45.00 ± 3.83
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	43.68 ± 4.49	44.05 ± 3.74	44.10 ± 3.66
	KDML105	42.40 ± 5.33	43.03 ± 3.91	43.53 ± 4.00
	DH103	24.85 ± 4.53	25.30 ± 4.31	25.73 ± 4.22
75% field capacity	RGD06063-69-MAS24	39.05 ± 5.26	39.20 ± 4.84	39.23 ± 4.83
	RGD06064-6-MAS52	39.20 ± 2.46	39.48 ± 2.04	39.60 ± 2.13
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	39.90 ± 2.99	41.45 ± 1.64	41.85 ± 1.80
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	38.68 ± 5.27	40.25 ± 5.98	39.95 ± 4.39
	KDML105	40.85 ± 1.18	41.45 ± 1.88	41.10 ± 1.07
	DH103	26.08 ± 2.79	26.03 ± 3.18	26.15 ± 2.87
50% field capacity	RGD06063-69-MAS24	33.88 ± 2.72	37.20 ± 2.99	37.60 ± 2.44
	RGD06064-6-MAS52	40.15 ± 2.18	41.00 ± 2.97	40.98 ± 2.91
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	44.93 ± 4.17	44.30 ± 3.86	44.58 ± 3.70
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	40.63 ± 3.17	40.80 ± 3.28	40.48 ± 2.92
	KDML105	39.90 ± 1.97	40.50 ± 2.20	40.60 ± 2.16
	DH103	25.10 ± 3.50	26.60 ± 0.56	26.73 ± 0.75
condition		ns	ns	ns
line		**	**	**
condition * line		ns	ns	ns

**ตารางที่ 15 (ต่อ)** ค่าเฉลี่ยความยาวใบของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity, 75% field capacity และ 50% field capacity ในวันที่ 0, 3, 6 และ 9 หลังจากเริ่มทำการทดลอง ns คือ ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

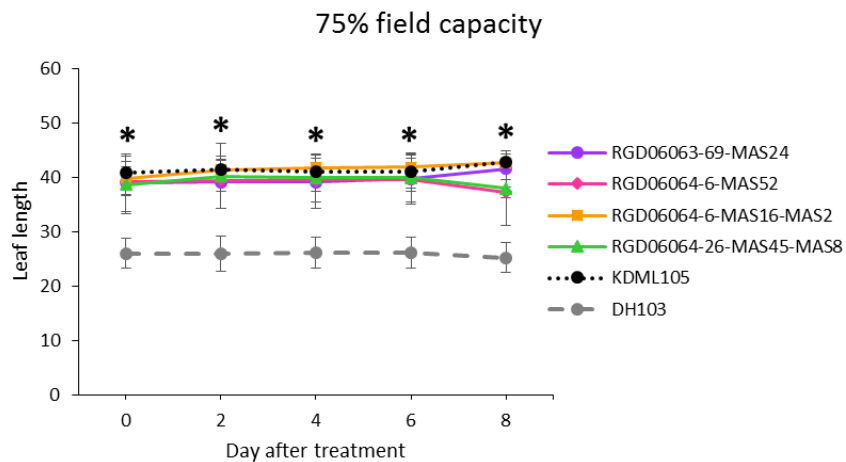
\*\* คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99%

condition	line	day after treatment	
		6	8
100% field capacity	RGD06063-69-MAS24	41.05 ± 1.66	40.37 ± 1.19
	RGD06064-6-MAS52	41.68 ± 2.65	42.07 ± 3.33
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	45.20 ± 4.17	43.37 ± 2.03
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	44.28 ± 3.76	43.50 ± 4.20
	KDML105	42.80 ± 3.51	40.97 ± 1.33
	DH103	25.75 ± 3.87	27.50 ± 3.08
75% field capacity	RGD06063-69-MAS24	39.83 ± 4.79	41.67 ± 3.33
	RGD06064-6-MAS52	39.70 ± 2.14	37.37 ± 6.15
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	41.95 ± 1.58	42.77 ± 0.86
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	39.98 ± 4.38	38.00 ± 1.65
	KDML105	41.10 ± 3.05	42.87 ± 1.50
	DH103	26.18 ± 2.81	25.30 ± 2.71
50% field capacity	RGD06063-69-MAS24	37.33 ± 2.59	36.63 ± 2.70
	RGD06064-6-MAS52	40.98 ± 2.94	41.80 ± 3.85
	RGD06064-6-MAS16-MAS2	40.93 ± 7.87	40.37 ± 9.32
	RGD06064-26-MAS45-MAS8	40.80 ± 3.43	39.40 ± 3.01
	KDML105	39.58 ± 2.51	35.37 ± 9.00
	DH103	19.65 ± 13.43	22.40 ± 7.72
condition		ns	ns
line		**	**
condition * line		ns	ns



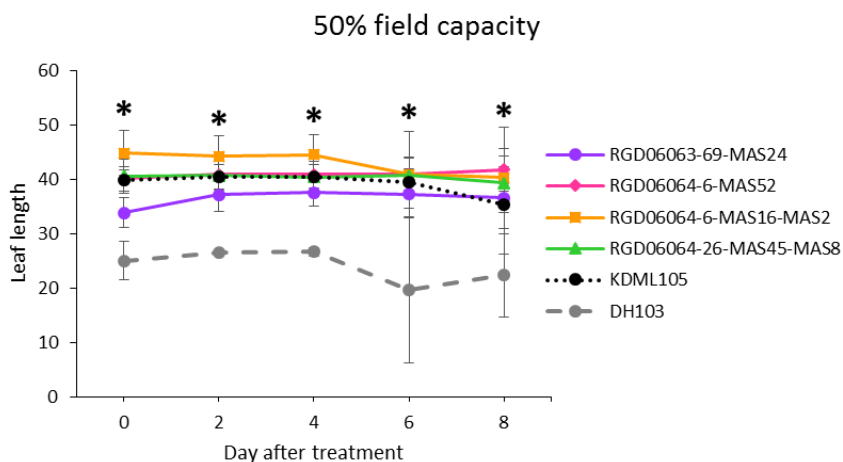
**ภาพที่ 50** ค่าเฉลี่ยความยาวใบ (leaf length) ของข้าวทุกสายพันธุ์ ที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity ในวันที่ 0, 2, 4, 6 และ 8 หลังจากเริ่มทำการทดลอง

เครื่องหมาย \* แสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างข้าวแต่ละสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



**ภาพที่ 51** ค่าเฉลี่ยความยาวใบ (leaf length) ของข้าวทุกสายพันธุ์ ที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity ในวันที่ 0, 2, 4, 6 และ 8 หลังจากเริ่มทำการทดลอง

เครื่องหมาย \* แสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างข้าวแต่ละสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 52 ค่าเฉลี่ยความยาวใบ (leaf length) ของข้าวทุกสายพันธุ์ ที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity ในวันที่ 0, 2, 4, 6 และ 8 หลังจากเริ่มทำการทดลอง เครื่องหมาย \* แสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างข้าวแต่ละสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

## 2.12 ความสัมพันธ์ของลักษณะการตอบสนองทางสรีรวิทยาของข้าว

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่างๆ พบว่า บางลักษณะมีความสัมพันธ์กัน ดังนี้ ค่าความสามารถในการรักษาเอียร์ภาพของเยื่อหุ้มเซลล์มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำสัมพัทธ์ภายในเซลล์ คลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของข้าว นอกจากนี้ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ภายในเซลล์มีความสัมพันธ์กับค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ ดัชนีการคงความเขียวและน้ำหนักสดของข้าว ส่วนค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์มีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีการคงความเขียว และพบว่า น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และอัตราส่วนรากต่อลำต้นมีความสัมพันธ์กัน (ตารางที่ 16)



**ตารางที่ 16** ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ คลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ ดัชนีการคงความเขียว น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และอัตราส่วนรากต่อลำต้นของข้าว

\* คือ มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

\*\* คือ มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99%

		CMS	RWC	fvfm	Spad	FW	DW	r/s ratio
CMS	Pearson Correlation	1						
	Sig. (2-tailed)							
	N	271						
RWC	Pearson Correlation	.625**	1					
	Sig. (2-tailed)	0						
	N	271	273					
fvfm	Pearson Correlation	.380**	.368**	1				
	Sig. (2-tailed)	0	0					
	N	267	269	284				
Spad	Pearson Correlation	0.053	.207**	.406**	1			
	Sig. (2-tailed)	0.394	0.001	0				
	N	266	268	279	283			

**ตารางที่ 16 (ต่อ)** ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ คลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ ดัชนีการคงความเขียว น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และ อัตราส่วนรากต่อลำต้นของข้าว

\* คือ มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

\*\* คือ มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99%

		CMS	RWC	fvfm	Spad	FW	DW	r/s ratio
FW	Pearson							
	Correlation	.264**	.141*	0.093	-0.01	1		
	Sig. (2-tailed)	0	0.021	0.13	0.867			
	N	268	270	267	266	271		
DW	Pearson				-			
	Correlation	.181**	0.025	0.031	0.058	.854**	1	
	Sig. (2-tailed)	0.003	0.679	0.615	0.346	0		
	N	269	271	268	267	271	272	
r/s ratio	Pearson					-	-	
	Correlation	-0.086	0.034	0.062	0.03	.539**	.650**	1
	Sig. (2-tailed)	0.159	0.574	0.31	0.62	0	0	
	N	271	273	272	271	271	272	276

## บทที่ 5

### อภิปรายผลการทดลอง และสรุปผลการทดลอง

#### 1. การศึกษา field capacity ของดินที่ใช้ในการทดลอง

จากการสังเกตการตอบสนองต่อภาวะแล้งระดับ 50% field capacity และ 25% field capacity ของต้นข้าวเพื่อศึกษาภาวะแล้งที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการศึกษาในขั้นต่อไป พบว่า ภาวะแล้งทั้ง 2 ระดับ จัดเป็นภาวะแล้งระดับสูง (severe drought stress) ซึ่งสามารถสังเกตได้จากการตอบสนองของข้าวต่อภาวะแล้ง โดยมีการแสดงการม้วนของใบ ตั้งแต่ระดับที่ 3 ถึงระดับที่ 5 โดยภาวะแล้งระดับ 50% field capacity ทำให้ใบข้าวม้วนที่ระดับสูงสุด คือระดับ 4 หลังจากนั้นจึงเริ่มคลายใบ โดยภาวะแล้งระดับ 50% field capacity ไม่ทำให้ต้นข้าวสูญเสียความมีชีวิต ในขณะที่ภาวะแล้งระดับ 25% field capacity นั้น ส่งผลทำให้เกิดการแห้งของใบอย่างรวดเร็วและนำไปสู่การสูญเสียความมีชีวิตของต้นข้าวตั้งแต่วันที่ 6 หลังจากได้รับภาวะแล้ง โดยมีการศึกษาพบว่า ปริมาณน้ำในดินสามารถส่งผลต่อข้าวทำให้เกิดการม้วนของใบ และเมื่อใบข้าวได้รับน้ำไม่เพียงพอเป็นระยะเวลาสั้น สามารถทำให้เกิดการแห้งของใบ และนำไปสู่การสูญเสียความมีชีวิตได้ (Hsiao และคณะ, 1984; Kadioglu และคณะ, 2012) แสดงว่า ภาวะแล้งระดับ 25% field capacity เป็นภาวะแล้งที่ไม่เหมาะสมในการทดลองเพื่อศึกษาผลของภาวะแล้งต่อลักษณะทางสรีรวิทยาของข้าวที่มีพื้นฐานทางพันธุกรรมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และมีอินทน์แล้งอยู่บนโครโมโซมที่ 8 เนื่องจากเป็นภาวะแล้งที่มีความรุนแรงมากเกินไป สามารถส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาของต้นข้าว ซึ่งอาจทำให้ต้นข้าวสูญเสียความมีชีวิตระหว่างการทดลองได้ ดังนั้น ภาวะแล้งระดับ 50% field capacity จึงเป็นภาวะแล้งที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป โดยกำหนดให้ภาวะแล้งระดับ 50% field capacity เป็นภาวะแล้งระดับสูง และสำหรับภาวะแล้งระดับกลาง (mild drought stress) ให้มีระดับน้ำในดินเท่ากับ 75% field capacity

## 2. การศึกษาผลของภาวะแล้งที่มีต่อลักษณะทางสรีรวิทยาของข้าวที่มีพื้นฐานทางพันธุกรรมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และมียีนทนแล้งอยู่บนโครโมโซมที่ 8

ระดับภาวะแล้งที่ต้นข้าวได้รับในชุดการทดลองควบคุม (100% field capacity) และชุดการทดลองที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity นั้น เป็นไปตามที่กำหนด แต่สำหรับชุดการทดลองที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity นั้น มีปริมาณน้ำในดินสูงกว่าที่กำหนดไว้เล็กน้อย แต่อย่างไรก็ตาม ข้าวที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity ซึ่งถือว่าเป็นภาวะแล้งระดับสูง ยังคงมีการแสดงการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อภาวะแล้ง ซึ่งสามารถจำแนกความแตกต่างของความสามารถในการทนแล้งของข้าวแต่ละสายพันธุ์ออกจากกันได้ ส่วนข้าวที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity หรือภาวะแล้งระดับกลางนั้น แสดงการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อภาวะแล้งไม่แตกต่างจากชุดควบคุมที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity ดังนี้

ลักษณะการคงความเขียวของพืชเป็นลักษณะทางสรีรวิทยาที่สำคัญที่ใช้ในการประเมินความสามารถในการทนแล้งของพืชอย่างกว้างขวาง ทั้งในข้าวโพดและข้าวฟ่าง (Walulu และคณะ, 1994; van Oosterom และคณะ, 1996) จากการศึกษาลักษณะการคงความเขียวของข้าวในงานวิจัยนี้ โดยการให้คะแนนการคงความเขียวของข้าวทั้งต้นและการวัดความเขียวจากค่าดัชนีการคงความเขียวของใบอ่อนที่สุดที่แผ่ขยายเต็มที่ (youngest fully expanded leaf) พบว่า ภาวะปกติ (100% field capacity) และภาวะแล้งระดับ 75% field capacity ไม่ส่งผลต่อความสามารถในการคงความเขียวของข้าว แต่เมื่อข้าวได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity พบว่า ข้าวทุกสายพันธุ์มีความสามารถในการคงความเขียวของทั้งต้นและความสามารถในการคงความเขียวของใบอ่อนที่สุดที่แผ่ขยายเต็มที่ลดลง และไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวของทั้งต้นและค่าเฉลี่ยดัชนีการคงความเขียวของใบอ่อนที่สุดที่แผ่ขยายเต็มที่ โดยมีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.1486 ซึ่งแตกต่างกับงานวิจัยที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการคงความเขียวและดัชนีการคงความเขียวของข้าวฟ่างในระยะออกดอก โดยพบว่าค่าทั้ง 2 นี้ มีความสัมพันธ์กันและสามารถใช้แทนกันได้ (Xu และคณะ, 2000) แสดงว่า ชนิดของพืชและระยะการเจริญเติบโตของพืชที่แตกต่างกัน มีผลต่อความสามารถในการรักษาความเขียวของต้นและใบที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม ทั้งคะแนนการคงความเขียวและค่าดัชนีการคงความเขียว ยังไม่สามารถใช้ในการประเมินความสามารถในการทนแล้งของประชากรข้าว CSSLs ที่มีพื้นฐานทางพันธุกรรมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และมียีนทนแล้งบนโครโมโซมที่ 8 ได้ เนื่องจากการตอบสนองต่อภาวะแล้งของข้าวแต่ละสายพันธุ์ยังไม่ชัดเจนเพียงพอที่จะใช้จำแนกความแตกต่างของความสามารถในการคงความเขียวของข้าวเมื่อได้รับภาวะแล้งได้นอกจากนี้ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และประชากรข้าว CSSLs มีความสามารถในการคงความเขียวไม่แตกต่างกันเมื่อได้รับภาวะแล้ง

คลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์เป็นค่าที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพการทำงานของ photosystem II ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์สามารถใช้ประเมินความสามารถในการทนแล้งของพืชได้ ซึ่งมีการศึกษาการเกิดคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ของพืชต่างๆ เมื่อได้รับความเครียดจากปัจจัยภายนอกต่างๆ เช่น ภาวะแล้ง ภาวะเค็ม ภาวะอุณหภูมิสูง เป็นต้น โดยพบว่า พืชที่มีความสามารถในการทนต่อความเครียดจากปัจจัยภายนอกได้ดีจะมีค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ประมาณ 0.8 (Baker และ Rosenqvist, 2004) ซึ่งในงานวิจัยนี้ เมื่อศึกษาผลของภาวะแล้งต่อการเกิดคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ของข้าวในภาวะปกติ (100% field capacity) และภาวะแล้งระดับ 75% field capacity ค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ไม่มีความแตกต่างกัน โดยมีค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ประมาณ 0.8 หมายความว่า ภาวะแล้งระดับ 75% field capacity ไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อ photosystem II ซึ่งผลการทดลองนี้คล้ายงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่มีการศึกษาการเกิดคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ของใบของต้นหลิว พบว่า ภาวะแล้งระดับกลางไม่ส่งผลต่อความเสียหายของ photosystem II (Ogren และ Oquist, 1985; Ögren, 1990) ในขณะที่ภาวะแล้งระดับ 50% field capacity เป็นภาวะแล้งที่ทำให้ค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ของข้าวบางสายพันธุ์ลดลง ยกเว้นสายพันธุ์ RGD06064-6-MAS52 และ DH103 ที่มีการเกิดคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ปกติตลอดการทดลอง แสดงว่า ข้าวบางสายพันธุ์ที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity มีการเกิดความเสียหายต่อ photosystem II โดยความเสียหายนี้อาจเกิดจากการเพิ่มขึ้นของ ROS ภายในเซลล์ เมื่อได้รับภาวะแล้ง ส่งผลให้เกิดการทำลายโครงสร้างของโปรตีน D1 ซึ่งเป็นองค์ประกอบของ photosystem II ทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของ photosystem II ลดลง และทำให้กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลงด้วย (Pieters และ El Souki, 2005; Batra และคณะ, 2014) ซึ่งข้าวสายพันธุ์ RGD06064-6-MAS52 และสายพันธุ์ DH103 มีกระบวนการรักษาประสิทธิภาพของ photosystem II ได้ดีกว่าข้าวสายพันธุ์อื่นๆ รวมทั้งข้าวพันธุ์ KDML105 ด้วย ซึ่งบ่งชี้ว่าข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์นี้มีความสามารถในการทนแล้งมากกว่าข้าวสายพันธุ์อื่นๆ

ความสามารถในการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์สามารถประเมินได้จากการเกิดความเสียหายของเยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งความเสียหายนี้ทำให้เกิดการรั่วไหลของไอออน (electrolyte leakage) ออกมาภายนอกเซลล์ มีการศึกษาพบว่า การมีความสามารถในการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane stability) สูง สามารถส่งผลทำให้พืชมีความสามารถในการทนแล้งสูงด้วย (Venkateswarlu และ Ramesh, 1993) จากการศึกษาความสามารถในการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ของข้าว พบว่า ภาวะแล้งระดับกลาง (75% field capacity) ไม่มีผลต่อการเกิดความเสียหายของเยื่อหุ้มเซลล์ของข้าวเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ได้รับน้ำระดับ 100% field capacity ในขณะที่ภาวะแล้งระดับสูง (50% field capacity) ส่งผลให้เกิดความเสียหายของเยื่อหุ้มเซลล์ของข้าวทุกสายพันธุ์ เมื่อข้าวได้รับภาวะแล้งเป็นระยะเวลาตั้งแต่ 6 วันขึ้นไป ทำให้ค่าความสามารถในการรักษา

เสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ลดลง อย่างไรก็ตาม ค่าความสามารถในการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ยังไม่สามารถใช้ในการจำแนกความสามารถในการทนแล้งของข้าวแต่ละสายพันธุ์ได้ โดยมีงานวิจัยที่ศึกษาผลของภาวะแล้งต่อการเกิดความเสียหายของเยื่อหุ้มเซลล์ของ *Arabidopsis thaliana* พบว่า ความเสียหายของเยื่อหุ้มเซลล์จะเกิดขึ้นเมื่อพืชได้รับภาวะแล้งระดับสูงเป็นระยะเวลาเวลานาน (GIGON และคณะ, 2004) ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาการเกิดความเสียหายของเยื่อหุ้มเซลล์ของข้าวเมื่อได้รับภาวะแล้งในงานวิจัยนี้ยังไม่เพียงพอ อาจจำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการทดลองเพิ่มมากขึ้น เพื่อให้เห็นผลการทดลองที่ชัดเจนขึ้น

การรักษาปริมาณน้ำภายในเซลล์พืชเป็นอีกลักษณะหนึ่งที่ทำให้พืชมีความสามารถในการทนแล้งได้ดี (González และ González-Vilar, 2001) โดยมีการศึกษาในข้าวฟ่างและข้าว พบว่า ภาวะแล้งทำให้ปริมาณน้ำภายในเซลล์พืชลดลง (Farooq และคณะ, 2009) จากการศึกษาผลของภาวะแล้งต่อปริมาณน้ำสัมพัทธ์ภายในใบข้าวในงานวิจัยนี้ พบว่า ภาวะปกติที่ข้าวได้รับน้ำระดับ 100% field capacity และภาวะแล้งระดับกลาง (75% field capacity) ไม่มีผลต่อปริมาณน้ำสัมพัทธ์ภายในเซลล์ของใบข้าว แต่ภาวะแล้งระดับสูง (50% field capacity) มีผลต่อปริมาณน้ำสัมพัทธ์ภายในเซลล์ของใบข้าว ทำให้ข้าวที่ได้รับภาวะแล้งระดับนี้มีปริมาณน้ำสัมพัทธ์ภายในใบลดลง จากผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ข้าวทุกสายพันธุ์มีการตอบสนองต่อภาวะแล้งได้ดีในระดับหนึ่ง โดยมีการรักษาปริมาณน้ำภายในเซลล์ได้ดีเมื่อได้รับภาวะแล้งระดับกลาง แต่เมื่อได้รับภาวะแล้งระดับสูง (50% field capacity) ข้าวสายพันธุ์ที่มีความสามารถในการทนต่อภาวะแล้งได้ดีกว่าจะมีการรักษาปริมาณน้ำสัมพัทธ์ภายในเซลล์ได้ดีกว่าข้าวสายพันธุ์อื่นๆ ซึ่งข้าวที่มีความสามารถในการรักษาปริมาณน้ำสัมพัทธ์ภายในเซลล์ได้ดีเมื่อได้รับภาวะแล้งระดับสูงคือ ข้าวสายพันธุ์ RGD06064-6-MAS52 โดยมีปริมาณน้ำสัมพัทธ์ภายในใบในระดับเดียวกับสายพันธุ์ DH103 ซึ่งเป็นสายพันธุ์ข้าวทนแล้ง และข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์นี้มีปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบที่สูงกว่าข้าวพันธุ์ KDML105 แสดงว่าข้าวสายพันธุ์ RGD06064-6-MAS52 และสายพันธุ์ DH103 มีความสามารถในการรักษาปริมาณน้ำสัมพัทธ์ภายในเซลล์ได้ดีกว่าพันธุ์ KDML105 ซึ่งอาจเป็นลักษณะหนึ่งที่ทำให้ข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์นี้มีความสามารถในการทนต่อภาวะแล้งได้ดีกว่าข้าวพันธุ์ KDML105 โดยความสามารถในการรักษาปริมาณน้ำสัมพัทธ์ที่ดีเมื่อได้รับภาวะแล้งอาจเกิดจากกระบวนการ osmotic adjustment โดยมีการสะสมสาร osmolites ต่างๆ เพื่อให้สามารถแพร่เข้ามาภายในเซลล์ของใบข้าวได้ (Farooq และคณะ, 2009)

การม้วนของใบข้าวเป็นลักษณะที่เกิดขึ้นเมื่อข้าวมีปริมาณน้ำภายในใบลดลง ซึ่งเกิดจาก bulliform cell ที่พบในใบข้าวสูญเสียแรงตึง (turgor pressure) ทำให้เซลล์มีขนาดเล็กลง (O'Toole J และ Cruz, 1980) โดยการสูญเสียน้ำภายในเซลล์เกิดขึ้นจากหลายปัจจัย เช่น ภาวะแล้ง ภาวะอุณหภูมิสูง และภาวะความเข้มแสงสูง (Kadioglu และ Terzi, 2007) ซึ่งในการศึกษาผลของภาวะ

แล้งต่อคะแนนการม้วนของใบ พบว่าข้าวสายพันธุ์ DH103 แสดงการม้วนของใบมากกว่าข้าวสายพันธุ์อื่นๆ ทั้งในภาวะปกติและภาวะแล้งระดับ 75% field capacity ซึ่งอาจเกิดจากขณะทำการทดลอง มีปัจจัยภายนอกอื่นๆ เช่น อุณหภูมิสูงที่ส่งผลทำให้เกิดความเครียด ทำให้ข้าวสายพันธุ์ DH103 แสดงการตอบสนองต่อภาวะเครียดนั้นๆ โดยการม้วนใบ ในขณะที่ข้าวสายพันธุ์อื่นๆ ไม่แสดงการตอบสนอง การที่ข้าวสายพันธุ์ DH103 เกิดการตอบสนองต่อความเครียดจากปัจจัยภายนอกที่รวดเร็ว อาจเป็นลักษณะหนึ่งที่ทำให้ข้าวสายพันธุ์นี้มีความสามารถในการทนต่อภาวะแล้งได้ดีกว่าข้าวสายพันธุ์อื่นๆ เนื่องจากเมื่อเกิดการม้วนของใบ ข้าวสามารถลดพื้นที่ในการเผชิญกับความเข้มแสงที่สูงได้ และทำให้ความชื้นบริเวณปากใบสูงกว่าความชื้นในอากาศ ดังนั้นการม้วนของใบจึงสามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำจากการคายน้ำทางปากใบได้ (Begg, 1980; Kadioglu และ Terzi, 2007) โดยพบว่าประชากรข้าว CSSLs ที่มียีนทนแล้งบนโครโมโซมที่ 8 นั้น ไม่ได้รับการถ่ายทอดลักษณะนี้จากข้าวสายพันธุ์ DH103 ส่วนภาวะแล้งระดับ 50% field capacity พบว่าข้าวทุกสายพันธุ์มีการม้วนของใบเพิ่มขึ้น ซึ่งข้าวสายพันธุ์ RGD06064-6-MAS52 และสายพันธุ์ RGD06064-26-MAS45-MAS8 เป็นสายพันธุ์ที่เกิดการม้วนของใบน้อยกว่าข้าวสายพันธุ์อื่นๆ อย่างไรก็ตามลักษณะการม้วนของใบนั้นไม่เหมาะสมในการใช้จำแนกความสามารถในการทนแล้งของข้าวกลุ่มนี้ได้ เนื่องจากลักษณะการม้วนของใบของข้าวแต่ละสายพันธุ์เมื่อได้รับภาวะแล้งยังไม่ชัดเจน

มีการศึกษาพบว่า ข้าวที่มีความสามารถในการทนแล้งสูงจะไม่เกิดการม้วนของใบและการแห้งของใบเมื่อได้รับภาวะแล้ง (Bunnag และ Pongthai, 2013) โดยตรงกับลักษณะการม้วนใบและการแห้งของใบข้าวสายพันธุ์ RGD06064-6-MAS52 ที่มีคะแนนการม้วนใบและคะแนนการแห้งของใบระดับต่ำ เมื่อได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity และ 50% field capacity แสดงว่าข้าวสายพันธุ์ RGD06064-6-MAS52 มีความสามารถในการทนแล้งที่ดี แตกต่างข้าวสายพันธุ์ DH103 ซึ่งเป็นสายพันธุ์ข้าวทนแล้งที่มีลักษณะการม้วนใบมากกว่าข้าวสายพันธุ์อื่นๆ แต่มีคะแนนการแห้งของใบต่ำ เมื่อได้รับภาวะแล้ง ซึ่งลักษณะการตอบสนองต่อภาวะแล้งของการม้วนใบและการแห้งของใบของข้าวสายพันธุ์ DH103 อาจเป็นลักษณะเฉพาะของข้าวสายพันธุ์นี้ ทั้งนี้ข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์มีการแห้งของใบน้อยกว่าพันธุ์ KDML105 ซึ่งเป็นลักษณะที่บ่งชี้ว่าข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์มีความสามารถในการทนแล้งได้ดีกว่าข้าวพันธุ์ KDML105

การเจริญเติบโตของพืชเป็นขั้นตอนที่สำคัญ ที่เกี่ยวข้องกับหลายปัจจัย เช่น การแบ่งเซลล์ การขยายขนาดของเซลล์ การเปลี่ยนแปลงเซลล์เพื่อไปทำหน้าที่ต่างๆ ลักษณะทางพันธุกรรม และการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อปัจจัยภายนอก เป็นต้น ซึ่งลักษณะการเจริญเติบโตของพืชเป็นลักษณะที่ไวต่อภาวะแล้ง เนื่องจากภาวะแล้งจะทำให้แรงดันเต่งของเซลล์ลดลง ส่งผลต่อการขยายขนาดของเซลล์และการเจริญเติบโต (Nonami, 1998; Taiz และ Zeiger, 2006) ซึ่งจากการศึกษาการเจริญเติบโตของข้าวเมื่อได้รับภาวะแล้ง โดยศึกษาจากน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และความยาวใบ

ของข้าวในงานวิจัยนี้ พบว่า มีความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของข้าวแต่ละสายพันธุ์สูง ซึ่งอาจเกิดจากลักษณะการตอบสนองต่อภาวะแล้งที่แตกต่างกันของข้าวแต่ละต้น กล่าวคือ แม้ว่าจะเป็นข้าวสายพันธุ์เดียวกันก็อาจมีความแตกต่างกันได้ ซึ่งข้าวที่ได้รับผลกระทบจากภาวะแล้งชัดเจนมากที่สุดคือข้าวพันธุ์ KDML105 ซึ่งมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งลดลงเมื่อได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity และ 50% field capacity และยังพบว่า ข้าวสายพันธุ์ DH103 มีน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และความยาวใบ ต่ำกว่าข้าวสายพันธุ์อื่นๆ แสดงว่าลักษณะทางพันธุกรรมของข้าวสายพันธุ์ DH103 ทำให้ข้าวสายพันธุ์นี้มีขนาดต้นเตี้ย และมีจำนวนใบน้อย ซึ่งอาจเป็นอีกลักษณะหนึ่งที่ทำให้ข้าวสายพันธุ์นี้มีความทนแล้งมากกว่าข้าวสายพันธุ์อื่นๆ นอกจากนี้ยังพบว่า ขณะเริ่มทำการทดลอง ข้าวสายพันธุ์ DH103 มีอัตราส่วนรากต่อลำต้นสูงกว่าข้าวสายพันธุ์อื่นๆ รองลงมาคือข้าวสายพันธุ์ RGD06064-6-MAS52 ซึ่งตรงกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่มีการศึกษาว่า พืชที่สามารถทนแล้งได้ดีจะมีการปรับตัวโดยลดจำนวนของใบและขนาดของใบเพื่อลดปริมาณการใช้น้ำและรักษาน้ำไว้ในเซลล์ให้ได้มากที่สุด นอกจากนี้ยังมีการเพิ่มความหนาแน่นและขนาดของราก เพื่อให้รากสามารถดูดซึมน้ำเข้ามาภายในต้นพืชได้มากที่สุด ทำให้ค่าอัตราส่วนรากต่อลำต้นมีค่าสูง (Kavar และคณะ, 2008; Farooq และคณะ, 2009) แต่เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลาเพิ่มขึ้น พบว่า ข้าวทุกสายพันธุ์มีค่าอัตราส่วนรากต่อลำต้นไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม ลักษณะการเจริญเติบโตของข้าว ทั้งน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และอัตราส่วนรากต่อลำต้นของข้าว ยังไม่ชัดเจนเพียงพอที่จะใช้จำแนกความสามารถในการทนแล้งของข้าวแต่ละสายพันธุ์ได้

และจากการศึกษาความยาวของใบอ่อนที่สุดที่แผ่ขยายเต็มที่ของข้าวทุกสายพันธุ์ ที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity และ 50% field capacity พบว่า ความยาวของใบที่วัดได้มาจากใบอ่อนที่สุดที่แผ่ขยายเต็มที่ซึ่งมีค่าคงที่ เนื่องจากจากใบอ่อนที่สุดที่แผ่ขยายเต็มที่ที่เป็นใบที่ไม่มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นแล้ว ซึ่งการศึกษาการเจริญเติบโตของใบจากใบอ่อนที่สุดที่ยังไม่เจริญเติบโตเต็มที่ จะทำให้เห็นความแตกต่างของความสามารถในการเจริญเติบโตภายใต้ภาวะแล้งได้ชัดเจนกว่า (IRRI, 1996) นอกจากนี้พบว่า ข้าวที่ได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity เป็นระยะเวลา 6 วัน เกิดการแห้งของใบและการฉีกขาดของปลายใบที่แห้ง ทำให้การวัดความยาวใบของใบอ่อนที่สุดที่แผ่ขยายเต็มที่ที่ไม่เหมาะสมที่จะใช้ในการศึกษาการตอบสนองต่อภาวะแล้งของข้าว

เมื่อทำการศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อภาวะแล้ง แสดงให้เห็นว่า ความสามารถในการรักษาปริมาณน้ำภายในเซลล์ของข้าวมีความสำคัญทำให้กระบวนการต่างๆ ภายในเซลล์เกิดขึ้นอย่างเป็นปกติ โดยมีความสัมพันธ์กับลักษณะการตอบสนองต่อภาวะแล้งอื่นๆ เช่น การป้องกันการเกิดความเสียหายของเยื่อหุ้มเซลล์ การรักษาประสิทธิภาพการทำงานของ PSII การรักษาปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบ และการเจริญเติบโต โดยมีความสัมพันธ์คล้ายกับงานวิจัยอื่นๆ เช่น Naghashzadeh (2014) ได้ทำการศึกษาพบว่า ปริมาณน้ำภายในเซลล์ที่ลดลงสามารถ



กระตุ้นให้มีการสะสม ROS ภายในเซลล์เพิ่มมากขึ้นทำให้เกิดความเสียหายต่อเยื่อหุ้มเซลล์ จึงมีการรั่วไหลของไอออนออกมาภายนอกเซลล์ ส่งผลให้ค่าความสามารถในการรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ลดลง นอกจากนี้ Kocheva และคณะ (2004) ได้ศึกษาเกี่ยวกับภาวะแล้งต่อการเกิดคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์พบว่า ปริมาณน้ำภายในเซลล์ที่ลดลงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของ PSII ส่งผลทำให้  $F_0$  และ  $F_m$  เปลี่ยนแปลง ค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ ( $F_v/F_m$ ) จึงมีค่าลดลง ดังนั้น พืชที่มีการตอบสนองต่อภาวะแล้งที่ดีจึงมีความสามารถในการรักษาปริมาณน้ำภายในเซลล์ไว้ได้ดี ไม่มีความเสียหายของเยื่อหุ้มเซลล์ และมีการทำงานของ PSII อย่างเป็นปกติ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวทำให้พืชไม่เกิดการเสื่อมถอยและไม่เกิดคลอโรฟิลล์ปกติ ซึ่งลักษณะการตอบสนองดังกล่าวทำให้การเจริญเติบโตของพืชเป็นไปอย่างปกติ (Singh และคณะ, 2014)

จากผลการทดลองดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า ประชากรข้าว CSSLs ที่มียีนทนแล้งบนโครโมโซมที่ 8 แต่ละสายพันธุ์มีลักษณะพันธุกรรมแตกต่างกัน ส่งผลทำให้มีการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อภาวะแล้งของข้าวแต่ละสายพันธุ์มีความแตกต่างกันด้วย โดยภาวะแล้งระดับ 50% field capacity เท่านั้นที่สามารถกระตุ้นให้ข้าวแสดงการตอบสนองต่อภาวะแล้งได้ ซึ่งข้าวสายพันธุ์ RG06064-6-MAS52 เป็นข้าว CSSL เพียงสายพันธุ์เดียวที่มีการตอบสนองต่อภาวะแล้งคล้ายข้าวสายพันธุ์ DH103 ซึ่งเป็นสายพันธุ์ทนแล้ง และลักษณะการตอบสนองต่อภาวะแล้งนี้ เป็นลักษณะที่แสดงถึงความสามารถในการทนต่อภาวะแล้งที่ดีกว่าข้าวพันธุ์ KDML105 ทั้งลักษณะการเกิดคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ คะแนนการแห้งของใบและปริมาณน้ำสัมพัทธ์ภายในใบข้าว ซึ่งบ่งชี้ว่ายีนทนแล้งบนโครโมโซมที่ 8 เกี่ยวข้องกับการควบคุมลักษณะการตอบสนองทางสรีรวิทยา คือความสามารถในการรักษาประสิทธิภาพของ photosystem II ความสามารถในการป้องกันการเกิดการแห้งของใบ และความสามารถในการรักษาปริมาณน้ำภายในเซลล์ของข้าวเมื่อได้รับภาวะแล้ง

## รายการอ้างอิง

- Adu, M. O., Sparkes, D. L., Parmar, A. and Yawson, D. O. 2011. 'Stay green' in wheat: comparative study of modern bread wheat and ancient wheat cultivars. **ARNP Journal of Agricultural and Biological Science** 6: 16-24.
- Araus, J. L., Slafer, G. A., Reynolds, M. P. and Royo, C. 2002. Plant breeding and drought in C3 cereals: what should we breed for? **Ann Bot** 89: 925-940.
- Ashraf, M., Akram, N. A., Al-Qurainy, F. and Foolad, M. R. 2011. Chapter five - Drought Tolerance: Roles of Organic Osmolytes, Growth Regulators, and Mineral Nutrients. in L. S. Donald. **Advances in Agronomy**. pp. 249-296. Academic Press.
- Bajji, M., Kinet, J.-M. and Lutts, S. 2002. The use of the electrolyte leakage method for assessing cell membrane stability as a water stress tolerance test in durum wheat. **Plant Growth Regulation** 36: 61-70.
- Baker, N. R. and Rosenqvist, E. 2004. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany** 55: 1607-1621.
- Batra, N. G., Sharma, V. and Kumari, N. 2014. Drought-induced changes in chlorophyll fluorescence, photosynthetic pigments, and thylakoid membrane proteins of *Vigna radiata*. **Journal of Plant Interactions** 9: 712-721.
- Begg, J. E. 1980. **Morphological adaptations of leaves to water stress**. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Borrás, L., Maddonni, G. A. and Otegui, M. E. 2003. Leaf senescence in maize hybrids: plant population, row spacing and kernel set effects. **Field Crops Research** 82: 13-26.
- Borrell, A. K., Hammer, G. L. and Henzell, R. G. 2000. Does Maintaining Green Leaf Area in Sorghum Improve Yield under Drought? II. Dry Matter Production and Yield. **Crop Science** 40: 1037-1048.

- Bunnag, S. and Pongthai, P. 2013. Selection of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars tolerant to drought stress at vegetative stage under field conditions. **American Journal of Plant Sciences** 4: 1701-1708.
- Faraloni, C., Cutino, I., Petruccelli, R., Leva, A. R., Lazzeri, S. and Torzillo, G. 2011. Chlorophyll fluorescence technique as a rapid tool for in vitro screening of olive cultivars (*Olea europaea* L.) tolerant to drought stress. **Environmental and Experimental Botany** 73: 49-56.
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. and Basra, S. M. A. 2009. Plant Drought Stress: Effects, Mechanisms and Management. in E. Lichtfouse, M. Navarrete, P. Debaeke, S. Véronique and C. Alberola. **Sustainable Agriculture**. 153-188. Springer Netherlands.
- Fukai, S., Pantuwan, G., Jongdee, B. and Cooper, M. 1999. Screening for drought resistance in rainfed lowland rice. **Field Crops Research** 64: 61-74.
- Giardi, M. T., Cona, A., Geiken, B., Kučera, T., Masojidek, J. and Mattoo, A. K. 1996. Long-term drought stress induces structural and functional reorganization of photosystem II. **Planta** 199: 118-125.
- GIGON, A., MATOS, A.-R., LAFFRAY, D., ZUILY-FODIL, Y. and PHAM-THI, A.-T. 2004. Effect of Drought Stress on Lipid Metabolism in the Leaves of *Arabidopsis thaliana* (Ecotype Columbia). **Annals of Botany** 94: 345-351.
- González, L. and González-Vilar, M. 2001. Determination of Relative Water Content. in M. Reigosa Roger. **Handbook of Plant Ecophysiology Techniques**. 207-212. Springer Netherlands.
- Hörtensteiner, S. 2009. Stay-green regulates chlorophyll and chlorophyll-binding protein degradation during senescence. **Trends in Plant Science** 14: 155-162.
- Hsiao, T. C., O'Toole, J. C., Yambao, E. B. and Turner, N. C. 1984. Influence of Osmotic Adjustment on Leaf Rolling and Tissue Death in Rice (*Oryza sativa* L.). **Plant Physiology** 75: 338-341.
- IRRI. 1996. **Standard evaluation system for rice**. Los Banos, Philippines: International Rice Research Institute.
- IRRI. 2015. **Oryza sativa**. <http://www.knowledgebank.irri.org/training/factsheets/item/oryza-sativa>. [5 June 2015].

- Kadioglu, A. and Terzi, R. 2007. A dehydration avoidance mechanism: Leaf rolling. **The Botanical Review** 73: 290-302.
- Kadioglu, A., Terzi, R., Saruhan, N. and Saglam, A. 2012. Current advances in the investigation of leaf rolling caused by biotic and abiotic stress factors. **Plant Science** 182: 42-48.
- Kamoshita, A., Babu, R. C., Boopathi, N. M. and Fukai, S. 2008. Phenotypic and genotypic analysis of drought-resistance traits for development of rice cultivars adapted to rainfed environments. **Field Crops Research** 109: 1-23.
- Kassahun, B., Bidinger, F. R., Hash, C. T. and Kuruvinashetti, M. S. 2010. Stay-green expression in early generation sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] QTL introgression lines. **Euphytica** 172: 351-362.
- Kavar, T., Maras, M., Kidrič, M., Šuštar-Vozlič, J. and Meglič, V. 2008. Identification of genes involved in the response of leaves of *Phaseolus vulgaris* to drought stress. **Molecular Breeding** 21: 159-172.
- Kocheva, K., Lambrev, P., Georgiev, G., Goltsev, V. and Karabaliev, M. 2004. Evaluation of chlorophyll fluorescence and membrane injury in the leaves of barley cultivars under osmotic stress. **Bioelectrochemistry** 63: 121-124.
- Kumar, S., Dwivedi, S. K., Singh, S. S., Jha, S. K., Lekshmy, S., Elanchezian, R., Singh, O. N. and Bhatt, B. P. 2014. Identification of drought tolerant rice genotypes by analysing drought tolerance indices and morpho-physiological traits. **SABRAO Journal of Breeding and Genetics** 46: 217-230.
- Lafitte, R. 2002. Relationship between leaf relative water content during reproductive stage water deficit and grain formation in rice. **Field Crops Research** 76: 165-174.
- Lambers, H., III, F. S. C. and Pons, T. L. 2008. **Plant Physiological Ecology**. Springer New York.
- Li, R.-h., Guo, P.-g., Michael, B., Stefania, G. and Salvatore, C. 2006. Evaluation of Chlorophyll Content and Fluorescence Parameters as Indicators of Drought Tolerance in Barley. **Agricultural Sciences in China** 5: 751-757.
- Maclean, J. L., Dawe, D. C., Hardy, B. and Hettel, G. P. (2002). Rice Almanac, Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute: 253.

- Manickavelu, A., Nadarajan, N., Ganesh, S. K., Gnanamalar, R. P. and Chandra Babu, R. 2006. Drought tolerance in rice: morphological and molecular genetic consideration. **Plant Growth Regulation** 50: 121-138.
- Maxwell, K. and Johnson, G. N. 2000. Chlorophyll fluorescence—a practical guide. **Journal of Experimental Botany** 51: 659-668.
- Messmer, R., Fracheboud, Y., Bänziger, M., Stamp, P. and Ribaut, J.-M. 2011. Drought stress and tropical maize: QTLs for leaf greenness, plant senescence, and root capacitance. **Field Crops Research** 124: 93-103.
- Munné-Bosch, S. and Alegre, L. 2004. Die and let live: leaf senescence contributes to plant survival under drought stress. **Functional Plant Biology** 31: 203-216.
- Naghashzadeh, M. 2014. Response of relative water content and cell membrane stability to mycorrhizal biofertilizer in maize. **Electronic Journal of Biology** 10: 68-72.
- Nguyen, T. T. T., Klueva, N., Chamareck, V., Aarti, A., Magpantay, G., Millena, A. C. M., Pathan, M. S. and Nguyen, H. T. 2004. Saturation mapping of QTL regions and identification of putative candidate genes for drought tolerance in rice. **Molecular Genetics and Genomics** 272: 35-46.
- Nonami, H. 1998. Plant water relations and control of cell elongation at low water potentials. **Journal of Plant Research** 111: 373-382.
- O'Toole J, C. and Cruz, R. T. 1980. Response of leaf water potential, stomatal resistance, and leaf rolling to water stress. **Plant Physiol** 65: 428-432.
- O'Toole, J. C., Cruz, R. T. and Singh, T. N. 1979. Leaf rolling and transpiration. **Plant Science Letters** 16: 111-114.
- Ögren, E. 1990. Evaluation of Chlorophyll Fluorescence as a Probe for Drought Stress in Willow Leaves. **Plant Physiology** 93: 1280-1285.
- Ogren, E. and Oquist, G. 1985. Effects of drought on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and photoinhibition susceptibility in intact willow leaves. **Planta** 166: 380-388.
- Pieters, A. J. and El Souki, S. 2005. Effects of drought during grain filling on PS II activity in rice. **Journal of Plant Physiology** 162: 903-911.

- Qi, W., Tan, H. and Zhai, H. 2006. [Photosynthetic characters and fluorescence parameters of different grape stocks under water stress]. **Ying Yong Sheng Tai Xue Bao** 17: 835-838.
- Reddy, B., Ramaiah, B., Kumar, A. A. and Reddy, P. S. 2007. Evaluation of sorghum genotypes for the stay-green trait and grain yield. **International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics** 3: 1-4.
- Saikumar, S., Kalmeshwer Gouda, P., Saiharini, A., Varma, C. M. K., Vineesha, O., Padmavathi, G. and Shenoy, V. V. 2014. Major QTL for enhancing rice grain yield under lowland reproductive drought stress identified using an *O. sativa/O. glaberrima* introgression line. **Field Crops Research** 163: 119-131.
- Sayed, O. H. 2003. Chlorophyll Fluorescence as a Tool in Cereal Crop Research. **Photosynthetica** 41: 321-330.
- Serraj, R., Kumar, A., McNally, K. L., Slamet-Loedin, I., Bruskiewich, R., Mauleon, R., Cairns, J. and Hijmans, R. J. 2009. Chapter 2 - Improvement of Drought Resistance in Rice. in L. S. Donald. **Advances in Agronomy**. pp. 41-99. Academic Press.
- Sharma, P., Jha, A. B., Dubey, R. S. and Pessarakli, M. 2012. Reactive Oxygen Species, Oxidative Damage, and Antioxidative Defense Mechanism in Plants under Stressful Conditions. **Journal of Botany** 2012: 1-26.
- Siangliw, J. L., Jongdee, B., Pantuwan, G. and Toojinda, T. 2007. Developing KDML105 Backcross Introgression Lines using Marker-Assisted Selection for QTLs Associated with Drought Tolerance in Rice. **ScienceAsia** 33: 207-214.
- Singh, N. P., Vaishali, S. K., Chand, P., Sirohi, A., Kumar, M. and Singh, J. 2014. Morpho-physiological characterization of wheat (*Triticum aestivum*) for Stay Green trait. **International Journal of Innovative Research in Technology** 1: 28-36.
- Smith, K. A. and Mullins, C. E. 2000. **Soil water content**. New York: Marcel Dekker.
- Sullivan, C. Y. and Ross, W. M. 1979. Selecting for drought and heat resistance in grain sorghum. in **Stress physiology in crop plants**. 263-281. New York: Wiley Interscience.
- Taiz, L. and Zeiger, E. 2006. **Plant Physiology**. 4 Sinauer Associates Inc. Massachusetts.

- Teulat, B., Monneveux, P., Wery, J., Borries, C., Souyris, I., Charrier, A. and This, D. 1997. Relationships between relative water content and growth parameters under water stress in barley: a QTL study. **New Phytologist** 137: 99-107.
- Tezara, W., Mitchell, V. J., Driscoll, S. D. and Lawlor, D. W. 1999. Water stress inhibits plant photosynthesis by decreasing coupling factor and ATP. **Nature** 401: 914-917.
- Tripathy, J. N., Zhang, J., Robin, S., Nguyen, T. T. and Nguyen, H. T. 2000. QTLs for cell-membrane stability mapped in rice (*Oryza sativa* L.) under drought stress. **Theoretical and Applied Genetics** 100: 1197-1202.
- van Oosterom, E. J., Jayachandran, R. and Bidinger, F. R. 1996. Diallel Analysis of the Stay-Green Trait and Its Components in Sorghum. **Crop Science** 36: 549-555.
- Venkateswarlu, B. and Ramesh, K. 1993. Cell membrane stability and biochemical response of cultured cells of groundnut under polyethylene glycol-induced water stress. **Plant Science** 90: 179-185.
- Walulu, R. S., Rosenow, D. T., Wester, D. B. and Nguyen, H. T. 1994. Inheritance of the Stay Green Trait in Sorghum. **Crop Science** 34: 970-972.
- Xu, W., Rosenow, D. T. and Nguyen, H. T. 2000. Stay green trait in grain sorghum: relationship between visual rating and leaf chlorophyll concentration. **Plant Breeding** 119: 365-367.
- Yoo, S. C., Cho, S. H., Zhang, H., Paik, H. C., Lee, C. H., Li, J., Yoo, J. H., Lee, B. W., Koh, H. J., Seo, H. S. and Paek, N. C. 2007. Quantitative trait loci associated with functional stay-green SNU-SG1 in rice. **Mol Cells** 24: 83-94.
- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2558. **การปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105**. <http://www.eto.ku.ac.th/neweto/e-book/plant/rice/rice.pdf>. [5 มิถุนายน 2558].
- ธีรยุทธ ตู๋จินดา, Jonaliza L. Siangliw, กาญจนา ปัญญาแหว และ ไหวพจน์ กันจู่. 2555. Development of single QTL near isogenic lines (NILs) of KDML105 for drought tolerance, **รายงานการวิจัยพัฒนาและวิศวกรรม**. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ. 109 หน้า
- นันทนา อังกินันท์ และ ศุภจิตรา ชัชวาลย์. 2543. **คู่มือปฏิบัติการสรีรวิทยาของพืช**. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย. 2557. **ผลผลิตข้าว**. [www.thairiceexporters.or.th/production.htm](http://www.thairiceexporters.or.th/production.htm).  
[10 ตุลาคม 2557].

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. **สถิติการส่งออกข้าว (รวม): ปริมาณและมูลค่าการส่งออก  
รายเดือน**. [http://www.oae.go.th/oae\\_report/export\\_import/export\\_result.php](http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php)  
[5 มิถุนายน 2558].

สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร. 2558. **ประวัติความเป็นมาของข้าว**.  
[http://kasetinfo.arda.or.th/arda/rice/?page\\_id=3#คุณลักษณะของข้าว](http://kasetinfo.arda.or.th/arda/rice/?page_id=3#คุณลักษณะของข้าว). [5 มิถุนายน  
2558].

สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว. 2557. **ข้าวขาวดอกมะลิ**.  
[http://www.brrd.in.th/rvdb/index.php?option=com\\_content&view=article&id=28:khao-dawk-mali-105&catid=30:photosensitive-lowland-rice&Itemid=53](http://www.brrd.in.th/rvdb/index.php?option=com_content&view=article&id=28:khao-dawk-mali-105&catid=30:photosensitive-lowland-rice&Itemid=53). [11  
พฤศจิกายน 2557].







ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**ตารางภาคผนวกที่ 1** ความเข้มแสง อุณหภูมิ และความชื้นในอากาศ ของวันที่ 0 หลังจากเริ่มทำการทดลอง (19 เมษายน 2557)

วันที่	เวลา	PAR, $\mu\text{E}$ (LGR S/N: 1175508, SEN S/N: 1179246)	Temp, $^{\circ}\text{F}$ (LGR S/N: 1175508, SEN S/N: 1190446)	RH, % (LGR S/N: 1175508, SEN S/N: 1190446)
19 เมษายน 2557	24.29	1.2	85.849	66.9
	24.59	1.2	85.667	66.9
	1.29	1.2	85.622	66.8
	1.59	1.2	85.262	66.8
	2.29	1.2	85.127	66.9
	2.59	1.2	85.082	67
	3.29	1.2	84.9	67
	3.59	1.2	84.9	67
	4.29	1.2	84.945	67.1
	4.59	1.2	84.99	67.1
	5.29	1.2	85.172	67.2
	5.59	1.2	85.082	67.3
	6.29	8.7	85.082	67.3
	6.59	36.2	85.487	67.3
	7.29	63.7	86.164	67.5
	7.59	98.7	86.844	67.5
	8.29	143.7	87.62	67.6
	8.59	253.7	89.546	67.6
	9.29	456.2	90.518	67.6
	9.59	448.7	89.962	67.7
10.29	658.7	92.763	67.8	
10.59	641.2	92.763	67.7	
11.29	611.2	93.045	67.8	
11.59	658.7	92.95	67.9	

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ) ความเข้มแสง อุณหภูมิ และความชื้นในอากาศ ของวันที่ 0 หลังจาก  
เริ่มทำการทดลอง (19 เมษายน 2557)

วันที่	เวลา	PAR, $\mu\text{E}$ (LGR S/N: 1175508, SEN S/N: 1179246)	Temp, $^{\circ}\text{F}$ (LGR S/N: 1175508, SEN S/N: 1190446)	RH, % (LGR S/N: 1175508, SEN S/N: 1190446)
19 เมษายน 2557	12.29	901.2	93.659	67.8
	12.59	788.7	95.23	67.8
	13.29	796.2	94.705	67.8
	13.59	778.7	95.23	67.8
	14.29	771.2	95.662	67.8
	14.59	698.7	96.145	67.8
	15.29	583.7	97.5	67.7
	15.59	443.7	96.435	67.7
	16.29	311.2	95.472	67.6
	16.59	216.2	93.754	67.6
	17.29	138.7	91.776	67.5
	17.59	53.7	89.823	67.4
	18.29	8.7	88.718	67.4
	18.59	1.2	88.351	67.3
	19.29	1.2	87.847	67.3
	19.59	1.2	87.118	67.2
	20.29	1.2	86.981	67.2
	20.59	1.2	86.709	67.1
	21.29	1.2	86.437	67.1
	21.59	1.2	86.164	67.1
22.29	1.2	85.894	67.1	
22.59	1.2	85.712	67.1	
23.29	1.2	85.667	67.1	
23.59	1.2	85.667	67.1	

**ตารางภาคผนวกที่ 2** ความเข้มแสง อุณหภูมิ และความชื้นในอากาศ ของวันที่ 3 หลังจากเริ่มทำการทดลอง (22 เมษายน 2557)

วันที่	เวลา	PAR, $\mu\text{E}$ (LGR S/N: 1175508, SEN S/N: 1179246)	Temp, $^{\circ}\text{F}$ (LGR S/N: 1175508, SEN S/N: 1190446)	RH, % (LGR S/N: 1175508, SEN S/N: 1190446)
22 เมษายน 2557	24.29	1.2	85.757	64.6
	24.59	1.2	85.532	64.6
	1.29	1.2	85.352	64.6
	1.59	1.2	85.352	64.6
	2.29	1.2	85.082	64.6
	2.59	1.2	84.9	64.7
	3.29	1.2	84.677	64.7
	3.59	1.2	84.542	64.7
	4.29	1.2	84.497	64.8
	4.59	1.2	84.452	64.8
	5.29	1.2	84.407	64.9
	5.59	1.2	84.452	65
	6.29	13.7	84.722	65
	6.59	53.7	85.442	65.2
	7.29	88.7	86.301	65.2
	7.59	126.2	87.255	65.2
	8.29	161.2	88.671	65.3
	8.59	178.7	89.132	65.3
	9.29	471.2	92.809	65.4
	9.59	558.7	93.139	65.4
10.29	751.2	94.563	65.5	
10.59	971.2	95.855	65.5	
11.29	976.2	95.952	65.5	
11.59	1026.2	97.257	65.5	

ตารางภาคผนวกที่ 2 (ต่อ) ความเข้มแสง อุณหภูมิ และความชื้นในอากาศ ของวันที่ 3 หลังจาก  
เริ่มทำการทดลอง (22 เมษายน 2557)

วันที่	เวลา	PAR, $\mu\text{E}$ (LGR S/N: 1175508, SEN S/N: 1179246)	Temp, $^{\circ}\text{F}$ (LGR S/N: 1175508, SEN S/N: 1190446)	RH, % (LGR S/N: 1175508, SEN S/N: 1190446)
22 เมษายน 2557	12.29	1028.7	97.696	65.5
	12.59	1058.7	96.289	65.5
	13.29	1081.2	97.16	65.5
	13.59	988.7	97.16	65.4
	14.29	871.2	98.38	65.4
	14.59	753.7	99.167	65.3
	15.29	571.2	98.872	65.2
	15.59	441.2	96.87	65.1
	16.29	281.2	94.944	65.1
	16.59	241.2	95.616	65
	17.29	243.7	95.184	64.9
	17.59	103.7	93.375	64.7
	18.29	28.7	92.104	64.6
	18.59	1.2	90.424	64.5
	19.29	1.2	89.132	64.5
	19.59	1.2	88.902	64.4
	20.29	1.2	88.214	64.3
	20.59	1.2	87.847	64.3
	21.29	1.2	87.62	64.3
	21.59	1.2	87.391	64.2
22.29	1.2	87.21	64.2	
22.59	1.2	86.981	64.1	
23.29	1.2	86.754	64.1	
23.59	1.2	86.572	64.2	

**ตารางภาคผนวกที่ 3** ความเข้มแสง อุณหภูมิ และความชื้นในอากาศ ของวันที่ 6 หลังจากเริ่มทำการทดลอง (25 เมษายน 2557)

วันที่	เวลา	PAR, $\mu\text{E}$ (LGR S/N: 1175508, SEN S/N: 1179246)	Temp, $^{\circ}\text{F}$ (LGR S/N: 1175508, SEN S/N: 1190446)	RH, % (LGR S/N: 1175508, SEN S/N: 1190446)
25 เมษายน 2557	24.29	1.2	86.164	67.7
	24.59	1.2	85.984	67.8
	1.29	1.2	85.622	67.9
	1.59	1.2	85.397	67.9
	2.29	1.2	85.307	68.1
	2.59	1.2	85.217	68.1
	3.29	1.2	84.9	68.1
	3.59	1.2	84.632	68.1
	4.29	1.2	84.542	68
	4.59	1.2	84.317	68.1
	5.29	1.2	84.362	68.2
	5.59	1.2	84.632	68.2
	6.29	16.2	84.9	68.3
	6.59	53.7	85.802	68.3
	7.29	91.2	86.936	68.4
	7.59	141.2	88.579	68.4
	8.29	188.7	88.671	68.5
	8.59	213.7	90.055	68.5
	9.29	391.2	94.753	68.6
	9.59	693.7	97.696	68.5
10.29	796.2	98.283	68.5	
10.59	888.7	100.159	68.4	
11.29	933.7	101.962	68.3	
11.59	831.2	99.959	68.3	

ตารางภาคผนวกที่ 3 (ต่อ) ความเข้มแสง อุณหภูมิ และความชื้นในอากาศ ของวันที่ 6 หลังจาก  
เริ่มทำการทดลอง (25 เมษายน 2557)

วันที่	เวลา	PAR, $\mu\text{E}$ (LGR S/N: 1175508, SEN S/N: 1179246)	Temp, $^{\circ}\text{F}$ (LGR S/N: 1175508, SEN S/N: 1190446)	RH, % (LGR S/N: 1175508, SEN S/N: 1190446)
25 เมษายน 2557	12.29	991.2	101.107	68.2
	12.59	1018.7	99.019	68.1
	13.29	963.7	99.662	68
	13.59	981.2	103.129	67.8
	14.29	801.2	101.208	67.6
	14.59	691.2	99.662	67.5
	15.29	608.7	98.823	67.3
	15.59	498.7	98.92	67.2
	16.29	381.2	97.403	67
	16.59	283.7	96.048	66.9
	17.29	308.7	96.337	66.7
	17.59	141.2	92.856	66.5
	18.29	26.2	90.797	66.4
	18.59	1.2	89.823	66.3
	19.29	1.2	89.04	66.2
	19.59	1.2	89.04	66
	20.29	1.2	88.488	66
	20.59	1.2	87.62	65.9
	21.29	1.2	87.436	65.8
	21.59	1.2	87.436	65.8
22.29	1.2	87.073	65.8	
22.59	1.2	86.799	65.7	
23.29	1.2	86.572	65.7	
23.59	1.2	86.391	65.7	

**ตารางภาคผนวกที่ 4** ความเข้มแสง อุณหภูมิ และความชื้นในอากาศ ของวันที่ 6 หลังจากเริ่มทำการทดลอง (28 เมษายน 2557)

วันที่	เวลา	PAR, $\mu\text{E}$ (LGR S/N: 1175508, SEN S/N: 1179246)	Temp, $^{\circ}\text{F}$ (LGR S/N: 1175508, SEN S/N: 1190446)	RH, % (LGR S/N: 1175508, SEN S/N: 1190446)
28 เมษายน 2557	12.29	1.2	86.391	63.6
	12.59	1.2	86.164	63.6
	1.29	1.2	86.074	63.5
	1.59	1.2	85.849	63.6
	2.29	1.2	85.802	63.6
	2.59	1.2	85.849	63.7
	3.29	1.2	85.894	63.7
	3.59	1.2	85.802	63.7
	4.29	1.2	85.802	63.8
	4.59	1.2	85.757	63.9
	5.29	1.2	85.757	64
	5.59	1.2	85.622	64
	6.29	13.7	85.894	64.1
	6.59	46.2	86.754	64.2
	7.29	93.7	88.259	64.2
	7.59	186.2	89.132	64.3
	8.29	131.2	89.132	64.4
	8.59	188.7	90.797	64.5
	9.29	321.2	93.612	64.5
	9.59	726.2	96.822	64.4
10.29	821.2	98.676	64.5	
10.59	818.7	98.184	64.5	
11.29	696.2	101.158	64.4	
11.59	603.7	97.403	64.5	



ตารางภาคผนวกที่ 4 (ต่อ) ความเข้มแสง อุณหภูมิ และความชื้นในอากาศ ของวันที่ 6 หลังจาก  
เริ่มทำการทดลอง (28 เมษายน 2557)

วันที่	เวลา	PAR, $\mu\text{E}$ (LGR S/N: 1175508, SEN S/N: 1179246)	Temp, $^{\circ}\text{F}$ (LGR S/N: 1175508, SEN S/N: 1190446)	RH, % (LGR S/N: 1175508, SEN S/N: 1190446)
28 เมษายน 2557	12.29	471.2	97.257	64.5
	12.59	396.2	95.472	64.5
	13.29	186.2	91.963	64.5
	13.59	88.7	89.499	64.5
	14.29	98.7	89.499	64.5
	14.59	146.2	91.308	64.4
	15.29	166.2	94.181	64.3
	15.59	196.2	98.184	64.2
	16.29	191.2	101.107	64.1
	16.59	143.7	100.557	64
	17.29	96.2	98.184	63.9
	17.59	53.7	95.328	63.9
	18.29	13.7	92.527	63.9
	18.59	1.2	90.518	63.8
	19.29	1.2	89.546	63.8
	19.59	1.2	89.224	63.7
	20.29	1.2	88.671	63.7
	20.59	1.2	88.351	63.6
	21.29	1.2	88.214	63.6
	21.59	1.2	88.075	63.6
22.29	1.2	87.802	63.6	
22.59	1.2	87.573	63.6	
23.29	1.2	87.346	63.6	
23.59	1.2	87.21	63.6	

ตารางภาคผนวกที่ 5 ค่าเฉลี่ยคะแนนการคงตัวของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity

วันที่ (หลังจาก ได้รับภาวะ แล้ง)	คะแนนการคงความเขียว (100% field capacity)							
	RGD06063-69- MAS24	RGD06064-6- MAS52	RGD06064-6- MAS16-MAS2	RGD06064-26- MAS45-MAS8	KDML105	DH103		
0	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.25 ± 0.50	1.25 ± 0.50	1.25 ± 0.50	1.25 ± 0.50		
1	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.50 ± 0.58	1.50 ± 0.58	1.25 ± 0.50	1.50 ± 0.50		
2	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.75 ± 0.50 <sup>bc</sup>	1.25 ± 0.50 <sup>ab</sup>	2.00 ± 0.00 <sup>c</sup>	1.75 ± 0.50 <sup>bc</sup>	2.00 ± 0.50 <sup>c</sup>		
3	1.25 ± 0.50	1.75 ± 0.50	1.50 ± 0.58	2.25 ± 0.50	2.00 ± 0.00	1.75 ± 0.00		
4	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00	1.75 ± 0.50	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00	1.75 ± 0.00		
5	1.75 ± 0.50	1.75 ± 0.50	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00	1.75 ± 0.50	1.75 ± 0.50		
6	2.00 ± 0.00	1.75 ± 0.50	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00		
7	2.25 ± 0.50	2.00 ± 0.00	2.25 ± 0.50	2.5 ± 1.00	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00		
8	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00	2.25 ± 0.50	2.00 ± 0.50		
9	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00		

ตารางภาคผนวกที่ 6 ค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวของข้าวเมื่อได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity

วันที่ (หลังจาก ได้รับภาวะ แล้ง)	คะแนนการคงความเขียว (75% field capacity)							
	RGD06063-69- MAS24	RGD06064-6- MAS52	RGD06064-6- MAS16-MAS2	RGD06064-26- MAS45-MAS8	KDML105	DH103		
0	1.25 ± 0.50	1.25 ± 0.50	1.25 ± 0.50	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.25 ± 0.50		
1	1.25 ± 0.50	1.75 ± 0.50	1.50 ± 0.58	1.50 ± 0.58	1.00 ± 0.82	1.00 ± 0.82		
2	1.50 ± 0.58	1.75 ± 0.50	1.50 ± 0.58	2.25 ± 0.96	1.75 ± 0.50	1.75 ± 0.50		
3	1.50 ± 0.58	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00	2.25 ± 0.96	1.50 ± 0.58	2.00 ± 0.82		
4	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00	2.25 ± 0.96	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00		
5	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00	1.75 ± 0.50	2.25 ± 0.50	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00		
6	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00	2.25 ± 0.50	2.00 ± 0.00	1.75 ± 0.50		
7	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00	1.75 ± 0.50	2.25 ± 0.50	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00		
8	2.00 ± 0.00	1.75 ± 0.50	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.82	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00		
9	2.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	2.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	2.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	2.50 ± 0.58 <sup>b</sup>	2.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	2.00 ± 0.00 <sup>a</sup>		

ตารางภาคผนวกที่ 7 ค่าเฉลี่ยคะแนนการคงความเขียวของข้าวเมื่อได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity

วันที่ (หลังจาก ได้รับภาวะ แล้ง)	คะแนนการคงความเขียว (50% field capacity)							
	RGD06063-69- MAS24	RGD06064-6- MAS52	RGD06064-6- MAS16-MAS2	RGD06064-26- MAS45-MAS8	KDML105	DH103		
0	1.25 ± 0.50	1.50 ± 0.58	1.25 ± 0.50	1.75 ± 0.50	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00		
1	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.75 ± 0.50 <sup>b</sup>	1.25 ± 0.50 <sup>ab</sup>	1.75 ± 0.50 <sup>b</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.50 ± 0.58 <sup>ab</sup>		
2	1.50 ± 0.58	2.25 ± 0.50	1.75 ± 0.50	2.25 ± 0.50	2.00 ± 0.00	1.75 ± 0.96		
3	1.75 ± 0.50	2.00 ± 0.00	2.25 ± 0.96	2.50 ± 0.58	2.00 ± 0.00	1.50 ± 0.58		
4	2.25 ± 0.50	2.25 ± 0.50	2.25 ± 0.50	3.00 ± 0.00	2.25 ± 0.50	2.00 ± 0.00		
5	2.75 ± 0.50	2.50 ± 0.58	3.25 ± 0.96	2.75 ± 0.50	2.75 ± 0.96	2.50 ± 0.58		
6	2.25 ± 0.50	2.75 ± 0.50	3.00 ± 0.00	3.00 ± 0.82	2.50 ± 0.58	2.50 ± 0.58		
7	2.75 ± 0.50	2.75 ± 0.50	2.50 ± 0.58	2.50 ± 0.58	2.75 ± 0.96	2.75 ± 0.96		
8	2.75 ± 0.96	2.75 ± 0.50	2.75 ± 0.50	3.50 ± 0.58	2.75 ± 0.96	2.75 ± 0.50		
9	2.25 ± 0.50	2.50 ± 0.58	3.25 ± 0.96	3.00 ± 0.82	2.75 ± 0.50	3.00 ± 0.00		

ตารางภาคผนวกที่ 8 ค่าเฉลี่ยดัชนีสีใบ (spad) ของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity

วันที่ (หลังจาก ได้รับภาวะ แล้ง)	ค่าดัชนีสีใบ (100% field capacity)					
	RGD06063-69- MAS24	RGD06064-6- MAS52	RGD06064-6- MAS16-MAS2	RGD06064-26- MAS45-MAS8	KDML105	DH103
0	31.85 ± 2.81 <sup>bcd</sup>	34.55 ± 1.01 <sup>d</sup>	33.00 ± 0.82 <sup>cd</sup>	27.30 ± 2.42 <sup>a</sup>	28.63 ± 3.67 <sup>ab</sup>	30.53 ± 3.40 <sup>abc</sup>
3	33.85 ± 2.65 <sup>c</sup>	34.18 ± 1.93 <sup>c</sup>	32.70 ± 1.58 <sup>bc</sup>	28.03 ± 2.03 <sup>a</sup>	29.58 ± 4.09 <sup>ab</sup>	30.90 ± 2.70 <sup>abc</sup>
6	32.25 ± 2.25 <sup>ab</sup>	35.28 ± 2.33 <sup>b</sup>	31.58 ± 4.11 <sup>ab</sup>	28.20 ± 3.20 <sup>ab</sup>	25.75 ± 7.90 <sup>a</sup>	27.29 ± 2.48 <sup>ab</sup>
9	32.25 ± 3.08	33.83 ± 1.46	29.83 ± 6.77	28.93 ± 3.80	29.60 ± 1.15	27.23 ± 5.55

**ตารางภาคผนวกที่ 9** ค่าเฉลี่ยดัชนีสีใบ (spad) ของข้าวเมื่อได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity

วันที่ (หลังจาก ได้รับภาวะ แล้ง)	ค่าดัชนีสีใบ (75% field capacity)					
	RGD06063-69- MAS24	RGD06064-6- MAS52	RGD06064-6- MAS16-MAS2	RGD06064-26- MAS45-MAS8	KDML105	DH103
0	32.50 ± 1.28	31.53 ± 2.26	33.30 ± 3.50	32.15 ± 1.35	33.18 ± 2.87	35.73 ± 2.36
3	30.70 ± 2.92 <sup>a</sup>	33.98 ± 2.13 <sup>ab</sup>	33.63 ± 3.68 <sup>ab</sup>	33.68 ± 2.97 <sup>ab</sup>	36.00 ± 1.83 <sup>b</sup>	36.13 ± 1.42 <sup>b</sup>
6	32.43 ± 1.75	34.13 ± 1.88	33.15 ± 3.51	34.23 ± 1.66	36.40 ± 1.27	34.70 ± 4.68
9	29.55 ± 5.23	34.58 ± 2.40	34.68 ± 2.94	33.88 ± 2.30	33.65 ± 1.82	35.35 ± 3.26

ตารางภาคผนวกที่ 10 ค่าเฉลี่ยดัชนีสีใบ (spad) ของข้าวเมื่อได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity

วันที่ (หลังจาก ได้รับภาวะ แล้ง)	ค่าดัชนีสีใบ (50% field capacity)					
	RGD06063-69- MAS24	RGD06064-6- MAS52	RGD06064-6- MAS16-MAS2	RGD06064-26- MAS45-MAS8	KDML105	DH103
0	33.55 ± 1.08	33.38 ± 3.82	28.78 ± 3.35	28.83 ± 3.48	34.23 ± 4.51	30.55 ± 4.08
3	33.35 ± 2.56	35.30 ± 2.02	31.20 ± 3.87	30.28 ± 4.85	35.05 ± 2.13	31.08 ± 4.22
6	25.10 ± 10.76	31.40 ± 9.13	30.23 ± 9.48	30.71 ± 4.71	30.10 ± 18.12	24.98 ± 15.90
9	25.27 ± 6.71	31.95 ± 3.42	29.73 ± 7.21	25.10 ± 7.86	17.68 ± 16.35	20.95 ± 13.68

ตารางภาคผนวกที่ 11 ค่าเฉลี่ยคลอโรฟิลล์ลูออเรสเซนซ์ ( $F_v/F_m$ ) ของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity

วันที่ (หลังจาก ได้รับภาวะ แล้ง)	คลอโรฟิลล์ลูออเรสเซนซ์ ( $F_v/F_m$ ) (100% field capacity)						DH103
	RGD06063-69- MAS24	RGD06064-6- MAS52	RGD06064-6- MAS16-MAS2	RGD06064-26- MAS45-MAS8	KDML105		
0	0.81 ± 0.01	0.81 ± 0.02	0.81 ± 0.01	0.81 ± 0.01	0.80 ± 0.02	0.80 ± 0.03	
1	0.79 ± 0.01	0.79 ± 0.02	0.80 ± 0.01	0.80 ± 0.01	0.80 ± 0.01	0.80 ± 0.03	
2	0.78 ± 0.04	0.78 ± 0.02	0.78 ± 0.02	0.78 ± 0.02	0.78 ± 0.02	0.80 ± 0.02	
3	0.78 ± 0.03	0.78 ± 0.02	0.80 ± 0.01	0.80 ± 0.01	0.79 ± 0.01	0.79 ± 0.03	
4	0.79 ± 0.01	0.79 ± 0.01	0.79 ± 0.01	0.79 ± 0.01	0.79 ± 0.02	0.78 ± 0.03	
5	0.79 ± 0.01	0.80 ± 0.02	0.79 ± 0.00	0.80 ± 0.01	0.80 ± 0.01	0.80 ± 0.02	
6	0.80 ± 0.05	0.79 ± 0.01	0.79 ± 0.00	0.79 ± 0.01	0.79 ± 0.01	0.79 ± 0.03	
7	0.79 ± 0.01	0.80 ± 0.02	0.79 ± 0.04	0.81 ± 0.01	0.80 ± 0.02	0.79 ± 0.03	
8	0.79 ± 0.02	0.79 ± 0.02	0.77 ± 0.03	0.80 ± 0.01	0.79 ± 0.01	0.78 ± 0.02	
9	0.77 ± 0.02	0.79 ± 0.01	0.81 ± 0.06	0.78 ± 0.02	0.79 ± 0.01	0.78 ± 0.02	



ตารางภาพผนวกที่ 12 ค่าเฉลี่ยคอลลอยด์ฟอสเฟต (F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub>) ของข้าวเมื่อได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity

วันที่ (หลังจาก ได้รับภาวะ แล้ง)	คอลลอยด์ฟอสเฟต (F <sub>v</sub> /F <sub>m</sub> ) (75% field capacity)					
	RGD06063-69- MAS24	RGD06064-6- MAS52	RGD06064-6- MAS16-MAS2	RGD06064-26- MAS45-MAS8	KDML105	DH103
0	0.81 ± 0.01	0.81 ± 0.01	0.81 ± 0.02	0.81 ± 0.01	0.81 ± 0.02	0.82 ± 0.01
1	0.80 ± 0.01	0.80 ± 0.01	0.79 ± 0.01	0.80 ± 0.01	0.79 ± 0.01	0.81 ± 0.01
2	0.79 ± 0.02	0.78 ± 0.01	0.80 ± 0.02	0.79 ± 0.02	0.78 ± 0.03	0.81 ± 0.01
3	0.79 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.78 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.80 ± 0.01 <sup>ab</sup>	0.80 ± 0.01 <sup>ab</sup>	0.79 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.81 ± 0.00 <sup>b</sup>
4	0.79 ± 0.01	0.79 ± 0.01	0.83 ± 0.06	0.80 ± 0.01	0.79 ± 0.01	0.80 ± 0.01
5	0.79 ± 0.02	0.80 ± 0.01	0.81 ± 0.01	0.80 ± 0.01	0.80 ± 0.01	0.81 ± 0.02
6	0.80 ± 0.01	0.80 ± 0.02	0.80 ± 0.00	0.80 ± 0.01	0.80 ± 0.01	0.81 ± 0.02
7	0.80 ± 0.03	0.80 ± 0.02	0.81 ± 0.01	0.81 ± 0.01	0.81 ± 0.01	0.81 ± 0.01
8	0.79 ± 0.01	0.79 ± 0.01	0.80 ± 0.01	0.80 ± 0.02	0.79 ± 0.02	0.80 ± 0.01
9	0.77 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.80 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.80 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.79 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.79 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.79 ± 0.01 <sup>b</sup>

ตารางภาพผนวกที่ 13 ค่าเฉลี่ยคอลลีไรต์ฟลูออเรสเซนซ์ ( $F_v/F_m$ ) ของข้าวเมื่อได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity

วันที่ (หลังจาก ได้รับภาวะ แล้ง)	คอลลีไรต์ฟลูออเรสเซนซ์ ( $F_v/F_m$ ) (50% field capacity)						DH103
	RGD06063-69- MAS24	RGD06064-6- MAS52	RGD06064-6- MAS16-MAS2	RGD06064-26- MAS45-MAS8	KDML105		
0	0.81 ± 0.01	0.80 ± 0.02	0.81 ± 0.02	0.81 ± 0.01	0.81 ± 0.01	0.81 ± 0.01	0.81 ± 0.01
1	0.80 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.80 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.80 ± 0.01 <sup>bc</sup>	0.77 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.81 ± 0.00 <sup>bc</sup>	0.82 ± 0.01 <sup>c</sup>	0.82 ± 0.01 <sup>c</sup>
2	0.78 ± 0.02	0.79 ± 0.01	0.79 ± 0.02	0.78 ± 0.01	0.80 ± 0.01	0.81 ± 0.00	0.81 ± 0.00
3	0.79 ± 0.03	0.80 ± 0.02	0.81 ± 0.01	0.78 ± 0.03	0.81 ± 0.01	0.80 ± 0.01	0.80 ± 0.01
4	0.81 ± 0.01	0.81 ± 0.01	0.81 ± 0.02	0.76 ± 0.06	0.81 ± 0.01	0.79 ± 0.01	0.79 ± 0.01
5	0.81 ± 0.02	0.81 ± 0.01	0.81 ± 0.01	0.80 ± 0.02	0.80 ± 0.04	0.81 ± 0.01	0.81 ± 0.01
6	0.81 ± 0.00	0.81 ± 0.01	0.81 ± 0.00	0.79 ± 0.02	0.81 ± 0.00	0.81 ± 0.01	0.81 ± 0.01
7	0.61 ± 0.40	0.81 ± 0.01	0.84 ± 0.04	0.81 ± 0.01	0.54 ± 0.45	0.81 ± 0.03	0.81 ± 0.03
8	0.58 ± 0.39	0.80 ± 0.02	0.62 ± 0.38	0.60 ± 0.39	0.60 ± 0.40	0.80 ± 0.02	0.80 ± 0.02
9	0.21 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.80 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.61 ± 0.39 <sup>b</sup>	0.61 ± 0.39 <sup>b</sup>	0.41 ± 0.46 <sup>ab</sup>	0.80 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.80 ± 0.02 <sup>b</sup>

**ตารางภาคผนวกที่ 14** ค่าเฉลี่ยค่าความสามารถในการรักษาประสิทธิภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ (CMS) ของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity

วันที่ (หลังจา ได้รับภาวะ แล้ง)	ค่าความสามารถในการรักษาประสิทธิภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ (CMS) (100% field capacity)					
	RGD06063-69- MAS24	RGD06064-6- MAS52	RGD06064-6- MAS16-MAS2	RGD06064-26- MAS45-MAS8	KDML105	DH103
0	93.03 ± 1.43	93.23 ± 1.02	94.63 ± 0.56	94.28 ± 1.11	94.54 ± 0.76	95.99 ± 0.00
3	94.76 ± 0.72 <sup>b</sup>	95.85 ± 1.02 <sup>b</sup>	95.45 ± 0.80 <sup>b</sup>	94.82 ± 1.36 <sup>b</sup>	95.66 ± 0.80 <sup>b</sup>	92.15 ± 1.94 <sup>a</sup>
6	94.30 ± 0.72	94.55 ± 0.39	94.43 ± 2.14	94.18 ± 1.26	94.64 ± 0.83	91.62 ± 6.42
9	94.11 ± 1.79	93.98 ± 2.16	94.70 ± 1.35	95.27 ± 0.51	95.04 ± 1.64	88.76 ± 10.74

**ตารางภาคผนวกที่ 15** ค่าเฉลี่ยค่าความสามารถในการรักษาประสิทธิภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ (CMS) ของข้าวเมื่อได้รับภาวะแล้งระดับ 75%

field capacity

วันที่ (หลังจาก ได้รับภาวะ แล้ง)	ค่าความสามารถในการรักษาประสิทธิภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ (CMS) (75% field capacity)					
	RGD06063-69- MAS24	RGD06064-6- MAS52	RGD06064-6- MAS16-MAS2	RGD06064-26- MAS45-MAS8	KDML105	DH103
0	91.46 ± 5.40	93.35 ± 1.36	93.90 ± 1.57	94.48 ± 1.56	94.63 ± 2.20	91.88 ± 6.09
3	93.86 ± 1.71	94.44 ± 1.21	89.98 ± 10.88	93.72 ± 0.72	96.61 ± 0.83	89.37 ± 7.49
6	94.33 ± 1.25	95.07 ± 0.64	94.03 ± 1.52	94.51 ± 0.84	94.86 ± 0.22	94.00 ± 1.23
9	93.58 ± 0.84	91.98 ± 4.40	94.24 ± 1.39	94.87 ± 0.77	94.58 ± 0.79	94.85 ± 0.96

**ตารางภาคผนวกที่ 16** ค่าเฉลี่ยค่าความสามารถในการรักษาประสิทธิภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ (CMS) ของข้าวเมื่อได้รับภาวะแล้งระดับ 50%

field capacity

วันที่ (หลังจาก ได้รับภาวะ แล้ง)	ค่าความสามารถในการรักษาประสิทธิภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ (CMS) (50% field capacity)					
	RGD06063-69- MAS24	RGD06064-6- MAS52	RGD06064-6- MAS16-MAS2	RGD06064-26- MAS45-MAS8	KDML105	DH103
0	94.10 ± 1.05	92.64 ± 1.11	94.96 ± 0.81	94.77 ± 1.30	92.79 ± 3.98	93.68 ± 0.77
3	94.41 ± 0.94	90.64 ± 8.44	95.46 ± 1.04	95.58 ± 0.46	89.08 ± 11.47	93.29 ± 2.20
6	92.68 ± 1.08 <sup>b</sup>	91.09 ± 7.11 <sup>b</sup>	83.46 ± 3.92 <sup>a</sup>	93.19 ± 0.87 <sup>b</sup>	91.79 ± 1.43 <sup>b</sup>	94.17 ± 1.31 <sup>b</sup>
9	72.90 ± 14.25	82.58 ± 22.00	82.39 ± 13.65	68.07 ± 24.88	81.99 ± 10.97	77.45 ± 17.46

ตารางภาคผนวกที่ 17 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำสัมพัทธ์ภายในเซลล์ (RWC) ของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity

วันที่ (หลังจาก ได้รับภาวะ แล้ง)	ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ภายในเซลล์ (RWC) (100% field capacity)					
	RGD06063-69- MAS24	RGD06064-6- MAS52	RGD06064-6- MAS16-MAS2	RGD06064-26- MAS45-MAS8	KDML105	DH103
0	91.21 ± 5.13	86.83 ± 9.81	89.34 ± 6.72	89.27 ± 6.46	92.10 ± 3.13	93.94 ± 0.00
3	92.84 ± 4.37	90.05 ± 7.47	92.86 ± 1.56	95.03 ± 1.51	88.28 ± 5.58	89.21 ± 8.05
6	91.82 ± 3.16	94.28 ± 5.97	92.98 ± 3.11	93.98 ± 5.77	91.94 ± 3.62	91.98 ± 4.01
9	91.98 ± 5.68	95.37 ± 2.24	92.58 ± 5.13	93.54 ± 3.00	90.58 ± 6.78	92.08 ± 3.00

**ตารางภาคผนวกที่ 18** ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำสัมพัทธ์ภายในเซลล์ (RWC) ของข้าวเมื่อได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity

วันที่ (หลังจาก ได้รับภาวะ แล้ง)	ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ภายในเซลล์ (RWC) (75% field capacity)					
	RGD06063-69- MAS24	RGD06064-6- MAS52	RGD06064-6- MAS16-MAS2	RGD06064-26- MAS45-MAS8	KDML105	DH103
0	89.71 ± 7.41	87.50 ± 3.19	89.23 ± 6.66	91.25 ± 3.52	88.29 ± 4.18	89.45 ± 9.77
3	88.42 ± 3.16	93.82 ± 2.56	85.04 ± 12.56	90.41 ± 0.58	92.73 ± 2.54	87.93 ± 9.90
6	90.94 ± 2.47	91.59 ± 5.60	89.64 ± 6.46	91.19 ± 4.92	88.46 ± 3.25	96.17 ± 2.13
9	91.12 ± 3.09	89.94 ± 2.95	97.22 ± 3.21	91.86 ± 4.75	92.05 ± 6.29	93.93 ± 6.92

**ตารางภาคผนวกที่ 19** ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำสัมพัทธ์ภายในเซลล์ (RWC) ของข้าวเมื่อได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity

วันที่ (หลังจาก ได้รับภาวะ แล้ง)	ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ภายในเซลล์ (RWC) (50% field capacity)					
	RGD06063-69- MAS24	RGD06064-6- MAS52	RGD06064-6- MAS16-MAS2	RGD06064-26- MAS45-MAS8	KDML105	DH103
0	92.46 ± 5.08	87.36 ± 5.99	91.25 ± 1.73	94.12 ± 4.09	92.91 ± 3.61	93.72 ± 2.61
3	80.72 ± 13.31 <sup>a</sup>	97.23 ± 3.69 <sup>b</sup>	87.00 ± 5.08 <sup>ab</sup>	87.55 ± 3.99 <sup>ab</sup>	81.62 ± 11.82 <sup>a</sup>	95.97 ± 2.72 <sup>b</sup>
6	84.31 ± 7.99	93.86 ± 19.45	68.47 ± 15.01	93.09 ± 10.80	85.74 ± 7.34	82.95 ± 9.65
9	34.99 ± 28.55	63.83 ± 23.61	46.95 ± 37.53	59.42 ± 46.45	60.68 ± 30.84	60.69 ± 31.54



ตารางภาคผนวกที่ 20 ค่าเฉลี่ยคะแนนการมีน้ำของใบข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity

วันที่ (หลังจาก ได้รับภาวะ แล้ง)	คะแนนการมีน้ำของใบ (100% field capacity)						DH103
	RGD06063-69- MAS24	RGD06064-6- MAS52	RGD06064-6- MAS16-MAS2	RGD06064-26- MAS45-MAS8	KDML105		
0	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00
1	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00
2	1.25 ± 0.50 <sup>a</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.75 ± 0.50 <sup>b</sup>
3	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.50 ± 0.58 <sup>b</sup>
4	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.25 ± 0.50 <sup>a</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>ab</sup>	1.50 ± 0.58 <sup>b</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>c</sup>	2.00 ± 0.00 <sup>c</sup>
5	1.50 ± 0.58 <sup>b</sup>	1.25 ± 0.50 <sup>ab</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>b</sup>	2.00 ± 0.00 <sup>c</sup>	2.00 ± 0.00 <sup>c</sup>
6	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	2.00 ± 0.00 <sup>b</sup>	2.00 ± 0.00 <sup>b</sup>
7	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	2.25 ± 0.50 <sup>b</sup>	2.25 ± 0.50 <sup>b</sup>
8	1.25 ± 0.50 <sup>a</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	2.00 ± 0.00 <sup>b</sup>	2.00 ± 0.00 <sup>b</sup>
9	1.50 ± 0.58 <sup>b</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	2.00 ± 0.00 <sup>c</sup>	2.00 ± 0.00 <sup>c</sup>

ตารางภาคผนวกที่ 21 ค่าเฉลี่ยคะแนนการมีวินัยของใบข้าวเมื่อได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity

วันที่ (หลังจาก ได้รับภาวะ แล้ง)	คะแนนการมีวินัยของใบ (75% field capacity)							
	RGD06063-69- MAS24	RGD06064-6- MAS52	RGD06064-6- MAS16-MAS2	RGD06064-26- MAS45-MAS8	KDML105	DH103		
0	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00		
1	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00		
2	1.25 ± 0.50 <sup>a</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.75 ± 1.50 <sup>ab</sup>	1.25 ± 0.50 <sup>a</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	2.00 ± 0.00 <sup>b</sup>		
3	1.75 ± 0.50 <sup>bc</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.25 ± 0.50 <sup>ab</sup>	1.25 ± 0.50 <sup>ab</sup>	2.00 ± 0.82 <sup>c</sup>		
4	1.50 ± 0.58 <sup>b</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	2.00 ± 0.00 <sup>c</sup>		
5	1.25 ± 0.50 <sup>a</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>ab</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	2.00 ± 0.00 <sup>b</sup>		
6	1.50 ± 0.58 <sup>b</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.25 ± 0.50 <sup>ab</sup>	1.25 ± 0.50 <sup>ab</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	2.25 ± 0.50 <sup>c</sup>		
7	2.00 ± 1.00	1.63 ± 1.25	2.00 ± 1.41	1.63 ± 1.25	1.75 ± 1.50	1.50 ± 0.58		
8	1.25 ± 0.50	1.00 ± 0.00	1.50 ± 1.00	1.25 ± 0.50	1.00 ± 0.00	1.75 ± 0.50		
9	2.00 ± 0.00 <sup>c</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.50 ± 0.58 <sup>b</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	2.00 ± 0.00 <sup>c</sup>		

ตารางภาคผนวกที่ 22 ค่าเฉลี่ยคะแนนการมีงานของใบข้าวเมื่อได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity

วันที่ (หลังจาก ได้รับภาวะ แล้ง)	คะแนนการมีงานของใบ (50% field capacity)							
	RGD06063-69- MAS24	RGD06064-6- MAS52	RGD06064-6- MAS16-MAS2	RGD06064-26- MAS45-MAS8	KDML105	DH103		
0	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00		
1	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00		
2	1.75 ± 0.96	1.25 ± 0.50	2.00 ± 1.41	1.25 ± 0.50	1.50 ± 1.00	2.00 ± 0.00		
3	3.00 ± 1.15 <sup>bc</sup>	1.50 ± 0.58 <sup>a</sup>	3.25 ± 0.96 <sup>c</sup>	2.00 ± 1.41 <sup>ab</sup>	3.75 ± 0.50 <sup>c</sup>	2.25 ± 0.50 <sup>abc</sup>		
4	3.13 ± 0.85	2.75 ± 1.26	3.25 ± 0.96	2.00 ± 1.41	3.38 ± 1.11	2.50 ± 0.58		
5	3.75 ± 0.50	3.25 ± 0.96	4.25 ± 0.50	3.00 ± 1.83	4.13 ± 0.85	3.38 ± 0.48		
6	4.25 ± 0.50	3.38 ± 0.48	4.63 ± 0.48	3.25 ± 1.26	4.50 ± 1.00	4.00 ± 0.82		
7	3.00 ± 1.41	2.75 ± 1.50	3.13 ± 1.44	2.00 ± 0.82	3.25 ± 1.71	2.88 ± 0.85		
8	3.75 ± 0.50 <sup>b</sup>	3.25 ± 0.50 <sup>b</sup>	3.25 ± 0.96 <sup>b</sup>	2.25 ± 0.50 <sup>a</sup>	3.38 ± 0.48 <sup>b</sup>	3.88 ± 0.63 <sup>b</sup>		
9	3.50 ± 0.58	3.25 ± 0.50	4.00 ± 0.00	3.75 ± 0.96	3.75 ± 0.50	4.00 ± 0.82		

ตารางภาคผนวกที่ 23 ค่าเฉลี่ยคะแนนการแห้งของใบข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity

วันที่ (หลังจาก ได้รับภาวะ แล้ง)	คะแนนการแห้งของใบ (100% field capacity)						DH103
	RGD06063-69- MAS24	RGD06064-6- MAS52	RGD06064-6- MAS16-MAS2	RGD06064-26- MAS45-MAS8	KDML105		
0	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.25 ± 0.50	0.25 ± 0.50	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
1	0.00 ± 0.00	0.25 ± 0.50	0.50 ± 0.58	0.50 ± 0.58	0.75 ± 0.50	0.50 ± 0.58	0.50 ± 0.58
2	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.82	1.25 ± 0.50	1.75 ± 0.96	1.25 ± 1.26	1.25 ± 1.26
3	1.00 ± 0.00	1.25 ± 0.50	1.25 ± 0.96	1.50 ± 0.58	2.00 ± 1.15	1.75 ± 2.06	1.75 ± 2.06
4	1.50 ± 1.00	1.25 ± 0.50	2.25 ± 0.96	1.50 ± 0.58	1.50 ± 1.00	1.25 ± 1.26	1.25 ± 1.26
5	2.00 ± 2.00	1.25 ± 0.50	2.00 ± 0.82	1.50 ± 1.00	2.00 ± 0.82	1.00 ± 1.41	1.00 ± 1.41
6	2.25 ± 1.89	1.50 ± 0.58	2.25 ± 1.26	1.50 ± 0.58	2.00 ± 0.82	1.50 ± 1.29	1.50 ± 1.29
7	2.25 ± 1.89	2.25 ± 0.50	2.75 ± 1.26	2.25 ± 0.50	2.25 ± 0.50	1.75 ± 0.96	1.75 ± 0.96
8	2.00 ± 2.00	1.25 ± 0.50	2.25 ± 0.96	1.75 ± 0.50	1.50 ± 0.58	1.75 ± 0.96	1.75 ± 0.96
9	2.50 ± 1.73	2.25 ± 0.50	2.75 ± 2.22	1.75 ± 0.50	2.25 ± 0.96	2.25 ± 1.89	2.25 ± 1.89

ตารางภาคผนวกที่ 24 ค่าเฉลี่ยคะแนนการแห้งของใบข้าวเมื่อได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity

วันที่ (หลังจาก ได้รับภาวะ แล้ง)	คะแนนการแห้งของใบ (75% field capacity)						DH103
	RGD06063-69- MAS24	RGD06064-6- MAS52	RGD06064-6- MAS16-MAS2	RGD06064-26- MAS45-MAS8	KDML105		
0	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.25 ± 0.50	0.00 ± 0.00	
1	0.00 ± 0.00	0.50 ± 0.58	0.25 ± 0.50	0.50 ± 0.58	0.25 ± 0.50	0.00 ± 0.00	
2	1.00 ± 0.00	1.50 ± 1.00	1.25 ± 1.50	0.75 ± 0.50	0.50 ± 0.58	0.50 ± 0.58	
3	1.00 ± 0.82	1.25 ± 0.50	1.75 ± 1.50	2.00 ± 1.41	1.25 ± 0.50	0.75 ± 0.50	
4	1.00 ± 0.00	1.50 ± 1.00	1.25 ± 0.50	1.50 ± 0.58	1.75 ± 0.96	0.75 ± 0.50	
5	1.00 ± 0.00	1.25 ± 0.50	1.50 ± 1.00	2.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.75 ± 1.50	
6	1.50 ± 0.58	1.25 ± 0.50	2.00 ± 0.82	1.75 ± 0.50	1.75 ± 0.50	1.00 ± 0.00	
7	1.75 ± 0.50 <sup>ab</sup>	1.50 ± 0.58 <sup>ab</sup>	2.25 ± 0.50 <sup>b</sup>	2.25 ± 0.50 <sup>b</sup>	2.25 ± 0.50 <sup>b</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	
8	1.50 ± 0.58	1.50 ± 0.58	1.75 ± 0.96	2.00 ± 0.82	1.75 ± 0.96	1.00 ± 0.00	
9	1.50 ± 0.58	1.25 ± 0.50	1.75 ± 0.96	2.00 ± 0.82	2.25 ± 0.50	1.25 ± 0.50	

ตารางภาคผนวกที่ 25 ค่าเฉลี่ยคะแนนการแห้งของใบข้าวเมื่อได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity

วันที่ (หลังจาก ได้รับภาวะ แล้ง)	คะแนนการแห้งของใบ (50% field capacity)						DH103
	RGD06063-69- MAS24	RGD06064-6- MAS52	RGD06064-6- MAS16-MAS2	RGD06064-26- MAS45-MAS8	KDML105		
0	0.00 ± 0.00	0.25 ± 0.50	0.00 ± 0.00	0.25 ± 0.50	0.25 ± 0.50	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
1	0.50 ± 0.58	0.50 ± 0.58	0.50 ± 0.58	0.75 ± 0.50	0.50 ± 0.58	0.25 ± 0.50	0.25 ± 0.50
2	1.00 ± 0.00	1.50 ± 1.00	1.75 ± 0.96	2.25 ± 0.96	1.75 ± 0.96	0.50 ± 0.58	0.50 ± 0.58
3	1.50 ± 1.00 <sup>abc</sup>	1.00 ± 0.00 <sup>ab</sup>	2.25 ± 0.96 <sup>bc</sup>	2.75 ± 1.26 <sup>c</sup>	2.50 ± 0.58 <sup>c</sup>	0.75 ± 0.50 <sup>a</sup>	0.75 ± 0.50 <sup>a</sup>
4	2.50 ± 1.91 <sup>ab</sup>	1.25 ± 0.50 <sup>ab</sup>	3.25 ± 1.50 <sup>b</sup>	2.75 ± 0.96 <sup>b</sup>	3.25 ± 1.26 <sup>b</sup>	0.75 ± 0.50 <sup>a</sup>	0.75 ± 0.50 <sup>a</sup>
5	3.00 ± 1.41	2.00 ± 0.82	3.25 ± 0.96	3.25 ± 1.89	4.25 ± 2.22	1.25 ± 0.50	1.25 ± 0.50
6	4.25 ± 2.22	2.50 ± 0.58	5.25 ± 2.06	4.50 ± 2.38	5.25 ± 1.89	3.00 ± 3.00	3.00 ± 3.00
7	5.00 ± 2.45 <sup>ab</sup>	2.75 ± 0.96 <sup>a</sup>	7.00 ± 0.82 <sup>b</sup>	3.50 ± 1.29 <sup>a</sup>	5.25 ± 2.75 <sup>ab</sup>	2.82 ± 2.00 <sup>a</sup>	2.82 ± 2.00 <sup>a</sup>
8	5.25 ± 2.06	3.75 ± 1.50	6.50 ± 1.29	5.00 ± 2.16	6.75 ± 1.89	3.75 ± 2.50	3.75 ± 2.50
9	6.75 ± 2.50	4.00 ± 1.63	6.25 ± 1.71	5.50 ± 3.00	6.75 ± 2.63	4.25 ± 2.99	4.25 ± 2.99

ตารางภาพผนวกที่ 26 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity

วันที่ (หลังจาก ได้รับภาวะ แล้ง)	น้ำหนักสดของข้าว (g) (100% field capacity)					
	RGD06063-69- MAS24	RGD06064-6- MAS52	RGD06064-6- MAS16-MAS2	RGD06064-26- MAS45-MAS8	KDML105	DH103
0	1.51 ± 0.80	0.67 ± 0.44	2.47 ± 1.16	1.37 ± 0.32	1.39 ± 0.39	0.30 ± 0.00
3	1.08 ± 0.50 <sup>ab</sup>	1.42 ± 0.57 <sup>ab</sup>	1.92 ± 0.56 <sup>b</sup>	0.92 ± 0.91 <sup>a</sup>	2.02 ± 0.33 <sup>b</sup>	0.51 ± 0.18 <sup>a</sup>
6	1.78 ± 0.57	0.55 ± 0.40	2.53 ± 0.85	1.32 ± 1.18	2.64 ± 0.29	1.00 ± 0.60
9	1.53 ± 0.87 <sup>abc</sup>	1.34 ± 0.65 <sup>a</sup>	2.34 ± 0.67 <sup>bc</sup>	1.99 ± 1.29 <sup>ab</sup>	1.57 ± 0.99 <sup>c</sup>	0.96 ± 0.59 <sup>a</sup>

ตารางภาคผนวกที่ 27 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของข้าวเมื่อได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity

วันที่ (หลังจาก ได้รับภาวะ แล้ง)	น้ำหนักสดของข้าว (g) (75% field capacity)					
	RGD06063-69- MAS24	RGD06064-6- MAS52	RGD06064-6- MAS16-MAS2	RGD06064-26- MAS45-MAS8	KDML105	DH103
0	1.03 ± 0.36	1.27 ± 0.54	0.78 ± 0.62	1.36 ± 0.27	1.19 ± 0.48	0.70 ± 0.58
3	1.15 ± 0.55	0.63 ± 0.49	0.77 ± 0.41	1.03 ± 0.32	1.60 ± 0.80	0.37 ± 0.17
6	0.98 ± 0.22	1.71 ± 0.62	1.20 ± 0.78	1.01 ± 0.39	1.31 ± 0.91	0.57 ± 0.26
9	1.13 ± 0.30	0.69 ± 0.40	1.13 ± 0.45	0.96 ± 0.37	1.19 ± 0.61	0.94 ± 0.40



ตารางภาคผนวกที่ 28 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของข้าวเมื่อได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity

วันที่ (หลังจากได้รับภาวะแล้ง)	น้ำหนักสดของข้าว (g) (50% field capacity)					
	RGD06063-69- MAS24	RGD06064-6- MAS52	RGD06064-6- MAS16-MAS2	RGD06064-26- MAS45-MAS8	KDML105	DH103
0	1.29 ± 0.34	0.68 ± 0.36	2.00 ± 0.52	2.00 ± 1.20	1.84 ± 0.91	0.68 ± 0.42
3	1.01 ± 0.26	0.59 ± 0.39	1.57 ± 0.63	1.34 ± 0.75	1.01 ± 0.34	0.40 ± 0.22
6	1.17 ± 0.48	0.54 ± 0.44	0.99 ± 0.28	0.35 ± 0.27	1.01 ± 0.42	0.44 ± 0.30
9	0.76 ± 0.33	0.84 ± 0.15	1.19 ± 0.30	0.60 ± 0.30	0.83 ± 0.36	0.75 ± 0.28

ตารางภาคผนวกที่ 29 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity

วันที่ (หลังจาก ได้รับภาวะ แล้ง)	น้ำหนักแห้งของข้าว (g) (100% field capacity)					
	RGD06063-69- MAS24	RGD06064-6- MAS52	RGD06064-6- MAS16-MAS2	RGD06064-26- MAS45-MAS8	KDML105	DH103
0	0.22 ± 0.11	0.12 ± 0.05	0.40 ± 0.21	0.20 ± 0.04	0.19 ± 0.04	0.05 ± 0.00
3	0.23 ± 0.09 <sup>abc</sup>	0.31 ± 0.09 <sup>bc</sup>	0.42 ± 0.11 <sup>c</sup>	0.21 ± 0.18 <sup>ab</sup>	0.42 ± 0.07 <sup>c</sup>	0.12 ± 0.04 <sup>a</sup>
6	0.43 ± 0.14	0.14 ± 0.09	0.57 ± 0.15	0.31 ± 0.27	0.59 ± 0.06	0.25 ± 0.12
9	0.42 ± 0.20 <sup>bcd</sup>	0.36 ± 0.13 <sup>a</sup>	0.58 ± 0.14 <sup>cd</sup>	0.46 ± 0.24 <sup>abc</sup>	0.42 ± 0.26 <sup>d</sup>	0.27 ± 0.17 <sup>ab</sup>

ตารางภาคผนวกที่ 30 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของข้าวเมื่อได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity

วันที่ (หลังจาก ได้รับภาวะ แล้ง)	น้ำหนักแห้งของข้าว (g) (75% field capacity)					
	RGD06063-69- MAS24	RGD06064-6- MAS52	RGD06064-6- MAS16-MAS2	RGD06064-26- MAS45-MAS8	KDML105	DH103
0	0.29 ± 0.32	0.18 ± 0.06	0.11 ± 0.09	0.21 ± 0.05	0.18 ± 0.07	0.10 ± 0.07
3	0.27 ± 0.09	0.12 ± 0.10	0.20 ± 0.09	0.27 ± 0.05	0.37 ± 0.17	0.13 ± 0.07
6	0.26 ± 0.06	0.45 ± 0.16	0.30 ± 0.19	0.30 ± 0.10	0.34 ± 0.24	0.18 ± 0.07
9	0.32 ± 0.08	0.24 ± 0.11	0.33 ± 0.11	0.29 ± 0.10	0.35 ± 0.18	0.28 ± 0.12

ตารางภาคผนวกที่ 31 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของข้าวเมื่อได้รับภาวะแห้งระดับ 50% field capacity

วันที่ (หลังจาก ได้รับภาวะ แห้ง)	น้ำหนักแห้งของข้าว (g) (50% field capacity)					
	RGD06063-69- MAS24	RGD06064-6- MAS52	RGD06064-6- MAS16-MAS2	RGD06064-26- MAS45-MAS8	KDML105	DH103
0	0.19 ± 0.06	0.11 ± 0.04	0.29 ± 0.07	0.27 ± 0.15	0.24 ± 0.10	0.11 ± 0.06
3	0.28 ± 0.08	0.19 ± 0.09	0.41 ± 0.19	0.33 ± 0.17	0.27 ± 0.11	0.11 ± 0.06
6	0.32 ± 0.11	0.13 ± 0.06	0.30 ± 0.11	0.18 ± 0.08	0.30 ± 0.11	0.21 ± 0.19
9	0.23 ± 0.08	0.27 ± 0.04	0.40 ± 0.07	0.19 ± 0.09	0.25 ± 0.11	0.23 ± 0.07

ตารางภาคผนวกที่ 32 ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนรากต่อลำต้นของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity

วันที่ (หลังจาก ได้รับภาวะ แล้ง)	อัตราส่วนรากต่อลำต้น (100% field capacity)					
	RGD06063-69- MAS24	RGD06064-6- MAS52	RGD06064-6- MAS16-MAS2	RGD06064-26- MAS45-MAS8	KDML105	DH103
0	139.83 ± 78.03 <sup>ab</sup>	252.46 ± 112.25 <sup>b</sup>	68.50 ± 16.95 <sup>a</sup>	131.07 ± 5.02 <sup>ab</sup>	143.43 ± 21.08 <sup>ab</sup>	542.13 ± 148.82 <sup>c</sup>
3	92.20 ± 24.44	53.24 ± 6.55	54.10 ± 21.62	194.25 ± 196.91	50.38 ± 12.18	220.14 ± 181.13
6	41.69 ± 14.13	142.49 ± 89.41	35.36 ± 11.41	124.54 ± 112.88	33.97 ± 7.96	91.42 ± 77.76
9	57.04 ± 47.76	56.63 ± 23.47	34.42 ± 10.82	48.04 ± 34.37	123.08 ± 184.20	165.62 ± 218.04

ตารางภาพผนวกที่ 33 ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนรากต่อลำต้นของข้าวเมื่อได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity

วันที่ (หลังจาก ได้รับภาวะ แล้ง)	อัตราส่วนรากต่อลำต้น (75% field capacity)					
	RGD06063-69- MAS24	RGD06064-6- MAS52	RGD06064-6- MAS16-MAS2	RGD06064-26- MAS45-MAS8	KDML105	DH103
0	190.45 ± 122.87	179.89 ± 113.07	362.25 ± 334.86	119.40 ± 42.84	165.08 ± 94.16	376.83 ± 225.89
3	85.38 ± 31.03	230.64 ± 141.91	87.09 ± 35.26	58.43 ± 3.33	83.13 ± 56.91	176.00 ± 131.72
6	64.58 ± 19.92	35.23 ± 13.11	68.10 ± 40.28	52.54 ± 21.02	69.48 ± 60.83	109.39 ± 31.58
9	55.80 ± 15.24	88.07 ± 61.67	55.52 ± 13.04	60.75 ± 26.89	70.73 ± 54.38	93.16 ± 62.88

ตารางภาคผนวกที่ 34 ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนรากต่อลำต้นของข้าวเมื่อได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity

วันที่ (หลังจาก ได้รับภาวะ แล้ง)	อัตราส่วนรากต่อลำต้น (50% field capacity)					
	RGD06063-69- MAS24	RGD06064-6- MAS52	RGD06064-6- MAS16-MAS2	RGD06064-26- MAS45-MAS8	KDML105	DH103
0	121.71 ± 44.12 <sup>a</sup>	239.41 ± 45.28 <sup>ab</sup>	83.66 ± 25.88 <sup>a</sup>	139.80 ± 140.14 <sup>a</sup>	112.92 ± 58.80 <sup>a</sup>	395.28 ± 214.03 <sup>b</sup>
3	74.86 ± 33.84	133.85 ± 78.14	64.13 ± 20.35	123.70 ± 133.94	110.91 ± 49.68	177.50 ± 80.15
6	74.76 ± 64.35	151.18 ± 43.29	122.33 ± 150.14	211.61 ± 287.69	73.51 ± 21.00	153.93 ± 130.27
9	96.36 ± 47.14	82.86 ± 27.99	56.39 ± 17.00	103.28 ± 49.20	83.11 ± 31.06	93.16 ± 41.03

ตารางภาคผนวกที่ 35 ค่าเฉลี่ยความยาวใบของข้าวเมื่อได้รับน้ำระดับ 100% field capacity

วันที่ (หลังจาก ได้รับภาวะ แล้ง)	ความยาวใบ (cm.) (100% field capacity)					
	RGD06063-69- MAS24	RGD06064-6- MAS52	RGD06064-6- MAS16-MAS2	RGD06064-26- MAS45-MAS8	KDML105	DH103
0	40.18 ± 1.31 <sup>b</sup>	40.95 ± 3.29 <sup>b</sup>	43.80 ± 2.29 <sup>b</sup>	43.68 ± 4.49 <sup>b</sup>	42.40 ± 5.33 <sup>b</sup>	24.85 ± 4.53 <sup>a</sup>
2	40.63 ± 1.96 <sup>b</sup>	41.20 ± 3.11 <sup>b</sup>	44.63 ± 3.81 <sup>b</sup>	44.05 ± 3.74 <sup>b</sup>	43.03 ± 3.91 <sup>b</sup>	25.30 ± 4.31 <sup>a</sup>
4	40.98 ± 1.81 <sup>b</sup>	41.35 ± 2.94 <sup>b</sup>	45.00 ± 3.83 <sup>b</sup>	44.10 ± 3.66 <sup>b</sup>	43.53 ± 4.00 <sup>b</sup>	25.73 ± 4.22 <sup>a</sup>
6	41.05 ± 1.66 <sup>b</sup>	41.68 ± 2.65 <sup>b</sup>	45.20 ± 4.17 <sup>b</sup>	44.28 ± 3.76 <sup>b</sup>	42.80 ± 3.51 <sup>b</sup>	25.75 ± 3.87 <sup>a</sup>
8	40.37 ± 1.19 <sup>b</sup>	42.07 ± 3.33 <sup>b</sup>	43.37 ± 2.03 <sup>b</sup>	43.50 ± 4.20 <sup>b</sup>	40.97 ± 1.33 <sup>b</sup>	27.50 ± 3.08 <sup>a</sup>



ตารางภาพผนวกที่ 36 ค่าเฉลี่ยความยาวใบของข้าวเมื่อได้รับภาวะแล้งระดับ 75% field capacity

วันที่ (หลังจาก ได้รับภาวะ แล้ง)	ความยาวใบ (cm.) (75% field capacity)					
	RGD06063-69- MAS24	RGD06064-6- MAS52	RGD06064-6- MAS16-MAS2	RGD06064-26- MAS45-MAS8	KDML105	DH103
0	39.05 ± 5.26 <sup>b</sup>	39.20 ± 2.46 <sup>b</sup>	39.90 ± 2.99 <sup>b</sup>	38.68 ± 5.27 <sup>b</sup>	40.85 ± 1.18 <sup>b</sup>	26.08 ± 2.79 <sup>a</sup>
2	39.20 ± 4.84 <sup>b</sup>	39.48 ± 2.04 <sup>b</sup>	41.45 ± 1.64 <sup>b</sup>	40.25 ± 5.98 <sup>b</sup>	41.45 ± 1.88 <sup>b</sup>	26.03 ± 3.18 <sup>a</sup>
4	39.23 ± 4.83 <sup>b</sup>	39.60 ± 2.13 <sup>b</sup>	41.85 ± 1.80 <sup>b</sup>	39.95 ± 4.39 <sup>b</sup>	41.10 ± 1.07 <sup>b</sup>	26.15 ± 2.87 <sup>a</sup>
6	39.83 ± 4.79 <sup>b</sup>	39.70 ± 2.14 <sup>b</sup>	41.95 ± 1.58 <sup>b</sup>	39.98 ± 4.38 <sup>b</sup>	41.10 ± 3.05 <sup>b</sup>	26.18 ± 2.81 <sup>a</sup>
8	41.67 ± 3.33 <sup>b</sup>	37.37 ± 6.15 <sup>b</sup>	42.77 ± 0.86 <sup>b</sup>	38.00 ± 1.65 <sup>b</sup>	42.87 ± 1.50 <sup>b</sup>	25.30 ± 2.71 <sup>a</sup>

ตารางภาคผนวกที่ 37 ค่าเฉลี่ยความยาวใบของข้าวเมื่อได้รับภาวะแล้งระดับ 50% field capacity

วันที่ (หลังจาก ได้รับภาวะ แล้ง)	ความยาวใบ (cm.) (50% field capacity)						DH103
	RGD06063-69- MAS24	RGD06064-6- MAS52	RGD06064-6- MAS16-MAS2	RGD06064-26- MAS45-MAS8	KDML105		
0	33.88 ± 2.72 <sup>b</sup>	40.15 ± 2.18 <sup>c</sup>	44.93 ± 4.17 <sup>c</sup>	40.63 ± 3.17 <sup>c</sup>	39.90 ± 1.97 <sup>c</sup>	25.10 ± 3.50 <sup>a</sup>	
2	37.20 ± 2.99 <sup>b</sup>	41.00 ± 2.97 <sup>bc</sup>	44.30 ± 3.86 <sup>c</sup>	40.80 ± 3.28 <sup>bc</sup>	40.50 ± 2.20 <sup>bc</sup>	26.60 ± 0.56 <sup>a</sup>	
4	37.60 ± 2.44 <sup>b</sup>	40.98 ± 2.91 <sup>bc</sup>	44.58 ± 3.70 <sup>c</sup>	40.48 ± 2.92 <sup>bc</sup>	40.60 ± 2.16 <sup>bc</sup>	26.73 ± 0.75 <sup>a</sup>	
6	37.33 ± 2.59 <sup>b</sup>	40.98 ± 2.94 <sup>b</sup>	40.93 ± 7.87 <sup>b</sup>	40.80 ± 3.43 <sup>b</sup>	39.58 ± 2.51 <sup>b</sup>	19.65 ± 13.43 <sup>a</sup>	
8	36.63 ± 2.70 <sup>b</sup>	41.80 ± 3.85 <sup>b</sup>	40.37 ± 9.32 <sup>b</sup>	39.40 ± 3.01 <sup>b</sup>	35.37 ± 9.00 <sup>b</sup>	22.40 ± 7.72 <sup>a</sup>	

### ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวจุฑารัตน์ ปัญจพันธ์ เกิดวันที่ 23 มิถุนายน พ.ศ. 2534 ที่จังหวัดพะเยา สำเร็จ การศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาพฤกษศาสตร์ จากภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2555 และเข้าศึกษาในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพฤกษศาสตร์ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี การศึกษา 2556

#### การนำเสนอผลงาน

นำเสนอผลงานแบบบรรยายในหัวข้อเรื่อง การประเมินความสามารถในการทนแล้งของ ประชากรข้าว CSSLs ที่มียืนทนแล้งอยู่บนโครโมโซมที่ 8 ในระยะต้นกล้า ที่งานประชุมวิชาการ พฤกษศาสตร์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 9 ระหว่างวันที่ 3 – 4 มิถุนายน 2558 ณ โรงแรมแอมบาส เดอร์ สุขุมวิท กรุงเทพมหานคร