

ผลของสาร 7,8-dihydro-8 α -20-hydroxyecdysone (DHECD) ต่อความสามารถในการ
ทนแล้งและการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาบางประการของข้าวพันธุ์ กข47
ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้ง



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา
ธันวาคม 2558

ผลของสาร 7,8-dihydro-8 α -20-hydroxyecdysone (DHECD) ต่อความสามารถในการ
ทนแล้งและการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาบางประการของข้าวพันธุ์ กข47
ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้ง



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา
ธันวาคม 2558
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ผลของสาร 7,8-dihydro-8 α -20-hydroxyecdysone (DHECD) ต่อความสามารถในการ
ทนแล้งและการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาบางประการของข้าวพันธุ์ กข47
ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้ง



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา
ธันวาคม 2558

อพิธาน ทรัพย์วิจิต. (2558). ผลของสาร 7,8-dihydro-8 α -20-hydroxyecdysone (DHECD) ต่อความสามารถในการทนแล้งและการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาบางประการของข้าวพันธุ์ กข 47 ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้ง. ปรินญาณพนธ์ กศ.ม. (ชีววิทยา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อาจารย์ที่ปรึกษาปรินญาณพนธ์: ดร.สุขุมารณ์ แสงงาม, รองศาสตราจารย์ ดร.คณพล จุฑามณี.

การศึกษาของผลสาร 7,8-dihydro-8 α -20-hydroxyecdysone (DHECD) ซึ่งเป็นสารที่แสดงฤทธิ์คล้ายฮอร์โมนบราสซิโนสเตียรอยด์ ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาบางประการของข้าวพันธุ์ กข47 ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้ง ในสารละลายธาตุอาหารพืชสูตรดัดแปลง WP No.2 ที่ได้รับสภาวะแล้งภายใต้ความเครียดจากสารละลาย Polyethylene glycol 6000 (PEG6000) ความเข้มข้น 18%(w/v) และพ่นด้วยสาร DHECD ความเข้มข้น 10^{-5} โมลาร์ เมื่อต้นกล้าข้าวอายุ 30 วัน ผลการทดลองพบว่าต้นข้าวที่พ่นด้วยสาร DHECD มีการสะสมปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ, บี ปริมาณคลอโรฟิลล์รวม ปริมาณแคโรทีนอยด์ ค่าความเขียวของใบ ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในส่วนต้น และปริมาณโปรตีนในส่วนต้นและราก มากกว่าต้นข้าวที่ได้รับสภาวะแล้งที่พ่นด้วยน้ำ ในขณะที่สาร DHECD ไม่มีผลในการเพิ่มการเติบโตของต้นข้าว นอกจากนี้การพ่นสาร DHECD สามารถช่วยลดความเสียหายทางกายภาพของต้นข้าวภายใต้สภาวะแล้งได้ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า สาร DHECD มีบทบาทสำคัญในการช่วยเพิ่มการสะสมปริมาณคลอโรฟิลล์รวม แคโรทีนอยด์ ค่าความเขียวของใบ ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในส่วนต้น และปริมาณโปรตีน รวมทั้งช่วยลดความเสียหายทางกายภาพของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เพื่อช่วยให้ข้าวพันธุ์ กข47 สามารถทนต่อความเครียดจากสภาวะแล้งได้

คำสำคัญ : ข้าว, คลอโรฟิลล์, ปริมาณน้ำสัมพัทธ์, ค่าความเขียวของใบ, โปรตีน, สภาวะแล้ง

EFFECTS OF 7,8-DIHYDRO-8 α -20-HYDROXYECDYSONE (DHECD) ON DROUGHT
TOLERANCE ABILITY AND SOME PHYSIOLOGICAL CHANGES
IN RD47 RICE UNDER DROUGHT STRESS



Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Master of Education Degree in Biology
at Srinakharinwirot University

December 2558

Apitan Subwichit. (2015). *Effect of 7, 8-dihydro-8 α -20-hydroxyecdysone (DHECD) on drought tolerance ability and some physiological changes in RD47 rice under drought stress*. Master thesis, M. Ed. (Biology). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor: Dr. Sukhumaporn Saeng-ngam, Co-Advisor: Assoc. Prof. Dr. Kanapol Jutamanee.

This study on effect of 7,8-dihydro-8 α -20-hydroxyecdysone (DHECD), a brassinosteroid mimic, on some physiological changes in RD47 rice cultivar (*Oryza sativa* L. cv. RD47) was examined under drought stress condition. Thirty-day-old rice seedlings were sprayed with 10^{-5} M DHECD and grown in modified WP No.2 nutrient solution containing 18%(w/v) polyethylene glycol 6000 (PEG6000). The result showed that application of DHECD during drought stress could increase chlorophyll *a*, chlorophyll *b*, total chlorophyll contents, carotenoid contents, SPAD value, relative water content and proline accumulation in shoot and root were higher than plants treated with water. While, DHECD could not increase shoot growth. Moreover, DHECD decreased the drought score of rice. The results indicated that DHECD plays an important role in accumulation of total chlorophyll, carotenoid contents, SPAD value, relative water content, proline and reduced drought score for enhancing drought tolerance in RD47 rice.

Keywords: rice, chlorophyll, relative water content, SPAD-value, proline, drought

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

ผลของสาร 7,8-dihydro-8 α -20-hydroxyecdysone (DHECD) ต่อความสามารถในการ
ทนแล้งและการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาบางประการของข้าวพันธุ์ กข47
ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้ง

ของ

อพิธาน ทรัพย์วิจิตร

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....รักษาราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.ดุชนิ โยเหลา)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

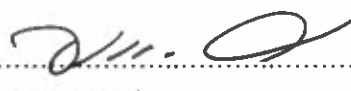
.....สุชุมภรณ์ แสงงาม.....ที่ปรึกษาหลัก
(อาจารย์ ดร. สุชุมภรณ์ แสงงาม)

..........ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ)

..........ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร. คณพล จุฑามณี)

.....สุชุมภรณ์ แสงงาม.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. สุชุมภรณ์ แสงงาม)

..........กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. คณพล จุฑามณี)

..........กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. อภิชาติ สุขสำราญ)

ประกาศคุณูปการ

ขอขอบพระคุณท่าน อาจารย์ ดร. สุขุมภรณ์ แสงงาม อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่ให้ความรู้ คำปรึกษา คำชี้แนะ แนวทางแก้ไขที่เป็นประโยชน์ในการทำปริญญานิพนธ์ และความช่วยเหลือ ความสนับสนุนในการทำการทดลองในทุกๆ ด้านมาโดยตลอด อีกทั้งช่วยตรวจปริญญานิพนธ์ ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณท่าน รองศาสตราจารย์ ดร.คณพล จุฑามณี อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมปริญญานิพนธ์ ที่ให้ความรู้ คำปรึกษา คำชี้แนะ แนวทางแก้ไขที่เป็นประโยชน์ในการทำปริญญานิพนธ์ และความช่วยเหลือ ความสนับสนุนในการทำการทดลองในทุกๆ ด้านมาโดยตลอด อีกทั้งช่วยตรวจแก้ไขปริญญานิพนธ์นี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร.อภิชาติ สุขสำราญ ที่ให้ความอนุเคราะห์สาร 7,8-dihydro-8 α -20-hydroxyecdysone (DHECD) ในการทำการทดลองครั้งนี้ อีกทั้งกรุณาเป็นกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิในการสอบปริญญานิพนธ์ของผู้วิจัยให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ที่ให้ความอนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์ข้าว กข47 ในการทำการทดลองครั้งนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ทุกท่านที่คอยให้คำแนะนำและความช่วยเหลือ เอื้อเพื่ออุปกรณ์การทดลอง และเครื่องมือวิทยาศาสตร์สำหรับปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้จนจบการทดลอง

อพิธาน ทรัพย์วิจิต

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
สมมติฐานในงานวิจัย.....	4
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
ข้อมูลทางอนุกรมวิธาน.....	5
ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข้าว.....	6
ข้าวพันธุ์ กข47.....	8
ลักษณะของภัยแล้ง.....	10
Polyethylene glycol 6000.....	12
ความสามารถในการทนแล้งของพืช.....	13
ผลของสภาวะแล้งที่มีต่อสารสีในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช.....	14
โพรลีน.....	14
บทบาทของโพรลีนที่พบในพืช.....	15
กระบวนการสังเคราะห์โพรลีน.....	15
กระบวนการสลายตัวของโพรลีน.....	17
สาเหตุของการสะสมโพรลีน.....	17
ผลของสภาวะแล้งที่มีต่อการสะสมโพรลีนของพืช.....	18
ความสัมพันธ์ของสภาพขาดน้ำกับการสะสมโพรลีน.....	18
บราสซิโนสเตียรอยด์.....	19
สาร 7,8-dihydro-8 α -20-hydroxyecdysone.....	20

สารบัญ

บทที่	หน้า
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	22
พืชทดลอง.....	22
สถานที่ทำการทดลอง.....	22
ช่วงเวลาที่ทำการทดลอง.....	22
วัสดุอุปกรณ์.....	22
วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ปลูก.....	22
วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาการเจริญเติบโตของข้าว.....	22
วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์.....	23
วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาปริมาณโปรตีน.....	23
สารเคมี.....	24
สารเคมีที่ใช้ในการปลูกข้าว.....	24
สารเคมีที่ใช้ในการศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์.....	24
สารเคมีที่ใช้ในการศึกษาปริมาณโปรตีน.....	24
การหาความสามารถในการทนต่อระดับความรุนแรงของ ความเครียดจากสภาวะแล้งของต้นข้าวพันธุ์ กข47.....	24
ศึกษาผลของความเครียดจากสภาวะแล้งต่อการเจริญเติบโตของข้าว.....	24
การเตรียมดินอ่อนของข้าวพันธุ์ กข 47.....	24
การจำลองสภาวะแล้งให้กับต้นข้าวในการทดลอง.....	25
เก็บตัวอย่างต้นข้าวในแต่ละชุดการทดลอง.....	25
ค่า drought score.....	25
ความยาวต้นและราก.....	26
น้ำหนักสด-น้ำหนักแห้ง.....	26
อัตราส่วนความยาวราก-ความยาวต้น.....	26
อัตราส่วนน้ำหนักแห้งราก-ต้น.....	26
เปอร์เซ็นต์ปริมาณน้ำในต้นพืช.....	26

สารบัญ

บทที่

หน้า

3 (ต่อ)

Relative Growth Rate.....	27
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....	27
ศึกษาผลของสาร 7,8-dihydro-8 α -20-hydroxyecdysone (DHECD)	
ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาบางประการของข้าวพันธุ์	
กข47 ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้ง.....	27
ศึกษาผลของสาร 7,8-dihydro-8 α -20-hydroxyecdysone (DHECD)	
ต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าวพันธุ์	
กข47 ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้ง.....	27
การเตรียมต้นกล้าข้าวพันธุ์ กข47.....	27
การจำลองสภาวะแล้งให้กับต้นข้าวในการทดลอง.....	28
เก็บตัวอย่างต้นข้าวในแต่ละชุดการทดลอง.....	28
ค่า drought score.....	28
ความยาวต้นและราก.....	28
น้ำหนักสด-น้ำหนักแห้ง.....	28
อัตราส่วนความยาวราก-ความยาวต้น.....	29
อัตราส่วนน้ำหนักแห้งราก-ต้น.....	29
เปอร์เซ็นต์ปริมาณน้ำในต้นพืช.....	29
Relative Growth Rate.....	29
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....	29
ศึกษาผลของสาร 7,8-dihydro-8 α -20-hydroxyecdysone (DHECD)	
ต่อปริมาณสารที่สำคัญในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของข้าวพันธุ์	
กข47 ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้ง.....	30
ปริมาณคลอโรฟิลล์.....	30
ปริมาณแคโรทีนอยด์.....	30

สารบัญ

บทที่	หน้า
3 (ต่อ)	
ศึกษาผลของสาร 7,8-dihydro-8 α -20-hydroxyecdysone (DHECD)	
ต่อปริมาณโพรงของข้าวพันธ์ุ กข47 ภายใต้ความเครียด	
จากสภาวะแล้ง.....	31
4 ผลการทดลอง.....	32
การหาความสามารถในการทนต่อระดับความรุนแรงของความ	
เครียดจากสภาวะแล้งของต้นข้าวพันธ์ุ กข47.....	32
ศึกษาผลของสาร 7,8-dihydro-8 α -20-hydroxyecdysone (DHECD)	
ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาบางประการของข้าวพันธ์ุ กข47	
ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้ง.....	55
5 อภิปรายและสรุปผลการวิจัย.....	81
บรรณานุกรม.....	88
ภาคผนวก.....	96
ภาคผนวก ก.....	97
ภาคผนวก ข.....	101
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	125

บัญชีตาราง

ตาราง

หน้า

- 1 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของน้ำหนักสดต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสารละลาย PEG6000 จากภายนอกที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10,15 และ 20%(w/v) ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 30 วัน.....102
- 2 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของน้ำหนักสดรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสารละลาย PEG6000จากภายนอกที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10,15 และ 20%(w/v) ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 30 วัน.....102
- 3 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของน้ำหนักสดรวมในส่วนต้นและรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสารละลาย PEG6000 จากภายนอกที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10,15 และ 20%(w/v) ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 30 วัน.....103
- 4 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของน้ำหนักแห้งต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสารละลาย PEG6000 จากภายนอกที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10,15 และ 20%(w/v) ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 30 วัน.....103
- 5 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของน้ำหนักแห้งรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสารละลาย PEG6000 จากภายนอกที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10,15 และ 20%(w/v) ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 30 วัน.....104
- 6 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของน้ำหนักแห้งรวมในส่วนต้นและรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสารละลาย PEG6000 จากภายนอกที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10,15 และ 20%(w/v) ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 30 วัน.....104
- 7 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของอัตราส่วนน้ำหนักแห้งรากต่อน้ำหนักแห้งต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสารละลาย PEG6000 จากภายนอกที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10,15 และ 20%(w/v) ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 30 วัน.....105
- 8 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของความยาวต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสารละลาย PEG6000 จากภายนอกที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10,15 และ 20%(w/v) ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 30 วัน.....105

บัญชีตาราง

ตาราง

หน้า

- 9 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของความยาวรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสารละลาย PEG6000 จากภายนอกที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10,15 และ 20%(w/v) ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 30 วัน.....106
- 10 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของความยาวรวมในส่วนต้นและรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสารละลาย PEG6000 จากภายนอกที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10,15 และ 20%(w/v) ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 30 วัน.....106
- 11 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของอัตราส่วนความยาวรากต่อความยาวต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสารละลาย PEG6000 จากภายนอกที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10,15 และ 20%(w/v) ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 30 วัน.....107
- 12 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ในส่วนต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสารละลาย PEG6000 จากภายนอกที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10,15 และ 20%(w/v) ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 30 วัน.....107
- 13 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ในส่วนรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสารละลาย PEG6000 จากภายนอกที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10,15 และ 20%(w/v) ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 30 วัน.....108
- 14 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของอัตราการเติบโตสัมพัทธ์รวมในส่วนต้นและรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสารละลาย PEG6000 จากภายนอกที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10,15 และ 20%(w/v) ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 30 วัน.....108
- 15 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในส่วนต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสารละลาย PEG6000 จากภายนอกที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10,15 และ 20%(w/v) ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 30 วัน.....109
- 16 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) คะแนนของความเสียหายทางกายภาพของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสารละลาย PEG6000 จากภายนอกที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10,15 และ 20%(w/v) ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 30 วัน.....109

บัญชีตาราง

ตาราง

หน้า

- 17 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของค่าความเขี้ยวของใบของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสารละลาย PEG6000 จากภายนอกที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10,15 และ 20%(w/v) ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 30 วัน.....110
- 18 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในส่วนต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสารละลาย PEG6000 จากภายนอกที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10,15 และ 20%(w/v) ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 30 วัน.....110
- 19 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในส่วนต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสารละลายPEG6000 จากภายนอกที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10,15 และ 20%(w/v) ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 30 วัน.....111
- 20 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ในส่วนต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสารละลาย PEG6000 จากภายนอกที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10,15 และ 20%(w/v) ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 30 วัน.....111
- 21 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของปริมาณแคโรทีนอยด์ของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสารละลาย PEG6000 จากภายนอกที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10,15 และ 20%(w/v) ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 30 วัน.....112
- 22 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของน้ำหนักสดต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน.....112
- 23 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของน้ำหนักสดรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน.....113
- 24 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของน้ำหนักสดรวมในส่วนต้นและรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน.....113
- 25 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของน้ำหนักแห้งต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน.....114
- 26 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของน้ำหนักแห้งรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน.....114

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
27 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของน้ำหนักแห้งรวมในส่วนต้นและรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน.....	115
28 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของอัตราส่วนน้ำหนักแห้งรากต่อน้ำหนักแห้งต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน.....	115
29 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของความยาวต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน.....	116
30 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของความยาวรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน.....	116
31 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของความยาวรวมในส่วนต้นและรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน.....	117
32 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของอัตราส่วนความยาวรากต่อความยาวต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน.....	117
33 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ในส่วนต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน.....	118
34 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ในส่วนรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน.....	118
35 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของอัตราการเติบโตสัมพัทธ์รวมในส่วนต้นและรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน.....	119
36 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในส่วนต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน.....	119
37 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) คะแนนของความเสียหายทางกายภาพของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน.....	120
38 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของค่าความเขียวของใบของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน.....	120
39 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในส่วนต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน.....	121

ตาราง

ตาราง	หน้า
40 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในส่วนต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน.....	121
41 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ในส่วนต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน.....	122
42 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของปริมาณแคโรทีนอยด์ของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน.....	122
43 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของปริมาณโปรตีนในส่วนต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน.....	123
44 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของปริมาณโปรตีนในส่วนรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน.....	123
45 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของปริมาณโปรตีนในส่วนต้นและรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน.....	124

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 ลักษณะและส่วนประกอบของต้นข้าว.....	7
2 ต้นข้าวพันธุ์ กข47.....	9
3 เมล็ดข้าวข้าวพันธุ์ กข47.....	10
4 แผนที่แสดงพื้นที่ประสบภัยแล้ง.....	12
5 โครงสร้าง polyethylene glycol	13
6 โครงสร้างของโพรลีน.....	15
7 กระบวนการสังเคราะห์โพรลีน.....	16
8 กระบวนการสลายโพรลีน.....	17
9 castasterone	20
10 7,8-dihydro-8 α -20-hydroxyecdysone (DHECD).....	21
11 น้ำหนักสดต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่า ความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	34
12 น้ำหนักสดรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่า ความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	34
13 น้ำหนักสดรวมส่วนต้นและรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจาก สภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	35
14 น้ำหนักแห้งต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่า ความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	37
15 น้ำหนักแห้งรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่า ความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	38
16 น้ำหนักแห้งรวมส่วนต้นและรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจาก สภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	38
17 อัตราส่วนน้ำหนักแห้งรากต่อน้ำหนักแห้งต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับ ความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	39
18 ความยาวต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่า ความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	41

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ

หน้า

19	ความยาวรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	42
20	ความยาวรวมส่วนต้นและรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	42
21	อัตราส่วนความยาวรากต่อความยาวต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	43
22	อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ในส่วนต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	45
23	อัตราส่วนสัมพัทธ์ในส่วนรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	46
24	อัตราการเติบโตสัมพัทธ์รวมในส่วนต้นและรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	46
25	ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในส่วนต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	47
26	ค่าคะแนนความเสียหายทางกายภาพของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	48
27	ต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับความเสียหายทางกายภาพ ตอน 1.....	49
28	ค่าความเขียวของใบของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	50
29	ปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในส่วนต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	53
30	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	53
31	ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	54

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ

หน้า

32 ปริมาณแคโรทีนอยด์ของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	54
33 น้ำหนักสดต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	57
34 น้ำหนักสดรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	57
35 น้ำหนักสดรวมในส่วนต้นและรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	58
36 น้ำหนักแห้งต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	61
37 น้ำหนักแห้งรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	61
38 น้ำหนักแห้งรวมในส่วนต้นและรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	62
39 อัตราส่วนน้ำหนักแห้งรากต่อน้ำหนักแห้งต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	62
40 ความยาวต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	64
41 ความยาวรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	65
42 ความยาวรวมในส่วนต้นและรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	65
43 อัตราส่วนความยาวรากต่อความยาวต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	66
44 อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ในส่วนต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	68

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ

หน้า

45 อัตราส่วนสัมพัทธ์ในส่วนรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	68
46 อัตราการเติบโตสัมพัทธ์รวมในส่วนต้นและรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	69
47 ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในส่วนต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	70
48 คะแนนความเสียหายทางกายภาพของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	71
49 ต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับความเสียหายทางกายภาพ ตอน 2.....	72
50 ค่าความเขียวของใบของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	73
51 ปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในส่วนต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	75
52 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	76
53 ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี และปริมาณแคโรทีนอยด์ของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	76
54 ปริมาณแคโรทีนอยด์ของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	77
55 ปริมาณโปรตีนในส่วนต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	79
56 ปริมาณโปรตีนในส่วนรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	79
57 ปริมาณโปรตีนในส่วนต้นและรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error).....	80
58 กราฟโปรตีนมาตรฐาน.....	100

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นพืชที่เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ประชากรมากกว่าครึ่งโลกบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก โดยเฉพาะประชากรที่อาศัยอยู่ในแถบของทวีปเอเชียที่นิยมบริโภคข้าว เนื่องจากเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ให้พลังงานแก่ร่างกาย นอกจากนี้เกษตรกรในแถบเอเชียนิยมปลูกข้าวเพื่อการส่งออกข้าวไปยังตลาดโลก เนื่องจากสามารถทำรายได้ให้กับประเทศได้อย่างมหาศาล (มูลนิธิข้าวไทย. 2558) นอกจากนี้ยังสามารถกระตุ้นระบบเศรษฐกิจของแต่ละประเทศให้มีการขยายตัวในด้านการส่งสินค้าทางการเกษตรไปขายยังตลาดต่างประเทศอีกด้วย สำหรับประเทศไทยเป็นประเทศที่ให้ความสำคัญกับการปลูกข้าวและเป็นผู้ส่งออกข้าวมากเป็นอันดับต้น ๆ ของโลก โดยในปี 2555 ที่ผ่านมามีประเทศไทยมีการส่งออกข้าว จำนวน 6,734,426,868 ล้านตัน และในปี พ.ศ. 2556 มีการส่งออกข้าวจำนวน 6,611,616,533 ล้านตัน ในปี พ.ศ. 2557 มีการส่งออกข้าวจำนวน 10,969,334,952 ล้านตัน และในปี พ.ศ. 2558 ในเดือนมกราคมประเทศไทยส่งออกข้าวไปแล้วจำนวน 608,503,608 ล้านตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558) จะเห็นได้ว่าข้าวยังคงเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยที่ทำรายได้ให้กับประเทศในแต่ละปีเป็นมูลค่ามหาศาล นอกจากนี้ข้าวที่นิยมปลูกในเขตพื้นที่เพาะปลูกของประเทศไทย แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ข้าวไวแสงและข้าวไม่ไวแสง ข้าวไวแสงเป็นข้าวที่เกษตรกรปลูกได้เฉพาะการทำนาปี โดยจะเป็นพันธุ์ข้าวที่มีช่วงของการเก็บเกี่ยวผลผลิตที่ค่อนข้างแน่นอน เช่น ข้าวหอมมะลิ 105 ข้าว กข15 ข้าว กข6 และข้าวสันป่าตอง เป็นต้น ส่วนข้าวไม่ไวแสงเป็นข้าวที่ปลูกนอกฤดูกาลทำนาซึ่งจะช่วยให้เกษตรกรสามารถเพาะปลูกข้าวได้ตลอดทั้งปี โดยพันธุ์ข้าวที่ได้รับความนิยมและเป็นที่ต้องการของตลาด ได้แก่ ข้าวสุพรรณบุรี ชัยนาท กข23 กข47 และพิษณุโลก2 (คลังข้อมูลสารสนเทศข้าวเชิงลึก. 2558) นอกจากนี้พื้นที่ทำการเกษตรของไทยในแทบทุกพื้นที่มักประสบกับปัญหาเรื่องของความแห้งแล้งที่รุนแรงเพิ่มมากขึ้นใน ทุก ๆ ปี แต่ประเด็นที่น่าสนใจคือปัญหาความแห้งแล้ง ที่ส่งผลกระทบกับการปลูกข้าวทั้งแบบนอกฤดูหรือการทำนาปรังและแบบนาปีนั้นเกษตรกรมีความจำเป็นต้องใช้น้ำจำนวนมากเพื่อให้ต้นข้าวสามารถเติบโตได้ดีและให้ผลผลิตที่สูง หากข้าวได้รับน้ำในปริมาณที่ไม่เพียงพอส่งผลทำให้ต้นข้าวมีผลผลิตที่ลดลง หรือต้นข้าวอาจไม่สามารถ

เจ็บโตได้และตายไปในที่สุด ซึ่งปัญหาก็แล้งในประเทศไทยนับว่าจะทวีความรุนแรงมากขึ้น โดยในช่วงปี 2556-2558 พบว่า พื้นที่ทำการเกษตรของประเทศไทยในปี 2556 มีพื้นที่ประสบภัยแล้งจำนวน 12 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดนครสวรรค์ น่าน พะเยา นครราชสีมา บุรีรัมย์ มหาสารคาม เลย สุรินทร์ ลพบุรี นครศรีธรรมราช พังงาและพัทลุง หรือคิดเป็นพื้นที่ที่ได้รับความเสียหาย จำนวน 1,285,115 ไร่ (ศูนย์ติดตามและแก้ไขปัญหาภัยพิบัติด้านการเกษตร. 2556) และในปี 2558 มีพื้นที่ประสบภัยแล้งจำนวน 27 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ แพร่ สุโขทัย พิษณุโลก พิจิตร ตาก กำแพงเพชร น่าน สกลนคร มหาสารคาม นครราชสีมา บุรีรัมย์ ชัยภูมิ ขอนแก่น อำนาจเจริญ กาฬสินธุ์ ลพบุรี นครสวรรค์ ชัยนาท จันทบุรี ราชบุรี กาญจนบุรี ชลบุรี ประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรี สตูล และตรัง หรือคิดเป็นความเสียหาย 1,223,471 ไร่ (ศูนย์ติดตามและแก้ไขปัญหาภัยพิบัติด้านการเกษตร. 2558) ส่งผลกระทบต่อการทำเกษตรกรรมของเกษตรกรในวงกว้างโดยเฉพาะอย่างยิ่งการปลูกข้าว ดังนั้นการแก้ปัญหาผลผลิตของข้าวที่ตกต่ำเมื่อได้รับผลกระทบในเรื่องของปัญหาภัยแล้งซึ่งเป็นหัวข้อที่นักวิจัยด้านสรีรวิทยาของพืชกำลังให้ความสำคัญและหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว เช่น การปรับปรุงพันธุ์ข้าวด้วยวิธีการดัดแปลงพันธุกรรมข้าวเพื่อหาสายพันธุ์ข้าวที่ต้านทานต่อสภาวะความแห้งแล้ง หรือการนำฮอร์โมนพืชมาใช้เพื่อช่วยลดผลกระทบอันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมโดยมุ่งเน้นในเรื่องของการเพิ่มผลผลิตของข้าวให้กับเกษตรกร เป็นต้น จากงานวิจัยที่มีมาก่อนหน้านี้พบว่า การนำสารกลุ่มบราสซิโนสเตียรอยด์แอนาล็อก ได้แก่ 7,8-dihydro-8 α -20-hydroxyecdysone (DHECD) ซึ่งเป็นสารอนุพันธ์ของ 20-hydroxyecdysone ที่สกัดได้จากเปลือกของต้นไผ่เนา (*Vitex glabrata*) เป็นฮอร์โมนที่มีการออกฤทธิ์คล้ายกับโครงสร้างของบราสซิโนสเตียรอยด์ (Suksamrarn; et al. 2002) มีบทบาทในการช่วยเพิ่มอัตราการอยู่รอดและการปรับตัวทางด้านสรีรวิทยาให้กับข้าว เช่น ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ได้รับความเครียดจากอุณหภูมิสูง (วีรศิลป์ สอนจรรยา; และคนอื่นๆ. 2556) นอกจากนี้ยังไม่มีรายงานผลของสาร DHECD ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของข้าวพันธุ์ต่าง ๆ ที่ปลูกในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทยภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้ง ดังนั้นในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาผลของสาร DHECD ต่อปริมาณสารที่สำคัญในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและปริมาณโปรตีนของข้าวพันธุ์ กข47 ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้ง ทั้งนี้เนื่องจากข้าวพันธุ์ กข47 เป็นพันธุ์ข้าวที่นิยมปลูกกันอย่างแพร่หลายในพื้นที่เพาะปลูกข้าวในเขตภาคกลาง เช่น จังหวัดพิษณุโลก กำแพงเพชร นครสวรรค์ อุทัยธานี พิจิตร ชัยนาท สุพรรณบุรี สิงห์บุรี และปทุมธานี (ความรู้เกี่ยวกับข้าว-ชาวนา. 2558) ซึ่งเป็นข้าวที่ได้รับความนิยมในการบริโภครองลงมาจากข้าวหอมมะลิ 105 นอกจากนี้ข้าวพันธุ์ กข47 ยัง

เป็นข้าวที่ให้ผลผลิตสูง มีเสถียรภาพดี เป็นพันธุ์ข้าวที่มีความต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้ดีกว่าข้าวพันธุ์ กข41 และต้านโรคไหม้ได้ดีกว่าพันธุ์พิษณุโลก2 นอกจากนี้ข้าวพันธุ์ กข47 ยังมีคุณภาพเมล็ดทางกายภาพดีเป็นข้าวเจ้าเมล็ดยาวเรียวยาว ท้องไข่น้อย คุณภาพการสีดีถึงดีมาก สามารถสีเป็นข้าวสารได้คุณภาพของเมล็ดข้าวที่ดี (องค์ความรู้เรื่องข้าว. 2558) ดังนั้นการศึกษาผลของสาร DHECD ในการเพิ่มความสามารถในการทนแล้งของข้าวพันธุ์ กข47 โดยศึกษาการเติบโตของข้าว ปริมาณสารสีที่สำคัญในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและปริมาณโปรตีนที่สะสมในต้นข้าวภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้ง เนื่องจากข้าวพันธุ์ ดังกล่าวเป็นพันธุ์ข้าวที่ปลูกในภาคเหนือตอนล่างและภาคกลางตอนบน ดังนั้นผลที่ได้จากงานวิจัยนี้จึงสามารถใช้เป็นแนวทางในการนำสาร DHECD มาใช้ประโยชน์ในการเพาะปลูกข้าวในอนาคต เพื่อให้ได้องค์ความรู้พื้นฐานในการนำมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มความสามารถในการทนแล้งของข้าวพันธุ์ กข47 หรือข้าวพันธุ์อื่น ๆ ที่นิยมปลูกในเขตพื้นที่เพาะปลูกในประเทศไทย และเป็นแนวทางในการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรของพืชชนิดต่าง ๆ ได้ต่อไปในอนาคต

ความมุ่งหมายของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของสาร DHECD ต่อความสามารถในการทนต่อสภาวะแล้งของต้นข้าวพันธุ์ กข47
2. เพื่อศึกษาผลของสาร DHECD ต่อการเติบโตของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้ง
3. เพื่อศึกษาผลของสาร DHECD ต่อปริมาณสารสีที่สำคัญในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้ง
4. เพื่อศึกษาผลของสาร DHECD ต่อปริมาณโปรตีนของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้ง

ขอบเขตของงานวิจัย

ในการทำวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาผลของความเครียดจากสภาวะแล้งต่อความสามารถในการทนต่อสภาวะแล้งของข้าวพันธุ์ กข47 และศึกษาผลของสาร DHECD ต่อความสามารถในการทนแล้งและการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาบางประการของข้าวพันธุ์ กข47 ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้ง

สมมติฐานในงานวิจัย

1. การฟนสาร DHECD ให้กับต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง สามารถช่วยเพิ่มความสามารถในการทนต่อสภาวะแล้งของข้าว
2. การฟนสาร DHECD ให้กับต้นข้าวพันธุ์ กข47 จะช่วยให้ต้นข้าวมีการเติบโต ปริมาณสารสีที่สำคัญในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง รวมทั้งมีการสะสมปริมาณโปรตีนในเนื้อเยื่อสูงขึ้นเมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้อมูลทางอนุกรมวิธาน

Class : Angiospermae

Subclass : Monocotyledoneae

Order : Graminales

Family : Poaceae

Sub-family : Pooideae

Tribe : Oryzeae

Genus : *Oryza*

Scientific name : *Oryza sativa* L.

ข้าวจัดเป็นพืชสายพันธุ์เดียวกับหญ้า อยู่ในวงศ์ Poaceae ข้าวที่นำมาปลูกเป็นอาหารนั้นแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ ข้าว *Oryza sativa* ปลูกในทวีปเอเชีย และ *Oryza glaberrima* ปลูกในทวีปแอฟริกา ข้าวที่นิยมปลูกส่วนใหญ่จะเป็นข้าวที่มาจากแถบเอเชีย โดยแบ่งเป็น 3 subspecies คือ

1. ข้าวอินดิกา (Indica) มีลักษณะเมล็ดยาวรี ต้นสูง เป็นข้าวที่ปลูกในเอเชียเขตร้อน ตั้งแต่ประเทศจีน เวียดนาม ฟิลิปปินส์ ไทย อินโดนีเซีย อินเดีย และศรีลังกา ข้าวพันธุ์นี้ค้นพบครั้งแรกในอินเดียและต่อมาได้พัฒนาไปปลูกที่ทวีปอเมริกา

2. ข้าวจาปอนิกา (Japonica) เป็นข้าวที่ปลูกในเขตอบอุ่น เช่นประเทศจีน ญี่ปุ่น เกาหลี มีลักษณะเมล็ดป้อม กลมรี และต้นเตี้ย

3. ข้าวจาวานิกา (Javanica) ปลูกในประเทศอินโดนีเซียและฟิลิปปินส์ มีเมล็ดป้อมใหญ่ แต่ไม่ได้รับความนิยมเพราะให้ผลผลิตต่ำ และไม่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข้าว

ลักษณะที่มีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของต้นข้าวประกอบไปด้วย 4 ส่วน ได้แก่ ราก ลำต้น ใบและช่อดอก (อรรถวุฒิ ทัศนสองชั้น. 2526) (ภาพประกอบ 1) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ราก เป็นส่วนที่อยู่ใต้ผิวดิน ใช้อึดลำต้นกับดินเพื่อไม่ให้ต้นล้ม บางครั้งอาจมีรากพิเศษเกิดขึ้นที่ข้อซึ่งอยู่เหนือพื้นดินด้วย ต้นข้าวไม่มีรากแก้ว แต่มีรากฝอยแตกแขนงกระจายอยู่ใต้ผิวดิน ซึ่งเป็นรากชุดแรกที่เจริญมาจากส่วนของ radicle ทำหน้าที่เป็นรากชั่วคราว และจะแก่ตายภายใน 30 วัน รากชุดที่สองเป็นรากที่เกิดบริเวณข้อของลำต้นที่อยู่สูงขึ้นมา แต่อยู่ใต้ระดับผิวน้ำและหยั่งลึกลงไปในดิน

2. ลำต้น ลำต้นของข้าวประกอบด้วย ข้อ (node) และปล้อง (internode) บริเวณข้อจะเป็นที่เกิดของใบและตา ตาอาจจะเจริญขึ้นเป็นแขนง (tiller) คือแขนงจะแตกออกจากลำต้นหลัก (main culm) โดยแตกในลักษณะสลับข้างกัน (alternate pattern) การแตกกอจะเริ่มประมาณเมื่อข้าวอายุ 10 วัน หลังปักดำ และจะถึงจุดการแตกกอสูงสุดเมื่ออายุ 50-60 วันหลังปักดำ และเยื่อที่อยู่ภายในข้อ เรียกว่า nodal septum จะแบ่งปล้องออกจากกัน ปล้องของลำต้นที่เจริญเติบโตเต็มที่แล้วมีลักษณะกลวง ความยาวของปล้องจะแตกต่างกันโดยปล้องที่อยู่ด้านบน จะยาวกว่าปล้องที่อยู่ด้านล่าง ปล้องที่อยู่ด้านล่างหลายปล้องจะอยู่ติดกัน จึงทำให้ลำต้นส่วนล่างมีลักษณะตัน

3. ใบ ต้นข้าวมีใบไว้สำหรับการสังเคราะห์ด้วยแสง เพื่อเปลี่ยนแร่ธาตุ อาหาร น้ำ และคาร์บอนไดออกไซด์ให้เป็นแป้ง เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและสร้างเมล็ดของต้นข้าว ใบจะประกอบด้วย กาบใบ (sheath) และแผ่นใบ (blade) กาบใบจะหุ้มส่วนของลำต้นไว้ จุดที่ฐานของกาบใบซึ่งพองนูนออกเรียกว่า sheath pulvinus แผ่นใบจะอยู่ต่อจากกาบใบมีความยาว ความกว้าง รูปร่าง สี และขนบนใบแตกต่างกันไปตามพันธุ์ ใบสุดท้ายที่อยู่ถัดลงมาจากรวงเรียกว่า ใบธง (flag leaf) ใบธงมักมีลักษณะรูปร่าง ขนาด และการจัดเรียงตัวของมุมใบแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์ข้าว

4. ดอกข้าว (spikelet) ประกอบด้วย เปลือกนอกใหญ่สองแผ่นประสานกัน เพื่อห่อหุ้มส่วนที่อยู่ภายในไว้ เปลือกนอกใหญ่แผ่นนอก เรียกว่า เลมมา (lemma) ส่วนเปลือกนอกใหญ่แผ่นใน เรียกว่า พาเลีย (palea) ทั้งสองเปลือกนี้ ภายนอกอาจมีขนหรือไม่มีขนก็ได้ ที่ปลายสุดของเปลือกนอกใหญ่แผ่นนอก จะมีลักษณะเป็นปลายแหลมยื่นออกมา เรียกว่า หาง (awn) ความยาวของหางจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์ข้าว บริเวณปลายด้านล่างของเปลือกนอกใหญ่ทั้งสองแผ่นจะติดกันอยู่บนก้านสั้นๆ ที่เรียกว่า ราชิลลา (rachilla) และที่ด้านบนของราชิลลานั้น จะมีแผ่นบาง ๆ สองแผ่นขนาดเท่า ๆ กัน ทำหน้าที่บังคับให้เปลือกนอกทั้งสองแผ่น เปิดหรือปิดได้ แผ่นบางๆ สองแผ่นนี้ เรียกว่า โลติคูลัส

(lodicules) ที่ฐานของราซัลลาจะมีเปลือกบาง ๆ อีกสองแผ่น ขนาดเล็กกว่าเลมมาและพาเลีย มีรูปร่างค่อนข้างยาว ประกบอยู่ที่ฐานของเปลือกนอกใหญ่ เรียกว่า เปลือกนอกเล็ก (sterile lemmas) ซึ่งที่ปลายด้านล่างของเปลือกนอกเล็กจะประสานติดกันอยู่รอบ ๆ ข้อเรียกว่า รูดิเมนทารี กลูมส์ (rudimentary glumes) ส่วนที่อยู่ถัดลงมาจะเป็นก้านดอกซึ่งติดอยู่บนแขนงที่สองของรวงข้าว

รวงข้าว (Panicle) ประกอบด้วย ก้านอันใหญ่ต่อจากคอรวงขึ้นไป แล้วแตกแขนงแบบราซิมอส โมดبرانซิง (racemose mode branching) ออกเป็นจำนวนมาก โดยแต่ละข้อของก้านอันใหญ่แตกแขนงออกไปเรียกว่า แขนงที่หนึ่ง (primary branches) และแต่ละข้อของแขนงที่หนึ่งจะแตกแขนงออกไปอีกเป็นแขนงที่สอง (secondary branches) ดอกข้าว (spikelets) มีก้านดอก ซึ่งเรียกว่า เพดิเซล (pedicel) จะติดอยู่ที่แขนงที่สองของรวงข้าว ลักษณะของรวงข้าว เช่น ความยาว รูปร่าง ความถี่ห่างของข้อของแขนงหรือระแง้ ตลอดถึงมุมของการแตกแขนงออกไปเป็นแขนงที่หนึ่งและแขนงที่สองนั้น แตกต่างกันไปตามชนิดของพันธุ์ข้าว การมีข้อของแขนงที่หนึ่งและแขนงที่สองถี่นั้น เรียกว่า ระแง้ถี่ ทำให้มีจำนวนดอกต่อรวงมาก ซึ่งเป็นลักษณะของพันธุ์ข้าวที่จะให้ผลผลิตสูง



ภาพประกอบ 1 ลักษณะและส่วนประกอบของต้นข้าว

ที่มา: ศูนย์การเรียนรู้การเกษตรตำบลสาคร. (2558).

ข้าวพันธุ์ กข47

ข้าวเจ้าพันธุ์ กข47 ได้จากการผสม 3 ทางระหว่าง ลูกผสมชั่วที่ 1 ของสุพรรณบุรี 1 กับ IR64 นำไปผสมกับ CNT86074-25-9-1 ที่ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาทในฤดูนาปี 2539 ปลูกชั่วอายุที่ 1 ในฤดูนาปี 2540 ปลูกคัดเลือกตั้งแต่ชั่วอายุที่ 2 จนได้เมล็ดพันธุ์ชั่วที่ 3 ที่ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท ปลูกคัดเลือกชั่วอายุที่ 4-5 ที่ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก ตั้งแต่ฤดูนาปรัง 2542 ถึง ฤดูนาปรัง 2542 และปลูกศึกษาพันธุ์ ฤดูนาปรัง 2543 ที่ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก นำเข้าเปรียบเทียบผลผลิตภายในสถานที่ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก ฤดูนาปี 2544 – 2545 จากนั้นนำเข้าเปรียบเทียบผลผลิตระหว่างสถานที่ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาทและศูนย์วิจัยข้าวลพบุรี ในฤดูนาปี 2546-2551 นำเข้าเปรียบเทียบผลผลิตในนาราษฎรในนาเกษตรกรจังหวัดพิษณุโลก พิจิตร ชัยนาท สิงห์บุรี อุดรดิตถ์ นครสวรรค์ และกำแพงเพชร ตั้งแต่ฤดูนาปรัง 2548 ถึงฤดูนาปี 2551 ทดสอบผลผลิตและการยอมรับของเกษตรกร ตั้งแต่ฤดูนาปี 2549 ถึงฤดูนาปรัง 2551 ในนาเกษตรกรจังหวัดพิษณุโลก พิจิตร สุโขทัย อุดรดิตถ์ กำแพงเพชร นครสวรรค์ ชัยนาท อุทัยธานี และสุพรรณบุรี ทดสอบเสถียรภาพผลผลิตในฤดูนาปี 2550 ที่ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก แพร่ อุบลราชธานี สกลนคร สุรินทร์ ปทุมธานี สุพรรณบุรี และพัทลุง คณะกรรมการพิจารณาพันธุ์กรมการข้าว มีมติรับรองพันธุ์ชื่อ กข47 เพื่อแนะนำให้เกษตรกรปลูก เมื่อวันที่ 28 กันยายน 2553

ข้าวเจ้าพันธุ์ กข47 เป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง มีอายุในการเก็บเกี่ยว 104-107 วัน (หว่านน้ำตม) และ 112 วัน(ปักดำ) มีลักษณะกอตั้ง ความสูง 90-100 เซนติเมตร ลำต้นแข็งแรง ใบสีเขียว มุมใบธงกว้างปานกลาง รวงยาว 30 เซนติเมตร ค่อนข้างแน่น คอรวงโผล่เล็กน้อย ข้าวเปลือกสีฟาง ยาว 10.4 มิลลิเมตร กว้าง 2.52 มิลลิเมตร หินา 2.08 มิลลิเมตร ข้าวกล้องรูปรางรียาว ยาว 7.94 มิลลิเมตร กว้าง 2.13 มิลลิเมตร หินา 1.81 มิลลิเมตร ข้าวสารยาว 7.76 มิลลิเมตร กว้าง 2.05 มิลลิเมตร หินา 1.73 มิลลิเมตร มีปริมาณอะไมโลสสูง (26.81%) ข้าวเมื่อหุงสุกมีลักษณะสีขาวนวลไม่เลื่อมมันค่อนข้างร่วนและแข็ง (ภาพประกอบ 2)



ภาพประกอบ 2 ต้นข้าวพันธุ์ กข47

ที่มา: องค์ความรู้เรื่องข้าว. (2558).

ข้าวพันธุ์ กข47 จะให้ผลผลิตสูง มีเสถียรภาพดี (ภาพประกอบ 3) เป็นสายพันธุ์ข้าวที่ค่อนข้างต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลดีกว่า กข41 ค่อนข้างต้านโรคไหม้ดีกว่าพิษณุโลก 2 และมีคุณภาพเมล็ดทางกายภาพดีเป็นข้าวเจ้าเมล็ดยาวเรียวยาว ท้องไข่น้อย คุณภาพการสีดีถึงดีมาก สามารถสีเป็นข้าวสาร 100 เปอร์เซ็นต์ได้ แต่ข้าวพันธุ์ กข47 จะอ่อนแอต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลชีวิตชนิดที่ 5 และเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจากจังหวัดนครปฐม อ่อนแอต่อโรคขอบใบแห้ง และไม่ควรใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในระดับสูงเกินไปจะทำให้เกิดโรคไหม้รุนแรง และค่อนข้างอ่อนแอต่อเชื้อสาเหตุโรคไหม้ในภาคกลาง ไม่ทนอากาศเย็นจึงไม่ควรปลูกในช่วงปลายเดือนกันยายนถึงต้นเดือนพฤศจิกายน (กรมวิชาการเกษตร. 2546)



ภาพประกอบ 3 เมล็ดข้าวขาวพันธุ์ กข47

ที่มา: องค์ความรู้เรื่องข้าว. (2558).

ลักษณะของภัยแล้ง

ปัญหาภัยแล้ง (drought) หมายถึง ภัยธรรมชาติหรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาซึ่งอากาศแห้งผิดปกติ หรือขาดฝน ทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำ และถ้ามีความรุนแรงอาจทำให้พืชผลตลอดจนสิ่งมีชีวิตต่างๆ ได้รับความเสียหาย ปัญหาความรุนแรงของความแล้งมีความสัมพันธ์สอดคล้องกับสภาวะฝนแล้งหรือความแห้งแล้งของลมฟ้าอากาศ ซึ่งเกิดจากการมีฝนตกน้อยกว่าปกติ หรือฝนไม่ตกตามฤดูกาล (ปราณี ว่องวิฑูรย์; และณรงค์นาถ อยู่ประสิทธิ์. 2534)

ความแห้งแล้งเกิดจากการที่มีฝนน้อยกว่าปกติ หรือฝนไม่ตกต้องตามฤดูกาล เป็นระยะเวลานานกว่าปกติ และครอบคลุมพื้นที่บริเวณกว้าง ทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำดื่ม น้ำใช้ พืชพันธุ์ไม้ต่างๆ ขาดน้ำ ทำให้ไม่เจริญเติบโตตามปกติเกิดความเสียหาย ความแห้งแล้งเป็นภัยธรรมชาติที่เกิดขึ้นเป็นประจำทุกปี โดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลางของประเทศไทย เนื่องจากเป็นบริเวณที่อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เข้าไปไม่ถึง ทำให้เกิดความแห้งแล้ง และฝนทิ้งช่วงยาวนาน ภัยแล้งที่เกิดขึ้นทุกปีมีรายงานว่าจะอยู่ในช่วงเดือนมิถุนายนต่อเนื่องถึงเดือนกรกฎาคม ซึ่งช่วงเวลาดังกล่าวพืชไร่ที่เพาะปลูกจะขาดน้ำส่งผลให้พืชได้รับความเสียหาย โดยความรุนแรงจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายด้าน เช่น ความชื้นในอากาศ ความชื้นในดิน ระยะเวลาที่เกิดความแห้งแล้ง และขนาดของพื้นที่ที่มีความแห้งแล้ง เป็นต้น ปัจจุบันได้มีรายงานสถานการณ์พื้นที่ภัยแล้งในประเทศไทย ที่ได้รับความเสียหายจากภัยแล้งเป็นพื้นที่บริเวณกว้างในเกือบทุกภาคของประเทศไทย (ภาพประกอบ 4) โดยเฉพาะพื้นที่ทำการเกษตรในแถบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา ส่งผลทำให้การทำนาข้าวได้รับผลกระทบ

อย่างรุนแรง ทำให้เกษตรกรในพื้นที่ดังกล่าวไม่สามารถทำนาได้ ประกอบกับประเทศไทยจัดอยู่ในเขตภูมิอากาศชื้น และแห้ง (wet and dry climate) หรือที่รู้จักกันในการจำแนกเขตภูมิอากาศ มีลักษณะดังนี้

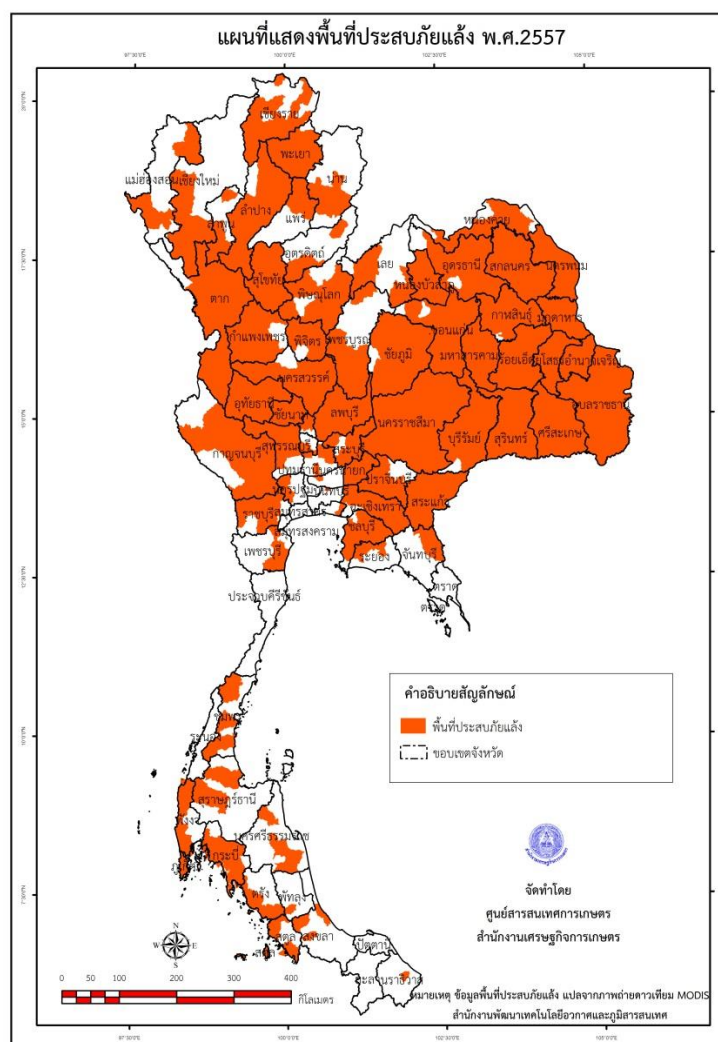
Am คือ มีช่วงแห้งแล้งระยะสั้น ความชื้นในดินไม่เพียงพอให้พืชได้เจริญเติบโตไม่หยุดชะงัก

Aw คือ มีช่วงแห้งแล้งระยะยาว ความชื้นในดินหมดไป จนกระทั่งพืชบางชนิดต้องตายไป หรือไม่ก็ต้องปรับตัวโดยวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้ดำรงชีพได้ในช่วงที่แห้งแล้ง ดังนั้นความแห้งแล้งจึงเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้นเป็นปกติ ซึ่งต้องมีการเตรียมการเพื่อแก้ไขทั้งนี้ภาวะความแห้งแล้งของลมฟ้าอากาศ สามารถแบ่งตามระดับความรุนแรงที่เกิดขึ้นได้ดังนี้ (กุลวดี บุญบุตร; และยุพเรศ ภูธง. 2554)

ความแห้งแล้งอย่างเบาหรือช่วงฝนทิ้ง (dry spell) เป็นสภาวะความแห้งแล้ง ที่มีฝนตกเฉลี่ยไม่ถึงวันละ 1 มิลลิเมตร เป็นเวลาต่อเนื่องกันถึง 15 วันในช่วงฤดูฝน ความแห้งแล้งแบบนี้เกิดขึ้นตามภาคต่าง ๆ ในประเทศไทยเสมอในตอนต้นฤดูฝนระหว่างเดือนมิถุนายนและกรกฎาคม

ความแห้งแล้งปานกลางหรือความแห้งแล้งชั่วคราว (partial drought) เป็นช่วงฝนแล้ง ที่มีฝนตกในฤดูฝนเฉลี่ยไม่เกินวันละ 0.25 มิลลิเมตร เป็นเวลานานต่อเนื่องกันไม่น้อยกว่า 29 วัน ความแล้งแบบนี้เกิดขึ้นถึงขั้นขาดแคลนน้ำ มีผลกระทบต่อการทำเกษตรกรรม ความเป็นอยู่ของประชาชน และเศรษฐกิจของประเทศ แต่ไม่ค่อยได้เกิดขึ้นในประเทศไทยบ่อยนัก

ความแห้งแล้งอย่างรุนแรง หรือความแห้งแล้งสมบูรณ์ (absolute drought) เป็นความแห้งแล้งที่ฝนไม่ตกในฤดูฝน ต่อเนื่องกันไม่น้อยกว่า 15 วัน หรืออาจมีตกบ้างแต่ไม่มีวันใดที่มีฝนตกถึง 0.25 มิลลิเมตร นับเป็นภัยธรรมชาติที่รุนแรงที่สุด ส่งผลให้พืชพรรณต่าง ๆ ไม่มีผลผลิต และไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ซึ่งสภาวะแห้งแล้งแบบนี้ยังไม่เคยปรากฏในประเทศไทย



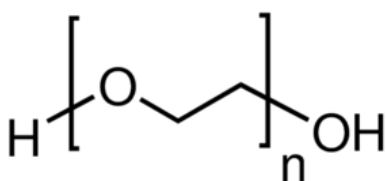
ภาพประกอบ 4 แผนที่แสดงพื้นที่ประสบภัยแล้ง พ.ศ. 2557

ที่มา: ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. (2558).

Polyethylene glycol 6000 (PEG6000)

Polyethylene glycol หรือ PEG เป็นสารที่นิยมนำมาใช้เพื่อทำให้เกิดสภาวะแล้งมากกว่าสารอื่นๆ เนื่องจากเป็นสารที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ไม่สามารถดูดซึมเข้าไปในเซลล์พืชได้ (ภาพประกอบ 5) และยังทำให้ค่า osmotic potential ภายในเซลล์ลดลง เช่นการศึกษาของ บุศริน อัมอินทร์; และคนอื่นๆ (2555) รายงานว่าในสภาพจำลองการขาดน้ำโดยการเติม PEG สามารถทำ

ให้อ้อยมีแนวโน้มกระตุ้นการแสดงออกของยีน *BADH* ที่เป็นตัวบ่งชี้ถึงการตอบสนองต่อสภาวะเครียดจากความแห้งแล้ง และพบว่า PEG ที่ระดับความเข้มข้น 30%(w/v) มีแนวโน้มกระตุ้นให้การแสดงออกของยีนดังกล่าวมากขึ้น และจากการศึกษาของ วรัญญา คำปิ่น; และคนอื่นๆ (2541) สามารถคัดเลือกการคัดเลือกข้าว กข23 (*Oryza sativa* L. cultivar RD23) สายพันธุ์ทนแล้ง โดยใช้หลักการของการเกิดการแปรผันของเซลล์ร่างกายจากการเลี้ยงเนื้อเยื่อในหลอดทดลองโดยการเลี้ยงแคลล์จากเอ็มบริโอของเมล็ดข้าวในอาหารที่ผสม PEG6000 ความเข้มข้น 125 กรัมต่อลิตร เป็นเวลานาน 1 เดือน พบว่าสายพันธุ์ทนแล้งมีการสะสมโปรตีนและน้ำตาลในระดับสูงมากกว่าสายพันธุ์หลักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเจริญเติบโตในสภาวะแล้ง



ภาพประกอบ 5 โครงสร้าง polyethylene glycol

ที่มา: Sigma-Aldrich. (2558).

ความสามารถในการทนแล้งของพืช

ความสามารถในการทนแล้งของพืชจะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของพืช เมื่อพืชอยู่ในสภาวะแล้งจะมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา กระบวนการทางชีวเคมี รวมไปถึงรูปแบบการแสดงออกของยีน ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการดังกล่าวเมื่อพืชอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ซึ่งเป็นผลมาจากการปรับตัวและการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของพืชเพื่อให้สามารถดำรงชีวิตอยู่รอดได้ โดยพืชจะมีการชักนำให้เกิดการส่งสัญญาณเชื่อมโยงของระบบต่าง ๆ รวมไปถึงการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา สันฐานวิทยา และกลไกทางชีวเคมีต่าง ๆ เช่น การสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ เพื่อกำจัดสารอนุมูลอิสระ (free radicals) และสารประกอบออกซิเจนที่ไวต่อปฏิกิริยาได้แก่ superoxide dismutase (SOD), ascorbate peroxidase (APX) และ catalase (CAT) เป็นต้นนอกจากนี้เมื่อพืชอยู่ในสภาวะแล้งจะมีการสะสมตัวถูกละลายที่ไม่เป็นพิษต่อเซลล์ เช่น โปรตีน น้ำตาลแอลกอฮอล์ ไกลซีน และบีเทน เพิ่มขึ้น การ

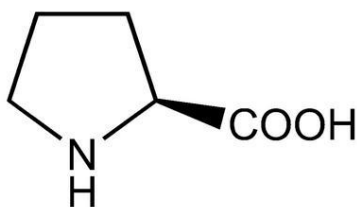
สะสมตัวถูกละลายเหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการรักษาสมดุลของน้ำในเซลล์ ส่งผลให้พืชสามารถรักษาระดับน้ำในเซลล์ที่ต่ำกว่าระดับน้ำภายนอกเซลล์ ทำให้น้ำสามารถออสโมซิสเข้าสู่เซลล์อย่างต่อเนื่อง และเป็นกลไกสำคัญในการทนต่อภาวะแล้งของพืช (Farooq; et al. 2009)

ผลของสภาวะแล้งที่มีต่อสารสีในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช

สภาวะแล้งทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงและการสร้างอาหารของพืชต่ำลง เนื่องจากพืชที่ได้รับสภาวะแล้งจะมีการปรับตัวโดยการปิดปากใบเพื่อลดการคายน้ำ ส่งผลทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่พืชนำมาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงแพร่เข้ามาในใบพืชได้น้อยลง (Liu; et al. 2004) และสภาวะแล้งยังส่งผลต่อสารสีในต้นกล้าข้าว ทำให้มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี คลอโรฟิลล์รวมลดลงเมื่อเทียบกับพืชที่ได้น้ำอย่างเพียงพอ (สุมาลี คงสอดทรัพย์; และวัฒนา พัฒนากุล. 2012) เนื่องจากในสภาวะแล้งจะมีปริมาณน้ำในดินน้อย ทำให้พืชไม่สามารถนำน้ำมาใช้ได้อย่างเพียงพอ นอกจากนี้ในสภาวะแล้งยังส่งผลทำให้พืชเกิดการสูญเสียน้ำ ซึ่งกระบวนการเหล่านี้ส่งผลทำให้เกิดการสร้างสารอนุมูลอิสระหรือสารประกอบออกซิเจนที่ไวต่อปฏิกิริยา (Reactive oxygen species; ROS) โดยสารเหล่านี้จะมีคุณสมบัติเป็นตัวออกซิไดซ์อย่างรุนแรง ซึ่งสามารถทำลายโครงสร้างของคลอโรฟิลล์ได้ (Farooq; et al. 2009)

โพรลีน

โพรลีน (proline) เป็นกรดอะมิโน ที่ไม่มีขั้ว มีโครงสร้างทางเคมีคือ $C_5H_9NO_2$ และถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มกรดอะมิโนจำเป็น 20 ชนิดของพืช ที่ใช้ในกระบวนการการสังเคราะห์โปรตีน โพรลีนสามารถจำแนกชนิดตามหมู่ฟังก์ชัน (R- groups) โดยรูปแบบที่เป็นอิสระ (Free form) จะอยู่ในรูปของ L-Proline (ภาพประกอบ 6)



ภาพประกอบ 6 โครงสร้างของโพรลีน

ที่มา: Sylvia E. McLain; et al. (2007).

บทบาทของโพรลีนที่พบในพืช

เมื่อพืชได้รับสภาวะแวดล้อมทางกายภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต พืชจะมีการตอบสนองทางสรีรวิทยาเพื่อให้พืชสามารถดำรงชีวิตต่อไปได้ เช่น มีการสะสมสารประเภท compatible solutes เช่น โพรลีนจะทำหน้าที่เป็นตัวถูกละลายภายในเซลล์ มีผลทำให้ความเข้มข้นของสารละลายภายในเซลล์เพิ่มขึ้น ช่วยรักษาระดับของค่า water potential และ osmotic pressure ภายในเซลล์ ลดการแพร่ของน้ำออกจากเซลล์ นอกจากนี้โพรลีนยังมีบทบาทที่สำคัญอื่น ๆ ป้องกันการเสียสภาพของโปรตีน เนื่องจากโพรลีนจะช่วยรักษากิจกรรมของเอนไซม์ ป้องกันกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชและยังเป็นแหล่งคาร์บอน ไนโตรเจน และพลังงาน เมื่อเกิดการฟื้นตัวจากสภาวะที่ไม่เหมาะสม

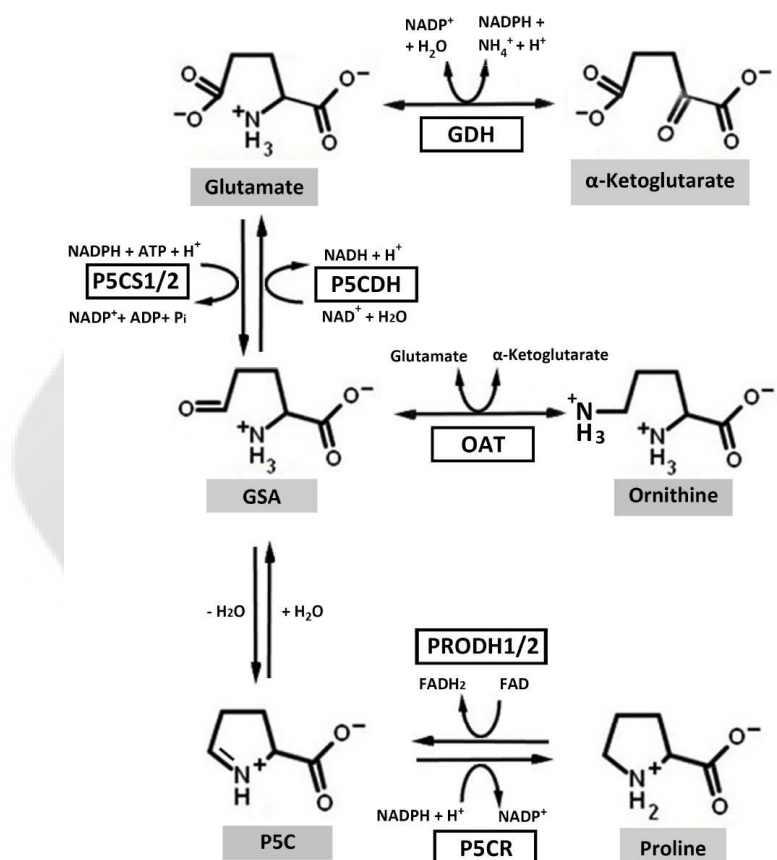
กระบวนการสังเคราะห์โพรลีน

กระบวนการสังเคราะห์โพรลีน แบ่งออกได้ 2 แบบคือ การสร้างโพรลีนที่มีสารตั้งต้นจากกรดกลูตาเมต (glutamate) และการสร้างโพรลีนจากอาร์จินีน (arginine) โดยผ่านออร์นิทีน (ornithine) (Kumar; et al. 2003)

1. การสังเคราะห์โพรลีนจากกรดกลูตาเมต (pathway of proline biosynthesis via glutamate)
กระบวนการสังเคราะห์โพรลีนจากกรดกลูตาเมตจะเกิดขึ้นบริเวณ cytosol โดยจะเริ่มต้นจากการเปลี่ยนกลูตาเมตไปเป็น glutamic- γ -semialdehyde (GSA) โดยเอนไซม์ pyrroline-5-carboxylate synthetase (P5CS) หลังจากนั้น GSA จะถูกเปลี่ยนไปเป็น pyrroline-5-carboxylate (P5C) ซึ่งใน

ขั้นตอนนี้จะเกิดขึ้นได้เอง และในขั้นตอนสุดท้าย P5C จะเปลี่ยนไปเป็นโพรลีน โดยเอนไซม์ pyrroline-5-carboxylate reductase (P5CR)

2. การสังเคราะห์โพรลีนจากอาร์จินีน/ออร์นิทีน (pathway of proline biosynthesis via arginine / ornithine) อาร์จินีนจะถูกเปลี่ยนไปเป็นออร์นิทีน โดยเอนไซม์ arginase ต่อจากนั้นออร์นิทีนก็จะเปลี่ยนไปเป็น GSA โดยเอนไซม์ ornithine- δ -aminotransferase (δ -OAT) และจะถูกเปลี่ยนไปเป็นโพรลีน (ภาพประกอบ 7)

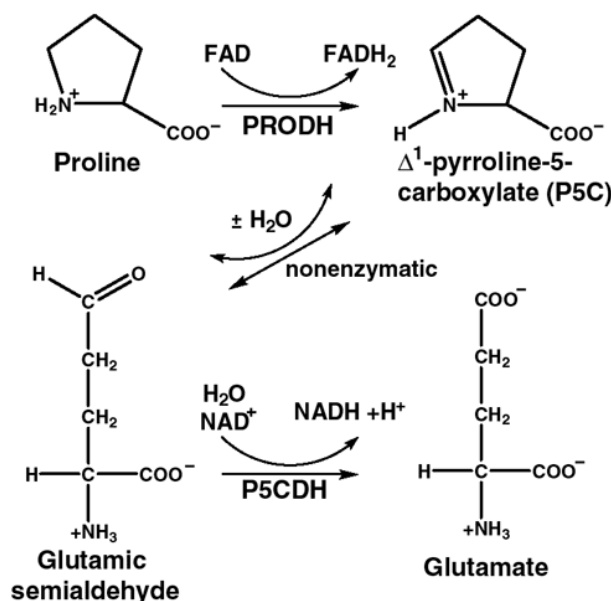


ภาพประกอบ 7 กระบวนการสังเคราะห์โพรลีน

ที่มา: Lu Zhang; & Donald F. Becker. (2015).

กระบวนการสลายตัวของโพรลีน

การสลายโพรลีนจะเกิดขึ้นที่ไมโทคอนเดรียโดยจะสลายโพรลีนให้กลายเป็น P5C โดยเอนไซม์ proline dehydrogenase (PDH) หรือ proline oxidase หลังจากนั้นจะถูกเปลี่ยนไปเป็น กลูตาเมตต่อไป โดยเอนไซม์ pyrroline-5-carboxylate dehydrogenase (P5CDH) (Lin; et al. 2002: Kumar; et al. 2003) (ภาพประกอบ 8)



ภาพประกอบ 8 กระบวนการสลายโพรลีน

ที่มา: Yong-Hwan Lee et al. (2003).

สาเหตุของการสะสมโพรลีน

สาเหตุของการสะสมโพรลีนเมื่อพืชอยู่ในสภาพขาดน้ำ (Boggess; et al. 1976) มี 3 ประการ

1. เมื่อพืชขาดน้ำทำให้กระบวนการสร้าง glutamyl -Y- semialdehyde เกิดขึ้นได้ดี แต่ยับยั้งกระบวนการเปลี่ยน glutamate ไปเป็น 2-oxoglutamate จึงเป็นการส่งเสริมกระบวนการสร้าง pyrroline-5-carboxylate (P5C) เพิ่มขึ้น เมื่อพืชมีปริมาณ P5C สูงจึงทำให้พืชมีการสร้างโพรลีนเพิ่มขึ้น

2. เมื่อพืชอยู่ภายใต้สภาวะขาดน้ำ กระบวนการ proline oxidation จะถูกยับยั้ง และโพรลีนถูกเปลี่ยนไปเป็น glutamate ได้ช้าลง
3. สภาพขาดน้ำทำให้กระบวนการสร้างโปรตีนที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ของพืชเกิดได้ช้าลง จึงเป็นสาเหตุทำให้เกิดการสะสมโพรลีนเพิ่มขึ้นในสภาวะดังกล่าว

ผลของสภาวะแล้งที่มีต่อการสะสมโพรลีนของพืช

เมื่อพืชได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งพืชจะมีการสูญเสียน้ำทำให้ปริมาณน้ำที่อยู่ในเซลล์พืชลดลง ส่งผลให้เกิดความต่างศักย์ระหว่างน้ำที่อยู่ในดินกับปริมาณน้ำในเนื้อเยื่อพืช ส่งผลทำให้พืชไม่สามารถดูดน้ำที่อยู่ระหว่างอนุภาคเม็ดดินมาใช้ได้อย่างเพียงพอ เมื่อถึงจุดที่พืชนำน้ำในดินไปใช้ได้้น้อยมากพืชจะมีการปรับตัวเพื่อให้สามารถเจริญเติบโตและมีชีวิตอยู่ต่อไปได้โดยการสะสมสาร compatible solutes บางชนิดที่ไม่ส่งผลกระทบต่อเซลล์ เช่น โพรลีน ไกลซีน น้ำตาล หรือ บีเทน (Mahajan; & Tuteja. 2005) เพื่อการปรับค่าแรงดันออสโมติกภายในเซลล์ นอกจากนี้จากการศึกษาการสะสมโพรลีนในเนื้อเยื่อพืชที่ได้รับสภาวะแล้ง พบว่ามีการใช้ลักษณะการสะสมโพรลีนเนื่องจากสภาวะขาดน้ำในการบ่งบอกความสามารถในการทนแล้งในพืชหลายชนิด เช่น ข้าวบาร์เลย์ที่สามารถทนต่อสภาวะขาดน้ำได้ดีพบว่า จะมีการสะสมโพรลีนในปริมาณที่สูง (นวรรตน์ อุดมประเสริฐ; และอมรรตน์ พรหมบุญ. 2537) และอ้อย (Burcer; et al. 2002) และข้าว เช่น การตอบสนองของข้าวเจ้าพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่ได้รับเชื้อราไมคอร์ไรซา (mycorrhiza) จะมีการสะสมปริมาณโพรลีนในใบสูงขึ้นทำให้ข้าวที่มีอายุในช่วง 25- 55 วัน สามารถทนทานต่อการขาดน้ำได้ (อรพิน เกิดชูชื่น; และคนอื่น ๆ. 2550) แสดงให้เห็นว่าความสามารถในการทนแล้งของต้นข้าวมีความเกี่ยวข้องกับปริมาณโพรลีนที่สูงขึ้นอีกด้วย

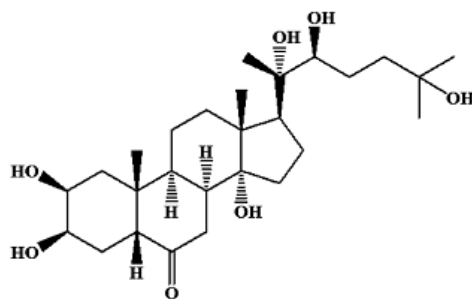
ความสัมพันธ์ของสภาพขาดน้ำกับการสะสมโพรลีน

ในช่วงที่พืชอยู่ในสภาพขาดน้ำ พืชจะมีการสะสมโพรลีนเพื่อทำศักย์ของน้ำในเซลล์ลดลง ซึ่งจะทำให้เกิดความต่างศักย์ของน้ำในดินกับค่าศักย์ของน้ำในเซลล์พืช เพื่อช่วยให้พืชสามารถดูดน้ำในดินไปใช้ได้ เมื่อน้ำในดินลดลงถึงจุดที่พืชนำไปใช้ได้้น้อยมาก ปากใบจะค่อย ๆ ปิดเพื่อลดการคายน้ำ (สายันท์ สดุดี. 2537) มีรายงานเกี่ยวกับการสะสมปริมาณโพรลีนของพืชพบว่า ภายใต้สภาพที่เซลล์ถูกทำลายหรือได้รับอันตราย จะมีการสะสมปริมาณโพรลีนในปริมาณที่สูงซึ่งเป็นการสะสมสารประกอบ

ไนโตรเจนและคาร์บอนไว้ในเซลล์ ซึ่งพืชจะนำไปใช้ในการเจริญเติบโตหลังจากที่พืชพ้นจากสภาวะการขาดน้ำ และพบว่าโปรตีนยังช่วยป้องกันการถูกทำลายของเยื่อหุ้มเซลล์ และช่วยไม่ให้โปรตีนเสื่อมสภาพในระหว่างที่พืชได้รับความแห้งแล้ง (Ain-Lhont; et al. 2000) รวมถึงการสะสมปริมาณโปรตีนในพืชมีบทบาทสำคัญที่ใช้เป็นตัวบ่งชี้สามารถในการทนต่อความแห้งแล้งหรือนำมาใช้เป็นตัวแทนในการวัดการทนแล้งของพืชได้ (De Ronde; et al. 2000) การศึกษาความสามารถในการทนแล้งของอ้อยกับปริมาณโปรตีนที่สะสมในสภาพโรงเรือน จากงานวิจัยของอิสระพงศ์ บุตรจันทร์ (2550) ได้ทำการตรวจสอบการสะสมโปรตีนของอ้อยในสภาพแปลงทดลองในแต่ละช่วงการเจริญเติบโต และศึกษาความสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต เพื่อตรวจสอบความทนแล้งของพันธุ์อ้อยในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนโดยพิจารณาจากปริมาณโปรตีนพบว่า ปริมาณโปรตีนที่สะสมในสภาพแล้งสัมพันธ์กับการมีพื้นที่ใบสีเขียวและความชื้นดินที่ลดลงในสภาพโรงเรือน โดยพันธุ์อ้อยที่มีการสะสมโปรตีนสูงในสภาพขาดน้ำมีแนวโน้มเป็นพันธุ์ที่มีความสามารถในการทนต่อสภาวะต่อสภาวะแล้งได้ดี และสามารถเจริญเติบโตได้ดีกว่าสายพันธุ์ที่มีการสะสมโปรตีนต่ำ

บราสซิโนสเตียรอยด์ (Brassinosteroids; BRs)

บราสซิโนสเตียรอยด์ เป็นกลุ่มของสารสเตียรอยด์ (steroids) ซึ่งมีฤทธิ์ทางชีวภาพเหมือนกับสารบราสซิโนไลด์ (brassinolide) พบในละอองเกสรของ alder tree (*Alnus glutinosa* L.) และ rape plant (*Brassica napus* L.) เป็นฮอร์โมนพืชที่ค้นพบในปี 1979 ซึ่งเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชตัวแรกที่มีโครงสร้างเป็นสเตียรอยด์ พบได้ในหลาย ๆ ส่วนของพืช เช่น ละอองเกสร ใบ ดอก เมล็ด ยอด ปม ราก และลำต้น (Sasse. 2003) จากการศึกษาพบว่ามีรายงานเกี่ยวกับบราสซิโนสเตียรอยด์พบว่า สามารถป้องกันการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ และลดความเสียหายของเยื่อหุ้มเซลล์ของพืชเมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะอุณหภูมิสูง (Krishna. 2003) นอกจากนี้ยังพบว่าบราสซิโนสเตียรอยด์สามารถช่วยเพิ่มอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงในสภาพที่อุณหภูมิสูงได้ (Ogwen; et al. 2008) นอกจากนี้บราสซิโนสเตียรอยด์ยังสามารถเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ โดยมีวงแหวน lactone ขนาดเจ็ดเหลี่ยมเป็นส่วนประกอบของระบบที่เชื่อมติดกัน (Clouse; & Sasse. 1998) เช่น castasterone เป็นต้น (ภาพประกอบ 9)

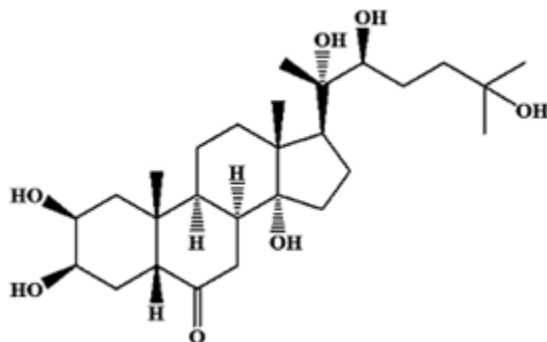


ภาพประกอบ 9 castasterone

ที่มา: Grove; et al. (1979).

บราสสิโนสเตียรอยด์แอนาลอก 7,8-dihydro-8 α -20-hydroxyecdysone

สาร 7,8-dihydro-8 α -20-hydroxyecdysone (DHECD) เป็นสารบราสสิโนสเตียรอยด์แอนาลอก เป็นสารที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นมาจากกระบวนการ catalytic hydrogenation ของสารเอคไดสเตียรอยด์ 20-hydroxyecdysone (Suksamrarn; et al. 2002) ซึ่งเป็นสารที่สกัดได้จากเปลือกของต้นไผ่น้ำ (*Vitex glabrata*) (Werawattanametin; et al. 1986) (ภาพประกอบ 10) มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว มีมวลโมเลกุลเท่ากับ 482 สามารถละลายได้ดีในเอทานอล เมทานอล และ DMSO โดยมีการออกฤทธิ์คล้ายกับบราสสิโนสเตียรอยด์ อย่างไรก็ตามสาร DHECD ที่สังเคราะห์ได้จะมีปริมาณสารตั้งต้นสูงกว่าเมื่อเทียบกับน้ำหนักของตัวอย่างพืช และมีการออกฤทธิ์เร่งการเจริญเติบโตของพืชได้ดีกว่าบราสสิโนสเตียรอยด์



ภาพประกอบ 10 7,8-dihydro-8 α -20-hydroxyecdysone (DHECD)

ที่มา: Suksamrarn; et al. (2002).

Clouse; & Sasse (1998) รายงานว่าการใช้สาร DHECD ในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น ในระยะการสร้างปุ่มกำเนิดช่อดอกและทั้งสองระยะร่วมกัน สามารถช่วยเพิ่มปริมาณน้ำหนักรากเมล็ดดีต่อ กอ น้ำหนักรากเมล็ดดีต่อรวง และน้ำหนักรากเมล็ดดีต่อไร่

Cao; et al. (2008) รายงานว่า brassinolide สามารถช่วยลดปริมาณ MDA ของต้นกล้าข้าวที่ ได้รับอุณหภูมิที่ 38/30 องศาเซลเซียส และช่วยลดค่า electric conductivity หรือเพิ่มความสามารถใน การเป็นเยื่อเลือกผ่านของเยื่อหุ้มเซลล์

Thussagunpanit; et al. (2012) รายงานว่า การเติมสาร 24-epi- brassinolide (EBR) หรือ DHECD ลงในอาหารที่ใช้ปล่มละอองเรณู สามารถช่วยเพิ่มควมมีชีวิตของละอองเรณู เมื่อได้รับอุณหภูมิ ที่สูงและลดการแตกของละอองเรณู และยังสามารเพิ่มประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงของข้าว ภายใต้สภาวะอุณหภูมิสูง 40/30 องศาเซลเซียส ทั้งในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น และระยะการ เจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ โดยการให้สารลิโนสเตียรอยด์สามารถช่วยเพิ่มอัตราการสังเคราะห์ด้วย แสงสุทธิ ค่าน้ำไหลปากใบ และอัตราการคายน้ำ รวมทั้งลดอัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ในช่องว่างระหว่างเซลล์และคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ

วีรศิลป์ สอนจรรยา; และคนอื่นๆ (2556) รายงานว่าการใช้สาร DHECD ที่ระดับความเข้มข้น 10^{-6} และ 10^{-5} โมลาร์ ในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น ($V_{5/6}$) และในระยะสร้างปุ่มกำเนิดช่อดอก (Pi) สามารถเพิ่มปริมาณการติดเมล็ดของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ได้รับความเครียดจากความร้อนได้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

พืชทดลอง

ข้าว (*Oryza sativa* cv. RD47) พันธุ์กข47 โดยได้รับความอนุเคราะห์จากศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี

สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการชีววิทยา อาคาร 15 ห้อง 15-323 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ช่วงเวลาที่ทำการทดลอง

ทำการปลูกข้าวระหว่างเดือน กันยายน 2557 – มีนาคม 2558

วัสดุอุปกรณ์

1. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ปลูกข้าว

- ตะกร้า ขนาด 21 × 21 ตารางเซนติเมตร
- กระดาษพลาสติกขนาด 21 × 21 ตารางเซนติเมตร
- กระดาษทิชชู
- ขวดแก้วขนาด 8 ออนซ์
- फिल्मยืด 30 เซนติเมตร × 30 เมตร × 10 ไมครอน

2. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาการเติบโตของต้นข้าว

- ไม้นรทัด
- กรรไกรตัดตัวอย่างพืช
- เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง รุ่น PA214 (COHAUS, USA)
- ตู้อบตัวอย่าง (Hot air oven) รุ่น ED53 (BINDE, Germany)
- ซองกระดาษเก็บตัวอย่างพืช

- อลูมิเนียมฟอยล์
- กระดาษทิชชู
- จานเพาะเลี้ยงเชื้อ (petri dish)

3. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์

- กรรไกรตัดตัวอย่างพืช
- อลูมิเนียมฟอยล์
- เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง รุ่น PA214 (COHAUS, USA)
- หลอดทดลอง
- ไมโครปิเปต (micropipette) (Labnet, UK)
- คิวเวต
- อ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath)
- เครื่องเขย่าผสมสาร (vortex mixer) (VELP Scientifica, Europe)
- เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (UV-VIS Spectrophotometer) รุ่น T60 (PG Instruments, UK)

4. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาปริมาณโปรตีน

- กรรไกรตัดตัวอย่างพืช
- อลูมิเนียมฟอยล์
- กระดาษกรอง
- กรวยแก้ว
- หลอดทดลอง
- โกร่งสำหรับบดตัวอย่างพร้อมที่บด
- กล้องโคมใส่น้ำแข็ง
- กระบอกตวง
- ขวดวัดปริมาตร (volumetric flask)
- ไมโครปิเปต (micropipette) (Labnet, UK)
- คิวเวต
- เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง รุ่น PA214 (COHAUS, USA)
- อ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath)

- เครื่องเขย่าผสมสาร (vortex mixer) (VELP Scientifica, Europe)
- เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (UV-VIS Spectrophotometer) รุ่น T60 (PG Instruments, UK)

สารเคมี

1. สารเคมีที่ใช้ในการปลูกข้าว

- สารเคมีสำหรับสารละลายธาตุอาหารสูตรดัดแปลง WP No.2 (Vajrabhaya; & Vajrabhaya. 1991)

- Polyethylene glycol 6000 (PEG 6000) (บริษัทรวมเคมี)

2. สารเคมีที่ใช้ในการศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์

- Dimethyl sulfoxide (DMSO) (Rci Labscan. Ireland)

3. สารเคมีที่ใช้ในการศึกษาปริมาณโปรตีน

- ไนโตรเจนเหลว
- 3% Sulfosalicylic acid (Lobal Chemie, India)
- Acid ninhydrin (Sigma-Aldrich, China)
- Glacial acetic acid (J.T.Baker, China)
- 6M Phosphoric acid (J.T.Baker, China)
- Toluene (Merck, Germany)

วิธีการดำเนินการวิจัย

การทดลองตอน 1 การหาความสามารถในการทนต่อระดับความรุนแรงของความเครียด จากสภาวะแล้งของต้นข้าวพันธุ์ กข47

1.1. ศึกษาผลของความเครียดจากสภาวะแล้งต่อการเติบโตของข้าว

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยมีจำนวนซ้ำ 5 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้น

1.1.1 การเตรียมต้นอ่อนของข้าวพันธุ์ กข47

แช่เมล็ดข้าวพันธุ์ กข47 ในน้ำกรอง เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วเทน้ำทิ้ง ปิดด้วยฟิล์มยืดพร้อมเจาะรูระบายอากาศเล็กๆ ทิ้งแผ่นฟิล์มยืด เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วจึงนำมาเพาะ

ในตะกร้าที่วางอยู่ในกะละมัง โดยให้ระดับน้ำกรองในกะละมังท่วมกันตะกร้าและเมล็ดข้าว เมื่อต้นข้าวมีอายุ 5 วัน เปลี่ยนน้ำกรองเป็นสารละลายธาตุอาหารสูตรดัดแปลง WP No.2 และเปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารทุก ๆ 5 วัน เมื่อต้นข้าวอายุ 30 วัน คัดเลือกต้นกล้าขนาดใกล้เคียงกัน เพื่อย้ายลงปลูกในขวดแก้วที่มีสารละลายธาตุอาหารสูตรดัดแปลง WP No.2 จำนวน 25 ต้นต่อขวด โดยวางในโรงเรือนที่มีแสงธรรมชาติตลอดระยะเวลาทำการทดลอง ควบคุมระดับของสารละลายธาตุอาหาร โดยเติมน้ำกรองให้สารละลายอยู่ในระดับเดียวกันกับตอนเริ่มทำการทดลองทุกวัน และเปลี่ยนสารละลายทุก 5 วัน

1.1.2 การจำลองสภาวะแล้งให้กับต้นข้าวในการทดลอง

แบ่งต้นกล้าข้าวที่ได้จากข้อ 1.1.1 ออกเป็น 5 ชุดการทดลอง โดยการจำลองให้ต้นข้าวได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง ด้วยการปลูกต้นข้าวในสารละลายธาตุอาหารพืชสูตรดัดแปลง WP No.2 ที่มี Polyethylene glycol (PEG 6000) ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 สารละลายธาตุอาหารพืชสูตรดัดแปลง WP No.2

ชุดการทดลองที่ 2 สารละลายธาตุอาหารพืชสูตรดัดแปลง WP No.2 ที่มีความเข้มข้น 5% (w/v) PEG6000

ชุดการทดลองที่ 3 สารละลายธาตุอาหารพืชสูตรดัดแปลง WP No.2 ที่มีความเข้มข้น 10% (w/v) PEG6000

ชุดการทดลองที่ 4 สารละลายธาตุอาหารพืชสูตรดัดแปลง WP No.2 ที่มีความเข้มข้น 15% (w/v) PEG6000

ชุดการทดลองที่ 5 สารละลายธาตุอาหารพืชสูตรดัดแปลง WP No.2 ที่มีความเข้มข้น 20% (w/v) PEG6000

1.1.3 เก็บตัวอย่างต้นข้าวในแต่ละชุดการทดลอง ชุดละ 5 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้น ในวันที่ 0, 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 เพื่อนำตัวอย่างมาศึกษาการเติบโตของต้นข้าว ดังนี้

1.1.3.1 การประเมินค่า drought score ตามวิธีของ (De Datta; et al. 1988) โดยมีเกณฑ์ในการประเมิน ดังนี้

0 = ไม่แสดงอาการ

1 = อาการปลายใบแห้ง

2 = อาการปลายใบแห้งประมาณเศษหนึ่งส่วนสี่ของความยาวใบหรือ 25 เปอร์เซ็นต์

ของใบทั้งหมด

3 = อาการปลายใบแห้งประมาณเศษหนึ่งส่วนสี่ของความยาวใบหรือมาก 50 เปอร์เซ็นต์ของใบทั้งหมด

4 = อาการปลายใบแห้งประมาณเศษหนึ่งส่วนสี่ของความยาวใบหรือมาก 50 เปอร์เซ็นต์ของใบทั้งหมดและทุกส่วนของใบแก่แห้ง 25 เปอร์เซ็นต์ของใบทั้งหมด

5 = ทุกส่วนของใบแห้ง 50 เปอร์เซ็นต์ของใบทั้งหมด

6 = ทุกส่วนของใบแห้งมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของใบทั้งหมดแต่ไม่เกิน 70 เปอร์เซ็นต์ของใบทั้งหมด

7 = ทุกส่วนของใบแห้ง 70 เปอร์เซ็นต์ของใบทั้งหมด

8 = ทุกส่วนของใบแห้งมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ของใบทั้งหมด

9 = ใบข้าวแห้งตายทั้งหมด

1.1.3.2 ความยาวต้นและราก

โดยทำการวัดความยาวในส่วนต้น (shoot) โดยวัดความยาวของส่วนต้นที่ติดกับโคนต้นจนถึงปลายยอด และวัดความยาวรากจากโคนต้นจนถึงปลายรากที่ยาวที่สุด

1.1.3.3 น้ำหนักสด-น้ำหนักแห้ง

นำตัวอย่างพืชมาแยกส่วนต้นและราก เพื่อชั่งน้ำหนักสด จากนั้นนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 48 ชั่วโมง นำส่วนของต้นและรากมาชั่งน้ำหนักแห้ง

1.1.3.4 อัตราส่วนความยาวรากต่อความยาวต้น คำนวณโดยใช้สูตร

อัตราส่วนความยาวราก / ความยาวต้น = ความยาวรากเฉลี่ย (ในแต่ละชุดการทดลอง) / ความยาวต้นเฉลี่ย (ในแต่ละชุดการทดลอง)

1.1.3.5 อัตราส่วนน้ำหนักแห้งรากต่อน้ำหนักแห้งต้น คำนวณโดยใช้สูตร

อัตราส่วนน้ำหนักแห้งราก / น้ำหนักแห้งต้น = น้ำหนักแห้งรากเฉลี่ย (ในแต่ละชุดการทดลอง) / น้ำหนักแห้งต้นเฉลี่ย (ในแต่ละชุดการทดลอง)

1.1.3.6 เปอร์เซนต์ปริมาณน้ำในต้นพืช ตามวิธีของ (Schonfeld; et al.

1988) นำใบข้าวมาตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ ไปชั่งหาค่าน้ำหนักสด จากนั้นนำตัวอย่างไปแช่ในน้ำกลั่นเป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำมาชั่งเพื่อวัดค่าน้ำหนักที่เซลล์เต่งเต็มที่ จากนั้นนำใบไปอบแห้งในตู้อบความร้อนที่

อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำไปที่แห้งแล้วมาชั่งน้ำหนักเพื่อวัดค่าน้ำหนักแห้งแล้วนำค่าที่วัดได้ทั้งหมดมา คำนวณโดยใช้สูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ปริมาณน้ำในต้นพืช} = \frac{[(\text{น้ำหนักสด} - \text{น้ำหนักแห้ง}) / (\text{น้ำหนักที่พืชแห้งตัวเต็มที่} - \text{น้ำหนักแห้ง})] \times 100}$$

1.1.3.7 อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (Relative Growth Rate) คำนวณโดยใช้สูตร

$$\text{Relative Growth Rate} = (\ln DW2 - \ln DW1) / (t2 - t1)$$

เมื่อ $\ln$ = natural logarithm

DW1 = น้ำหนักแห้งของตัวอย่างพืช ณ จุดเริ่มต้นของช่วงเวลาที่ทำการศึกษา

DW2 = น้ำหนักแห้งของตัวอย่างพืช ณ จุดสิ้นสุดของช่วงเวลาที่ทำการศึกษา

t1 = ช่วงเวลาจุดเริ่มต้นของช่วงเวลาที่ทำการศึกษา

t2 = ช่วงเวลาจุดสิ้นสุดของช่วงเวลาที่ทำการศึกษา

1.1.4 นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

การทดลองตอนที่ 2 ศึกษาผลของสาร 7,8-dihydro-8 α -20-hydroxyecdysone (DHECD) ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาบางประการของข้าวพันธุ์ กข47 ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้ง

2.1 ศึกษาผลของสาร DHECD ต่อการเติบโตของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้ง

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยมีจำนวนซ้ำ 5 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้น

2.1.1 การเตรียมต้นกล้าข้าวพันธุ์ กข47

เตรียมตามวิธีในข้อ 1.1.1

2.1.2 การจำลองสภาวะแล้งให้กับต้นข้าวในการทดลอง

การจำลองให้ต้นข้าวได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเมื่อต้นข้าวอายุ 30 วัน ด้วยการปลูกต้นข้าวพันธุ์ กข47 ในสารละลายธาตุอาหารพืชสูตรดัดแปลง WP No.2 ที่ได้รับ

ความเครียดจากสภาวะแล้ง โดยใช้สารละลาย PEG 6000 ในระดับรุนแรงที่ต้นข้าวยังคงสามารถเติบโตได้จากผลการทดลองตอนที่ 1 และพ่นด้วยสาร DHECD ความเข้มข้น 10^{-5} โมลาร์ (วีรศิลป์ สอนจรรยา; และคนอื่นๆ. 2556) โดยมีชุดการทดลองดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 สารละลายธาตุอาหารพืชสูตรดัดแปลง WP No.2

ชุดการทดลองที่ 2 สารละลายธาตุอาหารพืชสูตรดัดแปลง WP No.2 ที่ไม่มีสารละลายและพ่นด้วยน้ำ

ชุดการทดลองที่ 3 สารละลายธาตุอาหารพืชสูตรดัดแปลง WP No.2 ที่ไม่มีสารละลายและพ่นด้วยสาร DHECD

ชุดการทดลองที่ 4 สารละลายธาตุอาหารพืชสูตรดัดแปลง WP No.2 ที่มีความเข้มข้น 18% (w/v) PEG6000

ชุดการทดลองที่ 5 สารละลายธาตุอาหารพืชสูตรดัดแปลง WP No.2 ที่มีความเข้มข้น 18% (w/v) PEG6000 และพ่นด้วยน้ำ

ชุดการทดลองที่ 6 สารละลายธาตุอาหารพืชสูตรดัดแปลง WP No.2 ที่มีความเข้มข้น 18% (w/v) PEG6000 และพ่นด้วยสาร DHECD

2.1.3 เก็บตัวอย่างต้นข้าวในแต่ละชุดการทดลอง ชุดละ 5 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้น ในวันที่ 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 เพื่อนำตัวอย่างมาศึกษาการเจริญเติบโตของต้นข้าว ดังนี้

2.1.3.1 การประเมินค่า drought score ตามวิธีของ (De Datta; et al. 1988)

2.1.3.2 ความยาวต้นและราก

ทำการวัดความยาวในส่วนต้น (shoot) โดยวัดความยาวของส่วนต้นที่ติดกับโคนต้นจนถึงปลายยอด และวัดความยาวรากจากโคนต้นจนถึงปลายรากที่ยาวที่สุด

2.1.3.3 น้ำหนักสด-น้ำหนักแห้ง

นำตัวอย่างพืชมาแยกส่วนต้นและราก เพื่อชั่งน้ำหนักสด จากนั้นนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 48 ชั่วโมง แล้วนำมาชั่งน้ำหนักแห้งในส่วนของต้นและราก

2.1.3.4 อัตราส่วนความยาวราก / ความยาวต้น คำนวณโดยใช้สูตร

อัตราส่วนความยาวราก / ความยาวต้น = ความยาวรากเฉลี่ย (ในแต่ละชุดการทดลอง) / ความยาวต้นเฉลี่ย (ในแต่ละชุดการทดลอง)

2.1.3.5 อัตราส่วนน้ำหนักแห้งราก / น้ำหนักแห้งต้น คำนวณโดยใช้สูตร

อัตราส่วนน้ำหนักแห้งราก / น้ำหนักแห้งต้น = น้ำหนักแห้งรากเฉลี่ย (ในแต่ละชุดการทดลอง) / น้ำหนักแห้งต้นเฉลี่ย (ในแต่ละชุดการทดลอง)

2.1.3.6 เปอร์เซนต์ปริมาณน้ำในต้นพืช ตามวิธีของ (Schonfeld; et al. 1988) นำใบข้าวมาตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ ไปชั่งหาค่าน้ำหนักสด จากนั้นนำตัวอย่างไปแช่ในน้ำกลั่นเป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำมาชั่งเพื่อวัดค่าน้ำหนักที่เซลล์เต่งเต็มที่ จากนั้นนำไปไปอบแห้งในตู้อบความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำใบที่แห้งแล้วมาชั่งน้ำหนักเพื่อวัดค่าน้ำหนักแห้งแล้วนำค่าที่วัดได้ทั้งหมดมา คำนวณโดยใช้สูตร

$$\text{เปอร์เซนต์ปริมาณน้ำในต้นพืช} = [(\text{น้ำหนักสด} - \text{น้ำหนักแห้ง}) / (\text{น้ำหนักที่พืชเต่งตัวเต็มที่} - \text{น้ำหนักแห้ง})] \times 100$$

2.1.3.7 อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (Relative Growth Rate) คำนวณโดยใช้สูตร

$$\text{Relative Growth Rate} = (\ln DW2 - \ln DW1) / (t2 - t1)$$

เมื่อ $\ln$ = natural logarithm

DW1 = น้ำหนักแห้งของตัวอย่างพืช ณ จุดเริ่มต้นของช่วงเวลาที่ทำการศึกษา

DW2 = น้ำหนักแห้งของตัวอย่างพืช ณ จุดสิ้นสุดของช่วงเวลาที่ทำการศึกษา

t1 = ช่วงเวลาจุดเริ่มต้นของช่วงเวลาที่ทำการศึกษา

t2 = ช่วงเวลาจุดสิ้นสุดของช่วงเวลาที่ทำการศึกษา

2.1.4 นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

2.2 ศึกษาผลของสาร 7,8-dihydro-8 α -20-hydroxyecdysone (DHECD) ต่อปริมาณสารสีที่สำคัญในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้ง

2.2.1 ปริมาณคลอโรฟิลล์

เก็บตัวอย่างใบข้าวจากแต่ละชุดการทดลอง ชุดละ 5 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ต้น วิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ โดยดัดแปลงจากวิธีของ (วิรัตน์ ภูวิวัฒน์. 2539) โดยนำใบข้าวตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ปริมาณ 100 มิลลิกรัม แล้วใส่หลอดทดลอง เติมน้ำละลาย Dimethyl Sulfoxide (DMSO) 5 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปอยู่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส จนสีเขียวของชิ้นส่วนใบจางหายไป แล้วเติม Dimethyl Sulfoxide เพื่อปรับปริมาตรของสารละลายให้ครบ 10 มิลลิลิตร จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ ด้วยวิธีการวัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 665 และ 649 นาโนเมตร และนำค่าที่อ่านได้ไปคำนวณหาปริมาณคลอโรฟิลล์ ตามสมการของ (Daniel I. Arnon. 1949) ดังนี้

$$\text{ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ} = (12.19 \times A_{665}) - (3.14 \times A_{649})/FW$$

$$\text{ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี} = (21.99 \times A_{649}) - (5.32 \times A_{665})/FW$$

$$\text{ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด} = \text{Chl.a} + \text{Chl.b}$$

เมื่อ ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ได้มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกรัมของน้ำหนักสด นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของปริมาณคลอโรฟิลล์ ด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

2.2.2 ปริมาณแคโรทีนอยด์

เก็บตัวอย่างใบข้าวจากแต่ละชุดการทดลอง ชุดละ 5 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ต้น วิเคราะห์หาปริมาณแคโรทีนอยด์ โดยดัดแปลงจากวิธีของ (วิรัตน์ ภูวิวัฒน์. 2539) ตามวิธีดังข้อ 2.2.1 จากนั้นนำสารละลายที่ได้มาวัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 480 นาโนเมตร และนำค่าที่อ่านได้ไปคำนวณหาปริมาณแคโรทีนอยด์ ตามสมการของ (Daniel I. Arnon. 1949) ดังนี้

$$\text{ปริมาณแคโรทีนอยด์} = (1000 \times A_{480}) - (2.14 \times \text{Chl.a}) - (70.16 \times \text{Chl.b})/220$$

เมื่อปริมาณแคโรทีนอยด์ที่ได้มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกรัมของน้ำหนักสด นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของปริมาณแคโรทีนอยด์ ด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

2.3 ศึกษาผลของสาร 7,8-dihydro-8 α -20-hydroxyecdysone (DHECD) ต่อปริมาณโพรลีนของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้ง

เก็บตัวอย่างต้นข้าว ในข้อ 2.1.2 ของแต่ละชุดการทดลอง ชุดละ 5 ขั้ว ขั้วละ 5 ต้น ในวันที่ 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 ทำการวิเคราะห์หาปริมาณโพรลีนในส่วนของต้นและราก ตามวิธีของ (Bates; et al. 1973) คำนวณปริมาณโพรลีนเป็นมิลลิกรัมต่อกรัมของน้ำหนักสด

2.3.1 ชั่งน้ำหนักใบและรากของต้นข้าว แล้วบดกับไนโตรเจนเหลวจนกระทั่งใบและรากของต้นข้าวเป็นผง และนำมาบดกับสารละลาย 3% Sulfosalicylic acid

2.3.2 กรองใบและรากของต้นข้าวที่บดกับสารละลายในข้อ 2.3.1 ด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1

2.3.3 นำสารสกัดจากพืชที่กรองได้ในข้อ 2.3.2 มาอย่างละ 2 มิลลิลิตรในหลอดทดลอง ทำปฏิกิริยาโดยเติม Glacial acetic acid ปริมาตร 2 มิลลิลิตร และ Acid ninhydrin ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่าผสมสาร (vortex mixer) และต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

2.3.4. หยุดปฏิกิริยาโดยแช่หลอดที่ผ่านการต้มแล้วในน้ำแข็งทันที แล้วเติม Toluene ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองที่หยุดปฏิกิริยาแล้ว เขย่าให้เข้ากันโดยเครื่องเขย่าผสมสาร (vortex mixer) เป็นเวลาอย่างน้อย 20 วินาที

2.3.5 ดูดสารละลาย Toluene ชั้นบนที่มี Chromophore สีชมพูหรือสีแดง มาวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้ของสารละลายโพรลีนมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้น มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโพรลีนกับค่าการดูดกลืนแสง คำนวณค่าความเข้มข้นของโพรลีนในสารสกัดจากพืชโดยเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้กับกราฟมาตรฐานของโพรลีน

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ตอน 1 การหาความสามารถในการทนต่อระดับความรุนแรงของ ความเครียดจากสภาวะแล้งของต้นข้าวพันธุ์ กข47

1. น้ำหนักสด

1.1. น้ำหนักสดต้น

จากผลการทดลองพบว่าต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง มีน้ำหนักสดของส่วนต้นน้อยกว่าต้นข้าวที่ไม่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง และมีปริมาณน้ำหนักสดของส่วนต้นลดลงตามระดับความรุนแรงของความเครียดจากสภาวะแล้ง โดยพบว่าต้นข้าวที่ปลูกในสภาวะปกติที่ไม่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง มีน้ำหนักสดของส่วนต้นที่มากกว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่มี Polyethylene glycol (PEG6000) ความเข้มข้น 5, 10, 15 และ 20%(w/v) ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่า ต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่ระดับความเข้มข้นของสารละลาย PEG6000 20%(w/v) มีน้ำหนักสดส่วนต้นน้อยกว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่มีสารละลาย PEG6000 ความเข้มข้น 5, 10 และ 15%(w/v) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 10, 15, 20, 25 และ 30 วัน ตามลำดับ (ภาพประกอบ 11)

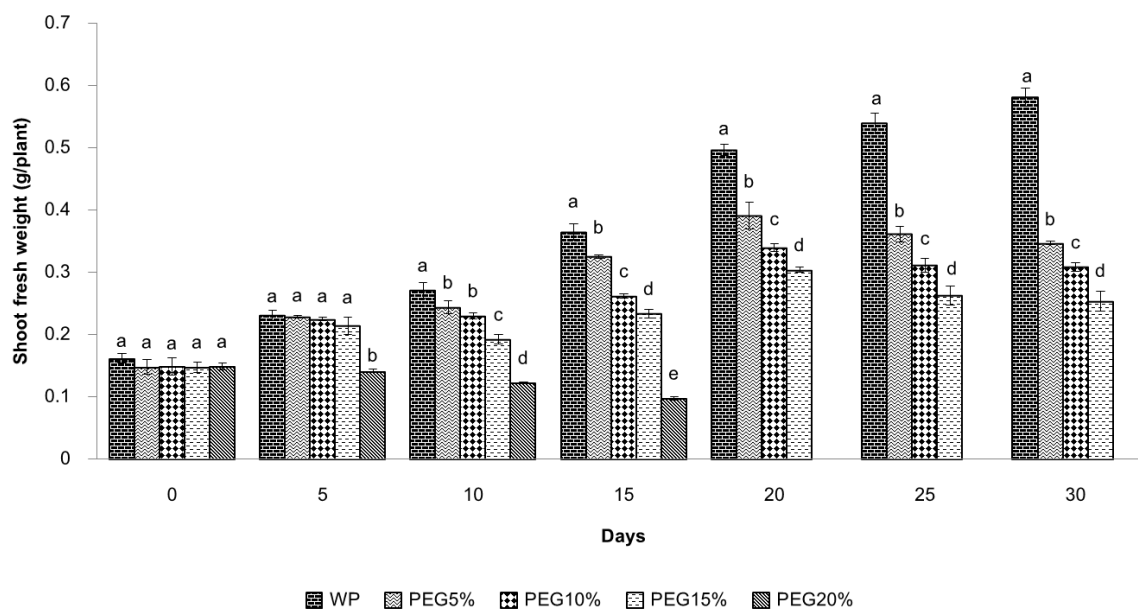
1.2. น้ำหนักสดราก

จากผลการทดลองพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง มีน้ำหนักสดของส่วนรากมากกว่าต้นข้าวที่ไม่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง โดยพบว่าน้ำหนักสดของส่วนรากที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10 และ 15%(w/v) มีน้ำหนักสดของส่วนรากมากกว่าต้นข้าวในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 5, 10 และ 15 วัน ในขณะที่สารละลาย PEG6000 ที่ความเข้มข้น 20%(w/v) มีผลทำให้น้ำหนักสดของส่วนรากมีค่าน้อยกว่าน้ำหนักสดของส่วนรากที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ที่ความเข้มข้น 5, 10 และ 15%(w/v) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง 15 วัน และพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10 และ

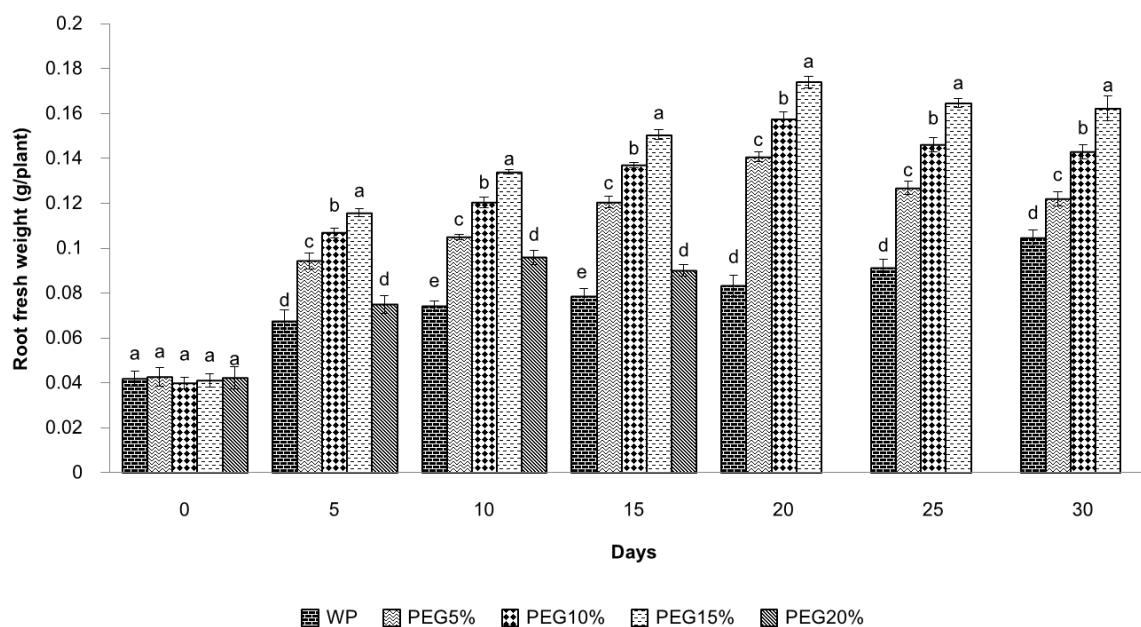
15%(w/v) มีน้ำหนักสดของส่วนรากมากกว่าต้นข้าวในชุดควบคุม หลังจากได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 20, 25 และ 30 วัน โดยความเข้มข้นของสารละลาย PEG6000 15%(w/v) มีผลทำให้น้ำหนักสดของส่วนรากมีค่ามากกว่าน้ำหนักสดของส่วนรากที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 5 และ 10%(w/v) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตลอดช่วงระยะเวลาของการทดลอง (ภาพประกอบ 12)

1.3. น้ำหนักสดรวมส่วนต้นและราก

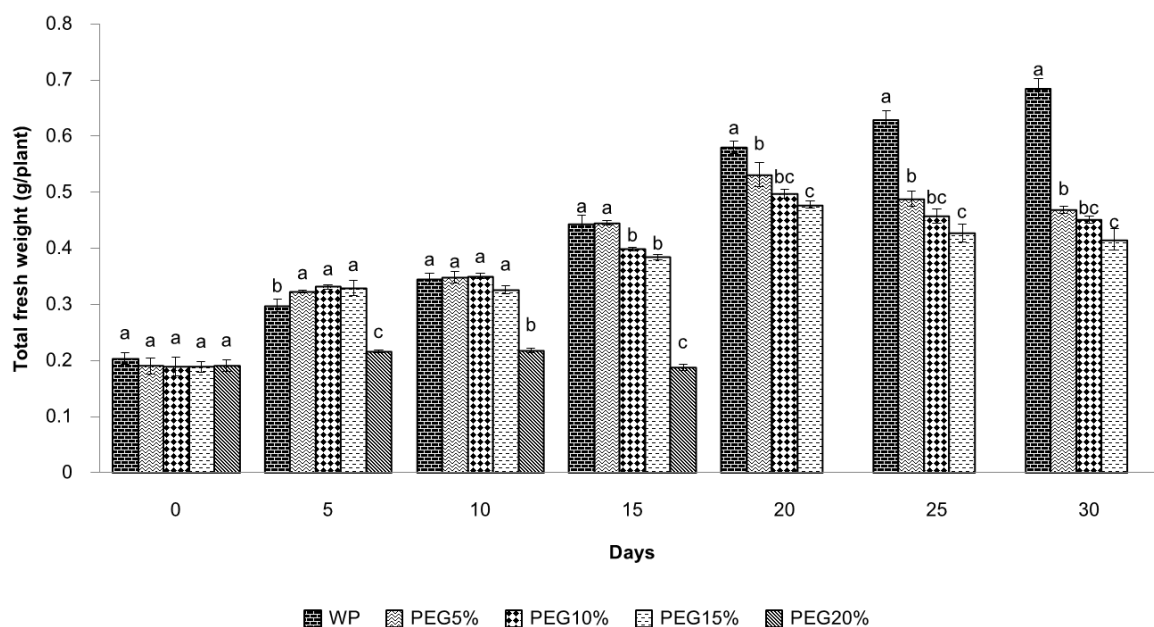
จากผลการทดลองพบว่าต้นข้าวที่ไม่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง มีน้ำหนักสดรวมในส่วนต้นและรากมีค่าไม่แตกต่างกับน้ำหนักสดรวมในส่วนต้นและรากที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง ที่ระดับความเข้มข้นของสารละลาย PEG6000 5, 10 และ 15%(w/v) หลังจากที่ได้รับ ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 5 และ 10 วัน ในขณะที่น้ำหนักสดรวมในส่วนต้นและรากของต้นข้าวที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 20%(w/v) มีค่าน้อยกว่าต้นข้าวที่ได้รับสารละลาย PEG6000 5, 10 และ 15%(w/v) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 5, 10 และ 15 วัน ตามลำดับ และพบว่าต้นข้าวที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10 และ 15%(w/v) มีค่าน้ำหนักสดรวมในส่วนต้นและรากน้อยกว่าต้นข้าวในชุดควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 20, 25 และ 30 วัน ตามลำดับ ในขณะที่สารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 20%(w/v) มีผลทำให้ต้นข้าวสามารถเติบโตได้ในช่วงระยะเวลา 15 วัน หลังจากได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง (ภาพประกอบ 13)



ภาพประกอบ 11 น้ำหนักสดต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)



ภาพประกอบ 12 น้ำหนักสดรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)



ภาพประกอบ 13 น้ำหนักสดรวมส่วนต้นและรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)

2. น้ำหนักแห้ง

2.1. น้ำหนักแห้งต้น

จากผลการทดลองพบว่า ต้นข้าวที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ความเข้มข้น 20%(w/v) มีค่าน้ำหนักแห้งของส่วนต้นน้อยกว่าต้นข้าวที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10 และ 15%(w/v) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และต้นข้าวในชุดควบคุมหลังจากได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 5, 10 และ 15 วัน และต้นข้าวมีค่าน้ำหนักแห้งของส่วนต้นลดลงเมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งในระดับที่รุนแรงเพิ่มขึ้น โดยที่ระดับความเข้มข้นของสารละลาย PEG6000 5, 10 และ 15%(w/v) ทำให้น้ำหนักแห้งของส่วนต้นมีค่าน้อยกว่าต้นข้าวในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากที่ได้รับ ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 20, 25 และ 30 วัน (ภาพประกอบ 14)

2.2. น้ำหนักแห้งราก

จากผลการทดลองพบว่า ต้นข้าวที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10, 15 และ 20%(w/v) มีน้ำหนักแห้งของส่วนรากมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตามระดับความรุนแรงของความเครียดจากสภาวะแล้ง และมีน้ำหนักแห้งของส่วนรากมากกว่าต้นข้าวในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากที่ได้รับจากความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 5 และ 10 วัน และพบว่าสารละลาย PEG6000 ที่ความเข้มข้น 15%(w/v) มีผลทำให้ต้นข้าวมีการสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนรากมากกว่าต้นข้าวที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ที่ความเข้มข้น 10 และ 15%(w/v) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากที่ได้รับจากความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 20, 25 และ 30 วัน (ภาพประกอบ 15)

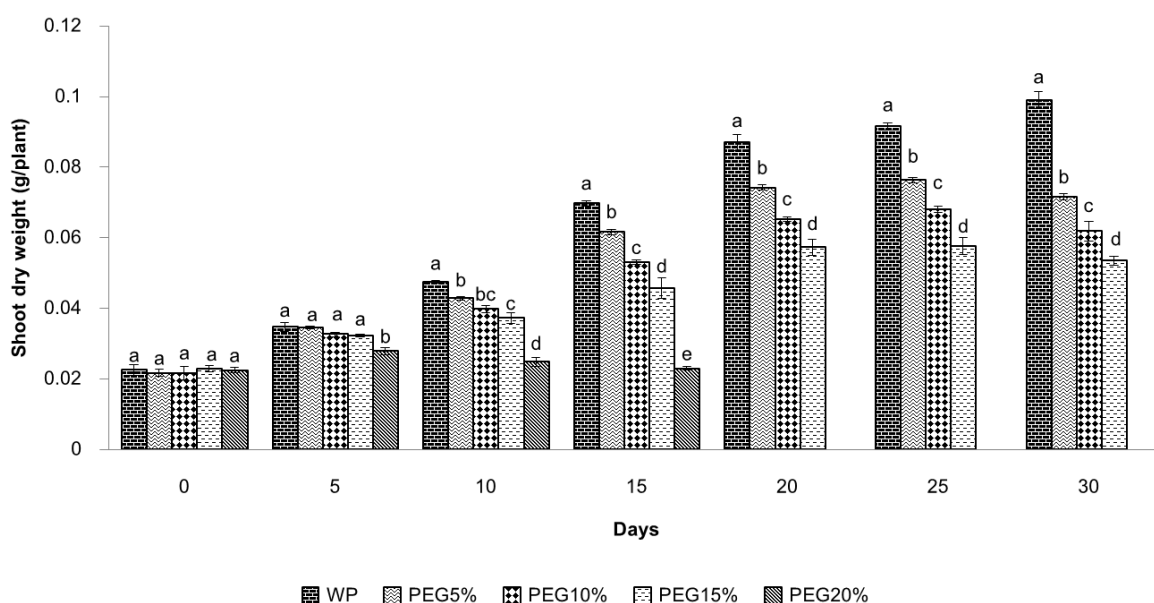
2.3. น้ำหนักแห้งรวมส่วนต้นและราก

จากผลการทดลองพบว่าต้นข้าวที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10, 15 และ 20%(w/v) มีการสะสมน้ำหนักแห้งรวมในส่วนต้นและรากน้อยกว่าต้นข้าวในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากที่ได้รับจากความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 15 วัน โดยพบว่าต้นข้าวที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ที่ความเข้มข้น 20%(w/v) มีการสะสมน้ำหนักแห้งรวมในส่วนต้นและรากน้อยกว่าต้นข้าวที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10 และ 15%(w/v)อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่าต้นข้าวที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10 และ 15%(w/v) มีการสะสมน้ำหนักแห้งรวมในส่วนต้นและรากน้อยกว่าต้นข้าวในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และต้นข้าวมีการสะสมน้ำหนักแห้งรวมในส่วนต้นและรากน้อยลงเมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งในระดับที่รุนแรงมากขึ้น หลังจากที่ได้รับจากความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 20, 25 และ 30 วัน (ภาพประกอบ 16)

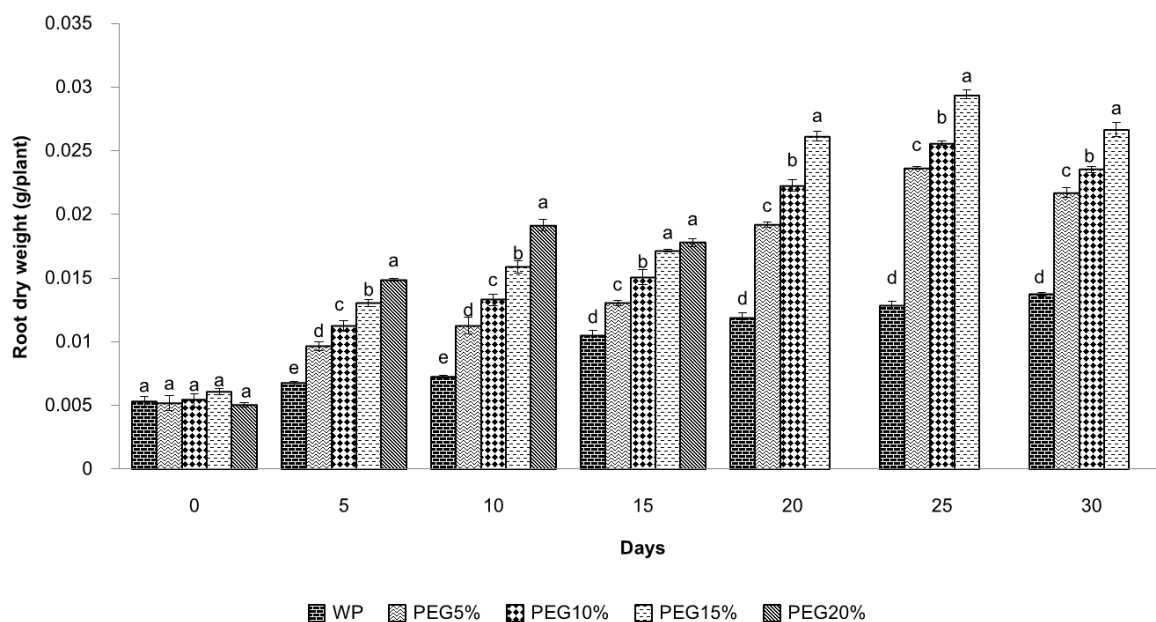
2.4. อัตราส่วนน้ำหนักแห้งรากต่อน้ำหนักแห้งต้น

จากผลการทดลองพบว่าต้นข้าวที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 20%(w/v) มีอัตราส่วนน้ำหนักแห้งของส่วนรากต่อน้ำหนักแห้งของส่วนต้นมากกว่าต้นข้าวที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10 และ 15%(w/v) และต้นข้าวในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากที่ได้รับจากความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 5, 10 และ 15 วัน และ

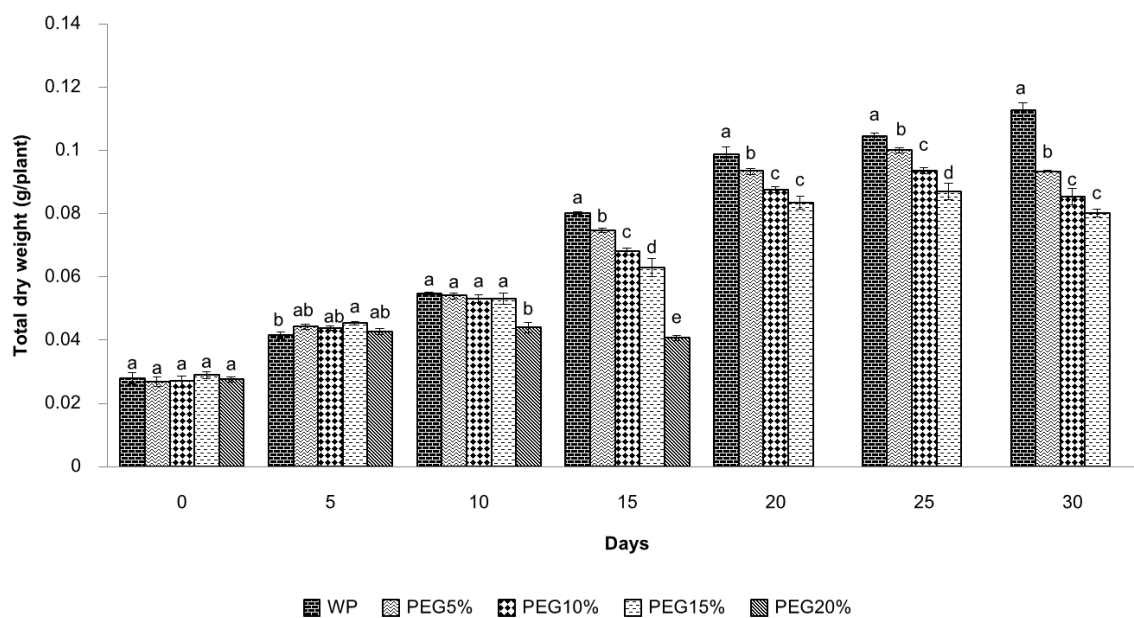
พบว่าต้นข้าวมีอัตราส่วนน้ำหนักแห้งของส่วนรากต่อน้ำหนักแห้งของส่วนต้นเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับสารละลาย PEG6000 ที่มีความเข้มข้นมากขึ้น โดยที่ระดับความเข้มข้นของสารละลาย PEG6000 15%(w/v) ทำให้ต้นข้าวมีอัตราส่วนน้ำหนักแห้งของส่วนรากต่อน้ำหนักแห้งของส่วนต้นมากกว่าต้นข้าวที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 10 และ 15%(w/v) และต้นข้าวในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากที่ได้รับ ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 20, 25 และ 30 วัน (ภาพประกอบ 17)



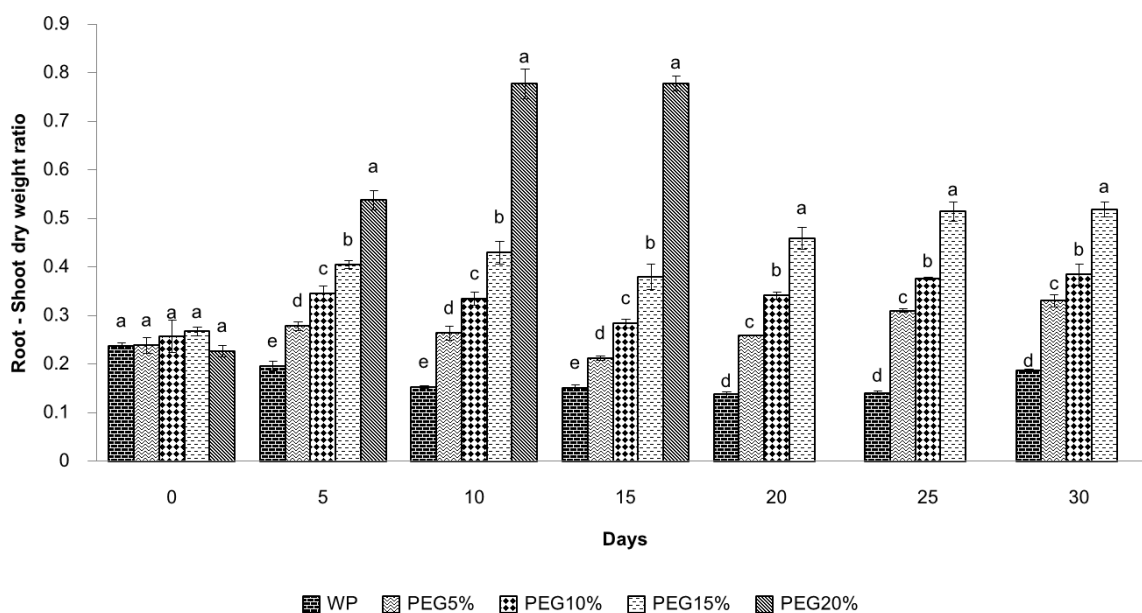
ภาพประกอบ 14 น้ำหนักแห้งต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)



ภาพประกอบ 15 น้ำหนักแห้งรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)



ภาพประกอบ 16 น้ำหนักแห้งรวมส่วนต้นและรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)



ภาพประกอบ 17 อัตราส่วนน้ำหนักแห้งรากต่อน้ำหนักแห้งต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)

3. ความยาว

3.1. ความยาวต้น

จากผลการทดลองพบว่าต้นข้าวที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10, 15 และ 20%(w/v) มีความยาวของส่วนต้นน้อยกว่าต้นข้าวในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากที่ได้รับ ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 15 วัน โดยต้นข้าวสามารถทนต่อระดับความเครียดจากสภาวะแล้งที่ความเข้มข้นของสารละลาย PEG6000 20%(w/v) ในระยะเวลา 15 วัน และพบว่าต้นข้าวที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10 และ 15%(w/v) มีความยาวของส่วนต้นน้อยกว่าต้นข้าวในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตลอดระยะเวลาของการทดลอง (ภาพประกอบ 18)

3.2. ความยาวราก

จากผลการทดลองพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่มีสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10 และ 15%(w/v) มีความยาวของส่วนรากมากกว่าเมื่อเทียบกับต้นข้าวในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากที่ได้รับ ความเครียดจากสภาวะแล้งตลอดช่วงระยะเวลาของการทดลอง 30 วัน โดยสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 15%(w/v) ทำให้ต้นข้าวมีความยาวของส่วนรากมากกว่าต้นข้าวที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 10 และ 15%(w/v) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตามลำดับ ในขณะที่ต้นข้าวสามารถทนต่อระดับความรุนแรงของสภาวะแล้งได้ในสารละลาย PEG6000 ที่ความเข้มข้น 20%(w/v) ในระยะเวลาเพียง 15 วัน และยังพบว่าความยาวของส่วนรากที่อยู่ในสภาวะแล้งดังกล่าว มีความยาวของส่วนรากน้อยกว่าต้นข้าวที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10 และ 15%(w/v) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพประกอบ 19)

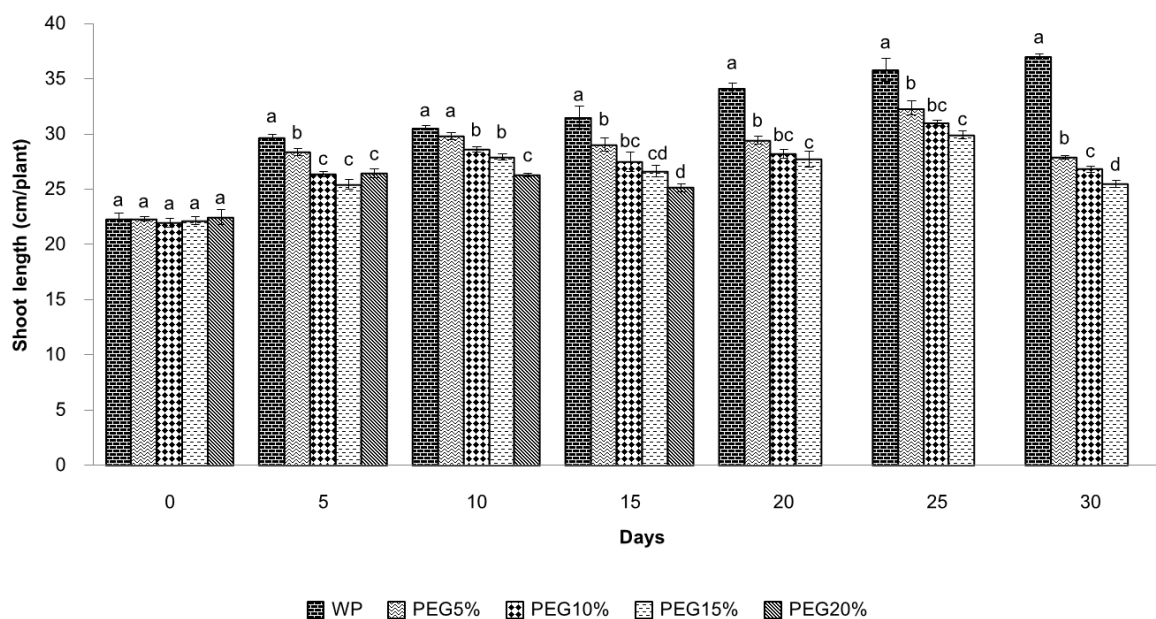
3.3. ความยาวรวมส่วนต้นและราก

จากผลการทดลองพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่มีสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10 และ 15%(w/v) มีความยาวรวมในส่วนต้นและรากที่น้อยกว่าต้นข้าวในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากที่ได้รับ ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 20, 25 และ 30 วัน ในขณะที่ต้นข้าวสามารถเจริญเติบโตในสภาวะเครียดจากสภาวะแล้งที่มีสารละลาย PEG6000 ที่ความเข้มข้น 20%(w/v) ในช่วงระยะเวลา 15 วัน โดยพบว่าต้นข้าวมีความยาวรวมในส่วนต้นและรากน้อยกว่าต้นข้าวในชุดควบคุมและต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่มีสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10 และ 15%(w/v) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพประกอบ 20)

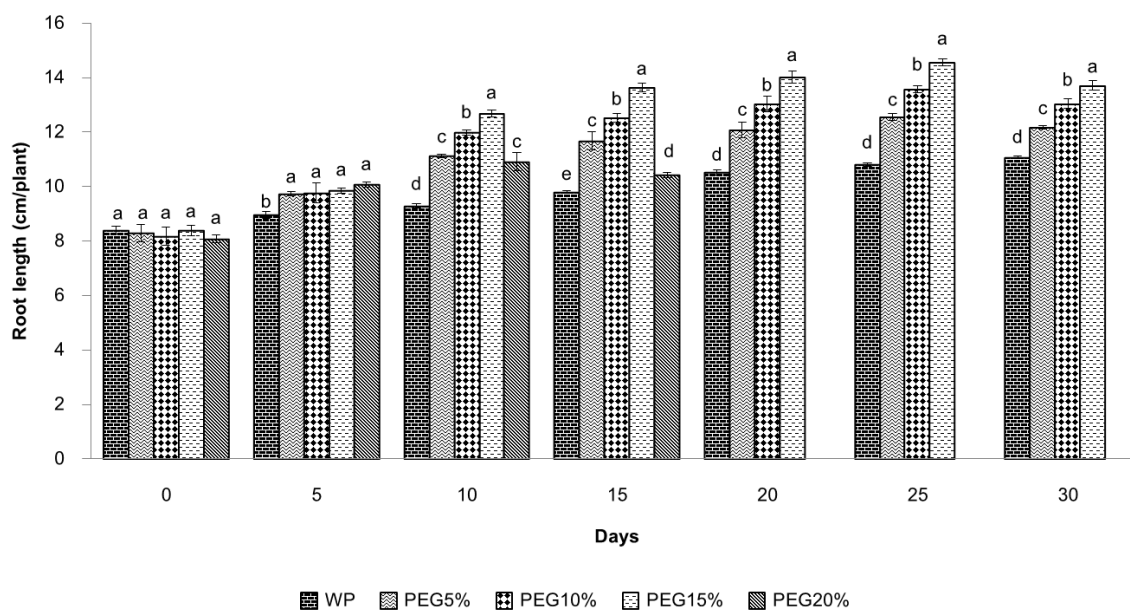
3.4. อัตราส่วนความยาวรากต่อความยาวต้น

จากผลการทดลองพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่มีสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10 และ 15%(w/v) มีอัตราส่วนความยาวของส่วนรากต่อความยาวของส่วนต้นมากกว่าต้นข้าวในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตลอดช่วงระยะเวลาของการทดลอง โดยสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 15%(w/v) ทำให้ต้นข้าวมีอัตราส่วนความยาวของส่วนรากต่อความยาวของส่วนต้นมากกว่าต้นข้าวที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 10 และ

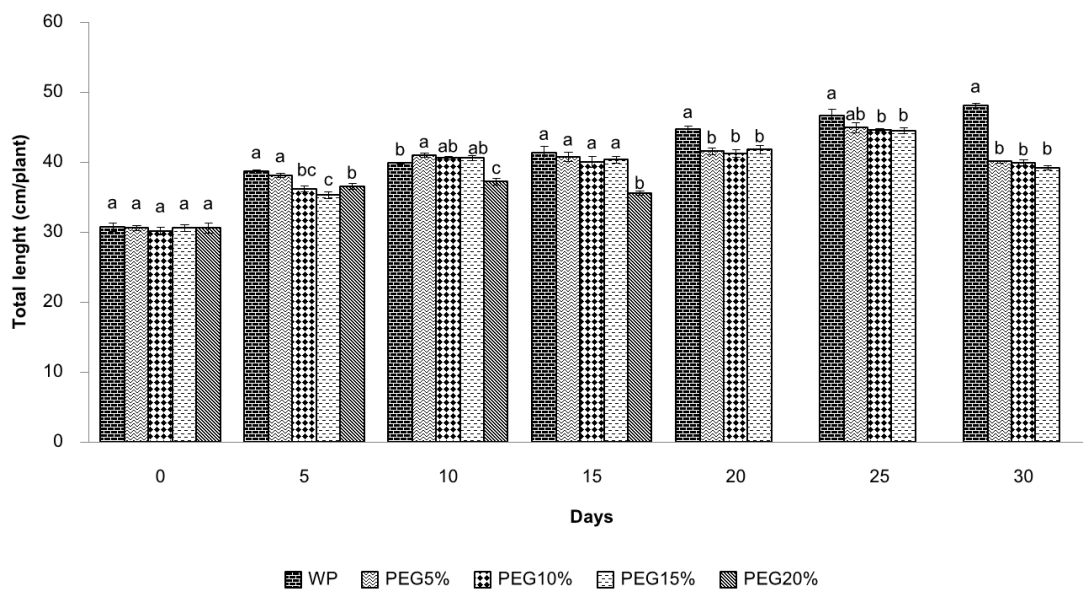
15%(w/v) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตามลำดับ ในขณะที่ต้นข้าวสามารถเจริญเติบโตในสภาวะแล้งที่มีสารละลาย PEG6000 ความเข้มข้น 20%(w/v) ได้ในช่วงระยะเวลา 15 วันของการทดลอง (ภาพประกอบ 21)



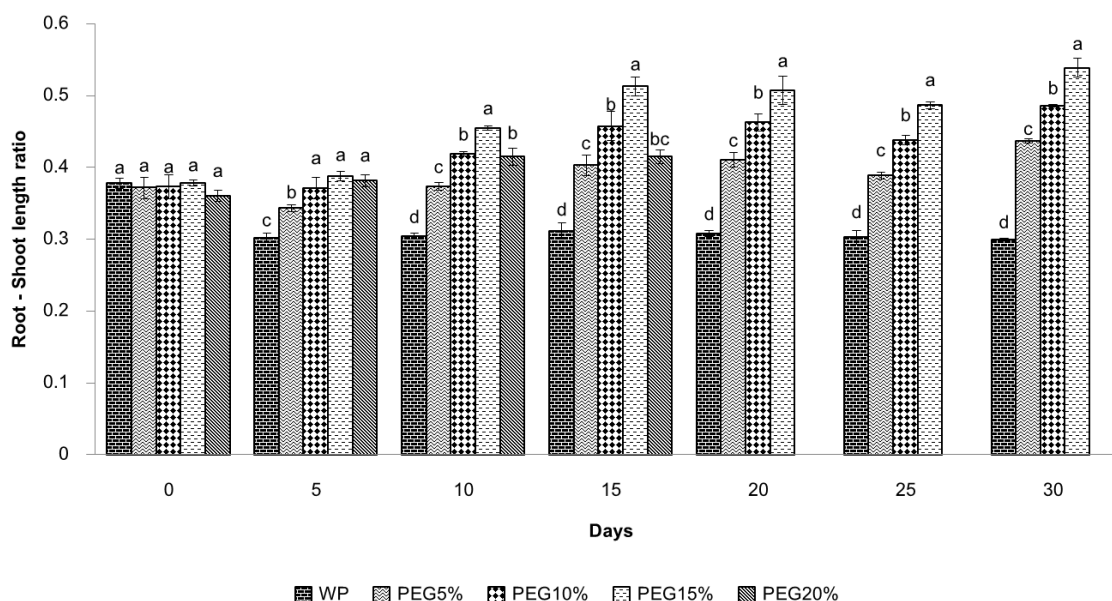
ภาพประกอบ 18 ความยาวต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง ± ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)



ภาพประกอบ 19 ความยาวรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)



ภาพประกอบ 20 ความยาวรวมส่วนต้นและรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)



ภาพประกอบ 21 อัตราส่วนความยาวรากต่อความยาวต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)

4. อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (Relative Growth Rate)

4.1. อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ในส่วนต้น

จากผลการทดลองพบว่าต้นข้าวที่ได้ความเครียดจากสภาวะแล้งที่มีสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 5%(w/v) มีอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ในส่วนต้นไม่แตกต่างกันกับต้นข้าวในชุดควบคุม หลังจากที่ได้รับ ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 25 วัน ในขณะที่พบว่า อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของต้นข้าวที่ได้รับ ความเครียดจากสภาวะแล้งที่มีสารละลาย PEG6000 ความเข้มข้น 20%(w/v) มีค่าน้อยกว่าต้นข้าวในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากที่ได้รับ ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 30 วัน และอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ในส่วนต้นของต้นข้าวที่ได้รับ ความเครียดจากสภาวะแล้งที่มีสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 10%(w/v) มีค่าไม่แตกต่างกันกับสารละลาย PEG6000 ความเข้มข้น 5%(w/v) นอกจากนี้ยังพบว่าสารละลาย PEG6000 ที่ความเข้มข้น 15%(w/v) ทำให้ต้นข้าวมีอัตราการเติบโตสัมพัทธ์น้อยกว่าต้นข้าวที่ได้รับ ความเครียดจากสภาวะแล้งที่มีสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 5 และ 10%(w/v) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตามลำดับ โดยสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 20%(w/v) ทำให้ต้นข้าวมีอัตราการ

เดิบทอสมพัทธ์ในส่วนต่นน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับการทดลองที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งในระดับความเข้มข้น 5, 10 และ 15%(w/v) และชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในช่วงระยะเวลา 15 วันของการทดลอง (ภาพประกอบ 22)

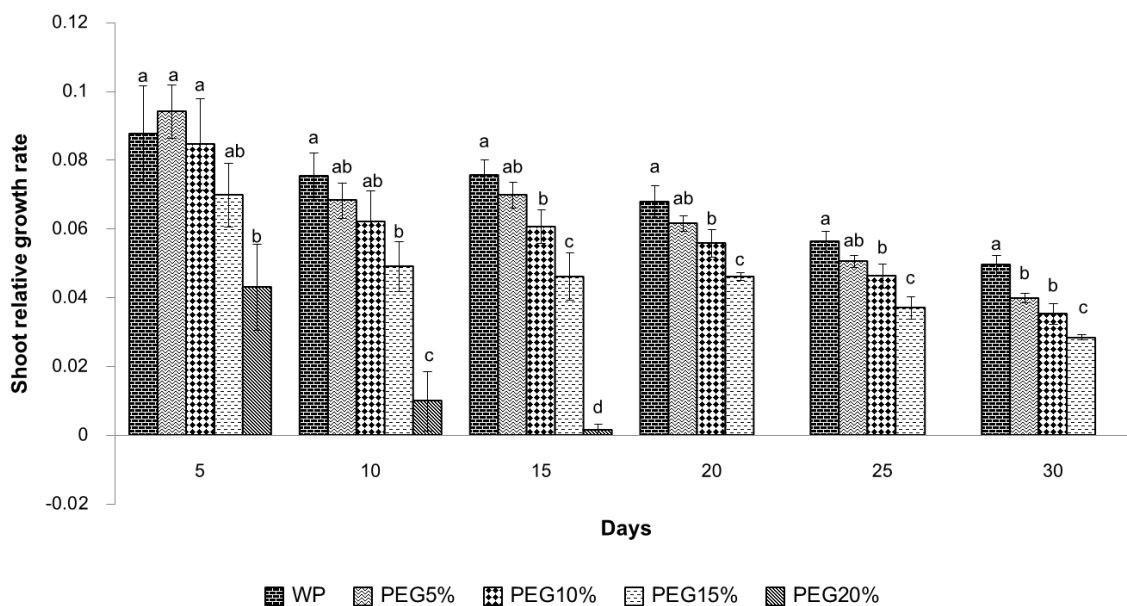
4.2. อัตราการเดิบทอสมพัทธ์ในส่วนราก

จากผลการทดลองพบว่าต้นข้าวที่ได้ความเครียดจากสภาวะแล้งที่มีสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 20%(w/v) มีอัตราการเดิบทอสมพัทธ์ในส่วนรากมากกว่าต้นข้าวที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10 และ 15(w/v) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่มีสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10, 15 และ 20%(w/v) มีอัตราการเดิบทอสมพัทธ์ในส่วนรากมากกว่าต้นข้าวในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 5 และ 10 วัน และพบว่าต้นข้าวสามารถเจริญเติบโตในสภาวะแล้งที่มีสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 20%(w/v) ได้เพียงระยะเวลา 15 วัน และต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่มีสารละลาย PEG6000 ที่ได้รับความเข้มข้น 5, 10 และ 15%(w/v) ยังคงมีอัตราการเดิบทอสมพัทธ์ในส่วนรากมากกว่าต้นข้าวในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 20, 25 และ 30 วัน (ภาพประกอบ 23)

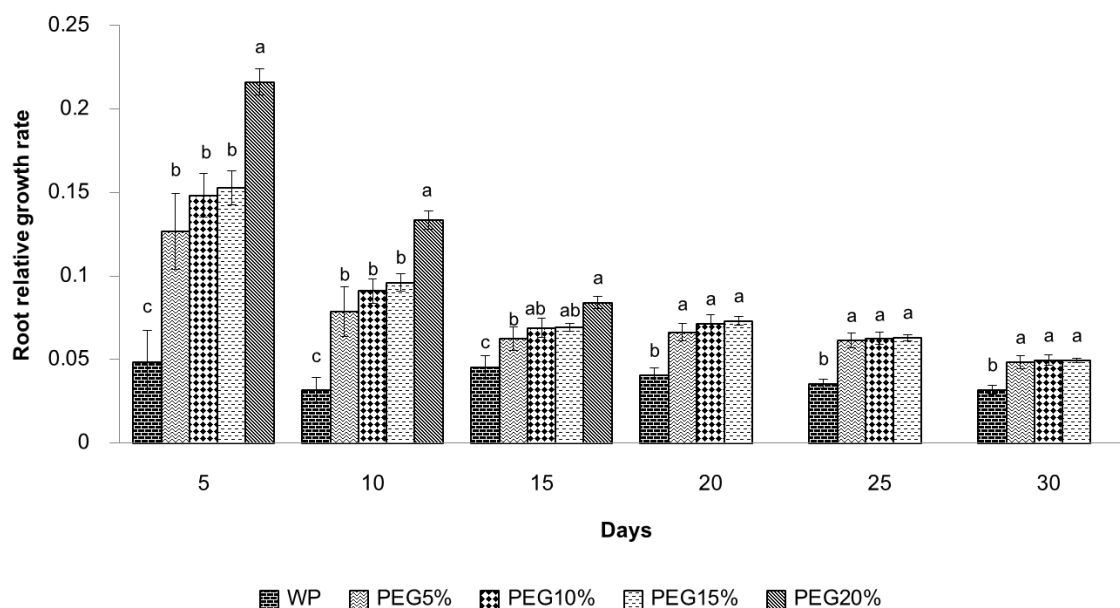
4.3. อัตราการเดิบทอสมพัทธ์รวมส่วนต้นและราก

จากผลการทดลองพบว่าต้นข้าวที่ได้ความเครียดจากสภาวะแล้งที่มีสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10, 15 และ 20%(w/v) มีอัตราการเดิบทอสมพัทธ์รวมในส่วนต้นและรากไม่แตกต่างกันและไม่แตกต่างกันกับต้นข้าวในชุดควบคุม หลังจากที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 5 และ 10 วัน และพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่มีสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 20%(w/v) มีอัตราการเดิบทอสมพัทธ์รวมในส่วนต้นและรากน้อยกว่าเมื่อเทียบกับต้นข้าวที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10 และ 15%(w/v) และต้นข้าวในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 15 วัน ในขณะที่ต้นข้าวมีอัตราการเดิบทอสมพัทธ์รวมในส่วนต้นและรากไม่แตกต่างกันเมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่มีสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 5 และ 10%(w/v) และต้น

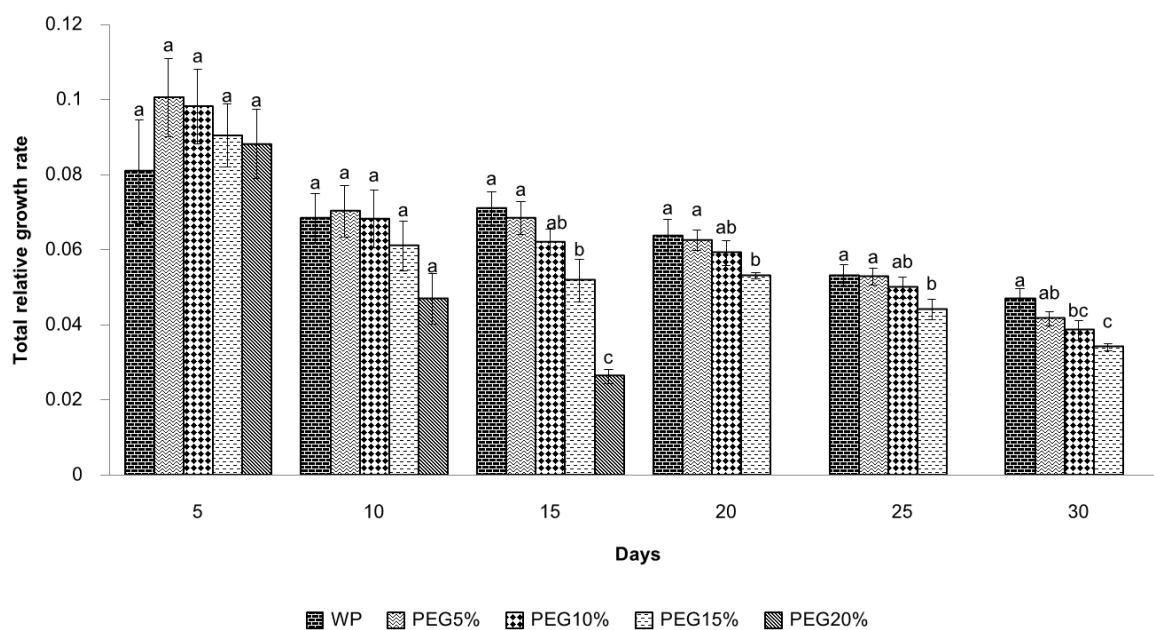
ข้าวที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 15%(w/v) มีอัตราการเติบโตสัมพัทธ์รวมในส่วนต้นและรากไม่แตกต่างกันกับอัตราการเติบโตสัมพัทธ์รวมในส่วนต้นและรากของต้นข้าวที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 10%(w/v) หลังจากที่ได้รับ ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 20, 25 และ 30 วัน ของการทดลอง (ภาพประกอบ 24)



ภาพประกอบ 22 อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ในส่วนต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)



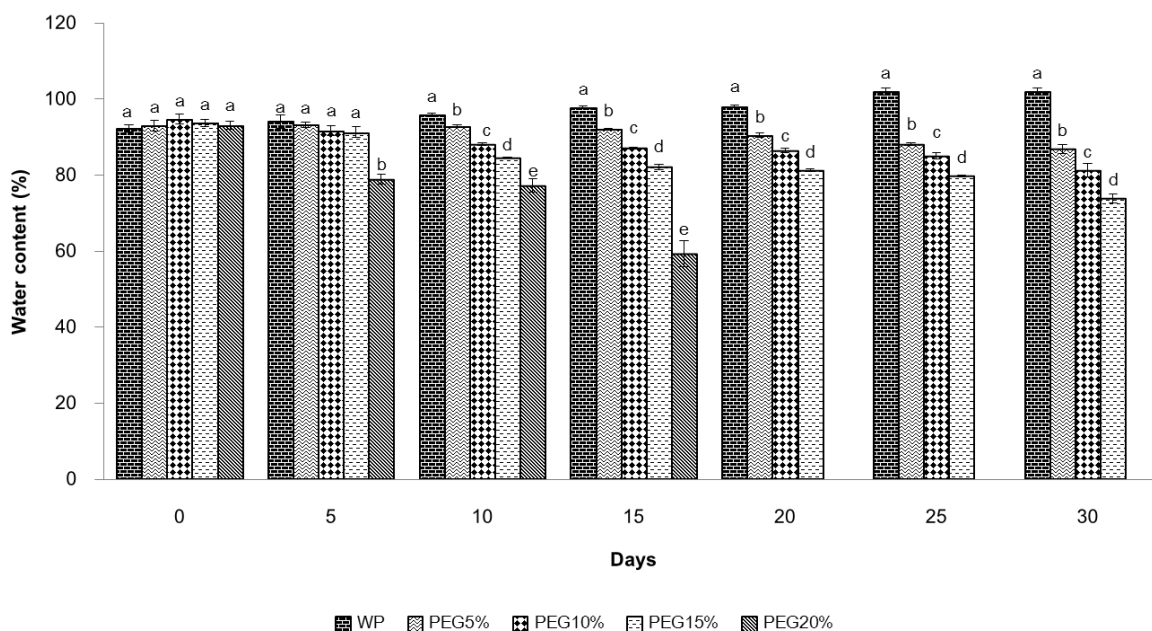
ภาพประกอบ 23 อัตราส่วนสัมพัทธ์ในส่วนรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)



ภาพประกอบ 24 อัตราการเติบโตสัมพัทธ์รวมในส่วนต้นและรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)

5. ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในส่วนต้น

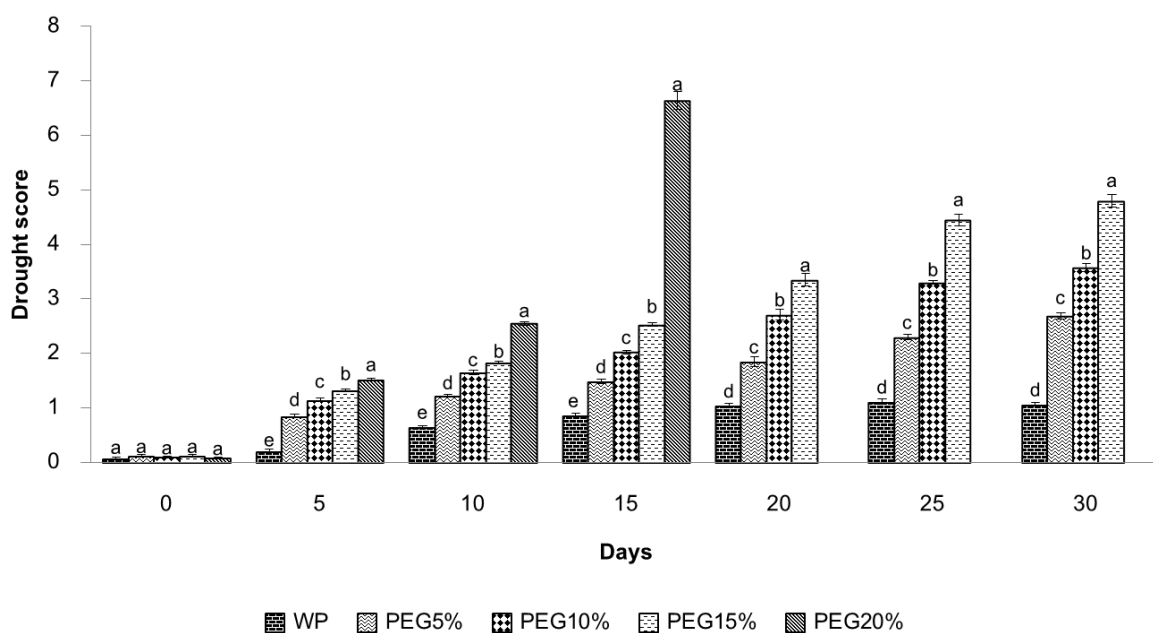
จากผลการทดลองพบว่าต้นข้าวที่ได้ความเครียดจากสภาวะแล้ง มีปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในส่วนต้นน้อยกว่าต้นข้าวที่ไม่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในส่วนต้นลดลงตามระดับความรุนแรงของความเครียดจากสภาวะแล้ง โดยพบว่าต้นข้าวในชุดควบคุมมีปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในส่วนต้นมากกว่าต้นข้าวที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10, 15 และ 20%(w/v) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่มีสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 20%(w/v) มีปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในส่วนต้นน้อยกว่าต้นข้าวที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10 และ 15%(w/v) และต้นข้าวในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากที่ได้รับ ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 10 และ 15 วัน และต้นข้าวที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 5 %(w/v) มีปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในส่วนต้นมากกว่าต้นข้าวที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 10 และ 15%(w/v)อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากที่ได้รับ ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 10, 15, 20, 25 และ 30 วัน (ภาพประกอบ 25)



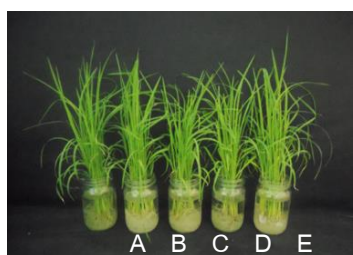
ภาพประกอบ 25 ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในส่วนต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง ± ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)

6. ค่าคะแนนความเสียหายทางกายภาพของต้นข้าว (Drought score)

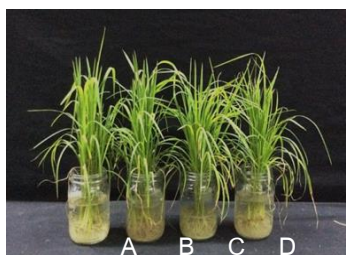
จากผลการทดลองพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง มีค่าคะแนนความเสียหายทางกายภาพของต้นข้าวมากกว่าต้นข้าวที่ไม่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยความเสียหายทางกายภาพของต้นข้าวเพิ่มขึ้นตามระดับความรุนแรงของความเครียดจากสภาวะแล้งและระยะเวลาที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง โดยพบว่าต้นข้าวที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 20%(w/v) มีค่าคะแนนความเสียหายทางกายภาพของต้นข้าวมากกว่าต้นข้าวที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10 และ 15%(w/v) และต้นข้าวที่อยู่ในชุดควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตามลำดับ หลังจากได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 วัน (ภาพประกอบ 26, ภาพประกอบ 27)



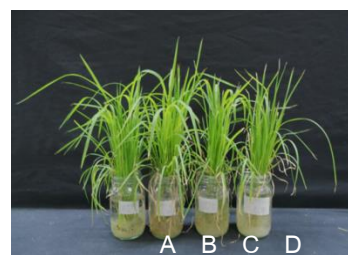
ภาพประกอบ 26 ค่าคะแนนความเสียหายทางกายภาพของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง ± ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)



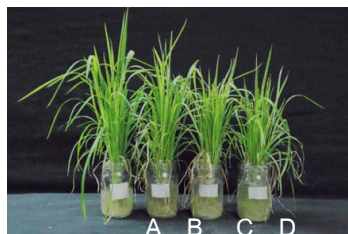
(ก)



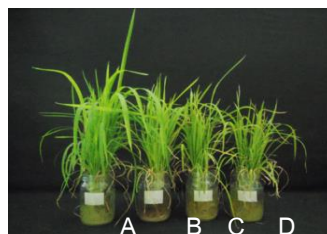
(ข)



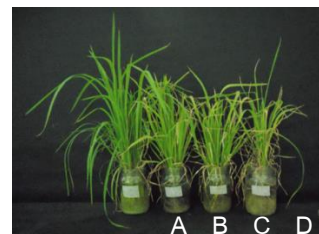
(ค)



(ง)



(จ)



(ฉ)



(ช)

ภาพประกอบ 27 ต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับความเสียหายทางกายภาพ ตอน 1; (ก) วันที่ 0, (ข) วันที่ 5, (ค) วันที่ 10, (ง) วันที่ 15, (จ) วันที่ 20, (ฉ) วันที่ 25 และ (ช) วันที่ 30

หมายเหตุ A = สารละลายที่มี PEG6000 ความเข้มข้น 0%(w/v)

B = สารละลายที่มี PEG6000 ความเข้มข้น 5%(w/v)

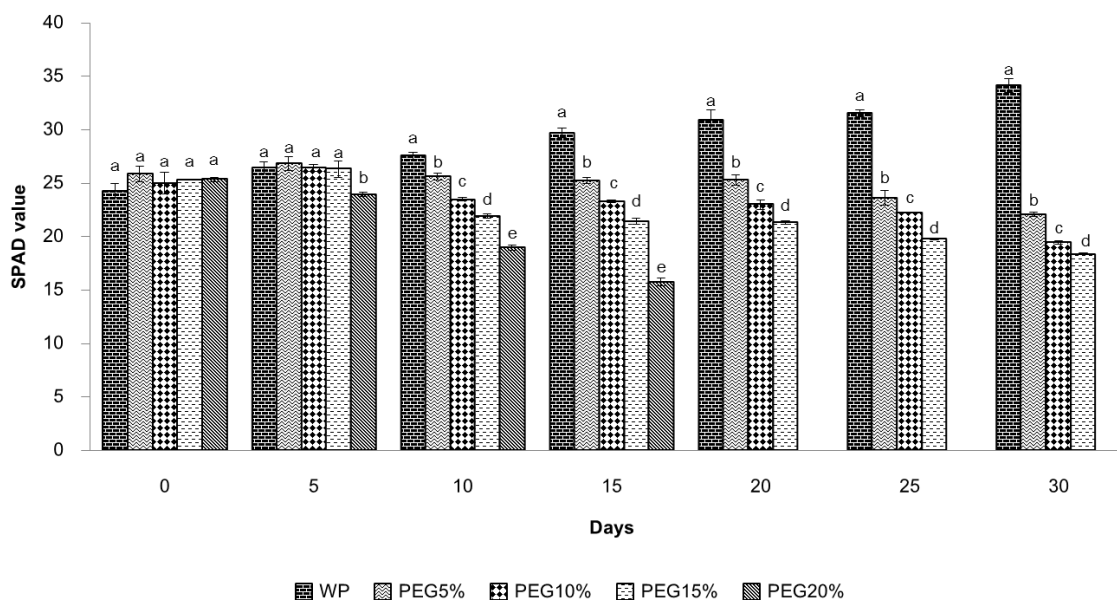
C = สารละลายที่มี PEG6000 ความเข้มข้น 10%(w/v)

D = สารละลายที่มี PEG6000 ความเข้มข้น 15%(w/v)

E = สารละลายที่มี PEG6000 ความเข้มข้น 20%(w/v)

7. ค่าความเขียวของใบ (SPAD value)

จากผลการทดลองพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง มีความค่าความเขียวของใบน้อยกว่าต้นข้าวที่ไม่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่าความเขียวของใบลดลงตามระดับความรุนแรงของความเครียดจากสภาวะแล้งและระยะเวลาที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง โดยพบว่าต้นข้าวในชุดควบคุมมีค่าความเขียวของใบมากกว่าต้นข้าวที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10, 15 และ 20%(w/v) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตามลำดับ หลังจากได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 10, 15, 20, 25 และ 30 วัน โดยต้นข้าวที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 20%(w/v) มีค่าความเขียวของใบน้อยกว่าต้นข้าวที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10 และ 15%(w/v) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากที่ได้รับ ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 5, 10 และ 15 วัน และพบว่าต้นข้าวที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 5%(w/v) มีค่าความเขียวของใบมากกว่าต้นข้าวที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 10 และ 15%(w/v) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากที่ได้รับ ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 10, 15, 20, 25 และ 30 วัน (ภาพประกอบ 28)



ภาพประกอบ 28 ค่าความเขียวของใบของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)

8. ปริมาณคลอโรฟิลล์

8.1. ปริมาณคลอโรฟิลล์รวม

จากผลการทดลองพบว่าต้นข้าวที่ได้ความเครียดจากสภาวะแล้ง มีปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในส่วนต้นน้อยกว่าต้นข้าวที่ไม่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในส่วนต้นลดลงตามระดับความรุนแรงของความเครียดจากสภาวะแล้งและระยะเวลาที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง โดยพบว่าต้นข้าวในชุดควบคุมมีปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในส่วนต้นมากกว่าต้นข้าวที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10, 15 และ 20%(w/v) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 วัน ตามลำดับโดยต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่มีสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 20%(w/v) มีการสะสมปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในส่วนต้นน้อยกว่าต้นข้าวที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10 และ 15%(w/v) และต้นข้าวในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากที่ได้รับ ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 5, 10 และ 15 วัน และต้นข้าวที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 5%(w/v) มีการสะสมปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในส่วนต้นมากกว่าต้นข้าวที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 10 และ 15%(w/v) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากที่ได้รับ ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 วัน (ภาพประกอบ 29)

8.2. ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ

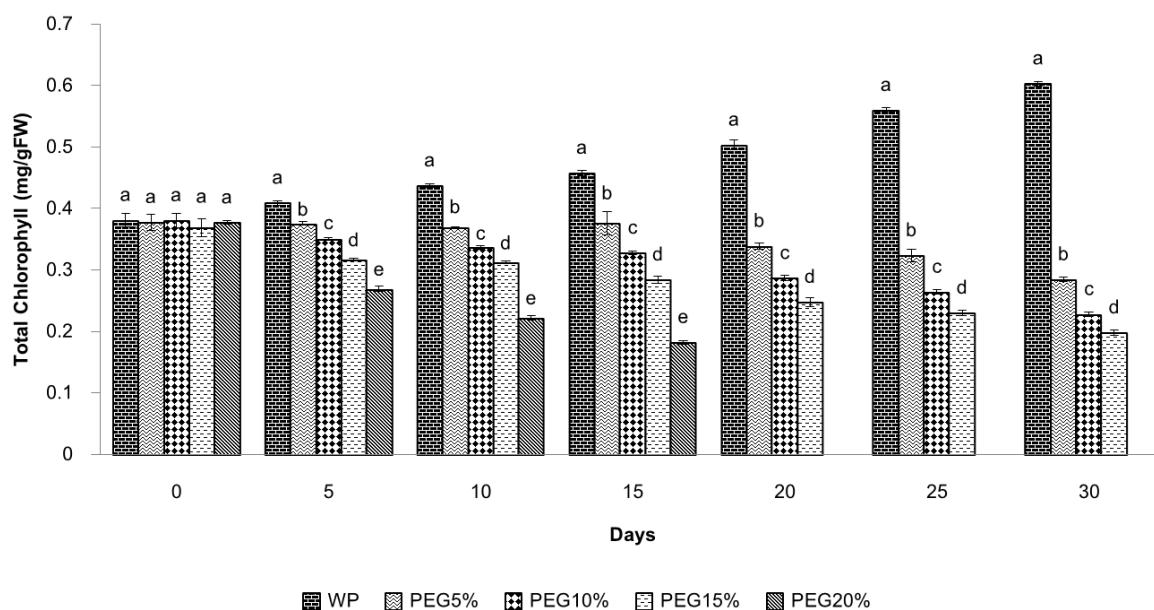
จากผลการทดลองพบว่าต้นข้าวที่ได้ความเครียดจากสภาวะแล้ง มีการสะสมปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในส่วนต้นน้อยกว่าต้นข้าวที่ไม่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีการสะสมปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในส่วนต้นลดลงตามระดับความรุนแรงของความเครียดจากสภาวะแล้งและระยะเวลาที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง โดยพบว่าต้นข้าวในชุดควบคุม มีการสะสมปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในส่วนต้นมากกว่าต้นข้าวที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10, 15 และ 20%(w/v) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตามลำดับ หลังจากได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 วัน โดยพบว่าการสะสมปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในส่วนต้น มีแนวโน้มเช่นเดียวกันกับการสะสมปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในส่วนต้นของต้นข้าว (ภาพประกอบ 30)

8.3. ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี

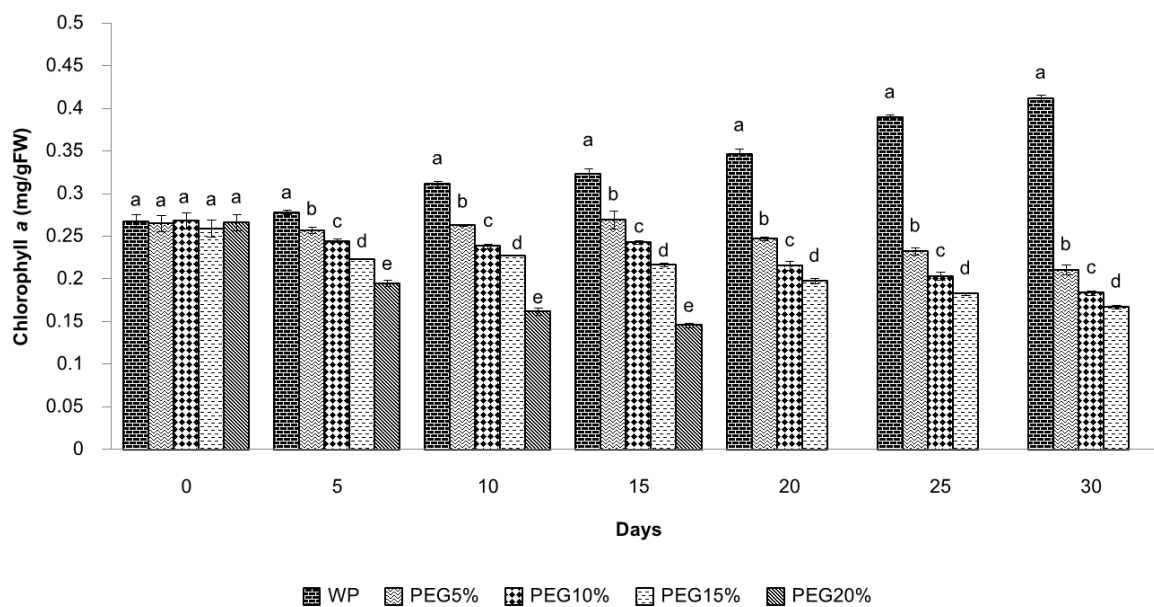
จากผลการทดลองพบว่าต้นข้าวที่ได้ความเครียดจากสภาวะแล้ง มีการสะสมปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ในส่วนต้นน้อยกว่าต้นข้าวที่ไม่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีการสะสมปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ในส่วนต้นลดลงตามระดับความรุนแรงของความเครียดจากสภาวะแล้งและระยะเวลาที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง โดยพบว่าต้นข้าวในชุดควบคุมมีการสะสมปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ในส่วนต้นมากกว่าต้นข้าวที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10, 15 และ 20%(w/v) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตามลำดับ หลังจากได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 วัน และในการสะสมปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ในส่วนต้นมีแนวโน้มเช่นเดียวกับการสะสมปริมาณคลอโรฟิลล์รวม และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่พบในส่วนต้นของต้นข้าว (ภาพประกอบ 31)

8.4. ปริมาณแคโรทีนอยด์

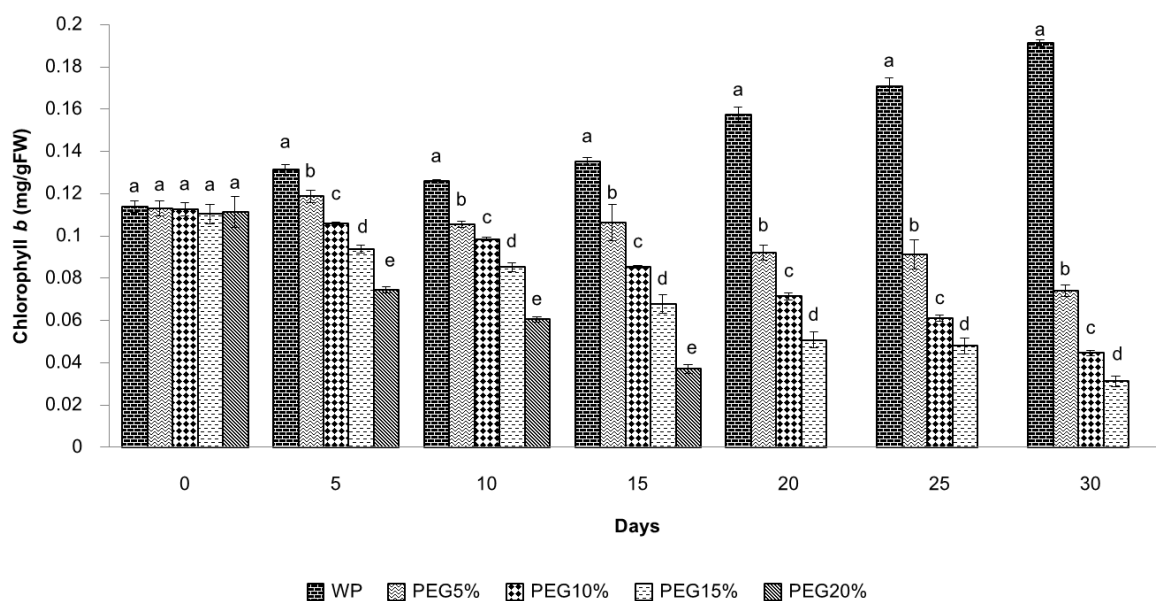
จากผลการทดลองพบว่าต้นข้าวที่ได้ความเครียดจากสภาวะแล้ง มีการสะสมปริมาณแคโรทีนอยด์น้อยกว่าต้นข้าวที่ไม่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีการสะสมปริมาณแคโรทีนอยด์ลดลงตามระดับความรุนแรงของความเครียดจากสภาวะแล้งและระยะเวลาที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง โดยพบว่าต้นข้าวในชุดควบคุมมีการสะสมปริมาณแคโรทีนอยด์มากกว่าต้นข้าวที่ได้รับสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10, 15 และ 20%(w/v) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตามลำดับ หลังจากได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 10, 15, 20, 25 และ 30 วัน (ภาพประกอบ 32)



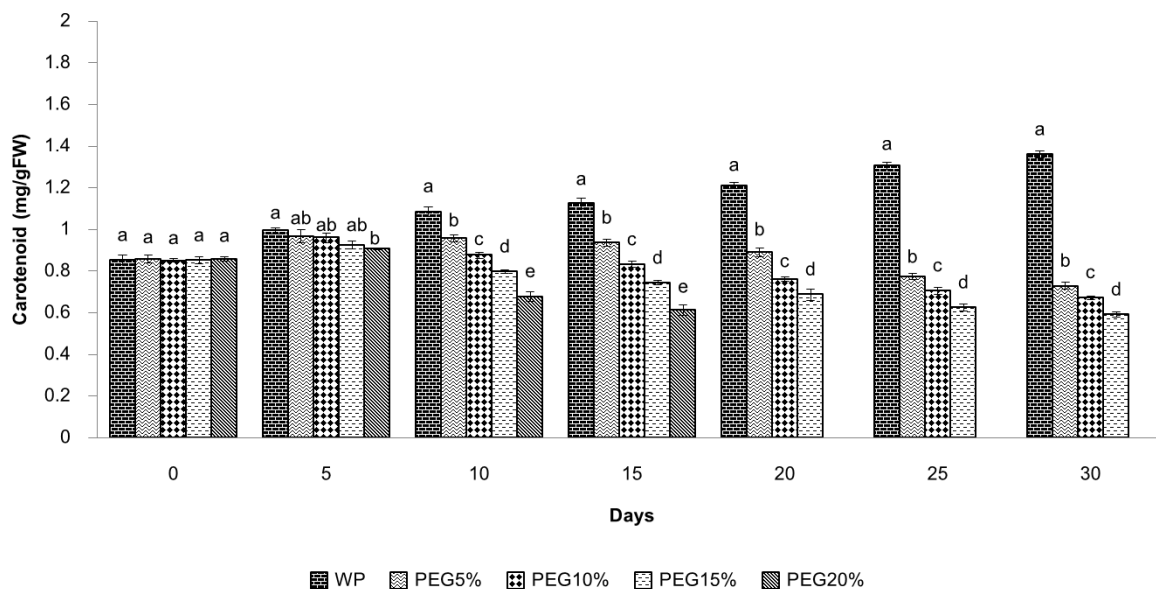
ภาพประกอบ 29 ปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในส่วนต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)



ภาพประกอบ 30 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)



ภาพประกอบ 31 ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)



ภาพประกอบ 32 ปริมาณแคโรทีนอยด์ของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)

ตอน 2 ศึกษาผลของสาร 7,8-dihydro-8 α -20-hydroxyecdysone (DHECD) ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาบางประการของข้าวพันธ์ุ กข47 ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้ง

1. น้ำหนักสด

1.1. น้ำหนักสดต้น

จากผลการทดลองในตอนที่ 1 พบว่าต้นข้าวพันธ์ุ กข47 สามารถเจริญเติบโตในสภาวะที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่มีสารละลาย PEG6000 ความเข้มข้น 15 – 20%(w/v) โดยผู้วิจัยจึงได้ทำการทดลองหาระดับความรุนแรงของความเครียดจากสภาวะแล้ง พบว่าต้นข้าวพันธ์ุ กข47 สามารถทนต่อระดับความเครียดจากสภาวะแล้งที่มีสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 18%(w/v) จึงนำมาใช้ในการทดลองในตอนที่ 2

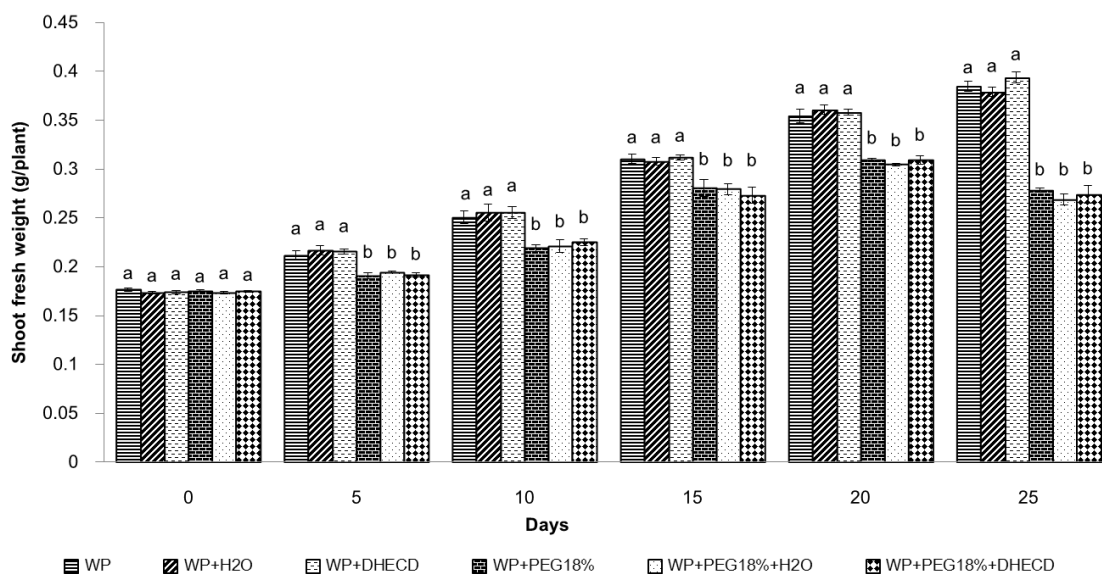
จากผลการทดลองพบว่าต้นข้าวพันธ์ุ กข47 ที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งและพ่นด้วยสาร 7,8-dihydro-8 α -20-hydroxyecdysone (DHECD) ความเข้มข้น 10^{-5} โมลาร์ มีการสะสมปริมาณน้ำหนักสดของส่วนต้น ไม่แตกต่างกับต้นข้าวที่พ่นด้วยน้ำ หลังจากที่ได้รับ ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 วันตามลำดับ และพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง มีการสะสมปริมาณน้ำหนักสดของส่วนต้นน้อยกว่าต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่มีสารละลาย PEG6000 ที่ความเข้มข้น 18%(w/v) มีน้ำหนักสดของส่วนต้นน้อยกว่าต้นข้าวในชุดควบคุมที่อยู่ในสภาวะปกติ 11, 14, 10, 14 และ 38% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากที่ได้รับ ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 วัน ตามลำดับและต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่พ่นด้วยสาร DHECD ที่ความเข้มข้น 10^{-5} โมลาร์ มีน้ำหนักสดของส่วนต้นไม่แตกต่างกันเมื่อเทียบกับต้นข้าวในชุดที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่ไม่ได้พ่นด้วยสาร DHECD หลังจากที่ได้รับ ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 วัน และต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่พ่นด้วยตัวทำละลายของสาร DHECD ซึ่งในการทดลองนี้ผู้วิจัยได้ใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย พบว่าต้นข้าวมีการสะสมน้ำหนักสดของส่วนต้นไม่แตกต่างกันกับต้นข้าวที่ได้รับสภาวะแล้งที่ไม่ได้พ่นด้วยสาร DHECD ในสภาวะเดียวกัน ตลอดช่วงระยะเวลาที่ทำการทดลอง นอกจากนี้ยังพบว่าต้นข้าวในสภาวะปกติในชุดควบคุมที่พ่นด้วยสาร DHECD มีการสะสมน้ำหนักสดของส่วนต้นไม่แตกต่างกันกับต้นข้าวในชุดควบคุมที่ไม่ได้พ่นด้วยสาร DHECD และต้นข้าวในชุดควบคุมที่พ่นด้วยน้ำ (ภาพประกอบ 33)

1.2. น้ำหนักสตราก

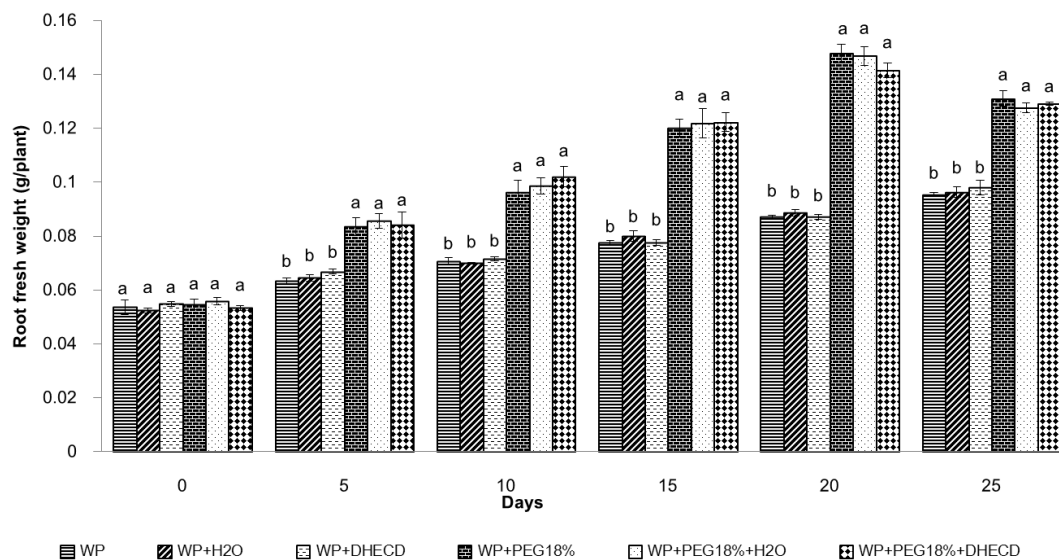
จากผลการทดลองพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่มีสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 18%(w/v) มีการสะสมน้ำหนักสดของส่วนรากมากกว่าต้นข้าวในชุดควบคุม 31, 36, 54, 69 และ 37% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากที่ได้รับจากความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 วัน ตามลำดับ โดยต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่พ่นด้วยสาร DHECD มีการสะสมน้ำหนักสดของส่วนรากไม่แตกต่างกันกับต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่ไม่ได้พ่นด้วยสาร DHECD และไม่แตกต่างกันกับต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่พ่นด้วยตัวทำละลายของสาร DHECD ตลอดช่วงระยะเวลาของการทดลอง นอกจากนี้ยังพบว่าต้นข้าวที่ไม่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งในชุดควบคุม มีการสะสมน้ำหนักสดของส่วนรากไม่แตกต่างกันกับต้นข้าวในชุดควบคุมที่พ่นด้วยน้ำและต้นข้าวที่ได้รับการพ่นด้วยสาร DHECD ตลอดระยะเวลาของการทดลอง (ภาพประกอบ 34)

1.3. น้ำหนักสดรวมในส่วนต้นและราก

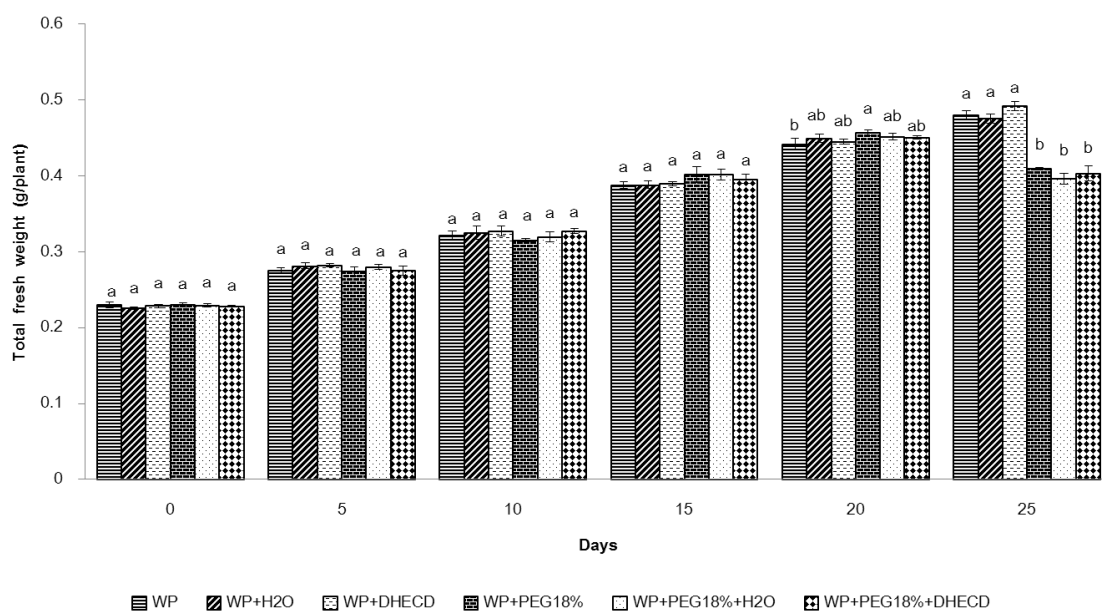
จากผลการทดลองพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่พ่นด้วยสาร DHECD มีการสะสมน้ำหนักสดรวมในส่วนต้นและรากไม่แตกต่างกันกับต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่ไม่ได้พ่นด้วยสาร DHECD และต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่พ่นด้วยน้ำ ในวันที่ 5, 10, 15 และ 20 ของการทดลอง ในขณะที่พบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่พ่นด้วยสาร DHECD มีการสะสมน้ำหนักสดรวมในส่วนต้นและรากน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับต้นข้าวที่ไม่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งในชุดควบคุมเป็น 1.2 เท่า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในวันที่ 25 ของการทดลอง โดยต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่พ่นด้วยสาร DHECD มีการสะสมน้ำหนักสดรวมในส่วนต้นและรากไม่แตกต่างกันกับต้นข้าวที่ไม่ได้พ่นด้วยสาร DHECD และน้ำ ในสภาวะปกติที่ต้นข้าวไม่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่ไม่ได้พ่นด้วยสาร DHECD มีการสะสมน้ำหนักสดรวมในส่วนต้นและรากไม่แตกต่างกันกับต้นข้าวที่พ่นด้วยสาร DHECD และต้นข้าวที่พ่นด้วยน้ำตลอดระยะเวลาของการทดลอง (ภาพประกอบ 35)



ภาพประกอบ 33 น้ำหนักสดต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)



ภาพประกอบ 34 น้ำหนักสดรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)



ภาพประกอบ 35 น้ำหนักสดรวมในส่วนต้นและรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)

2. น้ำหนักแห้ง

2.1. น้ำหนักแห้งต้น

จากผลการทดลองพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งและพ่นด้วยสาร DHECD มีการสะสมน้ำหนักแห้งในส่วนของต้นไม่แตกต่างกันกับต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่ไม่ได้พ่นด้วยสาร DHECD และต้นข้าวที่พ่นด้วยน้ำ หลังจากที่ได้รับ ความเครียดจากสภาวะแล้ง ตลอดช่วงระยะเวลาของการทดลอง โดยต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งมีการสะสมน้ำหนักแห้งในส่วนต้นน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับต้นข้าวในชุดควบคุมที่ไม่ได้พ่นด้วยสาร DHECD และต้นข้าวที่พ่นด้วยสาร DHECD และน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตลอดช่วงระยะเวลาของการทดลอง เช่นเดียวกับการสะสมน้ำหนักสดในส่วนของต้น จากผลการทดลองพบว่าการสะสมน้ำหนักแห้งในส่วน ของต้นของต้นข้าวที่ไม่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง มีค่ามากกว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยต้นข้าวในชุดควบคุมที่พ่นด้วยสาร DHECD มีการสะสม

น้ำหนักแห้งในส่วนต้นมากกว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่พ่นด้วยสาร DHECD เป็น 5.7, 14.2, 17.6, 15.9 และ 48.9% ในวันที่ 5, 10, 15, 20 และ 25 ตามลำดับ(ภาพประกอบ 36)

2.2. น้ำหนักแห้งราก

จากผลการทดลองพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งมีการสะสมน้ำหนักแห้งในส่วนรากมากกว่าต้นข้าวในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากที่ได้รับ ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 วัน โดยต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่พ่นด้วยสาร DHECD มีการสะสมน้ำหนักแห้งในส่วนรากไม่แตกต่างกันกับต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่ไม่ได้พ่นด้วยสาร DHECD และไม่แตกต่างกันกับต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่พ่นด้วยตัวทำละลายของสาร DHECD ตลอดช่วงระยะเวลาของการทดลอง นอกจากนี้ยังพบว่า ต้นข้าวที่ไม่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งในชุดควบคุม มีการสะสมน้ำหนักแห้งในส่วน ของรากไม่แตกต่างกันกับต้นข้าวในชุดควบคุมที่พ่นด้วยน้ำและต้นข้าวที่ได้รับการพ่นด้วยสาร DHECD ตลอดระยะเวลาของการทดลอง โดยจากการทดลองพบว่า การสะสมน้ำหนักแห้งในส่วน ของรากของต้นข้าวในสภาวะแล้งจะมีมากกว่าต้นข้าวในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่พ่นด้วยสาร DHECD มีการสะสมน้ำหนักแห้งในส่วนรากมากกว่าต้นข้าวที่ไม่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่พ่นด้วยสาร DHECD อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เป็น 130, 185, 196.7, 162.5 และ 82.9% หลังจากได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 วัน ตามลำดับ (ภาพประกอบ 37)

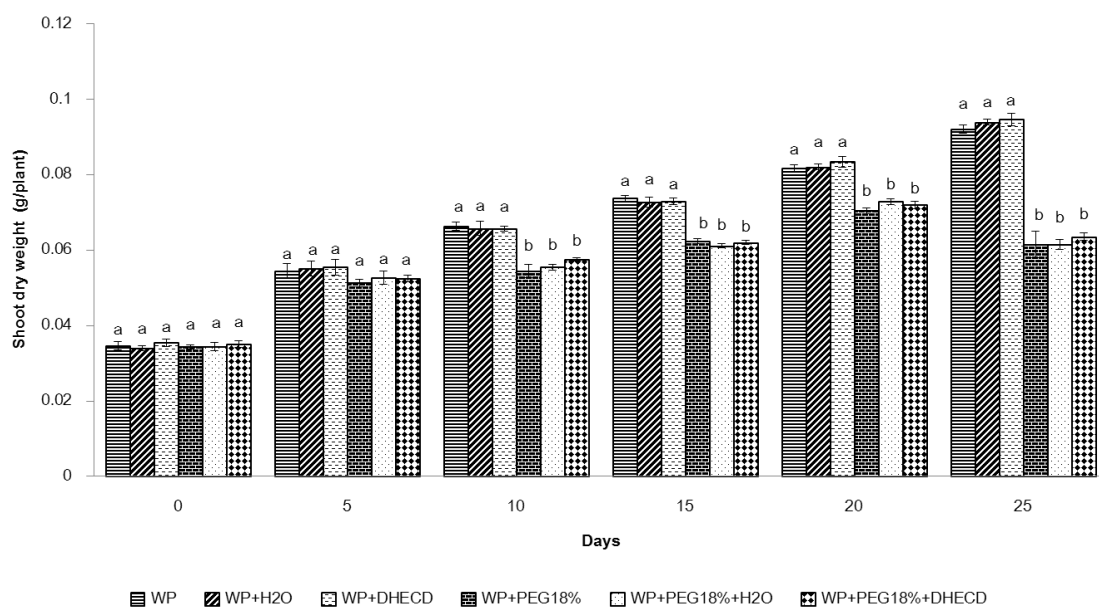
2.3. น้ำหนักแห้งรวมในส่วนต้นและราก

จากผลการทดลองพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งและพ่นด้วยสาร DHECD มีการสะสมปริมาณน้ำหนักแห้งรวมในส่วนต้นและราก ไม่แตกต่างกับต้นข้าวที่พ่นด้วยน้ำ หลังจากที่ได้รับ ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 วัน และพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง มีการสะสมปริมาณน้ำหนักแห้งรวมในส่วนต้นและรากมากกว่าต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติในวันที่ 5, 10, 15, และ 20 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนในวันที่ 25 พบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง มีการสะสมปริมาณน้ำหนักแห้งรวมในส่วนต้นและรากน้อยกว่าต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งมี

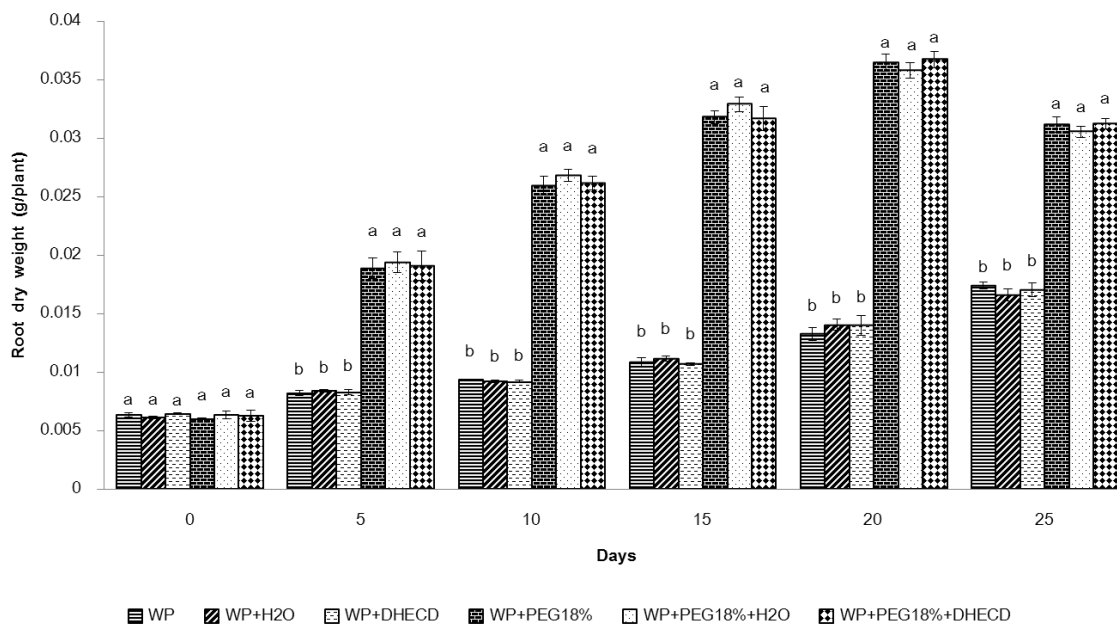
การสะสมปริมาณน้ำหนักแห้งรวมในส่วนต้นและรากที่เพิ่มขึ้นในช่วงแรกและลดลงหลังจากได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลานาน ในขณะที่ต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติที่พ่นด้วยสาร DHECD มีการสะสมปริมาณน้ำหนักแห้งรวมในส่วนต้นและรากไม่แตกต่างกับต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติที่พ่นด้วยน้ำ (ภาพประกอบ 38)

2.4. อัตราส่วนน้ำหนักแห้งรากต่อน้ำหนักแห้งต้น

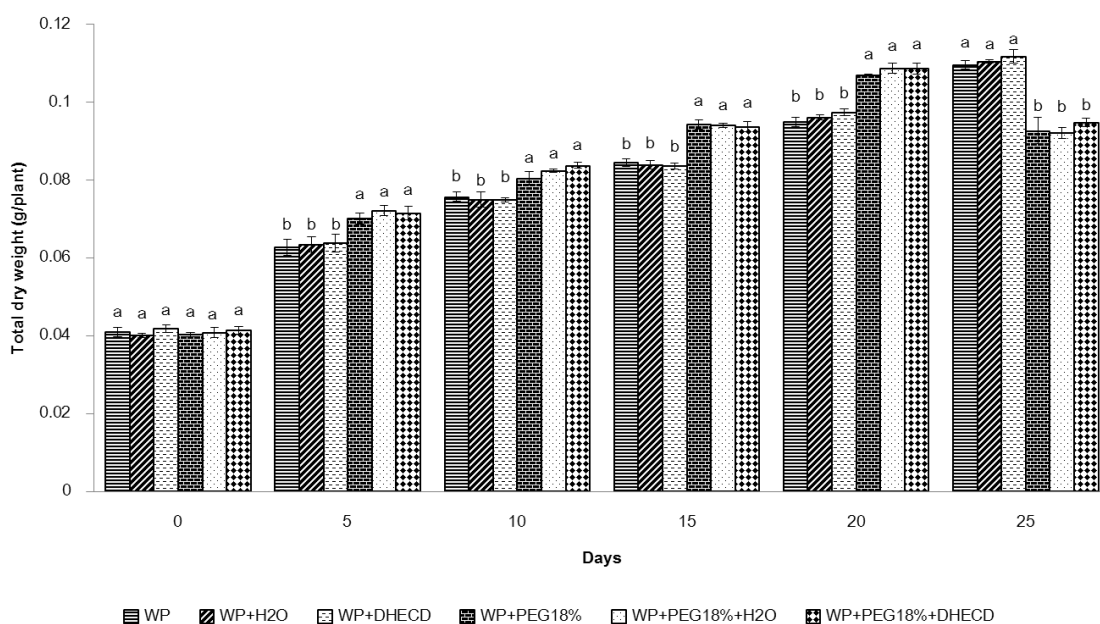
จากผลการทดลองพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งและพ่นด้วยสาร DHECD มีอัตราส่วนน้ำหนักแห้งของส่วนรากต่อน้ำหนักแห้งของส่วนต้น ไม่แตกต่างกับต้นข้าวที่พ่นด้วยน้ำหลังจากได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 วัน และพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง มีอัตราส่วนน้ำหนักแห้งของส่วนรากต่อน้ำหนักแห้งของส่วนต้นมากกว่าต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติ 142, 225, 248, 203, และ 172% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งมีอัตราส่วนน้ำหนักแห้งของส่วนรากต่อน้ำหนักแห้งของส่วนต้นที่เพิ่มขึ้นในช่วงแรกและลดลงหลังจากได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลานาน ในขณะที่ต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติที่พ่นด้วยสาร DHECD มีอัตราส่วนน้ำหนักแห้งของส่วนรากต่อน้ำหนักแห้งของส่วนต้นไม่แตกต่างกับต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติที่พ่นด้วยน้ำ (ภาพประกอบ 39)



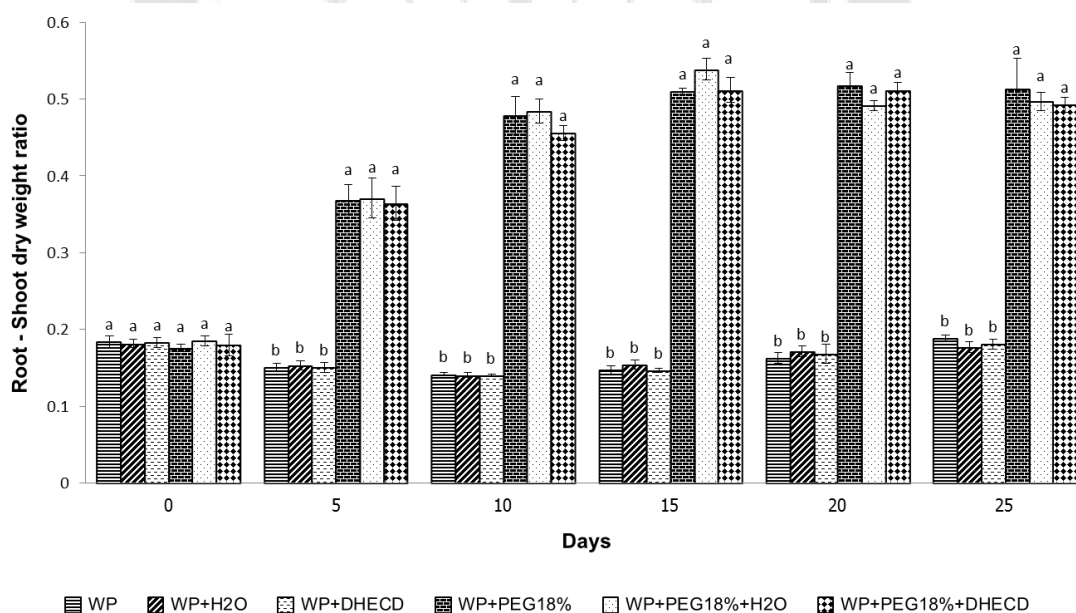
ภาพประกอบ 36 น้ำหนักแห้งต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง ± ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)



ภาพประกอบ 37 น้ำหนักแห้งรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง ± ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)



ภาพประกอบ 38 น้ำหนักแห้งรวมส่วนต้นและรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)



ภาพประกอบ 39 อัตราส่วนน้ำหนักแห้งรากต่อน้ำหนักแห้งต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)

3. ความยาว

3.1. ความยาวต้น

จากผลการทดลองพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งและพ่นด้วยสาร DHECD มีความยาวของส่วนต้นไม่แตกต่างกับต้นข้าวที่พ่นด้วยน้ำหลังจากได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 วัน และพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง มีความยาวของส่วนต้นน้อยกว่าต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติ 4.7, 5.6, 4.5, 6.4 และ 12.2% ในวันที่ 10, 15, 20 และ 25 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติที่พ่นด้วยสาร DHECD มีความยาวของส่วนต้นไม่แตกต่างกับต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติที่พ่นด้วยน้ำ (ภาพประกอบ 40)

3.2. ความยาวราก

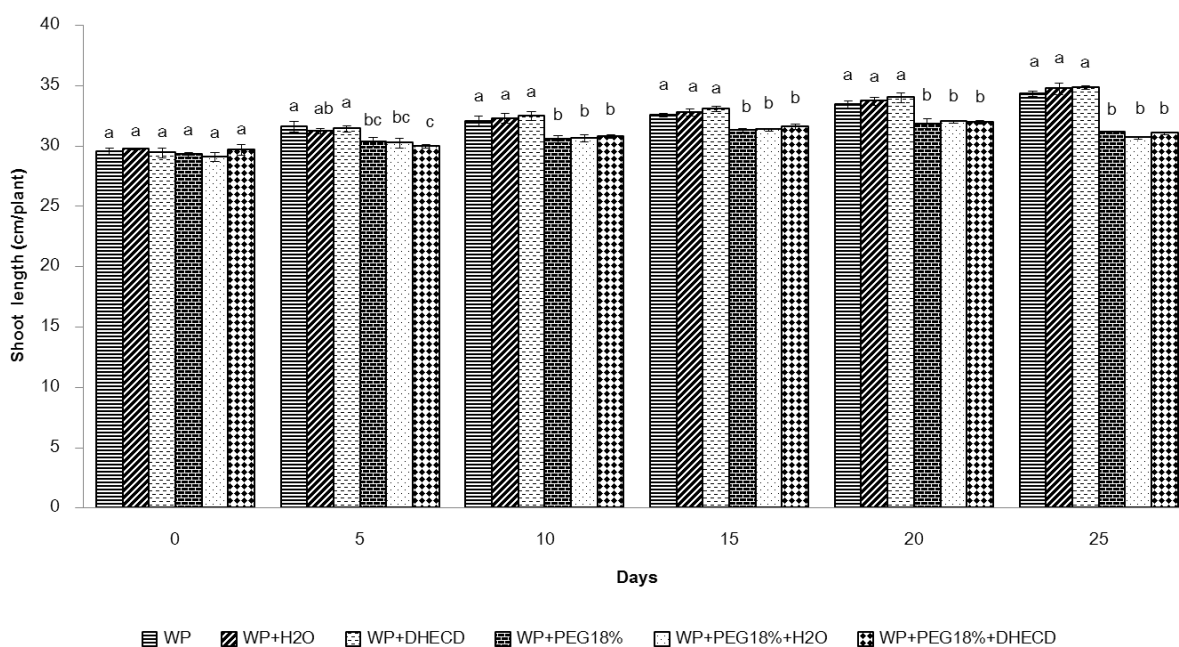
จากผลการทดลองพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งและพ่นด้วยสาร DHECD มีความยาวของส่วนราก ไม่แตกต่างกับต้นข้าวที่พ่นด้วยน้ำหลังจากได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 วัน และพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง มีความยาวของส่วนรากมากกว่าต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติ 21.4, 13.3, 20.6, 25.1 และ 9.11% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติที่พ่นด้วยสาร DHECD มีความยาวของส่วนรากไม่แตกต่างกับต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติที่พ่นด้วยน้ำ (ภาพประกอบ 41)

3.3. ความยาวรวมในส่วนต้นและราก

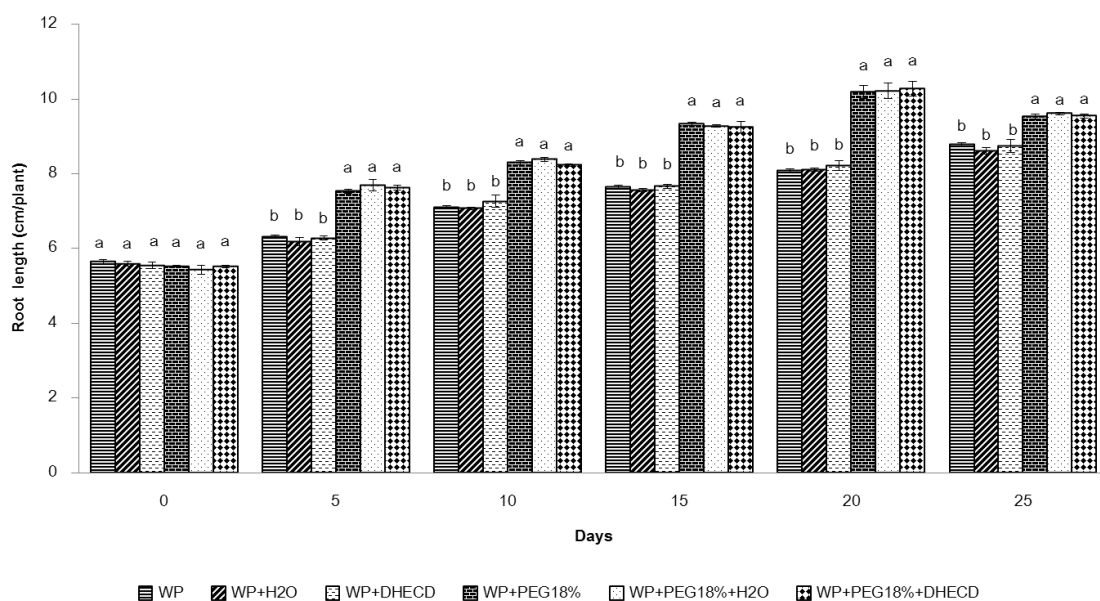
จากผลการทดลองพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งและพ่นด้วยสาร DHECD มีความยาวรวมในส่วนต้นและราก ไม่แตกต่างกับต้นข้าวที่พ่นด้วยน้ำหลังจากได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 วัน และพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง มีความยาวรวมในส่วนต้นและรากไม่แตกต่างกับต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติ ในวันที่ 5, 10, 15, และ 20 โดยในวันที่ 25 พบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งมีความยาวรวมในส่วนต้นและรากน้อยกว่าต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติที่พ่นด้วยสาร DHECD มีความยาวรวมในส่วนต้นและรากไม่แตกต่างกับต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติที่พ่นด้วยน้ำ (ภาพประกอบ 42)

3.4. อัตราส่วนความยาวรากต่อความยาวต้น

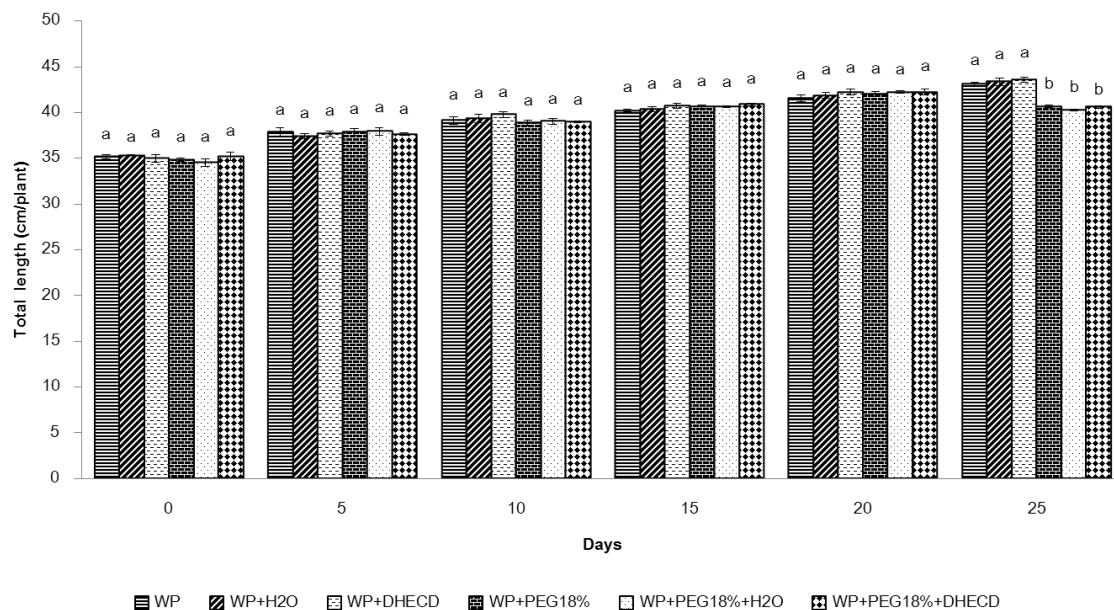
จากผลการทดลองพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งและฟื้นด้วยสาร DHECD มีอัตราส่วนความยาวของส่วนรากต่อความยาวของส่วนต้น ไม่แตกต่างกับต้นข้าวที่ฟื้นด้วยน้ำ หลังจากได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 วัน และพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง มีอัตราส่วนความยาวของส่วนรากต่อความยาวของส่วนต้นมากกว่า ต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติ 27.2, 19.6, 26.2, 32.9 และ 22.4% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติที่ฟื้นด้วยสาร DHECD มีอัตราส่วนความยาวของส่วนรากต่อความยาวของส่วนต้นไม่แตกต่างกับต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติที่ฟื้นด้วยน้ำ (ภาพประกอบ 43)



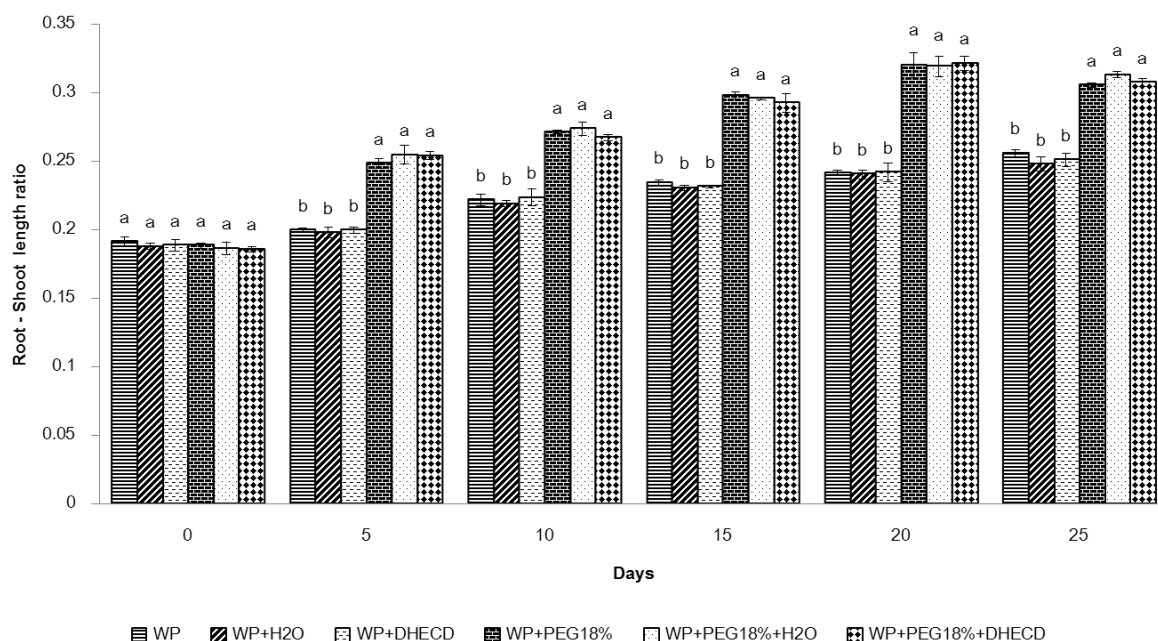
ภาพประกอบ 40 ความยาวต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)



ภาพประกอบ 41 ความยาวรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง ± ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)



ภาพประกอบ 42 ความยาวรวมส่วนต้นและของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง ± ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)



ภาพประกอบ 43 อัตราส่วนความยาวรากต่อความยาวต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)

4. อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (Relative Growth Rate)

4.1. อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ในส่วนต้น

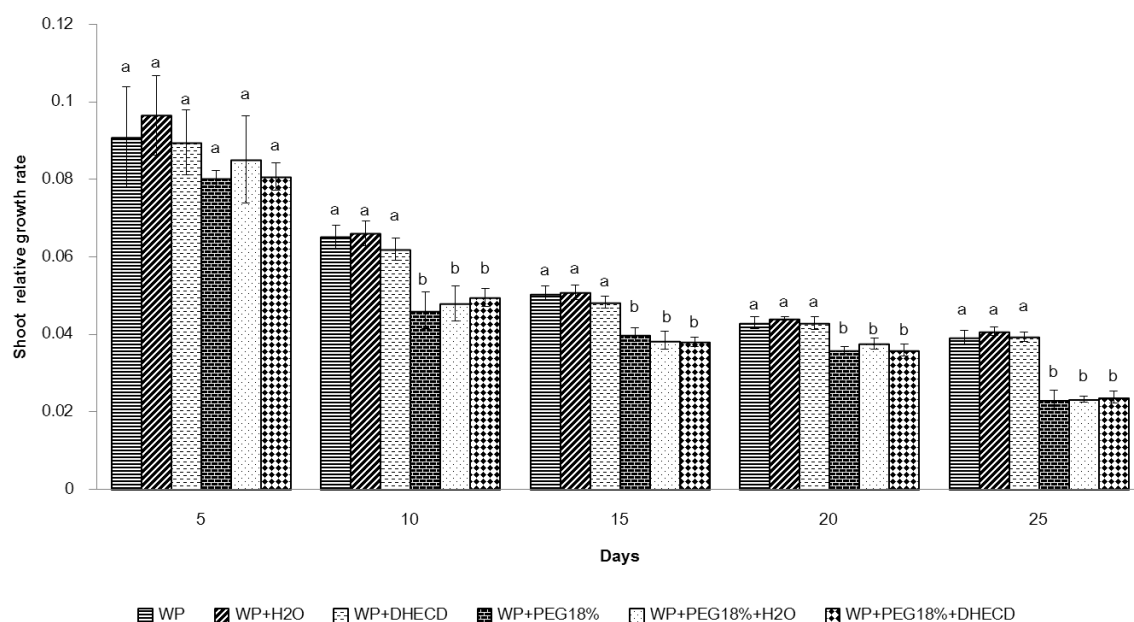
จากผลการทดลองพบว่าต้นข้าวที่ได้รับ ความเครียดจากสภาวะแล้งและพ่นด้วยสาร DHECD มีอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ในส่วนต้น ไม่แตกต่างกับต้นข้าวที่พ่นด้วยน้ำหลังจากได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 วัน และพบว่าต้นข้าวที่ได้รับ ความเครียดจากสภาวะแล้ง มีอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ในส่วนต้นน้อยกว่าต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติ 11.1, 25, 26.9, 19.3 และ 65.4% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติที่พ่นด้วยสาร DHECD มีอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ในส่วนต้นไม่แตกต่างกับต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติที่พ่นด้วยน้ำ (ภาพประกอบ 44)

4.2. อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ในส่วนราก

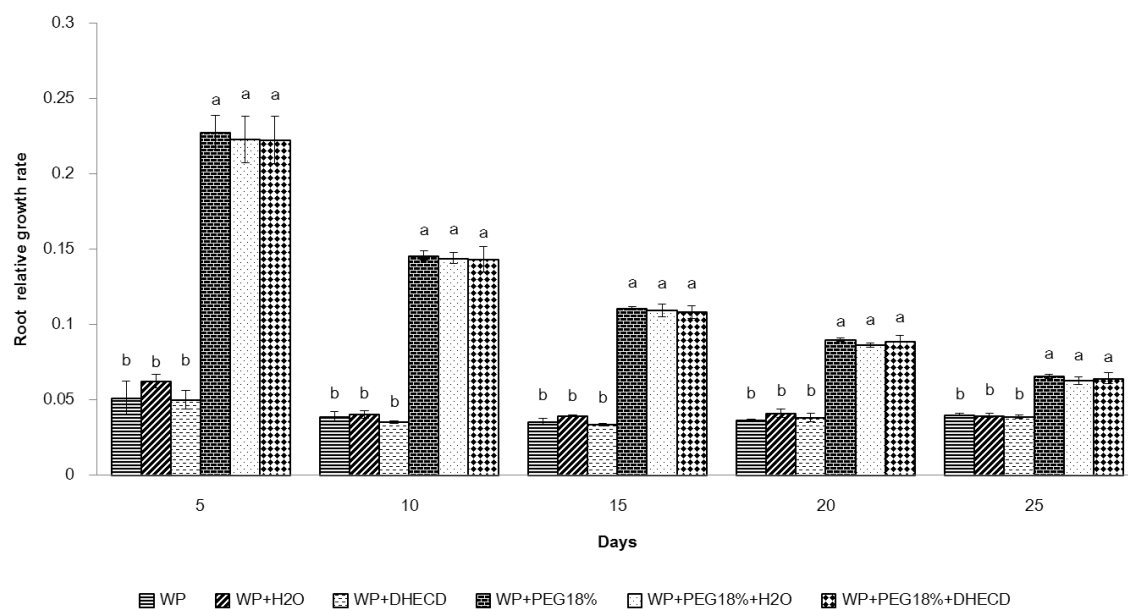
จากผลการทดลองพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งและฟื้นด้วยสาร DHECD มีอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ในส่วนราก ไม่แตกต่างกับต้นข้าวที่ฟื้นด้วยน้ำหลังจากได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 วัน และพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง มีอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ในส่วนรากมากกว่าต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติ 343.2, 305.6, 221.9, 130.6 และ 65.7% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติที่ฟื้นด้วยสาร DHECD มีอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ในส่วนรากไม่แตกต่างกับต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติที่ฟื้นด้วยน้ำ (ภาพประกอบ 45)

4.3. อัตราการเติบโตสัมพัทธ์รวมในส่วนต้นและราก

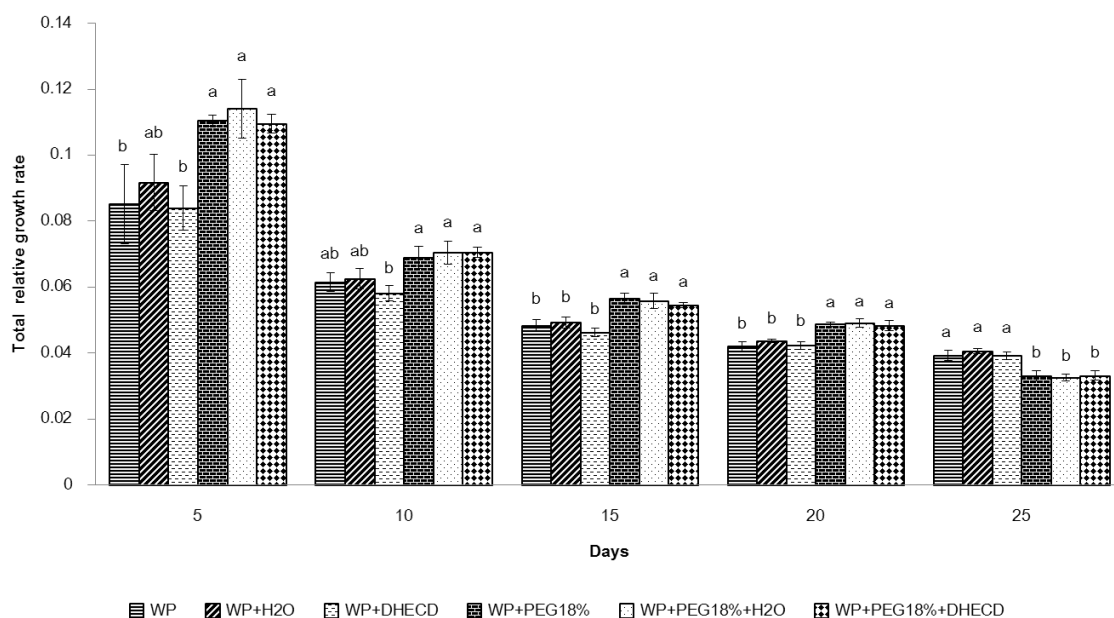
จากผลการทดลองพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งและฟื้นด้วยสาร DHECD มีอัตราการเติบโตสัมพัทธ์รวมในส่วนต้นและรากไม่แตกต่างกับต้นข้าวที่ฟื้นด้วยน้ำหลังจากได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 วัน และพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง มีอัตราการเติบโตสัมพัทธ์รวมในส่วนต้นและรากมากกว่าต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติในวันที่ 15, 20 และ 25 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนในวันที่ 5 และ 10 พบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง มีอัตราการเติบโตสัมพัทธ์รวมในส่วนต้นและรากไม่แตกต่างกับต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติ ในขณะที่ต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติที่ฟื้นด้วยสาร DHECD มีอัตราการเติบโตสัมพัทธ์รวมในส่วนต้นและราก ไม่แตกต่างกับต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติที่ฟื้นด้วยน้ำ (ภาพประกอบ 46)



ภาพประกอบ 44 อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ในส่วนต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)



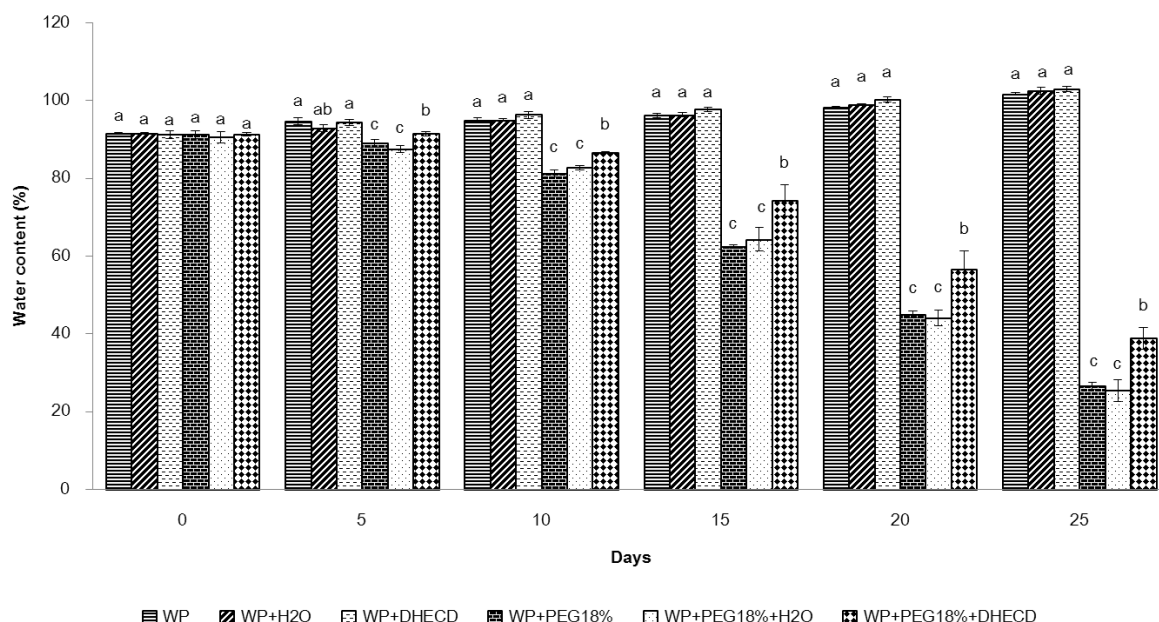
ภาพประกอบ 45 อัตราส่วนสัมพัทธ์ในส่วนรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)



ภาพประกอบ 46 อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ในส่วนรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)

5. ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในส่วนต้น

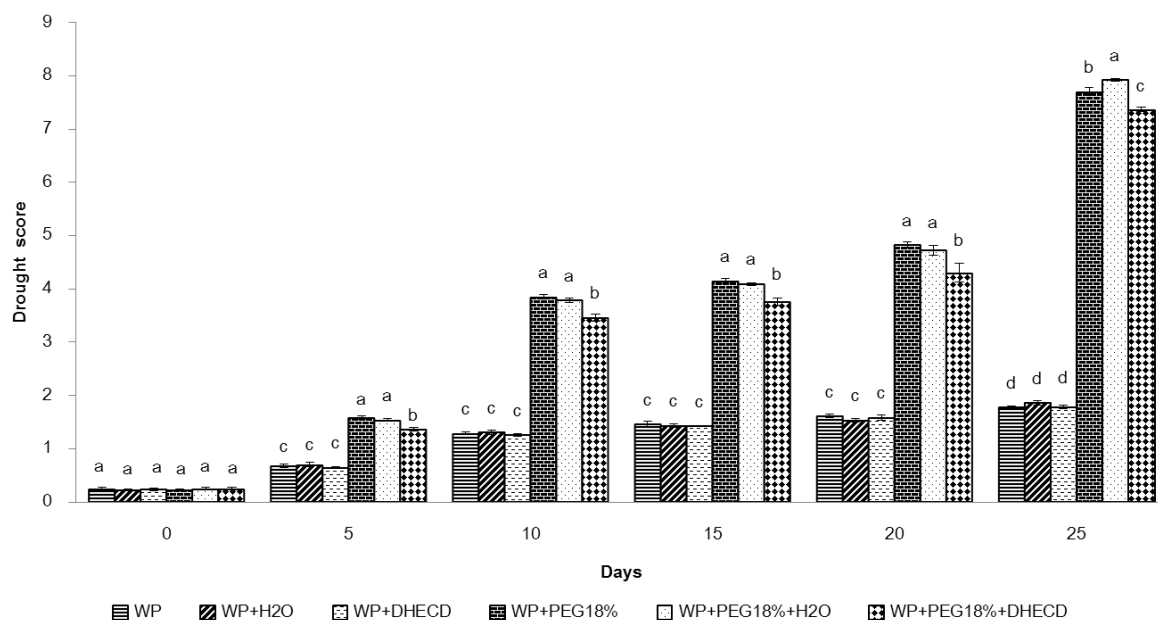
จากผลการทดลองพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งและพ่นด้วยสาร DHECD มีการสะสมปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในส่วนต้นมากกว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่พ่นด้วยน้ำ 4.4, 4.6, 15.6, 28.6, และ 52.5% หลังจากได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 วัน ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติที่พ่นด้วยสาร DHECD มีการสะสมปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในส่วนต้น ไม่แตกต่างกับต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติที่พ่นด้วยน้ำ และพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งมีการสะสมปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในส่วนต้นน้อยกว่าต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีแนวโน้มของการสะสมปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในส่วนต้น ลดลงตลอดระยะเวลาของการทดลอง (ภาพประกอบ 47)



ภาพประกอบ 47 ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในส่วนต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)

6. ค่าคะแนนความเสียหายทางกายภาพของต้นข้าว (Drought score)

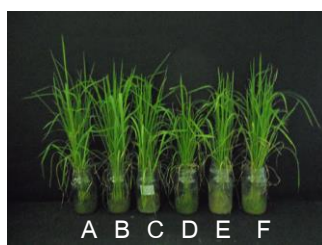
จากผลการทดลองพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งและพ่นด้วยสาร DHECD มีค่าคะแนนความเสียหายทางกายภาพของต้นข้าวน้อยกว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่พ่นด้วยน้ำ 12.8, 9.3, 8.6, 9.8 และ 7.6% หลังจากได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 วัน ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติที่พ่นด้วยสาร DHECD มีค่าคะแนนความเสียหายทางกายภาพของต้นข้าวไม่แตกต่างกับต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติที่พ่นด้วยน้ำ และพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งมีค่าคะแนนความเสียหายทางกายภาพของต้นข้าว มากกว่าต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีแนวโน้มของค่าคะแนนความเสียหายทางกายภาพของต้นข้าวที่เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาของการทดลอง (ภาพประกอบ 48, ภาพประกอบ 49)



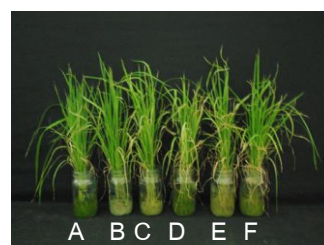
ภาพประกอบ 48 ค่าคะแนนความเสียหายทางกายภาพของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)



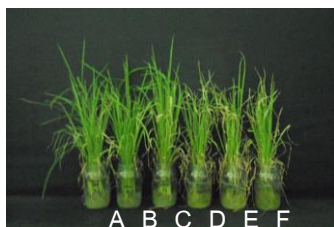
(ก)



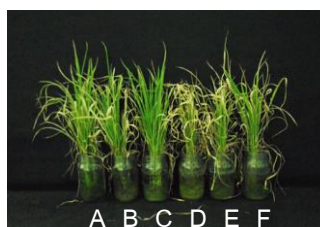
(ข)



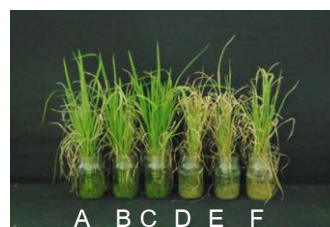
(ค)



(ง)



(จ)



(ฉ)

ภาพประกอบ 49 ต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับความเสียหายทางกายภาพ ตอน 2; (ก) วันที่ 0, (ข) วันที่ 5, (ค) วันที่ 10, (ง) วันที่ 15, (จ) วันที่ 20 และ (ฉ) วันที่ 25

หมายเหตุ A = สารละลายที่มีธาตุอาหาร WP No.2

B = สารละลายที่มีธาตุอาหาร WP No.2 + ฟันด้วยน้ำ

C = สารละลายที่มีธาตุอาหาร WP No.2 + ฟันด้วย DHECD

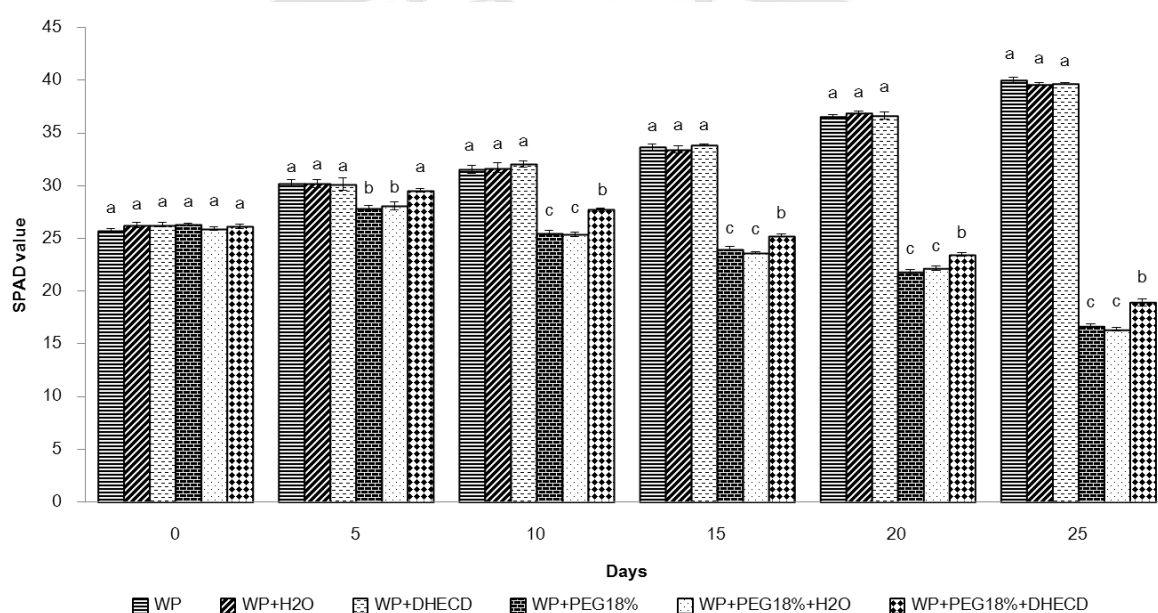
D = สารละลายที่มี PEG6000 ความเข้มข้น 15%(w/v)

E = สารละลายที่มี PEG6000 ความเข้มข้น 15%(w/v) + ฟันด้วยน้ำ

F = สารละลายที่มี PEG6000 ความเข้มข้น 15%(w/v) + ฟันด้วย DHECD

7. ค่าความเขียวของใบ (SPAD value)

จากผลการทดลองพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งและพ่นด้วยสาร DHECD มีค่าความเขียวของใบมากกว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่พ่นด้วยน้ำ 5.3, 9.5, 6.9, 5.8 และ 15.6% หลังจากได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 วัน ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติที่พ่นด้วยสาร DHECD มีค่าความเขียวของใบ ไม่แตกต่างกับต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติที่พ่นด้วยน้ำ และพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งมีค่าความเขียวของใบน้อยกว่าต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีแนวโน้มของมีค่าความเขียวของใบลดลงตลอดระยะเวลาของการทดลอง (ภาพประกอบ 50)



ภาพประกอบ 50 ค่าความเขียวของใบของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)

8. ปริมาณคลอโรฟิลล์

8.1. ปริมาณคลอโรฟิลล์รวม

จากผลการทดลองพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งและพ่นด้วยสาร DHECD มีการสะสมปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในส่วนต้นมากกว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่พ่นด้วยน้ำ 9.60, 16.52, 25.34, 39.23 และ 39.21% หลังจากได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 วัน ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีแนวโน้มของการการสะสมปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในส่วนต้นลดลงตลอดระยะเวลาของการทดลอง ในขณะที่ต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติที่พ่นด้วยสาร DHECD มีการสะสมปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในส่วนต้นไม่แตกต่างกับต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติที่พ่นด้วยน้ำ (ภาพประกอบ 51)

8.2. ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ

จากผลการทดลองพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งและพ่นด้วยสาร DHECD มีการสะสมปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในส่วนต้นมากกว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่พ่นด้วยน้ำ 3.32, 18.93, 32, 49.66 และ 38.41% หลังจากได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 วัน ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติที่พ่นด้วยสาร DHECD มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ไม่แตกต่างกับต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติที่พ่นด้วยน้ำ และพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งมีการสะสมปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ น้อยกว่าต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีแนวโน้มของการสะสมคลอโรฟิลล์ เอ ลดลงตลอดระยะเวลาของการทดลอง (ภาพประกอบ 52)

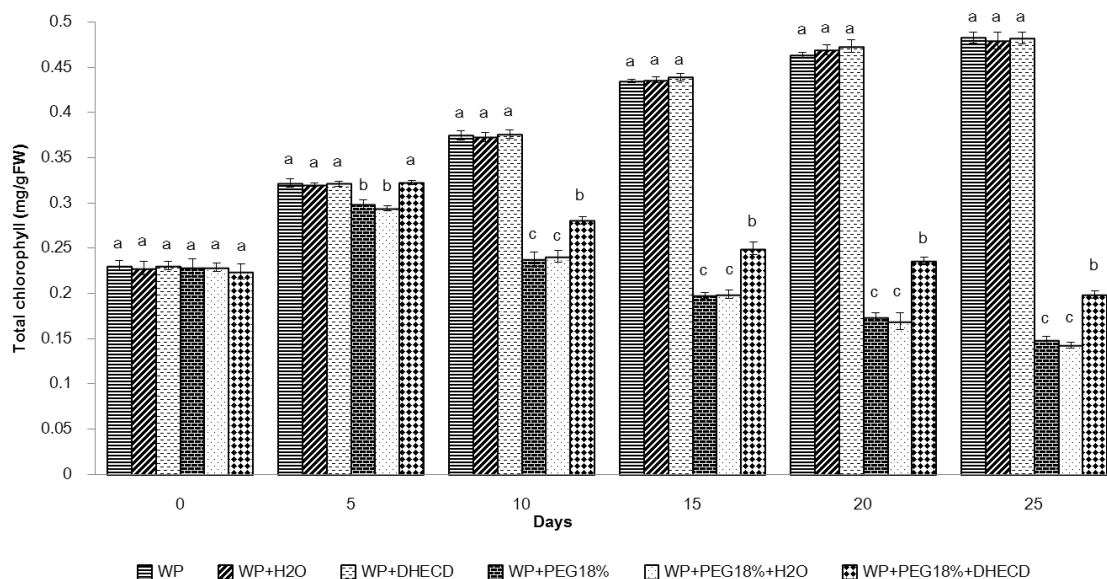
8.3. ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี

จากผลการทดลองพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งและพ่นด้วยสาร DHECD มีการสะสมปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ในส่วนต้นมากกว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่พ่นด้วยน้ำ 27.96, 11.21, 11.76, 17.62 และ 40.89% หลังจากได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 วัน ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ในส่วนต้นที่พบในต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งและต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่พ่นด้วยน้ำไม่แตกต่างกัน และปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ในส่วนต้นที่พบในต้น

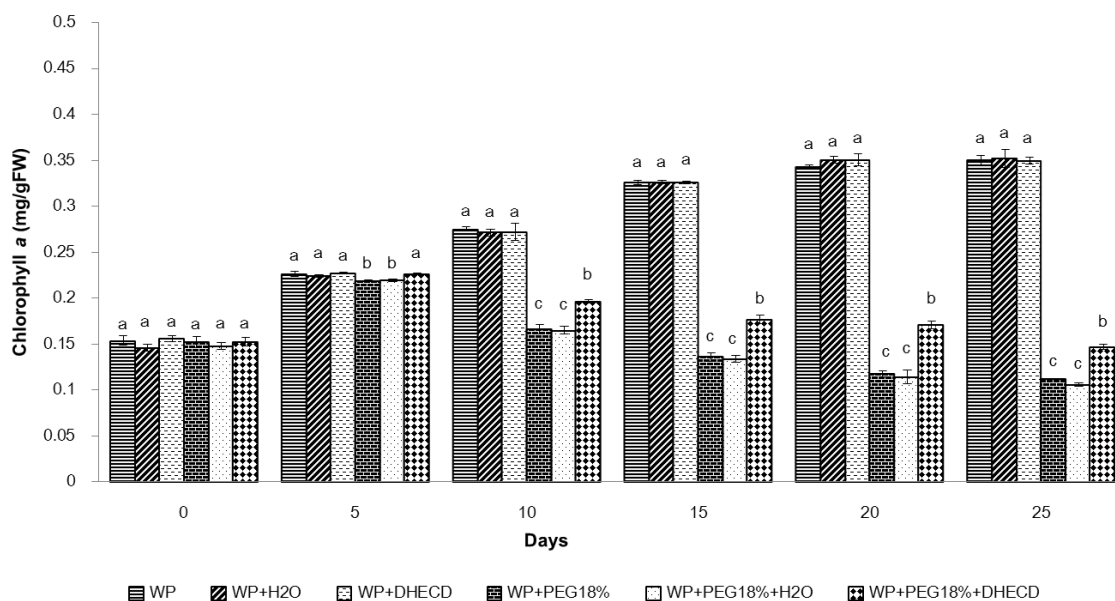
ข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติที่พ่นด้วยสาร DHECD ไม่แตกต่างกับต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติที่พ่นด้วยน้ำ ตลอดระยะเวลาของการทดลอง และต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งทุกชุดการทดลองมีการสะสมปริมาณคลอโรฟิลล์ *b* น้อยกว่าต้นข้าวในสภาวะปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีแนวโน้มลดลงหลังจากได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลายาวนานขึ้น (ภาพประกอบ 53)

8.4. ปริมาณแคโรทีนอยด์

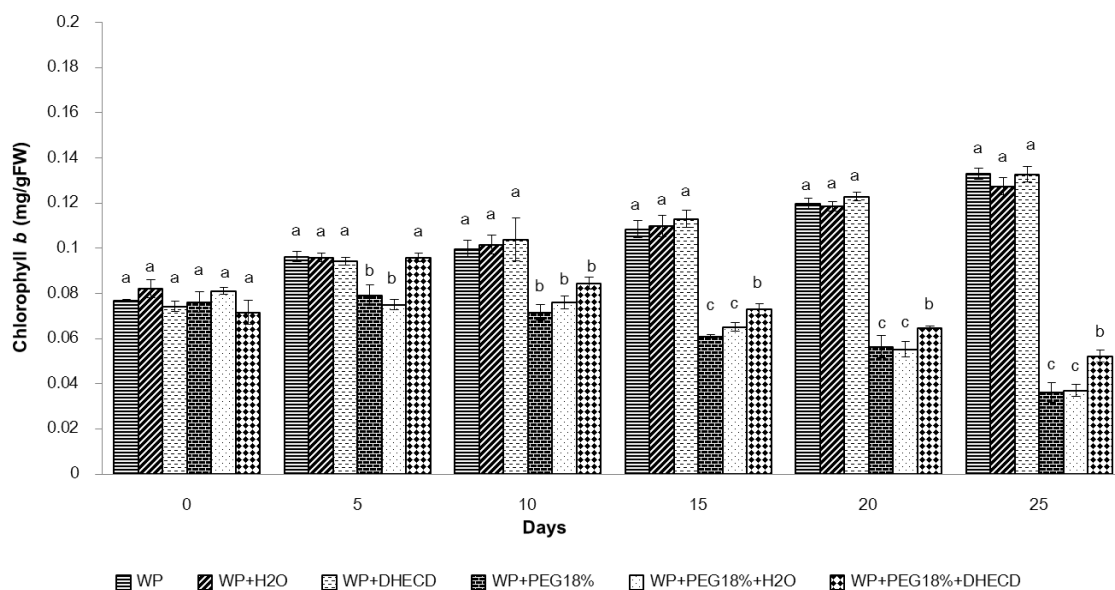
จากผลการทดลองพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งและพ่นด้วยสาร DHECD มีปริมาณแคโรทีนอยด์มากกว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่พ่นด้วยน้ำ 12.2, 13.1, 12.3, 33.9 และ 54.2% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากได้รับสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 วัน ตามลำดับ และพบว่าต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติที่พ่นด้วยสาร DHECD มีปริมาณแคโรทีนอยด์ไม่แตกต่างกับต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติที่พ่นด้วยน้ำ และพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งมีปริมาณแคโรทีนอยด์น้อยกว่าต้นข้าวในสภาวะปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีแนวโน้มของปริมาณแคโรทีนอยด์ลดลงตลอดระยะเวลาของการทดลอง (ภาพประกอบ 54)



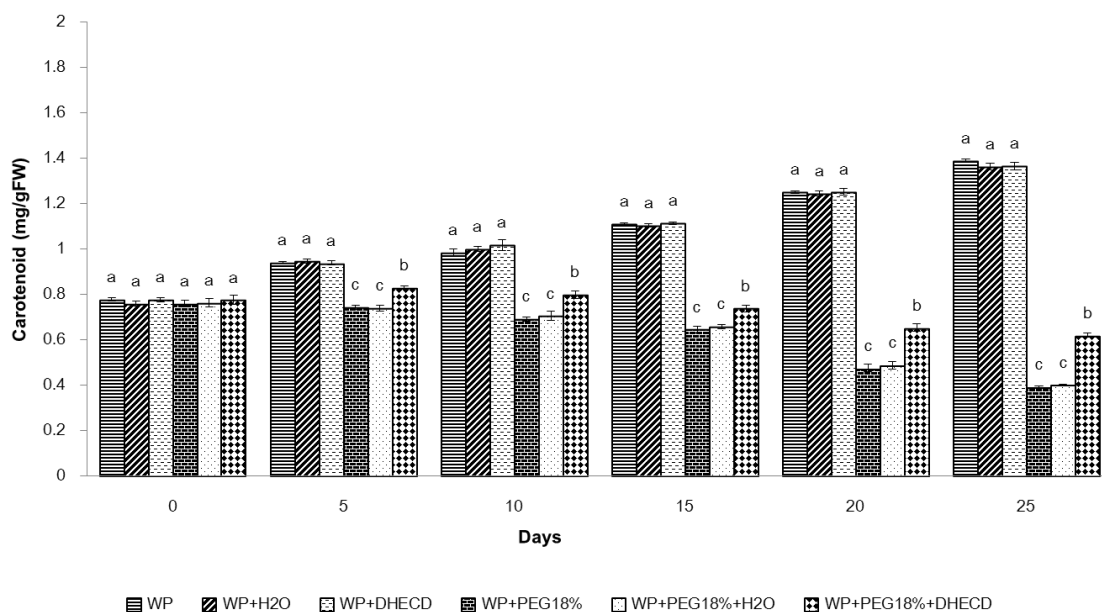
ภาพประกอบ 51 ปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในส่วนต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)



ภาพประกอบ 52 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง ± ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)



ภาพประกอบ 53 ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง ± ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)



ภาพประกอบ 54 ปริมาณแคโรทีนอยด์ของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)

9. ปริมาณโพรลีน

9.1. ปริมาณโพรลีนในส่วนต้น

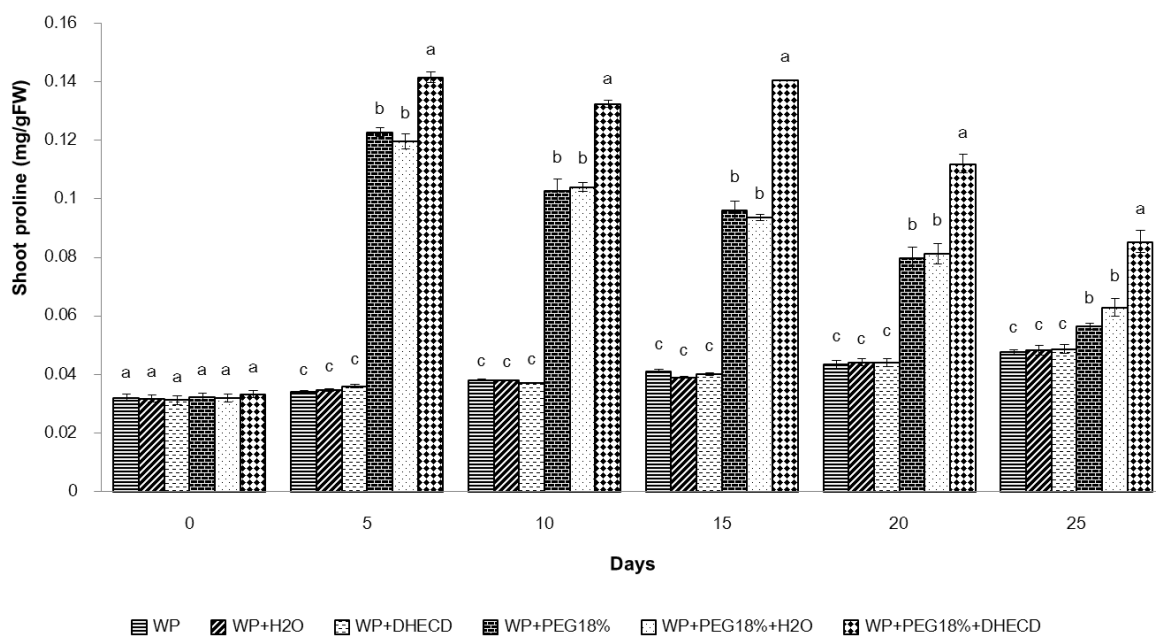
จากผลการทดลองพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งและพ่นด้วยสาร DHECD มีการสะสมปริมาณโพรลีนในส่วนต้นมากกว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่พ่นด้วยน้ำ 18.25, 27.31, 50.05, 37.71 และ 35.71% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 วัน ตามลำดับ ในขณะที่ต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่พ่นด้วยน้ำและต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งพบว่ามีการสะสมปริมาณ โพรลีนในส่วนต้นที่ไม่แตกต่างกัน และต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่พ่นด้วยน้ำมีการสะสมปริมาณโพรลีนมากกว่าต้นข้าวในสภาวะปกติที่พ่นด้วยน้ำ 245.24, 174, 139.93, 83.79 และ 30.10% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 วัน ตามลำดับ โดยการสะสมปริมาณโพรลีนในส่วนต้นของข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งมีแนวโน้มลดลงเมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลายาวนานขึ้น (ภาพประกอบ 55)

9.2. ปริมาณโพรลินในส่วนราก

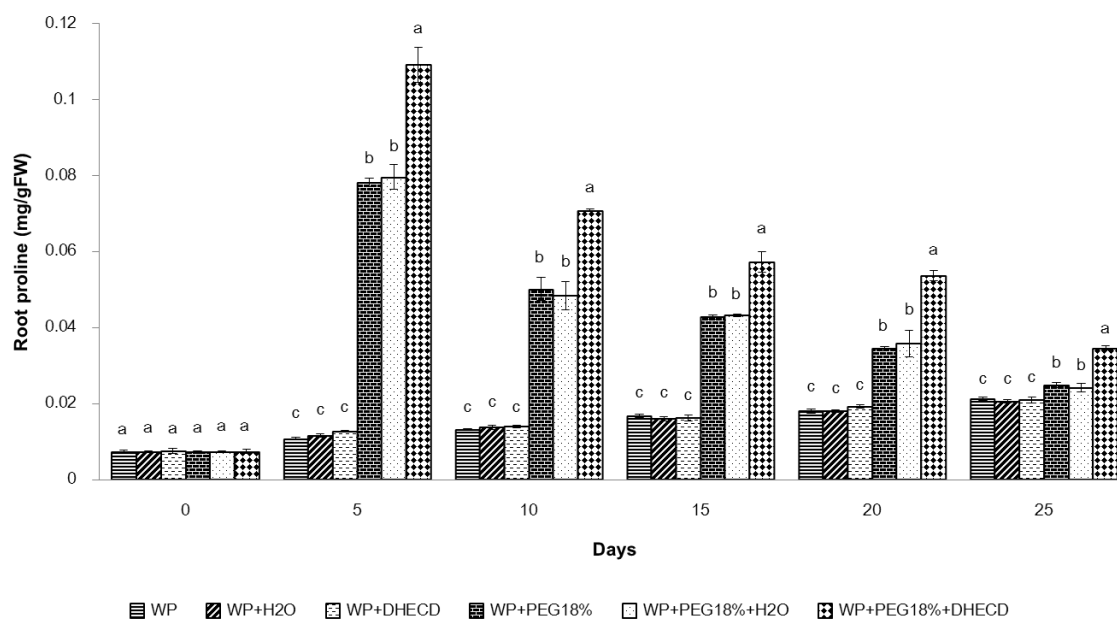
จากผลการทดลองพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งและพ่นด้วยสาร DHECD มีการสะสมปริมาณโพรลินในส่วนรากของต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่พ่นด้วยสาร DHECD มากกว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่พ่นด้วยน้ำ 37.01, 46.24, 32.37, 49.65 และ 43.29% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 วัน ตามลำดับ และต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่พ่นด้วยน้ำมีการสะสมปริมาณโพรลินในส่วนรากมากกว่าต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติที่พ่นด้วยน้ำ 583.64, 252.56, 169.41, 97.90 และ 16.87% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 วัน ตามลำดับ โดยพบว่าการสะสมปริมาณโพรลินในส่วนรากของต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งมีแนวโน้มลดลงเมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งยาวนานขึ้น เช่นเดียวกับการสะสมปริมาณโพรลินที่พบในส่วนต้น (ภาพประกอบ 56)

9.3. ปริมาณโพรลินรวมในส่วนต้นและราก

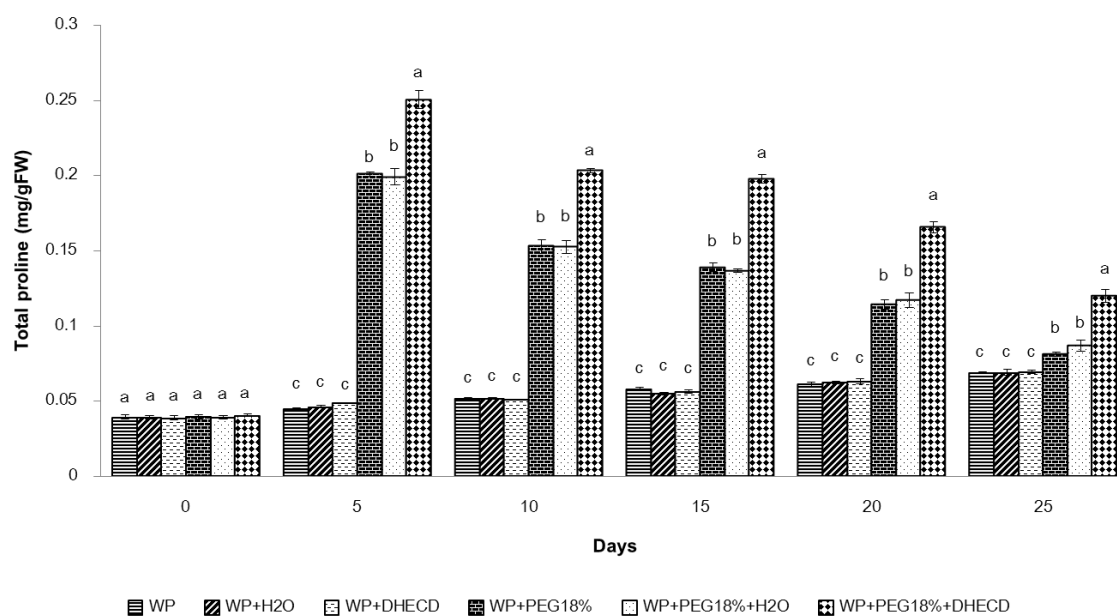
จากผลการทดลองพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งและพ่นด้วยสาร DHECD มีการสะสมปริมาณโพรลินรวมในส่วนต้นและรากมากกว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่พ่นด้วยน้ำ 20.48, 25, 30.78, 29.26 และ 27.44% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 วัน ตามลำดับ และต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่พ่นด้วยน้ำมีการสะสมปริมาณโพรลินรวมในส่วนต้นและรากมากกว่าต้นข้าวในสภาวะปกติที่พ่นด้วยน้ำ 330.37, 194.87, 148.53, 87.89 และ 26.14% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 วัน ตามลำดับ เช่นเดียวกับการสะสมปริมาณโพรลินรวมในส่วนต้นและรากของต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งมากกว่าต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการสะสมปริมาณโพรลินในส่วนรากของต้นข้าวมีแนวโน้มลดลงเมื่อต้นข้าวได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลายาวนานขึ้น (ภาพประกอบ 57)



ภาพประกอบ 55 ปริมาณโพรลีนในส่วนต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง ± ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)



ภาพประกอบ 56 ปริมาณโพรลีนในส่วนรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง ± ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)



ภาพประกอบ 57 ปริมาณโพรลีนรวมในส่วนต้นและรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อน (SE; standard error)

บทที่ 5

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

ตอน 1 การหาความสามารถในการทนต่อระดับความรุนแรงของ ความเครียดจากสภาวะแล้งของต้นข้าวพันธุ์ กข 47

ข้าว (*Oryza sativa* L.) จัดเป็นพืชที่ต้องการน้ำปริมาณมากในการเจริญเติบโตเมื่อเปรียบเทียบกับพืชชนิดอื่น (Veena; & Alok. 2015) ดังนั้นเมื่อพืชได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลานานส่งผลทำให้ปริมาณน้ำในพืชลดลงจนมีผลต่อสรีรวิทยาของพืช เช่น ทำให้การเจริญเติบโตของพืชในส่วนของกระบวนการสะสมน้ำในท่อน้ำเลี้ยง น้ำหนักแห้ง ความยาว การเติบโตสัมพันธ์ และปริมาณน้ำสัมพันธ์ในส่วนต้นลดลง (คงเอก ศิริงาม. 2558) เนื่องจากพืชที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง ส่งผลให้ความดันเต่งในพืชมีค่าต่ำลง ทำให้เซลล์ได้รับความเสียหายอย่างรุนแรง (Taiz; & Zeiger. 2006) นอกจากนี้สภาวะแล้งยังส่งผลกระทบต่อการทำงานของเซลล์ (Shao; et al. 2008) และยับยั้งการขยายตัวของเซลล์ (Jaleel; et al. 2009) รวมไปถึงการยับยั้งอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงและกระบวนการทางชีวเคมีทำให้การเจริญเติบโตของพืชลดลง (Usman; et al. 2013) จากผลการทดลองพบว่าเมื่อต้นข้าวพันธุ์ กข47 ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งในสารละลายที่มี Polyethylene glycol (PEG 6000) ที่ระดับความเข้มข้น 20%(w/v) จะมีการสะสมน้ำในท่อน้ำเลี้ยง น้ำหนักแห้ง ความยาว อัตราการเติบโตสัมพันธ์ และปริมาณน้ำสัมพันธ์ในส่วนต้นน้อยกว่าข้าวที่ได้รับ PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10 และ 15%(w/v) และต้นข้าวในชุดควบคุม ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ สุมาลี คงสอดทรัพย์; และวัฒนา พัฒนากุล. (2012) รายงานว่าความเครียดจากสภาวะแล้งส่งผลทำให้การเจริญเติบโตทางลำต้นของต้นกล้าข้าวลดลง และพบว่าต้นกล้าข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งมีการเจริญของรากเพิ่มมากขึ้น โดยต้นกล้าข้าวที่อยู่ในสภาวะแล้งจะมีความยาวของส่วนต้น น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบกับต้นข้าวที่อยู่ในสภาวะปกติ รวมถึงการสะสมปริมาณ รงควัตถุที่สำคัญในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช ได้แก่ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์รวม รวมทั้งมีค่าความเขียวของใบ (SPAD value) ต่ำกว่าพืชที่อยู่ในสภาวะที่ไม่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง (Cha-um; et al. 2010)

จากผลการทดลองพบว่า เมื่อต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่มีสารละลาย PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 20%(w/v) จะมีการสะสมปริมาณรงควัตถุที่เป็นองค์ประกอบสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชต่ำกว่าต้นข้าวที่ได้รับ PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10 และ 15%(w/v) และต้นข้าวในชุดควบคุม ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Isha Sharma; et al. (2013) รายงานว่าความเครียดจากเกลือทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) ที่เหนี่ยวนำให้เกิดอนุมูลอิสระบริเวณโครงสร้างของเมมเบรนคลอโรฟิลล์ ส่งผลทำให้เกิดกิจกรรมเอนไซม์ chlorophyllase ที่ทำหน้าที่ย่อยสลายคลอโรฟิลล์ทำงานได้ดีขึ้น และส่งผลทำให้การสะสม คลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์รวมของพืชมีปริมาณลดลง นอกจากนี้ความเครียดจากสภาวะแล้งยังส่งผลทำให้ข้าวมีการปรับตัวทางด้านสรีรวิทยา เช่น การปิดปากใบเพื่อรักษาปริมาณของน้ำในเซลล์ แต่การที่พืชมีการปิดปากใบอาจทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นสารตั้งต้นที่สำคัญในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงไม่สามารถแพร่ผ่านเข้าทางปากใบได้ ส่งผลทำให้กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลงและเป็นการผลิตอาหารของพืชไม่เพียงพอ อีกทั้งยังส่งผลทำให้กระบวนการสะสมอาหารของพืชลดลง และความเครียดจากสภาวะแล้งยังส่งผลให้อนุมูลอิสระ เช่น superoxide anion (O_2^-), hydroxy free radical (OH^-) และ hydrogenperoxide (H_2O_2) ซึ่งสารอนุมูลอิสระเหล่านี้ มีความเป็นพิษสูงและสามารถทำลายความเสียหายให้กับเซลล์พืชได้อย่างรุนแรง โดยเฉพาะในส่วนของเยื่อหุ้มเซลล์ รวมทั้งการทำลายโครงสร้างของรงควัตถุที่สำคัญในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของข้าว ได้แก่ คลอโรฟิลล์รวม คลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ บี ทำให้ข้าวมีการสะสมปริมาณคลอโรฟิลล์รวม คลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ บี ลดลง และเป็นผลทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง (Kohtaro Iseki; et al. 2014) อย่างไรก็ตามหากพืชได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง พืชจะมีกลไกการปรับตัวทางด้านสรีรวิทยาเพื่อให้พืชสามารถเจริญต่อไปได้ เช่น ลดการสูญเสียน้ำโดยการปิดปากใบ การม้วนใบ การสะสมสารคิวติน และการลดพื้นที่ใบ รวมไปถึงรักษาระดับของน้ำภายในเซลล์ โดยพืชจะมีการเจริญของรากที่เพิ่มขึ้นเมื่อการเจริญทางยอดลดลงส่งผลทำให้รากสามารถหยั่งลึกและแพร่กระจายได้ดีขึ้น เพื่อช่วยให้พืชสามารถดูดน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สายัณห์ สดุดี. 2537) ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าเมื่อต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งในสารละลายที่มี PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 20%(w/v) มีปริมาณ น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ความยาว อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ในส่วนรากมากกว่าข้าวที่ได้รับ ความเข้มข้น 5, 10 และ 15%(w/v) และต้นข้าวในชุดควบคุม ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Soumitra Paul; et al. (2015) รายงานว่าต้นกล้าข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งจะมีการ

ตอบสนองโดยเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา เช่น การม้วนใบ การเจริญเติบโตที่ลดลง และมีการปรับเปลี่ยนการเจริญเติบโตของรากโดยพบว่าต้นกล้าข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งจะมีการกระตุ้นการเจริญเติบโตในส่วนของรากทำให้ความยาวรากและมวลของน้ำหนักแห้งรากเพิ่มสูงขึ้น หลังจากได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง เป็นระยะเวลา 7 วัน นอกจากนี้จากผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่า เมื่อต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งมีอัตราส่วนน้ำหนักแห้งของส่วนรากต่อน้ำหนักแห้งของส่วนต้น และอัตราส่วนความยาวของส่วนรากต่อความยาวของส่วนต้นมากกว่าต้นข้าวที่ไม่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง และจากค่าคะแนนความเสียหายทางกายภาพของต้นข้าว โดยวิธีการให้คะแนนค่าความเสียหายแบบ Drought score จากผลการทดลองพบว่า เมื่อต้นข้าวได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งในสารละลายที่มี PEG6000 ที่ระดับความเข้มข้น 20%(w/v) มีค่าคะแนนความเสียหายในส่วนต้นมากกว่าต้นข้าวที่ได้รับความเข้มข้น 5, 10 และ 15%(w/v) และต้นข้าวในชุดควบคุม ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Zhou; et al. (2007) รายงานว่าความเครียดจากสภาวะแล้งส่งผลให้เกิดสารที่มีคุณสมบัติเป็นสารอนุมูลอิสระ ที่ทำหน้าที่ในการแย่งจับกับอิเล็กตรอนในโมเลกุลของสารต่างๆ ในเซลล์พืชซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้พืชได้รับความเสียหาย

ตอน 2 ศึกษาผลของสาร 7,8-dihydro-8 α -20-hydroxyecdysone (DHECD) ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาบางประการของข้าวพันธุ์ กข47 ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้ง

เนื่องจากการเจริญเติบโตของข้าวเกือบทั้งวัฏจักรต้องอาศัยน้ำในการเจริญเติบโต (Kamoshita; et al. 2008) และการขาดน้ำในระยะต้นกล้าและระยะของการสร้างดอก ทำให้การเจริญเติบโตทางด้านลำต้นรวมไปถึงการให้ผลผลิตลดลงทั้งด้านปริมาณและด้านคุณภาพ (บุญหงส์ จงจิต; และคนอื่นๆ. 2557) นอกจากนี้ความเครียดจากสภาวะแล้งยังส่งผลต่อโครงสร้างภายในของต้นข้าว เช่น ให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์รวม ที่เป็นรงควัตถุที่สำคัญของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช ลดลง ซึ่งจากผลการทดลองในตอนที่ 2 ผู้วิจัยได้ศึกษาผลของสาร DHECD ซึ่งเป็นสารที่มีสมบัติคล้ายกับฮอร์โมนบราสซิโนสเตียรอยด์ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาบางประการของข้าวพันธุ์ กข47 ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้ง พบว่าเมื่อต้นข้าวพันธุ์ กข47 ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่ไม่ได้พ่นด้วยสาร DHECD จะมีการสะสมปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ, คลอโรฟิลล์ บี และ

คลอโรฟิลล์รวมลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ สุมาลี คงสอดทรัพย์; และวัฒนา พัฒนากุล. (2012) พบว่าเมื่อต้นข้าวได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งทำให้กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของต้นข้าวลดลง เช่นเดียวกับการทดลองในพืช *Triticum aestivum* ที่ได้รับความเครียดจากสภาวะขาดน้ำ (Abdalla; & El-Khoshiban. 2007) ในขณะที่จากผลการทดลองเมื่อพ่นสาร DHECD ความเข้มข้น 10^{-5} โมลาร์ ให้กับต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสภาวะแล้งส่งผลทำให้ต้นข้าวมีการสะสมปริมาณรงควัตถุที่สำคัญในการกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช ได้แก่ คลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์รวมในปริมาณสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับต้นข้าวที่ได้รับสภาวะแล้งที่พ่นด้วยน้ำ ในขณะที่การพ่นสาร DHECD กับต้นข้าวพันธุ์ กข47 ในสภาวะปกติไม่มีผลในการเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์รวม ทั้งนี้เนื่องจากสาร DHECD อาจจะมีบทบาทในการช่วยรักษาโครงสร้างของรงควัตถุที่สำคัญของระบบรับแสงของพืชเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงภายใต้สภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาผลของฮอร์โมนบราสซิโนสเตียรอยด์ซึ่งช่วยเพิ่มการขยายขนาดของเซลล์ การสะสมปริมาณคลอโรฟิลล์ การสะสมสารประเภทโมโนแซคคาไรด์ และการเติบโตของเซลล์สำหรับ *Chlorella vulgaris* (Bajguz; & Alicja. 2014) เนื่องจากเมื่อพืชมีการสะสมปริมาณคลอโรฟิลล์ในปริมาณมากจะช่วยให้พืชมีการสังเคราะห์ด้วยแสงที่มีประสิทธิภาพดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Fariduddin; et al. (2004) ด้วยการพ่นสารในกลุ่มบราสซิโนสเตียรอยด์ ได้แก่ 28-homobrassinolide (HBR) ความเข้มข้น 1 ไมโครโมลาร์ ให้กับพืช *Vigna radiata* พบว่าสามารถช่วยในการเพิ่มอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงและคลอโรฟิลล์ของพืชให้สูงขึ้น ซึ่งสารดังกล่าวน่าจะมีส่วนช่วยในการรักษาสภาพรงควัตถุในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงที่พบในพืช และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Xia, X.J; et al. (2009) พบว่าสาร 24-epibrassinolide (EBR) สามารถช่วยเพิ่มการเติบโตของแตงกวา (*Cucumis sativus*) โดยเพิ่มอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงและช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้แสงของระบบแสงสองของพืชได้ นอกจากนี้บราสซิโนสเตียรอยด์ได้รับการยอมรับว่าเป็นสารที่ช่วยทำให้พืชสามารถทนอยู่ในสภาวะที่ไม่เหมาะสมได้ (Clouse; & Sasse. 1998) มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ที่ช่วยในการกระตุ้นกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และช่วยเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระภายใต้ความเครียดจากแคดเมียม (Hayat; et al. 2007) จากผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาของ เกษวรา เมทเมรุรัตน์; และคนอื่นๆ. (2555) ที่พบว่าการแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังด้วยสารบราสซิโนสเตียรอยด์แอนาลอกชนิด DHECD ที่ความเข้มข้น 10^{-7} โมลาร์ เป็นเวลา 15 นาทีสามารถเพิ่มค่าดัชนีความเขียวของใบมันสำปะหลัง ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณแป้งในรากสะสมอาหารของ

มันสำปะหลัง นอกจากนี้ยังพบว่าสาร 24-epibrassinolide (EBL) และ 28-homobrassinolide (HBL) ความเข้มข้น 10^{-8} โมลาร์ สามารถเพิ่มความยาวยอดและค่าดัชนีความเขียวในใบของมะเขือเทศได้ (Hayat; et al. 2012) และจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า การพ่นสาร DHECD ให้กับต้นข้าวก่อนที่ต้นข้าวจะได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งช่วยให้ต้นข้าวพันธุ์ กข47 มีปริมาณคลอโรฟิลล์มากกว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่ไม่ได้พ่นด้วยสาร DHECD เพื่อให้เกิดกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเมื่อพืชได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งได้ นอกจากนี้จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสาร DHECD ยังช่วยทำให้ต้นข้าวพันธุ์ กข47 มีกลไกในการปรับตัวทางสรีรวิทยาเพื่อให้สามารถทนต่อความเครียดจากสภาวะแล้ง โดยการเพิ่มการสะสมโพรลีนซึ่งเป็นสาร compatible solute ในส่วนต้นและส่วนราก โดยต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่พ่นด้วยสาร DHECD ที่ได้รับสภาวะแล้งจะมีการสะสมโพรลีนในส่วนต้นมากกว่าการสะสมโพรลีนที่พบในส่วนราก โดยต้นข้าวจะมีการสะสมโพรลีนในส่วนต้นสูงสุดหลังจากได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง เป็นระยะเวลา 15 วัน ในขณะที่การสะสมโพรลีนในส่วนของรากพบว่าการสะสมโพรลีนในปริมาณสูงสุดหลังจากได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง เป็นระยะเวลา 5 วัน และต้นข้าวจะมีการสะสมโพรลีนในปริมาณที่ลดลงเมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลายาวนานขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Zhanli; et al. (2016) รายงานว่าการแช่หน่อไม้ด้วยสารละลายบราสซิโนสเตียรอยด์ที่มีความเข้มข้น 10^{-6} โมลาร์ เป็นเวลา 10 นาที สามารถช่วยเพิ่มการสะสมปริมาณโพรลีนที่สูงขึ้น ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการส่งเสริมความสามารถในการเก็บรักษาของหน่อไม้หลังเก็บเกี่ยวในสภาพที่มีอุณหภูมิต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากการสะสมโพรลีนที่พบในส่วนรากจะมีการตอบสนองทางสรีรวิทยาเพื่อการปรับตัวของพืชเมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งได้เร็วกว่าการสะสมโพรลีนในส่วนของต้น เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำออกจากเซลล์บริเวณส่วนรากพืชที่สัมผัสกับความเครียดจากสภาวะแล้งโดยตรง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Voetberg; & Sharp. (1991) พบว่าข้าวโพดที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งมีการสะสมโพรลีนในรากสูงขึ้นมากถึง 40 เท่า โดยพืชต่างชนิดกันจะมีการสะสมโพรลีนในเนื้อเยื่อต่างกันในปริมาณที่ไม่เท่ากัน โพรลีนมีบทบาทสำคัญในการรักษาสมดุลของน้ำภายในเซลล์ ทำให้ค่า osmotic potential ภายในเซลล์ลดลง เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำออกจากเซลล์ ป้องกันการเสียสภาพของโปรตีน เนื่องจากโพรลีนจะช่วยรักษากิจกรรมของเอนไซม์ ป้องกันความเสียหายของโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช และยังเป็นแหล่งคาร์บอน ไนโตรเจน และพลังงานเมื่อพืชมีการฟื้นตัวจากสภาวะแล้ง (Lin; et al. 2002; Alves; & Setter. 2004) และโพรลีนยังมีบทบาทในกระบวนการกำจัดสารอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ เมื่อ

พืชได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง ดังนั้นการเพิ่มขึ้นของปริมาณโพรงน้ำที่สะสมในส่วนต่างๆ ของพืช จึงเป็นกลไกการปรับตัวทางสรีรวิทยาของพืชที่สามารถใช้ในการบ่งชี้ถึงความสามารถในการทนต่อสภาวะแล้งของพืชได้ โดยพืชที่ทนต่อสภาวะแล้งได้ดีจะมีการสะสมโพรงน้ำในปริมาณที่มากกว่าพืชที่ไม่ทนต่อสภาวะแล้ง (De Ronde; et al. 2000; Seki; et al. 2007; Zhang; et al. 2009) และการสะสมโพรงน้ำยังส่งผลทำให้ต้นข้าวที่พ่นด้วยสาร DHECD มีการสะสมปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในส่วนต้นมากขึ้น โดยพบว่าต้นข้าวที่พ่นด้วยสาร DHECD ที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งจะมีการสะสมปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในส่วนต้นมากกว่าต้นข้าวที่ไม่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่ไม่ได้พ่นด้วยสาร DHECD และต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่พ่นด้วยน้ำ แต่การสะสมปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในส่วนต้นจะมีปริมาณที่ลดลงเมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นระยะเวลายาวนานขึ้น และจากกลไกดังกล่าวข้างต้นส่งผลทำให้ต้นข้าวที่พ่นด้วยสาร DHECD ที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้ง มีค่าคะแนนความเสียหายทางกายภาพของต้นข้าว (drought score) ที่น้อยกว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่ไม่ได้พ่นด้วยสาร DHECD และต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่พ่นด้วยน้ำ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าต้นข้าวมีความเสียหายทางกายภาพน้อยกว่าต้นข้าวที่ไม่ได้พ่นด้วยสาร DHECD โดยจากผลการทดลองมีความสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Gao-Feng Yuan; et al. (2010) รายงานว่าบราสสิโนสเตียรอยด์ช่วยบรรเทาความเครียดที่เกิดจากสภาวะแล้ง โดยการเพิ่มปริมาณน้ำสัมพัทธ์ (relative water content; RWC) ในส่วนต้นกล้าของมะเขือเทศอีกด้วย

จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งและได้รับการพ่นด้วยสาร DHECD ที่ความเข้มข้น 10^{-5} โมลาร์ มีการตอบสนองต่อความเครียดจากสภาวะแล้ง โดยกระตุ้นการสะสมปริมาณโพรงน้ำทั้งในส่วนรากและส่วนต้น และกระตุ้นการสะสมปริมาณรงควัตถุที่มีความสำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงให้สูงขึ้นเป็นผลทำให้ต้นข้าวสามารถปรับตัวทางสรีรวิทยาในการทนต่อความเครียดจากสภาวะแล้งได้ดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Thussagunpanit; et al. (2013) รายงานว่าต้นข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ได้รับความเครียดจากความร้อนและได้รับการฉีดพ่นด้วยสาร DHECD ที่ความเข้มข้น 0.1 ไมโครโมลาร์ มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับต้นข้าวที่อยู่ในชุดควบคุม หลังจากได้รับความเครียดจากความร้อน 7 วัน แต่ต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสาร DHECD พบว่าไม่มีผลต่อการสะสมปริมาณน้ำตาลในเนื้อเยื่อพืช และการเจริญเติบโตของส่วนต้นและราก โดยพบว่าต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งและได้รับการพ่นด้วยสาร DHECD มีการสะสมปริมาณน้ำตาลในส่วนต้นและการเจริญทางด้านลำต้นและรากไม่

แตกต่างกันกับต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่ไม่ได้พ่นด้วยสาร DHECD และต้นข้าวที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งที่พ่นด้วยน้ำ

ดังนั้นจากผลการทดลองในครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่า สาร DHECD สามารถช่วยให้ต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งมีความสามารถในการทนแล้งได้ โดยส่งผลให้ต้นข้าวมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาบางประการในการเพิ่มการสะสมปริมาณสารสีที่สำคัญในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และเพิ่มการสะสมปริมาณโปรตีน ซึ่งเป็นกลไกการตอบสนองทางสรีรวิทยาในการทนต่อสภาวะแล้งของพืช ซึ่งองค์ความรู้ที่ได้จากผลการทดลองในครั้งนี้สามารถที่จะนำไปใช้ในการศึกษาต่อยอดการประยุกต์ใช้สาร DHECD ในการเพิ่มความสามารถในการทนต่อสภาวะแล้งและการเพิ่มผลผลิตของพืชเศรษฐกิจชนิดอื่นๆ ได้ในอนาคต



บรรณานุกรม

- กรมวิชาการเกษตร. (2546). ข้าวและธัญพืชเมืองหนาวพันธุ์ดี 30 ปี กรมวิชาการเกษตร. ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ.
- กุลวดี บุญบุตร; และยุพเรศ ภูธง. (2554). การประเมินรูปแบบความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Terra-MODIS. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- เกษรรา เมทเมรุรัตน์; ลิลลี่ กาวีตะ; มาลี ณ นคร; และ อรุษา คำสุข. (2555). ผลของสารบราสซิโนสเตียรอยด์มีมิก (DHECD) ต่อการเติบโตทางลำต้นและผลผลิตของมันสำปะหลัง. สืบค้นเมื่อ 5 กุมภาพันธ์ 2558, จาก http://www.annualconference.ku.ac.th/cd53/01_059_O212.pdf
- คงเอก ศิริงาม. (2558). ผลของสภาวะขาดน้ำต่อการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ ปริมาณรงควัตถุปริมาณ โปรตีน และการเจริญเติบโตของข้าว. วารสารสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 4(2): 133-146.
- คลังข้อมูลสารสนเทศข้าวเชิงลึก. สืบค้นเมื่อ 19 มีนาคม 2558, จาก http://www.arda.or.th/kasetinfo/rice/rice-cultivate&fertiliset/rice-cultivate_manage_nadam.html
- ความรู้เกี่ยวกับข้าว-ชาวนา. สืบค้นเมื่อ 19 มีนาคม 2558, จาก <http://kkn-rsc.ricethailand.go.th/rice/variety/02/RD47.html>
- นวรรตน์ อุดมประเสริฐ; และอมรรัตน์ พรหมบุญ. (2537). การใช้ลักษณะการสะสมปริมาณโปรตีนเนื่องจากสภาวะขาดน้ำบ่งบอกถึงความทนแล้งในข้าวบาร์เลย์. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 32: 676.
- บุศริน อิ่มอินทร์; นงลักษณ์ เทียนเสรี; และสนธิชัย จันท์เปรม. (2555). การบ่งชี้ยีนที่ควบคุมการสร้าง betaine aldehyde dehydrogenase ที่อ้อยใช้ตอบสนองต่อสภาพขาดน้ำ. การประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. วันที่ 6-7 ธันวาคม 2555. 9:522-529.
- บุญหงส์ จงคิด; จารุมณ สุขสร; พนิดา ชูเวท; และวุฒิชัย แดงทอง. (2557). ผลของการขาดน้ำในระยะกล้าต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 สายพันธุ์กลายพันธุ์. วารสารสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 3(2): 123-128.

ปราณี ว่องวิทวัส; และณรงค์นาถ อยู่ประสิทธิ์. (2534). *ฝนแล้งในประเทศไทย*. กรุงเทพฯ: กรม

อุตุนิยมวิทยา

มูลนิธิข้าวไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. สืบค้นเมื่อ 19 มีนาคม 2558, จาก

<http://www.thairice.org/html/foundation/foundth01.html>

วรัญญา คำปัน; มณฑกานติ วัชรากัย; และศุภจิตรา ชัชवाल. (2541). *ปริมาณโพรลินและน้ำตาลเมื่อข้าว อยู่ในสภาวะแล้ง และการคัดเลือกข้าวทนแล้ง*. วิทยานิพนธ์. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิรัตน์ ภูวิวัฒน์. (2539). อิทธิพลของความเข้มแสงระดับต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของ

คะน้า (*Chinese kale: Brassica alboglabra Bailey*) ที่ปลูกในโรงเรือนตาข่าย. *วารสารเกษตร พระจอมเกล้า*. 14(2): 3-10.

วีรศิลป์ สอนจรรยา; คณพล จุฑามณี; ลิลลี่ กาวีตะ; วิจิตร ใจอารีย์; อภิชาติ สุขสำราญ; และธีรพัฒน์ เทพ แก้ว. (2556). ผลของบราสสิโนสเตียรอยด์ต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงและลิพิดเพอรอกซิเดชัน ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ภายใต้ภาวะเครียดจากความร้อน. *วารสารพฤกษศาสตร์ไทย*. 5(พิเศษ): 183-190.

ศูนย์การเรียนรู้การเกษตรตำบลสาคุ. (2558). สืบค้นเมื่อ 10 ธันวาคม 2558, จาก

<http://www.sakhu.go.th/multimedia/learning/article.shtml?id=12>

ศูนย์ติดตามและแก้ไขปัญหาภัยพิบัติด้านการเกษตร. (2556). สืบค้นเมื่อ 19 มีนาคม 2558, จาก

http://www.moac.go.th/download/article/article_20130328151014.pdf

ศูนย์ติดตามและแก้ไขปัญหาภัยพิบัติด้านการเกษตร. (2558). สืบค้นเมื่อ 19 มีนาคม 2558, จาก

http://www.moac.go.th/download/article/article_20150318145159.pdf

ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. สืบค้นเมื่อ 19 มีนาคม 2558, จาก

<http://infoservice.oae.go.th/index.php/gismap-m/23-gis-cat/131-mapdrought-57-art>

สายันท์ สดุดี. 2537. *สภาวะขาดน้ำในการผลิตพืช*. ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. หน้า 202.

- สุมาลี คงสอดทรัพย์; และวัฒนา พัฒนากุล. (2012). ผลของการแช่เมล็ดในกรดแอบไซสิกและพาโคล บิวทราโซลต่ออัตราการงอกและการเจริญเติบโตของข้าว (*Oryza sativa* L.) ในสภาวะแล้ง. *การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัย ระดับบัณฑิตศึกษา ณ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*. วันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2555. 13:401-409.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. สืบค้นเมื่อ 19 มีนาคม 2558, จาก http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php
- องค์ความรู้เรื่องข้าว. สืบค้นเมื่อ 19 มีนาคม 2558, จาก <http://www.brrd.in.th/rkb/varieties/index.php-file=content.php&id=125.htm>
- อรรควุฒิ ทัศนสองชั้น. 2526. *เรื่องของข้าว*. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , กรุงเทพฯ. หน้า 314.
- อรพิน เกิดชูชื่น; ญัฐา เลหากุลจิตต์; และอุบลรัตน์ กล้าศรี. (2550). การตอบสนองของข้าวเจ้าพันธุ์ ชัยนาท1 และพันธุ์สุพรรณบุรี1 ในสภาวะขาดน้ำ. *วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร*. 38(6) (พิเศษ): 322-325
- อิสระพงศ์ บุตรจันทร์. (2550). *การคัดเลือกและการเปรียบเทียบพันธุ์อ้อยในพื้นที่ปลูกอ้อยจังหวัดขอนแก่น*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Abdalla, M.M.; & El-Khoshiban, N.H. (2007). The influence of water stress on growth, water content, photosynthetic pigments, some metabolic and hormonal contents of two *Triticum aestivum* cultivars. *Journal of applied sciences research*. 3(12): 2062-2074.
- Alves, A.A.G.; & Setter, T.L. (2004). Absciscic acid accumulation and osmotic adjustment in cassava under water deficit. *Environmental and Experimental Botany*. 51: 259–279.
- Ain-Lhont, F; F.A. Zunzunegui; M.C. Diaz Barradas; R. Tirado; A. Clavijio; & F.C Novo. (2000). Comparison of proline accumulation in Mediterranean shrubs subjected to natural and experimental water deficit. *Plant Soil*. 230: 175-183.
- Arnon, D. I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*. 24:1-15.

- Bajguz , A.; & Alicja, P.N. (2014). Interactive effect of brassinosteroids and cytokinins on growth, chlorophyll, monosaccharide and protein content in the green alga *Chlorella vulgaris* (Trebouxiophyceae). *Plant Physiology and Biochemistry*. 80: 176-183.
- Bate, L.S.; R.P. Waldren; & I.D. Tear. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant Soil*. 39:205-207.
- Boggess, S.F; C.R. Stewart; D. Aspinall; & L.G. Peleg. (1976). Effect of water stress on proline synthesis from radioactive precursors. *Plant Physiology*. 58: 398-401.
- Burcer, A.; M.V. Serrano; & R.D. Reyes. (2002). *Free-proline accumulation for drought tolerance of sugarcane varieties*. สืบค้นเมื่อ 25 มกราคม 2558, จาก <https://www.sra.gov.ph/absard04%20.html>
- Cao, Y.; H. Duan; L. Yang; Z. Wang; S. Zhou; & J. Yang. (2008). Effect of heat stress during meiosis on grain yield of rice cultivars differing in heat tolerance and its physiological mechanism. *Acta Agronomica Sinica*. 34(12): 2134-2142.
- Clouse; & J.M. Sasse. (1998). BRASSINOSTEROIDS: essential regulators of plant growth and Development. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Molecular Biology*. 49: 427-451.
- Cha-um S; Yooyongwech S; & Supaibulwatana K. (2010). Water deficit stress in the reproductive stage of four indica rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. *Pakistan Journal of Botany*. 42(5): 3387-3398.
- De Datta; S.K.; Malabuyoc, J.A.; & Aragon, E.L. (1988). A field screening technique for evaluating rice germplasm for drought tolerance during the vegetative stage. *Field Crops Research*. 19: 123-134.
- De Ronde; J.A.; A.V. Der Mescht; & H.S.F. Steyn. (2000). Proline accumulation in response to drought and heat stress in cotton. *Africa Crop Sciences*. 8(1): 58-92
- Farooq M.; Basra SMA.; Wahid A.; Ahmad N.; & Saleem BA. (2009). Improving the drought tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) by exogenous application of salicylic acid. *Journal Agron and Crop Sciences*. 195: 237-246.

- Fariduddin, Q.; Ahmad, A.; & Hayat, S. (2004). Responses of *Vigna radiata* to foliar application of 28-homobrassinolide and kinetin. *Biologia Plantarum*. 48: 465-468.
- Gao-Feng Yuan; Cheng-Guo Jia; Zhen Li; Bo Sun; Li-Ping Zhang; Na Liu; & Qiao-Mei Wang. (2010). Effect of brassinosteroids on drought resistance and abscisic acid concentration in tomato under water stress. *Scientia Horticulturae*. 126: 103-108.
- Grove, M. D.; G. F. Spencer; W. K. Rohwedde; N. Mandava; J. F. Worley; J. D. Warthen; G. L. Steffens; J. L. Flippen-Anderson; & and, J. C. Cook. (1979). Brassinolide, a plant growth promoting steroid isolated from *Brassica napus* pollen. *Nature*. 281: 216-217.
- Isha Sharma; Erwan Ching; Shivani Saini; Renu Bhardwaj; & Pratap Kumar Pati. (2013). Exogenous application of brassinosteroid offers tolerance to salinity by altering stress responses in rice variety Pusa Basmati-1. *Plant Physiology and Biochemistry*. 69: 17-26.
- Jaleel C A; Manivannan P; Wahid A; Farooq M; Al-Juburi H J; Somasundaram R; & Panneerselvam R. (2009). Drought stress in plants: A review on morphological characteristics and pigments composition. *International Journal of Agriculture and Biology*. 11:100-105.
- Kamoshita A; Babu RC; Boopathi NM; & 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.
- Kohtaro Iseki; Koki Homma; Tatsuhiko Shiraiwa; Boonrat Jongdee; & Poonsak Mekwatannakrn. (2014). The effects of cross-tolerance to oxidative stress and drought stress on rice dry matter production under aerobic conditions. *Field Crops Research*. 163: 18-23.
- Kumar, S.G.; A.M. Reddy; & and C. Sudhakar. (2003). NaCl effects on proline metabolism in two high yielding genotypes of mulberry (*Morus alba* L.) with contrasting salt tolerance. *Plant Sciences*. 165: 1245-1251.
- Krishna, P. (2003). Brassinosteroid-Mediated Stress Responses. *The Journal of Plant Growth Regulation*. 22: 289-297.

- Hayat, S.; B. Ali; S. Aiman Hasan; & A. Ahmad. (2007). Brassinosteroid enhanced the level of antioxidants under cadmium stress in *Brassica jumcea*. *Environmental and Experimental Botany*. 60: 33-41.
- Hayat, S.; Alyemeni, M. N.; & Hasan, S. A. (2012). Foliar spray of brassinosteroid enhances yield and quality of *Solanumm lycopersicum* under cadmium stress. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 19: 325-335.
- Lin, C.C.; Y.T. Hsu; & C.H. Kao. (2002). The effect of NaCl on proline accumulation in rice leaves. *The Journal of Plant Growth Regulation*. 36: 275-285
- Liu, F; Jensen, C.R; & Andersen, M.N. (2004). Drought stress effect on carbohydrate concentration in soybean leaves and pods during early reproductive development: its implication in altering pod set. *Field Crops Research*. 86: 1-13
- Lu Zhang; & Donald F. Becker. (2015). Connecting proline metabolism and signaling pathways in plant senescence. *Plant Science*. 6:552.
- Ogwen J.O; X.S. Song; K Shi; W.H. Hu; W.H. Mao; Y.H. Zhou; J.Q. Yu; & S. Nogués. (2008). Brassinosteroids alleviate heat-induced inhibition of photosynthesis by increasing carboxylation efficiency and enhancing antioxidant systems in *Lycopersicon esculentum*. *The Journal of Plant Growth Regulation*. 27(1): 49-57.
- Mahajan, S.; & Tuteja, N. (2005). Cold, salinity and drought stresses: an overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 444: 139-158
- Sasse. (2003). Physiological actions of brassinosteroids: an update. *The Journal of Plant Growth Regulation*. 22(4): 276-288.
- Schonfeld, M.A.; R.C.Johnson; B.F.Carver; & D.W. Mornhiweg. (1988). Water relations in winter wheat as drought resistance indicator. *Crop Science*. 28(3): 526 – 531.
- Seki, M.; Umezawa,T.; Urano, K.; & Shinozaki, K. (2007). Regulatory metabolic networks in drought stress responses. *Current Opinion in Plant Biology*. 10: 296–302.

- Shao H B; Chu L Y; Shao M A; Jaleel C A; & Mi H M. (2008). Higher plant antioxidants and redox signaling under environmental stresses. *Comptes Rendus Biologies*. 331:433-441.
- Sigma-Aldrich*. (2558). สืบค้นวันที่ 10 ธันวาคม 2558, จาก
<http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/81260?lang=en®ion=TH>
- Soumitra Paul; Dipak Gayen; Swapan K. Datta; & Karabi Datta. (2015). Dissecting root proteome of transgenic rice cultivars unravels metabolic alterations and accumulation of novel stress responsive proteins under drought stress. *Plant Science*. 234: 133-143
- Suksamrarn, A.; T. Tanachatchairatana; & C Sirigarn. (2002). Stereoselective catalytic hydrogenation of D7-6-ketosteroids in the presence of sodium nitrite. *Tetrahedron*. 58: 6033-6038.
- Sylvia E. McLain; Alan K. Soper; Ann E. Terry; & Anthony Watts. (2007). Structure and Hydration of L-Proline in Aqueous Solutions. *The Journal of Physical Chemistry*. 111, 4568-4580
- Taiz L; & Zeiger E. (2006). *Plant Physiology*. 4th edn. Sunderland, MA: Sinauer Associates: 7-64.
- Thussagunpanit, J.; K. Jutamanee; W. Chai-arree; & L. Kaveeta. (2013). Increasing photosynthetic efficiency and pollen germination with 24-epibrassinolide in rice (*Oryza sativa* L.) under heat stress. *Thai Journal Botany*. 4 (special issue): 135-143.
- Usman M; Raheem Z F; Ahsan T; Iqbal A; Sarfaraz Z N; & Haq Z. (2013). Morphological, physiological and biochemical attributes as indicators for drought tolerance in rice (*Oryza sativa* L.). *European Journal of Social Sciences*. 5(1): 23-28.
- Vajrabhaya, M.; & Vajrabhaya, T. (1991). Somaclonal Variation of Salt Tolerance in Rice. *Biotechnology in Agriculture and Forestry*. 368-382.
- Veena PANDEY; & Alok SHUKLA. (2015). Acclimation and Tolerance Strategies of Rice under Drought Stress. *Rice Science*. 22(4): 147-161.

- Voetberg, G.S.; & Sharp, R.E. (1991). Growth of maize primary root at low water potential III. Roles of increased proline deposition in osmotic adjustment. *Plant Physiology*. 96: 1125-1230.
- Werawattanametin, K.; V. Podimuang; & A. Suksamrarn. (1986). Ecdysteroids from *Vitex glabrata*. *Journal of Natural Products*. 49(2): 365-366.
- Wei Liu; & James M. Phang. (2013). MiRNA and Proline Metabolism in Cancer. Frederick, MD, USA.
- Xia, X.J; Huang, L.F; Zhou, Y.H; Mao, W.H; Shi, K; Wu, J.X; Asami, T; Chen, Z; & Yu, J.Q. (2009). Brassinosteroids promote photosynthesis and growth by enhancing activation of Rubisco and expression of photosynthetic genes in *Cucumis sativus*. *Planta*. 230: 1185-1196.
- Yong-Hwan, Lee; Nadaraia Shorena; Gu Dan; Becker Donald F; & Tanner John J. (2003). Structure of the proline dehydrogenase domain of the multifunctional PutA flavoprotein. *Nature structural biology*. 10 (2): 109-14. doi:10.1038/nsb885.
- Zhang, X; Ervin, E.H; Evanylo, G.K; & Haering, K.C. (2009). Impact of biosolids on hormone metabolism in drought-stressed tall fescue. *Crop Science*. 49: 1893–1901.
- Zhanli Liu; Li Li; Zisheng Luo; Fangfang Zeng; Lei Jiang; & Kaichen Tang. (2016). Effect of brassinolide on energy status and proline metabolism in postharvest bamboo shoot during chilling stress. *Postharvest Biology and Technology*. 111: 240-246.
- Zhou, Y; Lam, H.M; & Zhang, J. (2007). Inhibition of photosynthesis and energy dissipation induced by water and high light stresses in rice. *Journal of Experimental Botany*. 58, 1207-1217.





ภาคผนวก ก

1. สารเคมีสำหรับสารละลายธาตุอาหารสูตรดัดแปลง WP No.2

(Vajrabhaya and Najrabhya, 1991)

ชื่อสารเคมี	ปริมาณสาร (g/L)
Macroelement	
Potassium nitrate (KNO_3)	0.58
Calcium sulfate (CaSO_4)	0.50
Magnesium sulfate ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	0.45
Triple super phosphate	0.25
Ammonium sulfate ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$)	0.10
Microelement	
di-sodium ethylene diamine tetraacetate (Na_2EDTA)	0.16
Ferrous sulfate ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)*	0.12
Manganese sulfate ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)	0.015
Boric acid (H_3BO_3)	0.05
Zinc sulfate ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	0.0015
Potassium iodine (KI)	0.001
Sodium molybdate ($\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	0.0001
Copper sulfate ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)	0.00005
Cobalt chloride ($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)	0.00005

น้ำเหล็ก 2 ml/L

Unilate 0.06 g/L

*การเตรียม FeSO_4 stock ความเข้มข้น 30 g/L (1L)

1. ชั่ง Na_2EDTA 40 กรัม และ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 30 กรัม
2. แยกละลายในน้ำกลั่น 500 ml ที่ละตัว ที่อุณหภูมิ 70-90 องศาเซลเซียส
3. ผสมสารละลายทั้งสองเข้าด้วยกัน แล้วพ่นพองอากาศประมาณ 3-4 ชั่วโมง จนกระทั่งสารละลายใส

2. การเตรียม 3% sulfosalicylic acid

ชั่งสาร sulfosalicylic acid 3 กรัม ละลายในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

3. การเตรียม acid ninhydrin

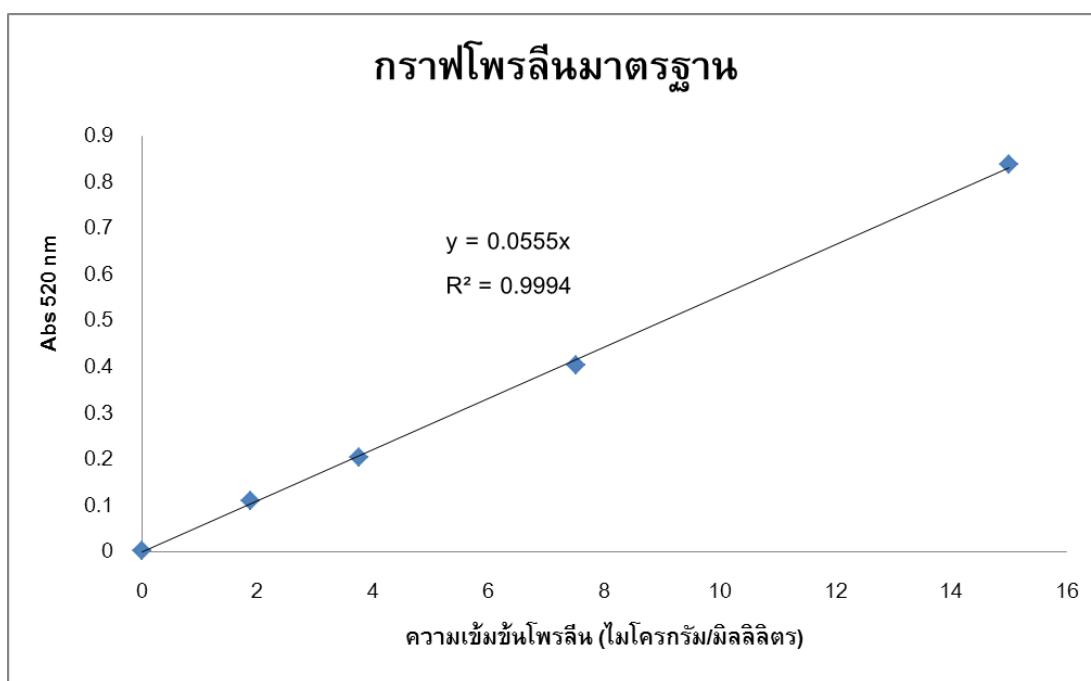
ชั่ง ninhydrin 1.25 กรัม ผสมกับ glacial acetic acid ปริมาตร 30 มิลลิลิตร และ 6 M phosphoric acid 60 มิลลิลิตร นำสารที่ผสมแล้วไปอุ่นบน hot plate และคนให้ละลาย (acid ninhydrin จะต้องเตรียมก่อนทุกครั้งที่ทำหการวิเคราะห์ และเก็บไว้ที่ 4 องศาเซลเซียสได้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง)

4. การเตรียม PEG6000 ที่ความเข้มข้น 5, 10, 15 และ 20%(w/v)

ชั่งสารละลาย PEG6000 5 กรัมต่อปริมาตรน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร (เตรียมสารละลาย PEG6000 5%(w/v)) สำหรับการเตรียมสารละลาย PEG6000 10, 15 และ 20%(w/v) ชั่ง PEG6000 10, 15 และ 20 กรัม ต่อปริมาตรน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ

5. การทำกราฟมาตรฐานโปรตีน

เตรียมสารละลายโปรตีนความเข้มข้น 1.875, 3.75, 7.5 และ 15 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร จากสารละลายโปรตีนมาตรฐานความเข้มข้น 4 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร แล้วนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสง เพื่อทำกราฟมาตรฐานของสารละลายโปรตีน



ภาพประกอบ 58 กราฟโพรตีนมาตรฐาน



ตาราง 1 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของน้ำหนักสดต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสารละลาย PEG6000 จากภายนอกที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10,15 และ 20%(w/v) ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 30 วัน

ชุดการทดลอง	น้ำหนักสดต้น (กรัม) $\pm$ standard error						
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25	วันที่ 30
WP	0.1616 $\pm$ 0.0078a	0.2302 $\pm$ 0.0085a	0.2706 $\pm$ 0.0119a	0.3645 $\pm$ 0.0134a	0.4964 $\pm$ 0.0093a	0.5388 $\pm$ 0.0161a	0.5806 $\pm$ 0.0148a
WP+ PEG5%	0.1475 $\pm$ 0.0115a	0.2284 $\pm$ 0.0023a	0.2432 $\pm$ 0.0101b	0.3253 $\pm$ 0.0028b	0.3906 $\pm$ 0.0210b	0.3608 $\pm$ 0.0120b	0.3466 $\pm$ 0.0025b
WP+ PEG10%	0.1486 $\pm$ 0.0142a	0.2243 $\pm$ 0.0025a	0.2296 $\pm$ 0.0051b	0.2614 $\pm$ 0.0038c	0.3392 $\pm$ 0.0066c	0.3110 $\pm$ 0.0107c	0.3078 $\pm$ 0.0069c
WP+ PEG15%	0.1473 $\pm$ 0.0080a	0.2135 $\pm$ 0.0140a	0.1918 $\pm$ 0.0080c	0.2331 $\pm$ 0.0064d	0.3033 $\pm$ 0.0042d	0.2627 $\pm$ 0.0154d	0.2532 $\pm$ 0.0156d
WP+ PEG20%	0.1483 $\pm$ 0.0054a	0.1411 $\pm$ 0.0025b	0.1221 $\pm$ 0.0018d	0.0972 $\pm$ 0.0033e	-	-	-

ตาราง 2 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของน้ำหนักสดรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสารละลาย PEG6000 จากภายนอกที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10,15 และ 20%(w/v) ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 30 วัน

ชุดการทดลอง	น้ำหนักสดราก (กรัม) $\pm$ standard error						
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25	วันที่ 30
WP	0.0418 $\pm$ 0.0034a	0.0675 $\pm$ 0.0050d	0.0742 $\pm$ 0.0022e	0.0785 $\pm$ 0.0033e	0.0833 $\pm$ 0.0048d	0.0913 $\pm$ 0.0038d	0.1044 $\pm$ 0.0035d
WP+ PEG5%	0.0427 $\pm$ 0.0043a	0.0943 $\pm$ 0.0034c	0.1050 $\pm$ 0.0012c	0.1204 $\pm$ 0.0025c	0.1407 $\pm$ 0.0021c	0.1269 $\pm$ 0.0031c	0.1220 $\pm$ 0.0032c
WP+ PEG10%	0.0399 $\pm$ 0.0027a	0.1068 $\pm$ 0.0021b	0.1204 $\pm$ 0.0022b	0.1370 $\pm$ 0.0011b	0.1575 $\pm$ 0.0031b	0.1461 $\pm$ 0.0031b	0.1429 $\pm$ 0.0032b
WP+ PEG15%	0.0410 $\pm$ 0.0029a	0.1157 $\pm$ 0.0017a	0.1341 $\pm$ 0.0011a	0.1507 $\pm$ 0.0020a	0.1741 $\pm$ 0.0025a	0.1646 $\pm$ 0.0018a	0.1623 $\pm$ 0.0056a
WP+ PEG20%	0.0422 $\pm$ 0.0050a	0.0749 $\pm$ 0.0039d	0.0958 $\pm$ 0.0030d	0.0900 $\pm$ 0.0025d	-	-	-

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดย DMRT

ตาราง 3 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของน้ำหนักสตรวมในส่วนต้นและรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสารละลาย PEG6000 จากภายนอกที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10,15 และ 20%(w/v) ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 30 วัน

ชุดการทดลอง	น้ำหนักสตรวมในส่วนต้นและราก (กรัม) $\pm$ standard error						
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25	วันที่ 30
WP	0.2035 $\pm$ 0.0109a	0.2978 $\pm$ 0.0113b	0.3449 $\pm$ 0.0101a	0.4431 $\pm$ 0.0162a	0.5797 $\pm$ 0.0117a	0.6301 $\pm$ 0.0146a	0.6851 $\pm$ 0.0167a
WP+ PEG5%	0.1902 $\pm$ 0.0139a	0.3227 $\pm$ 0.0019a	0.3483 $\pm$ 0.0098a	0.4457 $\pm$ 0.0035a	0.5313 $\pm$ 0.0210b	0.4877 $\pm$ 0.0134b	0.4686 $\pm$ 0.0057b
WP+ PEG10%	0.1885 $\pm$ 0.0168a	0.3312 $\pm$ 0.0042a	0.3500 $\pm$ 0.0047a	0.3985 $\pm$ 0.0028b	0.4967 $\pm$ 0.0081bc	0.4571 $\pm$ 0.0127bc	0.4507 $\pm$ 0.0062bc
WP+ PEG15%	0.1883 $\pm$ 0.0098a	0.3292 $\pm$ 0.0134a	0.3259 $\pm$ 0.0077a	0.3838 $\pm$ 0.0050b	0.4775 $\pm$ 0.0061c	0.4273 $\pm$ 0.0154c	0.4155 $\pm$ 0.0188c
WP+ PEG20%	0.1905 $\pm$ 0.0102a	0.2160 $\pm$ 0.0029c	0.2180 $\pm$ 0.0037b	0.1872 $\pm$ 0.0056c	-	-	-

ตาราง 4 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของน้ำหนักแห้งต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสารละลาย PEG6000 จากภายนอกที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10,15 และ 20%(w/v) ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 30 วัน

ชุดการทดลอง	น้ำหนักแห้งต้น (กรัม) $\pm$ standard error						
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25	วันที่ 30
WP	0.0225 $\pm$ 0.0014a	0.0347 $\pm$ 0.0012a	0.0475 $\pm$ 0.0004a	0.0696 $\pm$ 0.0007a	0.0869 $\pm$ 0.0023a	0.0915 $\pm$ 0.0010a	0.0989 $\pm$ 0.0024a
WP+ PEG5%	0.0216 $\pm$ 0.0010a	0.0345 $\pm$ 0.0004a	0.0427 $\pm$ 0.0004b	0.0616 $\pm$ 0.0007b	0.0741 $\pm$ 0.0007b	0.0763 $\pm$ 0.0007b	0.0716 $\pm$ 0.0008b
WP+ PEG10%	0.0215 $\pm$ 0.0018a	0.0326 $\pm$ 0.0006a	0.0398 $\pm$ 0.0009bc	0.0530 $\pm$ 0.0005c	0.0652 $\pm$ 0.0006c	0.0680 $\pm$ 0.0008c	0.0618 $\pm$ 0.0028c
WP+ PEG15%	0.0227 $\pm$ 0.0009a	0.0322 $\pm$ 0.0003a	0.0372 $\pm$ 0.0016c	0.0457 $\pm$ 0.0029d	0.0573 $\pm$ 0.0023d	0.0575 $\pm$ 0.0024d	0.0534 $\pm$ 0.0012d
WP+ PEG20%	0.0224 $\pm$ 0.0007a	0.0278 $\pm$ 0.0010b	0.0248 $\pm$ 0.0013d	0.0229 $\pm$ 0.0005e	-	-	-

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดย DMRT

ตาราง 5 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของน้ำหนักแห้งรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสารละลาย PEG6000 จากภายนอกที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10,15 และ 20%(w/v) ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 30 วัน

ชุดการทดลอง	น้ำหนักแห้งราก (กรัม) $\pm$ standard error						
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25	วันที่ 30
WP	0.0053 $\pm$ 0.0003a	0.0067 $\pm$ 0.0001e	0.0072 $\pm$ 0.0001e	0.0104 $\pm$ 0.0003d	0.0118 $\pm$ 0.0003d	0.0128 $\pm$ 0.0003d	0.0137 $\pm$ 0.0001d
WP+ PEG5%	0.0052 $\pm$ 0.0006a	0.0096 $\pm$ 0.0003d	0.0112 $\pm$ 0.0006d	0.0130 $\pm$ 0.0001c	0.0192 $\pm$ 0.0001c	0.0236 $\pm$ 0.0001c	0.0217 $\pm$ 0.0003c
WP+ PEG10%	0.0054 $\pm$ 0.0005a	0.0112 $\pm$ 0.0004c	0.0133 $\pm$ 0.0004c	0.0150 $\pm$ 0.0005b	0.0222 $\pm$ 0.0004b	0.0255 $\pm$ 0.0001b	0.0235 $\pm$ 0.0002b
WP+ PEG15%	0.0060 $\pm$ 0.0002a	0.0130 $\pm$ 0.0002b	0.0158 $\pm$ 0.0004b	0.0171 $\pm$ 0.0001a	0.0261 $\pm$ 0.0003a	0.0294 $\pm$ 0.0003a	0.0267 $\pm$ 0.0005a
WP+ PEG20%	0.0050 $\pm$ 0.0001a	0.0148 $\pm$ 0.0001a	0.0191 $\pm$ 0.0004a	0.0178 $\pm$ 0.0002a	-	-	-

ตาราง 6 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของน้ำหนักแห้งรวมในส่วนต้นและรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสารละลาย PEG6000 จากภายนอกที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10,15 และ 20%(w/v) ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 30 วัน

ชุดการทดลอง	น้ำหนักแห้งรวมในส่วนต้นและราก (กรัม) $\pm$ standard error						
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25	วันที่ 30
WP	0.0278 $\pm$ 0.0017a	0.0414 $\pm$ 0.0011b	0.0548 $\pm$ 0.0004a	0.0801 $\pm$ 0.0003a	0.0988 $\pm$ 0.0023a	0.1044 $\pm$ 0.0010a	0.1126 $\pm$ 0.0025a
WP+ PEG5%	0.0268 $\pm$ 0.0016a	0.0442 $\pm$ 0.0006ab	0.0540 $\pm$ 0.0009a	0.0747 $\pm$ 0.0007b	0.0933 $\pm$ 0.0009b	0.1000 $\pm$ 0.0007b	0.0933 $\pm$ 0.0002b
WP+ PEG10%	0.0269 $\pm$ 0.0017a	0.0438 $\pm$ 0.0007ab	0.0531 $\pm$ 0.0011a	0.0681 $\pm$ 0.0010c	0.0875 $\pm$ 0.0008c	0.0936 $\pm$ 0.0009c	0.0853 $\pm$ 0.0026c
WP+ PEG15%	0.0288 $\pm$ 0.0010a	0.0452 $\pm$ 0.0004a	0.0531 $\pm$ 0.0016a	0.0628 $\pm$ 0.0029d	0.0834 $\pm$ 0.0021c	0.0870 $\pm$ 0.0026d	0.0801 $\pm$ 0.0012c
WP+ PEG20%	0.0274 $\pm$ 0.0008a	0.0426 $\pm$ 0.0010ab	0.0440 $\pm$ 0.0016b	0.0407 $\pm$ 0.0008e	-	-	-

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดย DMRT

ตาราง 7 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของอัตราส่วนน้ำหนักแห้งรากต่อน้ำหนักแห้งต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสารละลาย PEG6000 จากภายนอกที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10,15 และ 20%(w/v) ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 30 วัน

ชุดการทดลอง	อัตราส่วนน้ำหนักแห้งรากต่อน้ำหนักแห้งต้น $\pm$ standard error						
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25	วันที่ 30
WP	0.2370 $\pm$ 0.0064a	0.1956 $\pm$ 0.0097e	0.1529 $\pm$ 0.0026e	0.1508 $\pm$ 0.0067e	0.1371 $\pm$ 0.0062d	0.1404 $\pm$ 0.0037d	0.1867 $\pm$ 0.0032d
WP+ PEG5%	0.2383 $\pm$ 0.0168a	0.2787 $\pm$ 0.0089d	0.2635 $\pm$ 0.0150d	0.2118 $\pm$ 0.0040d	0.2592 $\pm$ 0.0013c	0.3098 $\pm$ 0.0035c	0.3301 $\pm$ 0.0122c
WP+ PEG10%	0.2575 $\pm$ 0.0332a	0.3451 $\pm$ 0.0152c	0.3347 $\pm$ 0.0138c	0.2840 $\pm$ 0.0088c	0.3415 $\pm$ 0.0071b	0.3761 $\pm$ 0.0028b	0.3839 $\pm$ 0.0220b
WP+ PEG15%	0.2672 $\pm$ 0.0087a	0.4043 $\pm$ 0.0081b	0.4293 $\pm$ 0.0229b	0.3800 $\pm$ 0.0257b	0.4588 $\pm$ 0.0219a	0.5135 $\pm$ 0.0194a	0.5186 $\pm$ 0.0160a
WP+ PEG20%	0.2266 $\pm$ 0.0116a	0.5372 $\pm$ 0.0204a	0.7768 $\pm$ 0.0302a	0.7773 $\pm$ 0.0150a	-	-	-

ตาราง 8 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของความยาวต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสารละลาย PEG6000 จากภายนอกที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10,15 และ 20%(w/v) ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 30 วัน

ชุดการทดลอง	ความยาวต้น (เซนติเมตร) $\pm$ standard error						
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25	วันที่ 30
WP	22.2725 $\pm$ 0.5330a	29.6725 $\pm$ 0.2651a	30.5625 $\pm$ 0.1998a	31.5300 $\pm$ 1.0117a	34.1600 $\pm$ 0.4517a	35.8025 $\pm$ 1.0243a	37.0125 $\pm$ 0.2553a
WP+ PEG5%	22.3100 $\pm$ 0.1930a	28.3600 $\pm$ 0.3146b	29.8275 $\pm$ 0.3323a	29.0525 $\pm$ 0.5785b	29.4625 $\pm$ 0.3784b	32.3350 $\pm$ 0.6378b	27.8800 $\pm$ 0.1874b
WP+ PEG10%	21.9550 $\pm$ 0.4077a	26.3600 $\pm$ 0.2567c	28.6050 $\pm$ 0.2089b	27.4875 $\pm$ 0.8960bc	28.2000 $\pm$ 0.4056bc	31.0175 $\pm$ 0.2414bc	26.8325 $\pm$ 0.2687c
WP+ PEG15%	22.1650 $\pm$ 0.3515a	25.4325 $\pm$ 0.4491c	27.8950 $\pm$ 0.2826b	26.6625 $\pm$ 0.5045cd	27.7250 $\pm$ 0.7120c	29.9350 $\pm$ 0.3461c	25.4750 $\pm$ 0.3449d
WP+ PEG20%	22.4725 $\pm$ 0.6547a	26.4400 $\pm$ 0.4218c	26.3075 $\pm$ 0.1704c	25.1550 $\pm$ 0.3550d	-	-	-

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดย DMRT

ตาราง 9 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของความยาวรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสารละลาย PEG6000 จากภายนอกที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10,15 และ 20%(w/v) ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 30 วัน

ชุดการทดลอง	ความยาวราก (เซนติเมตร) $\pm$ standard error						
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25	วันที่ 30
WP	8.4050 $\pm$ 0.1522a	8.9525 $\pm$ 0.1372b	9.2825 $\pm$ 0.0812d	9.7850 $\pm$ 0.0485e	10.5150 $\pm$ 0.1077d	10.8100 $\pm$ 0.0555d	11.0675 $\pm$ 0.0535d
WP+ PEG5%	8.2850 $\pm$ 0.3225a	9.7300 $\pm$ 0.0724a	11.1325 $\pm$ 0.0673c	11.6825 $\pm$ 0.3337c	12.0850 $\pm$ 0.2923c	12.5650 $\pm$ 0.1234c	12.1775 $\pm$ 0.0628c
WP+ PEG10%	8.1725 $\pm$ 0.3289a	9.7750 $\pm$ 0.3571a	11.9750 $\pm$ 0.0862b	12.5175 $\pm$ 0.1542b	13.0300 $\pm$ 0.2865b	13.5725 $\pm$ 0.1281b	13.0325 $\pm$ 0.1747b
WP+ PEG15%	8.3900 $\pm$ 0.1824a	9.8500 $\pm$ 0.0828a	12.6900 $\pm$ 0.1322a	13.6475 $\pm$ 0.1632a	14.0200 $\pm$ 0.2213a	14.5625 $\pm$ 0.1314a	13.7050 $\pm$ 0.1746a
WP+ PEG20%	8.0825 $\pm$ 0.1382a	10.0800 $\pm$ 0.0924a	10.9075 $\pm$ 0.3411c	10.4250 $\pm$ 0.0857d	-	-	-

ตาราง 10 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของความยาวรวมในส่วนต้นและรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสารละลาย PEG6000 จากภายนอกที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10,15 และ 20%(w/v) ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 30 วัน

ชุดการทดลอง	ความยาวรวมในส่วนต้นและราก (เซนติเมตร) $\pm$ standard error						
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25	วันที่ 30
WP	30.6775 $\pm$ 0.6473a	38.6250 $\pm$ 0.2129a	39.8450 $\pm$ 0.1645b	41.3150 $\pm$ 0.9790a	44.6750 $\pm$ 0.4999a	46.6125 $\pm$ 0.9945a	48.0800 $\pm$ 0.2885a
WP+ PEG5%	30.5950 $\pm$ 0.3744a	38.0900 $\pm$ 0.3095a	40.9600 $\pm$ 0.2894a	40.7350 $\pm$ 0.6314a	41.5475 $\pm$ 0.5191b	44.9000 $\pm$ 0.7484ab	40.0575 $\pm$ 0.2080b
WP+ PEG10%	30.1275 $\pm$ 0.5158a	36.1350 $\pm$ 0.3987bc	40.5800 $\pm$ 0.2582ab	40.0050 $\pm$ 0.7776a	41.2300 $\pm$ 0.5125b	44.5900 $\pm$ 0.2201b	39.8650 $\pm$ 0.4391b
WP+ PEG15%	30.5550 $\pm$ 0.5218a	35.2825 $\pm$ 0.4854c	40.5850 $\pm$ 0.3940ab	40.3100 $\pm$ 0.4686a	41.7450 $\pm$ 0.5729b	44.4975 $\pm$ 0.4279b	39.1800 $\pm$ 0.2587b
WP+ PEG20%	30.5550 $\pm$ 0.7602a	36.5200 $\pm$ 0.3742b	37.2150 $\pm$ 0.4565c	35.5800 $\pm$ 0.2695b	-	-	-

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดย DMRT

ตาราง 11 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของอัตราส่วนความยาวรากต่อความยาวต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสารละลาย PEG6000 จากภายนอกที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10,15 และ 20%(w/v) ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 30 วัน

ชุดการทดลอง	อัตราส่วนความยาวรากต่อความยาวต้น $\pm$ standard error						
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25	วันที่ 30
WP	0.3776 $\pm$ 0.0068a	0.3018 $\pm$ 0.0065c	0.3037 $\pm$ 0.0041d	0.3113 $\pm$ 0.0109d	0.3079 $\pm$ 0.0042d	0.3027 $\pm$ 0.0096d	0.2990 $\pm$ 0.0017d
WP+ PEG5%	0.3714 $\pm$ 0.0147a	0.3432 $\pm$ 0.0050b	0.3734 $\pm$ 0.0059c	0.4026 $\pm$ 0.0147c	0.4103 $\pm$ 0.0104c	0.3888 $\pm$ 0.0048c	0.4368 $\pm$ 0.0033c
WP+ PEG10%	0.3726 $\pm$ 0.0166a	0.3710 $\pm$ 0.0144a	0.4186 $\pm$ 0.0032b	0.4573 $\pm$ 0.0201b	0.4623 $\pm$ 0.0116b	0.4376 $\pm$ 0.0063b	0.4856 $\pm$ 0.0022b
WP+ PEG15%	0.3784 $\pm$ 0.0038a	0.3876 $\pm$ 0.0066a	0.4549 $\pm$ 0.0031a	0.5125 $\pm$ 0.0135a	0.5071 $\pm$ 0.0192a	0.4865 $\pm$ 0.0050a	0.5384 $\pm$ 0.0129a
WP+ PEG20%	0.3602 $\pm$ 0.0075a	0.3816 $\pm$ 0.0084a	0.4145 $\pm$ 0.0117b	0.4148 $\pm$ 0.0094bc	-	-	-

ตาราง 12 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของอัตราการเติบโตสะสมพืชในส่วนต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสารละลาย PEG6000 จากภายนอกที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10,15 และ 20%(w/v) ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 30 วัน

ชุดการทดลอง	อัตราการเติบโตสะสมพืชในส่วนต้น (กรัม/วัน) $\pm$ standard error					
	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25	วันที่ 30
WP	0.0876 $\pm$ 0.0140a	0.0754 $\pm$ 0.0067a	0.0757 $\pm$ 0.0043a	0.0678 $\pm$ 0.0046a	0.0563 $\pm$ 0.0028a	0.0495 $\pm$ 0.0028a
WP+ PEG5%	0.0941 $\pm$ 0.0076a	0.0683 $\pm$ 0.0051ab	0.0699 $\pm$ 0.0038ab	0.0616 $\pm$ 0.0022ab	0.0505 $\pm$ 0.0017ab	0.0399 $\pm$ 0.0013b
WP+ PEG10%	0.0846 $\pm$ 0.0132a	0.0622 $\pm$ 0.0089ab	0.0606 $\pm$ 0.0049b	0.0558 $\pm$ 0.0040b	0.0463 $\pm$ 0.0035b	0.0353 $\pm$ 0.0030b
WP+ PEG15%	0.0698 $\pm$ 0.0093ab	0.0490 $\pm$ 0.0072b	0.0461 $\pm$ 0.0069c	0.0461 $\pm$ 0.0011c	0.0370 $\pm$ 0.0031c	0.0284 $\pm$ 0.0008c
WP+ PEG20%	0.0430 $\pm$ 0.0126b	0.0099 $\pm$ 0.0086c	0.0015 $\pm$ 0.0016d	-	-	-

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดย DMRT

ตาราง 13 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ในส่วนรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสารละลาย PEG6000 จากภายนอกที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10,15 และ 20%(w/v) ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 30 วัน

ชุดการทดลอง	อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ในส่วนราก (กรัม/วัน) $\pm$ standard error					
	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25	วันที่ 30
WP	0.0486 $\pm$ 0.0187c	0.0316 $\pm$ 0.0074c	0.0454 $\pm$ 0.0067c	0.0403 $\pm$ 0.0044b	0.0354 $\pm$ 0.0026b	0.0317 $\pm$ 0.0025b
WP+ PEG5%	0.1265 $\pm$ 0.0226b	0.0786 $\pm$ 0.0148b	0.0624 $\pm$ 0.0072b	0.0662 $\pm$ 0.0052a	0.0612 $\pm$ 0.0044a	0.0482 $\pm$ 0.0038a
WP+ PEG10%	0.1482 $\pm$ 0.0132b	0.0910 $\pm$ 0.0074b	0.0689 $\pm$ 0.0056ab	0.0713 $\pm$ 0.0055a	0.0626 $\pm$ 0.0037a	0.0494 $\pm$ 0.0031a
WP+ PEG15%	0.1528 $\pm$ 0.0100b	0.0961 $\pm$ 0.0051b	0.0692 $\pm$ 0.0023ab	0.0730 $\pm$ 0.0026a	0.0631 $\pm$ 0.0018a	0.0493 $\pm$ 0.0011a
WP+ PEG20%	0.2161 $\pm$ 0.0077a	0.1333 $\pm$ 0.0054a	0.0839 $\pm$ 0.0035a	-	-	-

ตาราง 14 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของอัตราการเติบโตสัมพัทธ์รวมในส่วนต้นและรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสารละลาย PEG6000 จากภายนอกที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10,15 และ 20%(w/v) ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 30 วัน

ชุดการทดลอง	อัตราการเติบโตสัมพัทธ์รวมในส่วนต้นและราก (กรัม/วัน) $\pm$ standard error					
	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25	วันที่ 30
WP	0.0808 $\pm$ 0.0138a	0.0683 $\pm$ 0.0067a	0.0709 $\pm$ 0.0045a	0.0636 $\pm$ 0.0045a	0.0531 $\pm$ 0.0028a	0.0467 $\pm$ 0.0028a
WP+ PEG5%	0.1006 $\pm$ 0.0103a	0.0703 $\pm$ 0.0068a	0.0684 $\pm$ 0.0044a	0.0625 $\pm$ 0.0027a	0.0527 $\pm$ 0.0022a	0.0416 $\pm$ 0.0018ab
WP+ PEG10%	0.0982 $\pm$ 0.0099a	0.0682 $\pm$ 0.0076a	0.0621 $\pm$ 0.0034ab	0.0591 $\pm$ 0.0033ab	0.0499 $\pm$ 0.0028ab	0.0385 $\pm$ 0.0026bc
WP+ PEG15%	0.0904 $\pm$ 0.0083a	0.0610 $\pm$ 0.0065a	0.0518 $\pm$ 0.0055b	0.0531 $\pm$ 0.0008b	0.0441 $\pm$ 0.0026b	0.0340 $\pm$ 0.0009c
WP+ PEG20%	0.0881 $\pm$ 0.0091a	0.0469 $\pm$ 0.0066a	0.0262 $\pm$ 0.0019c	-	-	-

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดย DMRT

ตาราง 15 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในส่วนต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสารละลาย PEG6000 จากภายนอกที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10,15 และ 20%(w/v) ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 30 วัน

ชุดการทดลอง	ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในส่วนต้น (%) $\pm$ standard error						
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25	วันที่ 30
WP	92.2966 $\pm$ 0.9120a	94.1303 $\pm$ 1.7863a	95.8414 $\pm$ 0.4536a	97.7883 $\pm$ 0.3390a	98.0759 $\pm$ 0.2622a	101.9709 $\pm$ 0.9982a	102.0001 $\pm$ 0.9275a
WP+ PEG5%	93.0304 $\pm$ 1.5023a	93.3432 $\pm$ 0.7107a	92.9011 $\pm$ 0.2397b	92.1410 $\pm$ 0.2203b	90.5016 $\pm$ 0.5735b	88.1448 $\pm$ 0.4131b	86.9160 $\pm$ 1.1994b
WP+ PEG10%	94.7631 $\pm$ 1.2569a	91.7196 $\pm$ 1.2884a	88.0798 $\pm$ 0.3795c	87.1317 $\pm$ 0.2901c	86.4935 $\pm$ 0.5681c	85.0324 $\pm$ 0.8752c	81.3371 $\pm$ 1.7400c
WP+ PEG15%	93.7990 $\pm$ 0.9663a	91.2650 $\pm$ 1.4467a	84.6371 $\pm$ 0.2051d	82.0964 $\pm$ 0.6742d	81.2800 $\pm$ 0.4075d	79.8089 $\pm$ 0.2764d	73.9030 $\pm$ 1.1748d
WP+ PEG20%	93.0863 $\pm$ 1.0735a	78.8909 $\pm$ 1.3388b	77.2873 $\pm$ 1.7535e	59.2291 $\pm$ 3.4015e	-	-	-

ตาราง 16 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) คะแนนความเสียหายทางกายภาพของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสารละลาย PEG6000 จากภายนอกที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10,15 และ 20%(w/v) ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 30 วัน

ชุดการทดลอง	คะแนนความเสียหายทางกายภาพ $\pm$ standard error						
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25	วันที่ 30
WP	0.0750 $\pm$ 0.0144a	0.2125 $\pm$ 0.0239e	0.6500 $\pm$ 0.0204e	0.8625 $\pm$ 0.0314e	1.0375 $\pm$ 0.0375d	1.1125 $\pm$ 0.0515d	1.0625 $\pm$ 0.0314d
WP+ PEG5%	0.1250 $\pm$ 0.0144a	0.8500 $\pm$ 0.0353d	1.2250 $\pm$ 0.0250d	1.4875 $\pm$ 0.0426d	1.8500 $\pm$ 0.0866c	2.3000 $\pm$ 0.0540c	2.6875 $\pm$ 0.0554c
WP+ PEG10%	0.1000 $\pm$ 0.0204a	1.1500 $\pm$ 0.0353c	1.6500 $\pm$ 0.0456c	2.0250 $\pm$ 0.0322c	2.7125 $\pm$ 0.0986b	3.3000 $\pm$ 0.0353b	3.5750 $\pm$ 0.0777b
WP+ PEG15%	0.1250 $\pm$ 0.0250a	1.3250 $\pm$ 0.0144b	1.8375 $\pm$ 0.0239b	2.5250 $\pm$ 0.0322b	3.3500 $\pm$ 0.1099a	4.4500 $\pm$ 0.1099a	4.8000 $\pm$ 0.1136a
WP+ PEG20%	0.0875 $\pm$ 0.0125a	1.5250 $\pm$ 0.0144a	2.5500 $\pm$ 0.0353a	6.6375 $\pm$ 0.1637a	-	-	-

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดย DMRT

ตาราง 17 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของค่าความเขี้ยวของใบของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสารละลาย PEG6000 จากภายนอกที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10,15 และ 20%(w/v) ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 30 วัน

ชุดการทดลอง	ค่าความเขี้ยวของใบ $\pm$ standard error						
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25	วันที่ 30
WP	24.3000 $\pm$ 0.6589a	26.4500 $\pm$ 0.5221a	27.5550 $\pm$ 0.3183a	29.7050 $\pm$ 0.4247a	30.9500 $\pm$ 0.9091a	31.5500 $\pm$ 0.3291a	34.1250 $\pm$ 0.6420a
WP+ PEG5%	25.8750 $\pm$ 0.7572a	26.8500 $\pm$ 0.6173a	25.6150 $\pm$ 0.2936b	25.2700 $\pm$ 0.2648b	25.3000 $\pm$ 0.4744b	23.6250 $\pm$ 0.6666b	22.0700 $\pm$ 0.2007b
WP+ PEG10%	25.0000 $\pm$ 1.0185a	26.4250 $\pm$ 0.3250a	23.4800 $\pm$ 0.1645c	23.3050 $\pm$ 0.1479c	23.0100 $\pm$ 0.4424c	22.2650 $\pm$ 0.0262c	19.4750 $\pm$ 0.1611c
WP+ PEG15%	25.3400 $\pm$ 0.0716a	26.3500 $\pm$ 0.7689a	21.9500 $\pm$ 0.2033d	21.4400 $\pm$ 0.2539d	21.3500 $\pm$ 0.1528d	19.7900 $\pm$ 0.1084d	18.3800 $\pm$ 0.0774d
WP+ PEG20%	25.3650 $\pm$ 0.1972a	23.9450 $\pm$ 0.2080b	18.9950 $\pm$ 0.2411e	15.7550 $\pm$ 0.3765e	-	-	-

ตาราง 18 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในส่วนต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสารละลาย PEG6000 จากภายนอกที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10,15 และ 20%(w/v) ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 30 วัน

ชุดการทดลอง	ปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในส่วนต้น (มิลลิกรัมต่อกรัมของน้ำหนักสด) $\pm$ standard error						
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25	วันที่ 30
WP	0.3809 $\pm$ 0.0104a	0.4090 $\pm$ 0.0038a	0.4371 $\pm$ 0.0031a	0.4577 $\pm$ 0.0043a	0.5034 $\pm$ 0.0076a	0.5598 $\pm$ 0.0042a	0.6031 $\pm$ 0.0037a
WP+ PEG5%	0.3776 $\pm$ 0.0132a	0.3754 $\pm$ 0.0029b	0.3682 $\pm$ 0.0016b	0.3754 $\pm$ 0.0188b	0.3387 $\pm$ 0.0048b	0.3234 $\pm$ 0.0103b	0.2845 $\pm$ 0.0032b
WP+ PEG10%	0.3805 $\pm$ 0.0119a	0.3503 $\pm$ 0.0018c	0.3365 $\pm$ 0.0030c	0.3276 $\pm$ 0.0023c	0.2867 $\pm$ 0.0046c	0.2641 $\pm$ 0.0033c	0.2279 $\pm$ 0.0031c
WP+ PEG15%	0.3689 $\pm$ 0.0145a	0.3164 $\pm$ 0.0020d	0.3123 $\pm$ 0.0021d	0.2840 $\pm$ 0.0064d	0.2477 $\pm$ 0.0072d	0.2301 $\pm$ 0.0048d	0.1979 $\pm$ 0.0040d
WP+ PEG20%	0.3770 $\pm$ 0.0026a	0.2687 $\pm$ 0.0044e	0.2219 $\pm$ 0.0030e	0.1823 $\pm$ 0.0030e	-	-	-

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดย DMRT

ตาราง 19 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในส่วนต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสารละลาย PEG6000 จากภายนอกที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10,15 และ 20%(w/v) ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 30 วัน

ชุดการทดลอง	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในส่วนต้น (มิลลิกรัมต่อกรัมของน้ำหนักสด) $\pm$ standard error						
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25	วันที่ 30
WP	0.2670 $\pm$ 0.0077a	0.2777 $\pm$ 0.0026a	0.3113 $\pm$ 0.0031a	0.3226 $\pm$ 0.0059a	0.3462 $\pm$ 0.0061a	0.3890 $\pm$ 0.0031a	0.4119 $\pm$ 0.0032a
WP+ PEG5%	0.2646 $\pm$ 0.0099a	0.2567 $\pm$ 0.0038b	0.2626 $\pm$ 0.0012b	0.2692 $\pm$ 0.0106b	0.2466 $\pm$ 0.0024b	0.2323 $\pm$ 0.0040b	0.2105 $\pm$ 0.0056b
WP+ PEG10%	0.2680 $\pm$ 0.0092a	0.2444 $\pm$ 0.0019c	0.2381 $\pm$ 0.0025c	0.2423 $\pm$ 0.0020c	0.2152 $\pm$ 0.0055c	0.2031 $\pm$ 0.0042c	0.1833 $\pm$ 0.0025c
WP+ PEG15%	0.2586 $\pm$ 0.0101a	0.2226 $\pm$ 0.0003d	0.2271 $\pm$ 0.0005d	0.2163 $\pm$ 0.0025d	0.1970 $\pm$ 0.0034d	0.1823 $\pm$ 0.0015d	0.1668 $\pm$ 0.0021d
WP+ PEG20%	0.2657 $\pm$ 0.0097a	0.1942 $\pm$ 0.0036e	0.1613 $\pm$ 0.0039e	0.1454 $\pm$ 0.0026e	-	-	-

ตาราง 20 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ในส่วนต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสารละลาย PEG6000 จากภายนอกที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10,15 และ 20%(w/v) ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 30 วัน

ชุดการทดลอง	ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ในส่วนต้น (มิลลิกรัมต่อกรัมของน้ำหนักสด) $\pm$ standard error						
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25	วันที่ 30
WP	0.1139 $\pm$ 0.0027a	0.1313 $\pm$ 0.0023a	0.1257 $\pm$ 0.0010a	0.1351 $\pm$ 0.0018a	0.1571 $\pm$ 0.0038a	0.1708 $\pm$ 0.0037a	0.1912 $\pm$ 0.0013a
WP+ PEG5%	0.1129 $\pm$ 0.0034a	0.1186 $\pm$ 0.0030b	0.1055 $\pm$ 0.0014b	0.1062 $\pm$ 0.0084b	0.0920 $\pm$ 0.0036b	0.0911 $\pm$ 0.0069b	0.0739 $\pm$ 0.0026b
WP+ PEG10%	0.1125 $\pm$ 0.0031a	0.1059 $\pm$ 0.0005c	0.0984 $\pm$ 0.0007c	0.0853 $\pm$ 0.0004c	0.0714 $\pm$ 0.0017c	0.0610 $\pm$ 0.0014c	0.0445 $\pm$ 0.0013c
WP+ PEG15%	0.1103 $\pm$ 0.0045a	0.0937 $\pm$ 0.0018d	0.0852 $\pm$ 0.0021d	0.0677 $\pm$ 0.0043d	0.0507 $\pm$ 0.0037d	0.0478 $\pm$ 0.0037d	0.0311 $\pm$ 0.0025d
WP+ PEG20%	0.1112 $\pm$ 0.0072a	0.0744 $\pm$ 0.0015e	0.0605 $\pm$ 0.0013e	0.0369 $\pm$ 0.0020e	-	-	-

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดย DMRT

ตาราง 21 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของปริมาณแคโรทีนอยด์ของต้นข้าวพันธุ์ กข47 ที่ได้รับสารละลาย PEG6000 จากภายนอกที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10, 15 และ 20%(w/v) ภายใต้ความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 30 วัน

ชุดการทดลอง	ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อกรัมของน้ำหนักสด) $\pm$ standard error						
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25	วันที่ 30
WP	0.8521 $\pm$ 0.0231a	0.9938 $\pm$ 0.0145a	1.0860 $\pm$ 0.0234a	1.1264 $\pm$ 0.0252a	1.2113 $\pm$ 0.0166a	1.3054 $\pm$ 0.0179a	1.3600 $\pm$ 0.0158a
WP+ PEG5%	0.8575 $\pm$ 0.0199a	0.9676 $\pm$ 0.0330ab	0.9567 $\pm$ 0.0180b	0.9350 $\pm$ 0.0170b	0.8902 $\pm$ 0.0197b	0.7737 $\pm$ 0.0144b	0.7283 $\pm$ 0.0171b
WP+ PEG10%	0.8505 $\pm$ 0.0077a	0.9606 $\pm$ 0.0233ab	0.8764 $\pm$ 0.0147c	0.8316 $\pm$ 0.0149c	0.7615 $\pm$ 0.0096c	0.7058 $\pm$ 0.0166c	0.6733 $\pm$ 0.0083c
WP+ PEG15%	0.8538 $\pm$ 0.0168a	0.9260 $\pm$ 0.0199ab	0.7967 $\pm$ 0.0096d	0.7429 $\pm$ 0.0107d	0.6870 $\pm$ 0.0278d	0.6246 $\pm$ 0.0167d	0.5905 $\pm$ 0.0120d
WP+ PEG20%	0.8582 $\pm$ 0.0124a	0.9055 $\pm$ 0.0044b	0.6778 $\pm$ 0.0228e	0.6120 $\pm$ 0.0256e	-	-	-

ตาราง 22 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของน้ำหนักสดต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน

ชุดการทดลอง	น้ำหนักสดต้น (กรัม) $\pm$ standard error					
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25
WP	0.1764 $\pm$ 0.0020a	0.2117 $\pm$ 0.0045a	0.2506 $\pm$ 0.0067a	0.3104 $\pm$ 0.0050a	0.3543 $\pm$ 0.0071a	0.3845 $\pm$ 0.0054a
WP+ H ₂ O	0.1732 $\pm$ 0.0012a	0.2169 $\pm$ 0.0046a	0.2555 $\pm$ 0.0083a	0.3079 $\pm$ 0.0037a	0.3608 $\pm$ 0.0044a	0.3790 $\pm$ 0.0049a
WP+ DHECD	0.1738 $\pm$ 0.0016a	0.2153 $\pm$ 0.0027a	0.2553 $\pm$ 0.0060a	0.3117 $\pm$ 0.0025a	0.3579 $\pm$ 0.0030a	0.3939 $\pm$ 0.0054a
WP+ PEG18%	0.1753 $\pm$ 0.0008a	0.1905 $\pm$ 0.0028b	0.2190 $\pm$ 0.0030b	0.2808 $\pm$ 0.0085b	0.3092 $\pm$ 0.0018b	0.2785 $\pm$ 0.0024b
WP+ PEG18%+ H ₂ O	0.1735 $\pm$ 0.0015a	0.1944 $\pm$ 0.0009b	0.2212 $\pm$ 0.0066b	0.2795 $\pm$ 0.0057b	0.3047 $\pm$ 0.0013b	0.2685 $\pm$ 0.0055b
WP+ PEG18%+ DHECD	0.1747 $\pm$ 0.0005a	0.1913 $\pm$ 0.0021b	0.2251 $\pm$ 0.0037b	0.2733 $\pm$ 0.0083b	0.3091 $\pm$ 0.0041b	0.2741 $\pm$ 0.0091b

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดย DMRT

ตาราง 23 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของน้ำหนักสดรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน

ชุดการทดลอง	น้ำหนักสดราก (กรัม) $\pm$ standard error					
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25
WP	0.0535 $\pm$ 0.0026a	0.0632 $\pm$ 0.0010b	0.0706 $\pm$ 0.0015b	0.0776 $\pm$ 0.0006b	0.0871 $\pm$ 0.0005b	0.0953 $\pm$ 0.0008b
WP+ H ₂ O	0.0524 $\pm$ 0.0008a	0.0644 $\pm$ 0.0013b	0.0698 $\pm$ 0.0003b	0.0799 $\pm$ 0.0020b	0.0886 $\pm$ 0.0012b	0.0962 $\pm$ 0.0019b
WP+ DHECD	0.0547 $\pm$ 0.0009a	0.0668 $\pm$ 0.0008b	0.0716 $\pm$ 0.0007b	0.0776 $\pm$ 0.0009b	0.0870 $\pm$ 0.0009b	0.0980 $\pm$ 0.0028b
WP+ PEG18%	0.0545 $\pm$ 0.0019a	0.0834 $\pm$ 0.0034a	0.0961 $\pm$ 0.0045a	0.1200 $\pm$ 0.0034a	0.1477 $\pm$ 0.0034a	0.1310 $\pm$ 0.0028a
WP+ PEG18%+ H ₂ O	0.0558 $\pm$ 0.0012a	0.0856 $\pm$ 0.0026a	0.0985 $\pm$ 0.0030a	0.1218 $\pm$ 0.0054a	0.1468 $\pm$ 0.0034a	0.1276 $\pm$ 0.0017a
WP+ PEG18%+ DHECD	0.0532 $\pm$ 0.0009a	0.0841 $\pm$ 0.0048a	0.1020 $\pm$ 0.0036a	0.1222 $\pm$ 0.0033a	0.1416 $\pm$ 0.0026a	0.1290 $\pm$ 0.0005a

ตาราง 24 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของน้ำหนักสดรวมในส่วนต้นและรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน

ชุดการทดลอง	น้ำหนักสดรวมในส่วนต้นและราก (กรัม) $\pm$ standard error					
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25
WP	0.2299 $\pm$ 0.0036a	0.2750 $\pm$ 0.0040a	0.3212 $\pm$ 0.0060a	0.3880 $\pm$ 0.0044a	0.4415 $\pm$ 0.0074b	0.4799 $\pm$ 0.0060a
WP+ H ₂ O	0.2256 $\pm$ 0.0015a	0.2814 $\pm$ 0.0040a	0.3253 $\pm$ 0.0085a	0.3879 $\pm$ 0.0051a	0.4494 $\pm$ 0.0052ab	0.4752 $\pm$ 0.0060a
WP+ DHECD	0.2286 $\pm$ 0.0022a	0.2821 $\pm$ 0.0025a	0.3269 $\pm$ 0.0065a	0.3894 $\pm$ 0.0028a	0.4450 $\pm$ 0.0028ab	0.4919 $\pm$ 0.0058a
WP+ PEG18%	0.2298 $\pm$ 0.0022a	0.2740 $\pm$ 0.0058a	0.3152 $\pm$ 0.0026a	0.4016 $\pm$ 0.0105a	0.4570 $\pm$ 0.0038a	0.4095 $\pm$ 0.0014b
WP+ PEG18%+ H ₂ O	0.2293 $\pm$ 0.0018a	0.2800 $\pm$ 0.0032a	0.3197 $\pm$ 0.0067a	0.4013 $\pm$ 0.0068a	0.4516 $\pm$ 0.0040ab	0.3962 $\pm$ 0.0071b
WP+ PEG18%+ DHECD	0.2279 $\pm$ 0.0009a	0.2754 $\pm$ 0.0060a	0.3272 $\pm$ 0.0031a	0.3955 $\pm$ 0.0059a	0.4507 $\pm$ 0.0020ab	0.4032 $\pm$ 0.0097b

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดย DMRT

ตาราง 25 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของน้ำหนักแห้งต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน

ชุดการทดลอง	น้ำหนักแห้งต้น (กรัม) $\pm$ standard error					
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25
WP	0.0345 $\pm$ 0.0010a	0.0544 $\pm$ 0.0019a	0.0663 $\pm$ 0.0011a	0.0736 $\pm$ 0.0007a	0.0816 $\pm$ 0.0010a	0.0920 $\pm$ 0.0010a
WP+ H ₂ O	0.0339 $\pm$ 0.0006a	0.0550 $\pm$ 0.0019a	0.0657 $\pm$ 0.0018a	0.0727 $\pm$ 0.0013a	0.0819 $\pm$ 0.0007a	0.0939 $\pm$ 0.0007a
WP+ DHECD	0.0353 $\pm$ 0.0010a	0.0554 $\pm$ 0.0021a	0.0656 $\pm$ 0.0005a	0.0729 $\pm$ 0.0008a	0.0834 $\pm$ 0.0013a	0.0945 $\pm$ 0.0016a
WP+ PEG18%	0.0343 $\pm$ 0.0005a	0.0512 $\pm$ 0.0010a	0.0544 $\pm$ 0.0017b	0.0624 $\pm$ 0.0006b	0.0704 $\pm$ 0.0008b	0.0614 $\pm$ 0.0036b
WP+ PEG18%+ H ₂ O	0.0344 $\pm$ 0.0010a	0.0526 $\pm$ 0.0017a	0.0555 $\pm$ 0.0007b	0.0611 $\pm$ 0.0005b	0.0728 $\pm$ 0.0007b	0.0615 $\pm$ 0.0012b
WP+ PEG18%+ DHECD	0.0350 $\pm$ 0.0008a	0.0524 $\pm$ 0.0008a	0.0575 $\pm$ 0.0003b	0.0620 $\pm$ 0.0005b	0.0719 $\pm$ 0.0010b	0.0635 $\pm$ 0.0009b

ตาราง 26 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของน้ำหนักแห้งรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน

ชุดการทดลอง	น้ำหนักแห้งราก (กรัม) $\pm$ standard error					
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25
WP	0.0063 $\pm$ 0.0002a	0.0082 $\pm$ 0.0002b	0.0093 $\pm$ 0.0000b	0.0108 $\pm$ 0.0003b	0.0132 $\pm$ 0.0005b	0.0173 $\pm$ 0.0002b
WP+ H ₂ O	0.0061 $\pm$ 0.0001a	0.0084 $\pm$ 0.0000b	0.0092 $\pm$ 0.0001b	0.0111 $\pm$ 0.0002b	0.0140 $\pm$ 0.0004b	0.0165 $\pm$ 0.0005b
WP+ DHECD	0.0064 $\pm$ 0.0000a	0.0083 $\pm$ 0.0002b	0.0091 $\pm$ 0.0001b	0.0106 $\pm$ 0.0001b	0.0139 $\pm$ 0.0004b	0.0170 $\pm$ 0.0005b
WP+ PEG18%	0.0060 $\pm$ 0.0000a	0.0188 $\pm$ 0.0008a	0.0259 $\pm$ 0.0008a	0.0318 $\pm$ 0.0005a	0.0364 $\pm$ 0.0007a	0.0311 $\pm$ 0.0006a
WP+ PEG18%+ H ₂ O	0.0063 $\pm$ 0.0003a	0.0194 $\pm$ 0.0009a	0.0268 $\pm$ 0.0005a	0.0329 $\pm$ 0.0006a	0.0358 $\pm$ 0.0006a	0.0305 $\pm$ 0.0005a
WP+ PEG18%+ DHECD	0.0062 $\pm$ 0.0004a	0.0190 $\pm$ 0.0012a	0.0262 $\pm$ 0.0005a	0.0317 $\pm$ 0.0010a	0.0367 $\pm$ 0.0006a	0.0312 $\pm$ 0.0004a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดย DMRT

ตาราง 27 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของน้ำหนักแห้งรวมในส่วนต้นและรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน

ชุดการทดลอง	น้ำหนักแห้งรวมในส่วนต้นและราก (กรัม) $\pm$ standard error					
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25
WP	0.0409 $\pm$ 0.0011a	0.0627 $\pm$ 0.0020b	0.0757 $\pm$ 0.0011b	0.0845 $\pm$ 0.0009b	0.0949 $\pm$ 0.0011b	0.1094 $\pm$ 0.0010a
WP+ H ₂ O	0.0400 $\pm$ 0.0006a	0.0634 $\pm$ 0.0019b	0.0749 $\pm$ 0.0018b	0.0839 $\pm$ 0.0011b	0.0960 $\pm$ 0.0005b	0.1105 $\pm$ 0.0004a
WP+ DHECD	0.0418 $\pm$ 0.0009a	0.0637 $\pm$ 0.0022b	0.0748 $\pm$ 0.0006b	0.0836 $\pm$ 0.0007b	0.0974 $\pm$ 0.0007b	0.1116 $\pm$ 0.0017a
WP+ PEG18%	0.0403 $\pm$ 0.0005a	0.0701 $\pm$ 0.0014a	0.0804 $\pm$ 0.0017a	0.0942 $\pm$ 0.0011a	0.1068 $\pm$ 0.0002a	0.0926 $\pm$ 0.0034b
WP+ PEG18%+ H ₂ O	0.0407 $\pm$ 0.0013a	0.0721 $\pm$ 0.0012a	0.0823 $\pm$ 0.0004a	0.0940 $\pm$ 0.0004a	0.1087 $\pm$ 0.0013a	0.0920 $\pm$ 0.0013b
WP+ PEG18%+ DHECD	0.0413 $\pm$ 0.0010a	0.0715 $\pm$ 0.0017a	0.0837 $\pm$ 0.0007a	0.0937 $\pm$ 0.0012a	0.1086 $\pm$ 0.0013a	0.0947 $\pm$ 0.0010b

ตาราง 28 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของอัตราส่วนน้ำหนักแห้งรากต่อน้ำหนักแห้งต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน

ชุดการทดลอง	อัตราส่วนน้ำหนักแห้งรากต่อน้ำหนักแห้งต้น $\pm$ standard error					
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25
WP	0.1842 $\pm$ 0.0074a	0.1511 $\pm$ 0.0045b	0.1415 $\pm$ 0.0023b	0.1470 $\pm$ 0.0052b	0.1626 $\pm$ 0.0069b	0.1889 $\pm$ 0.0038b
WP+ H ₂ O	0.1815 $\pm$ 0.0052a	0.1534 $\pm$ 0.0057b	0.1405 $\pm$ 0.0035b	0.1537 $\pm$ 0.0059b	0.1716 $\pm$ 0.0070b	0.1768 $\pm$ 0.0068b
WP+ DHECD	0.1828 $\pm$ 0.0062a	0.1503 $\pm$ 0.0068b	0.1399 $\pm$ 0.0015b	0.1466 $\pm$ 0.0029b	0.1683 $\pm$ 0.0126b	0.1807 $\pm$ 0.0069b
WP+ PEG18%	0.1760 $\pm$ 0.0048a	0.3688 $\pm$ 0.0196a	0.4784 $\pm$ 0.0243a	0.5097 $\pm$ 0.0044a	0.5180 $\pm$ 0.0164a	0.5135 $\pm$ 0.0391a
WP+ PEG18%+ H ₂ O	0.1851 $\pm$ 0.0064a	0.3708 $\pm$ 0.0258a	0.4841 $\pm$ 0.0154a	0.5386 $\pm$ 0.0140a	0.4914 $\pm$ 0.0066a	0.4971 $\pm$ 0.0120a
WP+ PEG18%+ DHECD	0.1797 $\pm$ 0.0138a	0.3638 $\pm$ 0.0221a	0.4555 $\pm$ 0.0098a	0.5116 $\pm$ 0.0160a	0.5110 $\pm$ 0.0108a	0.4923 $\pm$ 0.0094a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดย DMRT

ตาราง 29 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของความยาวต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน

ชุดการทดลอง	ความยาวต้น (เซนติเมตร) $\pm$ standard error					
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25
WP	29.5300 $\pm$ 0.2717a	31.5825 $\pm$ 0.4366a	32.0225 $\pm$ 0.4262a	32.5475 $\pm$ 0.1329a	33.4675 $\pm$ 0.3030a	34.3300 $\pm$ 0.2045a
WP+ H ₂ O	29.7400 $\pm$ 0.0302a	31.2425 $\pm$ 0.2433ab	32.2875 $\pm$ 0.4202a	32.7800 $\pm$ 0.2887a	33.7325 $\pm$ 0.3266a	34.7325 $\pm$ 0.4915a
WP+ DHECD	29.4275 $\pm$ 0.4366a	31.4200 $\pm$ 0.2463a	32.4925 $\pm$ 0.3434a	33.0575 $\pm$ 0.2288a	33.9900 $\pm$ 0.4240a	34.8275 $\pm$ 0.1407a
WP+ PEG18%	29.3000 $\pm$ 0.1795a	30.3325 $\pm$ 0.3816bc	30.5700 $\pm$ 0.2698b	31.2850 $\pm$ 0.1837b	31.8300 $\pm$ 0.3970b	31.1275 $\pm$ 0.0882b
WP+ PEG18%+ H ₂ O	29.1125 $\pm$ 0.3599a	30.2350 $\pm$ 0.4140bc	30.6400 $\pm$ 0.3307b	31.3550 $\pm$ 0.0952b	32.0050 $\pm$ 0.0926b	30.6700 $\pm$ 0.1194b
WP+ PEG18%+ DHECD	29.6675 $\pm$ 0.4437a	29.9875 $\pm$ 0.1470c	30.7625 $\pm$ 0.1382b	31.6075 $\pm$ 0.2337b	31.9450 $\pm$ 0.1603b	31.0375 $\pm$ 0.1311b

ตาราง 30 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของความยาวรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน

ชุดการทดลอง	ความยาวราก (เซนติเมตร) $\pm$ standard error					
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25
WP	5.6475 $\pm$ 0.0636a	6.3150 $\pm$ 0.0370b	7.1025 $\pm$ 0.0508b	7.6375 $\pm$ 0.0507b	8.0850 $\pm$ 0.0419b	8.7900 $\pm$ 0.0501b
WP+ H ₂ O	5.5900 $\pm$ 0.0633a	6.1825 $\pm$ 0.1200b	7.0725 $\pm$ 0.0278b	7.5625 $\pm$ 0.0356b	8.1150 $\pm$ 0.0448b	8.6075 $\pm$ 0.0828b
WP+ DHECD	5.5500 $\pm$ 0.0893a	6.2775 $\pm$ 0.0535b	7.2625 $\pm$ 0.1634b	7.6625 $\pm$ 0.0539b	8.2150 $\pm$ 0.1335b	8.7450 $\pm$ 0.1782b
WP+ PEG18%	5.5275 $\pm$ 0.0275a	7.5350 $\pm$ 0.0533a	8.2950 $\pm$ 0.0478a	9.3275 $\pm$ 0.0458a	10.1825 $\pm$ 0.1748a	9.5175 $\pm$ 0.0715a
WP+ PEG18%+ H ₂ O	5.4275 $\pm$ 0.1302a	7.7000 $\pm$ 0.1522a	8.3850 $\pm$ 0.0569a	9.2750 $\pm$ 0.0317a	10.2150 $\pm$ 0.2099a	9.6075 $\pm$ 0.0426a
WP+ PEG18%+ DHECD	5.5150 $\pm$ 0.0347a	7.6225 $\pm$ 0.0694a	8.2300 $\pm$ 0.0318a	9.2450 $\pm$ 0.1505a	10.2775 $\pm$ 0.2016a	9.5425 $\pm$ 0.0630a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดย DMRT

ตาราง 31 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของความยาวรวมในส่วนต้นและรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน

ชุดการทดลอง	ความยาวรวมในส่วนต้นและราก (เซนติเมตร) $\pm$ standard error					
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25
WP	35.1775 $\pm$ 0.2331a	37.8975 $\pm$ 0.4715a	39.1250 $\pm$ 0.3883a	40.1850 $\pm$ 0.1275a	41.5525 $\pm$ 0.3307a	43.1200 $\pm$ 0.1755a
WP+ H ₂ O	35.3300 $\pm$ 0.0454a	37.4250 $\pm$ 0.2889a	39.3600 $\pm$ 0.4375a	40.3425 $\pm$ 0.2976a	41.8475 $\pm$ 0.3038a	43.3400 $\pm$ 0.4534a
WP+ DHECD	34.9775 $\pm$ 0.4296a	37.6975 $\pm$ 0.2512a	39.7550 $\pm$ 0.3394a	40.7200 $\pm$ 0.2728a	42.2050 $\pm$ 0.3158a	43.5725 $\pm$ 0.2829a
WP+ PEG18%	34.8275 $\pm$ 0.1623a	37.8675 $\pm$ 0.3785a	38.8650 $\pm$ 0.3105a	40.6125 $\pm$ 0.1676a	42.0125 $\pm$ 0.2518a	40.6450 $\pm$ 0.1475b
WP+ PEG18%+ H ₂ O	34.5400 $\pm$ 0.3978a	37.9350 $\pm$ 0.4056a	39.0250 $\pm$ 0.2887a	40.6300 $\pm$ 0.1086a	42.2200 $\pm$ 0.1385a	40.2775 $\pm$ 0.1133b
WP+ PEG18%+ DHECD	35.1825 $\pm$ 0.4749a	37.6100 $\pm$ 0.1358a	38.9925 $\pm$ 0.1087a	40.8525 $\pm$ 0.1573a	42.2225 $\pm$ 0.3315a	40.5800 $\pm$ 0.1040b

ตาราง 32 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของอัตราส่วนความยาวรากต่อความยาวต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน

ชุดการทดลอง	อัตราส่วนความยาวรากต่อความยาวต้น $\pm$ standard error					
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25
WP	0.1913 $\pm$ 0.0036a	0.2000 $\pm$ 0.0016b	0.2219 $\pm$ 0.0042b	0.2346 $\pm$ 0.0020b	0.2416 $\pm$ 0.0017b	0.2560 $\pm$ 0.0027b
WP+ H ₂ O	0.1879 $\pm$ 0.0022a	0.1979 $\pm$ 0.0038b	0.2191 $\pm$ 0.0023b	0.2307 $\pm$ 0.0020b	0.2406 $\pm$ 0.0032b	0.2480 $\pm$ 0.0051b
WP+ DHECD	0.1887 $\pm$ 0.0044a	0.1998 $\pm$ 0.0023b	0.2236 $\pm$ 0.0061b	0.2318 $\pm$ 0.0010b	0.2419 $\pm$ 0.0066b	0.2510 $\pm$ 0.0046b
WP+ PEG18%	0.1886 $\pm$ 0.0019a	0.2485 $\pm$ 0.0037a	0.2713 $\pm$ 0.0014a	0.2981 $\pm$ 0.0027a	0.3202 $\pm$ 0.0092a	0.3057 $\pm$ 0.0017a
WP+ PEG18%+ H ₂ O	0.1864 $\pm$ 0.0047a	0.2548 $\pm$ 0.0068a	0.2738 $\pm$ 0.0046a	0.2958 $\pm$ 0.0011a	0.3192 $\pm$ 0.0073a	0.3132 $\pm$ 0.0021a
WP+ PEG18%+ DHECD	0.1859 $\pm$ 0.0017a	0.2542 $\pm$ 0.0030a	0.2675 $\pm$ 0.0022a	0.2926 $\pm$ 0.0066a	0.3216 $\pm$ 0.0053a	0.3074 $\pm$ 0.0030a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดย DMRT

ตาราง 33 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ในส่วนต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน

ชุดการทดลอง	อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ในส่วนต้น (กรัม/วัน) $\pm$ standard error				
	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25
WP	0.0909 $\pm$ 0.0130a	0.0652 $\pm$ 0.0029a	0.0505 $\pm$ 0.0018a	0.0430 $\pm$ 0.0016a	0.0392 $\pm$ 0.0016a
WP+ H ₂ O	0.0965 $\pm$ 0.0101a	0.0660 $\pm$ 0.0032a	0.0508 $\pm$ 0.0018a	0.0441 $\pm$ 0.0005a	0.0407 $\pm$ 0.0010a
WP+ DHECD	0.0896 $\pm$ 0.0083a	0.0619 $\pm$ 0.0028a	0.0482 $\pm$ 0.0014a	0.0429 $\pm$ 0.0016a	0.0393 $\pm$ 0.0012a
WP+ PEG18%	0.0802 $\pm$ 0.0020a	0.0461 $\pm$ 0.0047b	0.0399 $\pm$ 0.0017b	0.0359 $\pm$ 0.0008b	0.0231 $\pm$ 0.0024b
WP+ PEG18%+ H ₂ O	0.0851 $\pm$ 0.0113a	0.0479 $\pm$ 0.0044b	0.0384 $\pm$ 0.0023b	0.0375 $\pm$ 0.0014b	0.0232 $\pm$ 0.0007b
WP+ PEG18%+ DHECD	0.0806 $\pm$ 0.0035a	0.0495 $\pm$ 0.0023b	0.0380 $\pm$ 0.0013b	0.0359 $\pm$ 0.0015b	0.0237 $\pm$ 0.0014b

ตาราง 34 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ในส่วนรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน

ชุดการทดลอง	อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ในส่วนราก (กรัม/วัน) $\pm$ standard error				
	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25
WP	0.0514 $\pm$ 0.0111b	0.0390 $\pm$ 0.0034b	0.0355 $\pm$ 0.0021b	0.0367 $\pm$ 0.0004b	0.0403 $\pm$ 0.0009b
WP+ H ₂ O	0.0626 $\pm$ 0.0046b	0.0404 $\pm$ 0.0027b	0.0396 $\pm$ 0.0004b	0.0412 $\pm$ 0.0026b	0.0396 $\pm$ 0.0013b
WP+ DHECD	0.0502 $\pm$ 0.0061b	0.0353 $\pm$ 0.0009b	0.0336 $\pm$ 0.0010b	0.0384 $\pm$ 0.0027b	0.0388 $\pm$ 0.0012b
WP+ PEG18%	0.2275 $\pm$ 0.0111a	0.1458 $\pm$ 0.0029a	0.1108 $\pm$ 0.0009a	0.0899 $\pm$ 0.0011a	0.0656 $\pm$ 0.0012a
WP+ PEG18%+ H ₂ O	0.2229 $\pm$ 0.0154a	0.1441 $\pm$ 0.0036a	0.1096 $\pm$ 0.0042a	0.0864 $\pm$ 0.0015a	0.0628 $\pm$ 0.0024a
WP+ PEG18%+ DHECD	0.2225 $\pm$ 0.0157a	0.1434 $\pm$ 0.0084a	0.1083 $\pm$ 0.0044a	0.0886 $\pm$ 0.0040a	0.0644 $\pm$ 0.0035a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดย DMRT

ตาราง 35 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของอัตราการเติบโตสะสมพืชรวมในส่วนต้นและรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน

ชุดการทดลอง	อัตราการเติบโตสะสมพืชรวมในส่วนต้นและราก (กรัม/วัน) $\pm$ standard error				
	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25
WP	0.0852 $\pm$ 0.0120b	0.0615 $\pm$ 0.0028ab	0.0484 $\pm$ 0.0017b	0.0420 $\pm$ 0.0013b	0.0393 $\pm$ 0.0015a
WP+ H ₂ O	0.0917 $\pm$ 0.0085ab	0.0625 $\pm$ 0.0031ab	0.0492 $\pm$ 0.0016b	0.0437 $\pm$ 0.0005b	0.0405 $\pm$ 0.0007a
WP+ DHECD	0.0840 $\pm$ 0.0067b	0.0582 $\pm$ 0.0023b	0.0462 $\pm$ 0.0012b	0.0422 $\pm$ 0.0012b	0.0392 $\pm$ 0.0011a
WP+ PEG18%	0.1105 $\pm$ 0.0017a	0.0689 $\pm$ 0.0034a	0.0565 $\pm$ 0.0016a	0.0487 $\pm$ 0.0007a	0.0331 $\pm$ 0.0014b
WP+ PEG18%+ H ₂ O	0.1142 $\pm$ 0.0089a	0.0704 $\pm$ 0.0035a	0.0558 $\pm$ 0.0023a	0.0490 $\pm$ 0.0012a	0.0326 $\pm$ 0.0010b
WP+ PEG18%+ DHECD	0.1096 $\pm$ 0.0029a	0.0705 $\pm$ 0.0016a	0.0545 $\pm$ 0.0008a	0.0483 $\pm$ 0.0014a	0.0331 $\pm$ 0.0013b

ตาราง 36 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของปริมาณน้ำสะสมพืชในส่วนต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน

ชุดการทดลอง	ปริมาณน้ำสะสมพืชในส่วนต้น (%) $\pm$ standard error					
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25
WP	91.6479 $\pm$ 0.1566a	94.6537 $\pm$ 0.8627a	95.0237 $\pm$ 0.6968a	96.2029 $\pm$ 0.6249a	98.1910 $\pm$ 0.3293a	101.7463 $\pm$ 0.2932a
WP+ H ₂ O	91.6250 $\pm$ 0.1736a	92.9878 $\pm$ 0.8405ab	94.9939 $\pm$ 0.3389a	96.3392 $\pm$ 0.5657a	98.9963 $\pm$ 0.2531a	102.4906 $\pm$ 0.8926a
WP+ DHECD	91.2478 $\pm$ 0.9456a	94.4009 $\pm$ 0.8333a	96.3824 $\pm$ 0.8839a	97.7866 $\pm$ 0.6163a	100.235 $\pm$ 0.6814a	103.0158 $\pm$ 0.5932a
WP+ PEG18%	91.3327 $\pm$ 0.9905a	88.9954 $\pm$ 1.0035c	81.3737 $\pm$ 0.8794c	62.4984 $\pm$ 0.4594c	45.0672 $\pm$ 0.9295c	26.68974 $\pm$ 0.9567c
WP+ PEG18%+ H ₂ O	90.5644 $\pm$ 1.4994a	87.6220 $\pm$ 0.9467c	82.8108 $\pm$ 0.5993c	64.3068 $\pm$ 3.0033c	44.0437 $\pm$ 1.9865c	25.49990 $\pm$ 2.7876c
WP+ PEG18%+ DHECD	91.3260 $\pm$ 0.4666a	91.5373 $\pm$ 0.5788b	86.6794 $\pm$ 0.2374b	74.3997 $\pm$ 3.9903b	56.6431 $\pm$ 4.7137b	38.91028 $\pm$ 2.7947b

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดย DMRT

ตาราง 37 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) คะแนนของความเสียหายทางกายภาพของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน

ชุดการทดลอง	คะแนนความเสียหายทางกายภาพ $\pm$ standard error					
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25
WP	0.2500 $\pm$ 0.0204a	0.6750 $\pm$ 0.0322c	1.2875 $\pm$ 0.0239c	1.4625 $\pm$ 0.0554c	1.6125 $\pm$ 0.0314c	1.7750 $\pm$ 0.0322d
WP+ H ₂ O	0.2250 $\pm$ 0.0144a	0.7000 $\pm$ 0.0408c	1.3125 $\pm$ 0.0426c	1.4375 $\pm$ 0.0375c	1.5375 $\pm$ 0.0314c	1.8625 $\pm$ 0.0426d
WP+ DHECD	0.2375 $\pm$ 0.0239a	0.6500 $\pm$ 0.0204c	1.2625 $\pm$ 0.0239c	1.4250 $\pm$ 0.0144c	1.5875 $\pm$ 0.0515c	1.7875 $\pm$ 0.0314d
WP+ PEG18%	0.2250 $\pm$ 0.0144a	1.5875 $\pm$ 0.0375a	3.8500 $\pm$ 0.0456a	4.1500 $\pm$ 0.0540a	4.8250 $\pm$ 0.0629a	7.7000 $\pm$ 0.0790b
WP+ PEG18%+ H ₂ O	0.2500 $\pm$ 0.0204a	1.5375 $\pm$ 0.0239a	3.7875 $\pm$ 0.0375a	4.0875 $\pm$ 0.0314a	4.7250 $\pm$ 0.0924a	7.9250 $\pm$ 0.0250a
WP+ PEG18%+ DHECD	0.2500 $\pm$ 0.0204a	1.3625 $\pm$ 0.0314b	3.4625 $\pm$ 0.0657b	3.7625 $\pm$ 0.0688b	4.3000 $\pm$ 0.1744b	7.3625 $\pm$ 0.0426c

ตาราง 38 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของค่าความเขียวของใบของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน

ชุดการทดลอง	ค่าความเขียวของใบ $\pm$ standard error					
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25
WP	25.7600 $\pm$ 0.1246a	30.2350 $\pm$ 0.3304a	31.5450 $\pm$ 0.3813a	33.6550 $\pm$ 0.2991a	36.5200 $\pm$ 0.2488a	39.9750 $\pm$ 0.3174a
WP+ H ₂ O	26.2550 $\pm$ 0.2355a	30.1850 $\pm$ 0.3915a	31.6750 $\pm$ 0.4706a	33.4600 $\pm$ 0.3169a	36.9300 $\pm$ 0.1059a	39.6200 $\pm$ 0.1395a
WP+ DHECD	26.2700 $\pm$ 0.2139a	30.1450 $\pm$ 0.5809a	32.0550 $\pm$ 0.3269a	33.8550 $\pm$ 0.1147a	36.6550 $\pm$ 0.3689a	39.6950 $\pm$ 0.0727a
WP+ PEG18%	26.3550 $\pm$ 0.0665a	27.8950 $\pm$ 0.2436b	25.5200 $\pm$ 0.2031c	24.0000 $\pm$ 0.2242c	21.8300 $\pm$ 0.2495c	16.7250 $\pm$ 0.1796c
WP+ PEG18%+ H ₂ O	25.9000 $\pm$ 0.1760a	28.0700 $\pm$ 0.3548b	25.3750 $\pm$ 0.2212c	23.6400 $\pm$ 0.0496c	22.1850 $\pm$ 0.2318c	16.3850 $\pm$ 0.1883c
WP+ PEG18%+ DHECD	26.1400 $\pm$ 0.2273a	29.5700 $\pm$ 0.1592a	27.8000 $\pm$ 0.0605b	25.2750 $\pm$ 0.1367b	23.4800 $\pm$ 0.2042b	18.9500 $\pm$ 0.3376b

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดย DMRT

ตาราง 39 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในส่วนต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน

ชุดการทดลอง	ปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในส่วนต้น (มิลลิกรัมต่อกรัมของน้ำหนักสด) $\pm$ standard error					
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25
WP	0.2307 $\pm$ 0.0055a	0.3224 $\pm$ 0.0046a	0.3749 $\pm$ 0.0052a	0.4345 $\pm$ 0.0019a	0.4632 $\pm$ 0.0034a	0.4831 $\pm$ 0.0060a
WP+ H ₂ O	0.2280 $\pm$ 0.0070a	0.3203 $\pm$ 0.0020a	0.3732 $\pm$ 0.0049a	0.4359 $\pm$ 0.0032a	0.4693 $\pm$ 0.0056a	0.4796 $\pm$ 0.0092a
WP+ DHECD	0.2305 $\pm$ 0.0046a	0.3216 $\pm$ 0.0028a	0.3758 $\pm$ 0.0045a	0.4391 $\pm$ 0.0044a	0.4732 $\pm$ 0.0071a	0.4821 $\pm$ 0.0065a
WP+ PEG18%	0.2284 $\pm$ 0.0096a	0.2983 $\pm$ 0.0056b	0.2379 $\pm$ 0.0077c	0.1977 $\pm$ 0.0036c	0.1741 $\pm$ 0.0050c	0.1484 $\pm$ 0.0045c
WP+ PEG18%+ H ₂ O	0.2290 $\pm$ 0.0045a	0.2944 $\pm$ 0.0027b	0.2409 $\pm$ 0.0065c	0.1991 $\pm$ 0.0046c	0.1696 $\pm$ 0.0095c	0.1429 $\pm$ 0.0036c
WP+ PEG18%+ DHECD	0.2241 $\pm$ 0.0085a	0.3227 $\pm$ 0.0025a	0.2807 $\pm$ 0.0045b	0.2496 $\pm$ 0.0070b	0.2361 $\pm$ 0.0044b	0.1989 $\pm$ 0.0042b

ตาราง 40 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในส่วนต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน

ชุดการทดลอง	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในส่วนต้น (มิลลิกรัมต่อกรัมของน้ำหนักสด) $\pm$ standard error					
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25
WP	0.1537 $\pm$ 0.0051a	0.2262 $\pm$ 0.0024a	0.2750 $\pm$ 0.0024a	0.3260 $\pm$ 0.0022a	0.3434 $\pm$ 0.0012a	0.3501 $\pm$ 0.0050a
WP+ H ₂ O	0.1459 $\pm$ 0.0040a	0.2243 $\pm$ 0.0012a	0.2716 $\pm$ 0.0037a	0.3260 $\pm$ 0.0020a	0.3505 $\pm$ 0.0038a	0.3520 $\pm$ 0.0100a
WP+ DHECD	0.1561 $\pm$ 0.0033a	0.2272 $\pm$ 0.0012a	0.2719 $\pm$ 0.0093a	0.3259 $\pm$ 0.0013a	0.3504 $\pm$ 0.0063a	0.3493 $\pm$ 0.0037a
WP+ PEG18%	0.1523 $\pm$ 0.0060a	0.2191 $\pm$ 0.0010b	0.1663 $\pm$ 0.0050c	0.1361 $\pm$ 0.0046c	0.1175 $\pm$ 0.0030c	0.1123 $\pm$ 0.0004c
WP+ PEG18%+ H ₂ O	0.1479 $\pm$ 0.0035a	0.2193 $\pm$ 0.0010b	0.1648 $\pm$ 0.0042c	0.1339 $\pm$ 0.0040c	0.1143 $\pm$ 0.0078c	0.1060 $\pm$ 0.0017c
WP+ PEG18%+ DHECD	0.1525 $\pm$ 0.0044a	0.2266 $\pm$ 0.0011a	0.1960 $\pm$ 0.0018b	0.1767 $\pm$ 0.0045b	0.1712 $\pm$ 0.0042b	0.1467 $\pm$ 0.0027b

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดย DMRT

ตาราง 41 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของปริมาณคลอโรฟิลล์ *b* ในส่วนต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน

ชุดการทดลอง	ปริมาณคลอโรฟิลล์ <i>b</i> ในส่วนต้น (มิลลิกรัมต่อกรัมของน้ำหนักสด) $\pm$ standard error					
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25
WP	0.0769 $\pm$ 0.0004a	0.0962 $\pm$ 0.0022a	0.0998 $\pm$ 0.0036a	0.1085 $\pm$ 0.0039a	0.1198 $\pm$ 0.0022a	0.1330 $\pm$ 0.0025a
WP+ H ₂ O	0.0821 $\pm$ 0.0040a	0.0959 $\pm$ 0.0020a	0.1015 $\pm$ 0.0042a	0.1098 $\pm$ 0.0048a	0.1187 $\pm$ 0.0020a	0.1275 $\pm$ 0.0037a
WP+ DHECD	0.0743 $\pm$ 0.0023a	0.0943 $\pm$ 0.0016a	0.1038 $\pm$ 0.0094a	0.1131 $\pm$ 0.0038a	0.1227 $\pm$ 0.0018a	0.1328 $\pm$ 0.0035a
WP+ PEG18%	0.0761 $\pm$ 0.0045a	0.0791 $\pm$ 0.0045b	0.0717 $\pm$ 0.0032b	0.0610 $\pm$ 0.0007c	0.0564 $\pm$ 0.0049c	0.0361 $\pm$ 0.0043c
WP+ PEG18%+ H ₂ O	0.0810 $\pm$ 0.0015a	0.0751 $\pm$ 0.0021b	0.0760 $\pm$ 0.0026b	0.0653 $\pm$ 0.0019c	0.0552 $\pm$ 0.0034c	0.0370 $\pm$ 0.0025c
WP+ PEG18%+ DHECD	0.0715 $\pm$ 0.0053a	0.0961 $\pm$ 0.0018a	0.0845 $\pm$ 0.0026b	0.0730 $\pm$ 0.0023b	0.0649 $\pm$ 0.0006b	0.0522 $\pm$ 0.0026b

ตาราง 42 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของปริมาณแคโรทีนอยด์ของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน

ชุดการทดลอง	ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อกรัมของน้ำหนักสด) $\pm$ standard error					
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25
WP	0.7788 $\pm$ 0.0079a	0.9401 $\pm$ 0.0044a	0.9844 $\pm$ 0.0167a	1.1101 $\pm$ 0.0064a	1.2518 $\pm$ 0.0054a	1.3882 $\pm$ 0.0073a
WP+ H ₂ O	0.7589 $\pm$ 0.0112a	0.9468 $\pm$ 0.0085a	1.0013 $\pm$ 0.0114a	1.1047 $\pm$ 0.0063a	1.2443 $\pm$ 0.0115a	1.3633 $\pm$ 0.0158a
WP+ DHECD	0.7770 $\pm$ 0.0096a	0.9384 $\pm$ 0.0096a	1.0173 $\pm$ 0.0232a	1.1138 $\pm$ 0.0057a	1.2532 $\pm$ 0.0152a	1.3649 $\pm$ 0.0157a
WP+ PEG18%	0.7597 $\pm$ 0.0161a	0.7431 $\pm$ 0.0096c	0.6914 $\pm$ 0.0098c	0.6459 $\pm$ 0.0143c	0.4754 $\pm$ 0.0162c	0.3931 $\pm$ 0.0043c
WP+ PEG18%+ H ₂ O	0.7625 $\pm$ 0.0174a	0.7391 $\pm$ 0.0128c	0.7054 $\pm$ 0.0198c	0.6576 $\pm$ 0.0105c	0.4875 $\pm$ 0.0155c	0.4015 $\pm$ 0.0036c
WP+ PEG18%+ DHECD	0.7756 $\pm$ 0.0194a	0.8294 $\pm$ 0.0068b	0.7983 $\pm$ 0.0182b	0.7387 $\pm$ 0.0144b	0.6528 $\pm$ 0.0170b	0.6193 $\pm$ 0.0089b

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดย DMRT

ตาราง 43 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของปริมาณโพรลินในส่วนต้นของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน

ชุดการทดลอง	ปริมาณโพรลินในส่วนต้น (มิลลิกรัมต่อกรัมของน้ำหนักสด) $\pm$ standard error					
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25
WP	0.0321 $\pm$ 0.0011a	0.0342 $\pm$ 0.0003c	0.0381 $\pm$ 0.0002c	0.0412 $\pm$ 0.0006c	0.0434 $\pm$ 0.0014c	0.0476 $\pm$ 0.0009c
WP+ H ₂ O	0.0318 $\pm$ 0.0011a	0.0346 $\pm$ 0.0004c	0.0379 $\pm$ 0.0002c	0.0390 $\pm$ 0.0004c	0.0442 $\pm$ 0.0012c	0.0483 $\pm$ 0.0016c
WP+ DHECD	0.0312 $\pm$ 0.0014a	0.0360 $\pm$ 0.0005c	0.0371 $\pm$ 0.0001c	0.0400 $\pm$ 0.0005c	0.0440 $\pm$ 0.0014c	0.0487 $\pm$ 0.0013c
WP+ PEG18%	0.0324 $\pm$ 0.0011a	0.1228 $\pm$ 0.0014b	0.1029 $\pm$ 0.0037b	0.0962 $\pm$ 0.0030b	0.0798 $\pm$ 0.0035b	0.0564 $\pm$ 0.0011b
WP+ PEG18%+ H ₂ O	0.0319 $\pm$ 0.0012a	0.1196 $\pm$ 0.0025b	0.1040 $\pm$ 0.0014b	0.0936 $\pm$ 0.0010b	0.0813 $\pm$ 0.0035b	0.0629 $\pm$ 0.0030b
WP+ PEG18%+ DHECD	0.0332 $\pm$ 0.0011a	0.1414 $\pm$ 0.0018a	0.1325 $\pm$ 0.0012a	0.1405 $\pm$ 0.0000a	0.1119 $\pm$ 0.0031a	0.0853 $\pm$ 0.0038a

ตาราง 44 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของปริมาณโพรลินในส่วนรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน

ชุดการทดลอง	ปริมาณโพรลินในส่วนราก (มิลลิกรัมต่อกรัมของน้ำหนักสด) $\pm$ standard error					
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25
WP	0.0073 $\pm$ 0.0005a	0.0108 $\pm$ 0.0003c	0.0131 $\pm$ 0.0002c	0.0168 $\pm$ 0.0004c	0.0180 $\pm$ 0.0005c	0.0212 $\pm$ 0.0004c
WP+ H ₂ O	0.0073 $\pm$ 0.0002a	0.0116 $\pm$ 0.0005c	0.0137 $\pm$ 0.0004c	0.0160 $\pm$ 0.0005c	0.0181 $\pm$ 0.0003c	0.0206 $\pm$ 0.0004c
WP+ DHECD	0.0075 $\pm$ 0.0006a	0.0127 $\pm$ 0.0002c	0.0140 $\pm$ 0.0002c	0.0163 $\pm$ 0.0007c	0.0192 $\pm$ 0.0004c	0.0209 $\pm$ 0.0007c
WP+ PEG18%	0.0072 $\pm$ 0.0003a	0.0781 $\pm$ 0.0010b	0.0501 $\pm$ 0.0029b	0.0428 $\pm$ 0.0005b	0.0344 $\pm$ 0.0005b	0.0248 $\pm$ 0.0006b
WP+ PEG18%+ H ₂ O	0.0073 $\pm$ 0.0001a	0.0796 $\pm$ 0.0032b	0.0484 $\pm$ 0.0036b	0.0432 $\pm$ 0.0003b	0.0358 $\pm$ 0.0034b	0.0241 $\pm$ 0.0011b
WP+ PEG18%+ DHECD	0.0074 $\pm$ 0.0005a	0.1091 $\pm$ 0.0045a	0.0708 $\pm$ 0.0002a	0.0572 $\pm$ 0.0027a	0.0536 $\pm$ 0.0012a	0.0346 $\pm$ 0.0005a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดย DMRT

ตาราง 45 ค่าเฉลี่ย ($\pm$ S.E.) ของปริมาณโพรลินในส่วนต้นและรากของต้นข้าวพันธุ์ กข47 เมื่อได้รับความเครียดจากสภาวะแล้งเป็นเวลา 25 วัน

ชุดการทดลอง	ปริมาณโพรลินในส่วนต้นและราก (มิลลิกรัมต่อกรัมของน้ำหนักสด) $\pm$ standard error					
	วันที่ 0	วันที่ 5	วันที่ 10	วันที่ 15	วันที่ 20	วันที่ 25
WP	0.0394 $\pm$ 0.0015a	0.0450 $\pm$ 0.0006c	0.0519 $\pm$ 0.0003c	0.0581 $\pm$ 0.0009c	0.0614 $\pm$ 0.0014c	0.0689 $\pm$ 0.0006c
WP+ H ₂ O	0.0392 $\pm$ 0.0010a	0.0463 $\pm$ 0.0007c	0.0517 $\pm$ 0.0005c	0.0550 $\pm$ 0.0008c	0.0623 $\pm$ 0.0009c	0.0690 $\pm$ 0.0019c
WP+ DHECD	0.0388 $\pm$ 0.0015a	0.0488 $\pm$ 0.0004c	0.0511 $\pm$ 0.0002c	0.0563 $\pm$ 0.0011c	0.0633 $\pm$ 0.0017c	0.0696 $\pm$ 0.0011c
WP+ PEG18%	0.0396 $\pm$ 0.0012a	0.2010 $\pm$ 0.0016b	0.1531 $\pm$ 0.0045b	0.1390 $\pm$ 0.0028b	0.1143 $\pm$ 0.0031b	0.0812 $\pm$ 0.0015b
WP+ PEG18%+ H ₂ O	0.0393 $\pm$ 0.0013a	0.1992 $\pm$ 0.0054b	0.1525 $\pm$ 0.0042b	0.1369 $\pm$ 0.0011b	0.1171 $\pm$ 0.0046b	0.0870 $\pm$ 0.0037b
WP+ PEG18%+ DHECD	0.0406 $\pm$ 0.0007a	0.2505 $\pm$ 0.0059a	0.2033 $\pm$ 0.0013a	0.1978 $\pm$ 0.0027a	0.1656 $\pm$ 0.0036a	0.1199 $\pm$ 0.0041a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดย DMRT

ประวัติย่อผู้วิจัย



ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นายอพิธาน ทรัพย์วิจิต
วันเดือนปีเกิด	16 มีนาคม 2533
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลเชิงคำ จ.พะเยา
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	72 หมู่ 5 ต.อ่าทอง อ.เชิงคำ จ.พะเยา
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2551	จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนเชิงคำวิทยาคม
พ.ศ. 2555	จบการศึกษาระดับปริญญาตรี จากมหาวิทยาลัยพะเยา
พ.ศ. 2558	จบการศึกษาระดับปริญญาโท จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ