การตอบสนองของต้นกล้าลองกองต่อช่วงน้ำขังและระยะฟื้นตัว

The Responses of Longkong Seedlings to Waterlogging and Recovery Period

เกียรติศักดิ์ รักษ์วงศ์

Kiettisak Rakwong

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Science Thesis in Plant Science

Prince of Songkla University

2541

เลขหมู่ QK495.A92 O88 2541 ต 2

Bib Key 191523

ชื่อวิทยานิพนธ์ การตอบสนองของต้นกล้าลองกองต่อช่วงน้ำขังและระยะฟื้นตัว

ผู้เขียน นาย เกียรติศักดิ์ รักษ์วงศ์

สาขาวิชา พืชศาสตร์

คณะกรรมการที่ปรึกษา

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สายัณห์ สดุดี)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ มงคล แซ่หลิม)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สายัณห์ สดุดี)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ มงคล แซ่หลิม)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ขวัญจิตร สันติประชา)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทวีศักดิ์ ศักดิ์นิมิต)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชศาสตร์

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. ก้าน จันทร์พรหมมา)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์ การตอบสนองของต้นกล้าลองกองต่อช่วงน้ำขังและระยะฟื้นตัว

ผู้เขียน นาย เกียรติศักดิ์ รักษ์วงศ์

สาขาวิชา พืชศาสตร์

ปีการศึกษา 2541

บทคัดย่อ

การศึกษาการตอบสนองของต้นกล้าลองกองต่อช่วงน้ำขังและระยะฟื้นตัว ได้ทำการทดลอง ณ เรือนกระจก คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ระหว่างเดือนมีนาคม 2540 ถึงเดือนมีนาคม 2541 แบ่งเป็น 3 การทดลอง โดยใช้ต้นกล้าลองกองที่ปลูกในถุงพลาสติกขนาด 20 x 30 เซนติเมตร ซึ่งมีอายุ 18, 20 และ 24 เดือน สำหรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ โดยการทดลองที่ 1 และ 3 ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด

ในการทดลองที่ 1 ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังเป็นเวลา 14 วัน คือ ไม่ได้รับน้ำขัง ได้รับน้ำขัง 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองพบว่า น้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระดับน้ำขังที่ส่งผลกระทบต่อต้นกล้าลองกองมากที่สุด รองลงมาคือน้ำขัง 75 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และพบว่าสภาพน้ำขังทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำและศักย์ของน้ำในใบลดลง ทำให้แรงต้านทานปากใบเพิ่มขึ้นส่งผลให้การเจริญเติบโตและปริมาณไนโตรเจนในใบของต้นกล้าลองกองลดลง ในการทดลองที่ 2 เป็นการศึกษาการตอบสนองของต้นกล้าลองกองทางกายวิภาค โดยให้ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 0, 2, 4 และ 6 วัน พบว่าต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 6 วัน เกิดการแยกและขยายตัวของเซลล์ชั้นอิพีเดอร์มีสและคอร์คแคมเบี่ยม ส่งผลให้เกิดการขยายตัวของช่องว่างอากาศในเนื้อเยื่อชั้นคอร์เทคซ์ นอกจากนั้นพบการขยายตัวของช่องว่างอากาศในเนื้อเยื่อชั้นมีโซฟิลล์ของใบในต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 6 วัน สำหรับการทดลองที่ 3 เป็นการศึกษาการตอบสนองของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัว โดยให้ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 0, 1, 2, 4 และ 6 วัน พบว่าระยะเวลาน้ำขัง 6 วัน ทำให้ต้นกล้าลองกองไม่สามารถฟื้นตัว ส่วนระยะเวลาน้ำขัง 4 และ 2 วัน พบว่าต้นกล้าลองกองสามารถฟื้นตัวทางสรีรวิทยาในวันที่ 60 และ 30 ภายหลังพ้นจากสภาพน้ำขัง ตามลำดับ และลองกองได้รับน้ำขังระยะเวลา 4 วัน มีค่าการเจริญเติบโตและปริมาณไนโตรเจนในใบต่ำที่สุด ส่วนต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังระยะเวลา 1 และ 2 วัน ไม่แตกต่างทางสถิติกับต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง

ผลจากการทดลองสามารถสรุปได้ว่าต้นกล้าลองกองเป็นพืชที่ไม่ทนทานต่อสภาพน้ำขัง หากได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์ ของระบบราก เป็นเวลา 6 วัน ต่อเนื่องกัน ต้นกล้าลองกองจะไม่สามารถฟื้นตัวได้จึงควรหลีกเลี่ยงไม่ให้ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังเกินกว่า 2 วัน เพื่อไม่ให้กระทบต่อสรีรวิทยา สัณฐานวิทยา กายวิภาค และการเจริญเติบโตของต้นกล้าลองกอง

Thesis Title	The Responses of Longkong Seedlings to Waterlogging and Recovery Period
Author	Mr. Kiettisak Rakwong
Major Program	Plant Science
Academic Year	1998

Abstract

An investigation of the responses of longkong seedlings to waterlogging and recovery period was done in a glasshouse at the Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla, Thailand. Three experiments were established between March 1997 and March 1998. Longkong seedlings of 18, 20 and 24 months were planted in polythene bags (20 X 30 cm.) and were used for the first, second and third experiments, respectively. The first and third experiments were arranged in completely randomized design.

In the first experiment, longkong seedlings were subjected to 4 treatments : 0, 50, 75 and 100 percent waterlogging for a duration of 14 days. The results showed that 100 percent waterlogging affected longkong seedlings the most, followed by 75 and 50 percent, respectively. Waterlogging caused a decrease in dissolved oxygen and leaf water potential, with an increase in stomatal resistance. This led to a marked decrease of plant growth and leaf nitrogen content. The second experiment was conducted to evaluate an anatomical response. Longkong seedlings were subjected to 100 percent waterlogging for a duration of 0, 2, 4 and 6 days. The results showed that longkong seedlings subjected to waterlogging for 6 days exhibited an enlargement of epidermis and cork cambium in the stem to induce air spaces in the tissue of cortex. The largest air space within the mesophyll layer was observed in the leaves of plants subjected to waterlogging for 6 days. The third experiment was conducted to evaluate a recovery response after waterlogging. Longkong seedlings were subjected to 100 percent waterlogging for a duration of 0, 1, 2, 4 and 6 days. The results showed that the longkong

seedlings exposed to waterlogging for 6 days could not recover. The longkong seedlings subjected to waterlogging for 4 and 2 days recovered within 60 and 30 days, respectively. Waterlogging for a duration of 4 days caused a great effect on the longkong seedlings resulting in decreases of plant growth and leaf nitrogen content. The responses of longkong seedlings subjected to 1 and 2 days waterlogging were not significantly different from the control.

According to the results, it was concluded that longkong seedlings was susceptible to waterlogging conditions, since longkong seedlings subjected to waterlogging for 6 days could not recover. It is suggested that waterlogging conditions affect plant physiology, morphology, anatomy and growth, therefore waterlogging of longkong seedlings for more than 2 days should be avoided.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สายัณห์ สดุดี ประธานกรรมการที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ มงคล แซ่หลิม กรรมการที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำในการศึกษาวิจัย และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ และขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ขวัญจิตร สันติประชา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทวีศักดิ์ ศักดิ์นิมิต กรรมการสอบ ที่ให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้เสร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ ในความอนุเคราะห์เรือนกระจกสำหรับการทดลอง ตลอดจนการใช้วัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยและมูลนิธิมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่ให้ทุนสนับสนุนสำหรับการวิจัยในครั้งนี้

ท้ายที่สุดผู้เขียนขอน้อมระลึกพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ครูอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้และผู้มีพระคุณทุกท่าน ตลอดจนสถาบันการศึกษาทุกแห่งที่เคยให้การศึกษาและขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ และ น้องๆ ทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยจนสำเร็จการศึกษา

เกียรติศักดิ์ รักษ์วงศ์

สารบาญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบาญ	(8)
รายการตาราง	(9)
รายการภาพ	(10)
บทที่	
1 บทนำ	1
บทนำต้นเรื่อง	1
การตรวจเอกสาร	2
วัตถุประสงค์	6
2 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ	7
3 ผล	17
4 วิจารณ์	51
5 สรุป	57
เอกสารอ้างอิง	58
ภาคผนวก	64
ประวัติผู้เขียน	94

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังต่างกัน 14 วัน	19
2	ค่าเฉลี่ยศักย์ของน้ำในใบ (MPa) ของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังต่างกัน 14 วัน	21
3	ค่าเฉลี่ยแรงต้านทานปากใบ (เซนติเมตรต่อวินาที) ของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังต่างกัน 14 วัน	23
4	สีใบของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังต่างกัน 14 วัน	25
5	สีของรากแก้วต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังต่างกัน 14 วัน	27
6	สีของรากฝอยต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังต่างกัน 14 วัน	27
7	ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงมุมใบ (องศา) ของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังต่างกัน 14 วัน	30
8	ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงความสูง เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น และพื้นที่ใบของต้นกล้าลองกองหลังได้รับน้ำขังต่างกัน 14 วัน	32
9	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งราก ลำต้น ใบ อัตราส่วนรากต่อต้น และปริมาณไนโตรเจนในใบของต้นกล้าลองกองหลังได้รับน้ำขังต่างกัน 14 วัน	34
10	ค่าเฉลี่ยศักย์ของน้ำในใบ (MPa) ของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัว 90 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน	40
11	ค่าเฉลี่ยแรงต้านทานปากใบ (เซนติเมตรต่อวินาที) ของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัว 90 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน	42
12	สีใบของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัว 30 และ 90 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน	43
13	สีรากของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัว 90 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน	45
14	ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงความสูง และเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัว 90 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน	48
15	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งราก ลำต้น ใบ อัตราส่วนรากต่อต้น และ ไนโตรเจนในใบของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัว 90 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน	50

รายการภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ระยะเวลาที่ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังและฟื้นตัวหลังได้รับน้ำขัง.....	16
2	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งรากในช่วงระดับน้ำขัง 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์.....	17
3	ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของต้นกล้าลองกอง ได้รับน้ำขังต่างกันคือ 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์.....	19
4	ค่าเฉลี่ยศักย์ของน้ำในใบ (MPa) ของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังต่างกันคือ ไม่ได้รับน้ำขัง ได้รับน้ำขัง 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์.....	21
5	ค่าเฉลี่ยแรงต้านทานปากใบ (เซนติเมตรต่อวินาที) ของต้นกล้าลองกองได้รับ น้ำขังต่างกัน คือ ไม่ได้รับน้ำขัง ได้รับน้ำขัง 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์.....	23
6	การเปลี่ยนสีและการเหี่ยวของใบของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังต่างกันคือ ไม่ได้รับ น้ำขัง ได้รับน้ำขัง 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ก. เปรียบเทียบน้ำขัง 4 วัน ข. 6 วัน ค. 8 วัน และ ง. 14 วัน.....	26
7	สีและลักษณะรากของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังต่างกัน 14 วัน คือ ก. ไม่ได้รับน้ำขัง ข. ได้รับน้ำขัง 50 เปอร์เซ็นต์ ค. ได้รับน้ำขัง 75 เปอร์เซ็นต์ และ ง. ได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์.....	28
8	ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงมุมใบ (องศา) ของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังต่างกัน คือ ไม่ได้รับน้ำขัง ได้รับน้ำขัง 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์.....	30
9	ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงความสูง เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น และพื้นที่ใบของ ต้นกล้าลองกองหลังได้รับน้ำขังต่างกัน 14 วัน ก. การเปลี่ยนแปลงความสูง ข. เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น ค. พื้นที่ใบ.....	32
10	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของราก ลำต้น ใบ อัตราส่วนรากต่อต้น และปริมาณไนโตรเจน ในใบของต้นกล้าลองกองหลังได้รับน้ำขังต่างกัน 14 วัน ก. น้ำหนักแห้งราก ข. น้ำหนักแห้งลำต้น ค. น้ำหนักแห้งใบ ง. อัตราส่วนรากต่อต้น จ. ปริมาณ ไนโตรเจนในใบ.....	35

รายการภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
11	ภาพตัดขวางลำต้น A : ต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง (x 200) B : ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 4 วัน (x 200) C : ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 6 วัน (x 200) D : ภาพลักษณะภายนอกของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 6 วัน epidermis (ep), cork cambium (cc), cortex (co)	37
12	ภาพตัดขวางใบ A : ต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง (x 400) B : ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 2 วัน (x 400) C : ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 4 วัน (x 400) D : ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 6 วัน (x 400) upper epidermis (ue), palisade cell (pa), spongy cell (sp), lower epidermis (le), air space (as)	38
13	ค่าเฉลี่ยศักย์ของน้ำในใบ (MPa) ของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัว 90 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน	40
14	ค่าเฉลี่ยแรงต้านทานปากใบ (เซนติเมตรต่อวินาที) ของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัว 90 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน	42
15	สีและการเหี่ยวของใบของต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง ได้รับน้ำขัง 1, 2, 4 และ 6 วัน ก. เปรียบเทียบในระยะฟื้นตัวหลังได้รับน้ำขัง 30 วัน ข. 90 วัน	44
16	สีและลักษณะรากของต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง ได้รับน้ำขัง 1, 2, 4 และ 6 วัน เปรียบเทียบในระยะฟื้นตัว 90 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน	46
17	ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงความสูง เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น และพื้นที่ใบใหม่ของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัว 90 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน ก. การเปลี่ยนแปลงความสูง ข. เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น ค. พื้นที่ใบใหม่	48
18	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งราก ลำต้น ใบ อัตราส่วนรากต่อต้น และปริมาณไนโตรเจนในใบของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัว 90 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน ก. น้ำหนักแห้งราก ข. น้ำหนักแห้งลำต้น ค. น้ำหนักแห้งใบ ง. อัตราส่วนรากต่อต้น จ. ปริมาณไนโตรเจนในใบ	50

รายการภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

19 การตอบสนองของต้นกล้าลองกองต่อช่วงน้ำขัง 14 วัน A : ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ B : ศักย์ของน้ำในใบ C : แรงต้านทานปากใบ D : การเปลี่ยนแปลงมุมใบ E : การเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโต ก. การเปลี่ยนแปลงความสูง ข. เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น ค. พื้นที่ใบ F : ก. น้ำหนักแห้งราก ข. น้ำหนักแห้งลำต้น ค. น้ำหนักแห้งใบ ง. อัตราส่วนรากต่อต้น จ. ปริมาณไนโตรเจนในใบ..... 52

20 การตอบสนองของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัว 90 วัน A : ศักย์ของน้ำในใบ B : แรงต้านทานปากใบ C : การเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโต ก. การเปลี่ยนแปลงความสูง ข. เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น ค. พื้นที่ใบ F : ก. น้ำหนักแห้งราก ข. น้ำหนักแห้งลำต้น ค. น้ำหนักแห้งใบ ง. อัตราส่วนรากต่อต้น จ. ปริมาณไนโตรเจนในใบ.... 55

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

ลองกองเป็นไม้ผลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของภาคใต้จากรายงานในปี 2539 พบว่ามีพื้นที่ปลูกทั้งหมด 142,526 ไร่ ในแหล่งปลูกสำคัญคือ จังหวัดนราธิวาส ปัตตานี และยะลา โดยมีปริมาณผลผลิตรวม 1,608.78 ตัน คิดเป็นมูลค่าทั้งสิ้น 77.92 ล้านบาท (ไสว รัตนวงศ์, 2540) เนื่องจากลองกองเป็นไม้ผลที่ทำรายได้สูงจึงทำให้เกษตรกรนิยมปลูกต้นลองกองเพิ่มมากขึ้น แต่ในปัจจุบันการทำลายสภาพแวดล้อมส่งผลให้ฝนไม่ตกตามฤดูกาลและบางครั้งมีปริมาณมากเกินไป ทำให้เกิดน้ำขังสร้างความเสียหายกับพืชปลูกในเขตราบลุ่มหรือริมฝั่งแม่น้ำได้ เนื่องจากสภาพน้ำขังทำให้ออกซิเจนในดินลดน้อยลง (Sojka, 1992) รากพืชจึงต้องเปลี่ยนการหายใจเป็นแบบไม่ใช้ออกซิเจนทำให้เกิดสารบางประเภทที่เป็นพิษกับเซลล์พืช เช่น กรดออกซาลิค กรดมาลิค และกรดแลคติก และพบว่าสภาพน้ำขังทำให้ธาตุอาหารในดินละลายออกมามากกว่าปกติส่งผลให้เกิดก๊าซพิษที่เป็นอันตรายต่อรากพืช ได้แก่ ไนตรัสออกไซด์ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และ คาร์บอนไดออกไซด์ (Tamura *et al.*, 1996) รวมถึงสารพิษที่เกิดจากธาตุต่างๆ ได้แก่ ไนโตรเจน เหล็ก กำมะถัน และตะกั่ว (Kozlowski, 1984) นอกจากนั้นในสภาพน้ำขังพืชจะยับยั้งการสร้างฮอร์โมนออกซิน ไซโตไคนิน และจิบเบอร์เรลลิน ส่งผลให้การเจริญเติบโตทางด้านลำต้นลดลง (Kozlowski, 1984) แต่จะสร้างเอธีลีนทำให้รากพืชเน่า ลำต้นบวมโต ใบเหี่ยวเฉามีสีซีดเหลือง และสร้างกรดแอบซิสิคในใบเพิ่มขึ้นส่งผลให้พืชปิดปากใบทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แพร่เข้าสู่พืชได้น้อย (Davies and Flore, 1986) ส่งผลให้การสังเคราะห์แสงและการสร้างอาหารลดลง (Huang *et al.*, 1994) จากผลกระทบดังกล่าวนับว่าสภาพน้ำขังมีผลสร้างความเสียหายแก่พืชเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะต้นลองกองซึ่งเป็นพืชที่มีระบบรากตื้น (มงคล แซ่หลิม, 2538) และดินที่เหมาะสมกับการปลูกต้นลองกองเป็นดินร่วน อุ้มน้ำได้ดี เมื่อเกิดฝนตกชุกหากไม่สามารถระบายน้ำได้ทันอาจทำให้เกิดสภาพน้ำขังได้ง่ายและเป็นอันตรายต่อการเจริญเติบโตของต้นลองกองได้ ดังนั้นการศึกษาเรื่องนี้ทำให้ทราบถึงการตอบสนองทางสรีรวิทยา สัณฐานวิทยา ลักษณะทางกายวิภาค และการเจริญเติบโตของต้นกล้าลองกองในช่วงน้ำขังเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการแก้ไขให้ต้นลองกองที่ได้รับน้ำขังมีการเจริญเติบโตและฟื้นตัวได้เร็วขึ้น

การตรวจเอกสาร

1. ลักษณะทั่วไปของลองกอง

ลองกองมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Aglaia dookoo* Griff. จัดอยู่ในตระกูล Meliaceae มีแหล่งกำเนิดอยู่ที่หมู่บ้านซีโป อ. ระแงะ จ. นราธิวาส (เต็ม สมิตินันท์, 2523) อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตอยู่ระหว่าง 20 - 30 องศาเซลเซียส (วิมัย สานุวัฒน์, 2533) ต้องการปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 2,500 - 3,000 มิลลิเมตรต่อปี (สวัสดิ์ ยุวชิต, 2515) ลองกองเป็นไม้ผลที่มีลักษณะทางพฤกษศาสตร์คือ ระบบรากเป็นแบบรากแก้ว มีรากแขนงและรากฝอยกระจายหนาแน่นบริเวณผิวหน้าดินลึกประมาณ 0 - 60 เซนติเมตร (มงคล แซ่หลิม, 2538) ลำต้นมีลักษณะกลมตรง เปลือกมีสีเขียวปนน้ำตาล ใบมีสีเขียวเข้มลักษณะยาวรีเป็นรูปไข่ ส่วนก้านใบมีลักษณะแหลมยาวประมาณ 30 เซนติเมตร ดอกมีลักษณะเป็นตุ่มแข็งสีน้ำตาลอมเขียว ส่วนผลมีลักษณะเป็นช่อติดกับก้านช่อ (สุธัญญา จันทร์ทักษิโณภาส และ สุรพงษ์ โกสิยะจินดา, 2530) พันธุ์ของลองกองสามารถแบ่งตามลักษณะผลได้ 2 พันธุ์ คือ พันธุ์หัวป้านและพันธุ์หัวแหลม พันธุ์หัวป้านมีลักษณะผลกลมใหญ่ เปลือกผลหนาเมล็ดลีบ และมีรสหวานถึงหวานอมเปรี้ยว ส่วนพันธุ์หัวแหลมมีลักษณะปลายผลกลมโดยผลมีลักษณะค่อนข้างแหลม เปลือกหนาและไม่ค่อยมียาง นอกจากนั้นสามารถแยกพันธุ์ลองกองตามลักษณะผลได้ 3 พันธุ์ คือ 1. ลองกองธรรมดา มีลักษณะผลคล้ายดูกู มีเมล็ดน้อยหรือแทบไม่มีเลย เปลือกบาง และเนื้อผลแห้ง 2. ลองกองน้ำมีลักษณะคล้ายกับลองกองธรรมดา แต่เนื้อในของผลฉ่ำน้ำ ไม่แห้ง 3. ลองกองกะละแม เป็นลองกองแห้งมีเปลือกค่อนข้างหนา และเนื้อมีรสหวานอมเปรี้ยว

2. การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมของดินต่อสภาพน้ำขัง

เมื่อเกิดสภาพน้ำขังน้ำจะเข้าไปแทนที่ช่องว่างอากาศภายในดินทำให้ลดการแพร่ของออกซิเจนจากบรรยากาศเข้าสู่ดิน (Drew,1983) ซึ่งออกซิเจนมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการหายใจเพื่อใช้เป็นองค์ประกอบในการสลายสารอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์แสงของพืช แต่ในสภาพน้ำขังรากพืชต้องหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนทำให้เกิดสารที่เป็นพิษกับเซลล์พืช (Jiang and Lenz, 1995) นอกจากนั้น Kozlowski (1984) รายงานว่าในสภาพน้ำขังธาตุอาหารในดินจะละลายออกมามากกว่าปกติทำให้เกิดก๊าซพิษที่เป็นอันตรายต่อรากพืช ได้แก่ ไนตรัสออกไซด์ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และสารพิษที่เกิดจากธาตุต่างๆได้แก่ ไนโตรเจน กำมะถัน เหล็ก และตะกั่ว และพบว่าสภาพน้ำขังทำให้เกิดการสลายตัวของสารประกอบไนเตรท โดยกระบวนการดีไนตริฟิเคชั่น (denitrification) ที่เกิดจากการทำงานของแบคทีเรียในดินทำให้สารประกอบไนเตรทที่เป็นประโยชน์ต่อพืชลดลง แต่กลับ

เพิ่มปริมาณก๊าซไนตรัสออกไซด์มากขึ้น ก่อให้เกิดความเสียหายแก่ปลายรากของพืชทำให้การดูดน้ำและธาตุอาหารของพืชลดลง นอกจากนั้น Hunt และคณะ (1981) พบว่าต้นยาสูบที่ได้รับน้ำขังทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลง เช่นเดียวกับ Cannell และคณะ (1985) ที่ได้ศึกษาสภาพน้ำขังในต้นข้าวโอ๊ตพบว่าเมื่อได้รับน้ำขังยาวนานทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลงมากขึ้น

3. การตอบสนองของฮอร์โมนพืชต่อสภาพน้ำขัง

Jackson (1994) รายงานว่าสภาพน้ำขังในต้นมะเขือเทศทำให้ธาตุอาหารละลายออกมามากกว่าปกติและกระตุ้นให้รากเกิดการสังเคราะห์เอธีลีน โดยมีเมทไธโอนีนซึ่งเป็นกรดอะมิโนประเภทหนึ่งเป็นสารตั้งต้นจากนั้นจึงเปลี่ยนให้เป็น S-adenosylmethionine (SAM) และเปลี่ยนเป็น 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) และ เอธีลีน ตามลำดับ (Lin, 1992) จากนั้นจึงเคลื่อนย้ายแพร่กระจายผ่านทางท่อน้ำของพืชทำให้ลำต้นเกิดอาการบวมโต ใบเกิดการเหี่ยวเฉาและลู่ลง โดยพบว่าหลังจากต้นมะเขือเทศได้รับน้ำขัง 3 วัน สามารถวัดปริมาณเอธีลีนและวัดการลู่ลงของใบได้เพิ่มขึ้น นอกจากนั้น Else และคณะ (1996) รายงานว่าเมื่อต้นมะเขือเทศได้รับน้ำขังเป็นเวลานานทำให้ส่วนของรากเน่าตายส่งผลให้ไซโตไคนินลดลง แต่จะสร้างกรดแอบซิสิคในใบเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Jackson (1994) พบว่าหลังจากต้นมะเขือเทศได้รับน้ำขัง 4 วัน สามารถวัดกรดแอบซิสิคในใบได้มากกว่าต้นมะเขือเทศไม่ได้รับน้ำขัง และจากการศึกษาของ Orchard และ Jessop (1984) พบว่าสภาพน้ำขังในต้นข้าวฟ่างและต้นทานตะวันที่ได้รับน้ำขังทำให้การเจริญเติบโตทางด้านลำต้นของพืชลดลง เนื่องจากในสภาพน้ำขังพืชจะยับยั้งการสร้างฮอร์โมนออกซิน ไซโตไคนิน และจิบเบอร์เรลลิน ทำให้การขยายขนาดของเซลล์และการแบ่งเซลล์ลดลง (Kozlowski, 1984)

4. การตอบสนองทางสัณฐานวิทยาและกายวิภาคของพืชต่อสภาพน้ำขัง

Bradford และ Yang (1981) ศึกษาสภาพน้ำขังในต้นมะเขือเทศพบว่าทำให้ใบเหี่ยวเฉาและมีสีซีดเหลืองเนื่องจากรากพืชเกิดการสังเคราะห์เอธีลีน ซึ่ง Bradford และ Hsiao (1982) พบว่าหลังจากต้นมะเขือเทศได้รับน้ำขัง 4 วัน ทำให้ต้นและใบเหี่ยวเฉาเพิ่มมากขึ้น ในส่วนของราก Wenkert และคณะ (1981) รายงานว่าหลังจากต้นข้าวโพดพันธุ์ Landmark 747 ได้รับน้ำขังเป็นเวลา 13 วัน ทำให้รากตายโดยมีลักษณะเปื่อยยุ่ย สอดคล้องกับ Kawai และคณะ (1996) ได้ศึกษาต้นองุ่น 4 พันธุ์ (AXR, St. George, 110 R และ 420 A) ได้รับน้ำขัง 15 วัน พบว่าทำให้รากเน่าเสียและมีสีดำ ในส่วนของการตอบสนองทางกายวิภาค Gomes และ Kozlowski

(1980) รายงานว่าหลังจากต้นกล้า *Fraxinus pennsylvanica* ได้รับน้ำขัง 7 วันทำให้เซลล์บริเวณเปลือกลำต้นที่อยู่เหนือผิวน้ำขังมีการขยายตัว เพื่อแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างภายในและภายนอกลำต้นและสามารถลำเลียงออกซิเจนไปยังรากอีกทางหนึ่ง นอกจากนั้น จรวย แซ่โว้น (2531) พบว่าต้นถั่วเขียวพันธุ์อู่ทอง 1 อู่ทอง 2 และ PSU 424-61 ที่ได้รับน้ำขังทำให้เนื้อเยื่อชั้นคอร์เทคซ์เกิดการขยายตัวเป็นช่องว่างอากาศสามารถติดต่อกับช่องอากาศในเนื้อเยื่อชั้นมีโซฟิลล์ของใบได้

5. การตอบสนองทางสรีรวิทยาของพืชต่อสภาพน้ำขัง

Orchard และคณะ (1986) รายงานว่าหลังจากต้นทานตะวันและต้นข้าวฟ่างได้รับน้ำขังทำให้รากดูดน้ำได้น้อยลงส่งผลให้ศักย์ของน้ำในใบลดลงและทำให้แรงต้านทานปากใบเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ William (1989) พบว่าต้นแอปเปิล (*Malus domestica* Borkh.) ที่ได้รับน้ำขังทำให้แรงต้านทานปากใบเพิ่มขึ้นจากต้นที่ไม่ได้รับน้ำขัง เช่นเดียวกับ Ismail และ Noor (1996) พบว่าหลังจากต้นมะเฟืองพันธุ์ B17 ได้รับน้ำขังเป็นเวลา 5 วัน ทำให้แรงต้านทานปากใบเพิ่มขึ้นและศักย์ของน้ำในใบลดลงในวันที่ 2 ของการทดลอง สอดคล้องกับ Bradford และคณะ (1982) พบว่าหลังจากต้นมะเขือเทศได้รับน้ำขัง 4 วัน ทำให้ศักย์ของน้ำในใบลดลงและชักนำให้เพิ่มแรงต้านทานปากใบ ซึ่ง Tang และ Kozlowski (1982) พบว่าหลังจากต้นกล้า *Platanus occidentalis* ที่ได้รับน้ำขังทำให้ค่าแรงต้านทานปากใบสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องมากกว่าต้นที่ไม่ได้รับน้ำขัง

6. การเจริญเติบโตและการฟื้นตัวของพืชต่อสภาพน้ำขัง

Orchard และ So (1985) พบว่าสภาพน้ำขังในต้นข้าวฟ่างและต้นทานตะวันทำให้พื้นที่ใบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับ Tsukahara และ Kozlowski (1985) ได้ศึกษาสภาพน้ำขังในต้นกล้า *Platanus occidentalis* พบว่าทำให้ขนาดของลำต้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้รับน้ำขัง นอกจากนั้น Gomes และ Kozlowski (1986) พบว่าต้นโกโก้ที่ได้รับน้ำขังทำให้การเจริญเติบโตลดลง ในด้านผลกระทบต่อผลผลิต อภิพรรณ พุกภักดี และคณะ (2531) รายงานว่าต้นถั่วเหลืองที่ปลูกในสภาพน้ำขังทำให้การสร้างน้ำหนักแห้งทั้งหมดต่อต้นลดลง เช่นเดียวกับ Selvaraj และ Karunambal (1995) พบว่าหลังจากต้นถั่วลันเตาได้รับน้ำขัง 6 วัน ทำให้ผลผลิตลดลง 40 - 100 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้น Nawata และคณะ (1991) พบว่าหลังจากต้นถั่วฝักยาวได้รับน้ำขังทำให้จำนวนฝักและจำนวนเมล็ดต่อฝักลดลง

ในการฟื้นตัวของพืชหลังได้รับน้ำขัง Kozlowski (1984) รายงานว่าความสามารถในการฟื้นตัวของพืชภายหลังได้รับน้ำขังขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ สภาพการขังของน้ำ อายุ และขนาดของพืช ดังรายงานของ Gomes และ Kozlowski (1986) ที่ได้ศึกษาการฟื้นตัวทางสรีรวิทยาของต้นกล้าโกโก้พบว่าจะฟื้นตัวในวันที่ 10 หลังพ้นสภาพน้ำขัง ในการจำแนกไม้ผลที่ทนทานต่อสภาพน้ำขัง กวิศก์ วานิชกุล (2539) ได้รายงานไม้ผลที่ทนทานต่อสภาพน้ำขังมากที่สุดได้แก่ มะพร้าวใหญ่ มะกอกน้ำ มะขามเทศ และ ชมพู่ ส่วนไม้ผลที่ทนต่อสภาพน้ำขังระดับหนึ่งได้แก่ มะม่วง มะขาม กระท้อน พุทรา ละมุด สำหรับไม้ผลที่อ่อนแอต่อสภาพน้ำขังได้แก่ มะพร้าวน้ำหอม พืชตระกูลส้ม มะละกอ น้อยหน่า และทุเรียน

สำหรับการแก้ไขสภาวะน้ำขังของพืชที่ได้รับน้ำขัง รวี เสรฐภักดี (2539) และ มนตรี ค้ำชู (2539) ได้รายงานแนวทางการแก้ไขสภาวะน้ำขังคือ การทำคันดินเพื่อไม่ให้น้ำขัง การใช้เครื่องอัดอากาศเพิ่มออกซิเจนแก่น้ำเพื่อให้รากสามารถหายใจ หรือใช้เครื่องยนต์ที่มีกังหันน้ำทำให้เกิดการหมุนเวียนของออกซิเจนที่ละลายในน้ำให้เพิ่มมากขึ้น และการเร่งสูบน้ำออกจากพื้นที่ให้ระดับน้ำลดลงสู่ระดับปกติโดยเร็วที่สุด และหลังจากระดับน้ำลดลงแล้วไม่ควรปฏิบัติงานที่อาจกระทบกระเทือนต่อรากได้ ควรปล่อยให้ดินแห้งสนิท จากนั้นจึงให้ปุ๋ยทางรวมทั้งธาตุอาหารต่างๆ เช่น แมกนีเซียม และสังกะสี หรือใช้สารประกอบคาร์โบไฮเดรตฉีดพ่นให้กับต้นไม้ 2-3 ครั้ง เพื่อให้ฟื้นตัวได้เร็วและสามารถเจริญเติบโตได้ต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยาของต้นกล้าลองกองต่อสภาพน้ำขัง
2. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยา และลักษณะกายวิภาคของต้นกล้าลองกองต่อสภาพน้ำขัง
3. เพื่อศึกษาการฟื้นตัวของต้นกล้าลองกองภายหลังได้รับน้ำขัง

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองทำที่เรือนกระจก คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ระหว่างเดือนมีนาคม 2540 ถึงเดือนมีนาคม 2541

วัสดุและอุปกรณ์

1. วัสดุ

1.1 ต้นกล้าลองกองเพาะเมล็ดพันธุ์ จำนวน 60 ต้น ใช้สำหรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ซึ่งมีอายุ 18, 20 และ 24 เดือน ตามลำดับ

1.2 ถุงพลาสติกสีดำ ขนาด 20 X 30 เซนติเมตร

1.3 ดินผสม

1.4 ตระแกรงกรองดินขนาด 0.5 เซนติเมตร

1.5 กระถางขนาด 25 x 30 เซนติเมตร

1.6 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในใบ ได้แก่

1.6.1 กรดซัลฟูริค (Sulfuric acid)

1.6.2 โซเดียมไธโอซัลเฟต (Sodium thiosulphate)

1.6.3 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide)

1.6.4 กรดบอริค (Boric acid)

1.6.5 น้ำมันก๊าด

1.7 สารเคมีที่ใช้ในการทำสไลด์ถาวรกายวิภาคของเซลล์ ได้แก่

1.7.1 น้ำยา เอฟ. เอ. เอ.

1.7.2 เอธิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์

1.7.3 เอธิลแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์

1.7.4 กรดกลาเซียล อะซิติค

1.7.5 ฟอร์มาลีน

1.7.6 ไซลีน

1.7.7 สีเซฟรานิน

1.7.8 สีฟาสท์กรีน

1.7.9 น้ำยาปิดแผ่นสไลด์

2. อุปกรณ์

2.1 เครื่องวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Oxygen Meter YSI Model 57)

2.2 เครื่องวัดแรงต้านทานปากใบ (Porometer)

2.3 เครื่องวัดศักย์ของน้ำในใบ (Pressure Chamber)

2.4 สมุดเทียบสี The Royal Horticultural Society, London

2.5 เครื่องวัดพื้นที่ใบ (Portable Area Meter AM 100)

2.6 อุปกรณ์วัดมุมใบ (Circular Protractor)

2.7 กล้องจุลทรรศน์ รุ่น IMT2-IB

2.8 เครื่องวัดอุณหภูมิ

2.9 เครื่องตัดเนื้อเยื่อพืช

2.10 เครื่องวัดแสง

2.11 เครื่องอุ่นสไลด์

2.12 เครื่องชั่งไฟฟ้า

2.13 ตู้อบ

2.14 สไลด์และกระจกปิดสไลด์

2.15 เวอเนียร์

2.16 กล้องถ่ายรูป ฟิล์มสี และอุปกรณ์อื่นๆ

วิธีการ

การเตรียมพืชทดลอง

ทำการทดลองในเรือนกระจก คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยคัดเลือกต้นกล้าลองกองจากการขยายพันธุ์โดยวิธีเพาะเมล็ดพันธุ์อายุ 15 เดือน จำนวน 60 ต้น ที่มีการเจริญเติบโตสม่ำเสมอและใกล้เคียงกันมีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 21.10 $\pm$ 1.05 เซนติเมตร และเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ยเท่ากับ 2.03 $\pm$ 0.15 เซนติเมตร ผสมดินปลูกโดยมีอัตราส่วน ดินร่วน 3 ส่วน ดินทราย 1 ส่วน ปุ๋ยคอก 1 ส่วน และแกลบผุ 1 ส่วน โดยปริมาตร (สนั่น ขำเลิศ, 2513) แล้วกรองด้วยตระแกรงขนาด 0.50 เซนติเมตร และวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ได้ 6.65

หลังจากนั้นย้ายปลูกต้นกล้าลองกองลงในถุงพลาสติกสีดำขนาด 20 x 30 เซนติเมตร (ชนิดพับก้นถุงและมีรูระบายน้ำโดยรอบ) โดยปลูกให้ขอบด้านบนของระดับดินในถุงเดิมสูงจากฐานถุงใหม่ 25 เซนติเมตร ทุกต้น จากนั้นวางต้นกล้าลองกองในเรือนกระจกที่พรางแสงด้วยตาข่ายพลาสติกดำ โดยวัดปริมาณแสงได้เท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ (ของปริมาณแสงภายนอกเรือนกระจก) และวัดอุณหภูมิภายในเรือนกระจกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 32.70 องศาเซลเซียส จากนั้นรดน้ำสม่ำเสมอเป็นเวลา 3 เดือน

ศึกษาการตอบสนองของต้นกล้าลองกองต่อช่วงน้ำขังและระยะฟื้นตัว โดยแบ่งเป็น 3 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 การตอบสนองของต้นกล้าลองกองต่อช่วงน้ำขัง 14 วัน โดยให้ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 4 ระดับ คือ ไม่ได้รับน้ำขัง ได้รับน้ำขัง 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลานาน 14 วัน ทำการทดลองระหว่างเดือนมีนาคม 2540 ถึงเดือนกรกฎาคม 2540 การทดลองที่ 2 เป็นการตอบสนองทางกายวิภาคของต้นกล้าลองกอง โดยให้ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังคือ ไม่ได้รับน้ำขัง ได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลานาน 2, 4 และ 6 วัน ทำการทดลองระหว่างเดือนสิงหาคม 2540 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2540 การทดลองที่ 3 เป็นการศึกษาการตอบสนองของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัว โดยให้ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังคือ ไม่ได้รับน้ำขัง ได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลานาน 1, 2, 4 และ 6 วัน หลังจากนั้นยกต้นกล้าลองกองขึ้นจากน้ำ และศึกษาการฟื้นตัวเป็นระยะเวลา 90 วัน หลังพ้นจากสภาพน้ำขัง ทำการทดลองระหว่างเดือนธันวาคม 2540 ถึงเดือนมีนาคม 2541

การทดลองที่ 1 การตอบสนองของต้นกล้าลองกองต่อช่วงน้ำขัง 14 วัน

คัดเลือกต้นกล้าลองกองจากการขยายพันธุ์โดยวิธีเพาะเมล็ดพันธุ์อายุ 18 เดือน จำนวน 20 ต้น ที่มีการเจริญเติบโตสม่ำเสมอและใกล้เคียงกันมากที่สุด มีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 42.00 $\pm$ 1.13 เซนติเมตร และเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ยเท่ากับ 2.12 $\pm$ 0.18 เซนติเมตร ก่อนการทดลองทำการศึกษาความหนาแน่นของรากต้นกล้าลองกอง โดยการสุ่มต้นกล้าลองกองจำนวน 4 ต้น หลังจากนั้นนำถุงพลาสติกของต้นกล้าลองกองออก แล้วแบ่งชั้นดินปลูกเป็น 3 ช่วงระดับ คือ 0 - 12.50, 12.50 - 18.75 และ 18.75 - 25.00 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 9) เพื่อศึกษาปริมาณรากที่ระดับน้ำขัง 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเท่ากับช่วงระดับ 0 - 12.50 เซนติเมตร 0 - 18.75 เซนติเมตร และ 0 - 25.00 เซนติเมตร ตามลำดับ (ภาพผนวกที่ 10.1, 10.2 และ 10.3) จากนั้นแบ่งดินแต่ละช่วงระดับ นำไปล้างรากและอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง

แล้วชั่งหาน้ำหนักแห้งรากด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง บันทึกค่าที่ได้และคำนวณเปอร์เซ็นต์รากแต่ละช่วงระดับ

ศึกษาการตอบสนองของต้นกล้าลองกองในช่วงน้ำขัง 14 วัน โดยนำต้นกล้าลองกองจำนวน 16 ต้น ลงแช่น้ำในกระถางขนาด 25 x 30 เซนติเมตร เป็นเวลา 14 วัน โดยใช้แผนการทดลอง completely randomized design มี 4 ทรีตเมนต์ 4 ซ้ำ ดังนี้คือ

ทรีตเมนต์ที่ 1 ต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง

ทรีตเมนต์ที่ 2 ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 50 เปอร์เซ็นต์ (ระดับน้ำสูง 12.50 เซนติเมตร)

ทรีตเมนต์ที่ 3 ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 75 เปอร์เซ็นต์ (ระดับน้ำสูง 18.75 เซนติเมตร)

ทรีตเมนต์ที่ 4 ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์ (ระดับน้ำสูง 25.00 เซนติเมตร)

โดยมีวิธีการศึกษาและประเมินผลดังนี้คือ

1. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

ศึกษาด้วยเครื่องวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ โดยใช้หัววัดแบบคลาร์ค อิเลคโตรด (clark electrode) มีแผ่นเมมเบรนครอบหัววัดเพื่อแยกส่วนน้ำและออกซิเจน ซึ่งยอมให้ออกซิเจนผ่านเมมเบรนเข้ามาทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเซนเซอร์มากขึ้นด้วย ทำการปรับค่ามาตรฐานก่อนทดลอง จากนั้นจุ่มโพรบวัดลงในน้ำแต่ละกระถางประมาณ 3 นาที จึงอ่านค่าและบันทึกค่าที่วัดได้

2. การตอบสนองทางสรีรวิทยา ได้แก่

2.1 ศักย์ของน้ำในใบ

ศึกษาด้วยเครื่องวัดศักย์ของน้ำในใบ โดยการสุ่มใบลองกองที่มีลักษณะสมบูรณ์ตำแหน่งคู่ที่ 2 จากปลายยอด แล้วตัดใบออกครึ่งหนึ่งให้ติดก้านใบใส่ลงในแท่นอัดความดันแล้วปิดฝาให้แน่น จากนั้นเปิดวาล์วก๊าซไนโตรเจนจากถังผ่านมายังเครื่องวัดจนกระทั่งน้ำในใบพืชถูกดันออกมาจากก้านใบให้บันทึกค่าที่อ่านได้

2.2 แรงต้านทานปากใบ

ศึกษาด้วยเครื่องวัดแรงต้านทานปากใบ ทำการสุ่มใบต้นกล้าลองกองที่มีลักษณะสมบูรณ์ตำแหน่งคู่ที่ 2 จากปลายยอด แล้ววัดค่าแรงต้านทานปากใบก่อนการทดลอง โดยการนำกระดาษกรองที่มีความชื้นใส่ในแผ่นพลาสติกที่มีช่องเล็กๆ 6 ช่อง หลังจากนั้นใช้ปากคีบของเครื่องทาบกับช่องแต่ละขนาด เปิดเครื่องวัดและบันทึกค่าที่วัดได้ช่องละ 10 ซ้ำ นำมาหาความสัมพันธ์ด้วยสมการ Linear regression ได้สูตรคือ

$$Y = 0.003 X - 1.49$$

จากนั้นทำการวัดจริง นำค่าที่อ่านได้ (X) แทนในสูตร จะได้ค่าแรงต้านทานปากใบ (Y)

3. การตอบสนองทางสัณฐานวิทยา

3.1 สีและการเหี่ยวของใบ

ศึกษาสีและการเหี่ยวของใบ ก่อนและหลังการทดลองด้วยสมุดเทียบสี โดยการวางแนบกับใบและสังเกตผ่านช่องเทียบสีให้ใกล้เคียงกับสีใบมากที่สุด จากนั้นบันทึกรหัสสีใบและบันทึกภาพการเหี่ยวของใบ

3.2 สีและลักษณะของราก

ศึกษาด้วยสมุดเทียบสี และบันทึกภาพลักษณะของราก เช่นเดียวกับข้อ 3.1

3.3 การเปลี่ยนแปลงมุมใบ

ศึกษาด้วยอุปกรณ์วัดมุมใบ โดยคัดเลือกใบตำแหน่งคู่ที่ 1 จากปลายยอดต้นละ 4 ใบ ที่ทำมุมประมาณ 50 องศากับพื้นดิน ก่อนวัดมุมใบให้ปรับลูกดิ่งลงสู่พื้นจากนั้นใช้แกนพลาสติกของอุปกรณ์วัดมุมใบทาบกับเส้นกลางใบ แล้วอ่านค่ามุมที่ทำกับเส้นแนวนอน (เส้นสมมุติที่ขนานกับพื้นดิน) บันทึกค่าที่วัดได้ก่อนและหลังการทดลอง (ภาพผนวกที่ 7)

4. การเปลี่ยนแปลงเจริญเติบโต น้ำหนักแห้ง และอัตราส่วนรากต่อต้น

ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงเจริญเติบโตของความสูง เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น และพื้นที่ใบ คำนวณจาก (ค่าการเจริญเติบโตหลังทดลอง - การเจริญเติบโตเริ่มทดลอง)

4.1 ความสูง

โดยทำเครื่องหมายจากผิวดินสูงขึ้นมา 5 เซนติเมตร และใช้ไม้บรรทัดวัดความสูงจนถึงปลายยอด

4.2 เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น

โดยทำเครื่องหมายจากผิวดินสูงขึ้นมา 5 เซนติเมตร และใช้เวอเนียร์วัดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น

4.3 พื้นที่ใบ

ศึกษาด้วยเครื่องวัดพื้นที่ใบโดยการสุ่มใบต้นกล้าลองกองที่มีอายุใบ ความกว้าง และความยาวใบที่ใกล้เคียงกันต้นละ 4 ใบ จากนั้นนำเครื่องวัดพื้นที่ใบไปยังใบต้นกล้าลองกอง และสอดใบในแท่นวัดปิดด้วยฝาคลุมพลาสติกแล้วเปิดเครื่องวัดโดยการลากผ่านใบ บันทึกค่าที่คำนวณได้

4.4 น้ำหนักแห้งของราก ลำต้น ใบ และอัตราส่วนรากต่อต้น

โดยการล้างดินออกจากรากให้สะอาดแล้วแยกส่วนของราก ลำต้น และใบ จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง และชั่งหาน้ำหนักแห้งราก ลำต้น และใบ ด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง สำหรับอัตราส่วนรากต่อต้น คำนวณจากน้ำหนักแห้งของรากต่อน้ำหนักแห้งรวมระหว่างลำต้นและใบ

5. การหาปริมาณไนโตรเจนในใบ ศึกษาโดยวิธี Kjeldahl (Bremer and Mulvaney, 1982) ดังนี้คือ

5.1 การย่อยตัวอย่าง

นำใบต้นกล้าลองกองมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง และบดละเอียด จากนั้นชั่งตัวอย่างจำนวน 0.20 กรัม ใส่ในหลอดทดลองขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วเติมกรดซัลฟูริค และกรดซาลิไซลิค 2.5 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 5 มิลลิลิตร นำไปผสมด้วยเครื่องผสมวางทิ้งไว้ 15 นาที จากนั้นเติมโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.50 กรัม นำไปผสมด้วยเครื่องผสม วางทิ้งไว้อย่างน้อย 2 ชั่วโมง จากนั้นเติมน้ำมันก๊าด 1 - 2 หยด ทำการย่อยจนได้สารละลายใส แล้วปล่อยให้เย็นลงจนเท่ากับอุณหภูมิห้อง จึงเติมน้ำประมาณ 25 มิลลิลิตร แล้วนำไปผสมด้วยเครื่องผสม

5.2 การกลั่นและไตเตรทตัวอย่าง

ใส่หลอดทดลองที่มีสารละลายตัวอย่างเข้าในเครื่องกลั่น โดยตวงสารละลายกรดบอริค 25 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดทดลองขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วนำไปวางใต้ก้านคอนเดนเซอร์โดยให้ก้านจุ่มลงในสารละลาย เพื่อรองรับแอมโมเนียที่ได้จากการกลั่น จากนั้นเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ ลงในหลอดทดลองประมาณ 75 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปกลั่นประมาณ 5 นาที จนสารละลายกรดบอริคเปลี่ยนเป็นสีเขียว จึงทำการไตเตรทสารละลายที่ได้ในหลอดทดลองด้วยกรดซัลฟูริคจนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูบันทึกปริมาณกรดที่ใช้ในการไตเตรท จากนั้นนำมาคำนวณหาปริมาณไนโตรเจนในใบด้วยสูตร

$$\text{ปริมาณไนโตรเจนในใบ} = \frac{\text{ปริมาตรกรดซัลฟูริคที่ไตเตรทสารละลาย (มิลลิลิตร) x ความเข้มข้นกรดซัลฟูริค x 1.40}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

แผนการทดลองและการประเมินผลการทดลอง

ใช้แผนการทดลอง completely randomized design เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยข้อมูลด้วยวิธี Duncan' s multiple range test (Freund *et al.*, 1986) ประเมินผลการทดลองโดยวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ การตอบสนองทางสรีรวิทยา ได้แก่ แรงต้านทานปากใบและศักย์ของน้ำในใบ การตอบสนองทางสัณฐานวิทยาได้แก่ การเปลี่ยนสีและการเหี่ยวของใบ สีรากและลักษณะรากก่อนการทดลอง และวันที่ 2, 4, 6, 8 และ 14 และวัดการเปลี่ยนแปลงความสูง เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น พื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งของราก ลำต้น ใบ อัตราส่วนรากต่อต้น และปริมาณไนโตรเจนในใบในวันที่ 14 ของการทดลอง

การทดลองที่ 2 การตอบสนองทางกายวิภาคของต้นกล้าลองกอง

คัดเลือกต้นกล้าลองกองจากการขยายพันธุ์โดยวิธีเพาะเมล็ดพันธุ์อายุ 20 เดือน ที่มีการเจริญเติบโตสม่ำเสมอและใกล้เคียงกันมากที่สุด อายุ 20 เดือน จำนวน 12 ต้น ความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 62.14 $\pm$ 2.24 เซนติเมตร และเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ยเท่ากับ 2.43 $\pm$ 0.26 เซนติเมตร โดยมี 4 ทรีตเมนต์ 3 ซ้ำ (ซ้ำละ 5 ชิ้นส่วนพืช) โดยนำต้นกล้าลองกองลงแช่น้ำในกระถางขนาด 25 x 30 เซนติเมตร ได้รับน้ำขังรากทั้งหมด (น้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1) ดังนี้คือ

ทรีตเมนต์ที่ 1 ต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง
ทรีตเมนต์ที่ 2 ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 2 วัน
ทรีตเมนต์ที่ 3 ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 4 วัน
ทรีตเมนต์ที่ 4 ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 6 วัน

หลังจากได้รับน้ำขังแล้วยกต้นกล้าลองกองขึ้นจากน้ำ และศึกษาลักษณะของลำต้นและใบลองกองด้วยการทำสไลด์ถาวรเนื้อเยื่อพืชโดยวิธีฝังในพาราฟิน (Johansen, 1940) ดังนี้คือ

1. การเตรียมชิ้นส่วนพืช

ทำการเลือกชิ้นส่วนลำต้นและใบลองกอง โดยใช้ใบมีดที่มีความคมตัดใบลองกองตำแหน่งคู่ที่ 2 จากปลายยอด เป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาด 0.50 x 0.50 เซนติเมตร และตัดส่วนของลำต้นบริเวณสูงจากผิวดิน 5 เซนติเมตร ยาวท่อนละ 0.50 เซนติเมตร จากนั้นนำชิ้นส่วนของใบและลำต้นลงแช่ใน

น้ำยา เอฟ. เอ. เอ. เป็นเวลา 1 เดือน ซึ่งมีส่วนประกอบของ เอธิลแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ 90 มิลลิลิตร กรดกลาเซียล อะซิติค 5 มิลลิลิตร และ ฟอร์มาลีน 5 มิลลิลิตร

2. การดึงน้ำออกจากเซลล์

โดยการแช่ในสารละลายแต่ละขั้นตอนนาน 2 ชั่วโมง ดังนี้

2.1 น้ำ : เอธิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ ในอัตราส่วน 95 : 5

2.2 น้ำ : เอธิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ ในอัตราส่วน 90 : 10

2.3 น้ำ : เอธิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ ในอัตราส่วน 80 : 20

2.4 น้ำ : เอธิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ ในอัตราส่วน 70 : 30

2.5 น้ำ : เอธิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ : บิวทานอล ในอัตราส่วน 50 : 40 : 10

2.6 น้ำ : เอธิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ : บิวทานอล ในอัตราส่วน 30 : 50 : 20 จุ่มแช่นาน 24 ชั่วโมง

2.7 น้ำ : เอธิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ : บิวทานอล ในอัตราส่วน 15 : 50 : 35

2.8 น้ำ : เอธิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ : บิวทานอล ในอัตราส่วน 5 : 40 : 55

2.9 เอธิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ : บิวทานอล ในอัตราส่วน 25 : 75

2.10 สีอิโอซิน และ บิวทานอล ในอัตราส่วน 5 : 100 24 ชั่วโมง

2.11 บิวทานอล

2.12 บิวทานอล : สารละลายพาราฟิน ในอัตราส่วน 50 : 50

3. การฝังเนื้อเยื่อพืชในพาราพลาส การตัดชิ้นส่วนพืช และการติดแผ่นเนื้อเยื่อพืชบนแผ่นสไลด์

นำชิ้นส่วนลำต้นและใบต้นกล้าลองกองที่ผ่านการดึงน้ำออกจากเซลล์แล้ว ไปแช่ในพาราพลาสที่หลอมละลายในตู้อบอุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส และเปลี่ยนพาราพลาสใหม่ทุก 2 ชั่วโมง จำนวน 4 ครั้ง แล้วนำมาเทลงในกระทงอะลูมิเนียมฟอยล์ที่พับเป็นรูปสี่เหลี่ยมและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จึงเอากระทงออก จากนั้นนำพาราพลาสที่แข็งแล้วมาตัดให้เป็นสี่เหลี่ยมขนาด 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร และติดลงบนแป้นพลาสติก เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำชิ้นส่วนพืชที่ฝังในแท่งพาราพราสที่ติดบนแป้นพลาสติกไปตัดด้วยเครื่องตัดเนื้อเยื่อพืชให้มีความหนา 8 - 10 ไมครอน หลังจากนั้นนำแผ่นเนื้อเยื่อของลำต้นและใบมาติดบนแผ่นสไลด์ที่มีน้ำยายึดเนื้อเยื่อพืช และหยดด้วยสารละลาย

ฟอร์มาลีน 3 เปอร์เซ็นต์ แล้ววางไว้บนเครื่องอุ่นสไลด์ให้แห้งที่อุณหภูมิประมาณ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 - 6 วัน

4. การย้อมสี

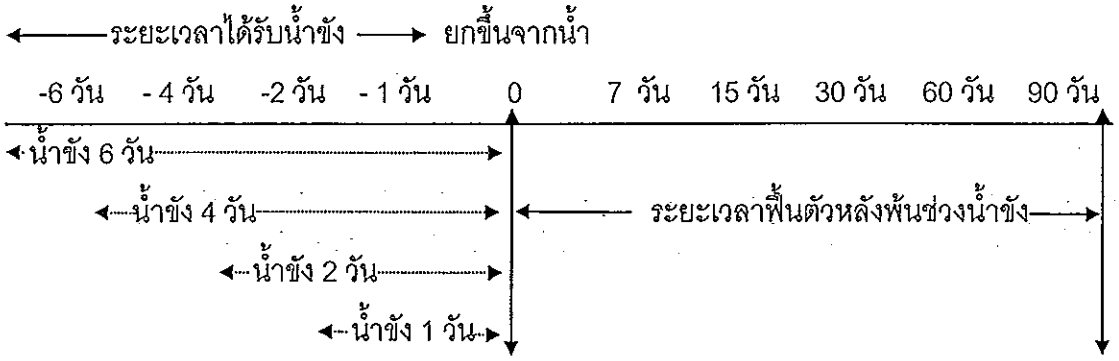
นำสไลด์ที่มีแผ่นเนื้อเยื่อของลำต้นและใบต้นกล้าลองกองที่แห้งแล้วมาย้อมสี โดยการจุ่มแช่ลงในสารละลายตามลำดับ ดังนี้คือ (ขั้นตอนละ 3 นาที) ไซลีน เอธิลแอลกอฮอล์ 100, 95, 70 และ 50 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นนำมาจุ่มแช่ในสีเซฟรานินเป็นเวลา 1 วัน และล้างออกด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง จึงจุ่มแช่ในสารละลายเอธิลแอลกอฮอล์ 50, 95 และ 100 เปอร์เซ็นต์ และโครฟอออยล์ (ขั้นตอนละ 2 นาที) ตามลำดับ จากนั้นจุ่มแช่ลงในสีฟาสท์กรีน 30 วินาที และจุ่มแช่ในโครฟอออยล์ และไซลีน ตามลำดับ และหยดน้ำยาปิดแผ่นสไลด์ลงบนสไลด์ 1 - 2 หยด แล้วปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ ทิ้งไว้ 1 - 2 วัน จากนั้นนำไปบันทึกภาพภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 200 และ 400 เท่า เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงลักษณะของเซลล์ในส่วนภาพตัดขวางของลำต้นและใบ โดยการศึกษาตำแหน่งต่างๆของเซลล์จากหนังสือ Plant Anatomy ของ Fahn (1982)

การทดลองที่ 3 การตอบสนองของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัว

คัดเลือกต้นกล้าลองกองจากการขยายพันธุ์โดยวิธีเพาะเมล็ดพันธุ์อายุ 24 เดือน ที่มีการเจริญเติบโตสม่ำเสมอและใกล้เคียงกันมากที่สุด มีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 82.25 $\pm$ 4.24 เซนติเมตร และเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ยเท่ากับ 3.14 $\pm$ 1.46 เซนติเมตร นำต้นกล้าลองกองลงแช่น้ำในกระถางขนาด 25 x 30 เซนติเมตร ได้รับน้ำขังรากทั้งหมด (น้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1) ใช้แผนการทดลอง completely randomized design โดยมี 5 ทรีตเมนต์ 4 ซ้ำ ดังนี้คือ

ทรีตเมนต์ที่ 1 ต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง
ทรีตเมนต์ที่ 2 ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 1 วัน
ทรีตเมนต์ที่ 3 ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 2 วัน
ทรีตเมนต์ที่ 4 ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 4 วัน
ทรีตเมนต์ที่ 5 ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 6 วัน

หลังจากได้รับน้ำขังแล้วยกต้นกล้าลองกองขึ้นจากน้ำและศึกษาการฟื้นตัวของต้นกล้าลองกองเป็นระยะเวลา 90 วัน หลังพ้นช่วงน้ำขัง (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ระยะเวลาที่ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังและฟื้นตัวหลังได้รับน้ำขัง

การประเมินผลการทดลอง

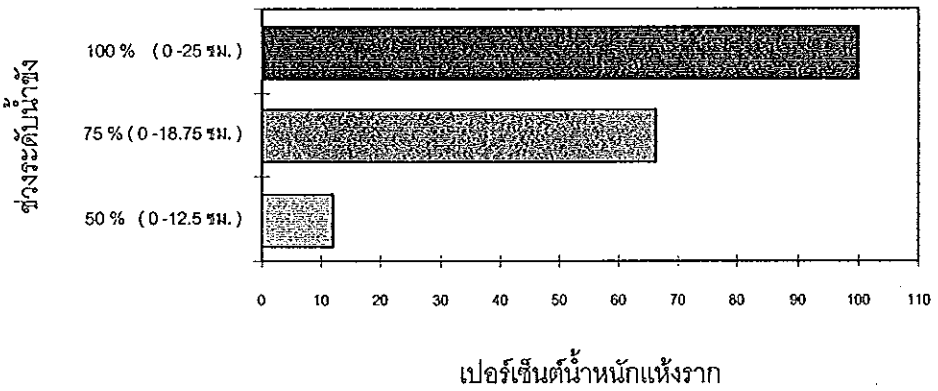
วัดการตอบสนองทางสรีรวิทยา ได้แก่ แรงต้านทานปากใบ และศักย์ของน้ำในใบ ในวันที่ 7, 15, 30, 60 และ 90 หลังพ้นจากช่วงน้ำขัง และวัดการตอบสนองทางสัณฐานวิทยาได้แก่ การเปลี่ยนสีและการเหี่ยวของใบ สีรากและลักษณะราก วัดการเปลี่ยนแปลงเจริญเติบโตของความสูง เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น พื้นที่ใบใหม่ น้ำหนักแห้งของราก ลำต้น ใบ อัตราส่วนรากต่อต้น และปริมาณไนโตรเจนในใบในวันที่ 90 หลังพ้นจากสภาพน้ำขัง เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยข้อมูลด้วยวิธี Duncan' s multiple range test

บทที่ 3

ผล

การทดลองที่ 1 การตอบสนองของต้นกล้าลองกองต่อช่วงน้ำขัง 14 วัน

จากการศึกษาน้ำหนักแห้งรากของต้นกล้าลองกองก่อนการทดลองพบว่า ช่วงระดับดิน 0 - 12.50 เซนติเมตร มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งราก 0.65 ± 0.25 กรัม ช่วงระดับดิน 12.50 - 18.75 เซนติเมตร มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งราก 2.94 ± 0.37 กรัม และช่วงระดับดิน 18.75 - 25.00 เซนติเมตร มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งราก 1.83 ± 0.84 กรัม เมื่อเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์รากพบว่า ช่วงระดับดิน 0 - 12.50 เซนติเมตร มีความหนาแน่นรากเท่ากับ 11.99 เปอร์เซ็นต์ ของรากทั้งหมด ช่วงระดับดิน 12.50 - 18.75 เซนติเมตร มีความหนาแน่นรากเท่ากับ 54.24 เปอร์เซ็นต์ และช่วงระดับดิน 18.75 - 25.00 เซนติเมตร เท่ากับ 33.77 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นเมื่อได้รับระดับน้ำขัง 50 เปอร์เซ็นต์ (0 - 12.50 เซนติเมตร) รากต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังเท่ากับ 11.99 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 2) ระดับน้ำขัง 75 เปอร์เซ็นต์ (0 - 18.75 เซนติเมตร) รากต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังเท่ากับ 66.23 เปอร์เซ็นต์ และ ระดับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์ (0 - 25.00 เซนติเมตร) รากต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังรากทั้งหมด



ภาพที่ 2 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งรากในช่วงระดับน้ำขัง 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์

1. **ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ**

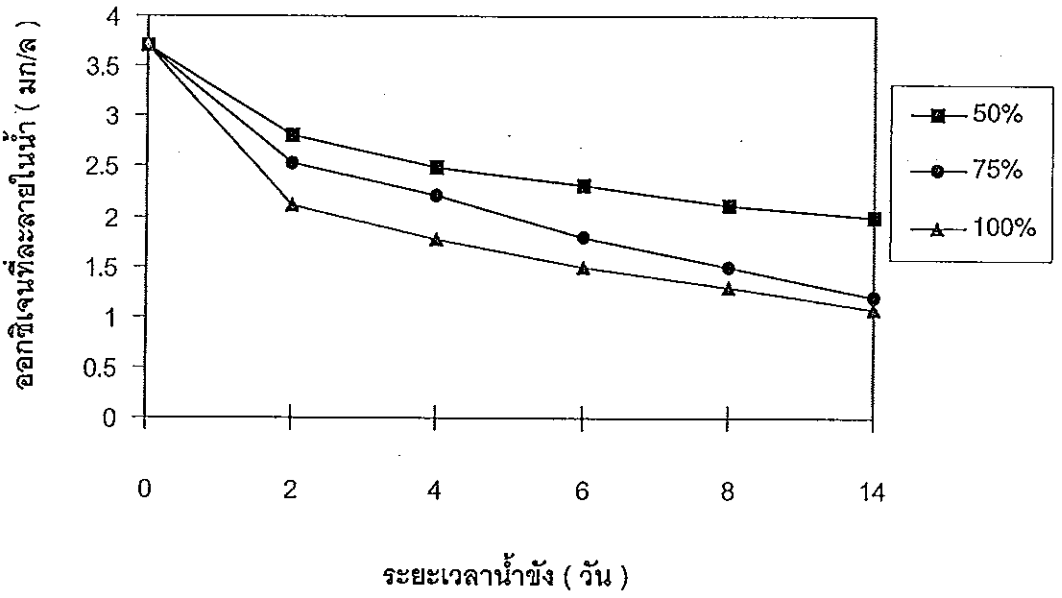
วัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2, 4, 6, 8 และ 14 วัน

ผลการทดลองพบว่า ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำสูงที่สุดในวันที่ 2, 4, 6, 8 และ 14 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.80, 2.50, 2.30, 2.10 และ 2.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 1 และภาพที่ 3) โดยในวันที่ 2 และ 4 ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำไม่แตกต่างทางสถิติกับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยรองลงมาเท่ากับ 2.50 และ 2.20 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 2.10 และ 1.78 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันที่ 6, 8 และ 14 พบว่าต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำต่ำที่สุดเท่ากับ 1.50, 1.30 และ 1.07 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ไม่แตกต่างทางสถิติกับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 75 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.80, 1.50 และ 1.20 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำสูงที่สุด

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังต่างกัน 14 วัน

ทรีตเมนต์	ระยะเวลาน้ำขัง (วัน)				
	2	4	6	8	14
1. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 50 เปอร์เซ็นต์	2.80[a]	2.50[a]	2.30[a]	2.10[a]	2.00[a]
2. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 75 เปอร์เซ็นต์	2.50[a]	2.20[a]	1.80[b]	1.50[b]	1.20[b]
3. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์	2.10[b]	1.78[b]	1.50[b]	1.30[b]	1.07[b]
F – test	**	**	**	**	**
C.V. (เปอร์เซ็นต์)	9.25	11.63	11.87	9.68	6.22

** = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($\alpha = 0.01$) ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแตกต่างกันทางสถิติ จากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan' s multiple range test



ภาพที่ 3 ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังต่างกันคือ 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์

ฝ่ายหอสมุด
คุณหญิงหลง อรรถกระวีสุนทร

2. การตอบสนองทางสรีรวิทยา

2.1 ศักย์ของน้ำในใบ

วัดศักย์ของน้ำในใบของต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง ได้รับน้ำขัง 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2, 4, 6, 8 และ 14 วัน ผลการทดลองพบว่า

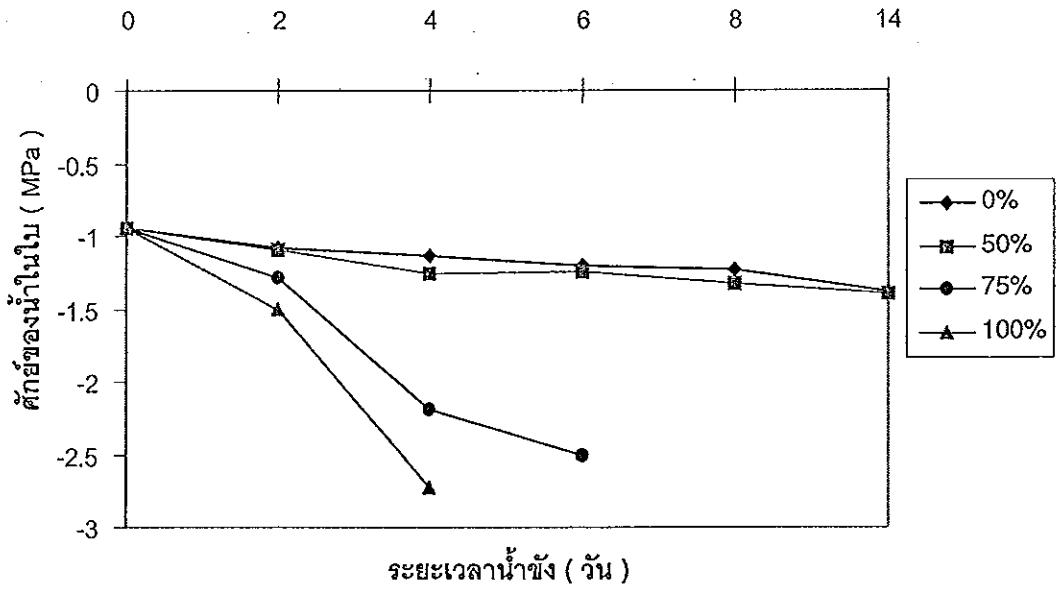
ในวันที่ 2 และ 4 ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยศักย์ของน้ำในใบต่ำที่สุดเท่ากับ -1.50 และ -2.73 MPa ตามลำดับ แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยรองลงมาเท่ากับ -1.28 และ -2.19 MPa ตามลำดับ (ตารางที่ 2 และภาพที่ 4) สำหรับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 50 เปอร์เซ็นต์ และต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขังมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยศักย์ของน้ำในใบสูงกว่าต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 และ 75 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 6 พบว่าต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์ ไม่สามารถวัดค่าได้ ส่วนต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 75 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยศักย์ของน้ำในใบต่ำที่สุดเท่ากับ -2.50 MPa แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 50 เปอร์เซ็นต์ และต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขังมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -1.24 และ -1.20 MPa ตามลำดับ ในวันที่ 8 และ 14 ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขังและต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 50 เปอร์เซ็นต์ สำหรับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 และ 75 เปอร์เซ็นต์ ไม่สามารถวัดค่าศักย์ของน้ำในใบได้เนื่องจากใบแห้งเหี่ยว

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยศักย์ของน้ำในใบ (MPa) ของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังต่างกัน 14 วัน

ทรีตเมนต์	ระยะเวลาน้ำขัง (วัน)				
	2	4	6	8	14
1. ต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง	-1.03^{c}	-1.14^{c}	-1.20^{b}	-1.23	-1.38
2. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 50 เปอร์เซ็นต์	-1.10^{c}	-1.26^{c}	-1.24^{b}	-1.33	-1.40
3. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 75 เปอร์เซ็นต์	-1.28^{b}	-2.19^{b}	-2.50^{a}	-	-
4. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์	-1.50^{a}	-2.73^{a}	-	-	-
F – test	**	**	**	ns	ns
C.V. (เปอร์เซ็นต์)	13.16	11.85	12.89	10.31	8.61

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ** = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($\alpha = 0.01$)

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแตกต่างกันทางสถิติ จากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan' s multiple range test



ภาพที่ 4 ค่าเฉลี่ยศักย์ของน้ำในใบ (MPa) ของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังต่างกันคือ ไม่ได้รับน้ำขัง ได้รับน้ำขัง 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์

2.2 แรงต้านทานปากใบ

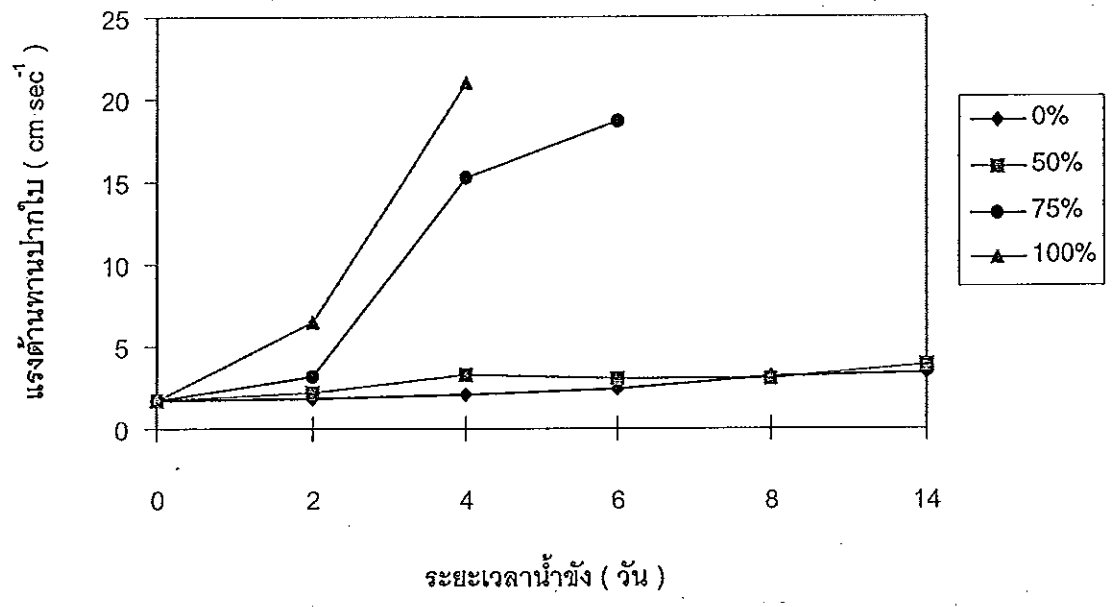
วัดแรงต้านทานปากใบของต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง ได้รับน้ำขัง 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2, 4, 6, 8 และ 14 วัน ผลการทดลองพบว่า

ในวันที่ 2 และ 4 ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 6.41 และ 21.00 เซนติเมตรต่อวินาที (ตารางที่ 3 และภาพที่ 5) แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 75 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยรองลงมาเท่ากับ 3.20 และ 15.20 เซนติเมตรต่อวินาที ตามลำดับ ส่วนต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 50 เปอร์เซ็นต์ และต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขังมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างทางสถิติ ในวันที่ 6 พบว่าต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์ไม่สามารถวัดค่าได้ ส่วนต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 75 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยแรงต้านทานปากใบสูงที่สุดเท่ากับ 18.63 เซนติเมตรต่อวินาที แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 50 เปอร์เซ็นต์ และต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง ในวันที่ 8 และ 14 พบว่าต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 และ 75 เปอร์เซ็นต์ ไม่สามารถวัดค่าได้เนื่องจากใบแห้งเหี่ยว ส่วนต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขังลองกองได้รับน้ำขัง 50 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยแรงต้านทานปากใบ (เซนติเมตรต่อวินาที) ของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังต่างกัน 14 วัน

ทรีตเมนต์	ระยะเวลาน้ำขัง (วัน)				
	2	4	6	8	14
1. ต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง	1.86^{c}	2.10^{c}	2.50^{b}	3.13	3.40
2. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 50 เปอร์เซ็นต์	2.14^{c}	3.33^{c}	3.10^{b}	3.08	3.85
3. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 75 เปอร์เซ็นต์	3.20^{b}	15.20^{b}	18.63^{a}	-	-
4. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์	6.41^{a}	21.0^{a}	-	-	-
F – test	**	**	**	ns	ns
C.V. (เปอร์เซ็นต์)	13.35	17.71	14.04	14.77	14.21

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ** = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($\alpha = 0.01$)
ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแตกต่างกันทางสถิติ จากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan' s multiple range test หมายเหตุ (-) = ไม่สามารถวัดค่าได้



ภาพที่ 5 ค่าเฉลี่ยแรงต้านทานปากใบ (เซนติเมตรต่อวินาที) ของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังต่างกัน คือ ไม่ได้รับน้ำขัง ได้รับน้ำขัง 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์

3. สัณฐานวิทยา

3.1 สีและการเหี่ยวของใบ

พบว่าในวันที่ 4 ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์ เริ่มพบอาการเหี่ยวของใบ โดยในวันที่ 6 ใบจะเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีส้มเทา และพบอาการเหี่ยวม้วนของใบอย่างชัดเจน (ตารางที่ 4 และภาพที่ 6) สำหรับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 75 เปอร์เซ็นต์ เริ่มพบอาการเหี่ยวของใบในวันที่ 6 ในวันที่ 8 และ 14 พบว่าต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 และ 75 เปอร์เซ็นต์ ใบมีสีส้มเทาและพบอาการเหี่ยวของใบอย่างชัดเจน ส่วนต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขังและต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 50 เปอร์เซ็นต์ ใบมีสีเขียวและไม่แสดงอาการใบเหี่ยวตลอดการทดลอง

ตารางที่ 4 สีใบของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังต่างกัน 14 วัน

ทรีตเมนต์	สีใบ*
4 วัน	
1. ต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง	สีเขียว (Green 143 group A)
2. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 50 เปอร์เซ็นต์	สีเขียว (Green 143 group A)
3. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 75 เปอร์เซ็นต์	สีเขียว (Green 143 group A)
4. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์	สีเขียว (Green 143 group A)
6 วัน	
1. ต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง	สีเขียว (Green 143 group A)
2. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 50 เปอร์เซ็นต์	สีเขียว (Green 143 group A)
3. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 75 เปอร์เซ็นต์	สีเขียว (Green 143 group A)
4. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์	สีส้มเทา (Greyed - orange 171 group C)
8 และ 14 วัน	
1. ต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง	สีเขียว (Green 143 group A)
2. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 50 เปอร์เซ็นต์	สีเขียว (Green 143 group A)
3. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 75 เปอร์เซ็นต์	สีส้มเทา (Greyed - orange 171 group C)
4. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์	สีส้มเทา (Greyed - orange 171 group C)

* เทียบจากสมุดเทียบสีของ The Royal Horticultural Society, London

ก.

ข.

ค.

ง.

ภาพที่ 6 การเปลี่ยนสีและการเหี่ยวของใบของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังต่างกันคือ ไม่ได้รับน้ำขัง ได้รับน้ำขัง 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ก. เปรียบเทียบน้ำขัง 4 วัน ข. 6 วัน ค. 8 วัน และ ง. 14 วัน

3.2 สีและลักษณะของราก

พบว่าหลังจากได้รับน้ำขัง 14 วัน รากแก้วของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 และ 75 เปอร์เซ็นต์ มีสีดำและแห้งแข็ง (ตารางที่ 5, 6 และภาพที่ 7) ส่วนรากฝอยมีสีน้ำตาลเทา สำหรับต้นกล้าลองกองน้ำขัง 50 เปอร์เซ็นต์ รากที่แช่น้ำมีลักษณะเช่นเดียวกับน้ำขัง 100 และ 75 เปอร์เซ็นต์ ส่วนรากที่ไม่ได้รับน้ำขังมีลักษณะเช่นเดียวกับต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง โดยรากแก้วและรากฝอยมีสีเหลืองเทา

ตารางที่ 5 สีของรากแก้วต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังต่างกัน 14 วัน

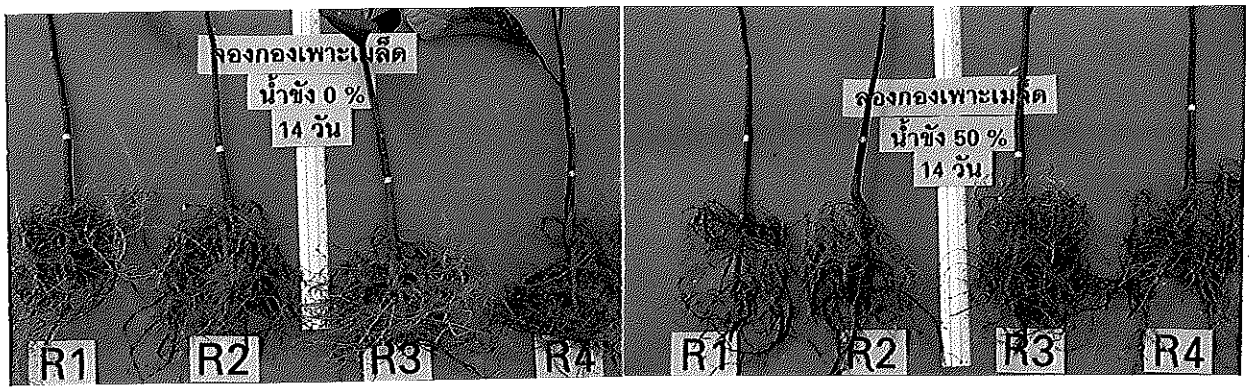
ทรีตเมนต์	สีราก*
1. รากแก้วต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง	สีเหลืองเทา (Greyed - yellow 162 group A)
2. รากแก้วต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 50 เปอร์เซ็นต์	สีเหลืองเทา (Greyed - yellow 162 group A)
3. รากแก้วต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 75 เปอร์เซ็นต์	สีดำ (Black 202 group B)
4. รากแก้วต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์	สีดำ (Black 202 group B)

* เทียบจากสมุดเทียบสีของ The Royal Horticultural Society, London

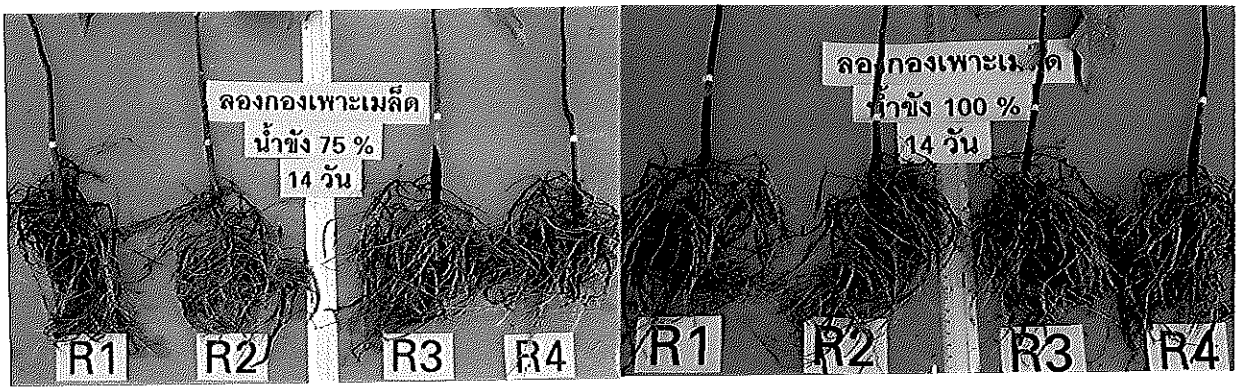
ตารางที่ 6 สีของรากฝอยต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังต่างกัน 14 วัน

ทรีตเมนต์	สีราก*
1. รากฝอยต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง	สีเหลืองเทา (Greyed - yellow 162 group A)
2. รากฝอยต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 50 เปอร์เซ็นต์	สีเหลืองเทา (Greyed - yellow 162 group A)
3. รากฝอยต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 75 เปอร์เซ็นต์	สีน้ำตาลเทา (Greyed - brown 199 group B)
4. รากฝอยต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์	สีน้ำตาลเทาอ่อน (Greyed - brown 199 group D)

* เทียบจากสมุดเทียบสีของ The Royal Horticultural Society, London



ก. ข.



ค. ง.

ภาพที่ 7 สีและลักษณะรากของต้นกล้าลองกองหลังได้รับน้ำขัง 14 วัน คือ ก. ไม่ได้รับน้ำขัง ข. ได้รับน้ำขัง 50 เปอร์เซ็นต์ ค. ได้รับน้ำขัง 75 เปอร์เซ็นต์ และ ง. ได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์

3.3 การเปลี่ยนแปลงมุมใบ

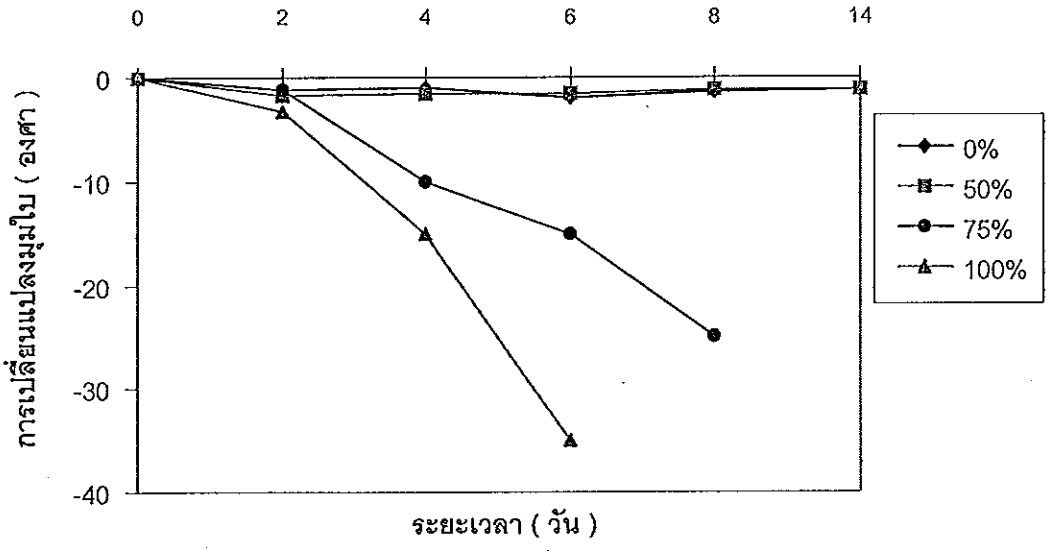
วัดการเปลี่ยนแปลงมุมใบของต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง ได้รับน้ำขัง 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2, 4, 6, 8 และ 14 วัน ผลการทดลองพบว่า

ในวันที่ 2 พบว่าต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์ มีการเปลี่ยนมุมใบสูงที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -3.25 องศา แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับต้นกล้าลองกองน้ำขัง 75, 50 เปอร์เซ็นต์ และ ต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -1.25, -1.75 และ -1.25 องศา ตามลำดับ (ตารางที่ 7 และภาพที่ 8) ในวันที่ 4 และ 6 พบว่าต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์ เปลี่ยนแปลงมุมใบสูงที่สุดเท่ากับ -15 และ -35 องศา ตามลำดับ แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 75 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -10 และ -15 องศา ตามลำดับ ส่วนต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 50 เปอร์เซ็นต์ และต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขังมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างทางสถิติ ในวันที่ 8 พบว่าต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 75 เปอร์เซ็นต์ เปลี่ยนแปลงมุมใบสูงที่สุดเท่ากับ -25 องศา แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 50 เปอร์เซ็นต์ และต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -1.15 และ -1.32 องศา ตามลำดับ ส่วนในวันที่ 14 พบว่าต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 50 เปอร์เซ็นต์ และต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขังมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างทางสถิติ สำหรับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยไม่เปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงมุมใบ (องศา) ของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังต่างกัน 14 วัน

ทรีตเมนต์	ระยะเวลาน้ำขัง (วัน)				
	2	4	6	8	14
1. ต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง	-1.25^{b}	-1.00^{c}	-2.00^{c}	-1.32^{b}	-1.25
2. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 50 เปอร์เซ็นต์	-1.75^{b}	-1.52^{c}	-1.52^{c}	-1.15^{b}	-1.25
3. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 75 เปอร์เซ็นต์	-1.25^{b}	-10.00^{b}	-15.00^{b}	-25.00^{a}	-
4. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์	-3.25^{a}	-15.00^{a}	-35.00^{a}	-	-
F - test	**	**	**	**	ns
C.V. (เปอร์เซ็นต์)	10.91	14.86	12.21	11.57	6.90

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ** = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (α = 0.01)
ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแตกต่างกันทางสถิติ จากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan' s multiple range test หมายเหตุ (-) = ค่าไม่เปลี่ยนแปลง



ภาพที่ 8 ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงมุมใบ (องศา) ของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังต่างกันคือ ไม่ได้รับน้ำขัง ได้รับน้ำขัง 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์

4. การเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโต น้ำหนักแห้ง และ อัตราส่วนรากต่อต้น

จากการศึกษาค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงความสูง เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น และพื้นที่ใบหลังได้รับน้ำขัง 14 วัน พบว่า

4.1 ความสูงที่เพิ่มขึ้น

ต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขังมีค่าเฉลี่ยความสูงที่เพิ่มขึ้นสูงที่สุดเท่ากับ 2.34 เซนติเมตร ไม่แตกต่างทางสถิติกับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.20 เซนติเมตร รองลงมาคือต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 75 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.88 เซนติเมตร ส่วนต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยความสูงที่เพิ่มขึ้นต่ำที่สุดเท่ากับ 0.45 เซนติเมตร (ตารางที่ 8 และภาพที่ 9)

4.2 เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นที่เพิ่มขึ้น

ต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขังมีค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลางที่เพิ่มขึ้นสูงที่สุดเท่ากับ 0.39 เซนติเมตร ไม่แตกต่างทางสถิติกับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.38 เซนติเมตร สำหรับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 75 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.09 เซนติเมตร ไม่แตกต่างทางสถิติกับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลางที่เพิ่มขึ้นต่ำที่สุดเท่ากับ 0.07 เซนติเมตร (ตารางที่ 8 และภาพที่ 9)

4.3 พื้นที่ใบที่เพิ่มขึ้น

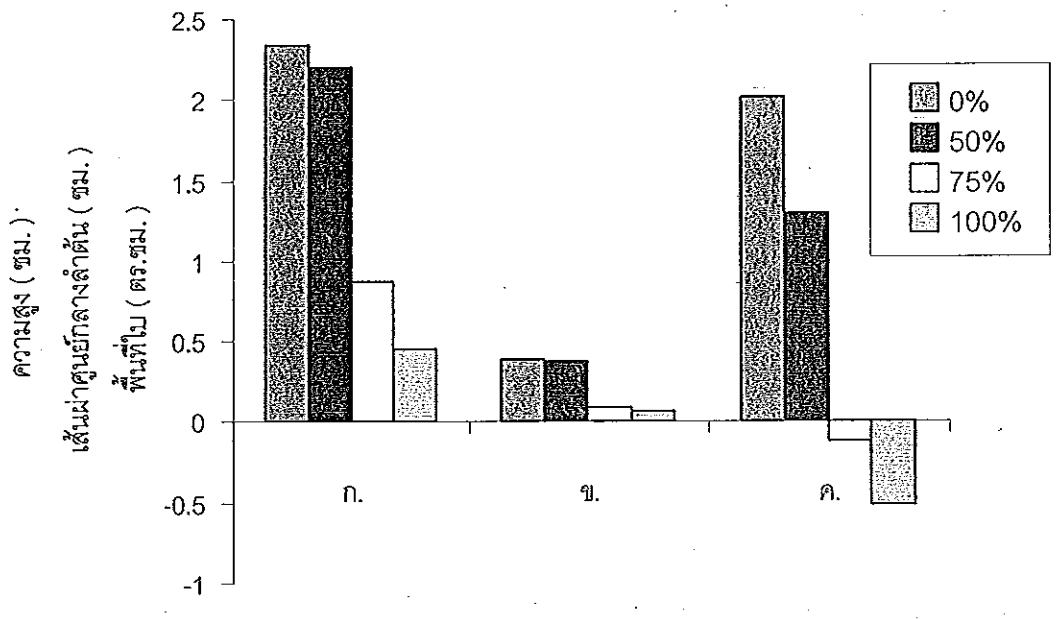
ต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขังมีค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบที่เพิ่มขึ้นสูงที่สุดเท่ากับ 2.01 ตารางเซนติเมตร แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.30 ตารางเซนติเมตร ส่วนต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 75 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -0.12 ตารางเซนติเมตร สำหรับต้นกล้าลองกองน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบที่เพิ่มขึ้นต่ำที่สุดเท่ากับ -0.51 ตารางเซนติเมตร (ตารางที่ 8 และภาพที่ 9)

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงความสูง เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น และพื้นที่ใบของต้นกล้าลองกองหลังได้รับน้ำขังต่างกัน 14 วัน

ทรีตเมนต์	ความสูง (ซม.)	เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น (ซม.)	พื้นที่ใบ (ตร.ซม.)
1. ต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง	2.34[a]	0.39[a]	2.01[a]
2. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 50 เปอร์เซ็นต์	2.20[a]	0.38[a]	1.30[b]
3. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 75 เปอร์เซ็นต์	0.88[b]	0.09[b]	-0.12[c]
4. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์	0.45[c]	0.07[b]	-0.51[d]
F - test	**	**	**
C.V. (เปอร์เซ็นต์)	10.86	12.27	11.41

** = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($\alpha = 0.01$)

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแตกต่างกันทางสถิติ จากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan' s multiple range test



ภาพที่ 9 ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงความสูง เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น และ พื้นที่ใบของต้นกล้าลองกองหลังได้รับน้ำขังต่างกัน 14 วัน ก. การเปลี่ยนแปลงความสูง ข. เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น ค. พื้นที่ใบ

4.4 น้ำหนักแห้งราก ลำต้น ใบ และอัตราส่วนรากต่อต้น

จากการศึกษาค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งราก ลำต้น ใบ และอัตราส่วนรากต่อต้นของต้นกล้าลองกองหลังได้รับน้ำขัง 14 วัน พบว่า

4.4.1 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งราก

ต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขังมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งรากสูงที่สุดเท่ากับ 6.25 กรัม แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับต้นกล้าลองกองน้ำขัง 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยรองลงมาเท่ากับ 5.09 กรัม ส่วนต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 75 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.50 กรัม ไม่แตกต่างทางสถิติกับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งรากต่ำที่สุดเท่ากับ 2.20 กรัม (ตารางที่ 9 และภาพที่ 10)

4.4.2 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งลำต้น

ต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขังมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งลำต้นสูงที่สุดเท่ากับ 6.86 กรัม ไม่แตกต่างทางสถิติกับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.93 กรัม ส่วนต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 75 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.73 กรัม ไม่แตกต่างทางสถิติกับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งลำต้นต่ำที่สุดเท่ากับ 5.53 กรัม (ตารางที่ 9 และภาพที่ 10)

4.4.3 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งใบ

ต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขังมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งใบสูงที่สุดเท่ากับ 9.53 กรัม แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 50 เปอร์เซ็นต์ ที่มีค่าเฉลี่ยรองลงมาเท่ากับ 8.15 กรัม ส่วนต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 75 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.10 กรัม ไม่แตกต่างทางสถิติกับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งใบต่ำที่สุดเท่ากับ 5.01 กรัม (ตารางที่ 9 และภาพที่ 10)

4.4.4 ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนรากต่อต้น

ต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขังมีค่าเฉลี่ยอัตราส่วนรากต่อต้นเท่ากับ 0.38 กรัม ไม่แตกต่างทางสถิติกับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยรองลงมาเท่ากับ 0.33 กรัม รองลงมาคือต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 75 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.23 กรัม ไม่แตกต่างทางสถิติกับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอัตราส่วนรากต่อต้นต่ำที่สุดเท่ากับ 0.20 กรัม (ตารางที่ 9 และภาพที่ 10)

5. ปริมาณไนโตรเจนในใบ

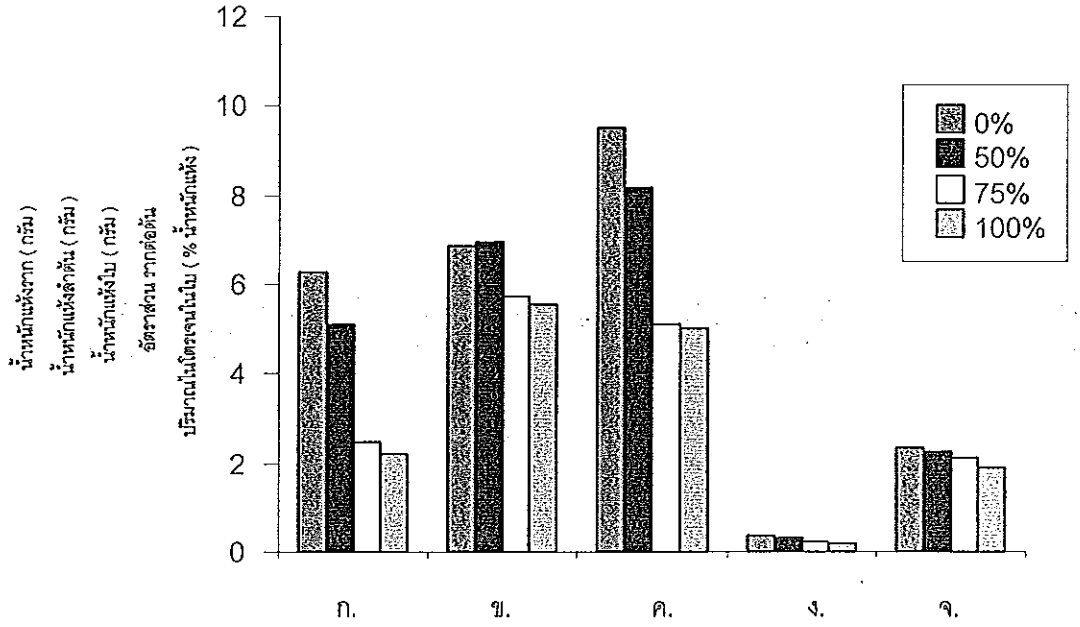
จากการศึกษาพบว่าต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขังมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.36 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างทางสถิติกับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.26 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 75 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.14 เปอร์เซ็นต์ ส่วนต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจนในใบต่ำที่สุดเท่ากับ 1.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 9 และภาพที่ 10)

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งราก ลำต้น ใบ อัตราส่วนรากต่อต้น และปริมาณไนโตรเจนในใบของต้นกล้าลองกองหลังได้รับน้ำขังต่างกัน 14 วัน

ทรีตเมนต์	ราก (กรัม)	ลำต้น (กรัม)	ใบ (กรัม)	อัตราส่วนรากต่อต้น	ปริมาณไนโตรเจนในใบ (%)
1. ต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง	6.25^{a}	6.86^{a}	9.53^{a}	0.38^{a}	2.36^{a}
2. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 50 เปอร์เซ็นต์	5.09^{b}	6.93^{a}	8.15^{b}	0.33^{a}	2.26^{a}
3. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 75 เปอร์เซ็นต์	2.50^{c}	5.73^{b}	5.10^{c}	0.23^{b}	2.14^{ab}
4. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์	2.20^{c}	5.53^{b}	5.01^{c}	0.20^{b}	1.90^{b}
F - test	**	**	**	**	**
C.V. (เปอร์เซ็นต์)	16.51	9.22	8.04	14.15	7.21

** = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($\alpha = 0.01$)

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแตกต่างกันทางสถิติ จากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan' s multiple range test



ภาพที่ 10 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของราก ลำต้น ใบ อัตราส่วนรากต่อต้น และปริมาณไนโตรเจนในใบของต้นกล้าลองกองหลังได้รับน้ำขังต่างกัน 14 วัน ก. น้ำหนักแห้งราก ข. น้ำหนักแห้งลำต้น ค. น้ำหนักแห้งใบ ง. อัตราส่วนรากต่อต้น จ. ปริมาณไนโตรเจนในใบ

การทดลองที่ 2 การตอบสนองทางกายวิภาคของต้นกล้าลองกอง

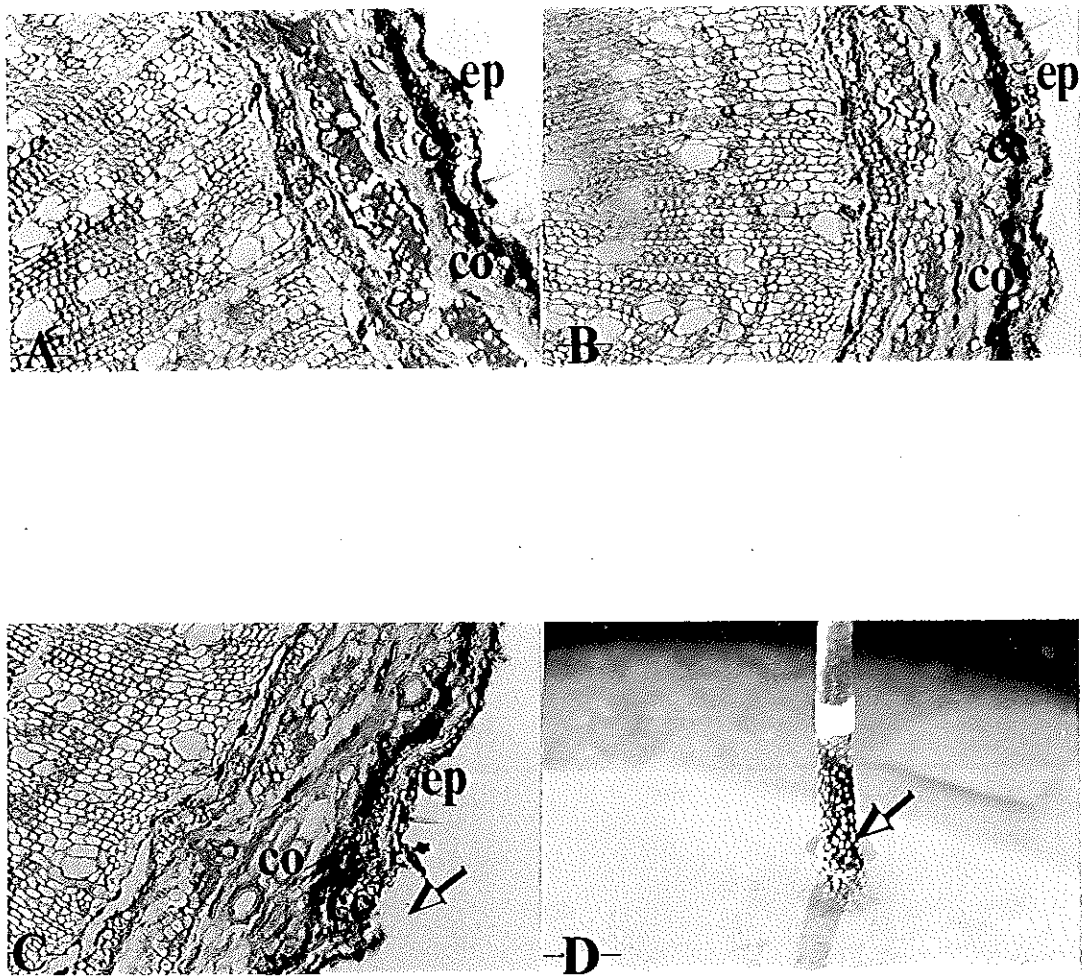
ผลจากการศึกษาการตอบสนองทางกายวิภาคของต้นกล้าลองกองพบว่า

2.1 ลำต้น

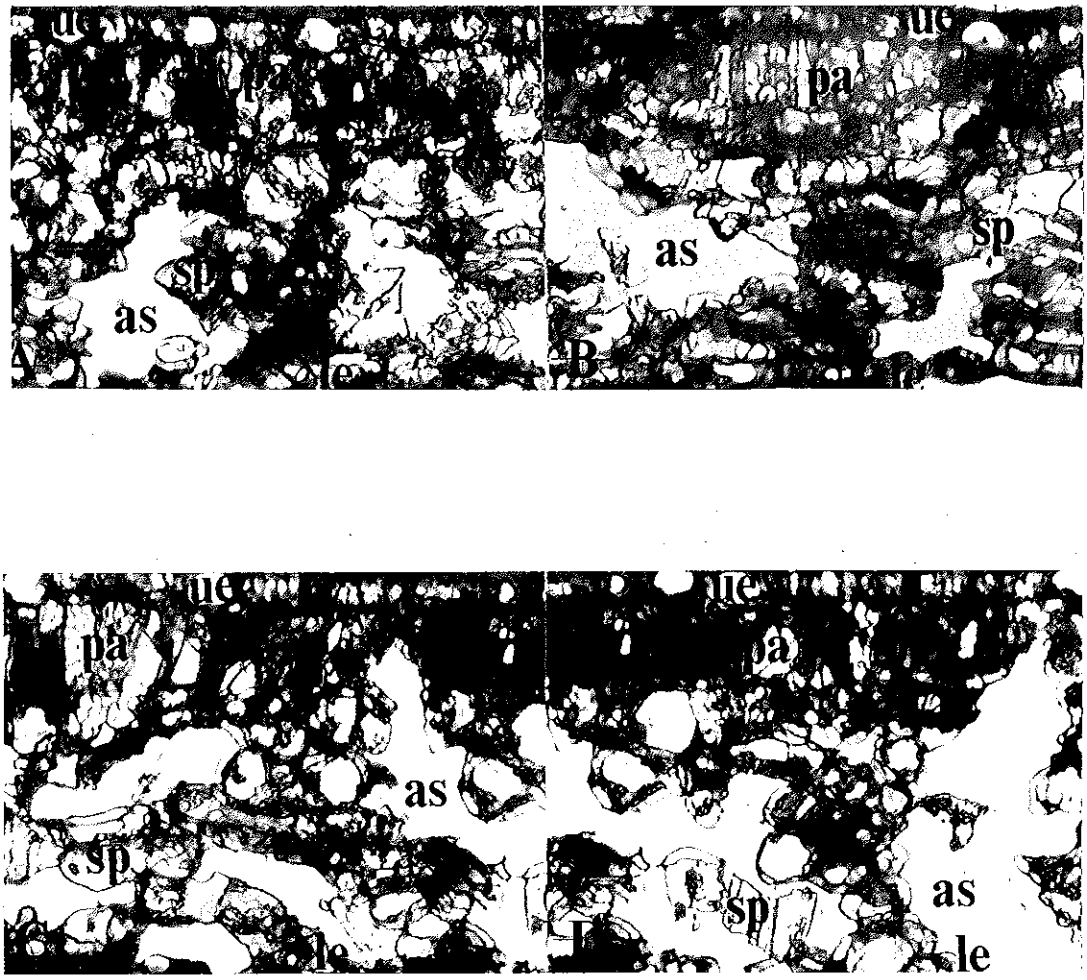
จากการเปรียบเทียบลักษณะภายในลำต้นระหว่างต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขังและต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง พบว่าต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 6 วัน เซลล์บริเวณเปลือกลำต้นมีการขยายตัว (ภาพที่ 11 D) และเมื่อศึกษาลักษณะภายในลำต้นด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 200 เท่า พบว่า เซลล์ชั้นอิพีเดอร์มีส และเซลล์ชั้นคอร์คแคมเบี่ยมเกิดการแยกและขยายตัว เรียกว่า การเกิดเลนติเซล ส่งผลให้เกิดการขยายตัวของช่องว่างอากาศในเนื้อเยื่อชั้นคอร์เทคซ์ (ภาพที่ 11 C) มากกว่าต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขังและต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 4 วัน (ภาพที่ 11 A และ B)

2.2 ใบ

จากการศึกษาลักษณะภายในใบด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า พบการสร้างช่องอากาศภายเนื้อเยื่อชั้นมีโซฟิลล์ซึ่งประกอบด้วยเซลล์ชั้นสปองจีและพาลิเสดของใบมากขึ้นในวันที่ 2, 4 และ 6 หลังได้รับน้ำขัง ตามลำดับ (ภาพที่ 12 B, C และ D) นอกจากนั้นพบว่าเซลล์ชั้นมีโซฟิลล์ของต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขังและต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 2 วัน (ภาพที่ 12 A และ B) มีการจัดเรียงตัวเป็นระเบียบมากกว่าต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 4 และ 6 วัน ตามลำดับ (ภาพที่ 12 C และ D)



ภาพที่ 11 ภาพตัดขวางลำต้น A : ต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง (x 200) B : ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 4 วัน (x 200) C : ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 6 วัน (x 200) D : ภาพลักษณะภายนอกของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 6 วัน epidermis (ep), cork cambium (cc), cortex (co)



ภาพที่ 12 ภาพตัดขวางใบ A : ต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง (x 400) B : ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 2 วัน (x 400) C : ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 4 วัน (x 400) D : ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 6 วัน (x 400) upper epiderrmis (ue), palisade cell (pa), spongy cell (sp), lower epidermis (le), air space (as)

การทดลองที่ 3 การตอบสนองของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัว

ผลจากการศึกษาการตอบสนองของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัวพบว่า

1. การตอบสนองทางสรีรวิทยา

1.1 ศักย์ของน้ำในใบ

ศึกษาศักย์ของน้ำในใบของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัวเป็นเวลา 90 วัน หลังจากได้รับน้ำขังคือ ไม่ได้รับน้ำขัง ได้รับน้ำขัง 1, 2, 4 และ 6 วัน ผลการทดลองพบว่า

หลังพ้นสภาพน้ำขัง ต้นกล้าลองกองน้ำขัง 6 วัน มีค่าเฉลี่ยศักย์ของน้ำในใบต่ำที่สุดเท่ากับ -2.73 MPa แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 4 และ 2 วัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -2.30 และ -1.50 MPa ตามลำดับ (ตารางที่ 10 และภาพที่ 13) ส่วนต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 1 วัน และต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างทางสถิติเท่ากับ -1.10 และ -0.93 MPa ตามลำดับ ในวันที่ 7 และ 15 ภายหลังพ้นสภาพน้ำขัง พบว่าต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 6 วัน ไม่สามารถวัดค่าได้ ส่วนต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 4 วัน มีค่าเฉลี่ยศักย์ของน้ำในใบต่ำที่สุดแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 2 วัน สำหรับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 1 วัน และต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างทางสถิติ ในวันที่ 30 ภายหลังพ้นสภาพน้ำขัง พบว่าต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 6 วัน ไม่สามารถวัดค่าได้ ส่วนต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 4 วัน มีค่าเฉลี่ยศักย์ของน้ำในใบต่ำที่สุดเท่ากับ -1.15 MPa แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับต้นกล้าลองกองทุกสภาพน้ำขังซึ่งมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างทางสถิติ ในวันที่ 60 และ 90 หลังได้รับน้ำขัง ไม่พบความแตกต่างทางสถิติในการวัดค่าศักย์ของน้ำในใบทุกสภาพน้ำขัง

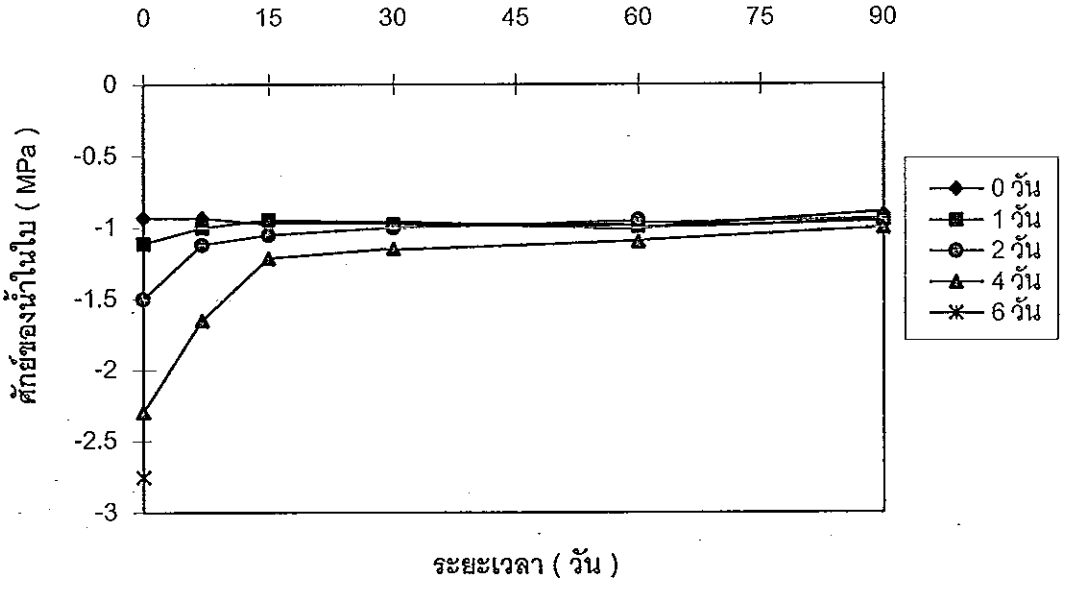
ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยศักย์ของน้ำในใบ (MPa) ของต้นกล้าลองกอง ในระยะฟื้นตัว 90 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน

ทรีตเมนต์	ระยะเวลาหลังได้รับน้ำขัง (วัน)					
	0	7	15	30	60	90
1. ต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง	-0.93^{d}	-0.93^{c}	-0.98^{c}	-0.99^{b}	-0.94	-0.91
2. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 1 วัน	-1.10^{d}	-1.00^{c}	-0.95^{c}	-0.98^{b}	-0.99	-0.95
3. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 2 วัน	-1.50^{c}	-1.12^{b}	-1.05^{b}	-1.00^{b}	-0.95	-0.96
4. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 4 วัน	-2.30^{b}	-1.65^{a}	-1.22^{a}	-1.15^{a}	-1.10	-1.00
5. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 6 วัน	-2.73^{a}	-	-	-	-	-
F - test	**	**	**	*	ns	ns
C.V. (เปอร์เซ็นต์)	9.43	10.87	9.80	8.21	8.74	11.03

* = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$)

** = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($\alpha = 0.01$)

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแตกต่างกันทางสถิติ จากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan' s multiple range test



ภาพที่ 13 ค่าเฉลี่ยศักย์ของน้ำในใบ (MPa) ของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัว 90 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน

1.2 แรงต้านทานปากใบ

ศึกษาแรงต้านทานปากใบของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัวเป็นเวลา 90 วัน หลังจากได้รับน้ำขังคือ ไม่ได้รับน้ำขัง ได้รับน้ำขัง 1, 2, 4 และ 6 วัน ผลการทดลองพบว่า

หลังพ้นสภาพน้ำขัง ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 6 วัน มีค่าเฉลี่ยแรงต้านทานปากใบสูงที่สุดเท่ากับ 18.56 เซนติเมตรต่อวินาที แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับต้นกล้าลองกองน้ำขัง 4 และ 2 วัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.60 และ 6.21 เซนติเมตรต่อวินาที ตามลำดับ (ตารางที่ 11 และภาพที่ 14) ส่วนต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 1 วัน และต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างทางสถิติเท่ากับ 3.25 และ 1.45 เซนติเมตรต่อวินาที ตามลำดับ ในวันที่ 7 และ 15 ภายหลังพ้นสภาพน้ำขัง พบว่าต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 6 วัน ไม่สามารถวัดค่าได้ ส่วนต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 4 วัน มีค่าเฉลี่ยแรงต้านทานปากใบสูงที่สุด แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 2 วัน สำหรับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 1 วัน และต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขังมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างทางสถิติ ในวันที่ 30 ภายหลังพ้นสภาพน้ำขัง พบว่าต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 6 วัน ไม่สามารถวัดค่าได้ ส่วนต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 4 วัน มีค่าเฉลี่ยแรงต้านทานปากใบสูงที่สุด แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับต้นกล้าลองกองทุกสภาพน้ำขัง ในวันที่ 60 และ 90 หลังได้รับน้ำขัง ไม่พบความแตกต่างทางสถิติในการวัดค่าแรงต้านทานปากใบทุกสภาพน้ำขัง

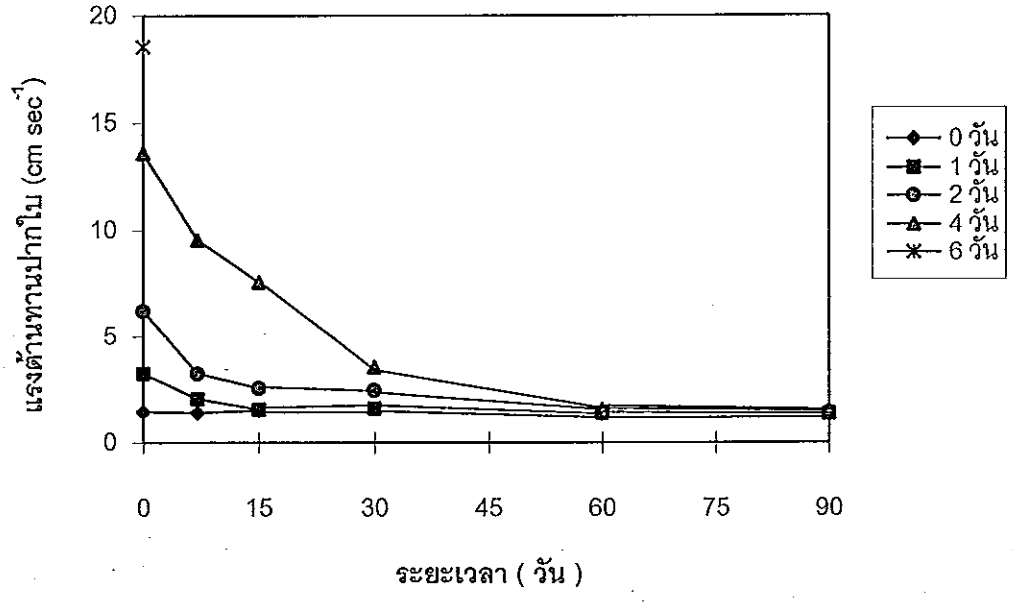
ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยแรงต้านทานปากใบ (เซนติเมตรต่อวินาที) ของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัว 90 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน

ทรีตเมนต์	ระยะเวลาหลังได้รับน้ำขัง (วัน)					
	0	7	15	30	60	90
1. ต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง	1.45^{d}	1.40^{c}	1.50^{c}	1.61^{b}	1.35	1.33
2. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 1 วัน	3.25^{d}	2.05^{c}	1.56^{c}	1.61^{b}	1.38	1.35
3. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 2 วัน	6.21^{c}	3.23^{b}	2.56^{b}	2.45^{b}	1.41	1.42
4. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 4 วัน	13.60^{b}	9.56^{a}	7.56^{a}	3.56^{a}	1.53	1.52
5. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 6 วัน	18.56^{a}	-	-	-	-	-
F - test	**	**	**	*	ns	ns
C.V. (เปอร์เซ็นต์)	10.54	12.61	8.90	8.07	8.84	12.17

* = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$)

** = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($\alpha = 0.01$)

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแตกต่างกันทางสถิติ จากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan' s multiple range test



ภาพที่ 14 ค่าเฉลี่ยแรงต้านทานปากใบ (เซนติเมตรต่อวินาที) ของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัว 90 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน

3. สัณฐานวิทยา

3.1 การเปลี่ยนสีใบ

จากการศึกษาการเปลี่ยนสีใบในระยะฟื้นตัวหลังได้รับน้ำขัง 30 วัน พบว่า ต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง และต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 1 และ 2 วัน ใบมีสีเขียว (ตารางที่ 12 และภาพที่ 15) ส่วนต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 4 วัน ใบมีสีเขียวและสีส้มเทา สำหรับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 6 วัน พบว่าใบมีสีส้มเทา และหลังจากพ้นจากสภาพน้ำขัง 90 วัน พบว่าต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง และต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 1 และ 2 วัน ใบมีสีเขียว ส่วนต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 4 วัน ใบมีสีเขียวและสีส้มเทา สำหรับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 6 วัน ใบมีสีส้มเทา

ตารางที่ 12 สีใบของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัว 30 และ 90 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน

ทรีตเมนต์	สีใบ*
30 วัน	
1. ต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง	สีเขียว (Green 143 group A)
2. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 1 วัน	สีเขียว (Green 143 group A)
3. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 2 วัน	สีเขียว (Green 143 group A)
4. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 4 วัน	สีเขียว (Green 143 group A)
	และ สีส้มเทา (Greyed - orange 171 group A)
5. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 6 วัน	สีส้มเทา (Greyed - orange 171 group A)
90 วัน	
1. ต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง	สีเขียว (Green 143 group A)
2. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 1 วัน	สีเขียว (Green 143 group A)
3. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 2 วัน	สีเขียว (Green 143 group A)
4. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 4 วัน	สีเขียว (Green 143 group A)
	และสีส้มเทา (Greyed - orange 171 group A)
5. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 6 วัน	สีส้มเทา (Greyed - orange 171 group A)

* เทียบจากสมุดเทียบสีของ The Royal Horticultural Society, London

ก.

ข.

ภาพที่ 15 สีและการเหี่ยวของใบของต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง ได้รับน้ำขัง 1, 2, 4 และ 6 วัน ก. เปรียบเทียบในระยะฟื้นตัวหลังได้รับน้ำขัง 30 วัน ข. 90 วัน

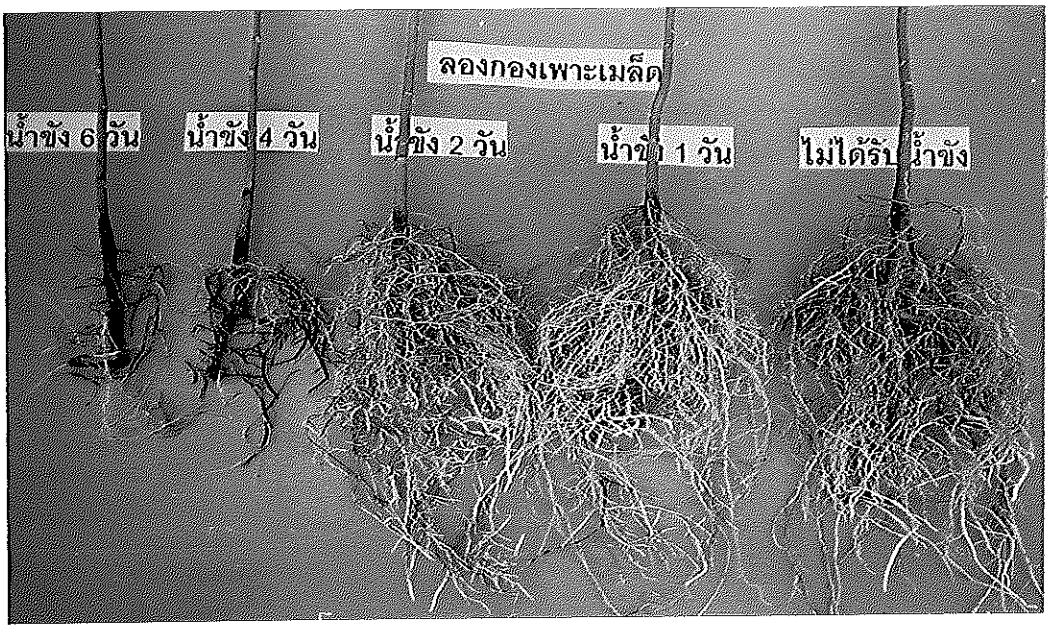
3.2 สีและลักษณะของราก

จากการศึกษาสีของรากในระยะฟื้นตัว 90 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน พบว่าต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง และต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 1, 2 และ 4 วัน รากแก้วและรากฝอยมีสีเหลืองเทา โดยบางส่วนของรากฝอยต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 4 วัน มีสีดำ สำหรับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 6 วัน รากแก้วมีสีดำ และพบว่าบางส่วนของรากฝอยมีสีน้ำตาลเทา (ตารางที่ 13 และภาพที่ 16)

ตารางที่ 13 สีรากของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัว 90 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน

ทรีตเมนต์	สีราก*
1. รากแก้วต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง	สีเหลืองเทา (Greyed - yellow 162 group A)
รากฝอยต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง	สีเหลืองเทา (Greyed - yellow 162 group A)
2. รากแก้วต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 1 วัน	สีเหลืองเทา (Greyed - yellow 162 group A)
รากฝอยต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 1 วัน	สีเหลืองเทา (Greyed - yellow 162 group A)
3. รากแก้วต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 2 วัน	สีเหลืองเทา (Greyed - yellow 162 group A)
รากฝอยต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 2 วัน	สีเหลืองเทา (Greyed - yellow 162 group A)
4. รากแก้วต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 4 วัน	สีเหลืองเทา (Greyed - yellow 162 group A)
รากฝอยต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 4 วัน	สีเหลืองเทา (Greyed - yellow 162 group A) และ บางส่วน มีสีดำ (Black 202 group B)
5. รากแก้วต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 6 วัน	สีดำ (Black 202 Group B)
รากฝอยต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 6 วัน	สีดำ (Black 202 Group B) และบางส่วนมีสีน้ำตาลเทา (Greyed - brown 199 group B)

* เทียบจากสมุดเทียบสีของ The Royal Horticultural Society, London



ภาพที่ 16 สีและลักษณะรากของต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง ได้รับน้ำขัง 1, 2, 4 และ 6 วัน เปรียบเทียบในระยะฟื้นตัว 90 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน

4. การเปลี่ยนแปลงเจริญเติบโต

จากการศึกษาค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงความสูง เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น และพื้นที่ใบใหม่ของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัว 90 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน พบว่า

4.1 ความสูงที่เพิ่มขึ้น

พบว่าต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 1 และ 2 วัน มีค่าเฉลี่ยความสูงที่เพิ่มขึ้นไม่แตกต่างทางสถิติ เท่ากับ 35.25, 34.0 และ 33.75 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 4 วัน มีค่าเฉลี่ยความสูงที่เพิ่มขึ้นต่ำที่สุดเท่ากับ 5.50 เซนติเมตร (ตารางที่ 14 และภาพที่ 17)

4.2 เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นที่เพิ่มขึ้น

พบว่าต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 1 และ 2 วัน มีค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นที่เพิ่มขึ้นไม่แตกต่างทางสถิติ เท่ากับ 0.80, 0.77 และ 0.76 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 4 วัน มีค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นที่เพิ่มขึ้นต่ำที่สุดเท่ากับ 0.08 เซนติเมตร (ตารางที่ 14 และภาพที่ 17)

4.3 พื้นที่ใบใหม่

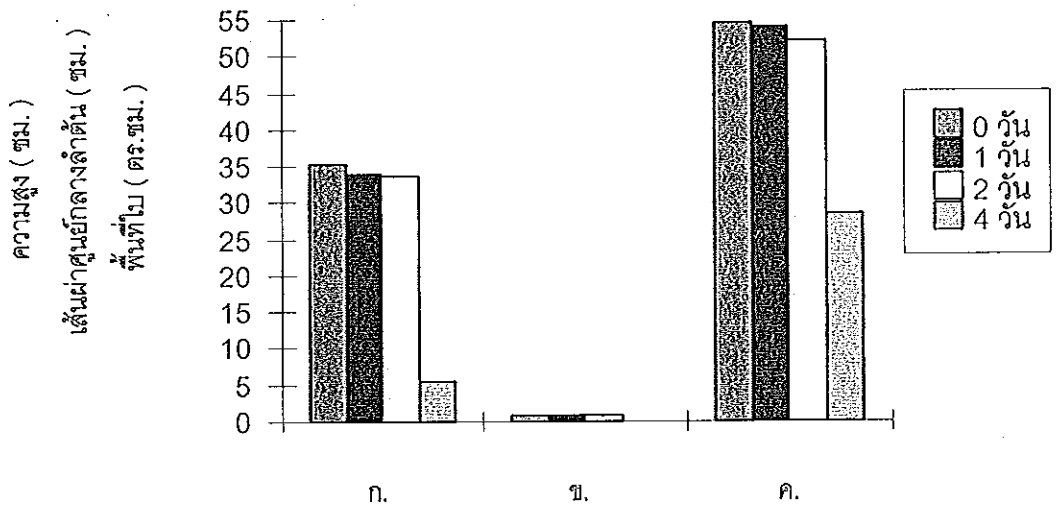
พบว่าต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 1 และ 2 วัน มีค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบใหม่ไม่แตกต่างทางสถิติ เท่ากับ 54.42, 53.94 และ 51.93 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 4 วัน มีค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ใบใหม่ต่ำที่สุดเท่ากับ 28.53 เซนติเมตร (ตารางที่ 14 และภาพที่ 17)

ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงความสูง เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น และ พื้นที่ใบใหม่ของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัว 90 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน

ทรีตเมนต์	ความสูง (ซม.)	เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น (ซม.)	พื้นที่ใบใหม่ (ตร.ซม.)
1. ต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง	35.25[a]	0.80[a]	54.42[a]
2. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 1 วัน	34.00[a]	0.77[a]	53.94[a]
3. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 2 วัน	33.75[a]	0.76[a]	51.93[a]
4. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 4 วัน	5.50[b]	0.08[b]	28.53[b]
F – test	**	**	**
C.V. (เปอร์เซ็นต์)	11.47	11.83	14.70

** = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($\alpha = 0.01$)

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแตกต่างกันทางสถิติ จากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan' s multiple range test



ภาพที่ 17 ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงความสูง เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น และพื้นที่ใบใหม่ในระยะฟื้นตัว 90 วัน ของต้นกล้าลองกองภายหลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน ก. การเปลี่ยนแปลงความสูง ข. เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น ค. พื้นที่ใบใหม่

4.4 น้ำหนักแห้งราก ลำต้น ใบ และอัตราส่วนรากต่อต้น

จากการศึกษาค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งราก ลำต้น ใบ และอัตราส่วนรากต่อต้นของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัว 90 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน พบว่า

4.4.1 น้ำหนักแห้งราก

ต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขังมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งรากสูงที่สุดเท่ากับ 18.21 กรัม ไม่แตกต่างทางสถิติกับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 1 และ 2 วัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.36 และ 17.14 ตามลำดับ ส่วนต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 4 วัน มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งรากต่ำที่สุดเท่ากับ 4.67 กรัม (ตารางที่ 15 และภาพที่ 18)

4.4.2 น้ำหนักแห้งลำต้น

ต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขังมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งลำต้นสูงที่สุดเท่ากับ 35.75 กรัม ไม่แตกต่างทางสถิติกับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 1 และ 2 วัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 34.23 และ 31.62 ตามลำดับ ส่วนต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 4 วัน มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งลำต้นต่ำที่สุดเท่ากับ 25.99 กรัม (ตารางที่ 15 และภาพที่ 18)

4.4.3 น้ำหนักแห้งใบ

พบว่าต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขังมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งใบสูงที่สุดเท่ากับ 32.52 กรัม ไม่แตกต่างทางสถิติกับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 1 และ 2 วัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.20 และ 30.50 ตามลำดับ ส่วนต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 4 วัน มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งใบต่ำที่สุดเท่ากับ 25.99 กรัม (ตารางที่ 15 และภาพที่ 18)

4.4.4 อัตราส่วนรากต่อต้น

พบว่าต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขังมีค่าเฉลี่ยอัตราส่วนรากต่อต้นสูงที่สุดเท่ากับ 0.27 กรัม ไม่แตกต่างทางสถิติกับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 1 และ 2 วัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.27 และ 0.28 ตามลำดับ ส่วนต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 4 วัน มีค่าเฉลี่ยอัตราส่วนรากต่อต้นต่ำที่สุดเท่ากับ 0.14 กรัม (ตารางที่ 15 และภาพที่ 18)

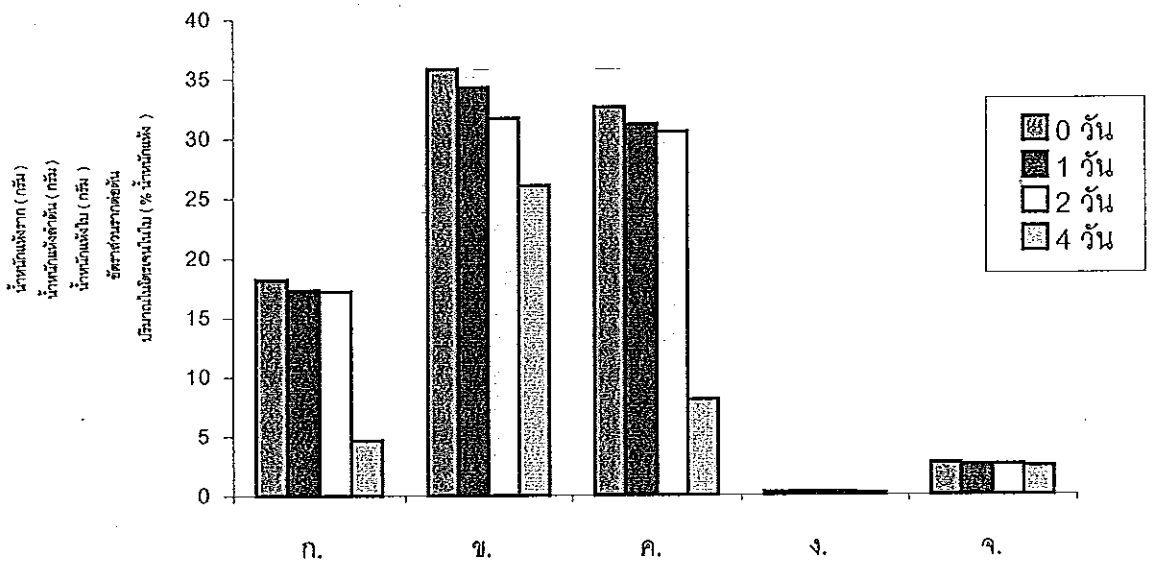
5. ปริมาณไนโตรเจนในใบ

พบว่าต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขังมีค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจนในใบสูงที่สุดเท่ากับ 2.68 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างทางสถิติกับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 1 และ 2 วัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.61 และ 2.52 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 4 วัน มีค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจนในใบต่ำที่สุดเท่ากับ 2.43 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 15 และภาพที่ 18)

ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งราก ลำต้น ใบ อัตราส่วนรากต่อต้น และ ปริมาณไนโตรเจนในใบของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัว 90 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน

ทรีตเมนต์	ราก (กรัม)	ลำต้น (กรัม)	ใบ (กรัม)	อัตราส่วนรากต่อต้น	ปริมาณไนโตรเจนในใบ (%)
1. ต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง	18.21[a]	35.75[a]	32.52[a]	0.27[a]	2.68[a]
2. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 1 วัน	17.36[a]	34.23[a]	31.20[a]	0.27[a]	2.61[a]
3. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 2 วัน	17.14[a]	31.62[a]	30.50[a]	0.28[a]	2.52[a]
4. ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 4 วัน	4.67[c]	25.99[b]	8.06[b]	0.14[b]	2.43[b]
F - test	**	**	**	**	*
C.V. (เปอร์เซ็นต์)	15.17	10.47	11.51	18.20	5.05

* = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$) ** = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($\alpha = 0.01$) ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแตกต่างกันทางสถิติ จากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan' s multiple range test

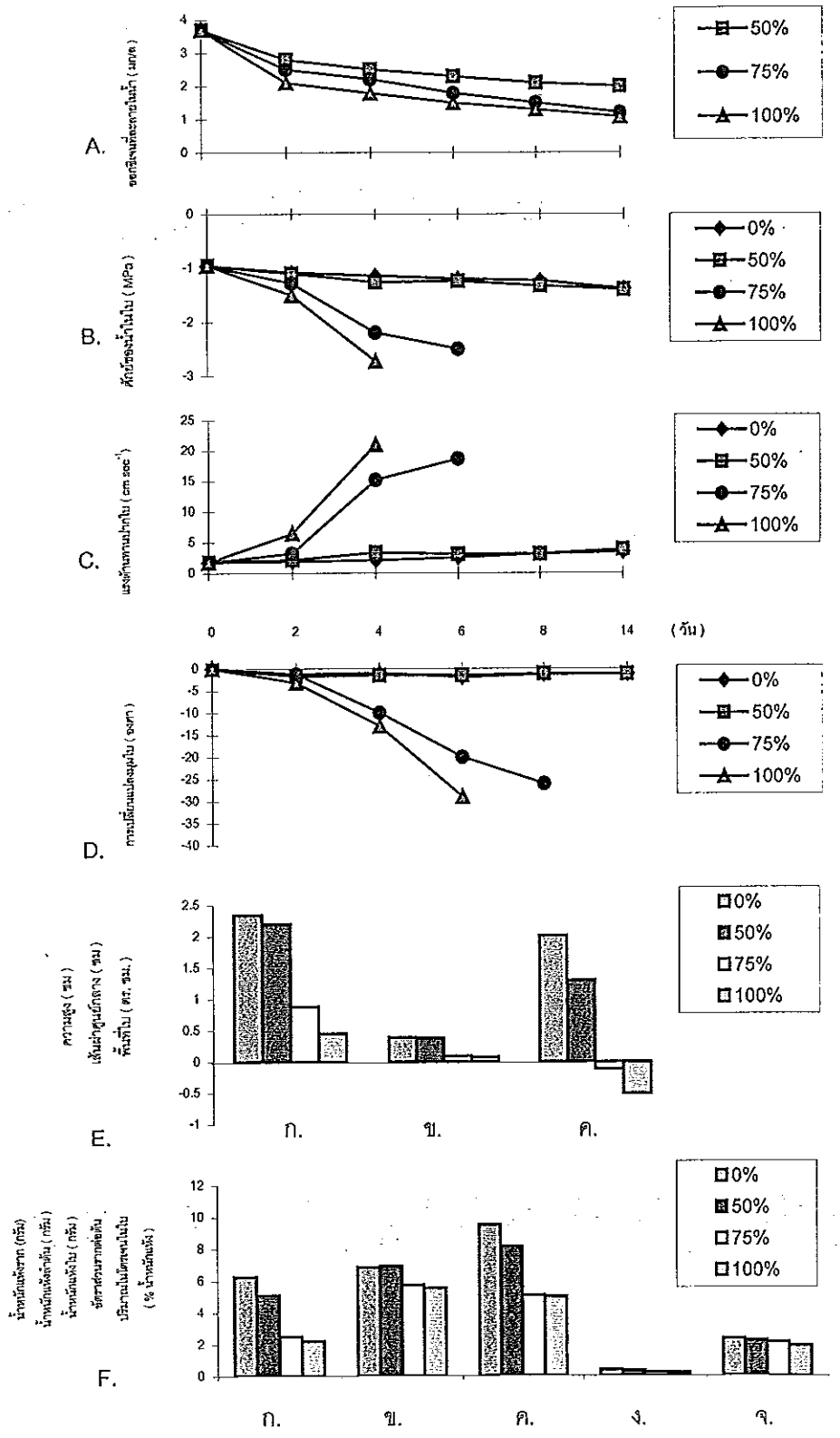


ภาพที่ 18 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งราก ลำต้น ใบ อัตราส่วนรากต่อต้น และ ปริมาณไนโตรเจนในใบของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัว 90 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน ก. น้ำหนักแห้งราก ข. น้ำหนักแห้งลำต้น ค. น้ำหนักแห้งใบ ง. อัตราส่วนรากต่อต้น จ. ปริมาณไนโตรเจนในใบ

บทที่ 4

วิจารณ์

จากการศึกษาการตอบสนองของต้นกล้าลองกองในช่วงน้ำขัง โดยให้ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 4 ระดับ คือ ไม่ได้รับน้ำขัง ได้รับน้ำขัง 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลานาน 14 วัน พบว่า ตลอดการทดลองต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำสูงที่สุด ตรงข้ามกับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 และ 75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลงมากกว่า (ภาพที่ 19 A) จากการศึกษาเปอร์เซ็นต์ของรากต้นกล้าลองกองก่อนการทดลองพบว่า น้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์ ท่วมขังรากของต้นกล้าลองกองทั้งหมด ส่วนน้ำขัง 75 เปอร์เซ็นต์ รากต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังราก 66.23 เปอร์เซ็นต์ และน้ำขัง 50 เปอร์เซ็นต์ รากต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 11.99 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 3) จึงเป็นผลให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์ ลดลงมากที่สุด รองลงมาคือ ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 75 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อได้รับน้ำขังเป็นระยะเวลานานจึงส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำของต้นกล้าลองกองทุกสภาพน้ำขังลดลงมากขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ Hunt และคณะ (1981) พบว่าต้นยาสูบที่ได้รับน้ำขังทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลง เช่นเดียวกับ Cannell และคณะ (1985) ที่ได้ศึกษาสภาพน้ำขังในต้นข้าวโอ๊ตพบว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลงเมื่อได้รับน้ำขังยาวนาน และจากการศึกษาศักย์ของน้ำในใบต้นกล้าลองกองพบว่า ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 4 วัน มีค่าเฉลี่ยศักย์ของน้ำในใบต่ำที่สุดเท่ากับ -2.73 MPa (ภาพที่ 19 B) และวัดแรงต้านทานปากใบได้สูงสุดเท่ากับ 21 เซนติเมตรต่อวินาที (ภาพที่ 19 C) หลังจากนั้นต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์ จะเริ่มแสดงอาการใบเหี่ยว ส่วนต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 75 เปอร์เซ็นต์ เริ่มแสดงอาการใบเหี่ยวในวันที่ 6 สำหรับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 50 เปอร์เซ็นต์ สามารถเจริญอยู่ได้ในสภาพน้ำขังแต่พบแนวโน้มการลดศักย์ของน้ำในใบและเพิ่มแรงต้านทานปากใบ เห็นได้ว่าหากค่าศักย์ของน้ำในพืชลดลงแสดงว่าปริมาณน้ำที่มีอยู่ในต้นพืชเริ่มน้อยลงจะทำให้พืชแสดงอาการใบเหี่ยว (Bradford and Yang, 1981) นอกจากนั้นทำให้ใบของพืชมีสีซีดเหลืองเนื่องจากปริมาณคลอโรฟิลล์และปริมาณไนโตรเจนในใบลดลง (Larson *et al.*, 1992) ดังเช่นการตอบสนองทางสัณฐานวิทยาของต้นกล้าลองกองพบว่าเมื่อได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน ทำให้ใบต้นกล้าลองกองเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีส้มเทา (ภาพที่ 6)



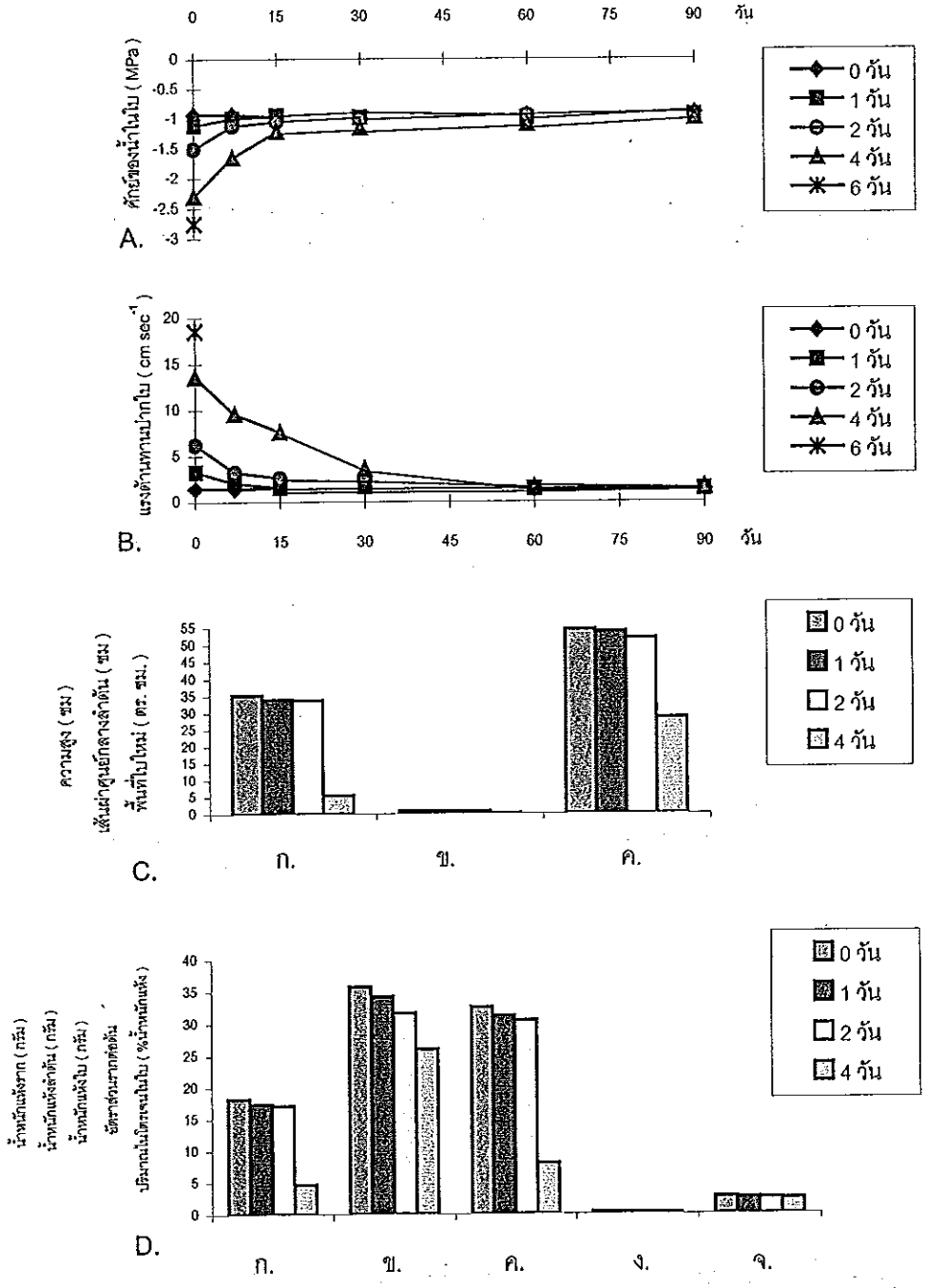
ภาพที่ 19 การตอบสนองของต้นกล้าลองกองต่อช่วงน้ำขัง 14 วัน A : ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ B : ศักย์ของน้ำในใบ C : แรงต้านทานปากใบ D : การเปลี่ยนแปลงมุมใบ E : การเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโต ก. การเปลี่ยนแปลงความสูง ข. เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น ค. พื้นที่ใบ F : ก. น้ำหนักแห้งราก ข. น้ำหนักแห้งลำต้น ค. น้ำหนักแห้งใบ ง. อัตราส่วนรากต่อต้น จ. ปริมาณไนโตรเจนในใบ

สำหรับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 50 เปอร์เซ็นต์ ไม่พบการเปลี่ยนสีใบและไม่แสดงอาการใบเหี่ยวในช่วงน้ำขัง และพบว่าหลังจากได้รับน้ำขัง 14 วัน จะทำให้รากของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 และ 75 เปอร์เซ็นต์ มีลักษณะเน่าเสีย สอดคล้องกับ Wenkert และคณะ (1981) พบว่าหลังจากต้นข้าวโพดได้รับน้ำขัง 13 วัน จะทำให้รากเน่าเสีย เมื่อพิจารณาการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นหลังได้รับน้ำขัง 14 วัน พบว่าต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงความสูง เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นและพื้นที่ใบต่ำที่สุด รองลงมาคือต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 75 และ 50 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 19 E) เนื่องจากในสภาพน้ำขังพืชจะยับยั้งการสร้างฮอร์โมนออกซิน จิบเบอร์เรลลิน และไซโตไคนิน ทำให้การขยายขนาดของเซลล์และการแบ่งเซลล์ลดลง (Kozlowski, 1984) สอดคล้องกับรายงานของ Tsukahara และ Kozlowski (1985) ได้ศึกษาสภาพน้ำขังในต้นกล้า *Platanus occidentalis* พบว่าทำให้อัตราการเจริญของความสูงและขนาดของลำต้นลดลง นอกจากนั้นสภาพน้ำขังทำให้น้ำหนักแห้งของราก ลำต้น ใบ และอัตราส่วนรากต่อต้นของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด รองลงมาคือต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 75 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 19 F) ซึ่งเป็นผลจากการที่พืชสังเคราะห์แสงได้ลดลงในสภาพน้ำขังจึงทำให้การสร้างน้ำหนักแห้งลดลงด้วย (Phung and Knipling, 1976)

ในการทดลองที่ 2 เป็นการตอบสนองทางกายวิภาคของต้นกล้าลองกอง โดยให้ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังคือ ไม่ได้รับขัง ได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2, 4 และ 6 วัน พบว่าต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังเป็นเวลา 6 วัน เกิดการแยกและขยายตัวของเซลล์ชั้นอิพีเดอร์มีสและคอร์คแคมเบี่ยม สำหรับใบพบการสร้างช่องอากาศในเนื้อเยื่อชั้นมีโซฟิลล์ของใบมากขึ้นในวันที่ 2, 4 และ 6 ตามลำดับ ซึ่ง Kawase (1981) รายงานว่าการสร้างช่องอากาศเป็นผลจากการทำงานของเอธีลีนส่งผลให้กลุ่มเนื้อเยื่อชั้นคอร์เทคซ์เกิดการขยายตัว สำหรับการตอบสนองทางกายวิภาคของใบ จรวย แซ่โว้น (2531) รายงานว่าเมื่อพืชได้รับน้ำขังทำให้มีการสร้างช่องอากาศในเนื้อเยื่อชั้นมีโซฟิลล์ของใบ โดยการกระจายตัวของเซลล์ชั้นสปองจีไปรวมกับเซลล์ชั้นพาลิเสด เห็นได้ว่าในสภาพน้ำขังจะสร้างช่องอากาศภายในเซลล์เพื่อสามารถลำเลียงออกซิเจนจากใบไปยังลำต้นและรากเพื่อให้พืชสามารถเจริญในสภาพน้ำขังได้นานที่สุด

สำหรับการทดลองที่ 3 เป็นการศึกษาการตอบสนองของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัว โดยให้ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังคือ ไม่ได้รับน้ำขัง ได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 1, 2, 4 และ 6 วัน และศึกษาการฟื้นตัวเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่าหลังพ้นจากสภาพน้ำขัง ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 6 วัน มีค่าแรงต้านทานปากใบสูงที่สุด และมีค่าศักย์ของน้ำในใบต่ำที่สุด

(ภาพที่ 20 A และ B) หลังจากนั้นไม่สามารถวัดการตอบสนองทางสรีวิทยาได้ต่อไปเนื่องจากใบแห้งเหี่ยว ส่วนต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 4 วัน สามารถฟื้นตัวทางสรีรวิทยาโดยมีค่าแรงต้านปากใบและศักย์ของน้ำในใบไม่แตกต่างทางสถิติกับต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขังในวันที่ 60 หลังพ้นจากสภาพน้ำขัง สำหรับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 2 วัน สามารถฟื้นตัวทางสรีรวิทยาในวันที่ 30 หลังพ้นจากสภาพน้ำขัง ดังรายงานของ Gomes และ Kozlowski (1986) ได้ศึกษาการฟื้นตัวของต้นกล้าโกโก้พบว่าสามารถฟื้นตัวทางสรีรวิทยาได้ในวันที่ 10 หลังพ้นจากสภาพน้ำขัง ซึ่ง Kozlowski (1984) ได้รายงานว่าความสามารถในการฟื้นตัวของพืชภายหลังได้รับน้ำขังขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ความรุนแรงของการได้รับน้ำขัง อายุ และ พันธุ์ของพืช โดยจะแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช ในการตอบสนองทางสัณฐานวิทยาของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัว 90 วัน พบว่าหลังได้รับน้ำขัง 6 วัน ต้นกล้าลองกองแสดงอาการใบเหี่ยวเฉาและเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีส้มเทา โดยตลอดการทดลองไม่สามารถฟื้นตัวได้ สำหรับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 4 วัน ใบเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีส้มเทาและแสดงอาการใบเหี่ยว หลังจากนั้นใบล่างจะร่วงหล่นเหลือเพียงใบในส่วนยอด และเมื่อพ้นสภาพน้ำขัง 60 วัน ต้นกล้าลองกองจะเริ่มฟื้นตัวโดยการแตกใบอ่อนแต่มีลักษณะใบเล็กไม่สมบูรณ์ ซึ่ง Wenkert และคณะ (1981) รายงานว่าในสภาพน้ำขังรากพืชจะดูดน้ำสู่ลำต้นและใบได้น้อยลง ใบจึงเกิดการขาดน้ำทำให้การขยายตัวของใบลดลงและแสดงอาการใบเหี่ยวในเวลาถัดมา นอกจากนั้นสภาพน้ำขังทำให้สารอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์แสงไม่สามารถลำเลียงไปยังส่วนต่างๆของพืชได้ส่งผลให้พืชขาดธาตุอาหาร โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนซึ่งทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบลดลงส่งผลให้พืชแสดงอาการใบเหลืองและเปลี่ยนเป็นสีส้ม นอกจากนั้นในสภาพน้ำขังทำให้เกิดการสะสมเอธีลีนส่งผลให้ผนังเซลล์และมิดเดิลลาเมลลาบริเวณขั้วใบถูกสลายจึงทำให้เซลล์บริเวณขั้วใบแยกตัวออกจากกันใบจึงหลุดร่วงได้ ในส่วนของราก พบว่ารากแก้วและรากฝอยของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 4 วัน รากส่วนใหญ่มีลักษณะเน่าเสียแต่พบว่ามีการสร้างรากฝอยขึ้นมาใหม่ จึงทำให้ต้นกล้าลองกองมีแตกใบอ่อนและสามารถสามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ ส่วนรากของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 1 และ 2 วัน ไม่ได้รับผลกระทบจากสภาพน้ำขังสามารถเจริญเติบโตได้ตามปรกติ (ภาพที่ 16) นอกจากนั้นพบว่าสภาพน้ำขังทำให้การเจริญเติบโตและปริมาณไนโตรเจนในใบของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 4 วัน มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด (ภาพที่ 20 C และ D) ส่วนต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 1 และ 2 วัน ไม่แตกต่างทางสถิติกับต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง



ภาพที่ 20 การตอบสนองของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัว 90 วัน A : ศักย์ของน้ำในใบ B : แรงต้านทานปากใบ C : การเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโต ก. การเปลี่ยนแปลงความสูง ข. เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น ค. พื้นที่ใบ F : ก. น้ำหนักแห้งราก ข. น้ำหนักแห้งลำต้น ค. น้ำหนักแห้งใบ ง. อัตราส่วนรากต่อต้น จ. ปริมาณไนโตรเจนในใบ

จากการศึกษาทำให้ทราบว่าต้นกล้าลองกองเป็นพืชที่ไม่ทนทานต่อสภาพน้ำขัง เนื่องจากเมื่อได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์ ของระบบรากเป็นเวลา 6 วัน ต่อเนื่องกัน ต้นกล้าลองกองจะไม่สามารถฟื้นตัวและเจริญเติบโตได้ ซึ่งตอบสนองทางสรีรวิทยาโดยการเพิ่มแรงต้านทานปากใบและลดศักย์ของน้ำในใบทำให้พืชขาดน้ำและแสดงอาการเหี่ยวเฉาอย่างรุนแรง ส่วนต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 4 และ 2 วัน พบว่าต้นกล้าลองกองเริ่มปรับตัวทางสรีรวิทยาโดยมีค่าศักย์ของน้ำในใบและค่าแรงต้านปากใบไม่แตกต่างทางสถิติกับต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขังในวันที่ 60 และ 30 หลังพ้นจากสภาพน้ำขัง สำหรับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 1 และ 2 วัน พบว่ามีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างทางสถิติกับต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขัง ดังนั้นจึงควรป้องกันไม่ให้ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์ ของระบบรากเกินกว่า 2 วัน เพื่อไม่ให้กระทบต่อสรีรวิทยาและการเจริญเติบโตของต้นกล้าลองกองได้ และควรหลีกเลี่ยงการปลูกต้นกล้าลองกองในพื้นที่ที่มีโอกาสได้รับน้ำขังสูงเพื่อให้การปลูกสร้างสวนลองกองในภาคใต้ประสบความสำเร็จยิ่งขึ้นในอนาคต

บทที่ 5

สรุป

จากการศึกษาการตอบสนองของต้นกล้าลองกองต่อช่วงน้ำขังและระยะฟื้นตัว สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. ในการตอบสนองของต้นกล้าลองกองต่อช่วงน้ำขัง 14 วัน พบว่าต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลงมากที่สุด ส่งผลให้ต้นกล้าลองกองตอบสนองทางสรีรวิทยาโดยการเพิ่มค่าแรงต้านทานปากใบสูงที่สุดและลดศักย์ของน้ำในใบต่ำที่สุด นอกจากนั้นพบว่ามีการเจริญด้านความสูง ขนาดของลำต้น พื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งของราก ลำต้น ใบ อัตราส่วนรากต่อต้น และปริมาณไนโตรเจนในใบต่ำที่สุด รองลงมาคือ ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 75 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

2. ในการตอบสนองของต้นกล้าลองกองทางกายวิภาคพบว่าลักษณะภายในลำต้นของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 วัน ทำให้เกิดการแยกและขยายตัวของเซลล์ชั้นอิพิเดอร์มิสและคอร์คแคมเบี่ยมส่งผลให้เกิดการขยายตัวของช่องว่างอากาศในเนื้อเยื่อชั้นคอร์เทคซ์ และพบว่าลักษณะภายในใบของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 6 วัน มีการขยายตัวของช่องอากาศในเนื้อเยื่อชั้นมีโซฟิลล์ของใบมากขึ้น

3. ในการตอบสนองของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัว โดยให้ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6, 4, 2, 1 วัน พบว่า ต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 6 วัน ไม่สามารถฟื้นตัว ส่วนต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 4 วัน เริ่มฟื้นตัวทางสรีรวิทยาในวันที่ 60 หลังพ้นจากสภาพน้ำขัง โดยมีค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตและปริมาณไนโตรเจนในใบต่ำที่สุด สำหรับต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 2 วัน สามารถฟื้นตัวทางสรีรวิทยาในวันที่ 30 หลังพ้นจากสภาพน้ำขัง และพบว่าต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขัง 1 และ 2 วัน มีค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตและปริมาณไนโตรเจนในใบไม่แตกต่างทางสถิติกับต้นกล้าลองกองไม่ได้รับน้ำขังสามารถเจริญเติบโตต่อไปได้

เอกสารอ้างอิง

กวิศก์ วานิชกุล. 2539. การรวบรวมและใช้ประโยชน์มะม่วงที่อยู่รอดในพื้นที่น้ำท่วม. *ใน* อุทกภัย ผลกระทบต่อสวนไม้ผลและแนวทางแก้ไข. สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ หน้า 47-68, กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จรวย แซ่โว้น. 2531. ผลของระยะเวลาที่น้ำท่วมขังต่อการเจริญเติบโต การพัฒนาลักษณะและผลผลิตของถั่วเขียว. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 173 หน้า.

เต็ม สมิตินันท์. 2523. ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนฟันนี่พับลิชชิ่ง. 379 หน้า.

มงคล แซ่หลิม. 2538. พันธุ์และลักษณะประจำพันธุ์ของพืชสกุลลางสาด. แก่นเกษตร 23 : 59-66.

มนตรี ค้ำชู . 2539. หลักการและแนวคิดในการช่วยชีวิตไม้ผลภายใต้สภาวะน้ำท่วมขังโดยการอัดอากาศที่ราก. *ใน* อุทกภัย ผลกระทบต่อสวนไม้ผลและแนวทางแก้ไข. สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ หน้า 21-46, กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รวี เสรฐภักดี. 2539. ต้นไม้ผลในสภาพถูกน้ำท่วมขังและแนวทางแก้ไข. *ใน* อุทกภัย ผลกระทบต่อสวนไม้ผลและแนวทางแก้ไข. สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ หน้า 9-20, กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิมัย สานุวัฒน์. 2533. ลองกอง. ว. ข่าวสารเกษตรศาสตร์ 33 : 46 - 72.

สวัสดิ์ ยุวชิต. 2515. ลอก็อง. ว. กสิกร 45 : 89 - 91.

สนั่น ขำเลิศ. 2513. หลักการขยายพันธุ์พืช. กรุงเทพฯ : ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 373 หน้า.

สุธัญญา จันทร์ทักษิโณภาส และ สุรพงษ์ โกสิยะจินดา. 2530. การเจริญเติบโตของผลลองกอง. ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย.) 21 : 142 - 150.

ไสว รัตนวงศ์. 2540. การปลูกลองกอง. สงขลา : โรงพิมพ์เทมการพิมพ์. 132 หน้า.

อภิพรรณ พุกภักดี โกวิท ธีรวิโรจน์ ไสว พงษ์เก่า และ โรเบริ์ต ลอน. 2531. การตอบสนองของถั่วเหลืองต่อสภาพดินอิ่มตัวด้วยน้ำ. ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย.) 22 : 83 - 93.

Bremer, J.M. and C.S. Mulvaney. 1982. Nitrogen-Total. *In* Methods of Soil Analysis. (eds. Page, A.L., R.H. Miller and D.R. Keeney) pp. 595 - 624, New York : Academic Press.

Bradford, K.J. and S.F. Yang. 1981. Physiological responses of plants to waterlogging. HortScience 16 : 25 - 29.

Bradford, K.J. and T.C. Hsiao. 1982. Stomatal behavior and water relations of waterlogged tomato plants. Plant Physiology 70 : 1508 - 1513.

Bradford, K.J., T.C. Hsiao and S. F. Yang. 1982. Inhibition of ethylene synthesis in tomato plants subjected to anaerobic root stress. Plant Physiology 70 : 1503 - 1507.

Cannell, R.Q., R.K. Belford, P.S. Blackwell, G. Govi and R.J. Thomson. 1985. Effects of waterlogging on soil aeration and on root and shoot growth and yield of winter oats (*Avena sativa* L.). Plant and Soil 85 : 361 - 373.

Davies, F.S. and J.A. Flore. 1986. Short - term flooding effects on gas exchange and quantum yield of Rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei* Reade). Plant Physiology 81 : 289 - 292.

Drew, M.C. 1983. Plant injury and adaptation to oxygen deficiency in the root environment. Plant and Soil 75 : 179 - 199.

Else, M.A., A.E. Tiekstra, S.J. Croker, W.J. Davies and M.B. Jackson. 1996. Stomatal closure in flooded tomato plants involves abscisic acid and a chemically unidentified anti - transpirant in xylem sap. Plant Physiology 112 : 239 - 247.

Fahn. A. 1982. Plant Anatomy. New York : Pergamon Press. 544 pp.

Freund, R.J., R.C. Littel and P.C. Spector. 1986. SAS System for Linear Models. Cary, NC : SAS Institute Inc. 1082 pp.

Gomes, A.R.S. and T.T. Kozlowski. 1980. Growth responses and adaptations of *Fraxinus pennsylvanica* seedlings to flooding. Plant Physiology 66 : 267 - 271.

Gomes, A.R.S. and T.T. Kozlowski. 1986. The effects of flooding on water relations and growth of *Theobroma cacao* var. *catongo* seedlings. Journal of Horticultural Science 61 : 265 - 276.

Huang, B., J.W. Johnson, S. Nesmith and D.C. Bridged. 1994. Growth, physiological and anatomical responses of two wheat genotypes to waterlogging and nutrient supply. Journal of Experimental Botany 45 : 193 - 202.

Hunt, P.G., R.B. Campbell, R.E. Sojka and J.E. Parsons. 1981. Flooding - induced soil and plant ethylene accumulation and water status response of field -grown tobacco. Plant and Soil 59 : 427 - 439.

Ismail, M.R. and K.M. Noor. 1996. Growth and physiological processes of young starfruit (*Averrhoa carambola* L.) plants under soil flooding. Scientia Horticulturae 65 : 229 - 238.

Jackson, M.B. 1994. Root-to-shoot communication in flooded plant : involvement of abscisic acid, ethylene and 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid. Agronomy Journal 86 : 775 - 781.

Jiang, M. and F. Lenz. 1995. How does waterlogging affect CO_2 gas exchange and water consumption of strawberries? Erwerbsobstbau 37 : 171 - 174.

Johansen, D.A. 1940. Plant Microtechnique. New York : McGraw - Hill. 523 pp.

Kawai, Y., J. Benz and W.M. Kliewer.1996. Effect of flooding on shoot and root growth of rooted cuttings of four grape rootstocks. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science 65 : 455 - 461.

Kawase, M. 1981. Anatomical and morphological adaptation of plants to waterlogging. HortScience 16 : 30 - 34.

Kozlowski, T.T. 1984. Flooding and Plant Growth. New York : Academic Press. 355 pp.

Larson, K., D. Bruce, B. Schaffer, F.S. Darvies and C.A. Sanchez. 1992. Flooding, mineral nutrition and gas exchange of mango trees. Scientia Horticulturae 52 : 113 - 124.

Lin, C. H. 1992. Physiological adaptation of waxapple to waterlogging. Plant Cell and Environment 15 : 321 - 328.

Nawata, E., S. Yoshinaga and S. Shigenaga. 1991. Effects of waterlogging duration on the growth and yield of yard long bean (*Vigna sinensis* var. *sesquipedalis.*). Scientia Horticulturae 48 : 185 - 191.

Orchard, P.W. and H.B. So. 1985. The response of sorghum and sunflower to short - term waterlogging. Plant and Soil 88 : 407 - 419.

Orchard, P.W. and R.S. Jessop. 1984. The response of sorghum and sunflower to short - term waterlogging. Plant and Soil 81 : 119 - 132.

Orchard, P.W., R.S. Jessop and H. B. So. 1986. The response of sorghum and sunflower to short - term waterlogging. Plant and Soil 91 : 87 - 100.

Phung, H.T. and E.B. Knipling. 1976. Photosynthesis and transpiration of citrus seedling under flooded conditions. HortScience 11 : 131 - 133.

Selvaraj, K. and V. Karunambal. 1995. Effect of flooding on nodule solutes and leghemoglobin in cowpea. Indian Journal of Plant Physiology 38 : 77 - 79.

Sojka, R.E. 1992. Stomatal closure in oxygen-stressed plants. Soil Science 154 : 269 - 280.

Tamura, F., K. Tanabe, M. Katayama and A. Itai. 1996. Effects of flooding on ethanol and ethylene production by pear rootstocks. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science 65 : 261 - 266.

Tang, Z.C. and T.T. Kozlowski. 1982. Physiological, morphological, and growth responses of *Platanus occidentalis* seedlings to flooding. Plant and Soil 66 : 243 - 255.

Tsukahara, H. and T.T. Kozlowski. 1985. Importance of adventitious roots to growth of flooded *Platanus occidentalis* seedlings. Plant and Soil 88 : 123 - 132.

Wenkert, W., N.R. Fausey and H.D. Watters. 1981. Flooding responses in *Zea mays* L. Plant and Soil 62 : 351 - 366.

William, C. O. 1989. Seasonal soil waterlogging influence water relations and leaf nutrient content of bearing apple trees. Journal of the American for Horticultural Science 114 : 537 – 542.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังต่างกัน 2 วัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table	
Model	2	0.98666667	0.49333333	9.48**	4.26	8.02
Error	9	0.46820000	0.05202222		(0.05	0.01)
Corrected Total	11	1.45486667				

C.V. 9.246641 %

ตารางผนวกที่ 2 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังต่างกัน 4 วัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table	
TRT	2	1.06166667	0.53083333	8.42**	4.26	8.02
Error	9	0.56750000	0.06305556		(0.05	0.01)
Corrected Total	11	1.62916667				

C.V. 11.63438 %

ตารางผนวกที่ 3 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังต่างกัน 6 วัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table
TRT	2	1.30666667	0.65333333	13.31**	4.26 8.02
Error	9	0.44180000	0.04908889		(0.05 0.01)
Corrected Total	11	1.74846667			

C.V. 11.86929 %

ตารางผนวกที่ 4 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังต่างกัน 8 วัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table
TRT	2	1.38666667	0.69333333	27.73**	4.26 8.02
Error	9	0.22500000	0.02500000		(0.05 0.01)
Corrected Total	11	1.61166667			

C.V. 9.680442 %

ตารางผนวกที่ 5 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังต่างกัน 14 วัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table
Model	2	2.02906667	1.01453333	129.33**	4.26 8.02
Error	9	0.07060000	0.00784444		(0.05 0.01)
Corrected Total	11	2.09966667			

C.V. 6.222637 %

ตารางผนวกที่ 6 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยศักย์ของน้ำในใบ (MPa) ของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังต่างกัน 2 วัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table
TRT	3	0.52765625	0.17588542	6.73**	3.49 5.95
Error	12	0.31343750	0.02611979		(0.05 0.01)
Corrected Total	15	0.84109375			

C.V. 13.15959 %

ตารางผนวกที่ 7 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยศักย์ของน้ำในใบ (MPa) ของต้นกล้าลองกอง ได้รับน้ำขังต่างกัน 4 วัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table
TRT	3	6.90169219	2.30056406	48.90**	3.49 5.95
Error	12	0.56451875	0.04704323		(0.05 0.01)
Corrected Total	15	7.46621094			

C.V. 11.84609 %

ตารางผนวกที่ 8 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยศักย์ของน้ำในใบ (MPa) ของต้นกล้าลองกอง ได้รับน้ำขังต่างกัน 6 วัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table
TRT	2	4.37226667	2.18613333	48.51**	4.26 8.02
Error	9	0.40560000	0.04506667		(0.05 0.01)
Corrected Total	11	4.77786667			

C.V. 12.89205 %

ตารางผนวกที่ 9 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยศักย์ของน้ำในใบ (MPa) ของต้นกล้าลองกองเมล็ดที่ได้รับน้ำขังต่างกัน 8 วัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table
TRT	1	0.01125000	0.01125000	0.69^{ns}	5.99 13.74
Error	6	0.09850000	0.01641667		(0.05 0.01)
Corrected Total	7	0.10975000			

C.V. 10.31208 %

ตารางผนวกที่ 10 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยศักย์ของน้ำในใบ (MPa) ของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังต่างกัน 14 วัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table
TRT	1	0.00080000	0.00080000	0.06^{ns}	5.99 13.74
Error	6	0.08600000	0.01433333		(0.05 0.01)
Corrected Total	7	0.08680000			

C.V. 8.613086 %

ตารางผนวกที่ 11 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยแรงต้านทานปากใบ (เซนติเมตรต่อวินาที) ของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังต่างกัน 2 วัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table	
TRT	3	52.23710000	17.41236667	84.40**	3.49	5.95
Error	12	2.47580000	0.20631667		(0.05	0.01)
Corrected Total	15	54.71290000				

C.V. 13.34962 %

ตารางผนวกที่ 12 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยแรงต้านทานปากใบ (เซนติเมตรต่อวินาที) ของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังต่างกัน 4 วัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table	
TRT	3	1017.4310750	339.1436917	99.81**	3.49	5.95
Error	12	40.7727000	3.3977250		(0.05	0.01)
Corrected Total	15	1058.2037750				

C.V. 17.71332 %

ตารางผนวกที่ 13 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยแรงต้านทานปากใบ (เซนติเมตรต่อวินาที) ของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังต่างกัน 6 วัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table
TRT	2	668.95706667	334.47853333	260.27**	4.26 8.02
Error	9	11.56600000	1.28511111		(0.05 0.01)
Corrected Total	11	680.52306667			

C.V. 14.03583 %

ตารางผนวกที่ 14 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยแรงต้านทานปากใบ (เซนติเมตรต่อวินาที) ของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังต่างกัน 8 วัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table
TRT	1	0.00500000	0.00500000	0.02 ns	5.99 13.74
Error	6	1.26200000	0.21033333		(0.05 0.01)
Corrected Total	7	1.26700000			

C.V. 14.77041 %

ตารางผนวกที่ 15 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยแรงต้านทานปากใบ (เซนติเมตรต่อวินาที) ของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังต่างกัน 14 วัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table
TRT	1	0.40500000	0.40500000	1.53 ns	5.99 13.74
Error	6	1.59257800	0.26542967		(0.05 0.01)
Corrected Total	7	1.99757800			

C.V. 14.21238 %

ตารางผนวกที่ 16 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงมุมใบ (องศา) ของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังต่างกัน 2 วัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table
TRT	3	10.75000000	3.58333333	85.60**	3.49 5.95
Error	12	0.50236200	0.04186350		(0.05 0.01)
Corrected Total	15	11.25236200			

C.V. 10.91230 %

ตารางผนวกที่ 17 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงมุมใบ (องศา) ของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังต่างกัน 4 วัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table	
TRT	3	555.89120000	185.29706667	177.25**	3.49	5.95
Error	12	12.54480000	1.04540000		(0.05	0.01)
Corrected Total	15	568.43600000				
C.V.	14.86116 %					

ตารางผนวกที่ 18 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงมุมใบ (องศา) ของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังต่างกัน 6 วัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table	
TRT	3	2960.8512000	986.9504000	370.05**	3.49	5.95
Error	12	32.0048000	2.6670667		(0.05	0.01)
Corrected Total	15	2992.8560000				
C.V.	12.20565 %					

ตารางผนวกที่ 19 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงมุมใบ (องศา) ของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังต่างกัน 8 วัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table
TRT	2	1506.1250667	753.0625333	671.02**	4.26 8.02
Error	9	10.1003380	1.1222598		(0.05 0.01)
Corrected Total	11	1516.2254047			

C.V. 11.56936 %

ตารางผนวกที่ 20 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงมุมใบ (องศา) ของต้นกล้าลองกองได้รับน้ำขังต่างกัน 14 วัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table
TRT	1	0.00001250	0.00001250	0.00^{ns}	5.99 13.74
Error	6	0.04437500	0.00739583		(0.05 0.01)
Corrected Total	7	0.04438750			

C.V. 6.900624 %

ตารางผนวกที่ 21 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงความสูงของต้นกล้าลองกอง หลังได้รับน้ำขังต่างกัน 14 วัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table	
TRT	3	10.71921875	3.57307292	140.97**	3.49	5.95
Error	12	0.30416170	0.02534681		(0.05	0.01)
Corrected Total	15	11.02338045				

C.V. 10.86272 %

ตารางผนวกที่ 22 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นของต้นกล้าลองกองหลังได้รับน้ำขังต่างกัน 14 วัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table	
TRT	3	0.38206875	0.12735625	164.29**	3.49	5.95
Error	12	0.00930250	0.00077521		(0.05	0.01)
Corrected Total	15	0.39137125				

C.V. 12.27220 %

ตารางผนวกที่ 23 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ใบของต้นกล้าลองกอง หลังได้รับน้ำขังต่างกัน 14 วัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table	
TRT	3	16.84482700	5.61494233	956.55**	3.49	5.95
Error	12	0.07044000	0.00587000		(0.05	0.01)
Corrected Total	15	16.91526700				

C.V. 11.41392 %

ตารางผนวกที่ 24 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของรากของต้นกล้าลองกองหลังได้รับน้ำขังต่างกัน 14 วัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table	
TRT	3	46.98241875	15.66080625	35.68**	3.49	5.95
Error	12	5.26767500	0.43897292		(0.05	0.01)
Corrected Total	15	52.25009375				

C.V. 16.51988 %

ตารางผนวกที่ 25 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของลำต้นของต้นกล้าลองกอง หลังได้รับน้ำขังต่างกัน 14 วัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table	
TRT	3	6.50011719	2.16670573	6.50**	3.49	5.95
Error	12	4.00109375	0.33342448		(0.05	0.01)
Corrected Total	15	10.50121094				

C.V. 9.222727 %

ตารางผนวกที่ 26 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของใบของต้นกล้าลองกองหลังได้รับน้ำขังต่างกัน 14 วัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table	
Model	3	61.08480469	20.36160156	65.15**	3.49	5.95
Error	12	3.75046875	0.31253906		(0.05	0.01)
Corrected Total	15	64.83527344				

C.V. 8.049342 %

ตารางผนวกที่ 27 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยอัตราส่วนรากต่อต้นของต้นกล้าลองกองหลังได้รับน้ำขังต่างกัน 14 วัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table	
Model	3	0.08369919	0.02789973	16.85**	3.49	5.95
Error	12	0.01986475	0.00165540		(0.05	0.01)
Corrected Total	15	0.10356394				

C.V. 14.14877 %

ตารางผนวกที่ 28 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจนในใบของต้นกล้าลองกองหลังได้รับน้ำขังต่างกัน 14 วัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table	
TRT	3	0.47160000	0.15720000	6.45**	3.49	5.95
Error	12	0.29240000	0.02436667		(0.05	0.01)
Corrected Total	15	0.76400000				

C.V. 7.210081 %

ตารางผนวกที่ 29 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยศักย์ของน้ำในใบ (MPa) ของต้นกล้าลองกอง ในระยะฟื้นตัว 0 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table	
TRT	4	9.61938000	2.40484500	92.15**	3.06	4.89
Error	15	0.39147500	0.02609833		(0.05	0.01)
Corrected Total	19	10.01085500				

C.V. 9.428059 %

ตารางผนวกที่ 30 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยศักย์ของน้ำในใบ (MPa) ของต้นกล้าลองกอง ในระยะฟื้นตัว 7 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table	
TRT	3	1.27720000	0.42573333	26.09**	3.49	5.95
Error	12	0.19580000	0.01631667		(0.05	0.01)
Corrected Total	15	1.47300000				

C.V. 10.87121 %

ตารางผนวกที่ 31 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยศักย์ของน้ำในใบ (MPa) ของต้นกล้าลองกอง ในระยะฟื้นตัว 15 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table	
TRT	3	0.18972500	0.06324167	5.96**	3.49	5.95
Error	12	0.12725000	0.01060417		(0.05	0.01)
Corrected Total	15	0.31697500				

C.V. 9.795628 %

ตารางผนวกที่ 32 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยศักย์ของน้ำในใบ (MPa) ของต้นกล้าลองกอง ในระยะฟื้นตัว 30 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table	
TRT	3	0.09371875	0.03123958	4.50*	3.49	5.95
Error	12	0.08327500	0.00693958		(0.05	0.01)
Corrected Total	15	0.17699375				

C.V. 8.212363 %

ตารางผนวกที่ 33 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยศักย์ของน้ำในใบ (MPa) ของต้นกล้าลองกอง ในระยะฟื้นตัว 60 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table	
TRT	3	0.06322500	0.02107500	2.78 ns	3.49	5.95
Error	12	0.09095000	0.00757917		(0.05	0.01)
Corrected Total	15	0.15417500				

C.V. 8.738611 %

ตารางผนวกที่ 34 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยศักย์ของน้ำในใบ (MPa) ของต้นกล้าลองกอง ในระยะฟื้นตัว 90 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table	
TRT	3	0.01255000	0.00418333	0.37 Ns	3.49	5.95
Error	12	0.13465000	0.01122083		(0.05	0.01)
Corrected Total	15	0.14720000				

C.V. 11.03421 %

ตารางผนวกที่ 35 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยแรงต้านทานปากใบ (เซนติเมตรต่อวินาที) ของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัว 0 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table	
TRT	4	838.63088000	209.65772000	254.17**	3.06	4.89
Error	15	12.37320000	0.82488000		(0.05	0.01)
Corrected Total	19	851.00408000				

C.V. 10.54364 %

ตารางผนวกที่ 36 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยแรงต้านทานปากใบ (เซนติเมตรต่อวินาที) ของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัว 7 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table	
TRT	3	168.21840000	56.07280000	213.71**	3.49	5.95
Error	12	3.14860000	0.26238333		(0.05	0.01)
Corrected Total	15	171.36700000				

C.V. 12.61659 %

ตารางผนวกที่ 37 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยแรงต้านทานปากใบ (เซนติเมตรต่อวินาที) ของของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัว 15 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table	
TRT	3	99.85080000	33.28360000	386.64**	3.49	5.95
Error	12	1.03300000	0.08608333		(0.05	0.01)
Corrected Total	15	100.88380000				

C.V. 8.904389 %

ตารางผนวกที่ 38 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยแรงต้านทานปากใบ (เซนติเมตรต่อวินาที) ของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัว 30 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table	
TRT	3	10.24830000	3.41610000	98.49**	3.49	5.95
Error	12	0.41620000	0.03468333		(0.05	0.01)
Corrected Total	15	10.66450000				

C.V. 8.070839 %

ตารางผนวกที่ 39 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยแรงต้านทานปากใบ (เซนติเมตรต่อวินาที) ของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัว 60 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table	
TRT	3	0.07180000	0.02393333	1.53 ns	3.49	5.95
Error	12	0.18760000	0.01563333		(0.05	0.01)
Corrected Total	15	0.25940000				

C.V. 8.836278 %

ตารางผนวกที่ 40 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยแรงต้านทานปากใบ (เซนติเมตรต่อวินาที) ของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัว 90 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table	
TRT	3	0.09407500	0.03135833	1.07 ns	3.49	5.95
Error	12	0.35130000	0.02927500		(0.05	0.01)
Corrected Total	15	0.44537500				

C.V. 12.16707 %

ตารางผนวกที่ 41 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงความสูงของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัว 90 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table
TRT	3	2499.2500000	833.0833333	86.13**	3.49 5.95
Error	12	116.0712000	9.6726000		(0.05 0.01)
Corrected Total	15	2615.3212000			

C.V. 11.46573 %

ตารางผนวกที่ 42 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัว 90 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table
TRT	3	14595.000000	4865.000000	95.70**	3.49 5.95
Error	12	610.000000	50.833333		(0.05 0.01)
Corrected Total	15	15205.000000			

C.V. 11.83361 %

ตารางผนวกที่ 43 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบใหม่ของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัว 90 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table	
TRT	3	1873.9908000	624.6636000	12.97**	3.49	5.95
Error	12	577.9776000	48.1648000		(0.05	0.01)
Corrected Total	15	2451.9684000				

C.V. 14.70202 %

ตารางผนวกที่ 44 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของรากของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัว 90 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table	
TRT	4	953.03440000	238.25860000	72.29*	3.06	4.89
Error	15	49.43840000	3.29589333		(0.05	0.01)
Corrected Total	19	1002.47280000				

C.V. 15.16675 %

ตารางผนวกที่ 45 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของลำต้นของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัว 90 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table
TRT	4	693.07360000	173.26840000	18.19**	3.06 4.89
Error	15	142.90897500	9.52726500		(0.05 0.01)
Corrected Total	19	835.98257500			

C.V. 10.47468 %

ตารางผนวกที่ 46 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของใบของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัว 90 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table
TRT	4	2190.2572800	547.5643200	78.46**	3.06 4.89
Error	15	104.6820000	6.9788000		(0.05 0.01)
Corrected Total	19	2294.9392800			

C.V. 11.50785 %

ตารางผนวกที่ 47 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งรากต่อต้นของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัว 90 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน

Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table
Trt	4	0.05359034	0.01786345	9.65	3.06 4.89
Error	15	0.02222312	0.00185193		(0.05 0.01)
Corrected Total	19	0.07581345			

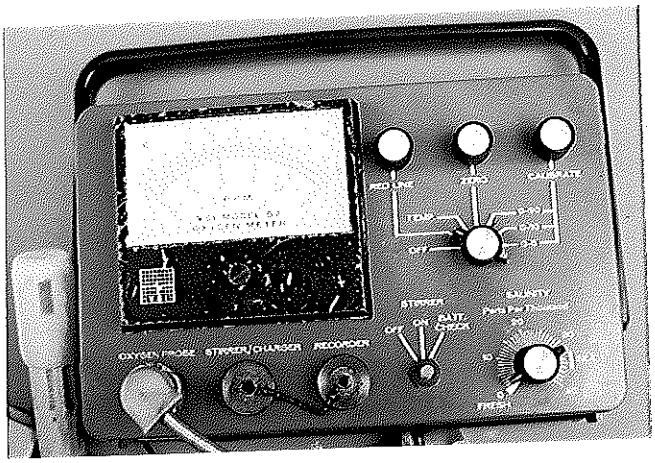
C.V. 18.20330 %

ตารางผนวกที่ 48 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยของปริมาณไนโตรเจนในใบของต้นกล้าลองกองในระยะฟื้นตัว 90 วัน หลังได้รับช่วงน้ำขังต่างกัน

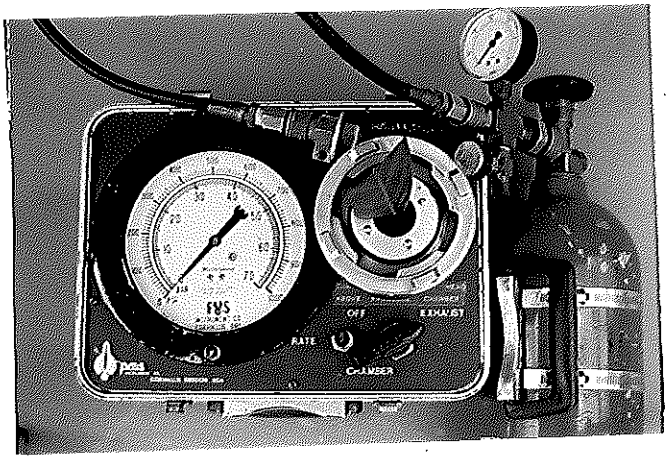
Analysis of Variance

Source of variance	DF	Sum of Squares	Mean of Squares	F Value	F - Table
TRT	4	0.22492000	0.05623000	3.46*	3.06 4.89
Error	15	0.24345200	0.01623013		(0.05 0.01)
Corrected Total	19	0.46837200			

C.V. 5.049447 %

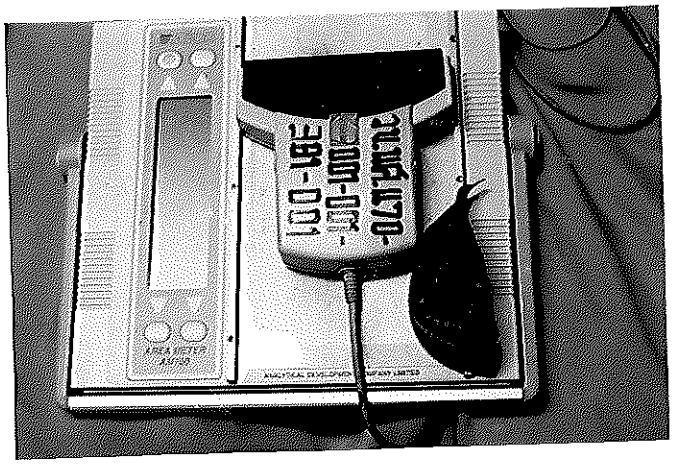


ภาพผนวกที่ 1 เครื่องวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Oxygen Meter YSI Model 57)

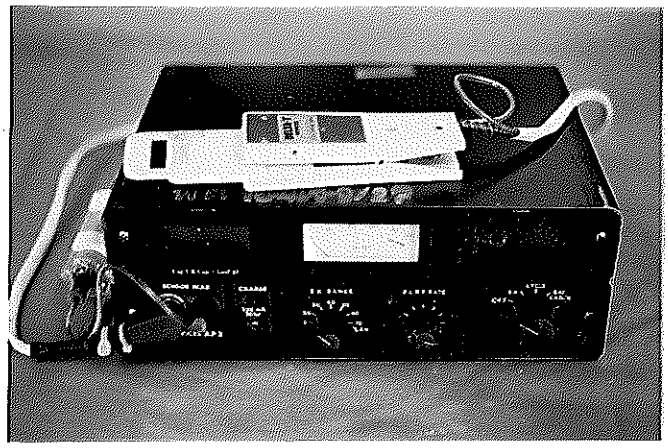


ภาพผนวกที่ 2 เครื่องวัดศักย์ของน้ำในใบ (Pressure Chamber)

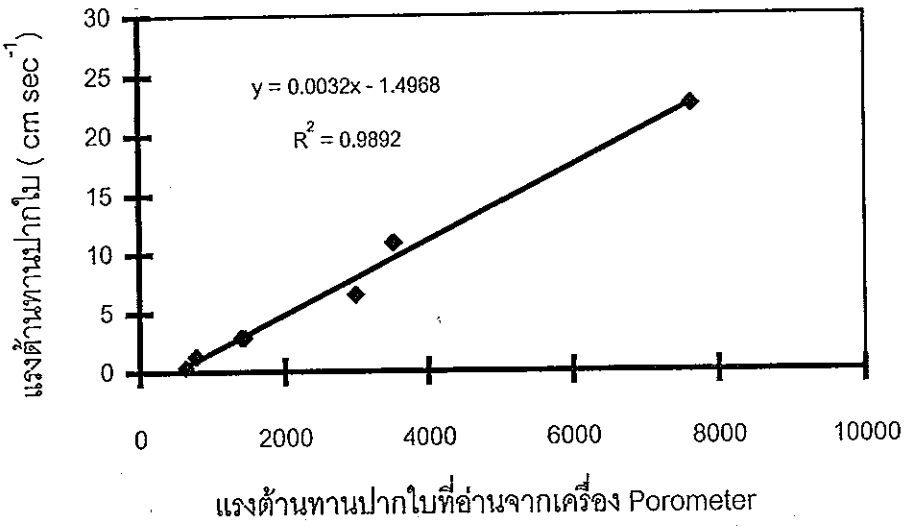
ภาพผนวกที่ 3 สมุดเทียบสี The Royal Horticultural Society, London



ภาพผนวกที่ 4 เครื่องวัดพื้นที่ใบ (Portable Area Meter AM 100)



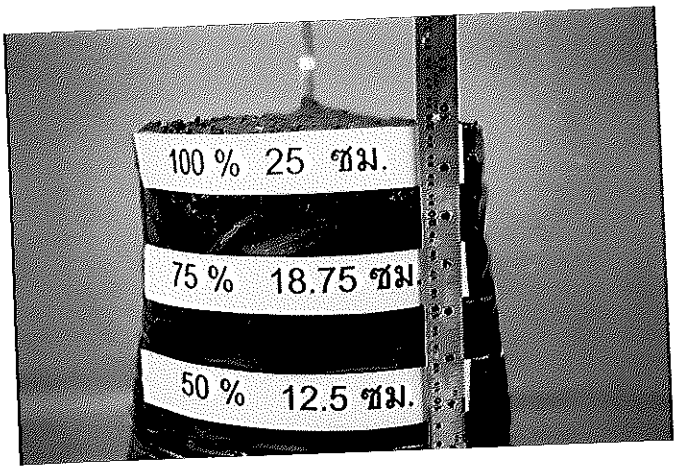
ภาพผนวกที่ 5 เครื่องวัดแรงต้านทานปากใบ (Porometer)



ภาพผนวกที่ 6 สมการความสัมพันธ์ของค่าแรงต้านทานปากใบ

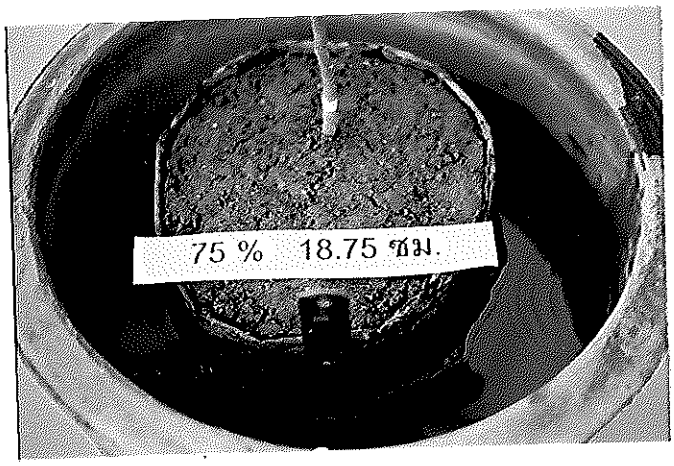
ภาพผนวกที่ 7 อุปกรณ์วัดมุมใบ (Circular Protractor)

ภาพผนวกที่ 8 สภาพทั่วไปภายในเรือนกระจกที่ทำการทดลอง

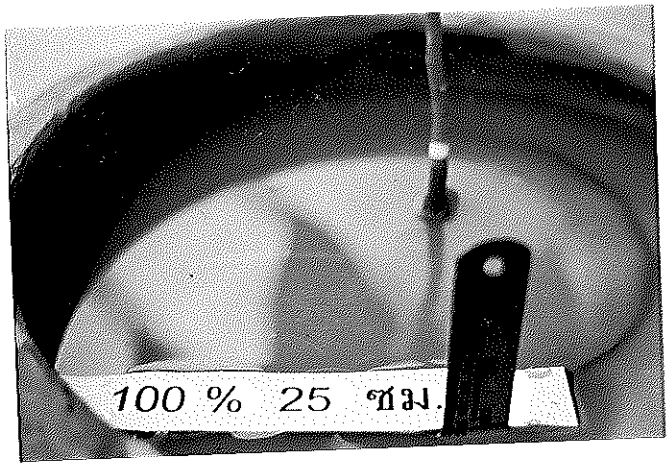


ภาพผนวกที่ 9 การแบ่งระดับชั้นดินในการทดลองที่ 1

ภาพผนวกที่ 10.1 ระดับน้ำ 50 เปอร์เซ็นต์ ของการทดลองที่ 1



ภาพผนวกที่ 10.2 ระดับน้ำ 75 เปอร์เซ็นต์ ของการทดลองที่ 1



ภาพผนวกที่ 10.3 ระดับน้ำ 100 เปอร์เซ็นต์ ของการทดลองที่ 1

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นาย เกียรติศักดิ์ รักษ์วงศ์

วัน เดือน ปี เกิด 11 พฤศจิกายน 2514

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล	2537
(พืชศาสตร์)	คณะเกษตรศาสตร์ นครศรีธรรมราช	