



ปัญหาพิเศษปริญาตรี
ภาควิชาพืชไร่นา

เรื่อง

อิทธิพลของน้ำท่วมขังระยะสั้นต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาการ
ของมันสำปะหลังที่อายุ 2 เดือนหลังปลูก

Effect of Short-term Flooding on Growth and Development of Cassava
at 2- Month Old after Planting

โดย

นายทศทิศ เปี่ยมศรี

ควบคุมและอนุมัติโดย

..... วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....
(อาจารย์ ดร.สุตเชตต์ นาคะเสถียร)

อิทธิพลของน้ำท่วมขังระยะสั้นต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาการ ของมันสำปะหลังที่อายุ 2 เดือนหลังปลูก

Effect of Short-term Flooding on Growth and Development of Cassava
at 2-Month Old after Planting

บทคัดย่อ

ปัจจุบันมีการปลูกมันสำปะหลังในหลายภูมิภาคของประเทศไทย ซึ่งมีความหลากหลายของสภาพภูมิอากาศและภูมิประเทศที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาการของพืช ตั้งแต่เริ่มเพาะปลูกจนถึงระยะเก็บเกี่ยว พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังส่วนใหญ่อาศัยน้ำฝนธรรมชาติ ซึ่งมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงทั้งฤดูกาลและปริมาณน้ำฝน ส่งผลให้เกิดสภาวะแล้งหรือน้ำท่วมขังในบางช่วงของฤดูการผลิต การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาน้ำท่วมขังที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาการ และลักษณะทางสรีรวิทยาบางประการของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ในระยะเริ่มลงหัว โดยวางแผนการทดลองแบบ CBD จำนวน 3 ซ้ำ ปลูกในระบบกระถางภายใต้สภาพโรงเรือนปลูกพืชทดลอง ให้น้ำท่วมขังเป็นระยะเวลา 5, 10 และ 15 วัน ที่มันสำปะหลังอายุ 2 เดือนหลังปลูก และให้มีระยะเวลาฟื้นตัวจนกระทั่งพืชอายุครบ 3 เดือนในทุกต่อการทดลอง เปรียบเทียบกับชุดควบคุม จากการทดลอง พบว่าสภาพน้ำท่วมขังในระยะเวลาที่ยาวนานจะส่งผลให้ใบของมันสำปะหลังมีการคายน้ำและมีปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง อีกทั้งเกิดการเสื่อมสภาพและสูญเสียพื้นที่ใบในการสังเคราะห์แสงมากขึ้น ส่งผลให้มีการเจริญเติบโตและการสะสมน้ำหนักแห้งลดลง โดยเฉพาะการลดลงของน้ำหนักรากสะสมอาหารที่สภาพน้ำท่วมขังที่ยาวนาน 15 วัน อย่างไรก็ตามเมื่อมันสำปะหลังแต่ละดักับทดลองผ่านระยะการฟื้นตัว พบว่า มันสำปะหลังที่ผ่านสภาพน้ำท่วมขัง 5 และ 10 วัน มีลักษณะทางสรีรวิทยาต่างๆ ที่ตั้งตัวได้ดี ในขณะที่มันสำปะหลังที่สภาพน้ำท่วมขังเป็นระยะเวลา 15 วันนั้นมีแนวโน้มการฟื้นตัวที่น้อยมาก

คำสำคัญ: มันสำปะหลัง, น้ำท่วมขัง, สรีรวิทยา

ABSTRACT

These days cassava production in Thailand has been adopted in many regions and under diverse meteorological conditions which could affected on plant growth and development, ranging from the stages of planting to harvest. The majority of cassava planting areas are rain-fed, that currently demonstrated changing trends in both season and quantity. This affects on either drought or flooding during the crop production periods. The objectives of this experiment are thus to study the effect of flooding duration on growth and development, and some physiological parameters during a period of tuberous root formation. The CRD with 3 replications are utilized and the experiment is conducted in the pot system under in green house. The flooding duration of 5, 10 and 15 days are imposed on 2-month old cassava, variety KU50 after planting. Afterward, the recovery periods are allowed in all treatments until reaching 3 months after planting for final harvest, comparing to control.

Keyword: Cassava, Flooding, Physiology

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุตเชตต์ นาคะเสถียร อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่กรุณาอบรมสั่งสอนให้ความรู้และคำปรึกษา และที่สำคัญคือให้โอกาสที่ดีที่ทำให้ข้าพเจ้าได้ฝึกฝน และเพิ่มทักษะการทำงานให้มากขึ้นตลอดจนการตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในปัญหาพิเศษนี้ให้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร ที่ให้คำปรึกษา ประสิทธิภาพประสาทวิชาการต่างๆ ให้ข้าพเจ้ามีความรู้และนำแนวทางในการทำงานและการดำรงชีวิต

ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ ที่คอยให้การชี้แนะ เป็นกำลังใจ และให้ความช่วยเหลือในการทำงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

และสุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ พ่อ แม่ ที่คอยอบรม สั่งสอน เลี้ยงดู สนับสนุน และเป็นกำลังใจให้ข้าพเจ้าเสมอมาจนข้าพเจ้าประสบความสำเร็จ

ทศทิศ เปี่ยมศรี

มีนาคม 2557

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	2
อุปกรณ์และวิธีการ	10
ผลและวิจารณ์	13
สรุป	42
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	44
ภาคผนวก	46

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่ 0, 5, 10 และ 15 วัน (เริ่มขังน้ำที่ 75 DAP) ต่อความสูงของต้นมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50	14
2	ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่ 0, 5, 10 และ 15 วัน (เริ่มขังน้ำที่ 75 DAP) ต่อความยาวของใบของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50	16
3	ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่ 0, 5, 10 และ 15 วัน (เริ่มขังน้ำที่ 75 DAP) ต่อความกว้างของใบของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50	17
4	ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่ 0, 5, 10 และ 15 วัน (เริ่มขังน้ำที่ 75 DAP) ต่อค่าความเขียวใบของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50	17
5	ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่ 0, 5, 10 และ 15 วัน (เริ่มขังน้ำที่ 75 DAP) ต่อจำนวนใบของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50	19
6	ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่ 0, 5, 10 และ 15 วัน (เริ่มขังน้ำที่ 75 DAP) ต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนใบของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50	20
7	ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่ 0, 5, 10 และ 15 วัน (เริ่มขังน้ำที่ 75 DAP) ต่อค่าการนำไหลปากใบของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50	22
8	ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่ 0, 5, 10 และ 15 วัน (เริ่มขังน้ำที่ 75 DAP) ต่อค่าความชื้นของดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50	25
9	ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่ 0, 5, 10 และ 15 วัน (เริ่มขังน้ำที่ 75 DAP) ต่อค่าความนำไฟฟ้าของดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50	25
10	ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่ 0, 5, 10 และ 15 วัน (เริ่มขังน้ำที่ 75 DAP) ต่อค่าอุณหภูมิของดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50	26

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
11	คุณสมบัติของของบรรจุอากาศภายในสภาพโรงเรือนที่ใช้ปลูกมันสำปะหลัง พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 75, 80, 85 , 90, 95 และ 100 วันหลังปลูก	26
12	ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่ 0, 5, 10 และ 15 วัน (เริ่มขังน้ำ ที่ 75 DAP) ต่อน้ำหนักสดของลำต้น น้ำหนักแห้งของลำต้น น้ำหนักสดของ ใบ น้ำหนักแห้งของใบ และพื้นที่ใบ ของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 100 วันหลังปลูก	39
13	ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่ 0, 5, 10 และ 15 วัน (เริ่มขังน้ำ ที่ 75 DAP) ต่อน้ำหนักสดของราก น้ำหนักแห้งของราก ความยาวของราก และจำนวนของรากของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 100 วัน หลังปลูก	40
ตารางผนวกที่		
1	การเจริญเติบโตและสภาวะแวดล้อมของมันสำปะหลังที่ปลูกในกระถางใน เรือนทดลอง	47

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนในรอบ 30 ปี ที่สถานี M.38C เขื่อนลำตะคอง อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา	4
2	มันสำปะหลังที่อายุ 85 วันหลังปลูกซึ่งได้รับสภาพน้ำขังนาน 10 วัน มีใบที่เสื่อมสภาพเป็นจำนวนมาก (A) และเมื่อผ่านระยะการฟื้นตัว 15 วัน พบว่ามีจำนวนใบเหลืออยู่ลดลงมาก (B)	20
3	ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่ 0, 5, 10 และ 15 วัน (เริ่มขังน้ำที่ 75 DAP) ต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนใบและสัดส่วนจำนวนใบเหลือต่อจำนวนใบเขียวของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50	21
4	ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่ 0, 5, 10 และ 15 วัน (เริ่มขังน้ำที่ 75 DAP) ต่อน้ำหนักสดของลำต้น (A) และน้ำหนักแห้งของลำต้น (B) ของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 80, 85 และ 90 วันหลังปลูก	28
5	ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่ 0,5,10 และ 15 วัน (เริ่มขังน้ำที่ 75 DAP) ต่อน้ำหนักสดของใบ (A) น้ำหนักแห้งของใบ (B) ของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 80, 85 และ 90 วันหลังปลูก	29
6	ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่ 0,5,10 และ 15 วัน (เริ่มขังน้ำที่ 75 DAP) ต่อพื้นที่ใบของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 80, 85 และ 90 วันหลังปลูก	30
7	ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่ 0,5,10 และ 15 วัน (เริ่มขังน้ำที่ 75 DAP) ต่อน้ำหนักสดของรากสะสมอาหาร (A) และน้ำหนักแห้งของรากสะสมอาหาร (B) ของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 80, 85 และ 90 วันหลังปลูก	34
8	ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่ 0,5,10 และ 15 วัน (เริ่มขังน้ำที่ 75 DAP) ต่อความยาวของรากสะสมอาหาร (A) จำนวนของรากสะสมอาหาร (B) ของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 80, 85 และ 90 วันหลังปลูก	34

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
9	ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่ 0, 5, 10 และ 15 วัน (เริ่มขังน้ำที่ 75 DAP) ต่อน้ำหนักสดของรากดูดอาหาร (A) และน้ำหนักแห้งของรากดูดอาหาร (B) ของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 80, 85 และ 90 วันหลังปลูก	34
10	ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่ 0, 5, 10 และ 15 วัน (เริ่มขังน้ำที่ 75 DAP) ต่อความยาวของรากดูดอาหาร (A) จำนวนของรากดูดอาหาร (B) ของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 80, 85 และ 90 วันหลังปลูก	35
11	ลักษณะการเกิดรากดูดอาหารขึ้นใหม่บริเวณโคนของลำต้นบริเวณผิวน้ำของมันสำปะหลังที่อายุ 90 วันหลังปลูก ซึ่งได้รับสภาพน้ำขังนาน 15 วัน	35
12	ลักษณะอาการใบเหลือง (A) และใบแห้งหงิกงอ (B) ของมันสำปะหลังที่อายุ 100 วันหลังปลูก ซึ่งได้รับสภาพน้ำขังนาน 15 วันและผ่านระยะการฟื้นตัวมาแล้ว 10 วัน	41
13	ลักษณะการแตกใบอ่อนขึ้นใหม่บริเวณยอด (A) และการแตกใบอ่อนขึ้นใหม่บริเวณตา (B) ของมันสำปะหลังที่อายุ 100 วันหลังปลูก ซึ่งได้รับสภาพน้ำขังนาน 15 วันและผ่านระยะการฟื้นตัวมาแล้ว 10 วัน	41
ภาพผนวกที่		หน้า
1	ลักษณะการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 80 วันหลังปลูก โดยเปรียบเทียบระหว่างต้นที่อยู่ในสภาพควบคุมกับต้นที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมขัง 5 วัน	48
2	ความสูงต้นของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 80 วันหลังปลูก โดยเปรียบเทียบระหว่างต้นที่อยู่ในสภาพควบคุมกับต้นที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมขัง 5 วัน	48
3	ความยาวรากของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 85 วันหลังปลูก โดยเปรียบเทียบระหว่างต้นที่อยู่ในสภาพควบคุมกับต้นที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมขัง 5 วัน	48

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
4	ลักษณะการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 85 วันหลังปลูก โดยเปรียบเทียบระหว่างต้นที่อยู่ในสภาพควบคุมกับต้นที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมขัง 10 วัน	49
5	ความสูงต้นของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 85 วันหลังปลูก โดยเปรียบเทียบระหว่างต้นที่อยู่ในสภาพควบคุมกับต้นที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมขัง 10 วัน	49
6	ความยาวรากของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 85 วันหลังปลูก โดยเปรียบเทียบระหว่างต้นที่อยู่ในสภาพควบคุมกับต้นที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมขัง 10 วัน	49
7	ลักษณะการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 90 วันหลังปลูก โดยเปรียบเทียบระหว่างต้นที่อยู่ในสภาพควบคุมกับต้นที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมขัง 15 วัน	50
8	ความสูงต้นของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 85 วันหลังปลูก โดยเปรียบเทียบระหว่างต้นที่อยู่ในสภาพควบคุมกับต้นที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมขัง 10 วัน	50
9	ความยาวรากของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 85 วันหลังปลูก โดยเปรียบเทียบระหว่างต้นที่อยู่ในสภาพควบคุมกับต้นที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมขัง 10 วัน	50
10	ลักษณะการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 100 วันหลังปลูก โดยเปรียบเทียบระหว่างต้นที่อยู่ในสภาพควบคุมกับต้นที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมขัง 5 วัน	51
11	ความสูงต้นของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 100 วันหลังปลูก โดยเปรียบเทียบระหว่างต้นที่อยู่ในสภาพควบคุมกับต้นที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมขัง 5 วัน	51

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
12 ความยาวรากของม้นสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 100 วันหลังปลูก โดยเปรียบเทียบระหว่างต้นที่อยู่ในสภาพควบคุมกับต้นที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมขัง 5 วัน	51
13 ลักษณะการเจริญเติบโตของม้นสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 100 วันหลังปลูก โดยเปรียบเทียบระหว่างต้นที่อยู่ในสภาพควบคุมกับต้นที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมขัง 10 วัน	52
14 ความสูงต้นของม้นสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 100 วันหลังปลูก โดยเปรียบเทียบระหว่างต้นที่อยู่ในสภาพควบคุมกับต้นที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมขัง 10 วัน	52
15 ความยาวรากของม้นสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 100 วันหลังปลูก โดยเปรียบเทียบระหว่างต้นที่อยู่ในสภาพควบคุมกับต้นที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมขัง 10 วัน	52
16 ลักษณะการเจริญเติบโตของม้นสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 100 วันหลังปลูก โดยเปรียบเทียบระหว่างต้นที่อยู่ในสภาพควบคุมกับต้นที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมขัง 15 วัน	53
17 ความสูงต้นของม้นสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 100 วันหลังปลูก โดยเปรียบเทียบระหว่างต้นที่อยู่ในสภาพควบคุมกับต้นที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมขัง 15 วัน	53
18 ความยาวรากของม้นสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 100 วันหลังปลูก โดยเปรียบเทียบระหว่างต้นที่อยู่ในสภาพควบคุมกับต้นที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมขัง 15 วัน	53

คำนำ

ประเทศไทยมีความหลากหลายของสภาพภูมิอากาศในแต่ละพื้นที่ปลูก อีกทั้งมีฤดูปลูกและลักษณะพื้นที่ของแหล่งปลูกที่แตกต่างกันซึ่งมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาการของมันสำปะหลัง และเป็นสาเหตุให้มันสำปะหลังได้รับผลกระทบในแต่ละฤดูปลูก เช่น พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังส่วนใหญ่อาศัยน้ำฝนจากธรรมชาติ ซึ่งมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ทั้งปริมาณน้ำฝนและช่วงเวลาการตกของฝน ส่งผลให้เกิดสภาวะแล้งหรือน้ำท่วมขังในบางช่วงของฤดูการผลิต ความผันแปรของผลผลิตทางการเกษตรขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนแปลงของลมฟ้าอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชที่ใช้น้ำฝนเป็นหลัก ซึ่งสภาวะอากาศที่ผิดปกติอาจทำให้ผลผลิตลดลง (กรมอุตุฯนิยมวิทยา, 2556)

มันสำปะหลังเป็นพืชที่สามารถปลูกได้เกือบทุกฤดูกาล จากลักษณะการกระจายตัวของฝนในเขตพื้นที่ที่มีการปลูกพืช แบ่งได้เป็น 2 ช่วงคือ ช่วงที่ 1 (เดือนพฤษภาคม – เดือนมิถุนายน) และช่วงที่ 2 (เดือนสิงหาคม – เดือนกันยายน) (กรมวิชาการเกษตร, 2547) ฉะนั้น การปลูกมันสำปะหลังในช่วงต้นฤดูฝน ในพื้นที่ปลูกที่มีระดับน้ำใต้ดินสูงหรือการระบายน้ำไม่ดี เมื่อเกิดฝนตกชุกอาจทำให้เกิดน้ำท่วมขัง และอาจทำให้ผลผลิตของมันสำปะหลังเกิดความเสียหายได้ โดยเฉพาะในช่วงระยะแรกของการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตของมันสำปะหลัง เมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 1 เดือนครึ่งถึง 2 เดือน จะมีการสะสมแป้งไว้ที่ราก (เจริญศักดิ์, 2546) ซึ่งหากต้องเผชิญกับสภาวะวิกฤติจากสภาพน้ำท่วมขังนั้นอาจทำให้เกิดผลเสียหายต่อผลผลิต อีกทั้งความเสียหายต่อเศรษฐกิจภายในครอบครัวของเกษตรกร จากสาเหตุดังกล่าวข้างต้น จึงเป็นแนวทางที่จำเป็นในการศึกษาเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจในการแก้ปัญหาในอนาคต การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบจากการท่วมขังน้ำต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของมันสำปะหลังที่อายุ 2 เดือน รวมถึงความสามารถในการฟื้นตัวของมันสำปะหลังที่ระยะเวลาในการท่วมขังของน้ำแตกต่างกัน จากการศึกษาครั้งนี้เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานการเจริญทางสรีรวิทยาและการสะสมแป้งของมันสำปะหลังภายใต้สภาพน้ำท่วมขัง เพื่อใช้ประโยชน์ในการศึกษาเชิงลึก และการวางแผนการปลูกมันสำปะหลังได้ในอนาคต

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาน้ำท่วมขังต่อการเจริญเติบโตและลักษณะทางสรีรวิทยาบางประการของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ในระยะเริ่มลงหัว ที่อายุ 2 เดือนหลังปลูก
2. เพื่อศึกษาความสามารถในการฟื้นตัวของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 จากสภาพน้ำท่วมขัง

การตรวจเอกสาร

มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีความสำคัญต่อชาวโลกโดยมีสมรรถนะพิเศษเพื่อสนับสนุนความมั่นคงทางด้านอาหารและพลังงาน (Hershey *et al*, 2000) ในประเทศไทยมันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญที่ทำรายได้ให้เกษตรกรเป็นอันดับที่ 4 รองจากยางพารา ข้าว และ อ้อย โดยในปีการเพาะปลูก 2555 มีพื้นที่เก็บเกี่ยวมันสำปะหลังประมาณ 8 ล้านไร่ ทำให้ได้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ยประมาณ 27 ล้านตัน โดยพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รองลงมาจะอยู่ในเขตภาคกลาง และภาคเหนือ ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555)

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Crantz) เป็นพืชหัวที่มีแหล่งกำเนิดในแถบที่ลุ่มเขตร้อนในอเมริกากลางและอเมริกาใต้ซึ่งเจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อนตั้งแต่เส้นรุ้งที่ 30 องศาเหนือถึงเส้นรุ้งที่ 30 องศาใต้แต่บริเวณที่ปลูกมากอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 15 องศาเหนือถึง 15 องศาใต้และปลูกได้ในระดับความสูงเท่ากับระดับน้ำทะเลจนถึงความสูง 2,000 เมตรจากระดับน้ำทะเล อุณหภูมิที่สามารถเจริญเติบโตได้ตั้งแต่ 13 - 35 องศาเซลเซียส มันสำปะหลังสามารถปรับตัวได้ดีในเขตที่มีฝนตกอยู่ระหว่าง 1,000 - 1,300 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังโดยทั่วไปมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยมากกว่า 1,000 มิลลิเมตรต่อปี พื้นที่ที่มีฝนตกน้อยกว่า 500 มิลลิเมตรต่อปี จะไม่สามารถปลูกมันสำปะหลังได้ อย่างไรก็ตาม มันสำปะหลังเป็นพืชที่สามารถทนต่อสภาวะแห้งแล้งได้ดี และเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในเขตพื้นที่ที่มีฤดูแล้งยาวนานถึง 6 เดือน มีการปรับตัวได้ดีในที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ทนทานต่อสภาพดินที่เป็นกรดจัด แต่ไม่สามารถขึ้นได้ในดินที่เป็นด่างมี pH มากกว่า 8 รวมถึงไม่สามารถทนต่อสภาพของดินที่มีน้ำขัง (กรมวิชาการเกษตร, 2547; เจริญศักดิ์, 2532 ; โอภาษ, 2531)

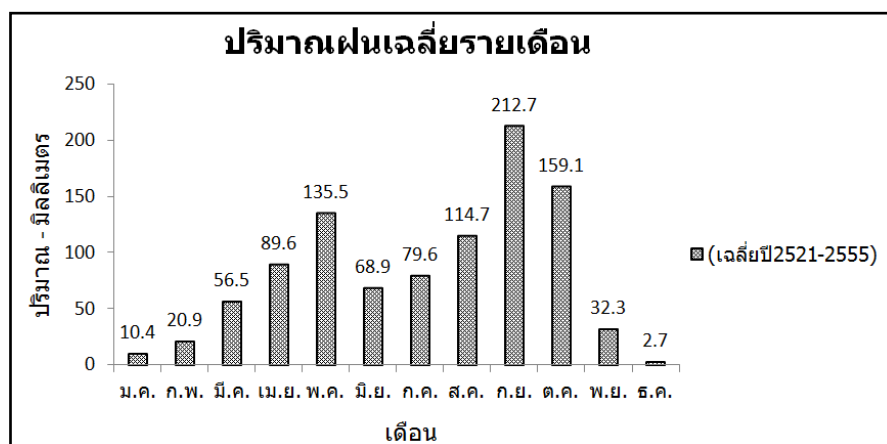
การเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง

ในขณะที่มันสำปะหลังมีการเจริญเติบโต คาร์โบไฮเดรตที่ได้จากการสังเคราะห์แสงในใบที่เจริญเติบโตเต็มที่จะถูกลำเลียงไปใช้และเก็บสะสมในส่วนต่างๆ (รากสะสมอาหาร ลำต้นและใบที่กำลังเจริญเติบโต) โดยเมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 1 เดือนครึ่งถึง 2 เดือน จะมีการลำเลียงแป้งมาสะสมไว้ในราก โดยรากที่สะสมแป้งนี้จะค่อยๆ โตขึ้นตามอายุ และเฉพาะรากที่สะสมแป้งเท่านั้นจึงจะโตขึ้นมาเป็นหัว (เจริญศักดิ์, 2546) การสร้างน้ำหนักแห้งของมันสำปะหลังขึ้นอยู่กับพื้นที่ใบ เนื่องจากพื้นที่ใบที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เปอร์เซ็นต์ของใบที่จะรับแสงและการสร้างน้ำหนักแห้งของพืชเพิ่มขึ้น (Cock *et al.*, 1979) รวมทั้งอัตราการลงหัวขึ้นอยู่กับน้ำหนักแห้งที่ได้จากการสังเคราะห์แสงซึ่งต้องมีพื้นที่ใบพอเพียง (Wholey and Cock, 1974) ส่วนการสะสมน้ำหนักแห้งในใบลดลงตามระยะการเจริญเติบโตในช่วงตั้งแต่ปลูกจนประมาณ 60 - 75 วันหลังปลูก มันสำปะหลังมีการสะสมน้ำหนักแห้งในใบมากกว่าในลำต้นและรากสะสมอาหารในช่วงประมาณ 120 วันหลังปลูก การสะสมน้ำหนักแห้งในรากสะสมอาหารเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเป็น 50 - 60 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งที่สะสมทั้งหมด และหลังจากปลูกมันสำปะหลังไปได้ 4 เดือนน้ำหนักแห้งไปสะสมในรากมากกว่าส่วนอื่นๆ (Alves, 2002)

อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุดอยู่ในช่วงใดของการเจริญเติบโตนั้นขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพแวดล้อม ถ้ามันสำปะหลังเจริญเติบโตอยู่ในสภาพแบบร้อนขึ้นระยะเวลาที่อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุดอยู่ในช่วง 3 - 5 เดือนหลังปลูก ซึ่งอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งดำเนินไปอย่างรวดเร็ว (Howeler and Cadavid, 1983) การสะสมน้ำหนักแห้งในส่วนต่างๆ ของมันสำปะหลังขึ้นอยู่กับกิจกรรมของแหล่งผลิตอาหาร (source activity) และความจุของส่วนสะสมอาหาร (sink capacity of the storage parts) ซึ่งจำนวนรากสะสมอาหารและน้ำหนักของรากสะสมอาหารที่เป็นองค์ประกอบผลผลิตนั้น ช่วยในการวัดความจุของส่วนสะสมอาหาร ทั้งนี้อัตราการสังเคราะห์แสงมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับผลผลิตของหัว และผลผลิตมวลรวมทั้งหมดแสดงให้เห็นว่า ความต้องการอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์แสงของรากสะสมอาหารช่วยเพิ่มกิจกรรมการสังเคราะห์แสงของใบ (Alves, 2002)

ในประเทศไทยมันสำปะหลังเป็นพืชที่สามารถจะปลูกได้เกือบทุกฤดูกาล รูปแบบการตกของฝนในเขตพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง แบ่งระยะเวลาที่ฝนตกชุกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 ฤดูต้นฝน (พฤษภาคม - มิถุนายน) และช่วงที่ 2 ฤดูปลายฝน (สิงหาคม - กันยายน) (กรมวิชาการเกษตร, 2547) ฉะนั้น การปลูกในช่วงฤดูต้นฝน ซึ่งลักษณะพื้นที่ปลูกที่มีระดับน้ำใต้ดินสูงหรือการระบายน้ำไม่ดี เมื่อเกิดฝนตกชุกอาจทำให้เกิดน้ำท่วมขัง และอาจทำให้ผลผลิตของมันสำปะหลังเกิดความเสียหายได้ ตามที่แหล่งเพาะปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทยส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยจังหวัดนครราชสีมา จังหวัดชัยภูมิ และจังหวัดขอนแก่น เป็นจังหวัดที่มีพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังมากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่

ปลูกมันสำปะหลังทั้งหมดของประเทศ ซึ่งจังหวัดนครราชสีมาเป็นจังหวัดที่มีพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังมากที่สุด ทั้งนี้ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนในรอบ 30 ปีที่ผ่านมา (ระหว่างปี พ.ศ. 2521-2555) ที่สถานี M.38C เขื่อนลำตะคอง อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา พบว่า เดือนที่มีปริมาณฝนตกเฉลี่ยมากที่สุด คือ กันยายน รองลงมา คือ พฤษภาคม (ภาพที่1)



ภาพที่ 1 ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนในรอบ 30 ปี ที่สถานี M.38C เขื่อนลำตะคอง อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา (ที่มา: ศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง กรมชลประทาน, 2556)

การเผชิญกับสภาวะน้ำท่วมขังของพืช

สภาพน้ำท่วมขังเป็นสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชปลูกบางชนิด และมักเกิดขึ้นในฤดูฝนโดยเฉพาะบริเวณพื้นที่ราบต่ำ ทั้งนี้สภาพน้ำท่วมขังจะส่งผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตของพืชปลูกหลายชนิด (Pezeshki, 2001; Parent *et al.*, 2008) โดยระดับของน้ำที่ท่วมขึ้นอยู่ กับปัจจัยหลายๆ ปัจจัย เช่น รูปแบบการตกของฝน ความถี่ในการตก ความสูงต่ำของพื้นที่ คุณสมบัติของดินและระบบในการระบายน้ำในระหว่างการท่วม ซึ่งการรอดชีวิตของพืชไม่เพียงแต่ได้รับผลกระทบจากความลึกของน้ำเท่านั้น แต่ยังมีผลกระทบจากลักษณะทางกายภาพ ลักษณะทางเคมีของพืชแต่ละชนิดด้วย เช่น ความเข้มข้นของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ความเป็นกรดด่างและความขุ่นของน้ำ เป็นต้น (Ito *et al.*, 1999) ดินเกิดการอิ่มตัวด้วยน้ำตลอดเวลาไม่สามารถระบายน้ำได้ ช่องว่างภายในดินจึงถูกแทนที่ด้วยน้ำ ทำให้การถ่ายเทอากาศในดินถูกจำกัด ปริมาณออกซิเจนในดินลดลง โดยสภาพน้ำท่วมขังอาจมีหรือไม่มีน้ำปรากฏเหนือผิวดินก็ได้จึงเป็นปัญหาในการสังเกตอาการของพืช (สุทธิพันธ์, 2548) อัตราการแพร่ของก๊าซโดยเฉพาะออกซิเจนผ่านชั้นผิวน้ำช้ากว่าอัตราการแพร่ในสภาพไม่มีน้ำขังประมาณหนึ่งหมื่นเท่าตัว (Jackson, 2003; Lars, 2010; Mohd, 2010) การจำกัดในการแพร่ของแก๊สเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดระหว่างน้ำท่วม (Setter *et al.*, 1995) สภาวะน้ำท่วมในดินที่ถูกน้ำขังนั้น ช่องว่างระหว่างเม็ดดินถูกแทนที่ด้วยน้ำ

ก๊าซออกซิเจนถูกใช้หมดไปในการหายใจของรากและจุลินทรีย์ เมื่อระบบรากอยู่ในสภาวะขาดออกซิเจน ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลง เมแทบอลิซึมของการหายใจที่เปลี่ยนแปลงไปส่งผลให้ลักษณะทางสัณฐานและกระบวนการสรีรวิทยาต่างๆ ของพืชเปลี่ยนแปลงไป (James *et al.*, 2004)

สภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ (hypoxia) หรือสภาวะที่ขาดออกซิเจน (anoxia) จากสภาพน้ำท่วมขัง จะส่งผลให้เกิดการจำกัดการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้ (Perata *et al.*, 1992) ทำให้ปฏิกิริยาของออกซิเจนภายในเซลล์ไม่สามารถรักษาสภาพที่สมดุล (Aurisano *et al.*, 1995) ทำให้ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและกระบวนการเผาผลาญของพืช (Setter *et al.*, 1988) และทำเป็นสาเหตุให้พลังงานลดลงและทำให้กระบวนการต่างๆ ของเซลล์นั้นลดลงด้วย (Water *et al.*, 1989) ปรากฏการณ์นี้ก่อให้เกิดผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของลำต้นด้วย เนื่องจากการขาดธาตุอาหาร (Drew, 1983) พลังงานที่ใช้ในการขนย้ายธาตุอาหารขึ้นอยู่กับหายใจโดยใช้ออกซิเจนที่ละลายในน้ำท่วม หรือจากช่องอากาศของต้นพืช (John *et al.*, 1974)

สภาวะน้ำท่วมเป็นสาเหตุให้เกิด oxidative stress ในเซลล์ ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับการผลิต reactive oxygen species (ROS) ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระที่มีความไม่คงตัวเนื่องจากมีอิเล็กตรอนอิสระที่มีความว่องไวต่อการทำปฏิกิริยา ROS เกิดจากการลดลงของ O_2 ที่เปลี่ยนสภาพไปเป็น superoxide (O_2^-), singlet oxygen (1O_2), hydroxyl radical ($^{\bullet}OH$) และ hydrogen peroxide (H_2O_2) (Bowler *et al.*, 1998) ก่อให้เกิดความเสียหายกับองค์ประกอบของเซลล์ เช่น การทำลายโครงสร้างของ DNA การเปลี่ยนแปลงสภาพของโปรตีน ไขมันของเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้สารชีวโมเลกุลต่างๆ เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและเสียสภาพที่จะทำหน้าที่ได้ (Biemelt *et al.*, 2000; Garniczarska *et al.*, 2004) น้ำท่วมเป็นสาเหตุของการปิดปากใบ ทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของ ROS ภายในใบเป็นผลให้กระบวนการสังเคราะห์แสงลดลงด้วย (Crawford, 1978; Asada and Takahashi, 1987) และส่งผลต่อมาในการเสื่อมสภาพและการตายของพืช (Price *et al.*, 1987; Sgherriet *al.*, 1993; Smirnov and Colombe, 1988) ทั้งนี้แม้ว่าพืชจะมีระบบการทำงานของสารต้านการเกิดกระบวนการออกซิเดชัน เช่น catalase, superoxide dismutase, peroxidase ซึ่งสารเหล่านี้มีหน้าที่ในการควบคุมอนุมูลอิสระโดยการดักจับหรือกำจัดเพื่อให้อยู่ในระดับที่พอเหมาะ (Vishal Chugh *et al.*, 2011) แต่เมื่อมี ROS ในปริมาณมากเกินไปกว่าที่ระบบจะป้องกันหรือยับยั้งไว้ได้หมด จะทำให้เกิด oxidative stress ขึ้น ซึ่งถ้าสะสม ROS ในปริมาณมากจะทำให้เกิดความเสียหายที่รุนแรงมากขึ้น

ในสภาพน้ำท่วมอัตราของ alcoholic fermentation จะเพิ่มขึ้นสำหรับใช้เป็นแหล่งพลังงานที่จำเป็นต่อการมีชีวิตของพืชในสภาพน้ำท่วม (Water *et al.*, 1991; Setter *et al.*, 1994) แม้ผลผลิตส่วนใหญ่ของกระบวนการจะเป็น ethanol แต่มีความเข้มข้นไม่มากพอที่จะเกิดพิษกับพืชได้ (Alpi and Beevers,

1983) ความเป็นพิษของ ethanol จะเกิดขึ้นเมื่อมีปริมาณสะสมอยู่ในระดับที่เป็นพิษในช่องอากาศของเนื้อเยื่อพืช (Crawford *et al.*, 1987) ในกระบวนการ alcoholic fermentation เป็นกลไกสำหรับหมุนเวียน NAD^+ เพื่อรักษากระบวนการ glycolysis และระดับของ phosphorylation ประสิทธิภาพของกระบวนการขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำตาลและเอนไซม์หลัก 2 ตัว คือ alcohol dehydrogenase (ADH) และ pyruvate decarboxylase (PDC) (Ap Rees *et al.*, 1987)

จากสาเหตุของความเสียหายที่กล่าวมาข้างต้นนั้นจึงเป็นสาเหตุสำคัญที่มีการศึกษาถึงการตอบสนองของพืชต่อสภาวะน้ำท่วมขังกันอย่างกว้างขวาง โดยปัจจัยสำคัญที่ทำการศึกษาพืชปลูกในสภาวะน้ำท่วมขังนั้นมีอยู่ 2 ประการ คือ ระยะเวลาที่น้ำท่วมขังและผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช การที่น้ำท่วมขังในแปลงปลูกนานมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืชปลูกลดลงกว่าการให้น้ำท่วมขังในแปลงปลูกที่สั้นกว่า เช่น ข้าวสาลี (Malik *et al.*, 2001) ปอแก้ว (Ashraf and Arfan, 2005) และ perennial ryegrass (Mcfarlane *et al.*, 2004) ส่วนผลกระทบจากการให้น้ำท่วมขังต่อการเจริญของพืชปลูก พบว่า การให้น้ำท่วมขังมีผลทำให้พืชปลูกหลายชนิดมีการเจริญเติบโตในด้านต่างๆ ลดลง เช่น การลดปริมาณของ chlorophyll และการเปลี่ยนแปลงลักษณะใบของมันเทศ (Shih-Ying Hwang *et al.*, 1999) การสะสมน้ำหนักแห้งที่ลดลงของลำต้นในฝ้าย (Bange *et al.*, 2004) การเจริญเติบโตทางลำต้นและพื้นที่ใบที่ลดลงในทานตะวัน (Grassini *et al.*, 2007) การสะสมน้ำหนักแห้งของลำต้น รวมทั้งความยาวใบและความกว้างใบที่ลดลงของยางพารา (ศานิต และคณะ, 2554) จะเห็นได้ว่ามีการศึกษาผลของการให้น้ำท่วมขังต่อพืชปลูกหลายชนิด อย่างไรก็ตามการทดลองเกี่ยวกับผลของการให้สภาพน้ำท่วมขังของมันเป็นปะหลังในระยะแรกของการเจริญเติบโตที่ได้รับระยะเวลาที่น้ำท่วมขังต่างกันั้นยังไม่มีผู้ทำการศึกษา

การคายน้ำของพืช

การสูญเสียน้ำของพืชเกิดขึ้นได้ทางปากใบ (stomatal transpiration) ทางผิวของลำต้น (cuticle transpiration) และการสูญเสียน้ำทางรอยแตกตามลำต้น (lenticel transpiration) แต่การสูญเสียน้ำที่มีบทบาทสำคัญต่อพืชมากที่สุด คือ การคายน้ำที่เกิดขึ้นทางปากใบ เพราะการสูญเสียในลักษณะนี้มีปริมาณมากที่สุด (Bidwell, 1974; Devlin, 1975) ปริมาณน้ำที่พืชดูดขึ้นมาใช้นั้นมีปริมาณเพียงเล็กน้อยที่พืชนำไปใช้ในกระบวนการสรีรวิทยาปริมาณน้ำส่วนใหญ่จะสูญเสียไปในรูปของการคายน้ำ (Devlin, 1969; Kramer and Kozlowski, 1979) ดังนั้น พืชที่มีการสูญเสียน้ำหรือพืชที่มีอัตราการคายน้ำต่ำเป็นพืชที่มีความต้องการใช้น้ำในปริมาณน้อยและมีความสามารถในการมีชีวิตอยู่รอดได้ในสภาพแห้งแล้ง การคายน้ำของพืช (transpiration) เป็นกระบวนการทางชีวภาพซึ่งนำน้ำกลับสู่บรรยากาศผ่านลำต้นโดยผ่านออกทางปากใบ (stomata) น้ำที่พืชดูดจากดินมาใช้เพื่อกระบวนการคายน้ำนั้นพืชจะใช้น้ำเพื่อการคายน้ำกลับ

สู่บรรยากาศร้อยละ 95 และอีกร้อยละ 5 ของปริมาณน้ำที่พืชดูดมาจากดินพืชจะเอาไว้ใช้ในการเจริญเติบโต (วิชา, 2535) ในวันที่บรรยากาศมีอุณหภูมิสูงใบของพืชจะสูญเสียน้ำอย่างรวดเร็วซึ่งเป็นอันตรายต่อพืชได้พืชมีการป้องกันการสูญเสียน้ำโดยสร้างไขหรือคิวทิน (cutin) เคลือบผิวใบและลำต้นเรียกว่าชั้นคิวทิเคิล (cuticle) ในลำต้นแก่พืชจะสร้างสารซูเบอรินในชั้นของคอร์กป้องกันการระเหยน้ำ ดังนั้น การคายน้ำของพืชส่วนใหญ่จะเกิดที่ช่องปากใบการที่พืชเปิดปากใบในเวลากลางวันทำให้พืชคายน้ำได้มากและเมื่อสภาพแวดล้อมวิกฤติจริงๆ พืชก็อาจปิดปากใบได้ถึงแม้ว่าจะเป็นเวลากลางวัน

ปัจจัยที่มีผลต่อการปิดเปิดของปากใบพืช

การปิดเปิดของปากใบพืชถูกควบคุมโดยความเต่งของเซลล์ปากใบจะเปิดเมื่อเซลล์คุม (guard cell) เต่ง และจะปิดเมื่อเซลล์คุมเหี่ยว ซึ่งจะตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมทั้งภายในและภายนอก ได้แก่ แสง คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ (สมบุญ, 2544) ปากใบเป็นส่วนหนึ่งของเซลล์ที่อยู่ในชั้นเอพิเดอมีส (epidermis) ที่แลกเปลี่ยนก๊าซและคายน้ำประกอบด้วยเซลล์คุม (guard cell) 2 เซลล์ มีลักษณะที่พิเศษกว่าเซลล์ผิวทั่วไปตรงที่เซลล์คุมหักมีคลอโรพลาสต์จึงสามารถสังเคราะห์แสงได้ ซึ่งจะอยู่ติดกันโดยด้านที่ติดจะมีผนังหนาบริเวณระหว่างเซลล์คุมทั้งสองจะมีรูใบเมื่อเซลล์คุมอยู่ในสถานะที่ขาดน้ำขนาดของรูใบจะแคบหรือปิดทำให้น้ำไม่สามารถระเหยออกจากรูใบได้ แต่ในสถานะที่มีน้ำเพียงพอจะทำให้เซลล์คุมเกิดการขยายตัวผนังเซลล์ด้านที่บางจะขยายตัวและยืดตัวออกได้มากกว่า จึงเกิดแรงดึงให้ผนังเซลล์ด้านในที่หนาโค้งเข้าจึงทำให้อาบน้ำเปิดทำให้น้ำระเหยออกจากรูใบได้ (ชวนพิศ, 2544)

ค่าน้ำไหลปากใบ (gs) เป็นค่าที่บอกระดับการเปิดปิดของปากใบ ค่า gs สูง หมายถึง ปากใบเปิดกว้างให้แก๊สไหลผ่านปากใบได้มาก ค่า gs ลดลง หมายถึง ปากใบปิดแคบลงอาจส่งผลให้อัตราสังเคราะห์แสงสุทธิและคายน้ำมีค่าลดต่ำลงได้ ค่าการชักนำของปากใบพืช (stomatal conductance) หมายถึง คุณสมบัติของพืชเกี่ยวกับความง่ายของไอน้ำซึ่งหลุดพ้นจากใบพืช โดยอาศัยความสามารถในการสร้างแรงดึงมาลำเลียงน้ำโดยผ่านช่องเล็กในปากใบพืช (Huxman and Smith, 2001) สำหรับความต้านทานของปากใบพืช (stomatal resistance) นั้นก็มีความหมายในทางตรงกันข้ามกับค่าการชักนำของปากใบพืช คือ เป็นคุณสมบัติของพืชเกี่ยวกับความยากของไอน้ำซึ่งหลุดพ้นจากใบพืชโดยผ่านช่องเล็กในปากใบพืช โดยถ้ามีค่าความต้านทานของปากใบพืชมาก แสดงว่าพืชมีอัตราการคายน้ำน้อยหรือปากใบพืชอาจปิดก็ได้ส่วนค่าการชักนำของปากใบพืชถ้ามีค่ามาก แสดงว่าพืชมีอัตราการคายน้ำมาก ดังนั้น จะเห็นได้ว่าการปิดเปิดของปากใบพืชจะมีอิทธิพลต่อค่าความต้านทานและค่าการชักนำของปากใบพืชเป็นอย่างมาก

อย่างไรก็ดี มีการศึกษาถึงค่าน้ำไหลปากใบของมันสำปะหลังในพื้นที่ไร่มันสำปะหลัง อำเภอบางบาล จังหวัดนครราชสีมา พบว่า เมื่อมันสำปะหลังมีการเจริญเติบโตขึ้น ค่าน้ำไหลปากใบจะมีค่าเพิ่มขึ้นโดยช่วงแรกที่ทำกรวัดในเดือนพฤษภาคม พบว่า ค่าน้ำไหลปากใบมีค่าอยู่ในช่วง 1.2-2.0 cm/s และเมื่อทำ

การวัดในช่วงที่ 2 คือ ในเดือนกันยายนซึ่งขณะนั้นเป็นช่วงที่มันสำปะหลังเจริญเติบโตเต็มที่ พบว่า ค่าน้ำไหลปากใบมีค่าอยู่ในช่วง 2.8-5.9 cm/s และต่อมาในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม ซึ่งมันสำปะหลังใกล้เข้าสู่ภาวะแล้งจะเริ่มมีการปรับตัว โดยมีการทิ้งใบซึ่งเป็นผลให้ค่าน้ำไหลปากใบจะลดลงเร็วมากโดยค่าน้ำไหลปากใบมีค่าอยู่ในช่วง 0.3-0.9 cm/s ทั้งนี้เนื่องมาจากการทิ้งใบของมันสำปะหลังนั้นจะช่วยลดการคายน้ำหรือลดการสูญเสียน้ำทำให้ค่าการชักนำของปากใบพืชมีค่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเจริญเติบโตเต็มที่ (สมบุญ, 2547)

ค่าการนำไฟฟ้าภายในดิน

การนำไฟฟ้าของดิน คือ ความสามารถของดินในการส่งผ่านกระแสไฟฟ้า ซึ่งทำการวัดโดยใช้ค่า EC (Electrical Conductivity) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับ สมบัติดินที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ทั้งนี้ความเค็มของดิน (salinity) โดยทั่วไปมักใช้ประเมินระดับความเค็มของดิน ซึ่งหมายถึง ความมากน้อยของปริมาณธาตุที่มีประจุในดิน

ค่าการนำไฟฟ้า หรือ ค่า EC (Electrical Conductivity) หมายถึง เกลือของธาตุอาหารทั้งหมดที่ละลายอยู่ในน้ำเป็น การวัดค่าการนำไฟฟ้าซึ่งบ่งบอกถึง ความสามารถของน้ำที่จะให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ซึ่งคุณสมบัตินี้จะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นชนิดของอิออนที่มีอยู่ในน้ำและอุณหภูมิของน้ำ โดยปกติแล้วน้ำบริสุทธิ์จะมีค่าการนำไฟฟ้าเป็นศูนย์ แต่เมื่อน้ำมีเกลือละลายอยู่ เกลือของธาตุอาหารเหล่านี้จะแตกตัวเป็นประจุบวก และประจุลบ ซึ่งจะเป็นตัวนำไฟฟ้า ทำให้สารละลายที่มีเกลือที่แตกตัวได้มีความนำไฟฟ้า ซึ่งค่าการนำไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณเกลือของธาตุอาหารที่ละลายอยู่ในน้ำ ดังนั้น จึงใช้การวัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายบอกให้ทราบถึง ปริมาณเกลือที่ละลายโดยรวมอยู่ในสารละลายไม่สามารถแยกชนิดของเกลือได้ เกลือที่พบโดยทั่วไปในพื้นที่ดินเค็ม ได้แก่ เกลือคลอไรด์ และซัลเฟตของโซเดียมแคลเซียมและแมกนีเซียม ส่วนใหญ่เป็นเกลือแกง (NaCl) ความเค็มของดินประเมินจากค่า EC ของสารละลายดินซึ่งผันแปรตามปริมาณเกลือที่ละลายน้ำได้ ค่าการนำไฟฟ้าของดินมีหน่วยเป็นไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร ($\mu\text{S}/\text{cm}$) มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร (mS/cm) หรือเดซิซีเมนต่อเมตร (dS/m) (ศุภมาศ, 2528)

ความเค็มของดินอาจส่งผลกระทบกับพืชได้ในหลายทาง อาทิ เช่น สภาพความเครียดออกซิเดติกที่เมื่อในสารละลายดินมีความเข้มข้นของประจุธาตุบางชนิดมากกว่าระดับปกติจะไปขัดขวางหรือยับยั้งการดูดธาตุอาหารและขบวนการทางสรีรวิทยาบางอย่างของพืชได้ เพราะน้ำจะไหลจากบริเวณที่มีความต่างศักย์สูง (เกลือเจือจาง) ไปสู่บริเวณที่มีความต่างศักย์ที่ต่ำกว่า (เกลือเข้มข้น) หากดินมีเกลือในสารละลายดินเข้มข้นกว่าในพืช ความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินจะลดลงอีกทั้งอาจเกิดความเป็นพิษของธาตุบางชนิด

ที่ส่งผลกระทบต่อเนื้อเยื่อของพืชทำให้พืชไม่สามารถดูดน้ำจากดินได้ การสะสมของเกลือทำให้ต้นพืชดูดสารละลายได้ไม่ดีเท่าที่ควรซึ่งทำให้พืชแสดงอาการผิดปกติโดยเฉพาะส่วนของใบและการสะสมของเกลียวยังส่งผลรวมไปถึงการเคลื่อนย้ายของธาตุอาหาร การใช้น้ำและการระเหยของน้ำในต้นพืชจึงมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตได้ (Grattan and Grieve, 1998)

การทนเค็มของพืช หมายถึง ความสามารถที่พืชจะทนต่อเกลือปริมาณมากในบริเวณรากพืชชนิดต่างๆ ซึ่งมีความสามารถในการทนเค็มต่างกัน ทั้งนี้พืชที่จัดเป็นพืชทนเค็มนั้น คือ พืชที่มีความสามารถเจริญเติบโตได้ครบวงจรชีวิตในสภาพเค็มเมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม การเจริญเติบโตและผลผลิตลดลงเนื่องจากพืชนำพลังงานที่จะนำไปใช้ในการเจริญเติบโตมาปรับตัวต่อสภาพความเครียดออสโมติกที่เกิดขึ้น อาทิ เช่น พืชต้องใช้พลังงานเพิ่มขึ้นเพื่อดูดน้ำขึ้นมาใช้ในการเจริญเติบโตพืชจะปรับตัวโดยลดอัตราการคายน้ำลงโดยมีขนาดและจำนวนใบลดน้อยลง พืชส่วนใหญ่มีผลผลิตลดลงเมื่อสารละลายดินมีค่าการนำไฟฟ้ามากกว่า 2 mS/cm พืชบางชนิดทนเค็มได้ถึง 4-8 mS/cm แต่เมื่อระดับความเค็มสูงถึง 16 mS/cm พืชเกือบทุกชนิดแสดงอาการที่ได้รับผลกระทบอย่างรุนแรง ฉะนั้น ดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชโดยทั่วไปควรมีความเค็มไม่เกินระดับที่กำหนดไว้ตามชนิดพืช มันสำปะหลังจัดเป็นพืชทนเค็มซึ่งสามารถทนเค็มได้ในระดับปานกลางคือไม่เกิน 4 mS/cm (อรุณี และ สมศรี, 2539) อย่างไรก็ตามมีปัจจัยอีกหลายประการที่เกี่ยวข้องกับการทนเค็มของพืช เช่น อายุของพืช ชนิดของเกลือ สภาพอากาศ สภาพของดิน และปริมาณน้ำในดิน ซึ่งหากมีปริมาณลดลงจะทำให้ความเข้มข้นของเกลือมากขึ้น แต่หากมีปริมาณน้ำในดินมากเกินไปแม้ความเข้มข้นของเกลือจะลดลงแต่จะส่งผลต่อการถ่ายเทอากาศในดินที่เลวลง

ความชื้นภายในดิน

ความชื้นดินในทางเกษตรกรรม หมายถึง ความชื้นในรูปน้ำเหลว ทั้งนี้ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในดินอาจอยู่ในรูปของไอน้ำภายในช่องอากาศของดิน หรืออาจดูดซับอยู่ที่ผิวอนุภาคดิน และอยู่ในช่องดินในรูปของน้ำเหลว บางส่วนอาจไม่อยู่ภายใต้แรงดูดยึดแต่ไหลผ่านช่องภายในดินลึกลงสู่ชั้นล่าง อย่างไรก็ตาม ส่วนใหญ่ของน้ำในดินอยู่ในรูปของน้ำเหลวและอยู่ภายใต้อำนาจแรงดูดภายในช่องดินและน้ำส่วนนี้เองที่มีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของพืชปริมาณน้ำที่มีในดินแสดงค่าเป็นความชื้นดินซึ่งหมายถึง ปริมาณน้ำเหลวที่มีอยู่ในดินทั้งหมด ในสภาพแปลงปลูก การแสดงค่าความชื้นดินมีการแสดงได้หลายวิธีทั้ง ความชื้นโดยน้ำหนัก(θ_m) ความชื้นโดยปริมาตร (θ_v) ความสูงของน้ำ (h_w) และเปอร์เซ็นต์การอิ่มตัวด้วยน้ำ (S)

ระดับความชื้นในดินเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างไรก็ดีมีการศึกษาถึงความผันแปรของความชื้นในดินบริเวณรากมันสำปะหลังที่แต่ละระดับความลึกและในแต่ละช่วงฤดูกาลเพาะปลูก ที่ อำเภอบรรพตพิสัยจังหวัดนครราชสีมา ความผันแปรของความชื้นในดินนั้นเป็นผลมาจากหลาย

สาเหตุ อาทิ เช่น ลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่ส่งผลต่อระดับน้ำใต้ดิน การชะล้างพังทลายของดิน การทำลายป่าเพื่อการใช้ประโยชน์ที่ดินในรูปแบบต่างๆ รวมถึงสภาพอากาศในแต่ละช่วงฤดูกาล (สมนิมิตรและคณะ, 2546) จากการศึกษาพบว่า ในเดือนกันยายนซึ่งมีปริมาณฝนมาก เมื่อทำการวัดความชื้นที่ระดับความลึกจากผิวดิน 0-5 ซม. ปริมาณความชื้นในดินเฉลี่ยรายวันสูงสุดเท่ากับ 40.4 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และเมื่อวัดความชื้นในดินเฉลี่ยรายวันที่ระดับความลึก 5-20 ซม. พบว่า มีปริมาณความชื้นในดินสูงสุด 40.3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีลักษณะสอดคล้องกับระดับความลึกที่ 0-5 ซม. คือ มีความผันแปรของความชื้นในดินรายวันมาก เนื่องจากความชื้นในดินของทั้งสองระดับความลึกขึ้นอยู่กับปริมาณของน้ำฝนที่ผิวดินได้รับ ทั้งนี้การเพิ่มขึ้นและลดลงของปริมาณความชื้นในดินที่ระดับความลึกดังกล่าวขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนเป็นหลัก (เกษม และ เพิ่มศักดิ์, 2522; วีระ และ ธรรมบุญ, 2536; Sukurai *et al.*, 1991) รวมถึงระดับความลึกของชั้นดินที่ลึกลงไป เมื่อมีปริมาณน้ำใต้ดินสูงขึ้นก็จะส่งผลต่อปริมาณความชื้นที่ระดับความลึกจากผิวดินที่สูงขึ้นจากสภาพน้ำท่วมขังได้

อุปกรณ์ และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ท่อนพิน้ำมันสำปะหลังพินธุ์เกษตรศาสตร์ 50
2. เครื่องวัดความเขียวใบ (Chlorophyll meter)
3. เครื่องวัดการคายน้ำของใบ (Porometer AP 4)
4. เครื่องวัดความชื้นดิน (WET Sensor รุ่น W.E.T Kit)
5. เครื่องวัดพื้นที่ใบ (Leaf Area meter)
6. เครื่องชั่งแบบ Digital ทศนิยม 3 ตำแหน่ง
7. ตู้อบแห้งตัวอย่างพืช
8. ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15
9. วัสดุอื่นๆ เช่น กระดาษ ดิน ทราเย ปูน

วิธีการ

การทดลองใช้มันสำปะหลังพินธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ปลูกแบบปักตรงในระบบกระถาง ทำการวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomize Design (CRD) ซึ่งประกอบด้วย 4 ทรีทเมนต์ มี 3 ซ้ำ ทำการทดลองภายใต้โรงเรือนปลูกพืชทดลอง ดินที่ใช้เป็นดินที่ผสมจากดินร่วน 2

ส่วนต่อดินทราย 1 ส่วน การให้น้ำมีการควบคุมปริมาณน้ำที่ให้เท่ากันโดยให้วันละ 1 ลิตร และเมื่ออายุที่ 1 เดือนและ 2 เดือนหลังปลูกใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 เมื่อมันสำปะหลังอายุ 2 เดือน 15 วัน (75 วันหลังปลูก) จึงทำการให้น้ำท่วมขังตามดำรับการทดลองที่กำหนด คือ ระยะเวลา 5, 10 และ 15 วัน ตามลำดับ เปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยการให้ปริมาณน้ำขังนั้น มีการควบคุมระดับน้ำอยู่สูงจากผิวดิน 1 เซนติเมตรอยู่เสมอ ด้วยถังน้ำที่ตวงวัดระดับน้ำและทำการให้น้ำปริมาณตามปกติกับชุดควบคุม ต่อมาเมื่อมันสำปะหลังผ่านสภาน้ำขังตามช่วงระยะเวลาที่แตกต่างกัน คือ 5, 10 และ 15 วัน ตามลำดับ จึงทำการระบายน้ำออกโดยมันสำปะหลังในแต่ละดำรับการทดลองที่ผ่านสภาน้ำท่วมขังมา เมื่ออายุครบ 100 วันจะมีระยะการฟื้นตัวหลังน้ำท่วม 20, 15 และ 10 วัน ตามลำดับ

การเก็บข้อมูลในการทดลอง

การเก็บข้อมูลในโรงเรือนทดลองในช่วงระหว่างก่อนและหลังการให้ดำรับการทดลองประกอบด้วย

1. ความสูงของลำต้นซึ่งทำการวัดตั้งแต่โคนต้นจนถึงส่วนยอด
2. ค่าความเขียวใบซึ่งทำการวัดโดยหนีบแผ่นใบบริเวณกลางใบของตำแหน่งใบที่ 2 หรือใบที่ 3 จากยอดที่มีการแผ่ออกของใบเต็มที่ โดยทำการวัดแต่ละครั้งในแต่ละแฉกของใบจำนวน 3 ครั้ง
3. ความยาวใบและความกว้างใบซึ่งทำการวัดตำแหน่งใบที่ 2-3 จากยอดโดยใบที่วัดมีการแผ่ออกของใบเต็มที่
4. ค่าการคายน้ำของใบซึ่งทำการวัดโดยหนีบแผ่นใบบริเวณกลางใบของตำแหน่งใบที่ 2 หรือใบที่ 3 จากยอดที่มีการแผ่ออกของใบเต็มที่ โดยทำการวัดแต่ละครั้งในแต่ละแฉกของใบจำนวน 3 ครั้ง
5. จำนวนใบเขียวและใบเหลือง ซึ่งทำการนับตั้งแต่ใบบนจนถึงใบล่างสุดของลำต้น
6. ค่าความชื้นของดินซึ่งทำการวัดที่ระดับจากผิวน้ำดินลงไป 7 เซนติเมตร
7. ค่าความนำไฟฟ้าของดินทำการวัดที่ระดับจากผิวน้ำดินลงไป 7 เซนติเมตร
8. ค่าอุณหภูมิดินทำการวัดที่ระดับจากผิวน้ำดินลงไป 7 เซนติเมตร
9. ค่าอุณหภูมิของบรรยากาศซึ่งทำการวัดในช่วงเช้าระหว่างเวลา 9.00-11.00 น.

การเก็บข้อมูลดังกล่าวนี้ทำโดยวัดในช่วงก่อนการให้ดำรับการทดลอง โดยเก็บข้อมูลในทุก 2 สัปดาห์ ต่อมาเมื่อทำการให้ดำรับการทดลองแล้วจึงทำการเก็บข้อมูลในทุกๆ 5 วัน สำหรับการเก็บข้อมูลตัวอย่างพืชเมื่อครบกำหนดเวลาของแต่ละดำรับการทดลองนั้นแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 การเก็บข้อมูลจากตัวอย่างพืชทันทีเมื่อมันสำปะหลังผ่านสภาน้ำท่วมขังมาแล้ว โดยทำการเก็บข้อมูล 3 ครั้งตามแต่ละดำรับการทดลอง คือ ช่วงระยะเวลาน้ำท่วมขังแตกต่างกัน คือ 5, 10 และ 15

วัน ตามลำดับ โดยการเก็บข้อมูลนั้น ตัวอย่างมันสำปะหลังในแต่ละดำรับจะมีอายุ 80, 85 และ 90 วันหลังปลูกตามลำดับ

ส่วนที่ 2 การเก็บข้อมูลจากตัวอย่างพืชเมื่อพืชผ่านช่วงการฟื้นตัวภายหลังการระบายน้ำออกแล้ว โดยทำการเก็บตัวอย่างมันสำปะหลังพร้อมกันในทุกดำรับการทดลอง เมื่อมันสำปะหลังอายุครบ 100 วัน หลังปลูก ซึ่งมันสำปะหลังแต่ละดำรับมีระยะการฟื้นตัวหลังน้ำท่วม 20, 15 และ 10 วัน ตามลำดับ

ทั้งนี้ข้อมูลที่เก็บในการเก็บข้อมูลตัวอย่างพืชที่แบ่งออกเป็น 2 ส่วนนั้นประกอบด้วย

1. ความยาวรากและจำนวนรากในแต่ละดำรับการทดลองของแต่ละช่วงอายุของการเก็บเกี่ยวโดยทำการจำแนกเป็น ความยาวรากสะสมอาหาร (storage root) ความยาวรากดูดอาหาร (adventitious root) จากนั้นทำการนับจำนวนรากโดยแยกเป็น จำนวนรากสะสมอาหาร (storage root) จำนวนรากรากดูดอาหาร (adventitious root) และทำการนับจำนวนรากรวมทั้งหมด

2. น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของรากในแต่ละดำรับการทดลองของแต่ละช่วงอายุของการเก็บเกี่ยวโดยทำการจำแนกเป็น น้ำหนักสดรากสะสมอาหาร (storage root) น้ำหนักสดรากดูดอาหาร (adventitious root) ซึ่งวิธีการแยกทำได้โดยการสังเกตจากขนาดทุกช่วงอายุการเก็บเกี่ยวและสีของรากสะสมอาหารซึ่งจะมีสีน้ำตาลเข้มขึ้น จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักโดยเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล ทศนิยม 3 ตำแหน่ง ในส่วนการวัดน้ำหนักแห้งรากทำโดยนำรากที่ชั่งน้ำหนักน้ำหนักรากสดเรียบร้อยแล้ว นำไปอบในตู้อบแห้งโดยใช้อุณหภูมิประมาณ 65 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักแห้งคงที่แล้วนำมาชั่งเพื่อหาค่าน้ำหนักแห้งของรากสะสมอาหาร (storage root) และน้ำหนักแห้งรากดูดอาหาร (adventitious root)

3. น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดินในแต่ละดำรับการทดลองของแต่ละช่วงอายุของการเก็บเกี่ยวซึ่งส่วนเหนือดิน คือ ส่วนที่พ้นเหนือดินที่ปลูก ประกอบด้วย ลำต้น กิ่ง ใบ โดยนำส่วนประกอบดังกล่าวนำมาชั่งน้ำหนักในแต่ละส่วนแยกกัน จากนั้นนำไปอบในตู้อบแห้งโดยใช้อุณหภูมิประมาณ 65 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักแห้งคงที่แล้วนำมาชั่งเพื่อหาค่าน้ำหนักแห้งของแต่ละส่วน

4. พื้นที่ใบในแต่ละดำรับการทดลองของแต่ละช่วงอายุของการเก็บเกี่ยวทำการวัดพื้นที่ใบโดยการเด็ดก้านใบออกให้เหลือเพียงตัวใบเท่านั้นจากนั้นจึงนำเข้าเครื่อง Leaf Area meter เพื่อทำการวัดพื้นที่ใบทั้งหมดในแต่ละต้น

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลมาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม SAS และวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยวิธี Analysis of variation เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test

สถานที่ทำการวิจัย

โรงเรียนปลูกพืชทดลอง คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

ระยะเวลาในการทดลอง

ตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม 2556 ถึงวันที่ 8 พฤศจิกายน 2556 รวมทั้งสิ้น 100 วัน

ผลและวิจารณ์

1. ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่มีต่อการเจริญเติบโตของลำต้นและใบ ปริมาณคลอโรฟิลล์และการนำไหลปากใบของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50

1.1 ความสูงต้น

จากการทดลองในช่วง 75 ถึง 90 วันหลังปลูก โดยมันสำปะหลังในแต่ละตำรับทดลองที่ประสบกับสภาวะน้ำท่วมขังนั้น พบว่า ความสูงยังคงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกตำรับทดลอง ต่อมาภายหลัง 90 วันหลังปลูก พบว่า มันสำปะหลังที่ได้รับน้ำขังในทุกระดับมีความสูงเพิ่มขึ้นในอัตราที่น้อยลง ในขณะที่มันสำปะหลังที่อยู่ในสภาพควบคุมมีการเจริญเติบโตทางความสูงเพิ่มขึ้นมากอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์ทางสถิติในแต่ละช่วงอายุของมันสำปะหลัง พบว่า ความสูงต้นของมันสำปะหลังในทุกตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่ 0, 5, 10 และ 15 วัน (เริ่มขังน้ำที่ 75 DAP) ต่อความสูงของต้นมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50

ระยะเวลาน้ำท่วมขัง (วัน)	อายุ (วันหลังปลูก)					
	75	80	85	90	95	100
0	98.3	104.1	105.5	101.9	117.8	115.8
5	93.0	95.7	94.4	95.9	96.7	97.2
10	93.2	95.6	97.4	97.9	97.7	96.8
15	97.5	100.5	102.5	104.1	97.8	98.2
Average (cm)	95.5	99.0	100.0	100.0	100.5	100.7
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	17.29	15.84	11.92	27.76	13.04	12.24

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละปัจจัย ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ จากการทดสอบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี DMRT

** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

* = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

DAP = จำนวนวันหลังปลูก (Days After Planting)

1.2 การขยายตัวของใบและปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ

ในการทดลองนั้นการตรวจดูคุณสมบัติต่างๆของใบ ใบที่ใช้ในการวัดนั้นเป็นใบอ่อนที่มีการแผ่กางออกของใบเต็มที่ ซึ่งวิธีการตรวจสอบดังกล่าวสอดคล้องกับ Shih-Ying Hwang et al. (1999) ซึ่งใช้ใบอ่อนของมันเทศที่มีการขยายขนาดเต็มที่ในการตรวจสอบ relative chlorophyll content และดูการตอบสนองในการทำงานของเอนไซม์ภายใต้สภาวะความเครียดน้ำท่วมขังและความเข้มแสงที่สูง

จากการทดลองใบที่ใช้วัดค่าความเขียวใบเป็นใบเดียวกับใบที่วัดการขยายขนาดของใบ ซึ่งใบที่ใช้วัดนั้นเป็นใบอ่อน ผลการวัดการขยายตัวของใบ พบว่า การขยายความยาวใบมีแนวโน้มลดลงในทุกๆรอบการทดลองจนถึงที่ 90 วันหลังปลูก ต่อมาภายหลัง 90 วันหลังปลูกจนถึง 100 วันหลังปลูก พบว่า มันสำปะหลังชุดที่ได้รับน้ำท่วมขังเป็นเวลา 15 วัน มีความยาวใบที่น้อยที่สุดคือ 8.9 ซม.เมื่อเปรียบเทียบกับมันสำปะหลังชุดควบคุมที่ยังคงมีความยาวใบที่ใกล้เคียงระดับเดิม และมันสำปะหลังที่ได้รับน้ำท่วมขังเป็น

เวลา 5 และ 15 วัน ที่เมื่อผ่านการระบายน้ำออกแล้วซึ่งมีความยาวใบที่เพิ่มขึ้น คือ 11.4 ซม. และ 11.1 ซม. ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า ความยาวใบที่ 95 วันและ 100 วันหลังปลูกของแต่ละการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 2) ต่อมาเมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงความกว้างใบของมันสำปะหลัง พบว่า มันสำปะหลังที่ประสบกับสภาพน้ำท่วมขังนาน 15 วันมีผลให้ความกว้างใบลดลงแม้ว่าจะทำการระบายน้ำออกแล้ว อย่างไรก็ตามที่ 100 วันหลังปลูก พบว่ามันสำปะหลังชุดควบคุมมีความกว้างใบที่ลดลงเช่นกัน และเมื่อพิจารณาถึงมันสำปะหลังที่ประสบกับสภาพน้ำท่วมขัง 10 วัน พบว่า มีความกว้างใบที่ลดลงเช่นกัน แต่เมื่อได้ผ่านระยะฟื้นตัวเป็นเวลา 15 วัน พบว่า ความกว้างใบมีการพัฒนาเพิ่มขึ้นซึ่งมีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกับมันสำปะหลังที่ผ่านสภาพน้ำท่วมขัง 5 วัน ซึ่งมีการขยายตัวของใบในลักษณะเดียวกัน (ตารางที่ 3)

จากการวัดค่าความเขียวของใบ โดยใช้เครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์ซึ่งค่าความเขียวของใบจะแสดงถึงความหนาแน่นของปริมาณคลอโรฟิลล์ พบว่า ค่าความเขียวใบในช่วง 75 ถึง 85 วันหลังปลูก มีแนวโน้มลดลงในทุกการทดลอง ต่อมาภายหลัง 85 วันหลังปลูก จนถึง 100 วันหลังปลูก พบว่า ความยาวนานของน้ำท่วมขัง 10 วัน (เริ่มขังน้ำที่ 75 DAP) มีผลให้ค่าความเขียวใบลดลง แม้ว่ามันสำปะหลังจะผ่านการระบายน้ำออกแล้วก็ตาม ส่วนมันสำปะหลังที่ผ่านสภาพน้ำท่วมขัง 15 วัน พบว่า ยังคงมีการเพิ่มขึ้นของระดับความเขียวใบแต่เพิ่มขึ้นในอัตราที่ต่ำมากซึ่งค่าความเขียวใบในช่วงดังกล่าวนี้มีค่าใกล้เคียงกันมาก ในขณะที่มันสำปะหลังชุดควบคุมและชุดที่ได้รับน้ำท่วมขัง 5 วัน ที่ผ่านการระบายน้ำออกแล้วนั้น มีค่าความเขียวใบเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน (ตารางที่ 4)

อย่างไรก็ตาม จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า สภาพการขังน้ำไว้เป็นระยะเวลายาวนานนั้นส่งผลให้มีการลดลงของการขยายขนาดของใบทั้งความยาวและความกว้าง ซึ่งสอดคล้องกับ ศานิต และ วิษณุ (2554) ซึ่งพบว่า การให้น้ำท่วมขังในระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นทำให้ยางพาราถูกยับยั้งการเจริญเติบโตทางความยาวใบและความกว้างใบ ทั้งนี้สาเหตุสำคัญที่ทำให้ใบมีการขยายขนาดที่ลดลงและยังพบอาการเหี่ยวของใบ เนื่องมาจากแรงดันเต่ง (turgor pressure) ที่ลดลงจากการที่พืชไม่สามารถเกิดแรงดึงน้ำได้เต็มที่ เนื่องจากรากเกิดความเสียหายจึงส่งผลให้ปริมาณของน้ำในพืชลดน้อยลง ทั้งนี้แรงดันเต่งเป็นแรงกระทำที่สำคัญที่เกิดจากการแพร่ของน้ำภายในเซลล์ที่พืชนั้นใช้ในการดันเยื่อหุ้มเซลล์ให้ดันผนังเซลล์เพื่อทำให้เกิดเซลล์เต่งและเกิดการขยายขนาดเซลล์เพิ่มมากขึ้น (Hopkins, 1999) นอกจากการขาดน้ำจะเป็นสาเหตุของความเต่งของเซลล์ที่ลดลงและการขยายขนาดของใบที่ลดลงแล้ว ทั้งนี้หากการได้รับน้ำไม่เพียงพอของเซลล์นั้นในระยะเวลาที่ยาวนานขึ้นจะส่งผลให้เซลล์เกิดการเสื่อมสภาพ (senescence) ได้ด้วยเหตุผลหลายประการ อาทิ เช่น การที่อุณหภูมิของใบสูงขึ้นซึ่งจะมีผลเสียต่อปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์ (มาลี, 2552) ดังเห็นได้จากผลการทดลองที่ความหนาแน่นของปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบมันสำปะหลังที่ผ่านสภาพน้ำท่วมขัง 10 และ 15 วันที่ลดลง ซึ่งการที่ปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง

นั้นจะทำให้การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชลดลงตามมา การทำงานของกระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ ผิดปกติ ทั้งนี้การสูญเสียปริมาณคลอโรฟิลล์ไม่ได้เกิดจากการเสื่อมสภาพเท่านั้น แต่ยังเกิดจากการได้รับธาตุอาหารไม่เพียงพอ เนื่องจากเกิดการยับยั้งการดูดธาตุอาหารของรากและการเคลื่อนย้ายธาตุอาหาร โดยเฉพาะไนโตรเจนที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของคลอโรฟิลล์ (ลิลลี่ และ ศรีสม, 2552)

ตารางที่ 2 ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่ 0, 5, 10 และ 15 วัน (เริ่มขังน้ำที่ 75 DAP) ต่อความยาวของใบของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50

ระยะเวลาน้ำท่วมขัง (วัน)	อายุ (วันหลังปลูก)					
	75	80	85	90	95	100
0	11.4	11.5	10.6	10.0	10.0ab	9.6bc
5	11.7	12.9	10.2	10.0	10.6a	11.4a
10	11.5	11.5	11.3	9.3	10.1ab	11.1ab
15	11.3	11.0	10.5	10.6	8.2b	8.9c
Average (cm)	11.6	11.7	10.6	10.0	9.7	10.3
F-test	ns	ns	ns	ns	*	*
CV (%)	8.40	8.92	15.08	12.32	9.81	8.00

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละปัจจัย ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ จากการทดสอบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี DMRT

** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

* = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

DAP = จำนวนวันหลังปลูก (Days After Planting)

ตารางที่ 3 ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่ 0, 5, 10 และ 15 วัน (เริ่มขังน้ำที่ 75 DAP) ต่อความกว้างของใบของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50

ระยะเวลาน้ำท่วมขัง (วัน)	อายุ (วันหลังปลูก)					
	75	80	85	90	95	100
0	3.1	3.2a	3.2	3.2	3.2	2.9
5	3.0	3.5a	2.8	2.8	3.0	3.2
10	2.9	3.2a	3.4	2.6	2.9	3.2
15	2.9a	3.1a	3.5	3.4	2.4	2.7
Average (cm)	3.0	3.3	3.2	3.0	2.9	3.0
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	10.26	8.61	19.64	18.18	20.34	12.07

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละปัจจัย ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ จากการทดสอบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี DMRT

** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

* = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

DAP = จำนวนวันหลังปลูก (Days After Planting)

ตารางที่ 4 ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่ 0, 5, 10 และ 15 วัน (เริ่มขังน้ำที่ 75 DAP) ต่อค่าความเขียวใบของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50

ระยะเวลาน้ำท่วมขัง (วัน)	อายุ (วันหลังปลูก)					
	75	80	85	90	95	100
0	36.4	34.4	31.6	32.4	33.2	36.1
5	37.4	38.3	31.8	33.2	35.3	36.9
10	37.2	33.8	29.4	33.5	31.2	30.4
15	35.6	32.8	28.1	27.8	28.3	29.2
Average (SPAD Unit)	36.7	34.8	30.2	31.7	32.0	32.9
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	10.36	6.96	9.58	8.73	7.71	12.03

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละปัจจัย ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ จากการทดสอบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี DMRT

** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

* = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

DAP = จำนวนวันหลังปลูก (Days After Planting)

1.3 การเปลี่ยนแปลงจำนวนใบและสัดส่วนจำนวนใบเหลืองภายในต้น

จากการทดลองมันสำปะหลังที่อยู่ในสภาพควบคุม พบว่า จำนวนใบมีการเพิ่มขึ้นในช่วง 75 วัน ถึง 85 วันหลังปลูก ในขณะที่ชุดที่ได้รับน้ำขัง 5 วัน ไม่มีการเปลี่ยนแปลงจำนวนใบ ต่อมาภายหลัง 85 หลังปลูก พบว่า ผลของอายุใบและความยาวนานจากสภาพน้ำท่วมขังมีผลทำให้จำนวนใบมีแนวโน้มลดลงในทุกตำรับการทดลอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีที่มันสำปะหลังประสบกับสภาพน้ำท่วมขัง 15 วัน ซึ่งพบว่า มีการสูญเสียจำนวนใบเร็วที่สุดและเหลือจำนวนใบน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับระยะเวลาการได้รับน้ำท่วมขังในระดับอื่น เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้ว พบว่า ระยะเวลาของสภาพน้ำท่วมขังในทุกระดับมีผลให้จำนวนใบลดลงอย่างชัดเจน โดยเฉพาะเมื่อได้รับน้ำท่วมขังเป็นเวลานาน 15 วัน ในขณะที่มันสำปะหลังชุดควบคุมยังคงรักษาจำนวนใบและมีการพัฒนาใบใหม่เพิ่มขึ้นมาได้ (ตารางที่ 5)

อย่างไรก็ตาม ในการทดลองนี้ พบว่า ตั้งแต่ภายหลัง 90 วันหลังปลูก มันสำปะหลังเริ่มมีการทิ้งใบจากการปรับตัวภายใต้สภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนทดลองซึ่งมีอุณหภูมิอากาศที่สูงถึง 35.2 °C โดยเฉพาะต้นที่ได้รับผลกระทบจากสภาพน้ำขังนาน 5, 10 และ 15 วัน ซึ่งพบว่า มีการสูญเสียใบเป็นจำนวนมาก แม้ได้รับระยะการฟื้นตัวแล้ว อาทิ เช่น มันสำปะหลังที่ได้รับสภาพน้ำขังนาน 10 วัน มีใบที่เสื่อมสภาพเป็นจำนวนมากและเมื่อผ่านระยะการฟื้นตัว 15 วัน พบว่า มีจำนวนใบเหลืออยู่น้อยลงมาก (ภาพที่ 2) ทั้งนี้อาจเกิดจากความเสียหายของรากในสภาพน้ำขังที่มีผลให้การดูดใช้น้ำและธาตุอาหารของพืชลดลง โดยเฉพาะเมื่อเกิดการขาดธาตุไนโตรเจนซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของคลอโรฟิลล์ทั้งนี้ด้วยกลไกการเคลื่อนย้ายน้ำและธาตุอาหารที่น้อยลงจากการคายน้ำของพืชที่ลดลง อีกทั้งการที่สาร 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) ไม่สามารถออกซิไดส์เป็น ethylene ได้ ในสภาพน้ำท่วมขัง เนื่องจากขาดออกซิเจนสาร ACC ที่บริเวณรากจึงเคลื่อนย้ายขึ้นไปยังบริเวณยอดทำให้มีการสังเคราะห์ ethylene ขึ้นที่บริเวณก้านใบจึงทำให้ใบเบนลงและทำให้เกิดการหลุดร่วงของใบแก่เร็วขึ้น (Jackson, 1982 ; Elizabeth and Julia, 2002) ทั้งนี้ยังรวมถึงการเสื่อมสภาพของใบจากสภาวะความเครียด พืชต้องปรับตัวเพื่อความอยู่รอดจากสภาวะความเครียดโดยการทิ้งใบแก่ที่ซึ่งมีการขีดเหลือง (chlorosis) และมีการเสื่อมสภาพก่อนจึงทำให้เห็นการหลุดร่วงของใบมันสำปะหลังจากใบแก่ไปสู่ใบอ่อน ซึ่งปรากฏการณ์

ดังกล่าวนี้จะส่งผลให้การสร้างและสะสมอาหารของพืชน้อยลง (Neog *et al.*, 2002) อย่างไรก็ตาม การที่พืชจะสละใบแก่ออกนั้น พืชยังคงมีกลไกที่จะนำเอาสารอาหารจากใบแก่เพื่อนำไปใช้ในการชดเชยและสร้างเนื้อเยื่อใหม่ในส่วนที่จำเป็นขึ้น (Drew and Sisworo, 1979; Boem *et al.*, 1996) จากผลการทดลองกรณีการได้รับสภาพน้ำขังนาน 0, 5, 10 และ 15 วัน ที่มีต่อสัดส่วนจำนวนใบเหลืองต่อจำนวนใบเขียวของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 พบว่า มันสำปะหลังที่อยู่ในสภาพควบคุมจำนวนใบมีแนวโน้มลดลงและมีจำนวนใบเหลืองเพิ่มขึ้นภายหลัง 85 วันหลังปลูก และในขณะเดียวกันเมื่อพิจารณาถึงกรณีการได้รับสภาพน้ำขังนาน 5, 10 และ 15 วัน พบว่า มีจำนวนใบลดลงและมีจำนวนใบเหลืองเพิ่มขึ้นเช่นกัน แต่มีสัดส่วนของใบเหลืองเพิ่มขึ้นมากกว่าในสภาพควบคุมอย่างชัดเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการได้รับน้ำขัง 10 และ 15 วัน ทั้งนี้ พบว่า การได้รับน้ำขัง 15 วัน นั้นมีการสูญเสียจำนวนใบมากที่สุด (ตารางที่ 6) และเหลือจำนวนใบน้อยที่สุด (ภาพที่ 3)

ตารางที่ 5 ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่ 0, 5, 10 และ 15 วัน (เริ่มขังน้ำที่ 75 DAP) ต่อจำนวนใบของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50

ระยะเวลาน้ำท่วมขัง (วัน)	อายุ (วันหลังปลูก)					
	75	80	85	90	95	100
0	20	21	23a	22a	19a	20a
5	21	21	21a	20ab	16a	11ab
10	19	18	16b	17bc	15a	11ab
15	20	22	21a	15c	12a	8b
Average	20	20	20	18.5	15	11
F-test	ns	ns	*	*	ns	*
CV (%)	10.71	8.80	10.95	11.42	30.08	41.26

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละปัจจัย ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ จากการทดสอบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี DMRT

** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

* = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

DAP = จำนวนวันหลังปลูก (Days After Planting)

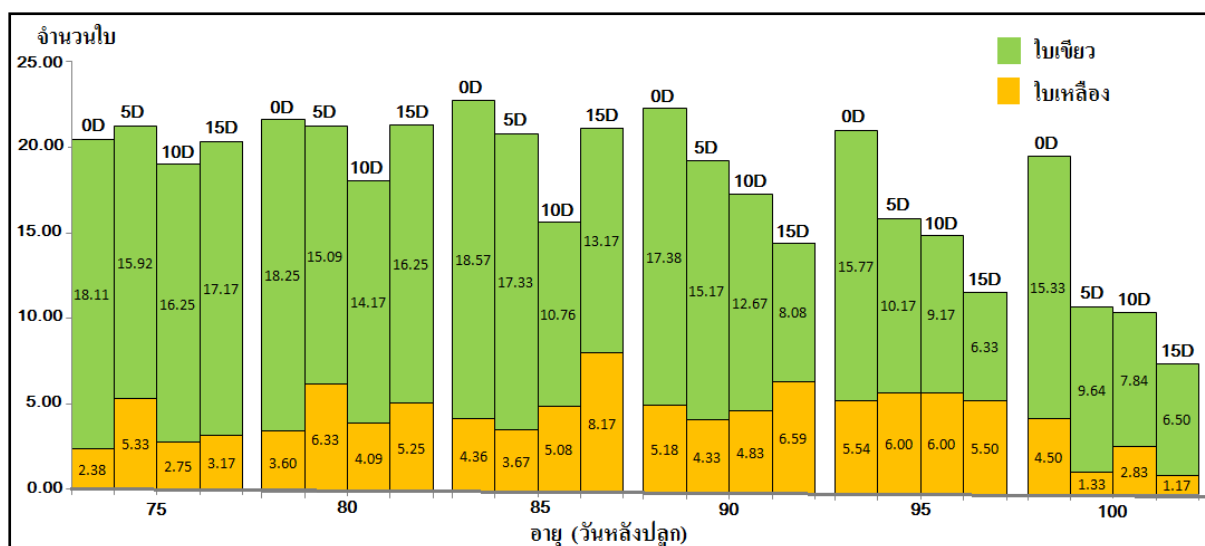
ตารางที่ 6 ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่ 0,5,10 และ 15 วัน (เริ่มขังน้ำที่ 75DAP) ต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนใบของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50

ระยะเวลา น้ำท่วมขัง (วัน)	ช่วงระยะเวลา (วันหลังปลูก)				
	75 - 80	80 - 85	85 - 90	90 - 95	95 - 100
0	+1	+1	0	-1	-1
5	0	0	-2	-3	-5
10	-1	-2	+1	-2	-5
15	+1	0	-7	-3	-4

หมายเหตุ (+) คือ จำนวนใบที่เพิ่มขึ้น
(-) คือ จำนวนใบที่ลดลง



ภาพที่ 2 มันสำปะหลังที่อายุ 85 วันหลังปลูกซึ่งได้รับสภาพน้ำขังนาน 10 วัน มีใบที่เสื่อมสภาพเป็นจำนวนมาก (A) และเมื่อผ่านระยะการฟื้นตัว 15 วัน พบว่า มีจำนวนใบเหลืออยู่ลดลงมาก (B)



ภาพที่ 3 ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่ 0, 5, 10 และ 15 วัน (เริ่มขังน้ำที่ 75 DAP) ต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนใบและสัดส่วนจำนวนใบเหลืองต่อจำนวนใบเขียวของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50

1.4 การคายน้ำของใบ

จากการศึกษาการคายน้ำของใบมันสำปะหลัง พบว่า ความยาวนานที่ประสบกับสภาพน้ำท่วมขังในทุกะดับมีผลต่อการคายน้ำอย่างชัดเจน กล่าวคือ ภายหลังจาก 75 วันหลังปลูก ที่มันสำปะหลังได้รับสภาพน้ำขัง ค่าน้ำไหลปากใบ (g_s) มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับมันสำปะหลังที่อยู่ในสภาพควบคุมซึ่งมีค่าน้ำไหลปากใบในระดับปกติ โดยจะพบว่าในช่วง 75 ถึง 90 วันหลังปลูก ความยาวนานของสภาพน้ำขังโดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีของมันสำปะหลังชุดที่ได้รับน้ำท่วมขัง 10 วัน และ 15 วัน ซึ่งมีค่าน้ำไหลปากใบที่ลดต่ำลงอย่างรวดเร็ว และต่อมาภายหลัง 90 วันหลังปลูก พบว่า ค่าน้ำไหลปากใบของมันสำปะหลังในชุดควบคุม รวมทั้งมันสำปะหลังชุดที่ได้รับน้ำท่วมขัง 5 วัน และ 10 วัน มีค่าน้ำไหลปากใบที่เพิ่มขึ้นในขณะที่มันสำปะหลังที่ได้รับน้ำท่วมขัง 15 วัน นั้นยังคงมีค่าน้ำไหลปากใบที่อยู่ในระดับต่ำ (ตารางที่ 7) อย่างไรก็ตามจะพบว่า ค่าน้ำไหลปากใบมันสำปะหลังที่ลดลงนั้นมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติของใบของมันสำปะหลังที่เปลี่ยนแปลงรวมถึงการเริ่มทิ้งใบของมันสำปะหลังซึ่งจะมีผลช่วยให้ลดการคายน้ำหรือลดการสูญเสีย (สมบุญ, 2547) ทำให้ค่าการชักนำของปากใบพืชมีค่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเจริญเติบโตเต็มที่

อย่างไรก็ตาม จากผลการทดลองมันสำปะหลังที่ผ่านการให้สภาพน้ำขังยาวนาน 15 วันนั้นซึ่งเป็นระดับที่รุนแรงที่สุดซึ่งแม้ว่าภายหลังได้รับการระบายน้ำออกแล้ว พบว่า ยังมีค่าการนำไหลของปากใบอยู่ใน

ระดับที่ต่ำซึ่งการที่ค่าการนำไหลของปากใบมีอยู่ในระดับต่ำนั้น แสดงถึงการที่ปากใบปิดแคบลงซึ่งจะส่งผลให้อัตราสังเคราะห์แสงสุทธิและการคายน้ำลดลงได้ (เฉลิมพล, 2535) ซึ่งการที่พืชคายน้ำได้น้อยลงจะส่งผลให้แรงดึงจากการคายน้ำนั้นลดลงซึ่งทำให้การลำเลียงน้ำและธาตุอาหารขึ้นสู่ส่วนบนของลำต้นนั้นเกิดขึ้นอย่างจำกัด (Gansert, 2003; Morard *et al.* 2004) อีกทั้งยังส่งผลให้อุณหภูมิของใบเพิ่มสูงขึ้นและเกิดความเสียหายเพิ่มขึ้นได้เมื่อได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์และอุณหภูมิในบรรยากาศ การที่อุณหภูมิใบอยู่ในระดับที่สูงมากเกินไปจะทำให้ประสิทธิภาพของกระบวนการทางสรีรวิทยาที่เกิดขึ้นนั้นลดลง (มาลี, 2552)

ตารางที่ 7 ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่ 0,5,10 และ 15 วัน (เริ่มขังน้ำที่ 75 DAP) ต่อค่าการนำไหลปากใบของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50

ระยะเวลาน้ำท่วมขัง (วัน)	อายุ (วันหลังปลูก)					
	75	80	85	90	95	100
0	1.64	1.14a	1.22a	1.26a	1.55a	1.42a
5	1.46	0.28b	0.65ab	0.08b	0.49b	1.11ab
10	1.66	0.51b	0.32b	0.13b	0.52b	1.52a
15	1.10	0.41b	0.19b	0.02b	0.02c	0.03b
Average (cm/s)	1.46	0.58	0.60	0.37	0.65	0.98
F-test	ns	*	*	**	**	*
CV (%)	25.83	26.18	64.99	37.29	36.87	55.52

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละปัจจัย ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ จากการทดสอบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี DMRT

** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

* = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

DAP = จำนวนวันหลังปลูก (Days After Planting)

ทั้งนี้ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลสภาพแวดล้อมรายวันในช่วงที่มันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 75, 80, 85, 90, 95 และ 100 วันหลังปลูก ซึ่งค่าที่ทำการวัดประกอบด้วย ความชื้นในดิน, ค่าการนำไฟฟ้าของดิน, อุณหภูมิของดิน, อุณหภูมิอากาศเพื่อใช้ประกอบการพิจารณาที่มีผลต่อพืชซึ่งข้อมูลที่ได้มีรายละเอียดดังนี้

ค่าความชื้นของดิน

จากการศึกษาโดยให้สภาพน้ำท่วมขังนาน 0, 5, 10 และ 15 วัน ความชื้นของดินเมื่อเริ่มให้สภาพน้ำขังในแต่ละระดับตำรับทดลอง พบว่า ในช่วงตั้งแต่ที่เริ่มให้น้ำที่ 75 วันหลังปลูกจนถึง 80 วันหลังปลูก ความชื้นของดินที่ได้รับน้ำขังมีความชื้นเพิ่มขึ้นโดยมีค่าความชื้นดินแตกต่างจากดินในสภาพควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ต่อมาภายหลัง 80 วันหลังปลูก เมื่อทำการระบายน้ำออกในชุดที่ให้สภาพน้ำขัง 5 วัน พบว่า ระยะเวลา 5 วัน ภายหลังที่ระบายน้ำออกระดับความชื้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับความชื้นดินในชุดที่ยังมีสภาพน้ำขังอยู่ ต่อมาเมื่อทำการวัดที่ 90 วันหลังปลูก พบว่า ความชื้นดินชุดที่ให้สภาพน้ำขัง 5 วัน และ 10 วัน ซึ่งได้ระบายน้ำออกแล้วมีความชื้นลดลงและมีค่าความชื้นอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน ภายหลัง 90 วันหลังปลูก ในทุกตำรับทดลองที่ได้รับน้ำขังเมื่อทำการระบายน้ำออกแล้ว พบว่า ความชื้นดินมีค่าลดลงอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน ในขณะที่ดินที่อยู่ในสภาพควบคุมความชื้นดินมีค่าต่ำที่สุดตลอดในช่วง ตั้งแต่ 75 ถึง 100 วันหลังปลูก (ตารางที่ 8)

อย่างไรก็ตาม ค่าความชื้นดินที่วัดได้จากทดลองนั้น พบว่า สอดคล้องกับงานทดลองของสมนิมิตร และคณะ (2546) ที่ทำการวัดความชื้นดินในเดือนกันยายนซึ่งมีปริมาณน้ำฝนมาก โดยจากการวัดที่ระดับความลึกจากผิวดิน 0-5 ซม. พบว่า มีความชื้นเท่ากับ 40.4 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และเมื่อทำการวัดความชื้นในดินที่ระดับความลึก 5-20 ซม. พบว่า มีความชื้นในดินเท่ากับ 40.3 ทั้งนี้ความชื้นในดินของทั้งสองระดับความลึกขึ้นอยู่กับปริมาณของน้ำฝนที่ผิวดินได้รับซึ่งเมื่อมีปริมาณน้ำได้ดินสูงขึ้นก็จะส่งผลต่อปริมาณความชื้นที่ผิวดินมีค่าสูงขึ้นได้จากสภาพน้ำท่วมขัง

ค่าการนำไฟฟ้าของดิน

จากการศึกษาโดยให้สภาพน้ำท่วมขังนาน 0,5,10 และ 15 วัน พบว่า การให้สภาพน้ำขังในแต่ละระดับตำรับทดลองในช่วงตั้งแต่ที่เริ่มให้น้ำที่ 75 วันหลังปลูก จนถึง 80 วันหลังปลูก ค่าการนำไฟฟ้าของดินที่ได้รับน้ำขังมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ โดยค่าการนำไฟฟ้าของดินในสภาพควบคุมมีค่ามากที่สุดขณะที่ดินที่อยู่ในสภาพน้ำขังในแต่ละตำรับมีค่าต่ำกว่า ต่อมาภายหลังการระบายน้ำออกจากดินในสภาพน้ำขังเมื่อครบกำหนดเวลา 5,10 และ 15 วัน พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าของดินในแต่ละชุดตำรับทดลองมีค่าที่ใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่9)

อย่างไรก็ตาม จากการทดลองจะเห็นได้ว่า ค่าการนำไฟฟ้าของดินซึ่งแสดงถึง ความเค็มที่วัดได้จากแต่ละตำรับทดลองนั้นมีค่าอยู่ในระดับที่มีค่าน้อยกว่าระดับความเค็มที่รากมันสำปะหลังสามารถทนได้ คือ 4 mS/cm (อรุณี และ สมศรี, 2539) นั้นระดับความเค็มจึงไม่ได้ส่งผลกระทบที่จะทำให้เกิดการขาดช่วง

หรือยับยั้งการดูดธาตุอาหารของรากมันสำปะหลังได้ อย่างไรก็ตามการทนเค็มของพืชนั้นยังมีปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องอีกหลายประการ เช่น ชนิดของเกลือสภาพอากาศสภาพของดินและปริมาณน้ำในดินซึ่งหากมีปริมาณลดลงจะทำให้ความเข้มข้นของเกลือมากขึ้น แต่หากมีปริมาณน้ำในดินมากเกินไปแม้ความเข้มข้นของเกลือจะลดลงแต่จะส่งผลต่อการถ่ายเทอากาศในดินที่เลวลง

อุณหภูมิของดินและอุณหภูมิอากาศ

จากการศึกษาโดยให้สภาพน้ำท่วมขังนาน 0, 5, 10 และ 15 วัน จะเห็นได้ว่าในระยะแรกของการให้น้ำขังที่ 75 วันหลังปลูก อุณหภูมิของดินในแต่ละตำรับทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ ต่อมาเมื่อผ่านการขังน้ำ 5 วัน สภาพน้ำท่วมขังในตำรับทดลอง 5, 10 และ 15 วัน มีผลให้ระดับอุณหภูมิของดินลดลงเท่ากับ 27.8, 27.9 และ 27.8 °C ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิของดินที่อยู่ในสภาพควบคุมที่มีค่าเท่ากับ 28.9 °C ทั้งนี้ระดับอุณหภูมิที่วัดที่ 80 วันหลังปลูกซึ่งมีค่าอุณหภูมิลดต่ำลงมากเนื่องมาจากอุณหภูมิในอากาศที่ต่ำลงเท่ากับ 30.7 °C ต่อมาเมื่อระบายน้ำออกจากดินในสภาพน้ำขังเมื่อครบกำหนดเวลา 5, 10 และ 15 วัน พบว่า อุณหภูมิของดินในแต่ละชุดตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติและมีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าตอนขณะที่มีน้ำท่วมขังอยู่อย่างชัดเจน (ตารางที่ 10) ทั้งนี้อุณหภูมิของดินในทุกตำรับทดลองมีความสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศรายวัน (ตารางที่ 11) และ พบว่า อุณหภูมิของดินมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิในบรรยากาศเสมออย่างไรก็ตามในช่วงตั้งแต่ 90 วันหลังปลูกจนถึง 100 วันหลังปลูก เมื่อพิจารณากรณีที่ดินได้รับสภาพน้ำท่วมขังมา 15 วัน ซึ่งพบว่า มีอุณหภูมิของดินที่สูงกว่าดินที่ได้รับสภาพน้ำท่วมขัง 5 และ 10 วัน และมีระดับอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับดินในชุดสภาพควบคุม อาจเกิดจากการพลังงานความร้อนที่มาจากเมแทบอลิซึมจากการหายใจของรากและจุลินทรีย์ภายในดิน รวมถึงความร้อนจำเพาะของน้ำ (Specific heat) ที่เกิดจากการสะสมพลังงานความร้อนจากสิ่งแวดล้อมขณะที่ผ่านการขังน้ำมาเป็นเวลานานจึงทำให้อุณหภูมิของดินที่วัดได้มีค่าสูงขึ้น

ตารางที่ 8 ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่ 0,5,10 และ 15 วัน (เริ่มขังน้ำที่ 75DAP) ต่อค่าความชื้นของดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50

ระยะเวลาน้ำท่วมขัง (วัน)	อายุ (วันหลังปลูก)					
	75	80	85	90	95	100
0	31.2b	28.8b	30.9c	36.4b	23.2b	28.6a
5	56.0a	55.9a	53.5b	47.3a	39.7a	38.5a
10	58.9a	57.8a	57.8ab	48.4a	33.6ab	38.1a
15	59.7a	58.6a	61.3a	52.8a	35.6ab	39.9a
Average (% v/v)	51.4	50.3	50.9	46.2	33.0	37.0
F-test	**	**	**	*	*	ns
CV (%)	11.43	9.41	5.82	11.90	21.64	22.52

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละปัจจัย ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ จากการทดสอบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี DMRT

** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

* = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

DAP = จำนวนวันหลังปลูก (Days After Planting)

ตารางที่ 9 ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่ 0,5,10 และ 15 วัน (เริ่มขังน้ำที่ 75 DAP) ต่อค่าความนำไฟฟ้าของดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50

ระยะเวลาน้ำท่วมขัง (วัน)	อายุ (วันหลังปลูก)					
	75	80	85	90	95	100
0	1.3a	1.3a	1.3	1.4	1.3	1.2
5	1.0b	1.0b	1.4	1.5	1.6	0.9
10	1.2a	1.3a	1.4	1.4	1.3	1.1
15	0.9b	1.0b	1.2	1.4	1.3	0.9
Average (mS/cm)	1.1	1.1	1.3	1.4	1.3	1.0
F-test	**	*	ns	ns	ns	ns
CV(%)	7.31	12.03	15.72	15.22	10.52	22.51

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละปัจจัย ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ จากการทดสอบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี DMRT

** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

* = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

DAP = จำนวนวันหลังปลูก (Days After Planting)

ตารางที่ 10 ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่ 0,5,10 และ 15 วัน (เริ่มขังน้ำที่ 75 DAP) ต่อค่าอุณหภูมิของดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50

ระยะเวลาน้ำท่วมขัง (วัน)	อายุ (วันหลังปลูก)					
	75	80	85	90	95	100
0	31.2	28.9a	30.4	33.0a	33.9	34.1
5	31.0	27.8b	30.7	31.2c	33.6	34.6
10	31.3	27.9b	30.8	31.6bc	33.0	33.8
15	30.9	27.8b	30.6	32.7ab	33.7	34.5
Average (°C)	31.12	28.13	30.63	32.14	33.56	34.25
F-test	ns	*	ns	*	ns	ns
CV (%)	1.26	1.70	1.26	1.90	1.81	1.59

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละปัจจัย ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ จากการทดสอบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี DMRT

** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

* = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

DAP = จำนวนวันหลังปลูก (Days After Planting)

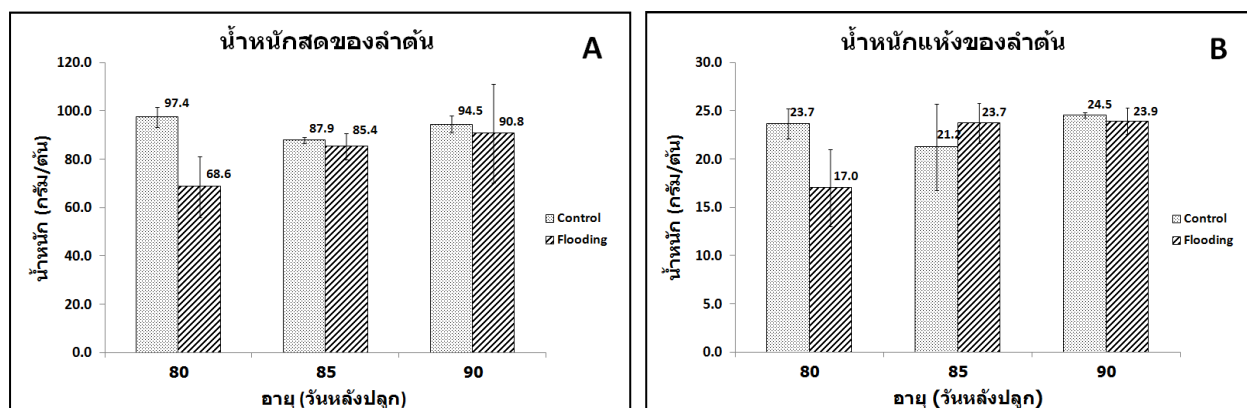
ตารางที่ 11 อุณหภูมิของของบรรยากาศภายในสภาพโรงเรือนที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 75, 80, 85, 90, 95 และ 100 วันหลังปลูก

เวลา	จำนวนวันหลังปลูก					
	75	80	85	90	95	100
อุณหภูมิ (°C)	32.3	30.7	32.7	33.8	35.2	34.9

2. ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่มีต่อลักษณะทางสรีรวิทยาและการสะสมน้ำหนักร่างกายส่วนต่างๆของม้าน้ำสำหรับพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 80, 85 และ 90 วันหลังปลูก

2.1 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของลำต้น

จากผลการทดลอง พบว่า ความยาวนานของสภาพน้ำท่วมขังทำให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของลำต้นลดลงเมื่อเทียบกับต้นที่อยู่ในสภาพควบคุมในช่วงอายุเก็บเกี่ยวเดียวกัน อย่างไรก็ตาม ม้าน้ำสำหรับพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 80, 85 และ 90 วันหลังปลูก น้ำหนักสดที่ได้รับอิทธิพลจากสภาพน้ำท่วมขังยังคงมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น จากผลการทดลองที่ 85 วันหลังปลูก น้ำหนักสดของม้าน้ำสำหรับพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 80, 85 และ 90 วันหลังปลูกที่ได้รับสภาพน้ำท่วมขังเป็นเวลา 10 วัน มีค่าน้อยกว่าน้ำหนักสดของม้าน้ำสำหรับพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 80, 85 และ 90 วันหลังปลูกที่อยู่ในสภาพควบคุมเพียงเล็กน้อย แต่เมื่อผ่านการอบลดความชื้นแล้วกลับ พบว่า น้ำหนักแห้งของม้าน้ำสำหรับพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 80, 85 และ 90 วันหลังปลูกที่ได้รับสภาพน้ำท่วมขังเป็นเวลา 10 วัน มีน้ำหนักมากกว่าม้าน้ำสำหรับพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 80, 85 และ 90 วันหลังปลูกที่อยู่ในสภาพควบคุมเพียงเล็กน้อย (ภาพที่ 4) อย่างไรก็ตาม สิ่งนี้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการพิจารณาค่าน้ำหนักในทั้ง 2 ลักษณะ กล่าวคือ หากพิจารณาโดยใช้น้ำหนักแห้งเพียงลักษณะเดียวอาจทำให้พิจารณาข้อมูลได้ไม่ครอบคลุมซึ่งจะทำให้ทราบข้อมูลเหตุของลักษณะต่างๆที่ปรากฏได้แคบลง อาทิ เช่น จะทำให้ไม่ทราบถึงลักษณะภายในของลำต้นที่ยังคงอยู่ซึ่งมีองค์ประกอบของสารต่างๆในรูปของเหลวอยู่นั้น ซึ่งปริมาณของเหลวภายในที่เกิดขึ้นในลำต้นนั้นอาจเป็นผลเกี่ยวเนื่องมาจากสภาพน้ำท่วมขัง จากผลการทดลองนั้นแม้ว่าค่าน้ำหนักของลำต้นในแต่ละช่วงอายุจะไม่แตกต่างกันมากนักซึ่งเป็นผลที่สัมพันธ์กับความสูงของต้นซึ่งมาจากการปลูกดูแลนั้น ทั้งนี้สิ่งที่เห็นได้จากผลการทดลอง คือ น้ำหนักของลำต้นที่ได้รับระดับความยาวนานจากสภาพน้ำท่วมขังในระยะสั้นนั้นมิได้ส่งผลต่อการเปลี่ยนของน้ำหนักมากนัก อย่างไรก็ตาม หากจะพิจารณาการเจริญเติบโตทางลำต้นของม้าน้ำสำหรับพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 80, 85 และ 90 วันหลังปลูก การได้รับสภาพน้ำท่วมขังในระยะสั้นอาจทำให้การเจริญเติบโตทางลำต้นซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติของใบพืช จำนวนใบของพืช ดังเช่น งานทดลองของศานิตและวิษณุ (2554) ที่พบว่า การให้น้ำท่วมขังในระยะสั้นกับยางพาราที่อายุ 1 เดือนหลังปลูกมีผลในการยับยั้งการขยายขนาดของใบ รวมถึงการลดลงของความสูงลำต้นและน้ำหนักแห้งของลำต้น



ภาพที่ 4 ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่ 0,5,10 และ 15 วัน (เริ่มขังน้ำที่ 75 DAP) ต่อน้ำหนักสดของลำต้น (A) และน้ำหนักแห้งของลำต้น (B) ของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 80, 85 และ 90 วันหลังปลูก

2.2 น้ำหนักของใบ และพื้นที่ใบ

น้ำหนักของใบ

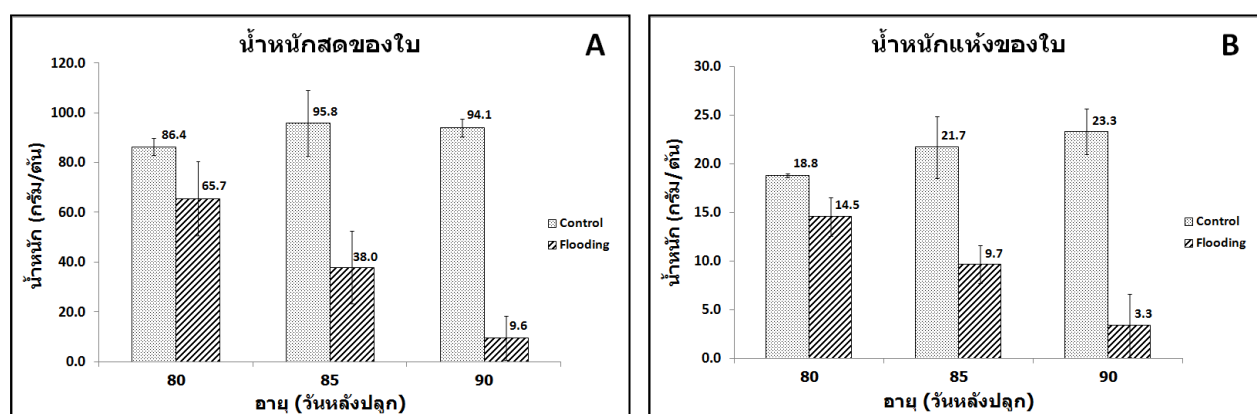
จากผลการทดลองพบว่า ความยาวนานในทุกระดับที่มันสำปะหลังประสบกับสภาพน้ำท่วมขังมีผลต่อการสะสมน้ำหนักของใบ โดยจากการวัดน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของใบพบว่าการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันซึ่งแม้ว่าน้ำหนักสดของใบซึ่งมีความชื้นเป็นองค์ประกอบอยู่มากและเมื่อผ่านการนำมาลดความชื้นแล้ว ลักษณะของน้ำหนักใบนั้นยังคงเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ทั้งนี้ผู้ศึกษาจึงทำการพิจารณาผลกระทบที่มีต่อแนวโน้มการเปลี่ยนจากน้ำหนักแห้งของใบ กล่าวคือ น้ำหนักแห้งของใบมีค่าลดลงมากขึ้น เมื่อประสบกับระยะเวลาที่ยาวนานขึ้นซึ่งจากข้อมูลจะเห็นได้ว่า ที่ 80 หลังปลูกเมื่อผ่านสภาพน้ำท่วมขังมา 5 วัน พืชมีน้ำหนักแห้ง 14.5 กรัม ในขณะที่ต้นที่อยู่ในสภาพควบคุมมีน้ำหนักแห้ง 18.8 กรัมต่อมาเมื่อผ่านเวลาที่มันสำปะหลังต้องเผชิญน้ำท่วมขังไปอีก 10 วันนั้นส่งผลให้น้ำหนักแห้งของใบลดต่ำลงมากอยู่ที่ 3.3 กรัม ในขณะที่ต้นที่อยู่ในสภาพควบคุมนั้นซึ่งมีการสะสมน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นเป็น 23.3 กรัม ซึ่งจะเห็นได้ว่าน้ำหนักแห้งของใบของต้นที่ผ่านน้ำท่วมขังมา 15 วัน นั้นแตกต่างจากต้นที่อยู่ในสภาพควบคุมอย่างมากและมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ภาพที่ 5)

พื้นที่ใบ

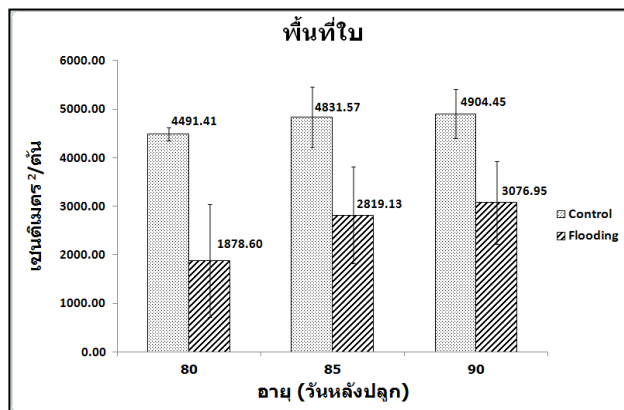
จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า มันสำปะหลังซึ่งอยู่ในสภาพควบคุมมีอัตราการเพิ่มพื้นที่ใบสูงขึ้นตามลำดับ ในขณะที่มันสำปะหลังซึ่งเผชิญกับสภาพน้ำขังนั้นอัตราการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ใบเช่นกัน แต่มีพื้นที่ใบลดลงต่ำกว่าต้นที่อยู่สภาพควบคุมอย่างมีนัยสำคัญในทุกระดับความนาน 5, 10 และ 15 วัน

ทั้งนี้จากผลการทดลองเป็นที่น่าสังเกตว่า พื้นที่ใบของมันสำปะหลังซึ่งเผชิญกับสภาพน้ำขังมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ใบในขณะที่น้ำหนักแห้งของใบกลับมีแนวโน้มที่ลดลง ซึ่งทั้งนี้มีส่วนสาเหตุมาจากการทดลองนั้น พบว่า ในขณะที่ต้นมันสำปะหลังส่วนใหญ่มีการเสื่อมสภาพของใบและสูญเสียจำนวนใบเมื่อเปรียบเทียบกับสภาพน้ำขังนั้น ยังมีต้นมันสำปะหลังในบางหน่วยทดลองซึ่งพบว่า ยังสามารถรักษาจำนวนใบและพื้นที่ใบไว้ได้ อย่างไรก็ตาม เมื่อทำการเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่า ผลของระยะเวลาในสภาพน้ำท่วมขังในแต่ละระดับนั้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 6)

จากผลการทดลองซึ่งพบว่า ระยะเวลาในสภาพน้ำท่วมขังในแต่ละระดับนั้นมีผลทำให้การสะสมน้ำหนักของใบและพื้นที่ลดลงต่ำกว่าต้นที่อยู่สภาพควบคุมนั้น อาจมีสาเหตุมาจากการสภาพความเครียดจากการมีน้ำอยู่ในดินมากเป็นเวลายาวนาน ส่งผลให้เกิดการดูดน้ำของรากลดลง (สายัณห์, 2554) ซึ่งมีผลต่อสมดุลของแรงขับเคลื่อนในลำต้นซึ่งจะสัมพันธ์กับการคายน้ำที่ลดลง ซึ่งมีผลให้การขยายขนาดใบน้อยลงรวมถึงการหลุดร่วงของใบ (Mekanavakul and Laosuwan, 1996) ทำให้น้ำหนักและพื้นที่ของใบลดลง



ภาพที่ 5 ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่ 0,5,10 และ 15 วัน (เริ่มขังน้ำที่ 75 DAP) ต่อ น้ำหนักสดของใบ (A) น้ำหนักแห้งของใบ (B) ของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 80, 85 และ 90 วันหลังปลูก



ภาพที่ 6 ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่ 0,5,10 และ 15 วัน (เริ่มขังน้ำที่ 75 DAP) ต่อพื้นที่ใบของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 80, 85 และ 90 วันหลังปลูก

2.3 น้ำหนักของราก ความยาวราก และจำนวนราก

น้ำหนักของรากสะสมอาหาร

จากผลการทดลอง พบว่า ความยาวนานที่มันสำปะหลังประสบกับสภาพน้ำท่วมขังในทุกระดับมีผลต่อการสะสมน้ำหนักของรากสะสมอาหาร โดยจากการวัดน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของรากสะสมอาหาร พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันซึ่งแม้ว่าจะนำตัวอย่างสดของรากสะสมอาหารซึ่งมีความชื้นอยู่มาผ่านการลดความชื้นแล้ว ทั้งนี้จึงทำการพิจารณาผลกระทบที่มีต่อแนวโน้มการเปลี่ยนจากน้ำหนักแห้งของรากสะสมอาหาร พบว่า มันสำปะหลังที่เจริญเติบโตในสภาพควบคุมนั้นมีการสะสมน้ำหนักแห้งของรากสะสมอาหารที่เพิ่มขึ้นตามปกติ ในขณะที่มันสำปะหลังที่เจริญเติบโตภายใต้สภาวะน้ำท่วมขังนั้นพบว่า น้ำหนักแห้งของรากสะสมนั้นลดต่ำลงอย่างชัดเจนตามลำดับความยาวนานที่ประสบกับความเครียดจากสภาพน้ำท่วมขัง (ภาพที่ 7) ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้น้ำหนักแห้งลดลงจากสภาพน้ำขังในระยะสั้นนี้ โดยเฉพาะการที่รากสะสมอาหารเผชิญกับสภาพน้ำขัง 15 วัน เมื่อพิจารณาถึงช่วงอายุของมันสำปะหลังภายหลัง 2 เดือนหลังปลูก ซึ่งเริ่มมีการสังเคราะห์และสะสมแป้งขึ้นซึ่งองค์ประกอบดังกล่าวเมื่อเผชิญกับสภาพน้ำขังจะทำให้ความเสียหายจากเกิดขาดออกซิเจนรวมถึงการเข้าทำลายโดยจุลินทรีย์ ทั้งนี้การที่รากยังอยู่ในสภาพน้ำขังยาวนานขึ้น ก๊าซออกซิเจนถูกใช้หมดไปในการหายใจของรากและจุลินทรีย์เมื่อระบบรากอยู่ในสภาวะขาดออกซิเจน ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลง เมแทบอลิซึมของการหายใจที่เปลี่ยนแปลงไปส่งผลให้ลักษณะทางสัณฐานและกระบวนการสรีรวิทยาต่างๆเปลี่ยนแปลงไป (James *et al.*, 2004) รวมถึงการเกิดการเน่าและ ทำให้เกิดความเสียหายต่อรากสะสมอาหารซึ่งจะส่งผลให้เกิดผลเสียอีกหลายประการ

ความยาวของรากสะสมอาหาร

เมื่อพิจารณาถึงความยาวรากสะสมอาหารของต้นที่อยู่ในสภาพควบคุมและต้นที่ได้รับสภาพน้ำขัง ในแต่ละตำรับทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติยกเว้นต้นที่อายุ 85 วันหลังปลูกที่พบว่า มีความยาวรากสะสมอาหารมากกว่าต้นที่อยู่ในสภาพควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้จากการทดลอง พบว่า ที่ 90 วันหลังปลูกนั้นรากสะสมอาหารของมันสำปะหลังจำนวนไม่น้อยที่มีความยาวที่มากเช่นกัน แต่ในขณะเดียวกันก็พบว่ามีจำนวนรากส่วนใหญ่เกิดการเน่าเสียจากสภาพน้ำขังอย่างชัดเจน (ภาพที่ 8)

จำนวนรากสะสมอาหาร

จากผลการทดลอง พบว่า การให้สภาพน้ำขังเป็นเวลานาน 5, 10 และ 15 วัน ตามลำดับ นั้นมีผลให้จำนวนรากสะสมอาหารของมันสำปะหลังมีมากกว่ามันสำปะหลังที่อยู่ในสภาพควบคุมในทุกระดับของตำรับทดลอง ทั้งนี้จากการทดลองรากสะสมอาหารที่ผ่านสภาพน้ำขัง 5 นั้น พบว่า รากอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์ และต่อมาเมื่อทำการเก็บตัวอย่างมันสำปะหลังที่ผ่านสภาพน้ำขัง 10 วัน พบว่า รากมันสำปะหลังส่วนใหญ่มีสภาพสมบูรณ์แต่ก็พบว่า ที่ผิวของรากเพียงจำนวนไม่กี่รากที่เริ่มมีความเสียหายเกิดขึ้น ทั้งนี้เมื่อทำการเก็บมันสำปะหลังที่อายุ 90 วันหลังปลูกที่ผ่านสภาพน้ำขังมา 15 วัน ซึ่งพบว่า มีจำนวนรากสะสมอาหารมากที่สุดเมื่อเทียบกับตำรับทดลองอื่น (ภาพที่ 8) อย่างไรก็ตาม แม้มีจำนวนรากที่นับได้จะมีมากแต่พบว่ามีรากส่วนใหญ่ที่เกิดการเน่าเสียไปจำนวนมากทำให้เมื่อนำมาชั่งน้ำหนักพบว่ามีน้ำหนักลดลงน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับสภาพควบคุม

น้ำหนักของรากดูดอาหาร

การพิจารณาน้ำหนักรากดูดอาหาร พบว่า น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของรากดูดอาหารนั้นมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน ในที่นี้จะกล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักแห้งกล่าวคือน้ำหนักแห้งของรากดูดอาหารในสภาพควบคุมนั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเท่ากับ 1.8, 1.9 และ 3.5 กรัม ตามลำดับ และในขณะเดียวกันก็พบว่าน้ำหนักแห้งของรากดูดอาหารที่ผ่านสภาพน้ำท่วมขังในแต่ละระดับความยาวนาน 5, 10 และ 15 วัน นั้น มีผลให้น้ำหนักแห้งของรากดูดอาหารนั้นลดลงเท่ากับ 3.2, 3.1 และ 2.8 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามความแตกต่างที่พบนั้นอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เมื่อพิจารณากรณีที่มีมันสำปะหลังได้รับน้ำขังเป็นเวลา 15 วันนั้น พบว่าการได้รับสภาพน้ำขังนั้นทำให้น้ำหนักแห้งของรากดูดอาหารลดต่ำกว่ามันสำปะหลังที่อยู่ในสภาพควบคุม ซึ่งแตกต่างจากมันสำปะหลังที่ได้รับสภาพน้ำขังเป็นเวลา 5 และ 10 วันที่ พบว่า น้ำหนักแห้งของรากดูดอาหารนั้นมีมากกว่าน้ำหนักแห้งของมันสำปะหลังที่อยู่ในสภาพควบคุม (ภาพที่ 9) Filho and Carvaho (2000) พบว่า หญ้าอาหารสัตว์สกุลบราเคียเรียเมื่อ

อยู่ในสภาพน้ำท่วมขัง น้ำหนักมวลรวมของราก การกระจายตัวของราก ความยาวของราก ลดลง และรากจำนวนมากตาย

อย่างไรก็ตาม จากการทดลองการที่น้ำหนักแห้งรากดูดอาหารของมันสำปะหลังลดลงซึ่งเกิดมาจากความเสียหายเมื่อรากต้องประสบกับสภาพน้ำขังนั้น พบว่า มีการลดลงน้อยกว่าในรากสะสมอาหารที่เริ่มมีการสะสมของแป้งและน้ำตาล ด้วยสาเหตุดังกล่าวจึงทำให้น้ำหนักแห้งของรากดูดอาหารที่ประสบกับสภาพน้ำขังนั้นมีการลดลงที่ไม่มากนักเมื่อเทียบกับรากดูดอาหารในสภาพควบคุม อย่างไรก็ตาม จากระดับความเสียหายที่เกิดขึ้นซึ่งทำให้น้ำหนักแห้งของรากมันสำปะหลังลดลงในสภาพน้ำขังนั้นมีสาเหตุมาจากระยะเวลามียาวนานขึ้นซึ่งทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของปัจจัยเสี่ยง อาทิ เช่น พืชซึ่งมีสาเหตุมาจากสภาพที่ดินเกิดความเป็นกรดเพิ่มขึ้นจากสภาวะที่ขาดออกซิเจน ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปของธาตุอาหารบางชนิดโดยเฉพาะแมงกานีส (Mn) ในรูป Mn^{2+} (Sparrow and Uren, 1987; Wagatsuma *et al.*, 1990) และเหล็ก (Fe) ในรูป Fe^{2+} (Ding and Musgrave, 1995) ที่มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นในระดับที่เป็นพิษซึ่งเกิดการจับตัวอยู่บริเวณผิวรากทำให้น้ำเยื่อบริเวณผิวรากได้รับความเสียหายและมีผลต่อการดูดใช้น้ำและธาตุอาหารของรากที่ลดลง นอกจากนี้ยังเกิดการสะสมของสารที่ยับยั้งการหายใจของราก เช่น H_2S (Hydrogen sulfide) ทั้งนี้จากการเกิดบาดแผลของเนื้อเยื่อผิวรากนั้นจะส่งผลต่อการเกิดอัตราการใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้นจากอัตราการหายใจที่เพิ่มขึ้นและกิจกรรมของเอนไซม์ที่ต้องใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้น ซึ่งในสภาพน้ำขังนั้นปริมาณของออกซิเจนมีอยู่ในปริมาณที่จำกัด อย่างไรก็ตามรากก็มีการปรับกระบวนการหายใจเป็นการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนด้วยกระบวนการ glycolysis ซึ่งพลังงานที่ได้จะต่ำกว่าระบบการหายใจแบบใช้ออกซิเจนประมาณ 18 เท่า (Erik, 1996) พลังงานที่รากพืชยังคงมีอยู่นั้นถูกนำไปใช้ในการลำเลียงน้ำ และการเคลื่อนย้ายแร่ธาตุอาหารไปยังส่วนต่างๆ ของต้นพืชในปริมาณที่น้อยลงโดยเฉพาะส่วนรากซึ่งได้รับผลกระทบเป็นส่วนแรกจากความเครียด Dordas *et al.* (2003a, 2004) พบว่า การเจริญเติบโตในส่วนรากของข้าวบาร์เลย์นั้นเกิดขึ้นช้าลง เนื่องมาจากจากสภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ (hypoxia) และสภาวะที่ขาดออกซิเจน (anoxia) ซึ่งมีผลให้ปริมาณพลังงาน ATP (adenosine triphosphate) สำหรับการขนส่งสารต่างๆของเซลล์มีปริมาณน้อยลง (Nie and Hill, 1997)

ความยาวของรากดูดอาหาร

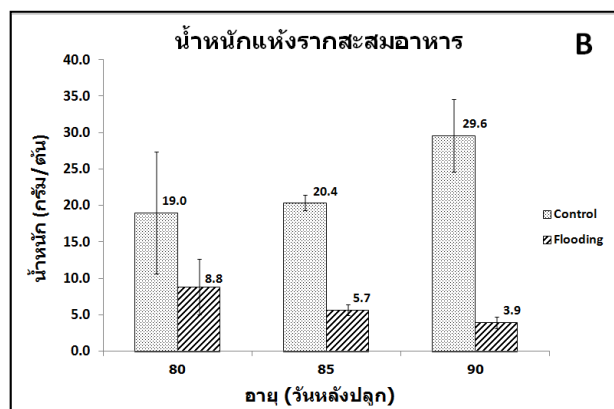
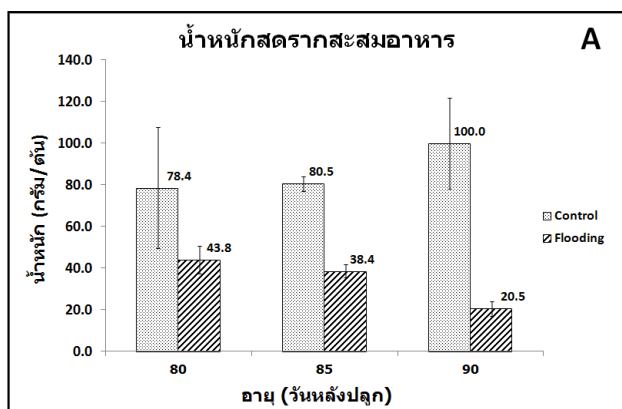
เมื่อทำการวัดความยาวรากดูดอาหารจากการทดลอง พบว่า ต้นที่อยู่ในสภาพควบคุมนั้นมีความยาวรากดูดอาหารที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 28.3, 32.3 และ 33.3 ตามลำดับ ในขณะที่มันสำปะหลังที่ประสบกับน้ำท่วมขังในแต่ละระดับความยาวนานนั้น พบว่า มีแนวโน้มที่สูงขึ้นและยังพบว่า มีความยาวรากดูดอาหารที่มากกว่ามันสำปะหลังที่อยู่ในสภาพควบคุมโดยเฉพาะที่อายุ 85 วันหลังปลูกนั้น พบว่า มีความยาวรากดูด

อาหารที่มากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้การที่มันสำปะหลังที่อายุ 90 หลังปลูกที่ได้รับน้ำขัง 15 วันมีความยาวรากดูดอาหารเท่ากับ 35.7 เซนติเมตร ซึ่งน้อยกว่ามันสำปะหลังที่อายุ 85 วันหลังปลูกที่ได้รับสภาพน้ำขัง 10 วันนั้น (ภาพที่ 10)

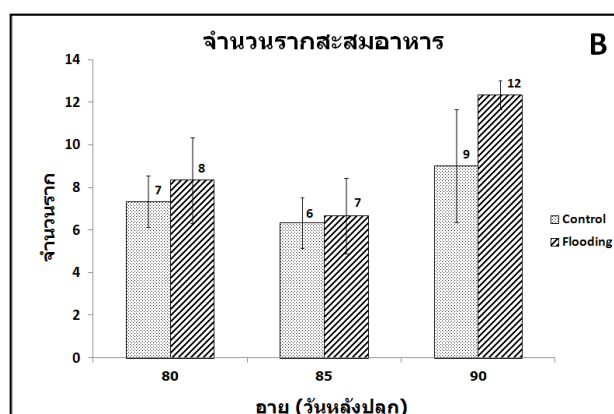
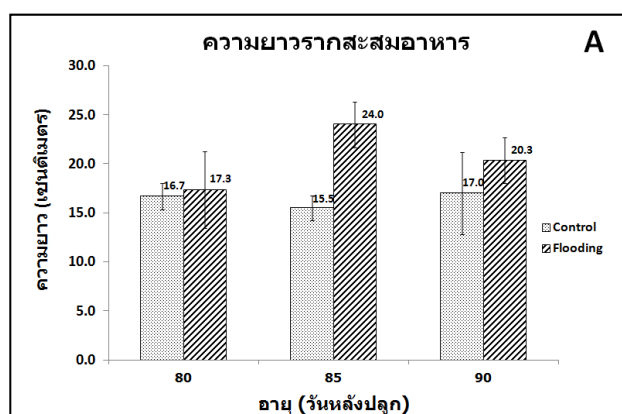
ทั้งนี้เมื่อทำการพิจารณาถึงน้ำหนักแห้งของรากดูดอาหารที่วัดได้ซึ่งน้อยกว่าในสภาพควบคุม แต่จากความยาวที่วัดกลับมีความยาวที่มากกว่ารากดูดอาหารในสภาพคุมนั้น เนื่องด้วยการเกิดการเสื่อมสภาพซึ่งมีลักษณะที่เปื่อยยุ่ยและฉีกขาดได้ง่าย โดยเฉพาะที่บริเวณปลายรากที่อยู่ในดินระดับลึกลงไปซึ่งเมื่อนำรากดูดอาหารดังกล่าวมาชั่งจึงทำให้ได้น้ำหนักที่น้อยลง

จำนวนรากดูดอาหาร

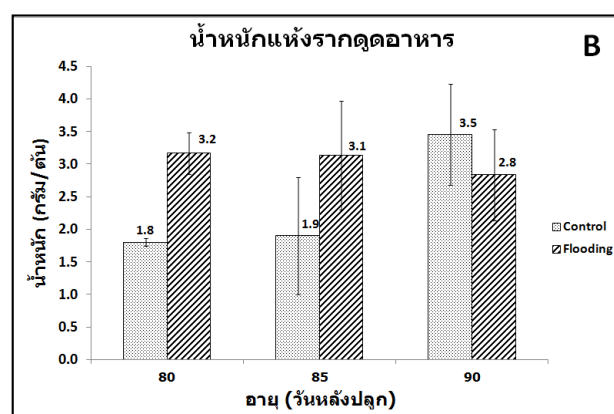
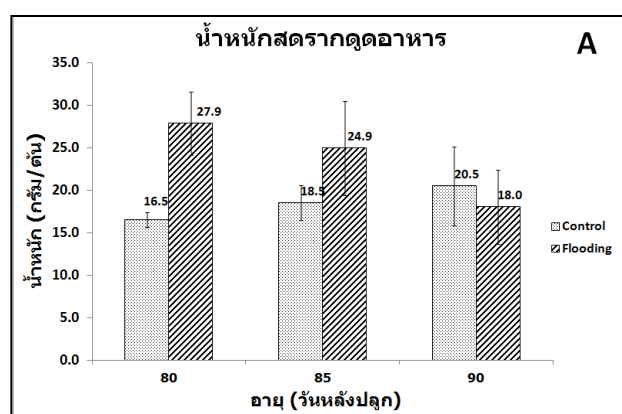
จากการนับจำนวนรากดูดอาหาร พบว่า จำนวนรากดูดอาหารของมันสำปะหลังที่อยู่ในสภาพคุมนั้นมีการจำนวนเพิ่มขึ้นเท่ากับ 29, 32 และ 35 ตามลำดับ ในขณะที่เดียวกันเมื่อพิจารณามันสำปะหลังที่ได้รับสภาพน้ำขัง 5 วันพบว่า มีจำนวนรากดูดอาหารมากกว่ามันสำปะหลังชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่มันสำปะหลังที่อยู่ภายใต้สภาพน้ำขังเป็นเวลา 10 และ 15 วัน มีจำนวนรากดูดอาหารลดลงซึ่งน้อยกว่ามันสำปะหลังชุดควบคุมซึ่งมีสาเหตุมาจากสภาพน้ำขัง (ภาพที่ 10) อย่างไรก็ตามพิจารณาจากสถิติพบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน ทั้งนี้แม้ว่ารากดูดอาหารบางส่วนจะเกิดความเสียหายขึ้น แต่จากการทดลองก็พบว่า มีการสร้างรากดูดอาหารขึ้นใหม่บริเวณโคนต้นใกล้กับผิวน้ำ ทั้งนี้ลักษณะดังกล่าวเป็นการปรับตัวของรากดูดอาหารที่อยู่ในน้ำที่ขาดแคลนออกซิเจน (Pang et al. 2007) พืชจึงต้องทำการสร้างรากใหม่ขึ้นบริเวณที่จะทำให้มีโอกาสได้รับออกซิเจนได้มากขึ้น (ภาพที่ 11) โดยมีการพัฒนา adventitious root ขึ้นใหม่ ซึ่งการเกิดรากชุดใหม่นั้นนั้น หากมีการพัฒนาได้เร็วก็จะทำให้พืชมีอัตราการฟื้นตัวได้เร็วขึ้น (Bradford and yang, 1981) ทั้งนี้การสร้างรากใหม่นั้นนั้นจะมีโอกาสเกิดขึ้นได้เพียงใดก็ขึ้นอยู่กับปริมาณอาหารสะสมที่เพียงพอรวมถึงการทำงานของสารควบคุมการเจริญเติบโตกล่าวคือ การเกิด ethylene บริเวณส่วนเหนือดินซึ่งมีปริมาณมากจะยับยั้งการเคลื่อนย้าย auxin ซึ่งถูกสร้างจากใบและปลายยอดลำเลียงมาสู่ราก ซึ่ง auxin ในระดับความเข้มข้นต่ำจะกระตุ้นการสร้างรากใหม่ให้ยืดยาวได้ แต่ในสภาพน้ำท่วมขังนั้นรากขาดออกซิเจนจึงทำให้เกิดการกระตุ้นให้เกิดรากใหม่บริเวณโคนต้น ทั้งนี้รากใหม่ที่เกิดขึ้นจะเป็นส่วนสำคัญในการสังเคราะห์ gibberellin และ cytokinin เพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชได้ต่อไป (Reid and Bradford, 1984)



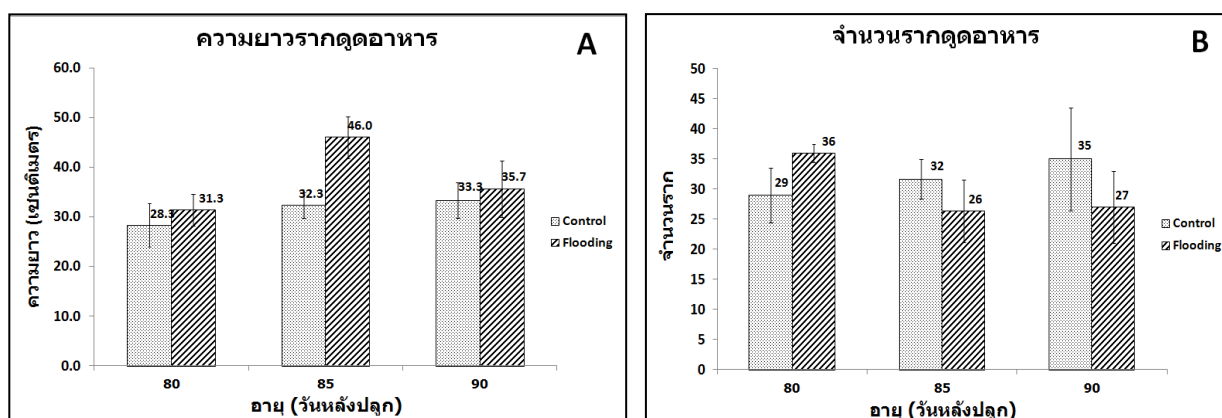
ภาพที่ 7 ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่ 0,5,10 และ 15 วัน (เริ่มขังน้ำที่ 75 DAP) ต่อ
น้ำนํักสตรากสะสมอาหาร (A) และน้ำนํักแห้งสตรากสะสมอาหาร (B) ของมันสำปะหลัง
พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 80, 85 และ 90 วันหลังปลูก



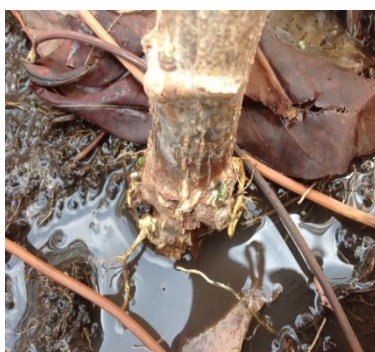
ภาพที่ 8 ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่ 0, 5, 10 และ 15 วัน (เริ่มขังน้ำที่ 75 DAP) ต่อความ
ยาวของสตรากสะสมอาหาร (A) จำนวนของสตรากสะสมอาหาร (B) ของมันสำปะหลังพันธุ์
เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 80, 85 และ 90 วันหลังปลูก



ภาพที่ 9 ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่ 0,5,10 และ 15 วัน (เริ่มขังน้ำที่ 75 DAP) ต่อ
น้ำนํักสตรากดูดอาหาร (A) และน้ำนํักแห้งสตรากดูดอาหาร (B) ของมันสำปะหลังพันธุ์
เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 80, 85 และ 90 วันหลังปลูก



ภาพที่10 ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่ 0,5,10 และ15วัน (เริ่มขังน้ำที่ 75DAP) ต่อความยาวของรากดูดอาหาร (A) จำนวนของรากดูดอาหาร (B) ของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 80, 85 และ 90 วันหลังปลูก



ภาพที่11 ลักษณะการเกิดรากดูดอาหารขึ้นใหม่บริเวณโคนของลำต้นบริเวณผิวน้ำของมันสำปะหลังที่อายุ 90 วันหลังปลูกซึ่งได้รับสภาพน้ำขังนาน 15 วัน

3. ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่ 0,5,10 และ15 วัน ต่อลักษณะทางสรีรวิทยาและการสะสมน้ำหนักรากส่วนต่างๆภายหลังการฟื้นตัวจากสภาพน้ำท่วมขังในช่วงความยาวนานที่แตกต่างกัน (0,5,10 และ15วัน) ของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 100 วันหลังปลูก

เมื่อนำมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 100 หลังปลูก ซึ่งผ่านการเจริญเติบโตในสภาพปกติที่ไม่ถูกน้ำท่วมขังมาศึกษาเปรียบเทียบกับมันสำปะหลังที่ได้รับอิทธิพลจากสภาพน้ำท่วมขังด้วยช่วงระยะเวลาที่แตกต่างกัน คือ 5 ,10 และ 15 วัน ตามลำดับ โดยเริ่มให้สภาพน้ำขังที่อายุ 75 วันหลังปลูก

3.1 น้ำหนักของลำต้น

การให้สภาพน้ำท่วมขังในช่วงความยาวนานที่แตกต่างกัน คือ 0,5,10 และ15 วันนั้นไม่ส่งผลต่อน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของลำต้น อย่างไรก็ตามมันสำปะหลังที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมขังนานที่สุด คือ 15

วัน นั้นยังพบว่า มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของลำต้นมากที่สุดเมื่อเทียบกับชุดที่ได้รับตำรับทดลองอื่น (ตารางที่ 12) จึงทำให้เห็นว่า การให้การเจริญเติบโตของมันสำปะหลังในช่วง 100 วันหลังปลูก นั้นการได้รับสภาพความเครียดจากน้ำท่วมขังนั้นยังไม่ส่งผลต่อการสะสมน้ำหนักของลำต้น อย่างไรก็ตามในระยะยาว ผลกระทบจากสภาพความเครียดดังกล่าวอาจส่งผลให้น้ำหนักของลำต้นนั้นเจริญเติบโตลดลงได้ แม้ว่าจะทำการระบายน้ำออกแล้วก็ตาม ซึ่งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณรากที่เกิดความเสียหายในแต่ละระดับตำรับทดลอง ซึ่งหากยังมีรากสะสมอาหารที่ยังอยู่ในสภาพที่จะสามารถจะนำอาหารสะสมมาใช้ได้ น้ำหนักของลำต้นก็มีโอกาสที่จะเพิ่มมากขึ้นได้ แต่ทั้งนี้การเจริญเติบโตต่อไปของมันสำปะหลังในแต่ละตำรับจะมีอัตราการเจริญเติบโตที่ต่างกัน ทั้งนี้ไม่เพียงแต่อาหารสะสมที่มีอยู่เพียงพอเท่านั้น แต่ยังรวมถึงสุขภาพและความสมบูรณ์ของรากสะสมอาหารภายหลังการระบายน้ำออกนั้นว่า อาจเกิดมีบาดแผลที่ทำให้เชื้อโรคพืชเข้าทำความเสียหายได้ ซึ่งถ้าเกิดปรากฏการณ์ดังกล่าวขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของรากนั้นต่ำลงซึ่งจะมีผลต่อการกระจายน้ำหนักในส่วนต่างๆของพืชรวมถึงน้ำหนักแห้งของลำต้น

3.2 น้ำหนักของใบและพื้นที่ใบ

จากการพิจารณาข้อมูลน้ำหนักของใบ และพื้นที่ใบของมันสำปะหลังเมื่อได้รับสภาพน้ำขังนาน 5, 10 และ 15 วัน พบว่า พื้นที่ใบมีการลดลงตามลำดับอย่างชัดเจนจากการได้รับสภาพน้ำขังที่ยาวนานขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวโน้มของน้ำหนักสดใบและน้ำหนักแห้งของใบที่ลดลงตามระยะเวลาที่ให้น้ำขังเช่นกัน ทั้งนี้จากการวิเคราะห์ทางสถิติของข้อมูลน้ำหนักสดใบ น้ำหนักแห้งใบ และพื้นที่ใบ ที่สภาพน้ำขังนาน 0, 5, 10 และ 15 วัน นั้นพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 12) อย่างไรก็ตามมันสำปะหลังที่ผ่านสภาพน้ำท่วมขัง 15 วันและมีระยะในการฟื้นตัว 10 วันนั้น พบว่า มีค่าของพื้นที่ใบและน้ำหนักของใบที่ต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับมันสำปะหลังที่อยู่ในสภาพควบคุมและที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมขัง 5 และ 10 วัน ทั้งนี้การเหลือจำนวนใบที่น้อยลงอาจส่งผลต่อการเจริญเติบโตต่อไป เนื่องด้วยกลไกของพืชที่ได้รับสภาพความเครียดซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกระบวนการทางสรีรวิทยาขึ้นทั้งเพื่อการเจริญเติบโตและทั้งเพื่อให้มีความอยู่รอดต่อไปให้ได้ก่อน ซึ่งจากการทดลองพบว่า พืชที่ผ่านสภาพน้ำขัง 15 วันและผ่านการฟื้นตัวมาแล้ว 10 วันนั้น พืชมีการสูญเสียใบไปจำนวนมาก อีกทั้งใบที่เหลืออยู่มีอาการใบเหลืองแห้งและหงิกงอ (ภาพที่ 12) ด้วยลักษณะดังกล่าวนี้พืชจะเกิดการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง และมีกระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ ภายในต้นผิดปกติอีกทั้งการนำไหลของปากใบที่ลดลงซึ่งจะส่งผลต่อการกระจายตัวของน้ำหนักแห้งไปยังส่วนต่างๆที่ลดลง ทั้งนี้จากการทดลองยังพบว่า มันสำปะหลังที่ผ่านน้ำขังมา 15 วัน นั้นซึ่งมีใบอ่อนที่เสื่อมสภาพและหลุดร่วงไปจนใบอ่อนเหลือเพียงไม่กี่ใบนั้น ภายหลังการฟื้นตัวจนอายุ 100 วัน มันสำปะหลังมีการแตกใบขึ้นมาใหม่ได้จำนวนหนึ่ง อย่างไรก็ตามนั้นจะเห็นได้ว่า พืชมีกลไกที่จะหาทาง

รอด ซึ่งการเกิดใบใหม่ซึ่งยังมีขนาดเล็กอาจไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตในระยะยาวก็ได้ ทั้งนี้ปรากฏการณ์ดังกล่าวเป็นสิ่งที่ต้องทำการศึกษากันต่อไป (ภาพที่ 13)

3.3 น้ำหนัก จำนวนรากและความยาวของรากสะสมอาหาร

จากการทดลองพบว่า มันสำปะหลังที่ได้รับสภาพน้ำขังนาน 0, 5, 10 และ 15 วันนั้นน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของรากสะสมอาหารมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลจำนวนรากสะสมอาหารที่ลดลงตามลำดับของการเผชิญกับสภาพน้ำขังที่ยาวนานขึ้น (ตารางที่ 13) อย่างไรก็ตามเมื่อมาพิจารณาถึงความยาวของรากสะสมอาหาร พบว่า ความยาวของรากสะสมอาหารของมันสำปะหลังในสภาพควบคุมมีความยาวรากมากที่สุดโดยมีค่าเท่ากับ 38.5 เซนติเมตร ในขณะที่ความยาวของรากสะสมอาหารที่ผ่านสภาพน้ำขังเป็นเวลา 5, 10 และ 15 วันนั้นมีค่าเท่ากับ 8.5, 15.7 และ 13.7 เซนติเมตรตามลำดับ อย่างไรก็ตามจากน้ำหนักแห้งและจำนวนรากที่ลดลงได้แสดงให้เห็นแล้วว่า ผลจากสภาพน้ำขังที่ส่งผลให้การสร้างอาหารเกิดขึ้นน้อยลงและมีการกระจายตัวของสารสังเคราะห์ที่ลดลง ทั้งนี้น้ำหนักแห้งของรากสะสมอาหารเป็นสิ่งสำคัญมากต่อการเจริญเติบโต และโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อพืชผ่านสภาพวิกฤติมาซึ่งความอยู่รอดต่อไปของมันสำปะหลังนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้อาหารสะสมไปใช้เพื่อการสร้างโครงสร้างพืชต่างๆ ที่ได้รับความเสียหายนั้นขึ้นมาใหม่ ซึ่งการสร้างรากและใบชุดใหม่นั้นจะเกิดขึ้นได้หากมีปริมาณของรากสะสมที่เพียงพอ

3.4 น้ำหนัก จำนวนรากและความยาวของรากดูดอาหาร

ในส่วนข้อมูลของรากดูดอาหารที่อายุ 100 วันหลังปลูก พบว่า ผลของความยาวนานจากสภาพน้ำท่วมขังเป็นเวลา 5, 10 และ 15 วัน นั้นส่งผลให้น้ำหนักของรากดูดอาหารลดลงเท่ากับ 3.6, 2.2 และ 2.4 กรัม/ต้นตามลำดับ ในขณะที่มันสำปะหลังในสภาพควบคุมนั้นมีน้ำหนักของรากดูดอาหาร เท่ากับ 4.0 กรัม/ต้น อย่างไรก็ตามเมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ทั้งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของรากดูดอาหารที่ได้รับ ความยาวนานจากสภาพน้ำท่วมขังที่ระดับต่างๆ นั้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ ต่อมาเมื่อพิจารณาข้อมูลจำนวนของรากดูดอาหาร พบว่า จำนวนของรากของมันสำปะหลังที่ผ่านสภาพน้ำท่วมขังเป็นเวลา 5, 10 และ 15 วันนั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้มันสำปะหลังที่ประสบกับน้ำขัง 10 วัน มีจำนวนของรากดูดอาหารมากที่สุดเท่ากับ 35.7 รองลงมาคือ มันสำปะหลังที่อยู่ในสภาพควบคุมซึ่งมีจำนวนเท่ากับ 29.5 และเมื่อพิจารณาข้อมูลในส่วนความยาวของรากดูดอาหาร พบว่า มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันกล่าวคือ ความยาวของรากดูดอาหารของมันสำปะหลังที่ประสบกับน้ำท่วมขัง 10 วัน นั้นมีความยาวมากที่สุดเท่ากับ 33.3 เซนติเมตร รองลงมาคือ มันสำปะหลังที่อยู่ในสภาพควบคุมซึ่งมีความ

ยาวเท่ากับ 28.5 เซนติเมตร (ตารางที่ 13) ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการเผชิญกับสภาพน้ำท่วมขังเป็นเวลานานนั้นไม่ส่งผลให้จำนวนรากดูดอาหารและความยาวของรากดูดอาหารนั้นลดลง แต่กรณีที่มีน้ำท่วมขังหลังจากประสบกับสภาพน้ำท่วมขังที่ยาวนานถึง 15 วันนั้นจะเห็นได้ว่า น้ำหนักแห้งของรากดูดอาหารนั้นลดลงแต่ก็พบว่า ไม่แตกต่างจากจำนวนของรากในตำรับทดลองอื่นมากนัก อย่างไรก็ตามการระบายน้ำออกมาเป็นเวลานาน 10 วันนั้น ในช่วงแรกยังคงมีความชื้นดินอยู่ในปริมาณมากและช่องว่างในดินมีน้อย ซึ่งส่งผลให้การถ่ายเทอากาศยังไม่ดีนัก เมื่อทำการเก็บตัวอย่างจึงพบว่า มีรากดูดอาหารที่เกิดความเสียหายอยู่ไม่น้อยแม้รากจะผ่านระยะการฟื้นตัว อย่างไรก็ตามพบว่า มีการสร้างรากดูดอาหารใหม่ขึ้นบริเวณโคนต้นใกล้เคียงกับผิวน้ำซึ่งการเกิดรากดูดอาหารเพิ่มขึ้นบริเวณดังกล่าวเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นว่ามันสามารถปรับตัวที่จะฟื้นตัวขึ้นได้และมีโอกาสที่จะเจริญเติบโตต่อไปได้หากยังคงมีแหล่งอาหารที่เพียงพอ

3.5 อัตราส่วนระหว่างรากกับส่วนเหนือดิน

จากการพิจารณาอัตราส่วนระหว่างรากกับส่วนเหนือดิน (root/shoot ratio; R:S) ของมันสำปะหลังที่อายุ 100 วันหลังปลูก พบว่า มันสำปะหลังในสภาพควบคุมมีค่า R:S มากที่สุดเท่ากับ 0.792 ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีปริมาณรากที่มากมีการเจริญเติบโตดี แต่ในการเจริญเติบโตด้านความสูง พื้นที่ใบ และน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดินนั้นมีน้อยลง ซึ่งนอกจากค่า R:S จะบ่งบอกได้ถึงปริมาณของการสร้างและสะสมสารสังเคราะห์ในส่วนเหนือดินและรากได้แล้วนั้น (Titlyanova *et al.*, 1999; Litton *et al.*, 2003) ค่า R:S เป็นสิ่งที่บ่งชี้ได้ถึงกระบวนการจัดสรรสารสังเคราะห์ภายในต้นพืชโดยการประสานการทำงานระหว่างส่วนเหนือดินและรากเพื่อการเจริญเติบโต ซึ่งไม่ว่าพืชจะอยู่ในสภาพแวดล้อมใดก็ตาม กระบวนการดังกล่าวจะมีการเปลี่ยนแปลงไปเพื่อให้พืชมีชีวิตอยู่ได้ (Farrar and Gunn, 1996) อาทิ เช่น ภายใต้สภาพวิกฤติที่ปริมาณสารอาหารและน้ำภายในพืชถูกจำกัดนั้นพืชจะจัดสรรสารสังเคราะห์ที่มีอยู่ไปสู่ราก (Bazzaz, 1990)

ในขณะที่มันสำปะหลังที่ผ่านสภาพน้ำท่วมขัง 5 และ 10 วันมีค่า R:S เท่ากับ 0.290 และ 0.254 ตามลำดับ ในขณะที่มันสำปะหลังที่ได้รับสภาพน้ำท่วมขัง 15 วันและผ่านการฟื้นตัวมาแล้ว 10 วันนั้นมีค่า R:S เท่ากับ 0.107 ซึ่งจากค่า R:S ของมันสำปะหลังที่ผ่านสภาพน้ำท่วมขังเป็นเวลา 5, 10 และ 15 วันนั้นถือว่าเป็นค่าที่ต่ำลงมาก (ตารางที่ 14) ทั้งนี้แสดงให้เห็นถึงว่า น้ำหนักส่วนเหนือดินในส่วนของลำต้นและใบที่ยังคงอยู่นั้นมีมากเมื่อเทียบกับน้ำหนักรากที่ลดน้อยลงจากความเสียหาย อย่างไรก็ตาม ถึงแม้จะมีใบที่ยังคงมีอยู่จำนวนหนึ่งซึ่งยังคงมีการสร้างอาหารได้แต่ในปริมาณที่น้อยและยังต้องจะนำไปใช้เพื่อความอยู่รอดและการฟื้นตัวก่อนจึงมีผลให้ในระยะยาวนั้นพืชจะมีอัตราการเจริญเติบโตที่ต่ำลงได้โดยเฉพาะมัน

ลำปะหลังที่ได้รับสภาพน้ำท่วมขังนาน 15 วัน ทั้งนี้การฟื้นตัวจะดีขึ้นได้แค่ไหนก็ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม และที่สำคัญที่สุดคือ ปริมาณรากสะสมอาหารเพียงพอ ทั้งนี้ค่า R:S ยังเป็น ตัวชี้วัดได้ถึงการคายน้ำของม้น ลำปะหลังที่เกิดขึ้น ค่า R:S สูงจะแสดงให้เห็นว่า ม้นลำปะหลังมีการดูดใช้น้ำที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต (มาลี, 2552) อัตราการดูดน้ำของรากจะมีมาก ในขณะที่หากมีค่า R:S ต่ำซึ่งแสดงถึง ปริมาณรากที่ไม่เพียงพอต่อการดูดน้ำของม้นลำปะหลัง ซึ่งจะส่งผลให้ปากใบปิดการคายน้ำของใบลดลง และจะส่งผลต่อ อัตราการเจริญเติบโตที่ลดลงของม้นลำปะหลังต่อไป

ตารางที่ 12 ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่ 0, 5, 10 และ 15 วัน (เริ่มขังน้ำที่ 75 DAP) ต่อ น้ำหนักสดของลำต้น น้ำหนักแห้งของลำต้น น้ำหนักสดของใบ น้ำหนักแห้งของใบ และพื้นที่ใบ ของม้นลำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 100 วันหลังปลูก

ระยะเวลา น้ำท่วมขัง (วัน)	น้ำหนักสดลำต้น (กรัม/ต้น)	น้ำหนักแห้งลำต้น (กรัม/ต้น)	น้ำหนักสดใบ (กรัม/ต้น)	น้ำหนักแห้งใบ (กรัม/ต้น)	พื้นที่ใบ (ซม. ² /ต้น)
0	124.5	35.5	52.0	13.0	2610.00
5	121.5	33.6	52.4	12.2	2565.00
10	116.3	31.8	39.8	9.2	1993.00
15	128.2	36.6	30.9	8.3	1565.00
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	16.25	16.66	58.28	63.62	69.04

หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละปัจจัย ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์ จากการทดสอบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี DMRT

** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

* = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

DAP = จำนวนวันหลังปลูก (Days After Planting)

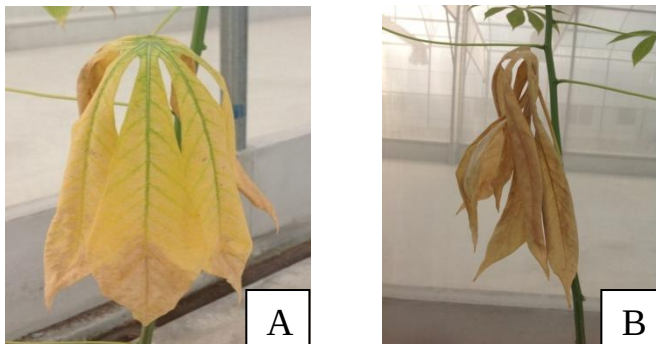
ตารางที่ 13 ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่ 0, 5, 10 และ 15 วัน (เริ่มขังน้ำที่ 75 DAP) ต่อการเจริญเติบโตทางสรีรวิทยาของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 100 วันหลังปลูก

ระยะ เวลาน้ำ ท่วมขัง (วัน)	น้ำหนักสด รากสะสม อาหาร (กรัม/ต้น)	น้ำหนักสด รากดูด อาหาร (กรัม/ต้น)	น้ำหนักแห้ง รากสะสม อาหาร (กรัม/ต้น)	น้ำหนักแห้ง รากดูด อาหาร (กรัม/ต้น)	ความยาว รากสะสม อาหาร (ซม.)	ความยาว ของราก ดูดอาหาร (ซม.)	จำนวน ราก สะสม อาหาร	จำนวน รากดูด อาหาร
0	122.4a	31.6	34.4a	4.0	38.5a	28.5	34.5a	29.5
5	48.5b	28.6	9.7b	3.6	8.5b	24.0	22.5b	21.0
10	40.6bc	21.0	8.2b	2.2	15.7b	33.3	6.3c	35.7
15	19.4c	19.4	2.4c	2.4	13.7b	21.0	6.0c	24.3
F-test	**	ns	**	ns	**	ns	**	ns
CV (%)	23.60	47.52	18.82	53.29	17.13	36.67	16.59	24.31

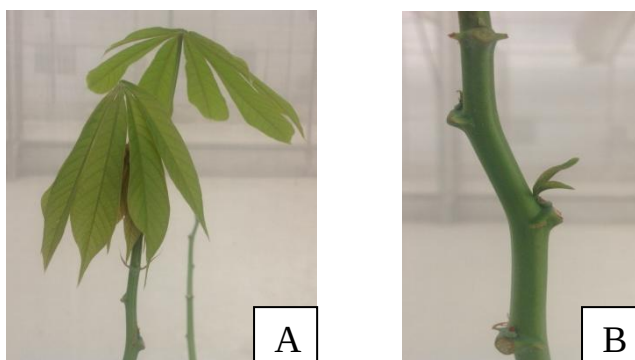
หมายเหตุ ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละปัจจัย ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ จากการทดสอบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี DMRT
 ** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
 * = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ
 DAP = จำนวนวันหลังปลูก (Days After Planting)

ตารางที่ 14 ผลของระยะเวลาการเกิดสภาพน้ำท่วมขังที่ 0, 5, 10 และ 15 วัน (เริ่มขังน้ำที่ 75 DAP) ต่อค่าอัตราส่วนระหว่างรากกับส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 100 วันหลังปลูก

ระยะเวลาน้ำท่วมขัง (วัน)	root/shoot ratio (R:S)
0	0.792
5	0.290
10	0.254
15	0.107



ภาพที่ 12 ลักษณะอาการใบเหลือง (A) และใบแห้งหงิกงอ (B) ของมันสำปะหลังที่อายุ 100 วันหลังปลูก ซึ่งได้รับสภาพน้ำขังนาน 15 วัน และผ่านระยะการฟื้นตัวมาแล้ว 10 วัน



ภาพที่ 13 ลักษณะการแตกใบอ่อนขึ้นใหม่บริเวณยอด (A) และการแตกใบอ่อนขึ้นใหม่บริเวณตา (B) ของมันสำปะหลังที่อายุ 100 วันหลังปลูกซึ่งได้รับสภาพน้ำขังนาน 15 วันและผ่านระยะการฟื้นตัวมาแล้ว 10 วัน

สรุป

จากการศึกษาผลของระยะเวลาการเกิดน้ำท่วมขังเป็นเวลา 0, 5, 10 และ 15 วัน ที่มีต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 โดยเริ่มให้น้ำขังที่ 75 วันหลังปลูก เพื่อศึกษาผลกระทบภายหลังจากได้รับสภาพน้ำท่วมขังในแต่ละตำรับทดลองทันที และเพื่อศึกษาการเจริญเติบโตภายหลังจากผ่านระยะการฟื้นตัวของมันสำปะหลังภายใต้สภาพน้ำท่วมขังซึ่งสรุปได้ ดังนี้

1. การเกิดสภาพน้ำท่วมขังเป็นระยะเวลา 5, 10 และ 15 วัน ส่งผลให้ความสูงต้นของมันสำปะหลังลดลงต่ำกว่ามันสำปะหลังที่ไม่ได้รับสภาพน้ำขัง ในขณะที่การขยายขนาดของใบจะลดน้อยลงเมื่อมันสำปะหลังได้รับน้ำท่วมขังเป็นระยะเวลา 15 วัน
2. การเกิดสภาพน้ำท่วมขังเป็นระยะเวลา 10 และ 15 วัน มีผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบมันสำปะหลังลดลงโดยเฉพาะสภาพน้ำท่วมขังเป็นระยะเวลา 15 วัน ในขณะที่สภาพน้ำท่วมขังเป็นระยะเวลา 5 วัน พบว่า ยังคงมีปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบมันสำปะหลังที่ไม่แตกต่างจากมันสำปะหลังที่อยู่ในสภาพควบคุม
3. การเกิดสภาพน้ำท่วมขังเป็นระยะเวลา 5, 10 และ 15 วัน มีผลให้มันสำปะหลังมีจำนวนใบที่เกิดอาการเหลืองและเสื่อมสภาพเร็วขึ้น ซึ่งทำให้จำนวนใบของมันสำปะหลังลดลงโดยเฉพาะสภาพน้ำท่วมขังเป็นระยะเวลา 15 วัน ซึ่งมีการสูญเสียจำนวนใบเร็วมาก และจากการทดลอง พบว่า พื้นที่ใบลดลงต่างจากสภาพควบคุมภายหลังจากประสบน้ำท่วมขัง และเมื่อผ่านระยะฟื้นตัวที่มันสำปะหลังอายุ 100 วันหลังปลูกพบว่าพื้นที่ใบของมันสำปะหลังที่ผ่านสภาพน้ำท่วมขัง 5 วันมีจำนวนไม่แตกต่างจากมันสำปะหลังที่อยู่ในสภาพควบคุม
4. การเกิดสภาพน้ำท่วมขังเป็นระยะเวลา 5, 10 และ 15 วัน มีผลต่อการนำไหลปากใบที่ลดลง โดยเฉพาะสภาพน้ำท่วมขังเป็นระยะเวลา 15 วัน ที่ทำให้การนำไหลปากใบลดน้อยลงอย่างรวดเร็วและไม่สามารถเพิ่มขึ้นได้แม้จะผ่านระยะการฟื้นตัวแล้ว ในขณะที่การนำไหลปากใบมันสำปะหลังที่ผ่านสภาพน้ำท่วมขังเป็นระยะเวลา 5 และ 10 วัน พบว่า มีระดับที่เพิ่มขึ้นเป็นปกติได้เมื่อผ่านระยะการฟื้นตัว

5. การเกิดสภาพน้ำท่วมขังเป็นระยะเวลา 5, 10 และ 15 วัน ส่งผลให้น้ำหนักแห้งของลำต้นลดลงต่ำกว่ามันสำปะหลังที่ไม่ได้รับสภาพน้ำท่วมขังแต่ไม่แตกต่างกันมากนัก ในขณะที่น้ำหนักแห้งของใบจะลดน้อยลงตามลำดับความยาวนานที่มันสำปะหลังได้รับน้ำท่วมขังในทุกตำบลทดลอง
6. การเกิดสภาพน้ำท่วมขังเป็นระยะเวลา 5, 10 และ 15 วัน ส่งผลให้น้ำหนักแห้งและจำนวนของรากสะสมอาหารลดลงตามลำดับ โดยเฉพาะสภาพน้ำท่วมขังเป็นระยะเวลา 15 วัน ที่ทำให้น้ำหนักแห้งและจำนวนของรากสะสมอาหารลดลงมากที่สุด ส่วนกรณีความยาวของรากสะสมอาหารพบว่า ระยะเวลา 5, 10 และ 15 วันที่เกิดสภาพขังมีผลให้ความยาวของรากสะสมอาหารลดลงต่างจากมันสำปะหลังที่อยู่ในสภาพควบคุมอย่างชัดเจน
7. การเกิดสภาพน้ำท่วมขังเป็นระยะเวลา 5, 10 และ 15 วัน ส่งผลให้น้ำหนักแห้งของรากดูดอาหารลดลงในขณะที่จำนวนรากดูดอาหารของมันสำปะหลังที่ผ่านสภาพน้ำขังเป็นระยะเวลา 10 และ 15 วัน พบว่า มีจำนวนน้อยกว่ามันสำปะหลังที่ผ่านสภาพน้ำขัง 5 วันและที่อยู่ในสภาพควบคุม ทั้งนี้เมื่อผ่านระยะการฟื้นตัวพบว่ามันสำปะหลังที่ผ่านสภาพน้ำขัง 10 วันมีจำนวนรากดูดอาหารเพิ่มขึ้นส่วนกรณีความยาวของรากดูดอาหาร พบว่า สภาพน้ำท่วมขัง 15 วันมีผลให้ความยาวของรากดูดอาหารน้อยเมื่อเทียบกับมันสำปะหลังที่อยู่ในตำบลทดลองอื่น

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2547. เอกสารวิชาการมันสำปะหลัง. กรุงเทพฯ.

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2556. การประเมินผลกระทบของสถานะฝนที่มีต่อพืชในประเทศไทย. แหล่งที่มา:
www2.ops3.moc.go.th, 27 สิงหาคม 2556.

เฉลิมพล แซมเพชร. 2535. สรีรวิทยาการผลิตพืชไร่. ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ

นิตยา วานิก. 2550. ผลของพันธุ์ อายุการเก็บเกี่ยว และฤดูปลูกต่อการสังเคราะห์แสงของมัน
สำปะหลัง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นพศุล สมุทรทอง , เอ็จ สโรบล , วิจารณ์ วิชุกิจ และ สุเทพ ทองแพ. 2550. ผลของปริมาณและอัตราการ
ให้น้ำต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของมันสำปะหลัง. น.75-82. ใน การประชุมทาง
วิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ

พัชรพร หนูวิสัย , วิไลวรรณ พรหมคำ , อารดา มาสรี , เชาวนาถ พฤทธิเทพ และ วันชัย ถนอมทรัพย์.
2552. การตอบสนองของพันธุ์มันสำปะหลังต่อความถี่การให้น้ำ. น.162-170. ใน รายงานการ
สัมมนาระบบเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 5 :พลังงานทดแทนและความมั่นคงทางอาหารเพื่อมนุษยชาติ .
ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

รุ่งระวี บุญทั้ง. 2548. การศึกษาอัตราการหายใจ ความเขียวใบ และการยืดตัวของพันธุ์ข้าวที่มีระดับ
ความสามารถทนทานต่อน้ำท่วมขังแตกต่างกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลิลลี่ กาวีตะ , มาลี ณ นคร , ศรีสม สุวรรณวงศ์ และ สุริยา ดันติวิวัฒน์. 2552. สรีรวิทยาของพืช. ครั้งที่
2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

ศานิต สวัสดิ์กาญจน์ และ วิษณุ ทรัพย์กร. 2554. ผลของระยะเวลาการให้น้ำท่วมขังต่อการยับยั้งการ
เจริญเติบโตของยางพารา. ว.วิทย์.เกษตร. 42(2)(พิเศษ): 197-200

สมนิมิตร พุกงาม , สามัคคี บุญยะวัฒน์ และ รัชณีวรรณ ราชูละ. 2551. ความผันแปรของความชื้นในดิน
บริเวณรากมันสำปะหลัง จังหวัดนครราชสีมา. น. 459-466. ใน การประชุมทางวิชาการของ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ

สมบูรณ์ พรหมเสน. 2547. การพัฒนาแบบจำลองการคายระเหยน้ำโดยใช้ข้อมูลอุณหภูมิตามเวลาและค่าการชักนำของปากใบพืชในพื้นที่ทำการเกษตรและสวนป่า. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2555. ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตรปี 2555. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กรุงเทพฯ.

อรุณี ชูวนิชยม และ สมศรี อรุณินท์. 2539. การวิจัยพืชทนเค็มและพืชชอบเกลือบางชนิดในพื้นที่ดินเค็มจัด. น. 17- 31. ใน เอกสารคู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐ เรื่องดินเค็ม. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

Basra S. and K. Basra. 1997. Mechanisms of Environmental Stress Resistance in Plants. Harwood Academic Publisher, Amsterdam, Netherlands.

Barrow, N.J. 1993. Plant Nutrition from genetic engineering to field practice. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, Netherlands.

Buchanan B., Gruissem, and Jones L. 2002. Biochemistry & Molecular Biology of Plants. Wiley Publisher.

Rogers H., A. Prior, G. Runion and J. Mitchell. 1996. Root to shoot ratio of crops as influenced by CO₂. Plant and Soil 187: 229-248.

Dat F., Capelli, Folzer, Bourgeade and Badot. 2004. Sensing and signaling during plant flooding. Plant Physiology and Biochemistry 42: 273-282

Mokany, R. Raïso and S. Prokushkin. 2006. Critical analysis of root : shoot ratios in terrestrial biomes. Global Change Biology 12: 84-96

Kozlowski T.T. 1984. Flooding and plant growth. Harcourt Brace Jovanovich, London, England.

Hwang S.Y., H.W. Lin, R.H. Chern , H.F. Lo and L. Li. 1999. Reduced susceptibility to waterlogging together with high-light stress is related to increases in superoxide dismutase and catalase activities in sweet potato. Plant Growth Regulation 27: 167-172

Mancuso and Shabala. 2010. Waterlogging Signalling and Tolerance in Plants. Springer Publisher, Heidelberg, Germany.

Chugh, Kaur and K. Gupta. 2011. Role of antioxidant and anaerobic metabolism enzymes in providing tolerance to maize (*Zea mays* L.) seedlings against waterlogging. Indian Journal of Biochemistry & Biophysics 48: 346-352

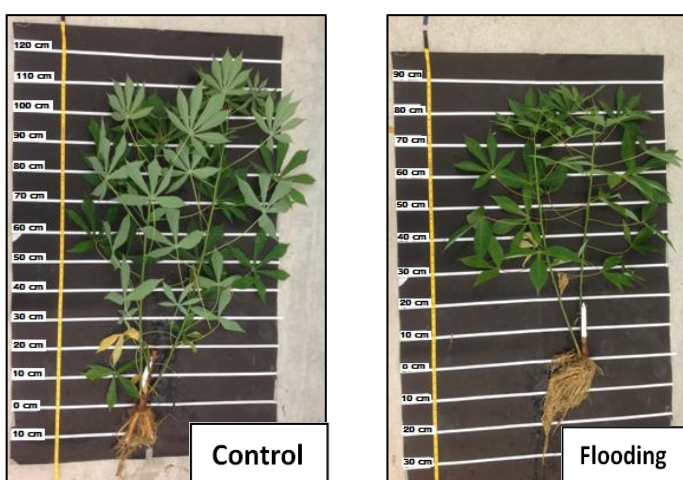
ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 การเจริญเติบโตและสภาวะแวดล้อมของมันสำปะหลังที่ปลูกในกระถางในเรือนทดลอง

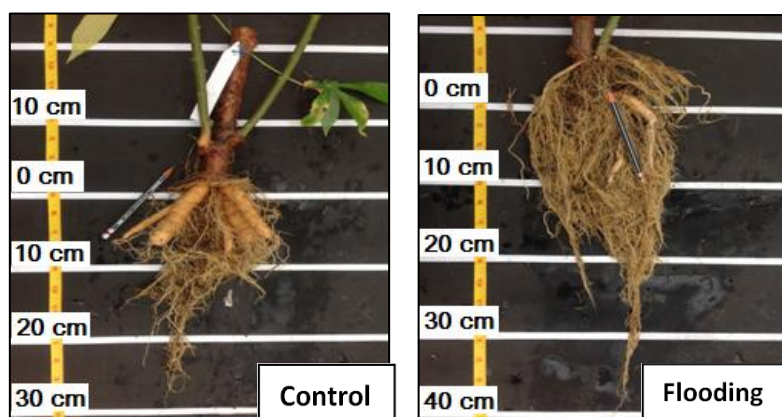
ข้อมูล	จำนวนวันหลังปลูก									
	14	28	42	56	75	80	85	90	95	100
ความสูงต้น (cm)	4.8±0.6	21.1±1.0	37.3±0.7	87.1±4.9	98.3±6.3	104.1±6.1	105.5±8.0	101.9±17.3	117.8±24.3	115.8±4.5
ความเขี้ยวใบ (cm)	52.4±1.0	46.6±0.7	43.4±0.8	40.7±0.4	36.4±0.5	34.4±0.8	31.6±1.2	32.4±0.6	33.2±1.1	36.1±0.5
ความยาวใบ (cm)	6.0±0.1	11.1±0.5	14.6±0.2	16.2±0.2	11.4±0.4	11.5±0.2	10.6±0.4	10.0±1.2	10.0±0.7	9.6±0.3
ความกว้างใบ (cm)	14±0.1	28±0.0	42±0.0	56±0.1	75±0.1	80±0.2	85±0.5	90.0±0.5	95±0.5	100±0.1
จำนวนใบ	2±0.1	7±0.1	13±0.2	18±0.1	20±1.2	21±1.0	23±1.1	22±0.7	19±3.5	20±2.5
ค่า g_s (cm/s)				0.83±0.0	1.64±0.2	1.14±0.1	1.22±0.1	1.26±0.1	1.55±0.2	1.42±0.1
ความชื้นดิน (% v/v)				25±0.0	31±0.0	28±0.0	31±0.0	36.4±0.0	23.2±	28.6±0.0
ค่า EC (mS/cm)				1.4±0.0	1.3±0.0	1.3±0.0	1.3±0.0	1.4±0.1	1.3±0.1	1.2±0.0
อุณหภูมิดิน (°C)				32±0.2	31.2±0.2	28.9±0.1	30.4±0.2	33.0±0.4	33.9±0.4	34.1±0.2
อุณหภูมิอากาศ (°C)				33.2	32.3	30.7	32.7	33.8	35.2	34.9



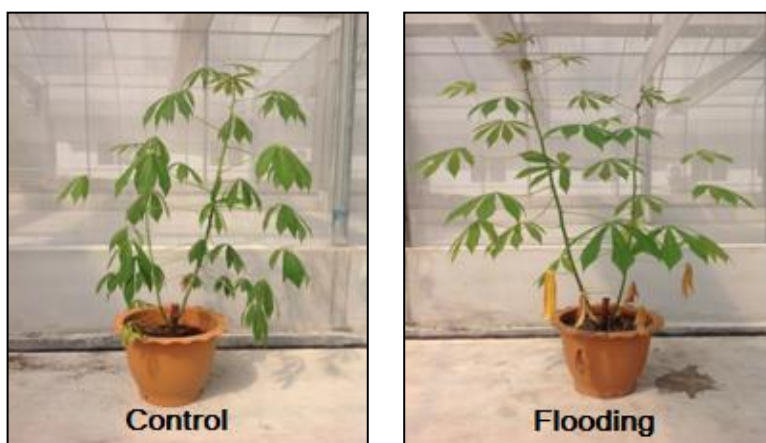
ภาพผนวกที่ 1 ลักษณะการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 80 วันหลังปลูก โดยเปรียบเทียบระหว่างต้นที่อยู่ในสภาพควบคุมกับต้นที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมขัง 5 วัน



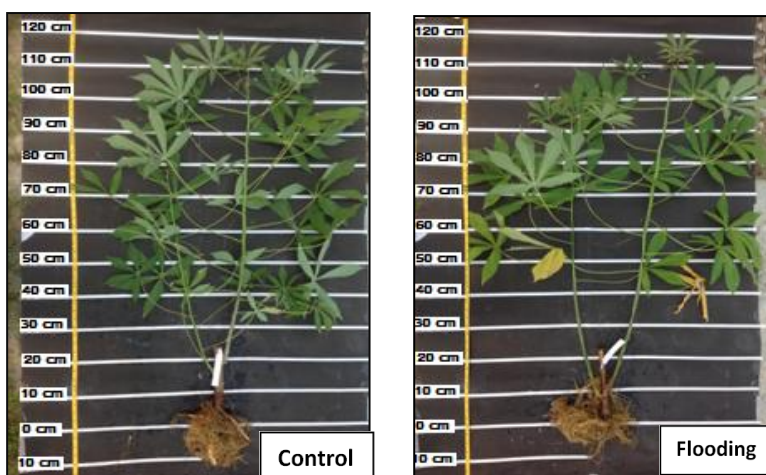
ภาพผนวกที่ 2 ความสูงต้นของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 80 วันหลังปลูก โดยเปรียบเทียบระหว่างต้นที่อยู่ในสภาพควบคุมกับต้นที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมขัง 5 วัน



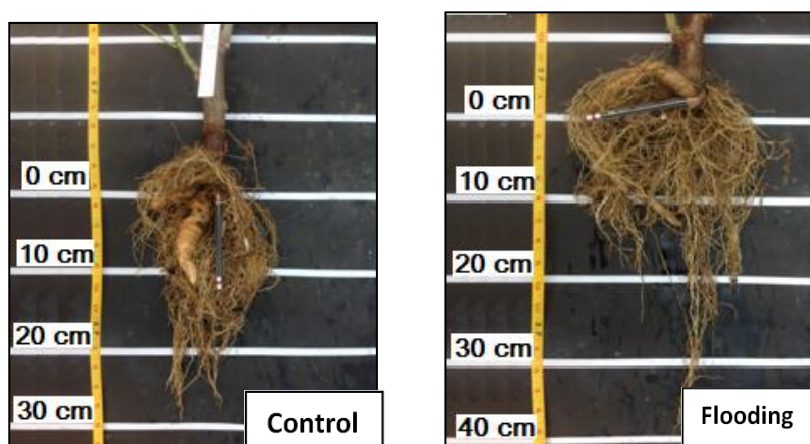
ภาพผนวกที่ 3 ความยาวรากของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 85 วันหลังปลูก โดยเปรียบเทียบระหว่างต้นที่อยู่ในสภาพควบคุมกับต้นที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมขัง 5 วัน



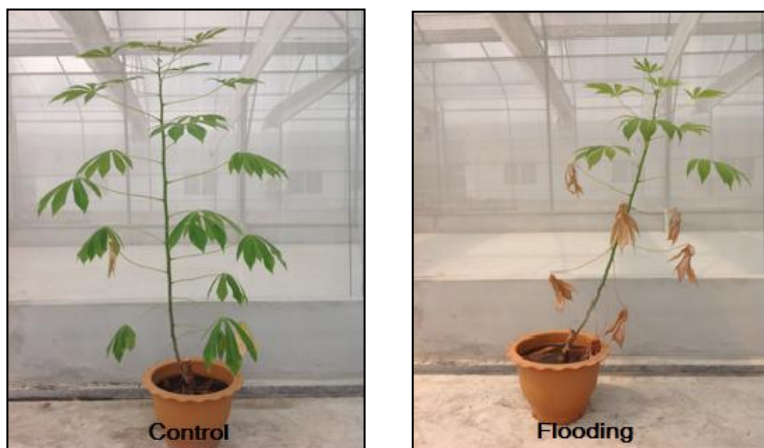
ภาพผนวกที่ 4 ลักษณะการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 85 วันหลังปลูก โดยเปรียบเทียบระหว่างต้นที่อยู่ในสภาพควบคุมกับต้นที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมขัง 10 วัน



ภาพผนวกที่ 5 ความสูงต้นของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 85 วันหลังปลูก โดยเปรียบเทียบระหว่างต้นที่อยู่ในสภาพควบคุมกับต้นที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมขัง 10 วัน



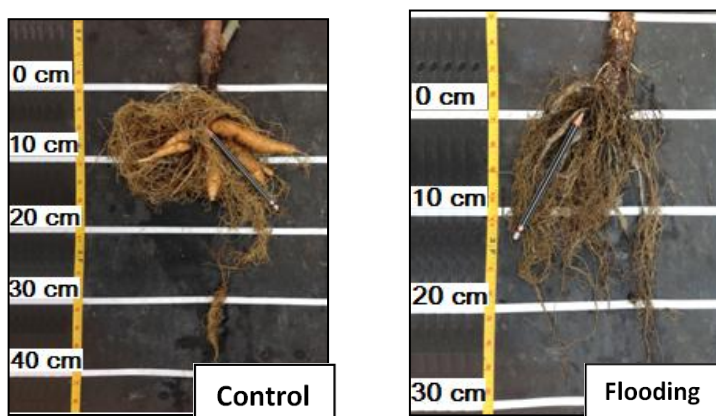
ภาพผนวกที่ 6 ความยาวรากของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 85 วันหลังปลูก โดยเปรียบเทียบระหว่างต้นที่อยู่ในสภาพควบคุมกับต้นที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมขัง 10 วัน



ภาพผนวกที่ 7 ลักษณะการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 90 วันหลังปลูก โดยเปรียบเทียบระหว่างต้นที่อยู่ในสภาพควบคุมกับต้นที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมขัง 15 วัน



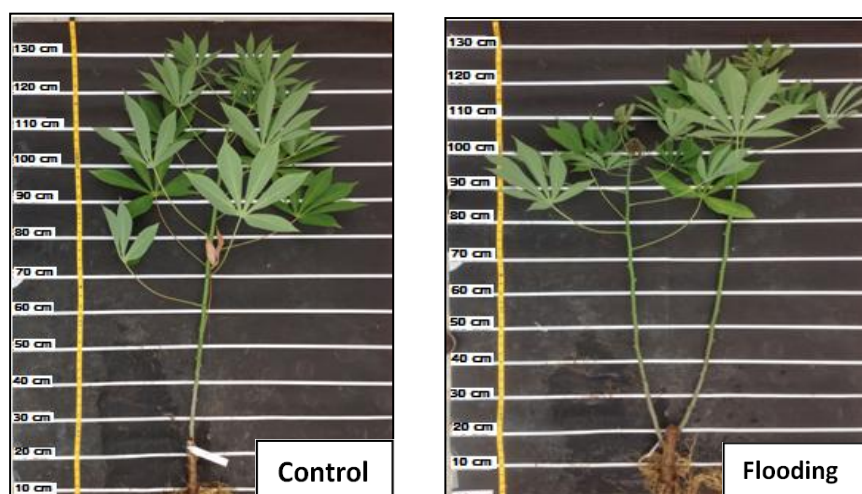
ภาพผนวกที่ 8 ความสูงต้นของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 85 วันหลังปลูก โดยเปรียบเทียบระหว่างต้นที่อยู่ในสภาพควบคุมกับต้นที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมขัง 10 วัน



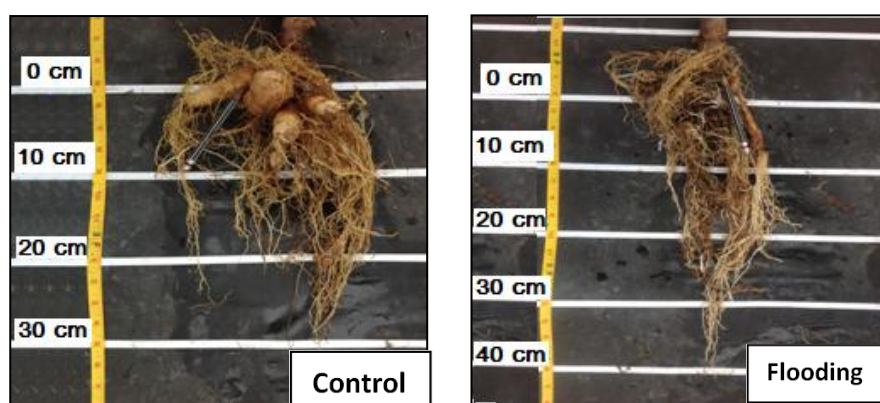
ภาพผนวกที่ 9 ความยาวรากของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 85 วันหลังปลูก โดยเปรียบเทียบระหว่างต้นที่อยู่ในสภาพควบคุมกับต้นที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมขัง 10 วัน



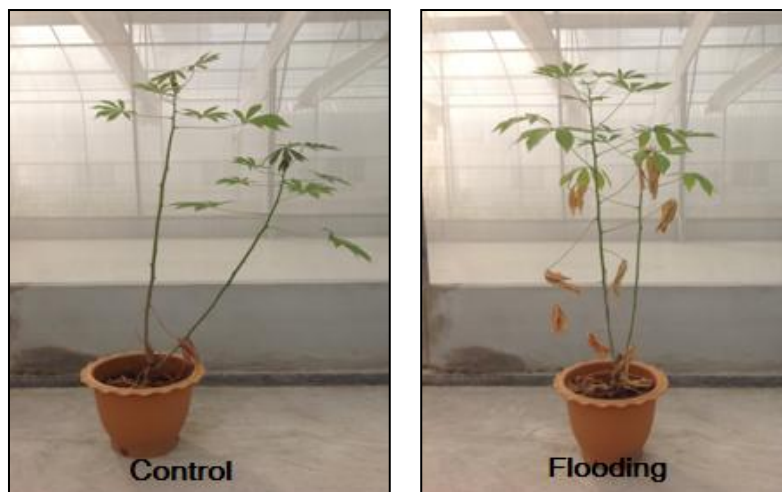
ภาพผนวกที่ 10 ลักษณะการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 100 วันหลังปลูก โดยเปรียบเทียบระหว่างต้นที่อยู่ในสภาพควบคุมกับต้นที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมขัง 5 วัน



ภาพผนวกที่ 11 ความสูงต้นของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 100 วันหลังปลูก โดยเปรียบเทียบระหว่างต้นที่อยู่ในสภาพควบคุมกับต้นที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมขัง 5 วัน



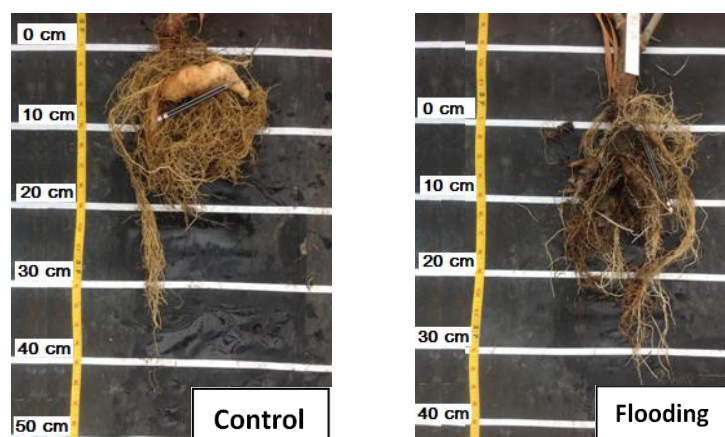
ภาพผนวกที่ 12 ความยาวรากของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 100 วันหลังปลูก โดยเปรียบเทียบระหว่างต้นที่อยู่ในสภาพควบคุมกับต้นที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมขัง 5 วัน



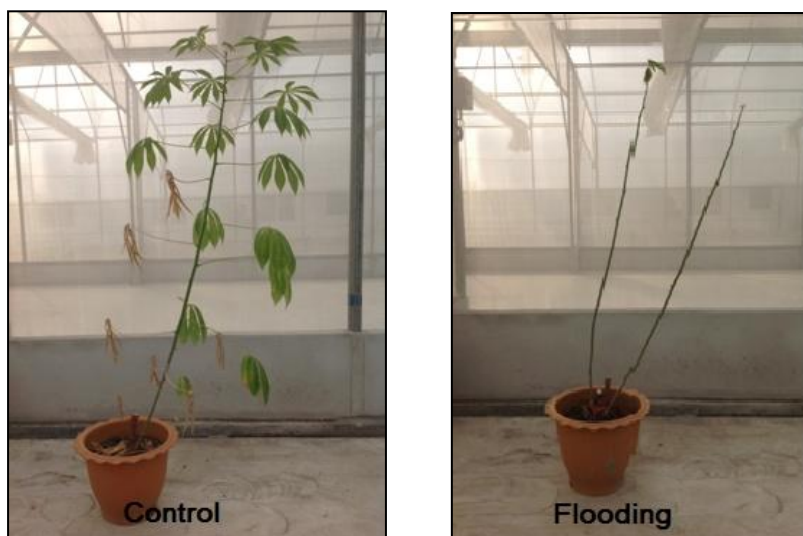
ภาพผนวกที่ 13 ลักษณะการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 100 วันหลังปลูก โดยเปรียบเทียบระหว่างต้นที่อยู่ในสภาพควบคุมกับต้นที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมขัง 10 วัน



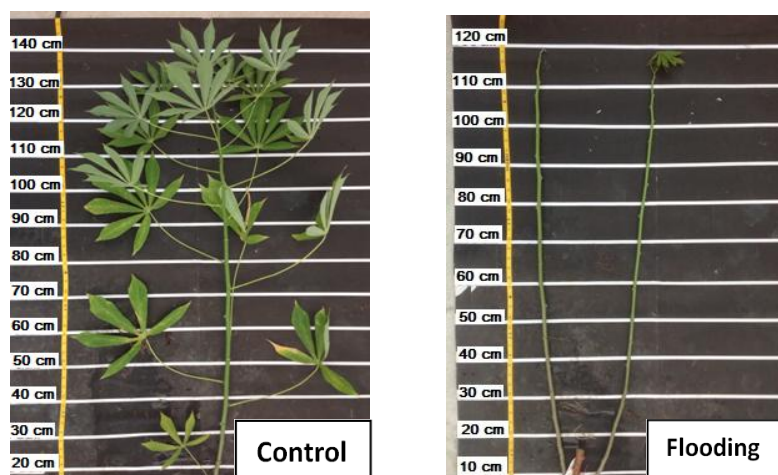
ภาพผนวกที่ 14 ความสูงต้นของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 100 วันหลังปลูก โดยเปรียบเทียบระหว่างต้นที่อยู่ในสภาพควบคุมกับต้นที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมขัง 10 วัน



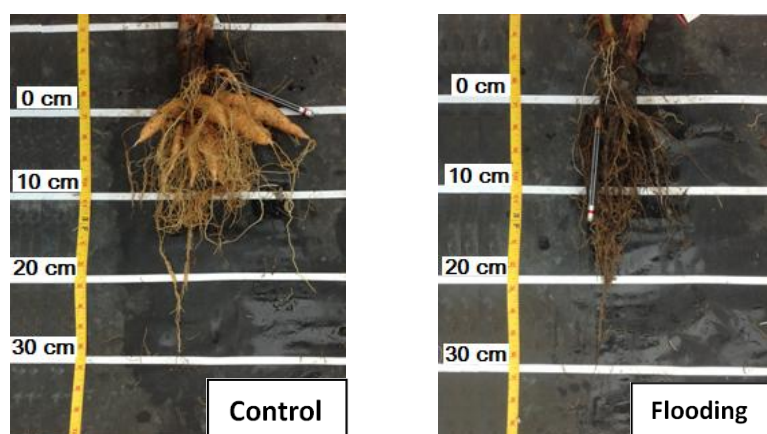
ภาพผนวกที่ 15 ความยาวรากของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 100 วันหลังปลูก โดยเปรียบเทียบระหว่างต้นที่อยู่ในสภาพควบคุมกับต้นที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมขัง 10 วัน



ภาพผนวกที่ 16 ลักษณะการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 100 วันหลังปลูก โดยเปรียบเทียบระหว่างต้นที่อยู่ในสภาพควบคุมกับต้นที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมขัง 15 วัน



ภาพผนวกที่ 17 ความสูงต้นของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 100 วันหลังปลูก โดยเปรียบเทียบระหว่างต้นที่อยู่ในสภาพควบคุมกับต้นที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมขัง 15 วัน



ภาพผนวกที่ 18 ความยาวรากของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่อายุ 100 วันหลังปลูก โดยเปรียบเทียบระหว่างต้นที่อยู่ในสภาพควบคุมกับต้นที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมขัง 15 วัน