



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (พืชไร่)

ปริญญา

พืชไร่

พืชไร่นา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ผลของความถี่การให้น้ำที่มีต่อน้ำหนักสดข้าวฟ่างหวาน 4 พันธุ์ เพื่อผลิตเอทานอล

Effects of Irrigation Frequencies on Fresh Weight of Four Sweet Sorghum Varieties
for Ethanol Production

نامผู้วิจัย นางสาวสุพัตรา แสนเทศ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์เอ็จ สโรบล, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์สุดเขตต์ นาคะเสถียร, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุเทพ ทองแพ, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์รังสฤษฎ์ กาวิด๊ะ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของความถี่การให้น้ำที่มีต่อน้ำหนักสดข้าวฟ่างหวาน 4 พันธุ์ เพื่อผลิตเอทานอล

Effects of Irrigation Frequencies on Fresh Weight of Four Sweet Sorghum Varieties
for Ethanol Production

โดย

นางสาวสุพัตรา แสนเทศ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชไร่)

พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุพัตรา แสนเทศ 2553: ผลของความถี่การให้น้ำที่มีต่อน้ำหนักสดข้าวฟ่างหวาน 4 พันธุ์ เพื่อผลิตเอทานอล ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชไร่) สาขาพืชไร่ ภาควิชาพืชไร่ฯ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์เอ็จ สโรบล, Ph.D. 107 หน้า

การศึกษาผลของความถี่การให้น้ำที่มีต่อน้ำหนักสดข้าวฟ่างหวาน 4 พันธุ์ เพื่อผลิตเอทานอล ทำการทดลองที่ สถานีวิจัยเขานินซื่อน สถาบันอินทรีจันทร์สถิตย์เพื่อการค้นคว้าและพัฒนาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ต. เขานินซื่อน อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ 2551-มีนาคม 2552 โดยแบ่งเป็น 2 การทดลอง โดยทั้ง 2 การทดลอง วางแผนการทดลองแบบ Split plot in RCBD มี 4 ซ้ำ การทดลองที่ 1 (ก.พ.-พ.ค. 51) Main plot คือ ข้าวฟ่างหวาน 4 พันธุ์ ได้แก่ SW1001, SW1002, SW1005 และ SW1008 Sub plot คือ ความถี่การให้น้ำ 4 ระดับ ได้แก่ ให้น้ำทุก 7 วัน, 10 วัน, 14 วัน และ 21 วัน ซึ่งปริมาณการให้น้ำไม่ว่าที่ความถี่ใดจะให้น้ำในปริมาณที่เท่ากัน คือ 35 มิลลิเมตร การทดลองที่ 2 (พ.ย. 51-มี.ค. 52) Main plot คือ ข้าวฟ่างหวาน 4 พันธุ์ ได้แก่ SW1001, SW1002, SW1005 และ SW1008 Sub plot คือ ความถี่การให้น้ำ 4 ระดับ ได้แก่ ให้น้ำทุก 7 วัน, 10 วัน, 14 วัน และ 21 วัน โดยมีปริมาณการให้น้ำแตกต่างกันในแต่ละระดับความถี่ (35, 50, 70 และ 105 มิลลิเมตร ตามลำดับ) ผลการทดลอง ในการทดลองที่ 1 พบว่า อายุวันออกดอก ความสูงต้น น้ำหนักต้นสดต่อไร่ ปริมาณน้ำคั้นต่อไร่ และน้ำหนักต้นสด 1 ต้นให้ปริมาณน้ำคั้นต่อไร่แตกต่างกันทางสถิติ โดยพันธุ์ SW1005 มีน้ำหนักต้นสด 1 ต้นให้ปริมาณน้ำคั้นต่อไร่สูงสุด คือ 515 กิโลกรัม ส่วนพันธุ์ SW1002 มีน้ำหนักต้นสด 1 ต้นให้ปริมาณน้ำคั้นต่อไร่ต่ำสุด คือ 331 กิโลกรัม ในส่วนความถี่ของการให้น้ำ พบว่า น้ำหนักต้นสด 1 ต้นจะให้ปริมาณน้ำคั้นต่อไร่ลดลงเมื่อได้รับน้ำในระดับความถี่ที่ลดน้อยลง (ทุก 10 วัน, 14 วัน และ 21 วัน) โดยการให้น้ำทุก 7 วัน มีน้ำหนักต้นสด 1 ต้นให้ปริมาณน้ำคั้นต่อไร่สูงสุด คือ 476 กิโลกรัม และการให้น้ำทุก 21 วัน มีน้ำหนักต้นสด 1 ต้นให้ปริมาณน้ำคั้นต่อไร่ต่ำสุด คือ 306 กิโลกรัม ส่วนการวิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมีเพื่อผลิตเอทานอล พบว่า พันธุ์ SW1005 และการให้น้ำทุก 7 วัน มีผลผลิตเอทานอลสูงสุด คือ 42.41 และ 53.29 ลิตรต่อไร่ ตามลำดับ การทดลองที่ 2 พบว่า อายุวันออกดอก ความสูงต้น น้ำหนักต้นสดต่อไร่ ปริมาณน้ำคั้นต่อไร่ และน้ำหนักต้นสด 1 ต้นให้ปริมาณน้ำคั้นต่อไร่แตกต่างกันทางสถิติ โดยพันธุ์ SW1005 มีน้ำหนักต้นสด 1 ต้นให้ปริมาณน้ำคั้นต่อไร่สูงสุด คือ 498 กิโลกรัม ส่วนพันธุ์ SW1008 มีน้ำหนักต้นสด 1 ต้นให้ปริมาณน้ำคั้นต่อไร่ต่ำสุด คือ 432 กิโลกรัม ในส่วนความถี่ของการให้น้ำ พบว่า น้ำหนักต้นสด 1 ต้นจะให้ปริมาณน้ำคั้นต่อไร่ลดลงเมื่อได้รับน้ำในระดับความถี่ที่ลดน้อยลง (ทุก 10 วัน, 14 วัน และ 21 วัน) โดยการให้น้ำทุก 7 วัน มีน้ำหนักต้นสด 1 ต้นให้ปริมาณน้ำคั้นต่อไร่สูงสุด คือ 806 กิโลกรัม และการให้น้ำทุก 21 วัน มีน้ำหนักต้นสด 1 ต้นให้ปริมาณน้ำคั้นต่อไร่ต่ำสุด คือ 275 กิโลกรัม ส่วนการวิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมีเพื่อผลิตเอทานอล พบว่า พันธุ์ SW1005 และการให้น้ำทุก 7 วัน มีผลผลิตเอทานอลสูงสุด คือ 74.31 และ 162.82 ลิตรต่อไร่ ตามลำดับ

Supattra Saenthet 2010: Effects of Irrigation Frequencies on Fresh Weight of Four Sweet Sorghum Varieties for Ethanol Production. Master of Science (Agronomy), Major Field: Agronomy, Department of Agronomy. Thesis Advisor: Associate Professor Ed Sarobol, Ph.D. 107 pages.

The effects of irrigation frequencies on fresh weight of four sweet sorghum varieties for ethanol production was tested at the Khao Hin Son Research Station, Chachoengsao province during February 2008 – March 2009. This research was carried out for 2 experiments and a split plot in RCBD was used with 4 replications. Experiment 1 (Feb-May 2008), the main plots were 4 sweet sorghum varieties (SW1001, SW1002, SW1005 and SW1008) and the sub plots were 4 irrigation frequencies (every 7, 10, 14 and 21 days; the amount of water for each irrigation frequencies was 35 mm). And experiment 2 (Nov 2008-March 2009), the main plots were 4 sweet sorghum varieties (SW1001, SW1002, SW1005 and SW1008) and the sub plots were 4 irrigation frequencies (every 7, 10, 14 and 21 days; four different water amounts 35, 50, 70 and 105 mm, respectively). Experiment 1, the results illustrated that sweet sorghum varieties and irrigation frequencies did affect days to flowering, plant height, fresh weight, amount of juice and amount of juice/ton cane. SW1005 gave the greatest amount of juice per 1 ton fresh weight (515 kg) while SW1002 yielded the lowest (331 kg). Sweet sorghum grown under the most frequent irrigation (every 7 days) gave the highest juice/ton cane (476 kg) whereas those under the infrequent irrigation (every 21 days) gave the lowest (306 kg). The greatest ethanol yield was obtained from SW1005 (42.41 l/rai) and 7 days irrigation frequency (53.29 l/rai). Experiment 2, the results illustrated that sweet sorghum varieties and irrigation frequencies did affect days to flowering, plant height, fresh weight, amount of juice and amount of juice/ton cane. SW1005 gave the greatest amount of juice per 1 ton fresh weight (498 kg) while SW1008 yielded the lowest (432 kg). Sweet sorghum grown under the most frequent irrigation (every 7 days) gave the highest juice/ton cane (806 kg) whereas those under the infrequent irrigation (every 21 days) gave the lowest (275 kg). The greatest ethanol yield was obtained from SW1005 (74.31 l/rai) and 7 days irrigation frequency (162.82 l/rai)

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

กราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. เอ็จ สโรบล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่กรุณาให้ปรึกษาทั้งในด้านการเรียนและการค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร. สุตเขตต์ นาคะเสถียร และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเทพ ทองแพ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รองศาสตราจารย์ ดร. จินดารัฐ วีระวุฒิ ประธานการสอบ และรองศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ เฟื่องฟูพงศ์ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาให้คำแนะนำ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ คุณนพสุต สมุทรทอง และเจ้าหน้าที่สถานีวิจัยเขาคินซอน ต. เขาคินซอน อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา ที่กรุณาให้คำปรึกษาและช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ธำรงศิลป์ โพธิ์สูง ที่กรุณาให้เมล็ดข้าวฟ่างหวาน ขอขอบพระคุณหัวหน้าสถานีวิจัยปากช่องที่กรุณาให้ยืมเครื่องบีบคั้นน้ำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้ และขอขอบ พระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. กล้านรงค์ ศรีรอด และพี่ๆ หน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีแปรรูปมันสำปะหลังและแป้งที่ช่วยวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำคั้นข้าวฟ่างหวาน รวมทั้งขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่สนับสนุนทุนวิจัย

กราบขอบพระคุณบิดา มารดาและน้องสาว ที่สนับสนุนทุนการศึกษาและเป็นกำลังใจสำคัญให้ข้าพเจ้ามาโดยตลอด ขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ที่ให้ความช่วยเหลือในการเรียนและการวิจัยจนประสบความสำเร็จ

สุพัตรา แสนเทศ
กุมภาพันธ์ 2553

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	16
อุปกรณ์	16
วิธีการ	17
ผลและวิจารณ์	23
สรุป	77
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	78
ภาคผนวก	85
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	107

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	อายุออกดอก 50% ของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำในการทดลองที่ 1	24
2	ความสูงต้นของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำในการทดลองที่ 1	27
3	น้ำหนักต้นสดของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำในการทดลองที่ 1	30
4	ปริมาณน้ำคั้นของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำในการทดลองที่ 1	33
5	ปริมาณน้ำคั้นต่อน้ำหนักต้นสด 1 ต้น ของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำในการทดลองที่ 1	36
6	ค่าความหวานของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำในการทดลองที่ 1	39
7	เปอร์เซ็นต์น้ำตาลทั้งหมดของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำในการทดลองที่ 1	42
8	เปอร์เซ็นต์น้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุคโตสของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำในการทดลองที่ 1	45
9	ผลผลิตเอทานอลของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำในการทดลองที่ 1	48
10	อายุออกดอก 50% ของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ในการทดลองที่ 2	51
11	ความสูงต้นของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ในการทดลองที่ 2	54
12	น้ำหนักต้นสดของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ในการทดลองที่ 2	57

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
13 ปริมาณน้ำคั้นของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ในการทดลองที่ 2	60
14 ปริมาณน้ำคั้นต่อน้ำหนักต้นสด 1 ต้น ของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ในการทดลองที่ 2	63
15 ค่าความหวานของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ในการทดลองที่ 2	66
16 เปอร์เซ็นต์น้ำตาลทั้งหมดของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ในการทดลองที่ 2	69
17 เปอร์เซ็นต์น้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุคโตส ของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ในการทดลองที่ 2	72
18 ผลผลิตเอทานอลของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ในการทดลองที่ 2	75
 ตารางผนวกที่	
1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนอายุออกดอก 50% (วัน) ของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำในการทดลองที่ 1	86
2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงต้น (เซนติเมตร) ของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำในการทดลองที่ 1	86
3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักต้นสด (กิโลกรัม/ไร่) ของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำในการทดลองที่ 1	87
4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณน้ำคั้น (กิโลกรัม/ไร่) ของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำในการทดลองที่ 1	87
5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณน้ำคั้นต่อน้ำหนักต้นสด 1 ต้น (กิโลกรัม) ของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำในการทดลองที่ 1	88

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหวาน (%บrix) ของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำในการทดลองที่ 1	88
7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเปอร์เซ็นต์น้ำตาลทั้งหมด ของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำในการทดลองที่ 1	89
8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเปอร์เซ็นต์ น้ำตาลซูโครส กลูโคส และ ฟรุกโตส (%) ของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำในการทดลองที่ 1	89
9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนผลผลิตเอทานอล (ลิตร) ของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำในการทดลองที่ 1	90
10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนอายุออกดอก 50% (วัน) ของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ในการทดลองที่ 2	90
11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงต้น (เซนติเมตร) ของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ในการทดลองที่ 2	91
12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักต้นสด (กิโลกรัม/ไร่) ของข้าวฟ่างหวาน ทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ในการทดลองที่ 2	91
13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณน้ำคั้น (กิโลกรัม/ไร่) ของข้าวฟ่างหวาน ทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ในการทดลองที่ 2	92
14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณน้ำคั้นต่อน้ำหนักต้นสด 1 ต้น (กิโลกรัม) ของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ในการทดลอง ที่ 2	92
15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหวาน (%บrix) ของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ในการทดลองที่ 2	93
16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเปอร์เซ็นต์น้ำตาลทั้งหมด (%) ของข้าวฟ่างหวาน ทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ในการทดลองที่ 2	93

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเปอร์เซ็นต์ น้ำตาลซูโครส กลูโคส และ ฟรุคโตส (%) ของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ ได้รับความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ในการทดลองที่ 2	94
18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนผลผลิตเอทานอล (ลิตร) ของข้าวฟ่างหวาน ทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ในการทดลองที่ 2	94
19 การหาค่าเฉลี่ยของเส้นผ่าศูนย์กลางกระป๋องรองรับน้ำ	95
20 ปริมาณของน้ำในกระป๋องรองรับน้ำ (จับเวลา 1 ชั่วโมง)	97
21 ค่าอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน (I_s) โดยประมาณตามประเภทของเนื้อดิน	98

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ของพืช C4 ชนิด NADP-ME type	5
2 ไดอะแกรมกระบวนการผลิตเอทานอลจากข้าวฟ่างหวาน	7
3 การสังเคราะห์น้ำตาลซูโครส	9
4 กราฟแสดง interaction ระหว่างพันธุ์และความถี่การให้น้ำต่ออายุออกดอก 50% ในการทดลองที่ 1 ณ สถานีวิจัยเขาคันทรง อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา	25
5 กราฟแสดง interaction ระหว่างพันธุ์และความถี่การให้น้ำต่อความสูงต้น ในการทดลองที่ 1 ณ สถานีวิจัยเขาคันทรง อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา	28
6 กราฟแสดง interaction ระหว่างพันธุ์และความถี่การให้น้ำต่อน้ำหนักต้นสด ในการทดลองที่ 1 ณ สถานีวิจัยเขาคันทรง อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา	31
7 กราฟแสดง interaction ระหว่างพันธุ์และความถี่การให้น้ำต่อปริมาณน้ำคั้นในรอบการปลูกที่ 1 ณ สถานีวิจัยเขาคันทรง อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา	34
8 กราฟแสดง interaction ระหว่างพันธุ์และความถี่การให้น้ำต่อปริมาณน้ำคั้นต่อต้นสด 1 ต้น ในการทดลองที่ 1 ณ สถานีวิจัยเขาคันทรง อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา	37
9 กราฟแสดง interaction ระหว่างพันธุ์และความถี่การให้น้ำต่อค่าความหวานในการทดลองที่ 1 ณ สถานีวิจัยเขาคันทรง อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา	40
10 กราฟแสดง interaction ระหว่างพันธุ์และความถี่การให้น้ำต่อน้ำตาลทั้งหมดในการทดลองที่ 1 ณ สถานีวิจัยเขาคันทรง อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา	43
11 กราฟแสดง interaction ระหว่างพันธุ์และความถี่การให้น้ำต่อเปอร์เซ็นต์น้ำตาลซูโครส กลูโคส และ ฟรุคโตส ในการทดลองที่ 1 ณ สถานีวิจัยเขาคันทรง อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา	46
12 กราฟแสดง interaction ระหว่างพันธุ์และความถี่การให้น้ำต่อผลผลิตเอทานอล ในการทดลองที่ 1 ณ สถานีวิจัยเขาคันทรง อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา	49

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
13	กราฟแสดง interaction ระหว่างพันธุ์และความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ต่ออายุ ออกดอก 50% ในการทดลองที่ 2 ณ สถานีวิจัยเขาคันทรง อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา	52
14	กราฟแสดง interaction ระหว่างพันธุ์และความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ต่อ ความสูงต้นในการทดลองที่ 2 ณ สถานีวิจัยเขาคันทรง อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา	55
15	กราฟแสดง interaction ระหว่างพันธุ์และความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ต่อ น้ำหนักต้นสดในการทดลองที่ 2 ณ สถานีวิจัยเขาคันทรง อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา	58
16	กราฟแสดง interaction ระหว่างพันธุ์และความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ต่อ ปริมาณน้ำคั้นในการทดลองที่ 2 ณ สถานีวิจัยเขาคันทรง อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา	61
17	กราฟแสดง interaction ระหว่างพันธุ์และความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ต่อ ปริมาณน้ำคั้นต่อต้นสด 1 ต้น ในการทดลองที่ 2 ณ สถานีวิจัยเขาคันทรง อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา	64
18	กราฟแสดง interaction ระหว่างพันธุ์และความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ต่อค่า ความหวาน ในการทดลองที่ 2 ณ สถานีวิจัยเขาคันทรง อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา	67
19	กราฟแสดง interaction ระหว่างพันธุ์และความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ต่อ น้ำตาลทั้งหมดในการทดลองที่ 2 ณ สถานีวิจัยเขาคันทรง อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา	70
20	กราฟแสดง interaction ระหว่างพันธุ์และความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ต่อ เปอร์เซ็นต์น้ำตาลซูโครส กลูโคส และ ฟรุคโตส ในการทดลองที่ 2 ณ สถานีวิจัยเขาคันทรง อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา	73

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
21	กราฟแสดง interaction ระหว่างพันธุ์และความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ต่อ ผลผลิตเอทานอลในการทดลองที่ 2 ณ สถานีวิจัยเขาคันทรง อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา	76
ภาพผนวกที่		
1	กราฟมาตรฐานสำหรับการหาน้ำตาลซูโครส	101
2	กราฟมาตรฐานสำหรับการหาน้ำตาลกลูโคส	102
3	กราฟมาตรฐานสำหรับการหาน้ำตาลฟรุคโตส	102
4	สมการการผลิเอทานอลจากน้ำตาลกลูโคสโดยกระบวนการหมัก	103
5	สมการการย่อยสลายน้ำตาลซูโครสเป็นน้ำตาลกลูโคสและฟรุคโตส	103
6	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ที่สถานีตรวจวัดอากาศ ศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาคันทรง อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา	105
7	ความเร็วลมเฉลี่ย ที่สถานีตรวจวัดอากาศ ศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาคันทรง อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา	105
8	อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ที่สถานีตรวจวัดอากาศ ศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาคันทรง อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา	106

ผลของความถี่การให้น้ำที่มีต่อน้ำหนักสดข้าวฟ่างหวาน 4 พันธุ์ เพื่อผลิตเอทานอล

Effects of Irrigation Frequencies on Fresh Weight of Four Sweet Sorghum Varieties for Ethanol Production

คำนำ

ข้าวฟ่างหวาน (sweet sorghum : *Sorghum bicolor* L.) เป็นพืชชนิดหนึ่งที่ได้รับการยอมรับจากหลายประเทศว่า มีศักยภาพสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอล (Dalianis *et al.*, 1995; Li, 1997) เนื่องจากลำต้นมีความหวานสามารถให้ผลผลิตเอทานอลเทียบเท่ากับอ้อย คือ ประมาณ 70 ลิตรต่อน้ำหนักต้นสด 1 ตัน (พรเทพ, 2549) สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปีโดยเมื่อปลูกในสภาพที่มีการให้น้ำชลประทานให้ผลผลิตต้นสดเฉลี่ย 4-7 ตันต่อไร่ (สุพจน์, 2549) ถ้ามีน้ำชลประทานสามารถปลูกได้ปีละ 3 ครั้ง ขณะที่อ้อยและมันสำปะหลังต้องใช้ระยะเวลา 1 ปี จึงจะเก็บเกี่ยวได้ ข้าวฟ่างหวานจึงเป็นพืชที่สามารถช่วยเสริมประสิทธิภาพในการผลิตเอทานอลรวมทั้งช่วยลดผลกระทบจากราคาอ้อยและราคามันสำปะหลังที่มีแนวโน้มสูงขึ้น เนื่องจากความต้องการของตลาดที่เพิ่มขึ้นและการใช้ประโยชน์ที่หลากหลาย จึงอาจเกิดการแก่งแย่งวัตถุดิบการผลิตเอทานอลได้ในอนาคต ถึงแม้ว่าข้าวฟ่างหวานจะเป็นพืชที่มีต้นทุนการผลิตต่ำและเป็นพืชทนแล้งก็ตาม แต่มักพบปัญหาในเรื่องของปริมาณและคุณภาพของผลผลิตเสมอ โดยเฉพาะงานวิจัยของประเทศไทยในด้านการจัดการน้ำให้แก่ข้าวฟ่างหวานในช่วงฤดูแล้งยังมีค่อนข้างจำกัด ดังนั้นจึงทำการทดลองผลของความถี่การให้น้ำที่มีต่อน้ำหนักสดข้าวฟ่างหวาน 4 พันธุ์ เพื่อนำไปใช้ผลิตเอทานอลต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาความถี่ในการให้น้ำที่เหมาะสมต่อผลผลิตน้ำหนักรากของข้าวฟ่างหวานพันธุ์
ต่างๆ เพื่อผลิตเอทานอล



การตรวจเอกสาร

ข้าวฟ่างหวานมีถิ่นกำเนิดในประเทศแถบตะวันออกของทวีปแอฟริกา เป็นพืชเขตร้อน สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้อย่างกว้างขวาง เจริญเติบโตได้ดีในดินแทบทุกชนิด ทนต่อสภาพน้ำขังและให้ผลผลิตสูงในพื้นที่ที่มีการจัดการน้ำหรือระบบชลประทานที่ดี (Li, 1997) มีลักษณะทางพฤกษศาสตร์คล้ายคลึงกับข้าวฟ่างเมล็ด (grain sorghum) แตกต่างกันตรงที่ภายในลำต้นมีปริมาณน้ำและน้ำตาลสูง (McBee and Miller, 1982) จัดเป็นพืช C4 ชนิด NADP-ME type (ภาพที่ 1) เนื่องจากช่วงแรกของการตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยเอนไซม์ phosphoenolpyruvate carboxylase ในไซโตพลาสซึมจะใช้ HCO_3^- เป็น substrate แทน CO_2 เกิดเป็น oxaloacetate เคลื่อนย้ายเข้าไปในคลอโรพลาสต์ของ mesophyll cell และเปลี่ยนเป็น malate อย่างรวดเร็วโดย NADPH หลังจากนั้น malate จะเข้าไปในคลอโรพลาสต์ของ bundle sheath cell เกิดปฏิกิริยา oxidative decarboxylation ได้ pyruvate, CO_2 , และ NADPH หลังจากนั้น pyruvate จะกลับไปยังคลอโรพลาสต์ของ mesophyll cell และเกิดปฏิกิริยา phosphorylation ได้ phosphoenolpyruvate (PEP) แล้ว PEP จะออกจากคลอโรพลาสต์ไปยังไซโตพลาสซึมเพื่อกลับไปตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไป ส่วน CO_2 ในคลอโรพลาสต์ของ bundle sheath cell ก็จะเข้าสู่ Calvin cycle เพื่อสร้างน้ำตาลต่อไป (ลิลลี่ และคณะ, 2549)

ลักษณะประจำพันธุ์ข้าวฟ่างหวานที่ใช้ในการทดลอง (ธำรงศิลป์ และคณะ, 2549)

พันธุ์ SW1001 (BJ 248 x SS 1-1)

อายุวันออกดอก (วัน)	67
จำนวนใบต่อต้น (ใบ)	14
ความสูงต้น (ซม.)	317
ความยาวก้านรวง (ซม.)	18
ความยาวรวง (ซม.)	22
สีเมล็ด	ขาว
ผลผลิตต้นสด (ตัน/ไร่)	7.61
ความหวาน (บrix)	14
ปริมาณน้ำคั้น (เปอร์เซ็นต์)	23.29
ผลผลิตเมล็ด (กก./ไร่)	560.75

พันธุ์ SW1002 (Wray x SS 2-2)

อายุวันออกดอก (วัน)	57
จำนวนใบต่อต้น (ใบ)	12
ความสูงต้น (ซม.)	310
ความยาวก้านรวง (ซม.)	11
ความยาวรวง (ซม.)	27
สีเมล็ด	แดง
ผลผลิตต้นสด (ตัน/ไร่)	4.53
ความหวาน (บริกซ์)	12.10
ปริมาณน้ำคั้น (เปอร์เซ็นต์)	32.85
ผลผลิตเมล็ด (กก./ไร่)	568.25

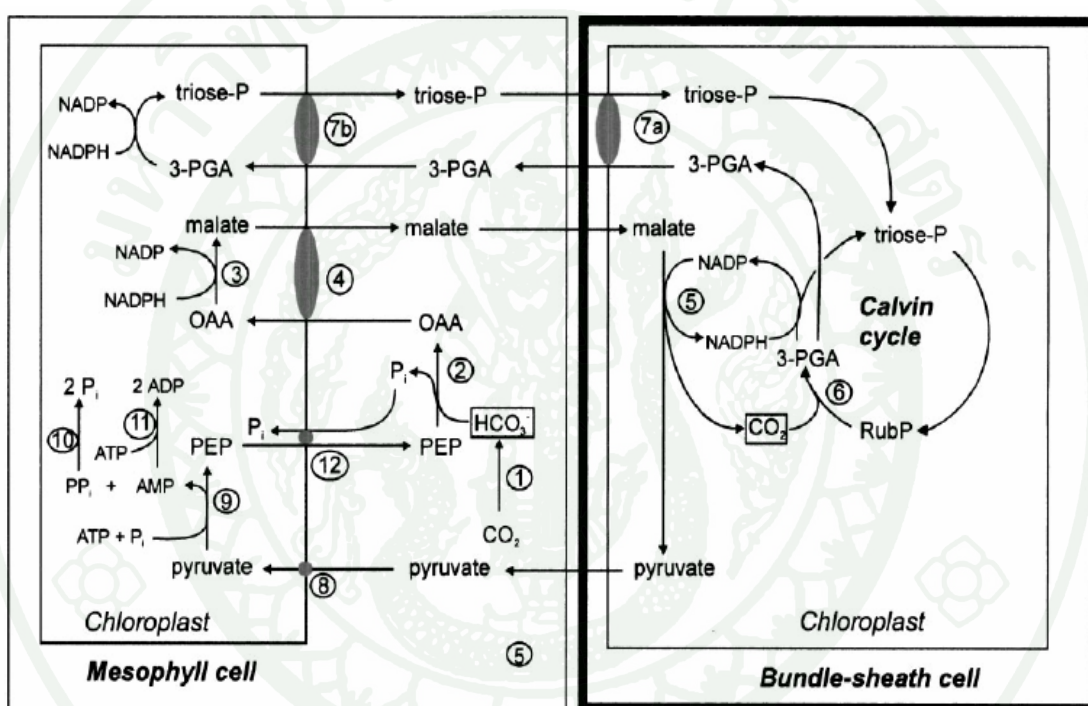
พันธุ์ SW1005 (Suwan Sweet-1)

อายุวันออกดอก (วัน)	76
จำนวนใบต่อต้น (ใบ)	13
ความสูงต้น (ซม.)	330
ความยาวก้านรวง (ซม.)	22
ความยาวรวง (ซม.)	25
สีเมล็ด	แดง
ผลผลิตต้นสด (ตัน/ไร่)	9.47
ความหวาน (บริกซ์)	17
ปริมาณน้ำคั้น (เปอร์เซ็นต์)	26.70
ผลผลิตเมล็ด (กก./ไร่)	582

พันธุ์ SW1008 (Thesis x SS 8-8)

อายุวันออกดอก (วัน)	64
จำนวนใบต่อต้น (ใบ)	13
ความสูงต้น (ซม.)	343

ความยาวก้านรวง (ชม.)	15
ความยาวรวง (ชม.)	26
สีเมล็ด	แดง
ผลผลิตต้นสด (ตัน/ไร่)	7.37
ความหวาน (บrix)	14.20
ปริมาณน้ำคั้น (เปอร์เซ็นต์)	28.71
ผลผลิตเมล็ด (กก./ไร่)	626.25



ภาพที่ 1 การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ของพืช C4 ชนิด NADP-ME type (Häusler *et al.*, 2002)

การใช้ประโยชน์จากข้าวฟ่างหวาน

ข้าวฟ่างหวานเป็นพืชที่ใช้ประโยชน์จากน้ำคั้นในลำต้นเป็นหลัก น้ำคั้นมีรสหวานคล้ายน้ำคั้นจากอ้อยโดยมีสารประกอบคาร์โบไฮเดรตทั้งชนิดละลายน้ำได้ เช่น น้ำตาลซูโครส กลูโคส และ ฟรุคโตส และชนิดที่ละลายน้ำไม่ได้ เช่น เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส โดยปริมาณน้ำตาลและน้ำคั้นในลำต้นจะแตกต่างกันตามสายพันธุ์ สามารถนำน้ำคั้นจากลำต้นไปผลิตเป็นน้ำเชื่อม (syrup) น้ำตาลหรือนำไปหมักแอลกอฮอล์สำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ (Dalainis *et al.*, 1995)

นอกจากนี้ส่วนของลำต้นที่หีบนำออกแล้วสามารถนำไปเลี้ยงสัตว์ ทำเป็นปุ๋ย เชื้อเพลิง และ
กระดาศได้ (น้อม, 2523; จุฬี, 2531)

สำหรับพันธุ์ข้าวฟ่างหวานที่ปลูกเพื่อผลิตน้ำตาลและแอลกอฮอล์นั้น กฤษฎา (2525) ได้
กล่าวไว้ว่าต้องมีลักษณะที่ดี ดังนี้

1. ควรมีลำต้นโตเพื่อสะดวกในการคั้นน้ำ
2. ควรมีลำต้นแข็งแรง ไม่หักล้มง่าย
3. ลำต้นฉ่ำน้ำ และมีปริมาณน้ำตาลสูง
4. มีความต้านทานต่อโรคสูง
5. มีอายุไม่ยาวเกินไป เพื่อให้ทันกับช่วงฝน
6. ทนทานต่อความแห้งแล้ง
7. ต้านทานต่อสภาพน้ำขัง
8. ถ้ามีวัตถุประสงค์ในการทำน้ำเชื่อม ควรมีคุณภาพของกลั่น สี ของน้ำเชื่อมที่ดี แต่
ถ้ามีวัตถุประสงค์ในการทำแอลกอฮอล์ ข้อนี้ไม่ค่อยมีความสำคัญมากนัก

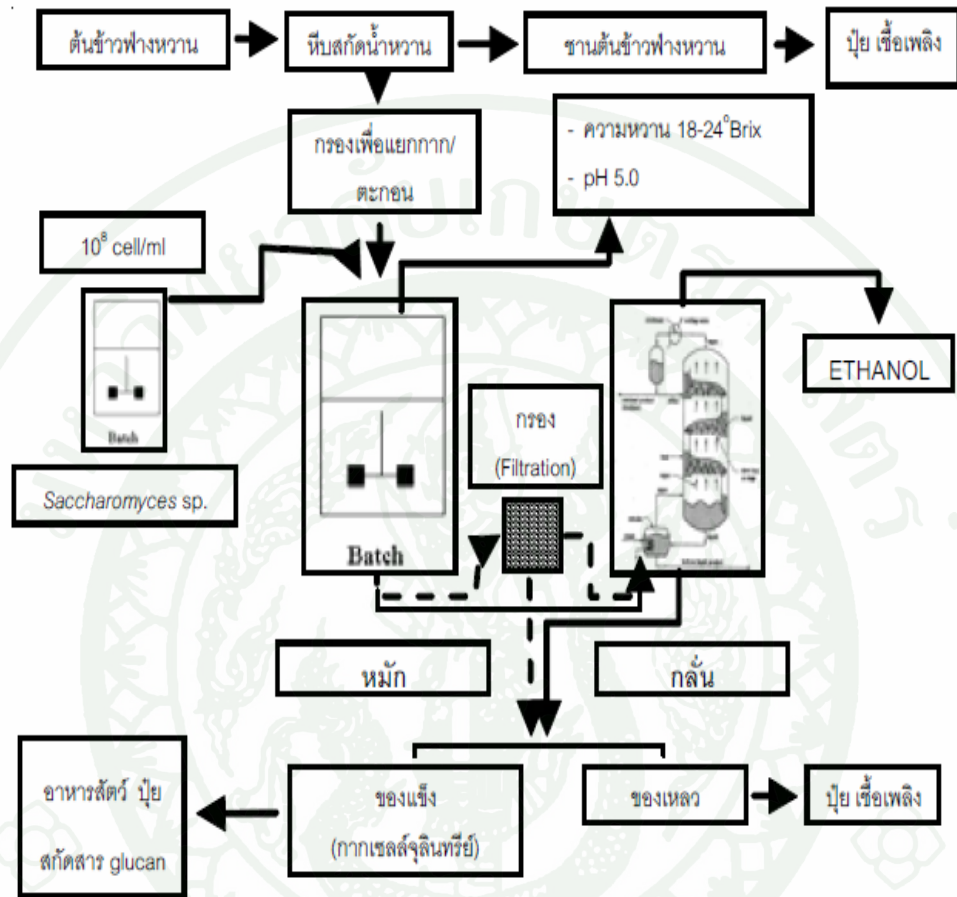
การผลิตน้ำตาล

ข้าวฟ่างหวานที่จะนำมาทำน้ำตาลทรายนั้นจะต้องอยู่ในระยะแป้งแข็ง (hard dough stage)
ในระบะนี้ข้าวฟ่างหวานที่อยู่ในส่วนของลำต้นมีความบริสุทธิ์มากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ (น้อม, 2524) โดย
การตัดต้นข้าวฟ่างหวานเพื่อนำไปหีบในโรงงานนั้นจะต้องส่งเข้าโรงงานภายใน 10-12 ชั่วโมง
มิฉะนั้นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลซูโครสกลายเป็นน้ำตาลอินเวอร์ต (sucrose into invert
sugar) หลังจากนั้นทำการพักใส (raw juice clarification) เพื่อแยกน้ำเชื่อมและแป้งออกจากกัน โดย
ปริมาณแป้งจะเหลืออยู่ในน้ำเชื่อมน้อยกว่า 0.7 เปอร์เซ็นต์ ต่อจากนั้นก็สามารถนำไปผลิตเป็น
น้ำตาลทรายได้ (ประสิทธิ์, 2543)

การผลิตแอลกอฮอล์หรือเอทานอล

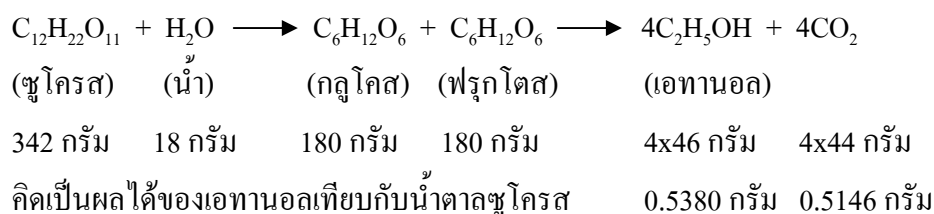
ข้าวฟ่างหวานเป็นพืชชนิดหนึ่งที่ได้รับการยอมรับจากหลายประเทศว่า เป็นพืชที่มี
ศักยภาพสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอล (Belletti *et al.*, 1991; Dalianis *et al.*, 1995; Li,

1997; Foti *et al.*, 2004) เนื่องจากลำต้นมีความหวานสามารถให้ผลผลิตเอทานอลเทียบเท่าอ้อย คือ ประมาณ 70 ลิตรต่อน้ำหนักสด 1 ตัน (พรเทพ, 2549)



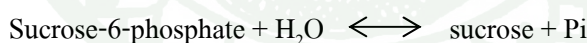
ภาพที่ 2 ไคอะแกรมกระบวนการผลิตเอทานอลจากข้าวฟ่างหวาน (พรเทพ, 2549)

การผลิตเอทานอลจากวัตถุดิบประเภทน้ำตาล คือ พืชที่มีน้ำตาลภายในลำต้นมาก ได้แก่ อ้อย บัทรูป ข้าวฟ่างหวาน วัตถุดิบเหล่านี้มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลซูโครส ซึ่งเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว 2 ชนิด คือ น้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลฟรุคโตส โดยในการหมักเอทานอลจากน้ำตาลซูโครสนั้นมีขั้นตอนดังนี้ คือ ขั้นแรกน้ำตาลซูโครสจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดไลซิส (hydrolysis) ได้น้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรุคโตสอย่างละ โมเลกุล จากนั้นน้ำตาลกลูโคสและฟรุคโตสจะถูกยีสต์เปลี่ยนไปเป็นเอทานอลและคาร์บอนไดออกไซด์อย่างละ 4 โมเลกุล ดังสมการ (สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร, 2549)

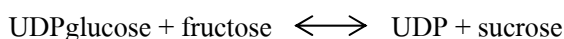


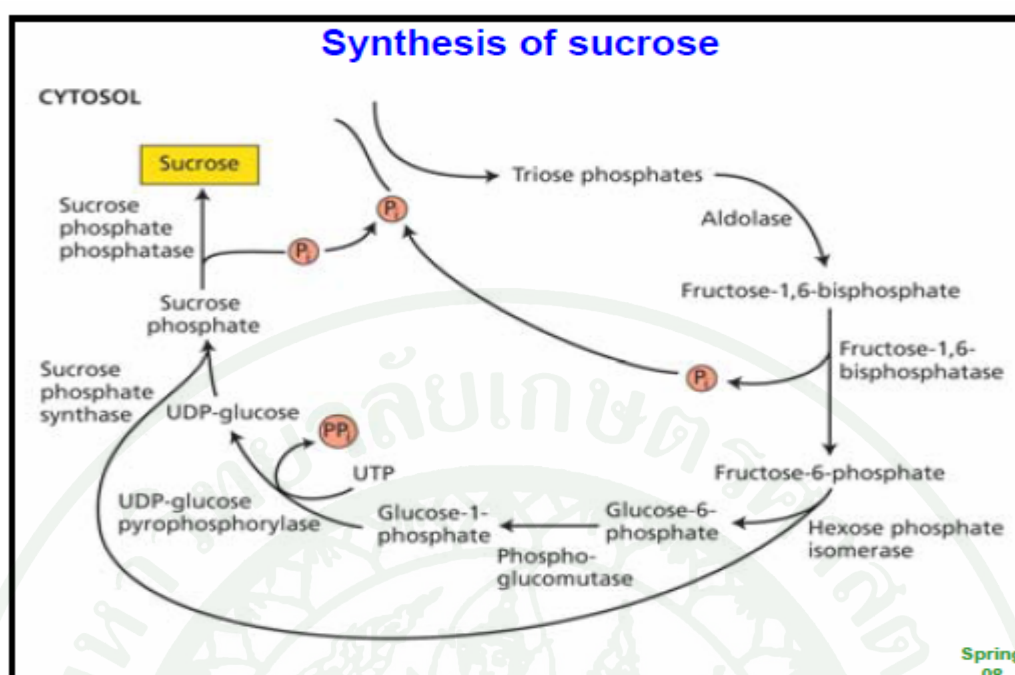
กระบวนการสังเคราะห์น้ำตาลซูโครสในพืช

น้ำตาลซูโครสเป็น disaccharide ที่ละลายน้ำได้และประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตส น้ำตาลซูโครสเป็นสารประกอบที่พบมากในพืช ซึ่งนอกจากพืชจะนำไปใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ แล้ว พืชบางชนิด เช่น อ้อย บีทรูท และข้าวฟ่างหวาน ยังเก็บสะสมน้ำตาลซูโครสในรูปของอาหารสะสมในแวคิวโอลของ storage cell การสังเคราะห์น้ำตาลซูโครสเกิดในไซโตพลาสซึมของ photosynthetic cell (ภาพที่ 3) เริ่มต้นจาก triose phosphate ซึ่งได้จาก Calvin cycle ในคลอโรพลาสต์แพร่ผ่านเยื่อหุ้มคลอโรพลาสต์ออกมายังไซโตพลาสซึมโดยการแลกเปลี่ยนกับ inorganic phosphate (Pi) ซึ่ง triose phosphate จะเปลี่ยนเป็น fructose 1,6-bisphosphate แล้วเปลี่ยนต่อไปเป็น fructose-6-phosphate โดยเอนไซม์ fructose 1,6-bisphosphatase จากนั้น fructose-6-phosphate จะเปลี่ยนเป็น sucrose-6-phosphate โดยเอนไซม์ sucrose phosphate synthase และเอนไซม์ sucrose phosphate phosphatase จะเร่งปฏิกิริยาการ hydrolysis sucrose-6-phosphate ไปเป็น sucrose



นอกจากนี้ยังมีเอนไซม์ sucrose synthase ที่อยู่ในไซโตพลาสซึมและสามารถเร่งปฏิกิริยาการสังเคราะห์น้ำตาลซูโครสได้โดยการกระตุ้นปฏิกิริยาระหว่าง uridine diphosphate glucose (UDPglucose) หรือ UDPG กับ fructose





ภาพที่ 3 การสังเคราะห์น้ำตาลซูโครสในพืช (Taiz and Zeiger, 2002)

ความสัมพันธ์ของน้ำและการเจริญเติบโตของพืช

1. ความชื้นในดิน

น้ำเป็นองค์ประกอบในดินที่สำคัญที่สุดต่อการปลูกพืช ปริมาณน้ำที่เพียงพอกับความ ต้องการของพืชย่อมส่งผลให้พืชเจริญเติบโตมีความสมบูรณ์แข็งแรงและให้ผลผลิตที่สูง การใช้น้ำ ของพืช หมายถึง การคายน้ำออกจากต้นพืชและปริมาณน้ำที่ระเหยออกไปจากพื้นดิน การคายน้ำ ส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่ใบ โดยมากมักจะระเหยออกตอนกลางวัน ปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่มีผลกระทบต่อ อัตราการคายน้ำ ได้แก่ ความชื้นที่มีอยู่ในดิน (กองบริรักษ์ที่ดิน, 2525) ความชื้นในดินที่พืชนำ ไปใช้ที่เป็นประโยชน์เป็นค่าความชื้นระหว่างค่าปริมาณน้ำที่ความจุน้ำสนาม (field capacity) และ ที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (permanent wilting point) น้ำส่วนนี้ดินดึงดูดไว้ด้วยศักย์ของน้ำประมาณ $-1/3$ บาร์ ถึง -15 บาร์ น้ำที่ดินเก็บไว้ส่วนนี้ถือว่าพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ พืชปลูกส่วนใหญ่จะเหี่ยวที่ระดับศักย์ของน้ำในดินประมาณ -15 บาร์ เพราะการสูญเสียน้ำโดยการคายน้ำเกิดขึ้น เร็วกว่าปริมาณน้ำที่รากพืชดูดขึ้นมาได้ (สุนทรี, 2535)

2. การใช้น้ำของพืช

น้ำเป็นตัวทำละลาย และนำสารต่าง ๆ มาสู่พืชรวมถึงนำสารสังเคราะห์ในต้นพืชจากแหล่งสร้างไปสู่ส่วนต่างๆ ภายในต้นพืชเอง การใช้น้ำของพืชหรือความต้องการน้ำของพืชจะต้องสัมพันธ์กับปริมาณน้ำที่พืชคายออกกับปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากพื้นดิน การให้น้ำที่น้อยเกินไปกว่าความต้องการของพืชจะมีผลทำให้รากพืชดูดน้ำจากดินได้ไม่สะดวกเพราะอนุภาคน้ำที่เกาะอยู่รอบๆ อนุภาคของดินจะยึดเกาะด้วยแรงที่สูงจนพืชอาจดูดไปใช้ไม่ได้และอาจแสดงอาการเหี่ยวเฉา (กองบริรักษ์ที่ดิน, 2525) และรายงานการศึกษาต้นพืชที่ต่างชนิดกันหรือในชนิดเดียวกันแต่ต่างช่วงอายุและเวลาปลูก ความต้องการน้ำของพืชจะแตกต่างกันไปซึ่งอาจต่ำมากตั้งแต่ 250 มิลลิเมตร สำหรับพืชอายุสั้น และปลูกในที่ชุ่มชื้นอากาศเย็น จนกระทั่งสูงถึง 1800 มิลลิเมตร หรือมากกว่านี้ สำหรับพืชอายุยาวที่ปลูกในสภาพร้อนและแห้งแล้ง (พร, 2541)

3. การเกิดสภาวะการขาดน้ำภายในพืช

สภาวะขาดน้ำ (water deficit) คือ สภาวะที่เกิดขึ้นเนื่องจากอัตราการคายน้ำของพืชมากกว่าอัตราการดูดน้ำของพืช เป็นผลทำให้ปริมาณน้ำในพืชลดลงจนมีผลต่อสรีรวิทยาของพืช ซึ่งมีหลายกระบวนการของการตอบสนองที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับความรุนแรงของการขาดน้ำ และช่วงเวลาของการขาดน้ำ บางกระบวนการสามารถตอบสนองได้เร็วถึงแม้จะมีการขาดน้ำเพียงเล็กน้อยและเมื่อความรุนแรงของการขาดน้ำเพิ่มมากขึ้นทำให้มีผลเสียต่อกระบวนการทางสรีรวิทยารุนแรงขึ้นพร้อมกับส่งผลไปยังกระบวนการอื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์ต่อเนื่อง ดังนั้น การตอบสนองดังกล่าวจึงพบในสภาวะขาดน้ำที่ถูกขยายเวลาออกไป การตอบสนองดังกล่าวนี้เป็นกระบวนการที่ช่วยให้พืชสามารถปรับตัวได้เมื่ออยู่ในสภาวะดังที่เรียกดังกล่าว การที่พืชสามารถยืดหยุ่นในการปรับตัวจะไม่มีผลกระทบหรือแสดงผลต่อผลผลิตเพียงเล็กน้อย ตัวอย่างเช่น ในสภาพที่มีการขาดน้ำ (mild stress) ในช่วงกลางวันพืชจะมีการสูญเสียน้ำในสภาพที่พืชได้รับแสงโดยการคายน้ำ แต่สภาวะขาดน้ำนี้จะลดลงในช่วงตอนเย็น จากนั้นพืชจะกลับเข้าสู่สภาพปกติเมื่อมีการดูดน้ำในช่วงกลางคืน (Slatyer, 1967) แต่ถ้าสภาวะขาดน้ำนี้เพิ่มขึ้นเนื่องจากขาดน้ำรุนแรงขึ้นจะมีผลทำให้เกิดความตึงเครียดถาวรในต้นพืช ซึ่งส่งผลให้พืชหยุดการเจริญเติบโตความเสียหายจะแผ่ขยายออกไป และพืชพยายามคืนดินเพื่อความอยู่รอด จุดที่ความตึงเครียดสูงทำให้พืชเหี่ยวถาวร (permanent wilt) และแห้งตาย (desiccation) ในที่สุดพืชที่มีการปรับตัวได้ดีต่อสภาวะขาดน้ำจะมีการปรับตัวในช่วงที่ขาดน้ำได้กว้าง ถึงแม้ว่าจะทำให้ผลผลิตลดลงแต่พืชสามารถอยู่รอดได้ (สายัณห์, 2537)

4. ผลกระทบของการขาดน้ำต่อพืช

4.1 การสังเคราะห์แสง

กระบวนการสังเคราะห์แสง เป็นกระบวนการทางสรีรวิทยาที่ไวต่อสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง เมื่อพืชขาดน้ำประสิทธิภาพของการสังเคราะห์แสงจะลดลง (Baker and Musgrave, 1964) การสังเคราะห์แสงของพืชจะลดลงเมื่อพืชอยู่ภายใต้สภาวะขาดน้ำจนค่าศักย์น้ำในดิน (soil water potential) มีค่า -12 ถึง -13 บาร์ (Barlow, 1977) ส่วน Mastroianni *et al.* (1999) พบว่า อัตราการสังเคราะห์แสงของข้าวฟ่างหวานจะไม่ลดลงจนกว่าน้ำในดินจะเหลือน้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่เหนือจุดเหี่ยวถาวรเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

Jagtap *et al.* (1998) รายงานว่า สภาวะเครียดเนื่องจากปริมาณแสงมาก อุณหภูมิสูง และการขาดน้ำล้วนส่งผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวฟ่าง เนื่องจากเป็นสภาวะที่จำกัดความสามารถในการสังเคราะห์แสงของพืช โดยเฉพาะสภาวะเครียดจากการขาดน้ำทำให้เกิดความเสียหายต่อข้าวฟ่างมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะความเครียดอื่นเพราะลดประสิทธิภาพของ photochemical reaction (ของ photosystem II) ลดกิจกรรมของ PEPcase (Phosphoenolpyruvate Carboxylase) และ Rubisco (Ribulose-1,5-Bisphosphate Carboxylase) ทำให้ปริมาณ PEPcase ลดลงถึง 70 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งยังลดปริมาณ chlorophyll ด้วย มีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงอย่างมากเนื่องจาก PEPcase เป็นเอนไซม์แรกที่ใช้ในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช C4

Slatyer (1969) รายงานว่า กระบวนการสังเคราะห์แสงจะลดลงก็ต่อเมื่อพืชขาดน้ำอย่างรุนแรงจนทำให้ปากใบปิด ทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผ่านเข้าสู่พืชถูกจำกัด ทำให้การสังเคราะห์แสงลดลงตามไปด้วย Shearman *et al.* (1972) ได้ตรวจวัดความเข้มข้นของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในข้าวฟ่างเมล็ดที่อยู่ในสภาวะขาดน้ำ พบว่า เมื่อค่าศักย์ของน้ำในใบมีค่าประมาณ -0.4 บาร์ ปากใบจะปิดทำให้ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผิวใบลดต่ำลงเป็นสาเหตุให้ข้าวฟ่างเมล็ดสังเคราะห์แสงลดลง สำหรับข้าวฟ่างหวานนั้นปากใบจะปิดเมื่อค่าศักย์ของน้ำในใบมีค่าประมาณ -0.2 บาร์ (Steduto *et al.* 1997; Massacci *et al.* 1996)

4.2 การเคลื่อนย้ายสารอาหาร

การหยุดให้น้ำแก่พืชจะทำให้ดินอยู่ในสภาพขาดความชื้น พืชจะอยู่ในสภาวะขาดน้ำและเกิดความเครียดภายในต้น ซึ่งจะส่งผลต่อการเคลื่อนย้ายอาหารและสารอื่นๆ ทำให้ความเข้มข้นของอาหารในเนื้อเยื่อพืชสูงขึ้น และมีการสะสมอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตมากขึ้น ระหว่างการเกิดความเครียดน้ำในต้นพืชจะทำให้กิจกรรมทางสรีรวิทยาลดลง และเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสงและการหายใจด้วย (Levitt, 1972) คาร์โบไฮเดรตเป็นผลผลิตโดยตรงที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสง และเป็นสารอินทรีย์ที่จะนำไปสังเคราะห์เป็นสารประกอบอื่นๆ ที่พบในพืช คาร์โบไฮเดรตส่วนหนึ่งถูกนำไปใช้ในกระบวนการหายใจ เพื่อให้ได้พลังงานใช้ในกิจกรรมต่างๆ อีกส่วนหนึ่งถูกเก็บสะสมในรูปของอาหารสะสมที่จะนำกลับมาใช้ได้ใหม่อีก คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้มีผลทำให้แรงออสโมติกของเซลล์เพิ่มขึ้น เนื่องจากในสภาพความเครียดน้ำพืชจะพยายามรักษาความเต่งของเซลล์เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำ มีกลไกหลัก คือ การปรับออสโมติกด้วยการสะสมตัวถูกละลาย (solute) ทำให้ศักย์น้ำลดลง Turner and Burch (1983) รายงานว่า สารประกอบที่เกี่ยวข้องกับการปรับออสโมติก คือ น้ำตาลที่ละลายน้ำได้ (soluble sugars) กรดคาร์บอกซิลิก (carboxylic acid) โพแทสเซียม และกรดอะมิโน (amino acid) การรักษาความเต่งของเซลล์นี้เป็นกิจกรรมเพื่อการอยู่รอดของพืชมากกว่าจะเป็นการเจริญเติบโต การสะสมตัวถูกละลายจะมีมากขึ้นในส่วนยอดทำให้รักษาความเต่งของเซลล์ไว้ได้ ความสามารถในการปรับออสโมติกขึ้นอยู่กับชนิด พันธุ์พืช และระดับความรุนแรงของสภาวะขาดน้ำในสภาพแปลงปลูกพืชจะมีการปรับตัวได้ดี เนื่องจากการขาดน้ำจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ (สายพันธ์, 2537)

Du *et al.* (1998) ได้รายงานการศึกษา การแบ่งกระจายของสารที่ได้จากการสังเคราะห์แสงในอ้อยเมื่ออยู่ภายใต้สภาวะขาดน้ำ โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลซูโครส กลูโคส ฟรุคโตส และแบ่งในใบอ้อยที่ขาดน้ำและไม่ขาดน้ำ พบว่า ปริมาณน้ำตาลซูโครสได้รับผลกระทบเล็กน้อยเมื่อการขาดน้ำไม่รุนแรง (ค่า water potential ที่ใบมากกว่า -0.9 MPa) และ เมื่อค่า water potential ที่ใบเท่ากับ -1.2 MPa ปริมาณน้ำตาลซูโครสจะลดลงเหลือ 55 เปอร์เซ็นต์ ของต้นที่ได้รับน้ำปกติ ส่วนปริมาณน้ำตาลกลูโคสและฟรุคโตสจะลดลงในช่วงแรกเมื่อพืชขาดน้ำเล็กน้อย (ค่า water potential ที่ใบเท่ากับ -0.5 MPa) และจะเพิ่มขึ้นเมื่อพืชขาดน้ำมากขึ้น (ค่า water potential ที่ใบเท่ากับ -0.9 MPa ถึง -1.2 MPa) เมื่อค่า water potential ของใบเท่ากับ -0.9 MPa ปริมาณน้ำตาลกลูโคส และฟรุคโตสจะเพิ่มขึ้น 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับต้นที่ได้รับน้ำปกติ ในขณะที่แป้งจะลดลงมากเมื่อค่า water potential ที่ใบลดลง โดยที่เมื่อค่า water potential ของใบเท่ากับ -1.2 MPa ปริมาณแป้งจะมีเพียง 20 เปอร์เซ็นต์ ของต้นที่ได้รับน้ำปกติ

Venkataramana (1986) พบว่า การปลูกอ้อยในสภาวะของการขาดน้ำช่วงระยะสร้างช่อดอกจะมีผลทำให้ผลผลิตอ้อย ระดับน้ำตาลในน้ำคั้น ปริมาณน้ำคั้น จำนวนปล้องและค่าศักย์ของน้ำภายในใบลดลง แต่ค่าความต้านทานของปากใบบริเวณผิวใบมีค่าเพิ่มขึ้น

Santamaria *et al.* (1990) รายงานว่า เมื่อข้าวฟ่างเกิดการขาดน้ำในช่วงการบานของดอกข้าวฟ่างสายพันธุ์ที่มีค่าออสโมติกสูง จะมีการเจริญเติบโตของรากดีและให้ผลผลิตสูงกว่าสายพันธุ์ที่มีค่าออสโมติกต่ำถึง 34 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจากสายพันธุ์ข้าวฟ่างที่มีค่าออสโมติกสูงจะสามารถเคลื่อนย้ายสารอาหารที่ถูกสร้างและสะสมไว้ที่ต้นก่อนการบานของดอกได้ดีกว่าสายพันธุ์ที่มีค่าออสโมติกต่ำ นอกจากนั้นการปรับค่าออสโมติกยังเป็นการปรับตัวเพื่อรักษาความต่งของเซลล์ ซึ่งเป็นการช่วยลดศักย์ของน้ำในใบ (leaf water potential, LWP) ให้ต่ำลงและยังพบว่าการปรับค่าออสโมติกมีผลต่อการม้วนใบ (leaf rolling) และชะลอการตายของใบ (leaf death) ให้ช้าลง (Hsiao *et al.*, 1984) Massacci *et al.* (1996) รายงานว่า เมื่อข้าวฟ่างหวานประสบกับการขาดน้ำผลผลิตน้ำตาลจะเพิ่มขึ้น และข้าวฟ่างหวานที่เจริญเติบโตเต็มที่ที่มีการสะสมน้ำตาลเพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับความชื้นในกาบใบที่ลดลง

4.3 ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิต

เมื่อพืชขาดน้ำจะมีผลต่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิต ซึ่งการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชจะได้รับผลกระทบมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความรุนแรง เวลาที่เกิด และช่วงเวลาของการขาดน้ำ (Gardner *et al.*, 1985) จากการศึกษาของ Wiedenfeld (1995) รายงานว่าการให้ปริมาณน้ำที่ระดับแตกต่างกันจะมีผลทำให้ผลผลิตและคุณภาพของอ้อยแตกต่างกัน โดยพบว่า การให้ปริมาณน้ำที่น้อยแก่อ้อยจะมีผลทำให้ความบริสุทธิ์ของน้ำอ้อย และความเข้มข้นของน้ำตาลลดลง ส่งผลให้ผลผลิตน้ำตาลลดลง แต่เมื่ออ้อยได้รับน้ำเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จะมีผลทำให้ผลผลิตอ้อยและผลผลิตน้ำตาลเพิ่มขึ้น

Sivakumar *et al.* (1979) รายงานว่า ข้าวฟ่างที่มีการให้น้ำชลประทานจะมีพื้นที่ใบ น้ำหนักต้นสด และน้ำหนักแห้งสูงกว่าข้าวฟ่างที่ไม่ได้รับน้ำ โดยแปลงที่ไม่มีการให้น้ำชลประทานจะมีผลผลิตน้ำหนักต้นสด 9.2 ตันต่อเฮกตาร์ แต่แปลงที่มีการให้น้ำชลประทานจะได้ผลผลิตน้ำหนักต้นสดเพิ่มเป็น 13.8 ตันต่อเฮกตาร์ Mastroiilli *et al.* (1999) รายงานว่า ข้าวฟ่างหวานที่ได้รับสภาพเครียดน้ำในระยะการเจริญเติบโตทางใบ คือ อายุประมาณ 45-60 วันหลังจากออก จะมีน้ำหนักต้นสด และน้ำหนักแห้งต่ำกว่าระยะเครียดอื่นๆ สอดคล้องกับการทดลองของ สุวิมล และ

คณะ (2551) รายงานว่า ปริมาณการให้น้ำ และระยะเวลาของการหยุดให้น้ำในข้าวฟ่างหวานมีผลโดยตรงต่อการให้ผลผลิตน้ำหนักต้นสด กล่าวคือ เมื่อหยุดให้น้ำแก่ข้าวฟ่างหวานที่ระยะใบที่ 4 จะได้ผลผลิตน้ำหนักต้นสดต่ำกว่าการหยุดให้น้ำที่ระยะการเจริญเติบโตระยะอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ โดยพบว่า เมื่อหยุดให้น้ำแก่ข้าวฟ่างหวานที่ระยะใบที่ 4 ได้ผลผลิตน้ำหนักต้นสด 3,734 กิโลกรัมต่อไร่ ขณะที่การหยุดให้น้ำที่ระยะเบ่งอ่อนได้ผลผลิตน้ำหนักต้นสดไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการหยุดให้น้ำที่ระยะเบ่งแข็ง คือ 6,880 และ 6,833 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

Wilson *et al.* (1980) รายงานว่า ผลผลิตน้ำหนักต้นสดและน้ำหนักแห้งของข้าวฟ่างจะลดลงมากเมื่อเกิดภาวะขาดน้ำ สาเหตุที่ทำให้น้ำหนักต้นสดและน้ำหนักแห้งลดลง เนื่องจาก LAI (leaf area index) และการสร้าง assimilate ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ใบลดลง Steduto *et al.* (1997) รายงานว่า ข้าวฟ่างหวานที่ปลูกในสภาวะขาดน้ำหรือความชื้นในดินลดลง หรือไม่เพียงพอต่อความต้องการนั้นจะมีผลทำให้ปากใบปิดทำให้การสังเคราะห์แสงลดลง สังเกตได้จากค่า stomatal conductivity, mesophyll conductance และพื้นที่ใบลดลงมีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิต (Mastrorilli *et al.*, 1995)

Curt *et al.* (1995) ทำการศึกษาการให้น้ำในข้าวฟ่างหวานแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ ให้น้ำ 1 ครั้ง, 2 ครั้ง และ 3 ครั้งต่อสัปดาห์ พบว่า เมื่อเพิ่มความถี่ในการให้น้ำแก่ข้าวฟ่างหวานจะทำให้ ดัชนีความสูงต้น น้ำหนักต้นสด และองค์ประกอบของน้ำตาลภายในลำต้นเพิ่มขึ้น โดยความถี่ในการให้น้ำที่เหมาะสมทำให้น้ำหนักต้นสดสูงสุด คือ ให้น้ำ 3 ครั้งต่อสัปดาห์ (10.3 ตันต่อเฮกตาร์) ขณะที่การให้น้ำ 2 ครั้งต่อสัปดาห์ และให้น้ำ 1 ครั้งต่อสัปดาห์จะทำให้น้ำหนักต้นสดลดลง (8.5, 5.0 ตันต่อเฮกตาร์) ตามลำดับ สอดคล้องกับการทดลองของ Dercas *et al.* (1995) ที่พบว่า ผลผลิตและการเจริญเติบโตของข้าวฟ่างหวานมีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณทดแทนน้ำเป็นลักษณะเส้นตรง

นอกจากนั้นยังพบว่า ช่วงการเจริญเติบโตของข้าวฟ่างหวานที่เกิดสภาวะขาดน้ำยังมีผลต่อคุณสมบัติทางเคมีของน้ำคั้นข้าวฟ่างหวานอีกด้วย (Massacci *et al.*, 1996) สุวิมล และคณะ (2551) รายงานว่า ระยะเวลาของการหยุดให้น้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของน้ำคั้นข้าวฟ่างหวานอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบว่า การหยุดให้น้ำแก่ข้าวฟ่างหวานที่ระยะใบที่ 4 มีค่า % บริกซ์ และ polarization ต่ำสุด ขณะที่การหยุดให้น้ำที่ระยะใบสุดท้ายมีค่า % บริกซ์ สูงสุด และการหยุดให้น้ำที่ระยะดอกบาน 50% มีค่า % polarization และ purity สูงสุด Curt *et al.* (1995) รายงานว่า เมื่อเพิ่มความถี่ในการให้น้ำแก่ข้าวฟ่างหวานคุณสมบัติทางเคมีของน้ำตาลภายในต้น

ข้าวฟ่างหวานจะได้รับผลกระทบเล็กน้อยจากการขาดน้ำไม่รุนแรง และปริมาณน้ำตาลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมีการให้น้ำที่ความถี่เพิ่มขึ้น โดยเมื่อนำน้ำคั้นข้าวฟ่างหวานจากต้นที่ได้รับการให้น้ำ 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ไปหมักเพื่อผลิตเอทานอล พบว่า ผลผลิตเอทานอลที่ได้มีค่าสูงกว่าน้ำคั้นข้าวฟ่างหวานที่ได้รับการให้น้ำ 2 ครั้งต่อสัปดาห์ และ 1 ครั้งต่อสัปดาห์ เนื่องจากน้ำคั้นที่ได้รับการให้น้ำ 3 ครั้งต่อสัปดาห์ มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในปริมาณที่สูง สอดคล้องกับการทดลองของ Sakellariou-Makrantonaki *et al.* (2007) รายงานว่า ผลผลิตเอทานอลจะมีค่าสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับการจัดการ และปริมาณการให้น้ำที่ข้าวฟ่างหวานได้รับในอัตราที่เหมาะสม โดยพบว่า การทดแทนน้ำในปริมาณ 100% แก่ข้าวฟ่างหวานจะทำให้ผลผลิตเอทานอลเพิ่มขึ้นมากกว่าการทดแทนน้ำในปริมาณ 80% ซึ่งมีค่าผลผลิตเอทานอลเฉลี่ย 8,390 ลิตรต่อเฮกตาร์ และ 5,120 ลิตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ข้าวฟ่างหวาน 4 พันธุ์ คือ

1.1 SW 1001

1.2 SW 1002

1.3 SW 1005

1.4 SW 1008

2. อุปกรณ์ในการให้น้ำ

2.1 สปริงเกอร์

2.2 ป้อนน้ำ

3. ปุ๋ยสูตร 15-15-15

4. ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0)

5. ไม้ปักแปลง

6. Tag

7. เครื่องชั่งน้ำหนัก

8. เครื่องบีบคั้นน้ำ

9. Hand refractometer

วิธีการ

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Split plot in RCBD มี 4 ซ้ำ แบ่งเป็น 2 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1

ทดลองปลูกข้าวฟ่างหวานช่วงเดือนกุมภาพันธ์–เดือนพฤษภาคม 2551 โดยใช้พันธุ์เป็น main plot มี 4 พันธุ์ คือ SW 1001, SW 1002, SW 1005 และ SW 1008 ใช้ความถี่การให้น้ำเป็น sub plot คือ ให้น้ำทุก 7 วัน, 10 วัน, 14 วัน และ 21 วัน ซึ่งปริมาณการให้น้ำไม่ว่าที่ความถี่ใดจะให้น้ำในปริมาณที่เท่ากัน คือ 35 มิลลิเมตร/ครั้ง

การทดลองที่ 2

ทดลองปลูกข้าวฟ่างหวานเดือนพฤศจิกายน 2551-มีนาคม 2552 ใช้พันธุ์เป็น main plot มี 4 พันธุ์ คือ SW 1001, SW 1002, SW 1005 และ SW 1008 ใช้ความถี่การให้น้ำ 4 ระดับ เป็น sub plot คือ ให้น้ำทุก 7 วัน, 10 วัน, 14 วัน และ 21 วัน โดยปริมาณการให้น้ำแตกต่างกันในแต่ละระดับความถี่ ดังนี้

ให้น้ำทุก 7 วัน	มีปริมาณการให้น้ำ	35	มิลลิเมตร/ครั้ง
ให้น้ำทุก 10 วัน	มีปริมาณการให้น้ำ	50	มิลลิเมตร/ครั้ง
ให้น้ำทุก 14 วัน	มีปริมาณการให้น้ำ	70	มิลลิเมตร/ครั้ง
ให้น้ำทุก 21 วัน	มีปริมาณการให้น้ำ	105	มิลลิเมตร/ครั้ง

ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. เตรียมพื้นที่

เตรียมแปลงโดยการไถพรวน 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ไถตะ 1 ครั้งใช้ผาน 3 และ ครั้งที่ 2 ใช้ผาน 7 มีขนาดแปลงย่อย 7.5 x 10 เมตร จำนวน 64 แปลงย่อย

2. การปลูก

ปลูกโดยโรยเมล็ดเป็นแถว ใช้ระยะปลูก 75x15 เซนติเมตร เมื่อข้าวฟ่างหวานอายุได้ 15 วันหลังออก ดำเนินการถอนแยกให้เหลือ 66 ต้นต่อแถว

3. การใส่ปุ๋ย

ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ เป็นปุ๋ยรองพื้น เมื่อข้าวฟ่างหวานอายุได้ 28 วัน ทำการพูนโคนและใส่ปุ๋ยแต่งหน้าสูตร 46-0-0 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่

4. การให้น้ำ

การให้น้ำจะใช้วิธีการให้แบบสปริงเกลอร์โดยมีวิธีคำนวณหาปริมาณน้ำที่ต้องให้ดังนี้

เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินระบบสปริงเกลอร์

1. ค่าความสม่ำเสมอของการแผ่กระจายน้ำ (Distribution Uniformity หรือ DU)

ใช้สมการของ Merriam and Keller (1978) หาค่า DU โดย Merriam ได้แนะนำว่าค่า DU ควรจะมากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไประบบจึงจะยอมรับได้

$$DU = \frac{\text{ความลึกน้ำน้อยสุด 1 ใน 4 ของกระป๋องรองรับน้ำเฉลี่ย} \times 100}{\text{ความลึกน้ำของกระป๋องรองรับน้ำเฉลี่ย}} \quad (1)$$

เมื่อ DU = ความสม่ำเสมอของการแผ่กระจายน้ำ (เปอร์เซ็นต์)

2. ค่าสัมประสิทธิ์ของความสม่ำเสมอการให้น้ำ (Coefficient of Uniformity หรือ CU)

ใช้สมการของ Keller and Bliesner ในการหาค่า CU ซึ่งจากรายงานของ Keller and Bliesner (1990) ได้แนะนำว่าค่า CU ควรมากกว่า 85 เปอร์เซ็นต์ ระบบให้น้ำนั้นจึงจะเป็นที่ยอมรับ

$$CU = 100 \left[1 - \frac{\left(\sum |D - \bar{D}| / n \right)}{\left(\sum D / n \right)} \right] \quad (2)$$

เมื่อ CU = ความสม่ำเสมอของการให้น้ำ (เปอร์เซ็นต์)

D = ความลึกน้ำของกระป๋องรองรับน้ำแต่ละจุด (มิลลิเมตร)

$\bar{D}$ = ความลึกน้ำของกระป๋องรองรับน้ำเฉลี่ย (มิลลิเมตร)

n = จำนวนกระป๋องรองรับน้ำทั้งหมด (ตารางผนวกที่ 19)

3. ค่าสัมประสิทธิ์การกำหนดการให้น้ำ (Scheduling Coefficient หรือ SC)

Larry (1995) ได้รายงาน่วิธีหาค่าสัมประสิทธิ์การกำหนดการให้น้ำ เป็นวิธีการวิเคราะห์ค่าความสม่ำเสมอการให้น้ำ มีความสำคัญที่เกี่ยวข้องกับค่าเฉลี่ยความลึกของน้ำที่ได้รับ ดังสมการ

$$SC = \frac{\text{ค่าเฉลี่ยความลึกของน้ำที่รองรับได้ทั้งหมด}}{\text{ความลึกของน้ำที่รองรับได้น้อยที่สุด}} \quad (\text{ตารางผนวกที่ 19}) \quad (3)$$

โดยผลลัพธ์จากการคำนวณที่ได้เท่ากับ SC = 1 แสดงว่าระบบนั้นมีความสม่ำเสมอโดยปกติค่าที่ได้ในการทดสอบภาคสนามจะมีผลลัพธ์อยู่ในช่วง $1 < SC < 1.5$ แสดงว่าระบบดังกล่าวมีความสม่ำเสมอที่ยอมรับได้ ถ้าผลลัพธ์อยู่ในช่วง $1.6 < SC < 2$ แสดงว่าระบบนั้นมีความสม่ำเสมอต่ำมากต้องปรับปรุงแก้ไขระบบ

4. การคำนวณหาการให้น้ำ

Benami and Ofen (1984) รายงานว่า ในการออกแบบการให้น้ำควรพิจารณาให้ ความสำคัญกับค่าอัตราการกลืนน้ำที่ให้ต่อหนึ่งหน่วยเวลามีค่าต่ำกว่าอัตราการซึมผ่าน ของน้ำที่ผิวดิน การออกแบบจะใช้ค่าอัตราการกลืนน้ำที่ให้ต่อหนึ่งหน่วยเวลา ในการ คำนวณหาอัตราการให้น้ำ, ระยะเวลาการให้น้ำรวมถึงความต้องการน้ำ ดังสมการ

4.1 อัตราการให้น้ำ

$$\text{อัตราการให้น้ำ (Ia)} = q_a / (S \cdot L) < I_s \quad (\text{ตารางผนวกที่ 20}) \quad (4)$$

เมื่อ Ia = อัตราให้น้ำของระบบ (มิลลิเมตร/ชั่วโมง)

qa = อัตราจ่ายน้ำของหัวจ่ายน้ำ (ลิตร/ชั่วโมง)

S = ระยะห่างระหว่างหัวจ่ายน้ำ (เมตร)

L = ระยะห่างระหว่างท่อแขนงหัวจ่ายน้ำ (เมตร)

Is = อัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน (มิลลิเมตร/ชั่วโมง)

4.2 ระยะเวลาการให้น้ำ

$$\text{ระยะเวลาการให้น้ำ (ชั่วโมง)} = \frac{\text{Etc (มิลลิเมตร)}}{\text{Pr (มิลลิเมตร/ชั่วโมง)}} \quad (5)$$

เมื่อ Etc = ค่าที่เราต้องให้น้ำเข้าไปแทนที่

Pr = อัตราความกลืนน้ำที่ให้ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

การเก็บข้อมูล

1. การเจริญเติบโต

1.1 อายุออกดอก (days to flower) หมายถึง จำนวนวันออกดอกของข้าวฟ่างหวานตั้งแต่ วันที่เริ่มมีการให้น้ำครั้งแรกจนถึงวันที่ข้าวฟ่างหวานออกดอก และบานเกินกว่าครึ่งช่อเกินกว่า 50 % ของจำนวนต้นทั้งหมดต่อแปลงย่อย (หลังจากดอกบาน 50 % แล้ว 20 วัน) (ประสิทธิ์ และ จิรวัฒน์, 2545)

1.2 ความสูงต้น (plant height) หมายถึง วัดความสูงจากระดับโคนต้นจนถึงข้อของใบ
 ธงเมื่อข้าวฟ่างหวานอายุ 20 วันหลังดอกบาน โดยสุ่มวัด 10 ต้น จาก 2 แถวกลาง หน่วยเป็น
 เซนติเมตรเกินกว่าครึ่งข้อเกินกว่า 50 % ของจำนวนต้นทั้งหมดต่อแปลงย่อย

2. ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิต

ผลผลิตเก็บเกี่ยวจาก 2 แถวกลางในแต่ละแปลงย่อย และเมื่อข้าวฟ่างหวานอายุ 20 วัน
 หลังดอกบาน ข้อมูลที่เก็บเกี่ยวมีดังนี้

2.1 ค่าความหวาน (% brix) นำส่วนที่เป็นน้ำหวานไปวัดความหวานด้วย hand
 refractometer โดยสุ่มวัด 10 ต้นต่อแปลงย่อย

2.2 น้ำหนักต้นสด (fresh weight) ตัดส่วนใบและช่อดอกออก นำไปชั่งน้ำหนักแล้ว
 คำนวณหาน้ำหนักต้นสดเป็นกิโลกรัมต่อไร่

2.3 ปริมาณน้ำคั้น (amount of juice) นำลำต้นสดที่ลอกใบออกไปหีบน้ำด้วยเครื่องหีบ
 อ้อย หลังจากนั้นนำน้ำคั้นที่ได้ไปชั่งน้ำหนักคำนวณหาปริมาณน้ำคั้นเป็นกิโลกรัมต่อไร่

3. องค์ประกอบทางเคมี

3.1 เปอร์เซนต์น้ำตาลซูโครส (% sucrose) โดยวิธี High Performance Liquid
 Chromatography (HPLC)

3.2 เปอร์เซนต์น้ำตาลกลูโคส (% glucose) โดยวิธี High Performance Liquid
 Chromatography (HPLC)

3.1 เปอร์เซนต์น้ำตาลฟรุคโตส (% fructose) โดยวิธี High Performance Liquid
 Chromatography (HPLC)

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) หาค่า F-test Value ของข้อมูลแสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ขึ้นไป หาค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละสิ่งทดลองโดยใช้วิธี Least Significant Different (LSD)

สถานที่ทำการวิจัย

1. สถานีวิจัยเขาคันทรง สถาบันอินทรีจันทร์สถิตย์เพื่อการค้นคว้าและพัฒนาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ต. เขาคันทรง อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา

2. หน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีแปรรูปมันสำปะหลังและแป้ง สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร แขวงลาดยาว กรุงเทพฯ

ระยะเวลาทำการวิจัย

เริ่มทำการทดลอง เดือนกุมภาพันธ์ 2551 สิ้นสุดการทดลอง เดือนมีนาคม 2552

ผลและวิจารณ์

การทดลองที่ 1

การเจริญเติบโต

1. อายุออกดอก 50% (วัน)

อายุออกดอก 50% ของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ความถี่การให้น้ำ 4 ระดับ ได้แก่ ให้น้ำทุก 7 วัน, 10 วัน, 14 วัน และ 21 วัน ซึ่งปริมาณการให้น้ำไม่ว่าความถี่ใดจะให้น้ำในปริมาณที่เท่ากัน คือ 35 มิลลิเมตร ในการทดลองที่ 1 (ก.พ.-พ.ค. 51) แสดงในตารางที่ 1 จากการทดลองพบว่า ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ SW1005 มีอายุออกดอกยาวที่สุดเท่ากับ 66 วัน รองลงมา คือ พันธุ์ SW1001 และ SW1008 มีอายุออกดอก 50% เท่ากับ 64 และ 66 วัน ตามลำดับ และพันธุ์ที่มีอายุออกดอก 50% น้อยที่สุด คือ SW1002 มีค่าเท่ากับ 58 วัน ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยอายุออกดอก 50% มีความใกล้เคียงกับรายงานของ ชำรงศิลป์ และคณะ (2549) ที่รายงานว่า พันธุ์ SW1001, SW1002 และ SW1008 มีอายุออกดอก 50% เท่ากับ 67, 59 และ 54 วัน ตามลำดับ ในเรื่องความถี่การให้น้ำ พบว่า ให้น้ำทุก 21 วัน มีอายุออกดอกยาวที่สุดเท่ากับ 71 วัน และให้น้ำทุก 14 วัน, 10 วัน และ 7 วัน มีอายุออกดอกเท่ากับ 64, 59, 54 วัน ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วน interaction แสดงในภาพที่ 4 พบว่า ข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับน้ำในระดับความถี่ที่ลดน้อยลง (ให้น้ำทุก 10, 14 และ 21 วัน) จะมีแนวโน้มของอายุออกดอก 50% มากขึ้น โดยพันธุ์ SW1005 ที่ได้รับความถี่การให้น้ำทุก 21 วัน มีอายุวันออกดอก 50% มากที่สุด คือ 76 วัน และพันธุ์ SW1008 ที่ได้รับความถี่การให้น้ำทุก 7 วัน มีอายุวันออกดอก 50% น้อยที่สุด คือ 50 วัน ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

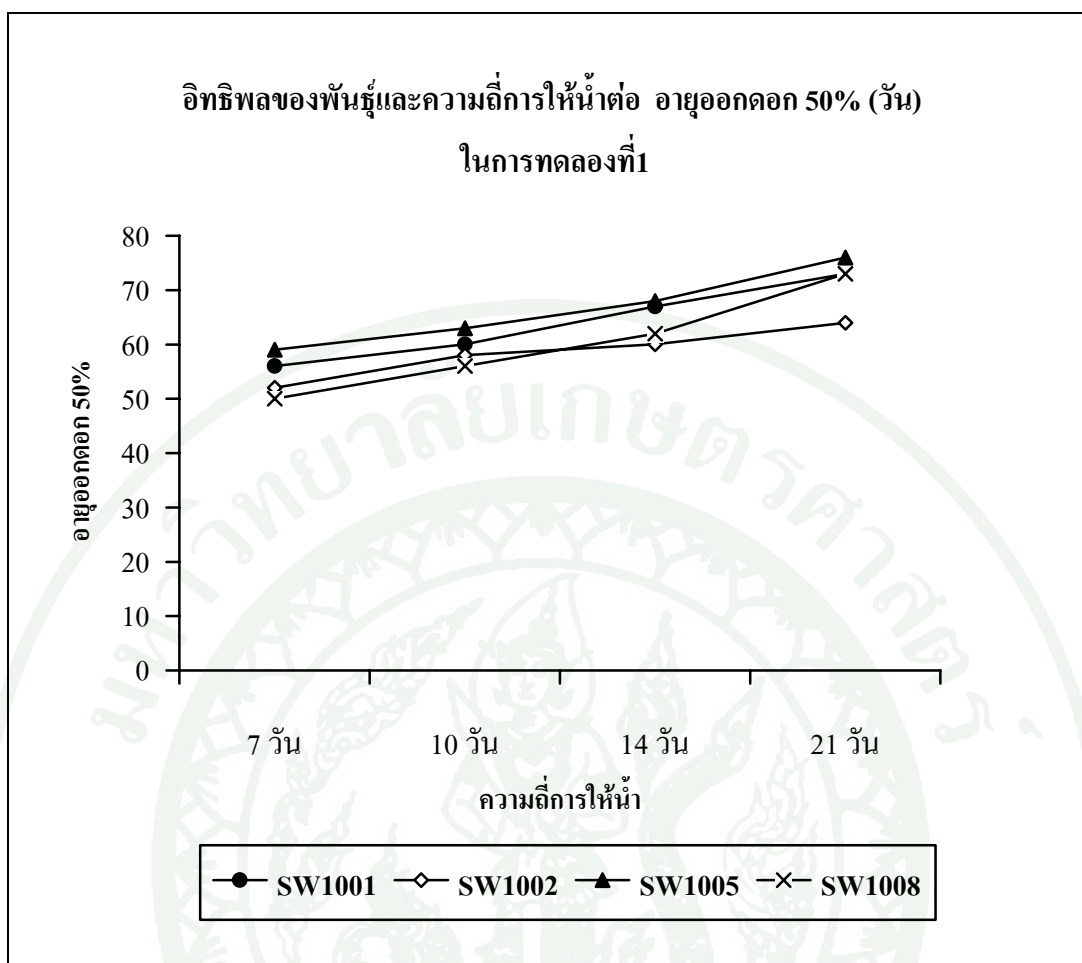
จากการทดลองแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของพันธุ์ข้าวฟ่างหวานและความถี่การให้น้ำ ที่มีต่ออายุออกดอก โดยพบว่า ความถี่การให้น้ำที่แตกต่างกันจะทำให้ข้าวฟ่างหวานแต่ละพันธุ์มีการเจริญเติบโตต่างกัน ภายใต้สภาพแปลงที่ได้รับน้ำในระดับความถี่ที่ลดน้อยลง จะชักนำให้การออกดอกช้าและมีโอกาสสุกแก่ที่ช้าสาเหตุอาจเนื่องมาจากปริมาณความชื้นในดิน โดยความชื้นในดินจะมีความสัมพันธ์กับอายุออกดอก ซึ่งถ้าความชื้นในดินต่ำอายุออกดอกก็จะออกช้าไปด้วย

ตารางที่ 1 อายุออกดอก 50% ของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำในการทดลองที่ 1

พันธุ์	ความถี่การให้น้ำ	การทดลองที่ 1
		อายุออกดอก 50 % (วัน)
SW1001		64 b ¹
SW1002		58 d
SW1005		66 a
SW1008		60 c
	7 วัน	54 d
	10 วัน	59 c
	14 วัน	64 b
	21 วัน	71 a
เฉลี่ย		62
C.V.(%)	พันธุ์	2.10
	ความถี่การให้น้ำ	1.78
LSD0.05	พันธุ์	1.05 **
	ความถี่การให้น้ำ	0.79 **
	พันธุ์ x ความถี่การให้น้ำ	1.58 **

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%,

¹ ตัวเลขที่มีอักษรต่างกันกำกับในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Fisher's LSD



ภาพที่ 4 กราฟแสดง interaction ระหว่างพันธุ์และความถี่การให้น้ำต่ออายุออกดอก 50% ในการทดลองที่ 1 ณ สถานีวิจัยเขาคันทรง อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา

2. ความสูงต้น (เซนติเมตร)

ความสูงต้นของข้าวฟ่างหวานแต่ละพันธุ์จะมีค่าแตกต่างกัน แสดงในตารางที่ 2 พบว่า พันธุ์ SW1008 มีความสูงที่สุดเท่ากับ 244 เซนติเมตร รองลงมาคือ พันธุ์ SW1001 และ พันธุ์ SW1005 มีความสูงเท่ากับ 229 และ 224 เซนติเมตร และพันธุ์ SW1002 มีความสูงน้อยที่สุดเท่ากับ 213 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในเรื่องความถี่การให้น้ำ พบว่า ให้น้ำทุก 7 วัน มีความสูงที่สุดคือ 335 เซนติเมตร รองลงมาคือ ให้น้ำทุก 10 วัน, 14 วัน และ 21 วัน มีค่าเท่ากับ 267, 196, 112 วัน ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วน interaction แสดงในภาพที่ 5 พบว่า ข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับน้ำในระดับความถี่ที่ลดน้อยลง (ให้น้ำทุก 10, 14 และ 21 วัน) จะมีแนวโน้มความสูงต้นที่ลดลง โดยพันธุ์ SW1002 ที่ได้รับความถี่การให้น้ำทุก 21 วัน จะมีความสูงต้นต่ำที่สุดแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับพันธุ์ SW1005 ที่ได้รับความถี่การให้น้ำทุก 21 วัน พันธุ์ SW1001 ที่ได้รับความถี่การให้น้ำทุก 21 วัน และ พันธุ์ SW1008 ที่ได้รับความถี่การให้น้ำทุก 21 วัน คือ มีความสูงต้นเท่ากับ 104, 108, 110 และ 127 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

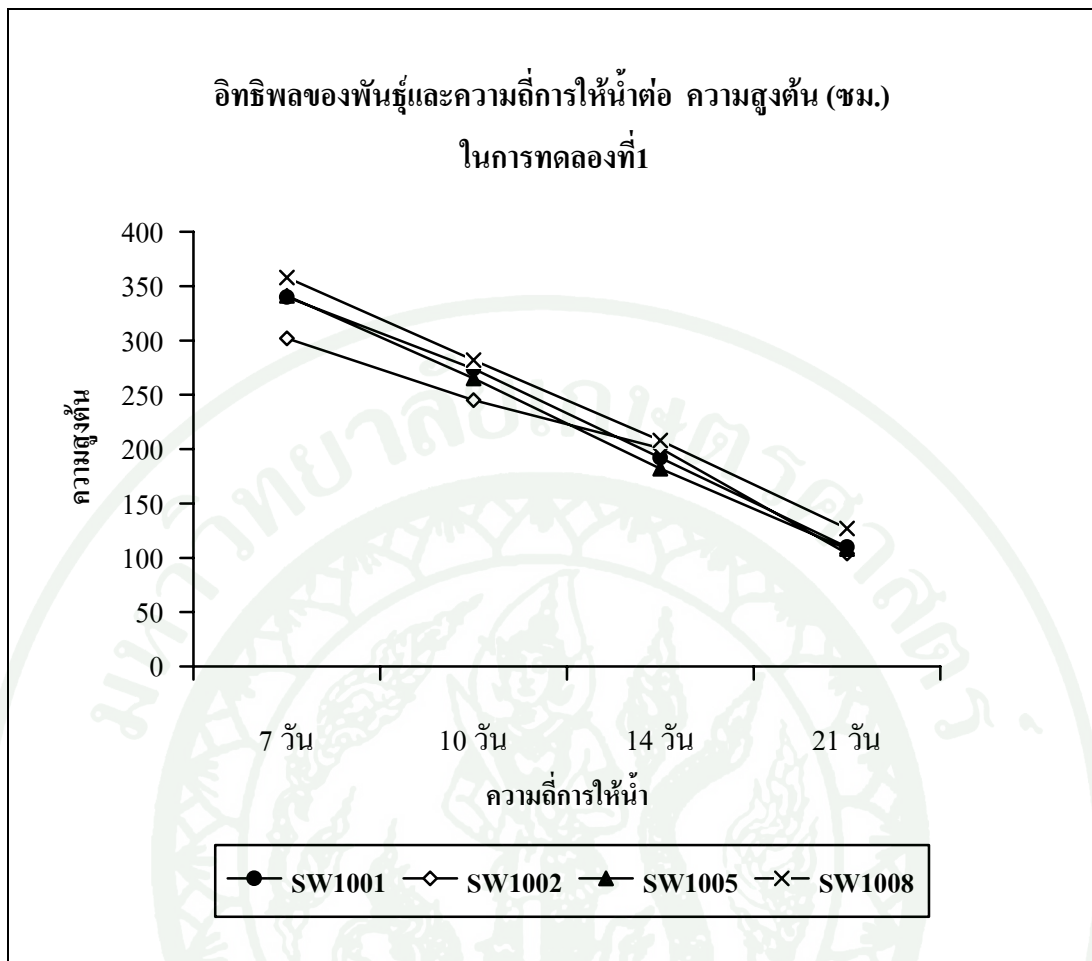
จากการทดลองที่ 1 จะเริ่มเก็บข้อมูลในช่วงกลางเดือนเมษายน 51-เดือนพฤษภาคม 51 เมื่อพิจารณาข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ย และอุณหภูมิสูงสุดในภาพผนวกที่ 7 และ 8 พบว่า ในสภาพอากาศในช่วงเวลาดังกล่าวจะมีลมแรงและมีอุณหภูมิสูงกว่าช่วงเวลาอื่น จึงส่งผลให้ข้าวฟ่างหวานมีการเจริญเติบโตไม่เต็มที่ สอดคล้องกับรายงานของ Fageria *et al.* (1997) รายงานว่า ขณะที่พืชกำลังเจริญเติบโตนั้นรากจะดูดน้ำและคายน้ำออกทางปากใบ และน้ำจะหล่อเลี้ยงตามส่วนต่างๆ ของพืช ความเร็วในการเคลื่อนที่ของน้ำในพืชมีตั้งแต่ 0.31-1.83 เมตรต่อชั่วโมง (1-6 ฟุตต่อชั่วโมง) ถ้าสภาพอากาศมีอุณหภูมิสูงและมีลมแรง จะส่งเสริมให้การเคลื่อนที่ของน้ำในพืชเร็วขึ้น ถ้าน้ำถูกใช้เพื่อการคายระเหยมากกว่าเก็บไว้ในต้นพืชจะทำให้ต้นพืชเจริญเติบโตไม่เต็มที่

ตารางที่ 2 ความสูงต้นของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำในการทดลองที่ 1

พันธุ์	ความถี่การให้น้ำ	การทดลองที่ 1
		ความสูงต้น (ซม.)
SW1001		229 b ¹
SW1002		213 c
SW1005		224 b
SW1008		244 a
	7 วัน	335 a
	10 วัน	267 b
	14 วัน	196 c
	21 วัน	112 d
เฉลี่ย		227
C.V.(%)	พันธุ์	4.04
	ความถี่การให้น้ำ	4.88
LSD0.05	พันธุ์	7.35 **
	ความถี่การให้น้ำ	7.96 **
	พันธุ์ x ความถี่การให้น้ำ	15.92 **

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%,

¹ ตัวเลขที่มีอักษรต่างกันกำกับในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Fisher's LSD



ภาพที่ 5 กราฟแสดง interaction ระหว่างพันธุ์และความถี่การให้น้ำต่อความสูงต้น ในการทดลองที่ 1 ณ สถานีวิจัยเขาคันทรง อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา

ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

3. น้ำหนักต้นสด (กิโลกรัมต่อไร่)

น้ำหนักต้นสดของพันธุ์ข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ แสดงในตารางที่ 3 จากการทดลองพบว่า น้ำหนักต้นสดเฉลี่ยเท่ากับ 2654 กิโลกรัมต่อไร่ โดยพันธุ์ SW1001 ให้น้ำหนักต้นสดมากที่สุดเท่ากับ 3347 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ พันธุ์ SW1005, SW1002 และ SW1008 มีน้ำหนักต้นสดเท่ากับ 2676, 2391 และ 2204 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งให้น้ำหนักต้นสดน้อยกว่าในรายงานของ ชำรงศิลป์ และคณะ (2549) ที่รายงานว่า พันธุ์ SW1001 ให้น้ำหนักต้นสดมากที่สุดเท่ากับ 7610 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ พันธุ์ SW1008 และ SW1002 มีน้ำหนักต้นสดเท่ากับ 7370 และ 4530 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ในเรื่องความถี่การให้น้ำ พบว่า ให้น้ำทุก 7 วัน มีน้ำหนักต้นสดสูงที่สุดคือ 4191 กิโลกรัม/ไร่ รองลงมาคือ ให้น้ำทุก 10 วัน, 14 วัน และ 21 วัน เท่ากับ 3445, 1800 และ 1182 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ส่วน interaction แสดงในภาพที่ 6 พบว่า ข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับน้ำในระดับความถี่ที่เพิ่มขึ้น (ให้น้ำทุก 7 วัน) จะมีแนวโน้มน้ำหนักต้นสดที่สูงขึ้น โดยพันธุ์ SW1001 ที่ได้รับความถี่การให้น้ำทุก 7 วัน จะมีน้ำหนักต้นสดที่สูงสุดแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับพันธุ์ SW1005 ที่ได้รับความถี่การให้น้ำทุก 7 วัน มีน้ำหนักต้นสดเท่ากับ 4818 และ 4640 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ

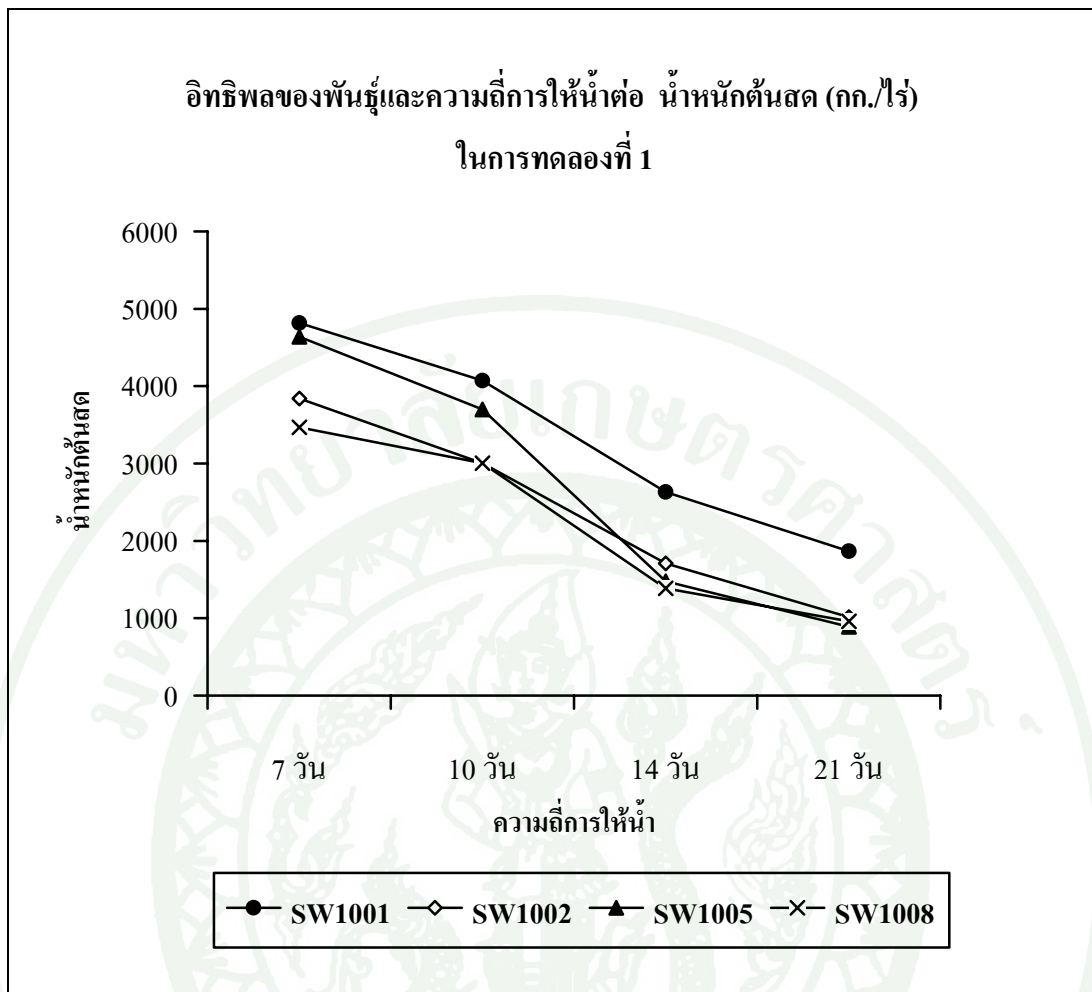
จากการทดลองพบว่าเมื่อข้าวฟ่างหวานได้รับความถี่การให้น้ำที่แตกต่างกัน มีผลทำให้น้ำหนักต้นสดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยข้าวฟ่างหวานแต่ละพันธุ์จะมีความสามารถในการสะสมน้ำหนักต้นสดได้มากน้อยแตกต่างกันอาจมีผลจากการควบคุมทางพันธุ์ด้วย

ตารางที่ 3 น้ำหนักต้นสดของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำในการทดลองที่ 1

พันธุ์	ความถี่การให้น้ำ	การทดลองที่ 1
		น้ำหนักต้นสด (กก./ไร่)
SW1001		3,347 a ¹
SW1002		2,391 c
SW1005		2,676 b
SW1008		2,204 d
	7 วัน	4,191 a
	10 วัน	3,445 b
	14 วัน	1,800 c
	21 วัน	1,182 d
เฉลี่ย		2,654
C.V.(%)	พันธุ์	5.43
	ความถี่การให้น้ำ	4.88
LSD0.05	พันธุ์	115.18 **
	ความถี่การให้น้ำ	92.78 **
	พันธุ์ x ความถี่การให้น้ำ	185.57 **

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%,

¹ ตัวเลขที่มีอักษรต่างกันกำกับในแนวนอง หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Fisher's LSD



ภาพที่ 6 กราฟแสดง interaction ระหว่างพันธุ์และความถี่การให้น้ำต่อน้ำหนักต้นสด ในการทดลองที่ 1 ณ สถานีวิจัยเขาคันทรง อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา

4. ปริมาณน้ำคั้น (กิโลกรัม/ไร่)

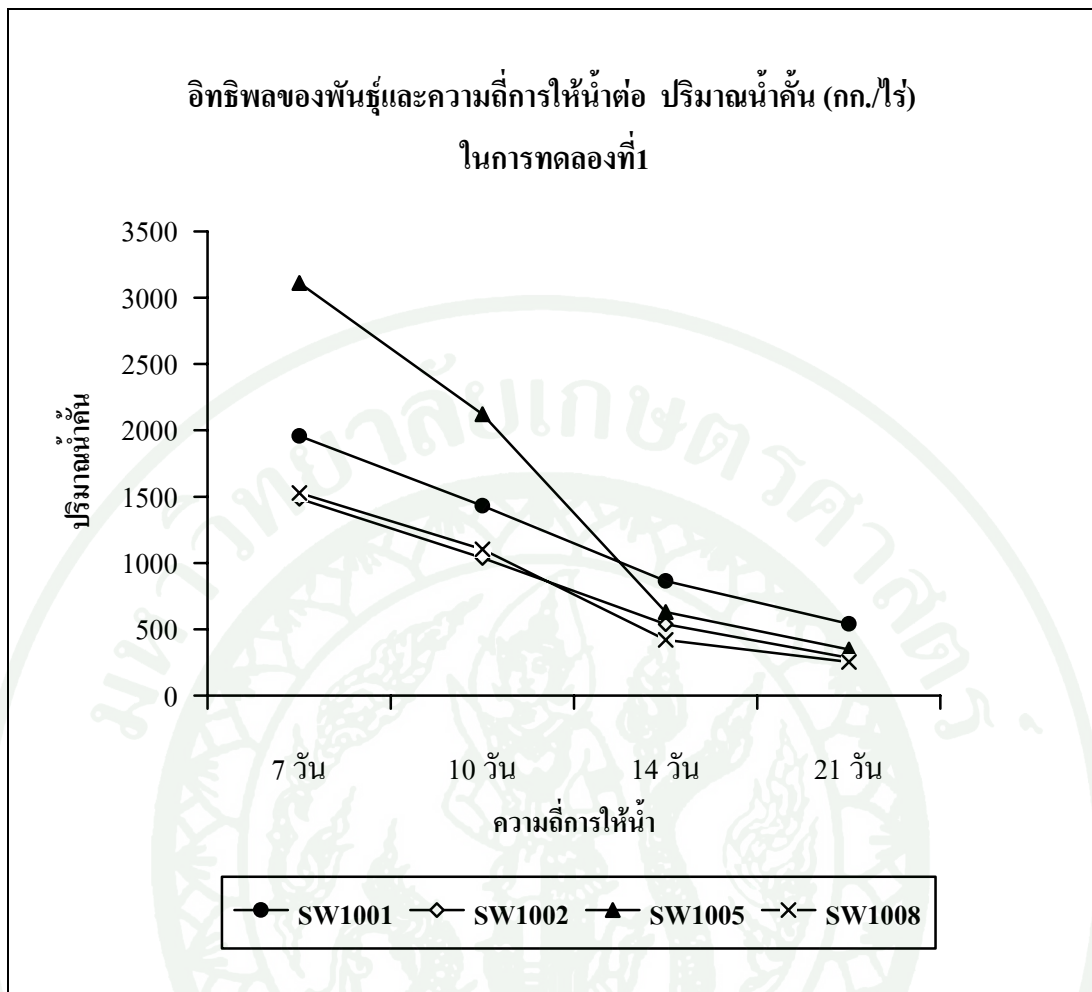
ปริมาณน้ำคั้นของพันธุ์ข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ แสดงในตารางที่ 4 จากการทดลอง พบว่า ปริมาณน้ำคั้นเฉลี่ยเท่ากับ 1103 กิโลกรัมต่อไร่ โดยพันธุ์ SW1005 ให้ปริมาณน้ำคั้นมากที่สุดเท่ากับ 1552 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ พันธุ์ SW1001, SW1002 และ SW1008 มีปริมาณน้ำคั้น เท่ากับ 1198, 837 และ 827 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ในเรื่องความถี่การให้น้ำ พบว่า ให้น้ำทุก 7 วัน มีปริมาณน้ำคั้นสูงที่สุดคือ 2020 กิโลกรัม/ไร่ รองลงมาคือ ให้น้ำทุก 10 วัน, 14 วัน และ 21 วัน เท่ากับ 1424, 614 และ 356 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ส่วน interaction แสดงในภาพที่ 7 พบว่า ข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับน้ำในระดับความถี่ที่เพิ่มขึ้น (ให้น้ำทุก 7 วัน) จะมีแนวโน้มของปริมาณน้ำคั้นที่สูงขึ้น โดยพันธุ์ SW1005 ที่ได้รับความถี่การให้น้ำทุก 7 วัน จะมีปริมาณน้ำคั้นสูงที่สุดเท่ากับ 3111 กิโลกรัม/ไร่ รองลงมาคือ พันธุ์ SW1005 ที่ได้รับความถี่การให้น้ำทุก 10 วัน มีปริมาณน้ำคั้นเท่ากับ 2121 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางที่ 4 ปริมาณน้ำคั้นของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำในการทดลองที่ 1

พันธุ์	ความถี่การให้น้ำ	การทดลองที่ 1
		ปริมาณน้ำคั้น (กก./ไร่)
SW1001		1,198 b ¹
SW1002		837 c
SW1005		1,552 a
SW1008		827 c
	7 วัน	2,020 a
	10 วัน	1,424 b
	14 วัน	614 c
	21 วัน	356 d
เฉลี่ย		1,103
C.V.(%)	พันธุ์	10.48
	ความถี่การให้น้ำ	9.88
LSD0.05	พันธุ์	92.47 **
	ความถี่การให้น้ำ	78.16 **
	พันธุ์ x ความถี่การให้น้ำ	156.32 **

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%,

¹ ตัวเลขที่มีอักษรต่างกันกำกับในแนวนอง หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Fisher's LSD



ภาพที่ 7 กราฟแสดง interaction ระหว่างพันธุ์และความถี่การให้น้ำต่อปริมาณน้ำคั้น ในการทดลองที่ 1 ณ สถานีวิจัยเขาคันทรง อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา

5. ปริมาณน้ำคั่นต่อน้ำหนักต้นสด 1 ต้น (กิโลกรัม)

ปริมาณน้ำคั่นต่อน้ำหนักต้นสด 1 ต้น ของพันธุ์ข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ แสดงในตารางที่ 5 จากการทดลอง พบว่า ปริมาณน้ำคั่นต่อน้ำหนักต้นสด 1 ต้น เฉลี่ยเท่ากับ 384 กิโลกรัม โดยพันธุ์ SW1005 ให้ปริมาณน้ำคั่นต่อน้ำหนักต้นสด 1 ต้น มากที่สุดเท่ากับ 515 กิโลกรัม ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รองลงมาคือ พันธุ์ SW1001, SW1008 และ SW1002 มีปริมาณน้ำคั่นต่อน้ำหนักต้นสด 1 ต้น เท่ากับ 344, 344 และ 331 กิโลกรัม ตามลำดับ ในเรื่องความถี่การให้น้ำ พบว่า ให้น้ำทุก 7 วัน มีปริมาณน้ำคั่นต่อน้ำหนักต้นสด 1 ต้น สูงที่สุดคือ 476 กิโลกรัม รองลงมาคือ ให้น้ำทุก 10 วัน, 14 วัน และ 21 วัน เท่ากับ 410, 343 และ 306 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วน interaction แสดงในภาพที่ 8 พบว่า ข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับน้ำในระดับความถี่ที่เพิ่มขึ้น (ให้น้ำทุก 7 วัน) จะมีแนวโน้มของปริมาณน้ำคั่นต่อน้ำหนักต้นสด 1 ต้น ที่สูงขึ้น โดยพันธุ์ SW1005 ที่ได้รับความถี่การให้น้ำทุก 7 วัน จะมีปริมาณน้ำคั่นต่อน้ำหนักต้นสด 1 ต้น สูงที่สุดเท่ากับ 671 กิโลกรัม รองลงมาคือ พันธุ์ SW1005 ที่ได้รับความถี่การให้น้ำทุก 10 วัน มีปริมาณน้ำคั่นต่อน้ำหนักต้นสด 1 ต้น เท่ากับ 574 กิโลกรัม ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

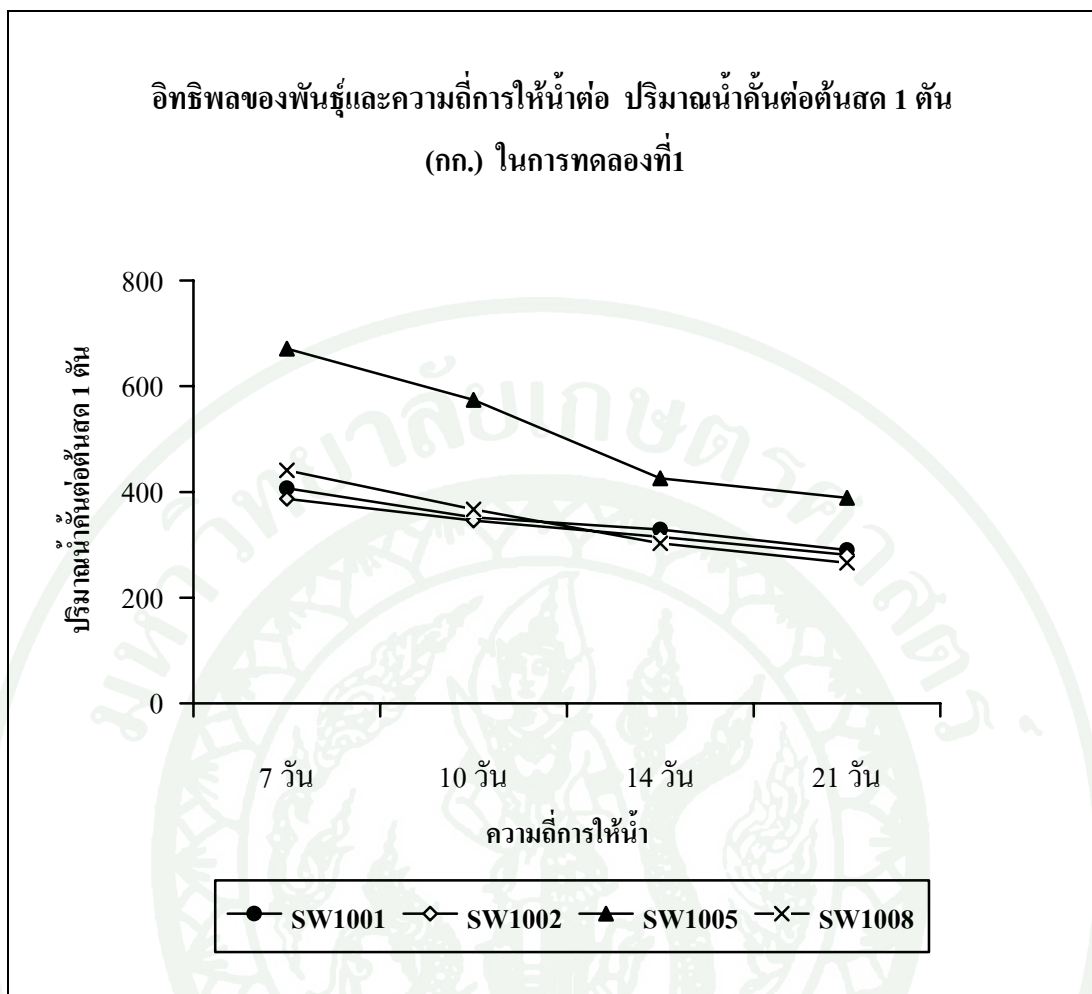
จากการทดลองพบว่าเมื่อข้าวฟ่างหวานได้รับความถี่การให้น้ำที่แตกต่างกัน มีผลทำให้ปริมาณน้ำคั่นแตกต่างกันอาจมีสาเหตุมาจากปริมาณเส้นใยที่มีอยู่ภายในลำต้นข้าวฟ่างหวานในแต่ละสายพันธุ์ สอดคล้องกับ Kang *et al.* (1989) ทำการศึกษาอิทธิพลของเปอร์เซ็นต์เส้นใยต่อผลผลิตของอ้อย และจากการศึกษาในอ้อยปลูกและอ้อยต่อแรก พบว่า ปริมาณเปอร์เซ็นต์เส้นใยต่อผลผลิตมีค่าน้อย (0.024) เมื่อเปรียบ เทียบกับน้ำหนักลำ (0.478) และจำนวนลำ (0.841) ที่มีต่อผลผลิตอ้อย ซึ่งการเพิ่มผลผลิตอ้อยสามารถทำได้ด้วยการให้ความสำคัญกับจำนวนลำและน้ำหนักลำ ในขณะที่ลักษณะเปอร์เซ็นต์เส้นใยมีความสำคัญต่อผลผลิตของอ้อยน้อยที่สุด กล่าวคือ เมื่อทำการหีบอ้อยแล้วอ้อยพันธุ์ใดมีปริมาณน้ำคั่นในปริมาณที่สูงแสดงว่า อ้อยพันธุ์ดังกล่าวมีปริมาณเส้นใยที่ต่ำ

ตารางที่ 5 ปริมาณน้ำคั่นต่อน้ำหนักต้นสด 1 ต้นของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำในการทดลองที่ 1

พันธุ์	ความถี่การให้น้ำ	การทดลองที่ 1
		ปริมาณน้ำคั่นต่อน้ำหนักต้นสด 1 ต้น (กก.)
SW1001		344 b ¹
SW1002		331 b
SW1005		515 a
SW1008		344 b
	7 วัน	476 a
	10 วัน	410 b
	14 วัน	343 c
	21 วัน	306 d
เฉลี่ย		384
C.V.(%)	พันธุ์	8.51
	ความถี่การให้น้ำ	6.58
LSD0.05	พันธุ์	26.13 **
	ความถี่การให้น้ำ	18.10 **
	พันธุ์ x ความถี่การให้น้ำ	36.19 **

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%,

¹ ตัวเลขที่มีอักษรต่างกันกำกับในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Fisher's LSD



ภาพที่ 8 กราฟแสดง interaction ระหว่างพันธุ์และความถี่การให้น้ำต่อปริมาณน้ำคั้นต่อต้นสด 1 ต้น ในการทดลองที่ 1 ณ สถานีวิจัยเขาคันทรง อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา

องค์ประกอบทางเคมี และผลผลิตเอทานอล

6. ค่าความหวาน (% บริกซ์)

ค่าความหวานของข้าวฟ่างหวานแต่ละพันธุ์จะมีค่าแตกต่างกัน แสดงในตารางที่ 6 พบว่า พันธุ์ SW1005 มีค่าความหวานมากที่สุดคือ 11.28 % บริกซ์ รองลงมาคือ พันธุ์ SW1001, SW1002 และ SW1008 เท่ากับ 10.09, 9.88 และ 8.75 % บริกซ์ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในเรื่องของความถี่การให้น้ำ พบว่า การให้น้ำทุก 7 วัน มีค่าความหวานมากที่สุดเท่ากับ 12.25 % บริกซ์ รองลงมาคือ การให้น้ำทุก 10, 14 และ 21 วัน ซึ่งมีค่าความหวานเท่ากับ 10.56, 9.28 และ 7.91 % บริกซ์ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในส่วน interaction แสดงในภาพที่ 9 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติแต่มีแนวโน้มว่าข้าวฟ่างหวานพันธุ์ SW1005 ที่ได้รับความถี่การให้น้ำทุก 7 วัน มีค่าความหวานสูงสุดเท่ากับ 13.75 % บริกซ์ รองลงมา ได้แก่ พันธุ์ SW1001 ที่ได้รับความถี่การให้น้ำทุก 7 วัน มีค่าความหวานเท่ากับ 12.25 % บริกซ์

จากการทดลองพบว่าข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับน้ำในระดับความถี่ที่เพิ่มขึ้น จะมีแนวโน้มของค่าความหวานเพิ่มขึ้น และให้ผลที่แตกต่างกันกับข้าวฟ่างหวานที่ได้รับน้ำในระดับความถี่ที่ลดน้อยลง ซึ่งในการเก็บข้อมูลค่าความหวานในการทดลองที่ 1 ช่วงระยะเวลาการเก็บข้อมูลจะมีปริมาณฝนตกมาก คือ เม.ย.-พ.ค. 51 (ภาคผนวกที่ 6) จึงทำให้ค่าความหวานมีค่าน้อย สอดคล้องกับรายงานของ ประสิทธิ์ และ จิรวัฒน์ (2545) ที่รายงานว่า ค่าความหวานมีความสัมพันธ์ในทางลบกับปริมาณน้ำฝน คือ ในช่วงที่มีปริมาณน้ำฝนมากค่าความหวานจะค่อนข้างต่ำ แต่ในช่วงที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยค่าความหวานจะสูง

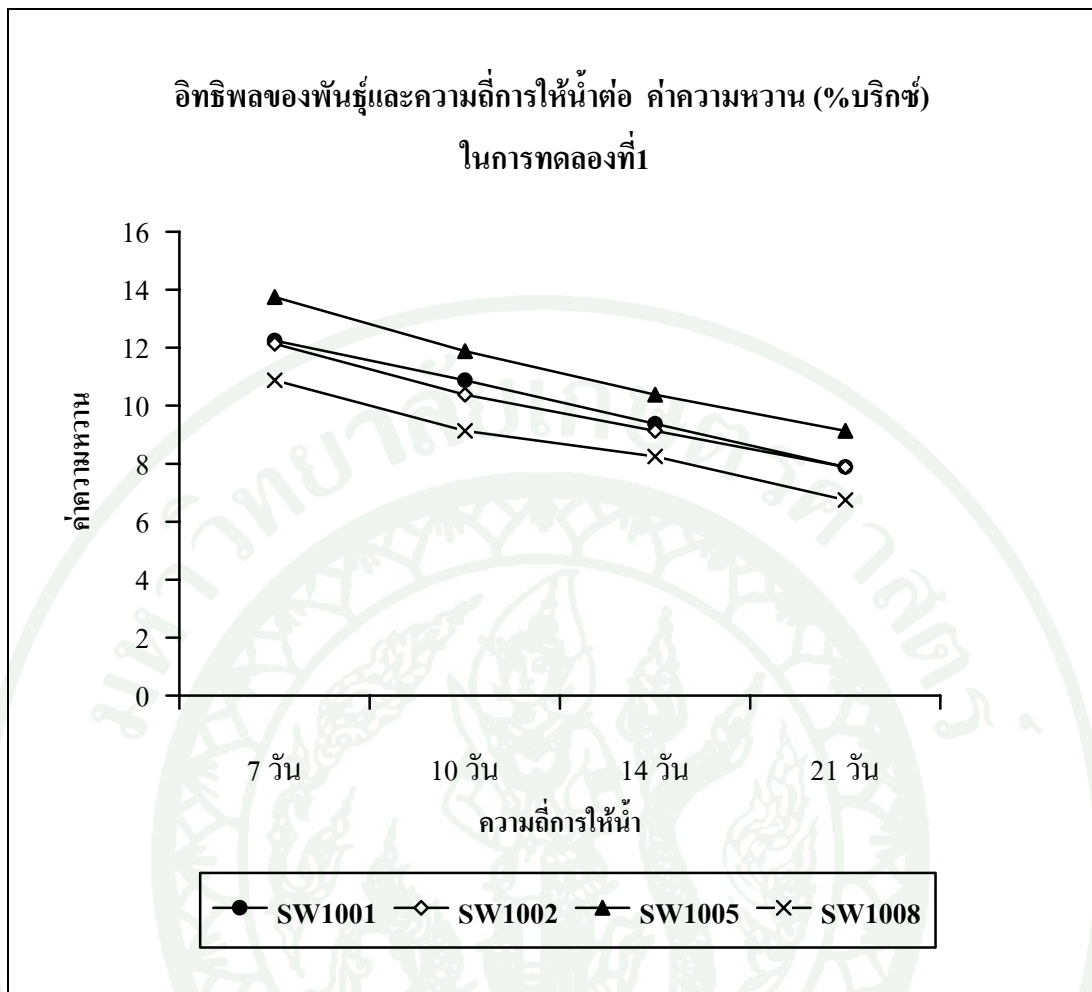
ตารางที่ 6 ค่าความหวานของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ความถี่การให้น้ำในการทดลองที่ 1

พันธุ์	ความถี่การให้น้ำ	การทดลองที่ 1
		ค่าความหวาน (% บริกซ์)
SW1001		10.09 b ¹
SW1002		9.88 c
SW1005		11.28 a
SW1008		8.75 d
	7 วัน	12.25 a
	10 วัน	10.56 b
	14 วัน	9.28 c
	21 วัน	7.91 d
เฉลี่ย		10.00
C.V.(%)	พันธุ์	2.25
	ความถี่การให้น้ำ	2.90
LSD0.05	พันธุ์	0.18 **
	ความถี่การให้น้ำ	0.28 **
	พันธุ์ x ความถี่การให้น้ำ	0.42 ^{ns}

หมายเหตุ ns (non significant) ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

¹ ตัวเลขที่มีอักษรต่างกันกำกับในแนวดิ่ง หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Fisher's LSD



ภาพที่ 9 กราฟแสดง interaction ระหว่างพันธุ์และความถี่การให้น้ำต่อค่าความหวาน ในการทดลองที่ 1 ณ สถานีวิจัยเขาคันทรง อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา

7. เปอร์เซ็นต์น้ำตาลทั้งหมด (%)

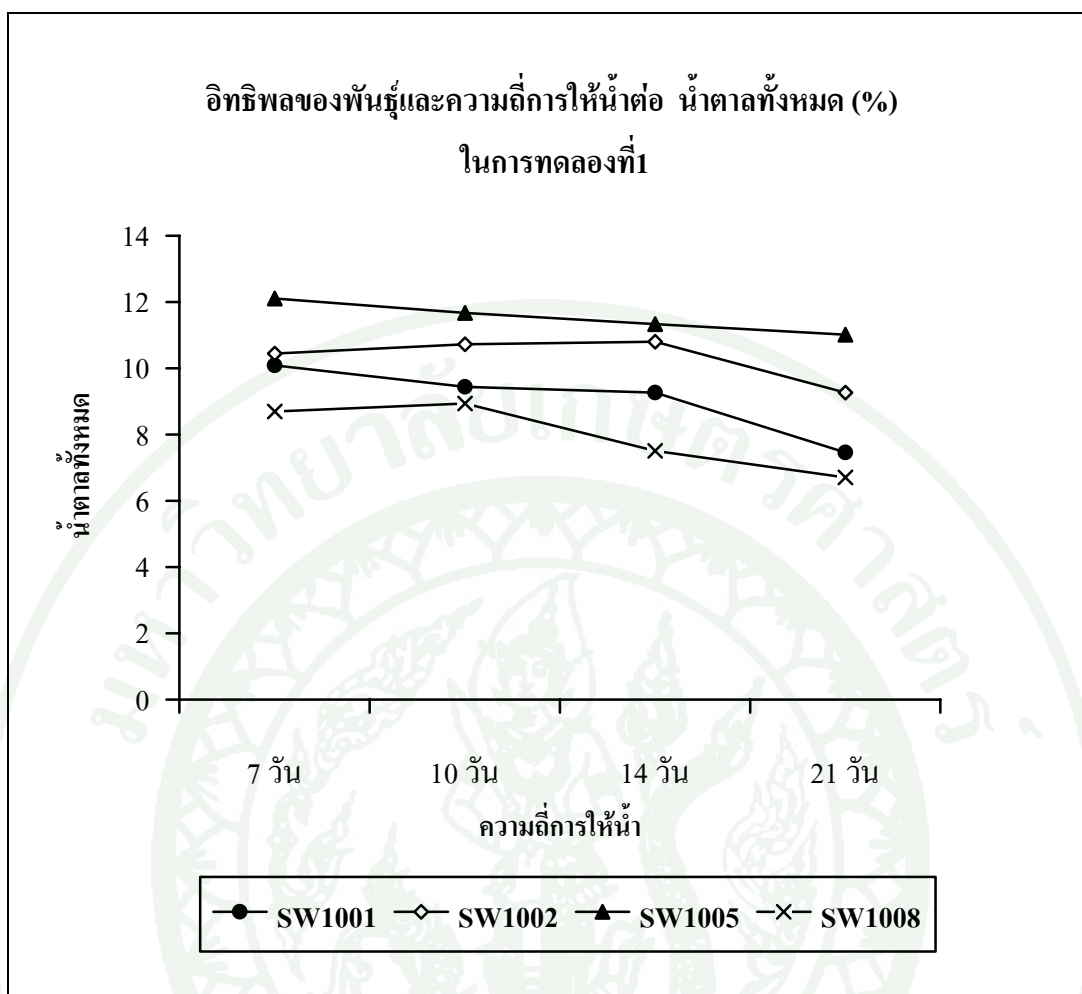
เปอร์เซ็นต์น้ำตาลทั้งหมด ของข้าวฟ่างหวานแต่ละพันธุ์จะมีค่าแตกต่างกัน แสดงในตารางที่ 7 พบว่า พันธุ์ SW1005 มีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลทั้งหมด มากที่สุดคือ 11.53 % รองลงมาคือ พันธุ์ SW1002, SW1001 และ SW1008 เท่ากับ 10.31, 9.11 และ 7.95 % ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในเรื่องของความถี่การให้น้ำ พบว่า การให้น้ำทุก 7 วัน มีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลทั้งหมดมากที่สุดเท่ากับ 10.33 % รองลงมาคือ การให้น้ำทุก 10, 14 และ 21 วัน ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลทั้งหมดเท่ากับ 10.19, 9.71 และ 8.66 % ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในส่วน interaction แสดงในภาพที่ 10 พบว่า ข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับน้ำในระดับความถี่ที่เพิ่มขึ้น (ให้น้ำทุก 7 วัน) จะมีแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์น้ำตาลทั้งหมดมากขึ้น โดยพันธุ์ SW1005 ที่ได้รับความถี่การให้น้ำทุก 7 วัน จะมีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลทั้งหมดมากที่สุดเท่ากับ 12.11 % รองลงมาคือ พันธุ์ SW1005 ที่ได้รับความถี่การให้น้ำทุก 10 วัน มีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลทั้งหมด เท่ากับ 11.67 % ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางที่ 7 เปอร์เซ็นต์น้ำตาลทั้งหมดของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ความถี่การให้น้ำในการทดลองที่ 1

พันธุ์	ความถี่การให้น้ำ	การทดลองที่ 1
		น้ำตาลทั้งหมด (%)
SW1001		9.11 c ¹
SW1002		10.31 b
SW1005		11.53 a
SW1008		7.95 d
	7 วัน	10.33 a
	10 วัน	10.19 b
	14 วัน	9.71 c
	21 วัน	8.66 d
เฉลี่ย		9.72
C.V.(%)	พันธุ์	1.33
	ความถี่การให้น้ำ	1.53
LSD0.05	พันธุ์	0.10 **
	ความถี่การให้น้ำ	0.72 **
	พันธุ์ x ความถี่การให้น้ำ	0.21 **

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

¹ ตัวเลขที่มีอักษรต่างกันกำกับในแนวดิ่ง หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Fisher's LSD



ภาพที่ 10 กราฟแสดง interaction ระหว่างพันธุ์และความถี่การให้น้ำต่อน้ำตาลทั้งหมด ในรอบการทดลองที่ 1 ณ สถานีวิจัยเขาคันทรง อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา

8. เปอร์เซ็นต์น้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุคโตส (%)

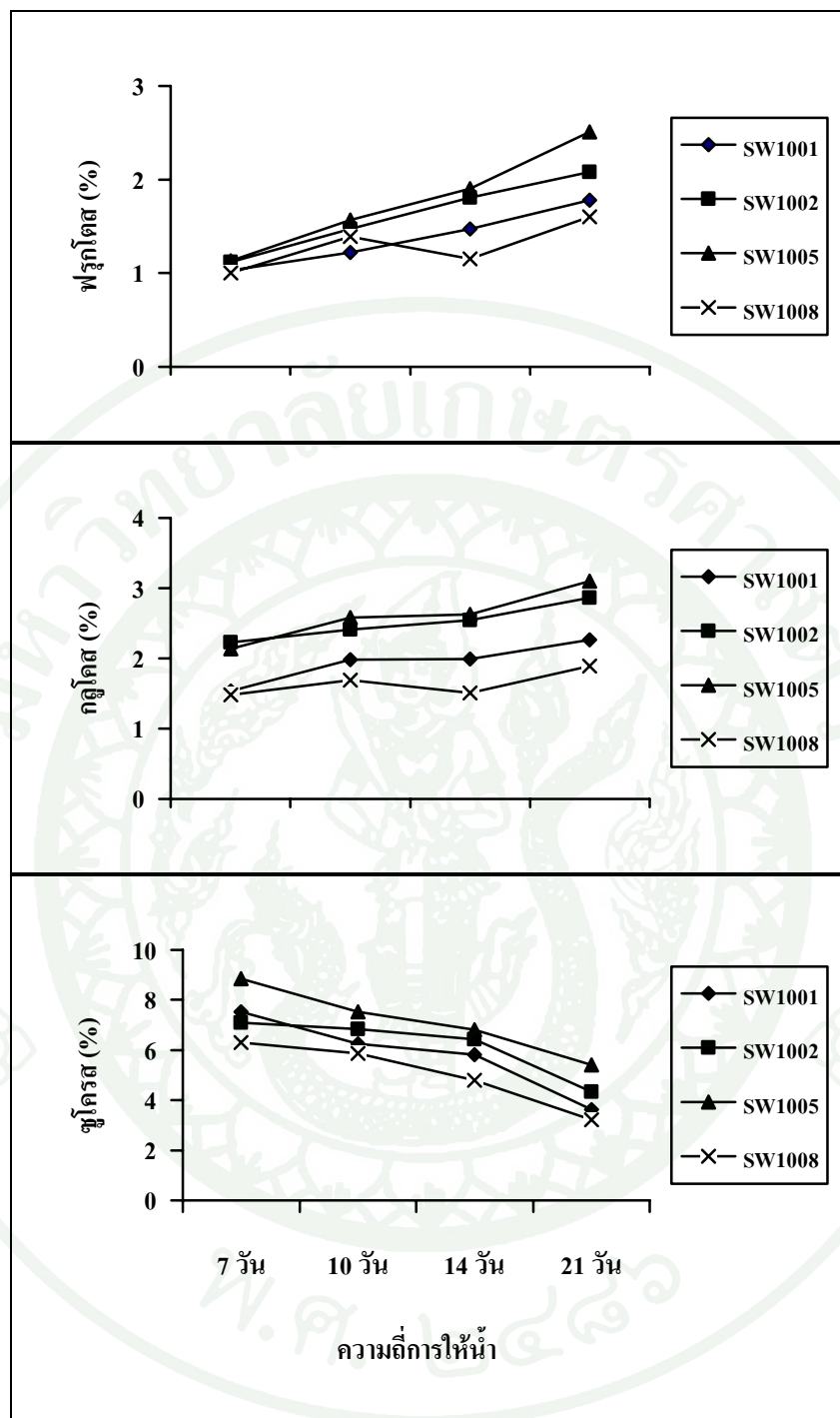
เปอร์เซ็นต์น้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุคโตส ของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ความถี่การให้น้ำ 4 ระดับ แสดงในตารางที่ 8 จากการทดลองพบว่า เปอร์เซ็นต์น้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุคโตส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.04, 2.18 และ 1.51 % ตามลำดับ โดยพันธุ์ SW1005 มีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุคโตส มากที่สุดคือ 7.14, 2.61 และ 1.78 % ตามลำดับ โดยมีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุคโตส แตกต่างกันทางสถิติกับพันธุ์ SW1002, SW1001 และ SW1008 ในเรื่องของความถี่การให้น้ำ พบว่า การให้น้ำทุก 7 วัน มีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลซูโครสมากที่สุด คือ 7.44 % แต่สำหรับเปอร์เซ็นต์น้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลฟรุคโตสนั้น พบว่า มีมากที่สุดในการให้น้ำทุก 21 วัน คือ 2.53 และ 1.99 % ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในส่วน interaction แสดงในภาพที่ 11 พบว่า ข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับน้ำในระดับความถี่ที่เพิ่มขึ้น (ให้น้ำทุก 7 วัน) จะมีแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์น้ำตาลซูโครสมากขึ้น แต่น้ำตาล กลูโคส และ ฟรุคโตสลดลง โดยพันธุ์ SW1005 ที่ได้รับความถี่การให้น้ำทุก 7 วัน จะมีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลซูโครสมากที่สุดเท่ากับ 8.84 % แต่เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์น้ำตาลกลูโคสและฟรุคโตสกลับพบว่า พันธุ์ SW1005 ที่ได้รับความถี่การให้น้ำทุก 21 วัน จะมีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลกลูโคสและ ฟรุคโตสมากที่สุดเท่ากับ 2.86 และ 2.08 % ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับรายงานของ Du *et al.* (1998) ที่รายงานการศึกษา การแบ่งกระจายของสารที่ได้จากการสังเคราะห์แสงในอ้อยเมื่ออยู่ภายใต้สภาวะขาดน้ำ โดยพบว่า ปริมาณน้ำตาลซูโครสได้รับผลกระทบเล็กน้อยเมื่ออ้อยเกิดการขาดน้ำไม่รุนแรง ส่วนปริมาณน้ำตาลกลูโคส และฟรุคโตสจะลดลงในช่วงแรกเมื่อพืชขาดน้ำเล็กน้อย และจะเพิ่มขึ้นเมื่อพืชขาดน้ำมากขึ้น

ตารางที่ 8 เปอร์เซ็นต์น้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุกโตสของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ความถี่การให้น้ำในการทดลองที่ 1

พันธุ์	ความถี่การให้น้ำ	การทดลองที่ 1		
		ซูโครส (%)	กลูโคส (%)	ฟรุกโตส (%)
SW1001		5.80 c ¹	1.94 c	1.37 c
SW1002		6.18 b	2.51 b	1.62 b
SW1005		7.14 a	2.61 a	1.78 a
SW1008		5.04 d	1.64 d	1.29 d
	7 วัน	7.44 a	1.85 c	1.07 d
	10 วัน	6.61 b	2.16 b	1.41 c
	14 วัน	5.96 c	2.17 b	1.58 b
	21 วัน	4.14 d	2.53 a	1.99 a
เฉลี่ย		6.04	2.18	1.51
C.V.(%)	พันธุ์	1.20	2.62	5.54
	ความถี่การให้น้ำ	1.05	4.00	4.92
LSD0.05	พันธุ์	0.06 **	0.05 **	0.07 **
	ความถี่การให้น้ำ	0.51 **	0.19 **	0.29 **
	พันธุ์ x ความถี่การให้น้ำ	0.09 **	0.12 **	0.11 **

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

¹ ตัวเลขที่มีอักษรต่างกันกำกับในแนวดิ่ง หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Fisher's LSD



ภาพที่ 11 กราฟแสดง interaction ระหว่างพันธุ์และความถี่การให้น้ำต่อเปอร์เซ็นต์น้ำตาลซูโครส กลูโคส และ ฟรุกติโดส ในการทดลองที่ 1 ณ สถานีวิจัยเขาคันทรง อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา

9. ผลผลิตเอทานอล (ลิตร/ไร่)

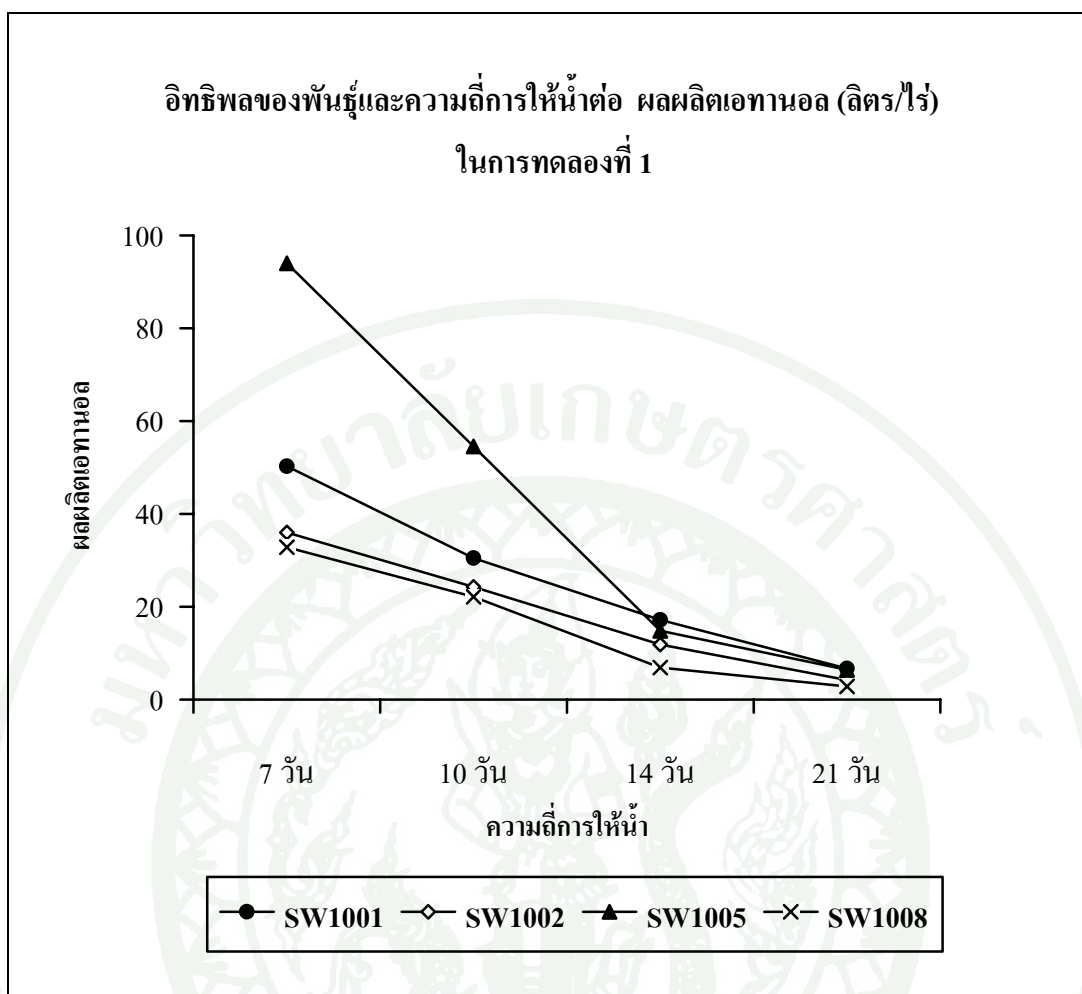
ผลผลิตเอทานอล (ลิตรต่อไร่) ของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ แสดงในตารางที่ 9 จากการทดลองพบว่า ผลผลิตเอทานอลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในเรื่องของพันธุ์ ความถี่การให้น้ำ และ interaction ($P < 0.01$) โดยมีผลผลิตเอทานอลเฉลี่ยเท่ากับ 25.96 ลิตรต่อไร่ พันธุ์ SW1005 ให้ผลผลิตเอทานอลมากที่สุดเท่ากับ 42.41 ลิตรต่อไร่ รองลงมาคือ พันธุ์ SW1001, SW1002 และ SW1008 มีผลผลิตเอทานอลเท่ากับ 26.16, 19.08 และ 16.16 ลิตรต่อไร่ ตามลำดับ ในเรื่องของความถี่การให้น้ำ พบว่า การให้น้ำทุก 7 วัน มีผลผลิตเอทานอลมากที่สุด คือ 53.29 ลิตรต่อไร่ และให้ผลผลิตที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการให้น้ำทุก 10, 14 และ 21 วัน ซึ่งมีผลผลิตเอทานอลเท่ากับ 32.86, 12.65 และ 5.02 ลิตรต่อไร่ ตามลำดับ สำหรับ interaction แสดงในภาพที่ 12 พบว่า ข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ เมื่อได้รับน้ำในระดับความถี่ที่เพิ่มขึ้นจะมีแนวโน้มของผลผลิตเอทานอลเพิ่มขึ้นและให้ผลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับข้าวฟ่างหวานที่ได้รับน้ำในระดับความถี่ที่ลดน้อยลง คือ พันธุ์ SW1005 ที่ได้รับความถี่การให้น้ำทุก 7 วัน มีผลผลิตเอทานอลมากที่สุดเท่ากับ 94.02 ลิตรต่อไร่ แต่เมื่อพันธุ์ SW1005 ได้รับความถี่การให้น้ำทุก 21 วัน จะมีผลผลิตเอทานอลลดน้อยลง คือ มีค่าเท่ากับ 6.41 ลิตรต่อไร่

ตารางที่ 9 ผลผลิตเอทานอลของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ความถี่การให้น้ำในการทดลองที่ 1

พันธุ์	ความถี่การให้น้ำ	การทดลองที่ 1
		ผลผลิตเอทานอล (ลิตร/ไร่)
SW1001		26.16 b ¹
SW1002		19.08 c
SW1005		42.41 a
SW1008		16.16 d
	7 วัน	53.29 a
	10 วัน	32.86 b
	14 วัน	12.65 c
	21 วัน	5.02 d
เฉลี่ย		25.96
C.V.(%)	พันธุ์	11.58
	ความถี่การให้น้ำ	10.87
LSD0.05	พันธุ์	2.40 **
	ความถี่การให้น้ำ	20.39 **
	พันธุ์ x ความถี่การให้น้ำ	4.05 **

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

¹ ตัวเลขที่มีอักษรต่างกันกำกับในแนวดิ่ง หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Fisher's LSD



ภาพที่ 12 กราฟแสดง interaction ระหว่างพันธุ์และความถี่การให้น้ำต่อผลผลิตเอทานอล ในการทดลองที่ 1 ณ สถานีวิจัยเขาคันทรง อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา

การทดลองที่ 2

การเจริญเติบโต

10. อายุออกดอก 50% (วัน)

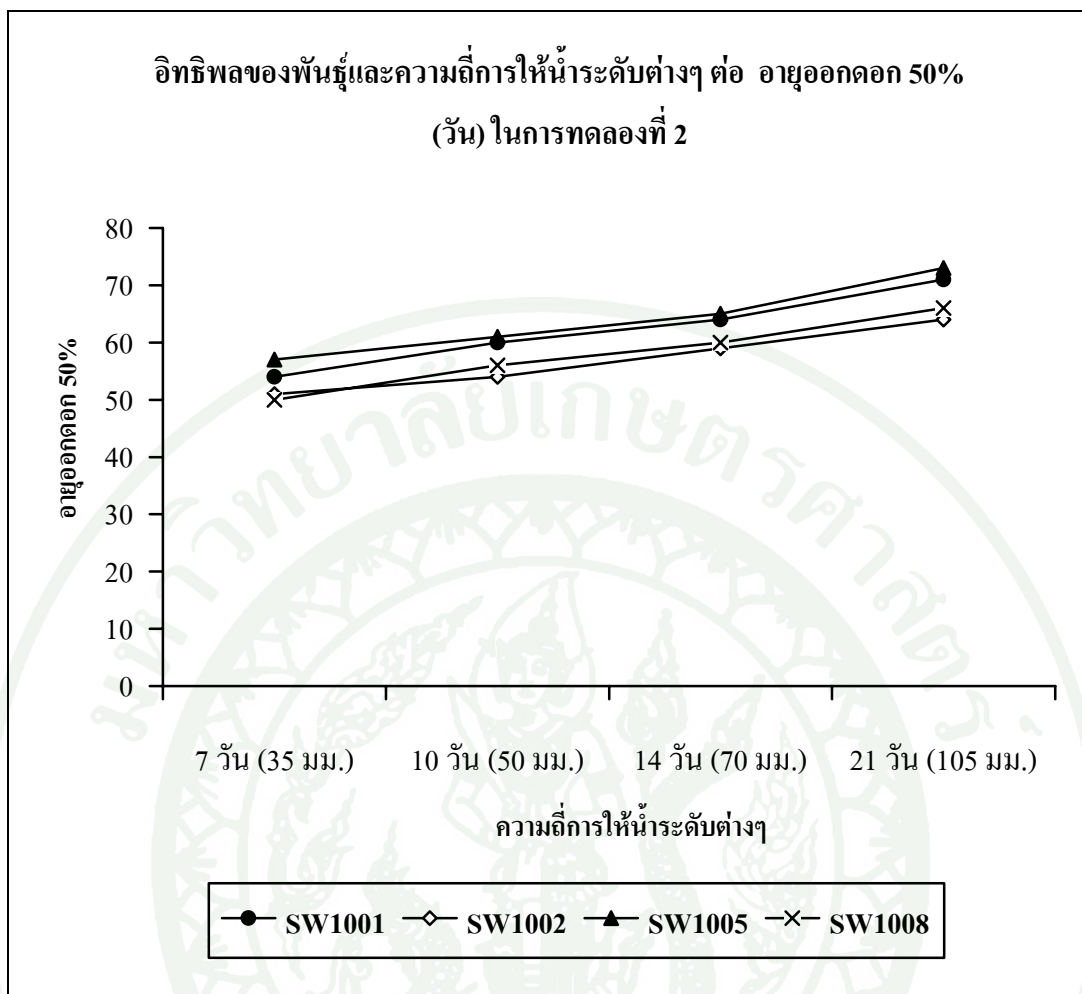
อายุออกดอก 50% (วัน) ของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ความถี่การให้น้ำ 4 ระดับ ได้แก่ ให้น้ำทุก 7 วัน, 10 วัน, 14 วัน และ 21 วัน ซึ่งมีปริมาณการให้น้ำที่ต่างกัน คือ 35, 50, 70 และ 105 มิลลิเมตร ในการทดลองที่ 2 (พ.ย.-มิ.ค. 52) แสดงในตารางที่ 10 จากการทดลองพบว่า อายุออกดอก 50% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 60 วัน โดยพันธุ์ที่มีอายุออกดอก 50% มากที่สุด คือ พันธุ์ SW1008 มีอายุออกดอก 50% เท่ากับ 68 วัน รองลงมาคือ พันธุ์ SW1005 และ SW1001 มีค่าเท่ากับ 64 และ 62 วัน ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ที่มีอายุออกดอก 50% น้อยที่สุด คือ SW1002 มีค่าเท่ากับ 57 วัน ในเรื่องของความถี่การให้น้ำ พบว่า การให้น้ำทุก 21 วัน มีอายุออกดอก 50% มากที่สุด คือ 68 วัน รองลงมา คือ การให้น้ำทุก 14, 10 และ 7 วัน มีค่าเท่ากับ 62, 58 และ 53 วัน ตามลำดับ สำหรับ interaction แสดงในตารางที่ 13 พบว่า ข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับน้ำในระดับความถี่ที่ลดน้อยลง (ให้น้ำทุก 10, 14 และ 21 วัน) จะมีแนวโน้มของอายุออกดอก 50% ที่มากขึ้น โดยพันธุ์ SW1005 ที่ได้รับน้ำในระดับความถี่ทุก 21 วันจะมีอายุออกดอก 50% มากที่สุดเท่ากับ 73 วัน ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับพันธุ์ SW1005 ที่ได้รับน้ำในระดับความถี่ทุก 14 วันโดยจะมีอายุออกดอก 50% เท่ากับ 65 วัน สอดคล้องกับรายงานของ Curt *et al.* (1995) ที่รายงานว่า การให้น้ำในข้าวฟ่างหวานแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ ให้น้ำ 1 ครั้ง, 2 ครั้ง และ 3 ครั้งต่อสัปดาห์ พบว่า เมื่อเพิ่มความถี่ในการให้น้ำจะมีผลทำให้ความชื้นในดินสูงขึ้น ซึ่งความชื้นในดินจะมีความสัมพันธ์กับอายุออกดอกของข้าวฟ่างหวาน ซึ่งถ้าความชื้นในดินต่ำอายุออกดอก 50% ก็จะออกช้าไปด้วย

ตารางที่ 10 อายุออกดอก 50% ของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ในการทดลองที่ 2

พันธุ์	ความถี่การให้น้ำ	การทดลองที่ 2
		อายุวันออกดอก 50% (วัน)
SW1001		62 c ¹
SW1002		57 d
SW1005		64 b
SW1008		68 a
	7 วัน	53 d
	10 วัน	58 c
	14 วัน	62 b
	21 วัน	68 a
เฉลี่ย		60
C.V.(%)	พันธุ์	1.57
	ความถี่การให้น้ำ	1.77
LSD0.05	พันธุ์	0.75 **
	ความถี่การให้น้ำ	0.76 **
	พันธุ์ x ความถี่การให้น้ำ	1.52 **

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

¹ ตัวเลขที่มีอักษรต่างกันกำกับในแนวนตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Fisher's LSD



ภาพที่ 13 กราฟแสดง interaction ระหว่างพันธุ์และความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ต่ออายุออกดอก 50% ในการทดลองที่ 2 ณ สถานีวิจัยเขาคันทรง อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา

11. ความสูงต้น (เซนติเมตร)

ความสูงต้นของข้าวฟ่างหวานแต่ละพันธุ์จะมีค่าแตกต่างกัน แสดงในตารางที่ 11 พบว่า พันธุ์ที่มีความสูงต้นสูงที่สุด คือ SW1008 มีความสูงต้นเท่ากับ 274 เซนติเมตร รองลงมาคือ พันธุ์ SW1001, SW1005 และ SW1002 มีความสูงต้นเท่ากับ 267, 261 และ 225 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ แตกต่างไปจากงานทดลองของ ชำรง ศิลป และคณะ (2549) ที่รายงานว่า ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ SW1001, SW1002 และ SW1008 มีความสูงต้นเท่ากับ 317, 310 และ 343 เซนติเมตร ตามลำดับ อย่างไรก็ตามความแตกต่างของลักษณะทางพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมในการปลูกที่แตกต่างกันอาจจะมีผลทำให้ข้าวฟ่างหวานมีการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันได้ ในเรื่องของความถี่การให้น้ำ พบว่า การให้น้ำทุก 7 วัน มีความสูงต้นสูงที่สุด คือ 366 เซนติเมตร รองลงมาคือ การให้น้ำทุก 10, 14 และ 21 วัน ซึ่งมีความสูงต้นเท่ากับ 315, 236 และ 140 เซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับ interaction แสดงในภาพที่ 14 พบว่า ข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับน้ำในระดับความถี่ที่เพิ่มขึ้น (ให้น้ำทุก 7 วัน) จะมีแนวโน้มความสูงต้นเพิ่มขึ้นและให้ผลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับข้าวฟ่างหวานที่ได้รับน้ำในระดับความถี่ที่ลดน้อยลง (ให้น้ำทุก 10, 14 และ 21 วัน) โดยพบว่า พันธุ์ SW1008 ที่ได้รับความถี่การให้น้ำทุก 7 วัน มีความสูงต้นมากที่สุดเท่ากับ 380 เซนติเมตร แต่เมื่อพันธุ์ SW1008 ได้รับความถี่การให้น้ำทุก 21 วัน จะมีความสูงต้นลดน้อยลง คือ มีค่าเท่ากับ 149 เซนติเมตร

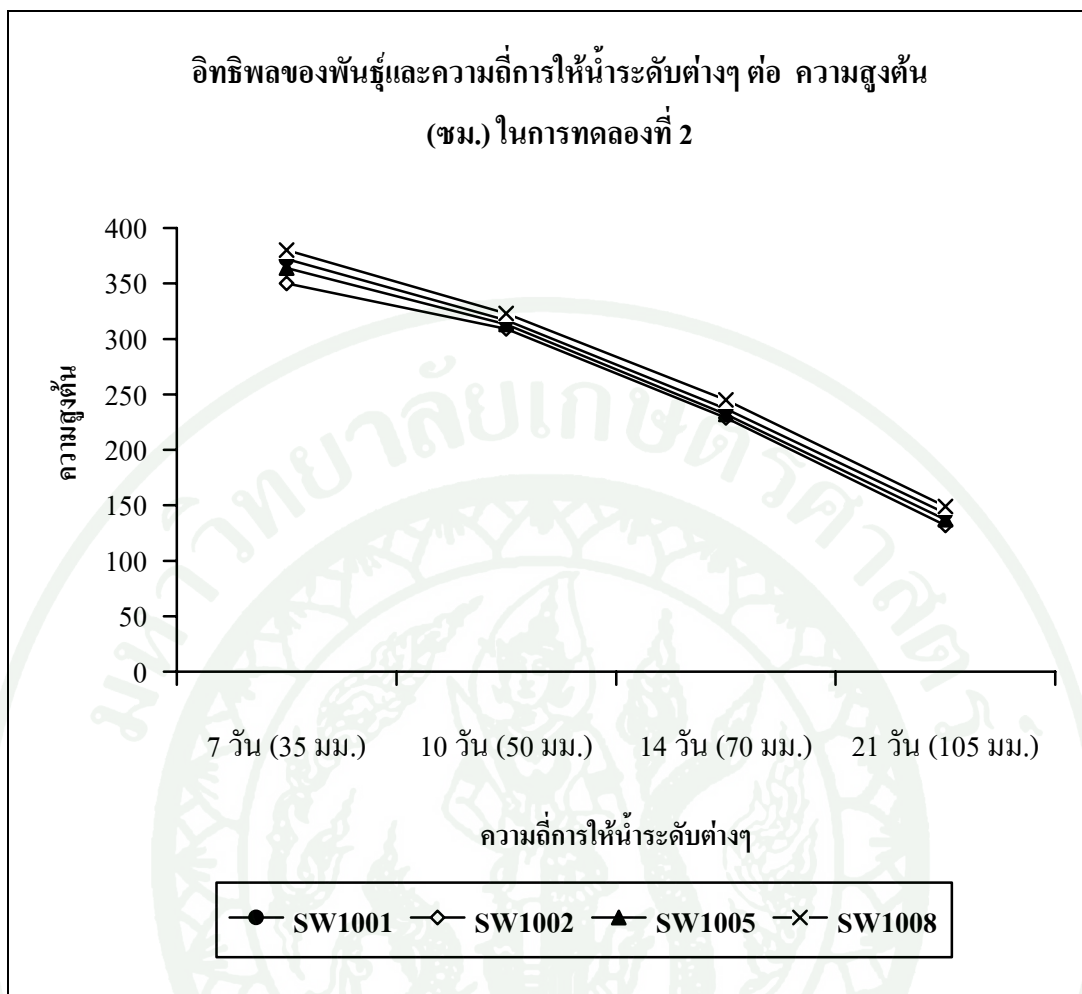
จากการทดลองแสดงให้เห็นถึงการตอบสนองระหว่างพันธุ์ข้าวฟ่างหวานและความถี่การให้น้ำในระดับต่างๆ 4 ระดับ ที่มีต่อความสูงโดยพบว่า การได้รับปัจจัยในการเจริญเติบโตไม่เหมาะสม สอดคล้องกับรายงานของพรพรรณ และ สมยศ (2552) ที่รายงานว่า การขาดน้ำมีผลต่อลักษณะทางสรีรวิทยาของข้าวฟ่างหวาน โดยข้าวฟ่างหวานที่ได้รับการขาดน้ำมีผลทำให้ปริมาณน้ำภายในใบ อัตราการคายน้ำ และ stomatal conductance มีค่าลดลง ซึ่งการลดลงดังกล่าวจะมีผลต่อเนื่องไปถึงอัตราการสังเคราะห์แสง และการเจริญเติบโตของข้าวฟ่างหวานที่ลดลงตามไปด้วย

ตารางที่ 11 ความสูงต้นของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ในการทดลองที่ 2

พันธุ์	ความถี่การให้น้ำ	การทดลองที่ 2
		ความสูงต้น (ซม.)
SW1001		267 b ¹
SW1002		255 d
SW1005		261 c
SW1008		274 a c
	7 วัน	366 a
	10 วัน	315 b
	14 วัน	236 c
	21 วัน	140 d
เฉลี่ย		264
C.V.(%)	พันธุ์	0.58
	ความถี่การให้น้ำ	0.69
LSD0.05	พันธุ์	1.23 **
	ความถี่การให้น้ำ	1.31 **
	พันธุ์ x ความถี่การให้น้ำ	2.62 **

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

¹ ตัวเลขที่มีอักษรต่างกันกำกับในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Fisher's LSD



ภาพที่ 14 กราฟแสดง interaction ระหว่างพันธุ์และความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ต่อความสูงต้น
ในการทดลองที่ 2 ณ สถานีวิจัยเขาคันทรง อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา

12. น้ำหนักต้นสด (กิโลกรัม/ไร่)

น้ำหนักต้นสดของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ความถี่การให้น้ำแตกต่างกัน 4 ระดับ แสดงในตารางที่ 12 พบว่า น้ำหนักต้นสดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3910 กิโลกรัม/ไร่ โดยพันธุ์ SW1001 ให้น้ำหนักต้นสดมากที่สุดเท่ากับ 5253 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับพันธุ์ SW1005 SW1002 และ SW1008 โดยมีน้ำหนักต้นสดเท่ากับ 3582, 3471 และ 3333

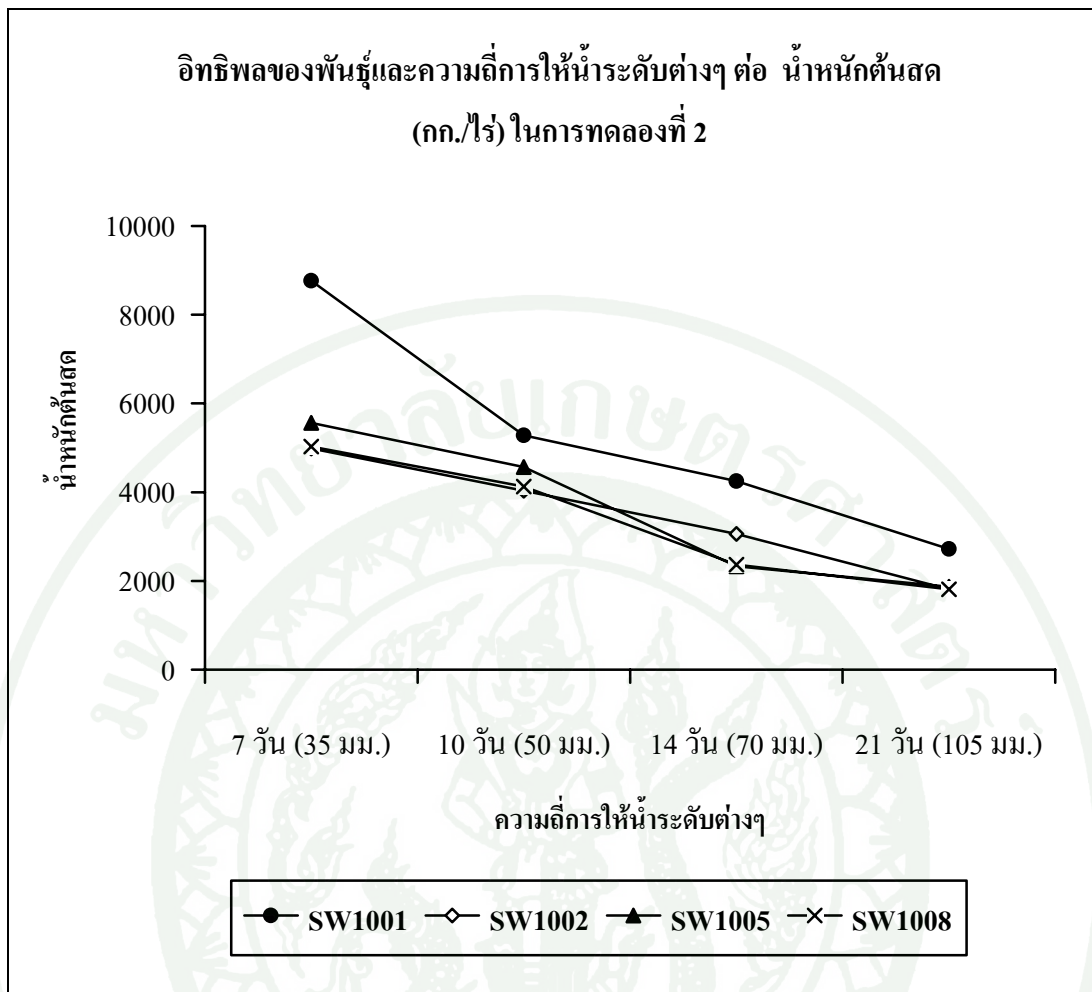
กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ในเรื่องความถี่การให้น้ำ พบว่า การให้น้ำที่ระดับความถี่ทุก 7 วัน จะมีน้ำหนักต้นสดสูงที่สุดคือ 6084 กิโลกรัม/ไร่ รองลงมาคือ ให้น้ำทุก 10 วัน, 14 วัน และ 21 วัน เท่ากับ 4502, 3000 และ 2053 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับ interaction แสดงในภาพที่ 15 พบว่า ข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ เมื่อได้รับความถี่การให้น้ำเพิ่มขึ้นจะมีแนวโน้มของน้ำหนักต้นสดเพิ่มขึ้น โดยพันธุ์ SW1001 การให้น้ำที่ระดับความถี่ทุก 7 วัน จะให้น้ำหนักต้นสดมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 8764 กิโลกรัม/ไร่ และให้ผลที่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับน้ำในระดับความถี่ที่ลดน้อยลง (ทุก 10, 14 และ 21 วัน) สอดคล้องกับรายงานของวัชรพงศ์ และ สมยศ (2551) ที่รายงานว่า การให้น้ำจะมีผลทำให้ผลผลิตของข้าวฟ่างหวานแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยข้าวฟ่างหวานที่เจริญเติบโตภายใต้การให้น้ำที่มีความถี่มากที่สุด (ทุก 3 วัน) จะมีน้ำหนักต้นแห้งและผลผลิตน้ำหนักต้นสดเพิ่มขึ้น ส่วนข้าวฟ่างหวานที่เจริญเติบโตภายใต้การให้น้ำที่มีความถี่ที่น้อยที่สุด (ทุก 15 วัน) จะมีน้ำหนักต้นแห้งและผลผลิตน้ำหนักต้นสดลดลง

ตารางที่ 12 น้ำหนักต้นสดของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ใน
การทดลองที่ 2

พันธุ์	ความถี่การให้น้ำ	การทดลองที่ 2
		น้ำหนักต้นสด (กก./ไร่)
SW1001		5,253 a ¹
SW1002		3,471 b
SW1005		3,582 b
SW1008		3,333 c
	7 วัน	6,084 a
	10 วัน	4,502 b
	14 วัน	3,000 c
	21 วัน	2,053 d
เฉลี่ย		3,910
C.V.(%)	พันธุ์	4.31
	ความถี่การให้น้ำ	4.39
LSD0.05	พันธุ์	134.82 **
	ความถี่การให้น้ำ	122.94 **
	พันธุ์ x ความถี่การให้น้ำ	245.88 **

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

¹ ตัวเลขที่มีอักษรต่างกันกำกับในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Fisher's LSD



ภาพที่ 15 กราฟแสดง interaction ระหว่างพันธุ์และความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ต่อน้ำหนักต้นสด ในการทดลองที่ 2 ณ สถานีวิจัยเขาคันทรง อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา

13. ปริมาณน้ำคั้น (กิโกรัมต่อไร่)

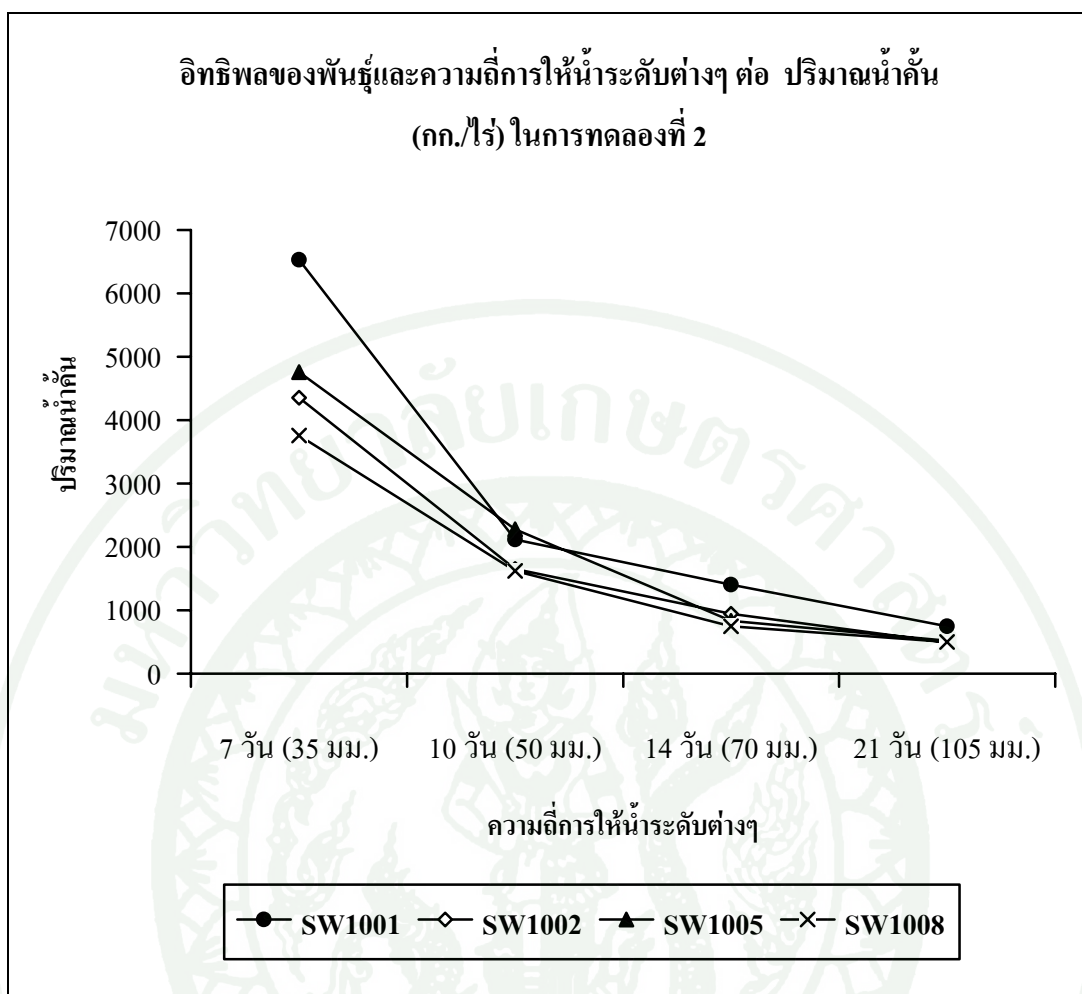
ปริมาณน้ำคั้นของพันธุ์ข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์จะแตกต่างกัน แสดงในตารางที่ 13 จากการทดลองพบว่า ปริมาณน้ำคั้นเฉลี่ยเท่ากับ 2078 กิโกรัมต่อไร่ โดยพันธุ์ SW1001 ให้ปริมาณน้ำคั้นมากที่สุดเท่ากับ 2699 กิโกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ พันธุ์ SW1005, SW1002 และ SW1008 มีปริมาณน้ำคั้น เท่ากับ 2097, 1859 และ 1656 กิโกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในเรื่องความถี่การให้น้ำ พบว่า การให้น้ำที่ระดับความถี่ทุก 7 วัน มีปริมาณน้ำคั้นสูงที่สุดคือ 4850 กิโกรัม/ไร่ รองลงมาคือ ให้น้ำทุก 10 วัน, 14 วัน และ 21 วัน เท่ากับ 1916, 981 และ 564 กิโกรัม/ไร่ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วน interaction แสดงในภาพที่ 16 พบว่า ข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับน้ำในระดับความถี่ที่เพิ่มขึ้น (การให้น้ำที่ระดับความถี่ทุก 7 วัน) จะมีแนวโน้มของปริมาณน้ำคั้นที่สูงขึ้น โดยพันธุ์ SW1001 ที่ได้รับความถี่การให้น้ำทุก 7 วัน จะมีปริมาณน้ำคั้นสูงที่สุดเท่ากับ 6532 กิโกรัม/ไร่ รองลงมาคือ พันธุ์ SW1005 ที่ได้รับความถี่การให้น้ำทุก 7 วัน มีปริมาณน้ำคั้นเท่ากับ 5565 กิโกรัม/ไร่ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 13 ปริมาณน้ำคั้นของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ใน การทดลองที่ 2

พันธุ์	ความถี่การให้น้ำ	การทดลองที่ 2
		ปริมาณน้ำคั้น (กก./ไร่)
SW1001		2,699 a ¹
SW1002		1,859 c
SW1005		2,097 b
SW1008		1,656 d
	7 วัน	4,850 a
	10 วัน	1,916 b
	14 วัน	981 c
	21 วัน	564 d
เฉลี่ย		2,078
C.V.(%)	พันธุ์	10.33
	ความถี่การให้น้ำ	11.64
LSD0.05	พันธุ์	171.71 **
	ความถี่การให้น้ำ	173.31 **
	พันธุ์ x ความถี่การให้น้ำ	346.63 **

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

¹ ตัวเลขที่มีอักษรต่างกันกำกับในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Fisher's LSD



ภาพที่ 16 กราฟแสดง interaction ระหว่างพันธุ์และความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ต่อปริมาณน้ำคั้น
ในการทดลองที่ 2 ณ สถานีวิจัยเขาคันทรง อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา

14. ปริมาณน้ำคั่นต่อน้ำหนักต้นสด 1 ต้น (กิโลกรัม)

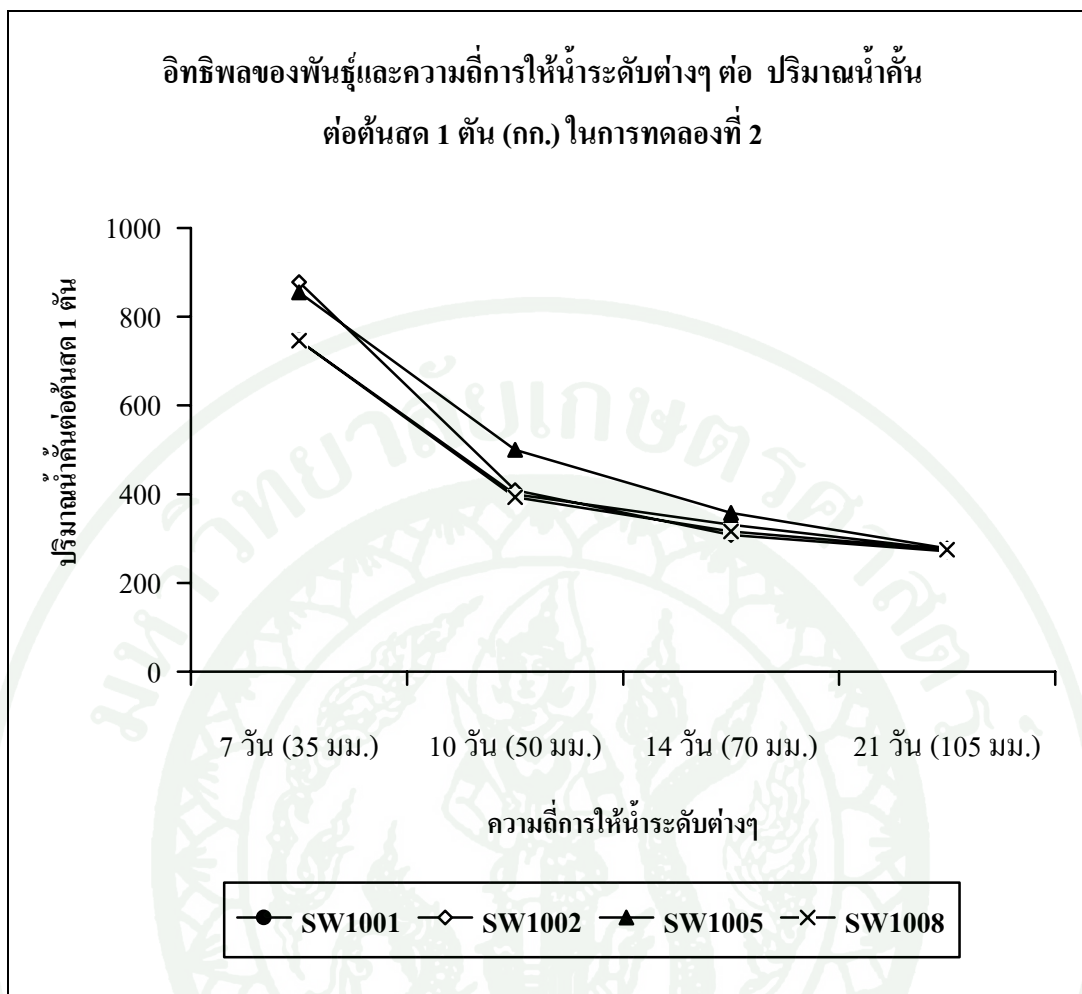
ปริมาณน้ำคั่นต่อน้ำหนักต้นสด 1 ต้น ในการทดลองที่ 2 มีความแตกต่างกัน แสดงในตารางที่ 14 พบว่า ปริมาณน้ำคั่นต่อน้ำหนักต้นสด 1 ต้น เฉลี่ยเท่ากับ 485 กิโลกรัม โดย พันธุ์ SW1005 ให้ปริมาณน้ำคั่นต่อน้ำหนักต้นสด 1 ต้น มากที่สุดเท่ากับ 498 กิโลกรัม ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับพันธุ์ SW1002, SW1001 และ SW1008 โดยมีปริมาณน้ำคั่นต่อน้ำหนักต้นสด 1 ต้น เท่ากับ 466, 438 และ 432 กิโลกรัม ตามลำดับ ในเรื่องความถี่การให้น้ำ พบว่า ให้น้ำทุก 7 วัน มีปริมาณน้ำคั่นต่อน้ำหนักต้นสด 1 ต้น สูงที่สุดคือ 806 กิโลกรัม รองลงมา คือ ให้น้ำทุก 10 วัน, 14 วัน และ 21 วัน เท่ากับ 425, 328 และ 275 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ส่วน interaction แสดงในภาพที่ 17 พบว่า ข้าวฟ่างหวาน ทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับน้ำในระดับความถี่ที่เพิ่มขึ้น (ให้น้ำทุก 7 วัน) จะมีแนวโน้มของปริมาณน้ำคั่นต่อน้ำหนักต้นสด 1 ต้น ที่สูงขึ้น โดยพันธุ์ SW1005 ที่ได้รับความถี่การให้น้ำทุก 7 วัน จะมีปริมาณน้ำคั่นต่อน้ำหนักต้นสด 1 ต้น สูงที่สุดเท่ากับ 855 กิโลกรัม ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ กับพันธุ์ SW1001 และพันธุ์ SW1008 โดยทั้ง 2 พันธุ์ดังกล่าวเมื่อได้รับความถี่การให้น้ำทุก 7 วัน จะมีปริมาณน้ำคั่นต่อน้ำหนักต้นสด 1 ต้น เท่ากับ 746 กิโลกรัม

ตารางที่ 14 ปริมาณน้ำคั่นต่อน้ำหนักต้นสด 1 ต้น ของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ในการทดลองที่ 2

พันธุ์	ความถี่การให้น้ำ	การทดลองที่ 2
		ปริมาณน้ำคั่นต่อน้ำหนักต้นสด 1 ต้น (กก.)
SW1001		438 bc ¹
SW1002		466 b
SW1005		498 a
SW1008		432 c
	7 วัน	806 a
	10 วัน	425 b
	14 วัน	328 c
	21 วัน	275 d
เฉลี่ย		485
C.V.(%)	พันธุ์	7.83
	ความถี่การให้น้ำ	9.19
LSD0.05	พันธุ์	28.73 **
	ความถี่การให้น้ำ	30.22 **
	พันธุ์ x ความถี่การให้น้ำ	60.45 **

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

¹ ตัวเลขที่มีอักษรต่างกันกำกับในแนวดิ่ง หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Fisher's LSD



ภาพที่ 17 กราฟแสดง interaction ระหว่างพันธุ์และความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ต่อปริมาณน้ำคั้นต่อต้นสด 1 ต้น ในการทดลองที่ 2 ณ สถานีวิจัยเขาคันทรง อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา

องค์ประกอบทางเคมี และผลผลิตเอทานอล

15. ค่าความหวาน (%บริกซ์)

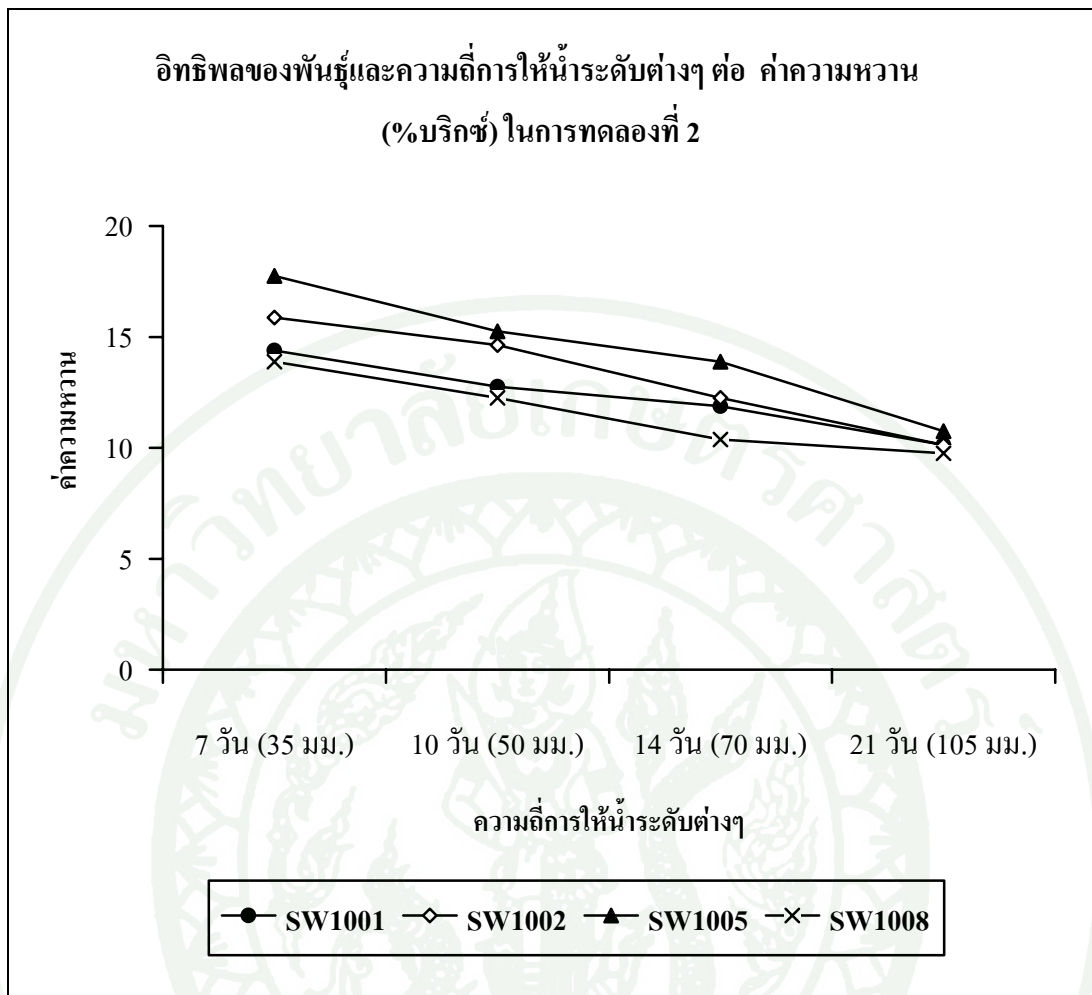
ค่าความหวานของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ให้ค่าที่แตกต่างกัน แสดงในตารางที่ 15 พบว่า พันธุ์ SW1005 มีค่าความหวานมากที่สุดคือ 14.41 %บริกซ์ โดยมีค่าความหวานแตกต่างกันทางสถิติกับพันธุ์ SW1002, SW1001 และ SW1008 ในเรื่องของความถี่การให้น้ำนั้น พบว่า การให้น้ำทุก 7 วัน มีค่าความหวานมากที่สุด เท่ากับ 15.47 %บริกซ์ รองลงมาคือ การให้น้ำทุก 10, 14 และ 21 วัน สำหรับ interaction แสดงในภาพที่ 18 พบว่า ข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ เมื่อได้รับความถี่การให้น้ำที่เพิ่มขึ้นจะมีแนวโน้มของค่าความหวานเพิ่มขึ้น (ให้น้ำทุก 7 วัน) และให้ผลที่แตกต่างกันทางสถิติกับข้าวฟ่างหวานที่ได้รับน้ำในระดับความถี่ที่ลดน้อยลง โดยพันธุ์ SW1005 ที่ได้รับความถี่การให้น้ำทุก 7 วัน จะมีค่าความหวานมากที่สุดเท่ากับ 17.75 %บริกซ์ รองลงมาคือ พันธุ์ SW1002 ที่ได้รับความถี่การให้น้ำทุก 7 วัน จะมีค่าความหวานเท่ากับ 15.88 %บริกซ์ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ สอดคล้องกับรายงานของ Curt *et al.* (1995) รายงานว่า ระยะเวลาการหยุดให้น้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของข้าวฟ่างหวาน โดยคุณสมบัติเคมีของน้ำตาลภายในต้นข้าวฟ่างหวานจะได้รับผลกระทบเล็กน้อยจากการขาดน้ำไม่รุนแรง (ให้น้ำ 1 ครั้งต่อสัปดาห์) และปริมาณน้ำตาลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมีการให้น้ำที่ความถี่เพิ่มขึ้น (ให้น้ำ 3 ครั้งต่อสัปดาห์)

ตารางที่ 15 ค่าความหวานของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ใน
การทดลองที่ 2

พันธุ์	ความถี่การให้น้ำ	การทดลองที่ 2
		ค่าความหวาน (%บrix)
SW1001		12.28 c ¹
SW1002		13.22 b
SW1005		14.41 a
SW1008		11.56 d
	7 วัน	15.47 a
	10 วัน	13.72 b
	14 วัน	12.09 c
	21 วัน	10.19 d
เฉลี่ย		12.87
C.V.(%)	พันธุ์	3.04
	ความถี่การให้น้ำ	2.09
LSD0.05	พันธุ์	0.31 **
	ความถี่การให้น้ำ	1.06 **
	พันธุ์ x ความถี่การให้น้ำ	0.39 **

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

¹ ตัวเลขที่มีอักษรต่างกันกำกับในแนวดิ่ง หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Fisher's LSD



ภาพที่ 18 กราฟแสดง interaction ระหว่างพันธุ์และความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ต่อค่าความหวาน
ในการทดลองที่ 2 ณ สถานีวิจัยเขาคันทรง อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา

16. เปอร์เซ็นต์น้ำตาลทั้งหมด (%)

เปอร์เซ็นต์น้ำตาลทั้งหมด ของข้าวฟ่างหวานแต่ละพันธุ์จะมีค่าแตกต่างกัน แสดงในตารางที่ 16 พบว่า พันธุ์ SW1005 มีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลทั้งหมด มากที่สุดคือ 15.31 % รองลงมาคือ พันธุ์ SW1002, SW1001 และ SW1008 เท่ากับ 13.18, 11.25 และ 10.16 % ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในเรื่องของความถี่การให้น้ำ พบว่า การให้น้ำทุก 7 วัน มีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลทั้งหมดมากที่สุดเท่ากับ 13.51 % รองลงมาคือ การให้น้ำทุก 10, 14 และ 21 วัน ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลทั้งหมดเท่ากับ 12.85, 11.94 และ 11.61 % ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในส่วน interaction แสดงในภาพที่ 19 พบว่า ข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับน้ำในระดับความถี่ที่เพิ่มขึ้น (ให้น้ำทุก 7 วัน) จะมีแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์น้ำตาลทั้งหมดมากขึ้น โดยพันธุ์ SW1005 ที่ได้รับความถี่การให้น้ำทุก 7 วัน จะมีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลทั้งหมดมากที่สุดเท่ากับ 16.57 % รองลงมาคือ พันธุ์ SW1005 ที่ได้รับความถี่การให้น้ำทุก 10 วัน มีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลทั้งหมด เท่ากับ 15.67 % ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

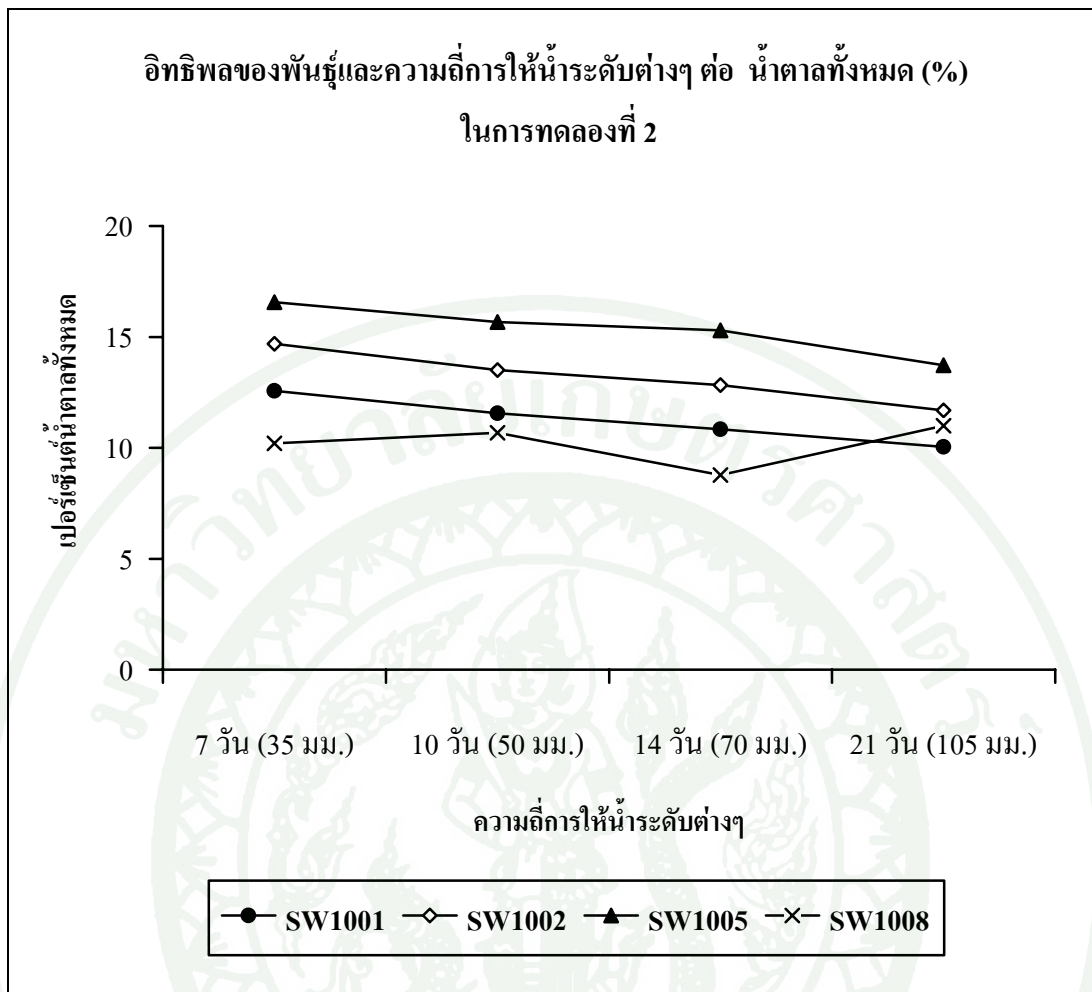
จากการทดลองพบว่าเมื่อข้าวฟ่างหวานได้รับความถี่การให้น้ำในระดับที่แตกต่างกัน ปริมาณการสะสมน้ำตาล (เปอร์เซ็นต์น้ำตาลทั้งหมด) จะมีค่าแตกต่างกัน น่าจะเป็นผลมาจากเมื่อพืชพบกับสภาพการขาดน้ำ พืชจะลดกิจกรรมในการสังเคราะห์แสงลงเนื่องจากการปิดปากใบ มีผลทำให้ได้น้ำตาลจากกระบวนการสังเคราะห์แสงลดลง และเมื่อระยะเวลาการขาดน้ำเพิ่มขึ้นพืชจะนำน้ำตาลที่เก็บสะสมไว้มาใช้ในการรักษาสภาพของเซลล์ให้สามารถอยู่ในสภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตเปอร์เซ็นต์น้ำตาลทั้งหมดที่ได้จึงลดลง

ตารางที่ 16 เปอร์เซ็นต์น้ำตาลทั้งหมด ของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ในการทดลองที่ 2

พันธุ์	ความถี่การให้น้ำ	การทดลองที่ 2
		น้ำตาลทั้งหมด (%)
SW1001		11.25 c ¹
SW1002		13.18 b
SW1005		15.31 a
SW1008		10.16 d
	7 วัน	13.51 a
	10 วัน	12.85 b
	14 วัน	11.94 c
	21 วัน	11.61 d
เฉลี่ย		12.48
C.V.(%)	พันธุ์	1.75
	ความถี่การให้น้ำ	1.56
LSD0.05	พันธุ์	0.18 **
	ความถี่การให้น้ำ	1.34 **
	พันธุ์ x ความถี่การให้น้ำ	0.28 **

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

¹ ตัวเลขที่มีอักษรต่างกันกำกับในแนวดิ่ง หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Fisher's LSD



ภาพที่ 19 กราฟแสดง interaction ระหว่างพันธุ์และความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ต่อเปอร์เซ็นต์ น้ำตาลทั้งหมดในการทดลองที่2 ณ สถานีวิจัยเขานินซ็อน อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา

17. เปอร์เซ็นต์น้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุคโตส (%)

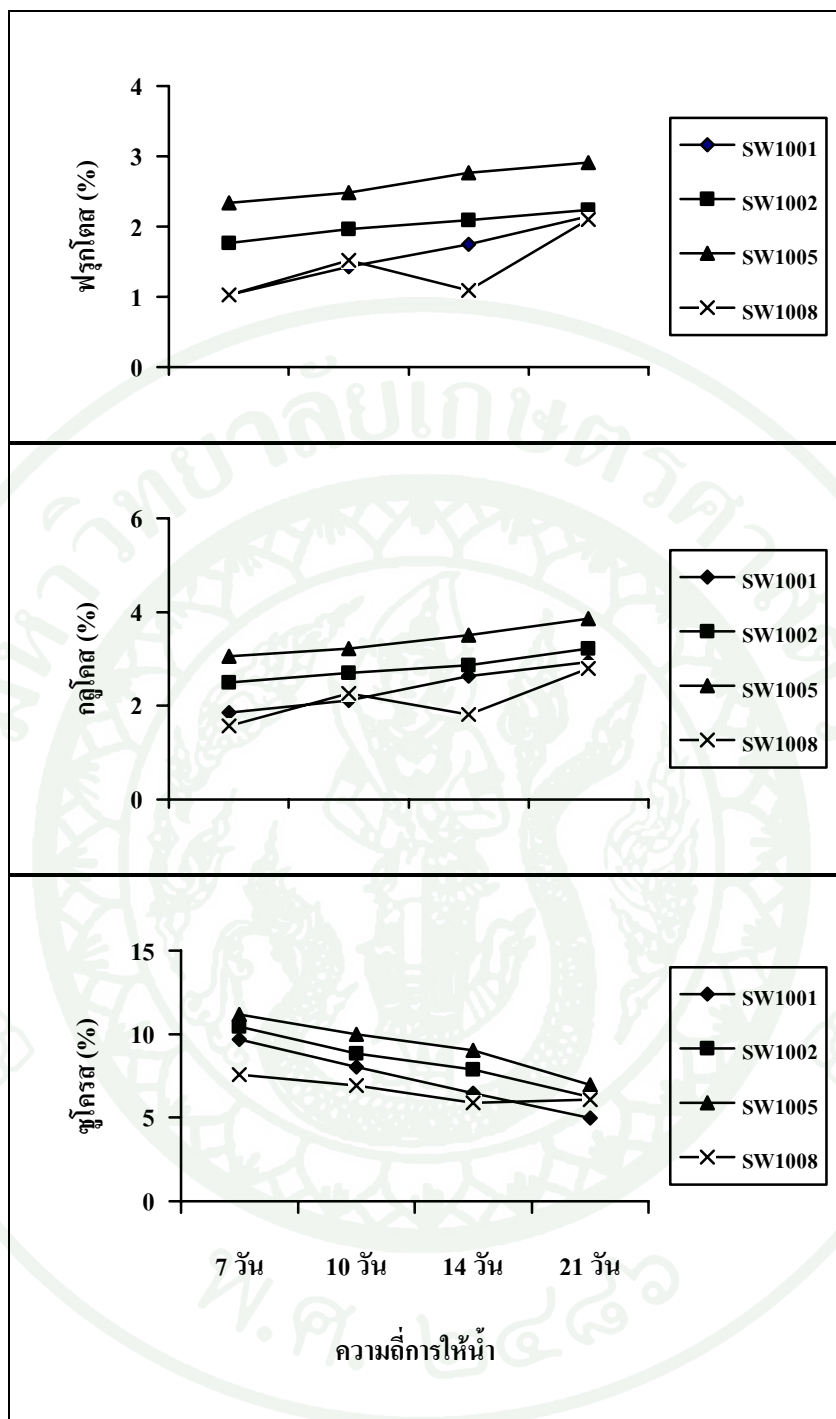
เปอร์เซ็นต์น้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุคโตส ของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ความถี่การให้น้ำแตกต่างกัน 4 ระดับ แสดงในตารางที่ 17 พบว่า เปอร์เซ็นต์น้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุคโตส มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในเรื่องของพันธุ์ ความถี่การให้น้ำ และ interaction โดยมีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุคโตส เฉลี่ย 7.88, 2.68 และ 1.91 % ตามลำดับ พันธุ์ SW1005 มีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุคโตส มากที่สุดคือ 9.28, 3.41 และ 2.62 % ตามลำดับ โดยมีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุคโตส แตกต่างกันทางสถิติกับพันธุ์ SW1002, SW1001 และ SW1008 ในเรื่องของความถี่การให้น้ำ พบว่า การให้น้ำทุก 7 วัน มีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลซูโครส มากที่สุด คือ 9.72 % แต่สำหรับเปอร์เซ็นต์น้ำตาลกลูโคส และฟรุคโตสนั้น พบว่า มีมากที่สุดในการให้น้ำทุก 21 วัน คือ 3.20 และ 2.35 % ตามลำดับ สำหรับ interaction แสดงในภาพที่ 20 พบว่า ข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ เมื่อได้รับน้ำในระดับความถี่ที่ลดลง (ให้น้ำทุก 10, 14 และ 21 วัน) จะมีแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์น้ำตาลกลูโคสและฟรุคโตสเพิ่มขึ้น แต่เปอร์เซ็นต์น้ำตาลซูโครสจะลดลง และให้ผลที่แตกต่างทางสถิติกับข้าวฟ่างหวานที่ได้รับน้ำในระดับความถี่ที่เพิ่มขึ้น โดยพันธุ์ SW1005 ที่ได้รับความถี่การให้น้ำทุก 21 วัน จะมีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลกลูโคสและฟรุคโตสมากที่สุดเท่ากับ 3.86 และ 2.91 % ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์น้ำตาลซูโครสกลับพบว่า พันธุ์ SW1005 ที่ได้รับความถี่การให้น้ำทุก 21 วัน จะมีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลซูโครสมีแนวโน้มลดลงคือ มีค่าเท่ากับ 6.95 % ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติสอดคล้องกับงานทดลองของ Koehler *et al.* (1982) รายงานว่า เมื่ออ้อยขาดน้ำปริมาณของ reducing sugar ได้แก่ น้ำตาลกลูโคสและฟรุคโตสจะเพิ่มขึ้นมากกว่า 2 เท่าตัว ส่วนน้ำตาลซูโครสไม่เปลี่ยนแปลงมากนักแต่มีแนวโน้มลดลง

ตารางที่ 17 เปอร์เซ็นต์น้ำตาลซูโครสของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ในการทดลองที่ 2

พันธุ์	ความถี่การให้น้ำ	การทดลองที่ 2		
		ซูโครส	กลูโคส	ฟรุคโตส
		(%)	(%)	(%)
SW1001		7.28 c ¹	2.38 c	1.59 c
SW1002		8.35 b	2.82 b	2.01 b
SW1005		9.28 a	3.41 a	2.62 a
SW1008		6.62 d	2.11 d	1.43 d
	7 วัน	9.72 a	2.24 d	1.54 d
	10 วัน	8.44 b	2.57 c	1.84 c
	14 วัน	7.31 c	2.70 b	1.92 b
	21 วัน	6.06 d	3.20 a	2.35 a
เฉลี่ย		7.88	2.68	1.91
C.V.(%)	พันธุ์	2.37	1.65	2.60
	ความถี่การให้น้ำ	2.37	2.18	2.93
LSD0.05	พันธุ์	0.15 **	0.04 **	0.04 **
	ความถี่การให้น้ำ	1.03 **	0.31 **	0.34 **
	พันธุ์ x ความถี่การให้น้ำ	0.27 **	0.08 **	0.08 **

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

¹ ตัวเลขที่มีอักษรต่างกันกำกับในแนวนอง หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Fisher's LSD



ภาพที่ 20 กราฟแสดง interaction ระหว่างพันธุ์และความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ต่อเปอร์เซ็นต์น้ำตาลซูโครส กลูโคส และ ฟรุคโตส ในการทดลองที่ 2 ณ สถานีวิจัยหิโนฮอน
อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา

18. ผลผลิตเอทานอล (ลิตร/ไร่)

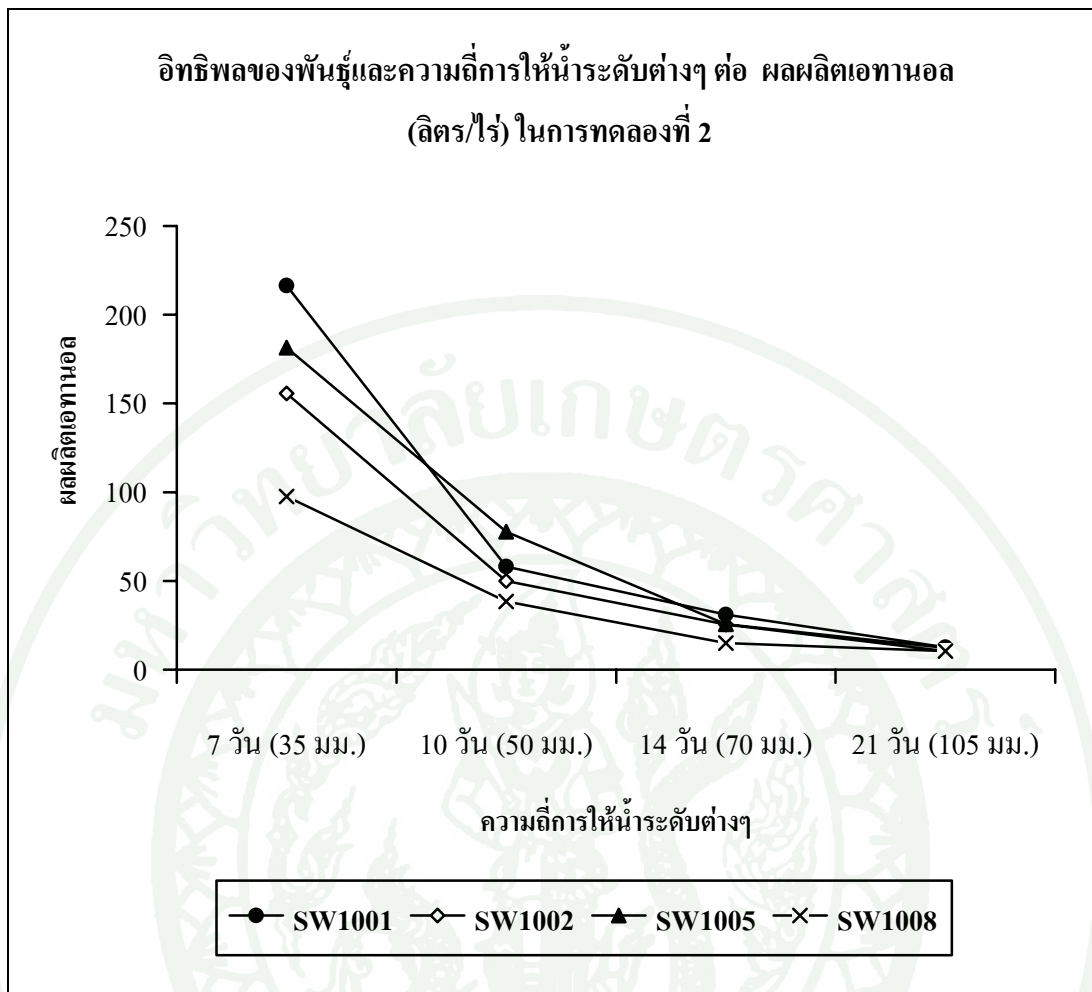
ผลผลิตเอทานอล ของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ความถี่การให้น้ำต่างกัน 4 ระดับ แสดงในตารางที่ 18 จากการทดลอง พบว่า ผลผลิตเอทานอลมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 63.51 ลิตร/ไร่ โดย พันธุ์ SW1001 ให้ผลผลิตเอทานอลมากที่สุดเท่ากับ 79.57 ลิตร/ไร่ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับพันธุ์ SW1005 ที่ให้ผลผลิตเอทานอลเท่ากับ 74.31 ลิตร/ไร่ ในเรื่องความถี่การให้น้ำ พบว่า ให้น้ำทุก 7 วัน มีผลผลิตเอทานอลมากที่สุดเท่ากับ 162.82 ลิตร/ไร่ รองลงมาคือ ให้น้ำทุก 10 วัน, 14 วัน และ 21 วัน ให้ผลผลิตเอทานอลเท่ากับ 56.05, 24.28 และ 11.47 ลิตร/ไร่ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ส่วน interaction แสดงในภาพที่ 21 พบว่า ข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับน้ำในระดับความถี่ที่เพิ่มขึ้น (ให้น้ำทุก 7 วัน) จะมีแนวโน้มของผลผลิตเอทานอลที่สูงขึ้น โดยพันธุ์ SW1001 ที่ได้รับความถี่การให้น้ำทุก 7 วัน จะมีผลผลิตเอทานอลสูงที่สุดเท่ากับ 216.43 ลิตร/ไร่ รองลงมาคือ พันธุ์ SW1005 ที่ได้รับความถี่การให้น้ำทุก 7 วัน, พันธุ์ SW1002 ที่ได้รับความถี่การให้น้ำทุก 7 วัน และพันธุ์ SW1008 ที่ได้รับความถี่การให้น้ำทุก 7 วัน มีผลผลิตเอทานอลเท่ากับ 181.50, 155.73 และ 97.61 ลิตร/ไร่ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติสอดคล้องกับการทดลองของ Sakellariou-Makrantonaki *et al.* (2007) รายงานว่า ผลผลิตเอทานอลจะมีค่าสูงหรือดำนั่นขึ้นอยู่กับการจัดการ และปริมาณการให้น้ำที่ข้าวฟ่างหวานได้รับในอัตราที่เหมาะสม คือ การทดแทนน้ำให้แก่พืชปริมาณ 100% จะทำให้ผลผลิตเอทานอลเพิ่มขึ้นมากกว่าการทดแทนน้ำให้แก่พืชปริมาณ 80% โดยมีค่าผลผลิตเอทานอลเฉลี่ย 8,390 ลิตรต่อเฮกตาร์ และ 5,120 ลิตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ

ตารางที่ 18 ผลผลิตเอทานอลของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ใน
การทดลองที่ 2

พันธุ์	ความถี่การให้น้ำ	การทดลองที่ 2
		ผลผลิตเอทานอล (ลิตร/ไร่)
SW1001		79.57 a ¹
SW1002		60.39 b
SW1005		74.31 a
SW1008		40.34 c
	7 วัน	162.82 a
	10 วัน	56.05 b
	14 วัน	24.28 c
	21 วัน	11.47 d
เฉลี่ย		63.51
C.V.(%)	พันธุ์	11.95
	ความถี่การให้น้ำ	13.54
LSD0.05	พันธุ์	6.09 **
	ความถี่การให้น้ำ	36.96 **
	พันธุ์ x ความถี่การให้น้ำ	12.36 **

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

¹ ตัวเลขที่มีอักษรต่างกันกำกับในแนวดิ่ง หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Fisher's LSD



ภาพที่ 21 กราฟแสดง interaction ระหว่างพันธุ์และความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ต่อผลผลิตเอทานอลในการทดลองที่ 2 ณ สถานีวิจัยเขาคันทรง อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา

สรุป

จากการทดลองปลูกข้าวฟ่างหวาน 4 พันธุ์ คือ SW1001, SW1002, SW1005 และ SW1008 โดยมีการให้น้ำในความถี่ระดับที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ ทุก 7 วัน, 10 วัน, 14 วัน และ 21 วัน โดยทุกระดับความถี่ปริมาณที่เท่ากัน คือ 35 มิลลิเมตร/ครั้ง ในการทดลองที่ 1 และ ปริมาณการให้น้ำที่แตกต่างกันในแต่ละระดับความถี่ 35 มิลลิเมตร/ครั้ง, 50 มิลลิเมตร/ครั้ง, 70 มิลลิเมตร/ครั้ง, 105 มิลลิเมตร/ครั้ง ตามลำดับ ในการทดลองที่ 2 สามารถสรุปผลพอสังเขปได้ดังนี้

1. จากการทดลองควรใช้ข้าวฟ่างหวาน พันธุ์ SW1005 เนื่องจากให้ปริมาณน้ำคั่นต่อน้ำหนักต้นสด 1 ต้น, ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และผลผลิตเอทานอลสูงกว่าทุกพันธุ์
2. ระดับความถี่การให้น้ำที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ผลผลิตของข้าวฟ่างหวานเพิ่มขึ้น จะให้ปริมาณน้ำคั่นต่อน้ำหนักต้นสด 1 ต้น, ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และผลผลิตเอทานอลเพิ่มขึ้นสูงสุด
3. ความถี่การให้น้ำทุก 7 วัน มีปริมาณการให้น้ำ 35 มิลลิเมตร/ครั้ง เพียงพอต่อการเจริญเติบโต, การเพิ่มผลผลิต และ การเพิ่มขึ้นขององค์ประกอบทางเคมีของข้าวฟ่างหวานได้

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กฤษฎา สัมพันธ์รักษ์. 2525. ข้าวฟ่างหวาน. วารสารโลกเกษตร 2(5): 45-50.

กองบริการที่ดิน. 2525. การวางแผนระบบการให้น้ำในไร่นา และความสัมพันธ์ระหว่างดิน พืช และน้ำ. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

จุฬี ทิพย์รักษ์. 2531. ข้าวฟ่าง-ข้าวฟ่างหวาน เพื่อผลิตแอลกอฮอล์หรือเลี้ยงสัตว์. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 3(3): 40-46.

เจษฎา แก้วกัลยา. 2527. เอกสารประกอบการบรรยายโครงการฝึกอบรมการจัดการน้ำชลประทาน เล่มที่ 1. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์, กล้าณรงค์ ศรีรอด, เกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ, สุวิทย์ เตีย, สุทธิพันธุ์ แก้วสมพงษ์ และ มณเฑียร นิตวรัตน์. 2546. การศึกษาด้านแบบโรงงานเอทานอลโดยการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตจากมันเส้น. ใน รายงานการวิจัย. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

ธำรงศิลป์ โพธิ์สูง, สมชาย ปิยพันธุ์วานนท์ และ ถวิล นิลพยัคฆ์. 2549. การปรับปรุงพันธุ์ข้าวฟ่างหวานให้ผลผลิตต้นสดและความหวานสูง, น. 126-133. ใน รายงานการประชุมเชิงปฏิบัติการวิจัยแม่บทข้าวโพดข้าวฟ่างมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 3. 14-16 พฤษภาคม 2551. โรงแรมอิมพีเรียล ภูเก็ต เขาแก้ว, เพชรบูรณ์.

น้อม ชันดีคุณ. 2523. ข้าวฟ่างหวานจะสามารถผลิตเป็นน้ำตาล อาหารคน อาหารสัตว์ ตลอดจนเส้นใยและน้ำมันเชื้อเพลิงได้เพียงใด. วารสารน้ำตาล 16(1): 1-10.

_____. 2524. ข้าวฟ่างหวานผลิตอีทานอลและแอลกอฮอล์. วารสารน้ำตาล 17(1): 1-7.

ประสิทธิ์ ใจคิด. 2543. การรวบรวมเชื้อพันธุ์กรรมและการคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวฟ่างหวานเพื่อ
ประยุกต์ใช้ในการผลิตแอลกอฮอล์. ใน รายงานผลการวิจัยภาควิชาพืชไร่นา.
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ประสิทธิ์ ใจคิด และ จิรวัดน์ สนิทชน. 2545. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของ
ข้าวฟ่างหวาน. ใน รายงานผลการวิจัยภาควิชาพืชไร่นา. คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

พร รุ่งแจ้ง. 2541. การให้น้ำทางผิวดิน. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ ฯ.

พรเทพ ถนอมแก้ว. 2549. ศักยภาพของข้าวฟ่างหวานเพื่อผลิตเอทานอลเป็นพลังงานทดแทน.
ศูนย์บริการวิชาการ. 14(4): 26-30.

พรพรรณ ยานะโส และ สมยศ เดชภีรัตนมงคล. 2552. ผลของการขาดน้ำที่มีต่อการเจริญเติบโต
และผลผลิตของข้าวฟ่างหวาน, น. 462-472. ใน รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 47
(สาขาพืช). 17-20 มีนาคม 2552. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ลิลลี่ กาวิตะ, มาลี ณ นคร, ศรีสม สุวรรณวงศ์ และ สุริยา ตันติวิวัฒน์. 2549. สรีรวิทยาของพืช.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วัชรพงศ์ วรรณวงศ์ และสมยศ เดชภีรัตนมงคล. 2551. ผลของความถี่การให้น้ำและปริมาณน้ำที่
มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวฟ่างหวาน. ข้าวฟ่างหวาน. แหล่งที่มา: [http://
kucon.lib.ku.ac.th/Fulltext/KC4601060.pdf](http://kucon.lib.ku.ac.th/Fulltext/KC4601060.pdf), 19 กุมภาพันธ์ 2552.

วิบูลย์ บุญยโลกุล. 2526. หลักการชลประทาน. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร. 2549. การนำของเสีย
จากการผลิตเอทานอลมาใช้ประโยชน์เพื่อเพิ่มมูลค่า. ใน รายงานบทสรุปผู้บริหาร.
กรมพัฒนาพลังงานและอนุรักษ์พลังงาน, กรุงเทพฯ.

สายัณห์ สดุดี. 2537. **สภาวะขาดน้ำในการผลิตพืช**. ภาควิชาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัย
สงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่, สงขลา.

สุนทรียัง ชัชวาล. 2535. **ชลศาสตร์ในระบบดิน-พืช**. ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

สุพจน์ หมั่นวานิชกุล. 2549. ข้าวฟ่างหวานพืชเสริมสำหรับการผลิตเอทานอล. **เศรษฐศาสตร์
การเกษตร**. 52(55): 5.

สุวิมล ถนอมทรัพย์, วันชัย ถนอมทรัพย์ และ วิไลวรรณ พรหมคำ. 2551. การตอบสนองของ
พันธุ์ข้าวฟ่างหวานลูกผสมและพันธุ์ผสมเปิดต่อระยะการหยุดให้น้ำในช่วงการ
เจริญเติบโตระยะต่างๆ, น. 161-169. ใน รายงานการประชุมเชิงปฏิบัติการวิจัยแม่บท
ข้าวโพดข้าวฟ่างมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 3. 14-16 พฤษภาคม 2551. โรงแรม
อิมพีเรียล ภูเก็ต เขาแก้ว, เพชรบูรณ์.

Baker, D.N. and R.B. Musgrave. 1964. The effect of low level moisture stresses on the rate of
apparent photosynthesis in corn. **Crop Sci.** 4: 249-253.

Barlow, E.W.R. 1977. Physiological effects of water stress on young crop plants. **Field Crop
Res.** 30: 264-268.

Belletti, A., C. Petrini, A. Minguzzi, V. Landini, C. Piazza and F. Salamini. 1991. Yield
potential and adaptability to Italian conditions of sweet sorghum as biomass crop for
energy production. **Maydica**. 36: 283-291.

Benami, J.B. and A. Ofen. 1984. **Irrigation Engineering**. Irrigation Engineering Scientific
Publications (IESP), Haifa.

- Curt, M.D., J. Fernandez and M. Martinez. 1995. Productivity and water use efficiency of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cv. "KELLER" in relation to water regime. **Biomass and Bioenergy**. 8(6): 401-409.
- Dalianis, C., C. Sooter and M. Christou. 1995. Sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) biomass productivity sugar yields and ethanol potential in Greece, pp. 622-628. In M. Chartier, ed. **Proceedings of the Eighth E.U. Biomass Conference on for Biomass for Energy, Environment, Agriculture and Industry**. Pergamon Press, Oxford, UK.
- Dercas, N., C. Panoutsou, C. Dalianis and C. Sooter. 1995. Sweet Sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) response to four irrigation and two nitrogen fertilization rates, pp. 629-639. In M. Chartier, ed. **Proceedings of the Eighth E.U. Biomass Conference on for Biomass for Energy, Environment, Agriculture and Industry**. Pergamon Press, Oxford, UK.
- Du, Y. C., A. Nose, K. Wasano and Y. Uchida. 1998. Response to water stress of enzyme activities and metabolite levels in relation to sucrose and starch synthesis, the Calvin cycle and C4 pathway in sugarcane (*Saccharum* sp.) leaves. **Aust. J. Plant Physiol.** 25: 253-260.
- Fageria, N.K., V.C. Baligar and R.J. Wright. 1997. Soil environment and root growth dynamics of field crops. **Rec. Res. Devel. Agron.** 1: 15-57.
- Foti, S., S. Cosentino, C. Patane and M. Mantineo. 2004. Sweet sorghum in Mediterranean environment, pp. 391-394. In **Proceedings of the Second World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection**. Rome, Italy.
- Gardner, F.C., R.B. Pearce and R.L. Mitchell. 1985. **Physiology of Crop Plant**. The Iowa State University Press. Ames, Iowa.

- Häusler, R.E., H.J. Hirsch, F. Kreuzaler and C. Peterhänsel. 2002. Overexpression of C_4 -cycle enzymes in transgenic C_3 plants: a biotechnological approach to improve C_3 photosynthesis. **J. Exp. Bot.** 53(369): 591-607.
- Hsiao, T.C., J.C.O'. Toole, E.B. Yambao and N.C. Turner. 1984. Influence of osmotic adjustment on leaf rolling and tissue death in rice. **Plant Physiol.** 75: 338-341.
- Jagtap, V., S. Bhargava, P. Streb and J. Feierabend. 1998. Comparative effect of water, heat and light stresses on photosynthetic reactions in *Sorghum bicolor* (L.) Moench. **J. Exp. Bot.** 49(327): 1715-1721.
- Kang, M.S., J.D. Miller and P.Y.P. Tai. 1989. Path analyses for percent fiber and cane and sugar yield in sugarcane. **Crop Sci.** 29: 1481-1483.
- Keller, J. and R.D. Bliesner. 1990. **Sprinkle and trickle irrigation.** Van Nostrand Reinhold, New York.
- Koehler, P.H., P.H. Moore, C.A. Jones, A.D. Cruz and A. Maretzki. 1982. Response of drip irrigated sugarcane to drought stress. **Agron. J.** 74: 906-911.
- Larry, K. 1995. **The Complete Irrigation Workbook.** Franzak & Foster, div. of G.I.E., Inc., Ohio.
- Levitt, J. 1972. **Responses of Plants to Environmental Stresses.** Academic Press, New York.
- Li, D. 1997. Developing sweet sorghum to accept the challenge problems on food energy and environment in 21st century, pp. 19-34. In D. Li, ed. **Proceedings of the First International Sweet Sorghum Conference, August 15, 1997.** Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, China.

- Massacci, A., A. Battistelli and F. Loreto. 1996. Effect of drought stress on photosynthetic characteristics, growth and sugar accumulation of field-grown sweet sorghum. **Aust. J. Plant Physiol.** 23: 331-340.
- Mastrorilli, M., N. Katerji and G. Rana. 1999. Productivity and water use efficiency of sweet sorghum as affected by soil water deficit occurring at different vegetative growth stages. **Europ. J. Agron.** 11: 207-215.
- Mastrorilli, M., N. Katerji, G. Rana and P. Steduto. 1995. Sweet sorghum in Mediterranean climate: radiation use and biomass water use efficiencies. **Industrial Crops and Prods.** 3: 253-260.
- McBee, G.G. and F. R. Miller. 1982. Carbohydrates in sorghum culms as influenced by cultivars, spacing and maturity over a diurnal period. **Crop Sci.** 22: 381-385.
- Merriam, J.L. and J. Keller. 1978. **Farm Irrigation System Evaluation: A Guide for Management.** Utah State University, Utah.
- Murtagh, J.E. 1999. Molasses as a feedstock for alcohol production, pp. 89-105. *In* K. Jacques, T.P. Lyons, and D.R. Kelsall, eds. **The Alcohol Textbook.** 3rd ed. Nottingham University Press, Nottingham.
- Sakellariou-Makrantonaki, M., D. Papalexis, N. Nakos and I.K. Kalavrouziotis. 2007. Effect of modern irrigation methods on growth and energy production of sweet sorghum (var. Keller) on a dry year in Central Greece. **Agri. Water Manage.** 90: 181-189.
- Santamaria, F.J., M.M. Ludlow and S. Fukai. 1990. Contribution of osmotic adjustment to grain yield in *Sorghum bicolor* (L.) Moench under water limited conditions. I. Water stress before anthesis. **Aust. J. Agri. Res.** 41: 51-65.

- Shearman, L.L., J.D. Eastin, C.Y. Sullivan and E.J. Kinbacher. 1972. Carbondioxide exchange in water stressed sorghum. **Crop Sci.** 12: 406-409.
- Sivakumar, M.V.K., N. Seetharama, S. Singh and F.B. Bidinger. 1979. Water relations, growth and dry matter accumulation of sorghum under post-rainy season conditions. **Agron. J.** 71: 843-847.
- Slatyer, R.O. 1967. **Plant Water Relationships.** Academic Press, New York.
- _____. 1969. Physiological significance of internal water relations to crop yield. **Amer. Soc. Agron.** 35: 116-117.
- Steduto, P., N. Katerji, H. P. Molina, M. Unlu, M. Mastrorilli and G. Rana. 1997. Water-use efficiency of sweet sorghum under water stress conditions: Gas-exchange investigations at leaf and canopy scales. **Field Crop Res.** 54: 221-234.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 2002. **Plant physiology.** 3rd ed. Sinauer Associates, Sunderland, MA.
- Turner, N.C. and G.J. Burch. 1983. The role of water in plants, pp. 73-126. *In* I.D. Teare and M.M. Peet, eds. **Crop Water Relations.** John Wiley & Sons, New York.
- Venkataramana, S. 1986. The effects of water stress during the formative phase on stomatal resistance and leaf water potential and relationship with yield in ten sugarcane varieties. **Field Crops Res.** 13(4): 345-353.
- Wiedenfeld, R.P. 1995. Effects of irrigation and N fertilizer application on sugarcane yield and quality. **Field Crops Res.** 43(2): 101-108.
- Wilson, D.R., C.H.M. Van Bavel and K.J. McCree. 1980. Carbon balance of water-deficient grain sorghum plants. **Crop Sci.** 20: 153-159.



ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน อายุออกดอก 50% (วัน) ของข้าวฟ่างหวาน
ทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำในการทดลองที่ 1

Source of variation	d.f.	Mean square (การทดลองที่ 1)
		อายุวันออกดอก 50%
Replication	3	0.807
Main plot (A)	3	208.682 **
Error (a)	9	1.710
Sub plot (B)	3	850.932 **
A x B	9	16.946 **
Error (b)	36	1.221
Total	63	53.859

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางผนวกที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน ความสูงต้น (เซนติเมตร) ของข้าวฟ่างหวาน
ทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำในการทดลองที่ 1

Source of variation	d.f.	Mean square (การทดลองที่ 1)
		ความสูงต้น
Replication	3	132.229
Main plot (A)	3	2,622.229 **
Error (a)	9	84.340
Sub plot (B)	3	146,365.438 **
A x B	9	528.271 **
Error (b)	36	123.174
Total	63	7,258.848

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางผนวกที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน น้ำหนักต้นสด (กิโลกรัม/ไร่) ของข้าวฟ่างหวาน
ทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำในการทดลองที่ 1

Source of variation	d.f.	Mean square (การทดลองที่ 1)
		น้ำหนักต้นสด
Replication	3	19,891.604
Main plot (A)	3	4,007,133.104
Error (a)	9	20,742.590
Sub plot (B)	3	31,375,538.021 **
A x B	9	306,070.674 **
Error (b)	36	16,746.219
Total	63	1,742,093.197

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางผนวกที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณน้ำคั้น (กิโลกรัม/ไร่) ของข้าวฟ่างหวาน
ทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำในการทดลองที่ 1

Source of variation	d.f.	Mean square (การทดลองที่ 1)
		ปริมาณน้ำคั้น
Replication	3	20,152.891
Main plot (A)	3	1,911,967.766 **
Error (a)	9	13,368.821
Sub plot (B)	3	9,282,298.099 **
A x B	9	525,434.585 **
Error (b)	36	11,883.019
Total	63	617,782.153

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางผนวกที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน ปริมาณน้ำคั้น ต่อน้ำหนักต้นสด 1 ต้น (กิโลกรัม) ของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำในการทดลองที่ 1

Source of variation	d.f.	Mean square (การทดลองที่ 1)
		ปริมาณน้ำคั้น ต่อน้ำหนักต้นสด 1 ต้น
Replication	3	926.724
Main plot (A)	3	122,599.266 **
Error (a)	9	1,067.238
Sub plot (B)	3	89,953.266 **
A x B	9	6,680.355 **
Error (b)	36	636.957
Total	63	11,636.450

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางผนวกที่ 6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน ค่าความหวาน (% บริกซ์) ของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำในการทดลองที่ 1

Source of variation	d.f.	Mean square (การทดลองที่ 1)
		ค่าความหวาน
Replication	3	0.094
Main plot (A)	3	17.219 **
Error (a)	9	0.049
Sub plot (B)	3	54.823 **
A x B	9	0.125 ^{ns}
Error (b)	36	0.084
Total	63	3.508

ns (non significant) ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางผนวกที่ 7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน เปอร์เซ็นต์น้ำตาลทั้งหมด ของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำในการทดลองที่ 1

Source of variation	d.f.	Mean square (การทดลองที่ 1)
		เปอร์เซ็นต์น้ำตาลทั้งหมด
Replication	3	0.008
Main plot (A)	3	38.022 **
Error (a)	9	0.017
Sub plot (B)	3	9.212 **
A x B	9	0.817 **
Error (b)	36	0.022
Total	63	2.381

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางผนวกที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน เปอร์เซ็นต์น้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุคโตส ของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำในการทดลองที่ 1

Source of variation	d.f.	Mean square (การทดลองที่ 1)		
		ซูโครส	กลูโคส	ฟรุคโตส
Replication	3	0.006	0.004	0.001
Main plot (A)	3	12.218 **	3.426 **	0.815 **
Error (a)	9	0.005	0.003	0.007
Sub plot (B)	3	31.389 **	1.235 **	2.337 **
A x B	9	0.409 **	0.055 **	0.130 **
Error (b)	36	0.004	0.008	0.006
Total	63	2.138	0.235	0.173

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางผนวกที่ 9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน ผลผลิตเอทานอล (ลิตร) ของข้าวฟ่างหวาน
ทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำในการทดลองที่ 1

Source of variation	d.f.	Mean square (การทดลองที่ 1)
		ผลผลิตเอทานอล
Replication	3	14.384
Main plot (A)	3	2,208.304 **
Error (a)	9	9.029
Sub plot (B)	3	7,519.245 **
A x B	9	650.090 **
Error (b)	36	7.965
Total	63	562.613

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางผนวกที่ 10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน อายุออกดอก 50% (วัน) ของข้าวฟ่างหวาน
ทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ในการทดลองที่ 2

Source of variation	d.f.	Mean square (การทดลองที่ 2)
		อายุวันออกดอก 50%
Replication	3	2.625
Main plot (A)	3	174.875 **
Error (a)	9	0.889
Sub plot (B)	3	697.292 **
A x B	9	3.556 **
Error (b)	36	1.129
Total	63	42.937

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางผนวกที่ 11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน ความสูงต้น (เซนติเมตร) ของข้าวฟ่างหวาน
ทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ในการทดลองที่ 2

Source of variation	d.f.	Mean square (การทดลองที่ 2)
		ความสูงต้น
Replication	3	7.208
Main plot (A)	3	1,086.750 **
Error (a)	9	2,347.000
Sub plot (B)	3	156,094.292 **
A x B	9	45.486 **
Error (b)	36	3.326
Total	63	7,493.889

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางผนวกที่ 12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน น้ำหนักต้นสด (กิโลกรัม/ไร่) ของ
ข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ในการทดลองที่ 2

Source of variation	d.f.	Mean square (การทดลองที่ 2)
		น้ำหนักต้นสด
Replication	3	111,725.792 *
Main plot (A)	3	12,997,712.292 **
Error (a)	9	28,417.972
Sub plot (B)	3	49,885,477.417 **
A x B	9	1,786,414.319 **
Error (b)	36	29,399.469
Total	63	3,275,819.333

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางผนวกที่ 13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณน้ำคั้น (กิโลกรัม/ไร่) ของข้าวฟ่างหวาน ทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ในการทดลองที่ 2

Source of variation	d.f.	Mean square (การทดลองที่ 2)
		ปริมาณน้ำคั้น
Replication	3	111,630.604
Main plot (A)	3	3,263,585.563 **
Error (a)	9	46,092.771
Sub plot (B)	3	59,761,368.438 **
A x B	9	1,092,900.438 **
Error (b)	36	58,431.826
Total	63	3,202,606.959

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางผนวกที่ 14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน ปริมาณน้ำคั้น ต่อน้ำหนักต้นสด 1 ต้น (กิโลกรัม) ของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ในการทดลองที่ 2

Source of variation	d.f.	Mean square (การทดลองที่ 2)
		ปริมาณน้ำคั้น ต่อน้ำหนักต้นสด 1 ต้น
Replication	3	4,977.599 *
Main plot (A)	3	14,346.349 **
Error (a)	9	1,290.155
Sub plot (B)	3	921,684.474 **
A x B	9	5,747.696 **
Error (b)	36	1,776.724
Total	63	46,830.603

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางผนวกที่ 15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน ค่าความหวาน (% บริกซ์) ของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ในการทดลองที่ 2

Source of variation	d.f.	Mean square (การทดลองที่ 2)
		ค่าความหวาน
Replication	3	0.150
Main plot (A)	3	24.202 **
Error (a)	9	0.153
Sub plot (B)	3	81.452 **
A x B	9	1.747 **
Error (b)	36	0.073
Total	63	5.351

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางผนวกที่ 16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเปอร์เซ็นต์น้ำตาล (%) ทั้งหมดของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ในการทดลองที่ 2

Source of variation	d.f.	Mean square (การทดลองที่ 2)
		เปอร์เซ็นต์น้ำตาลทั้งหมด
Replication	3	0.101
Main plot (A)	3	82.059 **
Error (a)	9	0.048
Sub plot (B)	3	12.007 **
A x B	9	2.806 **
Error (b)	36	0.038
Total	63	4.914

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางผนวกที่ 17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน เปอร์เซ็นต์น้ำตาลซูโครส กลูโคส และ ฟรุคโตส ของข้าวฟ่างหวานทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ในการทดลองที่ 2

Source of variation	d.f.	Mean square (การทดลองที่ 2)		
		ซูโครส	กลูโคส	ฟรุคโตส
Replication	3	0.071	0.005	0.003
Main plot (A)	3	21.993 **	5.164 **	4.521 **
Error (a)	9	0.035	0.002	0.003
Sub plot (B)	3	39.122 **	2.512 **	1.778 **
A x B	9	1.661 **	0.154 **	0.177 **
Error (b)	36	0.035	0.003	0.003
Total	63	3.176	0.390	0.328

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางผนวกที่ 18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน ผลผลิตเอทานอล (ลิตร) ของข้าวฟ่างหวาน ทั้ง 4 พันธุ์ ที่ได้รับความถี่การให้น้ำระดับต่างๆ ในการทดลองที่ 2

Source of variation	d.f.	Mean square (การทดลองที่ 2)	
		ผลผลิตเอทานอล	
Replication	3	177.203	
Main plot (A)	3	4,912.077 **	
Error (a)	9	57.883	
Sub plot (B)	3	75,547.385 **	
A x B	9	2,135.577 **	
Error (b)	36	74.302	
Total	63	4,195.650	

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

การคำนวณระบบน้ำ

การทดสอบในสนามเพื่อหาประสิทธิภาพการให้น้ำ (field test)

การทดสอบในสนามเพื่อหาประสิทธิภาพการให้น้ำ หรือ ค่าความสม่ำเสมอการให้น้ำ ของระบบการให้น้ำแบบสปริงเกลอร์ โดยวิธีกระป๋องทดสอบ (cans test) สำหรับการปลูก ข้าวฟ่างหวาน

ตารางผนวกที่ 19 การหาค่าเฉลี่ยของเส้นผ่าศูนย์กลางกระป๋องรองรับน้ำ

ลำดับ ที่	เส้นผ่าศูนย์กลาง (ซม.)	ลำดับ ที่	เส้นผ่าศูนย์กลาง (ซม.)	ลำดับ ที่	เส้นผ่าศูนย์กลาง (ซม.)
1	5.4	15	5.3	29	5.4
2	5.3	16	5.4	30	5.3
3	5.4	17	5.3	31	5.3
4	5.3	18	5.3	32	5.3
5	5.3	19	5.4	33	5.3
6	5.4	20	5.3	34	5.3
7	5.3	21	5.3	35	5.3
8	5.4	22	5.3	36	5.3
9	5.4	23	5.4	37	5.3
10	5.3	24	5.4	38	5.4
11	5.3	25	5.4	39	5.4
12	5.4	26	5.3	40	5.3
13	5.4	27	5.3		
14	5.3	28	5.4		

ผลรวมทั้งหมดของเส้นผ่าศูนย์กลางกระป๋องรองรับน้ำ = 213.60 เซนติเมตร
 เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของกระป๋องรองรับน้ำ $213.60 \div 40 = 5.34$ เซนติเมตร

การหาค่าสัมประสิทธิ์ในการเปรียบเทียบค่าความลึกของน้ำในกระป๋องรองรับน้ำ

$$\text{ปริมาตรของกระป๋องรองรับน้ำ} = \frac{\pi D^2}{4} \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร}$$

$$\text{ปริมาตรของกระบอกตวง} = V \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร}$$

เนื่องจากเป็นปริมาณน้ำที่วัดจำนวนเดียวกัน ดังนั้น

$$\text{ปริมาตรของกระป๋องรองรับน้ำ} = \text{ปริมาตรของกระบอกตวง}$$

$$\frac{\pi D^2}{4} \times H = V$$

แทนค่า D = เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของกระป๋องรองรับน้ำ (ตารางผนวกที่ 13)

$$H = \frac{4V}{3.14(5.34)^2}$$

$$H = 0.044673 \text{ V เซนติเมตร}$$

$$\text{หรือ } H = 0.44673 \text{ V มิลลิเมตร}$$

∴ จะได้ความสัมพันธ์ของความลึกของน้ำในกระป๋องรองรับน้ำกับปริมาตรของน้ำที่วัดได้จากกระบอกตวงมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร คือ $H = 0.44673 \text{ V มิลลิเมตร}$

ตารางผนวกที่ 20 ปริมาณของน้ำในกระป๋องรองรับน้ำ (จับเวลา 1 ชั่วโมง)

ลำดับ ที่	$V^{1/}$	$V^{2/}$	$ d - \bar{d} $	ลำดับ ที่	$V^{1/}$	$V^{2/}$	$ d - \bar{d} $
1	145.00	64.78	2.96	21	123.50	55.17	6.65
2	163.20	72.91	11.09	22	147.00	65.67	3.85
3	130.00	58.07	3.75	23	129.50	57.85	3.97
4	118.50	52.97	8.88	24	153.50	68.57	6.75
5	117.00	52.27	9.55	25	167.00	74.60	12.78
6	167.00	74.60	12.78	26	112.00	50.03	11.79
7	143.50	64.11	2.29	27	137.50	61.43	0.39
8	123.50	55.17	6.65	28	155.50	69.47	7.65
9	175.50	78.40	16.58	29	145.50	65.00	3.18
10	110.50	49.36	12.46	30	139.50	62.32	0.50
11	130.00	58.07	3.75	31	147.00	65.67	3.85
12	140.00	62.54	0.72	32	109.00	48.69	13.13
13	113.50	50.70	11.12	33	113.00	50.48	11.34
14	140.50	62.77	0.95	34	166.50	74.38	12.56
15	120.00	53.61	8.21	35	113.00	50.48	11.34
16	140.00	62.54	0.72	36	137.50	61.43	0.39
17	132.50	59.19	2.63	37	149.50	66.79	4.97
18	140.00	62.54	0.72	38	132.00	58.97	2.85
19	147.50	65.89	4.07	39	158.50	70.81	8.99
20	150.00	67.01	5.19	40	151.50	67.68	5.86

หมายเหตุ $V^{1/}$ = ปริมาตรของน้ำที่วัดได้จากกระบอกตวง

$V^{2/}$ = ความสัมพันธ์ของความลึกของน้ำในกระป๋องรองรับน้ำกับปริมาตรของน้ำที่วัดได้จากกระบอกตวง (หาได้จาก $V^{1/} \times 0.44673 = V^{2/}$; สำหรับความลึกของน้ำในกระป๋องรองรับน้ำเฉลี่ย $= \sum V^{2/} \div 40 = 2,472.96 \div 40 = 61.82$)

$\therefore$ แทนค่า $|d - \bar{d}| = V^{2/} - 61.82$

ตารางผนวกที่ 21 ค่าอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน (I_s) โดยประมาณตามประเภทของเนื้อดิน

เนื้อดิน	อัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน
	(มิลลิเมตรต่อชั่วโมง)
ดินทรายหยาบ (coarse sand)	10.0 - 25.5
ดินทรายละเอียด (fine sand)	12.5 - 19.0
ดินร่วนปนทราย (fine sandy loams)	12.5 - 19.0
ดินร่วนตะกอนทราย (silly loams)	10.5 - 19.0
ดินร่วนปนดินเหนียว (clay loams)	7.5 - 19.0

ที่มา: เกษภู (2527)

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบด้วยเครื่อง HPLC

อุปกรณ์

1. เครื่องวิเคราะห์ High Performance Liquid Chromatography (Water Corporation, MS, USA)
2. เครื่องชั่งแบบจานเดี่ยว อ่านค่าได้ละเอียดไม่ต่ำกว่า 0.01 กรัม.
3. ตู้อบ
4. โถสุญญากาศ
5. บีกเกอร์
6. ขวดชมพู

สารเคมี

1. Ca-EDTA (Calcium Titriplex[®] dehydrate)
2. น้ำตาลซูโครส
3. น้ำตาลกลูโคส
4. น้ำตาลฟรุคโตส
5. น้ำกลั่น

วิธีการ

1. การเตรียม Ca-EDTA เข้มข้น 0.05 กรัมต่อลิตร เพื่อใช้เป็น mobile phase

ชั่ง Ca-EDTA จำนวน 0.05 กรัม ละลายด้วย double deionized water ปริมาตร 100 มิลลิลิตร คนจนกระทั่งละลายหมดจึงถ่ายใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 1000 มิลลิลิตร (กั้วภาชนะที่ใส่ Ca-EDTA ด้วย double deionized water ลงในขวดปรับปริมาตร) ปรับปริมาตรโดยใช้ double deionized water จนถึงขีดกรองด้วยเมมเบรน ขนาด 0.45 ไมครอน แล้วไล่อากาศด้วยเครื่องอัลตรา

โซนิค (2210 Branson Ultrasonic, USA) ก่อนนำมาใช้งาน (ควรเตรียมให้มากพอในการใช้งาน 1 ครั้ง (ประมาณ 2-3 วัน)

2. การเตรียม Ca-EDTA เข้มข้น 0.5 กรัมต่อลิตร เพื่อใช้ regenerate column

ทำการล้างคอลัมน์ regenerate column เมื่อ run mobile phase ครบ 5 ลิตร หรือเมื่อ peak มีปัญหา ชั่ง Ca-EDTA จำนวน 0.5 กรัม ละลายด้วย double deionized water ปริมาตร 100 มิลลิลิตร คนจนกระทั่ง Ca-EDTA ละลายหมด จึงถ่ายใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 1000 มิลลิลิตร (กั้วภาชนะที่ใส่ Ca-EDTA ด้วย double deionized water ลงในขวดปรับปริมาตร) ปรับปริมาตรโดยใช้ double deionized water จนถึงขีด กรองด้วยเมมเบรน ขนาด 0.45 ไมครอน แล้วไล่อากาศ ด้วยเครื่องอัลตราโซนิค (2210 Branson Ultrasonic, USA) ก่อนนำมาใช้งาน

3. การเตรียมสารละลายมาตรฐานน้ำตาลซึ่งมีซอบิทอล เป็น Internal standard

อบซอบิทอล ซูโครส กลูโคสและฟรุคโตส ภายใต้สุญญากาศ ความดันอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 3 ชั่วโมง และเก็บในโถดูดความชื้นก่อนนำมาใช้งาน การเตรียมซอบิทอล เข้มข้นร้อยละ 5 (5% Sorbitol) ชั่งซอบิทอล จำนวน 5 กรัม ละลายด้วย double deionized water ปริมาตร 50 มิลลิลิตร คนจนกระทั่ง Ca-EDTA ละลายหมด จึงถ่ายใส่ขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร (กั้วภาชนะที่ใส่ซอบิทอลด้วย double deionized water ลงในขวดปรับปริมาตร) ปรับปริมาตรโดยใช้ double deionized water จนถึงขีด

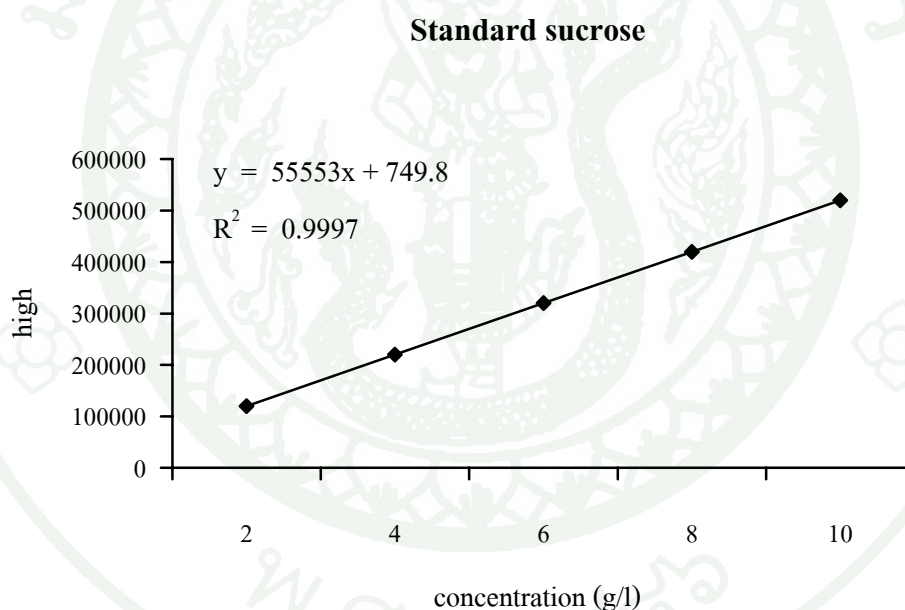
4. การเตรียมสารละลายมาตรฐานน้ำตาล 3 ชนิด คือ ซูโครส กลูโคสและฟรุคโตส ซึ่งมีซอบิทอล เป็น Internal standard

ชั่งน้ำตาลมาตรฐาน 3 ชนิด คือซูโครสจำนวน 4 กรัม ตามด้วยกลูโคสและ ฟรุคโตส อย่างละ 0.4 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ เติม double deionized water ปริมาตร 50 มิลลิลิตร คนจนกระทั่งน้ำตาลมาตรฐานในบีกเกอร์ละลายหมด จึงถ่ายใส่ขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร นำสารละลายมาเจือจางให้น้ำตาลซูโครสมาตรฐานมีความเข้มข้นอยู่ในช่วงร้อยละ 0.2-2 สำหรับ น้ำตาลกลูโคสและฟรุคโตสมาตรฐานเจือจางให้มีความเข้มข้นอยู่ในช่วงร้อยละ 0.02-0.2 โดยเติมสารละลายซอบิทอลเข้มข้นร้อยละ 5 ปริมาตร 10 มิลลิลิตรลงในขวดปรับปริมาตร ขนาด 100

มิลลิลิตร ก่อนปรับปริมาตรเพื่อให้น้ำตาลมาตรฐานแต่ละความเข้มข้นมีชอบิทอล ซึ่งเป็น Internal standard เข้มข้นร้อยละ 0.5 กรองด้วยเมมเบรน ขนาด 0.45 ไมครอน ก่อนฉีดเข้าเครื่อง HPLC

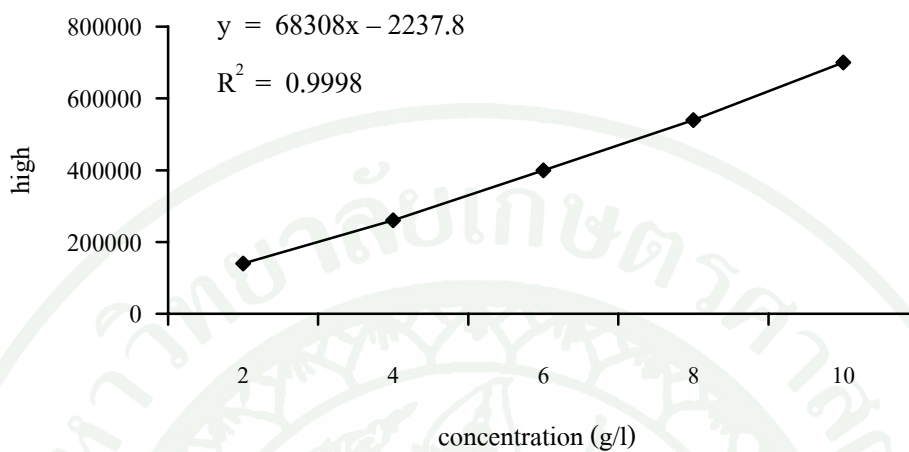
5. เตรียมตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์ชนิดและองค์ประกอบของน้ำตาล

ชั่งตัวอย่างน้ำคั้นข้าวฟ่างหวานที่ผ่านการกรองตัวอย่างด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 จำนวน 1 กรัม ใส่ในขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมสารละลายชอบิทอล เข้มข้น ร้อยละ 5 ปริมาตร 10 มิลลิลิตรลงในขวดปรับปริมาตร ก่อนปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีด เพื่อให้สารละลายตัวอย่างน้ำตาลมีชอบิทอล ซึ่งเป็น Internal standard เข้มข้นร้อยละ 0.5 กรองด้วยเมมเบรน ขนาด 0.45 ไมครอน ก่อนฉีดเข้าเครื่อง HPLC



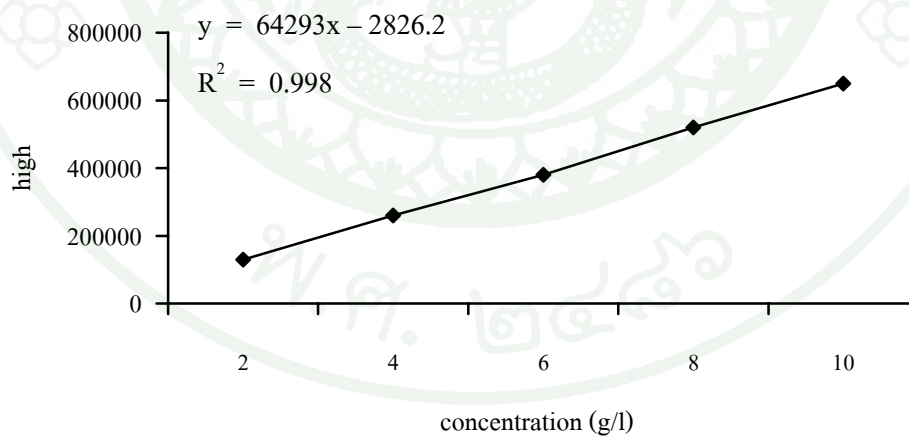
ภาพผนวกที่ 1 กราฟมาตรฐานสำหรับการหาน้ำตาลซูโครส

Standard glucose



ภาพผนวกที่ 2 กราฟมาตรฐานสำหรับการหาน้ำตาลกลูโคส

Standard fructose



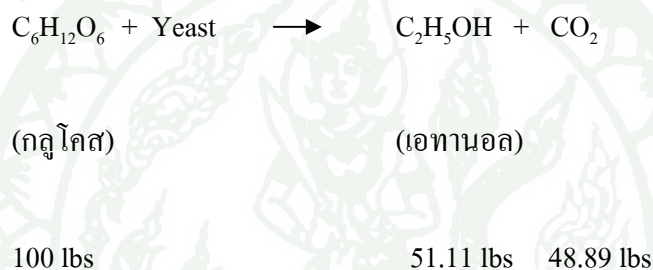
ภาพผนวกที่ 3 กราฟมาตรฐานสำหรับการหาน้ำตาลฟรุคโตส

การคำนวณปริมาณน้ำตาล

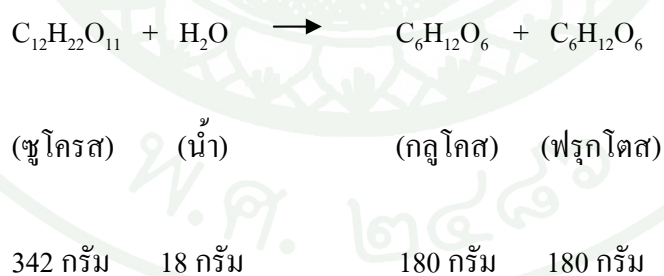
$$\text{ความเข้มข้นตัวอย่าง (mg/L)} = \frac{\text{พื้นที่ใต้กราฟ} \times \text{ความเข้มข้น Standard}}{\text{พื้นที่ใต้กราฟ Standard}}$$

$$\text{ปริมาณน้ำตาล } (\mu\text{mol}) = \frac{\text{ความเข้มข้นตัวอย่าง (mg/L)} \times \text{ปริมาตรสารละลายที่ระเหยแล้ว (l)}}{\text{มวลโมเลกุล (g/mol)} \times \text{น้ำหนักตัวอย่างน้ำคั้น (g)}}$$

การคิดผลผลิตเอทานอล



ภาพผนวกที่ 4 สมการการผลิตเอทานอลจากน้ำตาลกลูโคสโดยกระบวนการหมัก (Murtagh, 1999)



ภาพผนวกที่ 5 สมการการย่อยสลายซูโครสเป็นน้ำตาลกลูโคสและฟรุคโตส (Murtagh, 1999)

วิธีการคำนวณผลผลิตเอทานอล (ดัดแปลงมาจาก เจริญศักดิ์ และคณะ, 2546)

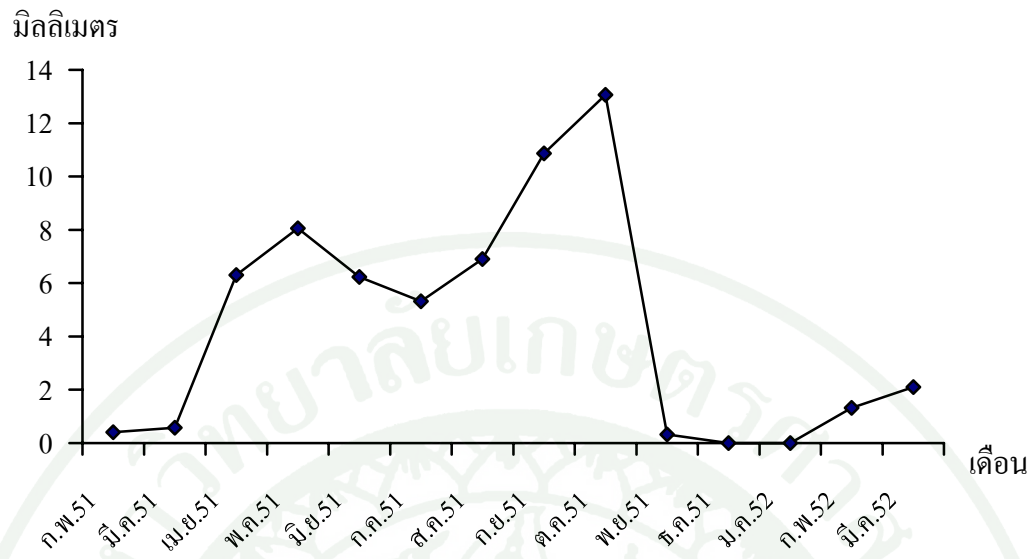
จากทฤษฎี 51.11 กรัมของเอทานอล ผลิตจากน้ำตาลกลูโคส 0.1 กก.
 เอทานอล 1 ลิตรมีค่าเท่ากับ 793.9 กรัม " $\frac{0.1 \times 793.9}{51.11} = 1.55$ กก. (1)

ปริมาณน้ำคั้น 100 กรัม มีน้ำตาลซูโครส A กรัม
 น้ำตาลซูโครส A กรัม ผลิตเป็นน้ำตาลกลูโคส $\frac{A \times 180}{342} = B$ กรัม (2)

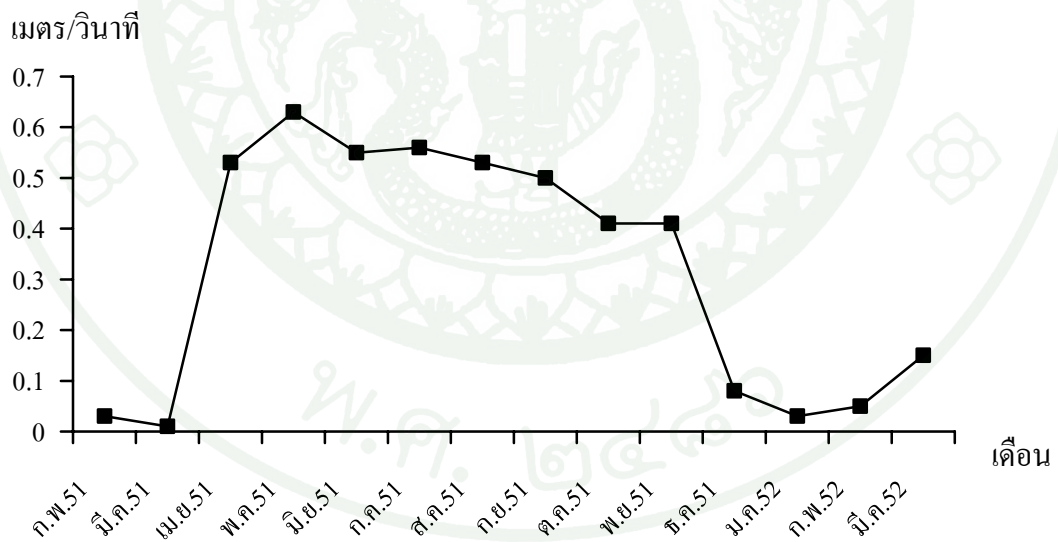
ได้น้ำตาลกลูโคส $B \times 10^{-3}$ กก. จากปริมาณน้ำคั้น 0.1 กก.
 น้ำตาลกลูโคส 1.55 กก. " $\frac{0.1 \times 1.55}{B \times 10^{-3}} = C$ กก. (3)

ปริมาณน้ำคั้น C กก. ผลิตเอทานอลได้ 1 ลิตร
 ปริมาณน้ำคั้น D กก. ต่อน้ำหนักสด 1 ตัน " $\frac{1 \times D}{C} = E$ ลิตร (4)

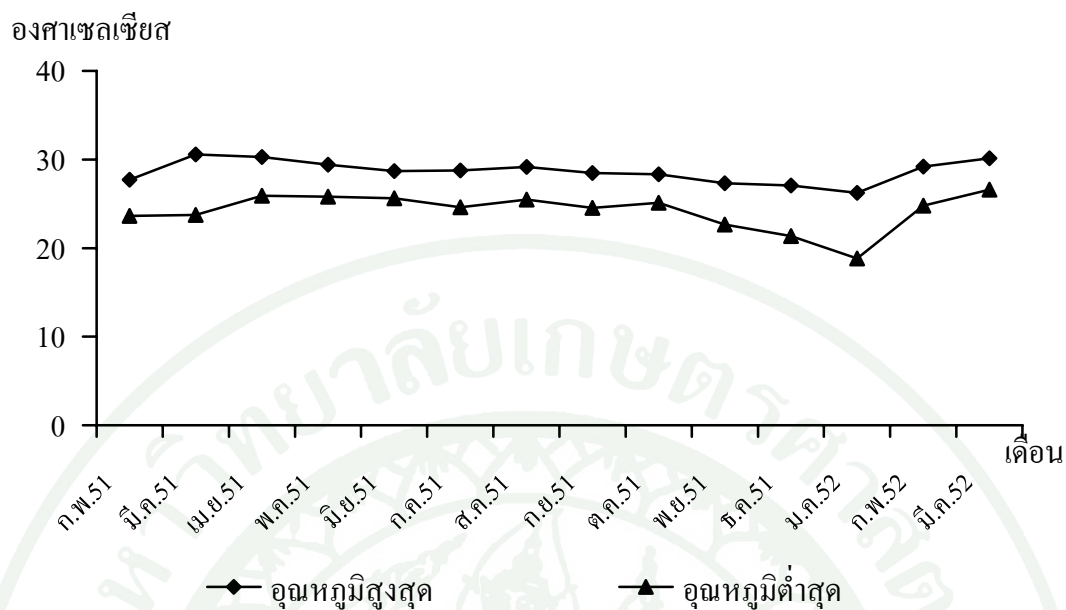
ผลผลิตต้นสด 1,000 กก. ผลิตเอทานอลได้ E ลิตร
 ฉะนั้นผลผลิตต้นสด F กก. " $\frac{E \times F}{1,000} = G$ ลิตร (5)



ภาพผนวกที่ 6 ปริมาณฝนเฉลี่ย ที่สถานีตรวจวัดอากาศ ศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อนฯ
อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา



ภาพผนวกที่ 7 ความเร็วลมเฉลี่ย ที่สถานีตรวจวัดอากาศ ศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อนฯ
อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา



ภาพผนวกที่ 8 อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ที่สถานีตรวจวัดอากาศ ศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อนฯ
อ. พนมสารคาม จ. ฉะเชิงเทรา

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวสุพัตรา แสนเทศ
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 2 มีนาคม 2524
สถานที่เกิด	กาญจนบุรี
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	