



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

ปริญญา

ปฐพีวิทยา

สาขา

ปฐพีวิทยา

ภาควิชา

เรื่อง ผลของการให้น้ำและปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อยพันธุ์ LK92-11

Effect of Irrigation and Fertilizer on Growth and Yield of Sugarcane Clone LK92-11

นามผู้วิจัย นางสาวเมทินี เนียมแก้ว

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์กฤษณ์ ตั้งศิลา, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์ทศพล พรพรม, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์, วท.ม.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของการให้น้ำและปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อยพันธุ์ LK92-11

Effect of Irrigation and Fertilizer on Growth and Yield of Sugarcane

Clone LK92-11

โดย

นางสาวเมทินี เนียมแก้ว

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมทินี นิยมแก้ว 2554: ผลของการให้น้ำและปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อย
พันธุ์ LK92-11 ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา) สาขาวิชาปฐพีวิทยา
ภาควิชาปฐพีวิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์กฤษณ์ กิ่งขนิลา,
Ph.D. 87 หน้า

หาผลของการให้น้ำและอัตราปุ๋ยต่ออัตราการสังเคราะห์แสง อัตราการคายน้ำ ศักย์น้ำใน
ใบ การเจริญเติบโต และผลผลิตของอ้อยพันธุ์ LK92-11 ทำการทดลองจากแปลงที่ตั้งอยู่ในพื้นที่
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม ในช่วงกุมภาพันธ์ 2551 ถึงมกราคม
2552 โดยออกแบบการทดลองแบบ Split-plot design มี 3 ซ้ำ ปัจจัยหลักเป็นการให้น้ำ 3 ระดับ คือ
น้ำฝนธรรมชาติ (W1) ให้น้ำเพิ่มเติมจากดำรับแรกเป็นปริมาณเท่ากับศักยภาพการคายระเหยน้ำทุก
สัปดาห์ (W2) และเพิ่มเติมทุก 2 สัปดาห์ (W3) ส่วนปัจจัยรอง มี 3 ดำรับปุ๋ย คือ 5 kg-N rai⁻¹-1 kg-
P₂O₅ rai⁻¹-10 kg-K₂O rai⁻¹ (F1), 10 kg-N rai⁻¹-2 kg-P₂O₅ rai⁻¹ -20 kg-K₂O rai⁻¹ (F2) และ 15 kg-N
rai⁻¹-3 kg-P₂O₅ rai⁻¹ -30 kg-K₂O rai⁻¹ (F3) เก็บข้อมูลทุก 2 ชั่วโมงของค่าการคายน้ำ การสังเคราะห์
แสงของอ้อย และศักย์น้ำในใบ ระหว่างเวลา 6:00-18:00 น. โดยเก็บข้อมูลเดือนละ 1 ครั้ง ตั้งแต่
อ้อยอายุ 4 เดือนจนถึงเก็บเกี่ยวอายุ 12 เดือน พบว่าการให้น้ำตามดำรับทดลองไม่ทำให้ผลผลิตของ
อ้อยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากในช่วงปีที่ทำการทดลอง และมีปริมาณน้ำฝน
มาก (1,634.5 mm) และมีการกระจายตัวของฝนที่ตกในรอบปีค่อนข้างดี ปริมาณที่ตกจึงเพียงพอต่อ
ความต้องการของอ้อย การให้น้ำเพิ่มเติมจึงไม่ส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อย แต่
พบว่าอัตราปุ๋ยที่แตกต่างกันทำให้ผลผลิตอ้อยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การใส่ปุ๋ยใน
อัตรา F3 ทำให้ผลผลิตอ้อยสูงที่สุด 25.74 ton rai⁻¹ ส่วนการให้ปุ๋ยอัตรา F2 และ F1 ให้ผลผลิต
25.01 และ 22.51 ton rai⁻¹ ตามลำดับ ปริมาณน้ำและอัตราปุ๋ยตามดำรับทดลองนี้ไม่ทำให้อัตราการ
คายน้ำ และอัตราสังเคราะห์ด้วยแสง และศักย์น้ำรวมในใบมีความแตกต่างกัน โดยอัตราการคายน้ำ
และอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะเพิ่มจากค่าน้อยๆจนมีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 11:00 - 14:00 น. ส่วน
ศักย์น้ำรวมในใบอ้อย จะลดลงจนต่ำสุดในช่วงเวลา 12:00 - 16:00 น. อัตราการคายน้ำมีค่าในช่วง
2.68-7.08 mm d⁻¹ อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงมีค่าในช่วง 0.28-0.70 mol m⁻² d⁻¹ ในทุกดำรับ
ทดลองตลอดช่วงการเจริญเติบโตของอ้อย ส่วนค่าต่ำสุดของศักย์น้ำรวมในใบอ้อยมีค่าระหว่าง -
155 ถึง -505 kPa

Maytinee Neamkaew 2011: Effect of Irrigation and Fertilizer on Growth and Yield of Sugarcane Clone LK92-11. Master of Science (Soil Science), Major Field Soil Science, Department of Soil Science. Thesis Advisor: Associate Professor Kumut Sangkhasila, Ph.D. 87 pages.

Sugarcane responses to irrigation and fertilizer practices, namely rates of transpiration and photosynthesis, leaf water potentials, growth and yield, were reported. Monthly responses were obtained from treated sugarcane, LK92-11 variety, which were grown at experimental plots located in Kasetsart University at Kamphang Saen, Nakhon Pathom province during February 2008 to January 2009. Split plot with randomized complete blocks design with 3 replications was applied to investigate the responses. The main plot factor consisted of the 3 irrigation rates. Natural rainfall was treated to be the rainfed rate (W1), while the 2nd and the 3rd rates were additional amounts of water, equivalent to the weekly evapotranspiration rate of the areas, applied weekly (W2) and every other week (W3) to the treated sugarcane. The irrigation treatments started when sugarcane was 4-month old. The sub-plot factor consisted of 3 fertilizer rates, i.e. 5 kg-N rai^{-1} -1 kg-P₂O₅ rai^{-1} -10 kg-K₂O rai^{-1} (F1), 10 kg-N rai^{-1} -2 kg-P₂O₅ rai^{-1} -20 kg-K₂O rai^{-1} (F2) and 15 kg-N rai^{-1} -3 kg-P₂O₅ rai^{-1} -30 kg-K₂O rai^{-1} (F3) respectively. Raw data of diurnal courses of transpiration rates, photosynthesis rates, and leaf water potential were recorded every two hours (6:00 A.M.-6:00 P.M). Diurnal data was collected from treated sugarcane once a month, during their ages of 4-12 months. Results showed no statistically significant effect of irrigation rates on sugarcane yield. This could be caused by the high amount of rainfall (1,634.5 mm) along the course of this experiment which was high enough to reach the demand for sugarcane production. The additional water did not play any role to yield. There was statistically effect of fertilizer rates on the sugarcane yield. The F3 rate gave the highest yield of 25.74 tons rai^{-1} while F2 and F1 rates gave yield of 25.01 and 22.51 tons rai^{-1} , respectively. Irrigation and Fertilizer rates set in this experiment did not affect the diurnal rates of transpiration and photosynthesis, as well as diurnal courses of sugarcane total leaf water potential. Rates of transpiration and photosynthesis reached their maximum during 11 A.M. - 12 P.M., while their leaf water potentials reached their minimum during 12 A.M. - 4 P.M. Transpiration and photosynthesis rates were varying between 2.68-7.08 mm d^{-1} and 0.28-0.70 $\text{mol m}^{-2} \text{d}^{-1}$, respectively. The minimum leaf water potential were ranging from -155 to -505 kPa.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.กมุท สังขศิลา ประธานกรรมการที่ปรึกษา และรศ.ดร.ทศพล พรพรม กรรมการที่ปรึกษาวิชาการ ที่ให้คำปรึกษาในการเรียน การค้นคว้าวิจัย ตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณรศ.ดร.พูนพิภพ เกษมทรัพย์ ที่เอื้อเฟื้อเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับวัดอัตราการคายน้ำและอัตราการสังเคราะห์แสง

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยาทุกๆ ท่านที่ได้อบรมสั่งสอน และมอบวิชาความรู้ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาปฐพีวิทยาทุกๆ ท่านที่ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบให้แต่บิดา มารดา ผู้ดูแลและให้กำลังใจเป็นอย่างดีมาโดยตลอด

เมทินี เนียมแก้ว
มีนาคม 2554

สารบัญ

| | หน้า |
|----------------------|------|
| สารบัญ | (1) |
| สารบัญตาราง | (2) |
| สารบัญภาพ | (3) |
| คำนำ | 1 |
| วัตถุประสงค์ | 3 |
| การตรวจเอกสาร | 4 |
| อุปกรณ์และวิธีการ | 19 |
| อุปกรณ์ | 19 |
| วิธีการ | 20 |
| ผลและวิจารณ์ | 26 |
| สรุป | 76 |
| ข้อเสนอแนะ | 77 |
| เอกสารและสิ่งอ้างอิง | 78 |

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | | หน้า |
|----------|---|------|
| 1 | ชนิดของเครื่องมือที่ใช้ในเก็บข้อมูลสภาพอากาศ | 19 |
| 2 | ชนิดของเครื่องมือที่ใช้ในเก็บข้อมูลความชื้นดิน | 20 |
| 3 | ปริมาณปุ๋ยที่ใส่ครั้งที่ 1 พร้อมปลูก | 22 |
| 4 | ปริมาณปุ๋ยที่ใส่ครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ยเมื่ออ้อยอายุได้ประมาณ 5 เดือน | 22 |
| 5 | ปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำที่ให้เพิ่มแต่ละตำรับทดลอง | 35 |
| 6 | ความสูงของอ้อยแต่ละตำรับทดลองที่ช่วงอายุต่างกัน | 38 |
| 7 | เส้นผ่านศูนย์กลางลำของอ้อยแต่ละตำรับการทดลองที่ช่วงอายุต่างกัน | 39 |
| 8 | พื้นที่ใบของอ้อยแต่ละตำรับการทดลองที่ช่วงอายุต่างกัน | 40 |
| 9 | ผลของการให้น้ำและอัตราปุ๋ยต่อระดับผลผลิต และจำนวนลำต่อไร่ | 41 |
| 10 | ปริมาณการคายน้ำในรอบวันของอ้อย | 54 |
| 11 | ปริมาณการสังเคราะห์ด้วยแสงในรอบวัน | 62 |
| 12 | ค่าเฉลี่ยศักย์น้ำรวม (ψ_r) ศักย์สารละลายในเซลล์ (ψ_s) ศักย์ความดันน้ำ (ψ_p) ในใบอ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 120 วัน | 71 |
| 13 | ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สะสมในใบของอ้อยที่อายุเก็บเกี่ยว | 72 |
| 14 | ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สะสมในลำต้นของอ้อยที่อายุเก็บเกี่ยว | 73 |

สารบัญญภาพ

| ภาพที่ | | หน้า |
|--------|---|------|
| 1 | แผนภาพแสดงแปลงทดลอง 27 แปลงย่อย | 21 |
| 2 | ข้อมูลอุณหภูมิอากาศ ($^{\circ}\text{C}$) บริเวณแปลงทดลอง เริ่มเก็บข้อมูลวันที่ 15 พฤษภาคม พ.ศ. 2551 | 27 |
| 3 | ความชื้นสัมพัทธ์ ของอากาศ เริ่มเก็บข้อมูลวันที่ 15 พฤษภาคม พ.ศ. 2551 | 28 |
| 4 | ความเข้มแสง (Wm^{-2}) เหนือเรือนพุ่ม เริ่มเก็บข้อมูลวันที่ 15 พฤษภาคม พ.ศ. 2551 | 29 |
| 5 | ความเร็วลม (m s^{-1}) ที่ความสูง 2 เมตรจากผิวดิน เริ่มเก็บข้อมูลวันที่ 15 พฤษภาคม พ.ศ. 2551 | 30 |
| 6 | ปริมาณน้ำฝน (mm) บริเวณแปลงทดลอง เริ่มเก็บข้อมูลวันที่ 15 พฤษภาคม พ.ศ. 2551 | 31 |
| 7 | ความชื้นดินโดยปริมาตรของแปลงที่ได้รับน้ำฝนธรรมชาติ (W1) เริ่มเก็บข้อมูลวันที่ 15 พฤษภาคม พ.ศ. 2551 | 32 |
| 8 | ความชื้นดินโดยปริมาตรของแปลงทดลองที่ได้รับน้ำ 1 ETp ทุก 1 สัปดาห์ (W2) เริ่มเก็บข้อมูลวันที่ 15 พฤษภาคม พ.ศ. 2551 | 33 |
| 9 | ความชื้นดินโดยปริมาตรของแปลงทดลองที่ได้รับน้ำ 1 ETp ทุก 2 สัปดาห์ (W3) เริ่มเก็บข้อมูลวันที่ 15 พฤษภาคม พ.ศ. 2551 | 34 |
| 10 | อัตราการคายน้ำในรอบวันของอ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 120 วัน เมื่อได้รับน้ำตามตำรับทดลอง 3 ตำรับ W1 ใช้น้ำฝนธรรมชาติ, W2 ให้น้ำ 1ETp ทุก 1 สัปดาห์ และ W3 ให้น้ำ 1 ETp ทุก 2 สัปดาห์ | 47 |
| 11 | อัตราการคายน้ำในรอบวันของอ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 150 วัน เมื่อได้รับน้ำตามตำรับทดลอง 3 ตำรับ W1 ใช้น้ำฝนธรรมชาติ, W2 ให้น้ำ 1ETp ทุก 1 สัปดาห์ และ W3 ให้น้ำ 1 ETp ทุก 2 สัปดาห์ | 48 |
| 12 | อัตราการคายน้ำในรอบวันของอ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 180 วัน เมื่อได้รับน้ำตามตำรับทดลอง 3 ตำรับ W1 ใช้น้ำฝนธรรมชาติ, W2 ให้น้ำ 1ETp ทุก 1 สัปดาห์ และ W3 ให้น้ำ 1 ETp ทุก 2 สัปดาห์ | 49 |

สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่ | | หน้า |
|--------|---|------|
| 13 | อัตราการคายน้ำในรอบวันของอ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 210 วัน เมื่อได้รับน้ำตามตำรับทดลอง 3 ตำรับ W1 ใช้น้ำฝนธรรมชาติ, W2 ให้น้ำ 1ETp ทุก 1 สัปดาห์ และ W3 ให้น้ำ 1 ETp ทุก 2 สัปดาห์ | 50 |
| 14 | อัตราการคายน้ำในรอบวันของอ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 240 วัน เมื่อได้รับน้ำตามตำรับทดลอง 3 ตำรับ W1 ใช้น้ำฝนธรรมชาติ, W2 ให้น้ำ 1ETp ทุก 1 สัปดาห์ และ W3 ให้น้ำ 1 ETp ทุก 2 สัปดาห์ | 51 |
| 15 | อัตราการคายน้ำในรอบวันของอ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 270 วัน เมื่อได้รับน้ำตามตำรับทดลอง 3 ตำรับ W1 ใช้น้ำฝนธรรมชาติ, W2 ให้น้ำ 1ETp ทุก 1 สัปดาห์ และ W3 ให้น้ำ 1 ETp ทุก 2 สัปดาห์ | 52 |
| 16 | อัตราการคายน้ำในรอบวันของอ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 300 วัน เมื่อได้รับน้ำตามตำรับทดลอง 3 ตำรับ W1 ใช้น้ำฝนธรรมชาติ, W2 ให้น้ำ 1ETp ทุก 1 สัปดาห์ และ W3 ให้น้ำ 1 ETp ทุก 2 สัปดาห์ | 53 |
| 17 | อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิในรอบวันของอ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 120 วัน เมื่อได้รับน้ำตามตำรับทดลอง 3 ตำรับ W1 ใช้น้ำฝนธรรมชาติ, W2 ให้น้ำ 1ETp ทุก 1 สัปดาห์ และ W3 ให้น้ำ 1 ETp ทุก 2 สัปดาห์ | 55 |
| 18 | อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิในรอบวันของอ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 150 วัน เมื่อได้รับน้ำตามตำรับทดลอง 3 ตำรับ W1 ใช้น้ำฝนธรรมชาติ, W2 ให้น้ำ 1ETp ทุก 1 สัปดาห์ และ W3 ให้น้ำ 1 ETp ทุก 2 สัปดาห์ | 56 |
| 19 | อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิในรอบวันของอ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 180 วัน เมื่อได้รับน้ำตามตำรับทดลอง 3 ตำรับ W1 ใช้น้ำฝนธรรมชาติ, W2 ให้น้ำ 1ETp ทุก 1 สัปดาห์ และ W3 ให้น้ำ 1 ETp ทุก 2 สัปดาห์ | 57 |
| 20 | อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิในรอบวันของอ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 210 วัน เมื่อได้รับน้ำตามตำรับทดลอง 3 ตำรับ W1 ใช้น้ำฝนธรรมชาติ, W2 ให้น้ำ 1ETp ทุก 1 สัปดาห์ และ W3 ให้น้ำ 1 ETp ทุก 2 สัปดาห์ | 58 |

สารบัญญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่ | | หน้า |
|--------|---|------|
| 21 | อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิในรอบวันของอ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 240 วัน เมื่อได้รับน้ำตามตำรับทดลอง 3 ตำรับ W1 ใช้น้ำฝนธรรมชาติ, W2 ให้น้ำ 1ETp ทุก 1 สัปดาห์ และ W3 ให้น้ำ 1 ETp ทุก 2 สัปดาห์ | 59 |
| 22 | อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิในรอบวันของอ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 270 วัน เมื่อได้รับน้ำตามตำรับทดลอง 3 ตำรับ W1 ใช้น้ำฝนธรรมชาติ, W2 ให้น้ำ 1ETp ทุก 1 สัปดาห์ และ W3 ให้น้ำ 1 ETp ทุก 2 สัปดาห์ | 60 |
| 23 | อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิในรอบวันของอ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 300 วัน เมื่อได้รับน้ำตามตำรับทดลอง 3 ตำรับ W1 ใช้น้ำฝนธรรมชาติ, W2 ให้น้ำ 1ETp ทุก 1 สัปดาห์ และ W3 ให้น้ำ 1 ETp ทุก 2 สัปดาห์ | 61 |
| 24 | ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงและการอัตราการคายน้ำที่อายุต่างกัน | 63 |
| 25 | ค่าเฉลี่ยศักย์น้ำรวม (ψ_t) ศักย์สารละลายในเซลล์ (ψ_π) ศักย์ความดันน้ำ (ψ_p) ในใบอ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 120 วัน | 64 |
| 26 | ค่าเฉลี่ยศักย์น้ำรวม (ψ_t) ศักย์สารละลายในเซลล์ (ψ_π) ศักย์ความดันน้ำ (ψ_p) ในใบอ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 150 วัน | 65 |
| 27 | ค่าเฉลี่ยศักย์น้ำรวม (ψ_t) ศักย์สารละลายในเซลล์ (ψ_π) ศักย์ความดันน้ำ (ψ_p) ในใบอ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 180 วัน | 66 |
| 28 | ค่าเฉลี่ยศักย์น้ำรวม (ψ_t) ศักย์สารละลายในเซลล์ (ψ_π) ศักย์ความดันน้ำ (ψ_p) ในใบอ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 210 วัน | 67 |
| 29 | ค่าเฉลี่ยศักย์น้ำรวม (ψ_t) ศักย์สารละลายในเซลล์ (ψ_π) ศักย์ความดันน้ำ (ψ_p) ในใบอ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 240 วัน | 68 |
| 30 | ค่าเฉลี่ยศักย์น้ำรวม (ψ_t) ศักย์สารละลายในเซลล์ (ψ_π) ศักย์ความดันน้ำ (ψ_p) ในใบอ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 270 วัน | 69 |
| 31 | ค่าเฉลี่ยศักย์น้ำรวม (ψ_t) ศักย์สารละลายในเซลล์ (ψ_π) ศักย์ความดันน้ำ (ψ_p) ในใบอ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 300 วัน | 70 |

**ผลของการให้น้ำและปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อย
พันธุ์ LK92-11**

**Effect of Irrigation and Fertilizer on Growth and Yield of Sugarcane
Clone LK92-11**

คำนำ

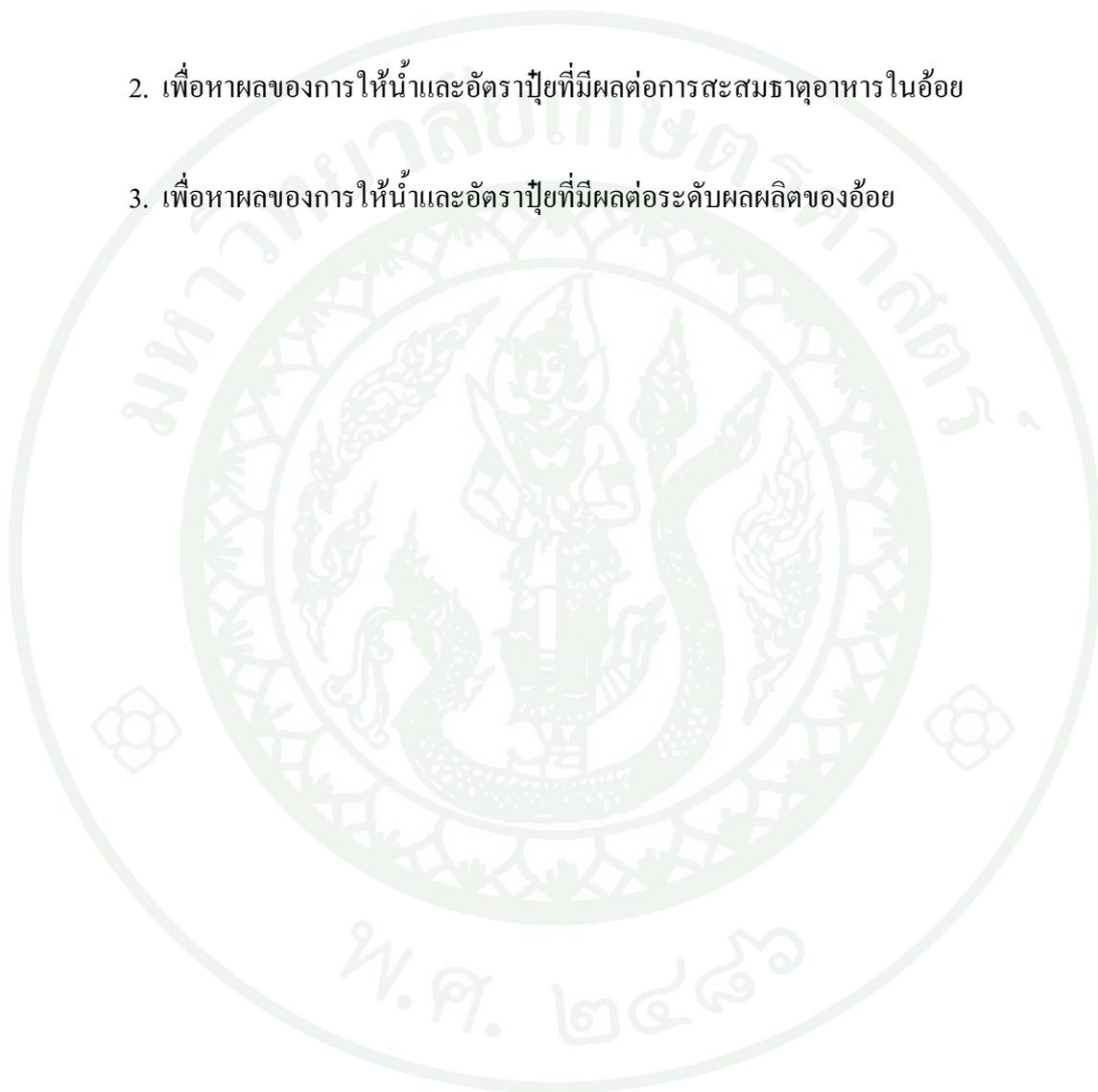
อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญในประเทศไทยในปีการผลิต 2552/53 มีพื้นที่ปลูกอ้อยทั่วประเทศรวม 6.9 ล้านไร่ มีผลผลิตประมาณ 68 ล้านตัน (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล, 2551) ความต้องการอ้อยที่จะนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำตาลมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ การขยายพื้นที่การปลูกอ้อยเพื่อเพิ่มปริมาณนั้นเป็นไปได้ยาก การเพิ่มผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่เป็นแนวทางที่น่าจะเหมาะสมและเป็นไปได้ ซึ่งการเพิ่มผลผลิตทำได้จาก การปรับปรุงพันธุ์ การปรับเปลี่ยนระยะแถวปลูก การให้น้ำ รวมถึงการใช้ปุ๋ยในอัตราที่เหมาะสม เพื่อให้อ้อยเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่ (ปราณี, 2548) นอกจากนี้แล้วความชื้นในดินยังมีผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชในดิน และความสามารถในการดูดกินธาตุอาหารของพืช อ้อยจะให้ผลผลิตได้มากต้องได้รับความชื้นจากดินอย่างเพียงพอตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโต การเจริญเติบโตของอ้อยจะสัมพันธ์กับปริมาณการคายน้ำ พื้นที่ปลูกอ้อยของเกษตรกรส่วนใหญ่มักจะอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก ความต้องการปริมาณความชื้นจากดินหรือน้ำของอ้อยนั้นมีความต้องการมากหรือน้อยต่างกัน ขึ้นกับระยะการเจริญเติบโต อ้อยที่งอกใหม่จะมีความต้องการน้ำน้อย ส่วนอ้อยที่เจริญเติบโตมากขึ้นก็มีความต้องการน้ำมากขึ้นตามไปด้วย (คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่ฯ, 2542) ในพืชที่กำลังเจริญเติบโตนั้นจะมีน้ำเป็นส่วนประกอบอยู่ประมาณ 80-90% ซึ่งมีความสำคัญต่อการรักษาสภาพของสารประกอบอินทรีย์ เป็นตัวกลางในการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ทั้งทางด้านเคมี และฟิสิกส์ของพืช น้ำยังมีความสำคัญในการรักษาความเต่งของเซลล์ และช่วยลดอุณหภูมิใบในตอนกลางวัน (คณาจารย์ภาควิชาพฤกษศาสตร์, 2549) อ้อยที่ขาดน้ำหรือได้รับน้ำมากเกินไปจะมีผลต่อการพัฒนาของรากทำให้ผลผลิตลดลง การให้น้ำที่เหมาะสมและเพียงพอต่อความต้องการของอ้อยน่าจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มผลผลิต

พื้นที่ปลูกอ้อยส่วนใหญ่ก็มีความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำเกิดจากการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรติดต่อกันเป็นเวลานาน และขาดการบำรุงดินอย่างเหมาะสม ซึ่งธาตุไนโตรเจน

ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารหลักที่อ้อยมีความต้องการในปริมาณมากสำหรับการเจริญเติบโต (ธวัช, 2543) ในดินส่วนใหญ่มักจะขาดแคลนธาตุใดธาตุหนึ่งหรือทั้งสามธาตุ สำหรับดินที่ใช้ปลูกอ้อย (ขงยุทธ, 2546) การนำผลผลิตออกจากแปลงปลูกก็มีส่วนสำคัญในการลดลงของธาตุอาหารพืชในดินอย่างมาก การเก็บเกี่ยวผลผลิตจะทำให้ธาตุโพแทสเซียมถูกเคลื่อนย้ายติดไปกับลำอ้อยไปมากที่สุด (สุรเดช, 2542) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงดินที่ใช้ปลูกอ้อยเพื่อให้ดินมีความสามารถในการผลิตอ้อยได้อย่างต่อเนื่อง วิธีที่ง่ายอาจทำได้โดยการใส่ปุ๋ย (Sundara and Tripathi, 1999) ในระดับที่มีความเพียงพอต่อความต้องการของอ้อย จะเห็นได้ว่าน้ำและปุ๋ยนั้นมีความสัมพันธ์กันในการช่วยให้อ้อยเจริญเติบโตและให้ผลผลิต การให้น้ำและปุ๋ยในอัตราที่เหมาะสม จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปัจจัยการผลิตในไร่อ้อยรวมทั้งลดต้นทุนในการผลิตได้ การทดลองนี้จึงมุ่งหาแนวทางในการเพิ่มผลผลิตของอ้อยโดยการปรับการให้น้ำและปุ๋ยในอัตราที่ต่างกัน เพื่อตรวจสอบหาอัตราปุ๋ยและน้ำที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของอ้อย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาผลของการให้น้ำและอัตราปุ๋ยที่มีผลต่อ กระบวนการทางสรีระวิทยาบางประการของอ้อย เช่น อัตราการสังเคราะห์แสง และการเปลี่ยนแปลงศักย์น้ำรวมในใบอ้อย
2. เพื่อหาผลของการให้น้ำและอัตราปุ๋ยที่มีผลต่อการสะสมธาตุอาหารในอ้อย
3. เพื่อหาผลของการให้น้ำและอัตราปุ๋ยที่มีผลต่อระดับผลผลิตของอ้อย



ตรวจเอกสาร

1. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของอ้อย

1.1. ปัจจัยด้านดิน

1.1.1. สภาพพื้นที่ พื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกอ้อยควรเป็นที่ดอน หรือที่ราบไม่มีน้ำท่วมขัง สูงจากระดับน้ำทะเลไม่เกิน 1,500 m ต้องเป็นดินที่มีความลึกอย่างน้อย 50 cm ความลาดชันของพื้นที่ต้องน้อยกว่า 3 % (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2526) ไม่ควรมีชั้นดินดาน หากพบชั้นดินดาน ควรมีความลึกอย่างน้อย 50 cm จากผิวดินลงไป (เกษม และ อุดม, 2521) ชั้นดินดานทำให้ดินมีการอัดตัวแน่นที่บมีผลทำให้การดูดธาตุฟอสฟอรัสลดลง 90 % โพแทสเซียมลดลง 50 % (Juang and Uehara, 1971) ดินควรมีการระบายน้ำดีถึงค่อนข้างดี โดยทั่วไปอ้อยสามารถทนทานต่อสภาพน้ำท่วมหรือน้ำขังได้มากน้อยแตกต่างกันไปตามพันธุ์ อายุ ปริมาณและคุณภาพของน้ำ (ธวัช, 2543)

1.1.2. ฤทธิกริยาดิน (pH) อ้อยสามารถเจริญเติบโตได้ในดินที่มีค่าตั้งแต่ช่วง pH 4.0-8.5 Hunsigi (1993) กล่าวว่าค่า pH ที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตและพัฒนาการของอ้อยอยู่ในช่วง 6-8 ซึ่งดินที่ใช้ปลูกอ้อยส่วนใหญ่ของประเทศไทยมีค่า pH ประมาณ 5.0-6.5 ซึ่งจะมีอิทธิพลกับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร (ธวัช, 2543) ดินกรดที่เกิดจากการที่มีไอออนของอะลูมิเนียมอยู่มากจนมีลักษณะที่เป็นพิษเกิดขึ้นได้ในดินที่มีช่วง pH ต่ำกว่า 5 อ้อยจะแสดงอาการที่เห็นได้ชัดคือ ลำต้นสั้น เตี้ย ระบบรากถูกจำกัด (Evans, 1965) ทำให้การเจริญเติบโตของอ้อยลดลง การแก้ปัญหาดินกรดควรใช้ปูนเพื่อปรับระดับ pH ของดินให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม จะช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชในดิน (ขงยุทธ, 2546)

1.1.3. ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (Cation Exchange Capacity: CEC) ของดินที่เหมาะสมต่อการปลูกอ้อยควรมีค่า CEC สูงกว่า $15 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (บัณฑิต และคำรณ, 2542) ดินที่มีค่า CEC สูง จะแสดงถึงความอุดมสมบูรณ์ของดิน เนื่องจากดินจะสามารถดูดยึดธาตุอาหารต่างๆ ไว้ได้ดี ไม่ถูกชะล้างไปได้โดยง่าย และยังสามารถเก็บรักษาธาตุอาหารไว้ใช้ได้เป็นเวลานาน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

1.1.4. เนื้อดิน อ้อยสามารถปลูกได้ในเนื้อดินทุกประเภท ดินที่มีความเหมาะสมในการปลูกอ้อยมากที่สุดจะเป็นทั้งกลุ่มเนื้อดินปานกลาง (loamy soils) คือดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) และกลุ่มดินเนื้อละเอียด (clayey soils) คือดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay loam) และดินร่วนเหนียว (clay loam) (Hunsigi, 1993) โดยทั่วไปดินที่ใช้ปลูกอ้อยมักเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) โดยเฉพาะในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนมากเป็นกลุ่มดินเนื้อหยาบ (sandy soils) มีช่องว่างขนาดใหญ่มาก มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำมาก มีธาตุอาหารฟอสฟอรัสต่ำ เพราะไม่สามารถดูดซับธาตุอาหารไว้ได้ มีการกร่อนดินสูง ทำให้เกิดการเสื่อมของดินอย่างรวดเร็ว (ธวัช, 2543) ในส่วนของโครงสร้างดินควรมีโครงสร้างดี มีความร่วนซุย ซึ่งจะง่ายต่อการไถพรวน และมีการระบายน้ำดี (เกษม, 2542) ดินที่มีความร่วนซุยจะมีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูง การใช้เครื่องจักรกลการเกษตรอาจก่อให้เกิดปัญหาโครงสร้างดินที่อัดแน่นเป็นแผ่น (Hunsigi, 1993) ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ไม่พึงประสงค์ทางการเกษตร

1.1.5. ปริมาณอินทรีย์วัตถุ อินทรีย์วัตถุช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดิน ทำให้ดินมีโครงสร้างดีขึ้นและมีอิทธิพลต่อการดูดซับธาตุอาหารช่วยเพิ่มความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน และยังสัมพันธ์กับความสามารถในการปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนให้กับพืช โดยทั่วไปดินที่ใช้ปลูกอ้อยควรมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินอยู่ในช่วง 1.5-4.5 % (ธวัช, 2543) จากการศึกษาผลของการปลูกพืชอื่นๆ ก่อนปลูกอ้อย และการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนของอ้อย พบว่าการปลูกข้าวโพดและข้าวฟ่างส่งเสริมให้มีมวลชีวภาพกลับคืนสู่ดินมากกว่าการปลูกฝ้ายและถั่วเหลือง และอัตราการสลายตัวของอินทรีย์ในโตรเจนในดินมีสหสัมพันธ์กับผลผลิตอ้อยต่อแรก (Wiedenfeld, 1998)

Yadav and Yaduvanshi (2001) ได้ศึกษาการปลูกพืชที่เป็นปุ๋ยพืชสดแทรก ระหว่างแถวอ้อยและการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน ที่มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพของอ้อย พบว่าการไถกลบปุ๋ยพืชสดไม่มีอิทธิพลต่อผลผลิตอ้อยในอ้อยปลูกใหม่ แต่ผลผลิตมีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น ส่วนการไถกลบปุ๋ยพืชสดร่วมกับการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนสามารถเพิ่มผลผลิตอ้อยต่อได้ 9-10 %

1.1.6. ธาตุอาหารในดิน อ้อยต้องการธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและใช้สะสมน้ำตาล ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียม เป็นธาตุอาหารที่ทำให้อ้อยให้ผลผลิตสูง โดยทั่วไปอ้อยมักจะแสดงอาการขาดให้เห็นอยู่เสมอ ส่วนธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริม

ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน สังกะสี โบรอน ทองแดง โมลิบดีนัม และซิลิกอน ธาตุอาหารเหล่านี้ก็มีความสำคัญ ซึ่งถ้าขาดแล้วมีผลทำให้ย่อยเจริญเติบโตไม่ปกติ (ชวัช, 2543) การนำผลผลิตอ้อยออกจากแปลงปลูกมีส่วนสำคัญในการลดปริมาณธาตุอาหารจากดินเป็นอย่างมาก สำหรับกลุ่มมหาธาตุแล้วโพแทสเซียมจะถูกเคลื่อนย้ายติดไปกับลำอ้อยมากที่สุด ธาตุเหล็กเป็นจุลธาตุที่สูญเสียมากที่สุด (สุรเดช และคณะ, 2542)

Burnes (1974) รายงานว่าเมื่อนำผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้ 50 tons ออกไปจากแปลงจะทำให้สูญเสียปริมาณธาตุในโตรเจน 30-40 kg ธาตุฟอสฟอรัสในรูป P_2O_5 22.70-27.20 kg ธาตุโพแทสเซียมในรูป K_2O 68 kg สอดคล้องกับ Zende (1990) ได้กล่าวว่าปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียไปพร้อมกับผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้ 1 tons มีดังนี้ ปริมาณธาตุในโตรเจน 0.56-1.20 kg ธาตุฟอสฟอรัสในรูป P_2O_5 0.38-0.82 kg ธาตุโพแทสเซียมในรูป K_2O 1.00-2.50 kg

1.2. ปัจจัยด้านภูมิอากาศ

1.2.1. ปริมาณน้ำ เป็นปัจจัยที่มีผลต่อระดับผลผลิตมากที่สุดคือปริมาณและการกระจายของฝน (พีระศักดิ์ และคณะ, 2536) อ้อยต้องการน้ำตั้งแต่ปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวไม่น้อยกว่า 1,000 mm (คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา, 2542) ความต้องการน้ำของอ้อยจะมากหรือน้อยจะมีปริมาณแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์อ้อยและระยะการเจริญเติบโต ความชื้นในดินชั้นบนสุดขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำชลประทาน และการคายระเหย การซึมผ่านลงสู่ชั้นดินล่าง และการดูดไปใช้โดยรากของพืช (อรรถชัย และคณะ 2540)

Hunsigi (1993) พบว่าน้ำในดินที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อย คือน้ำที่เป็นประโยชน์ จะอยู่ระหว่างความจุความชื้นสนามกับจุดเหี่ยวถาวร ซึ่งความชื้นที่เป็นประโยชน์นี้จะสัมพันธ์กับการคายระเหยของพืชด้วย

1.2.2. อุณหภูมิ การเจริญเติบโตของอ้อยต้องการอุณหภูมิระหว่าง 30-35 °C ซึ่งจะอยู่ในช่วงตั้งแต่ปลูกจนถึงระยะอย่างปล้อง ซึ่งอุณหภูมิมีผลต่อการงอก ความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางลำของอ้อย (คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา, 2542) บัณฑิต และคำรณ (2542) กล่าวว่าพื้นที่ที่มีความเหมาะสมสำหรับการปลูกอ้อยควรมีอุณหภูมิเฉลี่ย 24-27 °C ในแต่ละช่วงของอายุอ้อยจะมีความต้องการอุณหภูมิที่ต่างกันออกไป ในช่วงการเจริญเติบโต คือตั้งแต่ปลูกจนถึงอายุประมาณ 7

เดือน อ้อยต้องการอุณหภูมิสูงประมาณ 30-34 °C หลังจากที่อ้อยมีอายุ 8 เดือนอ้อยจะต้องการอุณหภูมิต่ำประมาณ 18-22 °C ติดต่อกันเป็นเวลา 2-3 เดือน จะทำให้อ้อยสะสมน้ำตาลได้มากขึ้น อุณหภูมิสูงสุดตลอดฤดูกาลมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับการเจริญเติบโตเป็นอย่างมาก (สุรพงษ์, 2532) และ เกษม (2542) รายงานว่าถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 15-16 °C หรือสูงกว่า 38 °C อ้อยจะมีการเจริญเติบโตช้ามาก เมื่ออ้อยได้รับอุณหภูมิอากาศที่ต่ำจะทำให้มีการสะสมความหวานสูง และถ้ามีสภาพอากาศเย็นอย่างน้อย 2 เดือนต่อเนื่องก่อนเก็บเกี่ยวจะส่งเสริมให้อ้อยสะสมน้ำตาลได้ดียิ่งขึ้น (กรมวิชาการเกษตร, 2537)

1.2.3. แสงสว่าง อ้อยเป็นพืชที่ต้องการแสงมาก อ้อยเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่มีปริมาณแสงแดด และความยาวของช่วงแสงมาก โดยเฉพาะระยะที่อ้อยกำลังแตกกอและระยะย่างปล้องโดยทั่วไปในประเทศไทยมีแสงแดดเพียงพอกับความต้องการของอ้อย (คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา, 2542)

Clement (1980) รายงานว่าความสัมพันธ์ระหว่างแสงกับผลผลิตอ้อยในฮาวายจะมีความสัมพันธ์ด้านบวก โดยเป็นความสัมพันธ์แบบเส้นตรงระหว่างปริมาณแสงของพืชใบต่อวันกับการเจริญเติบโต วัดได้จากการเพิ่มขึ้นของปริมาตรของลำอ้อย แสงแดดมีอิทธิพลต่อการแตกหน่อและการตายของหน่อ อ้อยที่ได้รับแสงแดดน้อยจะมีการแตกหน่อหรือไม่มี การแตกหน่อเลย ในขณะที่เดียวกันอ้อยที่ได้รับแสงมากกว่าในระยะเวลาที่ยาวนานจะมีการแตกหน่อมากขึ้น (Alexander, 1973) อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของอ้อยมีการตอบสนองต่อความเข้มแสงในช่วง 0-1200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ หลังจากนั้นอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะเริ่มอิ่มตัว (เจษฎา, 2552) สอดคล้องกับ Grantz *et al.* (1989) ที่พบว่าอัตราการดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของใบอ้อยจะสูงสุดที่ความเข้มแสงประมาณ 1,100 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ซึ่งค่าที่แตกต่างกันอาจเนื่องมาจากความแตกต่างของอายุใบหรือพันธุ์อ้อยที่แตกต่างกัน

2. อิทธิพลของปริมาณน้ำต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อย

การให้น้ำแก่พืชเป็นสิ่งหนึ่งที่ต้องพิจารณานอกเหนือไปจากสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ Yang and Chen (1980) กล่าวว่าความชื้นของดินที่เหมาะสมต่อการงอกของอ้อยต้องมีค่าศักย์วสุกพื้นเท่ากับ -30 kPa หากความชื้นดินลดลงอัตราการงอกของอ้อยมีค่าลดลงตามไปด้วย เนื่องจากมี

ผลกระทบต่อปริมาณที่เป็นประโยชน์และอัตราการเคลื่อนที่ของน้ำในดิน การให้น้ำเสริมในช่วงการ
 ว่างปล้อง จะมีผลทำให้ได้ผลผลิตสูงกว่าการให้น้ำในช่วงอื่น

เมื่ออัตราการได้รับน้ำจากดินน้อยกว่าอัตราการคายน้ำ จะเกิดภาวะการขาดน้ำทำให้เซลล์
 และเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของอ้อยไม่สามารถรักษาความเต่ง (turgor) ไว้ได้ พืชจะแสดงอาการเหี่ยว ซึ่งมี
 ผลให้ขบวนการทางสรีรวิทยาต่างๆ ของอ้อยลดลงหรือหยุดชะงัก มีผลให้การเติบโตและให้ผลผลิต
 ลดลง การขาดแคลนน้ำในระยะต่างๆ มีผลต่อการเติบโตและให้ผลผลิตไม่เหมือนกัน ภาวะการขาด
 น้ำนี้มีได้ตั้งแต่ขาดแคลนเล็กน้อย ซึ่งไม่เห็นอาการเหี่ยวหรือเห็นอาการเหี่ยวเฉพาะในเวลาเที่ยงแต่
 กลับเต่งเมื่อเวลาเย็น จนถึงขาดแคลนอย่างรุนแรงซึ่งแสดงอาการเหี่ยวถาวรหรือตายไปในที่สุด การ
 ขาดแคลนน้ำของพืชถูกควบคุมโดยทั้งปัจจัยที่อยู่เหนือดิน ซึ่งได้แก่ความต้องการระเหยน้ำ
 (evaporative demand) ของบรรยากาศ และปัจจัยที่อยู่ในดินคือความชื้นดิน การขาดแคลนน้ำมีผล
 ต่อการดำเนินกิจกรรมของอ้อยหลายขบวนการพร้อมๆ กัน และมีผลให้การเติบโตของอ้อยลดลง
 เมื่อพืชขาดน้ำทำให้ปากใบปิด ปริมาณ CO_2 ที่พืชได้รับลดลง อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง
 การเคลื่อนย้าย (translocation) ของสิ่งที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง และความสามารถดูด
 กินธาตุอาหารต่างๆ ของพืชขึ้นอยู่กับระดับความชื้นเป็นอย่างยิ่งพืชจะดูดกินและใช้ประโยชน์จาก
 ปุ๋ยได้น้อยถ้าหากความชื้นดินหลังจากใส่ปุ๋ยไม่เหมาะสม จะเห็นได้ว่าระดับความชื้นและระดับ
 ความอุดมสมบูรณ์ของดินมีปฏิกริยาร่วมกันต่อการเติบโตและให้ผลผลิตของพืช เมื่อขาดปัจจัยหนึ่ง
 ปัจจัยใดไป การตอบสนองของพืชต่อปัจจัยที่เหลือจะมีน้อย แต่เมื่อดินมีปัจจัยทั้งสองพร้อมกันจะ
 ทำให้การเติบโตของพืชเพิ่มขึ้นอย่างมาก (คณาจารย์ภาควิชาพฤกษศาสตร์, 2549) Fageria *et al.*
 (1997) กล่าวว่า ในขณะที่พืชกำลังเจริญเติบโตรากจะดูดน้ำและคายออกทางปากใบ และน้ำจะหล่อ
 เลี้ยงตามส่วนต่างๆ ของพืช ความเร็วในการเคลื่อนที่ของน้ำในพืชมีตั้งแต่ $0.008-0.050 \text{ m s}^{-1}$ ถ้า
 สภาพอากาศมีอุณหภูมิสูงลมแรง จะส่งเสริมให้การเคลื่อนที่ของน้ำในพืชเร็วขึ้น ถ้าน้ำถูกใช้เพื่อ
 การคายระเหยมากกว่าเก็บไว้ในต้นพืชจะเจริญเติบโตไม่เต็มที่

Heyden *et al.* (1998) กล่าวว่าดินที่มีการระบายน้ำดีในโตรเจนในลำต้นและใบของอ้อย
 รวมทั้งผลผลิตจะสูงกว่าการปลูกที่มีสภาพน้ำท่วมขัง และในดินที่น้ำท่วมขังจะให้จำนวนต้นต่อ
 พื้นที่ลดลง แต่สัดส่วนรากต่อต้นเพิ่มขึ้น ในอ้อยที่ขาดน้ำอย่างหนักในช่วงแรกของการปลูกจะทำ
 ให้การสร้างมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน และพรรณพืชพื้นที่ใบลดลงเป็นครั้งหนึ่งเมื่อเทียบกับอ้อยที่
 ได้รับน้ำเป็นอย่างดี (Robertson *et al.*, 1999)

2.1. ความต้องการน้ำของพืช

ปริมาณความต้องการใช้น้ำของพืช (Consumption Use or Evapotranspiration) หมายถึง ปริมาณน้ำที่พืชต้องการใช้จริงๆ รวมกับปริมาณน้ำที่ต้องสูญเสียไปโดยการระเหยจากผิวดินในแปลงเพาะปลูก ได้มีการแบ่งระยะการเจริญเติบโตของอ้อยไว้อย่างชัดเจนพร้อมทั้งความต้องการน้ำเพื่อการเจริญเติบโตในแต่ละระยะดังนี้ ระยะงอกมีการให้น้ำในระยะแรกของการเจริญเติบโตตั้งแต่ปลูกจนอ้อยมีใบจริงโดยให้น้ำตามร่อง (Furrow) แต่ไม่ให้มีน้ำขังในร่องเกิน 2 วันเพราะจะทำให้ตาอ้อยเน่า เพราะระยะนี้ต้องการความชื้นเพียงเล็กน้อย รวมปริมาณน้ำทั้งหมดที่ต้องการในระยะนี้ประมาณ 120 mm ซึ่งเพียงพอสำหรับการงอก การให้น้ำระยะนี้จะเป็นตัวกำหนดต้นที่งอกต่อพื้นที่ ระยะที่สองคือแตกกอ มีอายุ 2-3 เดือน ระยะนี้ต้องการปัจจัยต่างๆ มากขึ้นเช่น แสงแดด น้ำและปุ๋ยเพิ่มขึ้น อ้อยต้องการปริมาณน้ำเฉลี่ยตลอดระยะนี้ประมาณ 630 mm ระยะที่สามคือย่างปล้องมีอายุประมาณ 3 เดือนเป็นต้นไป อ้อยต้องการน้ำและปัจจัยในการเจริญเติบโตมากที่สุดเพราะมีการเจริญเติบโตเร็วเพื่อเพิ่มขนาดและน้ำหนักลำ ในระยะนี้ต้องการน้ำตลอดช่วงประมาณ 625 mm และระยะสุดท้ายคือสุกแก่อยู่ในช่วงอายุ 8 เดือนเป็นต้นไป ระยะนี้อ้อยเริ่มเจริญเติบโตช้า และต้องการปัจจัยในการเจริญเติบโตน้อยลง ปริมาณน้ำทั้งหมดที่อ้อยต้องการในช่วงนี้ประมาณ 140 mm อ้อยเริ่มสะสมน้ำตาลในช่วงนี้ จึงควรค้ำให้น้ำอย่างน้อย 1 เดือนก่อนเก็บเกี่ยว (เกษม, 2543) สอดคล้องกับ เกษม (2540) กล่าวว่าความต้องการน้ำของอ้อยขึ้นอยู่กับระยะการเจริญเติบโต สภาพของอ้อย และสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะในระยะย่างปล้อง โดยระยะดังกล่าวจะอยู่ในช่วงอ้อยอายุประมาณ 3 เดือนเป็นต้นไปเป็นช่วงที่อ้อยเติบโตเร็วที่สุด และไวต่อการขาดน้ำมากที่สุด โดยเฉพาะพันธุ์ที่ไม่ทนแล้งถ้าขาดน้ำจะทำให้ปล้องสั้นผลผลิตลดลง ระยะย่างปล้องจะเป็นตัวกำหนดขนาดหรือน้ำหนักต่อลำ หรือน้ำหนักอ้อยต่อไร่

การประเมินการคายระเหยน้ำ แบ่งออกเป็น 2 วิธีคือ การวัดการคายระเหยน้ำจริง เช่น วิธีโบเวนเรโซ (Bowen ratio method) วิธีแอโรไดนามิก (Aerodynamic) เป็นต้น และการวัดการคายระเหยน้ำสูงสุดเช่น วิธีการเพนแมน (Penman method) วิธีคอมไบน์ (Combined method) เป็นต้น (รัชชনীวรรณ, 2547)

ปิยพงษ์ (2544) ได้ทำการศึกษาการคายระเหยน้ำโดยวิธี Bowen ratio ในพื้นที่นาข้าว ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2541 ถึงธันวาคม 2543 ส่วนพื้นที่ไร่อ้อย พื้นที่ไร่ข้าวโพดศึกษาในช่วงเริ่มฤดูเพาะปลูก และช่วงที่พืชเจริญเติบโตเต็มที่ พบว่า ในพื้นที่นาข้าวมีค่าการคายระเหยน้ำรายวันเฉลี่ย

4.40 mm ส่วนในพื้นที่ไร่อ้อยและข้าวโพดมีค่าการคายระเหยน้ำรายวันเฉลี่ยในช่วงเริ่มการเพาะปลูกเท่ากับ 3.80 และ 3.10 mm ตามลำดับ และในช่วงการเจริญเติบโตเต็มที่มีค่าการคายระเหยน้ำรายวันเฉลี่ยเท่ากับ 4.10 และ 3.70 mm สำหรับพืชทั้งสองตามลำดับ

สุนันทา และคณะ (2544) ได้ศึกษาการใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายวันในแต่ละเดือน ของข้าว อ้อย และมันสำปะหลัง ด้วยวิธี Penman-Monteith พบว่าเดือนในเมษายนการใช้น้ำของพืชอ้างอิงมีค่าสูงที่สุด และเดือนธันวาคมค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงจะต่ำที่สุด ความต้องการใช้น้ำของพืชตลอดฤดูการ มีดังนี้ ข้าว (นอกเขตชลประทาน) 658.73 mm ข้าว (เขตชลประทาน) 1,285.98 mm อ้อย 1,547.65 mm มันสำปะหลัง 839.53 mm

2.1.1. วิธีประเมินค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET_o) คำนวณจากสูตร Penman Monteith ซึ่งใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ข้อมูลเหล่านี้ประกอบด้วย อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ จำนวนชั่วโมงแสงแดด อัตราความเร็วลมที่ความสูงจากพื้นดิน 2 เมตร และสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชมาคำนวณ

ค่าการคายระเหยน้ำของพืช (Evapotranspiration) ประเมินได้จากสมการ

$$Et_{crop} = Kc \times ET_o$$

โดยที่

| | | |
|-------------|---|---|
| Et_{crop} | = | Crop Evapotranspiration (mm d ⁻¹) |
| Kc | = | Crop Coefficient |
| ET_o | = | Reference crop evapotranspiration (mm d ⁻¹) |

ค่า ET_o ประเมินจากสมการ FAO Penman-Monteith
(Allen *et al.*, 1998)

Allen *et al.* (1998) กล่าวว่า ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) ซึ่งเป็นค่าคงที่ของแต่ละช่วงอายุที่มีผลจากการทดลอง จะมีค่าในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตไม่เท่ากัน ดังนั้นเพื่อให้ได้ค่าใกล้เคียงกับความเป็นจริง สามารถปรับแก้ค่าคงที่ดังกล่าวได้ โดยอาศัยข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ และลมที่ความสูง 2 เมตรจากพื้นดิน และค่าความสูงเฉลี่ยของพืชช่วงที่เจริญเติบโตเต็มที่เป็นตัวแปรในการคำนวณ

2.2. อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงและการคายน้ำ

ความสัมพันธ์ระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำในพืช เป็นความเกี่ยวข้องที่เกี่ยวกับเส้นทางการแพร่เข้าของคาร์บอนไดออกไซด์และการระเหยน้ำผ่านช่องทางปากใบ (Schulze, 1986) สำหรับความแตกต่างระหว่างปริมาณการคายน้ำ และการแพร่ของคาร์บอนไดออกไซด์สู่ใบ ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของความเข้มข้นของไอน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างใบกับบรรยากาศ ซึ่งความแตกต่างของความเข้มข้นของไอน้ำระหว่างใบกับบรรยากาศจะมากกว่าความแตกต่างของคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างใบกับบรรยากาศเสมอๆ ต้นพืช ดังนั้นการระเหยออกของน้ำจึงสูงกว่าการแพร่เข้าของคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 100 เท่า (Fischer and Turner, 1978) ในภาวะขาดน้ำการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชลดลง ซึ่งจะลดลงทั้งพื้นที่ใบและอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงต่อหน่วยพื้นที่ใบ (McCree, 1986) การจำกัดของปากใบต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง คือการต้านของปากใบ stomatal resistance ต่อการแพร่เข้าของคาร์บอนไดออกไซด์ (Ludlow and Muchow, 1990) ซึ่งค่า stomatal conductance จะมีความไวต่อสภาพของน้ำในดินพืช (Turner, 1986) ดังนั้นเมื่อค่าศักย์ของน้ำในใบลดลงจึงทำให้ ค่า stomatal conductance และอัตราแลกเปลี่ยนคาร์บอน (carbon exchange rate) ลดลงด้วย (Robert *et al.*, 1990) ในสภาพของโพรโทพลาซึมที่ขาดน้ำจะทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะลดลง ทั้งนี้เนื่องจากไปกระทบกระเทือนต่อการทำงานของเอนไซม์บางชนิด นอกจากการจำกัดของปากใบแล้วความสามารถในการสังเคราะห์ด้วยแสงของอ้อยยังขึ้นอยู่กับพื้นที่ใบด้วย จากการทดลองตัดใบอ้อยออกในขณะที่กำลังเจริญเติบโต ปรากฏว่าปล้องอ้อยมีขนาดเล็กลงเนื่องจากสังเคราะห์ด้วยแสงไม่สมบูรณ์ (กรมวิชาการเกษตร, 2523)

เมื่อความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศเพิ่มมากขึ้น อัตราการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ก็จะสูงขึ้นเรื่อยๆ เช่นกัน แต่เมื่อความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศเพิ่มมากขึ้นถึงจุดหนึ่งอัตราการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิจะไม่เพิ่มขึ้นเรียกว่าค่าความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ ณ จุดนี้ว่าคาร์บอนไดออกไซด์คอมเพนเซชันพอที่ยที่คาร์บอนไดออกไซด์จะไม่ใช้ปัจจัยจำกัดต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงแล้ว ในอ้อยซึ่งเป็นพืช C4 จะมีคาร์บอนไดออกไซด์คอมเพนเซชันพอที่ยที่ระดับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำกว่าพืช C3 เช่น มะม่วง และข้าว เนื่องจากพืช C4 มีกลไกเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในเซลล์บันเดิลชีททำให้การสูญเสียคาร์บอนไดออกไซด์โดยกระบวนการโฟโตเรสไพเรชันมีน้อยมาก จึงทำให้อัตราการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิเข้าสู่ระยะอิมตัวที่ความเข้มข้นประมาณ 350 ppm อย่างไรก็ตามในสภาพที่มีออกซิเจนน้อยโฟโตเรสไพเรชันในพืช C3 เกิดขึ้นได้น้อย ทำให้ค่า

คาร์บอนไดออกไซด์คอมเพนเซชันพอยท์ระหว่างพีช C3 และ C4 จะมีความแตกต่างกันน้อยมาก (คณาจารย์ภาควิชาพฤกษศาสตร์, 2549)

Donald and Hemel (1999) กล่าวว่าประสิทธิภาพการใช้น้ำจะสูงสุดในช่วงเช้า เนื่องจากช่วงเช้าจะมีการสูญเสียน้ำน้อยเป็นผลมาจากอุณหภูมิที่ต่ำ ในช่วงเวลากลางวันและช่วงบ่าย การคายน้ำจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทำให้ปากใบเปิดกว้างส่งผลให้อ้อยสูญเสียน้ำมาก ประสิทธิภาพการใช้น้ำจึงต่ำ

2.3. ศักย์ของน้ำภายในใบ

พลังงานศักย์น้ำรวมในใบพืชเป็นผลรวมของค่าแรงต่งของเซลล์ และพลังงานกำกับตัวละลาย โดยกำหนดให้ค่าศักย์ของน้ำในสารละลายมีค่าต่ำกว่าศูนย์หรือติดลบเสมอ ซึ่งพลังงานศักย์น้ำรวมในใบสามารถนำมาใช้เป็นตัวชี้วัดสถานะขาดน้ำภายในแปลงปลูก เมื่อได้รับน้ำเป็นอย่างดี ใบพืชมักมีค่าพลังงานศักย์รวมของน้ำในช่วง -0.5 ถึง -1.0 MPa ถ้าอยู่ในสถานะขาดน้ำค่าพลังงานศักย์น้ำรวมจะลดต่ำลง (สุนทรี, 2535)

ในสภาพที่อ้อยได้รับน้ำน้อยกว่าความต้องการ จะมีผลทำให้ค่าพลังงานศักย์น้ำรวมในใบอ้อยลดลงเมื่อเทียบกับอ้อยที่ได้รับน้ำในปริมาณเทียบเท่ากับความต้องการ Roberts *et al.* (1990) กล่าวว่า ค่าศักย์ของน้ำในใบพืชมีค่าใกล้เคียงศูนย์ในสภาพที่มีการให้น้ำชลประทานเป็นอย่างดี และในสภาพที่อาศัยน้ำฝนในช่วงที่ฝนทิ้งช่วงค่าศักย์ของน้ำภายในใบจะลดต่ำลงถึง -1.7 MPa ถึง -1.8 MPa ซึ่งค่าศักย์ของน้ำภายในใบระดับนี้ทำให้การสังเคราะห์ด้วยแสง การเจริญเติบโตของใบ และค่า stomatal conductance เกิดขึ้นต่ำมาก ในสภาพที่ให้น้ำชลประทานอย่างเพียงพอ ค่าศักย์ของน้ำในใบ จะอยู่ในช่วง -0.5 ถึง -0.7 MPa สภาพที่ปลูกอ้อยโดยอาศัยน้ำฝน (rainfed) ในช่วงที่ฝนทิ้งช่วงค่าศักย์ของน้ำในใบจะลดลงอยู่ระหว่าง -1.3 ถึง -1.7 MPa แสดงให้เห็นว่าได้เกิดภาวะแห้งแล้งขึ้นในแปลงอาศัยน้ำฝน (ธงชัย และคณะ, 2539) ในสภาพที่พืชขาดน้ำ ทำให้น้ำเคลื่อนที่ไปสู่เนื้อเยื่อที่กำลังขยายลดลงจนทำให้เกิดความสูญเสียความต่ง ทำให้การเจริญเติบโตจำกัดเนื่องจากความต่างศักย์ของน้ำที่ลดลง (Nonami and Boyer, 1989) และทำให้อัตราส่วนของรากต่อต้นเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเจริญเติบโตทางต้นน้อย แต่มีสัดส่วนการเจริญเติบโตทางรากเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ช่วยให้พืชอยู่รอดได้ในสถานะขาดน้ำ (สายัณห์, 2537) เมื่อให้น้ำภายหลังใบจะพัฒนาอย่าง

รวดเร็ว ขณะที่การเจริญเติบโตของลำต้นยังคงอยู่ในระดับต่ำจึงทำให้ลำต้นแคระแกร็นและได้รับผลผลิตลดลง

2.4. การตอบสนองของปากใบ

Kriedemann (1986) กล่าวว่า การปิดเปิดของปากใบพืชเป็นกระบวนการที่ถูกควบคุมโดยปัจจัยทางแวดล้อมหลายอย่าง ตัวอย่างเช่น แสง ปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ในใบ ความชื้น และอุณหภูมิ (Lee and Bowling, 1995) การรับคาร์บอนไดออกไซด์ทำได้เมื่อรูปากใบเปิดเท่านั้น นอกจากนี้การสูญเสียน้ำส่วนใหญ่ในพืชเป็นการสูญเสียในรูปของไอน้ำออกทางปากใบ ดังนั้นระดับการเปิดปากใบ stomatal conductance จึงมีผลกับสัดส่วนการเคลื่อนย้ายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำ เป็นกลไกที่สำคัญในการตอบสนองต่อสภาวะการขาดน้ำ (Ludlow and Muchow, 1990)

การปรับค่าศักย์ออสโมซิสของใบให้ต่ำลงนั้น มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะทำให้การคายน้ำของใบน้อยกว่าการดูดน้ำจากดิน และรักษาอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงไม่ให้ลดลง (Turner, 1986) ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เซลล์มีการเจริญเติบโตลดลง เนื่องจากการปิดปากใบทำให้การสังเคราะห์ลดลง (Kriedemann, 1986) การปรับค่าศักย์ออสโมซิส เป็นผลเนื่องมาจากการสะสมสารละลายภายในเซลล์จนมีความเข้มข้นสูงขึ้นทำให้ค่าศักย์ออสโมซิสลดต่ำลง ซึ่งจะช่วยให้พืชรักษาความเต่งของเซลล์ส่วนต้นและเซลล์ส่วนรากไว้ได้เมื่อพืชประสบกับภาวะขาดน้ำ (Morgan, 1984) Turner (1986) กล่าวว่า การปรับค่าศักย์ออสโมซิสที่เกิดขึ้นในพืชเป็นผลเนื่องจากการขาดน้ำขึ้นอย่างช้าๆ ดังนั้นระดับของการปรับค่าศักย์ออสโมซิสจะขึ้นอยู่กับความเร็วของการเกิดสภาวะขาดน้ำ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับการขาดน้ำที่เกิดขึ้นมาก่อนล่วงหน้า เพราะสภาพเช่นนี้ทำให้ระดับของการปรับค่าศักย์ออสโมซิสเกิดขึ้นมากกว่าปกติ คือมีการสะสมสารละลายมากขึ้น ตัวถูกละลายที่สะสมในเซลล์ของเนื้อเยื่อที่โตเต็มที่แล้วและกำลังเจริญเติบโตประกอบด้วยสารอนินทรีย์ไอออน (inorganic ions) เช่น K^+ , Cl^- และ NO_3^- สารอินทรีย์แอนไอออน (organic anions) สารละลายคาร์โบไฮเดรต (soluble carbohydrates) กรดอะมิโน (amino acid) และสารประกอบแอมโมเนียม (ammonium compounds) เมื่ออ้อยประสบกับภาวะขาดน้ำการปรับค่าศักย์ออสโมซิสเพื่อรักษาสมดุลของการคายน้ำมีความสำคัญต่ออัตราการยึดของลำต้น เนื่องจากเป็นลักษณะที่มีความไวต่อการขาดน้ำ เมื่อความชื้นในดินลดลง อัตราการยึดของลำต้นจะลดลงตามไปด้วย (Robertson *et al.*, 1999)

การปรับค่าศักย์ออสโมซิสในระหว่างที่พืชเกิดการขาดน้ำนี้ เป็นความสัมพันธ์กันระหว่างน้ำกับพืชทั้งต้น ซึ่งความสัมพันธ์นี้จะขึ้นอยู่กับกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเมตาบอลิซึมภายในเซลล์ และในพืชที่มีการปรับตัวต่อการขาดน้ำได้ดีจะมีน้ำตาลกลูโคสมากกว่าในพืชที่ไม่มีการปรับตัวหรือมีการปรับตัวได้น้อย (Ackerson, 1981) กระบวนการแรกที่ถูกระงับโดยตรงเมื่อขาดน้ำคือ การยึดตัวของเซลล์ เพราะเมื่อขาดน้ำจะทำให้ค่าศักย์ออสโมซิสต่ำลง เมื่อขาดน้ำรุนแรงและต่อเนื่อง ปากใบจะปิด ทำให้กระบวนการคายน้ำลดลง รวมทั้งการสังเคราะห์ด้วยแสงและอัตราการเคลื่อนย้ายสารอาหารในท่ออาหารจะลดลงตามไปด้วย มีผลกระทบไปถึงการเจริญเติบโตของพืชให้ลดต่ำลง (สุนทร, 2535)

3. อิทธิพลของธาตุอาหารหลักต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อย

ธาตุอาหารหลัก คือ ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียม เป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมากเพื่อให้เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโต (ยงยุทธ, 2543) ในดินทั่วไปที่ปลูกมักจะแสดงอาการขาดธาตุอาหารให้เห็นอยู่เสมอ ดังนั้นในการเพิ่มผลผลิตอ้อยจึงต้องมีการเพิ่มธาตุอาหารในดินเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการ

3.1. ไนโตรเจน

ไนโตรเจน เป็นธาตุที่มีบทบาทสำคัญที่สุดต่อการเจริญเติบโตของพืช เป็นส่วนประกอบของโปรตีน และจำเป็นอย่างมากต่อทุกๆ ขบวนการของการใช้เอ็นไซม์ ไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบของสารในกระบวนการเมตาบอลิซึมต่างๆ เช่น กรดนิวคลีอิก purines, pyrimidines porphyrines และโคเอ็นไซม์ต่างๆ รวมทั้งวิตามินและ adenosine triphosphate (ยงยุทธ, 2543) อ้อยจะดูดธาตุไนโตรเจนทางรากในรูปของแอมโมเนีย และไนเตรต (Burr *et al.*, 1957) อ้อยที่กำลังเจริญเติบโตจะต้องการไนโตรเจนอย่างสม่ำเสมอ โดยมีความต้องการมากที่สุด เมื่ออ้อยอายุ 2.5-5 เดือน เมื่ออ้อยอายุ 4 เดือนไปแล้ว อ้อยจะเริ่มอย่างปลั่ง การเจริญเติบโตในช่วงนี้รวดเร็วมาก จึงต้องการน้ำและธาตุไนโตรเจนมาก เมื่ออ้อยโตเต็มที่ คือ ประมาณ 8 เดือนขึ้นไปแล้ว อ้อยจะหยุดการเจริญเติบโต และสะสมน้ำตาล ถ้าได้รับไนโตรเจนมากเกินไปในช่วงนี้อ้อยจะมีลำต้นอวบ มีการเจริญเติบโตด้านโครงสร้างและเนื้อเยื่อมากอ้อยจะดูดน้ำมาก ทำให้น้ำตาลซูโครสในน้ำอ้อยลดลง อ้อยจะแก่ช้า และคุณภาพลดลง (ถวิล, 2523) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเกินพอดี ทำให้ปริมาณของไฟเบอร์ลดลง อ้อยจะลุ่มง่าย โดยทั่วไปธาตุไนโตรเจนจะเป็นธาตุอาหารพืชตัวแรกที่

จำกัดผลผลิตของพืช ทั้งนี้เนื่องจากพืชต้องการธาตุไนโตรเจนปริมาณมาก แต่ไนโตรเจนมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา การทำการเกษตรในเขตร้อนทั่วไปจำเป็นต้องใช้ปุ๋ยไนโตรเจน เนื่องจากปริมาณไนโตรเจนในธรรมชาติที่ได้จากอินทรีย์วัตถุนั้นไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช การจัดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนให้กับพืชนั้นต้องคำนึงถึงอัตรา ชนิด เวลาใส่ และวิธีการใส่ เพื่อให้ได้มาซึ่งประสิทธิภาพสูงสุด ปริมาณไนโตรเจนในอ้อยจะแตกต่างกันตามแหล่งปลูกอ้อย โดยอ้อยที่ปลูกและเก็บเกี่ยวเร็วขึ้นจะมีปริมาณไนโตรเจนสูงกว่าอ้อยที่มีอายุมากกว่าเสมอ ทั้งนี้เพราะประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนมักจะต่ำ เนื่องจากส่วนหนึ่งจะถูกจุลินทรีย์ดินนำไปใช้ ส่วนหนึ่งอาจถูกเปลี่ยนรูปเป็นไนเตรท และอาจสูญหายไปโดยการชะล้างหรือบางส่วนอาจจะหายไปในบรรยากาศ ซึ่งหมายความว่าจะต้องใส่ไนโตรเจนจำนวนมากกว่าที่พืชดูดมาใช้ได้จริงๆ (กรมวิชาการเกษตร, 2523) การให้ปุ๋ยไนโตรเจนในระดับที่เพียงพอ ทำให้มีการใช้แอมโมเนียมไนเตรทที่สูงขึ้น จึงเพิ่มโปรตีน ทำให้การเจริญของใบ และอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงขึ้น การให้ไนโตรเจนในระดับนี้จะทำให้ผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้น (ยงยุทธ, 2543)

จักรินทร์ และคณะ (2535) ทดสอบปุ๋ยไนโตรเจนในอ้อย 3 พันธุ์ (อู่ทอง 1, อู่ทอง 2 และ 80-1-128) พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 0, 12, 24 และ 36 kg-N rai⁻¹ ไม่ทำให้ผลผลิตอ้อยด้านจำนวนลำ และน้ำหนักลำ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงขึ้นมีแนวโน้มที่ทำให้ผลผลิตอ้อยสูงขึ้น โดยการใส่ปุ๋ย 36 kg-N rai⁻¹ ให้ผลผลิตสูงสุด 15 tons rai⁻¹ สอดคล้องกับ จักรินทร์ และคณะ (2537) จากการทดลองอ้อยต่อ พบว่าการใส่ปุ๋ยอัตรา 12, 24 kg-N rai⁻¹ ทำให้ผลผลิตอ้อย ผลผลิตน้ำตาล และน้ำหนักลำ แตกต่างกันทางสถิติ โดยที่การใส่ปุ๋ยอัตรา 24 kg-N rai⁻¹ ให้ผลผลิตอ้อย และผลผลิตน้ำตาลสูงสุด แต่การใส่ปุ๋ยไม่ได้ทำให้จำนวนลำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Muchow *et al.* (1996) ได้เปรียบเทียบผลของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 107 และ 268 kg-N ha⁻¹ กับอัตรา 56 kg-N ha⁻¹ ซึ่งทำให้ผลผลิตอ้อยของอ้อยเพิ่มสูงขึ้น 6.1 และ 17.2 % ตามลำดับ สอดคล้องกับ Choudhary and Sinha (2001) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 100, 150 และ 200 kg-N ha⁻¹ เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ผลผลิตของอ้อยเพิ่มขึ้น 14.8, 25.0 และ 25.9 % ตามลำดับ

อ้อยที่กำลังเจริญเติบโตมีความต้องการไนโตรเจนอย่างสม่ำเสมอ แต่เมื่อถึงเวลาเก็บเกี่ยวถ้าอ้อยได้รับไนโตรเจนมากเกินไปจะทำให้อ้อยยังเจริญเติบโต ทำให้มีน้ำตาลซูโครสในน้ำ

อ้อยน้อย หากใส่ปุ๋ยในโตรเจนในระยะแรกของการปลูกอ้อยช่วงอายุไม่เกิน 3 เดือน จะไม่กระทบกระเทือนต่อความหวานของอ้อยเมื่อถึงเวลาเก็บเกี่ยวอ้อยที่อายุ 11-12 เดือน (เกษม, 2540) ในด้านความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนกับการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบอ้อยนั้น ในใบที่อายุน้อยที่สุดที่ทางออกเต็มที่แล้วจะมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงและปริมาณไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นพร้อมกันในใบ (Allison *et al.*, 1997) สำหรับความสัมพันธ์ของธาตุไนโตรเจนกับธาตุอื่นพบว่า ในสภาพที่มีความชื้นเพียงพอ ธาตุไนโตรเจนทำให้อ้อยเพิ่มการเจริญเติบโตและมีการใช้ธาตุอาหารอื่นเพิ่มขึ้น (Burnes, 1953) นอกจากนี้ยังพบว่าถ้าอ้อยได้รับปุ๋ยไนโตรเจนมากเกินไปทำให้การดูดกินธาตุโพแทสเซียมลดลง อ้อยแสดงอาการขาดธาตุโพแทสเซียมได้ (Jack, 1961)

3.2. ฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัส เป็นธาตุอาหารที่สำคัญอย่างยิ่งเพื่อใช้ในการงอกของอ้อย การที่อ้อยได้รับฟอสฟอรัสในเพียงพอเพียง จะกระตุ้นการงอกของรากให้มีเจริญอย่างรวดเร็ว ทำให้คุณน้ำและธาตุอาหารต่างๆ ได้ดี อ้อยจะตั้งตัวได้เร็ว และมีการแตกกอมากและเจริญเติบโตเป็นปกติ ทำให้ผลผลิตดีขึ้นกว่าการปลูกอ้อยในพื้นที่ที่ฟอสฟอรัสในดินไม่เป็นประโยชน์ ในดินที่เป็นกรดหรือด่างมากเกินไป ฟอสฟอรัสจะถูกตรึง ถ้าเราใช้วัสดุปูนปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 6.5-7.0 แร่ธาตุฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในดินก็จะอยู่ในสภาพที่ละลายออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชมากขึ้น

ในบริเวณดินที่มีความชื้นหลายๆ รากอ้อยจะเจริญอยู่ใกล้ผิวดินและสามารถใช้ฟอสฟอรัสที่ไต่บนผิวดินได้ ส่วนในสภาพที่มีการชลประทานนั้นดินจะเปียกสลับแห้งเสมอ สภาพดังกล่าวรากอ้อยจะไม่สามารถเจริญอยู่ใกล้ผิวดิน จึงไม่สามารถใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ไต่บนผิวดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ ชนิดของปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ใช้ในเขตร้อนได้แก่ โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต ทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต หรือใช้ปุ๋ยฟอสเฟตที่ไม่ละลายน้ำ เช่น หินฟอสเฟต (rock phosphate) ดินที่ปลูกอ้อยส่วนมากจะมีการตรึงฟอสฟอรัสได้มาก การใส่ปุ๋ยควรใส่ครั้งละไม่มากนักเพื่อลดการตรึงฟอสเฟตของดิน ในดินกรดเขตร้อน การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสพร้อมกับระบบน้ำชลประทาน จะทำให้ฟอสฟอรัสถูกตรึงอย่างเหนียวแน่น โดยดินชั้นบน การเพิ่มประสิทธิภาพฟอสฟอรัสควรคำนึงถึงการใส่ปุ๋ยดังกล่าวในรูปที่ละลายน้ำ ณ ตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุด คือใกล้รากอ้อยและใกล้ระดับล่างสุดของชั้นที่มีรากมากที่สุด ร่วมกับการไถให้ลึกถึงดินชั้นล่างเพื่อทำให้ฟอสฟอรัสที่ตรึงไว้เป็นประโยชน์ต่อพืช การผสมหินฟอสเฟตที่บดละเอียดกับดินชั้นล่างที่ขาดฟอสฟอรัสจะช่วยส่งเสริมให้อ้อยมีรากมากและหยั่งลึก (กรมวิชาการเกษตร, 2523) ฟอสฟอรัส

และไนโตรเจนเป็นธาตุที่ส่งเสริมซึ่งกันและกัน ถ้าธาตุใดธาตุหนึ่งไม่เพียงพอก็มีผลทำให้ผลผลิตลดลงได้ (ยงยุทธ, 2543)

จักรินทร์ และคณะ (2535) ได้ศึกษาอิทธิพลของการใส่หินฟอสเฟต 4 อัตรา คือ 50, 100, 150 และ 200 kg rai⁻¹ เพื่อเพิ่มผลผลิตของอ้อยคั้นน้ำ พบว่าการใส่หินฟอสเฟตในอัตรา 150 kg rai⁻¹ มีแนวโน้มที่จะให้จำนวนลำต่อไร่และน้ำหนักอ้อยต่อไร่สูงที่สุด

สมภพ และคณะ (2541) ได้รายงานว่าปุ๋ยฟอสเฟตมีผลต่อระดับผลผลิตของอ้อยที่ปลูกในดินร่วนปนทราย โดยการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในอัตรา 12 และ 24 kg-P₂O₅ rai⁻¹ ให้ผลผลิตเป็น 20 และ 24 tons rai⁻¹ ตามลำดับ

การขาดฟอสฟอรัสของพืชมีผลกระทบต่ออาการเจริญของพืชอย่างมาก ทำให้ใบขยายขนาดช้า จำนวนใบน้อย และใบร่วงหล่นเร็วกว่าปกติ มีผลกระทบต่ออาการเจริญเติบโตของส่วนเหนือดินมาก แต่มีผลกระทบน้อยต่อการเจริญเติบโตของราก ดังนั้นพืชที่ขาดฟอสฟอรัสจะมีค่าสัดส่วนระหว่างส่วนเหนือดินกับราก (shoot:root ratio) ลดลง เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลผลิตต่ำลง (Khamis *et al.*, 1990)

3.3. โปแทสเซียม

โปแทสเซียมเป็นธาตุที่จำเป็นต่อขบวนการต่างๆ ในอ้อยเนื่องจากโปแทสเซียมเป็นตัว activator ในขบวนการเมตาบอลิซึมของโปรตีน รวมทั้งเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ต่างๆ ในขบวนการเมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต มีหน้าที่ช่วยปรับสมดุลของประจุต่างๆ ในเซลล์ และยังควบคุมแรงต่งของเซลล์ต่างๆ ซึ่งรวมทั้งการเปิดและปิดของปากใบ (ยงยุทธ, 2543) ดังนั้นโปแทสเซียมจึงจำเป็นต่ออ้อย โดยเฉพาะเกี่ยวกับการสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรต การสังเคราะห์ด้วยแสง และการสร้างน้ำตาล การดูดน้ำและคายน้ำ การลำเลียงน้ำตาล และการงอกของอ้อย (Burr *et al.*, 1957) โปแทสเซียมพบมากในส่วนที่กำลังขยายตัวในส่วนที่เซลล์แบ่งตัว อ้อยที่มีอายุ 3 เดือน มีอัตราการเจริญเติบโตช้ามาก แต่เมื่ออ้อยอายุ 3-7 เดือน ซึ่งเป็นช่วงที่อ้อยเจริญเติบโตเร็วมาก อัตราการดูดซึมโปแทสเซียมจะเร็วมากขึ้น ปุ๋ยโปแทสเซียมมีผลต่อผลผลิตและความหวานของอ้อย ในกรณีที่ยังปัจจัยอื่นๆ เหมาะสม ถ้าในดินนั้นมีไนโตรเจนมากเกินไปและมีปัจจัยอื่นๆ ควบคุมการ

เจริญเติบโตและความหวานอยู่แล้ว การเพิ่มปุ๋ยโพแทสเซียมลงไปจะไม่มีผลใดๆ ต่อเจริญเติบโตและความหวาน (ปรีชา, 2523)

ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใช้ควรให้มากกว่า 10 kg rai^{-1} ต่อปีในดินทราย ส่วนในดินเนื้อละเอียดอาจใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟตบ้างเพียง 10 kg rai^{-1} (ถวิล, 2523) โดยทั่วไปดินในประเทศไทยไม่ค่อยมีปัญหาขาดโพแทสเซียม ยกเว้นดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีธาตุโพแทสเซียมต่ำ (พิพัฒน์ และคณะ, 2538) ได้มีการเปรียบเทียบการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอ้อยปลูกอัตรา 300, 450 และ 600 kg ha^{-1} กับไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม การใส่ปุ๋ยทำให้อ้อยมีผลผลิตสูงขึ้น 16.51, 25.90 และ 22.92% ตามลำดับ (IPNI, 2008)

เมื่อเข้าสู่ภาวะขาดน้ำพืชที่มีโพแทสเซียมเพียงพอจะสังเคราะห์โปรตีนได้มากกว่าพืชที่ขาดโพแทสเซียม สารอินทรีย์ดังกล่าวช่วยลดศักย์ออสโมซิสของเซลล์ จึงช่วยให้พืชทนแล้งได้มากขึ้น (Marchner, 1995) และโพแทสเซียมยังช่วยให้พืชควบคุมปากใบได้ดี ในพืชที่มีโพแทสเซียมเพียงพอจึงมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงกว่าพืชที่ขาดธาตุนี้ (ยงยุทธ, 2543)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. แปลงทดลอง
2. อ้อยพันธุ์ LK92-11
3. ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยเคมีสำหรับการทดลอง
4. เครื่องมือ และอุปกรณ์สำหรับการเก็บตัวอย่างพืช
5. เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมีสำหรับการเตรียมตัวอย่างพืช
6. เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมีสำหรับการวิเคราะห์พืช
7. เครื่องมือ และอุปกรณ์สำหรับวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง
8. เครื่องมือ และอุปกรณ์ สำหรับการวัดศักย์น้ำรวมในใบพืช
9. เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมีสำหรับการวัดพลังงานศักย์สารละลายในเซลล์ใบพืช
10. เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล
11. เครื่องมือที่ใช้ในเก็บข้อมูลสภาพอากาศ (ตารางที่ 1)
12. เครื่องมือที่ใช้ในเก็บข้อมูลความชื้นดิน (ตารางที่/ 2)

ตารางที่ 1 ชนิดของเครื่องมือที่ใช้ในเก็บข้อมูลสภาพอากาศ

| ข้อมูล | เครื่องมือ |
|-----------------------------------|--|
| ความเข้มแสง | Quantum sensor รุ่น LI-190SZ บริษัท LI-COR หน่วยเป็น mV แปลงเป็น $W m^{-2}$ |
| ความเร็วลม | Wind speed บริษัท Campbell หน่วยเป็น $m s^{-1}$ |
| ปริมาณน้ำฝน | TE525 Tipping Bucket Rain Gage บริษัท Campbell หน่วยเป็น mm |
| อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์อากาศ | HMP50 Temperature and Relative Humidity probe บริษัท Campbell หน่วยอุณหภูมิเป็น $^{\circ}C$ และ หน่วยความชื้นสัมพัทธ์อากาศเป็น % |
| datalogger | รุ่น CR1000 ของบริษัท Campbell |

ตารางที่ 2 ชนิดของเครื่องมือที่ใช้ในเก็บข้อมูลความชื้นดิน

| ข้อมูล | เครื่องมือ |
|--------------------------------------|--|
| ความชื้นดิน ที่ระดับ 30 cm จากผิวดิน | ECH2O Soil moisture Sencer ของบริษัท Decagon หน่วยเป็น mV แปลงเป็น $m^3 m^{-3}$ |
| datalogger | รุ่น CR10x ของบริษัท Campbell |
| Relay Multiplexer | AM16/32 Relay Multiplexer ของบริษัท Campbell สำหรับขยายช่องสัญญาณ |

วิธีการ

1. แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ split plot โดยมีการสุ่มแบบ randomized complete block design การทดลองละ 3 ซ้ำ โดยมี main plot เป็นการให้น้ำ 3 ระดับ คือ ให้น้ำฝนธรรมชาติ (W1), ให้น้ำ 1 ETp ทุก 1 สัปดาห์ (W2) และให้น้ำ 1 ETp ทุก 2 สัปดาห์ (W3) เมื่อ ETp หมายถึง ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (คำนวณจากข้อมูลภูมิอากาศ ซึ่งจะนำเสนอต่อไป) และ sub plot เป็นอัตราปุ๋ย 3 ระดับ คือ ให้อัตราปุ๋ยในอัตรา 5 kg-N rai^{-1} - $1 \text{ kg-P}_2\text{O}_5 \text{ rai}^{-1}$ - $10 \text{ kg-K}_2\text{O rai}^{-1}$ (F1 ใช้สัญลักษณ์เป็น 5-1-10), 10 kg-N rai^{-1} - $2 \text{ kg-P}_2\text{O}_5 \text{ rai}^{-1}$ - $20 \text{ kg-K}_2\text{O rai}^{-1}$ (F2, 10-2-20) และ 15 kg-N rai^{-1} - $3 \text{ kg-P}_2\text{O}_5 \text{ rai}^{-1}$ - $30 \text{ kg-K}_2\text{O rai}^{-1}$ (F3, 15-3-30) สูตรปุ๋ยที่ใช้ในการทดลองคำนวณได้จาก แบบจำลองความต้องการธาตุอาหารของอ้อยโดย รศ.ดร.กมุท สังขศิลา

2. การปลูกอ้อย

เตรียมแปลงทั้งหมด 27 แปลงย่อย ขนาดของแปลงย่อยแต่ละแปลง กว้าง 6 m ยาว 7 m ระยะระหว่างร่อง 1.2 m ในหนึ่งแปลงย่อยมี 5 ร่องปลูก นำท่อนพันธุ์ที่มีอายุประมาณ 8 เดือน มาสับเป็นท่อน ยาว 30 cm หรือให้มีตาประมาณ 2-3 ตาต่อท่อน แล้วนำไปปลูก โดยใช้ท่อนพันธุ์ประมาณ 23-25 ท่อนต่อร่อง แต่ละแปลงย่อยถูกคั่นด้วยร่องปลูกกันชน (guard row) จำนวน 1 ร่องปลูก (ภาพที่1)

ตารางที่ 3 ปริมาณปุ๋ยที่ใส่ครั้งที่ 1 พร้อมปลูก (กรัมต่อขนาดแปลงย่อย 6x7 m²)

| ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 | Urea (g) | TSP (g) | KCl (g) | ปุ๋ยอินทรีย์ (g) |
|-------------------|----------|---------|---------|------------------|
| 5-1-10 | 74.6 | 0.0 | 123.8 | 1250 |
| 10-2-20 | 164.3 | 0.0 | 261.3 | 1250 |
| 15-3-30 | 254.0 | 16.1 | 398.8 | 1250 |

หมายเหตุ TSP หมายถึง Triple superphosphate

ตารางที่ 4 ปริมาณปุ๋ยที่ใส่ครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ยเมื่ออ้อยอายุได้ประมาณ 5 เดือน (กรัมต่อขนาดแปลงย่อย 6x7 m²)

| ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 | Urea (g) | TSP (g) | KCl (g) | ปุ๋ยอินทรีย์ (g) |
|-------------------|----------|---------|---------|------------------|
| 5-1-10 | 151.5 | 0.0 | 251.3 | 0.0 |
| 10-2-20 | 333.5 | 0.0 | 530.4 | 0.0 |
| 15-3-30 | 515.6 | 32.8 | 809.6 | 0.0 |

3. การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

3.1. เก็บข้อมูลสภาพอากาศ ด้วยเครื่องมือเก็บข้อมูลอัตโนมัติ (datalogger) ทุกๆ 15 นาที เก็บข้อมูลเดือน พฤษภาคม ถึง ธันวาคม

3.2. เก็บข้อมูลความชื้นของดิน ด้วยเครื่องมือเก็บข้อมูลอัตโนมัติ (datalogger) ทุกๆ 15 นาที

3.3. เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของอ้อย เก็บข้อมูลความสูง ความกว้างและความยาวของใบ จำนวนลำต่อไร่ทุกๆ 30 วัน เริ่มเก็บเมื่ออ้อยอายุได้ 120 วัน จนถึงอายุ 300 วัน

3.4. เก็บข้อมูลด้านสรีรวิทยา เก็บข้อมูลทุก 30 วัน เริ่มเก็บเมื่ออายุได้ 120 วัน จนถึงอายุ 300 วัน ในแต่ละครั้งที่จัดเก็บข้อมูล เก็บข้อมูลแบบรอบวัน ทุกๆ 2 ชั่วโมง เริ่มเก็บเวลา 6:00 นาฬิกา จนถึง 18:00 นาฬิกา ข้อมูลที่จัดเก็บลักษณะนี้ประกอบด้วย

3.4.1. พลังงานศักย์รวมน้ำในใบอ้อย (total leaf water potential; ψ_t , kPa) วัด 1 ใบ ต่อต้นต่อครั้งต่อหน่วยทดลอง โดยเลือกใบที่ได้รับแสงเต็มที่ เป็นใบที่ไม่แก่ และไม่อ่อนเกินไป ซึ่งอาศัยหลักการวัดของ Boyer (1995) ห่อใบด้วยพลาสติกถนอมอาหาร (plastic wrap) เพื่อป้องกันการระเหยน้ำ ตัดที่ก้านใบแล้วนำมาวัดด้วยเครื่องอัดความดัน (pressure chamber) อ่านค่าความดันที่เริ่มเห็นฟิล์มของน้ำปรากฏที่ปลายก้านใบ หลังจากนั้นนำใบอ้อยนั้นใส่ในหลอดพลาสติก ปิดปลายทั้ง 2 ด้านด้วยจุกยาง แล้วแช่ในไนโตรเจนเหลว (liquid nitrogen) นาน 3 นาที เพื่อให้เซลล์พืชแตก นำตัวอย่างเก็บไว้ในตู้เย็นเพื่อรอวัดค่าศักย์สารละลายในเซลล์ใบอ้อย ซึ่งจะวัดในห้องปฏิบัติการบันทึกข้อมูลนี้ทุกตำรับทดลอง ตำรับละ 3 ซ้ำ

3.4.2. พลังงานศักย์สารละลายในเซลล์ใบอ้อย (solute potential; ψ_π , kPa) นำตัวอย่างที่ได้จากขั้นตอนก่อนหน้า (3.4.1) ออกจากตู้เย็น ผึ่งในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิ 25 °C นาน 1 ชั่วโมง บดคั้นสารละลาย ใช้ pipette ดูดสารละลาย 10 μ l แล้วหยดสารละลายลงบนกระดาษกรองที่วางไว้ใน chamber ของเครื่อง Vapor pressure osmometer เพื่อคำนวณความเข้มข้นสารละลาย $\sum C_i$ จากนั้นนำค่าไปคำนวณค่า ψ_π โดยใช้ความสัมพันธ์ของ van't Hoff (Nobel, 1983)

$$\psi_\pi = -\sum_{i=1}^n RTC_i \quad (1)$$

เมื่อ ψ_π = พลังงานศักย์สารละลายในเซลล์ใบ, kPa

R = ค่าคงที่ของก๊าซมีค่า $8.3143 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ kPa mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

T = อุณหภูมิสัมบูรณ์ของสารละลาย, K

$\sum_{i=1}^n C_i$ = ความเข้มข้นรวมของสารละลายทุกชนิดที่วัดได้ (ตัวห้อย i),
mol m⁻³

3.4.3. พลังงานศักย์ความดันน้ำของใบอ้อย (pressure potential; ψ_p , kPa) บันทึกข้อมูลนี้ทุกคำรับทดลอง จำนวน โดยใช้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$\Psi_p = \Psi_t - \Psi_\pi \quad (2)$$

3.4.4. อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงและอัตราการคายน้ำในรอบวัน วัดด้วยเครื่อง LI-6400 Portable Photosynthesis System เชื่อมต่อกับ leaf chamber มาตรฐาน ที่ใช้ความเข้มแสงตามธรรมชาติ สุ่มเลือกใบเพื่อเก็บข้อมูลจำนวน 5 ใบต่อคำรับการทดลอง หาปริมาณการคายน้ำในรอบวันของอ้อยโดยการหาพื้นที่ใต้เส้นโค้งอัตราการคายน้ำที่เป็นฟังก์ชันของเวลาในรอบวัน หาช่วงเวลาที่ใช้คำนวณจาก 6:00 นาฬิกา จนถึง 18:00 นาฬิกา

3.5. วิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในอ้อย เมื่อเก็บเกี่ยว สุ่มเก็บตัวอย่างอ้อย 5 ต้นจากแต่ละคำรับการทดลอง แยกตัวอย่างออกเป็นสองส่วนคือ ใบรวมกับกาบใบ และ ลำต้นทั้งลำ ย่อยตัวอย่างให้เป็นชิ้นเล็กๆ นำตัวอย่างอบในตู้อบพีชที่อุณหภูมิ 70°C จนกระทั่งน้ำหนักแห้งคงที่บดตัวอย่างแล้วนำไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของปริมาณธาตุอาหารส่วนเหนือดิน หาความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ทั้งหมด โดยการย่อยตัวอย่างพีชด้วยสารละลาย digestion mixture ($\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{Cu}_2\text{SO}_4 - \text{Se}$ mixture) แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ด้วยการกลั่น (N-determination apparatus) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดโดยวิธี colorimetry ด้วย Spectrophotometer และวัดปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด โดยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

3.6. เก็บข้อมูลผลผลิตวันที่ 11-13 มกราคม 2552 อ้อยมีอายุได้ 320 วัน วิธีการเก็บตัดโคนอ้อยชิดดิน และริคใบออก ตัดยอดอ้อยที่จุดหักธรรมชาติ บันทึกมวลอ้อยสด และจำนวนลำต่อพื้นที่ โดยเก็บข้อมูลจาก 3 แถวกลาง ในแต่ละหน่วยการทดลองคิดเป็นพื้นที่ 25.2 m^2 นำมาเทียบให้เป็นมวลต่อพื้นที่ หนึ่งไร่

3.7. การวิเคราะห์ทางสถิติ วิเคราะห์ความแตกต่างของตัวแปรที่ใช้เป็นดัชนีด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA, analysis of variance) และเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างกันของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

SPSS ในการวิเคราะห์ ตัวแปรที่ใช้เป็นดัชนีชี้ความแตกต่างของค่ารับการทดลองได้แก่ ความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางลำ พื้นที่ใบ จำนวนลำต่อไร่ และผลผลิต

สถานที่ทำการทดลอง

แปลงทดลองภาควิชาปฐพีวิทยา (บริเวณบ่อ 1) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต กำแพงแสน จ.นครปฐม ($14^{\circ}02'05.71''N$, $99^{\circ}57'22.00''E$) นำตัวอย่างดินของแปลงที่ใช้ทำการทดลองวิเคราะห์เพื่อหาความอุดมสมบูรณ์ดิน ในชั้นดินบนที่ความลึก 0-30 เซนติเมตร และชั้นดินล่าง 30-60 เซนติเมตร พบว่า มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินบนและดินล่างอยู่ในช่วง 0.028-0.044% และ 0.020-0.027% ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในช่วง 15.81-26.15 mg kg^{-1} และ 4.68-40.20 mg kg^{-1} ส่วนปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้อยู่ในช่วง 27.47-58.49 mg kg^{-1} และ 25.45-30.52 mg kg^{-1} ของดินบนและดินล่างตามลำดับ มีค่าปฏิกิริยาดิน (pH) 5.5-6.5

ระยะเวลาทำการทดลอง

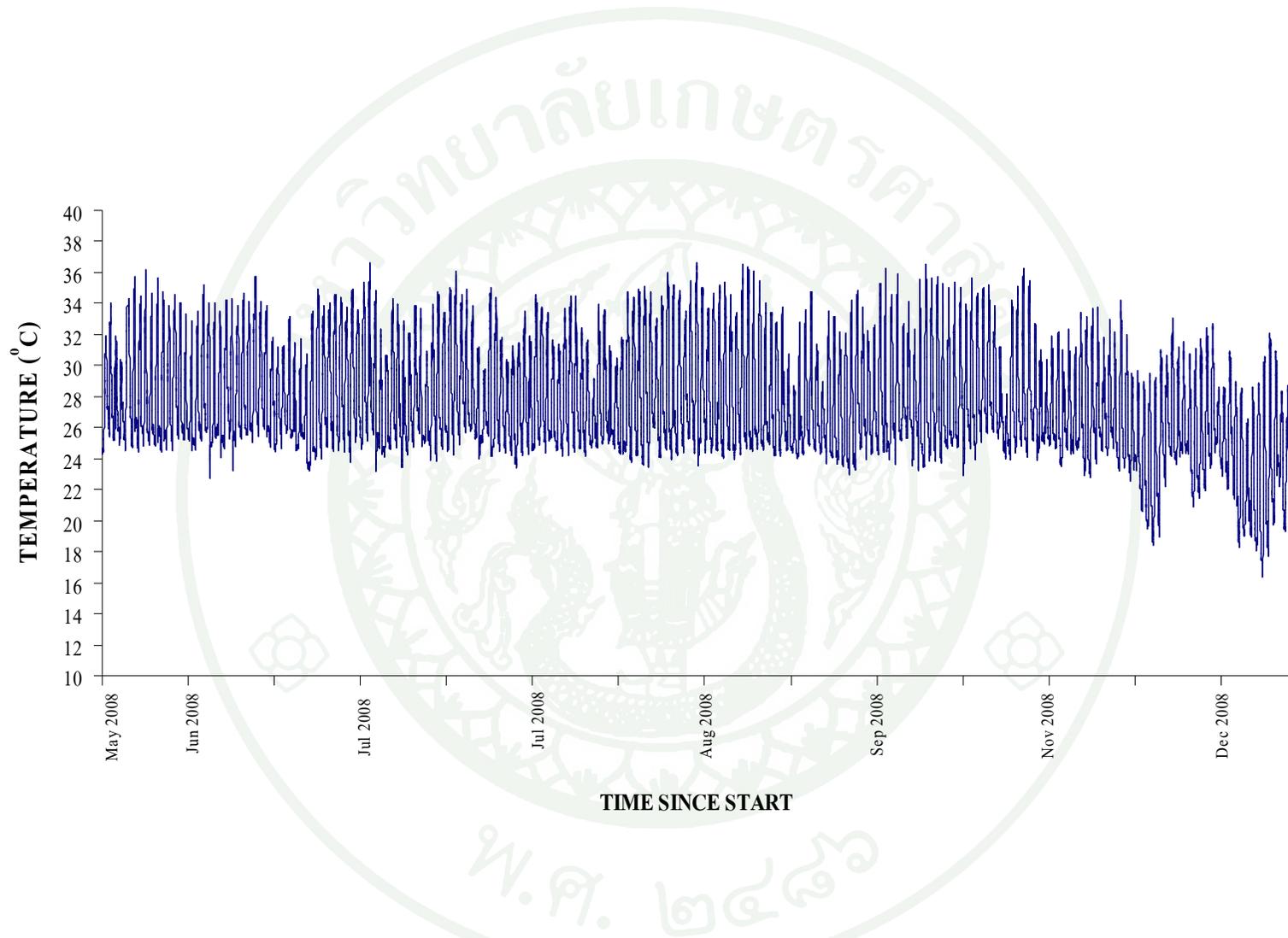
เริ่มปลูกเมื่อ 19-20 กุมภาพันธ์ 2551 เริ่มให้น้ำตามค่ารับการทดลองเมื่อ 16 พฤษภาคม 2551 ให้น้ำครั้งที่สองวันที่ 10 กรกฎาคม 2551 และเก็บเกี่ยว 11-13 มกราคม 2552 รวมอายุอ้อย 320 วัน

ผลและวิจารณ์

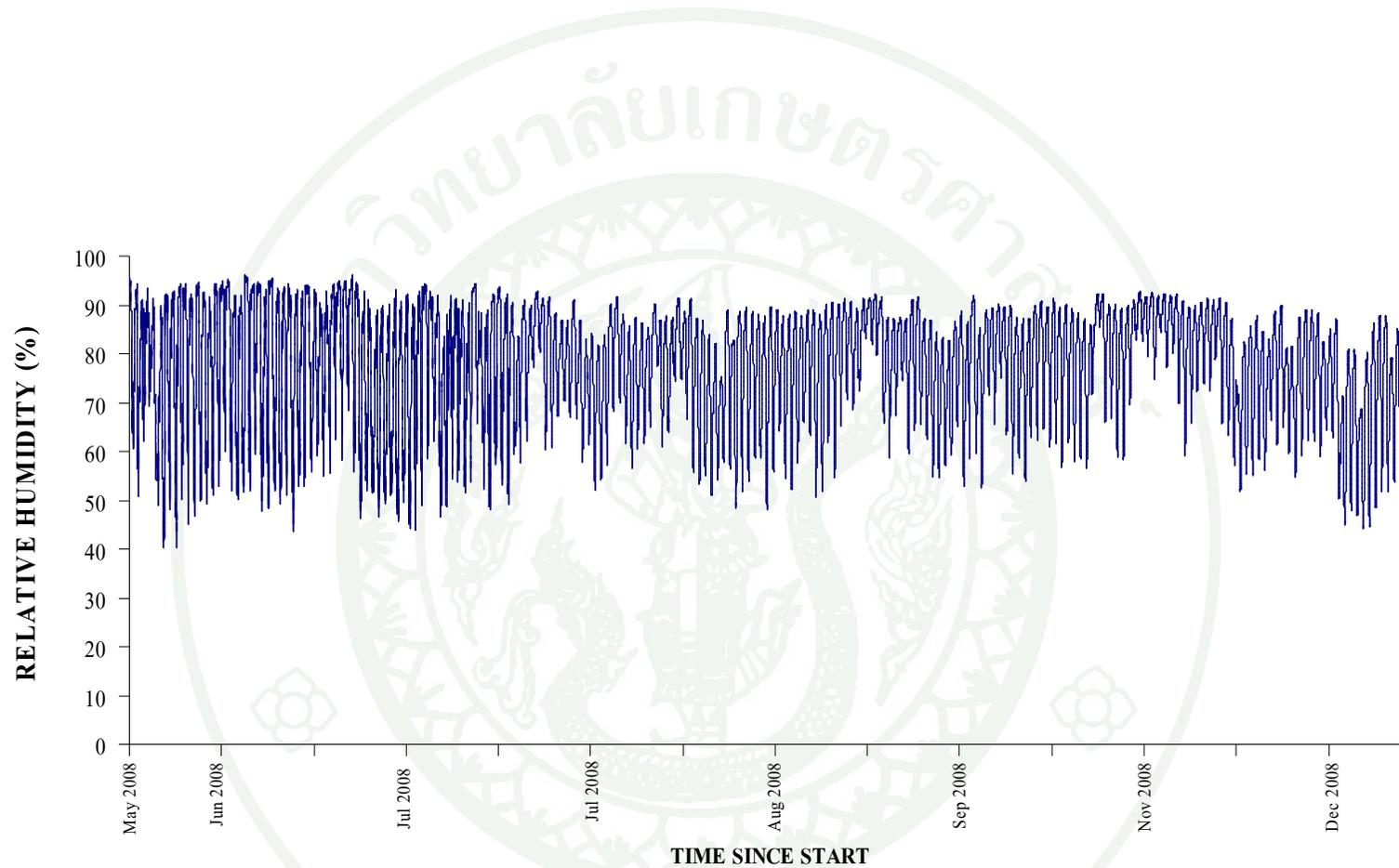
1. สภาพภูมิอากาศและความชื้นดินขณะทำการทดลอง

อุณหภูมิตลอดการทดลองอยู่ในช่วง 15.2-36.6 °C ในช่วงฤดูร้อน (เมษายน-มิถุนายน) มีอุณหภูมิเฉลี่ย 28.1 °C ในช่วงฤดูฝน (กรกฎาคม-ตุลาคม) 27.8 °C และฤดูหนาว (พฤศจิกายน-ธันวาคม) 24.6 °C (ภาพที่ 2) ความชื้นสัมพัทธ์ตลอดการทดลองอยู่ในช่วง 45.2-96.1% มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในช่วงฤดูร้อน 78.1% ในช่วงฤดูฝน 78.6% และฤดูหนาว 74.8% (ภาพที่ 3) ความเข้มแสงตลอดการทดลองอยู่ในช่วง 8.2-21.2 MJ d⁻¹ มีความเข้มแสงเฉลี่ยในช่วงฤดูร้อน 15.5 MJ d⁻¹ ในช่วงฤดูฝน 11.0 MJ d⁻¹ และฤดูหนาว 12.5 MJ d⁻¹ (ภาพที่ 4) ความเร็วลมตลอดการทดลองอยู่ในช่วง 0-9.5 m s⁻¹ มีความเร็วลมเฉลี่ยในช่วงฤดูร้อน 0.8 m s⁻¹ ในช่วงฤดูฝน 0.3 m s⁻¹ และฤดูหนาว 0.1 m s⁻¹ (ภาพที่ 5) มีกระจายตัวของน้ำฝนดี มีปริมาณน้ำฝนตลอดช่วงปลูก 1,634.5 mm ในช่วงฤดูร้อนมีปริมาณน้ำฝน 543.1 mm ในช่วงฤดูฝน 1079.7 mm และฤดูหนาว 11.7 mm (ภาพที่ 6)

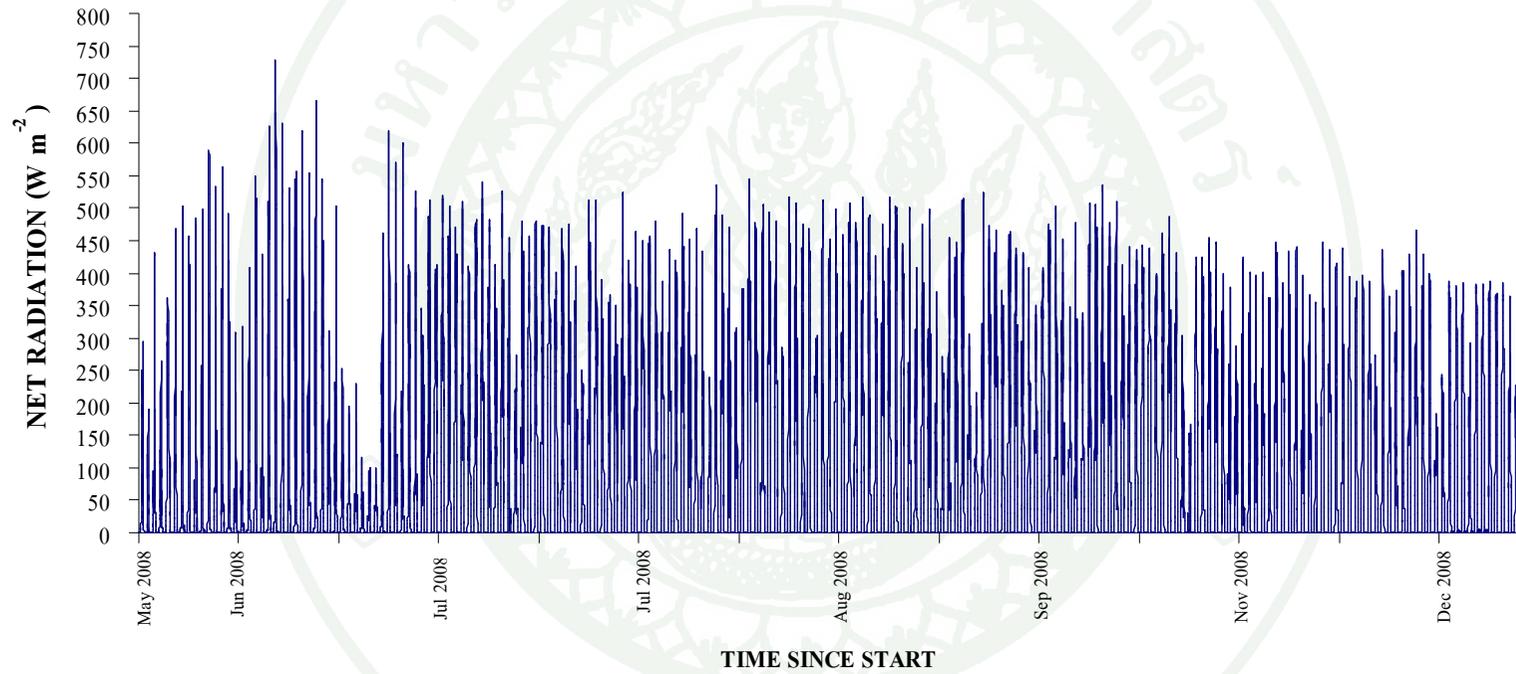
ตั้งแต่เดือนแรกที่เริ่มเก็บข้อมูลมีฝนตกตลอดอย่างสม่ำเสมอจนถึงเดือนตุลาคม ความชื้นในดินจึงค่อยๆ เพิ่มขึ้น จนกระทั่งใกล้เก็บเกี่ยวความชื้นในดินเริ่มลดลงเพราะอยู่ในช่วงปลายฝนและเข้าสู่ฤดูหนาว ความชื้นดินโดยปริมาตรของตำรับการทดลอง W1 (ภาพที่ 7) อยู่ในช่วง 0.244-0.083 มีความชื้นดินโดยปริมาตรเฉลี่ยในช่วงฤดูร้อน 0.155 ฤดูฝน 0.180 ฤดูหนาว 0.071 W2 (ภาพที่ 8) มีความชื้นดินโดยปริมาตรอยู่ในช่วง 0.285-0.110 มีความชื้นดินโดยปริมาตรเฉลี่ยในช่วงฤดูร้อน 0.184 ฤดูฝน 0.207 ฤดูหนาว 0.106 และ W3 (ภาพที่ 9) ความชื้นดินโดยปริมาตรอยู่ในช่วง 0.259-0.209 มีความชื้นดินโดยปริมาตรเฉลี่ยในช่วงฤดูร้อน 0.163 ฤดูฝน 0.179 ฤดูหนาว 0.115 ความชื้นดินโดยปริมาตรใน W2 มีค่าสูงกว่า W3 และ W1 ตามลำดับ เนื่องจาก W2 ได้รับความเพิ่มจากปริมาณน้ำฝน 61.1 mm คิดเป็นน้ำปริมาตร 61.1 L m⁻² และ W3 ได้รับความเพิ่มจากปริมาณน้ำฝน 45.8 mm คิดเป็นน้ำปริมาตร 45.8 L m⁻² เป็นเพราะช่วงเวลาการให้น้ำของ W3 มีระยะห่างกว่า W2 จึงได้รับความเพิ่มนอกเหนือจากปริมาณน้ำฝนน้อยกว่า W2 (ตารางที่ 5)



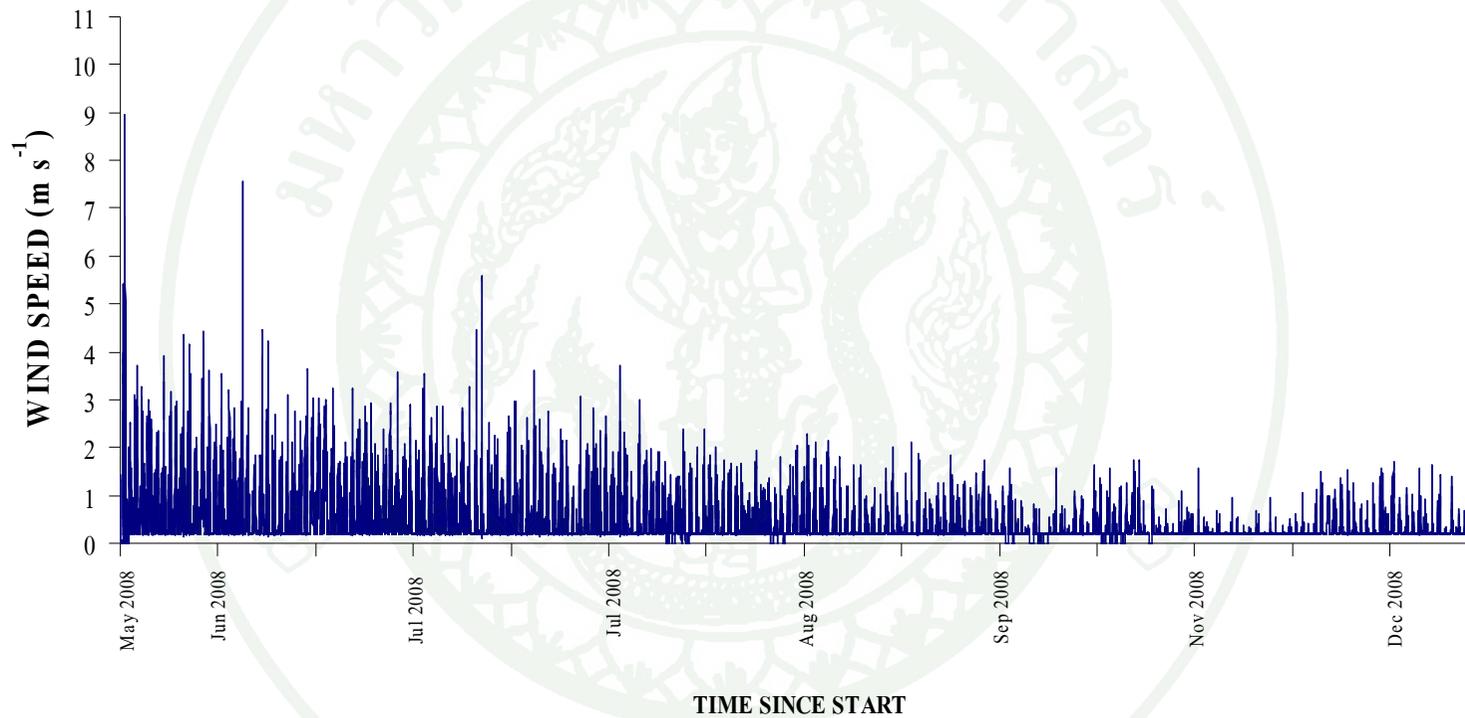
ภาพที่ 2 ข้อมูลอุณหภูมิอากาศ (°C) บริเวณแปลงทดลอง เริ่มเก็บข้อมูลวันที่ 15 พฤษภาคม พ.ศ. 2551



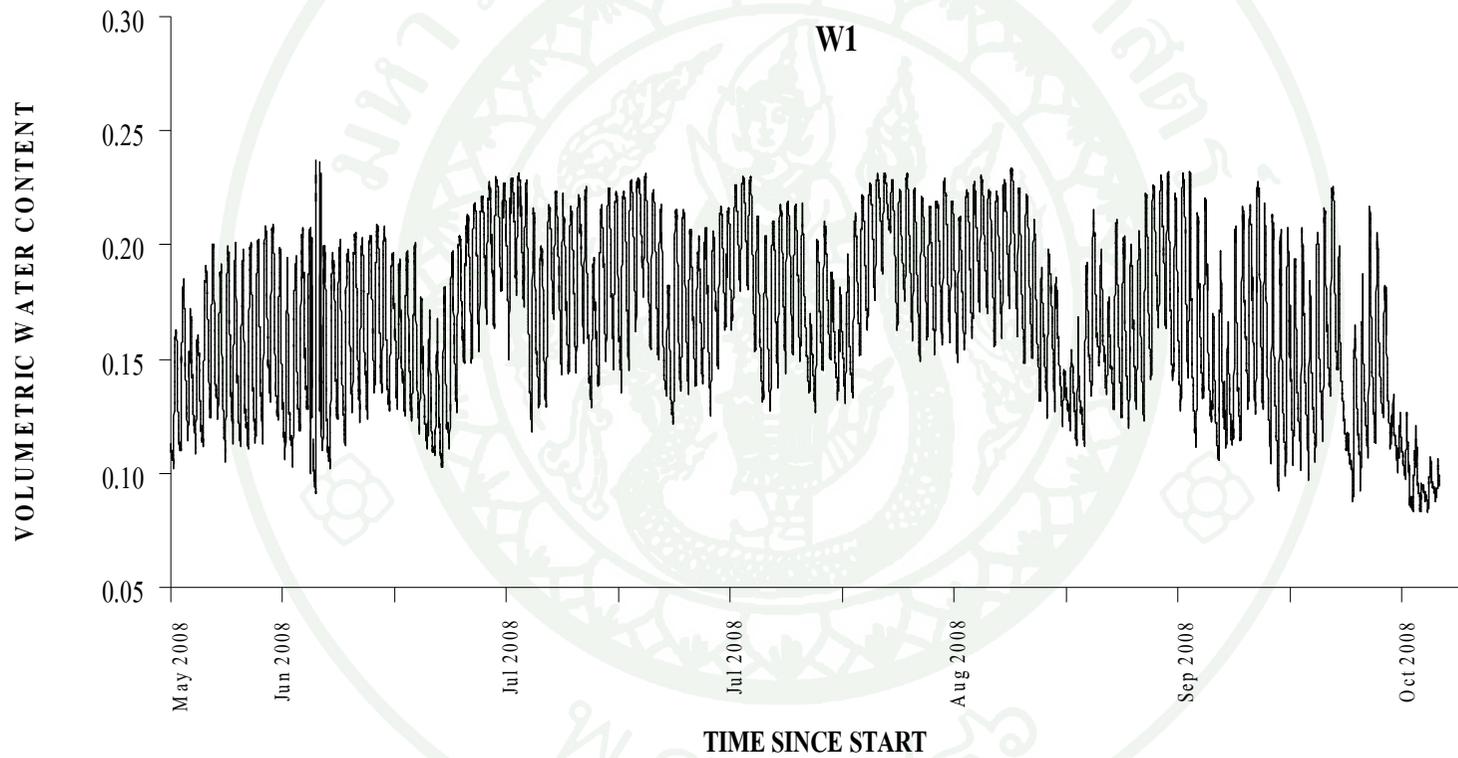
ภาพที่ 3 ความชื้นสัมพัทธ์ ของอากาศ เริ่มเก็บข้อมูลวันที่ 15 พฤษภาคม พ.ศ. 2551



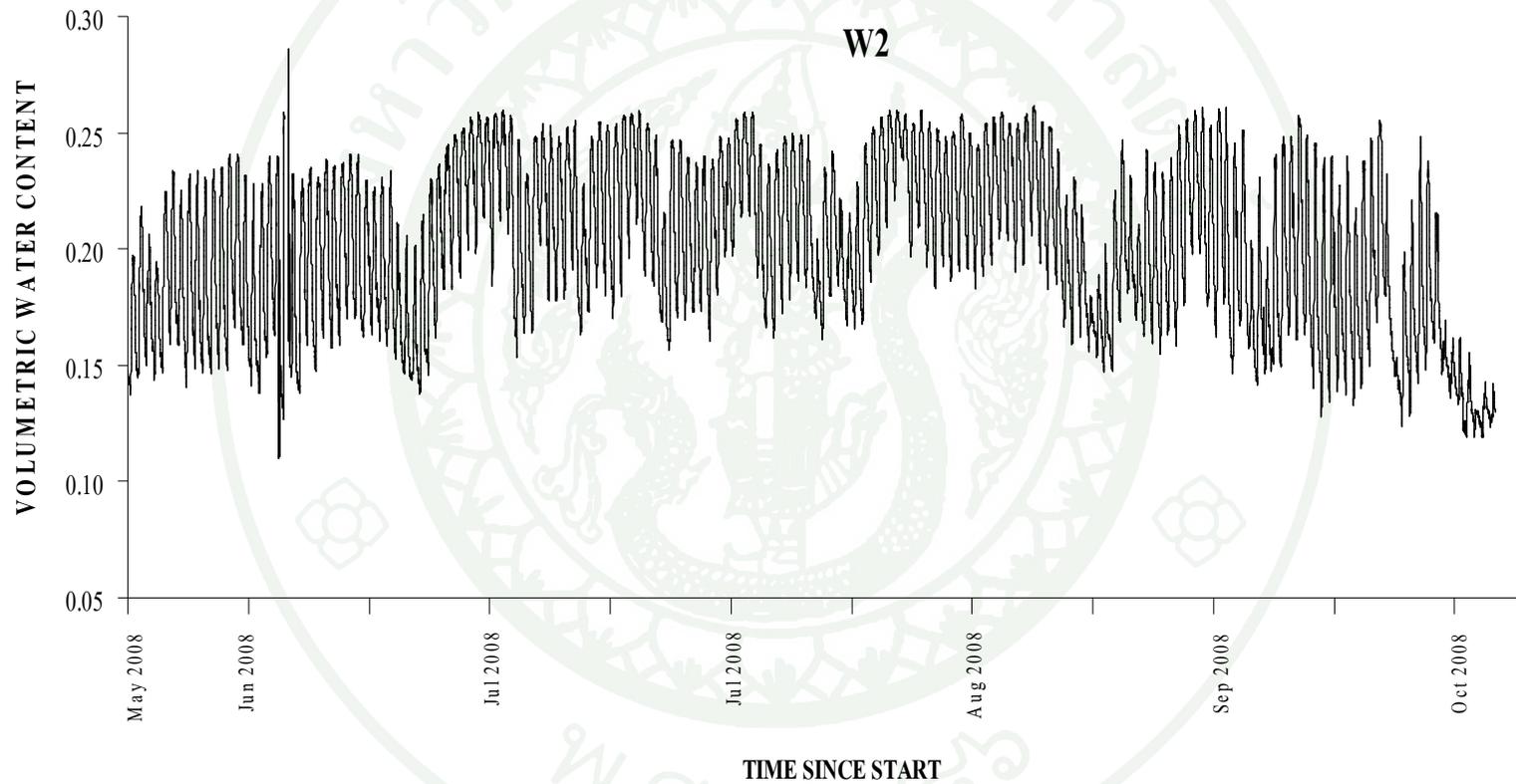
ภาพที่ 4 ความเข้มแสง (W m⁻²) เหนือเรือนฟาร์ม เริ่มเก็บข้อมูลวันที่ 15 พฤษภาคม พ.ศ. 2551



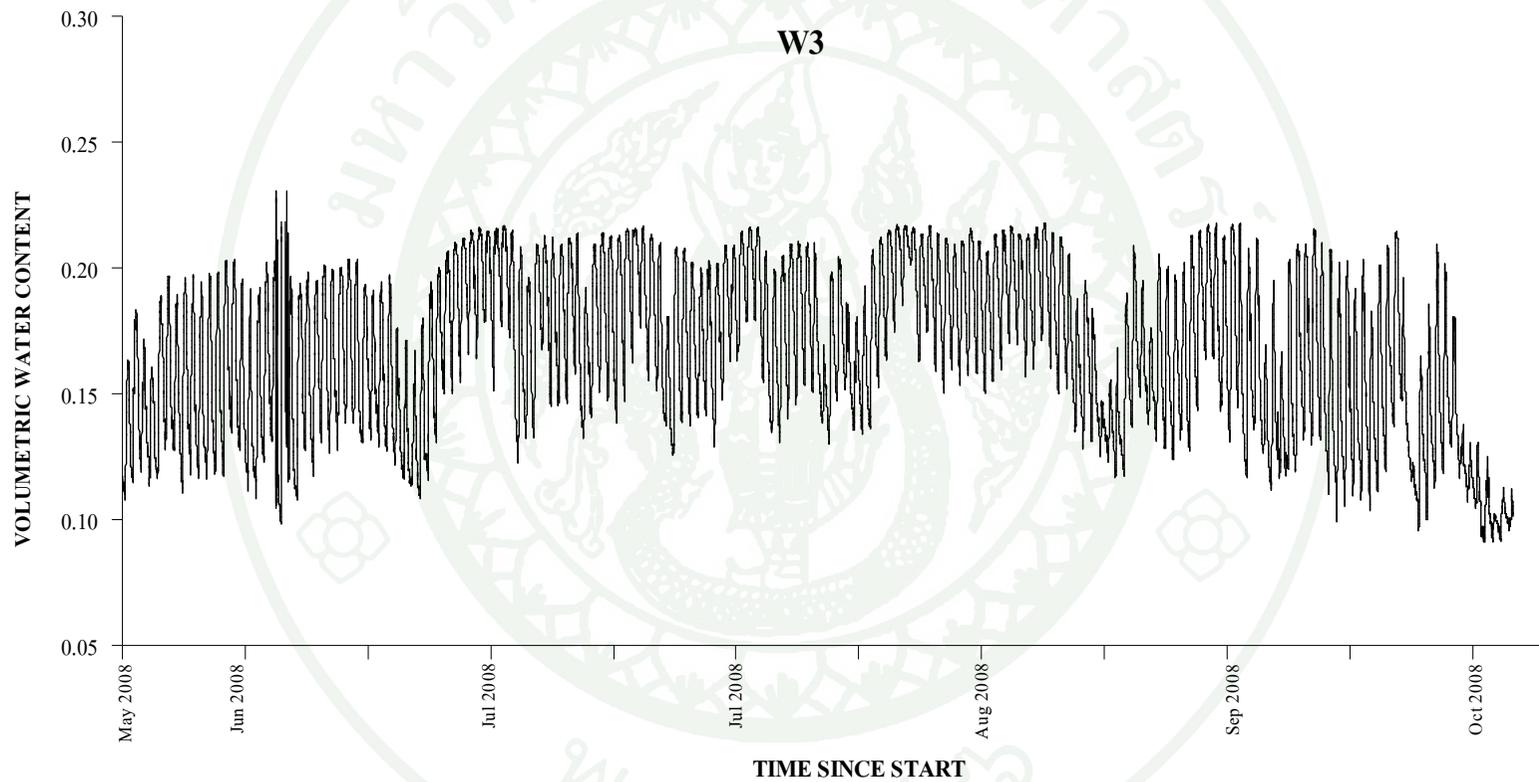
ภาพที่ 5 ความเร็วลม (m s^{-1}) ที่ความสูง 2 เมตรจากผิวดิน เริ่มเก็บข้อมูลวันที่ 15 พฤษภาคม พ.ศ. 2551



ภาพที่ 7 ความชื้นดินโดยปริมาตรของแปลงที่ได้รับน้ำฝนธรรมชาติ (W1) เริ่มเก็บข้อมูลวันที่ 15 พฤษภาคม พ.ศ. 2551



ภาพที่ 8 ความชื้นดินโดยปริมาตรของแปลงทดลองที่ได้รับน้ำ 1 ETp ทุก 1 สัปดาห์ (W2) เริ่มเก็บข้อมูลวันที่ 15 พฤษภาคม พ.ศ. 2551



ภาพที่ 9 ความชื้นดินโดยปริมาตรของแปลงทดลองที่ได้รับน้ำ 1 ET_p ทุก 2 สัปดาห์ (W3) เริ่มเก็บข้อมูลวันที่ 15 พฤษภาคม พ.ศ. 2551

ตารางที่ 5 ปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำที่ให้เพิ่มแต่ละคำรับทดลอง

| Main plot | Rainfall+Irrigation (mm) | | | | | | |
|-----------|--------------------------|---------|---------|---------|---------|-----------|--------|
| | Jun 08 | Jul-08 | Aug-08 | Sep-08 | Oct-08 | Nov-08 | Dec-08 |
| W1 | 332.2+0 | 249.6+0 | 286.5+0 | 246.6+0 | 363.4+0 | 41.6+0 | 0+0 |
| W2 | 332.2+40.8 | 249.6+0 | 286.5+0 | 246.6+0 | 363.4+0 | 41.6+20.4 | 0+0 |
| W3 | 332.2+45.8 | 249.6+0 | 286.5+0 | 246.6+0 | 363.4+0 | 41.6+0 | 0+0 |

2. การเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อย

2.1. การเจริญเติบโตของอ้อย

2.1.1. ความสูงของอ้อย

ความสูงของอ้อยในทุกคำรับการให้น้ำจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามอายุ เมื่ออ้อยอายุ 120 วัน มีความสูงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 59.4-74.6 cm และเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงช่วง 322.3-344.8 cm ที่อายุ 300 วัน (ตารางที่ 6) ช่วงที่อ้อยอายุ 240 วัน มีความสูงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ W2 มีความสูงที่สุด 288.9 cm รองลงมาคือ W1 และ W3 มีความสูง 283.2 และ 267.5 cm ตามลำดับ เนื่องจากเป็นช่วงที่อ้อยได้น้ำสูงที่สุด (ตารางที่ 5) จึงทำให้อ้อยยืดยาวมากที่สุด Robertson *et al.* (1999) การยืดยาวของลำเป็นลักษณะที่ไวต่อการขาดน้ำ เมื่อความชื้นในต่ำลงอัตราการยืดยาวของลำจะลดลง ในทางกลับกันหากความชื้นในดินเพิ่มขึ้นอัตราการยืดยาวของลำจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

การให้ปุ๋ยตามคำรับการทดลอง 5-1-10, 10-2-20 และ 15-3-30 เมื่ออ้อยอายุ 120 วัน มีความสูง 69.9, 65.1 และ 66.4 cm ตามลำดับและเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงช่วงอายุ 300 วันมีความสูง 333.1, 333.4 และ 346.2 cm ตามลำดับ การให้ปุ๋ยไม่ทำให้อ้อยมีความสูงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.1.2. เส้นผ่านศูนย์กลางลำของอ้อย

การให้น้ำและอัตราปุ๋ยไม่ทำให้เส้นผ่านศูนย์กลางลำของอ้อยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เส้นผ่านศูนย์กลางลำของอ้อยจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงอายุ 180 วัน มีขนาด 2.60-3.34 cm ช่วงอายุ 150 วัน หลังจากนั้นเส้นผ่านศูนย์กลางจะแปรผันตามปริมาณน้ำที่ได้รับในช่วงเวลานั้น อ้อยอายุ 240 วัน ได้รับน้ำในปริมาณสูงที่สุด จึงทำให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสูงที่สุด ในช่วง 2.62- 3.36 cm (ตารางที่ 7)

2.1.3. พื้นที่ใบ

การให้น้ำทำให้พื้นที่ใบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่ออ้อยอายุ 120 วัน W3 มีพื้นที่ใบสูงที่สุด 36,308.5 m² rai⁻¹ รองลงมาคือ W2 และ W1 มีพื้นที่ใบ 34,011.4 และ 32,194.2 m² rai⁻¹ ตามลำดับ เนื่องจาก W3 ได้รับน้ำเพิ่มจากปริมาณน้ำฝนสูงสุด รองลงมาคือ W2 และ W1 (ตารางที่ 5) หลังจากนั้นอ้อยจะมีพื้นที่ใบเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนมีพื้นที่ใบสูงที่สุดในช่วงที่อ้อยอายุ 210-240 วัน มีค่า 42,263.2-47,147.0 m² rai⁻¹ แล้วค่อยๆ ลดต่ำลง ในแต่ละช่วงอายุนั้น W2 และ W3 มีพื้นที่ใบใกล้เคียงกันและสูงกว่า W1 (ตารางที่ 8)

การให้ปุ๋ยทำให้พื้นที่ใบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อัตราปุ๋ยในอัตราที่สูงขึ้นทำให้อ้อยมีพื้นที่ใบมากขึ้น ในทุกช่วงอายุการทดลอง 15-3-30 และ 10-2-20 ทำให้อ้อยมีพื้นที่ใบใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 35,040.0-46,332.3 และ 34,628.5-46,125.5 m² rai⁻¹ ตามลำดับ สูงกว่าการรับ 5-1-10 มีพื้นที่ใบ 32,845.7-43,253.6 m² rai⁻¹

น้ำและปุ๋ยในอัตราที่ต่างกัน มีผลต่อการเจริญเติบโตของอ้อย เมื่ออ้อยได้รับน้ำมากขึ้นในดินจะมีความชื้นสูงทำให้อ้อยสามารถดูดธาตุอาหารไปใช้ได้เต็มที่โดยเฉพาะในอัตราปุ๋ยที่สูงขึ้นอ้อยจะมีการพัฒนาการเจริญเติบโตอย่างเห็นได้ชัดในด้านความสูงของลำ และพื้นที่ใบเพิ่มขึ้น

2.2. ผลผลิตของอ้อย

คำรับการทดลองที่ใช้น้ำฝน W1 ให้ผลผลิตเฉลี่ย 22.2 ton rai⁻¹ W2 และ W3 ให้ผลผลิตเฉลี่ย 25.0 และ 25.9 ton rai⁻¹ การให้น้ำไม่ทำให้ผลผลิตของอ้อยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเนื่องจากในช่วงปีที่ทำการทดลองมีปริมาณน้ำฝนมากเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของอ้อย (1,634.5 mm) และมีการกระจายตัวของฝนที่ตกในรอบปีค่อนข้างดี การให้น้ำเพิ่มเติมจากปริมาณน้ำฝนตามคำรับทดลองจึงไม่ช่วยส่งเสริมผลผลิตของอ้อย การให้น้ำทำให้จำนวนลำเฉลี่ยต่อไร่ของอ้อยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ W1 และ W2 มีจำนวน 13,248.6 และ 13,996.4 ลำต่อไร่ ตามลำดับ ต่ำกว่า W3 ที่มี 14,941.7 ลำต่อไร่ เนื่องจากในช่วงเดือนมิถุนายนอ้อยได้รับปริมาณน้ำที่ให้เพิ่มเติมตามคำรับการทดลองสูงที่สุด ในช่วงเป็นช่วงปลายของการแตกกอและเริ่มย่างปล้องน้ำจึงไม่มีผลทำให้แตกกอต่างกัน แต่น้ำมีผลในช่วงย่างปล้อง เป็นไปได้ว่าจำนวนลำเท่ากันเมื่อสิ้นสุดการแตกกอ แต่เมื่อเข้าสู่ช่วงย่างปล้องคำรับที่ได้รับน้ำมากทำให้ลำมีการพัฒนาได้มากกว่า ซึ่ง W3 ได้รับน้ำเพิ่มในปริมาณสูงที่สุดจึงทำให้มีจำนวนลำต่อไร่สูงกว่า W2 และ W1 ตามลำดับ การให้น้ำและปุ๋ยไม่มีอิทธิพลร่วมต่อการให้ผลผลิตของอ้อย (ตารางที่ 9)

คำรับการทดลอง 5-1-10, 10-2-20 และ 15-3-30 มีจำนวนลำต่อไร่เฉลี่ย 13516.7, 14,250.4 และ 14,419.7 ลำต่อไร่ และมีความสูงเฉลี่ย 326.8, 331.7 และ 344.1 cm ตามลำดับ อัตราปุ๋ยที่สูงขึ้นมีผลทำให้ผลผลิตของอ้อยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ใส่ปุ๋ยในคำรับ 15-3-30 ทำให้ผลผลิตสูงที่สุด 25.74 ton rai⁻¹ ปุ๋ยคำรับ 10-2-20 และ 5-1-10 ให้ผลผลิต 25.01 และ 22.51 ton rai⁻¹ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบการใส่ปุ๋ยคำรับ 10-2-20 และ 15-3-30 ต่อคำรับ 5-1-10 จะทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 12.86 และ 16.68 % ตามลำดับ เมื่ออ้อยได้รับปุ๋ยในอัตราที่สูงขึ้นและได้รับน้ำอย่างเพียงพออ้อยจะสามารถนำธาตุอาหารไปใช้ในการเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Muchow *et al.* (1996) ได้เปรียบเทียบระดับผลผลิตจากการใส่ปุ๋ยในโตรเจนอัตรา 107 และ 268 kg-N ha⁻¹ ต่ออัตรา 56 kg-N ha⁻¹ ทำให้ผลผลิตอ้อยของอ้อยเพิ่มขึ้น 6.1 และ 17.2 % ตามลำดับ Choudhary and Sinha (2001) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยในโตรเจนในอัตรา 100, 150 และ 200 kg-N ha⁻¹ ทำให้ผลผลิตของอ้อยเพิ่มขึ้นจากการไม่ใส่ปุ๋ยในโตรเจน 14.8, 25.0 และ 25.9 % สมภพ และคณะ (2541) ได้รายงานว่าการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตมีผลต่อระดับผลผลิตของอ้อยที่ปลูกในดินร่วนปนทราย การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในอัตรา 12 และ 24 kg P₂O₅ rai⁻¹ ให้ผลผลิตเป็น 20 และ 24 ton rai⁻¹ ตามลำดับ ในการทดลองนี้ใส่ปุ๋ยมากขึ้นทั้งในโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียม ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นในเชิงเส้น และไม่มากจนเป็นพิษต่ออ้อย

ผลผลิตของอ้อยจะเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยที่สูงขึ้น เนื่องจากอัตราปุ๋ยที่สูงขึ้นทำให้อ้อยมีจำนวนลำต่อไร่สูงขึ้น เมื่อได้รับน้ำอย่างเพียงพอ อ้อยจะมีการพัฒนาลำได้อย่างเต็มที่ ความสูงจึงเพิ่มขึ้น ทำให้ผลผลิตสูงขึ้นตามไปด้วย

ตารางที่ 6 ความสูงของอ้อย (cm) แต่ละดำรับทดลองในช่วงอายุต่างกัน

| | Days After Planting | | | | | | |
|------------------|---------------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| | 120 | 150 | 180 | 210 | 240 | 270 | 300 |
| Main plot | | | | | | | |
| W1 | 71.7 | 127.4 | 167.7 | 172.7 | 283.2b | 320.4 | 335.7 |
| W2 | 70.3 | 124.7 | 162.5 | 170.8 | 288.9a | 322.8 | 344.8 |
| W3 | 59.4 | 109.4 | 139.8 | 151.1 | 267.5b | 311.0 | 322.3 |
| P-value | 0.136 | 0.058 | 0.064 | 0.075 | 0.042 | 0.068 | 0.170 |
| Sub plot | | | | | | | |
| F1 | 69.9 | 124.7 | 159.1 | 167.6 | 283.7 | 322.7 | 333.1 |
| F2 | 65.1 | 116.9 | 159.1 | 165.3 | 273.0 | 317.6 | 333.4 |
| F3 | 66.4 | 120.0 | 151.7 | 161.7 | 282.9 | 314.0 | 336.2 |
| P-value | 0.504 | 0.315 | 0.641 | 0.072 | 0.172 | 0.106 | 0.290 |

หมายเหตุ วิเคราะห์สถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
การให้น้ำและปุ๋ยไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อกันจึงไม่แสดงผล

ตารางที่ 7 เส้นผ่านศูนย์กลางลำของอ้อย (cm) แต่ละตำรับการทดลองที่ช่วงอายุต่างกัน

| | Days After Planting | | | | | | |
|-----------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 120 | 150 | 180 | 210 | 240 | 270 | 300 |
| Main plot | | | | | | | |
| W1 | 2.61 | 3.14 | 3.23 | 3.14 | 3.18 | 2.97 | 3.05 |
| W2 | 2.18 | 2.99 | 3.25 | 3.20 | 3.26 | 3.09 | 3.35 |
| W3 | 2.36 | 2.66 | 2.77 | 2.74 | 2.83 | 2.74 | 2.75 |
| P-value | 0.142 | 0.089 | 0.052 | 0.053 | 0.054 | 0.110 | 0.056 |
| Sup plot | | | | | | | |
| F1 | 2.31 | 2.99 | 3.03 | 2.99 | 3.05 | 2.88 | 3.03 |
| F2 | 2.45 | 2.85 | 3.12 | 3.02 | 3.05 | 2.94 | 3.11 |
| F3 | 2.40 | 2.95 | 3.11 | 3.07 | 3.18 | 2.98 | 3.01 |
| P-value | 0.850 | 0.719 | 0.433 | 0.611 | 0.288 | 0.853 | 0.629 |

หมายเหตุ วิเคราะห์สถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

การให้น้ำและปุ๋ยไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อกันจึงไม่แสดงผล

ตารางที่ 8 พื้นที่ใบของอ้อย (cm²) แต่ละตำรับการทดลองที่ช่วงอายุต่างกัน

| | Days After Planting | | | | | | |
|-----------|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 120 | 150 | 180 | 210 | 240 | 270 | 300 |
| Main plot | | | | | | | |
| W1 | 32,194.2c | 33,587.5b | 41,006.7b | 42,263.2b | 42,395.7b | 40,275.9b | 41,998.3b |
| W2 | 34,011.4b | 35,131.1a | 42,969.1a | 46,315.4a | 45,122.0a | 42,549.2a | 44,368.8a |
| W3 | 36,308.5a | 37,503.9a | 45,204.6a | 46,997.6a | 47,147.0a | 45,423.0a | 46,698.8a |
| P-value | 0.004 | 0.044 | 0.041 | 0.037 | 0.040 | 0.042 | 0.036 |
| Sup plot | | | | | | | |
| F1 | 32,845.7b | 34,260.4b | 41,496.4b | 43,118.4b | 43,253.6b | 41,090.9b | 42,848.1b |
| F2 | 34,628.5a | 35,768.6a | 43,748.8a | 46,125.5a | 45,601.4a | 43,321.3a | 45,173.8a |
| F3 | 35,040.0a | 36,193.5a | 43,602.6a | 46,332.3a | 45,809.8a | 43,836.0a | 45,043.9a |
| P-value | 0.047 | 0.048 | 0.047 | 0.430 | 0.023 | 0.027 | 0.120 |

หมายเหตุ วิเคราะห์สถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
การให้น้ำและปุ๋ยไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อกันจึงไม่แสดงผล

ตารางที่ 9 ผลของการให้น้ำและอัตราปุ๋ยต่อระดับผลผลิต และจำนวนลำต่อไร่

| | No. of Stem per rai | Yield (ton rai ⁻¹) |
|-----------|---------------------|-----------------------------------|
| Main plot | | |
| W1 | 13,248.67b | 22.23 |
| W2 | 13,996.47b | 25.09 |
| W3 | 14,941.79a | 25.94 |
| P-value | 0.045 | 0.1 |
| Sup plot | | |
| F1 | 13,516.75 | 22.50b |
| F2 | 14,250.44 | 25.01ab |
| F3 | 14,419.75 | 25.74a |
| P-value | 0.410 | 0.01 |

หมายเหตุ วิเคราะห์สถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
การให้น้ำและปุ๋ยไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อกันจึงไม่แสดงผล

3. อัตราการอัตราการคายน้ำและอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง

3.1. อัตราการคายน้ำ

อัตราการคายน้ำของอ้อยจะบ่งบอกถึงการใช้น้ำของต้นอ้อย การคายน้ำจะเพิ่มขึ้นในช่วงเวลาเช้าประมาณ 06:00-11:00 น. ซึ่งจะเพิ่มขึ้นสูงที่สุดในช่วงเวลาประมาณ 11:00-14:00 น. จากนั้นจะลดลงจนมีค่าเท่ากับศูนย์ในช่วงเวลาประมาณ 17:00-19:00 น. ช่วงเช้าจะมีการสูญเสียน้ำน้อยเป็นผลมาจากอุณหภูมิที่ต่ำ ในช่วงเวลากลางวันและช่วงบ่าย มีอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทำให้ปากใบเปิดกว้าง การคายน้ำจึงเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 10-16 อายุ 120-300 วัน) อ้อยในช่วงอายุ 120 วัน มีอัตราการคายน้ำสูงที่สุด โดย W1, W2 และ W3 มีค่าสูงสุดอยู่ที่ 8.20, 8.12 และ 8.69 mmol-H₂O m⁻² s⁻¹ ตามลำดับ (ภาพที่ 10) เนื่องจากก่อนวันที่เก็บข้อมูลมีฝนตกทำให้ดินมีความชื้นสูง ขณะที่พืชได้รับน้ำอย่างเพียงพอปากใบจะเปิดกว้าง ทำให้มีการแพร่ของน้ำจากภายในใบออกสู่บรรยากาศได้มากขึ้น ประกอบกับเป็นระยะอย่างปล้องอ้อยมีความต้องการใช้น้ำมาก จึงทำให้มีอัตราการคายน้ำสูงที่สุดในช่วงอายุ 270-300 วัน อ้อยไม่ได้รับน้ำฝนและเป็นช่วงงดให้น้ำก่อนการเก็บเกี่ยวทำให้ในดินมีความชื้นต่ำอัตราการคายน้ำจึงต่ำลง

ในช่วงอายุ 120-150 วัน เป็นช่วงต้นของระยะอย่างปล้องอ้อยต้องการใช้น้ำมากเพื่อดูดธาตุอาหารนำไปใช้ในการเจริญเติบโตในการเพิ่มขนาดและน้ำหนักลำ จึงมีปริมาณการคายน้ำในรอบวันสูงกว่าช่วงอายุอื่น มีค่าอยู่ในช่วง 4.15-7.08 mm d⁻¹ (ตารางที่ 10) โดย W3 มีปริมาณการคายน้ำสูงที่สุด 7.08 mm d⁻¹ W2 และ W1 มีค่าใกล้เคียงกันคือ 6.18 และ 6.54 mm d⁻¹ ตามลำดับระยะอย่างปล้องจะเป็นตัวกำหนดขนาดหรือ น้ำหนัก/ลำ หรือน้ำหนักอ้อยต่อไร่ (เกษม, 2540) หลังจากนั้นอัตราการคายน้ำจะลดลงเรื่อยๆ เมื่อถึงช่วงสะสมน้ำตาล ที่อายุประมาณ 240 วันเป็นต้นไป ปริมาณการคายน้ำในรอบวันจึงค่อนข้างคงที่มีค่าเฉลี่ย 2.93 mm d⁻¹

เมื่อพิจารณาในด้านอัตราปุ๋ย ปริมาณการคายน้ำที่อ้อยอายุ 150 วัน มีค่าสูงที่สุด ดำรับปุ๋ย 15-3-30, 10-2-20 และ 5-1-10 มีอัตราการคายน้ำเป็น 6.48, 6.94 และ 6.49 mm d⁻¹ ตามลำดับ (ตารางที่ 10) เนื่องจากได้มีการใส่ปุ๋ยครั้งที่สองเมื่ออ้อยอายุ 140 วัน ซึ่งเป็นช่วงที่อ้อยอยู่ในระยะอย่างปล้อง เมื่อมีธาตุอาหารอย่างเพียงพอ อ้อยจึงมีความต้องการน้ำมากเพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโต หลังจากอายุ 210 วัน เป็นช่วงปลายของการอย่างปล้อง เริ่มเข้าสู่ระยะสะสมน้ำตาล มีความต้องการธาตุอาหารลดลงและใช้น้ำลดลง อัตราการคายน้ำจึงลดลง

3.2. อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง

อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงมีการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลากลางวันที่คล้ายกันทุกตำรับการทดลอง โดยช่วงเช้าเวลา 06:00-11:00 น. อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะเพิ่มสูงขึ้น และจะเพิ่มสูงสุดในช่วงเวลา 11:00 - 14:00 น. จากนั้นจึงค่อยๆ ลดลงเท่ากับศูนย์ในช่วงเวลา 17:00-19:00 น. (ภาพที่ 17-23 อายุ 120-300 วัน)

ในช่วงอายุ 120 วัน เป็นช่วงย่างปล้อง มีการเจริญเติบโตสูงเมื่อได้รับน้ำอย่างเพียงพอ จึงมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงที่สุด การให้น้ำ W1, W2 และ W3 ทำให้มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงที่สุดในช่วงเวลา 13:00 น. มีค่า 35.80, 34.10 และ 42.80 $\mu\text{mol-CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ตามลำดับ (ภาพที่ 17) ในช่วงที่อ้อยได้รับน้ำอย่างเพียงพอทำให้มีอัตราการคายน้ำสูง ปากใบสามารถเปิดรับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการสังเคราะห์ด้วยแสงได้มากขึ้น (ปิยะดา, 2540) จึงทำให้มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงตามไปด้วย ช่วงอายุ 210 วัน (ภาพที่ 20) มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงที่ต่ำลงเนื่องจากเป็นช่วงที่มีฝนตก มีความชื้นสัมพัทธ์อากาศสูง และมีอิทธิพลของเมฆมาบดบังแสงอาทิตย์ ทำให้อัตราการคายน้ำลดลง ส่งผลให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลงตามไปด้วย W1, W2 และ W3 มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงที่ 17.40, 17.6 และ 15.7 $\mu\text{mol-CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ตามลำดับ

ใส่ปุ๋ยครั้งที่สองเมื่ออ้อยอายุ 140 วัน อัตราปุ๋ยจึงมีผลทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของอ้อยในมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดที่ช่วงอายุ 150 วัน ปุ๋ยอัตรา 15-3-30 มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดที่ 32.1 $\mu\text{mol-CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ปุ๋ยอัตรา 10-2-20 และ 5-1-10 ทำให้มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง 30.1 และ 24.3 $\mu\text{mol-CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ตามลำดับ (ภาพที่ 18) ในช่วงอายุดังกล่าวเป็นช่วงย่างปล้องมีความต้องการใช้ธาตุอาหารในการเจริญเติบโตมาก ได้รับปริมาณน้ำฝนมากดินมีความชื้นสูง อ้อยสามารถดูดกินธาตุอาหารได้อย่างเต็มที่ อัตราปุ๋ยที่สูงขึ้นจึงทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของอ้อยสูงขึ้นตามไปด้วย

อ้อยอายุ 120-150 วัน สามารถตรึงปริมาณการสังเคราะห์ด้วยแสงในรอบวันได้สูงที่สุด อยู่ในช่วง 0.49-0.70 $\text{mol-CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (ตารางที่ 11) ที่ช่วงอายุ 180-210 วันเนื่องจากเป็นช่วงหน้าฝนอ้อยได้รับแสงไม่เต็มที่จึงตรึงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในรอบวันได้ได้น้อย

ปริมาณน้ำในดินและความชื้นในอากาศมีผลต่อการปิดเปิดปากใบของพืชการปิดเปิดปากใบจะมีผลต่อการแพร่ของแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่แพร่เข้าออกจากปากใบ ดังนั้นปริมาณน้ำที่พืชได้จะมีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงโดยมีแนวโน้มอัตราการคายน้ำและสังเคราะห์ด้วยแสงของ W3 สูงกว่า W2 และ W1 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลผลิตที่ได้จากการทดลอง ในอ้อยที่มีอัตราการคายน้ำและสังเคราะห์ด้วยแสงสูง จะมีผลผลิตที่สูงกว่า

3.3. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงและอัตราการคายน้ำของอ้อย

มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกคือ เมื่ออัตราการคายน้ำเพิ่มขึ้นอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะเพิ่มตามไปด้วย โดยระดับของความสัมพันธ์จะแตกต่างกันในเวลาช่วงเช้าและช่วงบ่าย อัตราการคายน้ำในช่วง 11:00-15:00 น. จะมีค่าสูงกว่าในช่วง 6:00-11:00 น. และ 15:00-19:00 น. ในอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงที่เท่ากัน มีสาเหตุจากความแตกต่างของอุณหภูมิ และความเข้มแสง ในช่วง 11:00-15:00 น. ที่มีค่าสูง และความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ มีอิทธิพลโดยตรงต่ออัตราการคายน้ำและอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง จึงทำให้อัตราการคายน้ำและอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนค่าสูงที่สุดในช่วง 11:00-15:00 น. หลังจากนั้นจะค่อยๆ ลดต่ำลง (ภาพที่ 27) Donald and Hemel (1999) พบว่าในช่วงเช้ามีการสูญเสียน้ำน้อยที่สุดในการตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หนึ่งหน่วย ในช่วงเวลากลางวันและช่วงบ่าย การคายน้ำจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทำให้ปากใบเปิดกว้างส่งผลให้อ้อยสูญเสียน้ำมาก

ที่ช่วงอายุ 120-150 วัน อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงต่ออัตราการคายน้ำ มีค่าสูงที่สุด เนื่องจากเป็นช่วงที่ได้รับปริมาณน้ำฝนที่สูง ดินมีความชื้นสูง และได้รับปุ๋ยเพิ่มจึงมีธาตุอาหารอย่างเพียงพอในการเจริญเติบโต อ้อยจะมีการคายน้ำมากเพื่อดูดธาตุอาหารไปใช้ในการเจริญเติบโต ในช่วงอายุ 180-210 วัน เนื่องจากมีการกระจายของฝนดีทำให้ความชื้นสัมพัทธ์อากาศสูง อัตราการคายน้ำจึงลดลง และมีอิทธิพลของเมฆฝนมาบังแสงอาทิตย์ทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง ในช่วงอายุ 240-300 วัน เป็นช่วงงดให้น้ำเมื่อมีความชื้นในดินต่ำการคายน้ำของอ้อยลดต่ำลง และเป็นช่วงสะสมน้ำตาลอ้อยมีการเจริญเติบโตน้อย อัตราการคายน้ำของเรือนพุ่มเพิ่มขึ้นอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย

4. ศักย์น้ำในใบอ้อย

ค่าเฉลี่ยพลังงานศักย์น้ำรวมในใบอ้อยมีการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลากลางวันที่คล้ายกันทุกตำรับการทดลอง โดยช่วงเช้าเวลา 06:00-10:00 น. ค่าเฉลี่ยพลังงานศักย์น้ำรวมในใบอ้อยจะสูงที่สุดและค่อยๆ ต่ำลง จะลดลงต่ำสุดในช่วงเวลา 12:00 – 16:00 น. จากนั้นจึงค่อยๆ เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 25-31) อ้อยอายุ 240 วัน มีค่าเฉลี่ยพลังงานศักย์น้ำรวมในใบอ้อยสูงที่สุด เนื่องจากมีปริมาณน้ำฝนสูงที่สุดทำให้อ้อยได้รับน้ำอย่างเพียงพอ ในช่วงเช้ามีค่าสูงสุดอยู่ที่ -26.67 kPa และค่อยๆ ลดต่ำลงที่สุดในช่วง 15:00 น. มีค่า -245.56 kPa ในช่วงอายุ 180 วัน วันที่เก็บข้อมูลไม่มีฝนก่อนหน้า และยังไม่ถึงกำหนดการให้น้ำจึงทำให้ดินมีความชื้นต่ำค่าเฉลี่ยพลังงานศักย์น้ำรวมในใบอ้อยมีค่าต่ำสุดคือ -962.22 kPa ค่าศักย์ของน้ำในใบพืชสามารถบอกถึงความแห้งแล้งของแปลงปลูกได้ในสภาพที่มีการให้น้ำชลประทานเป็นอย่างดี มีน้ำอย่างเพียงพอต่อความต้องการของพืช ค่าศักย์ของน้ำในใบจะมีค่าใกล้ศูนย์ และในสภาพที่ฝนทิ้งช่วงและไม่มีการให้น้ำเพิ่มเติม ค่าศักย์ของน้ำภายในใบจะลดต่ำลง (Roberts *et al.*, 1990)

ค่าเฉลี่ยพลังงานศักย์สารละลายในเซลล์มีค่าสูงสุดเมื่ออ้อยอายุ 240 วัน ที่ช่วงเวลา 06:00-8:00 น. มีค่า -312.00 kPa และลดลงต่ำที่สุดในช่วงเวลา 10:00-12:00 น. มีค่า -748.25 kPa และมีค่าเฉลี่ยพลังงานศักย์สารละลายในเซลล์ต่ำสุดอยู่ในช่วงอายุ 270 วัน ที่ช่วงเวลา 06:00-8:00 น. มีค่าสูงสุดในรอบวันอยู่ที่ -460.85 kPa และลดต่ำลงที่สุดในช่วงเวลา 12:00-14:00 น. มีค่า -1068.70 kPa

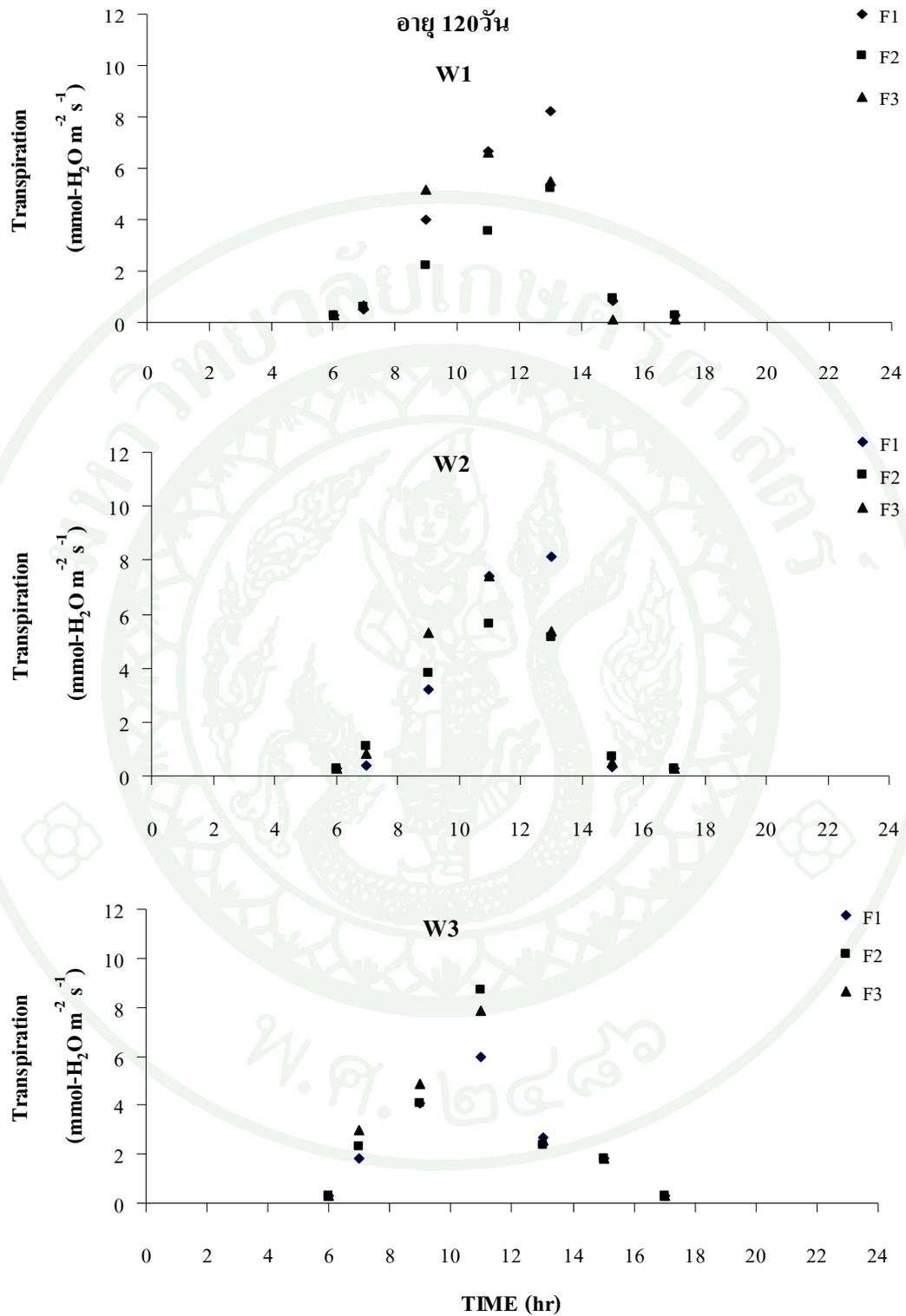
ค่าเฉลี่ยพลังงานศักย์ความดันน้ำสูงสุดที่อ้อยอายุ 270 วัน มีค่าต่ำสุดในรอบวันที่ ช่วงเวลา 06:00-8:00 น. 165.40 kPa และขึ้นสูงสุดช่วงเวลา 10:00-12:00 น. มีค่า 757.67 kPa และมีค่าเฉลี่ยพลังงานศักย์ความดันน้ำต่ำสุดเมื่ออ้อยอายุได้ 150 วัน ที่ช่วงเวลา 06:00-8:00 น. มีค่าต่ำสุดในรอบวันอยู่ที่ 218.31 kPa และขึ้นสูงสุดช่วงเวลา 10:00-12:00 น. มีค่า 458.67 kPa อ้อยอายุ 150 วัน มีค่าเฉลี่ยพลังงานศักย์น้ำรวมในใบอ้อยต่ำ และค่าเฉลี่ยพลังงานศักย์สารละลายในเซลล์มีค่าต่ำเช่นกัน จึงทำให้ค่าเฉลี่ยพลังงานศักย์ความดันน้ำต่ำกว่าช่วงอายุอื่น

พลังงานศักย์ความดันน้ำของใบอ้อยจะแปรผกผันกับค่าเฉลี่ยพลังงานศักย์สารละลายในเซลล์เนื่องจากปริมาณน้ำลดลงจะทำให้ความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานศักย์น้ำรวมในใบ ค่าเฉลี่ยพลังงานศักย์สารละลาย และค่าเฉลี่ยพลังงานศักย์ความดันน้ำ ที่

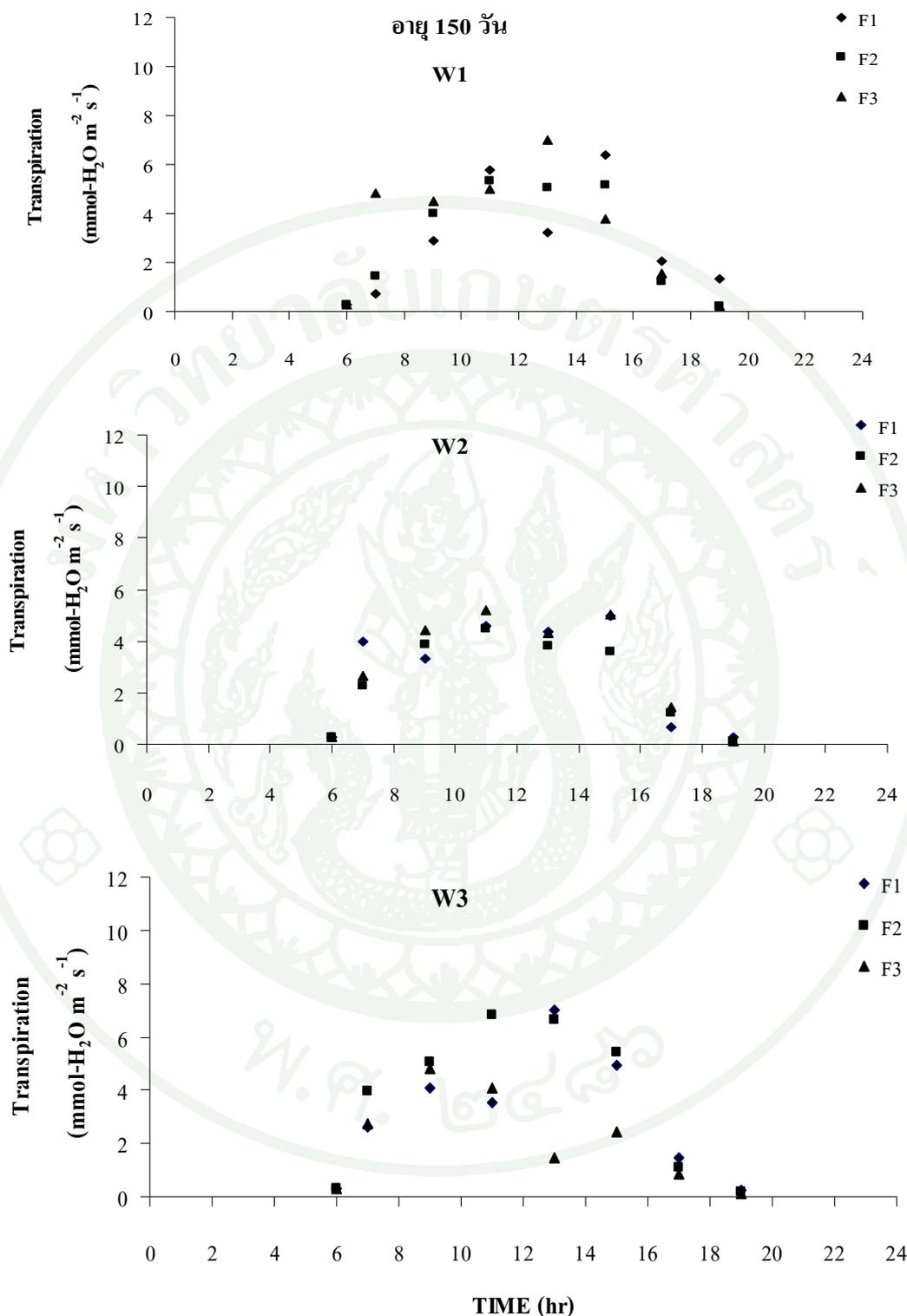
อ้อยอายุ 120 วัน (ตารางที่ 12) จะเห็นได้ว่าเมื่อค่าค่าเฉลี่ยพลังงานศักย์น้ำในใบสูงขึ้น ค่าเฉลี่ยพลังงานศักย์สารละลายจะลดต่ำลง

ในอ้อยที่ได้รับน้ำสูงจะมีผลทำให้ศักย์น้ำรวมในใบอ้อยมีค่าสูงขึ้น เนื่องจากศักย์น้ำรวมในใบมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำในดินและความชื้นในอากาศโดยตรง ซึ่งมีผลเกี่ยวเนื่องกับอัตราการคายน้ำและสังเคราะห์ด้วยแสงที่สูงขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นอ้อยที่ได้รับน้ำมากจะทำให้มีอัตราการคายน้ำอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง และศักย์น้ำรวมในใบมีค่าสูงขึ้น ซึ่งทำให้อ้อยมีการเจริญเติบโตได้ดีมีผลผลิตสูง

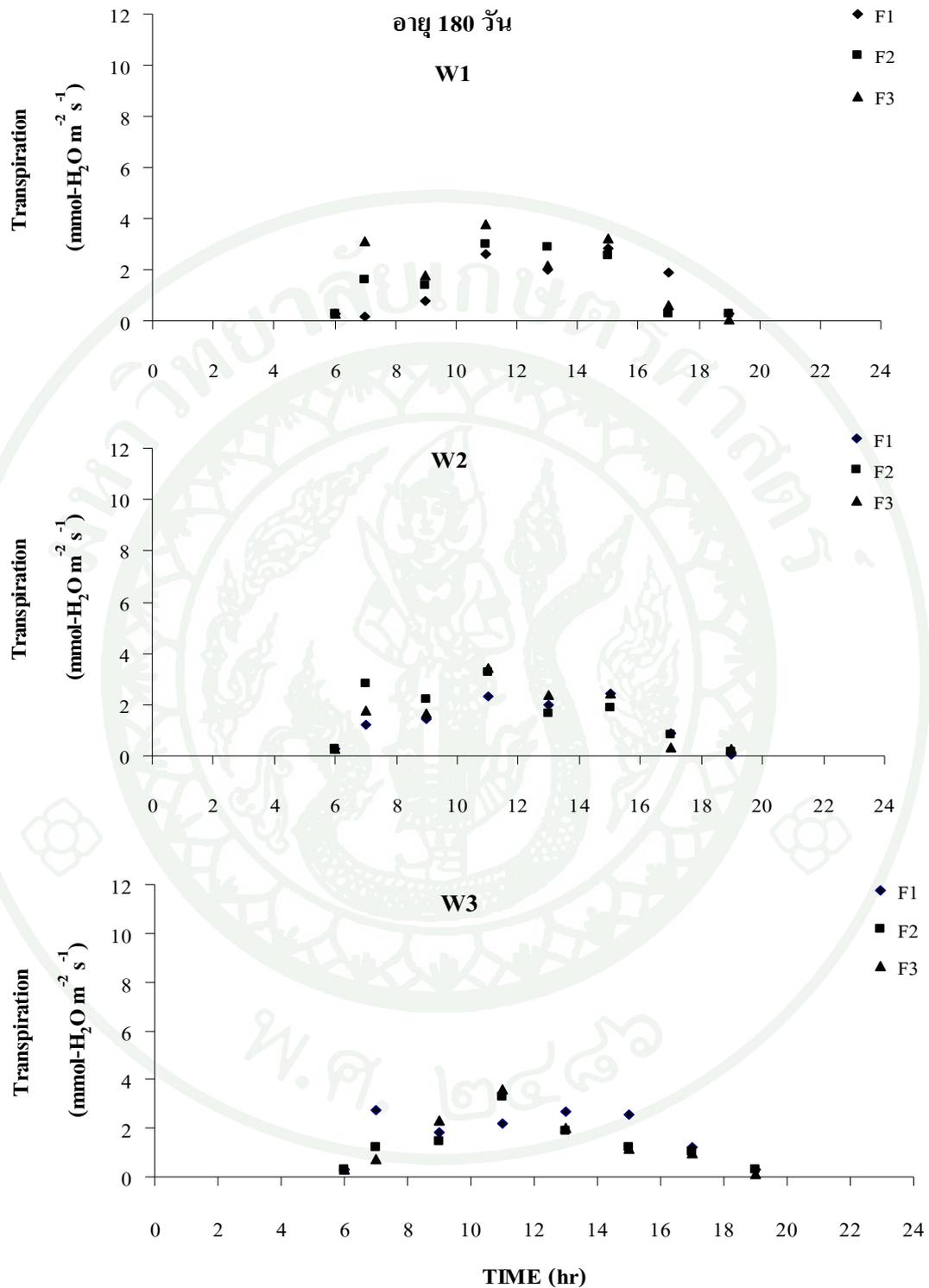




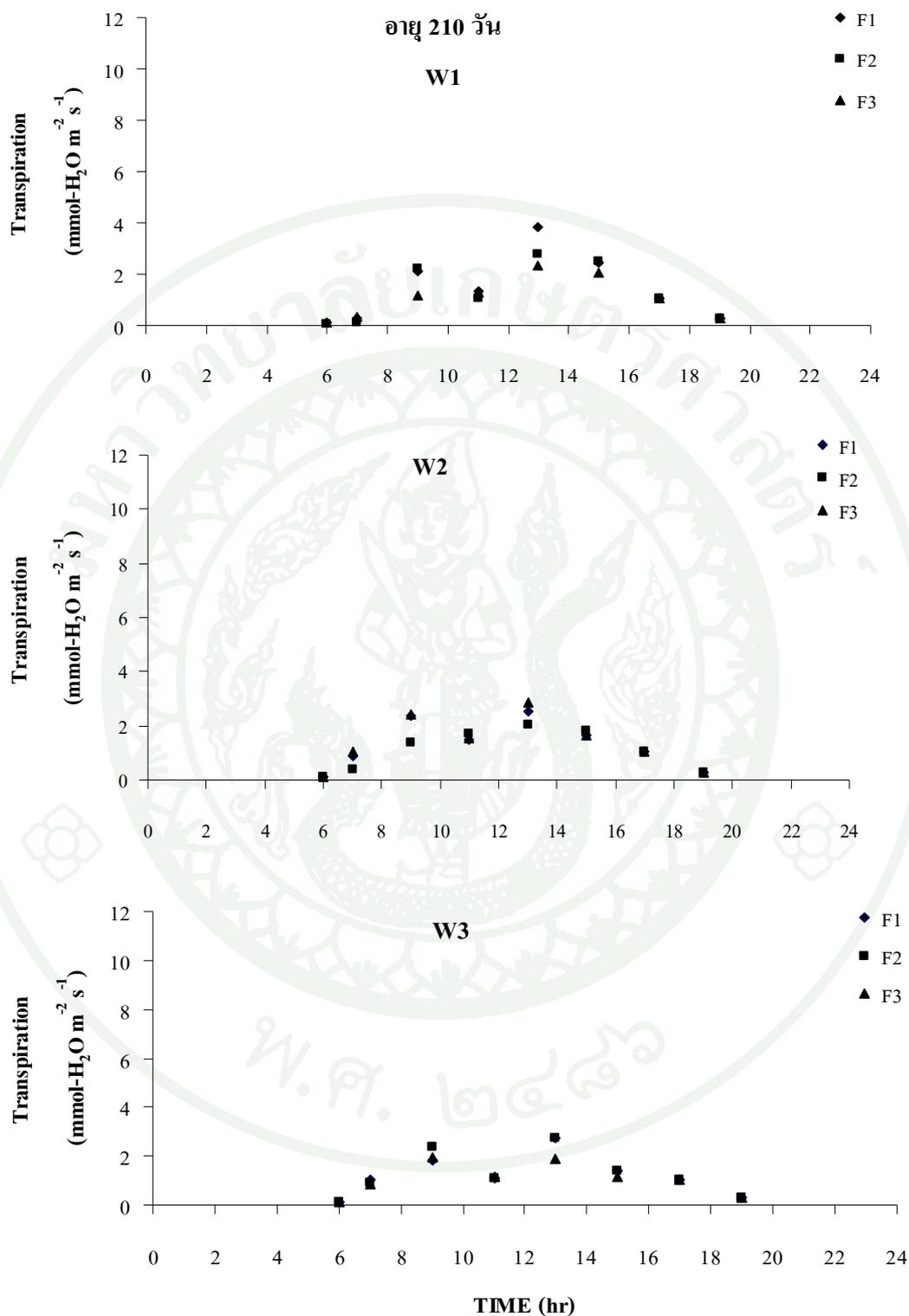
ภาพที่ 10 อัตราการคายน้ำในรอบวันของอ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 120 วัน เมื่อได้รับน้ำตามตำรับทดลอง 3 ตำรับ W1 ใช้น้ำฝนธรรมชาติ, W2 ให้น้ำ 1ETp ทุก 1 สัปดาห์ และ W3 ให้น้ำ 1 ETp ทุก 2 สัปดาห์



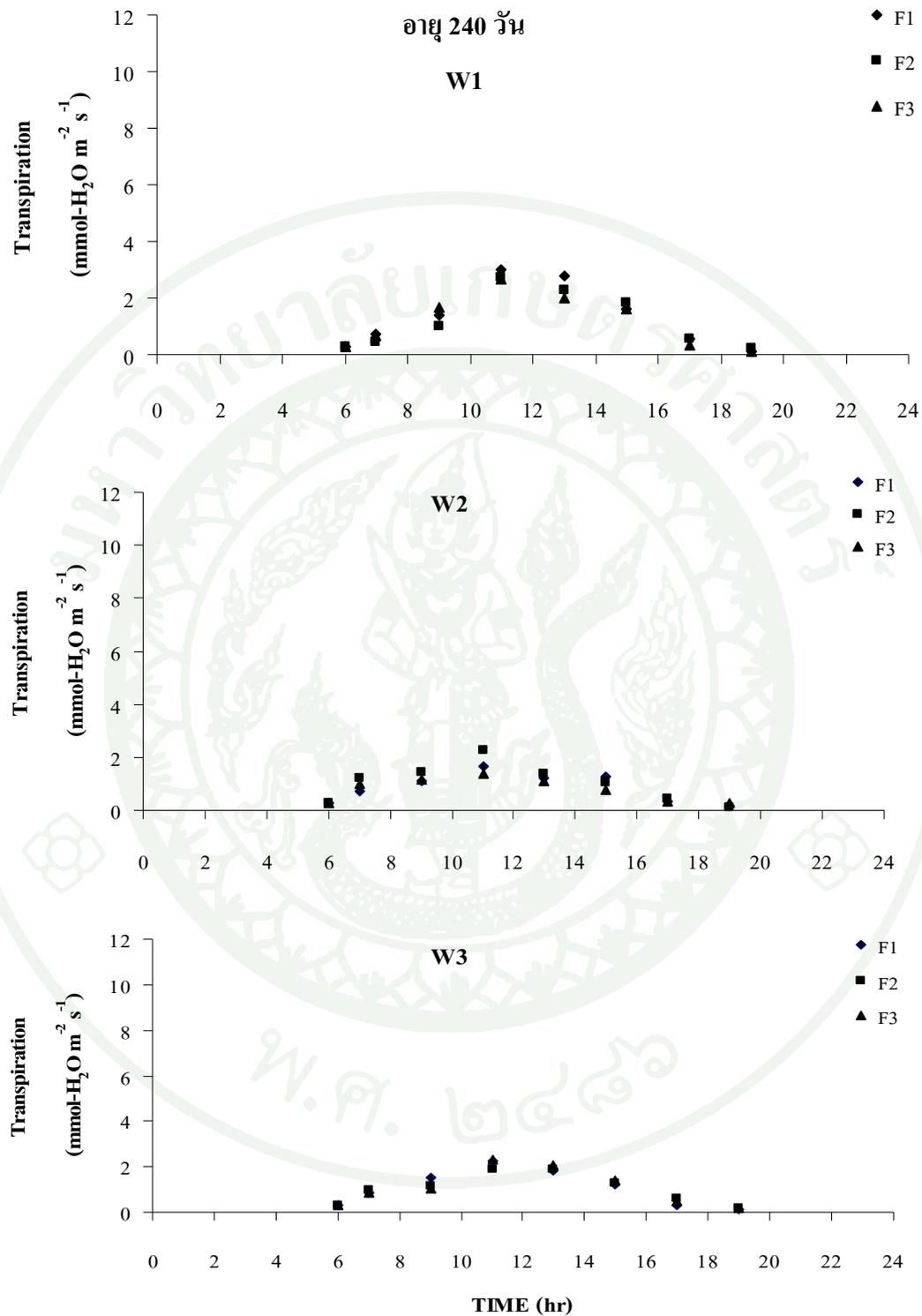
ภาพที่ 11 อัตราการคายน้ำในรอบวันของอ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 150 วัน เมื่อได้รับน้ำตามตำรับทดลอง 3 ตำรับ W1 ใช้น้ำฝนธรรมชาติ, W2 ให้น้ำ 1ETp ทุก 1 สัปดาห์ และ W3 ให้น้ำ 1 ETp ทุก 2 สัปดาห์



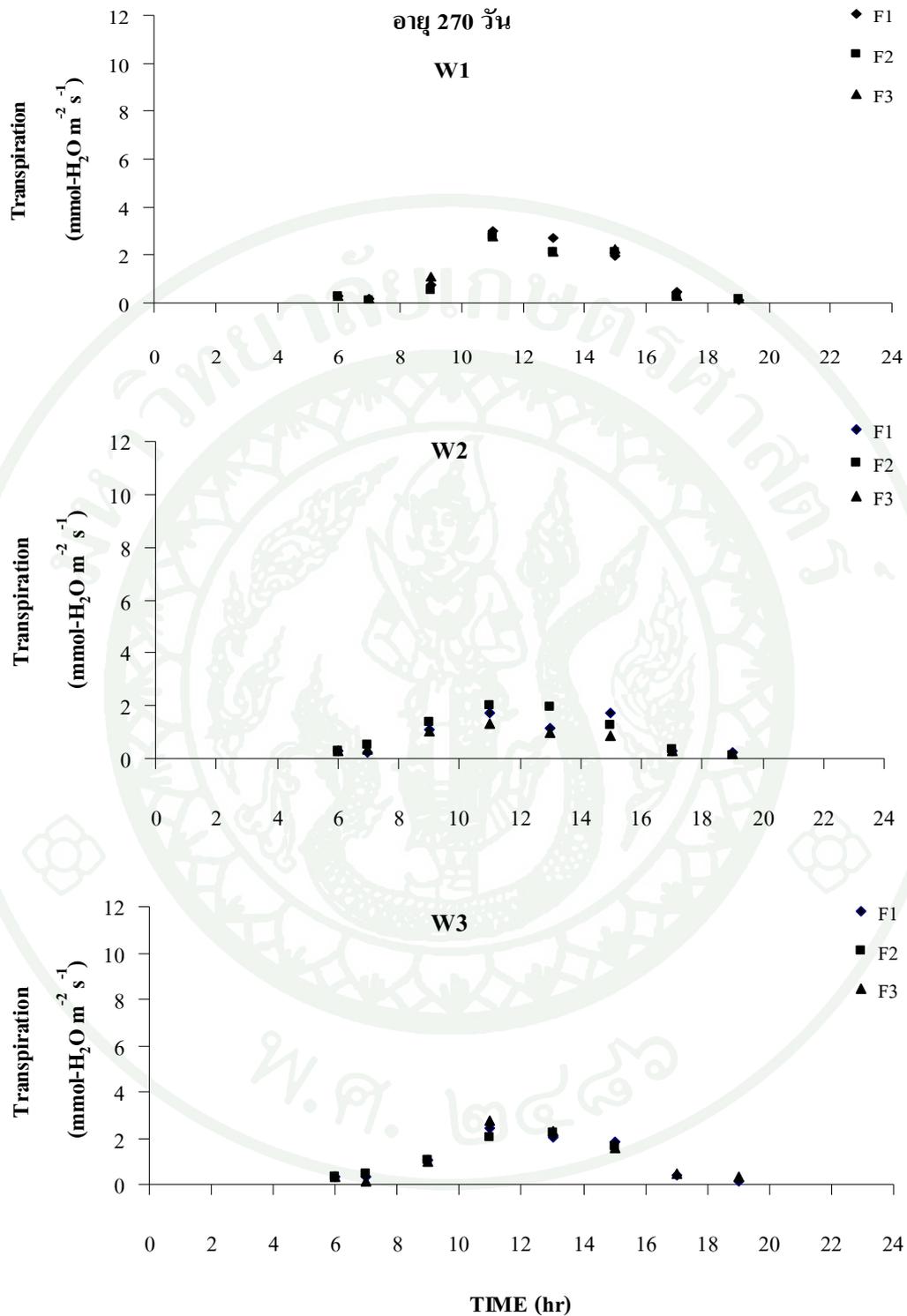
ภาพที่ 12 อัตราการคายน้ำในรอบวันของอ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 180 วัน เมื่อได้รับน้ำตามตำรับทดลอง 3 ตำรับ W1 ใช้น้ำฝนธรรมชาติ, W2 ให้น้ำ 1ETp ทุก 1 สัปดาห์ และ W3 ให้น้ำ 1 ETp ทุก 2 สัปดาห์



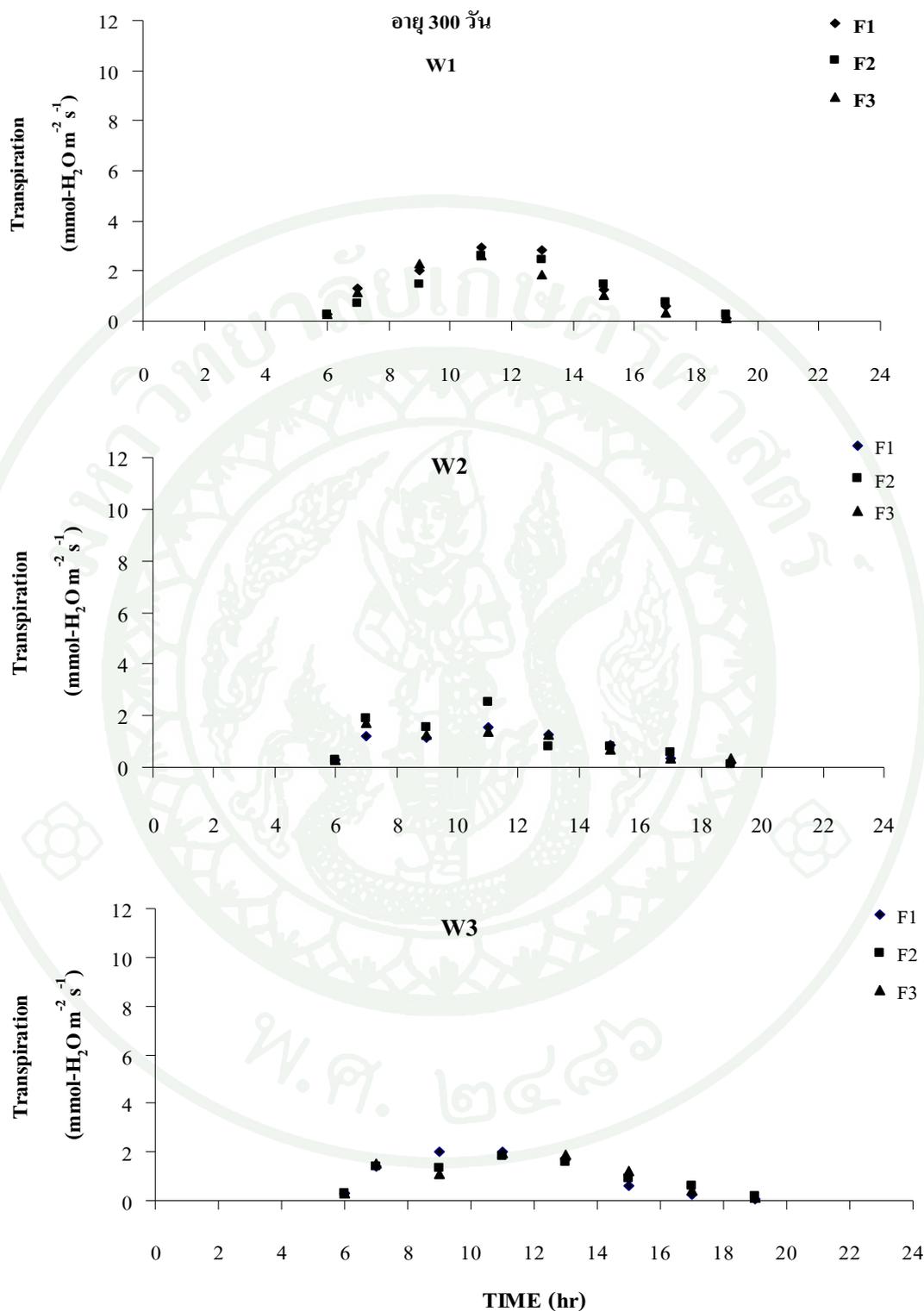
ภาพที่ 13 อัตราการคายน้ำในรอบวันของอ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 210 วัน เมื่อได้รับน้ำตามตำรับทดลอง 3 ตำรับ W1 ใช้น้ำฝนธรรมชาติ, W2 ให้น้ำ 1ETp ทุก 1 สัปดาห์ และ W3 ให้น้ำ 1 ETp ทุก 2 สัปดาห์



ภาพที่ 14 อัตราการคายน้ำในรอบวันของอ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 240 วัน เมื่อได้รับน้ำตามตำรับทดลอง 3 ตำรับ W1 ใช้น้ำฝนธรรมชาติ, W2 ให้น้ำ 1ETp ทุก 1 สัปดาห์ และ W3 ให้น้ำ 1 ETp ทุก 2 สัปดาห์



ภาพที่ 15 อัตราการคายน้ำในรอบวันของอ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 270 วัน เมื่อได้รับน้ำตามตำรับทดลอง 3 ตำรับ W1 ใช้น้ำฝนธรรมชาติ, W2 ให้น้ำ 1ETp ทุก 1 สัปดาห์ และ W3 ให้น้ำ 1 ETp ทุก 2 สัปดาห์

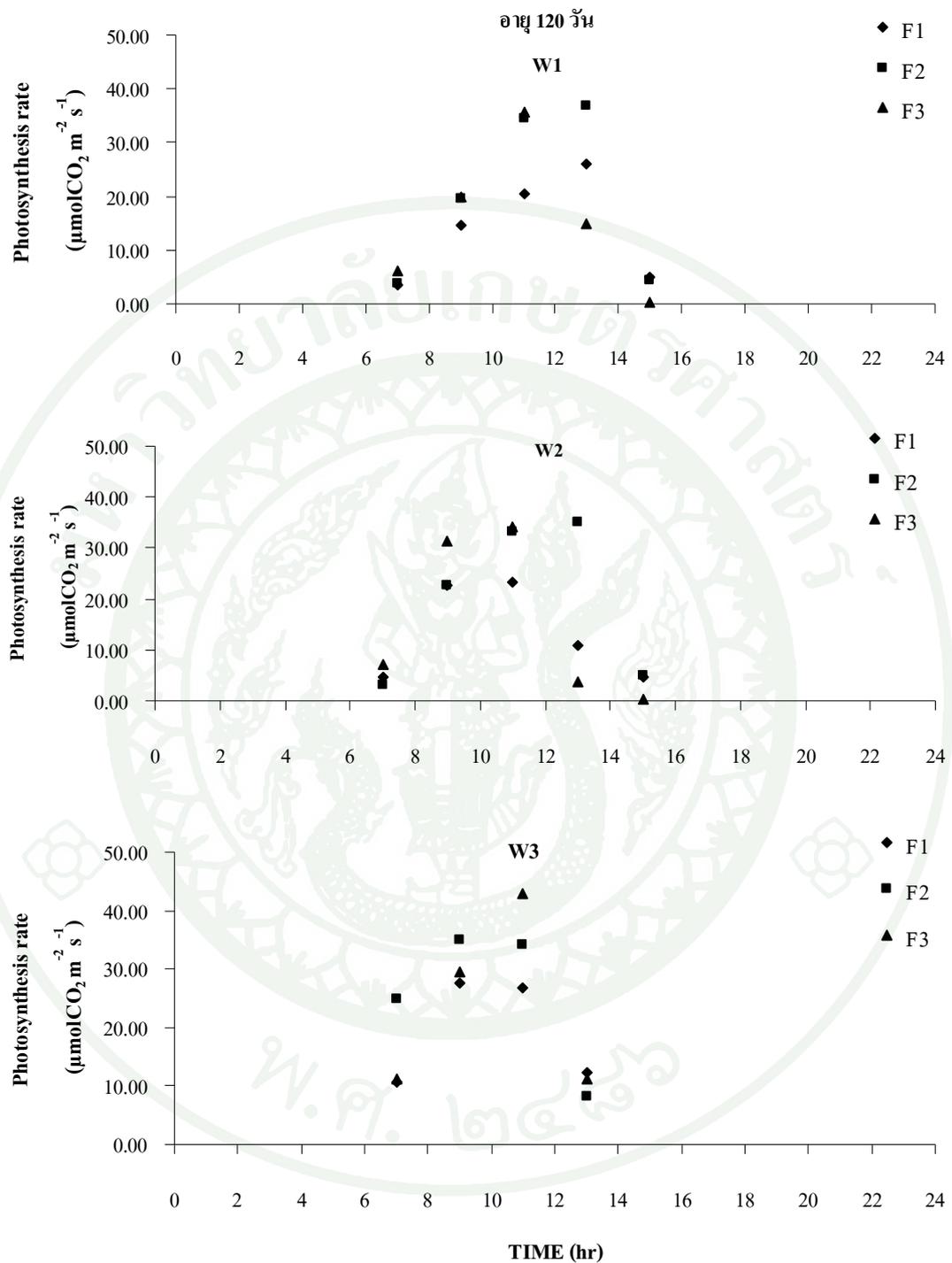


ภาพที่ 16 อัตราการคายน้ำในรอบวันของอ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 300 วัน เมื่อได้รับน้ำตามตำรับทดลอง 3 ตำรับ W1 ใช้น้ำฝนธรรมชาติ, W2 ให้น้ำ 1ETp ทุก 1 สัปดาห์ และ W3 ให้น้ำ 1 ETp ทุก 2 สัปดาห์

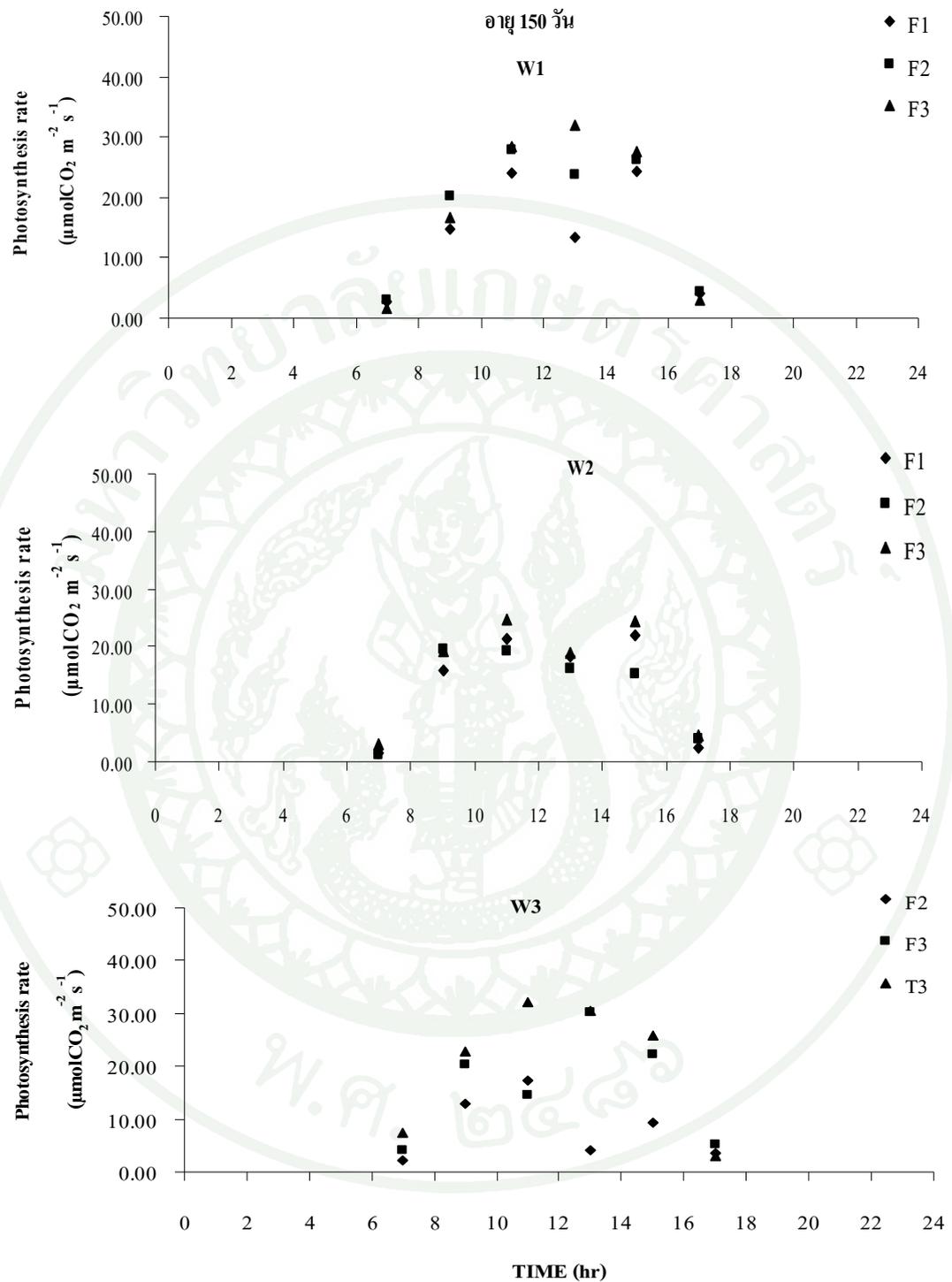
ตารางที่ 10 ปริมาณการคายน้ำในรอบวันของอ้อย (mm d⁻¹)

| | Days After Planting | | | | | | |
|-----------|---------------------|------|------|------|------|------|------|
| | 120 | 150 | 180 | 210 | 240 | 270 | 300 |
| Main plot | | | | | | | |
| W1 | 4.49 | 6.54 | 4.15 | 3.42 | 3.28 | 2.90 | 3.46 |
| W2 | 5.19 | 6.18 | 4.18 | 3.74 | 2.54 | 2.23 | 2.68 |
| W3 | 5.60 | 7.08 | 4.29 | 3.53 | 3.19 | 3.01 | 3.11 |
| Sup plot | | | | | | | |
| F1 | 5.06 | 6.38 | 3.93 | 3.62 | 2.93 | 2.69 | 3.00 |
| F2 | 4.66 | 6.94 | 4.19 | 3.56 | 3.12 | 2.75 | 3.21 |
| F3 | 5.56 | 6.49 | 4.50 | 3.50 | 2.95 | 2.70 | 3.04 |

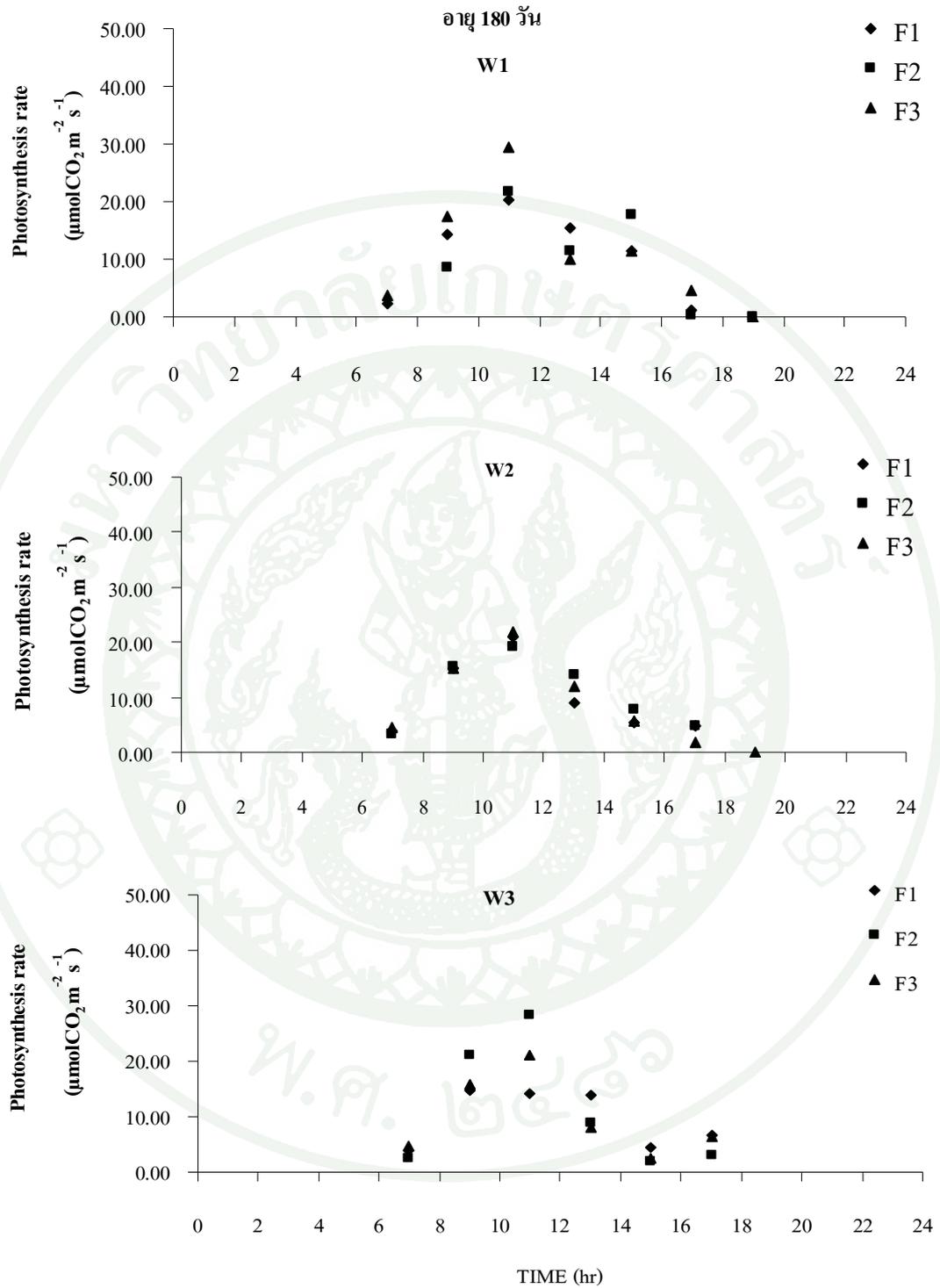
หมายเหตุ จำนวนจากพื้นที่ได้เส้นโค้งอัตราการคายน้ำที่เป็นฟังก์ชันของเวลาในรอบวัน ช่วงเวลาที่
ใช้คำนวณ 6:00-18:00 นาฬิกา



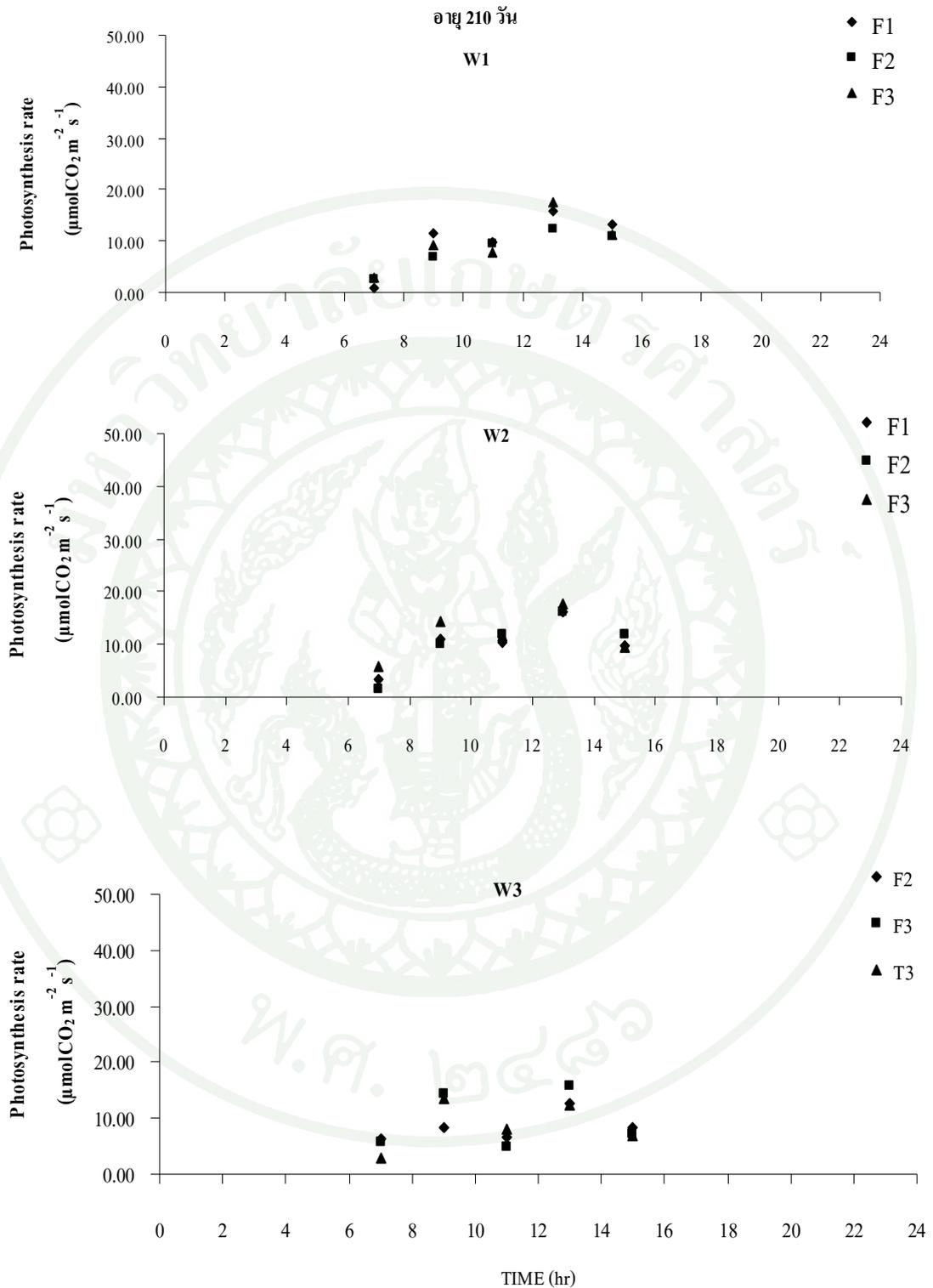
ภาพที่ 17 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิในรอบวันของอ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 120 วัน เมื่อได้รับน้ำตามตำรับทดลอง 3 ตำรับ W1 ใช้น้ำฝนธรรมชาติ, W2 ให้น้ำ 1ETp ทุก 1 สัปดาห์ และ W3 ให้น้ำ 1 ETp ทุก 2 สัปดาห์



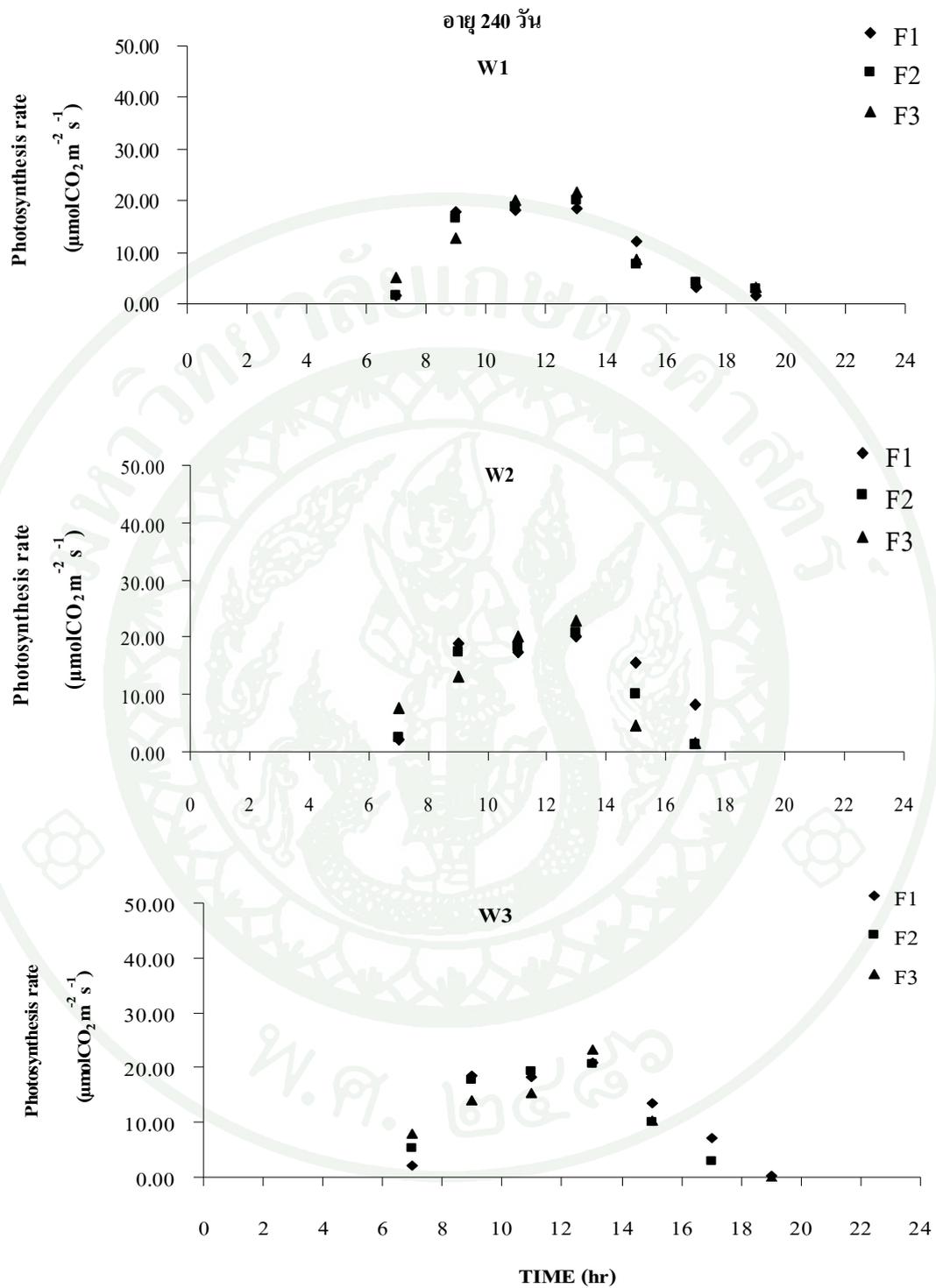
ภาพที่ 18 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิในรอบวันของอ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 150 วัน เมื่อได้รับน้ำตามตำรับทดลอง 3 ตำรับ W1 ใช้น้ำฝนธรรมชาติ, W2 ให้น้ำ 1ETp ทุก 1 สัปดาห์ และ W3 ให้น้ำ 1 ETp ทุก 2 สัปดาห์



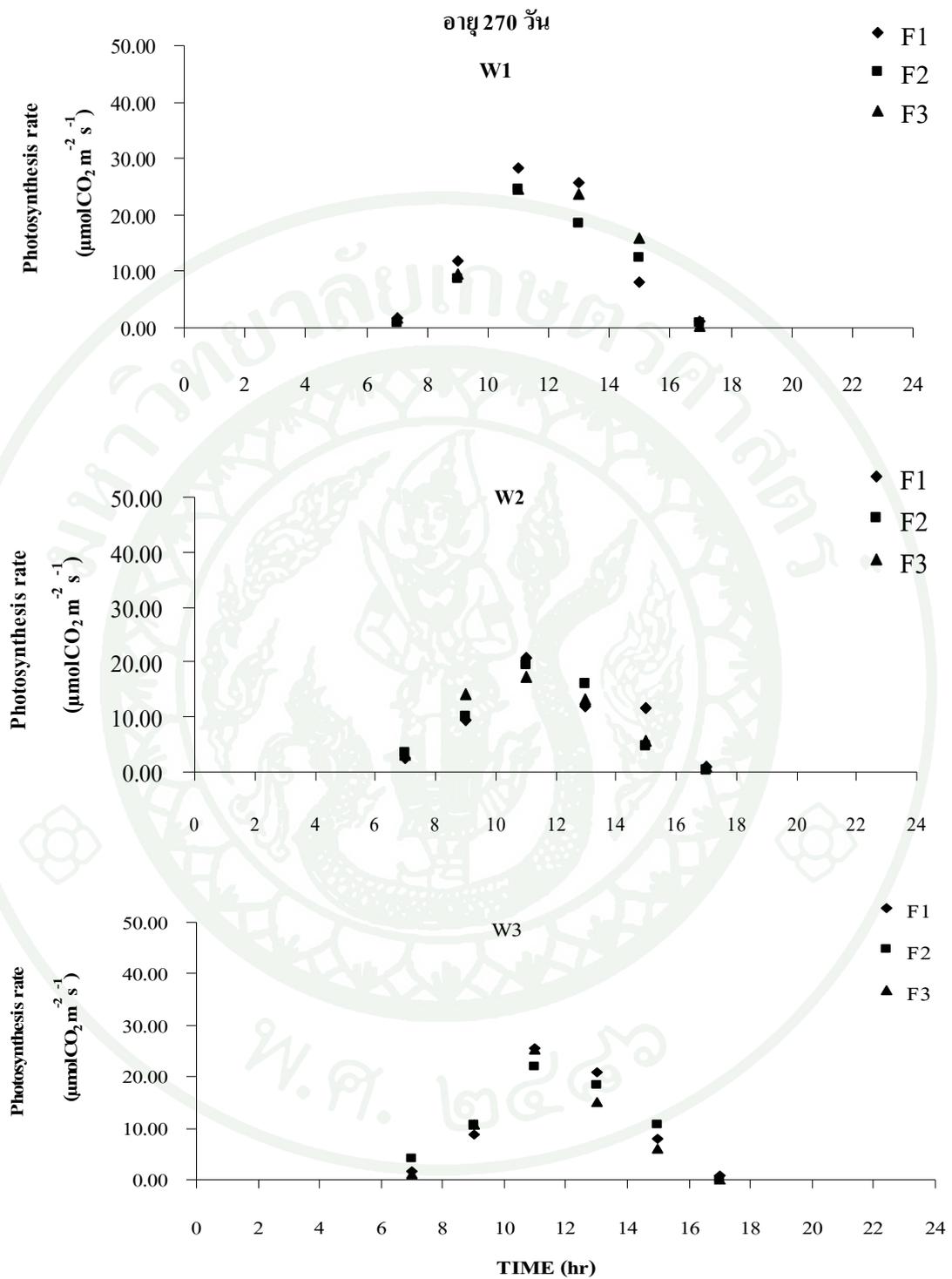
ภาพที่ 19 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิในรอบวันของอ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 180 วัน เมื่อได้รับน้ำตามตำรับทดลอง 3 ตำรับ W1 ใช้น้ำฝนธรรมชาติ, W2 ให้น้ำ 1ETp ทุก 1 สัปดาห์ และ W3 ให้น้ำ 1 ETp ทุก 2 สัปดาห์



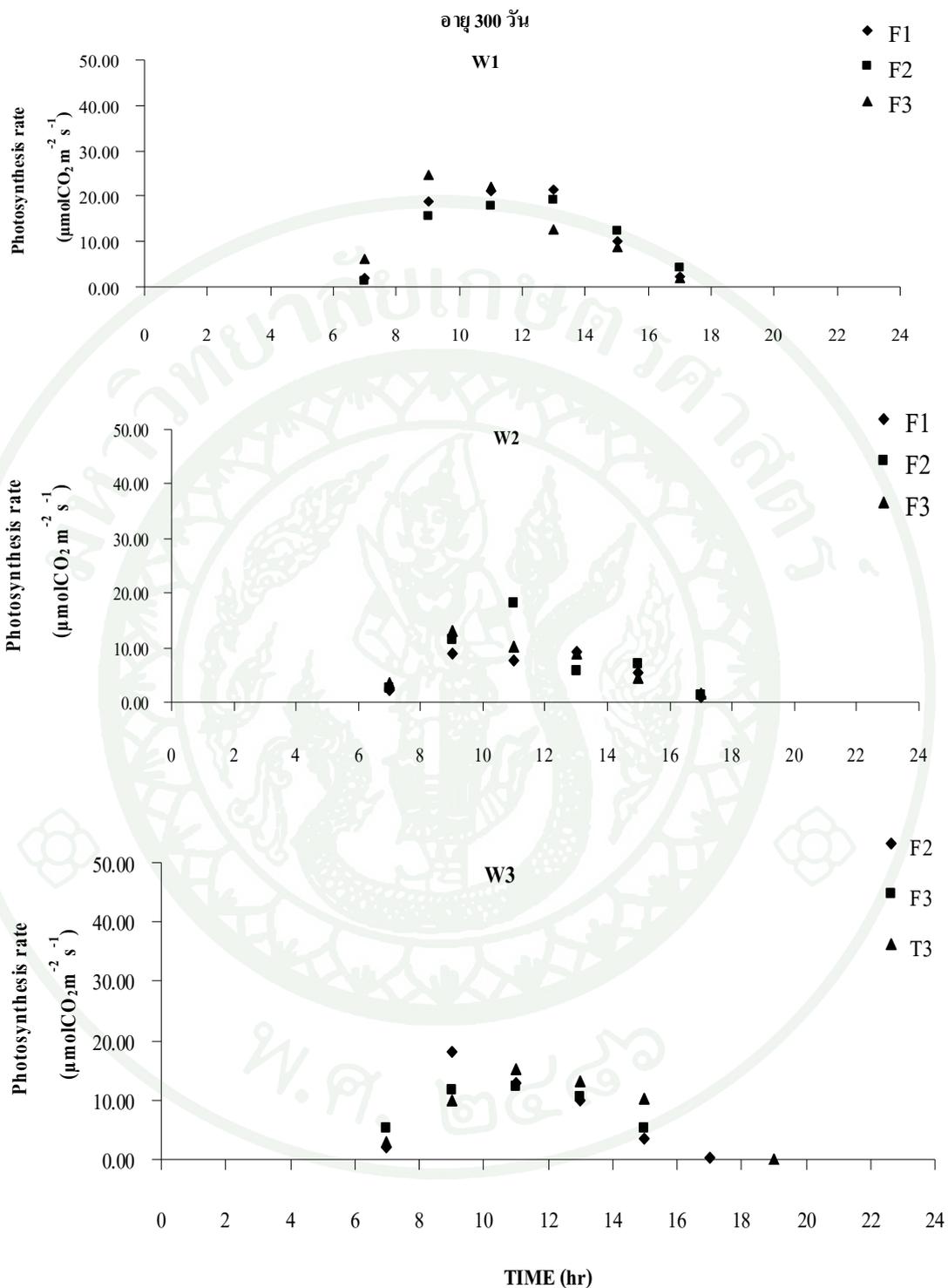
ภาพที่ 20 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิในรอบวันของอ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 210 วัน เมื่อได้รับน้ำตามตำรับทดลอง 3 ตำรับ W1 ใช้น้ำฝนธรรมชาติ, W2 ให้น้ำ 1ETp ทุก 1 สัปดาห์ และ W3 ให้น้ำ 1 ETp ทุก 2 สัปดาห์



ภาพที่ 21 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิในรอบวันของอ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 240 วัน เมื่อได้รับน้ำตามตำรับทดลอง 3 ตำรับ W1 ใช้น้ำฝนธรรมชาติ, W2 ให้น้ำ 1ETp ทุก 1 สัปดาห์ และ W3 ให้น้ำ 1 ETp ทุก 2 สัปดาห์



ภาพที่ 22 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิในรอบวันของอ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 270 วัน เมื่อได้รับน้ำตามตำรับทดลอง 3 ตำรับ W1 ใช้น้ำฝนธรรมชาติ, W2 ให้น้ำ 1ETp ทุก 1 สัปดาห์ และ W3 ให้น้ำ 1 ETp ทุก 2 สัปดาห์

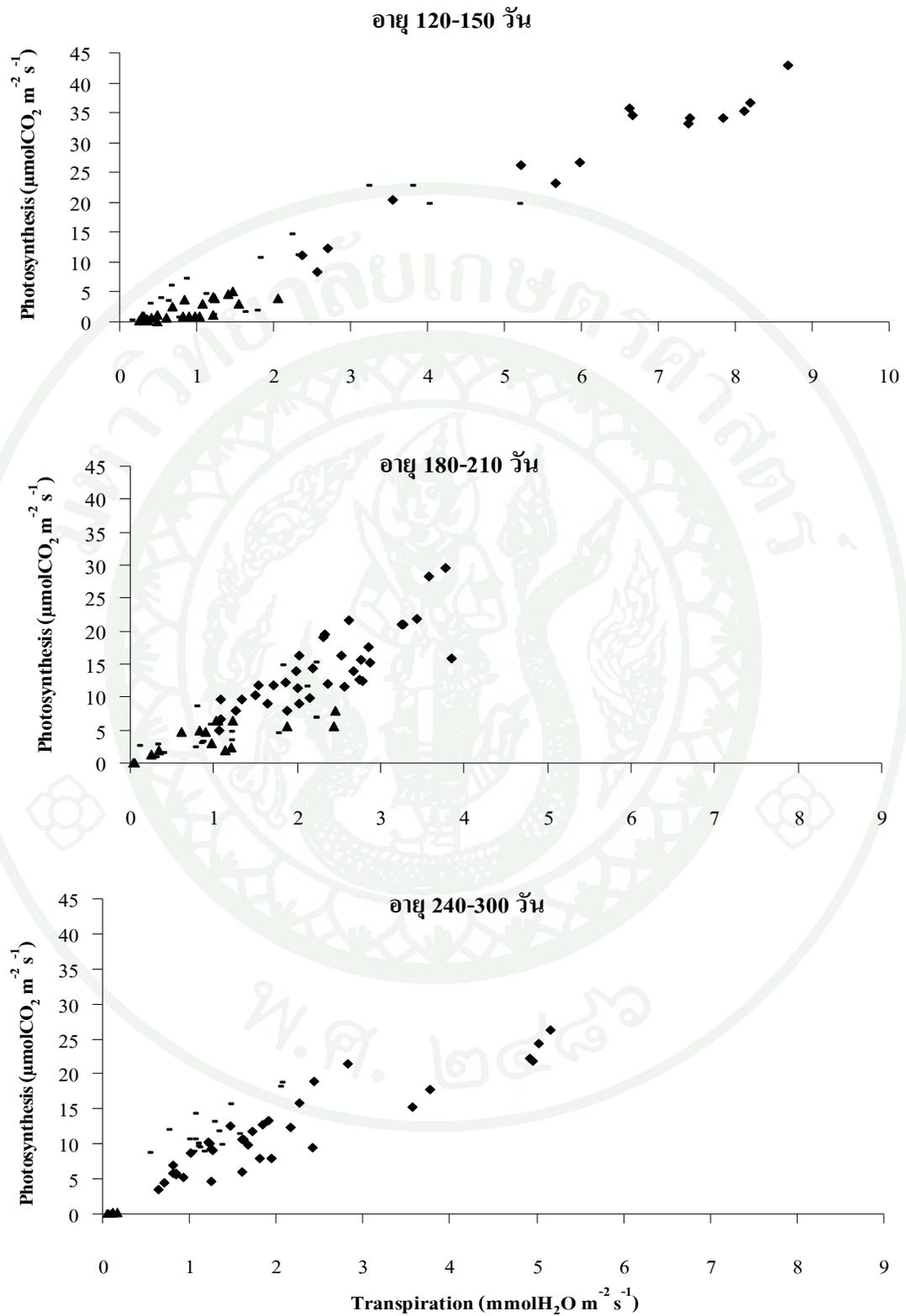


ภาพที่ 23 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิในรอบวันของอ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 300 วัน เมื่อได้รับน้ำตามตำรับทดลอง 3 ตำรับ W1 ใช้น้ำฝนธรรมชาติ, W2 ให้น้ำ 1ETp ทุก 1 สัปดาห์ และ W3 ให้น้ำ 1 ETp ทุก 2 สัปดาห์

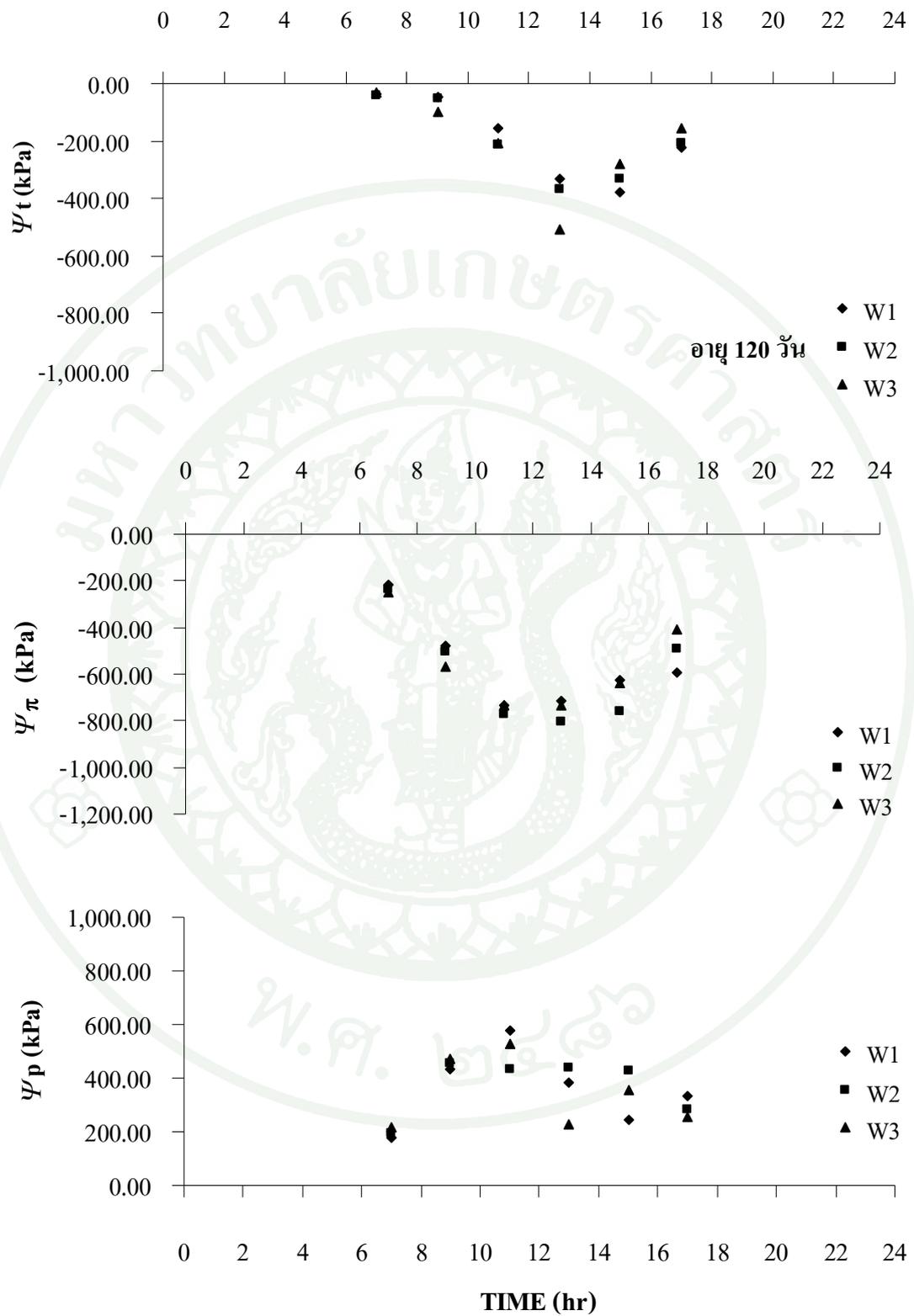
ตารางที่ 11 ปริมาณการสังเคราะห์แสงในรอบวัน ($\text{mol-CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)

| | Days After Planting | | | | | | |
|-----------|---------------------|------|------|------|------|------|------|
| | 120 | 150 | 180 | 210 | 240 | 270 | 300 |
| Main plot | | | | | | | |
| W1 | 0.57 | 0.65 | 0.47 | 0.33 | 0.52 | 0.51 | 0.51 |
| W2 | 0.56 | 0.59 | 0.42 | 0.37 | 0.51 | 0.38 | 0.28 |
| W3 | 0.60 | 0.62 | 0.42 | 0.30 | 0.52 | 0.44 | 0.32 |
| Sup plot | | | | | | | |
| F1 | 0.49 | 0.60 | 0.41 | 0.33 | 0.53 | 0.46 | 0.35 |
| F2 | 0.68 | 0.70 | 0.44 | 0.33 | 0.52 | 0.43 | 0.37 |
| F3 | 0.57 | 0.55 | 0.45 | 0.35 | 0.50 | 0.44 | 0.39 |

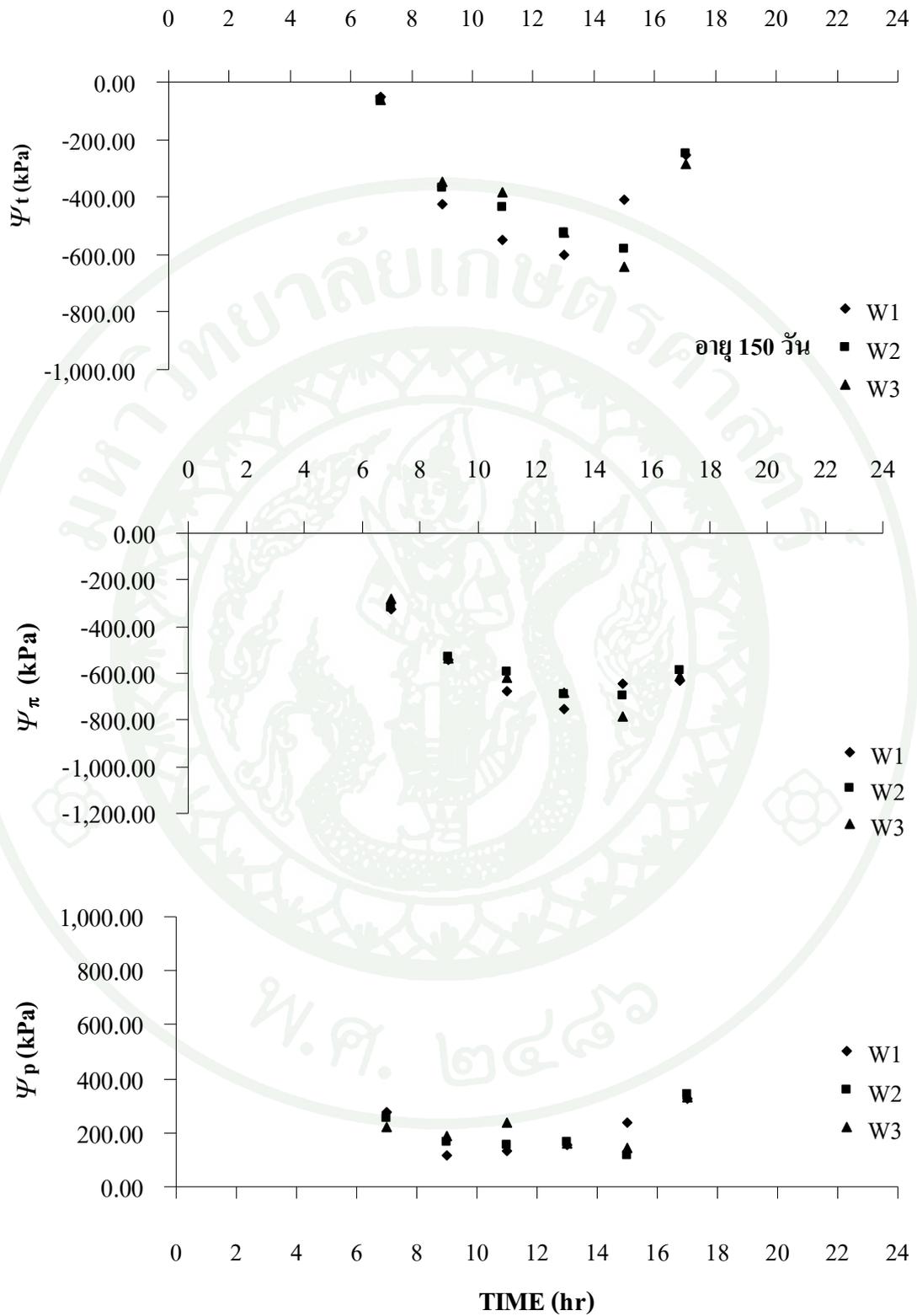
หมายเหตุ คำนวณจากพื้นที่ใต้เส้นโค้งอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงที่เป็นฟังก์ชันของเวลาในรอบวัน ช่วงเวลาที่ใช้คำนวณ 6:00-18:00 นาฬิกา



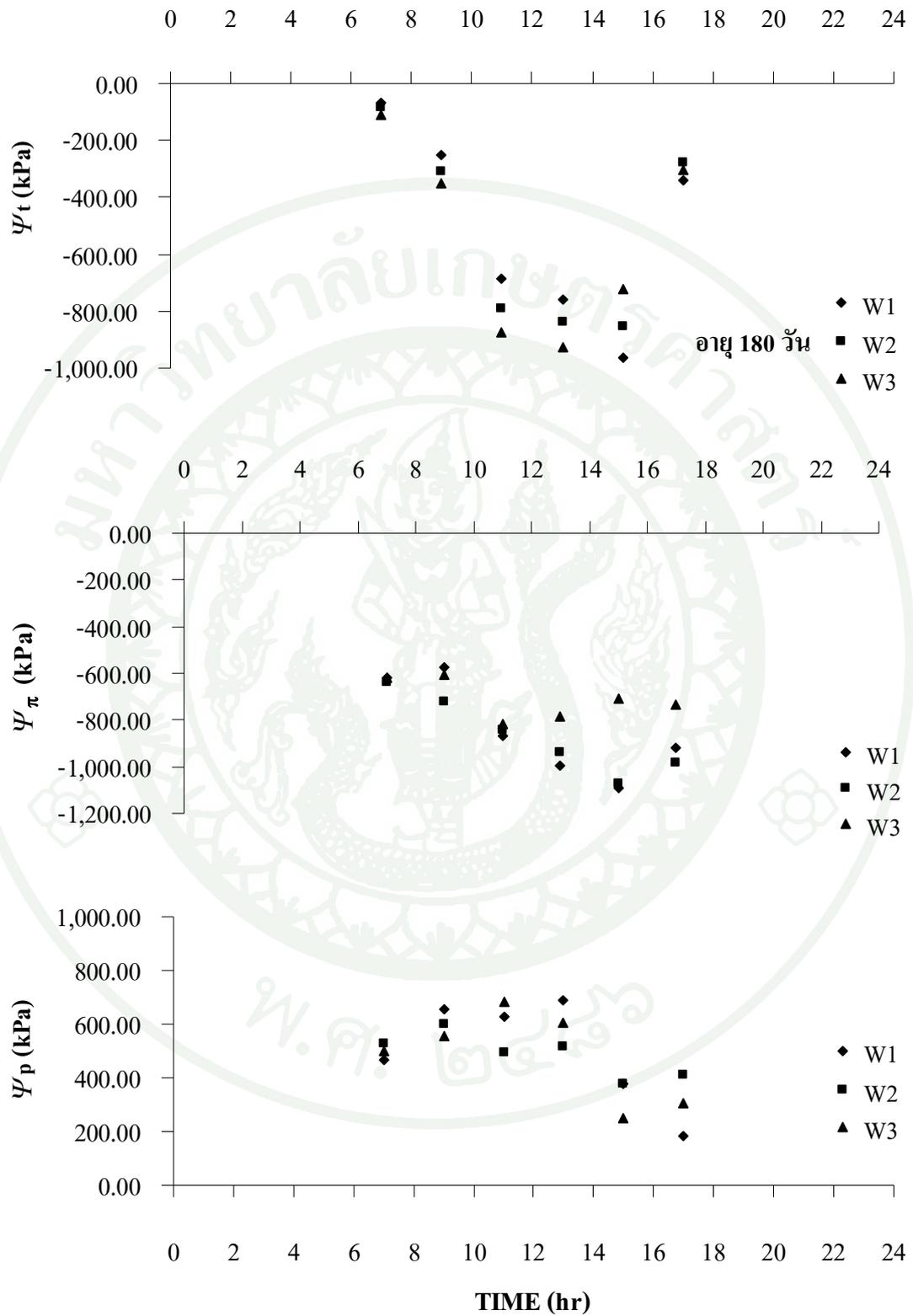
ภาพที่ 24 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงและการอัตราการคายน้ำที่อายุต่างกัน สัญลักษณ์ (-) 7.00-11.00 น. (•) 11.00-15.00 น. และ (▲) 15.00-19.00 น.



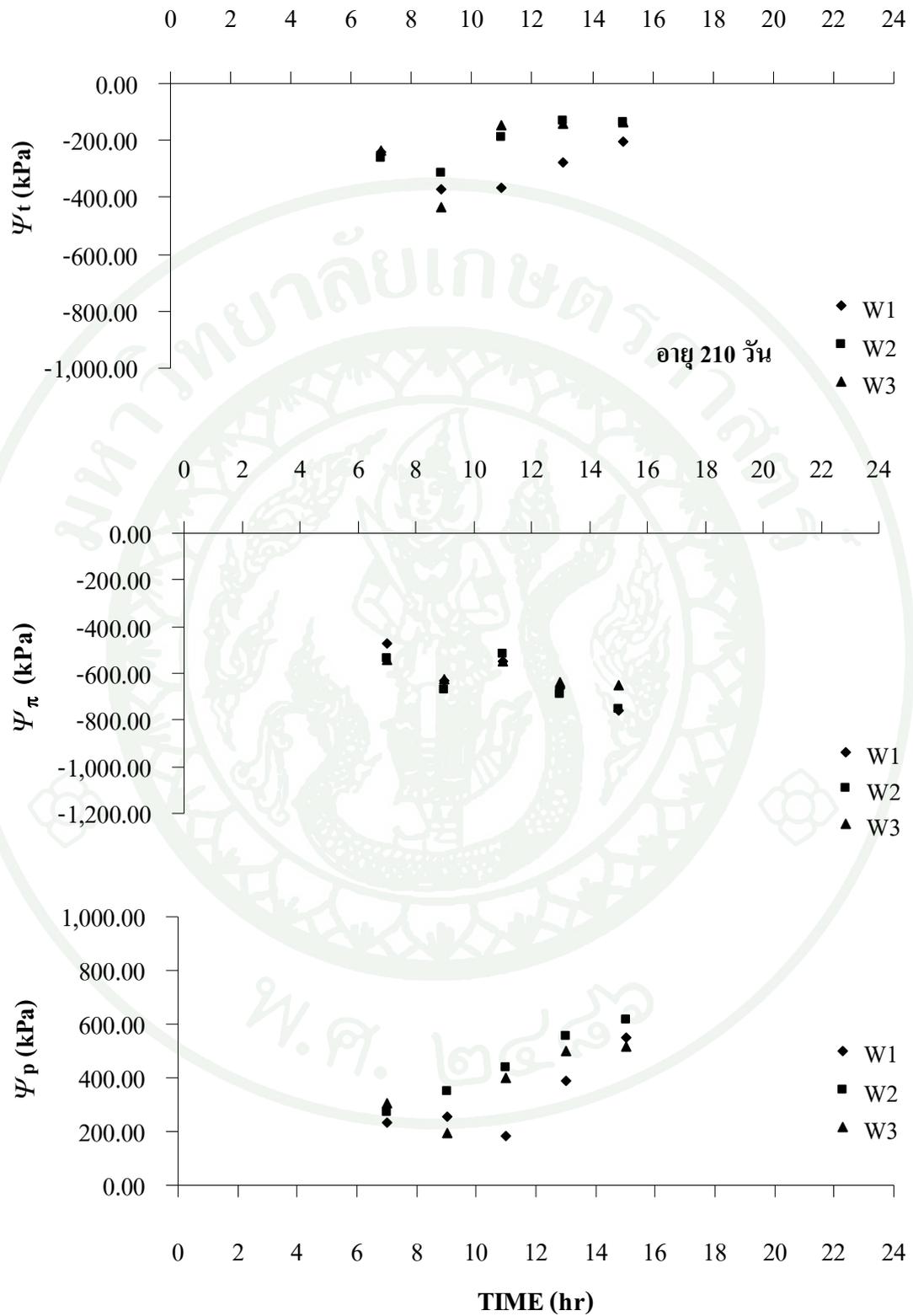
ภาพที่ 25 ค่าเฉลี่ยศักย์น้ำรวม (ψ_t) ศักย์สารละลายในเซลล์ (ψ_π) ศักย์ความดันน้ำ (ψ_p) ในใบ อ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 120 วัน



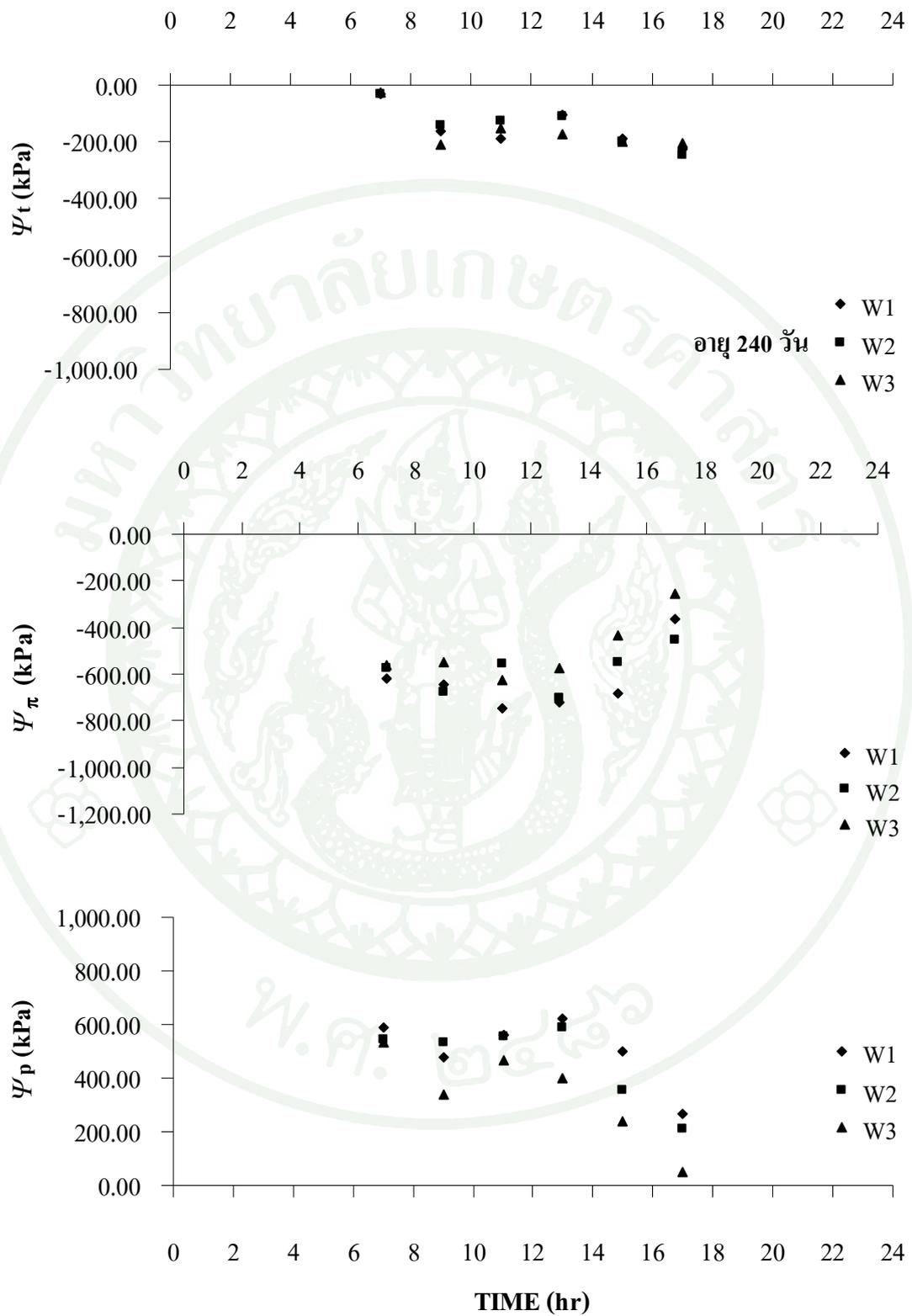
ภาพที่ 26 ค่าเฉลี่ยศักย์น้ำรวม (ψ_t) ศักย์สารละลายในเซลล์ (ψ_π) ศักย์ความดันน้ำ (ψ_p) ในใบ อ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 150 วัน



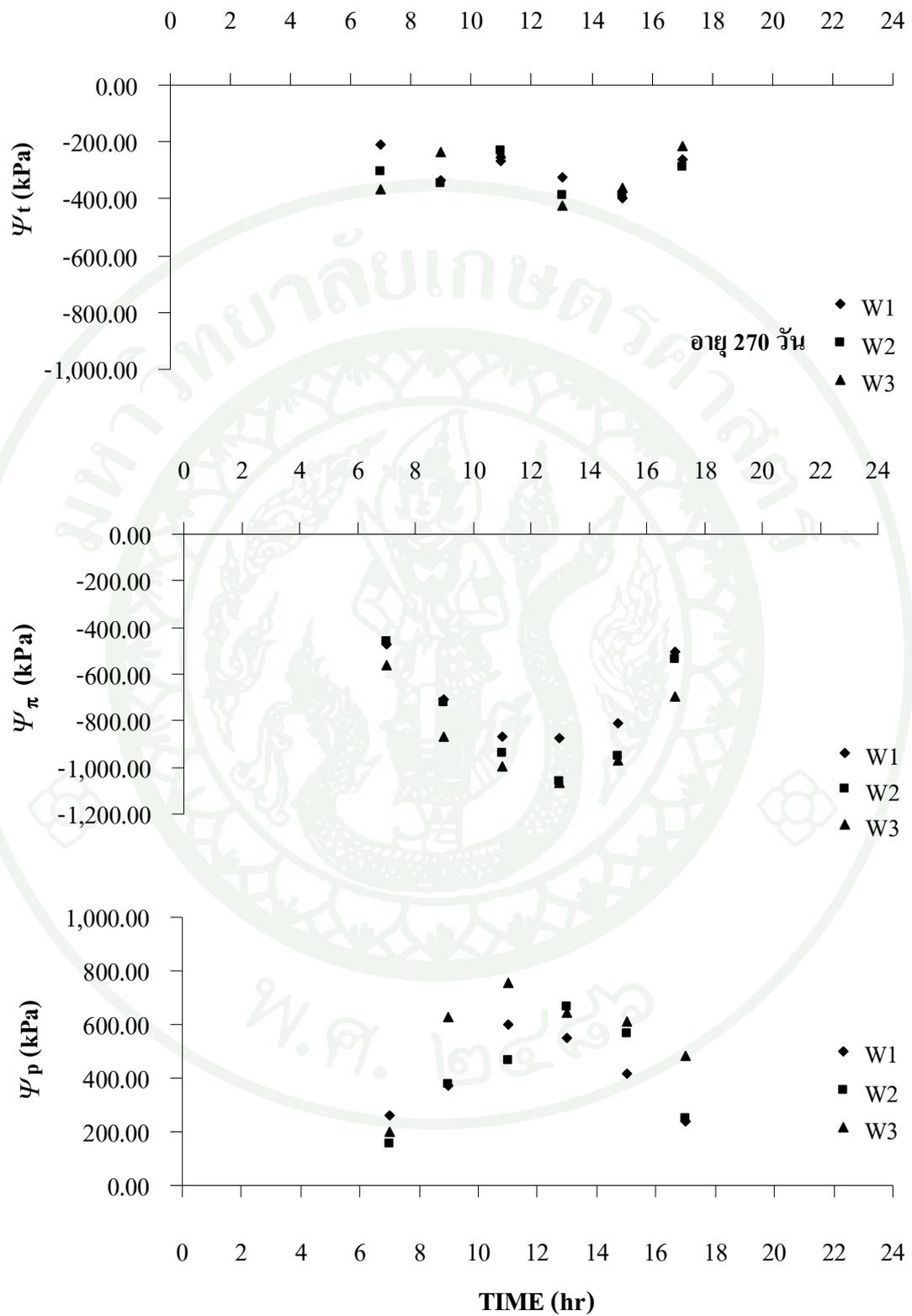
ภาพที่ 27 ค่าเฉลี่ยศักย์น้ำรวม (ψ_t) ศักย์สารละลายในเซลล์ (ψ_π) ศักย์ความดันน้ำ (ψ_p) ในใบ อ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 180 วัน



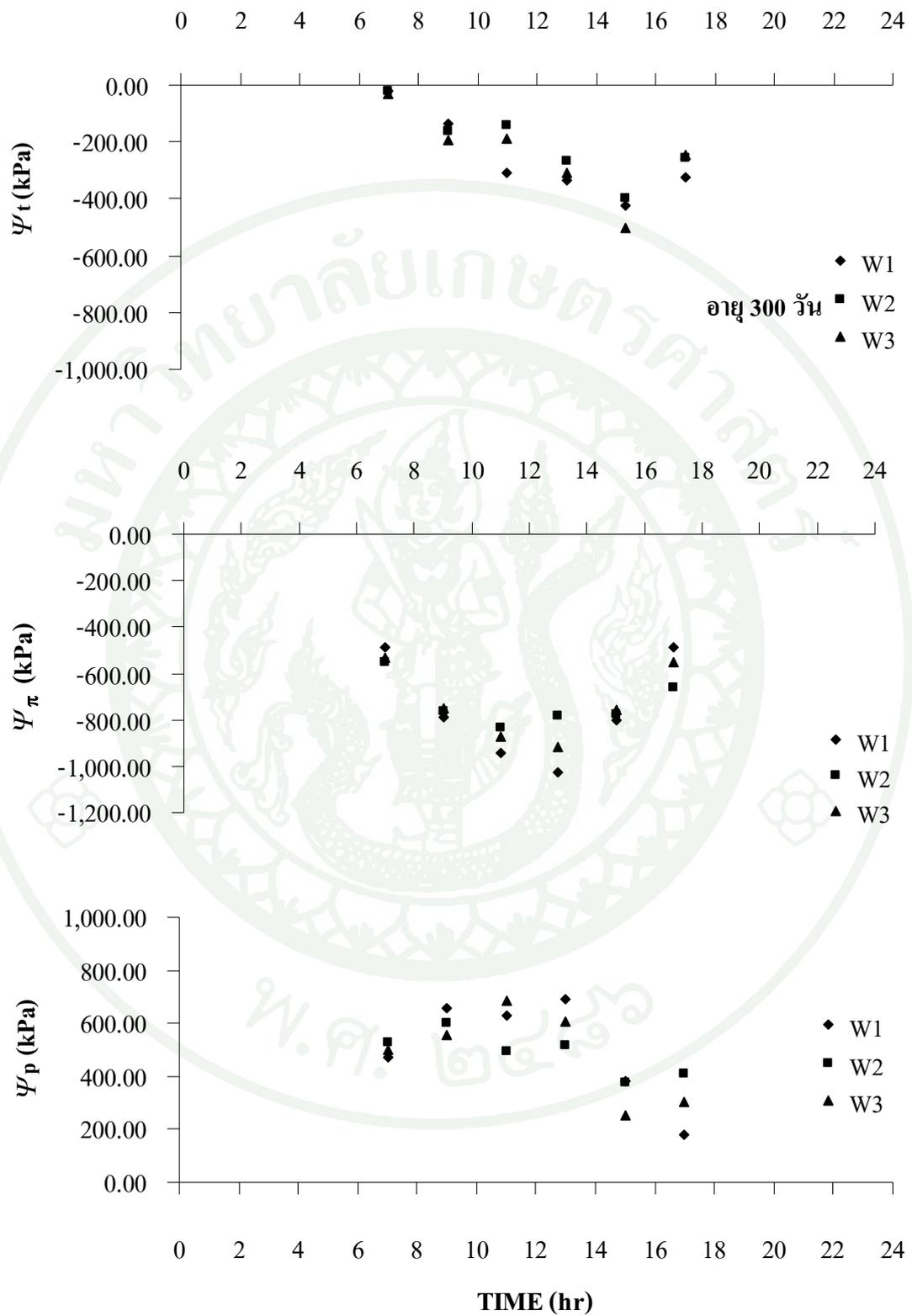
ภาพที่ 28 ค่าเฉลี่ยศักย์น้ำรวม (ψ_t) ศักย์สารละลายในเซลล์ (ψ_π) ศักย์ความดันน้ำ (ψ_p) ในใบอ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 210 วัน



ภาพที่ 29 ค่าเฉลี่ยศักย์น้ำรวม (ψ_t) ศักย์สารละลายในเซลล์ (ψ_π) ศักย์ความดันน้ำ (ψ_p) ในใบอ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 240 วัน



ภาพที่ 30 ค่าเฉลี่ยค่าเฉลี่ยศักย์น้ำรวม (Ψ_t) ศักย์สารละลายในเซลล์ (Ψ_π) ศักย์ความดันน้ำ (Ψ_p) ในใบอ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 270 วัน



ภาพที่ 31 ค่าเฉลี่ยศักย์น้ำรวม (ψ_t) ศักย์สารละลายในเซลล์ (ψ_π) ศักย์ความดันน้ำ (ψ_p) ในใบ อ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 300 วัน

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยศักย์น้ำรวม (ψ_t) ศักย์สารละลายในเซลล์ (ψ_π) ศักย์ความดันน้ำ (ψ_p) ในใบ
อ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ช่วงอายุ 120 วัน

| Main plot | | Time (hours) | | | | | |
|-----------|------------------|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | 6-8 | 8-10 | 10-12 | 12-14 | 14-16 | 16-18 |
| W1 | ψ_t (kPa) | -38.11 | -44.44 | -155.56 | -330.00 | -380.00 | -223.33 |
| | ψ_π (kPa) | -215.01 | -479.01 | -734.76 | -712.19 | -623.27 | -590.51 |
| | ψ_p (kPa) | 176.89 | 434.57 | 579.21 | 382.19 | 243.27 | 334.54 |
| W2 | ψ_t (kPa) | -40.00 | -52.22 | -212.22 | -366.67 | -333.33 | -208.89 |
| | ψ_π (kPa) | -234.00 | -505.44 | -772.20 | -803.86 | -760.09 | -492.23 |
| | ψ_p (kPa) | 194.00 | 453.22 | 434.32 | 437.20 | 426.76 | 283.34 |
| W3 | ψ_t (kPa) | -31.11 | -97.78 | -208.89 | -505.56 | -282.22 | -153.33 |
| | ψ_π (kPa) | -249.42 | -570.69 | -734.49 | -731.19 | -640.34 | -410.74 |
| | ψ_p (kPa) | 218.31 | 472.91 | 525.60 | 225.63 | 358.12 | 257.41 |

ตารางที่ 13 ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สะสมในใบของอ้อยที่อายุเก็บเกี่ยว

| | %N | %P | %K |
|-----------|---------|--------|--------|
| Main plot | | | |
| W1 | 0.582 | 0.052b | 1.172 |
| W2 | 0.588 | 0.097a | 1.226 |
| W3 | 0.586 | 0.060b | 1.215 |
| P-value | 0.767 | 0.035 | 0.051 |
| Sub plot | | | |
| F1 | 0.594ab | 0.064 | 1.161b |
| F2 | 0.561b | 0.067 | 1.191b |
| F3 | 0.601a | 0.078 | 1.261a |
| P-value | 0.008 | 0.241 | 0.025 |

หมายเหตุ วิเคราะห์สถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
การให้น้ำและปุ๋ยไม่มีปฏิสัมพันธ์กันจึงไม่แสดงผล

ตารางที่ 14 ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สะสมในลำต้นของ
อ้อย ที่อายุเก็บเกี่ยว

| | %N | %P | %K |
|-----------|---------|---------|--------|
| Main plot | | | |
| W1 | 0.360 | 0.051b | 0.158b |
| W2 | 0.378 | 0.057a | 0.162a |
| W3 | 0.370 | 0.055ab | 0.158b |
| P-value | 0.416 | 0.035 | 0.010 |
| Sub plot | | | |
| F1 | 0.344b | 0.052 | 0.154c |
| F2 | 0.362ab | 0.053 | 0.159b |
| F3 | 0.401a | 0.057 | 0.165a |
| P-value | 0.040 | 0.085 | 0.010 |

หมายเหตุ วิเคราะห์สถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
การให้น้ำและปุ๋ยไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อกันจึงไม่แสดงผล

5. ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบและลำต้นของอ้อย

5.1. ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบของอ้อย

การให้น้ำ W1, W2 และ W3 ทำให้มีความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบอ้อยจำนวน 0.582, 0.588 และ 0.586 % ตามลำดับ การให้น้ำปุ๋ยในอัตราที่ต่างกันทำให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบอ้อยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คำรับปุ๋ย 15-3-30 ทำให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบอ้อยสูงที่สุด มีค่า 0.601 % และรองลงมาคือคำรับปุ๋ย 5-1-10 และ 10-2-20 มีค่า 0.594 และ 0.561 % ตามลำดับ (ตารางที่ 13)

การให้น้ำทำให้ความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบอ้อยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ W2 มีความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบอ้อยสูงที่สุด 0.097 % รองลงมาคือ W3 และ W1 มีความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบ 0.060 และ 0.052 % ตามลำดับ การให้น้ำปุ๋ยในอัตราที่ต่างกัน 15-3-30, 10-2-20 และ 5-1-10 ทำให้มีความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบอ้อย 0.078, 0.067 และ 0.064 % ตามลำดับ

การให้น้ำ W1, W2 และ W3 ทำให้มีความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมสะสมในใบอ้อยจำนวน 1.226, 1.215 และ 1.172 % ตามลำดับ การให้น้ำปุ๋ยในอัตราที่ต่างกันทำให้ความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบอ้อยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คำรับปุ๋ย 15-3-30 ทำให้ความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในอ้อยสูงที่สุด มีค่า 1.261 % และรองลงมาคือคำรับปุ๋ย 10-2-20 และ 5-1-10 มีค่า 1.191 และ 1.161 % ตามลำดับ

5.2. ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่ในลำต้นของอ้อย

การให้น้ำ W1, W2 และ W3 ทำให้มีความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในลำอ้อยจำนวน 0.360, 0.378 และ 0.370 % ตามลำดับ การให้น้ำปุ๋ยในอัตราที่ต่างกันทำให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในลำต้นอ้อยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คำรับปุ๋ย 15-3-30 ทำให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในลำอ้อยสูงที่สุด มีค่า 0.401 % และรองลงมาคือคำรับปุ๋ย 10-2-20 และ 5-1-10 มีค่า 0.362 และ 0.344 % ตามลำดับ (ตารางที่ 14)

การให้น้ำทำให้ความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในลำอ้อยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ W2 มีความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในลำอ้อยสูงที่สุด 0.057 % รองลงมาคือ W3 และ W1 มีความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในลำ 0.055 และ 0.051 % ตามลำดับ การให้น้ำในอัตราที่ต่างกัน 15-3-30, 10-2-20 และ 5-1-10 ทำให้มีความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบอ้อย 0.057, 0.053 และ 0.052 % ตามลำดับ

การให้น้ำทำให้มีความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในลำอ้อยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ W2 มีความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมสูงที่สุด 0.162 % รองลงมาคือ W3 และ W1 0.158 และ 0.158 % ตามลำดับ การให้น้ำในอัตราที่ต่างกันทำให้ความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในลำอ้อยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดำรับน้ำ 15-3-30 ทำให้ความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในอ้อยสูงที่สุด มีค่า 0.165 % และรองลงมาคือดำรับน้ำ 10-2-20 และ 5-1-10 มีค่า 0.159 และ 0.154 % ตามลำดับ

การให้น้ำที่มีความถี่มากกว่าจะทำให้อ้อยสะสมธาตุอาหารได้สูงกว่า เนื่องจากในดินจะมีความชื้นตลอดเวลาจึงทำให้อ้อยสามารถดูดกินธาตุอาหารได้อย่างเต็มที่ ความชื้นดินที่อ้อยได้รับจะสอดคล้องค่าอัตราการคายน้ำ อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง และค่าศักย์น้ำรวมในใบที่สูงจะมีการสะสมธาตุอาหารทั้งในใบและลำต้นสูงขึ้นไปด้วย

เมื่อเปรียบเทียบการสะสมธาตุอาหารของอ้อยพันธุ์ LK92-11 กับ พันธุ์ Vesta ที่มีการสะสมธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบมีค่า 0.66, 0.12 และ 1.30 % ในลำต้นมีค่า 0.20, 0.08 และ 0.94 % ตามลำดับ (สุรเดช และคณะ, 2542) พบว่าพันธุ์ LK92-11 มีการสะสมธาตุอาหารที่สูงกว่าทุกธาตุอาหารทั้งในใบและลำต้น

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. เมื่อมีความชื้นดินสูงส่งผลให้อัตราการคายน้ำและอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของอ้อยสูงขึ้น ในช่วงเวลากลางวัน (11:00 – 13:00 น.) การคายน้ำจะเพิ่มขึ้นสูงที่สุดเนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้น ความชื้นในบรรยากาศต่ำลง ปากใบจะเปิดกว้าง ทำให้มีแรงผลักดันการแพร่ของน้ำจากภายในใบออกสู่บรรยากาศได้มากขึ้น ส่วนอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิก็จะเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย เพราะการเปิดปากใบทำให้สามารถตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากขึ้น

ความชื้นดินมีผลต่อค่าเฉลี่ยพลังงานศักย์น้ำรวมในใบอ้อยโดยเฉพาะในช่วงที่ฝนทิ้งช่วง ค่าเฉลี่ยพลังงานศักย์น้ำรวมในใบจะลดต่ำลง แสดงถึงสภาวะแห้งแล้ง หากมีการให้น้ำหรือมีฝนตก ค่าเฉลี่ยพลังงานศักย์น้ำรวมในใบอ้อยจะเพิ่มสูงขึ้นจนเข้าใกล้ศูนย์

2. ช่วงที่ทำการทดลองมีการกระจายตัวของฝน และมีปริมาณน้ำฝน 1,634.5 mm ซึ่งเป็นปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของอ้อย การให้น้ำจากปริมาณน้ำฝนจึงไม่ช่วยส่งเสริมผลผลิตของอ้อยมากนัก

3. อัตราปุ๋ยที่สูงขึ้นทำให้ผลผลิตอ้อยสูงขึ้นตามไปด้วย เมื่อเปรียบเทียบการใส่ปุ๋ยดำรับ 5-1-10 ต่อดำรับ 10-2-20 และ 15-3-30 ผลผลิตจะเพิ่มขึ้น 12.86 และ 16.68 % ตามลำดับ

4. ในส่วนของใบจะมีความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมสูงกว่าในลำต้น การให้น้ำ W2 ทำให้อ้อยมีความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบและลำต้นมากที่สุด เนื่องจากในดินมีความชื้นสูงจึงทำให้อ้อยดูดธาตุอาหารได้มากกว่าการให้น้ำแบบ W3 และ W1 ตามลำดับ โดยเฉพาะธาตุฟอสฟอรัสที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในใบและในลำต้น

อัตราปุ๋ยที่เพิ่มขึ้นทำให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน และโพแทสเซียมทั้งในใบและลำต้นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ทั้งในใบและลำต้นจะเพิ่มสูงขึ้นตามอัตราปุ๋ยที่เพิ่มมากขึ้น ในการทดลองนี้ใส่ธาตุฟอสฟอรัสเพิ่มในอัตราที่น้อย จึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ข้อเสนอแนะ

1. ในกรณีที่มีน้ำฝนอย่างเพียงพอสำหรับปุ๋ย 10-2-20 มีอัตราผลตอบแทนต่อหน่วยใกล้เคียงกับสำหรับปุ๋ย 15-3-30 จึงแนะนำให้ปุ๋ยในสำหรับ 10-2-20 เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิต
2. การให้น้ำชลประทานเพิ่มจากปริมาณน้ำฝน มีอัตราผลตอบแทนต่อหน่วยของ W3 สูงกว่า W2 ถ้ามีปริมาณน้ำฝนมากและกระจายตัวดี ไม่จำเป็นต้องให้น้ำเพิ่ม การให้น้ำเพิ่มทำทุกๆ 2 สัปดาห์ที่ไม่มีฝนตก
3. ในช่วงระยะอย่างปล้องเป็นช่วงที่อ้อยเติบโตเร็วที่สุด และไวต่อการขาดน้ำมากที่สุด ระยะอย่างปล้องจะเป็นตัวกำหนดขนาดหรือน้ำหนักต่อลำ หรือน้ำหนักอ้อยต่อไร่ ดังนั้นอ้อยในช่วงอายุ 120-180 วันจึงควรให้น้ำอย่างเพียงพอเพื่อให้อ้อยเจริญเติบโตอย่างเต็มที่
4. อ้อยมีการสะสมธาตุอาหารไว้ในใบสูงกว่าลำต้น ซึ่งธาตุฟอสฟอรัสจะติดออกไปกับผลผลิตมากที่สุด รองลงมาคือไนโตรเจนและฟอสฟอรัส การเก็บผลผลิตออกจากแปลงปลูกจึงควรเหลือเศษซากใบไว้ในแปลงเพื่อย่อยสลายให้ธาตุอาหาร เป็นการลดปริมาณปุ๋ยที่ต้องใช้ในครั้งต่อไป

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2523. เอกสารวิชาการ อ้อย. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมวิชาการเกษตร. 2537. เอกสารวิชาการ การปลูกพืชไร่. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เกษม สุขสถาน และ อุดม พูลเกษ. 2521. การเลือกทำเลและที่ดินสำหรับปลูกอ้อย, น. 54-56. ใน หลักการทำไร่อ้อย. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

เกษม สุขสถาน. 2540. คู่มือการทำไร่อ้อย. โรงงานน้ำตาลทรายมิตรผล. กรุงเทพฯ.

_____. 2542. ภูมิศาสตร์และพฤกษศาสตร์ของอ้อย, น. 154-181. ใน สหวิทยาการของอ้อย และน้ำตาล. บริษัทน้ำตาลมิตรผลจำกัด กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา. 2542. พืชเศรษฐกิจ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

จักรินทร์ ศรีธำพร, ปรีชา พรหมณี, สุรวิทย์ สุริยพันธุ์ และประสงค์ สิทธิไทย. 2535. ศึกษาผลตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนของอ้อยพันธุ์ 81-1-026 และ 80-1-128, น. 305-313. ใน รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2535 อ้อย. ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร.

จักรินทร์ ศรีธำพร, ปรีชา พรหมณี และสุรวิทย์ สุริยพันธุ์. 2537. การศึกษาวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพอ้อย (อ้อยต่อ 1), น. 486-493. ใน รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2537 อ้อย เล่ม 2. ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร.

- เจษฎา แก้วกัลยา. 2542. **การจัดสรรน้ำสำหรับอ้อย**. เอกสารประกอบการสัมมนาโครงการวิจัย
อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลไทย : คู่มือการขายการผลิตเพื่อการส่งออกไทย สนอ.
ร่วมกับTDRI 20 กันยายน 2543. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 30 น.
- เจษฎา ภัทรเลอพงศ์. 2552. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิและศักย์ของ
น้ำในใบอ้อยเพื่อหาความสัมพันธ์แบบจำลองมวลชีวภาพของอ้อย. ใน **รายงานผลงานวิจัย
ประจำปี 2552**. สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. กรุงเทพฯ. 58-95 น.
- ชัชวาลย์ เรืองประพันธ์. 2544. **การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS for Windows**. คณะ
วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. โครงการผลิตตำรา.
- ถวิล ครุฑกุล. 2523. **การใช้ปุ๋ยกับอ้อย**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
กรุงเทพฯ.
- ธงชัย ตั้งเปรมศรี, วันทนา ตั้งเปรมศรี, อรรถสิทธิ์ บุญธรรม และประชา ถ้ำทอง. 2539. ความ
แตกต่างกันในลักษณะ Osmotic adjustment ของอ้อยพันธุ์ต่างๆ, น. 90-98. ใน **รายงาน
ผลงานวิจัยประจำปี 2539**. ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- ธวัช ดินนังวัฒนะ. 2543. **การทำไร่อ้อยยุคใหม่**. ศูนย์เกษตรอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย สำนักงานปลัดกระทรวงอุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม กรุงเทพฯ.
- บัณฑิต ต้นศิริ และ คำธณ ไทรพิง. 2542. **คู่มือการประเมินคุณภาพที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ**. กรม
พัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ปราณี สนธิ. 2548. การศึกษาอิทธิพลของระยะแถวปลูกและอัตราปุ๋ยที่มีต่อการเจริญเติบโตและ
ผลผลิตของอ้อยปลูกในเนื้อดินปานกลางและการศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทน
การผลิตอ้อยปลูกในดินเนื้อละเอียดที่มีระยะแถวปลูกต่างกัน วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

ปิยพงษ์ ทองดีนอก. 2544. การประเมินค่าการคายระเหยน้ำโดยวิธีของ **Boven ratio** ในพื้นที่ที่มีการ
 ประโยชน์ที่ดินหลายรูปแบบของจังหวัดสุโขทัย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปรีชา ประจวบเหมาะ. 2523 . ธาตุอาหารสำหรับอ้อย, น. 35-46. ใน เอกสารวิชาการเล่มที่ 1 อ้อย.
 กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

พิพัฒน์ วีระถาวร, อังสนา โตกิจกล้า, ประทวน กลิ่นโต, สมศักดิ์ รอดหลง และ ไตรสุดา ไวดรวง
 โรค. 2538. การทดสอบปุ๋ยในไร่นาเกษตรกร, น. 118-128. ใน การประชุมวิชาการอ้อย
 และน้ำตาลทรายแห่งชาติครั้งที่ 2. ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี กรมวิชาการเกษตร กระทรวง
 เกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ.

พิระศักดิ์ ศรีนิเวศน์, อุดม พูลเกษ, พรทิพย์ วิสารรัตน์ และ ประเสริฐ นัทรวิระวงษ์. 2536. การ
 วิเคราะห์การปรับตัวของพันธุ์อ้อยที่สำคัญในประเทศไทย, น. 146-151. ใน การประชุม
 วิชาการอ้อยและน้ำตาลทรายแห่งชาติ ครั้งที่ 1. สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล
 ทราย. กรุงเทพฯ.

ขงยุทธ โอสถสภา. 2546. ธาตุอาหารพืช. พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาปฐพีวิทยา. คณะเกษตร.
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

รายงานพื้นที่ปลูกอ้อยปีการผลิต 2552/53. 2554. สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย.
 กรุงเทพฯ. แหล่งที่มา: <http://www.ocsb.go.th/upload/journal/fileupload/923-8512.pdf>, 29
 มีนาคม 2554

รัชชนีวรรณ ราชูละ. 2547. ความผันแปรของความชื้นในดินบริเวณไร่มันลำปะหลังอำเภอบางบาล
 จังหวัดนครราชสีมา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

ลิลลี่ กาวีตะ, มาลี ณ นคร, ศรีสม สุวรรณวงศ์ และ สุริยา ตันติวิวัฒน์. 2552. สรีรวิทยาของพืช.
 ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

สถาบันวิจัยพืชไร่. 2526. **คำแนะนำการปลูกพืชไร่**. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สมภพ จงรวยทรัพย์, สมเพียร เจริญรุ่งเรือง และ อุดม รัตนารักษ์. 2541. ผลของอัตราปุ๋ยฟอสเฟต โปแทสเซียม และปุ๋ยขาวต่อผลผลิตอ้อย ในดินร่วนทรายภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. **ว. วิชาการเกษตร** 16(3) : 203-211

สาธิต อารีรักษ์, ชลวุฒิ ละเอียด, สมพงษ์ ดิษฐ์สันเทียะ, ปรีชา สุริยพันธ์ และ อำนาจ ทองดี. 2535. **ผลของการใช้ปุ๋ยและให้น้ำต่อผลผลิตของอ้อย** แหล่งที่มา: <http://www.libserver.doa.go.th>, 18 มีนาคม 2552.

สาขันธ์ สดุดี. 2537. **สถานะการขาดน้ำในการผลิตพืช**. ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่.

สุนทรีย์ ชัยชัชวาล. 2535. **ชลศาสตร์ดินน้ำพืช**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุนันทา กิ่งไพบูลย์. 2544. **การศึกษาความต้องการใช้น้ำของพืชเกษตรน้ำฝน**. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

สุรเดช จินตกานนท์, เกษม สุขสถาน และ ผลาทิพย์ จินตกานนท์. 2542. การศึกษาผลผลิตและองค์ประกอบธาตุอาหารพืชของอ้อย. **ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย์.)** 33: 10-20.

สุรพงษ์ ศรีพงษ์พันธุ์กุล. 2532. **อิทธิพลของฤดูปลูกต่อการเจริญเติบโตผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อย 5 พันธุ์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

อุดม รัตนารักษ์, สมภพ จงรวยทรัพย์ และ สมพร เจริญรุ่งเรือง. 2539. **การทดสอบปุ๋ยในท้องถิ่นต่างๆ โดยเน้นถึงความสำคัญของปุ๋ยไนโตรเจน**. แหล่งที่มา: <http://www.libserver.doa.go.th>, 17 มีนาคม 2552.

อรรถชัย จินตะเวช, ศักดา จงแก้ววัฒนา และ N. G. Inman Bamber. 2540. การประมาณผลผลิตอ้อย โดยใช้แบบจำลองพัฒนาการ และการเจริญเติบโตของอ้อย, น. 102-112. ใน รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการวิจัยการพัฒนาและการทดสอบผลผลิตทางการเกษตร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Akhtar, M., R.C. Shahid, M.E. Akhtar, M.Z. Khan and K. Bashir. 2000. **Effect of varying phosphorus and potash levels on agronomic traits and productivity of sugarcane.** Available Source: <http://www.pjbs.org>

Alexander, A.G. 1973. **Sugarcane Physiology.** Elsevier, Amsterdam.

Allen R.G., L.S. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. **Guidelines for computing crop water requirement.** FAO Irrigation Drainage Paper No.56. Available Source : www.fao.org/docrep/X0490E/X0490E00.htm, December 17, 2008.

Altaf, U. R. and S. Rehman. 1997. Effect of nitrogen fertilization and irrigation on the juicequality of sugarcane. **Pakistansugar Journal.** 12 (2): 24-28.

Boyer, J.S. 1995. **Measuring the Water Status of Plants and Soils.** Academic Press, Inc., California, U.S.A.

Burnes, A.C. 1974. **Sugarcane.** Leonard Hill Ltd., London.

Burr, G.O. 1960. Rept. **Hawaiian Sugarcane Plant.** Assoc. Exp. Sta. Commun.

Buren, L.L. 1974. Optimum stalk population for sugarcane. **Hawaiian sugar tech.** 3rd Ann. Conference. Hawaiian Sugar, Planters' Ass. Honolulu, Hawaii. 5: 14-17.

Clements, H. F. 1980. **Crop Logging and Crop Control: Principles and Practices.** The Univ. Press of Hawaii, Honolulu. USA.

- Choudhary, C.N. and U.P. Sinha. 2001. Dry-matter production, sugar yield and nitrogensulphurrecovery by sugarcane as influenced by concentrated organic manure, nitrogen and sulphur fertilization. **Indian Journal of Agricultural Science** 71(1): 31–34.
- Donald, L.S. and C. Hemel. 1999. **Crop Yield: Physiology and Process**. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. 504 p.
- Evans, H. 1965 a. Tissue diagnostic analysis and their interpretation in sugarcane. **Int. Soc. Sugarcane Technol Proc.** 12: 156-180.
- Fageria, N. K., V. C. Baligar, C. A. Jone. 1997a. **Growth and Mineral Nutrition of Field Crops**. 2 nd New york. 509-528 pp.
- Fischer, R.A. and N.C. Turner. 1978. **Plant productivity in the arid and semiarid zones**. Ann. Rev. Plant Physiol. 29: 277-317.
- Grantz, D.A. 1989. Effect of cool temperatures on photosynthesis and stomatal conductance in field-grown in Hawaii. **Field Crop Research**. 22:143-155.
- Hewitt, E.J. 1951. The role of the mineral elements in plant nutrition. Ann. Rev. **Plant Physiol.** 2: 25-52
- Heyden, C. V. D., J Ray and R. Noble. 1998. Effects of waterlogging on young sugarcane. **Plants**. 2(2) : 28-30
- Hunsigi, G. 1993. **Production of Sugarcane: Theory and Practice**. Springer-Verlag Berlin.
- International Plant Nutrition Institute, IPNI . 2008. **Nutrient Requirement of Sugarcane and its Fertilization in Guangdong Province**. Parkway Lane, Norcross, USA.

- Jack, R.C.M. 1961. Nutrient imbalance in sugarcane as revealed by foliar analysis. **Trop Agr.** 38: 231-233.
- Juang, T.C. and G. Uehara. 1971. Effects of ground water table and soil compaction on nutrient element uptake and growth of sugarcane. **Int. Soc. Sugarcane Tech Proc.** 14: 679-687.
- Khamis, S., S. Chaillou and T. Lamare. 1990. CO₂ assimilation and partitioning of carbon in maize plants deprived of orthophosphate. **Journal. EXP. Bot.** 41: 1619-1625
- Koehler, P.H., P.H. Moore, C.A. Jones, A. Dela Cruz, and A. Maretzki. 1982. Response of drip-irrigated sugarcane to drought stress. **Journal. Agron.** 74: 906-911.
- Kriedemann, P.E. 1986. Stomatal and photosynthetic limitation to leaf growth. **Aust. Journal. Plant physiol.** 13: 15-31
- Lee, J.S. and D.J.F. Bowling. **Influence of the mesophyll on stomatal opening.** . Aust. J. Plant Physiol. 22: 357-363. 1995.
- Ludlow, M.M. and R.C. Muchow. 1990. **A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited environment.** Adv. Agron. 43: 107-153.
- Marschner, H. 1995. **Mineral Nutrition of Higher Plant.** 2rd edition, pp. 201-312. Academic Press. New York.
- McCree, K.J. 1986. Whole-plant carbon balance during osmotic adjustment to drought and salinity stress. **Aust. Journal. Plant Physiol.** 13: 33-43.
- Morgan, J.M. **Osmoregulation and water stress in higher plant.** 1984. Ann. Rev. **Plant Physiol.** 35: 299-319.

- Muchow, R.C., M.J. Robertson., A.W. Wood and B.A. Keating. 1996. Effect of nitrogen on the time-course accumulation in sugarcane. **Field Crop Res.**47: 143-153
- Nobel, P.S. 1983. **Biophysical Plant Physiology and Ecology**. W.H. Freeman and Company, New York.
- Roberts,J., R.A.Nayamuth, C.H.Batchelor and G.C.Soopramanien. 1990. Plant-water relation of sugar-cane (*Saccharum officinarum L.*) under a range of irrigated treatments. **Agric. Water Manage.** 17: 95-115.
- Robertson,M.J. N.G.Inman-Bamber, R.C.Mucho and A.W.Wood. 1999. Physiology and productivity of sugarcane with early and mid-season water deficit. **Field Crops Res.** 64: 211-227.
- Schulze,E.D. 1986. **Whole-plant responses to drought**. Aust. J. Plant Physiol. 13: 127-141.
- Shihua Tu. 2008. Nutrient Requirement of Sugarcane and its Fertilization in Guangdong Province. International Plant Nutrition Institute.
Source : <http://swchina.ipni.net/articles/CNSW0075-EN>, March 28, 2010
- Sundara, B., Tripathi, B.K.,1999. Available N change and N balance under multiratooning of sugarcane varieties in tropical vertisol. **In:Proceedings of ISSCT 23(2)**: pp. 80-88
- Turner, N.C. 1986. Adaptation to water deficits : A changing perspective. Aust. **Journal. Plant Physiol.** 13: 175-179.
- Wiedenfeld, R.P. 1995. **Sugarcane responses to nitrogen fertilizer application on clay soils**. Available Source: <http://www.tamu.edu> , December 17, 2009.

Yadav, D.V., N.P.S. Yadavanshi. 2001. Integration of green manure intercropping and fertilizer-N for yield and juice quality and better soil conditions in sugarcane grown after mustard and wheat in different plant arrangements. **Journal. Agric. Sci.** 136(2): 199-205.

Yang, S. and J. Chen. 1980. Germination response of sugarcane cultivars to soil moisture and temperature. **Int Soc Sugarcane Tech Proc.** 17: 30-37.

Zende G.K. 1990. Soil fertility management for higher sugar and sugarcane production, pp. 99-200. *In* P.N. Rao, ed. Recent advances in sugarcane, KCP Ltd, Vuyyuru, Andhra Pradesh.

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ-สกุล นางสาวเมทินี เนียมแก้ว
 สถานที่เกิด อำเภอปากพลี จังหวัดนครนายก
 ประวัติการศึกษา วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)
 ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
 วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม
 ประวัติการทำงาน 2550 ผู้ช่วยนักวิจัย
 ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
 วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม
 2554 เจ้าหน้าที่วิจัยและพัฒนา
 บริษัท เทอราโกร เฟอร์ติไลเซอร์ จำกัด ตำบลบ่อโพรง
 อำเภอนครหลวง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา