

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. แผนงานวิจัย : การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมปาล์มน้ำมันเพื่อการผลิตอย่างยั่งยืน
2. โครงการวิจัย : วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตปาล์มน้ำมัน
กิจกรรมที่ 2 : การวิจัยด้านสรีรวิทยาที่มีผลต่อศักยภาพการผลิตปาล์มน้ำมัน
3. การทดลอง (ภาษาไทย) : อิทธิพลของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาและการเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน
- การทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Effect of CO₂ on Physiological Response and Growth of Oil Palm Seedlings
4. คณะผู้ดำเนินงาน
- | | | | |
|-----------------|----------------------------|--------|-------------------------------------|
| หัวหน้าการทดลอง | นางสาววิษณีย์ ออมทรัพย์สิน | สังกัด | ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี |
| ผู้ร่วมงาน | นางสาวเดือนจิตร เพ็ชรธุม | สังกัด | ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี |
| | นางสาวเพ็ญศิริ จำรัสฉาย | สังกัด | ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี |
| | นางสาวอรรรัตน์ วงศ์ศรี | สังกัด | สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน |

5. บทคัดย่อ

การศึกษาอิทธิพลของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาและการเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน เพื่อให้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นและลดระยะเวลาวางถุงในแปลงเพาะกล้า ซึ่งช่วยลดต้นทุนการผลิตต้นกล้าปาล์มน้ำมัน ดำเนินการระหว่าง ตุลาคม 2560 - กันยายน 2562 ณ ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกผสมบรูณ์ 4 กรรมวิธี (กรรมวิธีที่ 1 ควบคุม: สภาพปกติ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 420 ppm, กรรมวิธีที่ 2 3 และ 4 ให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อัตรา 600 800 และ 1,000 ppm) 5 ซ้ำ โดยใช้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 7 ผลการศึกษาพบว่า การจัดการก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ พื้นที่ใบรวมและความสูงของต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีค่าเพิ่มขึ้นและไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่แตกต่างกัน ต่อพื้นที่ใบรวมของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน สำหรับการปรับตัวของต้นกล้าปาล์มน้ำมันต่อการได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มมากกว่าปกติคือ ส่วนของยอดโดยเฉพาะใบมีอัตราการเจริญเติบโตที่มากกว่าส่วนราก ส่งผลให้อัตราส่วนรากต่อยอดของต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีค่าน้อยกว่าต้นกล้าที่ได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสภาพปกติ ทั้งนี้การตอบสนองในการเจริญเติบโตของรากของต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีความแตกต่างกันในแต่ละพันธุ์

Study of the effect of CO₂ rate on physiological response processes and growth of oil palm seedlings (var. Suratthani 7) for enhance seedling growth and reduce nursery period would mean reduce cost of oil palm seedling production. Conducted between October 2017-September 2019 at Surat Thani Oil Palm Research Center, Surat Thani Province. The experiment was arranged into randomized complete block design, CO₂ treatments were control (normal condition of CO₂ 420 ppm) and CO₂ at the rate of 600 800 and 1,000 ppm, 5 replications. The result showed that the rate of CO₂ 600 800 and 1,000 ppm increased maximum net photosynthetic rate height and leaf area of oil palm seedlings. And there was no statistical difference between the rate of CO₂ that was given differently to total leaf area and height of oil palm seedlings. The adaptation of oil palm seedlings to the increased CO₂ rate was the shoots, especially the leaves and stem, have a higher growth rate than the roots. As a result, the root:shoot ratio of oil palm seedlings is less than those that received carbon dioxide in normal conditions. However, the responses to the roots growth of oil palm seedlings are different for each species.

6. คำนำ

การสังเคราะห์แสงเป็นกระบวนการสำคัญที่พืชใช้ในการเปลี่ยนพลังงานจากแสงมาเป็นพลังงานเคมีในการสร้างอาหารเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต พืชแต่ละชนิดจะเจริญเติบโตและให้ผลผลิตมากหรือน้อยขึ้นกับขนาดและประสิทธิภาพในกระบวนการสังเคราะห์แสง (Anderson, 2000) โดยปัจจัยหลักในการสังเคราะห์แสงได้แก่ แสง คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์พบได้ทั่วไปในบรรยากาศ ปัจจุบันมีปริมาณ 420-430 ppm (0.042-0.043%) ประกอบกับอัตราการเพิ่มขึ้นของประชากรและอุณหภูมิที่สูงขึ้น จึงคาดการณ์ว่า อัตราการเพิ่มขึ้นของคาร์บอนไดออกไซด์ 1.5 ppmต่อปี (Stoskopf, 1981) ซึ่งจะส่งผลต่อการผลิตของพืชหลายๆ ชนิด โดยเฉพาะปาล์มน้ำมันซึ่งเป็นทั้งพืชอาหารและพืชพลังงานทดแทน อย่างไรก็ตามงานวิจัยเกี่ยวกับอิทธิพลของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงของปาล์มน้ำมันมีน้อยมาก จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อเป็นความรู้พื้นฐานในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตปาล์มน้ำมันในยุคที่ต้องประสบกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ เพื่อศึกษากระบวนการตอบสนองทางสรีรวิทยาของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน รวมถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิกับปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีผลกระทบ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการลดความเครียดจากปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน และใช้ในการจัดการต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่เหมาะสมโดยไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตเมื่อลงปลูกในแปลง

7. วิธีดำเนินการ

- อุปกรณ์ ต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 7 จำนวน 200 ต้น น้ำยาเคลือบเล็บ กล้องจุลทรรศน์ เครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์แสง วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดการตอบสนองทางสรีรวิทยา วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการบันทึกข้อมูล

- วิธีการ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาช่วงเวลาการสังเคราะห์แสงที่เหมาะสมของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

1. ศึกษาจำนวนปากใบของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน ดำเนินการเพาะต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 7 จำนวน 200 ต้น ดูแลให้น้ำและปุ๋ยตามปกติ กระทั่งอายุ 3 เดือน เก็บปากใบด้านบน-ล่างของใบหอก (Lanceolate) จำนวน 30 ต้น วิธีเก็บปากใบ ใช้น้ำยาเคลือบเล็บป้ายด้านบน-ล่าง ทิ้งให้แห้ง 1 ชั่วโมง ลอกตำแหน่งที่เคลือบออกมาเป็นฟิล์มบาง ๆ วางบนแผ่นสไลด์ ส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์เพื่อบันทึกจำนวนปากใบทั้ง 2 ด้าน สำหรับวิธีการคำนวณหา จำนวนปากใบ (ต่อตารางมิลลิเมตร) โดยสูตรคำนวณปากใบต่อพื้นที่ 1 ตารางมิลลิเมตร คำนวณตามสูตร

$$\text{พื้นที่} = \pi \times (\text{FOV}/(2 \times \text{objective lens}))^2$$

เมื่อ FOV คือ field of view เซ็คค่าที่กระบอกตา เช่น 20 mm

objective lens คือ เลนส์วัตถุที่ใช้ เช่น 40

Eyepieces คือ เลนส์ตาโดยทั่วไปคือ 10 เท่า สามารถเซ็คดูได้จากกระบอกตา

นำข้อมูลอัตราส่วนระหว่างจำนวนปากใบด้านบน/ด้านล่าง มากำหนดค่าคงที่ของ stomata ratio ในเครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์แสงก่อนดำเนินการวัดกระบวนการตอบสนองทางสรีรวิทยา

2. วัดการตอบสนองทางสรีรวิทยา (อัตราการสังเคราะห์แสง, ค่าน้ำไหลปากใบ, อัตราการคายน้ำ ฯ) ของต้นกล้าปาล์มน้ำมันอายุ 3 เดือนในรอบวันตั้งแต่เวลา 7.00-17.00 น. ด้วยเครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์แสงรุ่น LI-COR 6400 โดยเลือกเฉพาะช่วงที่ท้องฟ้าโปร่ง (ไม่มีเมฆ) เป็นเวลา 10 วัน วันละ 10 ต้น จากนั้นนำมาวิเคราะห์ช่วงเวลาที่เหมาะสมที่ต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีช่วงการสังเคราะห์แสงสูงสุด หรืออาจพิจารณาจากค่าน้ำไหลปากใบ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งเสริมประสิทธิภาพการตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดี

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสมต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาและการเจริญเติบโต

ของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน (ดำเนินการ 2 รอบ ปี 2560-2561 และ 2561-2562)

แบบการวิจัย:-วางแผนการทดลอง RCB มี 4 กรรมวิธี 5 ซ้ำ ๆ ละ 20 ต้น (บันทึกข้อมูล 12 ต้นต่อซ้ำ) ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ควบคุม (อาศัยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสภาพธรรมชาติ)

กรรมวิธีที่ 2 ให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้น 600 ppm

กรรมวิธีที่ 3 ให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้น 800 ppm

กรรมวิธีที่ 4 ให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้น 1,000 ppm

ขั้นตอนและวิธีการในการเก็บข้อมูล:

1. เพาะต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 7 และดูแลให้น้ำและปุ๋ยตามปกติ กระทั่งอายุ 3 เดือน ดำเนินการจัดวางต้นกล้าปาล์มน้ำมัน จำนวน 20 หน่วยทดลอง พร้อมวัดการเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน ก่อนเริ่มดำเนินการตามกรรมวิธี (ระหว่างดำเนินการมีการให้น้ำและปุ๋ยตามปกติ)
2. ดำเนินการให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 5 วันต่อสัปดาห์ ในช่วงเวลาที่ได้จากการศึกษาในขั้นตอนที่ 1 (นาน 3 ชั่วโมง) ตามกรรมวิธีที่กำหนดไว้เป็นระยะเวลา 3 เดือนมีการคลุมกระโจมพลาสติก (ที่มีคุณสมบัติไม่ให้คาร์บอนไดออกไซด์ซึมผ่าน และแสงผ่านได้มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์) ระหว่างให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
3. วัดและบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันทุก 1 เดือน (หลังดำเนินการตามกรรมวิธี) กระทั่งปาล์มน้ำมันอายุ 1 ปี
4. ศึกษากระบวนการทางสรีรวิทยาของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน (ศึกษาสภาพการสังเคราะห์แสง, การตอบสนองต่อแสงในรอบวัน, จำนวนปากใบ, ความชื้นและปริมาณคลอโรฟิลล์) จำนวน 7 ต้นต่อกรรมวิธีด้วยเครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์แสงรุ่น LI-COR 6400, SPAD 502 และ Spectrophotometer ทุก 2 เดือน (หลังดำเนินการตามกรรมวิธี)
5. บันทึกข้อมูลน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง อัตราส่วนระหว่างรากและส่วนลำต้น เมื่อปาล์มอายุครบ 10 เดือน จำนวน 10 ต้นต่อซ้ำ
6. วิเคราะห์ข้อมูลรวมถึงข้อมูลต้นทุนที่ใช้ในการดำเนินการ เพื่อสรุปและรายงานผล

ขั้นตอนที่ 3 การเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 2 6 และ 9 ระหว่างการได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สภาพปกติ (420 ppm) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 800 ppm (ดำเนินการปี 2562)

แบบการวิจัย: -

ขั้นตอนและวิธีการในการเก็บข้อมูล:

1. เพาะต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 2 6 และ 9 จำนวน 2 กลุ่มตัวอย่างต่อพันธุ์ (100 ต้นต่อกลุ่มตัวอย่าง รวม 200 ต้นต่อพันธุ์) ดูแลให้น้ำและปุ๋ยตามปกติ กระทั่งอายุ 3 เดือน วัดการเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันก่อนเริ่มดำเนินการให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ระหว่างดำเนินการมีการให้น้ำและปุ๋ยตามปกติ)
2. กลุ่มตัวอย่างแรกดูแลต้นกล้าตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร กลุ่มตัวอย่างที่ 2 มีการให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 800 ppm วันละ 3 ชั่วโมง (ระหว่างเวลาที่ให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีการตรวจสอบปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หากค่าลดลงมีการให้ซ้ำทุก 20 นาที) 5 วันต่อสัปดาห์ ระหว่างเวลา 7:30-10:30 น. ตามกรรมวิธีที่กำหนดไว้เป็นระยะเวลา 3 เดือน โดยมีการคลุมกระโจมพลาสติก (ที่มีคุณสมบัติไม่ให้คาร์บอนไดออกไซด์ซึมผ่าน และแสงผ่านได้มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์) ระหว่างให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

3. วัดและบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันทุก 1 เดือน (หลังดำเนินการตามกรรมวิธี) กระทั่งปาล์มน้ำมันอายุ 6 เดือน

4. ศึกษากระบวนการทางสรีรวิทยาของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน (ศักยภาพการสังเคราะห์แสง, การตอบสนองต่อแสงในรอบวัน, จำนวนปากใบ, ความเข้มข้นและปริมาณคลอโรฟิลล์) จำนวน 10 ต้นต่อกรรมวิธีด้วยเครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์แสงรุ่น LI-COR 6400, SPAD 502 และ Spectrophotometer ปาล์มน้ำมันอายุ 6 เดือน

5. บันทึกข้อมูลน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง อัตราส่วนระหว่างรากและส่วนลำต้น เมื่อปาล์มอายุครบ 6 เดือน จำนวน 10 ต้นต่อซ้ำ

6. วิเคราะห์ข้อมูล เพื่อสรุปและรายงานผล

การบันทึกข้อมูล ข้อมูลจำนวนปากใบ ความเข้มข้นและปริมาณคลอโรฟิลล์ ข้อมูลการตอบสนองทางสรีรวิทยา ข้อมูลสภาพแวดล้อมในรอบวัน ข้อมูลการเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน ข้อมูลน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง อัตราส่วนระหว่างรากและส่วนลำต้น

เวลาและสถานที่

ระยะเวลา: เดือนตุลาคม 2559 สิ้นสุด เดือนกันยายน 2562

สถานที่ : ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

ช่วงเวลาการสังเคราะห์แสงที่เหมาะสมของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

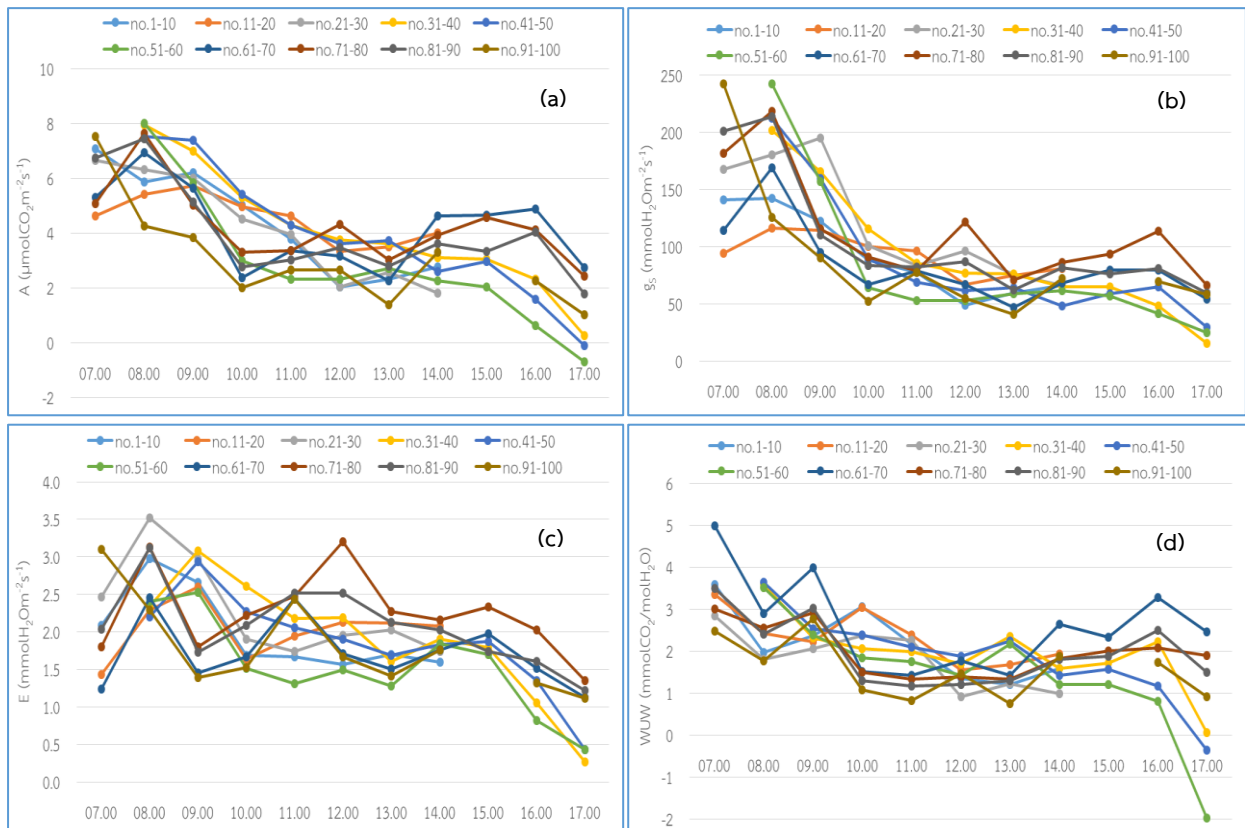
จำนวนปากใบด้านบน-ล่างของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน ศึกษาจำนวนปากใบของใบหอกต้นกล้าปาล์มน้ำมันอายุ 3 เดือนพบว่า ปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 1 2 และ 7 มีจำนวนปากใบด้านบนใกล้เคียงกัน 9.55-10.7 ปากใบต่อตารางมิลลิเมตร และปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 1 และ 2 มีจำนวนปากใบด้านล่างมากกว่าลูกผสมสุราษฎร์ธานี 7 30 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้อัตราส่วนระหว่างจำนวนปากใบด้านบนต่อด้านล่างของปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 7 มีค่าสูงกว่าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 1 และ 2 (ตารางที่ 2.4-1) ซึ่งสัดส่วนดังกล่าวน่าจะมีผลต่อประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงหรือประสิทธิภาพการใช้น้ำของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

ตารางที่ 1 จำนวนปากใบด้านบนและด้านล่างเฉลี่ยของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 1 2 และ 7 อายุ 3 เดือน จำนวน 30 ต้นต่อพันธุ์ (พฤศจิกายน 2559)

พันธุ์ปาล์มน้ำมัน	จำนวนปากใบ (ปากใบต่อตารางมิลลิเมตร)		อัตราส่วนจำนวนปากใบ
	ด้านบนใบ	ด้านล่างใบ	
สุราษฎร์ธานี 1	10.0±4.38	76.2±7.37	0.131
สุราษฎร์ธานี 2	10.7±2.89	75.2±6.22	0.142
สุราษฎร์ธานี 7	9.55±3.37	57.9±7.66	0.165

การตอบสนองทางสรีรวิทยาในรอบวันของต้นกล้าปาล์มน้ำมันอายุ 3 เดือน วัดการตอบสนองทางสรีรวิทยาฯ จำนวน 100 ต้น (ชุดละ 10 ต้น) ต้นเดือนพฤศจิกายน 2559 (ภาพที่ 1) พบว่า ต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

สังเคราะห์แสงก่อน 7:00 น. โดยสังเกตจากค่าน้ำไหลปากใบที่มีค่ามากกว่า $100 \text{ mmolH}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ และอัตราการสังเคราะห์แสงเพิ่มสูงสุด $4-8 \text{ } \mu\text{molCO}_2\text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ช่วง 7:00-9:00 น. ที่ค่าน้ำไหลปากใบ $116-242 \text{ mmolH}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ อัตราการคายน้ำ $1.39-3.52 \text{ mmolH}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ และประสิทธิภาพการใช้น้ำมีค่าสูงสุด $2.47-4.99 \text{ mmolCO}_2\text{ mol}^{-1}\text{H}_2\text{O}$ ช่วง 7:00 น. จากนั้นค่อยลดลงตามลำดับ ซึ่งผลการตอบสนองทางสรีรวิทยาดังกล่าวพิจารณาได้ว่าการให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดและคุ้มค่า ควรดำเนินการช่วง 7:00-9:00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่มีต้นกล้าปาล์มน้ำมันสามารถใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 1 อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ (a) ค่าน้ำไหลปากใบ (b) อัตราการคายน้ำ (c) และประสิทธิภาพการใช้น้ำในรอบวัน (07:00-17:00 น.) ของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 7 อายุ 3 เดือน จำนวน 100 ต้น ระหว่างวันที่ 9-11 พฤศจิกายน 2559

การเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 7 อายุ 4 เดือน (ก่อนให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์) พบว่า ต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีใบหอก $4.14-4.86$ ใบ ใบสองแฉก $2.57-3.57$ ใบ พื้นที่ใบทั้งหมดของต้นกล้ามีค่า $0.048-0.060$ ตารางเมตร ความสูงของต้นกล้า $47.3-55.4$ เซนติเมตร และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น $19.1-21.0$ มิลลิเมตร จากผลวิเคราะห์สถิติ พบว่า การเจริญเติบโตของต้นกล้าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นความสูงของต้นกล้าปาล์มน้ำมันสำหรับกรรมวิธีควบคุมที่ความสูงมีค่าต่ำสุด 47.3 เซนติเมตร และแตกต่างทางสถิติกับต้นกล้าของกรรมวิธีที่ให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 600 ppm แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 3 และ 4 ที่ให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 800 และ $1,000 \text{ ppm}$ ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 การเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 7 อายุ 4 เดือน ก่อนให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (กันยายน 2560)

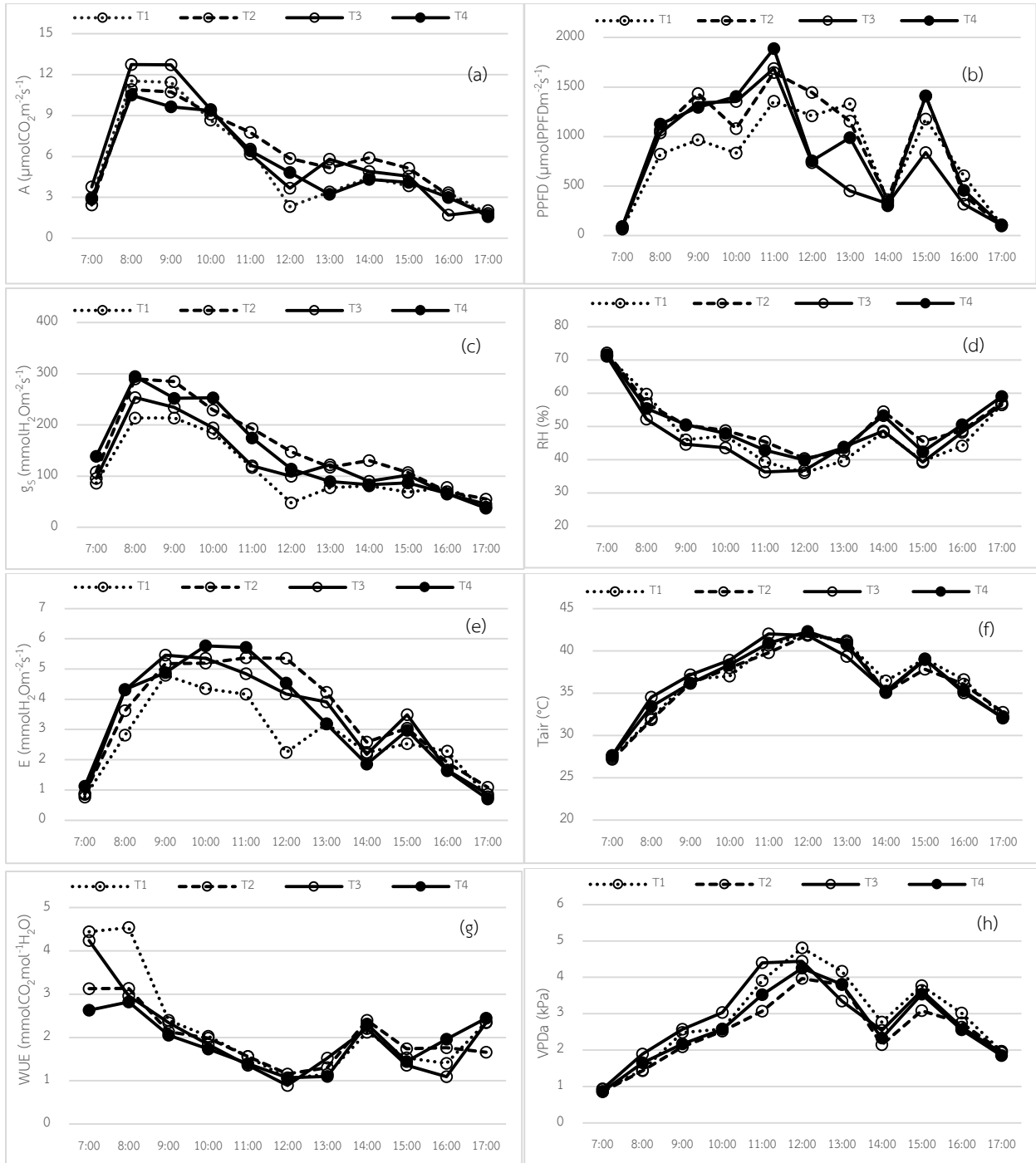
กรรมวิธี	จำนวนใบ (ใบ)	พื้นที่ใบรวม		ความสูง (เซนติเมตร)	เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (มิลลิเมตร)
		ใบหอก	ใบสองแฉก		
ควบคุม 420 ppm	4.86	2.57	0.048	47.3b	19.1
ให้คาร์บอนฯ 600 ppm	4.86	3.43	0.060	55.4a	21.0
ให้คาร์บอนฯ 800 ppm	4.71	2.71	0.058	51.9ab	19.5
ให้คาร์บอนฯ 1,000 ppm	4.14	3.57	0.059	53.9ab	19.6
เฉลี่ย	4.64	3.07	0.056	52.1	19.8
CV (%)	17.6	31.4	18.4	11.6	16.8

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสมต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาและการเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน

รอบที่ 1 ปีงบประมาณ 2560-2561

กระบวนการทางสรีรวิทยาของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน รอบที่ 1

การตอบสนองทางสรีรวิทยาในรอบวันของต้นกล้าปาล์มน้ำมันอายุ 6 เดือน เนื่องจากระหว่างกันยายน-10 ธันวาคม 2560 มีฝนตกตลอด สภาพอากาศไม่มีแสงตลอดวัน จึงไม่ให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และเพื่อเป็นการยืนยันช่วงเวลาที่เหมาะสมในการให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จึงวัดการตอบสนองทางสรีรวิทยาในรอบวันของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 7 อีกครั้งที่ต้นกล้าอายุ 6 เดือน (7 ต้นต่อกรรมวิธี) พบว่า เมื่ออายุเพิ่มขึ้นต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีอัตราการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น 1.6-2.5 เท่า และมีค่าสูงช่วงเช้า 7:00-10:00 น. ($10-13 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$) ค่าน้ำไหลปากใบ $150-300 \text{ mmolH}_2\text{Om}^{-2}\text{s}^{-1}$ อัตราการคายน้ำ $2.54-5.78 \text{ mmolH}_2\text{Om}^{-2}\text{s}^{-1}$ และพบว่า ประสิทธิภาพการใช้น้ำมีค่าสูงสุดช่วง 7:00-8:00 น. มีค่า $4.77-5.05 \text{ mmolCO}_2\text{mol}^{-1}\text{H}_2\text{O}$ จากนั้นจะค่อยลดลงตามลำดับ (ภาพที่ 2) ซึ่งจากการตอบสนองดังกล่าว พิจารณาได้ว่า การให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ควรดำเนินการช่วง 6:30-9:00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ต้นกล้าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้สูงกว่าช่วงอื่น และหลังให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แล้วเสร็จ 1 ชั่วโมง จะมีการเปิดกระโจมเพื่อระบายความร้อนออก และต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีสภาพแวดล้อมเหมือนในแปลงเพาะกล้าปาล์มน้ำมัน สำหรับค่าการตอบสนองทางสรีรวิทยาในรอบวันของต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีค่าใกล้เคียงกันมาก แต่จากข้อมูลสภาพแสงที่ต้นกล้าปาล์มน้ำมันของกรรมวิธีที่ 1 ได้รับพบว่า มีค่าน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ จึงส่งผลต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยาในส่วนของค่าน้ำไหลปากใบและการคายน้ำที่มีค่าต่ำกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ แต่อัตราการสังเคราะห์แสงมีค่าใกล้เคียงกันมาก



ภาพที่ 2 อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ (a) ค่าน้ำไหลปากใบ (c) อัตราการคายน้ำ (e) และประสิทธิภาพการใช้น้ำ (g) ในรอบวัน (7:00-17:00 น.) ของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 7 อายุ 6 เดือน และสภาพอากาศในกระโจมพลาสติก (b d f h) วันที่ 13-15 ธันวาคม 2560 (ก่อนให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์) ศึกษาภาพการสังเคราะห์แสงของต้นกล้าปาล์มน้ำมันอายุ 6 เดือน เพื่อเป็นการยืนยันการตอบสนองทางสรีรวิทยาของต้นกล้าปาล์มน้ำมันอายุ 6 เดือน ก่อนให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จึงได้มีการศึกษาศักยภาพของต้นกล้าปาล์มน้ำมันในการตอบสนองต่อแสงและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวพบที่ 3 พบว่าประสิทธิภาพการใช้แสง (Quantum efficiency) มีค่า 0.031-0.040 $\mu\text{molCO}_2\text{mol}^{-1}\text{PPFD}$ อัตราการสังเคราะห์

แสงสุทธิสูงสุด (Maximum photosynthetic rate) มีค่า 12.5-13.6 $\mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ความเข้มแสงที่ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงเท่ากับอัตราการหายใจ หรือจุดชดเชยของแสง (Light compensation point; Lc) มีค่า 6.15-21.7 $\mu\text{molPPFD}$ ความเข้มแสงที่ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงมีค่าสูงสุด (Light saturation point; Ls) มีค่า 817-889 $\mu\text{molPPFD}$ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงเท่ากับอัตราการหายใจ หรือจุดชดเชยของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 compensation point) มีค่า 16.1-94.5 μmolCO_2 ค่านำไหลมีโซฟิลล์ (Mesophyll conductance) มีค่า 26.3-48.6 $\mu\text{molCO}_2 \text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ซึ่งโดยภาพรวมค่าต่าง ๆ ที่ได้จากการตอบสนองต่อแสงและการตอบสนองต่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าใกล้เคียงกันมาก ซึ่งเป็นการยืนยันว่า การดำเนินการศึกษาอิทธิพลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยใช้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันอายุ 6 เดือน ไม่มีความแตกต่างกัน เพียงแต่อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิมีค่าเพิ่มขึ้นสูงกว่าต้นกล้าปาล์มน้ำมัน อายุ 3 เดือน

ตารางที่ 3 ศักยภาพของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 7 อายุ 6 เดือน ที่ตอบสนองต่อปริมาณแสงและคาร์บอนไดออกไซด์ที่แตกต่างกันก่อนให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามกรรมวิธี (ธันวาคม 2560)

กรรมวิธี	ศักยภาพของปาล์มน้ำมันในการตอบสนองต่อแสงและคาร์บอนไดออกไซด์					
	ประสิทธิภาพการใช้แสง ($\mu\text{molCO}_2 \text{mol}^{-1} \text{PPFD}$)	อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงสุด ($\mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	จุดชดเชยของแสง ($\mu\text{molPPFD}$)	จุดอิ่มตัวของแสง ($\mu\text{molPPFD}$)	จุดชดเชยของคาร์บอนไดออกไซด์ (μmolCO_2)	ค่านำไหลมีโซฟิลล์ ($\mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$)
1 ควบคุม	0.034	12.5	6.15	873	35.5	26.3
2 ให้ CO_2 600 ppm	0.031	13.6	21.7	889	94.5	48.6
3 ให้ CO_2 800 ppm	0.040	13.4	7.97	817	16.1	29.2
4 ให้ CO_2 1,000ppm	0.031	12.8	11.2	886	54.2	38.5

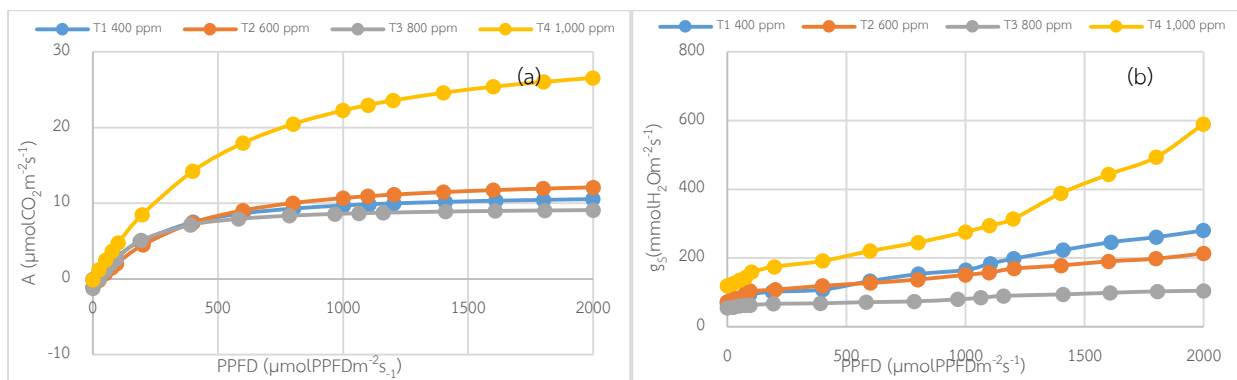
ศักยภาพการสังเคราะห์แสงของต้นกล้าปาล์มน้ำมันอายุ 8 เดือน หลังให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามกรรมวิธี 2 เดือน พบว่า อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิและค่านำไหลปากใบของต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีการตอบสนองต่อปริมาณความเข้มแสงที่แตกต่างกัน (ภาพที่ 3) โดยกรรมวิธีที่ 4 มีการตอบสนองต่อแสงที่สูงกว่าทั้งในส่วนของอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิและค่านำไหลปากใบมากกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างชัดเจน และเมื่อนำค่าการตอบสนองทางสรีรวิทยาที่ได้ไปคำนวณด้วยสมการ non rectangular hyperbola พบว่า

- ประสิทธิภาพการใช้แสงของกรรมวิธีที่ 1 และ 2 มีค่าต่ำใกล้เคียงกัน 0.036-0.037 $\mu\text{molCO}_2 \text{mol}^{-1} \text{PPFD}$ (มีค่าสูงกว่าต้นกล้าอายุ 6 เดือน 1.12 เท่า) และประสิทธิภาพการใช้แสงของกรรมวิธีที่ 3 และ 4 มีค่าสูงกว่ากรรมวิธีที่ 1 และ 2 ประมาณ 1.44 เท่า โดยมีค่า 0.052-0.053 $\mu\text{molCO}_2 \text{mol}^{-1} \text{PPFD}$ แสดงว่า ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นปัจจัยที่ส่งเสริมผลทางบวกต่อประสิทธิภาพการใช้แสงของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน โดยต้นกล้าปาล์ม

น้ำมันที่ได้รับสังเคราะห์แสงต่อหน่วยของแสงได้มากกว่าต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพียง 420 และ 600 ppm (ตารางที่ 4)

- อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงสุดของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน กรรมวิธีที่ 1 2 และ 3 มีค่า 11.5 14.7 และ 10.8 $\mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ตามลำดับ ในขณะที่กรรมวิธีที่ 4 ซึ่งได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปริมาณสูงสุด 1,000 ppm 3 ชั่วโมงต่อวันตลอดระยะเวลา 2 เดือน มีค่าสูงสุด 31.9 $\mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (ตารางที่ 4) ซึ่งสูงกว่าต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสภาพปกติ (420 ppm) 2.77 เท่า ซึ่งผลของการตอบสนองด้านสรีรวิทยาของต้นกล้าปาล์มน้ำมันในส่วนของอัตราการสังเคราะห์แสงดังกล่าวจะเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน หากไม่ถูกจำกัดด้วยปัจจัยด้านอื่นที่มีอิทธิพล เช่น การจัดการน้ำและธาตุอาหารที่เหมาะสม

- จุดชดเชยของแสงทั้ง 4 กรรมวิธีมีค่าต่ำระหว่าง 1.81-29.5 $\mu\text{molPPFD}$ ซึ่งเป็นจุดชดเชยของแสงที่มีค่าต่ำมากและส่งผลดีต่อความสามารถของต้นกล้าปาล์มน้ำมันในการใช้แสงสำหรับการสังเคราะห์แสง และความเข้มแสงที่ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงมีค่าสูงสุดของกรรมวิธีที่ 1 2 และ 3 มีค่า 693 870 และ 521 $\mu\text{molPPFD}$ ตามลำดับ โดยกรรมวิธีที่ 4 สามารถสังเคราะห์แสงได้สูงสุดในสภาพที่แสงมีความเข้มแสงสูง 1,042 $\mu\text{molPPFD}$ (ตารางที่ 4) แสดงว่า อิทธิพลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากจะมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการใช้แสง อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิแล้ว ยังมีอิทธิพลต่อความเข้มแสงที่ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงมีค่าสูงสุด แสดงว่า ในสภาพที่ความเข้มแสงสูงในช่วงที่มีการจัดการดูแลรักษาต้นกล้าปาล์มน้ำมันอย่างเหมาะสม การให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 1,000 ppm 3 ชั่วโมงต่อวัน จะทำให้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีการเจริญเติบโตที่สูงและเร็วกว่าต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ดูแลในสภาพปกติ (ที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ 420 ppm) ซึ่งเป็นผลจากประสิทธิภาพการใช้แสงที่มีค่าสูงกว่า 1.44 เท่า อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิที่มีค่าสูงกว่า 2.77 เท่า และความสามารถในการใช้แสงหรือความเข้มแสงที่ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงมีค่าสูงสุดที่มีค่าสูงกว่า 1.50 เท่า ทั้งนี้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันต้องไม่ได้รับผลกระทบจากปัจจัยด้านอื่นๆ



ภาพที่ 3 การตอบสนองของอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ (a) และค่านำไหลปากใบ (b) ต่อปริมาณแสงที่แตกต่างกันของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 7 อายุ 8 เดือน ที่ได้รับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แตกต่างกัน (400 600 800 และ 1,000 ppm) 21-22 กุมภาพันธ์ 2561

ตารางที่ 4 ศักยภาพของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 7 อายุ 8 เดือน ที่ตอบสนองต่อแสงและปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่แตกต่างกันหลังให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามกรรมวิธี (กุมภาพันธ์ 2561)

กรรมวิธี	ศักยภาพการตอบสนองต่อแสงของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน			
	ประสิทธิภาพการใช้แสง ($\mu\text{molCO}_2\text{mol}^{-1}\text{PPFD}$)	อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงสุด ($\mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	จุดชดเชยของแสง ($\mu\text{mol PPFD}$)	จุดอิ่มตัวของแสง ($\mu\text{mol PPFD}$)
1 ควบคุม 420 ppm	0.036	11.5	2.16	683
2 ให้ CO ₂ 600 ppm	0.037	14.7	29.5	870
3 ให้ CO ₂ 800 ppm	0.052	10.8	25.2	521
4 ให้ CO ₂ 1,000 ppm	0.053	31.9	1.81	1,042

หลังให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีการลอกปากใบเพื่อนับปากใบด้านบน-ล่างของใบขนนกที่เป็นตัวแทนพบว่า จำนวนปากใบทั้งด้านบนและด้านล่างของ 4 กรรมวิธีไม่แตกต่างกัน และจำนวนปากใบทั้งหมดมีค่าเฉลี่ย 104.2-106.6 ปากใบต่อตารางมิลลิเมตร โดยจำนวนปากใบด้านบนมีปริมาณลดลง (7.68-8.68 ปากใบต่อตารางมิลลิเมตร) เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงต้นกล้าปาล์มน้ำมันอายุ 3 เดือนที่จำนวนปากใบมีค่า 9.55 ปากใบต่อตารางมิลลิเมตร (ตารางที่ 1) และจำนวนปากใบด้านล่างมีจำนวนเพิ่มขึ้นมากกว่าช่วงต้นกล้าปาล์มน้ำมันอายุ 3 เดือน 66-69 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้อัตราส่วนจำนวนปากใบด้านบน:ด้านล่างมีค่าลดลงจาก 0.165 เป็น 0.079-0.088 เมื่อต้นกล้าปาล์มน้ำมันอายุเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 5) สอดคล้องกับอัตราส่วนปากใบของปาล์มน้ำมันอายุ 3 ปีขึ้นไป ที่มีค่า 0 เนื่องจากไม่ปรากฏปากใบด้านบนของใบย่อย (พบปากใบเฉพาะด้านล่าง)

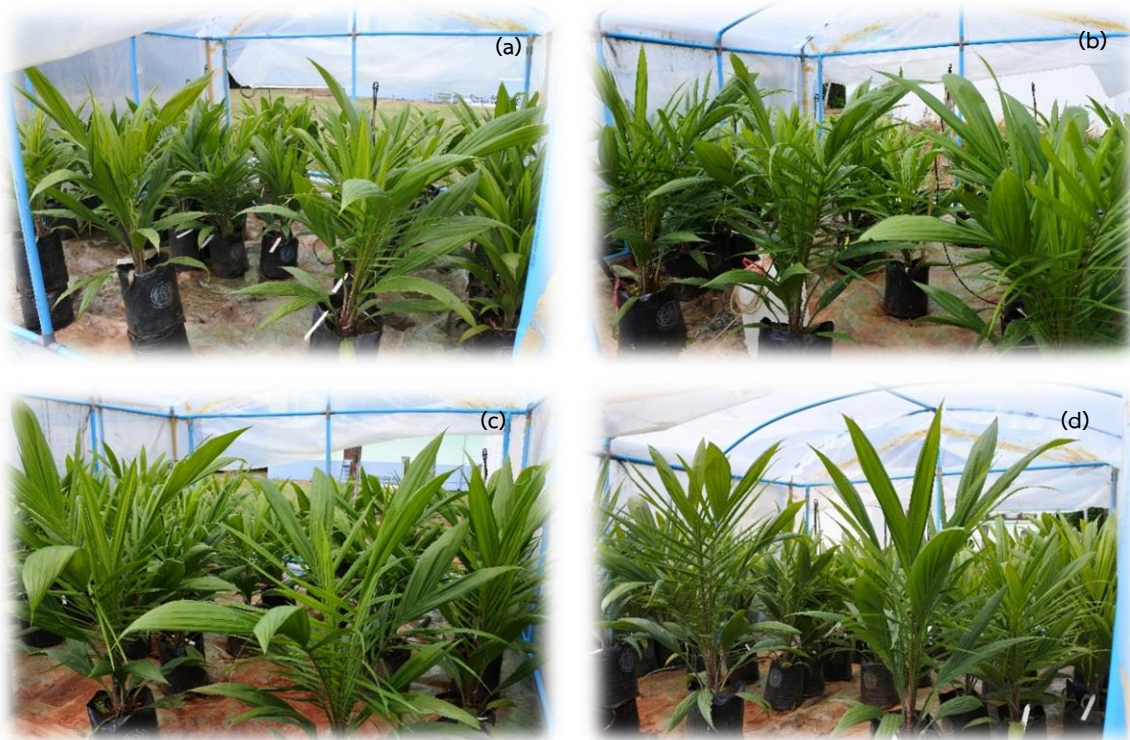
ตารางที่ 5 จำนวนปากใบด้านบน ด้านล่างและจำนวนปากใบทั้งหมดของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 7 อายุ 12 เดือน ที่ได้รับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แตกต่างกัน 4 ระดับ (ควบคุม 420 600 800 และ 1,000 ppm) เป็นเวลา 3 เดือน ณ ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี

กรรมวิธี	จำนวนปากใบ (ปากใบต่อตารางมิลลิเมตร)			อัตราส่วนจำนวนปากใบบน:ล่าง
	ด้านบน	ด้านล่าง	ทั้งหมด	
1 ควบคุม 420 ppm	8.68±8.36	98.0±12.2	106.6±15.4	0.088
2 CO ₂ 600 ppm	7.68±4.38	97.5±15.3	105.2±17.0	0.079
3 CO ₂ 800 ppm	8.18±6.07	96.1±12.6	104.2±12.5	0.085
4 CO ₂ 1,000 ppm	8.50±7.00	96.4±15.6	104.8±19.0	0.088

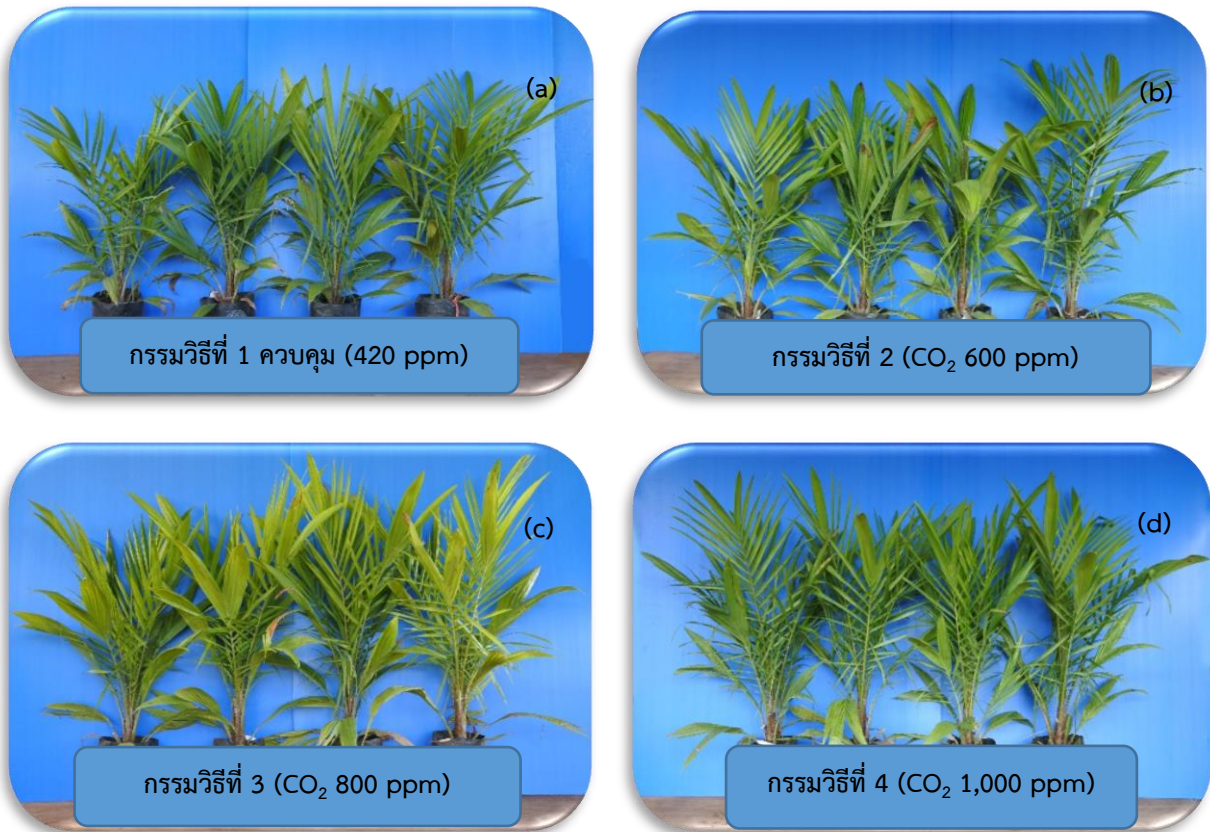
จากการวัดความเข้มข้นและปริมาณคลอโรฟิลล์ (ตารางที่ 6) พบว่า ความเข้มข้นของใบปาล์มน้ำมันกรรมวิธีที่ 4 มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด 35.4 SPAD Unit และกรรมวิธีที่ 2 มีค่าสูงที่สุด 39.1 SPAD Unit แต่ปรากฏว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บีและปริมาณคลอโรฟิลล์รวมของกรรมวิธีที่ 3 (800 ppm) มีค่าสูงที่สุด 0.339 0.120 และ 0.459 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสดของใบ ตามลำดับ

ตารางที่ 6 ความเข้มสี ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บีและคลอโรฟิลล์รวมของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสม สุราษฎร์ธานี 7 อายุ 12 เดือน ที่ได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปริมาณแตกต่างกัน 4 ระดับ (420 600 800 และ 1,000 ppm) เป็นเวลา 3 เดือน ณ ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี

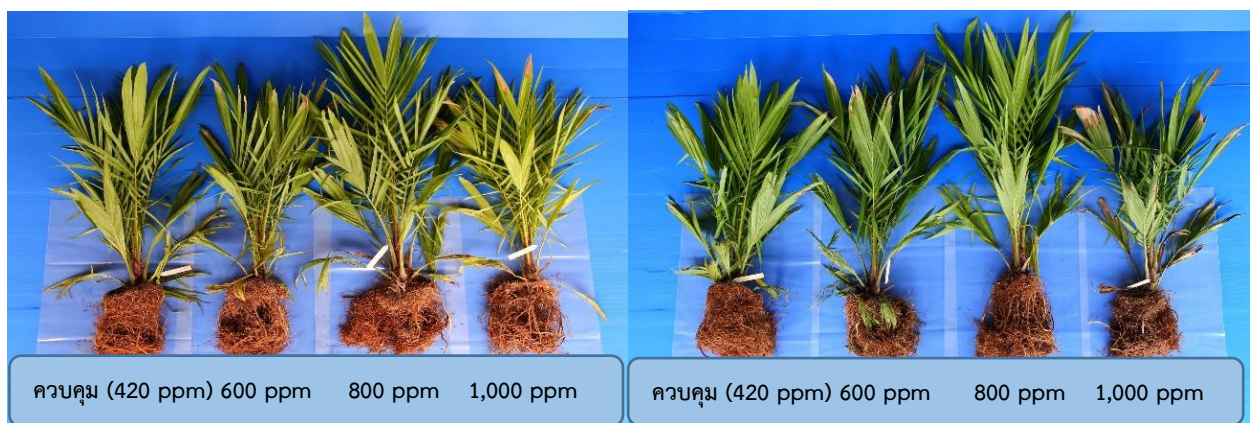
กรรมวิธี	ปริมาณคลอโรฟิลล์ (มิลลิกรัมต่อกรัม)			ค่าความเข้มสี (SPAD Unit)
	เอ	บี	รวม	
1 ควบคุม 420 ppm	0.311±0.149	0.113±0.072	0.437±0.229	36.7±8.93
2 CO ₂ 600 ppm	0.309±0.111	0.103±0.043	0.412±0.154	39.1±4.07
3 CO ₂ 800 ppm	0.339±0.127	0.120±0.054	0.459±0.180	38.1±3.82
4 CO ₂ 1,000 ppm	0.303±0.148	0.119±0.095	0.422±0.240	35.4±11.4



ภาพที่ 4 ลักษณะต้นกล้าปาล์มน้ำมันอายุ 12 เดือนที่ได้รับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ควบคุม) 420 ppm (a) 600 ppm (b) 800 ppm (c) และ 1,000 ppm (d) ในสภาพโรงเรือน



ภาพที่ 5 ต้นกล้าปาล์มน้ำมันอายุ 12 เดือนที่ได้รับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ควบคุม) 420 ppm (a) 600 ppm (b) 800 ppm (c) และ 1,000 ppm (d) ที่ใช้คำนวณมวลชีวภาพ



ภาพที่ 6 ลักษณะต้นกล้าปาล์มน้ำมันอายุ 12 เดือนส่วนเหนือดิน (ลำต้น-ใบ) และส่วนใต้ดิน (ราก) ที่ได้รับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ควบคุม) 420 600 800 และ 1,000 ppm

การเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน รอบที่ 1

ระหว่างให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามกรรมวิธี พบว่า ต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 7 ทั้ง 4 กรรมวิธี ลักษณะการเจริญเติบโตของต้นกล้าไม่แตกต่างกันเด่นชัดจากการประเมินด้วยตา ทั้งช่วงดำเนินการในกระโจม (ภาพที่ 4) และหลังให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แล้วเสร็จ (อายุต้นกล้าปาล์มน้ำมัน 12 เดือน) (ภาพที่ 5) แต่จากการชั่งน้ำหนักสดทั้งต้นและมีการชั่งแยกส่วนลำต้นและรากหลังล้างราก (ภาพที่ 6) และวัดการเจริญเติบโต

(ตารางที่ 7) พบว่า จำนวนใบขนนกและจำนวนใบทั้งหมดของต้นกล้าปาล์มน้ำมันไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่จำนวนใบสองแฉกมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่ 2 ให้จำนวนใบสองแฉกสูงสุดและแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 1 3 และ 4 แต่เมื่อสังเกตค่าพื้นที่ใบทั้งหมด ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการสังเคราะห์แสงของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน และผลวิเคราะห์สถิติพื้นที่ใบทั้งหมด (พื้นที่ใบสองแฉกและพื้นที่ใบขนนก) พบว่า พื้นที่ใบรวมของกรรมวิธีที่ 1 มีค่าต่ำสุด 0.772 ตารางเมตร และแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 2 3 และ 4 ซึ่งพื้นที่ใบมีค่า 0.847 0.868 และ 0.908 ตารางเมตรตามลำดับ และต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 600 800 และ 1,000 ppm พื้นที่ใบมีค่าสูงกว่ากรรมวิธีที่ 1 10 12 และ 18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงว่าในการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยใด ๆ ก็ตามที่มีอิทธิพลต่อต้นกล้าปาล์มน้ำมัน การใช้พื้นที่ใบในการพิจารณาอิทธิพลมีความจำเป็นอย่างมาก และไม่ขึ้นกับจำนวนใบแต่ละชนิดของต้นกล้า

ตารางที่ 7 จำนวนใบสองแฉก ใบขนนก จำนวนใบทั้งหมดและพื้นที่ใบรวม (ตารางเมตร) ของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 7 อายุ 12 เดือน ที่ได้รับปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ต่างกัน 4 ระดับ (ควบคุม 420, 600, 800 และ 1,000 ppm) เป็นเวลา 3 เดือน ณ ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี

กรรมวิธี	จำนวน ใบสองแฉก	จำนวนใบ ขนนก	จำนวน ใบทั้งหมด	พื้นที่ใบ ทั้งหมด
1 ควบคุม 420 ppm	5.02b	5.23	10.3	0.772b (100)
2 CO ₂ 600 ppm	5.97a	5.15	11.1	0.847a (110)
3 CO ₂ 800 ppm	4.92b	5.88	10.8	0.868a (112)
4 CO ₂ 1,000 ppm	4.97b	5.75	10.7	0.908a (118)
mean	5.22	5.50	10.7	0.849
CV (%)	12.7	10.5	6.10	5.50

น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งต้นกล้าปาล์มน้ำมัน และอัตราส่วนรากต่อยอด (root:shoot ratio) พบว่า ต้นกล้าปาล์มน้ำมันอายุ 12 เดือน กรรมวิธีที่ 3 สามารถสร้างและสะสมน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งได้สูงสุด 809 และ 234 กรัมต่อต้น ตามลำดับ สำหรับอัตราส่วนรากต่อยอด (น้ำหนักสด) ทั้ง 4 กรรมวิธีมีค่า 57.3-60.8 และอัตราส่วนรากต่อยอดที่เป็นน้ำหนักแห้งมีค่า 44.2-47.7 และจากการวิเคราะห์สถิติพบว่า ทั้งน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง อัตราส่วนรากต่อยอดไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง (กรัม) อัตราส่วนรากต่อยอด (น้ำหนักสด) และอัตราส่วนรากต่อยอด (น้ำหนักแห้ง) (เปอร์เซ็นต์) ของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 7 อายุ 12 เดือน ที่ได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แตกต่างกัน 4 ระดับ (ควบคุม 420 600 800 และ 1,000 ppm) เป็นเวลา 3 เดือน ณ ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี

กรรมวิธี	มวลชีวภาพของต้นกล้าปาล์มน้ำมันอายุ 12 เดือน			
	น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง	ราก:ยอด (% นน.สด)	ราก:ยอด (% นน.แห้ง)
1 ควบคุม 420 ppm	777	232	60.8	44.9
2 CO ₂ 600 ppm	743	227	58.3	44.2
3 CO ₂ 800 ppm	809	234	57.8	47.7
4 CO ₂ 1,000 ppm	750	229	57.3	44.6

รอบที่ 2 ปีงบประมาณ 2561-2562

เนื่องจากการดำเนินการในปี 2560 ประสบปัญหาจากการเตรียมความพร้อมต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 7 ในช่วงที่สภาพภูมิอากาศมีฝนตกยาวนานตลอด 3 เดือน ทำให้การเริ่มงานช้ากว่ากำหนด 3 เดือน และต้องชะลอการดูแลต้นกล้าปาล์มน้ำมันให้โตช้า เพื่อรอการให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงที่เหมาะสม ซึ่งส่งผลต่อผลการทดลอง โดยพบว่ามีความแตกต่างเฉพาะจำนวนใบสองแฉกและพื้นที่ใบ และมวลชีวภาพไม่มีความแตกต่างทางสถิติเลย เนื่องจากผู้วิจัยเริ่มให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้เมื่อต้นกล้าปาล์มน้ำมันอายุ 6 เดือน ซึ่งอาจเป็นช่วงที่มีการตอบสนองต่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำกว่าช่วงต้นกล้าปาล์มน้ำมันอายุ 3 เดือนจึงทำการทดลองเตรียมต้นกล้าปาล์มน้ำมันและให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซ้ำอีกครั้งในปี 2561-2562

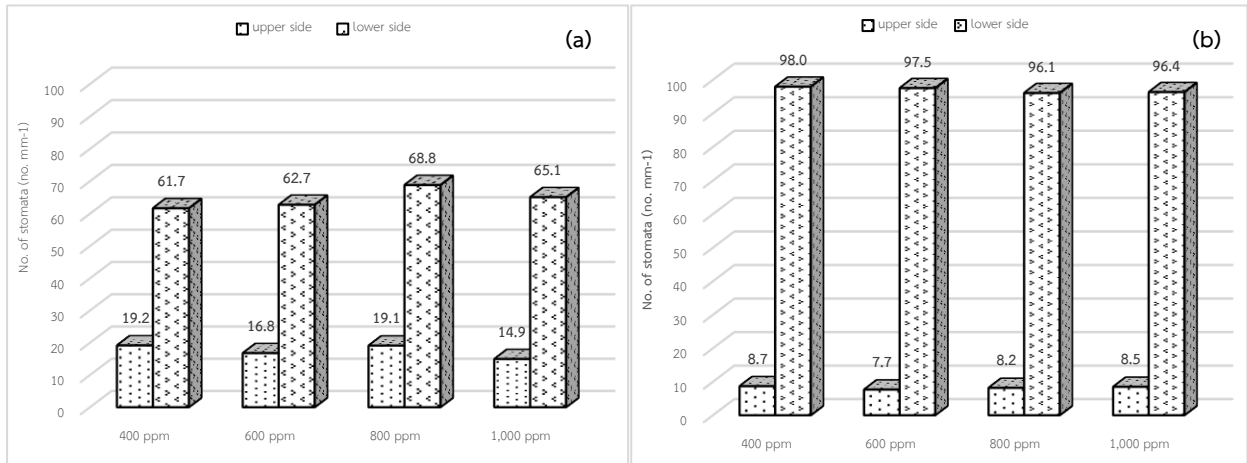
การเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 7 ที่อายุ 3 เดือน (เมษายน 2561-ก่อนให้คาร์บอนไดออกไซด์) พบว่า มีจำนวนใบหอก 3.90-3.98 ใบ ใบสองแฉก 0.56-0.62 ใบ พื้นที่ใบหอกและใบสองแฉกมีค่า 186.6-190.7 และ 119.4-126.8 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ จากผลวิเคราะห์สถิติ พบว่าการเจริญเติบโตของต้นกล้าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 การเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 7 อายุ 3 เดือนก่อนให้คาร์บอนไดออกไซด์

กรรมวิธี	จำนวนใบ (ใบ)		พื้นที่ใบ (ตร.ซม.)	
	ใบหอก	ใบสองแฉก	ใบหอก	ใบสองแฉก
ควบคุม 420 ppm	3.90	0.62	189.8	126.2
ให้คาร์บอนฯ 600 ppm	3.98	0.61	190.4	126.8
ให้คาร์บอนฯ 800 ppm	3.98	0.56	190.7	119.4
ให้คาร์บอนฯ 1,000 ppm	3.91	0.62	186.6	123.0
เฉลี่ย	3.94	0.60	189.4	123.8
CV (%)	5.0	29.3	8.6	9.6

กระบวนการทางสรีรวิทยาของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน รอบที่ 2

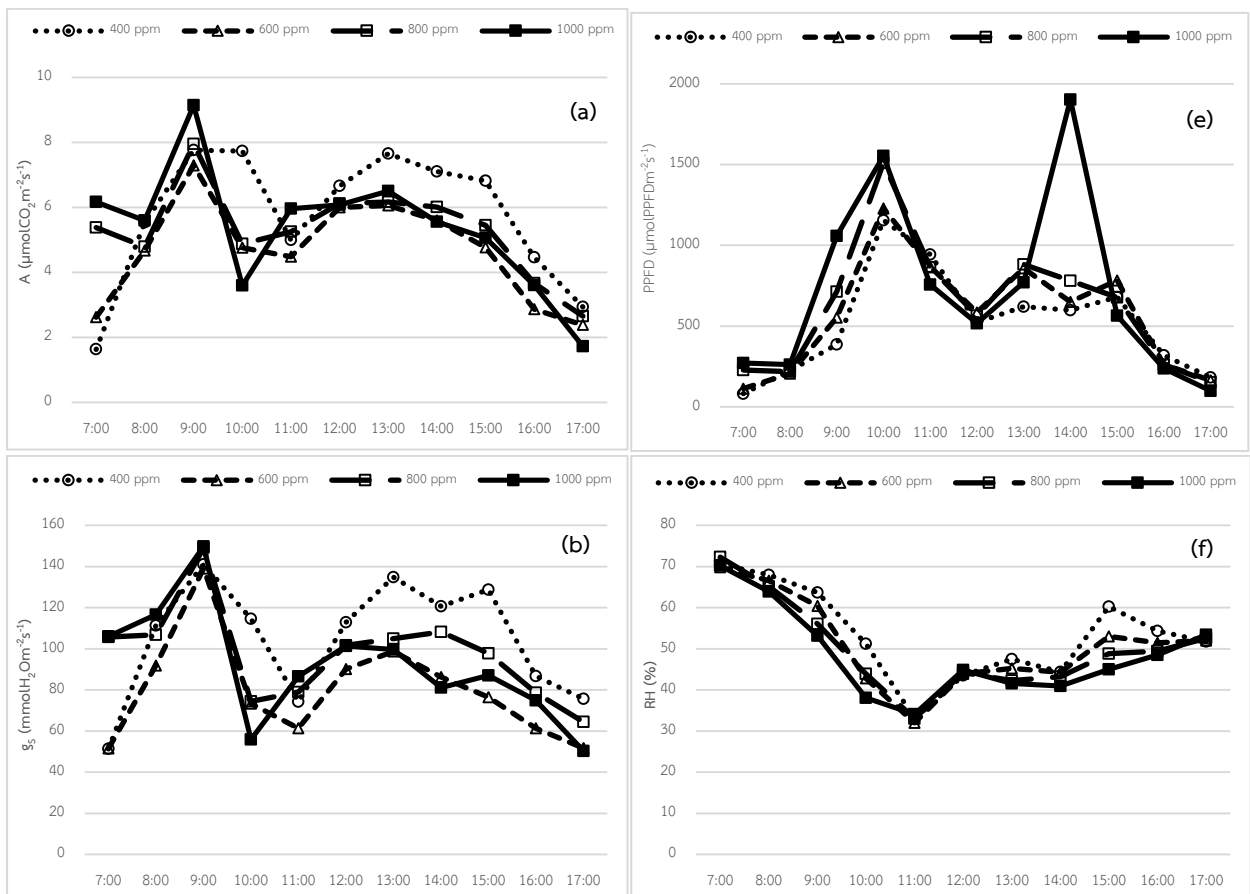
ในการดำเนินการรอบที่ 2 มีการศึกษาจำนวนปากใบด้านบนและด้านล่างอีกครั้ง สำหรับนำค่าอัตราส่วนจำนวนปากใบด้านบนต่อด้านล่างมาตั้งค่าในเครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์แสงก่อนวัดการตอบสนองทางสรีรวิทยาจากการศึกษาพบว่า อัตราส่วนจำนวนปากใบด้านบนต่อด้านล่างของต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีค่าเฉลี่ย 0.27

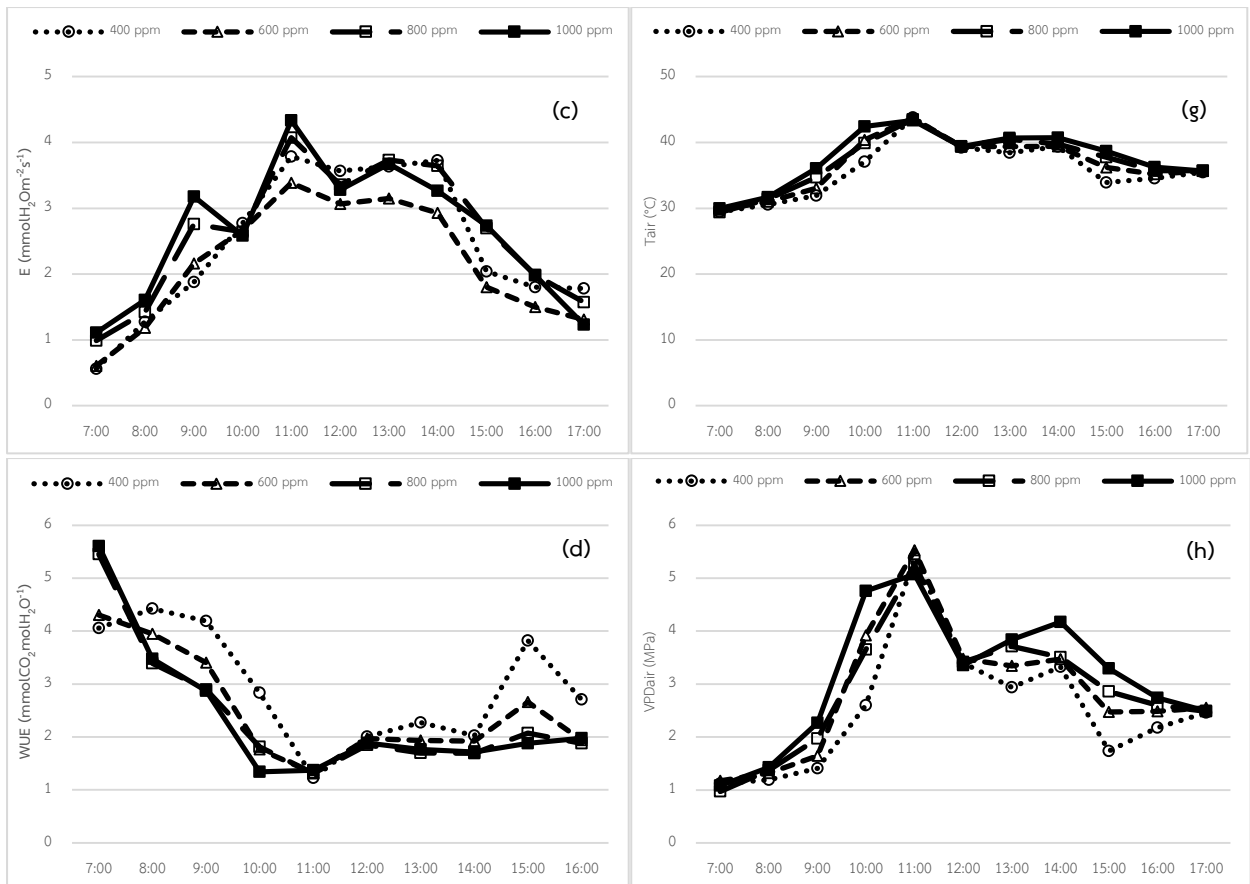


ภาพที่ 7 จำนวนปากใบด้านบน-ล่างของใบหอกที่คลี่เต็มที่ของต้นกล้าปาล์มน้ำมันอายุ 3 เดือน ก่อนให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (a) และจำนวนปากใบด้านบน-ล่างของใบขนนกของต้นกล้าปาล์มน้ำมันอายุ 8 เดือน (b) หลังให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 4 ระดับ 420 600 800 และ 1,000 ppm นาน 5 เดือน เก็บปากใบของต้นกล้าปาล์มน้ำมันเพื่อนับจำนวนก่อนเริ่มให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามกรรมวิธีภายใต้กล้องจุลทรรศน์พบว่า จำนวนปากใบด้านล่างมีค่า 61.7-68.8 ปากใบต่อตารางมิลลิเมตร ซึ่งสูงกว่าจำนวนปากใบด้านบน (14.9-19.2 ปากใบต่อตารางมิลลิเมตร) ประมาณ 3 เท่า (ภาพที่ 7a) และไม่แตกต่างกันทางสถิติ คิดเป็นอัตราส่วนระหว่างจำนวนปากใบด้านบนต่อด้านล่าง 0.23-0.31 จากนั้นลอกปากใบสำหรับนับจำนวนปากใบด้านบน-ล่างหลังให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นาน 5 เดือน (อายุต้นกล้า 8 เดือน) พบว่า จำนวนปากใบด้านล่างมีปริมาณเพิ่มขึ้น 96.1-98.0 ปากใบต่อตารางมิลลิเมตร และจำนวนปากใบด้านบนมีปริมาณลดลงมากกว่า 1 เท่า ซึ่งเป็นลักษณะปกติในการปรับตัวของต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ต้องการลดการสูญเสียน้ำ ส่งผลให้อัตราส่วนระหว่างจำนวนปากใบด้านบนต่อด้านล่างมีค่าลดลง (0.079-0.089)

จากการวัดการตอบสนองทางสรีรวิทยาในรอบวันของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 7 อายุ 3 เดือน (ภาพที่ 8) พบว่า อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของต้นกล้าปาล์มน้ำมันทั้ง 4 กรรมวิธี มีค่าสูงอยู่ 2 ช่วงที่เวลา 9:00 น. ($7.2-9.2 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$) และที่ช่วงเวลา 13:00 น. ($6.1-7.8 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$) โดยปริมาณแสงในช่วงดังกล่าวมีค่าสูง 2 ช่วงเช่นกัน รูปแบบการสังเคราะห์แสงมีความสัมพันธ์กับปริมาณแสงที่ต้นกล้าปาล์มน้ำมันได้รับ สำหรับค่านำไหลปากใบพบว่า ต้นกล้าปาล์มน้ำมันทั้ง 4 กรรมวิธี มีค่าต่ำในช่วงเช้า ประมาณ $50-110 \text{ mmolH}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ และเพิ่มสูงขึ้นในช่วง 9:00 น. จากนั้นมีค่าลดลงและเพิ่มขึ้นอีกครั้งเมื่อปริมาณแสงมีค่าเพิ่มขึ้น สำหรับอัตราการคายน้ำพบว่า ต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 1,000 ppm มีอัตราการคายน้ำ

สูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ โดยมีค่าสูงสุด 3.5-4.4 $\mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ที่เวลา 11:00 น. สอดคล้องกับค่านำไหลปากใบ และอุณหภูมิในรอบวัน และจากการคำนวณประสิทธิภาพการใช้น้ำพบว่า ในช่วงเช้าประสิทธิภาพการใช้น้ำของต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีค่าสูงสุด 4.2-5.7 $\text{mmolCO}_2\text{mol}^{-1}\text{H}_2\text{O}$ จากนั้นลดลงตามลำดับและมีค่าต่ำสุดประมาณ 1.2-1.8 $\text{mmolCO}_2\text{mol}^{-1}\text{H}_2\text{O}$ ในช่วงเวลา 10:00-11:00 น. จากนั้นประสิทธิภาพการใช้น้ำมีค่าเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อย จากภาพที่ 2.4-2 (d) พบว่า ต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 420 ppm (กรรมวิธีควบคุม) มีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ ทั้งนี้เนื่องจากอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิที่สูงและอัตราการคายน้ำที่มีค่าต่ำกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ จึงส่งผลให้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันดังกล่าวมีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูง และการตอบสนองของประสิทธิภาพการใช้น้ำมีแนวโน้มผกผันกับแรงดึงระเหยน้ำในอากาศ โดยในช่วงเช้าที่แรงดึงระเหยน้ำในอากาศมีค่าต่ำ ประสิทธิภาพการใช้น้ำมีค่าสูง และเมื่อแรงดึงระเหยน้ำมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณแสงที่เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการใช้น้ำกลับมีค่าลดลงตามลำดับ

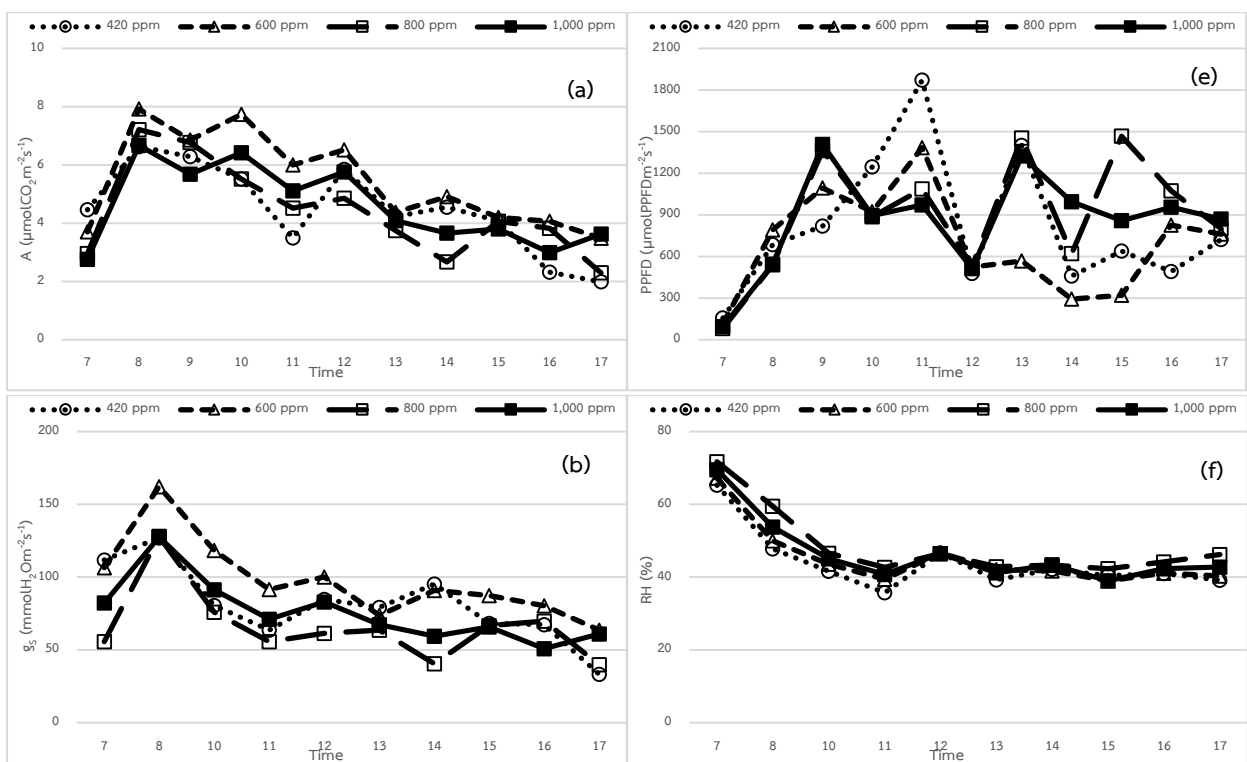


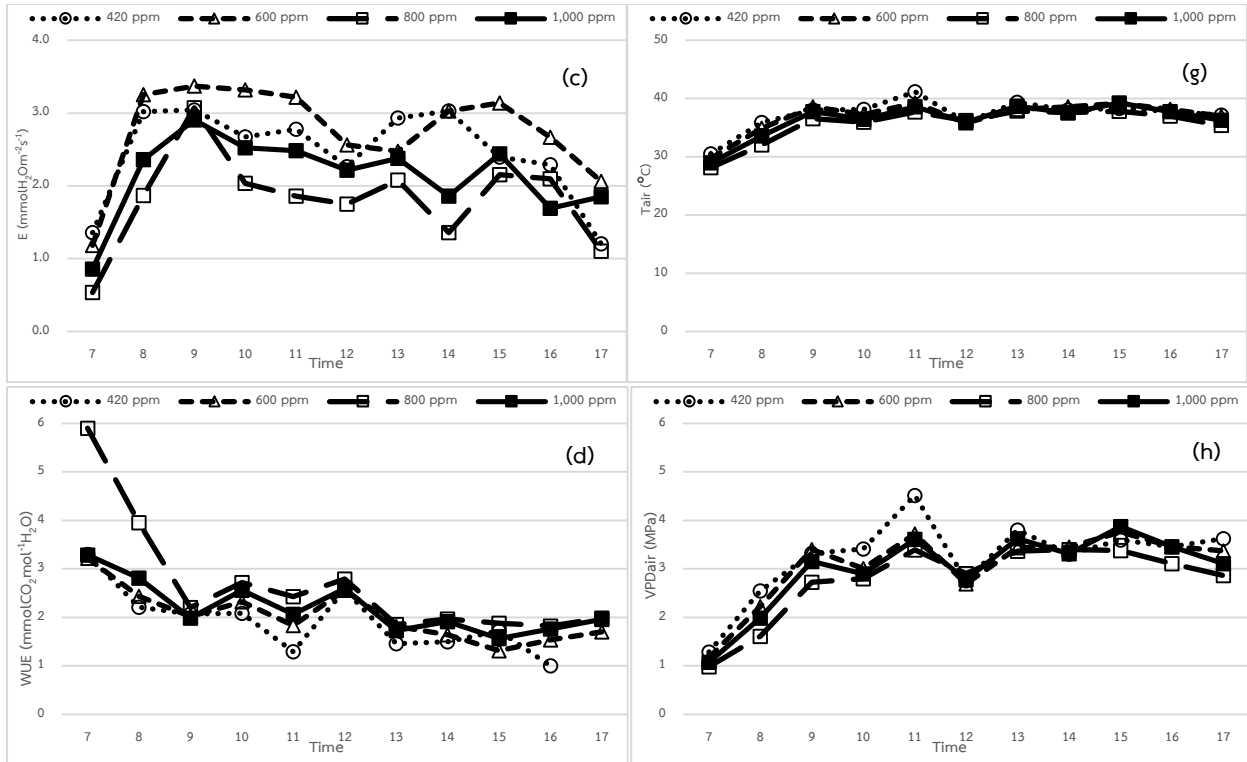


ภาพที่ 8 การตอบสนองทางสรีรวิทยาในรอบวัน อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ (a) ค่าน้ำไหลปากใบ (b) อัตราการคายน้ำ (c) ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (d) และสภาพแวดล้อมในกระโจม ปริมาณแสง (e) ความชื้นสัมพัทธ์ (f) อุณหภูมิ (g) และแรงดึงระเหยน้ำในอากาศ (h) ของใบหอกที่คลี่เต็มที่ของต้นกล้าปาล์มน้ำมันอายุ 3 เดือน ก่อนให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 4 ระดับ 400 600 800 และ 1,000 ppm

จากการวัดการตอบสนองทางสรีรวิทยาในรอบวันของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 7 อายุ 5 เดือน (ภาพที่ 9) พบว่า อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของต้นกล้าปาล์มน้ำมันทั้ง 4 กรรมวิธี มีค่าสูงอยู่ 2 ช่วงที่เวลา 8:00 น. ($6.67-7.92 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$) และ 10:00 น. ($5.51-7.74 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$) โดยปริมาณแสงในช่วงดังกล่าวมีค่าสูงแบบไต่ระดับถึงเวลา 11:00 น. รูปแบบการสังเคราะห์แสงมีความสัมพันธ์กับปริมาณแสงที่ต้นกล้าปาล์มน้ำมันได้รับ สำหรับค่าน้ำไหลปากใบพบว่า ต้นกล้าปาล์มน้ำมันทั้ง 4 กรรมวิธี มีค่าต่ำในช่วงเช้า $50-106 \text{ mmolH}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ และเพิ่มสูงขึ้น $127-162 \text{ mmolH}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ในช่วง 8:00 น. จากนั้นมีค่าลดลงตามลำดับ $33-60 \text{ mmolH}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ที่เวลา 17:00 น. สำหรับอัตราการคายน้ำพบว่า ต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 600 ppm มีอัตราการคายน้ำสูงกว่ากรรมวิธีอื่นโดยมีค่าสูง $3.25-3.14 \text{ mmolH}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ที่เวลา 8:00-15:00 น. รองลงมาคือ ต้นกล้าปาล์มน้ำมันในสภาพปกติ 420 ppm สอดคล้องกับค่าน้ำไหลปากใบและอุณหภูมิในรอบวัน และจากการคำนวณประสิทธิภาพการใช้น้ำพบว่า ในช่วงเช้าประสิทธิภาพการใช้น้ำของต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีค่าสูงสุด $3.22-5.90 \text{ mmolCO}_2 \text{ mol}^{-1}\text{H}_2\text{O}$ จากนั้นลดลง และมีค่า $1.00-1.76 \text{ mmolCO}_2 \text{ mol}^{-1}\text{H}_2\text{O}$

ในช่วงเวลา 16:00-17:00 น. จากภาพที่ 9 (d) พบว่า ต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 420 ppm (กรรมวิธีควบคุม) มีประสิทธิภาพการใช้น้ำต่ำกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ ทั้งนี้เนื่องจากอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิที่ต่ำและอัตราการคายน้ำที่มีค่าค่อนข้างสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ จึงส่งผลให้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีประสิทธิภาพการใช้น้ำต่ำกว่ากรรมวิธีอื่น และการตอบสนองของประสิทธิภาพการใช้น้ำมีแนวโน้มผกผันกับอัตราการคายน้ำ โดยในช่วงเช้าที่อัตราการคายน้ำ ในมีค่าต่ำ ประสิทธิภาพการใช้น้ำมีค่าสูง และเมื่ออัตราการคายน้ำมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณแสงที่เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการใช้น้ำกลับมีค่าลดลงตามลำดับ โดยค่าแรงดึงระเหยน้ำในอากาศมีค่า 0.98-4.52 MPa สอดคล้องกับความชื้นสัมพัทธ์ที่มีค่าระหว่างวัน 69.0-35.7 เปอร์เซ็นต์ จากการตอบสนองทางสรีรวิทยาของต้นกล้าปาล์มน้ำมันสอดคล้องกับรายงานของ Oberbauer และคณะ (1985) ที่พบว่า ประสิทธิภาพการใช้น้ำของ *Ochroma lagopus* และ *Pentaclethra macroloba* ที่ได้รับคาร์บอนไดออกไซด์ $675 \mu\text{l l}^{-1}$ มีค่า 12.5 และ $11.2 \text{ mmolCO}_2 \text{ mol}^{-1}\text{H}_2\text{O}$ ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าการได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ $350 \mu\text{l l}^{-1}$ (7.85 และ $5.75 \text{ mmolCO}_2 \text{ mol}^{-1}\text{H}_2\text{O}$ ตามลำดับ) และมวลชีวภาพหรือน้ำหนักสดของต้น *Ochroma lagopus* และ *Pentaclethra macroloba* ที่ได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ $675 \mu\text{l l}^{-1}$ มีค่าสูงกว่าการได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ $350 \mu\text{l l}^{-1}$ ประมาณ 79 และ 30 เปอร์เซ็นต์ และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามลำดับ และจากการศึกษาการให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในต้นกล้ายางพารา โดย Devakumar และคณะ (1998) พบว่า การให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อัตรา $700 \pm 25 \text{ ppm}$ นาน 60 วัน การสะสมมวลชีวภาพ พื้นที่ใบ และอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าการเพาะในสภาพก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปกติ และจากการตอบสนองต่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แสดงให้เห็นว่า อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิที่เพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น



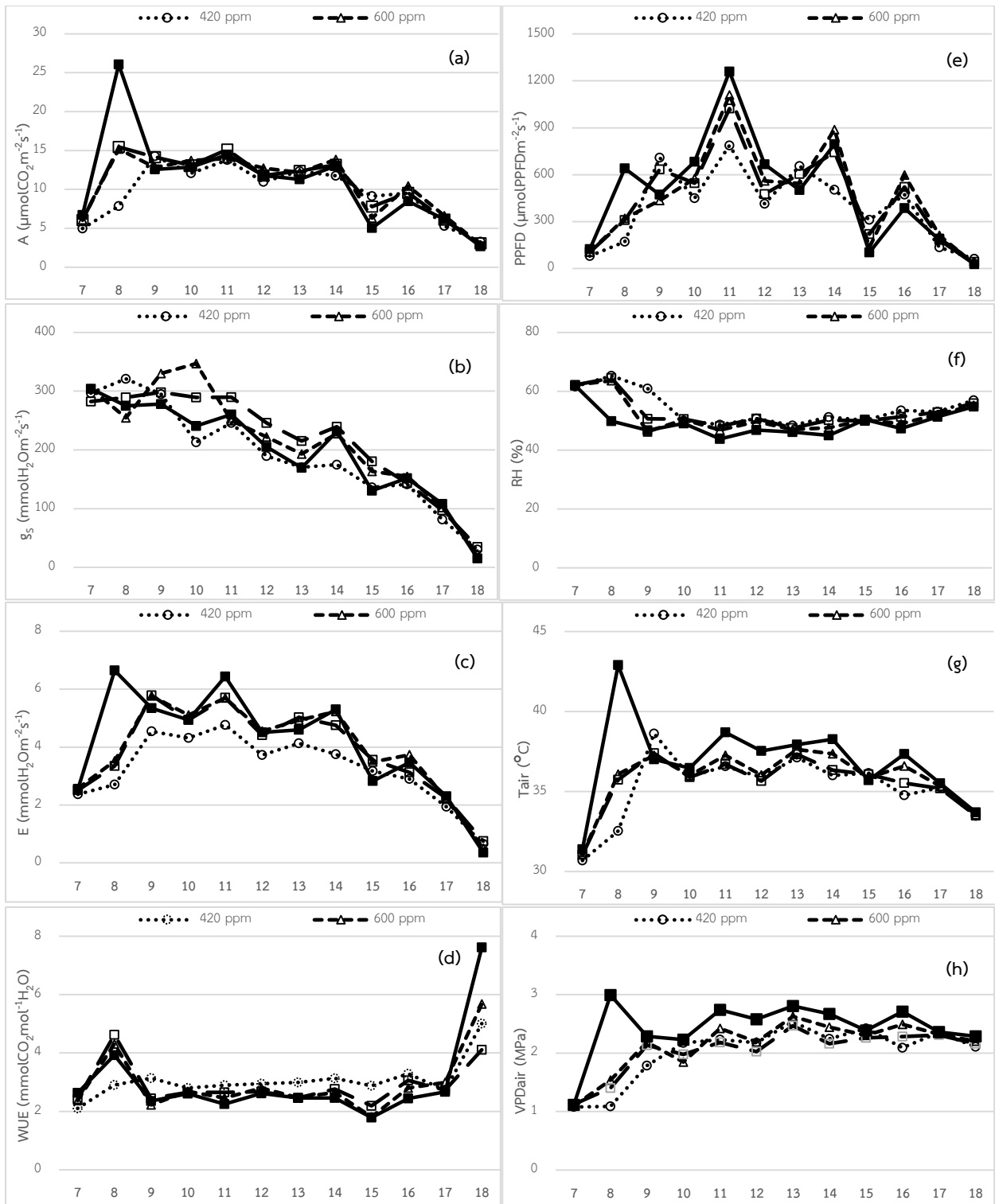


ภาพที่ 9 การตอบสนองทางสรีรวิทยาในรอบวัน อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ (a) ค่าน้ำไหลปากใบ (b) อัตราการคายน้ำ (c) ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (d) และสภาพแวดล้อมปริมาณแสง (e) ความชื้นสัมพัทธ์ (f) อุณหภูมิ (g) และแรงดึงระเหยน้ำในอากาศ (h) ของใบหอกที่คลี่เต็มที่ของต้นกล้าปาล์มน้ำมันอายุ 5 เดือน หลังให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 4 ระดับ 400 600 800 และ 1,000 ppm ทุกวัน เป็นระยะเวลา 2 เดือน (14 มิถุนายน 2561)

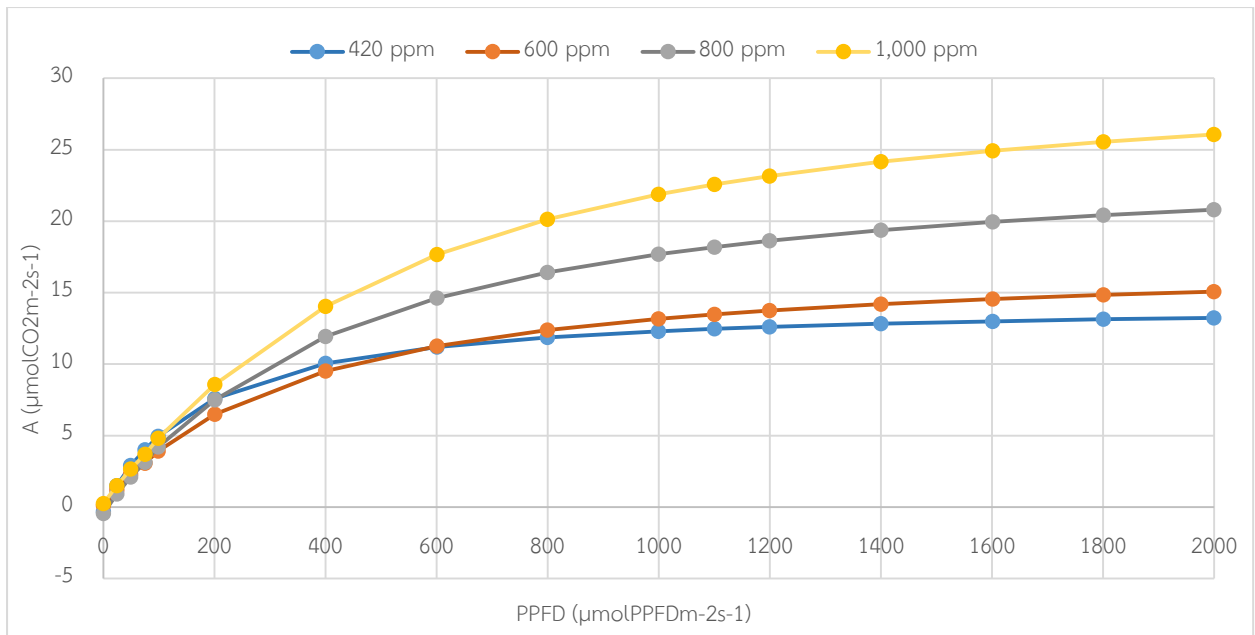
จากการวัดการตอบสนองทางสรีรวิทยาในรอบวันของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 7 อายุ 7 เดือน (ภาพที่ 10) พบว่า อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของต้นกล้าปาล์มน้ำมันทั้ง 4 กรรมวิธี มีค่าสูงที่เวลา 8:00 น. ($7.85\text{-}26.1 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$) โดยต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 1,000 ppm มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงสุด และต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสภาพปกติ 420 ppm มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิต่ำสุด สอดคล้องกับปริมาณแสงในช่วงเช้า แต่เมื่อปริมาณแสงเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วงเวลา 11:00 น. ปรากฏว่า อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิกลับมีค่าลดลง $14.5\text{-}15.1 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ เนื่องจากความชื้นสัมพัทธ์ที่ลดลง (43-48 เปอร์เซ็นต์) และแรงดึงระเหยน้ำในอากาศที่เพิ่มสูงขึ้น (2.18-2.74 Mpa) และจากการคำนวณผลรวมตลอดช่วง 7:00-18:00 น. ของอัตราการตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้ง 4 กรรมวิธีพบว่า มีค่า 115 127 128 และ $131 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ตามลำดับ ค่าน้ำไหลปากใบพบว่า ต้นกล้าปาล์มน้ำมันทั้ง 4 กรรมวิธี มีค่าสูงในช่วงเช้า $282\text{-}304 \text{mmolH}_2\text{O}\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ และลดลงตามลำดับ โดยมีค่า $15\text{-}35 \text{mmolH}_2\text{O}\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ที่เวลา 18:00 น. สอดคล้องกับความเครียดของสภาพอากาศทั้งความชื้นสัมพัทธ์ที่ลดลง อุณหภูมิ-แรงดึงระเหยน้ำที่มีค่าสูงขึ้น สำหรับอัตราการคายน้ำพบว่า ต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 1,000 ppm มีอัตราการคายน้ำสูงสุดโดยมีค่า $5.30\text{-}6.64 \text{mmolH}_2\text{O}\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ที่เวลา 8:00-14:00 น. รองลงมาคือ ต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ได้รับก๊าซ

คาร์บอนไดออกไซด์ 600 และ 800 ppm สอดคล้องกับค่าน้ำไหลปากใบ และจากการคำนวณประสิทธิภาพ การใช้น้ำพบว่า ในช่วงเช้าประสิทธิภาพการใช้น้ำของต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีค่า 2.10-2.63 $\text{mmolCO}_2 \text{mol}^{-1}\text{H}_2\text{O}$ และเพิ่มขึ้นเป็น 3.92-4.62 $\text{mmolCO}_2\text{mol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$ ที่เวลา 8:00 น. จากนั้นจะคงที่และเพิ่มสูงขึ้นที่เวลา 18:00 น. เนื่องจากอัตราการคายน้ำมีค่าต่ำสุดส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้น้ำ จากภาพที่ 10 (d) พบว่า ต้นกล้าปาล์มน้ำมัน ในสภาพปกติ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 420 ppm มีประสิทธิภาพการใช้น้ำโดยภาพรวมค่อนข้างสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ ทั้งนี้เนื่องจากอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิที่ใกล้เคียงกับกรรมวิธีอื่นและอัตราการคายน้ำที่มีค่าต่ำกว่า กรรมวิธีอื่น จึงส่งผลให้ต้นกล้าปาล์มน้ำมันมีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูง และพบว่า แรงดึงระเหยน้ำในอากาศในช่วง สิงหาคมมีค่าต่ำกว่า (1.12-3.00 MPa) เดือนมิถุนายน (0.98 -4.52 MPa)

ในช่วงเดียวกันนี้ได้ศึกษาศักยภาพการสังเคราะห์แสงของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 7 จากการตอบสนองต่อแสงไปพร้อมกัน (ภาพที่ 11) นำค่าที่ได้มา fit curve ด้วยสมการ non rectangular hyperbola พบว่า ประสิทธิภาพการใช้น้ำของกรรมวิธีที่ 1 มีค่าสูงสุด 0.077 $\mu\text{molCO}_2\text{mol}^{-1} \text{PPFD}$ น่าจะเกิดจากการปรับตัวของต้นกล้าปาล์มน้ำมันเพื่อให้สามารถตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้เพิ่มขึ้น ในขณะที่กรรมวิธีที่ 2-4 ซึ่งให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 600 800 และ 1,000 ppm ประสิทธิภาพการใช้น้ำมีค่าใกล้เคียงกันมาก 0.049-0.054 $\mu\text{molCO}_2\text{mol}^{-1} \text{PPFD}$ เช่นเดียวกับจุดอิ่มตัวของแสงที่มีค่า 902 1,000 และ 1,038 $\mu\text{molPPFD}$ ในขณะที่กรรมวิธีที่ 1 มีค่าเพียง 613 $\mu\text{molPPFD}$ สำหรับจุดชดเชยของแสงที่ค่าใกล้เคียงกันมากทั้ง 4 กรรมวิธี (1.86-8.11 $\mu\text{molPPFD}$) สำหรับการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อปัจจัยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เด่นชัดคือ อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงสุด พบว่า กรรมวิธีที่ 4 ซึ่งได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 1,000 ppm อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงสุดมีค่าสูงกว่า กรรมวิธีที่ 1 2 และ 3 ในอัตรา 22 76 และ 111 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 10) ซึ่งอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิมีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของพืช มากหรือน้อยขึ้นกับปัจจัยอื่น ๆ ที่สำคัญด้วยเช่นกัน



ภาพที่ 10 การตอบสนองทางสรีรวิทยาในรอบวัน อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ (a) ค่าน้ำไหลปากใบ (b) อัตราการคายน้ำ (c) ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (d) และสภาพแวดล้อมในกระโจม ปริมาณแสง (e) ความชื้นสัมพัทธ์ (f) อุณหภูมิ (g) และแรงดึงระเหยน้ำในอากาศ (h) ของใบสองแฉกของต้นกล้าปาล์มน้ำมันอายุ 7 เดือน หลังให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 4 ระดับ 400 600 800 และ 1,000 ppm ทุกวัน เป็นระยะเวลา 4 เดือน (15 สิงหาคม 2561)



ภาพที่ 11 การตอบสนองทางสรีรวิทยาในรอบวัน อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ (a) ค่าน้ำไหลปากใบ (b) อัตราการคายน้ำ (c) ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (d) และสภาพแวดล้อมในกระโจม ปริมาณแสง (e) ความชื้นสัมพัทธ์ (f) อุณหภูมิ (g) และแรงดึงระเหยน้ำในอากาศ (h) ของใบสองแฉกของต้นกล้าปาล์มน้ำมันอายุ 7 เดือน หลังให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 4 ระดับ 400 600 800 และ 1,000 ppm ทุกวัน เป็นระยะเวลา 4 เดือน (15 สิงหาคม 2561)

ตารางที่ 10 ศักยภาพการตอบสนองต่อแสงของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 7 อายุ 7 เดือน ที่ได้รับคาร์บอนไดออกไซด์ที่แตกต่างกัน หลังให้คาร์บอนไดออกไซด์ตามกรรมวิธี (สิงหาคม 2561)

กรรมวิธี	ศักยภาพการตอบสนองต่อแสงของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน			
	ประสิทธิภาพการใช้น้ำ ($\mu\text{molCO}_2\text{mol}^{-1}\text{PPFD}$)	อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงสุด ($\mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	จุดชดเชยของแสง ($\mu\text{mol PPFD}$)	จุดอิ่มตัวของแสง ($\mu\text{mol PPFD}$)
1 ควบคุม 420 ppm	0.077	14.60	3.94	613.3
2 ให้ CO ₂ 600 ppm	0.049	17.49	1.86	901.9
3 ให้ CO ₂ 800 ppm	0.054	25.35	8.11	999.6
4 ให้ CO ₂ 1,000 ppm	0.050	30.83	5.12	1037.7

การเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน รอบที่ 2

ผลการวัดการเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 7 อายุ 10 เดือน พบว่า จำนวนใบ หอก ใบสองแฉกและใบขนนกทั้ง 4 กรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยจำนวนใบหอก ใบสองแฉกและใบขนนก มีค่า 3.70-3.94 7.46-7.67 และ 2.92-3.31 ใบต่อต้นตามลำดับ แต่เมื่อวิเคราะห์สถิติจำนวนใบทั้งหมดต่อต้นพบว่า ต้นกล้าปาล์มน้ำมันในสภาพปกติ (14.1 ใบต่อต้น) แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับต้นกล้าปาล์ม

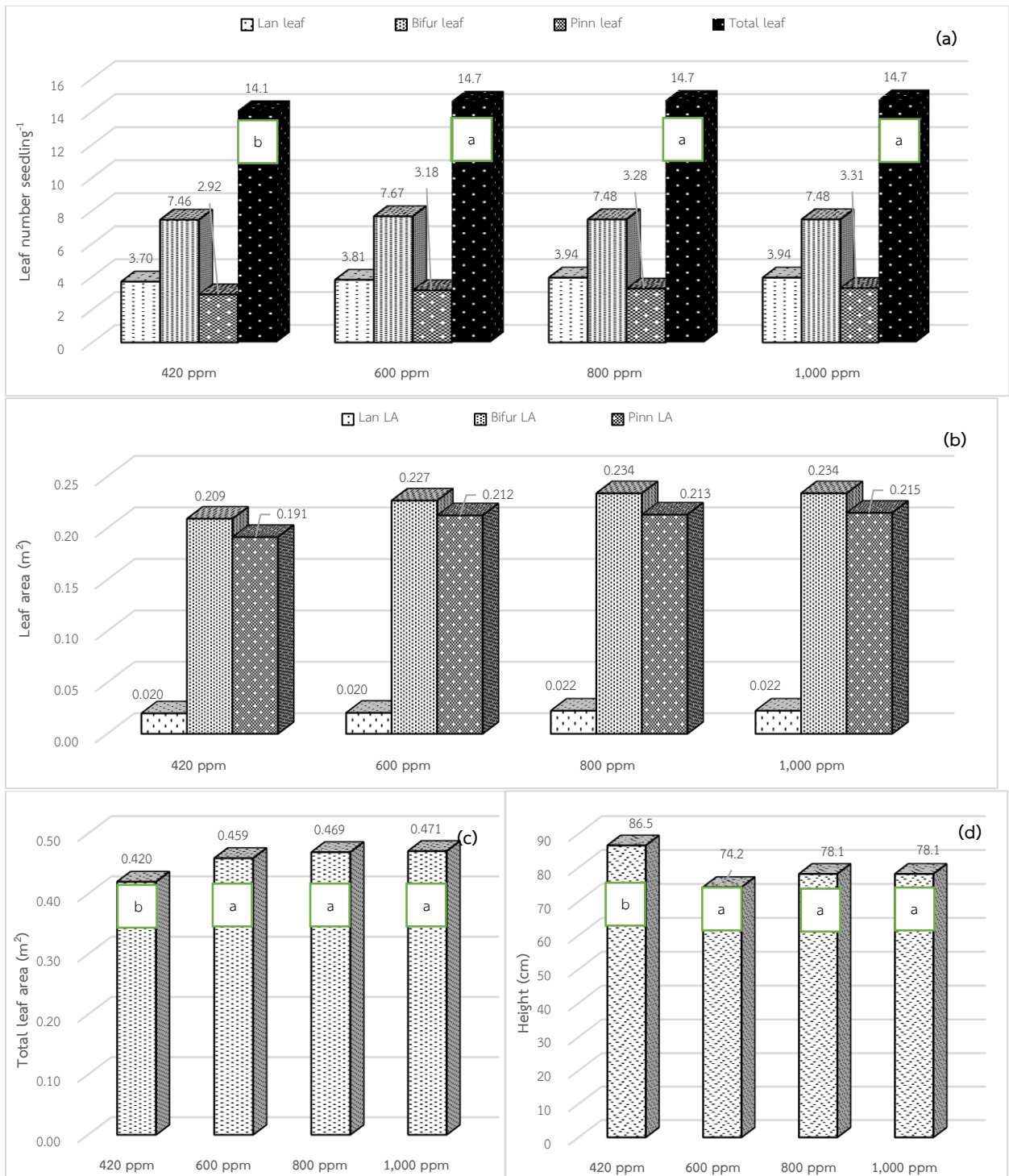
น้ำมันที่ได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 600 800 และ 1,000 ppm (จำนวนใบทั้งหมดของ 3 กรรมวิธีที่ได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่แตกต่างกันทางสถิติและมีค่าเท่ากันคือ 14.7 ใบต่อต้น) (ตารางที่ 12a)

จากการวิเคราะห์สถิติพื้นที่ใบของใบแต่ละชนิดของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 7 ที่ได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณที่ต่างกัน พบว่า พื้นที่ใบของใบแต่ละชนิดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพื้นที่ใบของใบหอกมีค่า 0.020-0.022 ตารางเมตร ใบสองแฉกมีค่า 0.209-0.234 ตารางเมตร ใบขนนกมีค่า 0.191-0.215 ตารางเมตร (ตารางที่ 12b)

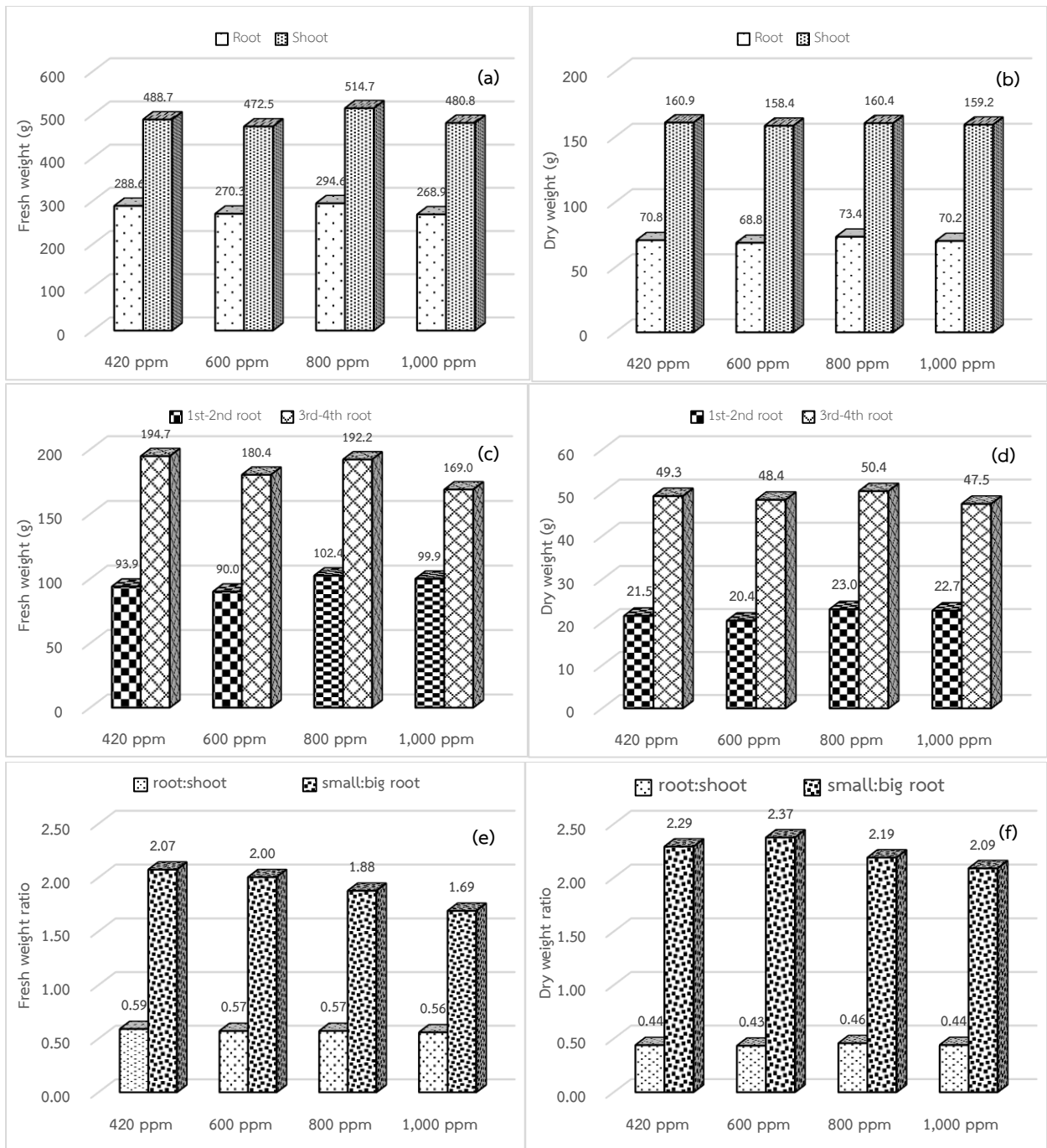
สำหรับผลการวิเคราะห์สถิติของพื้นที่ใบทั้งหมด (รวมพื้นที่ใบทั้ง 3 ชนิดของใบ) พบว่า พื้นที่ใบทั้งหมดของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 7 อายุ 10 เดือน กรรมวิธีที่ 2 3 และ 4 ที่ได้รับคาร์บอนไดออกไซด์ 600 800 และ 1,000 ppm ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพื้นที่ใบรวมมีค่า 0.459 0.469 และ 0.471 ตารางเมตร ตามลำดับ แต่แตกต่างกันทางสถิติกับต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 7 ที่ดูแลในสภาพปกติ โดยพื้นที่ใบรวมมีค่า 0.420 ตารางเมตร (ตารางที่ 12c) แสดงว่า การให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ช่วยเพิ่มพื้นที่ใบที่ใช้ในการสังเคราะห์ได้เป็นอย่างดี

ความสูงของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 7 พบว่า การดูแลในสภาพปกติ ต้นกล้ามีความสูง 86.5 เซนติเมตร ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 600 800 และ 1,000 ppm ที่มีความสูงระหว่าง 74.2-78.1 เซนติเมตร (ตารางที่ 12d) แสดงว่า การให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ช่วยให้ต้นกล้ามีการแบ่งส่วนอาหารไปใช้ในการเพิ่มพื้นที่ใบมากกว่าการเพิ่มความสูงของต้นกล้า ซึ่งเหมาะกับการขนส่งที่มีความสะดวก

มวลชีวภาพ หลังวัดพื้นที่ใบแล้วเสร็จ มีการเก็บและบันทึกข้อมูลมวลชีวภาพทั้งน้ำหนักสด น้ำหนักแห้งของรากชุดหลัก (primary-secondary root) และรากชุดรอง (tertiary-quaternary root) ส่วนของต้นกล้าใต้ดิน (root) และส่วนเหนือดิน (shoot) อัตราส่วนระหว่างส่วนใต้ดินและส่วนเหนือดิน (Root:Shoot ratio) ที่ได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แตกต่างกัน พบว่า น้ำหนักสด (ภาพที่ 13a) และน้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 13b) ของส่วนใต้ดินและส่วนเหนือดินที่ได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แตกต่างกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เช่นเดียวกับน้ำหนักสด (ภาพที่ 13c) และน้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 13d) ของรากชุดหลักและรากชุดรอง ที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติเช่นกัน สำหรับน้ำหนักสด (ภาพที่ 13e) และน้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 13f) ของอัตราส่วนระหว่างส่วนใต้ดินและส่วนเหนือดิน และอัตราส่วนระหว่างรากชุดรองต่อรากชุดหลัก ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเช่นกัน



ภาพที่ 12 จำนวนใบหอก (Lanceolate leaf) ใบสองแฉก (Bifurcate leaf) ใบขนนก (Pinnate leaf) และจำนวนใบทั้งหมด (Total leaf number); (a) พื้นที่ใบของใบหอก ใบสองแฉกและใบขนนก (b) พื้นที่ใบรวมทั้งหมด (c) และความสูง (d) ของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 7 อายุ 10 เดือน หลังให้คาร์บอนไดออกไซด์ 4 ระดับ 420 600 800 และ 1,000 ppm นาน 5 เดือน



ภาพที่ 13 น้ำหนักสด (a) และน้ำหนักแห้ง (b) แยกส่วนใต้ดิน (ราก) และบนดิน (ลำต้นและใบ) น้ำหนักสด (c) และน้ำหนักแห้ง (d) แยกส่วนราก 1-2 (รากชุดหลัก) และราก 3-4 (รากชุดรอง) และน้ำหนักสด (e) และน้ำหนักแห้ง (f) ของอัตราส่วนระหว่าง root:shoot และอัตราส่วนระหว่างรากชุดรอง:รากชุดหลัก ของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 7 อายุ 10 เดือน หลังให้คาร์บอนไดออกไซด์ 4 ระดับ 420 600 800 และ 1,000 ppm นาน 5 เดือน

การเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 2 6 และ 9 ระหว่างการได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสภาพปกติ (420 ppm) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 800 ppm

จากการวัดการเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 2 6 และ 9 อายุ 2 เดือน ก่อนให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์พบว่า การเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันในแต่ละพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากนั้นดำเนินการให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กลุ่มตัวอย่างต้นกล้าปาล์มน้ำมันอัตรา 800 ppm ทั้ง 3 พันธุ์

ช่วงต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 2 6 และ 9 อายุ 7 เดือน ดำเนินการวัดความเข้มข้นสีเขียวของใบพบว่า ต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 2 ความเข้มข้นสีเขียวเฉลี่ยของใบมีค่าสูงสุดทั้งแบบควบคุมและแบบที่ได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 800 ppm (46.8 และ 43.8 SPAD Unit) โดยกลุ่มตัวอย่างต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 800 ppm ค่าความเข้มข้นน้อยกว่าการได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสภาพปกติ (มีเฉพาะพันธุ์ลูกผสมสุราษฎร์ธานี 9 ที่ค่าความเข้มข้นสูงกว่าสภาพปกติเล็กน้อย) (ตารางที่ 11) และจากการนำตัวอย่างใบดังกล่าวไปสกัดคลอโรฟิลล์ วัดค่าการดูดกลืนแสง และนำมาคำนวณปริมาณคลอโรฟิลล์เอ บี และคลอโรฟิลล์รวมพบว่า ต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานีทั้ง 3 พันธุ์ในสภาพปกติมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ บี และคลอโรฟิลล์รวม 0.365-0.389 0.124-0.132 และ 0.492-0.522 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และในสภาพที่ต้นกล้าปาล์มน้ำมันได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ บี และคลอโรฟิลล์รวม 0.300-0.387 0.095-0.126 และ 0.396-0.513 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าสภาพปกติ แต่ไม่แตกต่างกันมากนัก (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 11 ค่าความเข้มข้น (SPAD Unit) ของใบสองแฉกของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 2 6 และ 9 อายุ 7 เดือน ที่ได้รับคาร์บอนไดออกไซด์ 420 และ 800 ppm (10 มิถุนายน 2562)

พันธุ์ปาล์มน้ำมัน	ค่าความเข้มข้น (SPAD Unit)	
	ควบคุม คาร์บอนไดออกไซด์ 420 ppm	ได้รับคาร์บอนไดออกไซด์ 800 ppm
สุราษฎร์ธานี 2	46.8±2.62	43.8±3.10
สุราษฎร์ธานี 6	44.2±2.86	43.3±2.09
สุราษฎร์ธานี 9	42.0±3.64	43.0±3.15

ตารางที่ 12 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 2 6 และ 9 อายุ 7 เดือน ที่ได้รับคาร์บอนไดออกไซด์ 420 และ 800 ppm (10 มิถุนายน 2562)

พันธุ์ปาล์มน้ำมัน	ควบคุม คาร์บอนไดออกไซด์ 420 ppm			ได้รับคาร์บอนไดออกไซด์ 800 ppm		
	คลอโรฟิลล์เอ	คลอโรฟิลล์บี	คลอโรฟิลล์รวม	คลอโรฟิลล์เอ	คลอโรฟิลล์บี	คลอโรฟิลล์รวม
สุราษฎร์ธานี 2	0.389±0.049	0.132±0.019	0.522±0.067	0.300±0.067	0.095±0.023	0.396±0.089
สุราษฎร์ธานี 6	0.365±0.058	0.127±0.033	0.492±0.083	0.387±0.027	0.126±0.014	0.513±0.038
สุราษฎร์ธานี 9	0.380±0.039	0.124±0.017	0.505±0.054	0.353±0.053	0.112±0.019	0.465±0.072

สำหรับการวัดการเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานีทั้ง 3 พันธุ์ เดือนละ 1 ครั้ง ตั้งแต่อายุ 3 เดือน ถึงอายุ 7 เดือน พบว่า

จำนวนใบหอกของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 2 ช่วงเริ่มต้นมีค่าน้อยกว่าลูกผสมสุราษฎร์ธานี 6 และ 9 เนื่องจากช่วงเริ่มต้น อายุต้นกล้าน้อยกว่าอีก 2 พันธุ์ ประมาณ 20 วัน แต่พบว่า การวัดครั้งที่ 2 ต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 2 จำนวนใบหอกเริ่มมีค่าใกล้เคียงอีก 2 พันธุ์ และที่อายุ 5 เดือน พบว่าจำนวนใบหอกของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 2 มีค่าสูงกว่าลูกผสมสุราษฎร์ธานี 6 และ 9 และที่อายุ 6-7 เดือน พบว่า ต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 2 6 และ 9 มีใบหอก 4.31 3.65 และ 2.92 ใบต่อต้นตามลำดับ โดยจำนวนใบหอกของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 6 และ 9 ในสภาพปกติมีค่าสูงกว่าการได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 800 ppm เล็กน้อย ในขณะที่ลูกผสมสุราษฎร์ธานี 2 จำนวนใบหอกของต้นกล้าที่ได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 800 ppm มีค่าสูงกว่าสภาพปกติ (ภาพที่ 14a)

จำนวนใบสองแฉก ต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 2 ที่อายุ 4-5 เดือน (วัดครั้งที่ 2-3) จำนวนใบสองแฉกมีค่าต่ำมาก (0.06 ใบต่อต้น) สืบเนื่องจากระยะพัฒนาการช้ากว่าด้วยอายุเริ่มต้นที่แตกต่างกัน และที่อายุ 7 เดือน มีค่าเพียง 0.83 ใบต่อต้น ซึ่งแตกต่างจากต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 6 และ 9 ที่จำนวนใบสองแฉกมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนโดยมีค่า 2.76 และ 2.50 ใบต่อต้น ที่อายุ 7 เดือน และเมื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่า จำนวนใบสองแฉกที่อายุ 7 เดือนของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 6 และ 9 มีการตอบสนองต่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยมีค่าสูงกว่าการดูแลในสภาพปกติ 62 และ 25 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในขณะที่ไม่พบความแตกต่างของจำนวนใบสองแฉกของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 2 (ภาพที่ 14b)

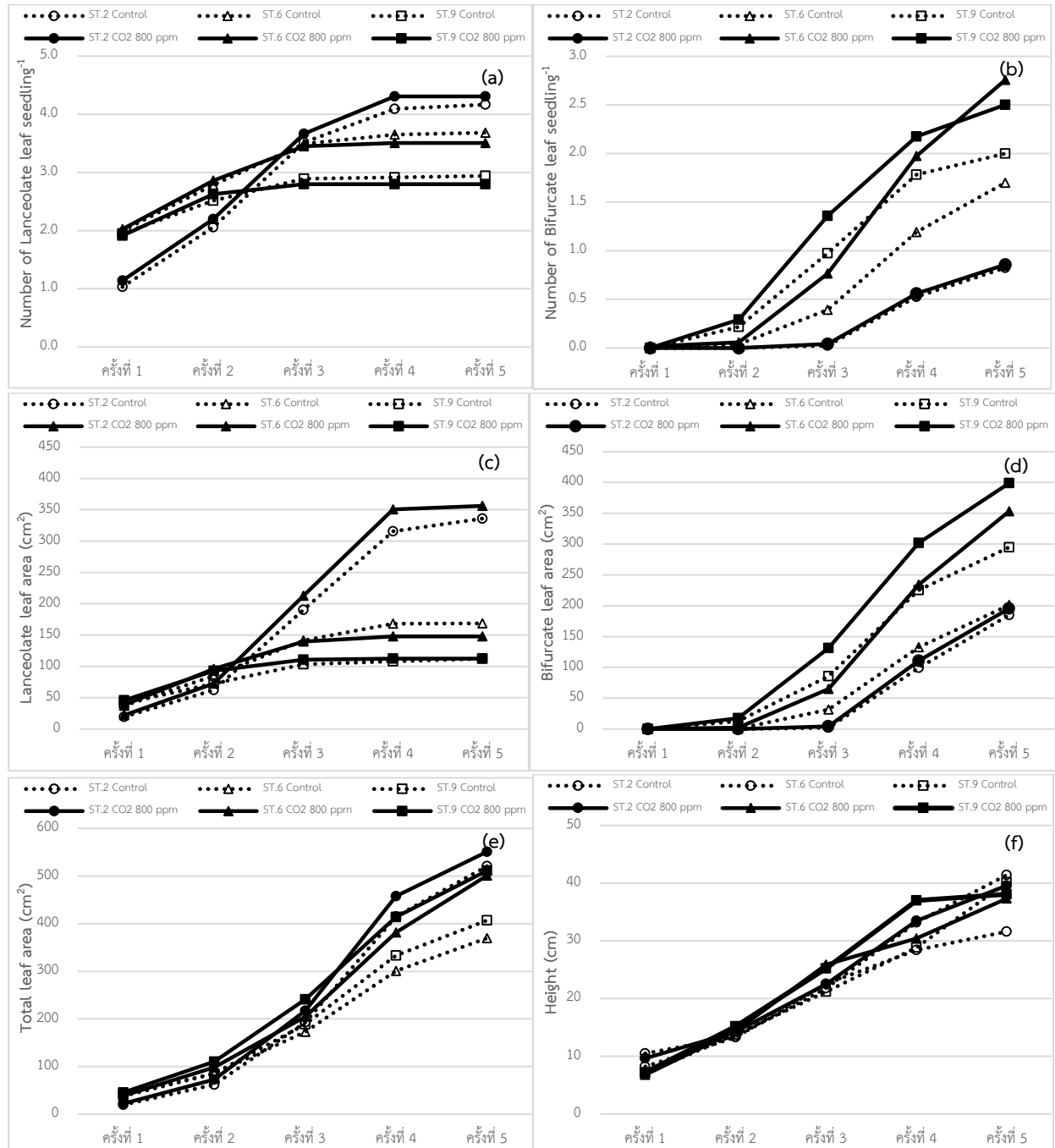
พื้นที่ใบของใบหอก มีการตอบสนองเช่นเดียวกับจำนวนใบหอก และเป็นที่น่าสังเกตว่าพื้นที่ใบหอกของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 2 ที่ได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 800 ppm มีขนาดใหญ่กว่าลูกผสมสุราษฎร์ธานี 6 และ 9 141 และ 216 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ในพันธุ์เดียวกันพบว่า พื้นที่ใบระหว่างการดูแลสภาพปกติและการได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 800 ppm มีค่าใกล้เคียงกันมาก (ภาพที่ 14c)

พื้นที่ใบของใบสองแฉก มีการตอบสนองเช่นเดียวกับจำนวนใบสองแฉก โดยพื้นที่ใบสองแฉกของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 9 ที่ได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 800 ppm มีขนาดใหญ่กว่าลูกผสมสุราษฎร์ธานี 6 และ 2 13 และ 104 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และในพันธุ์ลูกผสมสุราษฎร์ธานี 6 และ 9 พบว่า พื้นที่ใบระหว่างการดูแลสภาพปกติและการได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 800 ppm มีค่าแตกต่างกัน ในขณะที่พื้นที่ใบสองแฉกของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 2 มีค่าใกล้เคียงกันมาก (ภาพที่ 14d)

พื้นที่ใบรวม พบว่า พื้นที่ใบรวมของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 2 9 และ 6 ในสภาพที่ได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 800 ppm มี 551 511 และ 501 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ และในสภาพปกติมีค่า

521 407 และ 370 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งขนาดของพื้นที่ใบถือเป็นปัจจัยสำคัญในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน (ภาพที่ 14e)

ความสูงของต้นกล้า ในแต่ละช่วงอายุต้นกล้ามีการเพิ่มความสูงที่ไม่แตกต่างกันทั้งสภาพปกติและสภาพที่ได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 800 ppm และความสูงในแต่ละพันธุ์ไม่แตกต่างกัน (ภาพที่ 14f)



ภาพที่ 14 การเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อต้นของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน จำนวนใบหอก (a) จำนวนใบสองแฉก (b) พื้นที่ใบหอก (c) พื้นที่ใบสองแฉก (d) พื้นที่ใบทั้งหมด (e) และความสูงต้น (e) ของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 2 (ST.2) ลูกผสมสุราษฎร์ธานี 6 (ST.6) และลูกผสมสุราษฎร์ธานี 9 (ST.9) อายุ 3 4 5 6

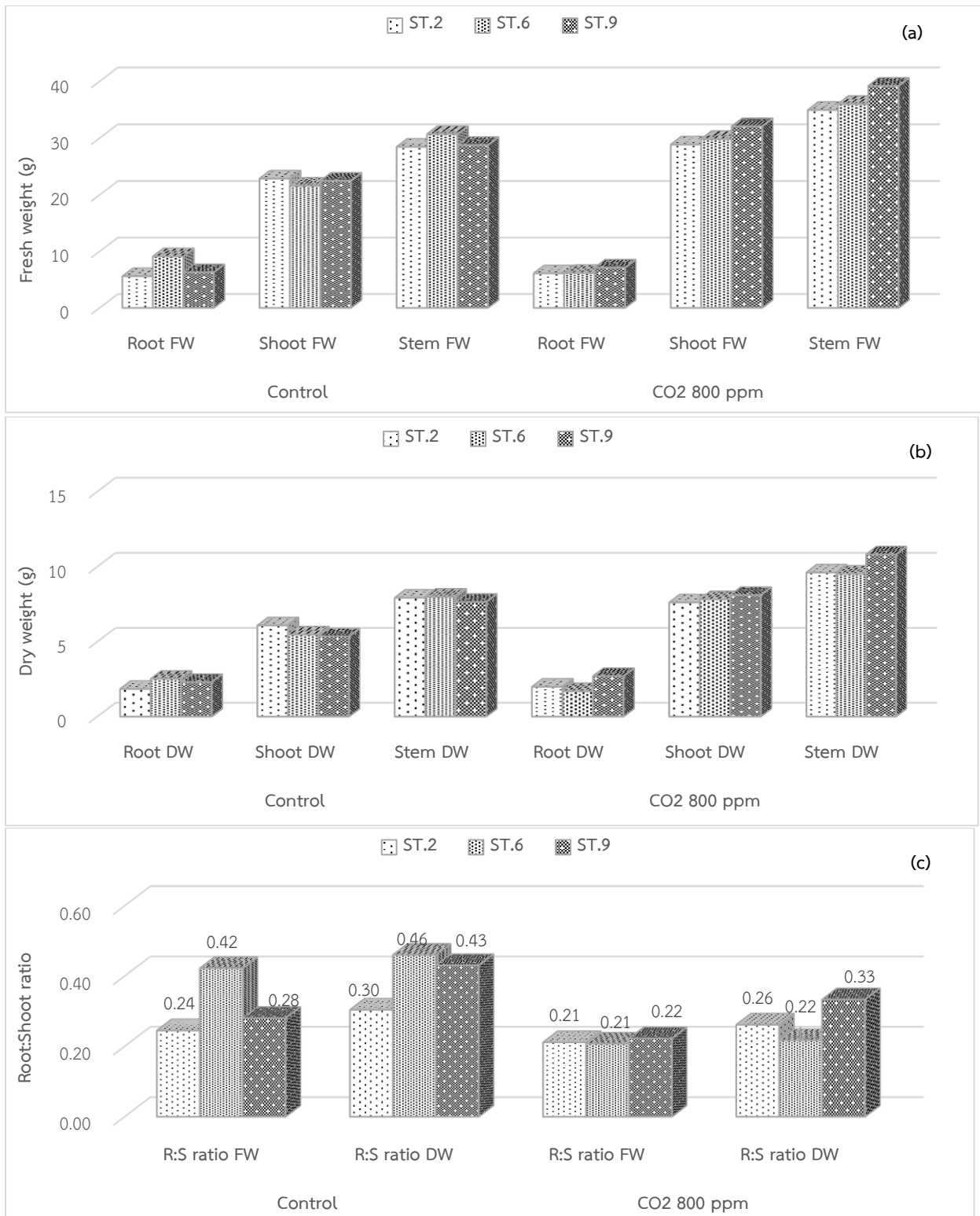
และ 7 เดือน เปรียบเทียบระหว่างสภาพปกติ (Control; CO₂ 420 ppm) และสภาพที่ให้ CO₂ 800 ppm (ให้ CO₂ ที่อายุ 3 เดือน นาน 4 เดือน)

การเก็บข้อมูลมวลชีวภาพของปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 2 6 และ 9 ในสภาพปกติและสภาพที่มีการให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 800 ppm พบว่า

น้ำหนักสดของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน ในสภาพปกติและสภาพที่มีการให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 800 ppm พบว่า น้ำหนักสดรากของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 6 ที่จัดการก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แตกต่างกัน มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ต้นกล้าสภาพปกติมีน้ำหนักรากมากกว่าต้นกล้าที่ได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 800 ppm) แต่ต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 2 และ 9 น้ำหนักสดรากไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อมีการจัดการก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แตกต่างกัน สำหรับน้ำหนักสดของลำต้น (ไม่มีใบ) ใบปาล์มน้ำมัน ส่วนของยอด (รวมลำต้นและใบปาล์มน้ำมัน) และน้ำหนักสดของต้นกล้าปาล์มน้ำมันทั้งต้น ของต้นกล้าปาล์ม น้ำมันทั้ง 3 พันธุ์ ที่มีการจัดการก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แตกต่างกัน พบว่า น้ำหนักสดของลำต้น ใบ ส่วนของยอด (รวมลำต้นและใบปาล์มน้ำมัน) และน้ำหนักสดของต้นกล้าทั้งต้น ของต้นกล้าที่ได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 800 ppm มีค่าสูงกว่าการจัดการแบบปกติ และมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทั้ง 4 ลักษณะ (ภาพที่ 15a)

น้ำหนักแห้งของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน ในสภาพปกติและสภาพที่ให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 800 ppm พบว่า น้ำหนักแห้งรากของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 2 และ 6 มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และอย่างมีนัยสำคัญ ตามลำดับ โดยต้นกล้าสภาพปกติมีน้ำหนักแห้งของรากมากกว่าต้นกล้าที่ได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 800 ppm แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของน้ำหนักแห้งของรากของต้นกล้าปาล์ม น้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 9 สำหรับน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดิน และน้ำหนักแห้งทั้งต้นพบว่ามีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งระหว่างการจัดการก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่แตกต่างของต้นกล้าปาล์มน้ำมันทั้ง 3 พันธุ์ (ภาพที่ 15b)

อัตราส่วนระหว่างรากต่อยอดที่เป็นน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง ในสภาพปกติและสภาพที่มีการให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 800 ppm พบว่า ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของอัตราส่วนระหว่างรากต่อยอดทั้งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 2 และพบว่าอัตราส่วนระหว่างรากต่อยอดช่วงที่เป็นน้ำหนักสดของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 9 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญของน้ำหนักแห้ง สำหรับต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 6 พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทั้งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Ibrahim (2008) ที่รายงานว่า ต้นกล้าปาล์มน้ำมันแต่ละพันธุ์มีการตอบสนองต่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แตกต่างกัน โดยเฉพาะอัตราส่วนระหว่างรากต่อยอด (ภาพที่ 15c)



ภาพที่ 15 น้ำหนักสด (a) น้ำหนักแห้ง (b) และอัตราส่วนระหว่างราก:ยอด (c) ของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสม สุราษฎร์ธานี 2 (ST.2) ลูกผสมสุราษฎร์ธานี 6 (ST.6) และลูกผสมสุราษฎร์ธานี 9 (ST.9) อายุ 6 เดือน เปรียบเทียบระหว่างสภาพปกติ (CO_2 420 ppm) และสภาพที่ให้ CO_2 800 ppm (ให้ CO_2 ที่อายุ 2 เดือน นาน 4 เดือน

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

- ช่วงเวลาที่ต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 7 อายุ 3-6 เดือน สามารถสังเคราะห์แสงหรือมีการตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากที่สุดคือช่วงเวลา 7:00-10:00 น.
- ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 7 มีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุของต้นกล้าที่เพิ่มขึ้น แต่อัตราการเพิ่มขึ้นจะมากขึ้นกับปัจจัยที่ต้นกล้าปาล์มน้ำมันได้รับในช่วงเวลาดังกล่าวด้วย
- ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสมในการเพิ่มอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของต้นกล้าปาล์มน้ำมันคือ อัตรา 1,000 ppm วันละ 3 ชั่วโมง นานอย่างน้อย 4 เดือน
- ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสมในการเพิ่มพื้นที่ใบของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างการให้ในอัตรา 600 800 และ 1,000 ppm วันละ 3 ชั่วโมง นานอย่างน้อย 4 เดือน และพบว่า ต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่ได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นทั้ง 3 อัตรา มีความสูงเพิ่มต่ำกว่าสภาพปกติ ดังนั้นเพื่อเป็นการประหยัดต้นทุน ผู้ประกอบการควรจะให้ในอัตรา 800 ppm ซึ่งจะช่วยลดระยะเวลาในการควบคุมปริมาณการให้ให้ห่างออกไป และสามารถใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้นานขึ้น
- ความเข้มข้นของใบและปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบของต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานีที่ได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น 600 800 และ 1,000 ppm มีแนวโน้มต่ำกว่าต้นกล้าปาล์มน้ำมันที่มีการดูแลตามสภาพปกติ
- ต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 2 6 และ 9 ที่จัดการก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่างกัน พบว่า น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของรากมีการตอบสนองต่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แตกต่างกันตามลักษณะของพันธุ์ แต่ยอดและการเจริญเติบโตทั้งต้นพบว่า ทั้ง 3 พันธุ์ตอบสนองต่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับการจัดการในสภาพปกติ สำหรับอัตราส่วนระหว่างรากต่อยอดพบว่า มีเฉพาะต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 6 การตอบสนองต่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่พบความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งใน แสดงว่า ระบบการพัฒนาของรากสามารถปรับตัวได้ดีกว่าอีก 2 พันธุ์ในการเพิ่มประสิทธิภาพการดูดน้ำและอาหารจากดินในสภาพปกติ

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผู้ประกอบการแปลงเพาะกล้าปาล์มน้ำมันทั้งภาครัฐและเอกชน รวมถึงแปลงเพาะรายย่อยสามารถนำนวัตกรรมการให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไปใช้ในการจัดการเร่งการเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน เพื่อลดระยะเวลาในการวางต้นกล้าปาล์มน้ำมัน ลดต้นทุนการผลิตต้นกล้าปาล์มน้ำมัน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการจัดการต้นกล้าของพืชชนิดอื่นได้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดต้นทุนการผลิต และเป็นการผลิตอย่างยั่งยืน เนื่องจากสามารถลดปริมาณการใช้น้ำลงได้อีก 3-4 เดือนสำหรับการผลิตต้นกล้าปาล์มน้ำมัน เหมาะกับยุคที่สภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงและน้ำใช้ภาคการเกษตรที่มีปริมาณลดลงและจำกัดมากขึ้น

11. คำขอบคุณ (ถ้ามี) : ขอขอบคุณน้อง ๆ พนักงานราชการและลูกจ้างงานจ้างเหมาบริการ ที่ได้ร่วมมือ ร่วมแรง ทั้งกายและใจ ในการดำเนินการงานวิจัยชิ้นนี้ กระทั่งสำเร็จลงด้วยดี

12. เอกสารอ้างอิง

- Anderson, J.M. 2000. "Strategies of Photosynthetic Adaptations and Acclimation." In Probing Photosynthesis: Mechanisms, Regulation and Adaptation. M. Yunus, U. Pathre, P. Mohanty, eds. London.
- Cortes, P., J.M. Espelta, R. Save and C. Biel. . Effects of a nursery CO₂ enriched atmosphere on the germination and seedling morphology of two Mediterranean oaks with contrasting leaf habit. Ph.D. thesis. Autonomous University of Barcelona, Bellaterra (Spain). 333 p.
- Devakumar, A.S., M.S. Shesha Shayee, M. Udayakumar and T.G. Prasad. 1998. Effect of elevated CO₂ concentration on seedling growth rate and photosynthesis in *Hevea brasiliensis*. Journal of Biosciences 23: 33-36.
- Ibrahim, M.H.B. 2008. Carbon dioxide enrichment effects on growth and physiological attributes of oil palm (*Elaeis guineensis*) seedling. Master's thesis, School of Graduate Studies, University Putra Malaysia.
- Jaafar, H.Z.E. and M.H.B. Ibrahim. 2012. Photosynthesis and Quantum Yield of Oil Palm Seedlings to Elevated Carbon Dioxide. In Advances in Photosynthesis-Fundamental Aspects. Chapter 16, pp 331-340.
- Oberbauer, S.F., B.R. Strain and N. Fetcher. 1985. Effect of CO₂-enrichment on seedling physiology and growth of two tropical tree species. Physiol. Plant. 65: 352-356.
- Stoskopf, N.C. 1981. Understanding Crop Production. Reston, VA: Reston Publishing Company, pp 1-12.

13. ภาคผนวก :-