รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

---

1. **แผนงานวิจัย** : วิจัยและพัฒนา งานวิจัยพืชสวนอุตสาหกรรมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชสวนอุตสาหกรรม

2. **โครงการวิจัย** : วิจัยและพัฒนากาแฟ
   กิจกรรม : การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตกาแฟ และวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว

3. **ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย)** : การสำรวจคุณภาพผลผลิตกาแฟอะราบิกาภายใต้ร่มเงาในแหล่งต่างๆ
   ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Survey of Arabica Yield Quality Under Differences Shading

4. **คณะผู้ดำเนินงาน**
   หัวหน้าการทดลอง : นายนฤนาท ชัยรังษี
   ผู้ร่วมงาน
   นางสาวฉัตต์นภา ข่มอาวุธ สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่
   นางสุภัทรา เลิศวัฒนาเกียรติ สังกัด สถาบันวิจัยพืชสวน
   นายโกเมศ สัตยาวุธ สังกัด กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร
   นางสาวสิริพร มะเจี่ยว สังกัด สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1

กรมวิชาการเกษตร

5. บทคัดย่อ

การสำรวจคุณภาพผลผลิตกาแฟอะราบิกาภายใต้ร่มเงาในแหล่งต่างๆ ดำเนินงานในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ เชียงรายและเพชรบูรณ์ ระหว่างปี 2562-2563 โดยการบันทึกข้อมูลทางสรีรวิทยาของกาแฟในสภาพร่มเงาในแหล่งต่างๆ เช่น การสังเคราะห์ด้วยแสง การตอบสนองต่อแสงของใบกาแฟ การคายน้ำ ดัชนีพื้นที่ใบ ฯลฯ และข้อมูลสภาพแวดล้อมในแต่ละระยะการเจริญเติบโต ผลการสำรวจพบว่า กาแฟที่ปลูกในสภาพร่มเงาที่ระยะหลังเก็บเกี่ยว ออกดอก และติดผล มีความเข้มแสงที่ทำให้เกิดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด 315-485 μmol $m^{-2}s^{-1}$ มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด 4.19-9.85 μmol $CO_2m^{-2}s^{-1}$ และมีความเข้มแสงที่ทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเท่ากับอัตราการหายใจ (Light compensation point) มีค่าระหว่าง 19-73 μmol m^{-1} s^{-2} และมีอัตราการหายใจ (R_d) ของใบกาแฟในแต่ละสภาพพื้นที่มีค่าใกล้เคียงกัน ระหว่าง 0.15-1.53 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ด้านดัชนีพื้นที่ใบพบว่ามีลักษณะการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกันในแต่ละพื้นที่ โดยจะมีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในระยะออกดอกและเพิ่มขึ้นในระยะติดผล อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง การคายน้ำ ประสิทธิภาพการใช้น้ำของใบ

กาแฟในสภาพร่มเงาต่างๆมีค่าค่อนข้างต่ำ โดยมีการตอบสนองต่อแสงในรอบวันที่คล้ายคลึงกัน โดยจะมีความแปรปรวนค่อนข้างสูงในรอบวันตามปริมาณความเข้มแสงที่เรือนพุ่มได้รับ การปลูกพืชร่มเงาที่มี ลำต้นสูง ทรงพุ่มหนาทึบ เช่น มะคาเดเมีย นางพญาเสือโคร่ง หรือระบบวนเกษตร มีผลทำให้กาแฟได้รับความเข้มแสงต่ำจนมีค่าใกล้เคียงศูนย์จากความเข้มแสงปกติ (1,800-2,000 μmol m^{-1} s^{-2}) เมื่อเทียบกับพืชร่วมที่มีลำต้นสูง ทรงพุ่มโปร่ง เช่น ซิลเวอร์โอ๊ค พืชตระกูลกระถินที่ต้นกาแฟจะได้รับความเข้มแสงที่สูงกว่า

Abstract

The quality survey of Arabica coffee under shade in various locations in Chiang Mai, Chiang Rai and Phetchabun Province during 2019-2020 had been organised by recording a physiological data of coffee in shaded conditions in different locations such as photosynthesis, light response of the coffee leaf, transpiration, leaf area index, etc., and environmental data at each growth stage. The survey results showed that the coffee grown in shaded conditions at post harvesting, flowering and fruiting had the maximum light intensity between 315-485 μmol $m^{-2}s^{-1}$, having the maximum photosynthesis rate 4.19-9.85 μmol $CO_2m^{-2}s^{-1}$, and the light intensity that made the photosynthesis rate equal to the respiration rate (Light compensation point) was between 19-73 μmol m^{-1} s^{-2} and leaf respiration rate of all locations between 0.15-1.53 μmol $m^{-2}s^{-1}$. Leaf area index (LAI) of each locations had similar pattern which increased from post harvesting stage to fruiting stage. The photosynthesis, transpiration, water use efficiency of coffee leaves in various shade conditions were relatively low with a similar response to the light during the day but the variance was quite high during the day according to the light intensity the canopy received.

Growing shade plants with tall, dense canopy, such as macadamia, *Prunus cerasoides* or in an agroforestry system resulting in the coffee being exposed to low light intensity to near zero from the normal light intensity (1,800-2,000 μmol m^{-1} s^{-2}) comparing to a plant with small leaf and expose canopy such as silver oak, acacia, the coffee would get a higher light intensity.

กรมวิชาการเกษตร

6. คำนำ

กาแฟอะราบิกาเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญมีพื้นที่ปลูกในปี 2562/2563 รวม 87,159 ไร่ พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในภาคเหนือ เนื่องจากกาแฟอะราบิกามีพื้นที่ที่เหมาะสมในการผลิตเชิงคุณภาพบนพื้นที่สูง ซึ่งพื้นที่การผลิตกาแฟอะราบิกามีค่อนข้างจำกัด นอกจากนี้แล้วในเชิงการค้า ในปัจจุบันมีการรับรองการผลิต ได้แก่ Rainforest Alliance , Bird Friendly, Utz และ อินทรีย์ ซึ่งเป็นการสนับสนุนการอนุรักษ์พื้นที่ป่าที่เป็นต้นน้ำลำธาร โดยใช้กระบวนการจัดการแบบมีส่วนร่วมเพื่อให้เกิดการอนุรักษ์และรักษาสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

ทั้งนี้ในการปลูกกาแฟภายใต้ไม้บังร่มกาแฟมีส่วนให้เกิดประโยชน์ต่อสภาพแวดล้อม ในเรื่องการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงการสังเคราะห์แสง ทำให้มีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในเนื้อเยื่อพืช เช่น ลำต้น กิ่งก้าน และราก ดังนั้น ต้นไม้จึงช่วยในการลดก๊าซเรือนกระจกในสภาพบรรยากาศ ซึ่งจะมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ นอกจากนี้มีส่วนช่วยสนับสนุนในการเป็น buffer ทำให้พืชปลูกมีความทนทานสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลง เป็นการสร้าง microclimate ทำให้สภาพแปลงสามารถรักษาความชื้นได้ดี ทนทานต่อสภาพแล้ง การปลูกกาแฟภายใต้ไม้บังร่ม มีข้อได้เปรียบ คือ การควบคุมวัชพืช ลดการออกซิเดชั่น การลดปริมาณสารอินทรีย์ในดิน ลดการติดผลมากเกินไปจนเกิดอาการ die back ลดความเสียหายผลผลิตเนื่องผลกระทบความแห้งแล้งยาวนาน โดยสภาพภายใต้ทรงพุ่ม ระบบราก และการคลุมดิน จะทำให้การสูญเสียหน้าดินลดลงและทำให้อนุรักษ์สภาพดิน

การปลูกกาแฟอะราบิกาปัจจุบันมีการปลูกเป็นพืชเชิงเดี่ยวโดยปลูกกลางแจ้ง และมีปลูกภายใต้ร่มเงาในสภาพป่า หรือปลูกร่วมกับไม้ผลไม้ยืนต้นแต่ยังประสบปัญหาการเลือกชนิดพืชที่เหมาะสมที่จะปลูกร่วมกับกาแฟ การจัดการสภาพแวดล้อมโดยเฉพาะปัจจัยแสงให้เหมาะสม ดังนั้นการศึกษาแนวทางของอิทธิพลของไม้บังร่มเงากับการผลิตกาแฟอะราบิกา โดยเฉพาะปัจจัยด้านแสง ซึ่งมีความสำคัญต่อการออกดอก การสร้างและสะสมอาหารของกาแฟซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อคุณภาพของกาแฟที่จะนำไปปรับใช้ในการจัดการสวนกาแฟเพื่อให้มีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม จึงเป็นแนวทางในการใช้พื้นที่อย่างยั่งยืน โดยมีความสอดคล้องกับยุทธศาสตร์กาแฟอะราบิกา ในกลยุทธ์ เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและพัฒนาคุณภาพผลผลิตโดยไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม

7. วิธีดำเนินการ :

- อุปกรณ์
    - แปลงกาแฟอะราบิกาที่ปลูกในสภาพร่มเงาในแหล่งต่างๆ
    - แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป
    - เครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง (Li-Cor 6400, Licoln, Nebraska USA)
    - เซ็นเซอร์วัดแสง (Quantum sensor/lux meter)
    - เครื่องวัดความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll meter รุ่น SPAD-502, Minolta)
    - เครื่องวัดดัชนีพื้นที่ใบ (LAI-2200C, Licoln, Nebraska USA)
    - เครื่องตรวจวัดข้อมูลอุตุนิยมวิทยา (EL-USB-2 Data logger, Kwun Tong, Kowloon, Hong Kong)
    - เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นบรรยากาศ
    - เครื่องชั่งน้ำหนักความละเอียดทศนิยม 2 ตำแหน่ง
    - เครื่องวัดพิกัด (GPS)
- วิธีการ

กรมวิชาการเกษตร

1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลแปลงเกษตรกรที่ปลูกในไม้ร่มเงาในแหล่งต่างๆ เพื่อเก็บข้อมูลชนิดไม้ร่มเงาที่ใช้ในสภาพธรรมชาติ และกำหนดพื้นที่เป้าหมายในการสำรวจ โดยเน้นที่แหล่งปลูกหลักที่สำคัญ ได้แก่ เชียงใหม่ เชียงราย เพชรบูรณ์

2. กำหนดเครื่องมือในการวิจัย คือ ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกร สภาพพื้นที่ปลูกกาแฟ (ลักษณะดิน ความลาดชัน ความสูงจากระดับน้ำทะเล) พันธุ์กาแฟที่ใช้ แหล่งที่มา

3. วัดความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ บริเวณทรงพุ่ม และอุณหภูมิดิน

4. เก็บตัวอย่างดินในแปลงกาแฟวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี

5. ข้อมูลการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อสภาพแวดล้อมของกาแฟ

5.1 วัดอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ (net assimilation rate) การคายน้ำ การนำไหลน้ำของปากใบ (stomatal conductance) อุณหภูมิใบ การหายใจในที่มืด (Dark respiration) โดยคัดเลือกใบที่สมบูรณ์ที่อยู่กลางทรงพุ่มคู่ที่ 3-4 (Frank และ Vaast, 2009) ด้วยเครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์แสง (Li-cor 6400) และปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ (Chlorophyll meter) เก็บตัวอย่างใบที่วัดไปวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณไนโตรเจน

5.2 ศึกษาการตอบสนองต่อแสง โดยกำหนดความเข้มแสงให้มีค่าต่างกันตั้งแต่ 0-2,000 μmol $CO_2 m^{-2} s^{-1}$

ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์หาค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองต่อแสง ด้วยแบบจำลอง non-rectangular hyperbola (Johnson และคณะ, 1989) โดยมีรูปแบบสมการดังนี้

$$P_n = [\alpha I + P_{max}) - ((\alpha I + P_{max})^2 - 4\ \alpha I \theta\ P_{max}))^{1/2}]/2\theta - R_d$$

เมื่อ P_n คือ อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ (net photosynthetic rate, μmol $CO_2 m^{-2} s^{-1}$)

I คือ ความเข้มแสง (photosynthetic photon flux, μmol $m^{-2}\ s^{-1}$)

P_{max} คือ อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิสูงสุด (maximum photosynthetic rate, μmol $CO_2 m^{-2} s^{-1}$)

α คือ ความชันเริ่มต้นของการตอบสนองต่อแสง (initial slope of the curve or quantum efficiency, , μmol CO_2/ μmolPPF)

θ คือ ค่าควบคุมความโค้งของเส้นกราฟ (convexity parameter) $0 \leq \theta \leq 1$

R_d คือ อัตราการหายใจในความมืด (dark respiration, μmol $CO_2 m^{-2} s^{-1}$)

5.3 วัดค่าดัชนีความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ของใบหลังจากวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง ด้วยเครื่อง Chlorophyll meter คำนวณหาสัดส่วนของน้ำหนักแห้งต่อพื้นที่ใบ (Specific Leaf Weight) ตามวิธีของ Gardner และคณะ (1985)

6. ศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพผลผลิต ได้แก่ อุตุนิยมวิทยา ความอุดมสมบูรณ์ของดิน เป็นต้น

กรมวิชาการเกษตร

7. วิเคราะห์ข้อมูล โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสภาพแวดล้อมโดยเฉพาะปัจจัยแสง สภาพร่มเงาที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง การคายน้ำของใบกาแฟในระยะต่างๆ

- การบันทึกข้อมูล
  1. พื้นที่ ได้แก่ พิกัดแปลง พื้นที่ ความลาดชัน ความสูงจากระดับน้ำทะเล ชนิดพืชร่วมระบบกาแฟ
  2. ด้านเกษตร ได้แก่ พันธุ์กาแฟ ระบบการปลูก ระยะปลูก อายุ ความสูงและขนาดลำต้น การออกดอก
  3. ด้านสรีรวิทยาพืช ได้แก่ อัตราการสังเคราะห์แสง การคายน้ำ การนำไหลของปากใบ การตอบสนองต่อแสง ดัชนีพื้นที่ใบ พื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งของใบกาแฟ
  4. สภาพแวดล้อม ความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้นบรรยากาศ คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน

- เวลาและสถานที่ เริ่มต้น 2562 – สิ้นสุด 2563

สถานที่ทำการทดลอง

- ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง แม่จอนหลวง) อ.แม่วาง อ.แม่แจ่ม จ.เชียงใหม่
- ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเชียงราย อ.แม่สรวย จ.เชียงราย
- ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ อ.เขาค้อ จ.เพชรบูรณ์
- สถานีพัฒนาเกษตรที่สูงตามพระราชดำริปางขอน อ.เมือง จ.เชียงราย

กรมวิชาการเกษตร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

ปี 2562

8.1 คัดเลือกพื้นที่แปลงกาแฟอะราบิกาเพื่อบันทึกข้อมูล จำนวน 3 แห่ง

1. ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) ที่อยู่ หมู่ 10 ตำบลแม่วิน อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงราย
   พิกัด X: 47Q 447627 Y: 2060096 ความสูงจากระดับน้ำทะเล 1,413 เมตร
   พืช: พืชหลัก กาแฟ ระยะปลูก 2x2 เมตร ความสูงเฉลี่ย 2.56 เมตร ขนาดทรงพุ่ม 2.32 เมตร
   พืชร่วม มะคาเดเมีย ระยะปลูก 7X7 เมตร สูง 6.5 เมตร ขนาดทรงพุ่ม 7.2 เมตร
   แนวปลูก ตะวันออก-ตะวันตก พื้นที่ลาดชันจากใต้-เหนือ
2. ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเชียงราย ที่อยู่ หมู่ 3 ตำบลวาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย
   พิกัด X: 47Q 559381 Y: 2190291 ความสูงจากระดับน้ำทะเล 1,407 เมตร
   พืช: พืชหลัก กาแฟ ระยะปลูก 2x2 เมตร ความสูงเฉลี่ย 2.50 เมตร ขนาดทรงพุ่ม 1.94 เมตร
   พืชร่วม มะคาเดเมีย ระยะปลูก 7X7 เมตร สูงเฉลี่ย 7 เมตร ขนาดทรงพุ่ม 6 เมตร

แนวปลูก ตะวันออก-ตะวันตก พื้นที่ลาดชัน ภายในหุบเขา พื้นที่ลาดชันจากตะวันออก-ตะวันตก

3. ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ ที่อยู่ 51 หมู่ที่ 3 ตำบลสะเดาะพง อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์

พิกัด X: 47Q 709490 Y: 1834907 ความสูงจากระดับน้ำทะเล 736 เมตร

พืช: พืชหลัก กาแฟ ระยะปลูก 2x2 เมตร ความสูงเฉลี่ย 1.86 เมตร ขนาดทรงพุ่ม 1.53 เมตร

พืชร่วม มะคาเดเมีย ระยะปลูก 7X7 เมตร สูง 8 เมตรขนาดทรงพุ่ม 7.5 เมตร

แนวปลูก ตะวันออก-ตะวันตก พื้นที่ลาดชันจากตะวันออก-ตะวันตก

8.2 ติดตั้งและบันทึกข้อมูลด้านสภาพแวดล้อมในแปลงได้แก่ อุณหภูมิ และความชื้นบรรยากาศ

8.2.1 บันทึกความเข้มแสงในทรงพุ่ม เก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี และความชื้นดิน (ภาพผนวกที่ 1)

8.2.2 บันทึกข้อมูลด้านสรีรวิทยา ได้แก่ การตอบสนองต่อแสงของใบกาแฟ การสังเคราะห์แสง การคายน้ำของใบกาแฟในรอบวัน ดัชนีพื้นที่ใบ พื้นที่ใบ ในระยะหลังการเก็บเกี่ยว (ภาพผนวกที่ 2)

8.3 บันทึกข้อมูลด้านสรีรวิทยาและข้อมูลด้านสภาพแวดล้อมของแปลงกาแฟหลังการเก็บเกี่ยวในช่วงเดือน ธันวาคม 2561-มกราคม 2562 แปลงกาแฟอะราบิกา พันธุ์เชียงใหม่ 80 ในพื้นที่ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเชียงราย และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์

ผลวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีดินของแปลงกาแฟอะราบิกา พบว่าดินมี pH 4.55-5.05 อินทรียวัตถุ 2.00-5.80 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 104-584 mg/kg โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ 141-399 mg/kg แคลเซียม 187-417 mg/kg และแมกนีเซียม 28-67 mg/kg (ตารางที่ 1)

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 1 ผลวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีดินของแปลงกาแฟอะราบิกา พื้นที่จ.เชียงใหม่ เพชรบูรณ์ และเชียงราย

สถานที่	pH	อินทรียวัตถุ	N (%)	Avai P (mg/kg)	Avai K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)
เชียงใหม่ (ขุนวาง)	4.80	5.15	0.26	104	399	187	28
เชียงราย (วาวี)	4.55	5.80	0.29	584	141	272	48
เพชรบูรณ์ (เขาค้อ)	5.05	2.00	0.10	108	159	417	67

8.4 การเปลี่ยนแปลงด้านสรีรวิทยาและสภาพแวดล้อมของกาแฟในระยะหลังการเก็บเกี่ยว

ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) มีมะคาเดเมียเป็นพืชร่วมกาแฟ พืชร่วม มะคาเดเมีย ระยะปลูก 7X7 เมตร สูง 6.5 เมตร ขนาดทรงพุ่ม 7.2 เมตร จากการวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงในรอบวันพบว่า อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของใบกาแฟค่อนข้างต่ำและมีความแปรปรวนในรอบวันขึ้นอยู่กับปริมาณแสงที่ได้รับ โดยมีค่าติดลบทั้งในช่วงเช้า ช่วงกลางวัน และช่วงบ่าย ซึ่งหมายถึงใบนั้นๆมีการหายใจและปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จนถึงมีค่าบวก พบว่ามีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิและอัตราการหายใจสูงสุดในช่วงเช้า (ตารางที่ 2) เช่นเดียวกับอัตราการคายน้ำ และการนำไหลของปากใบกาแฟที่มีความสัมพันธ์ทางบวกกับอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง ด้านประสิทธิภาพการใช้น้ำของใบกาแฟพบว่ามีค่าสูงสุดในช่วงเช้าและลดลงในช่วงกลางวันและเพิ่มขึ้นอีกครั้งในช่วงบ่าย ด้านความเขียวของใบพบว่าใบมีค่าความเขียวสูงสุด 85.8 ต่ำสุด 59.9 และเฉลี่ย 73.7 ส่วนค่าดัชนีพื้นที่ใบเท่ากับ 2.29-6.15 และ Specific leaf weight (SLW) ซึ่งจะเป็นตัวบ่งบอกการสะสมหรือเคลื่อนย้ายธาตุอาหารของใบกาแฟซึ่งจะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและช่วงเวลาการเจริญเติบโต โดยพบว่าใบมีค่า SLW 5.1-10.9 mg/cm^2 อุณหภูมิรอบวัน 13.1-27.5 องศาเซลเซียส ความเข้มของแสงนอกทรงพุ่ม 513-1566 μmol m^{-2}s^{-1} ดินมีความชื้น 6.7-16.2% (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ข้อมูลด้านสรีรวิทยาและสภาพแวดล้อมในแปลงกาแฟหลังเก็บเกี่ยว ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) ต.แม่วิน อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่

พารามิเตอร์		เช้า (07.00-09.00 น.)	กลางวัน (11.00-13.00 น.)	บ่าย (15.00-17.00 น.)
- อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ (Pn: μmol CO_2m^{-2}s^{-1})		(-4.78) - 10.03	(-1.12) - 3.88	(-0.96) - 4.93
- อัตราการคายน้ำ (Tr: mmol H_2O m^{-2}s^{-1})		0.04 - 2.79	0.08 - 2.20	0.04 - 1.47
- การนำไหลของปากใบ (g_s: mmol H_2O m^{-2}s^{-1})		0.004 - 0.27	0.004 - 0.16	0-002 - 0.10
- ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (WUE:mmol CO_2/ mmol H_2O)		0.34 - 2.61	0.23 - 1.13	0.34 - 2.60
ความเขียวของใบ (SPAD)	ความเขียวของใบ		59.9 – 85.8	
	ความเขียวของใบเฉลี่ย		73.7	
Leaf Area Index	LAI		2.29 – 6.15	
	LAI เฉลี่ย		4.04	
Specific Leaf Weight (SLW: mg/cm^{-2})				
	SLW		5.1 - 10.9	
	SLW เฉลี่ย		7.94	
อุณหภูมิ (°C)	อุณหภูมิสูงสุด	23.2	27.5	23.7

กรมวิชาการเกษตร

พารามิเตอร์		เช้า (07.00-09.00 น.)	กลางวัน (11.00-13.00 น.)	บ่าย (15.00-17.00 น.)
	อุณหภูมิต่ำสุด	13.1	18.8	21.7
	อุณหภูมิเฉลี่ย	18.5	24.5	23.1

ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเชียงราย ต.วาวี อ.แม่สรวย จ.เชียงราย จากการวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงในรอบวันพบว่า ในช่วงเช้า ช่วงกลางวัน และช่วงบ่ายใบกาแฟมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงที่มีค่าเป็นบวกและติดลบ พบว่ามีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิสูงสุดในช่วงเช้า และมีอัตราการหายใจสูงสุดในช่วงบ่าย (ตารางที่ 2) และมีอัตราการคายน้ำสูงสุดในช่วงเวลากลางวัน มีการนำไหลของปากใบกาแฟในรอบวันค่อนข้างต่ำ ด้านประสิทธิภาพการใช้น้ำของใบกาแฟพบว่ามีค่าสูงสุดในช่วงกลางวัน ด้านความเขียวของใบพบว่าใบมีค่าความเขียวสูงสุดเท่ากับ 85.5 ต่ำสุดเท่ากับ 59.7 และเฉลี่ย 73.0 ส่วนค่าดัชนีพื้นที่ใบอยู่ระหว่าง 1.99-5.33 และมีค่า SLW 3.2-14.2 mg/cm^{-2} มีปริมาณไนโตรเจนในใบ 6.00-9.36% อุณหภูมิรอบวัน 19.7-27.8 องศาเซลเซียส ความเข้มของแสงนอกทรงพุ่ม 411-1,373 μmol m^{-2}s^{-1} ดินมีความชื้น 8.1-32.6% (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ข้อมูลด้านสรีรวิทยาและสภาพแวดล้อมในแปลงกาแฟหลังเก็บเกี่ยว ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย อ.แม่สรวย จ.เชียงราย

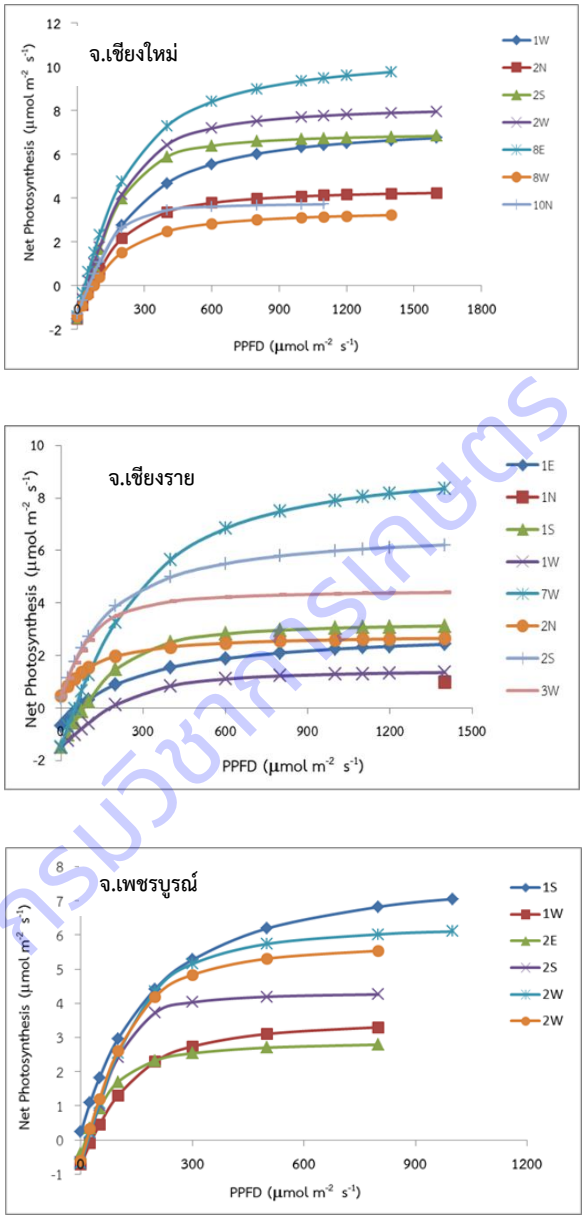
พารามิเตอร์		เช้า (07.00-09.00 น.)	กลางวัน (11.00-13.00 น.)	บ่าย (15.00-17.00 น.)
อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ (Pn: μmol CO_2m^{-2}s^{-1})		(-1.20) - 6.60	(-1.49) - 5.96	(-2.04) - 2.35
อัตราการคายน้ำ (Tr: mmol H_2O m^{-2}s^{-1})		0.04 - 1.30	0.07 - 1.88	(-0.28) - 1.48
การนำไหลของปากใบ (g_s: mmol H_2O m^{-2}s^{-1})		0.003 - 0.14	0.01 - 0.14	0.007 - 0.09
ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (WUE:mmol CO_2/ mmol H_2O)		0.12 - 2.88	0.61 - 5.80	0.06 - 4.52
ความเขียวของใบ (SPAD)	ความเขียวของใบ		59.7 – 85.5	
	ความเขียวของใบเฉลี่ย		73.0	
ดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf Area Index:LAI)	LAI		1.99 – 5.33	
	LAI เฉลี่ย		3.53	
Specific Leaf Weight (SLW: mg/cm^{-2})	SLW		3.23 - 14.02	
	SLW เฉลี่ย		7.95	
อุณหภูมิ (°C)	อุณหภูมิสูงสุด	25.6	26.6	27.8
	อุณหภูมิต่ำสุด	19.7	20.1	22.5
	อุณหภูมิเฉลี่ย	22.2	24.4	25.5

กรมวิชาการเกษตร

พารามิเตอร์		เช้า (07.00-09.00 น.)	กลางวัน (11.00-13.00 น.)	บ่าย (15.00-17.00 น.)
ความเข้มของแสงนอกทรงพุ่ม (μmol $m^{-2}s^{-1}$)		492	1,373	411
ความเข้มของแสงในทรงพุ่ม (μmol $m^{-2}s^{-1}$)				
	ความเข้มแสงสูงสุด	492.0	291.7	52.2
	ความเข้มแสงต่ำสุด	0.1	0.1	0.0
	ความเข้มแสงเฉลี่ย	32.0	44.0	10.5
ความชื้นดิน (%)	ความชื้นดินสูงสุด		8.1 - 32.6	
	ความชื้นดินเฉลี่ย		16.1	

8.5 การตอบสนองต่อแสงของใบกาแฟอะราบิการะยะหลังการเก็บเกี่ยว

วัดอัตราการสังเคราะห์แสงในช่วงหลังการเก็บเกี่ยวที่ความเข้มแสงต่างๆ คือ 2000 1800 1500 1200 100 800 500 300 200 100 75 50 25 และ 0 μmol $m^{-2}s^{-1}$ พบว่า หากเริ่มวัดการตอบสนองต่อแสงที่อัตราความเข้มแสง สูง 1500-2000 μmol $m^{-2}s^{-1}$ จะทำให้ปากใบกาแฟปิดอัตราการสังเคราะห์แสงลดลง เนื่องจากแปลงกาแฟทั้ง 3 แห่ง ปลูกในสภาพที่มีร่มเงาใบกาแฟปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่มีแสงน้อยเมื่อให้แสงที่มีความเข้มแสงสูงอาจทำให้เกิด photo inhibition ได้ ในการบันทึกข้อมูลจึงได้ปรับความเข้มแสงสูงที่สุดที่ 1200 μmol $m^{-2}s^{-1}$ หรือต่ำกว่าขึ้นอยู่กับการตอบสนองของใบ ผลการศึกษาในแปลงกาแฟศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเพชรบูรณ์ พบว่า อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบกาแฟในแต่ละทิศ มีลักษณะคล้ายคลึงกันคือมีการตอบสนองต่อแสงในทางบวกและมีลักษณะอิ่มตัว (Saturating curve) โดยมี light compensation point อยู่ในช่วง 12.95-29.42 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ส่วน Light Saturation point อยู่ที่ 183-830 μmolCO_2 $m^{-2}s^{-1}$ มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิสูงสุดระหว่าง 3.32-7.85 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ในส่วนของพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่พบว่า มี light compensation point อยู่ในช่วง 33.7-74.5 μmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ ส่วน Light Saturation point อยู่ที่ 281-664 μmol $m^{-2}s^{-1}$ และมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิสูงสุดระหว่าง 4.93-12.17 μmol $CO_2m^{-2}s^{-1}$ ส่วนพื้นที่จังหวัดเชียงราย มี light compensation point อยู่ในช่วง 8.95-83.8 μmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ ส่วน Light Saturation point อยู่ที่ 249-761 μmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ และมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิสูงสุดระหว่าง 3.21-9.30 μmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ ซึ่งพารามิเตอร์แต่ละตัวจะมีความแตกต่างกันตามในแต่ละทิศของใบในทรงพุ่มที่ได้รับความเข้มแสงแตกต่างกัน (ภาพที่ 1)



กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 1 การตอบสนองต่อแสงของใบกาแฟในทิศต่างๆ ช่วงหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตกาแฟ ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่(ขุนวาง) ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเชียงราย (วาวี) และศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ (เขาค้อ)

หมายเหตุ: N = ทิศเหนือ E = ทิศตะวันออก S = ทิศใต้ W = ทิศตะวันตก

8.6 การเปลี่ยนแปลงด้านสรีรวิทยาและสภาพแวดล้อมของกาแฟในระยะออกดอก

ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) จากการบันทึกข้อมูลด้านสรีรวิทยาและข้อมูลสภาพแวดล้อมของแปลงกาแฟในรอบวันช่วงออกดอก พบว่าใบกาแฟมีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงที่สุดในช่วงกลางวัน และมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงติดลบ หรือใบมีการหายใจสูงสุดในช่วงเช้า (ตารางที่ 4) ส่วนอัตราการคายน้ำจะเพิ่มขึ้นในช่วงเช้าและมีค่าสูงสุดในช่วงกลางวัน ส่วนการนำไหลของปากใบกาแฟมีค่าสูงสุดในช่วงกลางวันและมีความสัมพันธ์ทางบวกกับอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง ด้านประสิทธิภาพการใช้น้ำของใบกาแฟพบว่ามีค่าสูงสุดในช่วงเช้าและลดลงในช่วงกลางวันจนถึงช่วงบ่าย ด้านความเขียวของใบพบว่าใบมีค่าความเขียวสูงสุดเท่ากับ 95.8 ต่ำสุด 56.4 และเฉลี่ย 76.0 ส่วนค่าดัชนีพื้นที่ใบเท่ากับ 1.16-5.62 และ Specific leaf weight (SLW) ซึ่งจะเป็นตัวบ่งบอกการสะสมหรือเคลื่อนย้ายธาตุอาหารของใบกาแฟซึ่งจะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและช่วงเวลาการเจริญเติบโต โดยพบว่าใบมีค่า SLW 0.0045-0.0129 mg/cm^{-2} มีปริมาณไนโตรเจนในใบร้อยละ 2.36-3.4 อุณหภูมิรอบวัน 22.67-33.04 องศาเซลเซียส ความเข้มของแสงนอกทรงพุ่ม 202-2,000 μmol m^{-2}s^{-1} ความเข้มแสงในทรงพุ่ม 2-1,999 μmol m^{-2}s^{-1} ดินมีความชื้นร้อยละ 16.4-40.4 (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ข้อมูลด้านสรีรวิทยาและสภาพแวดล้อมในแปลงกาแฟระยะออกดอก ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) ต.แม่วาง อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่

พารามิเตอร์	เช้า (07.00-09.00 น.)	กลางวัน (11.00-13.00 น.)	บ่าย (15.00-17.00 น.)
- อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ (Pn: μmol CO_2m^{-2}s^{-1})	(-2.27) – 7.49	(-0.69) – 12.30	(-0.72)- 8.22
- อัตราการคายน้ำ (Tr: mmol H_2O m^{-2}s^{-1})	0.04 – 1.41	0.34 – 3.85	0.09 – 2.93
- การนำไหลของปากใบ (g_s: mmol H_2O m^{-2}s^{-1})	0.006 – 0.10	0.014 – 0.18	0.004 – 0.11
- ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (WUE:mmol CO_2/ mmol H_2O)	(-4.72) – 12.83	(-0.50) – 6.44	(-3.98) – 6.51
ความเขียวของใบ (SPAD)ความเขียวของใบ		56.4 – 95.8	
ความเขียวของใบเฉลี่ย		76.0	
Leaf Area Index LAI		1.16 – 5.72	
LAI เฉลี่ย		3.66	

พารามิเตอร์		เช้า (07.00-09.00 น.)	กลางวัน (11.00-13.00 น.)	บ่าย (15.00-17.00 น.)
Specific Leaf Weight (SLW: mg/cm^{-2})SLW			0.0045-0.0129	
	SLW เฉลี่ย		0.0083	
ปริมาณไนโตรเจนในใบ (%)	%N		2.36 – 3.46	
	%N เฉลี่ย		3.05	
อุณหภูมิ (°C)	อุณหภูมิสูงสุด	27.86	33.04	35.52
	อุณหภูมิต่ำสูด	22.67	27.90	29.72
	อุณหภูมิเฉลี่ย	26.55	30.93	32.47
ความเข้มของแสงนอกทรงพุ่ม (μmol m^{-2}s^{-1})		202	2,000	880
ความเข้มของแสงในทรงพุ่ม (μmol m^{-2}s^{-1})				
	ความเข้มแสงสูงสุด	202	1,999	365
	ความเข้มแสงต่ำสุด	2	12	4
	ความเข้มแสงเฉลี่ย	56.2	799.5	81.2
ความชื้นดิน (%)	ความชื้นดิน		16.4-40.4	
	ความชื้นดินเฉลี่ย		27.9	

ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเชียงราย ต.วาวี อ.แม่สรวย จ.เชียงราย จากการบันทึกข้อมูลด้านสรีรวิทยาและข้อมูลสภาพแวดล้อมของแปลงกาแฟในรอบวันระยะออกดอก พบว่าใบกาแฟมีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงที่สุดในช่วงกลางวัน และมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงติดลบ หรือใบมีการหายใจสูงสุดในช่วงกลางวัน (ตารางที่ 5) ส่วนอัตราการคายน้ำจะเพิ่มขึ้นในช่วงเช้าและมีค่าสูงสุดในช่วงบ่าย ส่วนการนำไหลของปากใบกาแฟมีค่าสูงสุดในช่วงเช้า ด้านประสิทธิภาพการใช้น้ำของใบกาแฟพบว่ามีค่าสูงสุดในช่วงกลางวันและลดลงในช่วงบ่าย ด้านความเขียวของใบพบว่าใบมีค่าความเขียวสูงสุดเท่ากับ 87.7 ต่ำสุด 59.9 และเฉลี่ย 73.06 ส่วนค่าดัชนีพื้นที่ใบเท่ากับ 0.95-4.82 และ Specific leaf weight (SLW) ซึ่งจะเป็นตัวบ่งบอกการสะสมหรือเคลื่อนย้ายธาตุอาหารของใบกาแฟซึ่งจะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและช่วงเวลาการเจริญเติบโต โดยพบว่าใบมีค่า SLW 0.0045-0.0130 mg/cm^{-2} มีปริมาณไนโตรเจนในใบร้อยละ 3.30-4.05 อุณหภูมิรอบวัน 20.33-34.24 องศาเซลเซียส ความเข้มของแสงนอกทรงพุ่ม 282-694 μmol m^{-2}s^{-1} ความเข้มแสงในทรงพุ่ม 2-694 μmol m^{-2}s^{-1} ดินมีความชื้นร้อยละ 11.1-39.3 (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ข้อมูลด้านสรีรวิทยาและสภาพแวดล้อมในแปลงกาแฟระยะออกดอก ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย อ.แม่สรวย จ.เชียงราย

กรมวิชาการเกษตร

พารามิเตอร์		เช้า (07.00-09.00 น.)	กลางวัน (11.00-13.00 น.)	บ่าย (15.00-17.00 น.)
อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ (Pn: μmol $CO_2m^{-2}s^{-1}$)		(-1.72) – 4.50	(-2.01) – 5.45	(-1.53) – 3.17
อัตราการคายน้ำ (Tr: mmol H_2O $m^{-2}s^{-1}$)		0.025 – 1.93	0.013 – 1.27	0.014 – 1.99
การนำไหลของปากใบ (g_s: mmol H_2O $m^{-2}s^{-1}$)		0.0013 – 0.0823	0.0006 – 0.051	0.0003 – 0.061
ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (WUE:mmol CO_2/ mmol H_2O)		(-8.02) – 9.84	(-9.04) – 16.10	(-3.47) – 7.85
ความเขียวของใบ (SPAD)ความเขียวของใบ			59.9-87.7	
ความเขียวของใบเฉลี่ย			73.06	
ดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf Area Index:LAI)	LAI		0.95 – 4.82	
	LAI เฉลี่ย		3.31	
Specific Leaf Weight (SLW: mg/cm^{-2})				
	SLW ต่ำสุด-สูงสุด		0.0045 – 0.0130	
	SLW เฉลี่ย		0.007	
ปริมาณไนโตรเจนในใบ (%)	%N		3.30-4.05	
	%N เฉลี่ย		3.66	
อุณหภูมิ (°C)	อุณหภูมิสูงสุด	31.86	33.32	34.24
	อุณหภูมิต่ำสุด	20.33	20.33	20.33
	อุณหภูมิเฉลี่ย	29.18	30.83	30.86
ความเข้มของแสงนอกทรงพุ่ม (μmol $m^{-2}s^{-1}$)		282	694	305
ความเข้มของแสงในทรงพุ่ม (μmol $m^{-2}s^{-1}$)				
	ความเข้มแสงสูงสุด	282	694	305
	ความเข้มแสงต่ำสุด	3	7	2
	ความเข้มแสงเฉลี่ย	38	110	36
ความชื้นดิน (%)	ความชื้นดินสูงสุด		39.3	
	ความชื้นดินต่ำสุด		11.1	
	ความชื้นดินเฉลี่ย		27.6	

กรมวิชาการเกษตร

ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ จากการบันทึกข้อมูลด้านสรีรวิทยาและข้อมูลสภาพแวดล้อมของแปลงกาแฟในรอบวันช่วงออกดอก พบว่าใบกาแฟมีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงที่สุดในช่วงเช้าหลังจากนั้นจะลดลงในช่วงกลางวันและช่วงบ่าย (ตารางที่ 6) ส่วนอัตราการคายน้ำจะเพิ่มขึ้นในช่วงเช้าและมีค่าสูงสุดในช่วงบ่าย ส่วนการนำไหลของปากใบกาแฟมีค่าสูงสุดในช่วงเช้าและมีความสัมพันธ์ทางบวกกับอัตราการสังเคราะห์ด้วย

แสง ด้านประสิทธิภาพการใช้น้ำของใบกาแฟพบว่ามีค่าสูงสุดในช่วงเช้าและลดลงในช่วงกลางวันจนถึงช่วงบ่าย ด้านความเขียวของใบพบว่าใบมีค่าความเขียวสูงสุดเท่ากับ 78.8 ต่ำสุดเท่ากับ 56.0 และเฉลี่ย 69.35 ส่วนค่าดัชนีพื้นที่ใบเท่ากับ 3.59-4.64 และ Specific leaf weight (SLW) มีค่า 0.0045-0.0083 mg/cm^{-2} อุณหภูมิรอบวัน 16.4-28.3 องศาเซลเซียส ความเข้มของแสงนอกทรงพุ่ม 302-1685 μmol m^{-2}s^{-1} ความเข้มแสงในทรงพุ่ม 0-656 μmol m^{-2}s^{-1} ดินมีความชื้นร้อยละ 8.10-13.55 (ตารางที่ 6)

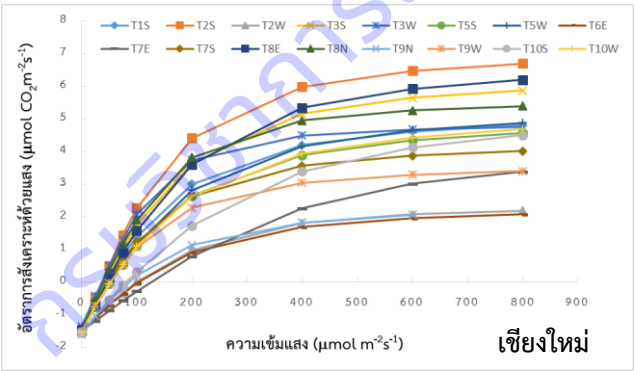
ตารางที่ 6 ข้อมูลด้านสรีรวิทยาและสภาพแวดล้อมในแปลงกาแฟระยะออกดอก ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ ต.สะเดาะพง อ.เขาค้อ จ.เพชรบูรณ์

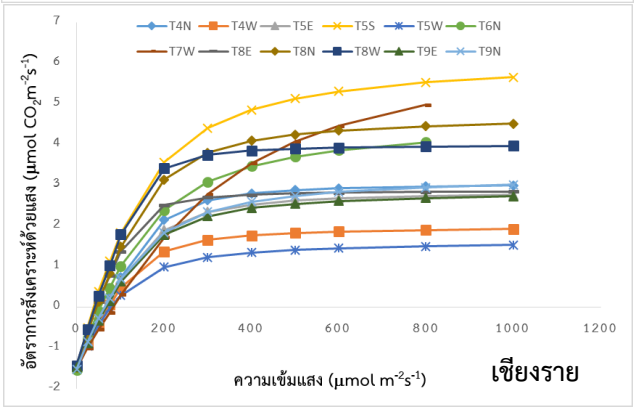
พารามิเตอร์		เช้า (07.00-09.00 น.)	กลางวัน (11.00-13.00 น.)	บ่าย (15.00-17.00 น.)
- อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ (Pn: μmol CO_2m^{-2}s^{-1})		(-1.60)- 4.84	(-2.42) – 2.94	(-0.88) – 2.68
- อัตราการคายน้ำ (Tr: mmol H_2O m^{-2}s^{-1})		0.06-1.12	0.13-1.33	0.07-2.12
- การนำไหลของปากใบ (g_s: mmol H_2O m^{-2}s^{-1})		0.004-0.07	0.004-0.04	0.001-0.06
- ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (WUE:μmol CO_2/ mmol H_2O)		(-15.5) – 15.38	(-3.16) – 7.04	(-7.78) – 3.66
ความเขียวของใบ (SPAD)	ความเขียวของใบ		56.0-78.8	
	ความเขียวของใบเฉลี่ย		69.35	
Leaf Area Index	LAI		3.59-4.64	
	LAI เฉลี่ย		4.086	
Specific Leaf Weight (SLW: mg/cm^{-2})	SLW		0.0045-0.0083	
	SLW เฉลี่ย		0.0057	
อุณหภูมิ (°C)	อุณหภูมิสูงสุด	23.32	28.23	24.17
	อุณหภูมิต่ำสูด	16.4	19.51	21.48
	อุณหภูมิเฉลี่ย	19.33	24.93	22.77
ความเข้มของแสงนอกทรงพุ่ม (μmol m^{-2}s^{-1})		302	1,685	1,019
ความเข้มของแสงในทรงพุ่ม (μmol m^{-2}s^{-1})				
	ความเข้มแสงสูงสุด	9	656	509
	ความเข้มแสงต่ำสุด	0	0	0
	ความเข้มแสงเฉลี่ย	1.35	46.35	32.13
ความชื้นดิน (%)	ความชื้นดิน		8.10-13.55	
	ความชื้นดินเฉลี่ย		10.13	

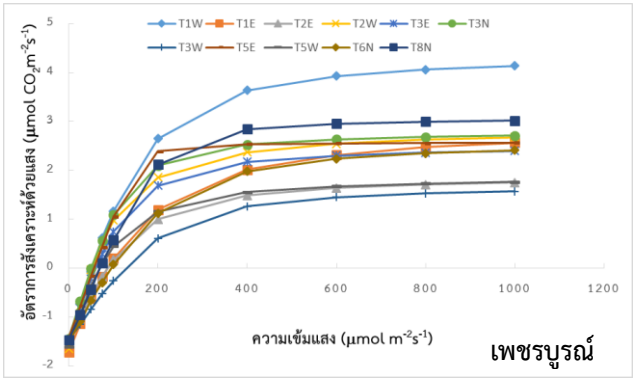
8.7 การตอบสนองต่อแสงของใบกาแฟในระยะออกดอก

กรมวิชาการเกษตร

ศึกษาการตอบสนองต่อแสงของใบกาแฟ โดยวัดอัตราการสังเคราะห์แสงที่ความเข้มแสงต่างๆ คือ 1,000 800 500 300 200 100 75 50 25 และ 0 μmol $m^{-2}s^{-1}$ พบว่า หากเริ่มวัดการตอบสนองต่อแสงที่อัตราความเข้มแสง สูง 1500-2,000 μmol $m^{-2}s^{-1}$ จะทำให้ปากใบกาแฟปิดอัตราการสังเคราะห์แสงลดลง เนื่องจากแปลงกาแฟทั้ง 3 แห่ง ปลูกในสภาพที่มีร่มเงาใบกาแฟปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่มีแสงน้อยเมื่อให้แสงที่มีความเข้มแสงสูงอาจทำให้เกิด photo inhibition ได้ ในการบันทึกข้อมูลจึงได้ปรับความเข้มแสงสูงที่สุดที่ 800-1,000 μmol $m^{-2}s^{-1}$ หรือต่ำกว่าขึ้นอยู่กับการตอบสนองของใบ ผลการศึกษาในแปลงกาแฟศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเพชรบูรณ์ พบว่า อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบกาแฟที่ตำแหน่งใบต่างกัน มีลักษณะคล้ายคลึงกันคือ มีการตอบสนองต่อแสงในทางบวกและมีลักษณะอิ่มตัว (Saturating curve) โดยมี light compensation point หรือจุดที่อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเท่ากับอัตราการหายใจ ระหว่าง 51-124 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ส่วน Light Saturation point หรือจุดที่แม้จะเพิ่มความเข้มของแสงแต่อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะคงที่ ระหว่าง 162-489 μmol $m^{-2}s^{-1}$ (ภาพที่ 1) ส่วนของแปลงกาแฟพื้นที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่พบว่ามี light compensation point ระหว่าง 36-124 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ส่วน Light Saturation point ระหว่าง 258-550 μmol $m^{-2}s^{-1}$ (ภาพที่ 2) และเชียงราย มี light compensation point ระหว่าง 39-94 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ส่วน Light Saturation point ระหว่าง 180-634 μmol $m^{-2}s^{-1}$ (ภาพที่ 3)







ภาพที่ 2 การตอบสนองต่อแสงของใบกาแฟในทิศต่างๆ ช่วงกาแฟออกดอก ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่(ขุนวาง) ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเชียงราย (วาวี) และศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ (เขาค้อ)
หมายเหตุ: N = ทิศเหนือ E = ทิศตะวันออก S = ทิศใต้ W = ทิศตะวันตก

8.8 การเปลี่ยนแปลงด้านสรีรวิทยาในรอบวันและข้อมูลสภาพแวดล้อมของกาแฟในระยะติดผล

ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) จากการบันทึกข้อมูลด้านสรีรวิทยาและข้อมูลสภาพแวดล้อมของแปลงกาแฟในรอบวันระยะติดผลเดือนกันยายน 2562 พบว่าใบกาแฟมีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงที่สุดในช่วงกลางวัน และมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงติดลบ หรือใบมีการหายใจสูงในช่วงเช้าทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับการได้รับแสงของใบกาแฟ (ตารางที่ 7) ส่วนอัตราการคายน้ำจะเพิ่มขึ้นในช่วงเช้าและมีค่าสูงสุดในช่วงกลางวัน ส่วนการนำไหลของปากใบกาแฟมีค่าสูงสุดในช่วงกลางวันและมีความสัมพันธ์ทางบวกกับอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง ด้านประสิทธิภาพการใช้น้ำของใบกาแฟพบว่ามีค่าสูงสุดในช่วงบ่าย ด้านความเขียวของใบพบว่าใบมีค่าความเขียวสูงสุดเท่ากับ 88.4 ต่ำสุด 46.4 และเฉลี่ย 71.1 ส่วนค่าดัชนีพื้นที่ใบพบว่ามีค่าสูงขึ้นเมื่อเทียบกับระยะออกดอกเท่ากับ 2.80 – 7.95 และ Specific leaf weight (SLW) มีค่า 0.0048 – 0.010 mg/cm^{-2} ปริมาณไนโตรเจนในใบร้อยละ 2.30-3.06 อุณหภูมิรอบวัน 19.68-30.82 องศาเซลเซียส มีฝนตกและท้องฟ้ามีเมฆสลับแดดทั้งวัน ความเข้มของแสงนอกทรงพุ่ม 165-995 µmol m^{-2}s^{-1} ความเข้มแสงในทรงพุ่ม 1-895 µmol m^{-2}s^{-1} ดินมีความชื้นร้อยละ 14.5-44.16 (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ข้อมูลด้านสรีรวิทยาและสภาพแวดล้อมในแปลงกาแฟระยะติดผล ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) ต.แม่วาง อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่

พารามิเตอร์	เช้า (07.00-09.00 น.)	กลางวัน (11.00-13.00 น.)	บ่าย (15.00-17.00 น.)
- อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ (Pn: µmol CO_2m^{-2}s^{-1})	(-1.29)-6.46	(-3.99)-9.54	(-2.75)-3.35
- อัตราการคายน้ำ (Tr: mmol H_2O m^{-2}s^{-1})	0.24-2.54	0.24-3.17	0.03-1.47
- การนำไหลของปากใบ (g_s: mmol H_2O m^{-2}s^{-1})	0.017-0.19	0.025-0.21	0.002-0.13
- ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (WUE:µmol CO_2/ mmol H_2O)	(-2.06)-3.58	(-3.90)-5.27	(-3.45)-2.70
ความเขียวของใบ (SPAD)ความเขียวของใบ		46.4 – 88.4	
ความเขียวของใบเฉลี่ย		71.4	

กรมวิชาการเกษตร

พารามิเตอร์		เช้า (07.00-09.00 น.)	กลางวัน (11.00-13.00 น.)	บ่าย (15.00-17.00 น.)
Leaf Area Index	LAI		2.80 – 7.95	
	LAI เฉลี่ย		5.64	
Specific Leaf Weight (SLW: mg/cm^{-2})SLW			0.0048 – 0.010	
	SLW เฉลี่ย		0.007	
ปริมาณไนโตรเจนในใบ (%)	%N		2.30-3.06	
	%N เฉลี่ย		2.68	
อุณหภูมิ (°C)	อุณหภูมิสูงสุด	27.19	30.82	27.32
	อุณหภูมิต่ำสูด	19.68	20.59	24.79
	อุณหภูมิเฉลี่ย	27.19	28.09	26.48
ความเข้มของแสงนอกทรงพุ่ม (μmol m^{-2}s^{-1})		165 – 424	675 - 995	121 - 197
ความเข้มของแสงในทรงพุ่ม (μmol m^{-2}s^{-1})				
	ความเข้มแสงสูงสุด	253	895	181
	ความเข้มแสงต่ำสุด	1	1	1
	ความเข้มแสงเฉลี่ย	35	298	59
ความชื้นดิน (%)	ความชื้นดิน		14.15 – 44.16	
	ความชื้นดินเฉลี่ย		24.98	

ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเชียงราย ต.วาวี อ.แม่สรวย จ.เชียงราย จากการบันทึกข้อมูลด้านสรีรวิทยาและข้อมูลสภาพแวดล้อมของแปลงกาแฟในรอบวันระยะติดผลเดือนสิงหาคม 2562 พบว่าใบกาแฟมีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงที่สุดในช่วงกลางวัน และมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงติดลบ หรือใบมีการหายใจสูงสุดในช่วงบ่าย (ตารางที่ 8) ส่วนอัตราการคายน้ำจะเพิ่มขึ้นในช่วงเช้าและมีค่าสูงสุดในช่วงกลางวัน การนำไหลของปากใบกาแฟมีค่าสูงสุดในช่วงกลางวัน ด้านประสิทธิภาพการใช้น้ำของใบกาแฟพบว่ามีค่าสูงสุดในช่วงกลางวันและลดลงในช่วงบ่าย ด้านความเขียวของใบพบว่าใบมีค่าความเขียวสูงสุดเท่ากับ 81.5 ต่ำสุด 50.8 และเฉลี่ย 69.0 ส่วนค่าดัชนีพื้นที่ใบเท่ากับ 4.48 – 6.15 และ Specific leaf weight (SLW) มีค่า 0.0047-0.0090 mg/cm^{-2} มีปริมาณไนโตเจนในใบร้อยละ 3.3-4.05 อุณหภูมิรอบวัน 19.6-30.7 องศาเซลเซียส ความเข้มของแสงนอกทรงพุ่ม 120-1,279 μmol m^{-2}s^{-1} ความเข้มแสงในทรงพุ่ม 0-1,460 μmol m^{-2}s^{-1} ดินมีความชื้นสูงร้อยละ 20.01 – 41.06 (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ข้อมูลด้านสรีรวิทยาและสภาพแวดล้อมในแปลงกาแฟระยะติดผล ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย อ.แม่สรวย จ.เชียงราย

กรมวิชาการเกษตร

พารามิเตอร์		เช้า (07.00-09.00 น.)	กลางวัน (11.00-13.00 น.)	บ่าย (15.00-17.00 น.)
อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ (Pn: μmol $CO_2m^{-2}s^{-1}$)		(-2.79)-6.26	(-2.23)-11.95	(-4.69)-5.53
อัตราการคายน้ำ (Tr: mmol H_2O $m^{-2}s^{-1}$)		0.14-2.81	(-0.58)-3.12	0.07-1.90
การนำไหลของปากใบ (g_s: mmol H_2O $m^{-2}s^{-1}$)		0.011-0.148	0.037-0.201	0.002-0.103
ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (WUE:μmol CO_2/ mmol H_2O)		(-3.01)-5.29	(-9.13)-22.5	(-3.23)-6.43
ความเขียวของใบ (SPAD)	ความเขียวของใบ		50.8-81.5	
	ความเขียวของใบเฉลี่ย		69.0	
ดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf Area Index:LAI)	LAI		4.48 – 6.15	
	LAI เฉลี่ย		5.39	
Specific Leaf Weight (SLW: mg/cm^{-2})				
	SLW ต่ำสุด-สูงสุด		0.0047-0.0090	
	SLW เฉลี่ย		0.0063	
ปริมาณไนโตรเจนในใบ (%)	%N		3.3-4.05	
	%N เฉลี่ย		3.66	
อุณหภูมิ (°C)	อุณหภูมิสูงสุด	27.4	22.2	20.6
	อุณหภูมิต่ำสุด	19.6	28.7	30.7
	อุณหภูมิเฉลี่ย	22.03	26.61	26.4
ความเข้มของแสงนอกทรงพุ่ม (μmol $m^{-2}s^{-1}$)		138-358	120-529	135-1,279
ความเข้มของแสงในทรงพุ่ม (μmol $m^{-2}s^{-1}$)				
	ความเข้มแสงสูงสุด	463	500	1,460
	ความเข้มแสงต่ำสุด	2	0	2
	ความเข้มแสงเฉลี่ย	57	59	124
ความชื้นดิน (%)	ความชื้นดิน		20.01 – 41.06	
	ความชื้นดินเฉลี่ย		32.69	

ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ จากการบันทึกข้อมูลด้านสรีรวิทยาและข้อมูลสภาพแวดล้อมของแปลงกาแฟในรอบวันระยะติดผลเดือนสิงหาคม 2562 พบว่าใบกาแฟมีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงที่สุดในช่วงบ่าย เนื่องจากมีเมฆปกคลุมในช่วงเช้าและกลางวัน (ตารางที่ 9) ส่วนอัตราการคายน้ำจะเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วงเช้าและลดลงในช่วงบ่าย ส่วนการนำไหลของปากใบกาแฟมีค่าสูงสุดในช่วงเช้าและมีความสัมพันธ์ทางบวกกับอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง ด้านประสิทธิภาพการใช้น้ำของใบกาแฟพบว่ามีค่าสูงสุดในช่วงบ่าย ด้านความเขียวของใบพบว่าใบมีค่าความเขียวสูงสุดเท่ากับ 75.3 ต่ำสุดเท่ากับ 51.9 และเฉลี่ย 66.6 ส่วนค่าดัชนีพื้นที่ใบเท่ากับ 2.52-

กรมวิชาการเกษตร

5.71 และ Specific leaf weight (SLW) มีค่า SLW 0.0031-0.0084 mg/cm^{-2} มีปริมาณไนโตรเจนในใบ 2.96 – 4.49% อุณหภูมิรอบวัน 18.08-30.29 องศาเซลเซียส ความเข้มของแสงนอกทรงพุ่ม 81-1,824 μmol m^{-2}s^{-1} ความเข้มแสงในทรงพุ่ม 2-290 μmol m^{-2}s^{-1} ดินมีความชื้นร้อยละ 16.68 – 22.34 (ตารางที่ 9)

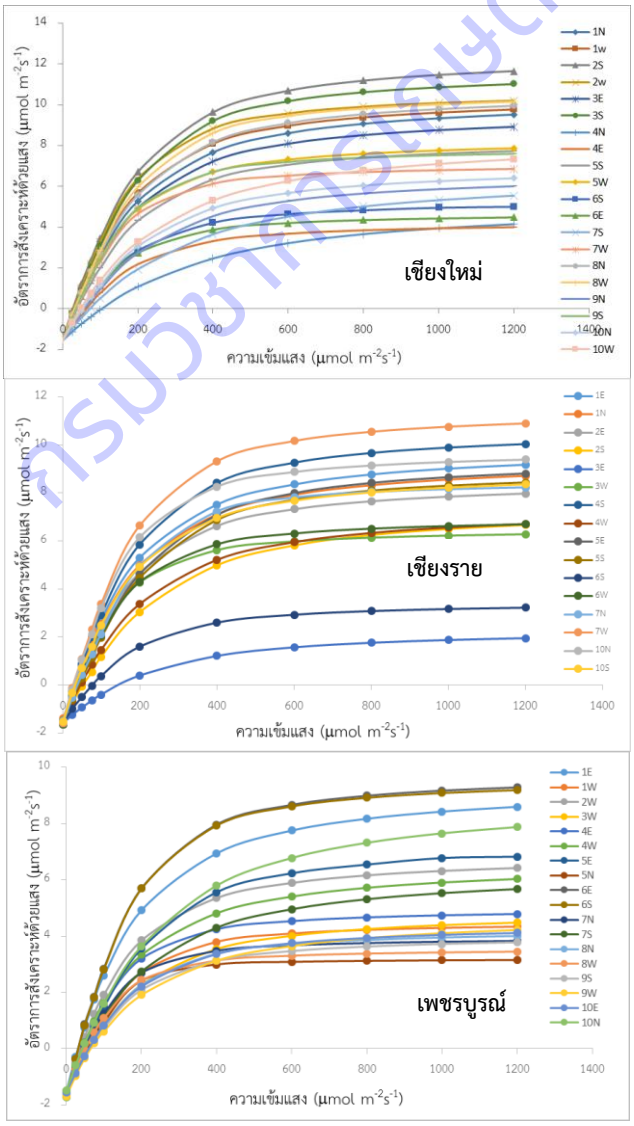
ตารางที่ 9 ข้อมูลด้านสรีรวิทยาและสภาพแวดล้อมในแปลงกาแฟช่วงติดผล ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ ต.สะเดาะพง อ.เขาค้อ จ.เพชรบูรณ์

พารามิเตอร์		เช้า (07.00-09.00 น.)	กลางวัน (11.00-13.00 น.)	บ่าย (15.00-17.00 น.)
- อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ (Pn: μmol CO_2m^{-2}s^{-1})		-2.54 – 3.71	-0.53 -4.58	-3.089 - 7.07
- อัตราการคายน้ำ (Tr: mmol H_2O m^{-2}s^{-1})		0.38 – 2.68	0.24 – 2.52	0.18 – 2.00
- การนำไหลของปากใบ (g_s: mmol H_2O m^{-2}s^{-1})		0.02 - 0.19	0.009 – 0.14	0.005 - 0.105
- ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (WUE:mmol CO_2/ mmol H_2O)		-1.03 – 2.44	-1.26 – 4.85	-4.67 – 19.75
ความเขียวของใบ (SPAD)ความเขียวของใบ			51.9 – 75.3	
	ความเขียวของใบเฉลี่ย		66.6	
Leaf Area Index	LAI		2.52 – 5.71	
	LAI เฉลี่ย		4.28	
Specific Leaf Weight (SLW: mg/cm^{-2})SLW			0.0031-0.0084	
	SLW เฉลี่ย		0.0062	
ปริมาณไนโตรเจนในใบ (%)	%N		2.96 – 4.49	
	%N เฉลี่ย		3.60	
อุณหภูมิ (°C)	อุณหภูมิสูงสุด	29.28	30.29	30.05
	อุณหภูมิต่ำสูด	18.46	18.08	19.81
	อุณหภูมิเฉลี่ย	25.03	25.16	26.66
ความเข้มของแสงนอกทรงพุ่ม (μmol m^{-2}s^{-1})		81-288	575-1,824	81-288
ความเข้มของแสงในทรงพุ่ม (μmol m^{-2}s^{-1})				
	ความเข้มแสงสูงสุด	30	290	234
	ความเข้มแสงต่ำสุด	2	7	3
	ความเข้มแสงเฉลี่ย	10.3	52.2	33.50
ความชื้นดิน (%)	ความชื้นดิน		16.68 – 22.34	
	ความชื้นดินเฉลี่ย		19.31	

8.9 การตอบสนองต่อแสงของใบกาแฟในระยะติดผล

กรมวิชาการเกษตร

การศึกษาการตอบสนองต่อ โดยวัดอัตราการสังเคราะห์แสงที่ความเข้มแสงต่างๆ คือ 1200 100 800 500 300 200 100 75 50 25 และ 0 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ผลการศึกษาในแปลงกาแฟศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ พบว่า อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบกาแฟที่ตำแหน่งใบต่างกัน มีลักษณะคล้ายคลึงกันคือมีการตอบสนองต่อแสงในทางบวกและมีลักษณะอิ่มตัว (Saturating curve) โดยมี อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดระหว่าง 4.60- 11.30 μmol $CO_2m^{-2}s^{-1}$ ส่วน Light Saturation point หรือจุดที่แม้จะเพิ่มความเข้มของแสงแต่อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะคงที่ระหว่าง 241-578 μmol $m^{-2}s^{-1}$ (ภาพที่ 3) ส่วนของแปลงกาแฟพื้นที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่พบว่ามี อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดระหว่าง 5.79-14.0 μmol $CO_2m^{-2}s^{-1}$ และมี light compensation point ที่ความเข้มแสงระหว่าง 27-103 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ส่วน Light Saturation point ที่ความเข้มแสงระหว่าง 327-730 μmol $m^{-2}s^{-1}$ (ภาพที่ 2) และแปลงกาแฟจังหวัดเชียงราย มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดระหว่าง 3.92- 12.9 μmol $CO_2m^{-2}s^{-1}$ มี light compensation point ระหว่าง 28-145 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ส่วน Light Saturation point ระหว่าง 325-680 μmol $m^{-2}s^{-1}$ (ภาพที่ 3)



กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 3 การตอบสนองต่อแสงของใบกาแฟในทิศต่างๆ ช่วงกาแฟติดผล ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่(ขุนวาง) ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเชียงราย (วาวี) และศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ (เขาค้อ

หมายเหตุ: N = ทิศเหนือ E = ทิศตะวันออก S = ทิศใต้ W = ทิศตะวันตก

8.10 การตอบสนองทางสรีรวิทยาของกาแฟอะราบิกาในสภาพร่มเงาในพื้นที่ต่าง

เส้นตอบสนองต่อแสง จากการวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบกาแฟอะราบิกาที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆในพื้นที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเชียงราย และเพชรบูรณ์ พบว่า เส้นตอบสนองต่อแสงของกาแฟอะราบิกามีรูปแบบการตอบสนองในทิศทางเดียวกัน โดยตอบสนองต่อแสงในทางบวกและมีลักษณะอิ่มตัว โดยมีการตอบสนองที่ความเข้มแสงสูงสุด (Light saturation point) ระหว่าง 313-485 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ตามลำดับ (ตารางที่ 10) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 300-700 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ในรายงานของ Damatta (2004)

ประสิทธิภาพการใช้แสง (α) ของใบกาแฟอะราบิกาทั้ง 3 พื้นที่และในแต่ละระยะการเจริญเติบโตมีค่าใกล้เคียงกันระหว่าง 0.026- 0.041 mol CO_2 molPPF^{-1} ซึ่งใกล้เคียงกับปาล์มน้ำมันที่วิรัชณีย์ 2558 ได้รายงานว่า มีค่าระหว่าง 0.035-0.052 mol CO_2 molPPF^{-1} แต่ต่ำกว่าใบฝ้ายที่มีประสิทธิภาพการใช้แสงระหว่าง 0.05-0.09 mol CO_2molPPF^{-1} (ดวงรัตน์ และคณะ, 2542) Evan (1987) รายงานว่าประสิทธิภาพการใช้แสงของพืช C_3 ทั่วไปมีค่า 0.053 mol CO_2 molPPF^{-1}

ค่าความต้านทางทางฟิสิกส์ต่อความต้านทานทั้งหมดของใบ (Convexity parameter, θ) มีค่าต่ำในช่วงระยะเก็บเกี่ยวและสูงขึ้นในระยะออกดอกยกเว้นค่าจากศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ที่มีค่าสูงในช่วงเก็บเกี่ยวและลดลงในระยะออกดอกและติดผล โดยในระยะเก็บเกี่ยวมีค่า θ ระหว่าง 0.567-0.746 ในระยะออกดอก มีค่า θ ระหว่าง 0.738-0.831 และในระยะติดผล มีค่า θ ระหว่าง 0.720-0.740 Sassenrath-Cole และคณะ (1996) พบว่าเมื่ออายุใบเพิ่มขึ้นค่า θ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นขณะที่อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงกลับลดลง โดยค่า θ ของใบกาแฟมีค่าใกล้เคียงกับปาล์มน้ำมันลูกผสม และสูงกว่าฝ้าย

อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิสูงสุด (P_{max}) เป็นการบ่งบอกถึงศักยภาพในการสร้างอาหารของกาแฟ โดยพบว่ากาแฟอะราบิกาในพื้นที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง)มีค่าสูงกว่าในพื้นที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเชียงรายและเพชรบูรณ์ ทั้งในระยะเกี่ยว ออกดอก และติดผล คือ 7.92 6.27 และ 9.85 μmol $CO_2m^{-2}s^{-1}$ (ตารางที่ 10)

อัตราการหายใจ (R_d) ของใบกาแฟในแต่ละสภาพพื้นที่มีค่าใกล้เคียงกัน ระหว่าง 0.15-1.53 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับอัตราการหายใจของใบปาล์มน้ำมัน 0.05-1.87 μmol $m^{-2}s^{-1}$ (วิรัชณีย์, 2558) แต่ต่ำกว่าอัตราการหายใจของใบฝ้ายที่มีค่าระหว่าง 2.5-3.1 μmol $m^{-2}s^{-1}$ โดยใบที่มีอัตราการหายใจสูงส่วนใหญ่เป็นใบที่มีอายุน้อย เนื่องจากใบดังกล่าวต้องมีการหายใจเพื่อการเจริญเติบโตและรักษาสภาพ สำหรับใบกาแฟที่ใช้ในการวัดครั้งนี้เป็นใบที่อยู่ในตำแหน่งที่ 3-4 จากปลายยอด ซึ่งมีการเจริญเติบโตเต็มที่ อัตราหายใจจึงมีค่าน้อยเนื่องจาก

ศูนย์วิทยทรัพยากร

การหายใจเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตลดลง และการหายใจส่วนใหญ่ใช้ในการรักษาสภาพและการลำเลียงสารอาหารไปยังส่วนเจริญอื่นๆ (Salisbury และ Ross, 1985)

ตารางที่ 10 พารามิเตอร์ของสมการ non-rectangular hyperbola ของเส้นตอบสนองต่อแสงของใบกาแฟที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ

ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง)

พารามิเตอร์	ระยะเก็บเกี่ยว	ระยะออกดอก	ระยะติดผล
α, mol CO_2 molPPF^{-1}	0.031	0.030	0.040
θ	0.746	0.738	0.724
Pmax, μmol $m^{-2}s^{-1}$	7.92	6.27	9.85
Rd, μmol $m^{-2}s^{-1}$	1.45	1.53	1.51
Lc, μmol $m^{-2}s^{-1}$	53	64	45
Ls, μmol $m^{-2}s^{-1}$	485	395	462

ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเชียงราย (วาวี)

พารามิเตอร์	ระยะเก็บเกี่ยว	ระยะออกดอก	ระยะติดผล
α, mol mol^{-1}	0.030	0.031	0.039
θ	0.567	0.813	0.740
Pmax, μmol $m^{-2}s^{-1}$	5.37	5.02	9.43
Rd, μmol $m^{-2}s^{-1}$	0.15	1.26	1.52
Lc, μmol $m^{-2}s^{-1}$	52	50	48
Ls, μmol $m^{-2}s^{-1}$	412	313	450

ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ (เขาค้อ)

พารามิเตอร์	ระยะเก็บเกี่ยว	ระยะออกดอก	ระยะติดผล
α, mol mol^{-1}	0.034	0.026	0.035
θ	0.655	0.796	0.720
Pmax, μmol $m^{-2}s^{-1}$	5.73	4.19	7.51
Rd, μmol $m^{-2}s^{-1}$	0.32	1.53	1.51
Lc, μmol $m^{-2}s^{-1}$	19	73	50
Ls, μmol $m^{-2}s^{-1}$	393	346	425

กรมวิชาการเกษตร

8.11 อิทธิพลของระยะการเจริญเติบโตต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบกาแฟอะราบิกา

ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) จ.เชียงใหม่

อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของใบกาแฟอะราบิกาในระยะการเจริญเติบโตต่างๆ กาแฟในระยะหลังการเก็บเกี่ยวมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของใบต่ำกว่าในระยะออกดอก และติดผล โดยพบว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบกาแฟที่ระยะต่างๆมีการเปลี่ยนแปลงในรอบวันที่คล้ายคลึงกัน คือ จะมีค่าเป็นบวกในช่วง 07.30 น. โดยเพิ่มขึ้นตามความเข้มแสงที่เพิ่ม และเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วง 11.00-13.00 น. โดยจะมีค่าเป็นบวกและลดลงจนติดลบตามความเข้มแสงที่ลดสลับไปในรอบวัน โดยพบว่าในระยะหลังเก็บเกี่ยว ออกดอก และติดผลมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของใบสูงสุดประมาณ 10.5, 12 และ 9.8 μmol $CO_2 m^{-2} s^{-1}$ ตามลำดับ (ภาพที่ 4) อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของใบที่ค่อนข้างต่ำในระยะหลังเก็บเกี่ยวอาจเนื่องมาจากลักษณะทางสรีรวิทยา เช่น ความหนาแน่นของทรงพุ่ม หรือความสัมพันธ์ระหว่าง source กับ sink ในแต่ละระยะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน และปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น ความชื้นของดิน และบรรยากาศที่ต่ำ และเมื่อมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในช่วงออกดอก และพัฒนาผล ประกอบกับกาแฟต้องการธาตุอาหารในการพัฒนาดอกและผล จึงทำให้กาแฟมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบเพิ่มขึ้น และเป็นผลมาจาการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลที่มีการเปลี่ยนแปลงของตำแหน่งดวงอาทิตย์ส่งผลให้ทรงพุ่มได้รับแสงที่เปลี่ยนแปลงไป (Francisco, 2019)

อัตราการคายน้ำของใบกาแฟในช่วงกลางวันของใบกาแฟอะราบิกาในระยะต่างๆ ใบกาแฟในช่วงออกดอกและติดผลมีอัตราการคายน้ำของใบในช่วงกลางวันสูงกว่าในระยะหลังการเก็บเกี่ยว โดยพบว่าในช่วงออกดอกมีอัตราการคายน้ำของใบสูงสุดประมาณ 3.8 mmol H_2O $m^{-2} s^{-1}$ รองลงมาอยู่ในระยะติดผลประมาณ 3.3 mmol H_2O $m^{-2} s^{-1}$ และในระยะหลังเก็บเกี่ยวประมาณ 2.8 mmol H_2O $m^{-2} s^{-1}$ เมื่อพิจารณาจากภาพ พบว่าอัตราการคายน้ำของใบจะเพิ่มขึ้นในช่วงเช้า และมีค่าสูงสุดในช่วง 11.00-12.00 น. และลดลงในช่วงบ่าย (ภาพที่ 5) ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะมีความสัมพันธ์กับอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบที่เปลี่ยนแปลงในรอบวัน โดยทั่วไปความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงและการคายน้ำของใบพืชจะมีความสัมพันธ์เชิงบวกคือ เมื่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเพิ่มขึ้นอัตราการคายน้ำจะเพิ่มตาม โดยระดับของความสัมพันธ์ดังกล่าวจะแตกต่างกันในช่วงเช้าและช่วงบ่าย เนื่องจากความแตกต่างของความชื้นสัมพัทธ์ (RH) และอุณหภูมิอากาศซึ่งมีอิทธิพลโดยตรงต่ออัตราการคายน้ำ โดยในช่วงบ่ายความชื้นสัมพัทธ์น้อยกว่า และอุณหภูมิอากาศสูงกว่าในช่วงเช้า จึงทำ ให้อัตราการคายน้ำในช่วงบ่ายมีค่ามากกว่า เมื่อเปรียบเทียบที่ระดับมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเท่ากัน

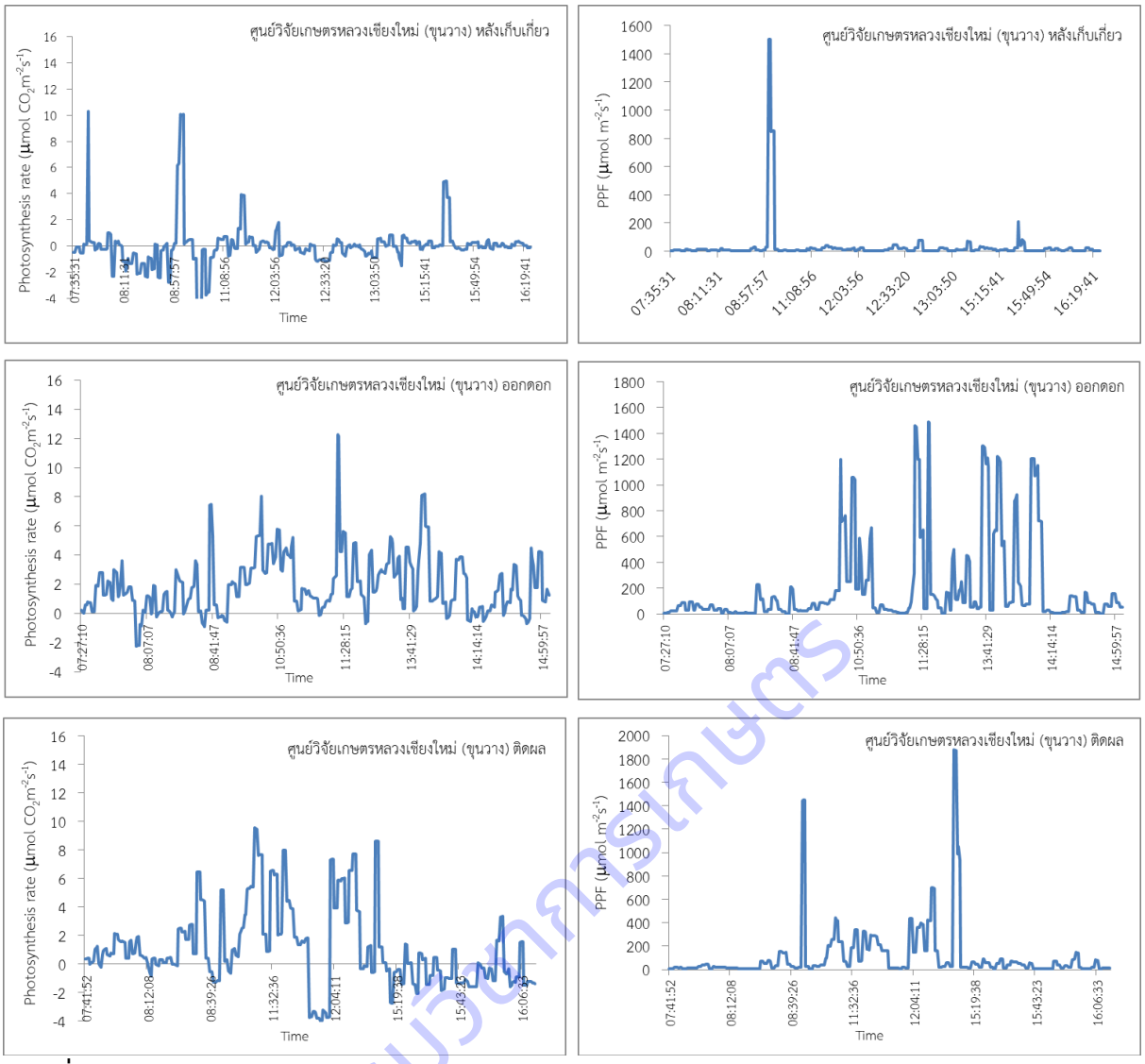
ประสิทธิภาพการใช้น้ำในการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบกาแฟอะราบิกาในรอบวัน ที่ระยะต่างๆ อัตราส่วนระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงและการคายน้ำของใบกาแฟอะราบิกาในระยะหลังเก็บเกี่ยวมีค่าสูงกว่าในระยะออกดอกและติดผล โดยจะมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงเช้าจนเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วง 12.00-13.00 น. ประมาณ 57 mmol $H_2O m^{-2} s^{-1}$:μmol $CO_2 m^{-2} s^{-1}$ ส่วนในระยะออกดอกและติดผลพบว่าจะมีค่าค่อนข้างคงที่ (ภาพที่ 6)

กรมวิชาการเกษตร

ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใบกาแฟสามารถตรึงไว้ได้ การคายน้ำ และประสิทธิภาพการใช้น้ำในเวลากลางวัน:ในระยะเก็บเกี่ยว ออกดอก และติดผล กาแฟจะเริ่มตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิได้ตั้งแต่เวลาประมาณ 07.30 น. และจะตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากขึ้นตามลำดับ ซึ่งจะสัมพันธ์กับความเข้มของแสงที่เพิ่มขึ้น และจะเพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 10.00-14.00 น. แต่จะมีความแปรปรวนในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ของตามความเข้มแสงที่ใบได้รับ หลังจากนั้นเมื่อความเข้มแสงลดลงปริมาณการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ของเรือนพุ่มจะลดลง และจะลดลงจนไม่สามารถตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ได้ในช่วง 16.30 น. เมื่อรวมพื้นที่ใต้กราฟระหว่างเวลา 07.30-16.30 น. ของกาแฟทั้ง 3 ระยะการเจริญเติบโต พบว่าในระยะออกดอกมีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด เท่ากับ 685 μmol CO_2m^{-2} รองลงมาคือในระยะติดผล เท่ากับ 387 μmol CO_2m^{-2} และมีค่าต่ำมากในระยะหลังเก็บเกี่ยว (ตารางที่ 11)

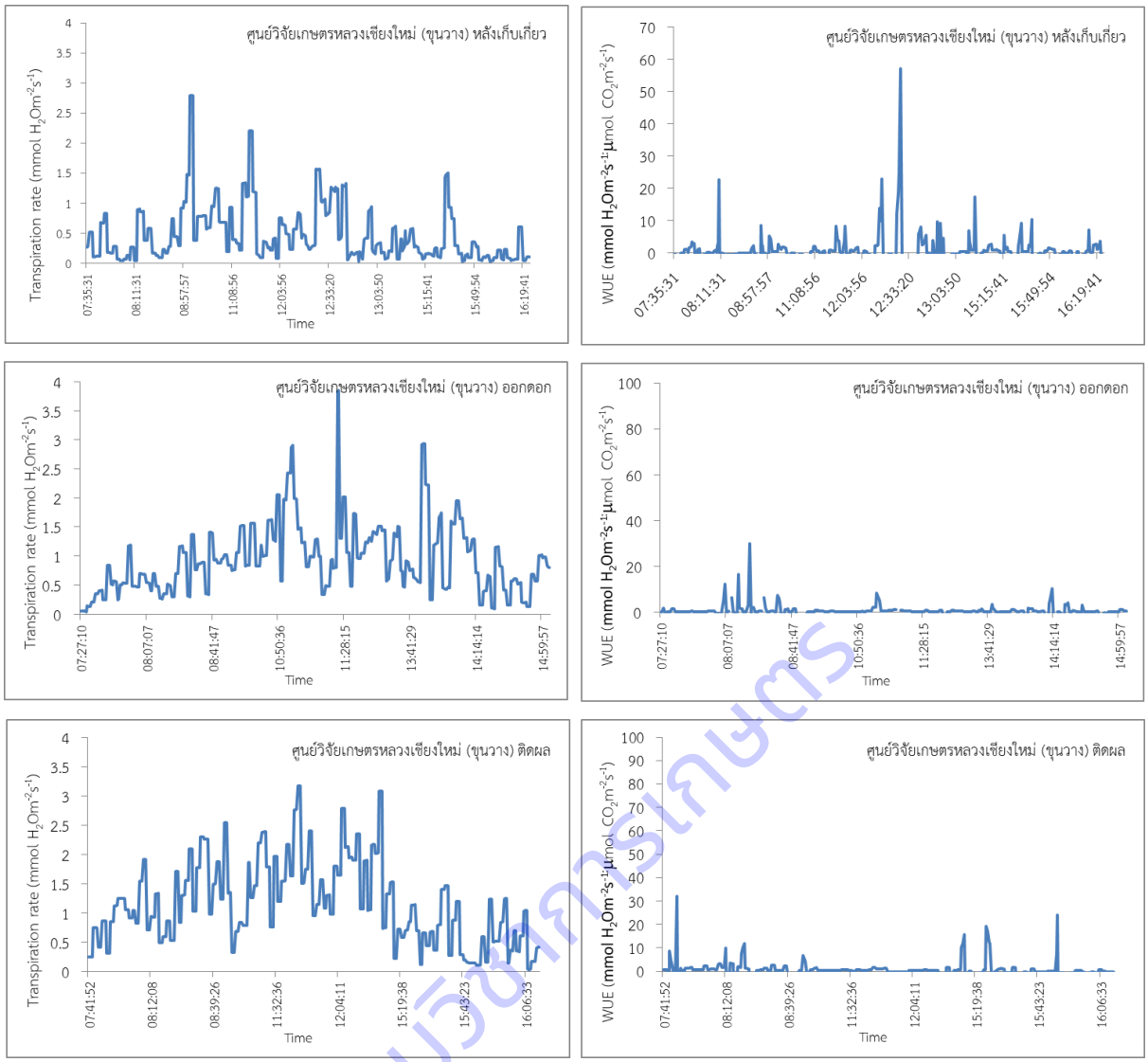
ส่วนปริมาณการคายน้ำของใบโดยรวมในช่วงเวลากลางวัน พบว่าเมื่อรวมพื้นที่ใต้กราฟของกาแฟทั้ง 3 ระยะการเจริญเติบโต ใบกาแฟในระยะติดผลมีปริมาณการคายน้ำของใบสูงที่สุด รองลงมาคือในระยะออกดอกและระยะหลังเก็บเกี่ยว เท่ากับ 419 336 และ 215 mmolH_2Om^{-2} ด้านประสิทธิภาพการใช้น้ำของใบกาแฟในช่วงกลางวันพบว่า ในระยะหลังเก็บเกี่ยวมีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงในช่วงเช้าและลดลงอย่างช้าๆ ส่วนกาแฟในระยะออกดอกและระยะติดผลมีประสิทธิภาพการใช้น้ำต่ำในช่วงเช้าและเพิ่มสูงในช่วงกลางวันหลังจากนั้นจะลดลงในช่วงเย็น โดยใบกาแฟในระยะออกดอกมีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงที่สุด คือต้องใช้น้ำ 491 โมลเพื่อแลกกับการตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 1 โมล ในขณะที่ระยะติดผลต้องใช้น้ำ 1,083 molH_2O/molCO_2 ตามลำดับ (ตารางที่) ส่วนในระยะหลังการเก็บเกี่ยวไม่สามารถคำนวณได้เนื่องจากอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงในรอบวันมีค่าต่ำมาก

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 4 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง (Leaf photosynthesis rate; µmol $CO_2m^{-2}s^{-1}$) และความเข้มแสงที่ใบกาแฟได้รับ (Photon Flux Density; PPF:µmol $m^{-2}s^{-1}$) ในรอบวันของใบกาแฟอะราบิกาที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) จ.เชียงใหม่

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 5 อัตราการคายน้ำ (Transpiration rate; mmol$H_2Om^{-2}s^{-1}$) และประสิทธิภาพการใช้น้ำ (water use efficiency(WUE); mmol$H_2Om^{-2}s^{-1}$/µmol$CO_2m^{-2}s^{-1}$) ในรอบวันของใบกาแฟอะราบิกาที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) จ.เชียงใหม่

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 11 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง (leaf photosynthesis) การคายน้ำ (leaf transpiration) ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (water use efficiency) ของใบกาแฟในระยะหลังเก็บเกี่ยว ออกดอก และติดผลของกาแฟอะราบิกา ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) จ.เชียงใหม่

ระยะการเจริญเติบโต	รวม 07.00-17.00 น.		
	P_{leaf}	T_{eaf}	WUE
หลังเก็บเกี่ยว	2	215	N/A
ออกดอก	685	336	491
ติดผล	387	419	1,083

P_{leaf} = net leaf photosynthesis (μmol CO_2m^{-2})

T_{leaf} = net leaf transpiration (mmolH_2Om^{-2})

WUE = Water use efficiency (molH_2O/molCO_2)

กรมวิชาการเกษตร

ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเชียงราย (วาวี) จ.เชียงราย

อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของใบกาแฟอะราบิกาในระยะต่างๆ กาแฟในระยะหลังการเก็บเกี่ยว ออกดอก และติดผล มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของใบใกล้เคียงกัน พบว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบกาแฟที่ระยะต่างๆแสงการเปลี่ยนแปลงในรอบวันที่คล้ายคลึงกัน คือ จะมีค่าเป็นบวกในช่วง 07.30 น. โดยเพิ่มขึ้นตามความเข้มแสงที่เพิ่ม และเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วง 11.00-14.00 น. โดยจะมีค่าเป็นบวกและลดลงจนติดลบตามความเข้มแสงที่ลดสลับไปในรอบวัน โดยพบว่าในระยะหลังเก็บเกี่ยว ออกดอก และติดผลมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของใบสูงสุดประมาณ 7., 6 และ 13 μmol $CO_2m^{-2}s^{-1}$ ตามลำดับ อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของใบที่ค่อนข้างต่ำทั้ง 3 อาจเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม โดยเฉพาะความเข้มและปริมาณแสงที่ใบกาแฟได้รับ (ภาพ) ซึ่งพบว่าในพื้นที่ดังกล่าวมีพืชร่วมคือมะคาเดเมียที่มีทรงพุ่มหนาทึบ และอยู่ในบริเวณหุบเขาจึงทำให้แสงส่องผ่านลงมาในแปลงกาแฟได้น้อย

อัตราการคายน้ำของใบกาแฟในช่วงกลางวันของใบกาแฟอะราบิกาในระยะต่างๆใบกาแฟในช่วงติดผลมีอัตราการคายน้ำของใบในช่วงกลางวันสูงกว่าในระยะออกดอกและหลังการเก็บเกี่ยว โดยพบว่าในช่วงติดผลมีอัตราการคายน้ำของใบสูงสุดประมาณ 3.3 mmol H_2O $m^{-2}s^{-1}$ รองลงมาอยู่ในระยะติดผลประมาณ 2.2 mmol H_2O $m^{-2}s^{-1}$ และในระยะหลังเก็บเกี่ยวประมาณ 1.9 mmol H_2O $m^{-2}s^{-1}$ เมื่อพิจารณาจากภาพ พบว่าอัตราการคายน้ำของใบจะเพิ่มขึ้นในช่วงเช้า และมีค่าสูงสุดในช่วง 12.00-14.00 น. และลดลงในช่วงบ่าย

ประสิทธิภาพการใช้น้ำในการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบกาแฟอะราบิกาในรอบวัน ที่ระยะต่างๆ อัตราส่วนระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงและการคายน้ำของใบกาแฟอะราบิกาในระยะติดผลมีค่าสูงกว่าในหลังการเก็บเกี่ยวและระยะออกดอก โดยจะมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงเช้าจนเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วง 12.00-13.00 น. ประมาณ 43

mmol $H_2Om^{-2}s^{-1}$/μmol $CO_2m^{-2}s^{-1}$ ส่วนในระยะหลังการเก็บเกี่ยวพบว่าจะมีค่าค่อนข้างคงที่ในช่วงเช้าและเพิ่มขึ้นในช่วงบ่าย และในระยะออกดอกจะมีค่าค่อนข้างคงที่

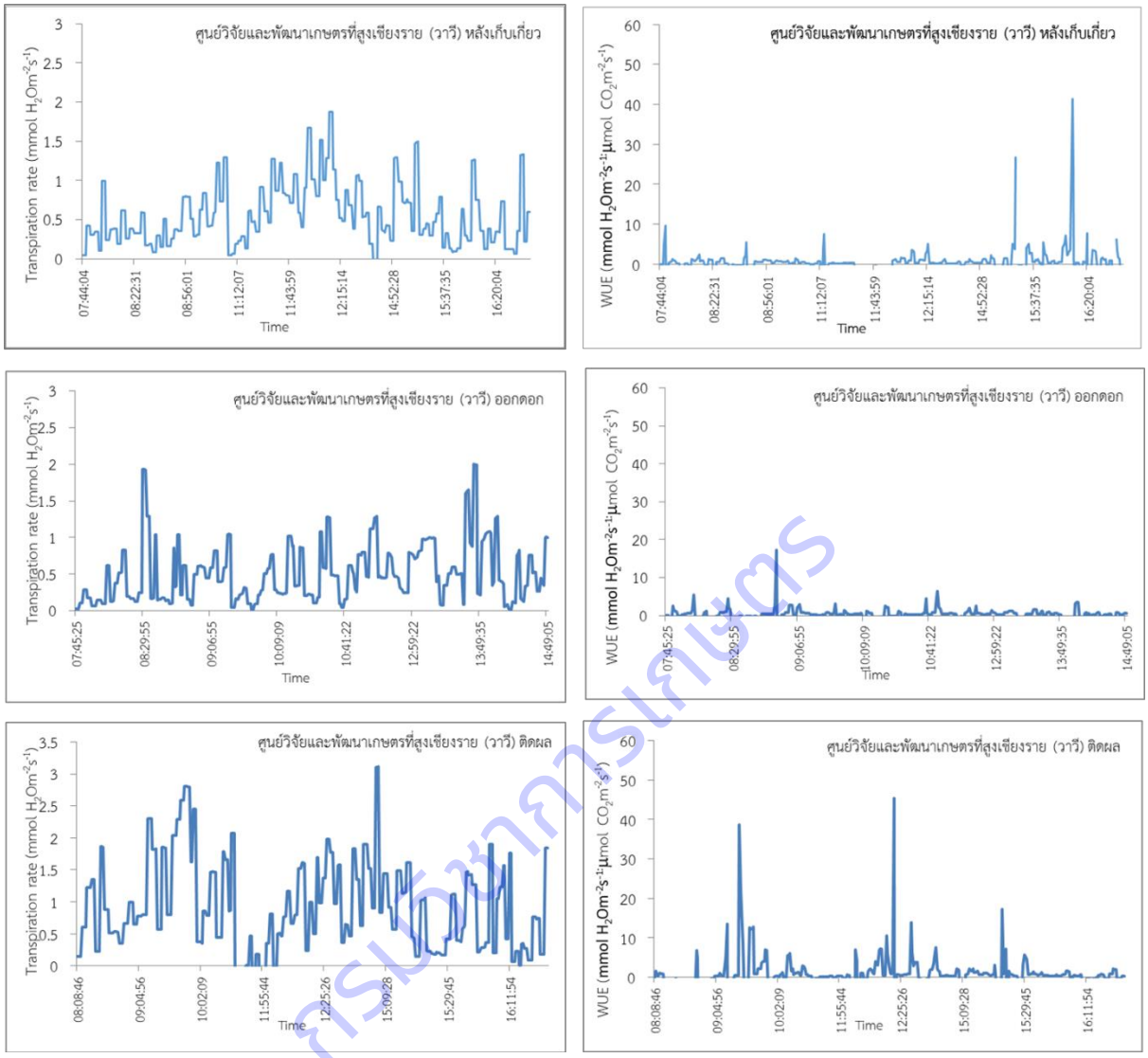
ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใบกาแฟสามารถตรึงไว้ได้ การคายน้ำ และประสิทธิภาพการใช้น้ำในเวลากลางวัน:ในระยะเก็บเกี่ยว ออกดอก และติดผล กาแฟจะเริ่มตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิได้ตั้งแต่เวลาประมาณ 07.40 น. และจะตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากขึ้นตามลำดับ ซึ่งจะสัมพันธ์กับความเข้มของแสงที่เพิ่มขึ้น และจะเพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 10.00-14.00 น. แต่จะมีความแปรปรวนในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ของตามความเข้มแสงที่ใบได้รับ หลังจากนั้นเมื่อความเข้มแสงลดลงปริมาณการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ของเรือนพุ่มจะลดลง และจะลดลงจนไม่สามารถตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ได้ในช่วง 16.30 น. เมื่อรวมพื้นที่ใต้กราฟระหว่างเวลา 07.30-16.30 น. ของกาแฟทั้ง 3 ระยะการเจริญเติบโต พบว่าในระยะหลังการเก็บเกี่ยวมีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด เท่ากับ 286 μmol CO_2m^{-2} รองลงมาคือในระยะติดผล เท่ากับ 273 μmol CO_2m^{-2} และมีค่าต่ำมากในระยะออกดอก (ตารางที่ 12)

ส่วนปริมาณการคายน้ำของใบโดยรวมในช่วงเวลากลางวัน พบว่าเมื่อรวมพื้นที่ใต้กราฟของกาแฟทั้ง 3 ระยะการเจริญเติบโต ใบกาแฟในระยะติดผลมีปริมาณการคายน้ำของใบสูงที่สุด รองลงมาคือในระยะ หลังเก็บเกี่ยว และระยะออกดอกเท่ากับ 348 240 และ 179 mmolH_2Om^{-2} ด้านประสิทธิภาพการใช้น้ำของใบกาแฟในช่วงกลางวันพบว่า ในระยะหลังเก็บเกี่ยวมีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงในช่วง 15.00-16.00 น. ส่วนกาแฟในระยะติดผลมีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงในช่วง 09.30 น. และ 12.20 น. ส่วนในระยะออกดอกมีประสิทธิภาพการใช้น้ำต่ำที่สุด โดยใบกาแฟในระยะหลังการเก็บเกี่ยวมีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ระยะออกดอก และระยะติดผล เท่ากับ 839 844 และ 1,275 mmolH_2O/μmolCO_2 ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

กรมวิชาการเกษตร

กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 6 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง (Leaf photosynthesis rate; µmol $CO_2m^{-2}s^{-1}$) และความเข้มแสงที่ใบกาแฟได้รับ (Photon Flux Density; PPF:µmol $m^{-2}s^{-1}$) ในรอบวันของใบกาแฟอะราบิกาที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเชียงราย (วาวี) จ.เชียงราย



กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 7 อัตราการคายน้ำ (Transpiration rate; mmol $H_2Om^{-2}s^{-1}$) และประสิทธิภาพการใช้น้ำ (water use efficiency(WUE); mmol $H_2Om^{-2}s^{-1}$:µmol $CO_2m^{-2}s^{-1}$) ในรอบวันของใบกาแฟอะราบิกาที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเชียงราย (วาวี) จ.เชียงราย

ตารางที่ 12 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง (leaf photosynthesis) การคายน้ำ (leaf transpiration) ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (water use efficiency) ของใบกาแฟในระยะหลังเก็บเกี่ยว ออกดอก และติดผลของกาแฟอะราบิกา ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย (วาวี) จ.เชียงราย

ระยะการเจริญเติบโต	รวม 07.00-17.00 น.		
	P_{leaf}	T_{eaf}	WUE
หลังเก็บเกี่ยว	286	240	839
ออกดอก	212	179	844
ติดผล	273	348	1,275

P_{leaf} = net leaf photosynthesis (μmol CO_2m^{-2})

T_{leaf} = net leaf transpiration (mmolH_2Om^{-2})

WUE = Water use efficiency (molH_2O/molCO_2)

ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ (เขาค้อ) จ.เพชรบูรณ์

อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของใบกาแฟอะราบิกาในระยะต่างๆ กาแฟในระยะติดผล มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของใบสูงกว่าระยะออกดอก พบว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบกาแฟที่ระยะออกดอกจะมีค่าสูงสุดในช่วงเช้าและมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในช่วง 10.00 – 16.30 น. ส่วนในระยะติดผลพบว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบจะเพิ่มขึ้นในช่วงเช้าจนมีค่าสูงสุดในช่วง 15.00 น. โดยพบว่าในระยะออกดอกและติดผลใบกาแฟได้รับความเข้มแสงส่วนใหญ่ที่ต่ำกว่า 100 μmol $m^{-2}s^{-1}$ มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของใบสูงสุดประมาณ 5 และ 7.5 μmol $CO_2m^{-2}s^{-1}$ ตามลำดับ (ภาพที่ 8)

อัตราการคายน้ำของใบกาแฟในช่วงกลางวันของใบกาแฟอะราบิกาในระยะต่างๆ ใบกาแฟในช่วงติดผลมีอัตราการคายน้ำของใบในช่วงกลางวันสูงกว่าในระยะออกดอกและหลังการเก็บเกี่ยว โดยพบว่าในช่วงติดผลมีอัตราการคายน้ำของใบสูงสุดประมาณ 2.8 mmol H_2O $m^{-2}s^{-1}$ และในระยะออกดอกประมาณ 2.3 mmol H_2O $m^{-2}s^{-1}$ เมื่อพิจารณาจากภาพ พบว่าอัตราการคายน้ำของใบในระยะออกดอกจะเพิ่มขึ้นในช่วง 09.00 น. และมีค่าสูงในช่วง13.00 – 17.00 น. ส่วนในระยะติดผลพบว่าการคายน้ำของใบกาแฟจะสูงในช่วง 08.20 – 12.00 น. และลดลงอย่างช้าๆในช่วงบ่าย (ภาพที่ 9)

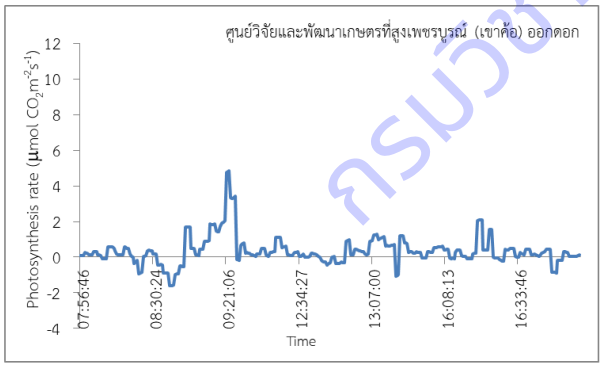
ประสิทธิภาพการใช้น้ำในการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบกาแฟอะราบิกาในรอบวัน ที่ระยะต่างๆ อัตราส่วนระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงและการคายน้ำของใบกาแฟอะราบิกาในระยะออกดอกมีค่าต่ำในช่วงเช้าและเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วง 12.40 น. ประมาณ 88 mmol $H_2Om^{-2}s^{-1}$:μmol $CO_2m^{-2}s^{-1}$ ส่วนในระยะติดผลพบว่าจะมี

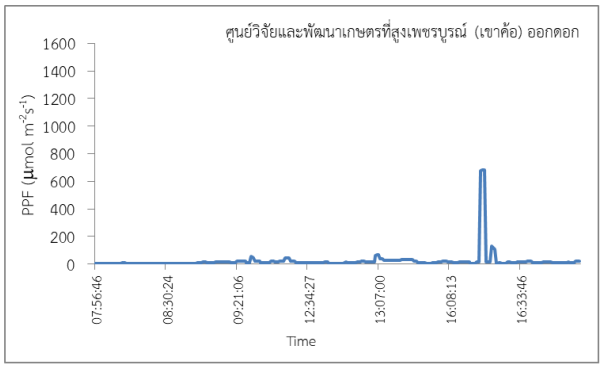
กรมวิชาการเกษตร

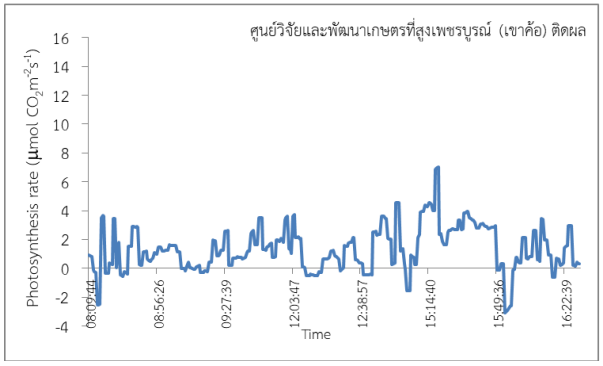
ค่าสูงสุดในช่วงเช้าและเปลี่ยนแปลงน้อยในช่วงบ่าย พบว่ามีอัตราส่วนระหว่างอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงและการคายน้ำสูงสุด คือ 65 mmol $H_2Om^{-2}s^{-1}$:μmol $CO_2m^{-2}s^{-1}$

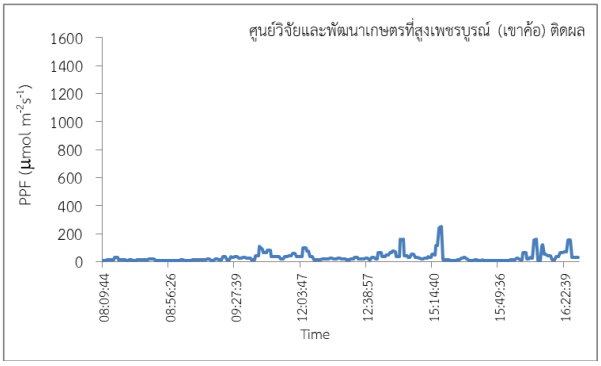
ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใบกาแฟสามารถตรึงไว้ได้ การคายน้ำ และประสิทธิภาพการใช้น้ำในเวลากลางวัน:ในระยะออกดอก และติดผล กาแฟจะเริ่มตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิได้ตั้งแต่เวลาประมาณ 07.30 น. และจะตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากขึ้นตามลำดับ ซึ่งจะสัมพันธ์กับความเข้มของแสงที่เพิ่มขึ้น และจะเพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 10.00-15.00 น. แต่จะมีความแปรปรวนในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ของตามความเข้มแสงที่ใบได้รับ หลังจากนั้นเมื่อความเข้มแสงลดลงปริมาณการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ของเรือนพุ่มจะลดลง และจะลดลงจนไม่สามารถตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ได้ในช่วง 16.30 น. เมื่อรวมพื้นที่ใต้กราฟระหว่างเวลา 07.30-16.30 น. ของกาแฟทั้ง 2 ระยะการเจริญเติบโต พบว่าในระยะติดผลมีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุดเท่ากับ 473 μmol CO_2m^{-2} และในระยะออกดอกเท่ากับ 120 μmol CO_2m^{-2} (ตารางที่ 13)

ส่วนปริมาณการคายน้ำของใบโดยรวมในช่วงเวลากลางวัน พบว่าเมื่อรวมพื้นที่ใต้กราฟของกาแฟทั้ง 2 ระยะการเจริญเติบโต ใบกาแฟในระยะติดผลมีปริมาณการคายน้ำของใบสูงที่สุด เท่ากับ 482 mmolH_2Om^{-2} และในระยะออกดอกเท่ากับ 163 mmolH_2Om^{-2} ด้านประสิทธิภาพการใช้น้ำของใบกาแฟในช่วงกลางวันพบว่า ในระยะออกดอกมีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงในช่วงเช้าและลดลงในช่วง 11.00-12.30 น. ส่วนกาแฟในระยะติดผลมีประสิทธิภาพการใช้น้ำต่ำในช่วงเช้าและเพิ่มสูงในช่วง 09.00-16.30 น. โดยใบกาแฟในระยะติดผลมีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงที่สุด เท่ากับ 1,019 mmolH_2O/μmolCO_2 และระยะออกดอกเท่ากับ 1,358 mmolH_2O/μmolCO_2 ตามลำดับ (ตารางที่ 13)



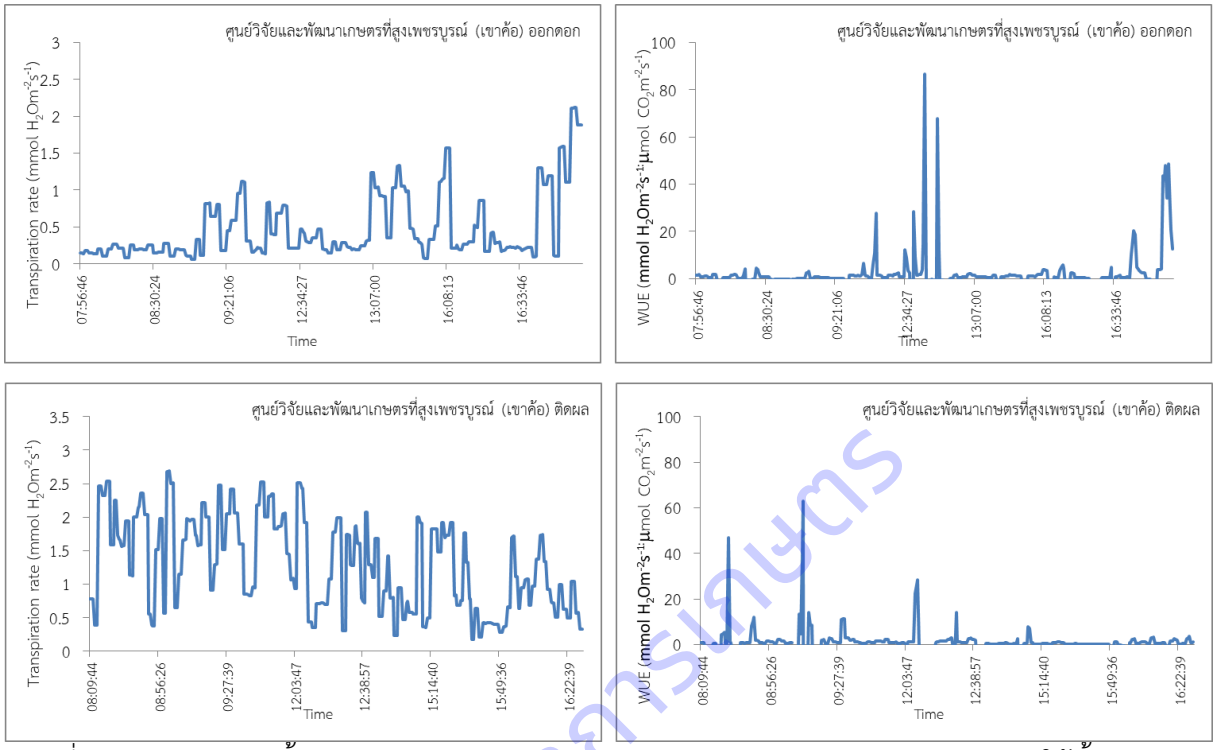






กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 8 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง (Leaf photosynthesis rate; μmol $CO_2m^{-2}s^{-1}$) และความเข้มแสงที่ใบกาแฟได้รับ (Photon Flux Density; PPF:μmol $m^{-2}s^{-1}$) ในรอบวันของใบกาแฟอะราบิกาที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ (เขาค้อ) จ.เพชรบูรณ์



ภาพที่ 9 อัตราการคายน้ำ (Transpiration rate; mmol $H_2Om^{-2}s^{-1}$)และประสิทธิภาพการใช้น้ำ (water use efficiency(WUE); mmol $H_2Om^{-2}s^{-1}$:μmol $CO_2m^{-2}s^{-1}$) ในรอบวันของใบกาแฟอะราบิกาที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ (เขาค้อ) จ.เพชรบูรณ์

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 13 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง (leaf photosynthesis) การคายน้ำ (leaf transpiration) ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (water use efficiency) ของใบกาแฟในระยะออกดอก และติดผลของกาแฟอะราบิกา ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ (เขาค้อ) จ.เพชรบูรณ์

ระยะการเจริญเติบโต	รวม 07.00-17.00 น.		
	P_{leaf}	T_{eaf}	WUE
ออกดอก	120	163	1,358
ติดผล	473	482	1,019

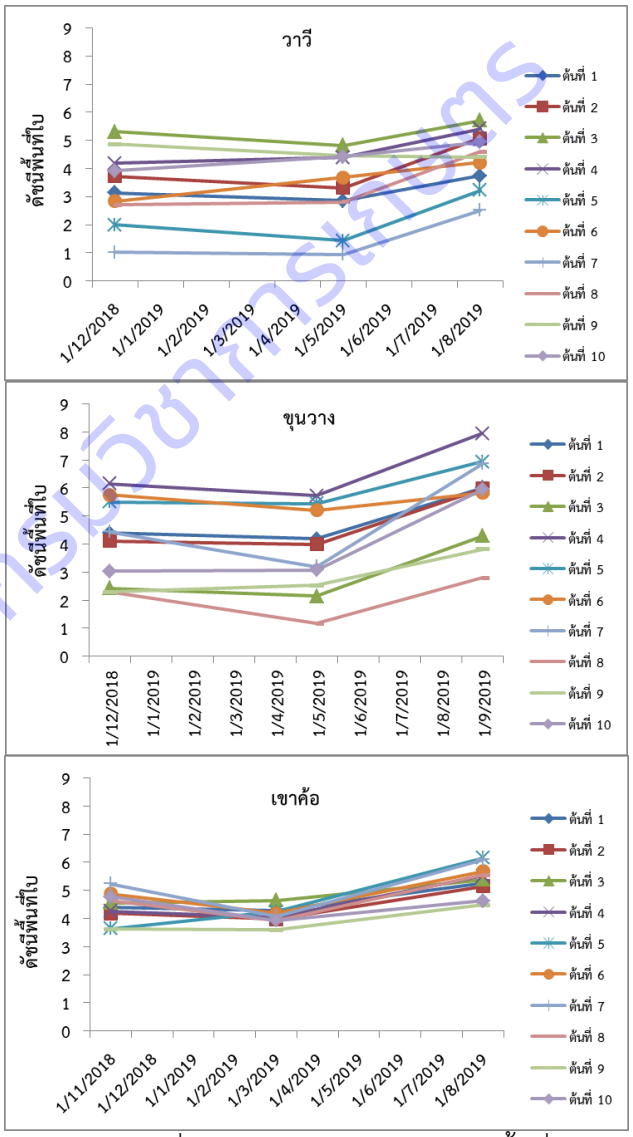
P_{leaf} = net leaf photosynthesis (μmol CO_2m^{-2})

T_{leaf} = net leaf transpiration (mmolH_2Om^{-2})

WUE = Water use efficiency (molH_2O/molCO_2)

8.13 การเปลี่ยนแปลงดัชนีพื้นที่ใบในรอบปีของแปลงกาแฟที่มีมะคาเดเมียเป็นพืชร่วม

วัดดัชนีพื้นที่ใบของแปลงกาแฟที่มีมะคาเดเมียเป็นพืชร่วมในพื้นที่จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ และเพชรบูรณ์ โดยสุ่มเลือกต้นในแปลงจำนวน 10 ต้น และวัดดัชนีพื้นที่ใบด้วยเครื่องวัดดัชนีพื้นที่ใบ LAI-2200 จำนวน 4 ตำแหน่ง (ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก) คำนวณหาค่าดัชนีพื้นที่ใบของแต่ละต้น ดำเนินการในช่วงหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต ช่วงออกดอก และช่วงพัฒนาผล พบว่าในแปลงกาแฟจังหวัดเชียงรายมีดัชนีพื้นที่ใบค่อนค้างคงที่ในช่วงหลังการเก็บเกี่ยวและออกดอกอยู่ระหว่าง 1.0-5.3 และมีดัชนีเพิ่มขึ้นในช่วงพัฒนาผลอยู่ระหว่าง 2.5-5.1 (ภาพที่ 10) ส่วนแปลงกาแฟในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่พบว่าดัชนีพื้นที่ใบลดลงเล็กน้อยในช่วงออกดอกอยู่ระหว่าง 1.1-5.2 และเพิ่มขึ้นในช่วงพัฒนาผลอยู่ระหว่าง 2.8-6.8 (ภาพที่ 10) และแปลงกาแฟในพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์พบว่ามีแนวโน้มเช่นเดียวกัน คือมีดัชนีพื้นที่ใบหลังการเก็บเกี่ยวระหว่าง 3.6-4.7 และอยู่ระหว่าง 3.5-4.6 และเพิ่มขึ้นในช่วงพัฒนาผลอยู่ระหว่าง 4.5-6.1 (ภาพที่ 10)



ภาพที่ 10 ดัชนีพื้นที่ใบของกาแฟ ช่วงหลังเก็บเกี่ยว ออกดอก และพัฒนาผล พื้นที่จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ และเพชรบูรณ์

กรมวิชาการเกษตร

ปี 2563

8.14 สำรวจและบันทึกข้อมูลด้านสรีรวิทยาและสภาพแวดล้อมในแปลงกาแฟที่มีการปลูกพืชร่วมในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดเชียงราย พบว่า

แปลงกาแฟอะราบิกา อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่

แปลงที่ 1 ระบบพืช กาแฟ-มะคาเดเมีย

กาแฟและพืชร่วมปลูกในทิศตะวันออก-ตะวันตก slope ของแปลงจากทิศใต้-ทิศเหนือ กาแฟอยู่ในระยะใกล้เก็บเกี่ยวโดยผลกาแฟเริ่มเปลี่ยนสี สุ่มวัดการเจริญเติบโตของต้นกาแฟพบว่าต้นกาแฟมีขนาดใกล้เคียงกัน มีระยะปลูก 2x2 เมตร กาแฟมีความสูงเฉลี่ย 1.81 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มเฉลี่ย 1.61 เมตร เส้นรอบวงลำต้นเฉลี่ย 11.2 เซนติเมตร (ตารางที่ 14) ส่วนพืชร่วมคือมะคาเดเมีย พบว่ามีความสูงเฉลี่ย 6.78 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มเฉลี่ย 7.78 เมตร เส้นรอบวงลำต้นเฉลี่ย 87.2 เซนติเมตร (ตารางที่ 15) เมื่อวัดความเข้มแสงที่ส่องผ่านลงมาภายใต้ทรงพุ่มในระยะทุกๆ 1 เมตรห่างจากต้นกาแฟจนถึงกลางทรงพุ่มพบว่า มีความเข้มแสงอยู่ระหว่าง 8-650 $\mu molm^{-2}s^{-1}$ หรือร้อยละ 1.1-36.1 ซึ่งเป็นความเข้มของแสงที่ค่อนข้างต่ำที่กาแฟจะนำไปใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง (ตารางที่ 16)

ตารางที่ 14 ความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มและเส้นรอบวงกาแฟอะราบิกา ระยะปลูก 2x2 เมตร

ต้นที่	ความสูง (เมตร)	เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่ม (เมตร)	เส้นรอบวงลำต้น (เซนติเมตร)
1	1.80	1.53	10.6
2	1.80	1.45	10.5
3	1.80	1.80	11.3
4	1.85	1.62	12.0
5	1.82	1.65	11.5
เฉลี่ย	**1.81**	**1.61**	**11.2**

ตารางที่ 15 ความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มและเส้นรอบวงมะคาเดเมีย ระยะปลูก ระยะปลูก 8x8 เมตร

ต้นที่	ความสูง (เมตร)	เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่ม (เมตร)	เส้นรอบวงลำต้น (เซนติเมตร)
1	6.5	9.3	84.3
2	6.3	5.7	78.8
3	7.5	6.1	88.2
4	6.8	10.0	97.5
เฉลี่ย	**6.78**	**7.78**	**87.2**

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 16 ความเข้มแสงภายใต้ทรงพุ่มในระบบกาแฟ-มะคาเดเมีย ที่ระยะต่างๆ (วัดเมื่อเวลา 11.30 น.)

ระยะห่างจากต้นมะคาเดเมีย (เมตร)	ความเข้มแสงใต้ทรงพุ่ม ($\mu molm^{-2}s^{-1}$) และร้อยละของแสงที่ทรงพุ่มได้รับที่ความสูง 1.0 เมตร				ความเข้มแสงภายนอกทรงพุ่ม ($\mu molm^{-2}s^{-1}$)
	ต้นที่ 1	ต้นที่ 2	ต้นที่ 3	ต้นที่ 4	
1	8 (0.44%)	13 (0.72%)	35 (1.94%)	24 (1.33%)	1800
2	5 (0.28%)	9 (0.50%)	43 (2.39%)	55 (3.06%)	
3	11 (0.61%)	650 (36.1%)	34 (1.89%)	102 (5.67%)	
4	16 (0.89%)	20 (1.11%)	342 (19%)	20 (1.11%)	

แปลงที่ 2 ระบบพืช กาแฟ-ซิลเวอร์โอ๊ค

พบว่าแปลงกาแฟ และพืชร่วมปลูกในแนวเหนือใต้ มี slope จากทิศตะวันออก-ทิศตะวันตก กาแฟอยู่ในระยะใกล้เก็บเกี่ยวโดยผลกาแฟเริ่มเปลี่ยนสี สุ่มวัดการเจริญเติบโตของต้นกาแฟพบว่าต้นกาแฟมีขนาดใกล้เคียงกัน มีระยะปลูก 2x2 เมตร กาแฟมีความสูงเฉลี่ย 1.81 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มเฉลี่ย 1.41 เมตร เส้นรอบวงลำต้นเฉลี่ย 15.8 เซนติเมตร (ตารางที่ 17) ส่วนพืชร่วมคือซิลเวอร์โอ๊ค พบว่ามีความสูงเฉลี่ย 8.05 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มเฉลี่ย 5.29 เมตร เส้นรอบวงลำต้นเฉลี่ย 58.73 เซนติเมตร (ตารางที่ 18) เมื่อวัดความเข้มแสงที่ส่องผ่านลงมาภายใต้ทรงพุ่มซิลเวอร์โอ๊คในระยะทุกๆ 1 เมตรจากลำต้นจนถึงชายพุ่มพบว่า มีความเข้มแสงอยู่ระหว่าง 231-1420 $\mu molm^{-2}s^{-1}$ หรือร้อยละ 12.8-78.9 ของความเข้มแสงนอกทรงพุ่ม (1,800 ซึ่งเป็นความเข้มของแสงที่ค่อนข้างสูงที่กาแฟจะนำไปใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง (400-600 $\mu molm^{-2}s^{-1}$) (ตารางที่ 19) เนื่องจากซิลเวอร์โอ๊คมีใบขนาดเล็ก ทรงพุ่มโปรง มีระยะระหว่างแถวค่อนข้างมาก (16 เมตร) จึงทำให้แสงส่องผ่านได้มาก และพบว่าการได้รับแสงของต้นกาแฟนอกจากจะขึ้นกับพืชร่วมแล้วยังจะขึ้นกับฤดูกาล ทิศทาง และลักษณะพื้นที่

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 17 ความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มและเส้นรอบวงกาแฟอะราบิกา ระยะปลูก 2x2 เมตร

ต้นที่	ความสูง (เมตร)	เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่ม (เมตร)	เส้นรอบวงลำต้น (เซนติเมตร)
1	1.75	1.55	14.7
2	1.95	1.15	17.5
3	2.10	1.30	17.7
4	1.60	1.45	15.7
5	1.65	1.60	13.5
เฉลี่ย	1.81	1.41	15.8

ตารางที่ 18 ความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มและเส้นรอบวงซิลเวอร์โอ๊ค ระยะปลูก ระยะปลูก 7x16 เมตร

ต้นที่	ความสูง (เมตร)	เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่ม (เมตร)	เส้นรอบวงลำต้น (เซนติเมตร)
1	7.8	5.1	45.3
2	8.2	5.25	63.8
3	7.5	5.35	60.0
4	8.7	5.45	65.8
เฉลี่ย	8.05	5.29	58.73

ตารางที่ 19 ความเข้มแสงภายใต้ทรงพุ่มในระบบกาแฟ-ซิลเวอร์โอ๊ค แบ่งตามทิศและระยะต่างๆ (เวลา 11.00 น.)

ระยะห่างจากต้นซิลเวอร์โอ๊ค (เมตร)	ความเข้มแสงใต้ทรงพุ่ม ($\mu molm^{-2}s^{-1}$) และร้อยละของแสงที่ทรงพุ่มได้รับที่ความสูง 1.0 เมตร				ความเข้มแสงภายนอกทรงพุ่ม ($\mu molm^{-2}s^{-1}$)
	ทิศ ต.ออก	ทิศเหนือ	ทิศ ต.ตก	ทิศใต้	
1	1,409 (78%)	329 (18%)	1,121 (62%)	1,409 (78%)	
2	1,211 (67%)	231 (13%)	1,420 (79%)	1,316 (73%)	1800
3	1,123 (62%)	275 (15%)	1,657 (92%)	1,277 (71%)	

แปลงที่ 3 สถานีพัฒนาเกษตรที่สูงตามแนวพระราชดำริ บ้านปางขอน

สำรวจและบันทึกข้อมูลด้านสรีรวิทยาและสภาพแวดล้อมในแปลงกาแฟที่มีการปลูกพืชร่วม คือ นางพญาเสือโคร่ง (*Prunus cerasoides* D.Don) ในพื้นที่สถานีพัฒนาเกษตรที่สูงตามแนวพระราชดำริ บ้านปางขอน ต.ปางขอน อ.แม่สรวย จ.เชียงราย พิกัด 47Q X562473 Y2200465 ความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 1,366 เมตร พบว่า เป็นแปลงกาแฟอายุ 15 ปี ปลูกในทิศตะวันออก-ตะวันตก Slope ของแปลงจากทิศตะวันตก-ทิศตะวันออก กาแฟอยู่ในระยะหลังเก็บเกี่ยว สุ่มวัดภายใต้สภาพร่มเงาพบว่ากาแฟมีขนาดต้นและทรงพุ่มใกล้เคียงกัน ระยะปลูกเฉลี่ย 2x2 เมตร กาแฟมีความสูงเฉลี่ย 1.55 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่ม 1.88 เมตร เส้นรอบวงลำต้นเฉลี่ย 20.3 เซนติเมตร วัดดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) โดยใช้เครื่อง LAI-2200 พบว่ามีค่าดัชนีพื้นที่ใบ 4.53-6.30 วัดค่าความเขียวของใบด้วยเครื่อง SPAD พบว่ามีค่าความเขียว 60.9-70.4 (ตารางที่ 20) พืชร่วมคือนางพญาเสือโคร่ง พบว่ามีความสูงเฉลี่ย 11.6 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มเฉลี่ย 8.9 เมตร เส้นรอบวงลำต้นเฉลี่ย 84.7 เซนติเมตร (ตารางที่ 21)

ทรงพุ่มจะได้รับแสงสูงในช่วง 11.00-113.00 น. และได้รับแสงค่อนข้างต่ำในช่วงเช้าและเย็นทำให้เกิดการหายใจของใบในระหว่างวัน (ตารางที่ 23) เมื่อวัดความเข้มแสงที่ส่องผ่านลงมาภายใต้ทรงพุ่มในรอบวัน ณ ตำแหน่งเหนือทรงพุ่ม กลางทรงพุ่ม และใต้ทรงพุ่มกาแฟ พบว่า ตำแหน่งใบด้านบนทรงพุ่มได้รับแสงสูงสุด รองลงมาคือตำแหน่งกลางทรงพุ่ม และมีค่าน้อยที่ตำแหน่งด้านล่างของทรงพุ่ม (ภาพที่) โดยมีความเข้มแสงเหนือทรงพุ่ม 15-358 $\mu molPPFm^{-2}s^{-1}$ หรือมีการรับแสง 3.8-34.1% ความเข้มแสงกลางทรงพุ่มกาแฟ 12-221

กรมวิชาการเกษตร

μmolPPFm^{-2}s^{-1} หรือมีการรับแสง 2.5-21.0% และความเข้มแสงใต้ทรงพุ่มกาแฟ 4-29 μmolPPFm^{-2}s^{-1} หรือมีการรับแสง 0.7-4.0% ซึ่งเป็นความเข้มของแสงที่ค่อนข้างต่ำที่กาแฟจะนำไปใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง (ภาพที่ 12 และตารางที่ 22)

ตารางที่ 20 ข้อมูลความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มและเส้นรอบลำต้นกาแฟอะราบิกา ระยะปลูก 2x2 เมตร ต.ปางขอน อ.แม่สรวย จ.เชียงราย

ต้นที่	ความสูง (เมตร)	เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่ม (เมตร)	เส้นรอบวงลำต้น (เซนติเมตร)	ดัชนีพื้นที่ใบ (LAI)	ค่าความเขียวของใบ (SPAD)
1	1.55	1.90	23	5.35	60.9
2	1.65	1.95	17.5	6.00	63.3
3	1.3	1.85	18.5	4.53	70.4
4	1.6	1.83	18.5	6.30	63.6
5	1.65	1.90	24	4.58	67.9
เฉลี่ย	1.55	1.90	20.3	5.35	60.9

ตารางที่ 21 ข้อมูลความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มและเส้นรอบวงลำต้นนางพญาเสือโคร่ง ระยะปลูก ระยะปลูก 8x10 เมตร ต.ปางขอน อ.แม่สรวย จ.เชียงราย

ต้นที่	ความสูง (เมตร)	เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่ม (เมตร)	เส้นรอบวงลำต้น (เซนติเมตร)
1	105	9.8	84.7
2	12.3	10.2	97.3
3	11.6	7.5	87.9
4	12.3	8.3	78.5
5	11.4	8.7	75.3
เฉลี่ย	11.62	8.9	84.74

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 22 ความเข้มแสงเฉลี่ยในรอบวันที่ระดับต่างๆของทรงพุ่มกาแฟ ในระบบกาแฟ-นางพญาเสือโคร่ง ต.ปางขอน อ.แม่สรวย จ.เชียงราย

ตำแหน่งวัดความเข้มแสง	ความเข้มแสงใต้ทรงพุ่ม ($\mu molm^{-2}s^{-1}$) และร้อยละของแสงที่ทรงพุ่มได้รับ			ความเข้มแสงภายนอกทรงพุ่ม ($\mu molm^{-2}s^{-1}$)
	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	
ยอดทรงพุ่ม	15 (3.8%)	358 (34.1%)	85 (10.6%)	176-1,679
กลางทรงพุ่ม	12 (2.5%)	221 (21%)	57 (7.3%)	176-1,679
ด้านล่างทรงพุ่ม	4 (0.7%)	29 (4.0%)	13 (1.8%)	176-1,679

ตารางที่ 23 การสังเคราะห์ด้วยแสง การคายน้ำ การนำไหลของปากใบ อุณหภูมิและแสง ณ รอบวันของกาแฟอะราบิกา ต.ปางขอน อ.แม่สรวย จ.เชียงราย

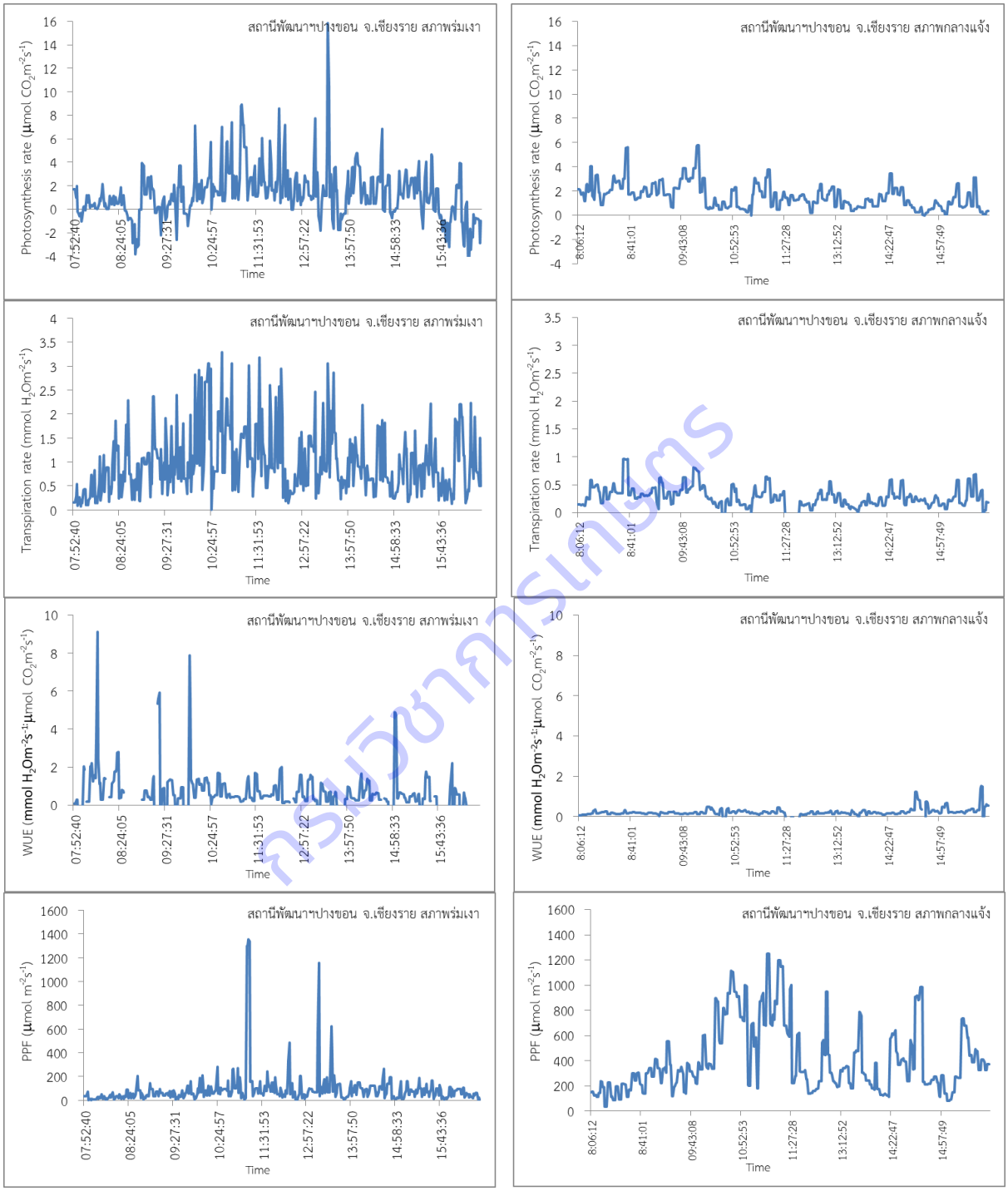
ช่วงเวลา	การสังเคราะห์ด้วยแสง ($\mu molCO_2m^{-2}s^{-1}$)	การคายน้ำ (mmol H_2O $m^{-2}s^{-1}$)	การนำไหลปากใบ (mmol m^{-2} s^{-1})	อุณหภูมิอากาศ (°C)	แสงที่ใบได้รับ ($\mu molPPFm^{-2}s^{-1}$)
07:00-10.00	(-)1.2-2.39	0.001-1.33	0.003-0.05	21.7-28.6	2.98-87.6
11:00-13:00	(0.89)-5.28	0.14-1.01	0.009-0.04	25.7-29.9	4.8-289.7
14:00-16:00	(-)1.59-1.53	0.09-0.74	0.004-0.03	27.1-29.8	6.50-70.3

ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใบกาแฟสามารถตรึงไว้ได้ การคายน้ำ และประสิทธิภาพการใช้น้ำในเวลากลางวัน:ในสภาพร่มเงาและกลางแจ้ง พื้นที่สถานีพัฒนาฯปางขอน จ.เชียงราย กาแฟจะเริ่มตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิได้ตั้งแต่เวลาประมาณ 07.50 น. และจะตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากขึ้นตามลำดับ ซึ่งจะสัมพันธ์กับความเข้มของแสงที่เพิ่มขึ้น และจะเพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 10.00-14.00 น. แต่จะมีความแปรปรวนในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ของตามความเข้มแสงที่ใบได้รับ (ภาพที่ 11) หลังจากนั้นเมื่อความเข้มแสงลดลงปริมาณการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ของเรือนพุ่มจะลดลง และจะลดลงจนไม่สามารถตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ได้ในช่วง 15.30 น. และพบว่าในสภาพร่มเงามีความแปรปรวนของการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าในสภาพกลางแจ้ง เมื่อรวมพื้นที่ใต้กราฟระหว่างเวลา 07.30-16.30 น. ของกาแฟทั้ง 2 สภาพแวดล้อม พบว่าใบกาแฟในสภาพกลางแจ้งสามารถตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้สูงกว่าในสภาพร่มเงา คือ 620 และ 575 $\mu mol\ CO_2m^{-2}$ ตามลำดับ (ตารางที่ 24)

ส่วนปริมาณการคายน้ำของใบโดยรวมในช่วงเวลากลางวัน พบว่าเมื่อรวมพื้นที่ใต้กราฟของกาแฟทั้ง 2 สภาพแวดล้อม ใบกาแฟในสภาพร่มเงามีปริมาณการคายน้ำของใบสูงกว่าในสภาพกลางแจ้ง เท่ากับ 443 และ 109 $mmolH_2Om^{-2}$ ด้านประสิทธิภาพการใช้น้ำของใบกาแฟในช่วงกลางวันพบว่า กาแฟในสภาพร่มเงาและสภาพกลางแจ้งมีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงในช่วงเช้า และลดลงในช่วงเวลากลางวัน หลังจากนั้นจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

กรมวิชาการเกษตร

ในช่วงเย็น โดยใบกาแฟในสภาพกลางแจ้งมีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงกว่าในสภาพร่มเงาเท่ากับ 176 และ 770 mmolH_2O/μmolCO_2 ตามลำดับ (ตารางที่ 24)



กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 11 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง (Leaf photosynthesis rate; μmol $CO_2m^{-2}s^{-1}$) อัตราการคายน้ำ (Transpiration rate; mmol $H_2Om^{-2}s^{-1}$) ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (water use efficiency(WUE); mmol

$H_2Om^{-2}s^{-1}$/μmol $CO_2m^{-2}s^{-1}$) และความเข้มแสงที่ใบกาแฟได้รับ (Photon Flux Density; PPF:μmol $m^{-2}s^{-1}$) ในรอบวันของใบกาแฟอะราบิกาที่ปลูกในสภาพร่มเงาและสภาพกลางแจ้ง ณ สถานีพัฒนาฯปางขอน จ.เชียงราย

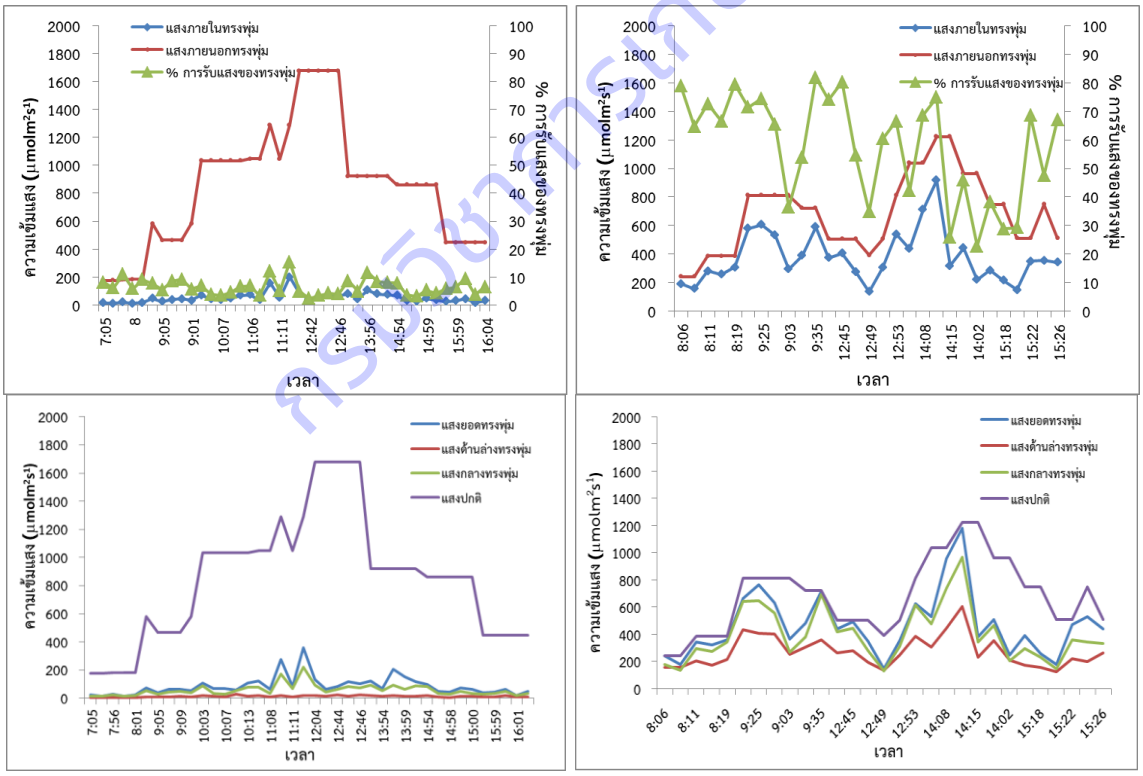
ตารางที่ 23 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง (leaf photosynthesis) การคายน้ำ (leaf transpiration) ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (water use efficiency) ของใบกาแฟในสภาพร่มเงาและสภาพกลางแจ้ง ณ สถานีพัฒนาฯปางขอน จ.เชียงราย

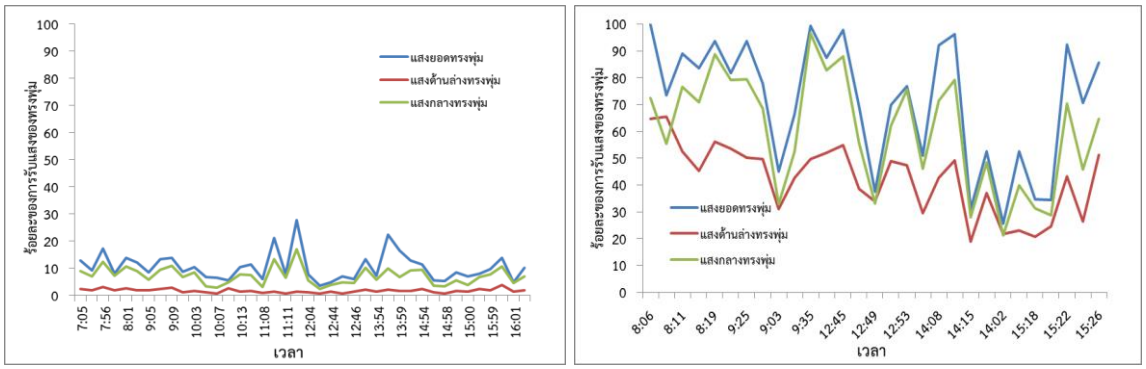
สภาพแวดล้อม	รวม 07.30-16.30 น.		
	P_{leaf}	T_{leaf}	WUE
สภาพร่มเงา	575	443	770
สภาพกลางแจ้ง	620	109	176

P_{leaf} = net leaf photosynthesis (μmol CO_2m^{-2})

T_{leaf} = net leaf transpiration (mmolH_2Om^{-2})

WUE = Water use efficiency (mmolH_2O/μmolCO_2)





ภาพที่ 12 ความเข้มแสง ร้อยละของการรับแสงของทรงพุ่มที่ตำแหน่งต่างๆ ในสภาพร่มเงาและกลางแจ้ง ณ สถานีพัฒนาฯปางขอน จ.เชียงราย

ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่(ขุนวาง)

ข้อมูลสภาพพื้นที่แปลงกาแฟ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง)

1. ระบบการปลูก กาแฟอะราบิกา+พืชร่วม (นางพญาเสือโคร่ง)
   ทิศทางความลาดชัน (Slope) ทิศตะวันตก-ทิศตะวันออก
   พืช กาแฟ ระยะปลูก 2x2 เมตร ความสูง 1.7-1.9 เมตร ขนาดทรงพุ่ม 1.65-2.10 เมตร
   พืชร่วม นางพญาเสือโคร่ง ระยะปลูก 6x10 เมตร ความสูง 6-8 เมตร ขนาดทรงพุ่ม 7-14 เมตร
2. ระบบการปลูก กาแฟอะราบิกา สภาพกลางแจ้ง
   ทิศทางความลาดชัน (Slope) ทิศตะวันตก-ทิศตะวันออก
   พืช กาแฟ ระยะปลูก 2x2 เมตร ความสูง 1.7- 2.0 เมตร ขนาดทรงพุ่ม 1.7-2.30 เมตร

ภาพที่ 13 สภาพแปลงกาแฟที่ปลูกภายใต้สภาพร่มเงาและในสภาพกลางแจ้ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร

บันทึกความเข้มแสงในรอบวันของกาแฟอะราบิกาที่ตำแหน่งต่างๆของทรงพุ่มใน 2 สภาพแวดล้อมคือ สภาพร่มเงาและสภาพกลางแจ้ง พบว่าในทั้ง 2 สภาพแวดล้อม ยอดทรงพุ่มจะได้รับความเข้มแสงสูงกว่ากลางทรงพุ่ม และด้านล่างทรงพุ่ม โดยกาแฟที่ปลูกในสภาพร่มเงาได้รับแสงสูงสุด 91% ต่ำสุดเพียง 0.8% และได้รับแสงเฉลี่ยที่ยอดทรงพุ่ม 18% กลางทรงพุ่ม 17% และด้านล่างทรงพุ่ม 6.7% ของความเข้มแสงภายนอก (ตารางที่ 24) (ภาพที่ 14) ส่วนกาแฟที่ปลูกในสภาพกลางแจ้ง ได้รับความเข้มแสงด้านล่างทรงพุ่มต่ำสุด 2.0% สูงสุด 98% และยอดทรงพุ่มได้รับความเข้มแสงเฉลี่ย 60% กลางทรงพุ่ม 45% และด้านล่างทรงพุ่ม 22% ของความเข้มแสงภายนอกทรงพุ่ม (ภาพที่ 14 และตารางที่ 25)

ตารางที่ 24 ความเข้มแสงเฉลี่ยในรอบวันที่ระดับต่างๆของทรงพุ่มกาแฟ ในสภาพเงา (กาแฟ-มะคาเดเมีย) ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) จังหวัดเชียงใหม่

ตำแหน่งวัดความเข้มแสง	ความเข้มแสงใต้ทรงพุ่ม ($\mu molm^{-2}s^{-1}$) และร้อยละของแสงที่ทรงพุ่มได้รับ			ความเข้มแสงภายนอกทรงพุ่ม ($\mu molm^{-2}s^{-1}$)
	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	
ยอดทรงพุ่ม	37 (2.2%)	1573 (91%)	314 (18%)	115-1,716
กลางทรงพุ่ม	29 (1.7%)	1563 (91%)	293 (17%)	115-1,716
ด้านล่างทรงพุ่ม	13 (0.8%)	713 (42%)	115 (6.7%)	115-1,716

ตารางที่ 25 ความเข้มแสงเฉลี่ยในรอบวันที่ระดับต่างๆของทรงพุ่มกาแฟ ในสภาพกลางแจ้ง ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) จังหวัดเชียงใหม่

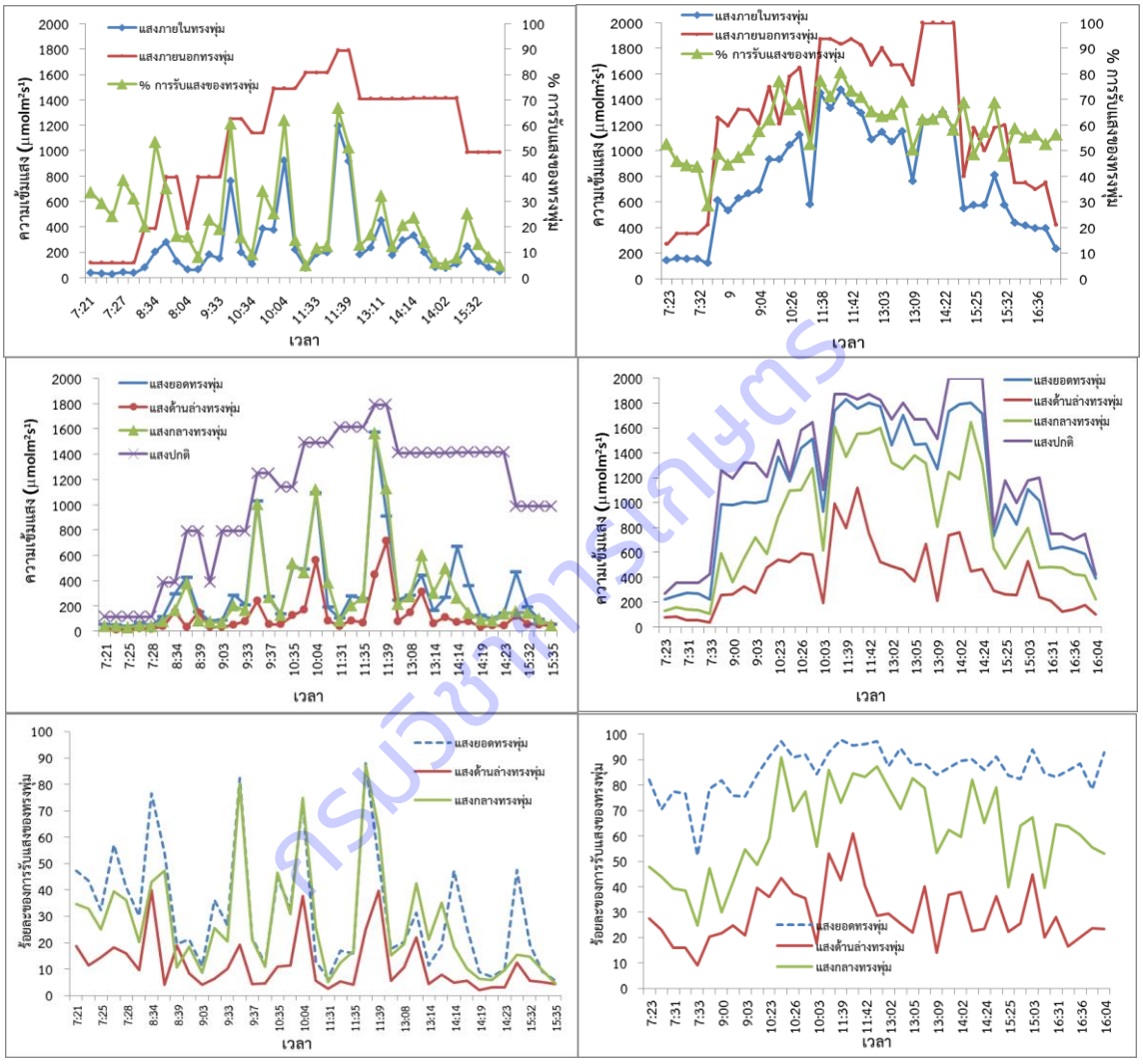
ตำแหน่งวัดความเข้มแสง	ความเข้มแสงใต้ทรงพุ่ม ($\mu molm^{-2}s^{-1}$) และร้อยละของแสงที่ทรงพุ่มได้รับ			ความเข้มแสงภายนอกทรงพุ่ม ($\mu molm^{-2}s^{-1}$)
	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	
ยอดทรงพุ่ม	220 (11.7%)	1831 (98%)	1132 (60%)	270-1873
กลางทรงพุ่ม	105 (5.6%)	1645 (88%)	846 (45%)	270-1873
ด้านล่างทรงพุ่ม	38 (2.0%)	1118 (60%)	406 (22%)	270-1873

ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใบกาแฟสามารถตรึงไว้ได้ การคายน้ำ และประสิทธิภาพการใช้น้ำในเวลากลางวัน:ในสภาพร่มเงาและกลางแจ้ง พื้นที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) จ.เชียงใหม่

กาแฟจะเริ่มตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิได้ตั้งแต่เวลาประมาณ 07.20 น. และจะตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากขึ้นตามลำดับ ซึ่งจะสัมพันธ์กับความเข้มของแสงที่เพิ่มขึ้น และจะเพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 10.00-14.00 น. แต่จะมีความแปรปรวนในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ของตามความเข้มแสงที่ใบ

กรมวิชาการเกษตร

ได้รับ หลังจากนั้นเมื่อความเข้มแสงลดลงปริมาณการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ของเรือนพุ่มจะลดลง และจะลดลงจนไม่สามารถตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ได้ในช่วง 15.30 น. และพบว่าในสภาพร่มเงามีความแปรปรวนของการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าในสภาพกลางแจ้ง (ภาพที่ 15) เมื่อรวมพื้นที่ใต้กราฟระหว่างเวลา 07.30-17.00 น. ของกาแฟทั้ง 2 สภาพแวดล้อม พบว่าใบกาแฟในสภาพกลางแจ้งสามารถตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้สูงกว่าในสภาพร่มเงา คือ 1,149 และ 904 μmol CO_2m^{-2} ตามลำดับ (ตารางที่ 26)

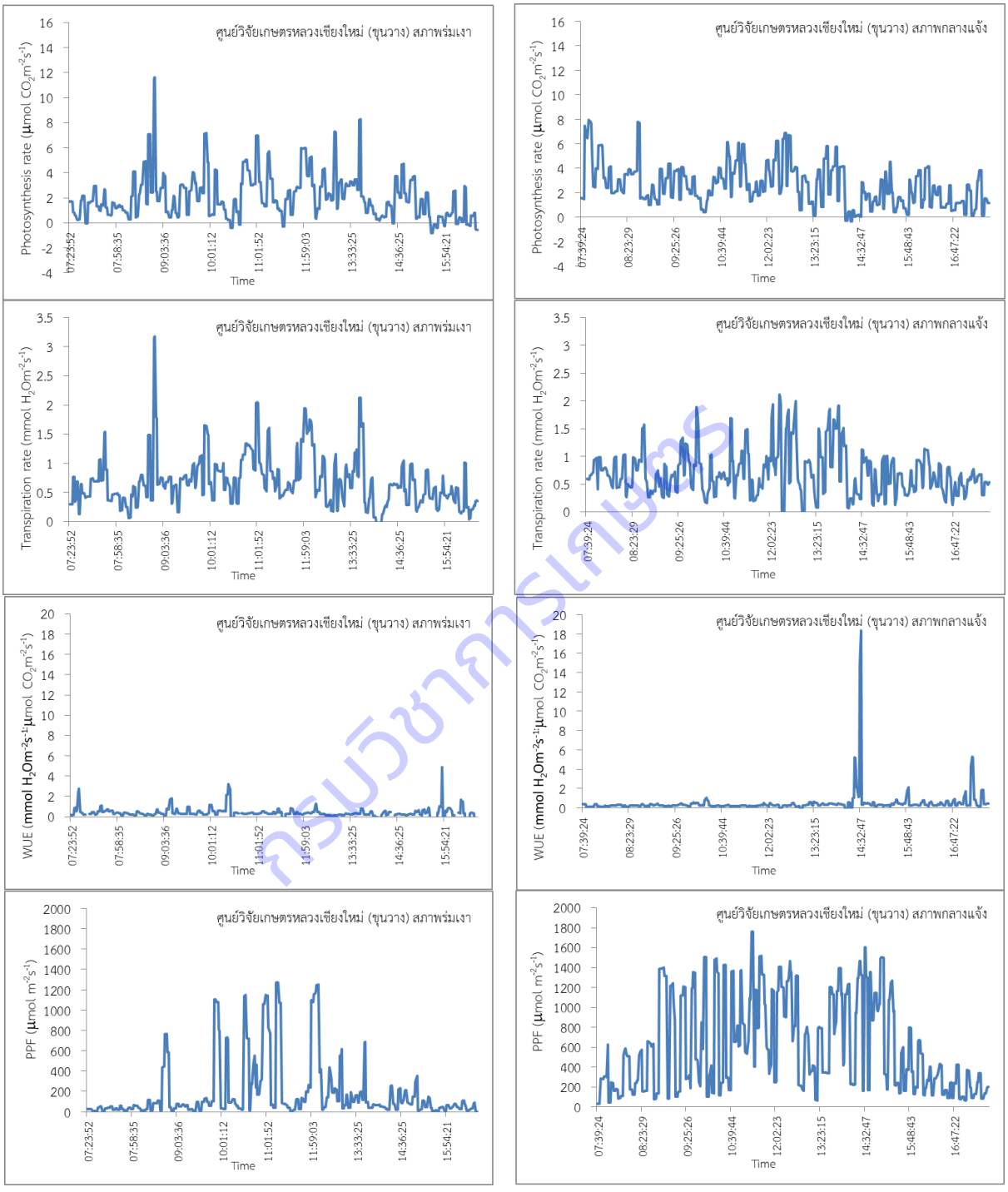


ก) แปลงกาแฟร่มเงา ข) แปลงกาแฟกลางแจ้ง

ภาพที่ 14 ความเข้มแสง ร้อยละของการรับแสงของทรงพุ่มที่ตำแหน่งต่างๆ ในสภาพร่มเงาและกลางแจ้ง ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) จังหวัดเชียงใหม่

ส่วนปริมาณการคายน้ำของใบโดยรวมในช่วงเวลากลางวัน พบว่าเมื่อรวมพื้นที่ใต้กราฟของกาแฟทั้ง 2 สภาพแวดล้อม ใบกาแฟในสภาพกลางแจ้งมีปริมาณการคายน้ำของใบใกล้เคียงกับในสภาพร่มเงา คือ 310 และ 297 mmolH_2Om^{-2} ด้านประสิทธิภาพการใช้น้ำของใบกาแฟในช่วงกลางวันพบว่า กาแฟในสภาพร่มเงามีประสิทธิภาพการใช้น้ำค่อนข้างคงที่ตลอดทั้งวัน ส่วนในสภาพกลางแจ้งจะมีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงในช่วงเช้า

และจะเพิ่มขึ้นในช่วง 14.00 น.และช่วงเย็น โดยใบกาแฟในสภาพร่มเงามีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงกว่าในสภาพกลางแจ้ง เท่ากับ 152 และ 204 mmolH_2O/μmolCO_2 ตามลำดับ (ตารางที่ 26)



ภาพที่ 15 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง (Leaf photosynthesis rate; μmol $CO_2m^{-2}s^{-1}$) อัตราการคายน้ำ (Transpiration rate; mmol $H_2Om^{-2}s^{-1}$)ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (water use efficiency(WUE); mmol $H_2Om^{-2}s^{-1}$:μmol $CO_2m^{-2}s^{-1}$) และความเข้มแสงที่ใบกาแฟได้รับ (Photon Flux Density; PPF:μmol $m^{-2}s^{-1}$) ในรอบ

วันของกาแฟอะราบิกาที่ปลูกในสภาพร่มเงาและสภาพกลางแจ้ง ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) จ. เชียงใหม่

ตารางที่ 26 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง (leaf photosynthesis) การคายน้ำ (leaf transpiration) ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (water use efficiency) ของใบกาแฟในสภาพร่มเงาและสภาพกลางแจ้ง ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) จ.เชียงใหม่

สภาพแวดล้อม	รวม 07.00-17.00 น.		
	P_{leaf}	T_{leaf}	WUE
สภาพร่มเงา	906	297	152
สภาพกลางแจ้ง	1,149	310	204

P_{leaf} = net leaf photosynthesis (μmol $CO_2 m^{-2}$)

T_{leaf} = net leaf transpiration (mmol$H_2O m^{-2}$)

WUE = Water use efficiency (mmolH_2O/μmolCO_2)

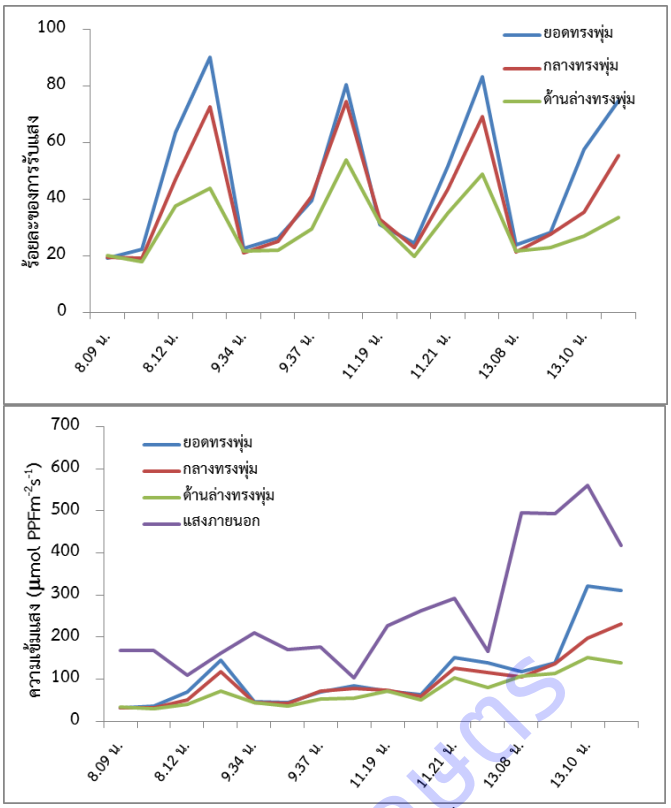
การรับแสงของทรงพุ่มกาแฟที่ปลูกในสภาพร่มเงาต่างๆ

บันทึกข้อมูลการรับแสงของทรงพุ่มในรอบวันของแปลงกาแฟอะราบิกาในระยะติดผลที่มีพืชร่วมคือ ซิลเวอร์โอ๊ค พืชตระกูลกระถิน และมะคาเดเมีย ในพื้นที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (แม่จอนหลวง) อ.แม่แจ่ม จ. เชียงใหม่ และแปลงกาแฟที่ปลูกในระบบวนเกษตร มีไม้ป่าและชาเมี่ยงเป็นพืชร่วมในแปลงเกษตรกร อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่ ในช่วงเดือนสิงหาคม-กันยายน 2563 พบว่า

แปลงกาแฟที่ปลูกในสภาพร่มเงา (กาแฟ+ซิลเวอร์โอ๊ค)

วัดความเข้มแสงในรอบวันของแปลงกาแฟที่มีต้นซิลเวอร์โอ๊คเป็นพืชร่วม ต้นกาแฟได้รับแสงเฉลี่ยร้อยละ 39 ของแสงทั้งหมด โดยด้านล่างของทรงพุ่มได้รับแสงต่ำสุดเฉลี่ยร้อยละ 18 และยอดทรงพุ่มได้รับแสงสูงสุดเฉลี่ยร้อยละ 90 (ภาพที่ 16) ด้านความเข้มของแสงภายนอกในรอบวันพบว่ามีค่า 104-560 μmol PPF $m^{-1}s^{-2}$ ซึ่งถือว่าค่อนข้างต่ำเนื่องจากสภาพท้องฟ้ามีเมฆมากและมีฝนตก หากเทียบกับแสงในช่วงเวลาที่ไม่มีเมฆปกคลุมจะมีความเข้มแสงสูงสุดประมาณ 1,800-2,000 μmol PPF $m^{-1}s^{-2}$ ประเมินความเข้มของแสงที่ทรงพุ่มกาแฟได้รับพบว่า มีความเข้มแสงอยู่ระหว่าง 30-322 μmol PPF m^{-1} s^{-2} ประเมินการติดผลของกาแฟพบว่ามีการติดผลร้อยละ 52

กรมวิชาการเกษตร

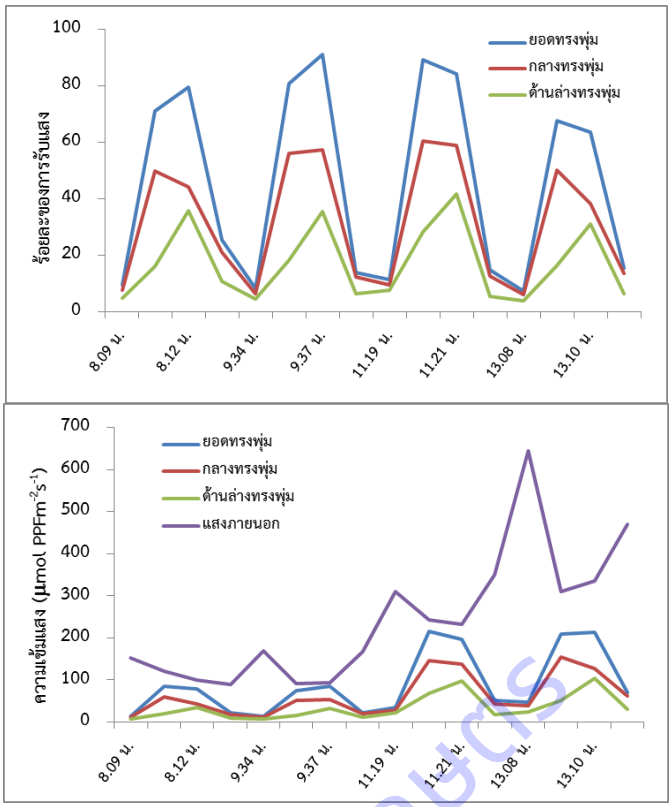


ภาพที่ 16 ร้อยละของการรับแสงของทรงพุ่ม และความเข้มแสงกาแฟที่ตำแหน่งต่างๆของทรงพุ่มที่ปลูกร่วมกับซิลเวอร์โอ๊คได้รับในรอบวัน

แปลงกาแฟที่ปลูกในสภาพร่มเงา (กาแฟ+พืชตระกูลกระถิน)

วัดความเข้มแสงในรอบวันของแปลงกาแฟที่มีพืชตระกูลกระถินเป็นพืชร่วม ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (แม่จอนหลวง) พบว่า ต้นกาแฟได้รับแสงเฉลี่ยร้อยละ 31 ของแสงทั้งหมด โดยด้านล่างของทรงพุ่มได้รับแสงต่ำสุดเฉลี่ยร้อยละ 4 และยอดทรงพุ่มได้รับแสงสูงสุดเฉลี่ยร้อยละ 91 (ภาพที่ 17) ด้านความเข้มของแสงภายนอกในรอบวันพบว่ามีค่า 90-644 µmol PPF $m^{-1}s^{-2}$ ประเมินความเข้มของแสงที่ทรงพุ่มกาแฟได้รับพบว่า มีความเข้มแสงอยู่ระหว่าง 7-216 µmol PPF m^{-1} s^{-2} ประเมินการติดผลของกาแฟพบว่ามีการติดผลร้อยละ 40

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

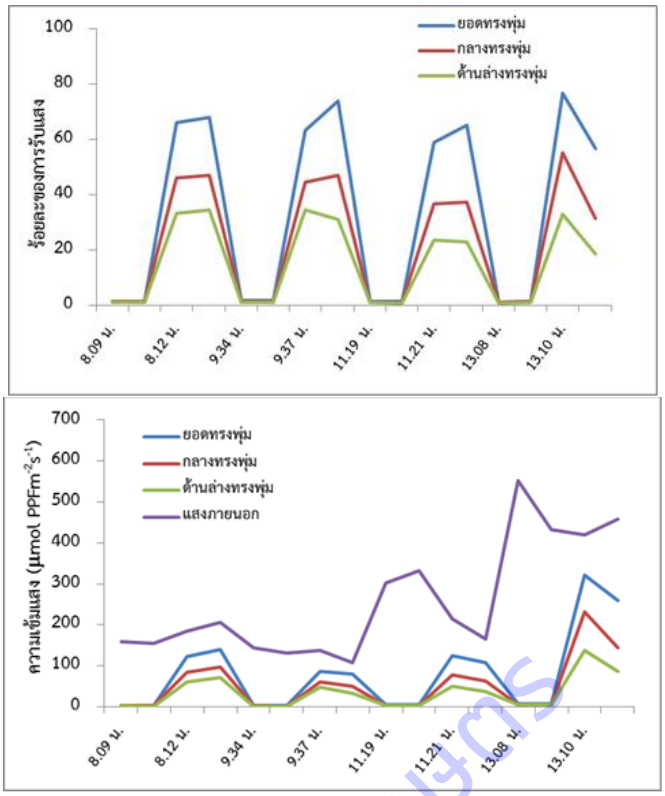


ภาพที่ 17 ร้อยละของการรับแสงของทรงพุ่ม และความเข้มแสงที่ตำแหน่งต่างๆของทรงพุ่มของกาแฟที่ปลูกร่วมกับพืชตระกูลกระถินได้รับในรอบวัน

แปลงกาแฟที่ปลูกในสภาพร่มเงา (กาแฟ+มะคาเดเมีย)

วัดความเข้มแสงในรอบวันของแปลงกาแฟที่มีมะคาเดเมียเป็นพืชร่วม ต้นกาแฟได้รับแสงเฉลี่ยร้อยละ 24 ของแสงทั้งหมด โดยด้านล่างของทรงพุ่มได้รับแสงต่ำสุดเฉลี่ยร้อยละ 1 และยอดทรงพุ่มได้รับแสงสูงสุดเฉลี่ยร้อยละ 71 (ภาพที่ 18) ด้านความเข้มของแสงภายนอกในรอบวันพบว่ามีค่า 108-553 µmol PPF $m^{-1}s^{-2}$ ประเมินความเข้มของแสงที่ทรงพุ่มกาแฟได้รับพบว่า มีความเข้มแสงอยู่ระหว่าง 2-232 µmol PPF m^{-1} s^{-2} ประเมินการติดผลของกาแฟพบว่ามีการติดผลร้อยละ 40

กรมวิชาการเกษตร



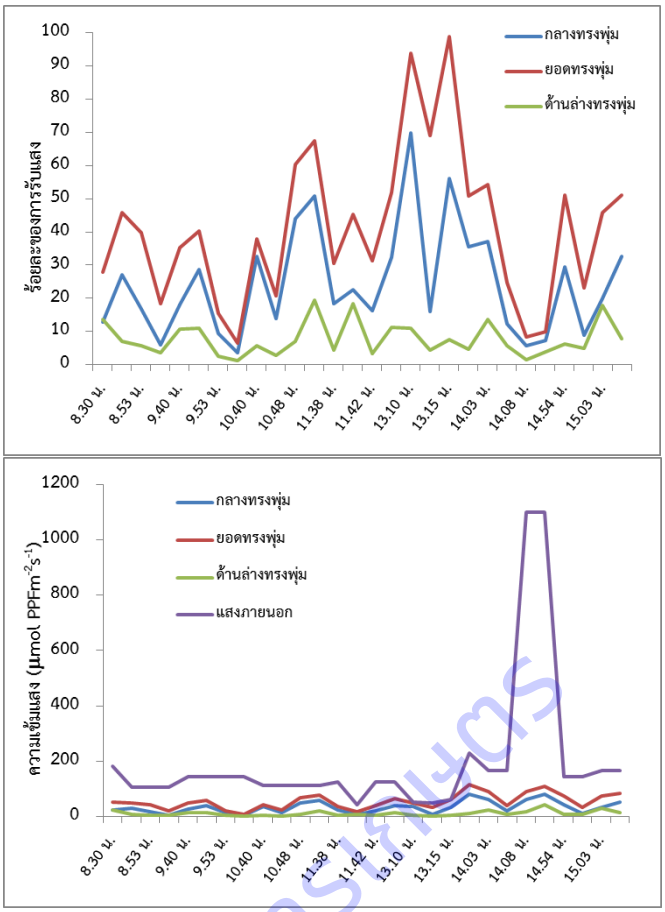
ภาพที่ 18 ร้อยละของการรับแสงของทรงพุ่ม และความเข้มแสงที่ตำแหน่งต่างๆของทรงพุ่มของกาแฟที่ปลูกร่วมกับพืชมะคาเดเมียได้รับในรอบวัน

แปลงกาแฟที่ปลูกในสภาพร่มเงา (กาแฟ+วนเกษตร)

บันทึกข้อมูลความเข้มของแสงในรอบวันของแปลงกาแฟในระยะติดผลที่ปลูกในระบบวนเกษตร มีไม้ป่าและชาเมี่ยงเป็นพืชร่วมในแปลงเกษตรกร อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่ พบว่า แปลงกาแฟปลูกในรูปแบบวนเกษตรมีไม้ป่าขนาดใหญ่และชาเมี่ยงเป็นพืชร่วมกระจายทั่วแปลง แปลงปลูกมีลักษณะลาดชัน 2 รูปแบบคือ จากทิศตะวันตก-ทิศตะวันออก และจากทิศตะวันออก-ตะวันตก

วัดความเข้มแสงในรอบวันของแปลงกาแฟที่ปลูกตามแนวลาดชันจากทิศตะวันตก-ทิศตะวันออก ต้นกาแฟได้รับแสงเฉลี่ยร้อยละ 25 ของแสงทั้งหมด โดยด้านล่างของทรงพุ่มได้รับแสงต่ำสุดเฉลี่ยร้อยละ 1 และยอดทรงพุ่มได้รับแสงสูงสุดเฉลี่ยร้อยละ 99 (ภาพที่ 19) ด้านความเข้มของแสงภายนอกในรอบวันพบว่ามีค่า 42-1,100 µmol PPF $m^{-1}s^{-2}$ ประเมินความเข้มของแสงที่ทรงพุ่มกาแฟได้รับพบว่า มีความเข้มแสงอยู่ระหว่าง 2-117 µmol PPF m^{-1} s^{-2} ประเมินการติดผลของกาแฟพบว่ามีการติดผลร้อยละ 35

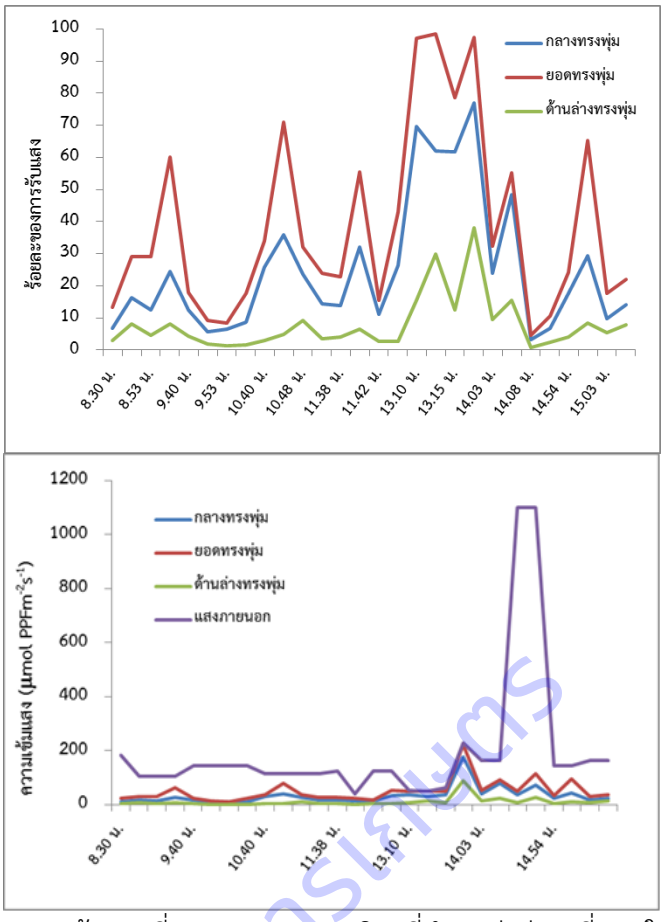
กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 19 ร้อยละของแสงและความเข้มแสงที่แปลงกาแฟอะราบิกาที่ตำแหน่งต่างๆที่ปลูกในแนวลาดชันจากตะวันตก-ตะวันออก อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่

วัดความเข้มแสงในรอบวันของแปลงกาแฟที่ปลูกตามแนวลาดชันจากทิศตะวันออก-ทิศตะวันตก ต้นกาแฟได้รับแสงเฉลี่ยร้อยละ 24 ของแสงทั้งหมด โดยด้านล่างของทรงพุ่มได้รับแสงต่ำสุดเฉลี่ยร้อยละ 1 และยอดทรงพุ่มได้รับแสงสูงสุดเฉลี่ยร้อยละ 99 (ภาพที่ 20) ด้านความเข้มของแสงภายนอกในรอบวันพบว่ามีค่า 42-1,100 µmol PPF $m^{-1}s^{-2}$ ประเมินความเข้มของแสงที่ทรงพุ่มกาแฟได้รับพบว่า มีความเข้มแสงอยู่ระหว่าง 2-224 µmol PPF m^{-1} s^{-2} ประเมินการติดผลของกาแฟพบว่ามีการติดผลร้อยละ 27

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 20 ร้อยละของแสงและความเข้มแสงที่แปลงกาแฟอะราบิกาที่ตำแหน่งต่างๆที่ปลูกในแนวลาดชันจากตะวันออก-ตะวันตก อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่

กรมวิชาการเกษตร

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1. อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง การคายน้ำ ประสิทธิภาพการใช้น้ำของใบกาแฟในสภาพร่มเงาต่างๆมีค่าค่อนข้างต่ำ โดยมีการตอบสนองต่อแสงในรอบวันที่คล้ายคลึงกัน โดยจะมีความแปรปรวนค่อนข้างสูงในรอบวันตามปริมาณความเข้มแสงที่เรือนพุ่มได้รับ
2. อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง การคายน้ำ ประสิทธิภาพการใช้น้ำของใบกาแฟจะต่ำในระยะหลังเก็บเกี่ยวและเพิ่มขึ้นในระยะออกดอกและติดผล
3. ความเข้มแสงที่ทำให้เกิดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิสูงสุด (Light saturation point) ของใบกาแฟที่ปลูกในสภาพร่มเงาในแต่ละระยะการเจริญเติบโตในพื้นที่ต่างๆมีค่าระหว่าง 313 - 485 µmol m^{-1} s^{-2} และมีความเข้มแสงที่สำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเท่ากับอัตราการหายใจ (Light compensation point) มีค่าระหว่าง 19-73 µmol m^{-1} s^{-2}
4. ดัชนีพื้นที่ใบมีการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกันในแต่ละพื้นที่ โดยจะมีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในระยะออกดอกและเพิ่มขึ้นในระยะติดผล
5. การปลูกพืชร่มเงาที่มี ต้นสูง ทรงพุ่มหนาทึบ เช่น มะคาเดเมีย นางพญาเสือโคร่ง หรือระบบวนเกษตร มีผลทำให้กาแฟได้รับความเข้มแสงต่ำจนมีค่าใกล้เคียงศูนย์จากความเข้มแสงปกติ (1,800-2,000 µmol

m^{-1} s^{-2}) เมื่อเทียบกับพืชร่วมที่มีลำต้นสูง ทรงพุ่มโปร่ง เช่น ซิลเวอร์โอ๊ค พืชตระกูลกระถินที่กาแฟจะได้รับความเข้มแสงที่สูงกว่า ดังนั้นในการปลูกพืชร่วมกาแฟควรพิจารณาชนิดพืชที่มีเรือนยอดหรือการแผ่กิ่งก้านไม่ใหญ่เกินไป หากเป็นไม้ผลไม้ยืนต้นที่มีทรงพุ่มหรือใบหนาทึบ ควรมีการตัดแต่งกิ่งและควบคุมทรงพุ่มเพื่อให้ได้รับแสงที่เหมาะสม ในกรณีที่มีการปลูกกาแฟร่วมในระบบวนเกษตรควรตัดแต่งกิ่งพืชร่วมกาแฟให้กลางทรงพุ่มโปร่ง และเน้นตัดแต่งในทิศที่ได้รับความเข้มแสงน้อย โดยสามารถใช้แอปพลิเคชั่นในการวัดความเข้มแสงให้ได้ค่าที่เหมาะสม เช่น แอปพลิเคชั่น Korona สำหรับระบบปฏิบัติการ ios ที่สามารถวัดพลังงานแสง (PAR, μmol m^{-1} s^{-2}) ได้ค่อนข้างเที่ยงตรง

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ : -

คำขอบคุณ (ถ้ามี)

ขอขอบคุณผู้อำนวยการศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง แม่จอนหลวง) ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเชียงราย ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ เกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอะราบิกา อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่ที่ให้ความอนุเคราะห์แปลงกาแฟอะราบิกาในการวิจัยและบันทึกข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

ดวงรัตน์ ศตคุณ พูนพิภพ เกษมทรัพย์ Crozat Yves. 2542. อิทธิพลของแสง และอายุใบต่อการสังเคราะห์แสงสุทธิของใบฝ้าย. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 37 สาขาพืช สาขาส่งเสริมนิเทศศาสตร์เกษตร 3-5 กุมภาพันธ์ 2542, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 27-23.

วิรัชณีย์ ออมทรัพย์สิน. 2558. การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตปาล์มน้ำมัน. รายงานโครงการวิจัย กรมวิชาการเกษตร. 207 หน้า.

Damatta F.M. 2004. Ecophysiological constrains on the production of shade and unshade coffee. Review. Field Crops Research, v.86,p.99-114.

Francisco J.S.N., L. Bonfanti, R. Gazaffi and A. Fontanetti. 2019. Effect of shade trees spatial distribution and species on photosynthetic rate of coffee trees. Coffee Science, Lavras, v.14,n.3,p.326-337.

Salisbury, F.B. and C.W. Ross. 1985. Plant Physiology. 3d ed., Wadsworth Publishing Company, Belmont, California. 540 p.

กรมวิชาการเกษตร

Sassenarth-Cole, G.F., G. Lu, H.F. Hodges and J.M. Mckinion. 1996. Photo flux density versus leaf senescence in determining photosynthetic efficiency and capacity of *Gossypium hirsutum* L. leaves. Env. Exp. Bot. 33:335-340.

ภาคผนวก

ก) เครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง

ข) เครื่องวัดความเข้มแสง

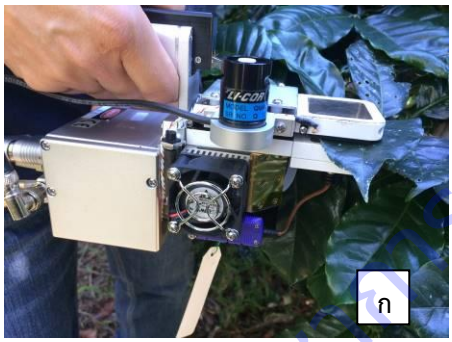
ค) เครื่องวัดความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์

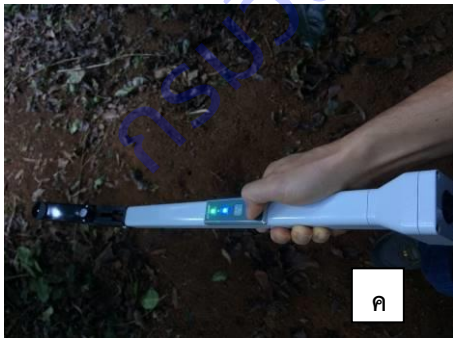
ง) เครื่องบันทึกข้อมูลสภาพอากาศ

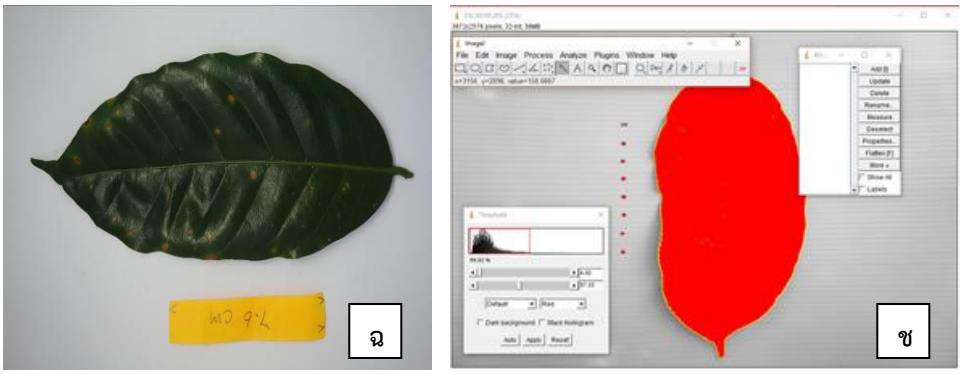
ลิขสิทธิ์การเกษตร

จ) เครื่องวัดดัชนีพื้นที่ใบ

ภาพผนวกที่ 1 อุปกรณ์บันทึกข้อมูลทางสรีรวิทยา และสภาพแวดล้อม







ภาพผนวกที่ 2 การวัดการสังเคราะห์แสง การคายน้ำของใบกาแฟในรอบวัน(ก) การวัดการตอบสนองต่อแสงของใบกาแฟด้วยแสง LED (ข) เครื่องวัดและการวัดดัชนีพื้นที่ใบ (ค, ง) การวัดการตอบสนองทางสรีรวิทยาด้วยเครื่องวัดการสังเคราะห์แสง(จ) การถ่ายภาพใบกาแฟและการใช้โปรแกรมในการประเมินพื้นที่ใบกาแฟ (ฉ,ช)

ภาพผนวกที่ 3 การวัดความเข้มแสงในแปลงด้วย quantum sensor (ก) การเก็บตัวอย่างดินเพื่อประเมินความชื้นในแปลง (ข) การวัดขนาดทรงพุ่ม (ค) และความเขียวของใบ (ง)

กรมวิชาการเกษตร