

ปริมาณการใช้น้ำของกาแฟพันธุ์อะราบิกายใต้สภาพร่มเงาต่างกันในช่วงแล้ง
Water Requirement of Arabica Coffee under Different Shade Conditions
during the Dry Season

วรพล ปัญจาสุธารส¹ วิชญ์ภาส สังพาลี¹ วิสูตร อาสนวิจิตร² สุทธิพงษ์ ศรีฉัตรใจ¹
อุมารินทร์ อ้ายตุ้ย³ และวาสนา วิรุณรัตน์^{1,*}

Woraphon Panjasutaros¹, Witchaphart Sungpalee¹, Visut Asanavijit², Suttipong Srichatjai¹
Aumarin Aitui³ and Wassana Wiroonrat^{1,*}

¹หลักสูตรเกษตรศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50220

³กลุ่มวิจัยวิทยาศาสตร์กาแฟ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

¹Agricultural Program, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

²College of Integrated Science and Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Mai, Thailand 50220

³Coffee Science Group Research, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: vassana@mju.ac.th

*ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0001-6310-9690>

Received: December 31, 2024

Revised: February 19, 2026

Accepted: March 17, 2026

Abstract

This study investigated the water use of Arabica coffee (*Coffea arabica* L.) under different shading environments during the dry season. The experiment was conducted from February 22 to 28, 2024, at Maejo University. Four 3-year-old Arabica coffee trees were each planted in a 30-liter pot and assigned to one of two treatments: under a 50% shade net or in an open field (full sunlight), with two plants per treatment. All trees were at the floral bud stage, which is known to respond strongly to irrigation. Sap flow sensors were installed to measure actual plant water use (ET_c), and weather data were collected from an automatic weather station to calculate reference evapotranspiration (ET_o) and the daily crop coefficient (K_c). The objectives were: 1) to evaluate the water use of arabica coffee under different shading conditions using the sap flow technique; 2) to determine crop coefficients (K_c) for accurate irrigation scheduling during the dry season; and 3) to assess the relationships between vapor pressure deficit (VPD) with both ET_o and ET_c. Results showed that open-field plants had higher average ET_c (2.15 L plant⁻¹ day⁻¹) and K_c (1.39) compared to shaded plants (ET_c = 1.06 L plant⁻¹ day⁻¹, K_c = 0.61). The coefficient of determination (R²) between VPD and ET_o was 0.934, while the R² between VPD and ET_c was 0.526, reflecting the plant's physiological regulation of transpiration under

varying microclimate conditions. These findings provide a basis for more precise irrigation planning in coffee cultivation, especially during flowering induction in dry periods.

Keywords: coffee, arabica, water requirement, evapotranspiration, sap flow

บทคัดย่อ

การศึกษาปริมาณการใช้น้ำของกาแฟพันธุ์อะราบิกา (*Coffea arabica* L.) ภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีร่มเงาแตกต่างกันในช่วงฤดูแล้ง ดำเนินการทดลองระหว่างวันที่ 22-28 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2567 ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ กาแฟอายุ 3 ปี ปลูกในกระถางขนาด 30 ลิตร จำนวน 4 ต้น (1 ต้นต่อกระถาง) แบ่งเป็นได้แสงนพรางแสง 50% และกลางแจ้ง อย่างละ 2 ต้น ต้นกาแฟอยู่ในช่วงพัฒนาตาดอก (bud growth stage) ซึ่งเป็นระยะที่ตอบสนองต่อการให้น้ำอย่างชัดเจน ติดตั้งหัววัดอัตราการไหลของน้ำในลำต้น (sap flow) และเก็บข้อมูลสภาพอากาศด้วยสถานีอัตโนมัติ เพื่อกำหนดค่าการใช้น้ำของพืช (ETc) ค่าการคายระเหยอ้างอิง (ETo) และค่าสัมประสิทธิ์พืช (Kc) รายวัน โดยมีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อศึกษาปริมาณการใช้น้ำของกาแฟพันธุ์อะราบิกาในช่วงฤดูแล้งภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีร่มเงาแตกต่างกัน โดยใช้เทคนิคการวัดอัตราการไหลของน้ำในลำต้น (sap flow) 2) เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์พืช (Kc) สำหรับใช้ในการวางแผนจัดการน้ำอย่างแม่นยำในช่วงฤดูแล้ง และ 3) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์ไอรระเหย (VPD) กับค่าการคายระเหยอ้างอิง (ETo) และปริมาณการใช้น้ำจริงของพืช (ETc) ผลการทดลองพบว่า ต้นที่ปลูกกลางแจ้งมีค่า ETc เฉลี่ย 2.15 ลิตร/ต้น/วัน และ Kc เฉลี่ย 1.39 ขณะที่ได้รับเงามีค่า ETc เฉลี่ย 1.06 ลิตร/ต้น/วัน และ Kc เฉลี่ย 0.61 ความสัมพันธ์ระหว่าง VPD กับ ETo มีค่า $R^2=0.934$ ส่วนระหว่าง VPD กับ ETc มีค่า $R^2=0.526$ สะท้อนให้เห็นถึงกลไกการควบคุมการคายน้ำของพืชที่ตอบสนองต่อสภาพแวดล้อม ผลที่ได้สามารถนำไปใช้วางแผนจัดการน้ำ

อย่างแม่นยำในระบบการปลูกกาแฟ โดยเฉพาะช่วงกระตุ้นตาดอกในฤดูแล้ง

คำสำคัญ: กาแฟ อะราบิกา ปริมาณการใช้น้ำ การคายระเหยน้ำ การเคลื่อนที่ของน้ำในต้นพืช

บทนำ

มูลค่าของกาแฟอะราบิกาในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2566 มีประมาณ 1,200 ล้านบาท (Office of Agricultural Economics, 2023) การผลิตกาแฟรวมทั้งประเทศยังคงไม่เพียงพอต่อความต้องการบริโภคที่สูงถึงประมาณ 95,500 ต้นต่อปี ในขณะที่ผลิตได้เพียงประมาณ 15,651 ต้น ส่งผลให้ต้องนำเข้ากาแฟจากต่างประเทศกว่า 80,000 ต้นต่อปี (Nation Thailand, 2024) กาแฟอะราบิกาเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญที่ปลูกในพื้นที่สูงทางภาคเหนือของประเทศไทย โดยเฉพาะจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และแม่ฮ่องสอน ซึ่งเป็นแหล่งผลิตกาแฟอะราบิกาคุณภาพสูงที่มีชื่อเสียงทั้งในและต่างประเทศ ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกกาแฟอะราบิกาประมาณ 140,000 ไร่ แต่ผลผลิตรวมกลับมีเพียงประมาณ 10,682 ตัน (Nation Thailand, 2024) ปัญหาสำคัญที่ทำให้ผลผลิตลดลง คือ ภัยแล้ง ที่ทวีความรุนแรงมากขึ้นจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (climate change) ส่งผลให้พื้นที่เพาะปลูกขาดน้ำอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะช่วงฤดูแล้งระหว่างเดือนมกราคมถึงมีนาคมที่มีปริมาณน้ำฝนต่ำกว่า 100 มิลลิเมตร (Thai Meteorological Department, 2023) ทำให้ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ลดลงเหลือประมาณ 94

กิโกรัมต่อไร่ (Office of Agricultural Economics, 2023) นอกจากนี้ คุณภาพของเมล็ดกาแฟก็ลดลง เนื่องจากเมล็ดมีขนาดเล็กและเกิดข้อบกพร่องต่าง ๆ จากปัญหาข้างต้น การศึกษาความต้องการน้ำของกาแฟพันธุ์อาราบิก้าภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีร่มเงาต่างกันในช่วงแล้งจึงเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับเกษตรกรในการวางแผนจัดการน้ำให้เหมาะสมและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตกาแฟอาราบิก้าต่อไป การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อศึกษาปริมาณการใช้น้ำของกาแฟพันธุ์อาราบิก้าในช่วงฤดูแล้งภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีร่มเงาแตกต่างกัน โดยใช้เทคนิคการวัดอัตราการไหลของน้ำในลำต้น (sap flow) 2) เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์พืช (Kc) สำหรับใช้ในการวางแผนจัดการน้ำอย่างแม่นยำในช่วงฤดูแล้ง และ 3) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์ไอรเหย (VPD) กับค่าการคายระเหยอ้างอิง (ETo) และปริมาณการใช้น้ำจริงของพืช (ETc)

วิธีดำเนินการวิจัย

พื้นที่ทดลอง ดำเนินการ ณ อาครดินและปุ๋ยชั้นสูง มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 325 เมตร ต้นกาแฟที่ศึกษาปลูกในกระถางขนาด 30 ลิตร ใช้ดินปลูก 40 กิโลกรัมต่อกระถาง ต้นกาแฟอาราบิก้าอายุ 3 ปี จำนวน 4 ต้น ความสูงเฉลี่ย 0.745 ± 0.03 เมตร ขนาดทรงพุ่มเฉลี่ย 0.201 ± 0.0064 ตารางเมตร ดำเนินการในช่วงวันที่ 22-28 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2567 จำนวน 7 วัน ช่วงเวลาดังกล่าวการพัฒนาตาดอกอยู่ในระยะขยายตัว (bud growth stage) ที่ตาดอกมีขนาดใหญ่ขึ้นอย่างชัดเจน สามารถสังเกตเห็นได้ง่าย หลังจากให้น้ำ 6 สัปดาห์ ระยะนี้ต้นกาแฟพร้อมออกดอก และต้องการน้ำเพื่อกะตุ้นการแตกดอกพร้อมกัน (Department of Agriculture Extension, 2023; Wintgens, 2012) เนื่องจากข้อจำกัดด้านอุปกรณ์วัดอัตราการไหลของน้ำในลำต้น (sap flow sensor) ที่

สามารถติดตั้งได้เพียง 4 หัว งานวิจัยนี้จึงเลือกติดตั้งหัววัดกับต้นกาแฟจำนวน 4 ต้น แบ่งเป็นภายใต้แสงนพรางแสง 50% (50% shade) จำนวน 2 ต้น และสภาพกลางแจ้ง (open field) จำนวน 2 ต้น มีการให้น้ำต้นกาแฟและรักษาความชื้นในดิน 75% ของความจุสนาม (FC) ทุกวันเป็นเวลา 7 วัน

การเก็บข้อมูลการใช้น้ำจาก sap flow ใช้หัววัดแบบ Granier-type sap flow probe ติดตั้งบริเวณลำต้นห่างจากโคนต้น 30 ซม. โดยวัดค่าทุก 15 นาทีต่อเนื่องตลอด 7 วัน เพื่อคำนวณค่าการใช้น้ำจริงของต้นพืช (ETc) รายวัน โดยแปลงผลรวมรายวันเป็นลิตรต่อต้นต่อวัน (L/plant/day)

การเก็บข้อมูลสภาพอากาศ ติดตั้งสถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติ รุ่น WS-GP2 Weather Station ติดตั้ง ณ แปลงทดลองพืชไร่ (ช่วงบุญศรี) คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ พิกัด X 501,891.02 mE และ Y 2,089,134.34 mN ห่างจากตำแหน่งทดลอง 100 เมตร เพื่อบันทึกข้อมูลราย 15 นาที ได้แก่ รังสีแสง (Solar Radiation: Rs) อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย (T) ความชื้นสัมพัทธ์ (RH) ความเร็วลม (u_2) และปริมาณน้ำฝน (rainfall)

คำนวณ Reference Evapotranspiration (ETo) คำนวณค่า ETo รายวันโดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศที่เก็บจากสถานีอัตโนมัติ และสมการ FAO Penman-Monteith (Allen *et al.*, 1998) ดังนี้

$$ET_o = [0.408\Delta(R_n - G) + \gamma 900/(T + 273)u_2 (e_s - e_a)] / [\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)]$$

การหาค่าสัมประสิทธิ์พืช (Crop Coefficient: Kc) รายวัน เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสภาพแวดล้อม คำนวณ Kc โดยใช้สูตร

$$K_c = ET_c / ET_o$$

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ETo และ ETc กับ ปัจจัยสภาพแวดล้อม นำค่าความต่างศักย์ไอรเหย (Vapor Pressure Deficit; VPD) ที่คำนวณจากความชื้นสัมพัทธ์อากาศ (relative humidity) และอุณหภูมิ (temperature) หลังจากนั้น วิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (linear regression analysis) เพื่อประเมินความเชื่อมโยงและความแปรผันระหว่างปัจจัยทางอากาศกับการใช้น้ำของต้นกาแฟภายใต้สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

ผลการวิจัยและวิจารณ์

สมบัติทางกายภาพบางประการของดินที่ใช้ปลูก

กาแฟอาราบิกา เนื้อดิน คือ ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง (ชุดดินสนทราย) มีอนุภาคขนาดทราย (sand) ที่ 15% อนุภาคขนาดทรายแป้ง (silt) 50% และอนุภาคขนาดดินเหนียว (clay) 35% ความชื้นที่ระดับดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (saturated soil) เท่ากับ 34.2% ความชื้นที่ความจุสนาม (Field Capacity: FC) เท่ากับ 26.1% และระดับความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวร (Permanent Wilting Point: PWP) เท่ากับ 12.2% ดัง Table 1 สำหรับปริมาณน้ำที่ให้กับต้นกาแฟจะให้ที่ 75% FC ซึ่งจะเท่ากับ 19.58% ทั้งนี้ข้อจำกัดที่พบคือ การอัดแน่นของดิน (soil compaction) ซึ่งส่งผลให้อัตราการซึมผ่านของน้ำ (infiltration rate) บริเวณผิวดินลดลง

Table 1 Some soil physical properties for planting arabica coffee

Some soil physical properties	Value
Soil texture	Silty clay loam
Sand:silt:clay ratio	15:50:35
%soil moisture in saturated soil (-0.1 bars)	34.2
%soil moisture in field capacity (0.33 bars)	26.1
%soil moisture in 33% field capacity or available (1 bars)	17.8
%soil moisture in permanent wilting point (PWP) (-15 bars)	12.2

จากการศึกษาปริมาณการใช้น้ำของกาแฟพันธุ์อาราบิกายใต้สภาพแวดล้อมที่มีร่มเงาแตกต่างกัน โดยใช้เทคนิคการวัดอัตราการไหลของน้ำในลำต้น (sap flow) พบว่าต้นที่ปลูกกลางแจ้งมีค่า ETc สูงกว่าต้นที่อยู่ภายใต้แสงจนพรางแสง 50% ตลอดช่วงการทดลอง 7 วัน โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.78 ลิตร/ต้น/วัน สำหรับต้นกลางแจ้ง และ 1.04 ลิตร/ต้น/วัน (Figure 1) สำหรับต้นภายใต้ร่มเงาแสงจนพรางแสง 50% แสดงให้เห็นว่า แสงแดดและ

อุณหภูมิในสภาพกลางแจ้งส่งผลให้เกิดการคายน้ำที่สูงกว่า ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Carr (2001) ที่พบว่าการปลูกกาแฟภายใต้ร่มเงาจะช่วยลดความเครียดจากความร้อน และลดการเปิดปากใบ ส่งผลให้พืชมีการใช้น้ำน้อยลง นอกจากนี้ DaMatta *et al.* (2007) ยังระบุว่า การจัดการร่มเงามีบทบาทสำคัญต่อการควบคุมพฤติกรรมการใช้น้ำ รวมถึงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในระบบการผลิตกาแฟเขตร้อนอย่างยั่งยืน

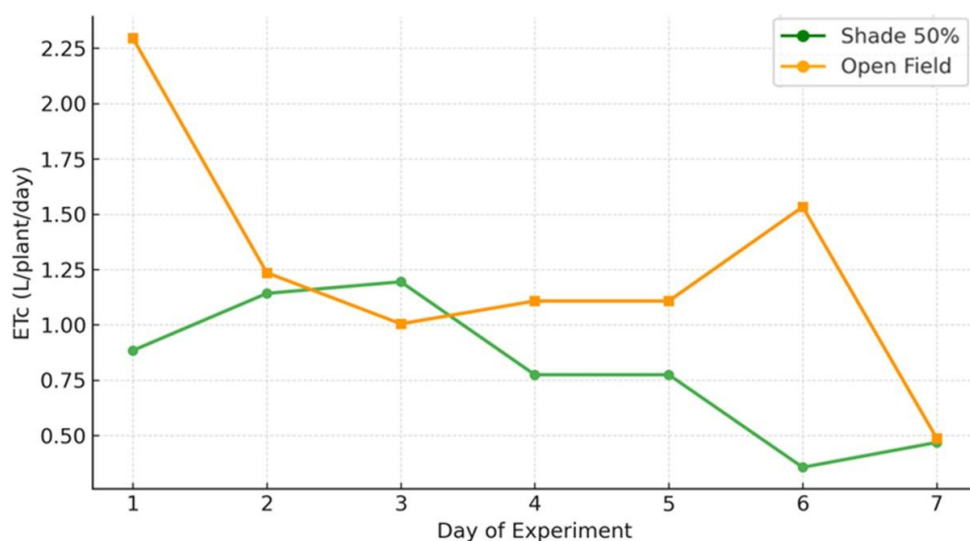


Figure 1 Arabica water requirement (ETc) between 50% shade and open field conditions

สำหรับการหาค่าสัมประสิทธิ์พืช (Kc) รายวันของกาแฟที่วางใต้ร่มเงาแสงพรางแสง 50% และกลางแจ้ง พบว่าต้นที่วางกลางแจ้งมีค่า Kc สูงกว่าชัดเจนเกือบทุกวัน และค่า Kc ต้นที่วางกลางแจ้งผันผวนมากกว่า โดยเฉพาะในวันที่ 22 กุมภาพันธ์ มีค่าเท่ากับ 1.11 และวันที่ 28 กุมภาพันธ์ มีค่าเท่ากับ 0.19 สำหรับต้นที่วางใต้ร่มเงาแสงพรางแสง 50% มีค่า Kc ค่อนข้างคงที่และต่ำกว่ากลางแจ้ง เช่น วันที่ 24-25 กุมภาพันธ์ มีค่าประมาณ 0.34-0.47 (Figure 2) แสดงให้เห็นว่า สภาพใต้ร่มเงาพรางแสง 50% ช่วยลดการคายน้ำ ซึ่งอาจเกิดจากการลดรังสีและความเข้มแสง อุณหภูมิ อากาศสูง ($\geq 32^{\circ}\text{C}$) และแรงลมที่พืชได้รับ ส่งผลให้ค่า Kc ต่ำลง สอดคล้องกับงานของ DaMatta *et al.* (2007) ที่ระบุว่าการปลูกกาแฟ

ภายใต้ร่มเงาส่งผลให้พืชมีการเปิดปากใบลดลง และมีการคายน้ำที่ต่ำกว่ากลางแจ้งอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความต้องการน้ำในแหล่งปลูกกาแฟประเทศบราซิลและโคลอมเบีย พบว่าค่า Kc ของกาแฟในช่วงพัฒนาตอมีค่าประมาณ 0.7-1.0 สำหรับกลางแจ้ง (Carr, 2001; DaMatta *et al.*, 2007) และประมาณ 0.5-0.7 ในระบบปลูกร่มเงา ซึ่งใกล้เคียงกับผลการศึกษาในครั้งนี้ สำหรับความผันผวนของค่า Kc ของต้นกาแฟที่วางสภาพกลางแจ้งสะท้อนการตอบสนองของพืชต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงรายวัน เช่น ค่า VPD ที่สูงขึ้น จะกระตุ้นให้ค่า Kc เพิ่มขึ้น ในขณะที่วันที่มี VPD ต่ำหรือพืชปิดปากใบ ค่าการใช้น้ำจะลดลงทันที เช่นในวันที่ 28 กุมภาพันธ์ เป็นต้น

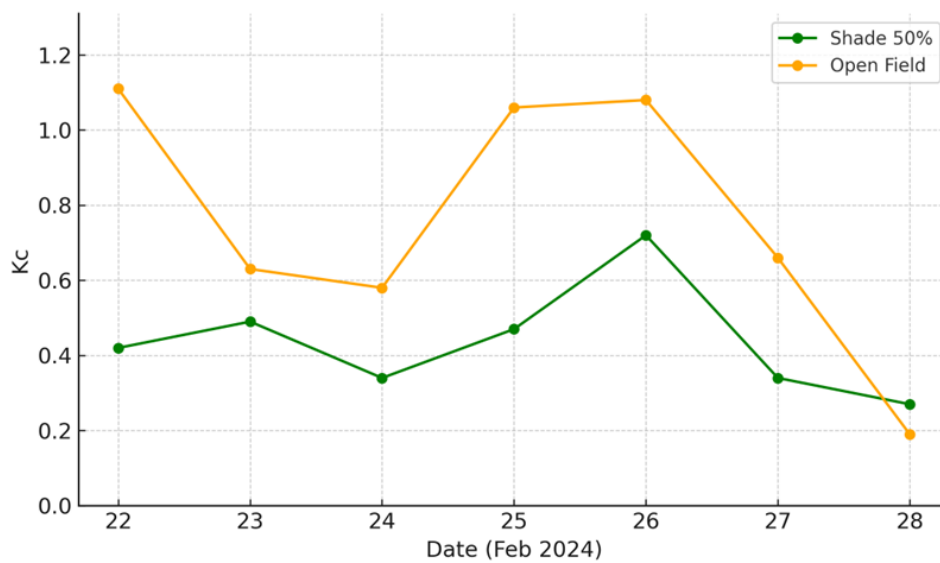


Figure 2 Daily Crop Coefficient (Kc) comparison between 50% shade and open field conditions

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์ไอร่าเหย (VPD) กับค่าการคายระเหยอ้าอิง (ETo) และปริมาณการใช้น้ำจริงของพืช (ETc) พบว่าค่าความต่างศักย์ไอร่าเหย (VPD) ในช่วงวันที่ 22-28 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2567 ที่ทำการทดลอง โดยใช้ข้อมูลจากเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิวิทยุอัตโนมัติซึ่งถือเป็นตัวแทนของ VPD ภายใต้

สภาพกลางแจ้งมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.85 ถึง 1.80 kPa โดยพบค่าสูงสุดในวันที่ 24 กุมภาพันธ์ และต่ำสุดในวันที่ 26 กุมภาพันธ์ (Figure 3) ซึ่งค่าดังกล่าวมีแนวโน้มสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของค่า ETo ที่วัดได้จากสมการ Penman-Monteith โดยค่า ETo รายวันอยู่ในช่วง 1.59-3.17 มม.ต่อวัน

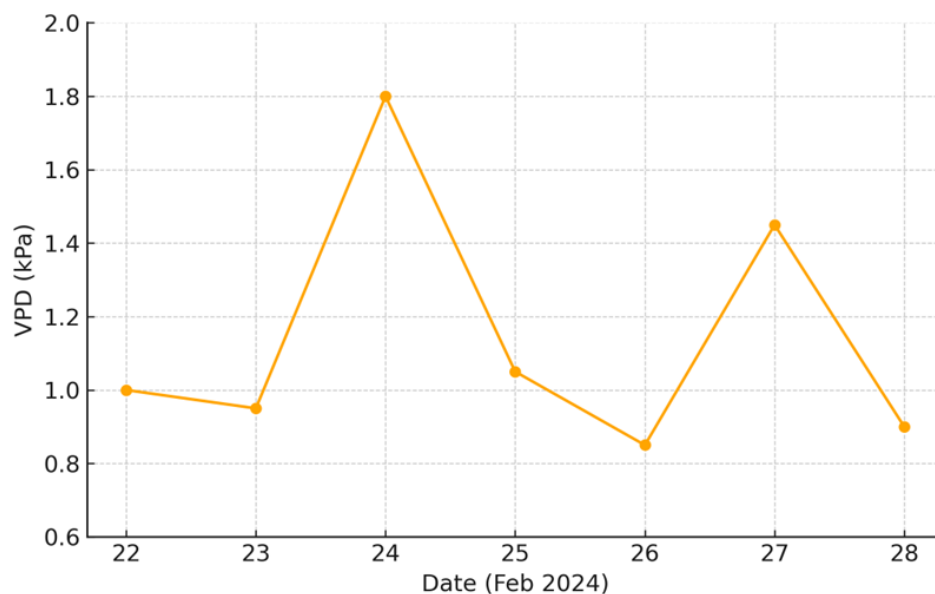


Figure 3 Daily vapor pressure deficit in open field conditions

ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่าง VPD และ ETo ให้สมการถดถอย คือ $ETo = 1.43 \times VPD + 0.49$ โดยมีค่า $R^2=0.934$ และค่า $p\text{-value}<0.001$ (Figure 4) แสดงให้เห็นว่า VPD มีความสัมพันธ์เชิงบวกและมีนัยสำคัญทาง

สถิติกับค่าการคายระเหยอ้างอิง (Eto) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Allen *et al.* (1998) ที่ชี้ว่า VPD เป็นหนึ่งในตัวแปรหลักที่ควบคุมอัตราการคายน้ำของพืชในช่วงฤดูแล้ง

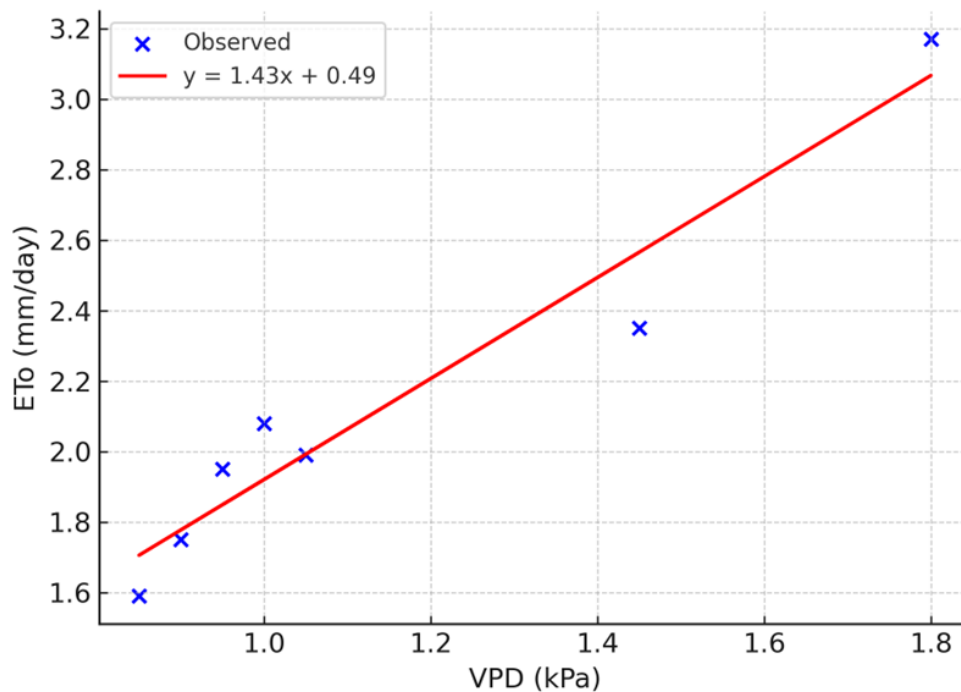


Figure 4 ETo–VPD relationship

ความสัมพันธ์ระหว่าง VPD กับปริมาณการใช้น้ำจริงของพืช (ETc) จากการวัด sap flow ของกาแฟที่วางสภาพกลางแจ้ง พบว่า ETc รายวันมีค่าอยู่ในช่วง 0.47–2.30 มม.ต่อวัน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่า VPD รายวันพบแนวโน้มเชิงบวกเช่นกัน แต่มีความชันของเส้นถดถอย

ที่น้อยกว่า สมการที่ได้ คือ $ETc = 0.11 \times VPD + 0.80$ มีค่า R^2 ประมาณ 0.53 (ความสัมพันธ์ปานกลาง) (Figure 5) สะท้อนให้เห็นว่าความเปลี่ยนแปลงของ VPD มีผลต่อการดูดน้ำของต้นกาแฟ แต่ระดับการตอบสนองต่ำกว่าการคายระเหยที่คำนวณจากสภาพแวดล้อม

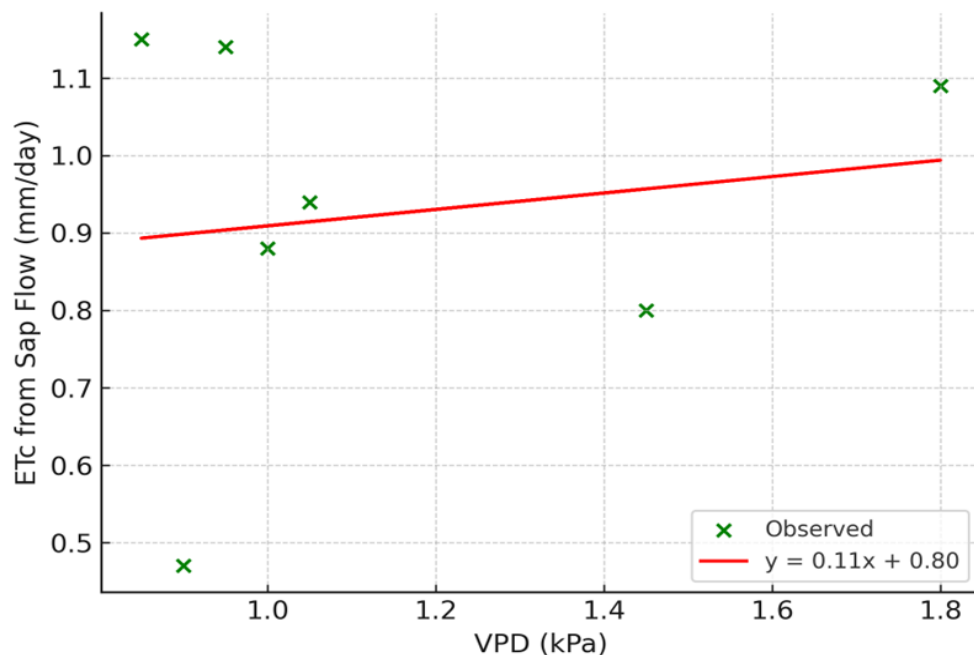


Figure 5 ETc-VPD relationship

ความสัมพันธ์ระหว่าง VPD กับ ETo และระหว่าง VPD กับ ETc พบว่า VPD มีความสัมพันธ์กับ ETo สูงกว่า ETc อย่างชัดเจน โดยเฉพาะในวันที่มี VPD สูง แต่ค่า ETc ไม่ได้เพิ่มขึ้นในสัดส่วนที่เท่ากับ ETo ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ DaMatta *et al.* (2007) ที่รายงานว่าพืชในร่มมีความสามารถในการควบคุมการคายน้ำได้มากกว่า นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานของ Kunjet *et al.* (2020) ที่ศึกษาทุเรียน ยังแสดงให้เห็นว่าการคายน้ำโดยใช้เทคนิคการวัด sap flow มีความสัมพันธ์กับ VPD ต่ำกว่าที่คำนวณจาก ETo เช่นกัน ดังนั้นการใช้ ETo เพียงอย่างเดียวอาจประเมินความต้องการน้ำของพืชเกินจริงในบางช่วงเวลา

การเปรียบเทียบดังกล่าวทำให้เห็นถึงบทบาทของสภาพแวดล้อมย่อย (microclimate) ต่อการใช้ น้ำของกาแฟ โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ รังสี แสงอาทิตย์ และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ซึ่งส่งผลต่ออัตราการคายน้ำของต้นกาแฟอย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับแนวคิดของ Allen *et al.* (1998) ที่ชี้ว่าค่า Kc มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของรังสี แสงลม และโครงสร้างทรงพุ่ม

ในสภาพที่มีแสงพร่างแสง ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในทรงพุ่มสูงขึ้น อุณหภูมิลดลง ซึ่งค่า VPD ต่ำ ส่งผลให้การคายน้ำลดลง สอดคล้องกับผลการศึกษาโดย Carr (2001) ที่พบว่ากาแฟที่ปลูกภายใต้ร่มเงาจะมีการนำพาน้ำผ่านปากใบต่ำกว่ากลางแจ้งอย่างมีนัยสำคัญในช่วงฤดูแล้ง นอกจากนี้ แสงยังช่วยอนุรักษ์ความชื้นในดินได้ดี และยังสอดคล้องกับ Van Asten *et al.* (2011) ที่ชี้ว่าโครงสร้างทรงพุ่มและร่มเงามีผลต่อปฏิสัมพันธ์ระหว่างพืชดิน และบรรยากาศอย่างมีนัยสำคัญในระบบเกษตรแบบยั่งยืน แม้ว่าค่า Kc จากทั้งสองสภาพแวดล้อมจะอยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการวางแผนจัดการน้ำ แต่การปลูกในสภาพกลางแจ้งอาจต้องการการให้น้ำที่ถี่ขึ้น หรือปริมาณมากขึ้นเพื่อชดเชยการสูญเสียน้ำที่มากกว่า ทั้งนี้การใช้เทคนิควัด sap flow ร่วมกับการคำนวณ Kc จึงเป็นเครื่องมือที่แม่นยำและสำคัญต่อการกำหนดปริมาณน้ำที่เหมาะสมสำหรับระบบการปลูกกาแฟในเขตร้อน

แม้การศึกษารังนี้จะมีข้อจำกัดด้านจำนวนตัวอย่าง แต่ผลการศึกษาสามารถสื่อถึงแนวโน้มของการใช้น้ำของต้นกาแฟที่แตกต่างกันระหว่างสภาพกลางแจ้ง

และได้ร่วมเงาได้อย่างชัดเจน สอดคล้องกับแนวคิดของ Carr (2001) ที่ชี้ให้เห็นว่าร่วมเงาช่วยลดแรงเครียดจากสภาพแวดล้อม ส่งผลให้พืชเปิดปากใบน้อยลงและมีการคายน้ำน้อยลง การใช้ข้อมูลจากเทคนิคการวัด sap flow ร่วมกับการคำนวณ Kc ช่วยให้สามารถประเมินการใช้น้ำได้อย่างแม่นยำกว่า ETo เพียงอย่างเดียว การใช้ Kc แล้วร่วมกับ ETo รายวันนั้นเหมาะกับการวางแผนจัดการน้ำในระบบการปลูกกาแฟที่มีข้อจำกัดด้านทรัพยากรน้ำ

สรุปผลการวิจัย

สภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อการใช้น้ำของต้นกาแฟพันธุ์อะราบิกา โดยต้นที่ปลูกในสภาพกลางแจ้งมีค่า ETc และ Kc สูงกว่าต้นที่ปลูกใต้แสงพรายแสง 50% ตลอดระยะที่ทำการศึกษา ค่า Kc แสดงให้เห็นถึงการตอบสนองของพืชต่อความต้องการน้ำในแต่ละวัน ขณะเดียวกันความสัมพันธ์ระหว่าง VPD กับ ETo มีค่าสูง ($R^2=0.93$) แสดงให้เห็นว่า VPD มีอิทธิพลสูงต่อการคำนวณค่า ETo แต่ค่า ETc ที่ได้จากการวัดจริงด้วยเทคนิค sap flow มีความสัมพันธ์ต่ำกว่า ($R^2\approx 0.53$) สะท้อนกลไกการควบคุมการคายน้ำของพืชโดยเฉพาะในสภาพร่มเงา

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกลุ่มวิจัยวิทยาศาสตร์กาแฟ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่สำหรับการวิจัย และหน่วยวิเคราะห์ดิน น้ำ พืช และปุ๋ยอินทรีย์ หลักสูตรปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่อนุเคราะห์การใช้ห้องปฏิบัติการงานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements** (FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56) FAO. Retrieved from <https://www.fao.org/3/x0490e/x0490e00.htm>
- Carr, M.K.V. 2001. The water relations and irrigation requirements of coffee. **Experimental Agriculture** 37 (1): 1–36. <https://doi.org/10.1017/S0014479701001017>
- DaMatta, F.M., C.P. Ronchi, M. Maestri and R.S. Barros 2007. Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal of Plant Physiology** 19(4): 485–510. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202007000400014>
- Department of Agricultural Extension. 2023. **Arabica Coffee Production Manual** Bangkok: Ministry of Agriculture and Cooperatives. 31 p. [in Thai].
- Kunjet, S., S. Yamuangmorn and P. Theerakulpisut. 2020. Sap flow and stomatal conductance of durian trees under different irrigation regimes. **Kasetsart Journal - Natural Science** 54(5): 647–656.

- Nation Thailand. 2024. **Thailand's coffee import statistics rise 12%**. Retrieved from <https://www.nationthailand.com>
- Office of Agricultural Economics. 2023. **Agricultural production statistics: coffee**. Ministry of Agriculture and Cooperatives. Retrieved from <http://www.oae.go.th/>
- Thai Meteorological Department. 2023. **Monthly climate summary**. Retrieved from <http://www.tmd.go.th>
- Van Asten, P.J.A., L.W.I. Wairegi, D. Mukasa and N.O. Uringi. 2011. Agronomic and economic benefits of coffee–banana intercropping in Uganda's smallholder farming systems. **Agricultural Systems** 104 (4): 326–334. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2010.12.004>
- Wintgens, J.N. 2012. The Coffee Plant. pp. 1–24 *In* Wintgens, J.N. (ed.). **Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production: A Guidebook for Growers, Processors, Traders, and Researchers**. Weinheim: Wiley-VCH.