วารสารเกษตร 4.2 147-156(2531)
Journal of Agriculture 4,2:147-156(1988)

การศึกษาพฤติกรรมของปากใบกาแฟอะราบิก้า 1. อิทธิพลของฤดูกาล

วรวิทย์ ประภาวิทย์ และ พิทยา สรวมศิริ

STUDIES ON STOMATAL BEHAVIOUR OF ARABICA COFFEE 1. INFLUENCE OF THE SEASONS

Voravit Prabhavit and Pittaya Sruamsiri

ABSTRACT : Studies on stomatal behaviour of arabica coffee as affected by seasons were carried out on five coffee cultivars : Catimor LC 1662, Red Catuai, Mundo Novo, Icatu and Red Caturra. The plants were grown at Chang Kian Experimental Station, Chiang Mai; 1,200 m a.s.l.. Variation of air temperature, light intensity and air humidity in each season would change the leaf to air water vapour deficit, which consequently influenced the stomatal behaviour.

The leaf to air water vapour deficit was higher in summer than in winter and in rainy season respectively. To minimize water loss from leaves, plants control stomatal aperture in such a way that the stomatal conductance was lowest in summer. The widest stomatal opening was measured in rainy season.

บทคัดย่อ : การศึกษาพฤติกรรมปากใบกาแฟอะราบิก้า เนื่องจากอิทธิพลของฤดูกาล ได้กระทำกับกาแฟ 5 พันธุ์ คือ Catimor LC 1662, Red Catuai, Mundo Novo, Icatu และ Red Caturra ซึ่งปลูกอยู่ในแปลงทดลองของสถานีทดลองขุนช่างเคี่ยน จ. เชียงใหม่ ที่มีความสูงเหนือระดับน้ำทะเล 1,200 ม. พบว่าการผันแปรของปัจจัยหลายชนิดทั้งอุณหภูมิของอากาศ ความเข้มแสง และความชื้นสัมพันธ์ในแต่ละฤดูจะมีผลร่วมกันทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของผลต่างของความดันไอน้ำระหว่างใบและอากาศ ซึ่งจะส่งผลต่อพฤติกรรมของปากใบด้วย กล่าวคือ ในฤดูร้อนค่าผลต่างของความดันไอน้ำระหว่างใบ และอากาศจะสูงกว่าในฤดูหนาวและฤดูฝน ตามลำดับ ทำให้ปากใบกาแฟเปิดน้อยที่สุดในฤดูร้อน เพื่อลดปริมาณการสูญเสียน้ำจากใบ ในขณะที่ปากใบจะเปิดมากที่สุดในฤดูฝน

ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50002
Department of Horticulture, Faculty of Agriculture,
Chiang Mai University. Chiang Mai 50002.

คำนำ

กาแฟเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย เพราะให้ผลผลิตที่นำมาเป็นเครื่องดื่มที่นิยมกันแพร่หลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมล็ดกาแฟอะราบิก้า ซึ่งมีคุณภาพดีกว่ากาแฟโรบัสต้า และกาแฟอะราบิก้าสามารถปลูกได้ในแถบที่สูงของหลายจังหวัดในภาคเหนือ ปัจจุบันการผลิต กาแฟอะราบิก้า ของประเทศไทย ยังไม่เพียงพอ แก่ความต้องการ ของตลาด ภายในประเทศ ต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศจำนวนมาก ทั้งนี้เนื่องจากยังขาดข้อมูลพื้นฐานสำหรับการจัดการเพื่อให้ได้ผลผลิตดี ดังนั้น การศึกษาในด้านสรีรวิทยาของกาแฟจึงเป็นสิ่งจำเป็นมาก โดยเฉพาะการศึกษาสรีรวิทยาของปากใบ ซึ่งสัมพันธ์โดยตรงกับการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของต้นกาแฟด้วย

ในการศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมของปากใบนี้ได้กระทำในหลายหัวข้อคือ อิทธิพลของฤดูกาล อิทธิพลของสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา พฤติกรรมของปากใบภายใต้สภาวะการติดผลและพฤติกรรมของปากใบภายใต้สภาวะการขาดน้ำ ในชั้นนี้เป็นผลของการวิจัยในหัวข้อ พฤติกรรมของปากใบเนื่องจากอิทธิพลของฤดูกาลเพียงหัวข้อเดียว ซึ่งในหัวข้ออื่น ๆ จะได้รายงานต่อไป

จากการศึกษาในพืชหลายชนิดพบว่า ความผันแปรของสภาพภูมิอากาศในแต่ละฤดูกาล ทั้งอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเข้มแสง มีอิทธิพลอย่างสำคัญต่อการบีดเบิดของปากใบพืช (Vince-Prue, 1975) อันจะส่งผลต่อเนื่องไปยังประสิทธิภาพในการสร้างอาหารเพื่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตด้วย (Black, 1973)

ในกาแฟ Kumar (1979) รายงานว่า ปากใบของกาแฟจะเบิดได้ดีในช่วงความเข้มแสงประมาณ 600 μE. $m^{-2}.s^{-1}$ ถ้าเกินกว่านี้ปากใบจะเบิดน้อยลง และอุณหภูมิของใบจะสูงมาก อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเบิดของปากใบ คือ 25-30° ซ

การทดลองครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะพฤติกรรมการบีดเบิดของปากใบกาแฟในแต่ละฤดูกาลในรอบปี ข้อมูลจากการศึกษานี้จะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการนำไปประยุกต์พัฒนาวิธีการในการเขตกรรมที่เหมาะสมต่อไป

อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

1.1 Automatic Porometer MK_3 Delta-T Devices.

ใช้วัดค่า Stomatal resistance และอุณหภูมิของใบพืช ซึ่งอาศัยหลักการตรวจ

วัดระยะเวลาที่ใช้ในการระเหยของน้ำจากภายในใบออกมายังอากาศแห้งภายในClamp ที่หนีบอยู่ที่ใบพืช จนกระทั่งความชื้นของอากาศนั้นเพิ่มขึ้นถึงจุดที่กำหนด ระยะเวลาที่ใช้จะเป็นสัดส่วนผกผันกับขนาดการเปิดของปากใบ จากนั้นนำค่าของระยะเวลาที่ใช้ไปคำนวณหาค่า Resistance โดยเปรียบเทียบกับคา Count number ที่ได้จาก Calibration plate ที่ติดมากับเครื่องมือและคำนวณการเปิดของปากใบ (Stomatal conductance) โดยใช้สมการ

$$\text{Stomatal conductance} = \frac{1}{\text{Stomatal resistance}}$$

1.2 Pressure bomb

ใช้วัดค่าศักย์ของน้ำภายในใบ หรือ Leaf water potential (ψ leaf) Pressure bomb ประกอบด้วย ส่วน Chamber, หน้าปัทม์บอกค่าความดันเป็น bar และถังกาซไนโตรเจน วิธีการก็คือ ตัดใบกาแฟที่ต้องการหาค่าศักย์ของน้ำภายในใบ ใส่ลงใน Pressure Chamber ที่ปิดสนิท โดยให้ก้านใบโผล่ออกจาก Chamber ปล่อยกาซไนโตรเจนภายใต้ความดันที่ทราบโดยดูจากหน้าปัทม์บอกความดันเข้าไปใน Chamber อย่างช้า ๆ เมื่อความดันของกาซมากพอจนทำให้ Sap ของใบพืชไหลกลับมาจนถึงรอยตัดที่ก้านใบจนสามารถมองเห็นได้ชัดเจน ค่าความดัน ณ จุดนั้น ถือเป็นจุดของ Leaf water potential ของใบพืช มีหน่วยเป็น MPa (MPa = 10 bar)

1.3 Photometer Li-cor, Inc ; Li-188 B.

ใช้วัดความเข้มแสงที่ตกกระทบบนระนาบผิวใบ ประกอบด้วยตัวเครื่องและ Quantum sensor ซึ่งจะเป็นส่วนที่ใช้รับแสงตกกระทบ ซึ่งจะนำไปวัดบนระนาบผิวใบที่รับแสง ค่าที่อ่านได้เป็น Photon flux density มีหน่วยเป็น $\mu E.\ m^{-2}.\ s^{-1}$.

1.4 Assman's Psychrometer.

ใช้วัดความชื้นสัมพันธ์ของอากาศ (Relative humidity) ประกอบด้วยเทอร์โมมิเตอร์ของกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียก วิธีการวัดคือ แขวน Assman's Psychrometer สูงจากพื้นดินประมาณ 1 เมตร จากนั้นอ่านค่าอุณหภูมิของกระเปาะแห้ง และกระเปาะเปียก แล้วนำผลต่างระหว่าง อุณหภูมิของกระเปาะทั้งสองมาเทียบกับตารางมาตรฐาน (Aspiration Psychrometer's Table) ก็จะทราบค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในขณะนั้นมีหน่วยเป็นเปอร์เซนต์ (%)

2. วิธีการทดลอง

ในการศึกษาการตอบสนองของปากใบต่อฤดูกาล ทดลองกับต้นกาแฟอะราบิก้าอายุ 3 ปี จำนวน 5 พันธุ์ ได้แก่ Catimor LC. 1662, Red Catuai, Mundo Novo, Icatu และ Red Caturra ณ สถานีทดลองขุนช่างเคี่ยน จ. เชียงใหม่ ซึ่งเป็นพื้นที่มีความสูงระดับน้ำทะเลเฉลี่ย 1,200 ม. ทำการวัดการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในช่วงกลางของ 3 ฤดูคือ ฤดูร้อนในเดือนเมษายน และ พฤษภาคม ฤดูฝนเดือนกรกฎาคม และฤดูหนาวเดือนธันวาคม หาค่าเฉลี่ยของแต่ละฤดูมาเปรียบเทียบกัน

ในการตรวจวัดแต่ละครั้งได้กระทำเป็น 5 ซ้ำ และตรวจวัดทั้งวัน ตั้งแต่ 6.00 ถึง 18.00 น. โดยเว้นช่วงห่างของการวัดแต่ละครั้งประมาณ 2 ชั่วโมง

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ความผันแปรของอุณหภูมิอากาศ ความเข้มแสง และความชื้นสัมพัทธ์ ในแต่ฤดูกาล

ในภาพที่ 1-3 เป็นกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศความเข้มของแสงและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ในแต่ละฤดูทั้งในฤดูร้อน ฤดูฝน และ ฤดูหนาว อุณหภูมิของอากาศในแต่ละวันจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนสูงสุดในช่วงเวลา 12.00– 14.00 น. หลังจากนั้นจึงค่อย ๆ ลดลง อุณหภูมิสูงสุดของวันจะอยู่ประมาณ 28° ซ. สำหรับฤดูร้อน 24° ซ. สำหรับฤดูฝน และ 20° ซ. สำหรับฤดูหนาว

สำหรับความเข้มแสงพบว่ามีความผันแปรคล้ายกับอุณหภูมิของอากาศ คือความเข้มแสงจะเพิ่มขึ้นเมื่อพระอาทิตย์เริ่มขึ้น และถึงจุดสูงสุดในช่วงเวลาประมาณ 12.00 น. ต่อมาจะลดลงเล็กน้อยเมื่อเวลา 14.00 น. และลดลงอย่างรวดเร็วไปจนถึง 18.00 น. สถานีทดลองขุนช่างเคี่ยนตั้งอยู่บนฝั่งตะวันออกของภูเขา ทำให้แปลงทดลองได้รับแสงแดดอย่างเต็มที่เฉพาะช่วงเช้าถึงเวลาประมาณ 14.00 น. หลังจากนั้นพระอาทิตย์จะลับเหลี่ยมเขาไป จึงทำให้ค่าความเข้มแสงที่วัดได้ในแต่ละวันลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงหลัง 14.00 น. ในฤดูร้อนความเข้มแสงจะสูงที่สุดคือประมาณ 2,000 $\mu E.m^{-2}.s^{-1}$. ในขณะที่ฤดูฝนและฤดูหนาวรองลงมาคือ 1,700 และ 1,400 $\mu E.m^{-2}.s^{-1}$. ตามลำดับ ค่าความเข้มแสงที่วัดได้ในฤดูฝนและฤดูหนาวอาจจะผิดจากค่าปกติที่ควรจะเป็น กล่าวคือ ฝนความเข้มแสงควรจะต่ำกว่าฤดูหนาว เพราะในฤดูฝนสภาพภูมิอากาศมักจะมีเมฆมาก และมีความชื้นในอากาศสูงจนถึงมีหมอก ซึ่งจะมีผลทำให้ความเข้มแสงถูกกรองให้ลดลงได้ในขณะที่ในฤดูหนาวท้องฟ้าจะโปร่งใสและความชื้นในอากาศต่ำ สภาพผิดปกติที่ตรวจวัดได้

ดังกล่าวข้างต้น อาจเนื่องจากลักษณะการลาดเอียงของแปลงทดลองที่เอียงไปทางทิศเหนือ และสภาพพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง ประกอบกับลักษณะการเคลื่อนที่อ้อมทางทิศใต้ของดวงอาทิตย์ในฤดูหนาว ซึ่งอาจเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ความเข้มแสงที่ตกกระทบใบกาแฟในฤดูหนาวต่ำกว่าในฤดูอื่น

ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจะต่ำที่สุดในช่วงฤดูร้อน และสูงที่สุดในฤดูฝน ในทุกฤดูความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจะผันแปรคล้ายกัน กล่าวคือ ความชื้นจะเริ่มลดลงเมื่อดวงอาทิตย์เริ่มขึ้น (6.00 น.) และลดลงถึงจุดต่ำสุดเมื่อเวลาประมาณ 14.00 น. หลังจากนั้นความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น โดยเป็นปฏิภาคผกผันกับการลดลงของความเข้มแสง และอุณหภูมิ-อากาศ

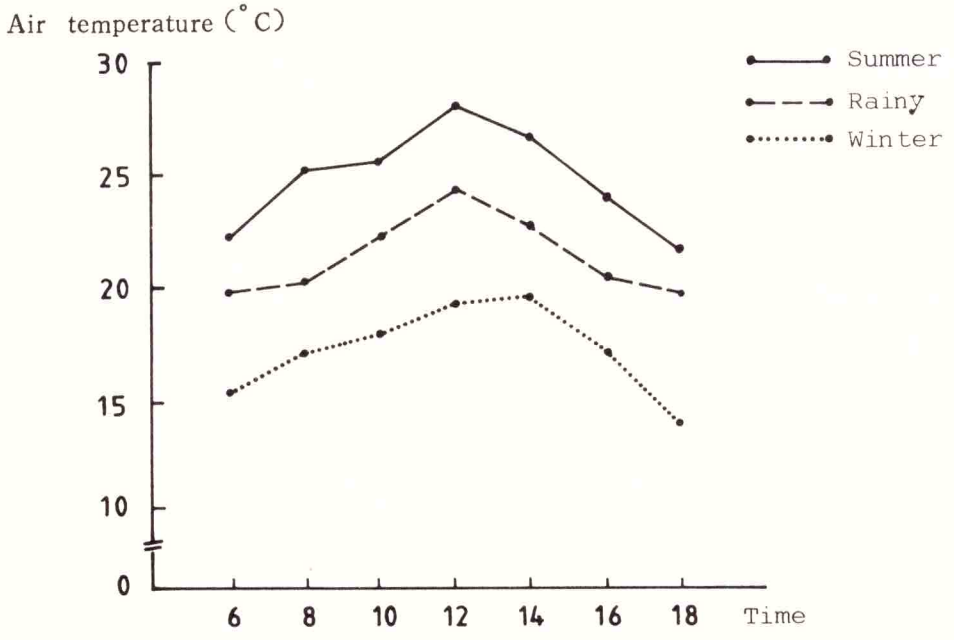


Figure 1. Diurnal change of air temperature in summer, rainy season and wintter.

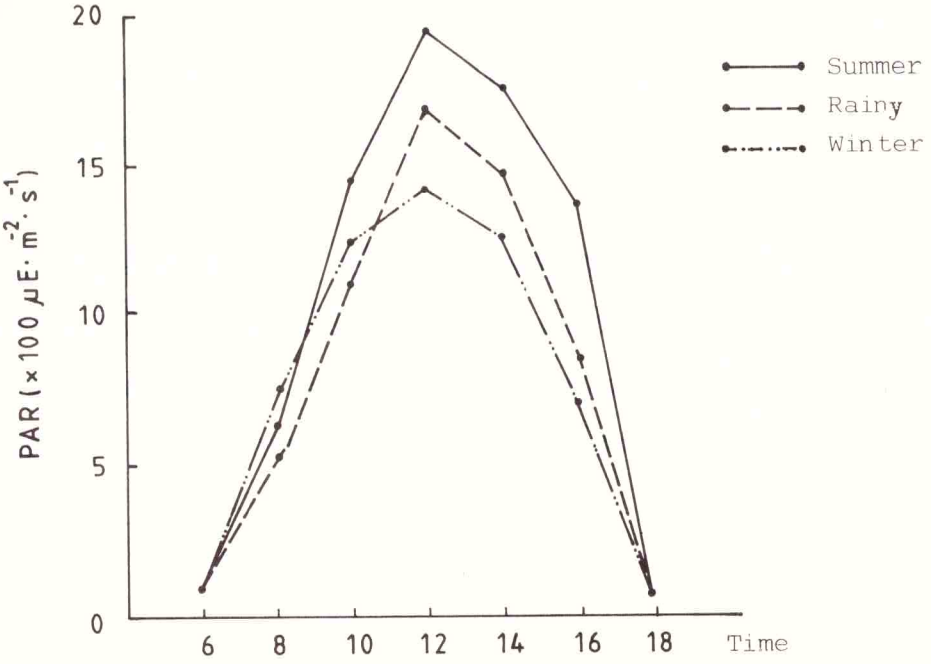


Figure 2. Diurnal change of light intensity in summer, rainy season and winter.

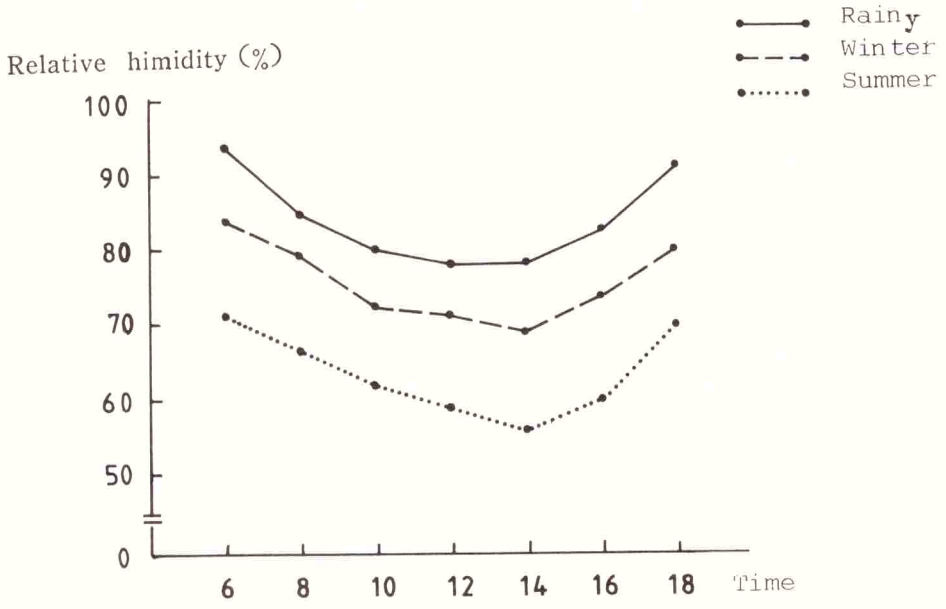


Figure 3. Diurnal change of air humidity in summer, rainy season and winter.

2. อิทธิพลของฤดูกาลที่มีผลต่างของความดันไอน้ำระหว่างใบและอากาศ

การสูญเสียน้ำจากใบพืชเป็นลักษณะของการระเหยน้ำผ่านทางรูปากใบเป็นส่วนใหญ่และผ่านทางรอยแตกของคิวติเคิล (Cuticle) เล็กน้อย (Byott and Sheriff, 1976) ในกรณีที่ปากใบเปิดเท่ากัน อัตราการระเหยน้ำจะมีมากขึ้น ถ้าความแตกต่างของความดันไอน้ำระหว่างใบและอากาศสูงขึ้น

จากผลการคำนวณที่แสดงไว้ในภาพที่ 4 จะเห็นได้ว่าในฤดูร้อนค่าผลต่างความดันไอน้ำจะสูงสุด และมีค่าสูงสุดของวัน (37.18–37.28 mbar) อยู่ในช่วงเวลา 12.00–14.00 น. ในฤดูฝนและฤดูหนาวค่าผลต่างของความดันไอน้ำระหว่างใบและอากาศจะใกล้เคียงกัน และต่ำกว่าในฤดูร้อน คือประมาณ 18.25 และ 19.99 mbar เมื่อเวลา 14.00 น. ตามลำดับ นั่นหมายถึงว่าถ้าปากใบเปิดเท่าๆ กัน โอกาสที่พืชจะสูญเสียน้ำจากใบจะสูงที่สุดในช่วงฤดูร้อน ขณะที่ฤดูฝน และฤดูหนาวจะใกล้เคียงกัน

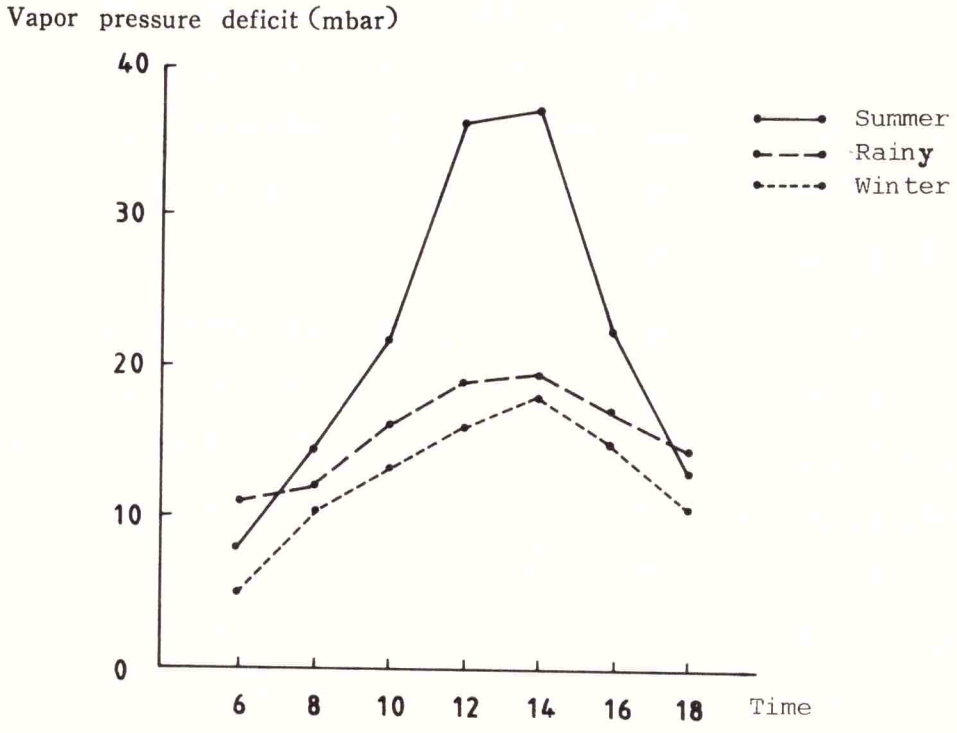


Figure 4. Diurnal change of leaf to air water vapour deficit in summer, rainy season and winter

3. การเบิดปากของปากใบในช่วงวัน

ในการทดลองครั้งนี้ ทำการตรวจสอบการบิดเบิดของปากใบโดยวิธีการวัดความต้านทานของปากใบ แล้วคำนวณกลับเป็นค่าการเบิดของปากใบ (Stomatal conductance) จากผลการทดลองในภาพที่ 5 จะเห็นได้ว่าปากใบกาแฟทั้ง 5 พันธุ์จะมีลักษณะของการเบิดปากใบคล้าย ๆ กันคือ จะเริ่มเบิดเมื่อเวลา 6.00 น. และเบิดมากที่สุดเมื่อ 12.00–14.00 น. และลดลงอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งบิดเมื่อเวลา 18.00 น. ในฤดูร้อนปากใบจะเบิดน้อยกว่าในฤดูหนาว และฤดูฝน กล่าวคือ ในฤดูร้อนค่าการเบิดบิดของปากใบมากที่สุดประมาณ 0.3-0.4 cm/sec ในฤดูหนาว 0.4-0.45 cm/sec และในฤดูฝน 0.35-0.5 cm/sec ตามลำดับ ทั้งนี้อาจจะเป็นการปรับตัวของปากใบ เพื่อไม่ให้มีการสูญเสียน้ำมากเกินไปในฤดูร้อน เนื่องจากในฤดูร้อนมีค่าแตกต่างความดันไอน้ำระหว่างใบและอากาศสูงที่สุด (ภาพที่ 4)

ส่วนกาแฟพันธุ์ Icatu และ Red Caturra นั้น ในช่วงฤดูหนาวมีการเบิดของปากใบมากกว่าในฤดูอื่น ๆ ทั้งนี้น่าจะมีสาเหตุมาจากว่าในฤดูหนาวเป็นช่วงที่กาแฟติดผล ใกล้ถึงระยะเวลาเก็บเกี่ยว และกาแฟ 2 พันธุ์นี้มีการติดผลดกมาก ทำให้มีการใช้อาหารเพื่อเลี้ยงผลมาก จึงมีผลต่อพฤติกรรมของปากใบซึ่งจะต้องเบิดมากขึ้นเพื่อให้มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงขึ้นด้วย ข้อมูลจากการทดลองนี้เป็นการบ่งชี้ถึงความจำเป็นในการให้น้ำกับต้นกาแฟระยะผลใกล้สุก ซึ่งจะตรงกับฤดูแล้งพอดี ทั้งนี้เพื่อให้ปากใบเบิดได้เต็มที่ และมีการสังเคราะห์แสงมากขึ้น อันจะส่งผลโดยตรงต่อปริมาณและคุณภาพของผลกาแฟที่ได้

จากการทดลองครั้งนี้จะเห็นได้ว่า ในทุกฤดูการบิดเบิดของปากในกาแฟทุกพันธุ์ที่ทดลองจะไม่มีลักษณะที่เรียกว่า "Mid-day close" (ปากใบบิดชั่วคราวตอนเที่ยงวัน) ต่างจากผลการทดลองของ Kumar (1977) ที่พบว่าปกติปากใบกาแฟจะเริ่มเบิดมากขึ้นเรื่อย ๆ ในช่วงเช้าและเบิดมากที่สุดจนถึง 11.00 น. หรือถึง 15.00 น. หลังจากนั้นปากใบจะเริ่มเบิดน้อยลงและบิดเมื่อหมดแสงอาทิตย์ แต่ถ้าดินปลูกมีความชื้น 45% หรือ 55% Field capacity ปากใบจะมี Mid-day close ในช่วง 13.00 น. ในระหว่างการทดลองครั้งนี้ มีฝนตกกระจายค่อนข้างสม่ำเสมอ แม้แต่ในช่วงฤดูร้อน ซึ่งมีฝนตกในปริมาณค่อนข้างมากเมื่อ 2 วันก่อน ทำการวัดในช่วงฤดูร้อน ความชื้นในดินของแปลงทดลองยังสูงอยู่ในช่วงที่ทำการตรวจวัดค่าบิดเบิดของปากใบ จึงทำให้ลักษณะการบิดเบิดปากใบกาแฟทุกพันธุ์ มีลักษณะคล้ายกับผลการทดลองของ Kumar (1977) ที่ได้จากกาแฟเมื่อปลูกในที่มีความชื้นในดิน 90–100% Field capacity

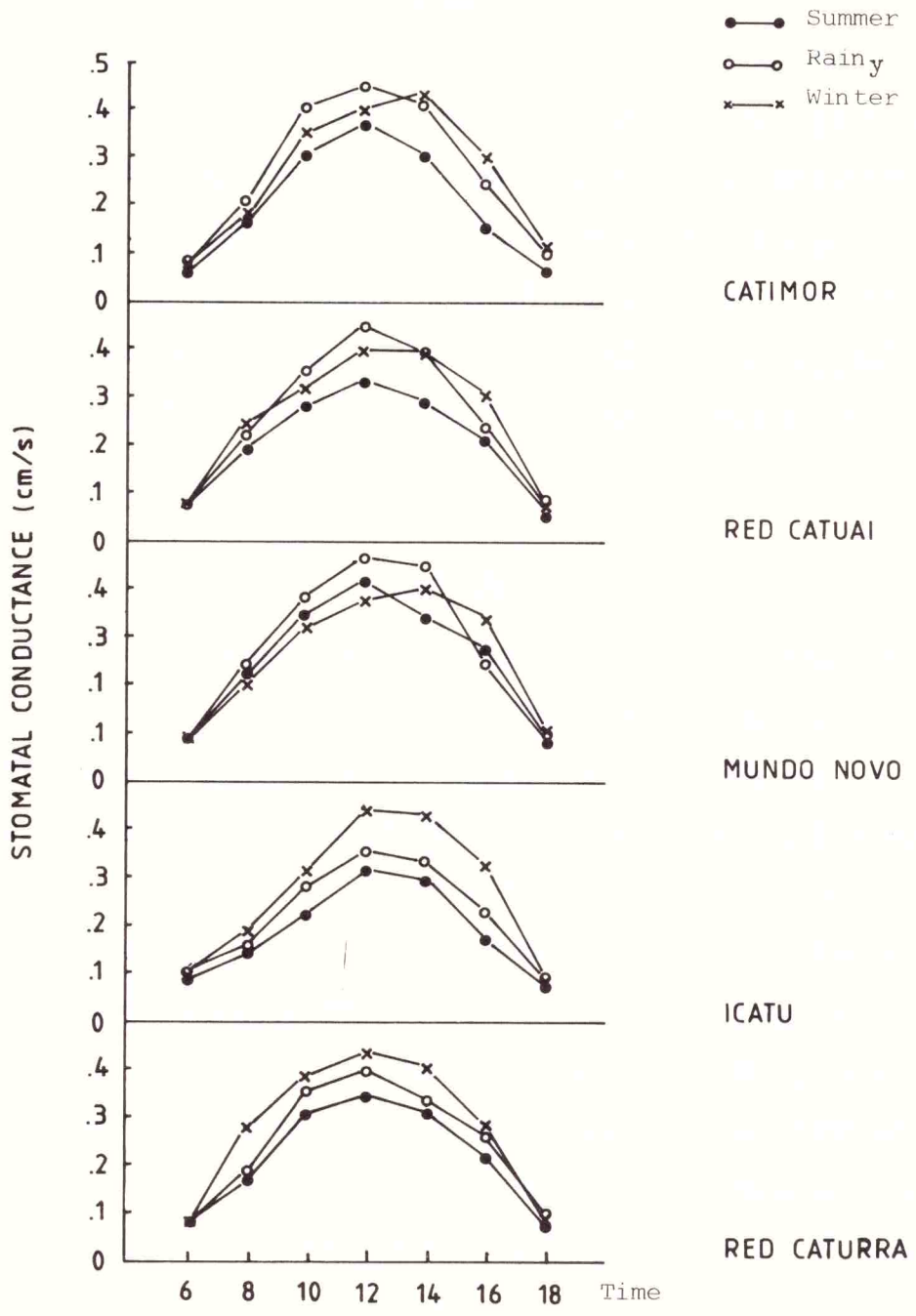


Figure 5. Diurnal change of stomatal conductance of coffee cultivars in summer, rainy season and winter.

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษา พฤติกรรม ของการ เปิดปาก ใบกาแฟเนื่องจาก อิทธิพลฤดูกาล นั้นพบว่า ความผันแปรของอุณหภูมิของอากาศ ความเข้มแสง ความชื้นสัมพัทธ์ ในแต่ละฤดูจะมีผลร่วมกันต่อผลต่างของความดันไอน้ำระหว่างใบและอากาศ อันจะส่งผลต่อพฤติกรรมของปากใบ

ในฤดูร้อนค่าผลต่างของความดันไอน้ำระหว่างใบและอากาศสูงกว่า ในฤดูหนาวและฤดูฝนตามลำดับ ทำให้ปากใบเปิดน้อยที่สุดในฤดูร้อน เป็นการปรับตัวมิให้สูญเสียน้ำมากเกินไป โดยที่ในแต่ละฤดูปากใบจะเริ่มเปิดในตอนเช้า (6.00 น.) และเปิดมากขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่ง 12.00–14.00 น หลังจากนั้นปากใบจะเริ่มเปิดน้อยลง และปิดเมื่อหมดแสงพระอาทิตย์

เอกสารอ้างอิง

Black, C.C. (1973). Photosynthetic carbon fixation in relation to net CO_2 uptake. Ann. Rev. Plant Physiol. 24, 253 - 286.

Byott, G. S. and Sheriff. D. W. (1976). Water movement into and through *Tradescantia virginiana* L. leaves. II. Liquid flow pathways and evaporative sites. J. Exp. Bot. 27, 634 - 9.

Kumar, D. (1977). Diurnal changes in leaf water potential and stomatal conductance in relation to atmospheric and soil moisture changes. Ann. Rep. Coffee Res. Stn, Ruiru 1975/1976; 108 - 109.

Rumer, D. (1979). Some aspects of the physiology of *Coffea arabica* L.A Review. Kenya Coffee. 44. 519, 9 - 40.

Vince - Prue, D. (1975). Photoperiodism in Plant. McGraw-Hill Book Co. London.