บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

กาแฟอราบิก้าเป็นไม้ยืนต้น อยู่ในตระกูล Rubiaceae Genus : Coffea มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Coffea arabica L. มีจำนวนโครโมโซม 2n หรือ 4x = 44 โดยมีถิ่นกำเนิดจากป่าธรรมชาติของเทือกเขาในเอธิโอเปีย ซึ่งมีความสูง 1,300-1,800 เมตร ลักษณะเป็นไม้พุ่มขนาดเล็ก สูง 3-5 เมตร โดยทั่วไปมีอายุ 10-15 ปี กาแฟอราบิก้าต้องการสภาพอากาศที่มีฝนและฤดูแล้งเด่นชัด เพราะต้องการฤดูแล้งสำหรับการเจริญของตาดอก อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญและให้ผลผลิต อยู่ระหว่าง 15-25 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝน 750-2,500 มม.ต่อปี

2.1 สัณฐานวิทยาของปากใบกาแฟภายใต้สภาวะเครียดของการขาดน้ำและอุณหภูมิสูง

ปากใบของพืชมีดอกทุกชนิด จะปรากฏอยู่บนส่วนสีเขียว ที่สัมผัสกับอากาศ ซึ่งโดยปกติจะปรากฏที่ใบ แต่ก็อาจจะไปปรากฏอยู่บนส่วนอื่นของพืช เช่น ลำต้น ผล และบางส่วนของช่อดอก เป็นต้น แต่โดยมากแล้ว ปากใบจะปรากฏอยู่ที่ส่วนของใต้ใบ (Jone, 1983) สำหรับกาแฟ จะมีปากใบอยู่เฉพาะด้านใต้ใบเท่านั้น โดยมีเฉลี่ยประมาณ 230-285 ปากใบต่อตารางมิลลิเมตร (Kumar, 1979)

ปากใบจะประกอบด้วยเซลปากใบ 2 อัน ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการเปิดปิดของปากใบโดยมีรูปร่างทรงรีคล้ายไต เซลปากใบของพืชใบเลี้ยงคู่ทั้งหมด จะมีผนังด้านในที่ติดอยู่กับรูปากใบหนากว่าผนังด้านนอก เมื่อเซลปากใบมีค่าความดันออสโมติกภายในประมาณ -13 ถึง -17 บาร์ ปากใบก็จะสามารถเปิดได้ ภายในเซลปากใบจะมีคลอโรพลาสต์ ในปริมาณที่น้อยกว่าส่วนของเมโซฟิลล์เซล แต่บรรจุแป้งเป็นจำนวนมาก รวมทั้งเอนไซม์และไอออนต่าง ๆ เช่น Ca^{2+}, K^{+} ซึ่งองค์ประกอบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เหล่านี้จะเกี่ยวข้องอยู่กับการปิดเปิดของปากใบด้วย (Leopold, 1975)

Jone (1983) ได้กล่าวว่าการทำหน้าที่ของปากใบขึ้นอยู่กับความดันเต่ง (Turgor pressure) ที่เกิดขึ้นภายในเซลปากใบ และเซลผิว (Epidermis cell) ที่อยู่ข้างเคียง ซึ่งเซลเหล่านี้จะควบคุมการเปลี่ยนแปลงของความดันเต่งภายในเซลปากใบให้ได้รับน้ำหรือสูญเสียน้ำ หรือมีการเปลี่ยนแปลงค่าศักย์ออสโมติกเกิดขึ้น (Osmotic potential) ทำให้มีการเปิดของปากใบอย่างมีรูปแบบเฉพาะ

2.2 พฤติกรรมการตอบสนองของปากใบกาแฟในแต่ละพันธุ์ภายใต้สภาวะเครียดของการขาดน้ำ และอุณหภูมิสูง

ปากใบ เป็นตัวแสดงบทบาทที่สำคัญในการรักษาความสมดุล ของน้ำภายในต้นพืช และยังเป็นอวัยวะสำคัญสำหรับการแลกเปลี่ยนกาซ ในขบวนการสังเคราะห์แสงและขบวนการหายใจ ดังนั้นพฤติกรรมของปากใบภายใต้สภาวะต่างๆ จึงส่งผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชด้วย (Kumar, 1979)

กาแฟที่ปลูกในสภาพธรรมชาติในสภาพอากาศอบอุ่นโดยไม่มีการให้น้ำ ปากใบจะเปิดในช่วงเช้าและช่วงบ่าย แต่จะมีการปิดชั่วคราวในช่วงเที่ยงวัน ซึ่งอาจจะเป็นเพราะในช่วงเที่ยงวันจะมีอุณหภูมิของอากาศสูง ทำให้มีการเพิ่มปริมาณกาซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้น ในช่องว่างระหว่างเซลของใบ (Heath, 1969)

Kumar (1979) รายงานว่าปากใบกาแฟจะเริ่มเปิดหลังจากพระอาทิตย์ขึ้นและเปิดเต็มที่เมื่อเวลาประมาณ 9.00 น. เมื่อถึงเวลาช่วงก่อนเที่ยงวันปากใบกาแฟจะเปิดน้อยลงเพราะอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นและค่าศักย์ของน้ำในใบลดลง ในช่วงชั่วโมงที่ร้อนที่สุดของวันปากใบกาแฟจะเปิดเพียงเล็กน้อย จนกระทั่งถึงช่วงเวลา 15.00 น. เมื่ออุณหภูมิของอากาศเริ่มลดลง ปากใบจะเปิดเพิ่มขึ้น ในช่วงเย็นปากใบจะเปิดน้อยลงและปิดในที่สุดเมื่อพระอาทิตย์ตกดิน ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับการเปิดของปากใบ พบว่าที่อุณหภูมิ 15 ° ซ. การเปิดของปากใบจะน้อยและจะเปิดมากที่สุดที่ช่วงอุณหภูมิประมาณ 25 ° ซ. ถ้าอุณหภูมิสูงกว่านี้ การเปิดของปากใบจะน้อย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ในส่วนของความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับการปิดเปิดปากใบ Kumar (1979) รายงานว่าปากใบกาแฟจะเริ่มเปิดในช่วงความเข้มของแสง 300 $\mu E.m^{-2}.s^{-1}$ และเปิดมากที่ปริมาณแสง 600 $\mu E.m^{-2}.s^{-1}$ ซึ่งจะเป็นปริมาณแสงเพียง 1 ใน 4 ส่วนของความเข้มแสงในช่วงเที่ยงวันของแถบศูนย์สูตร อย่างไรก็ตามในสภาพธรรมชาติที่มีความเข้มของแสงสูง ปากใบจะแสดงแนวโน้มว่าการเปิดของปากใบจะลดลงและอุณหภูมิของใบกาแฟในขณะนั้นจะสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศประมาณ 10 °ซ.

เกี่ยวกับความชื้นในดินกับการเปลี่ยนแปลงของปากใบนั้น Tesha and Kumar (1975) ได้ศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้พบว่า ในสภาพที่ความชื้นในดินสูงจะทำให้สภาพแวดล้อมของอากาศรอบ ๆ ต้นกาแฟมีความชื้นสูงไปด้วย เมื่อความชื้นในดินสูงการเพิ่มความชื้นในบรรยากาศจะไม่มีผลต่อการเปิดของปากใบ แต่ถ้าความชื้นในดินต่ำหรือปานกลาง การเพิ่มความชื้นในบรรยากาศจะทำให้ปากใบเปิดมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และการเปิดของปากใบที่มากขึ้นจะเกิดขึ้นร่วมกับการเพิ่มปริมาณของน้ำในใบด้วย

จากการรายงานของ Kumar (1979) พบว่าปากใบของกาแฟที่ปลูกในดินที่มีระดับความชื้นที่ 100 % Field capacity (F.C.) จะมีการเปิดของปากใบมากจนถึงเวลา 15.00 น. และเริ่มลดน้อยลงเมื่อเวลา 17.00 น. แล้วจะปิดเมื่อพระอาทิตย์ตกดินเมื่อเวลา 18.30 น.ส่วนปากใบของกาแฟที่ปลูกในดินที่มีระดับความชื้นที่ 90 % F.C. จะเปิดเท่ากับที่ปลูกที่ 100 % F.C. ไปจนถึงเวลา 11.00 น.แต่ในช่วงเวลา 13.30 น. และ 15.00 น.การเปิดของปากใบที่ 90 % F.C. จะน้อยกว่า และกาแฟที่ปลูกในดินที่มีระดับความชื้นที่ 55 % F.C. จะมีพฤติกรรมของปากใบเหมือนกับความชื้น 90 % F.C. ยกเว้นที่ 13.00 น. การเปิดของปากใบจะมีน้อย แต่จะเพิ่มขึ้นอีกครั้งหนึ่งในช่วงเย็นเหมือนกับที่ระดับความชื้น 90 % F.C. สำหรับพืชที่ปลูกในระดับความชื้นที่ 45 % F.C. ปากใบจะเปิดมากจนกระทั่งเวลา 09.00 น. และหลังจากนี้การเปิดของปากใบจะน้อยลง

พิทักษ์ และเรืองยศ (1985) ได้ทำการศึกษากับกาแฟที่อยู่ภายใต้สภาวะการขาดน้ำและวัดการเปลี่ยนแปลงของค่าศักย์ของน้ำในใบกาแฟ (ψ) ในช่วงตลอดวันพบว่าในแต่ละวันค่า ได้มีการเปลี่ยนแปลงโดยมีค่าสูงสุดในตอนเช้าตรู่ และมีค่าต่ำสุดตอนช่วงเวลาประมาณ 14.00 น. ค่าที่สูงสุดของแต่ละวันจะลดลงเรื่อย ๆ เมื่อเวลาการทดลองนานขึ้น โดยจะสัมพันธ์กับค่าศักย์ของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

น้ำในดินที่ลดลง อัตราการลดลงของ ψ ในช่วงแรกช้าแต่ในช่วงหลังอัตราการลดลงจะเร็ว เมื่อค่าศักย์ของน้ำในดินลดลง ความแตกต่างระหว่างค่าสูงสุดกับค่าต่ำสุดในแต่ละวันจะลดน้อยลงเรื่อย ๆ และค่า ψ จะมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศอีกด้วย

ดังนั้น การศึกษาของพฤติกรรมการตอบสนองของปากใบกับสภาพแวดล้อมดังกล่าวจึงควรศึกษาให้ละเอียดยิ่งขึ้น เพื่อศึกษาการตอบสนองกาแฟแต่ละพันธุ์แล้วนำความสัมพันธ์ที่ได้ ไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ด้านการเขตกรรมและการคัดเลือกพันธุ์เพื่อการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

2.3 ปริมาณโปรลีนในใบกาแฟภายใต้สภาวะเครียดของการขาดน้ำและอุณหภูมิสูง

สภาพแวดล้อมที่ทำให้เกิดสภาวะเครียด เช่น ความเย็น ความเค็ม การขาดธาตุอาหาร สภาพการเกิดโรครวมทั้งการขาดน้ำและอุณหภูมิสูง จะทำให้มีการสะสมพวกกรดอะมิโน เช่น โปรลีน ในรูปที่เป็นอิสระ ซึ่งพบในพืชหลาย ๆ ชนิด (ข้าวบาร์เลย์ แรดดิช ถั่วเหลือง ฝ้าย ฯลฯ) ในบางกรณีและในพืชบางชนิดโปรลีนสามารถสะสมจนกระทั่งเป็นส่วนประกอบมากกว่า 10 % ของน้ำหนักแห้งของเนื้อเยื่อที่ได้รับความเครียด จากการศึกษาพบว่าโปรลีนเป็นกรดอะมิโนเพียงตัวเดียวที่มีการสะสมเด่นชัดระหว่างสภาวะเครียด และโปรลีนที่มีการสะสม จะเกิดจากการปลดปล่อยผ่านขบวนการย่อยสลายโปรตีน (Paleg et al., 1981) ทั้งนี้ Levitt (1980) รายงานว่าปริมาณโปรลีนมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดมากกับความสามารถในการทนทานต่อสภาวะเครียดของพืชด้วย

จากการทดลองนำข้าวบาร์เลย์ไปปลูกในที่อุณหภูมิสูง (35 °ซ.) พบว่าข้าวบาร์เลย์จะมีการสะสมโปรลีน ซึ่งการสะสมนี้จะเกิดขึ้นพร้อมกับการที่ค่าศักย์ของน้ำในใบมีค่าลดลง แต่ถ้ามีการทำให้ค่าศักย์ของน้ำในใบคงที่เหมือนในสภาพปกติ อุณหภูมิสูงจะไม่ทำให้เกิดการสะสมของโปรลีน (Aspinall and Paleg, 1981)

ในพืชตระกูลหญ้า (Gramineae) มักจะมีระดับโปรลีนในปริมาณที่ต่ำหรือไม่มีการสะสมเลยถ้าพืชไม่ได้รับสภาวะเครียด โดยจะมีระดับของโปรลีนในรูปอิสระอยู่ในช่วง 1-5 µmole/g ของน้ำหนักแห้ง เช่น ในข้าว ข้าวฟ่าง ข้าวโพด ข้าวสาลีพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์ปลูก และใน Agropyron spp. แต่ถ้าปล่อยให้ต้นกล้าของพืชเหล่านี้ขาดน้ำจนเหี่ยวติดต่อกันถึงสามวัน ระดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

โปรลีนจะเพิ่มมากขึ้นถึง 20-100 เท่า ของระดับปกติ (Hanson, 1980)

ในพืชที่มีการให้น้ำอย่างเพียงพอ ปริมาณของโปรลีนในรูปที่เป็นอิสระจะต่ำ (0.02-0.69 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง) แต่จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเป็น 40-50 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง ระหว่างที่เนื้อเยื่อมีการสูญเสียน้ำอย่างช้า ๆ ในพืชบางชนิดการสะสมโปรลีนจะเกิดขึ้นเฉพาะภายใต้สภาวะเครียดที่รุนแรงเท่านั้น เช่น ในข้าวฟ่าง ถั่วเหลือง ซึ่งจะไม่มีการสะสมโปรลีนเกิดขึ้นในสภาพปกติ แต่จะเกิดการสะสมเมื่อการสูญเสียน้ำมากจนพืชแสดงอาการเหี่ยวอย่างเห็นได้ชัด และมีค่าศักย์ของน้ำในใบประมาณ - 20 บาร์ การสะสมโปรลีนจะมีระดับสูงในใบ รวมทั้งส่วนที่ไม่ได้มีหน้าที่สังเคราะห์แสงด้วย (Levitt, 1980)

Singh (1970) ได้ทำการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าศักย์ของน้ำกับการสะสมโปรลีนโดยทดลองกับใบข้าวสาลีคู่แรกที่มีอายุ 10 วัน (สายพันธุ์ Prior) โดยให้อยู่ในสภาวะเครียดด้วยสารละลายโพลีเอทธิลีนไกลคอล ที่มีค่าความเครียด -10 และ -20 บาร์ พบว่าความสัมพันธ์จะเป็นแบบสมการเส้นตรง โดยมีค่า $y = 0.6855x-4.704$ และจากการคำนวณได้ชี้ว่าระดับของโปรลีนเริ่มมีการสะสมที่ค่าศักย์ของน้ำต่ำกว่า -7.2 บาร์

โดยสรุปอาจกล่าวได้ว่าผลทางสรีรวิทยาที่เกิดขึ้นกับพืชภายใต้สภาวะเครียดอาจจำแนกได้เป็น 2 ประการคือ (Stewart, 1981)

1. การสะสมโปรลีนคือ การเพิ่มระดับของโปรลีนในรูปอิสระ (Free proline) ในเนื้อเยื่อที่แสดงอาการเหี่ยวมาเป็นระยะเวลาหนึ่ง

2. การสะสมโปรลีนดังกล่าวจะเริ่มเกิดเมื่อพืชอยู่ภายใต้สภาวะเครียดปานกลาง (ประมาณ -10 บาร์) และปริมาณการสะสมจะเพิ่มมากขึ้น เมื่อศักย์ของน้ำในเนื้อเยื่อลดต่ำลงอีก

สำหรับเหตุผลที่มีการสะสมโปรลีนภายใต้สภาวะเครียดของอุณหภูมินั้น Paleg et al. (1981) ได้รายงานว่าโปรลีนจะเป็นกลไกสำคัญเพื่อช่วยให้พืชอยู่รอดได้ภายใต้สภาวะเครียด โดยโปรลีนในความเข้มข้นที่เหมาะสม จะช่วยป้องกันการเสื่อมสภาพของเอนไซม์ได้หลายตัว เช่น ∝-Amylase, G-6-P Dehydrogenase, Hexokinase และ Pyruvate carboxylase และมีส่วนช่วยให้ประสิทธิภาพของเอนไซม์เหล่านี้คงที่ ถึงแม้จะมีการผันแปรของอุณหภูมิมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4 การวิเคราะห์การเจริญเติบโตของกาแฟภายใต้สภาวะเครียดของการขาดน้ำและอุณหภูมิสูง

กาแฟเป็นพืชที่มีการสังเคราะห์แสงแบบพืช C-3 ทั่วไปจากการศึกษาพบว่ากาซคาร์บอนไดออกไซด์ จะเข้ารวมตัวกับ C-3 Phosphorylated compound เป็นตัวแรก ถ้านำกาแฟไว้ในที่มืดที่มีอุณหภูมิ 20°-25° ซ. พบว่ากาแฟจะมีจุดสมดุลย์ของการจับยึดกาซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นอยู่ระหว่าง 50 - 100 vpm อัตราการสังเคราะห์แสงจะถูกยับยั้งโดยการเพิ่มความดันของกาซออกซิเจน ส่วนอัตราการหายใจของกาแฟขณะมีแสงจะมีปริมาณ 2 μmole CO_2. $m^{-2}.s^{-1}$ โดยมีอัตราการหายใจในที่มืดเป็น 2.8 เท่า ของอัตราการหายใจขณะที่มีแสง ซึ่งก็จะเป็นอัตราคล้ายกันกับที่พบในพืชอื่น

อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ (Net photosynthetic rate) สูงสุดของใบที่อยู่กลางแจ้งของกาแฟอราบิก้า มักจะต่ำคือประมาณ 7 μmole CO_2. $m^{-2}.s^{-1}$ ที่อุณหภูมิ 20°ซ. ซึ่งต่ำกว่าใบของพืช C-3 ทั่ว ๆ ไป ซึ่งปกติอยู่ระหว่าง 15-25 μmole $CO_2.m^{-2}.s^{-1}$ อย่างไรก็ตามใบกาแฟที่อยู่ในร่มจะมีอัตราสูงถึง 14 μmole CO_2. $m^{-2}.s^{-1}$ และมีปริมาณคลอโรฟิลล์ต่อตารางเซนติเมตรมากกว่าใบที่อยู่กลางแดด(Cannell,1983) ส่วนคู่ใบที่มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงสุดนั้น ได้แก่ ใบคู่ที่ 4 และ 5 โดยมีอัตราการสะสมคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 9.5 mg CO_2. $dm^{-2}.hr^{-1}$ (Kumar and Tieszen, 1976)

Kumar (1976) พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมของการสังเคราะห์แสงของใบกาแฟจะอยู่ในช่วงระหว่าง 20°- 25°ซ. และมีความเข้มของแสงต่ำประมาณ 600 $\mu E.m^{-2}.s^{-1}$ หากความเข้มของแสงเพิ่มขึ้น จะทำให้อุณหภูมิใบสูงขึ้น การสังเคราะห์แสงจะลดลง แต่ถ้าทำให้อุณหภูมิใบมีค่าต่ำ การเพิ่มของความเข้มของแสง จะไม่ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงลดลงเลย และถ้าปรับความเข้มของแสงให้คงที่ (300 $\mu E.m^{-2}.s^{-1}$) อุณหภูมิต่ำประมาณ 10°ซ. จะมีอัตราการสังเคราะห์แสงประมาณ 4 mg $CO_2.dm^{-2}.hr^{-1}$ อัตราการสังเคราะห์แสงนี้จะเพิ่มขึ้นในอัตราที่คงที่จนถึงอุณหภูมิ 20°ซ. หลังจากนั้นอัตราการเพิ่มจะน้อยลงและถึงจุดสูงสุด ที่อุณหภูมิที่ 25°ซ. ส่วนอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจากนี้จะทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงต่ำกว่าอัตราที่อุณหภูมิ 10°ซ. และการสังเคราะห์แสงจะหยุดในที่สุดที่อุณหภูมิ 45°ซ.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เหตุผลหนึ่ง ที่อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของใบกาแฟลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของใบสูงกว่า 20°- 25°ซ. เพราะมีการเพิ่มความต้านทานของเมโซฟิลล์ (mesophyll resistance) แต่อัตราการสังเคราะห์แสงที่ลดลงในแปลงปลูกที่อุณหภูมิสูง มักจะเกิดพร้อมกับค่าศักย์ของน้ำในดินที่ต่ำ คือการขาดน้ำ ซึ่งทำให้ปากใบปิดในตอนกลางวันและทำให้ความเข้มข้นของกาซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในปากใบเพิ่มสูงขึ้น และไม่ว่าในกรณีใดก็ตาม อัตราการสังเคราะห์แสงของใบกาแฟที่ปลูกในเขตศูนย์สูตรระหว่างวันที่มีแดด ψ_1 มักจะต่ำเพราะอุณหภูมิของใบจะสูงขึ้นถึง 35°- 45°ซ. ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศที่ล้อมรอบถึง 10°- 15°ซ. ซึ่งอัตราการสังเคราะห์แสงที่ต่ำลงในอุณหภูมิเช่นนี้ อาจจะเกิดเพราะความเข้มของแสงที่สูงเกินไป (Cannell, 1983) ถึงแม้ว่าใบกาแฟได้มีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพที่มีแสงแล้วก็ตาม กลไกทางสรีรของใบกาแฟอาจเกิดความเสียหายเนื่องจากสภาพแสงสูงอีกด้วย บางทีความเสียหายนี้อาจเกิดจากการยับยั้งปฏิกริยาที่ระบบการสังเคราะห์แสงระบบที่ 2 (Björkman, 1968) และใบกาแฟที่แสงปริมาณมากจะแสดงอาการสูญเสียคลอโรฟิลล์ ทำให้มีปริมาณคลอโรฟิลล์น้อยลงด้วย (Cannell, 1983)

จากการทดลองของ Kumar and Tieszen(1976) ซึ่งได้ศึกษาหาความสัมพันธ์ของการสังเคราะห์แสงกับสภาวะของน้ำในต้นกาแฟโดยวัดในรูปของค่าศักย์ของน้ำในใบ (ψ_1) พบว่าอัตราการสังเคราะห์แสงของกาแฟจะแปรผันตาม ψ_1 เป็น 3 ช่วง คือ อัตราการสังเคราะห์แสงที่ระดับปกติ (16 mg CO_2. $dm^{-2}.h^{-1}$) จะยังคงที่จนกระทั่งค่า ψ_1 ลดลงไปอีกจนถึง -10 บาร์ ในช่วง -12 ถึง -20 บาร์ อัตราการสังเคราะห์แสงจะลดลงประมาณ 25 % และจะลดลงจนเหลือเพียง 10-20 % ของอัตราปกติ ถ้า ψ_1 ลดลงต่ำกว่า -20 บาร์

ระดับความชื้นในดินที่ต้นพืชขึ้นอยู่ จะมีอิทธิพลอย่างสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของ และอัตราการสังเคราะห์แสงของพืชในแต่ละวันด้วย กล่าวคือกาแฟที่ปลูกในดินที่มีความชื้นที่ 100 % ถึง 55 % F.C. จะมีการเปลี่ยนแปลงการปิดเปิดของปากใบและอัตราการสังเคราะห์แสงที่คล้ายคลึงกัน คือในช่วงเช้าถึง 11.00 น.จะมีอัตราการสังเคราะห์แสงปกติเพราะค่า ψ_1 ยังคงสูงกว่า 10 บาร์ หลังจาก 11.00 น. ค่า ψ_1 เริ่มลดลง แต่ยังคงสูงกว่า -15 บาร์ ดังนั้นอัตราการสังเคราะห์แสงช่วงนี้ (11.00-15.00 น.) จะลดลงเพียงเล็กน้อย คือ ประมาณ 25 % ถ้า อุณหภูมิของใบสูงไม่เกิน 25° ซ. ในช่วงระหว่าง 15.00 น.ถึง 18.00 น. การสังเคราะห์แสง จะลดลงอีกครั้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หนึ่งถึงหนึ่งส่วนสี่ของที่เป็นอยู่ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะกลไกควบคุมตามธรรมชาติของการปิดเปิดปากใบ ในต้นกาแฟที่ปลูกในดินที่มีความชื้นที่ 45 % F.C. จะมีการสังเคราะห์แสงที่ปกติจนถึงเวลา 09.00 น. หลังจากนั้นถึงเวลา 15.00 น. อัตราการสังเคราะห์แสงลดน้อยลงเกินครึ่งหนึ่งของอัตราปกติ ส่วนต้นกาแฟที่ปลูกในที่ที่มีความชื้นในดิน 35 % F.C. ค่า ψ_1 จะค่อนข้างคงที่ในระดับสูงกว่า -25 บาร์ ดังนั้นอัตราการสังเคราะห์แสงจะยังคงระดับประมาณ 10-25 % ของระดับปกติ (Kumar, 1979)

โดยสรุปจากรายงานดังกล่าวข้างต้นของ Kumar and Tieszen (1976) อาจกล่าวได้ว่าการให้น้ำแก่กาแฟน่าจะกระทำเมื่อค่า ψ_1 ลดลงใกล้ -20 บาร์ ทั้งนี้เพราะในช่วงที่ ψ_1 ใกล้ -20 บาร์ ค่าอัตราการสังเคราะห์แสงลดลงน้อยมากเพียงแค่ 25% ของอัตราปกติเท่านั้น นอกจากนี้จากรายงานของ Tesha and Kumar (1975) พบว่าถึงแม้กาแฟจะมีอัตราการเจริญเติบโตลดลงเมื่อปลูกภายใต้สภาวะความชื้นในดินเพียง 50 % F.C. แต่อัตราการดูดแร่ธาตุหลักก็ยังสามารถดำเนินไปเป็นปกติได้ อย่างไรก็ตามไม่ควรปล่อยให้ ψ_1 ลดลงต่ำกว่า -20 บาร์ เพราะจากรายงานของ Boyer and Younis (1982) พบว่าในสภาวะเครียดแบบนี้คลอโรพลาส์ตจะสูญเสียประสิทธิภาพในการจับคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงลดลงอย่างมากได้แม้ว่าต้นพืชจะได้รับน้ำอีกจนกลับมาใกล้ระดับปกติ Alexandra (1981) ศึกษากับข้าวโพดพบว่าสภาวะเครียดของการขาดน้ำ มีผลทำให้เกิดการลดลงของคลอโรฟิลล์ ในชั้นมีโซฟิลล์และบันเดิลชีทเซลของใบด้วย โดยพบว่าที่ ψ_1 เท่ากับ -19 บาร์ คลอโรพลาสต์ในมีโซฟิลล์เซลถูกทำลายไป 25% โดยเสียหายอยู่ทั่วไป และไม่สามารถคืนสภาพปกติได้อีกส่วนที่เหลืออีก 75 % จะคืนสภาพหลังการให้น้ำอีกครั้งเมื่อ 20 ชั่วโมงต่อมา นอกจากนี้ยังมีโครงสร้างต่าง ๆ ที่ได้รับผลกระทบกระเทือนจากสภาวะเครียดของการขาดน้ำ เช่น จากรายงานของ Berline et al. (1982) พบว่าต้นฝ้ายที่ขาดน้ำ จะมีพื้นที่ใบลดลง พาลิเสทเซล (Palisade cells) มีปริมาณน้อยซึ่งเป็นผลมาจากอัตราการแบ่งเซลต่ำ เขาได้ให้ข้อสรุปว่า ความเครียดของน้ำเป็นตัวจำกัดอัตราส่วนของปริมาตรผนังเซล ไซโตพลาสซึม คลอโรพลาสต์ เม็ดแป้ง เพอร์อกซิโซม ตลอดจนโครงสร้างต่าง ๆ ในคลอโรพลาสต์และในช่องว่างของเซล Manning et al. (1977) ได้ศึกษาความเครียดของน้ำในถั่ว พบว่า ถั่วที่อยู่ในสภาวะความเครียดของน้ำจะจำกัดชั้นของพาลิเสดเซล (Palisade cells) และสปันจีมีโซฟิลล์(Spongy mesophyll cells) นอกจากนี้ยังมีผลทำให้พื้นที่ของท่อน้ำ (Xylem) ของใบลดลง รวมทั้งความหนาแน่นของปากใบลดลงด้วยเช่นกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved