บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

กาแฟอราบีก้าเป็นไม้ยืนต้นอยู่ในตระกูล Rubiaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Coffea arabica L. มีจำนวนโครโมโซม 2n = 4x = 44 เป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดจากป่าธรรมชาติของเทือกเขาในเอธิโอเปีย ซึ่งมีความสูงจากระดับน้ำทะเล 1,500 - 2,000 เมตร (Charrier and Berthand, 1985) เจริญเติบโตได้ดีภายใต้ร่มเงาพืชอื่น ลักษณะเป็นไม้พุ่มขนาดเล็ก สูง 3 - 5 เมตร โดยทั่วไปมีอายุประมาณ 10 - 15 ปี กาแฟอราบีก้าต้องการสภาพอากาศที่มีฤดูฝนและฤดูแล้งที่เด่นชัด เพราะต้องการฤดูแล้งสำหรับการพัฒนาของตาดอก อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญและการให้ผลผลิตอยู่ระหว่าง 15-25° ซ ปริมาณน้ำฝน 750-2,500 มิลลิเมตรต่อปี

ถึงแม้ว่าโดยธรรมชาติแล้วกาแฟอราบีก้าจะเป็นพืชที่มีแหล่งกำเนิดใต้ร่มเงาของพืชอื่น แต่ในปัจจุบันนี้ ได้มีการพยายามนำเอากาแฟอราบีก้ามาปลูกในสภาพกลางแจ้ง เพื่อให้ได้ผลผลิตสูง การปลูกในสภาพเช่นนี้ จะทำให้กาแฟได้รับสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูแล้ง ซึ่งมีอุณหภูมิและความเข้มแสงสูง รวมทั้งอยู่ในสภาพที่ขาดน้ำ ซึ่งสภาพดังกล่าวจะทำให้ต้นกาแฟเกิดสภาวะเครียด อันจะส่งผลกระทบไปสู่ขบวนการต่างๆ และการเจริญเติบโตของต้นกาแฟดังต่อไปนี้

ก. ผลกระทบเนื่องจากความเข้มแสงสูง

เมื่อได้รับความเข้มแสงสูงเกินกว่าระดับที่เหมาะสม จะทำให้ต้นกาแฟเกิดความเครียดเนื่องจากอุณหภูมิสูงและขาดน้ำ Levitt (1980) กล่าวว่า ในพืชทั่ว ๆ ไป ความเข้มของแสงที่สูงเกินระดับที่เหมาะสมสำหรับพืชนั้น จะมีผลโดยตรงต่อการเพิ่มพลังงานจลน์จนมากเกินไปในใบพืช ซึ่งผลที่ตามมาคือ ทำให้เกิดความเครียดเนื่องจากอุณหภูมิสูง และการขาดน้ำ

ความเข้มของแสงที่สูงเกินไปจะเกี่ยวพันไปถึงประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงของพืชดังการทดลองของ Kumar and Tieszen (1976) ซึ่งพบว่าการสังเคราะห์แสงของใบกาแฟ จะเริ่มเกิดขึ้นเมื่อได้รับความเข้มแสงเพียง 18 $\mu E.m^{-2}.s^{-1}$ เมื่อมีความเข้มแสงเพิ่มขึ้นถึง 27 $\mu E.m^{-2}.s^{-1}$ อัตราการสังเคราะห์แสงจะเพิ่มขึ้นอีก จนได้พลังงานสูงกว่าที่พืชใช้ในการหายใจ อัตราการสังเคราะห์แสงจะเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรง จนกระทั่งถึงความเข้มแสง 300 $\mu E.m^{-2}.s^{-1}$ และอัตราการสังเคราะห์แสงจะสูงสุดที่ความเข้มแสง 600 $\mu E.m^{-2}.s^{-1}$ ซึ่งจะเป็นปริมาณแสงเพียง 1 ใน 4 ส่วนของความเข้มแสงในช่วงเที่ยงวันของแถบศูนย์สูตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับต้นกาแฟที่ได้รับความเข้มแสงสูงกว่า 600 $\mu Em.^{-2}s^{-1}$ จะมีผลโดยตรงต่อการเพิ่มอุณหภูมิใบ และก่อให้เกิดสภาพที่เรียกว่า Photoinhibition และ Chlorophyll bleaching ได้ Akunda and Kumar (1979) พบว่าในใบกาแฟที่ปลูกในสภาพได้รับแสงแดดจัด จะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ต่ำกว่ากาแฟที่ปลูกในสภาพร่มเงา ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Cannell (1985) ซึ่งรายงานว่า ใบกาแฟที่ได้รับแสงปริมาณมากจะแสดงอาการสูญเสียคลอโรฟิลล์ ทำให้มีปริมาณคลอโรฟิลล์ลดน้อยลง และยังพบว่าความหนาแน่นของต้นต่อพื้นที่ปลูกมีผลกระทบต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ โดยเมื่อเพิ่มจำนวนต้นต่อพื้นที่จะทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์รวมลดลง แต่ปริมาณคลอโรฟิลล์บี จะเพิ่มมากขึ้น

ข. ผลกระทบเนื่องจากอุณหภูมิสูง

Kumar (1979) พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการสังเคราะห์แสงของใบกาแฟ จะอยู่ในช่วงระหว่าง 20 -25° ซ และความเข้มแสงที่พอเหมาะจะอยู่ประมาณ 600 $\mu E.m^{-2}.s^{-1}$ หากความเข้มของแสงเพิ่มขึ้น จะทำให้อุณหภูมิใบสูงขึ้น การสังเคราะห์แสงจะลดลง แต่ถ้าทำให้อุณหภูมิใบมีค่าต่ำ คงที่ การเพิ่มของความเข้มแสง จะไม่ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงลดลงเลย และถ้าปรับความเข้มแสงให้คงที่ (300 $\mu E.m^{-2}.s^{-1}$) ที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 10° ซ จะมีอัตราการสังเคราะห์แสงประมาณ 4 mg $CO_2.dm^{-2}.h^{-1}$ อัตราการสังเคราะห์แสงนี้จะเพิ่มขึ้นในอัตราที่คงที่ จนถึงอุณหภูมิที่ 20° ซ หลังจากนั้นอัตราการเพิ่มจะน้อยลง และถึงจุดสูงสุด ที่อุณหภูมิ 25 °ซ (Cannell, 1985) Berry and Bjorkman (1980) พบว่าอุณหภูมิสูงจะไปรบกวนการทำงานของคลอโรพลาสต์ และมีผลยับยั้งการสังเคราะห์แสงของใบพืช

Steponkus (1981) ได้กล่าวว่าอุณหภูมิที่สูงเกินไป จะทำให้ระบบรากพืชทำงานผิดปกติ เช่นดูดน้ำและแร่ธาตุได้น้อยลง และยังทำให้อัตราการสังเคราะห์ไซโตไคนินลดลง ซึ่งไซโตไคนินนี้จะมีคุณสมบัติช่วยลดการหายใจของพืช ช่วยในการเคลื่อนย้ายสารอาหาร และช่วยป้องกันไม่ให้คลอโรฟิลล์ของพืชถูกทำลายได้ง่าย (สัมพันธ์ 2527)

Levitt (1980) รายงานว่าปริมาณโปรลีนมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับความสามารถในการทนทานต่อสภาวะเครียดของพืช Paleg et al (1981) ได้รายงานว่ามีการสะสมโปรลีนภายใต้สภาวะเครียดของอุณหภูมิ ซึ่งเป็นกลไกสำคัญเพื่อช่วยให้พืชอยู่รอดได้ภายใต้สภาวะเครียด โดยโปรลีนในความเข้มข้นที่เหมาะสม จะช่วยป้องกันการเสื่อมสภาพของเอนไซม์ได้หลายตัว เช่น α -Amylase G-6-P Dehydrogenase Hexokinase และ Pyruvate Carboxylase และมีส่วนช่วยให้ประสิทธิภาพของเอนไซม์เหล่านี้คงที่ ถึงแม้จะมีการผันแปรของอุณหภูมิมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค. ผลกระทบเนื่องจากการขาดน้ำ

พัฒนพันธุ์ (2532) พบว่าการเจริญเติบโตของกาแฟในสภาพที่เกิดความเครียด เนื่องจากอุณหภูมิสูงและขาดน้ำ จะทำให้น้ำหนักสดของใบและลำต้นลดลง เนื่องจากการขาดน้ำจะทำให้ปากใบเปิดได้น้อยลง การแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง อีกทั้งการที่อุณหภูมิสูงขึ้น จะทำให้อัตราการหายใจแสง (Photorespiration) เพิ่มขึ้น ขณะที่อัตราการสังเคราะห์แสงลดลง ซึ่งจะทำให้น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งลดลงในที่สุด

Heath and Meidner (1961) และ Slatyer (1969) พบว่าเมื่อพืชตกอยู่ภายใต้สภาพเครียดมากๆ จะทำให้ท่อน้ำ และท่ออาหารของพืชได้รับความเสียหาย การส่งอาหารภายในลำต้นเป็นไปอย่างไม่สะดวก ทำให้กาแฟที่ปลูกในดินที่มีความชื้นต่ำมีการเจริญเติบโตไม่ดี ทั้งด้านพื้นที่ใบ และการสะสมน้ำหนักแห้ง วรวิทย์ (2531) รายงานว่า ต้นกาแฟที่ปลูกอยู่ในสภาพกลางแจ้ง เมื่อกระทบกับสภาวะขาดน้ำเป็นเวลานานๆในช่วงฤดูแล้ง พฤติกรรมของปากใบจะได้รับความกระทบกระเทือน ทำให้การพัฒนาของผลกาแฟเป็นไปอย่างไม่สมบูรณ์ เพราะเป็นระยะที่ต้องการอาหารสะสมเป็นปริมาณมาก และยังเกี่ยวพันไปถึงการเจริญเติบโตของกิ่งและใบด้วย

Cannell (1985) พบว่าขณะที่มีการพัฒนาของผลกาแฟ จะมีการดึงอาหารที่ใบไปใช้เป็นจำนวนมาก จนเหลือส่งไปเลี้ยงส่วนรากไม่เพียงพอ และยังมีการดึงเอาคาร์โบไฮเดรตซึ่งพืชสะสมไว้ในกิ่งออกไปใช้ด้วย ทำให้อาหารสะสมในลำต้นเกิดความไม่สมดุลย์ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดอาการตายยอด (die-back) ขึ้นในส่วนของปลายกิ่ง

สำหรับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโปรลีนในพืช เมื่อกระทบกับสภาวะเครียด Balasimha (1983) รายงานว่า ปริมาณโปรลีนในใบโกโก้จะเพิ่มขึ้นถึง 8.6 เท่าหลังจากการงดให้น้ำต้นกล้าโกโก้เป็นเวลา 7วัน แต่เมื่อมีการให้น้ำใหม่ ปริมาณโปรลีนก็จะค่อย ๆ ลดลง

พิทักษ์ และเรืองยศ (2528) ได้ทำการศึกษากาแฟที่อยู่ภายใต้สภาวะการขาดน้ำ และวัดการเปลี่ยนแปลงของค่าศักย์ของน้ำ (ψ) ในใบกาแฟ พบว่าในแต่ละวัน ค่าที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยมีค่าสูงสุดในตอนเช้าตรู่ และมีค่าต่ำสุดตอนช่วงเวลาประมาณ 14.00 น. ค่าของศักย์ของน้ำในใบยังมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศอีกด้วย

จากรายงานการวิจัยดังที่กล่าวมาแล้วจะเห็นได้ว่าสภาวะเครียดต่างๆ ที่เกิดขึ้นเมื่อทำการปลูกกาแฟในสภาพกลางแจ้งซึ่งเป็นสภาพที่แตกต่างไปจากแหล่งกำเนิดเดิมของกาแฟ จะทำให้เกิดผลกระทบต่อขบวนการทางสรีรวิทยาและการเจริญเติบโตต่างๆ ดังนั้นการจัดการแปลงปลูกกาแฟจึงไม่ควรปล่อยให้ต้นกาแฟเกิดการขาดน้ำเป็นเวลานานเกินไป นอกจากนี้แล้ววิธีการจัดการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ที่สำคัญมากอีกประการหนึ่งที่น่าจะทำได้ก็คือ การใช้สารเคมีเพื่อเพิ่มความสามารถในการทนต่อสภาพแห้งแล้งให้แก่ต้นกาแฟ ซึ่งจากการศึกษาในหลายๆกรณีพบว่าสารเคมีที่น่าจะใช้ประโยชน์ได้ดีได้แก่

1. อะดีนีน (Adenine)

อะดีนีนเป็นสารที่มีโครงสร้างพื้นฐานเป็น purine ชนิดหนึ่งในกรดนิวคลีอิกซึ่งตามธรรมชาติพบในโมเลกุลของ DNA และ RNA (สุรีย์ 2528) อะดีนีน จัดเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่อยู่ในกลุ่มของไซโตไคนิน ซึ่งสารในกลุ่มนี้มีคุณสมบัติช่วยลดการหายใจของพืช และช่วยในการเคลื่อนย้ายสารอาหาร ดังนั้นใบพืชที่ได้รับไซโตไคนินจะสามารถดึงเอาอาหารมาจากส่วนอื่น ๆ ของพืชได้ และยังป้องกันไม่ให้คลอโรฟิลล์ของพืชถูกทำลายได้ง่าย (สัมพันธ์ 2527) นอกจากนี้อะดีนีนยังเป็นส่วนประกอบของสารชีวเคมีที่จำเป็นในพืชอีกหลายชนิด เช่น AMP (Adenosine Monophosphate) ADP (Adenosine Diphosphate) ATP (Adenosine Triphosphate) เป็นต้น (Pradet and Raynold, 1983)

อะดีนีนมีผลในการช่วยเพิ่มความทนแล้งแก่ต้นพืชได้ดังที่ Skogovist and Fries (1971) พบว่าไคนีตินที่ความเข้มข้น 10^{-6} โมลาร์ (M) สามารถลดอัตราการตายของต้นกล้าข้าวสาลีที่ได้รับอุณหภูมิสูง ตั้งแต่ 35°ซ ขึ้นไป อย่างกระทันหัน (heat shock) และไคนีตินที่ความเข้มข้น 10^{-4}M หรือสูงกว่า จะช่วยลดอัตราการตายของต้นกล้าข้าวสาลีที่ได้รับอุณหภูมิสูงและมีสารละลายของเกลือแกง (NaCl) 1.2 % ซึ่งปกติต้นกล้าข้าวสาลีจะตายถึง 95 % Steponkus (1981) รายงานว่า ไซโตไคนินหรืออนุพันธ์ของอะดีนีนสามารถชะลอการแก่ของใบยาสูบที่ปลูกภายใต้อุณหภูมิ 50°ซ ได้

โดยปกติไซโตไคนินช่วยทำให้ปากใบของพืชเปิด ในขณะที่ Abscisic Acid (ABA) ทำให้ปากใบของพืชปิด (Thimann, 1979) ใบของข้าวโอ๊ตที่ได้รับไคนีติน 3 ส่วนต่อล้าน (สตล) ปากใบจะเปิดได้นานกว่าพวกที่ไม่ได้รับไคนีติน และปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบก็มีมากกว่าพวกที่ไม่ได้รับถึง 2.4 เท่า เมื่อเวลาผ่านไป 6 วัน (Thimann et al, 1979) นอกจากนี้ Aspinall and Paleg (1981) ยังรายงานว่าการพ่นไซโตไคนินอย่างต่อเนื่องให้กับพืชในสภาพขาดน้ำจะสามารถลดการสะสมทั้ง ABA และโปรลีนได้

2. สังกะสี (Zinc)

สังกะสีเป็นธาตุอาหารอีกชนิดหนึ่งที่จำเป็นต่อพืช มีหน้าที่สำคัญหลายอย่างคือ เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์หลายชนิด เช่น Alcohol Dehydrogenase, Cu-Zn

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Superoxide Dimutase, Carbonic Anhydrase และ RNA Polymerase นอกจากนี้ยังเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์หลายชนิด เช่น Dehydrogenase, Aldolase, Isomerase, Transphosphorylase และDNA and RNA Polymerase เป็นต้น นอกจากนี้ธาตุสังกะสีจะควบคุมการสร้างโปรตีน และกรดอะมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบด้วย เชื่อกันว่า ธาตุสังกะสีจะช่วยรักษาประสิทธิภาพของ Ribosome ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีน แม้แต่ในสภาวะขาดน้ำ และอุณหภูมิสูง (พิทยา 2531) นอกจากนี้การสังเคราะห์ Tryptophan ซึ่งเป็นสารเริ่มต้น สำหรับการสังเคราะห์ IAA (Indole Acetic Acid) ต้องการสังกะสีในขบวนการสังเคราะห์ด้วย ถ้าขาดสังกะสีจะทำให้การสังเคราะห์ Tryptophan ลดลง เป็นผลทำให้ IAA ซึ่งเป็นออกซินชนิดหนึ่งมีปริมาณลดลง ทำให้พืชชะงักการเจริญเติบโตได้ (Marcshner, 1986)

Tesha and Kumar (1976) รายงานว่าการใช้สังกะสีซัลเฟต ($ZnSO_4$) เข้มข้น 0.2 % พ่นทางใบติดต่อกันระยะหนึ่งก่อนปล่อยให้ขาดน้ำ จะทำให้ต้นกล้ากาแฟทนแล้งได้ดีขึ้นกว่าปกติ และดีกว่าการพ่นด้วยธาตุรองตัวอื่นๆ การเพิ่มธาตุสังกะสีให้กับกาแฟอาจใส่ทางดินในรูปของ $ZnSO_4.7H_2O$ หรือสารทางใบในรูปของ Zn-Chelate ก็ได้

Levitt (1980) รายงานว่า $ZnSO_4$ ที่มีความเข้มข้น 0.50 และ 0.80 % ช่วยให้มันฝรั่ง และทานตะวันสามารถทนต่ออุณหภูมิสูงได้

3. ไนโตรเจน (Nitrogen)

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช และพืชต้องการไนโตรเจนในปริมาณสูง ธาตุนี้เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของกรดอะมิโน โปรตีน โคเอนไซม์ กรดนิวคลีอิก คลอโรฟิลล์ และฮอร์โมนบางชนิด (สัมพันธ์ 2525)

Tesha and Kumar (1978) พบว่าต้นกาแฟที่มีปริมาณธาตุไนโตรเจนมากจะมีจำนวนปากใบต่อพื้นที่ใบน้อย และมีอัตราการคายน้ำต่ำกว่าต้นที่มีไนโตรเจนน้อยกว่า นอกจากนี้ต้นกาแฟที่มีไนโตรเจนมากจะมีคลอโรฟิลล์มากกว่าด้วย จึงมีอัตราการสังเคราะห์แสงสูง ในสภาพทางสรีรวิทยาเมื่อต้นพืชอยู่ในสภาวะขาดน้ำ ไนโตรเจนจะช่วยให้มีการสร้าง และสะสมโปรตีนชนิดที่สามารถดูดจับน้ำได้ดีเพิ่มขึ้น เช่น Aqueous protein และ Adenosine ทำให้เซลล์คงความเต่งได้ดี และนานกว่าปกติ Miskiu et al (1972) พบว่า การเพิ่มไนโตรเจนให้กับดิน จะทำให้ได้ผลผลิตกาแฟเพิ่มขึ้นถึง 30 % เมื่อเปรียบเทียบกับที่ไม่ได้ให้ปุ๋ยไนโตรเจน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. โปแตสเซียม (Potassium)

อำนาจ (2525) ยังได้กล่าวว่า นอกจากสารดังกล่าวมาแล้วโปแตสเซียมจะทำให้ความสัมพันธ์ของน้ำที่มีต่อพืชดีขึ้น ความสัมพันธ์ที่เด่นชัดมากคือ เมื่อพืชได้รับโปแตสเซียมเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำในพืชและความเต่งตึงของพืชจะเพิ่มขึ้น ซึ่งจะสอดคล้องกับรายงานของ Anderson et al (1942) ซึ่งให้ข้อสังเกตว่า ในวันที่อากาศร้อน ต้นยาสูบที่ไม่ได้รับโปแตสเซียมจะเหี่ยวเร็ว และเหี่ยวมากกว่าต้นยาสูบที่ได้รับโปแตสเซียม

จากรายงานการวิจัยดังกล่าวมาแล้วข้างต้น จะเห็นได้ว่าการที่ต้นกาแฟได้รับสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น แสงที่มีความเข้มสูงเกินไป อุณหภูมิของอากาศสูงเกินกว่าระดับที่เหมาะสมหรือสภาพการขาดน้ำในฤดูร้อน จะทำให้ขบวนการทางสรีรวิทยาและชีวเคมีในต้นกาแฟผิดปกติไป เช่น ปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง การสังเคราะห์แสงลดลง เป็นต้น ซึ่งผลที่จะตามมาคือจะทำให้ต้นกาแฟเจริญเติบโตผิดปกติและอาจถึงตายได้ในที่สุด ประกอบกับการปลูกกาแฟอราบีก้าในเขตพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยส่วนใหญ่ จะอยู่ในเขตพื้นที่ที่แห้งแล้ง ไม่สามารถให้น้ำในช่วงฤดูแล้งได้ ดังนั้นการทดลองใช้สารเคมีในการวิจัยครั้งนี้ จึงน่าจะเป็นแนวทางหนึ่งที่จะสามารถนำไปประยุกต์แก้ปัญหา ทำให้สามารถปลูกกาแฟในเขตพื้นที่ที่แห้งแล้งต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved