บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

2.1 กล่าวโดยทั่วไป

กาแฟอราบีก้าสามารถเจริญเติบโตได้ทั้งกลางแจ้ง และอยู่ภายใต้ร่มเงา (สมพล, 2535) มีการทดลองเปรียบเทียบการปลูกกาแฟอราบีก้าสายพันธุ์ต่างๆ ทั้งกลางแจ้งและในร่ม เพื่อศึกษาผลกระทบทางด้านการเจริญเติบโตและผลผลิต (วรวิทย์, 2531 ; สมพล, 2535) สำหรับการปลูกในร่มได้มีการทำการทดลองปลูกภายใต้ร่มเงาธรรมชาติ (Venkataramminan, 1988) และร่มเงาที่สร้างขึ้นโดยใช้ ไม้ยืนต้น เช่น ถั่วแระ (Cajanus cajan L.) เคฝรั่ง (Gliricidia sepium) กระถินไทย (Leucaena glauca) และละหุ่ง (Ricinus communis) เป็นต้น (Rodriguez and Cortes, 1989) นอกจากนั้นยังมีการทดลองเปรียบเทียบ การปลูกกาแฟอราบีก้าเพียงชนิดเดียว (mono crop) กับการปลูกร่วมกับพืชอื่น (mixed crops) เพื่อต้องการร่มเงา และผลผลิตของพืชที่ปลูกร่วมอยู่ด้วย (Konikanthimath et al, 1997) ส่วนสมพล (2535) รายงานการปลูกกาแฟอราบีก้า สายพันธุ์คาร์ติมอร์เบอร์ 5-4 2776 ที่มีอายุ 3 ปี บนที่สูง 1,300 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล เพื่อเปรียบเทียบถึงผลกระทบของการไม่ได้รับร่มเงา และการให้ร่มเงาในระดับต่างๆ ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมของแปลงปลูก พบว่าการให้ร่มเงาปานกลาง (พรางแสง 50 เปอร์เซ็นต์) จะส่งผลดีต่อต้นกาแฟมากกว่าการให้ร่มเงาระดับอื่น และไม่ได้รับร่มเงาเลย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูแล้ง จะช่วยรักษาระดับความเข้มของแสง อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นในดิน ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการพัฒนาของกาแฟอราบีก้า

ในประเทศแอฟริกาใต้มีรายงานว่า พื้นที่บางส่วน มีสภาพภูมิอากาศไม่เหมาะสมกับ การปลูกกาแฟอราบีก้า ทำให้ได้ผลผลิตไม่สูงเพียงพอคุ้มค่ากับการลงทุน จึงมีความพยายามทดลองปลูกโดยการเพิ่มความหนาแน่นของต้นพืช ได้นำกาแฟอราบีก้า 4 สายพันธุ์ ปลูกด้วยความหนาแน่นระหว่าง 1,600-7,200 ต้น ต่อเฮกตาร์ (256-1,152 ต้นต่อไร่) เก็บผลผลิตต่อเนื่องจนครบ 6 ปี พบว่า การปลูกกาแฟอราบีก้า ความหนาแน่น 4,200-6,000 ต้นต่อเฮกตาร์ (676-960 ต้นต่อไร่) จะให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด (Snijder, 1990) ดังนั้นจึงจะเห็นได้ว่า การจัดการให้มีความหนาแน่นของต้นพืชต่อพื้นที่อย่างเหมาะสม และการดูแลรักษาที่ดีจะมีส่วนช่วยในการปรับสภาพแวดล้อมให้มีความสมดุลต่อการปลูกกาแฟอราบีก้าให้มีผลผลิตดียิ่งขึ้น

อย่างไรก็ตาม การเพิ่มความหนาแน่นของต้นพืชจะทำให้เกิดการบังแสงขึ้น ซึ่งการบังแสงจะเป็นตัวกำหนดการสังเคราะห์แสงของใบ รวมทั้งเป็นตัวปัจจัยสำคัญในการคายน้ำในใบพืช นอกจากนั้นยังมีผลต่ออุณหภูมิของอากาศและความชื้นสัมพัทธ์อากาศรอบๆ ต้นพืช (Johnson and Lakso, 1991) ในปัจจุบันได้มีการนำเอาความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับการบังแสงมาใช้เปรียบเทียบกับความแตกต่างของความหนาแน่นของต้นพืช (Palmer, 1988) และรูปร่างของทรงพุ่ม (Robinson and Lakso, 1991) สำหรับ Rom (1991) ยังให้ความสำคัญกับ

ดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf Area Index, LAI) เพิ่มขึ้นมาอีกด้วยและยังให้ความสนใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทรงพุ่มของพืช ทำให้มีผลต่อทางด้านสรีรวิทยา เพราะใบสร้างคาร์โบไฮเดรต เพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโต (Clowes, 1977) และกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน นอกจากนั้น การกระจายของแสงภายในทรงพุ่ม ยังกระทบกระเทือนต่อคุณภาพของผลผลิต Jaramillo-Robledo and Santos (1981) รายงานความสัมพันธ์ของขนาดทรงพุ่มกับความเข้มของแสง ในกาแฟอราบีก้าสายพันธุ์คาร์ทุย (Catuai) พบว่า ดัชนีพื้นที่ใบจากยอดจนถึงโคนต้น จะมีการบังแสงอยู่ 96 เปอร์เซ็นต์ มีเพียง 4 เปอร์เซ็นต์ของแสงเท่านั้นที่สามารถส่องผ่านทะลุมากระทบผิวดิน และใน 96 เปอร์เซ็นต์ จะถูกใบที่อยู่ตอนบนทรงพุ่มบังไว้ 88 เปอร์เซ็นต์ ที่เหลือ 8 เปอร์เซ็นต์ จะกระจายแสงอยู่ภายในทรงพุ่ม

Wrigley (1988) กำหนดจำนวนต้นกาแฟอราบีก้า ต่อพื้นที่ปลูกว่า ควรคำนึงถึงผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ การจัดการดูแลรักษา เช่น การใส่ปุ๋ย การป้องกันกำจัดศัตรูพืช การตัดแต่งกิ่ง การเก็บเกี่ยว และการใช้เครื่องจักรกลในการทำงาน ตลอดทั้งยังได้แนะนำความหนาแน่นของต้นพืชที่เหมาะสมในการปลูกกาแฟอราบีก้าไว้ดังนี้ กาแฟอราบีก้าพันธุ์ต้นใหญ่ ควรปลูก 3,000 -5,000 ต้นต่อเฮกตาร์ (480-560 ต้นต่อไร่) ส่วนกาแฟอราบีก้าพันธุ์ต้นเตี้ย ควรปลูก 5,000-7,000 ต้นต่อเฮกตาร์ (800-1,120 ต้นต่อไร่) ในแต่ละพื้นที่ของโลกมีการพัฒนาการปลูกกาแฟอราบีก้า โดยให้ความหนาแน่นของต้นพืชปรับเปลี่ยนไปตามความเหมาะสมอยู่เสมอ การปลูกดั้งเดิมในประเทศบราซิลใช้ความหนาแน่น 816 และ 1,111 ต้นต่อเฮกตาร์ (3.5 x 3.5 เมตร และ 3.0 x 3.0 เมตร) แต่หลังจากปี 1970 ที่ดินมีราคาสูงขึ้นจึงเริ่มให้ความสนใจใช้ความหนาแน่น 1,600 ต้นต่อเฮกตาร์ (256 ต้นต่อไร่หรือขนาด 2.5 x 2.5 เมตร) ประเทศโคลอมเบียจากเดิมใช้ความหนาแน่น 625 ต้นต่อเฮกตาร์ (100 ต้นต่อไร่ หรือ 4.0 x 4.0 เมตร) ก็เพิ่มความหนาแน่นเป็น 1,000 ถึง 1,500 ต้นต่อเฮกตาร์ (160-240 ต้นต่อไร่) ส่วนการปลูกกาแฟอราบีก้าสายพันธุ์คาร์ทูร่า (Caturra) ซึ่งมีลักษณะต้นเตี้ย บางพื้นที่ใช้ความหนาแน่นถึง 5,500 ต้นต่อเฮกตาร์ (880 ต้นต่อไร่) เช่นเดียวกันในประเทศคอสตาริกาเมื่อมีการนำกาแฟอราบีก้าสายพันธ์คาร์ทูร่าเข้าไปปลูก จากปี 1950 ที่ใช้ความหนาแน่น 1,600 ต้นต่อเฮกตาร์ (256 ต้นต่อไร่) ต่อมาปี 1980 ส่วนใหญ่ใช้ความหนาแน่น 3,400 ต้นต่อเฮกตาร์ (544 ต้นต่อไร่)

2.2 รายงานการทดลองต่างๆ เพื่อหาความหนาแน่นของต้นพืชที่เหมาะสมต่อกาแฟอราบีก้าและพืชอื่นๆ

Snijder (1989) ทดลองปลูกกาแฟอราบีก้า 4 สายพันธุ์ คือ คาร์ทูร่า, SL 34, Blue Mountain และ SL 28 เก็บข้อมูลตลอด 1 ปี ปลูกกาแฟโดยใช้ความหนาแน่น 1,600 ถึง 7,200 ต้นต่อเฮกตาร์ (256-1,152 ต้นต่อไร่) พบว่ากาแฟทุกสายพันธุ์ให้ผลผลิตสูงขึ้น เมื่อใช้ความหนาแน่น 4,200 – 4,800 ต้นต่อเฮกเตอร์ (672 – 768 ต้นต่อไร่)

Gathara and Kiara (1990) ทดลองหาความหนาแน่นที่เหมาะสมของกาแฟอราบีก้าสายพันธุ์คาร์-ติมอร์ ซึ่งมีความทนทานต่อโรคราสนิม (Hemileia vastatrix) พบว่าจะให้ผลผลิตดีที่สุดเมื่อปลูกโดยใช้ความ

หนาแน่น 5,128 ต้นต่อเฮกตาร์ (820 ต้นต่อไร่) และ Sreenivasan (1989) รายงานว่ากาแฟอราบีก้าสายพันธุ์คาร์ติ-มอร์จะให้ผลผลิตที่เหมาะสมเมื่อปลูกโดยใช้ความหนาแน่น 711 ต้นต่อไร่ ทั้งนี้จะได้เมล็ดเกรด A 70.5% เกรด B 3.5% และเกรด C 9.8%

Ramos and Cortes (1994) ทดลองปลูกกาแฟอราบีก้าทั้งในร่มและกลางแจ้ง โดยใช้ ความหนาแน่น 8,333 ถึง 12,500 ต้นต่อเฮกตาร์ (1,333 ถึง 2,000 ต้นต่อไร่) ทำการทดลองทั้งไม่ให้และให้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมด้วยในอัตรา 25 ตันต่อเฮกตาร์ มีผลสรุปว่าผลผลิตจะเพิ่มขึ้นตามความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้น ทั้งที่ปลูกกลางแจ้งและในร่ม แต่ที่ความหนาแน่น 12,500 ต้นต่อเฮกตาร์ (2,000 ต้นต่อไร่) ทั้งที่ปลูกกลางแจ้งและในร่ม พร้อมทั้งให้อินทรีย์วัตถุจะได้ผลผลิตสูงสุด

Cortes et al. (1994) ทดลองปลูกกาแฟอราบีก้าสายพันธุ์คาร์ทูร่า อายุ 9 ปี ใช้ความหนาแน่นระหว่าง 800 ถึง 4,000 ต้นต่อไร่ (โดยปลูกกลางแจ้ง) จะให้ผลผลิตแตกต่างกัน โดยที่ความหนาแน่น 800 ต้นต่อไร่ ให้ผลผลิต 224 กิโลกรัมต่อไร่ และความหนาแน่น 4,000 ต้นต่อไร่ ให้ผลผลิตสูงกว่าถึง 10 เท่า

Njoroge and Kimemia (1996) ทดลองปลูกกาแฟอราบีก้า สายพันธุ์ SL 28 เก็บข้อมูลจากปี 1988 ถึง 1991 จากการปลูกกาแฟที่ความหนาแน่น 1,332, 2,664 และ 5,330 ต้นต่อเฮกตาร์ (213,426 และ 852 ต้นต่อไร่) พร้อมกับใส่ธาตุอาหารไนโตรเจน 0, 50, 100, 200 และ 400 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ต่อปี พบว่าการปลูกที่ความหนาแน่น 2,644 ต้นต่อเฮกตาร์ (426 ต้นต่อไร่) มีความเหมาะสมที่สุด ทั้งนี้พบว่าไนโตรเจนมีผลต่อการเพิ่มผลผลิต และหากปลูกกาแฟให้มีความหนาแน่นมาก จะทำให้เปอร์เซ็นต์ของผลขนาดใหญ่ลดลง

สำหรับพืชอื่น ๆ ผลของความหนาแน่นของต้นพืช มีดังต่อไปนี้

Motsenbocker (1996) รายงานผลการทดลองการปลูกพริกหวานว่า การปลูกโดยใช้ความหนาแน่นในระดับต่าง ๆ มีผลทำให้ความยาวและความกว้างของทรงพุ่มไม่แตกต่างกัน แต่ดัชนีพื้นที่ใบมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยการปลูกที่ความหนาแน่นสูงจะมีค่าดัชนีพื้นที่ใบสูงเช่นเดียวกัน ส่วน Maynard (1998) รายงานผลการทดลองปลูกแตงไทย สายพันธุ์ Superstar ว่า การปลูกที่ความหนาแน่นในระดับต่าง ๆ ไม่ทำให้ขนาดของลำต้นแตกต่างกัน แต่ที่ความหนาแน่นน้อย (3,074 ถึง 4,304 ต้นต่อเฮกตาร์) จะให้จำนวนผลต่อต้นสูงกว่า สำหรับ Jett et al. (1995) รายงานผลการทดลองการปลูกบร็อคโคลี่ โดยใช้ความหนาแน่นในระดับต่าง ๆ การปลูกโดยใช้ความหนาแน่น 10.8 ต้นต่อตารางเมตร จะให้ผลผลิตสูงแต่ขนาดดอกเล็ก ส่วนการปลูกโดยใช้ความหนาแน่น 3.6 ต้น ต่อตารางเมตร ถึงจะให้ผลผลิตรวมต่ำกว่า แต่ก็ให้ขนาดดอกใหญ่ เป็นที่ต้องการของตลาด Ne Smith (1998) รายงานผลการทดลองปลูกผักคะน้าว่าการเพิ่มความหนาแน่น ขึ้นอีก 2 ถึง 9 ต้นต่อตารางเมตร จะทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น

นอกจากนั้นความหนาแน่นของต้นพืช ยังมีผลกระทบต่อจำนวนเซลล์ของรากและอายุของผล มะเขือเทศ (Kemble et al., 1994) ขนาดของผลฟักทอง (Reners and Riggs, 1997) การควบคุมโรคของแตง และแมลงในแปลงปลูกมันเทศ (Powell et al., 1993) เป็นต้น

2.3. การศึกษาผลของสภาพแวดล้อมต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และสรีรวิทยาของต้นกาแฟ

2.3.1. อิทธิพลของแสง

Kumar and Tieszen (1976) พบว่าการสังเคราะห์แสงของกาแฟจะเริ่มเกิดขึ้น ณะที่ได้รับพลังงานแสงเพียง 18 $\mu E m^{-2} S^{-1}$ เมื่อพลังงานแสงเพิ่มขึ้นเป็น 27 $\mu E m^{-2} S^{-1}$ อัตราการสังเคราะห์แสงจะเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรง จนกระทั่งถึงพลังงานแสง 300 $\mu E m^{-2} S^{-1}$ อัตราการสังเคราะห์แสงจะเพิ่มขึ้น ในอัตราที่ไม่เป็นเส้นตรง จนถึงจุดสูงสุดที่พลังงาน 600 $\mu E m^{-2} S^{-1}$ อัตราการสังเคราะห์แสงจะคงที่ไปจนถึงระดับพลังงานแสง 1,200 $\mu E m^{-2} S^{-1}$ หลังจากนั้นอัตราการสังเคราะห์แสงจะลดลง ซึ่งสาเหตุอาจจะมาจากเมื่อใบกาแฟได้รับพลังงานแสงมากเกินไป ทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ลดน้อยลง (Akunda and Kumar, 1979) Venkataramanan (1988) รายงานถึงประสิทธิภาพของใบกาแฟอราบีก้าที่ใช้ในการสังเคราะห์แสง พบว่าใบกาแฟคู่ที่ 1 มีการสังเคราะห์แสงน้อยไม่เพียงพอต่อการสร้างสารอาหารไปใช้ในกระบวนการหายใจ แต่ใบกาแฟคู่ที่ 2-5 มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูง ซึ่งมีการสรุปว่าใบกาแฟคู่ที่ 3 และ 4 อยู่ในสภาพที่แก่สมบูรณ์ที่สุด (physiologically mature) ส่วนใบกาแฟคู่ที่ 6 มีอัตราการสังเคราะห์แสงลดลง และยังรายงานเพิ่มเติมว่าอัตราการสังเคราะห์แสงในใบมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกันกับปริมาณคลอโรฟิลล์ และความหนาแน่นของปากใบ แต่ความสัมพันธ์ในกระบวนการหายใจจะเป็นไปในทางตรงข้าม

ผลรวมของน้ำหนักแห้งของพืชขึ้นอยู่กับดัชนีพื้นที่ใบ รูปร่างของทรงพุ่ม อัตราการสังเคราะห์แสงต่อหน่วยพื้นที่ใบ และการสะสมอาหาร ในใบกาแฟซึ่งจะแสดงให้เห็นได้ด้วยปริมาณของผลผลิต (Cannell and Huxley, 1969) ขณะที่ต้นกาแฟอายุยังน้อยมีการเจริญเติบโตอย่างช้า ๆ มีทรงพุ่มขนาดเล็ก ยังไม่ค่อยมีการบังแสงกันเอง เมื่อเวลาผ่านไปต้นกาแฟมีขนาดใหญ่ การบังแสงกันเองจะเกิดขึ้นมาก การปรับสภาพแวดล้อมส่งผลให้มีผลผลิตสูงในปีต่อไป (Clower, 1977) ตามปกติการบังแสงกันเองจะเกิดมีขึ้น เมื่อค่าดัชนีพื้นที่ใบสูงกว่า 3-4 (Evans, 1975) ถ้าค่าดัชนีพื้นที่ใบมากกว่า 6 (Cannell, 1971 b) ถึง 10 (Huerta and Alvim, 1962) ต้องพิจารณาถึงความเหมาะสม เพราะทรงพุ่มที่แน่นเกินไป มีผลทำให้การสังเคราะห์แสงในใบจะต่ำไม่เพียงพอต่อการหายใจ ถ้าหากอัตราการหายใจเกิดมากกว่าอัตราการสังเคราะห์แสง ใบกาแฟที่ร่มมากๆ จะตาย และร่วงลงสู่พื้นดิน (Clower and Wilson, 1977)

2.3.2. อิทธิพลของอุณหภูมิ

อุณหภูมิมีความสัมพันธ์กับพลังงานแสงซึ่งส่งผลกระทบต่อการสังเคราะห์แสงของพืช Kumar (1979) พบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการสังเคราะห์แสง ของใบกาแฟอราบีก้า จะอยู่ในช่วงระหว่าง 20-25 ^{0} ซ และพลังงานแสงที่พอเหมาะจะอยู่ประมาณ 600 $\mu E m^{-2} S^{-1}$ หากพลังงานของแสงเพิ่มขึ้นจะทำให้อุณหภูมิใบสูงขึ้น การสังเคราะห์แสงจะลดลง แต่ถ้าทำให้อุณหภูมิใบมีค่าต่ำคงที่ การเพิ่มของพลังงานแสงจะไม่ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงลดลง และถ้าปรับพลังงานแสงให้คงที่ (300 $\mu E m^{-2} S^{-1}$) ที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 10 ^{0} ซ จะมีอัตราการสังเคราะห์แสงประมาณ 4 mg CO_2 $dm^{-2} h^{-1}$ อัตราการสังเคราะห์แสงนี้จะเพิ่มขึ้นในอัตราที่คงที่ ถ้ามีการเพิ่มอุณหภูมิ จนถึงอุณหภูมิที่ 20 ^{0} ซ หลังจากนั้นอัตราการเพิ่มจะน้อยลงและมีจุดสูงสุดที่อุณหภูมิ 25 ^{0} ซ (Cannell, 1985)

หากในกรณีที่ต้นพืชได้รับอุณหภูมิสูงเกินความต้องการ จะมีผลต่อการสังเคราะห์แสงโดยทำให้อัตราการทำปฏิกิริยาทางเคมีและโครงสร้างภายในต้นพืชเปลี่ยนไป ทั้งยังไปรบกวนการทำงานของคลอโรพลาสต์ (Berry and Bjorkman, 1980) Steponkus (1981) ได้รายงานถึงอุณหภูมิที่สูงเกินไป จะทำให้ระบบรากพืชทำงานผิดปกติ เช่น ดูดน้ำและแร่ธาตุได้น้อยลง ส่งผลให้อัตราการสังเคราะห์ไซโตไคนินลดลง ซึ่งไซโตไคนินนี้จะมีคุณสมบัติช่วยลดการหายใจของพืช ช่วยในการเคลื่อนย้ายสารอาหาร และช่วยป้องกันไม่ให้คลอโรฟิลล์ของพืชถูกทำลายได้ง่าย (สัมพันธ์ ,2529) Da Matta et al. (1997) รายงานการตอบสนองของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามฤดูกาล โดยการศึกษาอัตราการสังเคราะห์แสง และกระบวนการชีวเคมีในต้นกาแฟอราบีก้า ซึ่งจะลดลงอย่างมากจากฤดูร้อนจนถึงฤดูหนาว โดยเฉพาะสายพันธุ์คาร์ทุยจะลดลงอย่างมาก สำหรับฤดูหนาวซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกระบวนการสังเคราะห์แสงใน Photosystem II ลดลง เป็นเพราะผลกระทบของพลังงานแสงที่ทำงาน ในคลอโรฟิลล์มีอัตราการเปลี่ยนแปลงลดลง อีกสาเหตุสำคัญที่ทำให้การสังเคราะห์แสงลดลงน่าเชื่อได้ว่ามีผลมาจากการหยุดทำงานของปากใบ นอกจากนั้น ในฤดูหนาว จะมีโปรลีน (proline) เพิ่มปริมาณขึ้นอย่างมาก ส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์และคาโรทีนอยด์ไม่พบการเปลี่ยนแปลงในฤดูร้อนและหนาว Barros et al. (1997) รายงานว่าหากอุณหภูมิต่ำติดต่อกัน จะทำให้อัตราการเจริญเติบโตทางต้น และการเปิดปากใบ ของกาแฟอราบีก้าในเวลา 8.00 - 9.00 น. ลดลง ส่วนการทดลองของ Kufa (1997) ในเอธิโอเปียแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิต่ำ จะมีผลต่อการเพิ่มพื้นที่ใบ แต่อุณหภูมิสูงจะมีผลทำให้จำนวนใบกาแฟอราบีก้าลดลง

Drinnan and Menzel (1995) ทำการทดลองศึกษาถึงอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อการเจริญเติบโตทางต้นและการออกดอกของกาแฟอราบีก้า 8 พันธุ์ คือ Catuai Rojo, Catturra Amarillo, Caturra Rojo, Catimor, BMK, SL6, K7 และ LB โดยปลูกในกระถางภายใต้เรือนกระจกนาน 11 เดือน ควบคุมอุณหภูมิกลางวัน/กลางคืนให้อยู่ที่ 18^{0}/13^{0}, 23^{0}/18^{0}, 28^{0}/23^{0} และ 33^{0}/28^{0} ซ พบว่ากาแฟอราบีก้าสายพันธุ์ K7 และ SL6 มีการเจริญเติบโตที่ไม่ดี การที่ต้นกาแฟได้รับอุณหภูมิสูง 33^{0}/28^{0} ซ เป็นเวลานาน จะทำให้จำนวนใบกาแฟลดลง และมีความ

สมบูรณ์ของต้นไม่ดี ทุกสายพันธุ์มีการเจริญเติบโตทางต้น แตกกิ่งก้านสาขาได้ดี ในฤดูร้อนและฤดูใบไม้ร่วง ซึ่งตรงข้ามกับฤดูหนาวและฤดูใบไม้ผลิ (มีวันสั้นน้อยกว่า 13 ชั่วโมง และพลังงานแสงต่ำกว่า 6.8 MJ $m^2 d^{-1}$) การออกดอกจะเริ่มจากเดือนเมษายนและเดือนกันยายนภายใต้ความยาววัน ต่ำกว่า 12 ชั่วโมง การแตกตาดอกที่อุณหภูมิ $23^0/18^0$ และ $18^0/13^0$ ซ เกิดมากกว่าที่อุณหภูมิ $28^0/23^0$ ซ ซึ่งการแตกตาดอกไม่เกิดที่อุณหภูมิ $33^0/28^0$ ซ ระยะเวลาในการพัฒนาการออกดอกที่อุณหภูมิ $28^0/23^0$ ซ จะใช้เวลา 4 - 6 สัปดาห์ ในขณะที่อุณหภูมิ $23^0/18^0$ ซ จะใช้เวลา 8 - 10 สัปดาห์ และที่อุณหภูมิ $18^0/13^0$ ซ จะใช้เวลานานที่สุด 12 - 14 สัปดาห์ ซึ่งอาจสรุปได้ว่าอุณหภูมิสูงไม่ชักนำให้เกิดการสร้างตาดอก สำหรับกาแฟอราบิก้าสายพันธุ์ Catuai Rojo, Caturra Rojo และ Caturra Amarillo แสดงให้เห็นถึงจำนวนดอกต่อข้อสูงสุด และสายพันธุ์ K7, BMK, และ LB จำนวนดอกต่อข้อจะต่ำสุด ผลสรุปของการทดลองค่อนข้างชัดเจนว่า ต้นกาแฟที่อุณหภูมิ $33^0/28^0$ ซ ในระหว่างฤดูร้อนจะมีการเจริญเติบโตทางลำต้นดี และที่อุณหภูมิ $23^0/18^0$ ซ ในฤดูหนาวจะทำให้ต้นกาแฟเจริญเติบโตดี พร้อมทั้งการพัฒนาตาดอกและจำนวนของดอกต่อข้อสูง

2.3.3 อิทธิพลของน้ำ

น้ำมีความสำคัญต่อต้นกาแฟเป็นอย่างมาก การให้น้ำกับต้นกาแฟควรจะทราบความต้องการปริมาณน้ำที่เหมาะสม เพราะหากต้นกาแฟได้รับปริมาณน้ำน้อยเกินไป จะส่งผลต่อการเจริญเติบโตหรือทำให้ต้นกาแฟเหี่ยวเฉา สามารถวัดได้จากความชื้นในดิน (Meinzer et al., 1992) การที่ต้นกาแฟลดการเจริญเติบโตย่อมส่งผลกระทบต่อการออกดอก และทำให้ผลผลิตลดลง (Browning and Fisher, 1979; Cannell, 1971 a) Gutierrez and Meinzer (1994 a) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของการให้น้ำกาแฟอราบิก้าสายพันธุ์ Yellow Catuai โดยการหาค่าความสัมพันธ์ของการระเหยคายน้ำ (evapotranspiration) ซึ่งพบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์ของการให้น้ำ (Kc) อยู่ระหว่าง 0.7-0.8 Veihmeyer (1927) แนะนำว่าการให้น้ำต้องคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างความชุ่มชื่น (field capacity) กับจุดเหี่ยวเฉาถาวร (permanent wilting point) Bayan and Bora (1997) ได้รายงานจุดเหี่ยวเฉาถาวรของกาแฟ 7 สายพันธุ์ ซึ่งทดลองในประเทศอินเดีย ส่วนใหญ่กาแฟเกือบทุกสายพันธุ์ เมื่อถึงจุดเหี่ยวเฉาถาวรจะมีความชื้นในดินมีค่าระหว่าง 5.03-6.65 % แต่ก็มีบางพันธุ์คือ SLN 4347 จะมีความชื้นของดิน 2.96 % และยังพบว่าความหนาแน่นของปากใบ ที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร จะมีความแตกต่างกับต้นกาแฟที่อยู่ในสภาพได้รับน้ำตามปกติ Soane (1961) รายงานจุดเหี่ยวเฉาถาวรของกาแฟจะมีค่าจาก 3% ในดินทรายถึง 40% ในดินเหนียว

Azizuddin et al. (1994) รายงานการให้น้ำแบบหยด ชนิดหัวเดียวและสองหัว โดยให้น้ำวันละ 2 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 10.30 น. - 12.30 น. ประมาณ 8 ลิตรต่อวัน ซึ่งประหยัดกว่าการให้น้ำแบบพ่นฝอย (sprinkler) 81.69 ถึง 83.47 % เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกกาแฟที่ได้รับน้ำตามธรรมชาติ จะมีความยาวของกิ่งแขนง มากกว่า 27 - 31 % และให้ผลผลิต (สุก) 7,272 กับ 6,270 กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์ตามลำดับ ซึ่งมากกว่า

แปลงที่ไม่ได้รับน้ำจะให้ผลผลิต 5,508 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ นอกจากนั้นยังพบว่าการให้น้ำจะช่วยให้ผลกาแฟสุกเร็วขึ้น

Meidner and Mansfield (1968) รายงานว่าการ เปิดของปากใบเกิดจากการเปลี่ยนแปลงความดันแต่ง (turgor pressure) ภายในเซลล์คุมและผิวใบที่อยู่ข้างเคียง เมื่อได้รับน้ำและมีความดันแต่งเพิ่มขึ้นปากใบจะเปิด นอกจากนั้นยังมีปัจจัยภายนอกมาควบคุม เช่น สภาพแสง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ สัมพันธ์ (2529) รายงานว่าการเปิดปากใบนับว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการควบคุมระดับของน้ำภายในต้นพืช โดยทั่วไปพืชมักเปิดปากใบในเวลากลางวันและปิดในเวลากลางคืน การที่เปิดปากใบในเวลากลางวัน นับว่าเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้พืชคายน้ำทั้งนี้เกิดจากส่วนของใบ ซึ่งอยู่ภายใต้ปากใบนั้นมักจะเป็นช่องว่าง เรียกว่า substomatal cavity ปกติแล้วช่องว่างนี้จะเต็มไปด้วยไอน้ำ ทั้งนี้เพราะว่าผนังเซลล์ที่อยู่ติดกับช่องว่างดังกล่าวจะเปียกชื้นด้วยน้ำตลอดเวลา ด้วยเหตุนี้ค่าศักย์ของน้ำของช่องว่างใต้ปากใบจึงมักสูงกว่าค่าศักย์ของน้ำ ของอากาศ ดังนั้นในวันที่อากาศร้อนและความชื้นในบรรยากาศต่ำ ไอน้ำที่อยู่ในช่องว่างใต้ปากใบจะระเหยออกสู่ภายนอก เมื่อช่องว่างใต้ปากใบเสียน้ำ จะทำให้ค่าศักย์ของน้ำ ลดลง และน้ำจากผนังเซลล์ของเซลล์ที่มีค่าศักย์ของน้ำสูงกว่าแพร่เข้าไปแทนที่โดยหลักการเช่นเดียวกัน ผนังเซลล์จะไปดึงน้ำจากภายในเซลล์ พอเซลล์สูญเสียน้ำจะทำให้ความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น จึงไปดึงน้ำมาจากเซลล์อื่นที่มีความเข้มข้นน้อยกว่า โดยกระบวนการออสโมซีส ซึ่งกระบวนการดังกล่าวนี้จะเกิดติดต่อกันไปเรื่อย ๆ จนถึงท่อน้ำของใบ ของลำต้น และของรากในที่สุด จากนั้นรากจะไปดึงน้ำมาจากดิน

Passioura (1982) รายงานว่าการเปิดปากใบมีสาเหตุหนึ่งมาจากศักย์ของน้ำในใบและ Whitham et al. (1971) ได้รายงานว่าศักย์ของน้ำในใบสามารถใช้ทำนายการเปิดของใบได้ พิทักษ์ และ เรืองยศ (2528) รายงานว่าค่าศักย์ของน้ำในใบกาแฟจะมีค่าสูงสุดตอนเช้าตรู่ และมีค่าต่ำสุดในช่วงบ่าย ซึ่งค่าศักย์ของน้ำในใบมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับระดับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ด้วย เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงค่าศักย์ของน้ำในใบกาแฟ มีทิศทางสัมพันธ์กับการเปิดปากใบ โดย Kumar (1979) รายงานว่ากาแฟที่ปลูกในดินที่มีความชื้น 100% ของความจุสนาม ปากใบจะเริ่มเปิดตั้งแต่เช้าประมาณ 8.00 น. มีอัตราการเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และสูงสุดเมื่อเวลา 12.00 น. หลังจากนั้นอัตราจะคงที่ไปจนถึงเวลา 15.00 น. แล้วเริ่มลดลงเมื่อเวลา 17.00 น. ปากใบจะปิดเกือบหมดและปิดหมดภายหลังดวงอาทิตย์ตกดิน สำหรับปากใบกาแฟที่ปลูกในดินที่มีความชื้น 55 และ 90% ของความจุสนามจะมีการตอบสนอง โดยปากใบจะเริ่มเปิดตั้งแต่เช้า อัตราการเปิดจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ และสูงสุดเมื่อเวลา 11.00 น. แต่ในช่วงบ่ายจะปิดแล้วมาเปิดอีกครั้งหนึ่งในช่วงเย็น ส่วนกาแฟที่ปลูกในดินระดับความชื้น 45 % ของความจุสนาม ปากใบจะเริ่มเปิดในช่วงเช้า จนถึง 9.00 น. เท่านั้น หลังจากนั้นการเปิดปากใบจะมีน้อยตลอดทั้งวัน ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Turner et al. (1985) ที่รายงานว่ากลไกควบคุมการเปิดของปากใบขึ้นอยู่กับความชื้นในดิน ซึ่งมีความสำคัญและชัดเจนมาก

เมื่อ Morales (1984) ทดลองกับกาแฟพันธุ์ Caturra อายุ 6 ปี โดยใช้ระดับความชื้นของวัสดุปลูก 60, 70, 80 และ 90% ของความจุสนามเพื่อเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิต พบว่าที่ระดับความชื้น 80 และ 90% ของความจุสนาม กาแฟจะตอบสนอง โดยมีการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกในระดับความชื้น 60 และ 70% ของความจุสนาม

การศึกษาบทบาทของน้ำในต้นพืช บางครั้งสามารถทำได้โดยให้พืชอยู่ในสภาวะขาดน้ำ ซึ่งสภาวะขาดน้ำ คือสภาวะที่เกิดขึ้นเนื่องจากอัตราการคายน้ำของพืชมากกว่าอัตราการดูดน้ำของพืช เป็นผลทำให้ปริมาณน้ำในพืชลดลงจนมีผลต่อสรีรวิทยาของพืช ซึ่งมีหลายกระบวนการของการตอบสนองที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรงของการขาดน้ำและช่วงเวลาของการขาดน้ำ บางกระบวนการสามารถตอบสนองได้เร็ว ถึงแม้ว่าจะมีการขาดน้ำเพียงเล็กน้อย และเมื่อความรุนแรงของการขาดน้ำเพิ่มมากขึ้น จะทำให้มีผลเสียต่อกระบวนการทางสรีรวิทยารุนแรงขึ้น พร้อมส่งผลไปยังกระบวนการอื่น ๆ ที่มีความสัมพันธ์ต่อเนื่อง (สายัณห์, 2537) Meinzer et al. (1990) รายงานว่าในสภาวะขาดน้ำของกาแฟอราบีก้าแต่ละสายพันธุ์ หากลดค่าศักย์ของน้ำในใบจะทำให้การสังเคราะห์แสงและ carboxylation efficiency ลดลงตามไปด้วยทั้งการทดลองในร่ม และกลางแจ้ง การลดลงของศักย์ของน้ำในใบจนมีค่า -1.8 MPa จะทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงลดลง 60% และหากค่าศักย์ของน้ำในใบลดลงจนมีค่า -3.0 MPa ปากใบจะปิด ควบคุมให้อัตราการสังเคราะห์แสงลดลงมากกว่า 90% Da Matta, et al. (1993) ทำการทดลองภายใต้เรือนพลาสติกรายงานว่า ค่าศักย์ของน้ำในใบกาแฟลดลงจนถึง -1.6 MPa จะทำให้ความแต่งของเซลล์ลดลง (turgor loss) และถ้าลดลงจนถึง -2.0 MPa จะมีการปรับออสโมติก (osmotic adjustment) ประมาณ 22% Maestri et al. (1995) รายงานว่าจะมีการสะสมโปรลีน และสารประกอบแอมโมเนียม เมื่อกาแฟเข้าสู่สภาวะขาดน้ำ Davies et al. (1988) รายงานว่าการเปลี่ยนแปลงค่าศักย์ของน้ำยังมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารควบคุมการเจริญเติบโต และธาตุอาหาร เช่น ไนโตรเจน Tesha and Kumar (1978) พบว่าหากศักย์ของน้ำในใบลดลง ไนโตรเจนในพืชจะลดลงด้วย

2.3.4 อิทธิพลของความชื้นสัมพัทธ์

การเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์จาก 50% เป็น 80% จะเพิ่มการเจริญเติบโตของ ผักสลัด (Tibbits and Bottenberg, 1976) ส่วน สาบแร้งสาบกา พิทุเนีย และดาวเรือง ตอบสนองเช่นเดียวกันในการเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์จาก 40% เป็น 65% (Hoffman and Rawlins, 1971) ในพืชไร่การเพิ่มความชื้นจาก 60% เป็น 90% ทำให้ ข้าวสาลี บีต และ ละหุ่ง เพิ่มผลผลิตด้วย (Ford and Thorne, 1974) Gislerd and Mortensen (1990) รายงานการปลูกบีโกเนียในความชื้นสัมพัทธ์ 60% และ 90% พบว่าการปลูกในความชื้นสัมพัทธ์ 90% จะให้การเจริญเติบโต และการออกดอกสูงกว่า Nunes (1988) รายงานการทดลองการปลูกกาแฟอราบีก้าสายพันธุ์ Caturra อายุ 2 ปี ในห้องทดลองที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 50% มีการให้แสงสว่าง artificial light 150 μ mol $m^{-2} s^{-1}$ และในเรือนเพาะชำที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 80% แล้วเปิดให้แสงเข้ามามากกว่า 150 μmol $m^{-2} s^{-1}$ ทั้งบางส่วนของการทดลอง

จะให้ร่มเงาที่มีแสงน้อยกว่า 50 μ mol $m^{-2}s^{-1}$ โดยทุกเงื่อนไขมีการควบคุมปริมาณ CO_2 ให้เท่ากัน ได้ผลการทดลองว่า ความชื้นสัมพัทธ์ เป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ กับการเปิดปากใบ และการสังเคราะห์แสงสุทธิ (net photosynthesis) โดยจะมีค่าสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน ขณะอยู่ที่กลางแจ้ง (>150 μ mol $m^{-2}s^{-1}$) มากกว่าในร่ม (<50 μ mol $m^{-2}s^{-1}$) นอกจากนั้นใบกาแฟที่ปลูกในห้องทดลองที่ความชื้น 50% จะมีความหนาและน้ำหนักใบต่อพื้นที่สูงกว่าในเรือนเพาะชำที่ความชื้น 80% (โดยน้ำหนักใบต่อพื้นที่มีค่า 37 และ 29 กรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ)