

พฤติกรรมกรรมการตอบสนองทางสรีรวิทยาของกาแฟเมื่ออยู่ภายใต้สภาพร่มเงา

การปลูกกาแฟบนที่สูง ซึ่งเป็นแหล่งปลูกกาแฟอราบิก้าที่สำคัญของประเทศไทยส่วนใหญ่ เกษตรกรไม่นิยมการให้ร่มเงาแก่แปลงปลูก ทำให้ต้นกาแฟได้รับอิทธิพลโดยตรงจากสภาพแวดล้อม เช่น ความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ การให้สภาพร่มเงาแก่แปลงปลูกจะเป็นการช่วยลดสภาพเครียดอันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิผิวใบ อุณหภูมิดิน ความเข้มแสงที่สูงเกินไป และช่วยลดการสูญเสียความชื้นจากดินได้ (Willey, 1975; Kimermia and Njoroge, 1988) ระดับน้ำในดินจะส่งผลโดยตรงต่อค่าศักย์ของน้ำในใบ และการเปิดปากใบของกาแฟด้วย (Schulze and Hall, 1982) นัททซ์และเรอียงยศ (2528) พบว่า ค่าศักย์ของน้ำในใบกาแฟมีค่าสูงสุดในตอนเช้าตรู่และจะมีค่าต่ำสุดในช่วงบ่ายความเข้มแสง ระดับอุณหภูมิ ปริมาณน้ำในดิน ปริมาณธาตุอาหารและออกซิเจนในอากาศ จะเกี่ยวพันโดยตรงกับปริมาณ คลอโรฟิลล์และประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงของพืช (Akunda and Kumar, 1979; Aspinall and Paleg, 1981) การปล่อยให้คลอโรฟิลล์ในใบพืชถูกทำลายหรือมีปริมาณน้อย ย่อมจะทำให้ ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงของพืชลดลง ทั้งนี้เพราะ ปริมาณคลอโรฟิลล์ ซึ่งเป็นตัวรับพลังงานแสงในกระบวนการสังเคราะห์แสงลดลง ในกรณีของกาแฟซึ่งเป็นพืชที่ไม่สลัดผลทิ้ง ถ้าหากอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์แสงมีปริมาณไม่เพียงพอต่อการพัฒนาของผล ผลอ่อนซึ่งเป็นแหล่งที่ใช้อาหารมากจะดึงเอาคาร์โบไฮเดรตที่สะสมอยู่ในกิ่งไปใช้ในการพัฒนาผล (Cannell, 1985) ทำให้ต้นกาแฟที่ปลูกภายใต้สภาวะเครียดเนื่องจากสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมช้งการเจริญเติบโต และเกิดอาการตายยอดได้

ดังนั้นการศึกษาถึงการตอบสนองทางสรีรวิทยาของกาแฟ ต่อสภาพร่มเงาระดับต่าง ๆ จึงเป็นเรื่องที่ควรกระทำ เพื่อให้ทราบข้อมูลพื้นฐานอันอาจนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการร่มเงาที่เหมาะสมต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

### 1. สภาพการทดลอง

ลุ่มคัดเลือกต้นกาแฟจากแปลงทดลอง ซึ่งได้รับสภาพร่มเงาระดับต่าง ๆ คือ ร่มเงาสูง (พรางแสง 75 เปอร์เซ็นต์) ร่มเงาปานกลาง (พรางแสง 50 เปอร์เซ็นต์) ร่มเงาต่ำ (พรางแสง 30 เปอร์เซ็นต์) และไม่ได้รับสภาพร่มเงา (ไม่พรางแสง) มาระดับละ 3 ต้น เพื่อใช้เป็นตัวแทน ในการศึกษาพฤติกรรมการตอบสนองทางสรีรวิทยา

### 2. การบันทึกข้อมูล

1. การศึกษาพฤติกรรมการตอบสนองของปากใบกาแฟ และค่าศักย์ของน้ำในใบกาแฟที่ได้รับสภาพร่มเงาต่างกัน

วัดค่าความต้านทานของปากใบ ( $r_s$ ) ด้วยเครื่องมือวัดค่าความต้านทานของปากใบ และวัดค่าศักย์ของน้ำภายในใบ โดยใช้เครื่องมือวัดค่าศักย์ของน้ำในใบพืช วัดค่าต่างๆ ที่ต้องการศึกษา จากใบกาแฟคู่ที่ 4 หรือ 5 จากปลายกิ่ง โดยใช้กิ่งที่ลุ่มจากบริเวณกลางทรงพุ่มต้นละ 2 กิ่ง โดยแบ่งศึกษา ดังนี้

1.1 พฤติกรรมการตอบสนองของปากใบกาแฟ บันทึกข้อมูลเดือนละครั้ง ๆ ละ 5 เวลา คือ 08.00 10.00 12.00 14.00 และ 16.00 น.ตามลำดับ โดยบันทึกข้อมูลต้นละ 8 ใบ นำค่าที่ตรวจวัดได้ มาคำนวณค่าความต้านทานของปากใบกาแฟ โดยใช้คอมพิวเตอร์ โปรแกรม Lotus แปรค่าเทียบกับค่าความต้านทานจากช่องบนแผ่น Calibration plate ใช้ค่าความต้านทานของปากใบมาคำนวณค่าการเปิดปากใบ Stomatal conductance ( $g_s$ ) โดยใช้สมการ

$$\text{Stomatal conductance } (g_s) = 1/\text{Stomatal resistance } (r_s)$$

1.2 ค่าศักย์ของน้ำในใบกาแฟ ( $\psi$ ) ทำการวัดด้วยเครื่องมือวัดค่าศักย์ของน้ำในใบ วัดเดือนละครั้ง ๆ ละ 5 เวลา คือ 08.00 10.00 12.00 14.00 และ 16.00 น. ตามลำดับ

2. ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบกาแฟเมื่อได้รับสภาพร่มเงาระดับต่าง ๆ

เป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบกาแฟ เมื่อได้รับร่มเงาระดับต่าง ๆ โดยศึกษาจากใบกาแฟคู่ที่ 4 หรือคู่ที่ 5 จากปลายยอด ซึ่งใช้วัดค่าศักยภาพของน้ำภายในใบเรียบร้อยแล้ว ตรวจสอบปริมาณคลอโรฟิลล์ ตามกรรมวิธีของ Whitham et al (1971) จะได้ปริมาณคลอโรฟิลล์เป็น มิลลิกรัม ต่อน้ำหนักตัวอย่างใบสด 1 กรัม

3. ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในกิ่งที่ให้ผลผลิต

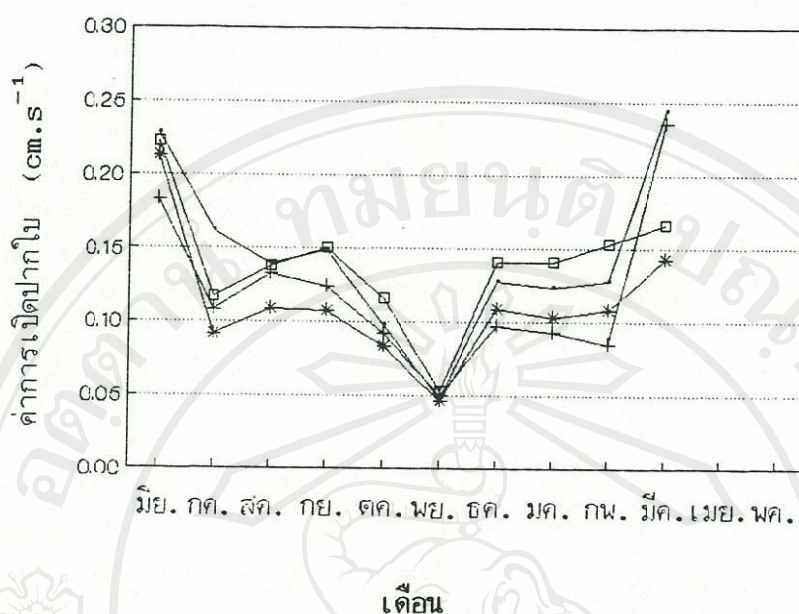
เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณคาร์โบไฮเดรตในรูป Total Nonstructural Carbohydrates (TNC) ของกิ่งกาแฟที่ได้รับสภาพร่มเงาระดับต่าง ๆ โดยตัดกิ่งบริเวณกลางทรงพุ่ม-ต้นละ 2 กิ่ง มาศึกษาปริมาณคาร์โบไฮเดรต โดยใช้วิธี Shaffer-somogyi Copper Iodometric Titration (AOAC, 1975)

ผลการทดลอง

1. พฤติกรรมของปากใบและค่าศักย์ของน้ำในใบกาแฟเมื่อได้รับสภาพร่มเงา

1.1 พฤติกรรมการตอบสนองของปากใบกาแฟต่อสภาพร่มเงา

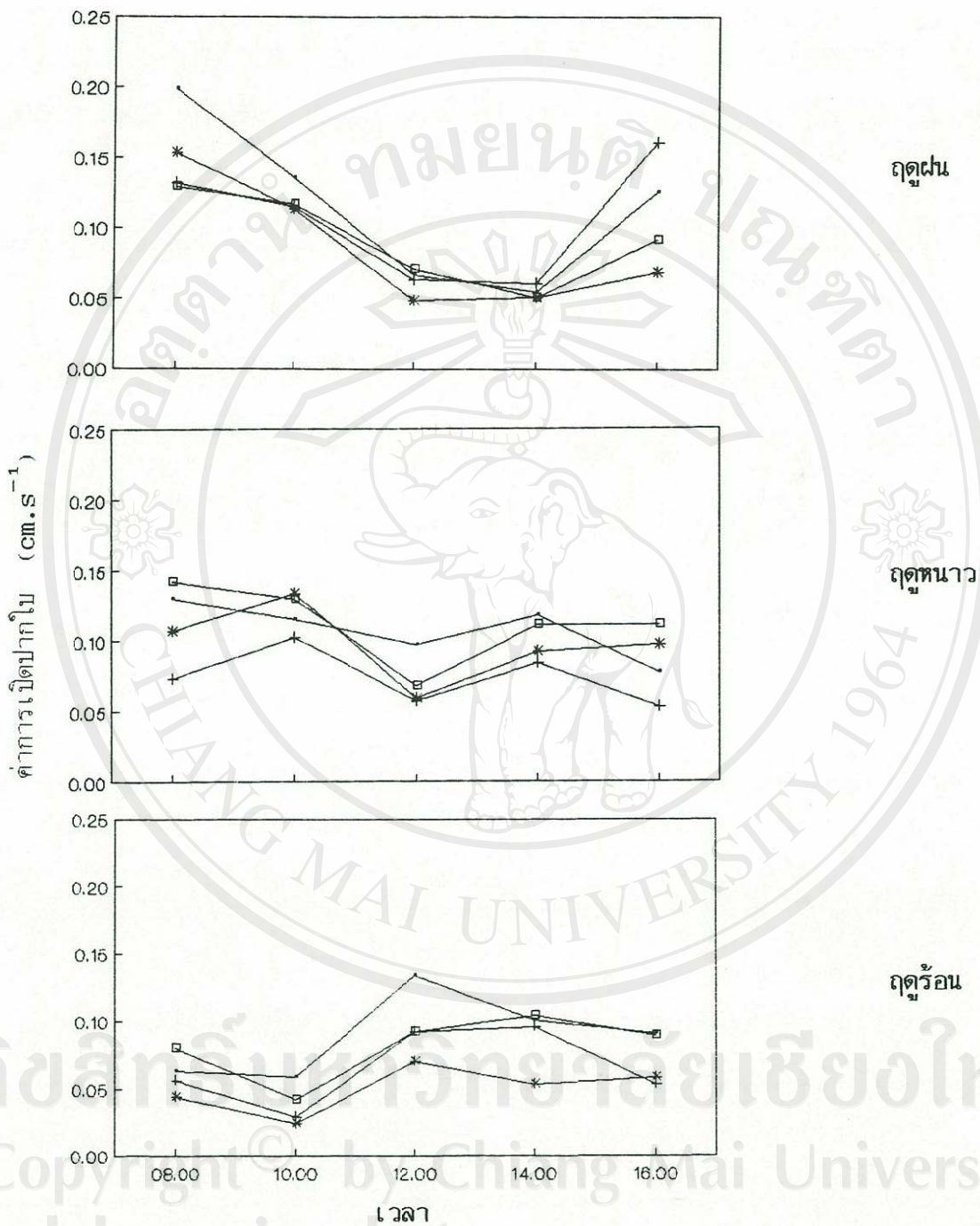
ค่าการเปิดปากใบของกาแฟเฉลี่ยตลอดวันในเดือนต่าง ๆ ตลอดจนการทดลอง จะเห็นได้ว่าการเปิดปากใบของกาแฟในทุกะดับร่มเงาจะมีการเปลี่ยนแปลงไปในลักษณะเดียวกัน โดยจะเปิดได้มากในเดือนมิถุนายน ถึงเดือนกันยายน การเปิดปากใบจะลดลงในเดือนตุลาคม จนเปิดได้น้อยที่สุดในเดือนพฤศจิกายน ส่วนตั้งแต่เดือนธันวาคมจนถึงเดือนมีนาคม ปากใบกาแฟจะเปิดได้มากขึ้นอีกครั้งหนึ่ง (รูปที่ 19)



( . ไม่ได้รับสภาพร่วมเงา + ร่วมเงาต่ำ \* ร่วมเงาปานกลาง (สูง) )

รูปที่ 19 พฤติกรรมการเปิดของปากใบกาแฟเมื่อได้รับสภาพร่วมเงาระดับต่างๆ ตลอดการทดลอง

สำหรับอิทธิพลของร่วมเงาที่มีต่อพฤติกรรมการเปิดปากใบตลอดวัน ของแต่ละฤดูกาลพบว่า ปากใบของกาแฟภายใต้สภาพร่วมเงาระดับต่าง ๆ จะมีพฤติกรรมแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับฤดูกาลด้วย ในฤดูฝนปากใบกาแฟจะเปิดได้มากเป็นพิเศษในช่วงเช้า (เฉลี่ย  $0.154 \text{ cm.s}^{-1}$ ) และจะลดลงอย่างรวดเร็ว จนถึงจุดต่ำสุดในเวลา 12.00-14.00 น. และปากใบจะสามารถเปิดเพิ่มมากขึ้นได้อีกครั้งในช่วง 16.00 น. ซึ่งในฤดูนี้ ปากใบของกาแฟที่ปลูกกลางแจ้ง มีแนวโน้มจะเปิดได้มากกว่าการปลูกภายใต้สภาพร่วมเงา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงเช้า ส่วนในฤดูหนาว ปากใบจะเปิดได้ดีในช่วงเช้า 8.00-10.00 น. แต่จะเปิดได้น้อยที่สุดเมื่อเวลา 12.00 น. ในช่วงบ่ายปากใบจะเปิดเพิ่มมากขึ้นอีกครั้งแต่มีปริมาณน้อยกว่าในช่วงเช้า ในฤดูนี้ร่วมเงาไม่แสดงผลต่อการเปิดปากใบได้เด่นชัด ในช่วงฤดูร้อน ร่วมเงาจะไม่แสดงอิทธิพลอย่างเด่นชัดต่ออัตราการเปิดปากใบเช่นเดียวกัน แต่อย่างไรก็ดี เป็นที่น่าสังเกตว่าในฤดูนี้ปากใบจะเปิดได้น้อยมากตลอดวัน



( . ไม่ได้รับสภาพร่วมเงา + ร่วมเงาดำ \* ร่วมเงาปานกลาง □ ร่วมเงาส่ง )

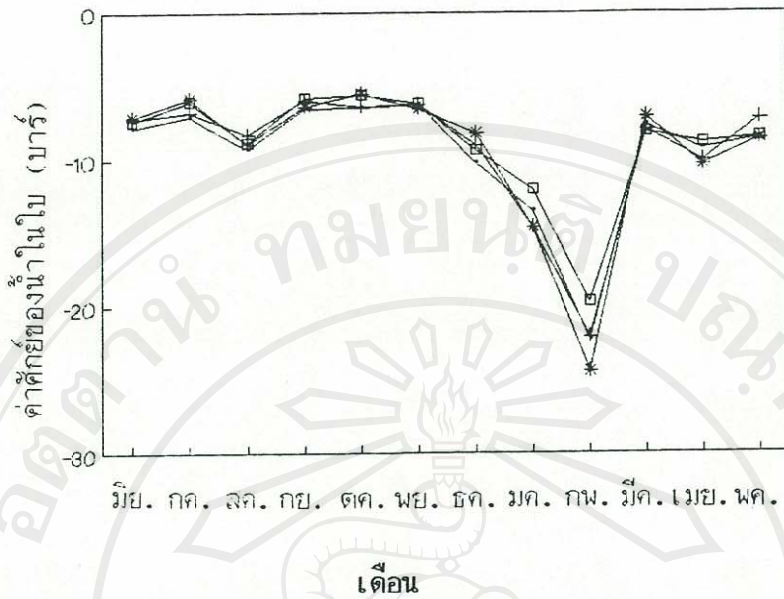
รูปที่ 20 พฤติกรรมการเปิดของปากใบกาแพที่ ได้รับสภาพร่วมเงาในรอบวัน ในฤดูกาลต่าง ๆ

เพื่อเป็นการเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของอิทธิพลของร่วมเงาต่อพฤติกรรมการเปิดปากใบของกาแฟ ในแต่ละฤดูกาล โดยได้นำค่าการเปิดปากใบเฉพาะเวลา 12.00 และ 14.00 น. มาวิเคราะห์ทางสถิติ ซึ่งพบว่า การเปิดปากใบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกสภาพร่วมเงา ดังได้แสดงไว้ในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 พฤติกรรมการเปิดปากใบของกาแฟเมื่อได้รับสภาพร่วมเงาที่เวลา 12.00 และ 14.00 น.

| ระดับร่วมเงา                  | ฤดูกาล |       |         |       |         |       |
|-------------------------------|--------|-------|---------|-------|---------|-------|
|                               | ฤดูฝน  |       | ฤดูหนาว |       | ฤดูร้อน |       |
|                               | 12.00  | 14.00 | 12.00   | 14.00 | 12.00   | 14.00 |
| ไม่ได้รับสภาพร่วมเงา          | 0.082  | 0.068 | 0.097   | 0.118 | 0.134   | 0.101 |
| ร่วมเงาต่ำ (พรางแสง 30 %)     | 0.076  | 0.099 | 0.057   | 0.084 | 0.092   | 0.096 |
| ร่วมเงาปานกลาง (พรางแสง 50 %) | 0.057  | 0.083 | 0.059   | 0.092 | 0.070   | 0.053 |
| ร่วมเงาสูง (พรางแสง 75 %)     | 0.053  | 0.055 | 0.068   | 0.111 | 0.092   | 0.104 |
| LSD 0.05                      | ns     | ns    | ns      | ns    | ns      | ns    |

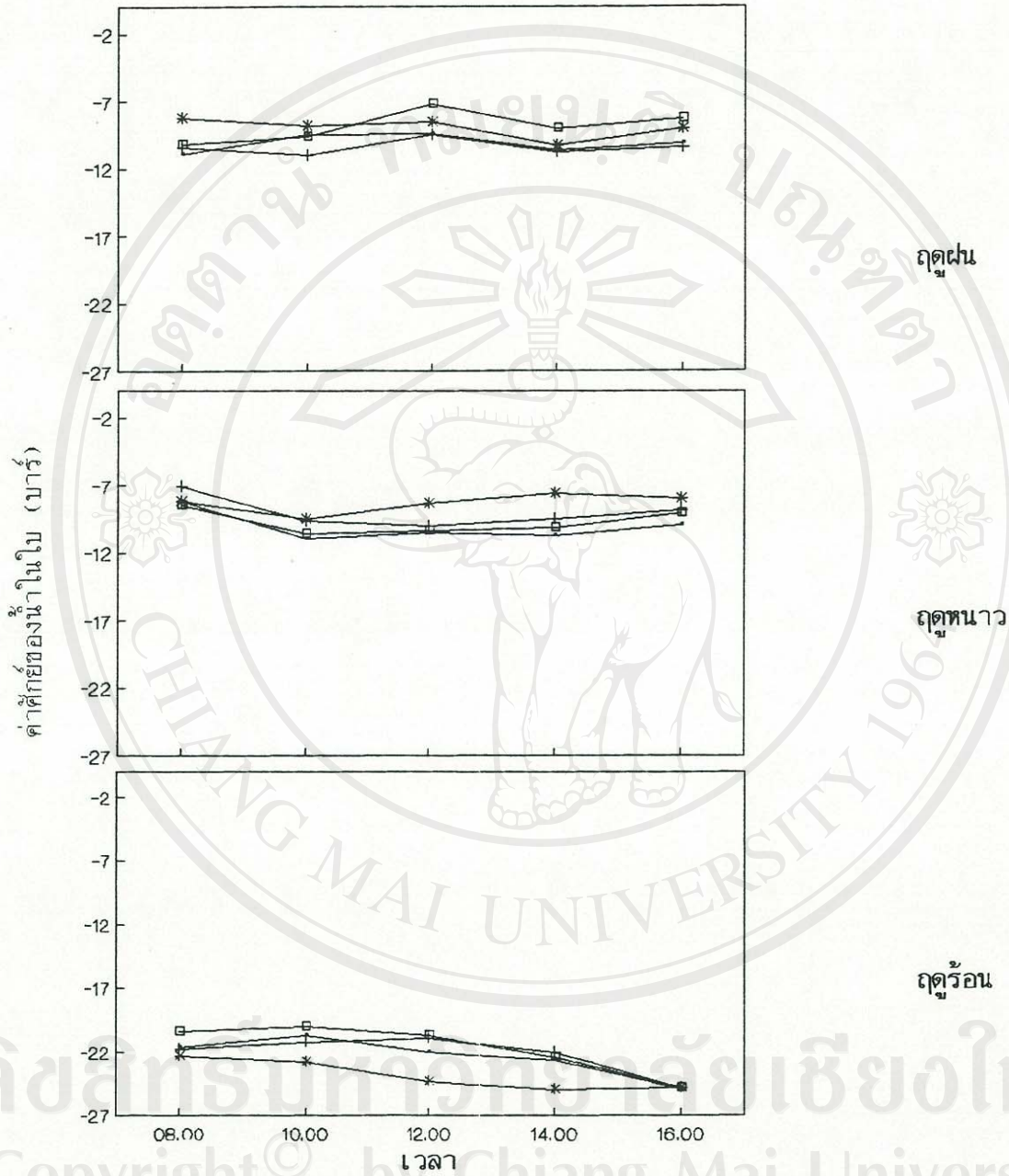
1.2 การเปลี่ยนแปลงของค่าศักย์ของน้ำในใบกาแฟ  
 ในรูปที่ 14 เป็นการเปลี่ยนแปลงของค่าศักย์ของน้ำในใบกาแฟ ตลอดการทดลอง ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของค่าศักย์ของน้ำในใบตลอดทั้งวัน จะเห็นได้ว่า ค่าศักย์ของน้ำในใบกาแฟมีการเปลี่ยนแปลงไม่เด่นชัด ในช่วงระหว่างเดือนมิถุนายน ถึงเดือนพฤศจิกายน หลังจากนั้นค่าศักย์ของน้ำในใบจะลดลงอย่างเห็นได้ชัด จนมีค่าต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์ และจะเพิ่มขึ้นมากในเดือนมีนาคม (รูปที่ 21)



( 0 . ไม่ได้รับสภาพร่วมเงา + ร่วมเงาต่ำ \* ร่วมเงาปานกลาง □ ร่วมเงาสูง )

รูปที่ 21 การเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีของน้ำในใบกาแฟเมื่อได้รับสภาพร่วมเงาระดับต่าง ๆ

เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนีของน้ำในใบของแต่ละวัน ในช่วงฤดูต่าง ๆ (รูปที่ 22) พบว่า ในฤดูฝนและฤดูหนาว ค่าดัชนีของน้ำในใบจะค่อนข้างคงที่ตลอดทั้งวัน โดยจะมีค่าระหว่าง -7 ถึง -10 บาร์ ส่วนในฤดูร้อนค่าดัชนีของน้ำในใบจะลดลงต่ำมาก จนมีค่าประมาณ -20 ถึง -25 บาร์ แม้กระทั่งในช่วงเช้า (08.00 น.) ค่าดัชนีของน้ำในใบก็ยังอยู่ในระดับต่ำมาก กล่าวคือมีค่าประมาณ -20 บาร์ การให้ร่วมเงาระดับต่าง ๆ แก้แปลงปลูกกาแฟ จะทำให้ค่าดัชนีของน้ำในใบสูงขึ้นได้เพียงเล็กน้อยในทุกฤดูกาล โดยเฉพาะอย่างยิ่งการได้รับร่วมเงาสูง เพื่อความเด่นชัดของอิทธิพลของร่วมเงาที่มีต่อค่าดัชนีของน้ำในใบ จึงได้นำค่าดัชนีของน้ำในใบ เมื่อเวลา 12.00 และ 14.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่มีสภาวะเครียดอันเนื่องมาจากความเข้มแสงและอุณหภูมิสูงสุดของวัน มาวิเคราะห์เปรียบเทียบทางสถิติ ปรากฏว่าร่วมเงาไม่ทำให้ค่าดัชนีของน้ำในใบมีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบในฤดูเดียวกัน (ตารางที่ 15)



รูปที่ 22 การเปลี่ยนแปลงของค่าศักย์ของน้ำในใบกาแฟในรอบวันเมื่อได้รับสภาพร่วมเงา

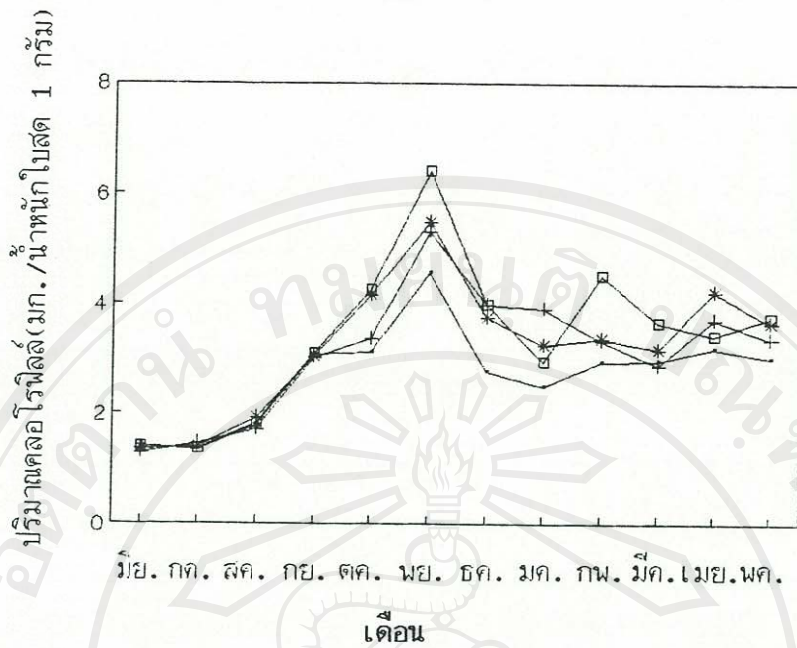


ตารางที่ 15 ค่าศักยภาพของน้ำในใบกาแฟเมื่อได้รับสภาพร่วมเงาที่เวลา 12.00 และ 14.00 น.

| ระดับร่วมเงา                 | ฤดูกาล |        |         |        |         |        |
|------------------------------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|
|                              | ฤดูฝน  |        | ฤดูหนาว |        | ฤดูร้อน |        |
|                              | 12.00  | 14.00  | 12.00   | 14.00  | 12.00   | 14.00  |
| ไม่ได้รับสภาพร่วมเงา         | -9.40  | -10.57 | -10.48  | -11.70 | -22.00  | -20.18 |
| ร่วมเงาต่ำ (พรางแสง 30 %)    | -9.48  | -10.77 | -10.00  | - 9.48 | -19.90  | -17.04 |
| ร่วมเงาปานกลาง (พรางแสง 50%) | -8.25  | -10.30 | - 8.27  | - 7.58 | -24.30  | -23.19 |
| ร่วมเงาสูง (พรางแสง 75 %)    | -7.20  | - 9.03 | -10.35  | -10.49 | -20.07  | -20.80 |
| LSD 0.05                     | ns     | ns     | ns      | ns     | ns      | ns     |

## 2. การเปลี่ยนแปลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบกาแฟ

การทดลองครั้งนี้ได้ทำการตรวจวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ ในใบคั่วที่ 4 หรือ 5 นับจากปลายกิ่ง เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ในแต่ละเดือน ตลอดการทดลอง โดยสภาพทั่ว ๆ ไป พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบกาแฟได้รับสภาพร่วมเงาระดับต่าง ๆ จะเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนกันยายน ถึงเดือนพฤศจิกายน ซึ่งเป็นจุดสูงสุด และจะเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจนถึงเดือนพฤษภาคม ร่วมเงาจะมีอิทธิพลอย่างมากต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงเดือนตุลาคม ถึงเดือนพฤษภาคม (ฤดูหนาว ถึงฤดูร้อน) ซึ่งการให้ร่วมเงาสูง จะมีผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์สูงกว่า ร่วมเงาต่ำและไม่ได้รับสภาพร่วมเงาตามลำดับ (รูปที่ 23)



( ● ไม่ได้รับร่วมเงา + ร่วมเงาต่ำ \* ร่วมเงาปานกลาง □ ร่วมเงาสูง )

รูปที่ 23 ปริมาณแคลอรีโปรตีนใน ใบกาแพเมื่อได้รับร่วมเงาตลอดการทดลอง

สำหรับปริมาณแคลอรีโปรตีนในช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อน ซึ่งเป็นช่วงที่ต้นการแพเกิดสภาวะเครียด และต้องการอาหารมากเพื่อเป็นการฟื้นตัว การให้ร่วมเงาสูงและร่วมเงาปานกลาง จะทำให้ใบกาแพมีปริมาณแคลอรีโปรตีนสูงกว่าที่ได้รับร่วมเงาต่ำ และไม่ได้รับสภาพร่วมเงา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 16)

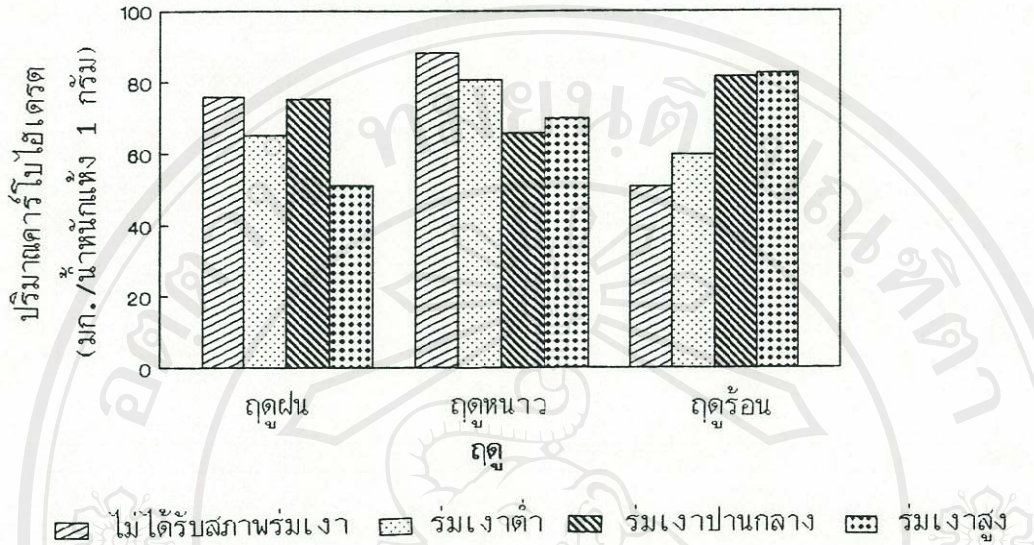
ตารางที่ 16 ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบกาแฟคั่วที่ 4 หรือคั่วที่ 5 ในฤดูกาลต่าง ๆ

| ระดับร่วมน้ำ                  | ฤดูกาล |         |         |
|-------------------------------|--------|---------|---------|
|                               | ฤดูฝน  | ฤดูหนาว | ฤดูร้อน |
| ไม่ได้รับสภาพร่วมน้ำ          | 1.801  | 2.761   | 2.935   |
| ร่วมน้ำต่ำ (พรางแสง 30 %)     | 1.725  | 2.989   | 3.326   |
| ร่วมน้ำปานกลาง (พรางแสง 50 %) | 1.913  | 3.750   | 3.370   |
| ร่วมน้ำสูง (พรางแสง 75 %)     | 1.830  | 3.989   | 4.511   |
| LSD 0.05                      | ns     | 0.578   | 0.786   |

### 3. การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมในกิ่งกาแฟ

สำหรับการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมในกิ่งกาแฟ ที่ได้รับสภาพร่วมน้ำระดับต่าง ๆ พบว่า ปริมาณคาร์โบไฮเดรตจะเปลี่ยนแปลงไปโดยขึ้นกับอิทธิพลของฤดูกาลและระดับร่วมน้ำ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 24 ในฤดูฝน ต้นกาแฟที่ได้รับร่วมน้ำสูงจะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตในกิ่งต่ำที่สุด และต่ำกว่าร่วมน้ำระดับอื่น รวมทั้งการปลูกกลางแจ้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 17) ในฤดูหนาว ต้นกาแฟจากทุกระดับร่วมน้ำ มีแนวโน้มจะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมในกิ่งสูงกว่าฤดูกาลอื่น ๆ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบระหว่างร่วมน้ำ พบว่า ต้นกาแฟที่ไม่ได้รับร่วมน้ำ และได้รับร่วมน้ำต่ำ จะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตไม่แตกต่างกัน แต่จะสูงกว่าที่ระดับร่วมน้ำปานกลางและร่วมน้ำสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การเปลี่ยนแปลงของปริมาณคาร์โบไฮเดรตในกิ่งที่เกิดจากอิทธิพลของร่วมน้ำจะเป็นไปในทางตรงกันข้ามเมื่อเข้าฤดูร้อน โดยต้นที่ได้รับร่วมน้ำสูงและร่วมน้ำปานกลาง จะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงกว่า ต้นที่ได้รับความชื้น

แสงสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 24 และ ตารางที่ 17)



รูปที่ 24 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในกึ่ง ให้ผลผลิตของกาแพะที่ได้รับสภาพร่วมเงาในฤดูกาลต่าง ๆ

ตารางที่ 17 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตเฉลี่ยในกึ่ง ให้ผลผลิตของกาแพะที่ได้รับสภาพร่วมเงาระดับต่าง ๆ

| ระดับร่วมเงา                  | ฤดูกาล |         |         |
|-------------------------------|--------|---------|---------|
|                               | ฤดูฝน  | ฤดูหนาว | ฤดูร้อน |
| ไม่ได้รับสภาพร่วมเงา          | 75.78  | 88.10   | 50.81   |
| ร่วมเงาต่ำ (พรางแสง 30 %)     | 65.24  | 80.85   | 59.64   |
| ร่วมเงาปานกลาง (พรางแสง 50 %) | 75.24  | 65.69   | 81.56   |
| ร่วมเงาสูง (พรางแสง 75 %)     | 50.95  | 70.00   | 82.38   |
| LSD 0.05                      | 8.07   | 6.82    | 2.54    |

## วิจารณ์ผลการทดลอง

### อิทธิพลของร่มเงาที่มีต่อพฤติกรรมปากใบกาแฟ และค่าศักย์ของน้ำในใบกาแฟ

พฤติกรรมของปากใบจะถูกกำหนดด้วยปัจจัยหลายอย่างร่วมกัน เช่น ความเข้มแสง อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิใบ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ความชื้นในดิน และค่าศักย์ของน้ำในใบ (Cannell, 1985; Kumar, 1979; Schulze and Hall, 1982; Tesha and Kumar, 1975) จากผลการทดลองครั้งนี้ปรากฏว่า ปากใบกาแฟในทุกสภาวะร่มเงามีพฤติกรรมเหมือนกัน คือ เปิดมากในช่วงเช้า ปิดในช่วงเที่ยงวัน และเปิดอีกครั้งในช่วงบ่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูฝน และฤดูหนาว (รูปที่ 23) ซึ่งผลการทดลองนี้ตรงกับรายงานของ นัฒนพันธ์ (2532) ที่ทดลองกับกาแฟอราบิก้าเหมือนกัน และพบว่าปากใบกาแฟที่อยู่ในสภาวะปกติ หรือขาดน้ำเล็กน้อย จะเปิดในช่วง 8.00-10.00 น. และปิดในช่วง 12.00 น. ก่อนที่จะเปิดอีกครั้งในช่วง 16.00 น. การที่ปากใบกาแฟในทุกสภาวะร่มเงามีพฤติกรรมคล้ายคลึงกันนี้ แสดงว่าความเข้มแสงไม่น่าจะเป็นปัจจัยหลักที่ควบคุมพฤติกรรมปากใบกาแฟ เพราะการให้ร่มเงา 75 เปอร์เซ็นต์ นั้น จะทำให้เหลือความเข้มแสงเพียง  $146.29-370.37 \mu\text{E.m.}^{-2}\text{s.}^{-1}$  แต่ปากใบก็ยังสามารเปิดได้เท่ากับปากใบของต้นที่อยู่ในสภาพกลางแจ้งซึ่งได้รับความเข้มแสงสูงถึง  $660.48-1637.69 \mu\text{E.m.}^{-2}\text{s.}^{-1}$  (รูปที่ 7) พฤติกรรมนี้อาจเป็นลักษณะเฉพาะของกาแฟซึ่งเป็นพืชที่มีแหล่งกำเนิดอยู่ภายใต้ร่มเงาของพืชชนิดอื่น จึงทำให้ปากใบมีการปรับตัวให้สามารถเปิดได้ดีแม้จะได้รับความเข้มแสงต่ำก็ตาม (Cull, 1984; Wringley, 1988) Kumar (1979) รายงานว่า ปากใบกาแฟจะเริ่มเปิดเมื่อได้รับความเข้มแสงเพียง  $300 \mu\text{E.m.}^{-2}\text{s.}^{-1}$

ในส่วนของความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นในดิน และค่าศักย์ของน้ำในใบ ซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดก็ไม่น่าจะเป็นปัจจัยหลักที่มาควบคุมพฤติกรรมการเปิดปากใบเช่นกัน อย่างน้อยก็ในกรณีที่พืชยังอยู่ในสภาวะที่พืชขาดน้ำมาก เช่น ในฤดูร้อน ค่าศักย์ของน้ำในใบลดลงถึง  $-17.04$  ถึง  $-24.30$  บาร์ ซึ่งในสภาวะเช่นนี้ปากใบจะปิด แต่ในสภาวะที่พืชไม่ขาดน้ำมากอย่างในฤดูฝนและฤดูหนาว ซึ่งปากใบก็ยังคงปิดในช่วงเที่ยงวัน ไม่ว่าจะปลูกในร่มหรือกลางแจ้งก็ตาม (รูปที่ 20) ในช่วงดังกล่าวค่าศักย์ของน้ำในใบจะอยู่ระหว่าง  $-8$  ถึง  $-10$  บาร์ ซึ่งที่ระดับนี้ ถือว่าเซลล์ยังมีความเต่งตัวและยังคงสามารถสังเคราะห์แสงได้เป็นปกติ (Kumar and Tieszen, 1976) การ

ปิดของปากใบในสภาวะที่เซลล์ยังคงมีความเต่งเช่นนี้ ย่อมเป็นข้อบ่งชี้ได้ว่าการปิดปากใบในช่วงเที่ยงวันของกาแฟ ไม่น่าจะถูกควบคุมโดยค่าศักย์ของน้ำในใบแต่อย่างใด แต่น่าจะถูกควบคุมโดยอุณหภูมิใบมากกว่า ดังแสดงไว้ในตารางที่ 18 ซึ่งเป็นค่าอุณหภูมิใบและอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลา 8.00 12.00 และ 16.00 น. จากตารางจะเห็นได้ว่าตลอดทั้งวันอุณหภูมิใบสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ ในช่วงเที่ยงวันมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.73-2.94 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับฤดูกาล อุณหภูมิใบนี้ บางครั้งสูงถึง 30 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงพอที่จะส่งผลให้ปากใบปิดได้ จากข้อมูลดังกล่าว แสดงให้เห็นถึงความไวของปากใบกาแฟในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิใบ โดยปากใบจะปิดหรือเปิดได้มาก แม้อุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงไปจากจุดที่เหมาะสมเพียงเล็กน้อย แสดงถึงความไวในการตอบสนองต่อสภาวะเครียดของกาแฟซึ่งพฤติกรรมดังกล่าวเป็นการปรับตัวเพื่อการอยู่รอดของต้นพืชเอง เนื่องจากภายใต้แหล่งกำเนิดเดิม ในสภาพของป่าดิบการเปลี่ยนแปลงของระดับอุณหภูมิมีน้อยมาก เพราะเป็นแหล่งที่ได้รับพลังงานแสงต่ำ และมีความชื้นสูงพอที่จะช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิได้ดี

ในฤดูร้อนปากใบกาแฟจะเปิดได้น้อยมากตลอดทั้งวัน เพราะพืชขาดน้ำมากจนมีค่าศักย์ของน้ำเพียง  $-17.04$  ถึง  $-24.30$  บาร์ นอกจากนั้นอุณหภูมิยังสูงเกินจุดเหมาะสม ซึ่งรายงานของ Kumar (1979) กล่าวว่าช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเปิดปากใบของกาแฟ คือ 20-25 องศาเซลเซียส เมื่อมีความเข้มแสง  $600 \mu E.m^{-2}.s^{-1}$

ดังนั้นจากผลการทดลองนี้จึงอาจกล่าวได้ว่า ปากใบกาแฟสามารถเปิดได้ดีแม้จะมีความเข้มแสงต่ำ แต่ขณะเดียวกันปากใบกาแฟจะตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิก่อนข้างไว จนทำให้ปากใบปิดในช่วงเที่ยงวัน แม้จะมีค่าศักย์ของน้ำในใบสูงก็ตาม นั่นแสดงว่าการพร่างแสงไม่ได้ส่งผลโดยตรงต่อพฤติกรรมของปากใบแต่อย่างใด ปากใบสามารถเปิดได้ดีแม้กระทั่งได้รับร่มเงาสูง และในกรณีที่พืชขาดน้ำการพร่างแสง ก็ไม่ช่วยให้การเปิดปากใบเพิ่มขึ้น ดังนั้นการที่พืชขาดน้ำและมีอุณหภูมิใบสูงจึงจะส่งผลให้ปากใบเปิดได้น้อยลง

ตารางที่ 18 เปรียบเทียบระดับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิใบกาแฟที่ได้รับสภาพร่มเงาระดับต่าง ๆ

| ระดับร่มเงา         | ฤดูฝน |       |       | ฤดูหนาว |       |       | ฤดูร้อน |       |           |
|---------------------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|---------|-------|-----------|
|                     | 08.00 | 12.00 | 16.00 | 08.00   | 12.00 | 16.00 | 08.00   | 12.00 | 16.00     |
| ไม่ได้รับสภาพร่มเงา | 22.00 | 25.00 | 20.00 | 16.00   | 25.00 | 24.30 | 26.50   | 29.00 | 28.30 (1) |
| ร่วมเงา             | 22.44 | 27.85 | 27.10 | 23.92   | 26.80 | 24.48 | 27.48   | 30.63 | 28.85 (2) |
| ร่วมเงาต่ำ          | 22.00 | 25.50 | 21.00 | 22.00   | 26.00 | 22.00 | 27.00   | 30.00 | 27.00 (1) |
| ร่วมเงาปานกลาง      | 22.08 | 27.73 | 26.25 | 23.30   | 26.90 | 22.93 | 28.25   | 30.78 | 28.07 (2) |
| ร่วมเงาสูง          | 21.50 | 24.00 | 21.00 | 20.00   | 24.00 | 22.00 | 25.00   | 28.00 | 27.00 (1) |
| ร่วมเงาสูง          | 22.40 | 27.85 | 25.10 | 24.10   | 27.03 | 23.50 | 28.53   | 30.60 | 29.00 (2) |
| ร่วมเงาสูง          | 22.00 | 25.00 | 20.00 | 19.50   | 26.50 | 24.30 | 25.00   | 29.00 | 28.20 (1) |
| ร่วมเงาสูง          | 22.05 | 27.83 | 26.30 | 24.25   | 27.53 | 24.70 | 27.50   | 30.90 | 28.95 (2) |

หมายเหตุ

1. อุณหภูมิอากาศ

2. อุณหภูมิใบกาแฟ

#### ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบกาแฟ

ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบกาแฟขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ จากสิ่งแวดล้อม เช่น ความเข้มแสงระดับอุณหภูมิ น้ำ ธาตุอาหาร และ ออกซิเจน การสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ในใบพืชเกิดขึ้นจากการกระตุ้นของแสง แต่ถ้าพืชได้รับแสงแดดจัดเกินไป ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบจะลดลง จากการทดลองของ Akunda and Kumar (1979) พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบกาแฟที่ได้รับแสงแดด

จัดจะมีปริมาณน้อยกว่าในใบกาแฟที่ปลูกอยู่ภายใต้สภาพร่มเงา

ในการทดลองนี้ พบว่า ระดับร่มเงามีอิทธิพลอย่างมากต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูหนาวและฤดูร้อน โดยใบจากต้นกาแฟที่ได้รับสภาพร่มเงาสูงจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงสุด ส่วนต้นกาแฟที่ไม่ได้รับสภาพร่มเงาจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบต่ำที่สุด (ตารางที่ 16) ซึ่งการทดลองนี้สอดคล้องกับการทดลองของ Huxley (1967) ที่กล่าวว่า ต้นกล้ากาแฟที่ได้รับแสง 70 เปอร์เซ็นต์จะแสดงอาการใบเหลือง ส่วนต้นกาแฟที่ได้รับแสงเพียง 25 เปอร์เซ็นต์ใบจะมีสีเขียวเข้ม จากการทดลองดังกล่าว แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของความเข้มแสงที่มีต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบกาแฟ โดยใบกาแฟที่ได้รับความเข้มแสงสูงจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์เหลือในใบน้อยกว่าใบที่ได้รับความเข้มแสงต่ำ ใบกาแฟที่อยู่กลางแจ้งเป็นเวลานาน ๆ จะทำให้คลอโรฟิลล์ลดลง ทั้งนี้เพราะความเข้มแสงที่สูงเกินไปจะทำให้คลอโรฟิลล์ถูกทำลาย (Cannell, 1971) และการที่ปริมาณคลอโรฟิลล์ได้รับความเสียหาย เนื่องจากสภาพเครียดจากความเข้มแสงสูงนี้จะมีผลกระทบกระเทือนไปถึงประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงของใบพืชได้

การสูญเสียคลอโรฟิลล์ของใบในสภาวะความเข้มแสงสูงเกินไป อาจเกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น การเกิด Photoinhibition หรือ Chlorophyll bleaching ดังรายงานของ Björkman and Holmgren (1963) ที่รายงานว่ากาแฟที่พืชได้รับความเข้มแสงที่สูงเกินไป ทำให้คลอโรฟิลล์ถูกทำลาย ดังนั้นจึงพอจะกล่าวได้ว่า การให้ต้นกาแฟได้รับความเข้มแสงและอุณหภูมิสูงจะทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบลดลงได้

### การเปลี่ยนแปลงของปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมในกิ่งกาแฟ

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณคาร์โบไฮเดรตในกิ่งกาแฟ ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงของต้นกาแฟ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับความสามารถในการใช้อาหารที่พืชสร้างขึ้น และระยะเวลาเจริญเติบโตของพืชด้วย สภาพเครียดอันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น ความเข้มแสงที่สูงเกินไป การขาดน้ำ จะส่งผลถึงประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงของต้นกาแฟได้ ทั้งนี้เพราะสภาพแวดล้อมดังกล่าวมีผลต่อพฤติกรรมปิดเปิดของปากใบกาแฟ

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมในกิ่งให้ผลผลิตในฤดูฝน พบว่า กาแฟที่ได้รับร่มเงาสูงจะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำที่สุด ทั้งนี้ น่าจะเป็นเพราะในช่วงฤดูฝนมีเมฆหมอกมากทำให้แปลงทดลอง



มีระดับความเข้มแสงต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม จึงทำให้ต้นกาแพที่ได้รับร่วมเงาสูงมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงต่ำ จึงทำให้คาร์โบไฮเดรตที่สะสมอยู่ในกิ่งต่ำด้วย แต่ในกิ่งจากต้นที่ไม่ได้รับร่วมเงากลับมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูง เนื่องจากความเข้มแสงตามธรรมชาติอยู่ในระดับที่ไม่สูงเกินไป นอกจากนี้การบังกันเองระหว่างใบในทรงพุ่มเป็นการช่วยพรางแสงไว้จนอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเปิดปากใบจนสามารถสังเคราะห์แสงได้ดี ในฤดูหนาว กิ่งกาแพจะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าฤดูกาลอื่นอย่างเด่นชัด ทั้งนี้เนื่องจากใบพืชมีปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มมากขึ้นเมื่อได้รับความเข้มแสงในระดับที่เหมาะสมเนื่องจากมีเมฆหมอกมาก จึงทำให้ต้นกาแพที่อยู่กลางแจ้งและร่วมเงาต่ำมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงได้ดีขึ้นด้วย ส่วนต้นที่ได้รับร่วมเงาสูงถึงแม้จะมีปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มมากขึ้น (ตารางที่ 16) แต่เนื่องจากได้รับความเข้มแสงในระดับต่ำเกินไป จึงมีผลให้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงต่ำ พืชจึงมีการสะสมคาร์โบไฮเดรตได้ต่ำกว่าที่อยู่กลางแจ้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนในฤดูร้อน ต้นกาแพจะเกิดสภาวะเครียดเนื่องจากความเข้มแสงสูง ประกอบกับปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบถูกทำลาย การร่วงของใบมีมาก และความชื้นในดินลดลง ทำให้กิ่งกาแพที่อยู่กลางแจ้งและร่วมเงาต่ำ มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตในกิ่งน้อยกว่าอย่างเด่นชัด นอกจากนี้จากการศึกษา พบว่าต้นกาแพที่ปลูกลงกลางแจ้ง และร่วมเงาต่ำมีอัตราการแตกกิ่งข้างมากกว่าร่วมเงาสูงด้วย คาร์โบไฮเดรตบางส่วนจึงถูกดึงไปใช้ในการเจริญเติบโตของกิ่งเหล่านี้ด้วย

### สรุปผลการทดลอง

การให้ร่วมเงา ไม่มีผลทำให้พฤติกรรมของปากใบเปลี่ยนแปลง ไปจากการปลูกลงในสภาพกลางแจ้งแต่อย่างใด แต่จะทำให้มีปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบมากกว่าการปลูกลงกลางแจ้งได้ โดยเฉพาะในช่วงฤดูร้อน เมื่อประกอบกับจำนวนใบมีมากกว่าจึงทำให้กิ่งกาแพมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วย ผลของร่วมเงาต่อปริมาณคลอโรฟิลล์และคาร์โบไฮเดรต จะไม่เด่นชัดหรือส่งผลในแง่ลบต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรตในช่วงฤดูฝนและฤดูหนาว