บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การศึกษาสัณฐานวิทยาของปากใบกาแฟอราบิก้าภายใต้สภาวะเครียดของการขาดน้ำและอุณหภูมิสูง

การศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาของปากใบ เมื่อต้นกาแฟกระทบกับสภาวะเครียดดังกล่าวได้จำแนกออกเป็น 2 กรณี คือ

1. การได้รับสภาวะเครียดในระยะสั้น
2. การได้รับสภาวะเครียดในระยะยาว

ในแต่ละกรณีได้แยกศึกษากับใบดังต่อไปนี้

1. ใบได้รับแสงอาทิตย์ตลอดเวลา
2. ใบอยู่ภายใต้ร่มเงาของใบอื่น

การทดลองปรากฏผลดังต่อไปนี้

4.1.1 การได้รับสภาวะเครียดในระยะสั้น

การศึกษากระทำหลังจากพืชได้รับสภาวะเครียดของการขาดน้ำ 7-10 วัน โดยทำภาพพิมพ์ของปากใบด้วยน้ำยาทาเล็บชนิดใส จากการศึกษาพบว่าใบกาแฟทั้งใบที่อยู่กลางแจ้งและที่อยู่ในร่มมีจำนวนปากใบใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 1) แต่มีแนวโน้มว่าใบกาแฟที่อยู่กลางแจ้งมีจำนวนปากใบต่อพื้นที่มากกว่าใบกาแฟที่อยู่ในร่ม ผลการทดลองนี้ต่างจากรายงานของ Huerta (ในรายงานของ Alvim, 1958) ซึ่งนับจำนวนปากใบกาแฟได้ 105-175 ปากใบต่อตารางมิลลิเมตรสำหรับใบในร่มและ 300-650 ปากใบต่อตารางมิลลิเมตร สำหรับใบที่อยู่กลางแจ้ง ข้อแตกต่างของผลการทดลองนี้ อาจเนื่องมาจากเหตุผลที่ว่า กล้ากาแฟที่ใช้ในการทดลองนี้ยังมีขนาดเล็ก มีจำนวนใบบนต้นน้อย การบังร่มเงาของใบจึงยังมีไม่มาก ใบที่อยู่ในร่มเงายังมีโอกาสได้รับแสงแดดค่อนข้างมาก จึงอาจจะมีผลกระทบที่ทำให้การพัฒนาปากใบของใบที่อยู่ในร่มเงาเหมือนกับใบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ที่อยู่กลางแจ้ง วรวิทย์ (2531) ศึกษากับกาแฟอราบิก้า ที่สถานีทดลองและฝึกอบรมการเกษตรที่สูงชุนช่างเคี่ยน จ.เชียงใหม่ พบว่า ปากใบของใบ กาแฟอราบิก้าที่อยู่กลางแจ้งมีจำนวนปากใบต่อพื้นที่มากกว่าใบที่อยู่ในร่ม เช่นกัน

ตารางที่ 1 จำนวนปากใบเฉลี่ยต่อพื้นที่ 1 ตารางมิลลิเมตรของกาแฟทั้ง 3 พันธุ์ เมื่อได้รับสภาวะเครียดในระยะสั้น

พันธุ์	กลางแจ้ง	ที่ร่ม
เรดแคททูร่า	275	200
เยลโล่ คาทุย	390	232.5
คาทิมอร์ 1662	375	340

4.1.2 การได้รับสภาวะเครียดในระยะยาว

การศึกษากระทำในเดือนที่ 5 หลังจากที่พืชกระทบสภาวะเครียด

4.1.2.1. จำนวนปากใบ

จำนวนปากใบต่อพื้นที่ของใบที่อยู่กลางแจ้งทุกพันธุ์จะมีจำนวนมากกว่าใบที่อยู่ในร่ม คือ 225-390 ปากใบต่อ ตารางมิลลิเมตร และ 150-340 ปากใบต่อ ตารางมิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ซึ่งมีค่าสูงกว่ารายงานของ Wormer(1955) ในการศึกษาใบกาแฟในประเทศเคนยา สรุปว่า โดยปกติใบกาแฟจะมีจำนวนปากใบ ประมาณ 185-249 ปากใบต่อ ตารางมิลลิเมตร อาจเป็นเพราะ สภาพและวิธีการศึกษาที่แตกต่างกัน รวมทั้งพันธุ์ที่ได้ศึกษาในการทดลองนี้เป็นรุ่นลูกชั่วหลังๆ และลูกผสม อาจเป็นไปได้ที่ว่าพืชมีการปรับตัวทางพันธุกรรมทำให้มีจำนวนปากใบต่อพื้นที่มากขึ้น ทั้งนี้โดยเพิ่มอัตราการคายน้ำและลดอุณหภูมิใบเมื่อนำมาปลูกกลางแจ้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ระดับของน้ำในดินไม่มีผลทำให้จำนวนปากใบต่อพื้นที่ของใบที่อยู่กลางแจ้งและใบที่อยู่ในร่มแตกต่างกัน แต่ใบที่อยู่กลางแจ้งของต้นกาแฟที่ได้รับน้ำในปริมาณที่สูงสม่ำเสมอ (100%, 75% AWC) มีแนวโน้มมากกว่าใบกลางแจ้งของต้นที่อยู่ในระดับน้ำในดินที่ต่ำ (50%, 25% AWC) โดยเฉพาะในพันธุ์ คาทิมอร์ 1662

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบแต่ละพันธุ์ภายใต้สภาวะเครียดของระดับน้ำในดินที่ต่ำและอุณหภูมิอากาศสูง (50%, 25% AWC) ซึ่งจะเป็นสภาวะเครียดที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ พันธุ์ คาทิมอร์ 1662 มีจำนวนปากใบต่อพื้นที่สูงที่สุด ซึ่งแสดงถึงแนวโน้มในการปรับตัวของพืชเพื่อการเจริญเติบโตได้ดีกว่าพันธุ์อื่น ๆ ภายใต้สภาวะการปลูกที่แห้งแล้งเพราะปากใบที่มากกว่าจะส่งผลให้มีการผ่านเข้าของ CO_2 เพื่อการสังเคราะห์แสงที่มากกว่าด้วย ส่วนพันธุ์ เรด แคททูร่า และเยลโล่ คาทุย มีจำนวนปากใบต่อพื้นที่ใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 2 จำนวนปากใบเฉลี่ยต่อพื้นที่ 1 ตารางมิลลิเมตร ของกาแฟทั้ง 3 พันธุ์ เปรียบเทียบระหว่างใบที่อยู่ในร่ม และกลางแจ้ง เมื่อได้รับสภาวะเครียด 5 เดือน

ระดับน้ำ / พันธุ์	100 % AWC		75 % AWC		50 % AWC		25 % AWC	
	ในร่ม	กลางแจ้ง	ในร่ม	กลางแจ้ง	ในร่ม	กลางแจ้ง	ในร่ม	กลางแจ้ง
เรด แคททูร่า	200	275	325	350	232.5	232.5	232.5	315
เยลโล่ คาทุย	232.5	390	175	225	150	240	275	275
คาทิมอร์1662	340	375	265	375	175	325	200	307.5

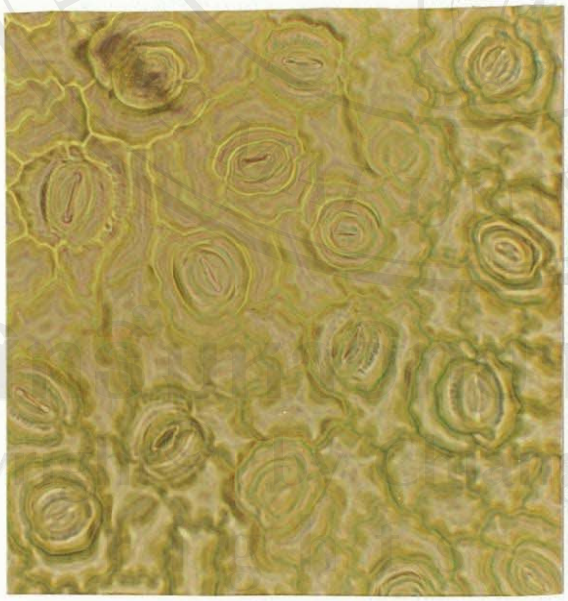
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ใบสดกาแฟจะมีปากใบอยู่เฉพาะด้านท้องใบเท่านั้น (Kumar, 1979 และวรวิทย์, 2531) ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงทำภาพพิมพ์ปากใบจากเฉพาะด้านท้องใบ ในภาพเป็นภาพถ่ายของภาพพิมพ์ปากใบของกาแฟพันธุ์คาทิมอร์ 1662 เนื่องจากกาแฟที่ใช้ทดลองทั้ง 3 พันธุ์ มีจำนวนปากใบต่อพื้นที่และการกระจายของปากใบ ตลอดจนลักษณะทางสัณฐานวิทยาของปากใบคล้ายคลึงกัน จึงได้นำเฉพาะภาพพิมพ์ปากใบของพันธุ์คาทิมอร์ 1662 ที่ได้นำไปส่งเสริมให้มีการปลูกกันมาก เนื่องจากให้ผลผลิตสูงและทนโรคราสนิมได้ดีด้วย (Aksorn, 1988)

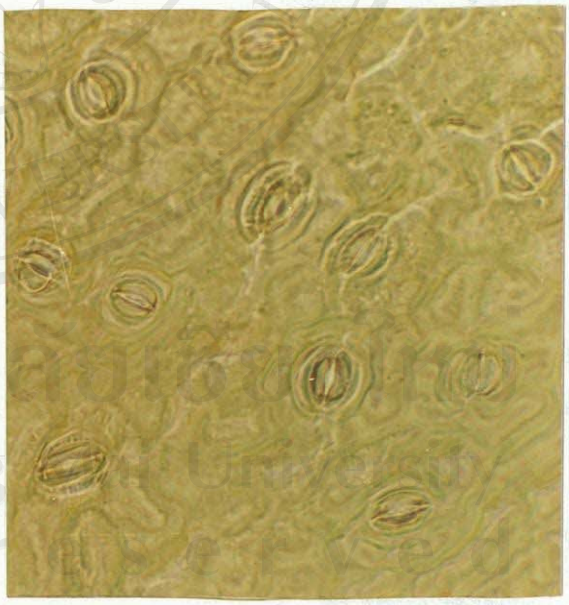
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

100% AWC

75% AWC



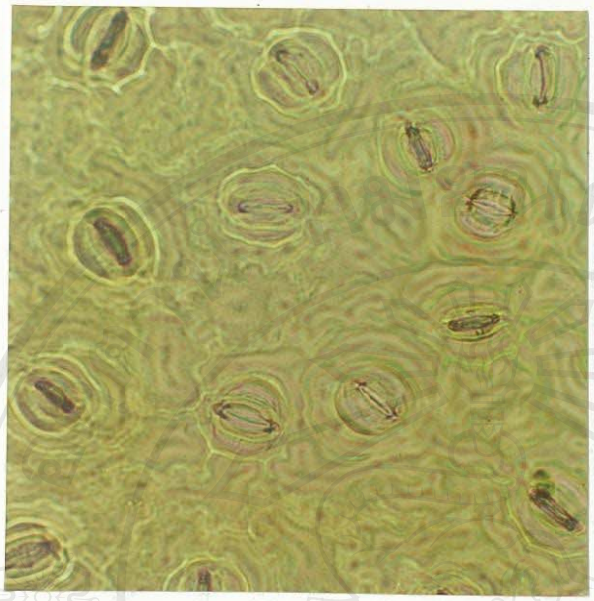
50% AWC



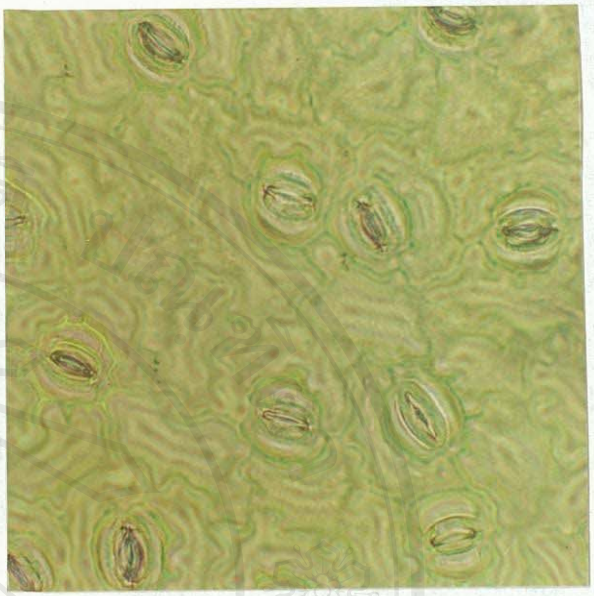
25% AWC

ภาพที่ 1 การกระจายตัวของปากใบกาแฟ พันธุ์ คาทิมอร์ 1662 ที่อยู่กลางแจ้งภายใต้สภาวะเครียด (กำลังขยาย 100 เท่า)

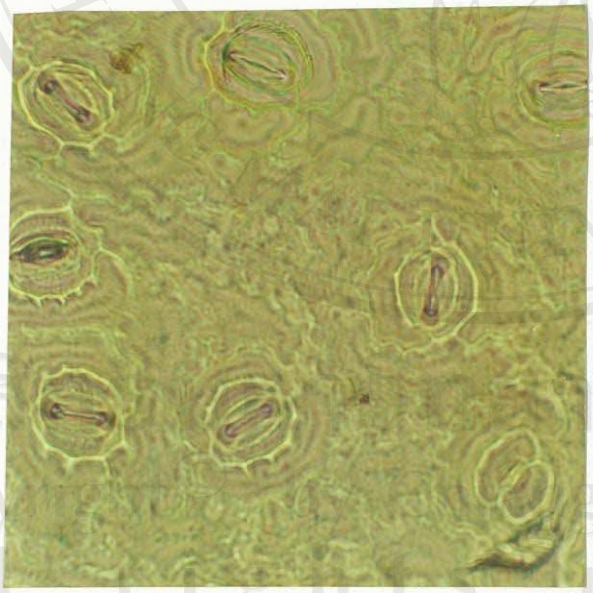
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



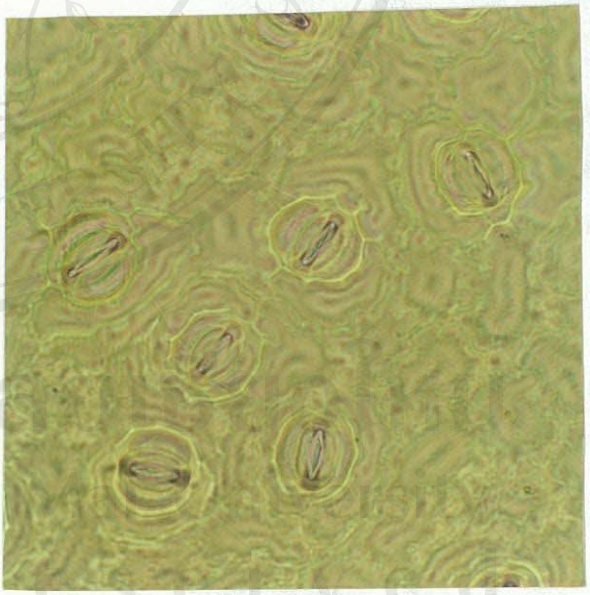
100% AWC



75% AWC



50% AWC



25% AWC

ภาพที่ 2 การกระจายตัวของปากใบของกาแฟพันธุ์ คาทิมอร์ 1662 ที่อยู่ในร่ม ภายใต้สภาวะเครียด (กำลังขยาย 100 เท่า)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัย
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.1.2.2 สัณฐานวิทยาของใบ

เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาของใบกาแฟ ภายใต้สภาวะเครียดของการขาดน้ำและอุณหภูมิสูง ได้ทำการศึกษาถึงความหนาของใบ และการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบภายในใบ ซึ่งจะบ่งชี้ถึงการปรับตัวของใบกาแฟ ภายใต้สภาวะเครียดที่เกิดขึ้นด้วย

เนื่องจากข้อจำกัดเกี่ยวกับเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดความหนาของใบ ไม่อาจศึกษาโดยตรงได้ ต้องพิจารณาจากพื้นที่ใบต่อน้ำหนักสด 1 กรัม ซึ่งพบว่าเมื่อกาแฟอยู่ภายใต้สภาวะเครียดนานติดต่อกัน 5 เดือน ความหนาของใบเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 37.53-50.21 ตารางเซนติเมตรต่อน้ำหนักสด 1 กรัม (ตารางที่ 3) โดยพันธุ์ เรด แคททูร่า มีแนวโน้มหนากว่า พันธุ์เยลโล่ คาทุยและพันธุ์ คาทิมอร์ 1662 แม้ว่าจะไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ระดับน้ำในดินมีอิทธิพลอย่างเด่นชัดต่อความหนาของใบ กล่าวคือ ในระดับน้ำ 100% AWC ใบจะหนาที่สุดคือ น้ำหนักใบ 1 กรัม ต้องการพื้นที่ใบเพียง 38.47 ตารางเซนติเมตร ในขณะที่ในระดับน้ำ 75% และ 50% AWC มีพื้นที่ใบถึง 42.56 และ 40.80 ตารางเซนติเมตรต่อน้ำหนักสด 1 กรัม ตามลำดับ ที่ระดับน้ำ 25% ใบจะหนาขึ้นกว่าเดิม จนใกล้เคียงกับที่ระดับน้ำ 100% AWC ลักษณะดังกล่าวเป็นการปรับตัวของพืชเพื่อให้คงอยู่ในสภาวะเครียด เพราะแม้ว่าใบจะหนาขึ้นแต่ใบจะมีจำนวนใบลดลงด้วย (ตารางที่ 3) Begg(1980) รายงานเกี่ยวกับการปรับตัวของใบทานตะวันต่อสภาวะการขาดน้ำว่า ระดับน้ำจะมีผลต่อการขยายตัวของเซล(Cell enlargement) แม้ว่าต้นกาแฟจะไม่สามารถดูดน้ำที่มีอยู่ในดินได้มากพอที่จะทำให้ใบอวบน้ำ แต่ใบกาแฟ ก็จะมีการปรับตัวอย่างมากเพื่อลดการสูญเสียน้ำโดยลดจำนวนใบลงรวมทั้งเร่งอัตราการแก่ตัวทางสรีระของใบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

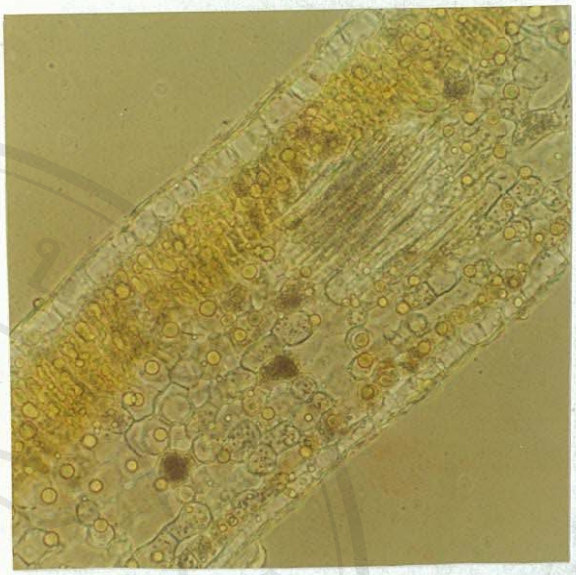
ตารางที่ 3 ความหนาของใบของกาแฟอราบิก้า (ตารางเซนติเมตรต่อกรัม) ภายใต้สภาวะเครียดของการขาดน้ำและอุณหภูมิสูง นานติดต่อกัน 5 เดือน

พันธุ์	ระดับน้ำใต้ดิน (% AWC)				
	100%	75%	50%	25%	เฉลี่ย
เรด แคททูร่า	37.56	38.48	38.29	39.15	38.37
เยลโล่ คาทุย	38.46	46.58	40.51	39.15	41.18
คาทิมอร์ 1662	39.38	42.62	43.59	39.15	41.18
เฉลี่ย	38.47	42.56	40.80	39.15	

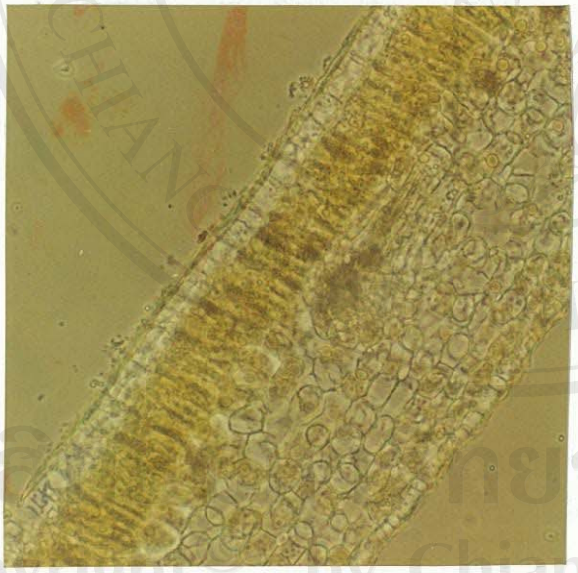
$LSD_{(0.05)}$ พันธุ์ = NS $LSD_{(0.05)}$ ระดับน้ำ = 3.174

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

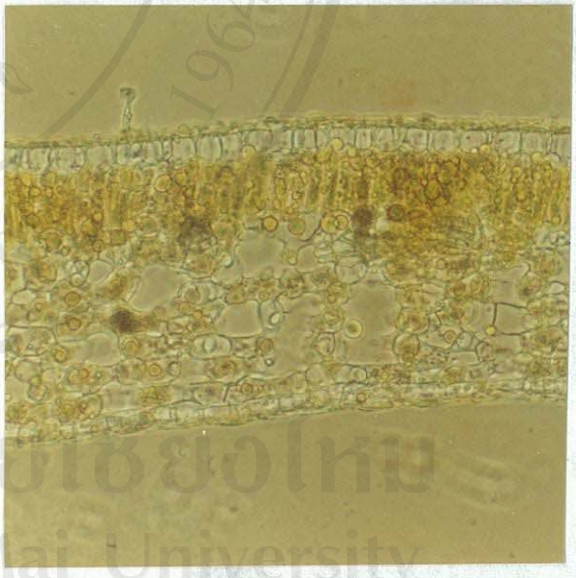
100% AWC



75% AWC



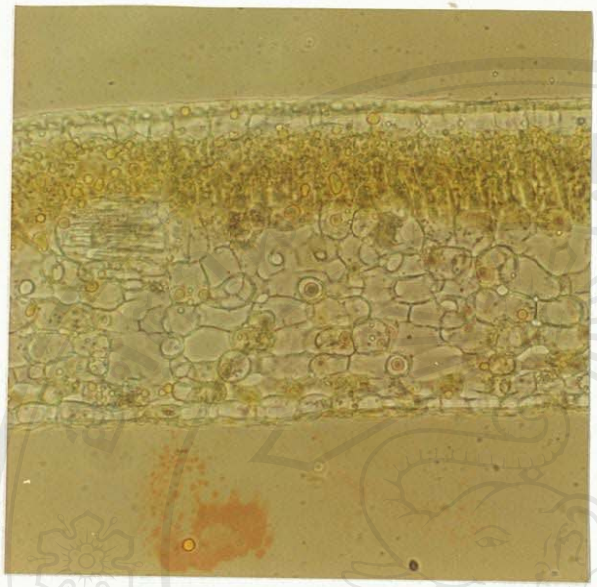
50% AWC



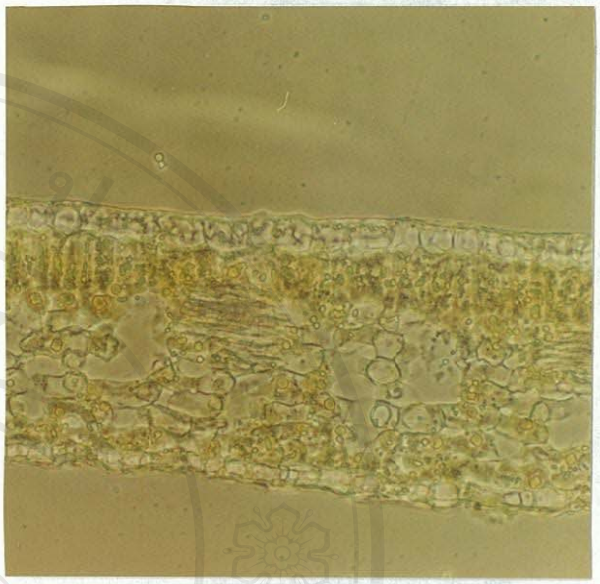
25% AWC

ภาพที่ 3 ภาพตัดขวางของใบกาแฟ พันธุ์ คาทิมอร์ 1662 ที่อยู่ในร่มภายใต้สภาวะเครียด (กำลังขยาย 400 เท่า)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

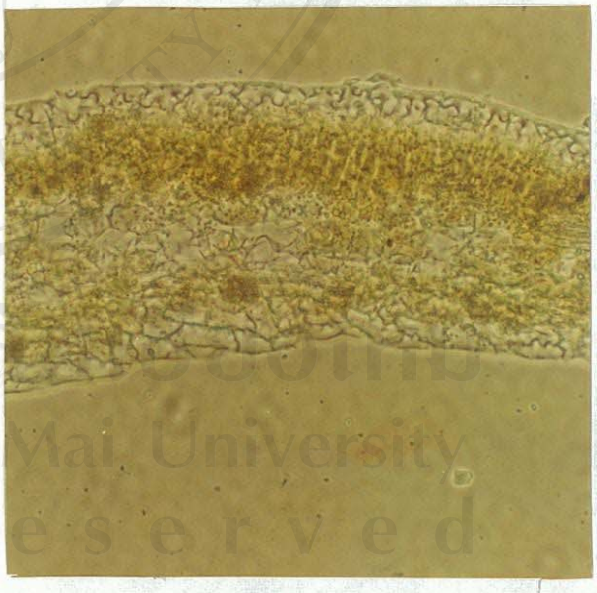


100% AWC



75% AWC

50% AWC



25% AWC

ภาพที่ 4 ภาพตัดขวางของใบกาแฟสายพันธุ์ คาทิมอร์ 1662 ที่อยู่กลางแจ้ง ภายใต้สภาวะเครียด (กำลังขยาย 400 เท่า)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อเปรียบเทียบโครงสร้างภายในใบโดยภาพตัดขวาง พบว่าใบกาแฟทุกพันธุ์ที่ใช้ทดลองมีลักษณะโครงสร้างโดยทั่วไปคล้ายคลึงกัน (ภาพที่ 3 และ 4) อาจเป็นเพราะลักษณะโครงสร้างของใบ ซึ่งถูกควบคุมด้วยพันธุกรรมและทั้ง 3 พันธุ์ มีสายเลือดใกล้ชิดกันมาก วรวิทย์ (2531) รายงานว่าใบกาแฟที่ทำการศึกษาทั้ง 5 พันธุ์ คือ Mondo Novo, Red Catuai, Icatu, Red Caturra และ Catimor 1662 มีลักษณะโครงสร้างในใบโดยทั่วไปคล้ายคลึงกัน กล่าวคือ ความหนาของใบประมาณ 240-250 µm ชั้นของคิวติเคิลทั้งส่วนหลังใบและท้องใบมีขนาดใกล้เคียงกันและค่อนข้างบาง คือ ประมาณ 5 µm เอพิเดอร์มิสเซลในส่วนหลังใบจะหนากว่าในส่วนท้องใบ และการเรียงตัวของคลอโรพลาสต์ในชั้นของพาลิเสดเซลก็เหมือนกัน

การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในดิน ไม่แสดงผลอย่างเด่นชัดต่อองค์ประกอบภายในใบในระดับเนื้อเยื่อชั้นต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งชั้นพาลิเซดเซลและเมโซฟิลล์ซึ่งเป็นส่วนสำคัญต่อประสิทธิภาพของใบในการสังเคราะห์แสง (ภาพที่ 3 และ 4) อาจเป็นเพราะว่าพืชได้พยายามปรับตัวในทุกด้านเพื่อคงลักษณะเดิมของโครงสร้างภายในใบแล้ว เช่น การลดขนาดของใบ เป็นต้น อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้ตรวจวัดถึงประสิทธิภาพขององค์ประกอบต่าง ๆ ของเซลด้วย แต่ในรายงานหลายชิ้นได้กล่าวว่าอุณหภูมิที่สูงมาก ๆ และการขาดน้ำจะทำให้ประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงลดลงและการหายใจเพิ่มขึ้น (Bradford and Hsiao, 1982 และ Berry and Raison, 1982) นอกจากนี้ ยังมีผลทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของโปรตีน และเอนไซม์ต่าง ๆ (Björkman et al., 1980) Hill reaction, Photosystem I และ II จะถูกกระทบกระเทือนมาก (Penny et al., 1977 และ Björkman, et al., 1978) ประสิทธิภาพ และองค์ประกอบของเมมเบรนและคลอโรพลาสต์จะเปลี่ยนไปด้วย (Mukohata et al., 1973 และ Smillie, 1979)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 พฤติกรรมการตอบสนองของปากใบกาแฟอราบิก้าต่อสภาวะเครียดของการขาดน้ำและอุณหภูมิสูง

4.2.1 การเปลี่ยนแปลงของความเข้มแสง ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ อุณหภูมิอากาศ และอุณหภูมิใบ ในช่วงวัน

ในการตรวจวัดค่าความต้านทานของปากใบทุก 2 ชั่วโมงในช่วงวัน ตั้งแต่ 8.00 - 16.00 น. ด้วยเครื่อง Automatic porometer ได้มีการบันทึกถึงอุณหภูมิใบควบคู่ไปกับความเข้มแสงในระนาบผิวใบด้วย เนื่องจากปัจจัยดังกล่าวรวมทั้งความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศขณะตรวจวัดจะมีผลต่อพฤติกรรมของปากใบด้วย (วรวิทย์, 2531) ผลการทดลองปรากฏรายละเอียดดังภาพที่ 5

ความเข้มแสงในโรงเรือนที่ปลูกพืชทดลองจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจาก 8.00 น. และจะถึงจุดสูงสุดในเวลา 12.00 น. หลังจากนั้นความเข้มแสงจะค่อนข้างคงที่หรือลดลงเล็กน้อยในช่วงเวลา 12.00-14.00 น. แล้วจึงเริ่มลดต่ำลง ความเข้มแสงสูงสุดในช่วงเที่ยงวันมีค่าประมาณ 1000 $\mu E.m^{-2}.s^{-1}$ ในเดือนพฤศจิกายนและธันวาคม แต่จะลดลงเหลือเพียงประมาณ 800 $\mu E\ m^{-2}.\ s^{-1}$ ในเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์เพราะการเคลื่อนที่อ้อมใต้ของดวงอาทิตย์ในช่วง 2 เดือนหลัง (ฤดูหนาว) อาจเป็นสาเหตุทำให้องศาของแสงตกกระทบระนาบผิวใบลดลง

ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงเวลา 8.00-14.00 น. ในช่วง 12.00-14.00 น. ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจะมีค่าลดลงเหลือประมาณ 40-50% ของช่วง 8.00 น. และจะค่อนข้างคงที่หรือเพิ่มเล็กน้อยในช่วงเวลา 14.00-16.00 น. ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมีค่า 70-90% ในช่วง 8.00 น. ซึ่งความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจะแปรผกผันตามอุณหภูมิในช่วงวัน (Warrit and Sukasem, 1988)

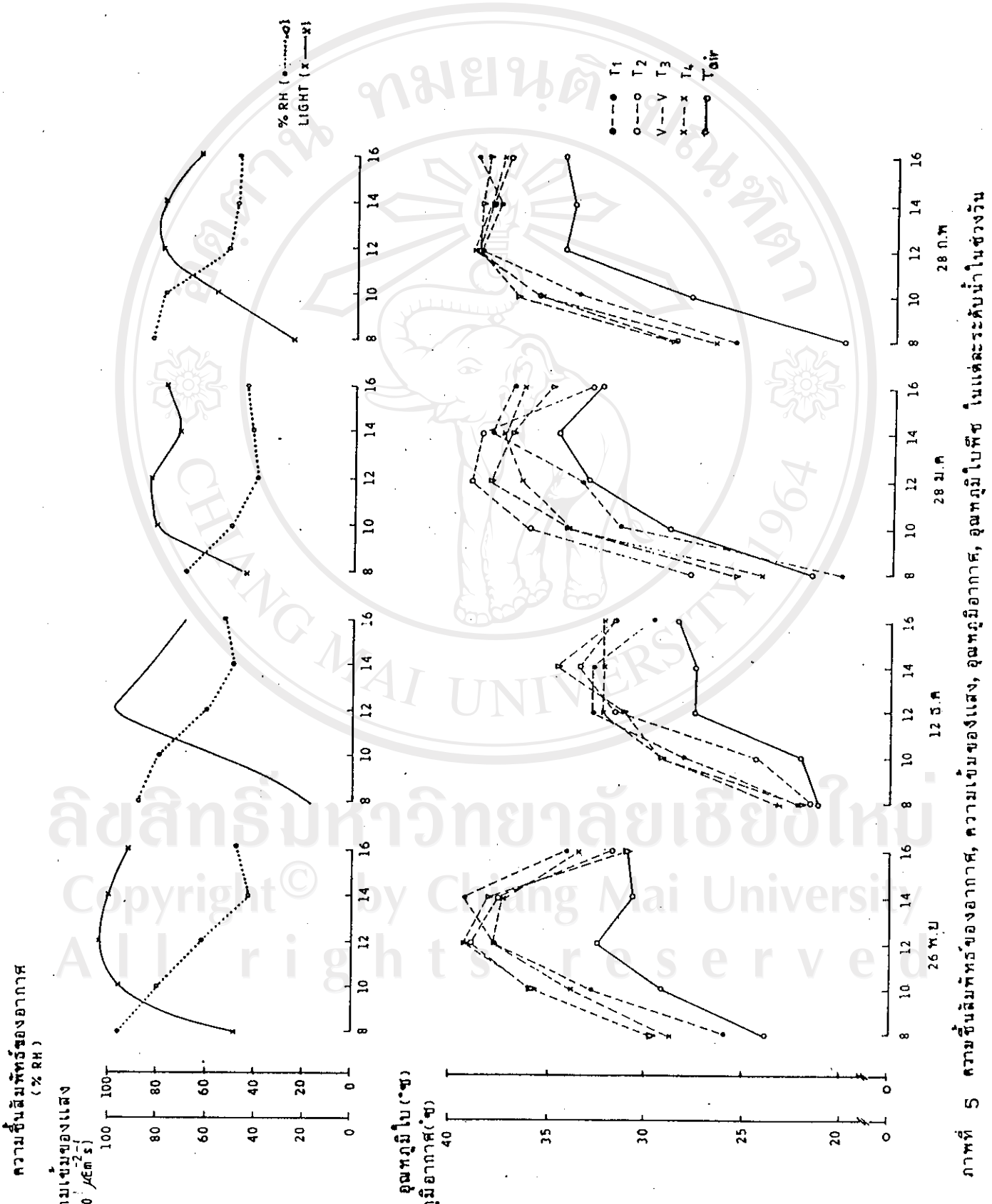
อุณหภูมิอากาศในโรงพลาสติก จะแปรผันระหว่าง 20-24 °ซ. ในช่วง 8.00 น. และจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงจุดสูงสุดในเวลา 14.00 น. คือ ประมาณ 30-35 °ซ. และจะลดลงเล็กน้อยในช่วง 16.00 น. ส่วนอุณหภูมิใบจะแปรผันตามอุณหภูมิอากาศ แต่จะมีค่าโดยเฉลี่ยสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศประมาณ 5-7 °ซ. โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงเวลา 12.00-14.00 น. ระดับน้ำในดินที่แตกต่างกันไม่แสดงผลอย่างเด่นชัดต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิใบ แสดงว่าในกรณีที่พืชกระทบกับสภาวะอุณหภูมิสูง ถึงแม้ว่าพืชจะขาดน้ำค่อนข้างรุนแรง อุณหภูมิใบก็จะไม่เปลี่ยนแปลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

อย่างเด่นชัดไปจากที่พืชได้รับน้ำอย่างเต็มที่ อย่างไรก็ตามพืชที่ได้รับน้ำมากมีแนวโน้มที่ใบจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าที่ขาดน้ำประมาณ 1-3 °ซ.

Kumar (1979) รายงานว่าสภาพที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์แสงและการเปิดปากใบของกาแฟคือ อุณหภูมิอากาศระหว่าง 20-25 °ซ. ความเข้มแสง 600 $\mu E.m^{-2}.s^{-1}$ ความเข้มแสงที่เพิ่มขึ้นจะทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงลดลง เพราะอุณหภูมิใบจะเพิ่มขึ้น และเนื่องจากปากใบจะเปิดน้อยลง Cannell (1983) พบว่า ในกรณีที่พืชเจริญในเขตศูนย์สูตร อุณหภูมิใบอาจเพิ่มสูงกว่าอุณหภูมิอากาศได้ถึง 10-15 °ซ. เมื่อมีแดดจัดและดินขาดน้ำ ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับรายงาน ดังกล่าวข้างต้น อาจจัดได้ว่าสภาวะเครียดที่กำหนดขึ้นในการทดลองครั้งนี้ค่อนข้างจะรุนแรง แต่อาจใช้เป็นตัวแทนของสภาวะเกิดขึ้นจริง ในสภาพพืชที่ปลูกบนภูเขาทางภาคเหนือของประเทศไทยได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูร้อน นอกจากนี้สภาพการทดลองครั้งนี้ยังเหมาะต่อการศึกษาผลของสภาวะเครียดต่อสภาพทางสรีรวิทยาของต้นกาแฟได้ด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 5 ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ, ความเข้มของแสง, อุณหภูมิอากาศ, อุณหภูมิใบพืช ในแต่ละระดับน้ำในช่วงวัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.2 พฤติกรรมของปากใบ

จากผลการทดลองอาจจำแนกพฤติกรรมการตอบสนองของปากใบต่อสภาวะเครียดที่ใช้ทดลองออกได้เป็น 2 กรณี คือ การตอบสนองเมื่อกาแฟได้รับสภาวะเครียดในระยะเวลาสั้นและการตอบสนองในระยะยาว ซึ่งจะแตกต่างกัน

4.2.2.1 ในระยะสั้น ได้แก่ การได้รับสภาวะเครียดติดต่อกันนาน 1 เดือน ในกรณีนี้พฤติกรรมของปากใบกาแฟทั้ง 3 พันธุ์ จะแปรผันตามระดับน้ำที่ได้รับคือ ที่ระดับน้ำ 100% AWC โดยปากใบจะเปิดเป็น 2 ช่วง คือ เปิดในช่วงเวลา 8.00-10.00 น. ปิดเล็กน้อยในช่วง 12.00 น. โดยจะเหลือค่าการเปิดของปากใบ (Stomatal conductance) ประมาณ 50-70% ของค่าสูงสุดเมื่อ 10.00 น. ปากใบจะเปิดอีกครั้งในช่วงบ่ายคือระหว่าง 14.00-16.00 น. (ภาพที่ 6, 7 และ 8)

ที่ระดับน้ำ75% และ 50% AWC ปากใบจะมีพฤติกรรมคล้ายกันคือเปิดมากที่สุดเมื่อ 8.00 น. และปิดเมื่อ 10.00-12.00 น. โดยจะมีค่าการเปิดของปากใบเหลือประมาณ 30% ของเมื่อ 8.00 น. ในช่วงบ่ายปากใบจะเปิดอีกเล็กน้อยเมื่อ 14.00 น.และจะปิดอีกเมื่อ 16.00 น. การเปิดในช่วงบ่ายจะมีค่าการเปิดของปากใบเหลือน้อยมาก แสดงว่าปากใบปิดเกือบหมด(หรือเกือบสนิท) แม้ว่าจะยังมีแสงแดดเหลืออยู่ กาแฟพันธุ์เรดแคททูร่า จะมีค่าการเปิดของปากใบที่ระดับน้ำ 50% AWC ต่ำกว่าที่ระดับ 75% AWC อย่างเห็นได้ชัดในขณะที่พันธุ์ เยลโล่ คาทุย และคาทิมอร์ 1662 จะมีค่าการเปิดของปากใบใกล้เคียงกันทั้ง 2 ระดับน้ำ

ที่ระดับน้ำ 25% AWC ปากใบของกาแฟทั้ง 3 พันธุ์จะเปิดเป็น 2 ช่วงเหมือนกับที่ระดับน้ำสูงกว่า แต่ค่าการเปิดของปากใบจะต่ำกว่ามาก โดยมีค่าเพียงประมาณ 30% ของที่ระดับน้ำ 100% AWC เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าสูงสุดของทั้ง 2 ระดับน้ำเป็นที่น่าสังเกตว่า ที่ 25% AWC ปากใบจะเปิดมากที่สุดเมื่อ 10.00 น. และจะปิดเกือบสนิทเมื่อ 12.00-14.00 น. และจะเปิดอีกครั้งเมื่อ 16.00 น. ในปริมาณเกือบเท่ากับ เมื่อ 10.00 น. เพราะว่าที่ 16.00 น. อุณหภูมิอากาศและใบจะลดลงมาก ทำให้ประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงสูงขึ้นและความชื้นสัมพัทธ์ที่เพิ่มขึ้นจะทำให้อัตราการสูญเสียน้ำน้อยลง นับเป็นการปรับตัวของพืชในการปิดเปิดปากใบเมื่อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

กระทบสภาวะเครียดที่รุนแรงทั้งนี้ เพื่อให้ปากใบปิดและมีการสะสมอาหารเป็นไปในอัตราที่คุ้มกับการสูญเสียน้ำที่มาก

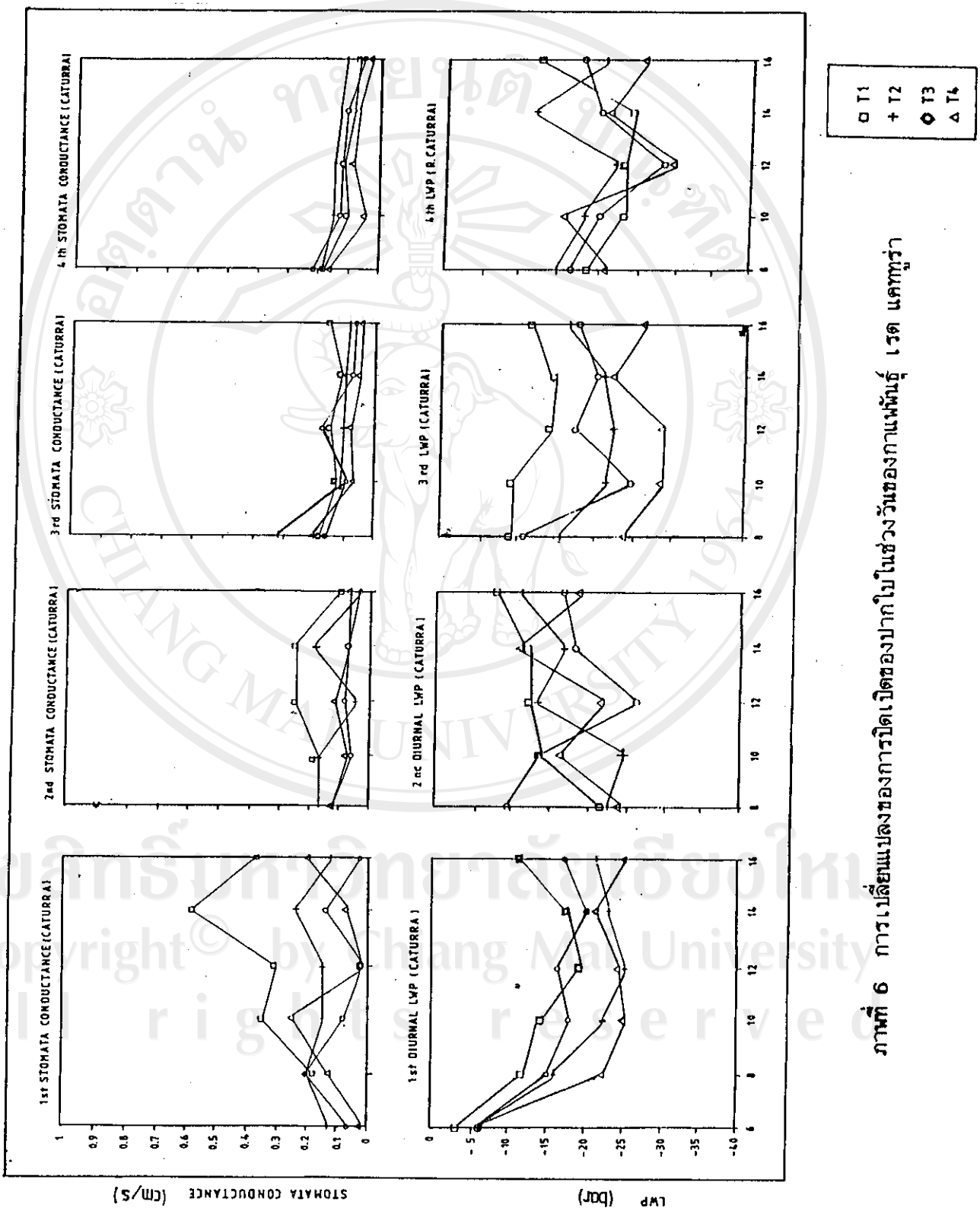
พฤติกรรมการตอบสนองของปากใบเมื่อกระทบกับสภาวะเครียดในระยะสั้นนี้ ตรงกับรายงาน Kumar (1979) ซึ่งพบการปิดเปิดของปากใบในช่วงวันว่าเป็น 2 ช่วงเช่นกัน ที่ระดับน้ำ 90% และ 100% F.C. ปากใบจะเปิดมากที่สุดในช่วงเช้า 11.00 น. และช่วงบ่ายเมื่อ 15.00 น. ที่ระดับน้ำ 55% F.C. ปากใบจะเปิดมากที่สุดเมื่อ 11.00 น. ส่วนช่วงบ่าย 15.00 น.ปากใบจะเปิดน้อยกว่า ส่วนที่ระดับน้ำ 45% F.C. ปากใบจะเปิดมากที่สุดเมื่อ 9.00 น. โดยเปิดน้อยกว่าที่ 2 ระดับน้ำแรกและจะเปิดน้อยมากในช่วงบ่าย

4.2.2.2 ในระยะยาว ได้แก่ สภาวะเครียดติดต่อกันนาน 4 เดือน ภายใต้สภาวะดังกล่าว ปากใบกาแฟจะเปิดน้อยลงมากและการให้น้ำที่มากพอในระดับที่ 100 และ 75% AWC จะไม่ช่วยให้ปากใบกาแฟเปิดมากขึ้นกว่าเมื่อขาดน้ำอย่างเด่นชัด พฤติกรรมดังกล่าวจะเริ่มแสดงผลเมื่อพืชกระทบสภาวะเครียดนานติดต่อกัน 2 เดือน และพฤติกรรมการตอบสนองจะคล้ายกันในกาแฟทั้ง 3 พันธุ์ การตอบสนองของปากใบดังกล่าวแสดงว่าการกระทบกับสภาวะเครียดของการขาดน้ำและอุณหภูมิสูงในระยะยาว อุณหภูมิสูงจะมีอิทธิพลอย่างสำคัญต่อพฤติกรรมของปากใบ โดยที่การให้น้ำอย่างเพียงพอจะไม่ช่วยเหลืออะไรต่อต้นพืชเลย ในกรณีของกาแฟอราบิก้าซึ่งเป็นพืชที่มีแหล่งกำเนิดในร่มเงาและต้องการความเข้มแสงสูงสุดเพียง 600 $\mu E.m^{-2}.s^{-1}$ เพื่อการสังเคราะห์แสง สภาพของความเข้มแสงที่ค่อนข้างสูงในการทดลองครั้งนี้ น่าจะมีผลกระทบทั้งโดยตรงและโดยอ้อม โดยอ้อมได้แก่ ผลของแสงต่อการเพิ่มอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิใบ โดยตรงได้แก่การก่อให้เกิดสภาพที่เรียกว่า Photoinhibition และ Chlorophyll bleaching (Björkman and Holmgren ;1961, Belay and Fogg, 1979) ซึ่งจะทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง ปฏิกริยาของอีเล็คตรอนทรานสปอร์ตใน Photosystem I และ II ชงักงัน อันจะส่งผลให้ประสิทธิภาพในการสังเคราะห์ แสงลดลงอย่างมาก การเปิดของปากใบจึงเกิดได้น้อย เพราะค่าปริมาณ CO_2 คงเหลือในช่องว่างใต้ปากใบมีสูงตลอดวันและพบว่า การเปิดปิดของปากใบพืชจะตอบสนองต่อ CO_2 ในช่องว่างใต้ปากใบด้วย (Hsiao, 1980)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

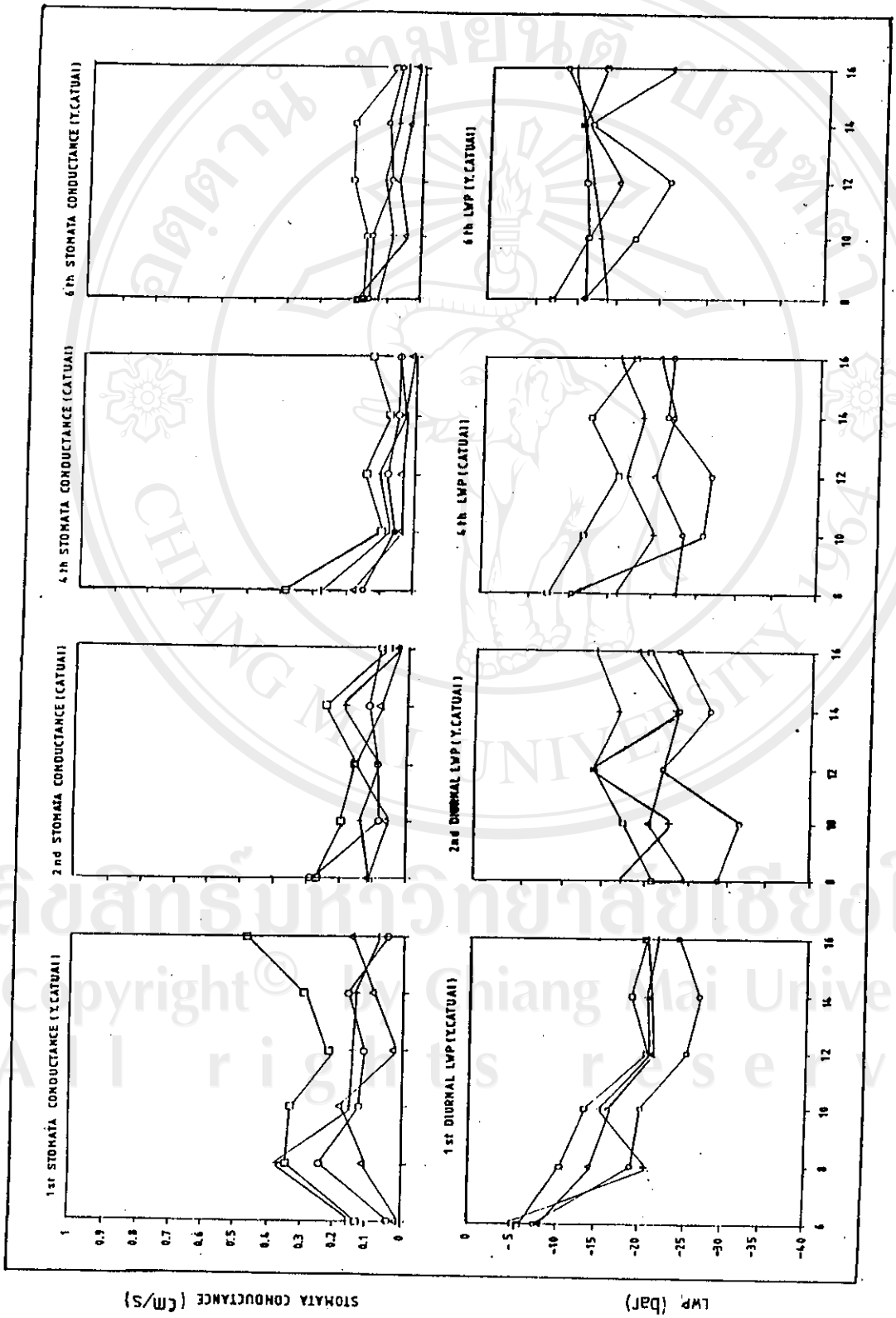
อุณหภูมิที่สูงจะทำให้โปรตีนในเซลพืชและที่เมมเบรนของเซลเสื่อมสภาพ (Santarius and Muller, 1979; Björkman et al., 1980) และทำให้ปฏิกริยาของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับเมตาโบลิซึ่มของคาร์บอนลดลง (Björkman et al., 1980) Hill reaction ใน Photosystem II และปฏิกริยา Photophosphorylation จะกระทบกระเทือนอย่างมาก (Björkman et al., 1978) นั่นคือ อุณหภูมิที่สูงจะทำให้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงลดลงอย่างมาก จากรายงานของ Kumar (1979) พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการสังเคราะห์แสงของกาแฟจะอยู่ในช่วง 15-25 °ซ. แต่ในสภาพการทดลองครั้งนี้อุณหภูมิใบกาแฟในช่วงเที่ยงวันจะอยู่ระหว่าง 35-40 °ซ. (ภาพที่ 5) ซึ่งสูงเกินไป อุณหภูมิที่สูงมากดังกล่าวนอกจากจะทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงลดลงยังทำให้อัตราการหายใจแสง (Photorespiration rate) สูงขึ้นด้วย (Benny and Raison, 1982) Santarius and Muller (1979) รายงานว่า อุณหภูมิที่สูงเกินไปจะทำให้ศักยภาพของเมมเบรนลดลงนั่นคือ การเคลื่อนย้ายผ่านของน้ำและ Photosynthate เข้าออกจากการ์ดเซลของใบกาแฟอาจลดลงด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



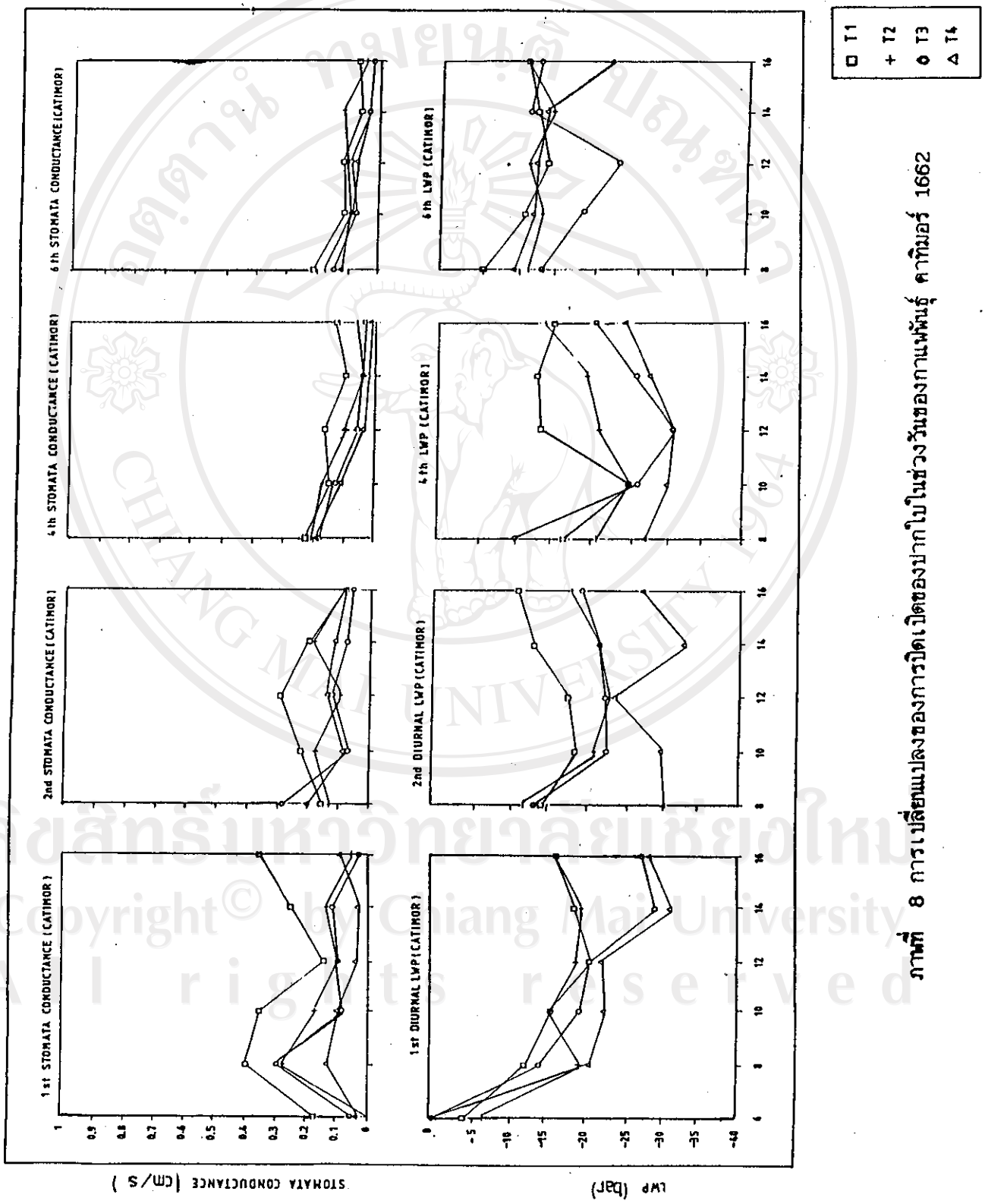
ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงของการปิดเปิดของปากใบในช่วงวันของกาแฟพันธุ์ เวส แคทูร่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงของการปิดเปิดของปากใบในช่วงวันของกาแฟพันธุ์ เยลโล คาทูย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงของการปิดเปิดของปากใบในช่วงวันของกานพันธุ์ คาทิมอร์ 1662

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.3 การตอบสนองของปากใบต่อศักยภาพของน้ำในใบ (ψ_1)

การผันแปรของศักยภาพของน้ำในใบ เนื่องจากอิทธิพลของสภาพแวดล้อม และอัตราการคายน้ำในช่วงวันจะมีส่วนอย่างสำคัญในการกำหนดพฤติกรรมของปากใบ (Schulze and Hall, 1982) เพราะนอกจากจะเกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำและความเต่งของเซลแล้ว ψ_1 ยังเป็นสวิทช์สำคัญที่เกี่ยวข้องกับการสะสม ABA ในปากใบด้วย อันจะส่งผลให้ปากใบมีการตอบสนองต่อ CO_2 ในช่องว่างใต้ปากใบที่แตกต่างกันไปได้ (Mansfield, 1976)

ที่ระดับน้ำ 100% AWC ใบกาแฟจะมีค่า ψ_1 สูงกว่าที่ระดับน้ำอื่นในทุกครั้งที่ทำการตรวจวัดแม้ว่าพืชมีอัตราการคายน้ำสูงที่สุด ที่ระดับน้ำ 75% AWC ใบพืชจะมีค่า ψ_1 สูงในช่วง 6.00-8.00 น. แต่จะลดลงอย่างรวดเร็วและรักษาระดับอยู่ในช่วง 10.00-14.00 น. ที่ระดับน้ำ 50% และ 25% AWC ค่า ψ_1 ต่ำที่สุดเกือบตลอดวัน (8.00-16.00 น.) สภาพดังกล่าวเกิดขึ้นตลอดเวลาที่ทำการศึกษานาน 4 เดือน แม้แต่ในเดือนที่ 3 และ 4 ซึ่งใบพืชมีค่าการเปิดของปากใบต่ำในทุกระดับน้ำ (มีอัตราการสูญเสียน้ำน้อย) แสดงว่าสภาวะเครียดของการขาดน้ำและอุณหภูมิสูงจะทำให้ค่าศักยภาพของน้ำในใบลดลง Steponkus (1981) กล่าวว่าอุณหภูมิที่สูงเกินไปจะทำให้ระบบรากของพืชทำงานผิดปกติไป เช่น ดูดน้ำและแร่ธาตุน้อยลง นอกจากนี้อัตราการสังเคราะห์ Cytokinin ที่น้อยลงจึงทำให้ใบพืชแก่เร็วกว่าปกติ

สำหรับพฤติกรรมการตอบสนองของปากใบต่อศักยภาพของน้ำในใบอาจแยกได้เป็น 2 กรณีขึ้นกับระยะเวลาที่พืชกระทบกับสภาวะเครียด (ภาพที่ 6, 7 และ 8) ในช่วงสั้น (นาน 1 เดือน) เมื่อพืชที่ได้รับน้ำอย่างเพียงพอ ปากใบจะยังคงเปิดได้มากแม้ว่าค่า ψ_1 จะลดต่ำลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ระดับน้ำ 75% AWC มีค่าการเปิดของปากใบจะสูงกว่าที่ระดับน้ำ 50 และ25% AWC อย่างเด่นชัด แม้ว่าค่า ψ_1 จะต่ำกว่าหรือใกล้เคียงกัน ส่วนที่ระดับน้ำ 100% AWC มีค่า ψ_1 และค่าการเปิดของปากใบจะสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับระดับน้ำที่ต่ำกว่า

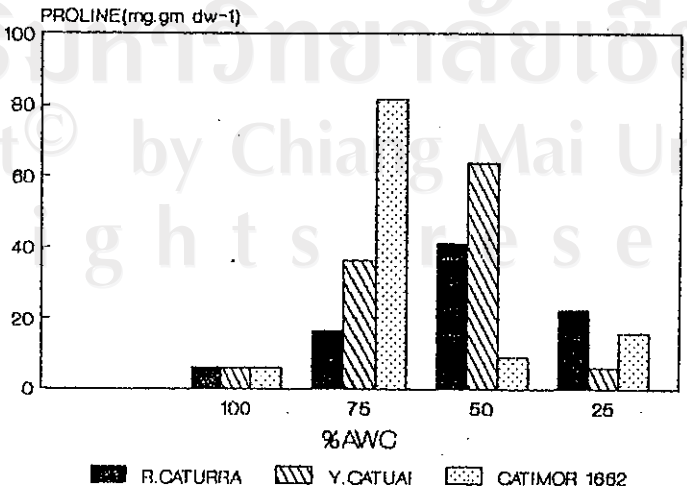
ในระยะยาว (นาน 3-4 เดือน) ปากใบจะเปิดน้อยมากในทุกระดับน้ำ แม้ว่ามีค่า ψ_1 ที่ค่อนข้างสูงตลอดวัน แสดงว่าการปิดเปิดของปากใบระยะดังกล่าวจะไม่ขึ้นอยู่กับ ψ_1 มากเหมือนกับในช่วงแรก ๆ ที่พืชกระทบกับสภาวะเครียด พฤติกรรมของปากใบในช่วงเดือนหลัง ๆ นี้น่าจะถูกควบคุมทางอ้อม เนื่องจากสภาพทางสรีรวิทยาที่ผิดปกติ ดังได้อธิบายไว้แล้ว เช่น ปริมาณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

CO_2 ในช่องว่างใต้ปากใบที่เพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากการหายใจแสง (Photorespiration) และการผิดปกติของเมมเบรน ซึ่งจะส่งผลให้การผ่านเข้าออกของน้ำและแร่ธาตุมายังการ์ดเซลลดลงด้วย

4.3 ปริมาณโปรลีนในใบกาแฟอราบิก้าภายใต้สภาวะเครียดของการขาดน้ำและอุณหภูมิสูง

การศึกษาปริมาณโปรลีนในใบกาแฟอราบิก้า ทั้ง 3 พันธุ์ อาศัยขั้นตอนตามวิธีของ Faber and Aspinall (1981) แต่เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัด และสารเคมีที่ใช้ในการทดลองยังไม่ได้มาตรฐานเท่าที่กำหนด การทดลองครั้งนี้จึงวัดค่าปริมาณโปรลีนในระดับต่ำ (<6 mg.gm dw^{-1}) ไม่ได้ ดังนั้นจึงได้แสดงค่าปริมาณโปรลีนที่มากกว่า 6 mg.gm dw^{-1} ขึ้นไป การทดลองกระทำในเดือนที่ 5 หลังจากต้นพืชเริ่มได้รับสภาวะเครียด โดยทำการเก็บใบคู่ที่ 4 หรือ 5 จากปลายกิ่งของกาแฟจำนวน 4 ต้น ๆ ละ 2 ใบต่อ 1 พันธุ์ในแต่ละระดับน้ำ มาทำการวิเคราะห์ จากการสังเกตลักษณะภายนอกของใบดังกล่าว สภาวะเครียดที่เกิดขึ้นเนื่องจากระดับน้ำที่ต่ำมาก (50%, 25% AWC) จะมีผลทำให้คู่ใบดังกล่าวแก่จัด ขณะที่เก็บเกี่ยวมาทำการทดลอง จนใบเริ่มเปลี่ยนสีเป็นสีเหลือง ผลการทดลองได้แสดงปริมาณของโปรลีนในใบกาแฟภายใต้ระดับน้ำแต่ละระดับ ในลักษณะกราฟแท่ง ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ปริมาณโปรลีนในใบกาแฟอราบิก้า 3 พันธุ์ ภายใต้สภาวะเครียดของการขาดน้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในระดับน้ำที่สูง (100% AWC) ใบกาแฟจะมีการสะสมโปรลีนในปริมาณน้อย (<6 mg.gm dw^{-1}) และเมื่อความเครียดเพิ่มขึ้น ปริมาณโปรลีนจะมีการสะสมสูงขึ้น (16.40-81.05 mg.gm dw^{-1}) Aspinall and Paleg (1981) รายงานว่า ข้าวบาร์เล่ย์ที่ปลูกในที่ที่มีอุณหภูมิสูงถึง 35 °ซ. จะไม่สะสมโปรลีนเพิ่มขึ้นกว่าปกติถ้ามีการให้น้ำอย่างเพียงพอ แต่จะสะสมโปรลีนเพิ่มขึ้นมากถ้าปล่อยให้ขาดน้ำ ผลการทดลองกับกาแฟครั้งนี้ยืนยันรายงานดังกล่าวข้างต้น สำหรับกาแฟที่ปลูกในอุณหภูมิที่สูงประมาณ 35 °ซ. จะมีการสะสมโปรลีนน้อยมากในกรณีที่มีการรักษาระดับน้ำที่ 100% AWC

จากกราฟแท่งจะเห็นได้ว่าระดับความเครียดของน้ำปานกลางเท่านั้น (75%, 50% AWC) ที่ทำให้เกิดการสะสมโปรลีนในใบ โดยที่ระดับน้ำที่ต่ำเกินไป (25% AWC) จะไม่ทำให้เกิดการสะสมโปรลีนในใบ ซึ่งสาเหตุที่ไม่มีการสะสมโปรลีนในระดับความเครียดสูงนี้ (25% AWC) เป็นเพราะว่าใบที่นำมาจากระดับน้ำที่ 25% AWC แก่เร็วเกินไปสีของใบเปลี่ยนเป็นเขียวปนเหลือง (Chlorotic symptom) เนื่องจากสภาพการขาดน้ำและสภาพแสงจ้า ซึ่ง Chu et al. (1967) อธิบายว่าโปรลีนอาจถูกลำเลียงออกจากใบแก่ที่อยู่ติดต้นเพื่อส่งไปเลี้ยงใบอ่อน Tyankova (1967) พบว่าในระหว่างที่มีการขาดน้ำ การสะสมโปรลีนจะมีมากในใบข้าวสาลีที่มีสีเขียวมากกว่าใบที่มีสีเหลือง การตอบสนองต่อสภาวะเครียดของกาแฟจะต่างจากพืชตระกูลหญ้าหลาย ๆ ชนิด เช่น ข้าว, ข้าวฟ่าง, ข้าวบาร์เล่ย์ และข้าวสาลี ซึ่งตามรายงานของ Hanson (1980) พืชตระกูลหญ้าดังกล่าวจะสะสมโปรลีนเพิ่มขึ้นถึง 20-100 เท่าของระดับปกติ ถ้าปล่อยให้ขาดน้ำติดต่อกันสามวัน ในกรณีของกาแฟจะเห็นว่า ความเครียดของน้ำและอุณหภูมิสูงจะทำให้มีการสะสมโปรลีนเช่นกัน แต่มีขีดจำกัดอยู่ในระดับหนึ่งเท่านั้น หากสภาวะเครียดของน้ำรุนแรงขึ้น (25% AWC) ใบกาแฟจะมีการสะสมโปรลีนเพียงเล็กน้อย โดยโปรลีนที่หายไปในสภาพดังกล่าว Aspinall and Paleg (1981) รายงานว่าอาจเป็นเพราะสภาพการขาดน้ำที่รุนแรงและอุณหภูมิที่สูงมากจะส่งผลให้ขบวนการเมตาโบลิซึ่มที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันตนเองจากสภาวะเครียดเสื่อมประสิทธิภาพลง กาแฟซึ่งเป็นพืชที่มีแหล่งกำเนิดในเขตป่าร้อนชุ่มชื้น (Cannell,1983) โอกาสที่จะเกิดปัญหากับขบวนการเมตาโบลิซึ่มดังกล่าวข้างต้นยิ่งจะเป็นไปได้มากขึ้นเมื่อกระทบกับสภาวะเครียด

เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติของปริมาณโปรลีนในแต่ละพันธุ์ พบว่า ที่ระดับน้ำในดินที่ 75% AWC ทำให้กาแฟมีปริมาณโปรลีนมากที่สุด (44.61 mg.gm dw^{-1}) รองลงมา คือ ที่ระดับน้ำในดิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ที่ 50% AWC (37.89 mg.gm dw^{-1})และมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีสำคัญ จากระดับน้ำในดินที่ 100% และ 25% AWC โดยพันธุ์ทั้ง 3 มีปริมาณโปรลีนไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 5) สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับระดับน้ำในดิน พบว่าที่ระดับน้ำในดินที่ 75% AWC พันธุ์ คาทิมอร์ 1662 มีปริมาณสูงสุด (81.05 mg.g dw^{-1}) รองลงมาคือ พันธุ์ เยลโล่คาทุยและ เรดแคททูร่า (36.40 และ 16.40 mg.gm dw^{-1}) ตามลำดับและที่ระดับน้ำในดินที่ 50% AWC พันธุ์เยลโล่คาทุย มีปริมาณโปรลีนสูงสุด (63.61 mg.gm dw^{-1}) รองลงมาคือ พันธุ์ เรดแคททูร่า และพันธุ์ คาทิมอร์ 1662 (41.18 และ 8.85 mg.gm dw^{-1} ตามลำดับ) ถ้าพิจารณาสภาวะเครียดที่มักเกิดขึ้นในแปลงปลูกกาแฟในพื้นที่สูงภาคเหนือ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูร้อนที่มีความชื้นในดินและในอากาศต่ำ ตลอดจนอุณหภูมิกลางวันที่สูงมาก ภายใต้สภาวะดังกล่าว ความชื้นในดินอาจเหลือเพียง 50% AWC ในสภาพดังกล่าว พันธุ์เยลโล่ คาทุย น่าจะมีศักยภาพในการทนแล้งดีกว่าพันธุ์อื่น เพราะปริมาณโปรลีนที่เพิ่มสูงขึ้นในสภาวะดังกล่าว จะช่วยปกป้องต้นพืชจากสภาวะแห้งแล้งได้ดี โดยประสิทธิภาพของเอนไซม์ต่าง ๆ ในขบวนการเมตาโบลิซึ่มของพืชจะยังคงดำเนินตามปกติ หรือถูกกระทบกระเทือนจากสภาวะเครียดน้อยกว่ากาแฟพันธุ์อื่น ๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4 ปริมาณโปรลีนในใบกาแฟอราบิก้า ($mg.gm\ dw^{-1}$) เมื่อปลูกภายใต้สภาวะเครียดของการขาดน้ำและอุณหภูมิสูง นานติดต่อกัน 5 เดือน

พันธุ์	AWC (%)				
	100	75	50	25	เฉลี่ย
เรด แคททูร่า	< 6	16.40	41.18	22.51	19.35
เยลโล่ คาทุย	< 6	36.40	63.61	< 6	23.10
คาทิมอร์ 1662	< 6	81.05	8.85	15.74	25.76
เฉลี่ย	< 6	44.61	37.89	10.52	

$LSD_{0.05}$ พันธุ์ = NS $LSD_{0.05}$ ระดับน้ำ = 9.44

4.4 การวิเคราะห์การเจริญเติบโตของกาแฟภายใต้สภาวะเครียดของการขาดน้ำและอุณหภูมิสูง

การศึกษาในหัวข้อนี้ ได้แยกศึกษาเฉพาะส่วนเหนือดินของกาแฟโดยไม่มีการนำส่วนของรากเข้าร่วมพิจารณา เนื่องจากพืชทดลองได้ปลูกรวมกันในแปลงทดลอง การขุดเอาส่วนของรากมาศึกษา ไม่อาจกระทำได้ เพราะรากจะขาดและสูญเสียมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

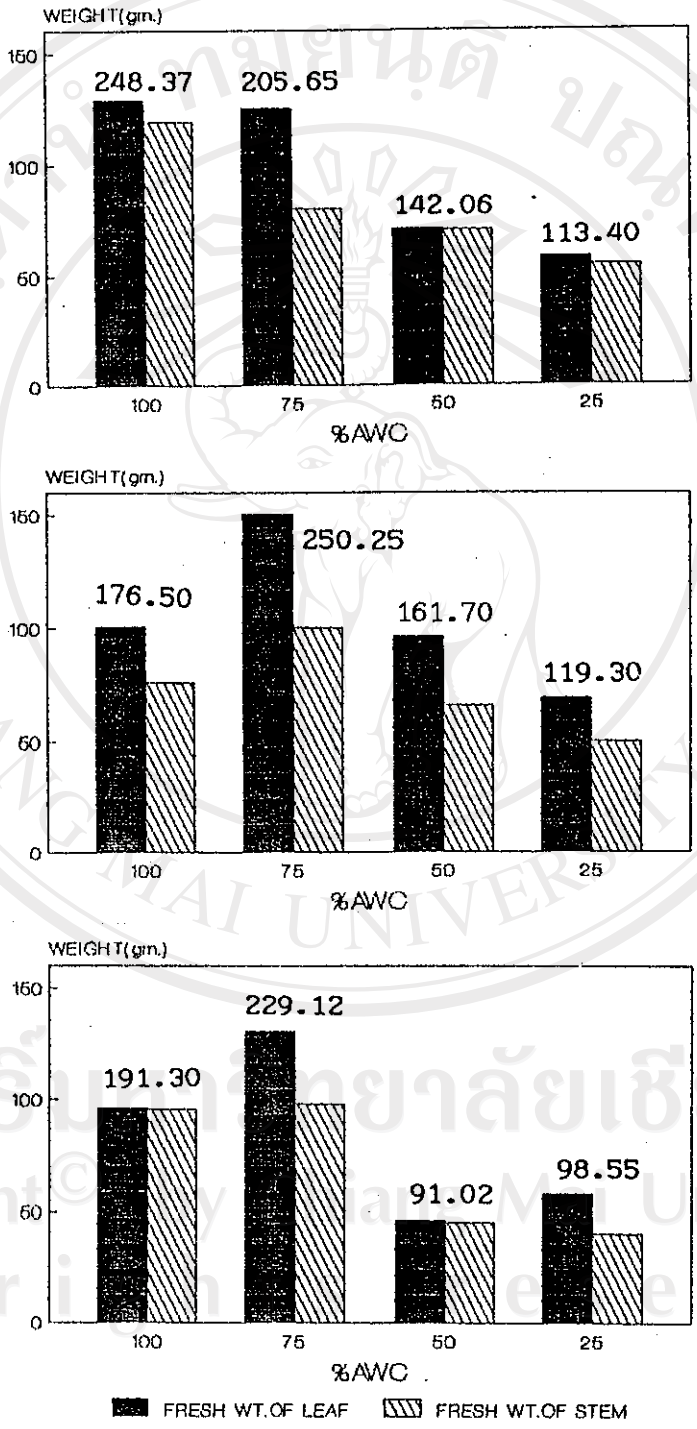
4.4.1 น้ำหนักสดของลำต้นและใบของกาแฟแต่ละพันธุ์

ภาพที่ 10 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักสด แยกเป็นส่วนของใบและลำต้น เนื่องจากอิทธิพลของสภาวะเครียดของการขาดน้ำและอุณหภูมิสูง ตัวเลขเหนือแท่งกราฟแสดงถึงน้ำหนักรวมของส่วนเหนือดิน (ลำต้นและใบ) จะเห็นได้ว่า พันธุ์ เรดแคททูร่า จะตอบสนองต่อการขาดน้ำมากที่สุดเมื่อระดับน้ำลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อระดับน้ำในดินลดลงเหลือ 50% และ 25% AWC

พันธุ์ เยลโล่คาทุยและพันธุ์ คาทิมอร์ 1662 มีการตอบสนองที่ต่างออกไปคือ เมื่อระดับน้ำในดินลดลงเหลือ 75% AWC กาแฟ 2 พันธุ์นี้จะมีน้ำหนักสดของใบมากขึ้น แม้ว่าน้ำหนักต้นจะไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ลักษณะดังกล่าวเป็นลักษณะที่ดีเพราะว่าเมื่อกาแฟมีใบมากขึ้น การบังแสงของใบจะมีมากขึ้นด้วย อัตราการสังเคราะห์แสงจะถูกกระทบกระเทือนน้อยลง เพราะจากการศึกษาพบว่า สำหรับการสังเคราะห์แสงที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ใบกาแฟต้องการความเข้มของแสงเพียง 600 $\mu Em^{-2}.s^{-1}$, หรือประมาณ 1 ใน 4 ของความเข้มแสงตอนเที่ยงวันของเขตศูนย์สูตร(Kumar, 1979)

อย่างไรก็ตาม ระดับน้ำในดินที่ลดลงมาก (50%, 25% AWC) จะไม่เหมาะสำหรับการเจริญเติบโตของกาแฟทุกพันธุ์ที่ใช้ทดลองครั้งนี้ เพราะทำให้น้ำหนักสดของใบและลำต้นลดต่ำลงอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นปริมาณน้ำที่กาแฟได้รับในช่วงการเจริญเติบโตจะมีผลต่อการเจริญของลำต้นและใบ ตรงกับรายงานของ Warrit and Sukasem (1985) ซึ่งพบว่าการเจริญเติบโตของกาแฟที่สถานีทดลองและฝึกอบรมการเกษตรที่สูง ขุนช่างเคี่ยน จังหวัดเชียงใหม่ จะมีอัตราการเจริญเติบโตดีเมื่อได้รับน้ำทุกวัน ความชื้นในดินที่ลดต่ำลงถึง 50% F.C. จะมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตอย่างเด่นชัด ถ้าความชื้นในดินลดลงถึง 25% F.C. ที่ต้นกาแฟจะเหี่ยวและชงักการเจริญเติบโต ในกรณีหลังค่าศักย์ของน้ำในใบจะลดลงต่ำลงถึง -27 บาร์ และปากใบจะเปิดน้อยมากตลอดวัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



1. พันธุ์ เรด แคททูร่า

2. พันธุ์ เยลโล่ คาทุย

3. พันธุ์ คาทิมอร์ 1662

ภาพที่ 10 น้ำหนักสดของใบและลำต้นของกาแฟอราบิก้า 3 พันธุ์ ภายใต้สภาวะเครียดของการขาดน้ำและอุณหภูมิสูง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4.2 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักแห้งของกาแฟแต่ละพันธุ์

ความสามารถของพืชในการปรับตัวเข้ากับสภาวะเครียดอาจแสดงผลออกมาในรูปอัตราการสะสมอาหาร และการเจริญเติบโตของส่วนต่าง ๆ ของพืชด้วย ในกรณีนี้ การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักแห้งของพืชขณะเจริญเติบโตในสภาวะเครียดจะเป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญ จากการศึกษาพบว่า

4.4.2.1 ระดับน้ำในดินที่ 100% AWC ทำให้กาแฟทุกพันธุ์มีการเพิ่มของน้ำหนักแห้งดีกว่าที่ระดับน้ำในดินที่ 75%, 50% และ 25% AWC ตามลำดับ

4.4.2.2 ข้อแตกต่างของการเพิ่มน้ำหนักแห้ง จะเริ่มแสดงให้เห็นอย่างเด่นชัดทันทีแม้ในเดือนแรกของการทดลอง

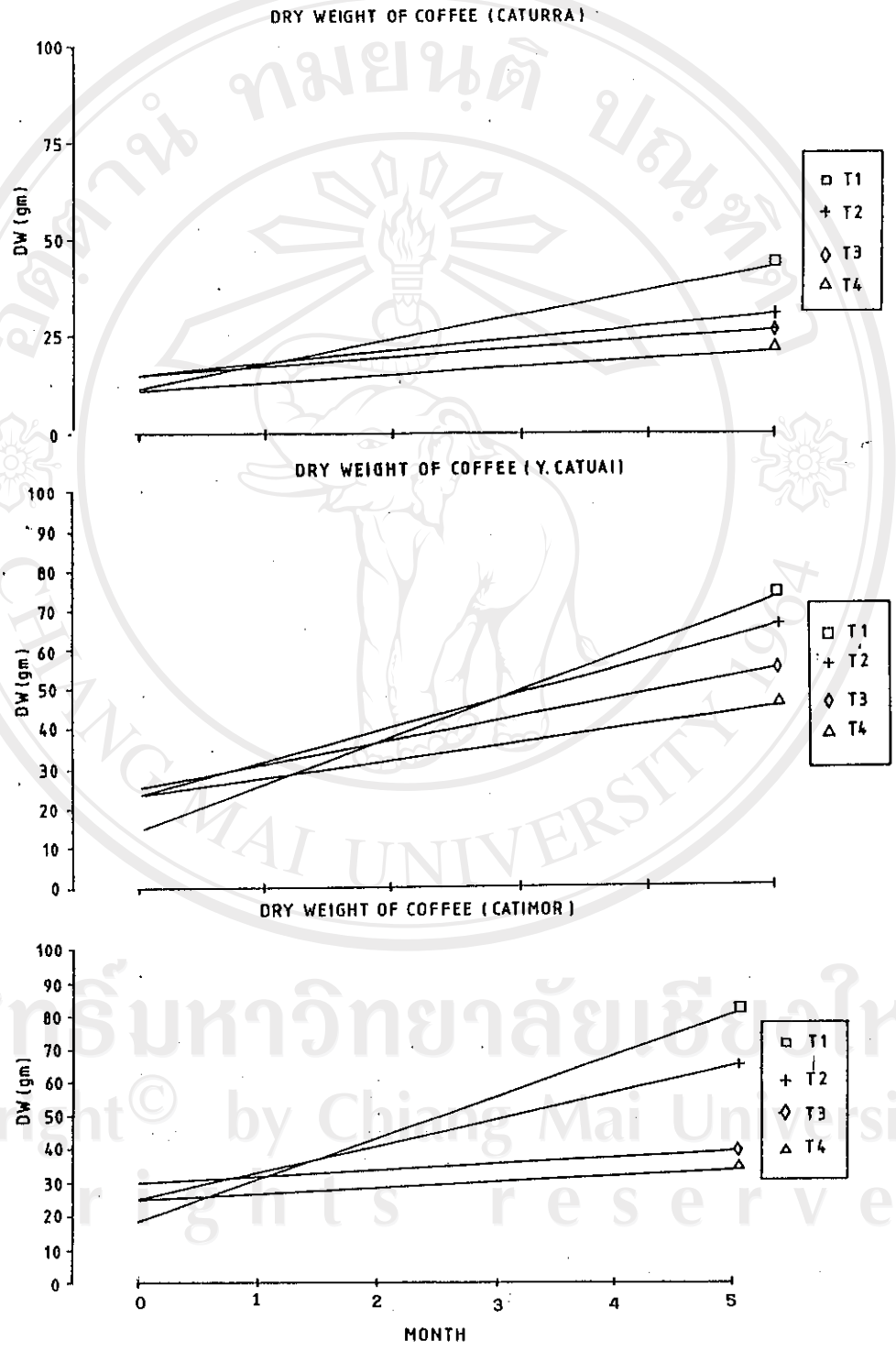
4.4.2.3 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์ที่ใช้ในการทดลองพบว่า

เมื่อต้นกาแฟได้รับน้ำอย่างเพียงพอคือที่ระดับน้ำ 100% และ 75% AWC พันธุ์ เยลโล่คาทุย และพันธุ์ คาทิมอร์ 1662 จะมีอัตราการเพิ่มน้ำหนักแห้งสูงกว่าพันธุ์ เรดแคททูร่า แต่ในระดับน้ำที่ต่ำ(50%, 25% AWC) พันธุ์ เยลโล่คาทุยจะมีอัตราการสะสมอาหารดีที่สุด ในขณะที่พันธุ์ เรดแคททูร่า และคาทิมอร์ 1662 จะมีน้ำหนักแห้งเกือบคงที่ตลอดเวลา 6 เดือน ที่พืชกระทบสภาวะการขาดน้ำ และอุณหภูมิสูง (ภาพที่ 11)

ผลจากการทดลองนี้ ตรงกับรายงานของ Kiara(1983) ซึ่งพบว่ากาแฟที่ปลูกในระยะชิด น้ำหนักแห้งของใบพืชที่ในที่ปลูกที่มีการให้น้ำอย่างเพียงพอจะเพิ่มขึ้น ขณะที่ใบกาแฟที่ปลูกในที่ไม่มีการให้น้ำมีค่าลดลง และในรายงานของ Kobayashi and Nagao (1986) ซึ่งทดลองหาน้ำหนักแห้งของใบกาแฟเปรียบเทียบระหว่างที่มีการให้น้ำในปริมาณ 700 มล./ต้น/สัปดาห์ กับที่มีการให้น้ำในปริมาณเท่า ๆ กัน แต่เพิ่มความถี่เป็น 2, 4, 7 ครั้งต่อสัปดาห์ พบว่าที่การให้น้ำเพียงครั้งเดียวต่อสัปดาห์ ทำให้น้ำหนักแห้งของใบกาแฟต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (5.69, 10.32, 10.16 และ 10.28 กรัม ตามลำดับ) โดยน้ำหนักแห้งของลำต้นไม่แตกต่างกัน

อาจสรุปผลในขั้นแรกได้ว่า พันธุ์ เยลโล่คาทุย น่าจะทนแล้งได้ดีกว่าพันธุ์อื่น Op de Laak (1986) รายงานว่า พันธุ์ เยลโล่คาทุยและเรดคาทุย ที่ปลูกในสภาวะแวดล้อมของบราซิลโดยมีการจัดการไม่ดี ไม่แสดงผลของความเครียดและความอ่อนแอให้เห็น และยังคงมีการเจริญเติบโตและทรงต้นที่ดี หลังจากให้ผลผลิตไปแล้วสามถึงสี่ปี แม้จะกระทบกับสภาวะเครียดเนื่องจากการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 11 การสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดินของกาแฟอราบิก้า 3 พันธุ์ ภายใต้สภาวะเครียดของการขาดน้ำและอุณหภูมิสูงในระยะยาว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ขาดน้ำที่ค่อนข้างรุนแรง ในขณะที่พันธุ์แคททูร่าจะติดผลมากเกินไป (Over bearing) และแสดงอาการกิ่งแห้งตาย (die back) ดังนั้นพันธุ์ เยลโล่คาทุย น่ามีศักยภาพที่จะเจริญได้ดีในสภาวะเครียดของสภาพแวดล้อมเมื่อเทียบกับพันธุ์ แคททูร่า ซึ่งประเทศบราซิลได้เลิกปลูกไปแล้ว

เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของน้ำหนักแห้งในเดือนที่ 5 ซึ่งเป็นช่วงหลัง ๆ ของการทดลอง พบว่า ระดับน้ำจะมีผลต่อน้ำหนักแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ระดับน้ำ 100% AWC จะมีน้ำหนักแห้งสูงสุดคือ 95.25 กรัม และสูงกว่าที่ระดับน้ำ 75% AWC อย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ระดับน้ำ 50% และ 25% AWC มีค่าน้ำหนักแห้งใกล้เคียงกัน คือ 51.37 และ 41.90 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 5) แสดงให้เห็นว่ากาแฟเป็นพืชที่ต้องการน้ำมากสำหรับการเจริญเติบโต โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่ออุณหภูมิของอากาศสูงอย่างสภาพของการทดลองครั้งนี้ (>30 °ซ.) ในสภาพแปลงปลูกจริงทางภาคเหนือที่มีอากาศจะร้อนและแห้งแล้งในช่วงเดือนมีนาคม–เมษายนซึ่งจะตรงกับช่วงฟื้นตัวของต้นกาแฟหลังการเก็บเกี่ยว และจะสะสมอาหารสำหรับการให้ผลผลิตในฤดูต่อไป การให้น้ำในช่วงนี้จะจำเป็นมาก แปลงปลูกที่ไม่มีน้ำให้แก่กาแฟในช่วงเดือนดังกล่าวจะเป็นอันตรายต่อต้นกาแฟมาก เพราะโอกาสที่กาแฟจะเกิดอาการกิ่งแห้งตายจะมีสูงมาก อันจะส่งผลให้การปลูกกาแฟไม่ประสบผลสำเร็จหรืออายุต้นกาแฟสั้นลง ดังนั้นการปลูกกาแฟทั้ง 3 พันธุ์นี้จึงต้องหาแหล่งน้ำสำหรับให้กับต้นพืชในช่วงฤดูร้อนและแห้งแล้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 5 แสดงน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดินของกาแฟ (กรัม) เมื่อปลูกภายใต้สภาวะเครียดนาน 5 เดือน

พันธุ์	ความชื้น (% AWC)				
	100	75	50	25	เฉลี่ย
เรด แคททูร่า	107.34	64.57	56.82	44.41	68.29
เยลโล่ คาทุย	78.42	82.94	62.76	45.4	67.38
คาทิมอร์ 1662	99.99	76.36	34.52	35.88	61.69
เฉลี่ย	95.25	74.62	51.37	41.90	

$LSD_{0.05}$ ระดับน้ำ = 15.498 $LSD_{0.05}$ พันธุ์ = NS

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4.3 พื้นที่ใบทั้งต้นของกาแฟแต่ละพันธุ์

การวัดพื้นที่ใบได้ทำควบคู่ไปกับการหาน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดิน เพื่อศึกษาการเปลี่ยนของการเจริญเติบโตของกาแฟแต่ละพันธุ์ ภายใต้สภาวะเครียดในระยะยาว พบว่า

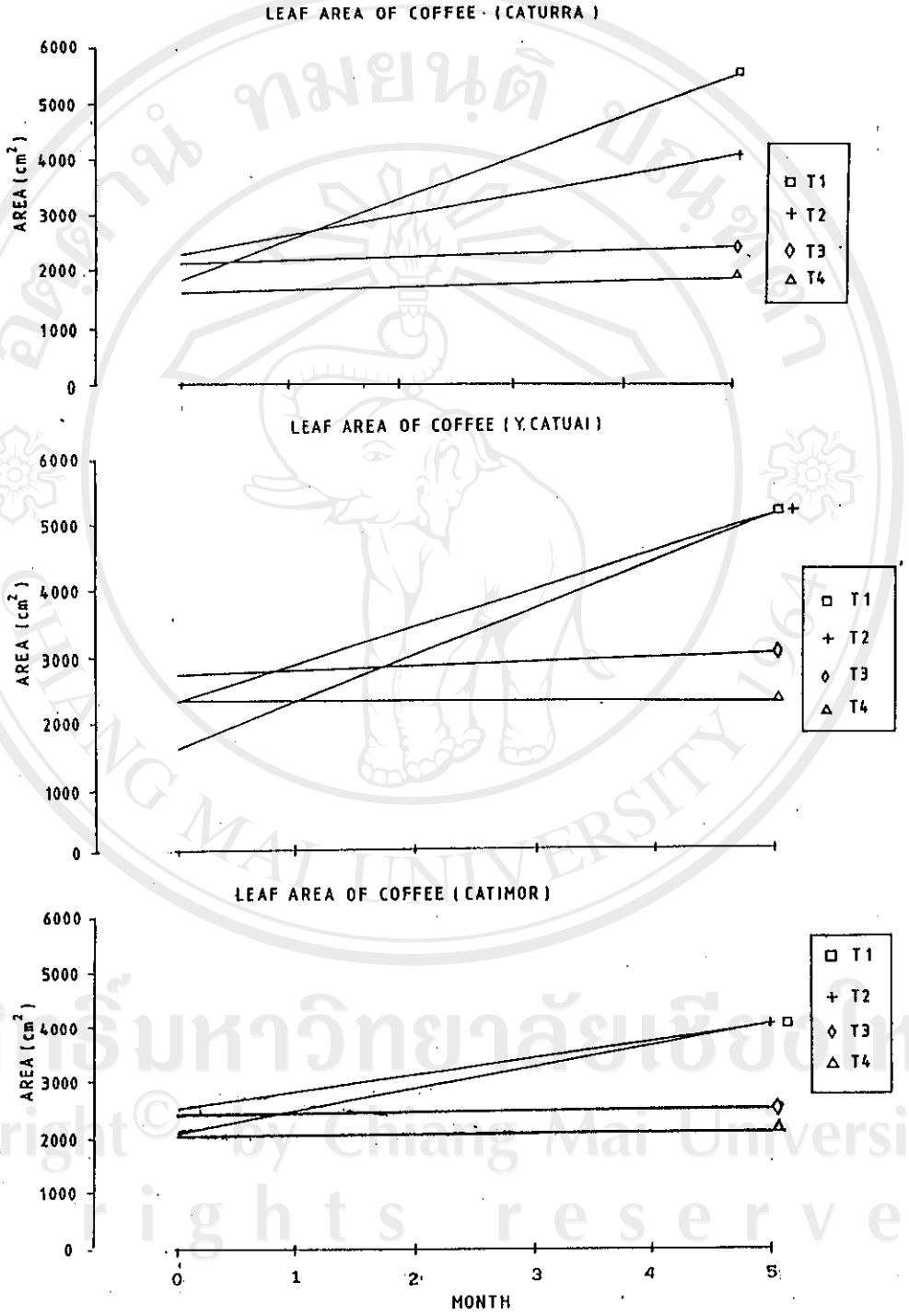
4.4.3.1 ในระดับน้ำในดินที่ 100% และ 75% AWC มีการเพิ่มของพื้นที่ใบสูงกว่าในระดับน้ำในดินที่ 50% และ 25% AWC ตามลำดับ (ภาพที่ 12) และจะมีพื้นที่ใบเพิ่มขึ้นตามอายุของต้นพืชด้วย

4.4.3.2 ที่ระดับน้ำ 50% และ 25% AWC ต้นกาแฟทุกพันธุ์จะมีพื้นที่ใบเกือบคงที่อยู่ในปริมาณเท่าเดิม ตลอดเวลาที่ศึกษานาน 6 เดือน เพราะใบใหม่ที่เกิดขึ้นมีขนาดเล็กลง ในขณะที่ใบเก่าจะแก่และร่วงไปเร็วกว่าปกติ ตรงกับรายงานของ Cannell (1971) ซึ่งพบว่าพื้นที่ใบของกาแฟที่ปลูกในที่ที่มีระดับของน้ำในดินสูงจะมีมากกว่าในที่ที่มีระดับของน้ำต่ำ โดยกาแฟจะมีอัตราส่วนของพื้นที่ใบต่อน้ำหนักแห้งของต้นในช่วงฝนตกสูงเป็นสองเท่าของในช่วงฤดูที่แห้งแล้ง เนื่องจากกาแฟมีการแตกกิ่งใหม่เพิ่มขึ้นมากในฤดูฝน

4.4.3.3 ที่ระดับน้ำ 75% AWC กาแฟพันธุ์ เยลโล่คาทุย และ คาทิมอร์ 1662 จะมีอัตราการเพิ่มของพื้นที่ใบสูงที่สุดในขณะที่พันธุ์ เรดแคททูร่า จะมีอัตราการเพิ่มของพื้นที่ใบต่ำกว่า ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างในการตอบสนองต่อการขาดน้ำในกาแฟแต่ละพันธุ์ โดยพันธุ์ เยลโล่ คาทุย และคาทิมอร์ 1662 มีอัตราการเพิ่มของพื้นที่ใบในระดับน้ำที่ 75% สูงกว่า 100% AWC (ภาพที่ 12) จากการสังเกตลักษณะภายนอกของพืชทดลอง พบว่าที่ระดับน้ำที่ 75% ต้นพืชจะมีการเจริญเติบโตดีกว่าทั้งลักษณะใบและลักษณะทรงพุ่ม อาจเป็นไปได้ว่า ระดับ 100% AWC เป็นปริมาณน้ำที่มากเกินไปจะทำให้มีปริมาณอากาศในบริเวณรากโดยเฉพาะอย่างยิ่งออกซิเจนลดลง สภาวะดังกล่าวจะทำให้ประสิทธิภาพของรากในการดูดน้ำและแร่ธาตุเป็นไปในอัตราที่ต่ำกว่า ที่ระดับ 75% AWC จึงทำให้พืชสร้างใบและสะสมอาหารได้น้อยลงด้วย

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ใบ น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดิน สามารถประเมินผลในขั้นแรกได้ว่า พันธุ์ เยลโล่ คาทุย มีการเจริญเติบโตภายใต้สภาวะเครียดของการขาดน้ำและอุณหภูมิสูงได้ดีที่สุด Wringley (1988) พบว่ากาแฟพันธุ์ เยลโล่คาทุย และเรด คาทุย จะมีทรงพุ่มดีกว่าพันธุ์ แคททูร่า โดยจะมีพื้นที่รับแสงรอบ ๆ ทรงพุ่มถึง 96% ทำให้เอื้ออำนวยต่อการสังเคราะห์แสงของพืชมากและพันธุ์ เยลโล่ คาทุย ยังมีดัชนีของพื้นที่ใบ (Leaf area index) = 8 ซึ่งเหมาะสมกับการให้ผลผลิตมาก ในที่มีระดับน้ำต่ำ ๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 12 พื้นที่ใบของกาแฟอราบิก้า 3 พันธุ์ ภายใต้สภาวะเครียดของการขาดน้ำและอุณหภูมิสูงในระยะยาว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.5 ปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบกาแฟอราบิก้าภายใต้สภาวะเครียดของการขาดน้ำและอุณหภูมิสูง

การศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์รวม และคลอโรฟิลล์ บี กระทำเมื่อพืชกระทบสภาวะเครียดนาน 5 เดือนเพื่อนำไปพิจารณาเป็นตัวแทน เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการสังเคราะห์แสงของกาแฟแต่ละพันธุ์ภายใต้สภาวะเครียดของการขาดน้ำและอุณหภูมิสูงทั้ง 3 พันธุ์ โดยใช้ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี เป็นเกณฑ์ เพราะคลอโรฟิลล์ บี เป็นตัวรับพลังงานจากแสงเป็นตัวแรกในขบวนการสังเคราะห์แสง (Lewan-dowska and Jarvis, 1977) ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 6,7

เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติของปริมาณคลอโรฟิลล์ในแต่ละพันธุ์ (ตารางที่ 6) พบว่า พันธุ์ เยลโล่คาทุย และมีปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุด (0.008977 mg.gm fw^{-1}) รองลงมาคือ พันธุ์ คาทิมอร์ 1662 และพันธุ์ เรดแคททูร่า (0.006645 และ 0.006065 mg.gm fw^{-1}) ตามลำดับ โดยพันธุ์ เยลโล่คาทุย มีปริมาณคลอโรฟิลล์มากกว่าอีกสองพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระดับน้ำในดินจะทำให้ ปริมาณคลอโรฟิลล์รวมแตกต่างกันทางสถิติด้วยคือ ระดับน้ำในดินที่ 100% AWC ทำให้ใบกาแฟมีปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุด (0.009012 mg.gm fw^{-1}) รองลงมาคือ ระดับน้ำ 75% AWC (0.008009 mg.gm fw^{-1}) ส่วนระดับน้ำที่ 50%, 25% AWC ปริมาณคลอโรฟิลล์มีค่าต่ำที่สุดและไม่แตกต่างกันในทางสถิติ

ในส่วนของปริมาณคลอโรฟิลล์ บี (ตารางที่ 7) พบว่า พันธุ์ เยลโล่คาทุย มีปริมาณคลอโรฟิลล์ บี มากที่สุด (0.005800 mg.gm fw^{-1}) รองลงมาคือ พันธุ์ คาทิมอร์ และเรดแคททูร่า (0.004018 และ 0.003624 mg.gm fw^{-1}) ตามลำดับ โดยพันธุ์ เยลโล่คาทุย มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากอีกสองสายพันธุ์ดังกล่าว ส่วนปัจจัยเกี่ยวกับระดับน้ำในดิน พบว่าระดับน้ำในดินที่ 100% AWC ทำให้ใบกาแฟมีปริมาณคลอโรฟิลล์ บี มากที่สุด เช่นกัน (0.005816 mg.gm fw^{-1}) รองลงมาคือ ที่ระดับน้ำ 75% AWC (0.004907 mg.gm fw^{-1}) ส่วนระดับน้ำที่ 50%, 25% AWC ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ

ปริมาณคลอโรฟิลล์รวมและคลอโรฟิลล์ บี ที่วัดได้จากการทดลองครั้งนี้ มีปริมาณที่มากกว่าค่าที่ได้จากรายงานของ Akunda and Kumar (1979) ซึ่งค่าของคลอโรฟิลล์รวมและคลอโรฟิลล์ บี ของใบที่อยู่กลางแจ้งประมาณ 0.004334 และ 0.001936 mg.gm fw^{-1} ตามลำดับ อาจเป็น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 6 ปริมาณคลอโรฟิลล์ของกาแฟอราบิก้า (mg.gm fw^{-1}) เมื่อปลูกภายใต้สภาวะเครียดของการขาดน้ำและอุณหภูมิสูง นาน 5 เดือน

พันธุ์	AWC (%)				
	100	75	50	25	เฉลี่ย
เรด แคททูร่า	0.006237	0.006774	0.005529	0.005722	0.006065
เยลโล่ คาทุย	0.012634	0.011375	0.005424	0.005479	0.008977
คาทิมอร์ 1662	0.008167	0.005880	0.006825	0.005711	0.006645
เฉลี่ย	0.009012	0.008009	0.005925	0.005637	

$LSD_{0.05}$ พันธุ์ = 0.000639 $LSD_{0.05}$ ระดับน้ำ = 0.000700

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 7 ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ของกาแฟอราบิก้า (mg.gm fw^{-1}) เมื่อปลูกภายใต้สภาวะเครียดของการขาดน้ำและอุณหภูมิสูง นาน 5 เดือน

พันธุ์	AWC (%)				
	100	75	50	25	เฉลี่ย
เรด แคททูร่า	0.003728	0.003934	0.003409	0.003426	0.003624
เยลโล่ คาทุย	0.008520	0.007359	0.003364	0.003959	0.005800
คาทิมอร์ 1662	0.005203	0.003429	0.003920	0.003522	0.004018
เฉลี่ย	0.005816	0.004907	0.003564	0.003635	

$LSD_{0.05}$ พันธุ์ = 0.000612 $LSD_{0.05}$ ระดับน้ำ = 0.000663

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เพราะวิธีการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน Akunda and Kumar ใช้วิธีการของ Arnon (1949) ซึ่งใช้ Acetone เป็นตัวสกัดคลอโรฟิลล์ ในขณะที่การทดลองครั้งนี้ใช้ Chloroform เป็นตัวสกัด จากผลการทดลองเห็นว่าในระดับน้ำที่สูง (100% และ 75% AWC) ใบกาแฟมีปริมาณคลอโรฟิลล์ใกล้เคียงกันและสูงกว่ากาแฟที่อยู่ในที่ระดับน้ำต่ำ (50% AWC) ซึ่งตรงกับรายงานของ Bradford and Hsiao (1982) ที่ว่า ความเครียดของน้ำที่ต่ำจะมีผลต่อขบวนการสร้างคลอโรฟิลล์จากแสงในใบอ่อนของพืช โดยไม่มีผลต่อใบแก่ของพืชทั่วไป แต่ถ้าความเครียดของน้ำมีมาก (ค่าศักย์ของน้ำลดลงจนถึง -21 บาร์) ความเครียดของน้ำจะทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบลดลงอย่างมาก ทั้งในใบแก่และใบอ่อน Cannell (1985) รายงานว่า สำหรับกาแฟอราบิก้ามีอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการสังเคราะห์แสงจะอยู่ใน ช่วง 15-24 °ซ. อุณหภูมิที่สูงกว่า 25 °ซ. อัตราการสังเคราะห์แสงจะลดลง ใบจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง(Chlorotic Symptom) เพราะสูญเสียคลอโรฟิลล์ ซึ่ง Akunda และ Kumar (1979) ทดลองพบว่า คลอโรฟิลล์ของใบกาแฟที่ปลูกในที่ที่มีสภาพแสงแดดจ้า จะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ต่ำกว่ากาแฟที่ปลูกในที่ร่มเงา ปกติสภาพแสงที่เหมาะสมกับขบวนการสังเคราะห์แสงของกาแฟจะอยู่ในช่วง 300-600 $\mu E.m^{-2}.s^{-1}$ ซึ่งถ้าสูงกว่านี้ จะทำให้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงลดลง

ดังนั้น อาจกล่าวได้ว่า สภาพการขาดน้ำและอุณหภูมิสูงอย่างในการทดลองนี้ นอกจากจะทำให้มีการสร้างคลอโรฟิลล์น้อยลงแล้ว ยังทำให้ประสิทธิภาพคลอโรฟิลล์ในใบลดลงด้วย ซึ่งจะส่งผลให้ต้นกาแฟที่ปลูกในระดับความชื้นที่ 50% และ 25% AWC มีอัตราการเจริญเติบโตน้อยกว่าที่ระดับ 100% และ 75% AWC ดังผลการทดลองข้างต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved