การศึกษาการใช้น้ำของต้นทุเรียน มังคุด เงาะ และลองกองโดยวิธีพัลส์ความร้อน

Investigation of the Water Use of Durian, Mangosteen, Rambutan and Longkong Trees by the Heat Pulse Technique

วิชณีย์ ออมทรัพย์สิน

Vichanee Ormzubsin

194526

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Science Thesis in Plant Science

Prince of Songkla University

2543

ชื่อวิทยานิพนธ์ การศึกษาการใช้น้ำของต้นทุเรียน มังคุด เงาะ และลองกองโดยวิธีพัลส์ความร้อน
ผู้เขียน นางสาววิชณีย์ ออมทรัพย์สิน
สาขาวิชา พืชศาสตร์

คณะกรรมการที่ปรึกษา

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สายัณห์ สดุดี)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์มงคล แซ่หลิม)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูศักดิ์ ลิ่มสกุล)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สายัณห์ สดุดี)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์มงคล แซ่หลิม)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูศักดิ์ ลิ่มสกุล)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประวิตร โสภโณดร)

.....กรรมการ
(ดร.อารักษ์ จันทศิลป์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชศาสตร์

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.นพรัตน์ บำรุงรักษ์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์ การศึกษาการใช้น้ำของต้นทุเรียน มังคุด เงาะ และลองกองโดยวิธีพัลส์ความร้อน

ผู้เขียน นางสาววิชณีย์ ออมทรัพย์สิน

สาขาวิชา พืชศาสตร์

ปีการศึกษา 2542

บทคัดย่อ

จากการวัดการใช้น้ำของต้นไม้ผลเมืองร้อนโดยวิธีพัลส์ความร้อน ในเดือนมีนาคม 2542 โดยทำการทดลอง ณ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช พืชที่ใช้ทดสอบในการวัดมี 4 ชนิดคือ ทุเรียน มังคุด เงาะ และลองกอง (ชนิดละ 3 ต้น) โดยวัดด้วยเครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำในพืชของ Greenspan Technology รุ่น SF300 ของประเทศออสเตรเลีย ติดตั้งชุดอุปกรณ์วัดอุณหภูมิจำนวน 2 หัววัด (probe) ต่อ 1 ต้น ในช่วงที่ดำเนินการวัดมีการบันทึกข้อมูลอุตุนิยมวิทยา การเปลี่ยนแปลงในช่วงวัน (07.00-18.00) ของแสงที่ตกกระทบ การชักนำของปากใบ และค่าศักย์ของน้ำในลำต้นและใบของไม้ผล

ผลจากการวัดพบว่า อัตราการใช้น้ำของไม้ผลทั้ง 4 ชนิด มีการเปลี่ยนแปลงสอดคล้องกับสภาพอากาศและพื้นที่กระพี้ (sapwood area) ของลำต้น โดยที่การเปลี่ยนแปลงของอัตราการใช้น้ำในรอบวันมีความสัมพันธ์กับปริมาณแสง ค่าการชักนำปากใบ และศักย์ของน้ำในลำต้นและใบ คือ อัตราการไหลของน้ำและค่าการชักนำปากใบเพิ่มขึ้นจากช่วงเช้าและสูงสุดในช่วงกลางวัน จากนั้นจะลดลงอย่างช้าๆ ในช่วงบ่าย แต่ค่าศักย์ของน้ำในลำต้นและใบกลับมีการเปลี่ยนแปลงในทางตรงข้าม เมื่อพิจารณาผลจากการวัดอัตราการไหลของน้ำในพืชแต่ละชนิดพบว่า มีความแปรปรวนในต้นทุเรียน ต่างจากค่าที่วัดได้ในต้นมังคุด เงาะ และลองกองซึ่งมีค่าสม่ำเสมอ จากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อไม้ส่วนกระพี้ เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อน้ำ และระยะห่างระหว่างท่อน้ำด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราดและการทำสไลด์ถาวรพบว่า โครงสร้างกระพี้ของต้นทุเรียนไม่มีความสม่ำเสมอ (heterogeneous) ในขณะที่โครงสร้างกระพี้ของต้นมังคุด เงาะ และลองกองมีความสม่ำเสมอ (homogeneous) ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่า การวัดที่ได้ผลดีขึ้นกับการจัดเรียงตัวของท่อน้ำที่สม่ำเสมอในส่วนกระพี้ จากเหตุผลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า การศึกษาการใช้น้ำของพืชด้วยเครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำในพืชยังมีข้อจำกัดในไม้ผลเมืองร้อนบางชนิด โดยเฉพาะกรณีที่โครงสร้างของกระพี้มีลักษณะแตกต่างกันเหมือนในทุเรียน ดังนั้นในกรณีดังกล่าว

ควรใช้จำนวนชุดอุปกรณ์วัดอุณหภูมิต่อต้นให้มากขึ้น เพื่อควบคุมและลดความแปรปรวนของอัตราการไหลของน้ำในพืช

Thesis Title Investigation of the Water Use of Durian, Mangosteen, Rambutan and Longkong Trees by the Heat Pulse Technique

Author Miss Vichanee Ormzubsin

Major Program Plant Science

Academic Year 1999

Abstract

The water use of tropical fruit trees determined by the heat pulse technique was evaluated in March 1999. An experiment was established at Rajamangala Institute of Technology, Nakhon Si Thammarat Campus in Tungsong District, Nakhon Si Thammarat Province. Four species of tropical fruit trees were used; they were durian (*Durio zibethinus* Murr.), mangosteen (*Garcinia mangostana* Linn.), rambutan (*Nephelium lappaceum*) and longkong (*Aglaia dookkoo*). The sapflow rate of each species were determined from 3 trees. A couple of sapflow sensors (model SF300, Greenspan Technology, Australia) were installed on each tree. During the measurement period, meteorological data was recorded; and diurnal changes of photon flux density, stomatal conductance and leaf-stem water potential were measured from 7 am to 6 pm.

It was found that daily sapflow rate of tropical fruit trees varied with the changes of weather conditions and sapwood area. Diurnal variations in sapflow rate of tropical fruit trees were related with radiation, stomatal conductance and leaf-stem water potential. Sapflow rate and stomatal conductance increased from the morning and reached the peak in the midday, then they decreased slowly during the afternoon. On the otherhands, leaf-stem water potential changes were opposited. In the determination of sapflow rate, it showed that a variation of measurement occurred in durian trees, while velocity of sapflow rates in the stem of mangosteen, rambutan and longkong trees were consistency. An anatomy study of sapwood by Scanning Electron Microscope (SEM) and permanent slide to determine diameter of xylem vessels and distance between xylem vessels. The results showed that sapwood of durian were quite heterogeneous, but sapwood of the remaining species were homogeneous. Therefore, such variability of

sapflow velocity occurred in durian trees. This indicated that reliability of heat pulse technique depended on homogeneous of sapwood.

From the results, it pointed out that there was a limitation of using heat-pulse technique in the determination of water use in some tropical fruit trees. In case of heterogeneous sapwood in some species such as durian, many sensors used to be employed to reduce variation in sapflow measurement.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือจากผู้มีพระคุณ ดังต่อไปนี้คือ

รองศาสตราจารย์ ดร.สายัณห์ สดุดี ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาสั่งสอน ให้คำปรึกษาและแนวทางในการวิจัย และการเรียบเรียงวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

รองศาสตราจารย์ มงคล แซ่หลิม และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูศักดิ์ ลิ่มสกุล กรรมการที่ปรึกษาและกรรมการสอบ ที่กรุณาให้คำแนะนำเทคนิคการใช้เครื่องมือ ขั้นตอนในการวิจัย และการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้ถูกต้องยิ่งขึ้น

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประวิตร โสภโณดร และ ดร.อารักษ์ จันทศิลป์ กรรมการสอบ ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้ถูกต้อง และสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

บัณฑิตวิทยาลัย ที่ให้การสนับสนุนทุนในการวิจัย

ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาของพืช ตลอดจนวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

อาจารย์นพ ศักดิเศรษฐ์ และสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช ที่ให้ความอนุเคราะห์แปลงไม้ผลสำหรับใช้ในการวิจัย

คุณสมยศ ชูกำเนิด และศูนย์วิจัยยางสงขลา ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือในการวิจัย

อาจารย์อุปถัมภ์ มีสวัสดิ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำเทคนิคการศึกษาและความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างกระพี้

คุณสุจิตรา พรหมเชื้อ คุณนารี ว่องวงศ์อารี คุณจักรพงศ์ โลหะ คุณสุภาณี ชนะวีรวรรณ คุณเพ็ญศิริ จำรัสฉาย คุณธีรวุฒิ ชุตินันทกุล คุณจักรกฤษณ์ หมั่นวิชา และน้อง ๆ นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาพืชศาสตร์ทุกท่าน ที่มีส่วนช่วยเหลือในการทำวิจัยจนสำเร็จลงด้วยดี

คุณแม่และน้อง ๆ ที่ให้กำลังใจเสมอมา ตลอดจนสถาบันการศึกษาและคณาจารย์ที่อบรมสั่งสอนทุกท่าน

วิชณีย์ ออมทรัพย์สิน

สารบาญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	(3)
Abstract	(5)
กิตติกรรมประกาศ.....	(7)
สารบาญ.....	(8)
รายการตาราง.....	(9)
รายการภาพ.....	(10)
บทที่	
1. บทนำ.....	1
บทนำต้นเรื่อง.....	1
การตรวจเอกสาร.....	3
วัตถุประสงค์.....	12
2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ.....	13
3. ผลการทดลอง	23
โครงสร้างกระพี้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อน้ำ และระยะห่างระหว่างท่อน้ำของต้นทุเรียน มังคุด เงาะ และลองกอง.....	23
อัตราการใช้น้ำของต้นทุเรียน มังคุด เงาะ และลองกอง.....	28
ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้น้ำ และสภาพอากาศระหว่างการทดลองของต้นทุเรียน มังคุด เงาะ และลองกอง.....	36
ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสงเหนือทรงพุ่ม อัตราการใช้น้ำ และกระบวนการทางสรีรวิทยาของต้นทุเรียน มังคุด เงาะ และลองกอง.....	44
4. วิจารณ์.....	52
5. สรุป.....	59
เอกสารอ้างอิง.....	60
ภาคผนวก.....	67
ประวัติผู้เขียน.....	74

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1.	เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อน้ำ และระยะห่างระหว่างท่อน้ำในส่วนพื้นที่กระพี้จากกิ่งและลำต้นของต้นทุเรียน มังคุด เงาะ และลองกอง.....	27
2.	ปริมาณการใช้น้ำของต้นทุเรียนอายุ 15 ปี ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น พื้นที่กระพี้ ดัชนีพื้นที่ใบ และปริมาตรทรงพุ่มที่แตกต่างกัน.....	29
3.	ปริมาณการใช้น้ำของต้นมังคุดอายุ 24 ปี ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น พื้นที่กระพี้ ดัชนีพื้นที่ใบ และปริมาตรทรงพุ่มที่แตกต่างกัน.....	31
4.	ปริมาณการใช้น้ำของต้นเงาะอายุ 24 ปี ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น พื้นที่กระพี้ ดัชนีพื้นที่ใบ และปริมาตรทรงพุ่มที่แตกต่างกัน.....	33
5.	ปริมาณการใช้น้ำของต้นลองกองอายุ 12 ปี ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น พื้นที่กระพี้ ดัชนีพื้นที่ใบ และปริมาตรทรงพุ่มที่แตกต่างกัน.....	35

รายการภาพ

ภาพที่		หน้า
1.	การติดตั้งตัวผ่านความร้อนและอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ	8
2.	การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่อุปกรณ์วัดอุณหภูมิด้านบนและด้านล่าง (ก) และ To (ข).....	8
3.	สภาพต้นทุเรียน (ก) และมังคุด (ข) ที่ทำการทดลอง.....	20
4.	สภาพต้นเงาะ (ก) และลองกอง (ข) ที่ทำการทดลอง.....	21
5.	เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำในพืช (sapflow sensor) รุ่น SF300 ของ Greenspan Technology, Australia	22
6.	โครงสร้างกระพี้และการจัดเรียงตัวของท่อน้ำ จากการตัดตามขวางของกิ่งทุเรียน (ก), มังคุด (ข), เงาะ (ค) และลองกอง (ง)	24
7.	ภาพตัดตามขวางของท่อน้ำจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด - การจัดเรียงตัวของท่อน้ำทุเรียน (ก1), มังคุด (ข1), เงาะ (ค1) และลองกอง (ง1) (กำลังขยายx40) - ขนาดของท่อน้ำทุเรียน (ก2), มังคุด (ข2), เงาะ (ค2) และลองกอง (ง2) (กำลังขยายx450).....	25
8.	ภาพตัดตามยาวของท่อน้ำจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด - การจัดเรียงตัวของท่อน้ำทุเรียน (ก1), มังคุด (ข1), เงาะ (ค1) และลองกอง (ง1) (กำลังขยายx40) - ขนาดของท่อน้ำทุเรียน (ก2), มังคุด (ข2), เงาะ (ค2) และลองกอง (ง2) (กำลังขยายx450).....	26
9.	ความเร็วเฉลี่ย (ก) และอัตราการไหลของน้ำ (ข) ของต้นทุเรียนอายุ 15 ปี จำนวน 3 ต้น (เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ต้นที่ 1 2 และ 3 มีค่า 26.2 28.0 และ 33.5 เซนติเมตร) วัดเมื่อวันที่ 20 มีนาคม 2542 ที่แปลงไม้ผล คณะวิชาพืชศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช.....	28

รายการภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

10. ความเร็วเฉลี่ย (ก) และอัตราการไหลของน้ำ (ข) ของต้นมังคุด อายุ 24 ปี จำนวน 3 ต้น (เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ต้นที่ 1 2 และ 3 มีค่า 19.7 24.7 และ 25.0 เซนติเมตร) วัดเมื่อวันที่ 23 มีนาคม 2542 ที่แปลงไม้ผล คณะวิชาพืชศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช อำเภอทุ่งสงจังหวัดนครศรีธรรมราช..... 30

11. ความเร็วเฉลี่ย (ก) และอัตราการไหลของน้ำ (ข) ของต้นเงาะ อายุ 24 ปี จำนวน 3 ต้น (เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ต้นที่ 1 2 และ 3 มีค่า 24.6 25.0 และ 28.2 เซนติเมตร) วัดเมื่อวันที่ 26 มีนาคม 2542 ที่แปลงไม้ผล คณะวิชาพืชศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช..... 32

12. ความเร็วเฉลี่ย (ก) และอัตราการไหลของน้ำ (ข) ของต้นลองกอง อายุ 12 ปี จำนวน 3 ต้น (เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ต้นที่ 1 2 และ 3 มีค่า 15.2 15.6 และ 17.0 เซนติเมตร) วัดเมื่อวันที่ 29 มีนาคม 2542 ที่แปลงไม้ผล คณะวิชาพืชศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช..... 34

13. ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ที่สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ระหว่างวันที่ 18-22 มีนาคม 2542..... 36

14. ความเร็วเฉลี่ย (——) และอัตราการไหลของน้ำ ( ) ของต้นทุเรียน อายุ 15 ปี ที่สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ระหว่างวันที่ 19-21 มีนาคม 2542..... 36

15. ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ที่สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ระหว่างวันที่ 21-25 มีนาคม 2542..... 38

16. ความเร็วเฉลี่ย (——) และอัตราการไหลของน้ำ (.....) ของต้นมังคุด อายุ 24 ปี ที่สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ระหว่างวันที่ 22-24 มีนาคม 2542..... 38

รายการภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
17.	ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ที่สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ระหว่างวันที่ 24-28 มีนาคม 2542.....	40
18.	ความเร็วเฉลี่ย (——) และอัตราการไหลของน้ำ (· ··) ของต้นเงาะ อายุ 24 ปี ที่สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ระหว่างวันที่ 25-27 มีนาคม 2542.....	40
19.	ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ที่สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ระหว่างวันที่ 27-31 มีนาคม 2542.....	42
20.	ความเร็วเฉลี่ย (——) และอัตราการไหลของน้ำ (·····) ของต้นลองกอง อายุ 12 ปี ที่สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ระหว่างวันที่ 28-30 มีนาคม 2542.....	42
21.	การเปลี่ยนแปลงของปริมาณแสงเหนือทรงพุ่ม (ก) อัตราการไหลของน้ำในต้น (ข) ค่าเฉลี่ยศักย์ของน้ำในลำต้นและใบ (ค) และค่าเฉลี่ยการชักนำปากใบ (ง) ของต้นทุเรียน อายุ 15 ปี ในรอบวันของวันที่ 19 มีนาคม 2542.....	45
22.	การเปลี่ยนแปลงของปริมาณแสงเหนือทรงพุ่ม (ก) อัตราการไหลของน้ำในต้น (ข) ค่าเฉลี่ยศักย์ของน้ำในลำต้นและใบ (ค) และค่าเฉลี่ยการชักนำปากใบ (ง) ของต้นมังคุด อายุ 24 ปี ในรอบวันของวันที่ 23 มีนาคม 2542.....	47
23.	การเปลี่ยนแปลงของปริมาณแสงเหนือทรงพุ่ม (ก) อัตราการไหลของน้ำในต้น (ข) ค่าเฉลี่ยศักย์ของน้ำในลำต้นและใบ (ค) และค่าเฉลี่ยการชักนำปากใบ (ง) ของต้นเงาะ อายุ 24 ปี ในรอบวันของวันที่ 27 มีนาคม 2542.....	49
24.	การเปลี่ยนแปลงของปริมาณแสงเหนือทรงพุ่ม (ก) อัตราการไหลของน้ำในต้น (ข) ค่าเฉลี่ยศักย์ของน้ำในลำต้นและใบ (ค) และค่าเฉลี่ยการชักนำปากใบ (ง) ของต้นลองกอง อายุ 12 ปี ในรอบวันของวันที่ 30 มีนาคม 2542.....	51

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

จากแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 7 ได้มุ่งส่งเสริมด้านการเกษตร โดยการพัฒนาการผลิตและคุณภาพของพืชที่มีศักยภาพ ซึ่งเงาะ ทุเรียน มังคุด และลองกอง จัดเป็นไม้ผลที่มีศักยภาพในการผลิตและการตลาดสูง โดยพิจารณาจากพื้นที่ปลูกในปี 2527 ไม้ผลดังกล่าวมีพื้นที่ปลูกเรียงตามลำดับดังนี้ คือ 385,580 344,818 69,196 และ 25,825 ไร่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2530) และเพิ่มเป็น 468,312 800,152 236,666 และ 160,783 ไร่ ในปี 2538 (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2541) การผลิตไม้ผลเพื่อที่จะให้ได้รับผลตอบแทนที่คุ้มค่าต่อการลงทุน ต้องมุ่งเน้นการผลิตให้ผลผลิตมีปริมาณสูงและคุณภาพดี ซึ่งน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญมากปัจจัยหนึ่งในการผลิตไม้ผลให้มีปริมาณสูงและคุณภาพดี เนื่องจากถ้าหากไม้ผลขาดน้ำหรือได้รับสภาวะเครียดน้ำในช่วงการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นจะส่งผลให้ลำต้นแคระแกร็น ไม่สมบูรณ์ หรือถ้าหากขาดน้ำในช่วงติดดอกออกผล จะส่งผลให้ดอกหรือผลอ่อนร่วง คุณภาพผลต่ำ หรือถ้าหากมีการให้น้ำมากเกินความต้องการของพืช จะทำให้เสียค่าใช้จ่ายสูง ธาตุอาหารถูกชะล้าง และมีน้ำขัง ส่งผลให้การเจริญเติบโตของพืชหยุดชะงัก (Rahardjo, 1989) และเนื่องจากปัจจุบันทั่วโลกกำลังประสบปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม ซึ่งเกิดจากการตัดไม้ทำลายป่าและการทำลายสภาพแวดล้อม ก่อให้เกิดมลพิษและสภาวะเรือนกระจกแก่บรรยากาศของโลก ส่งผลให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น ช่วงแล้งยาวนานขึ้น และความชื้นในบรรยากาศลดลง ส่งผลกระทบต่อปัญหาการขาดแคลนน้ำใช้ในด้านการเกษตรมากขึ้น จึงจำเป็นต้องศึกษาการใช้น้ำของไม้ผล เพื่อช่วยให้สามารถจัดการทรัพยากรน้ำที่มีอยู่จำกัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ปัจจุบันการศึกษาความต้องการน้ำของพืชในต่างประเทศใช้วิธีการวัดโดยตรง และการวัดโดยอ้อม ซึ่งการวัดโดยตรงมีหลายวิธีเช่น การใช้ถังวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeter) การวัดอัตราการไหลของน้ำในพืชโดยใช้สีหรือสารกัมมันตรังสี (injecting dyes or radioactive tracers) (Kramer and Boyer, 1995) หรือการวัดอัตราการไหลของน้ำในพืชโดยใช้ความร้อน (velocity of sap flow by heat) ซึ่งสามารถวัดได้ 4 วิธี ดังนี้คือ วิธีสมดุลความร้อนในต้น (the stem heat balance method), วิธีสมดุลความร้อนในส่วนของต้น (the trunk sector heat balance method), วิธีพัลส์ความร้อน (the heat pulse method) และวิธีกระจายความร้อน (the thermal dissipation

method) สำหรับการวัดโดยอ้อมมีหลายวิธีเช่นเดียวกันเช่น การวัดปริมาณน้ำในดิน การคำนวณจากค่าการเปิด-ปิดปากใบ หรือการคำนวณจากข้อมูลอุตุนิยมวิทยาโดยใช้สูตรของ Penman-Monteith อย่างไรก็ตามการวัดการใช้น้ำของพืชโดยอ้อมมีปัจจัยจำกัดหลายประการเช่น ระดับน้ำในดิน อายุของใบ หรือความแปรปรวนของสภาพอากาศ และจากการศึกษาเปรียบเทียบพบว่าค่าที่ได้จากการวัดโดยตรงมีความเที่ยงตรงมากกว่าการวัดโดยอ้อม (Smith and Allen, 1996) นอกจากนี้ยังพบว่า การศึกษาเกี่ยวกับการวัดการใช้น้ำโดยตรงของไม้ผลในเขตร้อนมีน้อยมาก เนื่องจากการศึกษาดังกล่าวต้องอาศัยเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ค่อนข้างจำเพาะ และยุ่งยากในการดำเนินการหรือติดตั้ง ดังนั้นการที่จะเลือกวิธีการใดให้เหมาะสมที่สุดในการศึกษาการใช้น้ำของพืชต้องคำนึงถึงชนิดและขนาดของพืช วัตถุประสงค์และระยะเวลาที่ต้องการศึกษา ตลอดถึงเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

ดังนั้นการทดลองครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาการใช้น้ำของไม้ผลในเขตร้อน 4 ชนิด ได้แก่ เงาะ มังคุด ทุเรียน และลองกอง ซึ่งเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญ โดยการวัดอัตราการไหลของน้ำในพืชด้วยวิธีพัลส์ความร้อน โดยใช้เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำในพืช (sapflow sensor) ของ Greenspan ซึ่งเป็นเครื่องมือที่เหมาะสมในการวัดการใช้น้ำของไม้ผลเขตร้อนที่มีผิวเปลือกลำต้นค่อนข้างขรุขระ สามารถศึกษาได้เป็นระยะเวลาหลายวัน และไม่ต้องตัดลำต้นเพื่อใช้ในการศึกษาเหมือนวิธีการวัดอัตราการไหลของน้ำในต้นพืชโดยใช้สีหรือสารกัมมันตรังสี และค่าที่ได้มีความเที่ยงตรงค่อนข้างสูง (Smith and Allen, 1996) นอกจากนี้มีการศึกษาโครงสร้างกระพี้ เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อน้ำ (xylem vessel) และระยะห่างระหว่างท่อน้ำ ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้น้ำ สภาพอากาศ ปริมาณแสงเหนือทรงพุ่ม และกระบวนการทางสรีรวิทยาของไม้ผลเขตร้อนทั้ง 4 ชนิด เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดการทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อการเจริญของไม้ผลดังกล่าวต่อไป

การตรวจเอกสาร

1. นิเวศน์ของทุเรียน มังคุด เงาะ และลองกอง

1.1 ทุเรียน

ทุเรียน (durian) จัดอยู่ในวงศ์ Bombacaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Durio zibethinus* Murr. (เต็ม สมิตินันท์, 2523) ทุเรียนเป็นไม้ผลที่มีขนาดปานกลางถึงขนาดโต ขึ้นกับความสมบูรณ์ของดินและสภาพแวดล้อมที่ปลูก (สุจรรยา ตราดธารทิพย์, 2533) นพรัตน์ บำรุงรักษ์ (2536) กล่าวว่า ทุเรียนที่ปลูกในระยะแรกต้องการน้ำมากจนกระทั่งถึงระยะออกดอก ในระยะที่ทุเรียนติดดอก ถ้าพบว่าดินแห้งมากเกินไป อาจให้น้ำได้บ้างเล็กน้อย แต่ถ้าให้มากทุเรียนจะสลัดดอก เมื่อทุเรียนติดผลขนาดกำปั้นจึงให้น้ำโดยรดจนชุ่ม และให้น้ำทุเรียนเรื่อย ๆ จนกระทั่งแก่จัดจึงงดให้น้ำ แต่ถ้ารดน้ำในช่วงนี้จะทำให้ผลทุเรียนเกิดอาการไส้ซึม สุขวัฒน์ จันทรปรรณิก และคณะ (2539) พบว่า ในระยะ 2 สัปดาห์แรกหลังดอกบาน ถ้าความชื้นในดินมากหรือน้อยเกินไป จะทำให้ผลอ่อนของทุเรียนหลุดร่วงเป็นจำนวนมาก หรืออาจจะหมดทั้งต้นได้ในกรณีของพันธุ์ชะนี ถ้าต้นทุเรียนขาดน้ำในระยะสัปดาห์ที่ 8 ถึงสัปดาห์ที่ 12 หลังดอกบาน ซึ่งเป็นระยะที่ผลทุเรียนกำลังมีการเจริญอย่างรวดเร็ว จะทำให้ผลทุเรียนมีขนาดเล็ก รูปทรงผิดปกติ ในทางตรงกันข้ามถ้าปริมาณความชื้นในดินมีมากเกินไป จะทำให้ต้นทุเรียนแตกใบอ่อน ซึ่งการแตกใบอ่อนของทุเรียนในระยะที่ผลกำลังมีการเจริญจะส่งผลกระทบต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิต คือรูปร่างผลบิดเบี้ยว เนื้อผลด้อยคุณภาพ มีอาการแกนเต่าเผา เนื้อสามสี

1.2 มังคุด

มังคุด (mangosteen) เป็นพืชในวงศ์ Guttiferae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Garcinia mangostana* Linn. (เต็ม สมิตินันท์, 2523) มังคุดมีถิ่นกำเนิดอยู่ในเขตร้อนของประเทศมาเลเซีย (Jill, 1976) ขึ้นได้ดีในเขตที่มีอากาศร้อน ความชื้นสูง ปริมาณน้ำฝนสม่ำเสมอ ระดับอุณหภูมิช่วง 25-30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่าร้อยละ 80 ปริมาณน้ำฝนมากกว่า 1,270 มิลลิเมตรต่อปี สภาพดินอุดมสมบูรณ์ด้วยอินทรีย์วัตถุ ดินร่วนซุย ไม่แน่นทึบ pH 5-6 (ชาติชาย พฤกษ์รัตนกุล และคณะ, 2532) จากการศึกษาในมังคุดโดย สายัณห์ สดุดี (2533ก) พบว่า มังคุดอายุ 4 ปีครึ่งที่ปลูกในสภาพแปลงปลูก เมื่อหยุดการให้น้ำเป็นเวลา 14 วัน ทำให้น้ำในใบลดลงต่างจากต้นที่มีการให้

น้ำสม่ำเสมอทุกวันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะเดียวกันความต้านทานปากใบของมังคุดที่ขาดน้ำเพิ่มขึ้นต่างจากใบมังคุดที่ได้รับน้ำเพียงพออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปกติมังคุดต้องการสภาพแล้งในช่วงฤดูร้อนระยะหนึ่ง เพื่อกระตุ้นให้มีการออกดอก แต่ถ้าหากช่วงแล้งยาวนานอย่างต่อเนื่องมีผลทำให้ดอกอ่อนร่วง และเมื่อมีฝนตกภายหลังล่าช้าไป ทำให้มังคุดมีการแตกใบใหม่แทนที่จะมีการแทงตาดอก (สายัณห์ สดุดี, 2533ข)

1.3 เงาะ

เงาะ (rambutan) เป็นพืชในวงศ์ Sapindaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Nephelium lappaceum* (เต็ม สมิตินันท์, 2523) เงาะจัดเป็นไม้ผลเมืองร้อน ขึ้นในดินทุกชนิดที่มีความชุ่มชื้น แต่ที่จะให้ผลดีเติบโตเร็วนั้นควรเป็นดินร่วน หรือดินร่วนปนทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ด้วยอินทรีย์วัตถุ มีความชุ่มชื้นดีและไม่มีน้ำขัง เงาะในประเทศไทยออกดอกเดือนธันวาคม – มกราคม ขึ้นอยู่กับท้องถิ่น สำหรับเงาะที่ปลูกอยู่ในเขตจังหวัดระยอง จันทบุรี จะออกดอกก่อนเงาะที่ปลูกทางภาคใต้ประมาณ 2 เดือน (หลวงบุเรศรบำรุงการ, 2523) ในประเทศมาเลเซีย การกำเนิดของช่อดอกเงาะได้รับอิทธิพลจากภูมิอากาศในระยะก่อนและช่วงเดียวกับตาดอกเริ่มกำเนิด คือถ้ามีฝนชุกประมาณ 2 สัปดาห์ก่อนเห็นดอกแล้ว ตาดอกที่แตกออกมาจะกลายเป็นตากิ่ง แต่ถ้าในระยะดังกล่าวขาดน้ำจะมีตาดอกออกมามาก (Whitehead, 1959) ไม้ผลทุกชนิดทุกพันธุ์ ต้องการน้ำสม่ำเสมอเพื่อความเจริญเติบโต เมื่อต้นไม้มีอายุที่จะออกดอกออกผล โดยปกติจะเว้นความต้องการน้ำชั่วระยะก่อนการออกดอก เมื่อออกดอกติดผลแล้วก็ต้องการน้ำเพื่อการเจริญของผลและปรุงแต่งเนื้อและรสให้มีคุณภาพดี (หลวงบุเรศรบำรุงการ, 2523)

1.4 ลองกอง

ลองกอง (longkong) เป็นผลไม้ที่มีรสชาติหอมหวาน เป็นพืชในวงศ์เดียวกับลางสาด ดูกู และกระท้อน (นพรัตน์ บำรุงรักษ์, 2536) เต็ม สมิตินันท์ (2523) ได้จัดลองกองอยู่ในตระกูล Meliaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Aglaia dookkoo* ลองกองมีถิ่นกำเนิดในแถบหมู่เกาะมลายู เช่น ฟิลิปปินส์ อินโดนีเซีย และไทย ซึ่งเป็นเขตที่มีสภาพภูมิอากาศแบบมรสุม ลองกองสามารถเจริญเติบโตได้ดีในที่มีร่มเงา ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงและระบายน้ำได้ดี (ไพโรจน์ มาศผล, 2523) ให้ผลผลิตดีที่อุณหภูมิ 20-30 องศาเซลเซียส มีปริมาณน้ำฝนไม่น้อยกว่าปีละ 2,500-3,000 มิลลิลิตร และความชื้นในอากาศเฉลี่ยร้อยละ 70-80 (นพรัตน์ บำรุงรักษ์, 2536) ในช่วงการพัฒนา

ของผล ลองกองมีความต้องการน้ำในปริมาณมาก และมีความไวต่อการตอบสนองต่อสภาพการขาดน้ำ ซึ่งถ้าปล่อยให้มีการขาดน้ำในช่วงยืดตาดอก จะทำให้ได้ช่อดอกที่สั้นกว่าปกติ หรือถ้าเกิดขึ้นในช่วงการพัฒนาการของผลระยะแรกจะทำให้ผลอ่อนหลุดร่วงมาก และถ้าหากเกิดในช่วงสัปดาห์ที่ 7 ถึง 10 หลังการติดผล จะทำให้ช่อผลและผลลองกองชะงักการเจริญเติบโต แต่ระยะที่วิกฤตมากคือ การขาดน้ำในช่วงที่ผลลองกองเริ่มเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีเหลือง และเมื่อมีฝนตกหรือได้รับน้ำอย่างกระทันหันจะทำให้เปลือกผลแตก (สุรกิตติ ศรีกุล และคณะ, 2539)

2. บทบาทและความสำคัญของน้ำต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืช

น้ำมีบทบาทและเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของพืช พืชส่วนใหญ่ประกอบด้วยน้ำมากกว่าร้อยละ 90 ของน้ำหนักสด ปริมาณน้ำระหว่างร้อยละ 60-90 นำมาใช้ในการรักษารูปทรงของเซลล์ และร้อยละ 10-40 อยู่ในส่วนของผนังเซลล์ เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวกลางส่งผ่านสารระหว่างเซลล์ น้ำมีบทบาทในการเคลื่อนย้ายสารผ่านส่วนต่าง ๆ ของพืชและภายในเซลล์ ช่วยรักษาความเต่งของเซลล์ รวมทั้งเป็นตัวทำละลายสารอนินทรีย์ สารอินทรีย์และแก๊ส จึงถือว่าน้ำมีบทบาทสำคัญในปฏิกิริยาเคมีในการสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรตในกระบวนการสังเคราะห์แสง (Turner and Burch, 1983) เฉลิมพล แซมเพชร (2535) กล่าวว่า อัตราการเคลื่อนที่ของน้ำขึ้นอยู่กับความแตกต่างของศักยภาพของน้ำระหว่างดินและบรรยากาศ เมื่อไรที่น้ำเป็นตัวจำกัด หรือรากไม่สามารถดูดน้ำให้ทันกับการคายน้ำ พืชจะเกิดความเครียดน้ำ ซึ่งมีผลกระทบต่อการเจริญและผลผลิต จะมากหรือน้อยขึ้นกับชนิดของพืช ความรุนแรงของความเครียดน้ำ และระยะเวลาที่เกิดความเครียดน้ำ Chalmers และคณะ (1983) กล่าวว่า ถ้าหากปริมาณน้ำในพืชลดลงจะส่งผลให้กิจกรรมทางสรีรวิทยาของพืชลดลงไปด้วย ดังนั้นน้ำจึงมีอิทธิพลต่อพืช โดยส่งผลกระทบต่อกระบวนการภายในพืช การยืดตัวของเซลล์ การขยายขนาดของเซลล์และการแบ่งเซลล์ การสังเคราะห์แสง การคายน้ำ และส่งผลกระทบถึงผลผลิตของพืช สอดคล้องกับงานทดลองของ Stephenson และคณะ (1989) ที่พบว่า ในสภาวะขาดน้ำต้นมะคาเดเมียมีการตอบสนองโดยการเปิด-ปิดปากใบอย่างรวดเร็วเพื่อลดการสูญเสียน้ำ และจากการศึกษาในมะม่วงพันธุ์เคนซิงตันอายุ 2 ปี โดย วสันต์ ผ่องสมบูรณ์ (2534) พบว่า ศักย์ของน้ำในใบมีความสัมพันธ์กับสภาวะขาดน้ำ โดยกิ่งยอดเริ่มเหี่ยวเมื่อค่าศักย์ของน้ำในใบลดลงเท่ากับ –1.20 ถึง –1.51 เมกกะปาสคาล หลังจากนั้นอาการเหี่ยวรุนแรงขึ้นจากปลายยอดมาสู่ลำต้นตามการลดลงของศักย์ของน้ำในใบ จนกระทั่งถึงค่าวิกฤตที่มะม่วงไม่สามารถทนการขาดน้ำได้เมื่อศักย์ของน้ำในใบมีค่าเท่ากับ –3.45 เมกกะปาสคาล

สภาวะเครียดเนื่องจากการขาดน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญในการชักนำการออกดอกของเงาะ เช่นเดียวกับทุเรียน มังคุด และลองกอง ต้นเงาะต้องการช่วงแล้งที่ต่อเนื่องประมาณ 21-30 วัน เพื่อทำให้เกิดความเครียด ซึ่งจะมีผลในการกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงของสารควบคุมการเจริญเติบโตชนิดต่าง ๆ ภายในต้นจนถึงระดับที่พอเหมาะต่อการออกดอกของเงาะ และแตกต่างกันในพืชแต่ละชนิดเช่น ทุเรียนต้องการช่วงแล้งนาน 7-10 วัน ในขณะที่มังคุดต้องการช่วงแล้งนาน 21-30 วัน (เสริมสุข สลักเพ็ชร, 2539) แต่ถ้าหากได้รับฝนหรือน้ำมากเกินไปจะทำให้ส่วนที่เจริญขึ้นมาใหม่กลายเป็นยอดอ่อนแทนที่จะเป็นช่อดอก สำหรับในช่วงแทงช่อดอก ผสมเกสร และติดผลอ่อน เป็นช่วงที่ไม้ผลต้องการน้ำมากขึ้น ถ้าขาดน้ำในช่วงนี้ดอกและผลอ่อนจะร่วงมาก หรือไม่ติดผลเลย การให้น้ำจึงต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ คือต้องให้น้ำทีละน้อยก่อนแล้วเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ถ้าให้น้ำมากในทันทีทันใดจะทำให้ดอกและผลร่วงได้ง่ายเช่นกัน เนื่องจากต้นไม้นั้นผ่านช่วงที่แห้งแล้งมานาน (วัฒนา สวรรยาธิปัติ, 2530)

3. เทคนิคการศึกษาการใช้น้ำของพืช

3.1 ทฤษฎีและเทคนิคการวัดอัตราการไหลของน้ำในพืชโดยวิธีพัลส์ความร้อน

วิธีพัลส์ความร้อน เป็นการวัดอัตราการไหลของน้ำในพืชโดยการวัดความเร็วของช่วงจังหวะความร้อน ซึ่ง Marshall (1958) พบว่า การส่งไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไปที่ท่อน้ำของพืชทำให้เกิดความร้อน สามารถคำนวณเป็นการเคลื่อนที่ของน้ำและปริมาณการใช้น้ำของพืชได้ โดยแบตเตอรี่จะส่งกระแสไฟฟ้าเข้าไปที่ตัวผ่านความร้อน (heater probe) จากนั้นน้ำจะนำความร้อน (แปลงมาจากกระแสไฟฟ้า) จากตัวผ่านความร้อนไปยังอุปกรณ์วัดอุณหภูมิจำนวน 2 ตัว ที่ติดตั้งด้านบน (downstream sensor probe) และด้านล่าง (upstream sensor probe) ของตัวผ่านความร้อน ทั้งนี้อุปกรณ์วัดอุณหภูมิด้านล่าง จะถูกติดตั้งใกล้ตัวผ่านความร้อน (5 มิลลิเมตร) มากกว่าอุปกรณ์วัดอุณหภูมิด้านบน (10 มิลลิเมตร) (ภาพที่ 1) ดังนั้นเมื่อความร้อนถูกส่งเข้าไป อุปกรณ์วัดอุณหภูมิด้านล่างจะวัดอุณหภูมิได้ก่อนด้านบน เมื่อหยุดให้ความร้อนอุณหภูมิของอุปกรณ์วัดอุณหภูมิด้านล่างจึงลดลง ในขณะที่ด้านบนยังคงได้รับความร้อนตกค้าง โดยน้ำที่เคลื่อนที่ขึ้นเป็นตัวนำความร้อนขึ้นไป ทำให้อุณหภูมิลดลงช้ากว่าอุปกรณ์วัดอุณหภูมิด้านล่าง (ภาพที่ 2ก) เมื่อเวลาผ่านไป อุณหภูมิที่วัดได้จากอุปกรณ์วัดอุณหภูมิทั้งสองตำแหน่งมีค่าเท่ากัน เรียกจุดนี้ว่า Time delay (To) คือเวลาเริ่มต้นที่อุปกรณ์วัดอุณหภูมิด้านล่างสามารถวัดอุณหภูมิได้ถึงเวลาที่อุณหภูมิของอุปกรณ์วัดอุณหภูมิทั้งสองมีค่าเท่ากัน (ภาพที่ 2ข) โดยอัตราการเคลื่อนที่เท่ากับ ผล

คูณของระยะทางและเวลา Swanson (1962) อ้างโดย Green และ Clothier (1988) ได้นำ To มาคำนวณหาอัตราการเคลื่อนที่ของน้ำต่อหนึ่งหน่วยเวลาจากสูตร

Heat-pulse velocity : $V = (Xu + Xd) / 2To$ .....(1)

เมื่อ V คือ อัตราการเคลื่อนที่ของน้ำต่อหนึ่งหน่วยเวลา (มิลลิเมตรต่อวินาที)

Xu คือ ระยะทางจากตัวผ่านความร้อนถึงอุปกรณ์วัดอุณหภูมิด้านล่าง (มิลลิเมตร)

Xd คือ ระยะทางจากตัวผ่านความร้อนถึงอุปกรณ์วัดอุณหภูมิด้านบน (มิลลิเมตร)

To คือ ระยะเวลาที่อุปกรณ์วัดอุณหภูมิด้านล่างสามารถวัดอุณหภูมิได้ถึงเวลาที่อุณหภูมิของอุปกรณ์วัดอุณหภูมิทั้งสองมีค่าเท่ากัน (วินาที)

จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณความหนาแน่นของน้ำในท่อน้ำ โดยนำค่าความหนาแน่นและปริมาณความชื้นของกระพี้ และพื้นที่หน้าตัดของกระพี้ (Green and Clothier, 1988; Marshall, 1958) คำนวณจากสมการดังนี้ คือ

Sap flux density : $J = Pb (Mc + 0.33) V$ .....(2)

เมื่อ J คือ ปริมาณความหนาแน่นของน้ำในท่อน้ำ (กิโลกรัมต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง)

Pb คือ ความหนาแน่นของกระพี้ มีค่าเท่ากับ น้ำหนักแห้งของกระพี้/ปริมาตรของกระพี้ (หน่วยเป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

Mc คือ ปริมาณความชื้นในกระพี้ มีค่าเท่ากับ (น้ำหนักสดของกระพี้ – น้ำหนักแห้งของกระพี้) / น้ำหนักแห้งของกระพี้

0.33 คือ ค่าความร้อนจำเพาะของของกระพี้แห้ง/ ความร้อนจำเพาะของน้ำ มีค่าเท่ากับ $1.39 \times 10^3 / 4.21 \times 10^3$ (หน่วยเป็นกิโลกรัม)

ขั้นตอนสุดท้ายนำมาคำนวณอัตราการใช้น้ำของพืช (Volumetric flow rate) จากสูตร

Volumetric flow rate : $Q = {}_H\int^R 2\pi r\, J(r)\, dr$ .....(3)

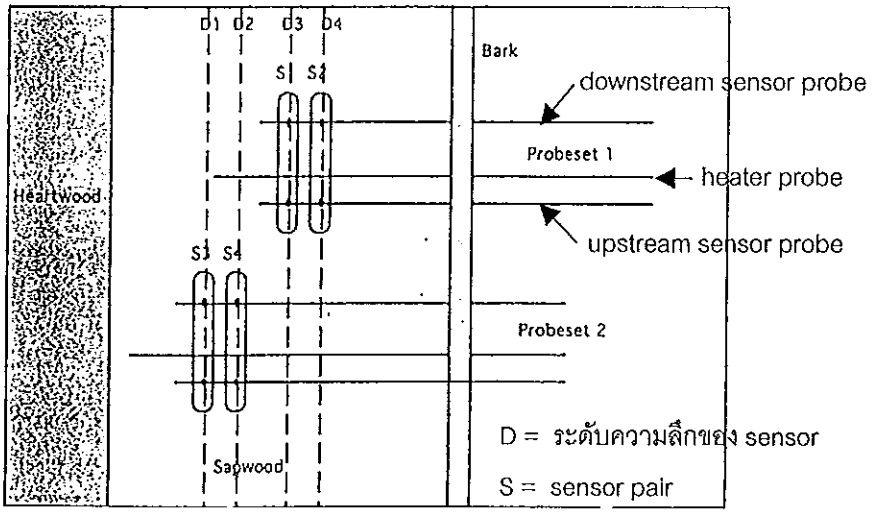
เมื่อ Q คือ อัตราการใช้น้ำของพืช (ลิตรต่อชั่วโมง)

J(r) คือ ปริมาณน้ำที่ระดับของรัศมีในลำต้นเท่ากับ r (ลิตรต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง)

R คือ ระยะจากจุดศูนย์กลางลำต้นถึงชั้นนอกสุดของกระพี้ (มิลลิเมตร)

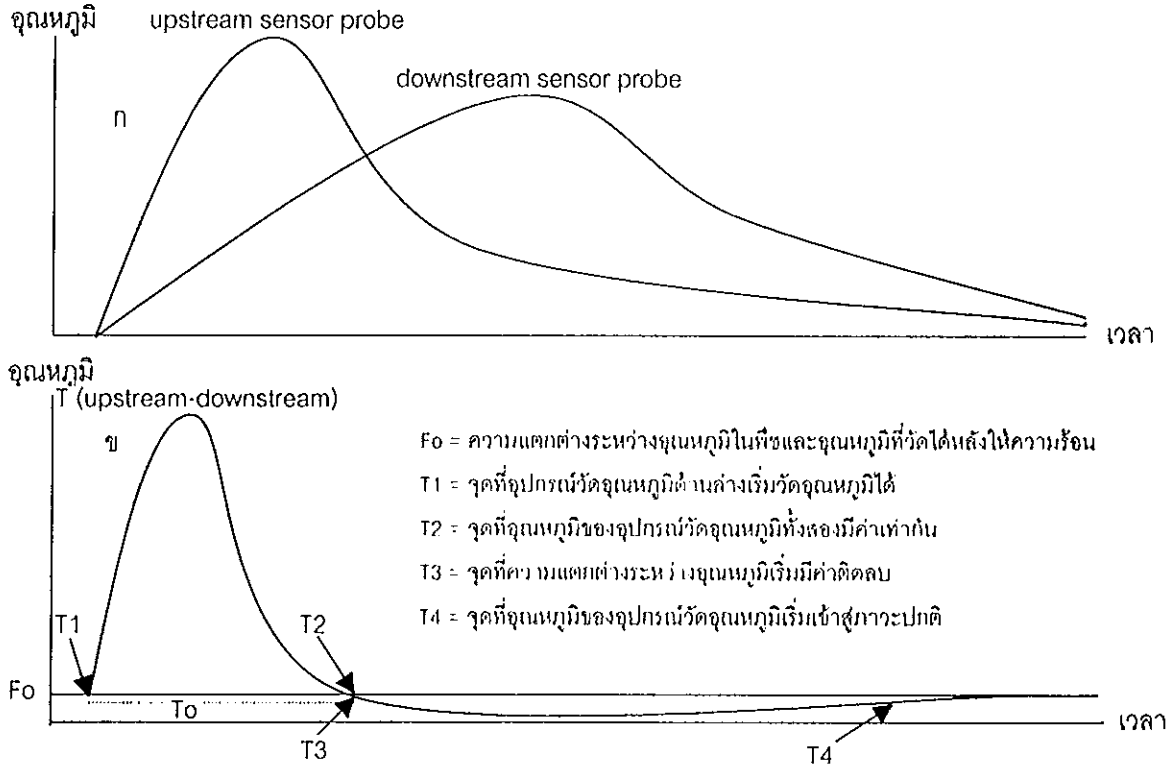
H คือ ความหนาของแก่นไม้ (มิลลิเมตร)

$2\pi r$ คือ พื้นที่หน้าตัดของกระพี้ (ตารางเมตร)



ภาพที่ 1 การติดตั้งตัวผ่านความร้อนและอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ

ดัดแปลงจาก : Greenspan Technology (1993)



ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่อุปกรณ์วัดอุณหภูมิด้านบนและด้านล่าง (ก) และ To (ข)

ดัดแปลงจาก : Greenspan Technology (1993)

จากการศึกษาของ Swanson (1983) อ้างโดย Smith และ Allen (1996) พบว่า ไม้เนื้อแข็งที่มีระยะห่างระหว่างท่อน้ำมากกว่า 0.40 มิลลิเมตร มีผลทำให้การกระจายความร้อนจากตัวส่งผ่านความร้อนสู่พื้นที่หน้าตัดของกระพี้ไม่สม่ำเสมอ สอดคล้องกับงานทดลองในต้นกีวีฟรุต (Green and Clothier, 1988) และงานทดลองของ Smith (1995) อ้างโดย Smith และ Allen (1996) ที่ศึกษาในต้นสะเดาอินเดีย (*Azadirachta indica*) ซึ่งเป็นไม้ที่มีท่อน้ำขนาดใกล้เคียงกันกระจายอยู่ทั่ววงเติบโต (a diffuse porous) แต่มีการกระจายความร้อนบริเวณพื้นที่หน้าตัดของกระพี้ไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากค่าเฉลี่ยของระยะห่างระหว่างท่อน้ำสูงถึง 0.43±0.07 มิลลิเมตร ส่งผลให้อัตราการใช้น้ำที่คำนวณโดยวิธีพัลส์ความร้อนเบี่ยงเบนไปจากอัตราการใช้น้ำที่แท้จริง แต่เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้น้ำดังกล่าวเป็นสมการเส้นตรง จึงสามารถคำนวณอัตราการใช้น้ำที่ถูกต้องจากความสัมพันธ์นั้นได้ (Smith and Allen, 1996) อย่างไรก็ตาม Green และ Clothier (1988) รายงานว่า แอปเปิ้ลเป็นพืชที่มีท่อน้ำขนาดใกล้เคียงกันกระจายอยู่ทั่ววงเติบโตเช่นเดียวกับสะเดาอินเดีย แต่เนื่องจากแอปเปิ้ลมีการกระจายตัวของท่อน้ำใกล้ชิดกันมาก ส่งผลให้การกระจายความร้อนบริเวณพื้นที่หน้าตัดของกระพี้มีความสม่ำเสมอ ดังนั้นอัตราการใช้น้ำที่ได้จากวิธีพัลส์ความร้อนจึงมีค่าเที่ยงตรงและเชื่อถือได้เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการใช้น้ำที่แท้จริง

3.2 การศึกษาการวัดอัตราการไหลของน้ำในต้นพืช

Edward และ Warwick (1984) ศึกษาการใช้น้ำของต้นกีวีฟรุตโดยเปรียบเทียบระหว่างวิธีพัลส์ความร้อนและการคำนวณจากสูตรของ Penman-Monteith พบว่า วิธีพัลส์ความร้อนสามารถประมาณค่าการใช้น้ำของต้นกีวีฟรุตได้ใกล้เคียงกับสูตรของ Penman-Monteith และที่ระดับความลึก 5 มิลลิเมตรของการสอดชุดอุปกรณ์วัดอุณหภูมิให้ค่าใกล้เคียงกับสูตรของ Penman-Monteith มากที่สุด

Green และ Clothier (1988) ศึกษาการใช้น้ำของต้นแอปเปิ้ลและกีวีฟรุต โดยวิธีพัลส์ความร้อนพบว่า การใช้น้ำของต้นแอปเปิ้ลและกีวีฟรุตมีความสัมพันธ์กับปริมาณแสงที่ได้รับในแต่ละช่วงของวัน โดยปริมาณการใช้น้ำเริ่มสูงขึ้นจากช่วงเช้าและสูงสุดในช่วงกลางวันและเริ่มลดลงในช่วงเย็น

Green และคณะ (1989) ศึกษาการใช้น้ำของต้นแอปเปิ้ลและกีวีฟรุตในช่วงกลางคืน โดยวิธีพัลส์ความร้อน เป็นเวลา 15 คืนในฤดูร้อนพบว่า ค่าเฉลี่ยการใช้น้ำของต้นแอปเปิ้ลและกีวีฟรุตในช่วงกลางคืน เท่ากับร้อยละ 6 และ19 ของการใช้น้ำในช่วงกลางวันตามลำดับ โดยปริมาณการใช้น้ำในช่วงกลางคืนจะเพิ่มขึ้นตามค่าเฉลี่ยของความเร็วลมที่เพิ่มขึ้น

รุ่งเรือง เลิศศิริวรกุล (2537) ศึกษาการใช้น้ำของต้นยูคาลิปตัส (*Eucalyplus camaldulensis*) อายุ 14 ปี มีพื้นที่กระพี้ 159.6 ตารางเซนติเมตร (เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก 31 เซนติเมตร) โดยวิธีพัลส์ความร้อนพบว่า ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการใช้น้ำของต้นยูคาลิปตัส ได้แก่ สภาพภูมิอากาศ ระยะเวลาที่ได้รับแสง และพื้นที่กระพี้ โดยในเดือนเมษายนที่มีอุณหภูมิเฉลี่ย 33 องศาเซลเซียส ต้นยูคาลิปตัสใช้น้ำ 157 ลิตร/วัน สำหรับในวันที่ฝนตกและมีเมฆมาก อุณหภูมิเฉลี่ย 20 องศาเซลเซียส ต้นยูคาลิปตัสใช้น้ำเพียง 59 ลิตร/วัน

เจษฎา เหลืองแจ่ม และคณะ (2538) รายงานว่า อัตราการใช้น้ำของต้นยูคาลิปตัส (*E. camaldulensis*) เพิ่มขึ้นตามความโตของเนื้อไม้คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก 4.3-6.5 เซนติเมตร บนพื้นที่ดินเค็มปานกลาง ใช้น้ำ 5.0-27.0 ลิตร/ต้น/วัน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก 4.2-9.7 เซนติเมตร บนพื้นที่ดินเค็มจัด ใช้น้ำ 2.5-37.7 ลิตร/ต้น/วัน โดยบนพื้นที่ดินเค็มจัดมีแนวโน้มการใช้น้ำมากกว่าบนพื้นที่ดินเค็มปานกลาง

Olbrich (1991) ศึกษาการใช้น้ำของต้นยูคาลิปตัส (*E. grandis*) อายุ 3 ปี มีพื้นที่กระพี้ 62.7-97.1 ตารางเซนติเมตร (เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก 12.1-15.5 เซนติเมตร) โดยวิธีพัลส์ความร้อนพบว่า ต้นยูคาลิปตัสมีอัตราการใช้น้ำ 3-11 ลิตร/ชั่วโมง ระหว่างเวลา 10.00-14.00 น. ในขณะที่ต้นยูคาลิปตัส อายุ 16 ปี มีพื้นที่กระพี้ 371.1 ตารางเซนติเมตร (เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก 41.27 เซนติเมตร) มีอัตราการใช้น้ำ 35-45 ลิตร/ชั่วโมง ในช่วงเวลาเดียวกัน

Dye และคณะ (1992) ศึกษาการใช้น้ำของต้นยูคาลิปตัส (*E. grandis*) อายุ 18 เดือน และ 4 ปี มีพื้นที่กระพี้ 71.4 และ 216.1 ตารางเซนติเมตร (เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก 11 และ 18 เซนติเมตร) ตามลำดับ โดยเปรียบเทียบระหว่างวิธีพัลส์ความร้อน และ Deuterium tracing พบว่าอัตราการไหลของน้ำผ่านลำต้นมีค่า 90 และ 101 ลิตร/วัน โดยวิธีพัลส์ความร้อน และ 67 และ 94 ลิตร/วัน โดยวิธี Deuterium tracing

Dye และ Olbrich (1992) ศึกษาการใช้น้ำของต้นยูคาลิปตัส (*E. grandis*) อายุ 3 และ 16 ปี โดยเปรียบเทียบระหว่างวิธีพัลส์ความร้อนและวิธีตัดต้น (cut-tree method) พบว่า วิธีพัลส์ความร้อน เป็นวิธีการที่เหมาะสมในการวัดอัตราการใช้น้ำของต้นยูคาลิปตัส เนื่องจากค่าที่ได้ใกล้เคียงกับค่าของวิธีตัดต้น นอกจากนี้พบว่า วิธีพัลส์ความร้อนเป็นวิธีที่เหมาะสมในการวัดการใช้น้ำของต้นไม้ที่ปลูกในสภาพที่เป็นพื้นที่ลอนคลื่นหรือพื้นที่ลาดชัน เนื่องจากลักษณะพื้นที่ดังกล่าวทำให้ค่าที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยามีความแปรปรวนสูง

Morris และ Collopy (1999) ศึกษาการใช้น้ำของต้นยูคาลิปตัส (*E. camaldulensis*) และ *Casuarina cunninghamiana* อายุ 5-8 ปี ในสภาพดินเค็มโดยวิธีพัลส์ความร้อน พบว่า ปริมาณ

การใช้น้ำของพืชทั้ง 2 ชนิด มีค่าเฉลี่ย 10 และ 30 ลิตร/วัน (ในฤดูหนาวและฤดูร้อนตามลำดับ) ทั้งนี้ปริมาณการใช้น้ำของพืชถูกจำกัดโดยปริมาณน้ำในดินที่พืชสามารถนำไปใช้ได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอัตราการใช้น้ำของต้นทุเรียน มังคุด เงาะ และลองกอง โดยวิธีพัลส์ความร้อน

2. เพื่อศึกษาลักษณะโครงสร้างกระพี้ เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อน้ำ และระยะห่างระหว่างท่อน้ำของต้นทุเรียน มังคุด เงาะ และลองกอง

3. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอัตราการใช้น้ำ และการตอบสนองทางสรีรวิทยาในรอบวันของต้นทุเรียน มังคุด เงาะ และลองกอง

บทที่ 2

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

เริ่มทดลองตั้งแต่เดือนมกราคม 2542 และสิ้นสุดการทดลองเดือนตุลาคม 2542 ที่แปลงไม้ผล คณะวิชาพืชศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช แปลงไม้ผลและห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาของพืช ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ และศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

1. วัสดุ

1.1 ป้ายแสดงหน่วยทดลองและเชือก

1.2 กระดาษกาว กระดาษฟอยล์ ถุงพลาสติก และพลาสติกอย่างหนา

1.3 พาราพลาสต์ และสารเคมีสำหรับการทำสไลด์ถาวร

1.4 สไลด์และแผ่นปิดสไลด์

1.5 ต้นทุเรียนพันธุ์ชะนี อายุ 15 ปี จำนวน 3 ต้น

1.6 ต้นมังคุด อายุ 24 ปี จำนวน 3 ต้น

1.7 ต้นเงาะพันธุ์โรงเรียน อายุ 24 ปี จำนวน 3 ต้น

1.8 ต้นลองกอง อายุ 12 ปี จำนวน 3 ต้น

2. อุปกรณ์

2.1 โครงเหล็กสำหรับวางแบตเตอรี่และเครื่องบันทึกข้อมูล จำนวน 2 อัน

2.2 แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ จำนวน 3 ลูก สำหรับต่อเข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูล

2.3 สว่านไฟฟ้า ดอกสว่านขนาด 5/64 นิ้ว และอุปกรณ์สำหรับการนำร่องเจาะ

2.4 เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำในพืชของ Greenspan Technology จำนวน 2 ชุด โดยใช้ชุดอุปกรณ์วัดอุณหภูมิรุ่น SF 300 (standard probe sets)

2.5 เครื่องวัดศักย์ของน้ำในใบ (Pressure chamber) ของ PMS, USA

2.6 เครื่องวัดค่าการเปิด-ปิดปากใบ (Porometer) รุ่น AP4 ของ Delta-T,UK

2.7 เครื่องวัดแสงเหนือทรงพุ่ม (Light meter) ใช้ Quantum sensor รุ่น LI-190SA ต่อกับ LI-250 Light Meter ของ Licor, Inc., U.S.A.

2.8 เครื่องชาร์จแบตเตอรี่ (Battery charger) รุ่น BM4-AU ของ LEP, New Zealand

2.9 เครื่องวัดดัชนีพื้นที่ใบ (LAI 2000) รุ่น LAI2050 ของ Licor, Inc., U.S.A.

2.10 อุปกรณ์สำหรับวัด เช่น ตลับเมตร ไม้เมตร เวอร์เนียร์

2.11 อุปกรณ์ถ่ายภาพ เช่น กล้องถ่ายรูป ฟิล์มสไลด์

2.12 เครื่องคอมพิวเตอร์ชนิดพกพาพร้อมสายต่อเข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูล 1 ชุด

2.13 สว่านมือ (increment borer) สำหรับเจาะต้นไม้เพื่อเก็บตัวอย่างเนื้อไม้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร ของ Suunto

2.14 อุปกรณ์สำหรับคำนวณสัดส่วนเชิงปริมาตรของน้ำและเนื้อไม้ ประกอบด้วย ตู้อบเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง และขวดขนาดเล็กสำหรับใส่ตัวอย่างเนื้อไม้

2.15 เครื่องทำตัวอย่างให้แห้ง (Critical point dryer) รุ่น Polaron 7501 ของ GV Microtech, England

2.16 กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope) รุ่น JSM-5008LV ของ JEOL, Japan

2.17 อุปกรณ์สำหรับการทำสไลด์ถาวร ประกอบด้วย ถาดพลาสติก เครื่องไมโครโตม เครื่องอุ่นสไลด์ ขวดแก้วสำหรับย้อมสี เข็มเขี่ย ปากคีบ

3.วิธีการทดลอง

3.1 โครงสร้างกระพี้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อน้ำ และระยะห่างระหว่างท่อน้ำของต้นทุเรียน มังคุด เงาะ และลองกอง

แบ่งวิธีการศึกษาเป็น

3.1.1 การทำสไลด์ถาวรเนื้อเยื่อกระพี้จากกิ่งของต้นทุเรียน มังคุด เงาะ และลองกองโดยวิธีฝังในพาราฟิน (รายละเอียดในภาคผนวก)

3.1.2 การส่องดูเนื้อเยื่อกระพี้จากส่วนของลำต้นทุเรียน มังคุด เงาะ และลองกองด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด (รายละเอียดในภาคผนวก)

3.2 อัตราการใช้น้ำของต้นทุเรียน มังคุด เงาะ และลองกอง

มีการศึกษาค่า volume fraction ของน้ำและเนื้อไม้ และโครงสร้างส่วนต่างๆ ของต้น เพื่อเป็นข้อมูลประกอบในการคำนวณอัตราการไหลของน้ำและปริมาตรทรงพุ่ม ดังนี้

3.2.1 วิธีการหาค่า volume fraction ของน้ำและเนื้อไม้

นำตัวอย่างเนื้อไม้ (เฉพาะส่วนที่เป็นกระพี้) ที่ได้จากการเจาะโดยใช้สว่านมือสำหรับเจาะต้นไม้ (จำนวน 30 ตัวอย่าง/ไม้ผล 1 ชนิด) บรรจุในขวดขนาดเล็ก เพื่อป้องกันการระเหยน้ำจากตัวอย่าง จากนั้นนำไปชั่งหาน้ำหนักสด (Wf) น้ำหนักเนื้อไม้ในน้ำ (Wi) และน้ำหนักแห้ง (Wd) คำนวณค่า volume fraction ของน้ำ (Vh) และเนื้อไม้ (Vw) ตามสูตรดังนี้

$$Vh = (Wf - Wd) / Wi$$

$$Vw = Wd / (1.53 \times Wi)$$

1.53 คือ specific gravity of wood constant ซึ่งมีค่าคงที่ในไม้เนื้อแข็งแต่ละชนิด (Edward and Warwick, 1984)

- การหาค่าน้ำหนักสด (fresh weight) โดยนำส่วนของเนื้อไม้ที่ได้ชั่งน้ำหนัก
- การหาค่าน้ำหนักเนื้อไม้ในน้ำ (immersed weight) โดยนำส่วนของเนื้อไม้ที่ชั่งน้ำหนักสดไปแช่ในน้ำซึ่งบรรจุในบีกเกอร์ขนาดเล็กและชั่งน้ำหนักเนื้อไม้ในน้ำ
- การหาค่าน้ำหนักแห้ง (dry weight) โดยนำตัวอย่างเนื้อไม้อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน และนำมาชั่งน้ำหนักแห้ง

3.2.2 โครงสร้างและส่วนต่าง ๆ ของต้น

วัดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ความหนาของเปลือกไม้ กระพี้ และแก่นไม้ เพื่อเป็นข้อมูลประกอบในการคำนวณอัตราการไหลของน้ำและพื้นที่กระพี้ วัดความสูง ความกว้างของฐานทรงพุ่ม และโคออร์ดิเนตของทรงพุ่มไม้ผลเพื่อนำไปประกอบการหาค่าดัชนีพื้นที่ใบ และคำนวณปริมาตรทรงพุ่ม ดังรายละเอียดต่อไปนี้

เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ใช้เวอร์เนียร์วัดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับสูงจากพื้นดิน 40 เซนติเมตร จำนวน 2 ค่า ในทิศตรงข้ามและนำค่าดังกล่าวไปคำนวณหาค่าเฉลี่ย

ความหนาของเปลือกไม้ กระพี้ และแก่นไม้ การวัดความหนาของเปลือกไม้ใช้ไขควงปากแบนขนาดเล็กแทงเข้าไปในลำต้นในระดับที่ติดตั้งชุดอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ จากนั้นใช้เวอร์เนียร์วัดความหนาของเปลือกจากความยาวของไขควงที่จมในชั้นเปลือก สำหรับการวัดความหนาของกระพี้และแก่นไม้ ใช้สว่านมือเจาะลำต้นที่มีขนาดใกล้เคียงกับต้นที่ทำการทดลอง ในระดับเดียวกับที่ติดตั้งชุดอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ การวัดความหนาดังกล่าวใช้เวอร์เนียวัด ทำซ้ำ 2 ครั้ง ในทิศตรงข้ามเพื่อหาค่าเฉลี่ย

ความสูง ใช้ไม้เมตรวัดจากระดับพื้นดินถึงฐานทรงพุ่ม และปลายยอดทรงพุ่ม

ความกว้างทรงพุ่ม ใช้ตลับเมตรวัด 2 แนวคือ แนวเหนือ-ใต้ และแนวตะวันออก-ตะวันตก และนำค่าดังกล่าวไปคำนวณหาค่าเฉลี่ย

ดัชนีพื้นที่ใบ วัดความสูงของลำต้นจากพื้นดินถึงฐานทรงพุ่มและวัดโคออร์ดิเนตของทรงพุ่มไม้ผลจากฐานทรงพุ่มถึงปลายยอดโดยใช้ตลับเมตร จำนวน 10-16 ตำแหน่ง (ตามขนาดของทรงพุ่ม) การวัดทำซ้ำ 2 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย นำค่าที่ได้ไปคำนวณดัชนีพื้นที่ใบร่วมกับค่าที่ได้จากการวัดค่าส่องผ่านของแสงในมุมที่ต่างกันภายในทรงพุ่ม โดยใช้เครื่อง LAI 2000 สำหรับการวัดควรทำในช่วงเช้าหรือช่วงเย็นซึ่งมีปริมาณแสงคงที่ พร้อมนี้ตำแหน่งของ sensor ควรชิดกับลำต้นและต้องไม่ถูกบังจากเงาของกิ่งภายในทรงพุ่ม

ปริมาตรทรงพุ่ม คำนวณโดยใช้สูตรของ Chapman และคณะ (1986) ดังนี้

$$\text{Tree volume (V)} = (H-d/2-S)\pi \cdot (d/2)^2 + \pi(d/2)^3 \cdot 2/3$$

V = ปริมาตรของทรงพุ่ม (ลูกบาศก์เมตร)

H = ความสูงของต้น (เมตร)

d = เส้นผ่านศูนย์กลางของร่มเงา (เมตร) เฉลี่ยจากแนวเหนือ-ใต้ และตะวันออก-ตะวันตก

S = ความสูงจากพื้นดินถึงฐานทรงพุ่ม (เมตร)

3.2.3 อัตราการใช้น้ำ

การศึกษาการใช้น้ำ เป็นการวัดอัตราการไหลของน้ำในพืชด้วยเครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำในพืชของ Greenspan Technology โดยใช้สว่านไฟฟ้าและดอกสว่านขนาด 5/64 นิ้ว เจาะตามแนวของอุปกรณ์สำหรับการเจาะนำร่องเป็นแนวขนานกับลำต้นในแนวเหนือ-ใต้ สำหรับการใช้สว่านควรใช้ที่ความเร็วรอบต่ำและหยุดเป็นระยะเพื่อเอาเศษไม้ออก ป้องกันไม่ให้บาดแผลบริเวณกระพี้ถูกทำลายมากและมีขนาดกว้างเกินไป ซึ่งจะส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนในการวัด

สำหรับชุดอุปกรณ์วัดอุณหภูมิติดตั้งสูงจากระดับพื้นดิน 40 เซนติเมตร ที่ความลึก 2 ระดับคือ 20 และ 30 มิลลิเมตร (จำนวน 2 probe/1 ต้น) ในแนวเหนือ-ใต้ หลังติดตั้งเสร็จใช้ซิลิโคนทาบริเวณบาดแผลและรัดด้วยเข็มขัด จากนั้นหุ้มชุดอุปกรณ์วัดอุณหภูมิด้วยกระดาษฟอยล์และพลาสติกเพื่อป้องกันการรบกวนจากสิ่งแวดล้อมภายนอก ต่อสายเคเบิ้ลของชุดอุปกรณ์วัดอุณหภูมิและแบตเตอรี่กับเครื่องบันทึกข้อมูล และต่อสายเคเบิ้ลระหว่างเครื่องบันทึกข้อมูลกับเครื่องคอมพิวเตอร์ชนิดพกพา เพื่อสั่งการผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ชนิดพกพาด้วยโปรแกรม Sapcom2 ของ Greenspan Technology ให้เครื่องสั่งการปล่อยกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ สู่ตัวผ่านความร้อนครั้งละ 1.6 วินาที และบันทึกข้อมูลทุก 15 นาที โดยบันทึกข้อมูลติดต่อกันเป็นเวลา 3 วันต่อพืช 1 ชนิด ดังนี้

ทุเรียน บันทึกข้อมูลอัตราการไหลของน้ำตั้งแต่เวลา 07.00 ของวันที่ 19 มีนาคม 2542 ถึงเวลา 18.00 น. ของวันที่ 21 มีนาคม 2542

มังคุด บันทึกข้อมูลอัตราการไหลของน้ำตั้งแต่เวลา 07.00 ของวันที่ 22 มีนาคม 2542 ถึงเวลา 18.00 น. ของวันที่ 24 มีนาคม 2542

เงาะ บันทึกข้อมูลอัตราการไหลของน้ำตั้งแต่เวลา 07.00 ของวันที่ 25 มีนาคม 2542 ถึงเวลา 18.00 น. ของวันที่ 27 มีนาคม 2542

ลองกอง บันทึกข้อมูลอัตราการไหลของน้ำตั้งแต่เวลา 07.00 ของวันที่ 28 มีนาคม 2542 ถึงเวลา 18.00 น. ของวันที่ 30 มีนาคม 2542

จากนั้นถ่ายข้อมูลออกจากเครื่องบันทึกข้อมูล โดยใช้คอมพิวเตอร์เรียกเก็บในแฟ้มข้อมูลและตั้งชื่อแฟ้มตามต้องการ และจัดการเก็บเครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำในพืชเพื่อนำไปติดตั้งในพืชอื่นต่อไป สำหรับการจัดการข้อมูล นำค่าที่ได้ไปคำนวณด้วยโปรแกรม Sappro และ Sapcal ของ Greenspan Technology ซึ่งต้องใช้ค่า Vh, Vw ความหนาของเปลือกไม้ กระพี้และแก่นไม้ และความลึกของชุดอุปกรณ์วัดอุณหภูมิประกอบในการคำนวณ ค่าที่ได้จากการคำนวณแสดงในรูปของความเร็วเฉลี่ย อัตราการไหลของน้ำในท่อน้ำและปริมาณน้ำรวมที่พืชใช้ในแต่ละวัน

3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้น้ำ และสภาพอากาศระหว่างการทดลองของต้นทุเรียน มังคุด เงาะ และลองกอง

3.3.1 อัตราการใช้น้ำ

อัตราการใช้น้ำของไม้ผลทั้ง 4 ชนิด ที่ศึกษาความสัมพันธ์ นำข้อมูลมาจากความเร็วเฉลี่ยและอัตราการไหลของน้ำในท่อน้ำที่ศึกษาในหัวข้อ 3.2.3 ชนิดละ 1 ต้น เป็นเวลา 3 วัน (ตามรายละเอียดวันที่บันทึกข้อมูลในหัวข้อ 3.2.3)

3.3.2 สภาพอากาศระหว่างการทดลอง

บันทึกข้อมูลอุตุนิยมวิทยาระหว่างการทดลอง ประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด และค่าการระเหยน้ำตลอดการทดลอง จากสถานีอุตุนิยมวิทยาเกษตร สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช (อยู่ห่างจากแปลงทดลอง 700-1000 เมตร) ระหว่างวันที่ 18-31 มีนาคม 2542

3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสงเหนือทรงพุ่ม อัตราการใช้น้ำ และการตอบสนองทางสรีรวิทยาของต้นทุเรียน มังคุด เงาะ และลองกอง ในรอบวัน

3.4.1 ปริมาณแสงเหนือทรงพุ่ม

วัดปริมาณแสงบริเวณเหนือทรงพุ่ม โดยใช้เครื่องวัดแสงวัดทุกชั่วโมงตั้งแต่เวลา 07.00-18.00 น. เป็นเวลา 3 วันต่อพืช 1 ชนิด (ตามรายละเอียดวันที่บันทึกข้อมูลในหัวข้อ 3.2.3)

3.4.2 อัตราการใช้น้ำ

อัตราการใช้น้ำของไม้ผลทั้ง 4 ชนิด ที่นำมาศึกษาความสัมพันธ์ จะนำข้อมูลมาจากการศึกษาในหัวข้อ 3.2.3 ชนิดละ 1 ต้น เป็นเวลา 1 วัน ตั้งแต่เวลา 07.00-18.00 น. และนำเสนอตามรายละเอียดดังนี้

- ทุเรียน นำเสนอข้อมูลอัตราการใช้น้ำในวันที่ 19 มีนาคม 2542
- มังคุด นำเสนอข้อมูลอัตราการใช้น้ำในวันที่ 23 มีนาคม 2542
- เงาะ นำเสนอข้อมูลอัตราการใช้น้ำในวันที่ 27 มีนาคม 2542
- ลองกอง นำเสนอข้อมูลอัตราการใช้น้ำในวันที่ 30 มีนาคม 2542

3.4.3 การตอบสนองทางสรีรวิทยาของไม้ผล

ศักย์ของน้ำในลำต้นและใบ เลือกใบเพสลาดที่แผ่เต็มที่บริเวณด้านในของทรงพุ่มเพื่อเป็นตัวแทนการวัดศักย์ของน้ำในลำต้น จากนั้นหุ้มใบด้วยกระดาษฟอยล์และถุงพลาสติกก่อนวัด 90 นาที เพื่อให้ใบอิ่มตัวเต็มที่ สำหรับค่าศักย์ของน้ำในใบสุ่มใบบริเวณด้านนอกของทรงพุ่มที่ได้รับแสงแดด จากนั้นตัดใบและนำไปวัดศักย์ของน้ำทุกชั่วโมงตั้งแต่เวลา 07.00-18.00 น. จำนวน 6 ใบ/ต้น/ชั่วโมง (ตำแหน่งละ 3 ใบ) โดยใช้เครื่องวัดศักย์ของน้ำในใบ

ค่าการซักนำปากใบ เลือกใบเพสลาดที่แผ่เต็มที่จำนวน 5 ใบ/ต้น บริเวณด้านนอกทรงพุ่ม (ได้รับแสงเต็มที่) ติดป้ายใบที่เลือก และทำความสะอาดใบก่อนวัด 1 วัน วัดค่าการซักนำปากใบ โดยเครื่องวัดการเปิด-ปิดปากใบทุกชั่วโมงตั้งแต่เวลา 07.00-18.00 น.

Chulalongkorn
Prince of Songkla U

(ก)

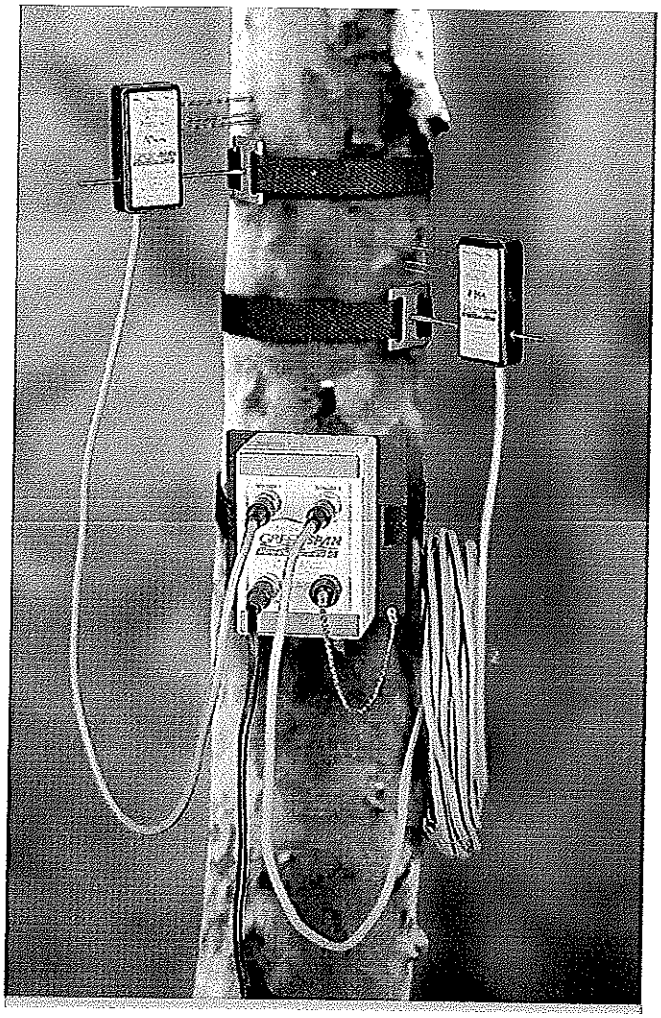
(ข)

ภาพที่ 3 สภาพต้นทุเรียน (ก) และมังคุด (ข) ที่ทำการทดลอง

(ก)

(ข)

ภาพที่ 4 สภาพต้นเงาะ (ก) และลองกอง (ข) ที่ทำการทดลอง



ภาพที่ 5 เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำในพืช (sapflow sensor) รุ่น SF300 ของ Greenspan Technology, Australia

ที่มา : Greenspan Technology (1993)

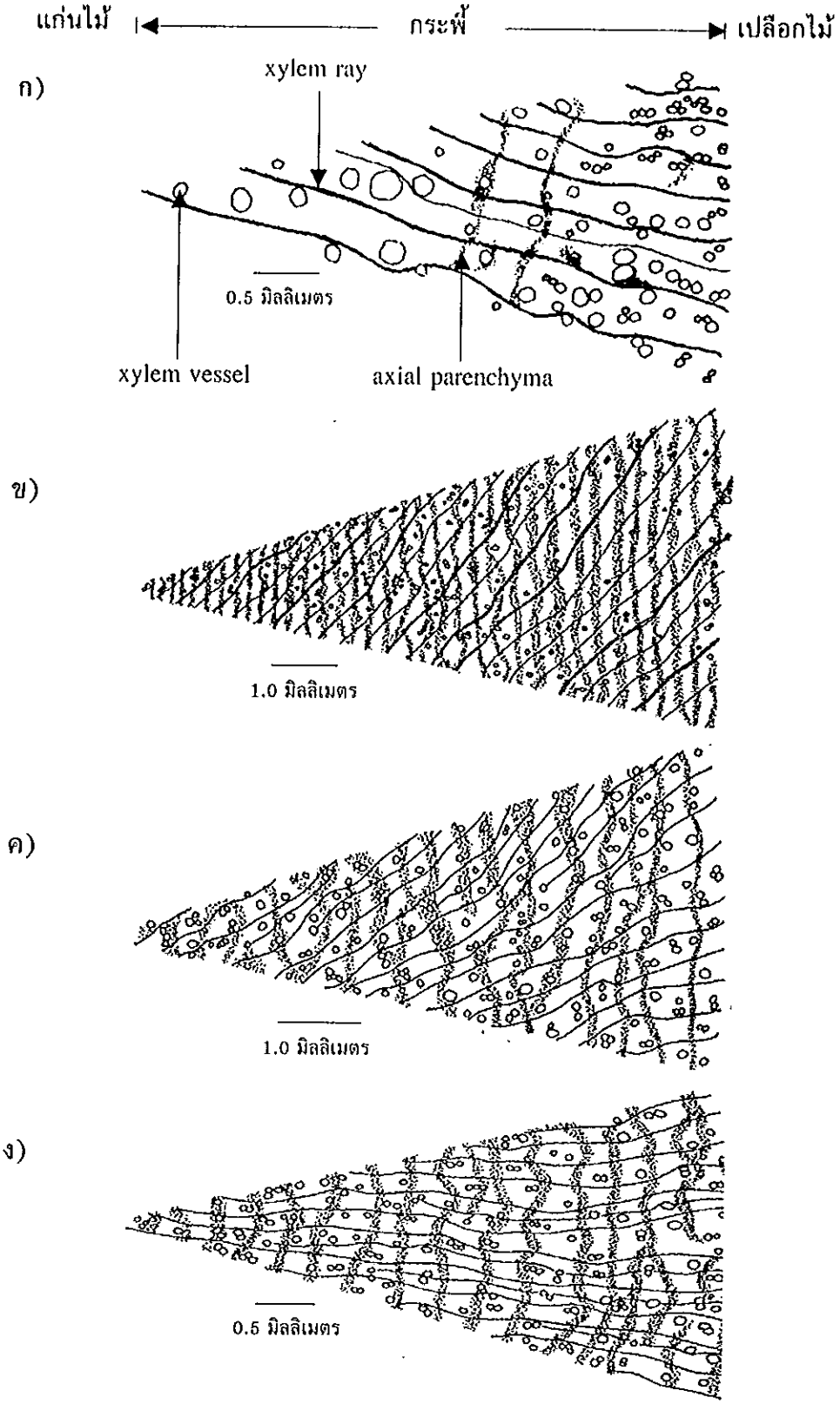
บทที่ 3

ผลการทดลอง

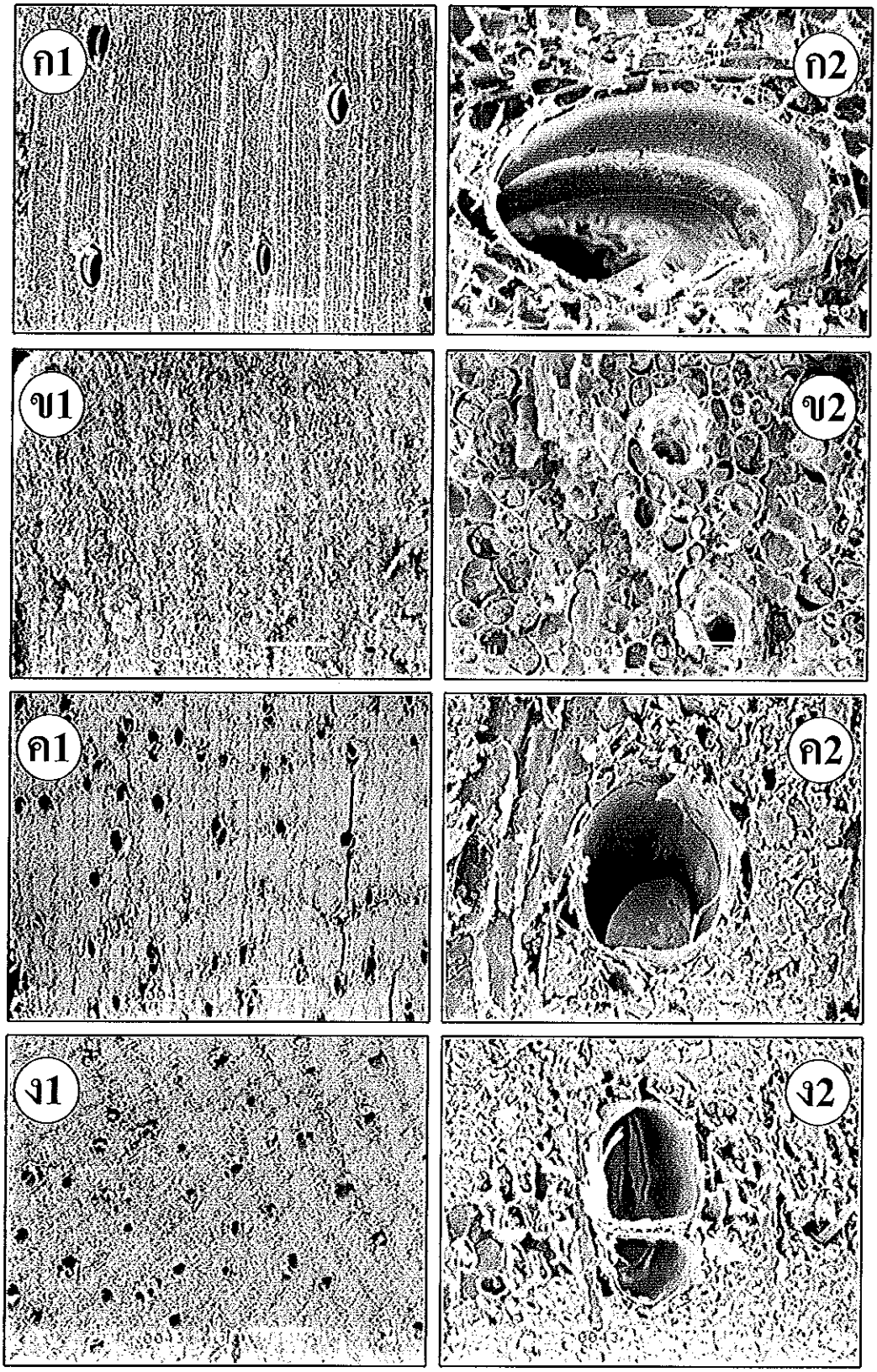
1. โครงสร้างกระพี้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อน้ำ และระยะห่างระหว่างท่อน้ำของต้นทุเรียน มังคุด เงาะ และลองกอง

ศึกษาโครงสร้างกระพี้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อน้ำ และระยะห่างระหว่างท่อน้ำโดยการทำสไลด์ถาวรเนื้อเยื่อพืชในส่วนกระพี้จากกิ่ง (ภาพที่ 6) และการเตรียมเนื้อเยื่อพืชในส่วนกระพี้จากลำต้นเพื่อส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราดของต้นทุเรียน มังคุด เงาะ และลองกอง (ภาพที่ 7 และ 8)

จากการศึกษาโครงสร้างกระพี้ของต้นทุเรียน มังคุด เงาะ และลองกอง ดังแสดงในภาพที่ 6 พบว่า โครงสร้างกระพี้ของต้นทุเรียน (ภาพที่ 6ก) มีการจัดเรียงตัวของท่อน้ำไม่เป็นระเบียบ โดยบริเวณชั้นนอกของกระพี้มีการเรียงตัวของท่อน้ำใกล้ชิดกันมาก และท่อน้ำส่วนใหญ่อยู่เป็นกลุ่มตั้งแต่ 2 เซลล์ขึ้นไปแทนที่จะเป็นแบบเดี่ยว ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณชั้นในของกระพี้จะเห็นได้ว่าการจัดเรียงตัวของท่อน้ำมีระยะห่างระหว่างท่อน้ำมากกว่าบริเวณชั้นนอกและเป็นแบบเดี่ยว นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกับโครงสร้างกระพี้ของมังคุด เงาะ และลองกองพบว่า ท่อน้ำมีขนาดใหญ่กว่าอย่างเห็นได้ชัด และจากภาพที่ 6ข ซึ่งแสดงโครงสร้างกระพี้ของต้นมังคุดพบว่า การจัดเรียงตัวของท่อน้ำมีลักษณะที่เป็นระเบียบ เป็นแถวเป็นแนวตามแนวการกระจายของ axial parenchyma และท่อน้ำมีขนาดใกล้เคียงกันตลอดบริเวณของกระพี้ แต่สังเกตได้ว่า ระยะห่างระหว่างท่อน้ำบริเวณชั้นนอกของกระพี้ห่างมากกว่าเมื่อเทียบกับบริเวณชั้นในของกระพี้ สำหรับการจัดเรียงตัวของท่อน้ำมีทั้งแบบเดี่ยวและแบบคู่ และพบว่าแนวของ xylem ray มีแนวเฉียงกับรัศมีของกิ่ง สำหรับโครงสร้างกระพี้ของต้นเงาะพบว่า การจัดเรียงตัวของท่อน้ำมีลักษณะกระจาย ระยะห่างระหว่างท่อน้ำมีขนาดใกล้เคียงกันและใกล้ชิดกันมากทั้งชั้นนอกและชั้นในของกระพี้ สำหรับการจัดเรียงตัวของท่อน้ำส่วนใหญ่เป็นแบบเดี่ยว มีปริมาณเล็กน้อยที่อยู่เป็นกลุ่ม (ภาพที่ 6ค) สำหรับโครงสร้างกระพี้ของต้นลองกอง แสดงดังภาพที่ 6ง พบว่า การจัดเรียงตัวของท่อน้ำมีลักษณะกระจายและไม่เป็นระเบียบ แต่ระยะห่างระหว่างท่อน้ำมีขนาดใกล้ชิดกันมากทั้งชั้นนอกและชั้นในของกระพี้ สำหรับการจัดเรียงตัวของท่อน้ำมีหลายแบบคละกัน แต่พบว่า การวางตัวแบบเป็นกลุ่มมีปริมาณมากกว่าแบบเดี่ยว

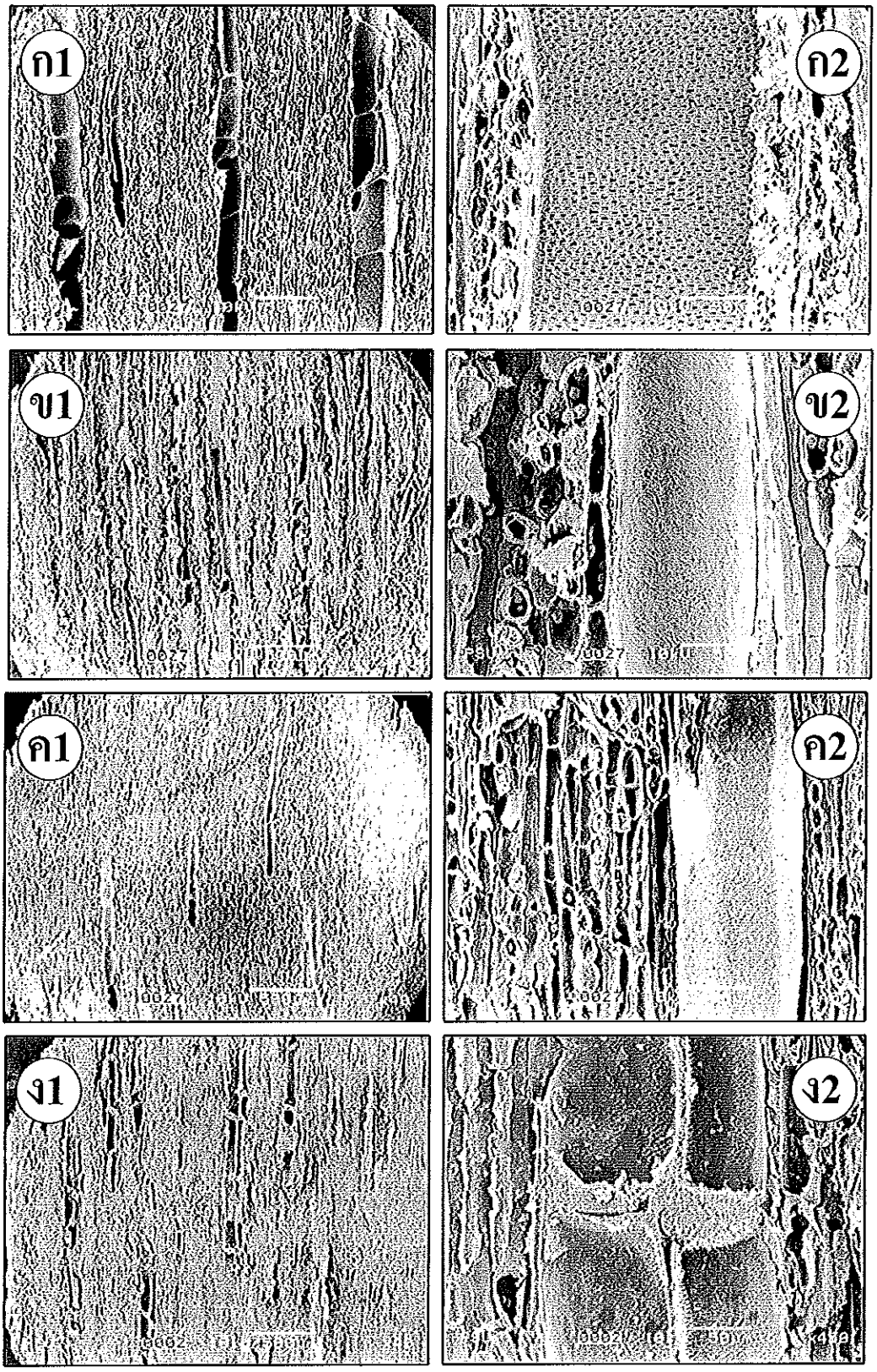


ภาพที่ 6 โครงสร้างเนื้อไม้และการจัดเรียงตัวของท่อน้ำจากการตัดตามขวางของกิ่งทุเรียน (ก), มังคุด (ข), เงาะ (ค) และลองกอง (ง)



ภาพที่ 7 ภาพตัดขวางของท่อน้ำจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด

- การจัดเรียงตัวของท่อน้ำทุเรียน (ก1) มังคุด (ข1) เงาะ (ค1) และลองกอง (ง1) (กำลังขยายx40)
- ขนาดของท่อน้ำทุเรียน (ก2) มังคุด (ข2) เงาะ (ค2) และลองกอง (ง2) (กำลังขยายx450)



ภาพที่ 8 ภาพตัดตามยาวของท่อน้ำจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด

- การจัดเรียงตัวของท่อน้ำทุเรียน (ก1) มังคุด (ข1) เงาะ (ค1) และลองกอง (ง1) (กำลังขยายx40)
- ขนาดของท่อน้ำทุเรียน (ก2) มังคุด (ข2) เงาะ (ค2) และลองกอง (ง2) (กำลังขยายx450)

เมื่อเปรียบเทียบเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อน้ำและระยะห่างระหว่างท่อน้ำของไม้ผลทั้ง 4 ชนิด ให้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อน้ำและระยะห่างระหว่างท่อน้ำในส่วนพื้นที่กระพี้จากกิ่งและลำต้นของต้นทุเรียน มังคุด เงาะ และลองกอง

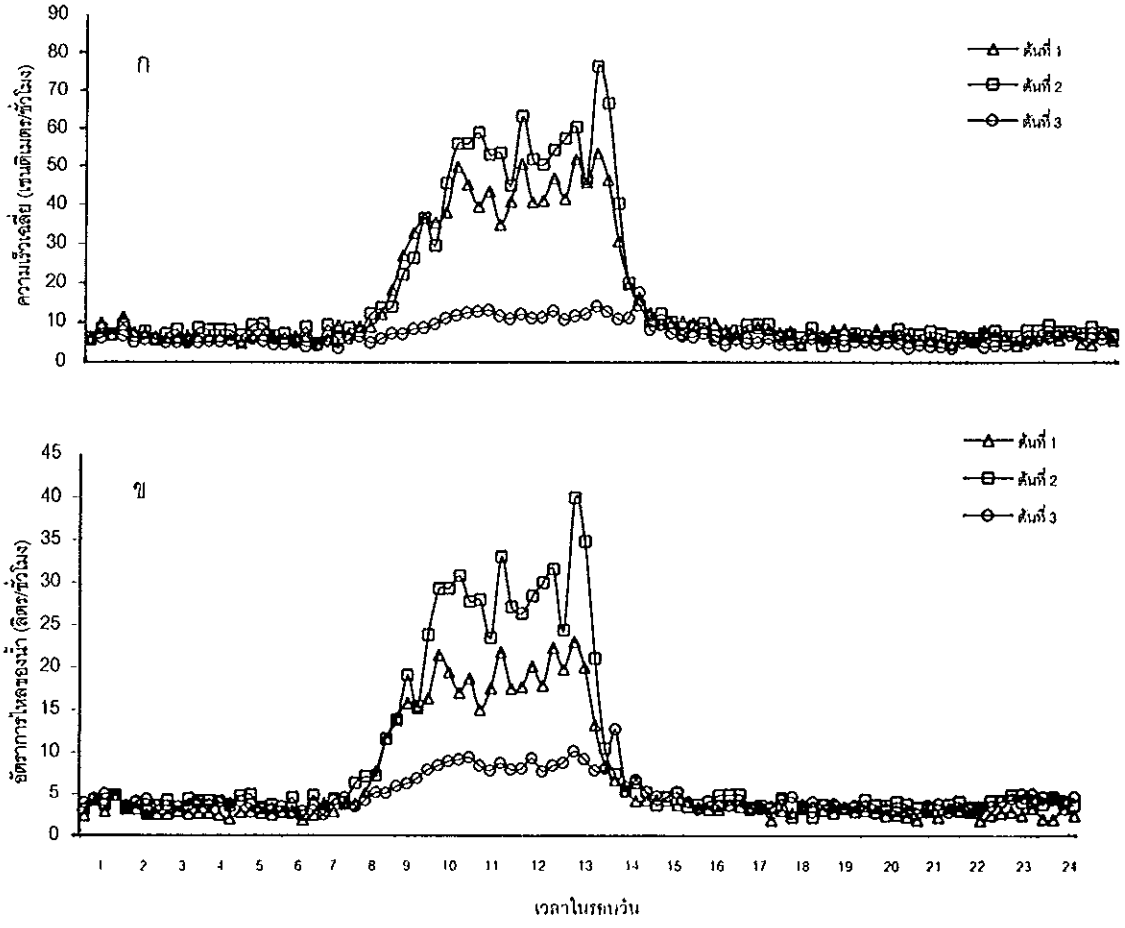
ท่อน้ำ (ไมครอน)	ชนิดไม้ผล			
	ทุเรียน	มังคุด	เงาะ	ลองกอง
เส้นผ่านศูนย์กลางท่อน้ำ	150-350	30-80	70-120	70-150
ระยะห่างระหว่างท่อน้ำ	25-1500	50-500	50-350	25-350

จากตารางที่ 1 พบว่า เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อน้ำต้นทุเรียนมีค่าแตกต่างกันมาก (150-350 ไมครอน) เมื่อเปรียบเทียบกับต้นมังคุด เงาะ และลองกอง ที่มีค่า 30-80 70-120 และ 70-150 ไมครอน ตามลำดับ และจากการวัดระยะห่างระหว่างท่อน้ำของไม้ผลทั้ง 4 ชนิดพบว่า ระยะห่างระหว่างท่อน้ำของต้นทุเรียนมีค่ามากที่สุด (25-1500 ไมครอน) รองลงมาคือ มังคุด (50-500 ไมครอน) เงาะ (50-350 ไมครอน) และลองกอง (25-350 ไมครอน)

2. อัตราการใช้น้ำของต้นทุเรียน มังคุด เงาะ และลองกอง

2.1 อัตราการใช้น้ำของต้นทุเรียน

ความเร็วเฉลี่ยและอัตราการไหลของน้ำของต้นทุเรียนพันธุ์ชะนีที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นแตกต่างกัน ดังแสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ความเร็วเฉลี่ย (ก) และอัตราการไหลของน้ำ (ข) ของต้นทุเรียนอายุ 15 ปี จำนวน 3 ต้น (เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ต้นที่ 1 2 และ 3 มีค่า 26.2 28.0 และ 33.5 เซนติเมตร) วัดเมื่อวันที่ 20 มีนาคม 2542 ที่แปลงไม้ผล คณะวิชาพืชศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตนครศรีธรรมราช อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช

จากภาพที่ 9ก พบว่า ความเร็วเฉลี่ยสูงสุดของอัตราการไหลของน้ำในต้นทุเรียนอายุ 15 ปี จำนวน 3 ต้น เมื่อเรียงลำดับเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นจากน้อยไปมากพบว่า มีค่า 53.43 76.38 และ 17.47 เซนติเมตร/ชั่วโมง เมื่อคำนวณเป็นอัตราการไหลของน้ำพบว่า มีค่า 22.97 39.92 และ 12.68 ลิตร/ชั่วโมง ตามลำดับ (ภาพที่ 9ข)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำของต้นทุเรียนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น พื้นที่กระพี้ ดัชนีพื้นที่ใบ และปริมาตรทรงพุ่มที่แตกต่างกัน ให้ผลดังตารางที่ 2

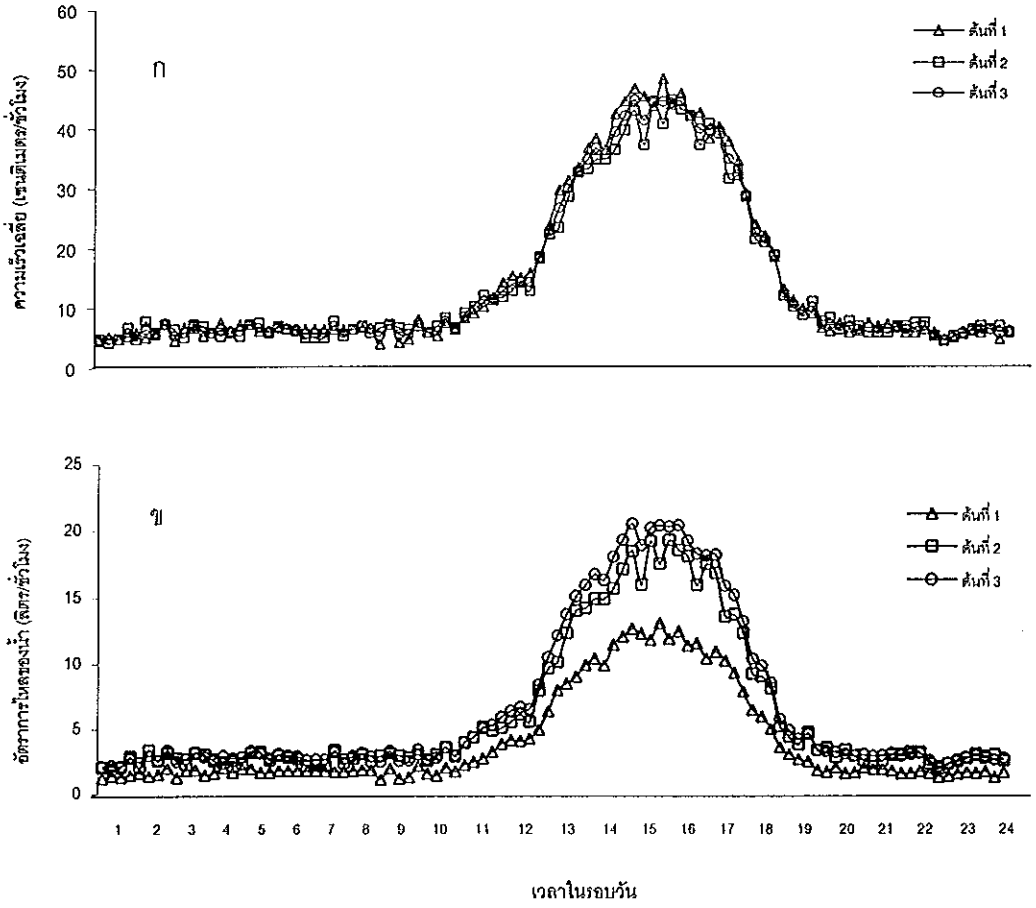
ตารางที่ 2 ปริมาณการใช้น้ำของต้นทุเรียนอายุ 15 ปี ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น พื้นที่กระพี้ ดัชนีพื้นที่ใบ และปริมาตรทรงพุ่มที่แตกต่างกัน

ต้นที่	เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (เซนติเมตร)	พื้นที่กระพี้ (ตารางเซนติเมตร)	ดัชนีพื้นที่ใบ	ปริมาตรทรงพุ่ม (ลูกบาศก์เมตร)	ปริมาณการใช้น้ำตลอดวัน (ลิตร)	ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ยช่วง 07.00-18.00 น. (ลิตร)
1	26.2	475.19	1.29	370.29	192.58	120.78
2	28.0	509.35	1.23	281.10	214.75	170.47
3	33.5	774.39	0.63	472.39	119.11	68.71

จากตารางที่ 2 พบว่า ปริมาณการใช้น้ำของต้นทุเรียนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น 28.0 เซนติเมตร (พื้นที่กระพี้ 509.35 ตารางเซนติเมตร) มีค่าสูงสุด 214.75 ลิตร/วัน และต้นทุเรียนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น 26.2 และ 33.5 เซนติเมตร (พื้นที่กระพี้ 475.19 และ 774.39 ตารางเซนติเมตร) มีปริมาณการใช้น้ำรองลงมาโดยมีค่า 192.58 และ 119.11 ลิตร/วัน ตามลำดับ

2.2 อัตราการใช้น้ำของต้นมังคุด

ความเร็วเฉลี่ยและอัตราการไหลของน้ำของต้นมังคุดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นแตกต่างกัน ดังแสดงในภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ความเร็วเฉลี่ย (ก) และอัตราการไหลของน้ำ (ข) ของต้นมังคุด อายุ 24 ปี จำนวน 3 ต้น (เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ต้นที่1 2 และ 3 มีค่า 19.7 24.7 และ 25.0 เซนติเมตร) วัดเมื่อวันที่ 23 มีนาคม 2542 ที่แปลงไม้ผล คณะวิชาพืชศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตนครศรีธรรมราช อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช

จากภาพที่ 10ก พบว่า ความเร็วเฉลี่ยสูงสุดของอัตราการไหลของน้ำในต้นมังคุดอายุ 24 ปี จำนวน 3 ต้น เมื่อเรียงลำดับเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นจากน้อยไปมากพบว่า มีค่า 48.31 45.17 และ 44.87 เซนติเมตร/ชั่วโมง เมื่อคำนวณเป็นอัตราการไหลของน้ำพบว่า มีค่า 13.12 19.41 และ 20.55 ลิตร/ชั่วโมง ตามลำดับ (ภาพที่ 10ข)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำของต้นมังคุดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น พื้นที่กระพี้ ดัชนีพื้นที่ใบ และปริมาตรทรงพุ่มที่แตกต่างกัน ให้ผลดังตารางที่ 3

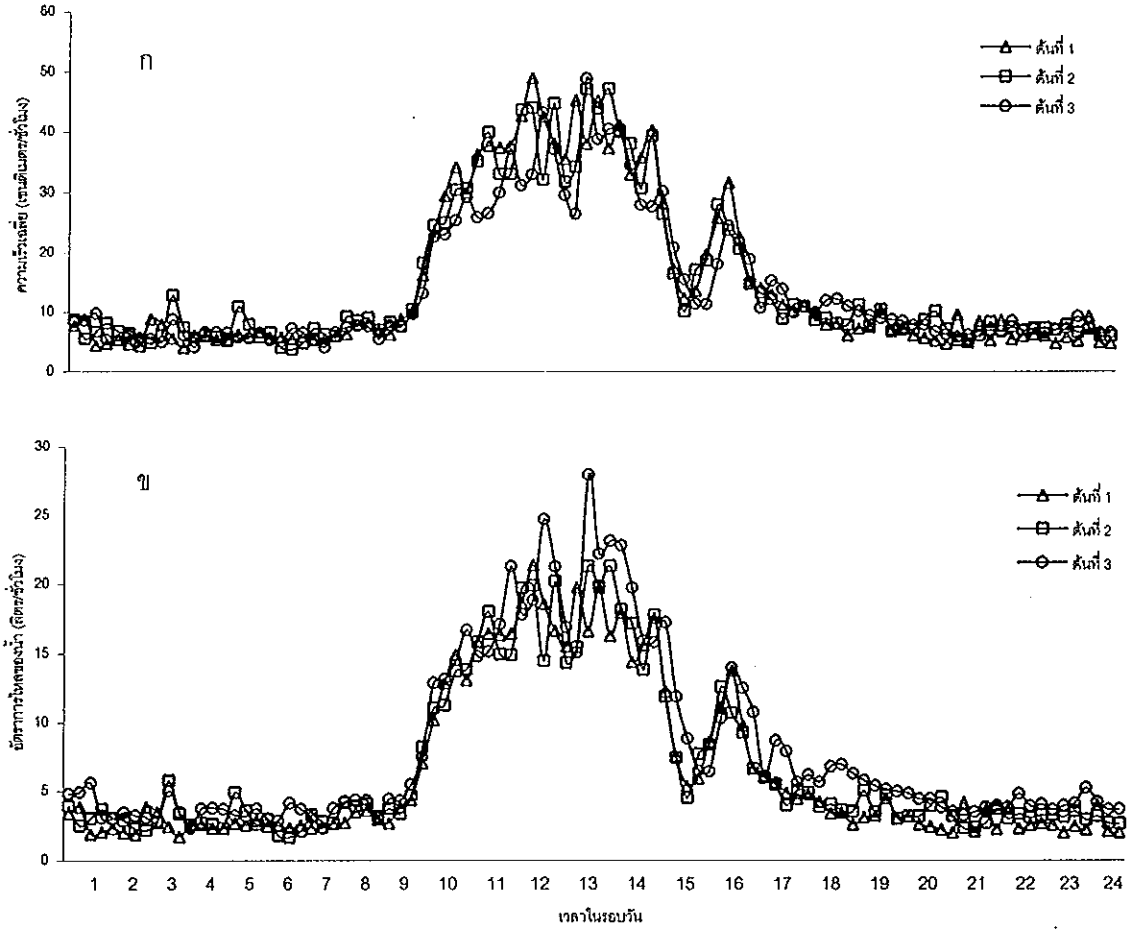
ตารางที่ 3 ปริมาณการใช้น้ำของต้นมังคุดอายุ 24 ปี ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น พื้นที่กระพี้ ดัชนีพื้นที่ใบ และปริมาตรทรงพุ่มที่แตกต่างกัน

ต้นที่	เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (เซนติเมตร)	พื้นที่กระพี้ (ตารางเซนติเมตร)	ดัชนีพื้นที่ใบ	ปริมาตรทรงพุ่ม (ลูกบาศก์เมตร)	ปริมาณการใช้น้ำตลอดวัน (ลิตร)	ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ยช่วง 07.00-18.00 น. (ลิตร)
1	19.7	259.25	4.31	60.43	98.15	78.96
2	24.7	401.93	4.15	114.49	148.96	113.05
3	25.0	451.65	4.52	99.45	165.97	139.28

จากตารางที่ 3 พบว่า ปริมาณการใช้น้ำของต้นมังคุดมีความสัมพันธ์โดยตรงกับเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นและพื้นที่กระพี้ โดยปริมาณการใช้น้ำของต้นมังคุดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น 25.0 เซนติเมตร (พื้นที่กระพี้ 451.65 ตารางเซนติเมตร) มีค่าสูงสุด 165.97 ลิตร/วัน และต้นมังคุดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น 24.7 และ 19.7 เซนติเมตร (พื้นที่กระพี้ 401.93 และ 259.25 ตารางเซนติเมตร) มีปริมาณการใช้น้ำรองลงมาโดยมีค่า 148.96 และ 98.15 ลิตร/วัน ตามลำดับ

2.3 อัตราการใช้น้ำของต้นเงาะ

ความเร็วเฉลี่ยและอัตราการไหลของน้ำของต้นเงาะที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นแตกต่างกัน ดังแสดงในภาพที่ 11



ภาพที่ 11 ความเร็วเฉลี่ย (ก) และอัตราการไหลของน้ำ (ข) ของต้นเงาะ อายุ 24 ปี จำนวน 3 ต้น (เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ต้นที่ 1 2 และ 3 มีค่า 24.6 25.0 และ 28.2 เซนติเมตร) วัดเมื่อวันที่ 26 มีนาคม 2542 ที่แปลงไม้ผล คณะวิชาพืชศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช

จากภาพที่ 11ก พบว่า ความเร็วเฉลี่ยสูงสุดของอัตราการไหลของน้ำในต้นเงาะอายุ 24 ปี จำนวน 3 ต้น เมื่อเรียงลำดับเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นจากน้อยไปมากพบว่า มีค่า 47.07 48.85 และ 48.87 เซนติเมตร/ชั่วโมง เมื่อคำนวณเป็นอัตราการไหลของน้ำพบว่า มีค่า 21.36 21.28 และ 27.95 ลิตร/ชั่วโมง ตามลำดับ (ภาพที่ 11ข)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำของต้นเงาะที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น พื้นที่กระพี้ ดัชนีพื้นที่ใบ และปริมาตรทรงพุ่มที่แตกต่างกัน ให้ผลดังตารางที่ 4

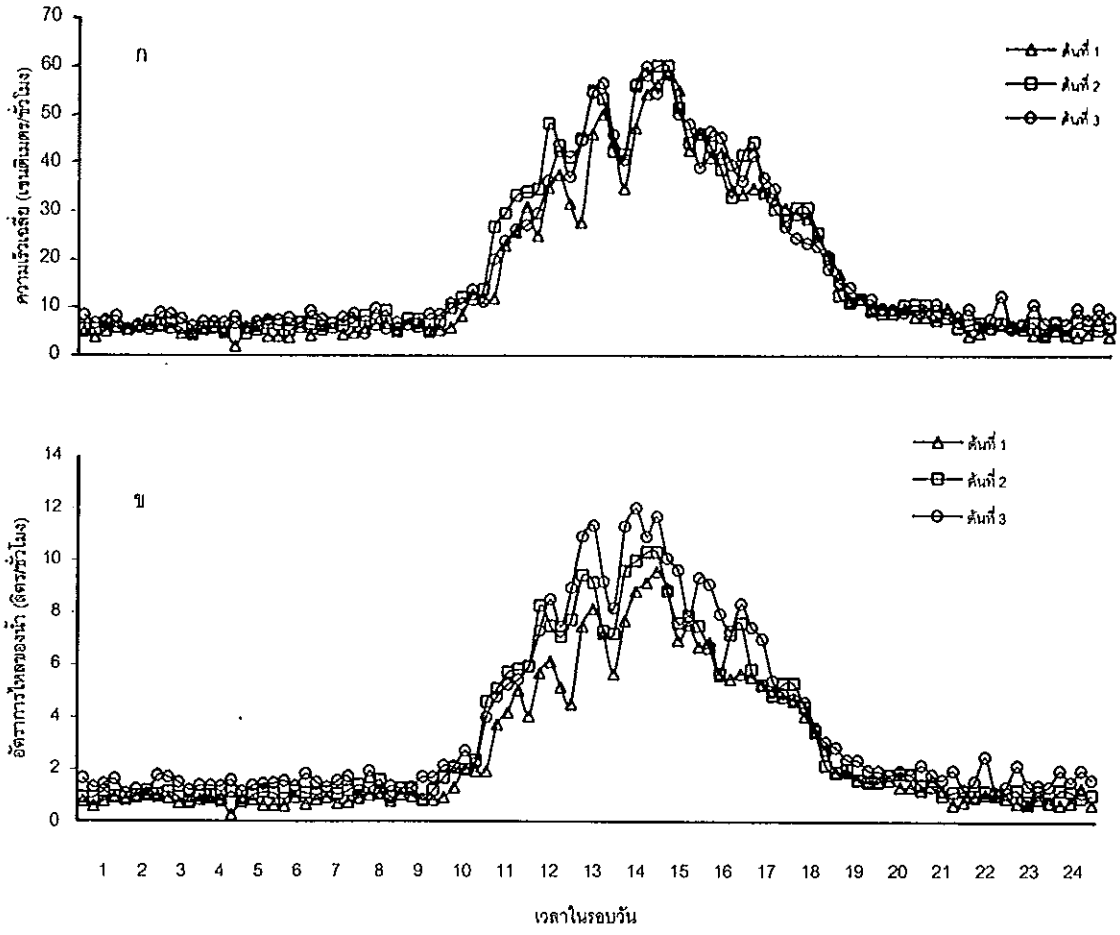
ตารางที่ 4 ปริมาณการใช้น้ำของต้นเงาะอายุ 24 ปี ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น พื้นที่กระพี้ ดัชนีพื้นที่ใบ และปริมาตรทรงพุ่มที่แตกต่างกัน

ต้นที่	เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (เซนติเมตร)	พื้นที่กระพี้ (ตารางเซนติเมตร)	ดัชนีพื้นที่ใบ	ปริมาตรทรงพุ่ม (ลูกบาศก์เมตร)	ปริมาณการใช้น้ำตลอดวัน (ลิตร)	ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ยช่วง 07.00-18.00 น. (ลิตร)
1	24.6	422.61	1.17	94.48	157.19	114.08
2	25.0	437.32	1.72	163.71	163.12	113.65
3	28.2	555.65	1.30	142.06	194.04	150.61

จากตารางที่ 4 พบว่า ปริมาณการใช้น้ำของต้นเงาะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นและพื้นที่กระพี้ โดยปริมาณการใช้น้ำของต้นเงาะที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น 28.2 เซนติเมตร (พื้นที่กระพี้ 555.65 ตารางเซนติเมตร) มีค่าสูงสุด 194.04 ลิตร/วัน และต้นเงาะที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น 25.0 และ 24.6 เซนติเมตร (พื้นที่กระพี้ 437.32 และ 422.61 ตารางเซนติเมตร) มีปริมาณการใช้น้ำรองลงมาโดยมีค่า 163.12 และ 157.19 ลิตร/วัน ตามลำดับ

2.4 อัตราการใช้น้ำของต้นลองกอง

ความเร็วเฉลี่ยและอัตราการไหลของน้ำของต้นลองกองที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นแตกต่างกัน ดังแสดงในภาพที่ 12



ภาพที่ 12 ความเร็วเฉลี่ย (ก) และอัตราการไหลของน้ำ (ข) ของต้นลองกองอายุ 12 ปี จำนวน 3 ต้น (เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ต้นที่ 1 2 และ 3 มีค่า 15.2 15.6 และ 17.0 เซนติเมตร) วัดเมื่อวันที่ 29 มีนาคม 2542 ที่แปลงไม้ผล คณะวิชาพืชศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช

จากภาพที่ 12ก พบว่า ความเร็วเฉลี่ยสูงสุดของอัตราการไหลของน้ำในต้นลองกองอายุ 12 ปี จำนวน 3 ต้น เมื่อเรียงลำดับเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นจากน้อยไปมากพบว่า มีค่า 58 88 59.97 และ 59.82 เซนติเมตร/ชั่วโมง เมื่อคำนวณเป็นอัตราการไหลของน้ำพบว่า มีค่า 9.58 10 31 และ 12.02 ลิตร/ชั่วโมง ตามลำดับ (ภาพที่ 12ข)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำของต้นลองกองที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น พื้นที่กระพี้ ดัชนีพื้นที่ใบ และปริมาตรทรงพุ่มที่แตกต่างกัน ให้ผลดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ปริมาณการใช้น้ำของต้นลองกองอายุ 12 ปี ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น พื้นที่กระพี้ ดัชนีพื้นที่ใบ และปริมาตรทรงพุ่มที่แตกต่างกัน

ต้นที่	เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (เซนติเมตร)	พื้นที่กระพี้ (ตารางเซนติเมตร)	ดัชนีพื้นที่ใบ	ปริมาตรทรงพุ่ม (ลูกบาศก์เมตร)	ปริมาณการใช้น้ำตลอดวัน (ลิตร)	ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ยช่วง 07.00-18.00 น. (ลิตร)
1	15.2	158.30	1.85	60.42	64.14	45.59
2	15.6	167.35	1.60	59.61	75.60	54.49
3	17.0	196.02	2.45	72.40	89.19	56.49

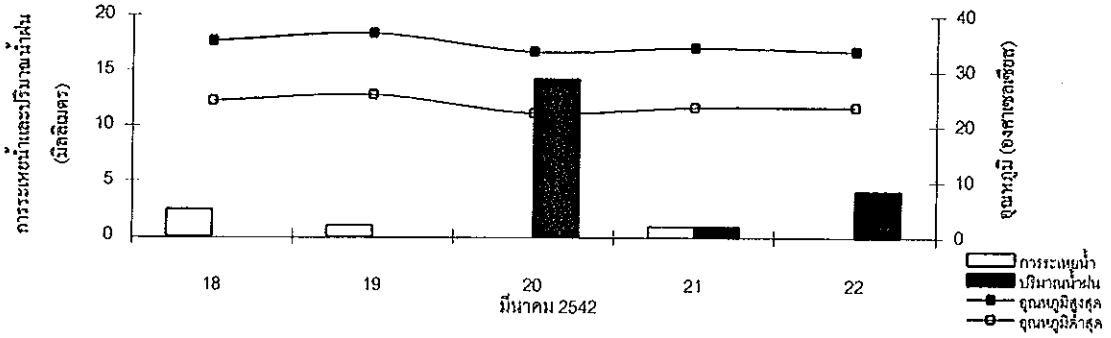
จากตารางที่ 5 พบว่า ปริมาณการใช้น้ำของต้นลองกองมีความสัมพันธ์โดยตรงกับเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นและพื้นที่กระพี้ โดยปริมาณการใช้น้ำของต้นลองกองที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น 17.0 เซนติเมตร (พื้นที่กระพี้ 196.02 ตารางเซนติเมตร) มีค่าสูงสุด 89.19 ลิตร/วัน และต้นลองกองที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น 15.6 และ 15.2 เซนติเมตร (พื้นที่กระพี้ 167.35 และ 158.30 ตารางเซนติเมตร) มีปริมาณการใช้น้ำรองลงมาโดยมีค่า 75.60 และ 64.14 ลิตร/วัน ตามลำดับ

3. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้น้ำ และสภาพอากาศระหว่างการทดลองของต้นทุเรียน มังคุด เงาะ และลองกอง

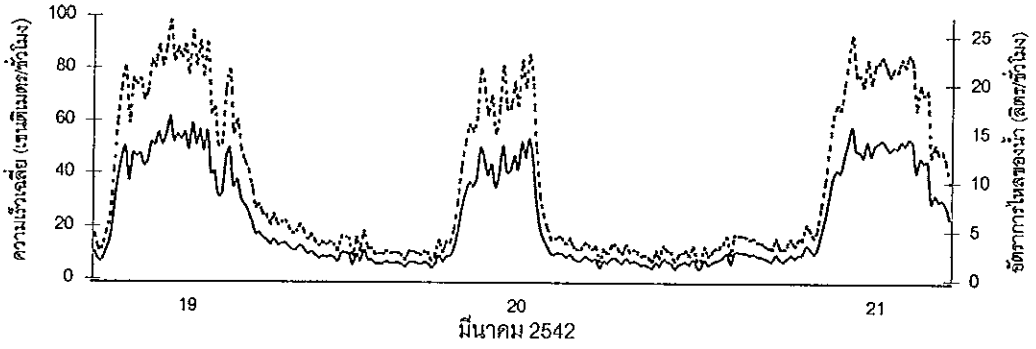
3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้น้ำ และสภาพอากาศระหว่างการทดลองของต้นทุเรียน

สภาพอากาศ

ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาระหว่างวันที่ 18-22 มีนาคม 2542 ได้แก่ ค่าการระเหยของน้ำ ปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด แสดงดังภาพที่ 13 และผลจากการวัดอัตราการใช้น้ำของต้นทุเรียนโดยวิธีพัลส์ความร้อน ระหว่างวันที่ 19-21 มีนาคม 2542 แสดงดังภาพที่ 14



ภาพที่ 13 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ที่สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ระหว่างวันที่ 18-22 มีนาคม 2542



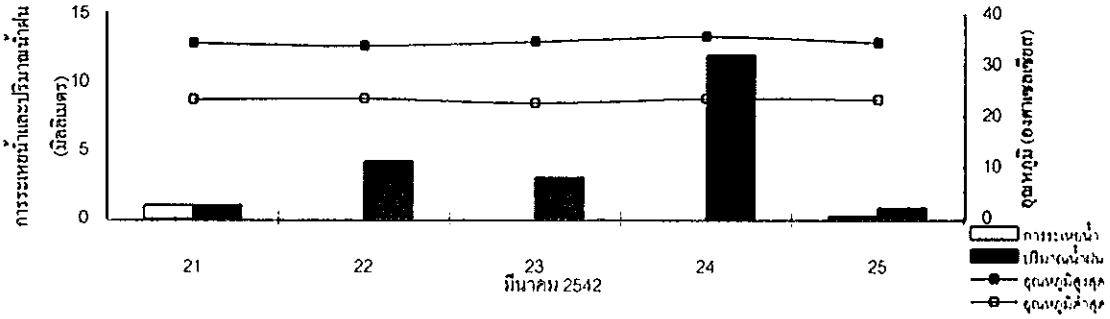
ภาพที่ 14 ความเร็วเฉลี่ย (——) และอัตราการไหลของน้ำ (·····) ของต้นทุเรียนอายุ 15 ปี ที่สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ระหว่างวันที่ 19-21 มีนาคม 2542

จากภาพที่ 13 พบว่า สภาพอากาศระหว่างการทดลอง วันที่ 19 มีนาคม 2542 ไม่มีฝนตก แต่เนื่องจากมีเมฆปกคลุมมากจึงทำให้การระเหยของน้ำมีค่าน้อย (1.0 มิลลิเมตร) และในวันที่ 20 และ 21 มีนาคม 2542 มีปริมาณฝนตกวัดได้ 14.3 และ 1.0 มิลลิเมตร จึงส่งผลให้การระเหยของน้ำมีค่าน้อยมาก (0 และ 1.0 มิลลิเมตร) สำหรับอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด มีค่าต่ำลงในวันที่ 20 มีนาคม 2542 เนื่องจากมีฝนตก และจากการวัดความเร็วเฉลี่ยและอัตราการไหลของน้ำสูงสุดของต้นทุเรียนอายุ 15 ปี (ภาพที่ 14) พบว่า ความเร็วเฉลี่ยสูงสุดของต้นทุเรียนในวันที่ 19 มีนาคม 2542 มีค่ามากกว่า (61.41 เซนติเมตร/ชั่วโมง) วันที่ 20 และ 21 มีนาคม 2542 (53.43 และ 58.01 เซนติเมตร/ชั่วโมง) ซึ่งสอดคล้องกับอัตราการไหลของน้ำที่มีค่า 26.40 22.97 และ 24.94 ลิตร/ชั่วโมง ตามลำดับ และเมื่อคำนวณปริมาณการใช้น้ำในช่วงกลางวันตั้งแต่เวลา 07.00-18.00 น. ของต้นทุเรียนตลอดเวลา 3 วันพบว่า มีค่า 193.74 120.78 และ 177.58 ลิตร ตามลำดับ

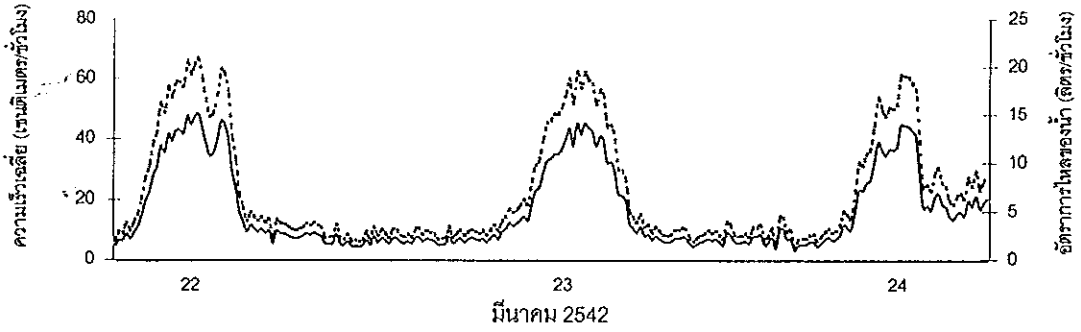
3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้น้ำ และสภาพอากาศระหว่างการทดลองของต้นมังคุด

สภาพอากาศ

ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาระหว่างวันที่ 21-25 มีนาคม 2542 ได้แก่ ค่าการระเหยของน้ำ ปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด แสดงดังภาพที่ 15 และผลจากการวัดอัตราการใช้น้ำของต้นมังคุดโดยวิธีพัลส์ความร้อน ระหว่างวันที่ 22-24 มีนาคม 2542 แสดงดังภาพที่ 16



ภาพที่ 15 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ที่สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ระหว่างวันที่ 21-25 มีนาคม 2542



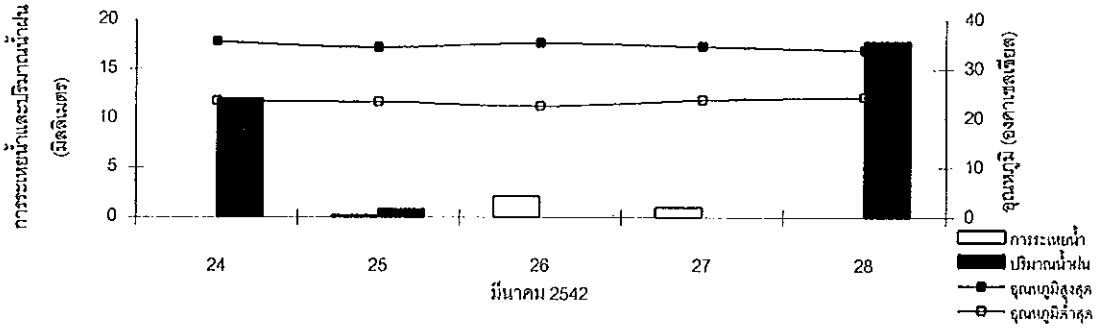
ภาพที่ 16 ความเร็วเฉลี่ย (——) และอัตราการไหลของน้ำ (.....) ของต้นมังคุดอายุ 24 ปี ที่สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ระหว่างวันที่ 22-24 มีนาคม 2542

จากภาพที่ 15 พบว่า สภาพอากาศระหว่างการทดลองในวันที่ 22-24 มีนาคม 2542 มีปริมาณฝนตกวัดได้ 4.2 3.0 และ 12.0 มิลลิเมตร ตามลำดับ จึงทำให้ไม่สามารถวัดค่าการระเหยของน้ำได้ สำหรับอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด มีค่าใกล้เคียงกันตลอดการทดลอง และจากการวัดความเร็วเฉลี่ยและอัตราการไหลของน้ำของต้นมังคุดอายุ 24 ปี (ภาพที่ 16) พบว่า ความเร็วเฉลี่ยของต้นมังคุดในวันที่ 22 มีนาคม 2542 มีค่ามากกว่า (48.29 เซนติเมตร/ชั่วโมง) วันที่ 23 และ 24 มีนาคม 2542 (45.17 และ 44.17 เซนติเมตร/ชั่วโมง) ซึ่งสอดคล้องกับอัตราการไหลของน้ำที่มีค่า 20.75 19.41 และ 18.94 ลิตร/ชั่วโมง ตามลำดับ และเมื่อคำนวณปริมาณการใช้น้ำในช่วงกลางวันตั้งแต่เวลา 07.00-18.00 น. ของต้นมังคุดตลอดเวลา 3 วันพบว่า มีค่า 120.98 111.82 และ 106.36 ลิตร ตามลำดับ

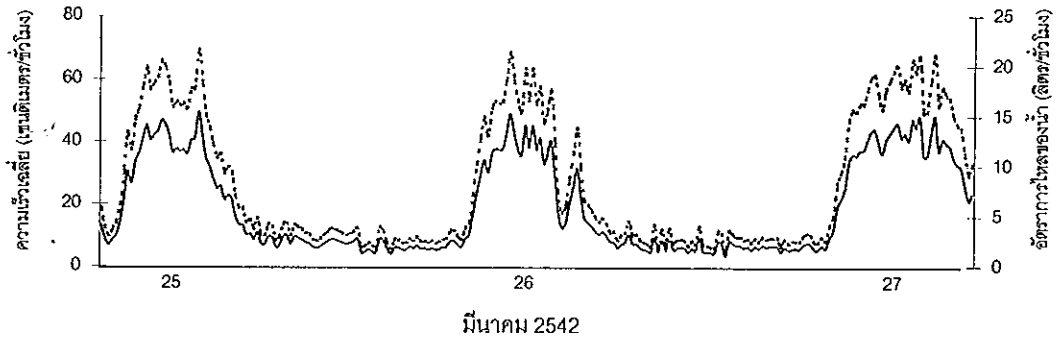
3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้น้ำ และสภาพอากาศระหว่างการทดลองของต้นเงาะ

สภาพอากาศ

ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาระหว่างวันที่ 24-28 มีนาคม 2542 ได้แก่ ค่าการระเหยของน้ำ ปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด แสดงดังภาพที่ 17 และผลจากการวัดอัตราการใช้น้ำของต้นเงาะโดยวิธีพัลส์ความร้อน ระหว่างวันที่ 25-27 มีนาคม 2542 แสดงดังภาพที่ 18



ภาพที่ 17 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ที่สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ระหว่างวันที่ 24-28 มีนาคม 2542



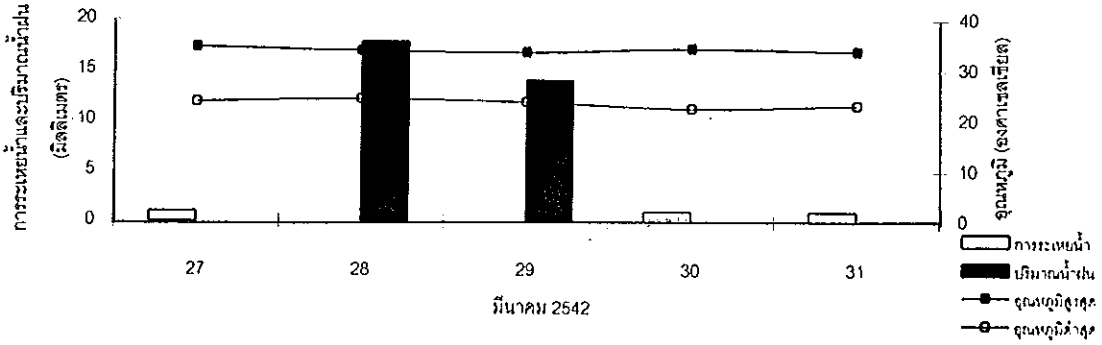
ภาพที่ 18 ความเร็วเฉลี่ย (——) และอัตราการไหลของน้ำ (.....) ของต้นเงาะอายุ 24 ปี ที่สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ระหว่างวันที่ 25-27 มีนาคม 2542

จากภาพที่ 17 พบว่า สภาพอากาศระหว่างการทดลองในวันที่ 25 มีนาคม 2542 ค่อนข้างครึ้มและมีปริมาณฝนตกวัดได้ 0.8 มิลลิเมตร จึงส่งผลให้การระเหยของน้ำมีค่าน้อยมาก (0.2 มิลลิเมตร) และในวันที่ 26-27 มีนาคม 2542 ไม่มีฝนตก ค่าการระเหยของน้ำจึงเพิ่มขึ้น (2.1 และ 0.9 มิลลิเมตร ตามลำดับ) สำหรับอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดมีค่าใกล้เคียงกันตลอดการทดลอง และจากการวัดความเร็วเฉลี่ยและอัตราการไหลของน้ำของต้นเงาะอายุ 24 ปี (ภาพที่ 18) พบว่าความเร็วเฉลี่ยสูงสุดของต้นเงาะมีค่าใกล้เคียงกันตลอดการทดลอง โดยมีค่า 49.46 48.87 และ 48.28 เซนติเมตร/ชั่วโมง ซึ่งสอดคล้องกับอัตราการไหลของน้ำสูงสุดที่มีค่า 21.62 21.36 และ 21.10 ลิตร/ชั่วโมง ตามลำดับ และเมื่อคำนวณปริมาณการใช้น้ำในช่วงกลางวัน ตั้งแต่เวลา 07.00-18.00 น. ของต้นเงาะพบว่า มีค่า 123.60 114.08 และ 147.39 ลิตร ตามลำดับ

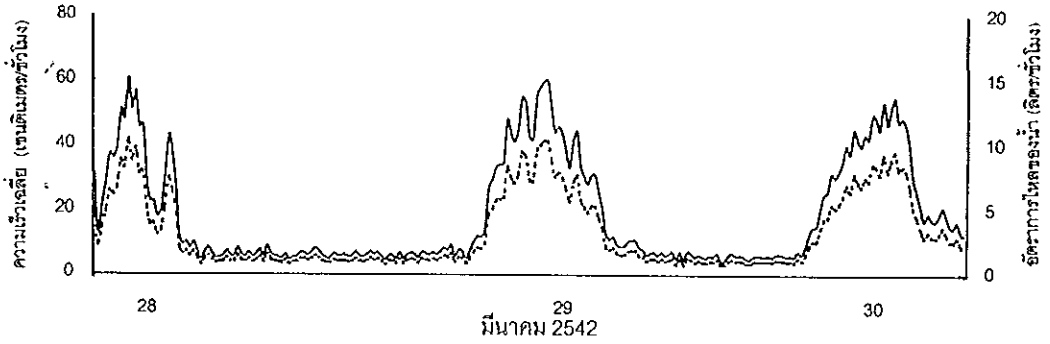
3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้น้ำ และสภาพอากาศระหว่างการทดลองของต้นลองกอง

สภาพอากาศ

ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาระหว่างวันที่ 27-31 มีนาคม 2542 ได้แก่ ค่าการระเหยของน้ำ ปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด แสดงดังภาพที่ 19 และผลจากการวัดอัตราการใช้น้ำของต้นลองกองโดยวิธีพัลส์ความร้อน ระหว่างวันที่ 28-30 มีนาคม 2542 แสดงดังภาพที่ 20



ภาพที่ 19 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ที่สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ระหว่างวันที่ 27-31 มีนาคม 2542



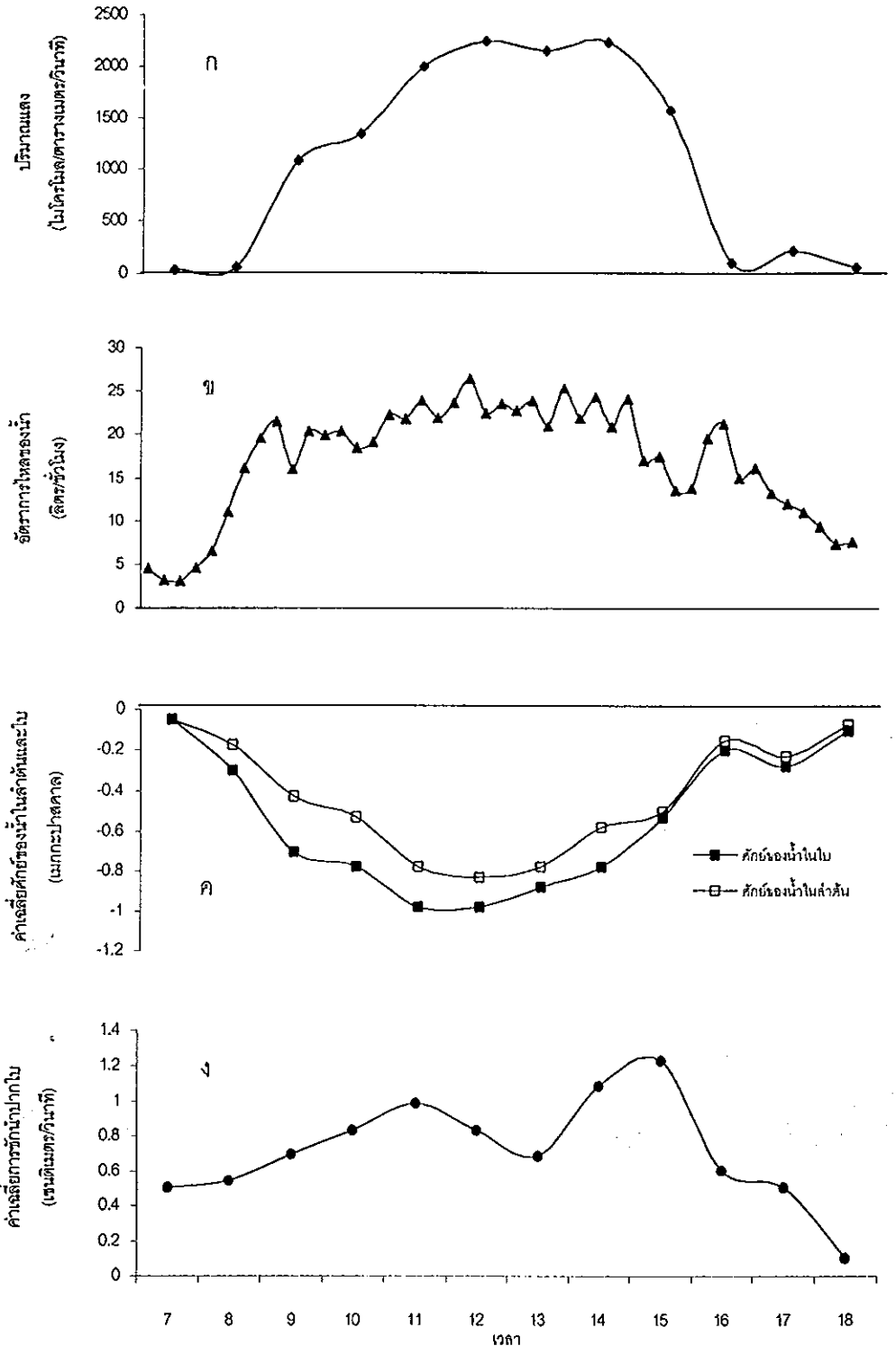
ภาพที่ 20 ความเร็วเฉลี่ย (——) และอัตราการไหลของน้ำ (.....) ของต้นลองกองอายุ 12 ปี ที่สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ระหว่างวันที่ 28-30 มีนาคม 2542

จากภาพที่ 19 พบว่า สภาพอากาศระหว่างการทดลองมีฝนตกในช่วงกลางวันของวันที่ 28-29 มีนาคม 2542 เท่ากับ 17.8 และ 14.0 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งส่งผลให้อุณหภูมิลดต่ำลง และไม่สามารถวัดค่าการระเหยของน้ำได้ สำหรับสภาพอากาศในวันที่ 30 มีนาคม 2542 พบว่า มีฝนตกในช่วงบ่ายเล็กน้อย (ไม่สามารถวัดค่าได้) และมีเมฆปกคลุมค่อนข้างมาก ส่งผลให้การระเหยของน้ำมีค่า 1.0 มิลลิเมตร สำหรับอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดมีค่าใกล้เคียงกันตลอดการทดลอง และจากการวัดความเร็วเฉลี่ยและอัตราการไหลของน้ำของต้นลองกองอายุ 12 ปี (ภาพที่ 20) พบว่า ความเร็วเฉลี่ยสูงสุดของต้นลองกองมีค่าใกล้เคียงกันตลอดการทดลอง โดยมีค่า 60.63 59.97 และ 54.82 เซนติเมตร/ชั่วโมง ซึ่งสอดคล้องกับอัตราการไหลของน้ำที่มีค่า 10.42 10.31 และ 9.42 ลิตร/ชั่วโมง ตามลำดับ และเมื่อคำนวณปริมาณการใช้น้ำในช่วงกลางวันตั้งแต่เวลา 07.00-18.00 น. ของต้นลองกองพบว่า มีค่า 42.27 59.49 และ 56.96 ลิตร ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณการใช้น้ำในช่วงกลางวันของวันที่ 29 มีนาคม 2542 มีค่ามากกว่าวันที่ 28 และ 30 มีนาคม 2542 สอดคล้องกับสภาพอากาศระหว่างการทดลอง

4. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสงเหนือทรงพุ่ม อัตราการใช้น้ำ และกระบวนการทางสรีรวิทยาของต้นทุเรียน มังคุด เงาะ และลองกอง

4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสงเหนือทรงพุ่ม อัตราการใช้น้ำ และกระบวนการทางสรีรวิทยาของต้นทุเรียน

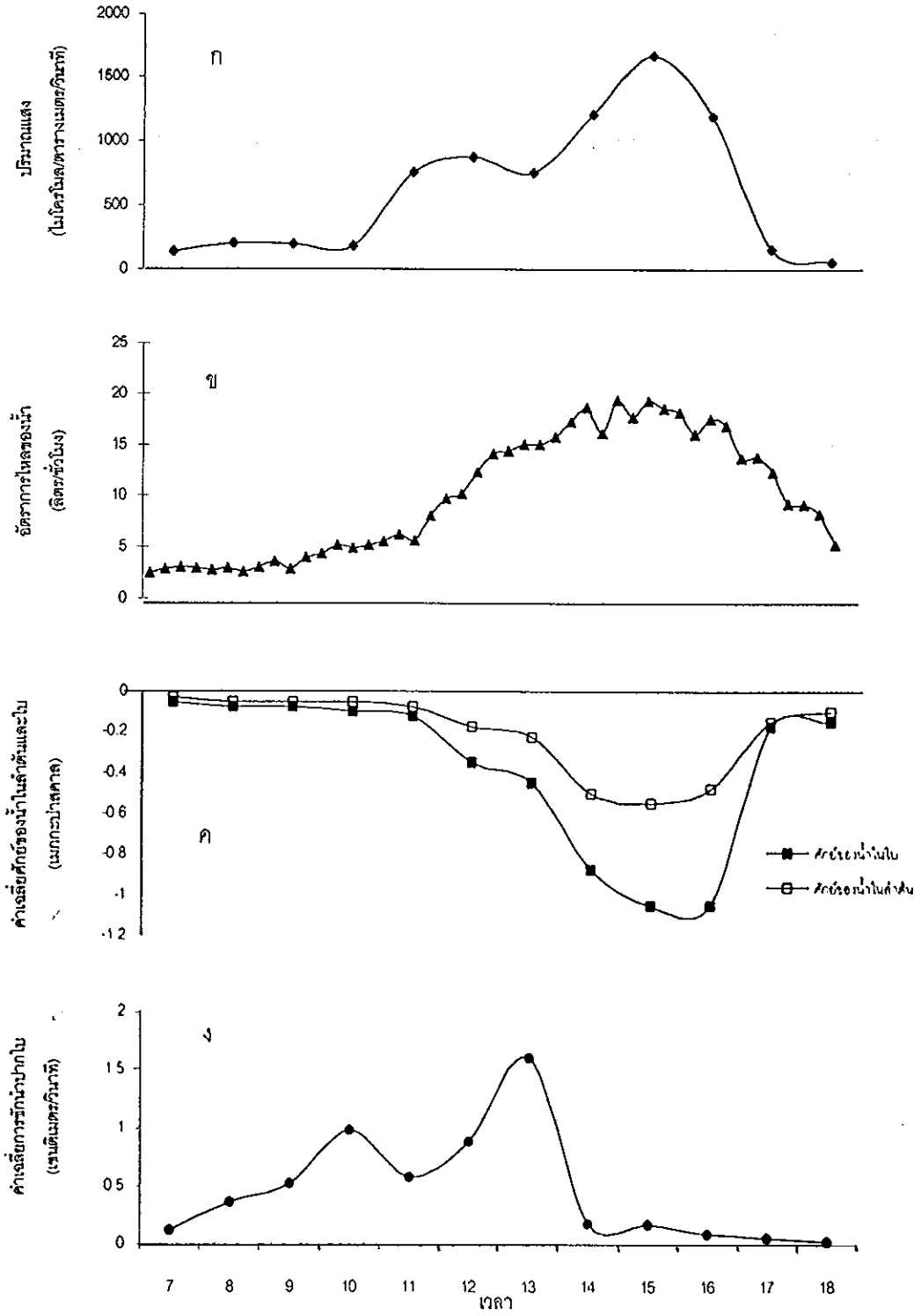
จากการวัดปริมาณแสงเหนือทรงพุ่มต้นทุเรียนตลอดช่วงวัน (07.00-18.00 น.) ของวันที่ 19 มีนาคม 2542 พบว่า ปริมาณแสงเริ่มเพิ่มขึ้นในช่วงเช้า และถึงจุดสูงสุดในช่วงกลางวัน (12.00-14.00 น.) โดยมีค่า 2,253-2,242 ไมโครโมล/ตารางเมตร/วินาที จากนั้นปริมาณแสงเริ่มลดลงอย่างรวดเร็ว และมีค่าต่ำสุดที่เวลา 18.00 น. (ภาพที่ 21ก) สำหรับอัตราการใช้น้ำแสดงดังภาพที่ 21ข พบว่า ปริมาณการใช้น้ำในช่วงกลางวันของต้นทุเรียนมีค่าเท่ากับ 192.58 ลิตร โดยมีอัตราการไหลของน้ำสูงสุดเท่ากับ 26.40 ลิตร/ชั่วโมง ที่เวลา 13.00 น. ซึ่งจะเห็นได้ว่า อัตราการใช้น้ำของต้นทุเรียนมีความสัมพันธ์กับปริมาณแสงที่ได้รับ โดยอัตราการไหลของน้ำมีค่าต่ำในช่วงเช้าและเย็น ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณแสงที่มีค่าต่ำเช่นกัน และเมื่อทรงพุ่มได้รับปริมาณแสงเพิ่มขึ้น อัตราการไหลของน้ำมีค่าสูงตามไปด้วย จากการวัดศักย์ของน้ำในลำต้นและใบ (ภาพที่ 21ค) พบว่า ศักย์ของน้ำในลำต้นและใบของทุเรียนมีความสัมพันธ์ในทางตรงข้ามกับปริมาณแสงที่ได้รับ โดยช่วงเช้าและเย็นต้นทุเรียนได้รับปริมาณแสงน้อย ศักย์ของน้ำในลำต้นและใบมีค่าสูง (-0.05 เมกกะปาสคาล) และเมื่อต้นทุเรียนได้รับปริมาณแสงเพิ่มมากขึ้น ศักย์ของน้ำในลำต้นและใบมีค่าลดลงตามลำดับ และมีค่าต่ำสุด (-0.80 และ –1.07 เมกกะปาสคาล) เมื่อได้รับปริมาณแสงสูงในช่วงเวลา 12.00-14.00 น. สำหรับค่าการชักนำปากใบ พบว่า มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณแสง โดยค่าการชักนำปากใบของทุเรียนมีค่าสูงที่เวลา 11.00 และ 15.00 น. โดยมีค่า 0.98 และ 1.23 เซนติเมตร/วินาที ซึ่งเป็นเวลาในช่วงที่ปริมาณแสงเหนือทรงพุ่มมีค่ามาก และเมื่อต้นทุเรียนได้รับปริมาณแสงลดลง ค่าการชักนำปากใบของทุเรียนมีค่าลดลงตามลำดับ โดยมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.02 เซนติเมตร/วินาที ที่เวลา 18.00 น. (ภาพที่ 21ง)



ภาพที่ 21 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณแสงเหนือทรงพุ่ม (ก) อัตราการไหลของน้ำในต้น (ข) ค่าเฉลี่ยศักย์ของน้ำในลำต้นและใบ (ค) และค่าเฉลี่ยการชักนำปากใบ (ง) ของต้นทุเรียนอายุ 15 ปี ในรอบวันของวันที่ 19 มีนาคม 2542

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสงเหนือทรงพุ่ม อัตราการใช้น้ำ และกระบวนการทางสรีรวิทยาของต้นมังคุด

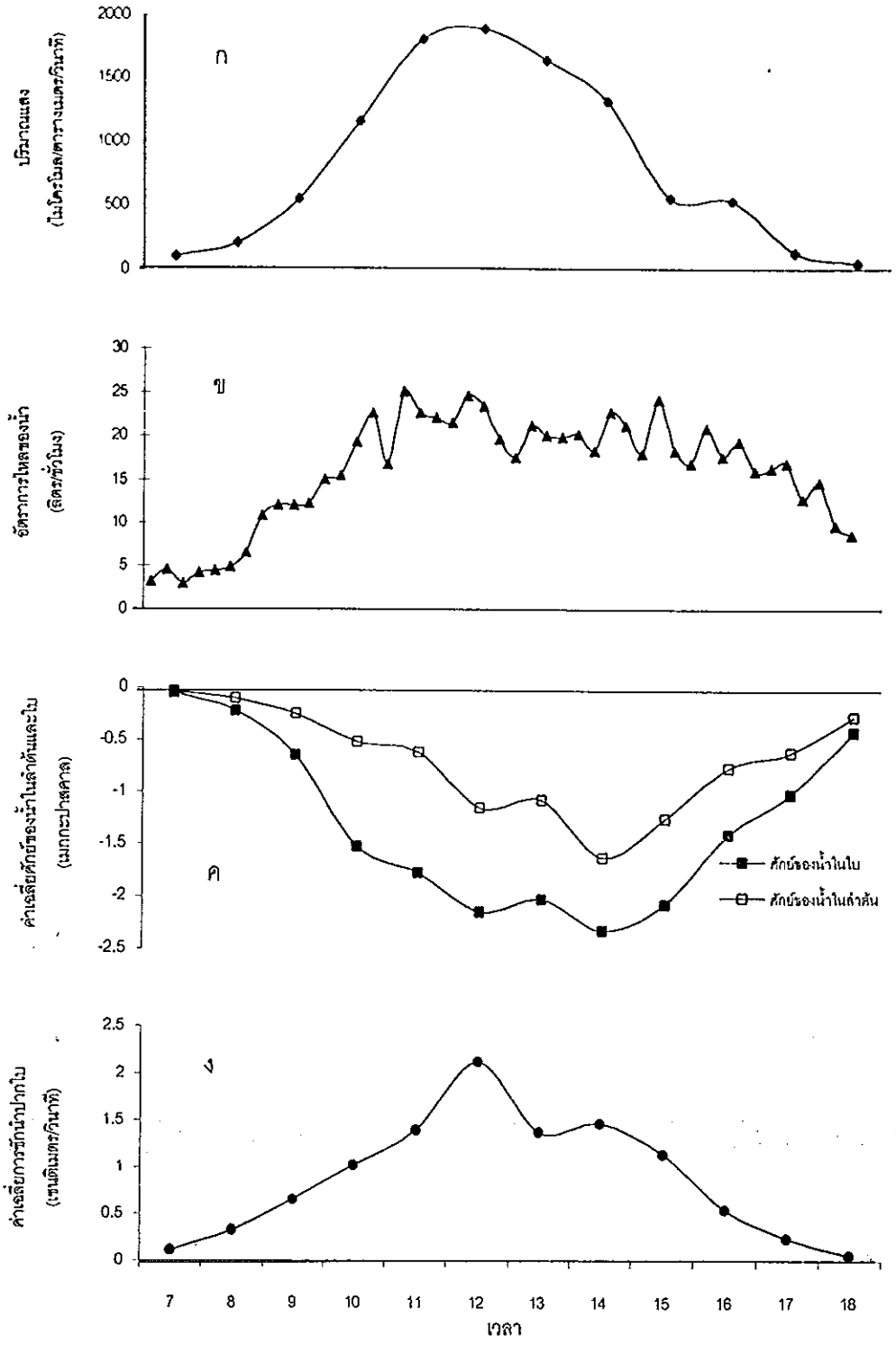
จากการวัดปริมาณแสงเหนือทรงพุ่มต้นมังคุดตลอดช่วงวัน (07.00-18.00 น.) ของวันที่ 23 มีนาคม 2542 พบว่า ปริมาณแสงมีค่าค่อนข้างน้อยและใกล้เคียงกันในช่วงเวลา 07.00-10.00 น. ประมาณ 100-200 ไมโครโมล/ตารางเมตร/วินาที เนื่องจากในช่วงนี้มีเมฆปกคลุมมาก จากนั้นปริมาณแสงเริ่มมีค่าเพิ่มขึ้นและสูงสุดเท่ากับ 1,676 ไมโครโมล/ตารางเมตร/วินาที ที่เวลา 15.00 น. และเริ่มลดลงอย่างรวดเร็ว โดยมีค่าต่ำสุดที่เวลา 18.00 น. (ภาพที่ 22ก) ส่วนปริมาณการใช้น้ำแสดงดังภาพที่ 22ข พบว่า ปริมาณการใช้น้ำในช่วงกลางวันของต้นมังคุดมีค่าเท่ากับ 111.82 ลิตร โดยมีอัตราการไหลสูงสุด 19.41 ลิตร/ชั่วโมง ที่เวลา 15.00 น. ซึ่งจะเห็นได้ว่า อัตราการใช้น้ำของต้นมังคุดมีความสัมพันธ์กับปริมาณแสงที่ได้รับ โดยอัตราการใช้น้ำของต้นมังคุดมีค่าต่ำในช่วงเช้าและเย็น ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณแสงที่มีค่าต่ำเช่นกัน และเมื่อทรงพุ่มได้รับปริมาณแสงเพิ่มขึ้น อัตราการใช้น้ำของต้นมังคุดมีค่าสูงตามไปด้วย และในส่วนของกระบวนการทางสรีรวิทยา จากการวัดศักย์ของน้ำในลำต้นและใบพบว่า ศักย์ของน้ำในลำต้นและใบของมังคุดมีความสัมพันธ์ในทางตรงข้ามกับปริมาณแสงที่ได้รับ โดยช่วงเช้าและเย็นซึ่งได้รับปริมาณแสงน้อย ศักย์ของน้ำในลำต้นและใบของมังคุดมีค่าสูง (-0.02 และ –0.17 เมกกะปาสคาล) จากนั้นเมื่อปริมาณแสงที่ได้รับมีค่าเพิ่มขึ้นถึงจุดสูงสุด ศักย์ของน้ำในลำต้นและใบมีค่าลดลงถึงจุดต่ำสุด (-0.55 และ –1.05 เมกกะปาสคาล) ระหว่างเวลา 15.00-16.00 น. (ภาพที่ 22ค) สำหรับค่าการชักนำปากใบพบว่า การชักนำปากใบของมังคุดมีค่าสูง 2 ช่วงที่เวลา 10.00 และ 13.00 น. โดยมีค่า 0.97 และ 1.60 เซนติเมตร/วินาที ตามลำดับ และในช่วงเวลา 11.00 น. การชักนำปากใบของมังคุดมีค่าลดลง 0.58 เซนติเมตร/วินาที (ภาพที่ 22ง)



ภาพที่ 22 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณแสงเหนือทรงพุ่ม (ก) อัตราการไหลของน้ำในต้น (ข) ค่าเฉลี่ยศักย์ของน้ำในลำต้นและใบ (ค) และค่าเฉลี่ยการชักนำปากใบ (ง) ของต้นมังคุด อายุ 24 ปี ในรอบวันของวันที่ 23 มีนาคม 2542

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสงเหนือทรงพุ่ม อัตราการใช้น้ำ และกระบวนการทางสรีรวิทยาของต้นเงาะ

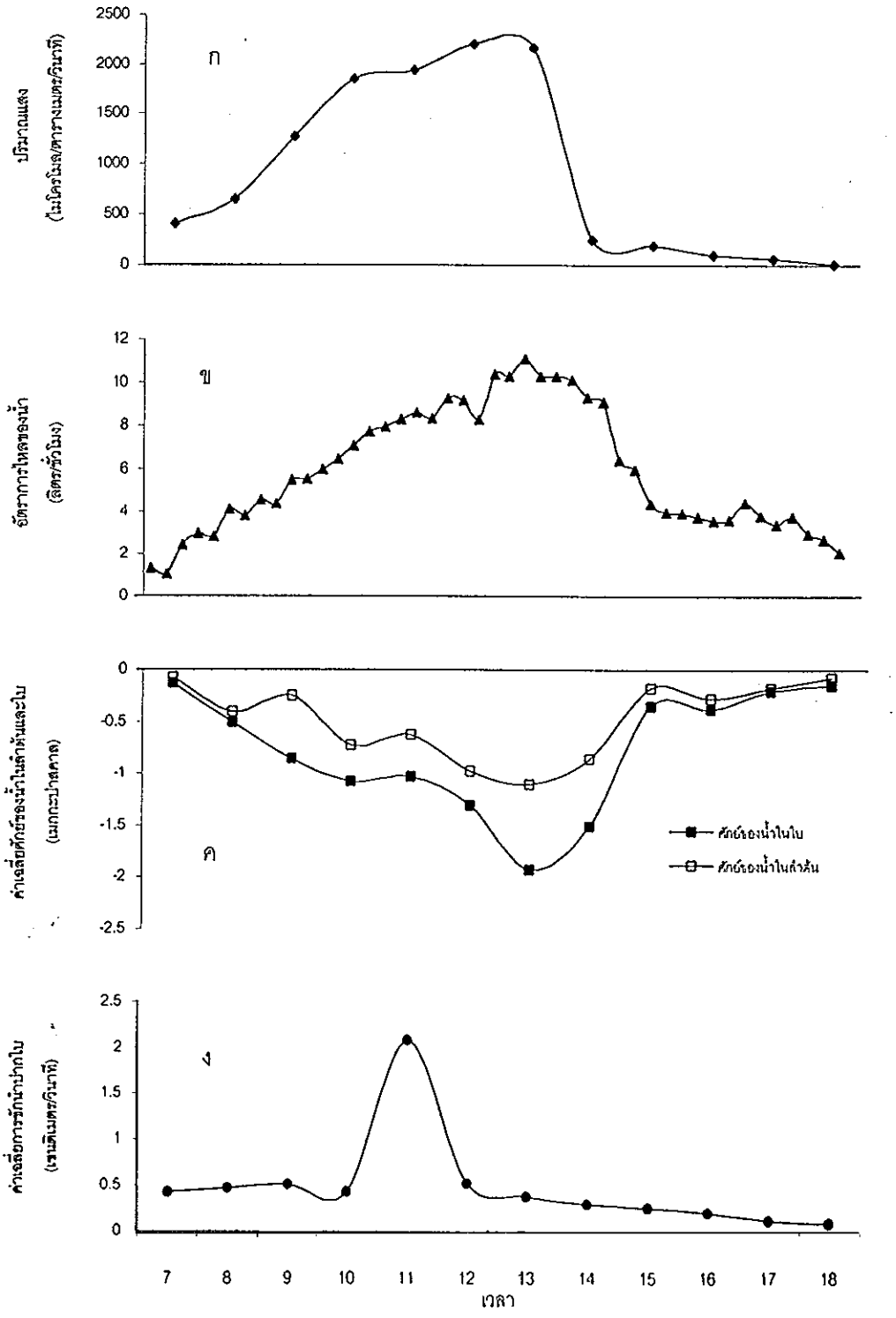
จากการวัดปริมาณแสงเหนือทรงพุ่มต้นเงาะตลอดช่วงวัน (07.00-18.00 น.) ของวันที่ 27 มีนาคม 2542 (ภาพที่ 23ก) พบว่า ปริมาณแสงเริ่มเพิ่มขึ้นในช่วงเช้า และถึงจุดสูงสุดในช่วงกลางวัน (11.00-13.00 น.) โดยมีค่า 1,896 ไมโครโมล/ตารางเมตร/วินาที จากนั้นปริมาณแสงเริ่มลดลงอย่างรวดเร็ว และมีค่าต่ำสุดที่เวลา 18.00 น. และจากการวัดอัตราการใช้น้ำแสดงดังภาพที่ 23ข พบว่า ปริมาณการใช้น้ำในช่วงกลางวันของต้นเงาะมีค่าเท่ากับ 177.64 ลิตร โดยมีอัตราการไหลของน้ำสูงสุด 25.11 ลิตร/ชั่วโมง ที่เวลา 11.00 น. ซึ่งจะเห็นได้ว่า อัตราการใช้น้ำของต้นเงาะมีความสัมพันธ์กับปริมาณแสงที่ได้รับ โดยอัตราการใช้น้ำมีค่าต่ำในช่วงเช้าและเย็น ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณแสงที่มีค่าต่ำเช่นกัน และเมื่อทรงพุ่มได้รับปริมาณแสงเพิ่มขึ้น อัตราการใช้น้ำมีค่าสูงตามไปด้วย สำหรับกระบวนการทางสรีรวิทยา จากการวัดศักย์ของน้ำในลำต้นและใบพบว่า ศักย์ของน้ำในลำต้นและใบของเงาะมีความสัมพันธ์ในทางตรงข้ามกับปริมาณแสงที่ได้รับ โดยช่วงเช้าและเย็นซึ่งต้นเงาะได้รับปริมาณแสงน้อย ศักย์ของน้ำในลำต้นและใบมีค่าสูง (-0.10 และ -0.30 เมกกะปาสคาล) จากนั้นเมื่อปริมาณแสงที่ได้รับมีค่าเพิ่มขึ้นและสูงสุดที่เวลา 12.00 น. พบว่า ศักย์ของน้ำในลำต้นและใบเริ่มมีค่าลดลง และมีค่าต่ำสุด -1.40 และ -2.15 เมกกะปาสคาล ที่เวลา 14.00 น. (ภาพที่ 23ค) สำหรับการวัดค่าการซักนำปากใบ แสดงดังภาพที่ 23ง พบว่า การซักนำปากใบของเงาะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณแสงที่ได้รับ โดยในช่วงเช้าที่เวลา 07.00 น. ต้นเงาะได้รับแสงในปริมาณน้อย การซักนำปากใบมีค่า 0.15 เซนติเมตร/วินาที และเมื่อต้นเงาะได้รับปริมาณแสงเพิ่มมากขึ้น ค่าการซักนำปากใบจึงสูงขึ้นตามลำดับและมีค่าสูงสุด 2.14 เซนติเมตร/วินาที ที่เวลา 12.00 น.หลังจากนั้นค่าการซักนำปากใบจะลดลงตามลำดับเมื่อปริมาณแสงลดลง และมีค่าต่ำสุด 0.11 เซนติเมตร/วินาที ที่เวลา 18.00 น.



ภาพที่ 23 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณแสงเหนือทรงพุ่ม (ก) อัตราการไหลของน้ำในต้น (ข) ค่าเฉลี่ยศักย์ของน้ำในลำต้นและใบ (ค) และค่าเฉลี่ยการชักนำปากใบ (ง) ของต้นเงาะอายุ 24 ปี ในรอบวันของวันที่ 27 มีนาคม 2542

4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสงเหนือทรงพุ่ม อัตราการใช้น้ำ และกระบวนการทางสรีรวิทยาของต้นลองกอง

จากการวัดปริมาณแสงเหนือทรงพุ่มในช่วงเวลา 07.00-18.00 น. เป็นเวลา 3 วันพบว่า ในวันที่ 28 และ 29 มีนาคม 2542 มีฝนตกเป็นช่วง ๆ ทำให้ไม่สามารถวัดปริมาณแสงตลอดช่วงวันได้ ยกเว้นในวันที่ 30 มีนาคม 2542 ซึ่งมีปริมาณฝนตกเพียงเล็กน้อย (ไม่สามารถวัดค่าได้) แต่เนื่องจากในช่วงบ่ายมีเมฆปกคลุมมาก ทำให้ปริมาณแสงที่ได้รับมีค่าน้อย สำหรับปริมาณแสงสูงสุดที่วัดได้อยู่ในช่วงเวลา 12.00-13.00 น. มีค่าระหว่าง 2,173-2,214 ไมโครโมล/ตารางเมตร/วินาที (ภาพที่ 24ก) ส่วนอัตราการใช้น้ำแสดงดังภาพที่ 24ข พบว่า ต้นลองกองมีปริมาณการใช้น้ำในช่วงกลางวันเท่ากับ 58.83 ลิตร โดยมีอัตราการไหลของน้ำสูงสุด 9.85 ลิตร/ชั่วโมง ที่เวลา 12.40 น. ซึ่งจะเห็นได้ว่า อัตราการใช้น้ำของต้นลองกองมีความสัมพันธ์กับปริมาณแสงที่ได้รับ โดยมีค่าต่ำในช่วงเช้าและเย็น ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณแสงที่มีค่าต่ำเช่นกัน และเมื่อทรงพุ่มได้รับปริมาณแสงเพิ่มขึ้น อัตราการใช้น้ำมีค่าสูงตามไปด้วย และในส่วนของกระบวนการทางสรีรวิทยา จากการวัดศักย์ของน้ำในลำต้นและใบของลองกองพบว่า ศักย์ของน้ำในลำต้นและใบมีความสัมพันธ์ในทางตรงข้ามกับปริมาณแสงที่ได้รับ โดยช่วงเช้าและเย็นต้นลองกองได้รับแสงในปริมาณน้อย ศักย์ของน้ำในลำต้นและใบมีค่าสูง –0.10 เมกกะปาสคาล และเมื่อต้นลองกองได้รับปริมาณแสงเพิ่มขึ้น ศักย์ของน้ำในลำต้นและใบมีค่าลดลงตามลำดับและมีค่าต่ำสุดเท่ากับ –1.05 และ –1.75 เมกกะปาสคาล เมื่อได้รับปริมาณแสงสูงสุดที่เวลา 13.00 น. (ภาพที่ 24ค) สำหรับค่าการชักนำปากใบพบว่ามีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณแสง โดยในช่วงเช้าที่เวลา 07.00 น. ต้นลองกองได้รับแสงในปริมาณน้อย การชักนำปากใบมีค่า 0.43 เซนติเมตร/วินาที และเมื่อต้นลองกองได้รับปริมาณแสงเพิ่มมากขึ้น การชักนำปากใบจึงมีค่าสูงขึ้นตามลำดับ และมีค่าสูงสุด 2.09 เซนติเมตร/วินาที ที่เวลา 11.00 น. หลังจากนั้นค่าการชักนำปากใบจะลดลงตามลำดับเมื่อปริมาณแสงลดลง และมีค่าต่ำสุด 0.08 เซนติเมตร/วินาที ที่เวลา 18.00 น. (ภาพที่ 24ง)



ภาพที่ 24 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณแสงเหนือทรงพุ่ม (ก) อัตราการไหลของน้ำในต้น (ข) ค่าเฉลี่ยศักย์ของน้ำในลำต้นและใบ (ค) และค่าเฉลี่ยการชักนำปากใบ (ง) ของต้นลองกอง อายุ 12 ปี ในรอบวันของวันที่ 30 มีนาคม 2542

บทที่ 4

วิจารณ์

โครงสร้างกระพี้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อน้ำ และระยะห่างระหว่างท่อน้ำของต้นทุเรียน มังคุด เงาะ และลองกอง

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการทดลองทั้งในส่วนของกิ่งและลำต้น โดยศึกษาโครงสร้างกระพี้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อน้ำและระยะห่างระหว่างท่อน้ำ จากการทำสไลด์ถาวรเนื้อเยื่อพืชในส่วนกระพี้ของกิ่ง และศึกษาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อน้ำและระยะห่างระหว่างท่อน้ำที่ระดับความลึกต่างกันในส่วนกระพี้ของลำต้นพบว่า ลักษณะการกระจายของ axial parenchyma ของต้นทุเรียน มังคุด เงาะ และลองกอง (ภาพที่ 6) ส่วนใหญ่ไม่ได้อยู่ล้อมรอบหรือเกี่ยวข้องกับท่อน้ำ และมีลักษณะหลายเซลล์ติดต่อกันเป็นแถบขนาดใหญ่เรียกว่า banded apotracheal parenchyma แต่มีบางส่วนของ axial parenchyma ในต้นทุเรียนและเงาะที่อยู่ล้อมรอบหรือเกี่ยวข้องกับท่อน้ำ โดยมีลักษณะเป็นแถบกว้างคลุมท่อน้ำและยาวติดต่อกันผ่านเส้นรัศมีจำนวนมาก เรียกว่า banded confluent parenchyma (Fahn, 1982) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการกระจายของ axial parenchyma พบว่า ต้นมังคุดมีปริมาณการกระจายของ axial parenchyma มากที่สุด รองลงมาคือ ต้นเงาะและลองกองที่มีปริมาณการกระจายค่าใกล้เคียงกัน ในขณะที่ต้นทุเรียนมีปริมาณการกระจายน้อยที่สุด จากปริมาณการกระจายของ axial parenchyma ดังกล่าวพบว่าสอดคล้องกับค่า volume fraction ของกระพี้ โดยต้นมังคุดมีค่า volume fraction ของกระพี้มากที่สุด (0.52) รองลงมาคือเงาะ (0.45) และลองกอง (0.43) และทุเรียนมีค่าน้อยที่สุด (0.30) โดยความแตกต่างของน้ำหนักของไม้ขึ้นอยู่กับ อัตราส่วนระหว่างจำนวนของสารในผนังเซลล์และช่องว่างภายในเซลล์ ไม้ที่มีน้ำหนักมากจะมีผนังเซลล์หนา ช่องว่างภายในเซลล์เล็กและมี fiber จำนวนมาก ในขณะที่พืชที่มีผนังเซลล์บางและช่องว่างภายในเซลล์มีขนาดใหญ่จะมีน้ำหนักเบา (ภาพที่ 7 และ 8) (เทียมใจ คมกฤส, 2542)

สำหรับขนาดของท่อน้ำที่วัดจากกิ่งและลำต้นมีขนาดใกล้เคียงกัน และจากการเปรียบเทียบขนาดของท่อน้ำในไม้ผลเมืองร้อน 4 ชนิด (ตารางที่ 1) จะเห็นว่า ท่อน้ำของทุเรียนมีขนาดใหญ่และแตกต่างกันมาก ซึ่งท่อน้ำที่มีขนาดใหญ่และแตกต่างกันมากจะมีผลต่อความแปรปรวนของความเร็วเฉลี่ยของน้ำในท่อน้ำ เนื่องจากท่อน้ำขนาดใหญ่มีความเร็วเฉลี่ยมากกว่าท่อน้ำขนาดเล็ก (สุนทรี ยิ่งชัชวาลย์, 2535) ในขณะที่ขนาดท่อน้ำของเงาะมีค่า 70-120 ไมครอน ลองกองมีขนาด

70-150 ไมครอน และมังคุดมีขนาด 30-80 ไมครอน ซึ่งถือว่าขนาดใกล้เคียงกัน และเมื่อพิจารณาระยะห่างระหว่างท่อน้ำ (ภาพที่ 6, 7 และ 8 และตารางที่ 1) จะเห็นว่า ต้นทุเรียน (ภาพที่ 6ก) มีระยะห่างระหว่างท่อน้ำที่แตกต่างกันมาก (25-1500 ไมครอน) และสังเกตได้ว่า บริเวณด้านในของกระพี้ท่อน้ำมีขนาดใหญ่กว่า และระยะห่างระหว่างท่อน้ำมีค่ามากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณด้านนอกของกระพี้ ในขณะที่ต้นมังคุด (ภาพที่ 6ข) มีความแตกต่างของระยะห่างระหว่างท่อน้ำรองลงมา (50-500 ไมครอน) และพบว่าบริเวณชั้นนอกของกระพี้มีระยะห่างระหว่างท่อน้ำมากกว่าบริเวณชั้นใน สำหรับระยะห่างระหว่างท่อน้ำของต้นเงาะและลองกอง (ภาพที่ 6ค และ 6ง) มีความแตกต่างค่อนข้างน้อย (50-350 และ 25-350 ไมครอน ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุเรียนและมังคุด

อัตราการใช้น้ำของต้นทุเรียน มังคุด เงาะ และลองกอง

ความเร็วเฉลี่ยของน้ำในท่อน้ำจะเห็นว่า ความเร็วเฉลี่ยของน้ำในท่อน้ำของต้นทุเรียนจำนวน 3 ต้น (ภาพที่ 9ก) มีความแตกต่างกันมาก (17.47-76.38 เซนติเมตร/ชั่วโมง) ในขณะที่ความเร็วเฉลี่ยของน้ำในท่อน้ำของต้นเงาะจำนวน 3 ต้น (ภาพที่ 11ก) มีค่าใกล้เคียงกันมาก โดยมีความเร็วเฉลี่ย 47.07-48.87 เซนติเมตร/ชั่วโมง เช่นเดียวกับที่พบในต้นลองกอง (ภาพที่ 12ก) ซึ่งมีความเร็วเฉลี่ย 58.88-59.97 เซนติเมตร/ชั่วโมง และต้นมังคุด (ภาพที่ 10ก) ซึ่งมีความเร็วเฉลี่ย 43.96-47.67 เซนติเมตร/ชั่วโมง สาเหตุที่ความเร็วเฉลี่ยของน้ำในท่อน้ำของต้นทุเรียนมีความแตกต่างกันมากน่าจะเกิดจากหลายปัจจัยด้วยกัน แต่ปัจจัยที่สำคัญน่าจะเกิดจากโครงสร้างกระพี้ของต้นทุเรียน ความแตกต่างกันของขนาดท่อน้ำ และระยะห่างระหว่างท่อน้ำที่มีค่าสูง 1500 ไมครอน จากการศึกษาของ Swanson (1983) อ้างโดย Smith และ Allen (1996) พบว่า ไม้เนื้อแข็งที่มีระยะห่างระหว่างท่อน้ำมากกว่า 0.4 มิลลิเมตร (400 ไมครอน) มีผลทำให้การกระจายความร้อนจากตัวส่งผ่านความร้อนสู่พื้นที่หน้าตัดของกระพี้ไม่สม่ำเสมอ ส่งผลให้อัตราการใช้น้ำที่คำนวณจากวิธีพัลส์ความร้อนมีค่าเบี่ยงเบนจากอัตราการใช้น้ำที่แท้จริง สำหรับความเร็วเฉลี่ยของน้ำในท่อน้ำที่มีค่าใกล้เคียงกันทั้งในต้นเงาะ ลองกอง และมังคุด น่าจะเป็นผลเนื่องมาจากลักษณะโครงสร้างกระพี้มีขนาดของท่อน้ำใกล้เคียงกัน และระยะห่างระหว่างท่อน้ำมีค่าน้อยกว่า 400 ไมครอน ในต้นเงาะและลองกอง สำหรับระยะห่างระหว่างท่อน้ำของมังคุดที่มีค่า 50-500 ไมครอน แต่ไม่พบความแปรปรวนเกิดขึ้นในส่วนของความเร็วเฉลี่ยของอัตราการไหลของน้ำในท่อน้ำ อาจเป็นเพราะว่ามีการกระจายของท่อน้ำมีความสม่ำเสมอ และระยะห่างระหว่างท่อน้ำส่วนใหญ่มีค่าน้อยกว่า

400 ไมครอน ซึ่งลักษณะดังกล่าวส่งผลให้ความร้อนที่กระจายจากตัวส่งผ่านความร้อนสู่พื้นที่หน้าตัดกระพี้มีความสม่ำเสมอ ดังนั้นจึงไม่พบความแปรปรวนในส่วนของความเร็วเฉลี่ยของการไหลของน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองใน Maritime pine (*Pinus pinasta* Ait.) ของ Granier และคณะ (1990) ที่รายงานว่า ความเร็วเฉลี่ยของน้ำในท่อน้ำมีค่าใกล้เคียงกันมากไม่ว่าจะวัดจากจุดใดบนพื้นที่ของกระพี้ ซึ่งต่างกับ pedunculate oak ที่พบว่า ความเร็วเฉลี่ยมีค่าสูงสุดในบริเวณวงของท่อน้ำที่เกิดใหม่ และมีค่าลดลงเมื่อวัดถัดเข้าไปด้านในอีก 10 วง ในขณะที่ความเร็วเฉลี่ยของน้ำในท่อน้ำของ Norway spruce มีค่าสูงสุดที่บริเวณกึ่งกลางของพื้นที่กระพี้ และมีค่าลดลงเมื่อวัดห่างออกมาจากบริเวณกึ่งกลางของพื้นที่กระพี้ นอกจากนี้ความเร็วเฉลี่ยของน้ำในท่อน้ำรอบลำต้นของ Norway spruce มีความแปรปรวนมากกว่าที่พบใน pedunculate oak (Cermak *et al.*, 1992) ซึ่งลักษณะดังกล่าวส่วนหนึ่งน่าจะเป็นผลมาจากลักษณะของโครงสร้างกระพี้ที่แตกต่างกัน

จากการศึกษาอัตราการไหลของน้ำเฉลี่ยสูงสุดในช่วงเที่ยงวันในลำต้นของไม้ยืนต้นพบว่า พืชสกุล *Fraxinus* และ *Ulmus* เป็นพืชที่มีระบบท่อน้ำแบบไม้พอร์วง ซึ่งเป็นไม้ที่มีพอร์ (ท่อน้ำ) ใหญ่ในไม้ต้นฤดู และเปลี่ยนเป็นเล็กลงในไม้ปลายฤดู พอร์ที่เห็นอาจเป็นแบบเดี่ยวหรืออยู่เป็นกลุ่มตั้งแต่ 2 เซลล์ขึ้นไป และการลำเลียงน้ำมักเกิดในท่อน้ำที่เกิดขึ้นใหม่ โดยน้ำจะไหลเร็วกว่าไม้พอร์กระจายสิบเท่า (เทียมใจ คมกฤส, 2542) และมีอัตราการไหลเฉลี่ยสูงสุด 400-4400 เซนติเมตร/ชั่วโมง เช่น ความเร็วเฉลี่ยของน้ำใน *Fraxinus excelsior* และ *Quercus pedunculata* ที่มีค่า 2570 และ 4360 เซนติเมตร/ชั่วโมง ตามลำดับ (Huber and Schmidt, 1937 อ้างโดย Kramer and Boyer, 1995) ในขณะที่พืชสกุล *Populus Acer* และ *Fagus* ซึ่งเป็นพืชที่มีระบบท่อน้ำแบบไม้พอร์กระจาย มีอัตราการไหลเฉลี่ยสูงสุด 70-600 เซนติเมตร/ชั่วโมง และพืชสกุล *Pinus Picea* . และ *Larix* ซึ่งเป็นพืชที่มีระบบท่อน้ำแบบไม้สน มีอัตราการไหลเฉลี่ยสูงสุด 100-220 เซนติเมตร/ชั่วโมง (Milburn, 1979 อ้างโดย สุนทรี ยิ่งชัชวาลย์, 2535) จากที่กล่าวมาพอจะจำแนกได้ว่า ไม้ผลเมืองร้อนทั้ง 4 ชนิด คือ ทุเรียน มังคุด เงาะ และลองกอง น่าจะเป็นพืชที่มีระบบท่อน้ำแบบไม้พอร์กระจาย เช่นเดียวกับในฝ้ายที่พบว่า มีอัตราการไหลของน้ำเฉลี่ยสูงสุด 80-110 เซนติเมตร/ชั่วโมง (Bloodworth *et al.*, 1956) เนื่องจากความเร็วเฉลี่ยสูงสุดของการไหลของน้ำจากที่ศึกษาได้มีค่าในช่วงเดียวกับที่พบในไม้พอร์กระจาย

จากการศึกษาอัตราการไหลของน้ำแสดงให้เห็นว่า ต้นมังคุด เงาะ และลองกองมีความเร็วเฉลี่ยของน้ำในท่อน้ำในแต่ละชนิดใกล้เคียงกัน โดยอัตราการไหลของน้ำจะเพิ่มขึ้นตามพื้นที่ของกระพี้ (ภาพที่ 10ข, 11ข และ 12ข) ซึ่งส่งผลให้อัตราการใช้น้ำของไม้ผลดังกล่าวมีค่าเพิ่มขึ้นตามพื้นที่ของกระพี้เช่นเดียวกัน (ตารางที่ 3, 4 และ 5) สอดคล้องกับการทดลองใน *Ligustrum*

japonicum แอปเปิ้ล ยูคาลิปตัส ท้อ และองุ่น (Heilman and Ham, 1992; Angelocci and Valancogne, 1993; รุ่งเรือง เลิศศิริวรกุล, 2537; Massai *et al.*, 1997; Eastham and Gray, 1998) ที่พบว่าปริมาณการใช้น้ำของพืชขึ้นกับพื้นที่ของกระพี้ ในขณะเดียวกันจะเห็นได้ว่า ความเร็วเฉลี่ยของน้ำในท่อน้ำที่แตกต่างหรือไม่เป็นไปในรูปแบบเดียวกันของต้นทุเรียน ส่งผลให้อัตราการไหลของน้ำและอัตราการใช้น้ำมีความแปรปรวน ไม่สอดคล้องกับพื้นที่ของกระพี้ที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 2) โดยอัตราการใช้น้ำของต้นทุเรียนที่มีพื้นที่ของกระพี้สูงสุด (774.39 ตารางเซนติเมตร) มีค่าน้อยที่สุด (119.11 ลิตร/วัน) เมื่อเปรียบเทียบกับทุเรียนอีก 2 ต้น (192.58 และ 214.75 ลิตร/วัน) ที่มีพื้นที่ของกระพี้น้อยกว่า (475.19 และ 509.35 ตารางเซนติเมตร) และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้น้ำ ดัชนีพื้นที่ใบ และปริมาตรทรงพุ่มของไม้ผลทั้ง 4 ชนิด (ตารางที่ 2, 3, 4 และ 5) พบว่า อัตราการใช้น้ำไม่มีความสัมพันธ์กับดัชนีพื้นที่ใบและปริมาตรทรงพุ่ม และจากข้อมูลที่แสดงปริมาณการใช้น้ำของต้นทุเรียน มังคุด เงาะ และลองกองตลอดวัน และปริมาณการใช้น้ำในช่วงเวลา 07.00-18.00 น. พบว่า ไม้ผลดังกล่าวมีอัตราการใช้น้ำในช่วงกลางคืน ซึ่งมีสาเหตุมาจากการที่รากพืชมีการดูดน้ำในช่วงกลางคืน เพื่อทดแทนน้ำส่วนที่สูญเสียไปจากเนื้อเยื่อส่วนต่าง ๆ ที่กักเก็บน้ำของพืชในช่วงกลางวัน (สุนทรี ยิ่งชัชวาลย์, 2535) ซึ่งผลที่ได้นี้สอดคล้องกับการทดลองในอัลฟัลฟา ปอแก้ว แตงกวา กุหลาบ กีวีฟรุต และแอปเปิ้ล (Rosenberg, 1969; Muchow *et al.*, 1980; Kozai *et al.*, 1982; Seginer, 1984; Judd *et al.*, 1986; Green *et al.*, 1989) โดยพบว่า พืชดังกล่าวมีอัตราการใช้น้ำในช่วงกลางคืนเช่นเดียวกัน

จากผลการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้นสามารถระบุได้ว่า ในไม้ผลที่มีลักษณะโครงสร้างกระพี้เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อน้ำและระยะห่างระหว่างท่อน้ำที่ใกล้เคียงกับต้นมังคุด เงาะ และลองกอง สามารถศึกษาอัตราการใช้น้ำโดยวิธีพัลส์ความร้อน โดยใช้ชุดอุปกรณ์วัดอุณหภูมิของ Greenspan Technology ของประเทศออสเตรเลีย รุ่น SF300 จำนวน 2 probes/1 ต้น น่าจะเพียงพอ แต่อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาเปรียบเทียบค่าที่คำนวณได้จากวิธีพัลส์ความร้อนกับอัตราการใช้น้ำที่แท้จริง เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องและเที่ยงตรง สำหรับในกรณีของไม้ผลที่มีระยะห่างระหว่างท่อน้ำมากกว่า 400 ไมครอน มีลักษณะโครงสร้างกระพี้และความแตกต่างของเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อน้ำประเภทเดียวกับต้นทุเรียน ควรเพิ่มจำนวนชุดอุปกรณ์วัดอุณหภูมิให้มากขึ้น ซึ่งจะเพิ่มเป็นจำนวนเท่าไร ต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมโดยเปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากวิธีพัลส์ความร้อนกับอัตราการใช้น้ำที่แท้จริงว่ามีค่าใกล้เคียงพอที่จะยอมรับได้หรือไม่ ซึ่งจากการทดลองของ Dye และ Olbrich (1992) ในต้นยูคาลิปตัสพบว่า การศึกษาอัตราการใช้น้ำโดยวิธีพัลส์ความร้อนจะให้ค่าที่ใกล้เคียงกับอัตราการคายน้ำที่แท้จริงนั้น จำเป็นต้องใช้ชุดอุปกรณ์วัดอุณหภูมิของ "Custom" HPV แบบ

thermistor 1 จุด จำนวน 4 ชุด ในยูคาลิปตัส อายุ 3 ปี (พื้นที่กระพี้ 62.70-97.10 ตารางเซนติเมตร) และจำนวน 8 ชุด ในยูคาลิปตัสอายุ 16 ปี (พื้นที่กระพี้ 371.10 ตารางเซนติเมตร)

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้น้ำ และสภาพอากาศระหว่างการทดลองของต้นทุเรียน มังคุด เงาะ และลองกอง

จากการศึกษาอัตราการใช้น้ำของต้นทุเรียน (เวลา 07.00-18.00 น.) ระหว่างวันที่ 19-21 มีนาคม 2542 (ภาพที่ 14) พบว่า อัตราการใช้น้ำในวันที่ 19 มีนาคม 2542 มีค่าสูงสุด (193.74 ลิตร) เนื่องจากในวันดังกล่าว ไม่มีฝนตก การระเหยน้ำมีค่า 1.00 มิลลิเมตร และอุณหภูมิสูงสุดมีค่า 36.7 องศาเซลเซียส รองลงมาคือวันที่ 21 และ 20 มีนาคม 2542 (177.58 และ 120.78 ลิตร ลิตร) ซึ่งวันดังกล่าวมีปริมาณฝน 1.0 และ 14.3 มิลลิเมตร การระเหยน้ำมีค่า 1.0 และ 0 มิลลิเมตร และอุณหภูมิสูงสุดมีค่า 34.3 และ 33.5 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 13) และจากการศึกษาในต้นมังคุดพบว่า สภาพอากาศระหว่างวันที่ 22-24 มีนาคม 2542 (ภาพที่ 15) มีฝนตกวัดได้ 4.0 3.0 และ 12.0 มิลลิเมตร ตามลำดับ ทำให้ไม่สามารถวัดการระเหยน้ำได้ สำหรับอุณหภูมิสูงสุดมีค่าใกล้เคียงกันคือ 33.7 34.5 และ 35.6 องศาเซลเซียส จากสภาพอากาศดังกล่าว ส่งผลให้อัตราการใช้น้ำระหว่างเวลา 07.00-18.00 น. ของวันที่ 22 และ 23 มีนาคม 2542 มีค่าใกล้เคียงกัน (120.98 และ 111.82 ลิตร) และมีค่ามากกว่าในวันที่ 24 มีนาคม 2542 (106.36 ลิตร) (ภาพที่ 16)

จากการศึกษาอัตราการใช้น้ำของต้นเงาะระหว่างวันที่ 25-27 มีนาคม 2542 พบว่า สภาพอากาศ (ภาพที่ 17) ในวันที่ 25 มีนาคม 2542 มีฝนตกเล็กน้อย (0.8 มิลลิเมตร) ในขณะที่วันที่ 26-27 มีนาคม 2542 ไม่มีฝนตก ทำให้การระเหยน้ำมีค่า 0.2 2.1 และ 0.9 มิลลิเมตร ตามลำดับ และเนื่องจากในช่วงบ่ายของวันที่ 26 มีนาคม 2542 ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมมาก อุณหภูมิต่ำสุดของวันดังกล่าวจึงมีค่าน้อย อัตราการใช้น้ำระหว่างเวลา 07.00-18.00 น. จึงมีค่าน้อยที่สุดคือ 114.08 ลิตร เมื่อเปรียบเทียบกับวันที่ 27 และ 25 มีนาคม 2542 ซึ่งมีค่า 147.39 และ 123.60 ลิตร (ภาพที่ 18) เช่นเดียวกับที่ศึกษาในต้นลองกองระหว่างวันที่ 28-30 มีนาคม 2542 พบว่า อัตราการใช้น้ำระหว่างเวลา 07.00-18.00 น. มีค่า 42.27 59.49 และ 56.96 ลิตร ตามลำดับ (ภาพที่ 20) ซึ่งค่าที่ได้สอดคล้องกับปริมาณฝนในวันที่ 28-29 มีนาคม 2542 และสาเหตุที่ทำให้อัตราการใช้น้ำในวันที่ 30 มีนาคม 2542 มีค่าน้อยกว่าวันที่ 29 มีนาคม 2542 เนื่องจากช่วงบ่ายของวันดังกล่าว ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมมาก อุณหภูมิต่ำสุดมีค่าลดลง (ภาพที่ 19)

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า อัตราการใช้น้ำของต้นทุเรียน มังคุด เงาะ และลองกองมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการระเหยน้ำและอุณหภูมิอากาศ โดยอัตราการใช้น้ำจะเพิ่มมากขึ้น เมื่อการ

ระเหยของน้ำและอุณหภูมิอากาศมีค่าสูงขึ้น และเมื่อการระเหยของน้ำและอุณหภูมิอากาศมีค่าลดลง อัตราการใช้น้ำจะลดลงด้วย ในขณะที่อัตราการใช้น้ำมีความสัมพันธ์ในทางตรงข้ามกับปริมาณน้ำฝน โดยอัตราการใช้น้ำจะลดลงเมื่อมีฝนตก หรือมีปริมาณฝนเพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับ Jones และคณะ (1988) ที่รายงานว่า เมื่อสภาพอากาศมีการเปลี่ยนแปลง อัตราการใช้น้ำของพืชจะเปลี่ยนไป

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสงเหนือทรงพุ่ม อัตราการใช้น้ำ และกระบวนการทางสรีรวิทยาของต้นทุเรียน มังคุด เงาะ และลองกอง

จากการศึกษาพบว่า อัตราการใช้น้ำของต้นทุเรียน มังคุด เงาะ และลองกอง มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณแสงที่พืชได้รับ (ภาพที่ 21ก, 21ข, 22ก, 22ข, 23ก, 23ข, 24ก และ 24ข) โดยในช่วงเช้าต้นไม้ผลได้รับแสงในปริมาณน้อย อัตราการใช้น้ำมีค่าน้อย และเมื่อต้นไม้ผลได้รับแสงในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น อัตราใช้น้ำมีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับ จนถึงจุดสูงสุดในช่วงเวลาเดียวกับที่ไม้ผลได้รับแสงในปริมาณสูงสุด จากนั้นเมื่อปริมาณแสงเริ่มลดลงในช่วงบ่ายหรือเย็น อัตราการใช้น้ำจะมีค่าลดลงตามไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองในแอปเปิ้ลและกีวีฟรุต ยูคาลิปตัส และมะเขือเทศ (Green and Clothier, 1988; รุ่งเรือง เลิศศิริวรกุล, 2537; Longuenesse *et al.*, 1994) ที่พบว่า ปริมาณการใช้น้ำของพืชขึ้นอยู่กับปริมาณแสงที่พืชได้รับ เช่นเดียวกับที่ Milburn (1979) อ้างโดย สุนทรี ยิ่งชัชวาลย์ (2535) รายงานว่า อัตราการไหลหรืออัตราการใช้น้ำของพืชมีค่าสูงสุดในช่วงเที่ยงวัน และเมื่ออัตราการคายน้ำลดลงในช่วงเช้าและเย็น อัตราการไหล หรืออัตราการใช้น้ำของพืชจะลดลงตามไปด้วย

อัตราการใช้น้ำของไม้ผลที่ศึกษา 4 ชนิดมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา โดยพบว่า อัตราการใช้น้ำของไม้ผลมีความสัมพันธ์กับค่าการชักนำปากใบ และศักย์ของน้ำในลำต้นและใบ โดยปริมาณแสงที่เพิ่มมากขึ้นในช่วงเช้าจะทำให้ปากใบเปิดกว้างมากขึ้น การชักนำปากใบจึงมีค่าเพิ่มขึ้น อัตราการคายน้ำของพืชจึงเพิ่มขึ้น ส่งผลให้อัตราการใช้น้ำมีค่าสูงขึ้น ซึ่งสาเหตุดังกล่าวส่งผลให้ศักย์ของน้ำในลำต้นและใบมีค่าลดลง และเมื่อปริมาณแสงลดลงในช่วงเย็น ปากใบจะเริ่มปิด การชักนำปากใบจึงมีค่าลดลง ส่งผลให้อัตราการคายน้ำของพืชลดลงไปด้วย ดังนั้นอัตราการใช้น้ำจึงมีค่าลดลงตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณน้ำที่สะสมในใบมีค่าเพิ่มขึ้นจากการที่รากยังมีการดูดน้ำจากดินเพื่อทดแทนน้ำที่ใช้ไปในช่วงกลางวัน โดยสังเกตได้จากอัตราการใช้น้ำของพืชที่ยังไหลอยู่ ส่งผลให้ศักย์ของน้ำในลำต้นและใบมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองในแอปเปิ้ลและพลัม 2 ชนิด (Boukes and Weber, 1982; Chootummatat *et al.*, 1990;

McCutchan and Shackel, 1992) ที่รายงานว่า อัตราการใช้น้ำมีความสัมพันธ์กับศักย์ของน้ำในใบและการชักนำปากใบ

ปริมาณแสงสูงสุดที่ต้นทุเรียนและลองกองได้รับมีค่าใกล้เคียงกัน คือ 2,253 และ 2,214 ไมโครโมล/ตารางเมตร/วินาที (ภาพที่ 21ก และ 24ก) ในขณะที่ต้นเงาะและมังคุดได้รับปริมาณแสงลดลงตามลำดับคือ 1,896 และ 1,676 ไมโครโมล/ตารางเมตร/วินาที และจากการวัดศักย์ของน้ำในลำต้นและใบพบว่า มังคุดมีค่ามากที่สุดคือ –0.55 และ –1.05 เมกกะปาสคาล (ภาพที่ 22ค) รองลงมาคือทุเรียนมีค่า –0.80 และ –1.07 เมกกะปาสคาล (ภาพที่ 21ค) ลองกองมีค่า –1.05 และ –1.75 เมกกะปาสคาล (ภาพที่ 24ค) และเงาะซึ่งมีค่าต่ำสุดคือ –1.40 และ –2.15 เมกกะปาสคาล (ภาพี่ 23ค) จากค่าศักย์ของน้ำในลำต้นและใบดังกล่าวพบว่า มีความสัมพันธ์ในทางตรงข้ามกับค่าการชักนำปากใบ โดยใบที่มีค่าการชักนำปากใบที่สูงมากจะทำให้ค่าสักย์ของน้ำในลำต้นและใบมีค่าต่ำมากเช่นเดียวกัน เนื่องจากพืชที่มีค่าการชักนำปากใบสูงจะทำให้พืชมีการสูญเสียน้ำมากกว่าพืชที่มีค่าการชักนำปากใบต่ำ ซึ่งค่าการชักนำปากใบของไม้ผลที่เรียงจากสูงไปต่ำคือ ใบเงาะ ลองกอง มังคุด และทุเรียน

บทที่ 5

สรุป

จากการศึกษาการใช้น้ำของต้นทุเรียน มังคุด เงาะ และลองกอง โดยวิธีพัลส์ความร้อน ระหว่างเดือนมีนาคม 2542 ที่แปลงไม้ผล คณะวิชาพืชศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช และการศึกษาโครงสร้างกระพี้ เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อน้ำ และระยะห่างระหว่างท่อน้ำ ที่ห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาของพืช ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ และศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา สรุปผลได้ดังนี้

1. การวัดการใช้น้ำโดยวิธีพัลส์ความร้อน สามารถวัดได้ผลดีในต้นมังคุด เงาะ และลองกอง เนื่องจากค่าที่วัดได้มีความสม่ำเสมอ สำหรับในต้นทุเรียนพบว่า ค่าที่ได้มีความแปรปรวนในบางต้น ทั้งนี้มีผลเนื่องจากความแตกต่างของโครงสร้างกระพี้ เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อน้ำ และระยะห่างระหว่างท่อน้ำที่แตกต่างกัน

2. การศึกษาลักษณะโครงสร้างกระพี้และท่อน้ำของต้นทุเรียน มังคุด เงาะ และลองกอง พบว่า ต้นมังคุดมีปริมาณของ axial parenchyma ในเนื้อไม้มากที่สุด รองลงมาคือ เงาะ ลองกอง และทุเรียน สำหรับการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อน้ำพบว่า ทุเรียนมีท่อน้ำขนาดใหญ่และแตกต่างกันมาก รองลงมาคือ ลองกอง เงาะ และมังคุด และในส่วนของระยะห่างระหว่างท่อน้ำพบว่า ทุเรียนมีระยะห่างระหว่างท่อน้ำมากที่สุด รองลงมาคือ มังคุด ลองกอง และเงาะ ซึ่งความแตกต่างเหล่านี้ มีผลต่อประสิทธิภาพการวัดการใช้น้ำโดยวิธีพัลส์ความร้อน

3. อัตราการใช้น้ำของต้นมังคุด เงาะ และลองกอง มีความสัมพันธ์กับขนาดของลำต้นหรือพื้นที่กระพี้ แต่ไม่พบความสัมพันธ์ดังกล่าวในต้นทุเรียน

4. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการใช้น้ำของต้นทุเรียน มังคุด เงาะ และลองกองได้แก่ สภาพอากาศ ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และการคายระเหยน้ำ

5. การเปลี่ยนแปลงอัตราการใช้น้ำมีความสอดคล้องกับปริมาณแสง และการตอบสนองทางสรีรวิทยาในรอบวันในไม้ผลทั้ง 4 ชนิด คือ เมื่อปริมาณแสงเพิ่มมากขึ้นในช่วงเช้า การชักนำปากใบและอัตราการใช้น้ำมีค่าเพิ่มขึ้นและถึงจุดสูงสุดในช่วงกลางวัน จากนั้นจะลดต่ำลงสู่สภาพปกติในช่วงเย็นเมื่อปริมาณแสงลดลง แต่ค่าศักย์ของน้ำในลำต้นและใบมีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางตรงข้าม โดยมีค่าสูงในช่วงเช้าและลดลงถึงจุดต่ำสุดในช่วงกลางวัน จากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นสู่สภาพปกติในช่วงเย็นเมื่อปริมาณแสงลดลง

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2530. สถิติการปลูกไม้ผล-ไม้ยืนต้น ปี 2527. กรุงเทพฯ : กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2541. สถิติการปลูกไม้ผล-ไม้ยืนต้น ปี 2538. กรุงเทพฯ : กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เจษฎา เหลืองแจ่ม, มานพ ตัณฑะเตมีย์ และรุ่งเรือง เลิศศิริวรกุล. 2538. การใช้น้ำของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ในพื้นที่ดินเค็มบ้านดงบัง อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์. รายงานการประชุมการป่าไม้แห่งชาติ ประจำปี 2538 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 20-24 พฤศจิกายน 2538 หน้า 33-47.

เฉลิมพล แซมเพชร. 2535. สรีรวิทยาการผลิตพืชไร่. กรุงเทพฯ : โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮ้าส์.

ชาติชาย พฤกษ์รัตนกุล, ธนาภรณ์ ตั้งสุธิจิตร, รจนา โรจน์วิโรจน์, วสุ อมฤตสุทธิ์ และอนันตชัย กิตติศรันย์เลิศ. 2532. มังคุดเพื่อการส่งออก. ข่าวสารเกษตรศาสตร์ 34 : 62-79.

นพรัตน์ บำรุงรักษ์. 2536. พืชหลักปักษ์ใต้. กรุงเทพฯ : ปิระมิด.

บุเรศรบำรุงการ, หลวง. 2523. การทำไร่เงาะ. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์อักษรสาสน์.

เต็ม สมิตินันท์. 2523. ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย (ชื่อพฤกษ์ศาสตร์-ชื่อพื้นเมือง). กรุงเทพฯ : หจก.พันนี่พับลิชชิ่ง.

ไพโรจน์ มาศผล. 2523. ลองกอง. วิทยาสารกองพืชสวน 3 : 70-79.

รุ่งเรือง เลิศศิริวรกุล. 2537. การวัดปริมาณน้ำที่พืชใช้เพื่อวางมาตรการปลูกพืชลดระดับน้ำใต้ดินเค็ม พื้นที่จังหวัดขอนแก่น ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย. การประชุมวิชาการเรื่อง"เทคโนโลยีกับการพัฒนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ" ณ โรงแรมโฆษะ จังหวัดขอนแก่น 19-20 สิงหาคม 2537 หน้า 217-240.

เทียมใจ คมกฤส. 2542. กายวิภาคของพฤกษ์. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วสันต์ ผ่องสมบูรณ์. 2534. ผลของอุณหภูมิและการขาดน้ำต่อการเจริญเติบโต การออกดอก การเจริญและติดผลของมะม่วง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วัฒนา สวรรยาธิปัติ. 2530. การปลูกไม้ผล. กรุงเทพฯ : ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุนทรี ยิ่งชัชวาลย์. 2535. ชลศาสตร์ในระบบดิน-พืช. นครปฐม : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน.

สายัณห์ สดุดี. 2533ก. ศึกษาการตอบสนองของมังคุดต่อสภาวะเครียดน้ำ : I การตอบสนองทางสรีรวิทยาของมังคุดต่อสภาวะขาดน้ำ. ว.สงขลานครินทร์ 12 : 102-110.

สายัณห์ สดุดี. 2533ข. อิทธิพลของฝนที่มีต่อผลผลิตมังคุดในภาคใต้. ว.สงขลานครินทร์ 12 : 177-182.

สุจรรยา ตราดธารทิพย์. 2533. ทุเรียน. ข่าวสารเกษตรศาสตร์ 35 : 1-42.

สุขวัฒน์ จันทรปรรณิก, อัมพิกา ปุนนจิต และเสริมสุข สลักเพ็ชร. 2539. เอกสารวิชาการเรื่อง เทคโนโลยีเพื่อการผลิตทุเรียนให้มีคุณภาพ : ปัจจัยและการจัดการเพื่อเพิ่มปริมาณและคุณภาพผลผลิตทุเรียน. จันทบุรี : ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร.

สุรกิตติ ศรีกุล, ขจรวิทย์ พันธุ์ยางน้อย และชาย โพธิวิส. 2539. เอกสารวิชาการเรื่อง เทคโนโลยีการผลิตลองกองให้มีคุณภาพ : การจัดการเพื่อเพิ่มปริมาณและปรับปรุงคุณภาพผลผลิตของลองกอง. สุราษฎร์ธานี : ศูนย์วิจัยพืชสวนสุราษฎร์ธานี สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร.

เสริมสุข สลักเพ็ชร. 2539. เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรการเพิ่มผลผลิตเงาะ. จันทบุรี : ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร.

Angelocci, L.R. and Valancogne, C. 1993. Leaf area and water flux in apple trees. J. Hort. Sci. 68 : 299-307.

Beukes, D.J. and Weber, H.W. 1982. The effects of irrigation of different soil water levels on the water use characteristics of apple trees. J. Hort. Sci. 57 : 383-391.

Bloodworth, J.E., Page, J.B. and Cowley, W.R. 1956. Some applications of the thermoelectric method for measuring water flow in plants. Agron. J. 48 : 222-228.

Cermak, J., Cienciala, E., Kucera, J., Lindroth, A. and Hallgren, J.E. 1992. Radial velocity profiles of water flow in stems of spruce and oak and response of spruce tree to severing. Tree Physiol. 10 : 367-380.

Chalmers, D.J., Olsson, K.A. and Jones, T.R. 1983. Water relations of peach trees and orchards. *In* Water Deficit and Plant Growth (ed. T.T. Kozlowski), Vol. 7, pp. 197-232. New York : Academic Press.

Chapman, K.R., Bell, H.F.D. and Bell, D.J.D. 1986. Some methods for relating yield to tree size in macadamia. Acta. Hort. 175 : 43-48.

Chootummatat, V., Turner, D.W. and Cripps, J.E.L. 1990. Water use of plum trees (*Prunus salicina*) trained to four canopy arrangements. Scientia Horticulturae 43 : 255-271.

Dye, P.J. and Olbrich, B.W. 1992. Estimating transpiration from 6-year-old *Eucalyptus grandis* trees : development of a canopy conductance model and comparison with independent sap flux measurements. Plant Cell Environ. 16 : 45-53.

Dye, P.J., Olbrich, B.W. and Calder, I.R. 1992. A comparison of the heat pulse method and deuterium tracing method for measuring transpiration from *Eucalyptus grandis* trees. J. Exp. Bot. 43 : 337-343.

Eastham, J. and Gray, S.A. 1998. A preliminary evaluation of the suitability of sap flow sensors for use in scheduling vineyard irrigation. Amer. J. Enol. Vitic. 49 : 171-176.

Edward, W.R.N. and Warwick, N.W.M. 1984. Transpiration from a kiwifruit vine as estimated by the heat pulse technique and the Penman-Monteith equation. N.Z.J. Agric. Res. 27 : 537-543.

Fahn, A. 1982. Secondary xylem. *In* Plant Anatomy Third Edition (ed A. Fahn), pp. 310-350. Great Britain : Exeter Pergamon Press.

Granier, A., Bobay, V., Gash, J.H.C., Gelpe, J., Saugier, B. and Shuttleworth, W.I. 1990. Vapour flux density and transpiration rate comparisons in a stand of Maritime pine (*Pinus pinasta* Ait.) in Les Lander forest. Agric. Meteorol. 51 : 309-319.

Green, S.R. and Clothier, B.E. 1988. Water use of kiwifruit vines and apple trees by the heat-pulse technique. J. Exp. Bot. 39 : 115-123.

Green, S.R., McNaughton, K.G. and Clothier, B.E. 1989. Observations of night-time water use in kiwifruit vines and apple trees. Agric. For. Meteorol. 48 : 251-261.

Greenspan Technology. 1993. Sapflow sensor. version 2. Technical manual. Greenspan Technology Pty Ltd, Australia. 33 p.

Heilman, J.L. and Ham, J.M. 1992. Measuring water flow in landscape shrubs. Progress-Report. Texas Agricultural Experiment Station 1992., No. CPR 4881-4921.

Jill, E.K. 1976. Garcinia mangostana – mangosteen. *In* The Propagation of Tropical Fruit Trees (ed. R.J. Garner), Hort. Review. No.44, pp. 361-375. East Commomwealth Bureau of Horticulture and Plantation Crops. Kent : Malling, Maidstone.

Jones, H.G., Hamer, P.J.C. and Higgs, K.H. 1988. Evaluations of various heat-pulse methods for estimation of sap flow in orchard trees : comparison with micrometeorological estimates of evaporation. Trees : Structure and Function 2 : 250-260.

Judd, M.J., McAneney, K.J. and Trought, M.C.T. 1986. Water use by sheltered kiwifruit under advective conditions. N.Z.J. Agric. Res. 29 : 83-92.

Kozai, T., Gunji, T. and Watanabe, I. 1982. Measurements and analyses of the daily heating load of a greenhouse. J. Agric. Meteorol. 38 : 279-285.

Kramer, P.J. and Boyer, J.S. 1995. Transpiration and the ascent of sap. *In* Water Relations of Plants and Soils (eds. P.J. Kramer and J.S. Boyer), pp. 201-256. San Diego : Academic Press.

Longuenesse, J.J., Leonardi, C., Cockshull, K.E., Tuzel, Y. and Gul, A. 1994. Some ecophysiological indicators of salt stress in greenhouse tomato plants. Acta Hort. 366 : 461-467.

Marshall, D.C. 1958. Measurement of sap flow in conifers by heat transport. Plant Physiol. 33 : 385-396.

Massai, R., Gucci, R. and Chartzoulakis, K.S. 1997. Transpiration and water relations in three peach x almond hybrid rootstocks. Acta Hort. 449 : 99-106.

McCutchan, H. and Shackel, K.A. 1992. Stem-water potential as a sensitive indicator of water stress in prune trees (*Prunus domestica* L. cv. French). J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117 : 607-611.

Morris, J.D. and Collopy, J.J. 1999. Water use and salt accumulation by *Eucalyptus camaldulensis* and *Casuarina cunninghamiana* on a site with shallow saline groundwater. Agric. Water Manage. 39 : 205-227.

Muchow, R.C., Ludlow, M.M., Fisher, M.J. and Meyers, R.J.K. 1980. Stomatal behavior of kenaf and sorghum in a semiarid tropical environment. I. During the night. Aust. J. Plant Physiol. 17 : 609-619.

Olbrich, B.W. 1991. The verification of the heat pulse velocity technique for estimating sap flow in *Eucalyptus grandis*. Can. J. For. Res. 21 : 836-841.

Rahardjo, P. 1989. Soil water use by apple trees. Master Thesis. Massey University. New Zealand.

Rosenberg, N.J. 1969. Seasonal patterns of evapotranspiration by irrigated alfalfa in the central Great Plains. Agron. J. 61 : 879-886.

Seginer, I. 1984. On the night transpiration of greenhouse roses under glass or plastic cover. Agric. Meteorol. 30 : 257-268.

Smith, D.M. and Allen, S.J. 1996. Measurement of sap flow in plant stems. J. Exp. Bot. 47 : 1833-1844.

Stephenson, R.A., Ko, H.L. and Gallagher, E.C. 1989. Plant water relations of stressed, non-bearing macadamia trees. Scientia Horticulturae 39 : 41-53.

Swanson, R.H. and Whitfield, D.W.A. 1981. A numerical analysis of heat-pulse velocity theory and practise. J. Exp. Bot. 32 : 221-239.

Turner, N.C. and Burch, G.J. 1983. The role of water in plants. *In* Crop-Water Relations (eds. I.D. Teare and M.M. Peat), pp. 73-117. New York : John Wiley & Sons.

Urrestarazu, M., Sanchez, A., Lorente, F.A. and Guzman, M. 1996. A daily rhytmic model for pH and volume from xylem sap of tomato plants. Soil Sci. Plant Analysis 27 : 1859-1874.

Whitehead, C. 1959. The rambutan, a description of the characteristics and potential of the more important varieties. Malay. Agric. J. 42 : 53-75.

ภาคผนวก

1. การเตรียมเนื้อเยื่อกระพี้เพื่อส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด

ใช้สว่านมือสำหรับเจาะต้นไม้เจาะตัวอย่างเนื้อไม้จากลำต้นของไม้ผล 4 ชนิด ที่ระดับสูงจากพื้นดิน 40 เซนติเมตร โดยเจาะที่ระดับลึกมากกว่ารัศมีของลำต้นประมาณ 1-2 เซนติเมตร ชนิดละ 2 ตัวอย่าง นำตัวอย่างเนื้อไม้ในส่วนของกระพี้ (ลอกเปลือกไม้และแก่นไม้ออก) แบ่งเป็น 7 ส่วนตามความลึกของเนื้อไม้ และแช่ในสารละลาย FAA ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อรักษาสภาพและความมีชีวิตของเซลล์ เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นนำตัวอย่างดังกล่าวเข้าสู่ขบวนการดึงน้ำออกจากเซลล์ (dehydration) ด้วยแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 4 ระดับคือ 70 80 95 และ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยแช่ตัวอย่างในแอลกอฮอล์ระดับละ 2 ครั้ง ๆ ละ 3 ชั่วโมง เริ่มจากความเข้มข้นน้อยไปมาก นำตัวอย่างดังกล่าวไปทำให้แห้งด้วยเครื่องทำตัวอย่างพืชให้แห้ง (CPD) จากนั้นนำตัวอย่างติดบน stub และนำไปฉาบด้วยทองให้ตัวอย่างมีความนำไฟฟ้า (เพื่อให้มีสัญญาณมากพอในการสังเกตภาพที่คมชัด) และนำไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด ที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เพื่อศึกษาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อน้ำ และระยะห่างระหว่างท่อน้ำของกระพี้ในไม้ผลแต่ละชนิดที่ระดับความลึกต่าง ๆ กัน โดยใช้กำลังขยายที่ 40 และ 450

2. การทำสไลด์ถาวรเนื้อเยื่อกระพี้โดยวิธีฝังในพาราฟิน

2.1 การเลือกเก็บและการตัดแบ่งชิ้นส่วนพืช

คัดเลือกกิ่งสมบูรณ์อายุประมาณ 2 ปี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5-2.0 เซนติเมตร และใช้กรรไกรตัดกิ่งที่คัดเลือกไว้ยาว 5.0 เซนติเมตร แบ่งเป็นท่อนสั้น ๆ ยาวประมาณ 0.5 เซนติเมตร จากนั้นแบ่งเป็นเสี้ยวเล็ก ๆ โดยใช้ใบมีดโกน เพื่อช่วยให้น้ำยาแทรกซึมเข้าไปได้ทั่วถึง

2.2 การฆ่าเซลล์และรักษาเซลล์ให้คงสภาพ

นำชิ้นส่วนกระพี้ที่ตัดแบ่งเป็นชิ้นเล็ก ๆ บรรจุในขวดขนาดเล็ก (vial) ที่เหมาะสมกับจำนวนชิ้นส่วน แช่ในน้ำยารักษาสภาพเซลล์ (สารละลาย FAA) ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อรักษาสภาพและความมีชีวิตของเซลล์ เป็นเวลา 10 วัน และเนื่องจากภายในส่วนของกระพี้มีอากาศบรรจุตามช่องว่างระหว่างเซลล์ ซึ่งทำให้น้ำยารักษาสภาพเซลล์แทรกซึมเข้าไปไม่ทั่วถึง จึงต้องนำชิ้นส่วนไปไว้ในเครื่องดูดอากาศ (vacuum pump) ที่ความดันประมาณ 15-20 นิ้วของความสูงปรอท เพื่อดูดอากาศออกจากเนื้อไม้เป็นเวลา 5 วัน จากนั้นล้างน้ำยารักษาสภาพเซลล์ ออกด้วยน้ำกลั่น 2 ครั้ง จึงนำตัวอย่างเนื้อไม้ไปต้มในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์

ที่อุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 วัน (หรือใช้แท่งแก้วแตะดูชิ้นส่วนพืชว่าค่อนข้างนุ่มหรืออ่อนตัวลง ถือว่าใช้ได้) จากนั้นนำชิ้นส่วนพืชดังกล่าวไปล้างน้ำให้สะอาด และดำเนินการขั้นต่อไป

2.3 การดึงน้ำออกจากเซลล์

เป็นการแช่ชิ้นส่วนพืชในสารที่มีคุณสมบัติสามารถเข้าไปแทนที่น้ำในเซลล์ได้ โดยใช้สารที่ละลายพาราฟิน ซึ่งประกอบด้วย น้ำ เอทธิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ และบิวธิลแอลกอฮอล์ พาราฟินออยล์ ในอัตราต่าง ๆ กันดังนี้

ระดับ	น้ำ(มิลลิลิตร)	95% เอทธิลแอลกอฮอล์ (มิลลิลิตร)	บิวธิลแอลกอฮอล์ (มิลลิลิตร)	เวลาที่แช่ (ชั่วโมง)
1	50	40	10	5
2	30	50	20	5
3	15	50	35	5
4	5	40	55	5
5	0	25	75	5
6	บิวธิล แอลกอฮอล์บริสุทธ์			24
7	บิวธิล แอลกอฮอล์ 50 มิลลิลิตร + พาราฟิน ออยล์ 50 มิลลิลิตร			24

2.4 การทำให้พาราฟินแทรกซึมเข้าเนื้อเยื่อ

หลอมพาราฟินบริสุทธิ์ และพาราฟินที่ใช้แล้วในตู้อบ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยช่วงแรกใช้พาราฟินที่ใช้แล้ว เทลงไปในขวดที่มีชิ้นส่วนพืชและไว้ในตู้อบ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง ทำ 3 ครั้ง จากนั้นใช้พาราฟินบริสุทธิ์แทนเพื่อให้พาราฟินสามารถแทรกซึมเข้าไปในเนื้อเยื่อพืชได้ดีมากขึ้น โดยแช่นาน 2 ชั่วโมง ทำ 2 ครั้ง

2.5 การฝังชิ้นส่วนพืชในพาราฟิน

เทพาราฟินบริสุทธิ์ที่หลอมในตู้อบ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ลงในกระทงกระดาษฟอยล์ ขนาดกว้างxยาวxสูง เท่ากับ 2x2x1.5 เซนติเมตร ใช้เข็มเขี่ยลนไฟไล่ฟองอากาศที่เกิดขึ้นในพาราฟินออกให้หมดโดยเร็ว ยกกระทงไปลอยในอ่างน้ำ ให้พาราฟินด้านล่าง

แข็งตัวสูงขึ้นมาประมาณ 1 ใน 4 ของกระทง ยกกระทงออกมาวางบนโต๊ะ ใช้เข็มเขี่ยปลายโค้งเขี่ยชิ้นส่วนพืชที่แช่ในพาราฟินบริสุทธิ์ในตู้อบลงไปในกระทง 1 ชิ้น/กระทง ใช้เข็มเขี่ยลนไฟให้ร้อนเพื่อเขี่ยชิ้นส่วนให้อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการ ขณะเดียวกันใช้เข็มเขี่ยดังกล่าวลนไฟให้ร้อนไล่อากาศออกจากกระทงให้หมด จากนั้นปล่อยให้พาราฟินแข็งตัวทั่วตลอดและแกะกระดาษฟอยล์ออก จะได้แท่งพาราฟินรูปสี่เหลี่ยมที่มีชิ้นส่วนพืชฝังอยู่ด้านใน ใช้มีดคมตกแต่งให้ได้ขนาดที่ต้องการเพื่อนำไปดำเนินการขั้นต่อไป

2.6 การตัดชิ้นส่วนพืช

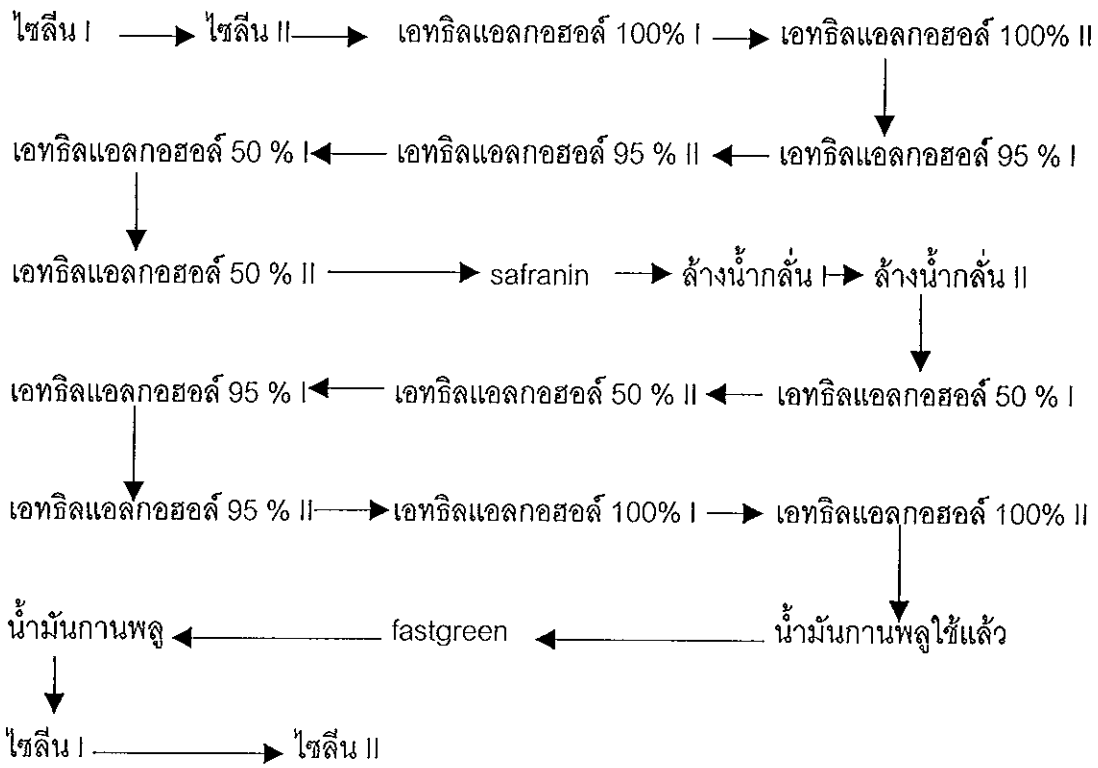
นำแท่งพาราฟินที่เตรียมไว้มาเชื่อมติดกับแท่งพลาสติกที่มีพาราฟินบรรจุภายใน โดยนำเศษพาราฟินมาหลอมและหยดบนแท่งพลาสติก วางแท่งพาราฟินด้านบน กดเบา ๆ และหลอมเศษพาราฟินเชื่อมรอยต่อโดยรอบรอบแท่งพาราฟิน นำไปวางในตู้เย็นนาน 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาตัดด้วยเครื่องไมโครโตม (microtome) ปรับความหนาของริบบอน (ribbon) ขนาด 10-12 ไมครอน นำริบบอนที่ได้มาตัดให้ได้ความยาวที่ต้องการ และวางบนกระดาษมัน ก่อนดำเนินการขั้นต่อไป

2.7 การติดแผ่นริบบอนบนแผ่นสไลด์

หยดน้ำยายึดของ Haupt (Haupt's adhesive) บนแผ่นสไลด์ที่สะอาด 1-2 หยด ใช้นิ้วสะอาดปาดน้ำยาไปตามความยาวของแผ่นสไลด์ให้บางเรียบที่สุด และวางบนเครื่องอุ่นสไลด์ที่อุณหภูมิ 40-42 องศาเซลเซียส จากนั้นหยดสารละลายฟอร์มาลีน 3 เปอร์เซ็นต์ ลงบนแผ่นสไลด์ที่ทาน้ำยายึดจนแห้งหมาด ๆ 2-3 หยด บริเวณที่จะติดชิ้นส่วน ใช้พู่กันขนาดเล็กที่เปียกน้ำแตะแผ่นริบบอนที่ตัดแบ่งไว้วางบนหยดฟอร์มาลีน จัดเรียงริบบอนให้เหมาะสม ใช้กระดาษซับฟอร์มาลีนให้แห้ง อุ่นแผ่นสไลด์ประมาณ 7 วัน เพื่อให้ริบบอนติดแผ่นสไลด์แน่น จากนั้นนำไปเก็บในที่ไม่มีฝุ่น เขียนรายละเอียดติดบนแผ่นสไลด์

2.8 การย้อมสี

นิยมย้อม 2 สีคือ safranin และ fastgreen โดยทำตามแผนผังด้านล่าง ดังนี้



จากนั้นเช็ดทำความสะอาดแผ่นสไลด์ด้วยน้ำมันกานพลูหรือไซลีน และ mount สไลด์ด้วย canada balsm แล้วปิดสไลด์ด้วยแผ่นปิดสไลด์ วางทิ้ง 2-3 วัน เพื่อให้แห้ง เป็นการเสร็จขั้นตอนการทำสไลด์ถาวร

ตารางผนวกที่ 1 เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ความสูง และความกว้างทรงพุ่มของต้นทุเรียน มังคุด เงาะ และลองกอง

ชนิดพืช	ต้นที่	เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (เซนติเมตร)	ความสูง (เมตร)	ความกว้างทรงพุ่ม (เมตร)
ทุเรียน	1	26.2	9.1	9.2
	2	28.0	7.0	8.9
	3	33.5	10.5	9.3
มังคุด	1	19.7	5.3	5.8
	2	24.7	6.7	6.5
	3	25.0	5.8	6.7
เงาะ	1	24.6	5.0	8.9
	2	25.0	6.5	8.2
	3	28.2	5.8	8.8
ลองกอง	1	15.2	6.0	4.6
	2	15.6	7.0	4.2
	3	17.0	7.0	4.5

ตารางผนวกที่ 2 ความหนาของเปลือกไม้ กระพี้ และแก่นไม้ และค่า Volume fraction ของน้ำ (Vh) และเนื้อไม้ (Vw) ของต้นทุเรียน มังคุด เงาะ และลองกอง

ชนิดพืช	ต้นที่	ความหนา (เซนติเมตร)			Volume fraction	
		เปลือกไม้	กระพี้	แก่นไม้	Vh	Vw
ทุเรียน	1	0.5	12.3	0.3	0.70	0.30
	2	0.6	13.1	0.3		
	3	0.7	15.7	0.3		
มังคุด	1	0.5	9.1	0.2	0.48	0.52
	2	0.6	11.4	0.3		
	3	0.6	11.6	0.3		
เงาะ	1	0.4	11.6	0.3	0.55	0.45
	2	0.4	11.8	0.3		
	3	0.5	13.3	0.3		
ลองกอง	1	0.3	7.1	0.2	0.57	0.43
	2	0.3	7.3	0.2		
	3	0.4	7.9	0.2		

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางสาววิชณีย์ ออมทรัพย์สิน

วันเดือนปีเกิด 10 เมษายน 2508

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	2530

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน

นักวิชาการเกษตร 5 ศูนย์วิจัยพืชสวนสุราษฎร์ธานี
ตำบลท่าอุแท อำเภอกาญจนดิษฐ์
จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84140
โทร.(077) 286933, 286079