



วิทยานิพนธ์

ผลของหลังคาพลาสติกต่ออัตราแลกเปลี่ยนแก๊สของใบ การติดผล
คุณภาพและการเกิดโรคของผลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้

**EFFECTS OF PLASTIC ROOF ON LEAF GAS EXCHANGE
AND FRUIT SET, QUALITY AND DISEASES OF MANGO
CV. NAM DOK MAI**

นางสาวศิริลักษณ์ อ่อนน้อม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2550



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (พฤกษศาสตร์)

ปริญญา

พฤกษศาสตร์

สายวิชาวิทยาศาสตร์

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ผลของหลังคาพลาสติกต่ออัตราแลกเปลี่ยนแก๊สของใบ การติดผล คุณภาพและการเกิดโรคของผลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้

Effects of Plastic Roof on Leaf Gas Exchange and Fruit Set, Quality and Diseases of Mango cv. Nam Dok Mai

นางผู้วิจัย นางสาวศิริลักษณ์ อ่อนน้อม

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์คณพล จุฑามณี, D.Agr.)

กรรมการ

(ศาสตราจารย์สุนทรียังษ์ชวัลย์, Ph.D.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์สมศิริ แสงโชติ, Ph.D.)

ประธานสาขาวิชา

(อาจารย์ลักษณ์ ก้นทะมา, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อัจจงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของหลังคาพลาสติกต่ออัตราแลกเปลี่ยนแก๊สของใบ การติดผล คุณภาพและการเกิดโรคของผล
ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้

Effects of Plastic Roof on Leaf Gas Exchange and Fruit Set, Quality and Diseases of Mango
cv. Nam Dok Mai

โดย

นางสาวศิริลักษณ์ อ่อนน้อม

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พฤษศาสตร์) (พฤกษศาสตร์) (พฤกษศาสตร์)
พ.ศ. 2550

ศิริลักษณ์ อ่อนน้อม 2550: ผลของหลังคาพลาสติกต่ออัตราแลกเปลี่ยนแก๊สของใบ การติดผล
คุณภาพและการเกิดโรคของผลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ ปัญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
(พฤกษศาสตร์) สาขาพฤกษศาสตร์ สายวิชาวิทยาศาสตร์ ปรชานกรรมการที่ปรึกษา:
รองศาสตราจารย์คณพล จุฑามณี, D.Agr. 111 หน้า

การผลิตมะม่วงนอกฤดูประสบปัญหาผลผลิตน้อยและคุณภาพผลต่ำ เนื่องจากมะม่วงนอกฤดู
ออกดอกและติดผลในช่วงฤดูฝน น้ำฝนและความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงในช่วงการออกดอกทำให้การติดผล
ต่ำ และเกิดการแพร่ระบาดของโรคแอนแทรคโนส การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการ
คลุมหลังคาพลาสติก PVC ใสกับมะม่วงที่ผลิตนอกฤดูในช่วงฤดูฝน เพื่อป้องกันเมื่อดอกที่มากระแตกช่อ
ดอกในช่วงดอกบาน ลดความชื้นสัมพัทธ์ที่เป็นปัจจัยสำคัญในการเข้าทำลายแพร่กระจายของเชื้อ
Collectotrichum gloeosporioides และเปรียบเทียบสภาพอากาศในทรงพุ่ม สภาพน้ำในดิน อัตราการ
แลกเปลี่ยนแก๊สในรอบวัน การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้าง การติดผล
คุณภาพผล ระหว่างดำรับคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก

การคลุมหลังคาพลาสติกสามารถลดความเข้มแสงได้ 29% ในขณะที่อุณหภูมิอากาศ ความชื้น
สัมพัทธ์อากาศ ค่าแรงดึงระเหยน้ำ และความเปียกผิวใบทั้งช่วงกลางวันและกลางคืนใกล้เคียงกัน
แสดงว่าการคลุมหลังคาพลาสติกไม่สามารถกันการสาตจากน้ำฝนในบริเวณด้านข้างของต้นมะม่วงได้
ในสภาพที่คลุมหลังคาพลาสติกมีปริมาณน้ำในดินค่อนข้างแห้งกว่าสภาพที่ไม่คลุมหลังคาพลาสติก
และการคลุมหลังคาพลาสติกไม่สามารถเพิ่มอัตราสังเคราะห์แสงสุทธิในรอบวันในช่วงที่มะม่วงอยู่ใน
ระยะดอกบาน ระยะผลอายุ 2 สัปดาห์ และระยะผลอายุ 5 สัปดาห์ ได้ เนื่องจากใบมะม่วงมีค่าน้ำไหล
ปากใบและอัตราคายน้ำที่ต่ำจึงส่งผลให้อัตราสังเคราะห์แสงสุทธิต่ำ แต่ในระยะผลอายุ 13 สัปดาห์ การ
คลุมหลังคาพลาสติกสามารถเพิ่มอัตราสังเคราะห์แสงสุทธิได้ เนื่องจากการคลุมหลังคาพลาสติกช่วยลด
ความเข้มแสงทำให้ค่าน้ำไหลปากใบและอัตราคายน้ำสูงประกอบกับใบมะม่วงของต้นที่ไม่คลุมหลังคา
พลาสติกในระยะนี้มีค่า ϕ_{dark} ต่ำจากการได้รับความเข้มแสงที่รุนแรง ทำให้ระบบรับแสงของ PSII
ได้รับความเสียหาย สำหรับปริมาณคาร์บอนไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างทั้ง 2 ดำรับไม่แตกต่างกัน
การคลุมหลังคาพลาสติกไม่สามารถเพิ่มการติดผลแต่สามารถเพิ่มคุณภาพผลบางประการได้ คือ การ
คลุมหลังคาพลาสติกทำให้สีผิวผลสุกมีความสว่างกว่า ($L = 68.08$) แต่การคลุมหลังคาพลาสติกไม่
สามารถเพิ่มน้ำหนักผล ขนาดผล และปริมาณ TSS ของผลได้ นอกจากนี้การคลุมหลังคาพลาสติกยัง
ช่วยลดการเกิดโรคแอนแทรคโนสที่ผลก่อนเก็บเกี่ยวได้ 26.1% และหลังเก็บเกี่ยวได้ 11% รวมถึงลด
ระดับความรุนแรงของผลเน่าในระยะผลสุกได้ นอกจากนี้วิธีการนี้ยังช่วยควบคุมความเสียหายที่เกิดจาก
เพลี้ยไฟต่อผิวผล ได้อย่างสมบูรณ์

Siriluk Onnom 2007: Effects of Plastic Roof on Leaf Gas Exchange and Fruit Set, Quality and Diseases of Mango cv. Nam Dok Mai. Master of Science (Economic Botany), Major Field: Economic Botany, Division of Science. Thesis Advisor: Associate Professor Kanapol Jutamane, D.Agr. 111 pages.

The problem of off-season production mango is low yield and poor quality. Rain and high humidity during flowering period cause few fruit set and induce the severity for anthracnose. The objective of this experiment is to study the effect of transparent PVC plastic roof on reducing splashing force of rains and decrease humidity which cause damages and spreads of *Collectotrichum gloeosporioides*. Comparisons of change in climate and soil water condition, leaf gas exchange, non-structural carbohydrate contents and fruit set under plastic roof and natural condition were examined.

Plastic roof could reduce photosynthetic photon flux(PPF) by 29%. Both day and night temperature, relative humidity, vapor pressure deficit and leaf wetness not different. Plastic roof could not protect the throw of rain water inside of mango trees. Plastic roof made drier soil water condition than uncovering and it could not increase net photosynthesis rate(A) in blooming period, fruit's age at 2th and 5th week. Due to the mango's leaf has the low stomatal conductance(g_s) and low transpiration rate(E), both g_s and E value made low photosynthesis rate. In contrast, fruit's age at 13th weeks, the plastic roof could increase A because it reduced photosynthetic photon flux and caused higher g_s and E than uncovering. Furthermore, mango tree without plastic roof showed lower Φ_{dark} because it received high photosynthetic photon flux(PPF) which destroyed reaction center of PSII. The non-structural carbohydrate contents(TNC) in both two treatments were not different. Plastic roof could not increase fruit set but increased fruit quality. It gave lighter color peel at ripening time (L = 68.08). However, it could not increase fresh weight, size and total soluble solid(TSS) in fruit. Plastic roof reduced anthracnose at pre-harvest period by 26.1%, post-harvest by 11% and decreased severity level of fruit rot at ripening stage. Furthermore, completely control of thrip damage on the fruit surface was observe by this method.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

/ /

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รศ. ดร. คณพล จุฑามณี ประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่ให้ความรู้ คำปรึกษาแนะนำ ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนทุนการศึกษาวิจัย และตรวจแก้วิทยานิพนธ์อย่างละเอียด ศ.ดร. สุนทรีย ชิงษ์ชวาลย์ กรรมการวิชาเอกที่ให้ความรู้และคำแนะนำสั่งสอนในทุก ๆ ด้าน ตลอดจนให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือจนเสร็จสิ้นการทดลอง อีกทั้งตรวจแก้วิทยานิพนธ์ รศ.ดร. สมศิริ แสงโชติ ที่ให้ความรู้ คำแนะนำ และสละเวลาในการตรวจแก้วิทยานิพนธ์ ผศ.ดร. ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ ผู้แทนบัณฑิตในการสอบสัมภาษณ์ขั้นสุดท้าย ที่มีส่วนร่วมในการแก้ไขวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำสาขาวิชาพฤกษศาสตร์ เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการนิเวศ- สรีรวิทยา ศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพเกษตร และเจ้าหน้าที่ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืช ทดลอง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ต่าง ๆ พร้อมทั้งให้คำแนะนำ และช่วยเหลือในการทำงานวิจัยครั้งนี้ ครู-อาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ ประสาทวิชา

ขอขอบคุณชมรมอนุรักษ์ธรรมชาติและพัฒนาลิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน และคนทำงานทุกคนที่ช่วยสอนให้รู้จักการทำงานด้วยความอดทน รู้จักการ แก้ไขปัญหา จนเป็นแรงใจให้การทำวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วง ขอขอบคุณ พี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ที่ให้กำลังใจ คำปรึกษา และความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ คุณป้า และขอขอบคุณน้องสาวและน้องชายที่ให้ความสนับสนุนทั้งร่างกาย แรงใจ กำลังทรัพย์ และเป็นกำลังใจอย่างยิ่งในการทำงานตลอดมา

ศิริลักษณ์ อ่อนน้อม

พฤษภาคม 2550

สารบัญ

| | หน้า |
|---------------------------|------|
| สารบัญ | (1) |
| สารบัญตาราง | (2) |
| สารบัญภาพ | (4) |
| คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ | (7) |
| คำนำ | 1 |
| วัตถุประสงค์ | 3 |
| การตรวจเอกสาร | 4 |
| อุปกรณ์และวิธีการ | 21 |
| สถานที่ทดลอง | 27 |
| ระยะเวลาทดลอง | 27 |
| ผลและวิจารณ์ | 28 |
| สรุปผลการทดลอง | 95 |
| เอกสารและสิ่งอ้างอิง | 97 |
| ภาคผนวก | 105 |

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | | หน้า |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1 | ข้อมูลสภาพอากาศในแปลงมะม่วง ตั้งแต่วันที่ 10 กรกฎาคม 2548 ถึง 24 กันยายน 2548 | 32 |
| 2 | ข้อมูลสภาพอากาศภายในทรงพุ่มในช่วงเวลากลางวัน(สภาพมีแสง) เปรียบเทียบระหว่างตำรับคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก ตั้งแต่วันที่ 10 กรกฎาคม 2548 ถึง 24 กันยายน 2548 | 35 |
| 3 | ข้อมูลสภาพอากาศภายในทรงพุ่มในช่วงเวลากลางคืน(สภาพไม่มีแสง) เปรียบเทียบระหว่างตำรับคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก ตั้งแต่วันที่ 10 กรกฎาคม 2548 ถึง 24 กันยายน 2548 | 36 |
| 4 | สภาพอากาศจากสถานีอากาศในช่วงที่มีแสงของวันที่วัดอัตราแลกเปลี่ยนแก๊สของใบมะม่วงทั้ง 4 ครั้ง | 42 |
| 5 | ข้อมูลสภาพอากาศที่ใบมะม่วงสัมผัสในขณะที่วัดอัตราแลกเปลี่ยนแก๊สของใบมะม่วงทั้ง 4 ครั้ง จากเครื่อง LI6400 เปรียบเทียบระหว่างตำรับคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก | 48 |
| 6 | ข้อมูลที่ได้จากการวัดอัตราแลกเปลี่ยนแก๊สของใบมะม่วงทั้ง 4 ครั้ง จากเครื่อง LI6400 เปรียบเทียบระหว่างตำรับคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก | 55 |
| 7 | ข้อมูลเฉลี่ยที่ได้จากการวัดค่า dark-adapted fluorescence(Φ_{dark}) ของใบมะม่วงทั้ง 4 ครั้ง จากเครื่อง Mini-PAM เปรียบเทียบระหว่างตำรับคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก | 68 |
| 8 | ข้อมูลเฉลี่ยที่ได้จากการวัดค่า light chlorophyll fluorescence(Φ_{PSII}) ของใบมะม่วงทั้ง 4 ครั้ง จากเครื่อง Mini-PAM เปรียบเทียบระหว่างตำรับคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก | 69 |
| 9 | ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างทั้ง 4 ระยะ คือ ระยะดอกบาน ระยะผลอายุ 2 สัปดาห์ ระยะผลอายุ 5 สัปดาห์ และระยะผลอายุ 13 สัปดาห์ (ผลแก่) เปรียบเทียบระหว่างตำรับคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก | 76 |

สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางที่ | | หน้า |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 10 | ข้อมูลการติดผลเปรียบเทียบระหว่างตำรับคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก ตั้งแต่ผลอายุ 4 สัปดาห์ ถึง ผลอายุ 13 สัปดาห์(ผลแก่) | 79 |
| 11 | จำนวนผลเป็นโรคแอนแทรกคโนสเฉลี่ยต่อช่อ(%) เปรียบเทียบระหว่างตำรับคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก ตั้งแต่ระยะผลอายุ 4 สัปดาห์ ถึง ผลอายุ 13 สัปดาห์(ผลแก่) | 83 |
| 12 | จำนวนผลถูกเพลิงไฟทำลายต่อการติดผลทั้งหมด(%) เปรียบเทียบระหว่างตำรับคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก ตั้งแต่ผลอายุ 4 สัปดาห์ ถึงผลอายุ 13 สัปดาห์(ผลแก่) | 84 |
| 13 | จำนวนผลสุกที่เป็นโรคแอนแทรกคโนสเปรียบเทียบระหว่างตำรับคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก | 87 |
| 14 | จำนวนผลสุกที่เป็นโรคแอนแทรกคโนสแบ่งตามระดับความรุนแรงของโรค 5 ระดับ เปรียบเทียบระหว่างตำรับคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก | 87 |
| 15 | น้ำหนักผลหลังเก็บเกี่ยวเปรียบเทียบระหว่างผลสุกจากตำรับคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก | 93 |
| 16 | ขนาดผลหลังเก็บเกี่ยวเปรียบเทียบระหว่างผลสุกจากตำรับคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก | 93 |
| 17 | สีผิวของผลสุกเปรียบเทียบระหว่างตำรับคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก | 93 |
| 18 | สีเนื้อของผลสุกเปรียบเทียบระหว่างตำรับคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก | 93 |
| 19 | ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้(total soluble solids, TSS) ของผลสุกเปรียบเทียบระหว่างตำรับคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก | 94 |

สารบัญภาพ

| ภาพที่ | | หน้า |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1 | ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันในแปลงมะม่วงที่ทำการทดลองตั้งแต่วันที่ 10 กรกฎาคม 2548 ถึง 24 กันยายน 2548 | 29 |
| 2 | สภาพอากาศในแปลงมะม่วงที่ทำการทดลองเฉลี่ยรายวันตั้งแต่วันที่ 10 กรกฎาคม 2548 ถึง 24 กันยายน 2548; a) ความเข้มแสง(PPF); b) อุณหภูมิอากาศ(T_{air}); c) ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ(RH_{air}) และ d) แรงดึงระเหยน้ำ(VPD_{air}) | 31 |
| 3 | สภาพอากาศในทรงพุ่มเฉลี่ยรายวันตั้งแต่วันที่ 10 กรกฎาคม 2548 ถึง 24 กันยายน 2548; a) ความเข้มแสง(PPF); b) อุณหภูมิอากาศ(T_{air}); c) ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ (RH_{air}); d) แรงดึงระเหยน้ำ(VPD_{air}) และ e) ความเปียกผิวใบ(LW) | 34 |
| 4 | ระดับน้ำในคู วัดจากผิวดินบนสุดของแปลงมะม่วงที่ทำการทดลอง ตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม 2548 ถึง 24 กันยายน 2548 | 37 |
| 5 | พลังงานกำกับกอนดินเปรียบเทียบระหว่าง a) ดินมะม่วงที่คลุมหลังคาพลาสติก และ b) ไม่คลุมหลังคาพลาสติกตั้งแต่วันที่ 10 กรกฎาคม 2548 ถึง 24 กันยายน 2548 | 39 |
| 6 | สภาพอากาศในรอบวันที่วัดอัตราแลกเปลี่ยนแก๊สของใบมะม่วงจากสถานีอากาศ ขนาดย่อยซึ่งตั้งอยู่บริเวณที่โล่งแจ้งในบริเวณแปลงปลูกมะม่วง a) ความเข้มแสง (PPF), b) ความชื้นสัมพัทธ์(RH_{air}), c) อุณหภูมิ(T_{air}) และ d) แรงดึงระเหยน้ำ (VPD_{air}) | 41 |
| 7 | สภาพอากาศรอบวันที่ใบมะม่วงสัมผัสขณะวัดอัตราแลกเปลี่ยนแก๊ส a-d) ความเข้มแสง(PPF); e-h) คาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ(CO_2R); i-l) อุณหภูมิอากาศ (T_{air}); m-p) ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ(RH); q-t) แรงดึงระเหยน้ำ(VPD_{air}) และ u-x) แรงดึงคายน้ำ ($VPD_{leaf-air}$) | 46 |
| 8 | การเปลี่ยนแปลงในรอบวันของค่า a-d) อัตราสังเคราะห์แสงสุทธิ(A); e-h) ค่าสัดส่วนของความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในช่องว่างในใบกับที่อยู่ในอากาศ($C_i:C_a$); i-l) อัตราคายน้ำ(E); m-p) ค่าน้ำไหลปากใบ(g) และ q-t) ค่าสัดส่วนของอัตราสังเคราะห์แสงสุทธิต่ออัตราคายน้ำ(A:E) ของใบมะม่วง | 53 |

สารบัญญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่ | | หน้า |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 9 | ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราสังเคราะห์แสงสุทธิ(A) และปัจจัยควบคุม; a-d) ความเข้มแสง(PPF); e-h) ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในช่องว่างภายในใบ (Ci) และ i-l) ค่าน้ำไหลปากใบ(g _s) ของมะม่วง | 59 |
| 10 | อัตราการคายน้ำ(E) ที่ถูกควบคุมโดย a-d) ค่าแรงดึงคายน้ำ(VPD _{leaf-air}) และ e-h) ค่าน้ำไหลปากใบ(g _s) ของใบมะม่วง | 62 |
| 11 | ปัจจัยสภาพอากาศที่ควบคุมค่าน้ำไหลปากใบ(g _s); a-d) ความเข้มแสง(PPF); e-h) อุณหภูมิใบ(T _{leaf}); i-l) แรงดึงคายน้ำ(VPD _{leaf-air}) และ m-p) แรงดึงระเหยน้ำ (VPD _{air}) ของใบมะม่วง | 64 |
| 12 | dark-adapted quantum yield ของใบมะม่วง; a-d) quantum yield(Φ _{dark}); e-h) minimum fluorescence yield(F _o) และ i-l) maximum total fluorescence(F _m) | 70 |
| 13 | a-d) ความเข้มแสงที่เปลี่ยนแปลงในรอบวัน(PPF) และ e-h) light quantum yield (Φ _{PHII}) ที่เปลี่ยนแปลงในรอบวัน | 71 |
| 14 | light chlorophyll fluorescence ของใบมะม่วง; a-d) light quantum yield(Φ _{PSII}); e-h) minimum quantum yield (F) และ i-l) maximum total quantum yield(F _m ') | 72 |
| 15 | ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง(PPF) กับ a-d) electron transport rate(ETR); e-h) photochemical quenching(qP) และ i-l) non-photochemical quenching(NPQ) | 73 |
| 16 | การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้าง(total non-structural carbohydrates; TNC) ของ a) ช่อดอก; b) ใบ และ c) กิ่งยอด | 75 |
| 17 | ผลของการคลุมหลังคาพลาสติกต่อการติดผลเฉลี่ยต่อช่อของมะม่วงน้ำดอกไม้ | 78 |
| 18 | ผลของการคลุมหลังคาพลาสติกต่อเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคแอนแทรคโนสที่ผลตั้งแต่ระยะเริ่มติดผลจนถึงระยะเก็บเกี่ยว | 82 |

สารบัญญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่ | | หน้า |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 19 | ผลของการคลุมหลังคาพลาสติกต่อผลที่ถูกเพลิงไฟทำลาย(%) ตั้งแต่ระยะเริ่มติดผลจนถึงระยะเก็บเกี่ยว | 82 |
| 20 | ผลของการคลุมหลังคาพลาสติกต่อการลดจำนวนผลสุกที่เป็น โรคแอนแทรคโนส (%) ในระยะหลังเก็บเกี่ยว | 86 |
| 21 | ผลของการคลุมหลังคาพลาสติกต่อการลดระดับความรุนแรงของผลเน่าที่ผลสุกในระยะหลังเก็บเกี่ยว | 86 |
| 22 | น้ำหนักของผลมะม่วงหลังเก็บเกี่ยวเปรียบเทียบระหว่างผลจากตำรับคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก | 90 |
| 23 | ขนาดของผลมะม่วงหลังเก็บเกี่ยวเปรียบเทียบระหว่างผลจากตำรับคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก | 90 |
| 24 | สีผิวของผลมะม่วงสุกเปรียบเทียบระหว่างตำรับคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก | 91 |
| 25 | สีเนื้อของผลมะม่วงสุกเปรียบเทียบระหว่างตำรับคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก | 91 |
| 26 | ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้(total soluble solids, TSS) ในผลสุกเปรียบเทียบระหว่างผลสุกจากตำรับคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก | 92 |

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

| | | |
|----------------------|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A | = | Leaf net photosynthesis ($\mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) |
| A:E | = | Ratio of net photosynthesis to leaf transpiration ($\mu\text{molCO}_2 \text{ mmol}^{-1}\text{H}_2\text{O}$) |
| Ca | = | Atmospheric CO_2 concentration ($\mu\text{molCO}_2 \text{ mol}^{-1}$) |
| Ci | = | Intercellular CO_2 concentration ($\mu\text{molCO}_2 \text{ mol}^{-1}$) |
| E | = | Leaf transpiration ($\text{mmolH}_2\text{O} \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) |
| ETR | = | Electron transport rate ($\mu\text{molPPF} \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) |
| F | = | Light minimum fluorescence yield |
| F'm | = | Light maximum quantum yield |
| Fm | = | Dark maximum fluorescence yield |
| Fo | = | Dark minimum fluorescence yield |
| g _s | = | Stomatal conductance to H_2O ($\text{mmolH}_2\text{O} \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) |
| NPQ | = | Non-photochemical quenching |
| PPF | = | Photosynthetic photon flux ($\mu\text{molPPF} \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) |
| Φ_{dark} | = | Dark-adapted quantum yield (fraction) |
| Φ_{PSII} | = | Light quantum yield (fraction) |
| qP | = | Photochemical quenching |
| Stdev | = | Standard deviation |
| TNC | = | Total non-structural carbohydrates (mg/g dry weight) |
| TSS | = | Total soluble solids (%) |
| VPD | = | Vapor pressure deficit (kPa) |

ผลของหลังคาพลาสติกต่ออัตราแลกเปลี่ยนแก๊สของใบ การติดผล คุณภาพและการเกิดโรคของผลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้

Effects of Plastic Roof on Leaf Gas Exchange and Fruit Set, Quality and Diseases of Mango cv. Nam Dok Mai

คำนำ

มะม่วงจัดเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยชนิดหนึ่ง มีทั้งการผลิตเพื่อการค้าภายในและเพื่อการส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศ ซึ่งเกษตรกรจะผลิตมะม่วงให้ออกนอกฤดูเนื่องจากได้ราคาสูงกว่าฤดูกาลปกติถึงเท่าตัว แต่การผลิตมะม่วงให้ออกนอกฤดูจะทำให้ช่วงการออกดอกและเริ่มติดผลอยู่ในช่วงฤดูฝน จึงมักประสบกับปัญหาการติดผลต่ำ (คนพล, มปป.) เนื่องจากการแตกของอับละอองเกสรจะลดลงเมื่อมีความชื้นสัมพัทธ์สูง ๆ (Fahn, 1982) ทำให้ประสิทธิภาพในการผสมเกสรลดลง นอกจากนี้มะม่วงที่ออกดอกและติดผลในช่วงฤดูฝนมักจะมีคุณภาพผลต่ำและผลผลิตลดลงจากโรคแอนแทรคโนส (นิพนธ์, 2526) เนื่องจากความชื้นสูงเหมาะต่อการระบาดของเชื้อรา *Collectotrichum gloeosporioides* (สุชาติ, 2541)

ปัจจุบันมีการใช้โรงเรือนเข้ามาช่วยในการผลิตพืชหลายชนิด เพื่อควบคุมสภาพแวดล้อมให้เอื้อต่อการผลิตพืช ลดปัญหาจากโรคและแมลง ทำให้ได้ผลผลิตสูงทั้งคุณภาพและปริมาณ เช่นงานทดลองของ สุรชา (2546) พบว่าการคลุมหลังคาพลาสติกให้กับองุ่นสามารถลดความเสียหายของช่อดอกจากการตกกระทบโดยตรงจากเม็ดฝน และสามารถลดเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคและระดับความรุนแรงการเกิดโรคที่เกิดจากเชื้อราได้ ส่งผลให้อองุ่นติดผลได้ดี มีการพัฒนาขนาดช่อดอกดีกว่าไม่คลุมหลังคาพลาสติก และจากการทดลองคลุมหลังคาพลาสติกให้กับต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ พบว่าการติดผล ขนาดผล และน้ำหนักผลไม่แตกต่างกับมะม่วงที่ไม่คลุมหลังคาพลาสติก แต่มีลักษณะและสีผิวสวยกว่า เนื่องจากผิวของผลมะม่วงที่คลุมหลังคาพลาสติกไม่มีตำหนิจากการเข้าทำลายของแมลง (ศิริลักษณ์, 2546)

การคลุมหลังคาพลาสติกทำให้สภาพแวดล้อมรอบ ๆ ต้นพืชเปลี่ยนแปลงไปจากสภาพธรรมชาติ ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสรีรวิทยาบางประการของพืช

แต่การศึกษาในเรื่องนี้ยังไม่มีข้อมูลมากนักเนื่องจากยังไม่มีผู้ใดทำการทดลอง สภาพแวดล้อมที่อาจได้รับผลกระทบจากการคลุมหลังคาพลาสติก ได้แก่ ความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเปียกผิวใบ และสภาพน้ำในดิน ซึ่งจะส่งผลต่อกิจกรรมของใบในรอบวัน ได้แก่ อัตราสังเคราะห์แสงสุทธิ อัตราคายน้ำ ค่าน้ำไหลของใบ ประสิทธิภาพการใช้น้ำ ประสิทธิภาพการใช้แสง ปริมาณอาหารสะสม การติดผล คุณภาพผล รวมทั้งการเกิดโรคราของผลของมะม่วง ดังนั้นจึงเป็นที่มาของงานวิจัยชิ้นนี้

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาผลของการคลุมหลังคาพลาสติกต่อกิจกรรมของใบในรอบวันด้านอัตราแลกเปลี่ยนแก๊ส และความสัมพันธ์ของกิจกรรมของใบในรอบวันกับสภาพอากาศและน้ำในดิน รวมทั้งประสิทธิภาพการใช้แสงของใบมะม่วง
2. ศึกษาผลของการคลุมหลังคาพลาสติกต่อการติดผล คุณภาพผล และการเกิดโรคแอนแทรกโนสของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้
3. ศึกษาผลของการคลุมหลังคาพลาสติกต่อความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างกับการติดผลและคุณภาพผล

การตรวจเอกสาร

1. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์และความสำคัญของมะม่วง

มะม่วง (*Mangifera indica* Linn.) อยู่ในวงศ์ Anacardiaceae เป็นไม้ผลเมืองร้อนไม่ผลัดใบ มีถิ่นกำเนิดอยู่แถบอินเดียและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จัดเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศแถบนี้ เช่น ไทย ฟิลิปปินส์ และอินเดีย มะม่วงมีลักษณะช่อดอกแบบ andromonoecious คือ ดอกสมบูรณ์เพศและดอกเพศผู้อยู่ในช่อเดียวกัน และมีปริมาณของดอกเพศผู้มากกว่าดอกสมบูรณ์เพศ (Sedgley and Griffin, 1989) ลำต้นแตกกิ่งก้านสาขาเป็นพุ่มแน่น เปลือกลำต้นมีสีน้ำตาลปนเทาอ่อน กิ่งอ่อนมีผิวเกลี้ยงสีเขียวปนน้ำตาลอ่อน ใบเป็นรูปหอก (simple lanceolate) ปลายใบแหลมค่อนข้างยาว โคนใบแคบและมน เนื้อใบหนา ผิวใบด้านบนเรียบเป็นมันสีเขียวเข้ม ด้านล่างสีอ่อนกว่าด้านบนไม่เป็นมัน ขอบใบหยักเป็นคลื่น ก้านใบเรียว โคนก้านบวม (เต็ม, 2521) โดยทั่วไปมะม่วงมีการออกดอกระหว่างเดือนธันวาคมถึงกุมภาพันธ์ และติดผลระหว่างเดือนมกราคมถึงมีนาคม ซึ่งผลจะแก่และเก็บเกี่ยวได้ระหว่างเดือนเมษายนถึงพฤษภาคม ยกเว้นบางพันธุ์ที่เป็นพันธุ์ทะวายจะออกดอกปีละ 2-3 ครั้ง (วิจิตร, 2529) ปัจจุบันสามารถบังคับให้มะม่วงออกดอกตามช่วงเวลาที่ต้องการได้ทั้งในฤดูกลางและนอกฤดูกลาง โดยใช้สารกลุ่มชะลอการเจริญเติบโต (plant growth retardants) คือ paclobutrazol

ในประเทศไทยมีมะม่วงที่อยู่ในสกุลเดียวกันนี้ 15 ชนิด (วิจิตร, 2529) เป็นมะม่วงในกลุ่มอินโดจีน (Indochinese type) มีลักษณะเด่น คือ มีคัพภะหรือต้นอ่อนมากกว่า 1 ต้นต่อเมล็ด (polyembryony) ต้นอ่อนที่ได้ส่วนมากจะตรงกับพันธุ์เดิมแต่จะมีการกลายพันธุ์บ้างในบางต้น ผลมีสีเขียวหรือเหลือง เนื้อผลมีกลิ่นไม่แรง (Millington, 1984) ปัจจุบันประเทศไทยมีการปลูกมะม่วงกันอย่างแพร่หลาย และเป็นไม้ผลที่ได้รับความสนใจจากเกษตรกรอย่างกว้างขวาง เพราะเป็นพืชที่ปลูกง่าย สามารถขึ้นได้ดีในสภาพดินแทบทุกชนิด ประกอบกับตลาดทั้งภายในและต่างประเทศมีความต้องการมะม่วงปริมาณสูงขึ้น ทำให้มะม่วงกลายเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่ง มีการส่งออกทั้งในรูปของมะม่วงสุกและมะม่วงดิบ แต่ส่วนมากจะส่งออกในรูปของมะม่วงสุก (เฉลิมชัย, 2539)

สำหรับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เป็นมะม่วงพันธุ์รับประทานสุกที่มีผู้นิยมปลูกกันมาก มีการเจริญเติบโตดี ใบใหญ่เป็นคลื่น ทรงพุ่มโปร่ง ออกดอกต้นฤดู แต่ใช้เวลาตั้งแต่ออกดอกจนถึงผลแก่นานประมาณ 115 วัน ลักษณะผลมีขนาดใหญ่ น้ำหนักประมาณ 400 กรัม ผลกลมยาวปลาย

แหลม เนื้อมาก เมล็ดเล็ก เปลือกบาง ผลดิบมีรสเปรี้ยวจัด เปลือกสีเขียวจนผลสุกมีเปลือกสีเหลือง เนื้อเหลือง มีกลิ่นหอม รสหวาน เลี่ยนน้อย แต่เนื่องจากมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ไม่มีเปลือกบางจึงบอบช้ำง่าย และมักเป็นโรคแอนแทรกโนส เวลาเก็บผลต้องเก็บเมื่อผลแก่จัด มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สุกเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในและภายนอกประเทศมาก สามารถบังคับให้ออกนอกฤดูได้ดี (วิจิตร, มปป.)

2. ผลของหลังคาพลาสติกต่อการผลิตพืช

การใช้หลังคาพลาสติกคลุมแปลงเพื่อการผลิตพืชนั้น พบว่ามีการใช้กันทั่วไปทั้งในการผลิตไม้ดอก ไม้ผล และผัก เนื่องจากหลังคาพลาสติกมีประโยชน์อย่างมาก โดยเฉพาะการใช้ในการจัดการสภาพลมฟ้าอากาศให้มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณน้ำฝน และปริมาณแสงแดด (กฤษฎา, 2529) ซึ่ง Ueda *et al.*, (1983) รายงานว่า การใช้หลังคาพลาสติกคลุมดินสัมพันธ์ตั้งแต่ออกดอกถึงติดผล 2-3 สัปดาห์ เป็นเวลาประมาณ 3 เดือน ช่วยลดความเสียหายจากโรคแคงเกอร์และโรคมลานอสลงได้ และช่วยเร่งการออกดอกให้เร็วขึ้นประมาณ 3-4 วัน ทำให้ผลมีขนาดใหญ่ขึ้นและเปลี่ยนสีเร็วขึ้น อีกทั้งมีการร่วงของผลน้อยลง จึงทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ จรัส (2518) พบว่าการใช้หลังคาพลาสติกคลุมแปลงอุณหภูมิ Loose Perlette ในฤดูฝนมีเปอร์เซ็นต์ผลที่ดีสูง เปอร์เซ็นต์ผลที่แตกและผลที่เน่าดำ และยังทำให้ใบและผลเป็นโรคน้อยลง และเมื่อเปรียบเทียบการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชพบว่าเมื่อปลูกภายใต้หลังคาพลาสติกจะทำการพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราในช่วงตลอดฤดูฝนประมาณ 7-8 ครั้ง ขณะที่ในสภาพแปลงนอกหลังคาพลาสติกจะต้องพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราถึง 20-30 ครั้ง (วัฒนา, 2527) นอกจากนี้ การคลุมหลังคาพลาสติกยังให้ความกว้างผล ความยาวผล และน้ำหนักผลสูงกว่าไม่คลุมหลังคาพลาสติก (อนุชา, 2535) การคลุมหลังคาพลาสติกสามารถลดความเสียหายของช่อดอกจากการตกกระทบโดยตรงจากเม็ดฝน และสามารถลดเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคและระดับความรุนแรงการเกิดโรคที่เกิดจากเชื้อรา เนื่องจากสภาพใต้หลังคาพลาสติกไม่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อรา ส่งผลให้อุ่นติดผลได้ดีและมีการเจริญเติบโตที่ดีด้านความยาวกิ่งและการพัฒนาขนาดช่อดอกดีกว่าไม่คลุมหลังคาพลาสติก (สุรชา, 2546)

3. อัตราแลกเปลี่ยนแก๊ส(leaf gas exchange)

3.1 อัตราสังเคราะห์แสงสุทธิ(net photosynthesis rate)

อัตราเท่ากับผลลัพธ์ของแรงขับเคลื่อนคูณกับค่านำไหล แรงขับเคลื่อนของกระบวนการสังเคราะห์แสง(A) คือ ความเข้มแสง และความแตกต่างของความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในใบ(ที่คลอโรพลาสต์) กับในบรรยากาศ (สุนทรีและคณะ, 2544) ดังนั้น อัตราสังเคราะห์แสงสุทธิ คือ อัตราการสร้างสารประกอบคาร์บอนจากวัตถุดิบ คือ คาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งขึ้นกับอัตราการไหลของคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านปากใบ และอัตราการตรึงโดย 2 กระบวนการหลักในคลอโรพลาสต์ คือ กระบวนการสร้างพลังงานโดยระบบรับแสง และกระบวนการทางชีวเคมีที่ใช้พลังงานที่ได้ร่วมกับเอนไซม์ในการเปลี่ยนรูปคาร์บอนไดออกไซด์เป็นสารประกอบคาร์บอน (สุนทรี, 2546) ค่าที่วัดได้ คือ ค่าอัตราสังเคราะห์ด้วยแสงจริง(gross photosynthesis rate) หักออกด้วยอัตราการหายใจเชิงแสง(photorespiration) ซึ่งเป็นกระบวนการทางชีวเคมีที่เกิดควบคู่กับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ทำให้สารประกอบคาร์บอนที่พืชสังเคราะห์ได้ส่วนหนึ่งเกิดสูญเสียไปกับกระบวนการหายใจ ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$A = P_g - R_p \quad (1)$$

$$A = g_t^{CO_2} \Delta[CO_2] = g_t^{CO_2} ([CO_2]_a - [CO_2]_i) \quad (2)$$

$$\frac{1}{g_t^{CO_2}} = \frac{1}{g_s^{CO_2}} + \frac{1}{g_b^{CO_2}} \quad (3)$$

เมื่อ

| | |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A | คืออัตราสังเคราะห์แสงสุทธิ, $\mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ |
| P_g | คืออัตราสังเคราะห์แสงจริง, $\mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ |
| R_p | คืออัตราหายใจเชิงแสง, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ |
| $\Delta[CO_2]$ | คือความแตกต่างของความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างของบรรยากาศ, $[CO_2]_a$, กับของช่องว่าง(intercellular space) ในใบ, $[CO_2]_i$, $\mu\text{molCO}_2 \text{ mol}^{-1}$ |

$g_t^{CO_2}$ คือค่านำไหลรวมของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (total conductance to CO_2) ประกอบด้วยค่านำไหลผ่านปากใบ ($g_s^{CO_2}$ = stomatal conductance) และค่านำไหลผ่านชั้นบางติดใบ ($g_b^{CO_2}$ = boundary layer conductance), $molCO_2 m^{-2} s^{-1}$

3.2 อัตราคายน้ำ (transpiration rate)

แรงขับเคลื่อนของกระบวนการคายน้ำ (E) คือ ความแตกต่างของความดันไอน้ำภายในใบที่สูงกว่าในอากาศ ทำให้น้ำไหลจากใบออกสู่อากาศ (สุนทรีและคณะ, 2544)

$$E = g_t^w \left(\frac{e_1 - e_a}{P} \right) = g_t^w \left(\frac{VPD_{leaf-air}}{P} \right) \quad (4)$$

$$\frac{1}{g_t^w} = \frac{1}{g_s^w} + \frac{1}{g_b^w} \quad (5)$$

เมื่อ

E คืออัตราคายน้ำ, $mmolH_2O m^{-2} s^{-1}$
 g_t^w คือค่านำไหลรวมของไอน้ำจากภายในใบสู่อากาศ ประกอบด้วย
 ค่านำไหลของปากใบ (g_s^w = stomatal conductance) และค่านำไหลของ
 ชั้นบางติดผิวใบ (g_b^w = boundary layer conductance), $mmolH_2O m^{-2} s^{-1}$
 e_1 คือความดันไอน้ำภายในใบ, kPa
 e_a คือความดันไอน้ำในบรรยากาศ, kPa
 $VPD_{leaf-air}$ คือแรงดึงคายน้ำของใบออกสู่อากาศ, kPa
 P คือความดันบรรยากาศมีค่าประมาณ 100 kPa

4. ประสิทธิภาพการใช้แสง

การวัดรังสีฟลูออเรสเซนซ์เป็นวิธีหนึ่งที่ใช้ประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการสังเคราะห์แสงได้ คือเมื่อพลังงานแสงส่องลงกระทบใบพืช ใบจะมีการถ่ายเทพลังงานได้หลายวิธี วิธีหลักคือการใช้พลังงานแสงในกระบวนการสังเคราะห์แสง พลังงานส่วนเกินจะระบายโดยเป็นคลื่นความร้อน และแผ่เป็นรังสีฟลูออเรสเซนซ์ เมื่อพลังงานแสงตกใส่เสารับโฟตอน(antenna) และส่งไปยัง reaction center ของ photosystem II พลังงานแสงจะแยกอิเล็กตรอนจากโมเลกุลของน้ำ แล้วส่งอิเล็กตรอนผ่านระบบส่งถ่ายอิเล็กตรอน ทำให้ quinone ที่รับอิเล็กตรอนกลายเป็นอยู่ในสภาพรีดิวซ์ กล่าวว่าจะขณะนั้น reaction center อยู่ในสภาพปิด ในช่วงนี้พลังงานแสงที่ยังได้รับจะกลายเป็นส่วนเกิน เพราะอิเล็กตรอนที่แสงแยกให้ไม่สามารถส่งถ่ายต่อไปได้ พลังงานส่วนนี้ต้องกำจัดทิ้งในรูปความร้อนและรังสีฟลูออเรสเซนซ์ ระดับของฟลูออเรสเซนซ์ที่วัดได้จึงมีค่าสูง ต่อมาเมื่อ reaction centers ส่งถ่ายอิเล็กตรอนไปแล้วอยู่ในสภาพออกซิไดซ์ใหม่คืออยู่ในสภาพเปิด จะสามารถเปิดรับอิเล็กตรอนได้อีก รังสีฟลูออเรสเซนซ์ก็จะลดต่ำลงสลับกัน การลดระดับของรังสีฟลูออเรสเซนซ์ในรูปนี้เป็นการลดโดยกระบวนการสังเคราะห์แสง เรียกว่า photochemical quenching (qP) ส่วนการลดโดยวิธีอื่นทั้งหมดเรียกว่าเป็น non-photochemical quenching (NPQ) วิธีหลักคือเป็นรังสีความร้อนแผ่จากใบ และการลดที่เกี่ยวกับความเข้มข้นของโปรตอน(ประจุบวก หรือ ΔpH) ที่เยื่อของไทลาคอยด์ (สุนทรีและธาดา, 2543)

การประเมินประสิทธิภาพการใช้แสงนิยมใช้วัดการตอบสนองต่อสภาพความเครียดของสิ่งแวดล้อม เนื่องจากเมื่อพืชถูกกระทบจากสภาพที่ไม่เหมาะสม พลังงานแสงที่ส่องมายังคลอโรฟิลล์สูงเกินกว่าที่จะใช้ได้หมด จึงเป็นอันตรายต่อระบบการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน เนื่องจากได้รับความเข้มแสงที่สูงเกินไปเป็นระยะเวลาติดต่อกันนาน ทำให้โปรตีนที่เกี่ยวข้องกับระบบการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนเสียหาย โดยเฉพาะส่วนของโปรตีน D1 ซึ่งเป็น reaction centers ของ PSII หากกระบวนการซ่อมแซมโปรตีนเกิดขึ้นไม่ทันจะทำให้เกิด photoinhibition ได้ (Buchaman *et al.*, 2000)

การวัดรังสีฟลูออเรสเซนซ์นั้นวัดโดยใช้เครื่องมือประเภท pulse amplitude modulation fluorometer ซึ่งเป็นระบบให้แสงเต็มทีแก่ส่วนของใบที่วัด แล้วตรวจอ่านระดับฟลูออเรสเซนซ์ที่ได้ (Heinz Walz GmbH, 1996) เครื่องวัดจะให้แสงความเข้มต่ำก่อน ซึ่งเครื่องจะอ่านค่า Fo (dark minimum fluorescence yield) หลังจากนั้นเครื่องจะส่องแสงความเข้มสูงมากเพื่อให้เกิดการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนเต็มกำลังรับของระบบ PSII (saturating light pulse) คือให้ reaction

centers อยู่ในสภาพปิดหมด เพื่อให้เกิดรังสีฟลูออเรสเซนซ์เต็มที่ ค่าที่เครื่องอ่านได้ในช่วงนี้คือ F_m (dark maximum fluorescence yield) ผลต่างของทั้งสองค่าเรียกว่า F_v (variable fluorescence, $F_v = F_m - F_o$) ค่าที่คำนวณคือค่าสัดส่วนของ F_v/F_m เรียกว่า dark or maximum quantum yield (Φ_{dark}) ซึ่งจะแสดงถึงประสิทธิภาพของการจับพลังงาน โดย reaction centers หรือเป็นค่าสัดส่วนของพลังงานแสงที่พืชดูดซับทั้งหมดที่ถูกนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง

ถ้าใบอยู่ในสภาพมืดและ reaction center อยู่ในสภาพเปิดเต็มที่ คือหลังจากมีการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนผ่าน PSII สมบูรณ์แล้ว จะเขียนสมการได้ดังนี้

$$P_{dark} = \Phi_{dark} = \frac{F_m - F_o}{F_m} = \frac{F_v}{F_m} \quad (6)$$

เมื่อ

P_{dark} คือสัดส่วนของ photon ที่ถูก absorbed ที่ PSII ใช้ในการเกิด photochemistry เป็นค่าสูงสุดที่วัดได้ หลังจากให้ใบอยู่ในความมืดนานพอ

ในทางตรงกันข้ามช่วงกลางวันที่มีแสง เครื่อง Mini-Pam มีระบบตรวจจับแสง ฟลูออเรสเซนซ์ได้แม้ใบจะอยู่ในสภาพได้รับแสงตามธรรมชาติ ค่าที่อ่านได้ยังคงมีค่าต่ำสุด (F) และสูงสุด (F_m') ซึ่งใช้คำนวณค่า quantum yield ดังสมการ

$$P_{light} = \Phi_{PSII} = \frac{F_m' - F}{F_m'} = \frac{F_v}{F_m'} \quad (7)$$

เมื่อ

P_{light} คือสัดส่วนของ photon ที่ถูก absorbed และใช้ในการเกิด photochemistry ในสภาพที่ใบได้รับแสงอยู่ก่อน

ค่าที่ได้จากการวัดในสภาพได้แสงนำไปคำนวณ electron transport rate(ETR) ดังสมการ

$$ETR = \Phi_{psII} \times PPF \times 0.5 \times ETR\text{-factor} \quad (8)$$

เมื่อ

| | |
|-----|----------------------------------------------------------------|
| PPF | คือความเข้มแสง |
| ETR | คือค่าสัดส่วนแสงตกกระทบใบที่ใบดูดกลืนได้จริง มีค่าเท่ากับ 0.84 |

5. ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์แสง

5.1 อายุใบ

ใบที่อ่อนหรือแก่จนเกินไปจะมีอัตราการสังเคราะห์น้อยกว่าใบที่ขยายขนาดเต็มที่ เพราะขณะที่ใบยังมีอายุน้อย การพัฒนาของคลอโรพลาสต์ยังไม่เจริญเต็มที่ รวมทั้งใบมีการเจริญเติบโตขยายขนาดทำให้พืชมีการหายใจสูงมาก ส่วนใบแก่ที่มีอายุมาก ใบจะมีการสลายตัวของกรานาและสารสีภายในคลอโรพลาสต์ ปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงลดลงด้วย (พัชรียา, 2543) สำหรับมะม่วงนั้น เจษฎา (2540) รายงานว่าใบอ่อนของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ ภายหลังโผล่พ้นเกดคลุมตามีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิเป็นลบ และเพิ่มขึ้นจนมีค่าเป็นศูนย์เมื่ออายุ 10 วัน ซึ่งเป็นระยะที่ใบหยุดการขยายขนาด อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิเพิ่มสูงสุดเมื่อใบอายุ 45 วัน เท่ากับ $9.4 \mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ จากนั้นจึงลดลงอย่างช้า ๆ จนถึงอายุ 240 วัน เท่ากับ $5.3 \mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$

5.2 การติดผล

ต้นแอปเปิลที่ติดผลมากมีพื้นที่ใบลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับต้นที่ไม่มีผล แต่กลับมีน้ำหนักแห้งเมื่อเก็บเกี่ยวสูงกว่า (Hansen, 1971; Lenz, 1986) แสดงให้เห็นว่าการติดผลทำให้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงสูงกว่า การตรวจสอบโดยตรงด้วย $^{14}\text{CO}_2$ แสดงให้เห็นว่าผลทำหน้าที่เป็น strong sink ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการเคลื่อนย้ายสารที่ได้จากการสังเคราะห์แสงจากใบไปสู่ผล เมื่อพื้นที่ใบต่อผลเพิ่มจาก 200 เป็น $800 \text{ cm}^2/\text{ผล}$ ทำให้ net assimilation rate ลดลงประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ การผลิตผลแอปเปิลออกไปจะลดการเคลื่อนย้ายสารจากใบที่อยู่ใกล้เคียงกันในช่วงระยะเวลาเพียง 24-48 ชั่วโมง ความรุนแรงของ sink ที่เกิดในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของผลไม่เท่ากัน สำหรับการเจริญเติบโตของผลมะม่วงมี 3 ระยะ คือ ระยะที่ 1 จะเกิดขึ้นใน 2

สัปดาห์แรกหลังจากติดผล โดยจะมีอัตราการเจริญเติบโตแบบช้า ๆ ระยะที่ 2 อัตราการเจริญเติบโตจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระหว่างสัปดาห์ที่ 3 ถึง สัปดาห์ที่ 8 ระยะที่ 3 อัตราการเจริญเติบโตจะเกิดขึ้นช้า ๆ อย่างต่อเนื่องจนกระทั่งผลแก่ (Quintana *et al.*, 1984) ในระยะที่ 3 หรือระยะสุดท้ายเป็นระยะที่มีผลต่ออัตราสังเคราะห์แสงสุทธิมากที่สุด เนื่องจากเป็นระยะที่มีการสะสมของคาร์โบไฮเดรตในผล (Chalmers *et al.*, 1975; Crews *et al.*, 1975) เมื่อมีการสะสมผลผลิตของการสังเคราะห์แสงหรือน้ำตาลเพิ่มขึ้นในเซลล์มีโซฟิลล์ จะเป็นตัวไปยับยั้งอัตราสังเคราะห์แสงให้เกิดขึ้นช้าลง (พัชรียา, 2543)

5.3 แสง

แสงที่พืชนำไปใช้ในการสังเคราะห์แสงมีความยาวคลื่นประมาณ 400-700 นาโนเมตร ซึ่งเป็นแสงที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (visible light) เรียกแสงส่วนที่เป็นประโยชน์ต่อการสังเคราะห์แสงนี้ว่า photosynthetically active radiation (PAR) และเนื่องจากแสงช่วงความยาวคลื่นนี้ประกอบด้วยโฟตอนที่ มีพลังงานต่าง ๆ กัน แต่อยู่ในระดับที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จึงเรียกแสงส่วนนี้ว่า photosynthetic photon flux (PPF)

โดยทั่วไปเมื่อปัจจัยต่าง ๆ คงที่ อัตราสังเคราะห์แสงจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มแสงที่เพิ่มขึ้นจนถึงจุดหนึ่งซึ่งเป็นจุดที่เหมาะสมสำหรับพืช ถ้าเพิ่มความเข้มแสงเลยจุดเหมาะสมนี้ไปแล้ว อัตราสังเคราะห์แสงจะไม่เพิ่มขึ้นอีก เรียกว่าจุดอิ่มตัวของความเข้มแสง (light saturation point) (พัชรียา, 2543) จากงานทดลองของ เกษฎา (2540) พบว่าอัตราสังเคราะห์แสงสุทธิในมะม่วงเริ่มอิ่มตัวที่ความเข้มแสง $600-800 \mu\text{molPPF m}^{-2} \text{s}^{-1}$

ความเข้มแสงที่ทำให้อัตราสังเคราะห์แสงสุทธิเท่ากับศูนย์ หรืออัตราสังเคราะห์แสงเท่ากับอัตราหายใจ เรียกความเข้มแสงที่จุดนี้ว่า light compensation point โดยพืชไม่สามารถเติบโตได้ในสภาพที่ได้รับความเข้มแสงต่ำกว่าจุดนี้ เพราะที่ระดับความเข้มแสงดังกล่าวพืชมีอัตราหายใจมากกว่าอัตราสังเคราะห์แสงหรือพืชมีการใช้อาหารมากกว่าการสร้างอาหารนั่นเอง (พัชรียา, 2543) และจากงานทดลองของ เกษฎา (2540) พบว่ามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ไม่มีค่า light compensation point ประมาณ $50 \mu\text{molPPF m}^{-2} \text{s}^{-1}$

5.4 ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์

ปัจจุบันพบว่าปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มขึ้นจากก่อนยุคอุตสาหกรรมที่เคยอยู่ที่ระดับ $280 \mu\text{molCO}_2 \text{ mol}^{-1}$ เป็น $360 \mu\text{molCO}_2 \text{ mol}^{-1}$ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นปีละ $1.08 \mu\text{molCO}_2 \text{ mol}^{-1}$ (Houghton *et al.*, 2001) ทำให้มีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์กับอัตราสังเคราะห์ของพืชมากขึ้น โดยเฉพาะในพืช C3 การเพิ่มขึ้นของคาร์บอนไดออกไซด์ส่งผลให้อัตราสังเคราะห์แสง การเจริญเติบโต และมวลชีวภาพของพืชเพิ่มขึ้นได้ (Drake *et al.*, 1997) เนื่องจากปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นเป็นการเพิ่มอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์ต่อออกซิเจน ทำให้โอกาสที่จะเกิดการหายใจเชิงแสงลดลง

ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ทำให้อัตราดูดซึมคาร์บอนไดออกไซด์สำหรับการสังเคราะห์แสงเท่ากับอัตราการคายคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการหายใจ เรียกว่า carbon dioxide compensation point ซึ่งเจษฎา (2540) พบว่ามะม่วงมี carbon dioxide compensation point ประมาณ $80 \mu\text{molCO}_2 \text{ mol}^{-1}$

5.5 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศ

จากงานทดลองของเจษฎา (2540) พบว่าในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้จะมีอัตราสังเคราะห์แสงสุทธิลดลงเรื่อย ๆ เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส จนมีค่าเป็นศูนย์ที่ 47 องศาเซลเซียส และที่ความชื้นสัมพัทธ์ในช่วง 20-80 เปอร์เซ็นต์ อัตราสังเคราะห์แสงสุทธิเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ มีลักษณะเป็นเส้นตรง

อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศเป็นตัวกำหนดแรงดึงระเหยน้ำของอากาศ (VPD, vapor pressure deficit or difference) ซึ่งหมายถึงความแห้งของอากาศที่จะทำให้พืชคายน้ำได้มากน้อยแตกต่างกัน (สุนทรีและคณะ, 2544ก)

ค่าแรงดึงระเหยน้ำ (VPD_{air}) เป็นค่าที่คำนวณจากอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในภาชนะบรรจุใบ (VPD_{air}) เท่ากับผลต่างระหว่างแรงดันไอน้ำอิ่มตัวกับแรงดันไอน้ำขณะนั้นที่อุณหภูมิหนึ่ง ๆ ค่าที่ได้นี้เป็นค่าบ่งบอกถึงสภาพความแห้งของอากาศ โดยเป็นการรวมผลกระทบของทั้งอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เข้าด้วยกัน ถ้าอุณหภูมิอากาศมีค่าสูงและความชื้น

สัมพัทธ์ต่ำ ค่าแรงดึงระเหยน้ำที่คำนวณได้จะมีค่าสูง ซึ่งแสดงถึงสภาพอากาศที่แห้งมาก คือจะทำให้มีอัตราการระเหยน้ำสูง (สุนทรีและคณะ, 2544ก) ซึ่งแสดงค่าได้ดังนี้

$$VPD_{air} = e^0 - e \quad (9)$$

เมื่อ

| | |
|-------------|-------------------------------------------|
| VPD_{air} | คือแรงดึงระเหยน้ำของอากาศ, kPa |
| e^0 | คือแรงดันไอน้ำอิ่มตัว ณ อุณหภูมินั้น, kPa |
| e | คือแรงดันไอน้ำจริง ณ อุณหภูมินั้น, kPa |

โดยที่ค่า e^0 เป็นค่าขึ้นกับอุณหภูมิอากาศขณะหนึ่ง ๆ คำนวณใช้ความสัมพันธ์ของบริษัท LICOR (Anonymous, 1990) ดังนี้

$$e^0(T_{air}) = 0.61083 \times 10^{\left[\frac{7.6448T}{242.62+T} \right]} \quad (10)$$

เมื่อ

| | |
|-----|----------------|
| T | คืออุณหภูมิ, C |
|-----|----------------|

และ ค่า e สัมพันธ์กับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศขณะนั้น (RH, ค่าเป็นสัดส่วน)

$$e = e^0_{T_{air}} \times (1 - RH_{air}) \quad (11)$$

ค่าแรงดึงคายน้ำ ($VPD_{leaf-air}$) เป็นค่าความแตกต่างของความดันไอน้ำระหว่างภายในใบกับในอากาศภายนอก คำนวณโดยใช้อุณหภูมิใบ ในขณะที่ค่า VPD_{air} คำนวณโดยใช้อุณหภูมิอากาศ ค่า $VPD_{leaf-air}$ จึงแตกต่างจากค่า VPD_{air} ค่า $VPD_{leaf-air}$ ที่สูงมากแสดงว่ามีแรงดึงคายน้ำจากใบสู่อากาศที่สูง ทำให้พืชต้องคายน้ำมาก (สุนทรีและคณะ, 2544ข) ซึ่งแสดงค่าได้ดังนี้

$$VPD_{leaf-air} = e_{leaf} - e_{air} \quad (12)$$

เนื่องจากพลังงานศักย์รวมของน้ำในใบมีค่าต่ำมากถึง -2800 kPa ยังมีความชื้นสัมพัทธ์ภายในใบเท่ากับ 98% โดยทั่วไปจึงถือว่ามีค่าเป็น 100% ดังนั้นค่าแรงดึงคายน้ำน่าจะเป็นค่าที่ขึ้นกับอุณหภูมิใบ โดยที่ความชื้นสัมพัทธ์ในใบให้มีค่าเท่ากับ 100%(RH = 1.0) ดังนั้น

$$VPD_{\text{leaf-air}} = e^0_{\text{Tleaf}} - (e^0_{\text{Tair}} \times RH_{\text{air}}) \quad (13)$$

ค่า VPD_{air} และ $VPD_{\text{leaf-air}}$ ที่สูงจะส่งผลให้พืชปิดปากใบแคบลงเพื่อลดการคายน้ำ ทำให้อัตราสังเคราะห์แสงลดลงเช่นกัน

5.6 ปริมาณน้ำในดิน

เมื่อพืชอยู่ในสภาพที่ได้รับน้ำไม่เพียงพอต่อความต้องการ พบว่าอัตราแลกเปลี่ยนแก๊สของใบลดลง เนื่องจากสภาพขาดน้ำพืชจะปิดปากใบให้แคบลงเพื่อลดการคายน้ำและป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับเอนไซม์ ทำให้การแลกเปลี่ยนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนที่ปากใบเกิดขึ้นได้น้อยหรือไม่เกิดขึ้นเลย มีผลให้อัตราสังเคราะห์แสงลดลง นอกจากนี้ในสภาพน้ำท่วมขัง ทำให้รากพืชขาดออกซิเจน เป็นผลทำให้กิจกรรมต่าง ๆ ของรากต้องหยุดชะงัก ซึ่งจะส่งผลให้อัตราสังเคราะห์แสงลดลงไปด้วย (พัชรียา, 2543) เช่น งานทดลองของสุนทรและสุทิน (2547) พบว่าต้นมะม่วงที่ถูกน้ำท่วม เมื่อสภาพอากาศแห้งรุนแรงจนแรงดึงคายน้ำสูงเกินกว่าที่รากจะดูดน้ำเพื่อชดเชยได้ทัน อัตราคายน้ำที่ลดลงทำให้ใบร้อนขึ้น ส่งผลกระทบให้กระบวนการสังเคราะห์แสงสุทธิติดลบ

6. ความสัมพันธ์ระหว่างคาร์โบไฮเดรตกับการพัฒนาของดอกและผล

คาร์โบไฮเดรตมีความสำคัญกับการพัฒนาของดอกและผล ซึ่ง Schneider (1977) กล่าวว่าคาร์โบไฮเดรตเป็นสารอินทรีย์ที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสง และเป็นสาระสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยพืชใช้คาร์โบไฮเดรตสำหรับการหายใจ และเป็นแหล่งให้พลังงานที่สำคัญของพืช เพื่อสร้างโครงสร้างต่าง ๆ และคาร์โบไฮเดรตยังเป็นสารเริ่มต้นของการสังเคราะห์ไขมัน และโปรตีน (สิรินทร์และคณะ, 2521)

คาร์โบไฮเดรตแบ่งเป็น 2 พวกใหญ่ ๆ ตามหน้าที่ คือ คาร์โบไฮเดรตสะสมไว้เป็นอาหาร (non-structural carbohydrates) และคาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้าง(structural carbohydrates) คาร์โบไฮเดรตที่พืชสะสมไว้เป็นอาหารที่สำคัญได้แก่ แป้ง ซูโครส กลูโคส และฟรุกโตส สำหรับคาร์โบไฮเดรตที่ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างที่สำคัญได้แก่ เซลลูโลส พืชใช้คาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างนี้ในการเจริญเติบโต คาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างเป็นแหล่งพลังงานที่พืชสะสมไว้ในส่วนของกิ่ง เปลือก ราก และใบ โดยส่วนใหญ่จะเก็บสะสมในรูปแป้ง(Kramer and Kozlowski, 1979; Salisbury and Ross, 1992)

คาร์โบไฮเดรตสะสมที่มาจากส่วนต่าง ๆ มาจากคาร์โบไฮเดรตที่สร้างขึ้นจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงที่ใบ เคลื่อนย้ายไปสู่ส่วนต่าง ๆ ในรูปของซูโครส ซึ่งอาศัยความสัมพันธ์ระหว่าง sink(ส่วนของพืชที่มีการใช้คาร์โบไฮเดรตมากกว่าการสร้าง) กับ source(ส่วนของพืชที่มีการสร้างคาร์โบไฮเดรตและพลังงานมากกว่าการใช้) โดยการเคลื่อนย้ายเริ่มจากบริเวณ cytosol ที่มีการสร้างและสะสมซูโครสแล้วเคลื่อนย้ายโดยใช้พลังงานไปตามผนังเซลล์และช่องว่างระหว่างเซลล์(symplast and apoplast) เข้าสู่ท่ออาหาร(phloem) แล้วมีการลำเลียงไปตามท่ออาหารและผ่านเข้าสู่ cytosol ของเซลล์ในส่วนที่เป็น sink เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการทางเมตาบอลิซึมต่าง ๆ ของพืช (Sivak *et al.*, 1989; Turgeon, 1989) เนื่องจากมีการแข่งขันของ sink ในการดึงคาร์โบไฮเดรตเพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโต ดังนั้นหากปีใดมะม่วงมีการแทงช่อดอกและติดผลมากย่อมมีการนำคาร์โบไฮเดรตไปใช้มาก หากในปีถัดไปขาดการใส่ปุ๋ยหรือบำรุงต้นมะม่วงให้สมบูรณ์ก็จะมีผลกระทบต่อ การออกดอก คือ จะไม่แทงช่อดอก หรืออาจมีการแทงช่อดอกก็มักพบว่าดอกและผลอ่อนมักร่วงหล่นไป เนื่องจากคาร์โบไฮเดรตสะสมไม่เพียงพอในการพัฒนาช่อดอกและผลอ่อน (Lakshminarayana *et al.*, 1970)

7. ปัจจัยที่มีผลต่อการติดผลของมะม่วง

การติดผล(fruit set) หมายถึง การเติบโตของรังไข่ที่เกิดขึ้นภายหลังการถ่ายเรณูและการปฏิสนธิ และนำไปสู่การเจริญเป็นผลและเมล็ด (คณพล, 2544) การติดผลมีขั้นตอนสำคัญเกิดขึ้น 4 ขั้นตอน คือ การถ่ายละอองเกสร การงอกของละอองเกสรตัวผู้ การปฏิสนธิ และการพัฒนาของไข่และรังไข่ โดยขั้นตอนดังกล่าวนี้จะต้องเกิดขึ้นโดยสมบูรณ์ทุกขั้นตอน ไม่สามารถข้ามขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งได้ (Nakasone and Paull, 1998) แม้ว่าปัจจุบันจะสามารถควบคุมมะม่วงให้ออกดอกได้ตามช่วงเวลาที่ต้องการทั้งในฤดูกลและนอกฤดูกล แต่ปัญหาที่พบคือมะม่วงไม่ติดผลหรือติด

ผลน้อย ดังนั้นปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการผสมเกสรและการปฏิสนธิจึงมีผลต่อการติดผลของมะม่วงด้วย ซึ่งปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ประกอบด้วย

7.1 สัตว์ส่วนเพศดอก

สัตว์ส่วนเพศดอก หมายถึง สัตว์ส่วนระหว่างดอกเพศผู้ต่อดอกสมบูรณ์เพศ ซึ่งดอกสมบูรณ์เพศเท่านั้นที่สามารถพัฒนาเป็นผลได้ถ้าได้รับการผสมเกสร ดังนั้นถ้าดอกเพศผู้และดอกสมบูรณ์เพศมีอัตราที่เหมาะสม จะช่วยให้มีโอกาสดิดผลได้มากขึ้น มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ไม่มีดอกเพศผู้เฉลี่ย 1,044.5 ดอกต่อช่อ และมีจำนวนดอกสมบูรณ์เพศเฉลี่ย 274.7 ดอกต่อช่อ (สมนึก, 2528) สัตว์ส่วนเพศดอกจะขึ้นกับพันธุ์ และเมื่อมีการทดลองตัดแขนงช่อดอก(axillary inflorescence) พบว่าช่วยให้จำนวนดอกสมบูรณ์เพศในช่อดอกสูงขึ้น (Coetzer *et al*, 1995) การแสดงเพศดอกของพืชถูกควบคุมโดยฮอร์โมนที่พืชสร้างขึ้นภายในต้นพืชเอง สภาพแวดล้อมมีผลต่อปริมาณฮอร์โมนภายในพืช จึงมีผลทางอ้อมในการควบคุมเพศดอก โดยปกติแล้วฮอร์โมนประเภท gibberellins เป็นสารที่ส่งเสริมการเกิดดอกเพศผู้ ฮอร์โมน auxins และ ethylenes เป็นสารที่กระตุ้นการเกิดดอกเพศเมีย (พีรเดช, 2529) ดังนั้น ถ้าสามารถควบคุมระดับฮอร์โมนภายในพืชได้ก็น่าจะทำให้สามารถควบคุมเพศดอกได้

7.2 การผสมเกสร

การผสมเกสร หมายถึง การที่ละอองเกสร(pollen grain) ตกลงบนยอดเกสรตัวเมีย(stigma) แล้วละอองเกสรจะงอกหลอดละอองเกสร(pollen tube) พร้อมกับมีการสร้างเชื้อสืบพันธุ์เพศผู้เข้าไปผสมกับเชื้อสืบพันธุ์เพศเมียเกิดการปฏิสนธิแล้วเจริญเป็น embryo และผลต่อไป และถ้าดอกสมบูรณ์เพศไม่ได้รับการผสม ดอกจะร่วงภายในหนึ่งสัปดาห์หลังดอกบาน (วิจิตร, 2529) ดังนั้นการทำให้มะม่วงมีการผสมเกสรมากขึ้นจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มการติดผลได้

7.3 ความสมบูรณ์ของต้น

ในช่วงที่มะม่วงออกดอกและติดผลเป็นช่วงที่ต้นมะม่วงต้องการน้ำและอาหารเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ต้องใช้พลังงานมาก ซึ่งพลังงานนี้ได้มาจากการสลายสารคาร์โบไฮเดรตที่สะสมภายในใบ ลำต้น และราก รวมทั้งคาร์โบไฮเดรตที่พืชสร้างขึ้นในขณะนั้น โดยกระบวนการสังเคราะห์แสง (Whiley, 1993) ต้นมะม่วงที่มีการออกดอกมากเกินไปจะเกิดการ

แย่งอาหารกันระหว่างช่อดอกภายในต้น ทำให้ความสมบูรณ์ของต้นลดลง มีผลทำให้การติดผลน้อยลงได้ การเด็ดช่อดอกบางส่วนทิ้งไปในระยะที่เพิ่งเริ่มแทงช่อดอกจะช่วยทำให้ช่อดอกที่เหลือมีการติดผลดีขึ้น (พงษ์นาค, 2540) ซึ่งต้นมะม่วงที่มีความสมบูรณ์สูงย่อมมีโอกาสติดผลได้มากกว่าต้นที่ไม่สมบูรณ์ และทำให้ผลที่ติดอยู่แล้วเจริญเติบโตจนกระทั่งถึงช่วงเก็บเกี่ยว (Schneider, 1977)

7.4 สารควบคุมการเจริญเติบโตที่มีผลต่อการติดผล

หลังจากดอกสมบูรณ์เพศของมะม่วงเกิดการปฏิสนธิแล้วจะเกิดเมล็ดขึ้น ซึ่งเมล็ดจะเป็นแหล่งสร้าง auxins, gibberellins และ cytokinins การที่เมล็ดมีสารควบคุมการเจริญเติบโตทั้ง 3 ชนิดนี้อยู่มาก จะมีผลต่อการเคลื่อนที่ของอาหารทั้งคาร์โบไฮเดรตและกรดอะมิโนจากส่วนอื่น ๆ ของพืชมายังเมล็ดจึงส่งผลให้เนื้อเยื่อที่อยู่รอบ ๆ เมล็ดได้รับอาหารมากขึ้นและเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว ส่งผลให้เกิดการขยายขนาดของเซลล์ ทำให้การเติบโตของผลเป็นปกติ และการติดผลจะดีขึ้น (พีรเดช, 2529) นอกจากนี้สารควบคุมการเจริญเติบโตยังมีส่วนเกี่ยวข้องกับการร่วงของผลด้วย พบว่าผลมะม่วงจะร่วงหลังจากเกิดการผสมเกสรและติดผลแล้วในระยะสั้น ๆ เท่านั้น

7.5 ปริมาณน้ำฝน

ปริมาณน้ำฝนและการกระจายตัวของฝน เป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการปลูกมะม่วง ซึ่งมะม่วงต้องการปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยประมาณ 750-3,500 มิลลิเมตรต่อปี ในระยะดอกบานเริ่มติดผล และช่วงที่ผลกำลังพัฒนาถ้ามะม่วงได้รับน้ำฝนปริมาณมากในช่วงนี้จะทำให้มะม่วงมีคุณภาพต่ำ และผลผลิตลดลงเนื่องจากโรค (Mendoza and Suriyapananont, 1984) โดยเฉพาะ โรคแอนแทรคโนส ซึ่งเป็นโรคที่พบมากและทำความเสียหายในระยะดอกบาน ติดผลอ่อน และระยะผลสุก (นิพนธ์, 2526) สถานที่ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำจะช่วยให้มีการพัฒนาของสีผิวดีขึ้น และลดปริมาณการเป็นโรคต่าง ๆ ที่เกิดจากพวกแบคทีเรียและเชื้อราโดยเฉพาะ โรคแอนแทรคโนส (Mendoza and Suriyapananont, 1984)

7.6 โรคและแมลงศัตรู

นอกจากโรคแอนแทรคโนสแล้ว เชื้อต่าง ๆ ที่มักพบเข้าทำลายดอกและก้านช่อดอก ในช่วงฤดูฝน ได้แก่ เชื้อรา *Botryodiplodia* sp., *Fusarium* sp., *Cladosporium* sp. และ *Alternaria* sp. ซึ่งเชื้อราเหล่านี้จะเข้าทำลายในช่วงที่ดอกเริ่มโรยหรือแห้งเองโดยธรรมชาติ หรือเข้าทำลายทางบาดแผลที่เกิดจากการเข้าทำลายของแมลงปากดูด เช่น เพลี้ยไฟ ซึ่งทำให้ดอกไหม้และแห้งดำ (สุชาติ, 2541)

8. คุณภาพผล

ผลไม้ที่มีคุณภาพดีหรือมีลักษณะที่ดีย่อมขายได้ราคาสูงกว่าผลไม้ที่มีคุณภาพต่ำ เกษตกรกำหนดคุณภาพว่าผลไม้อย่างไรจัดว่าเป็นผลไม้ที่มีคุณภาพดี ใดๆก็คือคุณภาพไม่ดี ต้องคำนึงถึงบุคคลเป้าหมายและกล่าวถึงหลายลักษณะประกอบกัน

8.1 ขนาดและน้ำหนักผล(size and weight)

ผลไม้ขนาดใหญ่หรือเล็กจึงจะมีคุณภาพดีกว่ากันขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้บริโภค แต่ผู้ผลิตต้องการให้ผลิตได้ขนาดใหญ่เพราะน้ำหนักดี มีต้นทุนค่าแรงในการเก็บเกี่ยวน้อยกว่า การเก็บเกี่ยวให้ได้น้ำหนักเท่ากันหรือปริมาตรเท่ากันทำได้เร็วกว่า ค่าแรงถูกกว่า ทำให้ขายได้กำไรมากกว่า (จริงแท้, 2542)

8.2 สีของผิวและเนื้อผล(color)

สีที่ดีของผลิตผลควรเป็นสีตามธรรมชาติของผลผลิตนั้น ๆ และสีของผลผลิตมักเป็นสิ่งสำคัญในการดึงดูดความสนใจของผู้บริโภค ตามธรรมชาติสีส้มที่สวยงามมักเกิดขึ้นกับผลไม้ที่สุกแล้วและพร้อมสำหรับการบริโภค (อภิธา, 2545)

8.3 ตำหนิ(defect)

ลักษณะภายนอกที่สำคัญมากอีกประการหนึ่ง ได้แก่ ตำหนิ ผลิตผลที่ดีควรปราศจากตำหนิใด ๆ ได้แก่ รอยบาดแผล รวมทั้งแผลเป็น ทั้งที่เกิดจากการเสียดสี แรงกระทบ และเกิดจาก

การเข้าทำลายของแมลง หรือจากสารเคมีที่ใช้ในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช รวมทั้งสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ เช่น เชื้อรา และแมลง ตลอดจนมูลของแมลง รวมทั้งส่วนที่เจริญผิดปกติบนผลิตผลนั้น ๆ (จริงแท้, 2542)

8.4 ความหวาน(sweetness)

ความหวานเกิดจากน้ำตาลในผลิตผล ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ น้ำตาลซูโครส ฟรุกโตส และกลูโคส ผลไม้ต่างชนิดมีองค์ประกอบของน้ำตาลต่างชนิดกันและน้ำตาลแต่ละชนิดก็ให้ความหวานต่างกัน และเนื่องจากน้ำตาลเหล่านี้ละลายน้ำได้และก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการหักเหของแสงเมื่อส่องผ่านน้ำ ทำให้สามารถวัดปริมาณน้ำตาลโดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า refractometer ซึ่งวัดความสัมพันธ์ระหว่างการหักเหของแสงผ่านสารละลายกับความเข้มข้นของน้ำตาลในน้ำคั้นของผลไม้ แต่สารอื่น ๆ นอกจากน้ำตาลซึ่งละลายน้ำได้ เช่น กรดอินทรีย์ในผลไม้ก็มีผลต่อการหักเหของแสงเหมือนกัน ดังนั้น ค่าที่อ่านได้จึงไม่ใช่ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดแต่เป็นอย่างอื่นด้วย ค่าที่ได้จึงเป็นค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้(soluble solids content) มิใช่ค่าความหวานหรือปริมาณน้ำตาล (จริงแท้, 2542)

9. การเกิดโรคแอนแทรคโนส

โรคแอนแทรคโนส เกิดจากเชื้อรา *Collectotrichum gloeosporioides* Penz. โรคนี้พบในแหล่งปลูกมะม่วงทั่วโลกโดยเฉพาะในเขตร้อนชื้น ซึ่งเชื้อจะเข้าทำลายส่วนใบ ช่อดอก ลำต้น ใบ และก้านช่อดอก ซึ่งเชื้อ *Collectotrichum gloeosporioides* นี้อยู่บนใบ ช่อดอก และกิ่ง ที่เป็นโรคซึ่งร่วงอยู่ เชื้อเกิดขึ้นได้ในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 10-30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95-97 เปอร์เซ็นต์ เชื้อแพร่ระบาดในระยะไม่ไกลโดยน้ำ ซึ่งเกิดขึ้นในระยะฝนตก (สมศิริ, 2528) การเข้าทำลายของเชื้อนี้เป็นแบบแฝง(latent infection) ตั้งแต่ผลมะม่วงนั้นเจริญอยู่บนต้นมาแล้ว โดยเชื้อราจะพักตัวอยู่ในผลและพัฒนาแสดงอาการเป็นจุดขึ้นมาจากที่ผลนั้นถูกเก็บเกี่ยวและนำมาบ่มหรือเก็บรักษาเป็นระยะเวลาหนึ่ง Doidge (1932) and Wardlaw *et al.* (1939) กล่าวว่า เชื้อรา *Collectotrichum gloeosporioides* ทำให้เกิดโรคทุกระยะของการเจริญเติบโตของต้นมะม่วง เข้าทำลายเนื้อเยื่อที่มีสีเขียวทั้งหมด ในระยะติดผลนั้นผลอ่อนที่เริ่มเจริญเติบโตเป็นระยะที่อ่อนแอที่สุด เชื้อราจะเข้าทำลายผลอ่อนตั้งแต่ระยะที่เป็นรังไข่ทำให้เน่าดำ ในกรณีที่สภาพอากาศแห้งแล้ง เชื้อราพักตัวในเนื้อเยื่อใต้ผิว(subcuticular layer) ขณะที่ผลมะม่วงพัฒนาเจริญเติบโต เมื่อสภาพแวดล้อมมีฝนตกชุก ความชื้นสูง ก็จะมีลักษณะเป็นจุดดำบนผลและอาจพบจุดดำเป็นจุด ๆ

ตามแนวไหลของน้ำต่างจากข้าวผล เชื้อราบางส่วนที่พักตัวในเนื้อเยื่อผิวจะไม่แสดงอาการออกมา จนกระทั่งผลมะม่วงแก่จัด แสดงอาการจุดดำบนผลระยะใกล้เก็บเกี่ยว จุดดำบนผลที่กำลังขยายขนาดของผลจะทำให้เป็นแผลแตกตามความยาวของผล เชื้อราที่ไหลย่อยไปกับหยดน้ำบนผลลงสู่ก้นผลจะทำให้ก้นผลเน่าดำ ผลมะม่วงส่วนมากที่เชื้อราเข้าทำลายและพักตัวที่ผิวผลจะไม่แสดงอาการจุดดำบนผลในระยะก่อนเก็บเกี่ยว จะเริ่มปรากฏกับผลมะม่วงที่อยู่ในระยะการบ่มและผลสุกในระยะหลังเก็บเกี่ยว บนผลมะม่วงที่เริ่มสุกปรากฏจุดดำกระจัดกระจาย ต่อมาจุดจะขยายโตเป็นแอ่งนูน เมื่อผลมะม่วงสุกงอมมากขึ้นบริเวณกลางจุดจะมีกลุ่มสปอร์สีส้มหรือชมพูของเชื้อรา โรคแอนแทรคโนสยังทำให้เกิดการเน่าจากข้าวผล(stem end rot) ด้วย พันธุ์มะม่วงที่อ่อนแอมากต่อโรคได้แก่ พันธุ์น้ำดอกไม้ และพันธุ์อกร่อง

อุปกรณ์และวิธีการ

แปลงตัวแทนสำหรับการศึกษาเป็นแปลงที่ปลูกมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ทะวายแบบขร่อง ต้นมะม่วงอยู่กึ่งกลางร่อง มีคูน้ำขนาดทั้ง 2 ข้าง และมีน้ำขังในคู ต้นมะม่วงทุกต้นมีอายุประมาณ 10 ปี ทุกต้นสูงไม่เกิน 3 เมตร ใช้ต้นมะม่วงในการศึกษาครั้งนี้ จำนวน 20 ต้น มี 2 คำรับ คือ กลุ่มหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก คำรับละ 10 ซ้ำ ให้ต้นมะม่วง 1 ต้น เป็น 1 ซ้ำ สร้างโรงเรือนด้วยไม้ไผ่ คลุมหลังคาด้วยพลาสติก PVC โสชนิดกันรังสี UV 5% กว้าง 3 เมตร ยาว 100 เมตร หนา 0.15 ไมโครเมตร หลังคามีลักษณะเป็นทรงสามเหลี่ยมหน้าจั่ว กว้าง 3.0 เมตร ยอดจั่วสูงจากพื้นดิน 3.5 เมตร และอยู่ห่างจากยอดมะม่วงเฉลี่ยประมาณ 90 เซนติเมตร คลุมหลังคาพลาสติกหลังจากมะม่วงออกช่อประมาณ 1 สัปดาห์ ระหว่างทำการทดลองเจ้าของสวนมีการพ่นสารเคมีและให้น้ำตามปกติ

1. สภาพอากาศและน้ำในแปลงมะม่วงที่ทำการทดลอง

1.1 สภาพอากาศในแปลงมะม่วงที่ทำการทดลอง

1.1.1 สภาพอากาศบริเวณแปลงทดลอง

เก็บบันทึกข้อมูลสภาพอากาศ ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน(rainfall) ความเข้มแสง (PPF) อุณหภูมิอากาศ(T_{air}) ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ(RH_{air}) และแรงดึงระเหยน้ำ(VPD_{air}) โดยติดตั้งอุปกรณ์วัดและบันทึกข้อมูลสภาพอากาศ ประกอบด้วย หัววัดความเข้มแสง(quantum light sensor) และถังวัดปริมาณน้ำฝน(tipping bucket rain collector) ต่อเข้ากับเครื่องเก็บบันทึกข้อมูล(datalogger รุ่น Watchdog 450 ของบริษัท Spectrum Technology ประเทศสหรัฐอเมริกา) โดยที่เครื่องเก็บข้อมูลมีหัววัดที่อ่านและบันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศด้วย ติดตั้งอุปกรณ์ชุดนี้ในแปลงทดลองบริเวณพื้นที่โล่งแจ้งและไม่มีต้นไม้บัง สูงจากพื้นดินประมาณ 3.5 เมตร ตั้งเวลาให้อ่านค่าทุก ๆ 10 นาที ระยะเวลาที่บันทึกข้อมูลคือ ตั้งแต่วันที่ 10 กรกฎาคม 2548 ถึง 24 กันยายน 2548

1.1.2 สภาพอากาศในทรงพุ่มเปรียบเทียบระหว่างต้นที่คลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก

เก็บบันทึกข้อมูลสภาพอากาศ ได้แก่ ความเข้มแสง(PPF) อุณหภูมิอากาศ (T_{air}) ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ(RH_{air}) แรงดึงระเหยน้ำ(VPD_{air}) และความเปียกผิวใบ(LW) โดยเลือกต้นมะม่วงที่มีการเจริญเติบโตเป็นปกติสำหรับเป็นตัวแทนของต้นมะม่วงที่คลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติกสำหรับละหนึ่งต้น ติดตั้งอุปกรณ์วัดและบันทึกข้อมูลสภาพอากาศ ประกอบด้วย เครื่องมือวัดสภาพอากาศ คือ หัววัดความเข้มแสง(quantum light sensor) และแผ่นวัดความเปียกผิวใบ(leaf wetness) ต่อเข้ากับเครื่องเก็บบันทึกข้อมูล(datalogger รุ่น Watchdog 450) ของบริษัท Spectrum Technologies ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยที่เครื่องเก็บบันทึกข้อมูลมีหัววัดที่อ่านและบันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศด้วย ติดตั้งที่ตำแหน่งในทรงพุ่มบริเวณด้านข้างของต้นมะม่วง สูงจากพื้นดินประมาณ 2 เมตร ตั้งเวลาให้อ่านค่าทุก ๆ 10 นาที ระยะเวลาที่บันทึกข้อมูลคือ ตั้งแต่วันที่ 10 กรกฎาคม 2548 ถึง 24 กันยายน 2548

1.2 สภาพน้ำในแปลงมะม่วงที่ทำการทดลอง

1.2.1 สภาพน้ำในคูล

วัดระดับน้ำในคูลโดยใช้สายวัดตรงกับแผ่นไม้แล้วปักลงกึ่งกลางคูลน้ำ โดยให้ระดับ 0 เซนติเมตร เสมอกับโคนต้นมะม่วง อ่านระดับน้ำในคูลจากตัวเลขบนสายวัดที่อยู่ระดับเดียวกับผิวน้ำ ค่าที่อ่านได้เป็นค่าระดับน้ำจากผิวดินบนสุดของแปลงถึงผิวน้ำในขณะนั้น จดบันทึกค่าทุกวันตั้งแต่วันที่ 10 กรกฎาคม 2548 ถึง 24 กันยายน 2548

1.2.2 สภาพน้ำในดินเปรียบเทียบระหว่างต้นที่คลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก

วัดสภาพน้ำในดินด้วยเครื่องวัดแรงดึงน้ำของดิน(ความเครียดของน้ำในดิน) หรือ tensiometer จำนวน 6 ตัว ฝังลงในดินที่ความลึก 6 ระดับ คือ 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 เซนติเมตร จากผิวดิน ปักให้แต่ละตัวห่างกันประมาณ 10 เซนติเมตร บริเวณกึ่งกลางทรงพุ่มเป็นแนวขนานกับแนวของต้นมะม่วง โดยใช้สว่านเจาะดินให้ถึงระดับที่กำหนดไว้แล้วเสียบเครื่องวัดลงดิน จดบันทึกค่าทุกวันตั้งแต่วันที่ 10 กรกฎาคม 2548 ถึง 24 กันยายน 2548

2. อัตราแลกเปลี่ยนแก๊สในรอบวัน

วัดอัตราแลกเปลี่ยนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำในรอบวันของใบมะม่วงจากต้นมะม่วงที่เป็นตัวแทนของตำรับคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก (ต้นที่ติดตั้งอุปกรณ์วัดและบันทึกข้อมูลสภาพอากาศในทรงพุ่มและเครื่องวัดความเครียดของน้ำในดิน) โดยใช้เครื่องวัดอัตราแลกเปลี่ยนแก๊สระบบเปิด(รุ่น LI6400 บริษัท LICOR ประเทศสหรัฐอเมริกา) เพื่อวัดอัตราสังเคราะห์สุทธิ อัตราคายน้ำ และค่าน้ำไหลปากใบ โดยใช้หัว sun-sky มีฝ้าด้านบนใบ เพื่อให้ใบมะม่วงได้รับแสงตามธรรมชาติ และอากาศที่ผ่านใบเป็นอากาศสภาพจริงในรอบวัน ภายในกล่องบรรจุใบมีหัววัดความเข้มแสง(PPF) ซึ่งวัดแสงในช่วงคลื่น 400-700 นาโนเมตร ที่ใบได้รับจริง รวมทั้งสามารถวัดอุณหภูมิใบ ทำให้คำนวณค่าแรงดึงระเหยน้ำได้(จากสมการที่ 12) ใบที่ใช้วัดเป็นใบตำแหน่งที่ 4, 5 และ 6(นับจากปลายยอด) ซึ่งเป็นใบที่พัฒนาเต็มที่แล้ว วัดทั้งหมด 4 ครั้งตามระยะการเจริญเติบโตของมะม่วง คือ ระยะดอกบาน(ใบอายุ 120 วัน) ระยะผลอายุ 2 สัปดาห์(ใบอายุ 135 วัน) ระยะผลอายุ 5 สัปดาห์(ใบอายุ 155 วัน) และระยะผลอายุ 13 สัปดาห์หรือผลแก่(ใบอายุ 180 วัน) ซึ่งในระยะนี้จะมีผลต่ออัตราสังเคราะห์แสงสุทธิของมะม่วงเป็นอย่างมาก เนื่องจากต้องการคาร์โบไฮเดรตไปใช้ในการเจริญเติบโตและพัฒนาของดอกและผล ช่อดอกที่วัดเมื่อผลอายุต่าง ๆ กันนั้นใช้ช่อดอกที่ติดผลเพียง 1 ผลต่อช่อ วัดประมาณทุก 1 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลาประมาณ 7-20 น.

3. ประสิทธิภาพการใช้แสง

วัดค่าประสิทธิภาพการใช้แสงของใบประมาณทุก 1 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลาประมาณ 7-20 น. และวัดใบชุดเดียวกับที่วัดอัตราแลกเปลี่ยนแก๊สในรอบวัน โดยใช้เครื่องมือประเภท pulse amplitude modulation fluorometer เครื่องที่ใช้เป็นรุ่น Mini-Pam บริษัท Heinz Walz GmbH ประเทศเยอรมัน ซึ่งเป็นระบบให้แสงเต็มที่แก่ส่วนของใบที่วัดแล้วอ่านระดับฟลูออเรสเซนซ์ที่ได้ (Heinz Walz GmbH, 1996) วัดค่า dark-adapted quantum yield(Φ_{dark}) โดยการหนีบใบให้มืดด้วย Dark leaf clip DLC-8 นาน 15-20 นาที เพื่อให้แน่ใจว่ามีการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนผ่านระบบ PSII เสร็จสิ้นแล้ว คือให้ reaction centers อยู่ในสภาพเปิดเต็มที่ หลังจากนั้นวัดค่า Φ_{dark} ด้วย mode 13 แล้วเอา clip ออกให้ใบได้รับแสงภายนอกประมาณ 2 นาที แล้วจึงวัดค่า light quantum yield(Φ_{PSII}) ด้วย leaf-clip holder(2030-B) ในสภาพแสงธรรมชาติโดยใช้ mode 1

4. การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้าง(total non-structural carbohydrates, TNC)

กลุ่มเลือกกิ่งยอดที่มีขนาดและอายุใกล้เคียงกันตามระยะการเจริญเติบโตคือ ระยะดอกบาน ระยะผลอายุ 2 สัปดาห์ ระยะผลอายุ 5 สัปดาห์ และระยะผลอายุ 13 สัปดาห์(ผลแก่) หลังดอกบาน โดยสุ่มเก็บตัวอย่างครั้งละ 3 กิ่งต่อดัน แต่ละกิ่งนำมาแยก ช่อดอก กิ่ง และใบ(ใช้ใบที่ 4, 5 และ 6 เป็นตัวแทน) ออบในตูบไอร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จนแห้ง แล้วบดให้ละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40 เมช(mesh) แล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้าง (total non-structural carbohydrates; TNC) คัดแปลงจากวิธี Nelson's reducing procedure (Hodge and Hofreiter, 1962; Smith *et al.*, 1964) คุรยละเอียดในภาคผนวก

5. การติดผล(fruit set)

กลุ่มเลือกกิ่งยอดที่มีช่อดอก จำนวน 20 กิ่งต่อดัน บันทึกจำนวนผลที่เหลืออยู่ในแต่ละช่อ ทุก 7 วัน เมื่อผลมะม่วงอายุ 4 สัปดาห์ จนกระทั่งผลอายุ 13 สัปดาห์(ผลแก่) แล้วคำนวณการติดผล เป็นจำนวนผลเฉลี่ยต่อช่อ

6. การเกิดโรคแอนแทรกโนสก่อนเก็บเกี่ยว

6.1 การเกิดโรคแอนแทรกโนสที่ใบ

บันทึกการเกิดโรคแอนแทรกโนสที่ใบจากกิ่งที่สุ่มเลือกจากข้อ 5 โดยนับจำนวนกิ่งที่แสดงอาการของโรคแอนแทรกโนสที่ใบ คำนวณเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคแอนแทรกโนสที่ใบ

6.2 การเกิดโรคแอนแทรกโนสที่ผล

บันทึกการเกิดโรคแอนแทรกโนสที่ผลจากกิ่งที่สุ่มเลือกจากข้อ 5 โดยนับจำนวนผลที่แสดงอาการของโรคแอนแทรกโนส คำนวณเปอร์เซ็นต์ผลที่เป็นโรคแอนแทรกโนส

7. การเกิดโรคแอนแทรคโนสและระดับความรุนแรงของผลเน่าหลังเก็บเกี่ยว

7.1 การเกิดโรคแอนแทรคโนสที่ผล

เมื่อผลอายุ 13 สัปดาห์(ผลแก่) สุ่มเลือกผลมะม่วงที่ไม่ปรากฏอาการของโรคให้เห็น ด้วยตาเปล่า ดำรับละ 100 ผล นำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง(25-27 องศาเซลเซียส) โดยใส่ผลมะม่วงในลังกระดาษ แล้วใช้ถ่านแก๊ส(calcium carbide) ห่อด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์วางแทรกในลังบรรจุ มะม่วง วางกระดาษหนังสือพิมพ์บนผลก่อนปิดฝาลัง หลังจากบ่มเป็นเวลา 3 วัน นำผลมะม่วง ออกจากลังแล้ววางเรียงบนกระดาษหนังสือพิมพ์คลุมผลมะม่วงด้วยผ้า บ่มต่ออีก 4 วัน เมื่อผล มะม่วงสุกทั้งผลหลังจากบ่มเป็นเวลาทั้งหมด 7 วัน ตรวจสอบจำนวนผลที่แสดงอาการโรค แอนแทรคโนส

7.2 ระดับความรุนแรงของผลเน่า

หลังตรวจสอบจำนวนผลที่แสดงอาการโรคแอนแทรคโนสแล้วจึงประเมินระดับความ รุนแรงของผลเน่าทั้งที่เกิดจากโรคแอนแทรคโนส ซึ่งมีสาเหตุจากเชื้อรา *Collectotrichum gloeosporioides* และโรคขั้วผลเน่า มีสาเหตุจากเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* ที่ปรากฏบนผล โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ที่เป็น โรคเทียบกับพื้นที่ผิวทั้งหมดของผล แล้วเทียบเป็นระดับ ความรุนแรงของโรค 5 ระดับ คือ

ระดับ 0 ไม่มีอาการของโรคปรากฏให้เห็นด้วยตาเปล่า(0%)

ระดับ 1 อาการของโรคปรากฏ 1-25% ของพื้นที่ผิวผล

ระดับ 2 อาการของโรคปรากฏ 26-50% ของพื้นที่ผิวผล

ระดับ 3 อาการของโรคปรากฏ 51-75% ของพื้นที่ผิวผล

ระดับ 4 อาการของโรคปรากฏ 76-100% ของพื้นที่ผิวผล

8. คุณภาพผล

8.1 น้ำหนักและขนาดผล

ก่อนนำผลมะม่วงไปป่มในข้อ 7.1 นำผลมะม่วงที่สุ่มเลือกไว้แล้วมารับละ 100 ผล มาบันทึกน้ำหนักผลทุกผลด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง และวัดขนาดผลด้วย vernier calipers ซึ่งความยาวผลวัดจากขั้วผลมาถึงปลายผล ความกว้างผลวัดจากส่วนที่กว้างที่สุดของผล ความหนาผลวัดจากส่วนหนาบบริเวณกึ่งกลางผล

8.2 สีผิวและสีเนื้อของผลสุก

เมื่อประเมินระดับความรุนแรงของผลเน่าเสร็จแล้ว สุ่มเลือกผลสุกมารับละ 50 ผล เพื่อทดสอบสีผิวและสีเนื้อของผลสุก ด้วยเครื่อง color difference meter (CDM) โดยใช้ระบบ Hunter's scale อ่านค่า L a b (L หมายถึง ความสว่าง โดย 0 หมายถึง สีดำ ส่วน 100 หมายถึง สีขาว, +a หมายถึง มีสีแดงผสมอยู่มาก ส่วน -a หมายถึง มีสีเขียวผสมอยู่มาก และ +b หมายถึง สีเหลืองเพิ่มขึ้น ส่วน -b หมายถึง สีเหลืองลดลง) แต่เนื่องจากผลมะม่วงเป็นผลที่สุกแล้วจึงแสดงเพียงค่า L และ ค่า b เท่านั้น วัดผลละ 2 ตำแหน่งจากบริเวณด้านข้างของผลในตำแหน่งตรงข้ามกัน

8.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids, TSS)

นำผลที่วัดสีผิวและสีเนื้อเสร็จแล้วมารับละ 50 ผล มาวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids) ด้วยเครื่อง hand refractometer โดยใช้ น้ำคั้นจากผล ผลละ 2 ตำแหน่งจากบริเวณด้านข้างของผลในตำแหน่งตรงข้ามกัน อ่านค่าการสะท้อนของแสงที่หักเหออกมาหลังจากที่ส่องผ่านสารละลายบนปริซึม ค่าที่อ่านได้มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

สถานที่ทดลอง

แปลงมะม่วงของคุณณรงค์ และคุณกัญญา อ่อนนุ่ม ต. บางหลวง อ. บางเลน
จ. นครปฐม

ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

ห้องปฏิบัติการนิเวศ-สรีรวิทยา ศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาเขตกำแพงแสน อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม

ห้องปฏิบัติการสรีรวิทยา ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม

ห้องปฏิบัติการสาขาพฤกษศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม

ระยะเวลาทดลอง

ทำการทดลองระหว่างเดือนกรกฎาคม 2548 ถึง เดือน กุมภาพันธ์ 2549

ผลและวิจารณ์

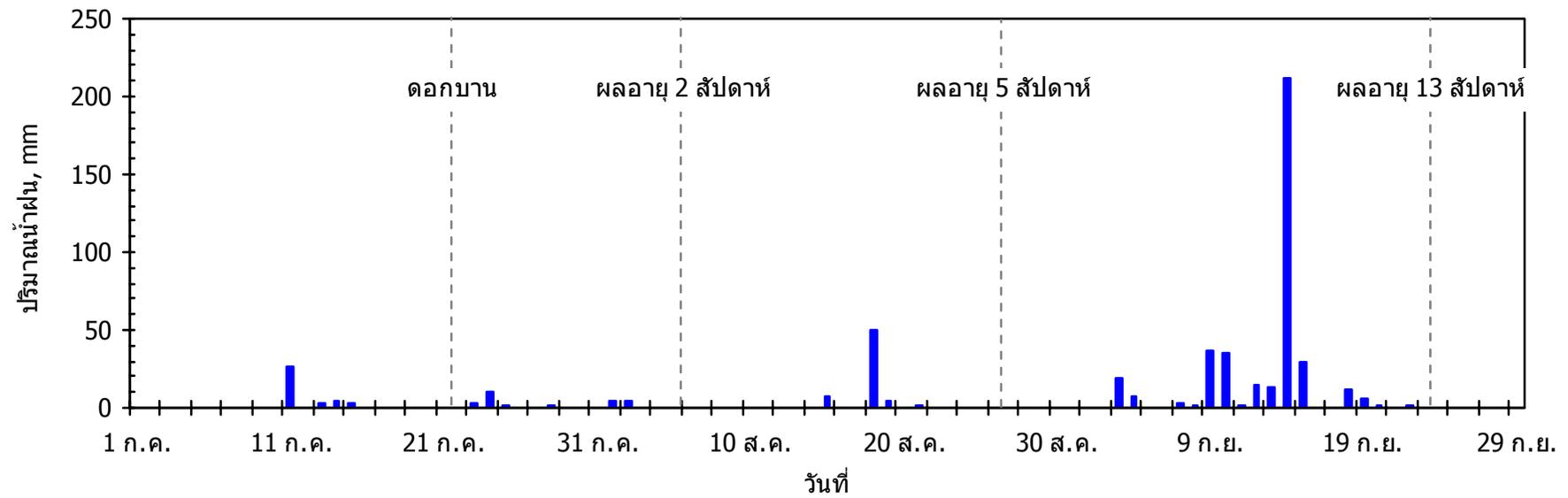
1. สภาพอากาศและน้ำในแปลงมะม่วงที่ทำการทดลอง

ในการเจริญเติบโตของพีชนั้นมีต้นพีชเป็นตัวกลาง โดยมีปลายด้านหนึ่งคือรากแผ่อยู่ในดินที่เป็นแหล่งให้น้ำและธาตุอาหาร ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งเป็นใบที่สัมผัสอากาศ อากาศเป็นแหล่งรับน้ำจากใบ ทำให้ใบเกิดการคายน้ำมากขึ้นแตกต่างกัน การจะเข้าใจธรรมชาติการทำงาน of ต้นพีชจึงจำเป็นต้องมีข้อมูลทั้งของต้นพีช สภาพของน้ำในดินที่เป็นต้นทาง และสภาพของอากาศที่เป็นปลายทางรับน้ำ จึงจะได้ภาพครบถ้วน (สุนทรีและคณะ, 2544ก)

1.1 สภาพอากาศในแปลงมะม่วงที่ทำการทดลอง

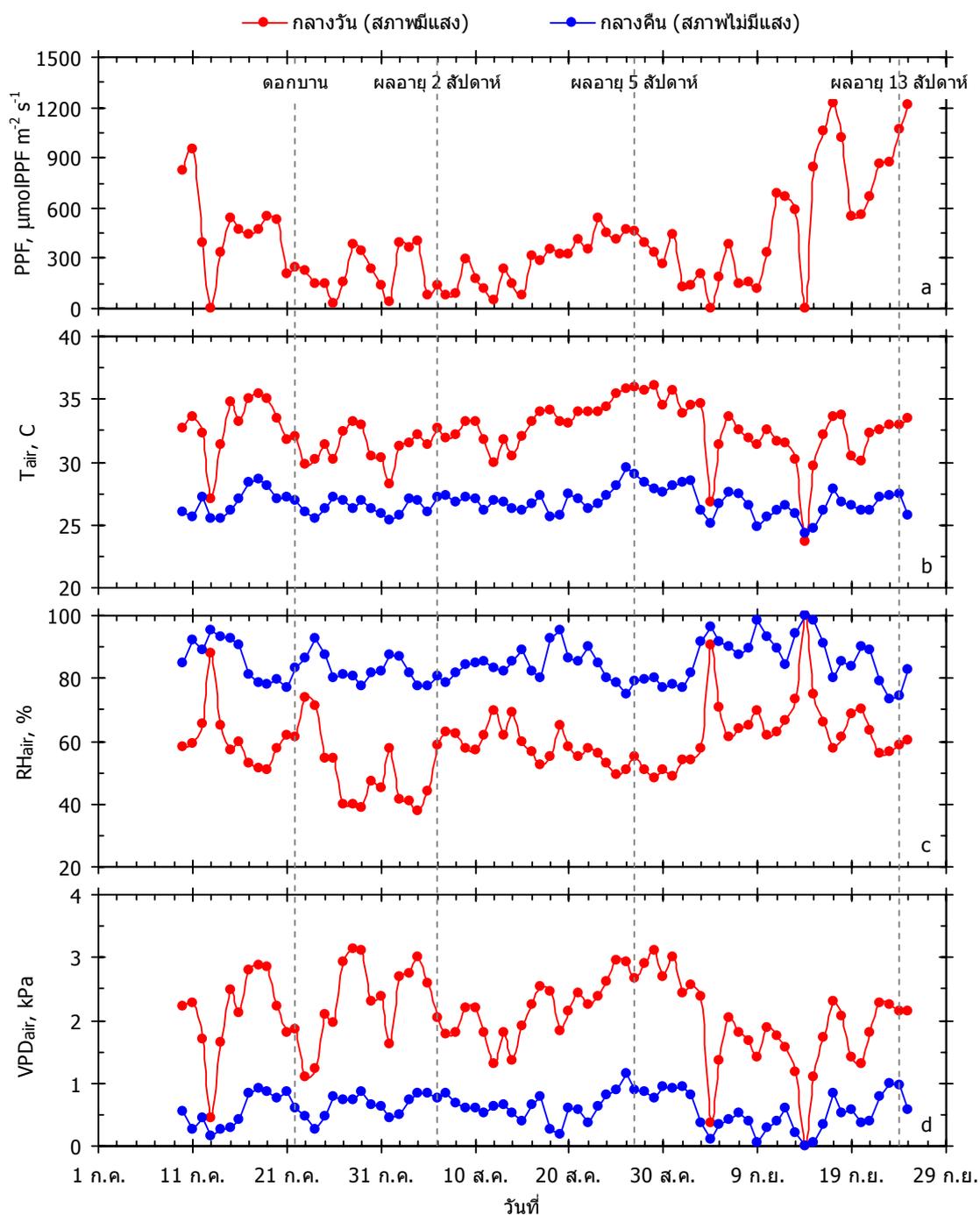
1.1.1 สภาพอากาศบริเวณแปลงทดลอง

ในช่วงที่ทดลองตรงกับฤดูฝน เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 10 กรกฎาคม 2548 ถึง 24 กันยายน 2548 เป็นเวลาทั้งหมด 77 วัน พบว่ามีฝนตกทุกเดือน จำนวนวันที่ฝนตก 38 วัน ฝนตกมากในช่วงเดือนกันยายน ปริมาณน้ำฝนในแปลงที่ทำการทดลองรวมทั้งหมดตลอดการทดลองเท่ากับ 517.7 มิลลิเมตร คิดเป็นปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันเท่ากับ 6.6 มิลลิเมตร และวันที่มีฝนตกมากที่สุดคือ วันที่ 14 กันยายน 2548 คือมีปริมาณน้ำฝนเท่ากับ 212.3 มิลลิเมตร (ภาพที่ 1) แสดงปริมาณน้ำฝนทั้งหมด ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดในช่วงกลางวัน(สภาพมีแสง) และช่วงกลางคืน(สภาพไม่มีแสง) ดังตารางที่ 1



ภาพที่ 1 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันในแปลงมะม่วงที่ทำการทดลองตั้งแต่วันที่ 10 กรกฎาคม 2548 ถึง 24 กันยายน 2548

สภาพอากาศในแปลงทดลองวัดจากแปลงทดลองในบริเวณพื้นที่โล่งแจ้ง และไม่มีต้นไม้บัง (ภาพที่ 2a-2d) พบว่า ในช่วงที่ทำการทดลองมีความเข้มแสงโดยเฉลี่ยตลอดการทดลอง $388.2 \mu\text{molPPF m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ซึ่งในช่วงเดือนกันยายนมีความเข้มแสงสูงกว่าเดือนกรกฎาคมและเดือนสิงหาคม อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยทั้งวัน 29.6 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยกลางวันสูงกว่ากลางคืนประมาณ 5.7 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อากาศเฉลี่ยทั้งวัน 72.0 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นสัมพัทธ์อากาศเฉลี่ยกลางวันต่ำกว่ากลางคืน 26 เปอร์เซ็นต์ แรงดึงระเหยน้ำเฉลี่ยทั้งวัน 1.3 kPa และแรงดึงระเหยน้ำเฉลี่ยกลางวันสูงกว่ากลางคืนประมาณ 1.5 kPa ซึ่งค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของสภาพอากาศในช่วงกลางวัน(สภาพมีแสง) และช่วงกลางคืน(สภาพไม่มีแสง) ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1



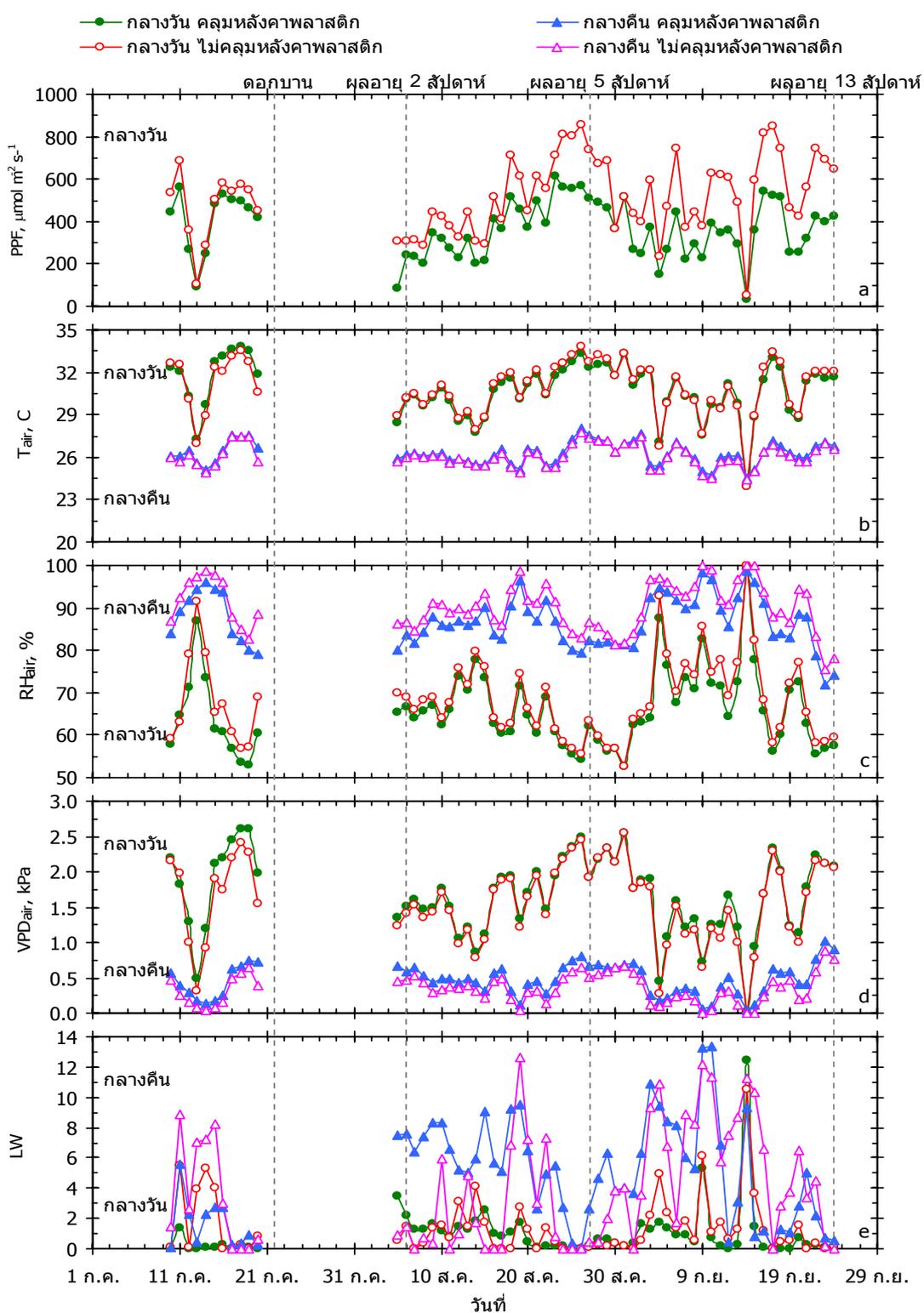
ภาพที่ 2 สภาพอากาศในแปลงมะม่วงที่ทำการทดลองเฉลี่ยรายวันตั้งแต่วันที่ 10 กรกฎาคม 2548 ถึง 24 กันยายน 2548; a) ความเข้มแสง(PPF); b) อุณหภูมิอากาศ(T_{air}); c) ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ(RH_{air}) และ d) แรงดึงระเหยน้ำ(VPD_{air})

ตารางที่ 1 ข้อมูลสภาพอากาศในแปลงมะม่วง ตั้งแต่วันที่ 10 กรกฎาคม 2548 ถึง 24 กันยายน 2548

| พารามิเตอร์ | กลางวัน (สภาพมีแสง) | กลางคืน (สภาพไม่มีแสง) |
|----------------------------------------------------------------|------------------------|---------------------------|
| ปริมาณน้ำฝนทั้งหมด(rainfall), mm | 168.4 | 349.3 |
| ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย(rainfall), mm | 2.2 | 4.5 |
| ปริมาณน้ำฝนสูงสุด(rainfall), mm | 153.7 | 58.7 |
| ปริมาณน้ำฝนต่ำสุด(rainfall), mm | 0.0 | 0.0 |
| ความเข้มแสงเฉลี่ย(PPF), $\mu\text{molPPF m}^{-2}\text{s}^{-1}$ | 388.2 | 0.0 |
| ความเข้มแสงสูงสุด(PPF), $\mu\text{molPPF m}^{-2}\text{s}^{-1}$ | 1,221.8 | 0.0 |
| ความเข้มแสงต่ำสุด(PPF), $\mu\text{molPPF m}^{-2}\text{s}^{-1}$ | 0.0 | 0.0 |
| อุณหภูมิเฉลี่ย(T_{air}), C | 32.4 | 26.7 |
| อุณหภูมิสูงสุด(T_{air}), C | 36.0 | 29.6 |
| อุณหภูมิต่ำสุด(T_{air}), C | 23.7 | 24.3 |
| ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย(RH_{air}), % | 59.0 | 85.0 |
| ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด(RH_{air}), % | 100.0 | 99.9 |
| ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด(RH_{air}), % | 37.6 | 73.5 |
| แรงดึงระเหยน้ำเฉลี่ย(VPD_{air}), kPa | 2.1 | 0.6 |
| แรงดึงระเหยน้ำสูงสุด(VPD_{air}), kPa | 3.1 | 1.2 |
| แรงดึงระเหยน้ำต่ำสุด(VPD_{air}), kPa | 0.0 | 0.0 |

1.1.2 สภาพอากาศในทรงพุ่มเปรียบเทียบกับระหว่างต้นที่คลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก

สภาพอากาศในทรงพุ่มเปรียบเทียบกับระหว่างสภาพคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก แสดงข้อมูลอากาศเป็นค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดรายวัน โดยแยกเป็นช่วงกลางวันกับกลางคืนตามสภาพมีแสงและไม่มีแสง จากข้อมูลสภาพอากาศพบว่าการคลุมหลังคาพลาสติกทำให้ต้นมะม่วงได้รับความเข้มแสงเฉลี่ยต่ำกว่าสภาพที่ไม่คลุมหลังคาพลาสติก 29 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 3a) แต่พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงกันมากทั้งช่วงกลางวันและกลางคืนคือ ในช่วงกลางวันต้นมะม่วงที่คลุมหลังคาพลาสติกมีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 30.8 องศาเซลเซียส และต้นที่ไม่คลุมหลังคาพลาสติกมีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 30.9 องศาเซลเซียส ในช่วงกลางคืนต้นมะม่วงที่คลุมหลังคาพลาสติกมีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 26.2 องศาเซลเซียส และต้นที่ไม่คลุมหลังคาพลาสติกมีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 26.1 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 3b) สำหรับค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในทรงพุ่มพบว่าช่วงกลางวันการคลุมหลังคาพลาสติกช่วยลดความชื้นสัมพัทธ์ให้กับใบมะม่วงได้ 2.7 เปอร์เซ็นต์ คือ ต้นมะม่วงที่คลุมหลังคาพลาสติกมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยเท่ากับ 65.8 เปอร์เซ็นต์ และต้นที่ไม่คลุมหลังคาพลาสติกมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยเท่ากับ 68.5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนช่วงกลางคืนการคลุมหลังคาพลาสติกช่วยลดความชื้นสัมพัทธ์ให้กับใบมะม่วงได้ 3.5 เปอร์เซ็นต์ คือ ต้นมะม่วงที่คลุมหลังคาพลาสติกมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยเท่ากับ 86.9 เปอร์เซ็นต์ และต้นที่ไม่คลุมหลังคาพลาสติกมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยเท่ากับ 90.4 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 3c) ส่งผลให้ค่าแรงดึงระเหยน้ำซึ่งคำนวณจากอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศมีค่าดังนี้ ช่วงกลางวันต้นมะม่วงที่คลุมหลังคาพลาสติกมีค่าแรงดึงระเหยน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 1.7 kPa ต้นมะม่วงที่ไม่คลุมหลังคาพลาสติกมีค่าแรงดึงระเหยน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 1.6 kPa และในช่วงกลางคืนต้นมะม่วงที่คลุมหลังคาพลาสติกมีค่าแรงดึงระเหยน้ำเท่ากับ 0.5 kPa และต้นมะม่วงที่ไม่คลุมหลังคาพลาสติกมีค่าแรงดึงระเหยน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 0.3 kPa (ภาพที่ 3d) สำหรับค่าความเปียกผิวใบพบว่ามีค่าใกล้เคียงกันทั้งช่วงกลางวันและกลางคืนคือ ช่วงกลางวันต้นมะม่วงที่คลุมหลังคาพลาสติกมีค่าความเปียกผิวใบเฉลี่ยเท่ากับ 1.0 ต้นมะม่วงที่ไม่คลุมหลังคาพลาสติกมีค่าความเปียกผิวใบเฉลี่ยเท่ากับ 1.4 ส่วนช่วงกลางคืนต้นมะม่วงที่คลุมหลังคาพลาสติกมีค่าความเปียกผิวใบเฉลี่ยเท่ากับ 4.7 ต้นมะม่วงที่ไม่คลุมหลังคาพลาสติกมีค่าความเปียกผิวใบเฉลี่ยเท่ากับ 4.0 (ภาพที่ 3e) ข้อมูลสภาพอากาศในทรงพุ่มช่วงกลางวันแสดงไว้ในตารางที่ 2 และช่วงกลางคืนแสดงไว้ในตารางที่ 3



ภาพที่ 3 สภาพอากาศในทรงพุ่มเฉลี่ยรายวันตั้งแต่วันที่ 10 กรกฎาคม 2548 ถึง 24 กันยายน 2548; a) ความเข้มแสง(PPF); b) อุณหภูมิอากาศ(T_{air}); c) ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ(RH_{air}); d) แรงดึงระเหยน้ำ(VPD_{air}) และ e) ความเปียกผิวใบ(LW)

ตารางที่ 2 ข้อมูลสภาพอากาศภายในทรงพุ่มในช่วงเวลากลางวัน(สภาพมีแสง) เปรียบเทียบระหว่างตำรับคลุมหลังคาพลาสติกและไม้คลุมหลังคาพลาสติก ตั้งแต่วันที่ 10 กรกฎาคม 2548 ถึง 24 กันยายน 2548

| พารามิเตอร์ | คลุมหลังคาพลาสติก | ไม้คลุมหลังคาพลาสติก |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------|
| ความเข้มแสงเฉลี่ย(PPF), $\mu\text{molPPF m}^{-2} \text{s}^{-1}$ | 367.2 | 517.3 |
| ความเข้มแสงสูงสุด(PPF), $\mu\text{molPPF m}^{-2} \text{s}^{-1}$ | 611.4 | 857.3 |
| ความเข้มแสงต่ำสุด(PPF), $\mu\text{molPPF m}^{-2} \text{s}^{-1}$ | 29.8 | 51.6 |
| อุณหภูมิเฉลี่ย(T_{air}), C | 30.8 | 30.9 |
| อุณหภูมิสูงสุด(T_{air}), C | 33.8 | 33.8 |
| อุณหภูมิต่ำสุด(T_{air}), C | 24.0 | 23.9 |
| ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย(RH_{air}), % | 65.8 | 68.5 |
| ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด(RH_{air}), % | 99.4 | 100.0 |
| ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด(RH_{air}), % | 52.5 | 52.5 |
| แรงดึงระเหยน้ำเฉลี่ย(VPD_{air}), kPa | 1.7 | 1.6 |
| แรงดึงระเหยน้ำสูงสุด(VPD_{air}), kPa | 2.6 | 2.6 |
| แรงดึงระเหยน้ำต่ำสุด(VPD_{air}), kPa | 0.0 | 0.0 |
| ความเปียกผิวใบเฉลี่ย(LW) | 1.0 | 1.4 |
| ความเปียกผิวใบสูงสุด(LW) | 12.4 | 10.5 |
| ความเปียกผิวใบต่ำสุด(LW) | 0.0 | 0.0 |

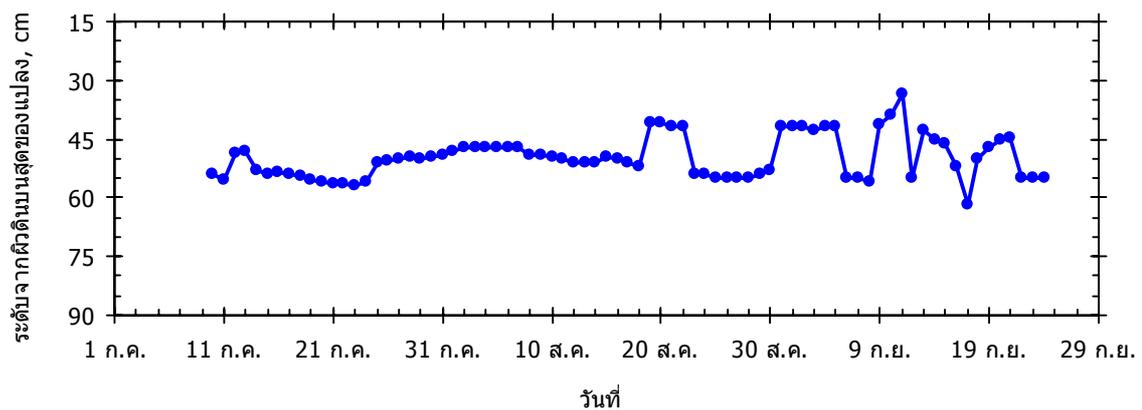
ตารางที่ 3 ข้อมูลสภาพอากาศภายในทรงพุ่มในช่วงเวลากลางคืน(สภาพไม่มีแสง) เปรียบเทียบระหว่างตำรับคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก ตั้งแต่วันที่ 10 กรกฎาคม 2548 ถึง 24 กันยายน 2548

| พารามิเตอร์ | คลุมหลังคาพลาสติก | ไม่คลุมหลังคาพลาสติก |
|------------------------------------------|-------------------|----------------------|
| อุณหภูมิเฉลี่ย(T_{air}), C | 26.2 | 26.1 |
| อุณหภูมิสูงสุด(T_{air}), C | 28.1 | 27.8 |
| อุณหภูมิต่ำสุด(T_{air}), C | 24.6 | 24.4 |
| ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย(RH_{air}), % | 86.9 | 90.4 |
| ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด(RH_{air}), % | 98.6 | 100.0 |
| ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด(RH_{air}), % | 72.0 | 75.3 |
| แรงดึงระเหยน้ำเฉลี่ย(VPD_{air}), kPa | 0.5 | 0.3 |
| แรงดึงระเหยน้ำสูงสุด(VPD_{air}), kPa | 1.0 | 0.9 |
| แรงดึงระเหยน้ำต่ำสุด(VPD_{air}), kPa | 0.0 | 0.0 |
| ความเปียกผิวใบเฉลี่ย(LW) | 4.7 | 4.0 |
| ความเปียกผิวใบสูงสุด(LW) | 13.4 | 12.6 |
| ความเปียกผิวใบต่ำสุด(LW) | 0.0 | 0.0 |

1.2 สภาพน้ำในดินของแปลงมะม่วงที่ทำการทดลอง

1.2.1 สภาพน้ำในดิน

แปลงมะม่วงที่ทำการทดลองเป็นแปลงที่ปลูกแบบขร่อง ต้นมะม่วงปลูกอยู่กึ่งกลางร่องขนาดกว้างประมาณ 7 เมตร มีน้ำขังในคูทั้งสองด้านของร่อง ระดับน้ำในคูของต้นมะม่วงที่อยู่ในสภาพคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติกมีระดับเท่ากัน คืออยู่ต่ำกว่าผิวดินบนสุดของแปลงเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับ 49 เซนติเมตร ระดับน้ำสูงสุดอยู่ต่ำกว่าผิวบนสุดของแปลงมะม่วง 15 เซนติเมตร และระดับน้ำต่ำสุดอยู่ต่ำกว่าผิวบนสุดของแปลงมะม่วง 61.8 เซนติเมตร (ภาพที่ 4)



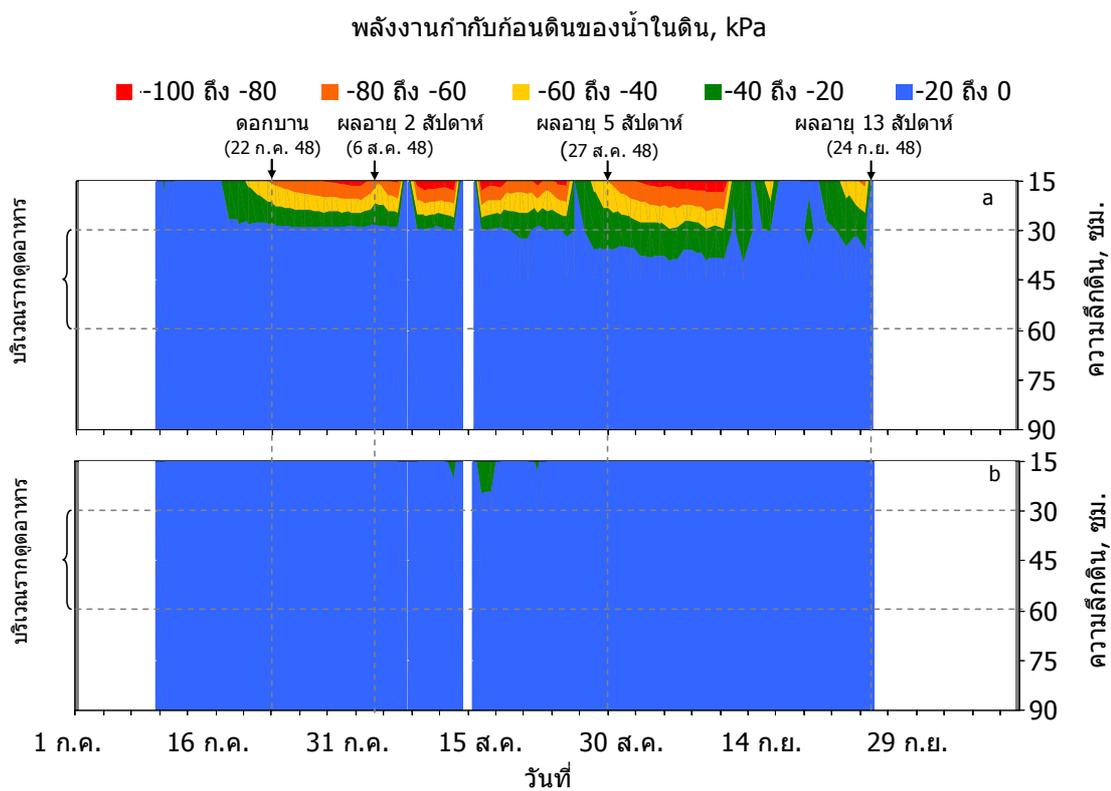
ภาพที่ 4 ระดับน้ำในคู วัดจากผิวดินบนสุดของแปลงมะม่วงที่ทำการทดลอง ตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม 2548 ถึง 24 กันยายน 2548

1.2.2 สภาพน้ำในดินเปรียบเทียบระหว่างต้นที่คลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก

สภาพน้ำในดินแสดงเป็นค่าพลังงานกำกับกอนดิน(soil matric potential, Ψ_m) เป็นค่าที่ได้จากเครื่องวัดแรงดึงน้ำของดิน(ความเครียดของน้ำในดิน) หรือ tensiometer ซึ่งจะบอกถึงสถานะของน้ำในดิน โดยวัดที่ระดับความลึกต่าง ๆ ของชั้นรากของต้นมะม่วง จำนวน 6 ความลึก คือ 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 เซนติเมตร ตั้งแต่วันที่ 10 กรกฎาคม 2548 ถึง 24 กันยายน 2548 ค่าที่สูง(ติดลบน้อย) แสดงว่ามีน้ำในดินมากดังนี้คือ 0 ถึง -20 kPa (สีฟ้า) แสดงว่าดินแฉะมาก ถึงอึดตัวด้วยน้ำ ค่าในช่วง -20 ถึง -40 kPa (สีเขียว) แสดงว่าดินมีความแฉะกำลังดี ค่าในช่วง -40 ถึง -60 kPa (สีเหลือง) เป็นดินที่เริ่มแห้ง ค่าในช่วง -60 ถึง -80 kPa (สีส้ม) เป็นดินที่แห้ง ค่าในช่วง -80 ถึง -100 kPa เป็นดินที่แห้งมาก (สีแดง)

โดยทั่วไปรากดูดอาหารของมะม่วงอยู่หนาแน่นที่บริเวณผิวดินลึกประมาณ 30-60 เซนติเมตร (ประเสริฐ, 2548) จากข้อมูลที่ได้ (ภาพที่ 5a) แสดงให้เห็นได้ชัดเจนว่าในสภาพคลุมหลังคาพลาสติกตั้งแต่เริ่มทดลองจนถึงวันที่ 16 กรกฎาคม 2548 ที่ระดับความลึก 15-90 เซนติเมตร มีค่า Ψ_m สูงคือ -20 kPa ถึงใกล้ 0 kPa เนื่องจากเพียงคลุมหลังคาพลาสติกได้ไม่นาน คือคลุมหลังคาพลาสติกวันที่ 6 กรกฎาคม 2548 และเป็นช่วงฤดูฝน (ภาพที่ 1) จึงทำให้ดินยังแฉะอยู่มาก หลังจากนั้นจนถึงระยะผลอายุ 13 สัปดาห์(ผลแก่) ที่ความลึก 15 เซนติเมตร ดินแห้งถึงแห้งมากคือ -60 kPa ถึงใกล้ -100 kPa ยกเว้นบางช่วงที่มีการให้น้ำจึงทำให้ดินแฉะกำลังดีถึงดินแฉะมาก (-40 kPa ถึงใกล้ 0 kPa) เนื่องจากมีการให้น้ำน้อยครั้งทำให้ดินที่ถูกคลุมด้วยหลังคาพลาสติกไม่ได้รับน้ำฝน ทำให้ดินแห้งที่ระดับผิวดิน ที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร ระดับน้ำในดินอยู่ในสภาพที่แฉะกำลังดี และที่ระดับความลึกมากกว่า 30 เซนติเมตร จนถึง 90 เซนติเมตร ดินแฉะมากเนื่องจากระดับน้ำในคูที่มากอยู่ตลอดเวลา คือ อยู่ต่ำจากระดับผิวดินบนสุดเฉลี่ยเท่ากับ 49 เซนติเมตร (ภาพที่ 4)

ส่วนในสภาพที่ไม่คลุมหลังคาพลาสติก (ภาพที่ 5b) มีปริมาณน้ำในดินมากเกินไปดินแฉะมาก (Ψ_m มีค่าใกล้ 0) ทุกระดับความลึก เนื่องจากได้รับน้ำฝนตลอดการทดลอง (ภาพที่ 1) และมีระดับน้ำในคูที่มากตลอดเวลา คือ อยู่ต่ำจากระดับผิวดินบนสุดเฉลี่ยเท่ากับ 49 เซนติเมตร (ภาพที่ 4) สภาพเช่นนี้สามารถพบได้ในพืชที่มีการปลูกแบบยกร่อง ซึ่งพบในการปลูกส้มระบบยกร่องเช่นกัน (สุนทรีและคณะ, 2544ก)



ภาพที่ 5 พลังงานก่อกับก่อนดินเปรียบเทียบระหว่าง a) ต้นมะม่วงที่คลุมหลังคาพลาสติก และ b) ไม่คลุมหลังคาพลาสติกตั้งแต่วันที่ 10 กรกฎาคม 2548 ถึง 24 กันยายน 2548

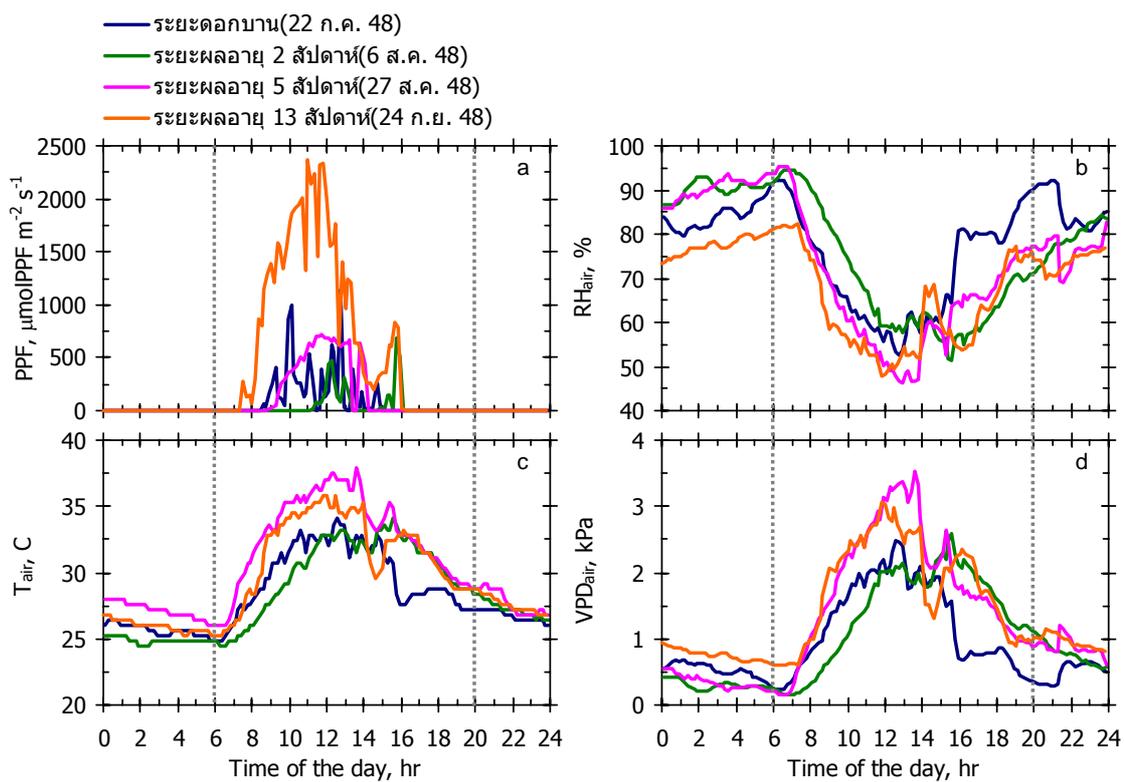
2. อัตราแลกเปลี่ยนแก๊สในรอบวัน

การคลุมหลังคาพลาสติกให้กับต้นมะม่วงส่งผลให้สภาพแวดล้อมโดยรอบต้นมะม่วงเปลี่ยนแปลงไปจากต้นมะม่วงในสภาพธรรมชาติ ดังนั้นจึงต้องมีการเก็บข้อมูลสภาพอากาศและอัตราแลกเปลี่ยนแก๊สในรอบวัน เพื่อให้มั่นใจว่าสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปจากการคลุมหลังคาพลาสติกไม่มีผลกระทบต่อการผลิตพืช ไม่รบกวนการทำงานของพืช ได้แก่ กระบวนการสังเคราะห์แสง กระบวนการคายน้ำ และสามารถลดปัญหาจากโรคแอนแทรคโนส ทำให้ได้ผลผลิตสูงทั้งคุณภาพและปริมาณได้

2.1 สภาพอากาศวันที่วัดอัตราแลกเปลี่ยนแก๊ส

สภาพอากาศในแปลงได้แก่ ความเข้มแสง (PPF) อุณหภูมิอากาศ (T_{air}) ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ (RH_{air}) และแรงดึงระเหยน้ำ (VPD_{air}) เป็นค่าสะท้อนสภาวะอากาศวันที่วัดอัตราการแลกเปลี่ยนแก๊ส ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากสถานีอากาศที่ติดตั้งในบริเวณที่ทำการทดลองในพื้นที่โล่งแจ้ง

จากการวัดการดำเนินกิจกรรมของใบมะม่วงระยะดอกบานและระยะผลอายุ 2 สัปดาห์ พบว่าทั้งสองครั้งเป็นวันที่สภาพอากาศไม่แห้งรุนแรงมากเมื่อเทียบกับสภาพอากาศที่วัดได้ในระยะผลอายุ 5 สัปดาห์ และระยะผลอายุ 13 สัปดาห์ (ผลแก่) คือ มีค่าแรงดึงระเหยน้ำเฉลี่ยในช่วงมีแสงต่ำกว่า 2.0 kPa (ภาพที่ 6d) เพราะความชื้นสัมพัทธ์อากาศค่อนข้างสูงและอุณหภูมิอากาศต่ำกว่า เนื่องจากความเข้มแสงที่ค่อนข้างต่ำ (ภาพที่ 6a-6c) ส่วนสภาพอากาศในระยะผลอายุ 5 สัปดาห์ และระยะผลอายุ 13 สัปดาห์ (ผลแก่) เป็นวันที่มีสภาพอากาศแห้งรุนแรงกว่าครั้งแรกมาก เนื่องจากความเข้มแสงที่สูงส่งผลให้อุณหภูมิอากาศสูงและความชื้นสัมพัทธ์อากาศต่ำ ค่าแรงดึงระเหยน้ำจึงสูง พบว่าในช่วงกลางวันค่าแรงดึงระเหยน้ำเฉลี่ยสูงเกิน 2.0 kPa และในช่วงประมาณ 12 น. ค่าแรงดึงระเหยน้ำสูงเกิน 3.0 kPa (ภาพที่ 6a-6d) ซึ่งได้แสดงค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของสภาพอากาศไว้ในตารางที่ 4



ภาพที่ 6 สภาพอากาศในรอบวันที่วัดอัตราแลกเปลี่ยนแก๊สของใบมะม่วงจากสถานีอากาศขนาด
 ย่อยซึ่งตั้งอยู่บริเวณที่โล่งแจ้งในบริเวณแปลงปลูกมะม่วง a) ความเข้มแสง(PPF),
 b) ความชื้นสัมพัทธ์(RH_{air}), c) อุณหภูมิ(T_{air}) และ d) แรงดึงระเหยน้ำ(VPD_{air})

ตารางที่ 4 สภาพอากาศจากสถานีอากาศในช่วงที่มีแสงของวันที่วัดอัตราแลกเปลี่ยนแก๊สของใบมะม่วงทั้ง 4 ครั้ง

| พารามิเตอร์ | 22 กรกฎาคม 2548 ดอกบาน (ใบอายุ 120 วัน) | 6 สิงหาคม 2548 ผลอายุ 2 สัปดาห์ (ใบอายุ 135 วัน) | 27 สิงหาคม 2548 ผลอายุ 5 สัปดาห์ (ใบอายุ 155 วัน) | 24 กันยายน 2548 ผลอายุ 13 สัปดาห์ (ใบอายุ 180 วัน) |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| ความเข้มแสงเฉลี่ย(PPF), $\mu\text{molPPF m}^{-2}\text{s}^{-1}$ | 249.9 | 138.0 | 462.0 | 1,070.7 |
| ความเข้มแสงสูงสุด(PPF), $\mu\text{molPPF m}^{-2}\text{s}^{-1}$ | 1,146.2 | 681.8 | 711.5 | 2,361.7 |
| ความเข้มแสงต่ำสุด(PPF), $\mu\text{molPPF m}^{-2}\text{s}^{-1}$ | 0.0 | 9.9 | 0.0 | 19.8 |
| อุณหภูมิเฉลี่ย(T_{air}), C | 32.0 | 32.7 | 35.9 | 33.0 |
| อุณหภูมิสูงสุด(T_{air}), C | 34.1 | 34.1 | 37.9 | 35.8 |
| อุณหภูมิต่ำสุด(T_{air}), C | 28.7 | 31.6 | 33.2 | 27.2 |
| ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย(RH_{air}), % | 61.4 | 58.9 | 55.3 | 58.6 |
| ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด(RH_{air}), % | 75.6 | 63.9 | 70.9 | 79.2 |
| ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด(RH_{air}), % | 52.7 | 51.1 | 46.3 | 48.0 |
| แรงดึงระเหยน้ำเฉลี่ย(VPD_{air}), kPa | 1.9 | 2.0 | 2.7 | 2.1 |
| แรงดึงระเหยน้ำสูงสุด(VPD_{air}), kPa | 2.5 | 2.6 | 3.5 | 3.1 |
| แรงดึงระเหยน้ำต่ำสุด(VPD_{air}), kPa | 1.0 | 1.7 | 1.5 | 0.7 |

2.2 สภาพอากาศที่ใบมะม่วงสัมผัส

ข้อมูลสภาพอากาศที่ใบมะม่วงสัมผัสใช้ข้อมูลภายในภาชนะบรรจุใบของเครื่องวัดอัตราสังเคราะห์แสงระบบเปิด(LI6400) ขณะทำการวัดอัตราแลกเปลี่ยนแก๊ส (ภาพที่ 7a-7x) วัดตั้งแต่เวลาประมาณ 7 น. ถึง 20 น. จำนวน 4 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ใบที่วัดติดช่อระยะดอกบาน(ใบอายุ 120 วัน) ครั้งที่ 2 ใบที่วัดติดผลอายุ 2 สัปดาห์(ใบอายุ 135 วัน) ครั้งที่ 3 ใบที่วัดติดผลอายุ 5 สัปดาห์(ใบอายุ 155 วัน) และครั้งที่ 4 ใบที่วัดติดผลอายุ 13 สัปดาห์(ใบอายุ 180 วัน) แสดงค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของสภาพอากาศที่ใบมะม่วงสัมผัสในช่วงที่มีแสงไว้ในตารางที่ 5

2.2.1 ความเข้มของแสงแดดในช่วงที่พืชใช้สังเคราะห์แสง(photosynthetic photon flux, PPF)

ความเข้มแสงค่อย ๆ เพิ่มขึ้นในช่วงเช้า ใบมะม่วงได้รับความเข้มแสงเต็มที่ในช่วงประมาณ 10-13 น. หลังจากนั้นความเข้มแสงค่อย ๆ ลดลงและไม่มีแสงในเวลาประมาณ 18 น. ภาพที่ 7a-7d แสดงค่า PPF ในรอบวันช่วงเวลาประมาณ 7-20 น. จากข้อมูลที่ได้จากการวัดทั้ง 4 ครั้ง พบว่าใบมะม่วงทั้งต้นที่คลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติกได้รับความเข้มแสงเฉลี่ยอยู่ในช่วง $210-438 \mu\text{molPPF m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ซึ่งเป็นความเข้มแสงที่ไม่จำกัดอัตราสังเคราะห์แสงของมะม่วง เนื่องจากการตอบสนองต่อแสงของมะม่วงเป็นแบบโค้งอิ่มตัว(saturation curve) อัตราสังเคราะห์แสงสุทธิเริ่มอิ่มตัวที่ความเข้มแสงประมาณ $600-800 \mu\text{molPPF m}^{-2} \text{s}^{-1}$ และมี light compensation point ประมาณ $50 \mu\text{molPPF m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (เจษฎา, 2540) และจากการวัดทั้ง 4 ครั้ง พบว่าทั้งสภาพคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติกได้รับความเข้มแสงเฉลี่ยใกล้เคียงกัน คือ ใบมะม่วงที่คลุมหลังคาพลาสติกได้รับความเข้มแสงเฉลี่ย $333 \mu\text{molPPF m}^{-2} \text{s}^{-1}$ และใบมะม่วงที่ไม่คลุมหลังคาพลาสติกได้รับความเข้มแสงเฉลี่ย $341 \mu\text{molPPF m}^{-2} \text{s}^{-1}$ แต่เมื่อพิจารณาความเข้มแสงสูงสุดที่ใบมะม่วงได้รับจะพบว่าใบมะม่วงในสภาพไม่คลุมหลังคาพลาสติกจะได้รับความเข้มแสงที่ค่อนข้างสูงกว่าสภาพคลุมหลังคาพลาสติกมาก (ตารางที่ 5) ดังนั้นการคลุมหลังคาพลาสติกจึงเป็นการลดความรุนแรงของความเข้มแสงให้กับต้นมะม่วง

2.2.2 ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ(CO₂R)

ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศก่อนข้างสูงในช่วงเช้าที่เวลาประมาณ 6.30-7 น. โดยค่าเฉลี่ยของ CO₂ ในรอบแรกที่วัดทั้ง 4 ครั้งของต้นไม้ที่คลุมหลังคาพลาสติกเท่ากับ 404 $\mu\text{molCO}_2 \text{ mol}^{-1}$ และต้นไม้ที่คลุมหลังคาพลาสติกเท่ากับ 403 $\mu\text{molCO}_2 \text{ mol}^{-1}$ หลังจากนั้น CO₂ จึงค่อย ๆ ลดลงทั้งต้นไม้ที่คลุมและไม่คลุมหลังคาพลาสติก และมีค่าอยู่ที่ประมาณ 360-380 $\mu\text{molCO}_2 \text{ mol}^{-1}$ (ภาพที่ 7e-7h) ซึ่งเป็นระดับ CO₂ ที่วัดได้ปกติในเวลากลางวัน เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่แดดเริ่มจัด และใบพืชเริ่มใช้วัตถุดิบนี้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง (สุนทรียและคณะ, 2544ข) และจากการวัดทั้ง 4 ครั้ง พบว่าใบไม้ที่คลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติกได้รับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศเฉลี่ยเท่ากัน คือ 373 $\mu\text{molCO}_2 \text{ mol}^{-1}$

2.2.3 อุณหภูมิอากาศ(air temperature, T_{air})

อุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงในรอบวันแสดงในภาพที่ 7i-7l อุณหภูมิจะสูงขึ้นเมื่อความเข้มแสง(PPF) เพิ่มขึ้นตั้งแต่ตอนเช้าจนสูงสุดช่วงเที่ยงวัน และลดต่ำลงอีกครั้งในตอนเย็นตามความเข้มแสง(PPF) ที่ลดลง พบว่าอุณหภูมิที่ใบไม้ของต้นไม้ที่คลุมและไม่คลุมหลังคาพลาสติกสัมผัสแต่ละครั้งที่ทำการวัดมีค่าใกล้เคียงกัน อุณหภูมิเฉลี่ยจากการวัดทั้ง 4 ครั้ง พบว่าต้นไม้ที่คลุมหลังคาพลาสติกมีค่าเท่ากับ 33 องศาเซลเซียส และต้นไม้ที่ไม่คลุมหลังคาพลาสติกมีค่าเท่ากับ 34 องศาเซลเซียส

2.2.4 ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ(air relative humidity, RH_{air})

ความชื้นสัมพัทธ์อากาศในรอบวันแสดงในภาพที่ 7m-7p จะเห็นได้ว่าความชื้นสัมพัทธ์อากาศมีค่าสูงในตอนเช้าและลดต่ำในช่วงเวลาประมาณ 12 น. หลังจากนั้นความชื้นสัมพัทธ์อากาศจะเพิ่มขึ้นอีกครั้งในตอนเย็น ซึ่งความชื้นสัมพัทธ์จะแปรผันกับความเข้มแสงและแปรผกผันกับอุณหภูมิอากาศ ทุกครั้งที่ทำการวัด พบว่าความชื้นสัมพัทธ์อากาศที่ใบสัมผัสในสภาพคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติกมีค่าใกล้เคียงกัน และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยจากการวัดทั้ง 4 ครั้ง พบว่าต้นไม้ที่คลุมหลังคาพลาสติกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 63 เปอร์เซ็นต์ และต้นไม้ที่ไม่คลุมหลังคาพลาสติกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 61 เปอร์เซ็นต์

2.2.5 แรงดึงระเหยน้ำของอากาศ (air vapor pressure deficit, VPD_{air})

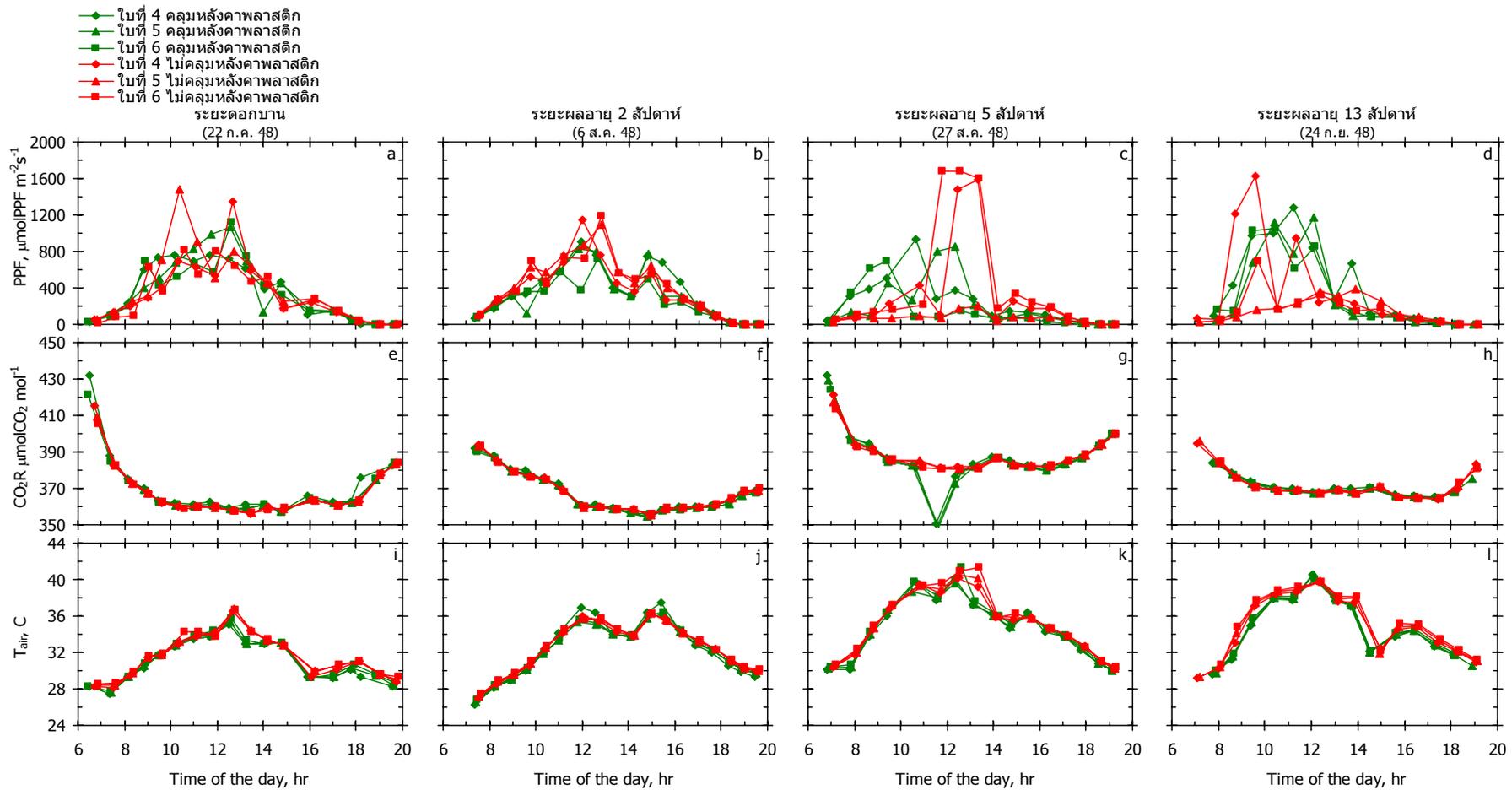
ค่าแรงดึงระเหยน้ำของอากาศ เป็นค่าที่คำนวณจากอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ค่าที่สูงหมายถึงสภาพอากาศที่แห้งรุนแรง เนื่องจากอุณหภูมิสูงและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ซึ่งทำให้เกิดการระเหยน้ำได้สูง (สุนทรีและคณะ, 2544ข)

จากการวัดทั้ง 4 ครั้ง พบว่าลักษณะการเปลี่ยนแปลง VPD_{air} ในรอบวันมีรูปแบบคล้ายกัน ดังแสดงในภาพที่ 7q-7t ค่าสูงสุดของ VPD_{air} ในแต่ละวันที่วัดเป็นตัวบ่งบอกถึงความแห้งของสภาพอากาศ ค่า VPD_{air} ที่มีค่าตั้งแต่ 2.5 kPa ขึ้นไป จะเป็นจุดชักนำให้ปากใบเริ่มปิด ส่งผลให้อัตราสังเคราะห์แสงและอัตราการคายน้ำลดลงไปด้วย (สุนทรี, 2544ข) ซึ่งจากการวัดพบว่าค่า VPD_{air} ของทั้งต้นที่คลุมและไม่คลุมหลังคาพลาสติกที่วัดได้ในระยะดอกบาน ระยะผลอายุ 2 สัปดาห์ และระยะผลอายุ 5 สัปดาห์ มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่า 2.5 kPa แต่การวัดระยะอายุ 13 สัปดาห์ พบว่าค่า VPD_{air} เฉลี่ยของต้นที่คลุมหลังคาพลาสติกมีค่าเท่ากับ 2.02 kPa และต้นที่ไม่คลุมหลังคาพลาสติกมีค่าเท่ากับ 2.19 kPa ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในช่วงนี้สภาพอากาศค่อนข้างแห้ง แต่ค่า VPD_{air} เฉลี่ยจากการวัดทั้ง 4 ครั้ง ของใบมะม่วงที่คลุมและไม่คลุมหลังคาพลาสติกต่ำกว่า 2.5 kPa แต่ใบในสภาพที่ไม่คลุมหลังคาพลาสติกสัมผัสสภาพอากาศที่รุนแรงกว่าใบที่คลุมหลังคาพลาสติก

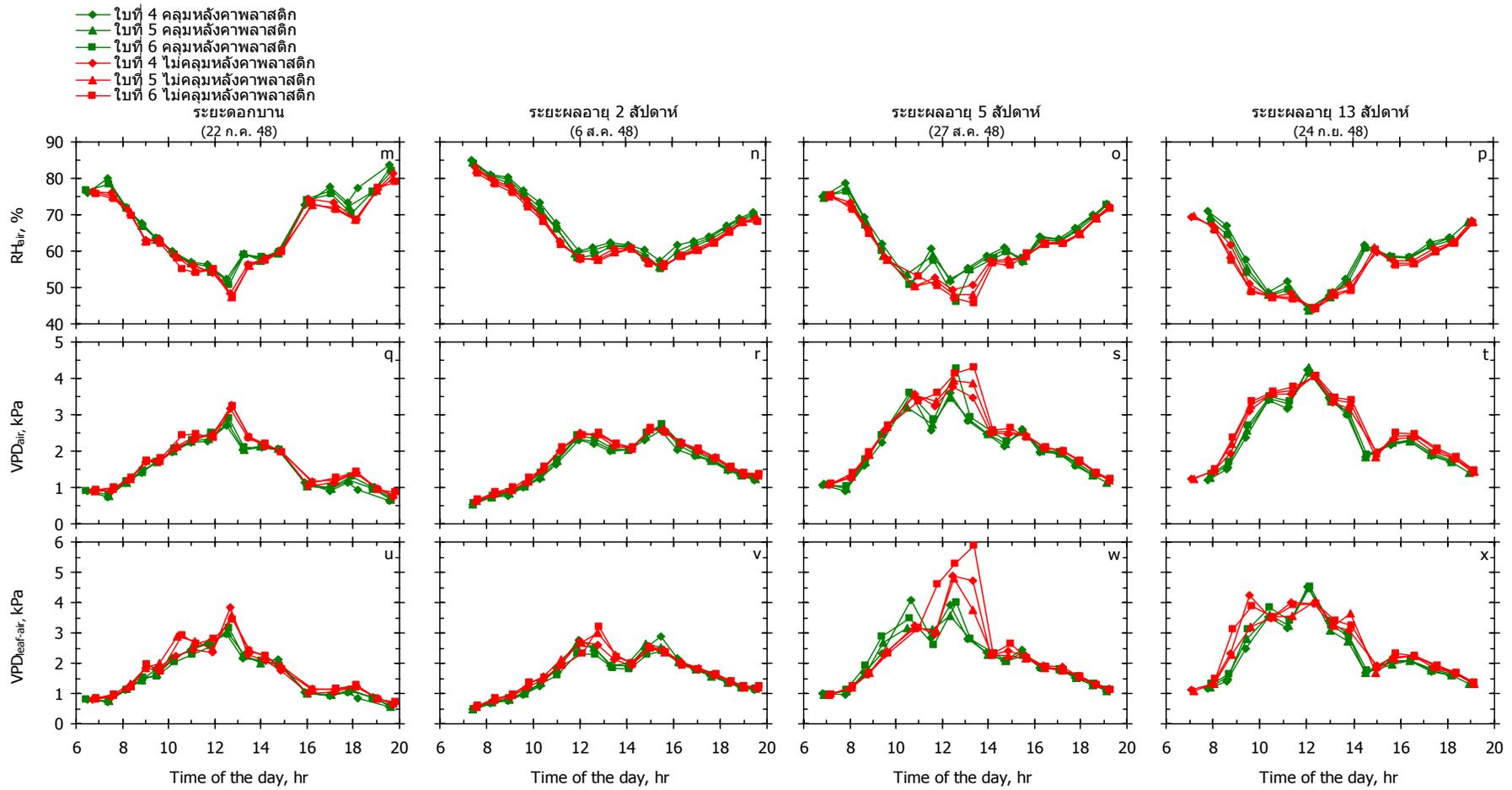
2.2.6 แรงดึงคายน้ำจากใบ (leaf to air vapor pressure deficit, $VPD_{leaf-air}$)

ค่าแรงดึงคายน้ำจากใบ หมายถึงความแตกต่างของความดันไอน้ำในใบเทียบกับในอากาศ ค่าที่สูงมากแสดงว่ามีความดันไอน้ำในใบมากกว่าในอากาศมาก ทำให้พืชต้องคายน้ำมาก (สุนทรีและคณะ, 2544ข)

จากการวัดทั้ง 4 ครั้ง ค่าแรงดึงคายน้ำมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกับแรงดึงระเหยน้ำของอากาศ (ภาพที่ 7u-7x) คือ ค่า $VPD_{leaf-air}$ เฉลี่ยของทั้งใบมะม่วงที่คลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติกที่วัดได้ในระยะดอกบาน ระยะผลอายุ 2 สัปดาห์ และระยะผลอายุ 5 สัปดาห์ มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่า 2.5 kPa แต่การวัดระยะอายุ 13 สัปดาห์ พบว่าค่า $VPD_{leaf-air}$ เฉลี่ยของต้นที่คลุมหลังคาพลาสติกมีค่าเท่ากับ 2.00 kPa และต้นที่ไม่คลุมหลังคาพลาสติกมีค่าเท่ากับ 2.19 kPa แต่ค่า $VPD_{leaf-air}$ เฉลี่ยจากการวัดทั้ง 4 ครั้ง ของใบมะม่วงที่คลุมและไม่คลุมหลังคาพลาสติกต่ำกว่า 2.5



ภาพที่ 7 สภาพอากาศรอบวันที่ใบมะม่วงสัมผัสสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงแล้ว a-d) ความเข้มแสง(PPF); e-h) คาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ(CO₂R); i-l) อุณหภูมิอากาศ(T_{air}); m-p) ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ(RH); q-t) แรงดึงระเหยน้ำ(VPD_{air}) และ u-x) แรงดึงคายน้ำ(VPD_{leaf-air})



ภาพที่ 7 (ต่อ)

ตารางที่ 5 ข้อมูลสภาพอากาศที่โบบะม่วงส้มฝัดในขณะที่วัดอัตราแลกเปลี่ยนแก๊สของโบบะม่วงทั้ง 4 ครั้ง จากเครื่อง LI6400 เปรียบเทียบระหว่าง
 ดำรับคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก

| พารามิเตอร์ | 22 กรกฎาคม 2548 | | 6 สิงหาคม 2548 | | 27 สิงหาคม 2548 | | 24 กันยายน 2548 | | ค่าเฉลี่ย | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------------------|
| | ดอกลาน (ใบอายุ 120 วัน) | | ผลอายุ 2 สัปดาห์ (ใบอายุ 135 วัน) | | ผลอายุ 5 สัปดาห์ (ใบอายุ 155 วัน) | | ผลอายุ 13 สัปดาห์ (ใบอายุ 180 วัน) | | | |
| | คลุม หลังคา พลาสติก | ไม่คลุม หลังคา พลาสติก | คลุม หลังคา พลาสติก | ไม่คลุม หลังคา พลาสติก | คลุม หลังคา พลาสติก | ไม่คลุม หลังคา พลาสติก | คลุม หลังคา พลาสติก | ไม่คลุม หลังคา พลาสติก | คลุม หลังคา พลาสติก | ไม่คลุม หลังคา พลาสติก |
| ความเข้มแสงเฉลี่ย(PPF), $\mu\text{molPPF m}^{-2}\text{s}^{-1}$ | 405 | 401 | 338 | 438 | 210 | 285 | 379 | 241 | 333 | 341 |
| ความเข้มแสงสูงสุด(PPF), $\mu\text{molPPF m}^{-2}\text{s}^{-1}$ | 1121 | 1480 | 903 | 1184 | 927 | 1683 | 1276 | 1626 | 1057 | 1493 |
| ความเข้มแสงต่ำสุด(PPF), $\mu\text{molPPF m}^{-2}\text{s}^{-1}$ | 2 | 1 | 1 | 19 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6 |
| ความเข้มข้น CO_2 ในอากาศเฉลี่ย(CO_2R), $\mu\text{molCO}_2 \text{mol}^{-1}$ | 368 | 366 | 367 | 367 | 386 | 388 | 370 | 371 | 373 | 373 |
| ความเข้มข้น CO_2 ในอากาศสูงสุด(CO_2R), $\mu\text{molCO}_2 \text{mol}^{-1}$ | 432 | 415 | 392 | 394 | 432 | 422 | 384 | 396 | 410 | 407 |
| ความเข้มข้น CO_2 ในอากาศต่ำสุด(CO_2R), $\mu\text{molCO}_2 \text{mol}^{-1}$ | 357 | 356 | 354 | 355 | 349 | 380 | 365 | 364 | 356 | 364 |
| อุณหภูมิเฉลี่ย(T_{air}), C | 31 | 32 | 32 | 33 | 35 | 36 | 35 | 35 | 33 | 34 |
| อุณหภูมิสูงสุด(T_{air}), C | 36 | 37 | 36 | 36 | 41 | 41 | 41 | 40 | 39 | 39 |
| อุณหภูมิต่ำสุด(T_{air}), C | 28 | 28 | 26 | 27 | 30 | 30 | 30 | 29 | 29 | 29 |

ตารางที่ 5 (ต่อ)

| พารามิเตอร์ | 22 กรกฎาคม 2548 | | 6 สิงหาคม 2548 | | 27 สิงหาคม 2548 | | 24 กันยายน 2548 | | ค่าเฉลี่ย | |
|---------------------------------------------|------------------|----------|------------------|----------|------------------|----------|-------------------|----------|-----------|----------|
| | ดอกบาน | | ผลอายุ 2 สัปดาห์ | | ผลอายุ 5 สัปดาห์ | | ผลอายุ 13 สัปดาห์ | | | |
| | (ใบอายุ 120 วัน) | | (ใบอายุ 135 วัน) | | (ใบอายุ 155 วัน) | | (ใบอายุ 180 วัน) | | | |
| | กลุ่ม | ไม่กลุ่ม | กลุ่ม | ไม่กลุ่ม | กลุ่ม | ไม่กลุ่ม | กลุ่ม | ไม่กลุ่ม | กลุ่ม | ไม่กลุ่ม |
| | หลังคา | หลังคา | หลังคา | หลังคา | หลังคา | หลังคา | หลังคา | หลังคา | หลังคา | หลังคา |
| | พลาสติก | พลาสติก | พลาสติก | พลาสติก | พลาสติก | พลาสติก | พลาสติก | พลาสติก | พลาสติก | พลาสติก |
| ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย(RH_{air}), % | 66 | 64 | 67 | 65 | 62 | 60 | 57 | 55 | 63 | 61 |
| ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด(RH_{air}), % | 80 | 77 | 85 | 83 | 79 | 75 | 71 | 70 | 79 | 76 |
| ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด(RH_{air}), % | 51 | 47 | 55 | 56 | 46 | 46 | 44 | 44 | 49 | 48 |
| แรงดึงระเหยน้ำเฉลี่ย(VPD_{air}), kPa | 1.63 | 1.79 | 1.68 | 1.82 | 2.23 | 2.45 | 2.52 | 2.68 | 2.02 | 2.19 |
| แรงดึงระเหยน้ำสูงสุด(VPD_{air}), kPa | 2.89 | 3.26 | 2.72 | 2.63 | 4.25 | 4.32 | 4.28 | 4.08 | 3.54 | 3.57 |
| แรงดึงระเหยน้ำต่ำสุด(VPD_{air}), kPa | 0.74 | 0.91 | 0.52 | 0.61 | 0.91 | 1.07 | 1.20 | 1.23 | 0.84 | 0.96 |
| แรงดึงคายน้ำเฉลี่ย($VPD_{leaf-air}$), kPa | 1.66 | 1.85 | 1.64 | 1.79 | 2.20 | 2.44 | 2.49 | 2.68 | 2.00 | 2.19 |
| แรงดึงคายน้ำสูงสุด($VPD_{leaf-air}$), kPa | 3.17 | 3.85 | 2.87 | 3.19 | 4.08 | 5.90 | 4.53 | 4.23 | 3.66 | 4.29 |
| แรงดึงคายน้ำต่ำสุด($VPD_{leaf-air}$), kPa | 0.73 | 0.80 | 0.47 | 0.55 | 0.95 | 0.96 | 1.15 | 1.09 | 0.83 | 0.85 |

2.3 อัตราสังเคราะห์แสงสุทธิ(net photosynthesis, A)

การสังเคราะห์แสง เป็นกระบวนการทางชีวเคมีที่มีความสำคัญมากกระบวนการหนึ่งของพืชที่มีคลอโรฟิลล์เป็นองค์ประกอบ โดยคลอโรฟิลล์จะดูดพลังงานแสงแล้วเปลี่ยนพลังงานแสงไปเป็นพลังงานเคมี เพื่อใช้ในการสร้างคาร์โบไฮเดรตจากโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ซึ่งอาหารที่พืชสร้างขึ้นนี้จะถูกส่งไปยังส่วนต่าง ๆ เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและการพัฒนาของพืชต่อไป (พัชรียา, 2543)

ลักษณะการเปลี่ยนแปลงอัตราสังเคราะห์แสงสุทธิ(A) พบว่าในช่วงเช้าอัตราสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้นเมื่อมีแดดเนื่องจากแสงเป็นตัวชักนำให้ปากใบเปิด และอัตราสังเคราะห์แสงลดลงจนมีค่าต่ำในช่วง 12–14 น. ซึ่งเป็นช่วงที่ความเข้มแสงสูงจึงส่งผลให้อุณหภูมิอากาศสูงและความชื้นสัมพัทธ์อากาศต่ำ ค่าแรงดึงระเหยน้ำของอากาศจึงมีค่าสูง ทำให้ใบมะม่วงพบกับสภาพอากาศที่รุนแรง ปากใบจึงเริ่มปิดเพื่อลดการคายน้ำส่งผลให้อัตราสังเคราะห์แสงสุทธิลดลง หลังจากนั้นอัตราสังเคราะห์แสงจึงเพิ่มขึ้นอีกครั้งก่อนจะลดลงหลังเวลา 16 น. จากภาพที่ 8a-8d พบว่าใบมะม่วงในสภาพที่คลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติกมีอัตราสังเคราะห์แสงสุทธิใกล้เคียงกัน แต่ระยะผลอายุ 13 สัปดาห์จะเห็นว่าในช่วงเช้าเวลาประมาณ 8–12 น. ใบมะม่วงในสภาพคลุมหลังคาพลาสติกจะมีอัตราสังเคราะห์แสงสุทธิสูงกว่าใบที่ไม่คลุมหลังคาพลาสติก เนื่องจากในช่วงนี้ใบมะม่วงในสภาพคลุมหลังคาพลาสติกมีการเปิดปากใบมากอย่างเห็นได้ชัด ใบมะม่วงในระยะผลอายุ 5 สัปดาห์และผลอายุ 13 สัปดาห์ อัตราสังเคราะห์แสงสุทธิมีค่าเข้าใกล้ศูนย์เนื่องจากใบเริ่มมีอายุมากขึ้นทำให้มีการหายใจมากกว่าสังเคราะห์แสง ค่าอัตราสังเคราะห์แสงสุทธิเฉลี่ยที่วัดได้ทั้ง 4 ครั้งของใบมะม่วงที่คลุมหลังคาพลาสติกเท่ากับ $0.65 \mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ และต้นที่ไม่คลุมหลังคาพลาสติกเท่ากับ $0.63 \mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (ตารางที่ 6) ดังนั้นการคลุมหลังคาพลาสติกจึงไม่เป็นตัวจำกัดอัตราสังเคราะห์แสงสุทธิของใบมะม่วง

2.4 สัดส่วนของความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในช่องว่างในใบกับที่อยู่ในอากาศ (Ci:Ca)

สัดส่วนของความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในช่องว่างในใบกับที่อยู่ในอากาศ (Ci:Ca) เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่จำกัดอัตราสังเคราะห์แสงสุทธิ ใบพืชจะสังเคราะห์แสงได้ดีเมื่อมีแสงและความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศเพียงพอและปากใบเปิดเป็นปกติ จะมีค่าสัดส่วน Ci:Ca ประมาณ 0.7 (สุนทรีและคณะ, 2544ก) สำหรับค่า Ci:Ca ที่วัดได้จากการศึกษาครั้งนี้ มีค่าค่อนข้างสูง คือ ใบมะม่วงที่คลุมหลังคาพลาสติกมีค่า Ci:Ca เท่ากับ 0.93 และใบมะม่วงที่ไม่คลุมหลังคาพลาสติกมีค่า Ci:Ca เท่ากับ 0.92 (ภาพที่ 8e-8h) และระยะผลอายุ 5 สัปดาห์และ 13 สัปดาห์ ทั้งต้นมะม่วงที่คลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก Ci:Ca มีค่าเฉลี่ยเกิน 1.0 แสดงว่าระยะนี้พืชไม่สามารถนำเอาคาร์บอนไดออกไซด์ที่สะสมอยู่ในใบไปใช้ได้ (ภาพที่ 8g-8h) อัตราสังเคราะห์สังเคราะห์แสงสุทธิจึงมีค่าต่ำ (ภาพที่ 8c-8d) และการคลุมหลังคาพลาสติกไม่ใช่ตัวจำกัด Ci:Ca หลังจากเวลา 18 น. ค่าเฉลี่ย Ci:Ca มีค่าสูงเกิน 1.0 เช่นกัน เนื่องจากในช่วงเวลากลางคืนเป็นช่วงเวลาที่พืชหายใจปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ประกอบกับปากใบปิดแคบลง คาร์บอนไดออกไซด์จึงสะสมอยู่ในใบมาก จนมีความเข้มข้นสูงกว่าความเข้มข้นในอากาศ ซึ่งค่า Ci:Ca ในแต่ละครั้งที่วัดของใบมะม่วงที่คลุมและไม่คลุมหลังคาพลาสติกมีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 6)

2.5 อัตราคายน้ำ(transpiration, E)

อัตราคายน้ำ(E) ถูกควบคุมโดยช่องทางการไหลคือค่านำไหลปากใบ(g_s) และแรงขับเคลื่อน(driving force) คือ แรงดึงคายน้ำ($VPD_{leaf-air}$) ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราคายน้ำจะมีผลต่ออัตราสังเคราะห์แสงด้วยเช่นกัน เพราะปากใบที่เปิดปิดไม่เพียงจำกัดการสูญเสียเท่านั้นแต่ยังจำกัดการนำคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่ช่องว่างในใบด้วย พบว่าอัตราคายน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 8i-8l) ตามค่า g_s (ภาพที่ 8m-8p) และค่า $VPD_{leaf-air}$ (ภาพที่ 7u-7x) โดยมีแสงเป็นตัวชักนำให้ปากใบเปิด ใบมะม่วงมีอัตราคายน้ำเพิ่มขึ้นตามค่าแรงดึงระเหยน้ำที่ยังมีระดับต่ำในช่วงเช้าเวลาประมาณ 6-12 น. หลังจากความเข้มแสงเพิ่มขึ้นอัตราคายน้ำเพิ่มสูงตามไปด้วย หลังเวลา 12 น. ค่าแรงดึงคายน้ำมีค่าสูงขึ้น แต่ใบมะม่วงมีอัตราคายน้ำลดลงโดยการปิดปากใบแคบลง ซึ่งใบมะม่วงในสภาพคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติกมีอัตราคายน้ำที่ใกล้เคียงกัน ยกเว้นในระยะผลอายุ 13 สัปดาห์ ใบมะม่วงในสภาพคลุมหลังคาพลาสติกมีอัตราคายน้ำสูงกว่าใบมะม่วงที่ไม่คลุมหลังคาพลาสติกมาก เนื่องจากในช่วงนี้ใบมะม่วงมีค่านำไหลปากใบที่สูงกว่ามาก ในขณะที่ค่าแรงดึงคาย

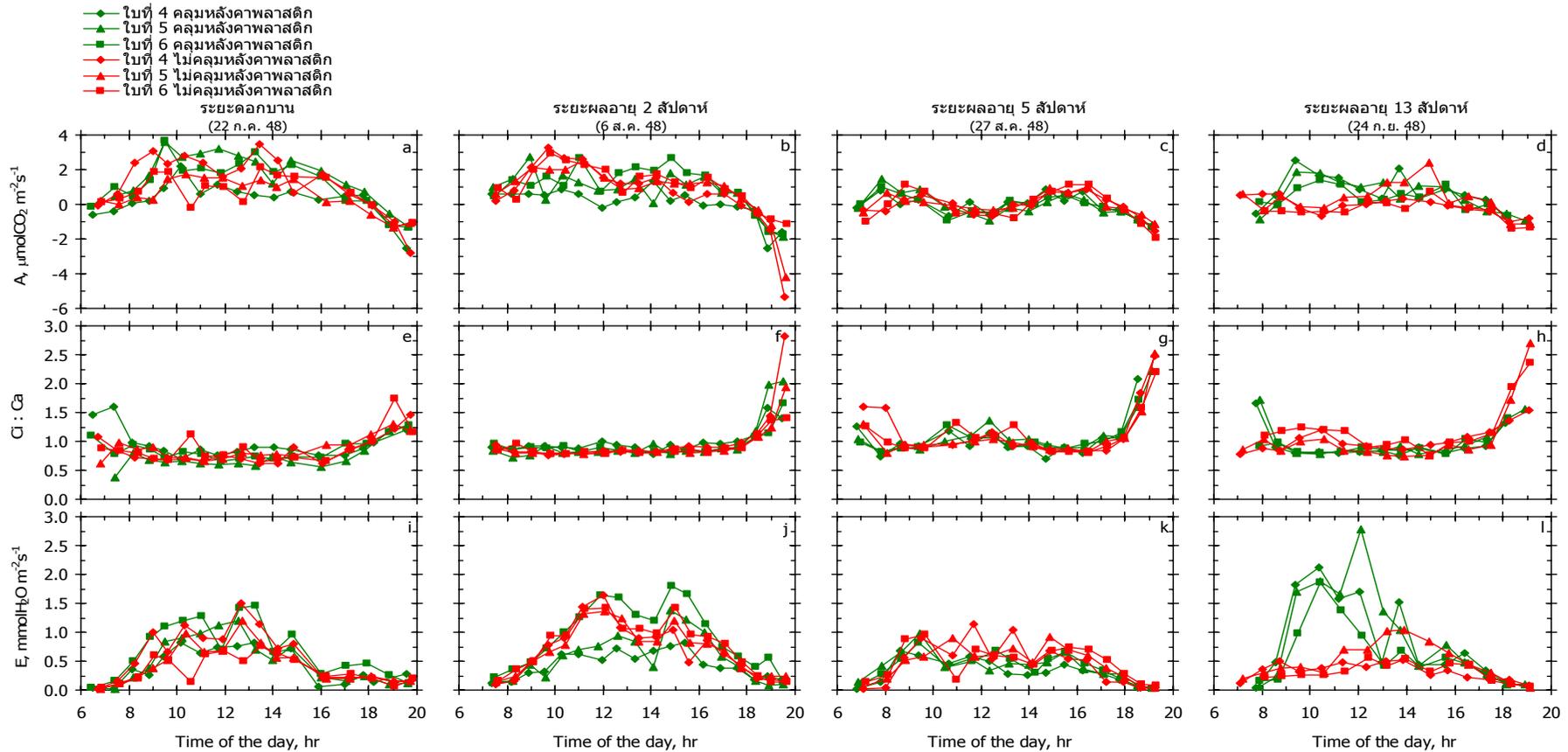
น้ำใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 7u-7x, 8i-8p) จึงเห็นว่าในระยะนี้อัตราสังเคราะห์แสงสุทธิสูงเช่นกัน โดยรวมทั้ง 4 ระยะแล้วใบมะม่วงที่คลุมหลังคาพลาสติกมีอัตราการคายน้ำสูงกว่าใบมะม่วงที่ไม่คลุมหลังคาพลาสติก คือ ใบมะม่วงที่คลุมหลังคาพลาสติกมีอัตราการคายน้ำเท่ากับ $0.63 \text{ mmolH}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ และใบมะม่วงที่ไม่คลุมหลังคาพลาสติกมีอัตราการคายน้ำเท่ากับ $0.56 \text{ mmolH}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$

2.6 ค่านำไหลปากใบ(stomatal conductance, gs)

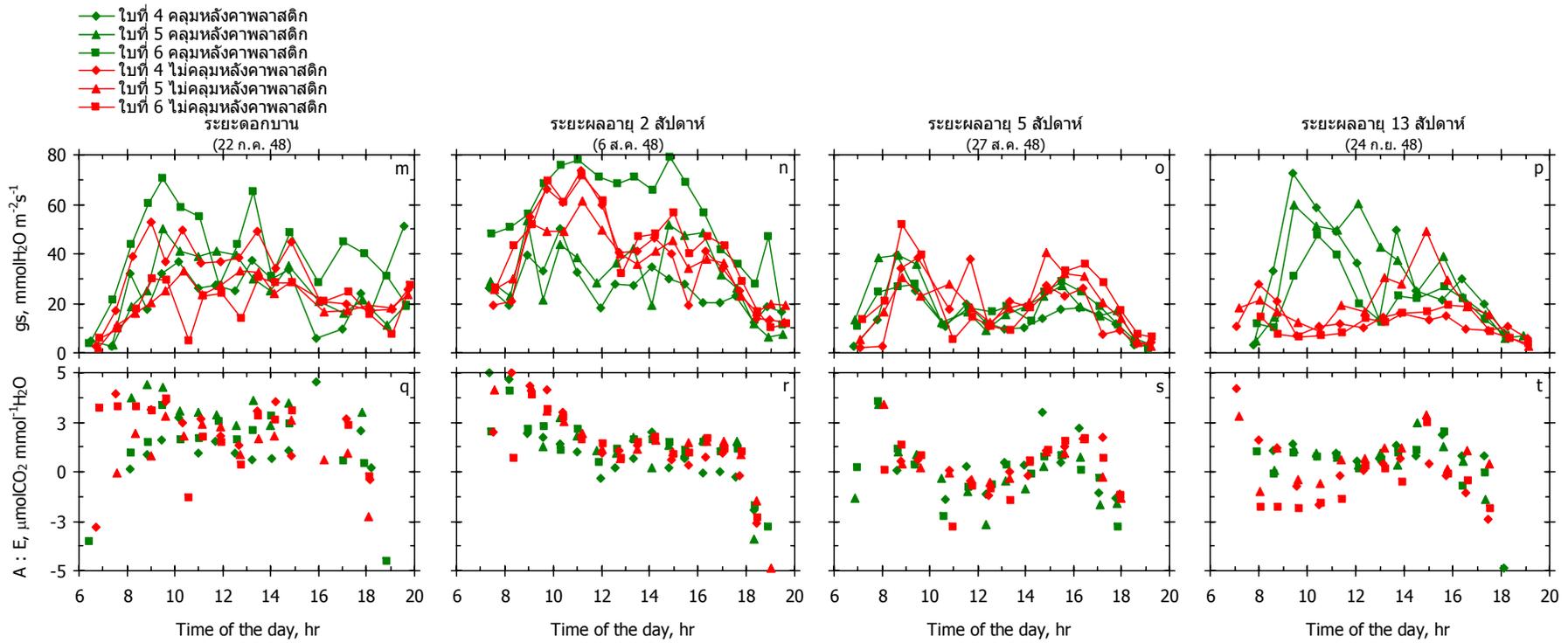
ค่านำไหลปากใบ(gs) เป็นค่าที่บอกระดับการเปิดปิดของปากใบ ค่า gs สูงหมายถึงปากใบเปิดกว้างให้แก๊สไหลผ่านปากใบได้มาก ค่า gs ลดลงหมายถึงปากใบปิดแคบลงอาจส่งผลให้อัตราสังเคราะห์แสงสุทธิและคายน้ำมีค่าลดต่ำลงได้ แม้ว่าจะมีแดดดีและแรงขับเคลื่อนสูงในช่วงเช้าค่านำไหลปากใบเพิ่มขึ้นตามความเข้มแสงที่เพิ่มขึ้น แต่ช่วงเวลาประมาณ 12-13 น. ค่านำไหลปากใบมีค่าลดต่ำลง (ภาพที่ 8m-8p) เนื่องจากความเข้มแสง(PPF) และค่าแรงดึงคายน้ำ ($\text{VPD}_{\text{leaf-air}}$) ในช่วงนี้มีค่าสูงมากจนอยู่ในระดับรุนแรง (ภาพที่ 7a-7d และ 7u-7x) ทำให้ใบมะม่วงปิดแคบลงเพื่อลดการคายน้ำ และจากการวัดทั้ง 4 ครั้ง ทั้งใบมะม่วงที่คลุมและไม่คลุมหลังคาพลาสติกจะมีค่านำไหลปากใบใกล้เคียงกัน แต่พบว่าใบมะม่วงในสภาพคลุมหลังคาพลาสติกมีค่านำไหลปากใบสูงกว่าในสภาพไม่คลุมหลังคาพลาสติกในระยะผลอายุ 13 สัปดาห์ ในขณะที่ค่าสภาพอากาศไม่แตกต่างกันมากนักส่งผลให้ในระยะนี้อัตราสังเคราะห์สุทธิมีค่าสูง และค่านำไหลปากใบเฉลี่ยจากการวัดทั้ง 4 ครั้งมีค่าใกล้เคียงกัน คือ ใบมะม่วงที่คลุมหลังคาพลาสติกมีค่านำไหลปากใบเฉลี่ยเท่ากับ $29.32 \text{ mmolH}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ใบมะม่วงที่ไม่คลุมหลังคาพลาสติกมีค่านำไหลปากใบเฉลี่ยเท่ากับ $25.91 \text{ mmolH}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$

2.7 สัดส่วนระหว่างอัตราสังเคราะห์แสงสุทธิต่ออัตราการคายน้ำ(A:E)

ค่าสัดส่วน A:E เป็นค่าที่บอกถึงประสิทธิภาพการใช้น้ำว่าจะมีการตรึง CO_2 ได้กี่ $\mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ในขณะที่ต้องเสียน้ำไป $1 \text{ mmolH}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ถ้ามีค่าสูงแสดงว่ามีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูง จากตารางที่ 6 พบว่ามะม่วงที่คลุมหลังคาพลาสติกมีประสิทธิภาพการใช้น้ำได้ดีกว่าต้นมะม่วงที่ไม่คลุมหลังคาพลาสติก แต่โดยภาพรวมทั้งต้นมะม่วงในสภาพคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติกมีประสิทธิภาพการใช้น้ำค่อนข้างต่ำ



ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงในรอบวันของค่า a-d) อัตราสังเคราะห์แสงสุทธิ(A); e-h) ค่าสัดส่วนของความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในช่องว่างในใบกับที่อยู่ในอากาศ(Ci:Ca); i-l) อัตราคายน้ำ(E); m-p) ค่าน้ำไหลปากใบ(g_s) และ q-t) ค่าสัดส่วนของอัตราสังเคราะห์แสงสุทธิต่ออัตราคายน้ำ(A:E) ของใบมะม่วง



ภาพที่ 8 (ต่อ)

ตารางที่ 6 ข้อมูลที่ได้จากการวัดอัตราแลกเปลี่ยนแก๊สของใบมะม่วงทั้ง 4 ครั้ง จากเครื่อง LI6400 เปรียบเทียบระหว่างตำรับคลุมหลังคาพลาสติก และ ไม่คลุมหลังคาพลาสติก

| พารามิเตอร์ | 22 กรกฎาคม 2548 | | 6 สิงหาคม 2548 | | 27 สิงหาคม 2548 | | 24 กันยายน 2548 | | ค่าเฉลี่ย | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---------|------------------|---------|------------------|---------|-------------------|---------|-----------|---------|
| | ดอกบาน | | ผลอายุ 2 สัปดาห์ | | ผลอายุ 5 สัปดาห์ | | ผลอายุ 13 สัปดาห์ | | | |
| | (ใบอายุ 120 วัน) | | (ใบอายุ 135 วัน) | | (ใบอายุ 155 วัน) | | (ใบอายุ 180 วัน) | | | |
| | คลุม | ไม่คลุม | คลุม | ไม่คลุม | คลุม | ไม่คลุม | คลุม | ไม่คลุม | คลุม | ไม่คลุม |
| | หลังคา | หลังคา | หลังคา | หลังคา | หลังคา | หลังคา | หลังคา | หลังคา | หลังคา | หลังคา |
| | พลาสติก | พลาสติก | พลาสติก | พลาสติก | พลาสติก | พลาสติก | พลาสติก | พลาสติก | พลาสติก | พลาสติก |
| อัตราสังเคราะห์แสงสุทธิรวมทั้งวัน(A), $\mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ | 59.39 | 50.94 | 44.33 | 60.11 | 1.66 | 4.50 | 24.18 | 1.88 | 32.14 | 29.36 |
| อัตราสังเคราะห์แสงสุทธิเฉลี่ย(A), $\mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ | 1.24 | 1.11 | 0.75 | 1.25 | 0.02 | 0.08 | 0.60 | 0.07 | 0.65 | 0.63 |
| อัตราสังเคราะห์แสงสุทธิสูงสุด(A), $\mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ | 3.68 | 3.49 | 2.71 | 3.26 | 1.44 | 1.16 | 2.55 | 2.40 | 2.60 | 2.58 |
| อัตราสังเคราะห์แสงสุทธิต่ำสุด(A), $\mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ | -1.20 | -1.31 | -2.51 | -0.55 | -0.93 | -1.16 | -0.84 | -1.38 | -1.37 | -1.11 |
| อัตราการคายน้ำเฉลี่ย(E), $\text{mmolH}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ | 0.58 | 0.51 | 0.67 | 0.79 | 0.41 | 0.51 | 0.84 | 0.41 | 0.63 | 0.56 |
| อัตราการคายน้ำสูงสุด(E), $\text{mmolH}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ | 1.46 | 1.51 | 1.81 | 1.65 | 0.99 | 1.15 | 2.79 | 1.04 | 1.76 | 1.38 |
| อัตราการคายน้ำต่ำสุด(E), $\text{mmolH}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ | 0.02 | 0.02 | 0.08 | 0.11 | 0.03 | 0.02 | 0.04 | 0.11 | 0.04 | 0.07 |

ตารางที่ 6 (ต่อ)

| พารามิเตอร์ | 22 กรกฎาคม 2548 | | 6 สิงหาคม 2548 | | 27 สิงหาคม 2548 | | 24 กันยายน 2548 | | ค่าเฉลี่ย | |
|------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------|------------------|----------|------------------|----------|-------------------|----------|-----------|----------|
| | ดอกบาน | | ผลอายุ 2 สัปดาห์ | | ผลอายุ 5 สัปดาห์ | | ผลอายุ 13 สัปดาห์ | | | |
| | (ใบอายุ 120 วัน) | | (ใบอายุ 135 วัน) | | (ใบอายุ 155 วัน) | | (ใบอายุ 180 วัน) | | | |
| | กลุ่ม | ไม่กลุ่ม | กลุ่ม | ไม่กลุ่ม | กลุ่ม | ไม่กลุ่ม | กลุ่ม | ไม่กลุ่ม | กลุ่ม | ไม่กลุ่ม |
| | หลังคา | หลังคา | หลังคา | หลังคา | หลังคา | หลังคา | หลังคา | หลังคา | หลังคา | หลังคา |
| | พลาสติก | พลาสติก | พลาสติก | พลาสติก | พลาสติก | พลาสติก | พลาสติก | พลาสติก | พลาสติก | พลาสติก |
| ค่าน้ำไหลปากใบเฉลี่ย(g), $mmolH_2O m^{-2} s^{-1}$ | 30.88 | 25.00 | 38.99 | 42.23 | 18.31 | 20.90 | 29.08 | 15.51 | 29.32 | 25.91 |
| ค่าน้ำไหลปากใบเฉลี่ย(g), $mmolH_2O m^{-2} s^{-1}$ | 70.30 | 52.60 | 78.70 | 73.60 | 39.40 | 52.00 | 72.30 | 49.20 | 65.18 | 56.85 |
| ค่าน้ำไหลปากใบเฉลี่ย(g), $mmolH_2O m^{-2} s^{-1}$ | 2.85 | 2.35 | 6.59 | 13.70 | 2.81 | 2.23 | 3.43 | 6.04 | 3.92 | 6.08 |
| สัดส่วนของความเข้มข้นของ CO_2 ในช่องว่างในใบกับที่อยู่ในอากาศเฉลี่ย(Ci:Ca) | 0.82 | 0.80 | 0.94 | 0.85 | 1.02 | 1.03 | 0.95 | 1.01 | 0.93 | 0.92 |
| สัดส่วนของความเข้มข้นของ CO_2 ในช่องว่างในใบกับที่อยู่ในอากาศสูงสุด(Ci:Ca) | 1.61 | 1.30 | 2.03 | 1.14 | 2.08 | 1.84 | 1.72 | 1.94 | 1.86 | 1.56 |
| สัดส่วนของความเข้มข้นของ CO_2 ในช่องว่างในใบกับที่อยู่ในอากาศต่ำสุด(Ci:Ca) | 0.38 | 0.62 | 0.72 | 0.75 | 0.70 | 0.81 | 0.76 | 0.74 | 0.64 | 0.73 |

ตารางที่ 6 (ต่อ)

| พารามิเตอร์ | 22 กรกฎาคม 2548 | | 6 สิงหาคม 2548 | | 27 สิงหาคม 2548 | | 24 กันยายน 2548 | | ค่าเฉลี่ย | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| | ดอกบาน (ใบอายุ 120 วัน) | | ผลอายุ 2 สัปดาห์ (ใบอายุ 135 วัน) | | ผลอายุ 5 สัปดาห์ (ใบอายุ 155 วัน) | | ผลอายุ 13 สัปดาห์ (ใบอายุ 180 วัน) | | | |
| | กลุ่ม หลังคา พลาสติก | ไม่กลุ่ม หลังคา พลาสติก | กลุ่ม หลังคา พลาสติก | ไม่กลุ่ม หลังคา พลาสติก | กลุ่ม หลังคา พลาสติก | ไม่กลุ่ม หลังคา พลาสติก | กลุ่ม หลังคา พลาสติก | ไม่กลุ่ม หลังคา พลาสติก | กลุ่ม หลังคา พลาสติก | ไม่กลุ่ม หลังคา พลาสติก |
| สัดส่วนระหว่าง A ต่อ E เฉลี่ย(A:E), $\mu\text{molCO}_2 \text{ mmol}^{-1}\text{H}_2\text{O}$ | 2.22 | 2.16 | 1.32 | 1.59 | 0.09 | 0.20 | 0.74 | 0.12 | 1.09 | 1.02 |
| สัดส่วนระหว่าง A ต่อ E สูงสุด(A:E), $\mu\text{molCO}_2 \text{ mmol}^{-1}\text{H}_2\text{O}$ | 19.12 | 10.75 | 8.79 | 5.95 | 5.83 | 3.41 | 2.47 | 4.18 | 9.05 | 6.07 |
| สัดส่วนระหว่าง A ต่อ E ต่ำสุด(A:E), $\mu\text{molCO}_2 \text{ mmol}^{-1}\text{H}_2\text{O}$ | -20.05 | -8.34 | -20.33 | -2.58 | -20.68 | -16.43 | -14.48 | -13.14 | -18.89 | -10.12 |

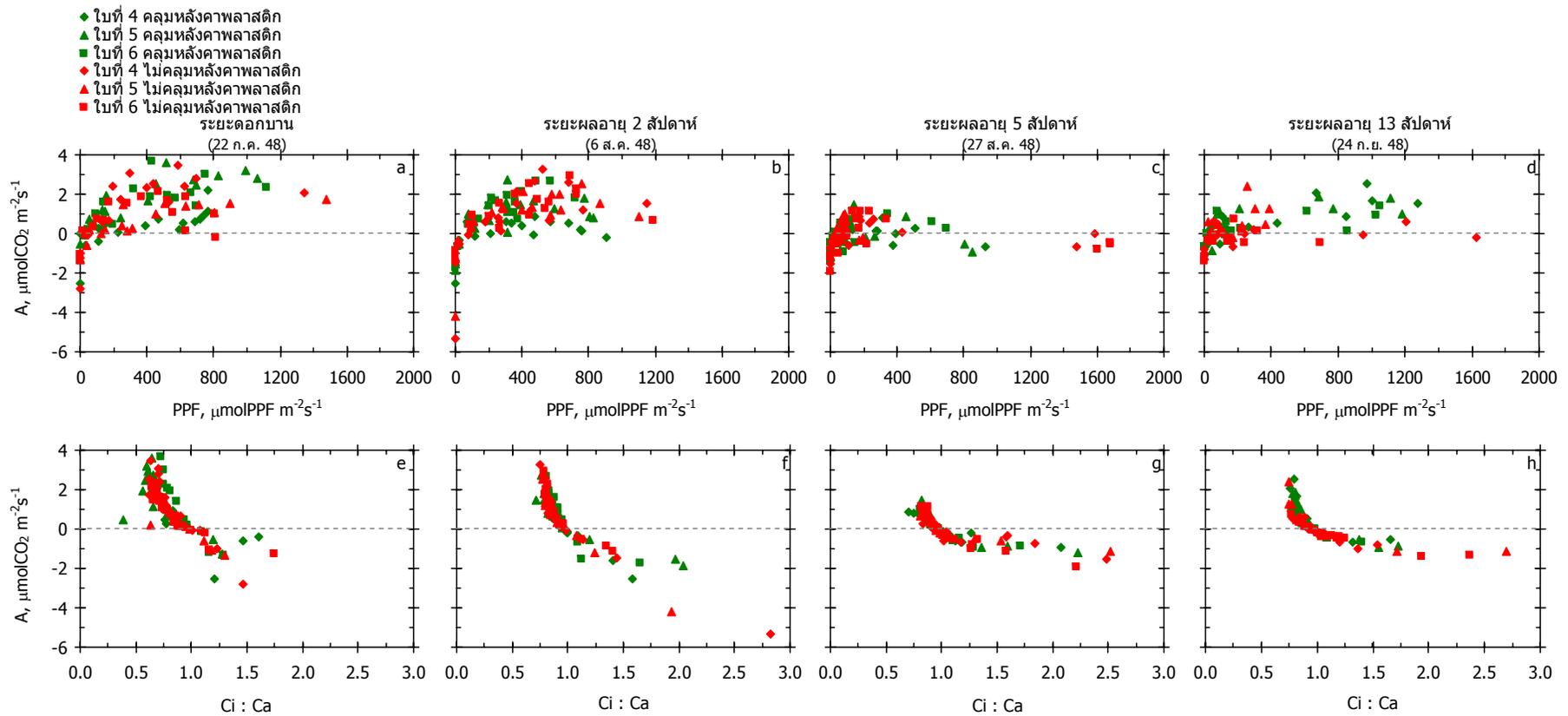
2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราสังเคราะห์แสงสุทธิกับปัจจัยควบคุม

กระบวนการสังเคราะห์แสงจะถูกจำกัดด้วยปัจจัย 3 ประการ คือ ความเข้มแสง คำนวณไหลปากใบ และกระบวนการทางชีวเคมีที่เปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์ไปเป็นสารประกอบคาร์บอน

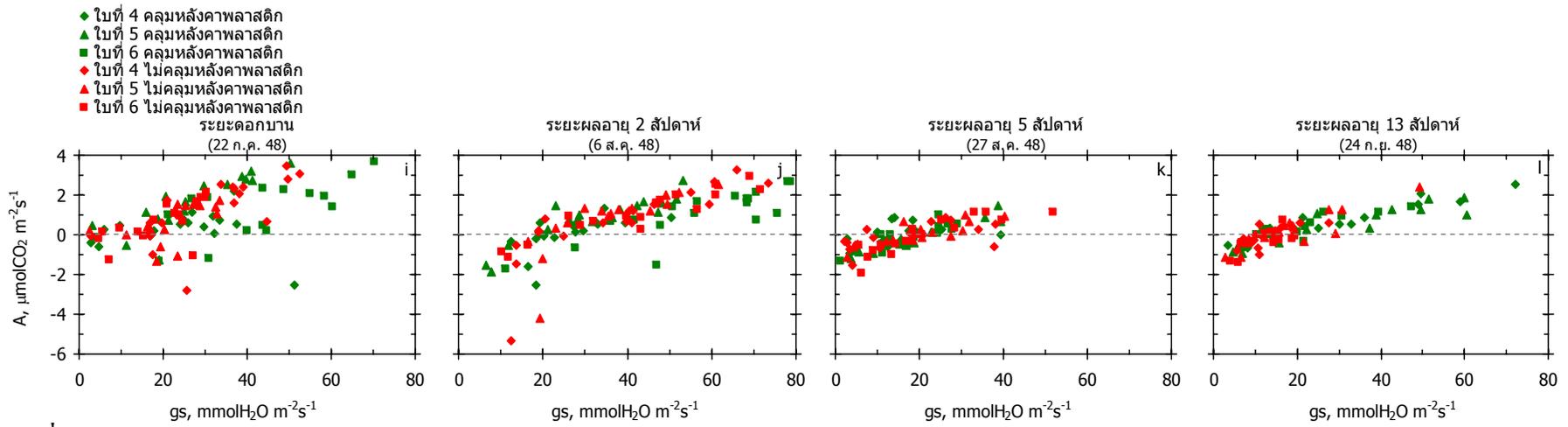
ปัจจัยแรกคือความสัมพันธ์ระหว่างอัตราสังเคราะห์แสงสุทธิ(A) กับความเข้มแสง (PPF) (ภาพที่ 9a-9d) พบว่าในระยะดอกบานและระยะผลอายุ 2 สัปดาห์ อัตราสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้นตามความเข้มแสง จนกระทั่งความเข้มแสงประมาณ $600 \mu\text{molPPF m}^{-2} \text{s}^{-1}$ อัตราสังเคราะห์แสงสุทธิไม่เพิ่มขึ้นแม้ว่าความเข้มแสงจะเพิ่มขึ้นก็ตาม ดังเช่นรายงานของเจษฎา (2540) ที่กล่าวว่า ไบมะม่วงมีค่าอัตราสังเคราะห์แสงสุทธิอิมตัวที่ความเข้มแสงประมาณ $600\text{-}800 \mu\text{molPPF m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ส่วนในระยะผลอายุ 5 สัปดาห์กับระยะผลอายุ 13 สัปดาห์ อัตราสังเคราะห์แสงสุทธิเพิ่มขึ้นจนมีความเข้มแสงประมาณ $400 \mu\text{molPPF m}^{-2} \text{s}^{-1}$ พบว่าที่ความเข้มแสงเท่ากันไบมะม่วงในสภาพคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติกมีอัตราสังเคราะห์แสงสุทธิใกล้เคียงกัน

ปัจจัยที่สองคือความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัดส่วนของความเข้มข้นของ CO_2 ในช่องว่างในใบกับที่อยู่ในอากาศ($\text{C}_i:\text{C}_a$) กับอัตราสังเคราะห์แสงสุทธิ(A) พบว่าเมื่อค่า A เพิ่มขึ้น ค่า $\text{C}_i:\text{C}_a$ ลดลง แสดงว่า CO_2 ถูกนำไปใช้ในการสังเคราะห์แสง ทำให้มีปริมาณ CO_2 ในช่องว่างภายในใบต่ำ และมีอัตราสังเคราะห์แสงสุทธิสูง ในขณะที่ค่า $\text{C}_i:\text{C}_a$ เท่ากันไบมะม่วงในสภาพคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติกมีอัตราสังเคราะห์แสงสุทธิที่ใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 9e-9h)

ปัจจัยสุดท้ายคือค่านำไหลปากใบ(g_s) กับอัตราสังเคราะห์แสงสุทธิ (ภาพที่ 9i-9l) อัตราสังเคราะห์แสงสุทธิเพิ่มขึ้นเมื่อค่านำไหลปากใบเพิ่มขึ้น และเห็นได้ว่าอัตราสังเคราะห์แสงสุทธิเพิ่มขึ้นเกือบเป็นเส้นตรงเมื่อค่านำไหลปากใบเพิ่มขึ้น แสดงว่าอัตราสังเคราะห์แสงสุทธิถูกควบคุมด้วยค่านำไหลปากใบเป็นอย่างมาก



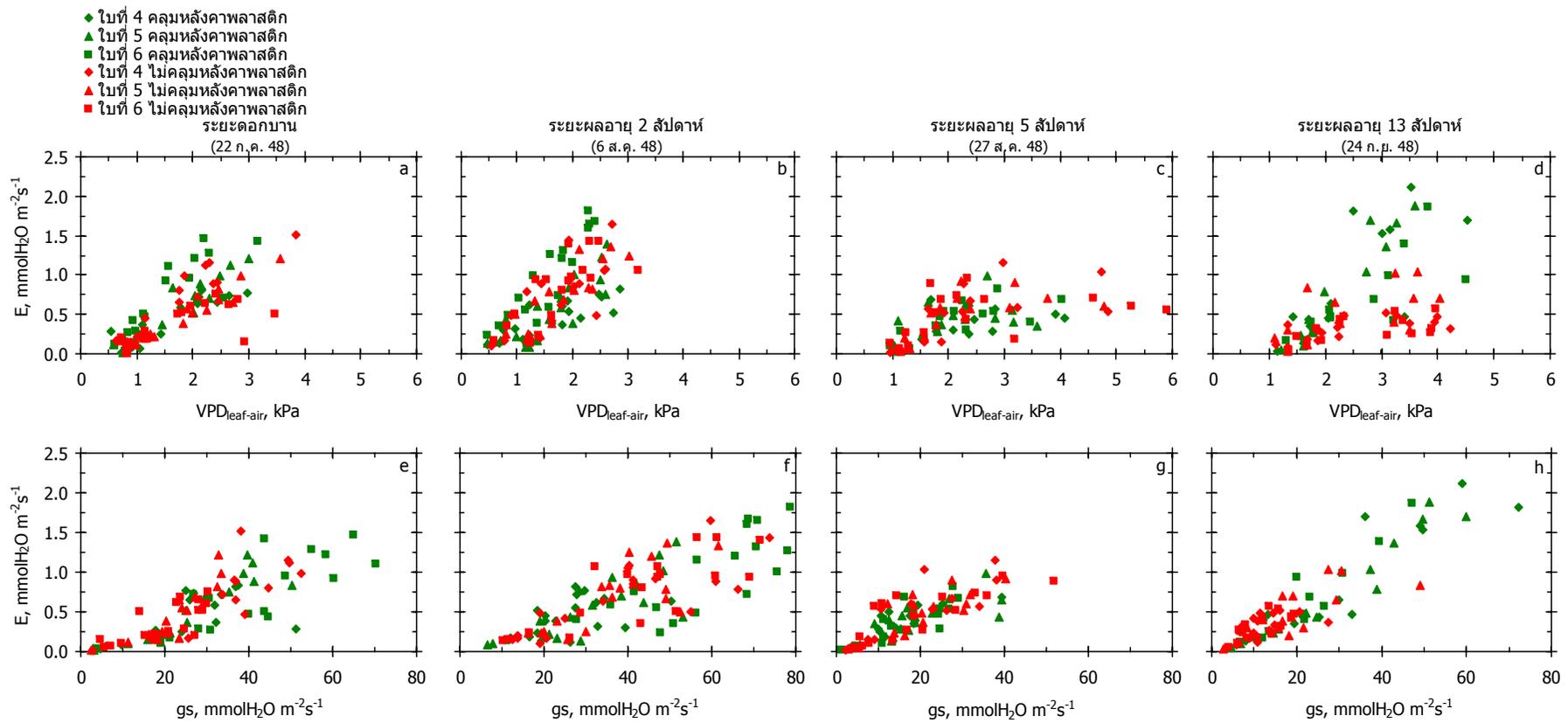
ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราสังเคราะห์แสงสุทธิ(A) และปัจจัยควบคุม; a-d) ความเข้มแสง(PPF); e-h) ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในช่องว่างภายในใบ(Ci) และ i-l) ค่านำไหลปากใบ(g_s) ของมะม่วง



ภาพที่ 9 (ต่อ)

2.9 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการคายน้ำและปัจจัยควบคุม

อัตราการคายน้ำ(E) ในพืชถูกควบคุมด้วยปัจจัยหลัก 2 ประการคือ ค่าน้ำไหลปากใบ(g_s) และแรงขับเคลื่อนของอัตราการคายน้ำที่เรียกว่าแรงดึงคายน้ำ($VPD_{leaf-air}$) ซึ่งอัตราการคายน้ำแสดงในภาพที่ 10a-10d พบว่าอัตราการคายน้ำเพิ่มขึ้นตามแรงดึงคายน้ำที่เพิ่มขึ้นจนถึงระดับประมาณ 2.5 kPa หลังจากนั้นเมื่อแรงดึงคายน้ำเพิ่มขึ้นอัตราการคายน้ำมีค่าลดลง เนื่องจากปากใบถูกชักนำโดยค่าแรงดึงคายน้ำที่สูงถึงจุดวิกฤตให้ปากใบปิดแคบลง ที่จุดนี้ค่าน้ำไหลปากใบเป็นตัวกำหนดอัตราการคายน้ำแทน ในสภาพอากาศที่แห้งรุนแรงและค่าแรงดึงคายน้ำสูง ปากใบจะปิดแคบลงเพื่อลดอัตราการคายน้ำ ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการคายน้ำกับค่าน้ำไหลปากใบจะเห็นว่าอัตราการคายน้ำเพิ่มขึ้นเกือบเป็นเส้นตรงตามค่าน้ำไหลปากใบที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 10e-10h) ค่าน้ำไหลปากใบเป็นค่าที่ขึ้นกับสภาพอากาศซึ่งพืชไม่สามารถกำหนดได้ ใบพืชจึงต้องมีกลไกควบคุมการสูญเสียน้ำโดยการปิดปากใบแคบลง

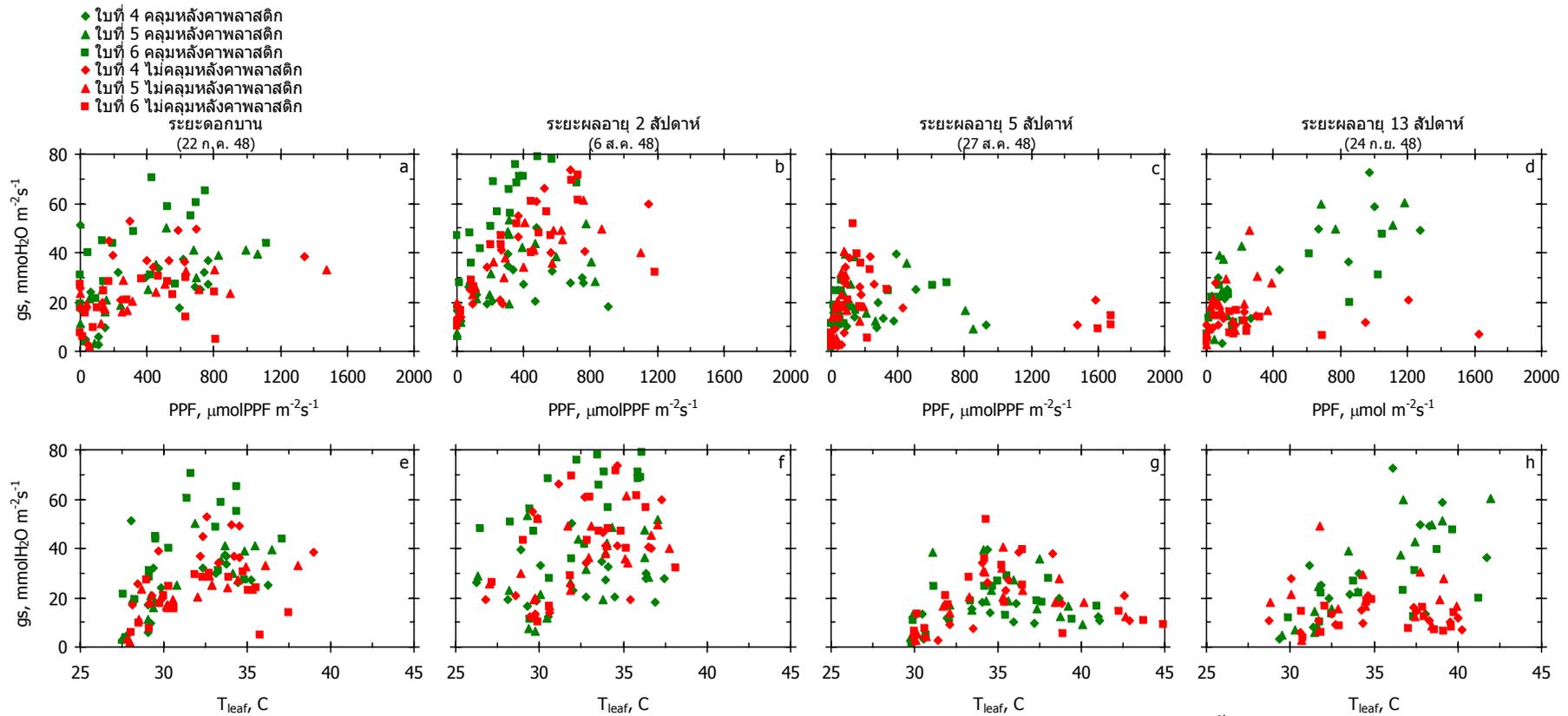


ภาพที่ 10 อัตราคายน้ำ(E_t) ที่ถูกควบคุมโดย a-d) ค่าแรงดึงคายน้ำ($VPD_{leaf-air}$) และ e-h) ค่านำไหลดปากใบ(g_s) ของใบมะม่วง

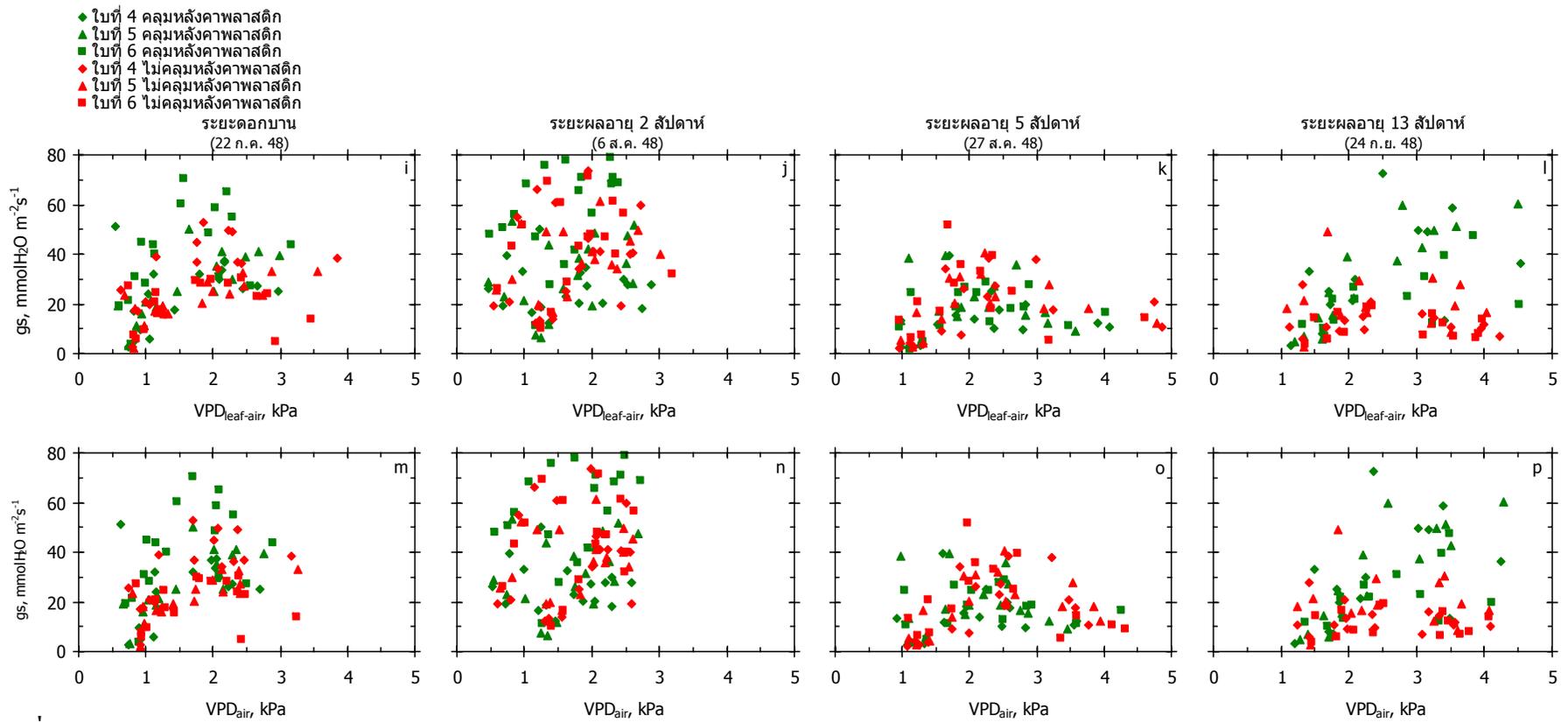
2.10 ปัจจัยที่กระทบกับค่าน้ำไหลปากใบ

พิจารณาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าน้ำไหลปากใบเพื่อประเมินระดับวิกฤติที่ชักนำไปให้ปากใบปิดแคบลง โดยปัจจัยที่มีผลต่อการเปิดและปิดปากใบของมะม่วง ได้แก่ ความเข้มแสง(PPF) อุณหภูมิใบ(T_{leaf}) แรงดึงคายน้ำ($VPD_{leaf-air}$) และแรงดึงระเหยน้ำ(VPD_{air})

ความเข้มแสงเป็นตัวชักนำไปให้ปากใบเปิดในช่วงเช้าและปิดแคบลงในช่วงเย็น ความเข้มแสงที่สูงขึ้นจะทำให้อุณหภูมิใบและอุณหภูมิอากาศสูงขึ้น ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศต่ำลง ส่งผลให้แรงดึงคายน้ำและแรงดึงระเหยน้ำมีค่าสูงขึ้น ซึ่งมีผลทำให้ปากใบปิดแคบลง ดังนั้นจะเห็นว่าค่าน้ำไหลปากใบมีค่าสูงขึ้นตามความเข้มแสงในช่วงเช้า แต่หลังจากนั้นเมื่อใบได้รับความเข้มแสงมากกว่า $400 \mu\text{molPPF m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (ภาพที่ 11a-11d) อุณหภูมิใบสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 11e-11h) แรงดึงคายน้ำและแรงดึงระเหยน้ำประมาณ 2.5 kPa (ภาพที่ 11i-11p) จะทำให้ค่าน้ำไหลปากใบลดลง



ภาพที่ 11 ปัจจัยสภาพอากาศที่ควบคุมค่านำไหลปากใบ(g_s ; a-d) ความเข้มแสง(PPF); e-h) อุณหภูมิใบ(T_{leafr}); i-l) แรงดึงคายน้ำ($VPD_{\text{leaf-air}}$) และ m-p) แรงดึงระเหยน้ำ(VPD_{air}) ของใบมะม่วง



ภาพที่ 11 (ต่อ)

3. ประสิทธิภาพการใช้แสง(quantum yield) ในรอบวันของใบมะม่วง

ประเมินประสิทธิภาพการใช้แสงเพื่อวัดการตอบสนองต่อสภาพการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากการคลุมหลังคาพลาสติกให้กับต้นมะม่วง ค่า dark-adapted quantum yield (Φ_{dark}) แสดงถึงสัดส่วนของพลังงานแสงที่ใบพืชดูดกลืนแล้วสามารถนำไปใช้ที่ reaction centers เมื่อ reaction centers อยู่ในสภาพเปิดเต็มที่ หลังจากมีการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนผ่าน PSII สมบูรณ์แล้ว ค่าที่ได้เป็นค่าสูงสุดที่เกิดขึ้น ใบพืชที่มีการเจริญเติบโตตามปกติจะได้ค่าในช่วง 0.80-0.83 (สุนทรและธาดา, 2543) ค่า Φ_{dark} ในระยะดอกบาน ระยะผลอายุ 2 สัปดาห์ ระยะผลอายุ 5 สัปดาห์ และระยะผลอายุ 13 สัปดาห์ ของใบมะม่วงทั้งที่คลุมและไม่คลุมหลังคาพลาสติกมีค่าสูงในช่วงเช้าประมาณ 5 น. ประมาณ 0.73-0.85 และจะค่อย ๆ ลดลงจนมีค่าต่ำสุดในช่วงเวลา 12-13 น. อยู่ที่ประมาณ 0.71-0.76 หลังจากนั้นจะค่อย ๆ มีค่าสูงขึ้นและมีค่า ประมาณ 0.78 - 0.80 ที่เวลา 19 น. (ภาพที่ 12a-12b) แต่ในระยะผลอายุ 5 สัปดาห์ และระยะผลอายุ 13 สัปดาห์ พบว่าค่า Φ_{dark} ของใบที่ไม่คลุมหลังคาพลาสติกลดลงต่ำมากตั้งแต่ช่วง 10-12 น. ประมาณ 0.47 และ 0.66 ตามลำดับ แสดงว่าระบบรับแสงของ PSII ได้รับความเสียหายจากความเข้มแสงที่รุนแรง (ภาพที่ 7c-7d) ทำให้โปรตีน D1 ของ photoreaction ของ PSII เสียหายและไม่สามารถซ่อมแซมได้ทันภายในเวลาที่หนีบใบให้มีค (Maxwell *et al.*, 2000) ซึ่งความเสียหายนี้เรียกว่า photoinhibition แต่ความเสียหายไม่รุนแรงมากเนื่องจากค่า Φ_{dark} กลับมีค่าสูงขึ้นในช่วงเย็น (ภาพที่ 12c-12d) ดังนั้นการคลุมหลังคาพลาสติกจึงสามารถช่วยลดความเสียหายของระบบ PSII เนื่องจากการคลุมหลังคาพลาสติกสามารถลดความเข้มแสงที่ใบมะม่วงได้รับ ค่า F_0 (minimum fluorescence yield) หรือค่าการเรืองแสงต่ำสุดจะสะท้อนถึงประสิทธิภาพของระบบรับแสงหรือ light harvesting complex (LHC) ของ PSII ซึ่งจะมีค่าขึ้นกับปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบที่สามารถดูดซับรังสีแสง(reabsorb) ได้ ถ้าปริมาณคลอโรฟิลล์สูง ค่า F_0 จะต่ำ จากภาพที่ 12e-12h ค่า F_0 ของใบมะม่วงที่อยู่ในระยะเดียวกันทั้งสภาพที่คลุมและไม่คลุมหลังคาพลาสติกจะมีค่า F_0 อยู่ในระดับใกล้เคียงกัน ยกเว้นในระยะผลแก่ใบที่ไม่คลุมหลังคาพลาสติกจะมีค่า F_0 สูงกว่าใบที่คลุมหลังคาพลาสติก อาจเป็นเพราะใบที่ไม่คลุมหลังคาพลาสติกมีอายุมากทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ค่อนข้างต่ำ และเมื่อเปรียบเทียบแต่ละระยะการเจริญของผล พบว่าค่า F_0 อยู่คนละระดับ เนื่องจากในการวัดแต่ละครั้งไม่ได้ใช้ใบชุดเดียวกัน ปริมาณคลอโรฟิลล์จึงต่างกัน ส่วนค่า F_m (maximum total fluorescence yield) หรือค่าการเรืองแสงสูงสุดสะท้อนกระบวนการถ่ายเทพลังงานแสงส่วนเกินในรูปความร้อน ถ้ามีค่าสูงแสดงว่าใบพืชสามารถถ่ายเทพลังงานแสงส่วนเกินในรูปความร้อนได้มาก จากภาพที่ 12i-12l พบว่าในระยะดอกบานและระยะผลอายุ 2 สัปดาห์ ใบมะม่วงทั้งที่คลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติกมีการถ่ายเทพลังงานแสงส่วนเกินในรูปความร้อนได้ใกล้เคียงกัน แต่ในระยะผล

อายุ 5 สัปดาห์ และระยะผลอายุ 13 สัปดาห์ พบว่าใบที่ไม่คลุมหลังคาพลาสติกมีค่า F_m ต่ำ ในช่วงเที่ยงวันที่แดดจัดและอุณหภูมิสูง ทำให้ใบมะม่วงมีประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนได้น้อยลง (ตารางที่ 7)

ค่าประสิทธิภาพการใช้แสงในสภาพได้แสง (ตารางที่ 8) หรือค่า light chlorophyll fluorescence (Φ_{PSII}) เหมือนกับค่า Φ_{dark} แต่ reaction centers ไม่ได้อยู่ในสภาพที่เปิดเต็มที่ เนื่องจากได้รับแสงบางส่วนจากภายนอก ค่า Φ_{PSII} บอกถึงสัดส่วนของ reaction centers ที่สามารถรับอิเล็กตรอนได้ในขณะนั้น ค่า Φ_{PSII} จะเปลี่ยนแปลงตามความเข้มแสงในรอบวัน (ภาพที่ 13a-13h และ 14a-14d) เมื่อความเข้มแสงสูงในช่วงเวลากลางวัน ค่า Φ_{PSII} จะลดต่ำลง คือ สัดส่วนแสงที่ใช้ในกระบวนการ photochemistry เทียบกับปริมาณแสงทั้งหมดที่ใบดูดซับไว้มีค่าลดลง เนื่องจากในสภาพแสง ระบบ PSII จะปิดลง 50 เปอร์เซ็นต์ที่แสงช่วงเที่ยงวัน (Rosenqvist, 2002) ส่งผลให้การระบายแสงส่วนเกินในรูปความร้อนหรือค่าการเรืองแสงสูงสุด (F_m') มีค่าลดลง (ภาพที่ 14i-14l) ส่วนค่าการเรืองแสงต่ำสุด (F) มีค่าไม่ผันแปรตามความเข้มแสง (ภาพที่ 14e-14h)

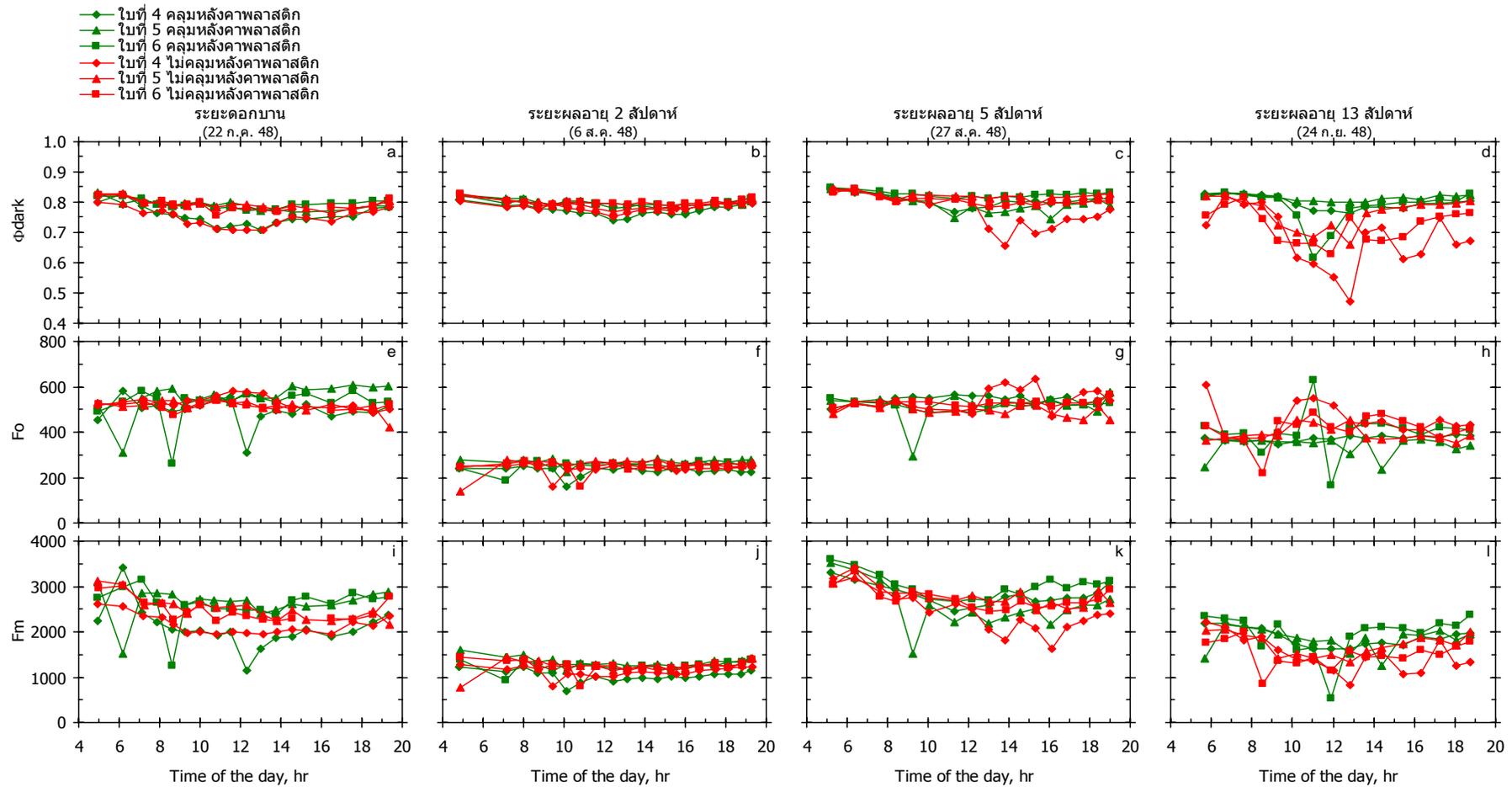
ค่าประสิทธิภาพการใช้แสง (Φ_{PSII}) และความเข้มแสงขณะนั้นใช้คำนวณเป็นอัตราการส่งต่ออิเล็กตรอนของ reaction center (ETR) เพราะฉะนั้น ETR จึงผันแปรโดยตรงกับความเข้มแสงที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 15a-15d) ค่า qP (photochemical quenching) เป็นค่าแสดงถึงสัดส่วนของ electron transport chain ว่ายังเปิดรับอิเล็กตรอนได้อีกเท่าใด ซึ่งจากภาพที่ 15e-15h จะเห็นได้ว่าเมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้น plastoquinone ลดลงอย่างมาก (Yamamoto, 2001; Eva *et al.*, 2003) หมายความว่า ในสภาพที่แสงจัด แสงส่วนนี้แทบไม่ได้ถูกใช้ในกระบวนการของระบบรับแสง เพราะอัตราการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนเป็นตัวจำกัดปฏิกิริยาแสงทั้งหมด และพลังงานแสงส่วนเกินจะถูกระบายออกในรูปความร้อน จึงเห็นค่า NPQ เพิ่มขึ้นตามความเข้มแสงที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 15i-15l)

ตารางที่ 7 ข้อมูลเฉลี่ยที่ได้จากการวัดค่า dark-adapted fluorescence(Φ_{dark}) ของใบมะม่วงทั้ง 4 ครั้ง จากเครื่อง Mini-PAM เปรียบเทียบระหว่างตำรับคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก

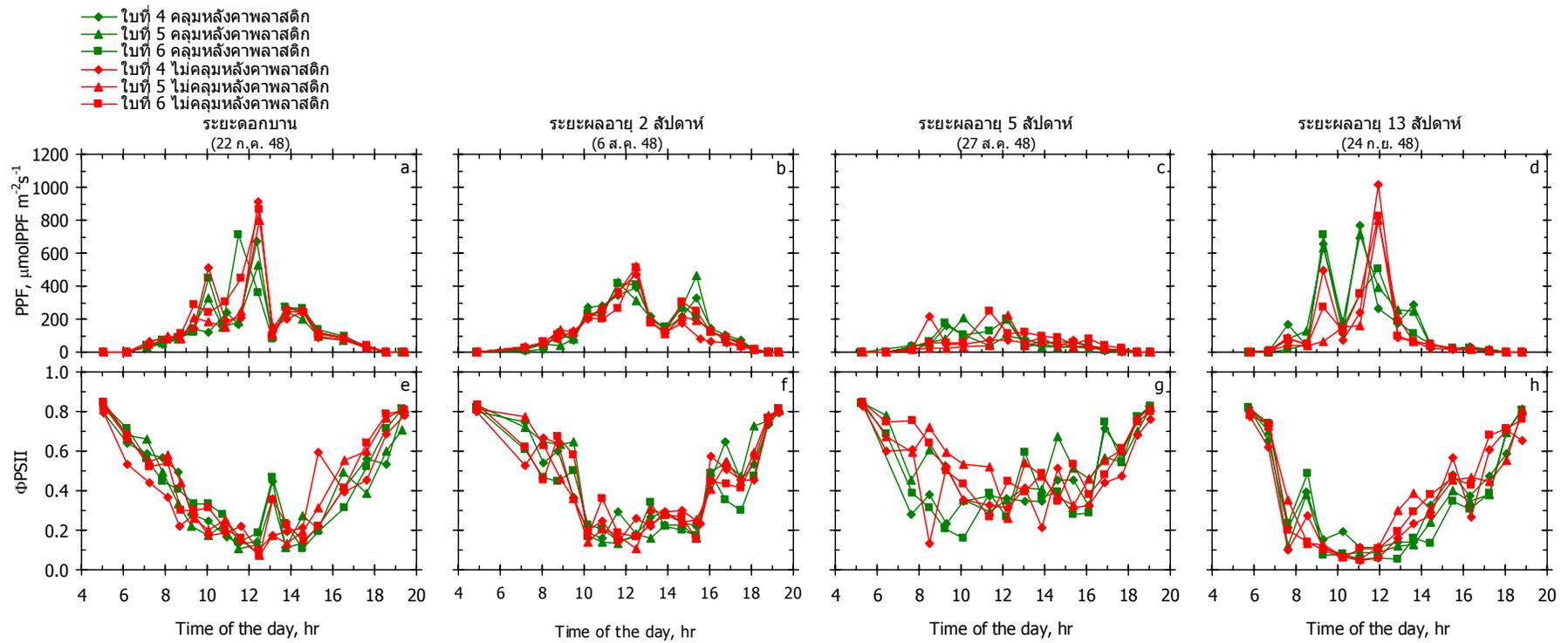
| พารามิเตอร์ | 22 กรกฎาคม 2548 ดอกบาน (ใบอายุ 120 วัน) | | 6 สิงหาคม 2548 ผลอายุ 2 สัปดาห์ (ใบอายุ 135 วัน) | | 27 สิงหาคม 2548 ผลอายุ 5 สัปดาห์ (ใบอายุ 155 วัน) | | 24 กันยายน 2548 ผลอายุ 13 สัปดาห์ (ใบอายุ 180 วัน) | | ค่าเฉลี่ย | |
|----------------------|-----------------------------------------------|-------------------|--------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | คลุม | ไม่คลุม | คลุม | ไม่คลุม | คลุม | ไม่คลุม | คลุม | ไม่คลุม | คลุม | ไม่คลุม |
| | หลังคา พลาสติก | หลังคา พลาสติก | หลังคา พลาสติก | หลังคา พลาสติก | หลังคา พลาสติก | หลังคา พลาสติก | หลังคา พลาสติก | หลังคา พลาสติก | หลังคา พลาสติก | หลังคา พลาสติก |
| Φ_{dark} เฉลี่ย | 0.78 | 0.78 | 0.79 | 0.79 | 0.81 | 0.80 | 0.80 | 0.72 | 0.80 | 0.78 |
| Φ_{dark} สูงสุด | 0.83 | 0.83 | 0.83 | 0.83 | 0.85 | 0.85 | 0.83 | 0.82 | 0.84 | 0.83 |
| Φ_{dark} ต่ำสุด | 0.71 | 0.71 | 0.74 | 0.75 | 0.75 | 0.66 | 0.62 | 0.47 | 0.71 | 0.65 |
| Fo เฉลี่ย | 527 | 520 | 250 | 249 | 525 | 521 | 371 | 417 | 345 | 427 |
| Fo สูงสุด | 606 | 580 | 283 | 276 | 574 | 634 | 632 | 609 | 524 | 525 |
| Fo ต่ำสุด | 264 | 423 | 161 | 138 | 295 | 454 | 163 | 217 | 221 | 308 |
| Fm เฉลี่ย | 2,438 | 2,374 | 1,202 | 1,202 | 2,797 | 2,645 | 1,891 | 1,575 | 2,082 | 1,949 |
| Fm สูงสุด | 3,401 | 3,112 | 1,598 | 1,451 | 3,591 | 3,403 | 2,380 | 2,217 | 2,743 | 2,546 |
| Fm ต่ำสุด | 1,152 | 1,942 | 706 | 765 | 1,523 | 1,630 | 526 | 837 | 977 | 1,294 |

ตารางที่ 8 ข้อมูลเฉลี่ยที่ได้จากการวัดค่า light chlorophyll fluorescence(Φ PSII) ของใบมะม่วงทั้ง 4 ครั้ง จากเครื่อง Mini-PAM เปรียบเทียบระหว่างตำรับ
 กลุ่มหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก

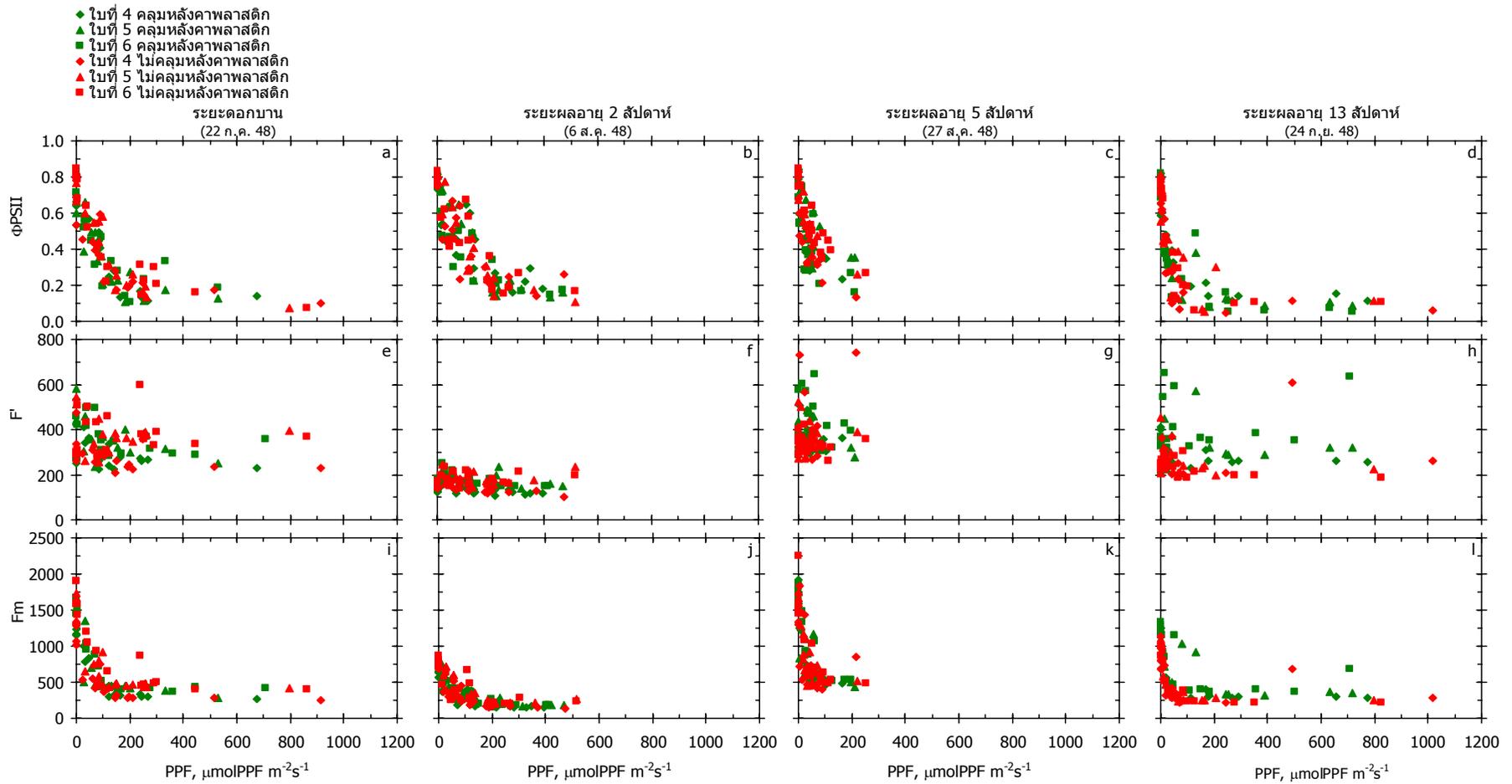
| พารามิเตอร์ | 22 กรกฎาคม 2548 ดอกบาน (ใบอายุ 120 วัน) | | 6 สิงหาคม 2548 ผลอายุ 2 สัปดาห์ (ใบอายุ 135 วัน) | | 27 สิงหาคม 2548 ผลอายุ 5 สัปดาห์ (ใบอายุ 155 วัน) | | 24 กันยายน 2548 ผลอายุ 13 สัปดาห์ (ใบอายุ 180 วัน) | | ค่าเฉลี่ย | |
|--------------------|-----------------------------------------------|-------------------|--------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | คลุม | ไม่คลุม | คลุม | ไม่คลุม | คลุม | ไม่คลุม | คลุม | ไม่คลุม | คลุม | ไม่คลุม |
| | หลังคา พลาสติก | หลังคา พลาสติก | หลังคา พลาสติก | หลังคา พลาสติก | หลังคา พลาสติก | หลังคา พลาสติก | หลังคา พลาสติก | หลังคา พลาสติก | หลังคา พลาสติก | หลังคา พลาสติก |
| PPF เฉลี่ย | 139 | 166 | 144 | 134 | 49 | 48 | 157 | 121 | 122 | 117 |
| PPF สูงสุด | 710 | 913 | 467 | 517 | 210 | 251 | 772 | 1,018 | 540 | 675 |
| PPF ต่ำสุด | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Φ PSII เฉลี่ย | 0.40 | 0.41 | 0.44 | 0.44 | 0.51 | 0.53 | 0.35 | 0.37 | 0.43 | 0.44 |
| Φ PSII สูงสุด | 0.83 | 0.84 | 0.83 | 0.83 | 0.85 | 0.84 | 0.82 | 0.81 | 0.83 | 0.83 |
| Φ PSII ต่ำสุด | 0.11 | 0.07 | 0.13 | 0.11 | 0.16 | 0.13 | 0.05 | 0.05 | 0.11 | 0.09 |



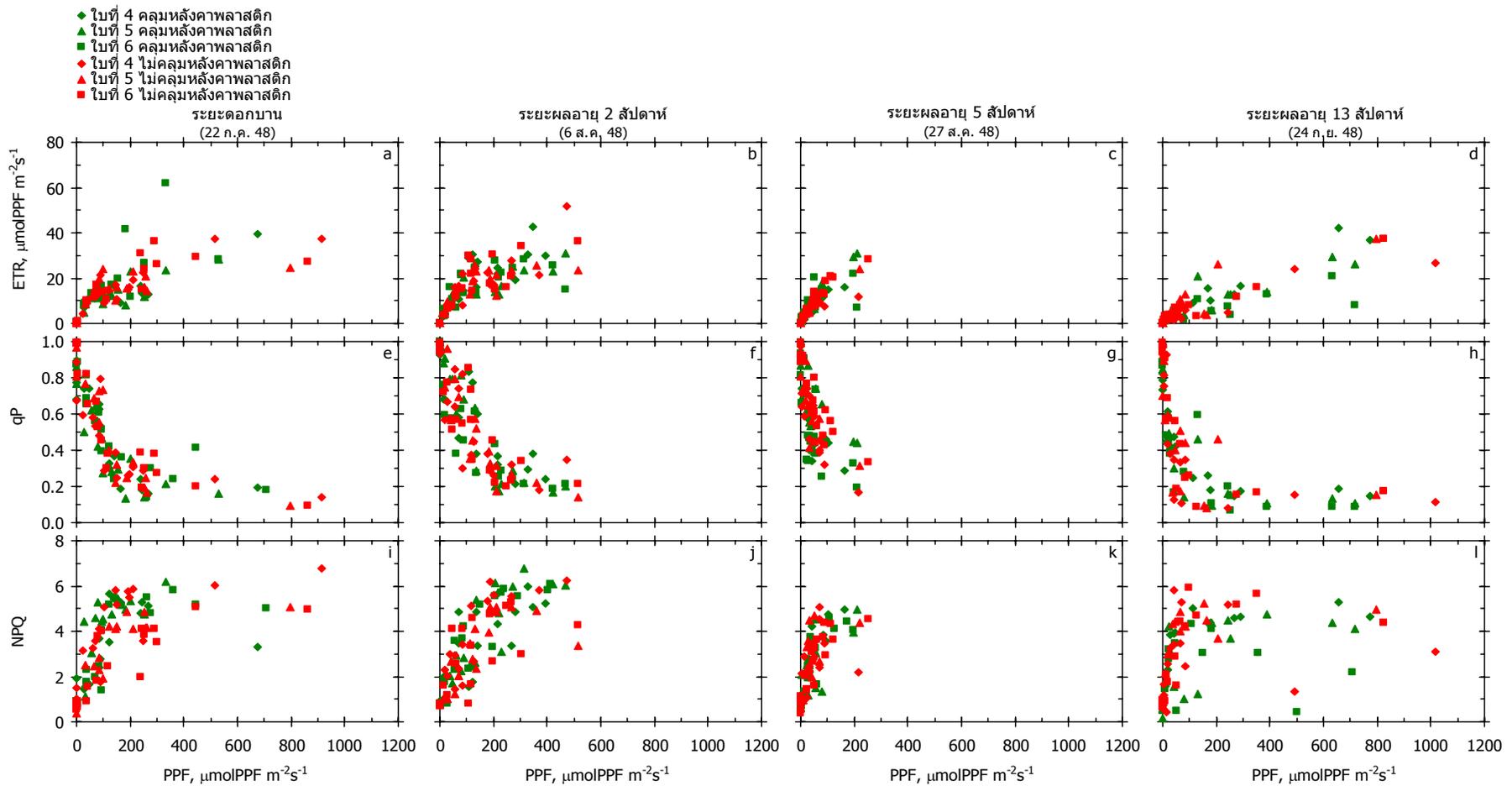
ภาพที่ 12 dark-adapted quantum yield ของใบมะม่วง; a-d) quantum yield(Φ_{dark}); e-h) minimum fluorescence yield(F_o) และ i-l) maximum total fluorescence(F_m)



ภาพที่ 13 a-d) ความเข้มแสงที่เปลี่ยนแปลงในรอบวัน(PPF) และ e-h) light quantum yield(ΦPSII) ที่เปลี่ยนแปลงในรอบวัน



ภาพที่ 14 light chlorophyll fluorescence ของใบมะม่วง; a-d) light quantum yield(ΦPSII); e-h) minimum quantum yield(F) และ i-l) maximum total quantum yield(F_m')



ภาพที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง(PPF) กับ a-d) electron transport rate(ETR); e-h) photochemical quenching(qP) และ i-l) non-photochemical quenching(NPQ)

4. การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้าง(total non-structural carbohydrates; TNC)

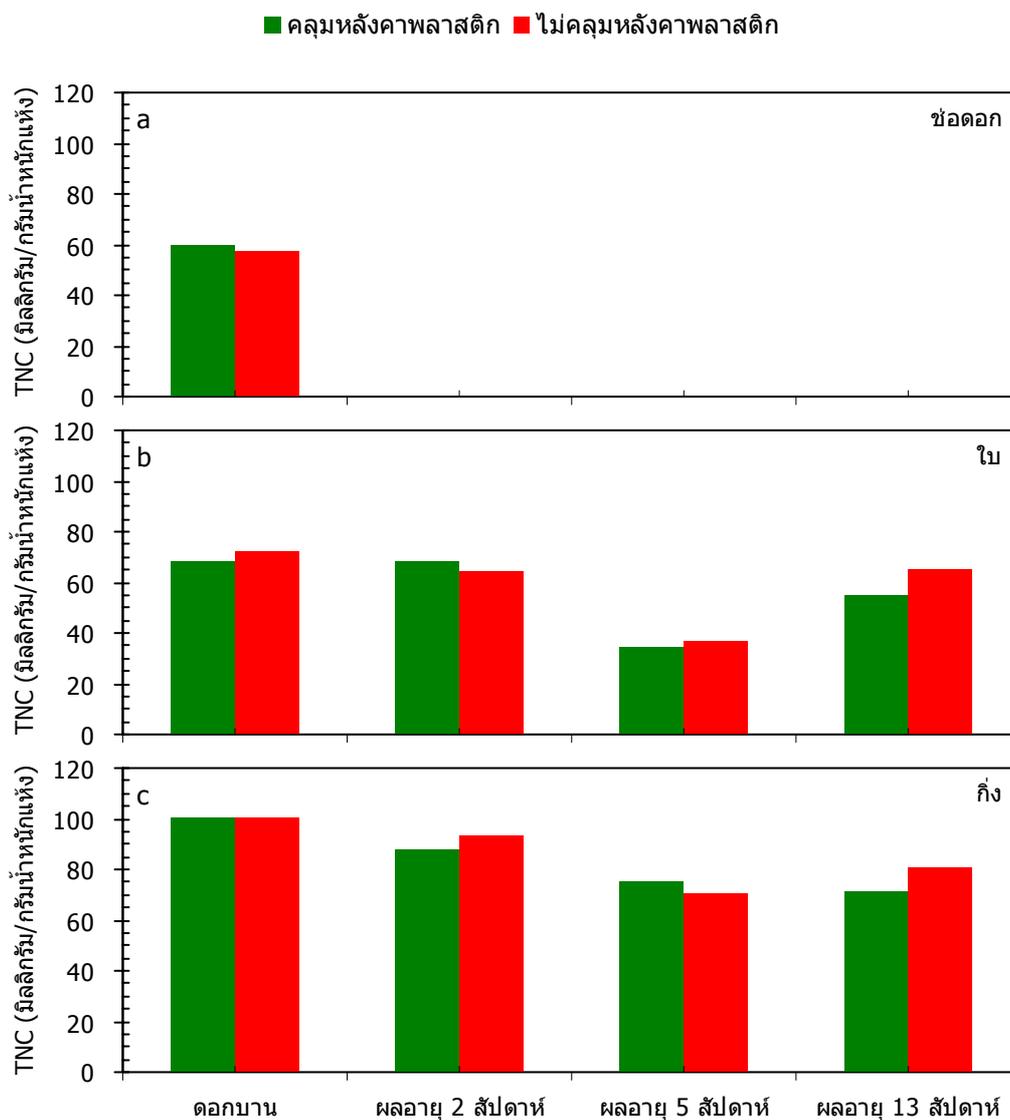
มะม่วงที่มีปริมาณ TNC สูงมักจะให้ผลผลิตสูง คุณภาพดี และมีความหวานสูง (อัศจรีย์ และคณะ, 2543) เนื่องจากการพัฒนาของผลจะใช้คาร์โบไฮเดรตจากการสังเคราะห์แสงร่วมกับ คาร์โบไฮเดรตที่สะสมไว้ ในช่วงที่มะม่วงมีการออกดอกและติดผล พบว่า 25-48 เปอร์เซ็นต์ ของ คาร์โบไฮเดรตที่ผลิตขึ้นจากการสังเคราะห์ด้วยแสงในขณะนั้น จะเคลื่อนที่จากกิ่งยอดที่มีการออก ดอกไปยังช่อดอก ผลอ่อน และส่วนของกิ่ง (Chauhan and Pondey, 1984) สำหรับคาร์โบไฮเดรตที่ สะสมในรูปแป้ง Davies *et al.*, (1995) รายงานว่า มะม่วงพันธุ์ 'Sensation' จะมีปริมาณแป้งในส่วน ของเนื้อไม้ ยอด ราก และใบลดลง เมื่อผลกำลังเจริญและพัฒนา โดยแป้งจะถูกสลายเป็นกลูโคส ซึ่งกลูโคสบางส่วนจะถูกเปลี่ยนเป็นซูโครสเพื่อเคลื่อนย้ายไปยังส่วนที่กำลังเจริญเติบโต

จากการวิเคราะห์ปริมาณ TNC ตั้งแต่เริ่มทำการทดลองซึ่งต้นมะม่วงอยู่ในระยะดอกบาน พบว่าทั้งต้นที่คลุมและไม่คลุมหลังคาพลาสติกมีปริมาณ TNC ในใบ กิ่งยอด และช่อดอกใกล้เคียง กัน จึงใช้ปริมาณ TNC ที่วิเคราะห์ได้นี้เป็นดัชนีเบื้องต้นในการประเมินความสมบูรณ์ของต้น มะม่วงเมื่อเริ่มทำการทดลองว่าต้นมะม่วงที่ใช้ทดลองทั้งต้นที่คลุมและไม่คลุมหลังคาพลาสติกมี ความสมบูรณ์ของต้นใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 16)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TNC ในใบพบว่ามีปริมาณลดลงเรื่อย ๆ ตั้งแต่ดอกบานจน กระทั่งผลอายุ 5 สัปดาห์ และปริมาณเพิ่มขึ้นในระยะผลอายุ 13 สัปดาห์(ผลแก่) เนื่องจากใบเป็น แหล่งสร้างอาหาร(source) ที่สำคัญ ทำหน้าที่ส่งคาร์โบไฮเดรตที่ได้จากการสังเคราะห์แสงไปให้ ส่วนต่าง ๆ ที่ต้องการใช้อาหาร(sink) การพัฒนาของช่อดอกและผลจำเป็นต้องมีการใช้ คาร์โบไฮเดรตในปริมาณมาก จึงทำให้ปริมาณ TNC ในใบลดลงอย่างมาก เมื่อผลแก่เริ่มมีการ สะสมอาหารทำให้ปริมาณ TNC ในส่วนของใบจึงเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 16)

ปริมาณ TNC ในกิ่งยอดก็มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบเดียวกันกับปริมาณ TNC ในใบ คือมี ปริมาณลดลงเรื่อย ๆ ตั้งแต่ระยะดอกบานจนกระทั่งระยะผลอายุ 5 สัปดาห์ และเริ่มเพิ่มขึ้นอีกครั้ง ในระยะผลอายุ 13 สัปดาห์(ผลแก่) เนื่องจากสาเหตุเดียวกับการลดลงของปริมาณ TNC ในใบ ซึ่ง กิ่งยอดเป็นแหล่งสะสม TNC ที่สำคัญ เมื่อช่อดอกและผลเริ่มมีการพัฒนาจะมีการเปลี่ยนรูป คาร์โบไฮเดรตจากแป้งไปเป็นน้ำตาลและเคลื่อนย้ายไปสู่ช่อดอกและผล (ภาพที่ 16)

ปริมาณ TNC เฉลี่ยรวมทั้งในช่อดอก ใบ และกิ่ง ตั้งแต่ระยะดอกบานจนถึงระยะผลอายุ 13 สัปดาห์มีค่าใกล้เคียงกัน คือ ตำรับคลุมหลังคาพลาสติกมีปริมาณ TNC เฉลี่ยรวมเท่ากับ 68.27 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง และตำรับไม่คลุมหลังคาพลาสติกมีปริมาณ TNC เฉลี่ยรวมเท่ากับ 69.48 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง (ตารางที่ 9)



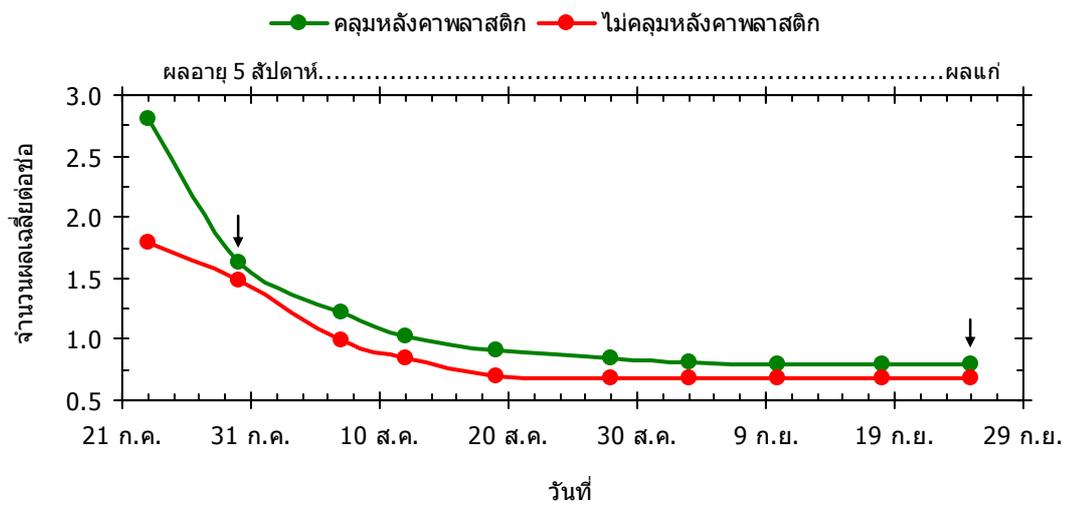
ภาพที่ 16 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้าง (total non-structural carbohydrates; TNC) ของ a) ช่อดอก; b) ใบ และ c) กิ่งยอด

ตารางที่ 9 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างทั้ง 4 ระยะ คือ ระยะดอกบาน ระยะผลอายุ 2 สัปดาห์ ระยะผลอายุ 5 สัปดาห์ และระยะผลอายุ 13 สัปดาห์(ผลแก่) เปรียบเทียบระหว่างตำรับคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก

| ส่วนที่นำมาวิเคราะห์ | ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้าง(มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง) | |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------|
| | คลุมหลังคาพลาสติก | ไม่คลุมหลังคาพลาสติก |
| ระยะดอกบาน | | |
| - ช่อดอก | 59.67 | 57.26 |
| - ใบ | 68.38 | 72.35 |
| - กิ่ง | 100.07 | 100.26 |
| ระยะผลอายุ 2 สัปดาห์ | | |
| - ใบ | 68.35 | 64.51 |
| - กิ่ง | 87.49 | 93.44 |
| ระยะผลอายุ 5 สัปดาห์ | | |
| - ใบ | 34.74 | 36.94 |
| - กิ่ง | 74.94 | 70.53 |
| ระยะผลอายุ 13 สัปดาห์ | | |
| - ใบ | 55.09 | 64.74 |
| - กิ่ง | 71.64 | 80.81 |
| ค่าเฉลี่ยรวม | 68.27 | 69.48 |
| Stdev | 25.04 | 23.61 |

5. การติดผล(fruit set)

ตำรับคลุมหลังคาพลาสติกมีการติดผลมากกว่าตำรับไม่คลุมหลังคาพลาสติกตั้งแต่ระยะผลอายุ 4 สัปดาห์ จนกระทั่งระยะผลอายุ 13 สัปดาห์(ผลแก่) โดยช่วงแรกจะมีการติดผลมาก ในระยะผลอายุ 4 สัปดาห์ ตำรับคลุมหลังคาพลาสติกมีการติดผลเฉลี่ย 2.8 ผล/ช่อ และตำรับไม่คลุมหลังคาพลาสติกมีการติดผลเฉลี่ย 1.8 ผล/ช่อ หลังจากนั้นมีการร่วงของผลอย่างมาก และการร่วงค่อย ๆ คงที่เมื่อผลอายุ 8 สัปดาห์ การร่วงของผลนั้นมีหลายสาเหตุ ได้แก่ การร่วงในระยะแรกจะเกิดในช่วง 3-4 สัปดาห์หลังดอกบาน เป็นการร่วงของผลที่ได้รับการผสมเกสรไม่สมบูรณ์ การร่วงในระยะที่ 2 จะเกิดกับผลที่มีอายุ 3-7 สัปดาห์ ซึ่งจะคาบเกี่ยวกับการร่วงครั้งแรก ระยะนี้เป็นระยะที่มีการร่วงสูงสุด เกิดจากการแย่งอาหารและสารควบคุมการเจริญเติบโตกันในช่อที่มีการติดผลเหมือนกัน การร่วงในระยะที่ 3 ผลมีอายุประมาณ 6-10 สัปดาห์ ระยะนี้จะมีการร่วงของผลค่อนข้างสม่ำเสมอ สาเหตุของการร่วงเกิดจากการแย่งอาหาร น้ำ ตลอดจนสารที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของผลระหว่างที่ผลมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว (วิจิตร, 2529) แต่เมื่อผลมะม่วงมีอายุ 13 สัปดาห์ (ผลแก่) พบว่าทั้งสองตำรับมีการติดผลใกล้เคียงกัน คือตำรับคลุมหลังคาพลาสติกมีการติดผลเฉลี่ย 0.8 ผล/ช่อ และตำรับไม่คลุมหลังคาพลาสติกมีการติดผลเฉลี่ย 0.7 ผล/ช่อ (ภาพที่ 7 และ ตารางที่ 10) ซึ่งการติดผลเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน จะต้องมีการถ่ายละอองเกสรและปฏิสนธิที่เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม รวมทั้งอาหารสะสมในรูปแบบคาร์โบไฮเดรตเพียงพอกับความต้องการในการเจริญเติบโตของผล ดังนั้นการคลุมหลังคาพลาสติกจึงไม่สามารถเพิ่มการติดผลได้



ภาพที่ 17 ผลของการคลุมหลังคาพลาสติกต่อการติดผลเฉลี่ยต่อช่อของมะม่วงน้ำดอกไม้

ตารางที่ 10 ข้อมูลการติดผลเปรียบเทียบระหว่างตำรับคลุมหลังกาพลาสติกและไม่คลุมหลังกาพลาสติก ตั้งแต่ผลอายุ 4 สัปดาห์ ถึง ผลอายุ 13 สัปดาห์(ผลแก่)

| ระยะการเจริญเติบโตของผล | จำนวนผลเฉลี่ยต่อช่อ | |
|-------------------------|---------------------|----------------------|
| | คลุมหลังกาพลาสติก | ไม่คลุมหลังกาพลาสติก |
| ระยะผลอายุ 4 สัปดาห์ | 2.8 | 1.8 |
| ระยะผลอายุ 5 สัปดาห์ | 1.6 | 1.5 |
| ระยะผลอายุ 6 สัปดาห์ | 1.2 | 1.0 |
| ระยะผลอายุ 7 สัปดาห์ | 1.0 | 0.8 |
| ระยะผลอายุ 8 สัปดาห์ | 0.9 | 0.7 |
| ระยะผลอายุ 9 สัปดาห์ | 0.8 | 0.7 |
| ระยะผลอายุ 10 สัปดาห์ | 0.8 | 0.7 |
| ระยะผลอายุ 11 สัปดาห์ | 0.8 | 0.7 |
| ระยะผลอายุ 12 สัปดาห์ | 0.8 | 0.7 |
| ระยะผลอายุ 13 สัปดาห์ | 0.8 | 0.7 |
| Stdev | 14.02 | 9.42 |

6. การเกิดโรคแอนแทรคโนสก่อนเก็บเกี่ยว

6.1 การเกิดโรคแอนแทรคโนสที่ใบ

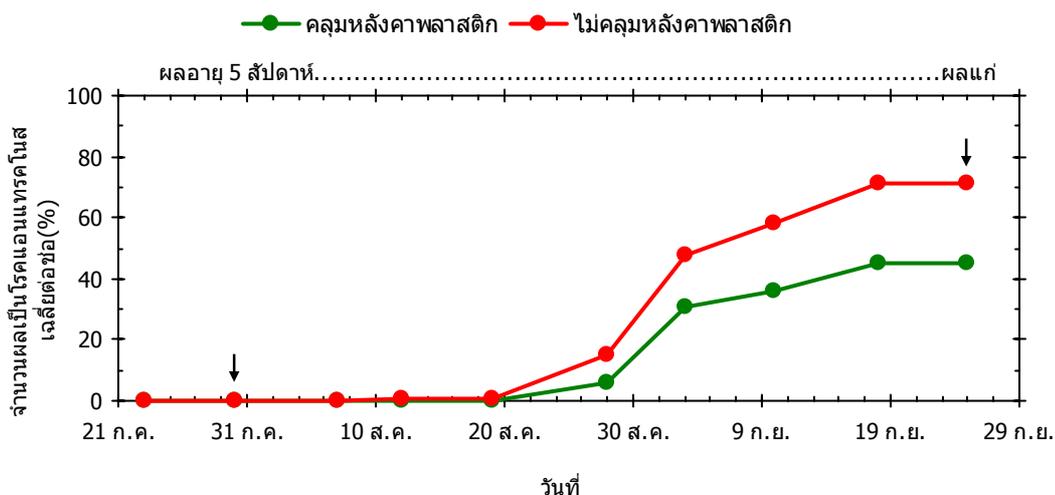
จากการศึกษาการเกิดโรคแอนแทรคโนสที่บริเวณใบและยอดอ่อนตั้งแต่ต้นมะม่วงอยู่ในระยะดอกบานนั้นจนกระทั่งระยะผลแก่ พบว่าทั้งต้นมะม่วงที่คลุมและไม่คลุมหลังคาพลาสติกไม่ปรากฏอาการของโรคแอนแทรคโนสให้เห็นด้วยตาเปล่าทั้งที่บริเวณใบและยอดอ่อน (ไม่ได้แสดงข้อมูล)

6.2 การเกิดโรคแอนแทรคโนสที่ผล

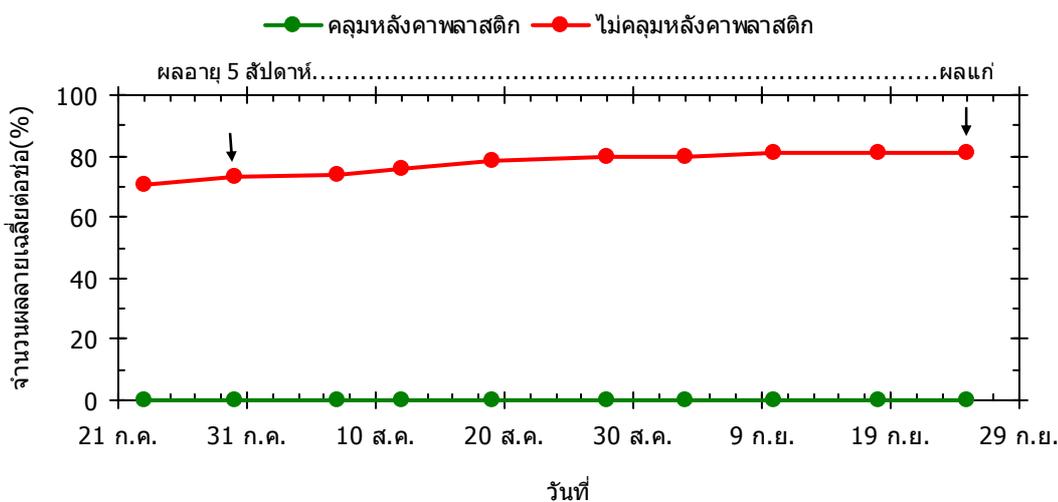
เริ่มเก็บข้อมูลการเกิดโรคแอนแทรคโนสที่ผลเมื่อผลมะม่วงมีอายุ 4 สัปดาห์ พบว่าไม่ปรากฏอาการของโรคแอนแทรคโนสให้เห็นด้วยตาเปล่า จนกระทั่งผลมะม่วงมีอายุ 8 สัปดาห์ ผลมะม่วงจากทั้งดำรับคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติกเริ่มปรากฏอาการของโรคแอนแทรคโนสให้เห็นได้ด้วยตาเปล่า และพบว่าผลมะม่วงที่เป็นโรคแอนแทรคโนสมิ่จำนวนเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงระยะผลอายุ 13 สัปดาห์ (ผลแก่) ซึ่งการเข้าทำลายของเชื้อรา *Collectotrichum gloeosporioides* มีลักษณะการเข้าทำลายแบบแฝง (quiescent infection) เป็นปรากฏการณ์ที่ผลิตผลแสดงความต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อ ช่วงการเข้าทำลายแฝงอาจนานเป็นเดือน สปอร์ของเชื้อรา *Collectotrichum gloeosporioides* จะงอกโดยอาศัยความชื้นจากหยดน้ำที่ติดอยู่ที่ผลอ่อนแล้วงอกเส้นใยและสร้าง appressorium ที่มีลักษณะหนาเกาะที่ผิวแล้วจึงส่ง infection peg แทะผิวผล จากนั้นจึงสร้างเส้นใยเข้าสู่ผิวพืชแต่คงลักษณะนี้อยู่จนถึงระยะที่ผลไม่สุก ทำให้เมื่อผลไม่มีความต้านทานโรคลดลง เมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อ เชื้อก็จะเจริญต่อไปและทำให้เกิดอาการของโรค แต่จากการทดลองนี้พบว่าการคลุมหลังคาพลาสติกสามารถลดเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคแอนแทรคโนสระยะก่อนเก็บเกี่ยวได้ถึง 26.1 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 18 และ ตารางที่ 11) ซึ่งสมศิริ (2528) กล่าวว่าโรคแอนแทรคโนสเกิดจากเชื้อ *Collectotrichum gloeosporioides* เกิดขึ้นได้ในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 10-30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95-97 เปอร์เซ็นต์ เชื้อแพร่ระบาดในระยะไม่ไกลโดยน้ำ และเกิดขึ้นในระยะฝนตก ซึ่งจากการทดลองพบว่าความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิในทรงพุ่มของต้นที่คลุมและไม่คลุมหลังคาพลาสติกใกล้เคียงกันมาก คือ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในทรงพุ่มของต้นมะม่วงที่คลุมหลังคาพลาสติกเท่ากับ 86.6 เปอร์เซ็นต์ ในต้นที่ไม่คลุมหลังคาพลาสติกเท่ากับ 90.4 เปอร์เซ็นต์ และความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดในทรงพุ่มของต้นมะม่วงที่คลุมหลังคาพลาสติกเท่ากับ 94.4 เปอร์เซ็นต์ ในต้นที่ไม่คลุมหลังคาพลาสติกเท่ากับ 97.3

เปอร์เซ็นต์ และพบว่าความเปียกผิวใบในทรงพุ่มของต้นมะม่วงที่คลุมและไม่คลุมหลังคาพลาสติกมีค่าใกล้เคียงกันมาก (ตารางที่ 3) เนื่องจากสภาพโรงเรือนที่คลุมหลังคาพลาสติกมีลักษณะเปิดโล่งด้านข้างทำให้ฝนสามารถสาดเข้าไปภายใต้หลังคาพลาสติกได้ ทำให้ต้นมะม่วงที่คลุมหลังคาพลาสติกยังมีความชื้นสัมพัทธ์และความเปียกผิวใบในทรงพุ่มค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับต้นที่ไม่คลุมหลังคาพลาสติก จึงพบผลที่เป็นโรคแอนแทรคโนสในต้นมะม่วงที่คลุมหลังคาพลาสติก แต่การคลุมหลังคาพลาสติกให้กับต้นมะม่วงสามารถลดการเกิดโรคแอนแทรคโนสได้ถึง 26.1 เปอร์เซ็นต์ อาจเกิดจากการคลุมหลังคาพลาสติกช่วยลดการชะล้างสารเคมีจากน้ำฝนในบริเวณที่น้ำฝนสาดเข้าไม่ถึงในช่วงที่เจ้าของสวนฉีดพ่นสารฆ่าโรคในระหว่างที่ทำการทดลอง ซึ่งช่วงเวลาการฉีดพ่นสารเคมีและการให้น้ำกับต้นมะม่วงแสดงไว้ในตารางผนวกที่ 1 แต่ในการทดลองครั้งนี้ไม่ได้ทำการศึกษาการตกค้างของสารเคมี ดังนั้นควรมีการศึกษาในเรื่องนี้ต่อไป

นอกจากโรคแอนแทรคโนสแล้วยังพบว่าผลมะม่วงจากตำรับไม่คลุมหลังคาพลาสติกมีลักษณะผลหลายคล้ายขี้กลากตั้งแต่เริ่มติดผลจนถึงผลแก่เนื่องจากถูกเปลวไฟเข้าทำลาย ในขณะที่ผลมะม่วงจากตำรับคลุมหลังคาพลาสติกไม่ปรากฏลักษณะผลหลายจากการเข้าทำลายของเปลวไฟให้เห็น เปลวไฟซึ่งเป็นแมลงประเภทปากดูดทำลาย มีขนาดเล็กมาก (ประเสริฐ, 2548) ทั้งระยะตัวอ่อนและตัวแก่จะดูดกินน้ำเลี้ยงตามส่วนต่าง ๆ ของมะม่วงที่มีลักษณะอ่อนนุ่ม หรือบริเวณที่แตกใหม่ การเข้าทำลายในระยะผลอ่อนทำให้ผิวผลอ่อนเป็นสีกร้านออกสีน้ำตาล มีลักษณะคล้ายขี้กลาก (เกียรติเกษตร, 2547) จากการทดลองพบว่าการคลุมหลังคาพลาสติกสามารถป้องกันการเข้าทำลายของเปลวไฟได้ 100 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 19 และ ตารางที่ 12) เนื่องจากธรรมชาติของเปลวไฟจะไปบินลงจากด้านบนแต่จะไม่บินเข้าทางด้านข้าง



ภาพที่ 18 ผลของการคลุมหลังคาพลาสติกต่อเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคแอนแทรกโนสที่ผลตั้งแต่ระยะเริ่มติดผลจนถึงระยะเก็บเกี่ยว



ภาพที่ 19 ผลของการคลุมหลังคาพลาสติกต่อผลที่ถูกเพลิงไฟฟ้าทำลาย (%) ตั้งแต่ระยะเริ่มติดผลจนถึงระยะเก็บเกี่ยว

ตารางที่ 11 จำนวนผลเป็นโรคแอนแทรกโนสเฉลี่ยต่อช่อ(%) เปรียบเทียบระหว่างตำรับคลุม
หลังกาพลาสติกและไม่คลุมหลังกาพลาสติก ตั้งแต่ระยะผลอายุ 4 สัปดาห์ ถึง ผลอายุ
13 สัปดาห์(ผลแก่)

| ระยะการเจริญเติบโตของผล | จำนวนผลเป็นโรคแอนแทรกโนสเฉลี่ยต่อช่อ(%) | |
|-------------------------|-----------------------------------------|----------------------|
| | คลุมหลังกาพลาสติก | ไม่คลุมหลังกาพลาสติก |
| ระยะผลอายุ 4 สัปดาห์ | 0.00 | 0.00 |
| ระยะผลอายุ 5 สัปดาห์ | 0.00 | 0.00 |
| ระยะผลอายุ 6 สัปดาห์ | 0.00 | 0.00 |
| ระยะผลอายุ 7 สัปดาห์ | 0.00 | 0.63 |
| ระยะผลอายุ 8 สัปดาห์ | 0.00 | 0.83 |
| ระยะผลอายุ 9 สัปดาห์ | 5.78 | 15.31 |
| ระยะผลอายุ 10 สัปดาห์ | 30.59 | 47.87 |
| ระยะผลอายุ 11 สัปดาห์ | 36.00 | 58.31 |
| ระยะผลอายุ 12 สัปดาห์ | 45.15 | 71.25 |
| ระยะผลอายุ 13 สัปดาห์ | 45.15 | 71.25 |
| Stdev | 21.85 | 33.25 |

ตารางที่ 12 จำนวนผลถูกเพลิงไฟทำลายต่อการติดผลทั้งหมด(%) เปรียบเทียบระหว่างตำรับ
 กลุ่มหลังคาพลาสติกและไม่กลุ่มหลังคาพลาสติก ตั้งแต่ผลอายุ 4 สัปดาห์ ถึง ผลอายุ
 13 สัปดาห์(ผลแก่)

| ระยะการเจริญเติบโตของผล | จำนวนผลถูกเพลิงไฟทำลายเฉลี่ยต่อข้อ(%) | |
|-------------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| | กลุ่มหลังคาพลาสติก | ไม่กลุ่มหลังคาพลาสติก |
| ระยะผลอายุ 4 สัปดาห์ | 0.00 | 70.39 |
| ระยะผลอายุ 5 สัปดาห์ | 0.00 | 73.15 |
| ระยะผลอายุ 6 สัปดาห์ | 0.00 | 73.71 |
| ระยะผลอายุ 7 สัปดาห์ | 0.00 | 75.54 |
| ระยะผลอายุ 8 สัปดาห์ | 0.00 | 79.82 |
| ระยะผลอายุ 9 สัปดาห์ | 0.00 | 79.55 |
| ระยะผลอายุ 10 สัปดาห์ | 0.00 | 79.55 |
| ระยะผลอายุ 11 สัปดาห์ | 0.00 | 81.15 |
| ระยะผลอายุ 12 สัปดาห์ | 0.00 | 81.15 |
| ระยะผลอายุ 13 สัปดาห์ | 0.00 | 81.15 |
| Stdev | 0.00 | 12.16 |

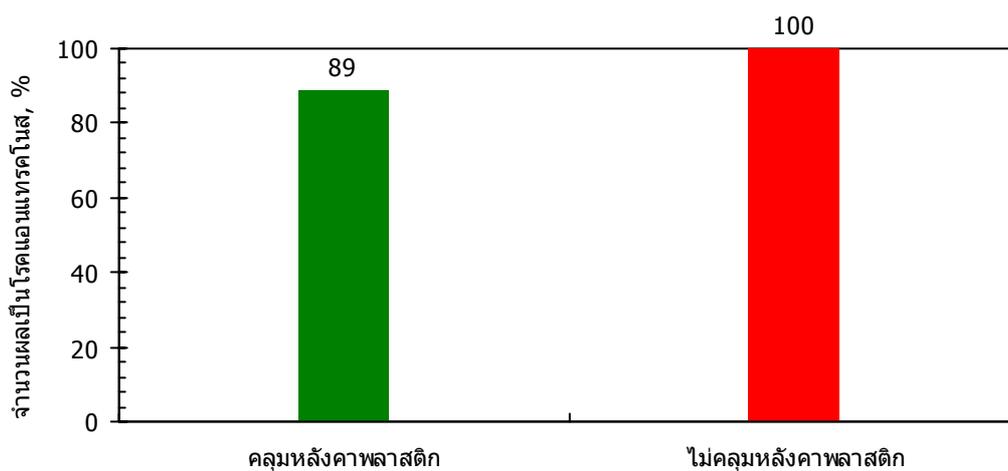
7. การเกิดโรคแอนแทรคโนสหลังเก็บเกี่ยว

7.1 การเกิดโรคแอนแทรคโนสที่ผลสุก

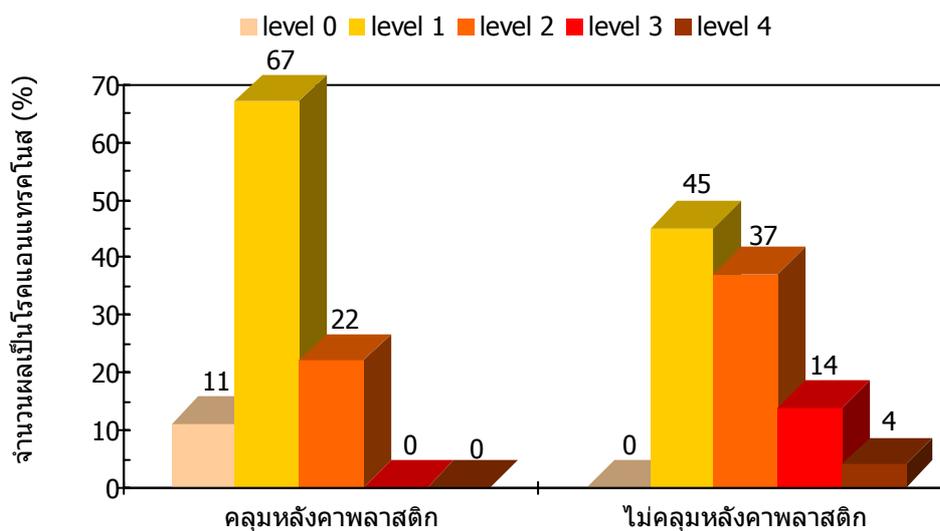
การเกิดโรคแอนแทรคโนสที่ผลสุกพบว่าผลมะม่วงจากทั้ง 2 ตำบลปรากฏอาการของโรคแอนแทรคโนสมีลักษณะผลเน่าเป็นจุดสีดำให้เห็น แต่ตำบลชุมหลังคาพลาสติกมีจำนวนผลสุกที่ปรากฏอาการของโรคแอนแทรคโนสน้อยกว่าตำบลไม้คลุมหลังคาพลาสติก คือ ตำบลชุมหลังคาพลาสติกมีจำนวนผลสุกที่เป็นโรคแอนแทรคโนสจำนวน 89 ผล ในขณะที่ตำบลไม้คลุมหลังคาพลาสติกมีจำนวนผลสุกที่เป็นโรคแอนแทรคโนสทั้ง 100 ผล ดังนั้นการทดลองคลุมหลังคาพลาสติกครั้งนี้จึงสามารถลดเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคแอนแทรคโนสในระยะผลสุกได้ถึง 11 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 20 และ ตารางที่ 13)

7.2 ระดับความรุนแรงของผลเน่า

พบว่าผลมะม่วงจนสุกทั้ง 2 ตำบลปรากฏอาการผลเน่าให้เห็น โดยมีอาการผลเน่าจากโรคแอนแทรคโนสที่มีสาเหตุจากเชื้อรา *Collectotrichum gloeosporioides* และ โรคขั้วผลเน่ามีสาเหตุจากเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* (นิพนธ์, 2542) ผลมะม่วงจากตำบลชุมหลังคาพลาสติกมีระดับความรุนแรงของผลเน่าน้อยกว่าตำบลไม้คลุมหลังคาพลาสติก ซึ่งผลจากตำบลชุมหลังคาพลาสติกมีระดับความรุนแรงของโรคไม่เกินระดับ 2 คือ อาการของโรคปรากฏให้เห็นด้วยตาเปล่าไม่เกิน 50 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ผิวผล ในขณะที่ผลมะม่วงจากตำบลไม้คลุมหลังคาพลาสติกมีระดับความรุนแรงของโรคอยู่ในระดับ 4 คือ อาการของโรคปรากฏให้เห็นด้วยตาเปล่า 76-100 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 21 และ ตารางที่ 14)



ภาพที่ 20 ผลของการคลุมหลังคาพลาสติกต่อการลดจำนวนผลสุกที่เป็นโรคแอนแทรกโนส(%) ในระยะหลังเก็บเกี่ยว



ภาพที่ 21 ผลของการคลุมหลังคาพลาสติกต่อการลดระดับความรุนแรงของผลเน่าที่ผลสุกในระยะหลังเก็บเกี่ยว

ตารางที่ 13 จำนวนผลสุกที่เป็นโรคแอนแทรกโนสเปรียบเทียบระหว่างตำรับคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก

| ตำรับ | จำนวนผลสุกที่เป็นโรคแอนแทรกโนส | Stdev |
|----------------------|--------------------------------|-------|
| คลุมหลังคาพลาสติก | 89 | 15.95 |
| ไม่คลุมหลังคาพลาสติก | 100 | 0 |

ตารางที่ 14 จำนวนผลสุกที่เป็นโรคแอนแทรกโนส แบ่งตามระดับความรุนแรงของโรค 5 ระดับเปรียบเทียบระหว่างผลมะม่วงที่เก็บเกี่ยวจากต้นที่คลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก

| ระดับความรุนแรงของโรค | จำนวนผลสุกที่เป็นโรคแอนแทรกโนส | |
|-----------------------|--------------------------------|----------------------|
| | คลุมหลังคาพลาสติก | ไม่คลุมหลังคาพลาสติก |
| ระดับ 0 | 11 | 0 |
| ระดับ 1 | 67 | 45 |
| ระดับ 2 | 22 | 37 |
| ระดับ 3 | 0 | 14 |
| ระดับ 4 | 0 | 4 |
| Stdev | 2.83 | 2.07 |

8. คุณภาพผล

8.1 น้ำหนักและขนาดผล

พบว่าผลมะม่วงจากทั้ง 2 คำรับ มีน้ำหนักและขนาดผลใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 22-23 และ ตารางที่ 15-16) แต่ผลมะม่วงจากคำรับไม่คลุมหลังคาพลาสติกมีน้ำหนักและขนาดผลมากกว่าผลจากคำรับคลุมหลังคาพลาสติกเล็กน้อย หลังจากมะม่วงติดผลแล้วมักจะพบว่ามีความหนาและรูปร่างต่าง ๆ กันไป บางซ่อมีจำนวนผลมากเกินไป บางผลถูกโรคและแมลงทำลาย แต่ยังสามารถเจริญเติบโตต่อไปเป็นผลที่ไม่มีคุณภาพ และคอยแย่งอาหารจากผลที่มีลักษณะดีให้ด้อยคุณภาพไปด้วย จากข้อมูลในตารางที่ 10 พบว่าในช่วงแรกต้นมะม่วงที่คลุมหลังคาพลาสติกมีการติดผลมากเมื่อเทียบกับต้นที่ไม่คลุมหลังคาพลาสติก แต่ความสมบูรณ์ของต้นใกล้เคียงกัน (จากข้อมูลปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้าง) ทำให้เกิดการแย่งอาหารเพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาของผล

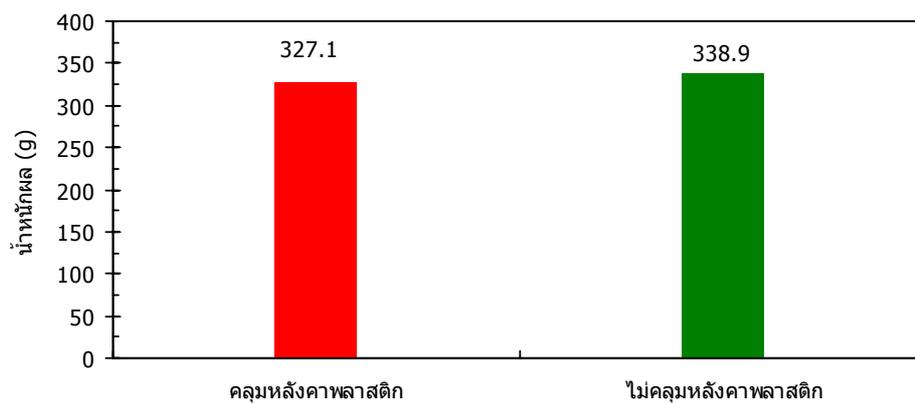
8.2 สีผิวและสีเนื้อของผลในระยะเก็บเกี่ยว

สีผิวของผลมักเป็นสิ่งสำคัญในการดึงดูดความสนใจของผู้บริโภค ตามธรรมชาติสีส้มที่สวยงามมักเกิดขึ้นกับผลไม้ที่สุกแล้วและพร้อมสำหรับการบริโภค ดังนั้นผลไม้ที่มีสีส้มสวยงามจึงทำให้ผู้บริโภคเกิดความอยากรับประทานหรืออยากซื้อมากขึ้น ดังนั้นจึงมีการวิเคราะห์คุณภาพของผลมะม่วงตามสีผิวของผลสุก พบว่าผิวของผลมะม่วงสุกจากคำรับไม่คลุมหลังคาพลาสติก ($L = 66.08$) มีความสว่างน้อยกว่า(สีดำนาก) คำรับคลุมหลังคาพลาสติก($L = 68.08$) เนื่องจากผิวมีรอยจุดดำจากผลเน่า และผลจากคำรับไม่คลุมหลังคาพลาสติก($b = 32.46$) มีผิวสีเหลืองมากกว่า คำรับคลุมหลังคาพลาสติก($b = 31.89$) เพียงเล็กน้อย (ภาพที่ 24 และ ตารางที่ 17) ดังนั้นหากผลจากคำรับไม่คลุมหลังคาพลาสติกไม่มีอาการของโรคแอนแทรคโนส สีผิวของผลสุกอาจไม่ต่างกัน ดังนั้นโรคแอนแทรคโนสจึงเป็นตัวทำลายคุณภาพผลด้านความสวยงามของผล

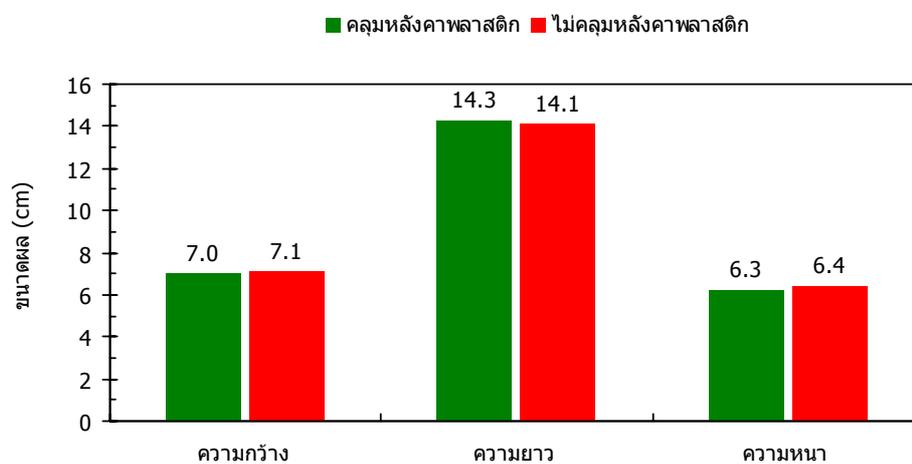
สีเนื้อของผลสุก (ภาพที่ 25 และ ตารางที่ 18) พบว่าเนื้อของผลมะม่วงสุกจากคำรับไม่คลุมหลังคาพลาสติก($L = 73.95$) มีความสว่างน้อยกว่า(สีดำนาก) คำรับคลุมหลังคาพลาสติก ($L = 75.00$) เนื่องจากเนื้อผลช้ำจากการเน่า และผลจากคำรับคลุมหลังคาพลาสติก($b = 42.00$) มีเนื้อสีเหลืองกว่าคำรับไม่คลุมหลังคาพลาสติก($b = 41.79$) เพียงเล็กน้อยเช่นกัน

8.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids, TSS)

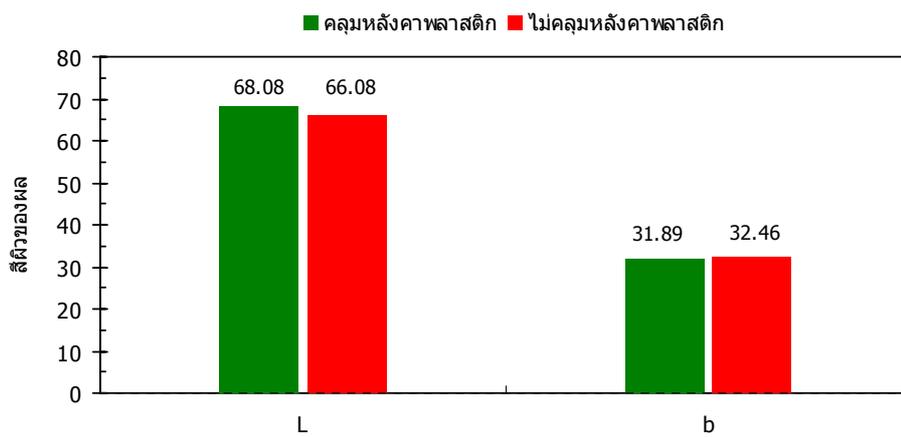
ความหวานเกิดจากน้ำตาลในผล ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ น้ำตาลซูโครส ฟรุกโตส และ กลูโคส ซึ่งน้ำตาลเหล่านี้ละลายน้ำได้และก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการหักเหของแสงเมื่อส่องผ่านน้ำ จึงวัดปริมาณน้ำตาลในรูปของของแข็งที่ละลายน้ำได้ พบว่าผลมะม่วงสุกจากตำรับคลุมหลังคาพลาสติกมีค่า TSS ต่ำกว่าผลสุกจากตำรับไม่คลุมหลังคาพลาสติกเล็กน้อย คือผลมะม่วงสุกจากตำรับคลุมหลังคาพลาสติกมีค่า TSS เฉลี่ยเท่ากับ 16.74 เปอร์เซ็นต์ และผลสุกจากตำรับไม่คลุมหลังคาพลาสติกมีค่า TSS เฉลี่ยเท่ากับ 17.24 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 26 และตารางที่ 19) เนื่องจากน้ำตาลซูโครสซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้าง (total non-structural carbohydrates, TNC) ที่ได้จากการสังเคราะห์แสง และเปลี่ยนรูปไปเป็นกลูโคสหรือฟรุกโตสเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการเมตาบอลิซึมต่าง ๆ (Salisbury and Ross, 1992) รวมทั้งนำไปเลี้ยงผล จากการทดลองพบว่า การคลุมหลังคาพลาสติกไม่สามารถเพิ่มทั้งปริมาณ TNC และอัตราสังเคราะห์แสงได้ ในขณะที่ต้นมะม่วงที่คลุมหลังคาพลาสติกมีการติดผลมากกว่าไม่คลุมหลังคาพลาสติกจึงทำให้ปริมาณ TSS จากผลสุกจากตำรับคลุมหลังคาพลาสติกต่ำกว่าผลสุกจากตำรับไม่คลุมหลังคาพลาสติก



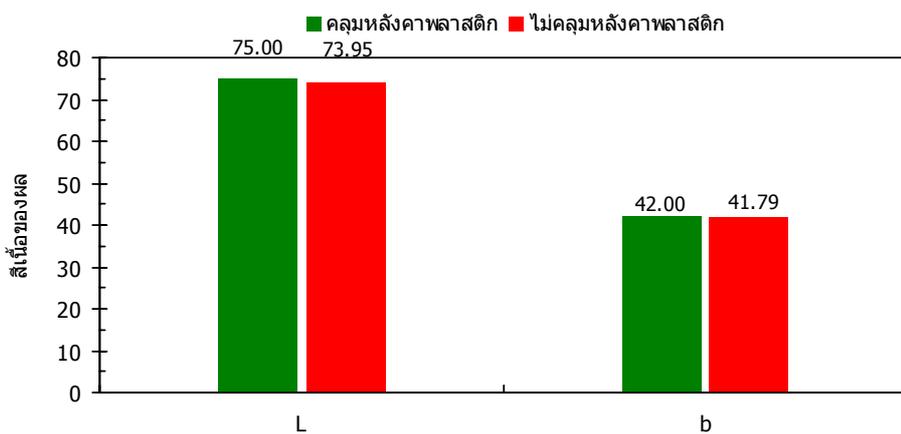
ภาพที่ 22 น้ำหนักของผลมะม่วงหลังเก็บเกี่ยวเปรียบเทียบระหว่างผลจากตำรับคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก



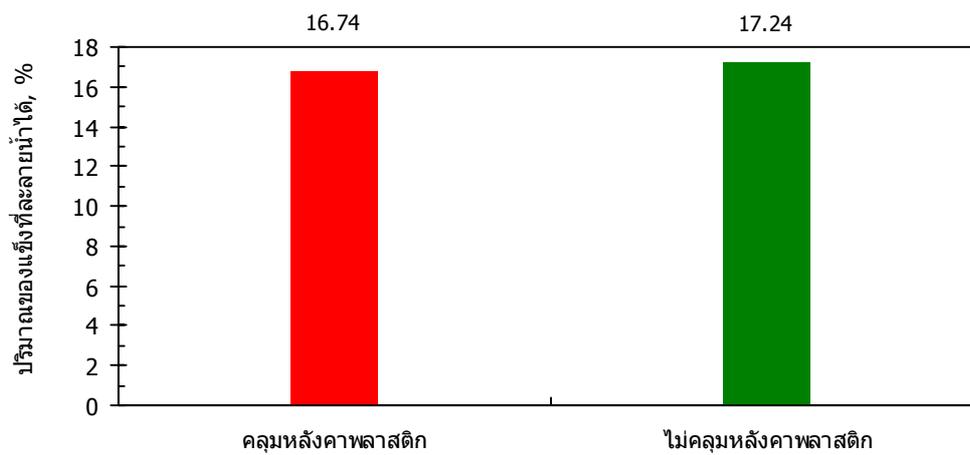
ภาพที่ 23 ขนาดของผลมะม่วงหลังเก็บเกี่ยวเปรียบเทียบระหว่างผลจากตำรับคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก



ภาพที่ 24 สีผิวของผลมะม่วงสุกเปรียบเทียบระหว่างตำรับคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก



ภาพที่ 25 สีเนื้อของผลมะม่วงสุกเปรียบเทียบระหว่างตำรับคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก



ภาพที่ 26 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids, TSS) ในผลสุกเปรียบเทียบระหว่างผลสุกจากตำรับคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก

ตารางที่ 15 น้ำหนักผลหลังเก็บเกี่ยวเปรียบเทียบระหว่างผลสุกจากตำรับคลุมหลังคาพลาสติกและ
ไม่คลุมหลังคาพลาสติก

| พารามิเตอร์ | ตำรับ | |
|--------------|-------------------|----------------------|
| | คลุมหลังคาพลาสติก | ไม่คลุมหลังคาพลาสติก |
| น้ำหนักผล(g) | 327.13 | 338.90 |
| Stdev | 30.28 | 32.62 |

ตารางที่ 16 ขนาดผลหลังเก็บเกี่ยวเปรียบเทียบระหว่างผลสุกจากตำรับคลุมหลังคาพลาสติกและ
ไม่คลุมหลังคาพลาสติก

| พารามิเตอร์ | คลุมหลังคาพลาสติก | | | ไม่คลุมหลังคาพลาสติก | | |
|-------------|-------------------|---------|---------|----------------------|---------|---------|
| | ความกว้าง | ความยาว | ความหนา | ความกว้าง | ความยาว | ความหนา |
| ขนาดผล(cm) | 7.05 | 14.26 | 6.27 | 7.09 | 14.11 | 6.39 |
| Stdev | 0.31 | 0.78 | 0.25 | 0.29 | 0.60 | 0.26 |

ตารางที่ 17 สีผิวของผลสุกเปรียบเทียบระหว่างตำรับคลุมหลังคาพลาสติกและ
ไม่คลุมหลังคา
พลาสติก

| พารามิเตอร์ | คลุมหลังคาพลาสติก | | ไม่คลุมหลังคาพลาสติก | |
|-------------|-------------------|-------|----------------------|-------|
| | L | b | L | b |
| สีผิว | 68.08 | 31.89 | 66.08 | 32.46 |
| Stdev | 3.02 | 1.92 | 3.57 | 2.67 |

ตารางที่ 18 สีเนื้อของผลสุกเปรียบเทียบระหว่างตำรับคลุมหลังคาพลาสติกและ
ไม่คลุมหลังคา
พลาสติก

| พารามิเตอร์ | คลุมหลังคาพลาสติก | | ไม่คลุมหลังคาพลาสติก | |
|-------------|-------------------|-------|----------------------|-------|
| | L | b | L | b |
| สีเนื้อ | 75.00 | 42.00 | 73.95 | 41.79 |
| Stdev | 5.03 | 2.28 | 3.24 | 1.59 |

ตารางที่ 19 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้(total soluble solids, TSS) ของผลสุกเปรียบเทียบ
ระหว่างตำรับคลุมหลังคาพลาสติกและไม่คลุมหลังคาพลาสติก

| พารามิเตอร์ | ตำรับ | |
|--------------------------------|-------------------|----------------------|
| | คลุมหลังคาพลาสติก | ไม่คลุมหลังคาพลาสติก |
| ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้(%) | 16.74 | 17.24 |
| Stdev | 1.60 | 1.54 |

สรุปผลการทดลอง

จากการคลุมหลังคาพลาสติกให้กับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้มันนอกฤดูที่ออกดอกและติดผล ในช่วงฤดูฝนเปรียบเทียบกับสภาพอากาศภายในทรงพุ่ม ปริมาณน้ำในดิน อัตราแลกเปลี่ยนแก๊สในรอบวัน การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้าง การติดผล คุณภาพผล และการเกิดโรคแอนแทรคโนสกับต้นมะม่วงที่ไม่คลุมหลังคาพลาสติก สรุปได้ว่า

1. การคลุมหลังคาพลาสติกสามารถลดความเข้มแสงได้ 29 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ ค่าแรงดึงระเหยน้ำ และความเปียกผิวใบในทรงพุ่มทั้งในช่วงเวลากลางวันและกลางคืนใกล้เคียงกัน เนื่องจากน้ำฝนสามารถสาดเข้าบริเวณด้านข้างของโรงเรือนที่เปิดโล่งได้

2. การคลุมหลังคาพลาสติกทำให้สภาพน้ำในระดับผิวดินแห้ง(-100 ถึง -40 kPa) ดินเริ่มแฉะกำลังดี(-40 ถึง -20 kPa) ที่ระดับความลึกประมาณ 30 เซนติเมตร และดินแฉะมาก(-20 ถึง 0 kPa) ที่ระดับความลึกของดินมากกว่า 30 เซนติเมตร ส่วนในสภาพไม่คลุมหลังคาพลาสติกมีปริมาณน้ำในดินมาก(-20 ถึง 0 kPa) เกือบทั้งหมดในทุกระดับความลึก ซึ่งจะมีดินแฉะกำลังดี(-40 ถึง -20 kPa) เพียงช่วงระยะเวลาสั้น ๆ ในเดือนสิงหาคม เนื่องจากเป็นช่วงฤดูฝน

3. การคลุมหลังคาพลาสติกไม่สามารถเพิ่มอัตราสังเคราะห์แสงสุทธิในรอบวันในช่วงที่มะม่วงอยู่ในระยะดอกบาน ระยะผลอายุ 2 สัปดาห์ และระยะผลอายุ 5 สัปดาห์ได้ เนื่องจากใบมะม่วงมีค่าน้ำไหลปากใบและอัตราคายน้ำที่ต่ำจึงส่งผลให้อัตราสังเคราะห์แสงสุทธิต่ำ แต่การคลุมหลังคาพลาสติกสามารถเพิ่มอัตราสังเคราะห์แสงสุทธิได้เมื่อมะม่วงอยู่ในระยะผลอายุ 13 สัปดาห์ เนื่องจากการคลุมหลังคาพลาสติกช่วยลดความเข้มแสงทำให้ค่าน้ำไหลปากใบและอัตราคายน้ำมีค่าสูงประกอบกับใบมะม่วงของต้นที่ไม่คลุมหลังคาพลาสติกในระยะนี้มีค่า ϕ_{dark} ต่ำจากการได้รับความเข้มแสงที่รุนแรง ทำให้ระบบรับแสงของ PSII ได้รับความเสียหาย

4. ในระยะเริ่มคลุมหลังคาพลาสติกพบว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างทั้งในใบ กิ่งยอด และช่อดอกใกล้เคียงกันทั้ง 2 ดำรับ และหลังคลุมหลังคาพลาสติกเมื่อต้นมะม่วงอยู่ในระยะผลอายุ 2 สัปดาห์ ระยะผลอายุ 5 สัปดาห์ และระยะผลอายุ 13 สัปดาห์ พบว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้างในใบ และกิ่งยอดใกล้เคียงกันทั้ง 2 ดำรับเช่นกัน

5. การคลุมหลังคาพลาสติกทำให้การติดผลระยะผลอายุ 4 สัปดาห์ มีการติดผลมากกว่าไม่คลุมหลังคาพลาสติกเฉลี่ย 1 ผล/ช่อ หลังจากนั้นมีการร่วงของผลจำนวนมากทำให้การติดผลในระยะผลอายุ 13 สัปดาห์ คือ ผลแก่ มีการติดผลใกล้เคียงกัน

6. การคลุมหลังคาพลาสติกสามารถลดการเกิดโรคแอนแทรคโนสก่อนเก็บเกี่ยวได้ 26.1 เปอร์เซ็นต์ ลดการเกิดโรคแอนแทรคโนสระยะหลังเก็บเกี่ยวได้ 11 เปอร์เซ็นต์ และลดระดับความรุนแรงของผลเน่าหลังเก็บเกี่ยวได้ คือ ความรุนแรงของผลเน่าไม่เกินระดับ 2 ในขณะที่ผลจากต้นที่ไม่คลุมหลังคาพลาสติกมีความรุนแรงของผลเน่าถึงระดับ 4 รวมทั้งลดการเข้าทำลายของเพลี้ยไฟได้ 100 เปอร์เซ็นต์

7. การคลุมหลังคาพลาสติกสามารถเพิ่มคุณภาพผลบางประการได้ คือ ผลมะม่วงสุกจากตำรับคลุมหลังคาพลาสติกมีความสว่างผิวผลและเนื้อผลมากกว่าผลจากตำรับไม่คลุมหลังคาพลาสติกเนื่องจากผิวของผลมะม่วงจากต้นที่ไม่คลุมหลังคาพลาสติกมีรอยจุดดำจากอาการผลเน่าและทำให้เนื้อผลเกิดการช้ำ แต่การคลุมหลังคาพลาสติกไม่สามารถเพิ่มคุณภาพผลด้านขนาด น้ำหนักผล และความหวานได้ คือ ผลมะม่วงจากตำรับไม่คลุมหลังคาพลาสติกมีน้ำหนักและขนาดผลมากกว่าผลจากตำรับคลุมหลังคาพลาสติก และผลสุกจากตำรับไม่คลุมหลังคาพลาสติกมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มากกว่าผลสุกจากตำรับคลุมหลังคาพลาสติก

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กฤษฎา สุชีวะ. 2529. พลาสติกในการเกษตร. วารสารวิทยาศาสตร์ 40(7): 339-345.
- เกียรติเกษตร กาญจนพิสุทธิ. 2547. **คู่มือมะม่วง**. โรงพิมพ์เทพพิทักษ์, กรุงเทพฯ. 277 น.
- คณพล จุฑามณี. 2544. เอกสารประกอบการเรียนวิชาสรีรวิทยาเบื้องต้นของพืช. ภาควิชาวิทยาศาสตร์. คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.
- _____. มปป. **การปรับปรุงวิธีการการผลิตมะม่วงนอกฤดู**. สาขาพฤกษศาสตร์. คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม. (อัครสำเนา)
- จริงแท้ ศิริพานิช. 2542. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้**. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ. นครปฐม. 396 น.
- จรัส ลีมอรุณ. 2518. **อิทธิพลของหลังคาพลาสติกที่มีต่ออุณหภูมิในฤดูฝน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- เจษฎา ภัทรเลอพงส์. 2540. **การตอบสนองต่อแสงในการสังเคราะห์แสงที่อายุใบต่าง ๆ ของมะม่วง 2 พันธุ์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ฉลองชัย แบบประเสริฐ. 2532. **มะม่วง**. เอกสารวิชาการ. สำนักส่งเสริมการเกษตรภาคตะวันออกเฉียงเหนือ กรมส่งเสริมการเกษตร. ศรีสะเกษ ออฟเซ็ท, ขอนแก่น. 50 น.
- เฉลิมชัย แก้ววรชาติ. 2539. **การปลูกมะม่วง**. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 88 น.
- เต็ม สมิตินันท์. 2521. **สกุลไม้มะม่วง (Mangifera Linn.)**, น. 1-14. ใน **ชมรมผู้ผลิตมะม่วงแห่งประเทศไทย, ผู้รวบรวม. รวมเรื่องการสัมมนาแนวทางการผลิตมะม่วงเพื่อส่งต่างประเทศ**. โรงพิมพ์รุ่งเรืองธรรม, กรุงเทพฯ.

นิพนธ์ วิสารทานนท์. 2526. โรคแอนแทรกโนสของมะม่วง, น. 55-60. ใน เรื่องหน้ารู้เกี่ยวกับ มะม่วง, ผู้รวบรวม. โครงการตำราชาวบ้าน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2542. โรคมะม่วง. ภาควิชาโรคพืช. คณะเกษตร.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม. 45 น.

ประเสริฐ ศรีสาคร. 2548. คู่มือการทำสวนมะม่วง. โรงพิมพ์อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ.
192 น.

พงษ์นาด นาดรณันท์. 2540. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมในส่วนต่าง ๆ ของต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ต่อการติดผล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาพืชสวน. คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พีรเดช ทองอำไพ. 2529. ฮอร์โมนพืชและการสังเคราะห์ แนวทางการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย. หจก. ไคนามิกการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 196 น.

พัชรียา บุญกอแก้ว. 2543. การสังเคราะห์แสง, หน้า 59-73. ใน จริงแท้ สิริพานิช, ผู้รวบรวม. หลักการพืชสวน, พฤษภาคม 2543. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

วิจิตร แก้วทองแท้. มปป. เทคนิคการปลูกมะม่วงนอกฤดู. โครงการหนังสือเกษตรชุมชน, กรุงเทพฯ. 72 น.

วิจิตร วังไฉ. 2529. มะม่วง. บริษัทศรีสมบัติการพิมพ์จำกัด, กรุงเทพฯ. 301 น.

วัฒนา สวรรยาธิปัติ. 2527. การปลูกองุ่น. ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศิริลักษณ์ อ่อนน้อม. 2546. การศึกษาเปรียบเทียบลักษณะการเจริญเติบโตของมะม่วงพันธุ์ น้ำดอกไม้ทะวายเบอร์ 4 ภายใต้สภาพคลุมหลังคาพลาสติก และภายนอกหลังคาพลาสติก. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

- สมนึก บุญเกิด. 2528. บทบาทของผึ้งและแมลงวันในการผสมเกสรมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สมศิริ แสงโชติ. 2528. โรคมะม่วง, น. 233-239. ใน ศูนย์ส่งเสริมการฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, ผู้รวบรวม. เอกสารประกอบการสอน รุ่นที่ 5 หลักสูตรการทำสวนมะม่วง. ศูนย์ส่งเสริมการฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.
- สิรินทร์ วิโมกษ์สันถ์, เจมส์ เอ. โอลสัน, ยงยุทธ ยุทธวงศ์, สุวิทย์ เพียรกิจกรรม, สกล พันธุ์ยิ้ม และ มนตรี จุฬวัฒน์กล. 2521. ชีวเคมี. สำนักพิมพ์สมพงษ์, กรุงเทพฯ. 582 น.
- สุชาติ วิจิตรานนท์. 2541. โรคแอนแทรกโนส, น. 2-3. ใน สมุคภาพโรคมะม่วงและการป้องกันกำจัดโดยวิธีผสมผสาน. กลุ่มงานวิจัยโรคไม้ผลพืชสวนอุตสาหกรรมและสมุนไพร กองโรคพืช และจุลชีววิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.
- สุรชา ลิ้มตระกูลธงชัย. 2546. ผลของความเครียดน้ำในดิน และผลของหลังคาพลาสติกต่อการออกดอกและการใช้น้ำขององุ่นพันธุ์ Beauty Seedless. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สุนทรีย์ ยิ่งชัชวาลย์. 2546. ผลการศึกษาการประเมินกระบวนการสังเคราะห์แสงและปริมาณธาตุอาหารในต้นกล้วยคาลิปตัดที่ปรับสภาพหลังแสดงอาการใบเหลืองซีด. ศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.
- สุนทรีย์ ยิ่งชัชวาลย์, คัทลียา นัตร์เที่ยง, ไกรวุฒิ เจริญศิริ และ ภูริพงศ์ ดำรงวุฒิ. 2544ก. สภาพอากาศและน้ำในดินของแปลงส้มเขียวหวาน, น. 10-20. ใน รายงานโครงการพัฒนาวิชาการข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยาของส้มเขียวหวาน, กรกฎาคม 2544. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

สุนทรีย์ ยิ่งชัชวาลย์, คัทลียา ฉัตรเที่ยง, ธาดา ชัยสีหา, จิตรฤทัย ชูมาก, สุทิน หินอ่อน และ ภูริพงศ์ คำรงวุฒิ. 2544ข. อัตราสังเคราะห์แสงสุทธิและคายน้ำในรอบวันของใบ ส้มเขียวหวาน. น. 62-71, ใน รายงานโครงการพัฒนาวิชาการข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา ของส้มเขียวหวาน, กรกฎาคม 2544. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

สุนทรีย์ ยิ่งชัชวาลย์ และ ธาดา ชัยสีหา. 2543. Chlorophyll fluorescence ของใบมะม่วงภายใต้ สภาพน้ำขัง, น. 85-94. ใน รายงานโครงการวิจัยวิธีการให้อากาศเพื่อผู้ชีวิตต้นมะม่วงที่ ประสบอุทกภัย. สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุนทรีย์ ยิ่งชัชวาลย์ และ สุทิน หิรัญอ่อน. 2547. คุณภาพคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นมะม่วงที่ ถูกน้ำท่วม. คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

อัศจรรย์ สุขธำรง, เรณู จำเลิศ, นันทกร บุญเกิด, สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์, อรพินท์ สุริยพันธ์, ประเทือง ลักษณะวิมล และ จิระพงษ์ ประสิทธิ์เขตร. 2543. การจัดการธาตุอาหารพืช เพื่อเพิ่มผลผลิตและควบคุมคุณภาพของมะม่วง. น. 1-3, ใน จริงแท้ ศิริพานิช, บรรณาธิการ. **สาระไม้ผล**. สำนักงานเครือข่ายวิจัยและพัฒนาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

อนุชา พิศประยูร. 2535. ผลของหลังคาพลาสติก และการห่อข่อผลที่มีต่อคุณภาพผลอ่อน พันธุ์บัวดี ซีดเลส. ที่ผลิตบนดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ในฤดูฝน. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อภิธา บุญศิริ. 2545. เอกสารประกอบการอบรมวิชาการหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน รุ่นที่ 13 ภายใต้โครงการการถ่ายทอดเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน รุ่นที่ 3. ฝ่ายปฏิบัติการ วิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

Buchanan, B. B., W. Gruissen and R. L. Jone. 2000. **Biochemistry & Molecular Biology of Plants**. Courien Company, Inc., U.S.A. 1367 p.

- Chalmers, D. J., R. L. Canterford, P.H. Jerie, T. R. Jones and T. D. Ugalde. 1975. Photosynthesis in relation to growth and distribution of fruit in peach trees. *Austral. J. Plant Physiol.* 2: 635-645.
- Chauhan, P. S. and R. M. Pandey. 1984. Relative ^{14}C fixation by leaves and fruits and translocation of ^{14}C sucrose in mango. *Scientia Hort.* 22: 12-128.
- Coetzer, L. A., S. A. Oosthuysen, D. L. Wishart and P. J. Robbertse. 1995. Influence of pruning on flower sex ratio in some mango cultivars. *S.A. Mango Growers' Assoc. Yearbook* 15: 26-30.
- Crew, C. E., S. L. Williams and H. M. Vines. 1975. Characteristics of photosynthesis in peach leaves. *Planta.* 126: 97-104
- Davies, S. J., Martie van der Walt and P. T. J. Stessen. 1995. The energy demand of fruit production and its effect on fruit size in Sensation. *S.A. Mango Growers' Assoc. Yearbook.* 15: 18-20.
- Doidge, E. M. 1932. Black spot of mangoes. *Fmg. In S. Afr.* 7: 89-91.
- Drake, B.G., M. A. Gonzalez-Maler and S.P. Long. 1997. More efficient plants: a consequence of rising atmospheric CO_2 . *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 48: 609-639.
- Eva, R. and O. V. Kooten. 2003. Chlorophyll Fluorescence: a general description and nomenclature, p.31-77. *In* J.R. DeEll and P.M.A. Toivonen (eds). **Practical applications of chlorophyll fluorescence in plant biology.** Kluwer academic publishers, The Netherlands.
- Fahn, A. 1982. **Plant Anatomy.** 3d ed., Pergamon Press, Oxford. 544 p.

- Hansen, P. 1971. ^{14}C - studies on apple trees. VII. The early seasonal growth in leaves, flowers and shoots as dependent upon current photosynthesis and existing reserves. **Physiol. Plant.** 25: 469-473.
- Heinz Walz GmbH. 1996. **Photosynthesis Yield Analyzer Mini-Pam**, Portable Chlorophyll Fluorometer, Handbook of Operation. First edition. Eichenring, Germany.
- Hodge, J. E. and B. T. Hofreiter. 1962. Determination of reducing sugar and carbohydrate, pp.380-394. *In* R.L. Whistler and M.L. Wolform (eds.). **Methods in Carbohydrate Chemistry. Vol. 2.** Academic Press, New York.
- Houghton, J. T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden and D. Xiaosu. 2001. Intergovernmental panel on climate change. *In* **Climate change 2001: the scientific basis.** Cambridge University Press.
- Kramer, P. J. and T. T. Kozlowski. 1979. **Physiology of Woody Plants.** Academic Press, New York. 543 p.
- Lakshminarayana, S., N. V. Subhadra and H. Subramanyam. 1970. Some aspects of development physiology of mango fruit. **J. Hort. Sci.** 45: 133-142.
- Lenz, F. 1986. The regulation of photosynthesis in fruit trees, pp. 101-104. *In* Cited by M. Faust. **Physiology of Temperate Zone Fruit Trees.** John Wiley & Sons, New York. 338 p.
- Maxwell, K and G. N. Johnson. 2000. Chlorophyll fluorescence-a practical guide. **J. Exp. Bot.** 51: 659-668.
- Mendoza, Jr, D. B., and V. Suriyapananont. 1984. **Factors affecting growth and development of mango**, pp. 27-33. *In* D.B. Mendoza, Jr. (ed.). **Mango: Fruit Development, Postharvest Physiology and Marketing.** ASEAN Food Handling Bureau, Kuala Lumpur.

- Millington, A. J. 1984. **The mango-a review of the world scene**, pp. 40-54. *In Proc.* 1st Australian Mango Research Workshop. November 26-30, 1984; Cairns, Queensland.
- Nakasone, H. Y. and R. E. Paull. 1998. **Tropical Fruits**. CAB International, Wallingford, UK. pp. 208-238.
- Quintana, E. G., P. Nanthachai, H. Hiranpradit, D. B. Mendoza, Jr. and S. Ketsa. 1984. **Changes in mango during growth and maturation**, pp. 21-27. *In* D. B. Mendoza and R. B. H. Wills (eds.). **Mango : Fruit Development, Postharvest Physiology and Marketing**. ASEAN Food Handling Bureau, Kuala Lumpur.
- Rosenqvist, E. 2002. Light acclimation maintain the redox state of the PSII electron acceptor Q_A within a narrow range under illumination. **Photosynth. Res.** 70: 299-310.
- Salisbury, F. B. and C. W. Ross. 1992. **Plant Physiology**. 4th ed. Wadsworth Pub. Co., Inc., Belmont, California. 682 p.
- Schneider, G. W. 1977. Studies on the mechanism of fruit abscission in apple and peach. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 102(2): 179-181.
- Sedgley, M. and A. R. Griffin. 1989. **Sexual Reproduction of Tree Crops**. Academic Press, London. 378 p.
- Sivak, M. N., R. C. Leegood and D. A. Walker. 1989. Control of carbohydrate metabolism, pp. 24-26. *In* D.A. Baker and J.A. Milburn (eds.). **Transport of Photoassimilates**. John-Wiley & Sons, Inc., New York.
- Smith, D., G. M. Paulsen and C.A. Raguse. 1964. Extraction of total available carbohydrate from grass and legume tissues. **Plant Physiol.** 39: 960-962.

- Turgeon, R. 1989. The sink-source transition in leaves. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 40: 119-138.
- Ueda, M., N. Noguchi and K. Mishima. 1983. Growing navel oranges by covering with vinyl film roof. *Hort. Abstr.* 53(12): 874.
- Wardlaw, C. W., R. E. D. Baker and S. H. Crowdy. 1939. **Latent infections in tropical fruits.** *Trop. Agri.* 19: 275-276.
- Whiley, A. W. 1993. Environmental effects on phenology and physiology of mango-
A review. *Acta Hort.* 341: 168-176.
- Yamamoto, Y. 2001. Quality control of photosystem II. *Plant Cell Physiol.* 42(2): 121-128.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 การพ่นสารเคมีและการให้น้ำต้นมะม่วง

| วันที่ | กิจกรรม |
|-----------------|------------------------------------------------------|
| 11 กรกฎาคม 2548 | รดน้ำ |
| 18 กรกฎาคม 2548 | พ่นสารไซเบอร์เมทริน + เทตราโคนาโซล |
| 4 สิงหาคม 2548 | พ่นสารเมโทมิล + คาร์บาริล |
| 22 สิงหาคม 2548 | รดน้ำ |
| 28 สิงหาคม 2548 | พ่นสารเทตราโคนาโซล + คาร์บาริล + เมโทมิล |
| 20 กันยายน 2548 | พ่นสารคาร์บาริล + เมโทมิล + โพรพิโคนาโซล + โพรคลอราซ |

การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้าง(total nonstructural carbohydrate; TNC)

1. การสกัด

ตามวิธีการของ Smith *et al.* (1964) ซึ่งคัดแปลงโดยรัชชัย (2524) โดยชั่งตัวอย่างพืชที่อบแห้งสนิท และบดละเอียดแล้ว 0.05 กรัม ใส่ลงใน flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติม 0.2 N H₂SO₄ 40 มิลลิลิตร ปิดปากภาชนะด้วยแผ่นอลูมิเนียม แล้วอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแล้วกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 ปรับ pH ให้เป็นกลาง (pH = 7.0) ด้วย NaOH และ HCl หลังจากนั้นปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น เก็บไว้ในขวดพลาสติก ขนาด 100 มิลลิลิตร เพื่อรอการวิเคราะห์ จะใช้สารละลายที่สกัดได้และเจือจางแล้ว 1 มิลลิลิตร นำไปวิเคราะห์หา TNC ต่อไป

2. การวิเคราะห์ปริมาณ TNC

โดยวิธีของ Nelson (Hodge and Hofreiter, 1962) นำสารละลายตัวอย่างที่สกัดได้ และสารละลาย D-glucose เข้มข้น 0.00-0.04 เปอร์เซ็นต์ (ทำเป็น standard) ปริมาตร 1 ลิตร ใส่ในหลอดทดลองขนาด 25 x 200 มิลลิเมตร จากนั้นเติม Nelson's alkaline copper reagent 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วปิดด้วยแผ่นอลูมิเนียม นำไปแช่ใน water bath อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที หลังจากครบกำหนดเวลานำไปทำให้เย็นโดยการแช่น้ำ แล้วจึงเติมสารละลาย arsenomolybdic acid reagent 1 มิลลิลิตร เขย่าให้ตะกอนของ Cu₂O ที่เกิดขึ้นละลายจนหมด ปรับปริมาตรสารละลายในหลอดเป็น 12.5 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 30 นาทีนำสารละลายที่ได้ไปอ่านค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) จากเครื่อง spectrophotometer ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร โดยใช้ค่าจาก standard D-glucose ซึ่งทราบค่าความเข้มข้นแล้วเป็นตัวเปรียบเทียบ ผลที่ได้แสดงเป็น Mg D-glucose /g dry wt.

การเตรียมสารละลายสำหรับวิเคราะห์ปริมาณ TNC

1. Nelson's alkaline copper reagent

ละลาย anhydrous sodium carbonate (Na_2CO_3) 25 กรัม ในน้ำ 250 มิลลิลิตร แล้วใส่ potassium sodium tartate ($\text{C}_4\text{H}_4\text{KNaO}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) 12 กรัม แล้วใส่สารละลาย 10% copper sulfate 40 มิลลิลิตร (ใช้ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 4 กรัม ละลายน้ำจนครบ 40 มิลลิลิตร) เติม sodium bicarbonate (NaHCO_3) อีก 16 กรัม (สารละลาย 1)

ละลาย anhydrous sodium sulfate (Na_2SO_4) 180 กรัม ในน้ำ 500 มิลลิลิตร (สารละลาย 2)

ผสมสารละลาย 1 และ 2 แล้วปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร หลังจาก 1 สัปดาห์ กรองแล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30-37 องศาเซลเซียส

2. Arsenomolybdic acid reagent

ละลาย ammonium molybdate ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) 50 กรัม ในน้ำ 900 มิลลิลิตร เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น (H_2SO_4) 42 มิลลิลิตร (สารละลาย 3)

ละลาย disodium hydrogen arsenate ($\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 6 กรัม ในน้ำ 50 มิลลิลิตร (สารละลาย 4)

ค่อย ๆ เติมสารละลาย 4 ในสารละลาย 3 แล้วปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30-37 องศาเซลเซียส

ภาพผนวกที่ 1 วัสดุ อุปกรณ์ การคลุมหลังคาพลาสติกและสภาพต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ใช้ทดลอง รายละเอียดดังต่อไปนี้

- 1.1 ต้นมะม่วงในสภาพธรรมชาติ(ไม่คลุมหลังคาพลาสติก)
- 1.2 ต้นมะม่วงที่คลุมหลังคาพลาสติก
- 1.3 การวัดอัตราแลกเปลี่ยนแก๊สในรอบวันด้วยเครื่องวัดอัตราสังเคราะห์แสงระบบเปิด (Portable photosynthesis system รุ่น LI6400 บริษัท LICOR ประเทศสหรัฐอเมริกา)
- 1.4 ภาชนะบรรจุใบ(chamber) ชนิดหัว sun-sky มีฝ้าด้านบนใสแสงอาทิตย์สามารถส่องผ่านกระทบใบได้ ภายในมีหัววัดความเข้มแสง(PPF) และอุณหภูมิใบ
- 1.5 การวัดประสิทธิภาพการใช้แสงด้วยเครื่องมือประเภท pulse amplitude modulation fluorometer รุ่น Mini-PAM (บริษัท Heinz Walz GmbH ประเทศเยอรมัน) วัดค่า light chlorophyll fluorescence(Fv/Fm) ด้วย leaf-clip holder(2030-B) ในสภาพแสงธรรมชาติ
- 1.6 การวัดประสิทธิภาพการใช้แสงด้วยเครื่องมือประเภท pulse amplitude modulation fluorometer รุ่น Mini-PAM (บริษัท Heinz Walz GmbH ประเทศเยอรมัน) วัดค่า dark-adapted fluorescence (Fv/Fm) โดยการหนีบใบให้มืดด้วย Dark leaf clip DLC-8
- 1.7 ชุดอุปกรณ์วัดสภาพอากาศในแปลง ประกอบด้วย หัววัดความเข้มแสง ชุดวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่บรรจุอยู่ภายในภาชนะกันรังสีแสงแดด และถังวัดปริมาณน้ำฝน
- 1.8 ชุดอุปกรณ์วัดสภาพอากาศในทรงพุ่ม ประกอบด้วย หัววัดความเข้มแสง ชุดวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่บรรจุอยู่ภายในภาชนะกันรังสีแสงแดดและแผ่นวัดความเปียกผิวใบ
- 1.9 การอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์บันทึกข้อมูลอากาศลงเก็บในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์
- 1.10 สายวัดสำหรับอ่านระดับน้ำในคู ตัวเลขที่อยู่ระดับเดียวกับผิวน้ำเป็นค่าระดับน้ำในคู
- 1.11 เครื่องวัดความเคียดของน้ำในดิน(tensiometer) ติดตั้งในดินที่ความลึกทุก 15 เซนติเมตร ในช่วงความลึก 15-90 เซนติเมตร
- 1.12 การวัดขนาดผลในระยะเก็บเกี่ยว(ผลอายุ 13 สัปดาห์) ด้วย vernier calipers
- 1.13 การชั่งน้ำหนักในระยะเก็บเกี่ยว(ผลอายุ 13 สัปดาห์) ด้วยเครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง
- 1.14 การวัดสีผิวของผลสุก ด้วยเครื่อง color difference meter(CDM) โดยใช้ระบบ L a b color space
- 1.15 เครื่อง hand refractometer สำหรับวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้(total soluble solids)

- 1.16 ลักษณะของผลถูกเพลิงไฟทำลายที่เกิดจากการเข้าทำลายของเพลิงไฟ
- 1.17 การเกิดโรคแอนแทรกซิสที่ผลมะม่วงในระยะผลดิบ(ก่อนเก็บเกี่ยว)
- 1.18 การเกิดโรคแอนแทรกซิสที่ผลมะม่วงในระยะผลสุก(ระยะหลังเก็บเกี่ยว)



