



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (พืชสวน)

ปริญญา

พืชสวน	พืชสวน
สาขา	ภาควิชา
เรื่อง	การศึกษาการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO <sub>2</sub> ในรอบวันของสับปะรดสีพันธุ์การค้าบางพันธุ์ภายใต้สภาพโรงเรือนและภายในอาคาร
	Study on Diurnal CO <sub>2</sub> Exchange in Some Commercial Bromeliads under Greenhouse Indoor Conditions
นามผู้วิจัย	นายธีรโชติ สีสวัสดิ์
ได้พิจารณาเห็นชอบโดย	
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	( ผู้ช่วยศาสตราจารย์พัชรียา บุญก้อแก้ว, Ph.D. )
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐ พิษกรรม, Ph.D. )
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	( รองศาสตราจารย์ประศาสตร์ เกี่ยมณี, Ph.D. )
หัวหน้าภาควิชา	( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐ พิษกรรม, Ph.D. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์กัญจนา วีระกุล, D.Agr. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. ....

สืบสินธุ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ในรอบวันของสับประรดสีพันธุ์การค้าบางพันธุ์ภายใต้สภาพ  
โรงเรือนและภายในอาคาร

Study on Diurnal CO<sub>2</sub> Exchange in Some Commercial Bromeliads under Greenhouse and Indoor  
Conditions

โดย

นายธีรโชติ ฮีสวัสดิ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชสวน)

พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ธีรโชติ อีศวาศดิ์ 2557: การศึกษาการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ในรอบวันของสับประรดสีพันธุ์การค้าบางพันธุ์ที่วางประดับภายในห้องสำนักงานและที่ปลูกเลี้ยงภายในโรงเรือนภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ ระหว่างเดือนสิงหาคม 2555 ถึง กรกฎาคม 2556 มี 3 การทดลองดังนี้ คือ การทดลองที่ 1 การศึกษารูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ในรอบวันของสับประรดสี พบว่า จากค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ค่าการปิดเปิดปากใบ และ อัตราการคายน้ำของสับประรดสีทั้ง 8 พันธุ์ สามารถจำแนกได้ 2 รูปแบบ คือ แบบ C<sub>3</sub> มีค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> เป็นบวกในเวลากลางวัน ประกอบด้วยพันธุ์ 1) *Alcantarea imperialis* 2) *Guzmania* 'Hilda' และ 3) *Vriesea splendens* โดยพันธุ์แรกมีค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> มากที่สุด มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 10:00 น. เฉลี่ย 2.73  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ส่วนในรูปแบบ CAM มีค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> เป็นบวกในเวลากลางคืน (ประมาณ 18:00 – 06:00 น.) ประกอบด้วยพันธุ์ 1) *Aechmea fasciata* 2) *Billbergia pyramidalis* 3) *Cryptanthus* 'Pink Star' 4) *Neoregelia* 'Fireball' และ 5) *Tillandsia xerographica* ซึ่งพันธุ์แรกมีค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> มากที่สุด มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 22:00 น. เฉลี่ย 3.00  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ในขณะที่ชนิดและจำนวนปากใบไม่สามารถใช้ในการจำแนกรูปแบบการสังเคราะห์ด้วยแสงของสับประรดสีได้ การทดลองที่ 2 อิทธิพลของอุณหภูมิต่ออัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ในรอบวันของสับประรดสีโดยศึกษาค่าพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงของสับประรดสีพันธุ์การค้า 3 พันธุ์ ได้แก่ *Aechmea fasciata*, *Neoregelia* 'Fireball' (พืช CAM) และ *Vriesea splendens* (พืช C<sub>3</sub>) ที่ปลูกเลี้ยงในโรงเรือนที่มีอุณหภูมิกลางวันและกลางคืนเฉลี่ย 34/31°C เปรียบเทียบกับต้นที่วางประดับในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/31°C และ 25/25°C พบว่า สับประรดสีทั้ง 3 พันธุ์ที่วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิทั้ง 2 แบบ มีรูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ที่เปลี่ยนไปจากเดิม คือ พันธุ์ที่เป็นพืช CAM มีค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> เป็นบวกบางเวลาในช่วงกลางวัน ส่วนสับประรดสีที่เป็นพืช C<sub>3</sub> มีค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> เป็นบวกบางเวลาในช่วงกลางคืน การทดลองที่ 3 ศึกษาอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> และปริมาณรงควัตถุของใบสับประรดสีสกุล *Neoregelia* ใบหลากสีภายใต้สภาพภายในอาคารและโรงเรือน พบว่า สับประรดสีสกุล *Neoregelia* ใบหลากสีทั้ง 4 พันธุ์ สามารถวางประดับภายในห้องสำนักงานที่มีความเข้มแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ มีอุณหภูมิกลางวันและกลางคืนเฉลี่ย 28/31°C ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 45 เปอร์เซ็นต์ มีความเข้มข้นของ CO<sub>2</sub> สูงประมาณ 1680 ppm มีอายุการวางประดับได้อย่างน้อย 30 วัน โดยมีประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> สูงขึ้น ซึ่งพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> สูงที่สุด คือ *Neoregelia* 'Tiger Cub' (ใบสีเขียว มีแถบขวางสีแดง) รองลงมา คือ *Neoregelia* 'Zoe' (ใบสีแดง มีแถบขาวสีชมพู) *Neoregelia* 'Fireball' (ใบสีแดง) และ *Neoregelia* 'Donger' (ใบสีเขียวอมชมพู ขอบใบขาว) ตามลำดับ

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Therachot Hesawad 2014: Study on Diurnal CO<sub>2</sub> Exchange in Some Commercial Bromeliads under Greenhouse and Indoor Conditions. Master of Science (Horticulture), Major Field: Horticulture, Department of Horticulture. Thesis Advisor: Assistant Professor Patchareeya Boonkorkaew, Ph.D. 117 pages.

The study on diurnal CO<sub>2</sub> exchange in some commercial bromeliads under indoor and greenhouse was conducted at Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok during August 2012 to July 2013. There were three experiments. Exp 1: study on diurnal CO<sub>2</sub> exchange patterns of bromeliads, the result showed that the values of CO<sub>2</sub> exchange rate (CER), stomatal conductance and transpiration rate of 8 bromeliad cultivars can be divided into two groups; C<sub>3</sub> and CAM. C<sub>3</sub> plant had positive CER values during day time that consisted of 1) *Alcantarea imperialis* 2) *Guzmania* 'Hilda' and 3) *Vriesea splendens*. The highest of CER was found in *Alcantarea imperialis* with 2.73 μmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup> at 10:00 am. In the other hand, CAM plant had positive CER values during night time (06:00 pm – 06.00 am), that consisted of 1) *Aechmea fasciata* 2) *Billbergia pyramidalis* 3) *Cryptanthus* 'Pink Star' 4) *Neoregelia* 'Fireball' and 5) *Tillandsia xerographica*. The highest of CER was found in *Aechmea fasciata* with 3.00 μmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup> at 10:00 pm. Unfortunately, type and number of stomata cannot be used to classify the photosynthetic pathway of bromeliads. Exp. 2: effect of temperature on diurnal CER of bromeliads was studied. The photosynthetic parameters of 3 commercial bromeliad cultivars, including *Aechmea fasciata* and *Neoregelia* 'Fireball' (CAM plant), and *Vriesea splendens* (C<sub>3</sub> plant) were compared among three different in day and night temperatures, i.e. 34/31°C (greenhouse), 25/31°C and 25/25°C. All cultivars that were placed in both 25/31°C and 25/25°C showed CER patterns differed from the usual (greenhouse), i.e. CAM plant had positive CER values in day time, while C<sub>3</sub> plant occurred in night time. Lastly, exp. 3: study on CER and pigments content of bromeliads leaf was conducted under greenhouse and office room. The result showed that 4 color various leaf cultivars of *Neoregelia* can be decorated in office room with light intensity from fluorescent, 28/31°C (day and night temperature), 45% relative humidity, and 1,680 ppm CO<sub>2</sub> concentration. In this room condition, they had higher CER efficiency than in greenhouse and also had display life at least 30 days. The highest of CER efficiency was found in *Neoregelia* 'Tiger Cub' (green leaf with red horizontal stripes). While, *Neoregelia* 'Zoe' (red leaf with pink vertical stripes), *Neoregelia* 'Fireball' (red leaf) and *Neoregelia* 'Donger' (green – pink leaf with white edge) had high CER efficiency, respectively.

---

Student's signature

Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พัทธรียา บุญกอแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษา  
วิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐ พิษกรรม และ รองศาสตราจารย์ ดร. ประศาสตร์  
เกษมณี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมที่กรุณาให้ความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำเทคนิควิธีการ ทั้ง  
ในเรื่องการเรียนและเรื่องต่างๆตลอดจนตรวจแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จ  
สมบูรณ์ และกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ จิตราพรณ เทียมปโยธร ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก  
และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เฉอมาลย์ วงศ์ชาวจันทร์ ประธานการสอบ ที่กรุณาให้คำแนะนำ  
ตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ จนทำให้วิทยานิพนธ์นี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณเพื่อนๆและพี่น้องในแลปทุกคน ที่ช่วยเป็นกำลังใจในการทำงานและคอย  
ช่วยงานเสมอ

ขอขอบคุณคุณพินิจ คุณสุชิน อีสวัสดิ์ และ เพื่อน ๆ พี่ ๆ จากตลาดต้นไม้สวนจตุจักร ทุก  
ท่านที่คอยให้คำแนะนำเกี่ยวกับพันธุ์ไม้ การดูแลปลูกเลี้ยง ความช่วยเหลือต่างๆ และเป็นกำลังใจ  
ตลอดการศึกษาและการทำวิจัย จนทำให้การเรียนการทดลอง และการทำวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วง  
ไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และทุกคนในครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจ  
และให้คำแนะนำในทุกๆเรื่องด้วยดีเสมอมา

ธีร โชติ อีสวัสดิ์

มิถุนายน 2557

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	13
อุปกรณ์	13
วิธีการ	15
ผลและวิจารณ์	21
ผล	21
วิจารณ์	94
สรุปและข้อเสนอแนะ	100
สรุป	100
ข้อเสนอแนะ	101
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	102
ภาคผนวก	110
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	117

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ประสิทธิภาพการใช้น้ำ ( $\times 10^{-3}$ mol CO <sub>2</sub> / mol H <sub>2</sub> O) ของสับปะรดสีในกลุ่ม C <sub>3</sub> ประกอบด้วย <i>Alcantarea imperialis</i> (Al) <i>Guzmania</i> ‘Hilda’ (Guz) และ <i>Vriesea splendens</i> (Vr) ในช่วงเวลา 08:00 น. – 16:00 น.	28
2	ประสิทธิภาพการใช้น้ำ ( $\times 10^{-3}$ mol CO <sub>2</sub> / mol H <sub>2</sub> O) ของสับปะรดสีในกลุ่ม CAM ประกอบด้วย <i>Aechmea fasciata</i> (Aec) <i>Billbergia pyramidalis</i> (Bill) <i>Cryptanthus</i> ‘Pink Star’ (Cry) <i>Neoregelia</i> ‘Fireball’ (Neo) และ <i>Tillandsia xerographica</i> (Till) ในช่วงเวลา 20:00 – 06:00 น.	30
3	จำนวนปากใบเฉลี่ยของสับปะรดสีพันธุ์การค้า 8 พันธุ์	34
4	รูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO <sub>2</sub> อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO <sub>2</sub> Exchange Rate, CER) ค่าการเปิดปิดปากใบ (g <sub>s</sub> ) ค่าการคายน้ำ (E) ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (WUE) ลักษณะปากใบ และจำนวนปากใบ ของสับปะรดสีพันธุ์การค้า 8 พันธุ์	35
5	สภาพแวดล้อมการวางประดับ ประกอบด้วย โรงเรือน ห้องควบคุมอุณหภูมิ 25°C ในช่วงเวลากลางวัน และ ห้องควบคุมอุณหภูมิ 25°C ตลอดวัน	36
6	รูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO <sub>2</sub> อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO <sub>2</sub> Exchange Rate, CER) ค่าการเปิดปิดปากใบ (g <sub>s</sub> ) ค่าการคายน้ำ (E) ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (WUE) ของสับปะรดสีพันธุ์ <i>Aechmea fasciata</i> , <i>Neoregelia</i> ‘Fireball’ และ <i>Vriesea splendens</i> ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 15 และ 30 วัน	57
7	สภาพแวดล้อมการวางประดับ ประกอบด้วย โรงเรือน และ ห้องสำนักงาน	58
8	ปริมาณรงควัตถุ (มก./ตร.ซม.) ของสับปะรดสี <i>Neoregelia</i> ‘Donger’ ประกอบด้วย ใบของพืชก่อนการทดลอง (DonB) ใบของพืชที่อยู่ในโรงเรือน (33/30°C) เป็นเวลา 30 วัน (DonG) และใบของพืชที่วางประดับในห้องสำนักงาน (28/31°C) เป็นเวลา 30 วัน (DonI)	84

### สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
9	ปริมาณรงควัตถุ (มก./ตร.ชม.) ของสับปะรดสี <i>Neoregelia</i> ‘Fireball’ ประกอบด้วย ใบของพืชก่อนการทดลอง (FireB) ใบของพืชที่อยู่ในโรงเรือน (33/30°C) เป็นเวลา 30 วัน (FireG) และใบของพืชที่วางประดับในห้องสำนักงาน (28/31°C) เป็นเวลา 30 วัน (FireI)	86
10	ปริมาณรงควัตถุ (มก./ตร.ชม.) ของสับปะรดสี <i>Neoregelia</i> ‘Tiger Cub’ ประกอบด้วย ใบของพืชก่อนการทดลอง (TigerB) ใบของพืชที่อยู่ในโรงเรือน (33/30°C) เป็นเวลา 30 วัน (TigerG) และใบของพืชที่วางประดับในห้องสำนักงาน (28/31°C) เป็นเวลา 30 วัน (TigerI)	88
11	ปริมาณรงควัตถุ (มก./ตร.ชม.) ของสับปะรดสี <i>Neoregelia</i> ‘Zoe’ ประกอบด้วย ใบของพืชก่อนการทดลอง (ZoeB) ใบของพืชที่อยู่ในโรงเรือน (33/30°C) เป็นเวลา 30 วัน (ZoeG) และใบของพืชที่วางประดับในห้องสำนักงาน (28/31°C) เป็นเวลา 30 วัน (ZoeI)	90
12	รูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO <sub>2</sub> อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO <sub>2</sub> Exchange Rate, CER) ค่าการเปิดปิดปากใบ (g <sub>s</sub> ) ค่าการคายน้ำ (E) ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (WUE) ของสับปะรดสีพันธุ์ <i>Neoregelia</i> . ‘Donger’, <i>Neoregelia</i> . ‘Fireball’, <i>Neoregelia</i> . ‘Tiger Cub’ และ <i>Neoregelia</i> . ‘Zoe’ ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) และการวางประดับภายในห้องสำนักงาน (28/31°C) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 15 และ 30 วัน	92
13	ปริมาณรงควัตถุ (มก./ตร.ชม.) คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์รวม แคโรทีนอยด์ และ แอนโทไซยานิน ในใบของพืชก่อนการทดลอง (New) ใบของพืชที่อยู่ในโรงเรือน (Green house) (33/30°C) และใบของพืชที่วางประดับในห้องสำนักงานเป็นเวลา 30 วัน (Office room) (28/31°C) ของสับปะรดสีพันธุ์ <i>Neoregelia</i> . ‘Donger’, <i>Neoregelia</i> . ‘Fireball’, <i>Neoregelia</i> . ‘Tiger Cub’ และ <i>Neoregelia</i> . ‘Zoe’	93

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO <sub>2</sub> ในรอบวันของสับปะรดสีกลุ่ม C <sub>3</sub> ประกอบด้วย <i>Alcantarea imperialis</i> (Al) <i>Guzmania</i> ‘Hilda’ (Guz) และ <i>Vriesea splendens</i> (Vr)	23
2	อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO <sub>2</sub> ในรอบวันของสับปะรดสีกลุ่ม CAM ประกอบด้วย <i>Aechmea fasciata</i> (Aec) <i>Billbergia pyramidalis</i> (Bill) <i>Cryptanthus</i> ‘Pink Star’ (Cry) <i>Neoregelia</i> ‘Fireball’ (Neo) และ <i>Tillandsia xerographica</i> (Till)	23
3	Stomatal conductance ในรอบวันของสับปะรดสีกลุ่ม C <sub>3</sub> ประกอบด้วย <i>Alcantarea imperialis</i> (Al) <i>Guzmania</i> ‘Hilda’ (Guz) และ <i>Vriesea splendens</i> (Vr)	25
4	Stomatal conductance ในรอบวันของสับปะรดสีกลุ่ม CAM ประกอบด้วย <i>Aechmea fasciata</i> (Aec) <i>Billbergia pyramidalis</i> (Bill) <i>Cryptanthus</i> ‘Pink Star’ (Cry) <i>Neoregelia</i> ‘Fireball’ (Neo) และ <i>Tillandsia xerographica</i> (Till)	25
5	อัตราการคายน้ำ (transpiration rate) ในรอบวันของสับปะรดสีกลุ่ม C <sub>3</sub> ประกอบด้วย <i>Alcantarea imperialis</i> (Al) <i>Guzmania</i> ‘Hilda’ (Guz) และ <i>Vriesea splendens</i> (Vr)	27
6	อัตราการคายน้ำ (transpiration rate) ในรอบวันของสับปะรดสีกลุ่ม CAM ประกอบด้วย <i>Aechmea fasciata</i> (Aec) <i>Billbergia pyramidalis</i> (Bill) <i>Cryptanthus</i> ‘Pink Star’ (Cry) <i>Neoregelia</i> ‘Fireball’ (Neo) และ <i>Tillandsia xerographica</i> (Till)	27
7	ลักษณะปากใบของสับปะรดสีพันธุ์ต่างๆ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ขนาดกำลังขยาย 40 เท่า <i>Aechmea fasciata</i> (A) <i>Alcantarea imperialis</i> (B) <i>Billbergia pyramidalis</i> (C) <i>Cryptanthus</i> ‘Pink Star’ (D) <i>Guzmania</i> ‘Hilda’ (E) <i>Neoregelia</i> ‘Fireball’ (F) <i>Tillandsia xerographica</i> (G) และ <i>Vriesea splendens</i> (H)	33
8	อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO <sub>2</sub> ในรอบวันของสับปะรดสีพันธุ์ <i>Aechmea fasciata</i> ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน(34/31°C) (A) การวางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/31°C (B) และ วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/25°C (C) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน	39

### สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
9	อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ $\text{CO}_2$ ในรอบวันของสับปะรดสีพันธุ์ <i>Neoregelia</i> 'Fireball' ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน ( $34/31^\circ\text{C}$ ) (A) การวางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ $25/31^\circ\text{C}$ (B) และ วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ $25/25^\circ\text{C}$ (C) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน	40
10	อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ $\text{CO}_2$ ในรอบวันของสับปะรดสีพันธุ์ <i>Vriesea splendens</i> ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน ( $34/31^\circ\text{C}$ ) (A) การวางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ $25/31^\circ\text{C}$ (B) และ วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ $25/25^\circ\text{C}$ (C) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน	41
11	Stomatal conductance ในรอบวันของในรอบวันของสับปะรดสีพันธุ์ <i>Aechmea fasciata</i> ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน ( $34/31^\circ\text{C}$ ) (A) การวางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ $25/31^\circ\text{C}$ (B) และ วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ $25/25^\circ\text{C}$ (C) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน	44
12	Stomatal conductance ในรอบวันของในรอบวันของสับปะรดสีพันธุ์ <i>Neoregelia</i> 'Fireball' ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน ( $34/31^\circ\text{C}$ ) (A) การวางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ $25/31^\circ\text{C}$ (B) และ วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ $25/25^\circ\text{C}$ (C) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน	45
13	Stomatal conductance ในรอบวันของในรอบวันของสับปะรดสีพันธุ์ <i>Vriesea splendens</i> ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน ( $34/31^\circ\text{C}$ ) (A) การวางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ $25/31^\circ\text{C}$ (B) และ วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ $25/25^\circ\text{C}$ (C) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน	46
14	อัตราการคายน้ำ (transpiration rate, E) ในรอบวันของในรอบวันของสับปะรดสีพันธุ์ <i>Aechmea fasciata</i> ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน ( $34/31^\circ\text{C}$ ) (A) การวางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ $25/31^\circ\text{C}$ (B) และ วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ $25/25^\circ\text{C}$ (C) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน	49

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
15	อัตราการคายน้ำ (transpiration rate, E) ในรอบวันของในรอบวันของสับปะรดสีพันธุ์ <i>Neoregelia</i> ‘Fireball’ ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (34/31°C) (A) การวางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/31°C (B) และ วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/25°C (C) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน	50
16	อัตราการคายน้ำ (transpiration rate, E) ในรอบวันของในรอบวันของสับปะรดสีพันธุ์ <i>Vriesea splendens</i> ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (34/31°C) (A) การวางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/31°C (B) และ วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/25°C (C) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน	51
17	ประสิทธิภาพการใช้น้ำของ (water use efficiency, WUE) ในรอบวันของในรอบวันของสับปะรดสีพันธุ์ <i>Aechmea fasciata</i> ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (34/31°C) (A) การวางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/31°C (B) และ วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/25°C (C) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน	54
18	ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (water use efficiency, WUE) ในรอบวันของในรอบวันของสับปะรดสีพันธุ์ <i>Neoregelia</i> ‘Fireball’ ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (34/31°C) (A) การวางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/31°C (B) และ วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/25°C (C) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน	55
19	ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (water use efficiency, WUE) ในรอบวันของในรอบวันของสับปะรดสีพันธุ์ <i>Vriesea splendens</i> ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (34/31°C) (A) การวางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/31°C (B) และ วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/25°C (C) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน	56

### สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
20	อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ $\text{CO}_2$ ในรอบวันของสับปะรดสีพันธุ์ <i>Neoregelia</i> 'Donger' ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) (A) และการวางประดับภายในห้องสำนักงาน (28/31°C) (B) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน	61
21	อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ $\text{CO}_2$ ในรอบวันของสับปะรดสีพันธุ์ <i>Neoregelia</i> 'Fireball' ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) (A) และการวางประดับภายในห้องสำนักงาน (28/31°C) (B) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน	62
22	อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ $\text{CO}_2$ ในรอบวันของสับปะรดสีพันธุ์ <i>Neoregelia</i> 'Tiger Cub' ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) (A) และการวางประดับภายในห้องสำนักงาน (28/31°C) (B) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน	63
23	อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ $\text{CO}_2$ ในรอบวันของสับปะรดสีพันธุ์ <i>Neoregelia</i> 'Zoe' ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) (A) และการวางประดับภายในห้องสำนักงาน (28/31°C) (B) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน	64
24	Stomatal conductance ในรอบวันของสับปะรดสีพันธุ์ <i>Neoregelia</i> 'Donger' ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) (A) และการวางประดับภายในห้องสำนักงาน (28/31°C) (B) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน	67
25	Stomatal conductance ในรอบวันของสับปะรดสีพันธุ์ <i>Neoregelia</i> 'Fireball' ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) (A) และการวางประดับภายในห้องสำนักงาน (28/31°C) (B) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน	68
26	Stomatal conductance ในรอบวันของสับปะรดสีพันธุ์ <i>Neoregelia</i> 'Tiger Cub' ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) (A) และการวางประดับภายในห้องสำนักงาน (28/31°C) (B) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน	69
27	Stomatal conductance ในรอบวันของสับปะรดสีพันธุ์ <i>Neoregelia</i> 'Zoe' ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) (A) และการวางประดับภายในห้องสำนักงาน (28/31°C) (B) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน	70

### สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
28	อัตราการคายน้ำ (transpiration rate, E) ในรอบวันของสับปะรดสีพันธุ์ <i>Neoregelia</i> ‘Donger’ ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) (A) และการวางประดับภายในห้องสำนักงาน (28/31°C) (B) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน	73
29	อัตราการคายน้ำ (transpiration rate, E) ในรอบวันของสับปะรดสีพันธุ์ <i>Neoregelia</i> ‘Fireball’ ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) (A) และการวางประดับภายในห้องสำนักงาน (28/31°C) (B) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน	74
30	อัตราการคายน้ำ (transpiration rate, E) ในรอบวันของสับปะรดสีพันธุ์ <i>Neoregelia</i> ‘Tiger Cub’ ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) (A) และการวางประดับภายในห้องสำนักงาน (28/31°C) (B) และก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน	75
31	อัตราการคายน้ำ (transpiration rate, E) ในรอบวันของสับปะรดสีพันธุ์ <i>Neoregelia</i> ‘Zoe’ ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) (A) และการวางประดับภายในห้องสำนักงาน (28/31°C) (B) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน	76
32	ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (water use efficiency, WUE) ในรอบวันของสับปะรดสีพันธุ์ <i>Neoregelia</i> ‘Donger’ ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) (A) และการวางประดับภายในห้องสำนักงาน (28/31°C) (B) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน	79
33	ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (water use efficiency, WUE) ในรอบวันของสับปะรดสีพันธุ์ <i>Neoregelia</i> ‘Fireball’ ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) (A) และการวางประดับภายในห้องสำนักงาน (28/31°C) (B) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน	80

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
34	ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (water use efficiency, WUE) ในรอบวันของ สับปะรดสีพันธุ์ <i>Neoregelia</i> 'Tiger Cub' ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) (A) และการวางประดับภายในห้องสำนักงาน (B) (28/31°C) ก่อน และหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน	81
35	ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (water use efficiency, WUE) ในรอบวันของ สับปะรดสีพันธุ์ <i>Neoregelia</i> 'Zoe' ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) (A) และการวางประดับภายในห้องสำนักงาน (28/31°C) (B) ก่อน และหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน	82
36	เปรียบเทียบลักษณะของสับปะรดสีพันธุ์ <i>Neoregelia</i> ใบหลากสี ทั้ง 4 พันธุ์ ได้แก่ 1) <i>Neoregelia</i> 'Donger' ก่อนการทดลอง (A) ปลูกในโรงเรือน (33/30°C) เป็นเวลา 30 วัน (B) หลังจากวางประดับในห้องสำนักงาน (28/31°C) เป็น เวลา 30 วัน (C) 2) <i>Neoregelia</i> 'Fireball' ก่อนการทดลอง (D) ปลูกในโรงเรือน (33/30°C) เป็นเวลา 30 วัน (E) หลังจากวางประดับในห้องสำนักงาน (28/31°C) เป็น เวลา 30 วัน (F) 3) <i>Neoregelia</i> 'Tiger Cub' ก่อนการทดลอง (G) ปลูกในโรงเรือน (33/30°C) เป็นเวลา 30 วัน (H) หลังจากวางประดับในห้องสำนักงาน (28/31°C) เป็น เวลา 30 วัน (I) 4) <i>Neoregelia</i> 'Zoe' ก่อนการทดลอง (J) ปลูกในโรงเรือน (33/30°C) เป็น เวลา 30 วัน (K) หลังจากวางประดับในห้องสำนักงาน (28/31°C) เป็น เวลา 30 วัน (L)	91

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
1	สับประรดสีพันธุ์ <i>Aechmea fasciata</i>	111
2	สับประรดสีพันธุ์ <i>Alcantarea imperialis</i>	111
3	สับประรดสีพันธุ์ <i>Billbergia pyramidalis</i>	111
4	สับประรดสีพันธุ์ <i>Cryptanthus</i> 'Pink Star'	112
5	สับประรดสีพันธุ์ <i>Guzmania</i> 'Hilda'	112
6	สับประรดสีพันธุ์ <i>Neoregelia</i> 'Donger'	112
7	สับประรดสีพันธุ์ <i>Neoregelia</i> 'Fireball'	113
8	สับประรดสีพันธุ์ <i>Neoregelia</i> 'Tiger Cub'	113
9	สับประรดสีพันธุ์ <i>Neoregelia</i> 'Zoe'	113
10	สับประรดสีพันธุ์ <i>Tillandsia xerographica</i>	114
11	สับประรดสีพันธุ์ <i>Vriesea splendens</i>	114
12	เครื่องวัดการแลกเปลี่ยนก๊าซและอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง รุ่น LI-6400XT, LI-COR, USA	115
13	กล้องจุลทรรศน์ Carl Zeiss รุ่น AXIO Primo Star iLED (Carl Zeiss, Germany) ซึ่งประกอบด้วยกล้องถ่ายภาพ Canon รุ่น EOS 1000D	116

## การศึกษาการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ในรอบวันของสับประรดสีพันธุ์การค้าบางพันธุ์ ภายใต้สภาพโรงเรือนและภายในอาคาร

### Study on Diurnal CO<sub>2</sub> Exchange in Some Commercial Bromeliads under Greenhouse and Indoor Conditions

#### คำนำ

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) เป็นก๊าซมลพิษที่สำคัญชนิดหนึ่งที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในอัตรา 1-1.5 ppm ต่อปี (พูนพิภพ และคณะ, 2538) ก๊าซนี้จะถูกปล่อยออกมาพร้อมกับไอเสียรถยนต์และการคมนาคมอื่น ๆ โรงงานอุตสาหกรรม การเผาไหม้ และการหายใจของสิ่งมีชีวิต ซึ่งในเวลาทำงาน ผู้ปฏิบัติงานภายในอาคารมีการปลดปล่อย CO<sub>2</sub> ออกมา ทำให้เกิดการสะสม CO<sub>2</sub> ในปริมาณสูง ประกอบกับการระบายและการถ่ายเทอากาศระหว่างภายในและภายนอกอาคารมักประสบปัญหา ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพผู้ปฏิบัติงานภายในอาคาร (Erdmann and Apte, 2004; Seppänen *et al.*, 1999) ถ้าเราหายใจโดยมีก๊าซนี้ผสมอยู่ในปริมาณมากจะทำให้รับออกซิเจนได้น้อยลงส่งผลให้เกิดอาการหอบ หายใจถี่ และ เร็ว CO<sub>2</sub> ยังเป็นตัวการสำคัญในการก่อให้เกิดภาวะเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้นด้วย (เศรษฐมนตร์, 2553)

พืชสามารถลดปริมาณของ CO<sub>2</sub> ในอากาศได้โดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งนอกจากอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชแต่ละชนิดไม่เท่ากันแล้ว ยังอยู่ภายใต้อิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ หลายปัจจัย (พูนพิภพ และคณะ, 2538) เช่น ชนิดของพืช ชนิดและปริมาณรงควัตถุในใบ ความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้นในอากาศ ปริมาณก๊าซในอากาศ เป็นต้น การเลือกต้นไม้มาใช้ประดับภายในอาคารจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ควรเลือกพันธุ์ไม้ที่ทนร่มได้ดี มีลักษณะรูปทรงที่กะทัดรัด สวยงาม (วิจิตร และคณะ, 2537) ทางผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงประโยชน์จากการนำสับประรดสีมาวางระดับในอาคาร เนื่องจากสับประรดสีมีความหลากหลายของรูปทรงและสีสันทัน นอกจากนี้ในบางชนิดยังมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมและความแห้งแล้งได้ดี เช่น สกุล *Dyckia* และ *Tillandsia* (Benzing, 2000)

สับประรดสี หรือ Bromeliad เป็นพืชที่เริ่มมีความนิยมปลูกเลี้ยงอย่างแพร่หลายในไทยช่วงหลายปีที่ผ่านมา (อภิรักษ์, 2553) และในอนาคตก็มีแนวโน้มนิยมยิ่งขึ้นเพราะสามารถใช้ในการประดับตกแต่งสถานที่ อีกทั้งยังมีหลากหลายสายพันธุ์ ขนาดของต้น สีของใบ รูปทรงต้น และหลายชนิด ดังนั้นเพื่อเป็นแนวทางการนำสับประรดสีไปใช้ประโยชน์ในการประดับตกแต่งสถานที่ ทั้งภายนอกและภายในอาคาร ในการศึกษาวิจัยศึกษาการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของสับประรดสีพันธุ์การค้าบางพันธุ์ ร่วมกับการปลูกเลี้ยงหรือการวางประดับในสภาพแวดล้อมที่ต่างกันซึ่งน่าจะส่งผลในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แตกต่างกัน ตลอดจนการศึกษารูปแบบแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในรอบวันของแต่ละพันธุ์ เพื่อประโยชน์ในการนำไปใช้งานได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการแลกเปลี่ยนก๊าซ  $\text{CO}_2$  ค่า stomatal conductance การคายน้ำ และลักษณะของปากใบเพื่อใช้ในการประเมินรูปแบบการสังเคราะห์ด้วยแสงของสับปะรดสีพันธุ์การค้า 8 พันธุ์
2. เพื่อศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อรูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ  $\text{CO}_2$  ของสับปะรดสี
3. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนก๊าซ  $\text{CO}_2$  ของสับปะรดสีพันธุ์ *Neoregelia* ใบหลากสี ที่วางประดับในอาคาร
4. เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้เป็นแนวทางในการนำสับปะรดสีไปใช้ประโยชน์ด้านการประดับตกแต่งสถานที่ทั้งภายในและภายนอกอาคาร

## การตรวจเอกสาร

### 1. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของสับปะรดสี

สับปะรดสีเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (Monocot) ในวงศ์ Bromeliaceae มีประมาณ 2800 ชนิดใน 56 สกุล (Croonenborghs, 2011) ส่วนใหญ่อยู่ในทวีปอเมริกาใต้ สับปะรดสีมีระบบรากฝอย อายุหลายปี ธรรมชาติมักพบอิงอาศัยอยู่คาบไม้ใหญ่ หรือตามหน้าผาหินที่มีแสงแดดมาก อากาศเย็นหรือบนพื้นดินชุ่มชื้น มีแสงแดดรำไร มีลักษณะที่สำคัญดังนี้ (อภิรักษ์, 2553) ลำต้นส่วนใหญ่มีขนาดสั้นและมีกาบใบเวียนรอบและห่อลำต้น เรียงซ้อนกันแน่นหรือหลวม ๆ ชูตั้งขึ้นเพื่อให้แผ่นใบรับน้ำและแสงแดด เมื่อแผ่นใบแก่และหลุดร่วงไปจะปรากฏข้อปล้องชัดเจน เมื่อพิจารณาลักษณะทางกายวิภาคของลำต้นพบว่า มีชั้น คอร์เทกซ์ (cortex) หนา ส่วนชั้นพาเรงคิมา (parenchyma) เป็นชั้นที่บางรูปทรงกระบอก ตั้งอยู่ในส่วนกลางลำต้น โดยแยกจากส่วนของ สเกอเรงคิมา (sclerenchyma) ส่วนเพอริเดิม (periderm) เกิดจาก เฟลลोजิน (phellogen) อาจพัฒนาได้จากส่วนล่างของเนื้อเยื่อชั้นผิว (epidermis) ในบางครั้งอาจเกิดบนแกนต้นใต้บาดแผลหรือใบที่เป็นแผล ในบางพันธุ์ เช่น *Puya* ซึ่งเป็น สับปะรดสีที่ใหญ่ที่สุดในโลก มีการรายงานถึงแคมเบียม (cambium) ที่เกิดในไม้ยืนต้น (Harms, 1930) รวมถึงมีการพบที่แกนของช่อดอก *Deuterocohnia meziana* ในส่วนของท่อลำเลียง (vascular) ของ Bromeliaceae มีความซับซ้อนมากเพราะมีรากรวมอยู่ในชั้นนี้ด้วย รอยของกาบใบที่ล้อมรอบ suberized 'endodermis-like' มีรากแทรกตัวอยู่ระหว่างผิวของลำต้น และได้กาบใบยังมีการเกิดตาหน่อ และรากจำนวนมากอีกด้วย (Krauss, 1948) รากมีความแข็งแรงทนทานโดยปกติใช้ในการยึดเกาะกับพื้นผิว ในขณะที่รากกำลังเติบโตนั้นพบว่าที่ส่วนของปลายรากมีการเกิดท่อน้ำและท่อลำเลียงอาหาร รวมทั้งเนื้อเยื่อชั้นผิวด้วย โดยที่ Benzing (2000) รายงานว่า *Ananus comosus* ที่เป็นสับปะรดสีที่อาศัยอยู่บนดิน มีเนื้อเยื่อชั้นผิวบางและแข็งแรงน้อยกว่าพันธุ์อื่น เช่น *Billbergia sanderiana* ที่เป็นสับปะรดสีอิงอาศัย และในกลุ่มของ Tillandsioideae ที่เจริญเติบโตเต็มที่ ความสามารถในการลำเลียงน้ำและอาหารจะลดลง แต่จะเหลือเพียงเทรคีด (tracheid) ไว้สำหรับลำเลียงน้ำเท่านั้น รากจะเกิดบริเวณ dictyogenous ประมาณ 1 ซม. จากปลายรากของ *Ananus comosus* (Krauss, 1948) รากจะเจริญอยู่ภายในลำต้นก่อนที่จะยึดโผล่จากลำต้นออกมา ในสับปะรดสีที่อาศัยอยู่บนผิวดิน รากจะมีความแข็งแรงน้อยกว่ารากของสับปะรดสีอิงอาศัยแต่มีประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำและธาตุอาหารมากกว่า (Benzing, 2000) สับปะรดสีที่มีแผ่นใบบาง กว้าง มั่นเงาและไม่มีขนส่วนใหญ่จะทนต่อร่มเงาและความแห้งแล้งได้น้อยซึ่งต่างจากกลุ่มที่มีใบหนา อวบน้ำ ใบแคบ และ มีขน หรือ ไทร โคมเพราะในกลุ่มนี้มีเนื้อเยื่อ

ไว้สำหรับกักเก็บน้ำเป็นการปรับตัวเพื่อให้พ้นจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น *Puya mariae* และ *Fosterella penduliflora* ในกลุ่มของ Pitcairnioideae ที่เติบโตในที่ชื้นแฉะ และกลุ่มใบบางไม่อวบน้ำ เมื่อถึงฤดูร้อนจะทิ้งใบเพื่อลดการคายน้ำ (McWilliams, 1974) ใบที่แคบและยาวมีความแข็งแรงมากกว่าใบแบนกว้าง (Krauss, 1948) ลักษณะขอบใบและแผ่นใบที่ปกคลุมด้วยขน หรือ ไทรโคม สามารถบ่งบอกได้ถึงสภาพที่พืชอาศัยอยู่หรือความทนทานต่อสภาพแวดล้อมได้ เช่น ในกลุ่มของ Bromelia และ Pitcairnioideae บางพันธุ์พบว่าขอบใบมีลักษณะเป็นหนามซี่ ๆ คล้ายฟันปลาและมีขนชี้ขึ้นหนาแน่นที่ผิวใบทำให้มีการคายน้ำน้อย ทนแล้งได้ดี ในขณะที่กลุ่ม Tillandsioideae ไม่มีขนชี้ขึ้นหนาแน่น (Benzing, 2000) นอกจากนี้การเรียงตัวของใบเป็นแบบทรงดอกกุหลาบ (rosette) ทำให้มีการบังแสงของใบด้วยกันมีน้อย และยังเพิ่มประสิทธิภาพในการสังเคราะห์ด้วยแสงอีกด้วย ไทรโคม (Trichome) เป็นส่วนที่ปกคลุมอยู่ภายนอกของใบ มีความหลากหลายค่อนข้างมากทั้งขนาดและรูปร่าง มีทั้งที่เป็นแบบขน แผ่น (shield) หรือ เกล็ด (scale) ในบางครั้งสามารถใช้รูปร่างของไทรโคมในการจำแนกกลุ่มของ Bromeliad ได้ จากการรายงานพบว่าไทรโคมมีมากกว่า 100 ชนิดซึ่งแสดงถึงการวิวัฒนาการขั้นสูงของใบ (Strehl, 1983) การเรียงตัวของไทรโคมที่มีรูปร่างเป็นเกล็ด สามารถช่วยในการดูดซับความชื้นในอากาศได้ดี นอกจากนี้ไทรโคมยังช่วยป้องกันโรคและศัตรูพืช ควบคุมการแลกเปลี่ยนก๊าซ ป้องกันความร้อนและแสงที่มากเกินไปได้อีกด้วย ไทรโคมยังมีการปกคลุมที่ลำต้น ก้านช่อดอก ผล และเปลือกหุ้มเมล็ดของสับปะรดสีบางกลุ่ม เช่น Pitcairnioideae (Robinson, 1969) รวมถึงบนใบของต้นกล้าของ *Ananus comosus* ด้วย (Krauss, 1948) ซึ่ง Strehl and Winkler (1981) ได้กำหนดประเภทของไทรโคมโดยดูจากรูปร่าง ชนิดไม่มี peltate สับปะรดสีบางชนิดมีการลดรูปของ ไทรโคมลงเพื่อให้เหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมในการเจริญเติบโต เช่น *Guzmania monostachia* แต่บางชนิดก็มีไทรโคมที่มีขนาดใหญ่ เช่น *Tillandsia crocata* ถือเป็นการปรับตัวให้เหมาะสมต่อสภาพอากาศที่แห้งแล้ง (Benzing, 2000) รงควัตถุในใบเป็นสิ่งที่ช่วยให้สับปะรดสีมีสีอันสวยงาม เช่น ใบที่มีลักษณะเป็นลายขวางเกิดที่คลอโรพลาสต์ (chlorenchyma) ในใบโดยมีการกำหนดโดย cyanic ที่บริเวณด้านบนของใบ เช่น *Vriesea fosteriana* ส่วนที่เป็นลายตรงเกิดจากส่วนที่มีแอนโทไซยานินอยู่มากในผิวใบสับปะรดสีที่อยู่ในป่าเขตร้อนที่มีร่มเงามาก การที่มีใบสองสีช่วยในการนำโปรตรอนกลับมาใช้ได้ใหม่ โดยการสะท้อนสีแดงจากส่วนที่บรรจุแอนโทไซยานินไว้มากที่บริเวณด้านบนของใบ (Lee et al., 1979) ในกลุ่มของ Tillandsioideae ส่วนใหญ่ จะมีรงควัตถุที่สีอ่อนและไม่สะท้อนแสงสีแดง ในบางกรณีการมีสีจืดจางอาจทำให้สับปะรดสีมีรูปแบบการสังเคราะห์ด้วยแสงต่างกันเช่น ในกลุ่ม Tillandsioideae การที่ใบมีสีจืดจางอาจเป็นกลไกการป้องกันตัวเองจากสัตว์กินพืชหลาย ๆ ชนิด

แต่ในบางครั้งการมีสีต้นจุดจาดก็สามารล่อให้นัก แมลง รวมถึงสัตว์กินพืชหลาย ๆ ชนิดมาช่วยผสมเกสรได้ (Benzing, 2000)

## 2. การจำแนกตามระบบนิเวศน์

อภีรักษ์ (2553) จำแนกสับปะรดสีตามลักษณะระบบนิเวศน์

### 2.1 Terrestrial xeric bromeliad

สับปะรดสีที่อาศัยอยู่บนดิน ทนแล้ง รวมถึงพวกที่อาศัยอยู่บนหิน โดยใช้ระบบรากที่แผ่กระจายหยั่งลึกลงไปตามซอกหิน เพื่อดูดซับความชื้นและแร่ธาตุต่าง ๆ ที่มีอยู่ในดิน ลักษณะใบมักเรียงซ้อนกันแบบหลวม ๆ ไม่สามารถเก็บกักน้ำได้ บางชนิดอาศัยในที่แห้งแล้ง มีใบอวบน้ำ ยกตัวอย่างเช่น สกุล *Alcantarea* , *Cryptanthus*

### 2.2 Tank bromeliad

ในกลุ่มนี้มีความหลากหลายสูง พบในธรรมชาติที่แตกต่างกัน ตั้งแต่ระดับน้ำทะเลไปจนถึงยอดเขาสูง (จารุพันธ์, 2543) ส่วนใหญ่เป็นพืชอิงอาศัยที่อยู่ตามคาคบไม้ใหญ่หรือ โขดหิน โดยพัฒนาใบให้เรียงซ้อนกันจนสามารถกักเก็บน้ำไว้ในกาบใบได้หลายแบบ เช่น กาบใบเป็นแอ่งเปิดกว้าง กาบใบห่อตัวเป็นถ้วย บางชนิดกาบใบห่อตัวยกขึ้นจนเป็นหลอดสูง แต่กักเก็บน้ำไว้ได้ดีเช่นกัน เมื่อน้ำฝนและหมอกตกกระทบบนใบก็จะไหลลงสู่กาบใบ บางครั้งเมื่อมีซากพืชและซากสัตว์เล็ก ๆ ตกลงไปก็ย่อยสลายอยู่ในแอ่งน้ำเล็ก ๆ นี้ โดยมีใบทำหน้าที่ดูดซับแร่ธาตุต่าง ๆ แทนรากที่มีหน้าที่ยึดเกาะให้พุ่มตัวอยู่ได้ ในฤดูแล้ง น้ำที่สะสมไว้ในกาบใบจะมีประโยชน์มาก เพราะช่วยให้ต้นดำรงชีวิตอยู่ได้ เช่นสกุล *Aechmea*, *Billbergia*, *Guzmania*, *Neolegelia*

### 2.3 Atmospheric bromeliad

ลักษณะเด่นของกลุ่มนี้คือ มีรากเป็นเส้นเล็กเหมือนลวดแข็ง ๆ ทำหน้าที่ยึดเกาะกับต้นไม้ใหญ่หรือหน้าผาหิน ส่วนใบมีไทรโคมช่วยดูดซับความชื้น น้ำค้าง หมอก และแร่ธาตุต่าง ๆ ในอากาศ ลักษณะของไทรโคมมีทั้งเป็นเกล็ด เป็นขนที่ผิวใบ ขึ้นอยู่กับถิ่นที่อยู่อาศัยในธรรมชาติ

ถ้าเป็นบริเวณที่อาศัยในตอนกลางวันมีแสงและความชื้นบรรยากาศเหมาะสม ไทรโคมมักจะเป็นเกล็ดละเอียดและมองเห็นด้วยตาเปล่า ส่วนใหญ่จะเป็นสกุล *Tillandsia* ที่มีไทรโคมปกคลุมบนใบเป็นสีเทาเงิน แต่ถ้าอาศัยอยู่บนยอดเขาสูง ได้รับแสงตลอดวัน อากาศแห้งแล้ง มีความชื้นสัมพัทธ์มากในช่วงเวลาสั้น ๆ ตอนกลางคืน ไทรโคมจะมีลักษณะเป็นขนยาวเพื่อดูดซับความชื้นให้ได้มากที่สุด

### 3. การสังเคราะห์ด้วยแสงของสับปะรดสี

การสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นกระบวนการสำคัญที่พืชนำพลังงานแสงเปลี่ยนเป็นพลังงานเคมีมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในการสร้างอาหารจากโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ไปเป็นคาร์โบไฮเดรตคือน้ำตาลหรือแป้ง รวมทั้งการปลดปล่อยออกซิเจนออกมา ซึ่งสิ่งมีชีวิตทั้งหลายจะนำไปใช้ในกระบวนการเมตาบอลิซึมที่จำเป็นต่อการดำรงชีพ (สมบุญ, 2548)

สับปะรดสีมีรูปแบบการสังเคราะห์ด้วยแสง 2 รูปแบบคือ  $C_3$  และ CAM (Martin, 1994) การสังเคราะห์ด้วยแสงแบบ  $C_3$  เริ่มต้นด้วยการที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $CO_2$ ) รวมตัวกับสารตั้งต้น ribulose-1,5-bisphosphate (RubP) โดยอาศัยเอนไซม์ ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase (RubisCO) ในวัฏจักรคัลวินแล้วได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นสารอินทรีย์ที่มีองค์ประกอบของคาร์บอน 3 อะตอมคือ 3-phosphoglycerate (3-PGA) เป็นผลิตภัณฑ์แรกและเกิดการเปลี่ยนแปลงต่อไปจนได้ผลิตภัณฑ์ในรูปของน้ำตาลชนิดต่าง ๆ ส่วนการสังเคราะห์ด้วยแสงแบบ CAM สับปะรดสีจะตรึง  $CO_2$  จากภายนอกเข้ามาทำปฏิกิริยากับ PEP (Phosphopyruvic acid) ได้ OXA (Oxaloacetate) และ OXA นี้จะถูกรีดิวส์ให้เป็น Malate (เป็นกรดอินทรีย์ที่ถูกสร้างขึ้นในที่มืด) จะถูกเก็บไว้ใน vacuole เมื่อสับปะรดสีได้รับแสง กรด Malate จะถูกส่งไปยังคลอโรพลาสต์ โดยเปลี่ยนไปเป็น Pyruvate (Pyr) ซึ่งอาจถูกนำไปใช้ในกระบวนการอื่น ๆ ต่อไป (จารุพันธ์, 2543)

#### 3.1 การตอบสนองต่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

พืชดูดซับ  $CO_2$  ผ่านทางปากใบโดยแพร่ผ่านช่องว่างระหว่างเซลล์เข้าสู่เซลล์ชั้นมีโซฟิลล์ ประกอบกับการที่ใบได้รับแสงทำให้เกิดกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงขึ้น (Taiz and Zeiger, 2006) เมื่อพืชได้รับ  $CO_2$  อย่างต่อเนื่อง จึงทำให้พืชสังเคราะห์ด้วยแสงอย่างต่อเนื่อง และยิ่งความเข้มข้นของ  $CO_2$  ที่เพิ่มขึ้นแล้วยังกระตุ้นการสังเคราะห์ด้วยแสงให้เพิ่มมากขึ้น

(McConnaughay *et al.*, 1993; Mohr and Schopfer, 1995) โดยพืชที่ปลูกในกระถางขนาดเล็ก ราก จะมีการเจริญที่จำกัด ทำให้ต้องการธาตุอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง (McConnaughay *et al.*, 1993) ภายใต้อากาศดังกล่าวจะเกิดสมดุลระหว่างการสังเคราะห์ด้วยแสง (การดูดซับ CO<sub>2</sub>) และการหายใจ (การปลดปล่อย CO<sub>2</sub>) ทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิเป็น ศูนย์ เรียกจุดที่ความเข้มข้นของ CO<sub>2</sub> ที่ทำให้ค่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิเป็นศูนย์ว่า CO<sub>2</sub> compensation point ( $I$ ) (Mohr and Schopfer, 1995) ซึ่งค่า CO<sub>2</sub> compensation point มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ และค่า CO<sub>2</sub> compensation point ยังใช้สำหรับประเมินประสิทธิภาพ การสังเคราะห์ด้วยแสงของใบที่สัมพันธ์กับการใช้ CO<sub>2</sub> ในบรรยากาศ ค่า  $I$  ที่ต่ำหมายถึง ใบพืชมี อัตราการตรึง CO<sub>2</sub> ที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับ การปลดปล่อย CO<sub>2</sub> ที่ต่ำ ในทางตรงกันข้าม ค่า  $I$  ที่สูง เป็นจุดที่ใบพืชมีอัตราการตรึง CO<sub>2</sub> ที่ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับ การหายใจที่สูง (Mohr and Schopfer, 1995) การที่ความเข้มข้นของ CO<sub>2</sub> สูงทำให้พืช CAM บางชนิดมีค่าการเจริญเติบโตที่สูงขึ้นด้วยเช่น *Selenicereus megalanthus* มีการเจริญเติบโตดีขึ้น 63 % เมื่อความเข้มข้นของ CO<sub>2</sub> เพิ่มขึ้นจาก 380 เป็น 1000 ppm (Weiss *et al.*, 2010) มีการศึกษาไม้ดอกไม้ประดับที่ได้รับความเข้มข้นแสงที่ 1500  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  เมื่อนำไปไว้ในที่ ๆ มีแสงเพียง 300  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  มีแนวโน้มการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลงแต่ไม่ มาก (พูนพิภพและคณะ, 2538)

Croonenborghs *et al.* (2009) ได้ศึกษาผลของ CO<sub>2</sub> ที่เพิ่มขึ้นต่อการเจริญเติบโตและ ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของสับปะรดประดับ พบว่าสับปะรดสี 3 พันธุ์ คือ *Aechmea 'Maya'* (CAM), *Aechmea fasciata 'Primera'* (CAM) และ *Guzmania 'Hilda'* (C<sub>3</sub>) ที่อากาศปกติ 380 ppm (ambient) และ CO<sub>2</sub> ที่เพิ่มขึ้น (750 ppm) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า เมื่อได้รับ CO<sub>2</sub> เป็น ระยะเวลายาวนาน มีผลต่อการสร้างชีวมวลเพิ่มขึ้นอย่างตายตัว ยิ่งกว่านั้น ยังทำให้เกิดผลเสียต่อ มูลค่าไม้ประดับอีกด้วย ดังนั้นจึงควรต้องมีความระมัดระวังในการให้ CO<sub>2</sub> เพิ่มขึ้นในการปลูก เลี้ยงทางการค้า การเพิ่มปริมาณของ CO<sub>2</sub> และน้ำยังมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชด้วย ในสับปะรด สีบางชนิดการเพิ่มขึ้นของ CO<sub>2</sub> สามารถช่วยให้พืชเติบโตในสภาพแห้งแล้งของได้ดีขึ้น (Zotz *et al.*, 2010)

### 3.2 การตอบสนองต่อแสง

ใบของพืชชอบร่ม (shade plant) ดูดกลืนแสงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ทำให้การ สังเคราะห์ด้วยแสงที่เกิดขึ้นจะมีมากกว่าใบของพืชชอบแดด (sun plant) เนื่องจากใบของพืชชอบ

รุ่มสามารถรับแสงและอ้อมตัวกับแสงที่ดูคลิ่นได้ต่ำกว่าใบของพืชชอบแดด (Öpik and Rolfe, 2005) ประกอบกับพืชชอบรุ่มปรับตัวเพื่อเจริญเติบโตภายใต้สภาพพื้นป่าฝนเขตร้อน ซึ่งได้รับปริมาณแสงน้อยกว่า 1 เเปอร์เซ็นต์ โดยวัดจากยอดของทรงพุ่ม (Hopkins and Hüner, 2004) พืชชอบรุ่มปรับตัวให้เข้ากับสภาพร่มเงามากได้ดีกว่าการปรับตัวเข้ากับสภาพความเข้มแสงสูง เนื่องจากใบของพืชชอบรุ่มมีความบางและมีปริมาณคลอโรฟิลล์มากกว่าใบของพืชชอบแดด (Boardman, 1977) การปรับตัวของพืชต่อปริมาณแสงที่ได้รับทำให้พืชมีลักษณะโครงสร้างต่างกันตามแหล่งที่พบ *Primulina tabacum* ที่พบในถ้ำ ปากถ้ำ และที่โล่งแจ้งมีลักษณะโครงสร้างใบที่แตกต่างกัน ต้นที่พบกลางแจ้งมีใบที่หนากว่า ความหนาแน่นของปากใบมากกว่า มีขนใบยาวและแน่นกว่าพืชที่อยู่ปากถ้ำ และ ในถ้ำ ส่วนค่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง ค่า light compensation และการคายน้ำ พืชกลางแจ้งมีค่าสูงกว่า จากงานทดลองนี้แสดงให้เห็นถึงการปรับตัวของพืชทั้งโครงสร้างของพืช และค่าการตอบสนองต่อแสงเพื่อให้พืชดำรงชีวิตอยู่ได้ในสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน (Liang *et al.*, 2010) ใบพืช *Ajuga reptans* ที่ปลูกในที่ร่ม มีสีเขียวและสีเหลืองเข้มกว่าใบของต้นที่ปลูกกลางแจ้ง มีการสะสมของเบต้าแคโรทีนและคลอโรฟิลล์ในใบพืชที่อยู่ในที่ร่ม ในขณะที่ลูทีนมีการสะสมมากในใบพืชที่ปลูกในที่กลางแจ้ง นอกจากนี้ในฤดูร้อนพืชที่ปลูกกลางแจ้งจะมีกระบวนการสังเคราะห์รงควัตถุเรียกว่า violaxanthin cycle เพิ่มขึ้นมากกว่าพืชที่ปลูกในฤดูหนาวเพื่อป้องกันความเสียหายจากความเข้มแสง (Dymova *et al.*, 2010)

สำหรับสับปะรดสีนั้นก็มีกลุ่มที่ชอบแดดและร่มเช่นเดียวกัน Keller *et al.* (2005) ได้รายงานถึงสับปะรดสีในป่าของประเทศเวเนซุเอลามีการเจริญเติบโตในที่ ๆ ได้รับแสงมากตามชนิดหินเป็นสายพันธุ์ *Pitcairnia* มีรูปแบบการสังเคราะห์ด้วยแสงแบบ C<sub>3</sub> ส่วนสายพันธุ์ที่เจริญเติบโตตามสวนป่าร่มใกล้หนองน้ำเป็นสายพันธุ์ *Ananus* มีรูปแบบการสังเคราะห์ด้วยแสงแบบ CAM เป็นการตอบสนองต่อช่วงแสงหลายรูปแบบ (Benzing, 2000) ได้แก่ ลักษณะโครงสร้างใบ เช่น สับปะรดสี *Guzmania monostachia* มีการปรับโครงสร้างใบให้บางลงเพื่อลดความเสียหายจากความเข้มแสงที่มากเกินไป (Maxwell *et al.*, 1992) นอกจากนี้ Dimmitt (1985) ได้รายงานถึง *Tillandsia caput medusae* ที่อาศัยในทะเลทรายมีการสร้างชั้นใบคล้ายฉนวนกันความร้อนและสะท้อนแสงเพื่อป้องกันความเสียหายจากความเข้มแสงสูงและความร้อน

### 3.3 การตอบสนองต่อปากใบ

Beerling and Woodward (1995) ศึกษาการตอบสนองของปากใบพืชใบด่าง 5 ชนิด คือ *Coleus blumei*, *Tropaeolum major*, *Hedera helix*, *Hypoestes variegata* และ *Chlorophytum picturatum* ต่อความเข้มข้นของ  $\text{CO}_2$  2 ระดับ คือ 350 และ  $700 \mu\text{mol mol}^{-1}$  พบว่าความหนาแน่นของปากใบและดัชนีปากใบของส่วนสีเขียวและสีขาวของใบลดลงเมื่อได้รับความเข้มข้นของ  $\text{CO}_2$  ที่เพิ่มขึ้น ซึ่ง Beerling and Woodward (1995) สรุปว่าการตอบสนองของปากใบต่อ  $\text{CO}_2$  ไม่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชใบด่าง

### 3.4 การตอบสนองต่อปัจจัยอื่น

Nievola *et al.* (2005) ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของ สับปะรดพันธุ์ Smooth Cayenne ในสภาพปลอดเชื้อที่ควบคุมอุณหภูมิ 2 ระดับคือ อุณหภูมิกลางวัน กลางคืนคงที่  $28^\circ\text{C}$  และอุณหภูมิ  $28^\circ\text{C}$  ในเวลากลางวันและ  $15^\circ\text{C}$  ในเวลากลางคืน ปรากฏว่าการ เจริญเติบโตในสภาพที่อุณหภูมิกงที่ สับปะรดมีรูปแบบการสังเคราะห์ด้วยแสงแบบ  $\text{C}_3$  แต่ที่ อุณหภูมิสลับสับปะรดมีรูปแบบการสังเคราะห์ด้วยแสงแบบ CAM แต่การให้อุณหภูมิที่ต่ำเกินไปก็ เป็นผลเสีย ในการเจริญเติบโตของ *Alcantarea imperialis* ที่ปลูกในสภาพปลอดเชื้อที่อุณหภูมิก กลางวันกลางคืน  $15/15^\circ\text{C}$ ,  $15/30^\circ\text{C}$  และ  $30/30^\circ\text{C}$  พบว่าที่อุณหภูมิ  $30/30^\circ\text{C}$  มีจำนวนใบ ราก ขนาดใบ ราก น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งมากกว่าอุณหภูมิ  $15/30^\circ\text{C}$  และ  $15/15^\circ\text{C}$  ตามลำดับ เพราะพืชไม่จำเป็นต้องใช้น้ำตาลที่สะสมไว้เปลี่ยนเป็นคาร์โบไฮเดรตเพื่อไปป้องกันพืชจากความ หนาวเย็น (Mollo *et al.*, 2011) ในสภาพแห้งแล้งและขาดน้ำก็ทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับ  $\text{CO}_2$  ลดลงอย่างมาก ต้นเคราฤๅษีหรือมอสสเปน (*Tillandsia utriculata*) เป็นพืช CAM มีการทดลองลด น้ำเป็นระยะเวลามากกว่า 2 เดือน มีการวัดผลการทดลองในสภาพที่ขาดน้ำ 7 – 31 วันแรก ประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยน  $\text{CO}_2$  ลดลงอย่างเห็นได้ชัดใน 7 วันแรกและค่อนข้างคงที่จนถึงวันที่ 31 ของการทดลอง แสดงถึงการปรับตัวของพืชต่อการขาดน้ำ

## 4. ประสิทธิภาพการใช้น้ำพืช (water use efficiency, WUE)

นักวิทยาศาสตร์สามารถประเมินประสิทธิภาพการใช้น้ำเพื่อการสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthetic water use efficiency) ได้จากปริมาณ  $\text{CO}_2$  ที่พืชตรึงได้ต่อปริมาณน้ำที่พืชสูญเสียไป

พืช CAM มีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงที่สุด รองลงมา คือ พืช  $C_4$  และน้อยที่สุด คือ พืช  $C_3$  เหตุผลที่พืช CAM มีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงเพราะ พืช CAM เปิดปากใบเพื่อตรึง  $CO_2$  ในเวลากลางคืนซึ่งมีความชื้นมากกว่าช่วงเวลากลางวัน จึงสูญเสียน้ำจากการคายน้ำน้อยกว่า (พูนพิภพ, 2551)

## 5. การใช้ประโยชน์จากสับปะรดสี

สับปะรดสีสามารถปรับตัวได้ดีมากในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ เช่น ภายในบ้านที่มีเครื่องปรับอากาศ โดยเฉพาะแนวใกล้แสงสว่าง เช่น หน้าต่างหรือโถ๊ะ ที่มีแสงอ่อนก็ตาม สับปะรดสีที่ปลูกในโรงเรือนเมื่อออกดอกสามารถนำเข้ามาประดับบนโถ๊ะรับแขก โถ๊ะทำงาน ได้นานหลายสัปดาห์ สับปะรดสีสามารถนำมาประดับในกระถางร่วมกับพืชชนิดอื่นได้หลายชนิด ทำให้สับปะรดสีได้รับความนิยมนำมาใช้ประดับตกแต่งทั้งภายในอาคารบ้านเรือน โรงแรม ห้างสรรพสินค้า อีกทั้งสับปะรดสีมีความทนทาน บางชนิดมีขนาดใหญ่เป็นพุ่ม ใบมีสีสันทดลายน่าสนใจแตกต่างกันไป จึงมีการนำมาใช้เป็นไม้ประดับปลูกกลางแจ้งได้อย่างเหมาะสม บางครั้งจะเห็นว่าการใช้จัดเป็นสวนแนวตั้งเนื่องจากความทนทานและสีสันทะลุกลามทำให้เข้ากับสมัยนิยม (จารุพันธ์, 2543)

## 6. การปรับสภาพของพันธุ์ไม้เมื่อนำไปประดับภายในอาคาร

การปรับสภาพ (acclimatization) คือ กระบวนการที่ทำให้พืชปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมที่ค่อย ๆ เปลี่ยนแปลง เช่น การเปลี่ยนของอุณหภูมิ ความชื้น ความเข้มแสง ความยาวนานของแสงซึ่งช่วยรักษาระบบการทำงานต่าง ๆ ภายในพืชในช่วงการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม (Anonymous, 2013) พืชจะมีการปรับตัวหลายวิธี เช่น การปรับตัวด้านสัณฐาน (morphological acclimation) พบการเปลี่ยนแปลงกับใบที่เกิดขึ้นใหม่ภายใต้สภาพความเข้มแสงน้อย (shade leaf) มีขนาดพื้นที่ใบเพิ่มมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับใบในสภาพที่ได้รับสภาพความเข้มแสงมาก (sun leaf) นอกจากนี้ยังพบความหนาของแผ่นใบลดลง สีเขียวของใบเข้มขึ้น (วิรัตน์, 2545) การเพิ่มขึ้นของปริมาณคลอโรฟิลล์ในแดงกว่าเป็นการปรับตัวเพื่อตอบสนองต่อภาวะเครียดจากสภาพความเข้มแสงต่ำ ( $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) และสามารถใช้ประเมินความทนทานต่อสภาพความเข้มแสงต่ำได้ (Li *et al.*, 2009) การปรับตัวด้านสรีรวิทยา (physiological acclimation) พืชที่นำมาวางประดับภายในอาคารมีประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง (Gaines, 1977) ส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตลดลง เมื่อพืชที่นำมาวางประดับภายในอาคารสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้เป็นอย่างดีแล้ว ใบ

พืชจะสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ลดลงเนื่องจากปริมาณแสงที่มีอยู่อย่างจำกัด (Malkin and Niyogi, 2000) โดยอัตราส่วนระหว่างคลอโรฟิลล์ เอ/คลอโรฟิลล์ บี อยู่ระหว่าง 2.0 – 2.5 สำหรับพืชที่เจริญ ภายใต้สภาพพื้นป่าฝนเขตร้อนจะมีค่าต่ำกว่าพืชที่ได้รับแสงเต็มที่ ซึ่งจะมีอัตราส่วนระหว่างคลอโรฟิลล์เอ/คลอโรฟิลล์ บี ถึง 3.2 – 3.6 เนื่องจากคลอโรฟิลล์ บี อยู่ภายใน light harvesting complex ของ PSI หรือ PSI (LHCI) และ light harvesting complex ของ PSII หรือ PSII (LHCII) อัตราส่วนของคลอโรฟิลล์ เอ/คลอโรฟิลล์ บี ที่ต่ำแสดงถึงว่าพืชชนิดนั้นมี LHC ที่มาก จึงปรับตัวได้ดีในสภาพความเข้มแสงต่ำภายใต้สภาพพื้นป่าฝนเขตร้อน (Hopkins and Hüner, 2004)



## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

#### 1. พืชทดลอง

สับปะรดสีพันธุ์การค้า 11 พันธุ์ ได้แก่ 1) *Alcantarea imperialis* 2) *Billbergia pyramidalis* 3) *Cryptanthus* ‘Pink Star’ 4) *Guzmania* ‘Hilda’ และ 5) *Tillandsia xerographica* พันธุ์ละ 3 กระถาง 6) *Neoregelia* ‘Donger’ 7) *Neoregelia* ‘Tiger Cub’ และ 8) *Neoregelia* ‘Zoe’ พันธุ์ละ 8 กระถาง 9) *Aechmea fasciata* และ 10) *Vriesea splendens* พันธุ์ละ 12 กระถาง และ 11) *Neoregelia* ‘Fireball’ จำนวน 20 กระถาง

#### 2. อุปกรณ์และเครื่องมือ

##### 2.1 เครื่องมือสำหรับวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง

- เครื่องวัดการแลกเปลี่ยนก๊าซและอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงรุ่น LI-6400XT, LI-COR, USA
- อุปกรณ์สำหรับบันทึกข้อมูล กล้องถ่ายรูป Canon รุ่น EOS 50D

##### 2.2 การทดลองในห้องปฏิบัติการ

##### 2.2.1 การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ แครโรทีนอยด์ และแอนโทไซยานิน ในใบพืช

- หลอดทดลอง พร้อมฝาปิด
- ภาชนะทึบแสงสำหรับใส่หลอดทดลอง
- ตูยเย็น
- เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) รุ่น GeneQuant 1300

(Biochrom Ltd., Cambridge, England)

- เครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) รุ่น Allegra® X-15R (Beckman Coulter, Inc., USA)

- Cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 ซม.

### 2.2.2 การศึกษาทางเนื้อเยื่อลักษณะปากใบ

- อ่างพลาสติกสำหรับใส่ชิ้นส่วนพืช  
 - กระจกสไลด์และกระจกปิดสไลด์  
 - กล้องจุลทรรศน์ Carl Zeiss รุ่น AXIO Primo Star iLED (Carl Zeiss, Germany) กล้องถ่ายภาพ Canon รุ่น EOS 50D และ 1000D (Canon, Japan)

- ใบมีดโกน
- น้ำยาทาเล็บแบบใส
- ตะเกียงแอลกอฮอล์
- Petri dish สำหรับใส่เนื้อเยื่อพืช
- อุปกรณ์สำหรับจับวาง เช่น ปากคีบ ไม้จิ้มฟัน

## 3. สารเคมี

### 3.1 การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ แครโรทีนอยด์ และแอนโทไซยานิน ในใบพืช

- *N,N*-dimethylformamide (DMF)
- Hydrochloric acid
- Methanol

### 3.2 การศึกษาเนื้อเยื่อลักษณะปากใบ

- Glycerin 25 %
- Safanin-O

## วิธีการ

### การทดลองที่ 1 การศึกษารูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ในรอบวันของสับปะรดสี

จัดพืชทดลอง 8 พันธุ์ คือ *Aechmea fasciata*, *Alcantarea imperialis*, *Billbergia pyramidalis*, *Cryptanthus* 'Pink Star', *Guzmania* 'Hilda', *Neoregelia* 'Fireball', *Tillandsia xerographica* และ *Vriesea splendens* แทน 8 สิ่งทดลอง สิ่งทดลองละ 3 ซ้ำ รวม 24 ต้น ปลูกเลี้ยงในโรงเรือนพรางแสง โดยที่สภาพแวดล้อมในโรงเรือนช่วงเดือนสิงหาคมดังนี้ คือ อุณหภูมิเฉลี่ยช่วงกลางวันและกลางคืน มีค่าเท่ากับ 35°C และ 31°C ตามลำดับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดวันเท่ากับ 55 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มแสงเฉลี่ยช่วงเวลา 06:00 – 18:00 น. เท่ากับ 104  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  และความเข้มข้นของ CO<sub>2</sub> ในรอบวันเฉลี่ย 400 ppm โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) บันทึกข้อมูลดังนี้

1. การวัดค่าอัตราการแลกเปลี่ยนแลกเปลี่ยนแก๊ส CO<sub>2</sub> ค่า stomatal conductance และการคายน้ำ รวมทั้งค่าสภาพแวดล้อม เช่น ความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ในรอบวัน ตั้งแต่เวลา 08:00 น. ถึง 08:00 น. ของวันรุ่งขึ้น วัดค่าทุก 2 ชั่วโมง ด้วยเครื่อง Portable Photosynthesis System รุ่น LI-6400XT (Li-Cor Inc., Lincoln, NE, USA) โดยใช้ส่วนของ chamber ที่ติดตั้งหัววัดแสงแบบ sun sky วัดค่าไปที่ขยายขนาดเต็มที่ประมาณ 3 ค่าต่อครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel 2007

2. ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (WUE) คำนวณได้จาก ((อัตราการแลกเปลี่ยนแลกเปลี่ยนแก๊ส CO<sub>2</sub>/การคายน้ำ) x 1000) มีหน่วยเป็น ( $\times 10^{-3} \text{ mol CO}_2 / \text{mol H}_2\text{O}$ )

3. การศึกษาลักษณะและจำนวนปากใบโดยตัดแปลงจากวิธีของประศาสตร์ (2551) โดยการคัดเลือกใบที่สมบูรณ์และโตเต็มที่ (ใบเดียวกับที่ศึกษาอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงในข้อ 1.) นำมาทำความสะอาดคราบฝุ่น คราบแมลง หรือสิ่งปนเปื้อนด้วยน้ำสะอาด ใช้มีดโกนตัดแผ่นใบให้มีขนาดประมาณ 5 x 2 ซม. ใช้มีดโกนค่อย ๆ ลอกปากใบบริเวณใต้ใบ ในกรณีที่มีไมโทโรโมนหนา จำเป็นต้องขูดเอาไมโทโรโมนออกก่อน นำชิ้นส่วนเนื้อเยื่อที่ได้มาแช่ในสารละลาย safranin 3 นาที หยดสารละลาย glycerin 25 เปอร์เซ็นต์ บนสไลด์ นำชิ้นเนื้อเยื่อวางบนกระจกสไลด์ ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ ทาน้ำยาทาเล็บแบบใสที่ขอบทั้ง 4 ด้านของกระจกปิดสไลด์

รอให้แห้ง นับจำนวนปากใบโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Carl Zeiss, Germany) รุ่น Primo Star iLED กำลังขยาย 20x นับจำนวนปากใบและวัดขนาดปากใบที่กำลังขยาย 40x ทำการบันทึกภาพด้วยกล้องถ่ายภาพ Canon รุ่น 50D และ 1000D (Canon, Japan) ที่ติดอยู่กับกล้องจุลทรรศน์

## การทดลองที่ 2 อิทธิพลของอุณหภูมิต่ออัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ในรอบวันของสับปะรดสี

ทำการเลือกสับปะรดสีพันธุ์การค้าจากการทดลองที่ 1 มาทั้งหมด 3 พันธุ์ ซึ่งมีความนิยมใช้งานมากที่สุด ได้แก่ *Aechmea fasciata*, *Neoregelia* 'Fireball' และ *Vriesea splendens* ทำการทดลองช่วงเดือนมีนาคม

วางแผนการทดลองแบบ 3 x 3 factorial in completely randomize design มี 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัย A คือ พันธุ์ 3 พันธุ์ ได้แก่ *Aechmea fasciata*, *Neoregelia* 'Fireball' และ *Vriesea splendens* พันธุ์ละ 12 ต้น ปัจจัย B คือ สถานที่วางประดับ 3 สถานที่ ได้แก่ 1) โรงเรือนที่ใช้ในการทดลองที่ 1 ที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยกลางวัน 34°C และกลางคืน 31°C 2) ห้องที่มีอุณหภูมิกลางวัน 25°C กลางคืนอุณหภูมิห้องเฉลี่ย 31°C และ 3) ห้องที่มีอุณหภูมิกลางวันและกลางคืน 25°C มีทั้งหมด 9 สิ่งทดลอง สิ่งทดลองละ 3 ซ้ำ(ต้น) ดังนี้

สิ่งทดลองที่ 1 พันธุ์ *Aechmea fasciata* ที่วางในโรงเรือน

สิ่งทดลองที่ 2 พันธุ์ *Neoregelia* 'Fireball' ที่วางในโรงเรือน

สิ่งทดลองที่ 3 พันธุ์ *Vriesea splendens* ที่วางในโรงเรือน

สิ่งทดลองที่ 4 พันธุ์ *Aechmea fasciata* ที่วางในห้องที่มีอุณหภูมิกลางวัน 25°C กลางคืนอุณหภูมิห้อง

สิ่งทดลองที่ 5 พันธุ์ *Neoregelia* 'Fireball' ที่วางในห้องที่มีอุณหภูมิกลางวัน 25°C กลางคืนอุณหภูมิห้อง

สิ่งทดลองที่ 6 พันธุ์ *Vriesea splendens* ที่วางในห้องที่มีอุณหภูมิกลางวัน 25°C กลางคืนอุณหภูมิห้อง

สิ่งทดลองที่ 7 พันธุ์ *Aechmea fasciata* ที่วางในห้องที่มีอุณหภูมิกลางวันและกลางคืน 25°C

สิ่งทดลองที่ 8 พันธุ์ *Neoregelia* 'Fireball' ที่วางในห้องที่มีอุณหภูมิกลางวันและกลางคืน 25°C

สิ่งทดลองที่ 9 พันธุ์ *Vriesea splendens* ที่วางในห้องที่มีอุณหภูมิกลางวันและกลางคืน 25°C

หลังการวางประดับพืชทดลองตามสิ่งทดลองต่าง ๆ เป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน บันทึกการวัดค่าอัตราการแลกเปลี่ยนแก๊ส CO<sub>2</sub> ค่า stomatal conductance การคายน้ำ ประสิทธิภาพการใช้น้ำ และสภาพแวดล้อมด้วยเครื่อง Portable Photosynthesis System รุ่น LI-6400XT (Li-Cor Inc., Lincoln, NE, USA) เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

### การทดลองที่ 3 การศึกษาอัตราการแลกเปลี่ยนแก๊ส CO<sub>2</sub> และปริมาณรังควัตถุของใบสับปะรดสีสกุล *Neoregelia* ใบหลากสีภายใต้สภาพโรงเรือนและภายในอาคาร

ทำการเลือกสับปะรดสีพันธุ์ *Neoregelia* ใบหลากสี ซึ่งมีความนิยมในการใช้งานมากที่สุด ได้แก่ *Neoregelia* ‘Donger’, *Neoregelia* ‘Fireball’, *Neoregelia* ‘Tiger Cub’ และ *Neoregelia* ‘Zoe’ ทำการทดลองช่วงเดือนพฤศจิกายน

1. วางแผนการทดลองแบบ 4 x 2 factorials in completely randomize design มี 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัย A คือพันธุ์ 4 พันธุ์ ได้แก่ *Neoregelia* ‘Donger’, *Neoregelia* ‘Fireball’, *Neoregelia* ‘Tiger Cub’ และ *Neoregelia* ‘Zoe’ พันธุ์ละ 8 ต้น ปัจจัย B คือ สถานที่วางประดับ 2 สถานที่ ได้แก่ ในโรงเรือนที่มีสภาพแวดล้อม อุณหภูมิเฉลี่ยตลอด 24 ชั่วโมงเท่ากับ 32°C อุณหภูมิเฉลี่ยช่วงกลางวันและกลางคืน มีค่าเท่ากับ 33°C และ 30°C ตามลำดับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดวันเท่ากับ 60 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มแสงเฉลี่ยช่วงเวลา 06:00 – 18:00 น. เท่ากับ 60  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  และความเข้มข้นของ CO<sub>2</sub> ในรอบวันเฉลี่ย 410 ppm และ ในห้องสำนักงานที่มีขนาดห้องกว้าง 5.2 เมตร ยาว 6 เมตร สูง 3.5 เมตร มีปริมาตร 109.2 ลบ.ม. มีผู้ใช้ห้องเฉลี่ย 7 คนต่อวัน มีชั่วโมงการใช้ห้องเฉลี่ย 12 ชั่วโมงต่อวัน มีสภาพแวดล้อมดังนี้ คือ มีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอด 24 ชั่วโมงเท่ากับ 30°C อุณหภูมิเฉลี่ยช่วงกลางวันและกลางคืน มีค่าเท่ากับ 28°C และ 31°C ตามลำดับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดวันเท่ากับ 45 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงเวลาที่มีการใช้งานห้องมีการใช้แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ ความเข้มแสงเฉลี่ย 3  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  และความเข้มข้นของ CO<sub>2</sub> ในรอบวันเฉลี่ย 1,680 ppm มีทั้งหมด 4 สิ่งทดลอง สิ่งทดลองละ 3 ชั่วโมง (ต้น) ดังนี้

สิ่งทดลองที่ 1 พันธุ์ *Neoregelia* ‘Donger’ ที่วางในโรงเรือน

สิ่งทดลองที่ 2 พันธุ์ *Neoregelia* ‘Fireball’ ที่วางในโรงเรือน

- สิ่งทดลองที่ 3 พันธุ์ *Neoregelia* 'Tiger Cub' ที่วางในโรงเรือน  
 สิ่งทดลองที่ 4 พันธุ์ *Neoregelia* 'Zoe' ที่วางในโรงเรือน  
 สิ่งทดลองที่ 5 พันธุ์ *Neoregelia* 'Donger' ที่วางในห้องสำนักงาน  
 สิ่งทดลองที่ 6 พันธุ์ *Neoregelia* 'Fireball' ที่วางในห้องสำนักงาน  
 สิ่งทดลองที่ 7 พันธุ์ *Neoregelia* 'Tiger Cub' ที่วางในห้องสำนักงาน  
 สิ่งทดลองที่ 8 พันธุ์ *Neoregelia* 'Zoe' ที่วางในห้องสำนักงาน

หลังจากวางประดับพืชทดลองเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน บันทึกวัดค่าการวัดค่าอัตราการแลกเปลี่ยนแก๊ส CO<sub>2</sub> ค่า stomatal conductance การคายน้ำ ประสิทธิภาพการใช้น้ำ และสภาพแวดล้อม ด้วยเครื่อง Portable Photosynthesis System รุ่น LI-6400XT (Li-Cor Inc., Lincoln, NE, USA) เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

2. การหาปริมาณคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ เจาะแผ่นสับปะรดสี 4 พันธุ์คือ *Neoregelia* 'Donger', *Neoregelia* 'Fireball', *Neoregelia* 'Tiger Cub' และ *Neoregelia* 'Zoe' พันธุ์ละ 4 ซ้ำ ด้วย อุปกรณ์เจาะใบ (Cork borer) ขนาด 1 ตารางเซนติเมตร ใต้งในสารละลาย *N,N*-dimethylformamide (DMF) ปริมาตร 3 มิลลิลิตร วางไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิห้อง นาน 24 ชั่วโมง (Hughes *et al.*, 2007) แล้วดูดสารสกัดที่ได้ไปวัดการดูดกลืนแสงที่  $A_{480}$   $A_{647}$  และ  $A_{664}$  เพื่อคำนวณหาปริมาณคลอโรฟิลล์ตามสมการของ Porra *et al.* (1989) ดังนี้

$$\text{Chlorophyll } a = 12 A_{664} - 3.11 A_{647}$$

$$\text{Chlorophyll } b = 20.78 A_{647} - 4.88 A_{664}$$

$$\text{Total chlorophyll} = \text{Chlorophyll } a + \text{Chlorophyll } b$$

โดย Chlorophyll a คือ คลอโรฟิลล์ เอ มีหน่วยเป็น มิลลิกรัม/ตารางเซนติเมตร  
 Chlorophyll b คือ คลอโรฟิลล์ บี มีหน่วยเป็น มิลลิกรัม/ตารางเซนติเมตร  
 Total chlorophyll คือ คลอโรฟิลล์ เอ รวม กับคลอโรฟิลล์ บี มีหน่วยเป็น มิลลิกรัม/ตารางเซนติเมตร

คำนวณหาปริมาณแคโรทีนอยด์ตามสมการของ Wellburn (1994) ดังนี้

$$C_{x+c} = (1000 A_{480} - 1.12 C_a - 34.07 C_b)/245$$

$C_{x+c}$  คือ แชนโทฟิลล์ ร่วมกับ แคโรทีน มีหน่วยเป็น มิลลิกรัม/ตารางเซนติเมตร

$C_a$  คือ คลอโรฟิลล์ เอ

$C_b$  คือ คลอโรฟิลล์ บี

การหาปริมาณแอนโทไซยานิน เจาะแผ่นสับประดสี 4 พันธุ์คือ *Neoregelia* 'Donger', *Neoregelia* 'Fireball', *Neoregelia* 'Tiger Cub' และ *Neoregelia* 'Zoe' พันธุ์ละ 4 ซ้ำ ด้วย Cork borer ขนาด 1 ตารางเซนติเมตร ใส่ลงในสารละลาย 6M HCl : H<sub>2</sub>O : MeOH (7 : 23 : 70) ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ในที่มืดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง แล้วดูดสารสกัดปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่มีน้ำปริมาตร 1 มิลลิลิตร และคลอโรฟอร์มปริมาตร 1 มิลลิลิตร จากนั้นนำสารละลายไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 2630 g นาน 15 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แล้วดูดสารละลายส่วนบน (ซึ่งมีแอนโทไซยานินละลายอยู่) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร (Hughes *et al.*, 2007) ไปวัดการดูดกลืนแสงที่  $A_{530}$  และ  $A_{653}$  เพื่อคำนวณหาปริมาณแอนโทไซยานินตามสมการ  $A_{530} - 0.24 A_{653}$  (Murray and Hackett, 1991)

## 5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และ 99 เปอร์เซ็นต์โดยใช้โปรแกรม SAS 9.1 Portable

## สถานที่และระยะเวลาทำการวิจัย

### สถานที่ทำการวิจัย

1. แปลงทดลอง 1 ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ
2. ห้องปฏิบัติการกลาง อาคารวิชานุสรณ์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ
3. โรงเรือนปลูกพืชสวนกล้วยไม้ระพี สาคริก ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ

### ระยะเวลาทำการวิจัย

เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555 ถึง เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2556

## ผลและวิจารณ์

### ผล

#### การทดลองที่ 1 การศึกษารูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ในรอบวันของสับปะรดสี

ปลูกเลี้ยงสับปะรดสี 8 พันธุ์ ภายในโรงเรือนที่มีสภาพแวดล้อมในช่วงเดือนสิงหาคมดังนี้ คือ มีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอด 24 ชั่วโมงเท่ากับ 33.6°C อุณหภูมิเฉลี่ยช่วงกลางวันและกลางคืน มีค่าเท่ากับ 35°C และ 31°C ตามลำดับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดวันเท่ากับ 55 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มแสงเฉลี่ยช่วงเวลา 06:00 – 18:00 น. เท่ากับ 104  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  และความเข้มข้นของ CO<sub>2</sub> ในรอบวันเฉลี่ย 400 ppm

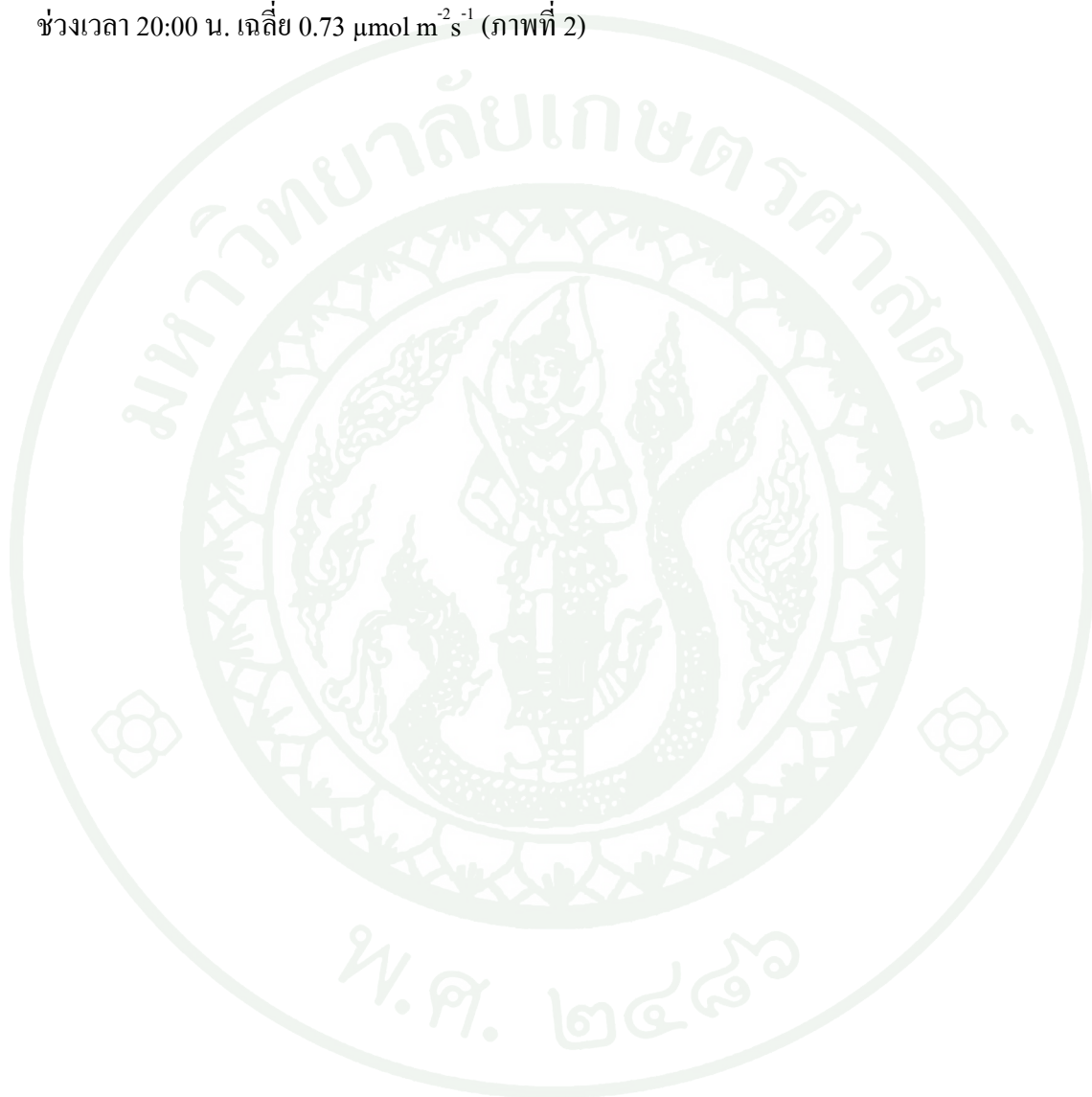
#### 1. การศึกษาพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสง

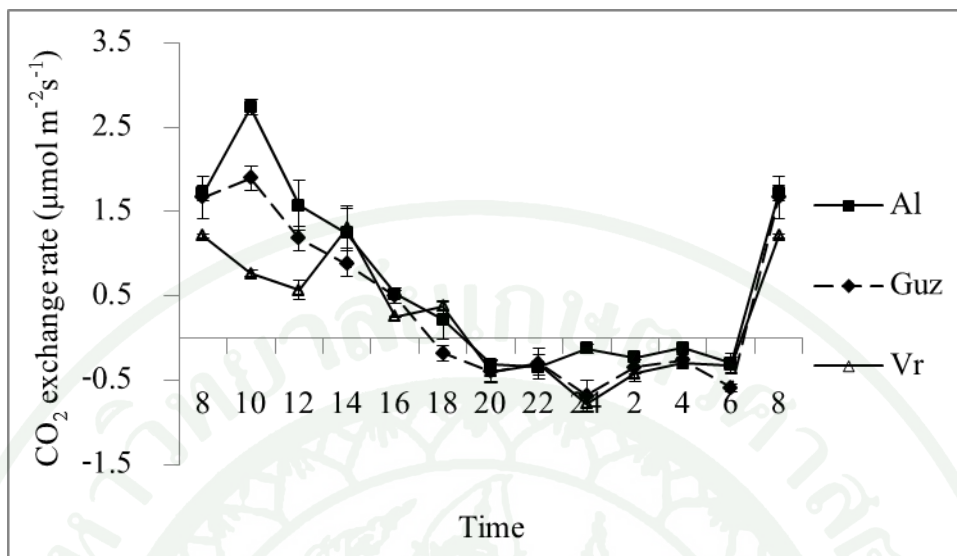
##### 1.1 อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub> Exchange Rate, CER)

สับปะรดสีพันธุ์การค้าที่นำมาศึกษามีรูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> 2 รูปแบบ คือ C<sub>3</sub> และ CAM โดยในรูปแบบ C<sub>3</sub> จะมีค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> เป็นบวกในเวลากลางวัน ในช่วงเวลาประมาณ 08:00 – 18:00 น. พันธุ์ที่มีรูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> แบบ C<sub>3</sub> ประกอบด้วย 1) *Alcantarea imperialis* 2) *Guzmania* ‘Hilda’ และ 3) *Vriesea splendens* สับปะรดสีในกลุ่ม C<sub>3</sub> ที่มีแนวโน้มอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> มากที่สุด คือพันธุ์ *Alcantarea imperialis* มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 10:00 น. เฉลี่ย 2.73  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  รองลงมาคือพันธุ์ *Guzmania* ‘Hilda’ มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 10:00 น. เฉลี่ย 1.89  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  และน้อยที่สุด คือพันธุ์ *Vriesea splendens* มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 14:00 น. เฉลี่ย 1.30  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (ภาพที่ 1)

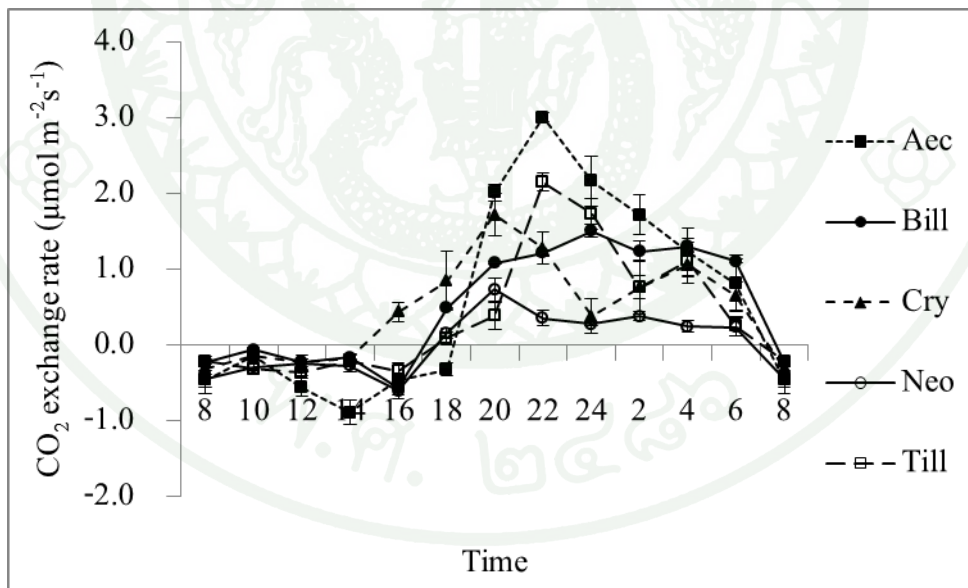
ส่วนในรูปแบบ CAM มีค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> เป็นบวกในเวลากลางคืน เวลาประมาณ 18:00 – 06:00 น. พันธุ์ที่มีรูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> แบบ CAM ประกอบด้วย 1) *Aechmea fasciata* 2) *Billbergia pyramidalis* 3) *Cryptanthus* ‘Pink Star’ 4) *Neoregelia* ‘Fireball’ และ 5) *Tillandsia xerographica* สับปะรดสีในกลุ่ม CAM ที่มีแนวโน้มอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> มากที่สุดคือพันธุ์ *Aechmea fasciata* มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 22:00 น.

เฉลี่ย  $3.00 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ลำดับที่ 2 คือพันธุ์ *Tillandsia xerographica* มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 22:00 น. เฉลี่ย  $2.15 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ลำดับที่ 3 คือ พันธุ์ *Cryptanthus* 'Pink Star' มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 20:00 น. เฉลี่ย  $1.72 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ลำดับที่ 4 คือพันธุ์ *Billbergia pyramidalis* มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 24:00 น. เฉลี่ย  $1.50 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  และน้อยที่สุดคือพันธุ์ *Neoregelia* 'Fireball' มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 20:00 น. เฉลี่ย  $0.73 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (ภาพที่ 2)





ภาพที่ 1 อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ในรอบวันของสับประดสีกลุ่ม C<sub>3</sub> ประกอบด้วย *Alcantarea imperialis* (Al) *Guzmania* 'Hilda' (Guz) และ *Vriesea splendens* (Vr)

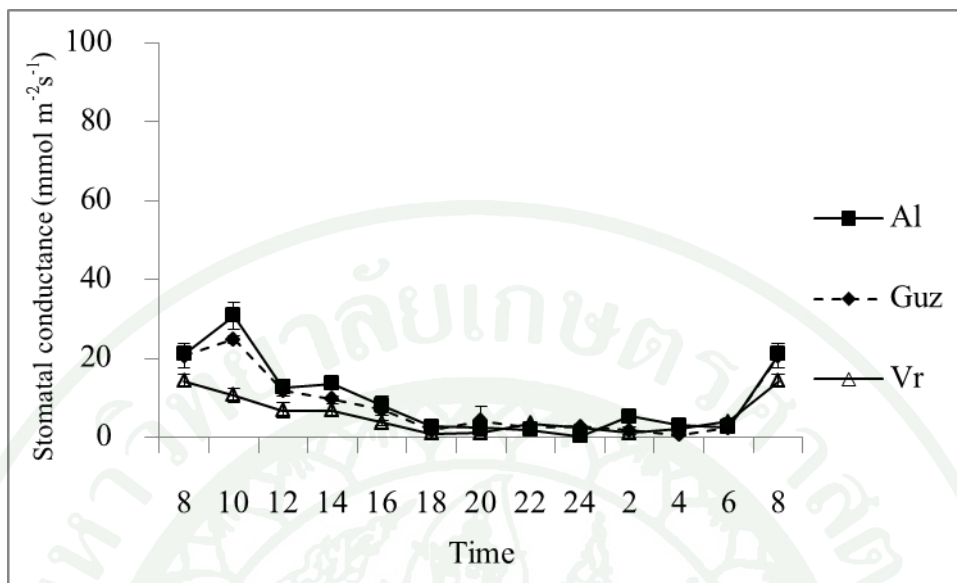


ภาพที่ 2 อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ในรอบวันของสับประดสีกลุ่ม CAM ประกอบด้วย *Aechmea fasciata* (Aec) *Billbergia pyramidalis* (Bill) *Cryptanthus* 'Pink Star' (Cry) *Neoregelia* 'Fireball' (Neo) และ *Tillandsia xerographica* (Till)

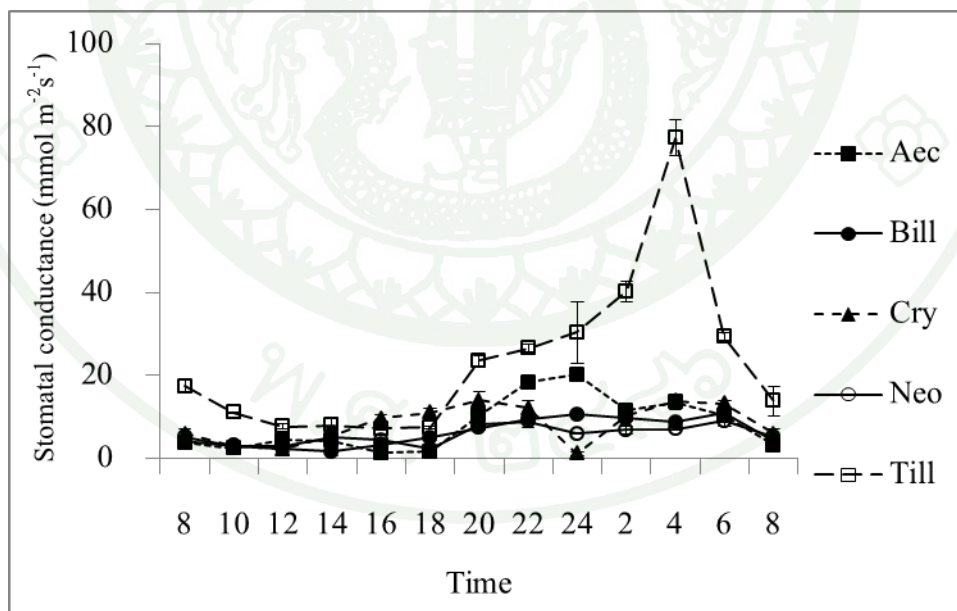
## 1.2 ค่าการเปิดปิดปากใบ (stomatal conductance, $g_s$ )

Stomatal conductance ในกลุ่มของ  $C_3$  มีค่าสอดคล้องกับค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ  $CO_2$  คือ มีค่าสูงในเวลากลางวันจากนั้นค่ามีแนวโน้มลดลงในช่วงเวลากลางคืน (ภาพที่ 3) พันธุ์ที่มีค่าสูงที่สุดคือพันธุ์ *Alcantarea imperialis* มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 10:00 น. เฉลี่ย  $30.83 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . รองลงมาคือพันธุ์ *Guzmania* 'Hilda' มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 10:00 น. เฉลี่ย  $24.79 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  และน้อยที่สุดคือพันธุ์ *Vriesea splendens* มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 08:00 น. เฉลี่ย  $14.32 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$

Stomatal conductance ในกลุ่มของ CAM มีค่าสอดคล้องกับค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ  $CO_2$  คือ มีค่าสูงในเวลากลางคืนจากนั้นค่ามีแนวโน้มลดลงในช่วงเวลากลางวัน (ภาพที่ 4) พันธุ์ที่มีค่าสูงที่สุดคือพันธุ์ *Tillandsia xerographica* มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 04:00 น. เฉลี่ย  $77.33 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  ลำดับที่ 2 คือพันธุ์ *Aechmea fasciata* มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 24:00 น. เฉลี่ย  $20.17 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  ลำดับที่ 3 คือพันธุ์ *Cryptanthus* 'Pink Star' มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 20:00 น. เฉลี่ย  $14.02 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  ลำดับที่ 4 คือพันธุ์ *Billbergia pyramidalis* มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 06:00 น. เฉลี่ย  $10.94 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  น้อยที่สุดคือพันธุ์ *Neoregelia* 'Fireball' มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 06:00 น. เฉลี่ย  $9.11 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$



ภาพที่ 3 Stomatal conductance ในรอบวันของสับประดสีกลุ่ม C<sub>3</sub> ประกอบด้วย *Alcantarea imperialis* (Al) *Guzmania* 'Hilda' (Guz) และ *Vriesea splendens* (Vr)

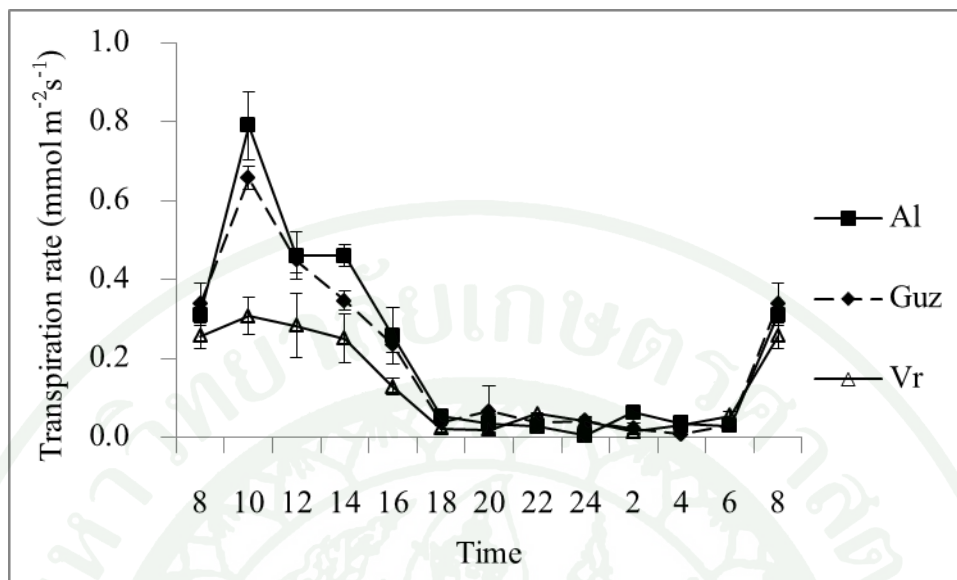


ภาพที่ 4 Stomatal conductance ในรอบวันของสับประดสีกลุ่ม CAM ประกอบด้วย *Aechmea fasciata* (Aec) *Billbergia pyramidalis* (Bill) *Cryptanthus* 'Pink Star' (Cry) *Neoregelia* 'Fireball' (Neo) และ *Tillandsia xerographica* (Till)

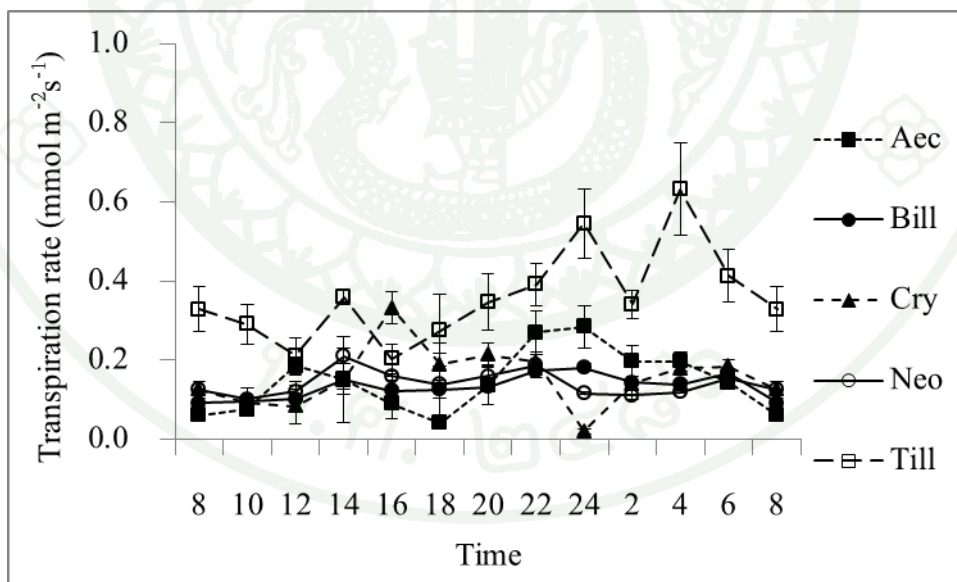
### 1.3 อัตราการคายน้ำ (transpiration rate, E)

ค่าอัตราการคายน้ำในกลุ่มของ  $C_3$  มีค่าสอดคล้องกับ stomatal conductance คือ มีค่าสูงในเวลากลางวันจากนั้นค่ามีแนวโน้มลดลงในช่วงเวลากลางคืน (ภาพที่ 5) พันธุ์ที่มีค่าสูงที่สุดคือพันธุ์ *Alcantarea imperialis* มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 10:00 น. เฉลี่ย  $0.79 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  รองลงมาคือพันธุ์ *Guzmania 'Hilda'* มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 10:00 น. เฉลี่ย  $0.66 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  และน้อยที่สุดคือพันธุ์ *Vriesea splendens* มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 10:00 น. เฉลี่ย  $0.31 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$

ค่าอัตราการคายน้ำในกลุ่มของ CAM มีค่าสอดคล้องกับ stomatal conductance คือ ค่าในช่วงเวลากลางคืนมีแนวโน้มสูงกว่าในเวลากลางวัน แต่ค่าอัตราการคายน้ำในบางพันธุ์มีค่าสูงสุดในเวลากลางวัน (ภาพที่ 6) พันธุ์ที่มีค่าสูงที่สุดคือพันธุ์ *Tillandsia xerographica* มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 04:00 น. เฉลี่ย  $0.63 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  ลำดับที่ 2 คือพันธุ์ *Cryptanthus 'Pink Star'* มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 16:00 น. เฉลี่ย  $0.33 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  ลำดับที่ 3 คือพันธุ์ *Aechmea fasciata* มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 24:00 น. เฉลี่ย  $0.28 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  ลำดับที่ 4 คือพันธุ์ *Neoregelia 'Fireball'* มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 14:00 น. เฉลี่ย  $0.21 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  และน้อยที่สุดคือพันธุ์ *Billbergia pyramidalis* มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 24:00 น. เฉลี่ย  $0.18 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$



ภาพที่ 5 อัตราการคายน้ำ (transpiration rate) ในรอบวันของสับปะรดสีกลุ่ม C<sub>3</sub> ประกอบด้วย *Alcantarea imperialis* (Al) *Guzmania* 'Hilda' (Guz) และ *Vriesea splendens* (Vr)



ภาพที่ 6 อัตราการคายน้ำ (transpiration rate) ในรอบวันของสับปะรดสีกลุ่ม CAM ประกอบด้วย *Aechmea fasciata* (Aec) *Billbergia pyramidalis* (Bill) *Cryptanthus* 'Pink Star' (Cry) *Neoregelia* 'Fireball' (Neo) และ *Tillandsia xerographica* (Till)

#### 1.4 ประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืช (water use efficiency, WUE)

ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (water use efficiency, WUE) ของสับปะรดสีในกลุ่ม C<sub>3</sub> ทุกพันธุ์ในทุกช่วงเวลา ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยที่พันธุ์ *Alcantarea imperialis* และ *Guzmania* 'Hilda' ค่ามีสูงสุดในช่วงเวลา 08:00 น. เฉลี่ย  $5.45 \times 10^{-3}$  และ  $5.43 \times 10^{-3}$  จากนั้นค่ามีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ ในช่วงเวลา 10:00 น. – 16:00 น. และมีค่าต่ำสุดอยู่ในช่วงเวลา 16:00 น. เฉลี่ย  $2.54 \times 10^{-3}$  และ  $2.10 \times 10^{-3}$  ตามลำดับ พันธุ์ *Vriesea splendens* ในช่วงเวลา 08:00 น. เฉลี่ย  $4.27 \times 10^{-3}$  และมีแนวโน้มลดต่ำลงมาในช่วงเวลา 10:00 น. – 12:00 น. เฉลี่ย  $2.11 - 2.19 \times 10^{-3}$  ในช่วงเวลา 14:00 น. ค่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นสูงสุด  $6.55 \times 10^{-3}$  จากนั้นในช่วงเวลา 16:00 น. ค่ามีแนวโน้มลดลงเฉลี่ย  $2.87 \times 10^{-3}$  (ตารางที่ 1)

**ตารางที่ 1** ประสิทธิภาพการใช้น้ำ ( $\times 10^{-3}$  mol CO<sub>2</sub> / mol H<sub>2</sub>O) ของสับปะรดสีในกลุ่ม C<sub>3</sub> ประกอบด้วย *Alcantarea imperialis* (Al) *Guzmania* 'Hilda' (Guz) และ *Vriesea splendens* (Vr) ในช่วงเวลา 08:00 น. – 16:00 น.

พันธุ์	เวลา					F- test	CV (%)
	08:00	10:00	12:00	14:00	16:00		
Al	5.45±0.03	3.19±0.20	3.21±0.70	2.80±1.54	2.54±1.72	ns	31.5
Guz	5.43±2.92	3.43±1.39	2.64±0.50	2.50±0.51	2.10±0.32	ns	46.2
Vr	4.27±0.31	2.11±0.33	2.19±0.59	6.55±5.03	2.87±0.96	ns	64.3
T - test	ns	ns	ns	ns	ns		
CV (%)	33.6	28.6	22.4	77.3	46.1		

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (water use efficiency, WUE) ของสับปะรดสีในกลุ่ม CAM มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงเวลา 20:00 - 04:00 น. และที่ 95 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 06:00 น. พบว่าพันธุ์ *Aechmea fasciata* ค่ามีแนวโน้มสูงที่สุด รองลงมา คือ *Billbergia pyramidalis*, *Cryptanthus 'Pink Star'*, *Neoregelia 'Fireball'* และ *Tillandsia xerographica* ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

สับปะรดสีพันธุ์ *Aechmea fasciata*, *Billbergia pyramidalis*, *Cryptanthus 'Pink Star'* และ *Neoregelia 'Fireball'* มีค่า WUE สูงที่สุดในช่วงเวลา 20:00 น. เฉลี่ย  $9.52 \times 10^{-3}$ ,  $8.13 \times 10^{-3}$ ,  $7.97 \times 10^{-3}$  และ  $4.52 \times 10^{-3}$  ตามลำดับ ยกเว้นพันธุ์ *Tillandsia xerographica* ที่มีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 02:00 เฉลี่ย  $3.26 \times 10^{-3}$  น. เกือบทุกสายพันธุ์ค่า WUE มีแนวโน้มลดลงต่ำลงในช่วงเวลา 22:00 น. แล้วเพิ่มขึ้นสูงอีกครั้งในช่วงเวลา 02:00 น. จากนั้นค่ามีการลดลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่เวลา 04:00 - 06:00 น.

เมื่อเปรียบเทียบสับปะรดสีแต่ละพันธุ์ในช่วงเวลาตั้งแต่ 20:00 น. - 06:00 น. ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นพันธุ์ *Neoregelia 'Fireball'* มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงที่สุดเฉลี่ย  $4.52 \times 10^{-3}$  ในเวลา 20:00 น. ค่า WUE มีแนวโน้มลดลงตั้งแต่เวลา 22:00 น. - 24:00 น. มีค่า  $1.80 - 2.41 \times 10^{-3}$  จากนั้นค่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในเวลา 02:00 น. มีค่า  $3.54 \times 10^{-3}$  จากนั้นค่า WUE ลดลงที่เวลา 04:00 น. - 06:00 น. มีค่า  $1.60 - 1.46 \times 10^{-3}$

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพการใช้น้ำ ( $\times 10^{-3}$  mol CO<sub>2</sub> / mol H<sub>2</sub>O) ของสับปะรดสีในกลุ่ม CAM ประกอบด้วย *Aechmea fasciata* (Aec) *Billbergia pyramidalis* (Bill) *Cryptanthus 'Pink Star'* (Cry) *Neoregelia 'Fireball'* (Neo) และ *Tillandsia xerographica* (Till) ในช่วงเวลา 20:00 – 06:00 น.

พันธุ์	เวลา						F - test	CV(%)
	20:00	22:00	24:00	02:00	04:00	06:00		
Aec	9.52±3.34 a <sup>1</sup>	9.12±0.18 a	7.85±1.53 a	10.32±2.15 a	6.94±1.84 ab	5.25±3.19 a	ns	28.2
Bill	8.13±0.38 a	6.97±0.77 b	7.32±1.05 ab	8.06±1.19 ab	8.33±0.71 a	6.59±0.21 a	ns	10.6
Cry	7.97±0.43 a	6.49±1.26 b	5.07±2.10 b	5.34±1.60 bc	5.81±1.13 b	3.68±2.09 ab	ns	27.0
Neo	4.52±0.23 bA <sup>2</sup>	1.80±0.48 cBC	2.41±0.44 cBC	3.54±1.45 cAB	1.60±1.23 cC	1.46±1.23 bC	*	37.8
Till	0.93±0.74 c	2.54±2.05 c	1.76±0.54 c	3.26±1.49 c	1.22±0.49 c	0.83±0.53 b	ns	64.8
F - test	**	**	**	**	**	*		
CV (%)	25.0	21.4	26.4	26.4	24.6	50.9		

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

\* แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

\*\* แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

<sup>1</sup> ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรพิมพ์เล็กเหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ และ 99 เปอร์เซนต์

<sup>2</sup> ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรพิมพ์ใหญ่เหมือนกันในแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

## 2. การศึกษาลักษณะและจำนวนปากใบ

การศึกษาลักษณะปากใบภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 40 เท่า สามารถจำแนกลักษณะของปากใบสับประดสีพันธุ์การค้าทั้ง 8 พันธุ์ได้ 4 รูปแบบ ดังนี้

1) Cyclocytic stomata คือมี subsidiary cell 4 เซลล์ขึ้นไปล้อมรอบ guard cell เป็นวงรอบ ได้แก่ *Aechmea fasciata* เป็นพืช CAM (ภาพที่ 7A)

2) Tetracytic stomata มี subsidiary cell 4 เซลล์โดย 2 เซลล์เรียงตัวอยู่ในแนวตั้งฉากกับ guard cell ส่วนอีก 2 เซลล์อยู่ด้านหัวและท้ายของ guard cell ได้แก่ *Alcantarea imperialis* เป็นพืช  $C_3$  (ภาพที่ 7B) *Billbergia pyramidalis* เป็นพืช CAM (ภาพที่ 7C) *Guzmania 'Hilda'* เป็นพืช  $C_3$  (ภาพที่ 7E) และ *Neoregelia 'Fireball'* เป็นพืช CAM (ภาพที่ 7F)

3) Diacytic stomata มี subsidiary cell 2 เซลล์เรียงตัวอยู่ในแนวตั้งฉากกับ guard cell ได้แก่ *Cryptanthus 'Pink Star'* เป็นพืช CAM (ภาพที่ 7D)

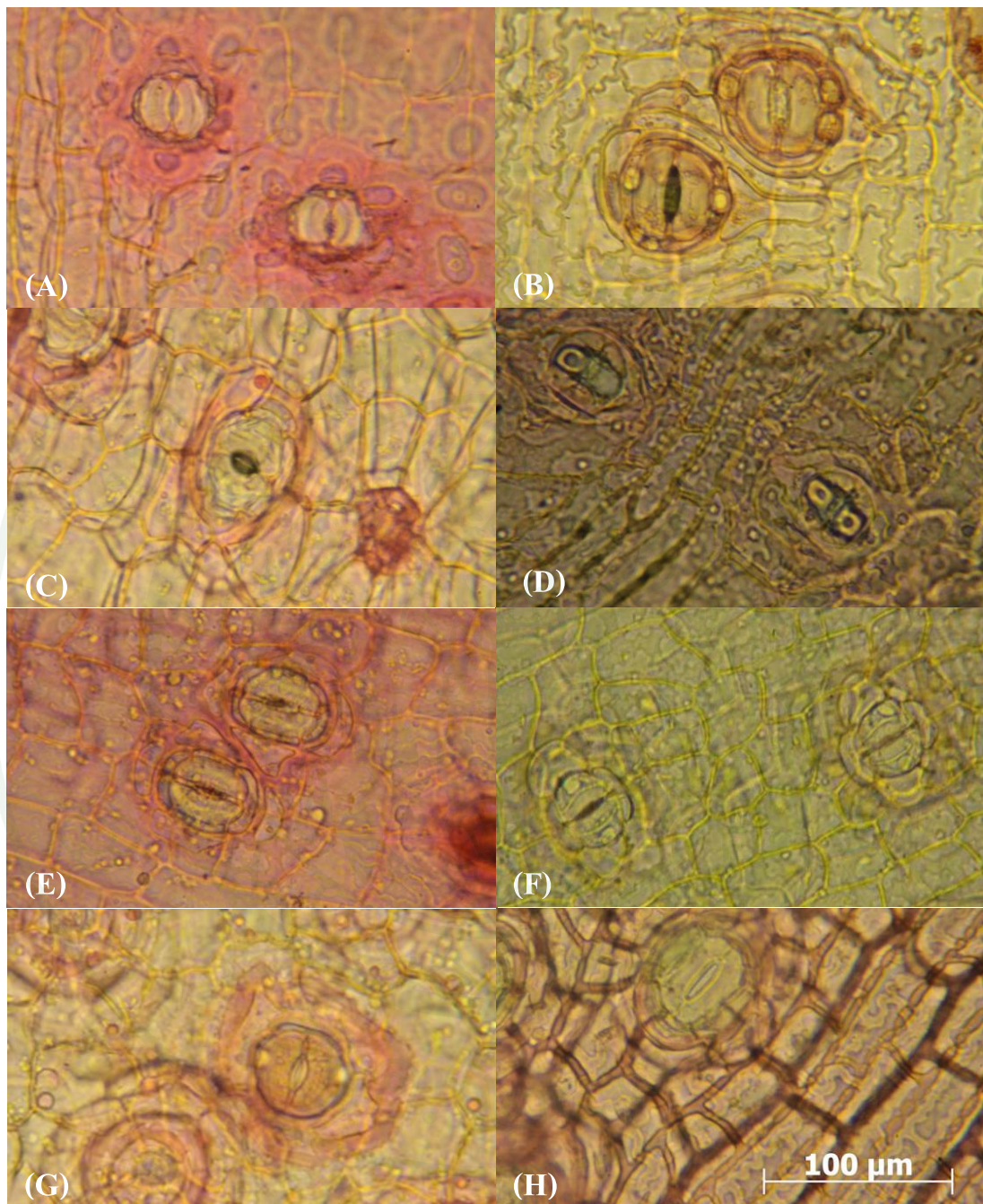
4) Actinocytic stomata คือมี subsidiary cell หลายเซลล์ล้อมรอบ guard cell เป็นแนวรัศมี ได้แก่ *Tillandsia xerographica* เป็นพืช CAM (ภาพที่ 7G) และ *Vriesea splendens* เป็นพืช  $C_3$  (ภาพที่ 7H)

เมื่อนับจำนวนปากใบที่กำลังขยาย 20 เท่าแล้วนำมาคำนวณหาจำนวนปากใบต่อพื้นที่ 1 ตร.มม. พบว่ามีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์ โดยพันธุ์ *Alcantarea imperialis* มีจำนวนปากใบมากที่สุด มีจำนวนปากใบเฉลี่ยเท่ากับ 41.4 ปากใบ/ตร.มม. รองลงมาคือพันธุ์ *Cryptanthus 'Pink Star'*, *Guzmania 'Hilda'*, *Aechmea fasciata*, *Neoregelia 'Fireball'*, *Vriesea splendens*, *Billbergia pyramidalis* และ *Tillandsia xerographica* มีจำนวน 37.0, 33.2, 32.00, 21.6, 19.1, 13.0 และ 10.1 ปากใบ/ตร.มม. ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

จากการทดลองแบ่งสับประดสีเป็น  $C_3$  และ CAM จะเห็นได้ว่ากลุ่ม  $C_3$  ได้แก่ พันธุ์ *Alcantarea imperialis* มีจำนวนปากใบมากที่สุดเฉลี่ย 41.4 ปากใบ/ตร.มม. รองลงมา คือ พันธุ์ *Guzmania 'Hilda'* และน้อยที่สุดคือ *Vriesea splendens* มีจำนวนปากใบเฉลี่ย 33.2 และ 19.1 ปากใบ/ตร.มม. ตามลำดับ ในกลุ่ม CAM มีจำนวนปากใบมากที่สุด คือ พันธุ์ *Cryptanthus 'Pink Star'* เฉลี่ย 37.0 ปากใบ/ตร.มม. ลำดับที่ 2 คือ พันธุ์ *Aechmea fasciata* ลำดับที่ 3 คือ พันธุ์ *Neoregelia*

'Fireball' ลำดับที่ 4 คือ พันธุ์ *Billbergia pyramidalis* และน้อยที่สุด คือ พันธุ์ *Tillandsia xerographica* มีจำนวน 32.0, 21.6, 13.0 และ 10.1 ปากใบ/ตร.มม. ตามลำดับ (ตารางที่ 3)





ภาพที่ 7 ลักษณะปากใบของสับประดสีพันธุ์ต่าง ๆ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ขนาดกำลังขยาย 40 เท่า  
*Aechmea fasciata* (A) *Alcantarea imperialis* (B) *Billbergia pyramidalis* (C) *Cryptanthus*  
 'Pink Star' (D) *Guzmania* 'Hilda' (E) *Neoregelia* 'Fireball' (F) *Tillandsia xerographica*  
 (G) และ *Vriesea splendens* (H)

ตารางที่ 3 จำนวนปากใบเฉลี่ยของสับประคสีพันธุ์การค้า 8 พันธุ์

พันธุ์	รูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO <sub>2</sub>	ค่าเฉลี่ยจำนวนปากใบ (ปากใบ/ตร.มม.)
<i>Alcantarea imperialis</i>	C <sub>3</sub>	41.4±4.9 a <sup>1</sup>
<i>Aechmea fasciata</i>	CAM	32.0±3.0 b
<i>Billbergia pyramidalis</i>	CAM	13.0±2.0 d
<i>Cryptanthus 'Pink Star'</i>	CAM	37.0±5.2 ab
<i>Guzmania 'Hilda'</i>	C <sub>3</sub>	33.2±7.3 b
<i>Neoregelia 'Fireball'</i>	CAM	21.6±4.6 c
<i>Tillandsia xerographica</i>	CAM	10.1±6.3 d
<i>Vriesea splendens</i>	C <sub>3</sub>	19.1±2.8 c
F - test		**
CV (%)		17.9

\*\* แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์  
<sup>1</sup> ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรพิมพ์เล็กเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4 รูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub> Exchange Rate, CER) ค่าการเปิดปิดปากใบ (g<sub>s</sub>) ค่าการคายน้ำ (E) ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (WUE) ลักษณะปากใบ และจำนวนปากใบ ของสับปะรดสีพันธุ์การค้า 8 พันธุ์

พันธุ์	รูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO <sub>2</sub>	CER (μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	g <sub>s</sub> (mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	E (mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	WUE (x 10 <sup>-3</sup> mol CO <sub>2</sub> / mol H <sub>2</sub> O)	ลักษณะปากใบ	จำนวนปากใบ
<i>Alcantarea imperialis</i>	C <sub>3</sub>	2.73	30.83	0.79	5.45	Tetracytic	41.4
<i>Aechmea fasciata</i>	CAM	3.00	20.17	0.28	10.32	Cyclocytic	32.0
<i>Billbergia pyramidalis</i>	CAM	1.50	10.94	0.18	8.33	Tetracytic	13.0
<i>Cryptanthus 'Pink Star'</i>	CAM	1.72	14.02	0.33	7.97	Diacytic	37.0
<i>Guzmania 'Hilda'</i>	C <sub>3</sub>	1.89	24.79	0.66	5.43	Tetracytic	33.2
<i>Neoregelia 'Fireball'</i>	CAM	0.73	9.11	0.21	4.52	Tetracytic	21.6
<i>Tillandsia xerographica</i>	CAM	2.15	77.33	0.63	3.26	Actinocytic	10.1
<i>Vriesea splendens</i>	C <sub>3</sub>	1.30	14.32	0.31	6.55	Actinocytic	19.1

## การทดลองที่ 2 อิทธิพลของอุณหภูมิต่ออัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ในรอบวันของสับปะรดสี

ปลูกเลี้ยงสับปะรดสี 3 พันธุ์ ใน 3 สภาพแวดล้อม (ตารางที่ 5) ดังนี้

1) ภายในโรงเรือนที่มีสภาพแวดล้อมในช่วงเดือนมีนาคมดังนี้ คือ มีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอด 24 ชั่วโมงเท่ากับ 32.7°C อุณหภูมิเฉลี่ยช่วงกลางวันและกลางคืน มีค่าเท่ากับ 34°C และ 31°C ตามลำดับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดวันเท่ากับ 44 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มแสงเฉลี่ยช่วงเวลา 06:00 – 18:00 น. เท่ากับ 60  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  และความเข้มข้นของ CO<sub>2</sub> ในรอบวันเฉลี่ย 406 ppm

2) สภาพแวดล้อมภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ มีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอด 24 ชั่วโมงเท่ากับ 29.1°C อุณหภูมิเฉลี่ยช่วงกลางวันและกลางคืน มีค่าเท่ากับ 25°C และ 31°C ตามลำดับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดวันเท่ากับ 28 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มแสงเฉลี่ยช่วงเวลา 06:00 – 18:00 น. เท่ากับ 0.8  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  โดยในช่วงเวลา 08:00 – 17:00 น. มีการใช้แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ ความเข้มแสงเฉลี่ย 3  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  และความเข้มข้นของ CO<sub>2</sub> ในรอบวันเฉลี่ย 835 ppm

3) สภาพแวดล้อมภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25°C ตลอดวัน มีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอด 24 ชั่วโมงเท่ากับ 25°C ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดวันเท่ากับ 25 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มแสงเฉลี่ยช่วงเวลา 06:00 – 18:00 น. เท่ากับ 0.8  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  โดยในช่วงเวลา 08:00 – 17:00 น. มีการใช้แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ ความเข้มแสงเฉลี่ย 3  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  และความเข้มข้นของ CO<sub>2</sub> ในรอบวันเฉลี่ย 605 ppm

ตารางที่ 5 สภาพแวดล้อมการวางประดับ ประกอบด้วย โรงเรือน ห้องควบคุมอุณหภูมิ 25°C ในช่วงเวลากลางวัน และ ห้องควบคุมอุณหภูมิ 25°C ตลอดวัน

สถานที่	อุณหภูมิ(°C)		ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	ความเข้มแสง ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	CO <sub>2</sub> (ppm)
	เฉลี่ย	กลางวัน/ กลางคืน			
โรงเรือน	32.7	34/31	44	60	406
25/31°C	29.1	25/31	28	3	835
25/25°C	25.0	25/25	25	3	605

## 1. การศึกษาพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสง

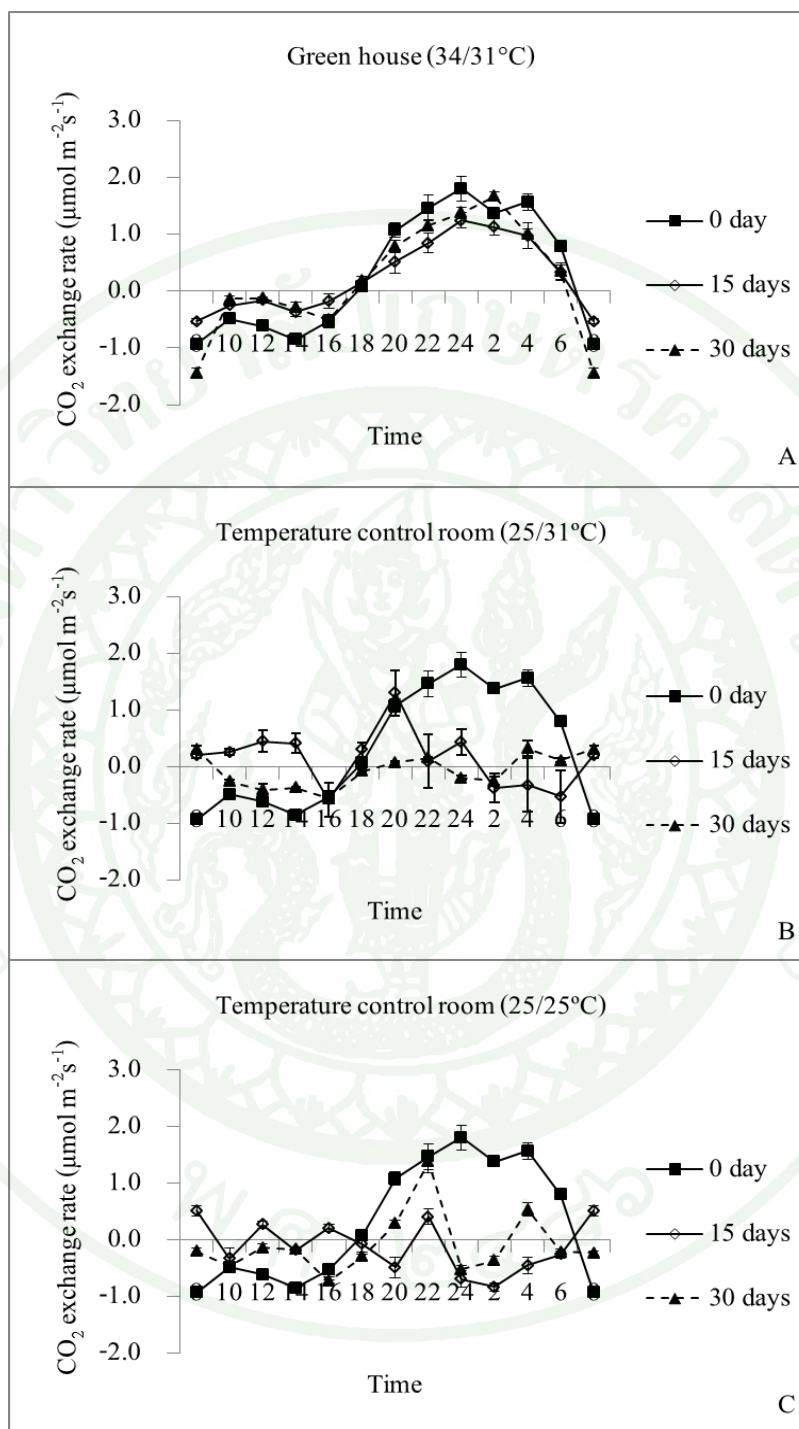
### 1.1 อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub> Exchange Rate, CER)

สับปะรดสีพันธุ์ *Aechmea fasciata* ที่ปลูกเลี้ยงภายในโรงเรือน (34/31°C) มีการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ในรูปแบบของ CAM คือมีค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> เป็นบวกในเวลากลางคืน เวลาประมาณ 18:00 – 06:00 น. ในช่วงแรกของการทดลองมีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 24:00 น. เฉลี่ย 1.80  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 24:00 น. เฉลี่ย 1.24  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  และหลังจากวางนาน 30 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 02:00 น. เฉลี่ย 1.67  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  (ภาพที่ 8A) โดยต้น *Aechmea fasciata* ที่วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/31°C มีรูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ที่เปลี่ยนไปจากเดิม คือ มีค่าเป็นบวกในช่วงเวลา 08:00 – 16:00 น. หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 20:00 น. เฉลี่ย 1.30  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  หลังจากวางประดับเป็นเวลา 30 วัน นอกจากนั้นรูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ยังที่เปลี่ยนไปจากเดิม คือ มีค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ลดลงอย่างเห็นได้ชัด มีค่าเป็นบวกในเวลากลางคืนมากกว่ากลางวัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 04:00 น. เฉลี่ย 0.32  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  (ภาพที่ 8B) และสำหรับต้น ที่วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/25°C มีรูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ที่เปลี่ยนไปจากเดิม คล้ายกับการวางประดับภายในห้องควบคุม 25/31°C เมื่อวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 08:00 น. เฉลี่ย 0.51  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  และเมื่อวางนาน 30 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 22:00 น. เฉลี่ย 1.38  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  (ภาพที่ 8C)

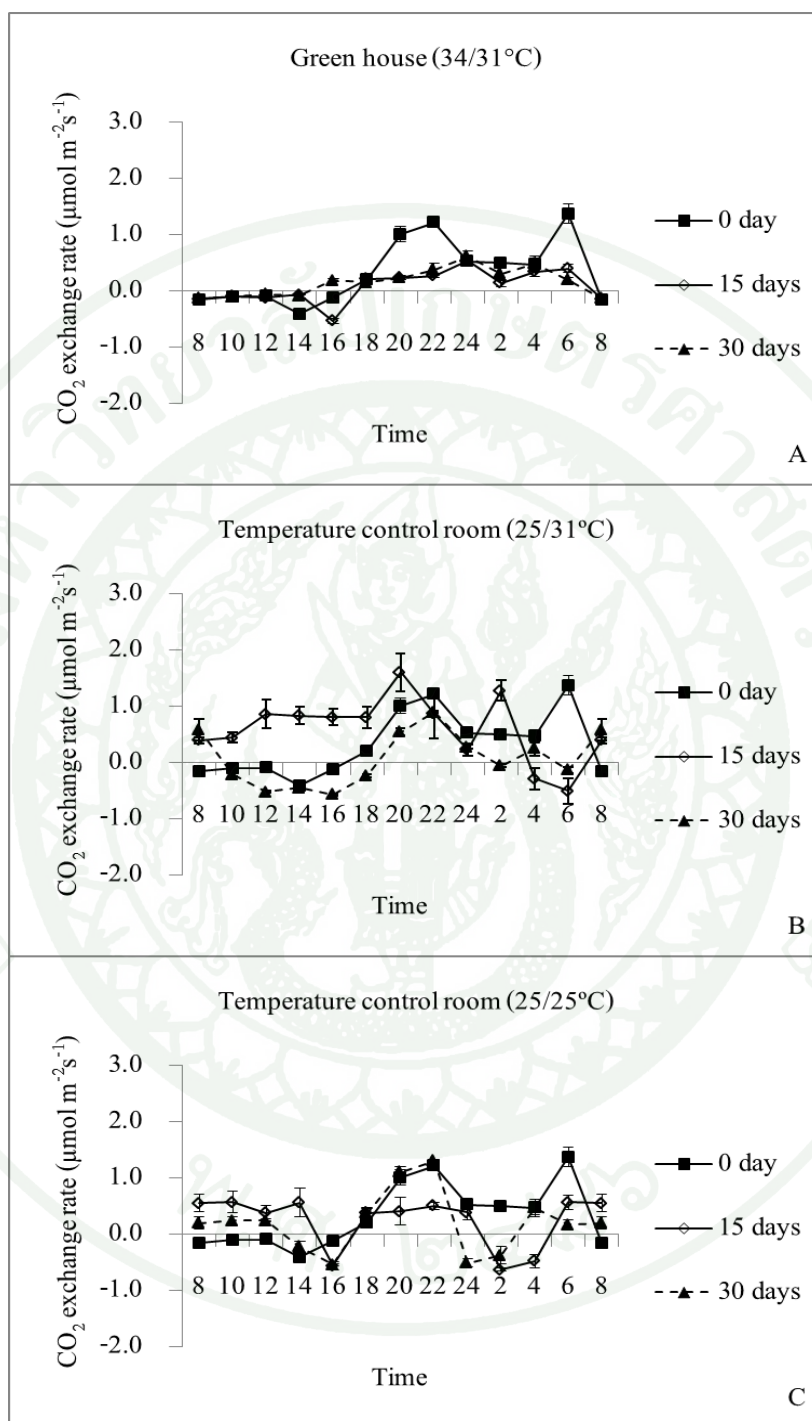
สับปะรดสีพันธุ์ *Neoregelia* ‘Fireball’ ที่ปลูกเลี้ยงภายในโรงเรือน (34/31°C) มีรูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ในรูปแบบของ CAM คือมีค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> เป็นบวกในเวลากลางคืน เวลาประมาณ 18:00 – 06:00 น. ในช่วงแรกของการทดลองมีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 22:00 น. เฉลี่ย 1.21  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 24:00 น. เฉลี่ย 0.53  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  และหลังจากวางนาน 30 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 24:00 น. เฉลี่ย 0.61  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  (ภาพที่ 9A) ส่วนต้นที่วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/31°C มีรูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ที่เปลี่ยนไปจากเดิม คือ มีค่าเป็นบวกในช่วงเวลา 08:00 – 14:00 น. หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 20:00 น. เฉลี่ย 1.60  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  หลังจากวางประดับเป็นเวลา 30 วัน ยังมีรูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ที่เปลี่ยนไปจากเดิม คือ มีค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ลดลงอย่างเห็นได้ชัด มีค่าเป็นบวกในเวลากลางคืนมากกว่ากลางวัน มีค่าสูงที่สุดใน

ช่วงเวลา 22:00 น. เฉลี่ย  $0.89 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  (ภาพที่ 9B) และต้นที่วางประดับภายในห้องควบคุม อุณหภูมิ  $25/25^{\circ}\text{C}$  มีรูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ  $\text{CO}_2$  ที่เปลี่ยนไปจากเดิม คือ ค่ามีแนวโน้มคล้ายกับการวางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ  $25/31^{\circ}\text{C}$  หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 10:00 น. เฉลี่ย  $0.56 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  และหลังจากวางนาน 30 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 22:00 น. เฉลี่ย  $1.30 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  (ภาพที่ 9C)

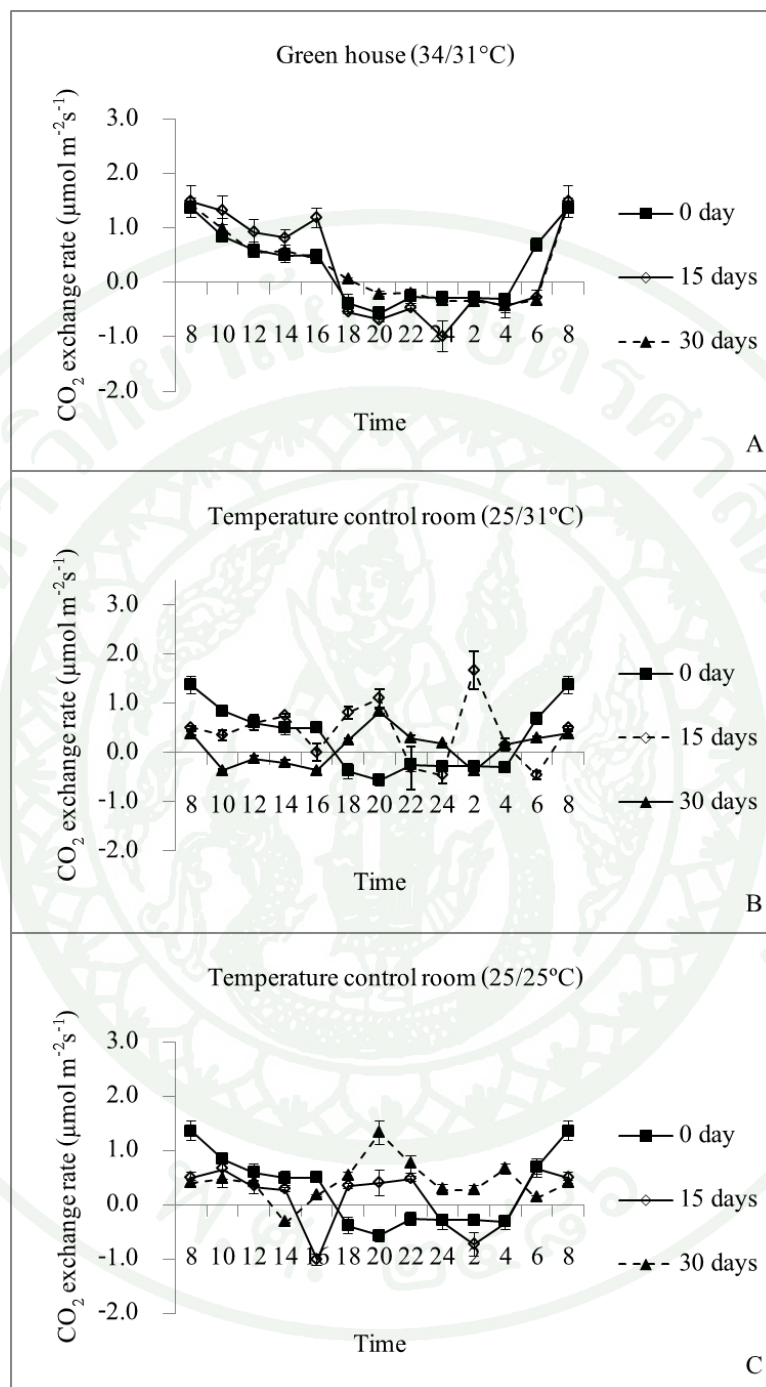
สับปะรดสีพันธุ์ *Vriesea splendens* ที่ปลูกเลี้ยงภายในโรงเรือน ( $34/31^{\circ}\text{C}$ ) มีรูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ  $\text{CO}_2$  ในรูปแบบของ  $\text{C}_3$  คือมีค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ  $\text{CO}_2$  เป็นบวกในเวลากลางวัน เวลาประมาณ 08:00 – 16:00 น. ในช่วงแรกของการทดลองมีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 08:00 น. เฉลี่ย  $1.36 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 08:00 น. เฉลี่ย  $1.48 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  และหลังจากวางนาน 30 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 08:00 น. เฉลี่ย  $1.42 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  (ภาพที่ 10A) ส่วนต้นที่วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ  $25/31^{\circ}\text{C}$  มีรูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ  $\text{CO}_2$  ที่เปลี่ยนไปจากเดิม คือ มีค่าเป็นบวกในช่วงเวลา 18:00 – 08:00 น. หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 02:00 น. เฉลี่ย  $1.67 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  หลังจากวางประดับเป็นเวลา 30 วัน ยังมีรูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ  $\text{CO}_2$  ที่เปลี่ยนไปจากเดิม คือ มีค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ  $\text{CO}_2$  ลดลงอย่างเห็นได้ชัด มีค่าเป็นบวกในช่วงเวลากลางคืนมากกว่ากลางวัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 20:00 น. เฉลี่ย  $0.83 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  (ภาพที่ 10B) และต้นที่วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ  $25/25^{\circ}\text{C}$  มีรูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ  $\text{CO}_2$  ที่เปลี่ยนไปจากเดิม คือ ค่ามีแนวโน้มคล้ายกับการวางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ  $25/31^{\circ}\text{C}$  หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 06:00 น. เฉลี่ย  $0.67 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  และหลังจากวางนาน 30 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 20:00 น. เฉลี่ย  $1.32 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  (ภาพที่ 10C)



ภาพที่ 8 อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ในรอบวันของสับปะรดสีพันธุ์ *Aechmea fasciata* ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (34/31°C) (A) การวางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/31°C (B) และ วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/25°C (C) ก่อนและหลังวางประดับ เป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน



ภาพที่ 9 อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ในรอบวันของสับปะรดสีพันธุ์ *Neoregelia* 'Fireball' ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (34/31°C) (A) การวางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/31°C (B) และ วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/25°C (C) ก่อนและหลังวางประดับ เป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน



ภาพที่ 10 อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ในรอบวันของสับประดสีพันธุ์ *Vriesea splendens* ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (34/31°C) (A) การวางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/31°C (B) และ วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/25°C (C) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน

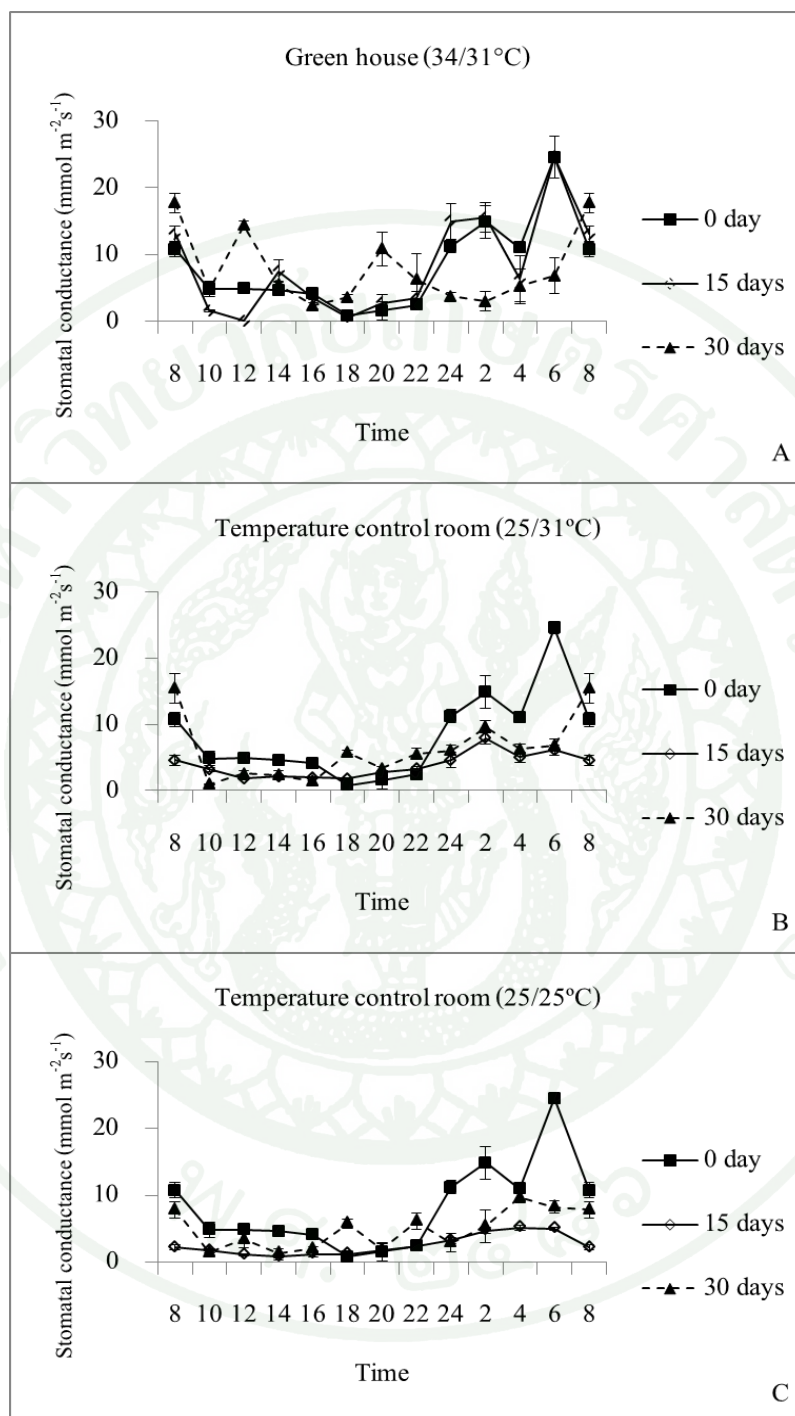
## 1.2 ค่าการเปิดปิดปากใบ (stomatal conductance, $g_s$ )

สับปะรดสีพันธุ์ *Aechmea fasciata* ที่ปลูกเลี้ยงภายในโรงเรือน ( $34/31^{\circ}\text{C}$ ) ค่า stomatal conductance ในช่วงเวลากลางคืนมีแนวโน้มสูงกว่ากลางวัน ในช่วงแรกของการทดลอง และหลังจากปลูกเลี้ยงไป 15 วัน ช่วงเวลาที่มีค่าสูงอยู่ในช่วงเวลาประมาณ 24:00 – 06:00 น. ในช่วงแรกของการทดลองมีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 06:00 น. เฉลี่ย  $24.53 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 06:00 น. เฉลี่ย  $24.57 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  และหลังจากวางนาน 30 วัน ค่ามีลักษณะเปลี่ยนแปลงไป คือ มีค่าสูงและต่ำสลับกันไปในช่วงเวลา 08:00 – 16:00 น. มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 08:00 น. เฉลี่ย  $17.68 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (ภาพที่ 11A) ส่วนต้นที่วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ  $25/31^{\circ}\text{C}$  ค่า stomatal conductance ในช่วงเวลากลางคืนมีแนวโน้มสูงกว่ากลางวัน เช่นเดียวกับที่ปลูกเลี้ยงภายในโรงเรือน ( $34/31^{\circ}\text{C}$ ) แต่มีค่าน้อยกว่า หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 02:00 น. เฉลี่ย  $7.87 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  หลังจากวางประดับเป็นเวลา 30 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 08:00 น. เฉลี่ย  $15.43 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (ภาพที่ 11B) และต้นที่วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ  $25/25^{\circ}\text{C}$  ค่า stomatal conductance ในช่วงเวลากลางคืนมีแนวโน้มสูงกว่ากลางวันเช่นเดียวกับที่ปลูกเลี้ยงภายในโรงเรือน ( $34/31^{\circ}\text{C}$ ) แต่มีค่าน้อยกว่า หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 04:00 น. เฉลี่ย  $5.18 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  หลังจากวางประดับเป็นเวลา 30 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 02:00 น. เฉลี่ย  $9.65 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (ภาพที่ 11C)

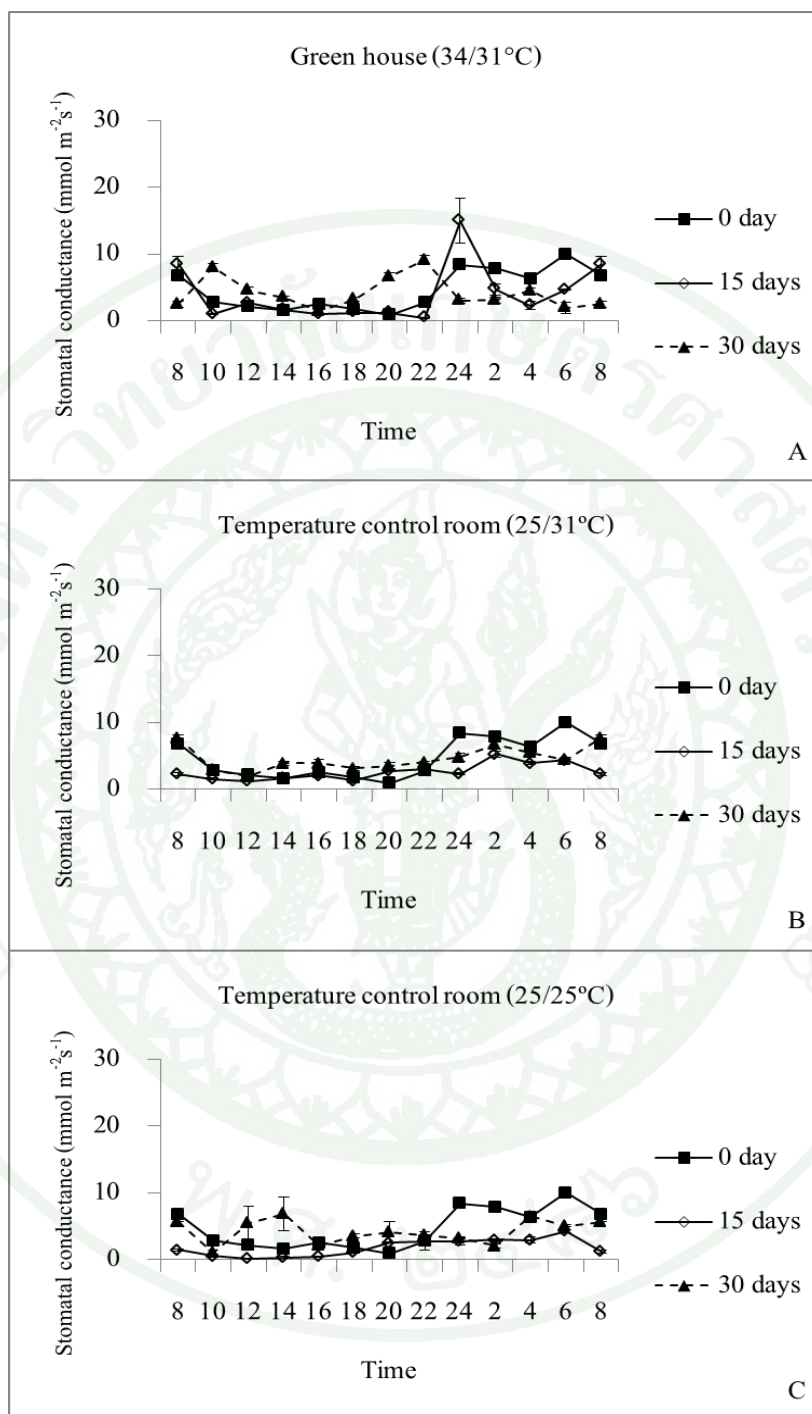
สับปะรดสีพันธุ์ *Neoregelia* ‘Fireball’ ที่ปลูกเลี้ยงภายในโรงเรือน ( $34/31^{\circ}\text{C}$ ) ค่า stomatal conductance ในช่วงเวลากลางคืนมีแนวโน้มสูงกว่ากลางวัน ช่วงเวลาที่มีค่าสูงอยู่ในช่วงเวลาประมาณ 24:00 – 06:00 น. ในช่วงแรกของการทดลองมีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 06:00 น. เฉลี่ย  $10.02 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 24:00 น. เฉลี่ย  $14.98 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  และหลังจากวางนาน 30 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 22:00 น. เฉลี่ย  $9.09 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (ภาพที่ 12A) ส่วนต้น ที่วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ  $25/31^{\circ}\text{C}$  ค่า stomatal conductance ในช่วงเวลากลางคืนมีแนวโน้มสูงกว่ากลางวันเช่นเดียวกับที่ปลูกเลี้ยงภายในโรงเรือน ( $34/31^{\circ}\text{C}$ ) แต่มีค่าน้อยกว่า หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 02:00 น. เฉลี่ย  $5.25 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  หลังจากวางประดับเป็นเวลา 30 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 08:00 น. เฉลี่ย  $7.66 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (ภาพที่ 12B) และต้นที่วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ  $25/25^{\circ}\text{C}$  ค่า stomatal conductance ในช่วงเวลากลางคืนมีแนวโน้มสูงกว่ากลางวันเช่นเดียวกับที่ปลูกเลี้ยงภายในโรงเรือน ( $34/31^{\circ}\text{C}$ ) แต่มีค่าน้อยกว่า หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 06:00 น. เฉลี่ย  $4.23 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  หลังจาก

วางประดับเป็นเวลา 30 วัน ค่ามีแนวโน้มสูงสลับต่ำในช่วงเวลา 08:00 – 16:00 น. มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 14:00 น. เฉลี่ย  $6.82 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (ภาพที่ 12C)

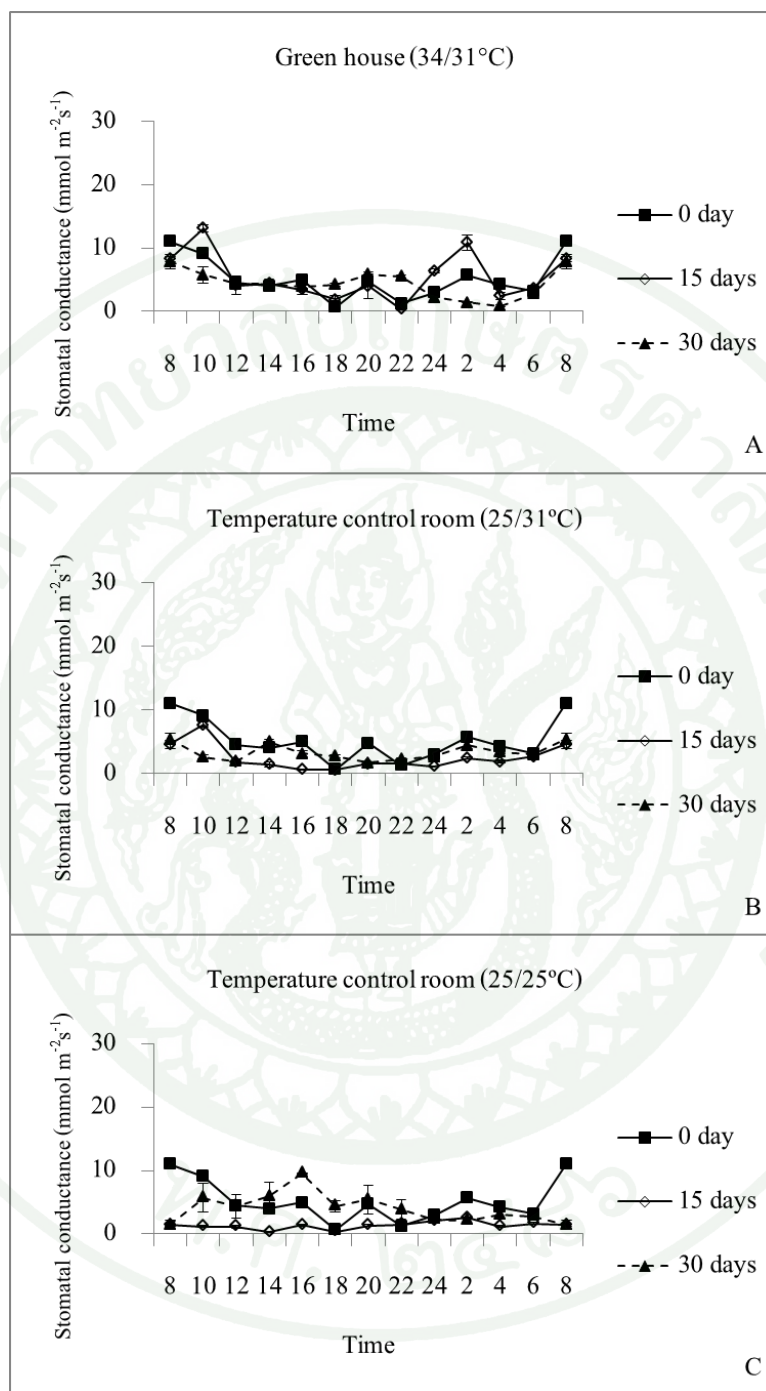
สับปะรดสีพันธุ์ *Vriesea splendens* ที่ปลูกเลี้ยงภายในโรงเรือน ( $34/31^{\circ}\text{C}$ ) ค่า stomatal conductance มีแนวโน้มใกล้เคียงกันทั้งช่วงเวลากลางวันและกลางคืน ช่วงเวลาที่มีค่าสูงอยู่ในช่วงเวลาประมาณ 08:00 – 10:00 น. ในช่วงแรกของการทดลองมีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 08:00 น. เฉลี่ย  $11.03 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 10:00 น. เฉลี่ย  $13.08 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  และหลังจากวางนาน 30 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 08:00 น. เฉลี่ย  $7.86 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (ภาพที่ 13A) ส่วนต้นที่วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ  $25/31^{\circ}\text{C}$  ค่า stomatal conductance มีแนวโน้มใกล้เคียงกันทั้งช่วงเวลากลางวันและกลางคืนเช่นเดียวกับที่ปลูกเลี้ยงภายในโรงเรือน ( $34/31^{\circ}\text{C}$ ) แต่มีค่าน้อยกว่า หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 10:00 น. เฉลี่ย  $7.65 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  หลังจากวางประดับเป็นเวลา 30 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 08:00 น. เฉลี่ย  $5.38 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (ภาพที่ 13B) และต้นที่วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ  $25/25^{\circ}\text{C}$  ค่า stomatal conductance มีแนวโน้มใกล้เคียงกันทั้งช่วงเวลากลางวันและกลางคืนเช่นเดียวกับที่ปลูกเลี้ยงภายในโรงเรือน ( $34/31^{\circ}\text{C}$ ) หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 02:00 น. เฉลี่ย  $2.48 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  หลังจากวางประดับเป็นเวลา 30 วัน ค่ามีแนวโน้มสูงสลับต่ำในช่วงเวลา 08:00 – 16:00 น. มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 16:00 น. เฉลี่ย  $9.54 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (ภาพที่ 13C)



ภาพที่ 11 Stomatal conductance ในรอบวันของในรอบวันของสับประรดสีพันธุ์ *Aechmea fasciata* ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (34/31°C) (A) การวางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/31°C (B) และ วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/25°C (C) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน



ภาพที่ 12 Stomatal conductance ในรอบวันของในรอบวันของต้นประดับสีพันธุ์ *Neoregelia* 'Fireball' ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (34/31°C) (A) การวางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/31°C (B) และ วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/25°C (C) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน



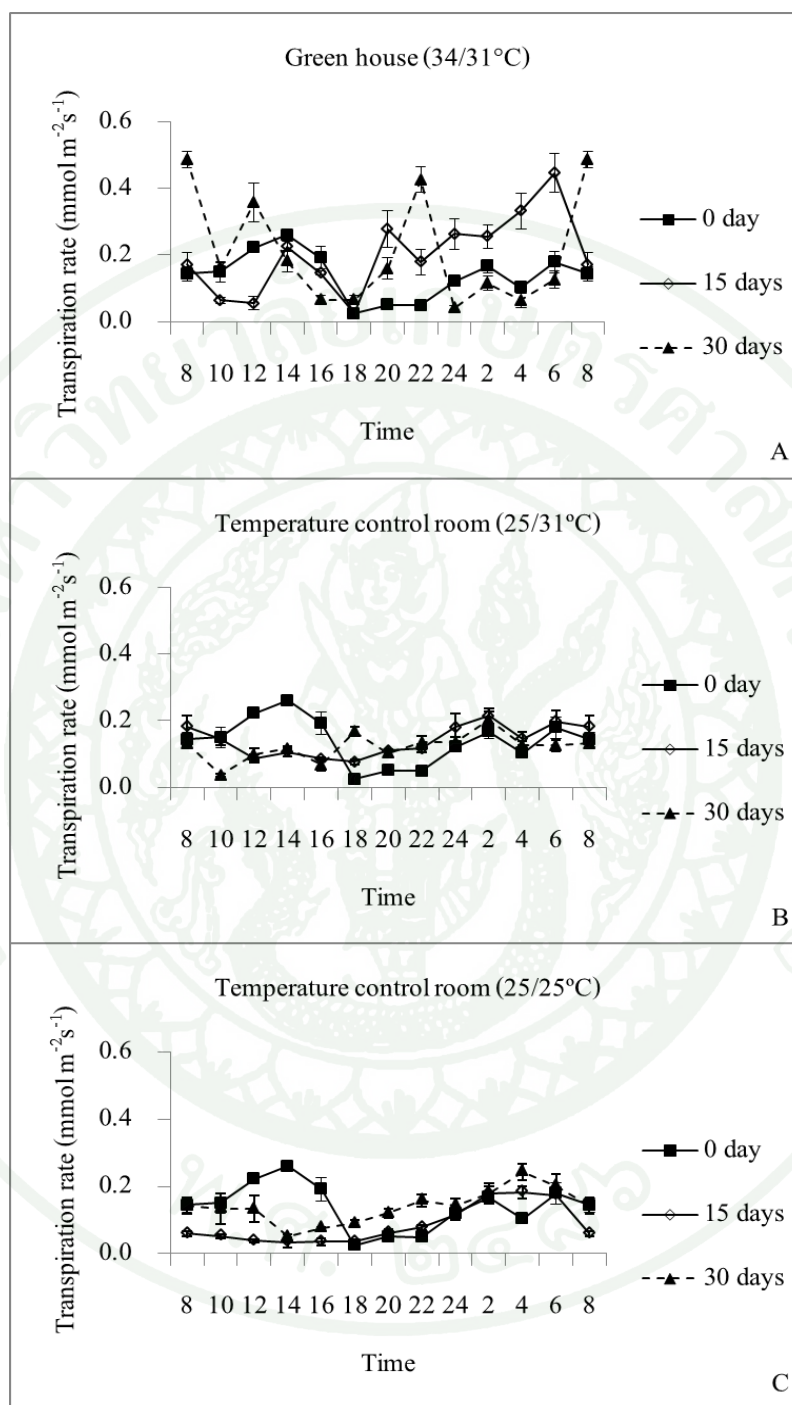
ภาพที่ 13 Stomatal conductance ในรอบวันของในรอบวันของสับประดสีพันธุ์ *Vriesea splendens* ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (34/31°C) (A) การวางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/31°C (B) และ วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/25°C (C) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน

### 1.3 อัตราการคายน้ำ (transpiration rate, E)

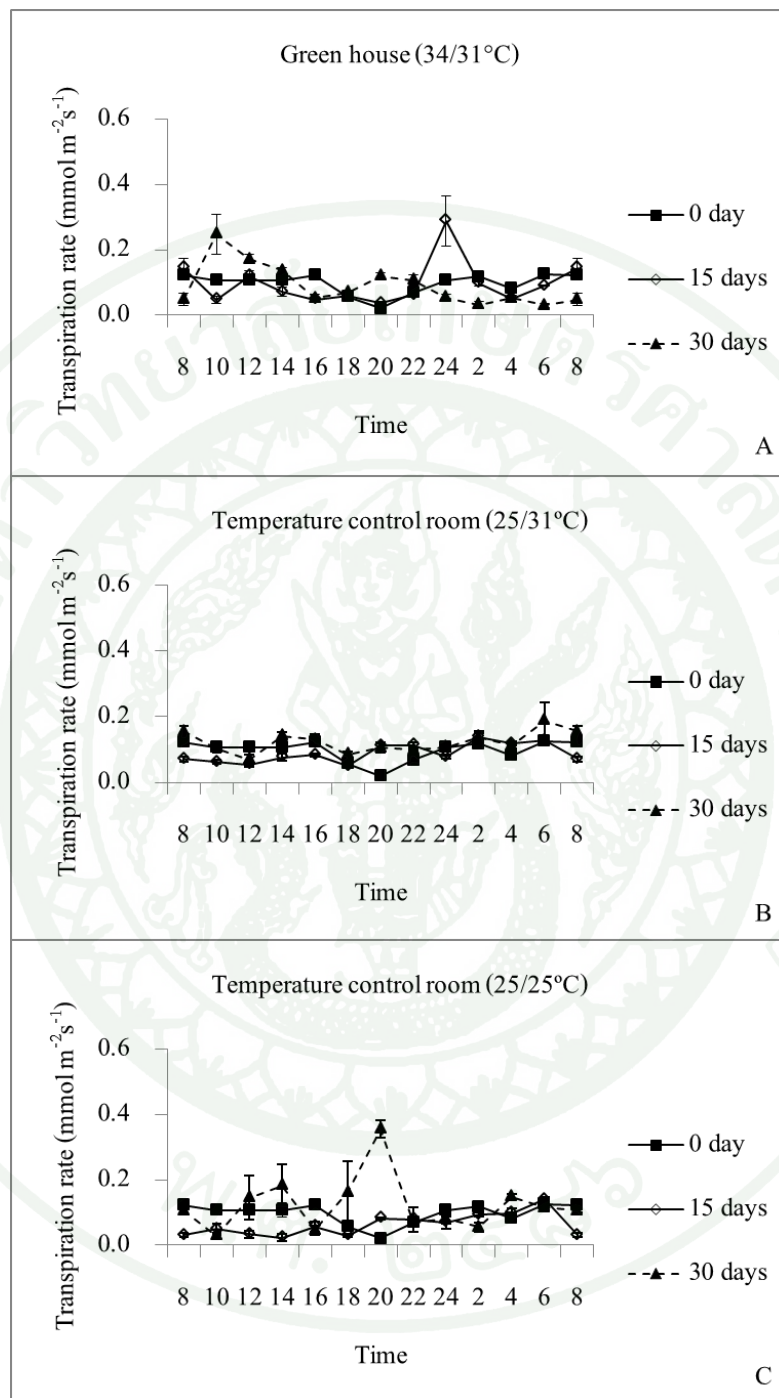
สับปะรดสีพันธุ์ *Aechmea fasciata* ที่ปลูกเลี้ยงภายในโรงเรือน (34/31°C) อัตราการคายน้ำในช่วงเวลากลางวันมีแนวโน้มสูงกว่ากลางคืนในช่วงแรกของการทดลอง มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 14:00 น. เฉลี่ย  $0.26 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  หลังจากวางนาน 15 วัน ค่ามีแนวโน้มสูงสลับต่ำตลอดทั้งวันและในช่วงเวลากลางคืนสูงกว่ากลางวัน โดยมีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 06:00 น. เฉลี่ย  $0.45 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  และหลังจากวางนาน 30 วัน ค่ามีลักษณะเปลี่ยนแปลงไป คือ มีค่าสูงและต่ำสลับกันไปตลอดทั้งวัน โดยมีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 08:00 น. เฉลี่ย  $0.49 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (ภาพที่ 14A) ส่วนต้นที่วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/31°C อัตราการคายน้ำในช่วงเวลากลางคืนมีแนวโน้มสูงกว่ากลางวันแต่มีค่าน้อยกว่าการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (34/31°C) หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 02:00 น. เฉลี่ย  $0.21 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  หลังจากวางประดับเป็นเวลา 30 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 02:00 น. เฉลี่ย  $0.20 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (ภาพที่ 14B) และต้นที่วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/25°C อัตราการคายน้ำในช่วงเวลากลางคืนมีแนวโน้มสูงกว่ากลางวันแต่มีค่าน้อยกว่าการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (34/31°C) หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 04:00 น. เฉลี่ย  $0.18 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  หลังจากวางประดับเป็นเวลา 30 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 04:00 น. เฉลี่ย  $0.24 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (ภาพที่ 14C)

สับปะรดสีพันธุ์ *Neoregelia* 'Fireball' ที่ปลูกเลี้ยงภายในโรงเรือน (34/31°C) อัตราการคายน้ำมีแนวโน้มสูงสลับต่ำตลอดทั้งวัน ในช่วงแรกของการทดลอง มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 06:00 น. เฉลี่ย  $0.13 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 24:00 น. เฉลี่ย  $0.29 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  และหลังจากวางนาน 30 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 10:00 น. เฉลี่ย  $0.25 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (ภาพที่ 15A) ส่วนต้นที่วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/31°C อัตราการคายน้ำมีแนวโน้มสูงสลับต่ำตลอดทั้งวัน หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 02:00 น. เฉลี่ย  $0.14 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  หลังจากวางประดับเป็นเวลา 30 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 06:00 น. เฉลี่ย  $0.19 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (ภาพที่ 15B) และต้นที่วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/25°C อัตราการคายน้ำมีแนวโน้มสูงสลับต่ำตลอดทั้งวัน หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 06:00 น. เฉลี่ย  $0.14 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  หลังจากวางประดับเป็นเวลา 30 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 20:00 น. เฉลี่ย  $0.36 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (ภาพที่ 15C)

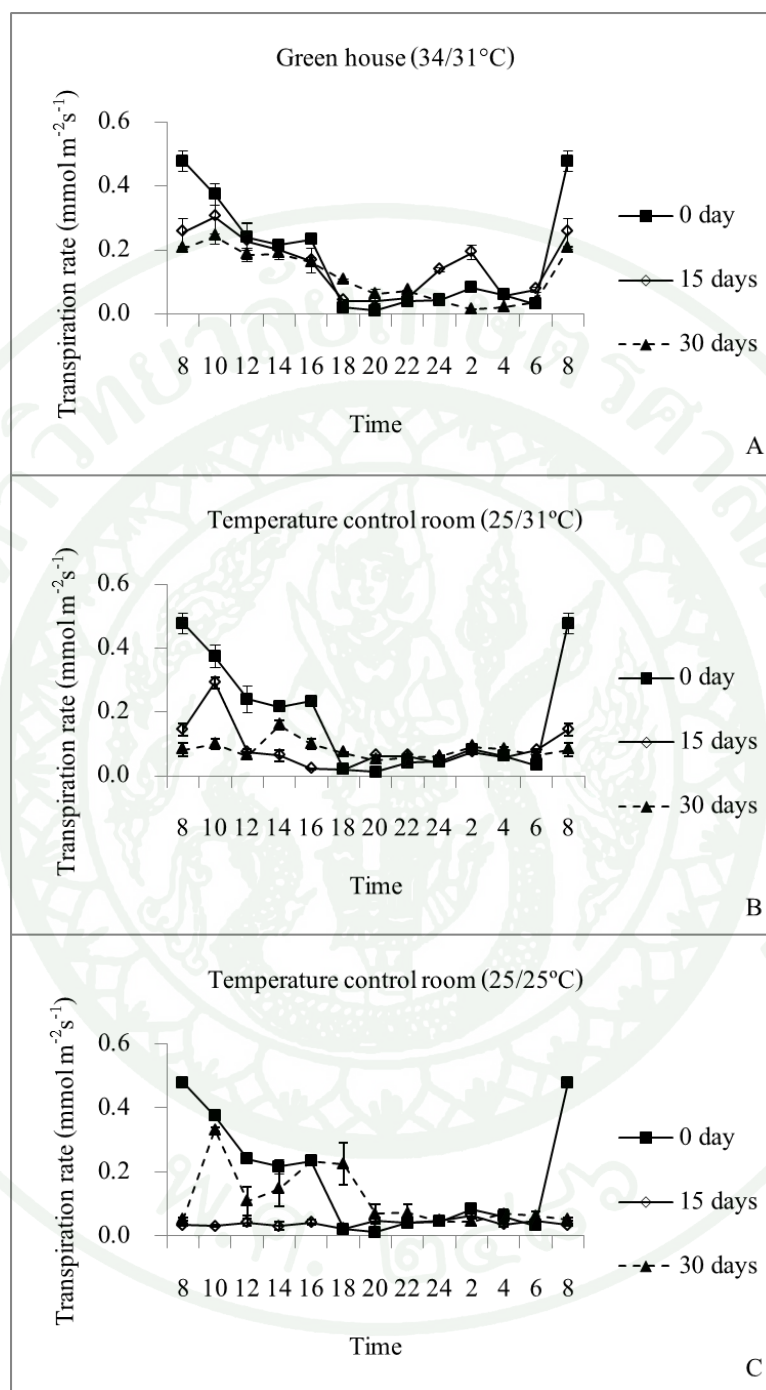
สับปะรดสีพันธุ์ *Vriesea splendens* ที่ปลูกเลี้ยงภายในโรงเรือน (34/31°C) อัตราการคายน้ำในช่วงเวลากลางวันมีแนวโน้มสูงกว่ากลางคืน ในช่วงแรกของการทดลอง มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 08:00 น. เฉลี่ย  $0.48 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 10:00 น. เฉลี่ย  $0.30 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  และหลังจากวางนาน 30 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 10:00 น. เฉลี่ย  $0.24 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (ภาพที่ 16A) ส่วนต้นที่วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/31°C อัตราการคายน้ำในช่วงเวลากลางวันมีแนวโน้มสูงกว่ากลางคืน หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 10:00 น. เฉลี่ย  $0.29 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  หลังจากวางประดับเป็นเวลา 30 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 14:00 น. เฉลี่ย  $0.16 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (ภาพที่ 16B) และต้นที่วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/25°C อัตราการคายน้ำมีแนวโน้มสูงสลับต่ำตลอดทั้งวัน หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 02:00 น. เฉลี่ย  $0.06 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  หลังจากวางประดับเป็นเวลา 30 วัน มีแนวโน้มสูงในช่วงเวลากลางวันสูงกว่ากลางคืน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 10:00 น. เฉลี่ย  $0.33 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (ภาพที่ 16C)



ภาพที่ 14 อัตราการคายน้ำ (transpiration rate, E) ในรอบวันของในรอบวันของสับปะรดสีพันธุ์ *Aechmea fasciata* ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (34/31°C) (A) การวางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/31°C (B) และ วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/25°C (C) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน



ภาพที่ 15 อัตราการคายน้ำ (transpiration rate, E) ในรอบวันของในรอบวันของสับปะรดสีพันธุ์ *Neoregelia* 'Fireball' ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (34/31°C) (A) การวางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/31°C (B) และ วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/25°C (C) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน



ภาพที่ 16 อัตราการคายน้ำ (transpiration rate, E) ในรอบวันของในรอบวันของสับปะรดสีพันธุ์ *Vriesea splendens* ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (34/31°C) (A) การวางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/31°C (B) และ วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/25°C (C) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน

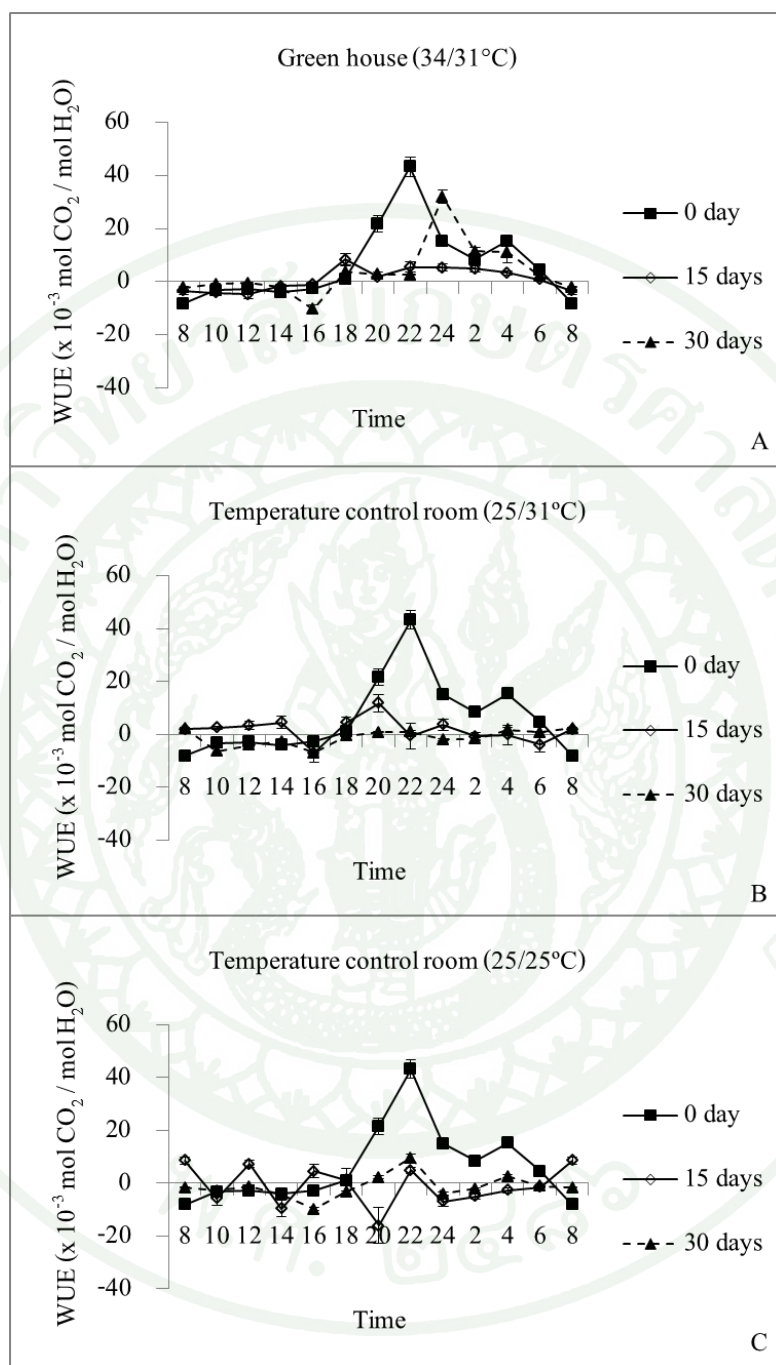
#### 1.4 ประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืช (water use efficiency, WUE)

สับปะรดสีพันธุ์ *Aechmea fasciata* ที่ปลูกเลี้ยงภายในโรงเรือน (34/31°C) มีประสิทธิภาพการใช้น้ำ (water use efficiency, WUE) เป็นบวกในเวลากลางคืน เวลาประมาณ 20:00 – 04:00 น. ในช่วงแรกของการทดลองมีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 24:00 น. เฉลี่ย  $24.71 \times 10^{-3}$  หลังจากวางนาน 15 วัน ค่ามีแนวโน้มลดลง มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 22:00 น. เฉลี่ย  $6.60 \times 10^{-3}$  และหลังจากวางนาน 30 วัน ค่ามีแนวโน้มสูงขึ้น มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 22:00 น. เฉลี่ย  $21.56 \times 10^{-3}$  (ภาพที่ 17A) ส่วนต้นที่วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/31°C ประสิทธิภาพการใช้น้ำมีแนวโน้มลดลงและมีค่าเป็นบวกในเวลากลางวัน หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 20:00 น. เฉลี่ย  $11.87 \times 10^{-3}$  หลังจากวางประดับเป็นเวลา 30 วัน ค่ามีแนวโน้มสูงสลับต่ำตลอดทั้งวัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 08:00 น. เฉลี่ย  $2.36 \times 10^{-3}$  (ภาพที่ 17B) และต้นที่วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/25°C ประสิทธิภาพการใช้น้ำมีแนวโน้มลดลงและมีค่าสูงสลับต่ำตลอดทั้งวัน หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 08:00 น. เฉลี่ย  $8.62 \times 10^{-3}$  และหลังจากวางนาน 30 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 22:00 น. เฉลี่ย  $9.52 \times 10^{-3}$  (ภาพที่ 17C)

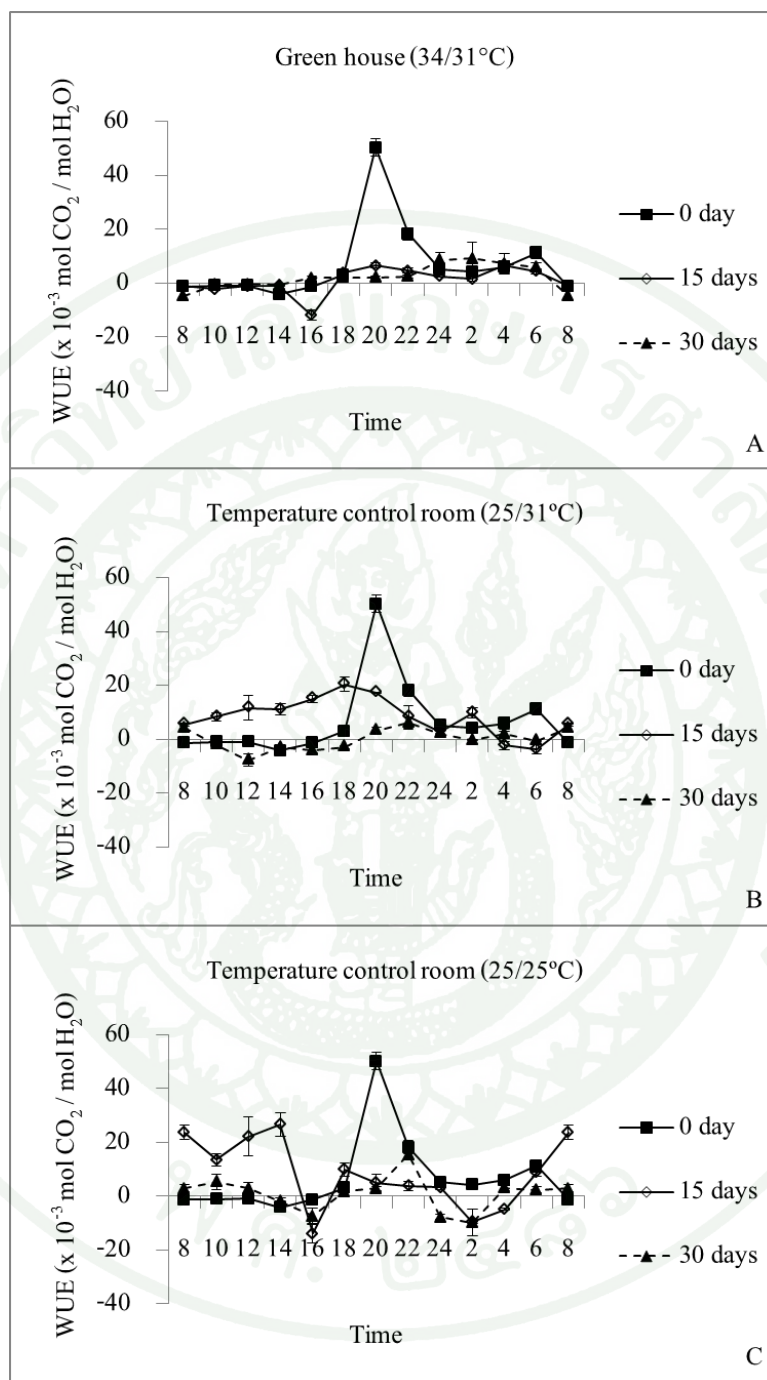
สับปะรดสีพันธุ์ *Neoregelia* ‘Fireball’ ที่ปลูกเลี้ยงภายในโรงเรือน (34/31°C) มีประสิทธิภาพการใช้น้ำ (water use efficiency, WUE) เป็นบวกในเวลากลางคืน เวลาประมาณ 18:00 – 06:00 น. ในช่วงแรกของการทดลองมีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 20:00 น. เฉลี่ย  $50.20 \times 10^{-3}$  หลังจากวางนาน 15 วัน ค่ามีแนวโน้มลดลง มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 04:00 น. เฉลี่ย  $6.70 \times 10^{-3}$  และหลังจากวางนาน 30 วัน ค่ามีแนวโน้มสูงขึ้น มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 02:00 น. เฉลี่ย  $9.12 \times 10^{-3}$  (ภาพที่ 18A) ส่วนต้นที่วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/31°C ประสิทธิภาพการใช้น้ำมีแนวโน้มลดลงและมีค่าเป็นบวกในเวลากลางวัน หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 18:00 น. เฉลี่ย  $20.43 \times 10^{-3}$  หลังจากวางประดับเป็นเวลา 30 วัน ค่ามีแนวโน้มลดลง มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 22:00 น. เฉลี่ย  $6.03 \times 10^{-3}$  (ภาพที่ 18B) และต้นที่วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/25°C ประสิทธิภาพการใช้น้ำมีแนวโน้มลดลงและมีค่าสูงสลับต่ำตลอดทั้งวัน หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 08:00 น. เฉลี่ย  $23.70 \times 10^{-3}$  และหลังจากวางนาน 30 วัน ค่ามีแนวโน้มลดลง มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 22:00 น. เฉลี่ย  $15.49 \times 10^{-3}$  (ภาพที่ 18C)

สับปะรดสีพันธุ์ *Vriesea splendens* ที่ปลูกเลี้ยงภายในโรงเรือน (34/31°C) มีประสิทธิภาพการใช้น้ำ (water use efficiency, WUE) เป็นบวกในเวลากลางวัน เวลาประมาณ 08:00

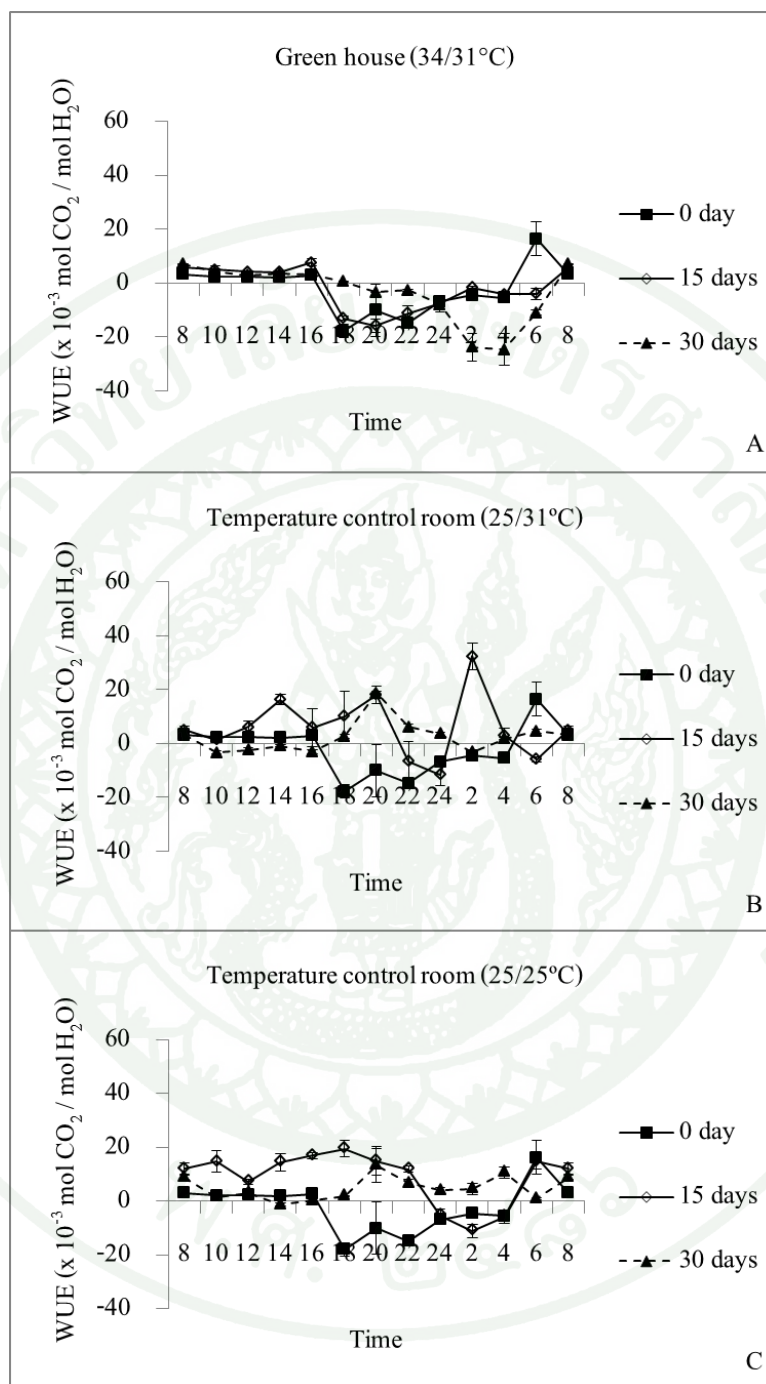
– 16:00 น. ในช่วงแรกของการทดลองมีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 06:00 น. เฉลี่ย  $16.28 \times 10^{-3}$  หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 16:00 น. เฉลี่ย  $7.68 \times 10^{-3}$  และหลังจากวางนาน 30 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 08:00 น. เฉลี่ย  $6.97 \times 10^{-3}$  (ภาพที่ 19A) ส่วนต้นที่วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ  $25/31^{\circ}\text{C}$  ประสิทธิภาพการใช้น้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมีค่าสูงสลับต่ำตลอดทั้งวัน หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 18:00 น. เฉลี่ย  $36.84 \times 10^{-3}$  หลังจากวางประดับเป็นเวลา 30 วัน ค่ามีแนวโน้มลดลง มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 20:00 น. เฉลี่ย  $18.56 \times 10^{-3}$  (ภาพที่ 19B) และต้นที่วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ  $25/25^{\circ}\text{C}$  ประสิทธิภาพการใช้น้ำมีแนวโน้มลดลงและมีค่าสูงสลับต่ำตลอดทั้งวัน หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 18:00 น. เฉลี่ย  $19.47 \times 10^{-3}$  และหลังจากวางนาน 30 วัน ค่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและมีค่าสูงสลับต่ำตลอดทั้งวัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 20:00 น. เฉลี่ย  $13.39 \times 10^{-3}$  (ภาพที่ 19C)



ภาพที่ 17 ประสิทธิภาพการใช้น้ำของ (water use efficiency, WUE) ในรอบวันของในรอบวันของ สับประดสีพันธุ์ *Aechmea fasciata* ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (34/31°C) (A) การวางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/31°C (B) และ วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/25°C (C) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน



ภาพที่ 18 ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (water use efficiency, WUE) ในรอบวันของในรอบวันของ สับประคตีสพันธ์ *Neoregelia* 'Fireball' ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (34/31°C) (A) การวางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/31°C (B) และ วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/25°C (C) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน



ภาพที่ 19 ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (water use efficiency, WUE) ในรอบวันของในรอบวันของ สับประดสีพันธุ์ *Vriesea splendens* ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (34/31°C) (A) การวางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/31°C (B) และ วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/25°C (C) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน

ตารางที่ 6 รูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub> Exchange Rate, CER) ค่าการเปิดปิดปากใบ (g<sub>s</sub>) ค่าการคายน้ำ (E) และ ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (WUE) ของสับประรดสีพันธุ์ *Aechmea fasciata*, *Neoregelia* 'Fireball' และ *Vriesea splendens* ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 15 และ 30 วัน

พันธุ์	รูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO <sub>2</sub>	Day	CER ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )			g <sub>s</sub> ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )			E ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )			WUE ( $\times 10^{-3} \text{ mol CO}_2 / \text{mol}$ )		
			Green house	25/	25/	Green house	25/	25/	Green house	25/	25/	Green house	25/	25/
			(34/31°C)	31°C	25°C	(34/31°C)	31°C	25°C	(34/31°C)	31°C	25°C	(34/31°C)	31°C	25°C
<i>Aechmea fasciata</i>	CAM	0	1.80	1.80	1.80	24.53	24.53	24.53	0.26	0.26	0.26	24.71	24.71	24.71
		15	1.24	1.30	0.51	24.57	7.81	5.18	0.45	0.21	0.18	6.60	11.87	8.62
		30	1.87	0.32	1.38	17.68	15.43	9.65	0.49	0.20	0.24	21.56	2.36	9.52
<i>Neoregelia</i> 'Fireball'	CAM	0	1.21	1.21	1.21	10.02	10.02	10.02	0.13	0.13	0.13	50.20	50.20	50.20
		15	0.53	1.60	0.56	14.98	5.25	4.23	0.29	0.14	0.14	6.70	20.43	23.70
		30	0.61	0.89	1.30	9.09	7.66	6.82	0.25	0.19	0.36	9.12	6.03	15.49
<i>Vriesea splendens</i>	C <sub>3</sub>	0	1.36	1.36	1.36	11.03	11.03	11.03	0.48	0.48	0.48	16.28	16.28	16.28
		15	1.48	1.67	0.67	13.08	7.65	2.48	0.30	0.29	0.06	7.68	36.84	19.47
		30	1.42	0.82	1.32	7.86	5.38	9.54	0.24	0.16	0.33	6.97	18.56	13.39

**การทดลองที่ 3 การศึกษาอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> และปริมาณรังควัตถุของใบสับประรดสี  
สกุล *Neoregelia* ใบหลากสีภายใต้สภาพโรงเรือนและภายในอาคาร**

ปลูกเลี้ยงสับประรดสี 4 พันธุ์ ใน 2 สภาพแวดล้อม (ตารางที่ 7) ดังนี้

1) ภายในโรงเรือนที่มีสภาพแวดล้อมในช่วงเดือนพฤศจิกายนดังนี้ คือ มีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอด 24 ชั่วโมงเท่ากับ 32°C อุณหภูมิเฉลี่ยช่วงกลางวันและกลางคืน มีค่าเท่ากับ 33°C และ 30°C ตามลำดับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดวันเท่ากับ 60 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มแสงเฉลี่ยช่วงเวลา 06:00 – 18:00 น. เท่ากับ 60  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  และความเข้มข้นของ CO<sub>2</sub> ในรอบวันเฉลี่ย 410 ppm

2) สภาพแวดล้อมภายในห้องสำนักงานที่มีขนาดห้องกว้าง 5.2 เมตร ยาว 6 เมตร สูง 3.5 เมตร มีปริมาตร 109.2 ลบ.ม. มีผู้ใช้ห้องเฉลี่ย 7 คนต่อวัน มีชั่วโมงการใช้ห้องเฉลี่ย 12 ชั่วโมงต่อวัน มีสภาพแวดล้อมดังนี้ คือ มีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอด 24 ชั่วโมงเท่ากับ 30°C อุณหภูมิเฉลี่ยช่วงกลางวันและกลางคืน มีค่าเท่ากับ 28°C และ 31°C ตามลำดับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดวันเท่ากับ 45 เปอร์เซ็นต์ ในเวลาที่มีการใช้งานห้องมีการใช้แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ ความเข้มแสงเฉลี่ย 3  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  และความเข้มข้นของ CO<sub>2</sub> ในรอบวันเฉลี่ย 1,680 ppm

**ตารางที่ 7 สภาพแวดล้อมการวางประดับ ประกอบด้วย โรงเรือน และ ห้องสำนักงาน**

สถานที่	อุณหภูมิ (°C)		ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	ความเข้ม แสง ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	CO <sub>2</sub> (ppm)
	เฉลี่ย	กลางวัน/ กลางคืน			
โรงเรือน	32	33/30	60	60	410
ห้อง สำนักงาน	30	28/31	45	3	1680

## 1. การศึกษาพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสง

### 1.1 อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub> Exchange Rate, CER)

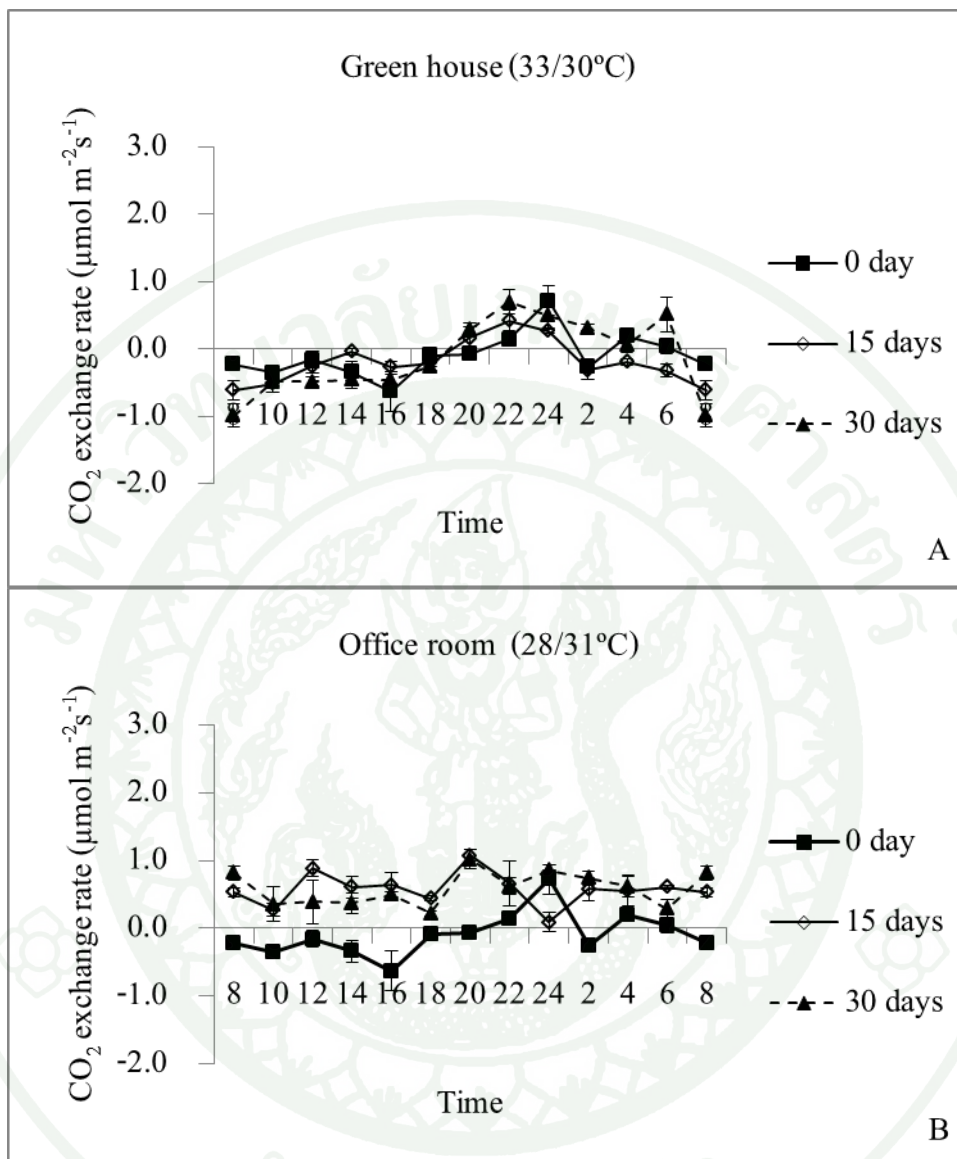
สับปะรดสีพันธุ์ *Neoregelia* ‘Donger’ ที่ปลูกเลี้ยงภายในโรงเรือน (33/30°C) มีรูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ในรูปแบบของ CAM คือมีค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> เป็นบวกในเวลากลางคืน เวลาประมาณ 18:00 – 06:00 น. ในช่วงแรกของการทดลองมีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 24:00 น. เฉลี่ย 0.72  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 22:00 น. เฉลี่ย 0.42  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  และหลังจากวางนาน 30 วัน ค่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 22:00 น. เฉลี่ย 0.70  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (ภาพที่ 20A) และต้นที่วางประดับภายในห้องสำนักงาน (28/31°C) มีรูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ที่เปลี่ยนไปจากเดิม คือ มีค่าเป็นบวกในช่วงเวลา 08:00 – 18:00 น. ค่ามีแนวโน้มสูงกว่าการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 20:00 น. เฉลี่ย 1.07  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  หลังจากวางประดับเป็นเวลา 30 วัน ยังมีรูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ที่เปลี่ยนไปจากเดิมเช่นเดียวกับการวางประดับเป็นเวลา 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 20:00 น. เฉลี่ย 1.02  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (ภาพที่ 20B)

สับปะรดสีพันธุ์ *Neoregelia* ‘Fireball’ ที่ปลูกเลี้ยงภายในโรงเรือน (33/30°C) มีรูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ในรูปแบบของ CAM คือมีค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> เป็นบวกในเวลากลางคืน เวลาประมาณ 18:00 – 04:00 น. ในช่วงแรกของการทดลองมีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 24:00 น. เฉลี่ย 1.00  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  หลังจากวางนาน 15 วัน ค่ามีแนวโน้มลดลง มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 22:00 น. เฉลี่ย 0.35  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  และหลังจากวางนาน 30 วัน ค่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 22:00 น. เฉลี่ย 0.38  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (ภาพที่ 21A) และต้นที่วางประดับภายในห้องสำนักงาน (28/31°C) มีรูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ที่เปลี่ยนไปจากเดิม คือ มีค่าเป็นบวกในช่วงเวลา 08:00 – 18:00 น. ค่ามีแนวโน้มสูงกว่าการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 22:00 น. เฉลี่ย 1.32  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  หลังจากวางประดับเป็นเวลา 30 วัน ยังมีรูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ที่เปลี่ยนไปจากเดิมเช่นเดียวกับการวางประดับเป็นเวลา 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 20:00 น. เฉลี่ย 1.21  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (ภาพที่ 21B)

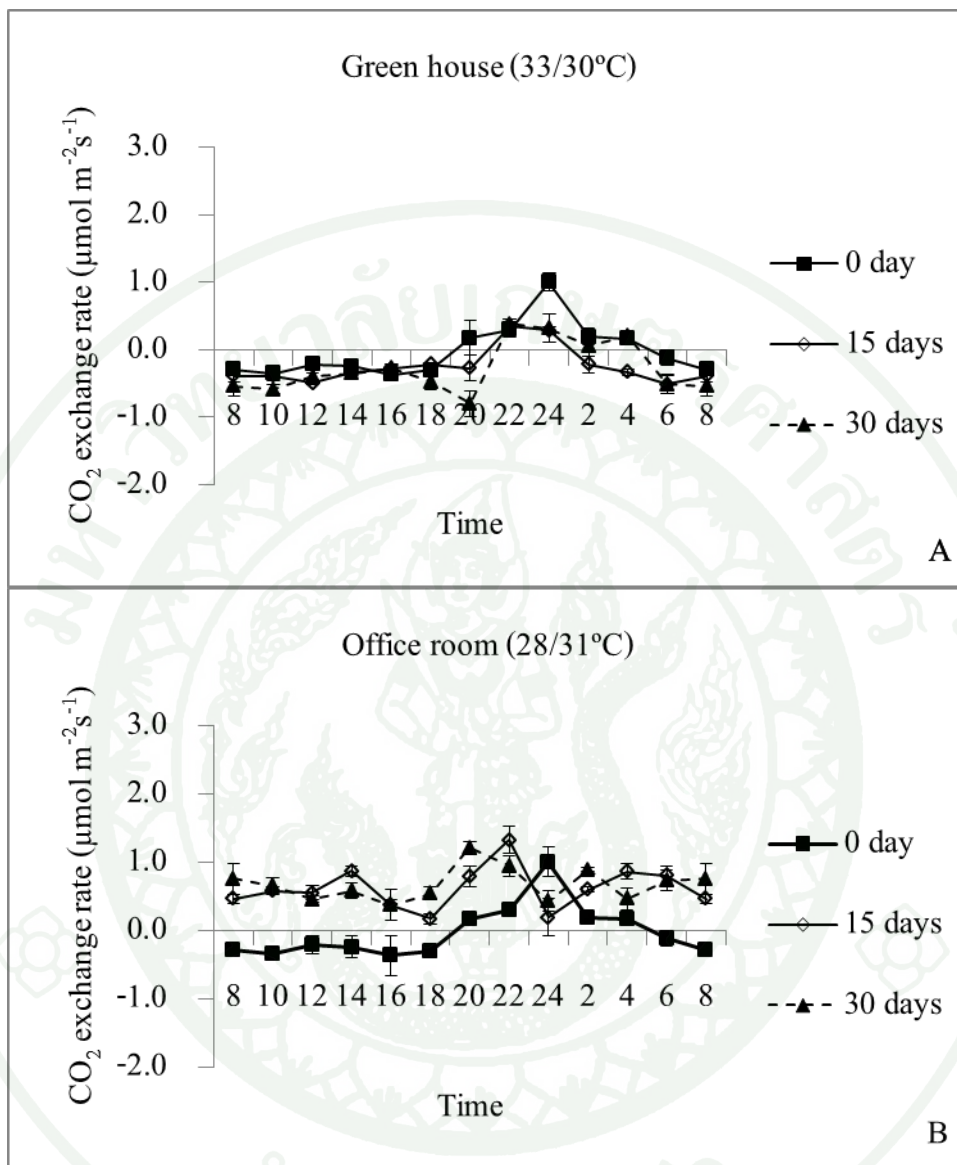
สับปะรดสีพันธุ์ *Neoregelia* ‘Tiger C’ ที่ปลูกเลี้ยงภายในโรงเรือน (33/30°C) มีรูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ในรูปแบบของ CAM คือมีค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> เป็น

บวกลบในเวลากลางคืน เวลาประมาณ 18:00 – 04:00 น. ในช่วงแรกของการทดลองมีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 24:00 น. เฉลี่ย  $1.08 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 20:00 น. เฉลี่ย  $1.15 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  และหลังจากวางนาน 30 วัน ค่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 22:00 น. เฉลี่ย  $1.28 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (ภาพที่ 22A) และต้นที่วางประดับภายในห้องสำนักงาน ( $28/31^{\circ}\text{C}$ ) มีรูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ  $\text{CO}_2$  ที่เปลี่ยนไปจากเดิม คือ มีค่าเป็นบวกลบในช่วงเวลา 08:00 – 18:00 น. ค่ามีแนวโน้มสูงกว่าการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน ( $33/30^{\circ}\text{C}$ ) หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 22:00 น. เฉลี่ย  $2.11 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  หลังจากวางประดับเป็นเวลา 30 วัน ยังมีรูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ  $\text{CO}_2$  ที่เปลี่ยนไปจากเดิมเช่นเดียวกับการวางประดับเป็นเวลา 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 24:00 น. เฉลี่ย  $1.94 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (ภาพที่ 22B)

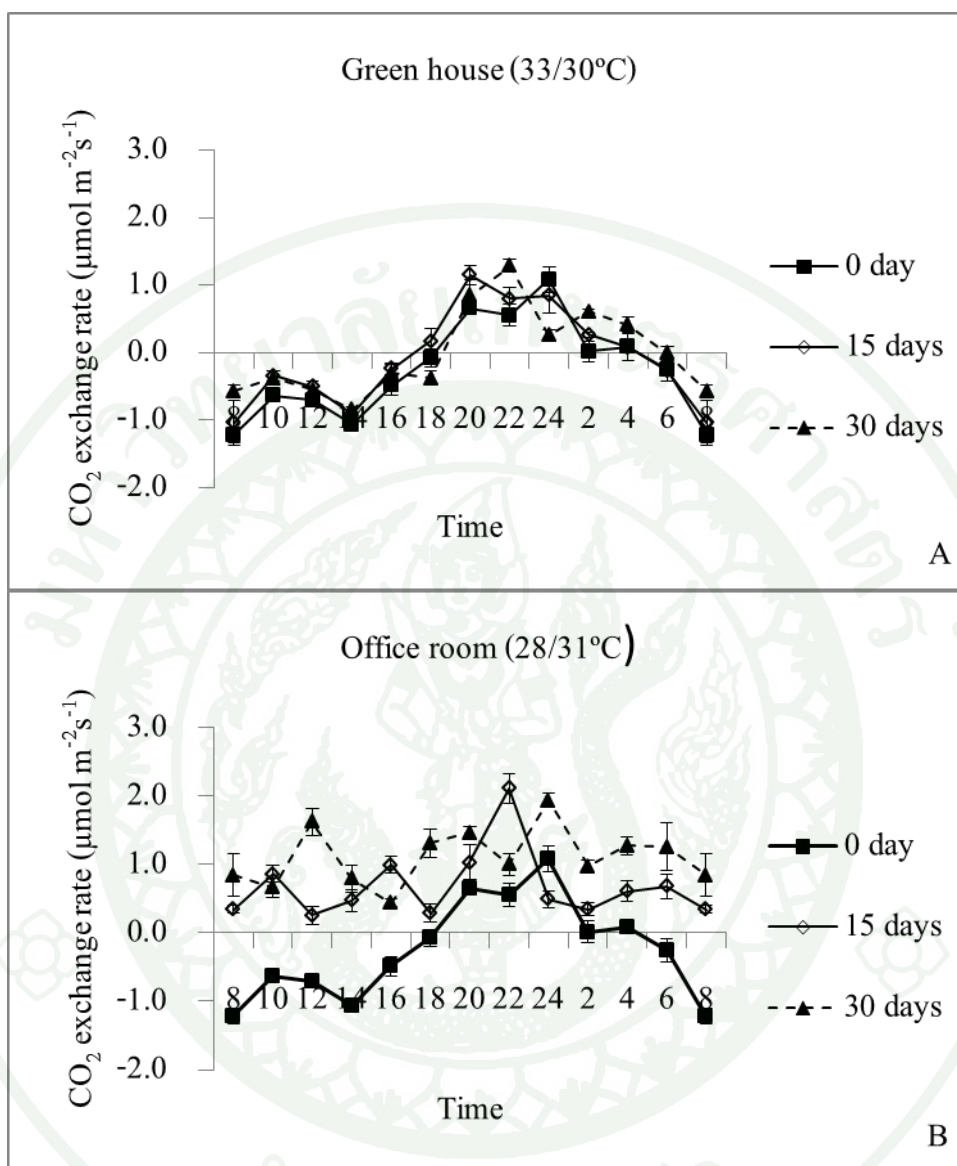
สับปะรดสีพันธุ์ *Neoregelia* 'Zoe' ที่ปลูกเลี้ยงภายในโรงเรือน ( $33/30^{\circ}\text{C}$ ) มีรูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ  $\text{CO}_2$  ในรูปแบบของ CAM คือมีค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ  $\text{CO}_2$  เป็นบวกลบในเวลากลางคืน เวลาประมาณ 18:00 – 04:00 น. ในช่วงแรกของการทดลองมีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 24:00 น. เฉลี่ย  $1.02 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 22:00 น. เฉลี่ย  $0.66 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  และหลังจากวางนาน 30 วัน ค่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 22:00 น. เฉลี่ย  $0.74 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (ภาพที่ 23A) และต้นที่วางประดับภายในห้องสำนักงาน ( $28/31^{\circ}\text{C}$ ) มีรูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ  $\text{CO}_2$  ที่เปลี่ยนไปจากเดิม คือ มีค่าเป็นบวกลบในช่วงเวลา 08:00 – 18:00 น. ค่ามีแนวโน้มสูงกว่าการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน ( $33/30^{\circ}\text{C}$ ) หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 14:00 น. เฉลี่ย  $1.24 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  หลังจากวางประดับเป็นเวลา 30 วัน ยังมีรูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ  $\text{CO}_2$  ที่เปลี่ยนไปจากเดิมเช่นเดียวกับการวางประดับเป็นเวลา 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 24:00 น. เฉลี่ย  $1.80 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (ภาพที่ 23B)



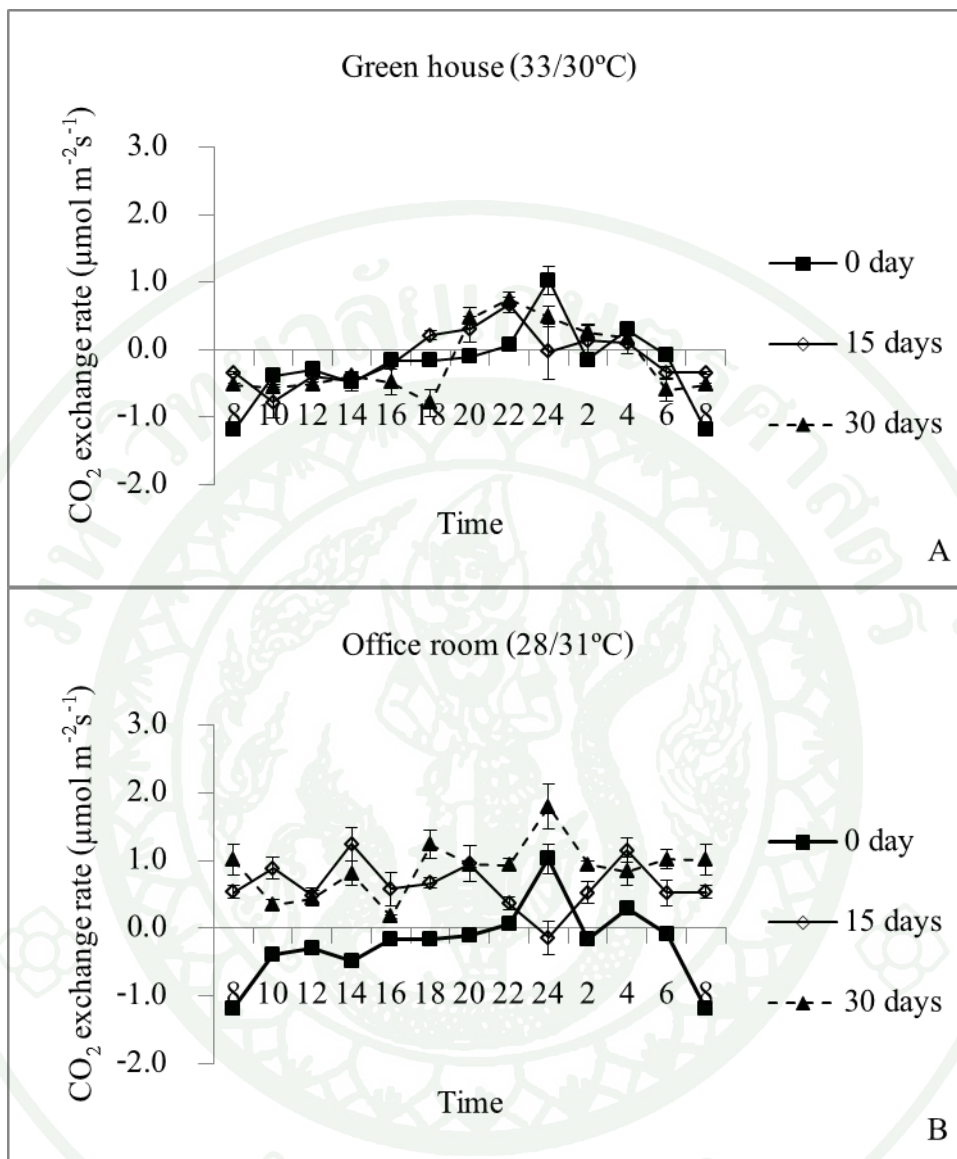
ภาพที่ 20 อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ในรอบวันของต้นประดับพันธุ์ *Neoregelia* 'Donger' ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) (A) และการวางประดับภายในห้องสำนักงาน (28/31°C) (B) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน



ภาพที่ 21 อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ในรอบวันของสับปะรดสีพันธุ์ *Neoregelia* 'Fireball' ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) (A) และการวางประดับภายในห้องสำนักงาน (28/31°C) (B) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน



ภาพที่ 22 อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ในรอบวันของสับประตีสีพันธุ์ *Neoregelia* 'Tiger Cub' ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) (A) และการวางประดับภายในห้องสำนักงาน (28/31°C) (B) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน



ภาพที่ 23 อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ในรอบวันของต้นประดับสีพันธุ์ *Neoregelia* 'Zoe' ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) (A) และการวางประดับภายในห้องสำนักงาน (28/31°C) (B) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน

## 1.2 ค่าการเปิดปิดปากใบ (stomatal conductance, $g_s$ )

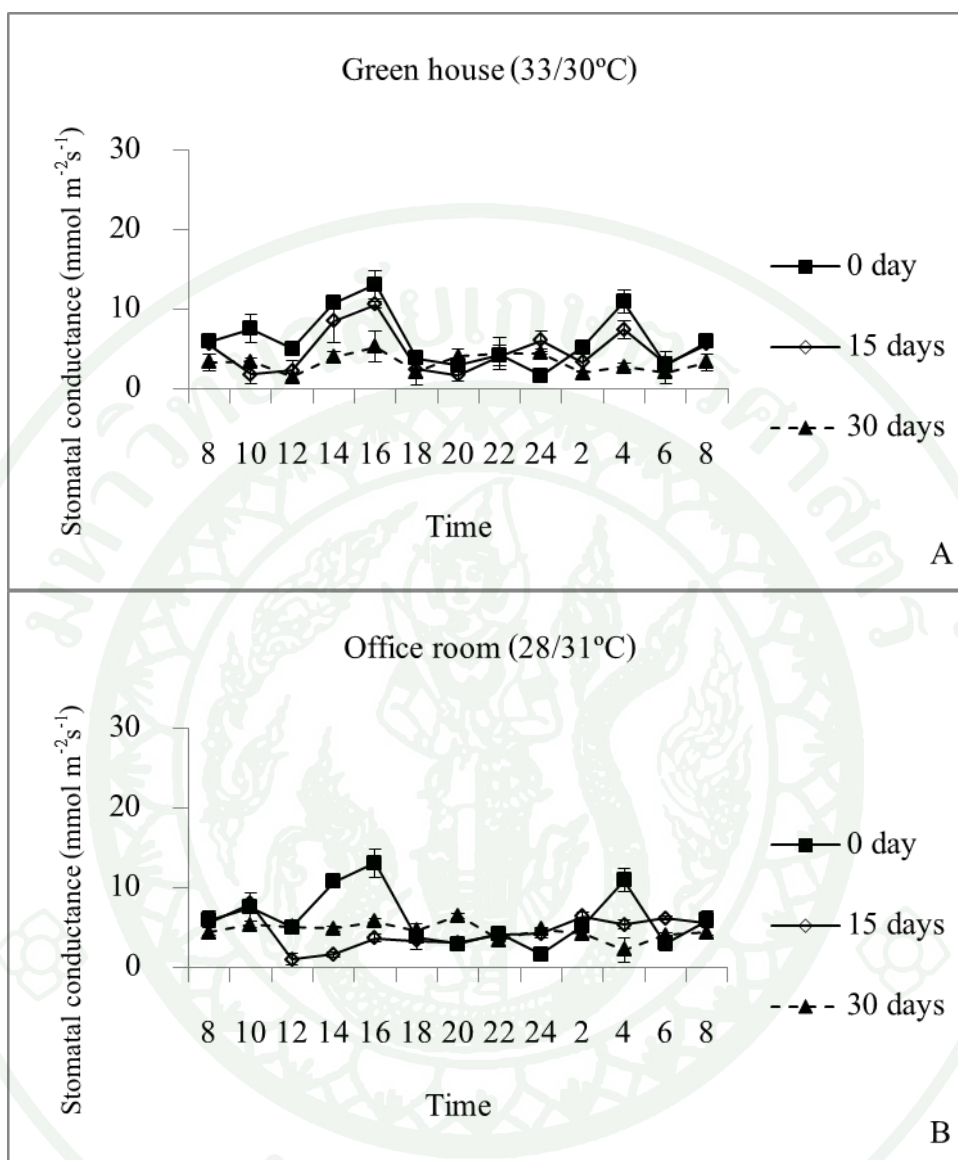
สับปะรดสีพันธุ์ *Neoregelia* 'Donger' ที่ปลูกเลี้ยงภายในโรงเรือน ( $33/30^{\circ}\text{C}$ ) ค่า stomatal conductance ในช่วงเวลากลางวันมีแนวโน้มสูงกว่ากลางคืน ช่วงเวลาที่มีค่าสูงอยู่ในช่วงเวลาประมาณ 12:00 – 18:00 น. ในช่วงแรกของการทดลองมีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 16:00 น. เฉลี่ย  $13.04 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 16:00 น. เฉลี่ย  $10.56 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  และหลังจากวางนาน 30 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 16:00 น. เฉลี่ย  $5.27 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (ภาพที่ 24A) และต้นที่วางประดับภายในห้องสำนักงาน ( $28/31^{\circ}\text{C}$ ) ค่า stomatal conductance มีแนวโน้มลดลง น้อยกว่าการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน ( $33/30^{\circ}\text{C}$ ) หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 02:00 น. เฉลี่ย  $6.35 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  หลังจากวางประดับเป็นเวลา 30 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 20:00 น. เฉลี่ย  $6.43 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (ภาพที่ 24B)

สับปะรดสีพันธุ์ *Neoregelia* 'Fireball' ที่ปลูกเลี้ยงภายในโรงเรือน ( $33/30^{\circ}\text{C}$ ) ค่า stomatal conductance มีในช่วงเวลากลางคืนแนวโน้มสูงกว่ากลางวัน ช่วงเวลาที่มีค่าสูงอยู่ในช่วงเวลาประมาณ 24:00 – 08:00 น. ในช่วงแรกของการทดลองมีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 04:00 น. เฉลี่ย  $13.55 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 16:00 น. เฉลี่ย  $8.03 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  และหลังจากวางนาน 30 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 08:00 น. เฉลี่ย  $9.25 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (ภาพที่ 25A) และต้นที่วางประดับภายในห้องสำนักงาน ( $28/31^{\circ}\text{C}$ ) ค่า stomatal conductance มีแนวโน้มลดลง น้อยกว่าการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน ( $33/30^{\circ}\text{C}$ ) หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 04:00 น. เฉลี่ย  $6.21 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  หลังจากวางประดับเป็นเวลา 30 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 24:00 น. เฉลี่ย  $4.46 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (ภาพที่ 25B)

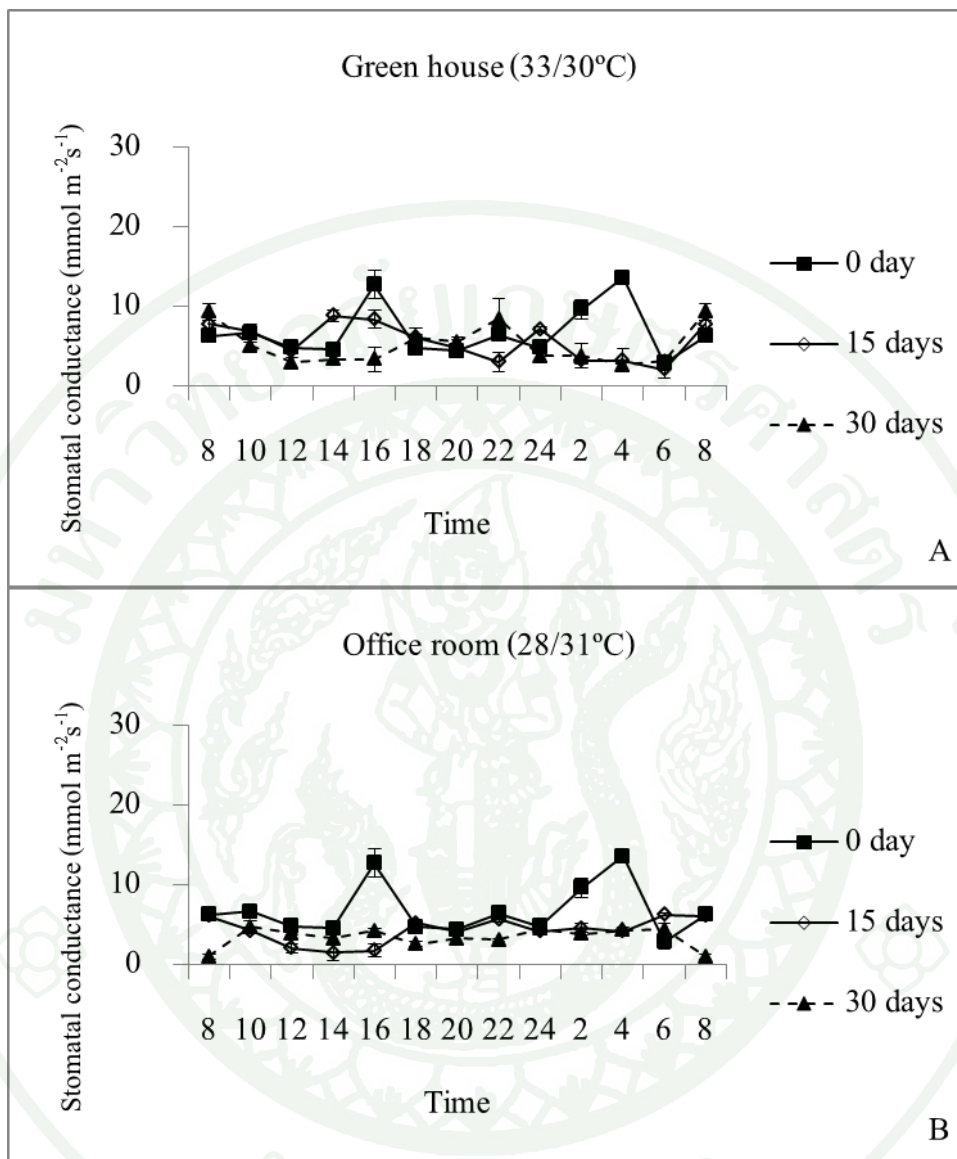
สับปะรดสีพันธุ์ *Neoregelia* 'Tiger Cub' ที่ปลูกเลี้ยงภายในโรงเรือน ( $33/30^{\circ}\text{C}$ ) ค่า stomatal conductance ในช่วงเวลากลางวันมีแนวโน้มสูงกว่ากลางคืน ช่วงเวลาที่มีค่าสูงอยู่ในช่วงเวลาประมาณ 08:00 – 18:00 น. ในช่วงแรกของการทดลองมีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 16:00 น. เฉลี่ย  $23.04 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 16:00 น. เฉลี่ย  $17.80 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  และหลังจากวางนาน 30 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 02:00 น. เฉลี่ย  $10.68 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (ภาพที่ 26A) ต้นที่วางประดับภายในห้องสำนักงาน ( $28/31^{\circ}\text{C}$ ) ค่า stomatal conductance มีแนวโน้มลดลง น้อยกว่าการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน ( $33/30^{\circ}\text{C}$ ) หลังจากวางนาน 0 15 วัน มีค่าสูงที่สุด

ในช่วงเวลา 10:00 น. เฉลี่ย  $65.56 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  หลังจากวางประดับเป็นเวลา 30 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 10:00 น. เฉลี่ย  $4.08 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (ภาพที่ 26B)

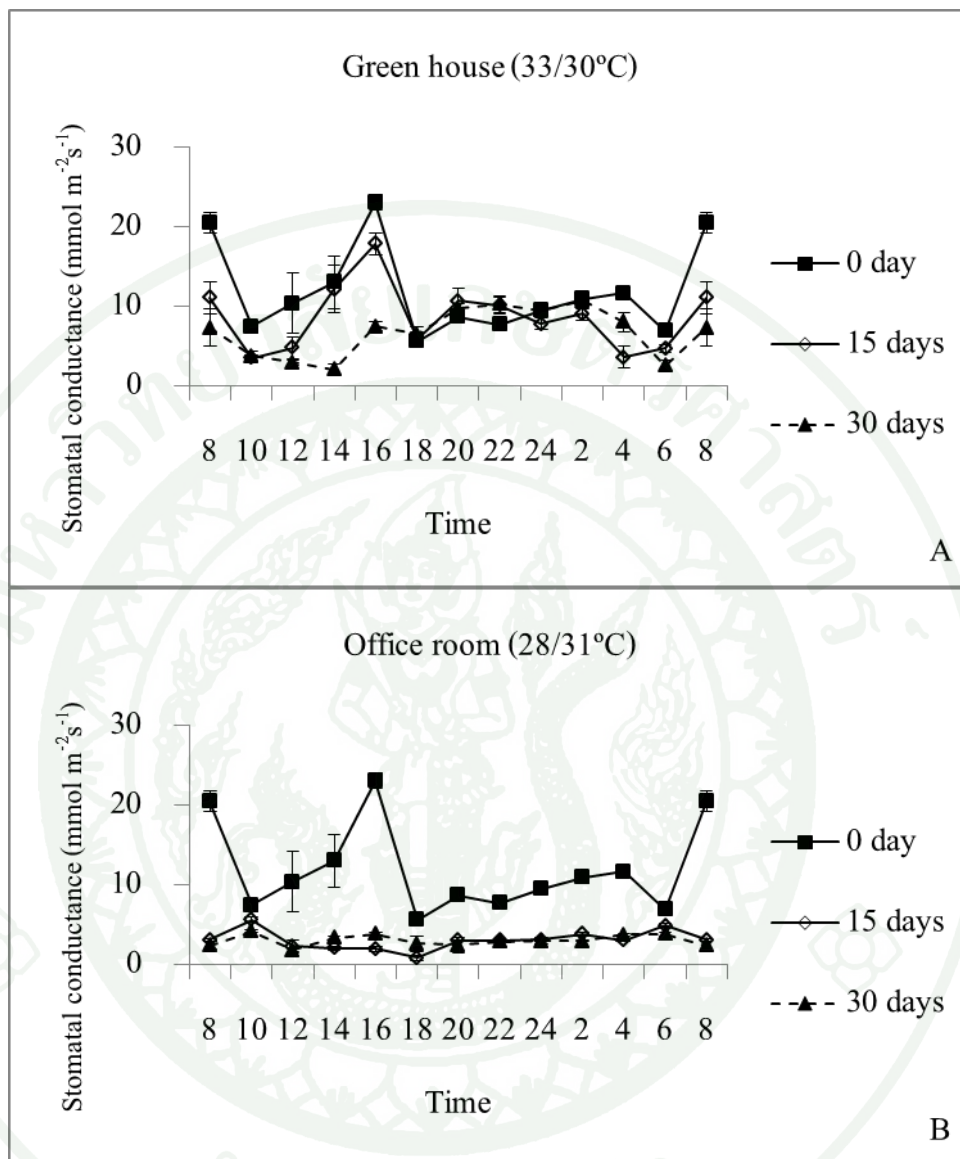
สับปะรดสีพันธุ์ *Neoregelia* 'Zoe' ที่ปลูกเลี้ยงภายในโรงเรือน ( $33/30^{\circ}\text{C}$ ) ค่า stomatal conductance มีแนวโน้มสูงสลับต่ำตลอดทั้งวัน ในช่วงแรกของการทดลองมีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 16:00 น. เฉลี่ย  $11.89 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 16:00 น. เฉลี่ย  $12.03 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  และหลังจากวางนาน 30 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 24:00 น. เฉลี่ย  $10.34 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (ภาพที่ 27A) ต้นที่วางประดับภายในห้องสำนักงาน ( $28/31^{\circ}\text{C}$ ) ค่า stomatal conductance มีแนวโน้มลดลง น้อยกว่าการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน ( $33/30^{\circ}\text{C}$ ) หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 06:00 น. เฉลี่ย  $4.31 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  หลังจากวางประดับเป็นเวลา 30 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 18:00 น. เฉลี่ย  $3.99 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (ภาพที่ 27B)



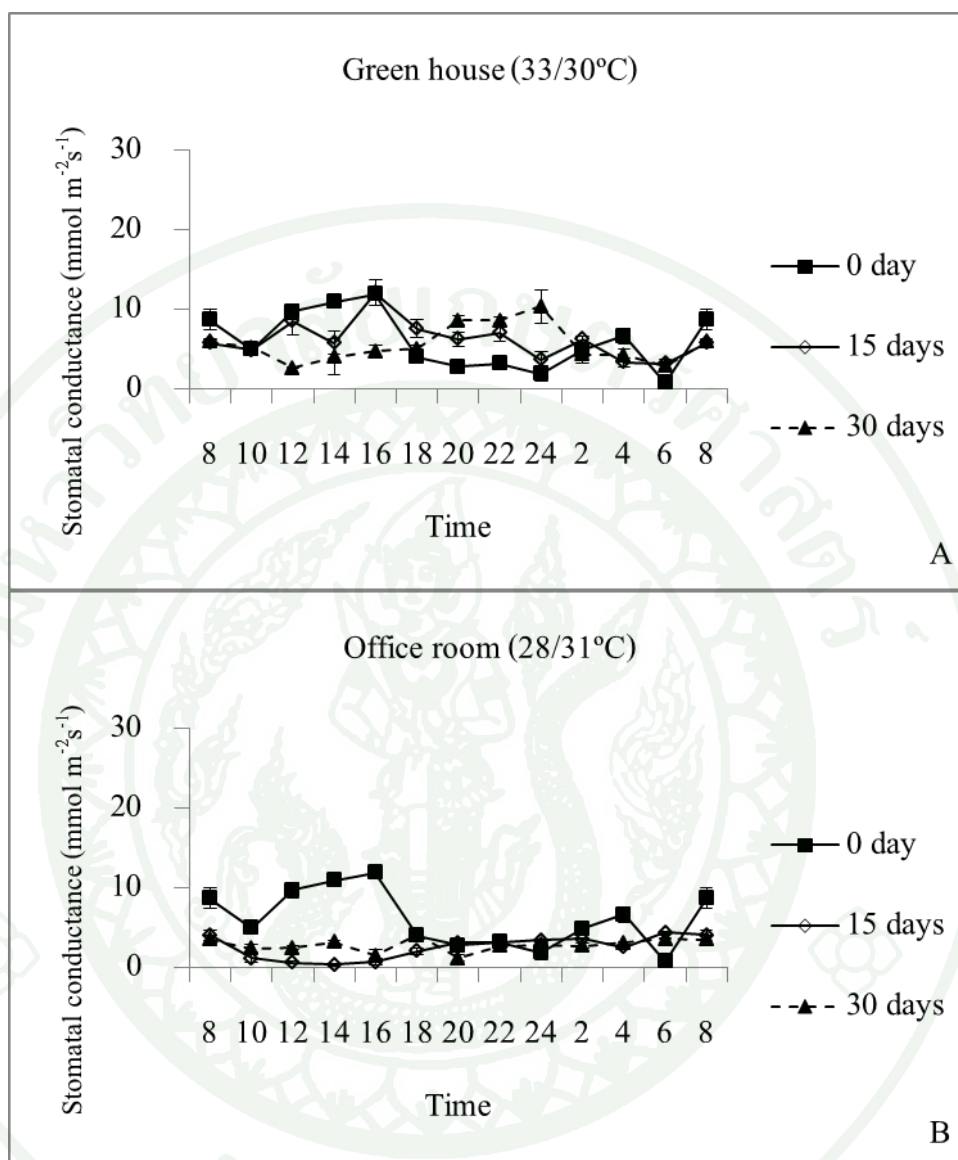
ภาพที่ 24 Stomatal conductance ในรอบวันของต้นประดสีพันธุ์ *Neoregelia* 'Donger' ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) (A) และการวางประดับภายในห้องสำนักงาน (28/31°C) (B) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน



ภาพที่ 25 Stomatal conductance ในรอบวันของต้นประดสีพันธุ์ *Neoregelia* 'Fireball' ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) (A) และการวางประดับภายในห้องสำนักงาน (28/31°C) (B) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน



ภาพที่ 26 Stomatal conductance ในรอบวันของสับประรดสีพันธุ์ *Neoregelia* 'Tiger Cub' ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) (A) และการวางประดับภายในห้องสำนักงาน (28/31°C) (B) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน



ภาพที่ 27 Stomatal conductance ในรอบวันของสับประรดสีพันธุ์ *Neoregelia* 'Zoe' ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) (A) และการวางประดับภายในห้องสำนักงาน (28/31°C) (B) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน

### 1.3 อัตราการคายน้ำ (transpiration rate, E)

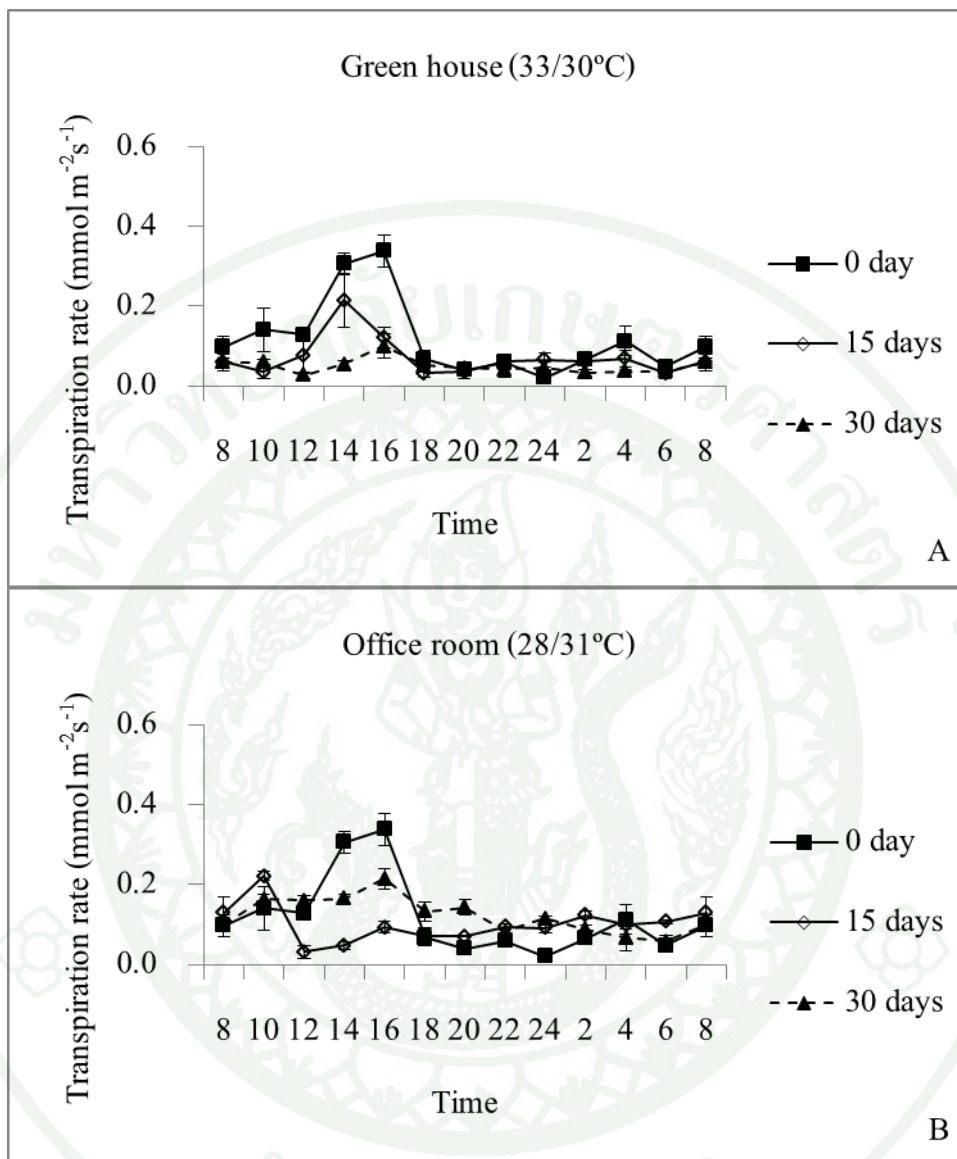
สับปะรดสีพันธุ์ *Neoregelia* 'Donger' ที่ปลูกเลี้ยงภายในโรงเรือน (33/30°C) อัตราการคายน้ำในช่วงเวลากลางวันมีแนวโน้มสูงกว่ากลางคืนในช่วงแรกของการทดลอง โดยมีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 16:00 น. เฉลี่ย  $0.34 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  หลังจากวางนาน 15 วัน ค่ามีแนวโน้มลดลงน้อยกว่าในช่วงแรกของการทดลอง มีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 14:00 น. เฉลี่ย  $0.21 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  และหลังจากวางนาน 30 วัน ค่ามีแนวโน้มลดลงน้อยกว่าในช่วงหลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 16:00 น. เฉลี่ย  $0.10 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (ภาพที่ 28A) และต้นที่วางประดับภายในห้องสำนักงาน (28/31°C) อัตราการคายน้ำมีแนวโน้มในช่วงเวลากลางวันสูงกว่ากลางคืน หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 10:00 น. เฉลี่ย  $0.22 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  หลังจากวางประดับเป็นเวลา 30 วัน มีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 16:00 น. เฉลี่ย  $0.21 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (ภาพที่ 28B)

สับปะรดสีพันธุ์ *Neoregelia* 'Fireball' ที่ปลูกเลี้ยงภายในโรงเรือน (33/30°C) อัตราการคายน้ำในช่วงเวลากลางวันมีแนวโน้มสูงกว่ากลางคืนในช่วงแรกของการทดลอง มีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 16:00 น. เฉลี่ย  $0.24 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  หลังจากวางนาน 15 วัน ค่ามีแนวโน้มลดลงน้อยกว่าในช่วงแรกของการทดลอง มีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 14:00 น. เฉลี่ย  $0.24 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  และหลังจากวางนาน 30 วัน ค่ามีแนวโน้มลดลงน้อยกว่าในช่วงหลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 08:00 น. เฉลี่ย  $0.16 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (ภาพที่ 29A) และต้นที่วางประดับภายในห้องสำนักงาน (28/31°C) อัตราการคายน้ำมีแนวโน้มสม่ำเสมอตลอดทั้งวันแต่มีค่าน้อยกว่าการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 22:00 น. เฉลี่ย  $0.13 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  หลังจากวางประดับเป็นเวลา 30 วัน มีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 12:00 น. เฉลี่ย  $0.13 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (ภาพที่ 29B)

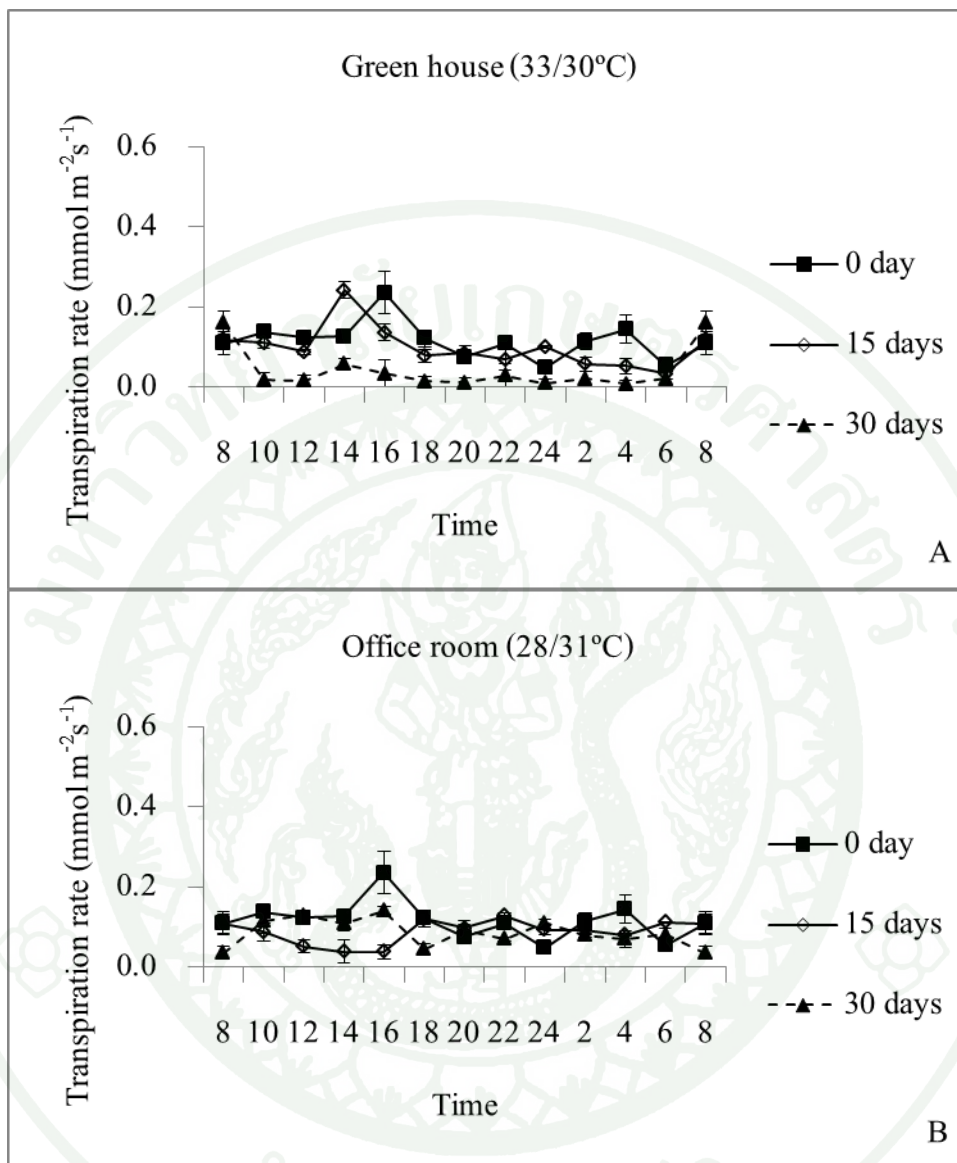
สับปะรดสีพันธุ์ *Neoregelia* 'Tiger Cub' ที่ปลูกเลี้ยงภายในโรงเรือน (33/30°C) อัตราการคายน้ำมีแนวโน้มในช่วงเวลากลางวันสูงกว่ากลางคืนในช่วงแรกของการทดลอง มีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 16:00 น. เฉลี่ย  $0.56 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 14:00 น. เฉลี่ย  $0.35 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  และหลังจากวางนาน 30 วัน ค่ามีแนวโน้มลดลงน้อยกว่าในช่วงหลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 16:00 น. เฉลี่ย  $0.15 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (ภาพที่ 30A) และต้นที่วางประดับภายในห้องสำนักงาน (28/31°C) อัตราการคายน้ำมีแนวโน้มสม่ำเสมอตลอดทั้งวันแต่มีค่าน้อยกว่าการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) หลังจากวางนาน 15 วัน

มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 10:00 น. เฉลี่ย  $0.11 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  หลังจากวางประดับเป็นเวลา 30 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 10:00 น. เฉลี่ย  $0.13 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (ภาพที่ 30B)

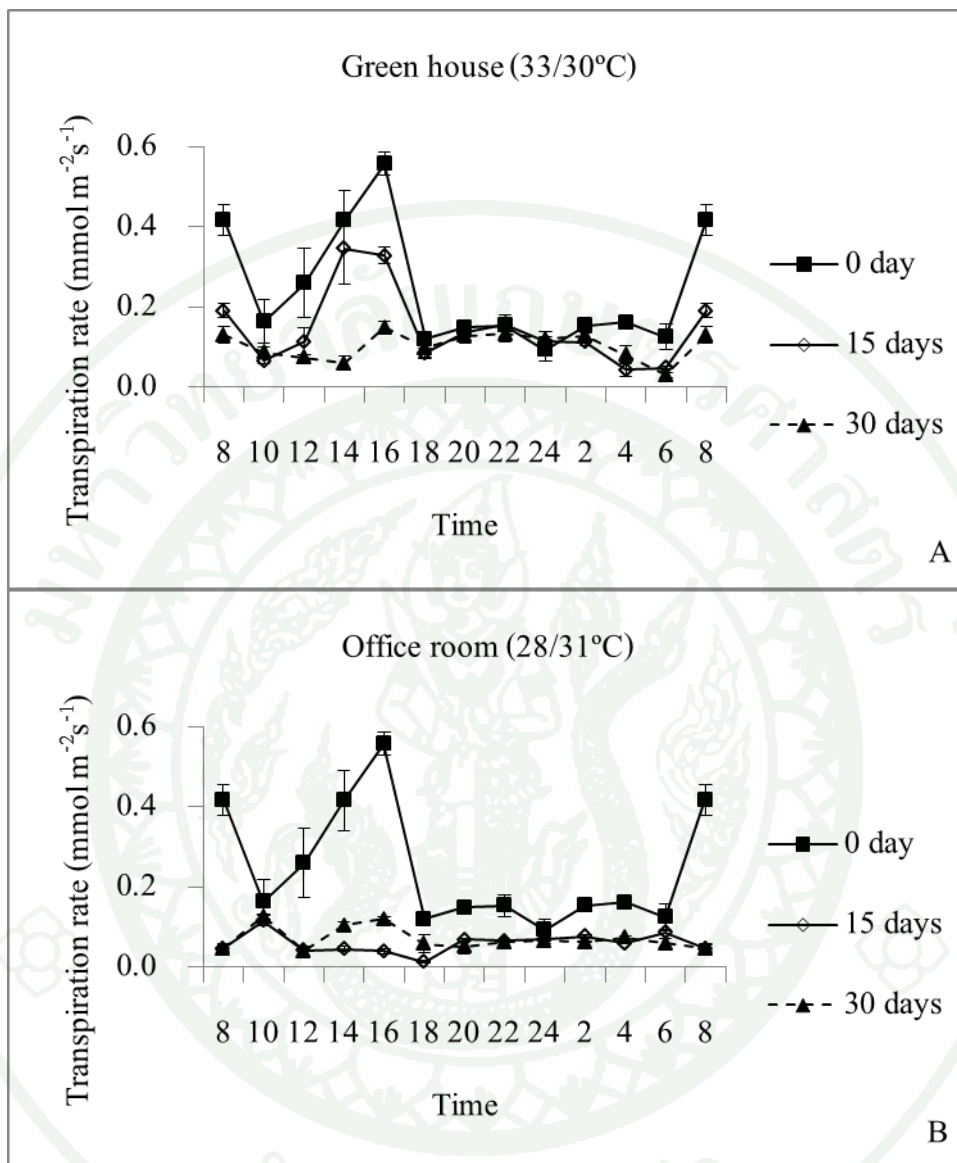
สับปะรดสีพันธุ์ *Neoregelia* 'Zoe' ที่ปลูกเลี้ยงภายในโรงเรือน ( $33/30^{\circ}\text{C}$ ) อัตราการคายน้ำมีแนวโน้มในช่วงเวลากลางวันสูงกว่ากลางคืนในช่วงแรกของการทดลอง มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 14:00 น. เฉลี่ย  $0.32 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  หลังจากวางนาน 15 วัน ค่ามีแนวโน้มลดลงน้อยกว่าในช่วงแรกของการทดลอง มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 12:00 น. เฉลี่ย  $0.22 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  และหลังจากวางนาน 30 วัน ค่ามีแนวโน้มลดลงน้อยกว่าในช่วงหลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงสลับต่ำตลอดทั้งวัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 24:00 น. เฉลี่ย  $0.23 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (ภาพที่ 31A) และต้นที่วางประดับภายในห้องสำนักงาน ( $28/31^{\circ}\text{C}$ ) อัตราการคายน้ำมีแนวโน้มสม่ำเสมอตลอดทั้งวันแต่มีค่าน้อยกว่าการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน ( $33/30^{\circ}\text{C}$ ) หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 06:00 น. เฉลี่ย  $0.08 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  หลังจากวางประดับเป็นเวลา 30 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 14:00 น. เฉลี่ย  $0.11 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (ภาพที่ 31B)



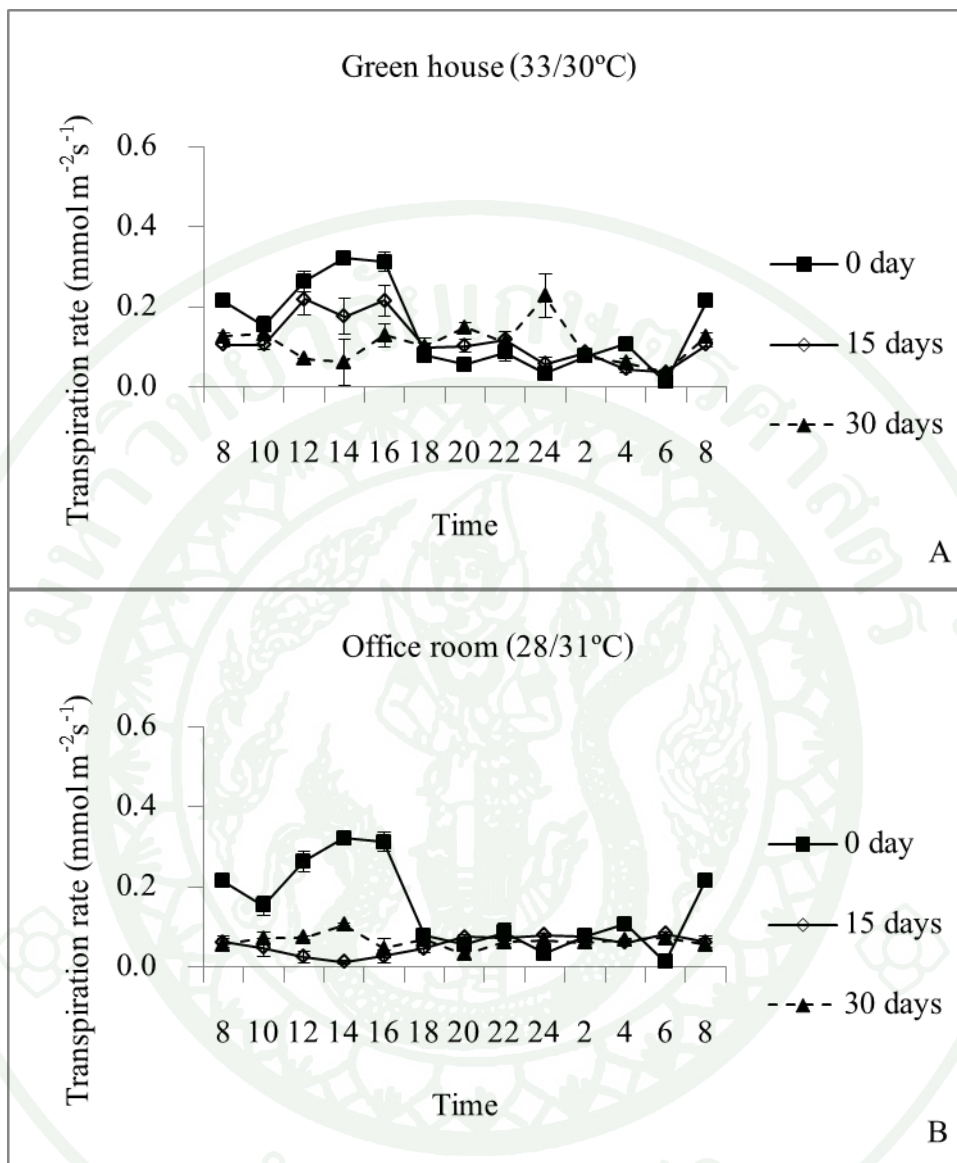
ภาพที่ 28 อัตราการคายน้ำ (transpiration rate, E) ในรอบวันของสับปะรดสีพันธุ์ *Neoregelia* 'Donger' ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) (A) และการวางประดับภายในห้องสำนักงาน (28/31°C) (B) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน



ภาพที่ 29 อัตราการคายน้ำ (transpiration rate, E) ในรอบวันของสับปะรดสีพันธุ์ *Neoregelia* 'Fireball' ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) (A) และการวางประดับภายในห้องสำนักงาน (28/31°C) (B) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน



ภาพที่ 30 อัตราการคายน้ำ (transpiration rate, E) ในรอบวันของสับประรดสีพันธุ์ *Neoregelia* 'Tiger Cub' ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) (A) และการวางประดับภายในห้องสำนักงาน (28/31°C) (B) และก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน



ภาพที่ 31 อัตราการคายน้ำ (transpiration rate, E) ในรอบวันของสับประดสีพันธุ์ *Neoregelia* 'Zoe' ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) (A) และการวางประดับภายในห้องสำนักงาน (28/31°C) (B) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน

#### 1.4 ประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืช (water use efficiency, WUE)

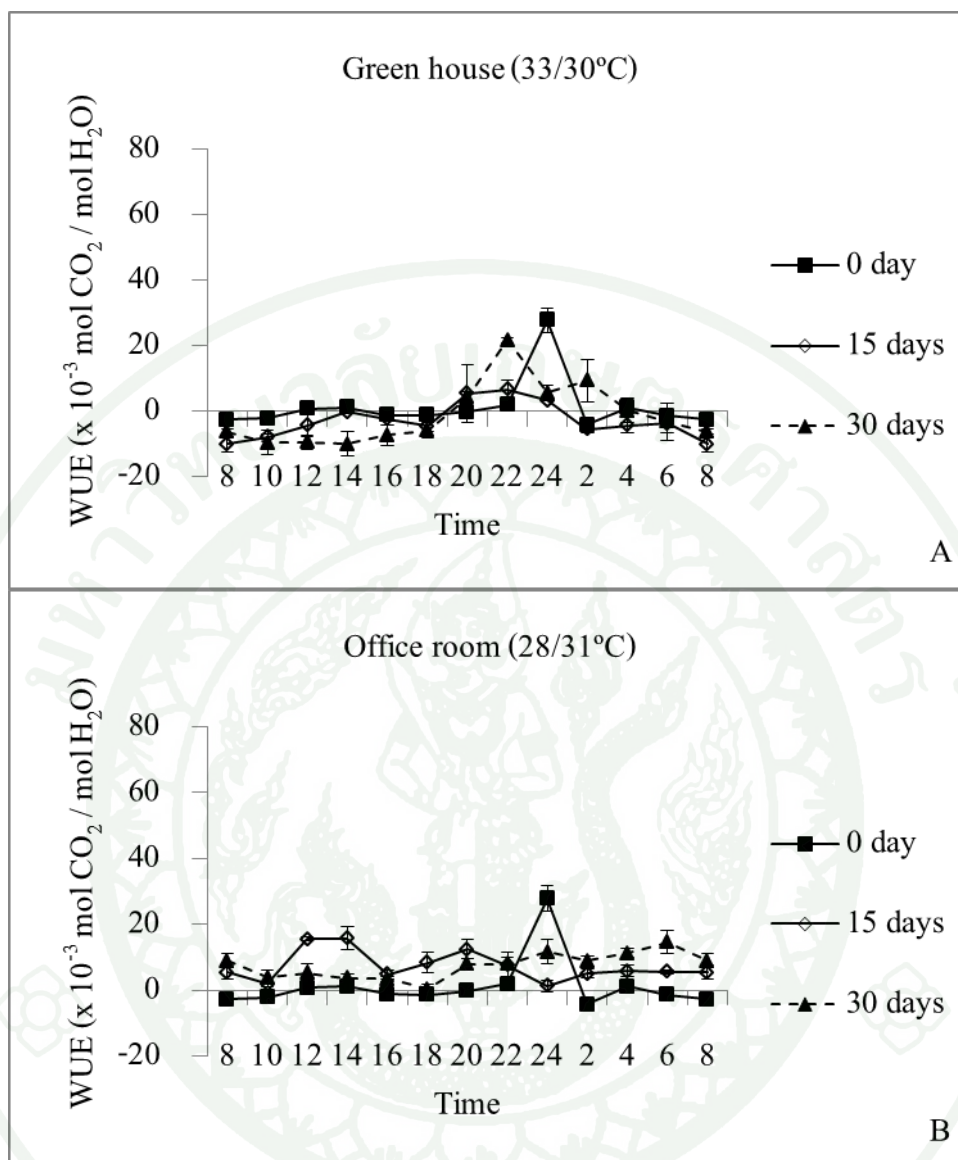
สับปะรดสีพันธุ์ *Neoregelia* ‘Donger’ ที่ปลูกเลี้ยงภายในโรงเรือน (33/30°C) มีประสิทธิภาพการใช้น้ำ (water use efficiency, WUE) เป็นบวกในเวลากลางคืน เวลาประมาณ 20:00 – 04:00 น. ในช่วงแรกของการทดลองมีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 24:00 น. เฉลี่ย  $27.71 \times 10^{-3}$  หลังจากวางนาน 15 วัน ค่ามีแนวโน้มลดลง มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 22:00 น. เฉลี่ย  $6.60 \times 10^{-3}$  และหลังจากวางนาน 30 วัน ค่ามีแนวโน้มสูงขึ้น มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 22:00 น. เฉลี่ย  $21.56 \times 10^{-3}$  (ภาพที่ 32A) และต้นที่วางประดับภายในห้องสำนักงาน (28/31°C) ประสิทธิภาพการใช้น้ำมีค่าเป็นบวกตลอดทั้งวัน ค่ามีแนวโน้มลดลง หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 14:00 น. เฉลี่ย  $15.72 \times 10^{-3}$  หลังจากวางประดับเป็นเวลา 30 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 06:00 น. เฉลี่ย  $14.58 \times 10^{-3}$  (ภาพที่ 32B)

สับปะรดสีพันธุ์ *Neoregelia* ‘Fireball’ ที่ปลูกเลี้ยงภายในโรงเรือน (33/30°C) มีประสิทธิภาพการใช้น้ำ (water use efficiency, WUE) เป็นบวกในเวลากลางคืน เวลาประมาณ 22:00 – 04:00 น. ในช่วงแรกของการทดลองมีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 24:00 น. เฉลี่ย  $18.20 \times 10^{-3}$  หลังจากวางนาน 15 วัน ค่ามีแนวโน้มลดลง มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 22:00 น. เฉลี่ย  $4.70 \times 10^{-3}$  และหลังจากวางนาน 30 วัน ค่ามีแนวโน้มสูงขึ้น มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 22:00 น. เฉลี่ย  $5.19 \times 10^{-3}$  (ภาพที่ 33A) และต้นที่วางประดับภายในห้องสำนักงาน (28/31°C) ประสิทธิภาพการใช้น้ำมีค่าเป็นบวกตลอดทั้งวัน หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 12:00 น. เฉลี่ย  $14.8 \times 10^{-3}$  หลังจากวางประดับเป็นเวลา 30 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 08:00 น. เฉลี่ย  $34.54 \times 10^{-3}$  (ภาพที่ 33B)

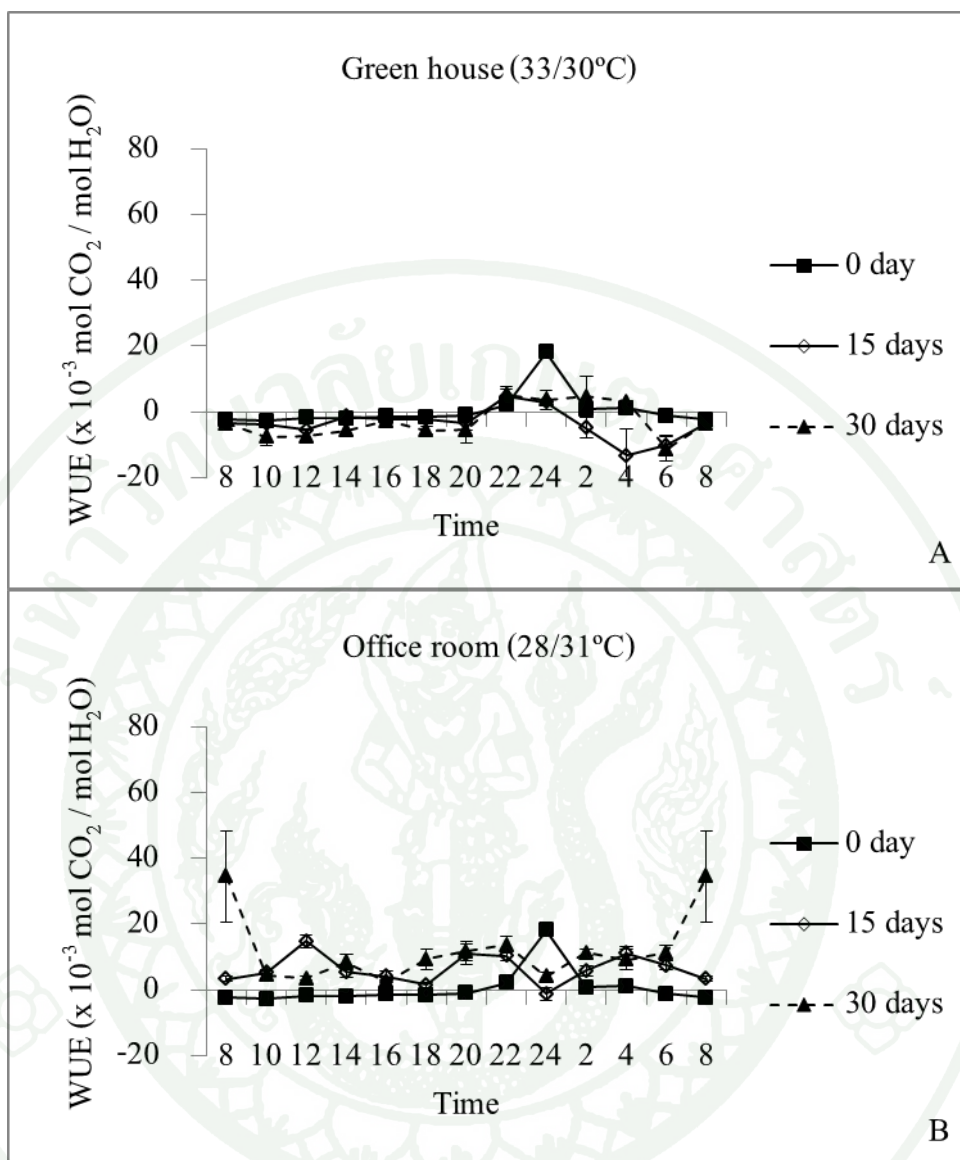
สับปะรดสีพันธุ์ *Neoregelia* ‘Tiger Cub’ ที่ปลูกเลี้ยงภายในโรงเรือน (33/30°C) มีประสิทธิภาพการใช้น้ำ (water use efficiency, WUE) เป็นบวกในเวลากลางคืน เวลาประมาณ 18:00 – 04:00 น. ในช่วงแรกของการทดลองมีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 24:00 น. เฉลี่ย  $9.55 \times 10^{-3}$  หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 20:00 น. เฉลี่ย  $9.63 \times 10^{-3}$  และหลังจากวางนาน 30 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 22:00 น. เฉลี่ย  $8.49 \times 10^{-3}$  (ภาพที่ 34A) และต้นที่วางประดับภายในห้องสำนักงาน (28/31°C) ประสิทธิภาพการใช้น้ำมีค่าเป็นบวกตลอดทั้งวัน ค่ามีแนวโน้มสูงขึ้น หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 22:00 น. เฉลี่ย  $31.69 \times 10^{-3}$  หลังจากวาง

ประดับเป็นเวลา 30 วัน ค่ามีแวนโน้มน้ำสูงสลับต่ำตลอดทั้งวัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 06:00 น. เฉลี่ย  $40.35 \times 10^{-3}$  (ภาพที่ 34B)

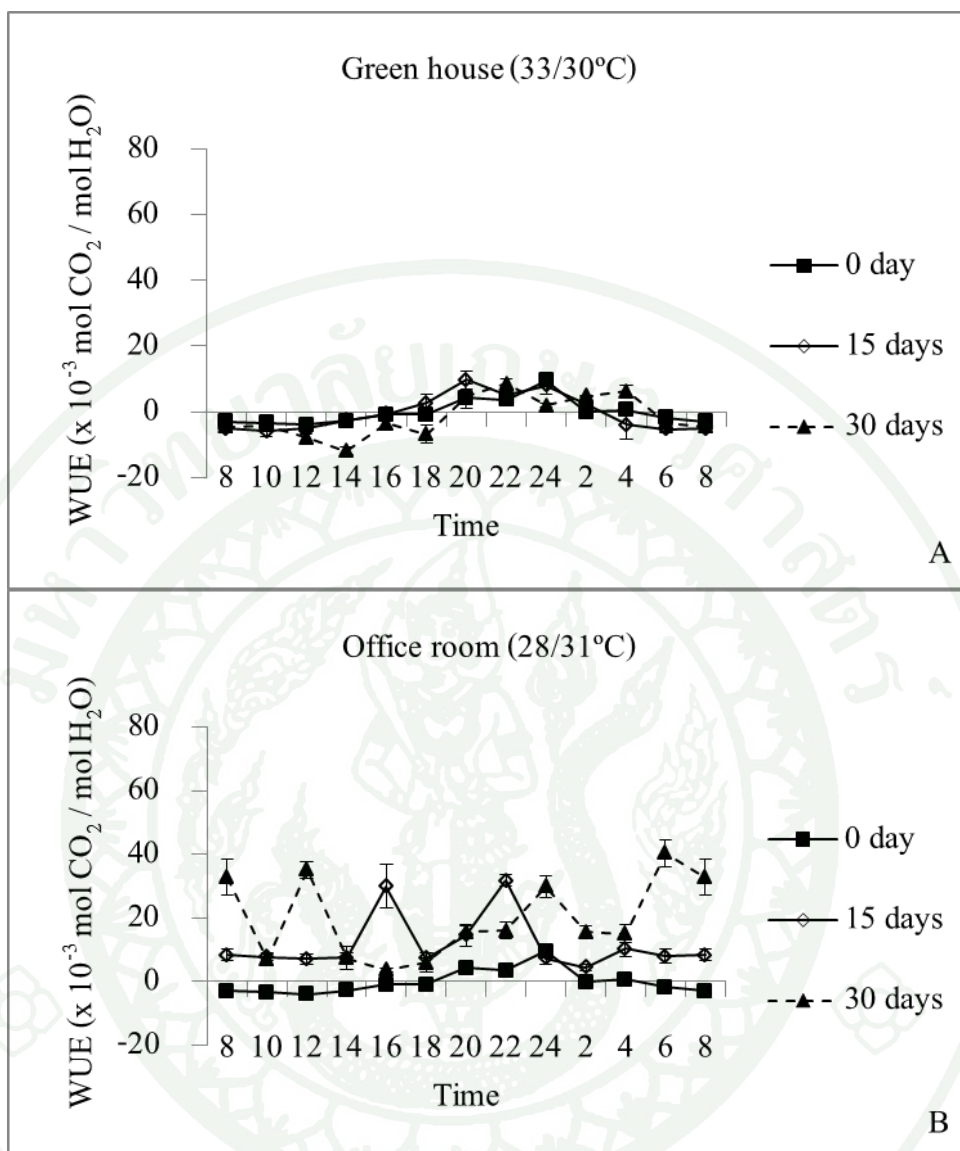
สับปะรดสีพันธุ์ *Neoregelia* 'Zoe' ที่ปลูกเลี้ยงภายในโรงเรือน ( $33/30^{\circ}\text{C}$ ) มีประสิทธิภาพการใช้น้ำ (water use efficiency, WUE) เป็นบวกในเวลากลางวัน เวลาประมาณ 18:00 – 06:00 น. ในช่วงแรกของการทดลองมีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 24:00 น. เฉลี่ย  $37.96 \times 10^{-3}$  หลังจากวางนาน 15 วัน ค่ามีแวนโน้มน้ำลดลง มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 22:00 น. เฉลี่ย  $5.84 \times 10^{-3}$  และหลังจากวางนาน 30 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 22:00 น. เฉลี่ย  $6.67 \times 10^{-3}$  (ภาพที่ 35A) และต้น ที่วางประดับภายในห้องสำนักงาน ( $28/31^{\circ}\text{C}$ ) ประสิทธิภาพการใช้น้ำมีค่าเป็นบวกตลอดทั้งวัน ค่ามีแวนโน้มน้ำสูงขึ้น หลังจากวางนาน 15 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 14:00 น. เฉลี่ย  $54.62 \times 10^{-3}$  หลังจากวางประดับเป็นเวลา 30 วัน มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลา 20:00 น. เฉลี่ย  $26.99 \times 10^{-3}$  (ภาพที่ 35B)



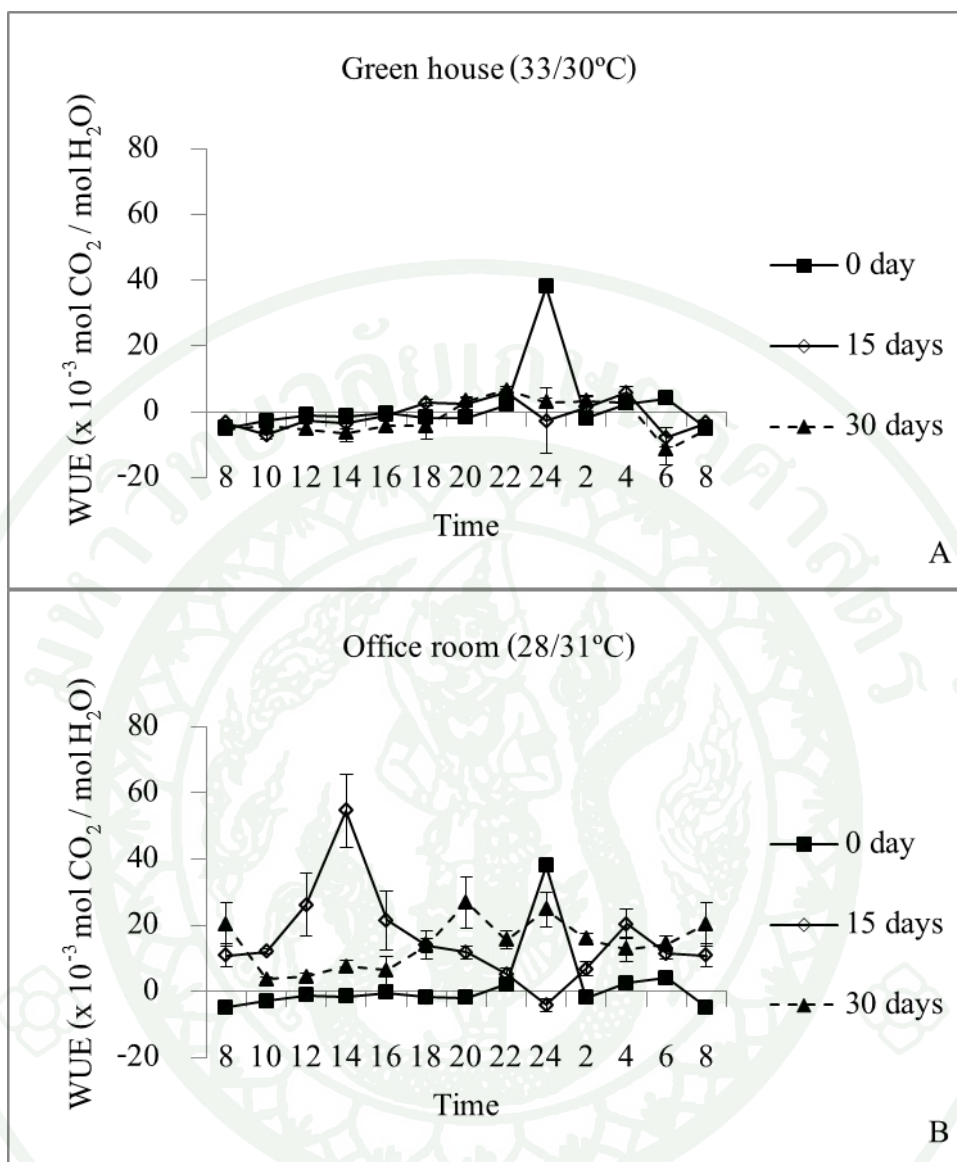
ภาพที่ 32 ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (water use efficiency, WUE) ในรอบวันของสับประรดสีพันธุ์ *Neoregelia* 'Donger' ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) (A) และการวางประดับภายในห้องสำนักงาน (28/31°C) (B) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน



ภาพที่ 33 ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (water use efficiency, WUE) ในรอบวันของสับประรดสีพันธุ์ *Neoregelia* 'Fireball' ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) (A) และการวางประดับภายในห้องสำนักงาน (28/31°C) (B) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน



ภาพที่ 34 ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (water use efficiency, WUE) ในรอบวันของสับประรดสีพันธุ์ *Neoregelia* 'Tiger Cub' ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) (A) และการวางประดับภายในห้องสำนักงาน (B) (28/31°C) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน



ภาพที่ 35 ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (water use efficiency, WUE) ในรอบวันของสับประดสีพันธุ์ *Neoregelia* 'Zoe' ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) (A) และการวางประดับภายในห้องสำนักงาน (28/31°C) (B) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน

## 2. การศึกษาปริมาณรงควัตถุในใบ

ปริมาณของคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์รวม แคโรทีนอยด์ และ แอนโทไซยานิน ในใบของสับปะรดสี *Neoregelia* 'Donger' ก่อนการทดลอง หลังจากการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) และการนำไปวางประดับในห้องสำนักงาน (28/31°C) เป็นเวลา 30 วันพบว่าปริมาณของ คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์รวม และ แคโรทีนอยด์ มีปริมาณเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณของ แอนโทไซยานิน มีปริมาณลดลง (ตารางที่ 6)

ปริมาณคลอโรฟิลล์เอมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยก่อนการทดลองมีค่า 1.72 มก./ตร.ซม. หลังนำมาปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) เป็นเวลา 30 วัน มีค่า 2.61 มก./ตร.ซม. และหลังจากการวางประดับในห้องสำนักงาน (28/31°C) เป็นเวลา 30 วันมีค่า 2.33 มก./ตร.ซม. ปริมาณคลอโรฟิลล์บีมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยก่อนการทดลองมีค่า 0.61 มก./ตร.ซม. หลังนำมาปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) เป็นเวลา 30 วัน มีค่า 0.96 มก./ตร.ซม. และหลังจากการวางประดับในห้องสำนักงาน (28/31°C) เป็นเวลา 30 วัน มีค่า 0.89 มก./ตร.ซม. ปริมาณคลอโรฟิลล์รวมมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยก่อนการทดลองมีค่า 2.32 มก./ตร.ซม. หลังนำมาปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) เป็นเวลา 30 วัน มีค่า 3.57 มก./ตร.ซม. และหลังจากการวางประดับในห้องสำนักงาน (28/31°C) เป็นเวลา 30 วันมีค่า 3.22 มก./ตร.ซม. ปริมาณแคโรทีนอยด์ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่มีแนวโน้มลดลงโดยก่อนการทดลองมีค่า 0.47 มก./ตร.ซม. หลังนำมาปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) เป็นเวลา 30 วัน มีค่า 0.63 มก./ตร.ซม. และหลังจากการวางประดับในห้องสำนักงาน (28/31°C) เป็นเวลา 30 วันมีค่า 0.53 มก./ตร.ซม. ส่วนปริมาณแอนโทไซยานินมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณลดลงหลังจากการวางประดับโดยก่อนการทดลองมีค่า 0.07 มก./ตร.ซม. หลังนำมาปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) เป็นเวลา 30 วัน มีค่า 0.01 มก./ตร.ซม. และหลังจากการวางประดับในห้องสำนักงาน (28/31°C) เป็นเวลา 30 วันมีค่า 0.04 มก./ตร.ซม.

**ตารางที่ 8** ปริมาณรงควัตถุ (มก./ตร.ซม.) ของสับประรดสี *Neoregelia* 'Donger' ประกอบด้วย ใบของพืชก่อนการทดลอง (DonB) ใบของพืชที่อยู่ในโรงเรือน (33/30°C) เป็นเวลา 30 วัน (DonG) และใบของพืชที่วางประดับในห้องสำนักงาน (28/31°C) เป็นเวลา 30 วัน (DonI)

สถานที่ปลูก ประดับ	Chlorophyll A	Chlorophyll B	Total Chlorophyll	Carotenoid	Anthocyanin
DonB	1.72±0.29 b <sup>1</sup>	0.61±0.07 b <sup>2</sup>	2.32±0.35 b	0.47±0.07	0.07±0.01 a
DonG	2.61±0.37 a	0.96±0.16 a	3.57±0.52 a	0.63±0.10	0.01±0.01 c
DonI	2.33±0.45 a	0.89±0.13 a	3.22±0.57 a	0.53±0.10	0.04±0.02 b
T-test	*	**	*	ns	**
CV (%)	16.8	15.0	16.2	16.8	37.4

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ  
 \* แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์  
 \*\* แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์  
<sup>1</sup> ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์  
<sup>2</sup> ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณของคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์รวม แคโรทีนอยด์ และ แอนโทไซยานิน ในใบของสับปะรดสี *Neoregelia* 'Fireball' ก่อนการทดลอง หลังจากการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) และการนำไปวางประดับในห้องสำนักงาน (28/31°C) เป็นเวลา 30 วันพบว่าปริมาณของคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์รวม และ แคโรทีนอยด์ มีปริมาณลดลง แต่ปริมาณของแอนโทไซยานิน มีปริมาณลดลงในการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) และเพิ่มขึ้นในการวางประดับในห้องสำนักงาน (28/31°C) (ตารางที่ 7)

ปริมาณคลอโรฟิลล์เอมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยก่อนการทดลองมีค่า 3.60 มก./ตร.ซม. หลังนำมาปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) เป็นเวลา 30 วัน มีค่า 1.72 มก./ตร.ซม. และหลังจากการวางประดับในห้องสำนักงาน (28/31°C) เป็นเวลา 30 วัน มีค่า 1.26 มก./ตร.ซม. ปริมาณคลอโรฟิลล์บีมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยก่อนการทดลองมีค่า 1.35 มก./ตร.ซม. หลังนำมาปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) เป็นเวลา 30 วัน มีค่า 0.74 มก./ตร.ซม. และหลังจากการวางประดับในห้องสำนักงาน (28/31°C) เป็นเวลา 30 วัน มีค่า 0.59 มก./ตร.ซม. ปริมาณคลอโรฟิลล์รวมมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยก่อนการทดลองมีค่า 4.48 มก./ตร.ซม. หลังนำมาปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) เป็นเวลา 30 วัน มีค่า 2.47 มก./ตร.ซม. และหลังจากการวางประดับในห้องสำนักงาน (28/31°C) เป็นเวลา 30 วัน มีค่า 1.85 มก./ตร.ซม. ปริมาณแคโรทีนอยด์มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยก่อนการทดลองมีค่า 0.92 มก./ตร.ซม. หลังนำมาปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) เป็นเวลา 30 วัน มีค่า 0.43 มก./ตร.ซม. และหลังจากการวางประดับในห้องสำนักงาน (28/31°C) เป็นเวลา 30 วัน มีค่า 0.12 มก./ตร.ซม. ส่วนปริมาณแอนโทไซยานินมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ก่อนการทดลองมีค่า 0.08 มก./ตร.ซม. หลังนำมาปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) เป็นเวลา 30 วัน ค่ามีแนวโน้มนลดลง มีค่า 0.05 มก./ตร.ซม. และหลังจากการวางประดับในห้องสำนักงาน (28/31°C) เป็นเวลา 30 วัน ค่ามีแนวโน้มนเพิ่มขึ้น มีค่า 0.12 มก./ตร.ซม.

**ตารางที่ 9** ปริมาณรงควัตถุ (มก./ตร.ซม.) ของสับประรดสี *Neoregelia* 'Fireball' ประกอบด้วย ใบของพืชก่อนการทดลอง (FireB) ใบของพืชที่อยู่ในโรงเรือน (33/30°C) เป็นเวลา 30 วัน (FireG) และใบของพืชที่วางประดับในห้องสำนักงาน (28/31°C) เป็นเวลา 30 วัน (FireI)

สถานที่ปลูก ประดับ	Chlorophyll		Total Chlorophyll	Carotenoid	Anthocyanin
	A	B			
FireB	3.60±0.67 a <sup>2</sup>	1.35±0.36 a <sup>1</sup>	4.48±1.01 a	0.92±0.19 a	0.08±0.01 ab
FireG	1.72±0.43 b	0.74±0.16 b	2.47±0.58 b	0.43±0.11 b	0.05±0.01 b
FireI	1.26±0.73 b	0.59±0.33 b	1.85±1.03 b	0.37±0.10 b	0.12±0.05 a
T-test	**	*	*	**	*
CV (%)	28.3	33.2	29.0	24.2	34.1

\* แยกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

\*\* แยกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

<sup>1</sup> ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

<sup>2</sup> ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณของคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์รวม แคโรทีนอยด์ และแอนโทไซยานินในใบของสับปะรดสี *Neoregelia* 'Tiger Cub' ก่อนการทดลอง หลังจากการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) และการนำไปวางประดับในห้องสำนักงาน (28/31°C) เป็นเวลา 30 วันพบว่าปริมาณของคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์รวม และแคโรทีนอยด์มีปริมาณเพิ่มขึ้นแต่ปริมาณของแอนโทไซยานิน มีปริมาณลดลงในการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) และเพิ่มขึ้นในการวางประดับในห้องสำนักงาน (28/31°C) (ตารางที่ 8)

ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติแต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยก่อนการทดลองมีค่า 1.99 มก./ตร.ซม. หลังนำมาปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) เป็นเวลา 30 วัน มีค่า 2.13 มก./ตร.ซม. และหลังจากการวางประดับในห้องสำนักงาน (28/31°C) เป็นเวลา 30 วันมีค่า 3.02 มก./ตร.ซม. ปริมาณคลอโรฟิลล์บีมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยก่อนการทดลองมีค่า 0.86 มก./ตร.ซม. หลังนำมาปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) เป็นเวลา 30 วัน มีค่า 0.81 มก./ตร.ซม. และหลังจากการวางประดับในห้องสำนักงาน (28/31°C) เป็นเวลา 30 วันมีค่า 1.23 มก./ตร.ซม. ปริมาณคลอโรฟิลล์รวมมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยก่อนการทดลองมีค่า 2.85 มก./ตร.ซม. หลังนำมาปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) เป็นเวลา 30 วัน มีค่า 2.94 มก./ตร.ซม. และหลังจากการวางประดับในห้องสำนักงาน (28/31°C) เป็นเวลา 30 วันมีค่า 4.25 มก./ตร.ซม. ปริมาณแคโรทีนอยด์ไม่มีความแตกต่างทางสถิติแต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยก่อนการทดลองมีค่า 0.50 มก./ตร.ซม. หลังนำมาปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) เป็นเวลา 30 วัน มีค่า 0.53 มก./ตร.ซม. และหลังจากการวางประดับในห้องสำนักงาน (28/31°C) เป็นเวลา 30 วันมีค่า 0.64 มก./ตร.ซม. ส่วนปริมาณแอนโทไซยานินมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ก่อนการทดลองมีค่า 0.06 มก./ตร.ซม. หลังนำมาปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) เป็นเวลา 30 วันค่ามีแนวโน้มลดลง มีค่า 0.04 มก./ตร.ซม. และหลังจากการวางประดับในห้องสำนักงาน (28/31°C) เป็นเวลา 30 วันค่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น มีค่า 0.04 มก./ตร.ซม.

**ตารางที่ 10** ปริมาณรงควัตถุ (มก./ตร.ซม.) ของสับปะรดสี *Neoregelia* 'Tiger Cub' ประกอบด้วย ใบของพืชก่อนการทดลอง (TigerB) ใบของพืชที่อยู่ในโรงเรือน (33/30°C) เป็นเวลา 30 วัน (TigerG) และใบของพืชที่วางประดับในห้องสำนักงาน (28/31°C) เป็นเวลา 30 วัน (TigerI)

สถานที่ปลูก ประดับ	Chlorophyll A	Chlorophyll B	Total Chlorophyll	Carotenoid	Anthocyanin
TigerB	1.99±0.40	0.86±0.20 b <sup>1</sup>	2.85±0.47 b	0.50±0.10	0.06±0.01 a
TigerG	2.13±0.37	0.81±0.13 b	2.94±0.50 b	0.53±0.10	0.04±0.01 b
TigerI	3.02±0.77	1.23±0.27 a	4.25±1.04 a	0.64±0.17	0.04±0.01 b
T-test	ns	*	*	ns	*
CV (%)	22.9	21.6	21.5	22.5	24.9

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

\* แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

<sup>1</sup> ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณของ คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์รวม แคโรทีนอยด์ และแอนโทไซยานินในใบของสับปะรดสี *Neoregelia 'Zoe'* ก่อนการทดลอง หลังจากการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) และการนำไปวางประดับในห้องสำนักงาน (28/31°C) เป็นเวลา 30 วันพบว่าปริมาณของ คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวม มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแต่ปริมาณของแคโรทีนอยด์ และ Anthocyanin มีแนวโน้มลดลงในการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) และเพิ่มขึ้นในการวางประดับห้องสำนักงาน (28/31°C) (ตารางที่ 9)

ปริมาณคลอโรฟิลล์เอไม่มีความแตกต่างทางสถิติแต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยก่อนการทดลองมีค่า 1.89 มก./ตร.ซม. หลังนำมาปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) เป็นเวลา 30 วัน มีค่า 2.41 มก./ตร.ซม. และหลังจากการวางประดับในห้องสำนักงาน (28/31°C) เป็นเวลา 30 วันมีค่า 1.92 มก./ตร.ซม. ปริมาณ คลอโรฟิลล์บี ไม่มีความแตกต่างทางสถิติโดยก่อนการทดลองมีค่า 0.83 มก./ตร.ซม. หลังนำมาปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) เป็นเวลา 30 วัน มีค่า 0.94 มก./ตร.ซม. และหลังจากการวางประดับในห้องสำนักงาน (28/31°C) เป็นเวลา 30 วันมีค่า 0.80 มก./ตร.ซม. ปริมาณ คลอโรฟิลล์รวมไม่มีความแตกต่างทางสถิติแต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยก่อนการทดลองมีค่า 2.71 มก./ตร.ซม. หลังนำมาปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) เป็นเวลา 30 วัน มีค่า 3.35 มก./ตร.ซม. และหลังจากการวางประดับในห้องสำนักงาน (28/31°C) เป็นเวลา 30 วันมีค่า 2.73 มก./ตร.ซม. ปริมาณ แคโรทีนอยด์ไม่มีความแตกต่างทางสถิติแต่มีแนวโน้มลดลง โดยก่อนการทดลองมีค่า 0.62 มก./ตร.ซม. หลังนำมาปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) เป็นเวลา 30 วัน มีค่า 0.61 มก./ตร.ซม. และหลังจากการวางประดับในห้องสำนักงาน (28/31°C) เป็นเวลา 30 วันมีค่า 0.48 มก./ตร.ซม. ส่วนปริมาณ แอนโทไซยานินมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ ก่อนการทดลองมีค่า 0.16 มก./ตร.ซม. หลังนำมาปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) เป็นเวลา 30 วันค่ามีแนวโน้มลดลง มีค่า 0.02 มก./ตร.ซม. และหลังจากการวางประดับในห้องสำนักงาน (28/31°C) เป็นเวลา 30 วันค่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น มีค่า 0.08 มก./ตร.ซม.

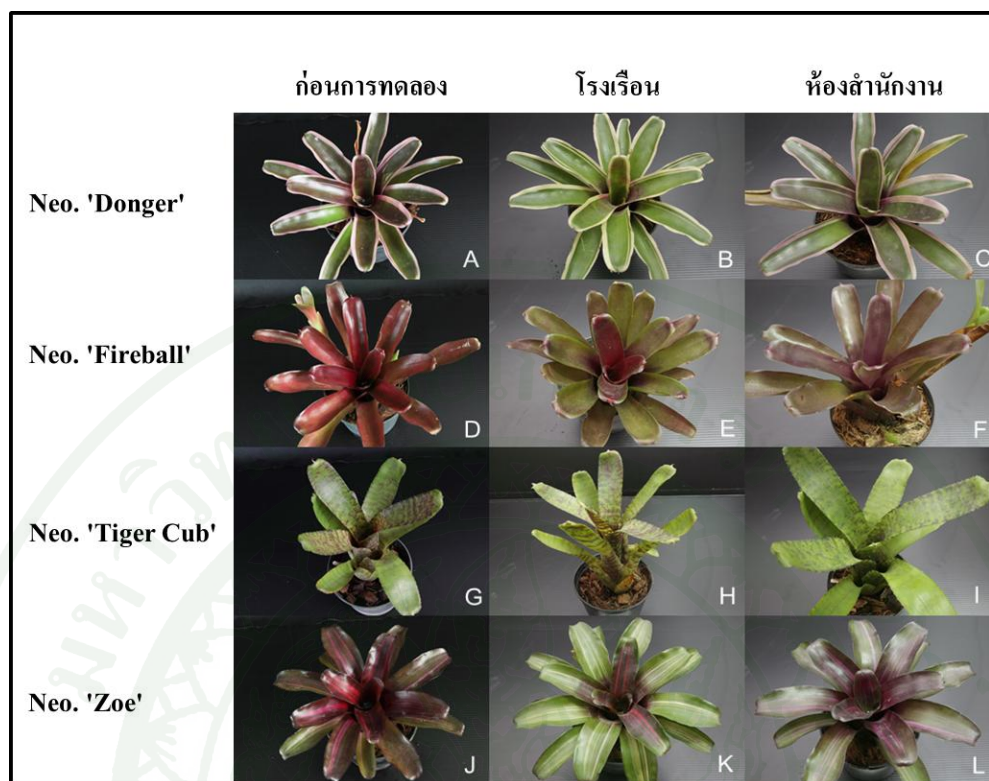
ตารางที่ 11 ปริมาณรงควัตถุ (มก./ตร.ซม.) ของลึบประดสี *Neoregelia* 'Zoe' ประกอบด้วย ใบของพืช ก่อนการทดลอง (ZoeB) ใบของพืชที่อยู่ในโรงเรือน (33/30°C) เป็นเวลา 30 วัน (ZoeG) และใบของพืชที่วางประดับในห้องสำนักงาน (28/31°C) เป็นเวลา 30 วัน (ZoeI)

สถานที่ปลูก ประดับ	Chlorophyll		Total Chlorophyll	Carotenoid	Anthocyanin
	A	B			
ZoeB	1.89±0.28 a	0.83±0.09 a	2.71±0.37 a	0.62±0.06 a	0.16±0.02 a <sup>2</sup>
ZoeG	2.41±0.93 a	0.94±0.30 a	3.35±1.22 a	0.61±0.22 a	0.02±0.01 c
ZoeI	1.92±0.32 a	0.80±0.11 a	2.73±0.43 a	0.48±0.07 a	0.08±0.03 b
T-test	ns	ns	ns	ns	**
CV (%)	28.5	22.1	26.6	24.5	27.2

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

\*\* แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

<sup>2</sup> ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 36 เปรียบเทียบลักษณะของสับประดสีพันธุ์ *Neoregelia* ไบหลากหลายสี ทั้ง 4 พันธุ์ ได้แก่

- 1) *Neoregelia* 'Donger' ก่อนการทดลอง (A) ปลูกลงในโรงเรือน (33/30°C) เป็นเวลา 30 วัน (B) หลังจากวางประดับในห้องสำนักงาน (28/31°C) เป็นเวลา 30 วัน (C)
- 2) *Neoregelia* 'Fireball' ก่อนการทดลอง (D) ปลูกลงในโรงเรือน (33/30°C) เป็นเวลา 30 วัน (E) หลังจากวางประดับในห้องสำนักงาน (28/31°C) เป็นเวลา 30 วัน (F)
- 3) *Neoregelia* 'Tiger Cub' ก่อนการทดลอง (G) ปลูกลงในโรงเรือน (33/30°C) เป็นเวลา 30 วัน (H) หลังจากวางประดับในห้องสำนักงาน (28/31°C) เป็นเวลา 30 วัน (I)
- 4) *Neoregelia* 'Zoe' ก่อนการทดลอง (J) ปลูกลงในโรงเรือน (33/30°C) เป็นเวลา 30 วัน (K) หลังจากวางประดับในห้องสำนักงาน (28/31°C) เป็นเวลา 30 วัน (L)

**ตารางที่ 12** รูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub> Exchange Rate, CER) ค่าการเปิดปิดปากใบ (g) ค่าการคายน้ำ (E) และ ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (WUE) ของสปีชีส์พันธุ์ *Neoregelia* ‘Donger’, *Neoregelia* ‘Fireball’, *Neoregelia* ‘Tiger Cub’ และ *Neoregelia* ‘Zoe’ ในสภาพการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) และการวางประดับภายในห้องสำนักงาน (28/31°C) ก่อนและหลังวางประดับเป็นเวลา 15 และ 30 วัน

พันธุ์	รูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO <sub>2</sub>	Day	CER ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )		g ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )		E ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )		WUE ( $\times 10^{-3} \text{ mol CO}_2 / \text{mol}$ )	
			Green house	Office room	Green house	Office room	Green house	Office room	Green house	Office room
			(33/30°C)	(28/31°C)	(33/30°C)	(28/31°C)	(33/30°C)	(28/31°C)	(33/30°C)	(28/31°C)
<i>Neo.</i> ‘Donger’	CAM	0	0.72	0.72	13.04	13.04	0.34	0.34	27.71	27.71
		15	0.42	1.07	10.56	6.35	0.21	0.22	6.60	15.72
		30	0.70	1.02	5.27	6.43	0.10	0.21	21.56	14.58
<i>Neo.</i> ‘Fireball’	CAM	0	1.00	1.00	13.55	13.55	0.24	0.24	18.20	18.20
		15	0.35	1.32	8.03	6.21	0.24	0.13	4.70	14.83
		30	0.38	1.21	9.25	4.46	0.16	0.13	5.19	34.54
<i>Neo.</i> ‘Tiger Cub’	CAM	0	1.08	1.08	23.04	23.04	0.56	0.56	9.55	9.55
		15	1.15	2.11	17.80	65.56	0.35	0.11	9.63	31.69
		30	1.28	1.94	10.68	4.08	0.15	0.13	8.49	40.35
<i>Neo.</i> ‘Zoe’	CAM	0	1.02	1.02	11.89	11.89	0.32	0.32	37.96	37.96
		15	0.66	1.24	12.03	4.31	0.22	0.08	5.84	54.62
		30	0.74	1.80	10.34	3.99	0.23	0.11	6.67	26.99

**ตารางที่ 13** ปริมาณรงควัตถุ (มก./ตร.ซม.) คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์รวม แคโรทีนอยด์ และ แอนโทไซยานิน ในใบของพืชก่อนการทดลอง (New) ใบของพืชที่อยู่ในโรงเรือน (Green house) (33/30°C) และใบของพืชที่วางประดับในห้องสำนักงานเป็นเวลา 30 วัน (Office room) (28/31°C) ของสับปะรดสีพันธุ์ *Neoregelia* 'Donger', *Neoregelia* 'Fireball', *Neoregelia* 'Tiger Cub' และ *Neoregelia* 'Zoe'

พันธุ์	รูปแบบการ แลกเปลี่ยน ก๊าซ CO <sub>2</sub>	Chlorophyll A		Chlorophyll B		Total Chlorophyll		Carotenoid		Anthocyanin						
		Green	Office	Green	Office	Green	Office	Green	Office	Green	Office					
		New	house	room	New	house	room	New	house	room	New	house	room			
		(33/30°C)	(28/31°C)	(33/30°C)	(28/31°C)	(33/30°C)	(28/31°C)	(33/30°C)	(28/31°C)	(33/30°C)	(28/31°C)	(33/30°C)	(28/31°C)			
<i>Neo.</i> 'Donger'	CAM	1.72	2.61	2.33	0.61	0.96	0.89	2.32	3.57	3.22	0.47	0.63	0.53	0.07	0.01	0.04
<i>Neo.</i> 'Fire ball'	CAM	3.60	1.72	1.26	1.35	0.74	0.59	4.48	2.47	1.85	0.92	0.43	0.37	0.08	0.05	0.12
<i>Neo.</i> 'Tiger Cub'	CAM	1.99	2.13	3.02	0.86	0.81	1.23	2.85	2.94	4.25	0.50	0.53	0.64	0.06	0.04	0.04
<i>Neo.</i> 'Zoe'	CAM	1.89	2.41	1.92	0.83	0.94	0.80	2.71	3.35	2.73	0.62	0.61	0.48	0.16	0.02	0.08

## วิจารณ์

### การทดลองที่ 1 การศึกษารูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ในรอบวันของสับประดสี

จากการทดลองสับประดสีพันธุ์การค้าที่นำมาศึกษามีรูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> 2 รูปแบบ คือ C<sub>3</sub> และ CAM เช่นเดียวกับ Benzing (2000) โดยในรูปแบบ C<sub>3</sub> จะมีค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> และ ประสิทธิภาพการใช้น้ำเป็นบวกในเวลากลางวัน ค่า stomatal conductance และ อัตราการคายน้ำมีค่าสูงในเวลากลางวัน พันธุ์ที่มีรูปแบบ C<sub>3</sub> ได้แก่ *Alcantarea imperialis* (Mollo *et al.*, 2011), *Guzmania 'Hilda'* (Croonenborghs *et al.*, 2009) และ *Vriesea splendens* (Benzing, 2000) โดยสับประดสีพันธุ์ *Alcantarea imperialis* มีค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ค่า stomatal conductance อัตราการคายน้ำและค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงที่สุดในกลุ่ม C<sub>3</sub> ที่เป็นเช่นนี้เพราะ *Alcantarea imperialis* เป็นสับประดสีที่มีการเจริญเติบโตบนพื้นดิน (terrestrial xeric bromeliad) (อภिरักษ์, 2553) ซึ่งมีประสิทธิภาพในการเจริญเติบโตสูง สามารถดูดซับธาตุอาหารทางดินดีกว่าสับประดสีแบบอิงอาศัย (Benzing, 2000) และประกอบกับการที่สับประดสีพันธุ์นี้ยังสามารถเจริญเติบโตได้อีก โดยที่ขนาดเติบโตเต็มที่จะมีเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มประมาณ 1.5 – 2 เมตร (จารุพันธ์, 2543) จึงมีค่าพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงสูงกว่า *Guzmania 'Hilda'* และ *Vriesea splendens* ที่เจริญเติบโตแบบอิงอาศัยมีกาบใบไว้เก็บกักน้ำ (tank bromeliad) (อภिरักษ์, 2553)

ส่วนรูปแบบ CAM จะมีค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> และค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำเป็นบวกในเวลากลางคืน ค่า stomatal conductance และอัตราการคายน้ำมีค่าสูงในเวลากลางคืน พันธุ์ที่มีรูปแบบ CAM ได้แก่ *Aechmea fasciata* (Croonenborghs *et al.* 2009), *Billbergia pyramidalis* (Talita and Fernanda. 2009), *Cryptanthus 'Pink Star'* (Katharina *et al.* 2009), *Neoregelia 'Fireball'* (Benzing, 2000) และ *Tillandsia xerographica* (Paul, 1987) โดยสับประดสีพันธุ์ *Aechmea fasciata* มีค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> และค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงที่สุดในกลุ่ม CAM ซึ่งจากการสังเกตภายหลังการทดลองจะเห็นว่า *Aechmea fasciata* มีการเจริญเติบโตสูงสอดคล้องกับค่าพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงเมื่อเทียบกับพันธุ์อื่น ๆ

สับประดสีในกลุ่ม C<sub>3</sub> จะมีค่า stomatal conductance และ อัตราการคายน้ำสูงกว่าสับประดสีในกลุ่ม CAM เนื่องจากพืชกลุ่ม CAM มีการเปิดปากใบในเวลากลางคืนซึ่งมีความชื้น

สัมพัทธ์มากกว่าในช่วงเวลากลางวัน ทำให้มีการสูญเสียน้ำที่น้อยกว่า (พูนพิภพ, 2551) ยกเว้น สับปะรดในกลุ่ม CAM พันธุ์ *Tillandsia xerographica* มีค่า stomatal conductance และอัตราการคายน้ำในอัตราที่สูง สาเหตุเกิดจาก *Tillandsia xerographica* มีถิ่นกำเนิดในภูมิประเทศที่แห้งแล้ง เป็นทะเลทราย ความชื้นสัมพัทธ์มีน้อย (Paul, 1987) เมื่อนำมาปลูกเลี้ยงภายในโรงเรือนที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงเกินความจำเป็น จึงต้องมีการเปิดปากใบและคายน้ำที่ไม่ได้ใช้ออกมาในปริมาณมาก เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายแก่เซลล์ต่าง ๆ ภายในลำต้น (Benzing, 2000)

สับปะรดสีในกลุ่ม CAM ส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงกว่าในกลุ่ม  $C_3$  ซึ่งตรงกับที่พูนพิภพ (2551) ได้รายงานไว้ว่า พืชในกลุ่ม  $C_3$  และ CAM มีประสิทธิภาพการใช้น้ำต่างกัน โดยที่พืช CAM มีประสิทธิภาพมากกว่าพืช  $C_3$  และการที่พืชมีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงหมายถึงการที่พืชสูญเสียน้ำในปริมาณน้อยเพื่อใช้ในการตรึง  $CO_2$  ได้ในปริมาณมาก

ลักษณะปากใบ (stomatal types) ของสับปะรดสีทั้ง 8 พันธุ์ ไม่สามารถนำมาจำแนกพืช  $C_3$  และ CAM ได้เนื่องจากมีรายงานถึงพืชหลายชนิดที่เป็นสกุลเดียวกันแต่มีปากใบหลายแบบ เช่น Abdulrahaman and Oladele (2005) ได้ทำการศึกษาลักษณะของปากใบในพืชสกุล *Ocimum* 6 พันธุ์พบว่ามิลักษณะปากใบสามชนิด คือ Diacytic, Paracytic และ Anisocytic ซึ่งแต่ละพันธุ์มีชนิดปากใบอยู่ร่วมกัน 2 - 3 ชนิด Mirjana et al. (2007) ได้ศึกษาเกี่ยวกับจำนวนและชนิดของปากใบของพืชสกุล *Arum* สองถิ่นที่อาศัยพบว่าพืชสกุล *Arum* ชนิดเดียวกันทั้งสองถิ่นที่อาศัยมีชนิดและจำนวนปากใบที่แตกต่างกันไป

จำนวนปากใบของสับปะรดสีทั้ง 8 พันธุ์ ไม่สามารถนำมาจำแนกพืช  $C_3$  และ CAM ได้แต่สามารถจำแนกถึงลักษณะการเจริญเติบโตได้ (Benzing, 2000) สับปะรดสีที่เจริญเติบโตบนพื้นดิน มีจำนวนปากใบมากกว่าพันธุ์ที่เจริญเติบโตแบบอิงอาศัย โดยสับปะรดสีที่เจริญเติบโตบนพื้นดินมี 2 พันธุ์ คือ *Alcantarea imperialis* มีจำนวนปากใบมากที่สุดและรองลงมาคือ *Cryptanthus* 'Pink Star' ส่วนพันธุ์ที่มีลักษณะเจริญเติบโตแบบอิงอาศัยมีกาบใบไว้เก็บกักน้ำ และสามารถเจริญเติบโตบนพื้นป่าที่มีใบไม้ผู้พรางทับถมกันมากตามโขดหินหรือหน้าผา มีจำนวนปากใบรองลงมา คือ *Guzmania* 'Hilda', *Aechmea fasciata*, *Neoregelia* 'Fireball', *Vriesea splendens* และ *Billbergia pyramidalis* ตามลำดับ (Croonenborghs et al., 2009) ส่วนพันธุ์ที่เจริญเติบโตแบบอิงอาศัยอย่างเดียว มีจำนวนปากใบน้อยที่สุด (Dimmitt, 1985) คือ *Tillandsia xerographica* คาดว่าจะมีการปรับตัวลดจำนวนปากใบเพื่อลดการคายน้ำเพราะว่ามีถิ่นกำเนิดในเขต

ภูมิประเทศที่แห้งแล้งในแถบประเทศเม็กซิโก กัวเตมาลา และ เอลซัลวาดอร์ ที่มีความชื้นในอากาศค่อนข้างน้อย (Paul, 1987)

## การทดลองที่ 2 อิทธิพลของอุณหภูมิต่ออัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ในรอบวันของสับปะรดสี

จากผลการทดลองที่ 2 พบว่าสับปะรดสีพันธุ์ *Aechmea fasciata* และ *Neoregelia* 'Fireball' ซึ่งเป็นพืชในกลุ่ม CAM และ *Vriesea splendens* ที่เป็นพืชในกลุ่ม C<sub>3</sub> เมื่อวางประดับในห้องควบคุมอุณหภูมิทั้ง 2 แบบ ห้องที่มีอุณหภูมิกลางวันและกลางคืนเฉลี่ย 25/31°C และ 25/25°C เป็นเวลา 15 และ 30 วัน มีรูปแบบ อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> และประสิทธิภาพการใช้น้ำที่เปลี่ยนไปจากเดิม โดย ในกลุ่ม CAM มีค่าเป็นบวกบางเวลาภายในช่วงกลางวัน สาเหตุเกิดจากเมื่อวางประดับพืชในกลุ่ม CAM ภายใต้อุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิในโรงเรือนที่มีอุณหภูมิกลางวันและกลางคืนเฉลี่ย 34/31°C ทำให้พืช CAM มีการปรับตัวโดยการสะสมเอนไซม์ PEP carboxylase และ/หรือ Malate เพิ่มขึ้น มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> (Wataru *et al.*, 2014) และยังพบว่าสับปะรดที่วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/25°C เป็นเวลา 30 วัน มีค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> สูงกว่าการวางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25/31°C และ การปลูกภายในโรงเรือน (34/31°C) ในช่วงเวลาเดียวกันตามลำดับ

ในกลุ่ม C<sub>3</sub> ได้แก่ *Vriesea splendens* ที่วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิทั้ง 2 แบบ (25/31°C และ 25/25°C) มีรูปแบบอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> และประสิทธิภาพการใช้น้ำที่เปลี่ยนไป คือ มีค่าเป็นบวกบางเวลาในช่วงกลางคืน สาเหตุเกิดจากเมื่อวางประดับพืชในกลุ่ม C<sub>3</sub> ภายใต้อุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิภายในโรงเรือน (34/31°C) จะมีการเพิ่มขึ้นของเอนไซม์ เช่น rubisco, sedoheptulose -1,7- biphosphatase และ fructose - 1,6 – biphosphatase (Holaday *et al.*, 1992) เป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง (พูนพิภพ, 2551) เมื่อระดับของเอนไซม์ rubisco ที่ใช้ในการตรึง CO<sub>2</sub> เพิ่มขึ้นทำให้พืช C<sub>3</sub> มีค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> เพิ่มขึ้น

ภายในโรงเรือน (34/31°C) ที่มีอุณหภูมิสูงส่งผลต่ออัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> มีหลายสาเหตุ เช่น การที่ thylakoid ได้รับอุณหภูมิสูงทำให้ผนังของ thylakoid เกิดการรั่วและเสื่อมสภาพ (Heckathorn *et al.*, 2009) การสะสมเอนไซม์ PEP carboxylase และ/หรือ Malate ที่ลดลง (Wataru *et al.*, 2014) และยังส่งผลต่อการทำงานของเอนไซม์ rubisco ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่มีผลต่ออัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ของพืชในกลุ่ม C<sub>3</sub> และ CAM โดย พูนพิภพ (2551) ได้รายงานถึง

อุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นจะทำให้ เอนไซม์ rubisco สูญเสียฤทธิ์ทางชีววิทยา ทำให้อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ลดลง

อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ยังมีผลต่อค่า stomatal conductance และ อัตราการคายน้ำของสับปะรดสีกลุ่ม C<sub>3</sub> และ CAM โดยในห้องควบคุมอุณหภูมิทั้ง 2 แบบ คือ 25/31°C และ 25/25°C เป็นเวลา 15 และ 30 วัน มีค่าน้อยกว่าสับปะรดสีที่ปลูกภายในโรงเรือน (34/31°C) อย่างเห็นได้ชัด สาเหตุเกิดจากการที่ภายในโรงเรือน (34/31°C) มีอุณหภูมิสูงกว่าทำให้สับปะรดสีมีการเปิดปากใบและคายน้ำในอัตราที่สูงกว่าห้องควบคุมอุณหภูมิทั้ง 2 แบบ ประกอบกับโรงเรือนเป็นสภาพแวดล้อมแบบเปิดทำให้มีลมพัดผ่าน ซึ่งส่งผลให้ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศไม่คงที่ ในขณะที่ห้องควบคุมอุณหภูมิทั้ง 2 แบบ เป็นสภาพแวดล้อมค่อนข้างปิด ความชื้นสัมพัทธ์คงที่ จึงส่งผลให้มีการเปิดปิดปากใบและการคายน้ำที่น้อยกว่าต้นที่ปลูกเลี้ยงในโรงเรือน

### การทดลองที่ 3 การศึกษาอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> และปริมาณรงควัตถุของใบสับปะรดสีสกุล *Neoregelia* ใบหลากสีภายใต้สภาพโรงเรือนและภายในอาคาร

จากผลการทดลองที่ 3 พบว่าสับปะรดสีพันธุ์ *Neoregelia* ‘Donger’, *Neoregelia* ‘Fireball’, *Neoregelia* ‘Tiger Cub’ และ *Neoregelia* ‘Zoe’ เป็นพืชในกลุ่ม CAM เมื่อวางประดับในห้องสำนักงานที่มีอุณหภูมิกลางวัน และ กลางคืนเฉลี่ย 28/31°C เป็นเวลา 15 และ 30 วัน มีรูปแบบอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> และประสิทธิภาพการใช้น้ำที่เปลี่ยนไปจากเดิม โดยมีค่าเป็นบวกในช่วงกลางวัน มีสาเหตุเช่นเดียวกับการทดลองที่ 2 โดยมีอุณหภูมิเป็นปัจจัยอย่างหนึ่งร่วมกับความเข้มข้นของ CO<sub>2</sub> ในรอบวันเฉลี่ย 1,680 ppm มากกว่าการปลูกเลี้ยงในโรงเรือน (33/30°C) ที่มีความเข้มข้นของ CO<sub>2</sub> ในรอบวันเฉลี่ย 410 ppm เป็นตัวกระตุ้นให้ค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> เพิ่มขึ้นจากเดิม มีรายงานว่าพืชที่ได้รับความเข้มข้นของ CO<sub>2</sub> เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จะกระตุ้นอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ให้สูงขึ้น (McConnaughay *et al.*, 1993; Mohr and Schopfer, 1995) มีการทดลองเพิ่มความเข้มข้นของ CO<sub>2</sub> ในกลุ่มพืช CAM 2 ชนิดพบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของ CO<sub>2</sub> ที่ระดับ 1,000 ppm ทำให้พืชมีอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ที่เพิ่มขึ้นมากและยังทำให้พืชมีการเจริญเติบโตที่มากขึ้นด้วย (Weiss *et al.*, 2010) พืชในกลุ่มสับปะรดสีก็มีรายงาน เช่น Croonenborghs *et al.* (2009) ได้ศึกษาการเพิ่มความเข้มข้น CO<sub>2</sub> ต่อการเจริญเติบโตและลักษณะทางสัณฐานวิทยาของสับปะรดสี พบว่า ความเข้มข้นของ CO<sub>2</sub> 750 ppm ส่งผลให้มีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มมากกว่าต้นที่ปลูกไว้ในที่มีความเข้มข้นของ CO<sub>2</sub> 380 ppm ซึ่งแสดงให้เห็นถึงอัตรา

การแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> และประสิทธิภาพการใช้น้ำที่เพิ่มขึ้นเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตของ สับปะรดสี (Zotz *et al.*, 2010)

อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเข้มข้นของ CO<sub>2</sub> มีผลต่อค่า stomatal conductance และ อัตราการคายน้ำของสับปะรดสี โดยอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่ลดลงมีสาเหตุเช่นเดียวกับการทดลองที่ 2 ส่วนความเข้มข้นของ CO<sub>2</sub> จะมีการแปรจากที่ที่มีความเข้มข้นมาก คือ ภายในห้องสำนักงาน (1,680 ppm) ไปสู่ที่ในใบพืชที่มีความเข้มข้นน้อยกว่า ทำให้ความเข้มข้นของ O<sub>2</sub> ภายในใบมีน้อยลงจะทำให้อัตราการหายใจของพืชลดลง ทำให้มีค่า stomatal conductance และ อัตราการคายน้ำลดลงตามไปด้วย (พูนพิภพ, 2551)

ปริมาณรังควัดสูงผลต่อค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ค่า stomatal conductance และ อัตราการคายน้ำของสับปะรดทั้ง 4 พันธุ์ โดย *Neoregelia* 'Tiger Cub' (ใบสีเขียว มีแถบขาวสีแดง) มีค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ค่า stomatal conductance และ อัตราการคายน้ำสูงสุด ทั้งนี้เนื่องจาก *Neoregelia* 'Tiger Cub' มีพื้นที่ใบส่วนใหญ่เป็นสีเขียวประกอบกับการเพิ่มขึ้นของคลอโรฟิลล์รวม และ การที่มีรังควัดสีอื่น ๆ มาบดบังพื้นผิวใบน้อย ทำให้เกิดการสังเคราะห์ด้วยแสงสูง ทำให้พืชมีการหายใจสูงขึ้น ซึ่งส่งผลให้ค่า stomatal conductance และ อัตราการคายน้ำมีค่าสูงตามไปด้วย (พูนพิภพ, 2551) ส่วน *Neoregelia* 'Donger' (ใบสีเขียวอมชมพู ขอบใบขาว), *Neoregelia* 'Fireball' (ใบสีแดง) และ *Neoregelia* 'Zoe' (ใบสีแดง มีแถบขาวสีชมพู) มีอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> ค่า stomatal conductance และ อัตราการคายน้ำน้อยกว่า เพราะว่าพื้นผิวใบส่วนใหญ่มีสีแดงและชมพูซึ่งเป็นการแสดงออกของแอนโทไซยานิน และ แคโรทีนอยด์ โดยในสับปะรดสีทั้งสามพันธุ์นั้นมีปริมาณแอนโทไซยานินสะสมอยู่ในใบมากกว่า *Neoregelia* 'Tiger Cub' แอนโทไซยานินช่วยป้องกันหรือลดปริมาณแสงที่มากเกินไปที่ใบพืชจะสามารถนำไปใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ จึงทำให้สับปะรดสีทั้ง 3 พันธุ์ มีการสังเคราะห์ด้วยแสงต่ำกว่า *Neoregelia* 'Tiger Cub' (Kevin *et al.*, 2009)

การปรับตัวของสับปะรดสีสกุล *Neoregelia* เมื่อวางประดับภายในอาคารพบว่า ในแต่ละพันธุ์มีการปรับตัวที่ไม่เหมือนกัน โดย *Neoregelia* 'Tiger Cub' ที่มีอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> สูงที่สุด ปรับตัวโดยการเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์บี ซึ่งคลอโรฟิลล์บีสามารถรับแสงได้ดีในสภาพที่มีความเข้มแสงต่ำ (ศุภชาติ, 2554) รองลงมา คือ *Neoregelia* 'Zoe' ปรับตัวโดยการมีปริมาณคลอโรฟิลล์คงที่ และลดปริมาณแอนโทไซยานิน *Neoregelia* 'Fireball' ปรับตัวโดยการเพิ่มปริมาณ

แอนโทไซยานิน และ *Neoregelia* 'Donger' ปรับตัวโดยการเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ และลดปริมาณแอนโทไซยานิน

การที่ใบของสับปะรดสีมีสีเขียวเพิ่มอย่างเห็นได้ชัดหลังจากปลูกเลี้ยงในโรงเรือน และการวางประดับให้ห้องสำนักงานเป็นเวลา 30 วัน มีสาเหตุร่วมกันหลายสาเหตุดังนี้ ประการแรก คือ การเพิ่มขึ้นของคลอโรฟิลล์เกิดจากปริมาณความเข้มแสงที่น้อยประกอบกับอุณหภูมิที่สูง ทำให้พืชมีการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้น (ศุภชาติ, 2554) ประการที่สอง คือ การที่รงควัตถุชนิดอื่นเกิดการสลายตัวหรือมีการสังเคราะห์ขึ้นมาน้อยลง เช่น แอนโทไซยานินเป็นรงควัตถุสีแดง ช่วยทำหน้าที่ดูดกลืนแสงสีเขียวได้ดีในที่มีความเข้มแสงต่ำ แล้วส่งต่อพลังงานแสงให้กับคลอโรฟิลล์เพื่อทำหน้าที่สังเคราะห์ด้วยแสง ร่วมกับคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ที่ดูดกลืนพลังงานสำหรับใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงเช่นกัน (ศุภชาติ, 2554) การที่ปริมาณของแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นหรือลดลงนั้นขึ้นอยู่กับแสงเป็นปัจจัยสำคัญ ตัวอย่างเช่น ผลไม้ที่มีสีแดง ได้แก่ แอปเปิ้ล ต้องการแสงเพื่อเพิ่มสีแดงของผลในช่วงที่พัฒนาผลอ่อนเป็นผลแก่ ผลไม้ที่มีสีแดงอ่อนจะตอบสนองต่อช่วงแสงได้น้อยกว่าผลไม้สีแดงเข้ม และตำแหน่งผลไม้อยู่ด้านนอกของทรงพุ่มมีสีแดงมากกว่าผลไม้อยู่ในทรงพุ่มแสดงถึงการสังเคราะห์แอนโทไซยานินที่เพิ่มขึ้น อุณหภูมิเป็นปัจจัยรองที่ส่งผลต่อปริมาณของแอนโทไซยานินโดยที่อุณหภูมิ 20 - 25 °C มีความเหมาะสมที่สุดในการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน ถ้ามีอุณหภูมิสูงตลอดทั้งวันจะส่งผลให้แอนโทไซยานินเสื่อมสลายได้ (Kevin *et al.*, 2009)

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

การศึกษาการแลกเปลี่ยนก๊าซ  $\text{CO}_2$  ในรอบวันของสับปะรดสีพันธุ์การค้าบางพันธุ์ภายใต้สภาพภายในอาคารและโรงเรือนสรุปได้ดังนี้

1. การศึกษาค่าพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสง ได้แก่ รูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ  $\text{CO}_2$  ค่า stomatal conductance และการคายน้ำในรอบวันของสับปะรดสีทั้ง 8 พันธุ์ พบว่าสับปะรดสีที่วางจำหน่ายในท้องตลาดมีรูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ  $\text{CO}_2$  2 รูปแบบ คือ กลุ่ม  $\text{C}_3$  มีอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ  $\text{CO}_2$  เป็นบวกในช่วงเวลากลางวัน โดยพันธุ์ที่มีค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ  $\text{CO}_2$  สูงที่สุดคือ *Alcantarea imperialis* รองลงมา คือ *Guzmania* 'Hilda' และ *Vriesea splendens* ตามลำดับ ส่วนสับปะรดในกลุ่ม CAM มีอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ  $\text{CO}_2$  เป็นบวกในช่วงเวลากลางคืน ซึ่งพันธุ์ที่มีค่ามากที่สุดคือ *Aechmea fasciata* รองลงมาคือ *Tillandsia xerographica*, *Cryptanthus* 'Pink star', *Billbergia pyramidalis* และ *Neoregelia* 'Fire ball' ตามลำดับ

2. อิทธิพลของอุณหภูมิต่อค่าพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงของสับปะรดสีพันธุ์การค้า 3 พันธุ์ ได้แก่ *Aechmea fasciata* และ *Neoregelia* 'Fire ball' เป็นพืช CAM และ *Vriesea splendens* เป็นพืช  $\text{C}_3$  ที่ปลูกเลี้ยงในโรงเรือนที่มีอุณหภูมิกลางวันและกลางคืนเฉลี่ย  $34/31^\circ\text{C}$  เปรียบเทียบกับต้นที่วางประดับในห้องควบคุมอุณหภูมิ  $25/31^\circ\text{C}$  และ  $25/25^\circ\text{C}$  พบว่าสับปะรดสีทั้ง 3 พันธุ์ที่วางประดับภายในห้องควบคุมอุณหภูมิทั้ง 2 แบบ มีรูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ  $\text{CO}_2$  ที่เปลี่ยนไปจากเดิม คือ พันธุ์ที่เป็นพืช CAM มีค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ  $\text{CO}_2$  เป็นบวกบางเวลาในช่วงกลางวัน ส่วนสับปะรดสีที่เป็นพืช  $\text{C}_3$  มีค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ  $\text{CO}_2$  เป็นบวกบางเวลาในช่วงกลางคืน

3. สับปะรดสีสกุล *Neoregelia* ไบหลากสีทั้ง 4 พันธุ์ สามารถวางประดับภายในห้องสำนักงานที่มีความเข้มแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ มีอุณหภูมิกลางวันและกลางคืนเฉลี่ย  $28/31^\circ\text{C}$  ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 45 เปอร์เซ็นต์ มีความเข้มข้นของ  $\text{CO}_2$  สูงประมาณ 1680 ppm มีอายุการวางประดับได้อย่างน้อย 30 วัน โดยมีประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนก๊าซ  $\text{CO}_2$  สูงขึ้น ซึ่งพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนก๊าซ  $\text{CO}_2$  สูงที่สุดคือ *Neoregelia* 'Tiger cup' (ใบสีเขียว มีแถบขาวสีแดง) รองลงมาคือ

*Neoregelia* 'Zoe' (ใบสีแดง มีแถบขาวสีชมพู) *Neoregelia* 'Fire ball' (ใบสีแดง) และ *Neoregelia* 'Donger' (ใบสีเขียวอมชมพู ขอบใบขาว) ตามลำดับ

4. แนวทางการใช้ประโยชน์ของสับปะรดในการวางประดับตกแต่งสถานที่ที่เหมาะสม จากข้อมูลการศึกษาที่ได้ สรุปได้ดังนี้

4.1 พันธุ์ที่เหมาะสมต่อการวางประดับภายในอาคาร ได้แก่ *Guzmania* 'Hilda' และ *Vriesea splendens*

4.2 พันธุ์ที่เหมาะสมต่อการวางประดับภายนอกอาคาร ได้แก่ *Alcantarea imperialis*, *Billbergia pyramidalis*, *Cryptanthus* 'Pink star' และ *Tillandsia xerographica* (ใช้เป็นไม้กระถางแขวนหรือจัดสวนแนวตั้ง)

4.3 พันธุ์ที่สามารถใช้งานได้ทั้งภายในและภายนอกอาคาร ได้แก่ *Aechmea fasciata*, *Neoregelia* 'Donger', *Neoregelia* 'Fire ball', *Neoregelia* 'Tiger cup' และ *Neoregelia* 'Zoe'

#### ข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองทำให้ทราบว่าสับปะรดสีที่มีจำหน่ายในท้องตลาดอย่างแพร่หลายมีรูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO<sub>2</sub> 2 รูปแบบ คือ C<sub>3</sub> ที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซ CO<sub>2</sub> ในช่วงเวลากลางวัน เหมาะที่จะนำมาวางประดับภายในห้องทำงาน สำนักงานหรือตกแต่งสวนสาธารณะ ส่วนในกลุ่ม CAM ที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซ CO<sub>2</sub> ในช่วงเวลากลางคืน เหมาะที่จะนำมาประดับภายในบ้าน ที่อยู่อาศัย หรือ พื้นที่ที่มีคนอาศัยในช่วงกลางคืน ดังนั้นเมื่อทราบถึงรูปแบบการสังเคราะห์ด้วยแสงและประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซ CO<sub>2</sub> ของสับปะรดสีที่แตกต่างกันในช่วงเวลาที่ต่างกันจึงควรมีการศึกษาหาจำนวนต้นของสับปะรดสีที่เหมาะสมในพื้นที่ปิด เช่น ห้องทำงาน หรือ พื้นที่โล่งภายในอาคารเพื่อศึกษาว่าต้องใช้สับปะรดสีจำนวนเท่าไรเพื่อลดปริมาณ CO<sub>2</sub> ในพื้นที่นั้นๆ และใช้ระยะเวลาในการลดปริมาณ CO<sub>2</sub> นานเท่าใด

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

จารุพันธ์ ทองแถม. 2543. **บรอมมีเลียด**. สำนักพิมพ์บ้านและสวน, กรุงเทพฯ.

ประศาสตร์ เกี่ยมณี. 2551. **เทคนิคเนื้อเยื่อพืช**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พูนพิภพ เกษมทรัพย์, สมเพียร เกษมทรัพย์, วรลักษณ์ โชติานนท์ และ จวีวรรณ กฤษณะทรัพย์.

2538. อิทธิพลของความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และความเข้มแสง ต่ออัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของไม้ดอกไม้ประดับ, น. 71-75. **รายงานการประชุมวิชาการไม้ดอกไม้ประดับแห่งชาติ ครั้งที่ 1**. โรงแรมเซ็นทรัล พลาซ่า, กรุงเทพฯ.

พูนพิภพ เกษมทรัพย์. 2551. **ชีววิทยา 2**. โครงการตำราวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มูลนิธิ สอวน.

บริษัทด้านสุทธนาการพิมพ์ จำกัด, กรุงเทพฯ.

เศรษฐมนันตร์ กาญจนกุล. 2553. **พรรณไม้ดมดลพิษ**. สำนักพิมพ์เศรษฐศิลป์, กรุงเทพฯ.

ศุภชาติ ชรรมนิติเวทย์. 2554. **การปรับตัวทางสรีรวิทยาของโกนินมาใบหลากสีในสภาพการใช้งานภายในอาคาร**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2548. **สรีรวิทยาของพืช**. พิมพ์ครั้งที่ 4 สำนักพิมพ์จามจุรีโปรดักท์, กรุงเทพฯ.

วิจิตร วังน, ธวัช ลวะเปารยะ, ไพรัช ธีระวุฒิชัย, ประภาพร ตั้งกิจโชติ, ยิ่งยง ไพสุขสานติวัฒนา และ ชาญญะ เตชะศีลพิทักษ์. 2537. **การจำแนกพืชสวน**. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิรัตน์ ภูวิวัฒน์. 2545. **การประดับต้นไม้ภายในอาคาร**. ภาควิชาพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

อภิรักษ์ กลั่นแก้ว. 2553. **สับปะรดสี**. สำนักพิมพ์บ้านและสวน, กรุงเทพฯ.

Abdulrahman A.A. and F.A. Oladele, 2005. Stomata trichomes and epidermal cells as diagnostic features in six species of genus *Ocimum* L. (Lamiaceae). **Nigerian Journal of Botany** 18: 214-223.

Anonymous. 2013. **Acclimatization**. Source: <http://en.wikipedia.org/wiki/Acclimatization>, 29 september 2013.

Beerling, D.J. and F.I. Woodward. 1995. Stomatal responses of variegated leaves to CO<sub>2</sub> enrichment. **Annals of Botany**. 75: 507-511.

Benzing, H.D. 2000. **Bromeliaceae: Profile of an Adaptive Radiation**. Cambridge University Press, England.

Boardman, N.K. 1977. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. **Annual Review of Plant Physiology**. 28: 355-377.

Claudia G.S., L.A. Jose, E.E. Fabiola, G.S. Karlina and M.P.R. Luis. 2010. Antioxidant content in two CAM bromeliad species as a response to seasonal light changes in a tropical dry deciduous forest. **Journal of Plant Physiology** 167: 792-799.

Croonenborghs, S. 2011. **Anatomical and functional study of the aerenchyma in *Guzmania* leaves**. Katholieke Universiteit Press, Leuven.

Croonenborghs S., J. Ceusters, E. Londers and M.P.D. Proft. 2009. Effects of elevated CO<sub>2</sub> on growth and morphological characteristics of ornamental bromeliads. **Scientia Horticulturae** 121(2): 192-198.

Dimmitt, M. A. 1985. Intraspecific variation in *Tillandsia*: selecting superior forms. **Journal Bromeliad Society**. 19: 101-103.

- Dymova O. V., J. Grzyb, T.K. Golovko and K. Strzalka. 2010. Characterization of pigment apparatus in winter green and summer green leaves of a shade tolerant plant *Ajuga reptans*. **Fiziologiya Rastenii**, 57(6): 809–818.
- Erdmann, C. A. and M. G. Apte. 2004. Mucous membrane and lower respiratory building related symptoms in relation to indoor carbon dioxide concentrations in the 100 - building BASE dataset. **Indoor Air** 14 (Suppl. 8): 127-134.
- Freschi L., C. Takahashi, C.A. Cambui, T.R. Semprebom, A.B. Cruz, P.T. Mito, L.M. Versieux, A. Calvente, R.L.A. Sabrina, P.M.A. Marcos, H. Mercier. 2010. Specific leaf areas of the tank bromeliad *Guzmania monostachia* perform distinct functions in response to water shortage. **Journal of Plant Physiology** 167: 526–533.
- Gaines, R.L. 1977. **Interior Plantscaping: Building Design for Interior Foliage Plants**. Architectural Record Books, New York.
- Harms, H. 1930. Bromeliaceae, pp. 65–159. In A. Engler and K. Prantl, eds. **Die Natürlichen Pflanzenfamilien**. 2<sup>nd</sup> ed. 15a: Engelmann, Leipzig.
- Heckathorn S.A., C.A. Downs, T.D. Sharkey, J.S. Coleman. 1998. The small, methionine-rich chloroplast heat-shock protein protects photosystem II electron transport during heat stress. **Plant Physiology**. 116:439–444.
- Holaday AS, W. Martindale, R. Alred, A.L. Brooks, R.C. Leegood. 1992. Changes in activities of enzymes of carbon metabolism in leaves during exposure of plants to low temperature. **Plant Physiology**. 98:1105–1114.
- Hopkins, W. G. and N. P. A. Hüner. 2004. **Introduction to Plant Physiology**. 3<sup>rd</sup> ed. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey.

- Hughes, N. M., C. B. Morley and W. K. Smith. 2007. Coordination of anthocyanin decline and photosynthetic maturation in juvenile leaves of three deciduous tree species. **New Phytologist**. 175: 675-685.
- Katharina S., H. Ralf and Z. Georg. 2005. Molecular phylogeny of Bromelioideae and its implications on biogeography and the evolution of CAM in the family. **Senckenbergiana Biologica**. 15: 1-13.
- Keller P. and U. Luttge. 2005. Photosynthetic light-use by three bromeliads originating from shaded sites (*Ananas ananassoides*, *Ananas comosus* cv. Panare) and exposed sites (*Pitcairnia pruinosa*) in the medium Orinoco basin, Venezuela. **Biologia plantarum** 49 (1): 73-79.
- Kevin G., Kevin D. and W. Chris, 2009. **Anthocyanins biosynthesis, functions, and applications**. Springer Science Business Media, LLC. New York.
- Krauss, B.H. 1948. Anatomy of the vegetative organs of the pineapple *Ananas comosus* (L.) Merr. II. The leaf. **Botanical Gazette**. 110: 333-404.
- Kubatsch, A., H. Grüneberg and C. Ulrichs. 2007. The effect of low light intensity and temperature on growth of *Schefflera arboricola* in interior landscapes. **HortScience**. 42: 65-67.
- Lee, D. W., J. B. Lowry and B. C. Stone. 1979. Abaxial anthocyanin layer in leaves of tropical rain forest plants : enhancer of light capture in deep shade. **Biotropica** 11: 70-77.
- Li, Q., M. Deng, J. Chen and R.J. Henny. 2009. Effects of light intensity and paclobutrazol on growth and interior performance of *Pachira aquatica* Aubl. **HortScience**. 44: 1291-1295.

- Liang, K.M., Z.F. Lin, H. Ren, N. Liun, Q.M. Zhang, J. Wang, Z.F. Wang, and L.L. Guan. 2010. Characteristics of sun and shade adapted populations of an endangered plant *Primulina tabacum* Hance. **Photosynthetica** 48 (4): 494-506.
- Malkin, R. and K. Niyogi. 2000. Photosynthesis, pp. 568-628. *In* B. Buchanan, W. Gruissem and R. Jones, eds. **Biochemistry and Molecular Biology of Plants**. American Society of Plant Physiologists, Rockville, Maryland.
- Martin, C.E. 1994. Physiological ecology of the bromeliaceae. **The botanical review** Vol. 60 No. 1. Department of Botany University of Kansas, Lawrence, Kansas 66045-2106
- Maxwell, C., H. Griffiths, A. M. Borland, M. S. J. Broadmeadow and C. R. McDavid. 1992. Photoinhibitory responses of the epiphytic bromeliad *Guzmania monostachia* during the dry season in Trinidad maintain photochemical integrity under adverse conditions. **Plant Cell and Environment**. 15: 37-47.
- McConnaughay, K. D. M., G. M. Berntson and F. A. Bazzaz. 1993. Plant responses to carbon dioxide. **Nature**. 361: 24.
- McWilliams, E. L. 1974. Evolutionary ecology. pp. 33-55. *In* L. B. Smith and R. J. Downs, eds. **Flora Neotropica Monograph 14 Part 1**. Hafner Press, New York.
- Mirjana S., M. Tihana, B Tomislav, K. Ljiljana and L.Anita. 2007, Stomata in some species of genus *Arum* from the eastern Slavonia and Baranya region. **Biologia, Bratislava**. 62:409-415.
- Mohr, H. and P. Schopfer. 1995. **Plant Physiology**. Springer-Verlag, Berlin.

- Mollo L., M.C.M. Martins, V.F. Oliveira, C.C. Nievola and R.R.C.L. Figueiredo. 2011. Effects of low temperature on growth and non-structural carbohydrates of the imperial bromeliad *Alcantarea imperialis* cultured in vitro. **Plant Cell Tissue and Organ Culture**. 107:141–149.
- Murray, J. R. and W. P. Hackett. 1991. Dihydroflavonol reductase activity in relation to differential anthocyanin accumulation in juvenile and mature phase *Hedera helix* L. **Plant Physiology**. 97: 343-351.
- Nievola C. C., J. E. Kraus, L. Freschi, B. M. Souza and H. Mercier. 2005. Temperature determines the occurrence of CAM or C<sub>3</sub> photosynthesis in pineapple plantlets grown invitro. **In Vitro Cellular and Developmental Biology- Plant** 41: 832-837.
- Öpik, H. and S. Rolfe. 2005. **The Physiology of Flowering Plants**. Cambridge University Press, Cambridge.
- Paul, T.I. 1987. **Tillandsia**. Botanical Press, California.
- Pierce S., K. Winter and H. Griffiths. 2002. Carbon isotope ratio and the extent of daily CAM use by Bromeliaceae. **New Phytologist**. 156: 75–83.
- Porra, R. J., W. A. Thompson and P. E. Kriedemann. 1989. Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equations for assaying chlorophylls a and b extracted with four different solvents: Verification of the concentration of chlorophyll standards by atomic absorption spectroscopy. **Biochimica et Biophysica Acta**. 975: 384-394.
- Robinson, H. 1969. A monograph on foliar anatomy of the genera *Connellia*, *Cottendorfia* and *Navia* (Bromeliaceae). **Smithsonian Contributions to Botany**. 2: 1–41.

- San-jose J., R. Monter and N. Nikonova. 2007. Diurnal patterns of carbon dioxide, water vapour, and energy fluxes in pineapple [*Ananas comosus* (L.) Merr. cv. Red Spanish] field using eddy covariance. **Photosynthetica** 45 (3): 370-384.
- Seppänen, O. A., W. J. Fisk and M. J. Mendell. 1999. Association of ventilation rates and CO<sub>2</sub> concentrations with health and other responses in commercial and institutional buildings. **Indoor Air** 9: 226-252.
- Strehl, V. T. 1983. Forma, distribuição e flexibilidade dos trichomas foliares usados na filogenia de bromeliáceas. **Iheringia Seria Botanica.**, Porto Alegre 31: 105–119.
- Strehl, V. T. and S. Winkler. 1981. Vergleichende Untersuchungen über die richome der Bromeliaceen. **Beitraege zur Biologie der Pflanzen** 56: 415–438.
- Stiles K.C. and C.E. Martin. 1996. Effects of drought stress on CO<sub>2</sub> exchange and water relations in the CAM epiphyte *Tillandsia utriculata* (Bromeliaceae). **Journal of Plant Physiology.** 149: 721-728.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 2006. **Plant Physiology.** 4<sup>th</sup> ed. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Massachusetts.
- Talita F. and R.Fernanda. 2009. Habitat utilization and CAM occurrence among epiphytic bromeliads in a dry forest from southeastern Brazil. **Revista Brasil Botanica.** 32: 521-530.
- Wataru Y., H. Kouki and A.W Danielle. 2014. Temperature response of photosynthesis in C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>, and CAM plants: temperature acclimation and temperature adaptation. **Photosynth Resolution.** 119: 101-117.

Weiss I., Y. Mizrahi and E. Raveh. 2010. Effect of elevated CO<sub>2</sub> on vegetative and reproductive growth characteristics of the CAM plants *Hylocereus undatus* and *Selenicereus megalanthus*. **Scientia Horticulturae** 123: 531–536.

Wellburn, A.R. 1994. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Journal of Plant Physiology**. 144: 307-313.

Zotz G., W. Bosgusch, P. Hietz and N. Ketteler. 2010. Growth of epiphytic bromeliads in a changing world: The effects of CO<sub>2</sub>, water and nutrient supply. **Acta Oecologica** 36 (6): 659-665.



ภาคผนวก



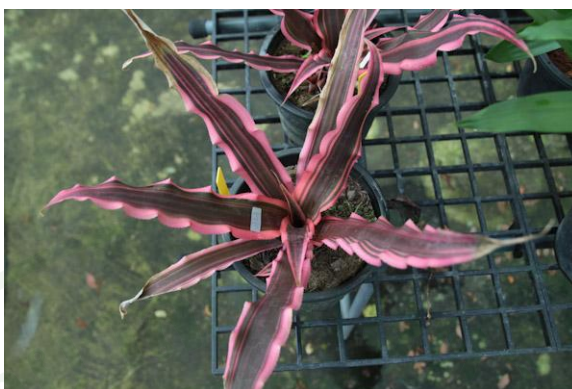
ภาพผนวกที่ 1 สับประรดสีพันธุ์ *Aechmea fasciata*



ภาพผนวกที่ 2 สับประรดสีพันธุ์ *Alcantarea imperialis*



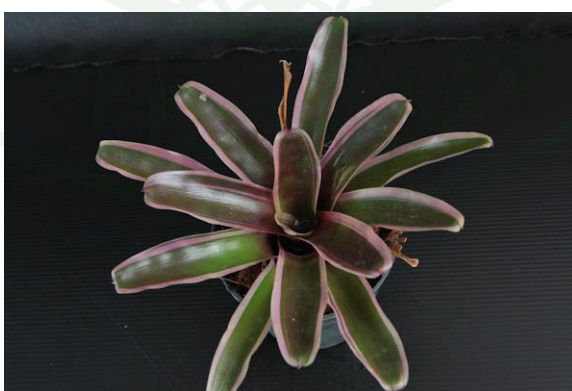
ภาพผนวกที่ 3 สับประรดสีพันธุ์ *Billbergia pyramidalis*



ภาพผนวกที่ 4 สับประรดสีพันธุ์ *Cryptanthus* 'Pink Star'



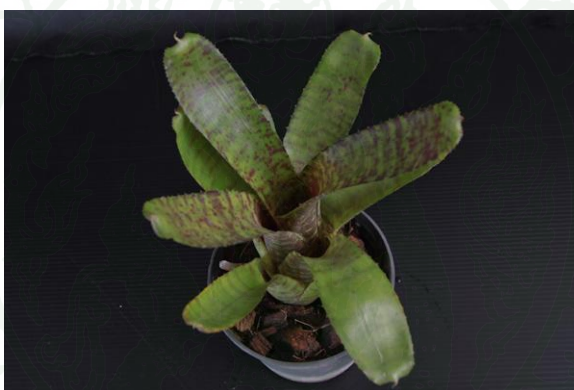
ภาพผนวกที่ 5 สับประรดสีพันธุ์ *Guzmania* 'Hilda'



ภาพผนวกที่ 6 สับประรดสีพันธุ์ *Neoregelia* 'Donger'



ภาพผนวกที่ 7 สับประรดสีพันธุ์ *Neoregelia* 'Fireball'



ภาพผนวกที่ 8 สับประรดสีพันธุ์ *Neoregelia* 'Tiger Cub'



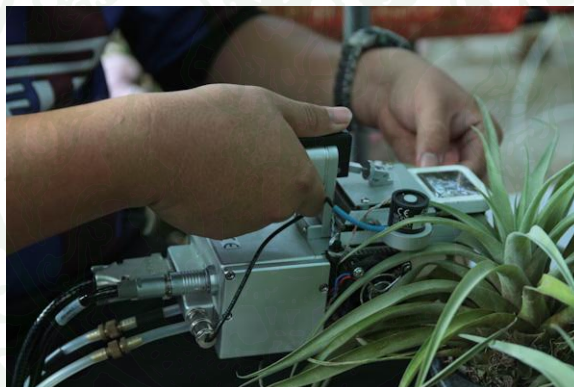
ภาพผนวกที่ 9 สับประรดสีพันธุ์ *Neoregelia* 'Zoe'



ภาพผนวกที่ 10 สับประรดสีพันธุ์ *Tillandsia xerographica*



ภาพผนวกที่ 11 สับประรดสีพันธุ์ *Vriesea splendens*



ภาพผนวกที่ 12 เครื่องวัดการแลกเปลี่ยนก๊าซและอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงรุ่น LI-6400XT,  
LI-COR, USA



ภาพผนวกที่ 13 กล้องจุลทรรศน์ Carl Zeiss รุ่น AXIO Primo Star iLED (Carl Zeiss, Germany)  
ซึ่งประกอบด้วยกล้องถ่ายภาพ Canon รุ่น EOS 1000D

## ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ - นามสกุล	นายธีร โชติ อีสวัสดิ์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	17 กันยายน พ.ศ. 2528
สถานที่เกิด	อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต พืชสวน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขต บางพระ จังหวัดชลบุรี
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	ผู้จัดการสวน
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	สวนสมพงษ์ อ.นาจอมเทียน อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-