

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงและการเจริญเติบโต
ของต้นอ่อนวานิลลาพันธุ์ Haapape ในโรงเรือน 2 แบบ
Comparison of Photosynthetic Efficiency and Growth in
Vanilla tahitensis 'Haapape' Plantlet under Two Greenhouse Conditions

เอกนรี ชันทอง¹ พัชรียา บุญกอแก้ว^{1,*} และ พูนพิภพ เกษมทรัพย์¹
E. Khanthong¹, P. Boonkorkaew^{1,*} and P. Kasemsap¹

¹ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

¹ Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900 Thailand

วันที่รับเรื่อง: 8 พฤษภาคม 2562

Received: 8 May 2019

วันที่แก้ไขบทความเสร็จ: 24 พฤษภาคม 2562

Revised: 24 May 2019

วันที่รับตีพิมพ์บทความ: 31 พฤษภาคม 2562

Accepted: 31 May 2019

* Corresponding author: agrpyb@ku.ac.th

ABSTRACT: The study of growth and photosynthetic parameters of one-year-old *Vanilla tahitensis* 'Haapape' plantlets after transplantation from tissue culture were compared under two greenhouses types, including a 50% net shading greenhouse (net shading greenhouse) and environment control semi-open greenhouse (plastic greenhouse). This study was conducted at Thai Orchids Co., Ltd., Damnoen Saduak district, Ratchaburi province from January 2017 to January 2018. The results showed that a number of leaves and internodes of *V. tahitensis* 'Haapape' plantlets were higher under the plastic greenhouse than net shading greenhouse, whereas other growth parameters did not differ among the treatments. The different types of greenhouse were unaffected in the photosynthetic pattern of vanilla plantlet that demonstrated the positive values of CO₂ exchange rate (CER) in both day and night times, namely, the C₃-CAM photosynthetic pattern. Nevertheless, vanilla plantlet cultivated under the net shading greenhouse showed higher CER, stomatal conductance (g_s) and transpiration rate (E) than the plastic greenhouse. In addition, the environmental factors such as temperature and relative humidity inside the greenhouses were not different between net shading and plastic greenhouse, while the light intensity, the light reception period, which higher than light saturation point, and precipitation were higher under net shading greenhouse than the plastic greenhouse.

Keywords: Orchid, CO₂ exchange rate, environmental control, greenhouse

บทคัดย่อ

การศึกษาค่าพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงและการเจริญเติบโตของต้นอ่อนวานิลลาพันธุ์ Haapape ภายใต้โรงเรือน 2 แบบ ซึ่งเป็นต้นที่มีอายุ 1 ปี หลังออกจากขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ปลูกเลี้ยงในสภาพแวดล้อมโรงเรือนที่ใช้ตาข่ายพรางแสง 50 เปอร์เซ็นต์ (โรงเรือนหลังคาตาข่ายพรางแสง) เปรียบเทียบกับโรงเรือนกึ่งเปิดควบคุมสภาพแวดล้อม (โรงเรือนหลังคาพลาสติก) ณ บริษัท สวนกล้วยไม้ไทย จำกัด อ.ดำเนินสะดวก จ.ราชบุรี ตั้งแต่เดือนมกราคม 2560 ถึงเดือนมกราคม 2561 พบว่า ต้นอ่อนวานิลลาที่ปลูกภายใต้โรงเรือนหลังคาพลาสติก มีจำนวนใบ และจำนวนปล้องมากกว่าโรงเรือนหลังคาตาข่ายพรางแสง ในขณะที่ค่าพารามิเตอร์การเจริญเติบโตอื่น ๆ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งการปลูกต้นอ่อนวานิลลาในโรงเรือนที่มีสภาพแวดล้อมต่างกันทั้ง 2 แบบ ไม่ส่งผลต่อรูปแบบการสังเคราะห์ด้วยแสงของต้นอ่อนวานิลลาที่มีการแลกเปลี่ยน CO_2 มีค่าเป็นบวกในเวลากลางวันและกลางคืน แสดงให้เห็นถึงรูปแบบเป็น C_3 -CAM แต่มีผลต่อค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CER) ค่าการเปิดปิดปากใบ (g_s) และอัตราการคายน้ำ (E) โดยต้นอ่อนวานิลลาที่ปลูกในโรงเรือนหลังคาตาข่ายพรางแสงมีค่าเฉลี่ยดังกล่าวสูงกว่าที่ปลูกในโรงเรือนหลังคาพลาสติก ถึงแม้สภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนทั้งสองมีอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ไม่แตกต่างกัน แต่ในโรงเรือนหลังคาตาข่ายพรางแสงมีความเข้มแสงและระยะเวลาที่ได้รับแสงถึงจุดอิ่มตัวแสงยาวนานกว่า และได้รับปริมาณน้ำฝนมากกว่าโรงเรือนหลังคาพลาสติก

คำสำคัญ: กล้วยไม้, ควบคุมสภาพแวดล้อม, อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, โรงเรือน

บทนำ

วานิลลา (Vanilla) เป็นพืชอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง พันธุ์ที่นิยมปลูกทั่วโลกมี 3 พันธุ์ คือ *V. planifolia*, *V. tahitensis* และ *V. pompona* วานิลลาต้องใช้เวลาในการปลูกเลี้ยง 2–3 ปี (Andrzejewski *et al.*, 2011) จึงจะออกดอก ปัจจัยด้านสภาพภูมิประเทศและสภาพภูมิอากาศมีส่วนสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการออกดอก อีกทั้งเป็นพืชที่ต้องดูแลในการปลูกเลี้ยงเป็นอย่างดี จึงทำให้วานิลลามีมูลค่าทางการตลาดสูง สำหรับการปลูกเลี้ยงวานิลลาในประเทศไทยเชิงการค้า นิยมปลูกพันธุ์ *V. planifolia* และปลูกเลี้ยงในระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล ไม่น้อยกว่า 400 เมตร หรือที่มีอากาศหนาวเย็น จึงจะสามารถออกดอกได้ และพันธุ์ *V. tahitensis* เป็นที่นิยมปลูกกันมากในประเทศตาดิตีและปาปัวนิวกินี เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่สามารถปลูกและออกดอกในพื้นที่สูงจากระดับน้ำทะเล ที่น้อยกว่า 200 เมตร ในปี พ.ศ. 2556 Malachuchong (2013) ได้ทำการศึกษาการสังเคราะห์ด้วยแสงและการเจริญเติบโตของวานิลลา 4 พันธุ์ ได้แก่ *V. planifolia*, *V. tahitensis* ‘Haapape’, *V. tahitensis* ‘Tahiti’ และ *V. pompona* ซึ่งเป็นต้นที่ได้จากการปักชำเถาและปลูกเลี้ยงภายใต้โรงเรือนกันฝนที่มีการพรางแสง 50 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2 ปี 4 เดือน พบว่า ทั้ง 4 พันธุ์มีอัตราการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน และมีรูปแบบการสังเคราะห์ด้วยแสงแบบ Crassulacean Acid Metabolism (CAM) ซึ่งในการผลิตเชิงอุตสาหกรรมนั้น การขยายพันธุ์โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมีความจำเป็นอย่างมาก เพราะทำให้ได้ต้นที่มีความสม่ำเสมอเป็นจำนวนมากในเวลาอันรวดเร็ว แต่สำหรับประเทศไทยยังไม่มีข้อมูล เกี่ยวกับสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนต่อการเจริญเติบโตและการสังเคราะห์ด้วยแสงของต้นอ่อนวานิลลาพันธุ์ Haapape ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการปลูกเลี้ยงต้นอ่อนวานิลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตต่อไป ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบค่าการสังเคราะห์ด้วยแสงและการเจริญเติบโตของวานิลลาพันธุ์ Haapape ในโรงเรือนที่แตกต่างกัน 2 แบบ

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมพืชทดลอง

นำต้นอ่อนวานิลลา พันธุ์ Haapape (*V. tahitensis* 'Haapape') ที่มีอายุ 1 ปี หลังออกจากขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ปลูกในกระถางพลาสติกขนาด 15 นิ้ว ด้วยวัสดุจากบะพร้าวสับผสมเม็ดดินเผา อัตราส่วน 1 : 1 ทั้งหมด 24 กระถาง (12 กระถางต่อโรงเรือน)

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองโดยการเปรียบเทียบโรงเรือนที่มีสภาพแวดล้อมต่างกัน 2 แบบ ต่อการ

เจริญเติบโตของต้นอ่อนวานิลลา โดยมีโรงเรือน 2 โรงเรือน คือ โรงเรือนแบบที่เกษตรกรใช้โดยหลังคาซึ่งด้วยตาข่ายพรางแสงสีดำ 50 เปอร์เซ็นต์ (โรงเรือนหลังคาตาข่ายพรางแสง, Figure 1A) และโรงเรือนกึ่งเปิดควบคุมสภาพแวดล้อม ซึ่งหลังคาด้านบนซึ่งด้วยตาข่ายพรางแสงเช่นเดียวกับโรงเรือนตาข่ายพรางแสง และมีหลังคาพลาสติกใสด้านล่างห่างจากตาข่ายพรางแสงประมาณ 1 เมตร โดยมีความสูงจากพื้นดินถึงหลังคาพลาสติก 4 เมตร และด้านข้างคลุมด้วยพลาสติก 4 ด้าน มีความยาวจากหลังคาลงมาด้านข้างประมาณ 1.5 เมตร ภายในโรงเรือนติดตั้งพัดลมระบายอากาศเข้า 2 ตัว และระบายอากาศออก 2 ตัว ด้านบนหลังคาพลาสติกติดตั้งลูกหมุนระบายอากาศ 8 ลูก (โรงเรือนหลังคาพลาสติก, Figure 1B) แต่ละโรงเรือนมีขนาด 20 × 40 ตารางเมตร



Figure 1 Net shading greenhouse (A) and plastic greenhouse (B) for *Dendrobium* and *Vanilla* orchids production

การบันทึกข้อมูล

การเจริญเติบโตของต้นอ่อนวานิลลา

จัดเก็บข้อมูลทุก 1 เดือน เป็นเวลา 1 ปี (เดือนมกราคม 2560 ถึงเดือนมกราคม 2561) ได้แก่ จำนวนใบ

เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น จำนวนปล้อง และความสูงต้น วิเคราะห์ปริมาณรงควัตถุในใบ ได้แก่ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี คลอโรฟิลล์รวม และ แคโรทีนอยด์ โดยใช้ใบตำแหน่งที่ 3 นับจากส่วนยอด ตัดใบบริเวณ

กลางใบให้มีขนาด 1 ตารางเซนติเมตร จำนวน 1 ชิ้น ต่อใบ นำชิ้นส่วนใบใส่ลงในสารละลาย N,N' -dimethylformamide (DMF) ปริมาตร 3 มิลลิลิตร วางไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 4°C นาน 24 ชั่วโมง (Hughes *et al.*, 2007) แล้วดูดสารสกัดที่ได้ไปวัดการดูดกลืนแสงที่ A_{480} , A_{647} และ A_{664} เพื่อหาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี คลอโรฟิลล์รวม และ แคโรทีนอยด์

ค่าพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสง

หลังจากที่ต้นอ่อนวานิลลาที่มีอายุ 7 เดือนหลังปลูกในโรงเรือนทั้ง 2 แบบ วัดอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 exchange rate, CER) อัตราการคายน้ำ (transpiration rate, E) ด้วยเครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงรุ่น LI-6400XT (Li-Cor Inc., Lincoln, NE, USA) ที่ติดตั้งกล่องบรรจุใบแบบ Standard 2×3 cm Chamber (6400-08 Clear Chamber Bottom, LI-COR, USA) ที่มีฝาปิดด้านบนใบ เพื่อให้ใบวานิลลาได้รับแสงตามธรรมชาติ สำหรับการวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง วัดค่าในใบตำแหน่งที่ 3 นับจากส่วนยอดที่มีการเจริญเติบโตเต็มที่ โดยวัดบริเวณกึ่งกลางของความยาวใบ ในขณะที่ใบติดอยู่กับเถา โดยบันทึก 3 ค่าต่อใบ และวัดค่าในช่วงเวลา 10:00, 12:00 และ 14:00 น. ในเวลากลางวัน และ 22:00, 24:00 และ 02:00 น. ในเวลากลางคืน ทุก 2 เดือน (เดือนกรกฎาคม กันยายน พฤศจิกายน 2560 และมกราคม 2561) รวมทั้งบันทึกข้อมูลสภาพแวดล้อมของทั้งสองโรงเรือน ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเข้มแสง ตลอดจนการทดลองด้วยเครื่องบันทึกสภาพแวดล้อมอัตโนมัติ Vantage Pro 2 (Davis Instruments, IL, USA)

ผลการทดลองและวิจารณ์

สภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนทดลอง

อุณหภูมิเฉลี่ยในเดือนกรกฎาคม กันยายน พฤศจิกายน 2560 และมกราคม 2561 พบว่า อุณหภูมิ

ภายในโรงเรือนหลังคาตาข่ายพรางแสงและโรงเรือนหลังคาพลาสติกมีค่าสูงสุดในช่วงเวลากลางวันตั้งแต่ 13:00–14:00 น. และอุณหภูมิต่ำสุดในช่วงเวลา 05:00–06:00 น. โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในเดือนกันยายน ภายในโรงเรือนหลังคาตาข่ายพรางแสงสูงสุดเท่ากับ 34.5°C อุณหภูมิเฉลี่ยช่วงกลางวันและกลางคืนมีค่าสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 31.4°C และ 27.0°C ตามลำดับ และภายในโรงเรือนหลังคาพลาสติกสูงสุด เท่ากับ 35.6°C อุณหภูมิเฉลี่ยช่วงกลางวันและกลางคืน มีค่าสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 31.6°C และ 26.7°C ตามลำดับ (Figure 2A) และความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนหลังคาตาข่ายพรางแสงสูงสุดเฉลี่ยช่วงกลางวันและกลางคืน มีค่าเท่ากับ 89.1 เปอร์เซ็นต์ และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และโรงเรือนหลังคาพลาสติกสูงสุดเฉลี่ยช่วงกลางวันและกลางคืน มีค่าเท่ากับ 88.4 เปอร์เซ็นต์ และ 99.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Figure 2B) ความเข้มแสงเฉลี่ยในรอบปีของทั้งสองโรงเรือน พบว่า ในช่วงเวลากลางวัน (6:00–18:00 น.) ในโรงเรือนหลังคาตาข่ายพรางแสงมีความเข้มแสงมากกว่าโรงเรือนหลังคาพลาสติก ค่าความเข้มแสงเริ่มตั้งแต่ เวลา 6:00 น. และมีค่าสูงสุดในเวลา 13:00 น. จากนั้นจะเริ่มลดลง โดยในโรงเรือนหลังคาพรางแสงมีค่าถึง $0 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ในเวลา 19:00 น. ส่วนในโรงเรือนหลังคาพลาสติก ค่าความเข้มแสงจะมีค่าลดลงและมีค่าถึง $0 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ในเวลา 18:00 น. โดยความเข้มแสงสูงสุดในโรงเรือนหลังคาตาข่ายพรางแสงได้รับความเข้มแสงสูงสุดเฉลี่ย $510.8 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ในเดือนกันยายน ในขณะที่โรงเรือนหลังคาพลาสติกมีความเข้มแสงสูงสุดเฉลี่ย $328.1 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ในเดือนมกราคม นอกจากนี้พบว่า จำนวนชั่วโมงที่มีความเข้มแสงมากกว่า $200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ในโรงเรือนหลังคาตาข่ายพรางแสงนานกว่าในโรงเรือนหลังคาพลาสติก 3–4 ชั่วโมง (Figure 2C) รวมทั้งโรงเรือนหลังคาตาข่ายพรางแสงมีปริมาณน้ำฝนสูงกว่าโรงเรือนหลังคาพลาสติก พบว่า ปริมาณน้ำฝนถูกบันทึกจากสถานีตรวจวัดสภาพอากาศอัตโนมัติที่ติดตั้งอยู่

ภายนอกโรงเรือนทั้งสอง โดยปริมาณน้ำฝนรวมในรอบเดือนตลอดระยะเวลา 1 ปี พบว่าในเดือนมิถุนายน 2560 มีปริมาณน้ำฝนรวมสูงที่สุดเท่ากับ 263.2 มิลลิเมตร

และเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนรวมต่ำที่สุดคือเดือนเมษายน 2560 เท่ากับ 36.9 มิลลิเมตร (Figure 3)

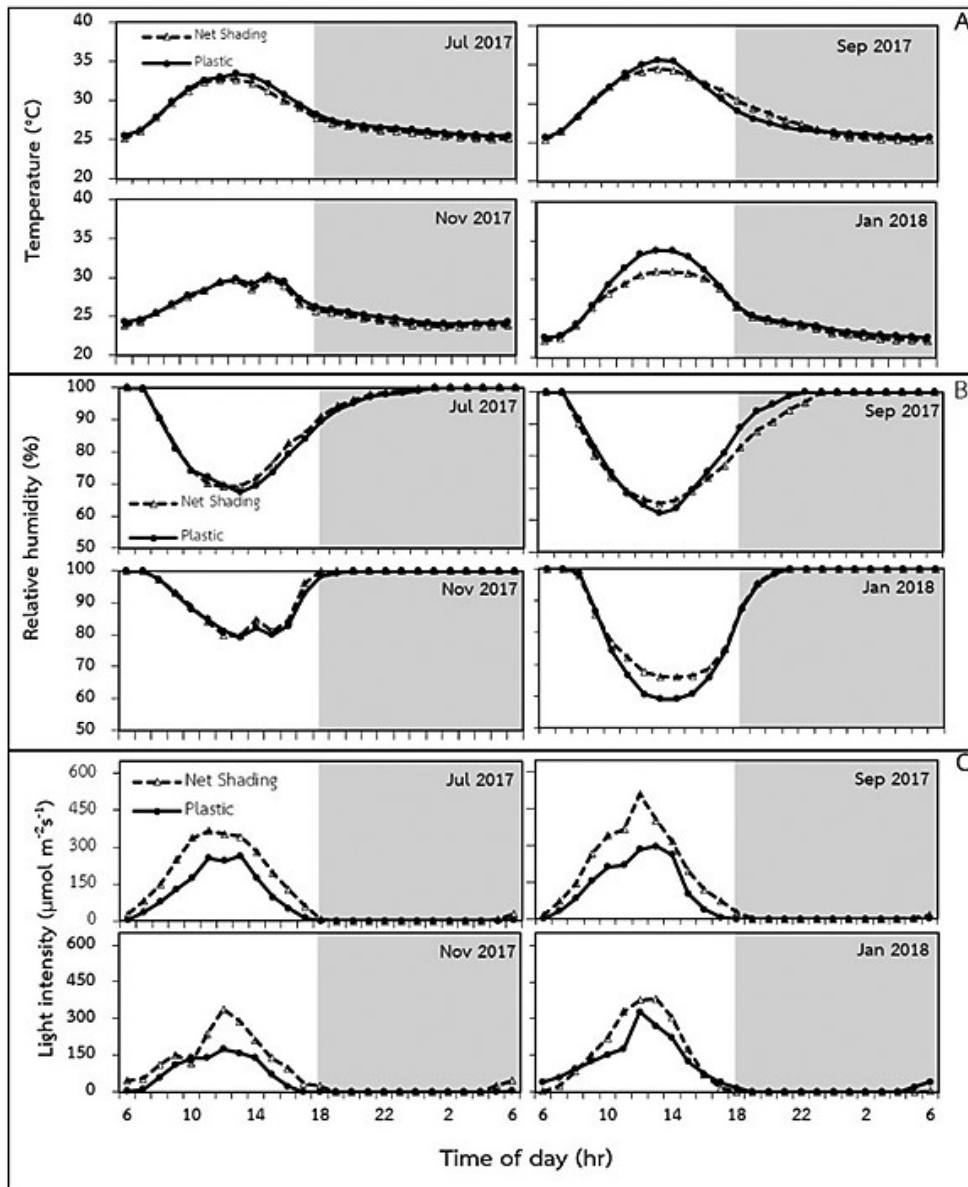


Figure 2 The diurnal changes in air temperature (A), relative humidity (B) and light intensity (C) under two greenhouses types

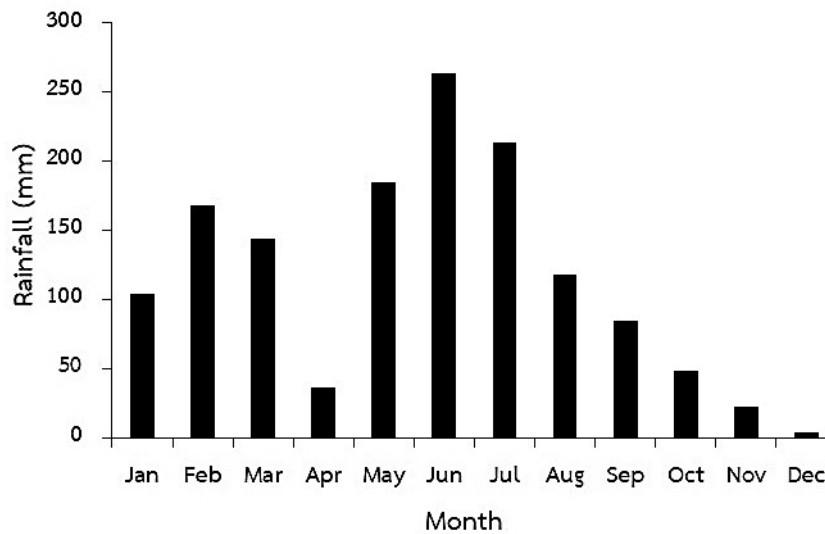


Figure 3 Total monthly rainfall in January to December 2017 outside the greenhouse

ค่าพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสง

จากการวัดค่าพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงของต้นอ่อนวานิลลาพันธุ์ Haapape (*V. tahitensis* ‘Haapape’) ที่ขยายพันธุ์จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อปลุกเลี้ยงภายใต้โรงเรือนหลังคาตาข่ายพรางแสงและโรงเรือนหลังคาพลาสติก หลังจากปลูกเป็นระยะเวลา 7 เดือน ต้นอ่อนวานิลลาที่มีอายุ 1 ปี 7 เดือน จนกระทั่งต้นอ่อนวานิลลาที่มีอายุครบ 2 ปี พบว่า การปลูกต้นอ่อนวานิลลาในโรงเรือนที่มีสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน 2 แบบ ไม่ส่งผลต่อรูปแบบการสังเคราะห์ด้วยแสงของต้นอ่อนวานิลลา นั่นคือ ต้นอ่อนวานิลลามีรูปแบบการสังเคราะห์ด้วยแสงแบบ C_3 -CAM แต่มีผลต่อค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CER) ค่าการเปิดปิดปากใบ และอัตราการคายน้ำ ดังนี้

อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂ exchange rate, CER)

ค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CER) ของต้นอ่อนวานิลลาที่ปลูกในโรงเรือนหลังคาตาข่ายพรางแสงมี ค่าเฉลี่ย CER สูงสุดมากกว่าโรงเรือนหลังคาพลาสติก โดยค่า CER ของต้นอ่อนวานิลลาที่

ปลุกเลี้ยงภายใต้โรงเรือนหลังคาตาข่ายพรางแสงและโรงเรือนหลังคาพลาสติกในเดือนกรกฎาคม กันยายน และพฤศจิกายน 2560 มีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 12:00 น. โดยค่า CER ในโรงเรือนหลังคาตาข่ายพรางแสง สูงกว่าเฉลี่ย 1.59, 1.22 และ 1.86 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ในเดือนกรกฎาคม กันยายน และพฤศจิกายน ตามลำดับ แตกต่างกับที่ปลูกภายในโรงเรือนหลังคาพลาสติกที่มีค่าเฉลี่ย 1.15, 0.87 และ 1.20 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ในเดือนกรกฎาคม กันยายน และพฤศจิกายน ตามลำดับ และในเดือนมกราคม 2561 พบว่า CER มีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 24:00 น. โดยค่า CER ในโรงเรือนหลังคาตาข่ายพรางแสง สูงกว่าเฉลี่ย 1.08 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ แตกต่างกับที่ปลูกภายในโรงเรือนหลังคาพลาสติกที่มีค่าเฉลี่ย 0.36 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ตามลำดับ (Figure 4) โดยพบว่าต้นอ่อนวานิลลาที่ปลูกในโรงเรือนหลังคาตาข่ายพรางแสงส่วนใหญ่มีแนวโน้มค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าในโรงเรือนหลังคาพลาสติก อาจเนื่องมาจากการที่ต้นอ่อนวานิลลาในโรงเรือนหลังคาตาข่ายพรางแสงได้จำนวนชั่วโมงที่มีความเข้มแสงมากกว่า 200 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ นานกว่าโรงเรือนหลังคาพลาสติก โดยในโรงเรือนหลังคาตาข่ายพรางแสงได้รับ

แสงที่มีความเข้มแสงมากกว่า $200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ยาวนานถึง 7 ชั่วโมง ในขณะที่โรงเรือนหลังคาพลาสติกได้รับเพียง 4 ชั่วโมง มีผลให้พลังงาน NADPH และ ATP ซึ่งเป็นพลังงานเคมีที่ได้จากปฏิกิริยา photochemical มากเพียงพอต่อการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Zhang *et al.* (1993) ศึกษาการสังเคราะห์ด้วยแสงและการเจริญเติบโตของ *V. fragrans* ที่ปลูกในโรงเรือนตาข่ายพรางแสงที่ความเข้มแสงแตกต่างกัน พบว่าการพรางแสง 50 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ค่า leaf photosynthesis carbon gain มีค่าสูงสุด และจากการทดลองพบว่าค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นบวกทั้งในตอนกลางวันและกลางคืนเป็นการสังเคราะห์แสงแบบ C_3 -CAM โดยการที่มีอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นบวกในตอนกลางวันนั้น แสดงให้เห็นว่า ต้นอ่อนวานิลลามีรูปแบบการสังเคราะห์ด้วยแสงแบบ C_3 อาจเนื่องมาจากต้นวานิลลาที่ใช้ในการทดลอง ยังมีอายุ

น้อย มีการเจริญเติบโตและพัฒนาไม่เต็มที่ (Juvenile phase) และจากงานวิจัยของ Zhang and Li (1991) พบว่า การแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของใบ *V. planifolia* จะแตกต่างกันตามอายุใบ โดยใบอ่อนมีการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แบบ C_3 ซึ่งมีการเปิดปากใบเพื่อแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และคายน้ำในเวลากลางวัน ในขณะที่ใบที่พัฒนาเต็มที่ มีการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แบบ CAM และจากงานวิจัยของ Malachuaamong (2013) ได้ศึกษาการสังเคราะห์ด้วยแสงและการเจริญเติบโตของวานิลลา 4 พันธุ์ที่มีอายุต้น 2 ปี 4 เดือน จากการปักชำต้น พบว่ามีรูปแบบการสังเคราะห์ด้วยแสงแบบ CAM อีกทั้งการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมจะทำให้รูปแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปลี่ยนแปลงได้เช่นกัน โดยกล้วยไม้อาจไม่ได้มีค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นบวกเฉพาะในตอนกลางวันเท่านั้น

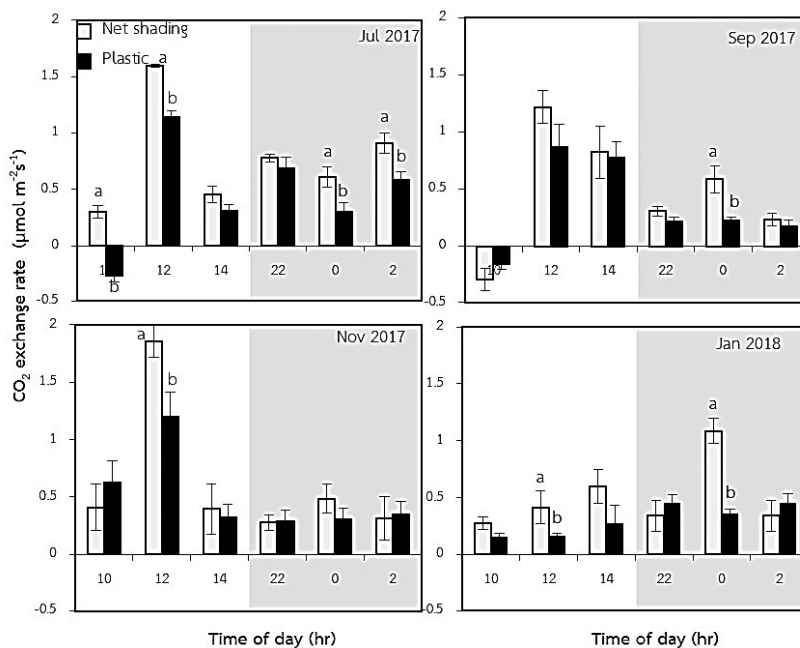


Figure 4 The diurnal leaf net CO₂ exchange rate (CER) of *V. tahitensis* 'Haapape' that cultivated under two greenhouses types in July, September, November 2017 and January 2018. Vertical bars represent \pm SE of mean (n = 4)

การเปิดปิดปากใบ (stomatal conductance, g_s)

การเปิดปิดปากใบ (g_s) ของต้นอ่อนวานิลลาที่ปลูกเลี้ยงในโรงเรือนหลังคาตาข่ายพรางแสงและโรงเรือนหลังคาพลาสติก สอดคล้องกับอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คือ มีการเปิดปิดปากใบน้อยเมื่อมีค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ และมีค่าการเปิดปิดปากใบเพิ่มขึ้นเมื่อค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง และการเปิดปิดปากใบแสดงถึงระดับการเปิดกว้างของปากใบ ค่าที่สูงหมายถึงปากใบเปิดได้กว้างมาก (Chuennakorn, 2010) การเปิดปิดปากใบของต้นอ่อนวานิลลาพันธุ์ Haapape ที่ปลูกเลี้ยงภายใต้โรงเรือนหลังคาตาข่ายพรางแสงและโรงเรือนหลังคาพลาสติก พบว่า มีการเปิดปิดปากใบต่ำในช่วงเวลากลางวัน จากนั้นค่ามีแนวโน้มสูงขึ้นในเวลากลางคืน (Figure 5) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ

Chuennakorn (2010) ได้รายงานว่ ใบกล้วยไม้สกุลหวาย พันธุ์บอมโม่ มีค่า g_s ต่ำมากในช่วงมีแสง และมีค่าสูงขึ้นในเวลากลางคืน สำหรับการทดลองนี้ ต้นอ่อนวานิลลา มีการเปิดปิดปากใบสูงที่สุดในช่วงเวลากลางคืน โดยในโรงเรือนหลังคาตาข่ายพรางแสงมีการเปิดปิดปากใบสูงสุดเฉลี่ย 18.05, 44.96 และ 43.33 $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ในเดือนกรกฎาคม กันยายน และมกราคม ตามลำดับ (Figure 5) ค่าการเปิดปิดปากใบของต้นอ่อนวานิลลา มีค่าต่ำในช่วงเวลากลางวันเพื่อลดการสูญเสียน้ำ ส่วนในเวลากลางคืนมีแนวโน้มสูงขึ้นเพื่อตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ไว้ใช้สังเคราะห์ด้วยแสงในเวลากลางวัน (Lin, 2009) จากงานวิจัยของ Malachumong (2013) พบว่า ค่าการเปิดปิดปากใบของวานิลลาจะมีค่าสูงเมื่อความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิสูงกว่า 32°C ค่าการเปิดปิดปากใบจะมีค่าลดลงเพื่อลดการสูญเสียน้ำในรูปของการคายน้ำ

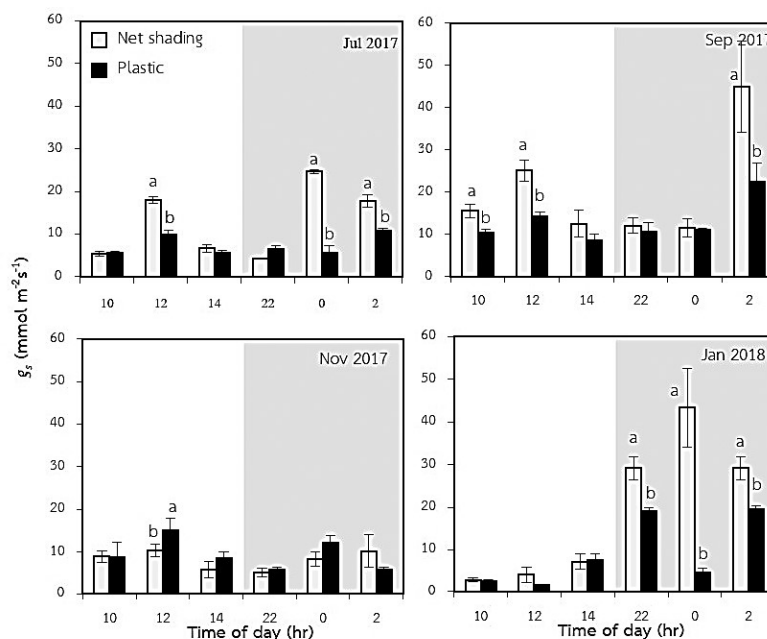


Figure 5 Stomatal conductance (g_s) of *V. tahitensis* ‘Haapape’ that cultivated under two greenhouses types in July, September, November 2017 and January 2018. Vertical bars represent \pm SE of mean ($n = 4$)

อัตราการคายน้ำ (transpiration rate, E)

อัตราการคายน้ำ (E) ของต้นอ่อนวานิลลา พันธุ์ Haapape ที่ปลูกเลี้ยงในโรงเรือนหลังคาตาข่ายพรางแสงและโรงเรือนหลังคาพลาสติก มีอัตราการคายน้ำสูงสุดในช่วงเวลากลางวัน เนื่องจากอุณหภูมิในตอนกลางวันค่อนข้างสูงทำให้ใบพืชต้องระเหยความร้อนที่ใบได้รับโดยแฝงไปกับน้ำที่ออกจากใบด้วยกระบวนการคายน้ำ เพื่อลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับใบ (Kasemsap, 2011) ในช่วงเวลา 12:00 น.

โดยในโรงเรือนหลังคาตาข่ายพรางแสง มีอัตราการคายน้ำสูงสุดเฉลี่ย 0.59, 0.82 และ 0.30 $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ในเดือนกรกฎาคม กันยายน และมกราคม ตามลำดับ และในโรงเรือนหลังคาพลาสติกมีอัตราการคายน้ำสูงสุดเฉลี่ย 0.30, 0.53 และ 0.40 $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ในเดือนกรกฎาคม กันยายน และพฤศจิกายน ตามลำดับ โดยส่วนใหญ่พบว่า ต้นอ่อนวานิลลาที่ปลูกเลี้ยงภายในโรงเรือนหลังคาตาข่ายพรางแสงมีค่าอัตราการคายน้ำสูงกว่าโรงเรือนหลังคาพลาสติก (Figure 6)

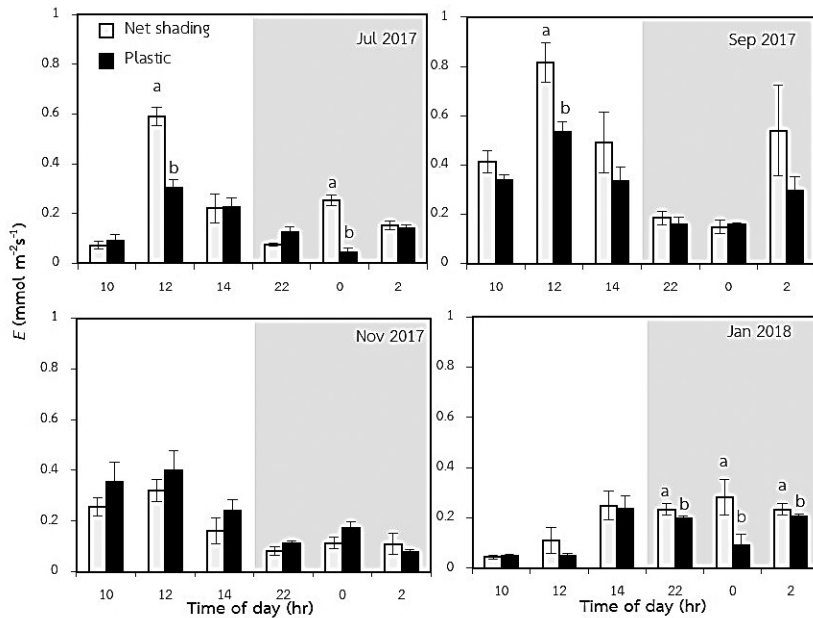


Figure 6 Transpiration rate (E) of *V. tahitensis* ‘Haapape’ that cultivated under two greenhouses types in July, September, November 2017 and January 2018. Vertical bars represent \pm SE of mean (n = 4)

การเจริญเติบโต

วานิลลาพันธุ์ Haapape มีการเจริญเติบโตเป็นเถายาว มีข้อ ปล้อง แต่ละปล้องมีใบออกตามข้อ 1 ใบ ต้นมีการเจริญเติบโตเร็วมาก เพิ่มทั้งจำนวนใบและจำนวนปล้อง พบว่า ใน 3 เดือนแรก (มกราคม-มีนาคม 2560) ต้นมีจำนวนใบและจำนวนปล้องไม่แตกต่างกัน ตั้งแต่เดือนเมษายน 2560 ถึงเดือนมกราคม

2561 ต้นมีจำนวนใบและจำนวนปล้องแตกต่างกันเมื่อต่างสภาพแวดล้อม โดยต้นที่ปลูกภายใต้โรงเรือนหลังคาพลาสติกมีจำนวนใบและจำนวนปล้องมากกว่าต้นที่ปลูกภายใต้โรงเรือนหลังคาตาข่ายพรางแสง การบันทึกผลในเดือนมกราคม 2561 พบว่า มีจำนวนใบสูงสุดเฉลี่ย 59.83 ใบ (Figure 7) และปล้องสูงสุดเฉลี่ย 59.83 ปล้อง (Figure 8) เส้นผ่านศูนย์กลางปล้อง

มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกเดือนตลอดระยะเวลาการปลูก แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยต้นที่ปลูกภายใต้โรงเรือนหลังคาตาข่ายพรางแสงและโรงเรือนหลังคาพลาสติก มีเส้นผ่านศูนย์กลางปล้องเฉลี่ย 6.60 และ 6.86 มิลลิเมตร ตามลำดับ (Figure 9) พบว่า ต้นวานิลลาในโรงเรือน

หลังคาพลาสติกมีความยาวเถามากกว่าเฉลี่ย 468.79 เซนติเมตร และต้นที่ปลูกภายใต้โรงเรือนหลังคาตาข่ายพรางแสงมีความยาวเถาเฉลี่ย 377.65 เซนติเมตร แต่มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Figure 10)

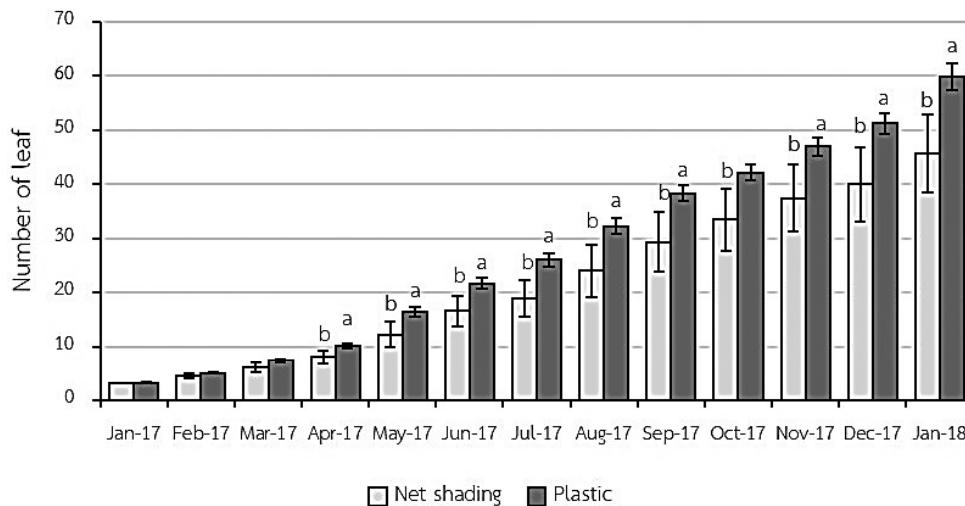


Figure 7 Leaf number of *V. tahitensis* 'Haapape' that cultivated under two greenhouses types from January 2017 to January 2018. Vertical bars represent \pm SE of mean (n = 12)

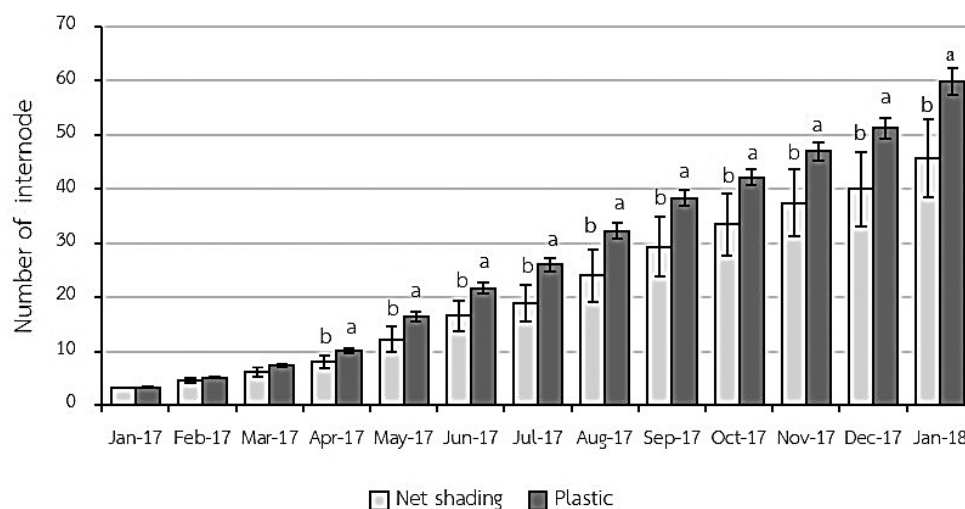


Figure 8 Internode number of *V. tahitensis* 'Haapape' that cultivated under two greenhouses types from January 2017 to January 2018. Vertical bars represent \pm SE of mean (n = 12)

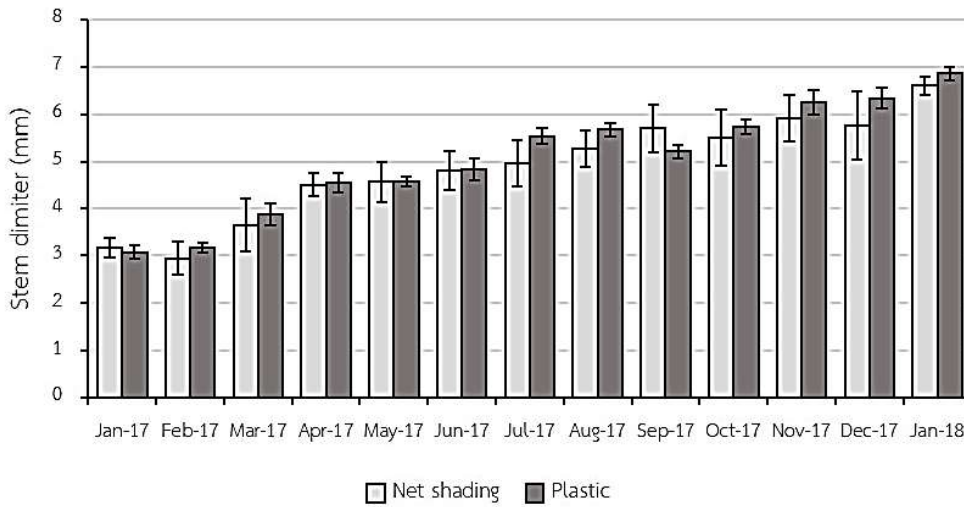


Figure 9 Stem diameter of *V. tahitensis* 'Haapape' that cultivated under two greenhouses types from January 2017 to January 2018. Vertical bars represent \pm SE of mean (n = 12)

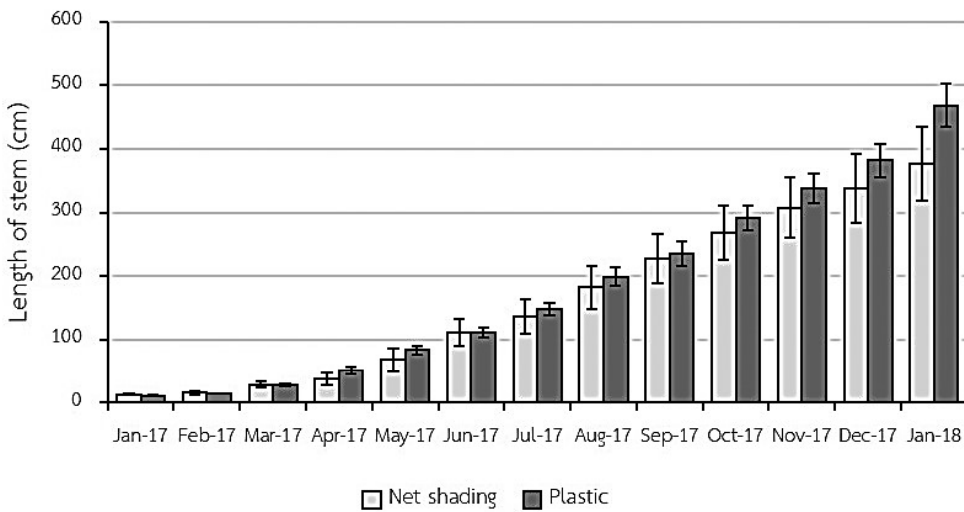


Figure 10 Stem length of *V. tahitensis* 'Haapape' that cultivated under two greenhouses types from January 2017 to January 2018. Vertical bars represent \pm SE of mean (n = 12)

ปริมาณรังควัตถุ

ปริมาณรังควัตถุในใบของต้นอ่อนวานิลลา พันธุ์ Haapape ที่ปลูกภายใต้โรงเรือนหลังคาตาข่ายพรางแสงและโรงเรือนหลังคาพลาสติก พบว่า ปริมาณ

รังควัตถุ ได้แก่ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี คลอโรฟิลล์รวม และแคโรทีนอยด์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 1)

Table 1 Chlorophyll and carotenoid contents of *V. tahitensis* ‘Haapape’ that cultivated under two greenhouses types

Pigment	Type of Greenhouse	Month/Year		
		November 2017	December 2017	January 2018
Chlorophyll a	Net shading	9.25	9.08	8.77
	Plastic	8.88	8.45	8.00
	T-test	ns	ns	ns
	C.V.(%)	7.65	10.49	9.63
Chlorophyll b	Net shading	4.03	4.13	3.94
	Plastic	3.97	3.92	3.69
	T-test	ns	ns	ns
	C.V.(%)	6.12	8.55	8.09
Total Chlorophyll	Net shading	13.28	13.22	12.71
	Plastic	12.85	12.37	11.69
	T-test	ns	ns	ns
	C.V.(%)	7.12	9.84	9.02
Carotenoid	Net shading	1.27	1.25	1.29
	Plastic	1.25	1.28	1.18
	T-test	ns	ns	ns
	C.V.(%)	5.61	8.44	8.72

Note: ns = not significant difference

สรุป

การศึกษาค่าพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงและการเจริญเติบโตของต้นอ่อนวานิลลาพันธุ์ Haapape ภายใต้โรงเรือน 2 แบบ โดยปลูกต้นที่มีอายุ 1 ปี หลังออกจากขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ปลูกเลี้ยงในสภาพแวดล้อมโรงเรือนหลังคาตาข่ายพรางแสงเปรียบเทียบกับโรงเรือนหลังคาพลาสติก พบว่าต้นอ่อนวานิลลามีการแลกเปลี่ยน CO_2 มีค่าเป็นบวกในเวลากลางวันและเวลากลางคืนแสดงให้เห็นถึงรูปแบบเป็น

C₃-CAM แม้ว่าสภาพแวดล้อมแวดล้อมภายในโรงเรือนทั้งสองมีอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ไม่แตกต่างกัน แต่ในโรงเรือนหลังคาตาข่ายพรางแสงมีความเข้มแสงและระยะเวลาที่ได้รับแสงถึงจุดอิ่มตัวแสง (light saturation point) ยาวนานกว่า และได้รับปริมาณน้ำฝนมากกว่าโรงเรือนหลังคาพลาสติก ดังนั้นต้นวานิลลาที่ปลูกในโรงเรือนหลังคาตาข่ายพรางแสงมีแนวโน้มค่าเฉลี่ยค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CER) ค่าการปิดปากใบ (g_s) และอัตราการคายน้ำ (E) สูงกว่าที่ปลูกในโรงเรือนหลังคาพลาสติก เมื่อวัด

การเจริญเติบโต พบว่าต้นที่ปลูกภายใต้โรงเรือนหลังคาพลาสติก มีจำนวนใบ และจำนวนปล้องมากกว่าต้นในโรงเรือนหลังคาตาข่ายพรางแสง จากการวิจัยพบว่าค่าพารามิเตอร์การเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดังนั้นโรงเรือนที่มีสภาพแวดล้อมต่างกันทั้ง 2 แบบ จึงไม่ส่งผลต่อรูปแบบการสังเคราะห์ด้วยแสงของต้นอ่อนวานิลลา

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการทำกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนวิจัย แผนพัฒนาศักราชบัณฑิตวิทยาลัยรุ่นใหม่ จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2561 และขอขอบคุณ บริษัทกล้วยไม้ไทย จำกัด (TOC) ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Andrzejewski, S.L., C. Brunschwig, F.X. Collard and M. Dron. 2011. Morphological, Chemical, Sensory, and Genetic Specificities of Tahitian Vanilla, pp. 205–228. In E. Odoux and M. Grisoni., eds. Medicinal and Aromatic Plants-Industrial Profiles: Vanilla. Vol. 47, CRC Press Taylor & Francis Group, USA.
- Chuennakorn, P. 2010. Diurnal leaf gas exchange of *Dendrobium* spp. Sonia Bom Jo. Agricultural Sci. J. 44(2): 231–240. (in Thai)
- 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 Phytol. 175: 675–685.
- Kasemsap, P. 2011. Biology 2. Textbook of Science and Mathematics., The Promotion of Academic Olympiad and Development of Science Education Foundation under the patronage of Her Royal Highness Princess Galyani Vadhana Krom Luang Naradhiwas Rajanagarindra., 6th edition, Darnsutha Printing Co., Ltd. Bangkok. (in Thai)
- Lin, C.C. 2009. The effects of environmental factors in the induction of crassulacean acid metabolism (CAM) expression in facultative CAM plants. J. Undergrad Neurosci. Educ. 3(1): 64–66.
- Malachumong, L. 2013. Study on Photosynthesis and Growth of Four Vanilla Cultivars. MS Thesis, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Zhang, N.Y. and C.X. Li. 1991. Photosynthetic properties of leaves in *Vanilla planifolia* among different seasons. Acta. Bot. Yunnanica. 13(2): 173–180.
- Zhang, N., X. Dao and C. Li. 1993. Photosynthesis, growth and development in *Vanilla fragrans* cultivated in different shade densities. Acta. Bot. Yunnanica. 15(1): 71–77.