

ผลกระทบของโซเดียมเบนทอนไต์ต่อการเจริญเติบโต คุณภาพดอก
และพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงของกล้วยไม้สกุลหวายโซเนีย ‘เอียสกุล’

Effect of Sodium Bentonite on Growth, Flower Quality
and Photosynthetic Parameters of *Dendrobium Sonia* ‘Earsakul’

ศุภากร สุขชีรัตน์¹ ดวงพร บุญชัย³ เสาวนุช ถาวรพฤษ² และ พัชรียา บุญกอแก้ว^{1,*}

Suphakorn Sukeerat¹, Duangporn Boonchai³, Saowanuch Tawornpruek²

and Patchareeya Boonkorkaew^{1,*}

¹ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

² ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

³ สวนกล้วยไม้ระพี สาคริก ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

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

² Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

³ Rapee Sagarik Orchid Garden, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

รับเรื่อง: 14 กรกฎาคม 2564 Received: 14 July 2021

ปรับปรุงแก้ไข: 31 สิงหาคม 2564 Revised: 31 August 2021

รับตีพิมพ์: 7 กันยายน 2564 Accepted: 7 September 2021

* Corresponding author: agrpyb@ku.ac.th

ABSTRACT: Drilling of natural gas pipelines requires sodium bentonite as a coating to prevent erosion and help lubricate the soil cavities during the pipe pulling process. During drilling, sodium bentonite may leak into soil surfaces, water sources and crop fields. Thus, the purpose of this research was to study the effects of sodium bentonite on growth, flower quality, and photosynthetic parameters of *Dendrobium Sonia* ‘Earsakul’ in the three plant development stages, including juvenile, mature, and flowering stages. The experimental design was completely randomized design with 5 treatments. All three plant stages were watered with 0, 50, 100, 150 and 200 g L⁻¹ of sodium bentonite daily for 2 months. These results demonstrated that all concentrations of sodium bentonite did not affect plant height, plant diameter, leaf size, leaf thickness, leaf greenness, and maximum quantum efficiency of PSII of orchid at all stages of development. However, CO₂ exchange rate, stomatal conductance, and transpiration rate were different in some stages ($P < 0.05$). The number of new pseudobulbs in the juvenile and mature stages were decreased by 10–30%, and increased leaf pigment content ($P < 0.01$) under sodium bentonite exposure, especially at 150 g L⁻¹. Moreover, if sodium bentonite contacted with the inflorescences in the developing phase resulting in deformed flower shape, distorted petal, and faded color petal ($P < 0.01$). In addition, the flowering which adhered with sodium bentonite could not be distributed into the market and shorten vase life by 2–4 days. Therefore, if a leak of sodium bentonite occurs, it should be removed from the orchid plant as much as possible and cut off the damaged inflorescences.

Keywords: Orchids, CO₂ exchange rate, electric conductivity, vase life

บทคัดย่อ

การวางท่อก๊าซธรรมชาติโดยวิธีการเจาะลอดต้องใช้โซเดียมเบนทอไนด์เป็นตัวเคลือบโพรงดิน เพื่อป้องกันการพังทลายและช่วยหล่อลื่นโพรงดินในระหว่างขั้นตอนการติดตั้ง โดยระหว่างการเจาะลอดอาจเกิดการรั่วไหลของโซเดียมเบนทอไนด์ขึ้นบนผิวดิน แหล่งน้ำ และในแปลงปลูกพืช งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบจากโซเดียมเบนทอไนด์ต่อการเจริญเติบโต คุณภาพดอก และพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงของกล้วยไม้สกุลหวายโซเนีย ‘เอียสกุล’ 3 ระยะ คือ ไม้เนื้อ ไม้รุ่น และไม้ดอกออก วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 5 ทรีตเมนต์ รดด้วยโซเดียมเบนทอไนด์ความเข้มข้น 0 50 100 150 และ 200 กรัมต่อลิตร ติดต่อกันทุกวันนาน 2 เดือน ผลการศึกษา พบว่า โซเดียมเบนทอไนด์ทุกระดับความเข้มข้นไม่ส่งผลกระทบต่อความสูงลำ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ ขนาดใบ ความหนาใบ ความเขียวใบ และประสิทธิภาพการใช้แสงสูงสุดของระบบแสง II ในกล้วยไม้ทุกระดับการเจริญเติบโต แต่ส่งผลให้อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การเปิดปิดปากใบ และอัตราการคายน้ำมีค่าแตกต่างกันในบางระยะ ($P < 0.05$) โซเดียมเบนทอไนด์ทุกระดับความเข้มข้นมีผลยับยั้งการแตกหน่อใหม่ในไม้เนื้อและไม้รุ่น 10–30 เปอร์เซ็นต์ และทำให้ใบมีปริมาณรงควัตถุเพิ่มขึ้น ($P < 0.01$) โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ความเข้มข้น 150 กรัมต่อลิตร หากโซเดียมเบนทอไนด์สัมผัสกับช่อดอกในช่วงกำลังพัฒนาส่งผลให้รูปร่างดอกผิดปกติ กลีบบิดเบี้ยว และสีซีดจาง ($P < 0.01$) ส่วนในช่วงดอกบาน ทำให้ดอกมีคราบโคลนโซเดียมเบนทอไนด์เกาะติดอยู่ ไม่สามารถตัดจำหน่ายได้ และอายุการปักแจกันลดลง 2–4 วัน ดังนั้น หากเกิดการรั่วไหลของโคลนโซเดียมเบนทอไนด์ ควรรีบนำออกจากต้นกล้วยไม้ให้มากที่สุด และตัดช่อดอกที่เสียหายทิ้ง

คำสำคัญ: กล้วยไม้, การแลกเปลี่ยนก๊าซ CO_2 , ค่าการนำไฟฟ้า, อายุการปักแจกัน

บทนำ

กล้วยไม้สกุลหวาย (*Dendrobium orchid*) เป็นไม้ดอกไม้ประดับที่สำคัญทางเศรษฐกิจของไทย มีมูลค่าการส่งออกมากกว่า 2,000 ล้านบาทต่อปี (Bureau of Agricultural Economic Research, 2020) ส่วนใหญ่ส่งออกในรูปของไม้กระถางและไม้ตัดดอก โดยมีแหล่งผลิตที่สำคัญในเขตจังหวัดภาคกลาง ได้แก่ สมุทรสาคร นครปฐม ปทุมธานี ราชบุรี นนทบุรี พระนครศรีอยุธยา และกรุงเทพมหานคร ทั้งนี้ ในปี พ.ศ. 2558 คณะกรรมการพลังงานแห่งชาติ มีมติให้วางท่อส่งก๊าซธรรมชาติ เพื่อรองรับความต้องการที่สูงขึ้น โดยมี บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) เป็นผู้รับผิดชอบดำเนินการก่อสร้างโครงการท่อส่งก๊าซธรรมชาติบนบกเส้นที่ 5 ระยะทางประมาณ 415 กิโลเมตร ซึ่งพาดผ่านพื้นที่ 8 จังหวัด ได้แก่ ระยอง ชลบุรี ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี กรุงเทพมหานคร ปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา และนนทบุรี ที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ทำการเกษตรที่สำคัญ เช่น ข้าว พืชผัก และสวนกล้วยไม้ เป็นต้น

สำหรับการดำเนินการวางท่อส่งก๊าซธรรมชาตินั้น ส่วนใหญ่จะใช้วิธีการขุดเปิดหน้าดิน แต่ในบางพื้นที่การวางท่อส่งก๊าซธรรมชาติจำเป็นต้องผ่านสิ่งกีดขวางขนาดใหญ่ เช่น แม่น้ำ ถนน และช่องการจราจร เป็นต้น จึงต้องใช้วิธีการเจาะลอดแทน (Horizontal directional drilling, HDD) โดยต้องนำโซเดียมเบนทอไนด์ (Sodium bentonite) มาใช้เป็นตัวเคลือบโพรงดิน เพื่อป้องกันการพังทลาย และช่วยหล่อลื่นโพรงดินในระหว่างขั้นตอนการติดตั้ง สารโซเดียมเบนทอไนด์ที่ใช้จะอยู่ในรูปของไหล (Fluid) เตรียมโดยใช้ผงโซเดียมเบนทอไนด์ผสมกับน้ำ จะได้โซเดียมเบนทอไนด์ที่สามารถพองตัวและมีลักษณะคล้ายดินโคลน (Hongprayoon *et al.*, 2006; Khongchai *et al.*, 2020) ทั้งนี้ ระหว่างการเจาะลอดวางท่อส่งก๊าซธรรมชาติอาจเกิดการรั่วไหลของโคลนเจาะขึ้นบนผิวดิน แหล่งน้ำ และในแปลงปลูกพืช ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อเจริญเติบโตของพืชและก่อให้เกิดความวิตกกังวลต่อเจ้าของที่ดินหรือเกษตรกรได้

Hongprayoon *et al.* (2006) ได้วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของโซเดียมเบนโทไนต์ในสภาพที่เป็นผง พบว่าเป็นสารที่มีคุณสมบัติเป็นด่างจัด (pH 8.2–9.3) มีค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity, EC) สูง (1,100–3,600 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร) มีความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูง (69.96–74.65 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) มีเปอร์เซ็นต์โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในเกณฑ์สูง (85.17–97.32 เปอร์เซ็นต์) ปริมาณอินทรีย์วัตถุและปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำ แต่มีปริมาณจุลธาตุ ได้แก่ ทองแดง (Cu) แมงกานีส (Mn) เหล็ก (Fe) และสังกะสี (Zn) สูง ด้วยคุณสมบัติดังกล่าว หากมีการตกค้างในดินมากเกินไป อาจทำให้ดินมีลักษณะคล้ายดินที่ได้รับอิทธิพลจากเกลือที่มีปริมาณโซเดียมแลกเปลี่ยนได้สูง (Voorhees, 1986) นอกจากนี้ Khongchai *et al.* (2020) รายงานว่า โซเดียมเบนโทไนต์ส่งผลให้คุณสมบัติทางเคมีของดินเปลี่ยนแปลงตามปริมาณของโซเดียมเบนโทไนต์ที่เพิ่มขึ้น โดยทั้งในดินเปรี้ยวจัดและดินปกติไม่ควรมีโซเดียมเบนโทไนต์ปนเปื้อนในดินเกิน 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ซึ่งหากปนเปื้อนในอัตราที่สูงกว่านี้ อาจส่งผลกระทบต่อการใช้พื้นที่เพื่อทำการเกษตร

กล้วยไม้สกุลหวายมีระบบรากแบบกึ่งอากาศ (Semi-epiphyte) การเจริญเติบโตของต้นเป็นแบบ sympodial คือ เจริญเติบโตไปตามแนวนอนด้วยเหง้า (Rhizome) ซึ่งเป็นลำต้นที่แท้จริง และมีลำต้นเทียมหรือลำลูกกล้วย (Pseudobulb) ทำหน้าที่สะสมอาหาร เมื่อลำลูกกล้วยเจริญเติบโตเต็มที่จึงแตกหน่อใหม่และเจริญเติบโตต่อไปเรื่อย ๆ จนเป็นกอ โดยจะแตกหน่อใหม่ 2–3 หน่อต่อปี (Philuk, 1994; Pumhirun, 2005) ในการผลิตเชิงการค้านิยมปลูกในโรงเรือนตาข่ายพรางแสง ใช้กาบมะพร้าวเป็นวัสดุปลูก และวางบนโต๊ะสูง 70 เซนติเมตร กว้าง 100 เซนติเมตร สลับกับทางเดิน 60–80 เซนติเมตร โดยน้ำที่ใช้รดควรมีค่า pH 5.2–6.2 ค่าการนำไฟฟ้าไม่เกิน 750 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร และมีปริมาณโซเดียม (Na) ไม่เกิน 3 มิลลิกรัมต่อลิตร (Department of Agriculture, 2007) ทั้งนี้ ยังไม่มีงานวิจัยที่รายงานผลกระทบของโซเดียมเบนโทไนต์ต่อ

กล้วยไม้มาก่อน ดังนั้น หากเกิดการรั่วไหลของโคลนโซเดียมเบนโทไนต์ในสวนกล้วยไม้หรือบริเวณใกล้เคียง อาจทำให้เกษตรกรมีความกังวลถึงผลที่จะเกิดขึ้นได้ ดังนั้น การศึกษาวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของโคลนโซเดียมเบนโทไนต์ต่อการเจริญเติบโต และคุณภาพของดอก รวมทั้งพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงของกล้วยไม้สกุลหวายโซเนีย ‘เอียสกุล’ (*Dendrobium Sonia* ‘Earsakul’) ซึ่งเป็นพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูกเลี้ยงและส่งออกมากที่สุด เพื่อใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาให้กับกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกเลี้ยงกล้วยไม้ ในกรณีที่ได้รับผลกระทบจากการปนเปื้อนของโซเดียมเบนโทไนต์ ทั้งยังสามารถนำมาใช้ในการกำหนดมาตรการในการจัดการกับโคลนโซเดียมเบนโทไนต์ เพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นกับการก่อสร้างโครงการท่อส่งก๊าซธรรมชาติต่อภาคประชาสังคมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พืชทดลอง

ต้นกล้วยไม้สกุลหวายโซเนีย ‘เอียสกุล’ (*Dendrobium Sonia* ‘Earsakul’) จากสวนเกษตรกรทั้งหมด 3 ระยะ ได้แก่ 1) ระยะไม่วัย (Juvenile stage) อายุ 8 เดือน มีลำลูกกล้วย 3–4 ลำต่อกอ 2) ระยะไม่รุ่น (Mature stage) อายุ 1.5 ปี มีลำลูกกล้วย 4–5 ลำต่อกอ และ 3) ระยะไม่ออกดอก (Flowering stage) อายุ 2 ปี มีลำลูกกล้วย 4–5 ลำต่อกอ (Figure 1A) ต้นกล้วยไม้ทุกระยะมาจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อปลูกด้วยกาบมะพร้าว แต่ระยะไม่วัยบรรจุในกระถางพลาสติกขนาด 1 นิ้ว ส่วนอีกสองระยะปลูกในกระถางพลาสติกขนาด 3.5 นิ้ว คัดเลือกต้นที่สมบูรณ์แข็งแรง ไม่มีโรค และแมลงรบกวน ทำการทดลองในโรงเรือนหลังคาแผ่นใสป้องกันฝน ด้านบนคลุมด้วยตาข่ายพรางแสง 60 เปอร์เซ็นต์ ส่วนด้านข้างเป็นตาข่ายไนลอนสีขาว โดยปรับสภาพต้นกล้วยไม้ก่อนการทดลอง 1 สัปดาห์ ปฏิบัติดูแลโดยฉีดพ่นปุ๋ยทางใบสูตร 21–21–21 (2 ครั้ง) และ 0–52–10

(1 ครั้ง) อัตรา 5 กรัมต่อลิตร สลับกันทุก 5 วัน และฉีดพ่นสารป้องกันกำจัดแมลงและศัตรูพืชเมื่อพืชเริ่มแสดงอาการ ตลอดระยะเวลาการทดลองเป็นเวลา 3 เดือน

วิธีการทดลองและการวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) กล้วยไม้แต่ละระยะประกอบด้วย 5 ทรีตเมนต์ ทรีตเมนต์ละ 10 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ต้น ทรีตเมนต์ที่ 1 คือ ชุดควบคุม (ไม่ได้รับโขเทียมเบนทอโนต์: 0 กรัมต่อลิตร) ทรีตเมนต์ที่ 2 3 4 และ 5 รดด้วยโคลนโขเทียมเบนทอโนต์ความเข้มข้นต่างกัน 4 ระดับ คือ 50 100 150 และ 200 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยใช้โขเทียมเบนทอโนต์ในรูปผง (Trishul industries, Rajasthan, India) นำมาละลายในน้ำ กวนผสมให้เข้ากันจนมีลักษณะคล้ายโคลน (ความเข้มข้นดังกล่าวได้มาจากการสุ่มตรวจวัดโคลนโขเทียมเบนทอโนต์จากบริเวณวางท่อส่งก๊าซธรรมชาติ) แต่ละทรีตเมนต์ตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้าด้วยเครื่องวัดคุณภาพน้ำ EC TDS salt meter (AMT02, AMTAST Inc., USA) มีค่าการนำไฟฟ้า ดังนี้ 1,200–1,600 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร สำหรับทรีตเมนต์ที่ 2 (50 กรัมต่อลิตร) 2,000–2,100 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตรสำหรับทรีตเมนต์ที่ 3 (100 กรัมต่อลิตร) 2,500–3,000 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร สำหรับทรีตเมนต์ที่ 4 (150 กรัมต่อลิตร) และ 3,100–4,000 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร สำหรับทรีตเมนต์ที่ 5 (200 กรัมต่อลิตร) จากนั้น นำไปรดให้โคลนเลอะทั่วทั้งต้น ตั้งแต่ซอดอก ปลายยอด ลงมาถึงโคนต้น ปริมาตรที่รดในแต่ละระยะ ได้แก่ 1) ระยะไม้นี้ว 15 มิลลิลิตรต่อกระถาง 2) ระยะไม้นี้ร่น 50 มิลลิลิตรต่อกระถาง และ 3) ระยะไม้ออกดอก 60 มิลลิลิตรต่อกระถาง โดยอ้างอิงตามปริมาณน้ำที่พืชต้องการใช้ (Jindamol *et al.*, 2019) รดเวลา 8:00–9:00 น. ของทุกวัน ติดต่อกันเป็นเวลา 2 เดือน ทั้งนี้ ก่อนรดโคลนโขเทียมเบนทอโนต์จะรดน้ำกล้วยไม้ก่อน 15–30 นาที เมื่อครบ 2 เดือน

ฟื้นฟูต้น (Recovery) โดยนำโคลนโขเทียมเบนทอโนต์ออกจากต้นกล้วยไม้และบริเวณที่ติดกับวัสดุปลูกให้ได้มากที่สุด จากนั้น ปฏิบัติดูแลรดน้ำและใส่ปุ๋ยตามปรกติเป็นระยะเวลา 1 เดือน ระยะเวลาการทดลองรวมทั้งสิ้น 3 เดือน

การบันทึกผลการทดลอง

การเจริญเติบโตของต้นและใบ

บันทึกลักษณะผิดปกติต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายหลังการรดโคลนโขเทียมเบนทอโนต์ และการเจริญเติบโตของต้นและใบ ได้แก่ ความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำลูกกล้วยซึ่งอยู่หน้าสุดของแต่ละกอ (ลำหน้า) ความกว้างใบ ความยาวใบ ความหนาใบ และวัดความเขียวใบด้วยเครื่อง chlorophyll meter (SPAD-502, Minolta, Japan) โดยใช้ใบตำแหน่งที่ 3 นับจากปลายยอดของลำหน้า บันทึกผลทุก 1 เดือน เป็นเวลา 2 เดือน

ปริมาณรงควัตถุในใบ

หลังรดโคลนโขเทียมเบนทอโนต์ครบ 2 เดือน สุ่มตัวอย่างใบมาวิเคราะห์ปริมาณรงควัตถุ ได้แก่ คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์รวม และแคโรทีนอยด์ ใช้ใบตำแหน่งที่ 3 นับจากส่วนยอดของลำหน้า ทรีตเมนต์ละ 5 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ใบ โดยเจาะชิ้นส่วนบริเวณกลางใบขนาด 1 ตารางเซนติเมตร ด้วย corks borer จำนวน 1 ชิ้นต่อใบ แขนในสารละลาย *N,N'*-dimethylformamide (DMF) ปริมาตร 3 มิลลิลิตร เก็บไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง นาน 24 ชั่วโมง (Hughes *et al.*, 2007) จากนั้น นำสารสกัดที่ได้มาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 480 647 และ 664 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-visible spectrophotometer (BioDrop DUO, Denville Scientific Inc., USA) เพื่อกำหนดหาปริมาณคลอโรฟิลล์ตามสมการของ Porra *et al.* (1989) และปริมาณแคโรทีนอยด์ตามสมการของ Wellburn (1994)

การเกิดหน่อใหม่

ติดตามการเกิดหน่อใหม่ของกล้วยไม้แต่ละระยะ โดยบันทึกผลหลังจากต้นกล้วยไม้ได้รับการฟื้นฟู (Recovery) แล้ว 1 เดือน แบ่งได้ 3 ระยะ (Figure 1B)

คือ 1) ต้นกล้วยไม้ไม่มีหน่อใหม่เกิดขึ้น (Non) 2) มีหน่อใหม่เกิดขึ้นและอยู่ในระยะที่เจริญเติบโตไม่เต็มที่ (Immature stage) และ 3) มีหน่อใหม่เกิดขึ้นและเจริญเติบโตเต็มที่จนออกดอก (Mature stage)

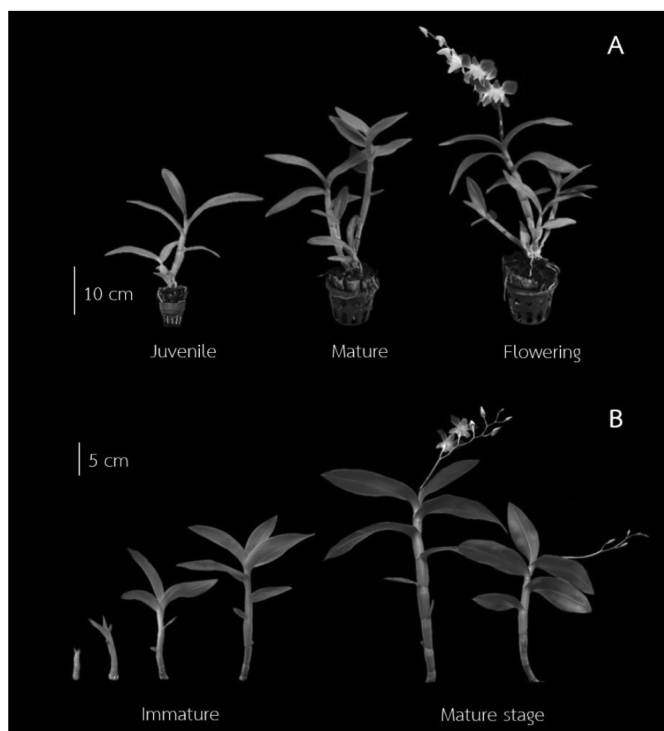


Figure 1 Different development stages of *Dendrobium Sonia 'Earsakul'* (A) and characteristics of the pseudobulb in the immature stage and mature stage (B)

การเจริญเติบโตและการพัฒนาของดอก

ติดตามการเจริญเติบโตและพัฒนาของช่อดอก โดยแบ่งเป็น 2 ช่วงอายุ ดังนี้

1) ช่วงช่อดอกกำลังพัฒนา เป็นช่อดอกที่เจริญอยู่บนต้นระยะไม่รุ่น (Mature stage) ความยาวประมาณ 10–15 เซนติเมตร จำนวน 5 ช่อต่อทริตเมนต์ หลังถูกรดด้วยโคลนโซเดียมเบนทอไนด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ และทั้งช่อมีดอกบานทั้งหมด จึงบันทึกข้อมูล ได้แก่ ความยาวช่อดอก จำนวนดอกต่อช่อ ความกว้างดอก ความสูงดอก และวัดค่าสีของกลีบดอกด้วยเครื่อง MiniScan spectrophotometer (EZ 4500L,

HunterLab Inc., Germany) โดยวัดที่กลีบดอกด้านข้าง (Lateral petal) ทั้ง 2 กลีบ รายงานผลเป็นค่า CIE ประกอบด้วย ค่าความสว่างของสี (L^*) พิกัดความสัมพัทธ์ค่าสีแดง-เขียว (a^*) พิกัดความสัมพัทธ์ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (b^*) ค่าความบริสุทธิ์ของสี (C^*) และค่าสีที่ปรากฏให้เห็น (h°) (Voss, 1992)

2) ช่วงช่อดอกบาน เป็นช่อดอกซึ่งมีดอกตูมประมาณ 30–40 เปอร์เซ็นต์ และดอกบาน 60–70 เปอร์เซ็นต์ เจริญอยู่บนต้นระยะไม่ออกดอก (Flowering stage) หลังถูกรดด้วยโคลนโซเดียมเบนทอไนด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ นาน 1 สัปดาห์

ตัดช่อดอก จำนวน 5 ช่อต่อพืชรูปลูก นำไปทดสอบอายุการปักแจกัน โดยปักในน้ำกลั่น วางไว้ที่อุณหภูมิ $25 \pm 1/28 \pm 2$ องศาเซลเซียส (กลางวัน/กลางคืน) ความชื้นสัมพัทธ์ $65 \pm 3/67 \pm 3$ เปอร์เซ็นต์ (กลางวัน/กลางคืน) สังเกตการเปลี่ยนแปลง และบันทึกอายุการปักแจกัน โดยกำหนดให้ดอกตูมและดอกบานที่หลุดร่วงเกิน 50 เปอร์เซ็นต์ จากจำนวนดอกทั้งหมดในช่อถือว่าเป็นวันสิ้นสุดอายุการปักแจกันของช่อดอก

อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง

วัดอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 exchange rate, CER) ค่าการเปิดปิดปากใบ (Stomatal conductance, g_s) และอัตราการคายน้ำ (Transpiration rate, E) ด้วยเครื่อง portable photosynthesis system (LI-6400XT, LI-COR, Lincoln, NE, USA) ใช้หัวแสงแบบ LED light chamber (6400-02B LED Light Source, LI-COR, USA) โดยกำหนดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 400 ppm ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ 60–70 เปอร์เซ็นต์ และความเข้มแสงคงที่ 0 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที วัดใบตำแหน่งที่ 3 นับจากปลายยอดของลำหน้า โดยบันทึก 3 ค่าต่อใบ จำนวน 5 ใบต่อพืชรูปลูก วัดค่าในช่วงเวลา 04:00–06:00 น. และวัดประสิทธิภาพการใช้แสงสูงสุดของระบบแสง II (Maximum quantum efficiency of PSII, F_v/F_m) ที่ใบตำแหน่งเดียวกัน ด้วยเครื่อง Pocket PEA chlorophyll fluorimeter (Hansatech Instruments, England) ก่อนการวัดค่า ใช้ leaf clip หนีบกลางใบเพื่อทำ dark adaptation เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 30 นาที และวัดค่าในช่วงเวลา 11:00–15:00 น. จำนวน 5 ใบต่อพืชรูปลูก

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทดสอบอิทธิพลของโขเทียมเบนทอในต้นต่อการเจริญเติบโต คุณภาพดอก และพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงของกล้วยไม้ในระยะไม้นี้ว ไม้นุ่น

และไม้ออกดอก และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 22

ผลการทดลองและวิจารณ์

การเจริญเติบโตทางต้นและใบ

ต้นกล้วยไม้สกุลหวายโขเทียม ‘เอียสกุส’ ทั้ง 3 ระยะ หลังได้รับโคลนโขเทียมเบนทอในต้นติดต่อกันทุกวัน นาน 2 เดือน มีลักษณะดังแสดงใน Figure 2 กล้วยไม้ทุกระยะสามารถเจริญเติบโตได้ แต่ทุกส่วนของต้น ใบ และกาบมะพร้าวมีคราบโคลนติดอยู่ปริมาณมาก ซึ่งเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นของโคลนโขเทียมเบนทอในต้นที่สูงขึ้น โดยเฉพาะที่ความเข้มข้น 150 และ 200 กรัมต่อลิตร มีโคลนสะสมรวมกันบริเวณโคนต้นและบนวัสดุปลูก สำหรับความเข้มข้น 50 และ 100 กรัมต่อลิตร สามารถซึมผ่านลงไปในกาบมะพร้าวได้ดีกว่าที่ความเข้มข้นสูง เนื่องจากเนื้อโคลนมีลักษณะเหลว ทั้งนี้ หากโคลนโขเทียมเบนทอในต้นสัมผัสกับใบในช่วง 1–2 วันแรก จะเกาะติดกระจายทั่วใบทั้งด้านบนและด้านล่างของใบ หลังจากนั้นคราบโคลนบางส่วนเริ่มแห้งและหลุดร่วงไป แต่ยังคงเหลือบางส่วนเกาะติดแน่นกับใบอยู่ตลอด เมื่อวัดความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำ ความกว้างใบ ความยาวใบ ความหนาใบ และความเขียวใบของกล้วยไม้ทั้ง 3 ระยะ หลังรดด้วยโคลนติดต่อกันทุกวันนาน 2 เดือน เปรียบเทียบกับชุดควบคุม พบว่า มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 1) ทั้งนี้ เนื่องจากกล้วยไม้สกุลหวายเป็นพืชที่มีการสังเคราะห์ด้วยแสงแบบ crassulacean acid metabolism (CAM) (Boonchai *et al.*, 2017) มีความทนทานต่อสภาพที่ไม่เหมาะสมหรือความเครียดได้เป็นอย่างดี (Lüttge, 2004) เนื่องจากมีลำลูกกล้วยซึ่งทำหน้าที่เป็นแหล่งสะสมน้ำ แร่ธาตุ และคาร์โบไฮเดรต ที่จำเป็นสำหรับใช้ในการเจริญเติบโต (Ng and Hew, 2000) ถึงแม้ว่าคราบโคลนโขเทียมเบนทอในต้นจะเกาะติดอยู่ที่ต้นและใบก็ตาม แต่ต้นกล้วยไม้ยังสามารถเจริญเติบโตต่อไปได้

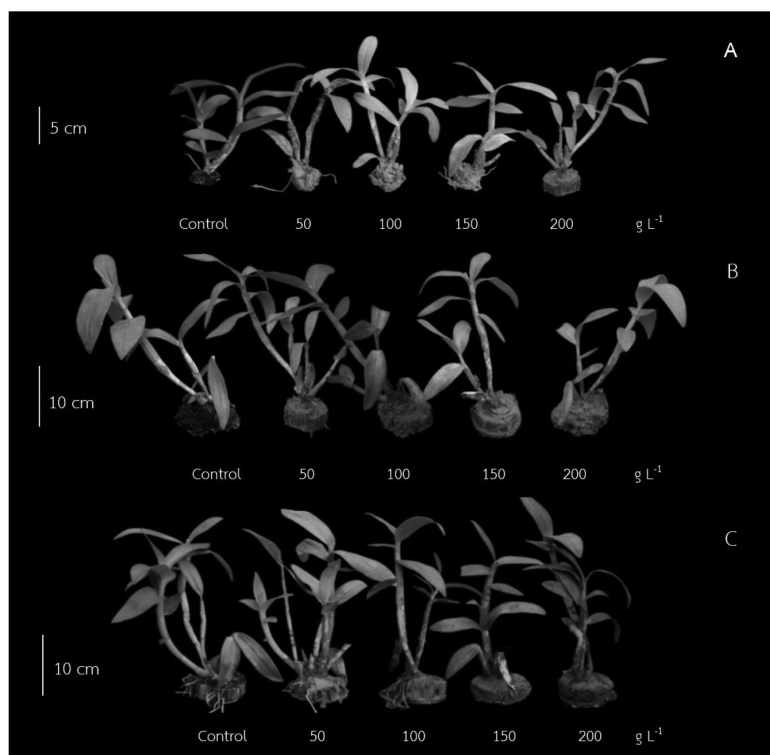


Figure 2 *Dendrobium* Sonia ‘Earsakul’ in three development stages: (A) juvenile stage, (B) mature stage and (C) flowering stage treated with different concentrations of sodium bentonite for 2 months

Table 1 Growth of pseudobulb and leaf of *Dendrobium* Sonia ‘Earsakul’ treated with different concentrations of sodium bentonite for 2 months

Sodium bentonite concentration (g L ⁻¹)	Pseudobulb		Leaf			
	Height (cm)	Diameter (mm)	Width (cm)	Length (cm)	Thickness (mm)	Greenness (SPAD unit)
Juvenile						
Control	15.46 ± 0.28	11.36 ± 0.24	3.50 ± 0.27	11.52 ± 1.01	1.34 ± 0.05	47.16 ± 2.10
50	15.92 ± 0.78	11.86 ± 0.58	3.82 ± 0.21	11.30 ± 0.49	1.14 ± 0.05	50.30 ± 1.43
100	17.04 ± 0.98	10.60 ± 0.36	3.94 ± 0.12	11.76 ± 0.78	1.20 ± 0.05	44.36 ± 1.20
150	17.83 ± 0.66	11.28 ± 0.36	3.92 ± 0.26	12.14 ± 0.21	1.26 ± 0.02	48.18 ± 1.70
200	16.06 ± 0.69	11.06 ± 0.59	3.78 ± 0.12	11.24 ± 0.38	1.12 ± 0.10	48.04 ± 2.66
P-value	0.275	0.406	0.586	0.855	0.181	0.305
CV (%)	9.72	8.90	12.22	12.38	11.13	8.88

Table 1 Continued.

Sodium bentonite concentration (g L ⁻¹)	Pseudobulb		Leaf			
	Height (cm)	Diameter (mm)	Width (cm)	Length (cm)	Thickness (mm)	Greenness (SPAD unit)
Mature						
Control	23.60 ± 1.07	14.04 ± 1.05	5.10 ± 0.19	13.04 ± 0.67	1.52 ± 0.04	46.60 ± 0.99
50	26.00 ± 3.44	13.74 ± 0.48	5.12 ± 0.20	13.30 ± 1.08	1.40 ± 0.04	43.08 ± 0.77
100	22.70 ± 1.24	13.54 ± 0.82	4.44 ± 0.17	10.86 ± 0.25	1.50 ± 0.03	43.40 ± 1.03
150	24.50 ± 1.11	14.56 ± 0.85	5.18 ± 0.11	13.64 ± 0.61	1.30 ± 0.07	44.30 ± 1.49
200	22.10 ± 1.67	11.50 ± 0.37	4.94 ± 0.37	12.26 ± 1.02	1.50 ± 0.08	45.74 ± 1.18
P-value	0.629	0.085	0.176	0.135	0.638	0.161
CV (%)	19.37	11.13	10.73	14.50	9.61	5.80
Flowering						
Control	27.64 ± 1.65	10.74 ± 0.51	4.88 ± 0.17	13.16 ± 0.59	1.42 ± 0.09	46.64 ± 2.99
50	26.66 ± 1.11	10.98 ± 0.37	5.24 ± 0.17	14.76 ± 0.76	1.34 ± 0.05	50.36 ± 2.09
100	27.72 ± 1.71	12.88 ± 0.93	5.30 ± 0.18	13.34 ± 0.49	1.46 ± 0.02	51.36 ± 1.42
150	27.40 ± 1.81	13.42 ± 0.95	5.26 ± 0.11	14.26 ± 0.22	1.38 ± 0.11	51.60 ± 2.74
200	29.78 ± 0.89	12.70 ± 0.69	5.20 ± 0.13	13.36 ± 0.49	1.38 ± 0.11	50.10 ± 0.75
P-value	0.655	0.054	0.346	0.198	0.873	0.513
CV (%)	11.88	13.27	6.71	8.78	13.29	9.67

CV = coefficient of variation

ปริมาณรงควัตถุในใบ

จากการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์รวม และแคโรทีนอยด์ในใบ หลังจากกล้วยไม้ถูกรดด้วยโคลนโขเทียมเบนทอนต์ ความเข้มข้นต่าง ๆ นาน 2 เดือน พบว่า ปริมาณรงควัตถุ ทั้ง 4 ชนิด ของกล้วยไม้ทั้ง 3 ระยะ มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยโคลนโขเทียมเบนทอนต์ทำให้ใบกล้วยไม้มีปริมาณรงควัตถุเพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยเฉพาะที่ความเข้มข้น 150 กรัมต่อลิตร มีคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์รวม และแคโรทีนอยด์สูงที่สุดในกล้วยไม้ทุกระยะ (Figure 3) ทั้งนี้ อาจเป็นผลจากโคลนโขเทียมเบนทอนต์ซึ่งอยู่ในรูปของไหล มีความทึบแสง เมื่อสัมผัสกับใบจะเกาะติดและ

บดบังแผ่นใบไว้ ส่งผลให้ใบได้รับแสงลดลง พืชจึงปรับตัว โดยเพิ่มปริมาณรงควัตถุให้สูงขึ้น เพื่อเพิ่มความสามารถในการเก็บเกี่ยวพลังงานแสง (Light harvesting capacity) (Lei *et al.*, 1996; Dai *et al.*, 2009) และเพิ่มการดูดซับความยาวคลื่นทั้งแสงสีน้ำเงินและสีแดง (Zhao *et al.*, 2015) ซึ่งต่างจากการใช้น้ำเค็ม (สารละลาย NaCl) ที่มีค่าการนำไฟฟ้าตั้งแต่ 2,000–8,000 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร รดต้นกล้วยไม้อายุ 3 9 และ 24 เดือน ติดต่อกันทุกวันนาน 3 เดือน ส่งผลให้ต้นกล้วยไม้ทุกระยะ มีปริมาณรงควัตถุในใบลดลงตามระดับค่าการนำไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น (Sonsud, 2015) ทั้งนี้ เนื่องจากใบกล้วยไม้ไม่ได้รับการบดบังแสง จึงเป็นผลจากความเครียดที่เกิดจากความเค็มที่พืชได้รับโดยตรง

การเกิดหน่อใหม่

จากการติดตามการเกิดหน่อใหม่ หลังจากฟื้นฟูสภาพต้น 1 เดือน (3 เดือน หลังจากเริ่มการทดลอง) พบว่า ความเข้มข้นของโคลนโซเดียมเบนทอไนต์ที่เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดหน่อใหม่ได้ช้าลง ต้นกล้วยไม้ทั้ง 3 ระยะ ในชุดควบคุม มีหน่อใหม่เกิดขึ้นทั้งหมด โดยหน่อใหม่ที่เจริญเติบโตเต็มที่จนออกดอก (Mature stage) มีมากที่สุดถึง 70 90 และ 100 เปอร์เซ็นต์ และอยู่ในระยะที่เจริญเติบโตไม่เต็มที่ (Immature stage) 30 10 และ 0 เปอร์เซ็นต์ สำหรับกล้วยไม้ในระยะไม่วัว ไม้รุ่น และไม้ออกดอก ตามลำดับ

ขณะที่โคลนโซเดียมเบนทอไนต์ความเข้มข้น 150 และ 200 กรัมต่อลิตร ทำให้ต้นกล้วยไม้ระยะไม่วัวและไม้รุ่นไม่แตกหน่อใหม่ (Non) เฉลี่ย 10–30 เปอร์เซ็นต์ มีหน่อใหม่ที่เจริญเติบโตเต็มที่จนออกดอก (Mature) เพียง 10–30 เปอร์เซ็นต์ ส่วนใหญ่หน่อใหม่อยู่ในระยะที่เจริญเติบโตไม่เต็มที่ (Immature) ถึง 60–80 เปอร์เซ็นต์ (Figure 4) ทั้งนี้ เนื่องจากโคลนไปปิดบังหรือปิดทับตาที่บริเวณส่วนโคนต้น ส่งผลให้ไม่สามารถแตกหน่อใหม่ออกมาได้ หรือแตกออกมาได้ช้ากว่าปรกติ โดยจะส่งผลกระทบมากในต้นที่มีอายุน้อย

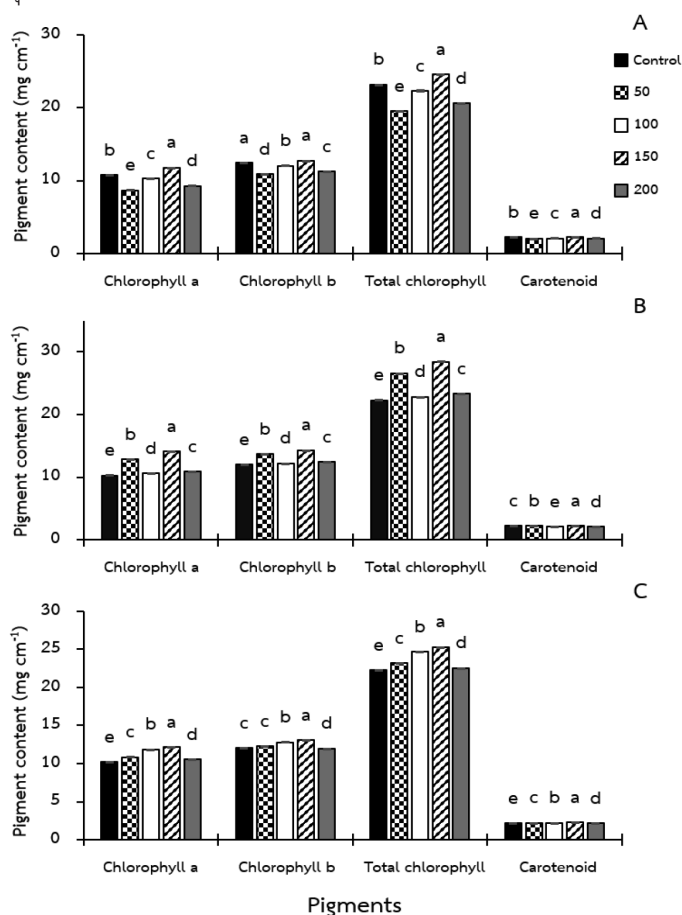


Figure 3 Leaf chlorophyll and carotenoids content of *Dendrobium Sonia* 'Earsakul' in three development stages: (A) juvenile stage, (B) mature stage and (C) flowering stage treated with different concentrations of sodium bentonite (g L⁻¹) for 2 months. Different lowercase letters on the bars for a trait indicate significant difference at P < 0.01

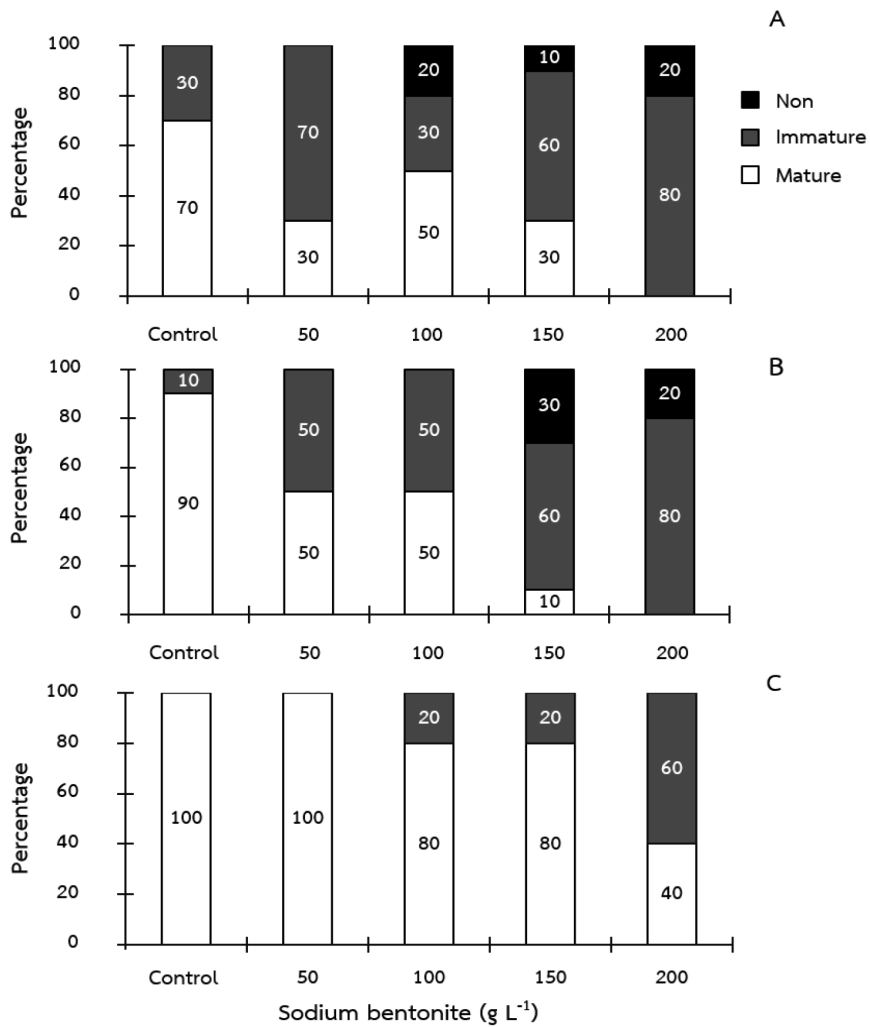


Figure 4 Percentage of new shoot of *Dendrobium Sonia* 'Earsakul' in three development stages: (A) juvenile stage, (B) mature stage and (C) flowering stage divided into 3 stages including no new shoots (Non), immature stage and mature stage treated with different concentrations of sodium bentonite for 2 months, then recovery for 1 month

การเจริญเติบโตและการพัฒนาของดอก ช่วงช่อดอกกำลังพัฒนา

Figure 5A แสดงช่อดอกในช่วงกำลังพัฒนา เมื่อถูกรดด้วยโคลนโซเดียมเบนทอไนต์ จะเห็นได้ว่า โคลนเกาะติดกระจายทั่วทั้งช่อดอก และหุ้มปิดปกคลุม ดอกตูมไว้ทั้งหมด ส่งผลให้ดอกตูมพัฒนาเป็นดอกบานที่มีความผิดปกติ คือ กลีบดอกบิดเบี้ยว ม้วนออก ไม่สมมาตร และสีซีดจาง (Figure 5B) สำหรับจำนวนดอก ความยาวช่อดอก และขนาดดอก เมื่อช่อดอกและดอกเจริญเติบโตและพัฒนาเต็มที่ พบว่า มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นค่าสีของดอกซึ่งแตกต่างกัน ($P < 0.01$) โดยโคลนโซเดียมเบนทอไนต์ที่ความเข้มข้น 200 กรัมต่อลิตร ทำให้ค่า L^* มีค่ามากที่สุด ซึ่งหมายถึงดอกมีสีซีดจางมากที่สุด สอดคล้องกับ ค่า a^* และ C^* ที่มีค่าน้อยที่สุด แสดงถึง ค่าสีแดง ที่บ่งบอกถึงปริมาณแอน

โทไซยานิน และค่าอิ่มตัวของสีบนกลีบดอกน้อยที่สุด (Table 2) ทั้งนี้ เกิดจากในระยะดอกตูมถูกหุ้มปิดด้วยโคลนโซเดียมเบนทอไนต์ ทำให้คลอโรฟิลล์ในกลีบดอกไม่ได้รับแสง ซึ่งมีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง (Kasemsap, 2013) รวมทั้งการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชในกระบวนการ electron transfer chain นั้น มี plastoquinone (PQ) ซึ่งเป็นโปรตีนชนิดหนึ่งในการขนส่งอิเล็กตรอน และเป็นตัวควบคุมยีนการสังเคราะห์แอนโทไซยานินร่วมกับเอทิลีน (Das *et al.*, 2011) การได้รับแสงลดลงส่งผลให้การสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง การสังเคราะห์แอนโทไซยานินจึงลดลงด้วย (Zhu *et al.*, 2017) อีกทั้งอาจเกิดจากการเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้สารแอนโทไซยานินรั่วไหล เป็นผลให้กลีบดอกมีสีซีดจาง (Mongkolchaiyaphruek, 2013)

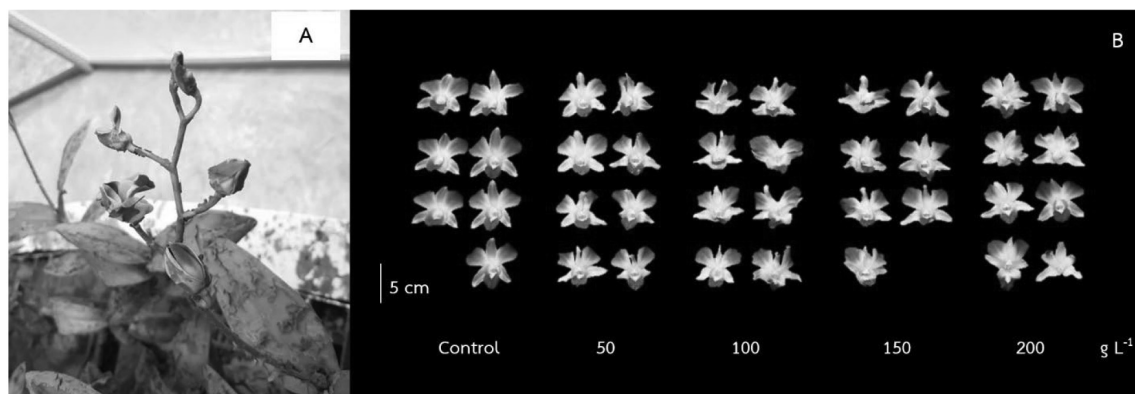


Figure 5 Characteristics of inflorescences in development stage of *Dendrobium Sonia* 'Earsakul' treated with sodium bentonite (A) and flower of mature stage treated with different concentrations of sodium bentonite (g L^{-1}) for 1 month (B)

ช่วงช่อดอกบาน

ช่อดอกกล้วยไม้ในช่วงดอกบานเมื่อสัมผัสกับโคลนโซเดียมเบนทอไนต์ ทำให้ไม่สามารถตัดดอกเพื่อจำหน่ายได้ เนื่องจากมีคราบโคลนเกาะติดกลีบดอก (Figure 5B) เมื่อนำมาทดสอบอายุการปักแจกัน โดยพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ความเสื่อมสภาพของดอกมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ (เส้นประใน Figure 6A)

พบว่า อายุการปักแจกันลดลงตามความเข้มข้นของโคลนโซเดียมเบนทอไนต์ที่เพิ่มสูงขึ้น โดยช่อดอกในชุดควบคุมมีอายุการปักแจกัน 22 วัน ขณะที่ ช่อดอกที่ได้รับโคลนโซเดียมเบนทอไนต์มีอายุการปักแจกันเฉลี่ย 16–20 วัน (Figure 6A) ทั้งนี้ เนื่องจากโคลนโซเดียมเบนทอไนต์ที่เกาะติดเป็นอนุภาคกระจายทั่วทั้งดอก น่าจะเป็นสิ่งรบกวนที่ส่งผลให้ดอกเกิดการเสื่อมสภาพเร็วขึ้น

โดยเป็นตัวเร่งกระบวนการหายใจ การคายน้ำ และการสร้างเอทิลีน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพ ส่งผลให้อายุการปักแจกันลดลง (Boonyakiat and Rattanapanon, 2005) รวมทั้งช่อดอกอาจได้รับผลกระทบจากการนำไฟฟ้าที่ไม่

เหมาะสมจากโคลนโซเดียมเบนทอไนต์ ทำให้เกิดปฏิกิริยา lipid peroxidation เพิ่มขึ้น ก่อให้เกิดการเสื่อมสภาพของดอกที่เร็วขึ้น (Reezi *et al.*, 2009; Mongkolchaiyaphruek, 2013)

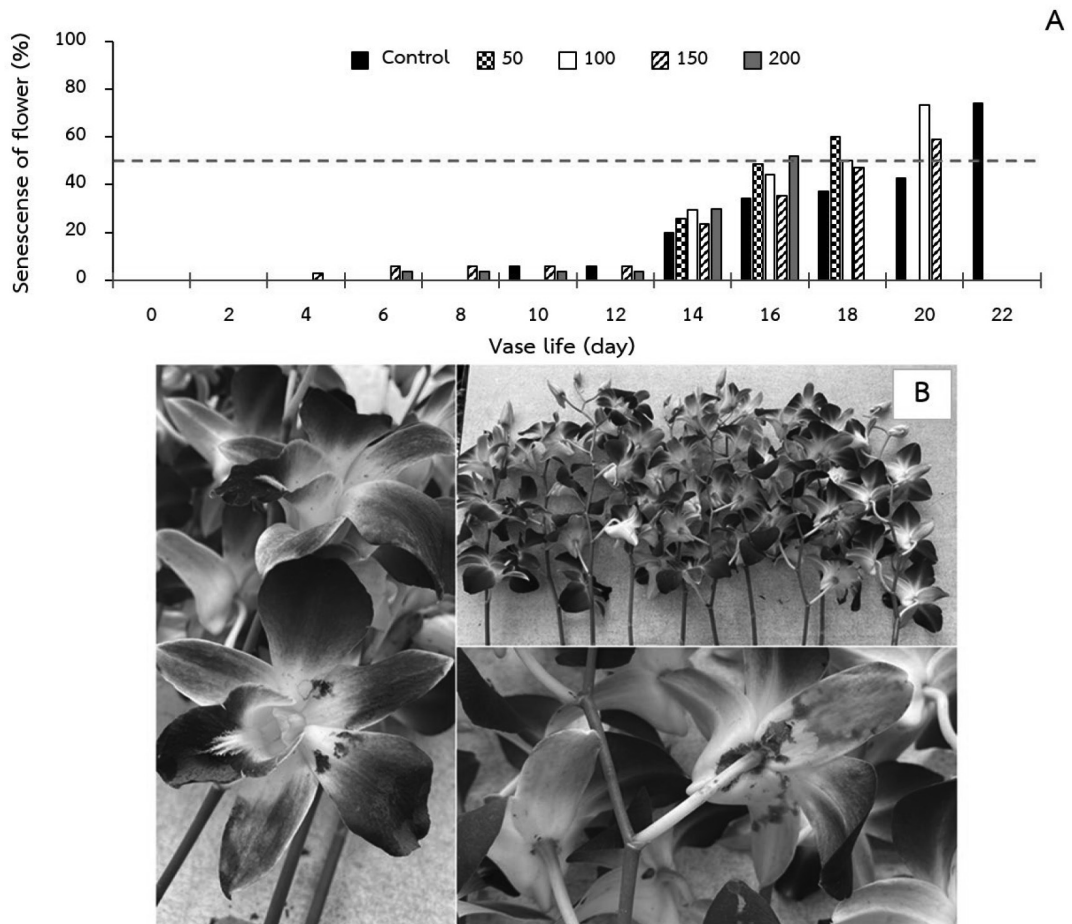


Figure 6 Percentage of senescence flower in *Dendrobium* Sonia ‘Earsakul’ (Flowering stage) treated with different concentrations of sodium bentonite for a week (A) and characteristics of inflorescences treated with sodium bentonite (B)

Table 2 Flower quality and color parameters of mature stage *Dendrobium Sonia* 'Earsakul' treated with different concentrations of sodium bentonite for 1 month

Sodium bentonite concentration (g L ⁻¹)	Flower			Flower color parameter			
	Number	Width (cm)	Height (cm)	L*	a*	b*	h°
Control	7.20 ± 0.49	7.60 ± 0.34	7.24 ± 0.26	21.48 ± 0.78 ^b	45.22 ± 0.84 ^a	-23.57 ± 1.02	48.92 ± 3.37 ^a
50	33.60 ± 2.09	7.20 ± 0.49	7.24 ± 0.26	21.48 ± 0.78 ^b	45.22 ± 0.84 ^a	-23.57 ± 1.02	332.42 ± 1.07 ^a
100	28.90 ± 1.55	7.60 ± 0.34	7.24 ± 0.26	21.48 ± 0.78 ^b	45.22 ± 0.84 ^a	-23.57 ± 1.02	329.39 ± 0.71 ^b
150	30.10 ± 1.08	7.54 ± 0.14	6.74 ± 0.20	24.20 ± 0.78 ^b	43.06 ± 1.16 ^{ab}	-24.19 ± 1.33	48.14 ± 2.02 ^a
200	33.50 ± 2.07	7.80 ± 0.17	7.54 ± 0.22	22.06 ± 1.65 ^b	40.46 ± 1.40 ^b	-24.11 ± 1.16	47.15 ± 1.71 ^a
	27.30 ± 4.19	8.14 ± 0.28	7.52 ± 0.35	30.11 ± 3.28 ^a	33.77 ± 4.08 ^c	-23.15 ± 2.57	41.01 ± 4.71 ^b
P-value	0.297	0.190	0.118	< 0.001	< 0.001	0.819	< 0.001
CV (%)	17.78	6.90	7.74	18.19	12.88	-15.82	0.74

^{a,b,c} Means in each column followed by a different letter are significantly different according to Duncan's multiple range test at P < 0.05
CV = coefficient of variation

อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง

จากการวัดอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CER) ค่าการเปิดปิดปากใบ (g_s) และอัตราการคายน้ำ (E) ของกล้วยไม้ทั้ง 3 ระยะ หลังรดด้วยโคลนโซเดียมเบนทอนิตนาน 2 เดือน พบว่ากล้วยไม้ระยะไม้นี้และไม้นี้ที่รดด้วยโคลนโซเดียมเบนทอนิตทุกระยะมีความเข้มข้น มีอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม ส่วนระยะไม้ออกดอก อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าสูงที่สุด เมื่อรดด้วยโคลนโซเดียมเบนทอนิต 150 และ 200 กรัมต่อลิตรเฉลี่ย 4.25 และ 4.32 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากการรดด้วยโคลนโซเดียมเบนทอนิตความเข้มข้น 50 กรัมต่อลิตร (2.57 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที) อย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ ($P < 0.05$) (Figure 7A) สำหรับค่าการเปิดปิดปากใบและอัตราการคายน้ำ ตอบสนองในทิศทางเดียวกัน โดยกล้วยไม้ในชุดควบคุมมีแนวโน้มที่จะมีค่าการเปิดปิดปากใบและอัตราการคายน้ำน้อยกว่าต้นที่ถูกรดด้วยโคลนโซเดียมเบนทอนิต แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติเฉพาะระยะไม้นี้ โดยต้นที่ถูกรดด้วยโคลนโซเดียมเบนทอนิตความเข้มข้นตั้งแต่ 100 กรัมต่อลิตรขึ้นไป ทำให้ปากใบเปิดมากกว่าชุดควบคุมเกือบ 2 เท่า ($P < 0.05$) (Figure 7C) ส่วนระยะไม้นี้ พบว่า การได้รับโคลนโซเดียมเบนทอนิตทุกระยะมีความเข้มข้นทำให้มีอัตราการคายน้ำสูงขึ้นประมาณ 1.5–2 เท่า เช่นกัน ($P < 0.05$) (Figure 7B) และเมื่อวัดประสิทธิภาพการใช้แสงสูงสุดของระบบแสง II (F_v/F_m) จะเห็นได้ว่า มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ แสดงให้เห็นว่า ต้นกล้วยไม้ทุกระยะไม่เกิดความเครียด สามารถปรับตัวได้ ถึงแม้จะได้รับโคลนโซเดียมเบนทอนิตติดต่อกันนานถึง 2 เดือน

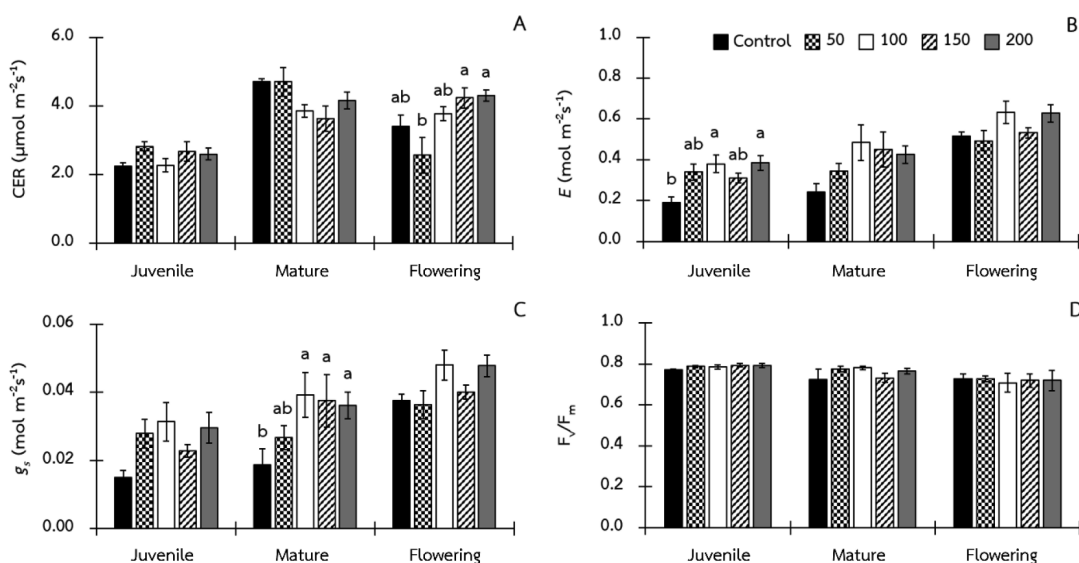


Figure 7 Photosynthetic parameters of *Dendrobium Sonia* ‘Earsakul’ in three development stages (Juvenile, mature and flowering stages): (A) CO₂ exchange rate (CER), (B) stomatal conductance (g_s), (C) transpiration rate (E) and (D) maximum quantum efficiency of PSII (F_v/F_m) treated with different concentrations of sodium bentonite for 2 months. Different lowercase letters on the bars within development stage indicate significant difference at $P < 0.05$

ทั้งนี้ จากผลการทดลอง สามารถประเมินผลกระทบความเสียหายที่เกิดขึ้น เมื่อต้นกล้วยไม้ได้รับโคลนโซเดียมเบนโทไนด์ติดต่อกันทุกวัน เป็นเวลา 2 เดือน ได้ดังนี้ 1) ลำลูกกล้วยและใบที่สัมผัสโคลนโซเดียมเบนโทไนด์สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ ไม่ทำให้เกิดความเสียหาย 2) การแตกหน่อใหม่ ต้นที่อายุน้อยได้รับผลกระทบมากกว่าต้นระยะไม้ออกดอก โดยที่ความเข้มข้นมากกว่า 100 กรัมต่อลิตร โคลนโซเดียมเบนโทไนด์จะยับยั้งการแตกหน่อใหม่ของต้นที่มีอายุน้อย ส่วนต้นระยะไม้ออกดอกจะชะลอการแตกหน่อช้าลงประมาณ 20–60 เปอร์เซ็นต์ 3) ช่อดอกที่อยู่ในระยะดอกบาน ดอกเสียหายทั้งหมด เนื่องจากไม่สามารถติดดอกจำหน่ายได้ 4) รากที่สัมผัสกับโคลนโซเดียมเบนโทไนด์จะหยุดการเจริญเติบโต ส่วนที่ไม่สัมผัสสามารถเจริญเติบโตได้ตามปกติ และ 5) วัสดุปลูก (กาบมะพร้าว) บริเวณที่สัมผัสกับโคลนโซเดียมเบนโทไนด์เสียหายทั้งหมด เนื่องจากเริ่มเกิดการเสื่อมสภาพ เก็บความชื้นได้น้อยลง จึงจำเป็นต้องเปลี่ยนวัสดุปลูกใหม่

สรุป

หลังรดด้วยโคลนโซเดียมเบนโทไนด์ความเข้มข้น 50 100 150 และ 200 กรัมต่อลิตร กับต้นกล้วยไม้สกุลหวายชนิด ‘เอียสกุล’ ระยะไม้นี้ว ระยะไม้นี้ว และระยะไม้ออกดอก ติดต่อกันทุกวันนาน 2 เดือน พบว่า โคลนโซเดียมเบนโทไนด์ไม่มีผลต่อความ

สูงลำ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำ จำนวนใบ ความกว้างใบ ความยาวใบ ความหนาใบ ความเขียวใบ และประสิทธิภาพการใช้แสงสูงสุดของระบบแสง II (F_v/F_m) ของกล้วยไม้ทั้ง 3 ระยะ ในทุกระดับความเข้มข้น แต่มีผลทำให้การแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของระยะไม้ออกดอกสูงขึ้นหลังรดด้วยโคลนโซเดียมเบนโทไนด์ความเข้มข้น 150 และ 200 กรัมต่อลิตร ($P < 0.05$) มีแนวโน้มทำให้ค่าการเปิดปิดปากใบและอัตราการคายน้ำสูงกว่าต้นที่ไม่ได้รับโคลน โดยเฉพาะระยะไม้นี้วและไม้นี้ว ($P < 0.05$) ส่งผลต่อการแตกหน่อใหม่ โดยระยะไม้นี้วและไม้นี้วได้รับผลกระทบมากกว่าต้นระยะไม้ออกดอก ที่ความเข้มข้นมากกว่า 100 กรัมต่อลิตร โคลนโซเดียมเบนโทไนด์จะยับยั้งการแตกหน่อของต้นอายุน้อย ส่วนต้นระยะไม้ออกดอกจะชะลอการแตกหน่อ ทำให้ปริมาณรงควัตถุในใบ ได้แก่ คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์รวม และแคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะที่ความเข้มข้น 150 กรัมต่อลิตร มีค่าสูงที่สุด ($P < 0.01$) หากสัมผัสกับช่อดอกในช่วงที่ช่อกำลังพัฒนา ส่งผลให้ดอกผิดปรกติและสีซีดจาง ส่วนช่อที่อยู่ในช่วงดอกบาน ทำให้ดอกมีคราบโคลนโซเดียมเบนโทไนด์เกาะติด ไม่สามารถตัดจำหน่ายได้ และอายุการปักแจกันลดลง 2–4 วัน

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) สำหรับทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- Boonchai, D., P. Boonkorkaew and P. Kasemsap. 2017. The correlation between CO_2 uptake of CAM *Dendrobium* hybrid and environmental factors under shade net house conditions. Thai J. Agric. Sci. 50(1): 26–35.
- Boonyakiat, D. and N. Rattanapanon. 2005. Postharvest Handling of Vegetables and Fruits. 5th edition. Odean Store Press, Bangkok. 142 pp. (in Thai)

- Bureau of Agricultural Economic Research. 2020. The Situation of Important Agricultural Products and Trend in 2020. Office of Agricultural Economics, Bangkok. 239 pp. (in Thai)
- Dai, Y., Z. Shen, Y. Liu, L. Wang, D. Hannaway and H. Lu. 2009. Effects of shade treatments on the photosynthetic capacity, chlorophyll fluorescence, and chlorophyll content of *Tetrastigma hemsleyanum* Diels et Gilg. Environ. Exp. Bot. 65(2-3): 177-182.
- Das, P.K., B. Geul, S.B. Choi, S.D. Yoo and Y.I. Park. 2011. Photosynthesis-dependent anthocyanin pigmentation in arabidopsis. Plant Signal. Behav. 6(1): 23-25.
- Department of Agriculture. 2007. Quality Management System: GAP Orchids for Farmers. Department of Agriculture, Bangkok. (in Thai)
- Hongprayoon, C., Y. Osotsapa, P. Seechan, A. Kumlung, J. Verasan, A. Wongmaneroj, J. Phumpetch, P. Piatanen and K. Ratanachu. 2006. Effects of Sodium Bentonite on the Environment and Bentonite Mud Management Guidelines. Research Report. Kasetsart University, Nakhon Pathom. 107 pp. (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(4): 675-685.
- Jindamol, H., P. Kasemsap and P. Boonkorkaew. 2019. Water use and photosynthesis of *Dendrobium Sonia* ‘Earsakul’ under water deficit stress. Agr. Nat. Resour. 53: 61-65.
- Kasemsap, P. 2013. 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 Press Co., Ltd., Bangkok. (in Thai)
- Khongchai, T., N. Chittamart, S. Tawornpruek, D. Ketrot, S. Aramrak and K. Songrukkiat. 2020. Effects of Na-bentonite on soil chemical properties in natural gas pipeline rights of way. Journal of Agriculture. 36(2): 197-209. (in Thai)
- Lei, T.T., R. Tabuchi, M. Kitao and T. Koike. 1996. Functional relationship between chlorophyll content and leaf reflectance, and light-capturing efficiency of Japanese forest species. Physiol. Plant. 96(3): 411-418.
- Lüttge, U. 2004. Ecophysiology of crassulacean acid metabolism (CAM). Ann. Bot. 93(6): 629-652.
- Mongkolchaiyaphruek, A. 2013. Petal Fading in Ethylene Treated Orchid Flower: Membrane Catabolism. Research Report. Kasetsart University, Bangkok. 20 pp. (in Thai)
- Ng, C.K.Y. and C.S. Hew. 2000. Orchid pseudobulbs – ‘false’ bulbs with a genuine importance in orchid growth and survival! Sci. Hortic. 83(3-4): 165-172.

- Philuk, J. 1994. Tropical Cut Flowers. Ornamental Plants, Department of Agricultural Extension, Bangkok. (in Thai)
- 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. *Biochim. Biophys. Acta - Biomembr.* 975(3): 384–394.
- Pumhirun, J. 2005. Classification of orchid, pp. 25–27. *In Commercial Dendrobium Orchids Varieties in Thailand*. Department of Agriculture, Bangkok. (in Thai)
- Reezi, S., M. Babalar and S. Kalantari. 2009. Silicon alleviates salt stress, decreases malondialdehyde content and affects petal color of salt-stressed cut rose (*Rosa x hybrida* L.) ‘Hot Lady’. *Afr. J. Biotechnol.* 8(8): 1502–1508.
- Sonsud, T. 2015. Effect of Water Salinity on Growth and Photosynthesis in *Dendrobium* Sonia ‘Earsakul’. MS Thesis, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Voorhees, M.E. 1986. Infiltration rate of bentonite mine spoil as affected by amendments of gypsum, sawdust and inorganic fertilizer. *Reclam. Reveg. Res.* 5(4): 483–490.
- Voss, D.H. 1992. Relating colorimeter measurement of plant color to the *Royal Horticultural Society Colour Chart*. *HortScience.* 27(12): 1256–1260.
- 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. *J. Plant Physiol.* 144(3): 307–313.
- Zhao, D., C. Han, C. Zhou and J. Tao. 2015. Shade ameliorates high temperature-induced inhibition of growth in herbaceous peony (*Paeonia lactiflora*). *Int. J. Agric. Biol.* 17(5): 911–919.
- Zhu, H., X. Li, W. Zhai, Y. Liu., Q. Gao, J. Liu, L. Ren, H. Chen and Y. Zhu. 2017. Effect of low light on photosynthetic properties, antioxidant enzyme activity, and anthocyanin accumulation in purple pak-choi (*Brassica campestris* ssp. *Chinensis* Makino). *PLoS ONE* 12(6): e0179305.