

ผลของวัสดุปลูกและกรรมวิธีสำหรับดูแลต้นพืชระหว่างการออกรากนอกหลอดทดลองของต้นฟีโลเดนดรอนก้ามกุ้ง

อรรถพล ตีลังจิตร^{1,+} สุภารัตน์ ปาโมกษ์² นวันธร รุ่งเรือง² โรจนกร เชิงปัญญา³ และ อภิรดี เสี่ยงสืบชาติ^{2*}

¹ประธานกรรมการบริหารบริษัท Growth Revolution จำกัด

²สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพทางอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ

³สาขาวิชาเกษตรป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ

⁺คุณอรรถพล ตีลังจิตร เสียชีวิตเมื่อวันที่ 17 ตุลาคม 2567

¹150 ตำบลนางแล อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย 57100

^{2,3}17 หมู่ 3 ถนนยันตรกิจโกศล ตำบลแม่ทราย อำเภอร้องกวาง จังหวัดแพร่ 54140

รับบทความ 4 กันยายน 2567 แก้ไขบทความ 9 กุมภาพันธ์ 2569 ตอบรับบทความ 2 มีนาคม 2569

บทคัดย่อ

ต้นฟีโลเดนดรอนก้ามกุ้ง (*Philodendron pedatum* (Hook.) Kunth) เป็นพืชที่นิยมใช้เป็นไม้ตัดใบและปลูกจัดสวนหรือปลูกเป็นไม้กระถางวางประดับในอาคาร เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชจึงถูกใช้ในการขยายพันธุ์พืชเศรษฐกิจชนิดนี้เพื่อตอบสนองต่อความต้องการนำไปใช้ที่สูงจากอุตสาหกรรมไม้ประดับ อย่างไรก็ตาม การนำต้นพืชจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่ชักนำให้เกิดรากในหลอดทดลองมาอนุบาลออกปลูกมักพบการตายของต้นพืช ซึ่งจัดเป็นการสูญเสียทรัพยากรในการผลิตพืชอย่างยิ่ง งานวิจัยนี้จึงทดสอบการชักนำการเกิดรากนอกหลอดทดลองของต้นฟีโลเดนดรอนก้ามกุ้ง โดยนำยอดอ่อนในหลอดทดลองซึ่งสูง 1 เซนติเมตร และมีจำนวน 3 ใบ ไปเลี้ยงบนอาหารฐานสังเคราะห์สูตร Murashige และ Skoog (MS) เปรียบเทียบกับต้นพืชในหลอดทดลองที่ถูกนำมาเลี้ยงนอกหลอดทดลองบนพีทมอส (10 ต้น/สภาวะ และทำซ้ำ 3 ครั้ง) จากการทดลองพบว่าต้นพืชทุกต้นที่เลี้ยงนอกหลอดทดลองสามารถมีชีวิตรอดและเกิดรากใหม่ได้ ทั้งยังให้จำนวนและความยาวของรากใหม่ และน้ำหนักสดโดยรวมของต้นพืชที่สูงกว่าต้นพืชที่เลี้ยงในหลอดทดลอง จากนั้นจึงศึกษาวัสดุปลูก (พีทมอส, โคโคพีท, พีทมอสผสมโคโคพีทในอัตราส่วน 1:1) และกรรมวิธีการใช้สารเคมี (น้ำกลั่น, อาหารเหลวสูตร MS, ฟลาโวเจน, ไอซัล) ที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ปลูกและดูแลต้นพืชระหว่างขั้นตอนการออกรากนอกหลอดทดลอง (10 ต้น/ชุดการทดลอง และทำซ้ำ 3 ครั้ง) พบว่าการใช้พีทมอสเป็นวัสดุปลูกและการรดต้นพืชด้วยฟลาโวเจนซึ่งเป็นสารเคมีทางการเกษตรส่งผลให้ต้นพืชมีการเจริญเติบโตทั้งทางลำต้นและรากสูงที่สุด ผลที่ได้จากการศึกษานี้จะเป็นการช่วยแก้ไขปัญหการตายของต้นพืชเมื่อนำออกปลูกนอกหลอดทดลอง อีกทั้งสามารถช่วยลดต้นทุนการขยายพันธุ์ต้นฟีโลเดนดรอนก้ามกุ้งด้วยเทคนิคเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อได้อีกด้วย

คำสำคัญ : ฟีโลเดนดรอน; การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช; การออกรากนอกหลอดทดลอง

Effects of Planting Media and Plant Care Practices on *Ex Vitro* Rooting of *Philodendron pedatum* (Hook.) Kunth

Auttapon Taluengjit^{1,†} Sudarat Pamok² Nawantorn Rungruang²
Rodjanacorn Chuengpanya³ and Apiradee Siangsuepchart^{2*}

¹Chief Executives Organization, Growth Revolution CO., LTD.

²Department of Agro-Industrial Biotechnology, Maejo University Phrae Campus

³Department of Agroforestry, Maejo University Phare Campus

[†]Mr. Auttapon Taluengjit passed away on 17 October 2024

¹150, Nang Lae Subdistrict, Mueang Chiang Rai District, Chiang Rai, 57100

^{2,3}17 Moo 3, Yantrakit Koson Road, Mae Sai Subdistrict, Rong Kwang District, Phrae, 54140

Received 4 September 2024; Revised 9 February 2026; Accepted 2 March 2026

Abstract

Philodendron pedatum (Hook.) Kunth is widely used as an ornamental plant for cutting leaf, gardening, or pot plant to decorate buildings. The plant tissue culture technique is employed to propagate this economically important crop for the high demand of the ornamental plant industry. However, the transplantation of *in vitro* rooted plants frequent results in plant death, which is causing a significant huge loss in plant propagation resource. This research aimed to evaluate the *ex vitro* rooting induction of *P. pedatum*. *In vitro* young shoots, 1 cm in height with 3 leaves, were cultured on Murashige and Skoog (MS) agar medium and compared with *in vitro*-raised plants grown under *ex vitro* conditions on peat moss (10 plants/condition with 3 times repeated). The results showed that all plants grown *ex vitro* were able to survive and rooting. Additionally, *ex vitro* plants exhibited data of new root number, new root length, and overall fresh weight significantly higher than *in vitro* plants. Planting media (peat moss, coco peat, a mixture of 1 peat moss : 1 coco peat) and plant care substance application (distilled water, MS liquid medium, Flavogen[®], Osil[®]) were subsequently studied to identify the most suitable substrate for *ex vitro* rooting (10 plants/treatment with 3 times repeated). The findings revealed that using peat moss as the planting material combined with Flavogen[®], an agrochemical, as the plant care substance resulted in the highest shoots and roots growth. This research will solve the problem of plant death after transplantation and could help reduce the cost of propagating *P. pedatum* using plant tissue culture techniques.

Keywords : *Philodendron*; Plant tissue culture; *Ex vitro* rooting

* Corresponding Author. Tel.: +668 9635 4224, E-mail Address: siangsuepchart.apiradee@gmail.com

1. บทนำ

ฟีโลเดนดรอนเป็นสกุลของพืชในวงศ์ Araceae ที่มีรูปร่างหลากหลาย บางชนิดมีใบสีสนและลวดลายที่สวยงาม จึงมักนิยมใช้เป็นไม้ตัดใบหรือปลูกประดับตกแต่งสวนและอาคาร ทั้งยังสร้างมูลค่าจากการส่งออกได้ไม่ต่ำกว่า 15 ล้านบาท [1] พืชสกุลนี้มีความต้องการจากตลาดไม้ประดับที่สูง จึงมีการนำฟีโลเดนดรอนชนิดต่าง ๆ มาใช้เพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันของผู้ค้าขายพืชแต่ละรายและเพื่อตอบสนองต่ออุปสงค์ของผู้บริโภคที่มักให้ความสนใจแก่ต้นพืชที่มีลักษณะสวยงามและแปลกตาอยู่เสมอ ปัจจุบันพบว่าต้นฟีโลเดนดรอนก้ามกุ้ง (ชื่อวิทยาศาสตร์ *Philodendron pedatum* (Hook.) Kunth)) เป็นฟีโลเดนดรอนอีกชนิดหนึ่งที่มีความสนใจและมีความต้องการจากตลาดไม้ประดับที่เพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากพืชชนิดนี้มีลักษณะของใบสวยงามแปลกตา ต้องการปริมาณน้ำปานกลางและแสงแดดรำไร [2] ทำให้ปลูกเลี้ยงได้ง่าย ต้นที่เจริญเติบโตสมบูรณ์เต็มที่มีราคาขายในท้องตลาดไม่ต่ำกว่า 500 บาท ขณะที่ต้นซึ่งมีลวดลายหรือใบด่างจะมีราคาสูงกว่าปกติ ดังนั้นเพื่อเป็นการตอบสนองต่อความต้องการจากอุตสาหกรรมไม้ประดับให้ได้อย่างต่อเนื่อง เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชจึงถูกนำมาใช้ในการขยายพันธุ์พืชเศรษฐกิจชนิดนี้ เนื่องจากวิธีการนี้สามารถผลิตต้นพืชได้เป็นจำนวนมากกว่าการขยายพันธุ์ด้วยการเพาะเมล็ด การปักชำหรือการแยกหน่อ สามารถเพิ่มปริมาณต้นพืชได้ตลอดทั้งปีโดยไม่ขึ้นกับฤดูกาล พืชต้นใหม่ที่ได้เป็นพืชปลอดโรคและตรงตามพันธุ์ [3]

การนำต้นพืชที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อไปใช้ประโยชน์ต่อด้านต่าง ๆ จำเป็นต้องนำต้นพืชมาอนุบาลออกปลูกนอกหลอดทดลอง เพื่อให้ต้นพืชปรับสภาพโครงสร้างภายใน เช่น การทำงานของปากใบ การสังเคราะห์ด้วยแสง ให้คล้ายคลึงกับต้นพืชในสภาพธรรมชาติ [4] ทั้งนี้ในระหว่างขั้นตอนการออกปลูกมักพบการตายของต้นพืช เช่น ต้น *Chlorophytum borivilianum* มีอัตราการรอดชีวิตเพียง 15% หลังจาก

นำต้นพืชที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อไปออกปลูกนอกหลอดทดลอง [5] อันเป็นผลจากการฉีกขาดของรากระหว่างการล้างอาหารวันสังเคราะห์ที่ใช้เลี้ยงต้นพืชในหลอดทดลองซึ่งติดอยู่ที่บริเวณราก หรือเกิดการบอบช้ำของรากระหว่างนำต้นพืชปลูกลงในวัสดุปลูก รากที่เกิดขึ้นในหลอดทดลองมักมีลักษณะอวบหนาและเปราะหักหรือเสียหายได้ง่ายระหว่างการนำออกปลูก [6], [7] อีกทั้งรากไม่ค่อยแตกแขนงและมีขนรากน้อย ทำให้ดูดซับอาหารจากวัสดุปลูกได้ไม่ดี [8] มีการศึกษาที่พบว่าการเชื่อมต่อกันของระบบท่อลำเลียง (vascular tissue) ในส่วนต้นและรากของต้นพืชที่มาจาก การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมักไม่แข็งแรงซึ่งเป็นผลจากเซลล์ในระบบท่อลำเลียงมีรูปร่างที่ผิดปกติ [4] ทำให้การดูดและขนส่งน้ำ/ธาตุอาหารในต้นพืชไม่ค่อยดี รากที่เกิดขึ้นในหลอดทดลองยังมีพัฒนาการของเนื้อเยื่อท่อลำเลียงที่ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับต้นพืชในธรรมชาติ โดยรากเหล่านี้กว่า 50% จะตายหรือชะงักการเจริญเติบโตเมื่อนำต้นพืชออกปลูกนอกหลอดทดลอง [9] ลักษณะรากที่ผิดปกติทั้งทางด้านสัณฐานวิทยาและกายวิภาคเหล่านี้จะส่งผลให้ต้นพืชตายในที่สุด ซึ่งเป็นการสูญเสียสารเคมี เวลาและแรงงานในกระบวนการผลิตพืชเศรษฐกิจอย่างยั่งยืน งานวิจัยการผลิตพืชเศรษฐกิจบางชนิดจึงชักนำให้เกิดรากนอกหลอดทดลองเพื่อป้องกันการสูญเสียทรัพยากรดังกล่าว ต้นพืชที่เกิดรากนอกหลอดทดลองมีอัตราการรอดชีวิตรวมถึงการเจริญเติบโตทางด้านต้นและรากที่สูงกว่าต้นพืชที่เกิดรากในหลอดทดลองแล้วจึงค่อยนำออกปลูก [7], [10] เนื่องจากการเกิดรากนอกหลอดทดลองเป็นการลดความเสียหายที่จะเกิดแก่รากต้นพืชระหว่างการล้างรากหรือการนำลงปลูก อีกทั้งรากที่เกิดนอกหลอดทดลองจะมีลักษณะทางสัณฐานวิทยาและกายวิภาคที่ใกล้เคียงกับรากต้นพืชในสภาพธรรมชาติ [4], [7], [9] การเกิดรากนอกหลอดทดลองยังทำให้ต้นทุนการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชลดลงอีกด้วยเพราะทำให้ขั้นตอนการออกรากและการออกปลูกเกิดขึ้นไปพร้อมกัน

ขั้นตอนเดียว ซึ่งได้มีผู้รายงานว่า การนำต้นชา (*Camellia sinensis*) มาออกรากนอกหลอดทดลอง ช่วยลดต้นทุนการเพิ่มปริมาณพืชชนิดนี้ด้วยวิธีเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อได้สูงถึง 71% [11] ดังนั้นความสามารถในการออกรากนอกหลอดทดลองของต้นฟิลิเดนดรอนก้ามกุ้ง จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจต่อการศึกษ เพื่อให้พืชเศรษฐกิจชนิดนี้มีอัตราการตายที่ต่ำหลังจากนำออกปลูกนอกหลอดทดลอง ผลจากงานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการศึกษาเกี่ยวกับการออกรากนอกหลอดทดลองของพืชสกุลฟิลิเดนดรอนที่มีการศึกษาค่อนข้างจำกัดได้อีกด้วย

วัสดุปลูกเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อ การออกรากนอกหลอดทดลองและต้องเลือกใช้ให้เหมาะสม เนื่องจากวัสดุปลูกแต่ละชนิดมีปริมาณธาตุอาหาร, ความพรุนและความร่วนซุย, ความสามารถในการกักเก็บและระบายน้ำ, ค่า pH และความสะอาดที่แตกต่างกัน [12] จึงทำให้ต้นพืชมีการเจริญเติบโตทางยอดและรากที่ต่างกัน [13] พีทมอส (peat moss) เป็นวัสดุที่นิยมใช้ในขั้นตอนการนำต้นฟิลิเดนดรอนที่เกิดรากในระบบเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อออกปลูกนอกหลอดทดลองดังที่พบในหลายรายงาน [14] - [16] โดยใช้เป็นวัสดุเดี่ยวหรือผสมร่วมกับเพอร์ไลต์ (perlite) สาเหตุที่พีทมอสนิยมใช้เป็นวัสดุปลูกแก่ต้นฟิลิเดนดรอนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออาจเป็นเพราะมีความพรุนสูง ทำให้มีพื้นที่สัมผัสมาก จึงสามารถกักเก็บอาหารและน้ำได้สูง [17] - [18] ส่งผลให้สนับสนุนการเจริญเติบโตของต้นพืชได้ดี พีทมอสยังสามารถนำไปนึ่งฆ่าเชื้อก่อนนำไปใช้ปลูกพืชได้อีกด้วย [14] - [15] วัสดุจึงมีความสะอาดและช่วยป้องกันการเกิดโรคพืชระหว่างขั้นตอนการออกปลูกได้ ขุยมะพร้าวละเอียดหรือโคโคพีท (cocopeat) เป็นวัสดุที่มีลักษณะคล้ายพีทมอสและนิยมใช้เป็นวัสดุปลูกสำหรับการขยายพันธุ์ต้นฟิลิเดนดรอนด้วยการปักชำ [19] หากแต่การนำโคโคพีทมาเป็นวัสดุปลูกแก่ต้นฟิลิเดนดรอนที่เกิดรากในหลอดทดลองยังไม่

ค่อยแพร่หลายมากนักเมื่อเปรียบเทียบกับพีทมอส โดยพบรายงานการใช้โคโคพีทเป็นวัสดุปลูกเพียงในต้นฟิลิเดนดรอนเบอร์กิน (*Philodendron* cv. Birkin) [20] ทั้งนี้วัสดุทั้ง 2 ชนิดยังไม่พบรายงานการนำมาใช้ปลูกพืชสกุลฟิลิเดนดรอนระหว่าง การออกรากนอกหลอดทดลอง ด้วยเหตุนี้ประสิทธิภาพของพีทมอสและโคโคพีทจึงควรต้องมีการศึกษาเพื่อให้สามารถเลือกใช้วัสดุปลูกระหว่างการเกิดรากนอกหลอดทดลองของต้นฟิลิเดนดรอนก้ามกุ้งได้อย่างเหมาะสม ทั้งนี้ วัสดุปลูกที่เหมาะสมยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นวัสดุห่อหุ้มรากเพื่อเตรียมต้นพืชเข้าสู่กระบวนการขนส่งสำหรับจำหน่ายในระดับประเทศหรือต่างประเทศได้อีกด้วย

การนำต้นพืชจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมาออกรากนอกหลอดทดลองนั้น จำเป็นต้องดูแลต้นพืชโดยให้ปุ๋ยหรืออาหารเสริมเพิ่มเติมเพื่อสนับสนุนให้ต้นพืชมีการเจริญของรากเพิ่มสูงมากขึ้น ซึ่งหากรากมีการพัฒนาที่สมบูรณ์และแข็งแรงก็จะสามารถดูดซับน้ำและแร่ธาตุได้ดี ส่งผลต่อเนื่องให้การพัฒนาทางด้านต้นแข็งแรง การศึกษาของ Zhou *et al.* [13] พบว่าการรดอาหารเหลวสังเคราะห์สูตร Murashige และ Skoog (MS) เพิ่มเติมให้แก่ต้นพืชขณะออกรากนอกหลอดทดลองส่งผลให้ต้นพืชมีความสูงและน้ำหนักโดยรวมที่มากกว่าการรดด้วยน้ำเปล่า และเมื่อรดต้นพืชด้วยอาหารเหลวสังเคราะห์สูตร MS ที่ผสมสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชกลุ่มออกซินชนิดกรดแนฟทาซีนอะซีติก (1-naphthaleneacetic acid : NAA) เข้มข้น 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร ส่งผลให้ต้นและรากมีการเจริญเติบโตในภาพรวมที่สูงสุด Manokari *et al.* [21] ได้ชักนำให้ต้น *Vanilla planifolia* เกิดรากนอกหลอดทดลองด้วยการนำยอดอ่อนไปจุ่มในสารละลาย NAA ที่ความเข้มข้นสูงถึง 100 มิลลิกรัม/ลิตร ขณะที่ Benmahiou *et al.* [22] ได้นำสารเคมีเร่งรากทางการเกษตร (Rootone F® และ Rhizopon AA®) มาชักนำให้ยอดอ่อนของถั่วพิสตาชิโอ (*Pistacia vera*) เกิดรากนอกหลอดทดลอง จากข้างต้น

จะเห็นว่าการชักนำให้เกิดรากนอกหลอดทดลองในงานวิจัยแต่ละรายงานได้ใช้วิธีและความเข้มข้นของสารเคมีที่แตกต่างกัน ดังนั้นการศึกษาผลของสารเคมีชนิดใหม่ ๆ ต่อการเจริญเติบโตของต้นฟีโลเดนดรอนก้ามกุ้งระหว่างขั้นตอนการเกิดรากนอกกระป๋องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ งานวิจัยนี้ได้เลือกสารเคมีทางการเกษตรมาศึกษาจำนวน 2 ชนิด คือ ฟลาโวเจน (Flavogen®) (เวลด์ โกรว์, ประเทศไทย) และโอซิล (Osil®) (เกษตรอัจฉริยะ, ประเทศไทย) เคมีภัณฑ์เหล่านี้มีราคาไม่สูงมากและสามารถหาซื้อได้ง่ายจากร้านจำหน่ายอุปกรณ์ทางการเกษตรหรือร้านค้าออนไลน์ ผลการทดลองที่ได้อาจสามารถประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการดูแลพืชสกุลฟีโลเดนดรอนระหว่างขั้นตอนการออกรากนอกหลอดทดลองหรือการนำต้นพืชที่เกิดรากในหลอดทดลองมาออกปลูกได้

ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยนี้จะช่วยพัฒนาการขยายพันธุ์ต้นฟีโลเดนดรอนก้ามกุ้งด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อให้มีศักยภาพสูงขึ้น โดยป้องกันการตายของต้นพืชที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการนำต้นพืชออกปลูกนอกหลอดทดลอง และช่วยเป็นข้อมูลพื้นฐานในการลดต้นทุนการผลิตพืชเศรษฐกิจชนิดนี้ ทั้งยังอาจเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสกุลฟีโลเดนดรอนชนิดอื่น ๆ ได้ต่อไป

2. ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 การเตรียมพืชทดลอง

เพิ่มปริมาณพืชทดลองด้วยการนำต้นฟีโลเดนดรอนก้ามกุ้งปลอดเชื้อในหลอดทดลองมาตัดแยกเอาส่วนโคนลำต้นขนาด 1 เซนติเมตร ไปเลี้ยงบนอาหารวุ้นสังเคราะห์สูตร MS [23] (PhytoTech Labs, USA) ที่มีน้ำตาลซูโครสเข้มข้น 30 กรัม/ลิตร, เจลไรท์ (gelrite) (Sigma, USA) เข้มข้น 2 กรัม/ลิตร, เบนซิลอะดีนีน (N^6 -benzyladenine : BA) (Siama, USA) เข้มข้น 1 กรัม/ลิตร และ NAA (Siama, USA) เข้มข้น 1 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าความเป็นกรด

- ต่าง (pH) ของอาหารอยู่ที่ 5.7-5.8 ภาชนะที่ใช้เลี้ยงต้นพืชในขั้นตอนนี้ คือ ขวดแก้วขนาด 4 ออนซ์ ซึ่งบรรจุอาหารวุ้นสังเคราะห์ปริมาณ 20 กรัม เลี้ยง 1 ชั้นพืช/ขวดแก้ว

อาหารสำหรับเลี้ยงต้นพืชในหลอดทดลองรวมถึงวัสดุปลูกต้นพืชนอกหลอดทดลองได้ถูกทำให้ปลอดเชื้อด้วยการนึ่งในหม้อนึ่งไอน้ำแรงดันสูง (autoclave) ที่ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว นาน 15 นาที สมภาะที่ใช้เลี้ยงต้นพืชทั้งในและนอกหลอดทดลองตลอดการศึกษานี้ คือ อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นแสง 3,000 ลักซ์ จากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์แสงสีขาว ต้นพืชได้รับแสงไฟนาน 18 ชั่วโมง/วัน

2.2 การศึกษาการเจริญเติบโตของต้นพืชในขั้นตอนการออกรากเปรียบเทียบระหว่างการเลี้ยงต้นพืชในหลอดทดลองหรือนำออกปลูกนอกหลอดทดลอง

หลังจากเลี้ยงส่วนโคนลำต้นบนอาหารวุ้นสังเคราะห์สูตร MS ที่มี BA 1 มิลลิกรัม/ลิตร ร่วมกับ NAA 1 มิลลิกรัม/ลิตร ครบ 8 สัปดาห์ (เปลี่ยนย้ายขึ้นพืชสู่อาหารใหม่ทุก 4 สัปดาห์) นำยอดอ่อนในหลอดทดลองที่ได้มาตัดแยกเป็นยอดเดี่ยวให้มีความสูง 1 เซนติเมตร และมีจำนวนใบ 3 ใบ แล้วนำไปศึกษาการเจริญเติบโตระหว่างการเลี้ยงยอดอ่อนต่อในหลอดทดลองเปรียบเทียบกับการนำยอดอ่อนออกปลูกนอกหลอดทดลอง

การเลี้ยงต้นพืชในหลอดทดลอง : ยอดอ่อนถูกนำไปเลี้ยงในกระปุกพลาสติกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11.5 เซนติเมตร และความสูง 6.5 เซนติเมตร ซึ่งบรรจุอาหารวุ้นสังเคราะห์สูตร MS ปริมาณ 150 กรัม ปิดฝากระปุกพลาสติกตลอดการเลี้ยงขึ้นพืช

การนำต้นพืชออกปลูกนอกหลอดทดลอง : นำยอดอ่อนไปล้างด้วยน้ำประปาเพื่อจัดเศษวุ้นจากอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่อาจติดมาด้วย จากนั้นจึงนำยอดอ่อนไปเลี้ยงในกระปุกพลาสติกที่มีขนาดเช่นเดียวกับการ

เลี้ยงต้นพืชในหลอดทดลอง แต่ละกระปุกบรรจุพีทมอส ปริมาณ 150 กรัม กันกระปุกได้เจาะรูขนาด 2 มิลลิเมตร จำนวน 15 รู สำหรับระบายน้ำ การเลี้ยงยอดอ่อนในสภาวะนี้จะไม่ปิดฝากระปุกพลาสติก หากแต่กระปุกแต่ละอันจะถูกวางในกล่องพลาสติกซึ่งมีความกว้าง 24.3 เซนติเมตร x ความยาว 33.5 เซนติเมตร x ความสูง 13 เซนติเมตร ที่ปิดฝากล่องให้สนิท หลังจากนำยอดอ่อนปลูกลงในพีทมอสจึงให้น้ำกลั่นแก่ต้นพืช โดยให้น้ำผ่านทางกันกระปุกจนน้ำซึมขึ้นมาถึงผิวของวัสดุปลูก ดำเนินการให้น้ำแก่ยอดอ่อนสัปดาห์ละ 1 ครั้ง

2.3 การศึกษาวัสดุปลูกที่เหมาะสมระหว่างการออกรากนอกหลอดทดลอง

นำยอดอ่อนในหลอดทดลองที่ได้จากขั้นตอน 2.1 มาจัดเตรียมและตัดเป็นยอดเดี่ยวให้มีขนาดและจำนวนใบตามที่ระบุในขั้นตอน 2.2 จากนั้นนำยอดอ่อนเหล่านี้ออกปลูกลงนอกหลอดทดลองโดยปลูกในกระปุกพลาสติกที่บรรจุพีทมอส (วายุ.วิ.พี. อินเทอร์เน็ต, ประเทศไทย), โคโคพีท (โกรว์ พลัส, ประเทศไทย) และพีทมอสผสมโคโคพีทในอัตราส่วน 1:1

ขนาดและการเตรียมกระปุกพลาสติก ปริมาณของวัสดุปลูกในกระปุกพลาสติก การวางกระปุกพลาสติกในกล่องพลาสติก รวมถึงการให้น้ำแก่ต้นพืชดำเนินการคล้ายคลึงกับการนำต้นพืชออกปลูกลงนอกหลอดทดลองตามที่ระบุในขั้นตอน 2.2

2.4 การศึกษากรรมวิธีการดูแลต้นพืชระหว่างการออกรากนอกหลอดทดลอง

ดำเนินการเตรียมยอดอ่อนตามที่ระบุในขั้นตอน 2.1 และ 2.2 นำยอดอ่อนไปปลูกในกระปุกพลาสติกที่บรรจุพีทมอสเป็นวัสดุปลูก ทั้งนี้การเตรียมและการวางกระปุกพลาสติก ปริมาณของวัสดุปลูกและการรดน้ำแก่ยอดอ่อนดำเนินการเหมือนกับการนำต้นพืชออกปลูกลงนอกหลอดทดลองดังที่ระบุในขั้นตอน 2.2

สารเคมีที่ใช้รดต้นพืชในขั้นตอนนี้ประกอบด้วย น้ำกลั่น, อาหารเหลวสังเคราะห์สูตร MS (PhytoTech Labs, USA) และสารเคมีทางการเกษตร 2 ชนิด คือ ฟลาโวเจน (เวิลด์ โกรว์, ประเทศไทย) และโอซิล (เกษตรอัจฉริยะ, ประเทศไทย) การเตรียมสารเคมีแต่ละชนิดดำเนินการดังนี้ คือ 1) ชั่งผงอาหารสังเคราะห์สูตร MS (PhytoTech Labs, USA) 4.43 กรัม มาละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร โดยที่ไม่เติมน้ำตาลซูโครสเหมือนการเตรียมอาหารวัน ปรับ pH ให้มีค่าที่ 5.7 – 5.82) นำฟลาโวเจนมาละลายด้วยน้ำกลั่น ซึ่ง working concentration ของฟลาโวเจนกรณีใช้เป็นสารชุบหรือรดต้นพืชสำหรับพืชทุกชนิดอยู่ที่ 0.0001% (ปริมาตร/ปริมาตร) และ 3) นำโอซิลมาละลายด้วยน้ำกลั่น ซึ่ง working concentration ของโอซิลกรณีใช้รดต้นพืชอยู่ที่ 0.001% (ปริมาตร/ปริมาตร)

เมื่อนำยอดอ่อนปลูกลงในพีทมอสและรดน้ำแล้ว จึงรดสารเคมีที่บริเวณโคนลำต้นจำนวนต้นละ 1 มิลลิลิตร จากนั้นจึงรดให้สารเคมีอีกสัปดาห์ละ 1 ครั้ง โดยรดหลังจากที่ดำเนินการให้น้ำแก่ต้นพืชแล้ว

2.5 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษานี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design) โดยแต่ละวิธีใช้จำนวน 10 กระปุกพลาสติก และเลี้ยงยอดอ่อนจำนวน 3 ยอด/1 กระปุกพลาสติก (จำนวนยอดอ่อนรวม 30 ยอด/1 วิธี) ในขั้นตอนที่ 2.2 – 2.4 ดำเนินการบันทึกข้อมูลหลังจากเลี้ยงขึ้นพืชครบ 8 สัปดาห์ โดยนำต้นพืชมาล้างน้ำเบา ๆ ให้สะอาดเพื่อชั่งตวงหรือวัสดุปลูกที่ติดบริเวณรากออก นำต้นพืชไปฝังบนกระดาษชำระนาน 5 นาที เพื่อให้ต้นพืชแห้ง แล้วบันทึกข้อมูล (ตารางที่ 1 - 3) ทั้งนี้ความยาวของรากใหม่วัดจากรากที่ยาวที่สุดของต้นพืชแต่ละต้น

การทดลองในขั้นตอนที่ 2.2 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการทดสอบที (T-test) ขณะที่การทดลองในขั้นตอนที่ 2.3

และ 2.4 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการหาความแปรปรวนทางเดียว (one-way analysis of variance) จากการทดสอบเอฟ (F-test) ซึ่งหากการทดสอบพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ข้อมูลถูกนำไปเปรียบเทียบกับวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) การทดสอบทางสถิติตลอดการศึกษานี้วิเคราะห์ที่ระดับ $p < 0.05$ ด้วยโปรแกรม PASW Statistics 18.0 ข้อมูลแสดงผลในรูปของค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation : S.D.)

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

3.1 การเจริญเติบโตของต้นพืชในขั้นตอนการออกรากเปรียบเทียบระหว่างการเลี้ยงต้นพืชในหลอดทดลองหรือนำออกปลูกนอกหลอดทดลอง

พืชหลายชนิดสามารถชักนำให้เกิดรากนอกหลอดทดลองได้ดังที่ปรากฏในงานวิจัยหลายรายงาน [7], [10]-[11], [13], [21] - [22] อย่างไรก็ตาม พืชแต่ละชนิดมีลักษณะทางพันธุกรรมที่ต่างกัน ซึ่งพืชบางชนิดไม่สามารถชักนำให้เกิดรากนอกหลอดทดลองได้ จึงจำเป็นต้องชักนำให้เกิดรากในหลอดทดลองแล้วค่อยนำออกปลูก [5] ดังนั้นการศึกษาด้านฟีโลเดนดรอนก้ามกุ้งที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสามารถชักนำให้เกิดรากนอกหลอดทดลองได้หรือไม่จึงเป็นสิ่งสำคัญ

เมื่อเลี้ยงต้นพืชจนครบ 8 สัปดาห์ งานวิจัยนี้พบว่ายอดอ่อนของต้นฟีโลเดนดรอนก้ามกุ้งทุกยอดสามารถพัฒนาให้ใบและรากใหม่ได้จากการเลี้ยงทั้งในสภาวะในหรือนอกหลอดทดลอง ทั้งยังไม่พบการตายของยอดอ่อนที่นำมาชักนำให้เกิดรากนอกหลอดทดลอง ผลการศึกษายังพบว่ายอดอ่อนที่นำมาชักนำให้เกิดรากนอกทดลองให้จำนวนและความยาวของรากใหม่ (2.33 ราก/ต้น, 2.78 เซนติเมตร) ที่สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากสภาวะในหลอดทดลอง (2.13 ราก/ต้น, 1.13 เซนติเมตร) รากใหม่ที่เกิดนอกหลอดทดลองยังมีลักษณะ

คล้ายคลึงกับต้นพืชที่เติบโตในสภาพธรรมชาติ กล่าวคือ รากมีความเหนียว มีการแตกแขนงและมีขนราก ขณะที่รากซึ่งเกิดในหลอดทดลองมีลักษณะสั้น อวบหนา หากแต่เปราะและหักง่าย รากไม่มีการแตกแขนงและพบขนรากน้อย (รูปที่ 1) การที่รากในหลอดทดลองมีลักษณะดังกล่าวอาจส่งผลให้ความสามารถในการดูดซับน้ำและอาหารด้อยกว่ารากที่ชักนำให้เกิดนอกหลอดทดลอง จึงกระทบต่อการเจริญเติบโตทางต้น ส่งผลให้น้ำหนักสดของต้นพืชในหลอดทดลอง (0.14 กรัม) มีน้ำหนักที่ต่ำกว่าต้นพืชนอกหลอดทดลอง (0.23 กรัม) ผลการทดลองพบว่าความสูงของต้นพืชและจำนวนใบใหม่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการเลี้ยงต้นพืชทั้งใน 2 สภาวะ แต่การชักนำให้ต้นพืชเกิดรากนอกหลอดทดลองอาจมีแนวโน้มให้ความสูงต้นและจำนวนใบใหม่ที่สูงกว่าการเกิดรากในหลอดทดลอง (ตารางที่ 1, รูปที่ 1) ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาในต้น *Siratia grosvenorii* [7] และสตรอเบอร์รี่ [10] ที่พบว่าการเกิดรากนอกหลอดทดลองให้ลักษณะรากที่คล้ายคลึงกับต้นพืชที่ปลูกในธรรมชาติ และให้การเจริญเติบโตทางด้านต้นและรากที่สูงกว่าต้นพืชที่ชักนำให้เกิดรากในหลอดทดลอง ทั้งยังให้อัตราการรอดชีวิตที่สูงกว่าด้วย การที่ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของรากในหลอดทดลองมีลักษณะผิดปกติไปจากธรรมชาติเป็นผลจากลักษณะของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้เลี้ยงต้นพืชในระบบเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมักมีความพรุน (porosity) ที่ต่ำ [7] เมื่อเปรียบเทียบกับพีทมอสที่มีความพรุนสูงถึง 97% [17] จึงเอื้อต่อการเจริญเติบโตของรากมากกว่า ผลการทดลองในขั้นตอนนี้เป็นการบ่งชี้ว่าต้นฟีโลเดนดรอนก้ามกุ้งสามารถชักนำให้เกิดรากนอกหลอดทดลองได้ ซึ่งอาจช่วยป้องกันการตายของต้นพืชเมื่อนำออกปลูกโดย 1) การทำให้รากมีลักษณะปกติ และ 2) ลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นต่อรากขณะนำออกปลูก ทั้งยังมีส่วนช่วยลดต้นทุนและทำให้การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเสร็จสิ้นได้ไวขึ้นเพราะทำให้ขั้นตอนการออกรากและการออกปลูกเกิดไปพร้อมกันในขั้นตอนเดียว

ตารางที่ 1 การเจริญเติบโตของต้นพืชในขั้นตอนการออกรากเปรียบเทียบระหว่างต้นพืชที่เลี้ยงในหลอดทดลองหรือนำออกปลูกนอกหลอดทดลอง ผลการทดลองบันทึกที่ 8 สัปดาห์

การเจริญเติบโตทางด้านต้นและใบ			
สภาวะการปลูก	ความสูงต้น (เซนติเมตร)	จำนวนใบใหม่/ต้น	น้ำหนักสดต้นพืช (กรัม)
ในหลอดทดลอง	2.14±0.16	2.33±1.27	0.14±0.04
นอกหลอดทดลอง	2.39±0.34	2.36±0.84	0.23±0.09
T-test	N.S.	N.S.	*
การเจริญเติบโตทางด้านราก			
สภาวะการปลูก	จำนวนรากใหม่/ต้น	ความยาวรากใหม่ (เซนติเมตร)	
ในหลอดทดลอง	2.13±0.65	1.13±0.36	
นอกหลอดทดลอง	2.33±0.27	2.78±0.88	
T-test	*	*	

หมายเหตุ : N.S. คือ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ * คือ พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการทดลองวิเคราะห์ที่ระดับ $p < 0.05$

3.2 วัสดุปลูกที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ระหว่างขั้นตอนการออกรากนอกหลอดทดลอง

พีทมอสและโคโคพีทเป็นวัสดุที่ถูกนำมาใช้ในขั้นตอนการออกรากและอนุบาลต้นฟิลิเดนดรอนที่เกิดรากในหลอดทดลอง [14] - [16], [20] หากแต่ยังไม่พบรายงานการนำวัสดุ 2 ชนิดนี้ มาใช้เป็นวัสดุปลูกสำหรับการออกรากนอกหลอดทดลองของพืชสกุลฟิลิเดนดรอนประสิทธิภาพของวัสดุปลูกทั้ง 2 ชนิด ทั้งในรูปแบบเดี่ยวหรือใช้ผสมรวมกันต่อการเลือกใช้วัสดุปลูกที่เหมาะสมในขั้นตอนการออกรากนอกหลอดทดลองของต้นฟิลิเดนดรอนก้ามกุ้งจึงได้รับการศึกษาในงานวิจัยนี้ ผลการทดลองพบว่าต้นพืชทุกต้นสามารถรอดชีวิตและเจริญให้ใบและรากใหม่ได้ การใช้พีทมอสเป็นวัสดุปลูกส่งผลให้ต้นพืชมีความสูงต้น (2.61 เซนติเมตร), จำนวนใบใหม่ (2.77 ใบ/ต้น), น้ำหนักสดต้นพืช (0.26 กรัม) และจำนวนรากใหม่ (2.67 ราก/ต้น) สูงที่สุด ขณะที่การใช้โคโคพีทเป็นวัสดุปลูกกลับส่งผลให้ต้นพืชมีการเจริญเติบโตทั้งด้านต้น (ความสูงต้น 2.23 เซนติเมตร, จำนวนใบใหม่ 1.30 ใบ/ต้น, น้ำหนักสดต้นพืช 0.10 กรัม)

และราก (จำนวนรากใหม่ 1.10 ราก/ต้น, ความยาวรากใหม่ 1.55 เซนติเมตร) ที่ต่ำสุด (ตารางที่ 2, รูปที่ 1) เมื่อนำพีทมอสใช้ผสมร่วมกับโคโคพีท พบว่าต้นพืชมีการเจริญเติบโตทางลำต้นและรากที่ดีขึ้นกว่าการใช้โคโคพีทเป็นวัสดุปลูกเพียงอย่างเดียว โดยวัสดุปลูกนี้ให้รากใหม่ที่ยาวถึง 3.85 เซนติเมตร หากแต่ค่าดังกล่าวไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับความยาวรากใหม่ของต้นพืชที่ปลูกในพีทมอส (3.04 เซนติเมตร) ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากข้อมูลการทดลองทั้งหมดจึงสรุปได้ว่า พีทมอสเป็นวัสดุปลูกที่เหมาะสมสำหรับการนำมาใช้ในขั้นตอนระหว่างการออกรากนอกหลอดทดลองของต้นฟิลิเดนดรอนก้ามกุ้ง ทั้งนี้ Thảo et al. [16] พบว่า การนำต้น *Philodendron hederaceum* “Lemon Lime” ที่เกิดรากในหลอดทดลองไปออกปลูกบนวัสดุพีทมอสให้อัตราการรอดชีวิตทั้งหมด (100%), จำนวนใบ (2.37 ใบ/ต้น) และความสูงของยอด (2.92 เซนติเมตร) สูงสุด ขณะที่การใช้ขุยมะพร้าวให้ผลการทดลองต่ำที่สุด

มีผู้ศึกษาคูณสมบัติของพีทมอสในการใช้เป็นวัสดุปลูกพบว่าพีทมอสมีค่าความร่วนซุยที่ 97% และ

สามารถอุ้มน้ำได้มากกว่าน้ำหนักของพีทมอสเอง (water holding capacity) 10 - 30 เท่า [18] - [19] ขณะที่โคโคพีทมีค่าความร่วนซุยที่ 79% และสามารถอุ้มน้ำได้มากกว่าน้ำหนักของโคโคพีทเองประมาณ 9 เท่า [24] แม้วัสดุปลูกทั้ง 2 ชนิดจะมีความร่วนซุยที่สูงซึ่งสามารถระบายน้ำและอากาศได้ดี อันเป็นสภาวะที่เอื้อต่อการเจริญเติบโตของราก แต่จากการที่พีทมอสมีความสามารถในการกักเก็บความชื้นได้สูงกว่าโคโคพีท

จึงอาจทำให้เกิดสภาวะความชื้นในวัสดุปลูกที่เอื้อต่อการออกรากนอกหลอดทดลองของต้นฟีโลเดนดรอนก้ามกุ้งมากกว่าโคโคพีท ทั้งนี้ Zhou *et al.* [13] ได้กล่าวว่าวัสดุสำหรับนำต้นพืชจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อไปออกปลูกควรสามารถกักเก็บน้ำหรือความชื้นได้อย่างเหมาะสม หากวัสดุปลูกกักเก็บความชื้นได้ไม่ดี จะทำให้ต้นพืชขาดน้ำสำหรับใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมต่าง ๆ รวมถึงทำให้รากมีการเจริญเติบโตที่ต่ำได้

ตารางที่ 2 ผลของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตของต้นพืชระหว่างขั้นตอนการออกรากนอกหลอดทดลอง หลังจากนำต้นพืชออกปลูกเป็นเวลา 8 สัปดาห์

การเจริญเติบโตทางด้านต้นและใบ			
วัสดุปลูก	ความสูงต้น (เซนติเมตร)	จำนวนใบใหม่/ต้น	น้ำหนักสดต้นพืช (กรัม)
พีทมอส	2.61±0.38 ^A	2.77±0.69 ^A	0.26±0.11 ^A
โคโคพีท	2.23±0.20 ^B	1.30±1.03 ^B	0.10±0.01 ^B
1 พีทมอส + 1 โคโคพีท	2.42±0.29 ^{AB}	2.13±0.63 ^A	0.19±0.09 ^A
F-test	*	*	*
การเจริญเติบโตทางด้านราก			
วัสดุปลูก	จำนวนรากใหม่/ต้น	ความยาวรากใหม่ (เซนติเมตร)	
พีทมอส	2.67±0.27 ^A	3.04±0.89 ^A	
โคโคพีท	1.10±0.42 ^B	1.55±0.70 ^B	
1 พีทมอส + 1 โคโคพีท	1.73±0.47 ^C	3.85±1.97 ^A	
F-test	*	*	

หมายเหตุ : * คือ พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวดิ่งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการวิเคราะห์ด้วยวิธี DMRT ผลการทดลองวิเคราะห์ที่ระดับ $p < 0.05$

3.3 กรรมวิธีการดูแลต้นพืชระหว่างการออกรากนอกหลอดทดลอง

การศึกษาก่อนหน้าหลายรายงานได้ใช้สารเคมีเพิ่มเติมเพื่อให้ต้นพืชที่นำมาออกรากนอกหลอดทดลองมีการเจริญเติบโตที่เพิ่มสูงขึ้น [13], [21], [22], [25] งานวิจัยนี้ได้ศึกษาประสิทธิภาพของอาหารเหลวสูตร MS, ฟลาโวเจนและโอซิลต่อการนำไปใช้ดูแลต้นฟีโลเดนดรอนก้ามกุ้งระหว่างการออกรากนอกหลอดทดลอง ผลการศึกษาพบว่า การดูแลต้นพืชด้วยน้ำกลั่นหรือสารเคมีดังที่กล่าว

มาข้างต้น ส่งผลให้ต้นพืชทุกต้นมีชีวิตรอด ทั้งยังสามารถเจริญให้ใบและรากใหม่ได้ หากแต่การดูแลต้นพืชด้วยน้ำกลั่นมีการเจริญเติบโตของต้นพืชในภาพรวมที่ด้อยกว่าวิธีอื่น ๆ ผลการทดลองพบว่า การให้อาหารเหลวสังเคราะห์สูตร MS เพิ่มเติมส่งผลให้การเจริญเติบโตของต้นพืช (ความสูงต้น 3.35 เซนติเมตร, จำนวนใบใหม่ 3.37 ใบ/ต้น, น้ำหนักสดต้นพืช 0.92 กรัม) และราก (จำนวนรากใหม่ 5.74 ราก/ต้นพืช, ความยาวรากใหม่ 9.15 เซนติเมตร) สูงกว่าชุดทดลองน้ำกลั่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อาหารสังเคราะห์สูตร MS เป็นสูตรอาหารที่มีองค์ประกอบของธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและสารอินทรีย์ที่หลากหลาย ทั้งยังมีปริมาณเกลือแอมโมเนียม (NH_4^+) ที่สูงจึงสามารถสนับสนุนทุกช่วงการเจริญเติบโตของพืชได้ดี ส่งผลให้อาหารสูตรนี้ถูกนำไปใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชอย่างแพร่หลาย [3] ทั้งยังถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อเสริมการเจริญเติบโตของพืชระหว่างการออกรากนอกหลอดทดลอง [13] หรือใช้ดูแลต้นพืชในขั้นตอนการนำอนุบาลออกปลูกหลังจากที่ชักนำให้เกิดรากในหลอดทดลองแล้ว [25]

ฟลาโวนเจนเป็นสารเคมีทางการเกษตรที่รายละเอียดของผลิตภัณฑ์ได้ระบุว่าเป็นอาหารเสริมพืชอินทรีย์ที่สกัดสารเคมีจากพืชจำนวน 15 ชนิด ได้เป็นสารฟลาโวนอยด์เข้มข้นขึ้น ฟลาโวนอยด์เป็นสารทุติยภูมิ (secondary metabolites) ที่ต้นพืชสร้างขึ้นซึ่งมีหน้าที่สำคัญในกลไกการป้องกันตัวของพืช ฟลาโวนอยด์ทำหน้าที่กำจัดอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นเมื่อต้นพืชตกอยู่ในสภาวะเครียดจากสิ่งไม่มีชีวิต (abiotic stress) เช่น ความเค็ม ความแห้งแล้ง ความเข้มแสงที่สูง ทำให้ดำรงไว้ซึ่งสมดุลภายในเซลล์ (homeostasis) ขณะเดียวกันฟลาโวนอยด์มีบทบาทเกี่ยวข้องกับการสร้างไฟโตเล็กซิน (phytoalexin) เมื่อต้นพืชได้รับการรุกรานจากเชื้อจุลินทรีย์หรือศัตรูพืช (biotic stress) [26] ทั้งนี้มีการศึกษาที่พบว่า ฟลาโวนอยด์สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชได้ (biostimulants) โดยเมื่อต้นพืชได้รับการฉีดหรือพ่นด้วยฟลาโวนอยด์ สารดังกล่าวจะกระตุ้นการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการขยายขนาดของเซลล์, การสร้างและพัฒนาของอวัยวะใหม่, การดูดน้ำและแร่ธาตุ และกระบวนการเมแทบอลิซึมของไนโตรเจน ทั้งยังมีบทบาทเพิ่มอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงผ่านการกระตุ้นการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งและย่อยสลายของคาร์โบไฮเดรตทำให้มีปริมาณของคลอโรฟิลล์เพิ่มสูงขึ้น และกระตุ้นการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเซลล์ปากใบ พร้อมทั้งมีบทบาทร่วม

ในการควบคุมการเปิด/ปิดของปากใบ [27] การศึกษาที่พบว่าต้นฟีโลเดนดรอนก้ามกุ้งที่ได้รับการรดด้วยฟลาโวนเจนมีค่าเฉลี่ยของจำนวนใบใหม่ (3.77 ใบ/ต้น) น้ำหนักสดต้นพืช (0.94 กรัม) และ ความยาวรากใหม่ (9.56 เซนติเมตร) ที่สูงที่สุดจากทั้ง 4 ชุดการทดลอง และให้ค่าเฉลี่ยของความสูงต้น (3.32 เซนติเมตร) และจำนวนรากใหม่ (5.63 ราก/ต้น) เป็นลำดับที่ 2 รองจากชุดการทดลองที่รดต้นพืชด้วย MS อีกทั้งเมื่อเปรียบเทียบข้อมูลการเจริญเติบโตทางต้นและรากระหว่างการรดต้นพืชด้วย MS และ ฟลาโวนเจน พบว่า ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสองชุดการทดลองนี้ (ตารางที่ 3) ดังนั้นจากข้อมูลทั้งหมดอาจสรุปได้ว่าต้นฟีโลเดนดรอนก้ามกุ้งสามารถตอบสนองและนำสารออกฤทธิ์สำคัญของฟลาโวนเจนไปใช้ได้ดี จึงทำให้ต้นพืชมีการเจริญเติบโตในภาพรวมที่ดีกว่าการใช้สารเคมีชนิดอื่น นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาที่พบว่าการผลิตพันธุ์ต้นข้าวด้วยฟลาโวนเจนให้ผลผลิตที่ใกล้เคียงกับวิธีการปลูกที่ใส่ปุ๋ยและพ่นยาควบคุมศัตรูพืชอย่างสม่ำเสมอ ดังนั้นฟลาโวนเจนจึงช่วยลดต้นทุนการใช้ปุ๋ยและยาฆ่าแมลง และจัดเป็นสารเคมีทางเลือกที่น่าสนใจในการนำมาใช้ดูแลต้นพืช [28] เนื่องจากสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลายลักษณะ ทั้งนี้ งานวิจัยหลายรายงานได้ระบุว่าสารเคมีที่ใช้ดูแลต้นพืชระหว่างขั้นตอนการออกปลูก [25] หรือการออกรากนอกหลอดทดลอง [13], [21] จะมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อถูกใช้ในระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับความเข้มข้นของฟลาโวนเจนที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้ดูแลต้นฟีโลเดนดรอนก้ามกุ้งระหว่างการออกรากนอกหลอดทดลองต่อไป

โอซิลเป็นสารเคมีทางการเกษตรที่ผลึกของผลิตภัณฑ์ได้ระบุว่าเป็นสารไฮบริด (hybrid solution) ที่มีสารออกฤทธิ์สำคัญ คือ อนุภาคซิลเวอร์ขนาดนาโนเมตร (silver nanoparticles : AgNPs) เข้มข้น 0.01% (น้ำหนัก/น้ำหนัก) และโพลีกลูโคซามีนโอลิโกเมอร์ (poly-glucosamine oligomer) เข้มข้น 15% (น้ำหนัก

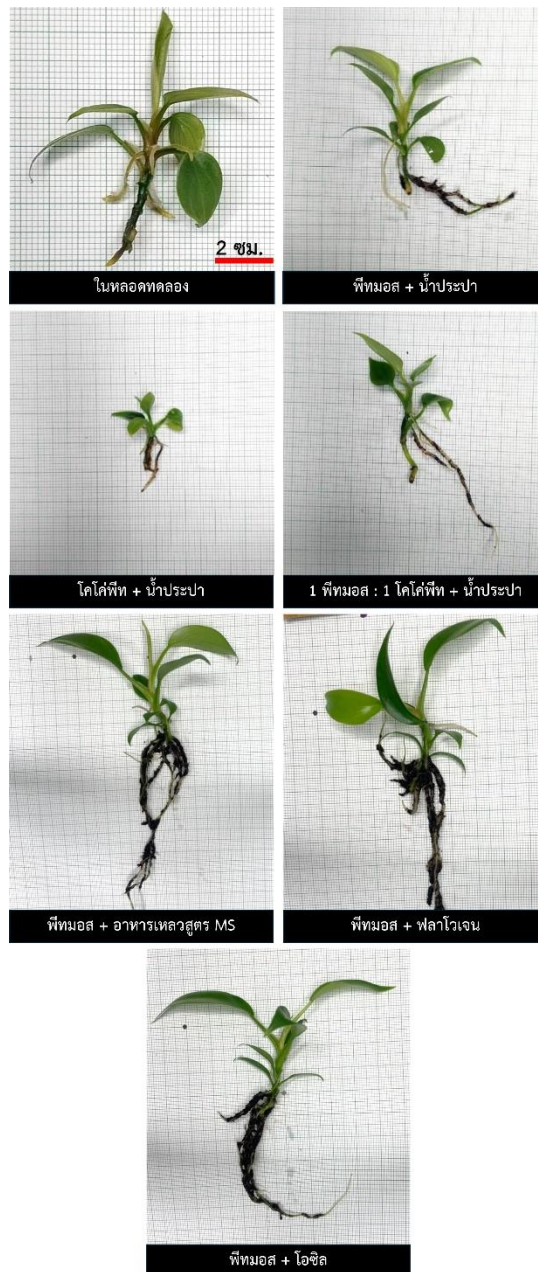
/น้ำหนัก) AgNPs สามารถถูกดูดซึมและเคลื่อนที่เข้าสู่ภายในเซลล์พืชผ่านระบบท่อลำเลียงซึ่งต้นพืชจะนำ AgNPs ไปใช้สนับสนุนการเจริญเติบโตหรือส่งเสริมกระบวนการเมแทบอลิซึมต่าง ๆ ต่อไปได้ เช่นเพิ่มอัตราการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์เพื่อนำไปใช้ย่อยสลายธาตุหรืออาหารสำคัญ, กระตุ้นการสังเคราะห์รงควัตถุเพื่อให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงขึ้น, ยับยั้งการสร้างเอทิลีนซึ่งเป็นฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการแก่และการตายของเซลล์ และกระตุ้นการสร้างรากเพื่อให้ต้นพืชสามารถดูดซับธาตุอาหารและน้ำได้สูงขึ้น [29] โพลีกลูโคซามีนเป็นสารในกลุ่มไคโตซาน (chitosan) ซึ่งไคโตซานจะพบในกลุ่มสัตว์ขาปล้อง (arthopods) และในโครงสร้างผนังเซลล์ของเชื้อรา สารชนิดนี้ช่วยให้ต้นพืชมีการเจริญเติบโตที่เพิ่มมากขึ้นได้ โดยกระตุ้นให้ต้นพืชสร้างสารทุติยภูมิและสารควบคุมการเจริญเติบโต

ให้สูงขึ้นผ่านกลไกการป้องกันตัวหรือการตอบสนองต่อสภาวะเครียด อีกทั้งมีการศึกษาที่พบว่าไคโตซานสามารถกระตุ้นการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงและกลไกการเมแทบอลิซึมเบื้องต้นของคาร์บอนและไนโตรเจนในต้นพืช [30] อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้พบว่าไอซิลให้การเจริญเติบโตทางต้น (ความสูงต้น 2.80 เซนติเมตร, จำนวนใบใหม่ 3.20 ใบ/ต้น, น้ำหนักสดต้นพืช 0.86 กรัม) และราก (จำนวนรากใหม่ 5.13 ราก/ต้น, ความยาวรากใหม่ 7.51 เซนติเมตร) ที่ดีกว่าการใช้อาหารเหลวสูตร MS และปลาโอเจน (ตารางที่ 3, รูปที่ 1) ซึ่งต้นพืชเดนดรอนก้ามกุ้งอาจนำสารออกฤทธิ์สำคัญในไอซิลไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตได้ไม่ทัน จึงทำให้สารเคมีชนิดนี้อาจไม่เหมาะสมต่อการนำมาดูแลพืชชนิดนี้ระหว่างการออกรากนอกหลอดทดลอง

ตารางที่ 3 ผลของกรรมวิธีต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโตของต้นพืชระหว่างขั้นตอนการออกรากนอกหลอดทดลอง หลังจากนำต้นพืชออกปลูกเป็นเวลา 8 สัปดาห์

การเจริญเติบโตทางด้านต้นและใบ			
สารเคมี	ความสูงต้น (เซนติเมตร)	จำนวนใบใหม่/ต้น	น้ำหนักสดต้นพืช (กรัม)
น้ำกลั่น	2.59±0.37 ^B	3.17±0.36 ^B	0.25±0.11 ^B
อาหารเหลว สูตร MS	3.35±0.43 ^A	3.37±0.40 ^B	0.92±0.15 ^A
ปลาโอเจน	3.32±0.12 ^A	3.77±0.32 ^A	0.94±0.07 ^A
ไอซิล	2.80±0.28 ^B	3.20±0.28 ^B	0.86±0.16 ^A
F-test	*	*	*
การเจริญเติบโตทางด้านราก			
สารเคมี	จำนวนรากใหม่/ต้น	ความยาวรากใหม่ (เซนติเมตร)	
น้ำกลั่น	2.70±0.25 ^C	2.70±1.19 ^C	
อาหารเหลวสูตร MS	5.74±0.61 ^A	9.15±1.60 ^A	
ปลาโอเจน	5.63±0.78 ^{AB}	9.56±1.03 ^A	
ไอซิล	5.13±0.57 ^B	7.51±1.13 ^B	
F-test	*	*	

หมายเหตุ : * คือ พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวดังแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการวิเคราะห์ด้วยวิธี DMRT ผลการทดลองวิเคราะห์ที่ระดับ $p < 0.05$



รูปที่ 1 การเจริญเติบโตของต้นฟีโลเดนดรอนก้ามกุ้ง

4. สรุป

งานวิจัยนี้พบว่าต้นฟีโลเดนดรอนก้ามกุ้งที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสามารถชักนำให้เกิดรากนอกหลอดทดลองได้ทุกต้นโดยที่ไม่พบการตายของต้นพืช ทั้งนี้การออกรากนอกหลอดทดลองจำเป็นต้องใช้วัสดุปลูกและสารเคมีสำหรับดูแลต้นพืชให้เหมาะสม

เพื่อให้ต้นพืชมีการเจริญเติบโตและพัฒนาทั้งทางยอดและรากที่ดี ซึ่งพบว่าการใช้ฟิโทมอสเป็นวัสดุปลูกและการรดต้นพืชด้วยสารละลายฟลาโวนเจนส่งผลให้ต้นพืชมีการเจริญเติบโตในภาพรวมสูงที่สุด การศึกษานี้นอกจากจะช่วยป้องกันปัญหาการตายของต้นพืชเมื่อนำออกปลูกนอกระบบเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อแล้ว ยังสามารถนำไป

ประยุกต์ใช้เพื่อลดต้นทุนและระยะเวลาในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อขยายพันธุ์พืชเศรษฐกิจชนิดนี้ เนื่องจากทำให้ขั้นตอนการเกิดรากและการอนุบาลออกปลูกเกิดขึ้นไปพร้อมกันในช่วงขั้นตอนเดียว ส่งผลให้การผลิตต้นพืชโตเต็มทรงตามกำหนดเป็นไปอย่างรวดเร็วและมีศักยภาพสูงขึ้น

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] S. Kittithanawat, Situation and Direction of Ornamental Plants in Thailand in 2020. Bangkok: Horticulture Research Institute. Department of Agriculture, 2020.
- [2] Digital Agricultural Database System, "Philodendron pedatum," [Online]. Available: <https://data.addrun.org/plant/archives/935-philodendron-pedatum>. [Accessed: Jun. 13, 2024].
- [3] E.F. George, M.A. Hall, and G.J. De-Klerk, *Plant Propagation by Tissue Culture*, 3rd ed. Dordrecht : Springer, 2008.
- [4] K. Kumar and I.U. Rao, "Morphophysiological problems in acclimatization of micro propagated plants in - ex vitro conditions - a reviews," *Journal of Ornamental and Horticultural Plants*, vol. 2, no. 4, pp. 271-283, 2012.
- [5] A. Mathur, A.K. Mathur, P. Verma, S. Yadav, M.L. Gupta, and M.P. Darokar, "Biological hardening and genetic fidelity testing of micro-cloned progeny of *Chlorophytum borivilianum* Sant. et Fernand," *African Journal of Biotechnology*, vol. 7, no. 8, pp. 1046-1053, 2008.
- [6] I. Kataoka, "Influence of rooting substrates on the morphology of papaya root formed in vitro," *Japanese Journal of Tropical Agriculture*, vol. 38, no. 3, pp. 251-257, 1994.
- [7] H. Yan, C. Liang, L. Yang, and Y. Li, "In vitro and ex vitro rooting of *Siratia grosvenorii*, a traditional medicinal plant," *Acta Physiologiae Plantarum*, vol. 32, pp. 115-120, 2010.
- [8] P.C. Debergh and L.J. Maene, "A scheme for commercial propagation of ornamental plants by tissue culture," *Scientia Horticulturae*, vol. 14, no. 4, pp. 335-345, 1981.
- [9] M.T. McClelland, M.A. Smith, and Z.B. Carothers, "The effects of in vitro and ex vitro root initiation on subsequent micro cutting root quality in three woody plants," *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, vol. 23, pp. 115-123, 1990.
- [10] B. Borkowska, "Morphological and physiological characteristics of micropropagated strawberry plants rooted in vitro or ex vitro," *Scientia Horticulturae*, vol. 89, no. 3, pp. 195-206, 2001.
- [11] K.K. Ranaweera, M.T. Gunasekara, and J.P. Eeswara, "Ex vitro rooting: a low cost micropropagation technique for Tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntz) hybrids," *Scientia Horticulturae*, vol. 155, pp. 8-14, 2013.
- [12] S.J. Dalanhol, A.C. Nogueira, S. Gaiad, and D. Kratz, "Effect of arbuscular mycorrhizal fungi and fertilization on growth of

- seedlings of *Eugenia uniflora* L., produced in different substrates,” *Revista Brasileira De Fruticultura*, vol. 38, no. 1, pp. 117-128, 2016.
- [13] J. Zhou, F. Guo, C. Qi, J. Fu, Y. Xiao, and J. Wu, “Efficient *ex-vitro* rooting and acclimatization for tissue culture plantlets of ginger,” *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, vol. 150, no. 2, pp. 451-458, 2022.
- [14] A.A. Alawaadh, Y.H. Dewir, M.S. Alwihibi, A.A. Aldubai, S. El-Hendawy, and Y. Naidoo, “Micropropagation of lacy tree philodendron (*Philodendron bipinnatifidum* Schott ex Endl.),” *HortScience*, vol. 55, no. 3, pp. 294-299, 2020.
- [15] F.C. Chen, C.Y. Wang and J.Y. Fang, “Micropropagation of self-heading Philodendron via direct shoot regeneration,” *Scientia Horticulturae*, vol. 141, pp. 23-29, 2012.
- [16] T.T. Ninh, H.T. Nguyen, T.S. Dinh, T.D. Pham, and T.H. Nong, “In vitro propagation of *Philodendron hederaceum* “Lemon Lime”,” *Bản B của Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam*, vol. 65, no. 12, pp. 64-69, 2023.
- [17] S.Y. Lee, E.G. Kim, J.R. Park, Y.H. Ryu, W. Moon, G.H. Park, M. Ubaidillah, S.N. Ryu, and K.M. Kim, “Effect on chemical and physical properties of soil each peat moss, elemental sulfur, and sulfur-oxidizing bacteria,” *Plants*, vol. 10, no. 9, 1901, 2021.
- [18] S. Taskila, R. Särkelä, and J. Tanskanen, “Valuable applications for peat moss,” *Biomass Conversion and Biorefinery*, vol. 6, pp.115-126.
- [19] A. Ghareeb, M. Khalil, and A.E. Helal, “*Philodendron domesticum* G.S. Bunting plant responses to potting media,” *Journal of Productivity and Development*, vol. 26, no. 3, pp. 491-512, 2021.
- [20] M. Akramian, A. Khaleghi, and H. Salehi-Arjmand, “Optimization of plant growth regulators for in vitro mass propagation of *Philodendron* cv. Birkin through shoot tip culture,” *Greenhouse Plant Production Journal*, vol. 1, no. 1, pp. 55-62, 2024.
- [21] M. Manokari, S. Priyadharshini, P. Jogam, A. Dey, and M.S. Shekhawat, “Meta-topolin and liquid medium mediated enhanced micropropagation via ex vitro rooting in *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews,” *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, vol. 146, pp. 69-82, 2021.
- [22] B. Benmahioul, N. Dorion, M. Kaid-Harche, and F. Daguin, “Micropropagation and ex vitro rooting of pistachio (*Pistacia vera* L.),” *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, vol. 108, pp. 353-358, 2012.
- [23] T. Murashige and F. Skoog, “A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures,” *Physiologia Plantarum*, vol. 15, no. 3, pp. 473-497, 1962.
- [24] W.F. Ilahi and D. Ahmad, “A study on the physical and hydraulic characteristics of cocopeat perlite mixture as a growing media in containerized plant production.”

- Sains Malaysiana*, vol. 46, no. 6, pp.975-980, 2017.
- [25] H.M. Hassan, M.A. Ali, and D.A. Soliman, "Effect of low cost gelling agents and some growth regulators on micropropagation of *Philodendron selloum*," *Journal of Plant Production*, vol. 7, no. 2, pp. 169-176, 2016.
- [26] A. Shah and D.L. Smith, "Flavonoids in agriculture: chemistry and roles in, biotic and abiotic stress responses, and microbial associations," *Agronomy*, vol. 10, no.8, 1209, 2020.
- [27] A. Martinez-Alonso, L. Yepes-Molina, A.L. Guarnizo, and M. Carvajal, "Modification of gene expression of tomato plants through foliar flavonoid application in relation to enhanced growth," *Genes*, vol. 14, no. 12, 2208, 2023.
- [28] *Annual Report 2010-2011*, RNR-RC, Bajo Wang-due Phodrang, Renewable Natural Resources Research & Development Centre-Bajothang, 2011.
- [29] S. Mahajan, J. Kadam, P. Dhawal, S. Barve, and S. Kakodkar, "Application of silver nanoparticles in *in-vitro* plant growth and metabolite production: revisiting its scope and feasibility," *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, vol. 150, no. 1, pp. 15-39, 2022.
- [30] N. Coelho and A. Romano, "Impact of chitosan on plant tissue culture: recent applications," *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, vol. 148, pp. 1-13, 2022.