

ผลของสูตรอาหาร สารควบคุมการเจริญเติบโต และชนิดของชิ้นส่วนพืชต่อ
การเพิ่มปริมาณกระบองเพชรสกุลแมมมิลลาเรียและเฟโรแคคตัส
Effect of Culture Media, Plant Growth Regulators and Types of
Explant on Proliferation of the Genus *Mammillaria* and *Ferocactus*

อมรรวรรณ แก้วยัง¹ วัศพล บัวจันทร์¹ ผกาทันน์ โรจน์ดวง^{1,3*} สุภาวดี รามสูตร^{2,3}
และมันตกา วีระพงษ์^{2,3}

Amornwan Keawyoung¹, Watsapon Buajun¹, Phakarat Rotduang^{1,3*}
Supawadee Ramasoot^{2,3} and Mantaka Werapong^{2,3}

บทคัดย่อ

การเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนของกระบองเพชรสกุลแมมมิลลาเรียและเฟโรแคคตัส มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดชิ้นส่วนพืชและสูตรอาหารต่อการเจริญเติบโตของกระบองเพชรสกุลแมมมิลลาเรียและเฟโรแคคตัส หลังจากเพาะเลี้ยง 4 สัปดาห์ พบว่าต้นอ่อนของ *Mammillaria plumose* Pink Flower (ขนาด 5 มิลลิเมตร) แบบเต็ม (full) และต้นอ่อนของ *M. microthele* (ขนาด 5 มิลลิเมตร) แบบผ่าครึ่ง (half) ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS (Murashige and Skoog) ½MS และ ¼MS มีอัตราการรอดชีวิตสูงสุด 100 เปอร์เซ็นต์ *M. microthele* (ขนาด 5 มิลลิเมตร) แบบเต็มที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร ½MS และ ¼MS มีอัตราการรอดชีวิตสูงสุด 100 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ต้นอ่อนของ *Ferocactus cylindraceus* (ขนาด 5 มิลลิเมตร) แบบผ่าครึ่งที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS และ ¼MS และต้นอ่อนของ *F. cylindraceus* (ขนาด 5 มิลลิเมตร) แบบเต็มที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS และ ¼MS มีอัตราการรอดชีวิตสูงสุด 100 เปอร์เซ็นต์ หลังจากเพาะเลี้ยง 12 สัปดาห์ พบว่า *M. plumosa* Pink Flower แบบผ่าครึ่งและแบบเต็มมีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในอาหารสูตร ½MS ส่วน *M. microthele* แบบผ่าครึ่งและแบบเต็มมีการเจริญเติบโตได้ดีในอาหารสูตร ¼MS และ MS สำหรับ *F. cylindraceus* แบบผ่าครึ่งและแบบเต็มมีการเจริญเติบโตได้ดีในสูตรอาหาร ½MS และ MS สำหรับการศึกษาคผลของระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ของ BA (N₆-Benzyladenine) ต่อการชักนำยอดและการเพิ่มปริมาณ

¹ สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

² สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

³ หน่วยวิจัยความหลากหลายและเทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตร

* Corresponding author e-mail: phakarat.r@gmail.com

Received: 1 February 2021, Revised: 18 May 2021, Accepted: 20 May 2021

กระบองเพชร โดยนำแคลลัสของ *M. plumose* Pink Flower และ *M. microthele* 0.5 กรัม มาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS เต็ม BA เข้มข้น 0.0 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากเพาะเลี้ยง 4 สัปดาห์ พบว่า *M. plumose* Pink Flower และ *M. microthele* ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS เต็ม BA 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักแคลลัสมากที่สุด 4.44 กรัม และ 5.15 กรัม ตามลำดับ ส่วน *M. plumosa* Pink Flower และ *M. microthele* ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS เต็ม BA เข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการสร้างยอดสูงสุด 1.56 ยอดต่อชิ้นส่วน

คำสำคัญ: แมมมิลลาเรีย เฟโรแคคตัส N_6 -Benzyladenine (BA) การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ แคลลัส

Abstract

In vitro cactus propagation of the genus *Mamillaria* and *Ferocactus* were to study types of explant and culture media on plant growth of this objective studies. The explants (0.5 mm size) of two genus cactus were cut and uncut longingly with a sharp sterilized surgical blade and cultured on MS (Murashige and Skoog), 1/2MS and 1/4MS medium. After 4 weeks of culture, the result showed that the plantlet of *Mammillaria plumose* Pink Flower (0.5 mm size) was uncut longingly with a sharp sterilized surgical blade and the plantlet of *M. microthele* (0.5 mm size) was cut longingly with a sharp sterilized surgical blade cultured on MS, 1/2MS and 1/4MS medium gave the highest survival rate at 100%. The plantlet of *M. microthele* (0.5 mm size) was uncut longingly with a sharp sterilized surgical blade cultured on 1/2MS and 1/4MS medium gave the highest survival rate at 100%. While the plantlet of *Ferocactus cylindraceus* (0.5 mm size) was cut longingly with a sharp sterilized surgical blade cultured on MS and 1/4MS medium and the plantlet of *F. cylindraceus* (0.5 mm size) was uncut longingly with a sharp sterilized surgical blade cultured on MS and 1/4MS gave the highest survival rate at 100%. After 12 weeks of culture, the result showed that *M. plumosa* Pink Flower was cut and uncut longingly with a sharp sterilized surgical blade cultured on 1/2MS medium gave the highest plant growth. While *M. microthele* was cut and uncut longingly with a sharp sterilized surgical blade cultured on 1/4MS and MS medium gave the highest plant growth. For *F. cylindraceus* was cut and uncut longingly with a sharp sterilized surgical blade cultured on 1/2MS and MS medium gave the highest plant growth. For effect of various concentration of BA (N_6 -Benzyladenine) on shoot induction and cactus proliferation. The callus (0.5 g) of *M. plumose* Pink Flower and *M. microthele* were cultured on MS medium supplemented

with 0.0, 0.5 and 1.0 mg/L. After 4 weeks of culture, the result showed that *M. Plumose* Pink Flower and *M. microthele* were cultured on MS medium supplemented with 1 mg/L BA gave the highest of fresh weight at 4.44 g and 5.15 g, respectively. While *M. plumosa* Pink Flower and *M. microthele* were cultured on MS medium supplemented with 0.5 mg/L BA gave the highest shoot formation at 1.56 shoots/explant.

Keywords: *Mammillaria*, *Ferocactus*, N_6 -Benzyladenine (BA), Tissue culture, Callus

บทนำ

กระบองเพชรสกุลแมมมิลลาเรีย (*Mammillaria*) มีมากกว่า 200 สายพันธุ์ เจริญเติบโตได้ทั้งแบบเดี่ยวและแบบกลุ่ม บางต้นสูงกว่า 3 ฟุต บางสายพันธุ์ต้นโตเต็มวัยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6-8 นิ้ว สูง 4-6 นิ้ว ลักษณะดอกส่วนใหญ่เป็นสีชมพู มีไม้กึ่งสายพันธุ์ที่ออกดอกสีฉูดฉาดมีหนามมาก แต่บางชนิดมีหนามสั้นและไม่แหลม เป็นสกุลที่พบเห็นได้ทั่วไปตามร้านค้า ได้รับความนิยมนามากที่สุด เพราะสามารถออกดอกได้ จึงนิยมเลี้ยงกันมาก (ภวพล, 2562) ส่วนกระบองเพชรสกุลเฟโรแคตัส (*Ferocactus*) มีอยู่ประมาณ 35 สายพันธุ์ มีดอกเมื่ออายุมาก มีถิ่นกำเนิดอยู่ทางตะวันออกเฉียงใต้ของอเมริกาและเม็กซิโก รูปร่างกลมแบนหรือกลมเตี้ย บางชนิดสูงได้ถึง 3 เมตร สันลำต้นเป็นเหลี่ยม ๆ มีร่องลึก สันหนามไม่แยกกัน สีลำต้นสีเขียวเข้มถึงสีเขียวอมฟ้า ลำต้นเดี่ยว ต้นอ่อนไม่มีหน่อ เว้นแต่ชนิดเฟโรแคตัสโรบัสตัสและเฟโรแคตัสฟลาโวไวเรนที่สามารถแตกหน่อได้ตั้งแต่อายุยังน้อย ตุ่มหนามค่อนข้างใหญ่ มีหนามด้านข้างและหนามกลาง มีลักษณะโค้งเป็นตะขอ หนามมีหลายสี เช่น เหลืองชมพู ส้มหรือแสด และแดง (วชิรพงศ์, 2540)

เนื่องจากกระบองเพชรสกุลแมมมิลลาเรียและเฟโรแคตัสเป็นที่ต้องการทางตลาดสูง (ภวพล, 2560) เพราะเป็นไม้ประดับที่มีความสวยงาม แต่มีการขยายพันธุ์ล่าช้า ปกติจะขยายพันธุ์ด้วยการปักชำ การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ และเสี่ยงต่อการเกิดโรคพืช (เศรษฐมนันต์, 2557) จึงมีการขยายพันธุ์ด้วยเทคนิควิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อให้มีจำนวนมากในระยะเวลาอันสั้น ซึ่งการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเป็นศาสตร์ด้านเทคโนโลยีชีวภาพและมีการพัฒนาอย่างกว้างขวาง ปัจจุบันมีการนำไปใช้ในด้าน การปรับปรุงพันธุ์ และขยายพันธุ์พืชในเชิงการค้า (สุภาวดี, 2559) โดยเฉพาะการเพาะเลี้ยงแคลลัส (callus) สามารถขยายพันธุ์เพื่อชักนำให้เกิดต้นพืชปริมาณมากและทนทานต่อสภาพแวดล้อม (ยุทธนา, 2556) และการนำฮอร์โมนในกลุ่มไซโทไคนินช่วยชักนำการเพิ่มปริมาณต้นอ่อนที่นิยมใช้ ได้แก่ benzyladenine (BA) ซึ่งมีส่วนช่วยในการเร่งการขยายตัวของเซลล์และส่งเสริมการสร้างการเจริญของตาข้าง (สิริภัทร์, 2560) ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาชนิดขึ้นส่วนพืชและสูตรอาหารต่อการเจริญเติบโตของกระบองเพชรสกุลแมมมิลลาเรียและเฟโรแคตัส และศึกษาระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ของ BA (N_6 -Benzyladenine) ต่อการชักนำยอดและการเพิ่มปริมาณของกระบองเพชรสกุลแมมมิลลาเรียและเฟโรแคตัส

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาชนิดของชิ้นส่วนพืชและสูตรอาหารต่อการเจริญเติบโตของกระบองเพชรสกุลแมมมิลลาเรียและเฟโรแคคตัส

นำต้นอ่อนของกระบองเพชรสายพันธุ์ *M. plumosa* Pink Flower *M. microthele* และ *F. cylindraceus* ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจากศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ขนาด 5 มิลลิเมตร ทั้งแบบผ่าครึ่ง (half) และแบบเต็ม (full) มาวางเลี้ยงบนอาหารสูตร MS (Murashige and Skoog, 1962) ½MS และ ¼MS อาหารทุกสูตรเติมน้ำตาล 30 กรัมต่อลิตร และผงวุ้น 8 กรัมต่อลิตร ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 5.7 หนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที วางเลี้ยงในสภาพความเข้มแสง 3,000 ลักซ์ เป็นเวลา 14 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ทำการทดลองสูตรอาหารละ 10 ขวด ขวดละ 1 ชิ้นส่วน ทำการเปลี่ยนถ่ายอาหารทุก ๆ 1 เดือน เป็นระยะเวลา 3 เดือน พร้อมทั้งสังเกตและบันทึกผลการทดลอง ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต จำนวนราก ความยาวราก ความยาวต้น จำนวนยอด และน้ำหนักแคลลัส วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี duncan's multiple range test (DMRT)

2. ศึกษาระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ของ BA และสูตรอาหารต่อการชักนำยอดและการเพิ่มปริมาณของกระบองเพชรสกุลแมมมิลลาเรีย

นำแคลลัสของกระบองเพชรสายพันธุ์ *M. plumose* Pink Flower และ *M. microthele* ที่ได้จากการศึกษาตอนที่ 1 น้ำหนัก 0.5 กรัม มาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS เต็ม BA เข้มข้น 0.0 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เติมน้ำตาล 30 กรัมต่อลิตร และผงวุ้น 8 กรัมต่อลิตร ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้มีค่าเท่ากับ 5.7 หนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที วางเลี้ยงในสภาพความเข้มแสง 3,000 ลักซ์ เป็นเวลา 14 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ทำการทดลองสูตรอาหารละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 10 ขวด ทำการเปลี่ยนถ่ายอาหารทุก ๆ 1 เดือน เป็นระยะเวลา 3 เดือน พร้อมทั้งสังเกตและบันทึกผลการทดลอง ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต จำนวนราก ความยาวราก ความยาวต้น จำนวนยอด และน้ำหนักแคลลัส วางแผนการทดลองแบบ CRD เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

ผลการวิจัย

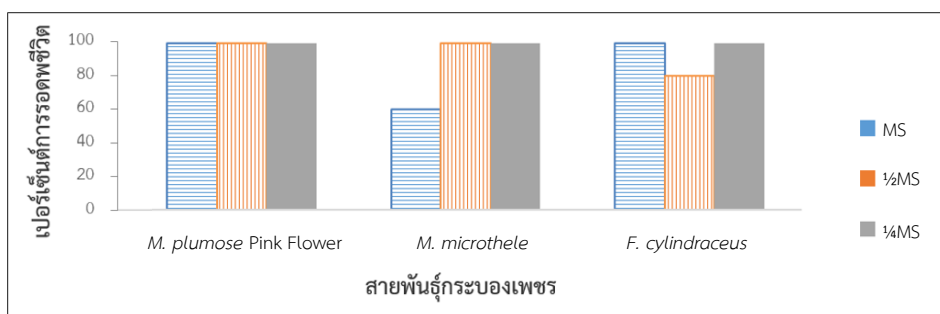
1. ศึกษาชนิดของชิ้นส่วนพืชและสูตรอาหารต่อการเจริญเติบโตของกระบองเพชรสกุลแมมมิลลาเรียและเฟโรแคคตัส

1.1 อัตราการรอดชีวิต

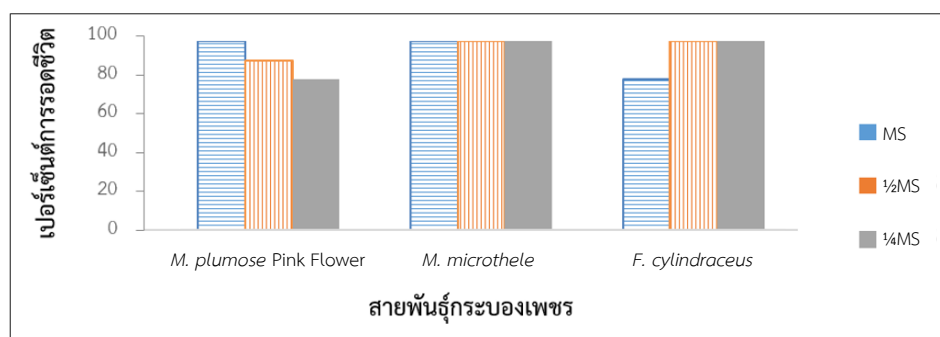
จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนกระบองเพชรสกุลแมมมิลลาเรียและเฟโรแคคตัสแบบผ่าครึ่งและแบบเต็มบนอาหารสูตร MS ½MS และ ¼MS เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าการเพาะเลี้ยง

ชิ้นส่วนแบบผ่าครึ่งของกระบองเพชรสายพันธุ์ *M. plumosa* Pink Flower บนอาหารสูตร MS ½MS และ ¼MS มีอัตราการรอดชีวิตสูงสุด 100 เปอร์เซ็นต์ กระบองเพชรสายพันธุ์ *M. microthele* บนอาหารสูตร ½MS และ ¼MS มีอัตราการรอดชีวิตสูงสุด 100 เปอร์เซ็นต์ และบนอาหารสูตร MS มีอัตราการรอดชีวิต 60 เปอร์เซ็นต์ และกระบองเพชรสายพันธุ์ *F. cylindraceus* บนอาหารสูตร MS และ ¼MS มีอัตราการรอดชีวิตสูงสุด 100 เปอร์เซ็นต์ และบนอาหารสูตร ½MS มีอัตราการรอดชีวิต 80 เปอร์เซ็นต์ ดังภาพที่ 1 จากอัตราการรอดชีวิตของกระบองเพชรทั้ง 3 สายพันธุ์ พบว่าชนิดชิ้นส่วนแบบผ่าครึ่งมีอัตราการรอดชีวิตสูงสุดในสูตรอาหาร ¼ MS

ส่วนการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนแบบเต็มของกระบองเพชรสายพันธุ์ *M. plumosa* Pink Flower บนอาหารสูตร MS มีอัตราการรอดชีวิตสูงสุด 100 เปอร์เซ็นต์ และบนอาหารสูตร ½MS มีอัตราการรอดชีวิต 90 เปอร์เซ็นต์ กระบองเพชรสายพันธุ์ *M. microthele* บนอาหารทุกสูตรมีอัตราการรอดชีวิตสูงสุด 100 เปอร์เซ็นต์ และกระบองเพชรสายพันธุ์ *F. cylindraceus* บนอาหารสูตร ½MS และ ¼MS มีอัตราการรอดชีวิตสูงสุด 100 เปอร์เซ็นต์ และบนอาหารสูตร MS มีอัตราการรอดชีวิต 80 เปอร์เซ็นต์ ดังภาพที่ 2 จากผลอัตราการรอดชีวิตของกระบองเพชรทั้ง 3 สายพันธุ์ พบว่าชนิดชิ้นส่วนแบบเต็มมีอัตราการรอดชีวิตที่ใกล้เคียงกันในสูตรอาหาร MS ½MS และ ¼MS แสดงให้เห็นว่าสูตรอาหารทั้ง 3 สูตร มีความเหมาะสมต่อการรอดชีวิตของกระบองเพชร



ภาพที่ 1 เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของกระบองเพชรชนิดชิ้นส่วนแบบผ่าครึ่งหลังจากเพาะเลี้ยง 4 สัปดาห์

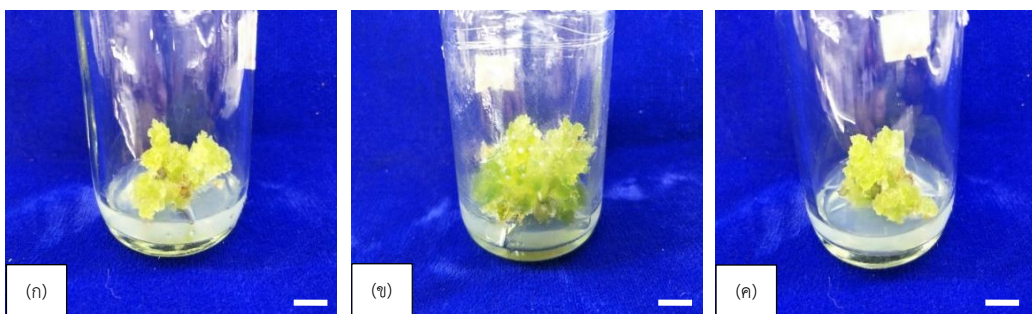


ภาพที่ 2 เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของกระบองเพชรชนิดชิ้นส่วนแบบเต็มหลังจากเพาะเลี้ยง 4 สัปดาห์

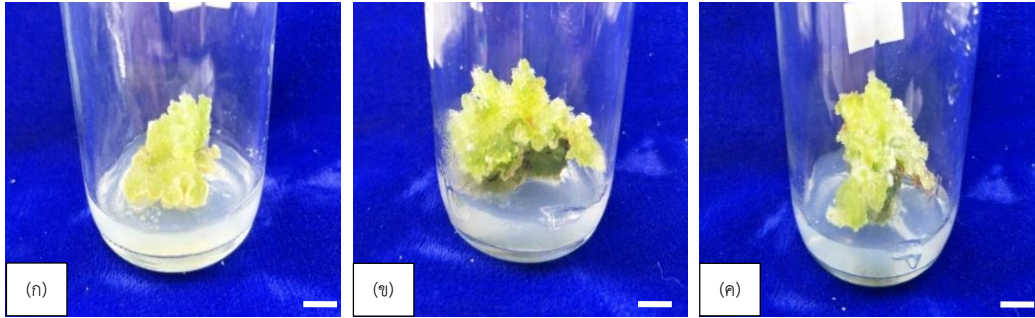
1.2 การเจริญเติบโตของกระบองเพชรสายพันธุ์ *M. plumosa* Pink Flower

จากการเพาะเลี้ยงกระบองเพชรสายพันธุ์ *M. plumosa* Pink Flower บนอาหารสูตร MS $\frac{1}{2}$ MS และ $\frac{1}{4}$ MS เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าชิ้นส่วนกระบองเพชรแบบผ่าครึ่งที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร $\frac{1}{2}$ MS และชิ้นส่วนกระบองเพชรแบบเต็มที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร $\frac{1}{4}$ MS มีการชักนำให้เกิดจำนวนรากมากที่สุด 2.25 และ 2.40 รากต่อชิ้นส่วน ตามลำดับ ชิ้นส่วนกระบองเพชรแบบผ่าครึ่งที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร $\frac{1}{2}$ MS และชิ้นส่วนกระบองเพชรแบบเต็มที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS มีการชักนำความยาวรากมากที่สุด 8.75 และ 11.25 มิลลิเมตรต่อชิ้นส่วน ตามลำดับ ชิ้นส่วนกระบองเพชรแบบผ่าครึ่งที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร $\frac{1}{4}$ MS และชิ้นส่วนกระบองเพชรแบบเต็มที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร $\frac{1}{2}$ MS ให้ความยาวต้นมากที่สุด 17.00 และ 12.85 มิลลิเมตรต่อชิ้นส่วน ตามลำดับ ชิ้นส่วนกระบองเพชรแบบผ่าครึ่งและแบบเต็มที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร $\frac{1}{4}$ MS ให้จำนวนยอดมากที่สุด 1.40 และ 0.30 ยอดต่อชิ้นส่วน ตามลำดับ ชิ้นส่วนกระบองเพชรแบบผ่าครึ่งที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร $\frac{1}{4}$ MS และชิ้นส่วนกระบองเพชรแบบเต็มที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร $\frac{1}{2}$ MS มีน้ำหนักแคลลัสมากที่สุด 1.40 และ 0.27 กรัมต่อชิ้นส่วน ตามลำดับ ดังภาพที่ 3 และ 4

จากผลการเจริญเติบโตของกระบองเพชรสายพันธุ์ *M. plumosa* Pink Flower แสดงให้เห็นว่าอาหารสูตร $\frac{1}{2}$ MS มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกระบองเพชรมากที่สุดทั้งชนิดชิ้นส่วนแบบผ่าครึ่งและแบบเต็มคือมีการเพิ่มจำนวนราก ความยาวราก ความยาวต้น จำนวนยอด และน้ำหนักแคลลัสสูงสุด สำหรับกระบองเพชรแบบผ่าครึ่งด้านจำนวนรากและความยาวราก มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ด้านความยาวต้น จำนวนยอดและน้ำหนักแคลลัสไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและกระบองเพชรแบบเต็มด้านการเพิ่มจำนวนราก ความยาวราก ความยาวต้น จำนวนยอด และน้ำหนักแคลลัส ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตารางที่ 1



ภาพที่ 3 การเจริญเติบโตของกระบองเพชรสายพันธุ์ *M. plumosa* Pink Flower ที่ใช้ชิ้นส่วนแบบผ่าครึ่งเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS (ก) $\frac{1}{2}$ MS (ข) และ $\frac{1}{4}$ MS (ค) เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ (bar = 0.5 cm)



ภาพที่ 4 การเจริญเติบโตของกระบองเพชรสายพันธุ์ *M. plumosa* Pink Flower ที่ใช้ชิ้นส่วนแบบเต็ม เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS (ก) ½MS (ข) และ ¼MS (ค) เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ (bar = 0.5 cm)

ตารางที่ 1 การเจริญเติบโตของกระบองเพชรสายพันธุ์ *M. plumosa* Pink Flower ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ½MS และ ¼MS เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

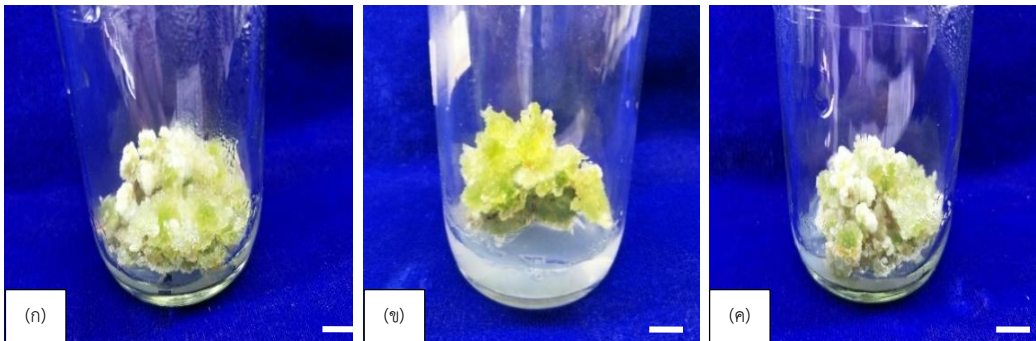
ชนิดของ ชิ้นส่วนพืช	สูตร อาหาร	การเจริญเติบโต				
		จำนวนราก (ราก)	ความยาวราก (มิลลิเมตร)	ความยาวต้น (มิลลิเมตร)	จำนวนยอด (ยอด)	น้ำหนักแคลลัส (กรัม)
แบบผ่าครึ่ง (half)	MS	0.00 ^{bc}	0.00 ^{bc}	14.00 ^a	1.00 ^a	0.90 ^a
	½MS	2.25 ^a	8.75 ^a	14.37 ^a	0.37 ^a	0.96 ^a
	¼MS	0.00 ^b	0.00 ^b	17.00 ^a	1.40 ^a	1.40 ^a
F-test		*	*	non-sig	non-sig	non-sig
แบบเต็ม (full)	MS	2.12 ^a	11.25 ^a	9.37 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
	½MS	2.14 ^a	6.42 ^a	12.85 ^a	0.14 ^a	0.27 ^a
	¼MS	2.40 ^a	6.80 ^a	11.38 ^a	0.30 ^a	0.21 ^a
F-test		non-sig	non-sig	non-sig	non-sig	non-sig

หมายเหตุ: - * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

1.3 การเจริญเติบโตของกระบองเพชรสายพันธุ์ *M. microthele*

จากการเพาะเลี้ยงกระบองเพชรสายพันธุ์ *M. microthele* บนอาหารสูตร MS ½MS และ ¼MS เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าชิ้นส่วนกระบองเพชรแบบผ่าครึ่งและแบบเต็ม ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร ¼MS มีการชักนำให้เกิดจำนวนรากมากที่สุด 0.43 และ 2.22 รากต่อชิ้นส่วนตามลำดับ ชิ้นส่วนกระบองเพชรแบบผ่าครึ่งที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร ¼MS และชิ้นส่วนกระบองเพชรแบบเต็มที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร ½MS มีการชักนำความยาวรากมากที่สุด 0.71 และ 18.00 มิลลิเมตรต่อชิ้นส่วน ตามลำดับ ชิ้นส่วนกระบองเพชรแบบผ่าครึ่งที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร ¼MS

และชิ้นส่วนกระบองเพชรแบบเต็มที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS มีการชักนำความยาวต้นมากที่สุด 7.85 และ 15.00 มิลลิเมตรต่อชิ้นส่วน ตามลำดับ ชิ้นส่วนกระบองเพชรแบบผ่าครึ่งที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร $\frac{1}{4}$ MS และชิ้นส่วนกระบองเพชรแบบเต็มที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS มีการชักนำจำนวนยอดมากที่สุด 2.71 และ 0.22 ยอดต่อชิ้นส่วน ตามลำดับ ชิ้นส่วนกระบองเพชรแบบผ่าครึ่งที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS และชิ้นส่วนกระบองเพชรแบบเต็มที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร $\frac{1}{2}$ MS มีน้ำหนักแคลลัสมากที่สุด 7.14 และ 3.82 กรัมต่อชิ้นส่วน ตามลำดับ ดังภาพที่ 5 และ 6 จากผลการเจริญเติบโตแสดงให้เห็นว่าจำนวนราก ความยาวราก และความยาวต้นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่จำนวนยอดและน้ำหนักแคลลัสมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนอาหารสูตร MS ส่งผลต่อด้านจำนวนราก ความยาวราก และจำนวนยอดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ด้านความยาวต้นและน้ำหนักแคลลัสมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตารางที่ 2



ภาพที่ 5 การเจริญเติบโตของกระบองเพชรสายพันธุ์ *M. microthela* ที่ใช้ชิ้นส่วนแบบผ่าครึ่งเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS (ก) $\frac{1}{2}$ MS (ข) และ $\frac{1}{4}$ MS (ค) เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ (bar = 0.5 cm)



ภาพที่ 6 การเจริญเติบโตของกระบองเพชรสายพันธุ์ *M. microthela* ที่ใช้ชิ้นส่วนแบบเต็มเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS (ก) $\frac{1}{2}$ MS (ข) และ $\frac{1}{4}$ MS (ค) เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ (bar = 0.5 cm)

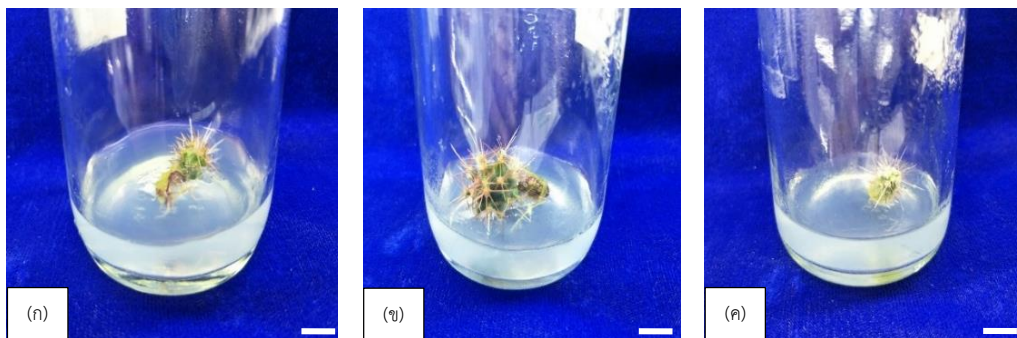
ตารางที่ 2 การเจริญเติบโตของกระบองเพชรสายพันธุ์ *M. microthele* ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ½MS และ ¼MS เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

ชนิดของ ชิ้นส่วนพืช	สูตร อาหาร	การเจริญเติบโต				
		จำนวนราก (ราก)	ความยาวราก (มิลลิเมตร)	ความยาวต้น (มิลลิเมตร)	จำนวนยอด (ยอด)	น้ำหนักแคลลัส (กรัม)
แบบผ่าครึ่ง (half)	MS	0.00 ^a	0.00 ^a	2.00 ^a	0.20 ^b	7.14 ^a
	½MS	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^{bc}	6.07 ^{ab}
	¼MS	0.43 ^a	0.71 ^a	7.85 ^a	2.71 ^a	1.95 ^b
F-test		ns	ns	ns	*	*
แบบเต็ม (full)	MS	1.11 ^a	15.71 ^a	15.00 ^a	0.22 ^a	0.41 ^b
	½MS	1.25 ^a	18.00 ^a	3.75 ^b	0.00 ^a	3.82 ^a
	¼MS	2.22 ^a	12.22 ^a	10.33 ^{ab}	0.00 ^a	0.08 ^{bc}
F-test		ns	ns	*	ns	*

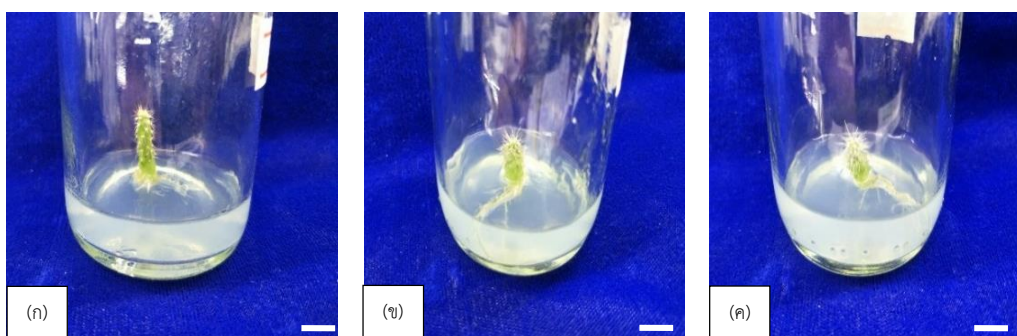
หมายเหตุ: - * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

1.4 การเจริญเติบโตของกระบองเพชรสายพันธุ์ *F. cylindraceus*

จากการเพาะเลี้ยงกระบองเพชรสายพันธุ์ *F. cylindraceus* บนอาหารสูตร MS ½MS และ ¼MS เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าชิ้นส่วนกระบองเพชรแบบผ่าครึ่งที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร ½MS และชิ้นส่วนกระบองเพชรแบบเต็มที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร ¼MS มีการชักนำให้เกิดจำนวนรากมากที่สุด 2.00 และ 2.67 รากต่อชิ้นส่วน ตามลำดับ ชิ้นส่วนกระบองเพชรแบบผ่าครึ่งที่เพาะเลี้ยงบนอาหาร ½MS และชิ้นส่วนกระบองเพชรแบบเต็มที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS มีการชักนำความยาวรากมากที่สุด 18.00 และ 40.00 มิลลิเมตรต่อชิ้นส่วน ตามลำดับ ชิ้นส่วนกระบองเพชรแบบผ่าครึ่งที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS และชิ้นส่วนกระบองเพชรแบบเต็มที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร ¼MS มีการชักนำความยาวต้นมากที่สุด 15.71 และ 15.56 มิลลิเมตรต่อชิ้นส่วน ตามลำดับ และชิ้นส่วนกระบองเพชรแบบผ่าครึ่งและแบบเต็มไม่มีการเจริญเติบโตในส่วนของยอดและการเพิ่มน้ำหนักแคลลัส ดังภาพที่ 7 และ 8 จากผลการเจริญเติบโตทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าสูตรอาหาร ½MS มีความเหมาะสมมากที่สุดต่อการเจริญเติบโตของชิ้นส่วนแบบผ่าครึ่ง และจะเห็นได้ว่าสูตรอาหาร MS ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตในส่วนของยอดและการเพิ่มจำนวนแคลลัส และการเพิ่มจำนวนราก ความยาวราก และความยาวต้นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนอาหารสูตร MS มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของชิ้นส่วนแบบเต็มมากที่สุด คือ ด้านการเพิ่มจำนวนราก ความยาวราก และความยาวต้น ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตารางที่ 3



ภาพที่ 7 การเจริญเติบโตของกระบองเพชรสายพันธุ์ *F. cylindraceus* แบบผ่าครึ่งที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS (ก) ½MS (ข) และ ¼MS (ค) เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ (bar = 0.5 cm)



ภาพที่ 8 การเจริญเติบโตของกระบองเพชรสายพันธุ์ *F. cylindraceus* แบบเต็มที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS (ก) ½MS (ข) และ ¼MS (ค) เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ (bar = 0.5 cm)

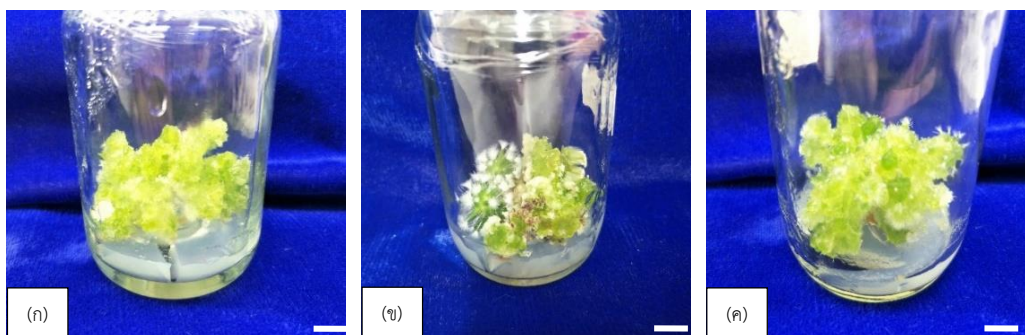
ตารางที่ 3 การเจริญเติบโตของกระบองเพชรสายพันธุ์ *F. cylindraceus* ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ½ MS และ ¼ MS เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

ชนิดของ ชิ้นส่วนพืช	สูตร อาหาร	การเจริญเติบโต				
		จำนวนราก (ราก)	ความยาวราก (มิลลิเมตร)	ความยาวต้น (มิลลิเมตร)	จำนวนยอด (ยอด)	น้ำหนักแคลลัส (กรัม)
แบบผ่าครึ่ง (half)	MS	1.43	15.71	15.71	0.00	0.00
	½MS	2.00	18.00	10.00	0.00	0.00
	¼MS	1.11	12.22	11.44	0.00	0.00
F-test		ns	ns	ns		
แบบเต็ม (full)	MS	2.66	40.00	15.00	0.00	0.00
	½MS	2.00	30.00	13.75	0.00	0.00
	¼MS	2.67	38.89	15.56	0.00	0.00
F-test		ns	ns	ns		

หมายเหตุ: - ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

2. ศึกษาระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ของ BA และสูตรอาหารต่อการชักนำยอดและการเพิ่มปริมาณของกระบองเพชรสกุลแมมมิลลาเรีย

จากการนำแคลลัสของกระบองเพชรสายพันธุ์ *M. plumose* Pink Flower และ *M. microthele* ที่ได้จากการศึกษาในตอนแรก น้ำหนัก 0.5 กรัม มาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS เติม BA 0.0 0.5 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ๆ ละ 10 ขวด และบันทึกผลการเปลี่ยนแปลง พบว่ากระบองเพชรสายพันธุ์ *M. plumose* Pink Flower ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS เติม BA 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลต่อการเพิ่มปริมาณแคลลัสมากที่สุดคือ 4.44 กรัม รองลงมาอาหารสูตร MS เติม BA 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักของแคลลัส 3.45 กรัม และอาหารสูตร MS ที่ปราศจาก BA มีน้ำหนักแคลลัสน้อยที่สุด คือ 2.24 กรัม สูตรอาหารที่มีผลต่อการเกิดจำนวนยอดมากที่สุดคือ อาหารสูตร MS เติม BA 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีจำนวน 1.56 ยอด รองลงมาคืออาหารสูตร MS เติม BA 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร มีจำนวน 1.40 ยอด และอาหารสูตร MS ที่ปราศจาก BA ไม่มีผลต่อการชักนำให้เกิดยอดของแคลลัส ส่วนกระบองเพชรสายพันธุ์ *M. microthele* ในอาหารสูตร MS เติม BA 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลต่อการเพิ่มปริมาณแคลลัสมากที่สุดคือ 5.15 กรัม และสูตรอาหารที่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณแคลลัสน้อยที่สุดคืออาหารสูตร MS ที่ปราศจาก BA ซึ่งมีน้ำหนักแคลลัสน้อยที่สุด คือ 3.07 กรัม สูตรอาหารที่มีผลต่อการเกิดจำนวนยอดมากที่สุดคืออาหารสูตร MS เติม BA 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีจำนวน 1.56 ยอด และอาหารสูตร MS ที่ปราศจาก BA จะไม่มีผลต่อการชักนำให้เกิดยอดของแคลลัส ดังภาพที่ 9 และ 10 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตารางที่ 4



ภาพที่ 9 ผลของสูตรอาหารและระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ของ BA ที่มีการชักนำยอดและการเพิ่มปริมาณของกระบองเพชรสายพันธุ์ *M. plumose* Pink Flower ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS+BA 0.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (ก) MS+BA 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (ข) และ MS+BA 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (ค) เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ (bar = 0.5 cm)



ภาพที่ 10 ผลของสูตรอาหารและระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ของ BA ที่มีการชักนำยอดและการเพิ่มปริมาณของกระบองเพชรสายพันธุ์ *M. microthele* ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS+BA 0.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (ก) MS+BA 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (ข) และ MS+BA 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (ค) เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ (bar = 0.5 cm)

ตารางที่ 4 ผลของสูตรอาหารต่อน้ำหนักสดแคลลัสและจำนวนยอดของกระบองเพชรสกุลแมมมิลลาเรีย และเฟโรแคคตัส

สายพันธุ์	สูตรอาหาร	น้ำหนักสดแคลลัส	จำนวนยอด
	MS + BA (มิลลิกรัมต่อลิตร)	(กรัม)	(ยอด)
<i>M. plumosa</i> Pink Flower	0.0	2.24 ^a	0.00
	0.5	3.45 ^b	1.56 ^a
	1.0	4.44 ^c	1.40 ^a
F-test		*	*
<i>M. microthele</i>	0.0	3.07 ^b	0.00
	0.5	3.25 ^b	1.56 ^a
	1.0	5.15 ^{bc}	1.40 ^a
F-test		*	*

หมายเหตุ * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

การอภิปรายผลการวิจัย

จากผลการศึกษานิตของชิ้นส่วนพืชและสูตรอาหารต่อการเจริญเติบโตของกระบองเพชรสกุลแมมมิลลาเรียและเฟโรแคคตัส พบว่ามีผลการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันเนื่องจากกระบองเพชรแต่ละสายพันธุ์และแต่ละชนิดของชิ้นส่วนพืชมีความต้องการอาหารสูตร MS ที่ระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน โดยกระบองเพชรสายพันธุ์ *M. plumosa* Pink Flower แบบผ่าครึ่งและแบบเต็มมีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในอาหารที่ความเข้มข้นเดียวกันคือ ½MS เพราะเป็นอาหารสูตร MS ที่มี

ความความเข้มข้นของสารประกอบในสูตรอาหารครั้งหนึ่ง ซึ่งมีความเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของ ขึ้นส่วนพืชแบบผ่าครึ่ง เพราะเนื้อเยื่อของพืชจะมีผิวสัมผัสกับอาหารมากขึ้น *M. microthele* แบบผ่าครึ่งและแบบเต็มมีการเจริญเติบโตได้ดีในอาหารสูตร ¼MS และอาหารสูตร MS *F. cylindraceus* แบบผ่าครึ่งและแบบเต็มมีการเจริญเติบโตได้ดีในอาหารสูตร ½MS และอาหารสูตร MS เพราะอาหารสูตร ½MS มีความความเข้มข้นของสารประกอบในสูตรอาหารครั้งหนึ่ง ซึ่งมีความเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของขึ้นส่วนพืชแบบผ่าครึ่งเพราะเนื้อเยื่อของพืชจะมีผิวสัมผัสกับอาหารมากขึ้น และขึ้นส่วนแบบเต็มเจริญเติบโตได้ดีในอาหารสูตร MS เพราะมีความเข้มข้นของสารประกอบในสูตรอาหารมากกว่าขึ้นส่วนแบบเต็มจึงสามารถดูดซึมสารอาหารได้ดีกว่า ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bhau and Wakhlu (2015) ได้ทำการศึกษาวิธีการในการขยายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตที่มากขึ้นในระยะเวลาที่รวดเร็วซึ่งได้เลือกวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในสภาพปลอดเชื้อ โดยผลการวิจัยพบว่าการใช้ตายอดในการขยายพันธุ์ซึ่งได้รับการพัฒนาในไม้ประดับพวกแคคตัส *Coryphantha elephantidens* (Lem.) ในสูตรอาหาร MS มีผลต่อการชักนำยอดและการเจริญเติบโตของยอด จากขึ้นส่วนพืชแต่ละชนิดสำหรับขึ้นส่วนพืชที่ตัดตามยาว เมื่อเพาะเลี้ยงบนสูตรอาหาร MS ที่ประกอบด้วย BAP 1.49 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการเกิดยอดมากที่สุด ชนิดของขึ้นส่วนพืชเป็นที่น่าสังเกตในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ชนิดของแหล่งคาร์บอนที่ใช้ในอาหารมีผลมากต่อการเจริญเติบโตของยอดและน้ำหนักแห้ง น้ำหนักแห้งของยอดสูงสุดได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีซูโครส 9 เปอร์เซ็นต์

จากผลการเจริญเติบโตทั้งหมดของกระบองเพชรสายพันธุ์ *M. plumose* Pink Flower และ *M. microthele* แสดงให้เห็นว่าสารควบคุมการเจริญเติบโต (BA) มีผลต่อการเพิ่มปริมาณแคลลัสและจำนวนยอด ซึ่ง BA จะควบคุมการแบ่งเซลล์ การขยายตัวและการเปลี่ยนแปลงของเซลล์พืช โดยจะกระตุ้นการสร้างยอดจากตายอดยังมีความเข้มข้นของ BA มาก จะมีการสร้างยอดได้มาก (ทวีศักดิ์, 2559) ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของนุรมา และคณะ (2559) ที่ศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการชักนำแคลลัสและยอดของฮาโวเทียในหลอดทดลอง โดยศึกษาผลของไซโตไคนินและออกซินต่อการเพิ่มปริมาณแคลลัสของฮาโวเทีย บนสูตรอาหาร MS พบว่า BA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เกิดแคลลัส 100 เปอร์เซ็นต์ และเกิดจุดสีเขียว 100 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนำแคลลัสที่มีจุดสีเขียวเพาะเลี้ยงบนอาหารที่ปรับความเข้มข้นของธาตุอาหาร (MS ½MS และ ¼MS) ปรากฏจากสารควบคุมการเจริญเติบโต เป็นเวลา 4 สัปดาห์พบว่า MS free ให้อัตราการเกิดยอด 75 เปอร์เซ็นต์ และจำนวนการเกิดยอด 3.33 ยอดต่อขึ้นส่วน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุปผลการวิจัย

จากการเพาะเลี้ยงต้นอ่อนของ *M. plumosa* Pink Flower ขนาด 5 มิลลิเมตร แบบผ่าครึ่งบนอาหารสูตร MS ½MS และ ¼MS และแบบเต็มในอาหารสูตร MS *M. microthele* แบบผ่าครึ่งในอาหารสูตร MS ½MS และ ¼MS และแบบเต็มในอาหารสูตร ½MS และ ¼MS *F. cylindraceus* แบบผ่าครึ่งในสูตรอาหาร MS และ ¼MS และแบบเต็มในอาหารสูตร MS และ ¼MS มีอัตราการรอดชีวิตสูงสุด 100 เปอร์เซ็นต์ หลังจากเพาะเลี้ยง 12 สัปดาห์ พบว่า *M. plumosa* Pink Flower แบบผ่าครึ่งและแบบเต็มมีการเจริญเติบโตดีที่สุดในอาหารสูตร ½MS *M. microthele* แบบผ่าครึ่งและแบบเต็มมีการเจริญเติบโตได้ดีในอาหารสูตร ¼MS และ MS *F. cylindraceus* แบบผ่าครึ่งและแบบเต็มมีการเจริญเติบโตได้ดีในสูตรอาหาร ½MS และ MS สำหรับการศึกษาระดับความเข้มข้นของ BA ต่อการชักนำยอดและการเพิ่มปริมาณกระบอกเพชร โดยนำแคลลัสของ *M. plumosa* Pink Flower และ *M. microthele* 0.5 กรัม มาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS เติม BA 0.0 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า *M. plumosa* Pink Flower และ *M. microthele* ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS เติม BA 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักแคลลัสมากที่สุด 4.44 และ 5.15 กรัม ตามลำดับ ส่วน *M. plumosa* Pink Flower และ *M. microthele* ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS เติม BA 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการสร้างยอดสูงสุด 1.56 ยอดต่อชิ้นส่วน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ที่เอื้อเฟื้อในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- ทวีศักดิ์ แสงอุดม. (2559). *สารควบคุมการเจริญเติบโตพืชและแนวทางการใช้กับไม้ผล*. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยพืชสวน.
- นุรมา มาสาภิ สุริรัตน์ เย็นช้อน และสมปอง เตชะโต. (2559). ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการชักนำแคลลัสและยอดของฮาโวเทียในหลอดทดลอง. *วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์*, 3(2), 76-82.
- ภาวพล ศุภนันทนานนท์. (2560). *Cactus & Succulent mania รวมพลคนรักแคคตัสและไม้อวบน้ำ*. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์บ้านและสวน.
- ภาวพล ศุภนันทนานนท์. (2562). *แคคตัส*. (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์บ้านและสวน.
- ยุทธนา สุจิรา. (2556). *การเพาะเลี้ยงแคลลัส*. กรุงเทพฯ: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.
- วชิรพงศ์ หวลบุตตา. (2540). *แคคตัสไม้ดอกไม้ประดับ*. กรุงเทพฯ: บริษัทอมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

- เศรษฐมนตรี กาญจนกุล. (2557). *ร้อยพรรณพฤกษาแคคตัส*. กรุงเทพฯ: บริษัทอมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.
- สิริภัทร พรหมณีย์. (2560). *เทคนิคการเพาะเลี้ยงเซลล์และเนื้อเยื่อพืชเพื่อการขยายและปรับปรุงพันธุ์*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุภาวดี रामสูตร. (2559). *ตำราการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช*. นครศรีธรรมราช: มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช.
- Bhau, B.S. and Wakhlu, A.K. (2015). A highly efficient *in vitro* propagation protocol forelephant tusk cactus: *Coryphantha elephantidens* (Lem.). *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 13(2), 215-219.
- Murashige, T. and Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobaccotissue cultures. *Physiologia Plantarum*, 15(3), 473-497.