

ผลของ IBA และ NAA ต่อการออกรากของราก และการเติบโตของต้นเคปกูสเบอร์รี่หลังการปักชำ Effect of IBA and NAA on Rooting and Growth of Cape Gooseberry after Stem Cuttings (*Physalis peruviana* L.)

อนัญญา สีอุทธา อัมพล สอนสระเกษ ภูมิรพี คำมรณ ราเชนทร์ ไคร์ครวญ และนพพร บุญปลอด*
Ananya Seeutha Ampol Sornsaket Phumraphi Khamrom Rachane Kraikruan and Nopporn Boonplod*

สาขาวิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

Department of Horticulture, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, San Sai, Chiang Mai 50290

* Corresponding author: nopporn@mju.ac.th

(Received: 24 December 2025; Revised: 16 June 2026; Accepted: 17 July 2026)

Abstract

The study investigated the effects of different concentrations of indole - 3 - butyric acid (IBA) and naphthaleneacetic acid (NAA) on root formation and growth of Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) stem cuttings. The experiment was conducted at the Fruit Crop Experimental Field, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai province, from November 2024 to January 2025. The experimental design was a Completely Randomized Design (CRD) with nine treatments and four replications. Stem cuttings were treated by dipping their basal ends in IBA and NAA solutions at concentrations of 200 and 400 mg/L, applied either individually or in combination. The results indicated that the combined application of IBA at 400 mg/L with NAA at 400 mg/L produced the most favorable root development with the highest number of roots (89.75), root length (7.16 cm), and root diameter (0.73 mm). These results were not significantly different from the treatment using IBA at 400 mg/L combined with NAA at 200 mg/L, which produced a mean of 87.50 roots, a root length of 6.11 cm, and a root diameter of 0.58 mm. In contrast, shoot growth was greatest in the control treatment, which produced the highest mean number of shoots (3.93) and mean number of leaves (5.06).

Keywords: Cape gooseberry, cutting propagation, plant growth regulators

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้าความเข้มข้นของการใช้สาร IBA และ NAA ต่อการเกิดราก และการเติบโตของต้นเคปกูสเบอร์รี่ (*Physalis peruviana* L.) หลังการปักชำ ณ แปลงทดลองสาขาไม้ผล คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2567 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2568 วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 9 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 4 ซ้ำ โดยการจุ่มโคนกิ่งชำลงในสารละลาย IBA และ NAA ความเข้มข้น 200 และ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งในรูปแบบการใช้สารชนิดเดียว และการใช้ร่วมกันระหว่างสารทั้งสองชนิด ผลการทดลอง พบว่า การใช้ IBA ความเข้มข้น 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ผลดีที่สุดในการพัฒนาราก โดยให้จำนวนรากเฉลี่ย 89.75 ราก ความยาวรากเฉลี่ย 7.16 เซนติเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางรากเฉลี่ย 0.73 มิลลิเมตร

ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใช้ IBA ความเข้มข้น 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ให้จำนวนรากเฉลี่ย 87.50 ราก ความยาวรากเฉลี่ย 6.11 เซนติเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางรากเฉลี่ย 0.58 มิลลิเมตร ขณะที่การเจริญของยอด พบว่า กรรมวิธีควบคุมให้ผลดีที่สุด โดยมีจำนวนยอดเฉลี่ย 3.93 ยอด และจำนวนใบเฉลี่ย 5.06 ใบ

คำสำคัญ: เควทสเบอเรีย การปักชำ สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช

คำนำ

เควทสเบอเรีย (*Physalis peruviana* L.) เป็นพืชในวงศ์ Solanaceae ซึ่งอยู่ในวงศ์เดียวกับพริก มะเขือ และมะเขือเทศ มีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกาใต้ โดยเฉพาะประเทศบราซิล ปัจจุบันมีการบริโภคอย่างแพร่หลายทั่วโลก ทั้งในรูปผลสด ผลแปรรูปและของหวาน (Phiphatthanawong, 2015) การขยายพันธุ์เควทสเบอเรียทำได้หลายวิธี เช่น การเพาะเมล็ด การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อและการปักชำ ซึ่งการเพาะเมล็ดมีข้อจำกัดด้านอัตราการงอกต่ำ และใช้เวลานานจึงจะเริ่มให้ผลผลิต (Sriwilai, 2017) การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นวิธีที่สามารถเพิ่มอัตราการขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว แต่มีต้นทุนการผลิตที่สูง และจำเป็นต้องใช้ทักษะเฉพาะทางในการดำเนินการอีกหนึ่งวิธี คือ การปักชำเป็นวิธีที่ง่าย ใช้ต้นทุนต่ำ และสามารถคัดเลือกต้นพันธุ์ดีมาขยายพันธุ์ได้โดยตรง อย่างไรก็ตาม การปักชำยังคงมีข้อจำกัด ได้แก่ ความแตกต่างของอัตราการออกรากของพืชแต่ละชนิด รวมถึงความแปรปรวนของปัจจัยแวดล้อมที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้น

ด้วยเหตุนี้จึงมีความสนใจในการศึกษาความเข้มข้นของ IBA และ NAA ต่อการเกิดราก และการเติบโตของต้นเควทสเบอเรียหลังการปักชำ

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาผลของ IBA และ NAA ที่ความเข้มข้นระดับต่าง ๆ ของกิ่งปักชำเควทสเบอเรีย โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) แบ่งออกเป็น 9 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 4 กิ่ง

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม

กรรมวิธีที่ 2 IBA 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 3 IBA 400 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 4 NAA 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 5 NAA 400 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 6 IBA ร่วมกับ NAA 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 7 IBA 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA 400 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 8 IBA 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 9 IBA 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA 400 มิลลิกรัมต่อลิตร

เมื่ออายุกิ่งชำครบ 30 วัน ทำการบันทึกผล การทดลอง 1) การเกิดราก 2) จำนวนราก 3) ความยาวราก 4) เส้นผ่านศูนย์กลางราก 5) จำนวนยอด 6) ความยาวยอด 7) จำนวนใบ 8) น้ำหนักสดส่วนเหนือดิน 9) น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน 10) น้ำหนักสดส่วนใต้ดิน และ 11) น้ำหนักแห้งส่วนใต้ดิน โดยใช้ไม้บรรทัดวัดความยาวราก และความยาวยอด ทั้งนี้ เส้นผ่านศูนย์กลางราก วัดด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์ดิจิตอล การชั่งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดิน และส่วนใต้ดิน ดำเนินการโดยใช้เครื่องชั่งดิจิตอล (PL 3002/00, Switzerland) จากนั้นหาการเกิดราก จากสมการด้านล่างนี้

$$\text{การเกิดราก (\%)} = \frac{\text{จำนวนกิ่งที่เกิดราก}}{\text{จำนวนกิ่งทั้งหมด}} \times 100$$

วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) โดยโปรแกรมสำเร็จรูป Sirichai Statistics 7.0 และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test (DMRT)

การเตรียมท่อนพันธุ์

เตรียมท่อนพันธุ์เคปทูลเบอริ โดยใช้ 1) กิ่งแก่ 2) กิ่งอ่อนกิ่งแก่ 3) กิ่งอ่อน เฉลี่ยให้เท่ากันทุกกรรมวิธี ความยาว 15 - 20 เซนติเมตร จากนั้นเตรียมวัสดุเพาะชำ (ทราย) ในถาดเพาะชำ 32 หลุม เมื่อนำกิ่งเคปทูลเบอริไปปักชำแล้ว เก็บไว้ในโรงเรือนและให้น้ำวันละ 2 ครั้ง

ผลการวิจัยและวิจารณ์

จากการศึกษาความเข้มข้นของการใช้ IBA และ NAA ต่อการเกิดราก ในด้านจำนวนราก พบว่า การใช้สาร IBA ร่วมกับ NAA มีแนวโน้มทำให้มีจำนวนรากมากกว่าการใช้สาร IBA หรือ NAA เพียงชนิดเดียว ในระดับความเข้มข้นเดียวกัน การใช้ IBA ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 400 มิลลิกรัมต่อลิตร มีจำนวนรากเฉลี่ยอยู่ที่ 89.75 ราก ในขณะที่การใช้ IBA หรือ NAA เพียงชนิดเดียว มีจำนวนรากเฉลี่ยอยู่ที่ 27.63 - 54.50 ราก (Table 1) ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ Bharadva *et al.* (2023) ที่ทำการศึกษากการปักชำแคฝรั่ง พบว่า การใช้สาร IBA ร่วมกับการใช้ NAA มีแนวโน้มทำให้จำนวนรากมากกว่าการใช้สาร IBA หรือ NAA เพียงชนิดเดียว โดยการใช้ IBA ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้จำนวนรากเฉลี่ยอยู่ที่ 9.60 ราก ในขณะที่การใช้ IBA หรือ NAA เพียงชนิดเดียวส่งผลให้มีจำนวนรากเฉลี่ย 5.12 และ 4.73 ราก ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากกลไกการออกฤทธิ์ที่เสริมกันของ IBA และ NAA โดย IBA ทำหน้าที่เป็นสารกระตุ้นในระยะเริ่มต้นของการเกิดราก สามารถถูกเปลี่ยนเป็น IAA ผ่านกระบวนการ β - oxidation (Strader and Bartel, 2011) โดย IAA จะเหนี่ยวนำให้เซลล์บริเวณโคนกิ่งซึ่งเจริญเต็มที่แล้วให้กลับเข้าสู่กระบวนการย้อนกลับสู่สภาพที่มีคุณสมบัติ

คล้ายเซลล์เจริญสามารถแบ่งตัว และจัดเรียงตัวใหม่ จนพัฒนาเป็นจุดกำเนิดรากได้ ในขณะที่ NAA มีความเสถียรทางเคมีสูงกว่าออกซินชนิดอื่น ๆ จึงสามารถคงสภาพการออกฤทธิ์ภายในเนื้อเยื่อของกิ่งปักชำได้ยาวนานกว่า ส่งผลให้การกระตุ้นกระบวนการแบ่งเซลล์ และการพัฒนาของจุดกำเนิดรากเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง และมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Ludwig-Müller, 2000) ซึ่งผลการทดลองในด้านของจำนวนรากแตกต่างกับ Sivakumar *et al.* (2024) ที่ทำการปักชำยอดเบญจมาศ พบว่า การใช้สาร IBA ร่วมกับ NAA มีแนวโน้มทำให้จำนวนรากน้อยกว่าการใช้สาร IBA หรือ NAA เพียงชนิดเดียว อาจมีสาเหตุมาจากอายุของกิ่งที่ต่างกัน โดยกิ่งอ่อนมีผนังเซลล์บาง ทำให้สามารถดูดซึมสารได้รวดเร็ว และในปริมาณมากกว่าที่เป็นต่อการกระตุ้นการเกิดราก อย่างไรก็ตาม การดูดซึมสารเหล่านี้ในระดับที่มากเกินไปอาจทำให้เกิดภาวะฮอร์โมนเกิน ซึ่งภาวะนี้อาจขัดขวางการแบ่งตัว และการเปลี่ยนแปลงของเซลล์บริเวณโคนกิ่งที่จำเป็นต่อการพัฒนาของรากใหม่ (Pacurar *et al.*, 2014) ด้านความยาวราก พบว่า การใช้ IBA ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 400 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความยาวรากสูงที่สุด คือ 7.16 เซนติเมตร แต่ไม่แตกต่างกับการใช้ IBA ร่วมกับ NAA ความเข้มข้นที่ต่ำกว่า อย่างไรก็ตาม การใช้สาร IBA หรือ NAA ความเข้มข้น 400 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มทำให้ความยาวรากมากกว่าการใช้ IBA หรือ NAA ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับ Nguyen *et al.* (2020) ที่ทำการศึกษากการปักชำพริกไทยดำ พบว่า การใช้สาร IBA หรือ NAA ความเข้มข้น 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ความยาวรากมากกว่าการใช้สาร IBA หรือ NAA ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าอยู่ที่ 0.25 และ 1.65 เซนติเมตร และยังสอดคล้องกับ Sivakumar *et al.* (2024) ที่พบว่า การใช้สาร IBA หรือ NAA ความเข้มข้น 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ในการปักชำยอดเบญจมาศมีแนวโน้มทำให้ความยาวรากมากกว่าการใช้

สาร IBA หรือ NAA ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าอยู่ที่ 1.17 และ 0.34 เซนติเมตร ซึ่งอาจเนื่องมาจากความเข้มข้นที่สูงกว่า มีผลในการเพิ่มความเป็นกรดบริเวณผนังเซลล์ ทำให้ผนังเซลล์มีความยืดหยุ่นมากขึ้น (Cosgrove, 2000) ผนังเซลล์ของพืชประกอบด้วยโครงสร้างหลัก คือ ไมโครไฟบริลเซลลูโลส ซึ่งเรียงตัวกันอย่างหนาแน่น และถูกเชื่อมประสานด้วยเฮมิเซลลูโลส ผ่านพันธะไฮโดรเจน เมื่อเอนไซม์ Expansin แตกตัวเข้าไปในโครงสร้างผนังเซลล์ จะช่วยลดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเฮมิเซลลูโลส และไมโครไฟบริลเซลลูโลส ส่งผลให้ความหนาแน่นของพันธะไฮโดรเจนลดลง โครงสร้างผนังเซลล์จึงอ่อนตัวลง และมีความยืดหยุ่นมากขึ้น เซลล์สามารถดูดซึมน้ำเข้าสู่แวคิวโอลได้มากขึ้น ทำให้เกิดการขยายตัว และการยืดตัวของเซลล์ ส่งผลโดยรวมให้รากมีความยาวมากขึ้น (Cosgrove, 2018) แต่เมื่อพิจารณาผลการทดลองจากงานวิจัยการปักชำโกสนของ Malaviya *et al.* (2022) พบว่า การใช้ IBA ความเข้มข้น 450 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้ความยาวรากน้อยกว่า การใช้ IBA ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร อยู่ที่ 2.01 เซนติเมตร อาจมีสาเหตุมาจากลักษณะเฉพาะทางกายวิภาคของเนื้อไม้ ซึ่งโกสนเป็นไม้พุ่ม โดยมีลำต้นที่ประกอบด้วยเซลล์ที่มีผนังหนา ได้แก่ ไฟเบอร์ และสเคลอเรนไคมา ซึ่งโครงสร้างดังกล่าวมีการสะสมลิกนินในระดับสูง ทำให้ผนังเซลล์หนา และมีความแข็งแรง ส่งผลให้การแพร่ผ่านของน้ำ และสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เช่น IBA และ NAA ไปยังเนื้อเยื่อคอร์เท็กซ์ และเนื้อเยื่อเจริญที่จำเป็นต่อการออกรากทำได้ยากขึ้น จึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้กิ่งปักชำโกสนตอบสนองต่อการใช้ฮอร์โมนในระดับสูงได้ไม่ดีเทียบเท่ากับพืชที่มีลักษณะเนื้อไม้อ่อนเช่นเดียวกับเคปทูลเบอร์รี (Taiz *et al.*, 2015) ในทางตรงกันข้ามเคปทูลเบอร์รีเป็นพืชล้มลุกที่มีลำต้นเป็นไม้เนื้ออ่อน ประกอบด้วยเซลล์พาเร็นไคมาที่มีผนังบาง และมีช่องว่างระหว่างเซลล์จำนวนมาก ทำให้การดูดซึมน้ำ และการแพร่ของสาร

สามารถไปยังจุดกำเนิดรากได้ดี (De Klerk *et al.*, 1999) จึงอาจกล่าวได้ว่า ลักษณะของเนื้อเยื่อพืชที่แตกต่างกัน มีบทบาทสำคัญในการกำหนดระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารในการเหนี่ยวนำการเกิดราก และการเจริญของราก

ด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางราก พบว่า ชุดควบคุมและการใช้ IBA ที่ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับเดียวกัน คือ 0.25 มิลลิเมตร และไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 1) อย่างไรก็ตาม การใช้ IBA และ NAA ในระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น มีแนวโน้มทำให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรากเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ผลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมสามารถกระตุ้นการแบ่งเซลล์ และการขยายตัวของเซลล์บริเวณราก ส่งผลให้รากมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับกลไกของออกซินที่ช่วยกระตุ้นการแบ่งเซลล์ และการขยายเซลล์บริเวณราก ส่งผลให้เกิดรากที่มีขนาดใหญ่ขึ้น (Ludwig-Müller, 2000) โดยออกซินมีบทบาทสำคัญต่อการขยายตัวของเซลล์ในชั้นคอร์เท็กซ์ของราก ทำให้แวคิวโอลภายในเซลล์สามารถขยายตัวได้มากขึ้น ส่งผลให้เกิดการสะสมแรงดันภายใน (turgor pressure) สามารถผลักดันผนังเซลล์ออกไปในแนวรัศมีของราก ทำให้ชั้นคอร์เท็กซ์ทั้งชั้นมีขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้เส้นผ่านศูนย์กลางของรากเพิ่มขึ้น โดยเป็นการปรับโครงสร้างของรากให้สามารถรองรับปริมาณน้ำ และธาตุอาหารที่มากขึ้นได้อย่างเหมาะสม (Cosgrove, 2016) อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Chumpookam *et al.* (2014) ที่ศึกษาการใช้ IBA และ NAA ในการปักชำหม่อนพันธุ์เชียงใหม่ 60 พบว่า การใช้สารในบางความเข้มข้น เช่น IBA ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA ความเข้มข้น 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรากไม่แตกต่างกับการไม่ใช้สาร อาจมีสาเหตุมาจากความแตกต่างของเนื้อไม้ โดยหม่อน

เป็นประเภทไม้เนื้อแข็ง ประกอบด้วยเซลล์พางค์มาที่มีผนังหนา และมีช่องว่างระหว่างเซลล์น้อย ทำให้การแพร่และลำเลียงของสารภายในรากเกิดการชะลอตัว ส่งผลให้การเคลื่อนที่ของฮอร์โมนและสารอาหารไปยังเซลล์คอร์เทกซ์ลดลง เป็นปัจจัยที่จำกัดการขยายตัวของเซลล์ในแนวรัศมี ซึ่งตรงกันข้ามกับเคปทูลเบอร์รี่ซึ่งมีเนื้อไม้ค่อนข้างอ่อน ในด้านการเกิดราก พบว่า การใช้สาร IBA และ NAA ไม่ส่งผลต่อการเกิดรากของกิ่งปักชำเคปทูลเบอร์รี่เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่ไม่ใช้สาร เนื่องจากในการทดลองแต่ละกรรมวิธีมีการเฉลี่ยและกระจายกิ่งปักชำทั้งสามประเภท ได้แก่ กิ่งอ่อน กิ่งกึ่งอ่อนกิ่งแก่ และกิ่งแก่ในสัดส่วนที่เท่ากัน การเฉลี่ยสัดส่วนของกิ่งแต่ละประเภทในแต่ละกรรมวิธีช่วยลดความแปรปรวนระหว่างประเภทกิ่ง ทำให้ผลรวมเฉลี่ยของแต่ละกรรมวิธีใกล้เคียงกัน จึงทำให้การเกิดรากไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาการปักชำต้นตอองุ่นพันธุ์ SO4 โดย Mungkalasaranee *et al.* (2009) ที่พบว่า การใช้สาร IBA ทำให้อัตราการเกิดรากในกิ่งปักชำองุ่นไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการไม่ใช้สาร และยังสอดคล้องกับ Singh and Bahadur (2015) ที่ทำ การศึกษาอิทธิพลของ NAA และ IBA ต่อการออกรากในกิ่งปักชำฟิลซา (*Grewia subinaequalis* L.) พบว่า การใช้ IBA และ NAA ไม่ส่งผลต่ออัตราการออกรากของกิ่งปักชำฟิลซา อาจเนื่องมาจากพืชที่กล่าวมา

ข้างต้นมีความสามารถในการออกรากโดยธรรมชาติอยู่ในระดับสูง เนื่องจากกิ่งมีการสะสมฮอร์โมนออกซินภายในในระดับที่เพียงพอสำหรับเหนี่ยวนำการสร้างราก โดยออกซินมีบทบาทสำคัญต่อการกระตุ้นการทำงานของยีนที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาราก เช่น Auxin Response Factors (ARFs) และ Lateral Organ boundaries Domain (LBD) (Olatunji *et al.*, 2017) ซึ่งกิ่งของพืชที่มีศักยภาพในการออกรากสูง โดยทั่วไปจะมีการสะสมคาร์โบไฮเดรตสำรอง เช่น น้ำตาล และแป้งในบริเวณเนื้อเยื่อโคนกิ่ง ซึ่งทำหน้าที่เป็นทั้งแหล่งพลังงาน และตัวส่งสัญญาณร่วมกับออกซินในการกระตุ้นการแบ่งเซลล์ (Mhimdi and Pérez-Pérez, 2020) แต่แตกต่างกับ Kumar *et al.* (2014) ที่ทำการศึกษาอิทธิพลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในกลุ่มออกซินต่อการออกรากในกิ่งปักชำคาร์เนชัน พบว่า การใช้สาร IBA และ NAA มีผลต่ออัตราการเกิดรากในกิ่งปักชำ ความแตกต่างนี้อาจอธิบายได้จากลักษณะทางสรีรวิทยาของพืชที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะคาร์เนชันเป็นพืชที่มีแนวโน้มการออกรากต่ำในสภาพธรรมชาติ เนื่องจากมีระดับของฮอร์โมนออกซินภายในอยู่ในระดับต่ำ (Sánchez-García *et al.*, 2018) จึงจำเป็นต้องได้รับการกระตุ้นจากสารออกซิน ภายนอกเพื่อส่งเสริมการสร้างเนื้อเยื่อราก (root primordia) และเร่งการพัฒนาให้เป็นรากที่สมบูรณ์

Table 1 Effect of IBA and NAA on number of roots, root length, root diameter, and rooting percentage of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) stem cuttings after 30 days

Treatments	Number of roots	Root length (cm)	Root diameter (mm)	Rooting percentage (%)
Control	14.25 ^e	2.41 ^c	0.25 ^c	75.00
IBA 200 mg/L	27.63 ^{de}	3.21 ^{bc}	0.25 ^c	81.25
IBA 400 mg/L	52.63 ^{cd}	6.30 ^a	0.48 ^b	87.50
NAA 200 mg/L	38.88 ^{cde}	2.82 ^c	0.49 ^b	75.00
NAA 400 mg/L	54.50 ^c	5.46 ^{ab}	0.60 ^{ab}	75.00
IBA 200 + NAA 200 mg/L	43.25 ^{cd}	6.48 ^a	0.64 ^{ab}	87.50
IBA 200 + NAA 400 mg/L	143.50 ^a	5.34 ^{ab}	0.52 ^b	93.75
IBA 400 + NAA 200 mg/L	62.75 ^c	6.11 ^a	0.58 ^{ab}	87.50
IBA 400 + NAA 400 mg/L	89.75 ^b	7.16 ^a	0.73 ^a	75.00
F - test	**	**	**	ns
C.V. (%)	21.14	22.56	16.66	20.76

Remarks: ¹Means in the same column followed by different alphabets show significant differences at 95% ($p \leq 0.05$) using by the Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ns= non-significant differences; ** = significant differences ($p \leq 0.01$)

จากการศึกษาความเข้มข้นของการใช้ IBA และ NAA ต่อการเจริญของยอดเฉลี่ยต่อกิ่ง ในด้านจำนวนยอด พบว่า กรรมวิธีควบคุม มีจำนวนยอดเฉลี่ย 1.00 ยอด ซึ่งไม่แตกต่างจากการใช้ IBA ความเข้มข้น 200 และ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่มีจำนวนยอดเฉลี่ย 1.12 ยอด (Table 2) แต่สูงกว่าการใช้ NAA ความเข้มข้น 200 และ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง นอกจากนี้ กรรมวิธีควบคุมยังให้ความยาวยอดเฉลี่ยสูงถึง 3.93 เซนติเมตร กรรมวิธีรองลงมา ได้แก่ การใช้ IBA ที่ความเข้มข้น 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งให้ความยาวยอดเท่ากับ 3.64 เซนติเมตร และมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ใช้ IBA และ NAA ในทุกระดับความเข้มข้น ทั้งในรูปแบบการใส่สารชนิดเดียว และรูปแบบการใช้ร่วมกัน ซึ่งให้ค่าความยาวยอดอยู่ในช่วง 0.90 - 2.82 เซนติเมตร (Table 2) ทั้งนี้

กรรมวิธีควบคุม มีจำนวนใบเฉลี่ย 5.06 ใบ (Table 2) ซึ่งสูงกว่าทุกกรรมวิธีที่มีการใช้สาร แสดงให้เห็นว่าการไม่ใช้สารสามารถรักษาการเจริญของยอดทั้งในด้านจำนวนยอด ความยาวยอด และจำนวนใบ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการศึกษาดังกล่าวสามารถอธิบายได้บนพื้นฐานของแนวคิดสมดุลฮอร์โมนภายในของพืช (endogenous hormonal balance) ซึ่งการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เช่น IBA หรือ NAA แม้มีประสิทธิภาพในการกระตุ้นการเกิดราก แต่กลับทำให้สมดุลระหว่างออกซินและไซโตไคนินเปลี่ยนแปลงไป โดยการเพิ่มระดับออกซินสูงขึ้นย่อมยับยั้งการทำงานของไซโตไคนิน ส่งผลให้การแตกยอด และการเจริญของยอดใหม่ลดลง อีกทั้งออกซินยังมีบทบาทสำคัญในการควบคุม apical dominance โดยออกซินที่ผลิตจากยอดสามารถส่งสัญญาณลงมาตามลำต้นเพื่อยับยั้งการแตก

ของตาข้าง (Müller and Leyser, 2011) ดังนั้น การเพิ่มปริมาณออกซินจากภายนอกในระดับสูงอาจเพิ่มศักยภาพของสัญญาณการควบคุมดังกล่าว ส่งผลให้การยับยั้งการแตกตาข้างเด่นชัดมากขึ้น และทำให้จำนวนยอดใหม่ลดลง ในทางตรงกันข้ามการไม่ใช้

สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช มีผลทำให้พืชสามารถรักษาสมดุลฮอร์โมนตามธรรมชาติไว้ได้ ระดับไซโตไคนินภายในจึงยังเพียงพอที่จะกระตุ้นการแตกยอด และการพัฒนายอดใหม่ (Taiz *et al.*, 2015)

Table 2 Effect of IBA and NAA on number of shoots, axillary shoot length, and number of leaves of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) stem cutting after 30 days

Treatments	Number of shoots	Axillary shoot length (cm)	Number of leaves
Control	1.00 ^{ab}	3.93 ^a	5.06 ^a
IBA 200 mg/L	1.12 ^a	2.82 ^b	4.00 ^{ab}
IBA 400 mg/L	1.12 ^a	3.64 ^a	4.19 ^{ab}
NAA 200 mg/L	0.75 ^b	1.11 ^{de}	1.06 ^d
NAA 400 mg/L	0.69 ^b	0.90 ^e	1.75 ^d
IBA 200 + NAA 200 mg/L	0.94 ^{ab}	2.02 ^c	3.06 ^{bc}
IBA 200 + NAA 400 mg/L	0.94 ^{ab}	1.62 ^{cd}	2.25 ^{cd}
IBA 400 + NAA 200 mg/L	0.94 ^{ab}	0.90 ^e	1.88 ^d
IBA 400 + NAA 400 mg/L	0.88 ^{ab}	1.22 ^{de}	1.75 ^d
F - test	**	**	**
C.V. (%)	16.35	14.98	20.05

Remarks: ¹ Means in the same column followed by different alphabets show significant differences at 95% ($p \leq 0.05$) using by the Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ** = significant differences ($p \leq 0.01$)

จากการศึกษาความเข้มข้นของการใช้ IBA และ NAA ต่อน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง ในด้านน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของส่วนใต้ดิน พบว่า การใช้สาร IBA หรือ NAA มีแนวโน้มทำให้น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของส่วนใต้ดินมีค่ามากกว่าการไม่ใช้สาร โดยมีค่าน้ำหนักสดของส่วนใต้ดินเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.04 - 2.95 กรัม และมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งอยู่ระหว่าง 0.09 - 0.30 กรัม ขณะที่กรรมวิธีควบคุมมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของส่วนใต้ดินเพียง 0.46 และ 0.07 กรัม (Table 3) ซึ่งสอดคล้องกับ Susila and Reddy (2013) ที่ทำการศึกษาการปักชำเสียด (*Adathoda vasica*) พบว่า การใช้สาร

IBA หรือ NAA มีแนวโน้มทำให้น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของราก มีค่ามากกว่าการไม่ใช้สาร โดยมีน้ำหนักสดของรากเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2.00 - 3.22 กรัม และน้ำหนักแห้งของรากมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.28 - 1.12 กรัม ในขณะที่กรรมวิธีควบคุมมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของรากอยู่ที่ 1.56 และ 0.23 กรัม ตามลำดับ ซึ่งปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความแตกต่างดังกล่าวไม่เพียงแต่มาจากการใช้สารออกซินเพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับประเภทของกิ่งที่ใช้ในการปักชำด้วย โดยในการศึกษาของการปักชำเสียดนั้นเลือกใช้กิ่งกิ่งอ่อนกิ่งแก่ ซึ่งเป็นระยะที่เหมาะสมต่อการเกิดรากมากที่สุด

เนื่องจากกิ่งประเภทนี้ยังคงมีเซลล์ที่มีศักยภาพในการแบ่งตัวสูง และผนังเซลล์มีความยืดหยุ่นเพียงพอต่อการสร้างรากใหม่ ขณะเดียวกันก็มีการสะสมคาร์โบไฮเดรตและสารอาหารสำรองในระดับที่มากกว่ากิ่งอ่อน อีกทั้งมีผนังเซลล์ที่ไม่หนาจนเกินไปเมื่อเปรียบเทียบกับกิ่งแก่ จึงมีความสมดุลระหว่างความสามารถในการลำเลียงอาหาร และความพร้อมต่อการตอบสนองต่อสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช ส่งผลให้การปักชำด้วยกิ่งกิ่งอ่อนกิ่งแก่สามารถสร้างรากที่แข็งแรง และมีน้ำหนักมากกว่า (Kontoh, 2016) ในขณะที่ Manjunath *et al.* (2022) ที่ได้ทำการศึกษากการปักชำยอดเบญจมาศพบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของ IBA และ NAA ไม่มีผลต่อน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของส่วนใต้ดิน ซึ่งอาจอธิบายได้จากปัจจัยด้านสรีรวิทยาของกิ่งปักชำ โดยเฉพาะอายุของกิ่งที่ใช้ ซึ่งในกรณีของการทดลองนี้เป็นกิ่งอ่อน โดยกิ่งอ่อนมีลักษณะทางกายภาพที่ประกอบด้วยเซลล์ที่ยังไม่เจริญเต็มที่มีผนังเซลล์บางและมีปริมาณลิกนินต่ำ โครงสร้างเนื้อเยื่อท่อลำเลียงยังไม่พัฒนาเต็มที่ ทำให้การลำเลียงน้ำและสารอาหารเป็นไปอย่างจำกัด ซึ่งอาจเป็นข้อจำกัดที่ทำให้กิ่งอ่อนไม่สามารถตอบสนองต่อฮอร์โมนในระดับความเข้มข้นสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Cox, 2018) ด้านน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดิน ผลการทดลองพบว่า การใช้สาร IBA และ NAA ไม่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดินในกิ่งปักชำเคปทูลเบอร์รี่ โดยค่าที่ได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดที่ว่า ภายหลังที่พืชได้รับออกซินจากภายนอกบริเวณฐานของกิ่งปักชำที่อยู่ในระยะการพัฒนารากใหม่ มีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาให้มีศักยภาพสูงในการเป็นแหล่งใช้คาร์โบไฮเดรต (sink) เพื่อการสร้างรากใหม่ กล่าวคือ กระบวนการสร้างรากใหม่อาศัยคาร์โบไฮเดรตที่ถูกลำเลียงผ่านโฟลเอ็มจากส่วนเหนือดินมายังบริเวณฐานกิ่ง (Ljung, 2013) ซึ่งมีการปรับทิศทางการลำเลียง

สารอาหารไปยังบริเวณฐานกิ่งที่มีความต้องการสูง (Roitsch and González, 2004) การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวส่งผลให้เกิดการเบี่ยงเบนของการกำหนดทิศทางการลำเลียงคาร์โบไฮเดรตและธาตุอาหารของพืช โดยรากที่กำลังพัฒนาจะอยู่ในลำดับความสำคัญที่สูงกว่าการเจริญของส่วนเหนือดิน เช่น ลำต้น และใบ จึงทำให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดิน (fresh shoot and dry weight) ไม่เพิ่มขึ้น หรือไม่แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม แม้ว่าจะมีการกระตุ้นด้วยสารออกซินก็ตาม (Druege *et al.*, 2019) ลักษณะดังกล่าว แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างฮอร์โมนพืชกับการมุ่งเน้นคาร์โบไฮเดรตสะสมไปยังการสร้างรากพิเศษมากกว่าการสะสมน้ำหนักในส่วนยอด อย่างไรก็ตาม ผลการทดลองนี้มีความแตกต่างจากผลการศึกษาของ Singh and Bahadur (2015) ซึ่งรายงานว่าการใช้สาร IBA และ NAA ส่งผลให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของยอดพลูชา (*Grewia asiatica* L.) เพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับชุดควบคุมความแตกต่างของผลการทดลองดังกล่าวอาจอธิบายได้จากลักษณะเฉพาะของพืชแต่ละชนิดที่มีความไวต่อสารแตกต่างกัน ซึ่งพลูชาเป็นไม้พุ่มมีลักษณะทางสัณฐานวิทยา และสรีรวิทยาที่ตอบสนองต่อฮอร์โมนได้ดีกว่าเคปทูลเบอร์รี่ในระยะเริ่มต้นของการปักชำ โดยลักษณะพิเศษบางประการของพลูชาที่เอื้อต่อการตอบสนองต่อฮอร์โมน ได้แก่ 1) มีอัตราการแบ่งเซลล์สูงในบริเวณเนื้อเยื่อเจริญ เช่น apical meristem 2) โครงสร้างทางกายภาพของเนื้อเยื่อ เช่น ชั้นแคมเบียม และพาเรงไคมา มีความสามารถในการพัฒนาเป็นอวัยวะใหม่ได้สูง 3) มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C : N ratio) ในยอดอ่อนที่เหมาะสมต่อการสะสมสารอาหารเพื่อการเจริญเติบโตในส่วนเหนือดิน (Cox, 2018) ด้วยเหตุนี้ จึงพบว่า การใช้สาร IBA และ NAA ในพลูชาส่งผลให้น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของส่วนยอดเพิ่มขึ้นได้ชัดเจนในระยะของการปักชำ ขณะที่เคปทูลเบอร์รี่ในระยะเริ่มต้นของกระบวนการปักชำ

กิ่งปักชำยังไม่มีรากที่สมบูรณ์เพื่อดูดซึมแร่ธาตุ และ น้ำจากวัสดุปลูกได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงจำเป็นต้อง พึ่งพาอาหารที่สะสมไว้ภายในกิ่ง โดยเฉพาะคาร์โบไฮเดรต และกรดอะมิโน เพื่อสนับสนุนกระบวนการเกิดราก ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้พลังงานสูง และเกิดขึ้นเป็น

ลำดับแรกของการปักชำ หากพืชใช้อาหารที่สะสมไว้ ภายในไปกับการสร้างรากในระยะเริ่มต้น ส่งผลให้การ สะสมอาหารในส่วนยอดไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต จึงทำให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดิน ไม่เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน (Davis and Haissig, 1994)

Table 3 Effect of IBA and NAA on fresh and dry weights of underground and aboveground parts of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) stem cutting after 30 days

Treatments	FWU (g)	DWU (g)	FWA (g)	DWA (g)
Control	0.46 ^e	0.07 ^d	3.97	0.48
IBA 200 mg/L	1.04 ^d	0.09 ^d	3.28	0.36
IBA 400 mg/L	1.94 ^c	0.17 ^c	3.56	0.38
NAA 200 mg/L	1.75 ^c	0.15 ^c	3.86	0.37
NAA 400 mg/L	1.88 ^c	0.15 ^c	3.22	0.31
IBA 200 + NAA 200 mg/L	1.94 ^c	0.17 ^c	3.56	0.41
IBA 200 + NAA 400 mg/L	2.95 ^a	0.30 ^a	3.27	0.32
IBA 400 + NAA 200 mg/L	2.11 ^{bc}	0.18 ^c	3.56	0.36
IBA 400 + NAA 400 mg/L	2.54 ^{ab}	0.23 ^b	3.75	0.37
F - test	**	**	ns	ns
C.V. (%)	13.55	12.40	19.46	24.09

Remarks: ¹Means in the same column followed by different alphabets show significant differences at 95% ($p \leq 0.05$) using by the Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ns= non significant differences; ** = significant differences ($p \leq 0.01$) Abbreviations: FWU = Fresh weight of underground part; DWU = Dry weight of underground part; FWA = Fresh weight of aboveground part; DWA = Dry weight of aboveground part



Figure 1 Root growth of cape gooseberry stem cutting treated with different concentrations of auxins after 30 days

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาการใช้สาร IBA และ NAA ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของกิ่งปักชำเคพกูสเบอร์รี่ ทั้งในด้านการพัฒนาราก และการเจริญของยอด โดยในด้านการพัฒนาของราก พบว่า การใช้ IBA ความเข้มข้น 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ผลดีที่สุด โดยมีจำนวนรากเฉลี่ย 89.75 ราก ความยาวรากเฉลี่ย 7.16 เซนติเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางรากเฉลี่ย 0.73 มิลลิเมตร ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใช้ IBA ความเข้มข้น 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ในด้านความยาวราก ที่มีค่าเฉลี่ย 6.11 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางรากที่มีค่าเฉลี่ย 0.58 มิลลิเมตร และอัตราการเกิดรากที่มีค่าเฉลี่ย 87.50 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่การเจริญของยอด พบว่า กรรมวิธีควบคุมให้ผลดีที่สุด โดยมีจำนวนยอดเฉลี่ย 3.93 ยอดและจำนวนใบเฉลี่ย 5.06 ใบ ดังนั้นความเข้มข้นของการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่เหมาะสมสำหรับการปักชำเพื่อชักนำการเกิดรากของต้นเคพกูสเบอร์รี่ คือ IBA ความเข้มข้น 400 มิลลิกรัม

ต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งให้ประสิทธิภาพในการชักนำการเกิดรากได้ดีที่สุด เมื่อพิจารณาร่วมกับต้นทุนการใช้สาร

เอกสารอ้างอิง

- Bharadva, M. U., V. M. Prajapati, M. B. Tandel, L. K. Behera and D. P. Patel. 2023. Influence of hormones and cutting types on rooting and establishment of *Gliricidia* [*Gliricidia sepium* Jecq.]. The Pharma Innovation Journal 12(8): 2742-2745.
- Chumpookam, J., P. Arunjit and A. A. Theanhom. 2014. Effect of IBA and NAA on rooting and axillary shoot outgrowth of 'Chiangmai 60' Mulberry (*Morus alba* Linn.) stem cutting. Khon Kaen Agriculture Journal 42(3): 162-167. [in Thai]
- Cosgrove, D. J. 2000. Loosening of plant cell walls by expansins. Nature 407(6802): 321-326.

- Cosgrove, D. J. 2016. Plant cell wall extensibility: Connecting plant cell growth with cell wall structure, mechanics, and the action of wall-modifying enzymes. *Journal of Experimental Botany* 67(2): 463-476.
- Cosgrove, D. J. 2018. Diffuse growth of plant cell walls. *Plant Physiology* 176(1): 16-27.
- Cox, D. A. 2018. Hartmann and Kester's plant propagation principles and practices, 9th Edition. *HortScience* 53(5): 741.
- Davis, T. D. and B. E. Haissig. 1994. Biology of adventitious root formation. 1st Edition. Springer Science and Business Media, New York, USA.
- De Klerk, G. J., W. V. D. Krieken and J. C. De Jong. 1999. Review The formation of adventitious roots: New concepts, new possibilities. In *Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant* 35: 189-199.
- Druege, U., A. Hilo, J. M. Pérez-Pérez, Y. Klopotek, M. Acosta, F. Shahinnia, S. Zerche, P. Franken and M. R. Hajirezaei. 2019. Molecular and physiological control of adventitious rooting in cuttings: Phytohormone action meets resource allocation. *Annals of Botany* 123(6): 929-949.
- Kontoh, I. H. 2016. Effect of growth regulators and soil media on the propagation of *Voacanga africana* stem cuttings. *Agroforestry Systems* 90: 479-488.
- Kumar, R., N. Ahmed, O. C. Sharma and S. Lal. 2014. Influence of auxins on rooting efficacy in carnation (*Dianthus caryophyllus* L.) cuttings. *Journal of Horticultural Sciences* 9(2): 157-160.
- Ljung, K. 2013. Auxin metabolism and homeostasis during plant development. *Development* 140(5): 943-950.
- Ludwig-Müller, J. 2000. Indole-3-butyric acid in plant growth and development. *Plant Growth Regulation* 32: 219-230.
- Malaviya, S. B., B. V. Thumar, M. P. Nakum and T. P. Dodiya. 2022. Efficacy of IBA on rooting of cuttings, growth and survival of croton (*Codiaeum variegatum* L.). *The Pharma Innovation Journal* 11(7): 3414-3417.
- Manjunath, D. R., R. T. Patil, B. C. Patil, M. Shiragur, S. K. T. Nandimath and D. Srikantaprasad. 2022. Effect of auxins on rooting of terminal cuttings of chrysanthemum (*Dendranthema grandiflora*). *The Pharma Innovation Journal* 11(3): 1436-1439.
- Mhimdi, M. and J. M. Pérez-Pérez. 2020. Understanding of adventitious root formation: What can we learn from comparative genetics?. *Frontiers in Plant Science* 11: 582020.
- Müller, D. and O. Leyser. 2011. Auxin, cytokinin and the control of shoot branching. *Annals of Botany* 107(7): 1203-1212.
- Mungkalasaranee, T., S. Nilnond and R. Chatbanyong. 2009. Effects of IBA on rooting of 'SO4' grape rootstock cuttings. In *Proceedings of Kasetsart University Annual Conference, 47th: Plant, Kasetsart University, Bangkok, Thailand.* pp. 409-414. [in Thai]
- Nguyen, T. Q., B. H. Nguyen, D. H. T. Thi, O. D. Thi, Q. N. Nguyen and C. C. Vo. 2020. Rooted cuttings by IBA (indole butyric acid) and NAA (naphthalene acetic acid) in black

- pepper (*Piper nigrum*) - A case study in Vietnam. International Journal of Chemical Studies 8(3): 1880-1885.
- Olatunji, D., D. Geelen and I. Verstraeten. 2017. Control of endogenous auxin levels in plant root development. International Journal of Molecular Sciences 18(12): 2587.
- Pacurar, D. I., I. Perrone and C. Bellini. 2014. Auxin is a central player in the hormone cross-talks that control adventitious rooting. Physiologia Plantarum 151(1): 83-96.
- Phiphatthanawong, N. 2015. Selection of high-quality cape gooseberry cultivars in the royal project foundation area. 16 p. [Complete research report No. 33025-3922]. Chiang Mai. [in Thai]
- Roitsch, T. and M. C. González. 2004. Function and regulation of plant invertases: Sweet sensations. Trends in Plant Science 9(12): 606-613.
- Sánchez-García, A. B., S. Ibáñez, A. Cano, M. Acosta and J. M. Pérez-Perez. 2018. A comprehensive phylogeny of auxin homeostasis genes involved in adventitious root formation in carnation stem cuttings. PLoS One 13(4): e0196663.
- Singh, A. K. and V. Bahadur. 2015. Effect of NAA and IBA on rooting and establishment of hard wood cutting in Phalsa (*Grewia subinaequalis* L.). The Allahabad Farmer 70(2): 199-201.
- Sivakumar, B., P. Senthilkumar, M. Deivamani, K. Sasikumar, P. Ayyadurai, K. Govindan, T. Senthilkumar and P. Mangammal. 2024. Influence of IBA and NAA on rooting of terminal cuttings of chrysanthemum (*Dendranthema grandiflora* L.). Journal of Scientific Research and Reports 30(10): 680-685.
- Sriwilai, T. 2017. Cost and benefit analysis on cropping of cape gooseberry for retail under The Royal Project Foundation. Master's Thesis in Business Administration, Agro-Industrial Management, Chiang Mai University. [in Thai]
- Strader, L. C. and B. Bartel. 2011. Transport and metabolism of the endogenous auxin precursor indole-3-butyric acid. Molecular Plant 4(3): 477-486.
- Susila, T. and G. S. Reddy. 2013. Influence of IBA and NAA on rooting of *Adathoda vasica*. Academic Journal of Plant Sciences 6(2): 61-63.
- Taiz, L., E. Zeiger, I. M. Møller and A. Murphy. 2015. Plant physiology and development. 6th Edition. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, United States of America.