Journal of Agri. Research & Extension 42(3): 1-17

การขยายพันธุ์จำปาดะในสภาพปลอดเชื้อและการอนุบาลต้นกล้าในโรงเรือน

Micropropagation of Champedak (*Artocarpus integer* (Thunb.) Merr.) and Acclimatization of Plantlets in the Greenhouse Conditions

สกุลรัตน์ หาญศึก[1,*] นภัสวรรณ เลี่ยมนิมิตร[1] และวัฒนา ณ นคร[2]

Sakulrat Hansuek[1,*], Napassawan Liamnimitr[1] and Wattana Na Nakhon[2]

[1]สาขาพืชศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย นครศรีธรรมราช 80110

[2]สาขาพืชสวนประดับและภูมิทัศน์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย นครศรีธรรมราช 80110

[1]Department of Plant Science, Faculty of Agriculture, Rajamangala University of Technology Srivijaya Nakorn Sri Thammarat, Thailand 80110

[2]Department of Ornamental Horticulture and Landscape, Faculty of Agriculture Rajamangala University of Technology Srivijaya Nakorn Sri Thammarat, Thailand 80110

*Corresponding author: sakulrat.s@rmutsv.ac.th

Received: *April 28, 2024*
Revised: *May 28, 2025*
Accepted: *June 06, 2025*

Abstract

Champedak (*Artocarpus integer* (Thunb.) Merr.) is a native fruit tree in the South that holds economic significance, prompting farmers to increase its cultivation. There is a growing market for this fruit among both domestic and international consumers. However, the propagation of champedak through cleft grafting from branches is often hindered by disease infestations. Therefore, the seeds were propagated through tissue culture by surface-sterilizing them in a 25% of sodium hypochlorite solution for 25 minutes. They were then cultured on MS medium supplemented with 0-2 mg/L of Benzylaminopurine (BA), with or without 0.2% activated charcoal (AC), for 3 months. The results revealed that culture medium supplemented with 2 mg/L of BA and 0.2% activated charcoal (AC) gave the highest plant regeneration (80%), whereas culture medium without AC gave the highest number of shoots (6.25 shoots/explant). Shoot proliferation from shoot explants cultured on semi-solid MS medium supplemented with 2 mg/L of BA gave the highest number of multiple shoot formations (4.70 shoots/explant) after 3 months of culturing. Root induction from shoot explants was cultured on MS medium supplemented with 1 mg/L NAA with wounding, and 3 mg/L of NAA without wounding gave the highest percentage of root formation, up to 100%, while culture medium with 2 mg/L NAA gave the highest number of roots (6.80 roots/explant). After 3 months, the plantlets, measuring 10 cm in height,

were acclimatized in a mixture of soil, burnt husk and chicken manure at a ratio of 2:1:1. This combination resulted in the highest survival rate of 70%, which was recorded one month after the transfer to the soil.

Keywords: *Artocarpus integer* (Thunb.) Merr., embryo culture, auxin, cytokinin

บทคัดย่อ

จำปาดะเป็นไม้ผลพื้นเมืองของภาคใต้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ทำให้เกษตรกรมีความต้องการปลูกเพิ่มมากขึ้น โดยมีตลาดผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศ อย่างไรก็ตามการขยายพันธุ์จำปาดะจากการต่อกิ่งแบบเสียบยอดมักประสบปัญหาจากการเข้าทำลายของโรค ดังนั้นจึงทำการขยายพันธุ์ด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช โดยการนำเมล็ดมาฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้น 25% เป็นเวลา 25 นาที และเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS เติม BA ความเข้มข้น 0-2 มก./ลิตร เติมหรือไม่เติมผงถ่าน 0.2% เป็นเวลา 3 เดือน พบว่าอาหารที่เติม BA ความเข้มข้น 2 มก./ลิตร เติมผงถ่าน 0.2% ให้การพัฒนาเป็นพืชต้นใหม่สูงสุด 80±25.28% แต่เมื่อพิจารณาการเกิดยอดใหม่กลับพบว่าการไม่เติมผงถ่านให้จำนวนยอดมากที่สุด (6.25 ยอด/ชิ้นส่วน) จากนั้นทำการชักนำยอดรวมโดยนำชิ้นส่วนยอดเพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS เติม BA เข้มข้น 2 มก./ลิตร เป็นเวลา 3 เดือน พบว่ามีการเกิดยอดสูงที่สุด (4.70 ยอด/ชิ้นส่วน) จากนั้นนำชิ้นส่วนยอดมาชักนำรากบนอาหารสูตร MS เติม NAA ความเข้มข้น 1 มก./ลิตร ร่วมกับการสร้างบาดแผลที่โคนต้น และอาหารที่เติม NAA ความเข้มข้น 3 มก./ลิตร ร่วมกับการไม่สร้างบาดแผลเป็นเวลา 3 เดือน ให้เปอร์เซ็นต์การเกิดรากสูงถึง 100% ขณะที่อาหารที่เติม NAA ความเข้มข้น 2 มก./ลิตร ร่วมกับการสร้างบาดแผลที่โคนต้น ให้จำนวนรากสูงที่สุด (6.80 ราก/ชิ้นส่วน) เมื่อต้นกล้ามีอายุ 3 เดือน จะมีความสูง 10 ซม. เมื่อนำไปอนุบาลในวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของดิน แกลบเผา และขี้ไก่แกลบ ในอัตราส่วน 2:1:1 มีอัตราการรอดชีวิตสูงสุด 70% หลังการอนุบาลเป็นเวลา 1 เดือน

คำสำคัญ: จำปาดะ การเพาะเลี้ยงเอ็มบริโอ ออกซิน ไซโตไคนิน

คำนำ

จำปาดะ (*Artocarpus integer* (Thunb.) Merr.) อยู่ในวงศ์ Moraceae จัดเป็นพืชท้องถิ่นของภาคใต้ เป็นไม้ผลยืนต้นลักษณะคล้ายขนุน ลำต้นสีน้ำตาล และมักมีจุดสีขาวตลอดทั้งต้น ใบมีปุยขนสั้นๆ ผลมีรูปทรงยาว-สั้นขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ สีผิวเปลือกเมื่อแก่ใกล้จะสุกมีสีเหลืองอมส้ม ลักษณะของสีเนื้อมีหลายสีด้วยกัน เช่น สีเหลืองทอง เหลืองอ่อน เหลืองอมส้ม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ รสชาติหอมและหวาน มีคุณค่าทางโภชนาการสูง (Buttara *et al*., 2014; Boonlaksiri *et al*., 2000) ภาคใต้มีพื้นที่ปลูกจำปาดะรวม 1,685 ไร่ เนื้อที่ให้ผล 1,175 ไร่ โดยในปี พ.ศ. 2566 มีผลผลิตรวม 1,552 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 1,321 กก./ไร่ ราคาขายผลสดกิโลกรัมละ 80 บาท ทั้งนี้เกษตรกรขายแบบผลสดร้อยละ 98 และขายแบบแปรรูปร้อยละ 2 สำหรับการจำหน่ายผลผลิตส่วนใหญ่ร้อยละ 80 จำหน่ายให้พ่อค้าคนกลางซึ่งเข้ามารับซื้อในพื้นที่ ร้อยละ 15 ขายในตลาดท้องถิ่น และร้อยละ 5 จำหน่ายผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ (Office of Agricultural Economics, 2024) การขยายพันธุ์จำปาดะนิยมนำกิ่งพันธุ์เสียบยอดบนต้นตอขนุนและจำปาดะ ข้อดีของการใช้วิธีเสียบยอดหรือทาบกิ่งจากต้นตอขนุน คือ ทำให้ต้นโตไวแข็งแรงกว่าการปลูกด้วยต้นตอจำปาดะ และ

ทนแล้งได้มากกว่า โดยปลูกต้นตอขนุนลงดินปลูก และใช้วิธีเสียบยอด หรือทาบกิ่ง กิ่งพันธุ์จำปาดะต้องมาจากต้นแม่ที่ดี ให้ลูกดก และต้นแข็งแรง (Dawan, 2023) ปัจจุบันจำปาดะเป็นไม้ผลเศรษฐกิจทางภาคใต้ ที่มีแนวโน้มความต้องการของตลาดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในอดีตการปลูกจำปาดะร้อยละ 90 เป็นการปลูกแบบผสมผสานหรือสวนสมรม มีทั้งจำปาดะ เงาะ ทุเรียน ปัจจุบันเกษตรกรคัดเลือกจำปาดะพันธุ์ดีเพื่อปลูกเป็นพืชเชิงเดี่ยว ทำให้ต้นพันธุ์จำปาดะไม่เพียงพอกับความต้องการของเกษตรกรที่ต้องการเพิ่มพื้นที่ปลูก (Admin, 2023; Thanapitak *et al*., 2021) การปลูกจำปาดะในพื้นที่อำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช มีการปลูกเป็นพืชแซมในสวนผลไม้ โดยพันธุ์ที่ปลูกจะเป็นพันธุ์พื้นเมือง เนื้อสีเหลืองส้ม ลักษณะเด่น คือ เปลือกมีสีเขียวอมส้ม ผลยาวเรียว ขนาด 2-3 กก. รสชาติหวานหอม ความหวาน 28.3-29.5 องศาบริกซ์ ทำให้เป็นที่ต้องการของตลาด (Kamwut, 2015) ทั้งนี้การขยายพันธุ์จากกิ่งพันธุ์ดีสามารถทำได้อย่างจำกัด และหากต้นนั้นเป็นโรคก็ไม่สามารถนำมาขยายพันธุ์ได้ เพราะจะทำให้เกิดการแพร่กระจายไปยังต้นใหม่ ดังนั้นจึงนำเทคนิคการขยายพันธุ์ในสภาพปลอดเชื้อเข้ามาช่วยในการขยายพันธุ์จำปาดะพันธุ์ดี ให้มีจำนวนมากเพียงพอกับความต้องการของตลาด

ปัจจุบันมีรายงานการขยายพันธุ์ขนุน (*Artocarpus heterophyllus* L.) ด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ Azam and Rahmatullah (2009) ทำการเพาะเลี้ยงปลายยอดบนอาหารสูตร Murashige and Skoog (MS) เติม 6-benzyleaminopurine (BAP) ความเข้มข้น 3.0–4.0 มก./ลิตร และ kinetin (Kn) ความเข้มข้น 0.2–3.0 มก./ลิตร เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า อาหารที่เติม BAP ความเข้มข้น 3.5 มก./ลิตร กระตุ้นให้เกิดยอดใหม่ 2–3 ยอด นำยอดมาชักนำรากบนอาหาร 1/2 MS เติม indole-3-butyric acid (IBA) ความเข้มข้น 0.1 มก./ลิตร และน้ำมะพร้าว 20% ทำให้ความสูงยอดเพิ่มขึ้น และมีการเกิดราก 80% จากนั้นนำต้นกล้ามาปรับสภาพก่อนนำไปย้ายปลูกในถุงโพลีเอทิลีนที่บรรจุดินปลูก ทราย และมูลโค (1:1:1) หลังย้ายปลูกเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า ต้นกล้ามีอัตราการรอดชีวิตมากกว่า 80% นอกจากนี้ Ashrafuzzaman *et al*. (2012) ทำการเพาะเลี้ยงปลายยอดขนุนขนาด 5 ซม. บนอาหารสูตร MS เติม BAP ความเข้มข้น 2 มก./ลิตร กระตุ้นให้เกิดยอดใหม่ 80% เมื่อย้ายไปเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม IBA ความเข้มข้น 3 มก./ลิตร ให้ความสูงยอด 3.84 ซม. 4 ใบ/ต้น และ 4 ราก ต่อต้น และ Amin and Jaiswal (1993) ทำการเพาะเลี้ยงยอดขนุนขนาด 5–10 มม. เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม BA และ Kn ความเข้มข้น 2–3 มก./ลิตร พบว่าช่วยส่งเสริมการเกิดยอด จากนั้นย้ายยอดไปเลี้ยงบนอาหาร 1/2 MS ที่เติม IBA และ NAA ความเข้มข้น 3.5 มก./ลิตร สามารถชักนำการเกิดรากได้ 60–80% การรอดชีวิต 50% หลังย้ายต้นกล้าลงปลูกในดินเป็นเวลา 1 เดือน จากรายงานวิจัยเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชจำพวกขนุนยังมีเปอร์เซ็นต์การสร้างยอดรวม (multiple shoots) และจำนวนยอดรวมที่ต่ำ และต้นที่ได้มีการเกิดรากน้อย ซึ่งส่งผลกระทบต่ออัตราการรอดชีวิตของต้นกล้า ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงทำการขยายพันธุ์จำปาดะพันธุ์พื้นเมืองภายใต้สภาพปลอดเชื้อโดยการชักนำการเกิดยอดรวมจากการเพาะเลี้ยงเอ็มบริโอ การชักนำการเกิดราก และการอนุบาลต้นกล้าในโรงเรือน เพื่อเป็นแนวทางในการขยายพันธุ์จำปาดะพันธุ์ดีและปลอดโรค เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของตลาด และผลผลิตที่ได้มีความสม่ำเสมอ รวมถึงเพื่อการปรับปรุงสายพันธุ์จำปาดะด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมชิ้นส่วนพืช

นำเมล็ดจำปาดะพันธุ์พื้นเมืองในพื้นที่อำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช มาเอาเนื้อผลออกและนำเมล็ดมาล้างด้วยน้ำยาล้างจาน แช่แอลกอฮอล์ 70% เป็นเวลา 1 นาที ตามด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้น 25% เป็นเวลา 25 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่น

นึ่งฆ่าเชื้อ 3 ครั้ง ภายในตู้ย้ายเลี้ยง นำเมล็ดมาตัดแต่งเป็นชิ้นส่วนขนาด 0.5–1 ซม. โดยมีเอ็มบริโออยู่ตรงกลาง (Figure 1A) เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

การศึกษาผลของ BA ร่วมกับผงถ่านต่อการพัฒนาเป็นพืชต้นใหม่จากชิ้นส่วนเอ็มบริโอ

วางแผนการทดลองแบบ Factorial in Completely Randomized Design (CRD) เปรียบเทียบการเติม BA ได้แก่ 0, 1 และ 2 มก./ลิตร ร่วมกับผงถ่าน ได้แก่ 0 และ 0.2% จำนวน 6 กรรมวิธี นำชิ้นส่วนเอ็มบริโอที่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อแล้ว มาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร Murashige and Skoog (MS) ที่เติม BA ร่วมกับผงถ่านความเข้มข้นต่าง ๆ ตามที่กำหนดในแผนการทดลอง เติมน้ำตาลซูโครส 3% และผงวุ้น 0.75% ปรับความเป็นกรดด่างเป็น 5.7 (Figure 1B) หลังการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 เดือน บันทึกเปอร์เซ็นต์การเกิดยอดใหม่ และจำนวนยอด/ชิ้นส่วน

การศึกษาผลของสถานะอาหารต่อการเพิ่มปริมาณยอดรวม

วางแผนการทดลองแบบ CRD เปรียบเทียบชนิดของอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ได้แก่ อาหารแข็ง อาหารกึ่งแข็ง และอาหารเหลว จำนวน 3 กรรมวิธี นำชิ้นส่วนยอดที่สมบูรณ์ขนาด 2 ซม. และมีใบจำนวน 2 ใบ ที่พัฒนาจากสภาพปลอดเชื้อมาเพาะเลี้ยงบนอาหารที่ดีที่สุดจากการศึกษาข้างต้น โดยอาหารแข็งและอาหารกึ่งแข็งเติมผงวุ้น 0.75 และ 0.375% ตามลำดับ ใส่อาหาร 25 มล. ในขวด 8 ออนซ์ และเพาะเลี้ยงบนชั้นวางในสภาพนิ่ง ส่วนอาหารเหลวไม่ใส่ผงวุ้น ใส่อาหาร 25 มล. ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มล. และเพาะเลี้ยงในสภาพเขย่าที่ความเร็ว 120 รอบ/นาที หลังเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 เดือน บันทึกเปอร์เซ็นต์การเกิดยอด และจำนวนยอด/ชิ้นส่วน

การศึกษาผลของ NAA ร่วมกับการสร้างบาดแผลต่อการชักนำการเกิดราก

วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD เปรียบเทียบการเติม NAA ได้แก่ 0, 1, 2 และ 3 มก./ลิตร ร่วมกับการกระตุ้นชิ้นส่วนพืช ได้แก่ การสร้างและไม่สร้างแผลที่โคนต้น จำนวน 8 กรรมวิธี นำชิ้นส่วนยอดของต้นที่พัฒนาขึ้นมาในสภาพปลอดเชื้อจากการศึกษาข้างต้นมาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม NAA ความเข้มข้นต่าง ๆ ร่วมกับการสร้างหรือไม่สร้างบาดแผลที่โคนชิ้นส่วนตามที่กำหนดในแผนการทดลอง ซึ่งการสร้างบาดแผลทำโดยใช้มีดผ่าตัดกรีดบริเวณโคนต้น 2-3 แผล หลังการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 เดือน บันทึกเปอร์เซ็นต์การเกิดรากและจำนวนราก/ชิ้นส่วน

ในการศึกษาแต่ละกรรมวิธีทำ 10 ซ้ำ ๆ ละ 2 ขวด (1 ชิ้นส่วน/ขวด) ควบคุมสภาวะการเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 27±1 องศาเซลเซียส ให้แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ 14 ชม./วัน ความเข้มแสง 25 ไมโครโมล/ตร.ม./วินาที นำข้อมูลมาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การอนุบาลต้นกล้าในโรงเรือน

นำต้นกล้าจำปาดะจากการศึกษาก่อนหน้า ที่มีรากและต้นสมบูรณ์ ความสูง 10 ซม. โดยใช้ต้นกล้าจำนวน 20 ต้น ก่อนทำการอนุบาล ปรับสภาพพืชโดยการนำพืชออกตั้งไว้ภายนอกห้องปฏิบัติการประมาณ 3-5 วัน นำมาล้างอาหารวุ้นออกให้หมด นำรากจุ่มแช่ในสารละลาย povidone iodine (เบตาดีน) ผึ่งลมให้แห้งพอหมาด ๆ อนุบาลในวัสดุปลูก คือ ดิน: แกลบเผา: ขี้ไก่แกลบ ในอัตราส่วน 2:1:1 รดน้ำให้ชุ่ม และครอบด้วยถุงพลาสติกใส เพื่อรักษาความชื้นของพืชให้ค่อย ๆ ปรับสู่สภาพธรรมชาติ และอนุบาลภายในโรงเรือนที่มีการพรางแสง 70% หลังอนุบาลเป็นเวลา 1 เดือน บันทึกอัตราการรอดชีวิต

ผลการวิจัย

ผลของ BA ร่วมกับผงถ่านต่อการพัฒนาเป็นพืชต้นใหม่จากชิ้นส่วนเอ็มบริโอ

จากการสังเกตพบว่าหลังการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 1 สัปดาห์ เอ็มบริโอมีการตอบสนองต่อการเพาะเลี้ยง โดยอาหารเลี้ยงต้นอ่อนและต้นอ่อนเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเขียว (Figure 1C) ในสัปดาห์ที่ 2 ต้นอ่อนยืดยาวขึ้น โดยหลังการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ต้นมีการยืดยาวสมบูรณ์ มีการเพิ่มจำนวนยอดมากขึ้น (Figure 1D) ทั้งนี้การเพาะเลี้ยงเอ็มบริโอบนอาหารที่เติม BA ความเข้มข้น 1 มก./ลิตร มีการเกิดยอดใหม่เฉลี่ยสูงสุด 75±7.07% แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01) กับการเติม BA ความเข้มข้น 0 และ 2 มก./ลิตร ซึ่งมีการเกิดยอดใหม่เฉลี่ย 60±28.28 และ 55±21.21% ตามลำดับ เมื่อพิจารณาการเติมและไม่เติมผงถ่าน พบว่าการเติม ผงถ่านมีการเกิดยอดใหม่เฉลี่ยมากที่สุด 76.66±5.77% แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01) กับการไม่เติมผงถ่าน ซึ่งมีการเกิดยอดใหม่เฉลี่ยเพียง 50±17.32% เมื่อพิจารณาปัจจัยร่วมระหว่างความเข้มข้นของ BA ร่วมกับการเติมและไม่เติมผงถ่าน พบว่าการเติม BA ความเข้มข้น 0–2 มก./ลิตร ร่วมกับการเติมผงถ่าน และการเติม BA ความเข้มข้น 1 มก./ลิตร ที่ไม่เติมผงถ่าน มีการเกิดยอดใหม่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีการเกิดยอดใหม่สูงสุด 70–80% แต่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01) กับอาหารที่เติม BA ความเข้มข้น 0 และ 2 มก./ลิตร ที่ไม่เติมผงถ่าน ซึ่งให้การเกิดยอดใหม่เพียง 40% (Table 1)

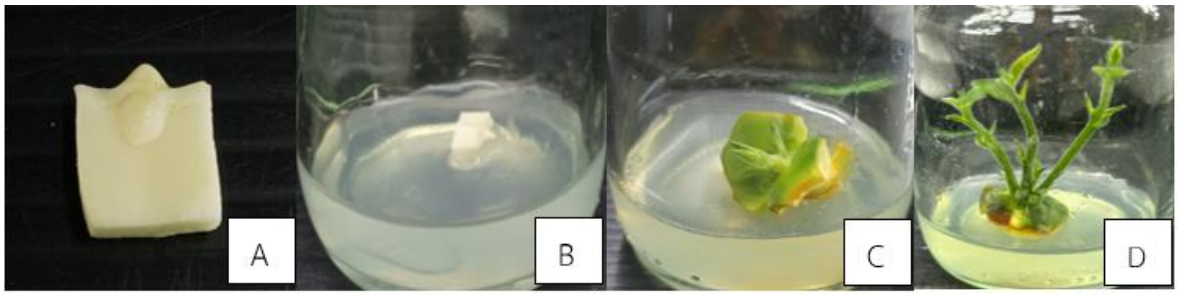

Figure 1 Development of Champedak embryo explant (A) when cultured on solid MS medium supplemented with BA for different durations: initial stage (B), after 1 week (C), and after 1 month (D)

Table 1 Effects of BA concentration combined with activated charcoal (AC) in solid MS medium on shoot initiation of Champedak embryo explants after 3 months of culture

BA concentrations (mg/L)	Plant regeneration (%)		Average[A] BA concentration
	With AC	Without AC	
0	70±25.82[a]	40±21.08[b]	55±21.21C
1	80±25.82[a]	70±25.82[a]	75±7.07A
2	80±25.82[a]	40±31.62[b]	60±28.28B
Average[B] with or without AC	**76.66±5.77A**	**50±17.32B**	
A	**		
B	**		
A*B	**		
CV (%)	**23.59**		

** Significant differences at P≤0.01

Means values followed by the same letter within each column are not significantly different according to DMRT.

ในด้านจำนวนยอดใหม่ พบว่าต้นอ่อนมีการเพิ่มจำนวนยอด การเจริญเติบโต และมีความสมบูรณ์เต็มที่ในช่วงเดือนที่ 3 โดยอาหารที่เติม BA ความเข้มข้น 2 มก./ลิตร มีการเกิดยอดใหม่เฉลี่ยมากที่สุด 4.44 ยอด/ชิ้นส่วน แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01) กับการเติม BA ความเข้มข้น 1 และ 0 มก./ลิตร ซึ่งมีการเกิดยอดใหม่เฉลี่ย 2.69 และ 1.73 ยอด/ชิ้นส่วน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาการเติมและไม่เติมผงถ่าน พบว่าการไม่เติมผงถ่านในอาหารเพาะเลี้ยง มีการเกิดยอดใหม่เฉลี่ยมากที่สุด 3.97 ยอด/ชิ้นส่วน แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01) กับการเติมผงถ่านลงในอาหารเพาะเลี้ยง ซึ่งมีการเกิดยอดใหม่เฉลี่ย 1.94 ยอด/ชิ้นส่วน เมื่อพิจารณาปัจจัยร่วมระหว่างความเข้มข้นของ BA ร่วมกับการเติมและไม่เติมผงถ่าน พบว่าการเติม BA ความเข้มข้น 2 มก./ลิตร ที่ไม่เติมผงถ่าน มีจำนวนยอดที่เกิดใหม่มากที่สุด 6.25 ยอด/ชิ้นส่วน รองลงมาคือ การเติม BA ความเข้มข้น 1 มก./ลิตร ที่ไม่เติมผงถ่าน ซึ่งมีจำนวนต้นที่เกิดใหม่ 4.00 ยอด/ชิ้นส่วน แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01) กับกรรมวิธีอื่น ๆ (Table 2) ลักษณะการเกิดยอดใหม่ในแต่ละสูตรอาหารมีจำนวนยอดที่แตกต่างกันไปขึ้นกับระดับความเข้มข้นของ BA ร่วมกับการเติมผงถ่านแสดงดัง Figure 2

Table 2 Effects of BA concentration combined with activated charcoal (AC) in solid MS medium on number of new shoots regenerated from Champedak embryo explants after 3 months of culture

BA concentrations (mg/L)	No. plant regeneration (shoots/explant)		Average[A] BA concentration
	With AC	Without AC	
0	1.80[dc]	1.67[cd]	1.73C
1	1.38[d]	4.00[b]	2.69B
2	2.63[c]	6.25[a]	4.44A
Average[B] with or without AC	**1.94B**	**3.97A**	
A	**		
B	**		
A*B	**		
CV (%)	**21.13**		

** Significant differences at P≤0.01

Means values followed by the same letter within each column are not significantly different according to DMRT.

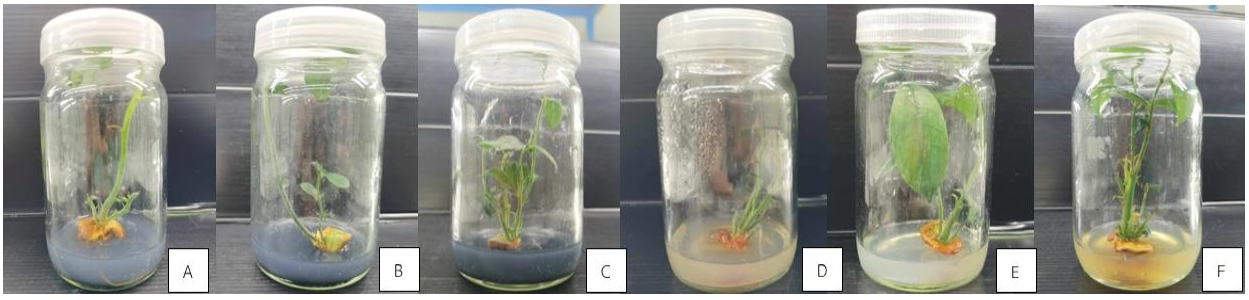

Figure 2 Plant regeneration from Champedak embryo cultured on solid MS medium supplemented with BA at 0 (A and D), 1 (B and E), and 2 (C and F) mg/L, with (above) and without (below) activated charcoal, after 3 months of culture

ผลของลักษณะกายภาพของอาหารเพาะเลี้ยงต่อการเพิ่มปริมาณยอดรวม

จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนยอดจำปาดะด้วยอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 2 มก./ลิตร ทั้ง 3 ลักษณะ คือ อาหารแข็ง อาหารกึ่งแข็ง และอาหารเหลว พบว่ามีการเพิ่มปริมาณยอดรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยอาหารแข็งและอาหารเหลวมีการเพิ่มปริมาณยอดรวมสูงที่สุด 90±21.08% รองลงมาคืออาหารกึ่งแข็งให้การเพิ่มปริมาณยอดรวม 80±25.82% จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนยอดจำปาดะในอาหารแข็งและอาหารกึ่งแข็งมีจำนวนยอดสูงสุด 4.7±0.71 และ 4.6±0.84 ยอด/ชิ้นส่วน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ (P>0.05) แต่แตกต่างกับอาหารเหลวอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P≤0.01) ซึ่งมีจำนวนยอด 3.1±0.74 ยอด/ชิ้นส่วน (Table 3) ลักษณะยอดที่ใช้เพาะเลี้ยงและการเกิดยอดรวมในแต่ละชนิดอาหาร พบว่ามีความแตกต่างกันแสดงดัง Figure 3 ทั้งนี้จากการสังเกตพบว่า การเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนยอดในอาหารเหลวมีการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว ลำต้น กิ่ง และก้านใบมีขนาดใหญ่และมีความสมบูรณ์แข็งแรงของต้นดีที่สุด โดยสามารถเจริญเติบโตเป็นยอดที่สมบูรณ์ได้ภายใน 2 เดือน ในขณะที่อาหารแข็งและอาหารกึ่งแข็งเริ่มมีการตอบสนองต่ออาหารหลังจากการเพาะเลี้ยง 2 สัปดาห์ และเริ่มเห็นการสร้างยอดรวมในสัปดาห์ที่ 6 หลังการเพาะเลี้ยง

Table 3 The effect of MS medium types on shoot proliferation and number of multiple shoots of Champedak shoot explants after 3 months of culture

Media types	Shoot proliferation (%)	No. shoot (shoot/explant)
Solid medium	90±21.08	4.6±0.84[a]
Semi-solid medium	80±25.82	4.7±0.71[a]
Liquid medium	90±21.08	3.1±0.74[b]
F-test	**ns**	****
CV (%)	**19.86**	**19.43**

ns = Not significant differences at P>0.05, ** = Significant differences at P≤0.01

Means values followed by the same letter within each column are not significantly different according to DMRT.

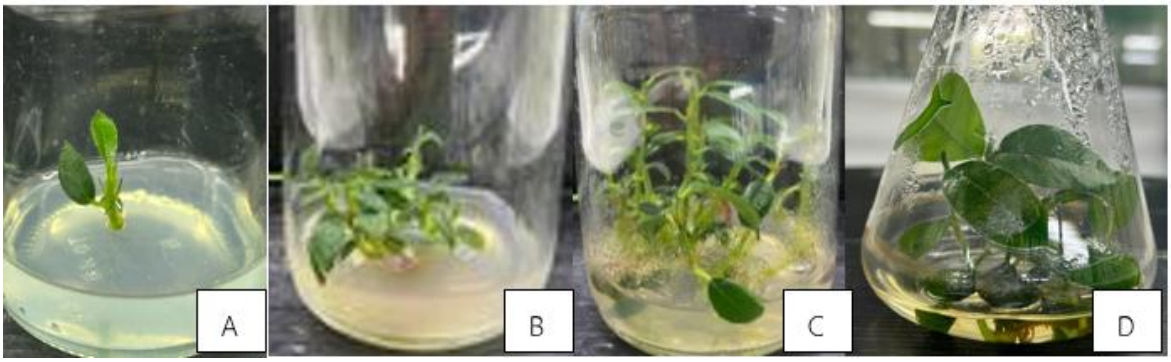

Figure 3 The shoot proliferation of Champedak shoot explants (A) cultured in different statuses of MS medium supplemented with 2 mg/L BA for 3 months: solid medium (B), semi-solid medium (C), and liquid medium (D)

ผลของ NAA ร่วมกับการสร้างบาดแผลต่อการชักนำราก

จากการนำชิ้นส่วนยอดที่ถูกสร้างและไม่สร้างบาดแผลที่บริเวณโคนต้น มาเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม NAA ความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นเวลา 3 เดือน พบว่าอาหารที่เติม NAA ความเข้มข้น 1–3 มก./ลิตร มีการเกิดรากเฉลี่ยสูงสุดเท่ากัน คือ 80% แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01) กับอาหารที่ไม่เติม NAA ซึ่งไม่มีการเกิดราก เมื่อพิจารณาการกระตุ้นชิ้นส่วนยอดโดยการสร้างบาดแผล พบว่าทั้งการสร้างและไม่สร้างบาดแผลมีการเกิดรากไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยมีการเกิดรากเฉลี่ยเท่ากัน คือ 60% เมื่อพิจารณาปัจจัยร่วมระหว่างความเข้มข้นของ NAA ร่วมกับการสร้างและไม่สร้างบาดแผล พบว่าอาหารที่เติม NAA ความเข้มข้น 1 มก./ลิตร ร่วมกับการสร้างบาดแผล และอาหารที่เติม NAA ความเข้มข้น 3 มก./ลิตร โดยไม่สร้างบาดแผล มีการเกิดรากมากที่สุดเท่ากัน คือ 100% แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01) กับกรรมวิธีอื่น ๆ (Table 4)

Table 4 The effects of NAA concentrations in MS medium combined with wounding on the rooting of Champedak shoot explants after 3 months of culture

NAA concentration (mg/L)	Root formation (%)		Average^{A} NAA concentration
	With wounding	Without wounding	
0	0^{d}	0^{d}	0B
1	100^{a}	60^{c}	80A
2	80^{b}	80^{b}	80A
3	60^{c}	100^{a}	80A
Average^{B} with or without wounding	**60**	**60**	
A	**		
B	ns		
A*B	**		
CV (%)	**16.14**		

ns = Not significant differences at P>0.05, ** = Significant differences at P≤0.01

Means values followed by the same letter within each column are not significantly different according to DMRT.

ในด้านจำนวนรากที่เกิดใหม่ พบว่าอาหารที่เติม NAA ความเข้มข้น 2 มก./ลิตร มีจำนวนรากที่เกิดใหม่มากที่สุดเฉลี่ย 5.10 ราก/ชิ้นส่วน แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01) กับอาหารที่เติม NAA ความเข้มข้น 1, 3 และ 0 มก./ลิตร ซึ่งมีจำนวนรากที่เกิดใหม่เฉลี่ย 3.10, 2.80 และ 0 ราก/ชิ้นส่วน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาการกระตุ้นชิ้นส่วนยอดโดยการสร้างบาดแผล พบว่าการสร้างบาดแผลมีจำนวนรากที่เกิดใหม่เฉลี่ยมากที่สุด 3.25 ราก/ชิ้นส่วน แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01) กับการไม่สร้างบาดแผล ซึ่งมีจำนวนรากที่เกิดใหม่เฉลี่ย 2.25 ราก/ชิ้นส่วน เมื่อพิจารณาปัจจัยร่วมระหว่างความเข้มข้นของ NAA ร่วมกับการสร้างและไม่สร้างบาดแผล พบว่าอาหารที่เติม NAA ความเข้มข้น 2 มก./ลิตร ร่วมกับการสร้างบาดแผลมีจำนวนรากที่เกิดใหม่มากที่สุด 6.80 ราก/ชิ้นส่วน แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P≤0.01) กับกรรมวิธีอื่น ๆ (Table 5) การสร้างรากของจำปาดะในอาหารสูตร MS ที่เติม NAA ความเข้มข้น 0–3 มก./ลิตร ลักษณะรากที่เกิดในแต่ละสูตรอาหาร แสดงดัง Figure 4 และเมื่อนำต้นออกจากขวด พบว่ารากที่เกิดในแต่ละสูตรอาหารที่เพาะเลี้ยงมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด แสดงดัง Figure 5

Table 5 The effects of NAA concentrations in MS medium combined with wounding on number of roots of Champedak shoot explants after 3 months of culture

NAA concentrations (mg/L)	No. root (root/explant)		Average[A] NAA concentration
	With wounding	Without wounding	
0	0.00[d]	0.00[d]	0.00C
1	3.00[b]	3.20[b]	3.10B
2	6.80[a]	3.40[b]	5.10A
3	3.20[b]	2.40[c]	2.80B
Average[B] with or without wounding	**3.25A**	**2.25B**	
A	**		
B	**		
A*B	**		
CV (%)	**16.76**		

** = Significant differences at P≤0.01

Means values followed by the same letter within each column are not significantly different according to DMRT.

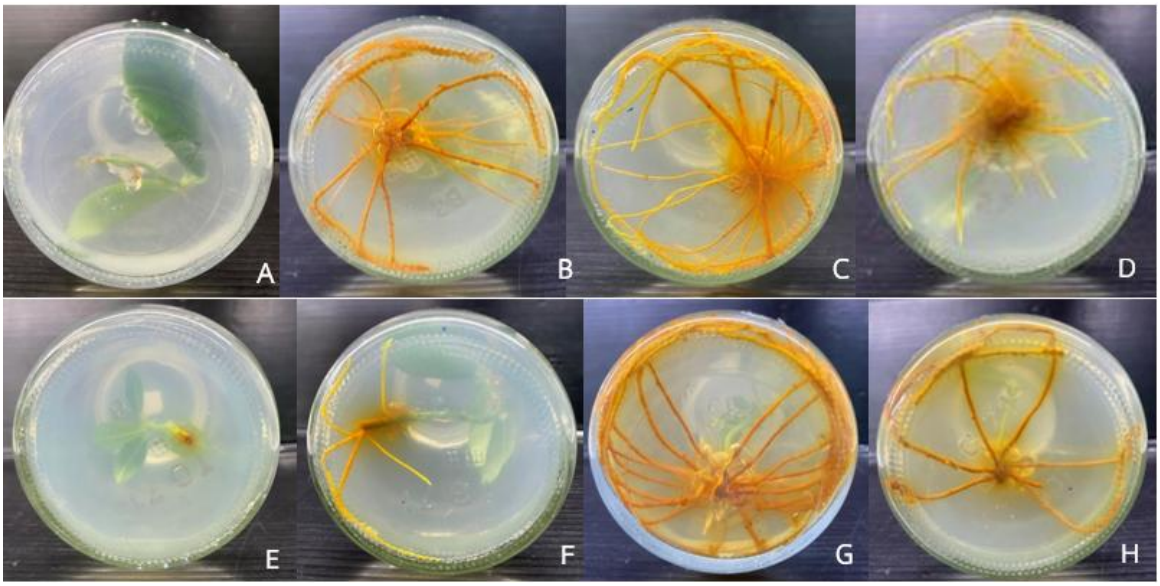

Figure 4 Root formation in Champedak shoot explants cultured on MS medium with varying concentrations of NAA: 0 (A and E), 1 (B and F), 2 (C and G), and 3 (D and H) mg/L, with wounding (above) and without wounding (below), after 3 months of culture

Figure 5 Root characteristics of Champedak shoot explants cultured on MS medium with varying concentrations of NAA: 0 (A and E), 1 (B and F), 2 (C and G), and 3 (D and H) mg/L, with wounding (A-D) and without wounding (E-H), after 3 months of culture

การอนุบาลต้นกล้าในโรงเรือน

การอนุบาลต้นกล้าจำปาดะที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อหลังการเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม NAA ความเข้มข้น 1-3 มก./ลิตร เป็นเวลา 3 เดือน ซึ่งจากการอนุบาลเป็นเวลา 1 เดือน พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต 70% และสามารถพัฒนาต่อเป็นต้นที่สมบูรณ์ได้ (Figure 6) จากการสังเกตพบว่า ต้นกล้าที่มีรากจำนวนมากจะไม่พบอาการเหี่ยวของต้นเมื่อเปิดถุงครอบออก ในขณะที่ต้นกล้าที่มีรากจำนวนน้อยจะพบอาการเหี่ยว บางต้นตายและบางต้นสามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ จากการทดลองนำต้นกล้าที่ไม่มีราก (NAA ความเข้มข้น 0 มก./ลิตร) มาอนุบาล พบว่าต้นกล้าสามารถอยู่รอดได้ในขณะที่ครอบด้วยถุงพลาสติกใส แต่เมื่อเปิดออกสู่สภาพธรรมชาติต้นจะเริ่มเหี่ยวและตายภายใน 3 วัน

Figure 6 Champedak plants that survived after being transplanted into the planting materials for one month, initially induced to root on MS medium with varying concentrations of NAA: 0 (A and E), 1 (B and F), 2 (C and G), and 3 (D and H) mg/L, with wounding (A-D) and without wounding (E-H)

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการเพาะเลี้ยงเอ็มบริโอของจำปาดะบนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 2 มก./ลิตร ให้เปอร์เซ็นต์การพัฒนาเป็นพืชต้นใหม่สูงที่สุด 80±25.82% และการเกิดพืชต้นใหม่สูงถึง 6.25 ยอด/ชิ้นส่วน ซึ่งนอกจากองค์ประกอบของอาหารเพาะเลี้ยงที่เป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการขยายพันธุ์แล้ว ยังขึ้นกับการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ซึ่ง BA เป็นสารกลุ่มไซโตไคนินช่วยกระตุ้นการแบ่งเซลล์และยืดยาวของเซลล์ สอดคล้องกับ Mangena (2020) ที่กล่าวว่าในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อชักนำให้เกิดยอดในสภาพปลอดเชื้อจำเป็นต้องมีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มไซโตไคนิน ซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติในการกระตุ้นการแบ่งเซลล์ ขยายขนาดของเซลล์ การเจริญของตาข้าง และยอด อีกทั้งระดับความเข้มข้นที่ใช้ยังส่งผลต่อปริมาณยอดใหม่ที่สร้างด้วย โดยมีรายงานวิจัยการเพิ่มจำนวนยอดของหม่อนจากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนใบบนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 2 มก./ลิตร มีการพัฒนาเป็นยอดสูงที่สุด 80.33±11.68% จำนวน 4.33±0.56 ยอด/ชิ้นส่วน (Cui *et al*., 2020) และการเพาะเลี้ยงปลายยอดขนุนบนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 2 มก./ลิตร ในการกระตุ้นให้เกิดยอด (Karishma and Meera, 2024) ในขณะที่การเพาะเลี้ยงยอดของหม่อนบนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้นเพียง 1.5 มก./ลิตร ให้ผลดีที่สุดในการเพิ่มจำนวนยอด (Taha *et al*., 2020) ตรงข้ามกับ Azam *et al*. (20) ที่ทำการเพิ่มปริมาณยอดของขนุนในอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม BAP ความเข้มข้น 3.5 มก./ลิตร มีการเกิดยอดสูงถึง 92.30% และความยาวของยอดสูงที่สุด 3.81 ซม. นอกจากนี้ยังมีการใช้ BAP ร่วมกับ NAA ในการชักนำยอดจากชิ้นส่วนปลายยอด โดยมีการเกิดยอด 4.54

ยอด/ชิ้นส่วน (Ali *et al*., 2017) ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่าแม้จะเป็นพืชกลุ่มเดียวกัน แต่หากใช้ชิ้นส่วนเริ่มต้นต่างกันก็ย่อมตอบสนองต่อชนิดและความเข้มข้นของไซโตไคนินแตกต่างกัน โดยให้การเพิ่มปริมาณยอดรวมแตกต่างกันออกไป

นอกจากนี้ในการทดลองครั้งนี้ยังได้ทดสอบการเติมผงถ่าน ร่วมกับ BA พบว่าการเติมผงถ่านลงในอาหารเพาะเลี้ยงส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์การเกิดยอดที่ดีกว่าการไม่เติมผงถ่าน แต่เมื่อพิจารณาจำนวนยอดที่เกิดต่อชิ้นส่วนกลับพบว่าการไม่เติมผงถ่านให้จำนวนยอดมากกว่าการเติมผงถ่าน ทั้งนี้เนื่องจากผงถ่านมีรูพรุนจำนวนมากและมีพื้นผิวด้านในขนาดใหญ่ซึ่งสามารถดูดซับสารต่าง ๆ ได้หลายชนิด มีผลต่อพัฒนาการของเซลล์ อาจส่งเสริมหรือยับยั้งการเจริญเติบโตขึ้นอยู่กับชนิดและเนื้อเยื่อที่ใช้ ผลจากการเติมผงถ่านทำให้เกิดการสร้างสภาพมืด (Pan and Staden, 1998) นอกจากนี้ยังลดปริมาณเมแทบอไลต์ที่เป็นพิษ การหลั่งของฟีนอลิก และการสะสมของสารสีน้ำตาลได้อย่างมาก รวมถึงมีการปลดปล่อยสารอาหารและสารควบคุมการเจริญเติบโตอย่างช้า ๆ ทำให้พืชสามารถนำไปใช้ได้ (Thomas, 2008) ซึ่งจะเห็นได้จากการที่เติมผงถ่านแล้วส่งเสริมการพัฒนาไปเป็นยอด แต่ให้จำนวนยอดที่น้อยกว่าการไม่เติมผงถ่านลงในอาหารเพาะเลี้ยง

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจำปาดะในอาหารเหลว แม้ว่าจะมีเปอร์เซ็นต์การสร้างยอดรวมที่สูง แต่เมื่อพิจารณาจำนวนยอดกลับพบว่า อาหารแข็งและกึ่งแข็งให้จำนวนยอดสูงที่สุด 4.60–4.70 ยอด/ชิ้นส่วน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนในอาหารเหลว มีอัตราการเจริญเติบโตและการดูดซึมสารอาหารได้ดี ส่งผลให้ชิ้นส่วนยอด ราก หัว และตัวอ่อนจากโซมาติกเซลล์เพิ่มขึ้นได้อย่างรวดเร็ว (Ascough and Fennell, 2004) จากการสังเกตพบว่า ชิ้นส่วนในอาหารเหลวเริ่มมีการตอบสนองหลังเพาะเลี้ยง 3 วัน และเจริญเป็นต้นยืดยาวภายใน 2 สัปดาห์ และโตเต็มขวดเพาะเลี้ยงภายใน 2 เดือน ซึ่งเมื่อเนื้อเยื่อมีการเจริญเติบโตเป็นอวัยวะที่สมบูรณ์จึงไม่สามารถแบ่งเซลล์เพิ่มจำนวนยอดได้ ในขณะที่อาหารแข็งและอาหารกึ่งแข็งเริ่มมีการตอบสนองหลังการเพาะเลี้ยง 2 สัปดาห์ เนื้อเยื่อจึงเริ่มมีการพัฒนาและแบ่งเซลล์เพื่อเพิ่มจำนวนยอด

การชักนำการเกิดรากของจำปาดะบนอาหารสูตร MS ที่เติม NAA ความเข้มข้น 1 มก./ลิตร ร่วมกับการสร้างบาดแผล และ NAA ความเข้มข้น 3 มก./ลิตร ไม่สร้างบาดแผลให้เปอร์เซ็นต์การเกิดรากสูงที่สุด 100% แต่เมื่อพิจารณาจำนวนราก พบว่าอาหารที่เติม NAA ความเข้มข้น 2 มก./ลิตร ร่วมกับการสร้างบาดแผลให้จำนวนรากมากที่สุด 6.80 ราก/ชิ้นส่วน ในขณะที่ Kamal *et al*. (2018) พบว่า การชักนำการออกรากของขนุน (*A. heterophyllus* Lam var. Tekam yellow) บนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม IBA ความเข้มข้น 2.5 มก./ลิตร ให้ความยาวรากเฉลี่ยสูงที่สุด 18.73 ซม. โดยชักนำรากใหม่ได้ 100% ในขณะที่อาหารที่เติม NAA ความเข้มข้น 1.5 มก./ลิตร ให้ความยาวรากมากที่สุด นอกจากนี้ Cui *et al*. (2020) รายงานการชักนำการเกิดรากของหม่อนบนอาหารสูตร MS ที่เติม NAA ความเข้มข้นเพียง 0.4 มก./ลิตร สามารถกระตุ้นการออกรากได้ 70.96±10.56% จำนวนราก 10.68±1.33 ราก/ชิ้นส่วน และความยาวราก 1.75±0.31 ซม. โดยการเติม NAA ความเข้มข้นที่สูงขึ้นจะทำให้รากที่เกิดใหม่สั้นและอ่อนแอ ทั้งนี้ NAA เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มออกซิน ซึ่งกระตุ้นการเกิดรากและการขยายขนาดของเซลล์

ในการทดลองนี้พบว่า การเติม NAA มีความจำเป็นต่อการชักนำการเกิดรากของจำปาดะ เนื่องจากในอาหารที่ไม่เติมออกซิน (NAA 0 มก./ลิตร) ไม่พบการเกิดราก อาจเป็นเพราะจำปาดะเป็นพืชกลุ่มไม้ผลมีเนื้อเยื่อที่แข็งแรง การเพาะเลี้ยงยอดทำให้เกิดสารลิกนินบริเวณแคลลัสหรือรอยตัด ซึ่งยับยั้งการสร้างรากที่มีจุดกำเนิดมาจากยอด (Shoot-Borne Roots; SBRs) (Laohavisit, 2023) ดังนั้น การเติม NAA เป็นการกระตุ้นให้เนื้อเยื่อบริเวณที่เกิดแคลลัสเกิดการสร้างราก อย่างไรก็ตามการใช้ NAA ในระดับความเข้มข้นที่สูง

เกินไป อาจมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช ดังที่พบในการทดลองนี้เมื่อเติม NAA ความเข้มข้นสูงกว่า 2 มก./ลิตร ทำให้ต้นจำปาดะมีเปอร์เซ็นต์การเกิดรากลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Faisal *et al.* (2023) ที่กล่าวว่าหน้าที่หลักของออกซิน คือ การสร้างแคลลัสและรากพิเศษ เมื่อใช้ในปริมาณสูงจะทำให้เกิดแคลลัส และเมื่อใช้ในปริมาณต่ำจะทำให้เกิดราก ในขณะที่การเติมออกซิน 2 มก./ลิตร ทำให้มีการสร้างรากสูงที่สุด 70% (Khan *et al.*, 2010) ทั้งนี้การเลือกใช้ออกซินและสภาพการเพาะเลี้ยงยังมีผลต่อเปอร์เซ็นต์และจำนวนรากที่เกิด (Yapo *et al*., 2020)

นอกจากนี้ในการทดลองยังได้กระตุ้นการเกิดรากจากชิ้นส่วนยอดด้วยการสร้างบาดแผล พบว่าการสร้างบาดแผลทำให้จำปาดะมีการออกรากเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยสันนิษฐานว่าการสร้างบาดแผลถือเป็นการเหนี่ยวนำให้เกิดรากอีกแบบหนึ่ง ซึ่งรากที่เหนี่ยวนำจากบาดแผล (Wound-induced Roots; WiR) จะมีออกซินบางส่วนถูกสร้างขึ้นบริเวณใกล้กับบาดแผล ซึ่งโดยปกติออกซินจะถูกสร้างที่ยอดและเคลื่อนย้ายมายังบริเวณแผล การสะสมของออกซินที่บริเวณบาดแผลจะกระตุ้นให้มีการแบ่งเซลล์อย่างรวดเร็วและเกิดการก่อตัวของรากชนิด WiR ในที่สุด (Omary *et al*. 2022; Chang *et al*., 2023) ซึ่งจากการศึกษานี้พบว่าการสร้างบาดแผลที่โคนช่วยให้มีการเกิดรากได้มากขึ้น ซึ่งหากชักนำการเกิดรากจำนวนมากและต้นมีความสมบูรณ์แข็งแรง ย่อมส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตที่สูง ซึ่งก่อนนำออกอนุบาลมีการนำขวดไปวางเลี้ยงที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เพื่อปรับสภาพแวดล้อมและความชื้น แล้วจึงย้ายปลูกโดยคลุมถุงพลาสติกเป็นเวลา 7 วัน พบว่าต้นกล้าจำปาดะมีการรอดชีวิต 70% หลังการอนุบาล 1 เดือน และเริ่มเกิดใบคู่ใหม่หลังการอนุบาล 2 เดือน

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการขยายพันธุ์จำปาดะภายใต้สภาพปลอดเชื้อ สามารถสรุปวิธีการที่เหมาะสมในขั้นตอนต่าง ๆ กล่าวคือ การนำชิ้นส่วนเอ็มบริโอเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 2 มก./ลิตร ให้เปอร์เซ็นต์การพัฒนาเป็นพืชต้นใหม่สูงที่สุด 80% และการเกิดพืชต้นใหม่สูงที่สุด 6.25 ยอด/ชิ้นส่วน การเพิ่มปริมาณยอดรวมบนอาหารกึ่งแข็งให้จำนวนยอดรวมสูงที่สุด 4.70 ยอด/ชิ้นส่วน การชักนำการเกิดรากในอาหารสูตร MS ที่เติม NAA ความเข้มข้น 2 มก./ลิตร ร่วมกับการสร้างบาดแผล มีการเกิดราก 80% และมีจำนวนรากมากที่สุด 6.80 ราก/ชิ้นส่วน เมื่อนำต้นออกอนุบาลในวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของดิน แกลบเผา และขี้ไก่แกลบ อัตราส่วน 2:1:1 ให้อัตราการรอดชีวิต 70% ภายหลังการอนุบาล 1 เดือน ดังนั้น วิธีการขยายพันธุ์จำปาดะภายใต้สภาพปลอดเชื้อในการศึกษาครั้งนี้ สามารถใช้เป็นแนวทางนำไปประยุกต์ใช้ในการขยายพันธุ์จำปาดะสายพันธุ์อื่น ๆ รวมถึงการปรับปรุงหรือการคัดเลือกพันธุ์ที่มีลักษณะดีเด่น เพื่อสร้างเป็นสายพันธุ์ใหม่ภายใต้สภาพปลอดเชื้อได้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณหน่วยวิจัยไม้ผลและไม้ยืนต้น สาขาพืชศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช สำหรับสถานที่ดำเนินการวิจัยและทุนวิจัยจากงบประมาณสนับสนุนงานมูลฐาน ปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 ที่สนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Admin. 2023. **The golden opportunity of southern fruit, Champedak: easy to care for, good price, promising future.** [Online]. Available https://psub.psu.ac.th (April 22, 2024). [in Thai]

Ali, J., K. Bantte and T. Feyissa. 2017. Protocol optimization for *in vitro* shoot multiplication of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L.). **African Journal of Biotechnology** 16(2): 87–90.

Amin, M.N. and V.S. Jaiswal. 1993. *In Vitro* response of apical bud explants from mature trees of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*). **Plant Cell, Tissue and Organ Culture** 33: 59–65.

Ascough, G.D. and C.W. Fennell. 2004. The regulation of plant growth and development in liquid culture. **South African Journal of Botany** 70(2): 181–190.

Ashrafuzzaman M., S. Kar, D. Khanam and S.H. Prodhan. 2012. *In vitro* regeneration and multiplication of jackfruit (*Artocarpus Heterophyllus* L.). **Research Journal of Biology** 02(02): 59–65.

Azam, F.M.S. and M. Rahmatullah. 2009. Tissue culture of *Artocarpus heterophyllus* L., an underutilized fruit of Bangladesh. **Acta Horticulturae** 1–8.

Azam, F.M.S., M. Rahmatullah, A.U. Zaman and D. Dhaka. 2009. Tissue culture of a year-round fruiting variety of *Artocarpus heterophyllus* L. in Bangladesh. **Acta Horticulturae** 806: 269–276.

Boonlaksiri, C., W. Oonanant, P. Kongsaeree, P. Kittakoop, M. Tanticharoen and Y. Thebtaranonth. 2000. An antimalarial stilbene from *Artocarpus integer*. **Phytochemistry** 54: 415–417.

Buttara, M., K. Intarapichet and K.R. Cadwallader. 2014. Characterization of potent odorants in Thai chempedak fruit (*Artocarpus integer* Merr.), an exotic fruit of Southeast Asia. **Food Research International** 66: 388–395.

Chang, E., W. Guo, Y. Xie, Z. Jiang, Y. Dong, Z. Jia, X. Zhao, J. Liu and J. Zhang. 2023. Changes of lignified-callus and wound-induced adventitious rooting in ancient *Platycladus orientalis* cuttings as affected by tree age. **Industrial Crops and Products** 203: 117183.

Cui, S., Y. Ren, Y. Hao, J. Zhang, Z. Chen, J. Zou, W. Zhou and X. Chen. 2020. An efficient protocol for regenerating shoots from paper mulberry (*Broussonetia papyrifera*) leaf explants. **Open Life Sciences** 15: 318–325.

Dawan. 2023. **Chempedak: The secret weapon of Thai fruits—low cost, drought-resistant, disease-resistant, and in high demand in export markets.** [Online]. Available https://www.technologychaoban.com (April 22, 2024).

Faisal, S.M., M. Al-Forkan and M. Amanullah. 2023. Study of *in vitro* shoot production of off-season Jackfruit (*Artocarpus Heterophyllus* Lam). **International Journal of Advance Research and Innovation** 11(2): 58–63.

Kamal, N.H., M.A. Aziz, S. Kadzimin and A.A. Rashid. 2018. *In Vitro* mass multiplication of *Artocarpus heterophyllus* Lam var. Tekam Yellow. **Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science** 41(3): 1289–1314.

Kamwut, P. 2015. **Research and Development on Champedak Production Technology in the Upper Southern**. Bangkok: Department of Agriculture. 35 p.

Karishma, N.A. and M.A.V. Meera. 2024. Development of micropropagation protocol for jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) KJ 182. **Journal of Tropical Agriculture** 62(1): 10–13.

Khan, F.R., H.U. Rahman, N.A. Abbasi, M. Ibrahim and G. Abbas. 2010. *In vitro* shoot and root proliferation of jack fruit as affected by different concentrations of growth regulators. **Sarhad Journal of Agriculture** 26(4): 533–538.

Laohavisit, A. 2023. Wound-induced rooting in plants - a big BIG ROle emerges for calcium and auxin. **Plant and Cell Physiology** 64(2): 149–151.

Mangena, P. 2020. Benzyl adenine in plant tissue culture-succinct analysis of the overall influence in soybean [*Glycine max* (L.) Merrill.] seed and shoot culture establishment. **Journal of Biotech Research** 11: 23–34.

Office of Agricultural Economics. 2024. **"Champak", the GI product identity fruit of Satun Province, encourages farmers to form groups, process products to increase value, and develop marketing channels.** Songkhla: Office of Agricultural Economics. 9 p. [in Thai]

Omary, M., R. Matosevich and I. Efroni. 2022. Systemic control of plant regeneration and wound repair. **New Phytologist** 237: 408–413.

Pan, M. and J.V. Staden. 1998. The use of charcoal in *In Vitro* culture – a review. **Plant Growth Regulation** 26: 155–163.

Taha, H., U.M. Ghazy, A.M.M. Gabr, A.A.A. EL-Kazzaz, E.A.M.M. Ahmed and K.M. Haggag. 2020. Optimization of *in vitro* culture conditions affecting propagation of mulberry plant. **Bulletin of the National Research Centre** 44(60): 1–9.

Thanapitak, W., T. Jantapan, W. Ritima, P. Likhitthammarot, S. Benchasri and S. Keawsuksaeng. 2021. Diversity and morphological characteristics of chempedak (*Artocarpus integer* Merr.) in KoYo subdistrict, Mueang district, Songkhla province. **Khon Kaen Agriculture Journal** 49(1): 336–341. [in Thai]

Thomas, T.D. 2008. The role of activated charcoal in plant tissue culture. **Biotechnology Advances** 26(6): 618–631.

Yapo, S.E.S., M.M. Beugre, Y.K.F. Konan, K. Ayolie, G.F. Dien and T.H. Kouakou. 2020. *In vitro* regeneration of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus Lam., Moraceae) in Cote d'lvoire.* **Asian Journal of Science and Technology** 11(10): 11313–11318.