Agricultural Science and Management J. 9 (3) : 84-84 (2026)

ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการเพิ่มปริมาณยอดทวีคูณของไผ่ซางหม่น (*Dendrocalamus* sp.) ในสภาพปลอดเชื้อ

Effect of Plant Growth Regulators on In Vitro Shoot Multiplication of Pai Sang Mon (*Dendrocalamus* sp.)

เสาวนีย์ สาโรจน์[1*] ปรารถนา เผือกวิไล[1] ณิมนาราห์ อยู่คงแก้ว[1] และสุพรรณญิกา เส็งสาย[1]

Saowanee Saroj[1*], Prattana Phuekvilai[1], Nimnara Yookongkaew[1] and Supanyika Sengsai[1]

Received: April 22, 2025
Revised: June 11, 2025
Accepted: June 12, 2025

Abstract: *Dendrocalamus* sp., also referred to as Pai Sang Mon, is a bamboo species with great potential due to its wide range of applications, resulting in high market demand. However, a number of restrictions continue to limit its spread. Shoot clusters were cultivated on six different semi-solid MS medium formulations supplemented with TDZ, BA, NAA, and additives such as $AgNO_3$ and coumarin. The medium was changed every two weeks over a period of eight subcultures, using a completely randomized design (CRD). The results showed that medium set 3—MS supplemented with 0.05 mg/L TDZ, 0.5 mg/L BA, and 0.05 mg/L NAA alternating with MS supplemented with 0.05 mg/L TDZ, 1.0 mg/L BA, and 0.05 mg/L NAA—achieved the highest shoot multiplication rate, yielding an average of 80.7 ± 2.8 shoots per explant. The average shoot length was 2.32 ± 0.09 cm, and the shoots exhibited uniform green coloration and consistent growth. This formulation increased shoot numbers from an initial average of 14.2 ± 2.2 shoots in the first subculture to 80.7 ± 2.8 shoots in the eighth subculture, representing a 5.7-fold multiplication. These findings demonstrate the potential for efficient in vitro multiplication of *Dendrocalamus* sp. for large scale propagation.

Keywords: Bamboo, Benzyladenine, Thidiazuron, Tissue culture, Shoot proliferation

บทคัดย่อ: ไผ่ซางหม่น (*Dendrocalamus* sp.) เป็นไผ่ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เนื่องจากสามารถใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย จึงทำให้เป็นที่ต้องการของตลาด อย่างไรก็ตามการขยายพันธุ์ไผ่ซางหม่นในปัจจุบันยังมีข้อจำกัดหลายประการ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรอาหารสำหรับเพิ่มปริมาณยอดทวีคูณของไผ่ซางหม่นในเชิงอุตสาหกรรม โดยนำกลุ่มยอด เพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติม TDZ BA NAA และสารเติม ได้แก่ $AgNO_3$ และ coumarin รวม 6 ชุดอาหาร เปลี่ยนอาหารทุก 2 สัปดาห์ จำนวน 8 ครั้ง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) พบว่า ชุดอาหารที่ 3 (อาหารสูตร MS ที่เติม TDZ ความเข้มข้น 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA ความเข้มข้น 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร สลับกับอาหารสูตร MS ที่เติม TDZ ความเข้มข้น 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA ความเข้มข้น 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร) สามารถชักนำให้เกิดยอดทวีคูณเฉลี่ย 80.7 ± 2.8 ยอด

[1]ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ อ.เมือง จ.นครปฐม 73000
[1]Department of Biology, Faculty of Science, Silpakorn University, Sanamchandra Palace Campus, Muang, Nakhon Pathom 73000
*Corresponding author: SAROJ_S@su.ac.th

ความยาวยอด 2.32 ± 0.09 เซนติเมตร ลักษณะยอดมีความยาวค่อนข้างสม่ำเสมอ สีเขียว โดยการเพิ่มปริมาณยอดทวีคูณของไผ่ซางหม่น จากยอดจำนวนยอดเริ่มต้นในการเปลี่ยนถ่ายอาหารครั้งที่ 1 เท่ากับ 14.2 ± 2.2 ยอด เป็น 80.7 ± 2.8 ยอด คิดเป็น 5.7 เท่า ในการเปลี่ยนถ่ายอาหารครั้งที่ 8 ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการเพิ่มปริมาณยอดทวีคูณในสภาพปลอดเชื้อ เพื่อการขยายพันธุ์ไผ่ซางหม่นในระดับอุตสาหกรรม

คำสำคัญ: ไผ่, เบนซิลอะดีนีน,ไทไดอะซูรอน, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ, การเพิ่มปริมาณยอดทวีคูณ

คำนำ

ไผ่ซางหม่น (*Dendrocalamus* sp.) เป็นไผ่ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เนื่องจากเป็นไผ่ที่มีศักยภาพในการนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย ไผ่ซางหม่นถือเป็นพืชเศรษฐกิจทางเลือกที่มีศักยภาพทั้งด้านการผลิตและการตลาด มีพื้นที่ปลูกรวมทั้งสิ้นกว่า 2,600 ไร่ ครอบคลุม จังหวัดในภาคเหนือ คิดเป็นร้อยละ 70 ของพื้นที่ปลูกไผ่ซางหม่นทั่วประเทศ โดยเฉพาะในจังหวัดอุตรดิตถ์ แพร่ และน่าน ซึ่งเป็นแหล่งผลิตสำคัญ คิดเป็นร้อยละ 47 ของพื้นที่ปลูกทั้งหมด ไผ่ซางหม่นมีคุณลักษณะเด่นที่เอื้อต่อการนำไปใช้ประโยชน์ในภาคอุตสาหกรรม โดยมีลักษณะลำตรง เนื้อลำหนา มีความแข็งแรง (ธัญพิสิษฐ์และคณะ, 2556) เหมาะสมสำหรับการแปรรูปทั้งลำ ซึ่งผลิตภัณฑ์หลัก ได้แก่ ไม้เส้น ไม้ตะเกียบ และไม้เสียบลูกชิ้น โดยไม้เส้นกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ ถูกส่งออกไปยังโรงงานแปรรูปในจังหวัดนอกพื้นที่ภาคเหนือ เช่น ราชบุรี ร้อยเอ็ด และกรุงเทพมหานคร (ธาวิดา, 2565) นอกจากนี้ไผ่ซางหม่นยังสามารถเจริญเติบโตได้ดีในหลายพื้นที่ จึงส่งผลให้ตลาดมีความต้องการสูง อย่างไรก็ตาม การขยายพันธุ์ไผ่ซางหม่นในปัจจุบันส่วนใหญ่จะขยายพันธุ์โดยวิธีการตอนและการเพาะเมล็ด สำหรับการขยายพันธุ์โดยวิธีการตอน มีข้อจำกัดทั้งฤดูกาลและจำนวนต้นแม่ ซึ่งการตอนกิ่งไผ่ซางหม่นส่วนใหญ่จะทำในฤดูฝน เนื่องจากในระหว่างการตอนจำเป็นต้องได้รับน้ำอย่างเพียงพอ ส่วนการเพาะเมล็ดพบข้อจำกัดอันเกิดจากวงจรการออกดอกของไผ่ที่ใช้เวลานาน (Sivabalan and Ramkumar, 2014) รวมถึงปัญหาความผันแปรทางพันธุกรรมของต้นกล้าจากการเพาะเมล็ด (Mitchell *et al*., 2017) ซึ่งจะส่งผลให้ลักษณะของต้นกล้าไผ่ที่มาจากการเพาะเมล็ดอาจไม่ตรงตามพันธุ์ได้

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นเทคนิคการขยายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพและถูกใช้อย่างแพร่หลาย สามารถผลิตขยายพันธุ์พืชได้ในปริมาณมาก ต้นพืชที่ได้มีพันธุกรรมเหมือนต้นแม่ และมีความสม่ำเสมอ (Sahu *et al*., 2018) สามารถวางแผนการผลิตได้ เนื่องจากไม่ขึ้นกับปัจจัยจากสิ่งแวดล้อมภายนอก วิธีการนี้ประสบความสำเร็จในการขยายพันธุ์ไผ่หลายชนิด เช่น ไผ่ตง (*Dendrocalamus* asper Backer ex K.Heyne) (Singh *et al*., 2012) ไผ่ซางดำ (D. strictus Nees) (Chowdhury *et al*., 2004; Pandey and Singh, 2012) และไผ่หก (*D. hamiltonii* Nees & Arn. ex Munro) (Kapruwan *et al*., 2014) เป็นต้น หลายงานวิจัยพบว่าไผ่แต่ละชนิดตอบสนองต่อสารควบคุมการเจริญเติบโตแตกต่างกันทั้งชนิดและความเข้มข้น ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาเพิ่มปริมาณยอดทวีคูณโดยการเปลี่ยนถ่ายอาหาร (subculture) เพียง 1 ครั้งเท่านั้น ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรอาหารโดยปรับชนิดและความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตในแต่ละครั้งของการเปลี่ยนถ่ายอาหาร สำหรับเพิ่มปริมาณยอดทวีคูณของไผ่ซางหม่นให้สามารถขยายผลในการผลิตขยายไผ่ซางหม่นในเชิงอุตสาหกรรมได้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

นำกลุ่มยอดที่ได้จากการชักนำยอดในอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติม thidiazuron (TDZ) และ benzyladenine (BA) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ จำนวน 8 สูตร เป็นเวลา 3 สัปดาห์ ซึ่งพบว่าอาหารกึ่งแข็ง

สูตร MS ที่เติม TDZ ความเข้มข้น 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ผลในการชักนำยอดจากส่วนข้อได้ดีที่สุด สอดคล้องกับการศึกษาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในไผ่ *Dendrocalamus hamiltonii* Nees (Bordoloi *et al*., 2018) จึงเลือกสูตรนี้นำมาใช้ในการชักนำยอดสำหรับการศึกษาการเพิ่มปริมาณยอดทวีคูณของไผ่ซางหม่น โดยตัดแต่งให้มียอด 4 ยอดต่อกลุ่มยอด นำมาเพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ชนิดและความเข้มข้นต่าง ๆ จำนวน 5 ชุดอาหาร (Table 1) ซึ่งเติมน้ำตาลซูโครส 30 กรัมต่อลิตร ผงเจลแลนกรัม 2 กรัมต่อลิตร นึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไออุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที เพาะเลี้ยงในสภาพที่ให้แสงสว่างเป็นเวลา 16 ชั่วโมงต่อวัน ความเข้มแสง 3,000-4,000 ไมโครโมลโฟตอนต่อตารางเมตรต่อวินาที ที่อุณหภูมิ 25±1 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนถ่ายอาหาร (subculture) ทุก 2 สัปดาห์ โดยกำหนดให้ 1 รอบ (cycle) ประกอบด้วย การเปลี่ยนถ่ายอาหาร จำนวน 4 ครั้ง รวมทั้งหมด 2 รอบ คิดเป็นการเปลี่ยนถ่ายอาหาร รวมทั้งสิ้น 8 ครั้ง จากนั้นบันทึกข้อมูลจำนวนยอด ความยาวยอด และลักษณะของยอด ในรอบที่ 1 (การเปลี่ยนถ่ายอาหาร ครั้งที่ 1) และหลังสิ้นสุดการเพาะเลี้ยงรอบที่ 2 (การเปลี่ยนถ่ายอาหาร ครั้งที่ 8)

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) ทำการทดลองกรรมวิธีละ 10 ซ้ำๆ ละ 1 ชิ้น เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

Table 1 Five sets of culture medium for the 1st to 8th subcultures.

Medium set	1^{st},3^{rd},5^{th},7^{th} culture cycle					2^{nd},4^{th},6^{th},8^{th} culture cycle				
	TDZ (mg/L)	BA (mg/L)	NAA (mg/L)	$AgNO_3$ (mg/L)	Coumarin (mg/L)	TDZ (mg/L)	BA (mg/L)	NAA (mg/L)	$AgNO_3$ (mg/L)	Coumarin (mg/L)
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	0.5	0.05	2	10	0.05	-	0.05	2	10
3	0.05	0.5	0.05	2	10	0.05	1.0	0.05	2	10
4	-	1.0	0.05	2	10	0.05	-	0.05	2	10
5	0.05	1.0	0.05	2	10	0.05	0.5	0.05	2	10

ผลการทดลอง

นำกลุ่มยอดไผ่ซางหม่นที่แต่ละกลุ่มยอดมี 4 ยอด จำนวน 10 กลุ่มยอด จากผลการทดลอง ใน subculture ครั้งที่ 1 พบว่า ชุดอาหารที่ 6 (อาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ TDZ ความเข้มข้น 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร) สามารถชักนำจำนวนยอดทวีคูณเฉลี่ยได้สูงสุด 18.0 ± 3.9 ยอด ความยาวยอดเฉลี่ย 2.69 ± 0.17 เซนติเมตร (Table 2) ทั้งนี้ กลุ่มยอดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารแต่ละชุดมีจำนวนและลักษณะการเจริญแตกต่างกัน (Figure 1) และเมื่อ subculture ครบ 8 ครั้ง พบว่า ชุดอาหารที่ 6 (อาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ TDZ ความเข้มข้น 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร) ความเข้มข้นเท่าเดิมทุกครั้งที่เปลี่ยนถ่ายอาหาร พบว่า สามารถชักนำจำนวนยอดทวีคูณเฉลี่ยได้สูงสุด 108.6 ± 1.1 ยอด ความยาวยอดเฉลี่ย 1.44 ± 0.01 เซนติเมตร แตกต่างจากชุดอาหารที่ 2, 3, 4 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 3) รองลงมาคือ ชุดอาหารที่ 3 (อาหารสูตร MS ที่เติม TDZ ความเข้มข้น 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA ความเข้มข้น 0.05

มิลลิกรัมต่อลิตร สลับกับอาหารสูตร MS ที่เติม TDZ ความเข้มข้น 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA ความเข้มข้น 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร) สามารถชักนำให้เกิดยอดทวีคูณเฉลี่ย 80.7 ± 2.8 ยอด ความยาวยอดเฉลี่ย 2.32 ± 0.09 เซนติเมตร อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาลักษณะยอด พบว่า กลุ่มยอดที่เพาะเลี้ยงบนชุดอาหารที่ 3 ยอดมีสีเขียว และมีความยาวยอดค่อนข้างสม่ำเสมอ ในขณะที่ชุดอาหารที่ 6 ยอดเรียวเล็ก สีเหลืองและมีลักษณะแตกเป็นฝอย (Table 3, Figure 2C and Figure 2F) หลังจากเปลี่ยนถ่ายอาหารครบ 8 ครั้ง พบว่าชุดอาหารที่ 3 สามารถเพิ่มปริมาณยอดทวีคูณของไผ่ซางหม่น จากจำนวนยอดเริ่มต้นในการเปลี่ยนถ่ายอาหารครั้งที่ 1 เท่ากับ 14.2 ± 2.2 ยอด เป็น 80.7 ± 2.8 ยอด คิดเป็น 5.7 เท่า (Table 2 and Table 3) สำหรับชุดอาหารที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตและสารเติม AgNO3 และ coumarin พบว่า สามารถชักนำจำนวนยอดทวีคูณเฉลี่ยได้ต่ำที่สุดในการเปลี่ยนถ่ายอาหารครั้งที่ 1 และกลุ่มยอดมีสีน้ำตาลและตายในการเปลี่ยนถ่ายอาหารครั้งที่ 8 (Table 2 and Figure 2A)

Table 2 Shoot multiplication of Pai Sang Mon (*Dendrocalamus* sp.) after 1st subculture on solid MS medium supplemented with various concentrations of TDZ, BA, and NAA combinations cultured for two weeks.

Medium set	Shoot No.	Shoot length (cm)
1	9.8 ± 1.0[b]	2.44 ± 0.16[b]
2	14.5 ± 1.9[ab]	2.88 ± 0.14[ab]
3	14.2 ± 2.2[ab]	2.93 ± 0.17[ab]
4	12.4 ± 1.6[ab]	2.92 ± 0.17[ab]
5	14.4 ± 2.0[ab]	3.03 ± 0.14[a]
6	18.0 ± 3.9[a]	2.69 ± 0.17[ab]
F-Test	*	*
CV (%)	52.52	18.51

[1/] Values are mean (n =10). Means followed by the same letters are not significantly different at P=0.05 by Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

Table 3 Shoot multiplication of Pai Sang Mon (Dendrocalamus sp.) after 8th subculture on solid MS medium supplemented with various concentrations of TDZ, BA, and NAA combinations cultured for two weeks of each subculture.

Medium set	Shoot No.	Shoot length (cm)
1	0.0 ± 0.00[/2]	0.0 ± 0.00
2	9.9 ± 0.3[d]	2.96 ± 0.14[ab]
3	80.7 ± 2.8[b]	2.32 ± 0.09[c]
4	60.9 ± 0.4[c]	3.08 ± 0.02[a]
5	62.0 ± 0.5[c]	2.80 ± 0.02[b]
6	108.6 ± 1.1[a]	1.44 ± 0.01[d]
F-Test	*	*
CV (%)	51.02	25.80

[1/]Values are mean (n =10). Means followed by the same letters are not significantly different at P=0.05 by Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

[2/]Data from medium set 1 were not included in the statistical analysis.

Agricultural Science and Management J. 9 (3) : 97-105 (2026)

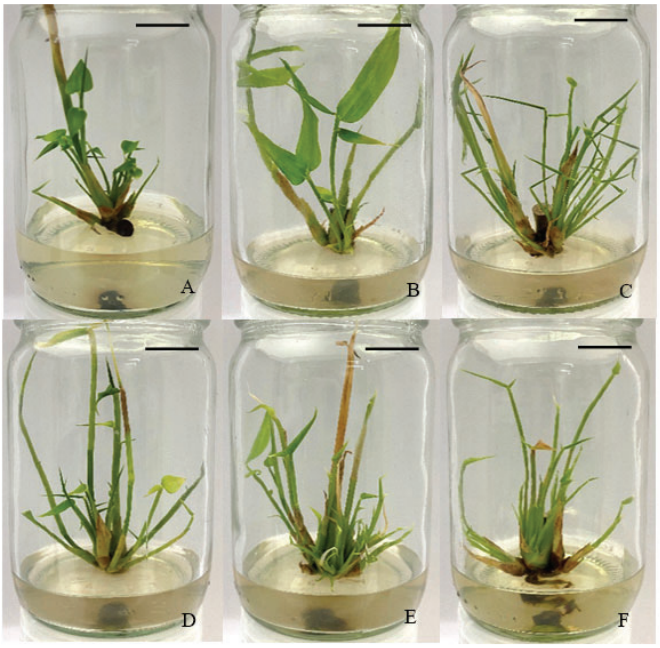


Figure 1 Multiple shoots of Pai Sang Mon (*Dendrocalamus* sp.) after 1st subculture on solid MS medium supplemented with various concentrations of TDZ, BA, and NAA combinations cultured (6 sets of culture medium) added with 10.0 mg/L coumarin and 2.0 mg/L $AgNO_3$: A) medium set 1, B) medium set 2, C) medium set 3, D) medium set 4, E) medium set 5 and F) medium set 6 (bar = 1 cm).

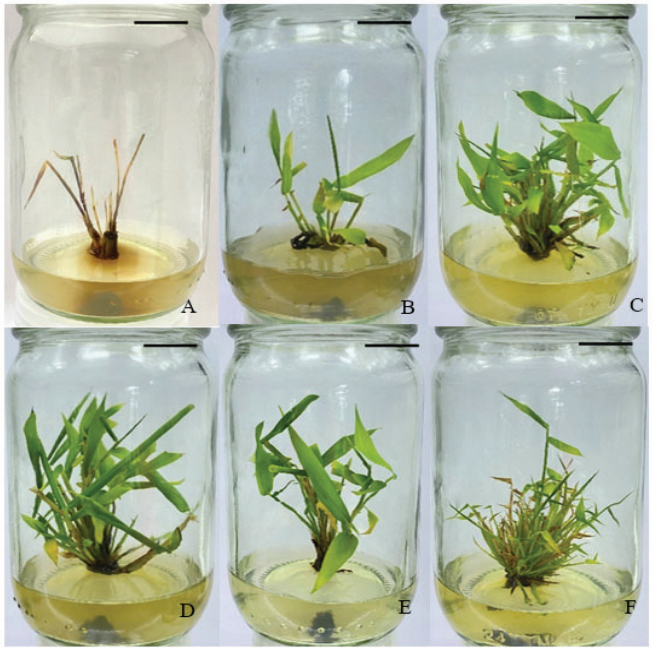


Figure 2 Multiple shoots of Pai Sang Mon (*Dendrocalamus* sp.) after 8th subculture on solid MS medium supplemented with various concentrations of TDZ, BA, and NAA combinations cultured (6 sets of culture medium) added with 10.0 mg/L coumarin and 2.0 mg/L $AgNO_3$: A) medium set 1, B) medium set 2, C) medium set 3, D) medium set 4, E) medium set 5 and F) medium set 6 (bar = 1 cm).

วิจารณ์

เนื่องจากงานวิจัยในไผ่ส่วนใหญ่ศึกษาการเพิ่มปริมาณยอดทวีคูณโดยการเปลี่ยนถ่ายอาหาร (subculture) เพียง 1 ครั้งเท่านั้น ซึ่งสามารถเพิ่มปริมาณยอดทวีคูณได้ดี อย่างไรก็ตามรายงานการเพาะเลี้ยงไผ่มังกร (*Dendrocalamus sinicus*) บนอาหารที่เติม BA ซึ่งเป็นสารในกลุ่มไซโทไคนินต่อเนื่องเป็นเวลานาน ส่งผลทำให้ความยาวยอดลดลง (Zailiu and Chaomao, 2006) งานวิจัยนี้จึงออกแบบสูตรอาหารโดยใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตหลายชนิดร่วมกันและความเข้มข้นต่ำสลับในแต่ละ subculture เพื่อให้สามารถเพิ่มปริมาณยอดทวีคูณของไผ่ซางหม่นได้หลาย subculture สามารถขยายผลในการผลิตขยายไผ่ซางหม่นในเชิงอุตสาหกรรมได้

การใช้ไซโทไคนิน (BA) และสารฟีนิลยูเรีย (TDZ) ร่วมกันในการชักนำยอดของไผ่ซางหม่นจากส่วนข้อให้ผลการชักนำยอดได้ดี โดยอาหารสูตร MS ที่เติม TDZ และ BA ในความเข้มข้นที่เหมาะสมช่วยส่งเสริมการชักนำการเกิดยอดได้ เนื่องจาก BA มีบทบาทสำคัญในการแบ่งเซลล์ (Ario and Setiawan, 2020) ส่วน TDZ เป็นสารในกลุ่มฟีนิลยูเรียที่ออกฤทธิ์เช่นเดียวกับสารในกลุ่มไซโทไคนิน มีบทบาทในการสังเคราะห์ endogenous cytokinin และปลดปล่อยโมเลกุล active cytokinin (Murthy *et al*., 1998; Pai and Desai, 2018) มีการศึกษาใน *Arabidopsis* พบว่าเมื่อเพิ่มระดับของไซโทไคนินสูงขึ้น จะเกิดการตอบสนองโดยการลดการแสดงออกของยีน cytokinin oxidase (Bartrina *et al*., 2011) ทำให้ไซโทไคนินไม่ถูกสลายไป ส่งผลดีต่อการเจริญเติบโตของไผ่ซางหม่น ซึ่งผลการทดลองจะเห็นว่ากลุ่มยอดไผ่ซางหม่นที่เพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ชุดอาหารที่ 3 ที่เติม TDZ, BA ร่วมกับ NAA มีการเจริญเติบโตที่ดีทั้งปริมาณและคุณภาพของยอด สอดคล้องกับรายงานการเพาะเลี้ยงในไผ่หก (*Dendrocalamus hamiltonii* Nees & Arn. ex Munro) บนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติม TDZ ร่วมกับ BA พบว่า อาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติม TDZ ร่วมกับ BA สามารถชักนำยอดได้ดีกว่าอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติม BA เพียงอย่างเดียว (Bordoloi *et al*., 2018) เช่นเดียวกับการศึกษาในไผ่ซางดำ (*D. strictus* Nees) พบว่า ส่วนข้อที่เพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติม TDZ ความเข้มข้น 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร และ BA ความเข้มข้น 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดยอดเฉลี่ยสูงที่สุด 6.12 ยอด ความยาวยอดเฉลี่ย 6.87 เซนติเมตร (Kapruwan *et al*., 2014)

การปรับความเข้มข้นของไซโทไคนินให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมในระหว่างการเพาะเลี้ยงในแต่ละครั้งของการเปลี่ยนถ่ายอาหารนั้นส่งผลต่อคุณภาพของยอด เนื่องจาก TDZ และ BA มี receptor binding site ที่แตกต่างกัน กล่าวคือ phenylurea-type cytokinins และ adenine-type cytokinins ตามลำดับ จึงส่งผลให้สามารถเข้าจับกับ cytokinin-binding protein (CBP) ได้ทั้ง 2 ตำแหน่ง (Guo *et al*., 2011) และยังเห็นได้ว่ากลุ่มยอดของไผ่ซางหม่นที่เพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติม TDZ ความเข้มข้น 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ยอดมีความยาวมากกว่าอาหารกึ่งแข็งสูตร MS สูตรที่เติม TDZ ความเข้มข้น 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจาก TDZ ยับยั้งการแสดงออกของยีน *GA3* และ *GA20* oxidases ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ gibberellic acid (GA) เพิ่มการสังเคราะห์ GA ส่งผลทำให้เกิดการยืดยาวของยอด (Celikel *et al.,* 2021; Ali *et al*., 2022) และมีการศึกษาถึงกลไกของ TDZ พบว่า การใช้ TDZ ความเข้มข้นต่ำ สามารถชักนำกระบวนการเกิดยอดได้ เนื่องจาก TDZ เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตที่มีบทบาทในการชักนำสัญญาณได้ทั้งไซโตไคนินและออกซิน (Erland *et al.,* 2020) นอกจากนี้ยังมีรายงานการใช้ไซโตไคนินร่วมกับออกซิน ช่วยให้เกิดการเจริญของตาข้าง เมื่ออัตราส่วนของไซโตไคนินสูงกว่าออกซิน ส่งผลทำให้เกิดการเจริญของตาข้างและการเจริญของยอด (Ye *et al*., 2017) จากผลการทดลอง จะเห็นได้ว่ากลุ่มยอดของไผ่ซางหม่นที่เพาะเลี้ยงบน ชุดอาหารที่ 3 ที่เติม TDZ ความเข้มข้นต่ำ (0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร) จึงมีความยาวยอดมากกว่าชุดอาหารที่ 6 ที่เติม TDZ ความเข้มข้นสูง (0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร) สอดคล้องกับการศึกษาในไผ่หม่าจู (*D. latiflorus* Munro) พบว่า

อาหารกึ่งแข็งสูตร MS เติม TDZ ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดยอดได้ดี ทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพของยอด (Ye *et al*., 2017)

อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนถ่ายอาหารเพื่อเพิ่มจำนวนยอดบนชุดอาหารที่ 6 เพียงสูตรเดียว (อาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติม TDZ ความเข้มข้น 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร) ทุกครั้งที่เปลี่ยนถ่ายอาหาร สามารถเพิ่มปริมาณยอดทวีคูณได้สูงที่สุด แต่พบว่าลักษณะของยอดแคระแกร็น แตกเป็นฝอย และมีสีเหลือง สอดคล้องกับรายงานในไผ่มังกร (*D. sinicus*) พบว่า เมื่อเพาะเลี้ยงบนอาหารที่เติม BA ต่อเนื่องเป็นเวลานานจะส่งผลทำให้ความยาวยอดลดลง (Zailiu and Chaomao, 2006) ทั้งนี้เนื่องจาก TDZ สามารถชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเมแทบอลิซึมของกรดจิบเบอเรลลิก (GA) และกรดแอบไซซิค (abscisic acid : ABA) จึงส่งผลให้พืชที่เพาะเลี้ยงมีลักษณะของยอดที่ผิดปกติ เช่น ยอดแคระแกร็นและมีสีเหลือง (Erland *et al*., 2020)

สำหรับชุดอาหารที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต จะเห็นว่าสามารถชักนำให้เกิดยอดทวีคูณต่ำที่สุด ยอดเป็นสีน้ำตาลและตายในที่สุด เนื่องจากชุดควบคุม เป็นชุดอาหารที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตและ coumarin และ $AgNO_3$ ที่มีส่วนช่วยลดการเกิดสีน้ำตาล เมื่อเปลี่ยนถ่ายอาหารหลายครั้ง ไผ่มีการปลดปล่อยสารประกอบฟีนอลิก จึงทำให้กลุ่มยอดไผ่เป็นสีน้ำตาลและตาย สอดคล้องกับการศึกษาในไผ่ *Bambusa balcooa* ที่กลุ่มยอดในอาหารที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตจะตายไป หลังการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 40 วัน (Nurhayani *et al.,* 2018) อย่างไรก็ตาม ชุดอาหารที่เติมสารเติม 2 ชนิด ได้แก่ coumarin และ $AgNO_3$ พบว่า กลุ่มยอดยังคงมีสีเขียว เช่นเดียวกับไผ่ *B. arundinacea* Retz. และไผ่ *D. hamiltonii* Nees & Arn. ex Munro ที่มีรายงานการใช้ coumarin และ $AgNO_3$ เพื่อช่วยลดการเกิดสีน้ำตาล (browning) จากการปลดปล่อยสารประกอบฟีนอลิก เนื่องจาก coumarin และ $AgNO_3$ เป็นสาร antioxidant สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ acetyl-CoA carboxylase (ACCase) ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์เอธิลีนของไผ่ในระหว่างการเพาะเลี้ยง (Mudoi *et al*., 2013; Venkatachalam *et al*., 2015)

สรุป

จากการออกแบบชุดอาหารโดยใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตหลายชนิดร่วมกัน และการใช้ความเข้มข้นต่ำในแต่ละการเปลี่ยนถ่ายอาหาร พบว่าชุดอาหารที่ 3 ซึ่งเป็นสูตร MS ที่เติม TDZ ความเข้มข้น 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร NAA ความเข้มข้น 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร สลับกับสูตร MS ที่เติม TDZ ความเข้มข้น 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร NAA ความเข้มข้น 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพสูงสุดในการเพิ่มปริมาณยอดทวีคูณของไผ่ซางหม่น โดยให้จำนวนยอดเฉลี่ยสูงถึง 80.7 ± 2.8 ยอด หรือเพิ่มขึ้น 5.7 เท่า และยังคงสามารถรักษาลักษณะที่ดีของยอดไว้ได้ ภายหลังการเปลี่ยนถ่ายอาหาร 8 ครั้ง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) หรือ สวก. ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในการดำเนินการศึกษาครั้งนี้เป็นอย่างยิ่ง อีกทั้งขอแสดงความขอบคุณอย่างสูงต่อรองศาสตราจารย์ ดร.โชคพิศิษฐ์ เทพสิทธา ที่ให้คำปรึกษาในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อไผ่ซางหม่นและคุณประสพสิน แม้นทิม (สวนไผ่คุณน้อย) ตำบลเขาน้อย อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี ที่ได้ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับไผ่ซางหม่นในหลากหลายมิติ พร้อมทั้งให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างไผ่ซางหม่นสำหรับใช้ในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ธัญพิสิษฐ์ พวงจิก, ปภากานต์ พรหมคล้าย และเยาวพา จิระเกียรติกุล. 2556. การศึกษาการเจริญเติบโตของไผ่บางพันธุ์. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 1(6): 533-542.

ธาวิดา ศิริสัมพันธ์. 2565. ภาคเหนือแหล่งผลิตใหญ่ “ไผ่ซางหม่น” พืชทางเลือกมีอนาคต. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: https://www.khaosod.co.th/technologychaoban/techno-news/article_227354 (15 พฤษภาคม 2568).

Ali, H. M., T. Khan, M.A. Khan and N. Ullah. 2022. The multipotent thidiazuron: A mechanistic overview of its roles in callogenesis and other plant cultures in vitro. Biotechnology and Applied Biochemistry 69(6): 2624-2640.

Ario, A. and S. Setiawan. 2020. The effect of benzyl amino purine (BAP) concentration on the growth amount of the explant of *dendrobium spectabile* orchid by *in-vitro*. International Journal of Multi Discipline Science 3(2): 33-38.

Bartrina, I., E. Otto, M. Strnad, T. Werner and T. Schmülling. 2011. Cytokinin regulates the activity of reproductive meristems, flower organ size, ovule formation, and thus seed yield in *Arabidopsis thaliana.* The Plant Cell 23(1): 69-80.

Bordoloi, S., B.L. Singha, P. Goswami and I. Hazarika. 2018. Improved clonal propagation of superior *Dendrocalamus hamiltonii* Nees germplasm through *in vitro* techniques. Global Journal of Bio sciences and Biotechnology 7(4): 537-542.

Çelikel, F.G., Q. Zhang, Y. Zhang, M.S. Reid and C.Z. Jiang. 2021. A cytokinin analog thidiazuron suppresses shoot growth in potted rose plants via the gibberellic acid pathway. Frontiers in Plant Science 12: 641682.

Chowdhury, P., M. Das, S. Sikdar and A. Pal. 2004. Influence of the physiological age and position of the nodal explants on micropropagation of field-grown *Dendrocalamus strictus* Nees. Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology 5(1-2): 45-50.

Erland, L.A., R.T. Giebelhaus, J.M. Victor, S.J. Murch and P.K. Saxena. 2020. The morphoregulatory role of thidiazuron: metabolomics-guided hypothesis generation for mechanisms of activity. Biomolecules 10(9): 1-28.

Guo, B., B.H. Abbasi, A. Zeb, L. Xu and Y. Wei. 2011. Thidiazuron: a multi-dimensional plant growth regulator. African Journal of Biotechnology 10(45): 8984-9000.

Kapruwan, S., M. Bakshi and M. Kaur. 2014. Effect of growth regulators on the *in vitro* multiplication of *Dendrocalamus Hamiltonii*. Journal of Engineering Research and Applications 4(11): 83-86.

Mudoi, K.D., S.P. Saikia, A. Goswami, A. Gogoi, D. Bora and M. Borthakur. 2013. Micropropagation of important bamboos: a review. African Journal of Biotechnology 12(20): 2770-2785.

Mitchell, J., I.G. Johnston and G.W. Bassel. 2017. Variability in seeds: biological, ecological, and agricultural implications. Journal of Experimental Botany 68(4): 809-817.

Murthy, B.N.S., S.J. Murch and P.K. Saxena. 1998. Thidiazuron: A potent regulator of *in vitro* plant morphogenesis. In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant 34(4): 267-275.

Nurhayani, S., R. Megia and I.A. Purnamaningsih. 2018. In vitro propagation of Bambusa balcooa as alternative material of wood. Biosaintifika: Journal of Biology and Biology Education 10(1): 198-204.

Pai, S.R. and N.S. Desai. 2018. Effect of TDZ on various plant cultures. pp.197-230. *In*: S. Ahmad and M.N. Faisal (Eds.). Thidiazuron: From Urea Derivative to Plant Growth Regulator. Springer Nature Singapore Pte Ltd., Singapore.

Pandey, B. and N. Singh. 2012. Micropropagation of Dendrocalamus strictus Nees from mature nodal explants. Journal of Applied and Natural Science 4(1): 5-9.

Sahu, K.C.K., D. Kaladhar and S.A. Belorkar. 2018. A rapid in vitro propagation of *Bambusa balcooa* by plant tissue culture technique. Research & Reviews: A Journal of Biotechnology 8(1): 27-31.

Singh, S.R., S. Dalal, R. Singh, A. Dhawan and R.K. Kalia. 2012. Micropropagation of Dendrocalamus asper {Schult. & Schult. f.} Backer ex K. Heyne): an exotic edible bamboo. Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology 21(2): 220-228.

Sivabalan, S. and P. Ramkumar. 2014. Detection of albino in micropropagated shoots of Bambusa balcooa Roxb. using PCR based techniques. International Journal of Engineering Research 3(3): 596-605.

Venkatachalam, P., K. Kalaiarasi and S. Sreeramanan. 2015. Influence of plant growth regulators (PGRs) and various additives on in *vitro* plant propagation of *Bambusa arundinacea* (Retz.) Willd: A recalcitrant bamboo species. Journal of Genetic Engineering and Biotechnology 13(2): 193-200.

Ye, S., C. Cai, H. Ren, W. Wang, M. Xiang, X. Tang, C. Zhu, T. Yin, L. Zhang and Q. Zhu. 2017. An efficient plant regeneration and transformation system of ma bamboo (*Dendrocalamus latiflorus* Munro) started from young shoots as explants. Frontiers in Plant Science 8: 1-12.

Zailiu, L. and H. Chaomao. 2006. Study on tissue culture of *Dendrocalamus sinicus*. Scientia Silvae Sinicae 42(2): 43-48.