ผลของสารควบคุมการเติบโตบางชนิดต่อการชักนำให้เกิดยอดและรากของไผ่ซางหม่น ‘นวลราชินี’
(*Dendrocalamus sericeus* Munro.)

โดย
นายวุฒิชัย เสรียุวราษฎร์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาชีววิทยา แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
ภาควิชาชีววิทยา
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

ผลของสารควบคุมการเติบโตบางชนิดต่อการชักนำให้เกิดยอดและรากของไผ่ซางหม่น ‘นวลราชินี’ (*Dendrocalamus sericeus* Munro.)

โดย
นายวุฒิชัย เสรียุวราษฎร์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาชีววิทยา แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
ภาควิชาชีววิทยา
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

EFFECT OF CERTAIN PLANT GROWTH REGULATORS ON SHOOT GROWTH AND ROOT INDUCTION OF PAI SANG MON 'NUAN RAJINEE' (*DENDROCALAMUS SERICEUS* MUNRO.)

By

MR. Wuttichai SAREEYUVARATCH

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for Master of Science (BIOLOGY)

Department of BIOLOGY

Graduate School, Silpakorn University

Academic Year 2021

Copyright of Silpakorn University

หัวข้อ	ผลของสารควบคุมการเติบโตบางชนิดต่อการชักนำให้เกิดยอดและรากของไผ่ซางหม่น ‘นวลราชินี’ (*Dendrocalamus sericeus* Munro.)
โดย	วุฒิชัย เสรียุวราษฎร์
สาขาวิชา	ชีววิทยา แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุพรรณญิกา เส็งสาย

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.จุไรรัตน์ นันทานิช)

พิจารณาเห็นชอบโดย

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณิมนาราห์ อยู่คงแก้ว)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพรรณญิกา เส็งสาย)

.....ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(รองศาสตราจารย์ ดร.สนธิชัย จันทร์เปรม)

60303204 : ชีววิทยา แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
คำสำคัญ : ไผ่ซางหม่น "นวลราชินี", การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

นาย วุฒิชัย เสรียุวราษฎร์: ผลของสารควบคุมการเติบโตบางชนิดต่อการชักนำให้เกิดยอดและรากของไผ่ซางหม่น ‘นวลราชินี’ (*Dendrocalamus sericeus* Munro.) อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุพรรณญิกา เส็งสาย

การศึกษาผลของสารควบคุมการเติบโตต่อการชักนำให้เกิดยอดจากชิ้นส่วนข้อและการชักนำยอดจำนวนมากจากกลุ่มยอดไผ่ซางหม่นนวลราชินี (*Dendrocalamus sericeus* Munro) โดยการนำส่วนข้อไผ่ไปเพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร Murashige and Skoog (MS) ที่เติม 6-Benzyl adenine (BA) ความเข้มข้นต่างๆ (8.88-22.20 μM) เป็นเวลา 3 สัปดาห์ พบว่าอาหารเพาะเลี้ยงสูตร MS ที่เติม BA 17.76 μM สามารถชักนำให้เกิดยอดจากข้อมากที่สุด (เฉลี่ย 2.6 ยอด) และมีความยาวยอดเฉลี่ย 10.52 มม. การชักนำให้เกิดยอดจำนวนมากจากกลุ่มยอด (ประมาณ 3-5 ยอดต่อกลุ่ม) โดยนำกลุ่มยอดจากข้อมาทำการเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร MS ที่เติม BA (1.11 หรือ 2.22 μM) หรือ Thidiazuron (TDZ) (0.45-1.36 μM) หรือ Brassinolide (BL) (0.001-10.0 μM) พบว่าสูตรอาหารที่เติม TDZ ความเข้มข้น 0.45, 0.90 และ 1.36 μM ให้อัตราการรอดชีวิตที่ดี (100%) และมีจำนวนยอดเพิ่มขึ้นเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 9.1, 7.8 และ 4.0 ยอด โดยมีความยาวยอดเฉลี่ย 25.02, 18.67 และ 18.52 มม. ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าการชักนำให้เกิดยอดจำนวนมากจากกลุ่มยอด (1-2 กลุ่มยอด) มีอัตราการรอดชีวิตสูง (100%) โดยมีจำนวนยอดเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 5.0 และ 1.8 ยอด และความยาวยอดเฉลี่ย 31.30 และ 42.21 มม. เมื่อเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่เติม BA (1.11 μM) ร่วมกับ TDZ (0.45 และ 0.90 μM) สำหรับอาหารเพาะเลี้ยงสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเติบโต BA (1.11 μM) หรือ TDZ (0.45-1.36 μM) ร่วมกับ BL (0.0000001-0.001 μM) เพื่อชักนำให้เกิดยอดจากกลุ่มยอด (3-4 ยอดต่อกลุ่ม) พบว่าการเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่เติม BA (1.11 μM) ร่วมกับ TDZ (0.45 μM) มีอัตราการรอดชีวิตสูงสุด (100%) มีจำนวนยอดเพิ่มขึ้นเฉลี่ยสูงสุด 10.8 ยอด และมีความยาวยอดเฉลี่ย 22.11 มม. ในการชักนำให้เกิดยอดจากกลุ่มยอด (3-4 ยอดต่อกลุ่ม) โดยการเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม BA (1.11 μM) ร่วมกับ TDZ (0.45-1.36 μM) และ BL (0.0000001-0.001 μM) พบว่าอาหารสูตร MS ที่เติม BA (1.11 μM) ร่วมกับ TDZ (0.45 μM) และ BL (0.0000001 μM) ให้อัตราการรอดชีวิตสูง (100%) มีจำนวนยอดเพิ่มขึ้นเฉลี่ยสูงสุด 10.2 ยอด และมีความยาวยอดเฉลี่ย 28.10 มม. สำหรับการชักนำให้เกิดรากโดยการเติม Indole-3-butyric acid (IBA) ที่ความเข้มข้นต่างๆ (4.92-14.76 μM) หรือ BL (0.00001-0.1 μM) และ IBA (4.92-14.76 μM) ร่วมกับ BL (0.00001-0.1 μM) พบว่าไม่มีอาหารสูตรใดสามารถชักนำ

ให้เกิดรากได้ มีเพียงการยืดระยะเวลาในการเพาะเลี้ยงให้นานขึ้นเล็กน้อย (1-2 สัปดาห์)

60303204 : Major (BIOLOGY)
Keyword : Dendrocalamus, Brassinolide, Brassinosteroid, Micropropagation

MR. WUTTICHAI SAREEYUVARATCH : EFFECT OF CERTAIN PLANT GROWTH REGULATORS ON SHOOT GROWTH AND ROOT INDUCTION OF PAI SANG MON 'NUAN RAJINEE' (*DENDROCALAMUS SERICEUS* MUNRO.) THESIS ADVISOR : SUPANYIKA SENGSAI

Effects of plant growth regulators on shoot initiation from a node segment and multiple shoot induction from a shoot clump of Pai Sangmon 'Nuan Rajinee' (*Dendrocalamus sericeus* Munro) were investigated. A surface-sterilized nodal segment was cultured for 3 weeks on Murashige and Skoog (MS) semi-solid medium supplemented with 6-Benzyladenine (BA) at different concentrations (8.88-22.20 μM). The results showed that MS medium added with 17.76 μM BA provided the highest average number of shoots (2.6 shoots) with the average shoot length at 10.52 mm. For multiple shoot induction, a clump of shoot (about 3-5 shoots per clump), initiated from a node, was cultured for 3 weeks in modified MS liquid medium supplemented with BA (1.11 or 2.22 μM) or Thidiazuron (TDZ) (0.45-1.36 μM) or Brassinolide (BL) (0.001-10.0 μM). The medium containing TDZ at the concentrations of 0.45, 0.90 and 1.36 μM showed the best survival rate (100%) and the highest number of shoots increased at 9.1, 7.8 and 4.0 shoots with average shoot length 25.02, 18.67 and 18.52 mm, respectively. In addition, multiple shoot induction, initiated from a shoot clumps containing about 1-2 shoots per clump, which were cultured in modified MS liquid medium supplemented with BA (1.11 μM) in combination with TDZ (0.45-1.36 μM) or with BL (0.001-10.0 μM), modified MS liquid medium supplemented with 1.11 μM BA in combination with 0.45 and 0.90 μM TDZ, provided 100% survival rate and the highest number of shoots increased at 5.0 and 1.8 shoots with 31.30 and 42.21 mm shoot long, respectively. For multiple shoot induction from a shoot clump containing about 3-4 shoots per clump, the shoot clump were cultured in modified MS liquid medium supplemented with 1.11 μM BA or TDZ (0.45-1.36 μM) in combination with BL (0.0000001-0.001 μM). It was found that multiple shoot induction in modified MS liquid medium supplemented with BA

(1.11 μM) in combinations with TDZ (0.45 μM) showed the best survival rate (100%) and the highest number of shoots increased to 10.8 shoots with the average shoot length 22.11 mm. This research showed that multiple shoot induction in modified MS liquid medium supplemented with BA (1.11 μM) in combination with TDZ (0.45 μM) and BL (0.0000001 μM) produced the best survival rate (100%) and the highest number of shoots (10.2 shoots) with the average shoot length at 28.10 mm, from cultured a clump of shoot containing about 3-4 shoots per clump. The shoot clump were cultured in modified MS liquid medium supplemented with BA (1.11 μM) in combination with TDZ (0.45-1.36 μM) and BL (0.0000001-0.001 μM). For root induction by addition Indole-3-butyric acid (IBA) at different concentrations (4.92-14.76 μM) or BL (0.00001-0.1 μM) and IBA (4.92-14.76 μM) supplemented with BL (0.00001-0.1 μM) to the medium. Neither IBA nor BL in combinations with IBA supplemented in semi-solid rooting medium, initiated root. Only longer time of shoot clump survival in culture has found.

มหาวิทยาลัยศิลปากร

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาและความช่วยเหลือจาก ผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร. สุพรรณญิกา เส็งสาย ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.โชคพิศิษฐ์ เทพสิทธา ที่คอยให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดจากศึกษาวิจัย รวมทั้งผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณิมนาราห์ อยู่คงแก้ว และรองศาสตราจารย์ ดร.สนธิชัย จันทร์เปรม ที่ให้ความกรุณาสละเวลาเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ ตลอดจนให้คำแนะนำทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ คุณประสาน สุขสุทธิ์ สำนักงานเกษตรจังหวัดสระแก้ว และวิสาหกิจชุมชนนวัตกรรมไผ่ บ้านเกาะรัง อำเภอเขาฉกรรจ์ จังหวัดสระแก้ว ที่ได้ให้คำปรึกษา ความช่วยเหลือ และได้อนุเคราะห์ตัวอย่างพืช เพื่อนำมาใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวถึงในข้างต้น บิดา มารดา บุคลากรทุกท่าน ตลอดจนเพื่อนๆทุกคนที่คอยรับฟัง ให้คำแนะนำ แล้วร่วมกันแก้ปัญหามาตั้งแต่เริ่มต้มการศึกษาวิจัย จนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้

นาย วุฒิชัย เสรียุวราษฎร์

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ฌ

สารบัญตาราง ..... ฏ

สารบัญรูป ..... ฑ

บทที่ 1 1

บทนำ 1

ความเป็นมาของปัญหา 1

ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา 2

สมมุติฐาน 2

ขอบเขตการศึกษา 2

บทที่ 2 4

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 4

1. ไผ่ 4

2. ไผ่ซางหม่น 5

3.การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อไผ่ 6

3.1 การชักนำให้เกิดยอดในไผ่ *Dendrocalamus* 7

3.2 การชักนำให้เกิดรากในไผ่ *Dendrocalamus* 7

4. สารควบคุมการเติบโต 7

4.1 Benzylaminopurine (BA) 8

4.2 Thidiazuron (TDZ) 9
4.3 Indole-3-butyric acid (IBA) 10
4.4 Brassinolide (BL) 11
บทที่ 3 12
วิธีดำเนินงานวิจัย 12
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 12
1 พืชที่ใช้ในการทดลอง 12
อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมอาหาร 12
อุปกรณ์ที่ใช้ในการถ่ายเนื้อเยื่อ 12
สารเคมี 13
การทดลองที่ 1 การศึกษาผลของ BA ต่อการชักนำให้เกิดยอดจากข้อของไผ่ซางหม่น 13
การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของ BA, TDZ และ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณของไผ่ซางหม่น 14
การทดลองที่ 3 การศึกษาผลของ BA ร่วมกับ TDZ หรือ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณของไผ่ซางหม่น 15
การทดลองที่ 4 การศึกษาผลของ BA หรือ TDZ ร่วมกับ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณจากกลุ่มยอดของไผ่ซางหม่น 16
การทดลองที่ 5 การศึกษาผลของ BA ร่วมกับ TDZ และ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณของไผ่ซางหม่น 16
การทดลองที่ 6 การศึกษาผลของ IBA หรือ BL ต่อการชักนำให้เกิดรากจากกลุ่มยอดของไผ่ซางหม่น 17
การทดลองที่ 7 การศึกษาผลของ IBA และ BL ต่อการชักนำให้เกิดรากจากกลุ่มยอดของไผ่ซางหม่น 18
บทที่ 4 19
ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง 19

การทดลองที่ 1 ผลของ BA ในอาหารสูตร MS ต่อการชักนำให้เกิดยอดจากข้อของไผ่ซางหม่น .. 19
การทดลองที่ 2 ผลของ BA, TDZ หรือ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณจากกลุ่มยอดของไผ่ซางหม่น 22
การทดลองที่ 3 ผลของ BA ร่วมกับ TDZ หรือ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณกลุ่มยอดของไผ่ซางหม่น 26
การทดลองที่ 4 ผลของ BA หรือ TDZ ร่วมกับ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณจากกลุ่มยอดของไผ่ซางหม่น 29
การทดลองที่ 5 ผลของ BA ร่วมกับ TDZ และ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณจากกลุ่มยอดของไผ่ซางหม่น 34
การทดลองที่ 6 ผลของ IBA หรือ BL ต่อการชักนำให้เกิดรากจากกลุ่มยอดของไผ่ซางหม่น 39
การทดลองที่ 7 ผลของ IBA ร่วมกับ BL ต่อการชักนำให้เกิดรากจากกลุ่มยอดของไผ่ซางหม่น 43
บทที่ 5 48
สรุปผลการทดลอง 48
ผลของสารควบคุมการเติบโต BA ต่อการชักนำให้เกิดยอดจากข้อไผ่ซางหม่น 48
ผลของสารควบคุมการเติบโต BA, TDZ และ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดจำนวนมากจากกลุ่มยอดของไผ่ซางหม่น 48
ผลของ IBA และ BL ต่อการชักนำให้เกิดรากจากกลุ่มยอดของไผ่ซางหม่น 48
การศึกษาผลของ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดและรากของไผ่ซางหม่น 49
ภาคผนวก 50
รายการอ้างอิง 77
ประวัติผู้เขียน 86

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ผลของ BA ในอาหารสูตร MS ต่อการชักนำให้เกิดยอดจากข้อของไผ่ซางหม่นเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์ 20

ตารางที่ 2 ลักษณะของกลุ่มยอดไผ่ซางหม่นบนอาหารสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเติบโต BA หลังเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์ 20

ตารางที่ 3 ผลของ BA, TDZ หรือ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณจากกลุ่มยอดของไผ่ซางหม่นเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์ 23

ตารางที่ 4 ลักษณะของกลุ่มยอดไผ่ซางหม่นบนอาหารสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเติบโต BA, TDZ หรือ BL หลังเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์ 24

ตารางที่ 5 ผลของ BA ร่วมกับ TDZ หรือ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณจากกลุ่มยอดของไผ่ซางหม่นเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์ 27

ตารางที่ 6 ลักษณะของกลุ่มยอดไผ่ซางหม่นบนอาหารสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเติบโต BA ร่วมกับ TDZ หรือ BL หลังเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์ 27

ตารางที่ 7 ผลของ BA หรือ TDZ ร่วมกับ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณจากกลุ่มยอดของไผ่ซางหม่น เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์ 31

ตารางที่ 8 ลักษณะของกลุ่มยอดไผ่ซางหม่นบนอาหารสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเติบโต BA หรือ TDZ ร่วมกับ BL หลังเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์ 32

ตารางที่ 9 ผลของ BA ร่วมกับ TDZ และ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณจากกลุ่มยอดของไผ่ซางหม่น เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์ 35

ตารางที่ 10 ลักษณะของกลุ่มยอดไผ่ซางหม่นบนอาหารสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเติบโต BA ร่วมกับ TDZ และ BL หลังเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์ 36

ตารางที่ 11 ผลของ IBA หรือ BL ต่อการชักนำให้เกิดรากจากกลุ่มยอดของไผ่ซางหม่น เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์ 40

ตารางที่ 12 ลักษณะของกลุ่มยอดไผ่ซางหม่นบนอาหารสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเติบโต IBA หรือ BL หลังเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์ 41

ตารางที่ 13 ผลของ IBA และ BL ต่อการชักนำให้เกิดรากจากกลุ่มยอดของไผ่ซางหม่น เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์..... 44

ตารางที่ 14 ลักษณะของกลุ่มยอดไผ่ซางหม่นบนอาหารสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเติบโต IBA และ BL หลังเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์ 45

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1 กอไผ่ซางหม่น 5

รูปที่ 2 การขยายพันธุ์ไผ่ 6

รูปที่ 3 โครงสร้างสารควบคุมการเติบโต Benzylaminopurine (Silva, 2012) 8

รูปที่ 4 โครงสร้างสารควบคุมการเติบโต Thidiazuron (Yang et al., 2017) 9

รูปที่ 5 โครงสร้างสารควบคุมการเติบโต Indole-3-butyric acid (Strader & Bartel, 2011) 10

รูปที่ 6 โครงสร้างผลควบคุมการเติบโต Brassinolide (Yokota et al., 2017) 11

รูปที่ 7 ผลของสารควบคุมการเติบโต BA ในอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ต่อการชักนำให้เกิดยอดจากข้อไผ่ซางหม่น ที่เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์ (สเกล = 10 มิลลิเมตร) 21

รูปที่ 8 ผลของสารควบคุมการเติบโต BA, TDZ หรือ BL ในอาหารเหลวสูตร MS ต่อการชักนำยอดจำนวนมากของไผ่ซางหม่น ที่เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์ (สเกล = 10 มิลลิเมตร) 25

รูปที่ 9 ผลของสารควบคุมการเติบโต BA ร่วมกับ TDZ หรือ BL ในอาหารเหลวสูตร MS ต่อการชักนำยอดจำนวนมากของไผ่ซางหม่น เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์ (สเกล = 10 มิลลิเมตร) 28

รูปที่ 10 ผลของสารควบคุมการเติบโต BA หรือ TDZ ร่วมกับ BL ในอาหารเหลวสูตร MS ต่อการชักนำยอดจำนวนมากของไผ่ซางหม่น ที่เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์ (สเกล = 10 มิลลิเมตร) 33

รูปที่ 11 ผลของสารควบคุมการเติบโต BA หรือ TDZ ร่วมกับ BL ในอาหารเหลวสูตร MS ต่อการชักนำยอดจำนวนมากของไผ่ซางหม่น ที่เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์ (สเกล = 10 มิลลิเมตร) 37

รูปที่ 12 ผลของสารควบคุมการเติบโต IBA หรือ BL ในอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ต่อการชักนำให้เกิดรากไผ่ซางหม่นที่เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์ (สเกล = 10 มิลลิเมตร) 42

รูปที่ 13 ผลของสารควบคุมการเติบโต IBA หรือ BL ในอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ต่อการชักนำให้เกิดรากไผ่ซางหม่น ที่เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์ (สเกล = 10 มิลลิเมตร) 46

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

ปัจจุบันมีการยอมรับว่าไผ่เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจมากที่สุดชนิดหนึ่ง เพราะส่วนต่าง ๆของไผ่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ได้แก่ การรับประทานหน่อ การใช้ลำไผ่ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ การหัตถกรรม อุตสาหกรรมกระดาษ โดยเฉพาะอุตสาหกรรมถ่านและผงคาร์บอน โดยลำไผ่สามารถนำมาทำเป็นเชื้อเพลิงถ่านที่มีคุณภาพดีได้ตลอดทั้งลำ และให้พลังงานสูงกว่าถ่านทั่วไป ถ่านไม้ไผ่และผงคาร์บอนจากไผ่สามารถใช้ฟอกอากาศ และกรองน้ำได้ดี เนื่องจากมีผิวเรียบแต่มีรูพรุนมาก มีสมบัติดูดซับได้ดี ตลอดจนด้านอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ไผ่เป็นพืชที่จัดว่าเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และถูกจับตามองว่าจะสามารถช่วยแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Sharma & Saikia, 2016) เนื่องจากป่าไผ่สามารถผลิตก๊าซออกซิเจนและเก็บกักคาร์บอนไว้ในรูปของเนื้อไม้ในอัตราที่สูงกว่าป่าธรรมชาติได้ถึง 70 เปอร์เซ็นต์ (Gantait et al., 2018) นอกจากนี้ยังสามารถอุ้มน้ำและความชื้นไว้ได้มากกว่าป่าธรรมชาติถึง 2 เท่า สามารถช่วยป้องกันการพังทลายของดินได้เป็นอย่างดี ทั้งรากไผ่สามารถดูดซับและเก็บน้ำไว้ได้มากถึง 3 เท่าของน้ำหนักต้น ไผ่ซางหม่น (*Dendrocalamus sericeus*) เป็น 1 ในสายพันธุ์ไผ่กว่า 30 สายพันธุ์ที่มีอยู่ในประเทศไทย เป็นไผ่ที่มีลักษณะตรงต่อความต้องการของเกษตรกร คือ ลักษณะลำใหญ่และตรง ลำสีเขียว ข้อเรียบ เส้นผ่านศูนย์กลางลำประมาณ 7.5 – 10 เซนติเมตร ความสูงประมาณ 15 - 18 เมตร ใบเรียวเล็ก เนื้อไม้หนาแกร่ง (ธัญพิสิษฐ์ พวงจิก et al., 2556)

จากเหตุผลที่กล่าวมาแล้ว ทำให้ไผ่เป็นที่ต้องการของเกษตรกรในขณะที่เทคนิคการขยายพันธุ์ไผ่ที่มีอยู่ยังไม่สามารถตอบสนองความต้องการไผ่ของเกษตรกรได้ ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาวิจัยและพัฒนาเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในการขยายพันธุ์ไผ่ซางหม่น เพราะการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นเทคนิคที่สามารถเพิ่มจำนวนต้นพืชได้จำนวนมาก ในระยะเวลาอันสั้น อีกทั้งต้นพืชที่ได้ยังมีลักษณะที่เหมือนต้นแม่ที่นำมาทำการเพาะเลี้ยงทุกประการ (Bekheet et al., 2016)

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นเทคนิคที่นำมาใช้ในการเพิ่มจำนวนพืชสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การเพาะเลี้ยงคัลลัส การชักนำให้เกิดยอด เป็นต้น แต่วิธีที่สามารถขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว คือ วิธีการชักนำให้เกิดยอด เป็นวิธีการชักนำให้ยอดหรือตาข้างเกิดการเติบโต และเพิ่มจำนวนบนอาหารสังเคราะห์ที่ประกอบด้วยธาตุอาหาร และสารควบคุมการเติบโตที่ช่วยเพิ่มการเติบโตของพืชให้มากขึ้นตามประสิทธิภาพของสารควบคุมการเติบโตแต่ละชนิด

Brassinolide เป็นสารควบคุมการเติบโตชนิดใหม่ที่อยู่ในกลุ่มของ Brassinosteroids ถูกจัดเป็นสารควบคุมการเติบโตที่มีประสิทธิภาพสูง มีความสามารถในการกระตุ้นให้เกิดการแบ่งเซลล์ (Garcia et al., 2011) ชักนำให้เกิดการเติบโตของตาและยอด (Sasaki, 2002) ชักนำให้เกิด

จำนวนรากและความยาวรากเพิ่มขึ้น ช่วยรักษาสมดุลของเหลวภายในเซลล์ ช่วยให้พืชสามารถทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เพิ่มอัตราการงอกของเมล็ด เพิ่มความยาวและความแข็งแรงของใบ ชักนำให้เกิดปมราก (Vardhini & Anjum, 2015)

ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาการเพิ่มจำนวนต้นไผ่ซางหม่น ‘นวลราชินี’ โดยเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช
2. เพื่อศึกษาผลของสารควบคุมการเติบโต Brassinolide ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อการชักนำให้เกิดยอดและรากของไผ่ซางหม่น ‘นวลราชินี’
3. เพื่อศึกษาผลของสารควบคุมการเติบโต Brassinolide ร่วมกับสารควบคุมการเติบโต BA, TDZ และ IBA ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อการชักนำให้เกิดยอดและรากของไผ่ซางหม่น ‘นวลราชินี’

สมมุติฐาน

1. เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสามารถนำมาใช้เพิ่มจำนวนต้นไผ่ซางหม่นได้
2. สารควบคุมการเติบโต Brassinolide มีผลต่อการชักนำให้เกิดยอดและรากของไผ่ซางหม่น
3. สารควบคุมการเติบโต Brassinolide สามารถทำงานร่วมกับสารควบคุมการเติบโต BA, TDZ และ IBA ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันในการชักนำให้เกิดยอดและรากของไผ่ซางหม่น

ขอบเขตการศึกษา

1. ศึกษาผลการเกิดยอดจากข้อของไผ่ซางหม่น ‘นวลราชินี’ ในอาหารสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเติบโต BA ความเข้มข้น 0 - 22.20 ไมโครโมลาร์ จำนวน 5 ความเข้มข้น รวม 5 สูตรการทดลอง
2. ศึกษาผลการเกิดยอดทวีคูณของไผ่ซางหม่น ‘นวลราชินี’ ในอาหารสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเติบโต BA ความเข้มข้น 1.11 - 2.22 ไมโครโมลาร์ จำนวน 2 ความเข้มข้น สารควบคุมการเติบโต TDZ ความเข้มข้น 0.45 – 1.36 ไมโครโมลาร์ จำนวน 3 ความเข้มข้น และความเข้มข้นสารควบคุมการเติบโต BL ความเข้มข้น 0.001 – 10 ไมโครโมลาร์ จำนวน 3 ความเข้มข้น
3. ศึกษาผลการเกิดยอดทวีคูณของไผ่ซางหม่น ‘นวลราชินี’ ในอาหารสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเติบโต BA ความเข้มข้นที่เหมาะสมระหว่าง 1.11 – 2.22 ไมโครโมลาร์ จำนวน 1 ความเข้มข้น ร่วมกับความเข้มข้น สารควบคุมการเติบโต TDZ ความเข้มข้น 0.45 – 1.36 ไมโครโมลาร์ จำนวน 3 ความเข้มข้น หรือความเข้มข้น สารควบคุมการเติบโต BL ความเข้มข้น 0.001 – 10 ไมโครโมลาร์ จำนวน 3 ความเข้มข้น
4. ศึกษาผลการเกิดยอดทวีคูณของไผ่ซางหม่น ‘นวลราชินี’ ในอาหารสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเติบโต BA ความเข้มข้นที่เหมาะสมระหว่าง 1.11 – 2.22 ไมโครโมลาร์ จำนวน 1 ความเข้มข้น ร่วมกับความเข้มข้น สารควบคุมการเติบโต TDZ ความเข้มข้น 0.45 – 1.36 ไมโครโมลาร์ จำนวน

3 ความเข้มข้น และความเข้มข้น สารควบคุมการเติบโต BL ความเข้มข้น 0.0000001 – 0.001 ไมโครโมลาร์ จำนวน 3 ความเข้มข้น

5. เพื่อศึกษาผลการเกิดรากของไผ่ซางหม่น ‘นวลราชินี’ ในอาหารสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเติบโต IBA ความเข้มข้น 4.92 - 14.76 ไมโครโมลาร์ จำนวน 3 ความเข้มข้น หรือความเข้มข้นสารควบคุมการเติบโต BL ความเข้มข้น 0.00001 – 0.1 ไมโครโมลาร์ จำนวน 3 ความเข้มข้น
6. เพื่อศึกษาผลการเกิดรากของไผ่ซางหม่น ‘นวลราชินี’ ในอาหารสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเติบโต IBA ความเข้มข้น 4.92 - 14.76 ไมโครโมลาร์ จำนวน 3 ความเข้มข้น ร่วมกับความเข้มข้นสารควบคุมการเติบโต BL ความเข้มข้น 0.00001 – 0.1 ไมโครโมลาร์ จำนวน 3 ความเข้มข้น

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

1. ไผ่

ไผ่หรืออีกชื่อที่ถูกกล่าวถึง คือ ทองคำสีเขียว (Goyal et al., 2015; Sharma & Saikia, 2016) เป็นพืชตระกูลหญ้าที่จัดอยู่ในวงศ์ Poaceae (เดิมคือ Gramineae) ในปัจจุบันมีการค้นพบ 80 - 90 สกุล ประมาณ 1,575 ชนิดทั่วโลก (Goyal & Sen, 2016; ธัญพิสิษฐ์ พวงจิก, 2558) ในประเทศไทยพบไผ่ 15 - 20 สกุล ประมาณ 80 - 100 ชนิด ไผ่เป็นพืชที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว มีอายุในการนำมาใช้ประโยชน์สั้น แต่เป็นพืชที่มีอายุยืนยาวประมาณ 80 - 100 ปี และยังสามารถขยายพันธุ์โดยธรรมชาติจากหน่อที่เกิดขึ้นเอง ไผ่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม ทำให้สามารถพบได้โดยทั่วไป ทั้งในพื้นที่ป่า ภูเขา ไปจนถึงมีการปลูกไผ่เพื่อประโยชน์ทางการค้า ไผ่แต่ละชนิดมีลักษณะเฉพาะตัวที่แตกต่างกัน ตั้งแต่ความสูง ลักษณะต้น สารประกอบภายใน ความแข็งแรง ลักษณะทางสภาพแวดล้อมที่ต้องการ รสชาติของต้นอ่อน ตลอดจนลักษณะการนำไปใช้ประโยชน์ โดยทั่วไปสามารถแยกลักษณะชนิดพันธุ์ไผ่ได้จากลักษณะภายนอกต่อไปนี้ ได้แก่ ลักษณะของเหง้า หน่อ กาบลำ ลำ การแตกกิ่ง ใบ ดอก และผล ไผ่เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจอย่างมาก เนื่องจากสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เกือบทุกส่วน ทั้งลำต้น ใบ หน่อ และเหง้า นอกจากเป็นอาหาร วัสดุในการก่อสร้าง เครื่องมือ เครื่องใช้ต่างๆ (Krause et al., 2016) ในปัจจุบันยังมีการพัฒนาไปถึงระดับอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ อุตสาหกรรมกระดาษ พลังงานทางเลือก ตลอดจนการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม การท่องเที่ยว และยารักษาโรค (ธัญพิสิษฐ์ พวงจิก, 2556) ไผ่กำลังได้รับความสนใจในแง่ของการเป็นพืชที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และสามารถลดการเกิดปัญหาในบรรยากาศจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มากเกินไป เนื่องจากต้นไม้โดยทั่วไปต้องใช้ระยะเวลาในการเติบโตนาน แต่ไผ่เป็นพืชที่มีการเติบโตได้อย่างรวดเร็ว (Anand et al., 2013) สามารถเติบโตได้มากถึง 120 เซนติเมตรต่อวัน (Raju & Roy, 2017) ไผ่สามารถใช้ระยะเวลาในการเติบโตเพียง 3 - 5 ปี ก็สามารถตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และผลิตก๊าซออกซิเจนในอัตราที่มากกว่าป่าไม้ตามธรรมชาติถึง 30 เปอร์เซ็นต์ สามารถเก็บความชื้นภายในป่าได้มากกว่าป่าไม้ธรรมชาติถึงสองเท่า เป็นแหล่งของอินทรียวัตถุที่สำคัญ เนื่องจากส่วนต่างๆ เช่น ราก ใบ ลำต้น ล้วนสามารถย่อยสลายได้ทั้งหมด ไผ่มีระบบรากแขนงแผ่กระจายไปทั่วผืนดิน จึงช่วยในการเก็บรักษาความชื้นและลดการทลายของดินได้ถึง 75 เปอร์เซ็นต์ (Gantait et al., 2018; Raju & Roy, 2017; Sharma & Saikia, 2016) นอกจากนี้ไผ่ยังเป็นแหล่งพลังงานทางเลือกขนาดใหญ่ที่มีชีวิตและสามารถเพิ่มมูลค่าได้ (Ogita, 2005; Pan et al., 2015) เนื่องจากสามารถเติบโตได้เร็ว และกักเก็บ CO_2 ให้อยู่ในรูปน้ำตาลกลูโคส (Glucose, $C_6H_{12}O_6$) เป็นคาร์โบไฮเดรต สะสมอยู่ตามส่วนต่างๆ เช่น ลำต้น ใบ ราก ต้นอ่อน ตลอดจนกิ่งแขนงต่างๆ ไม่เว้นแม้แต่ใบที่ร่วงหล่น ล้วนถูกนำมาใช้สกัดสารชีวมวลได้ทั้งสิ้น (ธัญพิสิษฐ์

พวงจิก, 2558) ในแต่ละปีทั่วโลกมีการใช้ผลิตภัณฑ์จากไผ่เป็นมูลค่าราว 6 ล้านเหรียญสหรัฐ หรือประมาณ 210 ล้านบาท (Amlani et al., 2017) และยังมีปริมาณความต้องการไผ่ทั่วโลกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (Arya et al., 2012) จากคุณสมบัติของไผ่ที่พบทำให้มีการคัดเลือกสายพันธุ์ไผ่ที่มีคุณสมบัติดี ลำต้นตรง ใหญ่ ออกหน่อตลอดปี เจริญเติบโตได้รวดเร็ว ซึ่งไผ่ที่มีลักษณะที่เหมาะสมในการนำไปใช้ทั้งการเกษตรและอุตสาหกรรม คือ ไผ่ซางหม่น (ธัญพิสิษฐ์ พวงจิก, 2558)

2. ไผ่ซางหม่น

รูปที่ 1 กอไผ่ซางหม่น

ไผ่ซางหม่น (*Dendrocalamus sericeus*) มีแหล่งกำเนิดอยู่ในภาคเหนือของประเทศไทย สามารถเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ค่อนข้างสูง กอไม่หนาแน่นเหมือนไผ่ป่า ไม่มีหนาม ลำอ่อนมีผงสีขาวคล้ายแป้งปกคลุมตลอดลำ ลำแก่สีเขียวอมเทา ลำต้นแน่นแข็ง เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่มีความสูง 15 - 18 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 7.5 – 10 เซนติเมตร ใบมีลักษณะเรียวเล็ก ข้อถี่ ลำตรง มีความสวยงาม (รูปที่ 1) และแข็งแรงมาก เนื้อเหนียวเหมาะสำหรับสร้างบ้านหรือทำเฟอร์นิเจอร์ (ธัญพิสิษฐ์ พวงจิก, 2558)

การขยายพันธุ์ไผ่โดยทั่วไปสามารถใช้การเพาะเมล็ด เนื่องจากโดยธรรมชาติเมื่อต้นตายหลังการออกดอก เมล็ดสามารถนำมาเพาะให้เป็นต้นที่สมบูรณ์ได้ (รูปที่ 2ก) แต่ในการเพาะเลี้ยงเมล็ดนั้นมีโอกาสได้ต้นไผ่ที่มีความผันแปรทางพันธุกรรมสูง (Kumar & Banerjee, 2014) ในขณะที่การขยายพันธุ์โดยการปักชำกิ่งก็เป็นวิธีที่นิยมเช่นกัน (รูปที่ 2ข) แต่การปักชำกิ่งไผ่ ต้องใช้ต้นที่มีความสมบูรณ์ถึงจะได้กิ่งปักชำที่สมบูรณ์ จึงเป็นวิธีที่ใช้เวลานาน และได้ปริมาณต้นไผ่ในปริมาณน้อย ในปัจจุบันมีเทคนิคการขยายพันธุ์ที่สามารถได้รับต้นไผ่ในปริมาณมาก ภายในระยะเวลาที่รวดเร็ว คือ

เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ในปัจจุบันมีไผ่หลายชนิดที่สามารถใช้เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในการขยายพันธุ์ได้ แต่ยังไม่มีรายงานการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อไผ่ซางหม่น

ก

ข

รูปที่ 2 การขยายพันธุ์ไผ่

ก) การเพาะเมล็ด (ที่มา: http://www.nimblemill.com/itsnotworkitsgardening/November%202011/IMGP5290.jpg)

ข) การปักชำ (ที่มา: https://sites.google.com/site/tidrernggarden/treepai)

3.การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อไผ่

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เป็นเทคนิคการขยายพันธุ์พืชที่ทำให้ได้ต้นพืชมีลักษณะเหมือนต้นแม่จำนวนมากที่ในเวลาสั้นๆ เป็นการนำชิ้นส่วนของพืชที่มีความสามารถในการเติบโต มาฟอกฆ่าเชื้อและเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตรสังเคราะห์ เพาะเลี้ยงในสภาพแวดล้อมที่ถูกควบคุมให้เหมาะสมโดยเลียนแบบสภาพแวดล้อมในธรรมชาติ เพื่อให้พืชเจริญเติบโตไปตามที่ต้องการ ไผ่ซางหม่นเป็นไผ่ที่ยังไม่มีรายงานวิจัยหรือการศึกษาเกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ แต่จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อไผ่สามารถชักนำให้เกิดต้นได้อย่างรวดเร็ว มีวิธีการไม่ซับซ้อน (Kapruwan et al., 2014; Singh et al., 2013) โดยการชักนำให้เกิดยอด ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การฟอกฆ่าเชื้อ การชักนำให้เกิดยอด การเพิ่มจำนวนยอด และการชักนำให้เกิดราก การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อไผ่นิยมนำส่วนของข้อจากกิ่งแขนง (Singh et al., 2013) มาฟอกฆ่าเชื้อในสารฆ่าเชื้อ จากนั้นนำไปเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร Murashige and skoogs (MS) (Murashige & Skoog, 1962) ซึ่งเป็นสูตรมาตรฐานที่สามารถเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชได้เกือบทุกชนิด โดยมีการปรับปริมาณธาตุอาหารและสารควบคุมการเติบโต เพื่อให้เหมาะสมกับการเติบโตของพืชในแต่ละระยะการ

ทดลอง ส่วนที่มีความสำคัญต่อการเติบโตของพืช คือ สารควบคุมการเติบโตที่สามารถชักนำให้พืชเกิดการเติบโตที่แตกต่างกัน (Gray, 2004)

3.1 การชักนำให้เกิดยอดในไผ่ *Dendrocalamus*

แม้ว่าจะมีรายงานวิจัยเกี่ยวกับการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณในไผ่หลายสายพันธุ์ แต่ใน *Dendrocalamus sericeus* นั้นมีรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องน้อยมาก อย่างไรก็ตามในการชักนำให้เกิดยอดในไผ่สกุล *Dendrocalamus* มีการใช้สารควบคุมการเติบโตที่คล้ายคลึงกัน โดยมีการเติมสารควบคุมการเติบโตในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อชักนำให้เกิดยอดในไผ่สกุล *Dendrocalamus* คือ Benzylaminopurine (BA) และ Thidiazuron (TDZ) เป็นหลัก (Agnihotri & Nandi, 2009; Goyal et al., 2015; Kapruwan et al., 2014; Kavitha & Kiran, 2014; Pandey & Singh, 2012; Singh et al., 2001; Singh et al., 2013) และมีการเพิ่มสารควบคุมการเติบโต Kinetin, Auxin และในกลุ่ม สารประกอบออร์แกนิค เช่น Adenine sulfate เพื่อให้สามารถชักนำให้เกิดยอดได้ดีขึ้น (Agnihotri & Nandi, 2009; Kavitha & Kiran, 2014; Pandey & Singh, 2012)

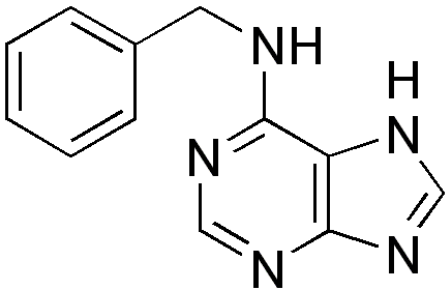
3.2 การชักนำให้เกิดรากในไผ่ *Dendrocalamus*

เนื่องจากยังไม่พบรายงานวิจัยเกี่ยวกับการชักนำให้เกิดรากในไผ่ *Dendrocalamus sericeus* เช่นเดียวกับการชักนำให้เกิดยอด แต่มีรายงานการศึกษาผลการชักนำให้เกิดรากในไผ่สกุล *Dendrocalamus* โดยพบว่าในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีการใช้สารควบคุมการเติบโตในกลุ่มของ Auxin เช่น Naphthaleneacetic acid (NAA) และ Indole-3-butyric acid (IBA) ในการชักนำให้เกิดราก ร่วมกับการลดปริมาณการใช้ผงวุ้น และเติมสารควบคุมการเติบโตอื่นๆ เช่น Coumarin, Choline chloride, Phloroglucinol, 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid เพื่อให้สามารถชักนำให้เกิดรากได้ดีขึ้น (Agnihotri & Nandi, 2009; Kumar & Banerjee, 2014; Ramanayake & Yakandawala, 1997; Singh et al., 2013)

4. สารควบคุมการเติบโต

สารควบคุมการเติบโตเป็นสารที่มีผลต่อการเติบโตของพืช สามารถชักนำให้พืชเกิดการเติบโตได้มากขึ้น โดยสามารถแบ่งสารควบคุมการเติบโตได้หลายกลุ่มในการชักนำให้เกิดยอดและราก แต่สารควบคุมการเติบโตที่มีรายงานการศึกษาน้อย คือ สารควบคุมการเติบโต Brassinolide (BL) สารควบคุมการเติบโตที่ใช้ในการชักนำให้เกิดยอดอย่างแพร่หลาย เช่น Benzylaminopurine (BA), Thidiazuron (TDZ) และสารควบคุมการเติบโตที่ใช้อย่างแพร่หลายชักนำให้เกิดราก เช่น Indole-3-butyric acid (IBA)

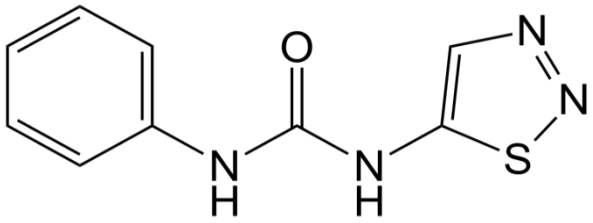
4.1 Benzylaminopurine (BA)



รูปที่ 3 โครงสร้างสารควบคุมการเติบโต Benzylaminopurine (Silva, 2012)

Benzylaminopurine หรือ BA (รูปที่ 3) เป็นสารควบคุมการเติบโตในกลุ่ม Cytokinins โดยปกติพืชมีสารควบคุมการเติบโตอยู่ภายในต้นเพื่อใช้ในการเติบโต โดย BA เป็นสารควบคุมการเติบโตที่ชักนำให้เกิดการเติบโตของยอด การพัฒนาของยอด การแตกกิ่ง การแบ่งตัวของเซลล์ ตลอดจนการเจริญเติบโตของพืช กระบวนการพัฒนาการรวมทั้งการงอกของเมล็ด และการหลุดของใบพืช BA มีผลในการยับยั้งการเติบโตของราก (Ghamery & Mousa, 2017; Silva, 2012) โดยปกติมีการใช้ สารควบคุมการเติบโต BA สำหรับการชักนำให้เกิดยอดในไผ่ที่ระดับความเข้มข้นในช่วง 1.11 ไมโครโมลาร์ – 22.20 ไมโครโมลาร์ (Agnihotri & Nandi, 2009; Devi & Sharma, 2009; Gantait et al., 2018; Goyal et al., 2015; Kalaiarasi et al., 2014; Kapruwan et al., 2014; Lin & Chang, 1998; Pandey & Singh, 2012; Patel et al., 2015; Singh et al., 2001; Wei et al., 2015) แต่สำหรับไผ่ในสกุล *Dendrocalamus* พบว่ามีการใช้สารควบคุมการเติบโตอยู่ในช่วง 2 – 22.20 ไมโครโมลาร์ โดยใช้ชิ้นส่วนข้อเป็นชิ้นส่วนเริ่มต้นของการเพาะเลี้ยง โดยมีรายงานพบว่า BA ความเข้มข้น 8 ไมโครโมลาร์ สามารถชักนำยอดได้ 26.3 ยอด ในไผ่ *Dendrocalamus hamiltonii* (Agnihotri & Nandi, 2009) BA ความเข้มข้น 17.76 ไมโครโมลาร์ สามารถชักนำยอดได้ 2.3 ยอด ในไผ่ *Dendrocalamus strictus* nees (Pandey & Singh, 2012) BA ความเข้มข้น 22.20 ไมโครโมลาร์ สามารถชักนำยอดได้ 5.12 ยอด ในไผ่ *Dendrocalamus strictus* nees (Kapruwan et al., 2014) และ BA ความเข้มข้น 22.20 ไมโครโมลาร์ สามารถชักนำยอดได้ 3.4 ยอด ที่การเพาะเลี้ยง 4 สัปดาห์ ในไผ่ *Dendrocalamus strictus* (Roxb.) nees (Goyal et al., 2015)

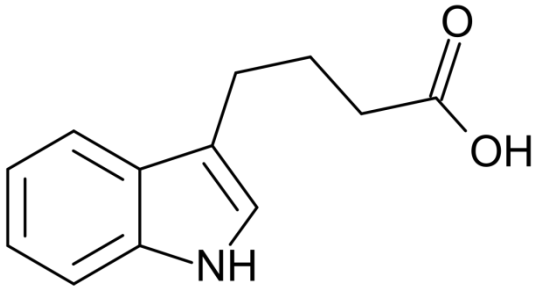
4.2 Thidiazuron (TDZ)



รูปที่ 4 โครงสร้างสารควบคุมการเติบโต Thidiazuron (Yang et al., 2017)

Thidiazuron หรือ TDZ (รูปที่ 4) เป็นสารควบคุมการเติบโตในกลุ่ม Urea ที่ถูกสังเคราะห์ขึ้น มีรายงานพบว่า TDZ เป็นสารควบคุมการเติบโตพืชที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า BA แม้ใช้ในปริมาณที่น้อยกว่า และมีรีเซพเตอร์ที่ควบคุมการทำงานในระดับโมเลกุลต่างจาก BA ทำให้สามารถใช้ TDZ ร่วมกับ BA เพื่อประสิทธิภาพในการชักนำให้เกิดการเติบโตของยอด การพัฒนาของยอด การแตกกิ่ง การแบ่งตัวของเซลล์ ตลอดจนการเจริญเติบโตของพืช กระบวนการพัฒนาการรวมทั้งการงอกของเมล็ดมากขึ้นได้ แต่การใช้ TDZ ในปริมาณมากสามารถยับยั้งการทำงานของราก และการทำงานของ Cytokinins ได้เช่นกัน (Andrabi et al., 2018) อีกทั้งยังมีการรายงานว่า TDZ มีผลต่อการควบคุมการแสดงลักษณะทางเพศของพืชได้ (Pan et al., 2015) นอกจากนี้ยังพบว่า TDZ สามารถลดการหลุดร่วงของใบและดอกได้ ซึ่งต่างจาก BA ที่ชักนำให้เกิดการหลุดร่วงของใบเพียงอย่างเดียว (Andrew et al., 2010) มีรายงานการใช้ TDZ ความเข้มข้น 0.45 – 4.50 ไมโครโมลาร์ ในการชักนำให้เกิดยอดในไผ่ (Kapruwan et al., 2014; Lin & Chang, 1998; Lin et al., 2007; Singh et al., 2013; Wei et al., 2015) แต่ในไผ่สกุล *Dendrocalamus* พบว่าใช้ความเข้มข้นในช่วง 0.75 – 4.50 ไมโครโมลาร์ โดยใช้ชิ้นส่วนข้อเป็นชิ้นส่วนเริ่มต้นในการเพาะเลี้ยง โดยมีรายงานพบว่า TDZ ความเข้มข้น 3 ไมโครโมลาร์ สามารถชักนำยอด 5.2 ยอด ในไผ่ *Dendrocalamus himiltonii* arn. ex Munro. (Singh et al., 2013) และ TDZ ความเข้มข้น 2.25 ไมโครโมลาร์ สามารถชักนำยอด 5.6 ยอด ในไผ่ *Dendrocalamus strictus* nees (Kapruwan et al., 2014)

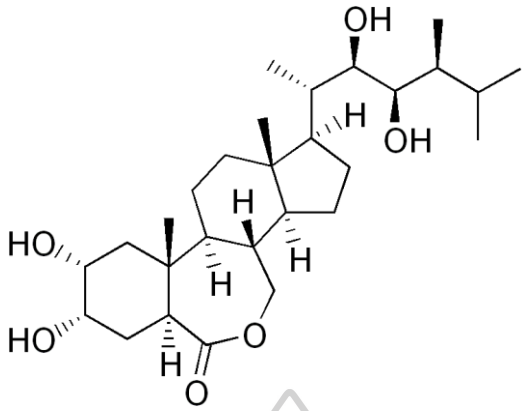
4.3 Indole-3-butyric acid (IBA)



รูปที่ 5 โครงสร้างสารควบคุมการเติบโต Indole-3-butyric acid (Strader & Bartel, 2011)

Indole-3-butyric acid หรือ IBA (รูปที่ 5) เป็นสารควบคุมการเติบโตในกลุ่มของ Auxin ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ มีผลต่อการแบ่งเซลล์ การเจริญพัฒนาของเซลล์ และการยืดยาวของเซลล์ มีบทบาทสำคัญในการ ชักนำให้เกิดราก ดอก การพัฒนาของผล และการสุกของผลไม้ อย่างไรก็ตาม Auxins มีผลยับยั้งการทำงานของสารควบคุมการเติบโตในกลุ่ม Cytokinins และหากใช้ในปริมาณที่มากเกินไปจะยับยั้งการเจริญพัฒนาของราก (Muller et al., 1995) จากการรวมรวบข้อมูลพบการใช้ IBA เพื่อชักนำให้เกิดรากในไผ่โดยใช้ช่วงความเข้มข้น 1 – 250 ไมโครโมลาร์ (Agnihotri & Nandi, 2009; Arya et al., 2002; Chowdhury et al., 2004; Das & Pal, 2005; Gantait et al., 2018; Kumar & Banerjee, 2014; Ndiaye et al., 2006; Negi & Saxena, 2011; Ramanayake & Yakandawala, 1997; Singh et al., 2013; Waikhom & Louis, 2014) แต่ในไผ่สกุล *Dendrocalamus* พบการใช้ IBA ความเข้มข้น 2.46 – 200 ไมโครโมลาร์ เพื่อชักนำให้เกิดรากจากกลุ่มยอดจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อส่วนข้อของไผ่ โดยมีรายงานพบว่า IBA ความเข้มข้น 9.84 ไมโครโมลาร์ สามารถชักนำรากได้ 1.3 ราก ในไผ่ *Dendrocalamus giganteus* Munro. (Ramanayake & Yakandawala, 1997) IBA ความเข้มข้น 1.64 ไมโคโมลาร์ สามารถชักนำรากได้ 14 ราก ในไผ่ *Dendrocalamus asper* (Kumar & Banerjee, 2014) และ IBA ความเข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์ สามารถชักนำรากได้ร้อยละ 93 ในไผ่ *Dendrocalamus himiltonii* (Agnihotri & Nandi, 2009)

4.4 Brassinolide (BL)



รูปที่ 6 โครงสร้างผลควบคุมการเติบโต Brassinolide (Yokota et al., 2017)

Brassinolide หรือ BL (รูปที่ 6) เป็นสารควบคุมการเติบโตในกลุ่ม Brassinosteroids (BRs) ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ มีผลต่อกระบวนการงอกของเมล็ด การแบ่งเซลล์และการยืดตัว การออกดอก การพัฒนาราก การพัฒนากระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง การควบคุมปริมาณของเหลวในเซลล์ และการรักษาให้สภาพให้พืชมีการเสื่อมสลายที่ช้าลง เป็นสารควบคุมการเติบโตที่มีรายงานว่ามีผลต่อความเครียดสามารถชักนำให้พืชต้านทานต่อความเครียดต่างๆ เช่น โลหะหนัก สารกำจัดศัตรูพืช เกลือ อุณหภูมิสูง-ต่ำ ภัยแล้ง และเชื้อโรคได้อีกด้วย มีรายงานว่าหากพืชขาด BL อาจมีผลต่อการแสดงออกของลักษณะฟีโนไทป์บางประการ การเสื่อมสลายของคลอโรฟิลล์และแอนโทไซยานิน (Efimova et al., 2016) ซึ่งหากพืชเกิดการเสื่อมสภาพจะส่งผลต่อสมดุลของสารควบคุมการเติบโตพืชต่อเนื่องอีกหลายตัว BL เป็นสารควบคุมการเติบโตที่มีรายงานถึงการส่งเสริมการทำงานของสารควบคุมการเติบโตในหลายกลุ่ม เช่น Auxin และ Cytokinins เป็นต้น (Derevyanchuk et al., 2017; Fedina et al., 2017) พบว่ามีการนำ BL มาใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชอยู่ในช่วงความเข้มข้น 0.001 – 8 ไมโครโมลาร์ แต่ยังไม่พบรายงานการนำมาใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อไผ่ มีรายงานพบว่า BL ความเข้มข้น 0.001 ไมโครโมลาร์ สามารถเพิ่มความสูงของต้นหอมสายพันธุ์ Alice และ Lusy (DoleZalova et al., 2016) BL ความเข้มข้น 0.2 ไมโครโมลาร์ สามารถชักนำจำนวนรากแขนงมากกว่าการไม่ใช้ BL ถึง 242% ในมันฝรั่ง Potatoes (*Solanum tuberosum* L. “Hui 2”) (Hu et al., 2016) BL ความเข้มข้น 0.01 ไมโครโมลาร์ สามารถลดการเสื่อมสภาพของ chlorophyll จากการหลุดร่วงของใบในพืช *Pisum sativum* L (cv. Truzhenik) (Fedina et al., 2017) และ BL ความเข้มข้น 0.1 ไมโครโมลาร์สามารถชักนำรากได้มากกว่าไม่ใช้ BL ในแตงกวา (Li et al., 2020)

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1 พืชที่ใช้ในการทดลอง

1.1 ไผ่ซางหม่น ‘นวลราชินี’ (*Dendrocalamus sericeus* Munro.)

ส่วนของพืชที่ใช้ทดลอง ส่วนข้อจากกิ่งแขนง

สถานที่เก็บพืชทดลอง ตำบลหนองหว้า อำเภอเขาฉกรรจ์ จังหวัดสระแก้ว

อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมอาหาร

1. Autoclave
2. เครื่องชั่ง
3. pH-meter
4. เตาไมโครเวฟ
5. Hot air oven
6. Beaker
7. กระบอกตวง
8. Pipette
9. ขวดเก็บสารละลายเข้มข้น
10. ขวดบรรจุอาหาร
11. ช้อนตักสาร
12. แท่งแก้วคนสาร
13. ลูกยาง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการถ่ายเนื้อเยื่อ

1. มีดผ่าตัด (ใบมีดและด้ามมีด)
2. ปากคีบ (forceps)
3. ตะเกียงแอลกอฮอล์
4. ตู้ถ่ายเนื้อเยื่อ
5. Petti dish

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารเคมี

1. สารเคมีที่ใช้ในสูตรอาหาร MS (Murashige and Skoog)
2. สารควบคุมการเติบโต
- 6- benzylaminopurine (BA)
- Indole-3-butyric acid (IBA)
- Brassinolide (BL)
- Thidiazuron (TDZ)
3. ไฮเตอร์ (6% Sodium Hypochlorite)
4. Tween 20
5. Mercuric chloride
6. น้ำตาลทราย
7. ผงวุ้น
8. น้ำกลั่น
9. เอทิลแอลกอฮอล์ 70% และ 95%
10. 1N KOH (Potassium hydroxide)
11. 1N HCl (Hydrogen chloride)

การทดลองที่ 1 การศึกษาผลของ BA ต่อการชักนำให้เกิดยอดจากข้อของไผ่ซางหม่น

นำชิ้นส่วนข้อไผ่ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3-5 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 4 เซนติเมตร ล้างด้วยน้ำยาล้างจาน และน้ำเปล่าให้สะอาด ฟอกฆ่าเชื้อในแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 5 นาที โดยเขย่าเบาๆ ฟอกฆ่าเชื้อต่อด้วย 15 เปอร์เซ็นต์ไฮเตอร์ (9% Sodium hypochlorite) เขย่าเบาๆเป็นเวลา 15 นาที ฟอกฆ่าเชื้อต่อด้วย mercuric chloride 0.1 เปอร์เซ็นต์ เขย่าเบาๆเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นล้างด้วยน้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว 3 ครั้งๆละ 3 นาที จากนั้นนำชิ้นส่วนข้อที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วมาทำการตัดแต่งแล้วนำมาเพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่ประกอบด้วยสารควบคุมการเติบโต BA ความเข้มข้น 8.88, 13.32, 17.76 และ 22.20 ไมโครโมลาร์ จำนวน 5 สูตร ดังนี้

สูตรที่ 1. MS (Control)
สูตรที่ 2. MS + BA 8.88 ไมโครโมลาร์
สูตรที่ 3. MS + BA 13.32 ไมโครโมลาร์
สูตรที่ 4. MS + BA 17.76 ไมโครโมลาร์
สูตรที่ 5. MS + BA 22.20 ไมโครโมลาร์

เลี้ยงในสภาพที่มีอุณหภูมิ 24±1 °C ได้รับแสง 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลา 3 สัปดาห์ ที่ความเข้มแสง 35-40 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ ทำการทดลองสูตรละ 20 ซ้ำ

การบันทึกผลการทดลอง

1. เปอร์เซ็นต์การเกิดยอด
2. จำนวนยอด
3. ความสูงเฉลี่ยของยอด

การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของ BA, TDZ และ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณของไผ่ซางหม่น

1. นำยอดไผ่ที่เกิดขึ้นจากการทดลองที่ 1 มาทำการตัดแยกจากข้อเริ่มต้น และแบ่งยอดออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละจำนวน 3 ยอด
2. นำยอดแต่ละกลุ่มมาเลี้ยงในอาหารเหลวอาหารสูตร MS ที่ประกอบด้วยสารควบคุมการเติบโต BA ความเข้มข้น 1.11 และ 2.22 ไมโครโมลาร์ สารควบคุมการเติบโต TDZ ความเข้มข้น 0.45, 0.90 และ 1.36 ไมโครโมลาร์ หรือสารควบคุมการเติบโต BL ความเข้มข้น 0.001, 0.1, 10 ไมโครโมลาร์ จำนวน 9 สูตร ดังนี้

สูตรที่ 1. MS (Control)
สูตรที่ 2. MS + BA 1.11 ไมโครโมลาร์
สูตรที่ 3. MS + BA 2.22 ไมโครโมลาร์
สูตรที่ 4. MS + TDZ 0.45 ไมโครโมลาร์
สูตรที่ 5. MS + TDZ 0.90 ไมโครโมลาร์
สูตรที่ 6. MS + TDZ 1.36 ไมโครโมลาร์
สูตรที่ 7. MS + BL 0.001 ไมโครโมลาร์
สูตรที่ 8. MS + BL 0.01 ไมโครโมลาร์
สูตรที่ 9. MS + BL 10 ไมโครโมลาร์

3. เลี้ยงในสภาพที่มีอุณหภูมิ 24±1°C ได้รับแสง 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลา 3 สัปดาห์ ที่ความเข้มแสง 35-40 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ ทำการทดลองสูตรละ 10 ซ้ำ

การบันทึกผลการทดลอง

1. อัตราการรอดชีวิต
2. จำนวนยอดทั้งหมด

3. จำนวนยอดที่เพิ่มขึ้น
4. ความยาวยอดทั้งหมด

การทดลองที่ 3 การศึกษาผลของ BA ร่วมกับ TDZ หรือ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณของไผ่ซางหม่น

1. นำยอดจากการทดลองที่ 1 มาแบ่งออกเป็นการแบ่งออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 3 ยอด
2. นำยอดแต่ละกลุ่มมาเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร MS ที่ประกอบด้วยสารควบคุมการเติบโต BA ความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองที่ 2 ร่วมกับสารควบคุมการเติบโต TDZ ความเข้มข้น 0.45, 0.90 และ 1.36 ไมโครโมลาร์ หรือสารควบคุมการเติบโต BL ความเข้มข้น 0.001, 0.1 และ 10 ไมโครโมลาร์จำนวน 7 สูตร ดังนี้

สูตรที่ 1. MS (Control)
สูตรที่ 2. MS + BA + TDZ 0.45 ไมโครโมลาร์
สูตรที่ 3. MS + BA + TDZ 0.90 ไมโครโมลาร์
สูตรที่ 4. MS + BA + TDZ 1.36 ไมโครโมลาร์
สูตรที่ 5. MS + BA + BL 0.001 ไมโครโมลาร์
สูตรที่ 6. MS + BA + BL 0.1 ไมโครโมลาร์
สูตรที่ 7. MS + BA + BL 10 ไมโครโมลาร์

3. เลี้ยงในสภาพที่มีอุณหภูมิ 24±1°C ได้รับแสง 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลา 3 สัปดาห์ ที่ความเข้มแสง 35-40 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ ทำการทดลองสูตรละ 10 ซ้ำ

การบันทึกผลการทดลอง
1. อัตราการรอดชีวิต
2. จำนวนยอดทั้งหมด
3. จำนวนยอดที่เพิ่มขึ้น
4. ความยาวยอดทั้งหมด

การทดลองที่ 4 การศึกษาผลของ BA หรือ TDZ ร่วมกับ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณจากกลุ่มยอดของไผ่ซางหม่น

1. นำกลุ่มยอดจากการทดลองที่ 1 มาทำการทดลองโดยเฉลี่ยจำนวนยอดเริ่มต้นให้ใกล้เคียงกัน
2. นำยอดแต่ละกลุ่มมาเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร MS ที่ประกอบด้วย สารควบคุมการเติบโต BA ความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองที่ 2 หรือสารควบคุมการเติบโต TDZ ความเข้มข้น 0.45, 0.90 และ 1.36 ไมโครโมลาร์ ร่วมกับสารควบคุมการเติบโต BL ความเข้มข้น 0.001, 00000.1 และ 0.0000001 ไมโครโมลาร์ จำนวน 7 สูตร ดังนี้

สูตรที่ 1. MS (Control)
สูตรที่ 2. MS + BA + BL 0.001 ไมโครโมลาร์
สูตรที่ 3. MS + BA + BL 0.00001 ไมโครโมลาร์
สูตรที่ 4. MS + BA + BL 0.0000001 ไมโครโมลาร์
สูตรที่ 5. MS + TDZ 0.45 ไมโครโมลาร์ + BL 0.001 ไมโครโมลาร์
สูตรที่ 6. MS + TDZ 0.90 ไมโครโมลาร์ + BL 0.00001 ไมโครโมลาร์
สูตรที่ 7. MS + TDZ 1.36 ไมโครโมลาร์ + BL 0.0000001 ไมโครโมลาร์

3. เลี้ยงในสภาพที่มีอุณหภูมิ 24±1°C ได้รับแสง 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลา 3 สัปดาห์ ที่ความเข้มแสง 35-40 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ ทำการทดลองสูตรละ 10 ซ้ำ

การบันทึกผลการทดลอง
1. อัตราการรอดชีวิต
2. จำนวนยอดทั้งหมด
3. จำนวนยอดที่เพิ่มขึ้น
4. ความยาวยอดทั้งหมด

การทดลองที่ 5 การศึกษาผลของ BA ร่วมกับ TDZ และ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณของไผ่ซางหม่น

1. นำกลุ่มยอดจากการทดลองที่ 1 มาทำการทดลองโดยเฉลี่ยจำนวนยอดเริ่มต้นให้ใกล้เคียงกัน
2. นำยอดแต่ละกลุ่มมาเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร MS ที่ประกอบด้วยสารควบคุมการเติบโต BA ความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองที่ 2 ร่วมกับสารควบคุมการเติบโต TDZ

ความเข้มข้น 0.45, 0.90 และ 13.6 ไมโครโมลาร์ และสารควบคุมการเติบโต BL ความเข้มข้น 0.001, 0.00001 และ 0.0000001 ไมโครโมลาร์ จำนวน 10 สูตร ดังนี้

สูตรที่ 1. MS (Control)

สูตรที่ 2. MS + BA + TDZ 0.45 ไมโครโมลาร์ + BL 0.001 ไมโครโมลาร์

สูตรที่ 3. MS + BA + TDZ 0.45 ไมโครโมลาร์ + BL 0.00001 ไมโครโมลาร์

สูตรที่ 4. MS + BA + TDZ 0.45 ไมโครโมลาร์ + BL 0.0000001 ไมโครโมลาร์

สูตรที่ 5. MS + BA + TDZ 0.90 ไมโครโมลาร์ + BL 0.001 ไมโครโมลาร์

สูตรที่ 6. MS + BA + TDZ 0.90 ไมโครโมลาร์ + BL 0.00001 ไมโครโมลาร์

สูตรที่ 7. MS + BA + TDZ 0.90 ไมโครโมลาร์ + BL 0.0000001 ไมโครโมลาร์

สูตรที่ 8. MS + BA + TDZ 1.36 ไมโครโมลาร์ + BL 0.001 ไมโครโมลาร์

สูตรที่ 9. MS + BA + TDZ 1.36 ไมโครโมลาร์ + BL 0.00001 ไมโครโมลาร์

สูตรที่ 10. MS + BA + TDZ 1.36 ไมโครโมลาร์ + BL 0.0000001 ไมโครโมลาร์

3. เลี้ยงในสภาพที่มีอุณหภูมิ 24±1°C ได้รับแสง 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลา 3 สัปดาห์ ที่ความเข้มแสง 35-40 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ ทำการทดลองสูตรละ 10 ซ้ำ

การบันทึกผลการทดลอง

1. อัตราการรอดชีวิต
2. จำนวนยอดทั้งหมด
3. จำนวนยอดที่เพิ่มขึ้น
4. ความยาวยอดทั้งหมด

การทดลองที่ 6 การศึกษาผลของ IBA หรือ BL ต่อการชักนำให้เกิดรากจากกลุ่มยอดของไผ่ซางหม่น

1. นำยอดจากการทดลองที่ 1 มาแบ่งออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 3 ยอด
2. นำยอดแต่ละกลุ่มมาเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่ประกอบด้วยสารควบคุมการเติบโต IBA ความเข้มข้น 4.92, 9.84 และ 14.76 ไมโครโมลาร์ และสารควบคุมการเติบโต BL ความเข้มข้น 0.001, 0.1 และ 10 ไมโครโมลาร์ จำนวน 7 สูตร ดังนี้

สูตรที่ 1. MS (Control)

สูตรที่ 2. MS + IBA 4.92 ไมโครโมลาร์

สูตรที่ 3. MS + IBA 9.84 ไมโครโมลาร์

สูตรที่ 4 MS + IBA 14.76 ไมโครโมลาร์

สูตรที่ 5. MS + BL 0.00001 ไมโครโมลาร์

สูตรที่ 6. MS + BL 0.001 ไมโครโมลาร์

สูตรที่ 7. MS + BL 0.1 ไมโครโมลาร์

3. เลี้ยงในสภาพที่มีอุณหภูมิ 24±1°C ได้รับแสง 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลา 3 สัปดาห์ ที่ความเข้มแสง 35-40 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ ทำการทดลองสูตรละ 10 ซ้ำ

การบันทึกผลการทดลอง

1. อัตราการรอดชีวิต
2. จำนวนรากทั้งหมด
3. ความยาวยอดทั้งหมด

การทดลองที่ 7 การศึกษาผลของ IBA และ BL ต่อการชักนำให้เกิดรากจากกลุ่มยอดของไผ่ซางหม่น

1. นำยอดจากการทดลองที่ 2 มาแบ่งออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 3 ยอด
2. นำยอดแต่ละกลุ่มมาเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่ประกอบด้วยสารควบคุมการเติบโต IBA ความเข้มข้น 4.92, 9.84 และ 14.76 ไมโครโมลาร์ และสารควบคุมการเติบโต BL ความเข้มข้น 0.001, 0.1 และ 10 ไมโครโมลาร์ จำนวน 10 สูตร ดังนี้

สูตรที่ 1. MS (Control)

สูตรที่ 2. MS + IBA 4.92 ไมโครโมลาร์ + BL 0.00001 ไมโครโมลาร์

สูตรที่ 3. MS + IBA 4.92 ไมโครโมลาร์ + BL 0.001 ไมโครโมลาร์

สูตรที่ 4. MS + IBA 4.92 ไมโครโมลาร์ + BL 0.1 ไมโครโมลาร์

สูตรที่ 5. MS + IBA 9.84 ไมโครโมลาร์ + BL 0.00001 ไมโครโมลาร์

สูตรที่ 6. MS + IBA 9.84 ไมโครโมลาร์ + BL 0.001 ไมโครโมลาร์

สูตรที่ 7. MS + IBA 9.84 ไมโครโมลาร์ + BL 0.1 ไมโครโมลาร์

สูตรที่ 8. MS + IBA 14.76 ไมโครโมลาร์ + BL 0.00001 ไมโครโมลาร์

สูตรที่ 9. MS + IBA 14.76 ไมโครโมลาร์ + BL 0.001 ไมโครโมลาร์

สูตรที่ 10. MS + IBA 14.76 ไมโครโมลาร์ + BL 0.1 ไมโครโมลาร์

3. เลี้ยงในสภาพที่มีอุณหภูมิ 24±1°C ได้รับแสง 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลา 3 สัปดาห์ ที่ความเข้มแสง 35-40 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ ทำการทดลองสูตรละ 10 ซ้ำ

การบันทึกผลการทดลอง

1. อัตราการรอดชีวิต
2. จำนวนรากทั้งหมด

3. ความยาวรากทั้งหมด

บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ผลของ BA ในอาหารสูตร MS ต่อการชักนำให้เกิดยอดจากข้อของไผ่ซางหม่น

เมื่อเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนข้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3-5 มิลลิเมตร ที่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อที่ผิวบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่ BA ความเข้มข้นแตกต่างกันจำนวน 5 สูตร (0.00, 8.88, 13.32, 17.76 และ 22.20 ไมโครโมลาร์) ทำการทดลอง 20 ซ้ำ เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์ พบว่าอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 17.76 ไมโครโมลาร์ ชักนำให้เกิดยอดได้สูงที่สุด (85%) ให้จำนวนยอดเฉลี่ยสูงที่สุด (2.6 ยอด) และกลุ่มยอดมีลักษณะสมบูรณ์ มีสีเขียว ไม่ฉ่ำน้ำ อย่างไรก็ตามพบว่า ความยาวยอดเฉลี่ย (10.52 มิลลิเมตร) (ตารางที่ 1 และ 2; รูปที่ 7D) ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่ปราศจาก BA และอาหารที่เติม BA ความเข้มข้น 8.88 และ 13.32 ไมโครโมลาร์ โดยให้จำนวนยอดเฉลี่ยระหว่าง 1.7 – 2.2 ยอด (ตารางที่ 1; รูปที่ 7A, 7B และ 7C) เมื่อความเข้มข้นของ BA เพิ่มเป็น 22.20 ไมโครโมลาร์ พบว่าจำนวนยอดเฉลี่ยลดลง (1.6 ยอด) มีสีเขียวอ่อน และมีอาการฉ่ำน้ำ อย่างไรก็ตาม BA ในทุกความเข้มข้นให้ ความยาวยอดเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอยู่ในช่วง 7.79 – 12.68 มิลลิเมตร (ตารางที่ 1 และ 2; รูปที่ 7)

จากการศึกษาผลของ BA ต่อการชักนำยอดจากข้อไผ่ซางหม่น พบว่าอาหารสูตรที่เหมาะสมที่สุดคือ อาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 17.76 ไมโครโมลาร์ โดยมีการเกิดยอดจากข้อสูงสุด เกิดกลุ่มยอดจำนวนมาก และไม่แสดงอาการฉ่ำน้ำ สอดคล้องกับงานวิจัยที่ศึกษาในไผ่ *Dendrocalamus strictus* (Goyal et al., 2015) ซึ่งพบว่า BA มากกว่า 17.76 ไมโครโมลาร์ ทำให้ยอดเกิดอาการฉ่ำน้ำ จากความเข้มข้นที่มากเกินไปของสารควบคุมการเติบโตกลุ่ม Cytokinins (Mahrouk et al., 2019) แต่ยังมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการชักนำยอดจากข้อของไผ่ซางหม่น คือ ช่วงระยะเวลาของปีในการตัดข้อไผ่ซางหม่นมาทำการทดลอง เนื่องจากในแต่ละระยะของปีพืชจะมีการสร้างสารควบคุมการเติบโตภายในพืช เพื่อการพัฒนาของพืชในแต่ละช่วงเวลาของปีแตกต่างกัน (Sivaci & Yalcin, 2008; Zahra & Dmoor, 2013) ส่งผลให้อัตราการชักนำให้เกิดยอดและจำนวนยอดที่เกิดขึ้นสามารถแตกต่างกันไป (Bisht et al., 2010; Mudoi et al., 2014; Singh et al., 2013)

ตารางที่ 1 ผลของ BA ในอาหารสูตร MS ต่อการชักนำให้เกิดยอดจากข้อของไผ่ซางหม่นเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์

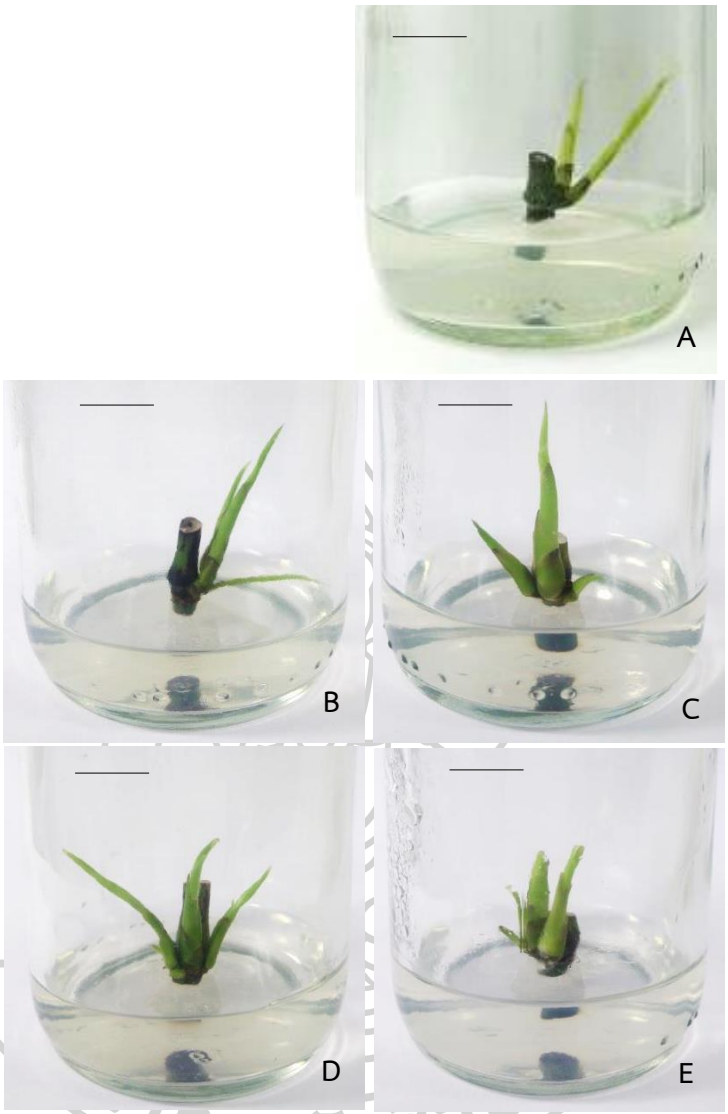
BA (µM)	การแตกยอดเฉลี่ย (%)	จำนวนยอดทั้งหมดเฉลี่ย (ยอด) [1/]	ความยาวยอดทั้งหมดเฉลี่ย (มิลลิเมตร) [1/]
0.00	75.0	1.7±0.3^{ab}	12.68±2.09^{a}
8.88	75.0	2.2±0.3^{ab}	10.08±2.02^{a}
13.32	75.0	1.8±0.3^{ab}	12.04±2.50^{a}
17.76	85.0	2.6±0.3^{ab}	10.52±1.36^{a}
22.20	60.0	1.6±0.4^{b}	7.79±1.83^{a}

[1/]ทำการทดลอง 20 ซ้ำ; อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ ด้วยการวิเคราะห์แบบ Duncan's Multiple Range Tests

ตารางที่ 2 ลักษณะของกลุ่มยอดไผ่ซางหม่นบนอาหารสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเติบโต BA หลังเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์

BA (µM)	ลักษณะของกลุ่มยอด
0.00	กลุ่มยอดมีสีเขียวเข้ม แต่ละยอดมีความสูงแตกต่างกัน
8.88	กลุ่มยอดมีสีเขียว แต่ละยอดมีความสูงใกล้เคียงกัน
13.32	กลุ่มยอดมีสีเขียว แต่ละยอดมีความสูงใกล้เคียงกัน
17.76	กลุ่มยอดสมบูรณ์มีสีเขียว แต่ละยอดมีความสูงใกล้เคียงกัน
22.20	กลุ่มยอดมีสีเขียวอ่อน มีอาการฉ่ำน้ำ แต่ละยอดมีความสูงใกล้เคียงกัน

[1/]ทำการทดลอง 20 ซ้ำ; อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ ด้วยการวิเคราะห์แบบ Duncan's Multiple Range Tests



รูปที่ 7 ผลของสารควบคุมการเติบโต BA ในอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ต่อการชักนำให้เกิดยอดจากข้อไผ่ซางหม่น ที่เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์ (สเกล = 10 มิลลิเมตร)

A อาหารสูตร MS (ชุดควบคุม)

B อาหารสูตร MS + BA 8.88 µM

C อาหารสูตร MS + BA 13.32 µM

D อาหารสูตร MS + BA 17.76 µM

E อาหารสูตร MS + BA 22.20 µM

การทดลองที่ 2 ผลของ BA, TDZ หรือ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณจากกลุ่มยอดของไผ่ซางหม่น

นำกลุ่มยอดเฉลี่ย 3-4 ยอดต่อกลุ่ม จากชิ้นส่วนข้อที่เพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 17.76 ไมโครโมลาร์ จากการทดลองที่ 1 มาเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร MS ที่เติม BA, TDZ หรือ BL ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน 9 สูตร ทำการทดลอง 10 ซ้ำ เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์ พบว่าอาหารสูตร MS ที่เติม TDZ ความเข้มข้น 0.45, 0.90 และ 1.36 ไมโครโมลาร์ มีอัตราการรอดชีวิต 100% (ตารางที่ 3; รูปที่ 8D, 8E และ 8F ตามลำดับ) โดยอาหารสูตร MS ที่เติม TDZ ความเข้มข้น 0.45 และ 0.90 ไมโครโมลาร์ ชักนำให้เกิดจำนวนยอดเฉลี่ยมากที่สุด (13.2 ยอด และ 11.9 ยอด) กลุ่มยอดลักษณะเล็ก มีสีเขียว (ตารางที่ 4; รูปที่ 8D, 8E และ 8F) และมีจำนวนยอดที่เพิ่มขึ้นสูงที่สุด (9.1 ยอด และ 7.8 ยอด ตามลำดับ) (ตารางที่ 3; รูปที่ 8D และ 8E) นอกจากนี้ อาหารสูตร MS ที่เติม TDZ ความเข้มข้น 0.45 ไมโครโมลาร์ ชักนำให้เกิดยอดที่มีความยาวยอดเฉลี่ยสูงที่สุด (25.02 มิลลิเมตร) (ตารางที่ 3; รูปที่ 8D) เมื่อความเข้มข้นของ TDZ เพิ่มเป็น 1.36 ไมโครโมลาร์ พบว่าจำนวนยอดเฉลี่ยทั้งหมดลดลง (7.6 ยอด) ในส่วนของอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 1.11 หรือ 2.22 ไมโครโมลาร์ และอาหารสูตร MS ที่เติม BL ความเข้มข้น 0.001 – 10 ไมโครโมลาร์ ให้ผลที่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับอาหารสูตร MS ที่ปราศจากสารควบคุมการเติบโต คือให้จำนวนยอดเฉลี่ยทั้งหมด 0 – 1.3 ยอด และกลุ่มยอดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและตายใน 3 สัปดาห์ (ตารางที่ 3 และ ตารางที่ 4; รูปที่ 8A, 8B, 8C, 8G, 8H และ 8I) จากการศึกษาผลของ BA, TDZ หรือ BL ต่อการชักนำยอดจำนวนมากจากกลุ่มยอดไผ่ซางหม่น พบว่าการเติม BA หรือ BL ในอาหารเพาะเลี้ยงไม่สามารถชักนำยอดจำนวนมากจากกลุ่มข้อได้ (ตารางที่ 3) ในส่วนของยอดที่เกิดขึ้นไม่ได้มีจำนวนเพิ่มขึ้น แต่กลับมีจำนวนยอดทั้งหมดเฉลี่ยลดลงเมื่อเทียบกับยอดเริ่มต้นเมื่อใช้ BA ความเข้มข้น 1.11 ไมโครโมลาร์เพียงชนิดเดียว หรือ BL ความเข้มข้น 0.001 ไมโครโมลาร์เพียงชนิดเดียว ชนิดเดียว (ตารางที่ 3; รูปที่ 8B และ 8G) นอกจากนี้ยังพบว่ามีอัตราการรอดชีวิตเท่ากับ 0% เมื่อเพาะเลี้ยงกลุ่มยอดบนอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 2.22 ไมโครโมลาร์ หรือ BL ความเข้มข้น 0.1 และ 10 ไมโครโมลาร์ (ตารางที่ 3; รูปที่ 8C, 8H และ 8I)

สรุปได้ว่าการใช้สารควบคุมการเติบโต BA หรือ BL เพียงชนิดเดียวไม่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ในการเพิ่มจำนวนยอดจากกลุ่มยอดไผ่ซางหม่น โดยอาจมีผลมาจากความเข้มข้นของ BA และ BL ที่ใช้สูงเกินไป พบว่าการใช้ BA ที่ความเข้มข้น 1.11 ไมโครโมลาร์ ให้การรอดชีวิตสูงกว่า BA ที่ความเข้มข้น 2.22 ไมโครโมลาร์ เนื่องจาก BA ความเข้มข้นสูงจะลดการเจริญพัฒนาของเซลล์และยับยั้งการแบ่งเซลล์ (Kunikowska et al., 2013) เช่นเดียวกับ BL ที่ความเข้มข้นสูงกว่า 0.001 ทำให้เกิดการตายของเซลล์จากการเสียสมดุลของอิออน และการกระตุ้นการสร้างเอธิลีน (He et al., 2007; Li et al., 2012; Netto et al., 2005) ในขณะที่ TDZ ชักนำให้เกิดยอดจำนวนมากจากกลุ่ม

ยอด และมีอัตราการรอดชีวิตเท่ากับ 100% ที่ความเข้มข้น 0.45, 0.90 และ 1.36 ไมโครโมลาร์ เนื่องจาก TDZ อยู่ในกลุ่ม Urea มีการชักนำให้เกิดยอดคล้ายสารควบคุมการเติบโตกลุ่ม Cytokynin แต่มีประสิทธิภาพสูงกว่า (Sunagawa et al., 2007) แต่จากการทดลองจะเลือกใช้ BA ความเข้มข้น 1.11 ไมโครโมลาร์ในการทดลองต่อไป เพราะต้องการใช้ TDZ ในปริมาณที่น้อยที่สุด เนื่องจากมีรายงานว่า TDZ จะเกิดการสะสมจนมีผลยับยั้งการเกิดราก (Andrabi et al., 2018; Singh & Agarwal, 2016)

ตารางที่ 3 ผลของ BA, TDZ หรือ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณจากกลุ่มยอดของไผ่ซางหม่นเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์

สารควบคุมการเติบโต (µM)			การเติบโตของกลุ่มยอด[1/]				
BA	TDZ	BL	การรอดชีวิต (%)	จำนวนยอดเริ่มต้นเฉลี่ยต่อกลุ่มยอด (ยอด)	จำนวนยอดทั้งหมดเฉลี่ย (ยอด)	จำนวนยอดที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย(ยอด)	ความยาวยอดทั้งหมดเฉลี่ย (มิลลิเมตร)
0	0	0	20	4.0±0.5 ^{a}	0.0±0.0^{c}	0.0±0.0^{c}	0.00±0.00^{c}
1.11	0	0	50	4.0±0.6 ^{a}	1.3±0.6^{c}	0.0±0.0^{c}	11.07±3.92^{b}
2.22	0	0	0	4.0±0.8 ^{a}	0.0±0.0^{c}	0.0±0.0^{c}	0.00±0.00^{c}
0	0.45	0	100	4.1±0.5 ^{a}	13.2±2.1^{a}	9.1±1.9^{a}	25.02±2.92^{a}
0	0.90	0	100	4.1±0.8 ^{a}	11.9±2.1^{a}	7.8±1.7^{a}	18.67±2.78^{a}
0	1.36	0	100	3.8±0.5 ^{a}	7.6±1.3^{b}	4.0±1.2^{b}	18.52±2.52^{a}
0	0	0.001	20	3.4±0.6 ^{a}	0.3±0.2^{c}	0.0±0.0^{c}	3.95±2.64^{c}
0	0	0.1	0	3.9±0.6 ^{a}	0.0±0.0^{c}	0.0±0.0^{c}	0.00±0.00^{c}
0	0	10	0	4.0±0.4 ^{a}	0.0±0.0^{c}	0.0±0.0^{c}	0.00±0.00^{c}

[1/]ทำการทดลอง 10 ซ้ำ; อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0$. ด้วยการวิเคราะห์แบบ Duncan's Multiple Range Tests

ตารางที่ 4 ลักษณะของกลุ่มยอดไผ่ซางหม่นบนอาหารสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเติบโต BA, TDZ หรือ BL หลังเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์

สารควบคุมการเติบโต (μM)			ลักษณะของกลุ่มยอด[1/]
BA	TDZ	BL	
0	0	0	กลุ่มยอดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและตายภายใน 3 สัปดาห์
1.11	0	0	กลุ่มยอดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหรือเหลืองอ่อน ภายใน 3 สัปดาห์
2.22	0	0	กลุ่มยอดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและตายภายใน 3 สัปดาห์
0	0.45	0	กลุ่มยอดมีสีเขียวขนาดเล็กจำนวนมาก ความยาวแต่ละยอดใกล้เคียงกัน
0	0.90	0	กลุ่มยอดมีสีเขียวขนาดเล็กจำนวนมาก ความยาวแต่ละยอดใกล้เคียงกัน
0	1.36	0	กลุ่มยอดมีสีเขียวขนาดเล็ก มีอาการฉ่ำน้ำ และเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล
0	0	0.001	กลุ่มยอดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและตายภายใน 3 สัปดาห์
0	0	0.1	กลุ่มยอดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและตายภายใน 3 สัปดาห์
0	0	10	กลุ่มยอดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและตายภายใน 2 สัปดาห์

[1/]ทำการทดลอง 10 ซ้ำ; อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ ด้วยการวิเคราะห์แบบ Duncan's Multiple Range Tests

มหาวิทยาลัยศิลปากร

รูปที่ 8 ผลของสารควบคุมการเติบโต BA, TDZ หรือ BL ในอาหารเหลวสูตร MS ต่อการชักนำยอดจำนวนมากของไผ่ซางหม่น ที่เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์ (สเกล = 10 มิลลิเมตร)

A อาหารสูตร MS (ชุดควบคุม)
B อาหารสูตร MS + BA 1.11 µM
C อาหารสูตร MS + BA 2.22 µM
D อาหารสูตร MS + TDZ 0.45 µM
E อาหารสูตร MS + TDZ 0.90 µM
F อาหารสูตร MS + TDZ 1.36 µM
G อาหารสูตร MS + BL 0.001 µM
H อาหารสูตร MS + BL 0.1 µM
I อาหารสูตร MS + BL 10 µM

การทดลองที่ 3 ผลของ BA ร่วมกับ TDZ หรือ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณกลุ่มยอดของไผ่ซางหม่น

นำกลุ่มยอดเฉลี่ย 1-2 ยอดต่อกลุ่ม จากชิ้นส่วนข้อที่เพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 17.76 ไมโครโมลาร์ จากการทดลองที่ 1 มาเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 1.11 ไมโครโมลาร์ ร่วมกับ TDZ หรือ BL ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน 7 สูตร ทำการทดลอง 10 ซ้ำ เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์ พบว่าอาหารสูตร MS ที่เติม BA 1.11 ไมโครโมลาร์ ร่วมกับ TDZ 0.45 หรือ 0.90 ไมโครโมลาร์ มีอัตราการรอดชีวิต 100% (ตารางที่ 5; รูปที่ 9B และ 9C) เมื่อความเข้มข้นของ TDZ เพิ่มขึ้นเป็น 1.36 ไมโครโมลาร์ ให้อัตราการรอดชีวิตลดลงเหลือ 90% (ตารางที่ 5; รูปที่ 9D) อาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 1.11 ไมโครโมลาร์ ร่วมกับ TDZ ความเข้มข้น 0.45 ไมโครโมลาร์ ชักนำจำนวนยอดเฉลี่ยเพิ่มขึ้นสูงที่สุด (5.0 ยอด) โดยกลุ่มยอดมีสีเขียว และมีขนาดเล็ก (ตารางที่ 5 และ 6; รูปที่ 9B) เมื่อความเข้มข้นของ TDZ เพิ่มขึ้นเป็น 0.90 และ 1.36 ไมโครโมลาร์ ให้จำนวนยอดเฉลี่ยทั้งหมดลดลง (3.3 และ 2.9 ยอด) โดยกลุ่มยอดมีขนาดเล็กและบางส่วนเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (ตารางที่ 5 และ 6; รูปที่ 9C และ 9D) ในขณะที่อาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 1.11 ไมโครโมลาร์ ร่วมกับ TDZ ความเข้มข้น 0.90 และ 1.36 ไมโครโมลาร์ ชักนำให้เกิดความยาวยอดเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 42.21 มิลลิเมตร และ 35.56 มิลลิเมตรตามลำดับ (ตารางที่ 5; รูปที่ 9C และ 9D) เมื่อความเข้มข้นของ TDZ ลดลงเป็น 0.45 ไมโครโมลาร์ ให้ความยาวยอดเฉลี่ยลดลง (31.30 มิลลิเมตร) ในส่วนของอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 1.11 ไมโครโมลาร์ ร่วมกับ BL ความเข้มข้น 0.001 – 10.0 ไมโครโมลาร์ ให้ผลที่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับอาหารสูตร MS ที่ปราศจากสารควบคุมการเติบโต คือให้จำนวนยอดเฉลี่ยทั้งหมด 0 – 1.3 ยอด และความยาวยอดเฉลี่ยทั้งหมด 0 – 9.41 มิลลิเมตร แต่กลุ่มยอดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและตายภายใน 3 สัปดาห์ (ตารางที่ 5 และ 6; รูปที่ 9A, 9E, 9F และ 9G)

จากการศึกษาพบว่าสารควบคุมการเติบโต BA ร่วมกับ TDZ สามารถชักนำให้เกิดยอดจำนวนมากจากกลุ่มยอดได้ดี และยังดีกว่าการใช้สารควบคุมการเติบโต BA หรือ TDZ เพียงสารเดียว เนื่องจาก BA และ TDZ มีการทำงานต่อ receptor binding sites ที่แตกต่างกัน 2 ชนิด คือ adenine-type cytokinins และ phenylurea-type cytokinins (Guo et al., 2011; Jonoubi et al., 2005) แต่การใช้ TDZ ความเข้มข้นสูงขึ้น ทำให้ความสูงของยอดลดลง (Lata et al., 2008) การใช้ BA ร่วมกับ BL พบว่าที่ความเข้มข้น BL สูงกว่า 0.1 ไมโครโมลาร์ กลุ่มยอดไม่มีการรอดชีวิต และอัตราการรอดชีวิตสูงขึ้นตามความเข้มข้นที่ลดลง เนื่องจากความเข้มข้นของ BL ที่มากเกินไปทำให้เกิดการตายของเซลล์จากการเสียสมดุลของอิออน และการกระตุ้นการสร้างเอธิลีน (He et al., 2007; Li et al., 2012; Netto et al., 2005)

ตารางที่ 5 ผลของ BA ร่วมกับ TDZ หรือ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณจากกลุ่มยอดของไผ่ซางหม่นเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์

สารควบคุมการเติบโต (µM)			การเติบโตของกลุ่มยอด[1/]				
BA	TDZ	BL	การรอดชีวิต (%)	จำนวนยอดเริ่มต้นเฉลี่ยต่อกลุ่มยอด (ยอด)	จำนวนยอดทั้งหมดเฉลี่ย (ยอด)	จำนวนยอดที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย(ยอด)	ความยาวยอดทั้งหมดเฉลี่ย (มิลลิเมตร)
0	0	0	10	1.5±0.2^{a}	0.1±0.1^{c}	0.0±0.0^{b}	2.00±2.00^{b}
1.11	0.45	0	100	2.0±0.4^{a}	7.0±2.0^{a}	5.0±1.6^{a}	31.30±4.42^{a}
1.11	0.90	0	100	1.5±0.3^{a}	3.3±1.0^{b}	1.8±0.8^{b}	42.21±6.25^{a}
1.11	1.36	0	90	1.9±0.4^{a}	2.9±0.6^{bc}	1.0±0.4^{b}	35.56±4.67^{a}
1.11	0	0.001	40	1.7±0.3^{a}	1.3±0.6^{bc}	0.0±0.0^{b}	7.63±3.67^{b}
1.11	0	0.1	20	1.7±0.3^{a}	1.0±0.5^{bc}	0.0±0.0^{b}	9.41±5.17^{b}
1.11	0	10	0	1.7±0.5^{a}	0.0±0.0^{c}	0.0±0.0^{b}	0.00±0.00^{b}

[1/]ทำการทดลอง 10 ซ้ำ; อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ ด้วยการวิเคราะห์แบบ Duncan's Multiple Range Tests

ตารางที่ 6 ลักษณะของกลุ่มยอดไผ่ซางหม่นบนอาหารสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเติบโต BA ร่วมกับ TDZ หรือ BL หลังเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์

สารควบคุมการเติบโต (µM)			ลักษณะของกลุ่มยอด[1/]
BA	TDZ	BL	
0	0	0	กลุ่มยอดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและตายภายใน 3 สัปดาห์
1.11	0.45	0	กลุ่มยอดมีสีเขียวขนาดเล็ก ความยาวแต่ละยอดใกล้เคียงกัน
1.11	0.90	0	กลุ่มยอดมีสีเขียวขนาดเล็ก ความยาวแต่ละยอดใกล้เคียงกัน
1.11	1.36	0	กลุ่มยอดมีสีเขียวขนาดเล็ก บางส่วนเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล
1.11	0	0.001	กลุ่มยอดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและตายภายใน 3 สัปดาห์
1.11	0	0.1	กลุ่มยอดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและตายภายใน 3 สัปดาห์
1.11	0	10	กลุ่มยอดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและตายภายใน 2 สัปดาห์

[1/]ทำการทดลอง 10 ซ้ำ; อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ ด้วยการวิเคราะห์แบบ Duncan's Multiple Range Tests

รูปที่ 9 ผลของสารควบคุมการเติบโต BA ร่วมกับ TDZ หรือ BL ในอาหารเหลวสูตร MS ต่อการชักนำยอดจำนวนมากของไผ่ซางหม่น เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์ (สเกล = 10 มิลลิเมตร)

A อาหารสูตร MS (ชุดควบคุม)

B อาหารสูตร MS + BA 1.11 µM + TDZ 0.45 µM

C อาหารสูตร MS + BA 1.11 µM + TDZ 0.90 µM

D อาหารสูตร MS + BA 1.11 µM + TDZ 1.36 µM

E อาหารสูตร MS + BA 1.11 µM + BL 0.001 µM

F อาหารสูตร MS + BA 1.11 µM + BL 0.1 µM

G อาหารสูตร MS + BA 1.11 µM + BL 10 µM

การทดลองที่ 4 ผลของ BA หรือ TDZ ร่วมกับ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณจากกลุ่มยอดของไผ่ซางหม่น

นำกลุ่มยอดเฉลี่ย 3-4 ยอดต่อกลุ่ม จากชิ้นส่วนข้อที่เพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 17.76 ไมโครโมลาร์ จากการทดลองที่ 1 มาเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร MS ที่เติม BA หรือ TDZ ร่วมกับ BL ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันรวม 7 สูตร ทำการทดลอง 10 ซ้ำ เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์ พบว่าอาหารสูตร MS ที่ TDZ ความเข้มข้น 0.45 ไมโครโมลาร์ ร่วมกับ BL ความเข้มข้น 0.001 ไมโครโมลาร์ มีอัตราการรอดชีวิตสูงที่สุด (100%) (ตารางที่ 7; รูปที่ 10E) โดยการเพาะเลี้ยงกลุ่มยอดในอาหารสูตร MS ที่เติม TDZ ความเข้มข้น 0.45, 0.90 และ 1.36 ไมโครโมลาร์ ร่วมกับ BL ความเข้มข้น 0.001, 0.00001 และ 0.0000001 ไมโครโมลาร์ ชักนำให้เกิดจำนวนยอดเฉลี่ยสูงที่สุด (14.7, 11.9 และ 13.5 ยอด) จำนวนยอดเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นสูงที่สุด (10.8, 8.7 และ 9.9ยอด) ความยาวของยอดเฉลี่ยมากที่สุด (22.11, 19.24 และ 19.54 มิลลิเมตร) และลักษณะกลุ่มยอดมีเขียว ขนาดเล็กจำนวนมาก (ตารางที่ 7 และ 8; รูปที่ 10E, 10F และ 10G) ทั้งนี้เมื่อความเข้มข้นของ TDZ เพิ่มขึ้นเป็น 0.90 ไมโครโมลาร์ และความเข้มข้น BL ลดลงเป็น 0.00001 ไมโครโมลาร์ จำนวนยอดทั้งหมดเฉลี่ย จำนวนยอดที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย และความยาวยอดทั้งหมดเฉลี่ยจะเริ่มลดลง (ตารางที่ 7) สำหรับอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 1.11 ไมโครโมลาร์ ร่วมกับ BL ความเข้มข้น 0.001, 0.00001 และ 0.0000001 ไมโครโมลาร์ มีจำนวนยอดทั้งหมดเฉลี่ย จำนวนยอดที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย และความยาวยอดทั้งหมดเฉลี่ย ไม่แตกต่างจากอาหารสูตร MS ที่ปราศจากสารควบคุมการเติบโต คือ ให้จำนวนยอดเฉลี่ย 0.1-0.7 ยอด จำนวนยอดที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 0-0.8 ยอด และความยาวยอดทั้งหมดเฉลี่ย 2.60-6.45 มิลลิเมตร (ตารางที่ 7; รูปที่ 10A, 10B, 10C และ 10D) เมื่อลดความเข้มข้นของ BL ที่ใช้ร่วมกับ BA หรือ TDZ ที่ใช้เป็น 0.001, 0.00001 และ 0.0000001 ไมโครโมลาร์ พบว่า มีอัตราการรอดชีวิตเพิ่มขึ้นมากกว่าการใช้ BL ที่ความเข้มข้นสูงกว่า 0.001 ไมโครโมลาร์ และอัตราการรอดชีวิตของกลุ่มยอดเพิ่มขึ้นมากกว่าการใช้ BA ความเข้มข้น 1.11 ไมโครโมลาร์ หรือ BL ความเข้มข้น 0.001 และ 0.1 ไมโครโมลาร์เพียงสารเดียว (ตารางที่ 7)

การใช้สารควบคุมการเติบโต BA ร่วมกับ BL พบว่าการเติม BL ความเข้มข้นต่ำกว่า 0.1 ไมโครโมลาร์ มีผลให้อัตราการรอดชีวิตสูงขึ้นเมื่อความเข้มข้นของ BL ลดลง ยกเว้นที่ความเข้มข้น 0.00001 ไมโครโมลาร์ โดยอาจมีผลมาจากความสมบูรณ์ของกลุ่มยอดเริ่มต้น เนื่องจากที่ความเข้มข้น BL สูงและต่ำกว่า 0.00001 ไมโครโมลาร์ มีอัตราการรอดชีวิตไม่แตกต่างกัน แต่การใช้ BA ร่วมกับ BL ให้ผลการทดลองต่ำกว่าการใช้ BA เพียงสารเดียว เนื่องจาก BL เป็นสารควบคุมการเติบโตที่มีประสิทธิภาพสูง แต่ทำงานโดยการชักนำการทำงานของสารควบคุมการเติบโตชนิดอื่นภายในเซลล์ (Anwar et al., 2018) เป็นเหตุให้การใช้ BA ร่วมกับ BL ให้ผลการทดลองต่ำกว่าการใช้ BA หรือ BL เพียงสารเดียว เนื่องจากความเข้มข้นของ BA และ BL มากเกินไป โดยเมื่อความเข้มข้นของ BA

สูงเกินไปจะยับยั้งการเจริญพัฒนาและการแบ่งตัวของเซลล์ และความเข้มข้นของ BL สูงเกินไปจะทำให้เกิดการสูญเสียสมดุลของอิออนภายในเซลล์และเกิดการผลิตเอธิลีนขึ้น เพื่อเป็นการกำจัดเซลล์บางส่วนทิ้งไปและเก็บรักษาเซลล์ที่ยังมีสภาพดีไว้ (He et al., 2007; Li et al., 2012; Netto et al., 2005) ในขณะที่การใช้ TDZ ร่วมกับ BL ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน พบว่าอัตราการรอดชีวิตของกลุ่มยอดไผ่ซางหม่นเพิ่มขึ้นจนถึง 100% และมีการลดลงตามความเข้มข้นของ TDZ ที่เพิ่มขึ้น และความเข้มข้นของ BL ที่ลดลง ในขณะที่จำนวนยอดไม่แตกต่างกัน เนื่องจาก TDZ ชักนำการทำงานของสารควบคุมการเติบโตในกลุ่ม Cytokinins ภายในเซลล์ ซึ่ง TDZ มีประสิทธิภาพมากกว่า BA (Sunagawa et al., 2007) ทำให้เกิดยอดจำนวนมากกว่า มีรายงานว่า BL เป็นสารควบคุมการเติบโตที่ชักนำให้เกิดการทำงานของสารควบคุมการเติบโตในกลุ่ม Cytokinins ร่วมกับสารควบคุมการเติบโตอื่นๆภายในเซลล์ (Anwar et al., 2018) นอกจากนี้รายงานว่า BL ทำหน้าที่ในการรักษาสมดุลของสารควบคุมการเติบโตอื่นภายในเซลล์จากผลข้างเคียงในการชักนำให้เกิดยอดของ TDZ และลดความเครียดภายในเซลล์ที่เกิดขึ้น (Vardhini & Anjum, 2015) แต่เมื่อ BL ไม่สามารถปรับสภาพเซลล์ทั้งหมดจากผลกระทบที่เกิดจากความเข้มข้นของ TDZ ได้ทั้งหมดจะทำการกำจัดเซลล์บางส่วนทิ้ง ทำให้อัตราการรอดชีวิตลดลง (Netto et al., 2005)

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 7 ผลของ BA หรือ TDZ ร่วมกับ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณจากกลุ่มยอดของไผ่ซางหม่น เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์

สารควบคุมการเติบโต (μM)			การเติบโตของกลุ่มยอด[1/]				
BA	TDZ	BL	การรอดชีวิต (%)	จำนวนยอดเริ่มต้นเฉลี่ยต่อกลุ่มยอด(ยอด)	จำนวนยอดทั้งหมดเฉลี่ย (ยอด)	จำนวนยอดที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย(ยอด)	ความยาวยอดทั้งหมดเฉลี่ย (มิลลิเมตร)
0	0	0	0	3.9±0.5[a]	0.0±0.0[b]	0.0±0.0[b]	0.00±0.00[b]
1.11	0	0.001	30	3.4±0.5[a]	0.7±0.4[b]	0.0±0.0[b]	6.25±3.29[b]
1.11	0	0.00001	10	3.5±0.6[a]	0.1±0.1[b]	0.0±0.0[b]	2.60±2.60[b]
1.11	0	0.0000001	30	3.3±0.5[a]	0.5±0.3[b]	0.5±0.5[b]	6.45±3.72[b]
0	0.45	0.001	100	3.9±0.5[a]	14.7±1.5[a]	10.8±1.1[a]	22.11±1.74[a]
0	0.90	0.00001	80	3.8±0.6[a]	11.9±3.1[a]	8.7±2.5[a]	19.24±3.51[a]
0	1.36	0.0000001	90	3.9±0.5[a]	13.5±2.7[a]	9.9±2.1[a]	19.54±2.86[a]

[1/]ทำการทดลอง 10 ซ้ำ; อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ ด้วยการวิเคราะห์แบบ Duncan's Multiple Range Tests

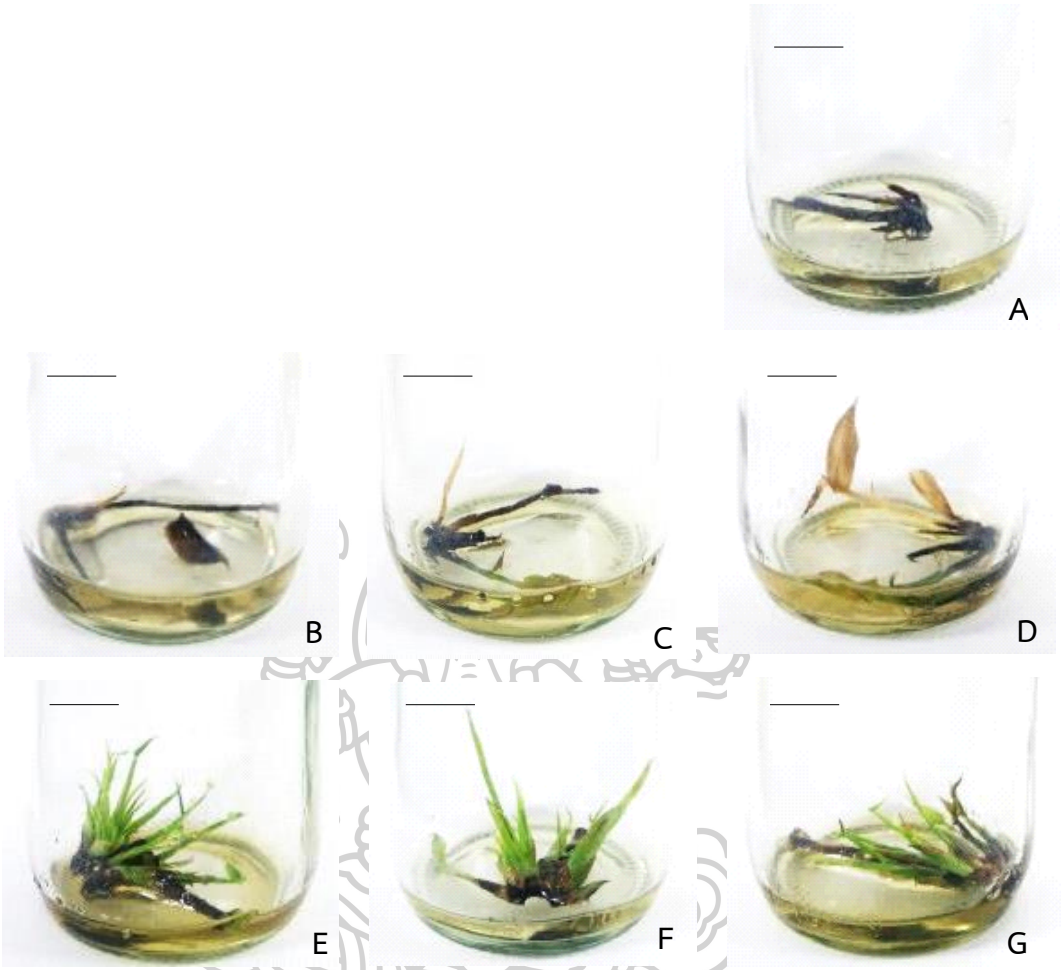
มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 8 ลักษณะของกลุ่มยอดไผ่ซางหม่นบนอาหารสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเติบโต BA หรือ TDZ ร่วมกับ BL หลังเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์

สารควบคุมการเติบโต (μM)			ลักษณะของกลุ่มยอด[1/]
BA	TDZ	BL	
0	0	0	กลุ่มยอดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและตายภายใน 3 สัปดาห์
1.11	0	0.001	กลุ่มยอดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและตายภายใน 3 สัปดาห์
1.11	0	0.00001	กลุ่มยอดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและตายภายใน 3 สัปดาห์
1.11	0	0.0000001	กลุ่มยอดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและตายภายใน 3 สัปดาห์
0	0.45	0.001	กลุ่มยอดมีสีเขียวขนาดเล็กจำนวนมาก ความยาวแต่ละยอดใกล้เคียงกัน
0	0.90	0.00001	กลุ่มยอดมีสีเขียวขนาดเล็กจำนวนมาก ความยาวแต่ละยอดใกล้เคียงกัน
0	1.36	0.0000001	กลุ่มยอดมีสีเขียวขนาดเล็กจำนวนมาก ความยาวแต่ละยอดใกล้เคียงกัน

[1/]ทำการทดลอง 10 ซ้ำ; อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ ด้วยการวิเคราะห์แบบ Duncan's Multiple Range Tests

มหาวิทยาลัยศิลปากร



รูปที่ 10 ผลของสารควบคุมการเติบโต BA หรือ TDZ ร่วมกับ BL ในอาหารเหลวสูตร MS ต่อการชักนำยอดจำนวนมากของไผ่ซางหม่น ที่เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์ (สเกล = 10 มิลลิเมตร)

A อาหารสูตร MS (ชุดควบคุม)

B อาหารสูตร MS + BA 1.11 µM + BL 0.001 µM

C อาหารสูตร MS + BA 1.11 µM + BL 0.00001 µM

D อาหารสูตร MS + BA 1.11 µM + BL 0.0000001 µM

E อาหารสูตร MS + TDZ 0.45 µM + BL 0.001 µM

F อาหารสูตร MS + TDZ 0.90 µM + BL 0.00001 µM

G อาหารสูตร MS + TDZ 1.36 µM + BL 0.0000001 µM

การทดลองที่ 5 ผลของ BA ร่วมกับ TDZ และ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณจากกลุ่มยอดของไผ่ซางหม่น

นำกลุ่มยอดเฉลี่ย 3-4 ยอดต่อกลุ่ม จากชิ้นส่วนข้อที่เพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 17.76 ไมโครโมลาร์ จากการทดลองที่ 1 มาเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร MS ที่เติม BA ร่วมกับ TDZ และ BL ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน 10 สูตร ทำการทดลอง 10 ซ้ำ เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์ พบว่าอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 1.11 ไมโครโมลาร์ และ TDZ ความเข้มข้น 0.45 ไมโครโมลาร์ ร่วมกับ BL ความเข้มข้น 0.001 และ 0.0000001 ไมโครโมลาร์ มีอัตราการรอดชีวิตสูงที่สุด (100%) (ตารางที่ 9; รูปที่ 11B และ 11D) เมื่อความเข้มข้น TDZ เพิ่มขึ้นเป็น 0.90 ไมโครโมลาร์ อัตราการรอดชีวิตลดลงเล็กน้อย (ตารางที่ 9) ในขณะที่อาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 1.11 ไมโครโมลาร์ ร่วมกับ TDZ ความเข้มข้น 0.45 ไมโครโมลาร์ และ BL ความเข้มข้น 0.001, 0.00001 และ 0.0000001 ไมโครโมลาร์ ชักนำให้เกิดยอดเฉลี่ยสูงที่สุด (13.7, 12.5 และ 11.8 ยอดตามลำดับ) จำนวนยอดที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยสูงสุด (10.2, 9.5 และ 8.8 ยอดตามลำดับ) (ตารางที่ 9 และ 10; รูปที่ 11B, 11C และ 11D) เมื่อความเข้มข้นของ TDZ เพิ่มขึ้นเป็น 0.90 ไมโครโมลาร์ จำนวนยอดเฉลี่ยทั้งหมดลดลง (2.4-7.7ยอด) (ตารางที่ 9; รูปที่ 11E, 11F และ 11G) ในขณะที่อาหารทดลองทุกสูตรยกเว้นอาหารสูตร MS (ชุดควบคุม) ชักนำให้เกิดความยาวยอดเฉลี่ยสูงสุด (20.46-26.06 มิลลิเมตร) แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และกลุ่มยอดทุกสูตรอาหารมีสีเขียวขนาดเล็กจำนวนมาก นอกจากอาหารสูตร MS (ชุดควบคุม) ที่เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและตายใน 3 สัปดาห์ (ตารางที่ 9 และ 10; รูปที่ 11A, 11B, 11C, 11D, 11E, 11F, 11G, 11H, 11I และ 11J)

จากการศึกษาพบว่าการใช้สารควบคุมการเติบโต BA ร่วมกับ TDZ และ BL พบว่าความเข้มข้น TDZ และ BL ที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้การชักนำยอดลดลง เนื่องจาก TDZ เป็นสารควบคุมการเติบโตที่มีประสิทธิภาพสูงมาก เมื่อใช้ร่วมกับ BA และ BL ที่มีความสามารถในการชักนำยอดเช่นเดียวกัน อาจทำให้เกิดความเข้มข้นของสารควบคุมการเติบโตที่มากเกินไป โดยทั้ง TDZ และ BL เมื่อมีความเข้มข้นของสารควบคุมการเติบโตสูงเกินไป TDZ จะทำลายสมดุลระหว่าง Cytokinins และ Auxins ภายในเซลล์พืช (Lata et al., 2008) โดยเฉพาะ BL ที่สามารถเป็นสารช่วยลดความเครียดต่อพืชหากใช้ในปริมาณน้อย เนื่องจาก BL จะทำการควบคุมและปรับสมดุลระหว่างสารควบคุมการเติบโตอื่นภายในเซลล์ เพื่อลดผลกระทบจากสภาวะความเครียดต่างๆที่เกิดขึ้น (Anwar et al., 2018) แต่เมื่อได้มีปริมาณสูงเกินไป BL จะกระตุ้นให้เกิดการทำลายสมดุลของ Cytokinins และ Auxins โดยกระตุ้นการทำงานของกลุ่ม Cytokinins ให้เพิ่มขึ้น เมื่อรวมกับผลของ TDZ ก่อนหน้า ส่งผลให้เกิดปริมาณสารควบคุมการเติบโต BA ภายในเซลล์สูงเกินไปจนเกิดการหยุดการพัฒนา

และการแบ่งตัวของเซลล์ (Lata et al., 2008) รวมถึงการสร้างเอธิลีนจาก BL (Netto et al., 2005) ส่งผลให้จำนวนยอดและการเติบโตของยอดลดลง

ตารางที่ 9 ผลของ BA ร่วมกับ TDZ และ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณจากกลุ่มยอดของไผ่ซางหม่น เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์

สารควบคุมการเติบโต (μM)			การเติบโตของกลุ่มยอด[1/]				
BA	TDZ	BL	การรอดชีวิต (%)	จำนวนยอดเริ่มต้นต่อกลุ่มยอดเฉลี่ย (ยอด)	จำนวนยอดทั้งหมดเฉลี่ย (ยอด)	จำนวนยอดที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย(ยอด)	ความยาวยอดทั้งหมดเฉลี่ย (มิลลิเมตร)
0	0	0	0	3.4±0.8 ^{a}	0.0±0.0^{e}	0.0±0.0^{c}	0.00±0.00^{b}
1.11	0.45	0.001	100	3.3±0.6 ^{a}	11.8±4.0^{abc}	8.8±4.0^{ab}	26.06±3.00^{a}
1.11	0.45	0.00001	90	3.3±0.5 ^{a}	12.5±2.6^{ab}	9.5±2.3^{ab}	23.65±3.51^{a}
1.11	0.45	0.0000001	100	3.5±0.6 ^{a}	13.7±3.2^{a}	10.2±2.7^{a}	28.10±4.34^{a}
1.11	0.90	0.001	90	3.3±0.4 ^{a}	6.6±1.8^{cd}	3.7±1.3^{c}	20.46±2.83^{a}
1.11	0.90	0.00001	90	3.4±0.5 ^{a}	7.7±1.9^{bcd}	5.1±1.4^{bc}	21.82±4.82^{a}
1.11	0.90	0.0000001	70	3.4±0.7 ^{a}	2.4±1.0^{e}	1.0±0.7^{c}	21.30±8.35^{a}
1.11	1.36	0.001	90	3.3±0.7 ^{a}	4.9±1.1^{de}	2.5±0.9^{c}	25.27±6.72^{a}
1.11	1.36	0.00001	90	3.3±0.6 ^{a}	5.3±1.2^{de}	2.6±0.9^{c}	25.84±5.42^{a}
1.11	1.36	0.0000001	90	3.5±0.5 ^{a}	6.7±2.0^{cde}	3.8±1.5^{c}	22.22±4.55^{a}

[1/]ทำการทดลอง 10 ซ้ำ; อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ ด้วยการวิเคราะห์แบบ Duncan's Multiple Range Tests

ตารางที่ 10 ลักษณะของกลุ่มยอดไผ่ซางหม่นบนอาหารสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเติบโต BA ร่วมกับ TDZ และ BL หลังเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์

สารควบคุมการเติบโต (μM)			ลักษณะของกลุ่มยอด[1/]
BA	TDZ	BL	
0	0	0	กลุ่มยอดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและตายภายใน 3 สัปดาห์
1.11	0.45	0.001	กลุ่มยอดมีสีเขียวขนาดเล็กจำนวนมาก ความยาวแต่ละยอดใกล้เคียงกัน
1.11	0.45	0.00001	กลุ่มยอดมีสีเขียวขนาดเล็กจำนวนมาก ความยาวแต่ละยอดใกล้เคียงกัน
1.11	0.45	0.0000001	กลุ่มยอดมีสีเขียวขนาดเล็กจำนวนมาก ความยาวแต่ละยอดใกล้เคียงกัน
1.11	0.90	0.001	กลุ่มยอดมีสีเขียวขนาดเล็กจำนวนมาก ความยาวแต่ละยอดใกล้เคียงกัน
1.11	0.90	0.00001	กลุ่มยอดมีสีเขียวขนาดเล็กจำนวนมาก ความยาวแต่ละยอดใกล้เคียงกัน
1.11	0.90	0.0000001	กลุ่มยอดมีสีเขียวขนาดเล็กจำนวนมาก ความยาวแต่ละยอดใกล้เคียงกัน
1.11	1.36	0.001	กลุ่มยอดมีสีเขียวขนาดเล็กจำนวนมาก ความยาวแต่ละยอดใกล้เคียงกัน
1.11	1.36	0.00001	กลุ่มยอดมีสีเขียวขนาดเล็กจำนวนมาก ความยาวแต่ละยอดใกล้เคียงกัน
1.11	1.36	0.0000001	กลุ่มยอดมีสีเขียวขนาดเล็กจำนวนมาก ความยาวแต่ละยอดใกล้เคียงกัน

[1/]ทำการทดลอง 10 ซ้ำ; อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ ด้วยการวิเคราะห์แบบ Duncan's Multiple Range Tests

มหาวิทยาลัยศิลปากร

รูปที่ 11 ผลของสารควบคุมการเติบโต BA หรือ TDZ ร่วมกับ BL ในอาหารเหลวสูตร MS ต่อการชักนำยอดจำนวนมากของไผ่ซางหม่น ที่เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์ (สเกล = 10 มิลลิเมตร)

A อาหารสูตร MS (ชุดควบคุม)

B อาหารสูตร MS + BA 1.11 µM + TDZ 0.45 µM + BL 0.001 µM

C อาหารสูตร MS + BA 1.11 µM + TDZ 0.45 µM + BL 0.00001 µM

D อาหารสูตร MS + BA 1.11 µM + TDZ 0.45 µM + BL 0.0000001 µM

E อาหารสูตร MS + BA 1.11 µM + TDZ 0.90 µM + BL 0.001 µM

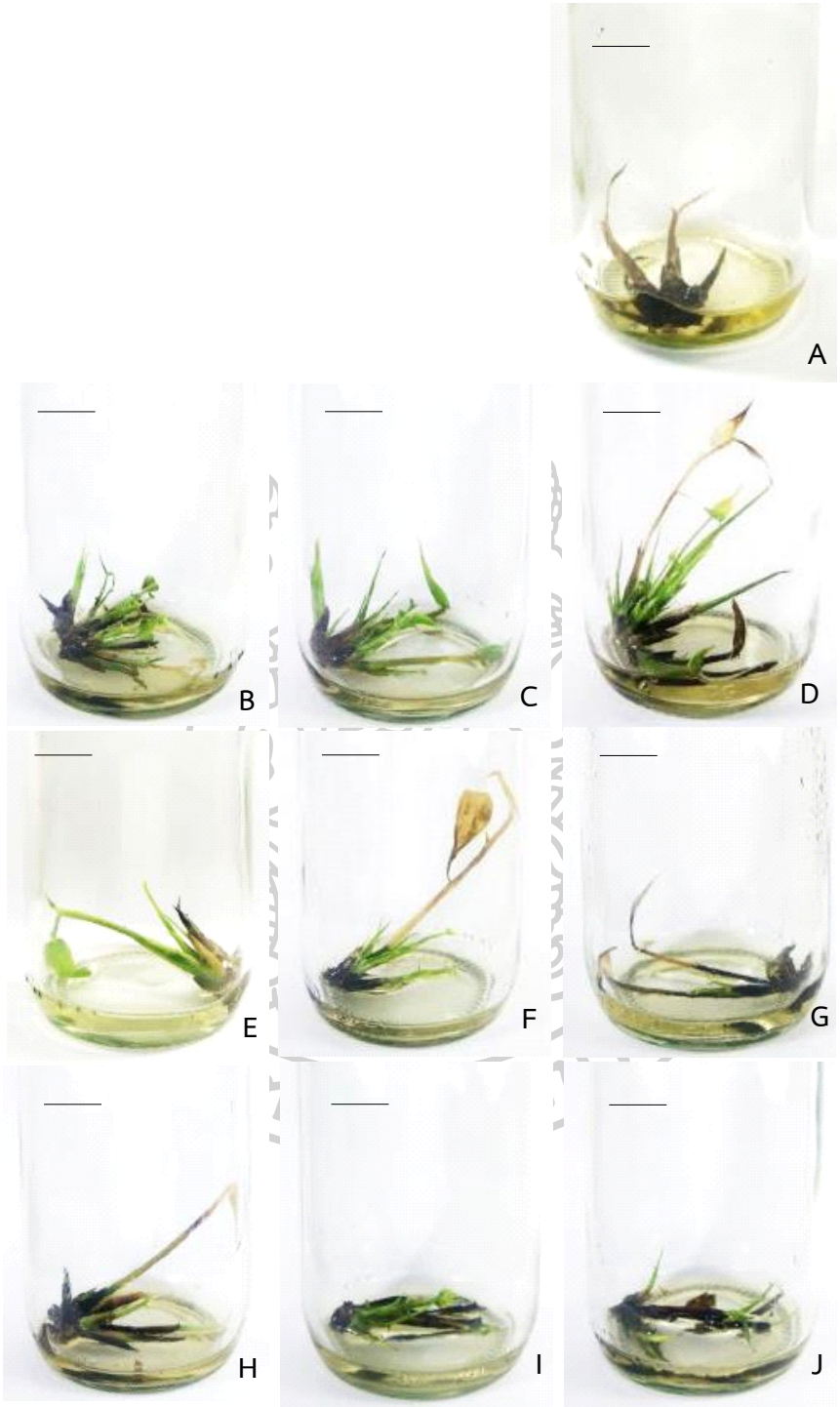
F อาหารสูตร MS + BA 1.11 µM + TDZ 0.90 µM + BL 0.00001 µM

G อาหารสูตร MS + BA 1.11 µM + TDZ 0.90 µM + BL 0.0000001 µM

H อาหารสูตร MS + BA 1.11 µM + TDZ 1.36 µM + BL 0.001 µM

I อาหารสูตร MS + BA 1.11 µM + TDZ 1.36 µM + BL 0.00001 µM

J อาหารสูตร MS + BA 1.11 µM + TDZ 1.36 µM + BL 0.0000001 µM


A
B
C
D
E
F
G
H
I
J

การทดลองที่ 6 ผลของ IBA หรือ BL ต่อการชักนำให้เกิดรากจากกลุ่มยอดของไผ่ซางหม่น

นำกลุ่มยอดเฉลี่ย 3-4 ยอดต่อกลุ่ม จากชิ้นส่วนข้อที่เพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 17.76 ไมโครโมลาร์ต่อลิตร จากการทดลองที่ 1 มาเพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติม IBA หรือ BL ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันรวม 7 สูตร โดยทำการทดลอง 10 ซ้ำ หลังการเพาะเลี้ยง 3 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มยอดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารทดลองทุกสูตรมีอัตราการรอดชีวิตเท่ากับ 0% และไม่มีสูตรอาหารใดสามารถชักนำให้เกิดรากได้ (ตารางที่ 11) จากผลการทดลองทำให้มีการตั้งสมมุติฐาน 2 ข้อ คือ 1.ปริมาณสารควบคุมการเติบโตในสารควบคุมการเติบโตกลุ่ม Auxins มากเกินไป และ 2.ปริมาณสารควบคุมการเติบโตน้อยเกินไป เนื่องจากในการชักนำให้เกิดรากจากกลุ่มยอดในไผ่ *Dendrocalamus* มีการใช้ IBA ความเข้มข้นตั้งแต่ 24.6 ไมโครโมลาร์ (Arya et al., 2002) จนถึง 250 ไมโครโมลาร์ สำหรับไผ่ในสกุลอื่น (Agnihotri & Nandi, 2009) มีรายงานว่าสารควบคุมการเติบโต Auxins ในปริมาณที่ไม่เพียงพอจะไม่สามารถชักนำให้เกิดราก แต่มีผลต่อการทำงานของสารควบคุมการเติบโตอื่นในตัวพืช โดยเฉพาะสารควบคุมการเติบโตในกลุ่ม Cytokinins (Kurepa et al., 2019) หรือปริมาณสารควบคุมการเติบโตในกลุ่ม Auxins ที่มากเกินไปจะทำให้พืชตาย (Singh et al., 2013) สังเกตได้จากระหว่างการทดลองอาหารเพาะเลี้ยงที่เติม IBA ที่ความเข้มข้น 14.76 ไมโครโมลาร์ พบว่ากลุ่มยอดตายในเวลาเพาะเลี้ยงเฉลี่ยเพียง 1 สัปดาห์ ในขณะที่อาหารเพาะเลี้ยงที่เติม IBA ความเข้มข้น 9.84 และ 4.92 ไมโครโมลาร์ พบว่ากลุ่มยอดตายภายในระยะเวลาเพาะเลี้ยง 2-3 สัปดาห์ โดยที่ IBA ความเข้มข้น 9.84 ไมโครโมลาร์ ทำให้กลุ่มยอดทั้งหมดตายก่อนกลุ่มยอดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารที่เติม IBA ความเข้มข้น 4.92 ไมโครโมลาร์ มีรายงานว่าการทำงานของสารควบคุมการเติบโตในกลุ่ม Auxins กระตุ้นให้พืชสร้าง Auxins ขึ้นในต้นพืชเพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโต หรือการเกิดราก แต่ auxins ในปริมาณสูงเกินไปนอกจากไม่สามารถชักนำให้เกิดราก ยังมีรายงานการยับยั้งการเกิดราก (Mello et al., 2016) และยับยั้งการเติบโตของพืช ทำให้ต้นพืชตายในระยะเวลาอันสั้น (Singh et al., 2013) เช่นเดียวกับ การศึกษางานวิจัยที่พบว่า BL สามารถชักนำให้เกิดรากเมื่อใช้ BL เพียงสารเดียว (Li et al., 2020) แต่จากการทดลองพบว่าการใช้ BL ที่ความเข้มข้น 0.00001, 0.001 และ 0.1 ไมโครโมลาร์ ไม่เหมาะสมสำหรับการชักนำให้เกิดรากในไผ่ซางหม่น เนื่องจากกลุ่มยอดในการทดลอง ตายอย่างรวดเร็วในระยะเวลาเพียง 1-2 สัปดาห์ (ตารางที่ 12) โดยกลุ่มยอดที่เติม BL ความเข้มข้น 0.00001 ไมโครโมลาร์ ตายอย่างรวดเร็วในระยะเวลา 1 สัปดาห์ (ตารางที่ 12) ในขณะที่กลุ่มยอดที่เติม BL ความเข้มข้น 0.001 และ 0.1 ไมโครโมลาร์ ตายในระยะเวลา 1-2 สัปดาห์ (ตารางที่ 12) แม้กลุ่มยอดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารที่เติม BL ที่ความเข้มข้น 0.1 ไมโครโมลาร์ มีการตายช้าที่สุด ทั้งนี้มีรายงานว่า BL เป็นสารควบคุมการเติบโตที่สามารถชักนำให้เกิดรากในพืชบางชนิด (Hu et al., 2016) แต่ในไผ่ซางหม่นพบว่า BL เป็น

สารควบคุมการเติบโตที่สนับสนุนการทำงานของสารควบคุมการเติบโตชนิดอื่นได้ดีกว่า (Anwar et al., 2018)

ตารางที่ 11 ผลของ IBA หรือ BL ต่อการชักนำให้เกิดรากจากกลุ่มยอดของไผ่ซางหม่น เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์

สารควบคุมการเติบโต (µM)		การเกิดราก [1/]			
IBA	BL	การรอดชีวิต (%)	จำนวนยอดเริ่มต้นเฉลี่ย (ยอด)	จำนวนรากทั้งหมดเฉลี่ย (ราก)	ความยาวรากเฉลี่ยทั้งหมด (มิลลิเมตร)
0	0	0	3.4±0.8[a]	0.0±0.0[a]	0.00±0.00[a]
4.92	0	0	3.3±0.6 [a]	0.0±0.0[a]	0.00±0.00[a]
9.84	0	0	3.3±0.5 [a]	0.0±0.0[a]	0.00±0.00[a]
14.76	0	0	3.5±0.6 [a]	0.0±0.0[a]	0.00±0.00[a]
0	0.00001	0	3.3±0.4 [a]	0.0±0.0[a]	0.00±0.00[a]
0	0.001	0	3.4±0.5 [a]	0.0±0.0[a]	0.00±0.00[a]
0	0.1	0	3.4±0.7 [a]	0.0±0.0[a]	0.00±0.00[a]

[1/]ทำการทดลอง 10 ซ้ำ; อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ ด้วยการวิเคราะห์แบบ Duncan's Multiple Range Tests

ตารางที่ 12 ลักษณะของกลุ่มยอดไผ่ซางหม่นบนอาหารสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเติบโต IBA หรือ BL หลังเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์

สารควบคุมการเติบโต (µM)		ลักษณะของกลุ่มยอด [1/]
IBA	BL	
0	0	กลุ่มยอดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและตายภายใน 2 สัปดาห์
4.92	0	กลุ่มยอดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและตายภายใน 3 สัปดาห์
9.84	0	กลุ่มยอดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและตายภายใน 2 สัปดาห์
14.76	0	กลุ่มยอดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและตายภายใน 1 สัปดาห์
0	0.00001	กลุ่มยอดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและตายภายใน 2 สัปดาห์
0	0.001	กลุ่มยอดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและตายภายใน 2 สัปดาห์
0	0.1	กลุ่มยอดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและตายภายใน 2 สัปดาห์

[1/]ทำการทดลอง 10 ซ้ำ; อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ ด้วยการวิเคราะห์แบบ Duncan's Multiple Range Tests

มหาวิทยาลัยศิลปากร

รูปที่ 12 ผลของสารควบคุมการเติบโต IBA หรือ BL ในอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ต่อการชักนำให้เกิดรากไผ่ซางหม่นที่เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์ (สเกล = 10 มิลลิเมตร)

A อาหารสูตร MS (ชุดควบคุม)
B อาหารสูตร MS + IBA 4.92 µM
C อาหารสูตร MS + IBA 9.84 µM
D อาหารสูตร MS + IBA 14.76 µM
E อาหารสูตร MS + BL 0.00001 µM
F อาหารสูตร MS + BL 0.001 µM
G อาหารสูตร MS + BL 0.1 µM

การทดลองที่ 7 ผลของ IBA ร่วมกับ BL ต่อการชักนำให้เกิดรากจากกลุ่มยอดของไผ่ซางหม่น

เมื่อนำกลุ่มยอดเฉลี่ย 3-4 ยอดต่อกลุ่ม จากชิ้นส่วนข้อที่เพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 17.76 ไมโครโมลาร์ต่อลิตร จากการทดลองที่ 1 มาเพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติม IBA ร่วมกับ BL ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันรวม 10 สูตร โดยทำการทดลอง 10 ซ้ำ หลังการเพาะเลี้ยง 3 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มยอดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารทุกสูตรมีอัตราการรอดชีวิตเท่ากับ 0% และไม่มีสูตรอาหารใดสามารถชักนำให้เกิดราก (ตารางที่ 13) การทดลองพบว่าเมื่อใช้ IBA ร่วมกับ BL สามารถเพิ่มระยะเวลาในการเพาะเลี้ยงกลุ่มยอดได้นานมากขึ้น ทำให้กลุ่มยอดทั้งหมดมีระยะเวลาในการเพาะเลี้ยง 2-3 สัปดาห์ (ตารางที่ 14) ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องจากสารควบคุมการเติบโต BL สามารถปรับสภาพสารควบคุมการเติบโตหลายๆชนิดในพืช เช่น Auxins, Cytokinins และ Abscisic acid(ABA) เป็นต้น (Anwar et al., 2018) อย่างไรก็ตามพบว่าไม่มีกลุ่มยอดใดที่สามารถมีชีวิตรอดจนครบ 3 สัปดาห์ (ตารางที่ 14) หรือเกิดรากขึ้นในการทดลองนี้

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 13 ผลของ IBA และ BL ต่อการชักนำให้เกิดรากจากกลุ่มยอดของไผ่ซางหม่น เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์

สารควบคุมการเติบโต (μM)		การเกิดราก [1/]			
IBA	BL	การรอดชีวิต (%)	จำนวนยอดเริ่มต้นเฉลี่ย (ยอด)	จำนวนรากทั้งหมดเฉลี่ย (ราก)	ความยาวรากทั้งหมดเฉลี่ย (มิลลิเมตร)
0	0	0	3.4±0.8[a]	0.0±0.0[a]	0.00±0.00[a]
4.92	0.00001	0	3.3±0.6[a]	0.0±0.0[a]	0.00±0.00[a]
4.92	0.001	0	3.3±0.5[a]	0.0±0.0[a]	0.00±0.00[a]
4.92	0.1	0	3.5±0.6[a]	0.0±0.0[a]	0.00±0.00[a]
9.84	0.00001	0	3.3±0.4[a]	0.0±0.0[a]	0.00±0.00[a]
9.84	0.001	0	3.4±0.5[a]	0.0±0.0[a]	0.00±0.00[a]
9.84	0.1	0	3.4±0.7[a]	0.0±0.0[a]	0.00±0.00[a]
14.76	0.00001	0	3.3±0.7[a]	0.0±0.0[a]	0.00±0.00[a]
14.76	0.001	0	3.3±0.6[a]	0.0±0.0[a]	0.00±0.00[a]
14.76	0.1	0	3.5±0.5[a]	0.0±0.0[a]	0.00±0.00[a]

[1/]ทำการทดลอง 10 ซ้ำ; อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ ด้วยการวิเคราะห์แบบ Duncan's Multiple Range Tests

ตารางที่ 14 ลักษณะของกลุ่มยอดไผ่ซางหม่นบนอาหารสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเติบโต IBA และ BL หลังเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์

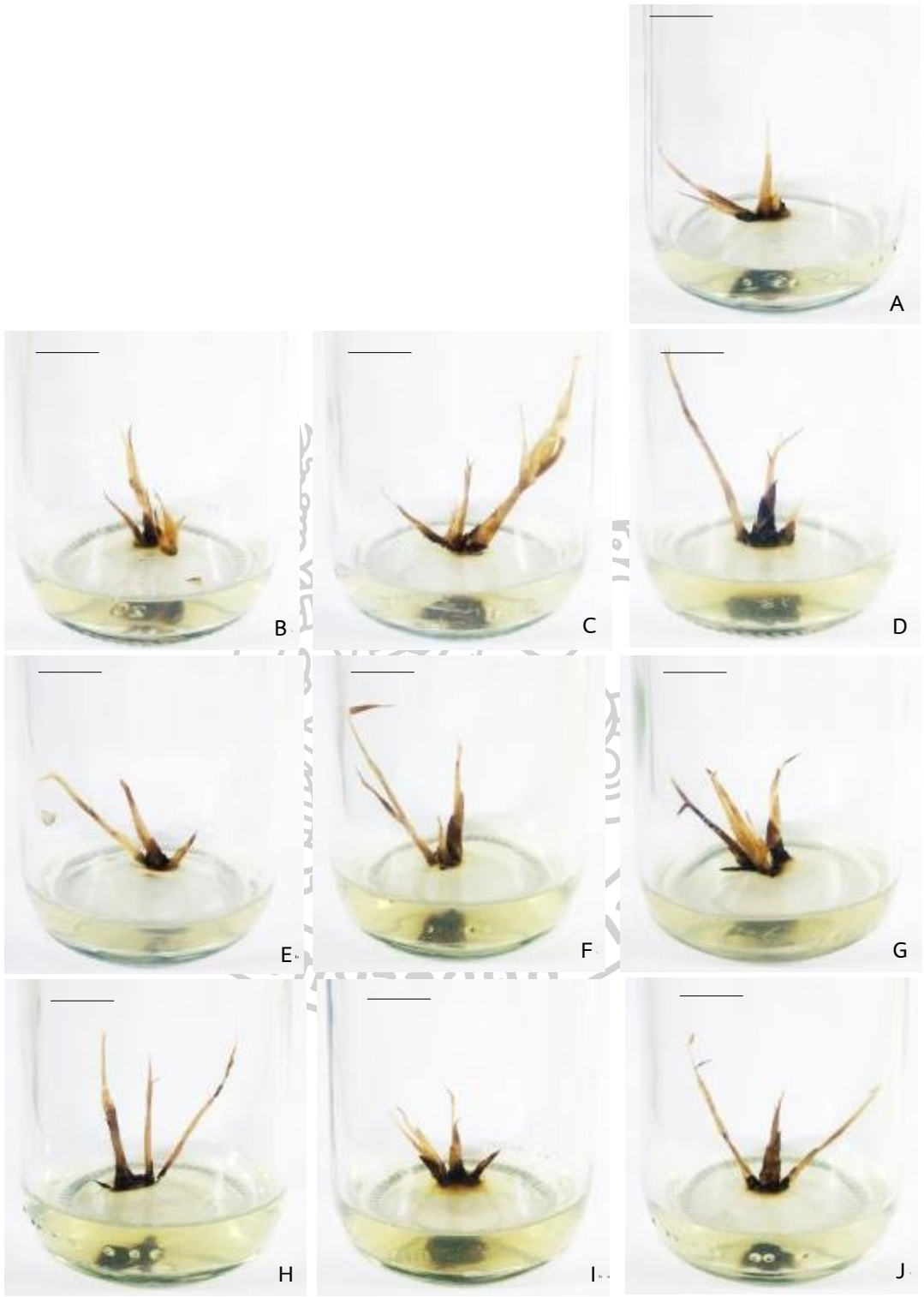
สารควบคุมการเติบโต (μM)		ลักษณะของกลุ่มยอด [1/]
IBA	BL	
0	0	กลุ่มยอดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและตายภายใน 2 สัปดาห์
4.92	0.00001	กลุ่มยอดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและตายภายใน 3 สัปดาห์
4.92	0.001	กลุ่มยอดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและตายภายใน 3 สัปดาห์
4.92	0.1	กลุ่มยอดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและตายภายใน 3 สัปดาห์
9.84	0.00001	กลุ่มยอดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและตายภายใน 3 สัปดาห์
9.84	0.001	กลุ่มยอดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและตายภายใน 3 สัปดาห์
9.84	0.1	กลุ่มยอดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและตายภายใน 3 สัปดาห์
14.76	0.00001	กลุ่มยอดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและตายภายใน 2 สัปดาห์
14.76	0.001	กลุ่มยอดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและตายภายใน 2 สัปดาห์
14.76	0.1	กลุ่มยอดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและตายภายใน 2 สัปดาห์

[1/]ทำการทดลอง 10 ซ้ำ; อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ ด้วยการวิเคราะห์แบบ Duncan's Multiple Range Tests

มหาวิทยาลัยศิลปากร

รูปที่ 13 ผลของสารควบคุมการเติบโต IBA หรือ BL ในอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ต่อการชักนำให้เกิดรากไผ่ซางหม่น ที่เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์ (สเกล = 10 มิลลิเมตร)

A อาหารสูตร MS (ชุดควบคุม)
B อาหารสูตร MS + IBA 4.92 µM + BL 0.00001 µM
C อาหารสูตร MS + IBA 4.92 µM + BL 0.001 µM
D อาหารสูตร MS + IBA 4.92 µM + BL 0.1 µM
E อาหารสูตร MS + IBA 9.84 µM + BL 0.00001 µM
F อาหารสูตร MS + IBA 9.84 µM + BL 0.001 µM
G อาหารสูตร MS + IBA 9.84 µM + BL 0.1 µM
H อาหารสูตร MS + IBA 14.76 µM + BL 0.00001 µM
I อาหารสูตร MS + IBA 14.76 µM + BL 0.001 µM
J อาหารสูตร MS + IBA 14.76 µM + BL 0.1 µM


A
B
C
D
E
F
G
H
I
J

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

ผลของสารควบคุมการเติบโต BA ต่อการชักนำให้เกิดยอดจากข้อไผ่ซางหม่น

จากการศึกษาผลของ BA ต่อการชักนำยอดจากข้อไผ่ซางหม่น (การทดลองที่ 1) พบว่าอาหารสูตรที่เหมาะสมที่สุดคือ อาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 17.76 ไมโครโมลาร์ โดยมีการเกิดยอดจากข้อสูงสุด เกิดกลุ่มยอดจำนวนมาก และไม่แสดงอาการฉ่ำน้ำ แต่ความเข้มข้นของสารควบคุมการเติบโต BA มากกว่า 17.76 ไมโครโมลาร์ ทำให้ยอดเกิดอาการฉ่ำน้ำ โดยกลุ่มยอดจากการทดลองที่ 1 จะถูกนำไปใช้เป็นกลุ่มยอดเริ่มต้นในการทดลองที่ 2-7 ต่อไป

ผลของสารควบคุมการเติบโต BA, TDZ และ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดจำนวนมากจากกลุ่มยอดของไผ่ซางหม่น

จากการศึกษาผลของ BA, TDZ หรือ BL ต่อการชักนำยอดจำนวนมากจากกลุ่มยอดไผ่ซางหม่น พบว่าการใช้สารควบคุมการเติบโตเพียงสารเดียว คือ TDZ สามารถชักนำให้เกิดยอดจำนวนมากจากกลุ่มยอดได้มากที่สุด (การทดลองที่ 2) แต่การใช้ TDZ มีการสะสมและส่งผลต่อสารควบคุมการเติบโตในตัวพืช ส่งผลให้ชักนำรากได้ยาก ด้วยเหตุนี้ทำให้ตัวเลือกที่ดีที่สุด คือ BA 1.11 ไมโครโมลาร์ ถูกนำไปเป็นสารควบคุมการเติบโตเริ่มต้นในการทดลองที่ 3 4 และ 5 ในการศึกษาผลของสารควบคุมการเติบโต BA และ TDZ หรือ BL (การทดลองที่ 3) พบว่าสูตรอาหารเพาะเลี้ยงที่สามารถชักนำยอดได้ดีที่สุดคือ การใช้ BA ร่วมกับ TDZ ที่ความเข้มข้น 0.45 ไมโครโมลาร์ และพบว่า BL ความเข้มข้นสูงทำให้อัตรารอดชีวิตลดลง การศึกษาผลของ BA หรือ TDZ ร่วมกับ BL (การทดลองที่ 4) พบว่าการใช้ TDZ ร่วมกับ BL ให้ผลการทดลองที่ดีที่สุด การทดลองผลของ BA ร่วมกับ TDZ และ BL (การทดลองที่ 5) พบว่าการใช้ BA ร่วมกับ TDZ ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ (0.45 ไมโครโมลาร์) และ BL ที่ความเข้มข้นต่ำ สามารถชักนำยอดจำนวนมากจากกลุ่มยอดดีที่สุด

ผลของ IBA และ BL ต่อการชักนำให้เกิดรากจากกลุ่มยอดของไผ่ซางหม่น

จากการศึกษาผลของสารควบคุมการเติบโต IBA หรือ BL ต่อการชักนำให้เกิดราก (การทดลองที่ 6) เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์ พบว่าไม่มีสูตรอาหารใดสามารถชักนำให้เกิดราก แต่ความเข้มข้นของ IBA ที่สูงให้ผลการทดลองดีกว่าที่ความเข้มข้นต่ำ ในขณะที่ผลของการเติม BL ไม่พบความแตกต่างระหว่างความเข้มข้น โดยในการชักนำให้เกิดรากใช้ระดับความเข้มข้นของ BL สูงกว่าการชักนำให้เกิดยอด เมื่อการใช้สารควบคุมการเติบโต IBA หรือ BL ชนิดใดชนิดหนึ่งไม่สามารถชักนำให้เกิดรากได้ การศึกษาผลของ IBA และ BL ต่อการชักนำให้เกิดราก (การทดลองที่ 7)

เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 สัปดาห์ พบว่าไม่มีสูตรอาหารใดสามารถชักนำให้เกิดรากเช่นเดียวกับการทดลองที่ 6 แต่ระยะเวลาในการรอดชีวิตเพิ่มขึ้นมากกว่าการใช้ IBA หรือ BL เพียงสารเดียว

การศึกษาผลของ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดและรากของไผ่ซางหม่น

จากการศึกษาผลของ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดและรากของไผ่ซางหม่น พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 0.0000001-10 ไมโครโมลาร์ ไม่เหมาะสมต่อการชักนำให้เกิดยอดจำนวนมากจากกลุ่มยอดในไผ่ซางหม่น และที่ความเข้มข้น 0.00001-0.001 ไมโครโมลาร์ ไม่เหมาะสมต่อการชักนำให้เกิดรากจากกลุ่มยอดไผ่ซางหม่น แต่สามารถใช้ BL ที่ระดับความเข้มข้นต่ำเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพสารควบคุมการเติบโตอื่น

ภาคผนวก

สารอาหารเข้มข้นของสูตรอาหาร MS แบ่งออกเป็น 7 กลุ่ม

สารอาหารเข้มข้นที่ 1 (stock solution1) ความเข้มข้น 10 เท่า ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร		
1. NH_4NO_3	16.5	กรัม
2 .KNO_3	19.0	กรัม
3. $CaCl_2 \cdot 2H_2O$	4.4	กรัม
4. KH_2PO_4	17.0	กรัม
ปริมาตรที่นำไปใช้ในการเตรียมอาหาร 1 ลิตร = 100 มิลลิลิตร		

สารอาหารเข้มข้นที่ 2 (stock solution 2) ความเข้มข้น 100 เท่า ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร		
1. $MgSO_4 \cdot 7H_2O$	37	กรัม
ปริมาตรที่นำไปใช้ในการเตรียมอาหาร 1 ลิตร = 10 มิลลิลิตร		

สารอาหารเข้มข้นที่ 3 (stock solution 3) ความเข้มข้น 1,000 เท่า ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร		
1. H_3BO_4	6.2	กรัม
2. KI	0.83	กรัม
3. $NaMoO_4 \cdot 2H_2O$	0.25	กรัม
4. $CoCl_2 \cdot 6H_2O$	0.025	กรัม
ปริมาตรที่นำไปใช้ในการเตรียมอาหาร 1 ลิตร = 1 มิลลิลิตร		

สารอาหารเข้มข้นที่ 4 (stock solution 4) ความเข้มข้น 1,000 เท่า ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร		
1. $CuSo_4 \cdot 5H_2O$	0.025	กรัม
2. $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	8.6	กรัม
3. $MnSO_4 \cdot 4H_2O$	16.9	กรัม
ปริมาตรที่นำไปใช้ในการเตรียมอาหาร 1 ลิตร = 1 มิลลิลิตร		

สารอาหารเข้มข้นที่ 5 (stock solution 5) ความเข้มข้น 200 เท่า ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร		
1. Na_2EDTA	7.45	กรัม
2. $FeSO_4 \cdot 7H_2O$	5.56	กรัม
ปริมาตรที่นำไปใช้ในการเตรียมอาหาร 1 ลิตร = 5 มิลลิลิตร		

สารอาหารเข้มข้นที่ 6 (stock solution 6) ความเข้มข้น 1,000 เท่า ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร		
1. Glycine	2.0	กรัม
2. Thiamine·HCl	0.5	กรัม
3. Pyridoxine·HCl	0.1	กรัม
4. Nicotinic acid	0.5	กรัม
ปริมาตรที่นำไปใช้ในการเตรียมอาหาร 1 ลิตร = 1 มิลลิลิตร		

สารอาหารเข้มข้นที่ 7 (stock solution 7) ความเข้มข้น 50 เท่า ปริมาตร 100 มิลลิลิตร		
Myo-inosotal	5	กรัม
ปริมาตรที่นำไปใช้ในการเตรียมอาหาร 1 ลิตร = 2 มิลลิลิตร		

วิธีการเตรียมอาหาร

(1). เติมน้ำกลั่นประมาณ 500 มิลลิลิตร ลงใน Beaker ขนาด 1,000 มิลลิลิตร

(2). ปิเปตสารละลายเข้มข้น MS 1-7 ของอาหารสูตร MS ตามปริมาณที่กำหนดไว้ คนให้เข้ากัน

(3). ชั่งน้ำตาลทราย 30 กรัม นำไปผสมกับสารละลายในข้อที่ (2) คนให้เข้ากัน

(4). เติมสารควบคุมการเติบโต (ตามสูตรอาหาร)

(5). ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร

(6). วัดและปรับค่าความ pH ให้มีค่า 5.6 โดยใช้ 1 นอร์มอล HCl และ 1 นอร์มอล KOH

(7). เติมผงวุ้น 2.0 กรัม และนำไปละลายให้เป็นสารละลายเนื้อเดียวกันในไมโครเวฟ

(8). บรรจุอาหารลงขวดขนาด 4 ออนซ์ โดยบรรจุ 25 มิลลิลิตรต่อขวด

(9). นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่ autoclave ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ เป็นระยะเวลา 15 นาที

(10). นำออกจาก autoclave และนำไปพักให้เย็น

วิธีการเตรียมสารละลายเข้มข้น (stock solution)

1. เทน้ำกลั่นลงในBeakerขนาด 1,000 มิลลิลิตร ประมาณ 700 มิลลิลิตร
2 .ชั่งสารเคมีตามปริมาตรในแต่ละกลุ่ม
3. ใส่สารเคมีและคนให้เข้ากัน
4. ปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร
5. เทสารอาหารเข้มข้นลงในขวดสีชา
6. เขียนป้ายชื่อบอกชื่อสารอาหารเข้มข้น วันที่เตรียม ความเข้มข้น
7. เก็บไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

การเตรียมสารควบคุมการเติบโต

BA (6- benzylaminopurine)

BA 10,000 ไมโครกรัม ละลายใน 1 นอร์มอล KOH 1 มิลลิลิตร (หรือจนละลายหมด)
ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 10 มิลลิลิตร

IBA (Indole-3-butyric acid)

IBA 10,000 ไมโครกรัม ละลายใน 1 นอร์มอล KOH 1 มิลลิลิตร (หรือจนละลายหมด)
ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 10 มิลลิลิตร

BL (Brassinolide)

BL 1,000 ไมโครกรัม ละลายในน้ำอุ่น 1 มิลลิลิตร (หรือจนละลายหมด)
ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 10 มิลลิลิตร

TDZ (Thidiazuron)

TDZ 1,000 ไมโครกรัม ละลายใน 1 นอร์มอล KOH 1 มิลลิลิตร (หรือจนละลายหมด)
ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 10 มิลลิลิตร

ผลวิเคราะห์ทางสถิติ

ทุกการทดลองใช้การวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) และใช้การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ One-way ANOVA โดยวิธีของ Duncan ในการวิเคราะห์จัดกลุ่มข้อมูล

ตารางที่ 15 การวิเคราะห์ทางสถิติของการศึกษาผลของ BA ต่อการชักนำให้เกิดยอดจากข้อของไผ่ซางหม่น

Descriptives

						95% Confidence Interval for Mean			
		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound	Minimum	Maximum
จำนวนยอด	1.1	20	1.70	1.174	.263	1.15	2.25	0	3
	1.2	20	2.20	1.436	.321	1.53	2.87	0	4
	1.3	20	1.75	1.164	.260	1.21	2.29	0	3
	1.4	20	2.55	1.234	.276	1.97	3.13	0	4
	1.5	20	1.60	1.667	.373	.82	2.38	0	6
	Total	100	1.96	1.370	.137	1.69	2.23	0	6
ความยาวยอด	1.1	20	12.6835	9.34666	2.08998	8.3091	17.0579	.00	26.00
	1.2	20	10.0835	9.03281	2.01980	5.8560	14.3110	.00	29.00
	1.3	20	12.0495	11.14889	2.49297	6.8317	17.2673	.00	40.00
	1.4	20	10.5255	6.07788	1.35906	7.6810	13.3700	.00	19.33
	1.5	20	7.7960	8.19456	1.83236	3.9608	11.6312	.00	25.00
	Total	100	10.6276	8.89952	.88995	8.8617	12.3935	.00	40.00

ตารางที่ 16 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของจำนวนยอดในการศึกษาผลของ BA ต่อการชักนำให้เกิดยอดจากข้อของไผ่ซางหม่น

จำนวนยอด

Duncan[a]

สูตรทดลอง	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1.5	20	1.60	
1.1	20	1.70	1.70
1.3	20	1.75	1.75
1.2	20	2.20	2.20
1.4	20		2.55
Sig.		.206	.071

ตารางที่ 17 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของความยาวยอดในการศึกษาผลของ BA ต่อการชักนำให้เกิดยอดจากข้อของไผ่ซางหม่น

ความยาวยอด

Duncan[a]

สูตรทดลอง	N	Subset for alpha = 0.05
		1
1.5	20	7.7960
1.2	20	10.0835
1.4	20	10.5255
1.3	20	12.0495
1.1	20	12.6835
Sig.		.127

ตารางที่ 18 การวิเคราะห์ทางสถิติของการศึกษาผลของ BA, TDZ และ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณของไผ่ซางหม่น

Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
ยอดเริ่มต้น	2.1	10	4.00	1.491	.471	2.93	5.07	2	7
	2.2	10	4.00	1.826	.577	2.69	5.31	2	7
	2.3	10	4.00	2.625	.830	2.12	5.88	1	9
	2.4	10	4.10	1.729	.547	2.86	5.34	1	7
	2.5	10	4.10	2.558	.809	2.27	5.93	1	9
	2.6	10	3.80	1.687	.533	2.59	5.01	1	6
	2.7	10	3.40	1.776	.562	2.13	4.67	1	6
	2.8	10	3.90	1.969	.623	2.49	5.31	1	7
	2.9	10	4.00	1.333	.422	3.05	4.95	3	7
	Total	90	3.92	1.856	.196	3.53	4.31	1	9
จำนวนยอด	2.1	10	.00	.000	.000	.00	.00	0	0
	2.2	10	1.30	1.889	.597	-.05	2.65	0	6
	2.3	10	.00	.000	.000	.00	.00	0	0
	2.4	10	13.20	6.795	2.149	8.34	18.06	8	31
	2.5	10	11.90	6.624	2.095	7.16	16.64	4	24
	2.6	10	7.60	4.248	1.343	4.56	10.64	2	14
	2.7	10	.30	.675	.213	-.18	.78	0	2
	2.8	10	.00	.000	.000	.00	.00	0	0
	2.9	10	.00	.000	.000	.00	.00	0	0
	Total	90	3.81	6.231	.657	2.51	5.12	0	31
ยอดที่เพิ่มขึ้น	2.1	10	.00	.000	.000	.00	.00	0	0
	2.2	10	.20	.632	.200	-.25	.65	0	2
	2.3	10	.00	.000	.000	.00	.00	0	0
	2.4	10	9.10	6.008	1.900	4.80	13.40	3	24
	2.5	10	7.80	5.412	1.711	3.93	11.67	1	17
	2.6	10	4.00	3.712	1.174	1.34	6.66	0	11
	2.7	10	.00	.000	.000	.00	.00	0	0
	2.8	10	.00	.000	.000	.00	.00	0	0
	2.9	10	.00	.000	.000	.00	.00	0	0
	Total	90	2.34	4.520	.476	1.40	3.29	0	24

ความยาว	2.1	10	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
ยอด	2.2	10	11.0670	12.38966	3.91796	2.2040	19.9300	.00	31.17
	2.3	10	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
	2.4	10	25.0150	9.24082	2.92220	18.4045	31.6255	8.60	36.88
	2.5	10	18.6660	8.79687	2.78181	12.3731	24.9589	7.67	36.57
	2.6	10	18.5190	8.16615	2.58236	12.6773	24.3607	11.79	35.25
	2.7	10	3.9500	8.34815	2.63992	-2.0219	9.9219	.00	21.00
	2.8	10	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
	2.9	10	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
	Total	90	8.5797	11.61218	1.22403	6.1475	11.0118	.00	36.88

ตารางที่ 19 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติจำนวนยอดเริ่มต้นในการศึกษาผลของ BA, TDZ และ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณของไผ่ซางหม่น

ยอดเริ่มต้น

Duncan[a]

สูตรทดลอง	N	Subset for alpha = 0.05
		1
2.7	10	3.40
2.6	10	3.80
2.8	10	3.90
2.1	10	4.00
2.2	10	4.00
2.3	10	4.00
2.9	10	4.00
2.4	10	4.10
2.5	10	4.10
Sig.		.503

ตารางที่ 20 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของจำนวนยอดทั้งหมดในการศึกษาผลของ BA, TDZ และ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณของไผ่ซางหม่น

จำนวนยอด

Duncan[a]

สูตรทดลอง	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
2.1	10	.00		
2.3	10	.00		
2.8	10	.00		
2.9	10	.00		
2.7	10	.30		
2.2	10	1.30		
2.6	10		7.60	
2.5	10			11.90
2.4	10			13.20
Sig.		.481	1.000	.413

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 21 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของจำนวนยอดที่เพิ่มขึ้นในการศึกษาผลของ BA, TDZ และ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณของไผ่ซางหม่น

ยอดที่เพิ่มขึ้น

Duncan[a]

สูตรทดลอง	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
2.1	10	.00		
2.3	10	.00		
2.7	10	.00		
2.8	10	.00		
2.9	10	.00		
2.2	10	.20		
2.6	10		4.00	
2.5	10			7.80
2.4	10			9.10
Sig.		.898	1.000	.331

ตารางที่ 22 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของความยาวยอดในการศึกษาผลของ BA, TDZ และ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณของไผ่ซางหม่น

ความยาวยอด

Duncan[a]

สูตรทดลอง	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
2.1	10	.0000		
2.3	10	.0000		
2.8	10	.0000		
2.9	10	.0000		
2.7	10	3.9500		
2.2	10		11.0670	
2.6	10			18.5190
2.5	10			18.6660
2.4	10			25.0150
Sig.		.276	1.000	.055

ตารางที่ 23 การวิเคราะห์ทางสถิติของการศึกษาผลของ BA ร่วมกับ TDZ หรือ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณของไผ่ซางหม่น

Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
ยอดเริ่มต้น	3.1	10	1.50	.707	.224	.99	2.01	1	3
	3.2	10	2.00	1.247	.394	1.11	2.89	1	4
	3.3	10	1.50	.850	.269	.89	2.11	1	3
	3.4	10	1.90	1.287	.407	.98	2.82	1	4
	3.5	10	1.70	1.059	.335	.94	2.46	1	4
	3.6	10	1.70	1.059	.335	.94	2.46	1	4
	3.7	10	1.70	1.567	.496	.58	2.82	1	6
	Total	70	1.71	1.105	.132	1.45	1.98	1	6
จำนวนยอด	3.1	10	.10	.316	.100	-.13	.33	0	1
	3.2	10	7.00	6.342	2.006	2.46	11.54	1	19
	3.3	10	3.30	3.302	1.044	.94	5.66	1	10
	3.4	10	2.90	1.969	.623	1.49	4.31	1	6
	3.5	10	1.30	1.947	.616	-.09	2.69	0	5
	3.6	10	1.00	1.633	.516	-.17	2.17	0	4
	3.7	10	.00	.000	.000	.00	.00	0	0
	Total	70	2.23	3.644	.436	1.36	3.10	0	19
ยอดที่เพิ่มขึ้น	3.1	10	.00	.000	.000	.00	.00	0	0
	3.2	10	5.00	5.185	1.640	1.29	8.71	0	15
	3.3	10	1.80	2.573	.814	-.04	3.64	0	7
	3.4	10	1.00	1.155	.365	.17	1.83	0	3
	3.5	10	.50	1.080	.342	-.27	1.27	0	3
	3.6	10	.10	.316	.100	-.13	.33	0	1
	3.7	10	.00	.000	.000	.00	.00	0	0
	Total	70	1.20	2.743	.328	.55	1.85	0	15

ความยาวยอด	3.1	10	2.0000	6.32456	2.00000	-2.5243	6.5243	.00	20.00
	3.2	10	31.3010	13.99293	4.42495	21.2911	41.3109	14.00	58.00
	3.3	10	42.2050	19.76850	6.25135	28.0635	56.3465	16.10	80.00
	3.4	10	35.5590	14.75886	4.66716	25.0011	46.1169	18.67	62.00
	3.5	10	7.6280	11.60626	3.67022	-.6746	15.9306	.00	33.00
	3.6	10	9.4090	16.35715	5.17259	-2.2922	21.1102	.00	41.75
	3.7	10	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
	Total	70	18.3003	20.69055	2.47299	13.3668	23.2338	.00	80.00

ตารางที่ 24 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของจำนวนยอดเริ่มต้นในการศึกษาผลของ BA ร่วมกับ TDZ หรือ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณของไผ่ซางหม่น

ยอดเริ่มต้น

Duncan[a]

สูตรทดลอง	N	Subset for alpha = 0.05
		1
3.1	10	1.50
3.3	10	1.50
3.5	10	1.70
3.6	10	1.70
3.7	10	1.70
3.4	10	1.90
3.2	10	2.00
Sig.		.408

ตารางที่ 25 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของจำนวนยอดทั้งหมดในการศึกษาผลของ BA ร่วมกับ TDZ หรือ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณของไผ่ซางหม่น

จำนวนยอด

Duncan[a]

สูตรทดลอง	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
3.7	10	.00		
3.1	10	.10		
3.6	10	1.00	1.00	
3.5	10	1.30	1.30	
3.4	10	2.90	2.90	
3.3	10		3.30	
3.2	10			7.00
Sig.		.054	.118	1.000

ตารางที่ 26 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของจำนวนยอดที่เพิ่มขึ้นในการศึกษาผลของ BA ร่วมกับ TDZ หรือ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณของไผ่ซางหม่น

ยอดที่เพิ่มขึ้น

Duncan[a]

สูตรทดลอง	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3.1	10	.00	
3.7	10	.00	
3.6	10	.10	
3.5	10	.50	
3.4	10	1.00	
3.3	10	1.80	
3.2	10		5.00
Sig.		.126	1.000

ตารางที่ 27 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของความยาวยอดในการศึกษาผลของ BA ร่วมกับ TDZ หรือ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณของไผ่ซางหม่น

ความยาวยอด

Duncan[a]

สูตรทดลอง	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3.7	10	.0000	
3.1	10	2.0000	
3.5	10	7.6280	
3.6	10	9.4090	
3.2	10		31.3010
3.4	10		35.5590
3.3	10		42.2050
Sig.		.156	.088

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 28 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของการศึกษาผลของ BA หรือ TDZ ร่วมกับ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณจากกลุ่มยอดของไผ่ซางหม่น

Descriptives

						95% Confidence Interval for Mean			
		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound	Minimum	Maximum
ยอดเริ่มต้น	4.1	10	3.90	1.663	.526	2.71	5.09	2	7
	4.2	10	3.40	1.776	.562	2.13	4.67	2	8
	4.3	10	3.50	1.958	.619	2.10	4.90	1	8
	4.4	10	3.30	1.703	.539	2.08	4.52	1	6
	4.5	10	3.90	1.663	.526	2.71	5.09	2	7
	4.6	10	3.80	1.814	.573	2.50	5.10	2	7
	4.7	10	3.90	1.663	.526	2.71	5.09	2	6
	Total	70	3.67	1.692	.202	3.27	4.07	1	8
จำนวนยอด	4.1	10	.00	.000	.000	.00	.00	0	0
	4.2	10	.70	1.160	.367	-.13	1.53	0	3
	4.3	10	.10	.316	.100	-.13	.33	0	1
	4.4	10	.50	.850	.269	-.11	1.11	0	2
	4.5	10	14.70	4.739	1.499	11.31	18.09	10	22
	4.6	10	11.90	9.860	3.118	4.85	18.95	0	29
	4.7	10	13.50	8.475	2.680	7.44	19.56	0	26
	Total	70	5.91	8.255	.987	3.95	7.88	0	29
ยอดที่เพิ่มขึ้น	4.1	10	.00	.000	.000	.00	.00	0	0
	4.2	10	.80	1.932	.611	-.58	2.18	0	6
	4.3	10	.00	.000	.000	.00	.00	0	0
	4.4	10	.50	1.581	.500	-.63	1.63	0	5
	4.5	10	10.80	3.553	1.123	8.26	13.34	6	16
	4.6	10	8.70	7.790	2.463	3.13	14.27	0	23
	4.7	10	9.90	6.641	2.100	5.15	14.65	0	20
	Total	70	4.39	6.231	.745	2.90	5.87	0	23

ความยาวยอด	4.1	10	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
	4.2	10	6.2500	10.40099	3.28908	-1.1904	13.6904	.00	25.00
	4.3	10	2.6000	8.22192	2.60000	-3.2816	8.4816	.00	26.00
	4.4	10	6.4500	11.77202	3.72264	-1.9712	14.8712	.00	35.00
	4.5	10	22.1120	5.50580	1.74109	18.1734	26.0506	15.20	30.21
	4.6	10	19.2410	11.08850	3.50649	11.3088	27.1732	.00	32.00
	4.7	10	19.5420	9.05862	2.86459	13.0619	26.0221	.00	32.80
	Total	70	10.8850	12.00126	1.43442	8.0234	13.7466	.00	35.00

ตารางที่ 29 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของจำนวนยอดเริ่มต้นในการศึกษาผลของ BA หรือ TDZ ร่วมกับ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณจากกลุ่มยอดของไผ่ซางหม่น

ยอดเริ่มต้น

Duncan[a]

สูตรทดลอง	N	Subset for alpha = 0.05
		1
4.4	10	3.30
4.2	10	3.40
4.3	10	3.50
4.6	10	3.80
4.1	10	3.90
4.5	10	3.90
4.7	10	3.90
Sig.		.517

ตารางที่ 30 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของจำนวนยอดทั้งหมดในการศึกษาผลของ BA หรือ TDZ ร่วมกับ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณจากกลุ่มยอดของไผ่ซางหม่น

จำนวนยอด

Duncan[a]

สูตรทดลอง	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
4.1	10	.00	
4.3	10	.10	
4.4	10	.50	
4.2	10	.70	
4.6	10		11.90
4.7	10		13.50
4.5	10		14.70
Sig.		.790	.267

ตารางที่ 31 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของจำนวนยอดที่เพิ่มขึ้นในการศึกษาผลของ BA หรือ TDZ ร่วมกับ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณจากกลุ่มยอดของไผ่ซางหม่น

ยอดที่เพิ่มขึ้น

Duncan[a]

สูตรทดลอง	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
4.1	10	.00	
4.3	10	.00	
4.4	10	.50	
4.2	10	.80	
4.6	10		8.70
4.7	10		9.90
4.5	10		10.80
Sig.		.703	.298

ตารางที่ 32 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของความยาวยอดในการศึกษาผลของ BA หรือ TDZ ร่วมกับ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณจากกลุ่มยอดของไผ่ซางหม่น

ความยาวยอด

Duncan[a]

สูตรทดลอง	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
4.1	10	.0000	
4.3	10	2.6000	
4.2	10	6.2500	
4.4	10	6.4500	
4.6	10		19.2410
4.7	10		19.5420
4.5	10		22.1120
Sig.		.143	.500

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 33 การวิเคราะห์ทางสถิติของการศึกษาผลของ BA ร่วมกับ TDZ และ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณของไผ่ซางหม่น

Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
ยอดเริ่มต้น	5.1	10	3.40	2.591	.819	1.55	5.25	1	8
	5.2	10	3.30	1.829	.578	1.99	4.61	1	8
	5.3	10	3.30	1.494	.473	2.23	4.37	1	6
	5.4	10	3.50	1.841	.582	2.18	4.82	2	8
	5.5	10	3.30	1.418	.448	2.29	4.31	1	5
	5.6	10	3.40	1.506	.476	2.32	4.48	1	5
	5.7	10	3.40	2.171	.686	1.85	4.95	1	7
	5.8	10	3.30	2.058	.651	1.83	4.77	1	6
	5.9	10	3.30	1.767	.559	2.04	4.56	1	7
	5.10	10	3.50	1.716	.543	2.27	4.73	1	7
	Total	100	3.37	1.785	.178	3.02	3.72	1	8
จำนวนยอด	5.1	10	.00	.000	.000	.00	.00	0	0
	5.2	10	11.80	12.533	3.963	2.83	20.77	2	44
	5.3	10	12.50	8.263	2.613	6.59	18.41	0	23
	5.4	10	13.70	10.144	3.208	6.44	20.96	2	34
	5.5	10	6.60	5.562	1.759	2.62	10.58	0	19
	5.6	10	7.70	6.038	1.909	3.38	12.02	0	19
	5.7	10	2.40	3.239	1.024	.08	4.72	0	9
	5.8	10	4.90	3.381	1.069	2.48	7.32	0	10
	5.9	10	5.30	3.831	1.212	2.56	8.04	0	11
	5.10	10	6.70	6.237	1.972	2.24	11.16	0	16
	Total	100	7.16	7.786	.779	5.62	8.70	0	44
ยอดที่เพิ่มขึ้น	5.1	10	.00	.000	.000	.00	.00	0	0
	5.2	10	8.80	12.506	3.955	-.15	17.75	0	41
	5.3	10	9.50	7.138	2.257	4.39	14.61	0	19
	5.4	10	10.20	8.509	2.691	4.11	16.29	0	26
	5.5	10	3.70	4.191	1.325	.70	6.70	0	14
	5.6	10	5.10	4.557	1.441	1.84	8.36	0	14
	5.7	10	1.00	2.309	.730	-.65	2.65	0	7
	5.8	10	2.50	2.915	.922	.41	4.59	0	8
	5.9	10	2.60	2.797	.884	.60	4.60	0	6
	5.10	10	3.80	4.590	1.451	.52	7.08	0	12
	Total	100	4.72	6.680	.668	3.39	6.05	0	41

ความยาวยอด	5.1	10	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
	5.2	10	26.0570	9.48458	2.99929	19.2721	32.8419	16.00	41.67
	5.3	10	23.6500	11.10710	3.51237	15.7045	31.5955	.00	42.57
	5.4	10	28.0980	13.73301	4.34276	18.2740	37.9220	16.45	64.00
	5.5	10	20.4550	8.93447	2.82533	14.0637	26.8463	.00	33.60
	5.6	10	21.8230	15.25144	4.82293	10.9128	32.7332	.00	60.00
	5.7	10	21.3010	26.41156	8.35207	2.4073	40.1947	.00	80.00
	5.8	10	25.2670	21.24395	6.71793	10.0700	40.4640	.00	74.00
	5.9	10	25.8440	17.12760	5.41622	13.5917	38.0963	.00	55.00
	5.10	10	22.2200	14.40232	4.55441	11.9172	32.5228	.00	56.00
	Total	100	21.4715	16.49483	1.64948	18.1986	24.7444	.00	80.00

ตารางที่ 34 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของจำนวนยอดเริ่มต้นในการศึกษาผลของ BA ร่วมกับ TDZ และ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณของไผ่ซางหม่น

ยอดเริ่มต้น

Duncan[a]

สูตรทดลอง	N	Subset for alpha = 0.05
		1
5.2	10	3.30
5.3	10	3.30
5.5	10	3.30
5.8	10	3.30
5.9	10	3.30
5.1	10	3.40
5.6	10	3.40
5.7	10	3.40
5.4	10	3.50
5.10	10	3.50
Sig.		.845

ตารางที่ 35 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของจำนวนยอดทั้งหมดในการศึกษาผลของ BA ร่วมกับ TDZ และ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณของไผ่ซางหม่น

จำนวนยอด

Duncan[a]

สูตรทดลอง	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
5.1	10	.00				
5.7	10	2.40	2.40			
5.8	10	4.90	4.90	4.90		
5.9	10	5.30	5.30	5.30		
5.5	10	6.60	6.60	6.60	6.60	
5.10	10	6.70	6.70	6.70	6.70	
5.6	10		7.70	7.70	7.70	7.70
5.2	10			11.80	11.80	11.80
5.3	10				12.50	12.50
5.4	10					13.70
Sig.		.057	.136	.050	.090	.077

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 36 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของจำนวนยอดที่เพิ่มขึ้นในการศึกษาผลของ BA ร่วมกับ TDZ และ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณของไผ่ซางหม่น

ยอดที่เพิ่มขึ้น

Duncan[a]

สูตรทดลอง	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
5.1	10	.00		
5.7	10	1.00		
5.8	10	2.50		
5.9	10	2.60		
5.5	10	3.70	3.70	
5.10	10	3.80	3.80	
5.6	10	5.10	5.10	5.10
5.2	10		8.80	8.80
5.3	10		9.50	9.50
5.4	10			10.20
Sig.		.105	.056	.086

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 37 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของความยาวยอดในการศึกษาผลของ BA ร่วมกับ TDZ และ BL ต่อการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณของไผ่ซางหม่น

ความยาวยอด

Duncan[a]

สูตรทดลอง	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
5.1	10	.0000	
5.5	10		20.4550
5.7	10		21.3010
5.6	10		21.8230
5.10	10		22.2200
5.3	10		23.6500
5.8	10		25.2670
5.9	10		25.8440
5.2	10		26.0570
5.4	10		28.0980
Sig.		1.000	.358

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 38 การวิเคราะห์ทางสถิติของการศึกษาผลของ IBA หรือ BL ต่อการชักนำให้เกิดรากจากกลุ่มยอดของไผ่ซางหม่น

Descriptives

						95% Confidence Interval for Mean			
		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound	Minimum	Maximum
ยอดเริ่มต้น	6.1	10	3.40	2.547	.806	1.58	5.22	1	6
	6.2	10	3.30	1.767	.559	2.04	4.56	1	6
	6.3	10	3.30	1.567	.496	2.18	4.42	1	6
	6.4	10	3.50	1.958	.619	2.10	4.90	1	6
	6.5	10	3.30	1.337	.423	2.34	4.26	1	6
	6.6	10	3.40	1.578	.499	2.27	4.53	1	6
	6.7	10	3.40	2.171	.686	1.85	4.95	1	6
	Total	70	3.37	1.803	.216	2.94	3.80	1	6
จำนวนราก	6.1	10	.00	.000	.000	.00	.00	0	0
	6.2	10	.00	.000	.000	.00	.00	0	0
	6.3	10	.00	.000	.000	.00	.00	0	0
	6.4	10	.00	.000	.000	.00	.00	0	0
	6.5	10	.00	.000	.000	.00	.00	0	0
	6.6	10	.00	.000	.000	.00	.00	0	0
	6.7	10	.00	.000	.000	.00	.00	0	0
	Total	70	.00	.000	.000	.00	.00	0	0
ความยาวราก	6.1	10	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
	6.2	10	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
	6.3	10	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
	6.4	10	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
	6.5	10	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
	6.6	10	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
	6.7	10	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
	Total	70	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00

ตารางที่ 39 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของจำนวนยอดเริ่มต้นในการศึกษาผลของ IBA หรือ BL ต่อการชักนำให้เกิดรากจากกลุ่มยอดของไผ่ซางหม่น

ยอดเริ่มต้น

Duncan[a]

สูตรทดลอง	N	Subset for alpha = 0.05
		1
6.2	10	3.30
6.3	10	3.30
6.5	10	3.30
6.1	10	3.40
6.6	10	3.40
6.7	10	3.40
6.4	10	3.50
Sig.		.841

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 40 การวิเคราะห์ทางสถิติของการศึกษาผลของ IBA และ BL ต่อการชักนำให้เกิดรากจากกลุ่มยอดของไผ่ซางหม่น

Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
ยอดเริ่มต้น	7.1	10	3.40	2.547	.806	1.58	5.22	1	6
	7.2	10	3.30	1.829	.578	1.99	4.61	1	6
	7.3	10	3.30	1.703	.539	2.08	4.52	1	5
	7.4	10	3.50	1.900	.601	2.14	4.86	1	6
	7.5	10	3.30	1.337	.423	2.34	4.26	1	6
	7.6	10	3.40	1.713	.542	2.17	4.63	1	6
	7.7	10	3.40	2.271	.718	1.78	5.02	1	6
	7.8	10	3.30	2.111	.667	1.79	4.81	1	6
	7.9	10	3.30	2.003	.633	1.87	4.73	1	6
	8.0	10	3.50	1.716	.543	2.27	4.73	1	6
	Total	100	3.37	1.851	.185	3.00	3.74	1	6
จำนวนราก	7.1	10	.00	.000	.000	.00	.00	0	0
	7.2	10	.00	.000	.000	.00	.00	0	0
	7.3	10	.00	.000	.000	.00	.00	0	0
	7.4	10	.00	.000	.000	.00	.00	0	0
	7.5	10	.00	.000	.000	.00	.00	0	0
	7.6	10	.00	.000	.000	.00	.00	0	0
	7.7	10	.00	.000	.000	.00	.00	0	0
	7.8	10	.00	.000	.000	.00	.00	0	0
	7.9	10	.00	.000	.000	.00	.00	0	0
	8.0	10	.00	.000	.000	.00	.00	0	0
	Total	100	.00	.000	.000	.00	.00	0	0
ความยาวราก	7.1	10	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
	7.2	10	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
	7.3	10	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
	7.4	10	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
	7.5	10	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
	7.6	10	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
	7.7	10	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
	7.8	10	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
	7.9	10	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
	7.10	10	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
	Total	100	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00

ตารางที่ 41 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของจำนวนยอดเริ่มต้นในการศึกษาผลของ IBA และ BL ต่อการชักนำให้เกิดรากจากกลุ่มยอดของไผ่ซางหม่น

ยอดเริ่มต้น

Duncan[a]

สูตรทดลอง	N	Subset for alpha = 0.05
		1
7.2	10	3.30
7.3	10	3.30
7.5	10	3.30
7.8	10	3.30
7.9	10	3.30
7.1	10	3.40
7.6	10	3.40
7.7	10	3.40
7.4	10	3.50
7.10	10	3.50
Sig.		.850

มหาวิทยาลัยศิลปากร

รายการอ้างอิง

Agnihotri, R. K., & Nandi, S. K. (2009). In vitro Shoot Cut: A High Frequency Multiplication and Rooting Method in the Bamboo *Dendrocalamus hamiltonii*. *Biotechnology(Faisalabad)*, *8*(2), 259-263. https://doi.org/10.3923/biotech.2009.259.263

Amlani, M. H., Tandel, M. B., Prajapati, V. M., Pathak, J. G., & Beher, L. K. (2017). Treatment with thidiazuron improves opening and vase life of iris flowers. *International Journal of Chemical Studies*, *5*(6), 1436-1439.

Anand, M., Brar, J., & Sood, A. (2013). In Vitro Propagation of an Edible Bamboo Bambusa Bambos and Assessment of Clonal Fidelity through Molecular Markers. *Journal of Medical and Bioengineering*, *2*(4), 257-261. https://doi.org/10.12720/jomb.2.4.257-261

Andrabi, S. B. A., Tahara, M., Matsubara, R., Toyama, T., Aonuma, H., Sakakibara, H., Suematsu, M., Tanabe, K., Nozaki, T., & Nagamune, K. (2018). Plant hormone cytokinins control cell cycle progression and plastid replication in apicomplexan parasites. *Parasitology International*, *67*(1), 47-58. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.parint.2017.03.003

Andrew, J. M., Zhong, C. J., & Michael, S. R. (2010). Treatment with thidiazuron improves opening and vase life of iris flowers. *Postharvest Biology and Technology*, *56*(1), 77-84. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2009.11.011

Anwar, A., Liu, Y., Dong, R., Bai, L., Yu, X., & Li, Y. (2018). The physiological and molecular mechanism of brassinosteroid in response to stress: a review. *Biol Res*, *51*(1), 46. https://doi.org/10.1186/s40659-018-0195-2

Arya, I. D., Kaur, B., & Arya, S. (2012). Rapid and Mass Propagation of Economically Important Bamboo *Dendrocalamus hamiltonii*. *Indian Journal of Energy*, *1*, 11-16.

Arya, S., Satsangi, R., & Arya, I. (2002). Rapid mass multiplication of edible bamboo *Dendrocalamus asper*. *J Sust Forest*, *4*, 103-109.

Bekheet, S. A., Gabr, A. M. M., Reda, A. A., & Bahr, E. M. K. (2016). Micropropagation and Assessment of Genetic Stability of In Vitro Raised Jojoba (*Simmondsia chinensis*

Link.) Plants Using SCoT and ISSR Markers. *Plant Tissue Culture and Biotechnology*, *25*(2), 165-179. https://doi.org/10.3329/ptcb.v25i2.26252

Bisht, P., Pant, M., & Kant, A. (2010). In vitro propagation of *Gigantochloa atroviolaceae* Widjaja through nodal explants. *Journal of American Science*, *6*(10), 1019-1025.

Chowdhury, P., Das, M., Sikdar, S., & Pal, A. (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*, 45-50.

Das, M., & Pal, A. (2005). In vitro regeneration of *Bambusa balcooa* Roxb.: Factors affecting changes of morphogenetic competence in the axillary buds. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, *81*, 109-112. https://doi.org/10.1007/s11240-004-3017-x

Derevyanchuk, M., Kretynin, S., Iakovenko, O., Litvinovskaya, R., Zhabinskii, V., Martinec, J., Blume, Y., Khripach, V., & Kravets, V. (2017). Effect of 24-epibrassinolide on *Brassica napus* alternative respiratory pathway, guard cells movements and phospholipid signaling under salt stress. *Steroids*, *117*, 16-24. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.steroids.2016.11.006

Devi, W. S., & Sharma, G. J. (2009). In Vitro Propagation of *Arundinaria callosa* Munro- an Edible Bamboo from Nodal Explants of Mature Plants. *The Open Plant Science Journal*, *3*(1), 35-39. https://doi.org/10.2174/1874294700903010035

DoleZalova, J., Koudela, M., Sus, J., & Ptacek, V. (2016). Effects of synthetic brassinolide on the yield of onion grown at two irrigation levels. *Scientia Horticulturae*, *202*, 125-132. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.02.023

Efimova, M. V., Vankova, R., Kusnetsov, V. V., Litvinovskaya, R. P., Zlobin, I. E., Dobrev, P., Vedenicheva, N. P., Savchuk, A. L., Karnachuk, R. A., Kudryakova, N. V., & Kuznetsov, V. V. (2016). Effects of 24-epibrassinolide and green light on plastid gene transcription and cytokinin content of barley leaves. *Steroids*, *120*. https://doi.org/10.1016/j.steroids.2016.12.004

Fedina, E., Yarin, A., Mukhitova, F., Blufard, A., & Chechetkin, I. (2017). Brassinosteroid-induced changes of lipid composition in leaves of *Pisum sativum* L. during senescence. *Steroids*, *117*, 25-28.

https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.steroids.2016.10.009

Gantait, S., Pramanik, B. R., & Banerjee, M. (2018). Optimization of planting materials for large scale plantation of *Bambusa balcooa* Roxb.: Influence of propagation methods. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, *17*(1), 79-87. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jssas.2015.11.008

Garcia, G. M. P., Blasi, V. J., Zhiponova, M., Divol, F., Garcia, M. S., Russinova, E., & Delgado, C. A. I. (2011). Brassinosteroids control meristem size by promoting cell cycle progression in *Arabidopsis* roots. *Development*, *138*(5), 849-859. https://doi.org/10.1242/dev.057331

Ghamery, A. A. E., & Mousa, M. A. (2017). Investigation on the effect of benzyladenine on the germination, radicle growth and meristematic cells of *Nigella sativa* L. and *Allium cepa* L. *Annals of Agricultural Sciences*, *62*(1), 11-21. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aoas.2016.11.002

Goyal, A. K., Pradhan, S., Basistha, B. C., & Sen, A. (2015). Micropropagation and assessment of genetic fidelity of *Dendrocalamus strictus* (Roxb.) nees using RAPD and ISSR markers. *3 Biotech*, *5*(4), 473-482. https://doi.org/10.1007/s13205-014-0244-7

Goyal, A. K., & Sen, A. (2016). In vitro regeneration of bamboos, the “Green Gold”: An overview. *Indian Journal of Biotechnology*, *15*(1), 9-16.

Gray, W. M. (2004). Hormonal Regulation of Plant Growth and Development. *PLOS Biology*, *2*(9), e311. https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0020311

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

He, K., Gou, X., Yuan, T., Lin, H., Asami, T., Yoshida, S., Russell, S. D., & Li, J. (2007). BAK1 and BKK1 Regulate Brassinosteroid-Dependent Growth and Brassinosteroid-Independent Cell-Death Pathways. *Current Biology*, *17*(13), 1109-1115. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cub.2007.05.036

Hu, Y., Xia, S., Su, Y., Wang, H., Luo, W., Su, S., & Xiao, L. (2016). Brassinolide Increases Potato Root Growth In Vitro in a Dose-Dependent Way and Alleviates Salinity Stress. *BioMed Research International*, *2016*, 1-11. https://doi.org/10.1155/2016/8231873

Jonoubi, P., Mousavi, A., Majd, A., Salmanian, A. H., Javaran, M., & Daneshian, J. (2005). Efficient regeneration of *Brassica napus* L. hypocotyls and genetic transformation by Agrobacterium tumefaciens. *Biologia plantarum*, *49*(2), 175-180. https://doi.org/10.1007/s10535-005-5180-2

Kalaiarasi, K., Sangeetha, P., Subramaniam, S., & Venkatachalam, P. (2014). Development of an efficient protocol for plant regeneration from nodal explants of recalcitrant bamboo (*Bambusa arundinacea* Retz. Willd) and assessment of genetic fidelity by DNA markers. *Agroforestry Systems*, *88*, 527-537. https://doi.org/10.1007/s10457-014-9716-3

Kapruwan, S., Bakshi, M., & Kaur, M. (2014). Rapid in vitro propagation of the solid bamboo, *Dendrocalamus strictus* Nees, through axillary shoot proliferation. *Biotechnology international*, *7*, 58-68.

Kavitha, B. M., & Kiran, S. (2014). An Efficient Technique for in Vitro Propagation of *Dendrocalamus Brandisii* Kurz using Nodal Segments.

Krause, J. Q., de Andrade Silva, F., Ghavami, K., Gomes, O. d. F. M., & Filho, R. D. T. (2016). On the influence of *Dendrocalamus giganteus* bamboo microstructure on its mechanical behavior. *Construction and Building Materials*, *127*, 199-209. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.09.104

Kumar, V., & Banerjee, M. (2014). Albino Regenerants Proliferation of *Dendrocalamus Asper In vitro*. *World Journal of Agricultural Sciences*, *10*(1), 9-13. https://doi.org/10.5829/idosi.wjas.2014.10.1.1755

Kunikowska, A., Byczkowska, A., Doniak, M., & Kazmierczak, A. (2013). Cytokinins resume: their signaling and role in programmed cell death in plants. *Plant Cell Rep*, *32*(6), 771-780. https://doi.org/10.1007/s00299-013-1436-z

Kurepa, J., Shull, T. E., & Smalle, J. A. (2019). Antagonistic activity of auxin and cytokinin in shoot and root organs. *Plant Direct*, *3*(2), e00121. https://doi.org/10.1002/pld3.121

Lata, H., Chandra, S., Khan, I., & ElSohly, M. A. (2008). Thidiazuron-induced high-frequency direct shoot organogenesis of *Cannabis sativa* L. *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*, *45*(1), 12-19. https://doi.org/10.1007/s11627-008-9167-5

Li, J., Du, J., He, K., & Gou, X. (2012). Cell-Death Control by Receptor Kinases in *Arabidopsis thaliana*. https://doi.org/10.1007/978-3-642-23044-8_5

Li, Y., Wu, Y., Liao, W., Hu, L., Dawuda, M. M., Jin, X., Tang, Z., Yang, J., & Yu, J. (2020). Nitric oxide is involved in the brassinolide-induced adventitious root development in cucumber. *BMC Plant Biol*, *20*(1), 102. https://doi.org/10.1186/s12870-020-2320-y

Lin, C. S., & Chang, W. C. (1998). Micropropagation of *Bambusa edulis* through nodal explants of field-grown culms and flowering of regenerated plantlets. *Plant Cell Reports*, *17*, 617-620. https://doi.org/10.1007/s002990050453

Lin, C. S., Kalpana, K., Chang, W. C., & Lin, N. S. (2007). Improving Multiple Shoot Proliferation in Bamboo Mosaic Virus-free *Bambusa oldhamii* Munro Propagation by Liquid Culture. *HortScience*, *42*. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.42.5.1243

Mahrouk, E. M. E., Shereif, E. A. R., Dewir, Y. H., Hafez, Y. M., Abdelaal, K. A., Hendawy, E. S., Migdadi, H., & Obeed, A. R. S. (2019). Micropropagation of Banana: Reversion, Rooting, and Acclimatization of Hyperhydric Shoots. *HortScience*, *54*(8), 1384-1390. https://doi.org/10.21273/hortsci14036-19

Mello, S. d. C., Mendonça, A. J., Riboldi, L. B., Dall'Orto, L. T. C., & Suguino, E. (2016). Impact of Indole-3-Butyric Acid on Adventitious Root Development from Cuttings of Tea. *HortTechnology*, *26*(5), 599-603. https://doi.org/10.21273/horttech03378-16

Mudoi, K. D., Saikia, S. P., & Mina, S. B. (2014). Effect of nodal positions, seasonal variations, shoot clump and growth regulators on micropropagation of commercially important bamboo, *Bambusa nutans* Wall. ex. Munro. *African Journal of Biotechnology*, *13*, 1961-1972. https://doi.org/10.5897/AJB2014.13659

Muller, L. J., Hilgenberg, W., & Epstein, E. (1995). The in vitro biosynthesis of indole-3-butyric acid in maize. *Phytochemistry*, *40*(1), 61-68. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0031-9422(95)00259-A

Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A Revised Medium for Rapid Growth and Bio Assays with Tobacco Tissue Cultures. *Physiologia Plantarum*, *15*(3), 473-497. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x

Ndiaye, A., Saliou, M., Niang, D., & Kène, Y. (2006). In vitro regeneration of adult trees of

Bambusa vulgaris. *African Journal of Biotechnology*, *5*, 1245-1248.

Negi, D., & Saxena, S. (2011). In vitro propagation of *Bambusa nutans* Wall. ex Munro through axillary shoot proliferation. *Plant Biotechnology Reports*, *5*, 35-43. https://doi.org/10.1007/s11816-010-0154-z

Netto, P. A. B., Silva, C. C. T. A., Schaefer, S., Ramírez, J. A., & Galagovsky, L. R. (2005). Brassinosteroid-stimulated branch elongation in the marubakaido apple rootstock. *Trees*, *20*(3), 286-291. https://doi.org/10.1007/s00468-005-0041-3

Ogita, S. (2005). Callus and cell suspension culture of bamboo plant, *Phyllostachys nigra*. *Plant Biotechnology*, *22*, 119-125. https://doi.org/10.5511/plantbiotechnology.22.119

Pan, B., Luo, Y., Song, L., Chen, M. S., Li, J., & Xu, Z. F. (2015). Thidiazuron increases fruit number in the biofuel plant *Jatropha curcas* by promoting pistil development. *Industrial Crops and Products*, *81*. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.11.054

Pandey, B. N., & Singh, N. B. (2012). Micropropagation of *Dendrocalamus strictus* nees from mature nodal explants. *Journal of Applied and Natural Science*, *4*(1), 5-9. https://doi.org/10.31018/jans.v4i1.213

Patel, B., Gami, B., Patel, N., & Bariya., V. (2015). One step pre-hardening micropropagation of *Bambusa balcooa* Roxb. *The Journal of Phytology*, *7*, 1-9.

Raju, I. M. R., & Roy, S. (2017). Mass propagation of *Bambusa bambos* (L.) Voss through in vitro culture. *Jahangirnagar University Journal of Biological Sciences*, *5*, 15. https://doi.org/10.3329/jujbs.v5i2.32514

Ramanayake, S. M. S. D., & Yakandawala, K. (1997). Micropropagation of the giant bamboo (*Dendrocalamus giganteus* Munro) from nodal explants of field grown culms. *Plant Science*, *129*(2), 213-223. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0168-9452(97)00185-4

Sasaki, H. (2002). Brassinolide promotes adventitious shoot regeneration from cauliflower hypocotyl segments. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, *71*(2), 111-116. https://doi.org/10.1023/A:1019913604202

Sharma, P., & Saikia, P. (2016). Diversity, Uses and In vitro Propagation of Different Bamboos of Sonitpur District, Assam. *Journal of Ecosystem & Ecography*, *6*. https://doi.org/10.4172/2157-7625.1000184

Silva, J. A. T. D. (2012). Is BA (6-benzyladenine) BAP (6-benzylaminopurine)? *The Asian and Australasian Journal of Plant Science and Biotechnology*, *6*, 121-124.

Singh, A., & Agarwal, P. k. (2016). Enhanced micropropagation protocol of ex vitro rooting of a commercially important crop plant *Simmondsia chinensis* (Link) Schneider. *Journal of Forest Science*, *62*(3), 107-115. https://doi.org/10.17221/80/2015-jfs

Singh, M., Jaiswal, U., & Jaiswal, V. (2001). Thidiazuron-induced Shoot Multiplication and Plant Regeneration in Bamboo (*Dendrocalamus strictus* Nees). *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology*, *10*. https://doi.org/10.1007/BF03263122

Singh, S., Singh, R., Kalia, S., Dalal, S., Dhawan, A., & Kalia, R. (2013). Limitations, progress and prospects of application of biotechnological tools in improvement of bamboo—a plant with extraordinary qualities. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, *19*, 21-41. https://doi.org/10.1007/s12298-012-0147-1

Sivaci, A., & Yalcin, I. (2008). The Seasonal Changes in Endogenous Levels of Indole-3-Acetic Acid, Gibberellic Acid, Zeatin and Abscisic Acid in Stems of Some Apple Varieties (*Malus sylvestris* Miller). *Asian Journal of Plant Sciences*, *7*(3), 319-322.

Strader, L. C., & Bartel, B. (2011). Transport and metabolism of the endogenous auxin precursor indole-3-butyric acid. *Molecular plant*, *4*(3), 477-486. https://doi.org/10.1093/mp/ssr006

Sunagawa, H., Agarie, S., Umemoto, M., Makishi, Y., & Nose, A. (2007). Effect of Urea-Type Cytokinins On The Adventitious Shoots Regeneration From Cotyledonary Node Explant in Thecommon Ice Plant, *Mesembryanthemum crystallinum*. *Plant Production Science - PLANT PROD SCI*, *10*, 47-56. https://doi.org/10.1626/pps.10.47

Vardhini, B. V., & Anjum, N. A. (2015). Brassinosteroids make plant life easier under abiotic stresses mainly by modulating major components of antioxidant defense system. *Frontiers in Environmental Science*, *2*. https://doi.org/10.3389/fenvs.2014.00067

Waikhom, S. D., & Louis, B. (2014). An Effective Protocol for Micropropagation of Edible Bamboo Species (*Bambusa tulda* and *Melocanna baccifera*) through Nodal Culture. *The Scientific World Journal*, *2014*, 1-8.

https://doi.org/10.1155/2014/345794

Wei, Q., Cao, J., Qian, W., Xu, M., Li, Z., & Ding, Y. (2015). Establishment of an efficient micropropagation and callus regeneration system from the axillary buds of *Bambusa ventricosa*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, *122*(1), 1-8. https://doi.org/10.1007/s11240-015-0743-1

Yang, Y., Zhang, Y., Dong, M., Yan, T., Zhang, M., & Zeng, Q. (2017). Highly Efficient Degradation of Thidiazuron with Ag/AgCl- Activated Carbon Composites under LED Light Irradiation. *Journal of Hazardous Materials*, *335*. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.04.013

Yokota, T., Ohnishi, T., Shibata, K., Asahina, M., Nomura, T., Fujita, T., Ishizaki, K., & Kohchi, T. (2017). Occurrence of brassinosteroids in non-flowering land plants, liverwort, moss, lycophyte and fern. *Phytochemistry*, *136*, 46-55. https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2016.12.020

Zahra, A. T., & Dmoor, A. H. (2013). Seasonal Changes in Endogenous Plant Hormones and Alternate Bearing of Nabali Olive (*Olea europea* L.)Trees. *Asian Journal of Plant Sciences*, *12*, 241-246. https://doi.org/10.3923/ajps.2013.241.246

ธัญพิสิษฐ์ พวงจิก. (2556). ไผ่พืชมหัศจรรย์จริงหรือ ? Is Bamboo Amazing Plant ? วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, *21*(2), 179-185.

ธัญพิสิษฐ์ พวงจิก. (2558). การศึกษาการเจริญเติบโตและความต้องการน้ำของต้นไผ่ 10 พันธุ์ The Study on Growth and Water Requirements of10 Bamboo Varieties. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, *23*(1), 22-34.

ธัญพิสิษฐ์ พวงจิก, ปภากานต์ พรหมคล้าย, & เยาวภา จิระเกียรติกุล. (2556). การศึกษาการเจริญเติบโตของไผ่บางพันธุ์ Study on Growth of Some Bamboo Varieties. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, *21*(6), 533-542.

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายวุฒิชัย เสรียุวราษฎร์
วัน เดือน ปี เกิด	28 กุมภาพันธ์ 2538
สถานที่เกิด	ราชบุรี
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.)
ที่อยู่ปัจจุบัน	149 หมู่ 7 ต.ศรีสุราษฎร์ อ.ดำเนินสะดวก จ.ราชบุรี 70130
ผลงานตีพิมพ์	W. Sareeyuvaratcha, S. Sengsai, K. Obsuwan and C. Thepsithar. (2020). Shoot initiation and multiple shoot induction of Sangmon 'Nuan Rajinee' bamboo (Dendrocalamus sericeus Munro). Acta Hortic. 1298, 307-314 DOI 10.17660/ActaHortic.2020.1298.42

มหาวิทยาลัยศิลปากร