สำนักงานบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ระดับการประเมินคุณภาพ
☒ ดีเยี่ยม ☐ ดีมาก
☐ ดี ☐ ปานกลาง

การขยายพันธุ์อเมซอน (*Echinodorus* sp.) ด้วยระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจมชั่วคราว

แววดาว หมื่นสำราญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ

ชื่อเรื่อง

การขยายพันธุ์อเมซอน (*Echinodorus* sp.)

ด้วยระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจมชั่วคราว

โดย

แววดาว หมื่นสำราญ

พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการที่ปรึกษา .....

(รองศาสตราจารย์ ดร.นพมณี โทปุญญานนท์)

วันที่ 8 เดือน ก.พ. พ.ศ. ๒๕๖๕

กรรมการที่ปรึกษา .....

(รองศาสตราจารย์ธัญญะ เตชะศีลพิทักษ์)

วันที่ 10 เดือน ก.พ. พ.ศ. ๒๕๖๕

กรรมการที่ปรึกษา .....

(อาจารย์ ดร.ทิพย์สุดา ตั้งตระกูล)

วันที่ 16 เดือน ก.พ. พ.ศ. ๒๕๖๕

ประธานกรรมการประจำหลักสูตร .....

(อาจารย์ ดร.มยุรา ศรีกัลยานุกูล)

วันที่ 17 เดือน ก.พ. พ.ศ. ๒๕๖๕

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จำเนียร ยศราช)

ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา

วันที่ 17 เดือน ก.พ. พ.ศ. ๒๕๖๕

ชื่อเรื่อง	การขยายพันธุ์อเมซอน (*Echinodorus* sp.) ด้วยระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจมชั่วคราว
ชื่อผู้เขียน	นางสาวแววดาว หมื่นสำราญ
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
ประธานกรรมการที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.นพมณี โทปุญญานนท์

บทคัดย่อ

ทำการศึกษาการขยายพันธุ์อเมซอน (*Echinodorus* sp.) ด้วยระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจมชั่วคราว (Temporary Immersion Bioreactor: TIB) ตั้งแต่ขั้นตอนการชักนำการเกิดต้น การเพิ่มปริมาณการยืดยาว การออกรากและการออกปลูก ในขั้นตอนชักนำให้เกิดต้นอ่อน ได้ทดลองเพาะเลี้ยงตาของต้นอเมซอนบนอาหารแข็งสูตร MS ที่มีการเติม TDZ (0.5 หรือ 1.0 มก/ล) หรือ BA (1.0 หรือ 2.0 มก/ล) ร่วมกับ IAA 0.3 มก/ล หรือ NAA 0.3 มก/ล พบว่าหลังจากการเพาะเลี้ยงนาน 4 สัปดาห์ ในอาหารที่มี TDZ 1.0 มก/ล ร่วมกับ IAA 0.3 มก/ล สามารถชักนำให้เกิดต้นอ่อนจำนวนมากที่สุดคือ 1.8±0.18 ต้น จากนั้นได้ทำการศึกษาการเพิ่มปริมาณต้น โดยเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนต้นอเมซอนบนอาหารแข็งเปรียบเทียบกับเพาะเลี้ยงใน TIB โดยใช้อาหารสูตร MS ที่มีการเติม TDZ (0.25, 0.5 หรือ 1.0 มก/ล) หรือ BA (0.25, 0.5 หรือ 1.0 มก/ล) พบว่าหลังจากเพาะเลี้ยงนาน 4 สัปดาห์ ชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงใน TIB ที่มี TDZ 1.0 มก/ล มีจำนวนต้นต่อกอมากที่สุดคือ 6.3±0.59 ต้น ในขณะที่ BA ไม่มีการแตกตาเพิ่ม ไม่ว่าจะเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งหรือ TIB จากนั้นทำการศึกษาการยืดยาวของต้นอเมซอน โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งกับ TIB ในอาหารสูตร MS ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต นาน 8 สัปดาห์ พบว่าต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงใน TIB ต้นมีขนาดใหญ่กว่าต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง และยังพบการเพิ่มจำนวนของต้นเล็กกลุ่มอีกด้วย และในระยะการออกรากของต้น ทำการเปรียบเทียบระหว่างการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งกับ TIB พบว่าหลังเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ต้นที่เพาะเลี้ยงใน TIB มีจำนวนรากมากกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง และเมื่อนำไปออกปลูกในสภาพธรรมชาติพบว่าต้นที่เพาะเลี้ยงใน TIB มีสภาพที่แข็งแรง ต้นโต จำนวนใบและจำนวนรากมากกว่าต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง และต้นจากการขยายพันธุ์ในสภาพธรรมชาติ

Title	Micropropagation of *Echinodorus* sp. by Temporary Immersion Bioreactor
Author	Miss Weawdao Muensumran
Degree of	Master of Science in Biotechnology
Advisory Committee Chairperson	Associate Professor Dr. Nopmanee Topoonyanont

ABSTRACT

Echinodorus sp. was micropropagated by Temporary Immersion Bioreactor (TIB) system from the stage of shoot initiation to multiplication, elongation, rooting and transplanting stages. For shoot initiation stage, different culture media were investigated consisting of modified MS (1962) medium containing TDZ (0.5 or 1.0 mg/L) or BA (1.0 or 2.0 mg/L) together with 0.3 mg/L IAA or 0.3 mg/L NAA. After 4 weeks, it was found that the medium containing a combination of 1.0 mg/L TDZ and 0.3 mg/L IAA resulted in the greatest number of shoots (1.8±0.18). For the multiplication stage, a comparison was made between culture of explants on semisolid medium and in the TIB system, both using MS medium supplemented with TDZ (0.25, 0.5 or 1.0 mg/L) or BA (0.25, 0.5 or 1.0 mg/L). After 4 weeks, the greatest number of new shoots (6.3±0.59) resulted from a culture in TIB on medium containing 1.0 mg/L TDZ, while shoots grown on medium containing BA failed to regenerate shoots either in semisolid medium or in the TIB. For the elongation stage, a comparison was made between growing the shoots on semisolid medium and in TIB system, both using MS medium without plant growth regulators. After 8 weeks, shoots grown in TIB was longer than those grown in semisolid medium, and with new shoots also appearing. In the rooting stage, a comparison was again made between semisolid medium and TIB system, and it was found that after 4 weeks, shoots in the TIB had more roots than those on semisolid medium. When the plants were transferred to the greenhouse, those from TIB grew to become larger, more robust and had more leaves and roots than those from semi-solid medium and from conventional propagation.

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษางานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องด้วยความกรุณาของประธานกรรมการที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.นพมณี โทปุญญานนท์ กรรมการที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ธัญญะ เตชะศิลพิทักษ์ และอาจารย์ ดร.ทิพย์สุดา ตั้งตระกูล ที่คอยให้ความช่วยเหลือ สนับสนุน พร้อมทั้งให้คำปรึกษา คำแนะนำในการแก้ไขปัญหาและอุปสรรคต่างๆ ระหว่างดำเนินงานวิจัย อีกทั้งยังสละเวลาอันมีค่าในการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ตลอดจนคอยให้กำลังใจแก่ข้าพเจ้ามาโดยตลอด ทั้งนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ฉันทลักษณ์ ติยายน ที่ให้เกียรติเป็นประธานคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ให้แก่ข้าพเจ้า และให้คำแนะนำในการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช สาขาเทคโนโลยีชีวภาพทุกคน ที่คอยให้คำปรึกษา ความช่วยเหลือในการวิจัย และกำลังใจที่ดีตลอดมา

นอกจากนี้ข้าพเจ้าของกราบขอบพระคุณบิดามารดา คุณพ่อจันทร์คำ คุณแม่อารีย์ หมื่นสำราญ และครอบครัวของข้าพเจ้า ที่ได้มอบโอกาสที่ดีในการศึกษาครั้งนี้ พร้อมทั้งอบรมสั่งสอนและให้คำแนะนำในการดำเนินชีวิต ตลอดจนมอบความรักและกำลังใจให้แก่ข้าพเจ้ามาโดยตลอด

ประโยชน์ และความดีอันเนื่องมาจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะพึงมีเพียงใด ขอมอบแด่คุณพ่อคุณแม่ ผู้อบรมเลี้ยงดูและให้การศึกษา ตลอดจนครูอาจารย์ที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้ และอบรมสั่งสอนตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

แววดาว หมื่นสำราญ

กุมภาพันธ์ 2555

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
ABSTRACT	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
สารบัญตาราง	(8)
สารบัญภาพ	(9)
อักษรย่อ	(14)
บทที่ 1 บทนำ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
ขอบเขตของการวิจัย	3
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	4
การขยายพันธุ์พรรณไม้น้ำ	5
ประโยชน์ของอเมซอน	6
การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช	6
สารควบคุมการเจริญเติบโต	7
ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตกับพรรณไม้น้ำ	8
การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออเมซอน	11
ระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว (Temporary Immersion Bioreactor)	12
ปัจจัยของไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวที่มีผลต่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช	13
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	15
อุปกรณ์และสารเคมี	15
วิธีการทดลอง	16
การทดลองที่ 1 การศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโต 2 ชนิด คือ ไซโตไคนิน (BA หรือ TDZ) ร่วมกับออกซิน (NAA หรือ IAA) ที่มีผลต่อการชักนำให้เกิดต้นอ่อนของต้นอเมซอน	16

หน้า

การทดลองที่ 2 การศึกษาการเพิ่มจำนวนต้นอเมซอนที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งเปรียบเทียบกับไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฟด 18
การทดลองที่ 3 การเปรียบเทียบการยืดยาวของต้นเล็กกลุ่มของต้นอเมซอนระหว่างอาหารแข็งกับระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฟด 21
การทดลองที่ 4 การศึกษาการออกรากของต้นอเมซอนและการออกปลูกต้นอเมซอนในสภาพธรรมชาติ 22
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ 25
ผลการวิจัย 25
ผลการทดลองที่ 1 การศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโต 2 ชนิด คือ ไซโตไคนิน (BA หรือ TDZ) ร่วมกับออกซิน (NAA หรือ IAA) ที่มีผลต่อการชักนำให้เกิดต้นอ่อนของต้นอเมซอน 25
ผลการทดลองที่ 2 การศึกษาการเพิ่มจำนวนต้นอเมซอนที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งเปรียบเทียบกับระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฟด 32
ผลการทดลองที่ 3 การเปรียบเทียบการยืดยาวของต้นเล็กกลุ่มของต้นอเมซอนระหว่างอาหารแข็งกับระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฟด 48
ผลการทดลองที่ 4 การศึกษาการออกรากของต้นอเมซอนและการออกปลูกต้นอเมซอนในสภาพธรรมชาติ 54
วิจารณ์ผลการทดลอง 64
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 67
บรรณานุกรม 69
ภาคผนวก 74
ภาคผนวก ก ประวัติผู้วิจัย 75

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	การวางแผนการทดลองการเปรียบเทียบวิธีการเพาะเลี้ยงและสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการเพิ่มจำนวนต้นอเมซอนในสภาพปลอดเชื้อ	18

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	ต้นอเมซอนที่ได้จากร้านจำหน่ายพรรณไม้น้ำ เพื่อนำมาทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในระยะการชักนำให้เกิดต้นใหม่ในสภาพปลอดเชื้อ	17
2	ชิ้นส่วนตั้งต้นที่ใช้ในการศึกษาการเพิ่มจำนวนต้นของต้นอเมซอนที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด	19
3	ชิ้นส่วนตั้งต้นที่ใช้ในการศึกษาการออกราก ในอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว	22
4	ต้นที่ใช้ในการศึกษาการออกปลูกในสภาพธรรมชาติของต้นอเมซอนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติ (a) เปรียบเทียบกับต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงแบบปลอดเชื้อ คือ เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง (b) และไบโอรีแอคเตอร์แบบจมชั่วคราว (c)	24
5	การปลูกต้นอเมซอนในสภาพธรรมชาติ เพื่อศึกษาลักษณะต้นของต้นอเมซอนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติ เปรียบเทียบกับต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงแบบปลอดเชื้อ	24
6	ลักษณะของต้นอเมซอนที่ได้หลังจากเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้นเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ในอาหารแข็งสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ประกอบด้วย BA หรือ TDZ ความเข้มข้นแตกต่างกัน	26
7	จำนวนต้นต่อกอของต้นอเมซอนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้นเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ในอาหารแข็งสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ประกอบด้วย BA หรือ TDZ ความเข้มข้นแตกต่างกัน	27
8	ความสูงต้นของต้นอเมซอนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้นเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ในอาหารแข็งสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ประกอบด้วย BA หรือ TDZ ความเข้มข้นแตกต่างกัน	28
9	จำนวนใบต่อต้นของต้นอเมซอนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้นเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ในอาหารแข็งสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ประกอบด้วย BA หรือ TDZ ความเข้มข้นแตกต่างกัน	30

ภาพ		หน้า
10	ความกว้างใบของต้นอเมซอนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้นเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ในอาหารแข็งสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ประกอบด้วย BA หรือ TDZ ความเข้มข้นแตกต่างกัน	30
11	ความยาวใบของต้นอเมซอนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้นเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ในอาหารแข็งสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ประกอบด้วย BA หรือ TDZ ความเข้มข้นแตกต่างกัน	31
12	ต้นอเมซอนที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว เป็นระยะเวลานาน 4 สัปดาห์	32
13	ลักษณะของต้นอเมซอนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้น เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ในอาหารแข็งและ TIB ในอาหารเพิ่มปริมาณสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ประกอบด้วย TDZ หรือ BA ความเข้มข้นแตกต่างกัน	33
14	จำนวนต้นต่อกอที่ได้จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้น เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ในอาหารแข็งและ TIB ในอาหารเพิ่มปริมาณสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ประกอบด้วย TDZ หรือ BA ความเข้มข้นแตกต่างกัน	34
15	ความสูงต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้น เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ในอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ในอาหารเพิ่มปริมาณสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ประกอบด้วย TDZ หรือ BA ความเข้มข้นแตกต่างกัน	35
16	จำนวนใบต่อต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้น เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ในอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ในอาหารเพิ่มปริมาณสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ประกอบด้วย TDZ หรือ BA ความเข้มข้นแตกต่างกัน	37
17	ความกว้างใบของต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้น เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ในอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ในอาหารเพิ่มปริมาณสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ประกอบด้วย TDZ หรือ BA ความเข้มข้นแตกต่างกัน	37
18	ความยาวใบของต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้น เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ในอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ในอาหารเพิ่มปริมาณสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ประกอบด้วย TDZ หรือ BA ความเข้มข้นแตกต่างกัน	38
19	จำนวนรากต่อต้นของต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้น เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ในอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ในอาหารเพิ่มปริมาณสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ประกอบด้วย TDZ หรือ BA ความเข้มข้นแตกต่างกัน	39

ภาพ หน้า

20 ความยาวรากรากของต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้น เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ในอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ในอาหารเพิ่มปริมาณสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ประกอบด้วย TDZ หรือ BA ความเข้มข้นแตกต่างกัน 39

21 ลักษณะต้นเล็กกลุ่มที่นำมาขยายพันธุ์ในอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว 40

22 ลักษณะของต้นอเมซอนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงต้นเล็กกลุ่มในอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด ในอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ 41

23 จำนวนต้นต่อกอที่ได้จากการเพาะเลี้ยงต้นเล็กกลุ่ม เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ในอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ในอาหารแข็งและระบบ ไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด 42

24 จำนวนใบต่อต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงต้นเล็กกลุ่ม ในอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ในอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ 44

25 ความกว้างใบของต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงต้นเล็กกลุ่ม ในอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ในอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ 45

26 ความยาวใบของต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงต้นเล็กกลุ่ม ในอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ในอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ 45

27 จำนวนรากต่อต้นของต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงต้นเล็กกลุ่ม ในอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ในอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ 47

28 ความยาวรากของต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงต้นเล็กกลุ่ม ในอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ในอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ 47

29 ลักษณะของต้นอเมซอนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงต้นเล็กกลุ่ม เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ในอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ในอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว 48

ภาพ		หน้า
30	จำนวนต้นต่อกอที่ได้จากการเพาะเลี้ยงต้นเล็กกลุ่ม เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ในอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ในอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฟด	49
31	จำนวนใบต่อต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงต้นเล็กกลุ่ม เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ในอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ในอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฟด	51
32	ความกว้างใบของต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงต้นเล็กกลุ่ม เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ในอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ในอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฟด	51
33	ความยาวใบของต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงต้นเล็กกลุ่ม เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ในอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ในอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฟด	52
34	จำนวนรากต่อต้นของต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงต้นเล็กกลุ่ม เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ในอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ในอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว	53
35	ความยาวรากของต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงต้นเล็กกลุ่ม เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ในอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ในอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว	53
36	ลักษณะต้นอเมซอนที่ถูกชักนำทำให้เกิดรากในอาหารแข็ง (a-c) และระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฟด (d-f) เป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ ในอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต	54
37	ความสูงต้น (a) จำนวนใบต่อต้น (b) ความกว้างใบ (c) และความยาวใบ (d) ของต้นอเมซอน หลังจากเพาะเลี้ยงนาน 4 สัปดาห์ ในอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฟด ในอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต	56
38	จำนวนรากต่อต้น (a) และความยาวราก (b) ของต้นอเมซอน หลังจากเพาะเลี้ยงนาน 4 สัปดาห์ ในอาหารแข็งและระบบ TIB ในอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต	57

ภาพ		หน้า
39	สภาพต้นอเมซอนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งและ TIB ที่ออกปลูกในอ่างเป็นระยะ เวลานาน 8 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับต้นที่เพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติ	58
40	ความสูงต้นของต้นอเมซอนที่เพาะเลี้ยงจากอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ที่ทำการออกปลูกในสภาพธรรมชาติ เป็นระยะเวลานาน 8 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับต้นที่เพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติ	59
41	จำนวนใบต่อต้นของต้นอเมซอนที่เพาะเลี้ยงจากอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ที่ทำการออกปลูกในสภาพธรรมชาติ เป็นระยะเวลานาน 8 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับต้นที่เพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติ	61
42	ความกว้างใบของต้นอเมซอนที่เพาะเลี้ยงจากอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ที่ทำการออกปลูกในสภาพธรรมชาติ เป็นระยะเวลานาน 8 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับต้นที่เพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติ	61
43	ความยาวใบของต้นอเมซอนที่เพาะเลี้ยงจากอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ที่ทำการออกปลูกในสภาพธรรมชาติ เป็นระยะเวลานาน 8 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับต้นที่เพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติ	62
44	จำนวนรากต่อต้นของต้นอเมซอนที่เพาะเลี้ยงจากอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ที่ทำการออกปลูกในสภาพธรรมชาติ เป็นระยะเวลานาน 8 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับต้นที่เพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติ	63
45	ความยาวรากของต้นอเมซอนที่เพาะเลี้ยงจากอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ที่ทำการออกปลูกในสภาพธรรมชาติ เป็นระยะเวลานาน 8 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับต้นที่เพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติ	63
46	รูปแบบการผลิตต้นอเมซอนด้วยระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด	68

อักษรย่อ

อักษรย่อ	ย่อมาจาก
BA	N^6-Benzyladenine
IAA	Indole-3-acetic acid
MS	Murashige and Skoog
NAA	α-Napthaleneacetic Acid
TDZ	Thidiazuron
TIB	Temporary Immersion Bioreactor

บทที่ 1
บทนำ

การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศที่เป็นไปอย่างรวดเร็ว และมักจะกระจุกอยู่ตามเมืองใหญ่ๆ ของประเทศ จึงเกิดการหลั่งไหลของผู้คนเข้ามาทำงานในเมืองหลวงและเมืองใหญ่ๆ กันมากขึ้น ประกอบกับพื้นที่ในเมืองใหญ่มีราคาแพงจำกัด ผู้คนเหล่านั้นจึงพักอาศัยอยู่ในคอนโดมิเนียมหรือหอพักกันเป็นจำนวนมาก จะเห็นได้จากการสร้างตึกสูงมากมายเพื่อเป็นที่อยู่อาศัย เมื่อต้องอาศัยอยู่ในห้องหรือพื้นที่ที่จำกัดเช่นนี้ ประชาชนจึงหันมาดึงเอาธรรมชาติไว้ในที่พัก กิจกรรมที่ได้รับความนิยมมาก คือ การนำตู้ปลามาประดับที่พักเพื่อความสวยงามและสร้างความสุข

ธุรกิจตู้ปลาในปัจจุบันเป็นธุรกิจที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก นอกจากเลี้ยงปลาสวยงามแล้วยังมีการนำพรรณไม้น้ำหลากหลายชนิดมาประดับและตกแต่ง เพื่อให้เกิดความสวยงามและเพิ่มสีสันให้กับตู้ปลามากขึ้นอีกด้วย เนื่องจากพรรณไม้น้ำมีรูปทรงและสีสันที่หลากหลาย นอกจากนั้นพรรณไม้น้ำยังช่วยขจัดของเสียออกจากตัวปลา และยังช่วยเพิ่มก๊าซออกซิเจนในตู้ปลาด้วย พรรณไม้น้ำที่นิยมนำมาเพาะเลี้ยงในตู้ปลา ได้แก่ อนูเบียส (*Anubias*) อเมซอน (*Echinodorus*) ชบาน้ำ (*Apongeton*) สาหร่ายเดนซ่า (*Egeria dansa*) ใบพาย (*Cryptocoryne*) บัว (*Nymphaea*) สาหร่ายคาบอมบา (Water cabomba) และสาหร่ายขนนก (*Myriophyllum*) เป็นต้น (จรัลธาดา, 2549)

อเมซอนจัดเป็นพรรณไม้น้ำที่มีความสวยงาม ทนทาน และมีราคาปานกลาง จึงได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายทั้งในประเทศและต่างประเทศ การขยายพันธุ์อเมซอนสามารถขยายพันธุ์โดยใช้วิธีการตัดต้นอ่อนบนก้านช่อดอกไปปลูก บางชนิดที่เกิดดอกและต้นอ่อนยากใช้วิธีการตัดแบ่งไรโซมที่นำอายุไปเพาะชำ หรือบางชนิดใช้การขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ด ซึ่งวิธีการขยายพันธุ์ทั้งหมดค่อนข้างช้า ดังนั้นจึงมีการนำวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชมาขยายพันธุ์อเมซอนและพรรณไม้น้ำอื่น เนื่องจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเป็นวิธีการขยายพันธุ์ที่รวดเร็ว ได้ต้นปริมาณมาก อีกทั้งยังเป็นการผลิตต้นพันธุ์ที่ปราศจากโรค ต้นมีความแข็งแรง มีการเจริญเติบโตสม่ำเสมอและตรงตามสายพันธุ์อีกด้วย ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ส่วนสำคัญที่นอกจากสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงแล้ว ยังมีสารควบคุมการเจริญเติบโตที่ทำให้การขยายพันธุ์ประสบผลสำเร็จ สารควบคุมการเจริญเติบโตที่นิยมใช้ คือ กลุ่มไซโตไคนิน ได้แก่ Benzyladenine (BA) Thidiazuron (TDZ) ร่วมกับกลุ่มออกซิน ได้แก่ Napthaleneacetic acid (NAA) 3-Indolelacetic acid (IAA) เป็นต้น ในการเลือกใช้ชนิดและความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับชนิดของพืชที่นำมาทำการเพาะเลี้ยง ตลอดจนมีการเพิ่มวุ้นเพื่อให้อาหารอยู่ในสภาพแข็ง

แต่อย่างไรก็ตามการเพาะเลี้ยงด้วยระบบอาหารแข็งมีขั้นตอนที่ยุ่งยากและมีต้นทุนในด้านแรงงานสูง จึงมีการนำเทคโนโลยีใหม่เข้ามาช่วยในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช คือ ระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจมชั่วคราว (Temporary Immersion Bioreactor : TIB) ที่เป็นการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารเหลว จึงทำให้ต้นพืชเจริญเติบโตได้เร็วกว่าการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งมาก และยังช่วยลดต้นทุนการผลิต และเพิ่มปริมาณต้นได้มาก (Topoonyanont et al., 2005) ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในเชิงเศรษฐกิจที่สำคัญของการผลิตพรรณไม้น้ำให้เพียงพอต่อความต้องการของตลาด

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมต่อการขยายพันธุ์อเมซอน (*Echinodorus* sp.) ด้วยระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจมชั่วคราว เพื่อเป็นการเพิ่มผลผลิตต้นอเมซอนให้เพียงพอต่อความต้องการของตลาดและสามารถควบคุมคุณภาพการผลิต เพื่อพัฒนาให้ธุรกิจการผลิตพรรณไม้น้ำเจริญเติบโต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโต 2 ชนิด คือ ไซโตไคนิน (BA หรือ TDZ) และออกซิน (IAA หรือ NAA) ที่มีผลต่อการชักนำให้เกิดต้นอ่อนของต้นอเมซอนในสภาพปลอดเชื้อ
2. เพื่อศึกษาระดับความเข้มข้นของ TDZ ที่เหมาะสมต่อการเพิ่มปริมาณต้นของต้นอเมซอนที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งเปรียบเทียบกับระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจมชั่วคราว
3. เพื่อเปรียบเทียบลักษณะการเจริญและพัฒนาของต้นอเมซอนที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งกับระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจมชั่วคราวในระยะยืดยาวและออกราก
4. เพื่อศึกษาสภาพต้นจากการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์เมื่อนำออกปลูกในสภาพธรรมชาติ เปรียบเทียบกับต้นจากการเพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติ (ต้นจากร้านจำหน่ายพรรณไม้น้ำ)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ในการศึกษาครั้งนี้คาดว่า ได้ระบบการผลิตต้นอเมซอนที่มีประสิทธิภาพด้วยเทคโนโลยีใหม่คือ ระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด และสามารถนำไปปรับใช้กับการขยายพันธุ์พรรณไม้น้ำอื่นๆ ต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ทดสอบระดับความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่มีผลต่อการ ชักนำให้เกิดต้นอ่อนและเพิ่มปริมาณต้นของต้นอเมซอน ทดสอบการยืดยาวและออกราก โดยเปรียบเทียบการเพาะเลี้ยงด้วยระบบอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจมชั่วคราว

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ MAEJO UNIVERSITY

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

พรรณไม้น้ำเป็นพืชเศรษฐกิจที่เป็นที่ต้องการทั้งตลาดในประเทศและต่างประเทศ โดยนำพรรณไม้น้ำมาตกแต่งตู้ปลาและจัดสวนพรรณไม้น้ำในตู้ เพื่อทำให้เกิดความสวยงามและเพิ่มสีสันให้กับตู้ปลา ปัจจุบันมีการจำหน่ายพรรณไม้น้ำเพื่อการค้ามากกว่า 250 ชนิด พรรณไม้น้ำที่นิยมนำมาเพาะเลี้ยงส่วนใหญ่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศเขตร้อน เช่น ประเทศในทวีปอัฟริกา ทวีปอเมริกาใต้ และภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ รวมทั้งประเทศไทย ภูมิภาคของประเทศไทยมีความเหมาะสมสำหรับการแพร่ขยายพันธุ์ของพรรณไม้น้ำหลายชนิด เพราะไม่เพียงแต่เฉพาะพรรณไม้น้ำของไทยเท่านั้นที่สามารถแพร่พันธุ์ได้ พรรณไม้น้ำต่างประเทศอีกหลายชนิดที่นำเข้ามาก็สามารถเจริญเติบโตแพร่ขยายพันธุ์ได้ (กาญจนรี, 2546)

ปัจจุบันการส่งออกพรรณไม้น้ำของไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งมูลค่าการส่งออกพรรณไม้น้ำของกรมวิชาการเกษตร พบว่าในปี 2546 มีการส่งออกจำนวน 9,884,470 ต้น คิดเป็นมูลค่า 16.22 ล้านบาท ในปี 2547 มีการส่งออกจำนวน 8,085,068 ต้น คิดเป็นมูลค่า 17.27 ล้านบาท ซึ่งตลาดนำเข้าที่สำคัญ ได้แก่ ญี่ปุ่น คิดเป็นสัดส่วนมากถึง 60% ของการส่งออกทั้งหมด ตลาดรองลงมา ได้แก่ สหรัฐอเมริกา เนเธอร์แลนด์ เยอรมัน และเดนมาร์ก (กรมประมง, 2549) พืชในสกุลอเมซอน (*Echinodorus* s.) จัดเป็นพรรณไม้น้ำที่มีความสวยงาม ทนทาน จึงได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายทั้งในและต่างประเทศ

อเมซอนจัดอยู่ในวงศ์ Alismataceae สกุล *Echinodorus* (Allgayer and Teton, 1987) พืชในวงศ์นี้มี 11 สกุล ซึ่งในประเทศไทยพบ 1 สกุล คือ *Echinodorus* นำเข้า (สุชาดา, 2530) อเมซอนเป็นพืชใต้น้ำหรือเจริญขึ้นเหนือน้ำ ลำต้นเป็นเหง้า (rhizome) ฝังอยู่ในพื้นน้ำที่เป็นทรายหรือดินปนทราย รากจะชอนไชไปตามพื้นทราย ซึ่งอเมซอน *Echinodorus* sp. มีแหล่งกำเนิดจากทวีปอเมริกาใต้ (Southern Brazil, Parguay, Urugray) ไปจนถึงเขตร้อน (Argentina) สามารถผสมข้ามพันธุ์ได้ง่าย และลูกผสมมีลักษณะแตกต่างกันมาก เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ใบเป็นใบเลี้ยงเดี่ยว แผ่นใบมีลักษณะเป็น lanceolate ยาวประมาณ 10-15 เซนติเมตร แผ่นใบมีสีเขียวถึงสีน้ำตาล ฐานใบมีลักษณะเป็นคลื่น เส้นใบมักจะมีสีแดงอมน้ำตาล แผ่นใบบางครั้งจะมีจุดสีน้ำตาลแดง ช่อดอกยาวโค้ง มีดอกสีขาวออกเป็นกลุ่มตามข้อ มีกลีบเลี้ยง 3 กลีบ (Rataj and Horeman, 1977) คุณลักษณะที่โดดเด่นของอเมซอนคือ มีใบที่หนา แข็งแรง และมีรูปร่าง สีสันของใบที่หลากหลาย สวยงาม สามารถเจริญอยู่ใต้น้ำได้เป็นเวลานานโดยไม่ต้องตัดแต่งบ่อย ดูแลรักษาง่าย แต่จะไม่เกิดดอกเมื่ออยู่ใต้น้ำ (พวงผกา, 2546)

พืชในสกุลอเมซอนที่นิยมนำมาเพาะเลี้ยงประดับตู้ปลา มีประมาณ 30 ชนิด เช่น *Echinodorus amazonicus, E. bolivarus, E. cardigiolius, E. horizontalis, E. major, E. Osiris, E. parviflorus* และ *E. tenellus* เป็นต้น เนื่องจากพืชสกุลนี้ส่วนใหญ่มีการเจริญได้ดีในน้ำที่เป็นกรดอ่อนจนถึงด่างอ่อนๆ ความกระด้างของน้ำปานกลาง อุณหภูมิอยู่ในช่วง 23-27 องศาเซลเซียส และมีแสงปานกลาง (วิทยา และคณะ, 2540)

การขยายพันธุ์พรรณไม้น้ำ

การเพาะขยายพันธุ์พรรณไม้น้ำสามารถทำได้โดยการใช้ส่วนต่างๆ ของต้นพันธุ์ ตามที่วันเพ็ญและกาญจนรี (2543), ณฐกร (2546) และ วันเพ็ญ (2547ข) อธิบายไว้ดังนี้

1. การขยายพันธุ์แบบอาศัยเพศโดยการใช้เมล็ด ทำการหว่านหรือฝังเมล็ดลงบนวัสดุปลูกแล้วรดน้ำให้ชุ่ม เมื่อเมล็ดได้รับอุณหภูมิ แสงและออกซิเจนที่พอเหมาะ เมล็ดจึงเริ่มงอก พรรณไม้น้ำที่มีการขยายพันธุ์โดยการใช้เมล็ด ได้แก่ แอมมาเนีย (*Ammannia*) ชบาแดง (*Aponogeton*) อเมซอน (*Echinodorus*) และโรทาร่า (Rotala) เป็นต้น

2. การขยายพันธุ์โดยใช้ส่วนของลำต้น ซึ่งมีลักษณะต่างกันออกไป เช่น พืชบางชนิดมีลำต้นเป็นหัวอยู่ใต้ดิน ซึ่งอาจมีลักษณะเป็น sucker, bulb, tuber, corm หรือ rhizome หรือบางชนิดมีลำต้นทอดยาวไปใต้ดินหรือบนดินที่เรียกว่า stolon และ runner ซึ่งเมื่อแยกหรือแบ่งไปปลูกจะได้ต้นใหม่ทั้งสิ้น โดยวิธีนี้มีวิธีแตกต่างกันออกไปตามลักษณะของลำต้นพืช ดังนี้

2.1 ลำต้นบนดิน เป็นลำต้นที่เจริญอยู่บนดิน อาจตั้งตรงหรือเลื้อยทอดไปตามพื้นผิวดิน ลำต้นมีข้อและปล้อง ขยายพันธุ์ได้โดยการตัดยอดจากต้นแม่ให้มีจำนวนข้อไม่น้อยกว่า 2-3 ข้อ นำไปปลูกบนวัสดุปลูก (กรวดขนาดเล็ก) พรรณไม้น้ำที่ขยายพันธุ์โดยวิธีนี้ได้แก่ ลานไพลิน (*Bacopa*), ขาไก่ด่าง (*Hygrophila*), ลัดวิเจีย (*Ludwigia*), สาหร่ายคาบอมบ้า (*Cabomba*), สาหร่ายเดนซ่า (*Egeria densa*) เป็นต้น

2.2 หน่อ (sucker) เป็นลำต้นใต้ดินที่มีลักษณะลำต้นสั้นและใหญ่ ขยายพันธุ์โดยการแยกหน่อที่เกิดใหม่ ไปปลูกบนวัสดุปลูก เช่น อนูเบียส (*Anubius*) และโลบิเลีย (*Lobelia*) เป็นต้น

2.3 หัว (bulb) เป็นส่วนของลำต้นที่เปลี่ยนเป็นที่เก็บสะสมอาหารและสืบพันธุ์ หัวประกอบด้วยลำต้นที่สั้นและอวบ ซึ่งปกติมักจะหงายหรือตั้งขึ้น ที่ปลายยอดเป็นจุดที่ให้กำเนิดดอก และลำต้นถูกห่อหุ้มด้วยกาบใบซ้อนกันหลายชั้น เช่น พลับพลึงน้ำ (*Crinum*)

2.4 เหง้า (rhizome) ลำต้นตั้งตรงเจริญทอดยาวไปบนผิวดินหรืออยู่ใต้ดิน มีข้อปล้องชัดเจน พรรณไม้น้ำที่ขยายพันธุ์ด้วยไรโซม เช่น บัวแดง (*Nympheae*)

การขยายพันธุ์อเมซอนในธรรมชาติ อเมซอนที่อยู่ในสภาพครึ่งบกครึ่งน้ำหรืออยู่ในที่ชื้นแฉะ สามารถขยายพันธุ์โดยใช้วิธีตัดต้นอ่อนบนก้านช่อดอกไปปลูกในแปลงดินปนทรายหรือแปลงทรายที่ชื้นแฉะ ซึ่งต้นอ่อนที่เกิดบนช่อดอกนั้นเกิดจากเมล็ดที่แก่บนก้านดอก ส่วนอเมซอนที่อยู่ในสภาพใต้น้ำหรือที่เกิดดอกและต้นอ่อนยากใช้วิธีตัดแบ่งไรโซมที่มีอายุมากไปเพาะชำ (พวงผกา, 2546; Rataj and Horeman, 1977)

ประโยชน์ของอเมซอน

อเมซอนนอกจากนำมาประดับตกแต่งตู้ปลาแล้ว ยังช่วยในการกำจัดของเสียที่ขับถ่ายออกจากตัวปลา ใช้เป็นปุ๋ยสำหรับการเจริญเติบโตของปลา และผลจากการสังเคราะห์แสงของอเมซอนหรือพรรณไม้น้ำชนิดอื่นในตู้ปลาให้ก๊าซออกซิเจน เพื่อเป็นประโยชน์ให้ปลานำไปใช้ในการหายใจ และยังมีการนำอเมซอนมาปลูกประดับสวนน้ำหรือริมขอบสระน้ำ เนื่องจากอเมซอนมีดอกสีขาวสวยงาม ซึ่งดอกนั้นออกดอกตลอดทั้งปี นอกจากนั้นยังมีการใช้อเมซอนหรือพรรณไม้น้ำชนิดอื่น เช่น บัว สาหร่ายพุงชะโด (*Ceratophyllum demersum*) มาช่วยในการบำบัดน้ำเสีย (นุชนาฏ, 2552; วรารัตน์, 2553)

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เป็นขยายพันธุ์โดยการนำชิ้นส่วนพืชมาเพาะเลี้ยงในอาหารสังเคราะห์สูตรต่างๆ ในสภาพปลอดเชื้อ เพื่อให้ได้ต้นตรงตามสายพันธุ์ ปริมาณมาก และในระยะเวลาสั้น อาหารสังเคราะห์มีส่วนประกอบที่สำคัญ ได้แก่ ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และวิตามิน นอกจากนั้นยังมีสารควบคุมการเจริญเติบโตเป็นองค์ประกอบที่สำคัญเช่นกัน สารควบคุมการเจริญเติบโตที่นิยมใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช คือ กลุ่มไซโตไคนิน และกลุ่มออกซิน (นพมณี, 2545)

สารควบคุมการเจริญเติบโต

ไซโตไคนิน (Cytokinin)

ไซโตไคนินเป็นอนุพันธุ์ของ adenine ซึ่งเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชที่ส่งเสริมการเจริญเติบโต ไซโตไคนินที่พบมากในพืช คือ zeatin ไซโตไคนินสังเคราะห์จากการปรับปรุงทางชีวเคมีของ adenine ไซโตไคนินเกิดในปลายรากและการเจริญของเมล็ด ไซโตไคนินมีการลำเลียงผ่านไซเลม (xylem) จากรากไปสู่ยอด

ผลของไซโตไคนิน กระตุ้นการแบ่งเซลล์ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช โดยมีการใช้ร่วมกับออกซิน เมื่อไซโตไคนินมีการรวมกันทำให้เนื้อเยื่อเกิดการแบ่งเซลล์อย่างรวดเร็ว ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชไซโตไคนินกระตุ้นการชักนำให้เกิดยอด กระตุ้นการเกิดแตกตาข้าง ชะลอการแก่ชราของใบ และสามารถเพิ่มการเปิดปากใบในพืชบางชนิด (Davies, 2004) ไซโตไคนินที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชมีหลายชนิด แต่ที่มักใช้ในการขยายพันธุ์พืช ได้แก่ N^6-benzyladenine (BA) หรือ Thidiazuron (TDZ)

1. BA (N^6-benzyladenine)

BA เป็นสารสังเคราะห์ในกลุ่มสารประกอบ purine ได้มีการใช้ BA ในการเพิ่มปริมาณต้นกับพรรณไม้ต่างๆ เช่น Lakshmanan (1994) ได้ทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อบัวลูกผสม (*Nymphaea* hybrid "James Brydon") โดยนำชิ้นส่วนยอดมาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่มีการเติม IAA, NAA, 2, 4-D, BA และ 2iP ความเข้มข้นต่างๆ พบว่าการใช้ BA ความเข้มข้น 11.1 ไมโครโมลาร์ ร่วมกับ 2iP ความเข้มข้น 32 ไมโครโมลาร์ และ NAA ความเข้มข้น 8 ไมโครโมลาร์ สามารถชักนำให้เกิดยอดสูงสุดคือ 3.1 ยอดต่อชิ้นส่วน เช่นเดียวกับ Huang et al. (1994) ที่ได้ทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ *Anubias barteri* var. *undulate* โดยนำชิ้นส่วนปลายยอดที่เจริญมาจากตาข้างเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่มีการเติม BA ร่วมกับ NAA พบว่า ชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงบนอาหารที่มีการเติม BA ความเข้มข้น 0.3 ไมโครโมลาร์ ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0.1 ไมโครโมลาร์ เกิดยอดจำนวนมากและสามารถชักนำให้เกิดรากได้เมื่อย้ายลงในอาหารที่ไม่มีการเติมไซโตไคนิน เช่นเดียวกับวันเพ็ญ (2547ก) ที่ทำการเพาะเลี้ยงบอนแดง โดยการนำชิ้นส่วนยอดมาเพาะเลี้ยงบนอาหารที่มี BA ความเข้มข้น 4 ไมโครโมลาร์ ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 1 ไมโครโมลาร์ สามารถกระตุ้นให้บอนแดงเกิดยอดได้มากที่สุดคือ 5.9 ± 0.879 ยอดต่อชิ้นส่วน

2. TDZ (Thidiazuron)

Thidiazuron (TDZ) หรือ 1-phenyl-3- (1, 2, 3-thidiazol-5-yl) urea เป็นสารประกอบกลุ่ม phenylureas มีการออกฤทธิ์คล้ายไซโตไคนิน (Murthy et al., 1998) ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชมีการใช้ TDZ ช่วยในการเพิ่มปริมาณต้น แต่ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพรรณไม้น้ำมีการใช้ TDZ ช่วยในการเพิ่มปริมาณต้นน้อยมาก เช่น รสา (2548) ได้ทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อต้นใบพาย (*Cryptocoryne cordata* Griff.) เพื่อศึกษาผลของชนิดไซโตไคนินที่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณยอดของต้นใบพาย โดยนำยอดในสภาพปลอดเชื้อมาเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร MS ที่มีการเติม TDZ หรือ BA หรือ kinetin ความเข้มข้น 0, 0.5, 1 และ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่ายอดที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มี TDZ ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถเพิ่มจำนวนยอดได้มากที่สุดคือ 14.6 ยอด เมื่อเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ แต่ยอดที่ได้มีขนาดเล็กและแคระแกร็น เช่นเดียวกันกับ Tiwari et al. (2001) ที่พบว่ายอดของต้นลานไพลินที่เพาะเลี้ยงบนอาหารที่มี TDZ มีลักษณะสั้นหนา แคระแกร็น และมีแคลลัสเกิดขึ้นด้วย

ออกซิน (Auxin)

ออกซิน เป็นสารที่พืชสามารถสร้างขึ้นเองได้ และบทบาทในด้านการแบ่งตัวและการยืดตัวของเซลล์พืช การเกิดราก และการข่มตายอด รูปที่ใช้เป็น Indole-3-acetic acid (IAA) หรือ Indole-3-butyric acid (IBA) ซึ่งเป็นกลุ่มที่พบในธรรมชาติ และ α-Napthaleneacetic acid (NAA) 2, 4-Dichlorophenoxyacetic acid (2, 4-D) และ 2, 4, 5-tricholrophenoxyacetic acid (2, 4, 5-T) ที่เป็นกลุ่มสารสังเคราะห์ (นพมณี, 2545) ในการขยายพันธุ์พืชนิยมใช้ NAA, IAA หรือ IBA เพื่อช่วยในการเกิดรากของพืช เช่น สุรียา และคณะ (2547) ได้ทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขาไก่ด่าง (*Hygrophila polysperma* T. And.) โดยการนำยอดที่ได้จากระยะเพิ่มปริมาณมาเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่มีการเติม IBA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่ายอดเกิดจำนวนรากมากที่สุดคือ 7.2 รากต่อยอด

ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตกับพรรณไม้น้ำ

ปัจจุบันได้มีการทำวิจัยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพรรณไม้น้ำเป็นจำนวนมาก ซึ่งการทำวิจัยนั้นเพื่อหาสัดส่วนปริมาณการใช้ที่เหมาะสมของสารควบคุมการเจริญเติบโตระหว่างไซโตไคนิน ร่วมกับออกซิน ซึ่งได้แก่ BA ร่วมกับ NAA หรือ BA ร่วมกับ IBA ในปี 2539 ณรานุชได้ทำการศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่มีต่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อบัวหลวง (*Nelumbo*

nucifera Gaertn.) ในสภาพปลอดเชื้อ โดยการนำชิ้นส่วนปลายยอดมาเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS ที่มีการเติม BA หรือ kinetin หรือ TDZ ความเข้มข้น 0, 0.25, 0.5, 1.0 และ 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าชิ้นส่วนปลายยอดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารที่มี BA ความเข้มข้น 1.0 และ 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดยอดสูงสุด คือ 11.1 และ 11.6 ยอดต่อชิ้นส่วน ตามลำดับ ต่อมา Kane et al. (1999) ได้ทำการศึกษาการขยายพันธุ์ *Cryptocoryne wendtii* โดยเพาะเลี้ยงตายอดในอาหารแข็งสูตร BM ที่มีการเติม BA ความเข้มข้น 0-25 µM ร่วมกับ IAA ความเข้มข้น 0-10 µM พบว่าตายอดที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มี BA ความเข้มข้น 20 µM เพิ่มจำนวนยอดได้มากที่สุดคือ 8.5 ยอดต่อชิ้นส่วน หลังเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ นอกจากนั้นยังมีการศึกษาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ *Nymphoides indica* โดยนำส่วนของก้านใบมาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่มีการเติม BA, 2iP หรือ kinetin ความเข้มข้น 0-25 µM ร่วมกับ IAA หรือ NAA ความเข้มข้น 0-25 µM เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 28 วัน พบว่าชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงบนอาหารที่มี BA ความเข้มข้น 10 µM ร่วมกับ IAA ความเข้มข้น 20 µM เกิดยอดได้มากที่สุด คือ 11.5 ยอดต่อชิ้นส่วน และยังพบว่าอาหารที่มี kinetin ความเข้มข้น 25 µM ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 15 µM สามารถชักนำให้เกิดใบได้ (Jenks et al., 2000)

การทำวิจัยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพรรณไม้น้ำได้ทำการวิจัยอย่างต่อเนื่อง อาทิเช่น สุรียา และคณะ (2547) ได้ทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขาไก่ด่าง (*Hygrophila polysperma* T. And.) โดยนำตายอดและตาข้างมาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่มีการเติม BA ความเข้มข้น 0, 1, 2 และ 4 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าอาหารที่มี BA ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร เพิ่มจำนวนยอดได้สูงสุด คือ 3.6 ยอดต่อชิ้น ในระยะเวลา 4 สัปดาห์ จากนั้นนำยอดที่ได้มาเพาะเลี้ยงต่อบนอาหารสูตร MS ที่มีการเติม IBA ความเข้มข้น 0, 0.1, 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่ายอดที่เพาะเลี้ยงบนอาหาร IBA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เกิดจำนวนรากสูงสุด คือ 7.2 รากต่อยอด นอกจากนั้นยังมีการขยายพันธุ์บอนแดง (*Cryptocoryne cordata*) โดยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ด้วยการนำชิ้นส่วนยอดมาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่มีการเติม BA หรือ kinetin ที่มีความเข้มข้น 0, 2, 4, 8 และ 16 µM ร่วมกับ NAA หรือ 2, 4-D ความเข้มข้น 0 และ 1 µM เพาะเลี้ยงนาน 4 สัปดาห์ พบว่าชิ้นส่วนยอดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารที่มี BA ความเข้มข้น 4 µM ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น1 µM เพิ่มจำนวนต้นอ่อนได้มากที่สุด คือ 5.90 ± 0.879 ยอดต่อชิ้นส่วน และมีรากเกิด 2.10 ± 1.37 รากต่อชิ้นส่วน (วันเพ็ญ, 2547ก) การศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่มีผลต่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออนูเบียสใบกว้าง (*Anubias barteri* var. *barteri* Engler) โดยนำชิ้นส่วนยอดอ่อน ใบอ่อนและตาข้าง มาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS นาน 42 วัน จากนั้นย้ายชิ้นส่วนไปเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่มีการเติม BA หรือ kinetin ความเข้มข้น 0, 0.5 และ

1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA หรือ 2, 4-D ความเข้มข้น 0 และ 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มี BA ความเข้มข้น 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ชักนำให้เกิดยอดใหม่ได้สูงสุด คือ 10.0 ± 1.87 ยอดต่อชิ้นส่วน แต่ไม่พบการเกิดราก เมื่อนำต้นที่ได้ออกปลูกในเรือนเพาะชำแบบปิด เป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่าต้นอ่อนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต สามารถเจริญเติบโตได้ดี มีอัตราการรอด 100 เปอร์เซ็นต์ และต้นมีลักษณะสมบูรณ์แข็งแรง (อารดา, 2548)

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อต้นใบพาย (*Cryptocoryne cordata* Griff.) โดยการนำส่วนยอดมาเพาะเลี้ยงในอาหารกึ่งแข็งหรือเหลวสูตร MS ที่มี BA ความเข้มข้น 0, 1, 2, 3 และ 4 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ เพื่อหาปริมาณความเข้มข้นของ BA ที่เหมาะสมต่อการเพิ่มปริมาณยอด พบว่าชิ้นส่วนยอดที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลวที่มี BA ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร เพิ่มปริมาณยอดได้มากที่สุด คือ 6.0 ยอดต่อชิ้นส่วน จากนั้นได้นำยอดที่ทำการเพาะเลี้ยงได้มาทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของ BA ร่วมกับ NAA ต่อการเพิ่มจำนวนยอดและชักนำให้เกิดราก โดยนำยอดมาเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่มีการเติม BA ความเข้มข้น 0, 1 และ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0, 0.2 และ 0.4 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่ายอดที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลวที่มี BA ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร เพิ่มจำนวนยอดสูงสุด คือ 4.0 ยอด มีจำนวนราก 0.3 ราก นอกจากนั้นยังได้มีการศึกษาผลของชนิดไซโตไคนินที่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณยอดของต้นใบพาย โดยนำยอดในสภาพปลอดเชื้อมาเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร MS ที่มีการเติม BA หรือ kinetin หรือ TDZ ความเข้มข้น 0, 0.5, 1 และ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่ายอดที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มี TDZ ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เพิ่มจำนวนยอดได้มากที่สุด คือ 14.6 ยอด แต่ยอดที่ได้มีลักษณะแคระแกร็นไม่ยืดยาว ขณะที่ยอดที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลวที่ BA ยอดสามารถเจริญได้ดี โดยเฉพาะที่ BA ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร เพิ่มจำนวนยอดได้มากที่สุด คือ 6.5 ยอด และเมื่อทำการตัดแยกยอดเดี่ยวมาเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร MS ที่มีการเติม NAA หรือ IBA ความเข้มข้น 0, 0.25, 0.5 และ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อเปรียบเทียบผลของชนิดออกซินต่อการเกิดราก นาน 4 สัปดาห์ พบว่ายอดที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลวที่มี NAA เกิดรากได้ดีกว่า IBA โดยอาหารเหลวที่มี NAA ความเข้มข้น 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ยอดเกิดรากมากที่สุด คือ 7.7 ราก และมีความยาวราก 3.98 เซนติเมตร (รสา, 2548) และ Stanly et al. (2011) ได้ทำการชักนำให้เกิดต้นใหม่ของต้น *Cryptocoryne wendtii* และ *Cryptocoryne beckettii* โดยใช้ชิ้นส่วนยอดมาเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่มีการเติม BA ร่วมกับ IBA พบว่าหลังเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มี BA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IBA ความเข้มข้น 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการเจริญเติบโตมากที่สุด คือ เกิดยอด

4.5±1.9 ยอดต่อชิ้นส่วน ทั้งในอาหารแข็งและอาหารเหลว อีกทั้งยังเกิดใบและราก จากนั้นนำไปเพาะเลี้ยงในอาหารที่เปรียบเทียบกันระหว่างอาหารแข็ง อาหารเหลว และอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลว พบว่าชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลวเพิ่มจำนวนยอดได้มากที่สุด ทั้งใน *C. wendtii* และ *C. becketti* คือ 9.4±1.5 และ 8.8±1.5 ยอดต่อชิ้นส่วน ตามลำดับ หลังเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออเมซอน

อุไร (2542) ได้ทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อและการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในต้นอเมซอน โดยใช้รังสีแกมมา ได้ทำการเพาะเลี้ยงต้นอ่อนในอาหารสูตร MS ที่มีการเติม BA ความเข้มข้น 0, 0.5, 1, 2.5 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0, 1 และ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 30 วัน พบว่าต้นอ่อนที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่มี BA ความเข้มข้น 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เกิดยอดใหม่มากที่สุด คือ 1.66 ยอดต่อต้น นอกจากนั้นยังพบว่าต้นอ่อนที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่ไม่มีการเติม BA และ NAA มีผลให้ต้นอ่อนอเมซอนเกิดรากมากที่สุด ส่วนอาหารสูตร MS ที่มีการเติม NAA ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร เพียงอย่างเดียว และอาหารสูตร MS ที่มีการเติม BA ความเข้มข้น 2.5 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลทำให้ต้นอ่อนอเมซอนเกิดแคลลัส โดยได้แคลลัสขนาด 1-2 ลูกบาศก์มิลลิเมตรต่อต้นอ่อน 1 ต้น ต่อมานงนุช และคณะ (2546) ได้ทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออเมซอนใบแดง (*Echinodorus barthii*) บนอาหารแข็งสูตร MS ที่สารควบคุมการเจริญเติบโต คือ NAA ความเข้มข้น 0, 1, 2 และ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ kinetin ความเข้มข้น 0, 1, 2 และ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า kinetin ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลต่อการชักนำให้เกิดยอดได้ดีที่สุด ในขณะที่ NAA ที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นมีผลทำให้เกิดยอดลดลง นอกจากนั้นยังมี Pereira et al. (2000) ได้ทำการขยายพันธุ์ *Echinodorus cf. scaber* RATAJ ซึ่งเป็นพืชที่มีคุณสมบัติเป็นยา โดยได้ทำการเพาะเลี้ยงกลุ่ม nodal ในอาหารสูตร MS ที่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต คือ BAP ในความเข้มข้น 0, 1, 2 และ 4 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าจำนวนยอดและจำนวนใบเพิ่มขึ้นเมื่อระดับของ BAP สูงขึ้น แต่ขนาดของยอดและจำนวนรากจะลดลง ซึ่ง BAP ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพในการขยายพันธุ์ *Echinodorus cf. scaber* RATAJ มากที่สุด

ระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจมชั่วคราว (Temporary Immersion Bioreactor)

ระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจมชั่วคราว (Temporary Immersion Bioreactor) เป็นระบบที่มีการทำงานแบบอัตโนมัติ ซึ่งมีหลักการทำงาน คือ มีภาชนะแยกระหว่างอาหารกับชิ้นส่วนของพืชออกเป็น 2 ขวด (ขวดแฝด) และมีท่อเชื่อมระหว่างขวดอาหารเหลวกับขวดชิ้นส่วนพืช โดยการให้อาหารแก่ชิ้นส่วนพืชนั้นใช้วิธีการดันอาหารไป-กลับด้วยแรงดันลมจากปั๊มลม ซึ่งถูกควบคุมด้วยตัวควบคุมเวลา และสภาพภายในขวดต้องเป็นสภาพที่ปลอดเชื้อ ดังนั้นอากาศที่ผ่านเข้า-ออกระบบไบโอรีแอคเตอร์จะถูกกรองด้วยแผ่นกรองอากาศที่มีขนาดรูพรุน 0.2 ไมโครเมตร (นพมณี และคณะ, 2547)

ระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจมชั่วคราว (Temporary Immersion Bioreactor: TIB) เป็นระบบที่ผสานข้อดีของการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชด้วยระบบอาหารแข็งกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในระบบอาหารเหลวเข้าด้วยกัน (นพมณี และคณะ, 2547) ซึ่งข้อดีของระบบอาหารแข็ง คือ มีการแลกเปลี่ยนอากาศที่ดี ต้นมีคุณภาพ และข้อดีของระบบอาหารเหลว คือ สามารถเพิ่มปริมาณต้นได้จำนวนมาก ดังนั้นการนำระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมาใช้เกิดผลดีในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช คือ สามารถผลิตต้นได้ปริมาณที่มากขึ้น ลดการจำน้ำของต้นพืชและสามารถเปลี่ยนอาหารอย่างต่อเนื่องโดยไม่ต้องมีการถ่ายขวด นอกจากนั้นยังสามารถลดค่าแรงงานในการตัดถ่ายเนื้อเยื่อพืช รวมถึงลดภาชนะและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงพืช นอกจากนั้นความจุของภาชนะในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวเพิ่มขึ้น 4-5 เท่า จึงทำให้จำนวนต้นต่อพื้นที่เพิ่มขึ้น และยังสามารถลดพื้นที่ของห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อลงได้ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ จึงทำให้ต้นทุนการผลิตลดลงได้มาก เมื่อเทียบกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อโดยการใช้อาหารแข็ง

นพมณี และ พรศักดิ์ (2548) ได้มีการนำระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจมชั่วคราวมาใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อปทุมมา เปรียบเทียบกับการเพาะเลี้ยงในระบบอาหารแข็ง ในเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า การเพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจมชั่วคราวสามารถเพิ่มปริมาณต้นได้มากกว่าการเพาะเลี้ยงในระบบอาหารแข็งถึง 16 เท่า และมีจำนวนยอดเพิ่ม 3 เท่า นอกจากนั้นการเพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์ยังมีอัตราการเพิ่มปริมาณต่อหน่วยพื้นที่มากกว่าระบบอาหารแข็งถึง 16.1 เท่า

ปัจจัยของระบบไบโอรีแอคเตอร์ที่มีผลต่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

1. ระยะเวลา (Immersion Times) และจำนวนครั้งของการให้อาหาร (Immersion Period)

ระยะเวลาและจำนวนครั้งในการให้อาหารของระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวจะแตกต่างกัน จะเห็นได้จากการเพาะเลี้ยงปทุมมาในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝดที่มีการให้อาหารครั้งละ 15 นาที จำนวน 6 ครั้งต่อวัน โดยเปรียบเทียบกับระบบอาหารแข็ง พบว่า ต้นปทุมมาที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์มีการเจริญเติบโตและมีคุณภาพที่ดีกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในระบบอาหารแข็ง นอกจากนี้ระยะเวลาในการให้อาหารมีส่วนสำคัญในการเกิดยอดของ St. John's Wort ที่นำชิ้นส่วนรากเพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว โดยให้ชิ้นส่วนรากมาเพาะเลี้ยง ซึ่งให้อาหารนาน 5 นาที ทุก 24 ชั่วโมง พบว่า ต้น St. John's Wort สามารถเกิดยอดใหม่ 209 ยอดต่อชิ้นส่วน และเมื่อทำการนำไปปรับสภาพก่อนออกปลูกเป็นระยะ 7 วัน จะมีความยาวของยอด 8.6 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำไปออกปลูกในเรือนกระจกสามารถเจริญเติบโตได้ถึง 95 เปอร์เซ็นต์ (Zobayed et al.,2003)

2. ปริมาณอาหาร

ปริมาณอาหารต้องมีความเหมาะสมกับภาชนะของระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ซึ่ง Escalona et al. (1999) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับปริมาตรอาหารที่เหมาะสมในการกระตุ้นให้เกิดต้นของสับปะรด โดยปริมาตรอาหารที่ใช้ คือ 50, 100, 200 และ 250 มิลลิลิตร เพาะเลี้ยงนาน 42 วัน พบว่า อัตราการเพิ่มจำนวนต้นสูงขึ้น เมื่อเพาะเลี้ยงด้วยอาหารปริมาตร 200 มิลลิลิตร หากปริมาตรอาหารมากเกินไปจะทำให้อัตราการเกิดต้นลดลง

3. ระบบการให้อากาศและแรงดันอากาศที่ใช้

ระบบการให้อากาศและแรงดันที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วย Alvard et al. (1993) ได้ศึกษาเปรียบเทียบระบบการเพาะเลี้ยงต้นกล้วยไม้ในอาหารเหลวแบบต่าง ๆ พบว่าระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวเหมาะสำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วย และพบว่าการขาดอากาศในอาหารเหลวมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นขนาดเล็ก

ระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจมชั่วคราว (Temporary Immersion Bioreactor; TIB) ได้มีการนำมาใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในพืชหลากชนิด เช่น การใช้กับการผลิตกล้วยไม้ Young et al. (2004) นำ PLB ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนของใบมาเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์แบบชั่วคราว พบว่า PLB จำนวน 20 กรัม (ประมาณ 1000 PLBs) สามารถเพิ่มจำนวนได้ 18,000

PLBs ในเวลา 8 สัปดาห์ การใช้กับปทุมมา นพมณี และคณะ (2547) ได้มีการนำระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจมชั่วคราว มาใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อปทุมมาเปรียบเทียบกับการเพาะเลี้ยงในระบบอาหารแข็ง ในเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า ระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวสามารถเพิ่มจำนวนต้นได้มากกว่าการเพาะเลี้ยงในระบบอาหารแข็งถึง 16 เท่า และมีจำนวนกอเพิ่ม 3 เท่า นอกจากนั้นยังมี Escalona et al. (1999) ใช้ระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจมชั่วคราวเพื่อขยายพันธุ์สับปะรด (*Ananas comosus* L. Merr) เปรียบเทียบกับระบบอาหารแข็งและอาหารเหลว พบว่าระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจมชั่วคราวเพิ่มจำนวนต้นได้มากที่สุดคือ 12 ต้น นอกจากนั้นยังใช้ในการเพิ่มจำนวนพืชชนิดอื่น ได้แก่ ฟาแลนนอฟซิส (Hempfling and Preil, 2005) ปทุมมา (Topoonyanont et al., 2005, มัทยา , 2553, Topoonyanont et al., 2011) ยูคาลิปตัส (Alister et al.,2001) กล้วย (Roles et al., 2006) อ้อย (Bernal et al., 2008) มันฝรั่ง (Karppinen et al., 2010) อนูเบียส (พัชรินทร์, 2553) เป็นต้น

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์และสารเคมี

1. ต้นอเมซอน (*Echinodorus argentinensis*)

2. สารเคมีสำหรับเตรียมอาหารแข็งและเหลวสูตร MS ดัดแปลง(Murashige and Skoog, 1962) สำหรับระยะชักนำเกิดต้นอ่อน ระยะเพิ่มปริมาณ ระยะการยืดยาวของต้นและระยะชักนำการออกรากของอเมซอน โดยมีการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตในระยะชักนำให้เกิดต้นอ่อนและระยะเพิ่มปริมาณ ได้แก่

- BA (6-Benzylaminopurine)
- TDZ (Thidiazuron)
- NAA (α-Napthaleneacetic Acid)
- IAA (Indole-3-acetic acid)

3. สารเคมีสำหรับฟอกฆ่าเชื้อพื้นผิวชิ้นส่วนที่จะชักนำให้เกิดต้น ได้แก่ เอทธิลแอลกอฮอล์ ความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ เมอร์คิวริคคลอไรด์ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ และน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว

4. ขวดแก้วเส้นผ่าศูนย์กลาง 5.5 เซนติเมตร สูง 10.5 เซนติเมตร ปริมาตร 240 มิลลิลิตร (ทางการค้า เรียก ขวดแก้วขนาด 8 ออนซ์)

5. ขวดแก้วเส้นผ่าศูนย์กลาง 7.5 เซนติเมตร สูง 15 ปริมาตร 720 มิลลิลิตร (ทางการค้า เรียก ขวดแก้วขนาด 24 ออนซ์)

6. อุปกรณ์และภาชนะสำหรับระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด

7. เครื่องชั่งไฟฟ้าชนิดสองตำแหน่ง

8. เครื่องชั่งไฟฟ้าชนิดสี่ตำแหน่ง

9. เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)

10. หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave)

11. เตาแก๊ส

12. ตู้ปลอดเชื้อ (Laminar Flow)

13. มีดผ่าตัดเบอร์ 11 และ 24

14. ปากคีบ (Forceps)

15. อุปกรณ์เครื่องแก้วต่างๆ สำหรับการเตรียมสารเคมี

16. อุปกรณ์ที่ใช้ในการปลูกเลี้ยงต้นอเมซอนในอ่างบัวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร

วิธีการทดลอง

การทดลองที่ 1 การศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโต 2 ชนิด คือ ไซโตไคนิน (BA หรือ TDZ) ร่วมกับออกซิน (NAA หรือ IAA) ที่มีผลต่อการชักนำให้เกิดต้นอ่อนของต้นอเมซอน

1.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่มีผลต่อการชักนำให้เกิดต้นอ่อนของต้นอเมซอนในสภาพปลอดเชื้อ สามารถแบ่งออกเป็น 5 ทรีตเมนต์ ดังนี้

ทรีตเมนต์ที่ 1 BA 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร

ทรีตเมนต์ที่ 2 BA 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร

ทรีตเมนต์ที่ 3 BA 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร

ทรีตเมนต์ที่ 4 TDZ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร

ทรีตเมนต์ที่ 5 TDZ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร

1.2 การเตรียมชิ้นส่วนจากช่อดอกให้ปลอดเชื้อและการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออเมซอนให้ชักนำให้เกิดต้น

1.2.1 นำต้นอเมซอนที่ซื้อจากร้านจำหน่ายพรรณไม้น้ำ ที่มีลักษณะต้นเขียวใบเขียวไม่มีโรค ความสูงประมาณ 10.0-15.0 เซนติเมตร ดังภาพ 1 มาทำความสะอาดภายนอกด้วยการเช็ดด้วยแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์

ภาพ 1 ต้นอเมซอนที่ได้จากร้านจำหน่ายพรรณไม้น้ำ เพื่อนำมาทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในระยะการชักนำให้เกิดต้นใหม่ในสภาพปลอดเชื้อ (bar = 1 cm)

1.2.2 นำต้นอเมซอนมาตัดส่วนใบและรากออก แล้วนำชิ้นส่วนมาฟอกฆ่าเชื้อพื้นผิวด้วยเอลธิลแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ นาน 30 วินาที แล้วตามด้วยสารละลายเมอร์คิวริคคลอไรด์ (Mercuric chloride) 0.1 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 นาที แล้วล้างออกด้วยน้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้ว 3 ครั้ง ๆ ละ 1 นาที

1.2.3 หลังจากฟอกฆ่าเชื้อแล้วนำชิ้นส่วนมาตัดเอาเนื้อเยื่อส่วนที่ตายจากการฟอกฆ่าเชื้อออกภายในตู้ปลอดเชื้อ แล้วนำไปเพาะเลี้ยงในขวดขนาด 8 ออนซ์ ที่มีอาหารแข็ง MS ดัดแปลง (1962) ที่ประกอบด้วยสารควบคุมการเจริญเติบโตตามที่กำหนดไว้ โดยมีน้ำตาลซูโครส 30 กรัมต่อลิตร และวุ้น 7.5 กรัมต่อลิตร

1.2.4 นำขวดที่มีชิ้นส่วนพืชไปเลี้ยงในห้องเพาะเลี้ยงที่มีการให้แสงที่มีความเข้มแสงเท่ากับ 40 $\mu mol\ m^{-2} s^{-1}$ นาน 16 ชั่วโมงต่อวัน และอุณหภูมิห้องเท่ากับ 25 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ โดยทำการทดลอง 5 วิธีการทดลอง ๆ ละ 10 ซ้ำ บันทึกผลการทดลอง

1.3 การเก็บข้อมูล

เปอร์เซ็นต์การปนเปื้อน ลักษณะต้นที่เกิดจากการชักนำให้เกิดต้นใหม่ จำนวนต้นต่อชิ้นส่วน จำนวนใบต่อต้น ความกว้างใบ (วัดส่วนที่กว้างที่สุดของใบ) ความยาวใบ จำนวนรากต่อต้น และความยาวราก

การทดลองที่ 2 การศึกษาการเพิ่มจำนวนต้นอเมซอนที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งเปรียบเทียบกับระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด

การทดลองที่ 2.1 การศึกษาระดับความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มไซโตไคนิน (TDZ หรือ BA) ที่เหมาะสมต่อการเพิ่มจำนวนต้นของต้นอเมซอนที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งเปรียบเทียบกับระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจมชั่วคราวแบบขวดแฝด

2.1.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล (Facterial in Completely Randomized Design) โดยศึกษา 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 คือ วิธีการเพาะเลี้ยงต้นอเมซอนในระยะเพิ่มปริมาณ ได้แก่ การเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ส่วนปัจจัยที่ 2 คือ สารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มไซโตไคนิน 2 ชนิด คือ TDZ ระดับความเข้มข้นที่ 0, 0.25, 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และ BA ระดับความเข้มข้นที่ 0.25, 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามตาราง 1

ตาราง 1 การวางแผนการทดลองการเปรียบเทียบวิธีการเพาะเลี้ยงและสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการเพิ่มจำนวนต้นอเมซอนในสภาพปลอดเชื้อ

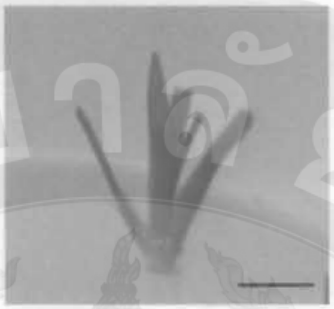
สารควบคุมการเจริญเติบโต/	TDZ (mg/L)			BA (mg/L)		
วิธีการเพาะเลี้ยง	0.25	0.5	1.0	0.25	0.5	1.0
อาหารแข็ง	T2	T3	T4	T5	T6	T7
ระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว	T9	T10	T11	T12	T13	T14

2.1.2 การเตรียมอุปกรณ์ชุดไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด

เตรียมขวดสำหรับใส่ต้นพืช ขวดอาหาร และฝาขวดไบโอรีแอคเตอร์ ซึ่งฝาขวดไบโอรีแอคเตอร์นั้นใช้อลูมิเนียมฟอล์ยหุ้มปลายแผ่นกรองอากาศที่เชื่อมกับฝา จากนั้นใส่ฝาขวดไบโอรีแอคเตอร์ใส่ในถุงพลาสติกเพื่อนำไปนึ่งฆ่าเชื้อ โดยขวดใส่ต้นพืช ขวดอาหารและฝาขวดไบโอรีแอคเตอร์ แยกส่วนกันเพื่อนึ่งฆ่าเชื้อโดยใช้อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

2.1.3 การเพาะเลี้ยงต้นอเมซอนในระยะเพิ่มปริมาณ ในอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด

1) นำต้นอเมซอนที่ได้จากการชักนำการเกิดต้นมาทำการตัดใบ ตัดราก ของชิ้นส่วนตั้งต้นให้มีความสูงไม่เกิน 2 เซนติเมตร (ภาพ 2)



ภาพ 2 ชิ้นส่วนตั้งต้นที่ใช้ในการศึกษาการเพิ่มจำนวนต้นของต้นอเมซอนที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด (bar = 1 cm)

2) นำชิ้นส่วนตั้งต้นไปเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโตดังตาราง 1 โดยมีน้ำตาลซูโครส 30 กรัมต่อลิตร ในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด และอาหารแข็งที่มีการเติมวุ้น 7.5 กรัมต่อลิตร โดยจำนวนชิ้นส่วนตั้งต้นต่อภาชนะในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมี 10 ชิ้นส่วนต่ออาหารเหลว 300 มิลลิลิตร และมีการให้อาหาร 2 ครั้งต่อวัน ครั้งละ 5 นาที ส่วนในขวดที่มีอาหารแข็งมีจำนวน 5 ชิ้นส่วนต่ออาหาร 150 มิลลิลิตร

3) นำภาชนะทั้ง 2 แบบ คือ ขวดอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด ไปเพาะเลี้ยงในห้องเพาะเลี้ยงที่มีการให้แสงที่มีความเข้มแสงเท่ากับ 40 $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ นาน 16 ชั่วโมงต่อวัน และอุณหภูมิห้องเท่ากับ 25 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ โดยทำการทดลอง 6 วิธีการทดลอง ๆ ละ 5 ซ้ำ บันทึกผลการทดลอง

2.1.4 การเก็บข้อมูล

ได้ทำการเก็บข้อมูลลักษณะต้นที่เพาะเลี้ยง จำนวนต่อกอ ความสูงต้น จำนวนใบ ความกว้างใบ (วัดส่วนที่กว้างที่สุดของใบ) ความยาวใบ จำนวนราก และความยาวราก

การทดลองนี้มีการนำต้นไปทำการเพิ่มปริมาณต้นในอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่มี TDZ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด 3 รอบ แล้วพบว่าต้นเปลี่ยนเป็นลักษณะต้นแหลม

การทดลองที่ 2.2 การขยายพันธุ์ต้นเล็กกลุ่มของอเมซอนที่ได้จากการเพิ่มจำนวนต้น โดยการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารแข็งเปรียบเทียบกับระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด

ในการทดลองนี้นำต้นอเมซอนที่มีลักษณะเป็นต้นแหลม มาเพาะเลี้ยงในอาหารที่ไม่มีสารควบคุมการเจริญเติบโต เพื่อขยายพันธุ์ต้นเล็กกลุ่มที่ได้จากการทดลองที่ 2.1 ดังนี้

2.2.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยศึกษาการขยายพันธุ์ต้นเล็กกลุ่มของต้นอเมซอนที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ที่มีการให้อาหาร 2 ครั้งต่อวัน และ 4 ครั้งต่อวัน ครั้งละ 5 นาที

2.2.2 การเพาะเลี้ยงต้นเล็กกลุ่มของต้นอเมซอนเพื่อขยายพันธุ์ ในอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด

1) นำต้นเล็กกลุ่มที่ได้จากการเพิ่มปริมาณต้น มาเพาะเลี้ยงในสภาพอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด ในอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต โดยมีน้ำตาลซูโครส 30 กรัมต่อลิตร ทั้งในสภาพอาหารแข็งและในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด ที่มีการให้อาหาร 2 ครั้งต่อวัน และ 4 ครั้งต่อวัน

2) ทำการเพาะเลี้ยงต้นเล็กกลุ่มของต้นอเมซอนจำนวน 10 กอๆ ละ 10 ต้น ในระบบ ไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวที่มีอาหารเหลวปริมาตร 300 มิลลิลิตร และมีการให้อาหาร 2 ครั้งต่อวัน และ 4 ครั้งต่อวัน ครั้งละ 5 นาที

3) ทำการเพาะเลี้ยงต้นเล็กกลุ่มของต้นอเมซอนจำนวน 5 กอๆ ละ 10 ต้น ในขวดที่มีอาหารแข็งปริมาตร 150 มิลลิลิตร ในอาหารที่มีการเติมวุ้น 7.5 กรัมต่อลิตร

4) จากนั้นนำภาชนะทั้ง 2 แบบไปเพาะเลี้ยงในห้องเพาะเลี้ยงที่มีการให้แสงที่มีความเข้มแสงเท่ากับ 40 $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ นาน 16 ชั่วโมงต่อวัน และอุณหภูมิห้องเท่ากับ 25 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ โดยทำการทดลอง 3 วิธีการทดลอง ๆ ละ 5 ซ้ำ บันทึกผลการทดลอง

2.2.3 การเก็บข้อมูล

ได้มีการเก็บข้อมูลส่วนของคุณภาพต้น ได้แก่ ลักษณะต้นที่เพาะเลี้ยง จำนวนต้นต่อกอ จำนวนต้นแต่ละขนาดต่อกอ ความสูงต้น จำนวนใบต่อต้น ความกว้างใบ (วัดส่วนที่กว้างที่สุดของใบ) ความยาวใบ จำนวนรากต่อต้น และความยาวรากต่อต้น

การทดลองที่ 3 การเปรียบเทียบการยืดยาวของต้นเล็กกลุ่มของต้นอเมซอนระหว่างอาหารแข็งกับระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด

3.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยศึกษาการยืดยาวของต้นเล็กกลุ่มของต้นอเมซอนที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ที่มีการให้อาหาร 2 ครั้งต่อวัน ครั้งละ 5 นาที

3.2 การเพาะเลี้ยงต้นเล็กกลุ่มของต้นอเมซอนในระยะการยืดยาว ในอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด

3.2.1 นำต้นเล็กกลุ่มที่ได้จากการขยายพันธุ์ต้นเล็กกลุ่มในการทดลองที่ 2.2 มาเพาะเลี้ยงด้วยวิธีการเพาะเลี้ยง 2 วิธี คือ การเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ในอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต นาน 8 สัปดาห์ โดยมีน้ำตาลซูโครส 30 กรัมต่อลิตร

3.2.2 ทำการเพาะเลี้ยงต้นเล็กกลุ่มของต้นอเมซอนจำนวน 10 กอ ๆ ละ 10 ต้น ในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวที่มีอาหารเหลวปริมาตร 300 มิลลิลิตร และมีการให้อาหาร 2 ครั้งต่อวัน ครั้งละ 5 นาที

3.2.3 ทำการเพาะเลี้ยงต้นเล็กกลุ่มของต้นอเมซอนจำนวน 5 กอ ๆ ละ 10 ต้น ในขวดที่มีอาหารแข็งปริมาตร 150 มิลลิลิตร ในอาหารที่มีการเติมวุ้น 7.5 กรัมต่อลิตร

3.2.4 จากนั้นนำภาชนะทั้ง 2 แบบไปเพาะเลี้ยงในห้องเพาะเลี้ยงที่มีการให้แสงที่มีความเข้มแสงเท่ากับ 40 $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ นาน 16 ชั่วโมงต่อวัน และอุณหภูมิห้องเท่ากับ 25 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ โดยทำการทดลอง 2 วิธีการทดลอง ๆ ละ 5 ซ้ำ บันทึกผลการทดลอง

3.3 การเก็บข้อมูล

ได้มีการเก็บข้อมูลส่วนของคุณภาพต้น ได้แก่ ลักษณะต้นที่เพาะเลี้ยง จำนวนต้นต่อกอ จำนวนต้นแต่ละขนาดต่อกอ ความสูงต้น จำนวนใบต่อต้น ความกว้างใบ (วัดส่วนที่กว้างที่สุดของใบ) ความยาวใบ จำนวนรากต่อต้น และความยาวรากต่อต้น

การทดลองที่ 4 การศึกษาการออกรากของต้นอเมซอนและการออกปลูกต้นอเมซอนในสภาพธรรมชาติ

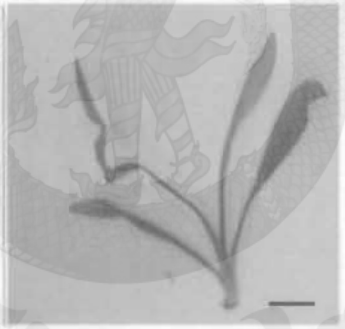
การทดลองที่ 4.1 การเปรียบเทียบการออกรากของต้นอเมซอนระหว่างการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารแข็งกับระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด

4.1.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยศึกษาการออกรากของต้นอเมซอนที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ที่มีการให้อาหาร 2 ครั้งต่อวัน ครั้งละ 5 นาที

4.1.2 การเตรียมต้นอเมซอนในระยะออกรากเพื่อเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว

1) นำต้นอเมซอนที่เพาะเลี้ยงที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวที่มีอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) และไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต นาน 8 สัปดาห์ มาคัดขนาด 5-7 เซนติเมตร (ภาพ 3)



ภาพ 3 ชิ้นส่วนตั้งต้นที่ใช้ในการศึกษาการออกราก ในอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว (bar = 1 cm)

2) นำต้นที่คัดขนาดแล้วมาตัดรากออก แล้วนำไปเพาะเลี้ยงด้วยวิธีการเพาะเลี้ยง 2 วิธี คือ การเพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง และระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด ในอาหารที่มีน้ำตาลซูโครส 30 กรัมต่อลิตร

3) ทำการเพาะเลี้ยงต้นอเมซอนจำนวน 20 ต้น ในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวที่มีอาหารเหลวปริมาตร 300 มิลลิลิตร และมีการให้อาหาร 2 ครั้งต่อวัน ครั้งละ 5 นาที

4) ทำการเพาะเลี้ยงต้นอเมซอนจำนวน 10 ต้น ในขวดที่มีอาหารแข็งปริมาตร 150 มิลลิลิตร ในอาหารที่มีการเติมวุ้น 7.5 กรัมต่อลิตร

5) จากนั้นนำภาชนะทั้ง 2 แบบไปเพาะเลี้ยงในห้องเพาะเลี้ยงที่มีการให้แสงที่มีความเข้มแสงเท่ากับ 40 $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ นาน 16 ชั่วโมงต่อวัน และอุณหภูมิห้องเท่ากับ 25 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ โดยทำการทดลอง 2 วิธีการทดลอง ๆ ละ 5 ซ้ำ บันทึกผลการทดลอง

4.1.3 การเก็บข้อมูล

ได้มีการเก็บข้อมูลส่วนของคุณภาพต้น ได้แก่ ลักษณะต้นที่เพาะเลี้ยง น้ำหนักสดต่อต้น ความสูงต้น จำนวนใบต่อต้น จำนวนรากต่อต้น และความยาวราก

การทดลองที่ 4.2 การศึกษาลักษณะต้นอเมซอนที่ออกปลูกในสภาพธรรมชาติของต้นอเมซอนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว เปรียบเทียบกับต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติ (ต้นจากร้านจำหน่ายพรรณไม้น้ำ)

4.2.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยศึกษาสภาพต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์ เมื่อนำออกปลูกในสภาพธรรมชาติ เปรียบเทียบกับต้นจากการเพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติ (ต้นจากร้านจำหน่ายพรรณไม้น้ำ)

4.2.2 การเตรียมต้นและอุปกรณ์สำหรับการออกปลูกในสภาพธรรมชาติ

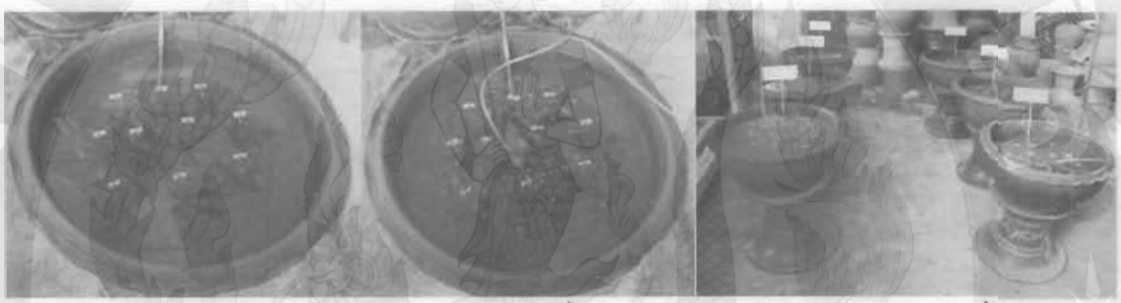
1) เตรียมอ่างบัวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร สำหรับปลูกต้นอเมซอน โดยทำความสะอาดอ่างบัวให้สะอาด จากนั้นนำทราย (ขนาด 0.5-1.0 มิลลิเมตร) ที่ผ่านการร่อนเอาทรายละเอียดออกและผ่านการล้างทำความสะอาดแล้วใส่ลงอ่างบัวที่เตรียมไว้ จากนั้นเติมน้ำลงอ่างบัวให้เต็ม ทิ้งไว้ประมาณ 1 วัน

2) ต่อระบบการให้อากาศ โดยเชื่อมสายยางกับปั๊มลม จากนั้นนำปลายสายยางอีกด้านหนึ่งเชื่อมกับหัวทรายปล่อยอากาศ จากนั้นนำหัวทรายปล่อยอากาศจุ่มลงน้ำ เพื่อให้อากาศกับน้ำและต้นอเมซอนในระหว่างการออกปลูก โดยการให้อากาศมีการให้อากาศตลอดเวลา

3) นำต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติ (จากร้านจำหน่ายพรรณไม้น้ำ) (ภาพ 4a) อาหารแข็ง (ภาพ 4b) และจากการเพาะเลี้ยงระบบไบโอรีแอคเตอร์ (ภาพ 4c) ด้วยลงปลูกในอ่างบัวที่เตรียมไว้ (ภาพ 5)

4) สังเกตการเจริญเติบโต นาน 8 สัปดาห์ บันทึกผลการทดลอง

ภาพ 4 ต้นที่ใช้ในการศึกษาการออกปลูกในสภาพธรรมชาติของต้นอเมซอนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติ (a) เปรียบเทียบกับต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงแบบปลอดเชื้อ คือ เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง (b) และไบโอรีแอคเตอร์แบบจมชั่วคราว (c) (bar = 5 cm)



ภาพ 5 การปลูกต้นอเมซอนในสภาพธรรมชาติ เพื่อศึกษาลักษณะต้นของต้นอเมซอนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติ เปรียบเทียบกับต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงแบบปลอดเชื้อ

4.2.3 การเก็บข้อมูล

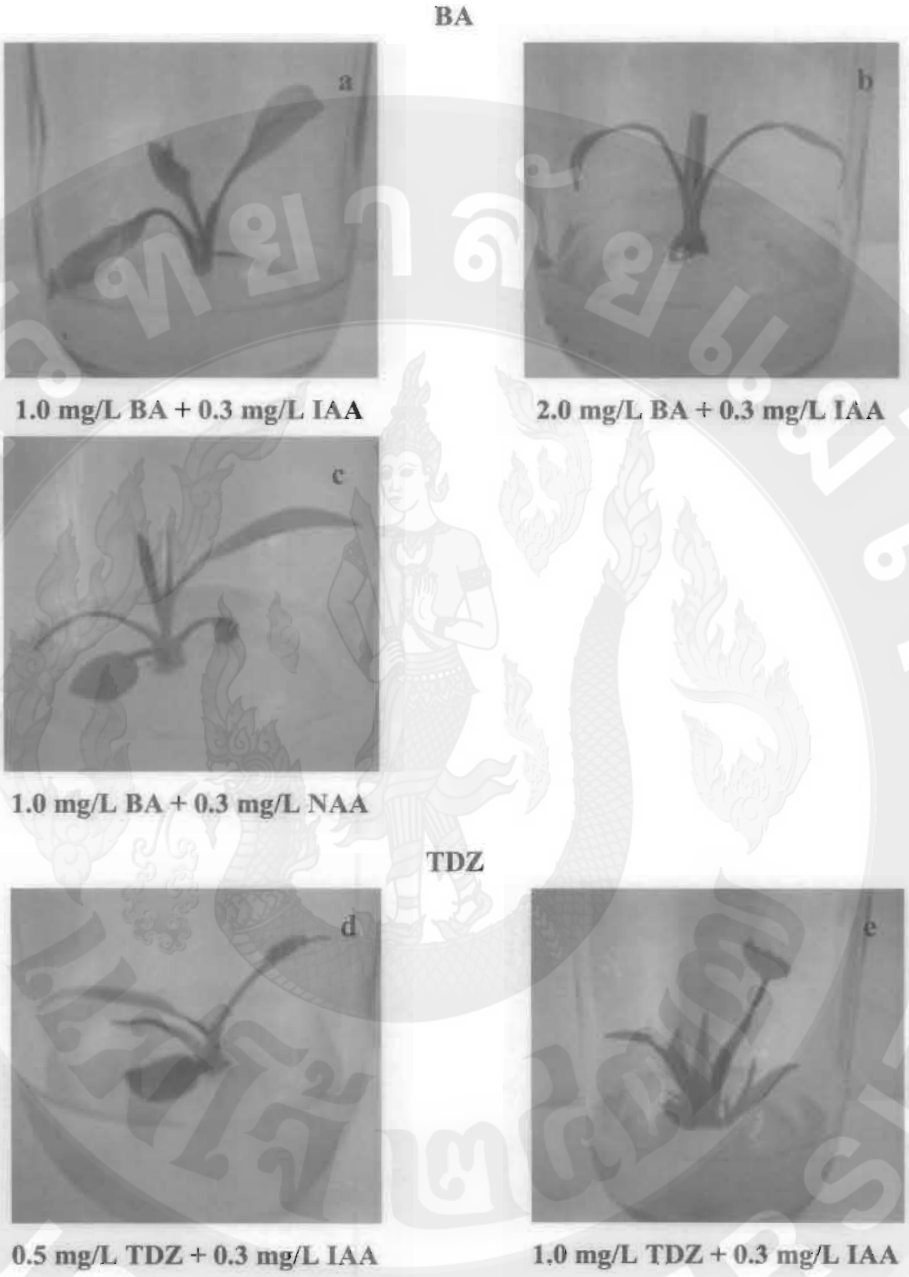
ได้มีการเก็บข้อมูลส่วนของคุณภาพต้น ได้แก่ ความสูงต้น จำนวนใบต่อต้น ความกว้างใบ ความยาวใบ จำนวนรากต่อต้น และความยาวราก

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์

ผลการวิจัย

ผลการทดลองที่ 1 การศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโต 2 ชนิด คือ ไซโตไคนิน (BA หรือ TDZ) ร่วมกับออกซิน (NAA หรือ IAA) ที่มีผลต่อการชักนำให้เกิดต้นอ่อนของต้นอเมซอน

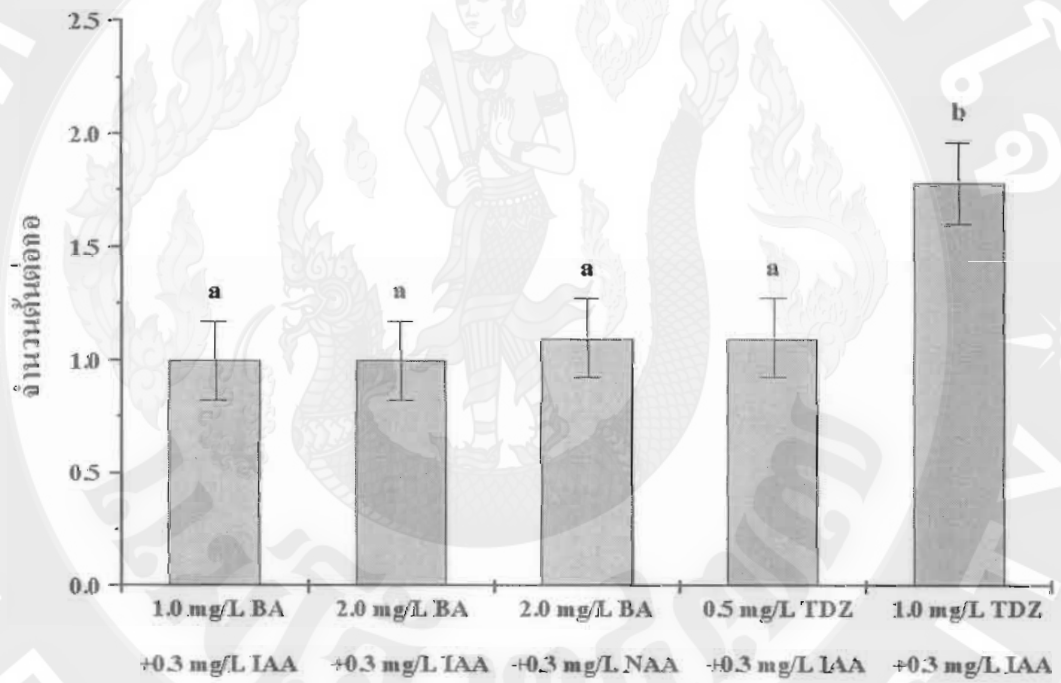
จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตาในอาหารชักนำให้เกิดต้นใหม่ พบว่าชิ้นส่วนตั้งต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มี TDZ 1.0 มก./ล. ร่วมกับ IAA 0.3 มก./ล. ไม่พบการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรีย ชิ้นส่วนตาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มี BA 2.0 มก./ล. ร่วมกับ IAA 0.3 มก./ล. มีการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรีย 20% ส่วนชิ้นส่วนตาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มี BA 1.0 มก./ล. ร่วมกับ IAA 0.3 มก./ล. BA 2.0 มก./ล. ร่วมกับ NAA 0.3 มก./ล. และ TDZ 0.5 มก./ล. ร่วมกับ IAA 0.3 มก./ล. มีการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียมากที่สุดคือ 40% และจากภาพ 6 เห็นได้ว่าชิ้นส่วนตั้งต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มี BA (ภาพ 6a-6c) ไม่มีการแตกต้นอ่อนใหม่ ส่วนชิ้นส่วนตั้งต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มี TDZ (ภาพ 6d-6e) มีการแตกต้นอ่อนใหม่ แต่การแตกต้นนั้นเกิดได้น้อย



ภาพ 6 ลักษณะของต้นอเมซอนที่ได้หลังจากเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้นเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ในอาหารแข็งสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ประกอบด้วย BA หรือ TDZ ความเข้มข้นแตกต่างกัน

1.1 จำนวนต้นต่อกอ

จากภาพ 7 จะเห็นได้ว่า ชิ้นส่วนตั้งต้นที่นำมาเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดต้นใหม่มีการเกิดต้นได้น้อย เพียง 1-2 ต้นเท่านั้น โดยอาหารที่มีการเติม TDZ 1.0 มก./ล. ร่วมกับ IAA 0.3 มก./ล. ให้จำนวนต้นต่อกอสูงที่สุดคือ 1.8±0.18 ต้น รองลงมาคือชิ้นส่วนตั้งต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มี TDZ 0.5 มก./ล. ร่วมกับ IAA 0.3 มก./ล. และ BA 2.0 มก./ล. ร่วมกับ NAA 0.3 มก./ล. มีจำนวนต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 1.1±0.17 ต้น ส่วนชิ้นส่วนตาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มี BA 1.0 มก./ล. ร่วมกับ IAA 0.3 มก./ล. และ BA 2.0 มก./ล. ร่วมกับ IAA 0.3 มก./ล. ไม่มีการแตกต้นใหม่แต่อย่างใด

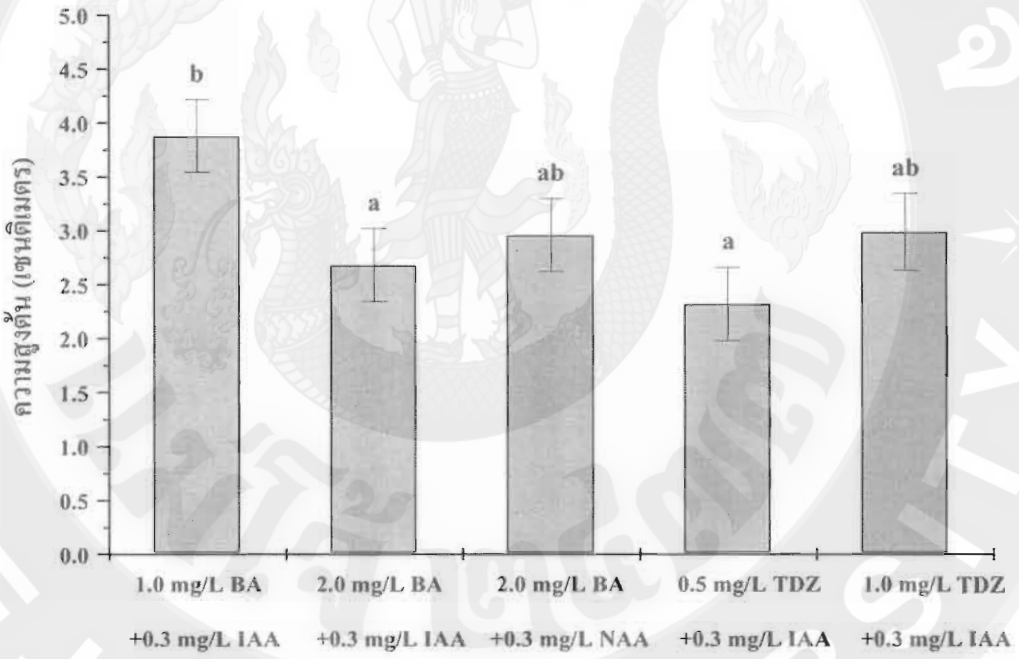


ภาพ 7 จำนวนต้นต่อกอของต้นอเมซอนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้นเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ในอาหารแข็งสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ประกอบด้วย BA หรือ TDZ ความเข้มข้นแตกต่างกัน

* อักษร a, b ที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้ด้วยวิธี One-way ANOVA Multiple Range Test

1.2 ความสูงต้น

จากภาพ 8 ความสูงของต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้นในอาหาร ชักนำให้เกิดต้นใหม่ พบว่าต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้นในอาหารที่มี BA มีความสูงของต้นมากกว่าในอาหารที่มี TDZ โดยเฉพาะต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้นในอาหารที่มี BA 1.0 มก./ล. ร่วมกับ IAA 0.3 มก./ล. มีความสูงต้นมากที่สุดคือ 3.88±0.34 เซนติเมตร รองลงมาคือต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตาในอาหารที่มี TDZ 1.0 มก./ล. ร่วมกับ IAA 0.3 มก./ล. และ BA 2.0 มก./ล. ร่วมกับ NAA 0.3 มก./ล. ซึ่งมีความสูงไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 2.99±0.36 และ 2.96±0.34 เซนติเมตร ตามลำดับ และต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้นในอาหารที่มี BA 2.0 มก./ล. ร่วมกับ IAA 0.3 มก./ล. และ TDZ 0.5 มก./ล. ร่วมกับ IAA 0.3 มก./ล. มีความสูงต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติและมีความสูงต้นน้อยที่สุด คือ 2.68±0.34 และ 2.32±0.34 เซนติเมตร ตามลำดับ



ภาพ 8 ความสูงต้นของต้นอเมซอนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้นเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ในอาหารแข็งสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ประกอบด้วย BA หรือ TDZ ความเข้มข้นแตกต่างกัน

* อักษร a, b ที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้ด้วยวิธี One-way ANOVA Multiple Range Test

1.3 จำนวนใบต่อต้น

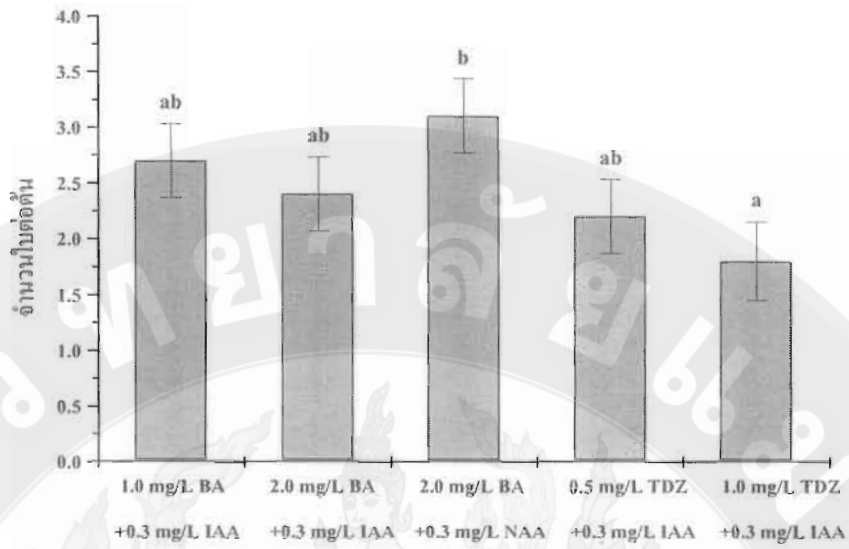
จากภาพ 9 จำนวนใบต่อต้นของต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้นในอาหารชักนำให้เกิดต้นใหม่ พบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของ BA หรือ TDZ ร่วมกับ IAA จำนวนใบต่อต้นลดลง โดยต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มี BA มีจำนวนใบต่อต้นมากกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มี TDZ โดยเฉพาะต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มี BA 2.0 มก./ล. ร่วมกับ NAA 0.3 มก./ล. มีจำนวนใบมากที่สุดคือ 3.1±0.33 ใบ รองลงมาคือต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มี BA 1.0-2.0 มก./ล. ร่วมกับ IAA 0.3 มก./ล. และ TDZ 0.5 มก./ล. ร่วมกับ IAA 0.3 มก./ล. มีจำนวนใบไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 2.7±0.33, 2.4±0.33 และ 2.2±0.33 ใบ ตามลำดับ ส่วนต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มี TDZ 1.0 มก./ล. ร่วมกับ IAA 0.3 มก./ล. มีจำนวนใบน้อยที่สุดคือ 1.8±0.35 ใบ

1.4 ความกว้างใบ

จากภาพ 10 ความกว้างของใบจากต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้น พบว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มี BA ใบกว้างกว่าการเพาะเลี้ยงใน TDZ แต่เมื่อมีการเพิ่มปริมาณของ BA ความกว้างใบมีความกว้างลดลง ซึ่งของต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มี BA 1.0 มก./ล. ร่วมกับ IAA 0.3 มก./ล. มีความกว้างใบมากที่สุดคือ 0.82±0.10 ซม. รองลงมาคือต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มี BA 2.0 มก./ล. ร่วมกับ NAA 0.3 มก./ล. และในอาหารที่มี TDZ 1.0 มก./ล. ร่วมกับ IAA 0.3 มก./ล. มีความกว้างใบไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 0.56±0.10 และ 0.57±0.11 ซม. ตามลำดับ ส่วนต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มี BA 2.0 มก./ล. ร่วมกับ IAA 0.3 มก./ล. และในอาหารที่มี TDZ 0.5 มก./ล. ร่วมกับ IAA 0.3 มก./ล. มีความกว้างใบไม่แตกต่างกันทางสถิติและมีความกว้างใบน้อยที่สุดคือ 0.50±0.10 และ 0.43±0.10 ซม. ตามลำดับ

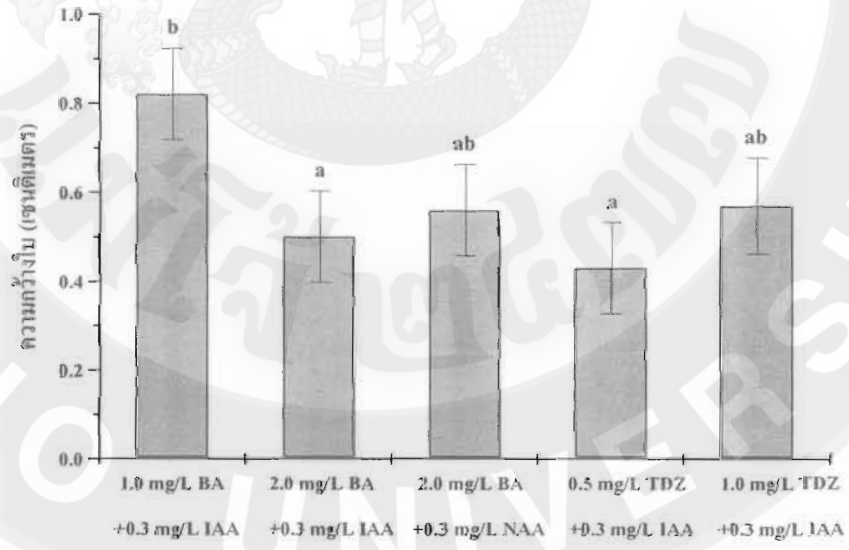
1.5 ความยาวใบ

ความยาวของใบ (ภาพ 11) เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับความกว้างใบ คือต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มี BA 1.0 มก./ล. ร่วมกับ IAA 0.3 มก./ล. มีความยาวใบมากที่สุดคือ 2.00±0.21 ซม. รองลงมาคือต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มี BA 2.0 มก./ล. ร่วมกับ NAA 0.3 มก./ล. มีความยาวใบ 1.64±0.21 ซม. ส่วนต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มี BA 2.0 มก./ล. ร่วมกับ IAA 0.3 มก./ล. TDZ 0.5 มก./ล. ร่วมกับ IAA 0.3 มก./ล. และ TDZ 1.0 มก./ล. ร่วมกับ IAA 0.3 มก./ล. มีความยาวใบไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 1.2±0.21, 1.2±0.21 และ 1.2±0.23 ซม. ตามลำดับ



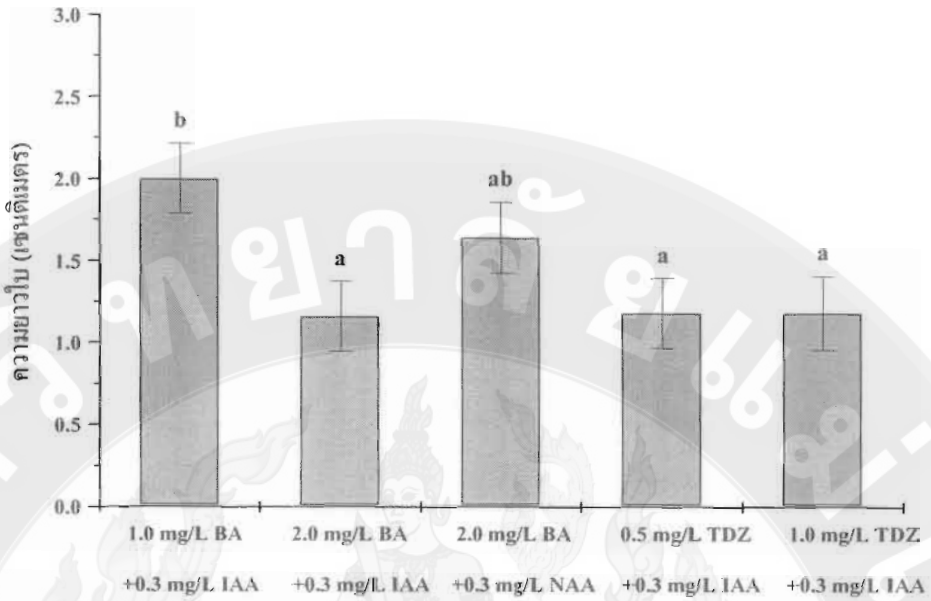
ภาพ 9 จำนวนใบต่อต้นของต้นอเมซอนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้นเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ในอาหารแข็งสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ประกอบด้วย BA หรือ TDZ ความเข้มข้นแตกต่างกัน

* อักษร a, b ที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้ด้วยวิธี One-way ANOVA Multiple Range Test



ภาพ 10 ความกว้างใบของต้นอเมซอนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้นเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ในอาหารแข็งสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ประกอบด้วย BA หรือ TDZ ความเข้มข้นแตกต่างกัน

* อักษร a, b ที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้ด้วยวิธี One-way ANOVA Multiple Range Test



ภาพ 11 ความยาวใบของต้นอเมซอนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้นเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ในอาหารแข็งสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ประกอบด้วย BA หรือ TDZ ความเข้มข้นแตกต่างกัน

* อักษร a, b ที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้ด้วยวิธี One-way ANOVA Multiple Range Test

ผลการทดลองที่ 2 การศึกษาการเพิ่มจำนวนต้นอเมซอนที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งเปรียบเทียบกับระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด

2.1 ผลการทดลอง 2.1 การศึกษาระดับความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มไซโตไคนิน (TDZ หรือ BA) ที่เหมาะที่เหมาะสมต่อการเพิ่มปริมาณต้นของต้นอเมซอนที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งเปรียบเทียบกับระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจมชั่วคราว

จากการศึกษาผลของ TDZ หรือ BA ที่มีผลต่อชิ้นส่วนตั้งต้น ต่อการเพิ่มปริมาณของต้นอเมซอนที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว (ภาพ 12) มีผลการวิจัยดังนี้ คือ

Solid medium **TIB**

ภาพ 12 ต้นอเมซอนที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว เป็นระยะเวลานาน 4 สัปดาห์

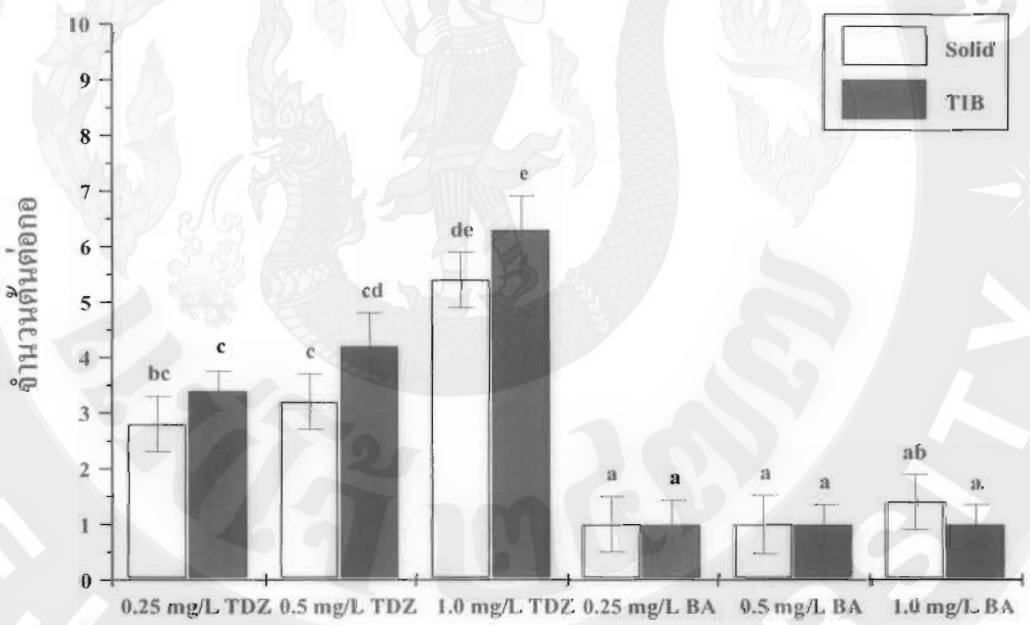
2.1.1 ลักษณะต้นอเมซอนที่ได้หลังจากการเพาะเลี้ยง

จากภาพ 13 เป็นการศึกษาผลของ TDZ หรือ BA ต่อการเพิ่มปริมาณของต้นอเมซอนที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าต้นที่ทำการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งมีลักษณะต้นเล็ก สีของต้นไม่ค่อยสดเหมือนกับต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ในขณะที่ต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวต้นมีลักษณะแข็งแรง ต้นโต และมีสีเขียวกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง

ภาพ 13 ลักษณะของต้นอเมซอนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้น เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ในอาหารแข็งและ TIB ในอาหารเพิ่มปริมาณสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ประกอบด้วย TDZ หรือ BA ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

2.1.2 จำนวนต้นต่อกอ

จากภาพ 14 จะเห็นได้ว่า TDZ มีผลต่อการเพิ่มจำนวนต้นต่อกออย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะหากเพิ่มความเข้มข้นของ TDZ ให้สูงขึ้นจาก 0.25 เป็น 1.0 มก./ล. จำนวนต้นจะสูงมากยิ่งขึ้นจาก 3 เป็น 7 ต้นต่อกอ ในขณะที่ BA ไม่ตอบสนองเท่าที่ควรคือ ไม่มีการแตกต้นใหม่ทั้งในอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว นอกจากนี้การเพาะเลี้ยงต้นอเมซอนในอาหารที่มี TDZ และในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวให้จำนวนต้นต่อกอมากกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง โดยเฉพาะ TDZ 1.0 มก./ล. ในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีจำนวนต้น 6.3±0.59 ต้น รองลงมาคือต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มี TDZ 0.5 และ 0.25 มก./ล. มีจำนวนต้น 4.2±0.59 และ 3.4±0.34 ต้นต่อกอ ตามลำดับ ในขณะที่อาหารแข็ง ต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มี TDZ 1.0, 0.5 และ 0.25 มก./ล. มีจำนวนต้น 5.4±0.48, 3.2±0.48 และ 2.8±0.48 ต้นต่อกอ ตามลำดับ

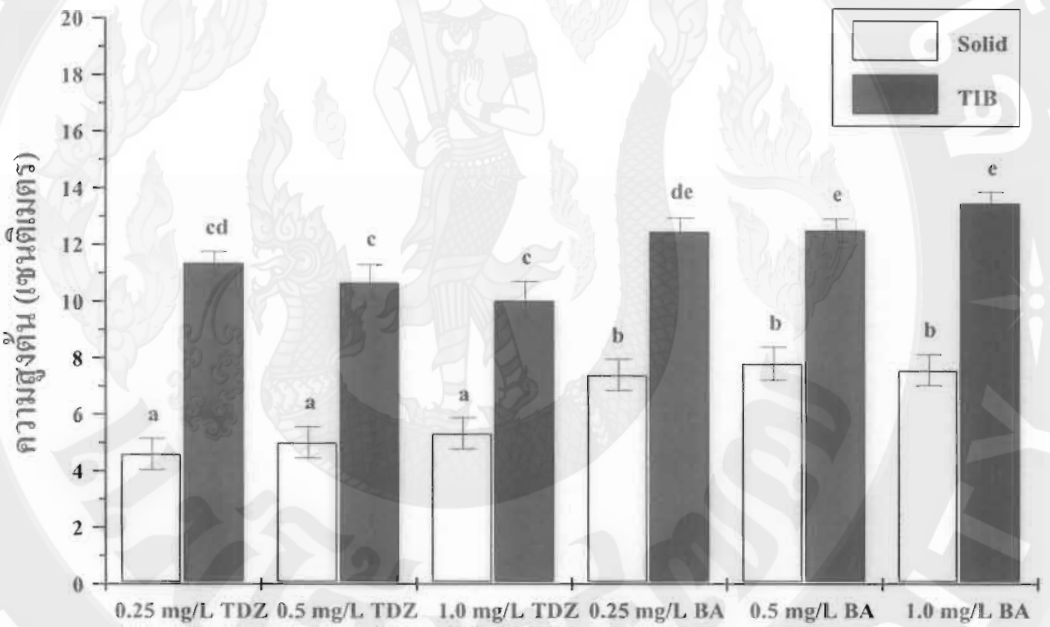


ภาพ 14 จำนวนต้นต่อกอที่ได้จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้น เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ในอาหารแข็งและ TIB ในอาหารเพิ่มปริมาณสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ประกอบด้วย TDZ หรือ BA ความเข้มข้นแตกต่างกัน

* อักษร a, b,..., e ที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้ด้วยวิธี One-way ANOVA Multiple Range Test

2.1.3 ความสูงต้น

จากภาพ 15 จะเห็นได้ว่า BA มีผลต่อความสูงต้นมากกว่า TDZ ทั้งในอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว โดยต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ BA จาก 0.25 เป็น 1.0 มก./ล. ความสูงต้นจะสูงขึ้นตาม โดยเฉพาะต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์ที่มี BA 1.0 มก./ล. มีความสูงต้นมากที่สุดคือ 13.46±0.39 ซม. ในส่วนของ TDZ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ TDZ จาก 0.25 เป็น 1.0 มก./ล. ความสูงต้นจะลดลงเล็กน้อย ส่วนต้นในอาหารแข็ง พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ TDZ ขึ้น ความสูงต้นไม่มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ เช่นเดียวกับ BA เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ BA ขึ้น ความสูงต้นไม่มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเช่นกัน



ภาพ 15 ความสูงต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้น เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ในอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ในอาหารเพิ่มปริมาณสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ประกอบด้วย TDZ หรือ BA ความเข้มข้นแตกต่างกัน

* อักษร a, b,..., e ที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้ด้วยวิธี One-way ANOVA Multiple Range Test

2.1.4 จำนวนใบต่อต้น

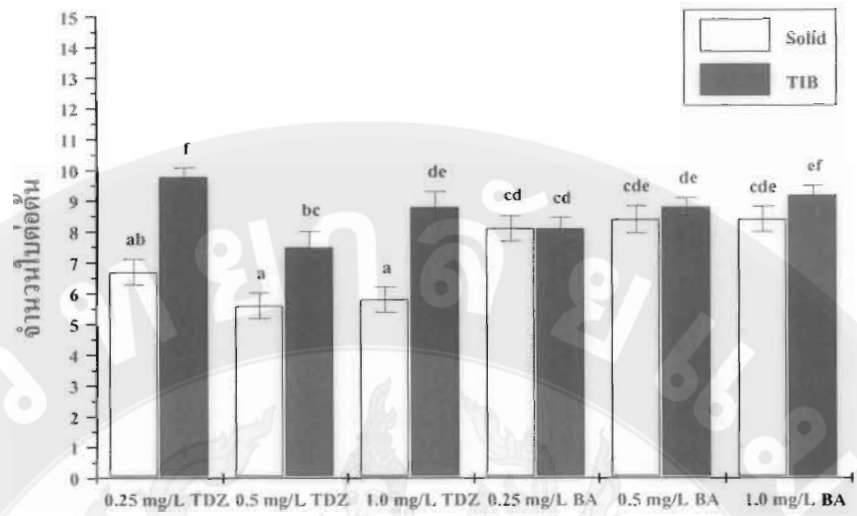
จากภาพ 16 จะเห็นได้ว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีจำนวนใบต่อต้นมากกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง เมื่อพิจารณาในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว พบว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มี TDZ 0.25 มก./ล. มีจำนวนใบต่อต้นมากที่สุดคือ 9.8±0.29 ใบ ซึ่งมากกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มี TDZ 0.5 และ 1.0 มก./ล. และในอาหารที่มี BA 0.25, 0.5 และ 1.0 มก./ล. ในขณะที่ต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง พบว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มี BA มีจำนวนใบมากกว่า TDZ โดยเฉพาะต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มี BA 0.5 และ 1.0 มก./ล. มีจำนวนใบสูงที่สุดและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติคือ 8.4±0.44 ใบ ส่วนต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มี TDZ 0.5 มก./ล. มีจำนวนใบน้อยที่สุดคือ 5.6±0.42 ใบ

2.1.5 ความกว้างใบ

จากภาพ 17 ความกว้างใบของต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้นในอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีความกว้างใบมากกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง และยังพบว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มี BA ใบมีความกว้างมากกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มี TDZ ทั้งในอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว เมื่อพิจารณาในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว พบว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มี BA 0.25 มก./ล. มีความกว้างใบมากที่สุดคือ 2.32±0.33 ซม. และต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มี TDZ 1.0 มก./ล. มีความกว้างใบน้อยที่สุดคือ 0.6±0.47 ซม. ในขณะที่ต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง พบว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มี BA 0.25, 0.5 และ 1.0 มก./ล. มีความกว้างใบไม่แตกต่างกันทางสถิติเช่นเดียวกับในอาหารที่มี TDZ 0.25, 0.5 และ 1.0 มก./ล. เช่นกัน

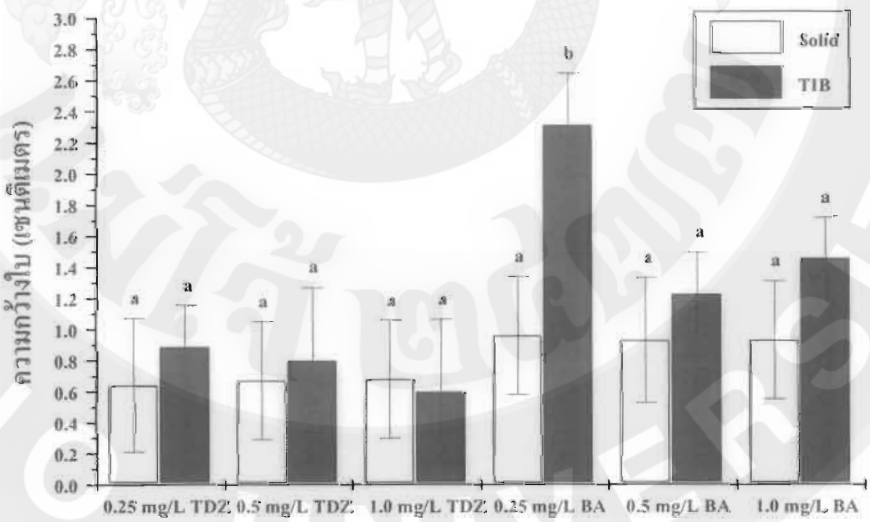
2.1.6 ความยาวใบ

ความยาวใบของต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีผลคล้ายกับความกว้างใบ กล่าวคือมีความยาวใบมากกว่าชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง โดยต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงใน TIB ในอาหารที่มี BA 1.0 มก./ล. มีความยาวใบมากที่สุดคือ 6.33±0.14 ซม. ส่วนต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งในอาหารที่มี BA 0.25 มก./ล. มีความยาวใบมากที่สุดคือ 3.62±0.19 ซม. (ภาพ 18)



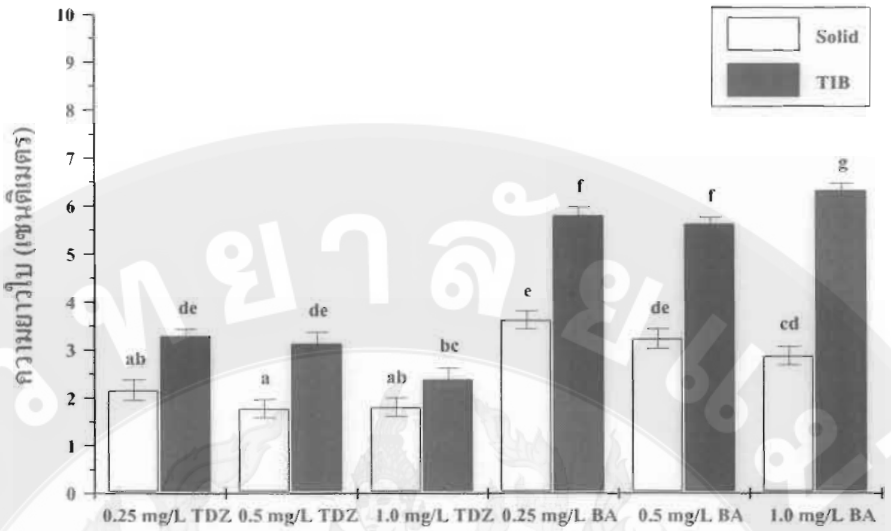
ภาพ 16 จำนวนใบต่อต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้น เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ในอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ในอาหารเพิ่มปริมาณสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ประกอบด้วย TDZ หรือ BA ความเข้มข้นแตกต่างกัน

* อักษร a, b,..., f ที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้ด้วยวิธี One-way ANOVA Multiple Range Test



ภาพ 17 ความกว้างใบของต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้น เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ในอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ในอาหารเพิ่มปริมาณสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ประกอบด้วย TDZ หรือ BA ความเข้มข้นแตกต่างกัน

* อักษร a, b ที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้ด้วยวิธี One-way ANOVA Multiple Range Test



ภาพ 18 ความยาวใบของต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้น เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ในอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ในอาหารเพิ่มปริมาณสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ประกอบด้วย TDZ หรือ BA ความเข้มข้นแตกต่างกัน

* อักษร a, b,..., g ที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้ด้วยวิธี One-way ANOVA Multiple Range Test

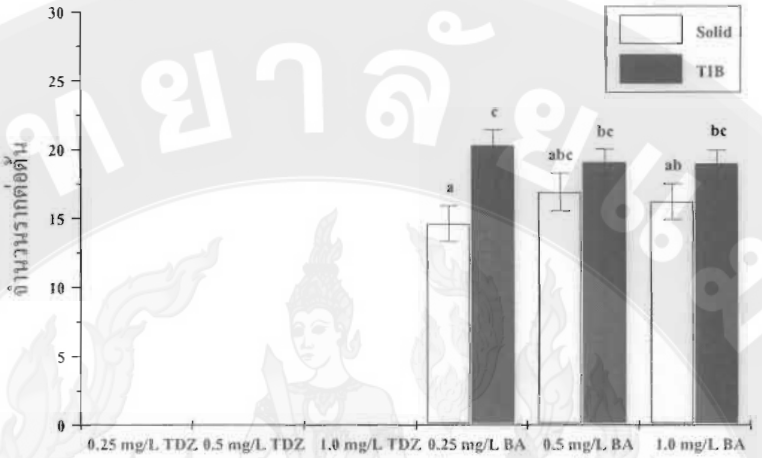
2.1.7 จำนวนรากต่อต้น

จากภาพ 19 พบว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มี TDZ ไม่เกิดรากทั้งในอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ส่วนต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มี BA ในไบโอรีแอคเตอร์มีจำนวนรากมากกว่าในอาหารแข็ง โดยในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวในอาหารที่มี BA 0.25 มก./ล. มีจำนวนรากต่อต้นมากที่สุดคือ 20.3±1.13 ราก และในอาหารที่มี BA 0.5 และ 1.0 มก./ล. มีจำนวนรากแตกต่างกันเล็กน้อยคือ มีจำนวนราก 19.1±0.92 และ 19.0±0.92 รากต่อต้น ตามลำดับ ส่วนในอาหารแข็ง ต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มี BA 0.5 มก./ล. มีจำนวนรากมากที่สุดคือ 16.9±1.38 รากต่อต้น และในอาหารที่มี BA 0.25 มก./ล. มีจำนวนรากน้อยที่สุดคือ 14.6±1.30 รากต่อต้น

2.1.8 ความยาวราก

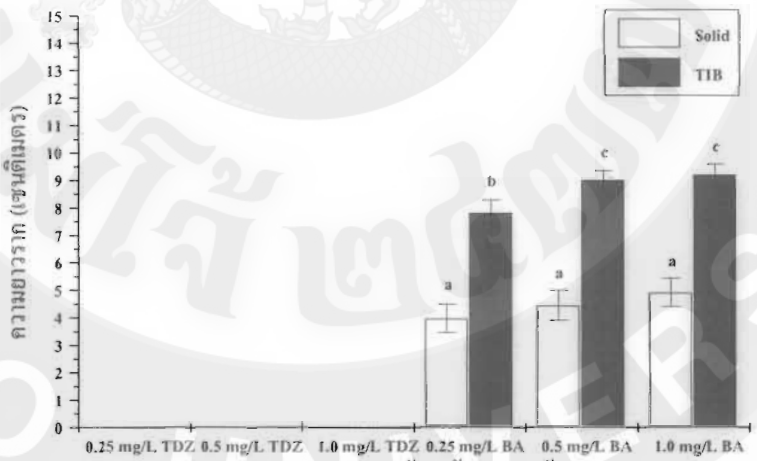
จากภาพ 20 ความยาวรากของต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มี BA ในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีความยาวรากมากกว่าในอาหารแข็ง โดยต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ในอาหารที่มี BA 0.5 และ 1.0 มก./ล. มีความยาวไม่แตกต่างกันทางสถิติและมีความยาว

รากมากที่สุดคือ 9.00±0.37 และ 9.22±0.37 ซม. ส่วนต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งที่มี BA 0.25, 0.5 และ 1.0 มก./ล. มีความยาวรากไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีความยาวรากคือ 3.97±0.52, 4.44±0.55 และ 4.91±0.52 ซม. ตามลำดับ



ภาพ 19 จำนวนรากต่อต้นของต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้น เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ในอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ในอาหารเพิ่มปริมาณสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ประกอบด้วย TDZ หรือ BA ความเข้มข้นแตกต่างกัน

* อักษร a, b, c ที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้ด้วยวิธี One-way ANOVA Multiple Range Test



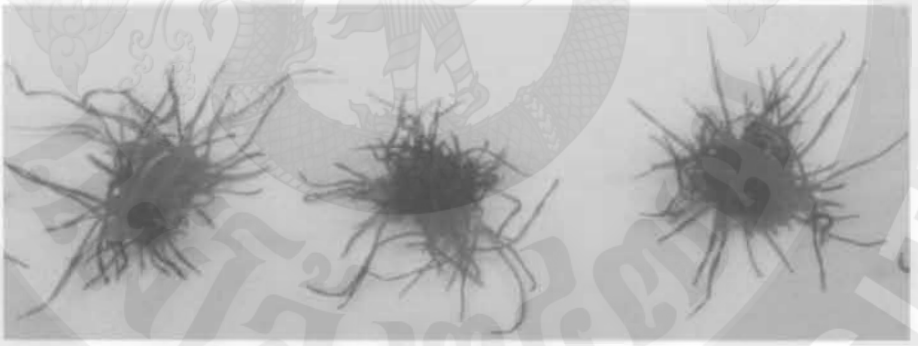
ภาพ 20 ความยาวรากรากของต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้น เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ในอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ในอาหารเพิ่มปริมาณสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ประกอบด้วย TDZ หรือ BA ความเข้มข้นแตกต่างกัน

* อักษร a, b, c ที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้ด้วยวิธี One-way ANOVA Multiple Range Test

2.2 ผลการทดลองที่ 2.2 การขยายพันธุ์ต้นเล็กกลุ่มของอเมซอนที่ได้จากการเพิ่มปริมาณต้น โดยการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารแข็งเปรียบเทียบกับระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด

2.2.1 ลักษณะต้นอเมซอนที่ได้หลังจากการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

ต้นเล็กกลุ่มของต้นอเมซอนที่มีลักษณะเป็นต้นแหลม (ภาพ 21)ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มี TDZ 1.0 มก/ล ในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว เมื่อนำมาเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต พบว่าต้นมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง โดยต้นมีการเจริญเติบโตจากต้นแหลมเป็นต้นโตที่มีใบแผ่ปกติที่มีความกว้างใบและความยาวใบ และมีการเพิ่มจำนวนต้นเล็กกลุ่มอยู่ทั้งในอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์ ซึ่งต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง ต้นมีขนาดเล็ก ต้นไม่เขียวเท่ากับต้นในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ใบส่วนใหญ่มีสีเหลือง บางใบมีสีน้ำตาลทั้งใบหรือเกิดบริเวณส่วนของปลายใบ ซึ่งไม่เหมาะสำหรับนำไปออกปลูก แต่ต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ต้นมีขนาดใหญ่และต้นมีสีเขียวสดกว่าต้นที่ได้จากอาหารแข็ง ใบมีสีเขียวเข้ม ซึ่งเหมาะสำหรับนำไปออกปลูกได้ (ภาพ 22)



ภาพ 21 ลักษณะต้นเล็กกลุ่มที่นำมาขยายพันธุ์ในอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว

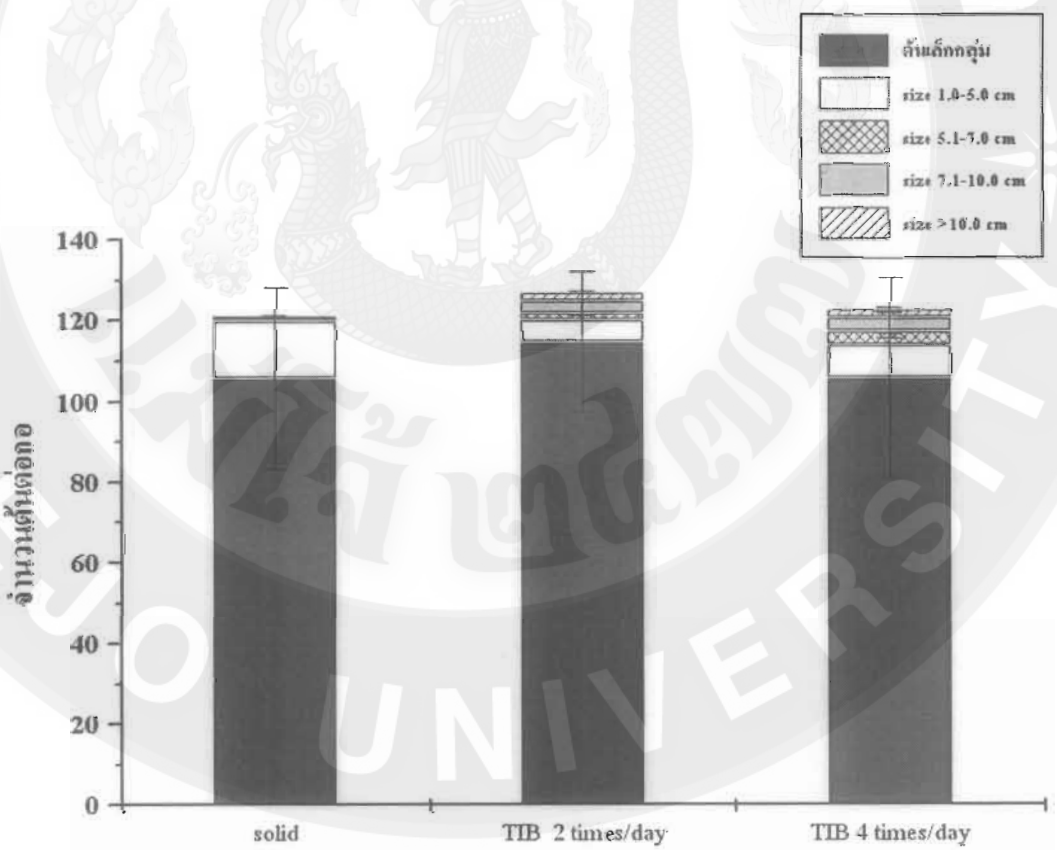
Solid Medium TIB 2 times/day TIB 4 times/day

ภาพ 22 ลักษณะของต้นอเมซอนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงต้นเล็กกลุ่มในอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด ในอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

2.2.2 จำนวนต้นต่อกอ

จำนวนต้นต่อกอ (ภาพ 23) ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงต้นเล็กกลุ่มในอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ในอาหารที่ไม่มีสารควบคุมการเจริญเติบโต พบว่าต้นเล็กกลุ่มที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีจำนวนต้นทั้งหมดต่อกอใกล้เคียงกัน โดยจำนวนต้นในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวที่มีการให้อาหาร 2 ครั้งต่อวัน มีจำนวนต้นทั้งหมดมากที่สุดคือ 127.2±17.6 ต้นต่อกอ รองลงมาคือต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวที่มีการให้อาหาร 4 ครั้งต่อวัน มีจำนวนต้นต่อกอทั้งหมด 122.9±24.9 ต้น และต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งมีจำนวนต้นต่อกอทั้งหมด 121.1±22.8 ต้น เมื่อพิจารณาจำนวนต้นเล็กกลุ่มต่อกอ พบว่าเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับจำนวนต้นทั้งหมดต่อกอ คือต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีจำนวนต้นเล็กกลุ่มต่อกอมากกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง โดยต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวที่มีการให้อาหาร 2 ครั้งต่อวัน มีจำนวนต้นเล็กกลุ่มต่อกอมากที่สุดคือ 114.9±17.3 ต้น ส่วนต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งและในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวที่มีการให้อาหาร 4 ครั้งต่อวัน มีจำนวนต้นเล็กกลุ่มต่อกอไม่ต่างกันคือ 106.0±24.5 และ 105.7±22.4 ต้น ตามลำดับ นอกจากนั้นยังพบว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งมีเพียง 2 ขนาดคือ 1.0-5.0 และ 5.1-7.0 เซนติเมตร

แต่ต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว พบต้นในทุกขนาด โดยที่ต้นขนาด 1.0-5.0 เซนติเมตร มีมากที่สุดในอาหารแข็ง คือ 14.3±1.6 ต้นต่อกอ ซึ่งมีจำนวนต้นมากกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวถึง 2 เท่า โดยในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวที่มีการให้อาหาร 2 และ 4 ครั้งต่อวัน มีจำนวนต้น 5.3±1.3 และ 8.3±1.8 ต้นต่อกอ ตามลำดับ ต้นขนาด 5.1-7.0 เซนติเมตร พบว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์มีจำนวนต้นต่อมากกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง โดยต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวที่มีการให้อาหาร 4 ครั้งต่อวัน มีจำนวนต้นมากที่สุด คือ 3.3±0.5 ต้น รองลงมาคือต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวที่มีการให้อาหาร 2 ครั้งต่อวัน มีจำนวน 1.8±0.4 ต้นต่อกอ ส่วนต้นในอาหารแข็งมีจำนวนน้อยที่สุดคือ 1.1±0.5 ต้นต่อกอ ต้นขนาด 7.1-10.0 เซนติเมตร เกิดเฉพาะในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ซึ่งการให้อาหาร 2 และ 4 ครั้งต่อวัน มีจำนวนต้นต่อกอไม่แตกต่างคือ 3.0±0.6 และ 3.3±1.2 ต้น ตามลำดับ เช่นเดียวกับต้นขนาด >10.0 เซนติเมตร คือต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ที่มีการให้อาหาร 2 และ 4 ครั้งต่อวัน มีจำนวนต้นใกล้เคียงกันคือ 2.2±0.3 และ 2.0±0.5 ต้นต่อกอ ตามลำดับ



ภาพ 23 จำนวนต้นต่อกอที่ได้จากการเพาะเลี้ยงต้นเล็กกลุ่มเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ในอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ในอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดเฝด

2.2.4 จำนวนใบต่อต้น

จากภาพ 24 ต้นเล็กกลุ่มที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีจำนวนใบมากกว่าต้นเล็กกลุ่มที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง โดยต้นขนาด 1.0-5.0 เซนติเมตร ต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งมีจำนวนใบมากที่สุดคือ 4.6±0.1 ใบ รองลงมาคือต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวที่มีการให้อาหาร 2 และ 4 ครั้งต่อวัน มีจำนวนใบ 4.3±0.2 และ 4.0±0.2 ใบ ตามลำดับ ต้นขนาด 5.1-7.0 เซนติเมตร ต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวที่มีการให้อาหาร 2 ครั้งต่อวัน มีจำนวนใบมากที่สุดคือ 5.9±0.3 ใบต่อต้น ส่วนต้นขนาด 7.1-10.0 ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวที่มีการให้อาหาร 2 และ 4 ครั้ง มีจำนวนใบต่อต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 7.4±0.2 และ 7.4±0.4 ใบ ตามลำดับ และต้นขนาด >10.0 เซนติเมตร ต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวที่มีการให้อาหาร 2 มีจำนวนใบมากกว่าต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวที่มีการให้อาหาร 4 ครั้งต่อวัน คือ 9.6±0.3 และ 8.7±0.5 ใบ ตามลำดับ นอกจากนั้นยังพบว่าเมื่อต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว เมื่อต้นมีขนาดใหญ่ขึ้น จำนวนใบต่อต้นมีจำนวนเพิ่มขึ้นตามเช่นกัน

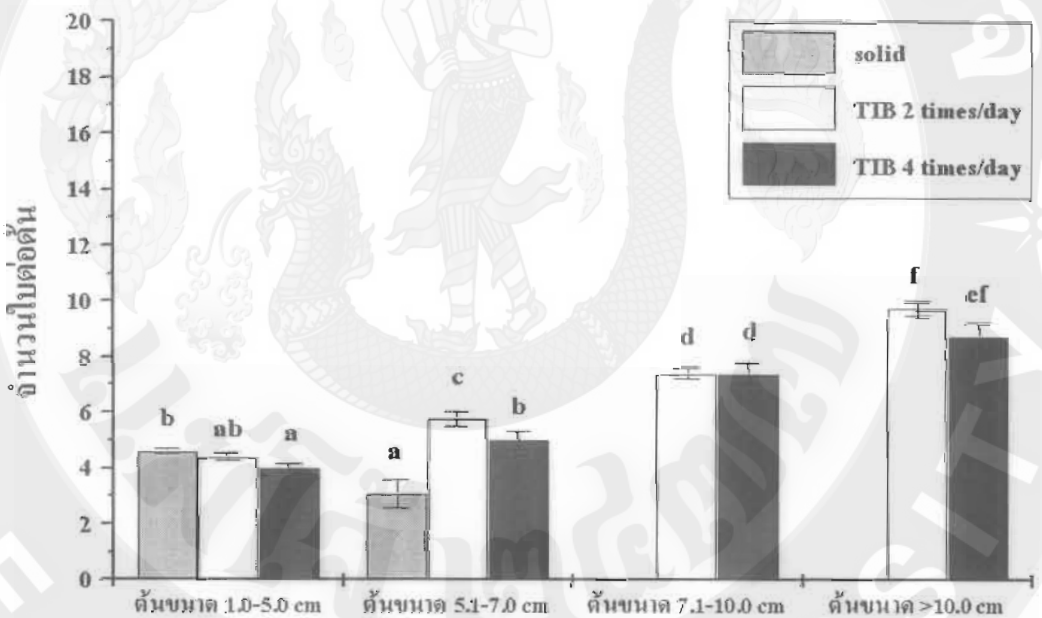
2.2.5 ความกว้างใบ

ความกว้างใบ (ภาพ 25) ของต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีความกว้างใบมากกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง และยังพบว่าต้นขนาดใหญ่ขึ้น ใบมีความกว้างใบเพิ่มมากขึ้นตาม โดยต้นขนาด 1.0-5.0 เซนติเมตร ต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวที่มีการให้อาหาร 2 และ 4 ครั้งต่อวัน มีความกว้างใบไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 0.25±0.01, 0.25±0.02 และ 0.21±0.02 เซนติเมตร ตามลำดับ ต้นขนาด 5.1-7.0 เซนติเมตร ต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวที่มีการให้อาหาร 2 ครั้งต่อวัน มีความกว้างใบมากที่สุดคือ 0.54±0.05 เซนติเมตร ต้นขนาด 7.1-10.0 เซนติเมตร ต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวที่มีการให้อาหาร 2 มีความกว้างใบมากกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวที่มีการให้อาหาร 4 ครั้งต่อวัน คือ 0.87±0.03 และ 0.85±0.06 เซนติเมตร ตามลำดับ และต้นขนาด >10.0 เซนติเมตร ต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวที่มีการให้อาหาร 2 และ 4 ครั้งต่อวัน มีความกว้างใบไม่แตกต่างกันทางสถิติ

2.2.6 ความยาวใบ

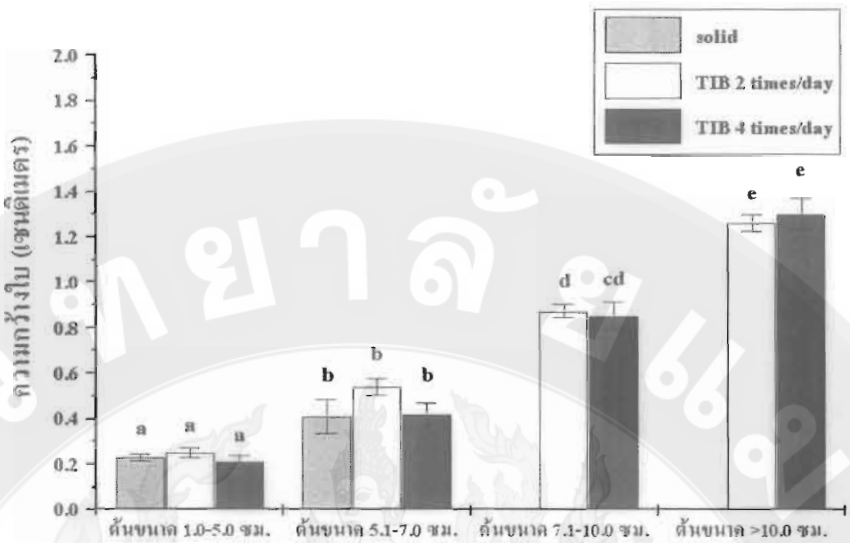
ความยาวของใบจากต้นเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับความกว้างใบ คือต้นที่เลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีความยาวใบมากกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง และเมื่อต้น

มีขนาดใหญ่ขึ้น ใบมีความยาวใบยาวขึ้นเช่นกัน โดยต้นขนาด 1.0-5.0 เซนติเมตร ต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวที่มีการให้อาหาร 2 และ 4 ครั้งต่อวัน มีความยาวใบไม่แตกต่างกันทางสถิติและมีความยาวใบมากกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง ต้นขนาด 5.1-7.0 เซนติเมตร ต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวที่มีการให้อาหาร 4 ครั้งต่อวัน มีความยาวใบมากที่สุดคือ 3.66±0.20 เซนติเมตร รองลงมาคือต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวที่มีการให้อาหาร 2 ครั้งต่อวัน และในอาหารแข็ง มีความยาวใบคือ 3.11±0.16 และ 2.99±0.28 เซนติเมตร ตามลำดับ ต้นขนาด 7.1-10.0 เซนติเมตร ต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวที่มีการให้อาหาร 4 ครั้งต่อวัน มีความยาวใบมากกว่าต้นในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวที่มีการให้อาหาร 2 ครั้งต่อวัน และต้นขนาด >10.0 เซนติเมตร ต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวที่มีการให้อาหาร 2 และ 4 ครั้งต่อวัน มีความยาวใบไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพ 26)



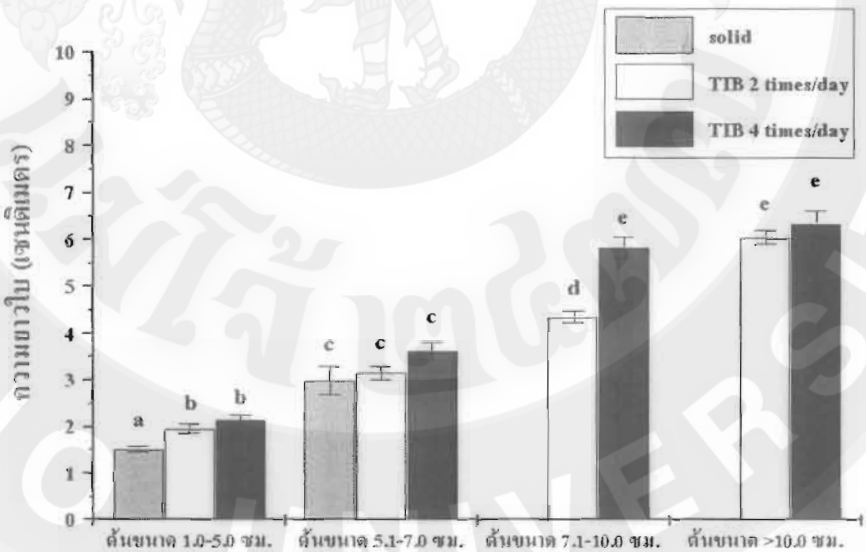
ภาพ 24 จำนวนใบต่อต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงต้นเล็กกลุ่ม ในอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ในอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฟด เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

* อักษร a, b,..., f ที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้ด้วยวิธี One-way ANOVA Multiple Range Test



ภาพ 25 ความกว้างใบของต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงต้นเล็กกลุ่ม ในอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ในอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

* อักษร a, b,..., e ที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้ด้วยวิธี One-way ANOVA Multiple Range Test



ภาพ 26 ความยาวใบของต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงต้นเล็กกลุ่ม ในอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ในอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

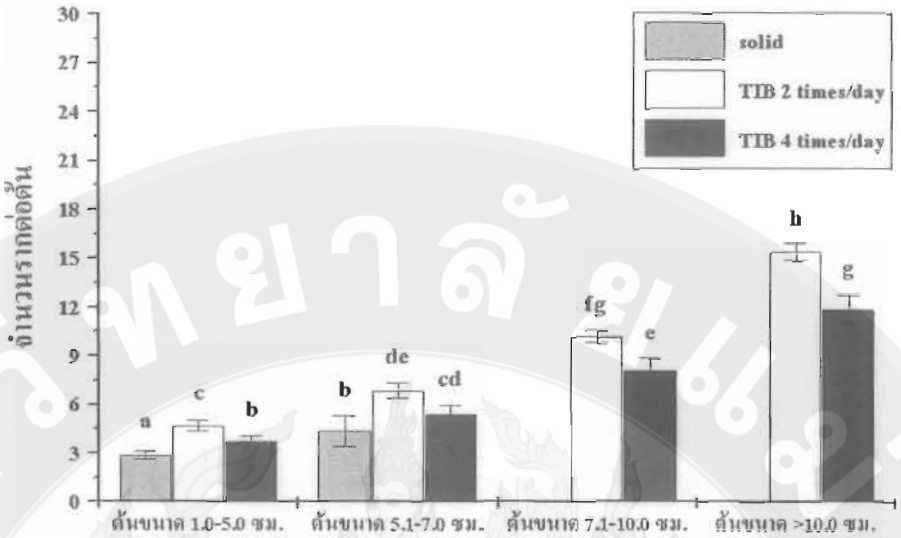
* อักษร a, b,..., e ที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้ด้วยวิธี One-way ANOVA Multiple Range Test

2.2.7 จำนวนรากต่อต้น

ภาพ 27 พบว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวที่มีการให้อาหาร 2 ครั้งต่อวัน มีจำนวนรากมากที่สุดในต้นทุกขนาด รองลงมาคือต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวที่มีการให้อาหาร 4 ครั้งต่อวัน และต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งมีจำนวนรากต่อต้นน้อยที่สุด นอกจากนั้นยังพบว่าต้นขนาดใหญ่ขึ้น ต้นมีจำนวนรากต่อต้นมากขึ้นตาม โดยต้นขนาด 1.0-5.0, 5.1-7.0, 7.1-10.0 และต้นขนาด >10.0 เซนติเมตร มีจำนวนรากมากที่สุดคือ 4.8±0.3, 7.2±0.5, 10.3±0.5 และ 15.3±0.8 รากต่อต้น ตามลำดับ ในต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวที่มีการให้อาหาร 2 ครั้งต่อวัน

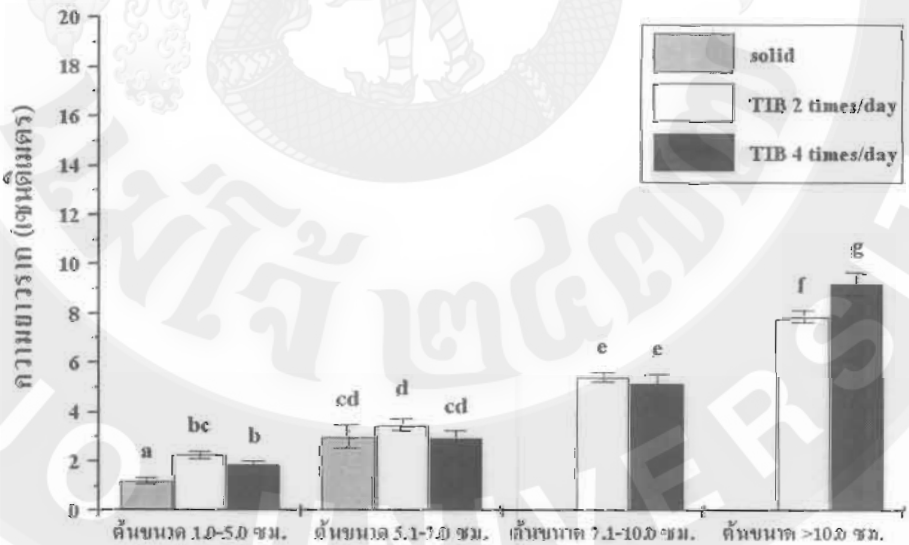
2.2.8 ความยาวราก

ความยาวรากของต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีความยาวรากมากกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง โดยต้นขนาด 1.0-5.0 เซนติเมตร ต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวที่มีการให้อาหาร 2 มีความยาวรากมากกว่า 4 ครั้งต่อวัน และยาวกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งคือ 2.25±0.16, 1.86±0.15 และ 1.20±0.12 เซนติเมตร ตามลำดับ ต้นขนาด 5.1-7.0 เซนติเมตร ต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีความยาวรากไม่แตกต่างกันทางสถิติ ต้นขนาด 7.1-10.0 เซนติเมตร ต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวที่มีการให้อาหาร 2 และ 4 ครั้งต่อวัน มีความยาวรากไม่แตกต่างกันทางสถิติ และต้นขนาด >10.0 เซนติเมตร ต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวที่มีการให้อาหาร 4 ครั้งต่อวัน มีความยาวรากมากกว่าไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวที่มีการให้อาหาร 2 ครั้งต่อวัน (ภาพ 28)



ภาพ 27 จำนวนรากต่อต้นของต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงต้นเล็กกลุ่ม ในอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ในอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฟด เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

* อักษร a, b,..., h ที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้ด้วยวิธี One-way ANOVA Multiple Range Test



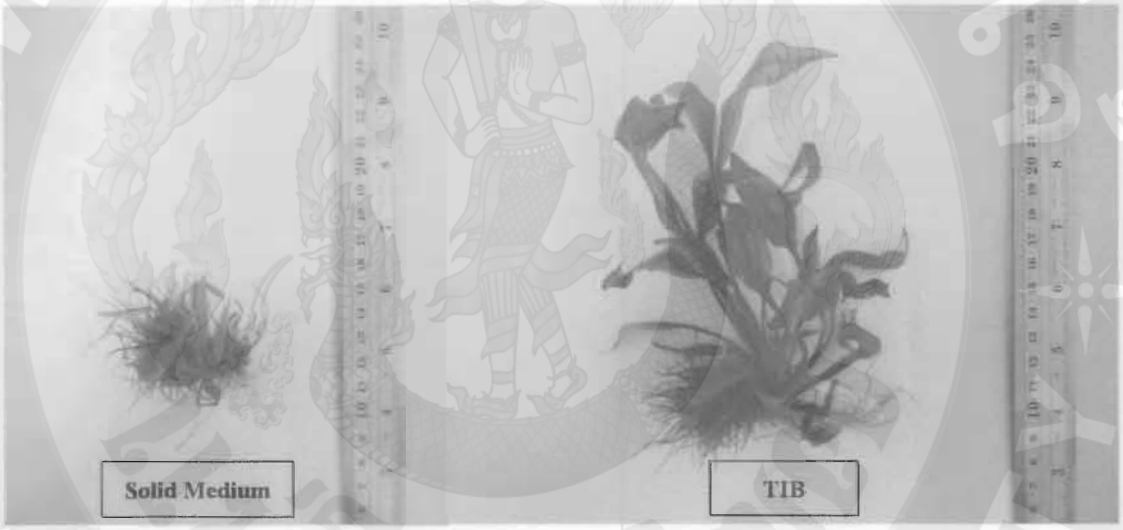
ภาพ 28 ความยาวรากของต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงต้นเล็กกลุ่ม ในอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ในอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฟด เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

* อักษร a, b,..., g ที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้ด้วยวิธี One-way ANOVA Multiple Range Test

ผลการทดลองที่ 3 การเปรียบเทียบการยืดยาวของต้นเล็กกลุ่มของต้นอเมซอนระหว่างอาหารแข็งกับระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฟด

3.1 ลักษณะต้นอเมซอนที่ได้หลังจากการเพาะเลี้ยงในอาหารสำหรับยืดยาวของต้น เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

ต้นเล็กกลุ่มของต้นอเมซอนที่ได้จากการเพิ่มปริมาณ เมื่อนำมาเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต เพื่อให้เกิดการยืดยาวของต้น พบว่าต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง ต้นที่เกิดการยืดยาวต้นมีขนาดเล็ก แต่ต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ต้นมีขนาดใหญ่ ต้นมีสีเขียวสด ใบมีสีเขียวเข้มกว่าต้นที่ได้จากอาหารแข็ง นอกจากนี้ยังพบการเกิดต้นเล็กกลุ่มอยู่ทั้งในอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว (ภาพ 29)

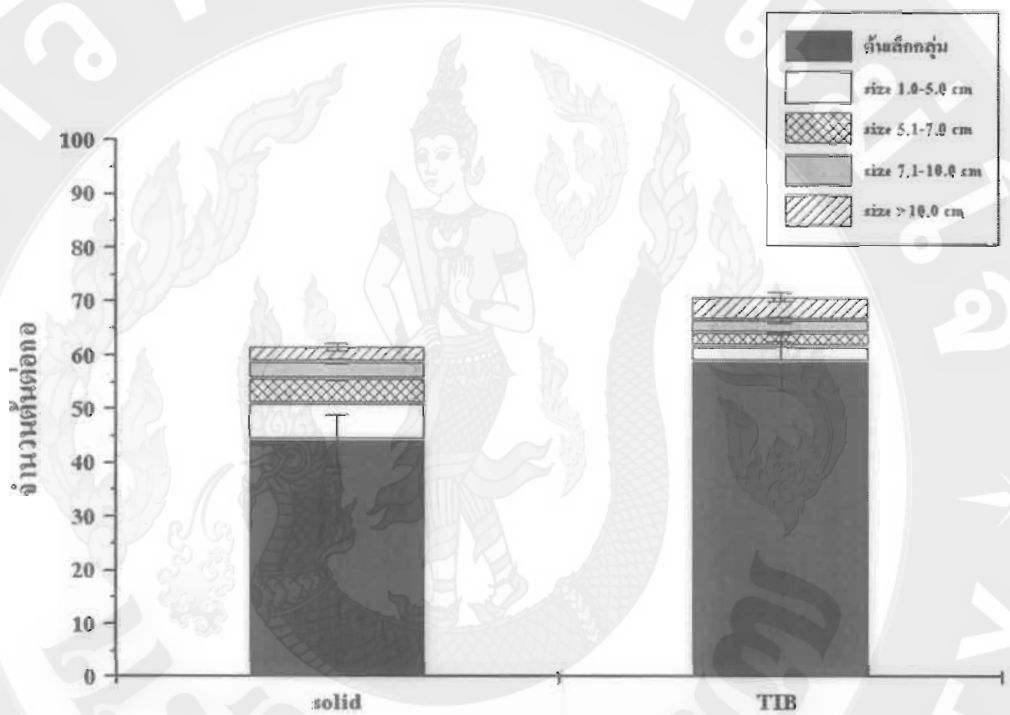


ภาพ 29 ลักษณะของต้นอเมซอนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงต้นเล็กกลุ่ม เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ในอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ในอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว

3.2 จำนวนต้นต่อกอ

จากภาพ 30 จะเห็นได้ว่าจำนวนต้นเล็กกลุ่มที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว มีจำนวนต้นมากกว่าอาหารแข็ง เมื่อพิจารณาขนาดของต้นที่ได้ พบว่าในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว มีจำนวนต้นเล็กกลุ่ม 46.6±3.1 ต้นต่อกอ ส่วนในอาหารแข็งมีจำนวนต้นเล็กกลุ่ม 17.3±3.6 ต้นต่อกอ นอกจากนั้นยังพบว่าต้นที่ได้ในอาหารแข็งมีส่วนใหญ่ต้นมีขนาดเล็กกว่าต้นที่ได้จากไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว โดยต้นขนาด 1.0-5.0 เซนติเมตร ในอาหารแข็งมีจำนวนต้นเป็น 2 เท่าของต้นที่ได้จากไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว คือมีจำนวนต้น 6.8±1.4 ต้นต่อกอ เช่นเดียวกับต้น

ขนาด 5.1-7.0 เซนติเมตร โดยมีจำนวนต้น 4.6±1.1 ต้นต่อกอ ส่วนต้นขนาด 7.1-10.0 เซนติเมตร พบว่าต้นที่ได้จากอาหารแข็งมีจำนวนต้น 3.2±0.5 ต้นต่อกอ ในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีจำนวนต้น 2.3±0.6 ต้นต่อกอ แต่ต้นขนาดมากกว่า 10.0 เซนติเมตร ต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีจำนวนต้นมากกว่าต้นที่ได้จากอาหารแข็ง 1.5 เท่า โดยมีจำนวน 4.3±0.9 ต้นต่อกอ ซึ่งต้นขนาดมากกว่า 7.0 เซนติเมตร เหมาะสำหรับการนำออกปลูกได้



ภาพ 30 จำนวนต้นต่อกอที่ได้จากการเพาะเลี้ยงต้นเล็กกลุ่ม เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ในอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ในอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด

3.3 จำนวนใบต่อต้น

จำนวนใบต่อต้นของต้นที่เพาะเลี้ยงต้นเล็กกลุ่มในอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว พบว่าจำนวนใบของต้นขนาด 1.0-5.0 เซนติเมตร ที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีจำนวนใบมากกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง คือ 4.8±0.6 และ 4.3±0.3 ใบ ตามลำดับ ต้นขนาด 5.1-7.0 เซนติเมตร จำนวนใบของต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีจำนวนใบมากกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งเช่นกัน คือ 6.4±0.7 และ 5.7±0.4 ใบ ตามลำดับ ส่วนต้นขนาด 7.1-10.0 เซนติเมตร จำนวนใบของต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งมากกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในไบ

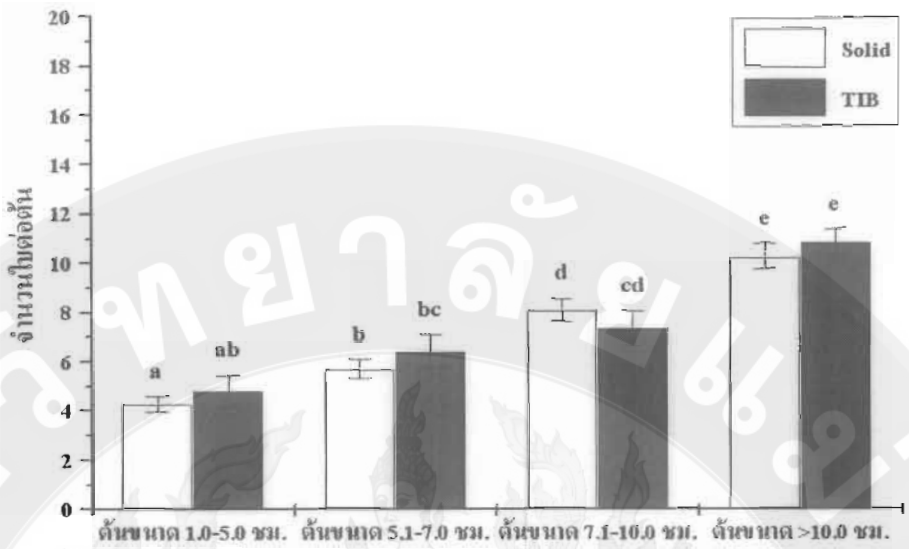
โอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว คือ 8.1±0.5 และ 7.4±0.7 ใบ ตามลำดับ และต้นที่มีขนาดมากกว่า 10.0 เซนติเมตร จำนวนใบของต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติคือ 10.3±0.5 และ 10.9±0.5 ใบ ตามลำดับ และยังพบว่าจำนวนใบมีมากขึ้นเมื่อต้นมีขนาดใหญ่ขึ้น (ภาพ 31)

3.4 ความกว้างใบ

จากภาพ 32 เห็นว่าความกว้างใบของต้นขนาด 1.0-5.0 เซนติเมตร ต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมากกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง ส่วนต้นขนาด 5.1-7.0 และ 7.1-10.0 เซนติเมตร ต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งมีความกว้างใบมากกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว แต่ต้นขนาดมากกว่า 10.0 เซนติเมตร ต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีความกว้างใบมากกว่าต้นในอาหารแข็ง คือ 1.32±0.06 และ 0.92±0.06 เซนติเมตร ตามลำดับ และยังพบว่าต้นขนาดใหญ่ขึ้น ความกว้างใบก็มีความกว้างเพิ่มขึ้นตาม

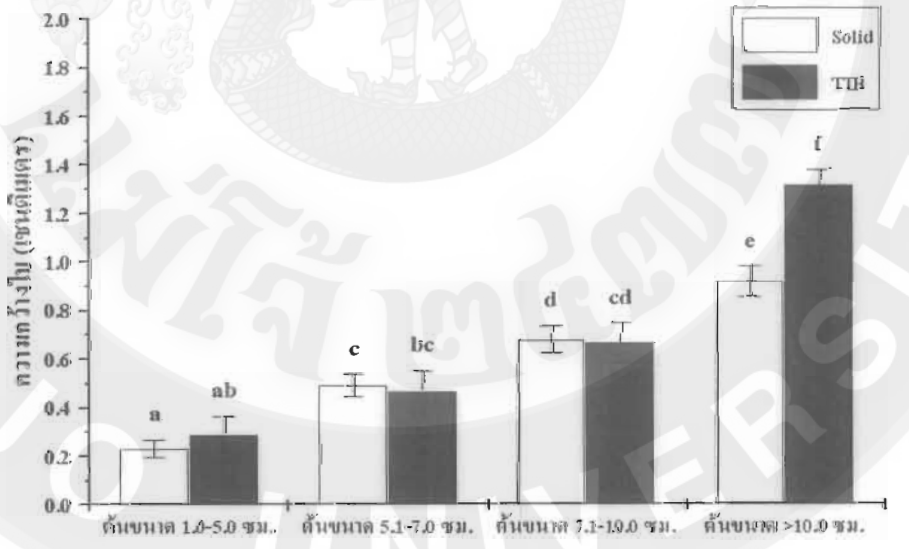
3.5 ความยาวใบ

ความยาวใบของต้นในต้นขนาด 1.0-5.0, 7.1-10.0 และ >10.0 เซนติเมตร มีทิศทางไปทางเดียวกันคือ ต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีความยาวใบมากกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง คือต้นขนาด 1.0-5.0 เซนติเมตร มีความยาวใบ 2.13±0.12 และ 1.77±0.21 เซนติเมตร ตามลำดับ ต้นขนาด 7.1-10.0 เซนติเมตร มีความยาวใบ 4.06±0.26 และ 3.79±0.17 เซนติเมตร ตามลำดับ และต้นขนาดมากกว่า 10.0 เซนติเมตร มีความยาวใบ 5.44±0.19 และ 4.84±0.21 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนต้นขนาด 5.1-7.0 เซนติเมตร ต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งมีความยาวใบมากกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว คือ 2.75±0.14 และ 2.61±0.26 เซนติเมตร ตามลำดับ (ภาพ 33)



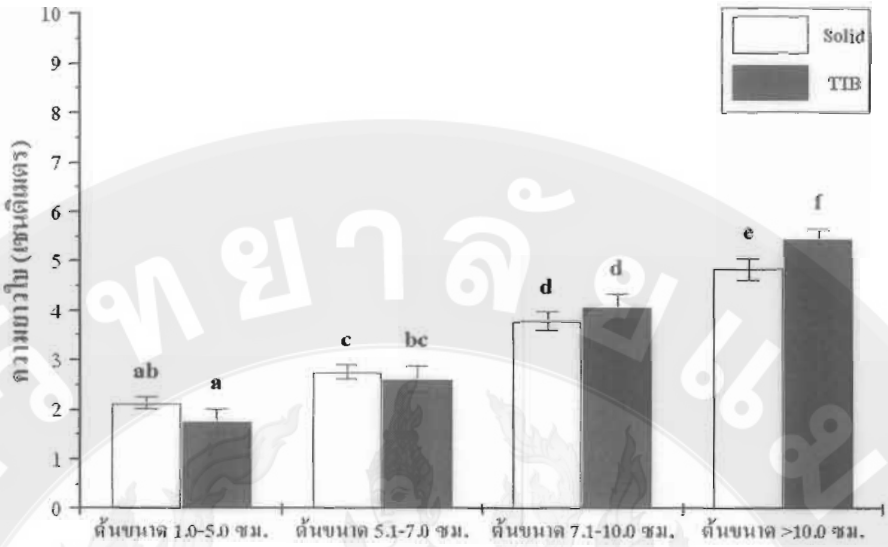
ภาพ 31 จำนวนใบต่อต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงต้นเล็กกลุ่ม เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ในอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ในอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด

* อักษร a, b,..., g ที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้ด้วยวิธี One-way ANOVA Multiple Range Test



ภาพ 32 ความกว้างใบของต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงต้นเล็กกลุ่ม เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ในอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ในอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด

* อักษร a, b,..., f ที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้ด้วยวิธี One-way ANOVA Multiple Range Test



ภาพ 33 ความยาวใบของต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงต้นเล็กกลุ่ม เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ในอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ในอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด

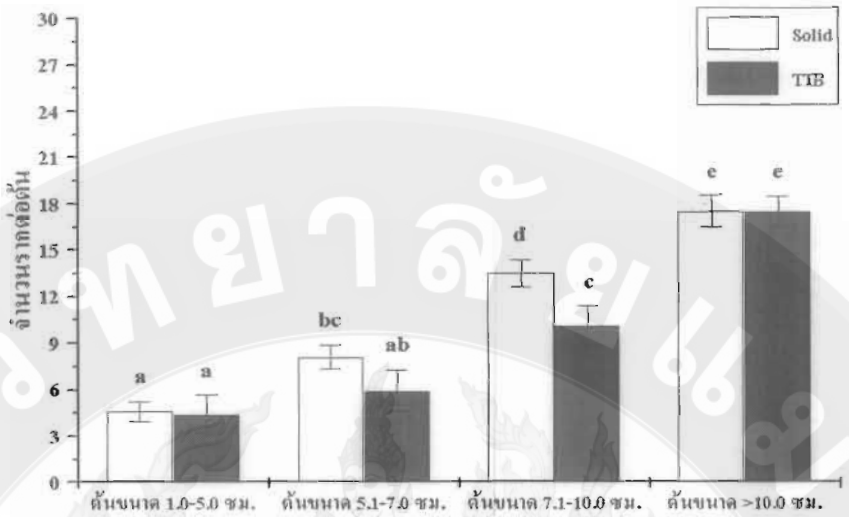
* อักษร a, b,..., f ที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้ด้วยวิธี One-way ANOVA Multiple Range Test

3.6 จำนวนรากต่อต้น

จากภาพ 34 เห็นได้ว่าต้นที่มีขนาด 1.0-5.0 เซนติเมตร ที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว มีจำนวนรากต่อต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 4.6±0.5 และ 4.4±0.9 ราก ตามลำดับ ต้นขนาด 5.0-7.0 เซนติเมตร ต้นในอาหารแข็งมีจำนวนรากมากกว่าต้นในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว เช่นเดียวกับต้นขนาด 7.1-10.0 เซนติเมตร ส่วนต้นขนาดมากกว่า 10.0 เซนติเมตร ต้นในอาหารแข็งและในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีจำนวนรากต่อต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 17.5±1.1 ราก

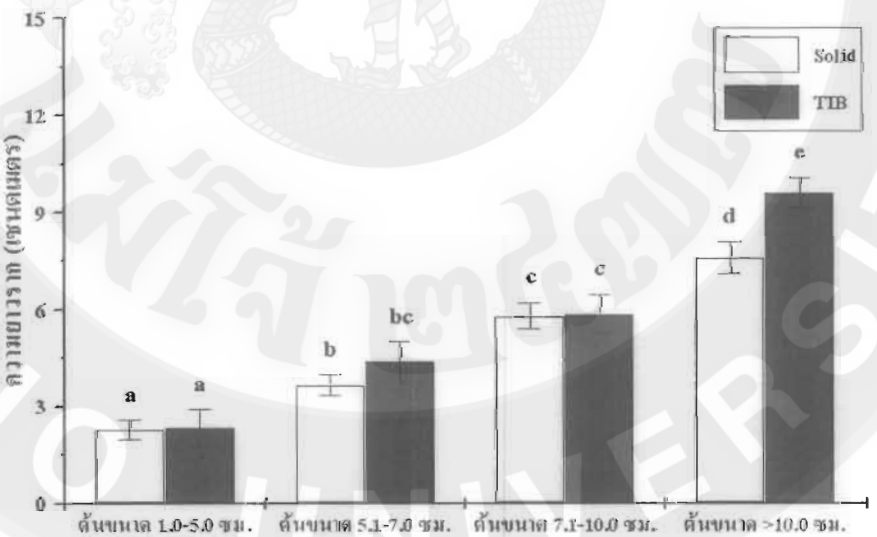
3.7 ความยาวราก

จากภาพ 35 เห็นได้ว่าความยาวรากของต้นที่เพาะเลี้ยงใน TIB มีความยาวมากกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง โดยต้นขนาด 1.0-5.0 และ 7.1-10.0 เซนติเมตร ต้นที่ได้จากอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว มีความยาวรากไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนต้นขนาด 5.1-7.0 เซนติเมตร และต้นขนาดมากกว่า 10.0 เซนติเมตร และยังพบว่าต้นมีขนาดโตขึ้น ความยาวรากมีความยาวมากขึ้นตามไปด้วย



ภาพ 34 จำนวนรากต่อต้นของต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงต้นเล็กกลุ่ม เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ในอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ในอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว

* อักษร a, b,..., e ที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้ด้วยวิธี One-way ANOVA Multiple Range Test



ภาพ 35 ความยาวรากของต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงต้นเล็กกลุ่ม เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ในอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ในอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว

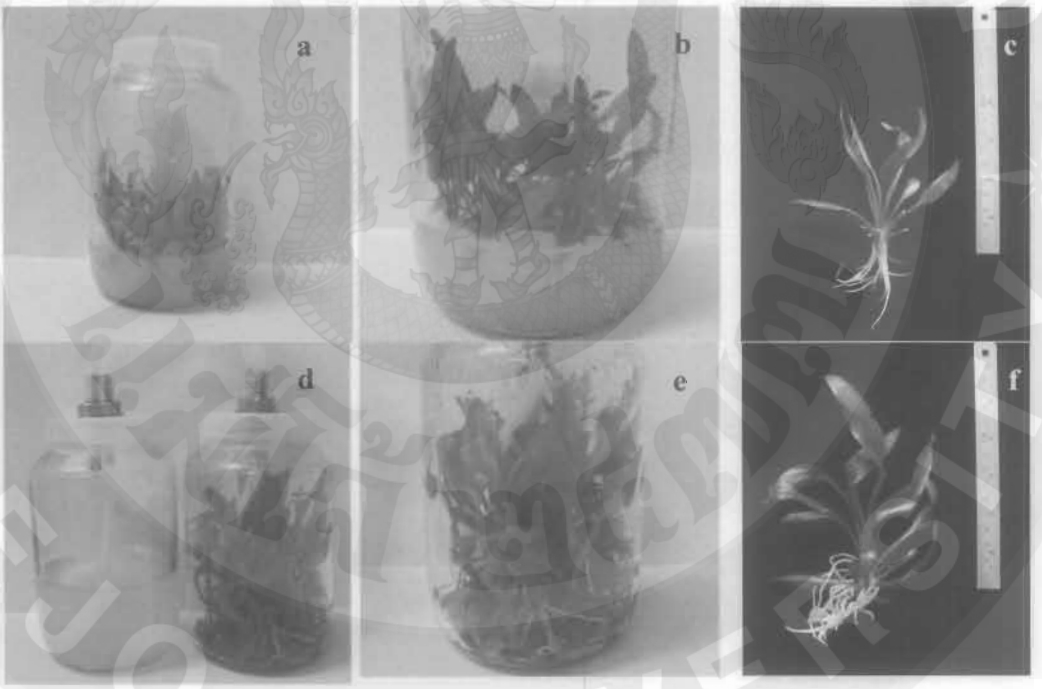
* อักษร a, b,..., e ที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้ด้วยวิธี One-way ANOVA Multiple Range Test

ผลการทดลองที่ 4 การศึกษาการออกรากของต้นอเมซอนและการออกปลูกต้น อเมซอนในสภาพธรรมชาติ

4.1 ผลการทดลองที่ 4.1 การเปรียบเทียบออกรากของต้นอเมซอนระหว่างการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารแข็งกับระบบ TIB 2 ครั้งต่อวัน

4.1.1 ลักษณะต้นที่ได้หลังจากการเพาะเลี้ยงเพื่อชักนำการเกิดราก

จากภาพ 36 จะเห็นได้ว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง (ภาพ 38a-38c) ต้นมีขนาดเล็กกว่า ใบมีสีเขียว แต่อ่อนกว่าต้นในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว และบางต้นปลายใบมีสีเหลืองหรือสีน้ำตาลและแห้ง ส่วนต้นในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว (ภาพ 38d-38f) ต้นมีสีเขียวเข้มสด แข็งแรง ต้นโต มีใบที่ใหญ่ และต้นมีรากที่ใหญ่ แข็งแรงกว่าต้นในอาหารแข็ง แต่การจัดเรียงของต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์ไม่ค่อยเป็นระเบียบ เนื่องจากต้นมีการหมุนเปลี่ยนตำแหน่งทุกครั้งที่ได้รับอาหาร



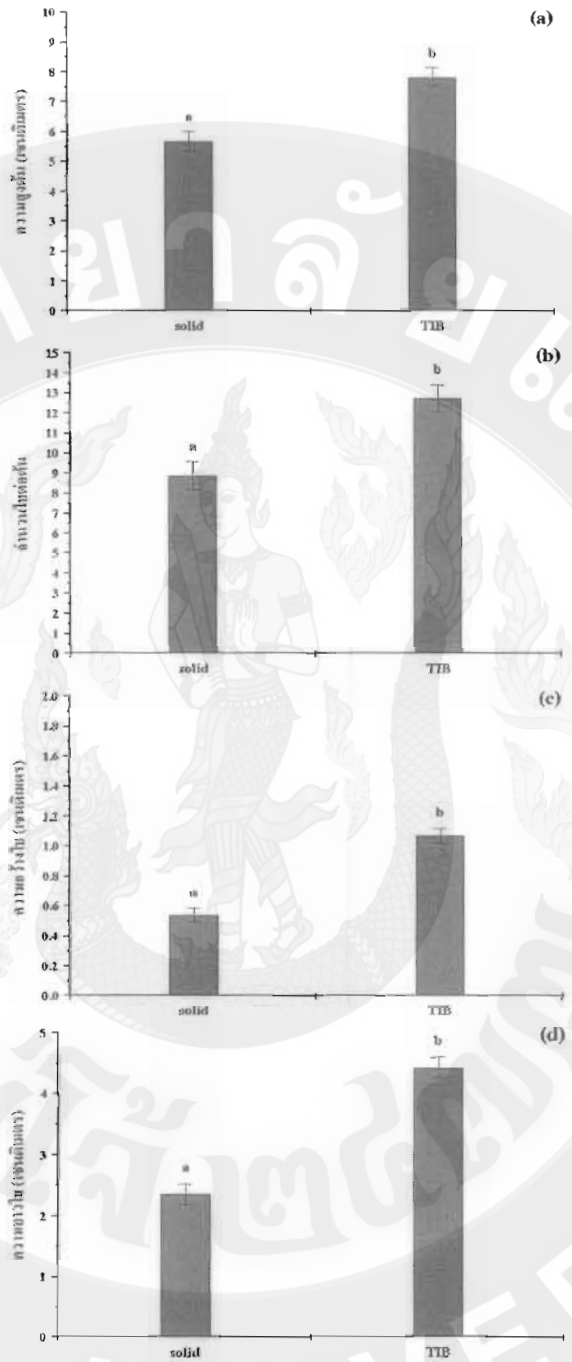
ภาพ 36 ลักษณะต้นอเมซอนที่ถูกชักนำทำให้เกิดรากในอาหารแข็ง (a-c) และระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด (d-f) เป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ ในอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต

4.1.2 คุณภาพของต้นอเมซอนที่ได้ในระยะการออกราก

เมื่อพิจารณาถึงคุณภาพของต้นอเมซอนที่ได้ในระยะการออกราก พบว่าต้นอเมซอนที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวสูงกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง (5.67±0.32 ซม.) โดยมีความสูงแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพ 37a) ส่วนจำนวนใบต่อต้น พบว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีจำนวนใบต่อต้นมากกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งเช่นกัน (ภาพ 37b) โดยต้นในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีจำนวนใบ 12.7±0.69 ใบต่อต้น ส่วนต้นในอาหารแข็งมีจำนวนใบ 8.9±0.69 ใบต่อต้น นอกจากนั้นยังพบว่าความกว้างใบและความยาวใบของต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีความกว้างใบและความยาวใบมากกว่าต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง (ภาพ 37c และ 37d)

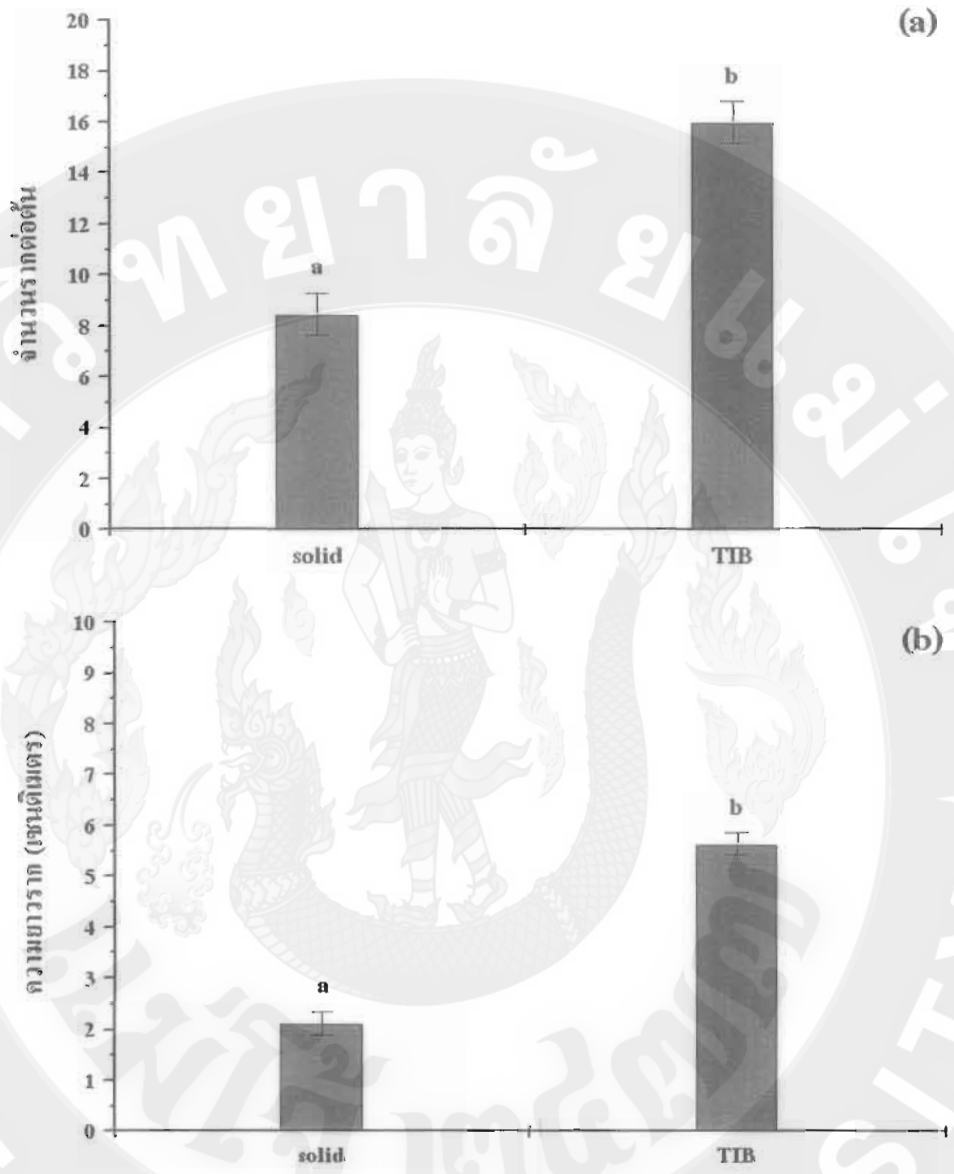
4.1.3 คุณภาพรากของอเมซอนที่เพาะเลี้ยงในระยะการชักนำการออกราก

คุณภาพรากที่นำมาพิจารณาในที่นี้ ได้แก่ จำนวนรากต่อต้น และความยาวของราก โดยจำนวนรากต่อต้น พบว่าต้นที่เพาะเลี้ยงไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีจำนวนราก 16.0±0.82 ราก ซึ่งมากกว่าต้นในอาหารแข็งเท่าตัวคือ มีจำนวนราก 8.5±0.82 ราก (ภาพ 38a) เช่นเดียวกับความยาวราก คือต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีความยาวรากมากกว่าต้นในอาหารแข็ง โดยต้นในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีความยาวราก 5.65±0.22 ซม. ส่วนต้นในอาหารแข็งมีความยาวราก 2.12±0.22 ซม. (ภาพ 38b)



ภาพ 37 ความสูงต้น (a) จำนวนใบต่อต้น (b) ความกว้างใบ (c) และความยาวใบ (d) ของต้นอเมซอน หลังจากเพาะเลี้ยงนาน 4 สัปดาห์ ในอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด ในอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต

* อักษร a, b ที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้ด้วยวิธี One-way ANOVA Multiple Range Test



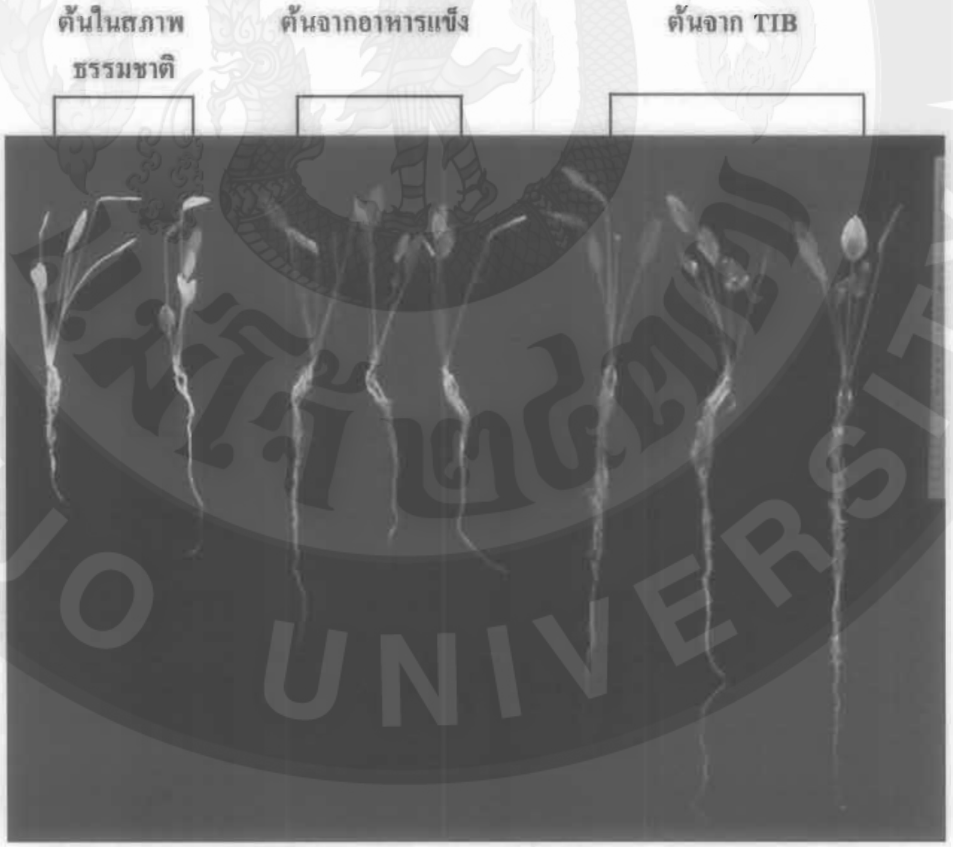
ภาพ 38 จำนวนรากต่อต้น (a) และความยาวราก (b) ของต้นอเมซอน หลังจากเพาะเลี้ยงนาน 4 สัปดาห์ ในอาหารแข็งและระบบ TIB ในอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต

* อักษร a, b ที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้ด้วยวิธี One-way ANOVA Multiple Range Test

4.2 ผลการทดลองที่ 4.2 การศึกษาลักษณะต้นที่ออกปลูกในสภาพธรรมชาติของต้น อเมซอนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งและระบบ TIB เปรียบเทียบกับต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติ (ต้นจากร้านจำหน่ายพรรณไม้น้ำ)

4.2.1 ลักษณะต้นที่ได้หลังจากออกปลูกในสภาพธรรมชาติ

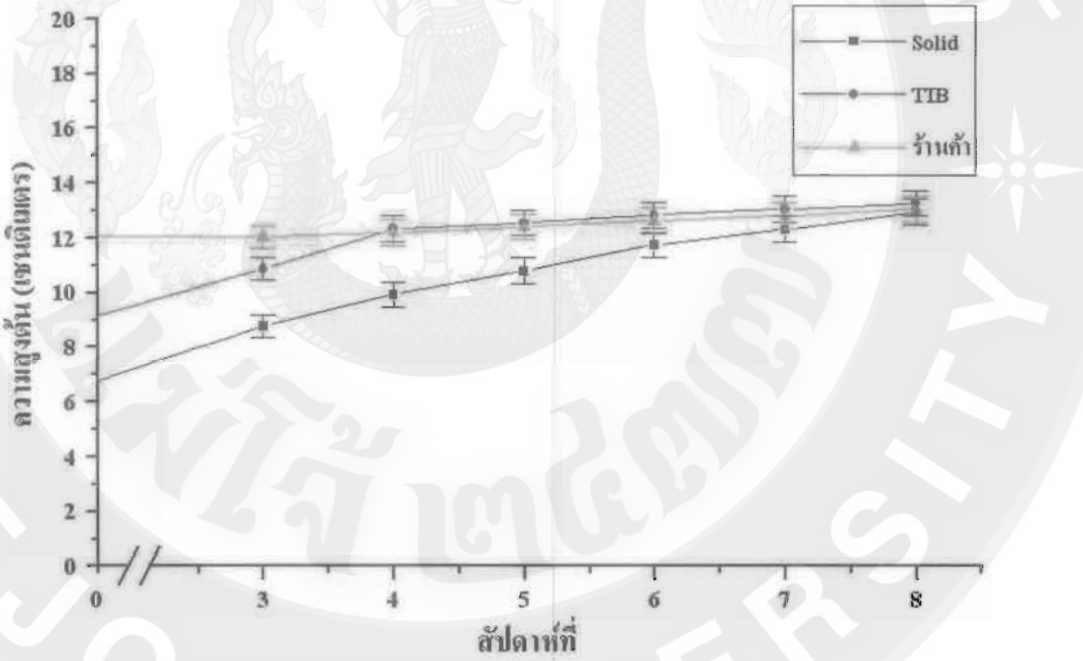
เมื่อนำต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารแข็งและระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวไปทำการเพาะปลูกในสภาพธรรมชาติเปรียบเทียบกับต้นที่เพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติ เป็นระยะเวลา 8สัปดาห์ พบว่าต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ต้นมีสภาพแข็งแรง ต้นโต มีใบแข็งแรง และรากแข็งแรงกว่าต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งและต้นที่เพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติ โดยต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวต้นมีสีเขียวเข้มกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งและต้นที่เพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติ แสดงว่าต้นที่เพาะเลี้ยงจากไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีการปรับตัวในออกปลูกในสภาพธรรมชาติได้ดีกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงจากอาหารแข็งและต้นที่เพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติ (ภาพ 39)



ภาพ 39 สภาพต้นอเมซอนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งและ TIB ที่ออกปลูกในอ่างเป็นระยะเวลานาน 8 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับต้นที่เพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติ

4.2.2 ความสูงต้น

ความสูงของต้นที่ทำการออกปลูกในสภาพธรรมชาติ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าเริ่มออกปลูกจนถึงสัปดาห์ที่ 4 นั้นต้นที่เพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติ มีความสูงต้นสูงกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงจากอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว และสัปดาห์ที่ 5 จนถึงสัปดาห์ที่ 8 ต้นที่เพาะเลี้ยงจากไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีความสูงมากกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงจากอาหารแข็งและต้นที่เพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติ โดยต้นที่เพาะเลี้ยงจากอาหารแข็งจะมีความสูงเพิ่มขึ้นมากในสัปดาห์แรกจนถึงสัปดาห์ที่ 6 ส่วนต้นที่เพาะเลี้ยงจากไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวจะมีความสูงเพิ่มขึ้นมากในสัปดาห์แรกจนถึงสัปดาห์ที่ 4 แต่ต้นที่เพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติ ต้นจะเพิ่มความสูงเพียงเล็กน้อย ซึ่งในสัปดาห์ที่ 8 ต้นที่เพาะเลี้ยงจากไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ต้นที่เพาะเลี้ยงจากอาหารแข็ง และต้นที่เพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติ มีความสูงต้นคือ 13.26±0.47, 13.04±0.47 และ 12.94±0.47 เซนติเมตร ตามลำดับ (ภาพ 40)



ภาพ 40 ความสูงต้นของต้นอเมซอนที่เพาะเลี้ยงจากอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ที่ทำการออกปลูกในสภาพธรรมชาติ เป็นระยะเวลานาน 8 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับต้นที่เพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติ

4.2.3 จำนวนใบต่อต้น

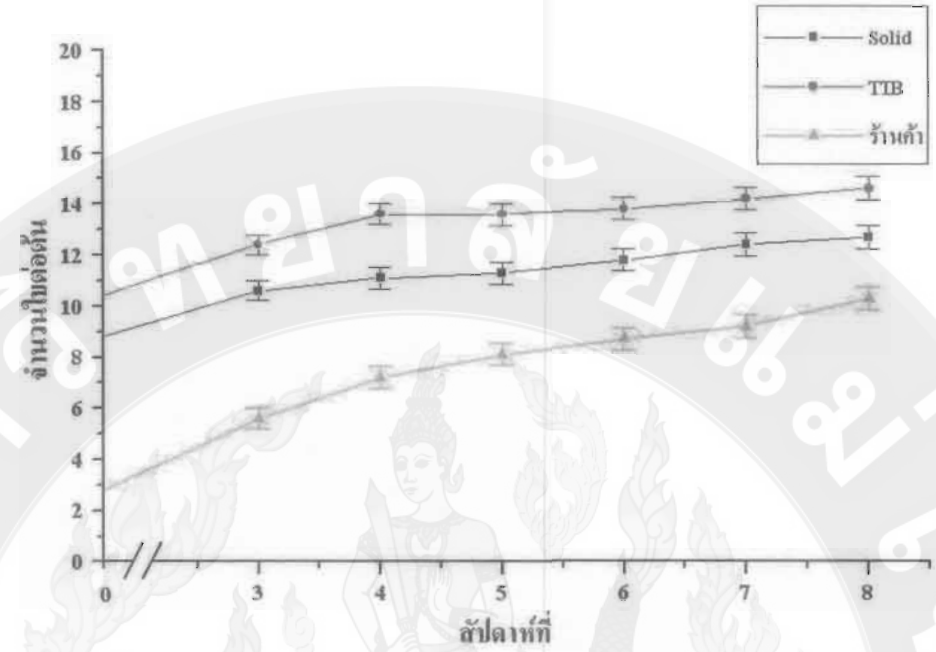
จากภาพ 41 เห็นว่าต้นที่นำไปทำการออกปลูกในสภาพธรรมชาติ มีการเพิ่มจำนวนใบทั้งต้นที่เพาะเลี้ยงจากอาหารแข็ง ต้นที่เพาะเลี้ยงจากไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวและต้นที่เพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติ โดยต้นที่เพาะเลี้ยงจากไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีจำนวนใบต่อต้นมากที่สุด ตั้งแต่เริ่มออกปลูกจนถึงสัปดาห์ที่ 8 รองลงมาคือต้นที่เพาะเลี้ยงจากอาหารแข็ง ส่วนต้นที่เพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติมีจำนวนใบต่อต้นน้อยที่สุด ซึ่งจำนวนใบของต้นที่เพาะเลี้ยงจากไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ต้นที่เพาะเลี้ยงจากอาหารแข็ง และต้นที่เพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติมีจำนวนใบคือ 14.6±0.5, 12.7±0.5 และ 10.3±0.5 ใบต่อต้น

4.2.4 ความกว้างใบ

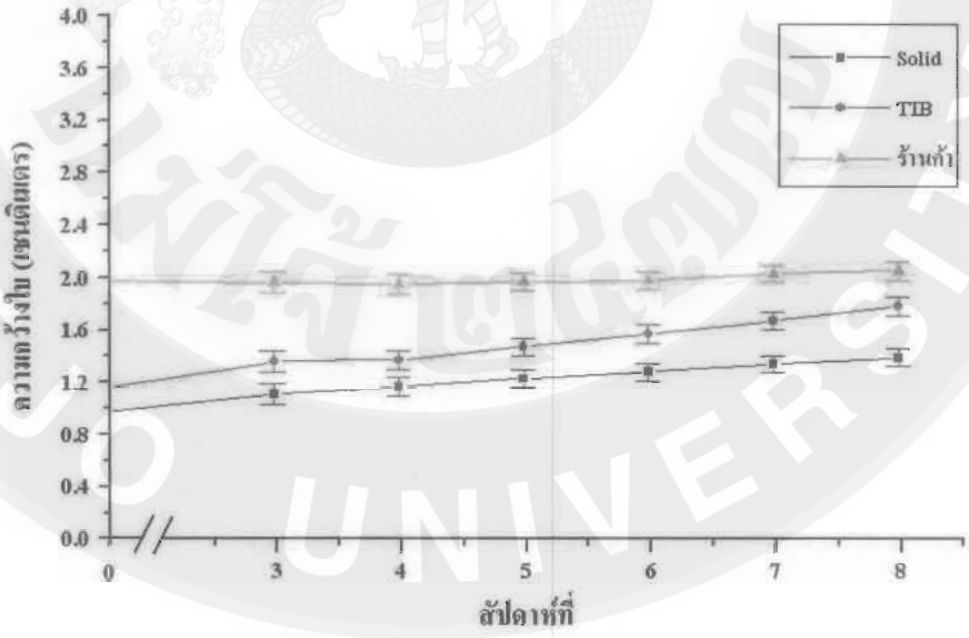
จากภาพ 42 เห็นได้ว่าต้นที่เพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติมีความกว้างใบมากกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงจากอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว แต่จะเห็นว่าความกว้างใบของต้นที่เพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติตั้งแต่เริ่มออกปลูกจนถึงสัปดาห์ที่ 8 นั้นความกว้างใบเพิ่มขึ้นน้อยมาก ส่วนต้นที่เพาะเลี้ยงจากอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ความกว้างใบมีความกว้างเพิ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจน โดยต้นที่เพาะเลี้ยงจากไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีความกว้างใบมากกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงจากอาหารแข็ง

4.2.5 ความยาวใบ

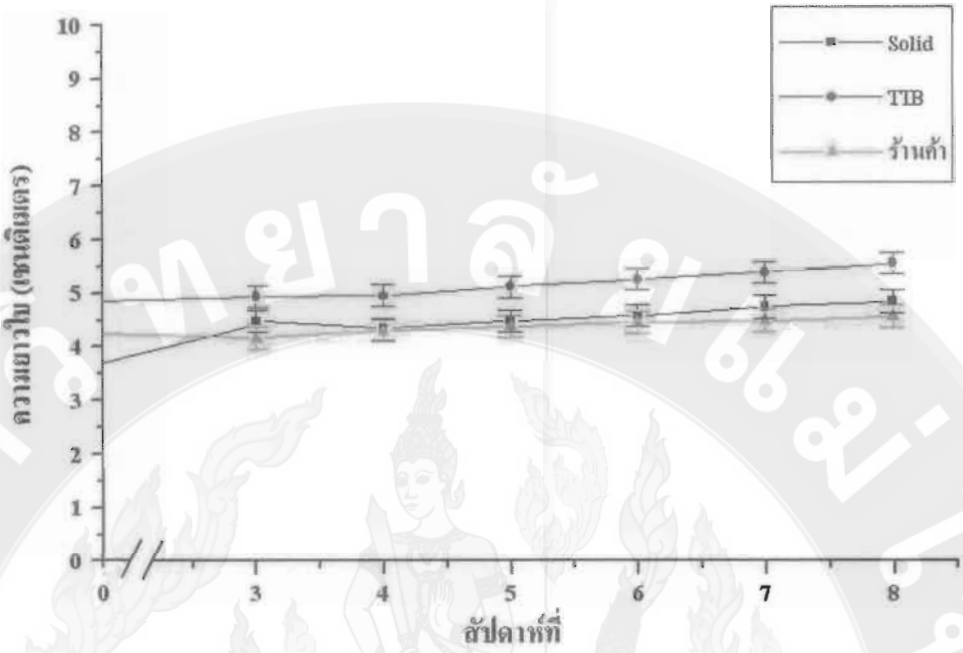
ความยาวใบของต้นที่ออกปลูกในสภาพธรรมชาติ พบว่าเมื่อเริ่มออกปลูกจนถึงสัปดาห์ที่ 8 ต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงจากไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีความยาวใบมากกว่าต้นที่เลี้ยงจากอาหารแข็งและต้นที่เพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติ โดยความยาวใบนี้จะมีการเพิ่มความยาวเพียงเล็กน้อย (ภาพ 43) โดยความยาวใบของต้นที่เพาะเลี้ยงจากไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีความยาวใบมากที่สุด ส่วนต้นที่เพาะเลี้ยงจากอาหารแข็งและต้นที่เพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติมีความยาวใบใกล้เคียงกัน ซึ่งมีความยาวใบ 5.54±0.19, 4.86±0.19 และ 4.60±0.19 เซนติเมตร ตามลำดับ



ภาพ 41 จำนวนใบต่อต้นของต้นอเมซอนที่เพาะเลี้ยงจากอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ที่ทำการออกปลูกในสภาพธรรมชาติ เป็นระยะเวลานาน 8 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับต้นที่เพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติ



ภาพ 42 ความกว้างใบของต้นอเมซอนที่เพาะเลี้ยงจากอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ที่ทำการออกปลูกในสภาพธรรมชาติ เป็นระยะเวลานาน 8 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับต้นที่เพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติ



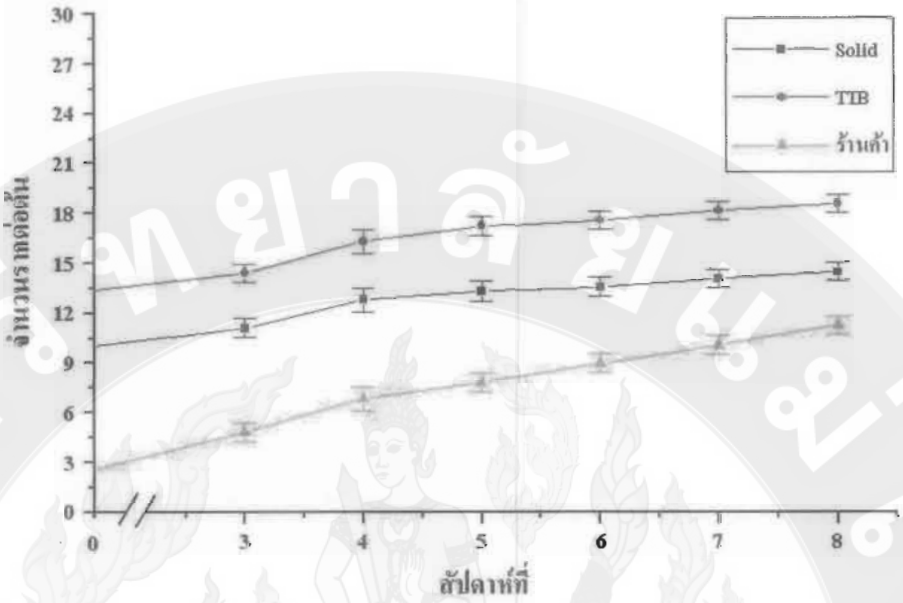
ภาพ 43 ความยาวใบของต้นอเมซอนที่เพาะเลี้ยงจากอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ที่ทำการออกปลูกในสภาพธรรมชาติ เป็นระยะเวลานาน 8 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับต้นที่เพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติ

4.2.6 จำนวนรากต่อต้น

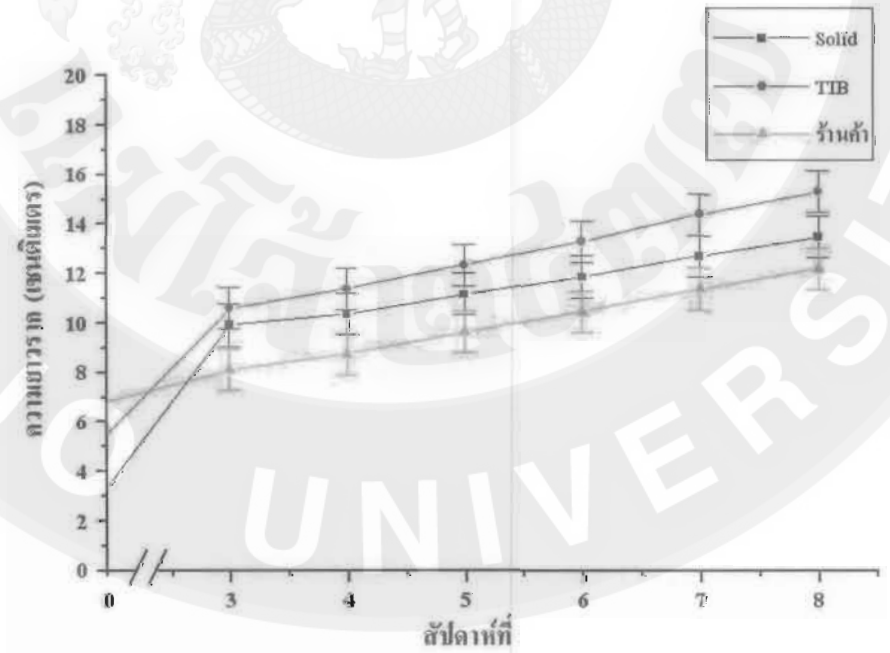
จำนวนรากต่อต้นของต้นที่เพาะเลี้ยงจากอาหารแข็ง ต้นที่เพาะเลี้ยงจากไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว และต้นที่เพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากในสัปดาห์เริ่มปลูกจนถึงสัปดาห์ที่ 5 หลังจากนั้นมีการเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย โดยต้นที่เพาะเลี้ยงจากไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีจำนวนรากมากที่สุด รองลงมาคือต้นที่เพาะเลี้ยงจากอาหารแข็ง ส่วนต้นที่เพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติมีจำนวนรากน้อยที่สุด (ภาพ 44)

4.2.7 ความยาวราก

จากภาพ 45 ความยาวรากของต้นที่ออกปลูกในสภาพธรรมชาติมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะต้นที่เพาะเลี้ยงจากอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว มีความยาวรากเพิ่มมากขึ้นในช่วงเริ่มออกปลูกจนถึงสัปดาห์ที่ 3 แต่ต้นที่เพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติ ความยาวรากของต้นเพิ่มขึ้นน้อยกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงจากอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว โดยต้นที่เพาะเลี้ยงจากไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีความยาวรากมากที่สุด และต้นที่เพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติต้นมีความยาวรากน้อยที่สุด



ภาพ 44 จำนวนรากต่อต้นของต้นอเมซอนที่เพาะเลี้ยงจากอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ที่ทำการออกปลูกในสภาพธรรมชาติ เป็นระยะเวลานาน 8 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับต้นที่เพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติ



ภาพ 45 ความยาวรากของต้นอเมซอนที่เพาะเลี้ยงจากอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ที่ทำการออกปลูกในสภาพธรรมชาติ เป็นระยะเวลานาน 8 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับต้นที่เพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติ

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการเพาะเลี้ยงต้นอเมซอนในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝดให้คุณภาพต้นดีกว่าการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง จำนวนต้นต่อกอเพิ่มขึ้นมากกว่า มีรากจำนวนมาก โดยเฉพาะเมื่อออกปลูกในสภาพธรรมชาติต้นจะแข็งแรงกว่า ทั้งนี้เนื่องจากพืชที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวได้รับอาหารจากทุกส่วนของต้นและในระหว่างที่มีการให้อาหาร ระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีการแลกเปลี่ยนก๊าซ โดยการให้อาหารแก่ต้นพืชนั้นจะใช้อากาศเพื่อดันอาหารให้ต้นพืช ซึ่งในขณะเดียวกันจะมีแก๊สอื่นๆ ออกมาด้วย ซึ่ง Ziv (2005) ได้รายงานว่าการที่ระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีการใช้อากาศเพื่อดันอาหารไปเลี้ยงพืช จึงทำให้มีการไล่เอาอากาศเดิมที่สะสมอยู่ในขวดออก ซึ่งอากาศที่ถูกขับไล่ออกมานั้นเป็นก๊าซที่อาจเกิดผลเสียต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น แก๊สเอทิลีน เป็นต้น ดังนั้นระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวจึงมีการควบคุมสภาวะในการเพาะเลี้ยงได้ดี และทำให้พืชที่เพาะเลี้ยงเจริญเติบโตได้ดี โดย Roels et al. (2006) พบว่าการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนพืชด้วยระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวนั้นมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และแก๊สเอทิลีน สะสมในขวดเพาะเลี้ยงน้อยกว่าอาหารแข็ง ทำให้ชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีอัตราการเพิ่มจำนวนต้นได้มากกว่า และต้นมีคุณภาพดีกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง

จากผลการศึกษาเรื่องการชักนำให้เกิดต้นอเมซอนในครั้งนี้พบการปนเปื้อนเชื้อจากชิ้นส่วนตั้งต้น จึงทำให้ไม่สามารถแยกชิ้นส่วนที่ไม่มีการปนเปื้อนเชื้อมาเพาะเลี้ยงต่อไปได้ ซึ่งการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้นเพื่อชักนำให้เกิดต้นใหม่ในอาหารแข็งก่อนนั้น สามารถคัดเลือกชิ้นส่วนที่ปนเปื้อนเชื้อออกจากชิ้นส่วนที่ไม่มีการปนเปื้อนเชื้อได้ ทั้งนี้เนื่องจากบางครั้งพบว่าการปนเปื้อนบนอาหารแข็งจะเกิดเป็นเฉพาะส่วน เช่น ตรงต้นไม้หรือรอบๆ โคนต้นเท่านั้น และมักจะเป็นการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรีย ทำให้เชื้อแบคทีเรียที่เกิดไม่สัมผัสกับชิ้นส่วนอื่น จึงทำให้สามารถแยกต้นที่ไม่มีการปนเปื้อนเชื้อมาทำการเพาะเลี้ยงในระยะต่อไปได้ หากทำการชักนำให้เกิดต้นในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝดนั้น เมื่อชิ้นส่วนเกิดการปนเปื้อนเชื้อ จะทำให้ชิ้นส่วนที่ปนเปื้อนเชื้อสัมผัสกับชิ้นส่วนอื่นได้ ทำให้ไม่สามารถแยกชิ้นส่วนที่ไม่มีการปนเปื้อนออกมาเพาะเลี้ยงต่อไปได้ และมักจะเป็นการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรีย โดยเฉพาะการเกิดการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียภายใน (endogenous bacteria) ซึ่งการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้นเพื่อชักนำให้เกิดใหม่ในอาหารแข็งเป็นวิธีการคัดเลือกชิ้นส่วนที่จะนำไปเพาะเลี้ยงต่อในระยะต่อไปได้ง่าย นอกจากนั้นการเตรียมชิ้นส่วนตั้งต้นสำหรับการชักนำให้เกิดต้นควรเลือกชิ้นส่วนที่สะอาดและดี เนื่องจากจะช่วยลดเรื่องของการปนเปื้อนเชื้อแล้ว ยังช่วยให้ต้นที่ชักนำได้นั้นมีจำนวนมาก (Ahloowalia et al.,

2004) ซึ่งสอดคล้องกับ Ahloowalia et al. (2004 อ้างโดย มัทยา, 2553) ที่พบว่าในการชักนำต้นเริ่มต้น ควรทำการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้นที่เอาจากสภาพแวดล้อมภายนอกหลอดการทดลองในอาหารแข็งก่อน เพื่อเป็นการคัดเลือกชิ้นส่วนที่ไม่ปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรีย เนื่องจากชิ้นส่วนตั้งต้นจากสภาพแวดล้อมภายนอก เมื่อนำมาทำการเพาะเลี้ยงในสภาพ *in vitro* จะเกิดการเกิดเชื้อได้ง่าย ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการผลิตได้

จากผลการเปรียบเทียบชนิดและความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่มีผลต่อการชักนำให้เกิดต้นอ่อนและเพิ่มจำนวนต้นอเมซอน พบว่า TDZ มีประสิทธิภาพต่อการเพิ่มปริมาณต้นอเมซอนดีมาก แต่ในระยะการชักนำให้เกิดต้นอ่อนมีการแตกต้นน้อยหรือไม่มีการแตกต้น เนื่องจากต้นไม้ยังไม่ได้ปรับตัวในการรับ TDZ เมื่อต้นไม้ได้รับ TDZ ในครั้งต่อไป จึงทำให้ต้นไม้ตอบสนองต่อ TDZ ทำให้ต้นไม้มีการแตกต้นใหม่เพิ่มมากขึ้น และเมื่อนำต้นอเมซอนเพาะเลี้ยงในอาหารที่มี TDZ ในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด ทำให้ตาข้างที่อยู่ในซอกใบมีการเจริญเติบโตขึ้นมากอย่างเห็นได้ชัดเจน ซึ่งต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งไม่สามารถมองเห็นต้นที่เกิดใหม่ที่อยู่ในซอกใบด้วยตาเปล่าได้ และมีการเพิ่มจำนวนต้นต่อกอได้มากกว่าในอาหารแข็งด้วย สอดคล้องกับ พัชรินทร์ (2553) ได้ทำการขยายพันธุ์ต้นอนูเบียส (*Anubias nana* Engler) พบว่าชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด ในอาหารที่มี TDZ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร เกิดจำนวนต้นต่อชิ้นส่วนสูงที่สุดคือ 8.29 ต้น และเช่นเดียวกับ Roels et al. (2006) พบว่าการเพาะเลี้ยงกล้วย (*Musa* AAB) ด้วยระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีอัตราการเพิ่มจำนวนต้นได้มากกว่า คือ 6.4 ต้น ซึ่งต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งมีการเพิ่มจำนวนต้น 4.3 ต้น

นอกจากนี้ไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวยังทำให้ได้จำนวนต้นต่อกาชนะมากกว่า และมีการทำงานที่ง่ายกว่าการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง คือไม่ต้องทำการปักชิ้นส่วนลงอาหารเพาะเลี้ยง และต้นที่เพาะเลี้ยงยังได้รับอาหารอย่างเต็มที่ จึงทำให้ต้นที่ทำการเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีการเจริญได้ดีกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง นอกจากนั้นยังช่วยลดพื้นที่ในการเพาะเลี้ยงได้อีกด้วย

แต่อย่างไรก็ตาม การเพาะเลี้ยงต้นอเมซอนในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด ในอาหารเหลวที่มี TDZ ต้นในระยะเพิ่มปริมาณนั้นไม่เกิดราก จึงต้องเพิ่มขั้นตอนการทำงานคือ การชักนำให้เกิดรากของต้นอเมซอน โดยเพาะเลี้ยงต้นอเมซอนในอาหารแข็งเปรียบเทียบกับไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าต้นอเมซอนที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด ได้ต้นที่มีขนาดสูง จำนวนใบ จำนวนรากและความยาวรากมากกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง และเมื่อนำไปทำการออกปลูกใน

สภาพธรรมชาติ ซึ่งมีการเปรียบเทียบระหว่างต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารแข็ง ไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว และต้นที่เพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติ พบว่าต้นที่เพาะเลี้ยงด้วยไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด มีการปรับตัวในการออกปลูกในสภาพธรรมชาติได้ดีกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงด้วยอาหารแข็งและต้นที่เพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติ ต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงด้วยไบโอรีแอคเตอร์ช่วยในการลดระยะเวลาออกรากและการออกปลูกในสภาพธรรมชาติ ซึ่งต้นมีการปรับตัวในการออกปลูกได้เร็วและต้นเจริญเติบโตได้ดี โดยเห็นได้จากภาพ 40 คือต้นที่นำมาออกปลูกที่ได้จากการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารแข็ง ระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว และต้นที่เพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติ มีขนาดไม่เท่ากัน ซึ่งต้นที่เพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติมีขนาดใหญ่กว่าต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงด้วยไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวและอาหารแข็ง ตามลำดับ แต่เมื่อออกปลูกเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงด้วยไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว สามารถเจริญเติบโตได้เร็วและสูงเท่ากับต้นที่เพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติ แสดงว่าต้นมีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าระบบอื่นๆ มาก ในขณะที่ต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารแข็ง ใช้ระยะเวลาถึง 8 สัปดาห์จึงจะได้ต้นที่มีความสูงเท่ากับต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงด้วยไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวและต้นที่เพาะเลี้ยงแบบธรรมชาติ เช่นเดียวกับ Stanly et.al. (2010) ได้เพาะเลี้ยง *Curcuma zedoaria* และ *Zingiber zerumbet* ด้วยอาหารแข็ง อาหารเหลวแบบใช้เครื่องเขย่า และระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว พบว่าเมื่อนำต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงทั้ง 3 แบบ ไปทำการออกปลูกในสภาพธรรมชาติ ต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวสามารถปรับตัวและเจริญเติบโตได้ดีกว่าต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารแข็งและอาหารเหลวแบบใช้เครื่องเขย่า

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

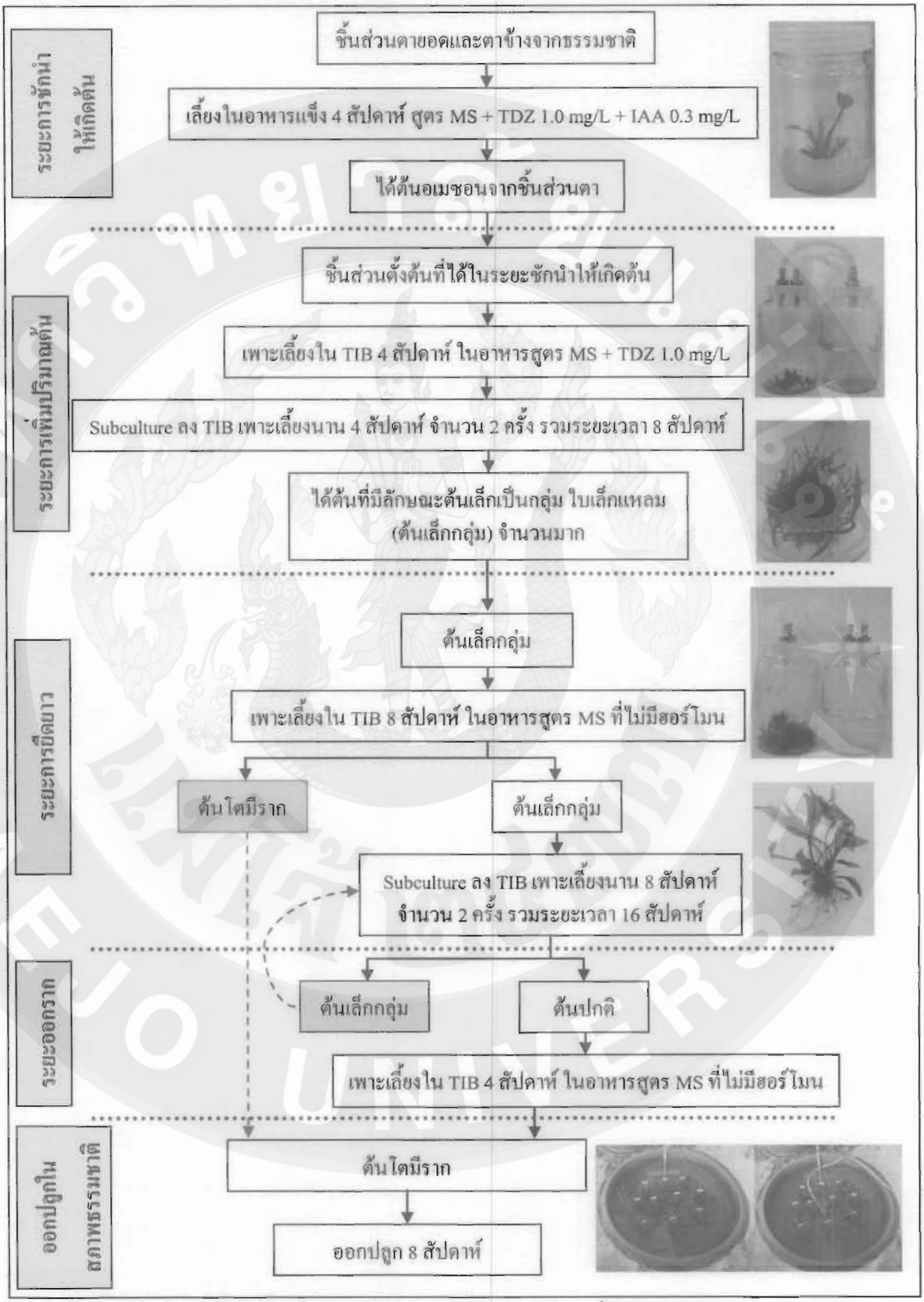
ในการเพาะเลี้ยงต้นอเมซอน (*Echinodorus argentinensis*) โดยใช้เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชนั้น มีการนำระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว (Temporary Immersion Bioreactor: TIB) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีใหม่มาปรับใช้ในการผลิตต้นอเมซอนในแต่ละระยะการเพาะเลี้ยง เพื่อให้ได้ต้นอเมซอนที่มีคุณภาพที่ดี และช่วยลดระยะเวลาในการเพาะเลี้ยง นอกจากนั้นยังช่วยลดต้นทุนด้านแรงงาน การเพาะเลี้ยงต้นอเมซอนในแต่ละระยะนั้นได้ใช้อาหารเพาะเลี้ยงสูตร MS ดัดแปลง (1962) โดยมีน้ำตาลซูโครส 30 กรัมต่อลิตร เพื่อใช้ในการขยายพันธุ์ต้นอเมซอน ได้ดังนี้

1. ระยะชักนำให้เกิดต้น โดยการนำชิ้นส่วนตามาเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งที่มี TDZ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร และวุ้น 7.5 กรัมต่อลิตร เพื่อชักนำการเกิดต้นจากตาเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ จากนั้นนำต้นที่ได้มาเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งสูตรเดิมอีกครั้งเป็นระยะเวลาอีก 4 สัปดาห์

2. ระยะเพิ่มปริมาณ นำต้นที่ได้จากระยะชักนำให้เกิดต้นมาเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด ในอาหารเหลวที่มี TDZ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อเพิ่มจำนวนต้นอเมซอน เป็นระยะเวลาทุก 4 สัปดาห์ ในแต่ละรอบของการตัดถ่าย หากเพาะเลี้ยงนานกว่า 3 รอบ ต้นมีการเพิ่มจำนวนมาก และต้นมีลักษณะเป็นต้นแหลม (ต้นเล็กกลุ่ม)

3. ระยะยืดยาว นำต้นกลุ่มที่ได้ในระยะเพิ่มปริมาณมาเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด ในอาหารเหลวที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต โดยแบ่งเป็นกอกอละ 10 ต้น เพื่อทำให้ต้นกลุ่มของต้นอเมซอนเกิดการยืดยาวและพัฒนาใบออกมา เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

4. ระยะออกรากและออกปลูกในสภาพธรรมชาติ โดยการนำต้นอเมซอนที่ได้ในระยะยืดยาวที่มีขนาด 5-7 เซนติเมตร มาเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด ในอาหารที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ เพื่อให้ได้ต้นที่มีคุณภาพและมีราก จากนั้นนำต้นอเมซอนที่เกิดราก ไปทำการออกปลูกในสภาพธรรมชาติต่อไป



ภาพ 46 รูปแบบการผลิตต้นอเมซอนด้วยระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด

บรรณานุกรม

กาญจนรี พงษ์ฉวี. 2546. **การปลูกพรรณไม้น้ำในแปลงเพาะพันธุ์.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.fisheries.go.th/Dof_thai/knownledge/aquarium/waterPlant/left.htm (24 พฤศจิกายน 2553).

กรมประมง. 2549. **กรมประมงสร้าง "พรรณไม้น้ำจิ๋ว" ทางเลือกใหม่ของผู้รักธรรมชาติ.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.fisheries.go.th/prnews/Anubias1.html (24 พฤศจิกายน 2553).

จรัลธาดา กรรณสูต. 2549. **กรมประมงจัดฝึกอบรมผลิตพรรณไม้น้ำเพื่อการส่งออก.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.ryt9.com/s/ryt9/59304 (15 ตุลาคม 2553).

ณฐกร ประดิษฐ์สรรพ์. 2546. **การเพาะขยายพันธุ์พรรณไม้น้ำสวยงามทั่วไป.** เอกสารประกอบการฝึกอบรมการใช้เทคโนโลยีชีวภาพในการผลิตพรรณไม้น้ำเพื่อการส่งออก. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยสัตว์น้ำสวยงามและพรรณไม้น้ำ กรมประมง. 217 น.

ณราวุฒิ ปิยโชติสกุลชัย. 2539. **ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่มีต่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อบัวหลวง (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) ในสภาพหลอดทดลอง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 82 น.

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์, มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ และ อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2546. **การขยายพันธุ์พรรณไม้น้ำอเมซอนใบแดง *Echinodorus barthii* เพื่อการส่งออก โดยเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ.** การสัมมนาวิชาการประมงประจำปี 2546 วันที่ 7-9 กรกฎาคม. กรุงเทพฯ: กรมประมง. 457 น.

นพมณี โทปุญญานนท์. 2545. **การขยายพันธุ์พืชโดยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ.** เชียงใหม่: ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 163 น.

นพมณี โทปุญญานนท์, ปวีณา นวมเจริญ, วิภาดา ทองทักษิณ, สุปัน ไม้ดัดจันทร์, รังสิมา อัมพวัน, ทิพย์สุดา ปุกมณี และ พรศักดิ์ บุญมณี. 2547. **การพัฒนาระบบการผลิตต้นปทุมมาต้นทุนต่ำ ด้วยการใช้ไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว.** รายงานการวิจัยของสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติประจำปีงบประมาณ 2547. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 88 น.

นพมณี โทปุญญานนท์ และ พรศักดิ์ บุญมณี. 2548. ไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว : ระบบการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชแบบใหม่ในปัจจุบัน. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร** 36 5-6 (พิเศษ): 713-716.

นุชนาฎ แสงกล้า. 2552. **ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของโรงเรียนด้วยพืช 3 ชนิดในระบบบึงประดิษฐ์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี. 123 น.

พัชรินทร์ สายพัฒนะ. 2553. **การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออนูเบียส (*Anubias nana* Engler) ในระบบ ไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 92 น.

พวงผกา คมสัน. 2546. ขั้นตอนการส่งออกพรรณไม้น้ำและการขอใบรับรองปลอดโรคศัตรูพืช. น. 120-134. ใน **เอกสารประกอบการฝึกอบรมการใช้เทคโนโลยีชีวภาพในการผลิตพรรณไม้น้ำเพื่อการส่งออก.** กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยสัตว์น้ำสวยงามและพรรณไม้น้ำ กรมประมง.

มัทยา อุ่นใจ. 2553. **การจัดการระบบการผลิตต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดในระดับอุตสาหกรรมโดยระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 86 น.

รสา หงส์รัตน์. 2548. **การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อต้นใบพาย (*Cryptocoryne cordata* Griff').** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 71 น.

วรารัตน์ ศรีประพัฒน์. 2553. **การบำบัดน้ำเสียที่ปนเปื้อนไดเอทิลีนไกลคอลโดยใช้ต้นอเมซอน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 69 น.

วิทยา หวังเจริญพร, กำชัย ลาวัยกุล, กาญจนรี พงษ์ฉวี และ ชัชวาลย์ จตุพร. 2540. **การจัดตู้และเพาะเลี้ยงพรรณไม้น้ำ.** กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยและพัฒนาปลาสวยงามและพรรณไม้น้ำ กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 49 น.

วันเพ็ญ มีนกาญจน์. 2547ก. การขยายพันธุ์บอนแดง (*Cryptocoryne blassii* De wit) โดยวิธีเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ. **วารสารการประมง** 57(2): 148-160.

วันเพ็ญ มีนกาญจน์. 2547ข. **การผลิตพรรณไม้น้ำเพื่อการส่งออก.** กรุงเทพฯ: กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 57 น.

วันเพ็ญ มีนกาญจน์ และ กาญจนรี พงษ์ฉวี. 2543. **พรรณไม้น้ำสวยงาม.** กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยสัตว์น้ำสวยงามและสถานแสดงพันธุ์สัตว์น้ำ ฝ่ายเผยแพร่ กองส่งเสริมการประมง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 123 น.

สุชาดา ศรีเพ็ญ. 2530. **พรรณไม้น้ำ.** กรุงเทพฯ: ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 233 น.

สุรียา ตันติวิวัฒน์, มาลี ณ นคร และ นันทนิษฎ์ นุ่มนวล. 2547. **การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขาไก่ด่าง (*Hygrophila polysperma* T. And.).** การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 484 น.

อารดา มณีรัตน์. 2548. **ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่มีต่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออนูเบียสใบกว้าง *Anubias barteri* var. barteri Engler.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 66 น.

อุไร เรืองณรงค์. 2542. **การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อและการชักนำให้เกิดการกลายในต้นอเมซอนโดยใช้รังสีแกมมา.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 92 น.

Ahloowalia, B. S., J. Prakash and C. Savangikar. 2004. Plant tissue culture. pp.3-10. In **Low cost options for tissue culture technology in developing countries**. Proceedings of a technical meeting organized by the joint *FAO/IAEA* division of nuclear techniques in food and agriculture and held in Vienna 26-30 August 2002. Vienna: International Atomic Energy Agency.

Alister B. M., J. Finnie and F. Blankeway. 2001. Use of temporary immersion system (RITA® for the production of commercial *Eucalyptus* clones at Mondi Forests (SA). Cited by González, E.J. 2005. Mass propagation of tropical crops in temporary immersion systems. pp.197-211. In **Liquid Culture System for *in vitro* Plant Propagation.** Dordrecht: Springer.

Allgayer, R. and J. Teton. 1987. **Aquarium Plants.** London: Worlds Lock Ltd. 157 p.

Alvard, D., F. Cote and C. Teisson. 1993. Comparison of methods of liquid medium culture for banana micropropagation: Effect of temporary immersion of explants. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture** 32:55-60.

Bernal, A., P. Machado and A. D. Arencibia. 2008. Priming and biopriming integrated into the sugarcane micropropagation technology by temporary immersion bioreactors (TIBS). **Sugar Tech** 10(1): 42-47.

Davies, P.J. 2004. **Plant Hormones, Biosynthesis, Signal Transduction, Action.** Netherlands: Kluwer Academic Publishers. 750 p.

Escalona, M., J.C. Lorenzo, B. Gonzalez, M. Daquinta, J.L. Gonzalez, Y. Desjardins and C.G. Borroto. 1999. Pineapple (*Ananas comosus* L. Merr) Micropropagation in Temporary Immersion Systems. **Plant Cell Rep.** 18: 743-748.

Hempfling, T. and W. Preil. 2005. Application of a temporary immersion system in mass propagation of *Phalaenopsis*. pp.231-242. In **Liquid Culture System for *in vitro* Plant Propagation**. Dordrecht: Springer.

Huang, L. H., Y.H. Chang and Y. L. Chang. 1994. Rapid *in vitro* multiplication of the aquatic angiosperm, *Anubias barteri* var. *undulata*. **Aquatic Botany** 47(1): 77-83.

Jenks, M., M.E. Kane and D. B. McConnell. 2000. Shoot organogenesis from petiole explants in the aquatic plant *Nymphoides indica*. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture** 63(1): 1-8.

Kane, M., G.L. Davis, D.B. McConnell and J.A. Gargiulo. 1999. *In vitro* propagation of *Cryptocoryne wendtii*. **Aquat. Bot.** 63: 197-202.

Karppinen, T. K., E. Virtanen and A.M. Pirttila. 2010. Novel bioreactor technology for mass propagation of potato microtubers. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture** 101: 245-249.

Lakshmanan, P. 1994. *In vitro* establishment and multiplication of *Nymphaea hybrid* "James Brydon". **Plant Cell, Tissue and Organ Culture** 36: 145-148.

Murthy, B., S. Murch and P. Saxena. 1998. Review Thidiazuron: A Potent Regulator of *in vitro* plant morphogenesis. **In Vitro Cell. Dev. Biol.-Plant.** 34: 267-275.

Pereira, F.D., J.E.B. Pereira Pinto, M.D.G. Cardoso and O.A. Lameira. 2000. Propagation *in vitro* of "CHAPÉU-DE-COURO" (*Echinodorus cf. scaber* RATAJ), a medicinal plant. **Ciênc. agrotec., Lavras.** 24: 74-80.

Rataj, K. and T.J. Horeman. 1977. **Aquarium plant: Their identification, cultivation and ecology.** West Sylvania: T.F.H. Publ. Inc. 448 p.

Roels, S., C. Noceda, M. Escalona, J. Sandoval, M.J. Canal, R. Rodriguez and P. Debergh. 2006. The effect of headspace renewal in a Temporary Immersion Bioreactor on plantain (*Musa* AAB) shoot proliferation and quality. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture** 84: 155-163.

Stanly, C., A. Bhatt, C.L. Keng. 2010. A comparative study of *Curcuma zedoaia* and *Zingiber zerumbet* plantlet production using different micropropagation systems. **African Journal of Biotechnology** 9(28): 4326-4333.

Stanly, C., A. Bhatt and C.L. Keng. 2011. An efficient in vitro plantlet regeneration of *Cryptocoryne wendrii* and *Cryptocoryne beckettii* through shoot tip culture. **Acta Physiol Plant.** 33: 619-624.

Tiwari, V., K.N. Tiwari and B.D. Singh. 2001. Comparative studies of cytokinins on *in vitro* propagation of *Bacopa Monniera*. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture** 66: 9-16.

Topoonyanont, N., M. Unjai, S. Jaikanta and T. Taychasinpitak. 2009. New shipping system for *Curcuma* hybrid plantlets cultured from twin-flasks temporary immersion bioreactor. **Acta Hortic.** 829: 407-411.

Topoonyanont, N., S. Chongsang, S. Chujum, S. Somsueb and P. Nuamjaroen. 2005. Micropropagation Scheme of *Curcuma alismatifolia* Gagnep. **Acta Hortic.** 673: 705-712.

Topoonyanont, N., S. Jaikanta and P. Boonmanee. 20011. *Curcuma alismatifolia* Gagnep. Micropropagation in Twin-Flasks Temporary Immersion Bioreactor. **Acta Hortic.** 886: 267-272.

Young, P.S., H.N. Murthy and P.K. Yoeup. 2004. Mass Multiplication of protocorm-like bodies using bioreactor system and subsequent plant regeneration in *Phalaenopsis*. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture** 63: 67-72.

Ziv, M. 2005. Simple Bioreactors for Mass Propagation Plant. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture** 81: 277-285.

Zobayed, S.M. A. and P.K. Saxena. 2003. In vitro-grown roots: a superior explant for prolific shoot regeneration of St. John's wort (*Hypericum perforatum* L. cv 'New Stem') in a temporary immersion bioreactor. **Plant Science** 165: 463-470 p.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาวแววดาว หมื่นสำราญ
เกิดเมื่อ	24 พฤษภาคม 2528
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2541 ประถมศึกษา โรงเรียนบ้านแจ่งกู่เรือง อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่
	พ.ศ. 2544 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนพร้าววิทยาคม จังหวัดเชียงใหม่
	พ.ศ. 2547 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนวชิรวิทย์ จังหวัดเชียงใหม่
	พ.ศ. 2551 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ) มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่