

สำนักงานบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ระดับการประเมินคุณภาพ

☒ ดีเยี่ยม

☐ ดีมาก

☐ ดี

☐ ปานกลาง





การจัดการระบบการผลิตต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดในระดับอุตสาหกรรม
โดยระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว

มัทยา อุ่นใจ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ

ชื่อเรื่อง

การจัดการระบบการผลิตต้นปทุมมาถูกผสมข้ามชนิดในระดับอุตสาหกรรม
โดยระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว

โดย

มัทยา อุ่นใจ

พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.นพณีย์ โทบุญยานนท์)

วันที่ 9 เดือน ๕.๑ พ.ศ. ๖๕๖3

กรรมการที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ชาญญะ เตชะสีลพิทักษ์)

วันที่ 9 เดือน ๕.๑ พ.ศ. 2553

กรรมการที่ปรึกษา

(อาจารย์ ดร.นลิน วงศ์ชาติยะ)

วันที่ 9 เดือน ๕.๑ พ.ศ. 2553

ประธานกรรมการประจำหลักสูตร

(อาจารย์ ดร.มยุรา ศรีกัลยานุกุล)

วันที่ 13 เดือน ๕.๑ พ.ศ. 2553

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จำเนียร ยศราช)

ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา

วันที่ 14 เดือน ๕.๑ พ.ศ. 2553

ชื่อเรื่อง	การจัดการระบบการผลิตต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดในระดับ อุตสาหกรรมโดยระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว
ชื่อผู้เขียน	นางสาวมัทยา อุ่นใจ
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
ประธานกรรมการที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.นพณีย์ โทบุญยานนท์

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เกี่ยวกับการจัดการระบบการผลิตต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดในระดับอุตสาหกรรมโดยระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ซึ่งแบ่งการทดลองเป็น 3 ระยะ คือ ระยะชักนำ การเกิดต้น ระยะเพิ่มปริมาณ และระยะออกราก ทั้งนี้ได้วิเคราะห์ต้นทุนแรงงานที่เกิดขึ้นในแต่ละระยะ ซึ่งระยะชักนำการเกิดต้นจากช่อดอกปทุมมาได้ศึกษาปัจจัยต่างๆ ได้แก่ การเปรียบเทียบลักษณะช่อดอกตั้งต้นที่มีผลต่อการชักนำให้เกิดขึ้น และอายุของชิ้นส่วนตั้งต้นที่ผ่นกลับต่างกัน 2 ระยะคือ 6 และ 10 สัปดาห์ที่มีผลต่อการเกิดจำนวนต้นใหม่ในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว และอาหารแข็ง พบว่า ชิ้นส่วนตั้งต้นจากช่อดอกบานเล็กน้อยผ่นกลับเป็นต้นได้ดีกว่า และใช้เวลาเตรียมชิ้นส่วนตั้งต้นน้อยกว่าช่อดอกที่บานเต็มที่ จากนั้นนำชิ้นส่วนที่ชักนำแล้วอายุ 10 สัปดาห์มาเลี้ยงต่อในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวเปรียบเทียบกับอาหารแข็งอีก 6 สัปดาห์ พบว่าชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีจำนวนต้นเกิดใหม่มากที่สุด ต่อมาได้ศึกษาขนาดของชิ้นส่วนตั้งต้น 3 ขนาด ได้แก่ ต้นเดี่ยวเล็ก ต้นเดี่ยวใหญ่ และต้นกลุ่มที่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณต้นปทุมมา พบว่าเมื่อเพาะเลี้ยงต้นกลุ่มในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวนาน 6 สัปดาห์ ชิ้นส่วนมีการแตกต้นใหม่ได้มากที่สุดถึง 19.7 ต้นต่อชิ้นส่วน อีกทั้งใช้เวลาเตรียมต้นและใช้ภาชนะเพาะเลี้ยงน้อยที่สุด ส่วนในระยะออกรากได้ศึกษาวิธีการชักนำการเกิดรากของต้นปทุมมาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ 3 วิธีการ ได้แก่ การเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว อาหารแข็ง และกล่องพลาสติกที่มีอาหารเหลว 10 มิลลิลิตรนาน 3 สัปดาห์ พบว่าต้นปทุมมาที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวได้ต้นที่มีคุณภาพดีและใช้เวลาในการเตรียมต้นน้อยที่สุด แต่ต้องมีการเตรียมต้นก่อนส่งอีกครั้ง ขณะที่การเพาะเลี้ยงต้นในกล่องพลาสติกที่มีอาหารเหลว 10 มิลลิลิตร ทำให้ได้ต้นออกรากในกล่องได้และสามารถนำต้นในกล่องส่งให้ลูกค้าได้เลย ทั้งนี้ผู้ดำเนินการควรเลือกวิธีการที่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของงานที่ทำเพื่อให้ได้ต้นที่มีคุณภาพดี ใช้เวลาเตรียมน้อยที่สุด และสามารถส่งต้นให้ลูกค้าได้ตามกำหนด นอกจากนี้ในการทำงานในแต่ละระยะต้องมีการเตรียมอาหารและอุปกรณ์ก่อน ซึ่งผู้ดำเนินงานควรมีวางแผนการทำงานในแต่ละขั้นตอนก่อนเพื่อให้ลดต้นทุนด้านแรงงานลง

Title	Management of Micropropagation System of Interspecific Hybrid Curcuma Plants in Industrial Level by Temporary Immersion Bioreactor System
Author	Miss Muttaya Unjai
Degree of	Master of Science in Biotechnology
Advisory Committee Chairperson	Associate Professor Dr. Nopmanee Topoonyanont

ABSTRACT

This research on the management of micropropagation system of interspecific hybrid Curcuma plants in industrial level by temporary immersion bioreactor system, was divided into 3 experimental stages, namely: initiation stage, multiplication stage, and rooting stage, and was conducted to analyze labor cost in each stage. In the initiation stage when new plants were produced from Curcuma inflorescences, several factors were studied which also included the comparison of developmental stages of inflorescences at 2 different stages – just-open bract and fully open bract, and from 2 parts of the inflorescences – top and bottom. After 6 and 10 weeks, explants derived from inflorescence with just-open bract showed better reversion to shoots and had lesser time spent in the preparation of explants than those derived from fully-open bract stage. The newly initiated explants at 10 weeks were then cultured in TIB in comparison to semi-solid medium for another 6 weeks. It was found that explants cultured in TIB produced the highest number of new shoots. At the multiplication stage, a comparison was made on 3 different sizes of initial shoots: small single shoot, large single plant and shoot cluster, which might affect their propagation rates. Results indicated that shoot clusters cultured in TIB for 6 weeks produced the highest number of shoots (19.7 shoots/explant) aside from having lesser preparation time and also lesser container space. Finally at the rooting stage, methods of root initiation were studied using TIB, solid medium or plastic boxes filled with 10 ml liquid medium for 3 weeks. Results showed that plants rooted in TIB had the best quality with the least preparation time although they had to be prepared again before transport. Meanwhile, the method of rooting Curcuma plants in plastic boxes with 10 ml of liquid medium also gave similar results and was found to be the most convenient for transport and sale of plantlets. As such, the most appropriate method must be

based on the purpose of producing better quality plants with much lesser preparation time and on time transport and delivery to customers. Aside from this, work in each stage involving prior preparation of medium and equipments should require planning for every task in order to reduce labor cost.



กิตติกรรมประกาศ

การศึกษางานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องด้วยความกรุณาของประธานกรรมการที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.นพมณี โทปญญานนท์ กรรมการที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ธัญญา เดชะสีลพิทักษ์ และอาจารย์ ดร.นลิน วงศ์ขัตติยะ ที่คอยให้ความช่วยเหลือสนับสนุน พร้อมทั้งให้คำปรึกษา คำแนะนำในการแก้ไขปัญหาและอุปสรรคต่างๆ ระหว่างดำเนินงานวิจัย อีกทั้งยังสละเวลาอันมีค่าในการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ตลอดจนคอยให้กำลังใจแก่ข้าพเจ้ามาโดยตลอด ทั้งนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อดิสร กระแสชัย ที่ให้เกียรติมาเป็นประธานคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ให้แก่ข้าพเจ้า และให้คำแนะนำในการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช) ที่ให้ทุนสนับสนุนการศึกษาวิจัย และวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถือเป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัย "การพัฒนากระบวนการผลิตต้นพันธุ์ปทุมมากระถางในสภาพปลอดเชื้อเพื่อการส่งออก" ซึ่งเป็นทุนอุดหนุนการวิจัยบูรณาการ ประจำปีงบประมาณ 2550

ขอขอบพระคุณ คุณศิริรัตน์ จงแสง และคุณเอกชัย บุรณะไทย พร้อมทั้งพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช สาขาเทคโนโลยีชีวภาพทุกคน ที่คอยให้คำปรึกษา ความช่วยเหลือในการวิจัย และกำลังใจที่ดีตลอดมา

นอกจากนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา คุณพ่อบุญยัง คุณแม่นิตยา อุ่นใจ และครอบครัวของข้าพเจ้า ที่ได้มอบโอกาสที่ดีในการศึกษาครั้งนี้ พร้อมทั้งให้การอบรมสั่งสอนและคำแนะนำในการดำเนินชีวิต ตลอดจนมอบความรักและกำลังใจให้แก่ข้าพเจ้ามาโดยตลอด

ประโยชน์ และความดีอันเนื่องมาจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะพึงมีเพียงใด ขอมอบแด่คุณพ่อคุณแม่ ผู้อบรมเลี้ยงดู และให้การศึกษา ตลอดจนครูอาจารย์ที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้ และอบรมสั่งสอนตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

มัทยา อุ่นใจ

ธันวาคม 2553

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
ABSTRACT	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(6)
สารบัญ	(7)
สารบัญตาราง	(10)
สารบัญภาพ	(11)
อักษรย่อ	(16)
บทที่ 1 บทนำ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
ขอบเขตของการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	3
อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช	4
อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในเอเชีย	4
ระบบการผลิตต้นพืชที่มีฐานการผลิตและจำหน่ายแยกกัน	5
ระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราว หรือ Temporary Immersion Bioreactor (TIB)	5
การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชโดยใช้ระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราว	7
การใช้ระบบไบโอรีแอคเตอร์ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเพื่อลดต้นทุนการผลิต	8
อุตสาหกรรมปทุมมา	9
การขยายพันธุ์ปทุมมาด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช	10
การขยายพันธุ์ปทุมมาด้วยระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวแบบขวดแผ่น (TIB)	11
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	13
อุปกรณ์และสารเคมี	13

วิธีการทดลอง

14

การทดลองที่ 1 ศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการชักนำให้เกิดขึ้นจากช่อดอก
ปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด

15

การทดลองที่ 1.1 การเปรียบเทียบลักษณะช่อดอกตั้งต้นปทุมมาที่มีผล
ต่อการชักนำให้เกิดขึ้นใหม่

15

การทดลองที่ 1.2 การศึกษาอายุของชิ้นส่วนตั้งต้นของปทุมมาลูกผสม
ข้ามชนิดที่เกิดการผันกลับที่ต่างกัน 2 ระยะ ต่อการ
เกิดขึ้นใหม่ในระบบ TIB และอาหารแข็ง

17

การทดลองที่ 2 การเปรียบเทียบขนาดชิ้นส่วนตั้งต้นของปทุมมาลูกผสม
ข้ามชนิด 3 ขนาดต่อการเพิ่มปริมาณต้น

20

การทดลองที่ 3 การศึกษาวิธีการชักนำการเกิดรากของต้นปทุมมาที่ได้จาก
การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ 3 วิธีการ

22

การสร้างรูปแบบการผลิตต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดในระดับอุตสาหกรรม
การวิเคราะห์ข้อมูล

23

23

บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์

24

ผลการวิจัย

24

ผลการวิจัยด้านคุณภาพต้น

24

1. ผลการทดลองที่ 1 ศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการชักนำให้เกิดขึ้นจากช่อดอก
ปทุมมา

24

1.1 ผลการทดลองที่ 1.1 การเปรียบเทียบลักษณะช่อดอกตั้งต้นที่มีผล
ต่อการชักนำให้เกิดขึ้นใหม่

24

1.2 ผลการทดลองที่ 1.2 ศึกษาระยะเวลาการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้น
ในการผันกลับที่ต่างกัน 2 ระยะ ต่อการเกิดจำนวนต้นใหม่ใน
ระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวและอาหารแข็ง

34

2. ผลการทดลองที่ 2 การเปรียบเทียบขนาดของชิ้นส่วนตั้งต้น 3 ขนาดต่อ

การเพิ่มปริมาณต้น	48
3. ผลการทดลองที่ 3 ศึกษาวิธีการชักนำการเกิดรากของต้นปทุมมาที่ได้จาก	
การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ 3 วิธีการ	55
ผลการวิเคราะห์ด้านต้นทุนด้านแรงงาน	61
วิจารณ์ผลการทดลอง	70
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	75
บรรณานุกรม	78
ภาคผนวก	84
ภาคผนวก ก ประวัติผู้วิจัย	85
ประวัติผู้วิจัย	86

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1 การวางแผนการทดลองการเปรียบเทียบลักษณะช่อดอกปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด 3 เบอร์ ตั้งต้นที่มีผลต่อการชักนำให้เกิดต้นใหม่	15
2 การวางแผนการทดลองการศึกษาอายุของชิ้นส่วนตั้งต้นของปทุมมา 3 เบอร์ ตั้งต้นที่เกิดการผันกลับที่ต่างกัน 2 ระยะ (6 หรือ 10 สัปดาห์) ต่อการเกิดจำนวนต้นใหม่ในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวและอาหารแข็ง	17
3 การวางแผนการทดลองการเปรียบเทียบขนาดของชิ้นส่วนตั้งต้น 3 ขนาดต่อการเพิ่มปริมาณต้น	20
4 เวลาการเตรียมอาหารแข็งและอาหารเหลวปริมาตร 8 ลิตร ใช้คนเตรียมจำนวน 1 คน เพื่อใช้เป็นอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช	62
5 เวลาในการเตรียมอุปกรณ์ต่างๆ ก่อนนำไปนึ่งฆ่าเชื้อ	63
6 เวลาการนึ่งฆ่าเชื้ออาหารและอุปกรณ์ต่างๆ	63
7 เวลาการเตรียมชิ้นส่วนตั้งต้นจากช่อดอกปทุมมาในระยะชักนำให้เกิดต้นใหม่จากช่อดอก จำนวน 30 ช่อดอก โดยใช้คนเตรียมตัดชิ้นส่วนตั้งต้นจำนวน 4 คน และคนตัดชิ้นส่วนลงอาหารจำนวน 1 คน	65
8 ข้อมูลการดำเนินงานเตรียมชิ้นส่วนตั้งต้น 3 ขนาดที่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณต้นปทุมมาในอาหารแข็งและในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราว	67
9 จำนวนต้นใหม่ต่อชิ้นส่วน และจำนวนต้นใหม่ต่อภาชนะของชิ้นส่วนตั้งต้นทั้ง 3 ขนาดจำนวน 200 ต้นในการเพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวเปรียบเทียบกับระบบอาหารแข็งที่เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์	67
10 ข้อมูลการเตรียมต้นตั้งต้นสำหรับชักนำให้เกิดรากด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ 3 ระบบ	69

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1 แผนผังงานวิจัยเรื่อง “การจัดการระบบการผลิตต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดในระดับอุตสาหกรรมโดยระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว”	14
2 ลักษณะช่อดอกบานเล็กน้อย และช่อดอกบานเต็มที่ของปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดเบอร์ C3 (a และ b ดอกบานเล็กน้อย c และ d ดอกบานเต็มที่) C11 (e และ f ดอกบานเล็กน้อย g และ h ดอกบานเต็มที่) และ C16 (i และ j ดอกบานเล็กน้อย k และ l ดอกบานเต็มที่)	16
3 ลักษณะชิ้นส่วนเดี่ยวจากกลีบประดับและส่วนยอดของช่อดอกบานเล็กน้อย และช่อดอกบานเต็มที่ของปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดเบอร์ C3 (a ดอกบานเล็กน้อย b ดอกบานเต็มที่) C11 (c ดอกบานเล็กน้อย d ดอกบานเต็มที่) และ C16 (e ดอกบานเล็กน้อย f ดอกบานเต็มที่)	18
4 ชิ้นส่วนตั้งต้น 3 ขนาดที่ใช้ในการศึกษาการเพิ่มปริมาณ คือ ต้นเดี่ยวเล็ก (0.5-1.5 เซนติเมตร) (a) ต้นเดี่ยวใหญ่ (2-4 เซนติเมตร) (b) และต้นกลุ่ม (3-4 ต้นต่อชิ้นส่วน) (c)	21
5 ลักษณะของชิ้นส่วนจากยอดและชิ้นส่วนดอกจากช่อดอกกลีบประดับที่เกิดการผันกลับจากช่อดอกปทุมมา (บานเล็กน้อยและบานเต็มที่) เบอร์ C3 ที่ทำการเพาะเลี้ยงใน อาหารแข็งสูตร MS ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (a c e และ g) และ 10 สัปดาห์ (b d f และ h)	26
6 ลักษณะของชิ้นส่วนจากยอดและชิ้นส่วนดอกจากช่อดอกกลีบประดับที่เกิดการผันกลับจากช่อดอกปทุมมา (บานเล็กน้อยและบานเต็มที่) เบอร์ C11 ที่ทำการเพาะเลี้ยงใน อาหารแข็งสูตร MS ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (a c และ e) และ 10 สัปดาห์ (b d และ f) ส่วนชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเต็มที่ส่วนยอดที่เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ และ 10 สัปดาห์ เกิดการเสียหายระหว่างทำการเพาะเลี้ยง	27

ภาพ

หน้า

- 7 ลักษณะของชิ้นส่วนจากยอดและชิ้นส่วนดอกจากชอกกลีบประดับที่เกิดการผันกลับจากช่อดอกปทุมมา (บานเล็กน้อยและบานเต็มที่) เบอร์ C16 ที่ทำการเพาะเลี้ยงใน อาหารแข็งสูตร MS ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (a c e และ g) และ 10 สัปดาห์ (b d f และ h) 28
- 8 เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนตั้งต้นจากช่อดอกปทุมมาถูกผสมข้ามชนิดแต่ละอายุของทั้ง 3 เบอร์ ที่เพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดต้นเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (a) และ 10 สัปดาห์ (b) 30
- 9 เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนตั้งต้นจากช่อดอกปทุมมาถูกผสมข้ามชนิดที่เสียหายในแต่ละอายุของทั้ง 3 เบอร์ (C3, C11 และ C16) ที่เพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดต้นเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (a) และ 10 สัปดาห์ (b) 33
- 10 ลักษณะต้นที่ได้ของชิ้นส่วนตั้งต้นจากยอดหรือดอกจากชอกกลีบประดับของช่อดอกปทุมมา (บานเล็กน้อยหรือบานเต็มที่) เบอร์ C3 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 6 (a c e g) และ 10 สัปดาห์ (b d f g) แล้วนำมาเพาะเลี้ยงต่อในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวและอาหารแข็งเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ 36
- 11 จำนวนต้นตามขนาดของชิ้นส่วนจากช่อดอกปทุมมาเบอร์ C3 ที่ทำการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS (ดัดแปลง) 1962 ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (a) และ 10 สัปดาห์ (b) แล้วมาทำการเพาะเลี้ยงต่อในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวและอาหารแข็งเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ โดยใช้อาหารสูตรเดิม 37
- 12 ลักษณะต้นที่ได้ของชิ้นส่วนยอดจากช่อดอกบานเล็กน้อยปทุมมาเบอร์ C3 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ แล้วนำมาเพาะเลี้ยงต่อในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ 38

ภาพ

หน้า

- 13 ลักษณะต้นที่ได้ของชิ้นส่วนตั้งต้นจากยอดหรือดอกจากชอกกลีบบระดับของช่อดอกปทุมมา (บานเล็กน้อยหรือบานเต็มที่) เบอร์ C11 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 6 (a c และ e) และ 10 สัปดาห์ (b d และ f) แล้วนำมาเพาะเลี้ยงต่อในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวและอาหารแข็งเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ส่วนชิ้นส่วนตั้งต้นจากช่อดอกบานเต็มที่ส่วนยอด ทั้งที่เพาะเลี้ยง 6 และ 10 สัปดาห์ ไม่มีเนื่องจากเกิดการปนเปื้อนเชื้อหมดในการทดลองที่ 1.1 40
- 14 จำนวนต้นตามขนาดของชิ้นส่วนจากช่อดอกปทุมมาเบอร์ C11 ที่ทำการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS (ดัดแปลง) 1962 ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (a) และ 10 สัปดาห์ (b) แล้วมาทำการเพาะเลี้ยงต่อในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวและอาหารแข็ง เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ โดยใช้อาหารสูตรเดิม 41
- 15 ลักษณะต้นที่ได้ของชิ้นส่วนยอดจากช่อดอกบานเล็กน้อยปทุมมา C11 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ แล้วนำมาเพาะเลี้ยงต่อในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ 42
- 16 ลักษณะต้นที่ได้ของชิ้นส่วนตั้งต้นจากยอดหรือดอกจากชอกกลีบบระดับของช่อดอกปทุมมา (บานเล็กน้อยหรือบานเต็มที่) เบอร์ C16 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 6 (a c e) และ 10 สัปดาห์ (b d f) แล้วนำมาเพาะเลี้ยงต่อในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวและอาหารแข็งเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ 44
- 17 จำนวนต้นตามขนาดของชิ้นส่วนจากช่อดอกปทุมมาเบอร์ C16 ที่ทำการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS (ดัดแปลง) 1962 ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (a) และ 10 สัปดาห์ (b) แล้วมาทำการเพาะเลี้ยงต่อในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวและอาหารแข็งเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ โดยใช้อาหารสูตรเดิม 45

ภาพ

หน้า

- 18 ลักษณะต้นที่ได้ของชิ้นส่วนยอดจากช่อดอกบานเล็กนอยปทุมมาเบอร์ C16 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ แล้วนำมาเพาะเลี้ยงต่อในใบโอรีแอกเตอร์จัมชั่วคราว เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ 46
- 19 ลักษณะของต้นปทุมมาในภาชนะเพาะเลี้ยงที่ได้จากชิ้นส่วนตั้งต้น 3 ขนาดคือ ต้นเดี่ยวเล็ก (a และ b) ต้นเดี่ยวใหญ่ (c และ d) และต้นกลุ่ม (e และ f) ที่เพาะเลี้ยงในระบบใบโอรีแอกเตอร์จัมชั่วคราว (a c และ e) และอาหารแข็ง (b d และ f) เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ในอาหารเพิ่มปริมาณปทุมมา สูตร MS ที่มี TDZ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และ IMA 4 มิลลิกรัมต่อลิตร 49
- 20 ลักษณะของต้นปทุมมาจำนวน 10 กอที่ได้จากชิ้นส่วนตั้งต้น 3 ขนาดคือ ต้นเดี่ยวเล็ก (a และ b) ต้นเดี่ยวใหญ่ (c และ d) และต้นกลุ่ม (e และ f) ที่เพาะเลี้ยงในระบบใบโอรีแอกเตอร์จัมชั่วคราว (a c และ e) และอาหารแข็ง (b d และ f) เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ในอาหารเพิ่มปริมาณปทุมมา สูตร MS ที่มี TDZ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และ IMA 4 มิลลิกรัมต่อลิตร 50
- 21 ลักษณะของต้นปทุมมาที่ได้จากชิ้นส่วนตั้งต้น 3 ขนาดคือ ต้นเดี่ยวเล็ก (a และ b) ต้นเดี่ยวใหญ่ (c และ d) และต้นกลุ่ม (e และ f) ที่เพาะเลี้ยงในระบบใบโอรีแอกเตอร์จัมชั่วคราว (a c และ e) และอาหารแข็ง (b d และ f) เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ในอาหารเพิ่มปริมาณปทุมมา สูตร MS ที่มี TDZ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และ IMA 4 มิลลิกรัมต่อลิตร 51
- 22 จำนวนต้นตามขนาดต่อกอกจากชิ้นส่วนต้นตั้ง 3 ขนาด คือ ต้นเดี่ยวเล็ก ต้นเดี่ยวใหญ่ และต้นกอ ที่เพาะเลี้ยงในระบบใบโอรีแอกเตอร์จัมชั่วคราวและอาหารแข็ง เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ในอาหารเพิ่มปริมาณปทุมมา สูตร MS ที่มี TDZ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และ IMA 4 มิลลิกรัมต่อลิตร 52
- 23 จำนวนใบต่อต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนต้นตั้ง 3 ขนาด คือ ต้นเดี่ยวเล็ก ต้นเดี่ยวใหญ่ และต้นกอในระบบใบโอรีแอกเตอร์จัมชั่วคราวและอาหารแข็ง เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ในอาหารเพิ่มปริมาณปทุมมา สูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่มี TDZ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และ IMA 4 มิลลิกรัมต่อลิตร 53

ภาพ	หน้า	
24	น้ำหนักสดของชิ้นส่วนต้นตั้ง 3 ขนาด คือ ต้นเดี่ยวเล็ก ต้นเดี่ยวใหญ่ และต้นกอที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว และอาหารแข็ง เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ในอาหารเพิ่มปริมาณปุ๋ยมา สูตร MS ที่มี TDZ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และ IMA 4 มิลลิกรัมต่อลิตร	54
25	ลักษณะต้นปุ๋ยมาที่ถูกชักนำให้เกิดรากในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว (a b และ c) กล่องพลาสติกที่มีการเติมอาหารเหลว 10 มิลลิลิตร (d e และ f) และอาหารแข็ง (g h และ i) เป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ ในอาหารสูตร MS ที่ปราศจากฮอร์โมน	56
26	น้ำหนักสดต่อต้น (a) จำนวนใบต่อต้น (b) และ ความสูงต้น (c) ของต้นปุ๋ยมาที่ชักนำให้ออกรากเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว กล่องพลาสติกที่มีอาหารเหลว 10 มิลลิลิตร และในอาหารแข็ง เพาะเลี้ยงระยะเวลา 3 สัปดาห์ ในอาหารสูตร MS ที่ปราศจากฮอร์โมน	58
27	จำนวนรากต่อต้น (a) ความยาวราก (b) และ เปอร์เซ็นต์ต้นเกิดราก (c) ของต้นปุ๋ยมาที่ชักนำการเกิดรากในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว กล่องพลาสติกที่มีอาหารเหลว 10 มิลลิลิตร และในอาหารแข็ง เพาะเลี้ยงระยะเวลา 3 สัปดาห์ ในอาหารสูตร MS ที่ปราศจากฮอร์โมน	59
28	จำนวนต้นที่เกิดใหม่ (a) และความสูงต้นที่เกิดใหม่ (b) ของต้นปุ๋ยมาที่ชักนำการเกิดรากในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว กล่องพลาสติกที่มีอาหารเหลว 10 มิลลิลิตร และในอาหารแข็ง เพาะเลี้ยงระยะเวลา 3 สัปดาห์ ในอาหารสูตร MS ที่ปราศจากฮอร์โมน	60
29	รูปแบบการผลิตต้นปุ๋ยมาถูกผสมข้ามชนิดในระดับอุตสาหกรรม	77

อักษรย่อ

อักษรย่อ

ย่อมาจาก

BA

N⁶-Benzyladenine

IAA

3-Indolylacetic acid

IMA

Imazalil

MS

Murashige and Skoog

TDZ

Thidiazuron

TIB

Temporary Immersion Bioreactor

บทที่ 1

บทนำ

ปทุมมาเป็นไม้ดอกไม้ประดับพื้นเมืองของไทย ที่มีการส่งออกไปสู่ตลาดต่างประเทศเป็นอันดับสองรองจากกล้วยไม้ และนิยมส่งออกในรูปแบบหัวพันธุ์เป็นส่วนมาก ซึ่งปัจจุบันนี้ความต้องการปทุมมาของตลาดได้เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง และพบว่าการผลิตหัวพันธุ์ปทุมมานั้นทำได้ยาก อีกทั้งยังประสบปัญหาโรคหัวเน่าที่เกิดจากการติดเชื้อแบคทีเรียด้วยเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช จึงมีบทบาทในการขยายพันธุ์ต้นปทุมมาเพื่อการส่งออก เช่นเดียวกับทางห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ได้รับทุนวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ในการขยายพันธุ์ต้นปทุมมาโดยใช้ระบบไบโอแอคเตอร์แบบจมชั่วคราว เพื่อสามารถผลิตต้นปทุมมาส่งออกไปประเทศญี่ปุ่น ปรากฏว่า การใช้ระบบไบโอรีแอคเตอร์สามารถผลิตต้นปทุมมาได้ตั้งแต่ระยะชักนำให้เกิดต้น ระยะเพิ่มปริมาณ ตลอดจนระยะยืดยาวและออกราก และสามารถผลิตต้นได้จำนวนมากพร้อมทั้งใช้ระยะเวลาที่สั้นกว่าการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง แต่อย่างไรก็ตามงานวิจัยที่ผ่านมายังไม่มีการศึกษาถึงการจัดการระบบการผลิตต้นปทุมมาโดยใช้ระบบไบโอรีแอคเตอร์ในทุกระยะ โดยคำนึงถึงปัจจัยที่จะช่วยลดต้นทุนด้านแรงงานในการผลิตและเวลา ดังนั้นการใช้ระบบไบโอรีแอคเตอร์ในการขยายพันธุ์ต้นปทุมมาในระดับอุตสาหกรรม ยังคงต้องมีการพัฒนาและการจัดการที่ดีขึ้นต่อไป ซึ่งในงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาปัจจัยต่างๆ เช่นวิธีการดำเนินงาน ระบบการเพาะเลี้ยง ที่จะมีผลต่อการชักนำการเกิดต้น การเพิ่มปริมาณ การยืดยาวและการออกรากของต้นปทุมมาในระดับอุตสาหกรรม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยและระบบที่เหมาะสมต่อการผลิตต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดโดยใช้ระบบ ไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว ตั้งแต่ระยะชักนำให้เกิดต้น จนถึงการเตรียมส่ง
2. เพื่อศึกษาด้านทุนด้านแรงงานในการผลิตต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดที่เพาะเลี้ยงในระดับอุตสาหกรรมโดยใช้ระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว
3. เพื่อสร้างรูปแบบการผลิตต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดโดยใช้ระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวในระดับอุตสาหกรรม

ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาระบบผลิตปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด 3 สายพันธุ์ ตั้งแต่ระยะชักนำให้เกิดต้นจากช่อดอก ระยะเพิ่มปริมาณ ระยะออกราก และตลอดจนการขนส่ง ในการผลิตต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดทั้ง 3 สายพันธุ์โดยใช้ระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว (TIB) เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพของการผลิต ระบบผลิต และต้นทุนการผลิตที่เหมาะสม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ระบบการผลิตปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดที่เพาะเลี้ยงโดยไบโอรีแอคเตอร์ในระดับอุตสาหกรรม ที่สามารถนำไบโอรีแอคเตอร์มาใช้ให้มีประสิทธิภาพ และต้นทุนที่เหมาะสมที่สุด
2. ได้รับระบบการผลิตปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดในระดับอุตสาหกรรมที่ช่วยลดต้นทุนด้านแรงงาน และเวลาในการทำงาน
3. ผู้ทำธุรกิจการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสามารถนำระบบนี้ไปใช้ในการวางแผนการผลิตในธุรกิจได้

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ไม้ดอกไม้ประดับเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจกลุ่มหนึ่งของโลก โดยในปี 2551 มีมูลค่าการส่งออกพืชกลุ่มไม้ดอกไม้ประดับของโลกถึง 611,040 ล้านบาท โดยประเทศ เนเธอร์แลนด์มีการส่งออกไม้ดอกไม้ประดับเป็นอันดับหนึ่งอันดับหนึ่งของโลกถึง 303,556 ล้านบาท โดย คิดเป็นสัดส่วนได้ร้อยละ 49.68 และถัดมาเป็นประเทศโคลัมเบีย อิตาลี เยอรมัน เนเธอร์แลนด์ ที่มีการ ส่งออกไม้ดอกไม้ประดับเป็นประเทศอื่นๆ ของโลก (ยูเอ็น คอมเทรด, 2551 อ้างโดย เศรษฐพงศ์, 2553) ส่วนประเทศไทยมีมูลค่าการส่งออกไม้ดอกไม้ประดับอยู่ 3,698 ล้านบาท โดยคิดเป็นสัดส่วน ได้เพียงร้อยละ 0.6 ของมูลค่าการส่งออกในตลาดโลก (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวง เกษตรและสหกรณ์, 2551 อ้างโดย เศรษฐพงศ์, 2553) ถึงแม้มูลค่าการส่งออกไม้ดอกไม้ประดับของ ไทยยังเป็นสัดส่วนที่เล็กน้อย แต่ก็สามารถทำให้การส่งออกไม้ดอกไม้ประดับของไทยมีโอกาส ขยายตลาดในต่างประเทศได้อีกมาก โดยเฉพาะกล้วยไม้ซึ่งเป็นไม้ดอกไม้ประดับที่มีมูลค่าการส่งออก มากที่สุดของไทยถึง 2,738 ล้านบาท คิดเป็นสัดส่วนได้ร้อยละ 74.04 และส่วนที่เหลือเป็นการ ส่งออกพืชไม้ดอกไม้ประดับอื่นๆ ได้แก่ ลิ้นมังกร เล็บครุฑ คราเซียนา Zamioculcas โป๊ยเซียน หยก กุหลาบ เบญจมาศ ปทุมมา และหน้าวัว เป็นต้น (กรมวิชาการเกษตร, 2552 อ้างโดย เศรษฐพงศ์, 2553) ทำให้รัฐบาลได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการพัฒนาด้านการผลิตและการตลาดของไม้ ดอกไม้ประดับไทย โดยมีการกำหนดนโยบายในแผนยุทธศาสตร์การแข่งขันกล้วยไม้ไทยใน ตลาดโลก พ.ศ. 2554-2559 (คณะรัฐมนตรี ลงมติเห็นชอบในวันที่ 15 มิถุนายน 2553) เพื่อเพิ่ม มูลค่าการส่งออกกล้วยไม้ให้มีการเติบโตขึ้น ซึ่งตั้งเป้าหมายไว้ในปี 2559 ควรมีมูลค่าการส่งออก 10,000 ล้านบาท โดยการกำหนดนโยบายให้มีการเพิ่มศักยภาพการส่งออก ส่งเสริมการผลิต กล้วยไม้ให้มีคุณภาพตามมาตรฐานการส่งออกของโลก สร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ที่เกี่ยวข้องกับ อุตสาหกรรมกล้วยไม้ และส่งเสริมการใช้กล้วยไม้ในประเทศให้มากขึ้น (กระทรวงเกษตรและ สหกรณ์, 2553) จะเห็นได้ว่าแนวโน้มการส่งออกไม้ดอกไม้ประดับของไทยไปสู่ตลาดโลกต้องเพิ่ม สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้ระบบการผลิตท่อนพันธุ์ไม้ดอกไม้ประดับด้วยวิธีการปกติ เช่น การปักชำ การแยกหน่อไม่เหมาะสมกับความต้องการของตลาด จึงมีการนำเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ พืชซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ก้าวหน้ามาใช้ทดแทนระบบการผลิตท่อนพันธุ์ดั้งเดิมให้เพียงพอกับความ ต้องการได้

อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

ในปัจจุบันเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชได้มีความก้าวหน้ามากยิ่งขึ้นเพื่อรองรับอุตสาหกรรมพืชไม้ดอกไม้ประดับ ดังที่กล่าวข้างต้น ในประเทศแถบยุโรป อุตสาหกรรมไม้ดอกไม้ประดับเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ มีการบริโภคสูง และความสำเร็จนี้เกิดจากการใช้เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในการผลิตต้นพันธุ์ให้เพียงพอกับตลาด (Read and Peak, 2007) โดยเฉพาะในประเทศเนเธอร์แลนด์มีการผลิตพืชถึง 65 ล้านต้นต่อปี และมีการใช้แรงงานจำนวนมากในการผลิตพืชในระดับอุตสาหกรรม Ríordáin (1992) รายงานว่า ในปี 1990 ห้างปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในประเทศแถบยุโรปในหน่วยงานของราชการและบริษัทเอกชนมีมากถึง 421 แห่ง โดยเฉพาะในประเทศเนเธอร์แลนด์ ฝรั่งเศส เยอรมัน อิตาลี และอังกฤษ และห้างปฏิบัติการส่วนใหญ่เหล่านี้ใช้เพื่อผลิตพืชไม้ดอกไม้ประดับเป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ *Prunus*, *Ficus*, *Philodendron*, *Spathiphyllum*, *Nephrolepis*, *Rosa* และกลุ่มกล้วยไม้ (*Orchideaceae*) เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามจำนวนห้างปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในประเทศแถบยุโรปลดลงมาก ทั้งนี้เนื่องจากค่าแรงงาน ค่าไฟฟ้าสูงมาก (Ahloowalia and Savangikar, 2004)

อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในเอเชีย

ในขณะที่สถานการณ์อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชของประเทศแถบยุโรปมีปัญหาและทยอยปิดกิจการเนื่องจากไม่สามารถรับภาระต้นทุนที่สูงขึ้นมาก ประเทศต่างๆ ในทวีปเอเชียกลับพัฒนาเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชมากขึ้น (Prakash, 2001) โดยเฉพาะรัฐบาลของประเทศอินเดีย บังกลาเทศ ปากีสถาน ภูฐาน เนปาล อินโดนีเซีย และรวมถึงประเทศไทย ได้ส่งเสริมให้มีการพัฒนางานด้านการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชด้านนี้อย่างเป็นรูปธรรม เพื่อเป็นการส่งเสริมศักยภาพการผลิตและการขยายพันธุ์พืชให้เข้าสู่ระบบอุตสาหกรรมให้ได้ (Prakash, 2001) โดยจะเห็นได้จากการที่มีห้างปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเพิ่มขึ้นมาก เช่น ในระหว่างปี 1987-1995 มีบริษัทด้านการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในอินเดียถึง 50 บริษัท และในประเทศไทยมีการก่อตั้งบริษัทขึ้นถึง 30 บริษัทด้วยกัน เพื่อบริการขยายพันธุ์พืชเศรษฐกิจต่างๆ ได้แก่ กล้วยไม้ มันฝรั่ง ข้าว ยางพารา คาร์เนชั่น ปาล์มน้ำมัน กล้วย สตรอเบอร์รี่ และพืชไม้ดอกไม้ประดับต่างๆ เป็นต้น (Prakash, 2001)

การที่ธุรกิจการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชได้ขยายตัวสู่ประเทศกำลังพัฒนาอย่างมาก เช่นนี้ เนื่องจากต้นทุนของระบบการผลิตพืชในระดับอุตสาหกรรมด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

โดยเฉพาะต้นทุนด้านแรงงานสูงถึง 40% ซึ่งถือเป็นต้นทุนหลักของระบบการผลิตทั้งหมด จึงมีการย้ายฐานการผลิตจากประเทศในแถบยุโรปที่มีค่าแรงงานที่สูงมาก มายังประเทศในแถบเอเชียที่มีค่าแรงต่ำกว่ามาก (Ahloowalia and Savangikar, 2004)

ระบบการผลิตต้นพืชที่มีฐานการผลิตและการจำหน่ายแยกกัน

การผลิตต้นพืชในระดับอุตสาหกรรม มีขั้นตอนการผลิตหลายขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนของการผลิตต้นในหึ่งปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในประเทศที่มีแรงงานถูก จากนั้นนำต้นที่ผลิตได้ส่งไปผลิตกล้าเล็กในโรงเรือน และการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ในประเทศที่มีลูกค้าต้องการ โดยแหล่งตลาดส่วนใหญ่เหล่านี้เป็นประเทศในแถบยุโรป และสหรัฐอเมริกา เช่น ประเทศเนเธอร์แลนด์ เยอรมัน และฝรั่งเศส เป็นต้น (Proft et.al, 2007)

จากระบบการผลิตที่ผ่านมาที่การผลิตต้นในหึ่งปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในประเทศที่มีแรงงานต่ำก่อน แล้วจึงทำการขนส่งต้นกล้าที่โตแล้วไปยังประเทศที่เป็นแหล่งตลาดเป็นขั้นตอนการดำเนินการที่ยากลำบาก ปัญหาที่พบได้แก่ ต้นพืชเสียหายจากการขนส่งเนื่องจากกระชากทางการขนส่งที่ไกล และมีค่าใช้จ่ายในการขนส่งสูงเนื่องจากสินค้าต้องใช้พื้นที่ขนส่งและมีน้ำหนักมาก จึงต้องมีการนำเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่มีความก้าวหน้ามากขึ้นมาใช้งานเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเพื่อลดความเสียหายและยังสามารถลดต้นทุน ลดการใช้แรงงาน และให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ (Levin and Tanny, 2004) โดยเทคโนโลยีที่มีได้มีการนำมาใช้และมีบทบาทต่องานเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเป็นอย่างมากในปัจจุบัน คือ ระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว (Temporary Immersion Bioreactor หรือ TIB) และประเทศไทยก็เป็นอีกประเทศหนึ่งที่มีการวิจัยและพัฒนา ระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวเป็นอย่างมาก เพื่อให้สามารถนำมาใช้ในการผลิตพืชผลทางการเกษตรในระดับอุตสาหกรรมในประเทศได้

ระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว หรือ Temporary Immersion Bioreactor (TIB)

ระบบการผลิตต้นกล้าด้วยเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชที่ใช้อาหารแข็ง เป็นวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่ใช้กันอยู่ทั่วไป แต่วิธีการเพาะเลี้ยงพืชโดยใช้อาหารแข็งนั้น ใช้ระยะเวลาการเพาะเลี้ยงนานกว่าการใช้อาหารเหลว ใช้พื้นที่เพาะเลี้ยงมากเนื่องจากภาชนะอาหารแข็งสามารถบรรจุต้นได้เพียง 5-10 ต้นต่อภาชนะเท่านั้น (นพมณี และคณะ, 2549) อีกทั้งจำเป็นต้องอาศัยแรงงานที่มีความชำนาญในการตัดและการปักต้นไม้ลงในขวดที่มีอาหารเพื่อให้พุ่มต้นไม้ให้ตั้งตรง

ได้ ซึ่งวิธีการดังกล่าวนี้ต้องอาศัยแรงงานจำนวนมากจึงทำให้มีต้นทุนในค่าแรงงานสูง นพมณี และคณะ (2538) ได้รายงานไว้ว่า ร้อยละ 40-60 ของต้นทุนการผลิตเยื่อปรีราโดยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อทั้งหมดเป็นค่าจ้างแรงงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าแรงในส่วนของการตัดถ่ายชิ้นส่วนพืชลงในอาหารแข็ง เพราะต้องใช้แรงงานที่มีความชำนาญและมีความรู้ ซึ่ง Gupta (2002) ได้รายงานผลที่ใกล้เคียงกัน คือ ต้นทุนในส่วน of ค่าแรงงานสูงเกินร้อยละ 60 ของต้นทุนการผลิตทั้งหมด นอกจากนี้เวลานำต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งออกปลูกต้องทำการล้างวันหรือเจลอวก่อน จึงทำให้ต้องใช้เวลาและแรงงานทำงานจำนวนมากและรากขาดเสียหายได้ อีกทั้งเมื่อทำการขนส่งพืชแบบปลอดเชื้อในอาหารแข็งก็ทำให้น้ำหนักสินค้ามากซึ่งจะส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าเพิ่มขึ้น ส่วนการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารเหลว เป็นวิธีการที่ทำให้การเตรียมอาหารและการตัดต้นไม้ลงในอาหารง่ายขึ้น คือไม่ต้องมีการปักต้นไม้ที่ตะกอนลงในอาหาร จึงทำให้สามารถลดต้นทุนด้านแรงงานได้ แต่อย่างไรก็ตามการเพาะเลี้ยงด้วยระบบอาหารเหลวก็มีข้อเสีย คือ ทำให้ต้นพืชเกิดการจมน้ำ (hyperhydricity) ทำให้เกิดความเครียด และมีผลต่อสรีรวิทยาของพืช (Berthouly and Etienne, 2005)

ต่อมาทีมงานวิจัยออกมาเพื่อพัฒนาระบบการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชแบบใหม่ ได้แก่ การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชโดยคัดแปลงใช้ไบโอรีแอคเตอร์กับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช และได้มีการพัฒนาเรื่อยมาจนกระทั่งในปัจจุบันมีไบโอรีแอคเตอร์ที่นิยมใช้กับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช คือ ระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราว (Temporary Immersion Bioreactor) (Alvard et al., 1993) ระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราว เป็นระบบที่ทำการพัฒนามาจากการผสมผสาน ข้อดีของระบบอาหารแข็งและอาหารเหลว โดยที่พืชและอาหารไม่ได้จมอยู่ด้วยกันตลอดเวลาด้วยการตั้งโปรแกรมเพื่อควบคุมการให้อาหารของระบบและในระหว่างที่มีการให้อาหาร ระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวจะมีการแลกเปลี่ยนก๊าซ จึงทำให้ระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจุ่มชั่วคราวสามารถควบคุมสถานะในการเพาะเลี้ยงได้ดี (Ziv, 2005) ทำให้พืชที่เพาะเลี้ยงเจริญได้ดี ทำให้ได้ต้นจำนวนมากในระยะเวลาเพาะเลี้ยงที่เร็วขึ้น อีกทั้งวิธีการเพาะเลี้ยงและการนำต้นออกปลูกทำให้ง่ายกว่า คือ อาหารเหลวที่ใช้เตรียมง่ายกว่าอาหารแข็ง และ ไม่ต้องทำการตัดและปักต้นไม้ลงในอาหารที่ตะกอน อีกทั้งเวลานำต้นออกปลูกไม่ต้องทำการล้างวันหรือเจลอวก่อน จึงทำให้ลดเวลาและแรงงานในการทำงานลงได้ (Takayama and Akita, 2005) ดังนั้นจึงทำให้มีการใช้ระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวในงานเพาะเลี้ยงเนื้อพืชกันอย่างแพร่หลาย

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชโดยใช้ระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราว

ในปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีไบโอรีแอคเตอร์มาใช้ในการขยายพันธุ์พืชหลายชนิด ซึ่ง Etienne and Berthouly (2002) ได้รายงานไว้ว่าระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวได้มีการนำมาใช้กับ สับปะรด อ้อย กล้วย เพือก กล้วย ยูคาลิปตัส *Syngonium*, *Philodendron* และ *Spathyphyllum* เป็นต้น และได้แสดงผลของอัตราการเพิ่มปริมาณต้นในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวเปรียบเทียบกับ การเพาะเลี้ยงด้วยระบบอาหารแข็ง พบว่าต้นพืชต่าง ๆ ที่เพาะเลี้ยงในระบบ TIB มีอัตราการเพิ่มปริมาณมากกว่าการเพาะเลี้ยงระบบอาหารแข็งอย่างเห็นได้ชัด

Escalona et.al. (1999) ได้ศึกษาการขยายพันธุ์ของสับปะรด (*Ananas comosus* L. Merr) ในอาหารสูตร MS (1962) ที่มี BA 2.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยพบว่า อัตราการเพิ่มปริมาณของต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวมีมากที่สุด ถึง 12 เท่า ในขณะที่ต้นในอาหารเหลวและอาหารแข็งมีเพียง 4.2 และ 3.5 เท่าตามลำดับ นอกจากนี้ น้ำหนักสดของต้นที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวมีน้ำหนักสดมากที่สุด คือ 10 กรัม เช่นเดียวกับผลของน้ำหนักแห้ง ซึ่งต้นในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวมีน้ำหนักแห้งมากที่สุด คือ 3.3 กรัม ดังนั้นผู้วิจัยจึงสรุปได้ว่า ระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวเป็นระบบที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ผลิตต้นสับปะรดในระดับการผลิตปริมาณมาก และอีกทั้งระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวยังลดต้นทุนการผลิตถึง 20% เมื่อเปรียบเทียบกับ การเพาะเลี้ยงด้วยอาหารแข็ง

Roels et.al. (2005) ได้ทำการศึกษาการขยายพันธุ์กล้วยสายพันธุ์ *Musa* AAB โดยทำการเพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวเปรียบเทียบกับ การเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวและอาหารแข็ง โดยใช้อาหารสูตร MS คัดแปลง (1962) ที่มี BA 13.3 ไมโครโมลและน้ำตาล 3% ซึ่งในอาหารแข็งมีการเติมเจล 2.5 กรัมต่อลิตร พบว่า อัตราการเพิ่มปริมาณของชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวมีถึง 5.1 เท่า ซึ่งสูงกว่าชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งที่มีเพียง 2.8 เท่า นอกจากนี้ ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวมีขนาด 5.1 มิลลิเมตร ซึ่งมีขนาดใหญ่มากกว่าชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งที่มีเพียง 3.8 มิลลิเมตรเท่านั้น ส่วนผลด้านคุณภาพต้นอื่นๆ คือ ความสูงต้น จำนวนใบ และจำนวนรากของต้นที่เพาะเลี้ยงในทั้ง 2 ระบบ พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้สรุปว่า การเพาะเลี้ยงกล้วยสายพันธุ์ดังกล่าวในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวสามารถทำให้ได้ต้นจำนวนมากเมื่อเปรียบเทียบกับ การเพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง เนื่องมาจากระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวมีการแลกเปลี่ยนก๊าซและอาหารเหลวที่ใช้พืชสามารถดูดซึมไปใช้ได้มากกว่า จึงทำให้ต้นเจริญได้ดีกว่า เป็นผลให้การเพาะเลี้ยงกล้วยในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวช่วยลดต้นทุนการผลิตได้

Bernal et.al. (2008) ได้ทำการศึกษาผลของการเพาะเลี้ยงอ้อยลูกผสม 2 สายพันธุ์ คือ C86-56 และ C90-317 โดยใช้ระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว พร้อมทั้งศึกษาผลของสารฟีนอลิกที่มีผลต่อการการขยายพันธุ์อ้อยด้วยระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว พบว่า สารฟีนอลิกส่งผลต่ออัตราการเกิดต้นให้ลดลง ซึ่งผู้วิจัยได้มีการเติมสาร ascorbic acid เพื่อลดปริมาณของสารฟีนอลิกในอาหารให้ลดลงจึงทำให้มีอัตราการเกิดต้นของอ้อยเพิ่มขึ้น และนอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ติดตามผลของการเกิดรากของอ้อยที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว พบว่า อ้อยมีการชักนำการเกิดรากได้ดีในสภาพในภาชนะและเมื่อออกปลูก พบว่า อ้อยสามารถปรับสภาพและตั้งตัวได้ดี พร้อมทั้งต้นอ้อยยังมีการพัฒนาระบบรากได้ดีอีกด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นว่าระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวเหมาะสำหรับการขยายพันธุ์อ้อยในระดับอุตสาหกรรม ก็จะทำให้ได้ต้นอ้อยที่มีคุณภาพที่ดีและการเพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวยังช่วยลดต้นทุนการผลิต

นอกจากนี้พืชที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ยังมีพืชอื่นที่มีการศึกษาการเพาะเลี้ยงโดยใช้ไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวอีกจำนวนมาก ทั้งที่มีการเพาะเลี้ยงในระดับห้องปฏิบัติการและระดับการค้า อาทิเช่น พืชกลุ่มไม้ดอกไม้ประดับ ได้แก่ กล้วยไม้ฟาแลนนอพซิส (Park et al., 2000; Hempfling and Preil, 2005) ว่านสี่ทิศ (*Hippeastrum hybridum*) (Ilczuk et.al., 2005) แกลดิโอลัส (*Gladiolus grandiflorus*) (Takayama and Akita, 2005) *Spathiphyllum* (Dewir et.al., 2006) และเบญจมาศ (*Chrysanthemum*) (Kim, 2001; Hahn and Paek, 2005) เป็นต้น พืชผักและผลไม้ที่ใช้เป็นอาหาร ได้แก่ มันฝรั่ง (*Solanum tuberosum*) (Karppinen et.al., 2010) โสม (Ginseng) (Peak et.al., 2001; Kim and Kim, 2001) แอปเปิ้ล (Chakrabarty et.al., 2003; Zhu et.al., 2005) องุ่น (Grape) (Shim, 2002) กาแฟ (*Coffea* sp.) (Albarrán et.al., 2005) และมันสำปะหลัง (*Manihot esculenta*) (Medero et.al., 2001) เป็นต้น และพืชเศรษฐกิจอื่นๆ ได้แก่ ยูคาลิปตัส (*Eucalyptus*) (Alister et.al., 2001) เป็นต้น

การใช้ระบบไบโอรีแอคเตอร์ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเพื่อลดต้นทุนการผลิต

Levin and Tanny (2004) ได้มีการศึกษาการใช้ระบบไบโอรีแอคเตอร์ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในการเพิ่มปริมาณต้นให้ได้จำนวนมาก เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิต ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตในปัจจุบันต่างๆ ของห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชที่มีกำลังการผลิตต้นได้ 20 ล้านต้นต่อปี ได้แก่ ต้นทุนการสร้างห้องปฏิบัติการ ต้นทุนในส่วนเครื่องมือเครื่องใช้และเฟอร์นิเจอร์ และต้นทุนรวมต่อปี เพื่อนำมาคิดต้นทุนต่อหน่วย โดยได้เปรียบเทียบกับระบบการผลิตต้น 3 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบที่ 1 การผลิตต้นในระยะเพิ่มปริมาณ

ระยะขีดยาวและออกรากด้วยระบบอาหารแข็ง รูปแบบที่ 2 การผลิตต้นในระยะเพิ่มปริมาณในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวและระยะขีดยาวและออกรากในอาหารแข็ง และรูปแบบที่ 3 การผลิตต้นในระยะเพิ่มปริมาณ ระยะขีดยาวและออกรากในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราว พบว่าต้นทุนการผลิตของการผลิตในรูปแบบที่ 3 มีต้นทุนน้อยสุด คือ 664,683 US\$ และคิดเป็นต้นทุนต่อหน่วยเป็น 0.07 US\$ นอกจากนี้ ในผลงานวิจัยดังกล่าวนี้ ยังพบว่าการผลิตต้นในระบบอาหารแข็งมีต้นทุนการผลิตต่อหน่วยสูงถึง 0.16 US\$ แต่ในขณะที่การผลิตต้นในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวมีต้นทุนการผลิตต่อหน่วยเพียง 0.07 US\$ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเพาะเลี้ยงพืชในระบบไบโอรีแอคเตอร์จะช่วยลดต้นทุนการผลิตได้ แต่อย่างไรก็ตามระบบไบโอรีแอคเตอร์ก็เป็นเพียงเครื่องมือที่ช่วยในการเพาะเลี้ยงเท่านั้น ซึ่งพืชบางชนิดอาจจะเพาะเลี้ยงได้ดีในระบบไบโอรีแอคเตอร์ แต่พืชบางชนิดอาจจะต้องมีการปรับเปลี่ยนสภาวะของระบบก่อน เช่นในระยะเพิ่มปริมาณเพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวและทำการออกรากในอาหารแข็ง เป็นต้น ดังนั้นการใช้ไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวในการเพาะเลี้ยงพืชแต่ละชนิดควรมีการศึกษาปัจจัยต่างๆ ก่อน เพื่อให้ได้สภาวะและต้นทุนการผลิตที่เหมาะสมที่สุด (Levin and Tanny, 2004)

อุตสาหกรรมปทุมมา

ปทุมมาเป็นไม้ดอกไม้ประดับพื้นเมืองของไทย ที่มีมูลค่าการส่งออกไปสู่ตลาดต่างประเทศเป็นอย่างมากรองจากกล้วยไม้ เนื่องจากเป็นไม้ตัดดอกเขตร้อนที่มีความสวยงามคล้ายดอกทิวลิป พันธุ์ปทุมมาที่ได้รับความนิยมสูงมาก คือ พันธุ์เชียงใหม่พิงค์ ระบบการผลิตปทุมมาตัดดอกในยุโรปเป็นระบบที่มีการผลิตดอกในเรือนโรงในยุโรป โดยเฉพาะประเทศเนเธอร์แลนด์ แล้วตัดดอกขายผ่านระบบการประมูล โดยมีการสั่งหัวพันธุ์จากประเทศไทยทุกปี ทั้งนี้เพราะไม่สามารถผลิตหัวพันธุ์ปทุมมาในต่างประเทศได้ เนื่องจากมีอุณหภูมิต่ำ ปัจจุบันนี้ความต้องการปทุมมาของตลาดได้เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่ตลาดต้องการความหลากหลาย ทั้งในเรื่องของขนาดดอก สี และการนำมาใช้เป็นไม้กระถาง นักปรับปรุงพันธุ์จึงได้ทำการปรับปรุงพันธุ์ปทุมมา เพื่อตอบสนองความต้องการที่กล่าวมาข้างต้น

รศ.ธัญญะ เตชะศิริพิทักษ์ อาจารย์ประจำภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร ได้ศึกษาพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์ปทุมมาพันธุ์กระถางลูกผสมข้ามชนิดจำนวนมาก ลักษณะเด่นของพันธุ์ปทุมมาลูกผสมเหล่านี้ คือ ต้นมีขนาดเล็ก ความสูง อยู่ในช่วง 14-20 เซนติเมตร ขนาดดอก 3-5 เซนติเมตร เหมาะกับการนำมาเป็นไม้กระถางประดับในห้องทำงาน และในปัจจุบันได้ส่งต้นกล้าปทุมมาพันธุ์ที่ได้ให้บริษัทในประเทศญี่ปุ่นเพื่อทดสอบความ

เป็นไปได้ที่จะให้ปทุมมากระถางลูกผสมข้ามชนิดสามารถจำหน่ายในตลาดโลก (นพมณีและคณะ, 2551) จากการศึกษาพบว่าต้นกล้าปทุมมากระถางลูกผสมข้ามชนิดดังกล่าวที่ผลิตจากระบบการขยายพันธุ์ด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชนี้สามารถออกดอกได้ภายใน 90-100 วัน และได้ดอกที่มีลักษณะสมบูรณ์และเหมือนต้นแม่พันธุ์ (ธัญญะ, 2553: สัมภาษณ์)

การขยายพันธุ์ปทุมมาด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

การขยายพันธุ์ปทุมมาด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชได้มีการศึกษากันมาอย่างต่อเนื่อง เริ่มจากขั้นตอนการชักนำการเกิดต้น Topoonyanont et.al. (2005) ได้ทำการศึกษากการเกิดต้นด้วยการผันกลับของดอกจริงในช่อดอกปทุมมา โดยการนำช่อดอกที่บานเต็มที่ คือ ระยะที่กาบรองดอกทั้งส่วนบนและส่วนล่างบานเต็มที่ เป็นชิ้นส่วนตั้งต้น มาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่มี BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าช่อดอกของปทุมมาสามารถผันกลับไปเป็นต้นได้จำนวนมากประมาณ 20 ต้นต่อชิ้นส่วน โดยการเกิดกลุ่มต้นดังกล่าวเป็นการเกิดขึ้นโดยตรง (direct organogenesis) เนื่องจากไม่พบร่องรอยของการชักนำการเกิดต้นโดยผ่านแคลลัส และตำแหน่งที่เกิดต้นอยู่ตรงตำแหน่งของดอกที่เวียนแบบ spiral คล้ายกับที่เกิดในสภาพธรรมชาติ และยังสามารถได้ว่าต้นที่เกิดขึ้นเป็นต้นที่เกิดจากการผันกลับของส่วนที่เป็นดอกจริง เนื่องจากพบว่าใบบางใบที่เกิดขึ้นมาใหม่นี้ ส่วนของขอบใบซึ่งปกติจะมีสีเขียวนั้นปรากฏสีม่วงแดงออกมาให้เห็นด้วย ซึ่งสีม่วงดังกล่าวจะพบในกลีบดอกชั้นที่เรียกว่าปากดอก (นพมณี, 2549) นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาด้านเชื้อเชื้อวิทยาของชิ้นส่วนที่มีการผันกลับ พบว่าการผันกลับเกิดจากส่วนของดอกจริง (Topoonyanont et al., 2005)

ส่วนในการเพิ่มปริมาณต้น พบว่าการเพาะเลี้ยงต้นที่ได้จากกาชักนำในอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่มี TDZ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IMA 4 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถเพิ่มปริมาณต้นปทุมมาขนาดเล็กเป็นจำนวนมากกว่า 30-40 ต้นต่อชิ้นส่วน และเมื่อย้ายต้นจิวดังกล่าวลงบนอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่มี IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าต้นจิ๋วสามารถยืดยาวและพัฒนาไปเป็นต้นที่สมบูรณ์แล้วจึงนำต้นออกปลูกได้ (นพมณี, 2545)

การขยายพันธุ์ปทุมมาด้วยระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวแบบขวดแฝด (TIB)

นพมณี และคณะ (2548) ได้ทำการศึกษาการขยายตัวของต้นและการออกรากของ ปทุมมาเชียงใหม่พื้งค์ ที่เลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวแบบขวดแฝดสภาพปลอดเชื้อ เปรียบเทียบกับการเลี้ยงในอาหารแข็งและอาหารเหลว โดยการนำต้นปทุมมาที่เพาะเลี้ยงในอาหาร สูตร MS (1962) ที่ปราศจากฮอร์โมนเป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า การเพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวมีจำนวนต้นรวมต่อขวดสูงกว่าระบบอาหารแข็งประมาณ 15-17 เท่า ในขณะที่การเลี้ยง ด้วยระบบไบโอรีแอคเตอร์ให้จำนวนต้นรวมต่อขวดสูงถึง 933.0 ต้นต่อขวด ขณะที่ต้นที่เพาะเลี้ยงใน อาหารแข็งมีจำนวนต้นรวมเพียง 54.6 ต้นต่อขวด

นพมณี และคณะ (2552) ได้พัฒนาระบบการผลิตต้นพันธุ์ปทุมมากระถางด้วยการ ใช้ระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวแบบขวดแฝด ตั้งแต่การชักนำการเกิดต้น การเพิ่มปริมาณ และการออกราก พบว่า ระบบการขยายพันธุ์ที่ใช้กับปทุมมาพันธุ์ตัดดอกสามารถใช้กับปทุมมากระถาง กล่าวคือ ในระยะการชักนำเกิดต้นของปทุมมากระถางได้ใช้ช่อดอกเป็นชิ้นส่วนตั้งต้น แล้วนำไป เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่มี BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตรก่อนจนได้ชิ้นส่วนที่มีสีเขียว จึงนำชิ้นส่วนดังกล่าวไปเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวที่ใช้อาหารสูตรเดิม พบว่าการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราว สามารถชักนำต้นที่ได้จากชิ้นส่วนตั้งต้นของช่อดอกปทุมมาได้ โดยมีจำนวนต้นที่ชักนำได้มากกว่า และเร็วกว่าที่ต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง ในระยะการเพิ่มปริมาณได้ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ระยะเวลา จำนวนครั้งในการให้อาหาร ซึ่งต้นปทุมมาเจริญเติบโตได้ดีที่สุดเมื่อให้อาหารนาน 5 นาที 4 ครั้งต่อวัน ในอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่มี TDZ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IMA 4 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ได้ต้นปทุมมาที่เป็นต้นจิวจำนวนมาก แล้วหลังจากนั้นนำต้นปทุมมาที่ ได้มาเพาะเลี้ยงอาหารสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ปราศจากฮอร์โมนสามารถทำให้ต้นขยายและ ออกรากได้ดี

ส่วนวิธีการเตรียมต้นกล้าปทุมมาในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมไปยังต่างประเทศ Topoonyanont et.al. (2009) ได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของการเตรียมต้นปทุมมาที่ได้จากการ เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวเพื่อการขนส่ง โดยการนำต้นปทุมมาที่เพาะเลี้ยงใน ระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวขนาด 3-5 เซนติเมตร มาทำการชักนำให้เกิดรากในกล่อง พลาสติกที่มีอาหารแข็งและอาหารเหลว ปริมาตร 10 และ 20 มิลลิลิตร ซึ่งมีการบรรจุต้นปทุมมา จำนวน 200 ต้นต่อภาชนะ ทำการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 1, 2 และ 3 สัปดาห์ตามลำดับ และในการ เพาะเลี้ยงในสัปดาห์ที่ 2 และ 3 มีการเติมอาหารเพิ่มอีก 10 และ 20 มิลลิลิตรตามลำดับ พบว่าต้น

ปทุมมาที่เพาะเลี้ยงในกล่องพลาสติกที่มีอาหารปริมาตร 20 มิลลิลิตรสามารถเพาะเลี้ยงต้นได้นานกว่า 3 สัปดาห์ และถ้าต้องการเพาะเลี้ยงนานกว่า 3 สัปดาห์ควรจะมีการเติมอาหารเพิ่มอีก 20 มิลลิลิตรในสัปดาห์ที่ 2 ของการเพาะเลี้ยง ซึ่งการเพาะเลี้ยงต้นปทุมมาแบบดังกล่าวสามารถสร้างระบบการขนส่งต้นกล้าปทุมมาแบบใหม่ได้ คือ สามารถทำการเตรียมการก่อนได้ล่วงหน้า ทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้แรงงานจำนวนมากในการเตรียมต้นก่อนส่ง จึงทำให้ลดต้นทุนด้านแรงงานลงได้

สำหรับการขนส่งต้นกล้าปทุมมาที่เตรียมส่งให้ลูกค้าต่างประเทศในระดับอุตสาหกรรมโดยวิธีการขนส่งทางอากาศ นพณี และคณะ (2551) ได้ศึกษาขั้นตอนการขนส่งต้นไม้ทางอากาศไปยังประเทศญี่ปุ่น ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานหลายขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการทำเอกสาร Invoice&Packing List เพื่อส่งให้ลูกค้า การขอใบปลอดศัตรูพืช การติดต่อกับบริษัทตัวแทนส่งสินค้าทางอากาศเพื่อดำเนินการส่งต้นไม้ไปยังประเทศปลายทาง ซึ่งการขนส่งสินค้าทางอากาศมีค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่สูง โดยค่าใช้จ่ายจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ ประเทศปลายทางที่ส่งสินค้า น้ำหนักของสินค้า และขนาดภาชนะบรรจุสินค้า เป็นต้น (พงศธร, 2553: สัมภาษณ์) จะเห็นได้ว่าค่าใช้จ่ายในการส่งสินค้าทางอากาศจะขึ้นอยู่กับน้ำหนัก และขนาดของบรรจุภัณฑ์ ดังนั้นในการเตรียมต้นไม้เพื่อส่งให้ลูกค้าควรมีการเลือกภาชนะบรรจุที่มีน้ำหนักเบา และมีขนาดบรรจุที่เหมาะสม โดยสาวิตรี (2551) ได้ทำการศึกษาการเลือกภาชนะบรรจุต้นปทุมมาในสภาพปลอดเชื้อและกล่องบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม เนื่องจากภาชนะบรรจุก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพต้นและความอยู่รอดของต้นที่ส่งไปด้วย และในการศึกษาดังกล่าวพบว่า ภาชนะที่เหมาะสมสำหรับบรรจุต้นปทุมมาปลอดเชื้อไปยังประเทศญี่ปุ่น เป็นกล่องพลาสติกโพลีโพรพิลีนที่มีขนาด 12.4x12.4x7.6 เซนติเมตร สามารถนั่งผ่าเข้าได้และบรรจุต้นปทุมมาที่มีขนาด 5-6 เซนติเมตรได้จำนวน 200 ต้น และนอกจากนี้ยังทำการศึกษากล่องบรรจุภัณฑ์สำหรับขนส่งที่เหมาะสม คือ กล่องบรรจุที่เป็นกล่องโฟม และกล่องกระดาษลูกฟูกขนาดต่างๆ กัน ซึ่งกล่องแต่ละขนาดก็สามารถบรรจุกล่องพลาสติกที่ใส่ต้นปทุมมาดังกล่าวได้จำนวนไม่เท่ากัน ดังนั้นผู้ประกอบการควรเลือกกล่องบรรจุสินค้าให้เหมาะสมกับสินค้าที่จะส่ง เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งลงได้

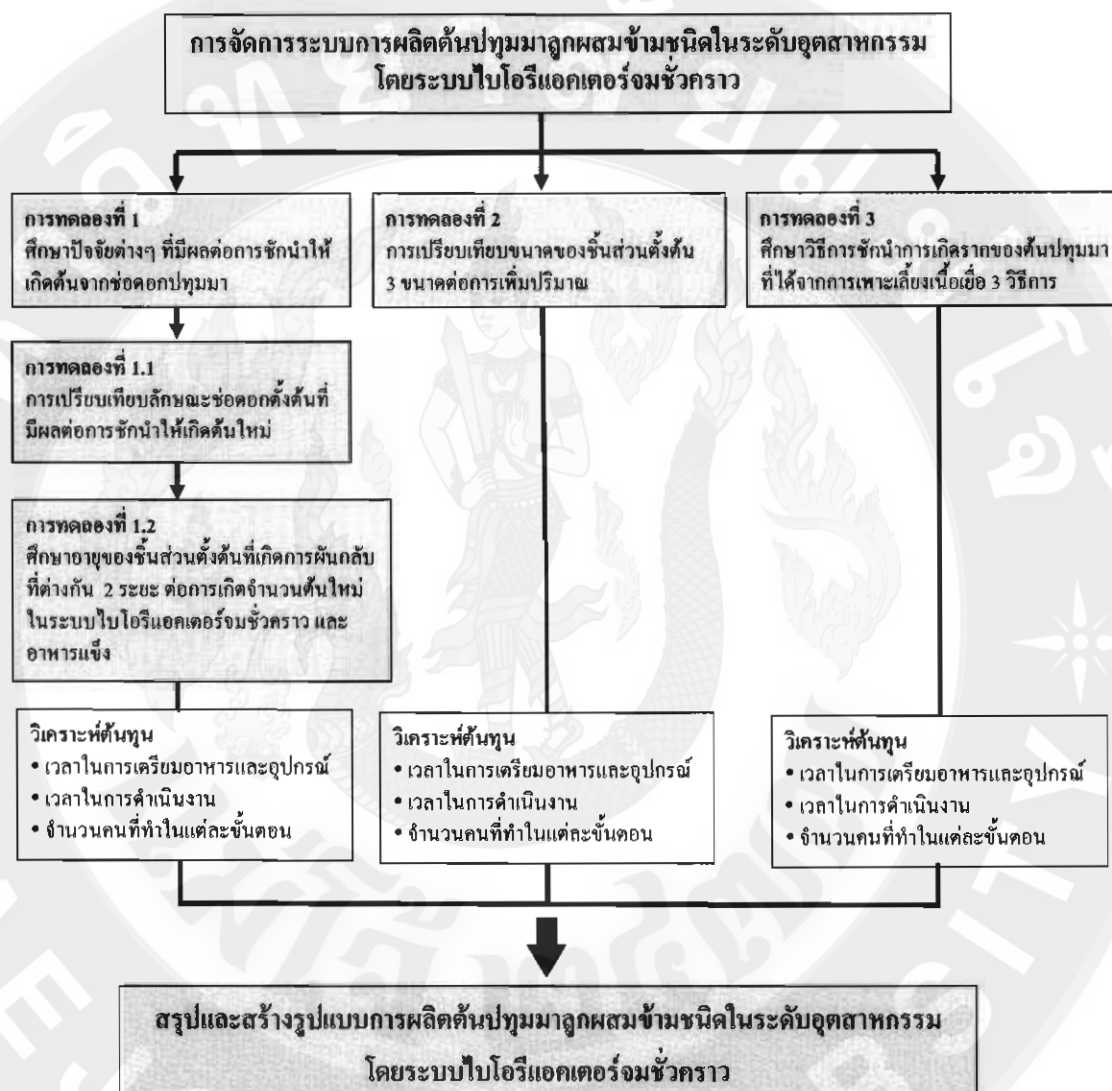
บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์และสารเคมี

1. ต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด 3 สายพันธุ์ ได้แก่ C3 C11 และ C16 ที่ได้รับความอนุเคราะห์จาก รองศาสตราจารย์ธัญญา เตชะศรีวิชัย ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน
2. อาหารแข็งและอาหารเหลวสูตร MS ดัดแปลง (1962) สำหรับระยะชักนำเกิดต้นจากช่อดอก ระยะเพิ่มปริมาณ และ ระยะชักนำการออกรากของปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด
3. สารเคมีสำหรับพอกฆ่าเชื้อพื้นผิวชิ้นส่วนที่จะชักนำให้เกิดต้น ได้แก่ เอทิลแอลกอฮอล์ ความเข้มข้น 70% เมอร์คิวริกคลอไรด์ความเข้มข้น 0.1% และน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว
4. ขวดแก้วขนาด 5.5 x 10.5 เซนติเมตร ปริมาตร 240 มิลลิลิตร (ทางการค้า เรียก ขวดแก้วขนาด 8 ออนซ์)
5. ขวดแก้วขนาด 7.5 x 15 ปริมาตร 720 มิลลิลิตร (ทางการค้า เรียก ขวดแก้วขนาด 24 ออนซ์)
6. กล่องพลาสติกโพลิโพรพิลีน (Polypropylene: PP) ทรงสี่เหลี่ยมขนาด 12.4x12.4x7.6 เซนติเมตร ปริมาตร 650 มิลลิลิตร
7. อุปกรณ์และภาชนะสำหรับระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวแบบขวดแผ่น
8. เครื่องชั่งไฟฟ้าชนิดสองตำแหน่ง
9. เครื่องชั่งไฟฟ้าชนิดสี่ตำแหน่ง
10. เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง
11. หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ
12. เตาแก๊ส
13. ตู้ปลอดเชื้อ
14. มีดผ่าตัดเบอร์ 11 และ 24
15. ปากคีบ
16. อุปกรณ์เครื่องแก้วต่างๆ สำหรับการเตรียมสารเคมี

วิธีการทดลอง



ภาพ 1 แผนผังงานวิจัยเรื่อง “การจัดการระบบการผลิตต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดในระดับอุตสาหกรรมโดยระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราว”

การทดลองที่ 1 ศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการชักนำให้เกิดต้นจากช่อดอกปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด

การทดลองที่ 1.1 การเปรียบเทียบลักษณะช่อดอกตั้งต้นปทุมมาที่มีผลต่อการชักนำให้เกิดต้นใหม่

1.1.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design or CRD) โดยศึกษา 3 ปัจจัย (ตาราง 1) ได้แก่ ปัจจัย A คือ ลักษณะของช่อดอกที่นำมาชักนำให้เกิดต้น ได้แก่ ช่อดอกบานเล็กน้อย และ ช่อดอกบานเต็มที่ ปัจจัย B คือ ตำแหน่งของชิ้นส่วนตั้งต้นของช่อดอก ได้แก่ ชิ้นส่วนที่ได้จากส่วนยอดของช่อดอก และชิ้นส่วนดอกจากชอกกลีบประดับที่อยู่ถัดจากส่วนยอดสุดลงมา ทำการตัดชิ้นส่วนดอกใน 1 ชอกกลีบประดับ เป็น 1 ชิ้นส่วน และปัจจัย C คือ สายพันธุ์ปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด 3 เบอร์ ได้แก่ C3 C11 และ C16 ดังตาราง 1

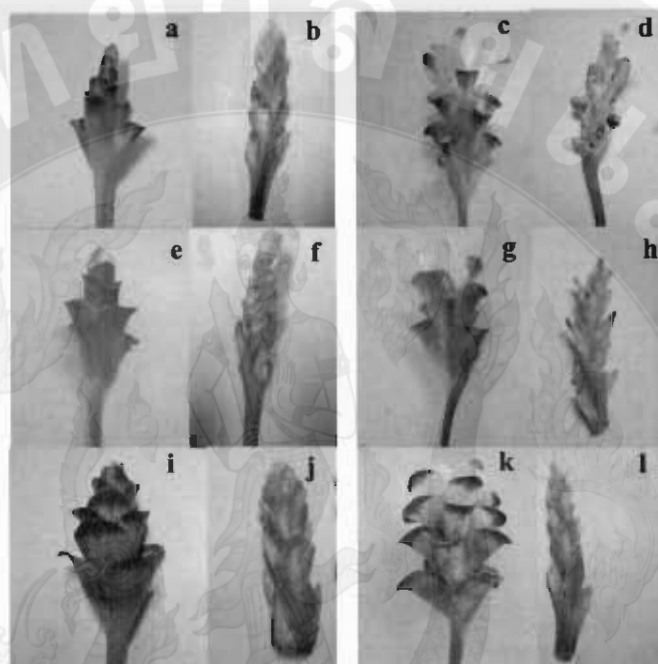
ตาราง 1 การวางแผนการทดลองการเปรียบเทียบลักษณะช่อดอกปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด 3 เบอร์ ตั้งต้นที่มีผลต่อการชักนำให้เกิดต้นใหม่

เบอร์	ช่อดอกบานเล็กน้อย		ช่อดอกบานเต็มที่	
	ชิ้นส่วนดอก จากยอด	ชิ้นส่วนดอกจาก ชอกกลีบประดับ	ชิ้นส่วนดอก จากยอด	ชิ้นส่วนดอกจาก ชอกกลีบประดับ
C3	T1	T2	T3	T4
C11	T5	T6	T7	T8
C16	T9	T10	T11	T12

1.1.2 การเตรียมชิ้นส่วนจากช่อดอกให้ปลอดเชื้อและการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อช่อดอกปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดให้ชักนำให้เกิดต้น

1) นำช่อดอกปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด 3 เบอร์ทั้ง 2 ระยะ คือช่อดอกที่บานเต็มที่ (ช่อดอกที่มีกลีบประดับคลี่ออกหมดแล้ว ทำให้ออกจริงที่อยู่ภายในช่อดอกสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมภายนอกอย่างเต็มที่) และช่อดอกบานเล็กน้อย (ช่อดอกที่กลีบประดับยังไม่คลี่ออกหมดหรือบานไม่เกิน 30 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ออกจริงที่อยู่ภายในช่อดอกยังสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมภายนอกเต็มที่) (ภาพ 2) มาทำความสะอาดภายนอกด้วยการเช็ดด้วยแอลกอฮอล์ 70%

2) เลาะเอากลีบประดับของช่อดอกปทุมมาออก แล้วแยกช่อดอกออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนยอดและส่วนของดอกจริงที่แกะออกจากช่อดอกประดับ



ภาพ 2 ลักษณะช่อดอกบานเล็กน้อย และช่อดอกบานเต็มที่ของปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดเบอร์ C3 (a และ b ดอกบานเล็กน้อย c และ d ดอกบานเต็มที่) C11 (e และ f ดอกบานเล็กน้อย g และ h ดอกบานเต็มที่) และ C16 (i และ j ดอกบานเล็กน้อย k และ l ดอกบานเต็มที่)

3) นำชิ้นส่วนที่แกะแล้วมาฟอกฆ่าเชื้อพื้นผิวด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ 70% นาน 1 นาที แล้วตามด้วยสารละลายเมอร์คิวริกคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.1% นาน 5 นาที แล้วล้างออกด้วยน้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้ว 3 ครั้ง ๆ ละ 1 นาที

4) หลังจากฟอกฆ่าเชื้อแล้วนำชิ้นส่วนมาตัดเอาเนื้อเยื่อส่วนที่ตายจากการฟอกฆ่าเชื้อออกภายในตู้ปลอดเชื้อ แล้วนำไปเพาะเลี้ยงในขวดขนาด 8 ออนซ์ที่มีอาหารแข็งสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีน้ำตาลซูโครส 30 กรัมต่อลิตร และวุ้น 7.5 กรัมต่อลิตร

5) นำขวดที่มีชิ้นส่วนพืชไปเลี้ยงในห้องเพาะเลี้ยงที่มีการให้แสงที่มีความเข้มแสงเท่ากับ $40 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ นาน 16 ชั่วโมงต่อวัน และอุณหภูมิห้องเท่ากับ 25 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 หรือ 10 สัปดาห์ แล้วบันทึกผลการทดลอง

1.1.3 การเก็บข้อมูล

ได้เก็บข้อมูล 2 ส่วนคือ ด้านคุณภาพของดิน ได้แก่ ลักษณะชั้นส่วนที่เกิดการผ่นกลับ เปอร์เซ็นต์ชั้นส่วนที่เกิดการผ่นกลับ เปอร์เซ็นต์ชั้นส่วนที่เกิดการปนเปื้อนของเชื้อหลังจากการพอกฆ่าเชื้อแล้ว เปอร์เซ็นต์ชั้นส่วนชั้นส่วนที่ตาย เปอร์เซ็นต์ชั้นส่วนที่ไม่ผ่นกลับ ระยะเวลาการชักนำให้เกิดต้นจากช่อดอก และด้านต้นทุน ได้แก่ จำนวนคนที่ใช้ และเวลาที่ใช้ในการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน

การทดลองที่ 1.2 การศึกษาอายุของชิ้นส่วนตั้งต้นของปทุมมาถูกผสมข้ามชนิดที่เกิดการผ่นกลับที่ต่างกัน 2 ระยะ ต่อการเกิดต้นใหม่ในระบบ TIB และอาหารแข็ง

1.2.1 การวางแผนการทดลอง

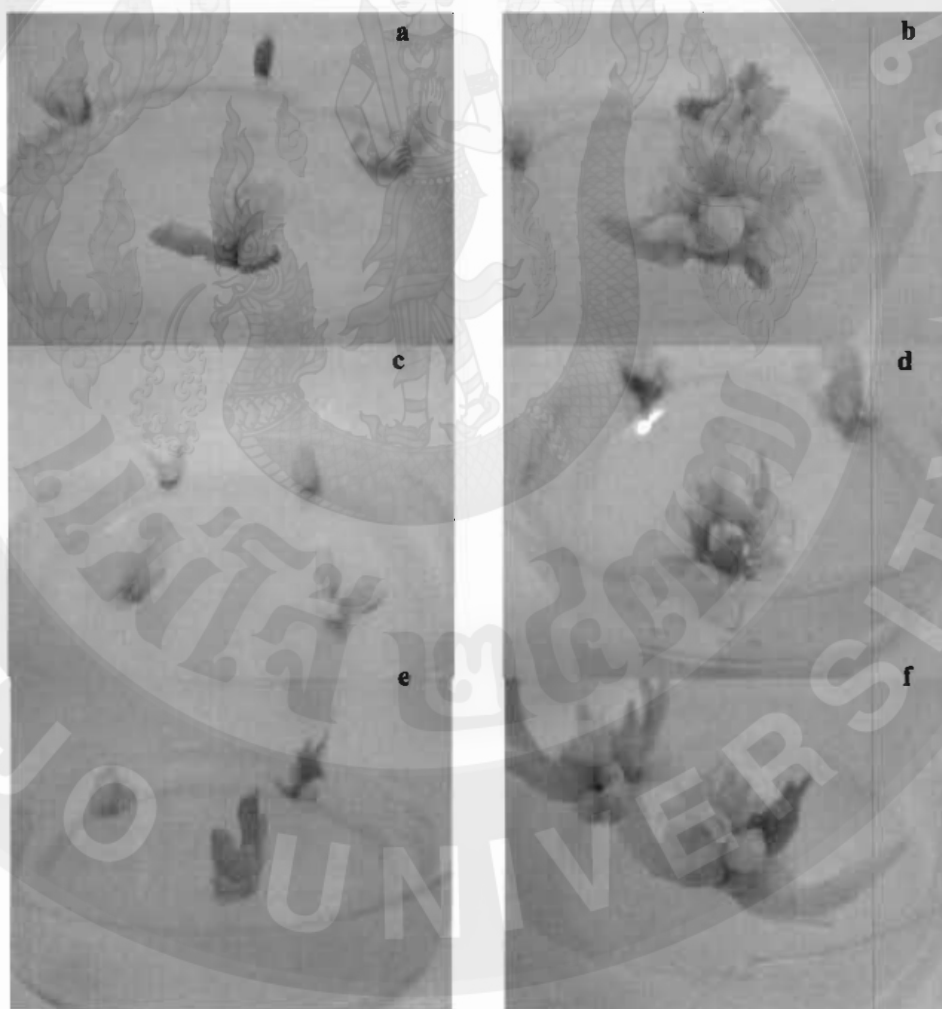
วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design or CRD) โดยศึกษา 4 ปัจจัย คือ ปัจจัย A คือ ลักษณะของช่อดอกที่นำมาชักนำให้เกิดต้น ได้แก่ ช่อดอกบานเล็กน้อย และ ช่อดอกบานเต็มที่ ปัจจัย B คือ ตำแหน่งของชิ้นส่วนตั้งต้นจากช่อดอก ได้แก่ ชิ้นส่วนดอกที่ได้จากส่วนยอดสุดของช่อดอก และชิ้นส่วนดอกจริงจากชอกกลีบประดับที่อยู่ถัดลง ปัจจัย C คือ อายุของชิ้นส่วนตั้งต้น 2 ระยะ ได้แก่ ชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงแล้วเป็นระยะเวลา 6 และ 10 สัปดาห์ ปัจจัย D คือ วิธีการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนที่ได้จากการทดลองที่ 1.1 ได้แก่ การเพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราว และอาหารแข็ง ตามตาราง 2 ดังนี้

ตาราง 2 การวางแผนการทดลองการศึกษาอายุของชิ้นส่วนตั้งต้นของปทุมมา 3 เบอร์ ตั้งต้นที่เกิดการผ่นกลับที่ต่างกัน 2 ระยะ (6 หรือ 10 สัปดาห์) ต่อการเกิดจำนวนต้นใหม่ในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราว และอาหารแข็ง

เบอร์ ปทุมมา ถูกผสม	ไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราว				อาหารแข็ง			
	ดอกบานเล็กน้อย		ดอกบานเต็มที่		ดอกบานเล็กน้อย		ดอกบานเต็มที่	
	ชอกกลีบ ประดับ	ชอกกลีบ ประดับ	ชอกกลีบ ประดับ	ชอกกลีบ ประดับ	ชอกกลีบ ประดับ	ชอกกลีบ ประดับ	ชอกกลีบ ประดับ	ชอกกลีบ ประดับ
C3	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
C11	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
C16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24

1.2.2 การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อชิ้นส่วนตั้งต้นจากช่อดอกจากการทดลองที่ 1.1 ที่อายุต่างกัน 2 ระยะ คือ 6 หรือ 10 สัปดาห์ ในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวและอาหารแข็ง

1) จากการทดลองที่ 1.1 ได้ชิ้นส่วนตั้งต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดที่ถูกชักนำให้เกิดต้นจากช่อดอกที่เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 หรือ 10 สัปดาห์ จากชิ้นส่วนตั้งต้นที่มาจากยอด และชิ้นส่วนดอกจากช่อกกลีบประดับ ของช่อดอกปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดทั้ง 3 เบอร์ทั้งที่เป็นดอกบานเต็มที่และบานเล็กน้อย (ภาพ 3) มาทำการย้ายลงอาหารใหม่



ภาพ 3 ลักษณะชิ้นส่วนเดียวจากกลีบประดับและส่วนยอดของช่อดอกบานเล็กน้อย และช่อดอกบานเต็มที่ของปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดเบอร์ C3 (a ดอกบานเล็กน้อย b ดอกบานเต็มที่) C11 (c ดอกบานเล็กน้อย d ดอกบานเต็มที่) และ C16 (e ดอกบานเล็กน้อย f ดอกบานเต็มที่)

2) แบ่งชิ้นส่วนที่มีสีเขียวดังกล่าว ไปเพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอกเตอร์ จมข้าวคราวและอาหารแข็งสูตร MS คัดแปลง (1962) ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีน้ำตาลซูโครส 30 กรัมต่อลิตร และอาหารแข็งมีการเติมวุ้น 7.5 กรัมต่อลิตร โดยในระบบไบโอรีแอกเตอร์จมข้าวคราวมีการให้อาหาร 2 ครั้งต่อวัน ครั้งละ 1 นาที

3) นำขวดเพาะเลี้ยงไปเลี้ยงในห้องเพาะเลี้ยงที่มีการให้แสงที่มีความเข้มแสงเท่ากับ $40 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ นาน 16 ชั่วโมงต่อวัน และอุณหภูมิห้องเท่ากับ 25 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ แล้วบันทึกผลการทดลอง

1.2.3 การเก็บข้อมูล

ได้เก็บข้อมูลเป็น 2 ส่วนคือ ด้านคุณภาพของต้น ได้แก่ ลักษณะต้นที่เกิดใหม่ จำนวนต้นเกิดใหม่ต่อกอ และระยะเวลาการชักนำให้เป็นต้นจากชิ้นส่วนช่อดอก และด้านต้นทุน ได้แก่ จำนวนคนที่ใช้ และเวลาที่ใช้ในการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน

การทดลองที่ 2 การเปรียบเทียบขนาดของชิ้นส่วนตั้งต้นของปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด 3 ขนาดต่อการเพิ่มปริมาณต้น

2.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design or CRD) โดยศึกษา 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัย A คือ วิธีการเพาะเลี้ยงต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดในระยะเพิ่มปริมาณ ได้แก่ การเพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวและอาหารแข็ง ส่วนปัจจัย B คือ ขนาดของชิ้นส่วนตั้งต้นสำหรับการเพิ่มปริมาณ ได้แก่ ต้นเดี่ยวเล็ก ต้นเดี่ยวใหญ่ และต้นกลุ่ม ตามตาราง 3

ตาราง 3 การวางแผนการทดลองการเปรียบเทียบขนาดของชิ้นส่วนตั้งต้น 3 ขนาดต่อการเพิ่มปริมาณต้น

ขนาดต้น / วิธีการเพาะเลี้ยง	ต้นเดี่ยวเล็ก	ต้นเดี่ยวใหญ่	ต้นกลุ่ม
ไบโอรีแอคเตอร์ จุ่มชั่วคราว	T1	T2	T3
อาหารแข็ง	T4	T5	T6

2.2 การเพาะเลี้ยงต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดในระยะเพิ่มปริมาณ ในระบบไบโอรีแอคเตอร์และอาหารแข็ง

2.2.1 นำต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดที่จากการชักนำการเกิดต้นมาเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MS คัดแปลง (1962) ที่มี TDZ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และ IMA 4 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีน้ำตาลซูโครส 30 กรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ แล้วจึงต้นที่ได้มาใช้เป็นชิ้นส่วนของการทดลองนี้

2.2.2 ทำการตัดแยกต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดดังกล่าวให้ได้ 3 ขนาด ได้แก่ ต้นเดี่ยวเล็ก คือชิ้นส่วนที่เป็นต้นเดี่ยวสูง 0.5-1.5 เซนติเมตร ต้นเดี่ยวใหญ่ คือชิ้นส่วนที่เป็นต้นเดี่ยวสูง 2-4 เซนติเมตร และต้นกลุ่ม คือชิ้นส่วนที่มีต้นจำนวน 3-4 ต้นต่อชิ้นส่วน หลังจากนั้นทำการตัดใบ คัดรากของชิ้นส่วนตั้งต้นแต่ละขนาดให้มีความสูงไม่เกิน 2 เซนติเมตร (ภาพ 4)



ภาพ 4 ชิ้นส่วนตั้งต้น 3 ขนาดที่ใช้ในการศึกษาการเพิ่มปริมาณ คือ ต้นเคียวเล็ก (0.5-1.5 เซนติเมตร) (a) ต้นเคียวใหญ่ (2-4 เซนติเมตร) (b) และต้นกลุ่ม (3-4 ต้นต่อชิ้นส่วน) (c)

2.2.3 นำชิ้นส่วนตั้งต้นทั้ง 3 ขนาดไปเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MS คัดแปลง (1962) ที่มี TDZ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และ IMA 4 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีน้ำตาลซูโครส 30 กรัมต่อลิตร ในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราว และอาหารแข็งที่มีการเติมวุ้น 7.5 กรัมต่อลิตร โดยจำนวนชิ้นส่วนตั้งต้นต่อภาชนะในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวมี 50 ชิ้นส่วนต่ออาหารเหลว 300 มิลลิตร และมีการให้อาหาร 2 ครั้งต่อวัน ครั้งละ 2 นาที ส่วนในขวดที่มีอาหารแข็งมีจำนวน 25 ชิ้นส่วนต่ออาหาร 150 มิลลิตร

2.2.4 นำภาชนะไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวและขวดอาหารแข็งไปเพาะเลี้ยงในห้องเพาะเลี้ยงที่มีการให้แสงที่มีความเข้มแสงเท่ากับ $40 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ นาน 16 ชั่วโมงต่อวัน และอุณหภูมิห้องเท่ากับ 25 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ บันทึกผลการทดลอง

2.3 การเก็บข้อมูล

การศึกษาลักษณะของลักษณะชิ้นส่วนตั้งต้น 3 ขนาดที่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณต้นปทุมมาถูกผสมข้ามชนิด ได้มีการเก็บข้อมูลเป็น 2 ส่วน คือ ด้านคุณภาพต้น ได้แก่ ลักษณะต้นที่เพาะเลี้ยง จำนวนต้นใหม่ต่อกอ จำนวนต้นขนาดต่างๆ ต่อกอ ความสูงต้น จำนวนใบ และน้ำหนักสดต่อชิ้นส่วน และด้านต้นทุน ได้แก่ จำนวนคนที่ใช้ และเวลาที่ใช้ในการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน

การทดลองที่ 3 การศึกษาวิธีการชักนำการเกิดรากของต้นปทุมมาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ 3 วิธีการ

3.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design or CRD) โดยทำการศึกษาวิธีการชักนำให้ออกรากของต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด 3 วิธี ได้แก่ การชักนำการออกรากในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราว ในอาหารแข็ง และในกล่องพลาสติกที่มีอาหารเหลว 10 มิลลิลิตร เพื่อให้ได้ต้นมีคุณภาพดี พร้อมทั้งสามารถลดเวลาการทำงานและลดขั้นตอนการเตรียมต้นเพื่อส่งให้ลูกค้าได้

3.2 การเตรียมต้นปทุมมาในระยะออกรากเพื่อเพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราว อาหารแข็ง และกล่องพลาสติกที่มีการเติมอาหารเหลว

3.2.1 นำต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวที่มีอาหารสูตร MS คัดแปลง (1962) ที่มี TDZ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และ IMA 4 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่เพาะเลี้ยงนาน 6 สัปดาห์มาคัดขนาด 3-5 เซนติเมตร

3.2.2 นำต้นที่คัดขนาดแล้วมาคัดรากออก แล้วนำไปเพาะเลี้ยงด้วยวิธีการเพาะเลี้ยง 3 วิธี คือ การเพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราว อาหารแข็ง และกล่องพลาสติก ในอาหารสูตร MS คัดแปลง (1962) ที่ปราศจากฮอร์โมน โดยมีน้ำตาลซูโครส 30 กรัมต่อลิตร

3.2.3 ทำการเพาะเลี้ยงต้นปทุมมาจำนวน 50 ต้นในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวที่มีอาหารเหลวปริมาตร 300 มิลลิลิตร และมีการให้อาหาร 2 ครั้งต่อวัน ครั้งละ 2 นาที่

3.2.4 ทำการเพาะเลี้ยงต้นปทุมมาจำนวน 25 ต้นในขวดที่มีอาหารแข็ง ปริมาตร 150 มิลลิลิตร ในอาหารที่มีการเติมวุ้น 7.5 กรัมต่อลิตร

3.2.5 ทำการเพาะเลี้ยงต้นจำนวน 50 ต้นในกล่องพลาสติกที่มีอาหารเหลว 10 มิลลิลิตรต่อกล่อง

3.2.6 จากนั้นนำภาชนะทั้ง 3 แบบไปเพาะเลี้ยงในห้องเพาะเลี้ยงที่มีการให้แสงที่มีความเข้มแสงเท่ากับ $40 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ นาน 16 ชั่วโมงต่อวัน และอุณหภูมิห้องเท่ากับ 25 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ บันทึกผลการทดลอง

3.3 การเก็บข้อมูล

ได้มีการเก็บข้อมูลเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของคุณภาพต้น ได้แก่ ลักษณะต้นที่เพาะเลี้ยง น้ำหนักสดต่อต้น ความสูงต้น จำนวนใบต่อต้น เปอร์เซ็นต์ต้นที่ออกราก จำนวนรากต่อต้น ความยาวราก จำนวนต้นที่เกิดใหม่ และความสูงต้นที่เกิดใหม่ และด้านต้นทุน ได้แก่ จำนวนคน และเวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน

การสร้างรูปแบบการผลิตต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดในระดับอุตสาหกรรม

นำข้อมูลของผลการทดลองที่ได้จากการทดลองที่ 1, 2 และ 3 มาประมวลผลให้เกิดความเชื่อมโยงกัน แล้วมาสร้างเป็นรูปแบบระบบการผลิตต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดในระดับอุตสาหกรรม ตั้งแต่ระยะการชักนำให้เกิดต้นจากช่อดอก การเพิ่มปริมาณ การยืดยาวและออกราก และการขนส่ง

การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการบันทึกข้อมูลทั้งหมดตามที่กล่าวมาข้างต้น แล้วนำข้อมูลที่ได้จากแต่ละการทดลองมาทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (analysis of variance) ด้วยโปรแกรม Statgraphics Plus 5.1

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยด้านคุณภาพต้น

ปทุมมา

1. ผลการทดลองที่ 1 ศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการชักนำให้เกดต้นจากช่อดอก

1.1 ผลการทดลองที่ 1.1 การเปรียบเทียบลักษณะช่อดอกตั้งต้นที่มีผลต่อการชักนำให้เกดต้นใหม่

1.1.1 ลักษณะของชิ้นส่วนตั้งต้นจากช่อดอกปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดทั้ง 3 เบอร์ ที่เพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกดต้นเป็นระยะเวลา 6 และ 10 สัปดาห์

จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนดอกตั้งต้นที่เป็นชิ้นส่วนดอกจากช่อดอกดิบระดับและชิ้นส่วนจากยอด ที่ได้จากช่อดอกบานเล็กน้อยและช่อดอกบานเต็มที่ของปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดทั้ง 3 เบอร์ คือ C3 C11 และ C16 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ในการชักนำให้เกดต้นทำการเพาะเลี้ยงนาน 6 หรือ 10 สัปดาห์ พบว่า ชิ้นส่วนตั้งต้นของช่อดอกปทุมมาเบอร์ C3 (ภาพ 5) ที่ทำการเพาะเลี้ยงนาน 10 สัปดาห์ (ภาพ 5b 5d 5f และ 5h) มีลักษณะชิ้นส่วนที่เป็นสีเขียว และบางชิ้นมีลักษณะคล้ายใบของปทุมมา ซึ่งมีการผ่นกลับเป็นต้นที่เห็นได้มากกว่าและชัดเจนกว่าชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยง 6 สัปดาห์ (ภาพ 5a 5c 5e และ 5g) ที่พบว่าชิ้นส่วนบางชิ้นเปลี่ยนเป็นสีเขียวอ่อนเล็กน้อยและไม่พบการแตกต้นและใบ หากเปรียบเทียบช่อดอกที่บานเล็กน้อยและบานเต็มที่แล้วพบว่า ชิ้นส่วนที่ได้จากช่อดอกบานเล็กน้อย (ภาพ 5a 5b 5c และ 5d) มีชิ้นส่วนที่เขียวมากกว่าชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเต็มที่ (ภาพ 5e 5f 5g และ 5h) และนอกจากนี้ยังพบชิ้นส่วนจากยอด (ภาพ 5c 5d 5g และ 5h) มีการแตกเป็นต้นมากกว่าชิ้นส่วนดอกจากช่อดอกดิบระดับ (ภาพ 5a 5b 5e และ 5f) โดยเฉพาะชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อยส่วนยอด ที่เพาะเลี้ยงนาน 10 สัปดาห์ (ภาพ 5d) มีผ่นกลับเป็นต้นอย่างเห็นได้ชัด คือ มีลักษณะของใบและลำต้นแตกเป็นกอนที่ปนกับส่วนที่ดอกของปทุมมา

ชิ้นส่วนตั้งต้นของช่อดอกปทุมมาเบอร์ C11 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารชักนำการเกิดต้นเป็นระยะเวลา 6 หรือ 10 สัปดาห์ พบว่า ชิ้นส่วนตั้งต้นที่ทำการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ (ภาพ 6b 6d และ 6f) มีลักษณะชิ้นส่วนที่เป็นสีเขียว และบางชิ้นส่วนต้นพบชิ้นส่วนที่เกิด

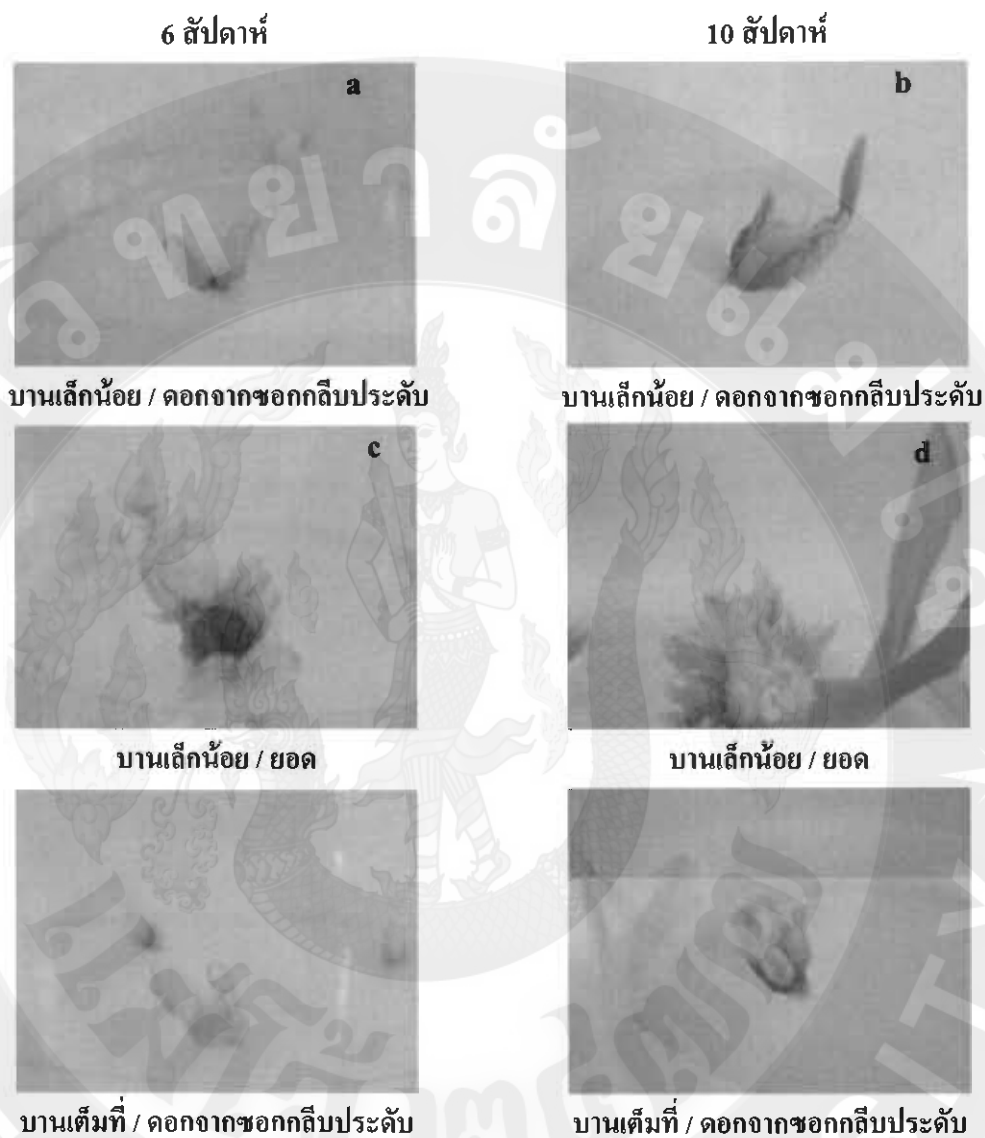
ใบร่วมกับชิ้นส่วนดอกอยู่ภายในกอกเดียวกัน สามารถเห็นได้ชัดเจนกว่าชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยง 6 สัปดาห์ (ภาพ 6a 6c และ 6e) ที่พบว่าชิ้นส่วนบางชิ้นเปลี่ยนเป็นสีเขียวอ่อนบ้างเล็กน้อยและไม่ปรากฏลักษณะของใบและแตกต้น และชิ้นส่วนที่ได้จากช่อดอกบานเล็กน้อย (ภาพ 6a 6b 6c และ 6d) มีชิ้นส่วนที่เป็นสีเขียวมากกว่าชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเต็มที่ (ภาพ 6e และ 6f) ส่วนการเปรียบเทียบชิ้นส่วนจากยอดและดอกจากช่อกกลีบประดับพบว่า ชิ้นส่วนจากยอด (ภาพ 6c และ 6d) มีการผกผันเป็นต้น ที่ยังคงลักษณะของดอกไว้บางส่วน และบางชิ้นส่วนมีการบวมขึ้นและเกิดสีเขียวขึ้นเล็กน้อย อีกทั้งชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อยส่วนยอดที่เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ (ภาพ 6d) จะพบการผกผันเป็นต้นอย่างเห็นได้ชัดที่สุด คือ มีลักษณะของต้นปทุมมา มีการแตกออกเป็นชิ้นส่วนที่คล้ายใบของปทุมมาปนกับส่วนที่เป็นดอกของปทุมมา ส่วนชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเต็มที่ส่วนยอดที่เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 และ 10 สัปดาห์เกิดการปนเปื้อนเชื้อและมีการเสียหายของชิ้นส่วนหมดจึงไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบได้

จากการสังเกตชิ้นส่วนตั้งต้นของช่อดอกปทุมมาเบอร์ C16 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารชักนำการเกิดต้นเป็นระยะเวลา 6 หรือ 10 สัปดาห์ พบว่า ชิ้นส่วนตั้งต้นที่ทำการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ (ภาพ 7b 7d 7f และ 7h) ชิ้นส่วนบางชิ้นที่แตกเป็นต้นพร้อมใบ แต่บางชิ้นส่วนยังคงเป็นสีเขียว แต่อย่างไรก็ตามชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงนาน 10 สัปดาห์นี้มีการผกผันเป็นต้นที่เห็นได้มากกว่าชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยง 6 สัปดาห์ (ภาพ 7a 7c 7e และ 7g) ที่พบว่าบางชิ้นส่วนเปลี่ยนเป็นสีเขียวอ่อนบ้างเล็กน้อยและบางชิ้นส่วนมีการแตกต้นที่มีใบปนกับส่วนที่เป็นดอกอยู่ในกอกเดียว นอกจากนี้ยังสังเกตพบว่า ชิ้นส่วนที่ได้จากช่อดอกบานเล็กน้อย (ภาพ 7a 7b 7c และ 7d) มีชิ้นส่วนที่เป็นสีเขียวและแตกต้นมากกว่าชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเต็มที่ (ภาพ 3e 3f 3g และ 3h) นอกจากนี้ยังพบว่าชิ้นส่วนจากยอด (ภาพ 7c 7d 7g และ 7h) มีการผกผันเป็นต้นร่วมกับการพองของดอก และชิ้นส่วนดอกจากช่อกกลีบประดับ (ภาพ 7a 7b 7e และ 7f) มีชิ้นส่วนที่มีการบวมของชิ้นส่วนและเกิดสีเขียวขึ้นเพียงเล็กน้อย และในชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อยและดอกบานเต็มที่ส่วนยอด ที่เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ (ภาพ 7d และ 7h) พบการผกผันเป็นต้นอย่างเห็นได้ชัด คือ เป็นต้นปทุมมาที่สมบูรณ์ และมีการแตกออกเป็นชิ้นส่วนที่คล้ายใบปนกับส่วนที่เป็นดอกของปทุมมา ส่วนชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเต็มที่ส่วนยอดที่เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 และ 10 สัปดาห์เกิดการปนเปื้อนเชื้อและชิ้นส่วนมีการเสียหายทั้งหมดจึงไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบได้

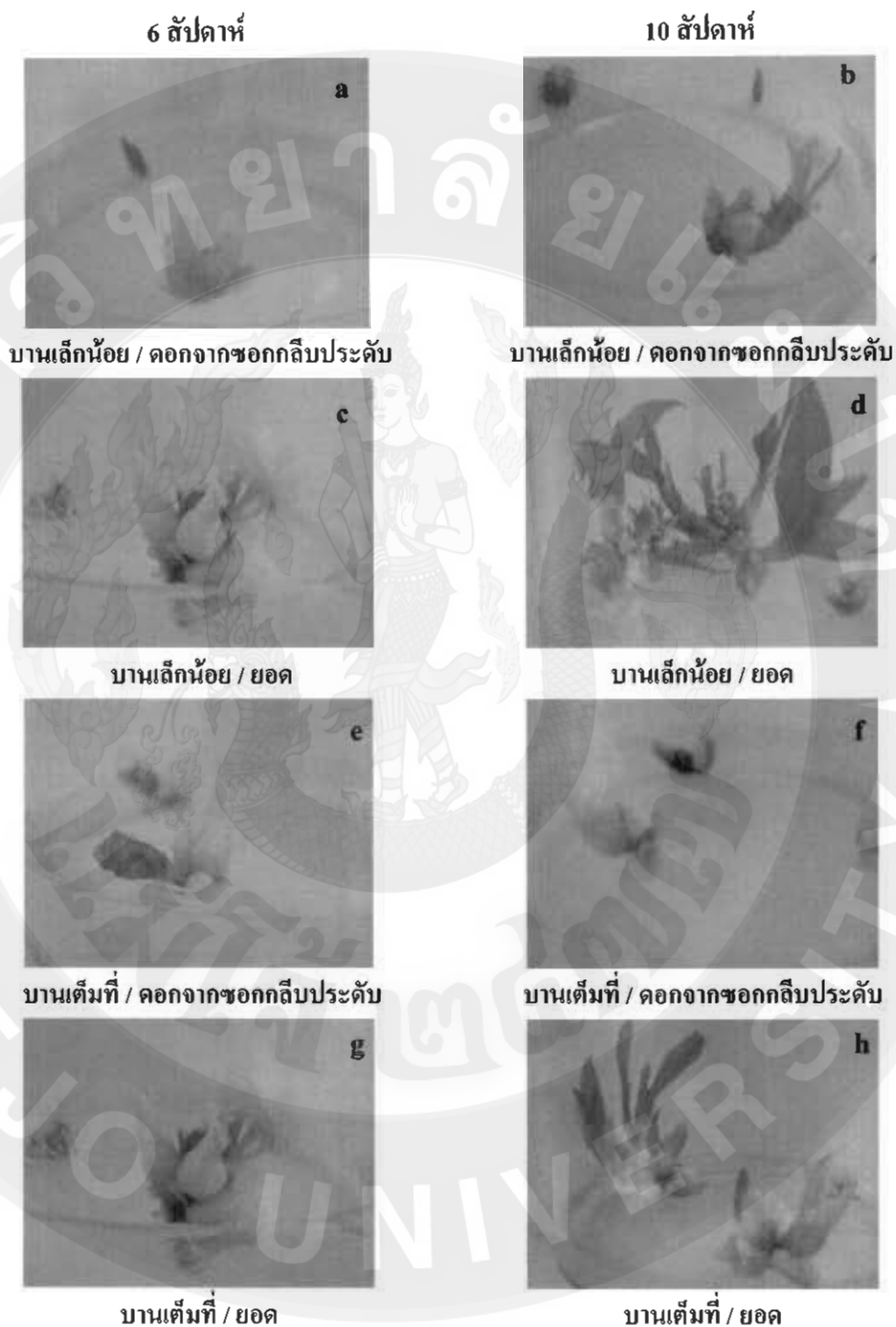
จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้นจากช่อดอกปทุมมาทั้ง 3 เบอร์ เป็นระยะเวลา 6 และ 10 สัปดาห์ พบว่าชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ เกิดการผกผันได้มากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด และพบว่าชิ้นส่วนจากส่วนยอด เกิดการผกผันเป็นต้นได้เร็วกว่าชิ้นส่วนดอกจากช่อกกลีบประดับ โดยเฉพาะชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อยส่วนยอด มีการแตกเป็นต้นที่มีใบชัดเจน



ภาพ 5 ลักษณะของชิ้นส่วนจากยอดและชิ้นส่วนดอกจากซอกกลีบประดับที่เกิดการผ่นกลับจากข้อดอกปทุมมา (บานเล็กน้อยและบานเต็มที) เบอร์ C3 ที่ทำการเพาะเลี้ยงใน อาหารเชิงสูตร MS ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (a c e และ g) และ 10 สัปดาห์ (b d f และ h)



ภาพ 6 ลักษณะของชิ้นส่วนจากยอดและชิ้นส่วนดอกจากชอกกลีบประดับที่เกิดการผ่นกลับจากช่อดอกปทุมมา (บานเล็กน้อยและบานเต็มที่) เบอร์ C11 ที่ทำการเพาะเลี้ยงใน อาหารแข็งสูตร MS ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (a c และ e) และ 10 สัปดาห์ (b d และ f) ส่วนชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเต็มที่ส่วนยอดที่เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ และ 10 สัปดาห์ เกิดการเสียหายระหว่างทำการเพาะเลี้ยง



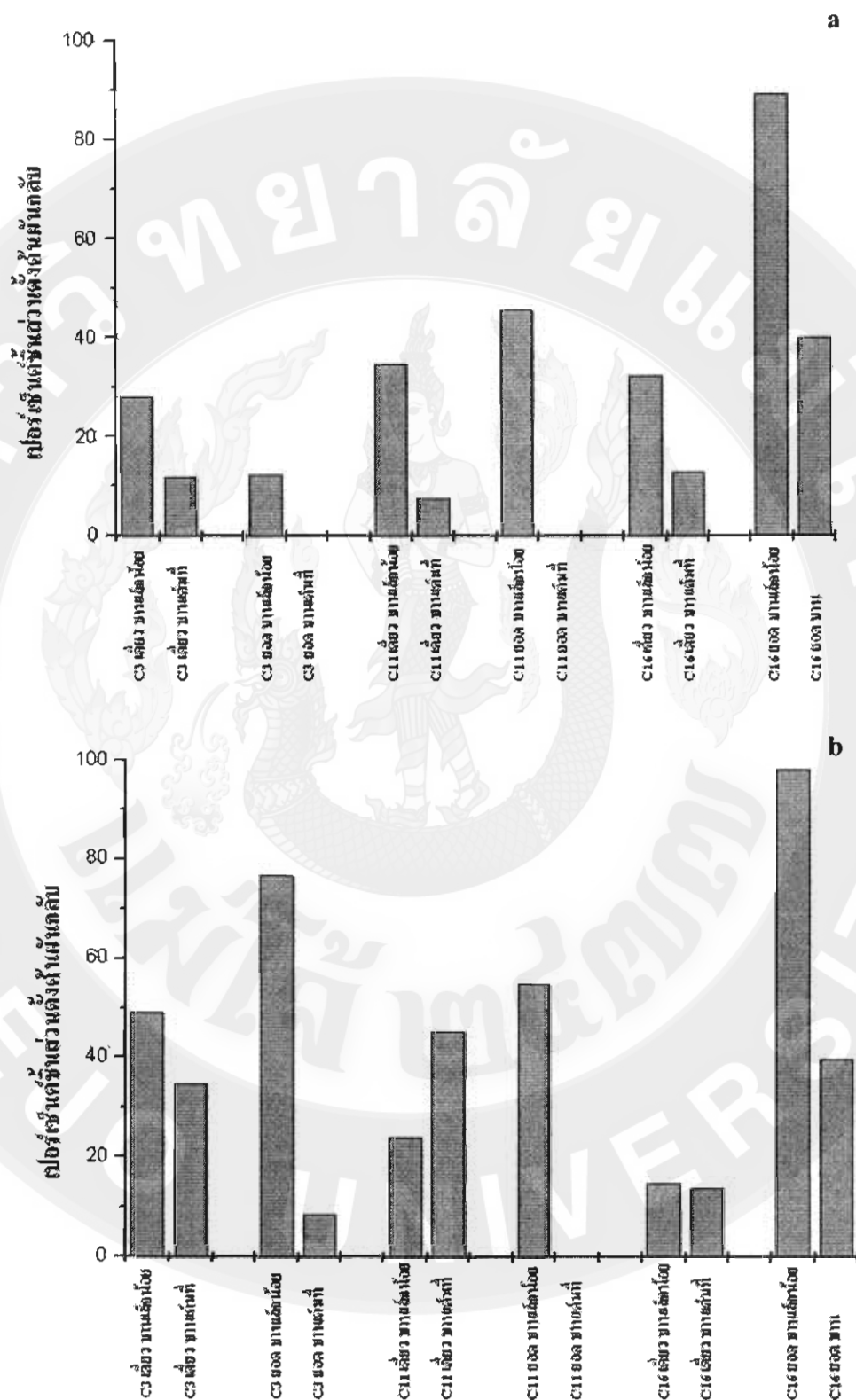
ภาพ 7 ลักษณะของขึ้นส่วนจากยอดและขึ้นส่วนดอกจากชอกกลีประดับที่เกิดการผันกลับจากช่อดอกปทุมมา (บานเล็กน้อยและบานเต็มที่) เบอร์ C16 ที่ทำการเพาะเลี้ยงใน อาหารแข็งสูตร MS ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (a c e และ g) และ 10 สัปดาห์ (b d f และ h)

1.1.2 เปอร์เซ็นต์ขึ้นส่วนตั้งต้นที่เกิดจากการผกผันจากช่อดอกปทุมมา ถูกผสมข้ามชนิด 3 เบอร์ หลังจากการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ และ 10 สัปดาห์

จากภาพ 8 เปอร์เซ็นต์ขึ้นส่วนตั้งต้นที่เกิดจากผกผันได้จากช่อดอกที่บานเล็กน้อย และบานเต็มที่ของปทุมมาถูกผสมข้ามชนิดทั้ง 3 เบอร์ คือ C3 C11 และ C16 ที่เพาะเลี้ยงในอาหาร เจี๋งสูตร MS ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ในการชัก นำให้เกิดต้นที่เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 และ 10 สัปดาห์พบว่าขึ้นส่วนตั้งต้นจากช่อดอกปทุมมาทั้ง 3 เบอร์ที่เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (ภาพ 8a) มีเปอร์เซ็นต์การผกผันของขึ้นส่วนตั้งต้น จากช่อดอกบานเล็กน้อยมากกว่าขึ้นส่วนที่ได้จากช่อดอกบานเต็มที่ในทั้ง 3 เบอร์ และเมื่อพิจารณา ตำแหน่งของขึ้นส่วนจะเห็นได้ว่า ขึ้นส่วนจากส่วนยอดจะมีการผกผันได้ดีกว่าขึ้นส่วนจากชอก กลีบประดับทั้งในดอกบานเล็กน้อยและดอกบานเต็มที่ของปทุมมาทุกเบอร์ และจะเห็นได้ว่าการ ผกผันของขึ้นส่วนของปทุมมาทั้ง 3 เบอร์มีการผกผันที่แตกต่างกัน โดยปทุมมาเบอร์ C16 จะมีการ ผกผันได้ดีกว่าปทุมมาเบอร์ C11 และ C3 โดยเฉพาะขึ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อยตำแหน่ง ยอดของปทุมมาเบอร์ C16 มีการผกผันได้ดีที่สุดถึง 88.9 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าขึ้นส่วนจากช่อดอกบานเต็มที่ตำแหน่งยอดถึง 48.9 เปอร์เซ็นต์ และมากกว่าขึ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อยและ ช่อดอกบานเต็มที่ตำแหน่งชอกจากชอกกลีบประดับถึง 56.7 และ 76.0 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ส่วนการเพาะเลี้ยงขึ้นส่วนตั้งต้นจากช่อดอกปทุมมาทั้ง 3 เบอร์เป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ (ภาพ 8b) พบว่า มีการผกผันของขึ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อยมากกว่าขึ้นส่วนที่ได้ จากช่อดอกบานเต็มที่ในปทุมมาทั้ง 3 เบอร์ ยกเว้นเบอร์ C11 ที่ขึ้นส่วนดอกเดี่ยวจากชอกกลีบประดับที่มีเปอร์เซ็นต์การผกผันของช่อดอกบานเต็มที่มากกว่าช่อดอกบานเล็กน้อย และเมื่อ พิจารณาดำแหน่งของขึ้นส่วนจะเห็นได้ว่าขึ้นส่วนยอดมีเปอร์เซ็นต์การผกผันที่ดีกว่าขึ้นส่วนดอก เดี่ยวจากชอกกลีบประดับของทั้งดอกบานเล็กน้อยและดอกบานเต็มที่ ยกเว้นในช่อดอกบานเต็มที่ ของปทุมมาเบอร์ C3 และ C11 ตำแหน่งขึ้นส่วนเดี่ยวจากชอกกลีบประดับมีเปอร์เซ็นต์การผกผัน มากกว่าขึ้นส่วนจากยอด และจะเห็นได้ว่าขึ้นส่วนตั้งต้นจากส่วนยอดของช่อดอกบานเล็กน้อยของ ปทุมมาทั้ง 3 เบอร์ คือ C3 C11 และ C16 มีเปอร์เซ็นต์การผกผันของช่อดอกที่สูงที่สุด เท่ากับ 76.7 45.5 และ 98.8 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

เป็นที่น่าสังเกตว่าการผกผันของขึ้นส่วนตั้งต้นทุกลักษณะมีเปอร์เซ็นต์การผกผัน ที่เพิ่มขึ้นจากการเพาะเลี้ยงระยะเวลา 6 สัปดาห์เป็น 10 สัปดาห์ โดยเฉพาะขึ้นส่วนจากช่อดอก ปทุมมาเบอร์ C3 การผกผันในขึ้นส่วนเดี่ยวของช่อดอกบานเล็กน้อยและดอกบานเต็มที่เพิ่มขึ้นถึง 21.1 และ 22.7 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และขึ้นส่วนยอดของช่อดอกบานเล็กน้อยและดอกบานถึง 64.2 และ 8.5 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ



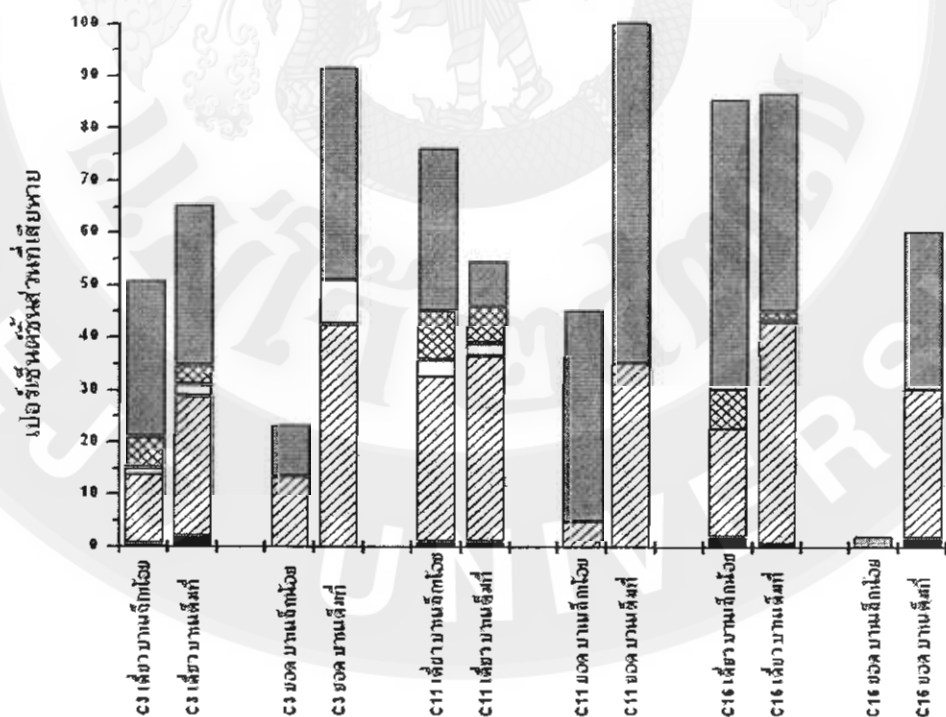
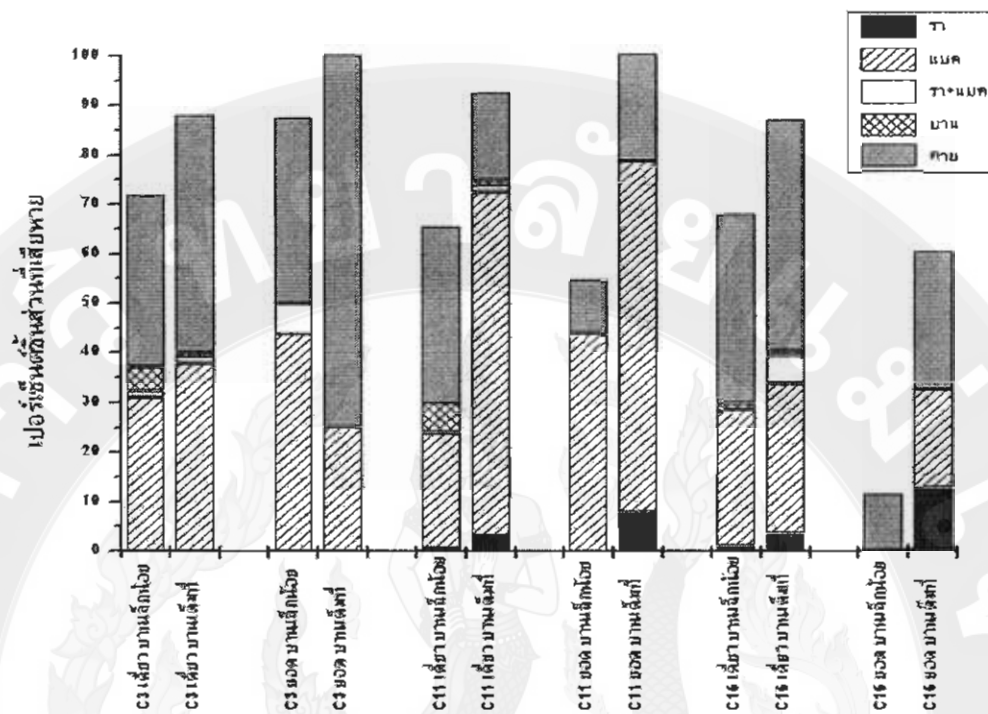
ภาพ 8 เปอร์เซ็นต์ต้นตายส่วนต้งคั่นจากช่อดอกปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดแต่ละอายุของทั้ง 3 เบอร์ ที่เพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดต้นเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (a) และ 10 สัปดาห์ (b)

1.1.3 เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนตั้งต้นที่เสียหายจากการชักนำให้เกิดต้นใหม่ หลังจากเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ และ 10 สัปดาห์

จากภาพ 9 เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนตั้งต้นที่เสียหายจากการชักนำให้เกิดต้นใหม่ของ ชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อยและบานเต็มทีของปทุมมาถูกผสมข้ามชนิดทั้ง 3 เบอร์ที่ทำการ เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ หรือ 10 สัปดาห์ พบว่า ชิ้นส่วนตั้งต้นจากช่อดอกปทุมมาทั้ง 3 เบอร์ที่ทำการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (ภาพ 9a) มีเปอร์เซ็นต์ของชิ้นส่วนที่เสียหายจาก ช่อดอกบานเต็มทีมากกว่าชิ้นส่วนที่ได้จากช่อดอกบานเล็กน้อยในปทุมมาทั้ง 3 เบอร์ โดยเฉพาะ ชิ้นส่วนของปทุมมาเบอร์ C3 และ C11 จากช่อดอกบานเต็มทีส่วนยอดพบการปนเปื้อนเชื้อถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปทุมมาเบอร์ C16 จากช่อดอกบานเล็กน้อยส่วนยอดพบการปนเปื้อนเพียง 11.1 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อพิจารณาตำแหน่งของชิ้นส่วนพบว่า เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนที่เสียหายขึ้นอยู่กับ ปทุมมาแต่ละเบอร์คือ ปทุมมาเบอร์ C3 ชิ้นส่วนจากส่วนยอดมีเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนเสียหายมากกว่า ชิ้นส่วนดอกเดี่ยวจากช่อกกลีบประดับ และปทุมมาเบอร์ C11 เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนเสียหายจากช่อดอกบานเต็มทีของชิ้นส่วนยอดมากกว่าชิ้นส่วนดอกเดี่ยวจากช่อกกลีบประดับ ในขณะที่ชิ้นส่วน จากดอกบานเล็กน้อยมีเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนเสียหายของชิ้นส่วนดอกเดี่ยวจากกลีบประดับมากกว่า ชิ้นส่วนยอด ส่วนปทุมมาเบอร์ C16 ชิ้นส่วนดอกเดี่ยวจากช่อกกลีบประดับมีเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนที่ เสียหายมากกว่าชิ้นส่วนยอดอย่างเห็นได้ชัด และจะเห็นได้ว่าชิ้นส่วนที่เสียหายส่วนใหญ่ของปทุม มาทุกลักษณะที่เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์เกิดจากการปนเปื้อนเชื้อของแบคทีเรีย และ ชิ้นส่วนตายจากการถูกฟอกฆ่าเชื้อ ส่วนการปนเปื้อนเชื้อราในชิ้นส่วนของปทุมมาเบอร์ C11 และ C16 พบน้อยมากเมื่อเทียบกับการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรีย และไม่พบเชื้อราเลยในปทุมมาเบอร์ C3 และชิ้นส่วนที่บานเป็นดอกพบได้น้อยเช่นกัน โดยพบเฉพาะชิ้นส่วนที่เป็นชิ้นดอกจากช่อกกลีบ ประดับของปทุมมาทั้ง 3 เบอร์

ส่วนการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้นจากช่อดอกปทุมมาทั้ง 3 เบอร์เป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ (ภาพ 9b) พบว่า มีเปอร์เซ็นต์ของชิ้นส่วนที่เสียหายจากช่อดอกบานเต็มทีมากกว่าชิ้นส่วน จากช่อดอกบานเล็กน้อยในปทุมมาทั้ง 3 เบอร์ โดยเฉพาะชิ้นส่วนจากยอดจากช่อดอกบานเต็มทีของ ปทุมมาเบอร์ C3 และ C11 พบการปนเปื้อนถึง 91.5 และ 100 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนชิ้นส่วน ยอดจากช่อดอกบานเล็กน้อยของปทุมมาเบอร์ C16 พบการปนเปื้อนน้อยที่สุดเพียง 2.2 เปอร์เซ็นต์ โดยยกเว้นชิ้นส่วนดอกเดี่ยวจากช่อกกลีบประดับของปทุมมาเบอร์ C11 มีเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนที่ เสียหายจากช่อดอกบานเล็กน้อยมากกว่าช่อดอกบานเต็มทีถึง 21.4 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อพิจารณา ตำแหน่งของชิ้นส่วนพบว่า ชิ้นส่วนยอดมีเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนที่เสียหายที่ขึ้นอยู่กับปทุมมาแต่ละ เบอร์ คือ ปทุมมาเบอร์ C3 และ C11 ชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อยชิ้นส่วนดอกเดี่ยวจากช่อก

กลีบประดับมีเปอร์เซ็นต์ขึ้นส่วนเสียหายมากกว่าขึ้นส่วนยอด ในขณะที่ขึ้นส่วนจากยอดของช่อดอกบานเต็มที่มีเปอร์เซ็นต์ขึ้นส่วนเสียหายมากกว่าขึ้นส่วนดอกเดี่ยวจากชอกกลีบประดับ ส่วนปทุมมาเบอร์ C16 มีเปอร์เซ็นต์ขึ้นส่วนดอกเดี่ยวจากชอกกลีบประดับที่เสียหายมากกว่าขึ้นส่วนยอดอย่างเห็นได้ชัด และจะเห็นได้ว่าขึ้นส่วนที่เสียหายส่วนใหญ่ของปทุมมาทุกลักษณะที่เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ เกิดจากการปนเปื้อนเชื้อของแบคทีเรีย และขึ้นส่วนตายจากการถูกฟอกฆ่าเชื้อ ส่วนการปนเปื้อนเชื้อราในขึ้นส่วนพบน้อยมากเมื่อเทียบกับการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียในปทุมมาทั้ง 3 เบอร์ และขึ้นส่วนที่บานเป็นดอกพบได้น้อยเช่นกัน โดยพบเฉพาะขึ้นส่วนที่เป็นขึ้นดอกเดี่ยวจากชอกกลีบประดับของปทุมมาทั้ง 3 เบอร์



ภาพ 9 เปอร์เซนต์ชั้นส่วนตั้งต้นจากข้อคอกปทุมมาถูกผสมข้ามชนิดที่เสียหายในแต่ละอายุของทั้ง 3 เบอร์ (C3, C11 และ C16) ที่เพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดขึ้นเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (a) และ 10 สัปดาห์ (b)

1.2 ผลการทดลองที่ 1.2 ศึกษาระยะเวลาการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้นในการ ผักกาดที่ต่างกัน 2 ระยะ ต่อการเกิดจำนวนต้นใหม่ในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มข้าวคั่วและ อาหารแข็ง

1.2.1 ลักษณะต้นและจำนวนต้นต่อกอที่ได้จากการชักนำให้เกิดต้นจาก ช่อดอกปทุมมา

จากการนำชิ้นส่วนจากช่อดอกปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด C3 C11 และ C16 ที่ทำ การเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 6 และ 10 สัปดาห์ มาทำการเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จุ่ม ข้าวคั่วและอาหารแข็ง โดยใช้อาหารสูตรเดิมเพาะเลี้ยงต่อเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ เพื่อชักนำให้ เกิดต้นใหม่ โดยพบว่าชิ้นส่วนจากช่อดอกปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดทั้ง 3 เบอร์ เกิดการผกผันเป็น ต้นได้ ดังนี้

ปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด C3

ชิ้นส่วนของปทุมมา C3 (ภาพ 10) ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ (ภาพ 10b 10d 10f และ 10h) มีการผกผันของชิ้นส่วนจากช่อดอกเป็นต้นจำนวนมากว่า โดย ชิ้นส่วนที่ได้จากการเพาะเลี้ยง 6 สัปดาห์ (ภาพ 10a 10c 10e และ 10g) ชิ้นส่วนมีการผกผันเป็นต้น น้อยและยังพบชิ้นส่วนที่ยังคงสภาพเป็นดอก ทั้งชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มข้าวคั่ว และอาหารแข็ง และชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่ม ข้าวคั่วมีการผกผันเป็นต้นไม่แตกต่างกับที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง ส่วนชิ้นส่วนตั้งต้นที่ เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มข้าวคั่วมีการผกผันเป็นต้นได้ดี ต้นแข็งแรงและได้จำนวนมากกว่าชิ้นส่วนในอาหารแข็ง (ภาพ 10b, 10d, 10f และ 10h)

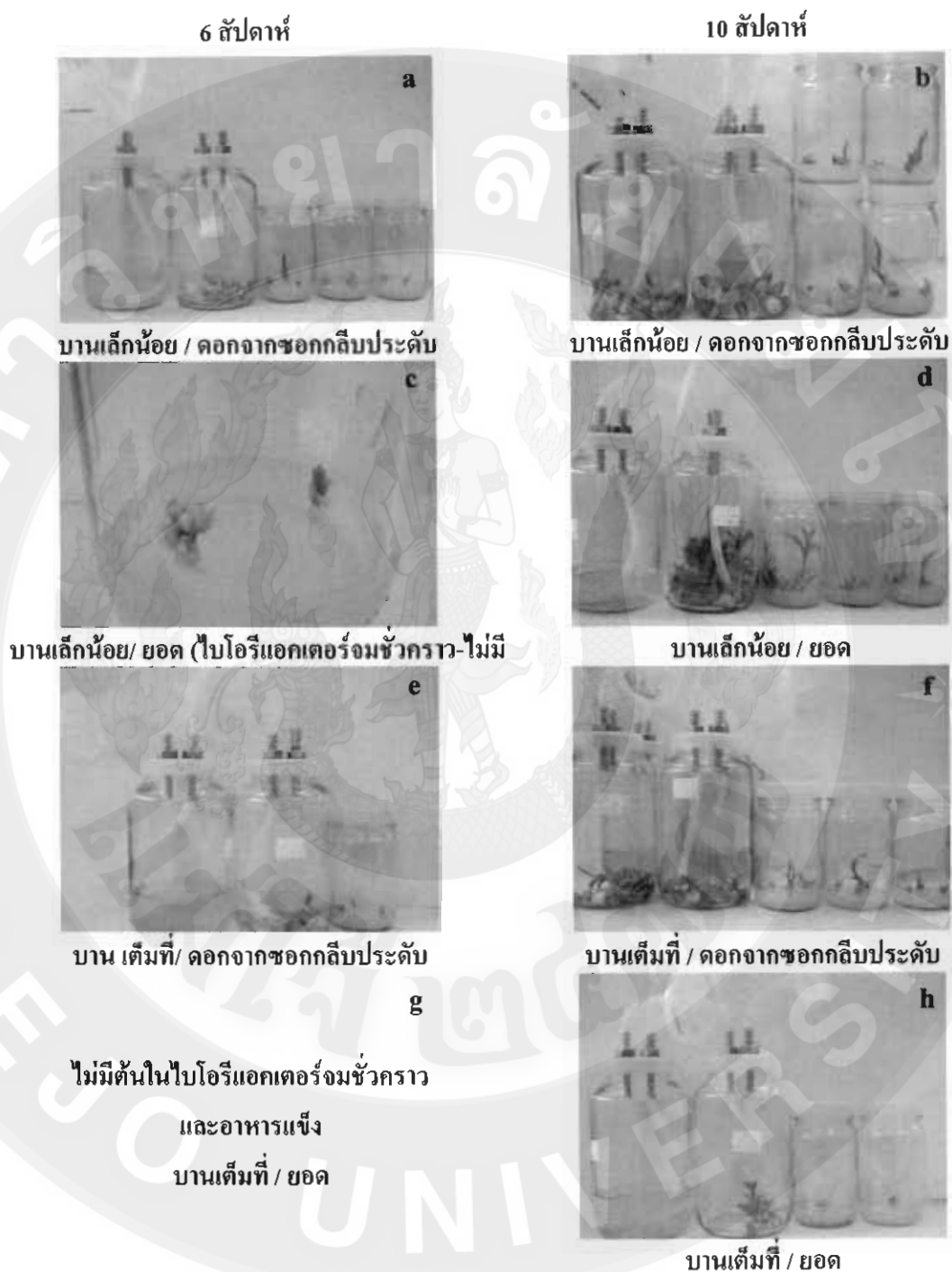
เมื่อพิจารณาถึงชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อยที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเป็นระยะ เวลา 10 สัปดาห์ (ภาพ 10b และ 10d) มีการผกผันเป็นต้นได้ดีกว่าและได้จำนวนต้นมากกว่า ชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเต็มที่ (ภาพ 10f และ 10h) ส่วนชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อยและดอก บานเต็มที่ซึ่งได้จากการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (ภาพ 10a 10c และ 10e) มีชิ้นส่วนที่เกิด การผกผันเป็นต้นได้ไม่แตกต่างกัน ซึ่งพบบางส่วนที่เปลี่ยนเป็นต้นแล้วและบางส่วนยังคงสภาพ เป็นดอกอยู่ และนอกจากนี้ยังพบว่าชิ้นส่วนจากยอดที่ได้จากการเพาะเลี้ยง 10 สัปดาห์ (ภาพ 10d และ 10h) มีต้นที่เกิดการผกผันต่อชิ้นส่วนจากช่อดอกมากกว่าชิ้นส่วนดอกจากช่อกลิบประดับ และโดยเฉพาะชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อยส่วนยอดที่ได้จากการเพาะเลี้ยงระยะเวลา 10 สัปดาห์ (ภาพ 12) มีการผกผันเป็นต้นจำนวนมาก ต้นมีลักษณะที่แข็งแรง ส่วนชิ้นส่วนยอดจากช่อ

ดอกบานเต็มที่ได้จากการเพาะเลี้ยง 6 สัปดาห์เสียหายจากการเพาะเลี้ยงในรอบแรกทำให้ไม่มีต้นสำหรับการทดลองครั้งนี้

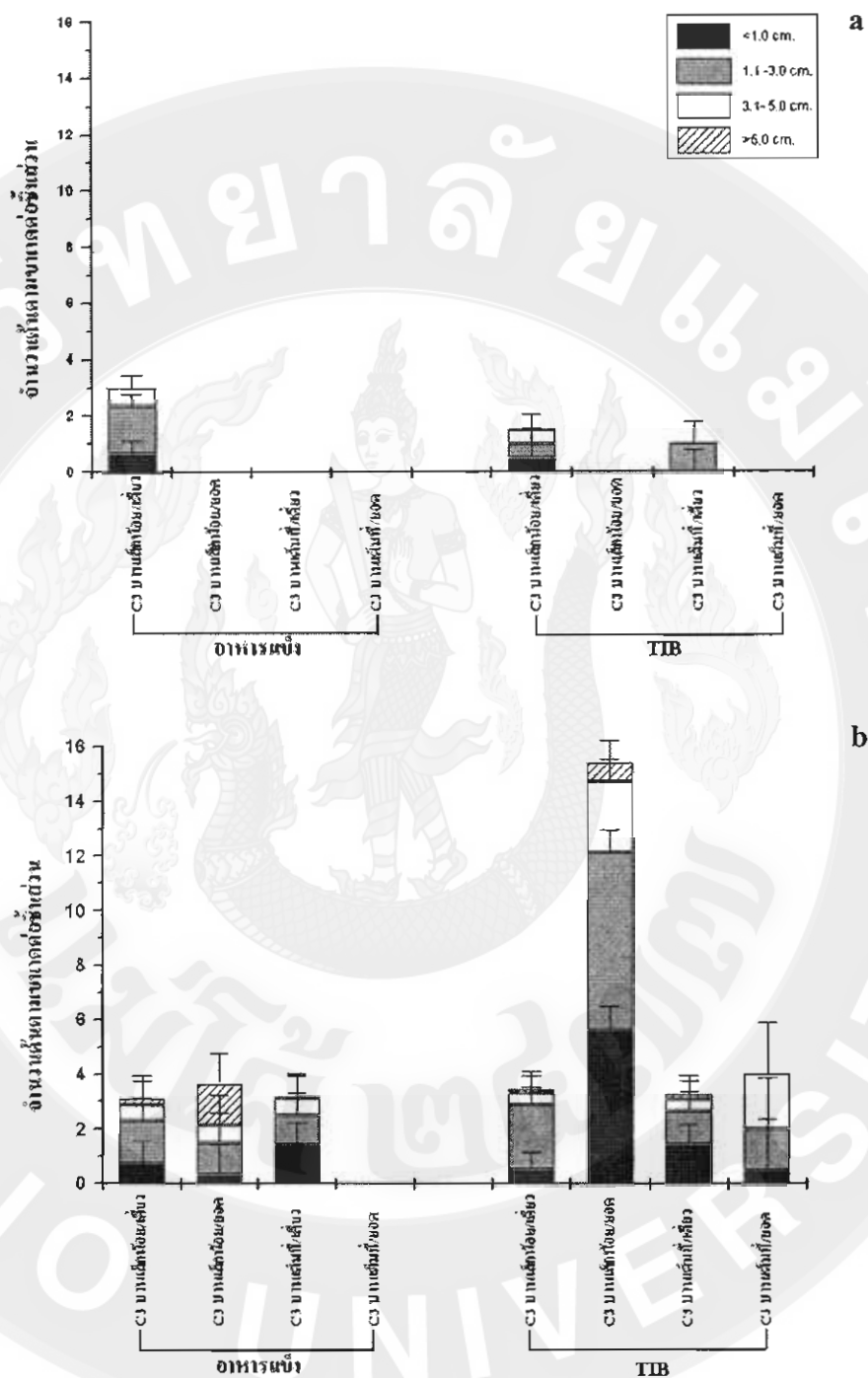
จำนวนต้นตอกของชิ้นส่วนจากช่อดอกปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดเบอร์ C3

ชิ้นส่วนจากช่อดอกปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดเบอร์ C3 จากการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ แล้วนำมาเพาะเลี้ยงต่อไปในใบโอรีแอกเตอร์จุ่มชั่วคราวและอาหารแข็งเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า ชิ้นส่วนส่วนใหญ่ยังไม่เกิดต้น ยกเว้นชิ้นส่วนเดียวจากกลีบประดับของช่อดอกบานเล็กน้อยมีต้นใหม่ที่เกิดจากการผ่นกลับของช่อดอกในทั้งอาหารแข็ง และในระบบใบโอรีแอกเตอร์จุ่มชั่วคราวจำนวน 3 และ 1.5 ต้นต่อชิ้นส่วนตามลำดับ โดยที่การเพาะเลี้ยงในใบโอรีแอกเตอร์จุ่มชั่วคราวยังพบว่า ชิ้นส่วนเดียวจากกลีบประดับของช่อดอกบานเต็มที่มีต้นใหม่ที่เกิดจากการผ่นกลับจากช่อดอก 1 ต้นตอก และต้นที่เกิดใหม่มีขนาดต้นน้อยกว่า 1.0 เซนติเมตร 1.1–3.0 เซนติเมตร และ 3.1–5.0 เซนติเมตร (ภาพ 11a)

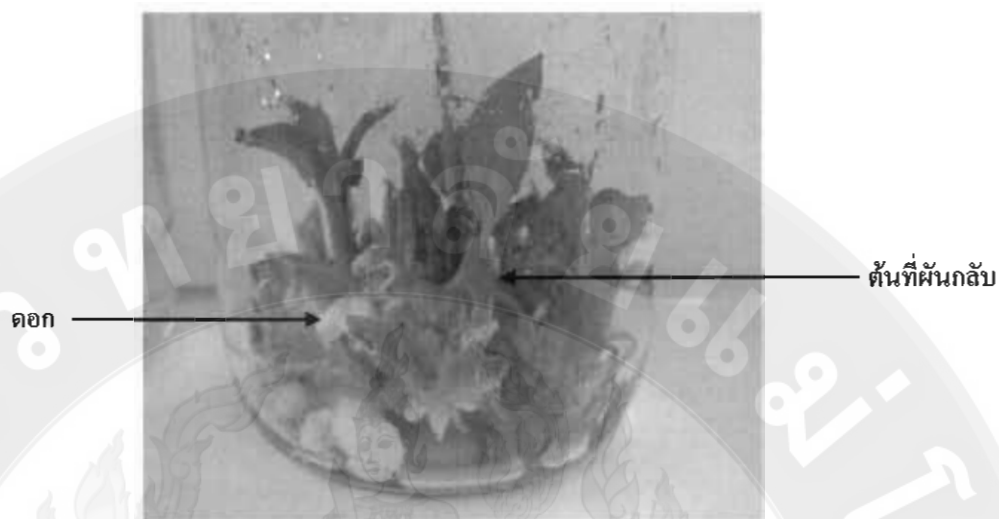
ชิ้นส่วนจากช่อดอกปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดเบอร์ C3 จากการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ แล้วนำมาเพาะเลี้ยงต่อไปในใบโอรีแอกเตอร์จุ่มชั่วคราวและอาหารแข็งเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า ชิ้นส่วนจากช่อดอกปทุมมาลักษณะต่างๆ ของปทุมมาเบอร์ C3 สามารถเกิดต้นใหม่ได้ ทั้งการเพาะเลี้ยงในระบบใบโอรีแอกเตอร์จุ่มชั่วคราวและอาหารแข็ง โดยเฉพาะชิ้นส่วนยอดจากช่อดอกบานเล็กน้อยที่เพาะเลี้ยงในระบบใบโอรีแอกเตอร์จุ่มชั่วคราว มีจำนวนต้นเกิดใหม่ตอกมากที่สุดถึง 15.4 ต้น ในขณะที่ชิ้นส่วนจากส่วนอื่นมีจำนวนต้นเพียง 3–4 ต้นตอกเท่านั้น แต่ชิ้นส่วนยอดจากช่อดอกบานเต็มที่ได้ที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งไม่มีต้นใหม่ที่เกิดจากการผ่นกลับของช่อดอก และขนาดของต้นที่เกิดใหม่มีตั้งแต่ขนาดน้อยกว่า 1.0 เซนติเมตรถึงขนาดที่มากกว่า 5.0 เซนติเมตร โดยที่ต้นที่เกิดใหม่ที่ได้ส่วนใหญ่มีขนาดน้อยกว่า 1.0 เซนติเมตร และ 1.1–3.0 เซนติเมตร (ภาพ 11b)



ภาพ 10 ลักษณะต้นที่ได้ของชิ้นส่วนตั้งต้นจากยอดหรือดอกจากชอกกลีประดับของช่อดอกปทุมมา (บานเล็กน้อยหรือบานเต็มที่) เบอร์ C3 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 6 (a c e g) และ 10 สัปดาห์ (b d f g) แล้วนำมาเพาะเลี้ยงต่อในใบโอรีแอกเตอร์จุ่มชั่วคราวและอาหารแข็งเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์



ภาพ 11 จำนวนต้นตามขนาดของชิ้นส่วนจากข้อคอกปทุมมาเบอร์ C3 ที่ทำการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS (ดัดแปลง) 1962 ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (a) และ 10 สัปดาห์ (b) แล้วมาทำการเพาะเลี้ยงต่อในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวและอาหารแข็งเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ โดยใช้อาหารสูตรเดิม



ภาพ 12 ลักษณะต้นที่ได้ของชิ้นส่วนยอดจากช่อดอกบานเล็กน้อยปทุมมาเบอร์ C3 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ แล้วนำมาเพาะเลี้ยงต่อในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์

ปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด C11

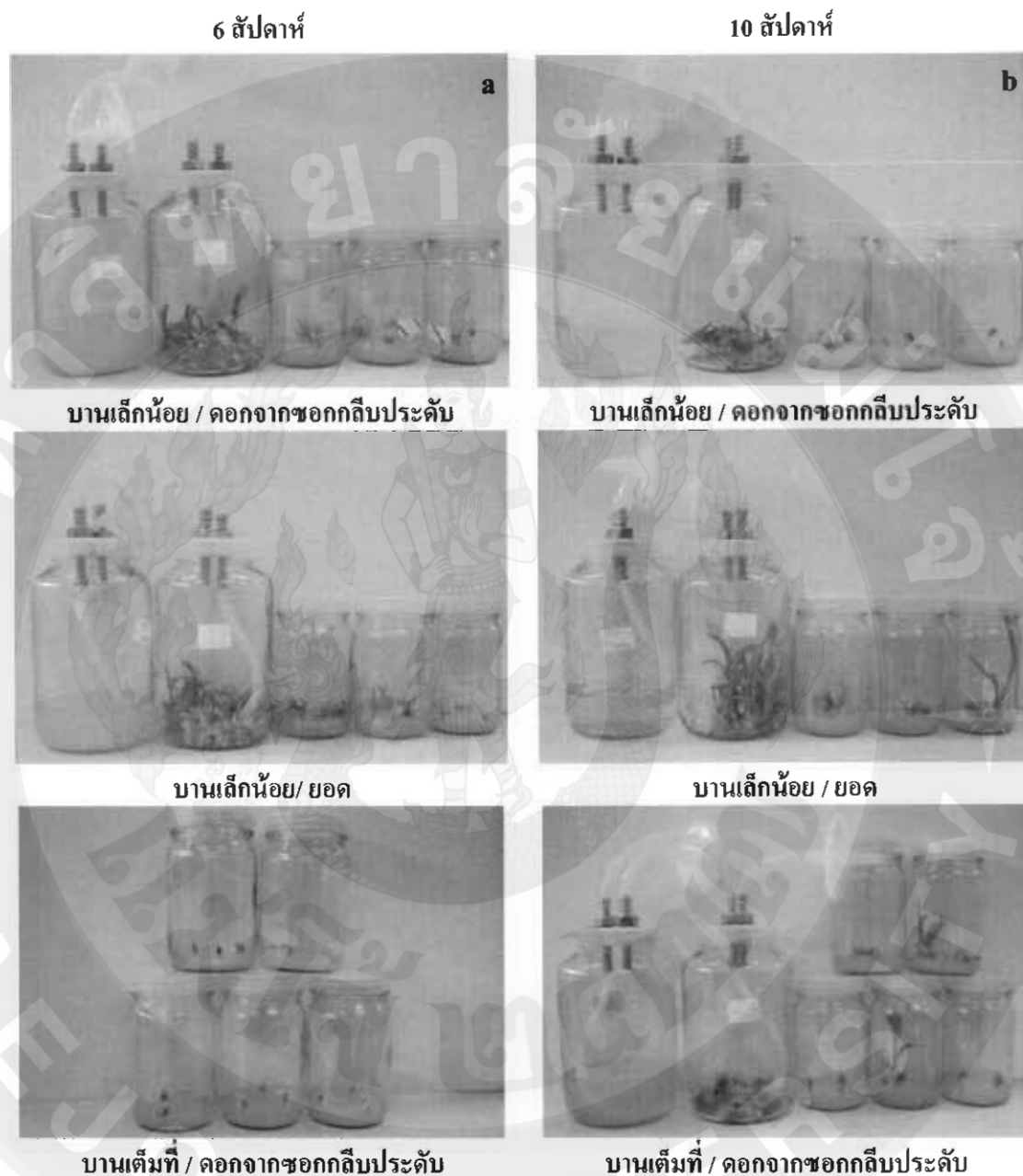
ชิ้นส่วนของปทุมมา C11 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งเป็นระยะเวลา 6 และ 10 สัปดาห์ แล้วนำมาเพาะเลี้ยงต่อในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวหรืออาหารแข็งอีก 6 สัปดาห์ (ภาพ 13) มีการผ่นกลับเป็นต้นไม่แตกต่างกันมากและได้ต้นต่อชิ้นส่วนจำนวนมากทั้งชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวและอาหารแข็ง ซึ่งจะเห็นได้ว่าชิ้นส่วนตั้งต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 และ 10 สัปดาห์แล้วนำมาเพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวมีการผ่นกลับเป็นต้นได้ดีกว่า ต้นแข็งแรงและได้จำนวนต้นมากกว่าชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง และเมื่อพิจารณาถึงชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อยที่ได้เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ (ภาพ 13b และ 13d) แล้วนำมาเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวและอาหารแข็งมีการผ่นกลับเป็นต้นไม่แตกต่างกัน ส่วนชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อยที่ได้เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (ภาพ 13a และ 13c) มีการผ่นกลับเป็นต้นได้ดีและได้ต้นที่แข็งแรง ส่วนชิ้นส่วนยอดจากช่อดอกบานเต็มท้นนั้นมิชิ้นส่วนเกิดความเสียหายจากการเพาะเลี้ยงในรอบแรกทำให้ไม่มีต้นสำหรับการทดลองครั้งนี้ และนอกจากนี้ยังพบว่าชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อยส่วนยอดที่ได้จากการเพาะเลี้ยง 6 และ 10 สัปดาห์ (ภาพ 13c และ 13d) มีต้นที่เกิดการผ่นกลับเป็นต้นจำนวนต่อชิ้นส่วนมากกว่าชิ้นส่วนที่ได้จากส่วนดอกจากช่อกกลีบประดับ (ภาพ 13a 13b 13e และ 13f) โดยเฉพาะชิ้นส่วน

ยอดจากช่อดอกบานเล็กน้อยที่ได้จากการเพาะเลี้ยงระยะ 10 สัปดาห์ แล้วนำมาเพาะเลี้ยงต่อไปในโอรีแอกเตอร์จัมชั่วคราวมีการผ่นกลับของชิ้นส่วนจากช่อดอกเป็นต้นได้ดีที่สุด (ภาพ 15)

จำนวนต้นดอกรวมของชิ้นส่วนจากช่อดอกปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดเบอร์ C11

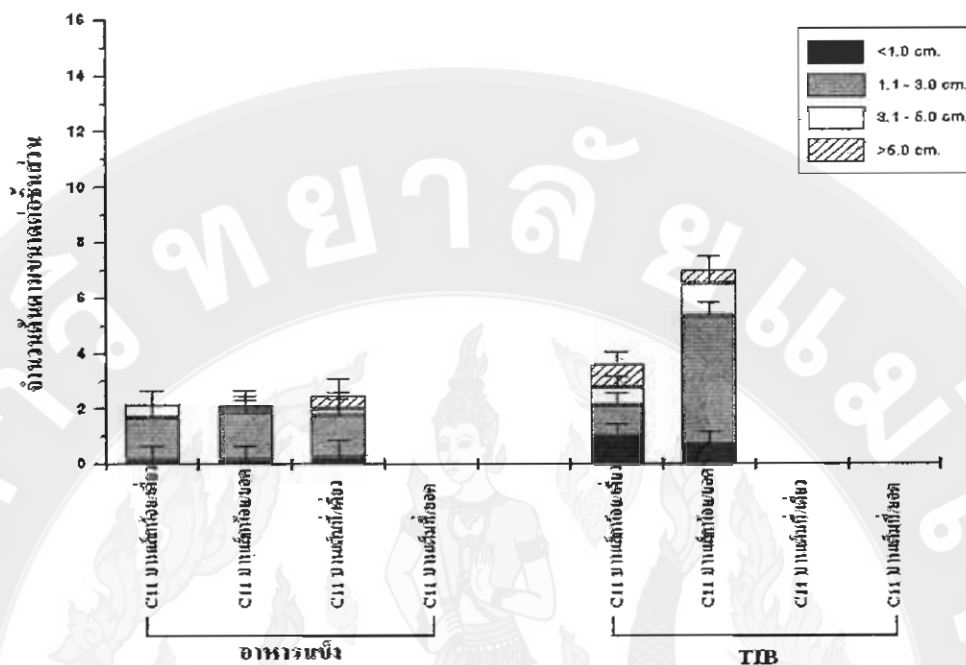
ชิ้นส่วนจากช่อดอกปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดเบอร์ C11 จากการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ แล้วนำมาเพาะเลี้ยงต่อไปในโอรีแอกเตอร์จัมชั่วคราวและอาหารแข็งเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า ทั้งชิ้นส่วนเดียวจากกลีบประดับ และชิ้นส่วนยอดของช่อดอกบานเล็กน้อย มีต้นเกิดใหม่ที่ได้จากการผ่นกลับของช่อดอกปทุมมาที่เพาะเลี้ยงในโอรีแอกเตอร์จัมชั่วคราว และอาหารแข็ง โดยชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในโอรีแอกเตอร์จัมชั่วคราวมีจำนวนต้นดอกรวมเท่ากับ 3.6 และ 7.0 ต้นดอกรวมตามลำดับ ซึ่งมากกว่าที่ชิ้นส่วนเพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง ในขณะที่ชิ้นส่วนที่เป็นดอกบานเต็มที่อยู่ในระบบโอรีแอกเตอร์จัมชั่วคราวไม่เกิดต้น แต่ในขณะที่ชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง พบชิ้นส่วนเดียวจากกลีบประดับของช่อดอกบานเต็มที่มีต้นเกิดใหม่จากการผ่นกลับ 2.5 ต้นดอกรวม และยังพบว่าต้นที่เกิดใหม่มีทุกขนาดตั้งแต่ไม่น้อยกว่า 1.0 เซนติเมตร จนถึงขนาดมากกว่า 5 เซนติเมตร แต่ต้นที่เกิดใหม่ส่วนใหญ่เป็นต้นที่มีขนาด 1.1 – 3.0 เซนติเมตร (ภาพ 14a)

ชิ้นส่วนจากช่อดอกปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดเบอร์ C11 จากการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ แล้วนำมาเพาะเลี้ยงต่อไปในโอรีแอกเตอร์จัมชั่วคราวและอาหารแข็งเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ พบว่า ชิ้นส่วนลักษณะต่างๆ ของช่อดอกปทุมมาเบอร์ C11 ส่วนใหญ่สามารถเกิดต้นใหม่ได้ โดยเฉพาะชิ้นส่วนที่ได้จากช่อดอกบานเล็กน้อยที่เพาะเลี้ยงในโอรีแอกเตอร์จัมชั่วคราวมีต้นเกิดใหม่จากการผ่นกลับของช่อดอกปทุมมา ที่มีจำนวนต้นดอกรวมมากกว่าชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง โดยมีจำนวนต้นถึง 5.0 และ 7.16 ต้นดอกรวมของชิ้นส่วนที่เป็นชิ้นเดียวจากกลีบประดับและชิ้นส่วนยอดของช่อดอกบานเล็กน้อยตามลำดับ ในขณะที่ชิ้นส่วนเดียวจากกลีบประดับของช่อดอกบานเต็มเท่านั้นที่สามารถเกิดต้นใหม่ได้ โดยที่ชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งเกิดต้นใหม่ได้มากกว่าชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในโอรีแอกเตอร์จัมชั่วคราว ส่วนชิ้นส่วนยอดของช่อดอกบานเต็มที่ไม่มีการเกิดต้นใหม่ทั้งในการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งและในโอรีแอกเตอร์จัมชั่วคราว นอกจากนี้ยังพบว่าต้นที่เกิดใหม่มีทุกขนาดตั้งแต่ไม่น้อยกว่า 1.0 เซนติเมตร จนถึงขนาดมากกว่า 5 เซนติเมตร โดยที่มีต้นที่เกิดใหม่ส่วนใหญ่ที่ได้มีขนาด 1.1 – 3.0 เซนติเมตร และชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงอาหารแข็งไม่มีต้นเกิดใหม่ที่มีขนาดน้อยกว่า 1.0 เซนติเมตร ในขณะที่ชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในโอรีแอกเตอร์จัมชั่วคราวมีต้นที่เกิดใหม่ที่มีขนาดน้อยกว่า 1.0 เซนติเมตรจำนวนมาก โดยเฉพาะต้นเกิดใหม่จากชิ้นส่วนเดียวจากกลีบประดับของช่อดอกบานเล็กน้อย มีต้นที่มีขนาดน้อยกว่า 1.0 เซนติเมตรถึง 3.6 ต้นดอกรวม (ภาพ 14b)

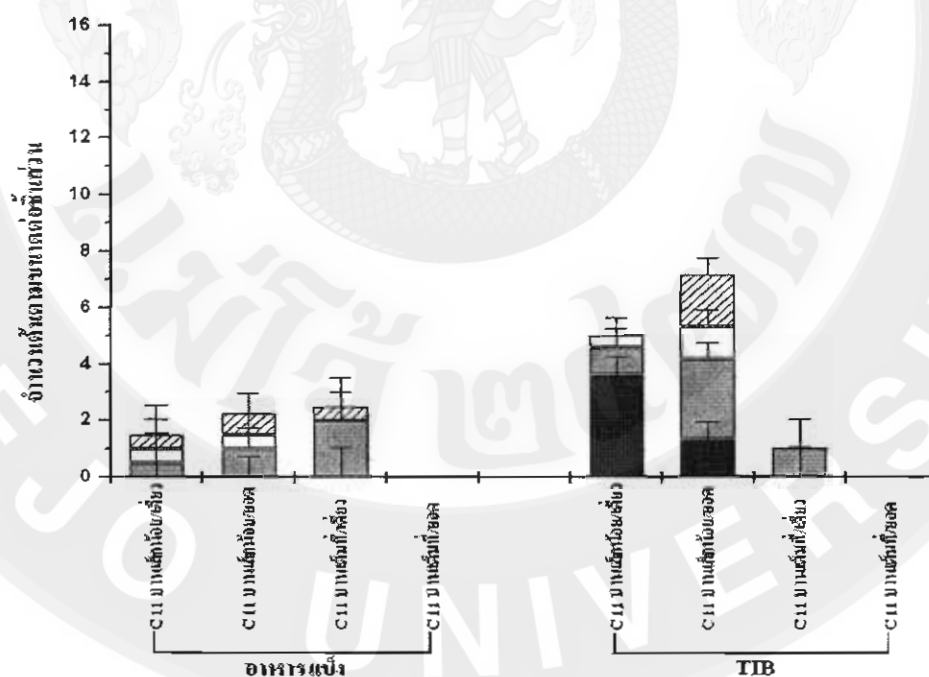


ภาพ 13 ลักษณะต้นที่ได้ของชิ้นส่วนตั้งต้นจากยอดหรือดอกจากชอกกลีบประดับของช่อดอกปทุมมา (บานเล็กน้อยหรือบานเต็มที) เบอร์ C11 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 6 (a c และ e) และ 10 สัปดาห์ (b d และ f) แล้วนำมาเพาะเลี้ยงต่อในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวและอาหารแข็งเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ส่วนชิ้นส่วนตั้งต้นจากช่อดอกบานเต็มทีส่วนยอด ทั้งที่เพาะเลี้ยง 6 และ 10 สัปดาห์ ไม่มีเนื่องจากเกิดการปนเปื้อนเชื้อหมดในการทดลองที่ 1.1

a



b



ภาพ 14 จำนวนต้นตามขนาดของชิ้นส่วนจากช่อดอกปทุมมาเบอร์ C11 ที่ทำการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS (ดัดแปลง) 1962 ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (a) และ 10 สัปดาห์ (b) แล้วมาทำการเพาะเลี้ยงต่อในระบบไบโอรีแอคเตอร์หมัขั้วคราวและอาหารแข็ง เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ โดยใช้อาหารสูตรเดิม



ภาพ 15 ลักษณะต้นที่ได้ของชิ้นส่วนยอดจากช่อดอกบานเล็กน้อยปทุมมา C11 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ แล้วนำมาเพาะเลี้ยงต่อในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์

ปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด C16

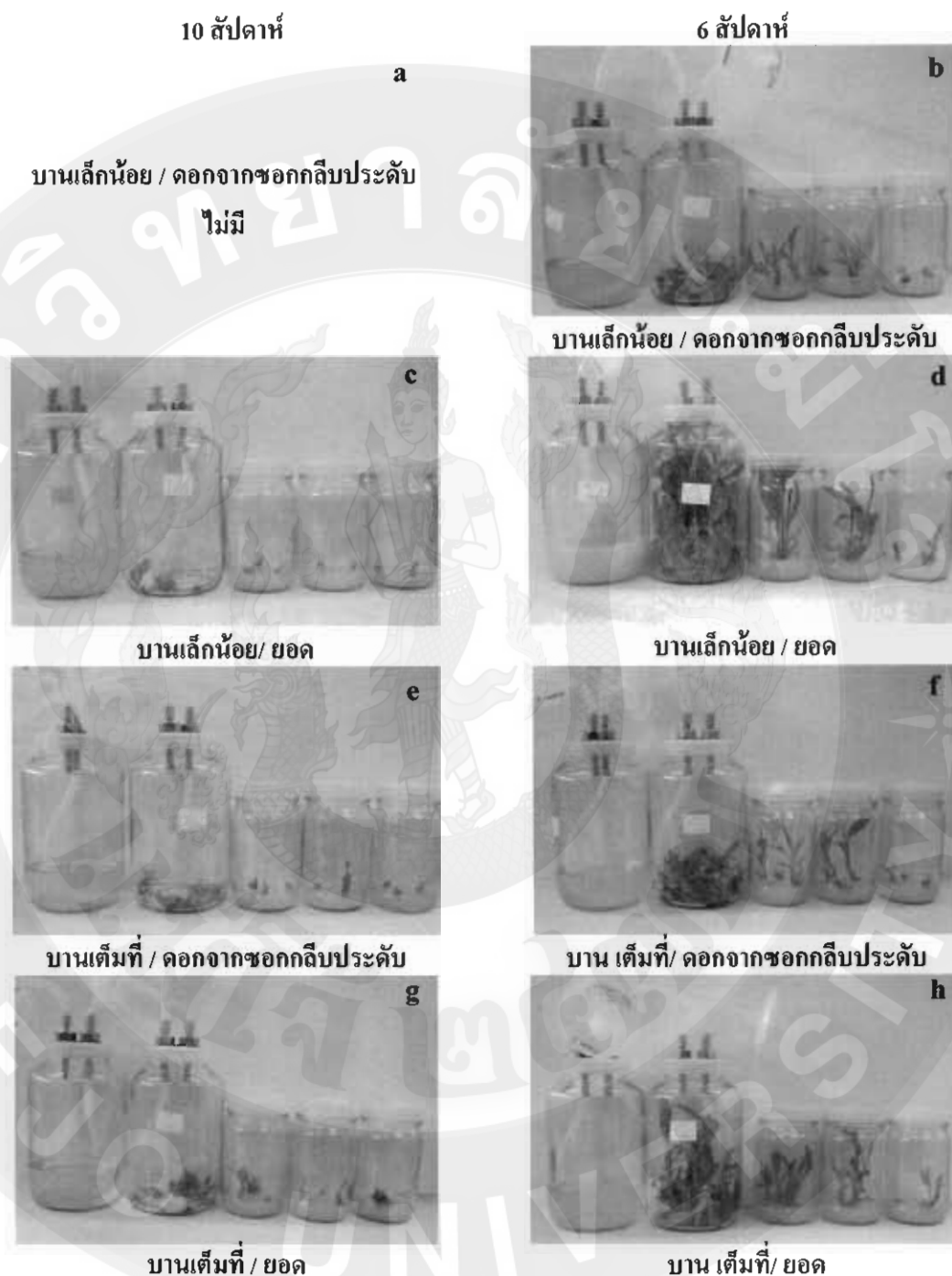
ชิ้นส่วนตั้งต้นของปทุมมาเบอร์ C16 จากการเพาะเลี้ยงระยะเวลา 10 สัปดาห์ที่นำมาเพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวมีการผันกลับเป็นต้นได้ดี ต้นแข็งแรง ต้นโตและได้จำนวนมากกว่าต้นในอาหารแข็ง (ภาพ 16b 16d 16f และ 16h) ในขณะที่ชิ้นส่วนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราว (ภาพ 16c 16e 16g) มีการผันกลับเป็นต้นไม่แตกต่างกับที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง และเมื่อพิจารณาถึงชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อยที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ (ภาพ 16b และ 16d) มีการผันกลับเป็นต้นได้ดีกว่า ได้ต้นที่แข็งแรง ต้นโตและได้ต้นต่อชิ้นส่วนจำนวนมากกว่าชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเต็มที่ (ภาพ 16f และ 16h) ส่วนชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อยและดอกบานเต็มที่ซึ่งได้จากการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (ภาพ 16a 16c และ 16e) มีชิ้นส่วนตั้งต้นที่เกิดการผันกลับเป็นต้นได้ไม่แตกต่างกัน โดยพบชิ้นส่วนที่มีทั้งเปลี่ยนเป็นต้นแล้วและยังคงสภาพเป็นดอกอยู่ และยังพบว่าชิ้นส่วนจากยอดที่ได้จากการเพาะเลี้ยง 10 สัปดาห์ (ภาพที่ 16d และ 16h) มีต้นที่เกิดการผันกลับจากช่อดอกบานเล็กน้อยมีจำนวนต้นต่อชิ้นส่วนมากกว่าชิ้นส่วนดอกจากช่อดอกกลีบประดับ และโดยเฉพาะชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อยส่วนยอด ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงระยะเวลา

10 สัปดาห์ ที่นำมาเพาะเลี้ยงต่อในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราว (ภาพ 18) มีการผ่นกลับเป็นต้นต่อขึ้นส่วนจำนวนมาก และต้นมีลักษณะที่แข็งแรง

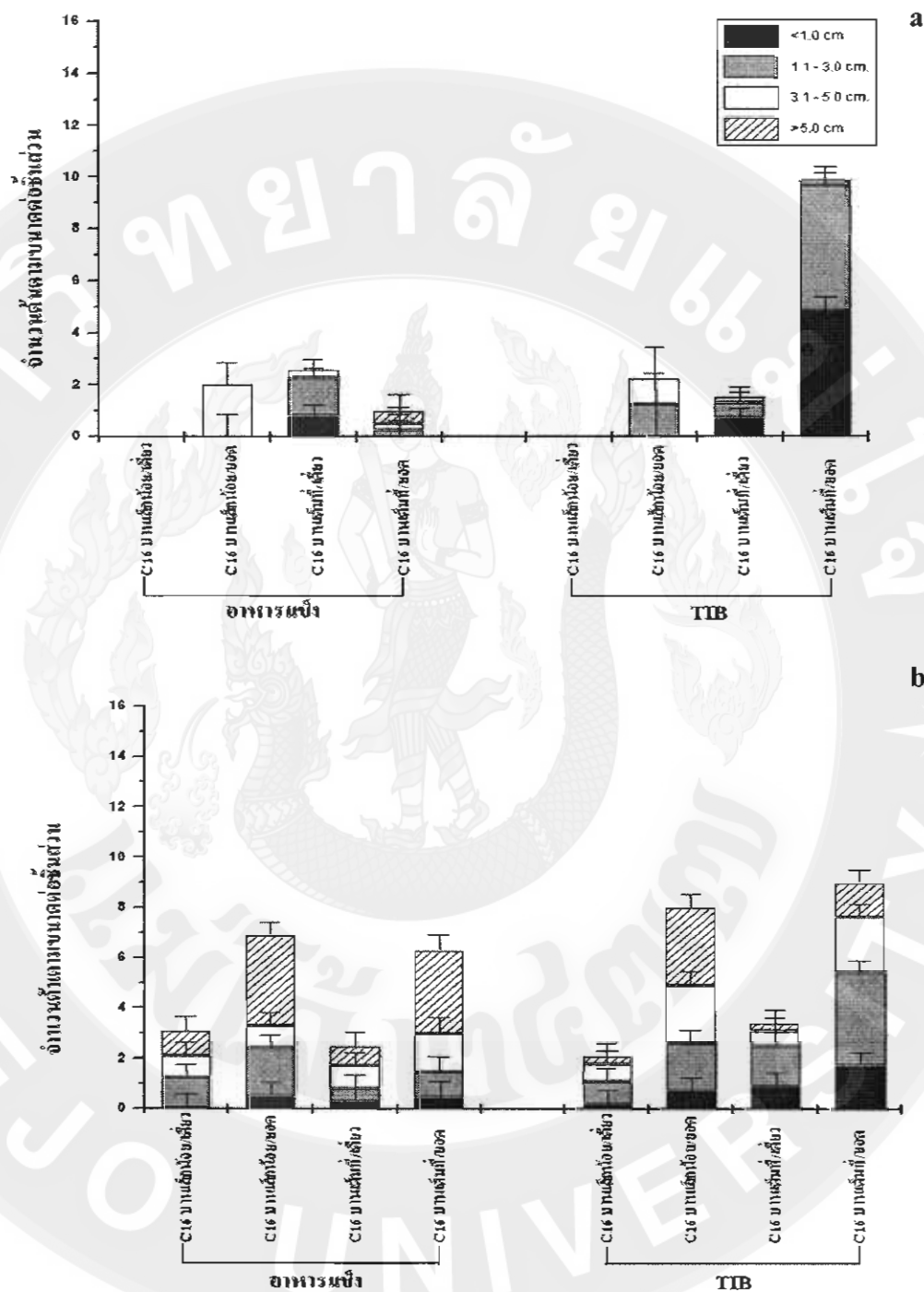
จำนวนต้นต่อของขึ้นส่วนจากช่อดอกปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดเบอร์ C16

ขึ้นส่วนจากช่อดอกปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดเบอร์ C16 จากการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ แล้วนำมาเพาะเลี้ยงต่อในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวและอาหารแข็งเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า ขึ้นส่วนเดียวจากกลีบประดับและขึ้นส่วนยอดของช่อดอกบานเต็มที่ มีการเกิดต้นใหม่ที่ได้จากการผ่นกลับของช่อดอกปทุมมาในทั้งการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งและในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราว โดยขึ้นส่วนยอดจากช่อดอกบานเต็มที่ที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราว มีจำนวนต้นต่อมากที่สุดใน 9.8 ต้น ส่วนขึ้นส่วนจากดอกบานเล็กน้อยพบเฉพาะขึ้นส่วนยอดเท่านั้นที่สามารถเกิดต้นใหม่ได้ทั้งในการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง และในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราว นอกจากนี้ยังพบว่าขนาดของต้นที่เกิดใหม่จากการผ่นกลับของช่อดอกปทุมมาที่ได้จากขึ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งมีต้นขนาดตั้งแต่ไม่น้อยกว่า 1.0 เซนติเมตร ถึงขนาดมากกว่า 5 เซนติเมตร ส่วนต้นเกิดใหม่ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวมีต้นที่เกิดใหม่ส่วนใหญ่มีขนาดน้อยกว่า 1.0 เซนติเมตร และ 1.1 เซนติเมตร และไม่พบต้นที่มีขนาดมากกว่า 5.0 เซนติเมตร (ภาพ 17a)

ขึ้นส่วนจากช่อดอกปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดเบอร์ C16 จากการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ แล้วนำมาเพาะเลี้ยงต่อในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวและอาหารแข็งเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า ขึ้นส่วนจากช่อดอกปทุมมาเบอร์ C16 ทุกลักษณะสามารถเกิดต้นใหม่ได้ โดยจะเห็นว่าขึ้นส่วนยอดของทั้งช่อดอกบานเล็กน้อยและช่อดอกบานเต็มที่ มีจำนวนต้นเกิดใหม่ต่อขึ้นส่วนมากกว่าขึ้นส่วนเดียวจากกลีบประดับ ทั้งในการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งและในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราว อีกทั้งยังพบว่าขึ้นส่วนเดียวจากกลีบประดับ และขึ้นส่วนยอดของช่อดอกบานเล็กน้อยที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง มีจำนวนต้นเกิดใหม่ต่อขึ้นส่วนมากกว่าขึ้นส่วนเดียวจากกลีบประดับและขึ้นส่วนยอดของช่อดอกบานเต็มที่ ในขณะที่ขึ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราว พบว่า ขึ้นส่วนจากช่อดอกบานเต็มที่ที่มีจำนวนต้นใหม่ต่อมากว่าขึ้นส่วนจากดอกบานเล็กน้อย แต่ก็ไม่แตกต่างกันมากนัก และขึ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวมีต้นที่เกิดใหม่ต่อมากว่าขึ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง นอกจากนี้ยังพบว่าขนาดของต้นที่เกิดใหม่ที่ได้มีขนาดตั้งแต่ไม่น้อยกว่า 1.0 เซนติเมตรถึงขนาดมากกว่า 5 เซนติเมตร โดยต้นที่เกิดใหม่ส่วนใหญ่เป็นต้นที่มีขนาดมากกว่า 5 เซนติเมตร ส่วนต้นขนาดน้อยกว่า 1.0 เซนติเมตรมีจำนวนที่น้อย ทั้งขึ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งและในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราว (ภาพ 17b)



ภาพ 16 ลักษณะต้นที่ได้ของชิ้นส่วนตั้งต้นจากยอดหรือดอกจากชอกกลีประดับของช็อคดอกปทุมมา (บานเล็กน้อยหรือบานเต็มที่) เบอร์ C16 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 6 (a c e) และ 10 สัปดาห์ (b d f) แล้วนำมาเพาะเลี้ยงต่อในไบโอรีแอคเตอร์จนชั่วคราวและอาหารแข็งเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์



ภาพ 17 จำนวนต้นตามขนาดของชิ้นส่วนจากช่อดอกปทุมมาเบอร์ C16 ที่ทำการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS (ดัดแปลง) 1962 ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (a) และ 10 สัปดาห์ (b) แล้วมาทำการเพาะเลี้ยงต่อในใบโอรีแอกเตอร์จัมชั่วคราวและอาหารแข็งเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ โดยใช้อาหารสูตรเดิม



ภาพ 18 ลักษณะต้นที่ได้ของชิ้นส่วนยอดจากช่อดอกบานเล็กน้อยปทุมมาเบอร์ C16 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ แล้วนำมาเพาะเลี้ยงต่อในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราว เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์

จากการนำขึ้นส่วนช่อดอกปทุมมาลูกผสมเบอร์ C3 C11 และ C16 ที่อายุการเพาะเลี้ยง 6 สัปดาห์มาทำการเพาะเลี้ยงต่อในอาหารแข็ง และในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราว พบว่าขึ้นส่วนลักษณะต่างๆ ของช่อดอกปทุมมาเบอร์ C3 ไม่มีขึ้นส่วนที่สามารถเกิดต้นใหม่ที่ได้จากการผ่นกลับของช่อดอกในทั้งการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งและในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราว ยกเว้นขึ้นส่วนเดียวจากกลีบประดับของช่อดอกบานเล็กน้อยที่มีต้นที่เกิดใหม่ ส่วนขึ้นส่วนลักษณะต่างๆ ของช่อดอกปทุมมาเบอร์ C11 และ C16 มีขึ้นส่วนที่สามารถผ่นกลับเป็นต้นใหม่ได้ โดยที่ขึ้นส่วนจากดอกบานเล็กน้อยของปทุมมาเบอร์ C11 สามารถเกิดต้นได้ โดยเฉพาะขึ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อยที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราว ส่วนเบอร์ C16 ขึ้นส่วนยอดของช่อดอกบานเต็มที่ที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวสามารถเกิดต้นใหม่ที่เกิดจากการผ่นกลับของช่อดอกได้มากที่สุด แต่ขึ้นส่วนเดียวจากกลีบประดับของช่อดอกบานเล็กน้อยไม่มีต้นที่เกิดใหม่ทั้งในอาหารแข็งและในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราว

ส่วนขึ้นส่วนจากช่อดอกปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดทั้ง 3 เบอร์ที่อายุการเพาะเลี้ยง 10 สัปดาห์ที่ทำการเพาะเลี้ยงต่อในอาหารแข็งและไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราว พบว่า ขึ้นส่วนจากช่อดอกของปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดทั้ง 3 เบอร์ มีการผ่นกลับของช่อดอกเป็นต้นใหม่ได้ โดยที่ขึ้นส่วนจากช่อดอกปทุมมาเบอร์ C3 พบขึ้นส่วนยอดจากช่อดอกบานเล็กน้อยที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวมีจำนวนต้นเกิดใหม่ดอกรวมมากที่สุด ส่วนขึ้นส่วนปทุมมาเบอร์ C11 พบขึ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อยที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวมีจำนวนต้นเกิดใหม่มากกว่าที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง และขึ้นส่วนจากช่อดอกปทุมมาเบอร์ C16 พบว่า ขึ้นส่วนทุกลักษณะสามารถเกิดต้นใหม่ได้ โดยเฉพาะขึ้นส่วนที่เป็นส่วนยอดของทั้งดอกบานเล็กน้อยและบานเต็มที่ เกิดต้นใหม่มากกว่าขึ้นส่วนเดียวจากกลีบประดับ

ขึ้นส่วนจากช่อดอกปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดเบอร์ C3 C11 และ C16 ที่อายุการเพิ่มเลี้ยงเริ่มต้น 6 สัปดาห์และ 10 สัปดาห์ที่นำมาเพาะเลี้ยงต่อในอาหารแข็งและในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราว พบว่า ขึ้นส่วนที่มีอายุการเพาะเลี้ยงเริ่มต้น 10 สัปดาห์มีจำนวนต้นที่เกิดใหม่มากกว่าขึ้นส่วนที่อายุ 6 สัปดาห์ อีกทั้งยังพบว่าขนาดต้นเกิดใหม่ของต้นที่ได้จากขึ้นส่วนอายุการเพาะเลี้ยงเริ่มต้น 6 สัปดาห์ ส่วนใหญ่จะได้ต้นที่เกิดใหม่ที่มีขนาดเล็ก คือต้นขนาดเล็กน้อยกว่า 1.0 เซนติเมตร และ 1.1-3.0 เซนติเมตร แต่ในขณะที่ขึ้นส่วนอายุการเพาะเลี้ยงเริ่มต้น 10 สัปดาห์ พบว่าต้นที่เกิดใหม่ส่วนใหญ่ที่มีขนาดใหญ่กว่า คือมีขนาด 3.1-5.0 เซนติเมตร และต้นขนาดที่มากกว่า 5.0 เซนติเมตร

2. ผลการทดลองที่ 2 การเปรียบเทียบขนาดของชิ้นส่วนตั้งต้น 3 ขนาดต่อการเพิ่มปริมาณต้น

2.1 คุณภาพต้นปทุมมาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้น 3 ขนาดในระยะเพิ่มปริมาณ

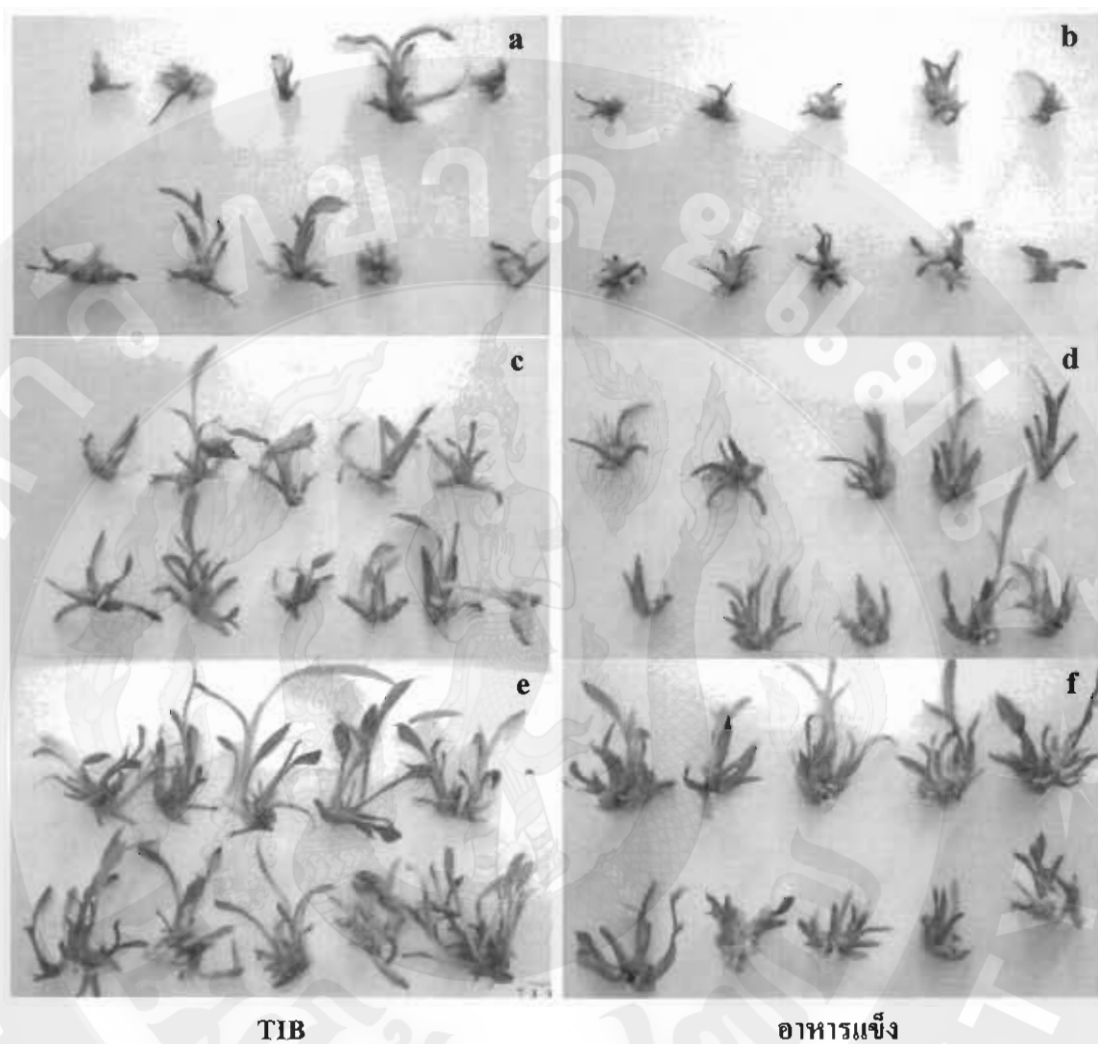
จากการศึกษาผลของลักษณะของชิ้นส่วนตั้งต้น 3 ลักษณะ ได้แก่ ต้นเดี่ยวใหญ่ ต้นเดี่ยวเล็ก และต้นกลุ่ม ต่อการเพิ่มปริมาณของปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวและอาหารแข็ง มีผลการวิจัยดังนี้ คือ

2.1.1 ลักษณะต้นปทุมมาที่ได้หลังจากการเพาะเลี้ยง

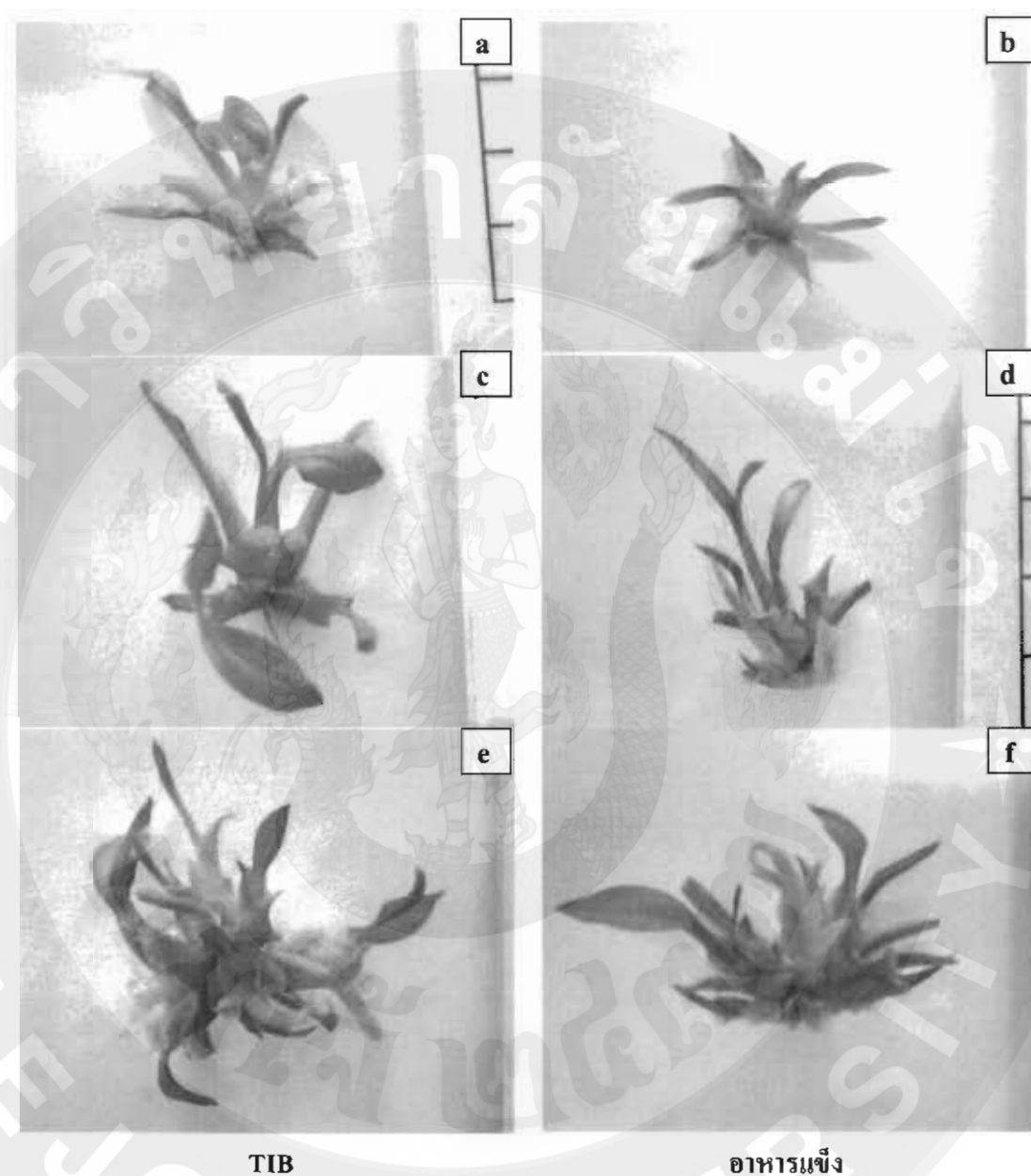
ในการศึกษาคุณภาพต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดที่เพาะเลี้ยงจากชิ้นส่วนตั้งต้นทั้ง 3 ลักษณะ ได้แก่ ต้นเดี่ยวใหญ่ ต้นเดี่ยวเล็ก และต้นกลุ่ม ที่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณต้นของปทุมมาที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวและอาหารแข็งเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า ต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราว (ภาพ 19a 19c และ 19e) มีลักษณะต้นที่แข็งแรง ต้นโต และต้นมีสีเขียวสดกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง (ภาพ 19b 19d และ 19f) ที่ดูต้นมีลักษณะต้นเล็ก ไม่ค่อยสด ต้นไม่เขียวเท่ากับต้นในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราว เมื่อพิจารณาที่ลักษณะของชิ้นส่วนตั้งต้นจะเห็นได้ว่า ชิ้นส่วนตั้งต้นที่เป็นต้นกลุ่มมีลักษณะกอที่ใหญ่ ต้นแข็งแรง ต้นโต และมีการแตกต้นมากที่สุด (ภาพ 20e และ 20f) โดยพบต้นที่เกิดใหม่หลายขนาด ทั้งต้นที่โตแล้ว และต้นขนาดเล็กที่แทงมาจากซอกใบจำนวนมากใน 1 กอ ทั้งในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวและอาหารแข็ง (ภาพ 21e และ 21f) ส่วนต้นเดี่ยวใหญ่ พบว่า กอที่ได้มีขนาดไม่ใหญ่มากนัก ต้นแข็งแรง และแตกต้นได้ดี (ภาพ 20c และ 20d) โดยพบต้นที่เกิดใหม่มีทั้งต้นที่มีขนาดใหญ่ และต้นขนาดเล็กในจำนวนใกล้เคียงกันใน 1 กอ ไม่อัดกันแน่นเท่ากับชิ้นส่วนที่เป็นต้นกลุ่ม (ภาพ 21c และ 21d) และชิ้นส่วนตั้งต้นที่เป็นต้นเดี่ยวเล็ก มีลักษณะกอที่เล็ก การแตกต้นไม่มากนัก (ภาพ 20a และ 20b) โดยต้นที่เกิดใหม่เป็นต้นขนาดเล็กตรงซอกใบ และเป็นต้นที่ยังไม่มีใบปรากฏให้เห็นได้ชัด (ภาพ 21a และ 21b)



ภาพ 19 ลักษณะของต้นปทุมมาในภาชนะเพาะเลี้ยงที่ได้จากชิ้นส่วนตั้งต้น 3 ขนาดคือ ต้นเด็วเล็ก (a และ b) ต้นเด็วใหญ่ (c และ d) และต้นกลุ่ม (e และ f) ที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอกเตอร์จุ่มชั่วคราว (a c และ e) และอาหารแข็ง (b d และ f) เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ในอาหารเพิ่มปริมาณปทุมมา สูตร MS ที่มี TDZ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และ IMA 4 มิลลิกรัมต่อลิตร



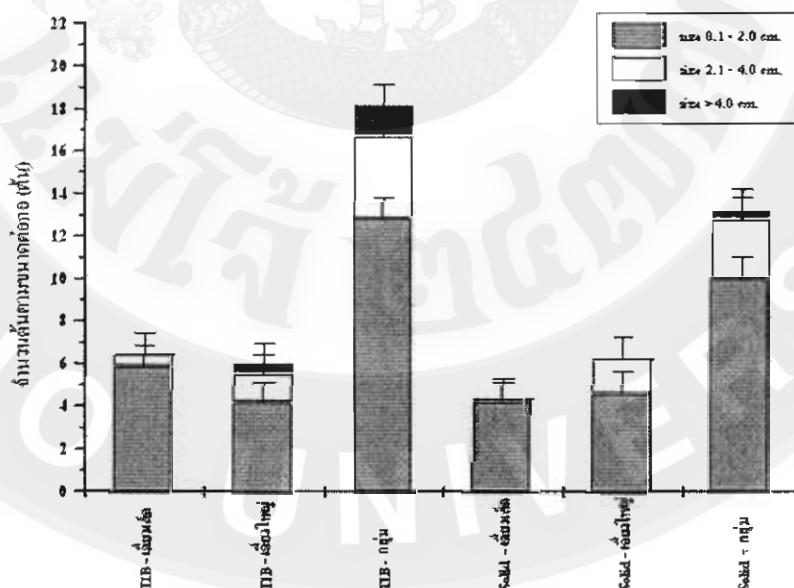
ภาพ 20 ลักษณะของต้นปทุมมาจำนวน 10 กอที่ได้จากชิ้นส่วนตั้งต้น 3 ขนาดคือ ต้นเตี้ยเล็ก (a และ b) ต้นเตี้ยใหญ่ (c และ d) และต้นกลุ่ม (e และ f) ที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จัมชั่วคราว (a c และ e) และอาหารแข็ง (b d และ f) เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ในอาหารเพิ่มปริมาณปุ๋ยมา สูตร MS ที่มี TDZ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และ IMA 4 มิลลิกรัมต่อลิตร



ภาพ 21 ลักษณะของต้นปทุมมาที่ได้จากชิ้นส่วนตั้งต้น 3 ขนาดคือ ต้นเตี้ยเล็ก (a และ b) ต้นเดี่ยวใหญ่ (c และ d) และคั่นกลุ่ม (e และ f) ที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว (a c และ e) และอาหารแข็ง (b d และ f) เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ในอาหารเพิ่มปริมาณปทุมมา สูตร MS ที่มี TDZ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และ IMA 4 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.1.2 จำนวนต้นตามขนาดตอก

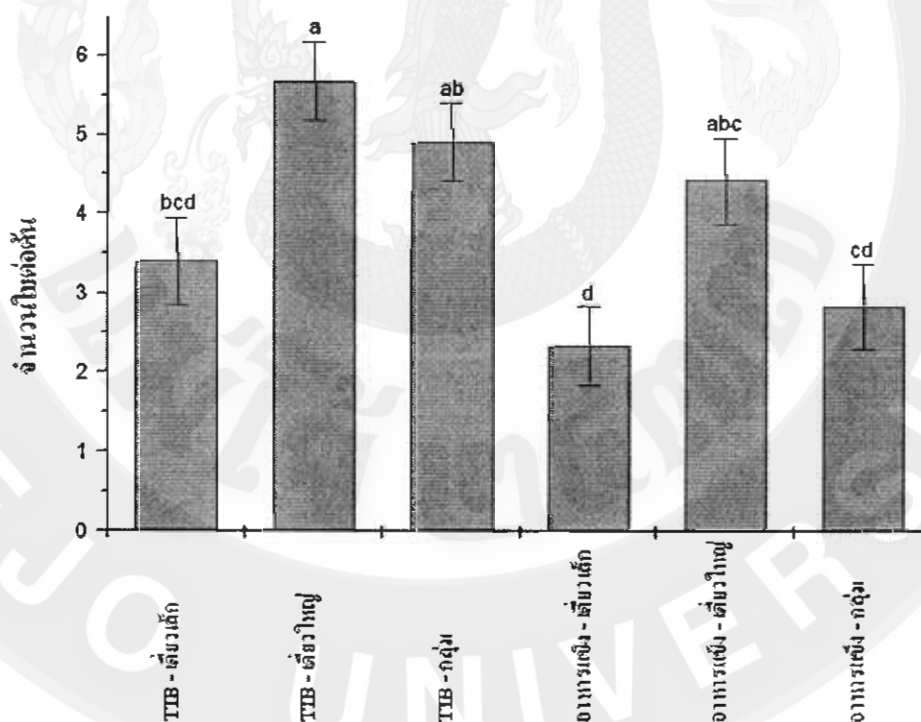
จากภาพ 22 จำนวนต้นที่ได้ต่อชิ้นส่วนต้นตั้งทั้ง 3 ขนาด คือ ต้นเดี่ยวเล็ก ต้นเดี่ยวใหญ่ และต้นกอ ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่มี TDZ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตรและ IMA 4 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีน้ำตาลซูโครส 30 กรัมต่อลิตร ในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวและอาหารแข็งที่เดิมวัน 7.5 กรัมต่อลิตร นาน 6 สัปดาห์ พบว่าชิ้นส่วนตั้งต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวมีจำนวนต้นตอกมากกว่าชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง โดยเฉพาะชิ้นส่วนตั้งต้นที่เป็นต้นกอเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวมีจำนวนต้นตอกมากที่สุด คือ 19.7 ต้นตอก รองมาคือต้นกอที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง มีจำนวนต้น 13.8 ต้น ส่วนต้นเดี่ยวใหญ่และเดี่ยวเล็กที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวและอาหารแข็งมีจำนวนต้นตอกไม่แตกต่างกันทางสถิติ และจะเห็นได้ว่าชิ้นส่วนทั้ง 3 ขนาดที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวและอาหารแข็ง มีต้นขนาด 0.1-2.0 เซนติเมตรจำนวนมากกว่าต้นขนาด 2.1-4.0 เซนติเมตร และต้นที่สูงมากกว่า 4 เซนติเมตรตามลำดับ และนอกจากนี้ พบว่า ชิ้นส่วนตั้งต้นที่เป็นต้นเดี่ยวใหญ่ และต้นกลุ่ม จะได้ต้นเกิดใหม่ขนาดสูงกว่า 4 เซนติเมตร ในขณะที่ต้นเดี่ยวเล็กจะไม่มีต้นขนาด 4 เซนติเมตรทั้งการเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวและอาหารแข็ง



ภาพ 22 จำนวนต้นตามขนาดตอกจากชิ้นส่วนต้นตั้ง 3 ขนาด คือ ต้นเดี่ยวเล็ก ต้นเดี่ยวใหญ่ และต้นกอ ที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวและอาหารแข็ง เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ในอาหารเพิ่มปริมาณปุ๋ยมา สูตร MS ที่มี TDZ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และ IMA 4 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.1.3 จำนวนใบต่อต้น

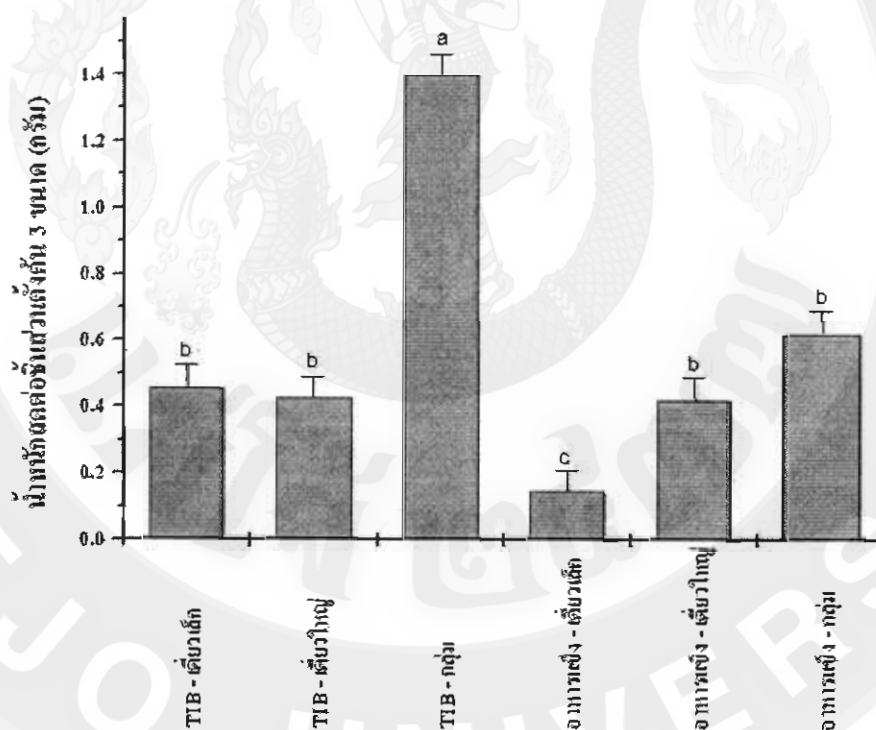
จากภาพ 23 จำนวนใบต่อต้นของชิ้นส่วนต้นตั้ง 3 ขนาด คือ ต้นเดี่ยวเล็ก ต้นเดี่ยวใหญ่ และต้นกอ ที่เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ แล้วทำการแยกต้นที่ได้ออกจากกอ แล้วนับจำนวนใบต่อต้นใหม่ พบว่า ชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในใบโอรีแอกเตอร์จัมชั่วคราวมีจำนวนใบต่อต้นมากกว่าชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งทั้ง 3 ขนาด และเมื่อพิจารณาขนาดของชิ้นส่วนเริ่มต้น พบว่า ชิ้นส่วนตั้งต้นที่เป็นต้นเดี่ยวใหญ่มีจำนวนใบต่อต้นถึง 5.7 ใบซึ่งมากกว่าชิ้นส่วนที่เป็นต้นกอ ในขณะที่ชิ้นส่วนที่เป็นต้นเดี่ยวในอาหารแข็ง มีจำนวนใบต่อต้นน้อยที่สุดคือ 2.3 ใบ ส่วนจำนวนใบต่อต้นในอาหารแข็งของต้นตั้งต้น 3 ขนาดน้อยกว่าจำนวนใบของต้นที่มาจากระบบใบโอรีแอกเตอร์จัมชั่วคราวทุกขนาด และเป็นไปในทิศทางเดียวกันคือ ต้นเดี่ยวใหญ่ มีจำนวนใบสูงที่สุดคือ 5.7 ใบ



ภาพ 23 จำนวนใบต่อต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนต้นตั้ง 3 ขนาด คือ ต้นเดี่ยวเล็ก ต้นเดี่ยวใหญ่ และต้นกอในระบบใบโอรีแอกเตอร์จัมชั่วคราวและอาหารแข็ง เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ในอาหารเพิ่มปริมาณปุ๋ยมา สูตร MS คัดแปลง (1962) ที่มี TDZ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และ IMA 4 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.1.4 น้ำหนักสดต่อชิ้นส่วน

จากภาพ 24 พบว่า ชิ้นส่วนของปทุมมาทั้ง 3 ขนาดที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จัมชั่วคราวมีน้ำหนักสดต่อกอมากกว่าชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง โดยเฉพาะชิ้นส่วนที่เป็นต้นกลุ่ม ในไบโอรีแอคเตอร์จัมชั่วคราวมีน้ำหนักสดต่อกอมากที่สุด คือ 1.4 กรัม และมากกว่าชิ้นส่วนตั้งต้นที่เป็นต้นเดี่ยวใหญ่และต้นเดี่ยวเล็กถึง 3.3 และ 3.1 เท่าตามลำดับ นอกจากนี้ชิ้นส่วนต้นกลุ่มในไบโอรีแอคเตอร์จัมชั่วคราวยังมีน้ำหนักสดมากกว่าต้นกลุ่มที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งอย่างเห็นได้ชัดถึง 2.3 เท่า แต่อย่างไรก็ตามต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง ที่ชิ้นส่วนตั้งต้นที่เป็นต้นกลุ่มมีน้ำหนักต่อกอมากกว่าชิ้นส่วนตั้งต้นที่เป็นต้นเดี่ยวใหญ่และต้นเดี่ยวเล็กถึง 1.5 และ 4.3 เท่าตามลำดับ



ภาพ 24 น้ำหนักสดของชิ้นส่วนต้นตั้ง 3 ขนาด คือ ต้นเดี่ยวเล็ก ต้นเดี่ยวใหญ่ และต้นกอที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จัมชั่วคราว และอาหารแข็ง เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ในอาหารเพิ่มปริมาณปทุมมา สูตร MS ที่มี TDZ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และ IMA 4 มิลลิกรัมต่อลิตร

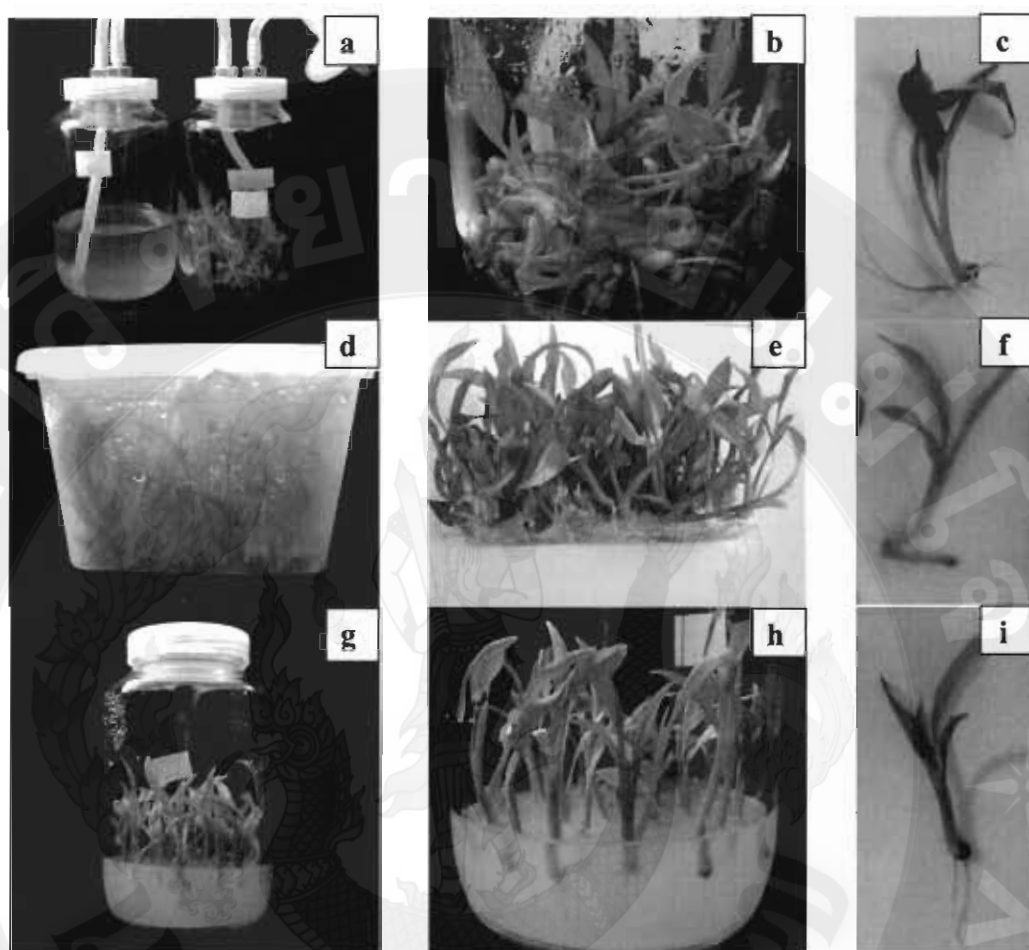
3. ผลการทดลองที่ 3 ศึกษาวิธีการชักนำการเกิดรากของต้นปทุมมาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ 3 วิธีการ

3.1 คุณภาพต้นและรากของปทุมมาที่มีการชักนำราก

จากการทดลองวิธีการเพาะเลี้ยงต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด เพื่อชักนำการออกราก โดยวิธีการชักนำรากในใบโอรีแอกเตอร์จุ่มชั่วคราว ในกล่องพลาสติกที่เติมอาหารเหลว ปริมาตร 10 มิลลิลิตร และในอาหารแข็ง ได้ผลการทดลองดังนี้ คือ

3.1.1 ลักษณะต้นที่ได้หลังจากเพาะเลี้ยงเพื่อชักนำการเกิดราก

จากภาพที่ 25 พบว่า ต้นปทุมมาที่ชักนำการเกิดรากในใบโอรีแอกเตอร์จุ่มชั่วคราว (ภาพ 25a 25b และ 25c) มีลักษณะต้นที่มีสีเขียวเข้ม สด แข็งแรง ต้นโต มีใบที่ใหญ่ และต้นมีรากที่ใหญ่ แข็งแรง แต่การจัดเรียงต้นที่เพาะเลี้ยงในใบโอรีแอกเตอร์จุ่มชั่วคราวไม่เป็นระเบียบ เนื่องจากต้นหมุนเปลี่ยนตำแหน่งทุกครั้งที่ได้รับอาหาร ส่วนต้นปทุมมาที่ชักนำการออกรากในกล่องพลาสติกที่เติมอาหารเหลว 10 มิลลิลิตร (ภาพ 25d 25e และ 25f) ที่มีการจัดเรียงต้นที่ดี ด้านล่างพบรากที่สานกันแบบหลวมๆ ทำให้ต้นตั้งตรงได้ และต้นมีลักษณะแข็งแรง ใบสีเขียว แต่ไม่เข้มเท่ากับต้น TIB บางต้นปลายใบเหลืองเล็กน้อย และบางต้นมีรากขนาดเล็ก ไม่แข็งแรงเท่ากับต้นในใบโอรีแอกเตอร์จุ่มชั่วคราว ส่วนต้นในอาหารแข็ง (ภาพ 25g 25h และ 25i) มีต้นที่ตั้งตรงที่แข็งแรง สด และใบมีสีเขียวแต่สีไม่เข้มเท่ากับต้นในใบโอรีแอกเตอร์จุ่มชั่วคราวเช่นกัน บางต้นมีปลายใบเหลืองและแห้ง



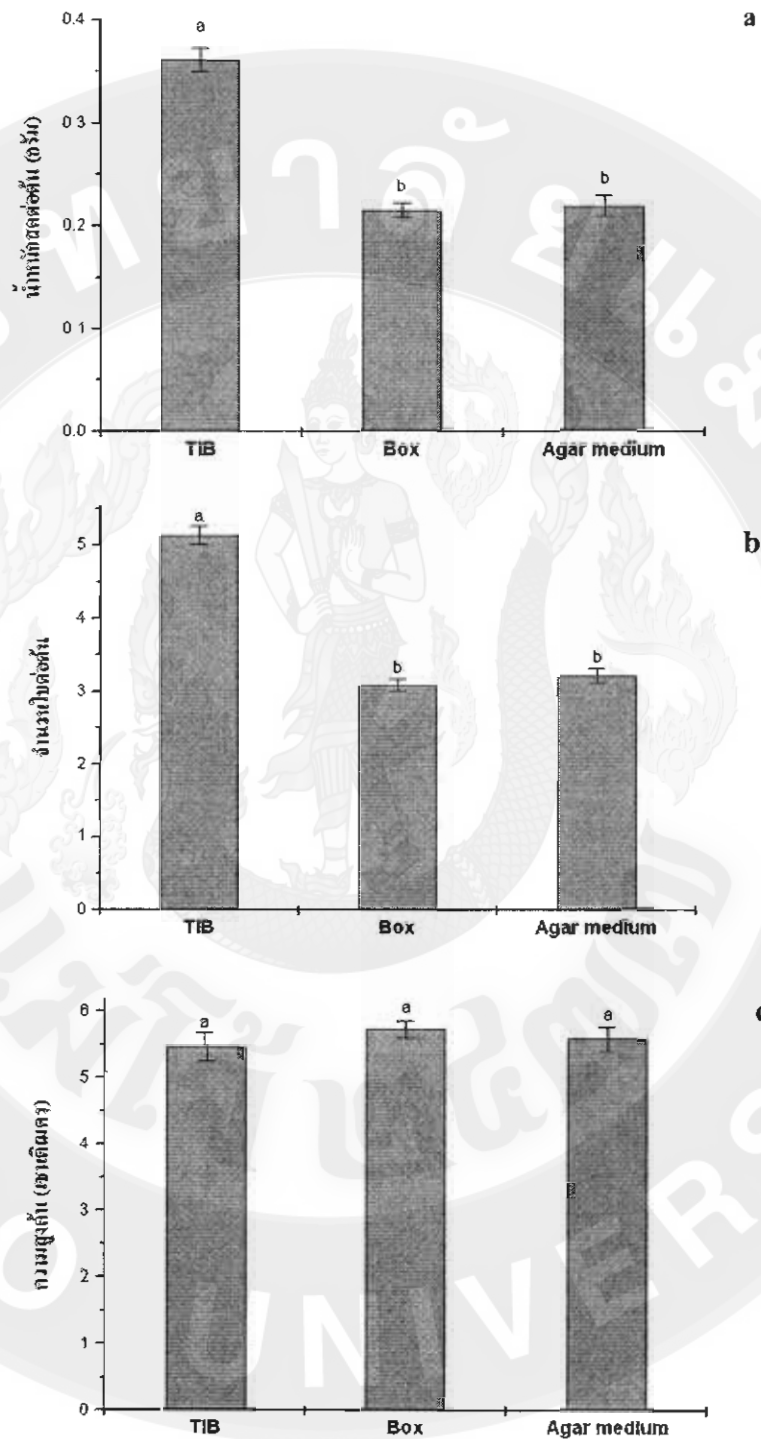
ภาพ 25 ลักษณะต้นปทุมมาที่ถูกชักนำทำให้เกิดรากในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราว (a b และ c) กล่องพลาสติกที่มีการเติมอาหารเหลว 10 มิลลิลิตร (d e และ f) และอาหารแข็ง (g h และ i) เป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ ในอาหารสูตร MS ที่ปราศจากฮอร์โมน

3.1.2 คุณภาพของต้นปทุมมาที่ได้ในระหว่างการออกราก

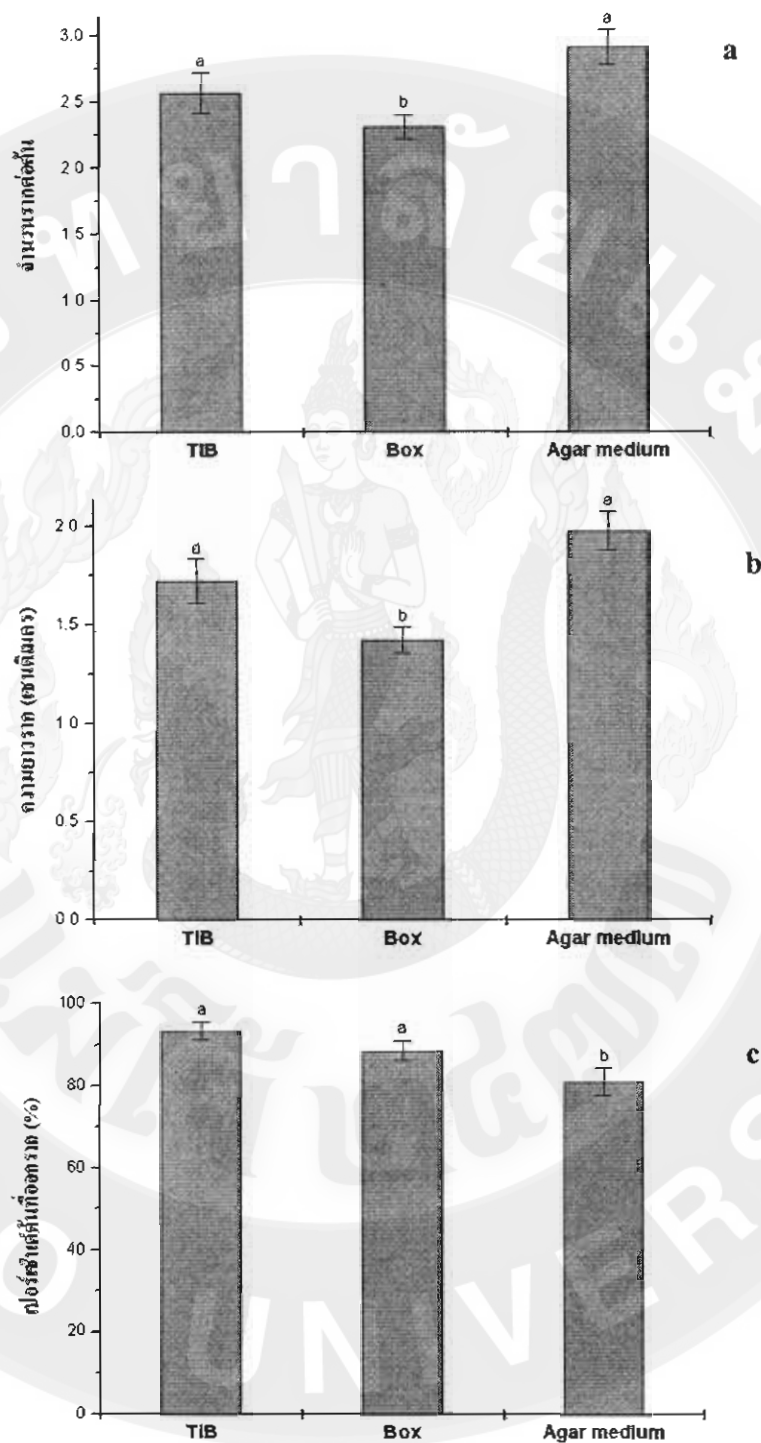
ปัจจัยที่นำมาประเมินถึงคุณภาพของต้นปทุมมาที่ได้ในระหว่างการออกรากในที่นี้ ได้แก่ น้ำหนักสดต่อต้น ความสูงต้น และจำนวนใบต่อต้น ซึ่งจากภาพ 26 น้ำหนักสดต่อต้น ความสูงต้น และจำนวนใบต่อต้นของต้นปทุมมาที่ชักนำการออกรากในอาหารสูตร MS ที่ปราศจากฮอร์โมน และมีน้ำตาลซูโครส 30 กรัมต่อลิตร ทำการเพาะเลี้ยงใน 3 ลักษณะคือในไบโอรีแอคเตอร์ จมชั่วคราว กล่องพลาสติกที่มีอาหารเหลว 10 มิลลิลิตร และในอาหารแข็ง ที่เติมวุ้น 7.5 กรัมต่อลิตร แล้วทำการเพาะเลี้ยง 3 สัปดาห์ พบว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีน้ำหนักสดต่อต้นมากที่สุด คือ 0.36 กรัม ซึ่งมีน้ำหนักสดต่อต้นมากกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในกล่องพลาสติก (0.21 กรัม) และในอาหารแข็ง (0.21 กรัม) ถึง 1.65 และ 1.65 เท่าตามลำดับ โดยที่น้ำหนักสดต่อต้นของต้นที่เพาะเลี้ยงในกล่องพลาสติกและอาหารแข็งมีน้ำหนักไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพ 26a) และเช่นเดียวกับจำนวนใบต่อต้นของต้นที่ชักนำการออกรากในระบบไบโอรีแอคเตอร์ จมชั่วคราวมีจำนวนใบต่อต้นมากที่สุดคือ 5.1 ใบ ในขณะที่ต้นที่เพาะเลี้ยงในกล่องพลาสติกและอาหารแข็งมีจำนวนใบต่อต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 3.1 และ 3.2 ใบตามลำดับ (ภาพ 26b) ส่วนความสูงต้นของต้นปทุมมาที่เพาะเลี้ยงทั้ง 3 วิธีการคือในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว กล่องพลาสติกที่มีการเติมอาหารเหลวปริมาตร 10 มิลลิลิตร และอาหารแข็ง มีความสูงของต้นที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 5.46 5.72 และ 5.57 เซนติเมตร ตามลำดับ (ภาพ 26c)

3.1.3 คุณภาพรากของปทุมมาลูกผสมที่เพาะเลี้ยงในระหว่างการชักนำการออกราก

คุณภาพรากที่นำมาพิจารณาในที่นี้ ได้แก่ จำนวนรากต่อต้น ความยาวของราก และเปอร์เซ็นต์ต้นเกิดราก จากภาพ 27 พบว่า ต้นปทุมมาที่ชักนำให้เกิดรากในอาหารแข็งและในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีจำนวนรากต่อต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 2.91 และ 2.87 รากต่อต้นตามลำดับ ซึ่งมากกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในกล่องพลาสติกที่มีการเติมอาหารเหลว 10 มิลลิลิตร ที่มีจำนวนราก 2.31 รากต่อต้น (ภาพ 27a) เช่นเดียวกับความยาวรากพบว่า ต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งและในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีความยาวรากไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 1.97 และ 1.72 เซนติเมตร ส่วนต้นปทุมมาที่เพาะเลี้ยงในกล่องพลาสติกที่เติมอาหารเหลว 10 มิลลิลิตรมีรากยาวน้อยที่สุด คือ 1.42 เซนติเมตร (ภาพ 27b) ในขณะที่เปอร์เซ็นต์ที่ออกรากพบว่า ต้นปทุมมาที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีเปอร์เซ็นต์ต้นที่ออกรากมากที่สุด คือ 93.5 เปอร์เซ็นต์ รองมาคือต้นที่เพาะเลี้ยงในกล่องพลาสติกที่มีการเติมอาหารเหลวปริมาตร 10 มิลลิลิตร มีต้นที่ออกรากเท่ากับ 88.5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งจะมีต้นที่ออกรากน้อยที่สุด 81.0 เปอร์เซ็นต์ (ภาพ 27c)



ภาพ 26 น้ำหนักสดต่อต้น (a) จำนวนโคโลนี (b) และ ความสูงต้น (c) ของต้นปทุมมาที่ชักนำให้ออกรากเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว กล่องพลาสติกที่มีอาหารเหลว 10 มิลลิลิตร และในอาหารแข็ง เพาะเลี้ยงระยะเวลา 3 สัปดาห์ ในอาหารสูตร MS ที่ปราศจากฮอร์โมน

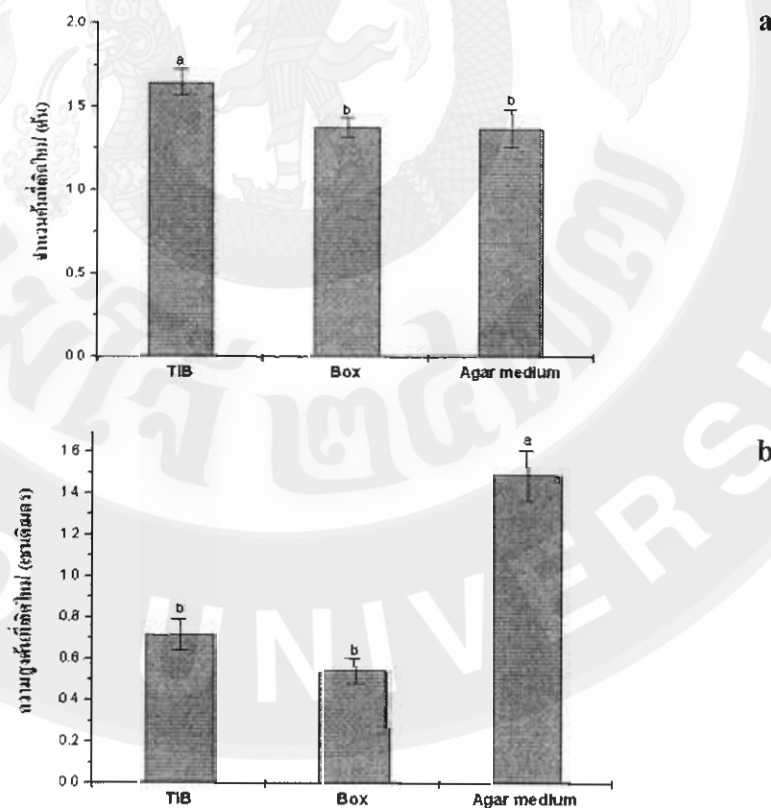


ภาพ 27 จำนวนรากต่อต้น (a) ความขาวราก (b) และ เปอร์เซ็นต์เซลล์ที่เกาะราก (c) ของต้นปทุมมาที่ชักนำการเกิดรากในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว กล่องพลาสติกที่มีอาหารเหลว 10 มิลลิลิตร และในอาหารแข็ง เพาะเลี้ยงระยะเวลา 3 สัปดาห์ ในอาหารสูตร MS ที่ปราศจากฮอร์โมน

3.1.4 จำนวนด้นปทุมมาที่เกิดขึ้นใหม่และความสูงด้นที่เกิดขึ้นใหม่ที่ได้ในระยะ

การชักนำการออกราก

ภาพ 28 จำนวนด้นที่เกิดขึ้นใหม่ และความสูงด้นที่เกิดขึ้นใหม่ของด้นปทุมมาที่ชักนำให้เกิดรากในอาหารสูตร MS ที่ปราศจากฮอร์โมน ในระบบการเพาะเลี้ยง 3 วิธีการคือในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราว กล้องพลาสติกที่มีอาหารเหลว 10 มิลลิลิตร และอาหารแข็งนาน 3 สัปดาห์ พบว่า ด้นปทุมมาที่ชักนำให้เกิดรากในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวมีจำนวนด้นที่เกิดขึ้นใหม่มากที่สุดคือ 1.64 ด้น ซึ่งมากกว่าด้นที่เพาะเลี้ยงในกล้องพลาสติกและอาหารแข็งที่มีจำนวนด้นเกิดขึ้นใหม่เท่ากับ 1.37 และ 1.37 ด้นตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพ 28a) ในขณะที่ความสูงด้นพบว่า ด้นที่เกิดขึ้นใหม่ของด้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งมีด้นที่เกิดขึ้นใหม่สูงที่สุดคือ 1.48 เซนติเมตร ส่วนด้นที่เกิดขึ้นใหม่ของด้นที่เพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวและอาหารแข็ง ความสูงของด้นที่เกิดขึ้นใหม่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ คือ 0.71 และ 0.53 เซนติเมตรตามลำดับ (ภาพ 28b)



ภาพ 28 จำนวนด้นที่เกิดขึ้นใหม่ (a) และความสูงด้นที่เกิดขึ้นใหม่ (b) ของด้นปทุมมาที่ชักนำการเกิดรากในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราว กล้องพลาสติกที่มีอาหารเหลว 10 มิลลิลิตร และในอาหารแข็ง เพาะเลี้ยงระยะเวลา 3 สัปดาห์ ในอาหารสูตร MS ที่ปราศจากฮอร์โมน

ผลการวิเคราะห์ด้านต้นทุนด้านแรงงาน

1. การวิเคราะห์ต้นทุนด้านแรงงานสำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

การเพาะเลี้ยงต้นพืชในระดับอุตสาหกรรมโดยเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช นั้น ต้องคำนึงถึงเรื่องของต้นทุนด้านแรงงานที่ใช้ ได้แก่ เวลาในการเตรียมอาหาร อุปกรณ์ และเวลา ในการตัดชิ้นส่วนต้นไม้ รวมถึงจำนวนคนที่ใช้ในการดำเนินงานต่างๆ เป็นต้น เพื่อจะได้ใช้เป็น แนวทางในการปรับวิธีการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนของการเพาะเลี้ยงต้นปทุมมาลูกผสมข้าม ชนิดที่เหมาะสม สามารถลดต้นทุนด้านแรงงานลง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้มีการวิเคราะห์ต้นทุน ด้านแรงงานสำหรับการเพาะเลี้ยงปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1.1 ส่วนที่ 1 การวิเคราะห์ต้นทุนด้านแรงงานและเวลาในการดำเนินการ เตรียมอาหารและอุปกรณ์ต่าง ๆ

ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชนั้นในแต่ละขั้นตอนของการเพาะเลี้ยงจะต้องมีการ เตรียมอาหารและอุปกรณ์ต่างๆ ก่อนที่จะทำการตัดชิ้นส่วนพืชเพื่อเพาะเลี้ยง ซึ่งในการเตรียมอาหาร และอุปกรณ์ต่าง ๆ ในแต่ละวันต้องมีการคำนึงถึงจำนวนรอบของการในการใช้หม้อนึ่งความดันที่ สามารถทำได้ในแต่ละวัน ทั้งนี้จะต้องขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ ชนิดของหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ ความจุของหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ ปริมาตรของอาหารหรืออุปกรณ์หนึ่งฆ่าเชื้อ เป็นต้น โดยในงานวิจัยได้ทำ การวิเคราะห์เวลาการนึ่งฆ่าเชื้ออาหารและอุปกรณ์ต่างๆ ในหม้อนึ่งฆ่าเชื้อรุ่น STURDY รุ่น SA-350 ขนาดความจุ 250 ลิตร ดังนั้นจึงมีการวิเคราะห์ต้นทุนด้านแรงงานในส่วนเป็นเวลาและจำนวน คนที่ใช้ในการเตรียมอาหารและอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้

การเตรียมอาหาร

สำหรับการเตรียมอาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงในงานวิจัยนี้ ได้ใช้ฐานในการเตรียม อาหารปริมาตร 8 ลิตร ตามขนาดของหม้อเคี่ยวอาหารในห้องปฏิบัติการ ทำการวิเคราะห์เวลาเตรียม อาหารแข็งและอาหารเหลวที่ใช้สำหรับระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวที่มีขนาดภาชนะความจุ 700 มิลลิลิตร (24 ออนซ์) จากตาราง 4 จะเห็นได้ว่าการเตรียมอาหารแข็งในขวดขนาด 8 ออนซ์ และ 24 ออนซ์ ใช้เวลา 110 และ 77 นาทีตามลำดับ ในขณะที่อาหารเหลวในขวดขนาด 24 ออนซ์ ที่ ใช้สำหรับระบบไบโอรีแอคเตอร์ใช้เวลาเพียง 39 นาทีเท่านั้น ซึ่งใช้เวลาในการเตรียมน้อยกว่าการ เตรียมอาหารแข็งในขวดขนาด 24 ออนซ์ ทั้งนี้เนื่องจากอาหารเหลวไม่ต้องคั้นเคี้ยวอาหาร แต่ใน ที่ การเตรียมอาหารแข็งปริมาตร 8 ลิตรต้องใช้เวลาคั้นเคี้ยวอาหารนานถึง 25 นาที แต่อย่างไรก็ตามการ เลือกใช้อาหารแข็งหรืออาหารเหลวสำหรับการเพาะเลี้ยงต้นปทุมมานั้นขึ้นอยู่กับระยะเวลาเพาะเลี้ยง เช่นระยะการชักนำให้เกิดต้นจากชิ้นส่วนตั้งต้นจากช่อดอกจะต้องใช้อาหารแข็งเพาะเลี้ยงเท่านั้น

ตาราง 4 เวลาการเตรียมอาหารแข็งและอาหารเหลวปริมาตร 8 ลิตร ใช้คนเตรียมจำนวน 1 คน เพื่อใช้เป็นอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

รายละเอียด	อาหารแข็ง 8 ออนซ์	อาหารแข็ง 24 ออนซ์	อาหารเหลว 24 ออนซ์
เวลาชั่งสาร (นาที)	5	5	5
เวลาดวงสาร (นาที)	10	10	10
จำนวนขวดที่ใช้ (ขวด)	(230)	(55)	(27)
เวลาเตรียมขวด (นาที)	15	7	4
เวลาดัมอาหาร (นาที)	25	25	0
เวลาปรับ pH (นาที)	10	10	10
เวลาเทอาหารใส่ขวด ปิดฝา รวมติดเบอร์ด์ (นาที)	45	20	10
สรุปเวลาในการเตรียมอาหาร 8 ลิตร (นาที)	110	77	39

การเตรียมอุปกรณ์ก่อนนำไปนึ่งฆ่าเชื้อ

ในด้านการเตรียมอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อใช้ในการเตรียมชิ้นส่วนตั้งต้นด้วยการนำไปนึ่งฆ่าเชื้อ ประกอบด้วย ขวดเปล่าขนาด 8 ออนซ์ สำหรับใส่ชิ้นส่วนพืชเพื่อฟอกฆ่าเชื้อ และน้ำฟอกฆ่าเชื้อเพื่อล้างสารฟอกออกจากชิ้นส่วน และในระบบการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนพืชโดยใช้ระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวจะต้องมีการเตรียมขวดเปล่าขนาด 24 ออนซ์ที่นึ่งฆ่าเชื้อ สำหรับใส่ชิ้นส่วนพืชที่ตัดแล้วเตรียมเพื่อเพาะเลี้ยง นอกจากนี้ยังต้องมีการเตรียมชุดฝาของไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวเพื่อเชื่อมต่อขวดอาหารเหลวและขวดใส่ชิ้นส่วนพืชเข้าด้วยกัน ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการวิเคราะห์เวลาที่ใช้ในการเตรียมอุปกรณ์ต่างๆ ไว้ ดังตาราง 5 โดยคิดตามเวลาที่ใช้เตรียมขวดฟอกและขวดน้ำฟอกฆ่าเชื้อตามจำนวนขวดที่สามารถบรรจุลงในหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ STURDY รุ่น SA-350 ที่มีความจุ 250 ลิตร โดยขวดขนาด 8 ออนซ์สามารถบรรจุในหม้อนึ่งฆ่าเชื้อดังกล่าวได้ 114 ขวด และขวดขนาด 24 ออนซ์ สามารถบรรจุได้ 32 ขวด ส่วนการเตรียมชุดฝาของไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราว และกล่องพลาสติกฆ่าเชื่อนั้นจะมีการเตรียมขึ้นตามจำนวนที่จะใช้งาน ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทดลองเวลาเตรียมอุปกรณ์ต่อชุดไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราว 10 ชุด และเวลาเตรียมกล่องพลาสติกใส่ต้นไม้ออกราก 10 กล่อง ดังตาราง 5

ตาราง 5 เวลาในการเตรียมอุปกรณ์ต่าง ๆ ก่อนนำไปนึ่งฆ่าเชื้อ

รายละเอียด	เวลาที่ใช้ (นาที)
เวลาเตรียมขวดฟอกฆ่าเชื้อขนาด 8 ออนซ์ 114 ขวด (นาที)	15
เวลาเตรียมขวดฟอกฆ่าเชื้อขนาด 24 ออนซ์ 32 ขวด (นาที)	8
เวลาเตรียมน้ำฟอกฆ่าเชื้อขนาด 8 ออนซ์ 114 ขวด (นาที)	35
เวลาเตรียมอุปกรณ์ต่อชุดไบโอรีแอคเตอร์จัมพ์คราว 10 ชุด (นาที)	20
เวลาเตรียมกล่องพลาสติกใส่ต้นไม้ออกราก 10 กล่อง (นาที)	8

เวลาในการนึ่งฆ่าเชื้ออาหารและอุปกรณ์

หลังจากเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงและอุปกรณ์ต่าง ๆ ไว้สำหรับใช้ในงานเพาะเลี้ยง ปทุมมาถูกผสมข้ามชนิดดังรายละเอียดที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ก่อนที่จะมีการนำอาหารและอุปกรณ์ต่าง ๆ มาใช้งานจะต้องมีการนึ่งฆ่าเชื้อก่อน ซึ่งในการนึ่งฆ่าเชื้อจะมีต้องมีการใช้เวลาในการนึ่งฆ่าเชื้อนาน ดังตาราง 6 จะเห็นได้ว่าจะต้องมีการใช้คนในการเอาขวดอาหารเข้าและเอาออกจากหม้อนึ่งฆ่าเชื้อซึ่งจะต้องใช้เวลาที่ต่างกันตามขนาดและจำนวนของขวดอาหารที่จะนึ่งฆ่าเชื้อ ส่วนในระหว่างช่วงเวลาที่ทำการนึ่งฆ่าเชื้ออาหารหรืออุปกรณ์อยู่ คนที่รับผิดชอบสามารถจะไปทำงานในส่วนอื่นได้

ตาราง 6 เวลาการนึ่งฆ่าเชื้ออาหารและอุปกรณ์ต่างๆ

รายละเอียด	ขวด 8 ออนซ์	ขวด 24 ออนซ์
จำนวนขวดที่นึ่งฆ่าเชื้อได้ต่อหนึ่งรอบการนึ่ง (ขวด)	(114)	(32)
เวลาเอาขวดเข้าหม้อนึ่งฆ่าเชื้อต่อหนึ่งรอบการนึ่ง (นาที)	15	5
เวลาเอาขวดออกหม้อนึ่งฆ่าเชื้อต่อหนึ่งรอบการนึ่ง (นาที)	30	10
เวลาในการนึ่งฆ่าเชื้ออาหาร (นาที)	90	90
เวลาในการนึ่งฆ่าเชื้อขวดฟอก (นาที)	90	90
เวลาในการนึ่งฆ่าเชื้อน้ำฟอก (นาที)	120	-
เวลาในการนึ่งฆ่าเชื้ออุปกรณ์อื่นๆ (นาที)		90

1.2 ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์ต้นทุนด้านแรงงานและเวลาในการดำเนินงาน เพาะเลี้ยงต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด 3 ระยะ

ได้ทำการวิเคราะห์วิธีการที่เหมาะสมที่จะช่วยลดเวลาในการทำงาน และได้ค้นพืชที่เพาะเลี้ยงที่มีคุณภาพที่ดี ในระยะการเพาะเลี้ยง 3 ระยะ ได้แก่ ระยะชักนำการเกิดต้นจากช่อดอก ปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด ระยะการเพิ่มปริมาณ และระยะการชักนำให้ออกราก

ระยะชักนำการเกิดต้นจากช่อดอกของปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด

ได้ทำการวิเคราะห์เวลาที่ใช้เตรียมชิ้นส่วนเพื่อชักนำให้เกิดต้น ดังขั้นตอนต่อไปนี้ คือ การเตรียมและตัดชิ้นส่วนจากช่อดอก การฟอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วน และการตัดชิ้นส่วนลงอาหาร เพาะเลี้ยง ซึ่งมีการกำหนดปัจจัยที่จะส่งผลกระทบต่อเวลาในการดำเนินการทั้งหมด คือ ลักษณะของช่อดอก ได้แก่ ช่อดอกบานเล็กน้อยและช่อดอกบานเต็มที่ และจำนวนคนที่ดำเนินการทำงานในแต่ละขั้นตอน โดยทำการวิเคราะห์เวลาในการเตรียมชิ้นส่วนตั้งต้นจากช่อดอกปทุมมาเพื่อชักนำให้เกิดต้น อย่างละ 30 ช่อดอก ในขั้นตอนการเตรียมและตัดชิ้นส่วนจากช่อดอก ซึ่งได้แก่ การตัดเอากลีบประดับออกแล้วทำความสะอาดดอกที่อยู่ภายใน และหลังจากนั้นตัดเป็นชิ้นส่วนยอดและชิ้นส่วนดอกจากช่อดอกกลีบประดับก่อนนำไปฟอก ใช้คนในการดำเนินการในขั้นตอนนี้อาจมีจำนวน 4 คน จากตาราง 7 พบว่าเวลาในการเตรียมและตัดชิ้นส่วนจากช่อดอกของปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด C3 C11 และ C16 โดยที่ช่อดอกบานเล็กน้อยใช้เวลาในการดำเนินการ คือ 61.25, 59.25 และ 103 นาที ซึ่งเร็วกว่าการตัดช่อดอกบานเต็มที่ที่ใช้เวลา 123.22, 100.12 และ 145.50 นาทีตามลำดับ ส่วนการฟอกฆ่าเชื้อช่อดอกปทุมมาจำนวน 30 ช่อ ใช้คนทำ 1 คนใช้เวลาทั้งหมด 45 นาทีไม่ว่าจะเป็นช่อดอกบานเล็กน้อยหรือบานเต็มที่ จากนั้นทำการตัดชิ้นส่วนช่อดอกที่ฟอกฆ่าเชื้อแล้วลงอาหาร ทำโดยตัดเนื้อเยื่อบริเวณที่ตายออกแล้วทำการปักชิ้นส่วนลงอาหาร ใช้คนทำ 1 คน พบว่าเวลาในการดำเนินการของไม่มีความแตกต่างกันระหว่างช่อดอกบานเล็กน้อยและดอกบานเต็มที่มากนัก ดังนั้นเวลาในที่ใช้ในการเตรียมชิ้นส่วนทั้งหมดรวม 3 ขั้นตอนนั้น ลักษณะช่อดอก คือ ดอกบานเล็กน้อยหรือบานเต็มที่ที่มีผลต่อเวลาการทำงานอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งเวลาในการเตรียมชิ้นส่วนตั้งต้นจากช่อดอกบานเล็กน้อยใช้เวลาในการเตรียมน้อยกว่าช่อดอกบานเต็มที่

ตาราง 7 เวลาการเตรียมชิ้นส่วนตั้งต้นจากช่อดอกปทุมมาในระยะชักนำให้เกิดต้นใหม่จากช่อดอก
จำนวน 30 ช่อดอก โดยใช้คนเตรียมตัดชิ้นส่วนตั้งต้นจำนวน 4 คน และคนตัดชิ้นส่วนลง
อาหารจำนวน 1 คน

ทรีทเมนต์	เวลาเตรียมและตัด ชิ้นส่วนจากช่อดอก* (นาทิจ)	เวลาฟอก** (นาทิจ)	จ.น. ชิ้นส่วนที่ ได้ (ชิ้น)	เวลาตัดชิ้นส่วน ลงอาหาร*** (นาทิจ)	เวลาที่ใช้ ทั้งหมด (นาทิจ)
C3 ดอกบานเล็กน้อย	61.25	45	(340)	120.50	226.75
C3 ดอกบานเต็มที่	123.22	45	(346)	123.00	291.22
C11 ดอกบานเล็กน้อย	59.25	45	(272)	124.50	228.70
C11 ดอกบานเต็มที่	100.12	45	(298)	120.00	265.12
C16 ดอกบานเล็กน้อย	103.00	45	(316)	103.50	251.50
C16 ดอกบานเต็มที่	145.50	45	(347)	113.50	304.00

หมายเหตุ

* จำนวนคนที่ใช้ในการเตรียมและตัดชิ้นส่วนตั้งต้นจากช่อดอก จำนวน 4 คน

** จำนวนคนที่ใช้ในการฟอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนตั้งต้น จำนวน 1 คน

*** จำนวนคนที่ใช้ในการตัดชิ้นส่วนลงอาหารเพาะเลี้ยง จำนวน 1 คน

ระยะเพิ่มปริมาณ

ส่วนการวิเคราะห์ถึงต้นทุนด้านแรงงานส่วนการเตรียมชิ้นส่วนตั้งต้นสำหรับระยะ
เพิ่มปริมาณ ได้มีการศึกษาถึงลักษณะของชิ้นส่วนตั้งต้นที่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณต้น 3 ขนาด คือ
ต้นเดี่ยวเล็ก (ต้นเดี่ยวที่มีขนาด 0.5–1.5 เซนติเมตร) ต้นเดี่ยวใหญ่ (ต้นเดี่ยวที่มีขนาด 2–4
เซนติเมตร) และต้นกลุ่ม (ต้นที่มีขนาดต่างๆ ซึ่งมีจำนวนต้น 3–4 ต้นต่อกอ) ทำการตัดใบและราก
ออก แล้วนำไปเพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวเปรียบเทียบกับอาหารแข็ง ในตาราง
8 แสดงให้เห็นว่าเวลาในการทำงานต่อการเตรียมต้นตั้งต้น 200 ต้น ของการเตรียมต้นของชิ้นส่วน
ตั้งต้น 3 ขนาดเพื่อเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวใช้เวลาน้อยกว่าระบบอาหารแข็ง
โดยเฉพาะชิ้นส่วนตั้งต้นที่เป็นต้นกลุ่มใช้เวลาในการทำงานน้อยที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบกับเวลา
ของต้นเดี่ยวใหญ่ (72 นาที) และต้นเดี่ยวเล็ก (88 นาที) ซึ่งเปรียบเทียบได้ว่า ใช้เวลาทำงานมากกว่า
ต้นกลุ่มใน T1B ถึง 4.36 และ 5.33 เท่า เช่นเดียวกับต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งที่เป็นต้นกลุ่ม ต้น
เดี่ยวใหญ่ และต้นเดี่ยวเล็ก ก็ใช้เวลาในการทำงานมากกว่าต้นกลุ่มในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวถึง
1.27, 5.8 และ 8.6 เท่าตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการเตรียมชิ้นส่วนตั้งต้นที่เป็นต้นกลุ่มเพาะเลี้ยง

ในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวไม่ต้องทำการตัดแยกต้นเดี่ยวเหมือนกับชิ้นส่วนตั้งต้นที่เป็นต้นเดี่ยวใหญ่และต้นเล็ก ที่จะต้องมีการทำการตัดแยกเป็นต้นเดี่ยวก่อน โดยเฉพาะการเตรียมชิ้นส่วนที่เป็นต้นเดี่ยวเล็กต้องมีการตัดต้นดังกล่าวตรงซอกใบซึ่งทำได้ยากกว่า จึงทำให้ต้องใช้เวลาในการเตรียมต้นมาก และการเตรียมต้นทั้ง 3 ขนาด เพื่อเพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวใช้เวลาเตรียมชิ้นส่วนตั้งต้นน้อยกว่าการเตรียมต้นเพื่อเพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง คือไม่ต้องนำต้นมาปักบนอาหาร อีกทั้งยังพบว่าจำนวนภาชนะสำหรับบรรจุต้นตั้งต้นทั้ง 3 ขนาด จำนวน 200 ต้นในอาหารแข็งใช้ภาชนะในการเลี้ยงต้นมากกว่าระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวถึง 1 เท่า และเมื่อพิจารณาเรื่องของขนาดชิ้นส่วนตั้งต้นพบว่าต้นกลุ่มจำนวน 200 ต้น ใช้ภาชนะบรรจุในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวเพียง 1 ชุด และในอาหารแข็ง 2 ชุด ส่วนชิ้นส่วนตั้งต้นที่เป็นต้นเดี่ยวใหญ่และต้นเดี่ยวเล็กใช้ภาชนะในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวบรรจุถึง 4 ชุด และในอาหารแข็งถึง 8 ชุด

หลังจากเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าจำนวนต้นใหม่ต่อชิ้นส่วนในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราว มีจำนวนต้นมากกว่าในระบบอาหารแข็งในแต่ละขนาดของชิ้นส่วนตั้งต้น โดยเฉพาะต้นกลุ่มในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวมีจำนวนต้นใหม่มากที่สุดถึง 19.66 ต้น และมีจำนวนต้นใหม่ต่อภาชนะถึง 983 ต้น ซึ่งมากกว่าต้นเดี่ยวเล็ก และต้นเดี่ยวใหญ่ในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวถึง 3.07 และ 2.70 เท่าตามลำดับ และมากกว่าต้นเดี่ยวเล็ก ต้นเดี่ยวใหญ่ และต้นเดี่ยวเล็กในอาหารแข็งถึง 7.86 6.34 และ 2.85 เท่า ตามลำดับ (ตาราง 9)

ดังนั้นจะเห็นว่าการเตรียมชิ้นส่วนตั้งต้นที่เป็นต้นกลุ่มเพื่อเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวใช้เวลาในการทำงานน้อยที่สุด ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนแรงงานให้ลดลง อีกทั้งยังได้ต้นที่มีคุณภาพที่ดี กอใหญ่ แตกกิ่งเยอะ ต้นแข็งแรงและโตที่สุด

ตาราง 8 ข้อมูลการดำเนินงานเตรียมชิ้นส่วนตั้งตั้ง 3 ขนาดที่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณดินปทุมมาในอาหารแข็งและในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราว

ทริทเมนต์	จำนวน ดิน/ ชิ้นส่วน (ดิน)	จำนวน ชิ้นส่วน/ ภาชนะ (ชิ้นส่วน)	จำนวน ดิน/ ภาชนะ (ดิน)	ปริมาตร อาหาร/ ภาชนะ (มิลลิลิตร)	เวลาตัด ชิ้นส่วน/ ภาชนะ (นาที)	จำนวน ภาชนะ/ดิน 200 ดิน (ภาชนะ)	เวลา เตรียมดิน 200 ดิน (นาที)
อาหารแข็ง-เดี่ยวเล็ก	1	25	25	150	17.75	8	142
อาหารแข็ง-เดี่ยวใหญ่	1	25	25	150	12	8	96
อาหารแข็ง-กลุ่ม	4	25	100	150	10.5	2	21
TIB - เดี่ยวเล็ก	1	50	50	300	22	4	88
TIB - เดี่ยวใหญ่	1	50	50	300	18	4	72
TIB - กลุ่ม	4	50	200	300	16.5	1	16.5

ตาราง 9 จำนวนดินใหม่ต่อชิ้นส่วน และจำนวนดินใหม่ต่อภาชนะของชิ้นส่วนตั้งตั้งทั้ง 3 ขนาด จำนวน 200 ดินในการเพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวเปรียบเทียบกับระบบอาหารแข็งที่เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์

ทริทเมนต์ ลักษณะ	TIB เดี่ยวเล็ก	TIB เดี่ยวใหญ่	TIB กลุ่ม	อาหารแข็ง เดี่ยวเล็ก	อาหารแข็ง เดี่ยวใหญ่	อาหารแข็ง กลุ่ม
จำนวนดินใหม่ ต่อชิ้นส่วน	6.4 ^c	7.27 ^c	19.66 ^a	5.0 ^c	6.2 ^c	13.8 ^b
จำนวนดินใหม่ ต่อภาชนะ	320	363.5	983	125	155	345

ระยะชักนำการออกราก

จากการวิเคราะห์ถึงต้นทุนด้านแรงงานส่วนการเตรียมชิ้นส่วนตั้งต้นสำหรับระยะการชักนำการออกราก ได้มีการวิเคราะห์ถึงเวลาที่ใช้ในการเตรียมต้นเพื่อเพาะเลี้ยงด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงต้นปทุมมาถูกผสมข้ามชนิดเพื่อชักนำให้ออกรากทั้ง 3 วิธีการ ได้แก่ ไบโอรีแอกเตอร์จมชั่วคราว กล่องพลาสติกเติมอาหารเหลวปริมาตร 10 มิลลิลิตร และอาหารแข็ง (ตาราง 10) พบว่าพบว่าเวลาที่ใช้ในการทำงานในการเตรียมต้นเพื่อเพาะเลี้ยงให้ออกรากในระบบไบโอรีแอกเตอร์จมชั่วคราวใช้เวลาในการเตรียมต้นจำนวน 50 ต้นน้อยที่สุด คือ 16.88 นาที รองลงมาคือระบบกล่องพลาสติก และระบบอาหารแข็ง ซึ่งใช้เวลาเตรียมต้นจำนวน 50 ต้นเป็น 23.13 และ 26.38 นาทีตามลำดับ เนื่องจากการเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอกเตอร์จมชั่วคราวไม่ต้องการจัดเรียงต้นหรือปักต้นลงในภาชนะ แต่ในการเตรียมต้นที่จะส่งจะต้องมีการเรียงต้นที่เพาะเลี้ยงลงในภาชนะใหม่อีกรอบก่อนส่ง ในขณะที่กล่องพลาสติกใช้เวลามากกว่าในไบโอรีแอกเตอร์จมชั่วคราว ก็ต้องจัดเรียงต้นเพื่อให้ต้นตั้งตรงพร้อมในการจัดส่ง โดยไม่ต้องมาทำการจัดต้นลงในภาชนะใหม่อีก และต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งใช้เวลามากที่สุด เนื่องจากจะต้องมีปักต้นลงในอาหารแข็งตามจำนวนต้นที่ต้องเตรียม อีกทั้งเมื่อต้องเอาต้นที่จะส่งออกจากขวดเพื่อเตรียมส่งต้องมีการคัดต้นที่มีรากก่อน และต้องมีการจัดเรียงต้นลงในภาชนะใหม่อีกรอบรอบก่อนส่ง ถือเป็นการทำงาน 2 รอบ เช่นเดียวกับการเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอกเตอร์จมชั่วคราว ดังนั้นจึงเป็นวิธีการที่ใช้เวลามากที่สุด และจำนวนภาชนะสำหรับบรรจุต้นต้นเพื่อชักนำให้ออกรากจำนวน 50 ต้น พบว่าการเลี้ยงในอาหารแข็งต้องใช้ภาชนะ 2 ชุดซึ่งมากกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงระบบไบโอรีแอกเตอร์จมชั่วคราวหรืออาหาร ที่ใช้ภาชนะเพียง 1 ชุดเท่านั้น ซึ่งจะเป็นการช่วยลดพื้นที่ในการเพาะเลี้ยง ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการเพาะเลี้ยงต้นปทุมมาเพื่อชักนำการออกรากในไบโอรีแอกเตอร์จมชั่วคราวได้ต้นที่มีคุณภาพที่ดี และใช้เวลาในการเตรียมต้นน้อย แต่จะต้องมีการจัดเรียงต้นลงในภาชนะใหม่อีกครั้งก่อนส่ง ซึ่งเป็นการทำงานทำงาน 2 รอบ ในขณะที่การเพาะเลี้ยงต้นในกล่องพลาสติกที่เติมอาหารเหลว 10 มิลลิลิตร จะมีต้นที่มีคุณภาพที่ดีไม่เท่ากับต้นในไบโอรีแอกเตอร์จมชั่วคราว แต่เวลาในการเตรียมต้นเพื่อส่งเสร็จสิ้นตั้งแต่การเตรียมต้นลงกล่องครั้งแรก แต่อย่างไรก็ตามในการทำงานผู้ทำจะต้องเลือกวิธีการที่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของงานที่ทำให้ได้ต้นที่มีคุณภาพเป็นที่พอใจของลูกค้า

ตาราง 10 ข้อมูลการเตรียมดินตั้งต้นสำหรับชักนำให้เกิดรากด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ 3 ระบบ

วิธีการชักนำ ให้เกิดราก	จำนวนต้น/ ภาชนะ (ชิ้น)	ปริมาตร อาหาร/ภาชนะ (มิลลิลิตร)	จำนวน ภาชนะ/ 50 ต้น (ภาชนะ)	เวลาคัดต้น/ จำนวน 50 ต้น (นาท)	เวลาบรรจุ ต้น 50 ต้น (นาท)	รวมเวลา เตรียมต้น 50 ต้น (นาท)
ไบโอรี			1			
แอกเตอร์	50	300		15.88	1	16.88
จมชั่วคราว						
กล่อง	50	10	1	15.88	7.25	23.13
พลาสติก						
อาหารแข็ง	25	150	2	15.88	10.5	26.38

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการดำเนินการเพาะเลี้ยงต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด โดยการใช้เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ผู้ดำเนินงานจะต้องมีการจัดการแผนงานดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนการผลิตต้นปทุมมา เพื่อให้ได้ต้นที่เพาะเลี้ยงมีคุณภาพที่ดีและมีต้นทุนแรงงานในการผลิตที่ลดลง ดังนั้นการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนควรมีการคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ที่จะช่วยลดต้นทุนด้านแรงงานในการดำเนินงานด้วย เพื่อจะได้หาวิธีการที่จะช่วยลดต้นทุนด้านแรงงาน พร้อมทั้งสามารถผลิตต้นปทุมมาที่มีคุณภาพที่ดีได้

ในการเพาะเลี้ยงต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช จะต้องมีการเตรียมอาหาร และอุปกรณ์ต่างๆ ก่อนทำการเพาะเลี้ยงต้นปทุมมาในระยะต่างๆ ซึ่งจะต้องมีการใช้คนและเวลาในการเตรียมการดังกล่าวมากพอสมควร ดังนั้นผู้ดำเนินการจะต้องคำนึงต้นทุนด้านแรงงานที่จะเกิดขึ้น ซึ่งจำเป็นจะต้องมีการวางแผนการดำเนินงานล่วงหน้าก่อนเตรียมต้นเพาะเลี้ยง เพื่อให้อาหารและอุปกรณ์ที่เตรียมมีใช้พอกับความต้องการ และจะได้ใช้คนเตรียมการให้เหมาะสมกับเวลาทำงาน โดยในผลการทดลองนี้ในส่วนการวิเคราะห์ต้นทุนด้านแรงงานในการเตรียมอาหาร และอุปกรณ์ต่างๆ สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานที่นำมาปรับใช้ได้ในทุกระยะของการเพาะเลี้ยงต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด โดยจะเห็นได้ว่าการเตรียมอาหารและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้เพาะเลี้ยงในแต่ละครั้ง จะต้องทราบก่อนว่า งานที่จะทำการเพาะเลี้ยงแบบใช้ระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวหรืออาหารแข็ง จำนวนกี่ลิตร และใช้ภาชนะแบบไหน เพื่อจะทราบว่าในแต่ละวันควรจะมีการเตรียมอาหารและอุปกรณ์เท่าไร ที่จะสามารถทำการนึ่งฆ่าเชื้อให้หมดใน 1 วัน ซึ่งจะต้องทราบว่าเวลาในการนึ่งฆ่าเชื้ออาหารและอุปกรณ์แต่ละรอบใช้เวลาเท่าไรด้วย เพื่อที่ผู้ดำเนินการจะได้มีการวางแผนการทำงานเหมาะสมกับการจัดการงานที่จะทำ ถ้ามีการจัดการที่ดีสามารถช่วยลดเวลาการทำงาน และต้นทุนด้านแรงงานลงได้

จากผลการเปรียบเทียบลักษณะช่อดอกตั้งต้นที่มีผลต่อการชักนำให้เกิดต้นใหม่ของปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด 3 เบอร์ ได้แก่ C3 C11 และ C16 โดยการนำชิ้นส่วนดอกตรงกลีบประดับจากช่อดอกบานเล็กน้อยและช่อดอกบานเต็มที่ของปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดทั้ง 3 เบอร์ดังกล่าวมาเพาะเลี้ยง ซึ่งได้แยกชิ้นส่วนดอกตั้งต้นออกเป็น 2 ส่วน คือ ชิ้นส่วนดอกที่เป็นชิ้นเดียวจากกลีบประดับ และชิ้นส่วนดอกตรงกลีบประดับส่วนยอดของช่อดอก มาเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS (ดัดแปลง) 1962 ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร และ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร (Topoonyanont et.al., 2005) พบว่า ชิ้นส่วนดอกตั้งต้นจากช่อดอกบานเล็กน้อยของปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด มีการผ่นกลับเป็นต้นได้เร็วและมีจำนวนชิ้นส่วนที่ผ่นกลับมากกว่าชิ้นส่วนดอกบานเต็มที่

โดยเฉพาะชิ้นส่วนของช่อดอกมีการผันกลับเป็นต้นได้จำนวนมากกว่า เนื่องจากส่วนของบริเวณที่มีดอกอยู่ติดกันหลายดอกจึงต้องตัดเป็นชิ้นเดียวที่ใหญ่ ซึ่งทำให้ชิ้นส่วนของช่อดอกมีโอกาสดูดซับสูงกว่าชิ้นส่วนที่ตัดเป็นชิ้นเดียว และส่วนของช่อดอกเป็นบริเวณที่มีดอกอ่อนสุด ทำให้มีความสามารถในการผันกลับเป็นต้นได้ตั้นมากนั้น ส่วนของ floral meristem ยังไม่มีการพัฒนาเป็นอวัยวะส่วนของดอกอย่างชัดเจน เซลล์ในบริเวณส่วนนี้ยังสามารถที่จะผันกลับเป็น vegetative meristem ที่ทำหน้าที่สร้างใบและต้นต่อไปได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Ahloowalia et.al. (2004) ในการชักนำการเกิดต้นของพืชต่างๆ อาทิเช่น มันฝรั่ง เบญจมาศ คาร์เนชั่น สตรปโตคาร์ปัส สตรอเบอร์รี่ และ อพริกานไวโอเล็ต ได้มีการนำชิ้นส่วนตั้งต้นที่ได้จากส่วนเมอริสเต็ม ดายอด ตาข้าง เมล็ดอ่อน ใบและก้านใบอ่อนที่กำลังพัฒนา อีกทั้งดาดอกที่ยังไม่คลี่ออก มาใช้เป็นชิ้นส่วนตั้งต้น เนื่องจากชิ้นส่วนตั้งต้นดังกล่าวเหล่านี้ เป็นชิ้นส่วนที่จะเกิดการปนเปื้อนเชื้อได้น้อย และเป็นชิ้นส่วนที่สามารถชักนำให้เป็นต้นได้ดี จึงทำให้การเลือกใช้ชิ้นส่วนดังกล่าวเหล่านี้สามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตได้

อีกประการหนึ่งในกรณีของชิ้นส่วนของช่อดอกจากช่อดอกบานเต็มที่ที่มีเปอร์เซ็นต์การเสียหายของชิ้นส่วนที่สูง จากการสังเกตพบว่า ชิ้นส่วนของช่อดอกตั้งต้นที่เสียหายส่วนใหญ่เหล่านี้เกิดจากการปนเปื้อนของแบคทีเรีย ซึ่งเป็นเพราะดอกจริงได้สัมผัสกับสภาพแวดล้อมภายนอกที่มีการปนเปื้อนของแบคทีเรีย ที่สังเกตเห็นเศษดิน และแมลงติดอยู่ในช่อดอกกลับประดับ ต้องมีการทำความสะอาดช่อดอกที่อยู่ภายในกลีบประดับให้สะอาดซึ่งทำได้ยาก จึงทำให้เวลาในการเตรียมชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเต็มที่ต้องใช้เวลามากกว่าการเตรียมชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อย และนอกจากนี้ยังพบชิ้นส่วนของช่อดอกบานเต็มที่ตายจากการฟอกฆ่าเชื้อ ในขณะที่ชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเล็กน้อยมีเปอร์เซ็นต์การเสียหายที่ต่ำกว่า และใช้เวลาในการเตรียมชิ้นส่วนน้อยกว่า ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะของช่อดอกบานเล็กน้อยมีกลีบประดับที่ยังปิดอยู่ทำให้ดอกภายในกลีบประดับไม่ได้สัมผัสกับสภาพแวดล้อมภายนอก จึงสามารถป้องกันการปนเปื้อนเชื้อ และสิ่งปนเปื้อนจากสภาพแวดล้อมภายนอกได้ อีกทั้งการทำความสะอาดชิ้นส่วนของช่อดอกทำให้ง่ายจึงทำให้เวลาในการเตรียมชิ้นส่วนน้อยกว่าการเตรียมชิ้นส่วนจากช่อดอกบานเต็มที่ อย่างไรก็ตามการเตรียมชิ้นส่วนตั้งต้นจากช่อดอกก็ขึ้นอยู่กับลักษณะของช่อดอกตั้งต้นที่นำมาใช้ด้วย และนอกจากนี้การเลือกชิ้นส่วนตั้งต้นสำหรับการชักนำให้เกิดต้นควรชิ้นส่วนที่สะอาดและดี เนื่องจากจะช่วยลดเรื่องของการปนเปื้อนเชื้อและเพื่อให้อัตราการชักนำได้จำนวนมาก (Ahloowalia et.al., 2004) สำหรับ และเป็นที่น่าสนใจว่าการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนของช่อดอกตั้งต้นในอาหารแข็งก่อนหน้านี้ เป็นการคัดเลือกชิ้นส่วนที่ปนเปื้อนเชื้อออกจากชิ้นส่วนที่ไม่ปนเปื้อนเชื้อ โดยเฉพาะการเกิดการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียภายใน (endogenous bacteria) ซึ่งเป็นวิธีการคัดเลือกชิ้นส่วนที่จะนำไปเลี้ยงต่อในระยะต่อไปได้ง่าย โดยสอดคล้องกับการศึกษาของ Ahloowalia et.al. (2004) ที่พบว่าในการชักนำต้นเริ่มต้น ควรทำการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้นที่เอา

จากสภาพแวดล้อมภายนอกในหลอดทดลองที่มีอาหารแข็งก่อน เพื่อเป็นการคัดเลือกชิ้นส่วนที่ไม่ปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรีย เนื่องจากชิ้นส่วนตั้งต้นจากสภาพแวดล้อมภายนอก เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในสภาพ *in vitro* จะเกิดการติดเชื้อได้ง่าย ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการผลิตได้

หลังจากนำชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงให้ชักนำการเกิดต้นใหม่แล้วเป็นเวลา 6 สัปดาห์ และ 10 สัปดาห์มาเลี้ยงต่อในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวเปรียบเทียบกับอาหารแข็งโดยใช้อาหารสูตร MS (ดัดแปลง) 1962 ที่ประกอบด้วย BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร และ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร อีก 6 สัปดาห์ ซึ่งสังเกตได้จากผลการศึกษาอายุของชิ้นส่วนตั้งต้นที่ต่างกัน 2 ระยะดังกล่าวต่อการเกิดจำนวนต้นใหม่ พบว่า ชิ้นส่วนยอดจากช่อดอกบานเล็กน้อยที่มีเพาะเลี้ยงให้ชักนำการเกิดต้นมาแล้ว 10 สัปดาห์ แล้วนำมาเพาะเลี้ยงต่อในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ มีชิ้นส่วนที่เกิดการผ่นกลับได้เร็วและมีจำนวนต้นใหม่ต่อชิ้นส่วนมาก เนื่องจากชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงมาแล้ว 10 สัปดาห์ เป็นชิ้นส่วนที่ดอกมีการผ่นกลับเป็นต้นได้ดีกว่าชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงมาแล้ว 6 สัปดาห์ ซึ่งกระบวนการผ่นกลับของดอกเป็นต้นต้องใช้เวลานาน ดังนั้นการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ จึงยังไม่สามารถเกิดการผ่นกลับได้สมบูรณ์พอ ซึ่งต้องเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ก่อน จึงจะทำให้ชิ้นส่วนเกิดการผ่นกลับเป็นต้นได้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ทำให้หลังจากนำมาเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวจะได้ต้นใหม่ต่อชิ้นส่วนจำนวนมาก อีกทั้งการเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวช่วยให้ชิ้นส่วนพืชได้รับอาหารได้ดีกว่าอาหารแข็ง จึงทำให้ชิ้นส่วนดังกล่าวมีการผ่นกลับเป็นต้นต้นที่สมบูรณ์ได้เร็วยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นการช่วยให้ลดระยะเวลาการเพาะเลี้ยงชักนำการเกิดต้นใหม่จากช่อดอกให้เร็วขึ้น โดยสอดคล้องกับงานทดลองของ Maxwell et.al. (2007) ที่ได้ศึกษาการเพาะเลี้ยง *Echinacea purpurea* บนอาหารแข็งเปรียบเทียบกับอาหารเหลว พบว่า ต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวมีคุณภาพต้นที่ดีกว่า อีกทั้งต้นมีการเจริญเติบโตได้เร็วกว่าการเพาะเลี้ยงต้นบนอาหารแข็ง และเช่นเดียวกับ Agnieszka et.al. (2005) ที่ศึกษาการเพาะเลี้ยง *Hippeastrum X chmielei* chm. โดยเปรียบเทียบการเพาะเลี้ยงต้นดังกล่าวในอาหารแข็งและอาหารเหลว ก็พบว่า ต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลวมีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าอาหารแข็งอย่างเห็นได้ชัดเจน โดยเฉพาะผลของน้ำหนักสดต่อชิ้นส่วนตั้งต้นของต้นในอาหารเหลวมีน้ำหนักสดมากกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งถึง 3 เท่า

ในระหว่างการเพิ่มปริมาณต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด ได้ทำการเปรียบเทียบขนาดของชิ้นส่วนตั้งต้นที่เหมาะสม 3 ขนาด ได้แก่ ต้นกลุ่ม ต้นเดี่ยวใหญ่ และต้นเดี่ยวเล็ก ที่สามารถให้จำนวนต้นต่อกอมากและใช้เวลาการทำงานให้ลดลง โดยเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวและอาหารแข็ง เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า ชิ้นส่วนตั้งต้นที่เป็นกลุ่มเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวมีการแตกกอต่อชิ้นส่วนตั้งต้นมากที่สุด จึงทำให้ได้จำนวนต้นต่อภาชนะเพาะเลี้ยง

มากที่สุด อีกทั้งยังใช้เวลาในการเตรียมชิ้นส่วนตั้งต้นที่เป็นต้นกลุ่มน้อยที่สุด เนื่องจากไม่ต้องทำการตัดแยกต้นเป็นต้นเดี่ยว และการเพาะเลี้ยงต้นในใบโอรีแอกเตอร์จุ่มชั่วคราวเป็นการทำงานที่ง่ายกว่าการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง คือไม่ต้องทำการปักชิ้นส่วนลงอาหารเพื่อเพาะเลี้ยง และต้นที่เพาะเลี้ยงยังได้รับอาหารอย่างเต็มที่ จึงทำให้ต้นที่เพาะเลี้ยงมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง อีกทั้งจะเห็นได้ว่าจำนวนภาชนะที่ใช้เพาะเลี้ยงชิ้นส่วนตั้งต้นของปทุมมาจำนวน 200 ต้นใช้ภาชนะน้อยที่สุดเพียง 1 ชุดภาชนะเท่านั้น จึงทำให้เป็นการลดพื้นที่เพาะเลี้ยงได้อีกด้วย ดังนั้นจะเห็นได้ว่า การเพาะเลี้ยงต้นกลุ่มในใบโอรีแอกเตอร์จุ่มชั่วคราวช่วยลดต้นทุนด้านแรงงาน และลดค่าใช้จ่ายส่วนค่าไฟฟ้าลงเนื่องจากการลดพื้นที่การเพาะเลี้ยง

สำหรับการศึกษากายภาพพันธุ์พืชวงศ์จิง (*Zingiberaceae*) Stanly et.al. (2010) ได้มีการศึกษาวิธีการเพาะเลี้ยง *Curcuma zedoaria* และ *Zingiber zerumbet* ในระยะเพิ่มปริมาณด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงที่แตกต่างกัน 3 แบบ คือ อาหารแข็ง อาหารเหลวแบบใช้เครื่องเขย่า และระบบใบโอรีแอกเตอร์จุ่มชั่วคราว พบว่า อัตราการเพิ่มปริมาณต้นที่เพาะเลี้ยงด้วยอาหารแข็งแบบใช้เครื่องเขย่ามีอัตราการเพิ่มจำนวนมากที่สุด รองมาคือ การเพาะเลี้ยงในระบบใบโอรีแอกเตอร์จุ่มชั่วคราว ส่วนการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งมีอัตราการเพิ่มปริมาณน้อยที่สุด แต่การเพาะเลี้ยงด้วยอาหารเหลวแบบใช้เครื่องเขย่าถึงแม้จะให้จำนวนต้นที่มาก แต่พบปัญหาชิ้นส่วนเกิดการฉ่ำน้ำ แต่ต้นที่ได้จากระบบใบโอรีแอกเตอร์จุ่มชั่วคราว เกิดการฉ่ำน้ำน้อยกว่า และต้นที่ได้มีคุณภาพดีกว่า อีกทั้งต้นจากระบบใบโอรีแอกเตอร์จุ่มชั่วคราวเมื่อนำออกปลูกสามารถปรับตัวได้ดีกว่าการเพาะเลี้ยงทั้ง 2 แบบ

จากการทดลองการเพาะเลี้ยงต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดในใบโอรีแอกเตอร์จุ่มชั่วคราว พบว่า ต้นปทุมมาที่เพาะเลี้ยงเป็นต้นที่แข็งแรง มีการเจริญเติบโตได้ดีกว่า จึงทำการศึกษาในการเตรียมต้นเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีระบบการบรรจุหีบห่อที่เหมาะสมต่อการส่ง จากการทดลองในครั้งนี้ ได้ศึกษาวิธีการชักนำการเกิดรากของต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดที่ได้จากการเพาะเลี้ยง 3 วิธีการ ได้แก่ การเพาะเลี้ยงในใบโอรีแอกเตอร์จุ่มชั่วคราว อาหารแข็ง และกล่องพลาสติกที่มีอาหารเหลวปริมาตร 10 มิลลิลิตร พบว่า ต้นปทุมมาที่เพาะเลี้ยงในระบบใบโอรีแอกเตอร์จุ่มชั่วคราวได้ต้นที่มีคุณภาพที่ดีที่สุด โดยเฉพาะมีน้ำหนักสดต่อต้น และจำนวนใบต่อต้นที่มีมากกว่า ต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งและกล่องพลาสติกอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งแสดงว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในใบโอรีแอกเตอร์จุ่มชั่วคราวมีการเจริญเติบโตที่ดี ส่วนคุณภาพต้น และคุณภาพรากอื่นๆ ก็ไม่แตกต่างกัน ในทั้ง 3 วิธีการที่เพาะเลี้ยง อีกทั้งเวลาที่ใช้ในการเตรียมต้นเพื่อเพาะเลี้ยงในใบโอรีแอกเตอร์จุ่มชั่วคราวใช้นาฬายน้อยที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากการเพาะเลี้ยงในใบโอรีแอกเตอร์จุ่มชั่วคราวไม่ต้องทำการเรียงต้น หรือปักต้นลงในภาชนะก่อน เหมือนกับการเตรียมต้นที่เพาะเลี้ยงในกล่องพลาสติก และอาหารแข็ง จึงทำให้ลดต้นทุนด้านแรงงานลงได้ แต่อย่างไรก็ตามในการขนส่งต้นกล้าปทุมมาให้

ลูกค้าจะต้องบรรจุต้นลงกล่องพลาสติกทำการส่ง ซึ่งในการเตรียมต้นในไบโอรีแอคเตอร์จัมชั่วคราวจะเป็นการทำงาน 2 รอบ คือ ต้องมีการเตรียมต้นเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จัมชั่วคราวก่อนเพื่อให้ต้นที่มีคุณภาพที่ดี และก่อนส่งต้นให้ลูกค้าต้องทำการคัดเลือกต้นที่ได้ขนาดตามที่ลูกค้าต้องการและเป็นต้นที่มีรากบรรจุลงกล่องพลาสติกหรือหีบห่อที่จะส่งให้ลูกค้า ซึ่งจะเป็นการคัดเลือกต้นกล้าปทุมมาที่มีคุณภาพดีก่อนส่ง แต่ในการบรรจุต้นลงกล่องพลาสติกที่มีการเติมอาหารเหลวปริมาณ 10 มิลลิลิตร ซึ่งเป็นการเพาะเลี้ยง แบบ Thin-film-liquid โดยมีการให้อาหารเคลือบอยู่ตามผิวของต้นทำให้พืชสามารถดูดซึมสารอาหารไปใช้ได้ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Adelberg, (2005) ที่ศึกษาผลของการเพาะเลี้ยง *Hosta* 3 สายพันธุ์ ในอาหารเหลวแบบ thin-film liquid เปรียบเทียบกับการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง พบว่า *Hosta* ทั้ง 3 สายพันธุ์ที่เพาะเลี้ยงแบบ thin-film liquid มีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง และต้นทั้ง 3 สายพันธุ์เมื่อนำออกปลูกสามารถตั้งต้นได้ดี และต้นมีคุณภาพและแข็งแรงกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลว ดังนั้นวิธีการดังกล่าวจึงได้นำมาใช้เป็นวิธีการเตรียมต้นบรรจุหีบห่อพร้อมส่ง โดยมีการชักนำให้ต้นออกรากในกล่องระหว่างที่เตรียมต้นกล้าและขนส่ง ซึ่งวิธีการนี้ไม่ต้องทำงาน 2 รอบ จึงทำให้ลดเวลาการเตรียมต้นเพื่อส่งลง ถึงแม้ต้นที่ได้จะมีคุณภาพด้นไม่ดีเท่ากับต้นที่เพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จัมชั่วคราวแต่ก็ไม่แตกต่างกันมากนัก ดังนั้นวิธีการนี้จึงเหมาะกับการเตรียมต้นกล้าที่จะส่งในจำนวนมาก โดยผู้ดำเนินงานสามารถเตรียมการไว้ก่อนล่วงหน้าได้ เช่นเดียวกับ Topoonyanont et.al (2009) ที่นำต้นปทุมมาเพาะเลี้ยงในกล่องพลาสติกที่มีการเติมอาหารเหลว เปรียบเทียบกับอาหารแข็ง ปริมาตร 10 และ 20 มิลลิลิตร พบว่าต้นในกล่องพลาสติกมีคุณภาพและการเจริญเติบโตได้ดีกว่าในอาหารแข็ง แต่ถ้าทำการเพาะเลี้ยง 3 สัปดาห์จะต้องมีการเติมอาหารเพิ่ม ดังนั้นในการทำงานผู้ดำเนินการจะต้องเลือกวิธีการที่เหมาะสมกับจุดประสงค์ของงานที่ทำ เพื่อให้ได้ต้นที่มีคุณภาพและใช้เวลาทำงานน้อยที่สุด

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

ในการเพาะเลี้ยงต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด โดยใช้เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในระดับอุตสาหกรรมนั้น จะต้องมียุทธศาสตร์การจัดการการผลิตต้นที่ดี และมีการนำเทคโนโลยีใหม่มาปรับใช้ในการผลิตต้นปทุมมาในแต่ละระยะการเพาะเลี้ยง เพื่อให้ได้ต้นปทุมมาที่มีคุณภาพที่ดี และช่วยให้ลดต้นทุนด้านแรงงานลง ในการวิจัยครั้งนี้ได้พัฒนาเทคโนโลยีใหม่เพื่อใช้ในระบบการผลิตต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดในระดับอุตสาหกรรมได้ (ภาพ 29) ดังนี้

1. เตรียมงานก่อนเริ่มการผลิต ต้องมีการเตรียมอาหาร และอุปกรณ์ต่างๆ ได้แก่ ขวดที่นึ่งฆ่าเชื้อ น้ำฟอกนึ่งฆ่าเชื้อ อุปกรณ์ต่อชุดไบโอรีแอคเตอร์จัมชั่วคราว และกล่องพลาสติกเป็นต้น ไว้ก่อนที่จะทำการเพาะเลี้ยง ต้องมีการคำนวณและประมาณการใช้อาหารและอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อจะได้มีการเตรียมกำลังคนดำเนินงาน เพื่อเป็นการประหยัดทรัพยากรและเวลา ซึ่งจะส่งผลถึงต้นทุนด้านแรงงานที่ลดลง

2. การเตรียมการเพื่อผลิตต้นปทุมมาจากช่อดอกตั้งต้นจำนวน 30 ช่อดอก ต้องดำเนินการดังนี้คือ

- 2.1 การเตรียมอาหาร 8 ลิตร ใช้คนเตรียม 1 คน เป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง

- 2.2 การเตรียมอุปกรณ์ ได้แก่ ขวดแก้วขนาด 8 ออนซ์ และน้ำเปล่าที่ฆ่าเชื้อแล้ว จำนวนอย่างละ 60 ขวด เพื่อจะทำการนึ่งฆ่าเชื้อในอบเดียวกัน นอกจากนี้ต้องเตรียมสารเคมีฟอกฆ่าเชื้อ และอุปกรณ์ตัดชิ้นส่วนตั้งต้นในห้องย่ายเนื้อเยื่อ รวมเวลาในการเตรียม 1 ชั่วโมง

- 2.3 การเตรียมช่อดอก 30 ช่อดอก เพื่อตัดให้เป็นชิ้นส่วนตั้งต้นใช้เวลาดำเนินการ 2 ชั่วโมง โดยสามารถดำเนินการชักนำการเกิดต้นใหม่จากช่อดอกปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด เพื่อให้ชิ้นส่วนดอกตั้งต้นเกิดการผ่นกลับได้เร็ว และเกิดความเสียหายของชิ้นส่วนน้อย ให้เลือกใช้ช่อดอกบานเล็กน้อย โดยนำชิ้นส่วนดอกจากบริเวณกลีบประดับทั้งชิ้นส่วนที่เป็นยอด และชิ้นส่วนเดี่ยวจากกลีบประดับ มาเพาะเลี้ยงในอาหารแ่งสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่มี BA 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีน้ำตาลซูโครส 30 กรัมต่อลิตร และวัน 7.5 กรัมต่อลิตร เพื่อชักนำการเกิดต้นจากช่อดอกปทุมมาเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ หลังจากนั้นนำชิ้นส่วนที่เกิดต้นนี้ไปเพาะเลี้ยงต่อในไบโอรีแอคเตอร์จัมชั่วคราวแบบขวดแฟดโดยไม่มีการตัดแยกเนื้อเยื่อ โดยใช้อาหารเหลวสูตรเดิมข้างบนที่ไม่มีเคมีวัน เพาะเลี้ยงต่อเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์หรือจนกว่าจะได้ต้น จำนวนต้นที่ได้จากช่อดอก 30 ช่ออยู่ในระหว่าง 7-15 ต้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของช่อดอกปทุมมา

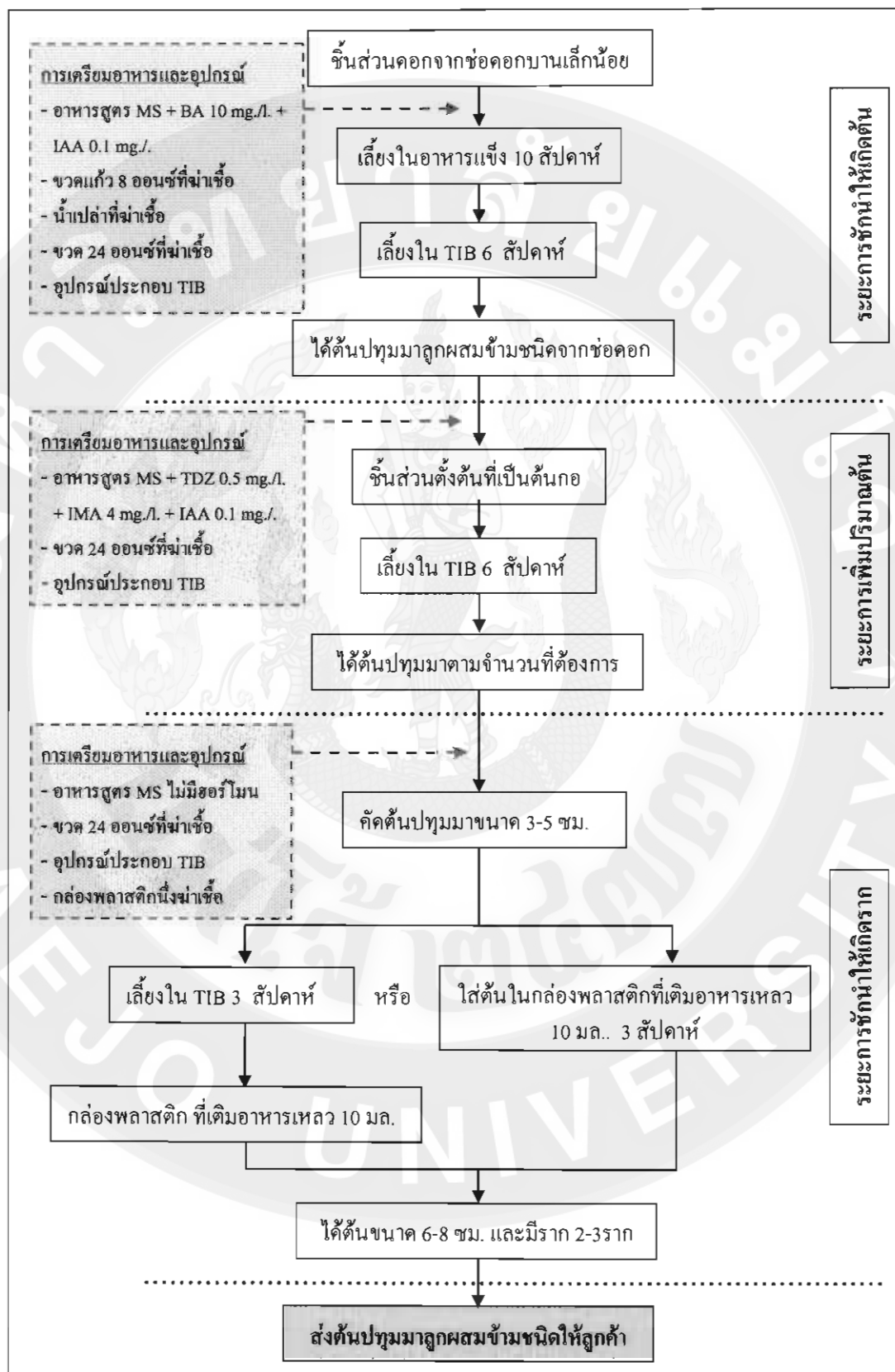
3. การเตรียมชิ้นส่วนตั้งต้นสำหรับการเพิ่มปริมาณต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด
ต้องดำเนินการดังนี้คือ

3.1 การเตรียมอาหารเหลวสำหรับการเพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์จัม
ชั่วคราว โดยปริมาณอาหารที่เตรียมก็ขึ้นอยู่กับจำนวนต้นที่ต้องการเพิ่มปริมาณในแต่ละรอบการ
ตัดถ่ายเนื้อเยื่อ ซึ่งในชุดไบโอรีแอคเตอร์จัมชั่วคราว 1 ชุดใช้อาหารเหลวปริมาตร 300 มิลลิลิตร

3.2 การเตรียมอุปกรณ์ ได้แก่ ขวดแก้วขนาด 24 ออนซ์ และอุปกรณ์ต่อชุด
TIB ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนต้นที่ต้องการเพิ่มปริมาณเช่นเดียวกัน

3.3 การเตรียมชิ้นส่วนตั้งต้นสำหรับการเพิ่มปริมาณต้นปทุมมาลูกผสมข้าม
ชนิด โดยการนำต้นปทุมมาที่ได้จากการฝักกลับของชิ้นส่วนดอกของปทุมมาลูกผสมข้ามชนิด ตัด
เป็นกลุ่มประมาณ 3-4 ต้นต่อกลุ่ม นำไปเพาะเลี้ยงในไบโอรีแอคเตอร์จัมชั่วคราว ใช้อาหารเหลว
สูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่มี TDZ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IMA 4 มิลลิกรัมต่อลิตร และ IAA
0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีน้ำตาลซูโครส 30 กรัมต่อลิตร เพื่อเพิ่มปริมาณต้นปทุมมา เพาะเลี้ยงเป็น
ระยะเวลาทุก 6 สัปดาห์ ในแต่ละรอบของการตัดถ่าย จำนวนต้นจะเพิ่มปริมาณขึ้น 19.66 เท่าต่อ
ชิ้นส่วน

4. การเตรียมต้นต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดเพื่อชักนำการออกราก เมื่อต้องการส่ง
ต้นให้ลูกค้า โดยการนำต้นปทุมมาในระยะเพิ่มปริมาณที่มีขนาด 3-5 เซนติเมตร มาเพาะเลี้ยงในไบ
โอรีแอคเตอร์จัมชั่วคราว ใช้อาหารเหลวสูตร MS ดัดแปลง (1962) ที่ปราศจากฮอร์โมน เพาะเลี้ยง
เป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ เพื่อให้ได้ต้นที่มีคุณภาพดี สูง 6-8 เซนติเมตร และมีราก 2-3 รากต่อต้น
แต่อย่างไรก็ตามหากลูกค้าต้องการให้ใช้กล่องพลาสติกสามารถเปลี่ยนวิธีการเป็นการนำต้นปทุมมา
ขนาด 3-5 เซนติเมตร มาตัดเรียงใส่ในกล่องพลาสติกที่มีการเติมอาหารเหลวที่นิ่งมาเชื้อปริมาตร 10
มิลลิลิตรลงไประหว่างการเพาะเลี้ยงให้ต้นเกิดราก และเมื่อครบกำหนดเวลาส่งต้น 3 สัปดาห์ก็
สามารถนำต้นในกล่องพลาสติกส่งให้ลูกค้าได้เลย ทั้งนี้ผู้ดำเนินการจะต้องเลือกวิธีการที่เหมาะสม
กับวัตถุประสงค์ของงานที่ทำเพื่อให้ต้นที่มีคุณภาพ ใช้เวลาในการเตรียมการน้อยที่สุด และสามารถ
ส่งต้นให้ลูกค้าได้ตามกำหนด



ภาพ 29 รูปแบบการผลิตต้นปทุมมาลูกผสมข้ามชนิดในระดับอุตสาหกรรม

บรรณานุกรม

- กรมวิชาการเกษตร. 2552. ชนิดและมูลค่าการส่งออกไม้ดอกประดับของไทย ปี 2551-2552. อ้าง
โดย เศรษฐพงศ์ เลขะวัฒนะ. 2553. สถานการณ์ การผลิต การตลาด กล้วยไม้และไม้
ดอกไม้ประดับ เพื่อการส่งออก. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้. (เอกสารอัดสำเนา)
- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2553. มติคณะรัฐมนตรีด้านการเกษตร กระทรวงเกษตรและ
สหกรณ์: ขออนุมัติดำเนินงานตามยุทธศาสตร์การแข่งขันกล้วยไม้ไทยในตลาดโลก พ.ศ.
2554-2559. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา [http://webnew.moac.go.th/ewt_news.php?](http://webnew.moac.go.th/ewt_news.php?nid=3830&filename=index)
[nid=3830&filename=index](http://webnew.moac.go.th/ewt_news.php?nid=3830&filename=index) (15 สิงหาคม 2553).
- รัชนี เตชะศีลพิทักษ์. อาจารย์ประจำภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต
บางเขน. 2553. สัมภาษณ์. 27 ตุลาคม
- นพมณี โทปบุญญานนท์. 2545. การขยายพันธุ์พืชโดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ. เชียงใหม่: โครงการ
ถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตต้นพันธุ์พืชเศรษฐกิจโดยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อแบบครบ
วงจร ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 163 น.
- _____. 2549. สรีรวิทยาประยุกต์สำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช. เชียงใหม่: ภาควิชา
ชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 133 น.
- นพมณี โทปบุญญานนท์, ทิพวัลย์ สุกุมลันนันทน์ และ ศรัณย์ อารยะรังสฤษฎ์. 2551. การพัฒนาการ
ผลิตปทุมมาเพื่อเข้าสู่อุตสาหกรรมส่งออก. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการวิจัย
แห่งชาติ. 163 น.
- นพมณี โทปบุญญานนท์, ทิพวัลย์ สุกุมลันนันทน์ และ สุธรรม อนุชาติกิจเจริญ. 2549. การวิจัยไม้
ดอกไม้ประดับเพื่องานมหกรรมพืชสวนโลก. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการวิจัย
แห่งชาติ. 89 น.
- นพมณี โทปบุญญานนท์, ปวีณา นวมเจริญ และ พรศักดิ์ บุญมณี. 2548. การพัฒนาระบบการผลิต
ต้นปทุมมาต้นทุนต่ำด้วยการใช้ไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราว. กรุงเทพฯ: สำนักงาน
คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 88 น.
- นพมณี โทปบุญญานนท์, มัทยา อุ่นใจ และ สาวิตรี ใจกันทะ. 2552. ระบบการผลิตต้นปทุมมา
กระถางปลอดเชื้อด้วยไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวแบบขวดแผ่น. วิทยาศาสตร์เกษตร.
40(3) (พิเศษ): 146-149.

นพมณี โทปญญานนท์, รังสิมา อัมพวัน และ โยฮัน เพเพอ. 2538. การวิจัยและพัฒนางานขยายพันธุ์เยื่อปรีราโดยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อเข้าสู่ระบบอุตสาหกรรมการเกษตร. น. 135-141. ใน รายงานการประชุมวิชาการไม้ดอกไม้ประดับแห่งชาติ ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

พงศธร จิตต์กุล. ผู้จัดการฝ่ายขนส่งสินค้าทางอากาศ บริษัทไฟโอเนียร์ คาร์โก้ เซอร์วิส จำกัด. 2553. สัมภาษณ์. 29 กันยายน.

ยูเอ็น คอมเทรค. 2551. มูลค่าการส่งออกไม้ดอกไม้ประดับของโลก. อ้างโดย เสริมรุพงศ์ เลขะวัฒนะ. 2553. สถานการณ์ การผลิต การตลาด กล้วยไม้และไม้ดอกไม้ประดับ เพื่อการส่งออก. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้. (เอกสารอัดสำเนา)

สาวิตรี ใจกันทะ. 2551. การพัฒนาระบบการขนส่งต้นกล้าปทุมมาพันธุ์กระถางในสภาพปลอดเชื้อเพื่อการส่งออก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 84 น.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2551. มูลค่าการส่งออกพืชไม้ดอกไม้ประดับของไทย อ้างโดย เสริมรุพงศ์ เลขะวัฒนะ. 2553. สถานการณ์ การผลิต การตลาด กล้วยไม้และไม้ดอกไม้ประดับ เพื่อการส่งออก. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้. (เอกสารอัดสำเนา)

Adelberg, J. 2005. Efficiency in thin-film liquid system for *Hosta* micropropagation. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture** 81: 359–368.

Agnieszka, I., W. Traud and S. Margrethe. 2005. *In vitro* propagation of *Hippeastrum X chmielei* Chm. influence of flurprimidol and the culture in solid or liquid medium and in temporary immersion system. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture** 83: 339-346.

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.

Ahloowalia, B. S. and V. A. Savangikar. 2004. Low cost options for energy and labour. pp.41-45. 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.

- Albarrán, J., B. Bertrand and H. Etienne. 2005. Cycle characteristics in a temporary immersion bioreactor affect regeneration, morphology, water and mineral status of coffee (*Coffea arabica*) somatic embryos. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture** 81: 27-36.
- Alister B. M., J. Finnie and F. Blankeway. 2002. 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.
- Alvard, D., F. Cote and C. Teisson. 1993. Comparison of methods of liquid medium culture for banana micropropagation: Effects of temporary immersion of explants. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture** 32: 56-60.
- 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.
- Berthouly, M. and H. Etienne. 2005. Temporary immersion system: A new concept for use liquid medium mass propagation. pp.165-195. **In Liquid Culture System for *in vitro* Plant Propagation**. Dordrecht: Springer.
- Chakrabarty, D., E. J. Haln and K. Y. Paek. 2003. Micropropagation of apple root stock 'M9 EMLA' using bioreactor. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology** 78: 605-609.
- Dewir, Y. H., D. Chakrabarty and K. Y. Paek. 2006. A simple method for mass propagation of *Spathiphyllum cannifolium* using an airlift bioreactor. **In Vitro Cell. Dev. Biol.-Plant** 42:291-297.
- Etienne, H. and M. Berthouly. 2002. Temporary immersion systems in plant micropropagation. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture** 69: 215-231.
- Escalona, M., J. C. Lorenzo and C. G. Borroto. 1999. Pineapple (*Ananas comosus* L. Merr) micropropagation in temporary immersion systems. **Plant Cell Reports** 18: 743-748.

- Gupta, P. K. 2002. Mass propagation of conifer trees in liquid cultures: Possibilities, pitfalls and bottlenecks. pp.11-16. **Proceeding of the 1st International Symposium liquid system for *in vitro* mass propagation of plant** 29 May-2 June 2002. Norway: Agricultural University of Norway. n.p.
- Hahn, E. J. and K. Y. Peak. 2005. Multiplication of *Chrythemum* shoots in bioreactor as affected by culture method and inoculation density of single node stems. pp.143-153. **In Liquid Culture System for *in vitro* Plant Propagation**. Dordrecht: Springer.
- 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.
- Ilczuk, A., T. Winkelmann and M. Serek. 2005. In vitro propagation of *Hippeastrum x chmielii* Chm. – influence of flurprimidol and the culture in solid or liquid medium and in temporary immersion systems. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture** 83: 339-346.
- 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.
- Kim, J. W. and H. S. Kim. 2001. Mass production of Siberian ginseng (*Eleutherococcus senticosus*) somatic embryos by cell culturing. Cited by Peak, K.Y., D.Chakrabarty and E.J.Hahn. 2005. Application of bioreactor system for large scale production of horticultural and medicinal plants. pp.95-116. **In Liquid Culture System for *in vitro* Plant Propagation**. Dordrecht: Springer.
- Kim, S. J. 2001. Effect of environmental conditions on growth and quality of chrysanthemum plantlets in bioreactor culture. Cited by Peak, K.Y., D.Chakrabarty and E.J.Hahn. 2005. Application of bioreactor system for large scale production of horticultural and medicinal plants. pp.95-116. **In Liquid Culture System for *in vitro* Plant Propagation**. Dordrecht: Springer.

- Levin, R. and G. Tanny. 2004. Bioreactors as a low cost option for tissue culture. pp.47-54. **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.
- Maxwell, P. A. J., Y. Zhijun and S. K. Praveen. 2007. Thidiazuron-induced regeneration of
Echinacea purpurea L.: Micropropagation in solid and liquid culture system. **Plant Cell**
Reports 26: 13-19.
- Medero, V., S. Rodríguez and M. Cabrera. 2001. Sistema de inmersión temporal para
producción intensiva de material de siembra de yucca. 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.
- Paek, K. Y., E. J. Hahn and S. H. Son. 2001. Application of bioreactor of large scale
micropropagation system of plants. **In Vitro Cell. Dev. Biol.-Plant** 37: 149-157.
- Park, S. Y., H. N. Murthy and K. Y. Peak. 2000. Mass multiplication of protocorm like bodies
using bioreactor system and subsequent plant regeneration in *Phalaenopsis*. **Plant Cell,**
Tissue and Organ Culture 63: 67-72.
- Prakash, J. 2001. Plant tissue culture: Concept to commercialisation in South-East Asia. **Acta**
Horticulturae 560: 571-574.
- Proft, M. P. D., J. Ceusters and E. Londers. 2007. Leaf quality management of *Aechmea*
cultivars throughout the supply chain. **Acta Horticulturae** 755: 39-43.
- Read, P. E. and K. Y. Peak. 2007. Plant tissue culture: Past, present and prospects for the future.
Acta Horticulturae 764: 41-48.
- Ríordáin, F. Ó. 1992. The European plant tissue culture industry-1990. **Agronomie** 12: 743-746.
- Roels, S., M. Esealona and P. Debergh. 2005. Optimization of plantain (*Musa* AAB)
micropropagation by temporary immersion system. **Plant Cell, Tissue and Organ**
Culture 82: 57-66.

- Shim, S. H. 2002. Environmental conditions affecting *in vitro* growth and acclimatization of '5BB' grape rootstock. Cited by Peak, K.Y., D.Chakrabarty and E.J.Hahn. 2005. Application of bioreactor system for large scale production of horticultural and medicinal plants. pp.95-116. **In Liquid Culture System for *in vitro* Plant Propagation.** Dordrecht: Springer.
- Stanly, C., A. Bhatt, C. L. Keng. 2010. A comparative study of *Curcuma zedoia* and *Zingiber zerumbet* plantlet production using different micropropagation systems. **African Journal of Biotechnology** 9(28): 4326-4333.
- Tankayama, S. and M. Akita. 2005. Practical aspects of bioreactor application in mass propagation of plants. pp.61-78. **In Liquid Culture System for *in vitro* Plant Propagation.** Dordrecht: Springer.
- Topoonyanont, N., M. Unjai and T. Taychasinpitak. 2009. New shipping system for pot *Curcuma* hybrid "C3" plantlets cultured from twin-flasks temporary immersion bioreactor. **Acta Horticulturae** 829: 407-411.
- Topoonyanont, N., S. Chongsang and P. Nuamjaroen. 2005. Micropropagation scheme of *Curcuma alismatifolia* Gagnep. **Acta Horticulturae** 673: 705-712.
- Ziv, M. 2005. Simple Bioreactors for Mass Propagation Plant. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture** 81: 277-285.
- Zhu, L. H., X. Y. Li and M. Welander. 2005. Optimisation of growing conditions for the apple rootstock M26 grown in RITA containers using temporary immersion principle. pp.253-261. **In Liquid Culture System for *in vitro* Plant Propagation.** Dordrecht: Springer.





ภาคผนวก ก

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาวมัทยา อุ่นใจ
เกิดเมื่อ	3 กรกฎาคม 2528
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2541 ประถมศึกษา โรงเรียนบ้านแม่สุก อำเภอแจ้ห่ม จังหวัดลำปาง พ.ศ. 2544 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนแจ้ห่มวิทยา จังหวัดลำปาง พ.ศ. 2547 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนแจ้ห่มวิทยา จังหวัดลำปาง พ.ศ. 2551 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ) มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2551 ปัจจุบัน ผู้ช่วยนักวิจัย ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้