รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ 2554

โครงการ การปลูกและขยายพันธุ์พืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีน

Cultivation and Propagation of Cryptocoryne

นางสบาย ตันไทย

นางสาวกาญจนรี พงษ์ฉวี

นางสาวรัชฎา เศรษฐวงศ์สิน

นายจักรกริช อนันตศรัณย์

นายพงษ์ศักดิ์ มานสุริวงศ์

นายประสพโชค ตันไทย

กันยายน 2558

รหัสโครงการเลขที่ 2554A15662011

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ 2554

โครงการ การปลูกและขยายพันธุ์พืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีน

Cultivation and Propagation of Cryptocoryne

นางสบาย ตันไทย

นางสาวกาญจนรี พงษ์ฉวี

นางสาวรัชฎา เศรษฐวงศ์สิน

นายจักรกริช อนันตศรัณย์

นายพงษ์ศักดิ์ มานสุริวงศ์

นายประสพโชค ตันไทย

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

สนับสนุนโดย สำนักบริหารโครงการส่งเสริมการวิจัย

ในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ

สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ที่สำคัญเพื่อศึกษาวิธีการปลูก และขยายพันธุ์พืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีน (คริป) ประกอบด้วย 3 การทดลองหลักดังนี้

การทดลองที่ 1 ผลการศึกษาพบว่า *C. tonkinensis* (ผมหอม) มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงสุดในอาหาร MS ที่มี BA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA 0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่แตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) กับอาหารที่มี BA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วน *C. blassii* (บอนแดง พบว่าควรเพิ่มจำนวนบอนแดงในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ MS ที่มี BA 1 มิลลิกรัมต่อลิตร แม้จะไม่ใช่สูตรที่ถูกชักนำให้มีจำนวนใบสูงสุด แต่มีจำนวนราก และ ความยาวรากเฉลี่ยสูงสุด ไม่แตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) กับอาหาร MS ที่ปราศจากสารควบคุมการเจริญเติบโต และ อาหาร MS ที่มี BA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับ *C. albida* (คริปอัลบิด้า) พบว่าอาหาร MS ที่มี BA 4 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้จำนวนยอด จำนวนต้น และจำนวนรากเฉลี่ยสูงสุดไม่แตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) กับอาหาร MS ที่มี BA 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ผลการศึกษาครั้งนี้ยังพบว่าอาหาร MS ที่น้ำมะพร้าว 125 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เนื้อเยื่อคริปพัฒนาเป็นต้นอ่อนได้แม้จะไม่ดีที่สุดแต่น่าจะเป็นทางเลือกสำหรับการผลิตที่ต้องการลดต้นทุน หรือต้องการสร้างความแตกต่าง เพราะมีสีสันเข้มกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ

การทดลองที่ 2 ผลการปลูกใบพายศรีลังกาในระบบไฮโดรโปนิกส์เทคนิค DFT พบว่าสามารถใช้วัสดุปลูกฟองน้ำทดแทนใยหินได้ โดยใช้ความเข้มข้นของปุ๋ยที่ระดับต่ำมากคือที่ระดับค่า EC 0.5 mS/cm ส่วนการปลูกแบบดั้งเดิมพบว่าดินเหนียวปนทรายเป็นวัสดุปลูกที่เหมาะสมที่สุด ให้น้ำหนัก ความสูง จำนวนใบ และจำนวนรากเฉลี่ยสูงสุดแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) กับทุกชุดการทดลอง ผลการศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนพบว่าการปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ สามารถคืนทุนได้เร็วกว่าการปลูกแบบดั้งเดิมเล็กน้อยคือ 3.21 และ 3.93 ปีตามลำดับ มีต้นทุนผันแปรต่อต้นเท่ากับ 3.22 และ 3.33 บาท

การทดลองที่ 3 การชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์โดยใช้รังสีแกมมา พบว่าปริมาณรังสีแกมมาที่ทำให้ต้นอ่อนใบพายศรีลังกาตาย 50% (LD_{50}) คือ 34.09 เกรย์ และที่ระดับ 15 เกรย์ ทำให้ให้ใบพายศรีลังกาเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาคือมีใบเล็ก เรียวยาว สีน้ำตาลอมแดง ขอบใบเรียบ โดยเกิดขึ้นเพียง 2 ซ้ำจากการศึกษา 20 ซ้ำ แต่เมื่อนำไปปลูกเลี้ยงในสภาพแวดล้อมภายนอกแบบใต้น้ำในโรงเรือนเป็นเวลา 2 เดือนพบว่ารูปร่างใบของทุกชุดการทดลองเป็นปกติไม่มีการแสดงลักษณะการกลายพันธุ์

การศึกษาครั้งนี้ พบว่า พืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีนตอบสนองต่ออาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อได้ดีเจริญเติบโตในระบบไฮโดรโปนิกส์ได้โดยใช้ปุ๋ยน้อย และใช้วัสดุปลูกที่มีราคาต่ำ จึงสามารถเพิ่มจำนวนการผลิต รวมทั้งควบคุมผลผลิตให้มีปริมาณและคุณภาพตามความต้องการของตลาดหรือมาตรฐานสากล นั่นคือสามารถผลิตพืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีนในเชิงพาณิชย์ได้นั่นเอง

Abstract

This research aimed to study how to cultivate and propagate aquatic plants, *Cryptocoryne* (crypt) which consisting of three experiments:

The first experimental results showed that *C. tonkinensis* (phomhom) has the highest average weight in the MS medium with 2 mg/l BA and 0.50 mg/l NAA, but not statistically different (P> 0.05) with *C. tonkinensis* cultured on 2 mg/l BA with 0.25 mg/l NAA. Although, *C. blassii* (Bon Daeng) that cultured on 1 mg/l BA medium gave the maximum average number of plants and root length, but not statistically significant difference (P> 0.05) compared to plants grew on PGR-free MS medium and on MS with 2 mg/l BA and 0.25 mg/l NAA medium. *C. albida* (Crypt albida) cultured on medium containing BA 4 mg/l showed to induce highest average amount of leaves, the number of trees and roots but no statistically different (P> 0.05) compared to plants on medium containing BA 3 mg/l. The study also found that 125 mg/l MS in coconut water promoted the soft tissue with the darker color than others. It seems to be possible to reduce costs by using coconut water. The second experiment; the paddle Sri Lanka (*C. wendtii*) was cultured on the hydroponic system using different substrates in a Deep Flow Technique (DFT). The results showed that asbestos can be replaced by the sponge as a substrate and used with the concentration of fertilizer solution as low as 0.5 mS /cm The study on traditional growing methods found that clay and sandy (2: 1) seems to be the best material for growing paddle Sri Lanka with statistically significant higher (P<0.05) in weight, stem length, number of leaves and roots than others. The study the cost of investment and benefits found that to grow in hydroponics gave the period of payback slightly faster than growing in traditional method by 3.21 and 3.93 years, respectively, with variable costs per plant was 3.22 and 3.33 baht. Last experiment was to induce mutation using gamma rays on paddle Sri Lanka. The study found that the concentration of radiation of 34.09 greys caused seedling plants die 50% (LD_{50}) and the lower at 15 greys was found to change the configurations of leaves including small and long slender, reddish brown and smoothed edges. Interestingly, there occurred just two from the 20 replications and rather the shape of leaves and their appearances were back to normal after growing at outdoor environment under-water for a period of two months. In conclusion, *Cryptocoryne* responses to a tissue culture well and can be grown in hydroponics using less fertilizer and cheaper growing material like sponge. Mass production of *Cryptocoryne* can be increased and controlled the output volume as well as quality to meet the needs of the market and international standards for the commercial purpose.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ขอขอบคุณสำนักบริหารโครงการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ที่สนับสนุนทุนวิจัย ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา และคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา และกลุ่มงานวิจัยพรรณไม้น้ำ สถาบันวิจัยสัตว์น้ำสวยงามและพรรณไม้น้ำ กรมประมง ที่ช่วยประสานงานและเอื้อเฟื้อสถานที่ทดลอง รวมทั้งขอขอบคุณ ดร.ทนงศักดิ์ ธนูทอง ที่ให้คำแนะนำการเขียนบทคัดย่อภาษาอังกฤษในครั้งนี้

สบาย ตันไทย และคณะ

กันยายน 2558

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	A
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	B
กิตติกรรมประกาศ	C
สารบัญ	D
สารบัญตาราง	E
สารบัญภาพ	F
บทนำ	1
การตรวจเอกสาร	5
วิธีดำเนินการวิจัย	40
ผลการวิจัยและการวิจารณ์	44
สรุป	69
ผลผลิต และการเผยแพร่งานวิจัย	72
รายงานสรุปการเงิน	75
บรรณานุกรม	76
ภาคผนวก	82
ประวัตินักวิจัย	84

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.	ความต้องการของตลาด ช่วงอายุที่อยู่ในตู้ปลา และสถานที่พบในธรรมชาติของพืชน้ำบางชนิด	9
2.	สารอินทรีย์จากธรรมชาติที่ใช้ผสมในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช	23
3.	สูตรอาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้ สูตร Vacin and Went (1949)	24
4.	ตัวอย่างการเตรียมสารละลายเข้มข้นของอาหารสูตร MS	25
5.	ตัวอย่างการเตรียมสารละลายธาตุอาหารสำหรับการปลูกพืชในระบบไฮโดรโปนิกส์	33
6.	น้ำหนักสดเฉลี่ยของผมหอมที่เกิดขึ้นในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสูตร MS ที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโตแตกต่างกัน หลังการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ 6 สัปดาห์	45
7.	จำนวนใบ จำนวนราก และความยาวรากของบอนแดงเมื่อเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อส่วนยอดที่มีเหง้าในอาหารสูตร MS ที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโตแตกต่างกัน หลังการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ 4 สัปดาห์	48
8.	จำนวนยอด จำนวนต้น จำนวนราก และความยาวรากของคริปอัลบิด้าในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสูตร MS ที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโตแตกต่างกัน หลังการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ 6 สัปดาห์	51
9.	ผลของวัสดุปลูกและระดับปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตของใบพายศรีลังกา“กรีน”	57
10.	ผลการเจริญเติบโตของใบพายศรีลังกา “กรีน” ในวัสดุปลูกที่แตกต่างกัน	59
11.	ประมาณการต้นทุนการผลิตใบพายศรีลังกาในระบบการปลูกแบบดั้งเดิม	61
12.	ประมาณการต้นทุนการผลิตใบพายศรีลังกาในระบบการปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์	62
13.	ประมาณการรายได้จากการผลิตใบพายศรีลังกาในระบบการปลูกแบบดั้งเดิม และแบบไฮโดรโปนิกส์	63
14.	ต้นทุน ผลตอบแทน จุดคุ้มทุน และระยะเวลาการคืนทุนจากการผลิตใบพายศรีลังกาในระบบการปลูกแบบดั้งเดิม และแบบไฮโดรโปนิกส์	63
15.	ผลของระดับรังสีแกมมาต่ออัตราการตายของใบพายศรีลังกา“กรีน”	65

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.	ลักษณะสีสันและสัณฐานวิทยาของใบประดับที่แตกต่างกันของพืชน้ำกลุ่มคริป	8
2.	ผมหอมในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ	10
3.	ลักษณะใบประดับของผมหอม	11
4.	บอนแดงในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ	12
5.	บอนแดงในแหล่งน้ำธรรมชาติ	12
6.	ลักษณะช่อดอก และใบประดับของบอนแดง	12
7.	ตัวอย่างใบประดับที่สวยงามของบอนแดง	13
8.	ลักษณะใบใต้น้ำ และใบเหนือน้ำของคริปอัลบิดา	14
9.	ลักษณะใบประดับของคริปอัลบิด้า	14
10.	ตัวอย่างลักษณะใบของใบพายศรีลังกา	15
11.	ตัวอย่างลักษณะใบและใบประดับของใบพายศรีลังกา	16
12.	การสร้างไหลเพื่อเกิดต้นใหม่ของคริปใบพายศรีลังกา	17
13.	การนำเมล็ดจากฝักคริปมาเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในอาหารสูตร MS	21
14.	การทำความสะอาดร่างกายของผู้ปฏิบัติการและอุปกรณ์ด้วยแอลกอฮอล์ 70% ก่อนทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ	22
15.	อาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสำเร็จรูป สูตร MS	26
16.	ตัวอย่างแปลงปลูกไฮโดรโปนิกส์สำเร็จรูป	30
17.	การดัดแปลงรางปลูกพืชน้ำโดยใช้ท่อประปา PVC	30
18.	แปลงปลูกไฮโดรโปนิกส์ที่ใช้รางโฟมปูด้วยพลาสติกสีดำรองรับสารละลายธาตุอาหาร วางบนโครงเหล็ก (โต๊ะปลูก)	31
19.	อุปกรณ์ประกอบในแปลงปลูกพืชน้ำในระบบไฮโดรโปนิกส์	32
20.	รูปแบบถาดโฟม และตะกร้ารองรับต้นพืชน้ำ	33
21.	ตัวอย่าง EC Meter	35
22.	หนอนที่พบในแปลงปลูกพืชน้ำและการทำลาย	35
23.	ชุดวัดและปรับ pH	36
24.	ผมหอมในสูตรอาหาร MS ที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโตแตกต่างกัน หลังการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ 6 สัปดาห์	45
25.	ลักษณะยอดผมหอมในอาหารสูตร MS ที่มีน้ำมะพร้าวระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นเวลา 28 วัน	47
26.	บอนแดงในสูตรอาหาร MS ที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโตแตกต่างกัน	48
27.	การเพิ่มต้นอ่อนคริปอัลบิด้าปลอดเชื้อด้วยอาหาร MS ที่มี BA 4 มิลลิกรัมต่อลิตร	50

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
28.	ต้นอ่อนคริปอัลบิด้าที่มีส่วนยอดและเหง้าขนาดใกล้เคียงกันในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ MS ที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโตแตกต่างกัน หลังการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ 5 วัน	50
29.	ผลการใช้ใยหิน (rock wool) ฟองน้ำ (sponge) และกาบมะพร้าวสับ (chop coconut husk) สำหรับการปลูกใบพายศรีลังกา “บราวน์” แบบไร้ดินในระบบไฮโดรโปนิกส์	53
30.	การใช้ฟองน้ำและใยหินเป็นวัสดุปลูก	54
31.	ผลการใช้ใยหิน และฟองน้ำ สำหรับการปลูกใบพายศรีลังกาในระบบไฮโดรโปนิกส์	54
32.	ผลการใช้ใยหิน และฟองน้ำ สำหรับการปลูกผมหอมในระบบไฮโดรโปนิกส์	54
33.	ลักษณะฟองน้ำและใยหินที่นำมาศึกษา	55
34.	ลักษณะแปลงปลูกพืชน้ำไฮโดรโปนิกส์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้	56
35.	การเจริญเติบโตของใบพายศรีลังกา“กรีน”ในวัสดุปลูกที่แตกต่างกัน	59
36.	เครื่องฉายรังสีแกมมามาร์ควัน (Mark I Gamma Irradiator)	64
37.	ใบพายศรีลังกาจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออายุ 4 สัปดาห์ ที่ได้รับรังสีแกมมาที่ระดับแตกต่างกัน	65
38.	ความสัมพันธ์ของปริมาณรังสี (เกรย์) และอัตราการตาย (% mortality) ของต้นใบพายศรีลังกาจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออายุ 4 สัปดาห์	66
39.	ลักษณะใบพายศรีลังกาอายุ 2 เดือนที่ได้รับรังสีแกมมาแตกต่างกัน	67
40.	สีสันของคริปอัลบิด้าในขณะทำการทดลอง	68
41.	ลักษณะสีสันของใบบอนแดงที่พบในสระแก้ว ในพื้นที่หมู่ 1 ต.เขาทอง อ.เมือง จ.กระบี่	68
42.	แนวทางในการพัฒนาเพื่อเพิ่มมูลค่าพืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีน	69
43.	การถ่ายทอดงานวิจัยแก่นักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย	71
44.	การถ่ายทอดความรู้เรื่องการปลูกผักในระบบไฮโดรโปนิกส์แก่ผู้สนใจ	71

ภาพผนวกที่ 1 การตัดแบ่งเหง้าผมหอม 83

ภาพผนวกที่ 2 การแบ่งแยกเนื้อเยื่อบอนแดง (cbl เป็นอักษรย่อแทน *C. blassii*) 83

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

พืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีน (Cryptocoryne) เรียกย่อๆ ว่าคริป (crypt) เป็นพรรณไม้น้ำ (aquatic plants) หรือพืชน้ำสวยงามสกุลหนึ่งที่มีลักษณะแปลกตา มีมากมายหลายชนิดทั้งสายพันธุ์พื้นเมืองของไทยและสายพันธุ์ต่างประเทศที่นำเข้ามาเพาะเลี้ยงในเมืองไทย เป็นพืชน้ำประเภทครึ่งบกครึ่งน้ำ (amphibian plants) คือ มีลำต้นเจริญเป็นเหง้าอยู่ใต้น้ำ รูปทรงต้นจึงเป็นใบแตกงอกมาจากพื้นใต้ดิน ไม่มีลำต้นให้เห็นอย่างชัดเจน (rostte plants) จัดเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว เส้นใบเรียงตัวขนานกัน ก้านใบเป็นโพรง มีดอก ออกเป็นช่อชูขึ้นมาเหนือผิวน้ำ หุ้มด้วยกาบที่มีลักษณะเป็นหลอดปลายแผ่ออกคล้ายปากแตร มีส่วนโคนโป่ง เกิดขึ้นในแหล่งน้ำจืด เช่น หนอง บึง ที่ชื้นแฉะมีน้ำท่วมขังตื้นๆ หรือบริเวณ ริมคลองที่มีน้ำไหลช้า ๆ ต้องการสภาพบรรยากาศที่มีความชื้นสูงในการเจริญเติบโต เป็นพืชน้ำที่ได้รับความนิยมแพร่หลายมาก เนื่องจากความสวยงามที่แปลกตา และมีสีสันหลากหลาย มีลักษณะทางสัณฐานแตกต่างกันไปมากมาย ขยายพันธุ์โดยการเกิดไหล แตกหน่อ แต่ค่อนข้างช้า ด้วยคุณสมบัติที่สามารถเจริญเติบโตในน้ำได้ดี แต่โตช้า จึงนิยมนำมาปลูกเลี้ยงในตู้เลี้ยงปลา หรือในตู้เลี้ยงไม้น้ำ หรือสวนน้ำทั่วไป เพราะพืชน้ำที่โตช้าจะคงความสวยงามอยู่ได้นานโดยไม่ต้องตัดตกแต่งบ่อยครั้ง ช่วยเพิ่มทัศนียภาพพื้นที่สีเขียวที่สวยงามและให้ความสุขและความเพลิดเพลินใจแก่ผู้เป็นเจ้าของ นอกจากนี้ยังเป็นที่หลบซ่อนตัว วางไข่ และหาอาหารของปลา ช่วยเพิ่มออกซิเจนให้แก่ปลาจากกระบวนการสังเคราะห์แสง ช่วยบำบัดน้ำในตู้ปลาตามธรรมชาติโดยนำของเสียที่ปลาขับถ่ายไปใช้ประโยชน์ ฯลฯ นอกจากนี้ วิทยา (2554) รายงานผ่านเวบไซต์ไทยเกษตรศาสตร์ว่ายังมีความเชื่อกันว่า พืชน้ำทั่ว ๆ ไปสามารถผลิตยาธรรมชาติที่รักษาและบำรุงสุขภาพของปลาได้อีกด้วย

ด้วยข้อดีหลายประการที่กล่าวแล้วทั้งคุณลักษณะเฉพาะตัว และคุณสมบัติโดยรวมของพืชน้ำ ทำให้มีการจำหน่ายพืชน้ำกลุ่มคริปอย่างแพร่หลายทั้งตลาดในประเทศ และต่างประเทศ นับเป็นพืชน้ำในกลุ่ม 10 อันดับแรกที่ส่งออกจากประเทศไทย จึงเป็นสินค้าส่งออกของไทยที่มีอนาคตอีกชนิดหนึ่ง กาญจนรีและคณะ, 2554 ก) รายงานว่าพืชน้ำที่ได้รับความนิยมแพร่หลายในการจัดตู้และราคาแพง คือ คริปโตคอรีนและอนูเบียส แต่ตามธรรมชาติพืชน้ำสกุลดังกล่าว เจริญเติบโตและขยายพันธุ์ช้ามากเกิดต้นอ่อนขึ้นปีละ 1-3 ต้น เท่านั้น (Rataj and Horeman, 1977) จึงมีการขยายพันธุ์ระดับฟาร์มน้อยโดยเฉพาะชนิดที่เป็นพืชน้ำพื้นเมืองของไทย เช่น บอนแดง (*Cryptocoryne blasii*) บอนน้ำ (*C. albida*) และผมหอม (*C. tonkinensis*) ฯลฯ พืชน้ำเหล่านี้ส่วนใหญ่มักเก็บรวบรวมจากธรรมชาติ เมื่อมีความต้องการเพิ่มขึ้นปริมาณการเก็บเกี่ยวผลผลิตจากธรรมชาติก็เพิ่มมากขึ้น ทั้งๆที่สภาพแหล่งน้ำธรรมชาติที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืชน้ำลดน้อยลง นอกจากนี้หลายพื้นที่ในประเทศไทยได้พยายามประกาศห้ามเก็บพืชน้ำไปจำหน่าย เพื่อรักษาสายพันธุ์ไว้ให้คงอยู่ตามธรรมชาติ เช่น บริเวณคลองสองน้ำ หมู่ที่ 2 บ้านหนองจิก ต.เขาคราม อ.เมือง จ.กระบี่ ซึ่งอยู่ในความดูแลของ อบต.เขาครามได้กำหนดแนวทางการเข้าไปเยี่ยมชม ศึกษาธรรมชาติหรือศึกษาระบบนิเวศน์ในพื้นที่ดังกล่าวอย่างเคร่งครัด เช่น ห้ามนักท่องเที่ยวนำอาหาร เครื่องดื่ม รวมถึง แชมพู สบู่ ผงซักฟอก ครีมทากันแดด เข้าไปลงเล่นน้ำเพราะมีผลกระทบต่อระบบนิเวศของป่าและสายน้ำ ห้ามเก็บสิ่งหนึ่งสิ่งใดออกจากพื้นที่ซึ่งรวมทั้งพืชน้ำด้วย นับเป็นสถานที่หนึ่งที่มีการจัดการท่องเที่ยวที่ดีคงความเป็นธรรมชาติไว้อย่างสมบูรณ์ ทำให้คนรุ่นหลังยังคงได้เห็นได้ใกล้ชิดแหล่งพืชน้ำธรรมชาติที่สวยงาม และในอีกหลายๆพื้นที่ก็พยายามที่รักษาธรรมชาติเหล่านี้ไว้โดยอาศัยการจัดการพื้นที่โดยชุมชนเช่นเดียวกัน แต่อย่างไรก็ตามยังมีความพยายามลักลอบเก็บพืชน้ำอยู่บ่อยครั้ง จึงมี

ความเสี่ยงจากการสูญพันธุ์ ประกอบกับการเก็บรวบรวมพืชน้ำจากธรรมชาติมีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนสูง และเมื่อเก็บรวบรวมจากธรรมชาติก็ต้องนำพืชน้ำมาปรับตัวเข้ากับสภาพการเลี้ยงในพื้นที่ใหม่อาจเป็นแปลงปลูก ตู้เลี้ยงปลา หรือโรงเรือนอื่นๆ ทำให้ผลผลิตบางส่วนสูญเสียไปโดยไม่ได้นำมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างเต็มที่ โดยเฉพาะพืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีนได้กล่าวในเบื้องต้นว่าในธรรมชาติขยายพันธุ์ช้า ไม่สามารถขยายพันธุ์ให้ผลผลิตในเชิงปริมาณได้ทำให้เกษตรกรผู้ผลิตและผู้จำหน่ายพืชน้ำประสบปัญหาขาดแคลนต้นพันธุ์ นอกจากนี้ต้นพันธุ์ที่ได้จากการตัดแยกหน่อขยายพันธุ์ไปเรื่อยๆ อาจมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ ไม่ตรงตามมาตรฐานการส่งออก กล่าวคือขาดความแน่นอนทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ เป็นอุปสรรคที่สำคัญต่อการขยายธุรกิจการส่งออกพืชน้ำ ประกอบกับในปัจจุบัน มักมีมาตรฐานการผลิตที่เข้มงวดในเรื่องการตรวจสอบโรคและศัตรูพืชในสินค้าพืชน้ำ กล่าวคือต้องมีใบรับรองปลอดโรคและศัตรูพืช รวมทั้งไม่อนุญาตให้มีดินติดค้างไปกับพืชน้ำที่ต้องส่งออก จึงมีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาการปลูกและขยายพันธุ์พืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีนโดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม และมีต้นทุนต่ำ โดยอาศัยความความได้เปรียบของสภาพภูมิอากาศ ภูมิประเทศ และสภาพแวดล้อมอื่นๆ ของประเทศไทยซึ่งล้วนเหมาะสมต่อการทำการเกษตรเกือบทุกชนิด รวมทั้งเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชน้ำเป็นอย่างยิ่ง นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่เอื้ออำนวยต่อการผลิตพืชน้ำอีกหลายประการ เช่น มีความหลากหลายทางชีวภาพสูงทำให้มีพืชน้ำหลายชนิด มีแหล่งน้ำและพื้นดินที่มีคุณภาพดี และปริมาณเพียงพอ แรงงานภาคการผลิตไม่สูงมากนักเมื่อเปรียบเทียบกับค่าแรงในประเทศคู่แข่งที่ส่งออกพืชน้ำที่สำคัญ เช่น สิงคโปร์ มาเลเซีย และฮ่องกง สิ่งเหล่านี้เป็นปัจจัยเสริมที่ควรมีการศึกษาวิจัยเพื่อส่งเสริมให้มีการผลิตพืชน้ำเพื่อการจำหน่ายทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะมีการศึกษาการปลูกและขยายพันธุ์พืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีนเพื่อเป็นแนวทางในการผลิตต้นพันธุ์ให้ได้ปริมาณที่เพียงพอและคุณภาพเหมาะสมตามความต้องการ

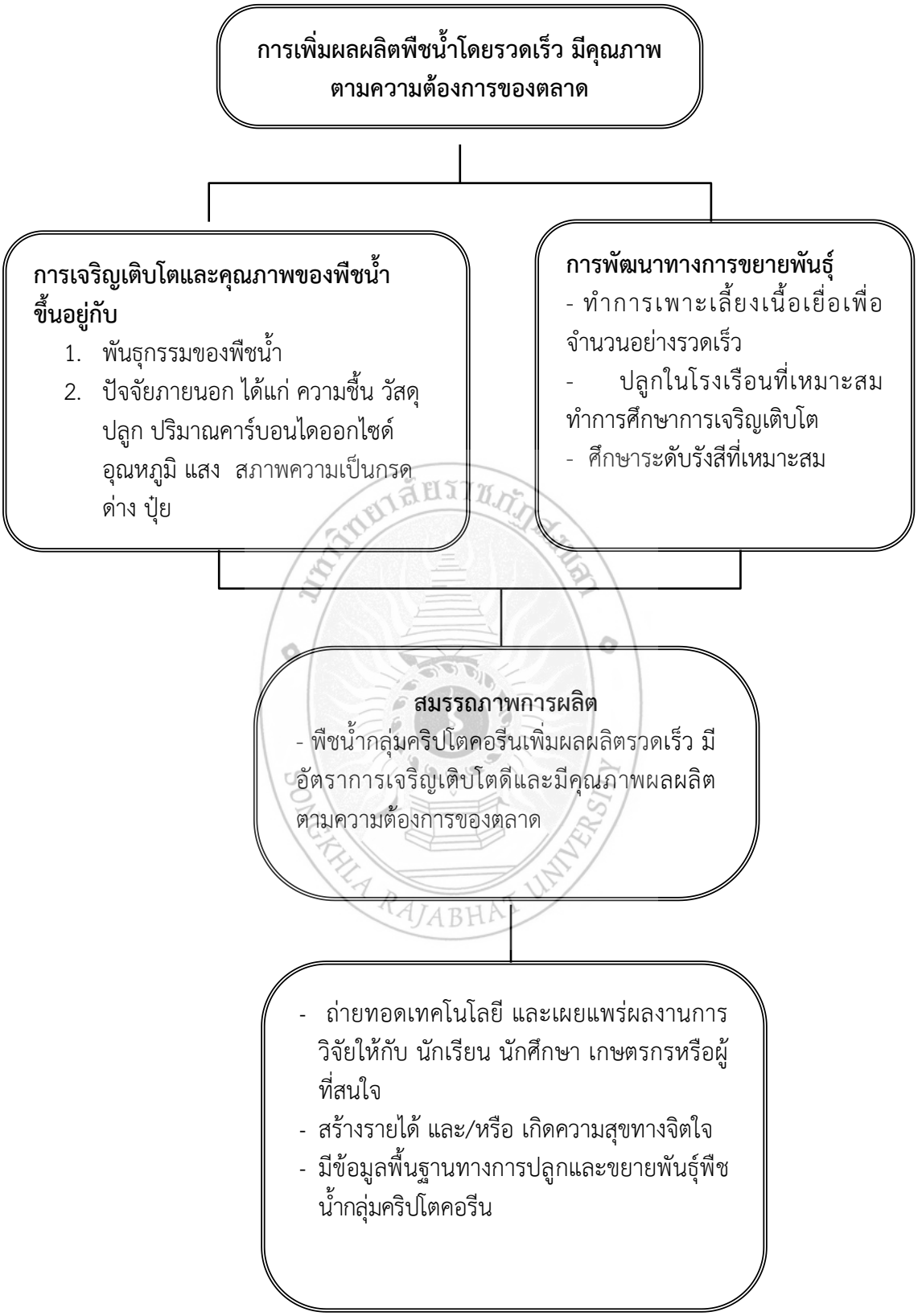
การวิจัยครั้งนี้มุ่งหวังที่จะสนองความต่อการเพาะเลี้ยงพืชน้ำทุกระดับ ให้เกิดการรักษาสายพันธุ์และเกิดรายได้ตามวัตถุประสงค์ของแต่ละบุคคล จึงมีการศึกษาการปลูกและขยายพันธุ์พืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีนแบบไม่เจาะจงชนิดและรูปแบบ โดยมีการขยายพันธุ์ด้วยเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ มีการปลูกเลี้ยงในวัสดุที่แตกต่างกัน รวมทั้งการปลูกแบบไร้ดินในแปลงปลูกไฮโดรโปนิกส์ที่มีรูปแบบอย่างง่ายดัดแปลงใช้วัสดุในท้องถิ่น และมีต้นทุนต่ำ การปลูกพืชน้ำแบบไร้ดินในระบบไฮโดรโปนิกส์ คาดว่าจะสามารถควบคุมคุณภาพได้ดี ช่วยให้พืชโตเร็ว เก็บเกี่ยวได้เร็ว และให้ผลผลิตสูง รวมทั้งมีขนาดและปริมาณที่สม่ำเสมอ ส่วนในแง่ของการปฏิบัติดูแลรักษา การปลูกพืชน้ำในระบบนี้ไม่ต้องมีการรดน้ำพรวนดิน ไม่ต้องกำจัดวัชพืช จึงลดการใช้แรงงาน ปลอดภัยจากเชื้อโรคและสารพิษที่ตกค้างอยู่ในดิน เพราะสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมได้ นอกจากนี้วิธีการดังกล่าวยังช่วยลดการใช้น้ำ และสารเคมีสำหรับป้องกันศัตรูพืช ผลผลิตพืชน้ำที่ได้ค่อนข้างสะอาด ปราศจากสารปนเปื้อนจากดิน และมีคุณภาพตรงตามมาตรฐานที่ตลาดต่างประเทศต้องการ น่าจะมีการขยายการปลูกในเชิงพาณิชย์ได้ดี คาดว่าผลที่เกิดขึ้นจากงานวิจัยครั้งนี้จะเป็นข้อมูลนำไปพัฒนาการเพาะเลี้ยงพืชน้ำ ช่วยคงความหลากหลายของพืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีน สร้างโอกาสการประกอบอาชีพ และเพิ่มรายได้แก่ผู้สนใจต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิธีการปลูก และขยายพันธุ์พืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีน ที่สามารถขยายกำลังผลิตในเชิงพาณิชย์ได้
2. เพื่อศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนของการผลิตพืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีนทั้งแบบดั้งเดิมและแบบพัฒนา
3. เพื่อให้เกิดพืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีนที่มีสีสันแตกต่างจากสภาพปกติ

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย



การตรวจเอกสาร

พืชน้ำเป็นไม้ประดับกลุ่มหนึ่งที่ตลาดต้องการจำนวนมาก เพราะมีความต้องการแพร่หลายทั้งในประเทศและต่างประเทศ ประเทศไทยมีการส่งออกพืชน้ำสวยงามมานานกว่า 20 ปี (นุชนาถ, 2558) สถิติการส่งออกพืชน้ำของไทยเฉพาะที่มีใบรับรองปลอดศัตรูพืช จากกรมวิชาการเกษตร พบว่ามีแนวโน้มสูงขึ้น กล่าวคือในปี 2546 และ 2547 มีการส่งออกคิดเป็นมูลค่า 16.22 และ 17.27 ล้านบาท (http://workdeena.blogspot.com /2009/07/aquatic -plants.html, 11/8/2553) ส่วนในปี 2550, 2551 และ 2552 มีมูลค่าการส่งออกเท่ากับ 11.74, 32.03 และ 34.57 ล้านบาท ตามลำดับ (http://www.oae.go.th/download/journal/trade-eco54.pd,f, 11/12/2554) สอดคล้องกับการให้สัมภาษณ์ของนายจิรากร โกศัยเสวี อธิบดีกรมวิชาการเกษตร (ตำแหน่งในขณะนั้น) กล่าวว่า พืชน้ำเป็นสินค้าเกษตรชนิดหนึ่งของไทยที่มีศักยภาพการผลิตและส่งออกสูง แต่ละปีมีมูลค่าส่งออกประมาณ 30-40 ล้านบาท เป็นสินค้าที่มีการแข่งขันกันในตลาดโลกสูงมาก ทั้งทางด้านคุณภาพสินค้า ราคา และความสม่ำเสมอในการกระจายสินค้า ตลาดนำเข้าที่สำคัญได้แก่ ญี่ปุ่น อเมริกา แคนนาดา และสหภาพยุโรป (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2554) นอกจากพืชน้ำจะมีความสำคัญทางเศรษฐกิจเป็นธุรกิจที่ทำรายทั้งในประเทศและต่างประเทศแล้ว พืชน้ำยังมีประโยชน์อีกหลายประการตามที่เคยกล่าวแล้วในบทนำ พืชน้ำส่วนใหญ่มักมีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศในเขตร้อน เช่น ประเทศในทวีปอัฟริกา ทวีปอเมริกาใต้ และภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยเฉพาะประเทศไทยเป็นแหล่งที่มีสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศเหมาะสมสำหรับการปลูกพืชน้ำเป็นอย่างยิ่ง มีพืชน้ำจำนวนมากทั้งชนิดและปริมาณ ประเทศไทยนั้นมีการนำพืชน้ำมาใช้ประโยชน์ (ทั้งสายพันธุ์ไทยและต่างประเทศ) มากกว่า 250 ชนิด (กาญจนรี, 2549) โดยพืชน้ำสกุลคริปได้รับความนิยมเป็นอันดับต้น ๆ มีมูลค่าการส่งออก เท่ากับ 0.38, 1.15 และ 1.00 ล้านบาท ในปี 2550, 2551 และ 2552 ตามลำดับ (สุจิตรา และคณะ, 2553 ข) การศึกษาวิจัยการปลูกและขยายพันธุ์พืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีนจึงเป็นหนทางหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มผลผลิตพืชน้ำให้เพียงพอกับความต้องการใช้ประโยชน์ และตอบสนองต่อความต้องการพืชน้ำตามมาตรฐานของแต่ละประเทศ สามารถพัฒนาเป็นทั้งอาชีพหลักและอาชีพรอง ช่วยอนุรักษ์ทรัพยากรพืชน้ำตามธรรมชาติ รวมทั้งช่วยฟื้นฟูผลผลิตพืชน้ำตามธรรมชาติให้เข้าสู่สมดุลโดยทางอ้อมอีกด้วย จึงควรทำความเข้าใจในหลักการปลูกและขยายพันธุ์พืชน้ำโดยภาพรวม เพื่อนำไปสู่หัวข้อที่จะศึกษาวิจัยพืชน้ำในกลุ่มคริปโตคอรีน ดังต่อไปนี้

พืชน้ำหรือพรรณไม้น้ำ มีชื่อภาษาอังกฤษแตกต่างกันหลากหลาย ได้แก่ aquatic plant, aquatic weed, water plant และ hydrophyte มีการให้ความหมายไว้คล้ายคลึงกัน สรุปโดยรวมว่าเป็นพืชที่อาศัยหรือเจริญเติบโตในน้ำ หรือบริเวณที่มีน้ำขัง หรือในที่ชื้นแฉะตามแนวชายฝั่ง หรือมีช่วงชีวิตหนึ่งที่เจริญเติบโตอยู่ในน้ำ ทั้งในน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม มีการเจริญเติบโตหลายรูปแบบ เช่น อยู่ใต้น้ำทั้งหมด หรือมีบางส่วนคือ ใบและดอกเจริญที่บริเวณผิวน้ำ หรือเหนือน้ำ หรือบางกลุ่มจะลอยอยู่ตามผิวน้ำ มีแต่เพียงรากอยู่ใต้น้ำ ส่วนของต้น ใบ ดอกชูขึ้นเหนือน้ำ หรือบริเวณผิวน้ำ (อรุโณทัย, 2554; สุชาดา, 2542) โดยมีการจำแนกลักษณะรูปแบบการเจริญเติบโตของพืชน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติเป็น 5 รูปแบบ (กาญจนรีและคณะ, 2554 ก, สุกัญญา พริกจำรูญ, 2548) ดังนี้

1. พืชลอยน้ำ (Floating plants) เป็นกลุ่มของพืชน้ำที่เจริญเติบโตได้ดีเมื่ออาศัยอยู่บริเวณผิวน้ำสามารถลอยได้อิสระ ไม่มีส่วนใด ๆ ของลำต้นยึดติดหรือสัมผัสกับพื้นดินเลย ยกเว้นเฉพาะเมื่อระดับน้ำลดลงรากอาจจะหยั่งยึดพื้นได้ ถ้ามีขนาดเล็กมักลอยตัวอิสระ เช่น จอก แหน และริคเซีย ถ้าขนาดใหญ่มักมีส่วนใดส่วนหนึ่งเปลี่ยนแปลงไปเป็นทุ่นให้ต้นลอยน้ำได้

ตัวอย่างพืชน้ำกลุ่มนี้ที่ได้รับความนิยมนำมาปลูกประดับไว้ในตู้เลี้ยงปลาสวยงามหรือตู้ปลูกพืชน้ำสวยงาม ประดับโชว์โดยเฉพาะได้แก่ ริคเซีย (*Riccia fluitans*) และกระจับ (*Trapa natans*) สำหรับริคเซียนั้นบางครั้งนิยมปลูกให้เกาะขอนไม้ก่อนนำมาใช้ประดับตู้ปลา

2. พืชใต้น้ำ (Suspended plants หรือ Submerged plants) พืชน้ำกลุ่มนี้จัดว่าเป็นพืชน้ำอย่างแท้จริง เนื่องจากมีส่วนของใบ ราก และลำต้น จมอยู่ใต้ผิวน้ำและเคลื่อนที่ไปตามกระแสน้ำที่ไหล นอกจากนี้ยังมีการเจริญของดอกและผลอยู่ใต้ผิวน้ำด้วย หรือบางชนิดอาจชูดอกขึ้นเหนือผิวน้ำ ส่วนรากอาจยึดติดกับพื้นดินใต้น้ำหรือไม่ยึดก็ได้ รากอาจมีลักษณะเป็นฝอยสั้น ๆ แตกตามข้อ ลักษณะเด่นของพืชน้ำกลุ่มนี้คือจะมีลำต้นที่ผอมยาวและใบอ่อนบอบบาง มักเปราะหักง่าย

ตัวอย่างพืชน้ำกลุ่มนี้ที่ได้รับความนิยมนำมาปลูกประดับ ได้แก่ สาหร่ายพุงชะโด (*Ceratophyllum demersum*) สาหร่ายหางกระรอก (*Hydrilla verticllata*) และสันตะวาหางไก่ (*Blyxa japonica*)

3. พืชโผล่เหนือน้ำ หรือพืชท้องน้ำ (Emerged plants) เป็นกลุ่มของพืชน้ำที่เจริญเติบโตอยู่ตามบริเวณพื้นดินใต้แหล่งน้ำ ส่วนรากฝังหรือยึดติดกับพื้นดินใต้น้ำอย่างแข็งแรง มีลักษณะทางสรีระวิทยาที่สำคัญคือ มีลำต้นสั้นและแข็งแรง มีใบและลำต้นที่สามารถเจริญอยู่ได้ทั้งใต้น้ำและเหนือผิวน้ำ โดยใบที่อยู่เหนือผิวน้ำมักมีขนาดที่ใหญ่หนาและแข็งแรงกว่า ผิวด้านบนมีสารคิวตินเคลือบอยู่บาง ๆ

ตัวอย่างพืชน้ำกลุ่มนี้ที่ได้รับความนิยมนำมาปลูกประดับ ได้แก่ สาหร่ายคาบอมบ้า (*Cabomba sp.*) สาหร่ายฉัตร (*Limnophila heterophylla*) ไส้ปลาไหล (*Barclay longifolia*) และเทป (*Vallisneria sp.)* เป็นต้น

4. พืชน้ำประเภทครึ่งบกครึ่งน้ำ (Amphibian plants) เป็นกลุ่มพืชน้ำที่เจริญเติบโตอยู่ตามบริเวณแหล่งน้ำตื้น ๆ หรือใกล้ฝั่ง มีลักษณะการเจริญเติบโตคล้ายพืชท้องน้ำ แต่จะต่างกันตรงที่ส่วนบนของลำต้นพืชครึ่งบกครึ่งน้ำจะอยู่เหนือผิวน้ำ แต่บางช่วงเวลาอาจพบอยู่ใต้น้ำทั้งต้นก็ได้ และอาจจะมีไหลเป็นลำต้นอยู่ใต้ดินที่แตกกระจายออกไปโดยรอบ

ตัวอย่างพืชน้ำกลุ่มนี้ที่ได้รับความนิยมนำมาปลูกประดับ ได้แก่ พืชที่อยู่ในสกุลคริป (*Cryptocoryne*) อนูเบียส (*Anubias*) และสกุล อเมซอน (*Echinodorus*)

5. พืชชายน้ำ (Marginal plants) พืชน้ำประเภทนี้มักเจริญเติบโตอยู่ตามบริเวณชายน้ำริมตลิ่งหนองน้ำที่มีน้ำท่วมขังตื้น ๆ หรือที่มีน้ำชื้นแฉะ มักไม่มีระยะอยู่ใต้น้ำ โดยลักษณะการเจริญเติบโตมักไม่มีส่วนใด ๆ ของลำต้นอยู่ใต้น้ำ แต่น้ำจะเป็นปัจจัยที่หล่อเลี้ยงให้เจริญเติบโตได้เท่านั้น

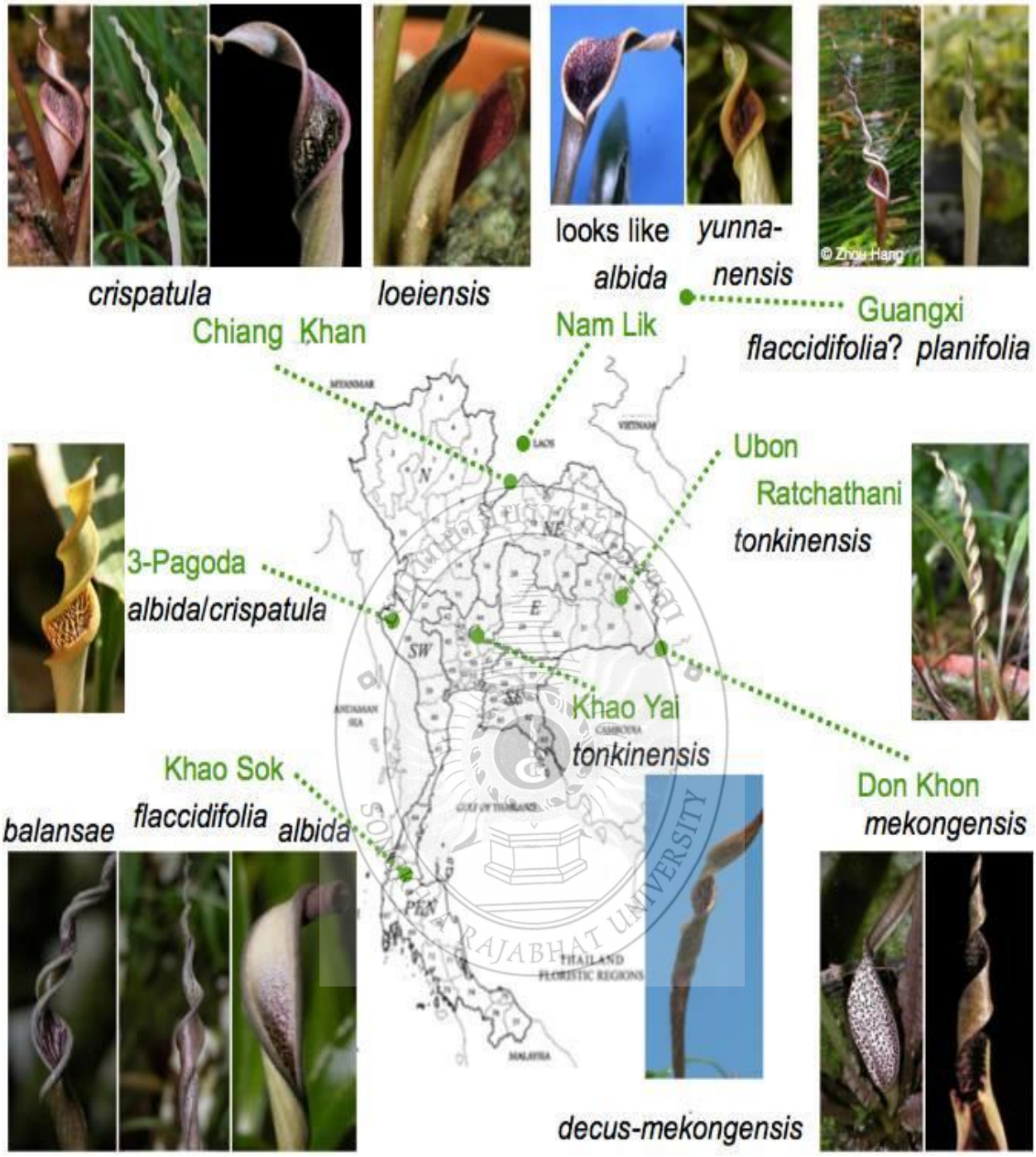
ตัวอย่างพืชน้ำกลุ่มนี้ที่ได้รับความนิยมนำมาปลูกประดับ ได้แก่ ผักเป็ดแดง(*Alternanthera sessilis*) รากดำใบยาว (*Microsorium pteropus*) รากดำใบใหญ่ (*Bolbitis heterclita*) และ ชวามอส (*Vesicularia dubyana*) เป็นต้น

อย่างไรก็ตามพบว่าพืชน้ำโดยส่วนใหญ่มีการปรับตัวทั้งด้านรูปร่าง โครงสร้างของต้นพืช และระบบอวัยวะต่าง ๆ รวมทั้งการสืบพันธุ์ ให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่อยู่อาศัย ทำให้นักวิชาการบางส่วนแบ่งกลุ่มพืชน้ำเป็นเพียง 3 กลุ่มเท่านั้น คือ กลุ่มพืชที่ลอยบนผิวน้ำ กลุ่มที่อยู่ใต้น้ำรวมทั้งพืชที่ลอยอยู่ใต้ผิวน้ำและพืชท้องน้ำ และกลุ่มพืชประเภทครึ่งบกครึ่งน้ำ และพืชริมฝั่ง (http://www.aquatoyou.com/index.php/12/5/2556)

ลักษณะทางชีววิทยาของคริปโตคอรีน

คริปโตคอรีน หรือคริป บางครั้งนิยมเรียกตามลักษณะใบส่วนใหญ่ของพืชน้ำกลุ่มนี้ว่า “ใบพาย” จัดเป็นพืชน้ำประเภทครึ่งบกครึ่งน้ำ ต้องการสภาพบรรยากาศที่มีความชื้นสูงในการเจริญเติบโต ดอกออกเป็นช่อชูขึ้นมาเหนือผิวน้ำ หุ้มด้วยกาบที่มีลักษณะเป็นหลอดปลายแผ่ออกคล้ายปากแตร มีส่วนโคนโป่ง (ส่วนนี้จะเป็นลักษณะสำคัญ ลักษณะหนึ่งที่ใช้แยกชนิดของคริป) มีสีสันหลากหลายและลักษณะทางสัณฐานแตกต่างกันไปมากมายมากกว่า 60 ชนิด พบได้ทั่วไปในอินเดีย ศรีลังกา มาเลเซีย เวียดนาม ฟิลิปปินส์ หมู่เกาะปาปัวนิวกีนี และไทย โดยพบในไทยพบประมาณ 6-8 ชนิด กระจายตามพื้นที่ต่าง ๆ ของประเทศ (ภาพที่ 1) เช่น *Cryptocoryne balansae* (บอนน้ำ, ใบพายมวกเหล็ก), *C. blassii* (บอนแดง), *C. tonkinensis* (ผมหอม), *C. albida* (คริปอัลบิด้า) และ *C. cordata* (คริป) เป็นต้น (ภายหลังมีรายงานการศึกษาว่า *C. cordata* มีชื่อพ้องคือ *C. blassii*) ในธรรมชาติพืชน้ำกลุ่มนี้ขยายพันธุ์โดยการเกิดไหล (ไหลเป็นลำต้นพิเศษที่เจริญมาจากง่ามใบ (leaf axil) ของใบที่อยู่บริเวณรอยต่อระหว่างต้นและรากเจริญขนานไปกับผิวดินหรือพื้นทราย แล้วแตกหน่อเป็นต้นใหม่ได้) แต่ต้องใช้เวลานานพอสมควร ทำให้ไม่สามารถขยายพันธุ์ได้ในเชิงปริมาณ เกษตรกรผู้ผลิตพืชน้ำจึงประสบปัญหาการขาดแคลนต้นพันธุ์ นอกจากนี้ต้นพันธุ์ที่ได้จากการตัดแยกหน่อขยายพันธุ์ไปเรื่อยๆ ยังมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ คุณภาพของผลผลิตที่ได้ตามมาตรฐานการส่งออกมีน้อย ในขณะที่ความต้องการในตลาดส่งออกค่อนข้างสูง จึงมีการเก็บรวบรวมจากธรรมชาติมาใช้ประโยชน์จำนวนมาก คริปในธรรมชาติจึงลดลงอย่างรวดเร็ว มีการจัดให้พืชน้ำกลุ่มนี้เป็นพืชน้ำชนิดที่มีมูลค่าสูง (สุจิตราและคณะ, 2553 ข) และ เป็นที่ต้องการของตลาดเมื่อเปรียบเทียบกับพืชน้ำชนิดอื่น ๆ ที่มีจำหน่ายในประเทศไทย (ตารางที่ 1)

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY



ภาพที่ 1 ลักษณะสีสันและสัณฐานวิทยาของใบประดับที่แตกต่างกันของพืชน้ำกลุ่มคริป
ที่มา: http://crypts.home.xs4all.nl/Cryptocoryne/Botanical/Documents/Jacobsen/Jacobsen2013poster.pdf (5/8/57)

ตารางที่ 1 ความต้องการของตลาด ช่วงอายุที่อยู่ในตู้ปลา และสถานที่พบในธรรมชาติของพืชน้ำบางชนิด

ชนิดพรรณไม้น้ำ	ความต้องการของตลาด	ช่วงอายุที่อยู่ในตู้ปลา (วัน)	สถานภาพในธรรมชาติ
1.คริปอัลบิด้า *(Cryptocoryne albida)*	3	3	2
2.บอนแดง *(C. blassii)*	3	3	2
3.ใบพาย วาน้ำ *(C.ciliata)*	1	3	2
4. ใบพายมวกเหล็ก (*C.balansae*)	3	3	2
5. ผมหอม*(C.tonkinensis)*	3	3	2
6. พรมมิ (*Bacopa monnieri*)	1	2	2
7. ปรงทะเล (*Acrostichum aureum)*	1	2	2
8. ผักเป็ดแดง (*Alternantera sessilis*)	2	1	1
9. ชบาแดง (*Aponogeton vigidifolius*)	2	3	1
10.ไส้ปลาไหล *(Barchaya longifolia)*	3	3	1
11.รากดำใบใหญ่ *(Bolbitis heteroclita)*	3	3	1
12.หอมน้ำ*(Crinum thaianum)*	3	3	2
13.หญ้าหัวไม้ขีด *(Eleocharis parvulus)*	2	2	2
14.สาหร่ายหัวไม้ขีด *(Eriocaullon setaceum)*	2	2	2
15. สาหร่ายหางกระรอก *(Hydrilla verticillata)*	2	1	3
16.ขาไก่ *(Hygrophila polysperma)*	2	1	1
17.ขาไก่ด่าง *(H. polysperma)*	3	2	กลายพันธุ์ไม่พบในธรรมชาติ
18.หางนกยูงใบสั้น *(H.stricta)*	2	2	1
19.หางนกยูงแดง *(H.corymbosa)*	2	2	1
20. ฝอยทอง *(Limonophila aromatica)*	2	1	2
21.สาหร่ายฉัตร *(L.heterophylla)*	3	2	2
22.ผักแว่น *(Marsilia crenata)*	1	1	2
23.รากดำใบยาว *(Microsorium pteropus)*	3	3	2
24. สาหร่ายหางม้า *(Myrionhyllum tetandrum)*	3	2	1
25. หญ้าหัวหงอก *(Eriocaulon cinerium)*	2	2	2
26. ริคเซีย (*Riccia fluitans*)	3	3	หายากในปัจจุบัน

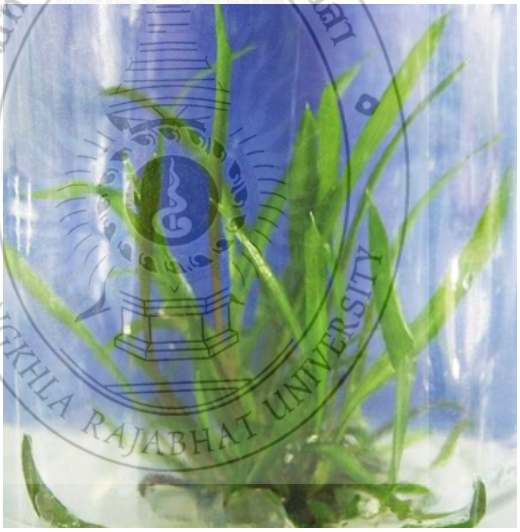
หมายเหตุ: ความต้องการของตลาด 1= น้อย , 2= ปานกลาง , 3=มาก
ช่วงอายุที่อยู่ในตู้ปลา 1= ไม่เกิน 30 วัน, 2 = ไม่เกิน60 วัน , 3 = 60 วันขึ้นไป
สถานภาพในธรรมชาติ 1= พบน้อย, 2 = พบปานกลาง , 3 = พบมากทั่วไป

ที่มา: ดัดแปลงจาก http://www.aquatoyou.com/index.php/ (12/5/2556)

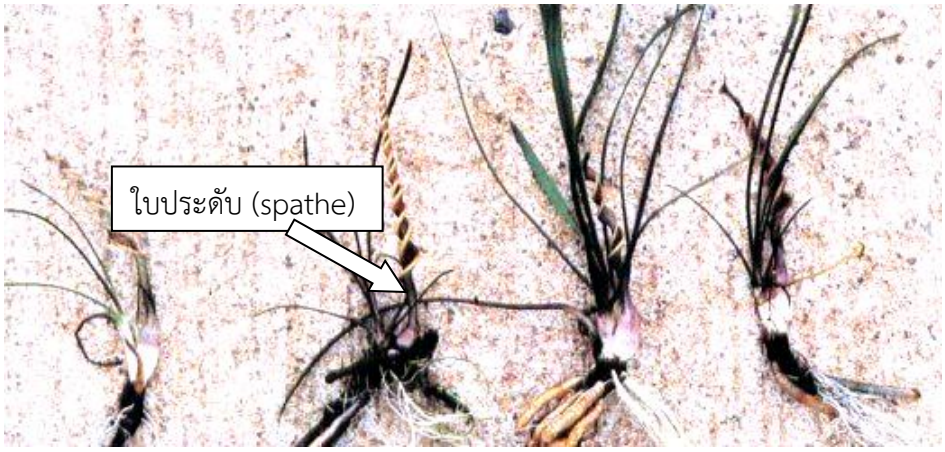
จากที่กล่าวในเบื้องต้นว่าพืชน้ำกลุ่มคริปมีหลากหลายชนิดแต่ในที่นี้จะเลือกทำการศึกษาเฉพาะ บอนแดง ผมหอม คริปอัลบิด้า และ ใบพายศรีลังกา คริป 3 ชนิดแรกเป็นพืชน้ำที่พบในภาคใต้ของไทย ส่วนใบพายศรีลังกาเป็นคริปที่ไทยนำเข้ามาจากอินเดียและศรีลังกา เจริญเติบโตและขยายพันธุ์ในสภาพแวดล้อมของไทยได้ดี ทั้ง 4 ชนิด จัดเป็นพืชล้มลุกในวงศ์บอน Araceae เป็นพืชมีดอก มีลำต้นเป็นเหง้า (rhizome) ใบแตกออกจากลำต้นเป็นกอ และมีไหลแตกเป็นต้นใหม่ ใบเลี้ยงเดี่ยว ดอกเป็นดอก

สมบูรณ์เพศลักษณะดอกเป็นช่อแบบ spadix ยาวประมาณ 10-15 เซนติเมตร ช่อดอกอยู่ภายในใบประดับขนาดใหญ่ (spathe) นอกจากนี้แต่ละชนิดยังมีลักษณะที่เป็นเอกลักษณ์ของตนเองอีกด้วย จึงขอนำรายละเอียดของพืชน้ำแต่ละชนิดมากล่าวไว้พอสังเขป ดังนี้

1. ผมหอม (*C. tonkinensis*) มีลักษณะเด่นคือ ใบเรียวยาวเล็ก ๆ อ่อนพลิ้วคล้ายเส้นผม โคนก้านใบแผ่กว้างเป็นแผ่นหุ้มประกบกัน ขอบใบเรียบ ปลายใบแหลม ใบสีเขียวสด จนถึงน้ำตาลอมแดง มีการปรับเปลี่ยนตามสภาพแวดล้อม (ภาพที่ 2) ในธรรมชาติผมหอมชอบขึ้นในดินทราย ตามแหล่งน้ำจืดที่มีน้ำไหลเอื่อย ๆ บริเวณน้ำตก หรือ ซอกหินในลำธาร น้ำมีความกระด้างเล็กน้อย เมื่อน้ำท่วมจะปรับตัวอยู่ใต้น้ำโดยใบจะเรียวยาวขึ้น ประมาณ 20-30 เซนติเมตร ในหน้าแล้งสามารถปรับตัวอยู่ในน้ำนิ่ง ใบเหนือน้ำจะมีสีเข้ม ใบหนาอวบแข็งแรงเพื่อรักษาน้ำ ต้นเหนือน้ำมีใบยาวประมาณ 7-10 เซนติเมตร กว้างประมาณ 0.3-0.5 เซนติเมตร มีใบประดับเรียวยาว สีน้ำตาลแดง หรือเหลือง และบิดเป็นเกลียวหุ้มช่อดอกไว้ (http://aquariaspot.com, 5/1/56) (ภาพที่ 3) โดยทั่วไปจะขยายพันธุ์ผมหอมได้โดยแยกลำต้นที่เกิดจากเหง้าหรือไหลในแปลงดินไปปลูกใต้น้ำ จนกระทั่งใบใต้น้ำเรียวยาวออกสีน้ำตาลแดง จึงนำไปประดับตู้ปลา โดยมักปลูกบริเวณด้านหน้าหรือกลางตู้ปลาขึ้นอยู่กับขนาดของต้นที่นำมาปลูก เป็นพืชน้ำที่เจริญเติบโตช้า ไม่ต้องตัดแต่งบ่อย สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการปลูกเลี้ยงในตู้คือ มีอุณหภูมิ 20-28 องศาเซลเซียส pH ของน้ำ 6.5-7.0 และน้ำลึกประมาณ 40 เซนติเมตร



ภาพที่ 2 ผมหอมในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

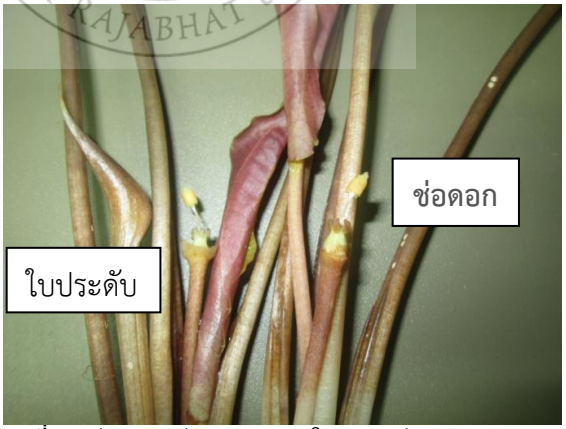


ภาพที่ 3 ลักษณะใบประดับของผมหอม
ที่มา: http://aquariaspot.com/ (5/1/56)

2. บอนแดง (*C. blassii*) เป็นพืชน้ำที่มีชื่อพ้องหลายชื่อคือ *C. cordata*, *C. kerrii* GAGNEPAIN, *C.siamensis* GAGNEPAIN และ *C. evae* RATAJ (http://www.heimbiotop.de/ cryptocoryne.html, 3/3/56) ในธรรมชาติพบเจริญใต้น้ำในลำธารตื้นๆ ที่มีน้ำไหลเอื่อยๆ หรือในบึงน้ำที่เป็นน้ำนิ่งและมีหินปูนอยู่มาก จึงสามารถเจริญเติบโตได้ดีในน้ำที่ความกระด้างสูง ค่า pH 6.8-7.2 ความกระด้าง 3-8 dH (German Degree OF Hardness: 1 dH = 17.9 ppm.) อุณหภูมิ 20-26 องศาเซลเซียส บางชนิดสามารถปรับอยู่รอดได้ในน้ำกร่อย (เค็มเล็กน้อย) ขยายพันธุ์โดยการเกิดไหล แตกหน่อ มีลักษณะใบที่เป็นเอกลักษณ์คือ เป็นรูปไข่ ปลายมนโคนเว้ารูปหัวใจ เมื่ออยู่ในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจะปรากฏตามภาพที่ 4 ในธรรมชาติมีสีใบหลากหลายแปรปรวนมาก อาจเนื่องมาจากมีการผสมข้ามสายพันธุ์กันได้ง่าย เช่น สีเขียวและสีแดง สีน้ำตาลและสีแดง มีก้านใบอยู่ภายใน เมื่ออยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติน้ำส่วนใหญ่จะพบใบด้านบนมีเขียวเข้มปนแดงหรือดำ ด้านล่างมีสีแดงเข้ม (ภาพที่ 5) บางครั้งมีจุดลายด้วย เมื่ออยู่เหนือน้ำส่วนใหญ่จะปรับตัวพบใบด้านบนมีสีเขียวเข้ม จากการสอบถามผู้รวบรวมพืชน้ำ ที่จังหวัดกระบี่พบว่าผู้เลี้ยงพืชน้ำส่วนใหญ่จะชอบและให้ราคาสูงกับชนิดใบลาย พืชน้ำชนิดนี้มีขนาดใหญ่เมื่ออยู่ในธรรมชาติ จึงควรจัดประดับในตู้พืชน้ำที่มีขนาดใหญ่ อย่างไรก็ตาม หากนำมาจัดประดับในตู้ขนาดเล็ก มักปรับตัวลดขนาดได้ จัดเป็นพืชน้ำสวยงามมานานแล้วโดยพบในพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำตั้งแต่ศตวรรษที่ 17 ในบางครั้งในช่วงหน้าแล้งขาดน้ำนาน ๆ ใบของพืชนี้กลุ่มนี้ตายไปแล้ว เมื่อมีน้ำใหม่ต้นใต้ดินก็สามารถเจริญเติบโตได้อีกครั้ง มีใบประดับเรียวยาว สีน้ำตาลแดง หรือเหลือง (ภาพที่ 6) โดยส่วนใหญ่พืชน้ำกลุ่มนี้จะมีสีสันของใบประดับที่สวยงามมาก (ภาพที่ 7)

ภาพที่ 4 บอนแดงในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

ภาพที่ 5 บอนแดงในแหล่งน้ำธรรมชาติ



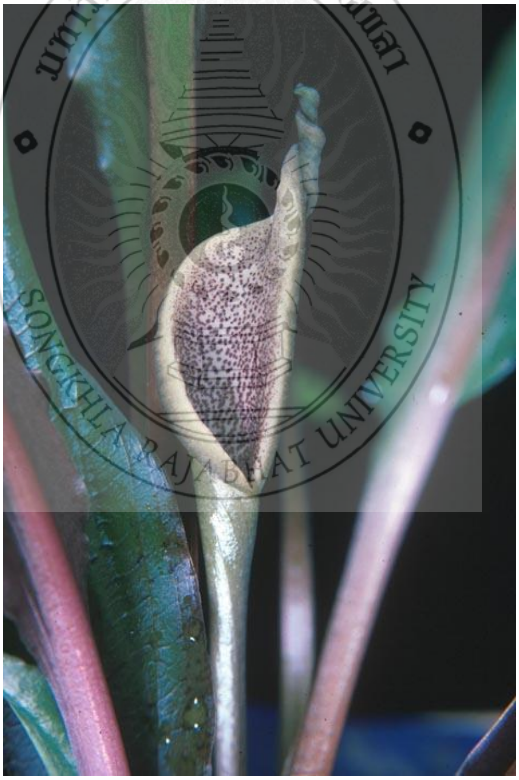
ภาพที่ 6 ลักษณะช่อดอก และใบประดับของบอนแดง
(ภาพถ่ายจากต้นบอนแดงที่พบในจังหวัดกระบี่)

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาพที่ 7 ตัวอย่างใบประดับที่สวยงามของบอนแดง
ที่มา: http://www.heimbiotop.de/cryptocoryne.html#crypcor (3/3/56)

3. คริปอัลบิด้า *(C. albida)* มีชื่อพ้องคือC.*costa.* (http://www.heimbiotop.de/cryptocoryne.html #crypalb, 15/3/56) พืชน้ำกลุ่มนี้บางครั้งเรียกว่าใบพายอัลบิด้า หรือคริปอัลบิด้า มีแผ่นใบรูปไข่เรียวยาว ขอบใบหยักเป็นคลื่นเล็กน้อย ปลายใบแหลม ใบเป็นสีเขียวหรือน้ำตาลอมแดง ใบยาวประมาณ 20-30 เซนติเมตร ก้านใบยาว 10-15 เซนติเมตร กว้าง 1-2 เซนติเมตร ใบคริปอัลบิด้าที่อยู่ใต้น้ำจะมีความพริ้วไหว มีขอบหยักของใบมากกว่าที่อยู่เหนือน้ำ (ภาพที่ 8 ก) ใบประดับมีลักษณะบางสีม่วงอมเหลืองอ่อน ชูขึ้นมาเหนือน้ำ มีลักษณะเป็นหลอดปลายแผ่ออกคล้ายปากแตร ส่วนปลายสุดบิดเป็นเกลียวเล็กน้อย (ภาพที่ 9) (http://crypts.home.xs4all.nl/Cryptocoryne/Gallery/abi /abi_NJ77-81_x_a.jpg 15/3/56)) พืชน้ำกลุ่มนี้อาจปลูกบริเวณด้านหน้าหรือกลางหรือหลังตู้ปลาก็ได้ขึ้นอยู่กับขนาดที่นำมาปลูก เป็นพืชน้ำเจริญเติบโตช้าไม่ต้องตัดแต่งบ่อย สภาวะที่เหมาะสมสำหรับเลี้ยงในตู้ คือ มีอุณหภูมิ 20-28 องศาเซลเซียส pH ของน้ำ 6.5-7.0 ระดับน้ำลึก 40 เซนติเมตร ในธรรมชาติพบมากทางภาคใต้ของประเทศไทย ในลำธารบริเวณน้ำตื้น พื้นเป็นดินปนทรายและต้องการปริมาณความเข้มแสงปานกลาง พืชน้ำกลุ่มนี้จะมีความแปรปรวนสูงทำให้สีสันในแต่ละพื้นที่แตกต่างกันได้ ในกลุ่มของผู้เล่นพืชน้ำได้กล่าวไว้ว่า หากมีแสง หรือปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นจะทำให้พืชน้ำกลุ่มนี้มีสีสันมากขึ้นเป็นสีแดงอมเขียวและน้ำตาลจนกระทั่งถึงสีแดงเข้ม (http://crypts.keydoc.net/tag/albida/ 15/3/56)

ภาพที่ 8 ลักษณะใบใต้น้ำ และใบเหนือน้ำของคริปอัลบิดา
ที่มา: http://crypts.keydoc.net/tag/albida/ (15/3/56)



ภาพที่ 9 ลักษณะใบประดับของคริปอัลบิด้า
ที่มา: http://crypts.home.xs4all.nl/Cryptocoryne/Gallery/abi/abi_NJ77-81_x_a.jpg (15/3/56)

4. ใบพายศรีลังกา (*C. wendtii*) มีขนาดใบยาวประมาณ 15-30 เซนติเมตร ก้านใบเป็นโพรง ยาวเกือบเท่าแผ่นใบ มีลักษณะหลากหลายสีทั้งด้านบนมีสีเขียว ด้านล่างมีสีเขียวม่วง (ถ้าได้รับแสงมาก) บางครั้งพบเป็นสีแดงหรือน้ำตาล (ถ้าได้รับแสงน้อย) บางแหล่งขอบใบหยัก บางแหล่งขอบใบตรง มีการกล่าวถึงในโลกออนไลน์ว่าพืชน้ำกลุ่มนี้มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะใบและสีสันไปตามสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน ใบประดับบิดเป็นเกลียวและมีจุดสีม่วงเข้มกระจายอยู่ภายในลักษณะเป็นหลอดปลายแผ่ออกคล้ายปากแตร (สุจิตรา, 2548) ในขณะที่ Jacobsen (1976) (อ้างตาม http://crypts.home.xs4all.nl/Cryptocoryne/Gallery/wen/ wen.html. 01/02/56) รายงานว่าใบพายศรีลังกาเป็นพืชท้องถิ่น **(**native species) ของประเทศศรีลังกา ซึ่งมีความแปรปรวนสูงทั้งลักษณะรูปร่างและสิ่งแวดล้อมที่อยู่อาศัย มีลักษณะใบและใบประดับแตกต่างกันหลากหลายสี จนต้องมีชื่อต่อต่อท้ายแสดงความเป็นมาหรือลักษณะที่ปรากฏหลายรูปแบบ เช่น *C. wendtii* var. ‘green’ *C. wendtii* var. ‘brown’ *C. wendtii* var. ‘bronze’ *C. wendtii* var.‘red’ *C. wendtii* var. ‘red vein’ *C. wendtii* var. ‘rose’ *C. wendtii* var. ‘striped’ และ *C. wendtii* var. ‘Mi Oya’ (ภาพที่ 10 และ ภาพที่ 11)

ภาพที่ 10 ตัวอย่างลักษณะใบของใบพายศรีลังกา
(ดร. กาญจนรี พงษ์ฉวี เอื้อเฟื้อภาพ)

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

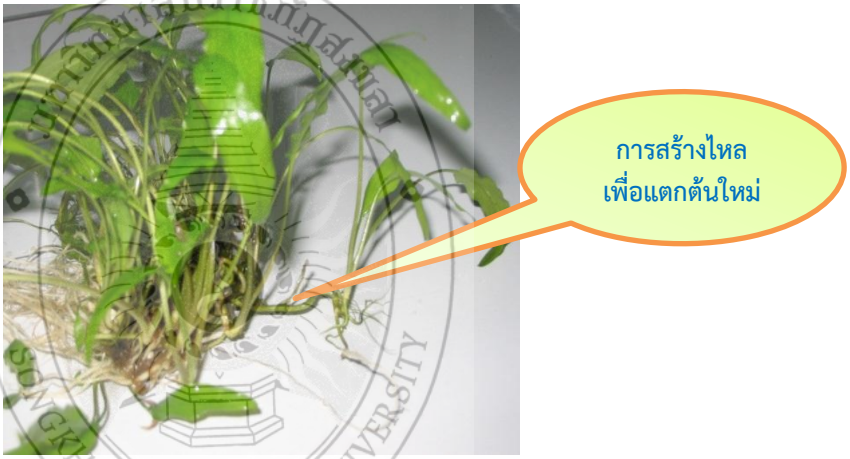
ภาพที่ 11 ตัวอย่างลักษณะใบและใบประดับของใบพายศรีลังกา
ที่มา: http://crypts.home. xs4all.nl/Cryptocoryne/Gallery/wen/ wen.html (1/5/56)

การขยายพันธุ์พืชน้ำ

การขยายพันธุ์พืช หมายถึง การเพิ่มจำนวนต้นพันธุ์ให้มีปริมาณมากขึ้น โดยคงไว้ซึ่งคุณสมบัติลักษณะ และคุณภาพในการผลิตให้ดีเท่าเดิมหรือดียิ่งขึ้นไป การขยายพันธุ์พืชน้ำทำให้เกิดประโยชน์หลายประการ เช่น ได้ต้นพันธุ์ใหม่สำหรับการปลูก เพิ่มผลผลิตได้มากขึ้น มีพันธุ์พืชใหม่ที่ดีกว่าเดิม รวมทั้งทำให้พืชเดิมไม่สูญพันธุ์ กล่าวอีกนัยหนึ่งว่า เป็นการเพิ่มจำนวนพืชจากต้นพันธุ์ที่คัดเลือกแล้วว่ามีลักษณะดี โดยต้องรักษาคุณลักษณะและคุณภาพให้ใกล้เคียงกับต้นเดิม หรือดีกว่าเดิม รวมทั้งต้องรักษาพันธุกรรมเดิมไม่ให้สูญหาย ในส่วนของการขยายพันธุ์พืชน้ำสามารถทำได้หลายวิธีทั้งแบบอาศัยเพศ (sexual propagation) และแบบไม่อาศัยเพศ (asexual propagation) แบบอาศัยเพศใช้วิธีเพาะเมล็ดและให้ต้นอ่อนที่มีลักษณะทางพันธุกรรมแตกต่างกันไป ในส่วนของพืชน้ำเพื่อให้มีลักษณะเหมือนพ่อแม่ มักนิยมขยายพันธุ์รูปแบบไม่อาศัยเพศ เช่น การตัดชำต้น การแยกหน่อ การแบ่งไรโซม การแยกหัว และการตัดไหล รวมทั้งการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เป็นต้น ในส่วนของพืชน้ำกลุ่มคริโตคอรีนส่วนใหญ่นิยมขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ซึ่งมีแนวทางการดำเนินการ 2 ลักษณะคือ การขยายพันธุ์พืชน้ำแบบดั้งเดิม และการขยายพันธุ์แบบพัฒนา โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การขยายพันธุ์แบบดั้งเดิม

พืชน้ำสกุลคริปสามารถขยายพันธุ์ได้ง่าย ๆ โดยคัดแยกหน่อ และตัดไหล (ภาพที่ 12) นำต้นอ่อนที่เกิดจากไหลไปปักชำในแปลงตื้น ๆ ที่อาจใช้บ่อซีเมนต์ อ่างน้ำ หรือกะบะไม้ปูพลาสติก มีตาข่ายพรางแสง ตามปริมาณความต้องการของพืชน้ำ ส่วนใหญ่พรางแสงประมาณ 40-50% ปลูกในลักษณะครึ่งบก ครึ่งน้ำ วัสดุปลูกที่ใช้ ได้แก่ ทราย ดิน กรวดขนาดเล็ก เป็นต้น มีการใช้ปุ๋ยคอก หรือปุ๋ยวิทยาศาสตร์เป็นอาหาร อาจมีระบบน้ำหยดหรือใช้สปริงเกอร์ช่วยให้เกิดความชุ่มชื้นเพื่อให้คริปขยายพันธุ์ได้เต็มที่ แล้วนำไปปักชำใต้น้ำ ซึ่งเป็นเทคนิคที่ทำให้ลำต้น ใบ และราก มีการเปลี่ยนแปลงสีสันให้มีความสวยงาม อ่อนช้อย และมีการปรับตัว สามารถเจริญเติบโตได้ดีเมื่อนำไปปลูกในตู้กระจก ฟาร์มเลี้ยงพืชน้ำส่วนใหญ่จะเก็บเกี่ยวผลผลิตพืชน้ำจากธรรมชาติและนำมาขยายพันธุ์โดยวิธีการนี้ แต่ผลผลิตไม่ค่อยสม่ำเสมอ ขาดความแน่นอนทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ และอาจปนเปื้อนสิ่งมีชีวิตอื่น ประกอบกับสภาพปัจจุบันแหล่งน้ำธรรมชาติที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืชน้ำลดน้อยลง เป็นอุปสรรคต่อการขยายการปลูกเลี้ยงพืชน้ำในเชิงพาณิชย์พอสมควร จึงควรมีการเพิ่มปริมาณต้นอ่อนหรือขยายพันธุ์พืชน้ำกลุ่มนี้ให้เพียงพอ ด้วยเทคนิคสมัยใหม่นั่นคือการขยายพันธุ์โดยวิธีการพัฒนา



ภาพที่ 12 การสร้างไหลเพื่อเกิดต้นใหม่ของคริปใบพายศรีลังกา

2. การขยายพันธุ์แบบพัฒนา

เป็นการปลูกพืชน้ำในโรงเรือนที่ผลิตได้ครั้งละจำนวนมาก ๆ ปลอดโรคและศัตรูพืช ได้มาตรฐานตามข้อกำหนดที่ผู้รับซื้อพืชน้ำทั่วไปต้องการ โดยใช้ต้นพันธุ์จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ มาปลูกในโรงเรือนที่มีการควบคุมความชื้น แสงสว่าง และการให้ปุ๋ยอัตโนมัติ ไม่ใช้วัสดุปลูกที่เป็นดิน หรือที่เรียกกันว่าการปลูกแบบไร้ดิน ซึ่งอาจใช้วัสดุปลูกหรือไม่ใช้ก็ได้ ทำให้สามารถผลิตพืชน้ำได้ตามต้องการ ต้นพืชน้ำมีความสมบูรณ์ และมีระยะเวลาการเก็บเกี่ยวที่แน่นอน แต่ต้องใช้การลงทุนที่ค่อนข้างสูง งานวิจัยครั้งนี้พยายามหาแนวทางที่จะลดค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ จึงขอนำความรู้เกี่ยวกับการขยายพันธุ์พืชน้ำแบบพัฒนามากล่าวไว้ที่นี่ด้วยซึ่งประกอบด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชน้ำ และ การปลูกพืชน้ำในระบบไฮโดรโปนิกส์

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชน้ำ

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เป็นเทคนิคที่นิยมนำมาใช้เพื่อเพิ่มจำนวนผลผลิตพืชที่มีคุณภาพในระยะเวลาสั้นกว่าวิธีปกติทั่วไป มีขนาดสม่ำเสมอ อายุไล่เลี่ยกัน และปลอดโรค โดยนักวิทยาศาสตร์พบว่าเซลล์ของพืชที่นำมาเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมีความสามารถที่จะเติบโตเป็นต้นพืชที่สมบูรณ์

ได้ มีผู้ให้ความหมายไว้ของการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชไว้มากมาย ตัวอย่างเช่น สมพร (2552) รายงานว่า การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช หมายถึง การเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนพืช หรือการเพาะเลี้ยงเซลล์ หรือเนื้อเยื่อใน อาหารสังเคราะห์สูตรต่าง ๆ ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม และปลอดเชื้อ รงรอง (2542) รายงานว่า การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช หมายถึง การนำชิ้นส่วนของพืช เช่น อวัยวะต่าง ๆ บางส่วนของพืช ได้แก่ ยอด ลำต้น ราก ใบ และส่วนต่าง ๆ ของดอกหรือผลมาเลี้ยงในอาหารวิทยาศาสตร์ที่สังเคราะห์ขึ้น นพพร (2547) รายงานว่า การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช คือ การนำเนื้อเยื่อจากส่วนต่าง ๆ ของต้นพืชมาเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีสารที่จำเป็นต่อการพัฒนาของพืช สามารถกล่าวโดยสรุปได้ว่า การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นการนำส่วนหนึ่งส่วนใดของพืช อาจเป็นส่วนของอวัยวะหรือเนื้อเยื่อ หรือต้นพืชในสภาพปลอดเชื้อโดยใช้เซลล์ร่างกายเป็นหลัก ทำให้มีลักษณะเหมือนต้นพ่อ ต้นแม่ คือ คงเอกลักษณ์ของสายพันธุ์ ส่วนใหญ่มักจะใช้ส่วนที่กำลังเจริญเติบโต เช่น ปลายยอด หรือปลายราก มาเลี้ยงในอาหารสังเคราะห์หรือบางครั้งเรียกว่า อาหารวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย แร่ธาตุ วิตามิน น้ำตาล และสารควบคุมการเจริญเติบโตภายใต้สภาพที่ปลอดเชื้อจุลินทรีย์และมีการควบคุมสิ่งแวดล้อมในการเจริญเติบโตให้เหมาะสม ได้แก่ อุณหภูมิประมาณ 25-28 องศาเซลเซียส ได้รับแสงประมาณ 2,000-3,000 ลักซ์ เป็นเวลา 12-16 ชั่วโมง เป็นต้น การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชนำมาใช้ประโยชน์ในหลาย ๆ วัตถุประสงค์ เช่น การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อต้นอ่อนของพืชลูกผสมที่เมล็ดไม่สามารถงอกได้ในสภาพปกติ การเลี้ยงเอนโดสเปิร์ม (endosperm) เพื่อสร้างพืชโครโมโซม 3 ชุด (triploid plant, 3n) ที่ปราศจากเมล็ด การเพิ่มจำนวนมาก ๆ ในระยะเวลาสั้น สำหรับพืชที่ขยายพันธุ์ช้า หรือพืชที่มีความต้องการสูง หรือเพื่อการอนุรักษ์พันธุกรรม เพื่อการปรับปรุงพันธุ์ให้แข็งแรงหรือสวยงามตามความต้องการ หรือปรับปรุงพันธุ์ใหม่ในกรณีที่พบหรือตั้งใจให้เกิดพืชน้ำลักษณะใหม่ เช่น ลักษณะต้นพืชน้ำที่ถูกทำให้แคระแกร็นจากการใช้รังสี ซึ่งเป็นลักษณะที่ดีในการนำมาใช้ประดับตู้ปลาก็สามารถขยายพันธุ์ลักษณะนี้ได้ โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจะช่วยรักษารูปแบบแคระแกร็นนี้ไว้ตลอดไป เป็นต้น แม้ว่าการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชจะก่อให้เกิดประโยชน์นานัปการตามที่กล่าวแล้ว แต่ขั้นตอนในการดำเนินงานและปัจจัยต่าง ๆ ที่จะส่งผลกระทบต่อความล้มเหลวในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อก็มีอีกมากมายเช่นกัน จึงควรทำความรู้จักหรือทำความเข้าใจกับเทคนิคและปัจจัยต่าง ๆ ที่เอื้อให้การดำเนินการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชประสบความสำเร็จอันจะนำไปสู่หลักการที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ 2 ประการหลัก คือ อาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ และการทำให้ปลอดเชื้อ แต่ละส่วนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. อาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

อาหารในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ จัดเป็นปัจจัยที่สำคัญยิ่งต่อความสำเร็จของการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เพราะส่วนของเนื้อเยื่อพืชที่แยกออกมาเลี้ยงนั้นจะมีความต้องการธาตุอาหาร และสารที่จำเป็นซึ่งมีความซับซ้อนมากเท่า ๆ กับความต้องการของพืชทั้งต้นเช่นกัน ในปัจจุบันมีอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชทั้งแบบอาหารสังเคราะห์สำเร็จรูปหรือเตรียมขึ้นเองตามสูตรต่าง ๆ ที่มีการศึกษาไว้แล้วหลากหลายชนิด (รงรอง, 2542) เช่น สูตร Gamborg B–5 (1970) สูตร White (1963) สูตร Murashige และ Skoog (1962) ในอาหารแต่ละสูตรจะมีองค์ประกอบของสารอาหารที่สำคัญส่วนใหญ่คล้ายกัน อาจมีแตกต่างกันไปบ้างบางครั้งในอาหารบางสูตรก็ไม่ได้ใช้ธาตุอาหารครบทั้งหมดที่กล่าวไว้ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมต่อชนิดของพืชพันธุ์ และสภาพของชิ้นส่วนพืชที่จะนำมาเลี้ยง การใช้ธาตุอาหารเหล่านี้มักใช้ในรูปสารประกอบต่าง ๆ นอกจากนี้ความเข้มข้นของสารประกอบที่ใช้อาจแตกต่างกันไปแล้วแต่ละชนิดของสูตรอาหาร อีกด้วย สามารถจำแนกสารอาหารที่ใช้กันในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นกลุ่ม ๆ ดังนี้ (มณฑา, 2542; บุญยืน, 2547; กาญจนรีและคณะ, มปป.)

1.1. สารอนินทรีย์ (Inorganic compound) ประกอบด้วยธาตุต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืช แบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

1.1.1 ธาตุอาหารที่ต้องการปริมาณมากหรือธาตุหลัก (Macro elements) เป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมากและมีความจำเป็นต้องได้รับในปริมาณมาก ได้แก่ คาร์บอน (C), ไฮโดรเจน (H), ออกซิเจน (O), ไนโตรเจน (N), ฟอสฟอรัส (P), โปแตสเซียม (K), แคลเซียม (Ca), แมกนีเซียม (Mg) และกำมะถัน (S)

1.1.2 ธาตุอาหารที่ต้องการปริมาณน้อยหรือธาตุรอง (Micro elements) เป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับพืช แต่ต้องการในปริมาณน้อย ได้แก่ เหล็ก (Fe), ทองแดง (Cu), สังกะสี (Zn), แมงกานีส (Mn), โคบอลซ์ (Co), โมลิบดินั่ม (Mo) และโบรอน (B)

1.2. สารอินทรีย์ (Organic compound) เป็นสารที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของต้นพืช ทำให้ต้นพืชสมบูรณ์ แข็งแรง ปกติแล้วพืชทั่วไปสามารถสร้างสารกลุ่มนี้ได้ แต่ในขณะที่เนื้อเยื่อยังไม่สมบูรณ์เป็นต้นใหม่ จำเป็นต้องเติมสารกลุ่มนี้ สามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ได้ดังต่อไปนี้

1.2.1 น้ำตาล (Sugar) เป็นสารที่ให้พลังงาน โดยทั่วไปน้ำตาลที่นิยมใช้ ได้แก่ ซูโครส (sucrose) ความเข้มข้น 2-4 % หรือ 20–40 กรัมต่ออาหาร 1 ลิตรพืชใบเลี้ยงเดี่ยวนิยมใช้ น้ำตาลกลูโคส (glucose) แทน ซูโครส

1.2.2. วิตามิน (Vitamin) ในอาหารแต่ละสูตรอาจใช้วิตามินเพียงชนิดเดียวหรือหลายชนิด แล้วแต่ความเหมาะสมกับพืช หรือบางสูตรอาจไม่ใส่วิตามินเลยก็ได้ วิตามินที่ใช้กันมากได้แก่ อินโนซิตอล (myo-inositol), วิตามินบี 1 (thiamine), วิตามินบี 2 (riboflavin), ไนอาซีน (niacin) และวิตามินซี เป็นต้น อย่างไรก็ตามในธรรมชาติทั่วไปพืชส่วนใหญ่สามารถสังเคราะห์วิตามินได้บางส่วน จึงไม่จำเป็นมากนัก ขึ้นกับลักษณะทางพันธุกรรมของพืชหรือชิ้นส่วนพืชที่นำมาใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

1.2.3. กรดอะมิโน (Amino acid) จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโต และการสร้างอวัยวะต่าง ๆ กรดอะมิโนที่นิยมใช้กันมาก คือ ไกลซีน (Glycine) อาร์จินีน (L-arginine) กลูตามีน (L-glutamine)

1.2.4. สารควบคุมการเจริญเติบโต (Growth regulators) เป็นสารอินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพต่อการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อ การแบ่งเซลล์และการขยายเซลล์ สารกลุ่มนี้อาจช่วยในการกระตุ้นหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชก็ได้ สารควบคุมการเจริญเติบโตมีหลายกลุ่ม เช่น ออกซิน (auxin) ไซโตไคนิน (cytokinin) จิบเบอเรลลิน (gibberellin) และสารชะลอการเจริญเติบโต (growth retardant)

1.2.5 สารอินทรีย์ที่ได้จากธรรมชาติ (Natural product) เช่น สารสกัดจากมันฝรั่ง, กล้วยบด, น้ำมะพร้าว, สารสกัดจากยีสต์, น้ำมะเขือเทศ เป็นต้น มีการพบว่าสารอินทรีย์เหล่านี้ช่วยในการเจริญเติบโตขอเนื้อเยื่อได้ โดยเฉพาะในน้ำมะพร้าว ซึ่งมีกรดอะมิโน วิตามิน น้ำตาล ฮอร์โมนไซโตไคนิน และอื่น ๆ ค่อนข้างครบถ้วน

1.3. น้ำ (Water) ประมาณ 95-97% ของอาหารประกอบด้วยน้ำ คุณภาพของน้ำมีผลต่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช น้ำที่ใช้เตรียมอาหารสำหรับงานที่เกี่ยวข้องกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่เป็นงานวิจัยควรเป็นน้ำกลั่นที่มีคุณภาพดี เช่น น้ำกลั่นสองครั้ง (double distilled water: DD) หรือน้ำกลั่นดีไอออนไนซ์ (deionized water: DI) ส่วนน้ำที่ใช้เตรียมอาหารขยายพันธุ์พืชทั่ว ๆ ไปนั้น ใช้น้ำกลั่นธรรมดาหรือน้ำกรองที่มีคุณภาพดีก็เพียงพอแล้ว

1.4. วุ้น (Agar or gelose) เป็นสารพอลิแซ็คคาร์ไรด์ (polysaccharide) ที่มีมวลโมเลกุลสูง

สกัดจากสาร่ายทะเล *Gelidium* sp. จำเป็นสำหรับการเตรียมอาหารแข็ง วุ้นปริมาณเท่ากันแต่ผลิตจากต่างบริษัทกันใส่ลงไปในอาหารก็อาจทำให้อาหารแข็งตัวต่างกัน เนื่องจากบริษัทที่ผลิตวุ้นมีหลายบริษัท ผลิตภัณฑ์ของแต่ละบริษัทมีระดับความบริสุทธิ์แตกต่างกัน ซึ่งความบริสุทธิ์ของวุ้นจะมีผลต่อปริมาณการใช้เช่นกัน ความเข้มข้นของวุ้นที่ใช้กันทั่วไปประมาณ 0.7-1% หรือ 7-10 กรัมต่ออาหาร 1 ลิตร

1.5. สารกลุ่มอื่นๆ เช่น อะดีนีน ซัลเฟต (Adenine sulphate) (เป็นสารที่ใส่เพื่อช่วยกระตุ้นการเกิดยอดในพืชบางชนิดที่เกิดยอดได้ค่อนข้างยาก) ปริมาณที่ใช้ประมาณ 80 มิลลิกรัม/ลิตร , ผงถ่าน (Activated charcoal) (ได้มาจากการเผาคาร์บอนที่อุณหภูมิสูง และมีรูพรุนขนาดเล็กที่เชื่อมต่อกันอยู่มากมาย ทำให้พื้นที่ภายในเพิ่มมากขึ้น สามารถดูดซับสารพิษต่าง ๆ ได้ดี และป้องกันการเกิดสารสีน้ำตาลในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ) ใช้ในระดับความเข้มข้น 0.2-0.3% w/v (มณฑา, 2542)

2. การทำให้ปลอดเชื้อ (อรดี, 2540; อุบล, 2544; อารษา, 2555)

นอกจากสูตรอาหารที่เหมาะสมแล้ว การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อยังจำเป็นต้องทำให้ปลอดเชื้ออีกด้วย เพราะสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ โดยเฉพาะจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ เช่น รา และแบคทีเรีย ก็ชอบอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ บางครั้งสามารถเจริญได้ดีกว่าเนื้อเยื่อ หากมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์เหล่านี้อาจเกิดพิษ หรือแย่งอาหารที่เลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ทำให้เนื้อเยื่อเติบโตช้า หรือตายได้ การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจึงต้องดำเนินการภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ ซึ่งสามารถทำให้กระบวนการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อปลอดเชื้อได้หลายลักษณะดังนี้

2.1. ทำความสะอาดภาชนะอุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมอาหารทั้งหมดตลอดจนขวดบรรจุอาหารให้สะอาด แล้วนำไปฆ่าเชื้อด้วยตู้อบความร้อน

2.2. การเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ต้องมีการนึ่งฆ่าเชื้อและใช้น้ำกลั่นในการเตรียมอาหาร หลังการนึ่งฆ่าเชื้อควรวางอาหารทิ้งไว้ 3 วัน เพื่อตรวจสอบการปนเปื้อน หากพบการปนเปื้นของจุลินทรีย์ต้องทำลายทิ้ง หากพบว่าปลอดเชื้อจึงทำความสะอาดภายนอกด้วยแอลกอฮอล์ 70% แล้วย้ายเข้าสู่ห้องถ่ายเนื้อเยื่อ

2.3. การเตรียมพื้นที่ปฏิบัติการ ก่อนทำการทดลองหรือก่อนย้ายเนื้อเยื่อลงในอาหารต้องเปิดแสงยูวีในตู้ถ่ายเนื้อเยื่อและในห้องย้ายเนื้อเยื่อทิ้งไว้ 30 นาที เพื่อกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ หลังจากนั้น ทำความสะอาดตู้ถ่ายเนื้อเยื่ออีกครั้ง โดยการเช็ดด้วยแอลกอฮอล์ 70%

ชิ้นส่วนของเนื้อเยื่อหากนำมาจากธรรมชาติต้องทำความสะอาด โดยการฟอกฆ่าเชื้อด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น ฝักที่มีเมล็ดสามารถนำส่วนเปลือกที่หุ้มอยู่จุ่มในแอลกอฮอล์ 95% ระยะเวลา 1-2 นาที แล้วนำไปเผาไฟ ก่อนผ่าแยกเมล็ดเล็ก ๆ ภายในมาเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (ภาพที่ 13) หากเป็นส่วนยอดหรือส่วนราก หรือต้นอ่อน ต้องฟอกฆ่าเชื้อด้วยแอลกอฮอล์ 70% นาน 1-2 นาที หรือคลอรอกซ์ 5-10% นาน 12-15 นาที และล้างออกด้วยน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ 2-3 ครั้ง ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและชิ้นส่วนเนื้อเยื่อ

ภาพที่ 13 การนำเมล็ดจากฝักคริปมาเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในอาหารสูตร MS

ส่วนของห้องย้ายเนื้อเยื่อควรเป็นห้องที่เชื่อมต่ออยู่กับห้องเตรียมอาหารและห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ต้องได้รับการดูแลให้อยู่ในสภาพปลอดเชื้อ มีระบบป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อเป็นอย่างดี ฝาผนังเพดานและพื้นห้องควรเป็นพื้นเรียบมัน ทำความสะอาดง่าย และไม่เป็นที่สะสมของฝุ่นละออง ส่วนของตู้ถ่ายเนื้อเยื่อต้องมีการกรองอากาศจากภายนอกเพื่อป้องกันการปนเปื้อนของจุลินทรีย์จากอากาศ

2.4 การเตรียมตัวก่อนปฏิบัติการ ก่อนทำการย้ายเนื้อเยื่อทุกครั้ง ต้องทำความสะอาดร่างกายของผู้ปฏิบัติการตั้งแต่ข้อศอกถึงมือ โดยการฉีดสเปรย์ด้วยแอลกอฮอล์ 70% และไม่ควรสวมเครื่องประดับ เช่น กำไล นาฬิกา แหวน ด้ายผูกข้อมือ และควรสวมใส่เสื้อกาวน์ในขณะที่ทำการทดลองทุกครั้ง อุปกรณ์ต่าง ๆ รวมทั้งขวดอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ แม้จะฆ่าเชื้อแล้วก่อนนำเข้าตู้ถ่ายเนื้อเยื่อก็ต้องฉีดสเปรย์ด้วยแอลกอฮอล์ 70% เช่นกัน (ภาพที่ 14)

2.5 เครื่องแก้ว และอุปกรณ์โลหะ เครื่องมือที่ใช้ในการตัดชิ้นเนื้อเยื่อ ให้จัดใส่กล่อง หรือห่อด้วยอลูมิเนียมฟอล์ยอบฆ่าเชื้อด้วยตู้อบแห้ง (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง ก่อนใช้ต้องจุ่มแอลกอฮอล์ 95% และเผาไฟ วางทิ้งไว้ให้เย็นก่อนนำมาตัด และคีบชิ้นส่วนเนื้อเยื่อพืชในตู้ถ่ายเนื้อเยื่อเพื่อนำไปเลี้ยงในขวดอาหารที่เตรียมไว้ (หากเป็นผ้าหรือกระดาษควรห่ออลูมิเนียมฟอล์ย แล้วฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันไอน้ำ ร่วมกับอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ก่อนนำมาใช้ในตู้ถ่ายเนื้อเยื่อ)

2.6 การป้องกันการปนเปื้อนที่ขวดเลี้ยงเนื้อเยื่อ ลนไฟบริเวณปากขวดเลี้ยงเนื้อเยื่อทั้งก่อนเปิดและปิดเพื่อย้ายเนื้อเยื่อ นำขวดเลี้ยงเนื้อเยื่อไปวางบนชั้นในห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่อุณหภูมิประมาณ 25±1 องศาเซลเซียส ได้รับแสงประมาณ 2,000-3,000 ลักซ์ ช่วงแสงประมาณ12-16 ชั่วโมง (มณีรัตน์, 2547) หลังจากนั้นก็ติดตามการเจริญเติบโต หากพบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ก็นำออกไปทิ้งโดยนึ่งฆ่าเชื้อ แล้วนำเศษอาหารไปทิ้ง ล้างขวดให้สะอาดก่อนนำมาใช้ใส่อาหารเลี้ยงเนื้อเยื่ออีกครั้ง

ภาพที่ 14 การทำความสะอาดร่างกายของผู้ปฏิบัติการและอุปกรณ์ด้วยแอลกอฮอล์ 70% ก่อนทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

สารควบคุมการเจริญเติบโต

เป็นสารประกอบที่ใช้ในปริมาณน้อยในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ แต่มีความสำคัญมาก กล่าวคือ สารควบคุมการเจริญเติบโตนั้น หมายถึง เป็นสารอินทรีย์ที่พืชสร้างขึ้น หรือสังเคราะห์ขึ้นมีความหมายรวมถึง ฮอร์โมนพืชและสารสังเคราะห์ซึ่งมีคุณสมบัติในการกระตุ้นหรือยับยั้งหรือเปลี่ยนแปลงกระบวนทางชีววิทยาของพืช โดยมีส่วนร่วมในกระบวนการพัฒนาของต้นพืชให้เป็นปกติ ดังนั้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเจริญเติบโตของส่วนเนื้อเยื่อพืชให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นต้นอ่อนที่สมบูรณ์จำเป็นต้องได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตที่ครบถ้วน สารควบคุมการเจริญเติบโต แบ่งได้เป็น 7 กลุ่ม (พีรเดช, 2537; สมบุญ, 2544) ได้แก่ ออกซิน, จิบเบอเรลลิน , ไซโตไคนิน, เอทิลีน และสารปลดปล่อยเอทิลีน, สารชะลอการเจริญเติบโตของพืช, สารยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช และสารอื่นๆ แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะสารควบคุมการเจริญเติบโตที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อครั้งนี้เท่านั้น (กาญจนรี และคณะ, มปป.) ได้แก่

1. กลุ่มออกซิน เป็นกลุ่มของสารที่พืชสังเคราะห์จากส่วนเนื้อเยื่อเจริญใบอ่อน ดอก ผล ปลายราก มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการขยายขนาดของเซลล์ ช่วยในการยืดตัวของเซลล์ ส่งเสริมหรือชักนำการแบ่งเซลล์ การเกิดรากและแคลลัส นิยมใช้สารในกลุ่มนี้ช่วยในการเร่งราก อย่างไรก็ตามการใช้ออกซินความเข้มข้นสูงมักก่อให้เกิดความเป็นพิษกับพืช (Brock and Kaufman, 1991) เช่น ทำให้รากกุดสั้น (พีรเดช, 2537) สารกลุ่มออกซินแบ่งเป็น 2 กลุ่มย่อยคือ

1.1 กลุ่มที่มาจากธรรมชาติ ได้แก่ IAA (Indole-3-acetic acid) มีคุณสมบัติที่ถูกทำลายโดยแสงและเอนไซม์ IAA oxidase ซึ่งเกิดมากในเนื้อเยื่อที่กำลังเพาะเลี้ยง จึงควรใช้ในความเข้มข้นสูง 1-30 มิลลิกรัม/ลิตร

1.2 กลุ่มที่ได้จากการสังเคราะห์ เช่น NAA (α-Naphthalene acetic acid) IBA (Indole-3-butyric acid) และ 2,4-D (2,4-dichlorophenoxyacetic acid) เป็นต้น ไม่ถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ มีฤทธิ์ค่อนข้างสูง จึงใช้ปริมาณน้อย ปริมาณที่ใช้ตั้งแต่ 0.001-10 มิลลิกรัม/ลิตร

2. ไซโตไคนิน เป็นกลุ่มสารที่มีหน้าที่ช่วยกระตุ้นให้เซลล์แบ่งตัวได้อย่างรวดเร็ว เร่งให้เนื้อเยื่อพืชเจริญไปเป็นยอดและต้น ช่วยการขยายตัวของเซลล์ และชักนำการสังเคราะห์รงควัตถุ เมื่อใช้ร่วมกับออกซินในสัดส่วนที่เหมาะสม (กาญจนรี และคณะ, มปป., รังสฤษดิ์, 2540) จะส่งผลให้เกิดการแบ่งเซลล์

เจริญพัฒนาเกิดเป็นต้นอ่อน โดยทั่วไปแล้วควรใช้ไซโตไคนินในอัตรา 0.5-30 มิลลิกรัมต่อลิตร แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ

2.1 กลุ่มที่มาจากธรรมชาติ ได้แก่ zeatin และ 2iP (N6-isopentenyl adenine)

2.2 กลุ่มที่ได้จากการสังเคราะห์ ได้แก่ kinetin และ BA (6-benzyladenine)

โดยปกติในพืชแต่ละชนิดจะสร้างสารควบคุมการเจริญเติบโตเหล่านี้อยู่แล้ว แต่ในขณะที่อยู่ในสภาพเนื้อเยื่ออาจสร้างได้ไม่สมบูรณ์ เพื่อช่วยให้การเจริญเติบโตของชิ้นส่วนเนื้อเยื่อเป็นไปด้วยดีจึงต้องเพิ่มสารควบคุมการเจริญเติบโตเข้าไปในอาหาร สารควบคุมการเจริญเติบโตเป็นสารสังเคราะห์มีราคาสูง จึงมีการนำสารธรรมชาติบางชนิดมาทดแทน ในการศึกษาครั้งนี้ได้นำน้ำมะพร้าวอ่อนมาใช้เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตด้วย จึงควรทำความรู้จักกับน้ำมะพร้าวเพิ่มเติมดังนี้

น้ำมะพร้าว เป็นสารอินทรีย์ธรรมชาติ ที่นิยมนำมาใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ สุนทร (2557) รายงานว่า ในมะพร้าว 1 ลูก จะมีน้ำอยู่ประมาณ 400 – 465 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีคุณค่าทางโภชนาการสูงมาก ทั้งเอนไซม์ วิตามิน และ แร่ธาตุหลายชนิด เช่น โพแทสเซียม เหล็ก โซเดียม แคลเซียม แมกนีเซียมฟอสฟอรัส ทองแดง กรดอะมิโน กรดอินทรีย์ และ น้ำตาลกลูโคส ซึ่งสิ่งมีชีวิตสามารถจะดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้ทันที ในขณะที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2549) รายงานผลการศึกษาของดร.นิซาอูดะห์ ระเด่นอาหมัด อาจารย์ประจำภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (มอ.) วิทยาเขตหาดใหญ่ โดยรายงานว่า น้ำมะพร้าวมีฮอร์โมนเอสโตรเจนสูงไม่ต่างกับถั่วเหลือง และกวาวเครือขาว น้ำมะพร้าวอ่อนช่วยชะลอการเกิดอัลไซเมอร์ได้ เนื่องจากมีฮอร์โมนเอสโตรเจนสูง ซึ่งฮอร์โมนนี้จะช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตโดยแบ่งเซลล์ได้ดี ช่วยในการสมานแผลให้หายเร็วขึ้นกว่าปกติ นอกจากนี้น้ำมะพร้าวยังมีคุณสมบัติปลอดเชื้อโรค และที่สำคัญในน้ำมะพร้าวยังมีสาร ไซโตไคนินที่มาจากธรรมชาติ นั่นคือ zeatin ซึ่งเป็นกลุ่มของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่มีบทบาทสำคัญในการควบคุมการแบ่งเซลล์ กระตุ้นการขยายตัวให้มีเจริญทางด้านลำต้นของพืช และ ช่วยในการเคลื่อนย้ายอาหารจากรากไปสู่ยอด การออกฤทธิ์ของสารกลุ่มนี้ค้นพบในน้ำมะพร้าวเมื่อ พ.ศ. 2483 โดย Folke Skoog นักวิทยาศาสตร์ที่ University of Wisconsin–Madison (https://th. wikipedia.org/wiki/ไซโตไคนิน)

มณฑา (2542) ได้สรุปผลการใช้สารธรรมชาติที่ผสมในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อไว้หลายชนิดโดยมีการใช้น้ำมะพร้าวด้วย ตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สารอินทรีย์จากธรรมชาติที่ใช้ผสมในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

สารจากธรรมชาติ	ความเข้มข้นที่ใช้
กล้วยหอม (Banana pulp)	150 กรัมต่อลิตร
น้ำมะพร้าวอ่อน (Coconut water)	10 – 20 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร
Fish emulsion	1 ช้อนโต๊ะต่อลิตร
สารสกัดจากมอลต์ (Malt extract, powder)	500 มิลลิกรัมต่อลิตร
น้ำส้มคั้น (Orange juice)	3 – 30 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร
Casein hydrolysates	30 – 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร
น้ำมะเขือเทศ (Tomato juice)	30 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร
สารสกัดจากยีสต์ (Yeast extract, powder)	50 – 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

ที่มา : ดัดแปลงจาก มณฑา (2542)

นอกจากนี้ในสูตรอาหารบางชนิดที่ใช้เลี้ยงกล้วยไม้ พบว่ามีการใช้น้ำมะพร้าวเป็นสารประกอบด้วย (อัญชลี, 2553) ดังเช่น สูตร Vacin and Went (1949) โดยแสดงสูตรตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สูตรอาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้ สูตร Vacin and Went (1949)

ชื่อสารเคมี	สูตรเคมี	ปริมาณที่ใช้ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
Calcium phosphate	$Ca_3(PO_4)_2$	2,200
Potassium nitrate	KNO_3	525
Potassium dihydrogen phosphate	KH_2PO_4	250
Magnesium sulfate seven hydrate	$MgSO_4.7H_2O$	250
Ammonium sulfate	$(NH_4)_2SO_4$	500
Manganese sulfate four hydrate	$MnSO_4.4H_2O$	5.7
Ferric tatrate	$Fe_2(C_4H_4O_6)_3.2H_2O$	28
Sucrose	$C_{12}H_{22}O_{11}$	20,000
น้ำมะพร้าว		15% (150 มิลลิลิตร)
pH 4.8 – 5.0		

ที่มา: อัญชลี (2553)

สูตรอาหารในการเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

อาหารที่เลือกใช้ในครั้งนี้เป็นสูตรพื้นฐานที่นิยมใช้ทั่วไปคือสูตร MS (Murashige and Skoog, 1962) ประกอบด้วย สารอาหารหลายชนิด และหลายกลุ่มตาม (ตารางที่ 4) ซึ่งจะเห็นได้ว่าสารเคมีที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมีหลายชนิด สารเคมีบางตัวใช้น้อยมากจนอาจเกิดความคาดเคลื่อนในการชั่ง หรือต้องใช้เครื่องชั่งที่มีความละเอียดสูงมาก หรือสารบางตัวไม่สามารถผสมเข้าด้วยกันได้ เพราะหากผสมกันแล้วอาจเกิดการตกตะกอน หรือเกิดสารที่ไม่พึงประสงค์ เพื่อลดปัญหาที่กล่าวแล้ว และเพื่อให้มีความสะดวกในการนำไปใช้ จึงมีการเตรียมเป็นสารละลายความเข้มข้นสูง (stock solution) เมื่อต้องการใช้ก็นำมาเจือจางให้เท่ากับความเข้มข้นที่ใช้จริงในสูตรอาหาร สำหรับการศึกษาครั้งนี้จะเตรียมเป็นสารละลายเข้มข้นสูง 20-100 เท่าของความเข้มข้นที่จะใช้จริง (กาญจนรี และคณะ, มปป.) เพื่อประหยัดเวลาและลดความผิดพลาดในการชั่งสารเคมี สารใดที่รวมกันได้จะละลายด้วยกัน แต่บางชนิดไม่สามารถเตรียมรวมกับสารอื่นได้เพราะจะเกิดการตกตะกอน ในสูตรอาหาร MS นิยมเตรียม สารละลายเข้มข้นสูง 4 ขวด เรียกว่า MS1-4 โดย MS1 คือกลุ่มแร่ธาตุหลัก MS2 คือกลุ่มแร่ธาตุรอง MS3 คือกลุ่มเหล็ก MS4 คือกลุ่มสารอินทรีย์ (สำหรับตัวอย่างที่นำมาครั้งนี้ MS1 เข้มข้น 20 เท่า MS2-4 เข้มข้น 100 เท่า (กาญจนรีและคณะ, มปป.) นอกจากนี้ในปัจจุบันยังมีการผลิตอาหาร MS สำเร็จรูปจำหน่าย (ภาพที่ 15) สามารถหาซื้อได้ตามร้านจำหน่ายสารเคมีวิทยาศาสตร์ทั่วไป เมื่อจะนำมาใช้ก็นำไปละลายน้ำตามที่ระบุข้างขวดแล้วค่อยเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต น้ำตาล และวุ้น ตามที่ต้องการ

ตารางที่ 4 ตัวอย่างการเตรียมสารละลายเข้มข้นของอาหารสูตร MS

MS1 : กลุ่มแร่ธาตุหลัก (ปริมาตรที่ใช้ในการเตรียมอาหาร 1 ลิตร คือ 50 มิลลิลิตร)

ชื่อสาร	ปริมาณสารในอาหาร (มิลลิกรัม/ลิตร)	สารละลายเข้มข้น (กรัม/ลิตร)	ความเข้มข้น (เท่า)
NH_4NO_3 (แอมโมเนียมไนเตรท)	1,650.0	33.0	20
KNO_3 (โปตัสเซียมไนเตรท)	1,900.0	38.0	20
$CaCl_2.2H_2O$ (แคลเซียมคลอไรด์)	440.0	8.8	20
$MgSO_4.7H_2O$ (แมกนีเซียมซัลเฟต)	370.0	7.4	20
KH_2PO_4 (โปตัสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต)	170.0	3.4	20

MS2 : กลุ่มแร่ธาตุรอง (ปริมาตรที่ใช้ในการเตรียมอาหาร 1 ลิตร คือ 10 มิลลิลิตร)

ชื่อสาร	ปริมาณสารในอาหาร (มิลลิกรัม/ลิตร)	สารละลายเข้มข้น (กรัม/ลิตร)	ความเข้มข้น (เท่า)
H_3BO_3 (กรดบอริค)	6.2	0.62	100
$MnSO_4.4H_2O$ (แมงกานีสซัลเฟต)	22.3	2.23	100
$ZnSO_4.7H_2O$ (ซิงซัลเฟต)	8.6	0.86	100
KI (โปตัสเซียมไอโอไดด์)	0.83	0.083	100
$Na_2MoO_4.2H_2O$ (โซเดียมโมลิบเดต)	0.25	0.025	100
$CuSO_4.5H_2O$ (คอปเปอร์ซัลเฟต)	0.025	0.0025	100
$CoCl_2.6H_2O$ (โคบอลคลอไรด์)	0.025	0.0025	100

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ตารางที่ 4 (ต่อ)

MS3 : เหล็ก (ปริมาตรที่ใช้ในการเตรียมอาหาร 1 ลิตร คือ 10 มิลลิลิตร)

ชื่อสาร	ปริมาณสารในอาหาร (มิลลิกรัม/ลิตร)	สารละลายเข้มข้น (กรัม/ลิตร)	ความเข้มข้น (เท่า)
Na_2EDTA (โซเดียมเอธิลีนไดเอมีนเตตราอะซิเตท)	37.25	3.725	100
$FeSO_4.7H_2O$ (เฟอรัสซัลเฟต)	27.85	2.785	100

MS4 : กลุ่มสารอินทรีย์ (ปริมาตรที่ใช้ในการเตรียมอาหาร 1 ลิตร คือ 10 มิลลิลิตร)

ชื่อสาร	ปริมาณสารในอาหาร (มิลลิกรัม/ลิตร)	สารละลายเข้มข้น (กรัม/ลิตร)	ความเข้มข้น (เท่า)
Glycine (ไกลซีน)	2.0	0.2	100
Nicotinic acid (กรดนิโคตินิค)	0.5	0.05	100
Pyridoxine-HCL (ไพริดอกซีน)	0.5	0.05	100
Thiamine-HCl (ไธอามีน)	0.1	0.01	100
myo-inositol (อินโนซิทอล)	100.0	10.0	100

ที่มา: กาญจนรีและคณะ, มปป.

ภาพที่ 15 อาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสำเร็จรูป สูตร MS

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

การศึกษาจากเอกสาร

สุจิตรา และคณะ (2554) ศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อไม้น้ำใบพาย (คริป) ชนิด *Cryptocoryne cordata* ผลการศึกษาในห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เป็นระยะเวลา 2 เดือน โดยการนำต้นอ่อนที่มีความสูง 1 เซนติเมตร เลี้ยงในอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต 2 ชนิด คือ BA ที่ความเข้มข้น 0.0, 1.0, 2.0, 3.0 และ 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA ที่ความเข้มข้น 0.0, 0.5, และ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าสารควบคุมการเจริญเติบโตที่เหมาะสมต่อการเพิ่มจำนวนต้นอ่อน คืออาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่เติม BA 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้จำนวนต้นอ่อน 3.42±1.659 ต้น ความสูง 6.29±1.186 เซนติเมตร จำนวนใบ 3.53±0.621 ใบ และน้ำหนัก 3.88±1.727 กรัม ส่วนสารควบคุมการเจริญเติบโตที่เหมาะสมต่อการชักนำราก คือ สารอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่เติม NAA 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้รากจำนวน 4.24 ราก ความยาวราก 2.95 เซนติเมตร และเมื่อนำมาต้นอ่อนไม้น้ำใบพายที่สมบูรณ์ไปเลี้ยงต่อในโรงเรือน โดยปลูกแบบใต้น้ำ ใช้ทรายเป็นวัสดุปลูก ใส่ปุ๋ยสูตร 25-5-5 ปริมาณ 10 กรัมต่อลิตร เลี้ยงเป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่า ไม้น้ำใบพายมีชีวิตรอด 75.67±4.04 % และสามารถเจริญเติบโตได้ไม้น้ำใบพายต้นสมบูรณ์ รสาและคณะ (2548) รายงานผลการเพาะเลี้ยงสวนลำต้นที่มีตายอดของต้นใบพาย (*C. cordata*) ในอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเขมขน 0, 1 และ 3 มิลลิกรัมตอลิตร รวมกับ NAA ความเขมขน 0, 0.2 และ 0.4 มิลลิกรัมตอลิตร เปนเวลา 6 สัปดาหพบวาชิ้นสวนเนื้อเยื่อที่เลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่เติม BA 1 มิลลิกรัมตอลิตร โดยไมเติม NAA ใหจำนวนยอดเฉลี่ยสูงสุดคือ 4 ยอดตอชิ้น และอาหารสูตร MS ที่ไมเติมสารควบคุมการเจริญเติบโตใหจำนวนรากเฉลี่ยและความยาวรากเฉลี่ยสูงสุด คือ 6.7 รากตอชิ้นสวน และ 4.6 เซนติเมตร ตามลำดับ ตนใบพายมีการรอดชีวิต 100% หลังยายออกปลูกในสภาพธรรมชาติ ในขณะที่วันเพ็ญ (2547) ทำการศึกษาการขยายพันธุ์บอนแดง (*C. blassii* De wit, 1960) ซึ่งเป็นชื่อพ้องของ *C. cordata* พบว่า เมื่อเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ในอาหารสูตร MS ที่มี BA 4 µM และ NAA 1 µM สามารถชักนำให้เกิดต้นอ่อนได้มากที่สุด โดยมีจำนวนยอดเฉลี่ย 5.90±0.879 ยอด/ชิ้นเนื้อเยื่อ มีรากเกิดขึ้นเฉลี่ย 2.10±1.370 ราก/ชิ้นเนื้อเยื่อ เมื่อนำไปปลูกเลี้ยงในระบบไร้ดินโดยให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Coic-Lesaint ระดับความเข้มข้น 0.5 mS/cm เป็นเวลา 2 เดือนพบว่าบอนแดงมีอัตรารอด 100% นอกจากนี้ รสา และคณะ (2548) รายงานผลการนำชิ้นส่วนที่ปลอดเชื้อของ *C. cordata* มาเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 0, 1 และ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0, 0.2 และ 0.4 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าชิ้นส่วนที่เลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่เติม BA 1 มิลลิกรัมต่อลิตรโดยไม่เติม NAA ให้จำนวนยอดเฉลี่ยสูงสุดคือ 4 ยอดต่อชิ้น และอาหารสูตร MS ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตให้จำนวนราก และความยาวรากเฉลี่ยสูงสุด คือ 6.7 รากต่อชิ้นส่วนเนื้อเยื่อ และ 4.6 เซนติเมตรตามลำดับ ต้นใบพายมีการรอดชีวิต 100 เปอร์เซ็นต์หลังย้ายออกปลูกในสภาพธรรมชาติ

สุจิตรา และคณะ (2553 ก) ศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อไม้น้ำใบพาย (คริป) ชนิด *Cryptocoryne albida* (คริปอัลบิด้า; มีชื่อพ้องคือ *C.costata*) ผลการศึกษาในห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เป็นระยะเวลา 2 เดือน โดยการนำต้นอ่อนที่มีความสูง 1 เซนติเมตร เลี้ยงในอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต 2 ชนิด คือ BA ที่ความเข้มข้น 0.0, 1.0, 3.0, 5.0 และ 7.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และNAA ที่ความเข้มข้น 0.0, 0.5, และ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าสารควบคุมการเจริญเติบโตชนิด BA และ NAA มีปฏิสัมพันธ์กัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สารควบคุมการเจริญเติบโตที่เหมาะสมต่อการเพิ่มจำนวนต้นอ่อน คืออาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่ BA 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้จำนวนต้นอ่อน 7.22±2.746 ต้น ความสูงต้น 8.60±1.221

เซนติเมตร จำนวนใบ 2.85±0.700 ใบ และน้ำหนัก 3.48±1.005กรัม สารควบคุมการเจริญเติบโตที่เหมาะสมต่อการชักนำให้ออกราก คืออาหารสังเคราะห์สูตร MS ไม่เติมทั้ง BA และ NAA ได้รากจำนวน 3.05±0.921 รากต่อต้น ความยาวราก 4.75±2.205 เซนติเมตร เมื่อนำไม้น้ำใบพายคริปอัลบิด้าจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อไปเลี้ยงในโรงเรือน สามารถเจริญเติบโตและมีอัตรารอดตายสูง ในขณะที่วรรณดาและคณะ (มปป.) รายงานผลการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อคริปอัลบิด้าเช่นกัน โดยเลี้ยงในอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต 2 ชนิด คือ BA ความเข้มข้นต่างกัน 5 ระดับ ได้แก่ 0, 0.5, 1, 2 และ 4 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้นต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 0, 0.5, 1 และ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร เลี้ยงเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า BA และ NAA มีผลต่อการชักนำให้เกิดยอดและรากใหม่ของคริปอัลบิด้าอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อส่วนยอด คือ อาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่เติม BA 4 มิลลิกรัมต่อลิตร เพียงอย่างเดียว โดยไม่เติม NAA มียอดเกิดขึ้นได้เฉลี่ย 4.13±0.64 ยอดต่อชิ้นเนื้อเยื่อ มีรากเกิดขึ้นเฉลี่ย 1.40±0.21 รากต่อชิ้นเนื้อเยื่อ

กาญจนรี และคณะ (2554 ข) ศึกษาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพรรณไม้น้ำไทยที่หายาก *Cryptocoryne affinis* โดยนำส่วนของต้นอ่อนปลอดเชื้อไปชักนำ ให้เกิดยอดเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า BA และ NAA มีอิทธิพลร่วมกันในการชักนำให้ชิ้นเนื้อเยื่อของใบพาย *C. affinis* เจริญพัฒนา เกิดยอด โดยระดับความเข้มข้นของ BA และ NAA ที่เหมาะสม คือการใช้ BA ระดับความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ระดับความเข้มข้น 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดยอดได้เฉลี่ย 7.90+2.41 ยอด ต่อชิ้นเนื้อเยื่อ รากเกิดขึ้นเฉลี่ย 11.30±1.49 รากต่อชิ้นเนื้อเยื่อ ใบเกิดขึ้นเฉลี่ย 31.65±11.49 ใบต่อชิ้นเนื้อเยื่อ

มณีรัตน์ และคณะ (2555) ศึกษาผลของ IAA และ BA ต่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพรรณไม้น้ำดาวน้อย *Pogostemon helferi* (Hook. F.) Press ทำการทดลองโดยการศึกษา 2 ปัจจัย คือ IAA ที่ความเข้มข้น 0.0, 0.1, 0.2 และ 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร และ BA ที่ความเข้มข้น 0, 1, 2. และ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ใช้ร่วมกันในอาหารสังเคราะห์สูตร MS โดยมีชุดควบคุม คือ อาหารสังเคราะห์ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ผลการทดลอง พบว่าสารควบคุมการเจริบเติบโต IAA และ BA ไม่มีอิทธิพลร่วมกัน ($P<0.05$) โดยอาหารที่เติม IAA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เพียงอย่างเดียว สามารถชักนำเนื้อเยื่อส่วนตาข้างให้เกิดยอดใหม่และมีความสูงเพิ่มขึ้นมากที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีจำนวนยอดเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 6.58±0.85 ยอด และมีความสูงเฉลี่ย 12.76±2.65 มิลลิเมตร

กาญจนรี และคณะ (2555) ทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออเมซอนแดง *Echinodorus Osiris* Rataj, 1970 เมื่อพิจารณาผลการทดลองโดยรวมแล้ว พบว่าอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่มี BA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยไม่เติม NAA มีความเหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของอเมซอนแดง สามารถชักนำให้เกิดต้นอ่อนได้มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) มีจำนวนยอดเฉลี่ย 3.31±0.74 ยอดต่อชิ้น มีรากเกิดขึ้นเฉลี่ย 4.81±1.17 รากต่อชิ้น มีความสูงเฉลี่ย 2.45±0.16 เซนติเมตร และมีจำนวนใบเฉลี่ย 7.75±0.82 ใบต่อต้น

กาญจนรี และคณะ (2542) ได้ทดลองขยายพันธุ์พรรณไม้น้ำผมหอม ผลการศึกษาการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต BA เพื่อเร่งการเกิดยอดของผมหอมพบว่า เมื่อเลี้ยงเนื้อเยื่อในห้องปฏิบัติการเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่ามียอดใหม่ในอาหารที่ใส่ BA ในอัตราความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/ลิตร มีจำนวนยอด 4.50±2.121 ยอดสูงกว่าอัตราความเข้มข้นอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

การปลูกพืชน้ำแบบไร้ดิน

การปลูกพืชแบบไร้ดิน (ซอยเลสคัลเจอร์: soilless culture) หมายถึงการปลูกพืชโดยใช้วัสดุใด ๆ ที่ไม่ใช่ดิน โดยพืชจะได้รับจากธาตุอาหารต่าง ๆ ที่ต้องการจากสารละลายธาตุอาหาร (ปุ๋ย) ที่ให้กับพืชเท่านั้น (ดินในที่นี้หมายถึงวัสดุใดก็ตามที่มีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์แก่พืช ได้แก่ ดินชนิดต่าง ๆ ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยคอก เป็นต้น ส่วนวัสดุที่ไม่ใช่ดินก็คือวัสดุอื่นใดที่ไม่มีธาตุอาหารให้แก่พืช เช่น ทราย กรวด น้ำขุยมะพร้าว แกลบ ใยหิน ฟองน้ำ เพอร์ไลท์ เวอร์มิคูไลท์ เป็นต้น) ดังนั้นการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินจึงเป็นการปลูกพืช ในลักษณะที่ไม่เปิดโอกาสให้พืชได้อาหารจากแหล่งอื่นเลย นอกจากได้จากสารละลายธาตุอาหารที่ให้แก่พืชเท่านั้น ทำให้สามารถควบคุมปริมาณธาตุอาหารให้กับพืชได้อย่างสม่ำเสมอ พืชจะเจริญเติบโตบนวัสดุที่กล่าวแล้วโดยได้รับสารละลายอาหารพืชคือน้ำผสมกับปุ๋ยและธาตุอาหารต่างๆ ที่พืชต้องการอย่างเหมาะสมผ่านทางราก การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน มีหลายลักษณะ แต่ที่ได้รับความนิยมสูงสุด คือการปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหาร หรือที่นิยมเรียกกันในปัจจุบันว่า "ไฮโดรโปนิกส์" (hydroponics หรือ water culture)

การปลูกพืชในระบบไฮโดรโปนิกส์นี้ใช้พื้นที่น้อย และส่วนใหญ่จะเจริญเติบโตได้ดีกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกในดิน รวมทั้งช่วยลดข้อจำกัดหรือปัญหาการปลูกพืชทั่วไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ปัญหาฝนแล้ง น้ำท่วม ดินเสื่อมคุณภาพ ปริมาณผลผลิตไม่แน่นอน รวมทั้งการใช้สารเคมีในการกำจัดแมลง และโรคพืช ทำให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้ปลูก ผู้บริโภค รวมทั้งระบบนิเวศ การปลูกพืชไร้ดินด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์จึงเป็นเทคโนโลยีสำหรับปัจจุบันและอนาคตที่คุ้มค่าสำหรับเกษตรกร ผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม นับเป็นความก้าวหน้าทางการเกษตรที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้เหมาะสมกับพืชแต่ละชนิดและเทคนิคการดำเนินงานของแต่ละคน เกิดเป็นระบบไฮโดรโปนิกส์ที่แตกต่างกัน เช่น ระบบ DFT (Deep Flow Technique) ระบบ DRFT (Dynamic Root Floating Technique) ระบบ NFT (Nutrient Film Technique) เป็นต้น แต่ละระบบมีเป้าหมายที่สำคัญคือให้พืชได้รับทั้งอากาศและสารละลายธาตุอาหารโดยใช้ปั๊มน้ำหมุนเวียนสารละลายไปยังบริเวณรากพืชอย่างต่อเนื่อง เทคนิคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นก็เพื่อการพัฒนาไปสู่การผลิตเชิงการค้านั่นเอง แต่ในที่นี้จะนำเสนอเฉพาะระบบ DFT เพราะระบบนี้คือต้นแบบของระบบไฮโดรโปนิกส์ มีเทคนิคที่ง่าย (สบาย และคณะ, 2556) ข้อสำคัญคือ เป็นเทคนิควิธีการปลูกพืชน้ำแบบไร้ดินที่ได้ผลดีวิธีการหนึ่ง (มณีรัตน์ และคณะ, 2548)

การปลูกพืชในระบบไฮโดรโปนิกส์ เทคนิค DFT เป็นการปลูกพืชแบบให้อากาศและสารละลายธาตุอาหารพืช ไหลผ่านรากพืชอย่างต่อเนื่องในถาดปลูกหรือรางปลูกที่ระดับสารละลายลึก 3-5 เซนติเมตร และมีช่องว่างระหว่างแผ่นปลูกกับสารละลายอาหารพืช 1-2 เซนติเมตร เพื่อให้พืชใช้รากอากาศ (aero roots) ดูดอากาศ และให้รากส่วนที่จุ่มอยู่ในสารละลายดูดน้ำและอาหารไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต เรียกว่ารากอาหาร (water nutrient roots) (มัฆวาล และคณะ, 2551) ทำให้พืชได้รับทั้งอากาศและอาหารเพื่อการเจริญเติบโตการปลูกพืชน้ำในระบบไฮโดรโปนิกส์เทคนิค DFT มีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

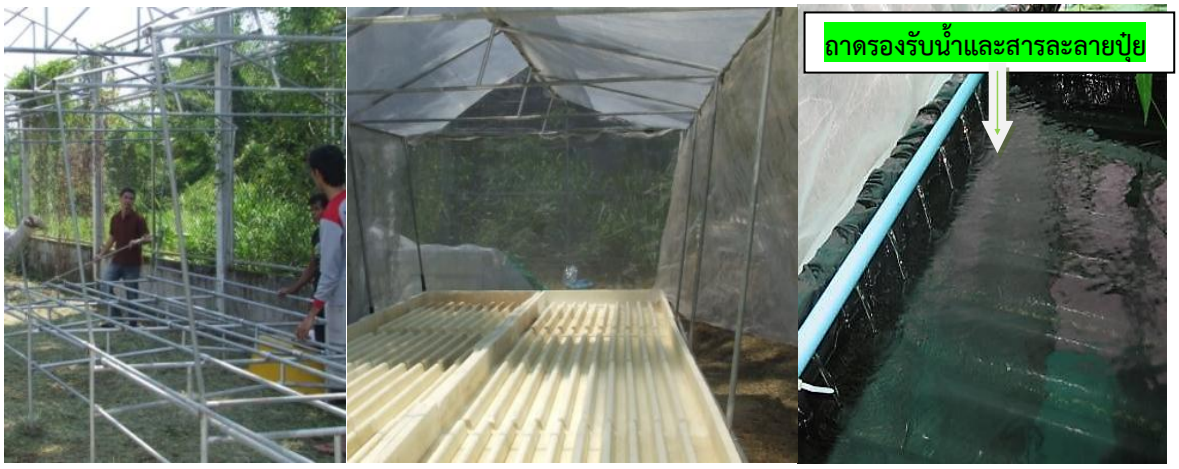
1. การเตรียมแปลงปลูก

การจัดสร้างแปลงปลูกไฮโดรโปนิกส์สามารถเตรียมได้หลายรูปแบบแตกต่างกันไป อาจอยู่ในรูปแปลงปลูกสำเร็จรูปเป็นชุด ๆ (ภาพที่ 16) หรือดัดแปลงรางปลูกโดยใช้ท่อประปา PVC (Poly vinyl chloride) ขนาด 2-3 นิ้ว เจาะรูเป็นช่องปลูก มีที่รองปลูกเป็นถ้วยหรือตะกร้า (ภาพที่ 17) หรือ การปลูกในถาดโฟม ที่ลอยอยู่ในสารละลาย ซึ่งวางบนขาตั้งหรือวัสดุใกล้เคียง บางครั้งเรียกว่าโต๊ะปลูก เป็นโต๊ะหรือขาตั้งที่ทำด้วยไม้หรือใช้ท่อเหล็กประปาอาบสังกะสี สามารถดัดแปลงได้ตามความเหมาะสม ขึ้นอยู่กับวัสดุและอุปกรณ์ที่มีอยู่ และความสะดวกในการปฏิบัติงาน และรองรับสารละลายธาตุอาหาร ซึ่งรูปแบบดั้งเดิมจะมีรางโฟมขึ้นรูปปูด้วยพลาสติกสีดำรองรับสารละลายปุ๋ย (ภาพที่ 18) งานวิจัยครั้งนี้ได้เลือกใช้

รูปแบบนี้แต่ดัดแปลงใช้กระเบื้องลอนคู่แทนการใช้รางโฟมรองรับสารละลาย เพราะสามารถหาได้ง่ายในทุกพื้นที่ และใช้พลาสติกใสแทนพลาสติกดำเพื่อลดอุณหภูมิในแปลงปลูกพืชน้ำ สิ่งสำคัญของทุกแปลงปลูกคือต้องมีตัวควบคุมระดับสารละลายธาตุอาหารและปั๊มน้ำเพื่อหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารอย่างทั่วถึง

ภาพที่ 16 ตัวอย่างแปลงปลูกไฮโดรโปนิกส์สำเร็จรูป

ภาพที่ 17 การดัดแปลงรางปลูกพืชน้ำโดยใช้ท่อประปา PVC



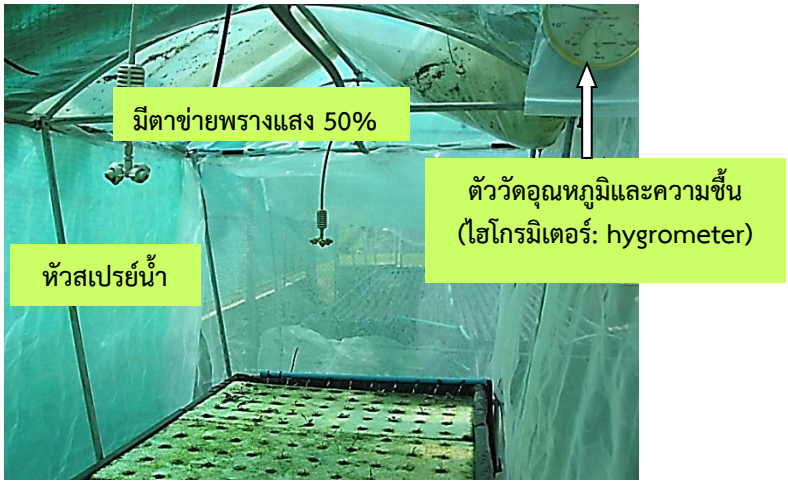
ภาพที่ 18 แปลงปลูกไฮโดรโปนิกส์ที่ใช้รางโฟมปูด้วยพลาสติกสีดำรองรับสารละลายธาตุอาหาร วางบนโครงเหล็ก (โต๊ะปลูก)

2. การเตรียมสิ่งจำเป็นในแปลงปลูกพืชน้ำในระบบไฮโดรโปนิกส์

พืชน้ำจะเจริญเติบโตได้ดีต้องมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมซึ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชน้ำโดยตรง เช่น แสง ความชื้น สารละลายธาตุอาหาร ซึ่งจะต้องจัดเตรียมสิ่งจำเป็นไว้ให้พร้อม ประกอบด้วย (ภาพที่ 19)

2.1 ต้องมีความชื้นที่เพียงพอ โดยการสเปรย์น้ำให้เป็นละอองหมอกทั่วโรงเรือนตลอดวัน โดยใช้ตัวควบคุมเวลา (Timer) ให้น้ำ 5 นาที พัก 15 นาที ให้มีความชื้นสัมพัทธ์ 80-90% (ในเชิงพาณิชย์บางแห่งอาจใช้โรงเรือนปิดที่เรียกว่า อีแว็ป (EVAP; evaporative cooling system) เพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้เหมาะสมต่อการปลูกพืชน้ำ แต่เป็นการลงทุนที่ค่อนข้างสูง เกษตรกรรายย่อยไม่สามารถนำไปปฏิบัติได้ จึงไม่นำมากล่าวรายละเอียดในที่นี้) การศึกษาครั้งนี้ใช้หัวพ่นหมอกเชื่อมต่อกับปั๊มน้ำขนาดเล็ก เพื่อให้เกิดละอองน้ำขนาดเล็กเป็นหมอกเกิดความชื้นสูงภายในแปลงปลูกระบบของไฮโดรโปนิกส์

2.2 การให้แสง พืชน้ำโดยส่วนใหญ่ต้องการแสงไม่เท่ากัน ถ้าต้องการน้อยควรพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงตามความต้องการของพืชแต่ละชนิด เมื่อมีการย้ายพืชน้ำไปปลูกเลี้ยงในแปลงปลูกไฮโดรโปนิกส์ใหม่ ๆ จะให้แสงรำไรจนกระทั่งต้นพืชน้ำสามารถเจริญเติบโตได้ดีจึงค่อยๆ เพิ่มความเข้มแสงให้เหมาะสมกับความต้องการของพืชแต่ละชนิด ใช้เวลาประมาณ 5-8 วัน สำหรับพืชน้ำกลุ่มคริปควรพรางแสงประมาณ 40-50% (มณีรัตน์, 2547)



ภาพที่ 19 อุปกรณ์ประกอบในแปลงปลูกพืชน้ำในระบบไฮโดรโปนิกส์

2.3 การให้ปุ๋ย การปลูกพืชน้ำต้องมีการให้สารละลายธาตุอาหารคือปุ๋ย สำหรับการปลูกพืชในระบบไฮโดรโปนิกส์นี้มีสูตรสารละลายธาตุอาหารพืชหลายชนิดขึ้นอยู่กับชนิดพืชที่ปลูก ฤดูปลูก แสง อุณหภูมิในช่วงปลูก สถานที่ปลูก ตลอดจนวัตถุประสงค์ของการปลูก ถ้าปลูกเป็นงานอดิเรกเพื่อความเพลิดเพลิน จำนวนพืชที่ปลูกน้อยจะเลือกใช้สูตรอาหารพืชชนิดใดก็ได้ เพียงแค่สูตรธาตุอาหารพืชนั้นจะต้องช่วยให้พืชเจริญเติบโตได้อย่างปกติ สำหรับการปลูกพืชเพื่อการค้าจะต้องปลูกพืชจำนวนมาก ต้องการลดต้นทุนการผลิต เพื่อให้มีกำไร จำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติมอีกครั้งหนึ่ง เพื่อเลือกสูตรอาหารที่เหมาะสม และให้มีความเข้มข้นของธาตุอาหารน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้เพื่อให้ต้นทุนการผลิตต่ำแต่ได้ผลกำไรสูงสุด สำหรับในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้สูตรปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์ของกรมวิชาการเกษตร (ประสพโชค และคณะ, 2556) ประกอบด้วยแม่ปุ๋ยตามรายละเอียดในตารางที่ 4

การเตรียมปุ๋ยทำได้ง่าย ๆ โดยชั่งสารตามตารางที่ 5 แล้วเติมน้ำตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ หากเตรียมปริมาณน้อยก็ลดสัดส่วนลงตามความสะดวก ภาพที่ 20 หรือจะซื้อในรูปปุ๋ยน้ำสำเร็จรูปมาใช้ก็สะดวกอีกรูปแบบหนึ่ง แต่ราคาค่อนข้างสูง การเตรียมปุ๋ยใช้เองจะช่วยลดต้นทุนการผลิต ในการเตรียมปุ๋ยต้องแยกเตรียมเป็นสูตร A และ B เนื่องจากธาตุที่เป็นฟอสเฟต และ ซัลเฟต จะจับตัวกับแคลเซียมทำให้เกิดการตกตะกอนหากผสมกันในความเข้มข้นสูง พืชไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นเมื่อนำไปให้พืชควรเติมสารละลายธาตุอาหารปุ๋ยสูตร A ลงไปก่อน 15 นาที – 1 ชั่วโมง แล้วจึงเติมสูตร B เพื่อป้องกันการตกตะกอน

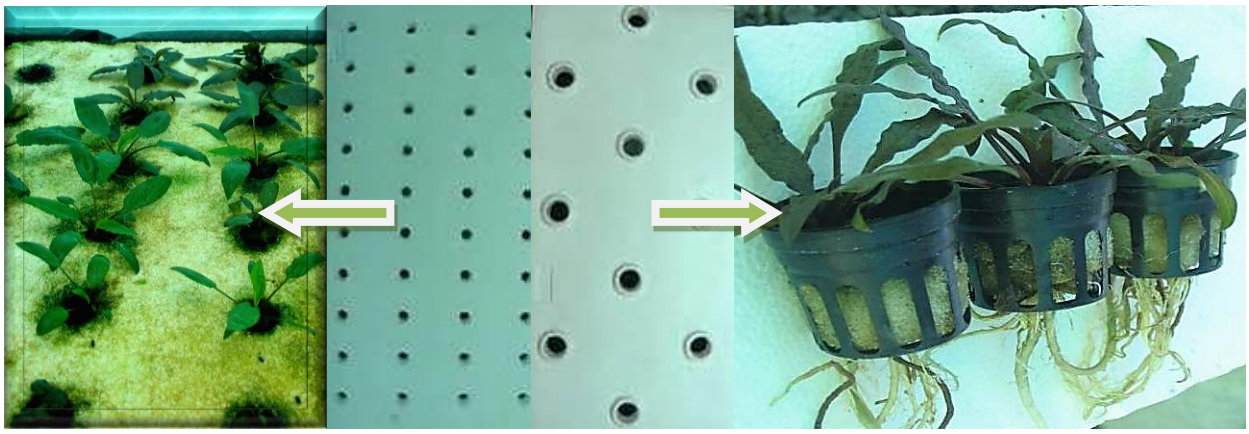
ตารางที่ 5 ตัวอย่างการเตรียมสารละลายธาตุอาหารสำหรับการปลูกพืชในระบบไฮโดรโปนิกส์ (สำหรับการเตรียมปุ๋ยสูตร A และ B ชนิดละ 50 ลิตร) อัตราส่วน 1: 200

ชนิด	**สารเคมี (หรือปุ๋ยเคมี) ที่ใช้**
ปุ๋ย A	แคลเซียมไนเตรต 10 กก./น้ำ 20 ลิตร ($Ca(NO_3)_2.4H_2O$: 12-0-0)) เหล็กคีเลต 300 กรัม/น้ำ 1 ลิตร (Fe-EDTA) - เติมน้ำอีก 29 ลิตรให้ครบ 50 ลิตร
ปุ๋ย B	แมกนีเซียมซัลเฟต 5 กก./น้ำ 10 ลิตร ($MgSO_4$) โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต 1.25 กก./น้ำ 10 ลิตร ($NH_4H_2PO_4$: 12-60-0) โมโนโปรแตสเซียมฟอสเฟส 850 กรัม/น้ำ 10 ลิตร (KH_2PO_4: 0-52-34) โปแตสเซียมไนเตรด 8 กก./น้ำ 15 ลิตร (KNO_3: 13-0-46) จุลธาตุ 50 กรัม/น้ำ 1 ลิตร (นิกสเปรย์) - - เติมน้ำอีก 4 ลิตรให้ครบ 50 ลิตร

ที่มา: ประสพโชค และคณะ (2556)

ระดับความความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร หรือปริมาณปุ๋ยในการให้แก่พืชนั้น จะพิจารณาจากค่าความนำไฟฟ้า (EC; Electric Conductivity) การวัดค่า EC ทำให้เราทราบความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารพืช ซึ่งแสดงเป็นมิลลิโมห์ต่อเซนติเมตร หรือ millimhos/cm หรือ mMho/cm หรือ milliseimen/cm (mS/cm) ค่า 1 mMho/cm = 1 mS/cm ประมาณ 650 มิลลิกรัม/ลิตร ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารพืชปกติควรอยู่ระหว่าง 1,000–1,500 มิลลิกรัม/ลิตร เพื่อให้แรงดันออสโมติก (Osmotic Pressure) ของกระบวนการดูดซึมของรากเกิดได้สะดวก ค่า EC ที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 1.5-3.0 mS/cm ขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของพืชผักทั่วไป ส่วนของพืชน้ำควรมีค่าเท่ากับ 0.5-1.5 mS/cm (นงนุชและคณะ, 2556) ค่า EC สูงจะเป็นอันตรายต่อพืช ต้องเจือจางด้วยน้ำ ถ้าค่า EC ต่ำ ต้องเพิ่มความเข้มข้นให้เพียงพอ เนื่องจากพืชใช้สารละลายตลอดเวลา ดังนั้น ค่า EC จะเปลี่ยนแปลงเสมอ จำเป็นต้องตรวจวัดทุกวัน และปรับค่าตามความจำเป็นโดยเติมสารละลายธาตุอาหารหรือปุ๋ยเพิ่มเติม

2.4 วัสดุรองรับพืชน้ำในสารละลาย อาจใช้ถาดโฟมรองรับต้นพืชน้ำที่หุ้มด้วยวัสดุปลูกโดยตรง หรืออาจใช้ตะกร้าหรือถ้วยรองรับอีกชั้นหนึ่งเพื่อความสะดวกในการนำไปจำหน่าย (ภาพที่ 20) การปลูกในตะกร้าต้องใช้ถาดโฟมช่องใหญ่ ลอยในสารสารละลายธาตุอาหาร หรือปลูกในท่อ PVC ก็ได้



ภาพที่ 20 รูปแบบถาดโฟม และตะกร้ารองรับต้นพืชน้ำ

วิธีการย้ายปลูกพืชน้ำทำได้โดยนำต้นพืชน้ำจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ คลายเกลียวฝาขวดเล็กน้อย วางทิ้งไว้ประมาณ 1 คืน ในบริเวณใกล้ ๆ แปลงปลูกไฮโดรโปนิกส์ ซึ่งมีความชื้นสูงและอุณหภูมิประมาณ 26-30 องศาเซลเซียส เพื่อให้พืชน้ำปรับตัว หลังจากนั้นจึงนำมาล้างวุ้นในอาหารออก ให้รากสะอาด แล้วห่อหุ้มด้วยวัสดุปลูก

วัสดุปลูกจะทำหน้าที่ในการรองรับรากพืชเพื่อให้พืชทรงตัวอยู่ได้ การปลูกพืชในระบบไฮโดรโปนิกส์นั้นวัสดุปลูกที่เหมาะสมควรมีคุณสมบัติบางประการ เช่น รากพืชสามารถแพร่กระจายได้อย่างสะดวกทั่วทุกส่วน มีความเฉื่อยทางเคมี คือไม่ทำปฏิกิริยากับสารละลายธาตุอาหารและภาชนะที่ใช้ปลูก ไม่สลายตัวทั้งทางเคมีและทางชีวภาพ สามารถรักษาอุ้มน้ำได้ดีในพืชทั่วไปต้องการอัตราส่วนของน้ำและอากาศประมาณ 50:50 แต่สำหรับพืชน้ำควรมีการอุ้มน้ำมากกว่านี้ วัสดุปลูกที่นำมาใช้ในครั้งนี้ได้แก่ใยหิน ขุยมะพร้าว และ ฟองน้ำ ปัจจุบันการปลูกพืชน้ำในระบบไฮโดรโปนิกส์ นิยมใช้ใยหินเนื่องจากมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำ โดยเฉลี่ย 70-80% โดยปริมาตร ขึ้นอยู่กับระดับความสูงจากผิวน้ำ (94% ที่ระดับผิวน้ำ และ 82% ที่ระดับความสูงจากผิวน้ำ 5 ซม.) เป็นวัสดุที่ผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมโดยการหลอมหินภูเขาไฟและทำให้เป็นเส้นใยและผสมด้วยสารเรซิน 4-5% โดยน้ำหนัก เพื่อทำให้อ่อนตัวและผสมด้วยน้ำมันชนิดพิเศษเพื่อให้มีคุณสมบัติเกาะน้ำได้ ใยหินขณะใช้เป็นวัสดุปลูกจะปล่อยแคลเซียมออกมาในสารละลายได้เล็กน้อย ใยหินจัดเป็นวัสดุปลูกที่มีการระบายน้ำและอากาศดีมากแต่มีราคาแพง (อิทธิสุนทร, 2556) นอกจากใยหินแล้วยังมีวัสดุปลูกอื่น ๆ เช่น ขุยมะพร้าว เป็นวัสดุปลูกอีกชนิดหนึ่ง เป็นสารอินทรีย์ ส่วนใหญ่นำขุยมะพร้าวมาใช้เพื่อปรับสภาพทางฟิสิกส์ของดินเป็นหลัก เพิ่มความสามารถในการระบายน้ำ สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ได้โดยต้องกำจัดแทนนินในขุยมะพร้าวก่อน (นพดล, 2550) มีอนุภาคอยู่ระหว่าง 0.5-2.0 มิลลิเมตร มีรูพรุน น้ำหนักเบา สามารถอุ้มน้ำได้ดีจนบางครั้งจะอัดตัวกันแน่นทำให้ระบายอากาศได้ยาก แต่มีราคาถูก (อิทธิสุนทร, 2538) และสามารถหาได้ในท้องถิ่น ส่วนฟองน้ำเป็นวัสดุปลูกที่นิยมใช้เพื่อการปลูกผักทั่วไปในระบบไฮโดรโปนิกส์ มี 2 ลักษณะ คือ ฟองน้ำเนื้อพรุน น้ำหนักเบา กับฟองน้ำเนื้อละเอียด น้ำหนักมาก สำหรับการปลูกผักทั่วไปในระบบไฮโดรโปนิกส์ เทคนิค DFT ระบบนี้ใช้น้ำลึก 3-5 เซนติเมตร (น้ำมากจะมีส่วนขัดขวางการแลกเปลี่ยนอากาศกับราก) เพื่อให้เกิดช่องว่างระหว่างน้ำกับอากาศ ช่วยให้รากพืชได้รับทั้งอากาศและสารละลายธาตุอาหารในน้ำ จะเลือกใช้ฟองน้ำเนื้อพรุน แต่ในระบบไฮโดรโปนิกส์เทคนิค NFT ระบบนี้ใช้น้ำน้อยเพียงให้น้ำไหลบาง ๆ คล้ายแผ่นฟิล์ม (film) จึงต้องรักษาความชื้นให้มาก ควรใช้ฟองน้ำเนื้อละเอียด เพื่อรักษาความชื้น (สบายและคณะ, 2556) แต่สำหรับในการปลูกพืชน้ำนั้นแม้ว่าจะเป็นเทคนิค DFT แต่ควรใช้ฟองน้ำเนื้อละเอียดเพื่อรักษาความชื้นเนื่องจากพืชน้ำต้องการความชื้นสูง

วันแรกที่ย้ายต้นพืชน้ำต้องให้น้ำเปล่าในระบบน้ำหมุนเวียน หลังจากนั้นหนึ่งวันให้เติมสารละลายธาตุอาหารพืช (ปุ๋ย) ตามความต้องการของพืชแต่ละชนิด โดยพิจารณาปริมาตรน้ำที่หมุนเวียนอยู่ในระบบไฮโดรโปนิกส์ เช่น มีปริมาตรน้ำ 400 ลิตร ใช้ปุ๋ยตามสูตรที่กล่าวแล้วชนิดละ 2 ลิตร โดยเติมปุ๋ยสูตร A ปริมาตร 2 ลิตร หลังจากนั้นประมาณ 15 นาที - 1 ชั่วโมง จึงเติมสูตร B ปริมาตร 2 ลิตร จะได้สารละลายธาตุอาหารเข้มข้นประมาณ 1 mS/cm (มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร) หรือ 1,000 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร (µS/cm) อาจตรวจสอบเพื่อความมั่นใจโดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า EC Meter (ภาพที่ 21) หากไม่มีเครื่องมือวัดให้เติมปุ๋ยในอัตราส่วนนี้ประมาณ 7-10 วันต่อครั้ง หรือสังเกตการเปลี่ยนแปลงของสีใบพืชน้ำเป็นหลัก หากมีสีเหลืองซีดนั่นคือการแสดงอาการขาดธาตุอาหาร ถึงเวลาเติมปุ๋ยตามความต้องการของพืชแต่ละชนิด

ภาพที่ 21 ตัวอย่าง EC Meter

3. การจัดการระหว่างการปลูกเลี้ยงพืชน้ำในแปลงไฮโดรโปนิกส์

หลังการปลูกพืชน้ำในแปลงเรียบร้อยแล้ว นอกจากต้องมีการเติมสารละลายธาตุอาหารเป็นระยะ ๆ แล้ว ต้องมีการจัดการดูแลเพิ่มเติมให้สมบูรณ์ดังนี้

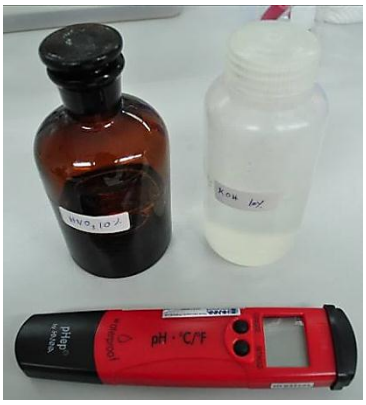
3.1 ตรวจสอบระบบน้ำและระบบไฟอย่างสม่ำเสมอ เช่น ระบบปั๊มน้ำหมุนเวียนน้ำไปยังรากพืช การสเปรย์น้ำให้เป็นละอองหมอกเพิ่มความชื้นในโรงเรือน เป็นต้น หากระบบนี้หยุดทำงานมากกว่า 6 ชั่วโมงติดต่อกันอาจทำให้พืชน้ำได้รับความเสียหายได้

3.2 ตรวจสอบพลาสติกหลังคา และ มุ้งปิดโรงเรือนให้เรียบร้อย หากมีการฉีกขาดต้องรีบซ่อมแซม มิฉะนั้นอาจมีศัตรูพืชไปวางไข่ เมื่อไข่ฟักตัวเป็นหนอนจะเข้าทำลายพืชน้ำได้ (ภาพที่ 22)

ภาพที่ 22 หนอนที่พบในแปลงปลูกพืชน้ำและการทำลาย

3.3 ตรวจสอบ พีเอช อุณหภูมิ และค่าความนำไฟฟ้าของสารละลายปุ๋ยอย่างสม่ำเสมอ สารละลายปุ๋ยที่หมุนเวียนไปยังรากพืชควรมีค่าพีเอช (pH) เท่ากับ 5.5-6.5 (วัดด้วย pH Meter) เพราะพืชจะนำธาตุอาหารไปใช้ได้ดีในพีเอชช่วงนี้ (สุรภี และ นงนุช, 2555) หากสูงหรือต่ำจะทำให้สารอาหารบางตัวตกตะกอน พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ต้องเติมกรดหรือด่างเจือจางเพื่อปรับพีเอชให้เหมาะสม (ภาพที่ 23) โดยใช้กรดไนตริก (NHO_3) เข้มข้น 10% ลดระดับ pH ส่วนการยกระดับ pH และใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 10% ส่วนอุณหภูมิควรอยู่ในช่วง 26-30 องศาเซลเซียส ตรวจสอบได้โดย

ใช้เทอร์โมมิเตอร์ หรือใช้ตัววัดอุณหภูมิและความชื้น (ไฮโกรมิเตอร์: hygrometer) ที่ติดตั้งในแปลงปลูกก็ได้ โดยทั่วไปมักไม่มีปัญหาเรื่องอุณหภูมิเพราะมีการพรางแสงและสเปรย์น้ำให้ความชื้นแก่พืชน้ำช่วยรักษาอุณหภูมิไม่ให้สูงเกินไป



ภาพที่ 23 ชุดวัดและปรับ pH

4. การเก็บเกี่ยวผลผลิต

หลังการปลูกพืชน้ำในระบบไฮโดรโปนิกส์ประมาณ 2-3 เดือน หรือมีใบมากกว่า 8-10 ใบ ขึ้นกับชนิดของพืชน้ำและความต้องการของตลาด จะทำการเก็บเกี่ยวโดยนำมาล้างทำความสะอาดอย่างระมัดระวัง ลดการบอบช้ำของผลผลิต มีการตัดแต่งและคัดขนาดตามมาตรฐานของตลาด บางครั้งอาจนำไปชำน้ำ (การปลูกใต้น้ำ และมีการให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์) เพื่อเพิ่มความอ่อนพลิ้วของใบให้สวยงามมากขึ้น แล้วบรรจุ จำหน่ายตามความต้องการของตลาด

การศึกษาจากเอกสาร

มณีรัตน์ และคณะ (2548) ศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของการปลูกพรรณไม้น้ำชนิดใบพายเขาใหญ่ (*C. crispatula* var. *balansae*) ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินต่างกัน 4 รูปแบบ คือ การปลูกพืชในระบบ DFT แบบท่อ, Sand culture, NFT และ DFT แบบถาดโฟม ระยะเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า การปลูกแบบ DFT มีผลต่อการเจริญเติบโตของใบพายเขาใหญ่ดีที่สุด โดยน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้นมากที่สุด อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) คือ 1.31 กรัมต่อต้น

รัฐภัทร์ และคณะ (2551) ซึ่งศึกษาวัสดุปลูกที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอเมซอนแดง *Echinodorus osiris* Rataj ในระบบปลูกโดยไม่ใช้ดิน โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อส่วนปลายยอดของต้นอเมซอนแดงในอาหารสังเคราะห์สูตร MS จนกระทั่งได้ต้นอ่อนปลอดเชื้อ จากนั้นนำต้นอ่อนมาปลูกในระบบปลูกโดยไม่ใช้ดิน เทคนิค deep flow technique ที่มีวัสดุปลูกต่างชนิดกัน 5 ชนิด ได้แก่ ใยหิน ฟองน้ำ เวอร์มิคูไลท์ เพอร์ไมค์ และไฮโดรตอน ระยะเวลาการทดลอง 8 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่า วัสดุปลูกที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอเมซอนแดงในระบบปลูกโดยไม่ใช้ดินมากที่สุด คือ ใยหิน มีผลต่อการเจริญเติบโตของอเมซอนแดง โดยมีความสูงและจำนวนรากเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เนื่องจากใยหินเป็นวัสดุปลูกที่มีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำร้อยละ 87 ความหนาแน่นรวมเท่ากับ 0.08 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และมีความพรุนร้อยละ 97 มีผลให้สารละลายธาตุอาหารสามารถแพร่กระจายไปทั่วบริเวณวัสดุปลูก ทำให้รากพืชดูดใช้ธาตุอาหารได้ดี อเมซอนแดงจึงเจริญเติบโตได้ดีที่สุด โดยมีจำนวนรากที่

เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 28.25±1.729 ราก และความสูงที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 24.83±0.554 เซนติเมตร โดยการใช้ใยหินเป็นวัสดุปลูกมีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 18.60 บาทต่อต้น

การกลายพันธุ์ (Mutation)

การกลายพันธุ์ เป็นการเปลี่ยนแปลงลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต และสามารถถ่ายทอดไปสู่ลูกหลานรุ่นหลังได้ อาจเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือการกระทำของมนุษย์เพื่อปรับปรุงพันธุ์สร้างลักษณะใหม่ที่ดีซึ่งไม่เคยพบในธรรมชาติ ในสภาพปกติการกลายพันธุ์ในธรรมชาติมีอัตราการเกิดค่อนข้างต่ำ แต่สามารถเพิ่มอัตราการกลายพันธุ์ให้สูงขึ้น โดยการเหนี่ยวนำด้วยสิ่งก่อการกลายพันธุ์ เช่น รังสีหรือสารเคมีในสิ่งมีชีวิตทั่ว ๆ ไปการกลายพันธุ์เกิดขึ้นได้ทั้งในทางบวกและลบ แต่มักพยายามชักนำหรือเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์เพื่อสร้างคุณภาพผลผลิตที่ดี เช่น อายุการเก็บเกี่ยวสั้นลง หรือสีสันสวยงาม เป็นต้น ในด้านพืชน้ำมักเน้นให้มีขนาดเล็กหรือมีสีสันแปลกตาเป็นสำคัญ เพื่อให้การปลูกเลี้ยงในตู้พืชน้ำคงสวยงามเป็นเวลานาน สิ่งชักนำที่ทำให้เกิดการกลายพันธุ์ เรียกว่าสิ่งก่อการกลาย (mutagen) แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ สิ่งก่อการกลายประเภทกายภาพ ได้แก่ รังสีต่าง ๆ เช่น รังสีเอกซ์ รังสีแกมมาหรือรังสีนิวตรอน และสิ่งก่อการกลายประเภทสารเคมี เช่น เอทธิล เมทานีซัลโฟเนท (ethyl methanesulfonate: EMS) โพแทสเซียม แอไซด์ (potassium azide) 2-อะมิโนพิวรีน (2-aminopurine) มอร์ฟีน (morphine) ไฮโดรเจนเพอออกไซด์ (hydrogen peroxide: H_2O_2) เป็นต้น (อรุณี, 2550) แต่ในที่นี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะการเหนี่ยวนำที่ใช้รังสีเท่านั้น เพราะมีวิธีการใช้ง่าย ไม่มีรังสีตกค้าง ไม่มีอันตรายแก่ผู้นำพืชไปปลูกหรือผู้ดูแลหลังการใช้รังสี (อรุณี, 2550)

การเหนี่ยวนำให้พืชเกิดการกลายพันธุ์โดยใช้รังสี

รังสี เป็นพลังงานรูปแบบหนึ่ง ที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิด เคลื่อนที่ผ่านตัวกลางบางชนิดหรือที่ว่างจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้ อำนาจการเคลื่อนที่ผ่านหรือทะลุทะลวงผ่านตัวกลางต่างๆ จะได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดและกำลังของรังสีนั้น พลังงานที่ปลดปล่อยออกไปอาจอยู่ในรูปของคลื่น หรือลำอนุภาคเล็ก ๆ (สิรนุช, 2540; อรุณี, 2550) สามารถทำได้ทั้งการใช้รังสีที่มีอำนาจทะลุทะลวงสูงและต่ำ โดยมีปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดความสำเร็จในการกลายพันธุ์ คือ ความเข้มข้นของรังสีร่วมกับสภาพแวดล้อมบางอย่างในขณะที่มีการชักนำ เช่น แสง ความชื้น อุณหภูมิ ฯลฯ

การใช้รังสีเพื่อการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์นั้น แบ่งได้เป็น 2 รูปแบบ ตามระดับรังสีและระยะเวลาที่ได้รับรังสี คือ การฉายรังสีแบบเฉียบพลัน (acute irradiation) คือให้ในปริมาณสูง ใช้ระยะเวลาในการฉายรังสีสั้น ส่วนของพืชที่ฉายรังสีด้วยวิธีนี้มักเป็นเมล็ด ท่อนพันธุ์ หรือเนื้อเยื่อเพาะเลี้ยง ส่วนอีกรูปแบบหนึ่งเป็นการฉายรังสีแบบโครนิก (chronic irradiation) คือ ให้ระดับรังสีในอัตราและปริมาณต่ำ แต่ใช้ระยะเวลานาน นิยมใช้กับพืชทั้งต้นหรือส่วนของพืชที่กำลังเจริญเติบโต นอกจากนี้ยังมีนักวิชาการบางกลุ่มจัดรูปแบบการใช้รังสีขึ้นอีก 1 รูปแบบคือ การฉายรังสีแบบหลายๆ ช่วงอายุ (re-current irradiation) คือ การอาบรังสีซ้ำๆ ชั่วอายุ (generation) ซึ่งอาจได้ผลดีกว่าหรือต่ำกว่าการได้รับรังสีเพียงครั้งเดียว (วิชชุตา, 2537; นพพร, 2543; อรุณี, 2550)

รังสีที่นำมาใช้ในการเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุ์นี้ จะแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ตามความสามารถที่ทำให้ตัวกลางแตกตัวเป็นไอออน คือ รังสีที่ไม่ก่อให้เกิดไอออน (non-ionizing radiation) ได้แก่ รังสีอัลตราไวโอเลต (ulrtaviolet) และอินฟาเรด (infrared) เป็นรังสีที่มีอำนาจในการทะลุทะลวงผ่านสิ่งต่าง ๆ ต่ำ คือมีพลังงานต่ำเมื่อผ่านเข้าสู่ตัวกลางต่าง ๆ ไม่สามารถทำให้ตัวกลางนั้นแตกตัวเป็นไอออน (ionization) จึงใช้ได้กับสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก เช่น เหนี่ยวนำจุลินทรีย์ให้เกิดการกลายพันธุ์ ส่วนรังสีอีกกลุ่ม

หนึ่งเป็นรังสีที่ก่อให้เกิดไอออน (ionizing radiation) ได้แก่ รังสีเอกซ์ รังสีแกมมา รังสีนิวตรอน อนุภาคแอลฟา และอนุภาคเบตา เป็นต้น รังสีกลุ่มนี้มีการเคลื่อนที่เร็วและมีอำนาจในการทะลุทะลวงผ่านสิ่งต่าง ๆ ได้สูง เมื่อผ่านเข้าสู่ตัวกลางต่าง ๆ จะทำให้อิเล็กตรอนในอะตอมของตัวกลางหลุดออกเป็นอิเล็กตรอนอิสระที่มีประจุลบ และไอออนบวก รังสีกลุ่มนี้นิยมนำมาใช้ในการชักนำให้ให้สิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์เกิดการกลายพันธุ์

การศึกษาครั้งนี้เลือกใช้รังสีแกมมา เนื่องจากรังสีแกมมานั้นเป็นรังสีที่ได้จากการสลายตัวของสารกัมมันตรังสี เช่น โคบอลต์-60 และซีเซียม-137 มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับรังสีเอกซ์แต่นิยมนำมาใช้กับพืชมากกว่าเนื่องจากสามารถฉายให้กับตัวอย่างพืชได้ทั้งแบบเฉียบพลัน และแบบโครนิก รวมทั้งสามารถพัฒนาเครื่องฉายรังสีได้หลายรูปแบบตามวัตถุประสงค์การใช้งานที่แตกต่างกัน ทำให้ใช้งานได้ง่าย สะดวก และปลอดภัย (อรุณี, 2550)

เมื่อนำพืชหรือส่วนของพืชที่สามารถขยายพันธุ์ได้ เช่น เมล็ด ใบ หน่อ ราก เหง้า ฯลฯ มาฉายรังสีแกมมา รังสีจะถ่ายเทพลังงานให้กับเซลล์พืชก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีกับสารพันธุกรรมหรือยีน ซึ่งเป็นตัวกำหนดลักษณะต่าง ๆ ของพืชและควบคุมกิจกรรมต่าง ๆ ของเซลล์พืช เมื่อสารพันธุกรรมเปลี่ยนแปลงมีผลทำให้หน้าที่ของสารพันธุกรรมเปลี่ยนแปลงไปด้วย เมื่อเซลล์ดังกล่าวเกิดการแบ่งตัวพัฒนาเป็นต้นพืช จะได้ต้นพืชที่มีลักษณะแตกต่างไปจากเดิม เรียกว่า “เกิดการกลายพันธุ์” พืชที่มีการกลายพันธุ์เกิดขึ้น เรียกว่า “พันธุ์กลาย” ซึ่งพันธุ์กลายนี้ต้องขยายเป็นพันธุ์พืชใหม่ได้ หากการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นให้เห็นด้วยตาเปล่า (การเปลี่ยนแปลงทางฟีโนโทป์ของพืช) เช่น สีดอก สีใบ รูปทรงดอก รูปทรงใบ ติดผลเร็วขึ้นหรือช้าลง ฯลน ซึ่งลักษณะต่าง ๆ ดังกล่าวนี้สามารถคัดเลือกและนำมาใช้ประโยชน์ได้ง่าย แต่บางครั้งมีการกลายพันธุ์ในบางลักษณะที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ต้องใช้วิธีการหรือเทคนิคต่าง ๆ ในการทดสอบ เช่น ลักษณะทางปริมาณหรือคุณภาพ เช่น ปริมาณแป้ง น้ำตาล ไขมัน โปรตีนของพืชอาหาร เป็นต้น (อรุณี และคณะ, 2554)

การศึกษาจากเอกสาร

สุจิตรา และคณะ (2550) รายงานว่าการให้พืชน้ำได้รับรังสีที่ระดับต่าง ๆ จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปลักษณ์และสีสัน และได้รายงานผลการศึกษาว่าจากการการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในใบพายชนิด *C. wendtii* “Tropica” โดยการฉายรังสีแกมม่าแบบเฉียบพลันที่ระดับรังสี 0 10 20 30 40 และ 50 เกรย์ (gray; Gy) มีผลให้ต้นอ่อนมีอัตราการตายเพิ่มขึ้นตามระดับรังสีที่เพิ่มสูงขึ้นและระดับรังสีที่เหมาะสมต่อการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ของต้นอ่อนใบพาย คือ 14.312-24.102 เกรย์ ซึ่งรังสีระดับดังกล่าวมีผลต่อการเปลี่ยนสีใบของต้นอ่อนในสภาพปลอดเชื้อจากใบสีเขียวอมน้ำตาลเป็นสีน้ำตาลแดง สีชมพู และใบด่าง ลักษณะปลายใบเปลี่ยนจากปลายใบแหลม (acute) เป็นปลายใบยาวคล้ายหาง (caudate) และปลายใบเรียวแหลม (acuminate) รากเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาลแดง หลังจากย้ายต้นใบพายออกเลี้ยงในโรงเรือนเพาะชำ พบว่า สีใบของต้นใบพายก็ยังคงเปลี่ยนจากสีเขียวอมน้ำตาลเป็นสีน้ำตาลแดง สีชมพู และใบด่าง และยังคงมีใบที่มีหลายลักษณะ

สุจิตรา และคณะ (2553 ข) รายงานผลการศึกษาการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในใบพายชนิด *C. cordata* โดยการฉายรังสีแกมม่าแบบเฉียบพลันที่ระดับรังสี 0 5 10 15 20 และ 25 เกรย์ พบว่าระดับรังสีที่เหมาะสมต่อการกลายพันธุ์ของต้นอ่อน แสดงด้วยค่า LD_{30} และ LD_{50} มีค่าเท่ากับ 11.7 และ 16.80 เกรย์ และระดับรังสีที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ต้นอ่อนตายเพิ่มขึ้น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และเมื่อศึกษาผลกระทบของรังสีต่อการกลายพันธุ์ของพืชน้ำชนิดดังกล่าว

โดยนำต้นอ่อนไปฉายรังสี 5 ระดับที่เหมาะสมคือ 0 5 10 15 และ 20 เกรย์ มีลักษณะการกลายพันธุ์เพิ่มขึ้น 0.00±0.00, 17.16±5.440, 71.55±3.373, 94.99±1.119 และ 85±6.009% ตามลำดับ รังสีมีผลให้ใบของคริปใบพาย *C. cordata* เป็นต้นกลายพันธุ์แตกต่างกันออกไปถึง 6 ลักษณะ หลังการนำไปปลูกใต้น้ำพบว่ามีเพียง 3 ลักษณะที่ยังคงลักษณะการกลายพันธุ์เช่นเดียวกับที่ปรากฏอยู่ในขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

กาญจนรี (2549) รายงานผลการนำต้นอ่อน อนูเบียส *Anubias nana* และ *A. congensis* ไปฉายสี แกมมา 0-120 เกรย์ พบว่าปริมาณรังสีที่เหมาะสมสำหรับชักนำอนูเบียสทั้งสองสายพันธุ์เท่ากับ 34.56 และ 28.3 เกรย์ตามลำดับผลของรังสีทำให้ความสูง จำนวนยอดและจำนวนรากลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เกิดการกลายพันธุ์ได้ต้นที่มีลักษณะเตี้ยลงหรือต้นแคระ ขนาดของใบและสีใบเปลี่ยนแปลงได้สายพันธุ์ใหม่ มีลักษณะแปลกใหม่สวยงาม มีการเจริญเติบโตดีเมื่อนำออกปลูกในโรงเรือนเพาะชำ สามารถจำแนกพันธุ์กลาย ออกจากพันธุ์ปกติได้โดยใช้ AFLP maker พบว่ามีความแตกต่างกันเป็นจำนวนถึง 5 สายพันธุ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

วิธีการดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาในคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา และกลุ่มงานวิจัยพรรณไม้น้ำ สถาบันวิจัยสัตว์น้ำสวยงามและพรรณไม้น้ำ กรมประมง มีรายละเอียดของการดำเนินการศึกษาวิจัยดังต่อไปนี้

1. ทดสอบขยายพันธุ์พืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีนที่พบในภาคใต้ โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เลือกศึกษาคริปที่มีสายพันธุ์อยู่ในภาคใต้ และกำลังถูกเก็บเกี่ยวมาใช้ประโยชน์จนเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ ได้แก่ *Cryptocoryne tonkinensis* (ผมหอม) , *C. blassii* (บอนแดง) และ *C. albida* (คริปอัลบิด้า) ใช้ต้นพืชน้ำปลอดเชื้อจากกลุ่มงานวิจัยพรรณไม้น้ำ สถาบันวิจัยสัตว์น้ำสวยงามและพรรณไม้น้ำ กรมประมง ใช้อาหารสังเคราะห์สำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสูตร MS

เลือกศึกษาสารควบคุมการเจริญเติบโตที่คาดว่าจะเหมาะสมกับเนื้อเยื่อพืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีน จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ สารสังเคราะห์พวก NAA (α-naphthaleneacetic acid), BA (6-benzyladenine) และสารธรรมชาติพวกน้ำมะพร้าว ที่ระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 4- 6 สัปดาห์ แล้วแต่ชนิดของพืช วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely randomized design: CRD)

ดูการตอบสนองต่ออาหารที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโตแตกต่างกัน โดยพิจารณาที่น้ำหนักเฉลี่ยสำหรับผมหอม ส่วนบอนแดงพิจารณาที่จำนวนใบ จำนวนราก และความยาวรากและคริปอัลบิด้าพิจารณาที่จำนวนยอด จำนวนต้น จำนวนราก และความยาวราก

2. ศึกษาการปลูกพืชน้ำแบบไร้ดินในระบบไฮโดรโปนิกส์ (วิธีการปลูกแบบพัฒนา)

เลือกศึกษาคริปใบพายศรีลังกา (*C. wendtii*) ปลูกแบบไร้ดินในระบบไฮโดรโปนิกส์เทคนิค deep flow technique: DFT (มณีรัตน์ และคณะ, 2548; รัฐภัทร์ และคณะ, 2551) โดยใช้วัสดุปลูกแตกต่างกัน การศึกษาส่วนนี้เพื่อต้องการหาแนวทางลดการใช้ใยหิน และใช้ระดับความเข้มข้นปุ๋ยให้เหมาะสมเพื่อลดต้นทุนการผลิต โดยวางแผนการทดลองแบบบล็อคสุ่มสมบูรณ์ (Randomized complete block design: RCBD) ใช้ปุ๋ยแตกต่างกัน 4 ระดับ โดยกำหนดค่า EC เท่ากับ 0.5, 1, 1.5 และ 2 ใช้วัสดุปลูก 2 ชนิด คือ ฟองน้ำและใยหิน ปลูกเลี้ยงใบพายศรีลังกาเป็นเวลา 2 เดือน ศึกษาการเจริญเติบโตพิจารณาที่ น้ำหนัก จำนวนใบ จำนวนราก ความยาวราก และความสูงของลำต้น

3. ศึกษาวิธีการปลูกแบบดั้งเดิม

เลือกศึกษาคริปใบพายศรีลังกา โดยปลูกเลี้ยงแบบดั้งเดิม เพราะเป็นคริปสายพันธุ์ต่างประเทศที่นำมาเลี้ยงในประเทศไทย และสามารถส่งออกได้ดี หากมีวิธีการผลิตที่ไม่ยุ่งยาก จะช่วยสร้างโอกาสให้ผู้สนใจดำเนินการได้ง่ายขึ้น (หากยังไม่สนใจการปลูกแบบพัฒนาที่ไม่ใช้ดิน) วิธีการศึกษาทำโดยนำต้นพันธุ์มาปลูกในวัสดุปลูกที่แตกต่างกัน โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด ใช้ใบพายศรีลังกาที่ได้จากการปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ น้ำหนัก 3.0$\pm$0.2 กรัม แบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง ตามวัสดุปลูก 4 ชนิด คือ แกลบ ทราย ดินเหนียว และดินเหนียวปนทรายอัตราส่วน 2 : 1 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ใช้ปุ๋ยน้ำไฮโดรโปนิกส์โดยกำหนดค่า EC เท่ากับ 1 mS/cm ในระบบน้ำหมุนเวียน เป็นระยะเวลา 3 เดือน ศึกษาการเจริญเติบโต โดย ชั่งน้ำหนัก นับจำนวนใบ นับจำนวนราก วัดความยาวราก และวัดความสูงของลำต้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

4. คำนวณต้นทุนและผลตอบแทน

การคิดต้นทุนและผลตอบแทนของการผลิตพืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีนในครั้งนี้ คิดต้นทุนจากแปลงปลูกในบ่อซิเมนต์ของชุดปลูกแบบดั้งเดิม เปรียบเทียบกับแปลงปลูกแบบพัฒนาคือแปลงปลูกในระบบ

ไฮโดรโปนิกส์ โดยกำหนดราคาพืชน้ำที่นำมาปลูกเท่ากับ 1 บาทเหมือนกัน (คำนวณจากต้นทุนราคาพืชน้ำจากห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อโดยประมาณ) ตั้งสมมติฐานว่าผลิตทุกครั้งขายได้หมดทุกครั้ง ทุกรอบการผลิตมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเท่ากัน คิดปริมาณการปลูกเพียง 200 ต้นต่อรอบการผลิต อัตรารอด 90% แต่ละรอบการผลิตเท่ากับ 10 สัปดาห์ (21/2 เดือน) พักแปลง/บ่อ 15 วัน ดังนั้นแต่ละรอบการผลิตจะใช้เวลา 3 เดือน แต่ละเดือนคิดเป็น 30 วัน ดังนั้นใน 1 ปีสามารถผลิตได้ 4 รอบการผลิต โดยมีหลักคิดง่าย ๆ คือ

4.1 รายได้สุทธิ หรือผลตอบแทนสุทธิ หมายถึง ผลตอบแทนทั้งหมดลบด้วยต้นทุนผันแปรทั้งหมด

4.2 กำไรสุทธิ คือ รายได้ทั้งหมด – ต้นทุนทั้งหมด

4.3 ระยะเวลาคืนทุน คือ ระยะเวลาที่ผลิตแล้วมีรายได้เท่ากับเงินลงทุนในครั้งแรก

5. ศึกษาการกลายพันธุ์โดยใช้รังสีเหนี่ยวนำที่ระดับแตกต่างกัน

เพื่อให้เกิดการศึกษาแบบครบวงจร ของสายพันธุ์คริปที่ได้รับความนิยมสูง จึงเลือกศึกษาคริปใบพายศรีลังกา โดยใช้รังสีแกมมาเป็นตัวชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ ให้มีสีสันแตกต่างจากสภาพปกติ แบ่งการศึกษาในส่วนนี้เป็น 3 ระยะคือ

5.1 หาค่าปริมาณรังสีที่มีผลให้ต้นอ่อนปลอดเชื้อตาย 50% วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ประกอบด้วย 5 ชุดการทดลองๆ ละ 20 ซ้ำ โดยใช้ต้นอ่อนใบพายศรีลังกาที่ปลอดเชื้ออายุ 1 เดือน ซึ่งได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในอาหารสังเคราะห์ MS และBA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร (Kane et al., 1999) นำไปทดลองฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันแตกต่างกัน 5 ระดับ คือ 0 20 40 60 และ 80 เกรย์ (Gy) นำมาเลี้ยงในห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ 15 วัน นับจำนวนที่ตาย แล้วนำมาคำนวณปริมาณรังสีที่มีผลให้ต้นอ่อนปลอดเชื้อตาย 50% (LD_{50})

5.2 การทดลองระยะที่ 2 ดำเนินการเพื่อศึกษาผลของรังสีที่มีต่อลักษณะทางสัณฐานวิทยาเพื่อคัดเลือกลักษณะการกลายพันธุ์ในสภาพขวดทดลอง โดยการฉายรังสีที่ระดับ 0-LD_{50} วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์เช่นเดิม ประกอบด้วย 5 ชุดการทดลอง ๆ ละ 20 ซ้ำ โดยใช้ต้นอ่อนใบพายศรีลังกาที่ปลอดเชื้ออายุ 1 เดือน ไปฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันในปริมาณ 0, 5, 10, 15 และ 20 เกรย์แล้วนำมาเลี้ยงในห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นระยะเวลา 2 เดือน สังเกตลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยา และบันทึกผล

5.3 การทดลองระยะที่ 3 ดำเนินการเพื่อศึกษาผลของรังสีที่มีต่อลักษณะทางสัณฐานวิทยาเพื่อคัดเลือกลักษณะการกลายพันธุ์ โดยนำใบพายศรีลังกาจากการฉายรังสีไปปลูกใต้น้ำในโรงเรือนเป็นเวลา 3 เดือน สังเกตลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยา และบันทึกผล

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ตามแบบแผนการทดลองต่าง ๆ ตามที่กำหนด และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (Statistical analysis system version 9.1)

การเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ และการถ่ายเนื้อเยื่อ

การศึกษาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อครั้งนี้ใช้อาหาร สูตร MS ตามรายละเอียดในการตรวจเอกสาร โดยมีขั้นตอนการดำเนินการเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ และการถ่ายเนื้อเยื่อดังนี้ (นอกจากนี้ยังมีรายละเอียดภาพประกอบตามคู่มือที่แนบด้วย)

1. การเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

1.1. เตรียมอาหารโดยใช้สารอาหารจาก Stock solution ของสูตรอาหาร MS ประกอบด้วย Stock MS1 50 มิลลิลิตร, MS2 10 มิลลิลิตร, MS3 10 มิลลิลิตรและ MS4 10 มิลลิลิตรมารวมกัน (สำหรับการเตรียมอาหาร 1 ลิตร)

1.2. เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ตามชนิดและอัตราความเข้มข้นของแต่ละชุดการทดลอง

1.3. เติมน้ำตาลทราย 30 กรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1 ลิตร คนจนละลาย เมื่อละลายแล้วนำมาวัดความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ให้ได้ค่า pH 5.6-5.8 ถ้า pH ต่ำกว่า 5.6 ให้เติม NaOH 1 N ลงไปเพื่อปรับ pH ให้สูงขึ้น ถ้า pH สูงกว่า 5.8 ให้เติม HCl 1 N ลงไปเพื่อลด pH ให้ต่ำลงจนกระทั่งได้ค่า pH อยู่ในช่วงระหว่าง 5.6

1.4. นำอาหารที่ได้ไปเติมวุ้น 7-10 กรัมต่อลิตร อาหารสูตรทั่วไปมักเติมวุ้น 7 กรัมต่อลิตร แต่ในอาหารที่มีส่วนผสมของน้ำมะพร้าวควรเติมวุ้น 10 กรัมต่อลิตร จะทำให้อาหารแข็งตัวพอดี คนจนละลายแล้วนำอาหารมาต้มให้เดือด

1.5. นำอาหารมาแบ่งใส่ขวด ๆ ละประมาณ 30-50 มิลลิลิตร (ให้สูงประมาณ 1–2 เซนติเมตร)

1.6. นำอาหารไปนึ่งฆ่าเชื้อ โดยใช้หม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นานประมาณ 15-20 นาที

1.7. นำขวดอาหารตั้งทิ้งไว้ให้เย็น ในบริเวณที่สะอาดไร้เชื้อ ควรตั้งทิ้งไว้ 2-3 วันก่อนนำไปใช้เพื่อให้แน่ใจว่าอาหารปลอดเชื้อ

(สามารถสรุปเป็นผังการเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อได้ตามขั้นตอนในหน้าถัดไป)

2. การถ่ายเนื้อเยื่อ

2.1. เตรียมตู้ถ่ายเนื้อเยื่อให้ปลอดเชื้อไว้ (เปิดแสงยูวีก่อนทำงาน 30 นาที) แล้วจัดเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่จะทำการทดลองมาวางในตู้ถ่ายเนื้อเยื่อดำเนินการด้วยวิธีการปลอดเชื้อ (รายละเอียดตามคู่มือที่แนบ)

2.2. นำชิ้นเนื้อเยื่อของพืชน้ำแต่ละชนิดมาเพาะเลี้ยงในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยทำการตัดราก ตัดใบ ให้เหลือเฉพาะส่วนเหง้า และ/หรือส่วนยอด (แล้วแต่ชนิด) ตัดแบ่งให้มีขนาดใกล้เคียงกัน จากนั้นนำชิ้นเนื้อเยื่อปลูกลงในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่เตรียมไว้โดยการสุ่ม และใช้เทคนิคปลอดเชื้อนำไปเลี้ยงในห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออุณหภูมิ 25±1 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 2,000-3,000 ลักซ์ ระยะเวลาให้แสง 12-16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 4-6 สัปดาห์ (แล้วแต่ชนิดพืช)

2.3. ทำการบันทึกผล และวิเคราะห์ผล

ขั้นตอนการเตรียมอาหารสังเคราะห์ MS

ชั่งสารเคมีโดยแบ่งเป็นกลุ่ม MS1 MS2 MS3 และ MS4

ละลายสารเคมีแต่ละชนิด แต่ละกลุ่ม ในน้ำกลั่น

ได้สารละลายเข้มข้นสูง MS1 MS2 MS3 และ MS4

นำสารละลายที่ได้มาใช้ตามปริมาตรที่กำหนด

เติมสารที่เป็นแหล่งคาร์บอน คือน้ำตาลทรายประมาณ 3% (30 กรัม/อาหาร 1 ลิตร)

เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต เช่น NAA, BA หรือ น้ำมะพร้าว

ปรับปริมาตรให้ได้ตามที่ต้องการ

วัด pH ให้ได้ประมาณ 5.6
ถ้าต่ำกว่าให้ปรับด้วย 1 N KOH ถ้าสูงกว่าให้ปรับด้วย 1 N HCl

เติมวุ้นเพื่อให้เป็นที่ยึดเกาะของรากประมาณ 0.5-1.3% (7-8 กรัม/อาหาร 1 ลิตร)
หลอมละลายวุ้นโดยการตั้งไฟหรือใส่ไมโครเวฟก็ได้ (หากต้องการเลี้ยงเนื้อเยื่อในอาหารเหลวเพื่อรักษาสายพันธุ์ก็ไม่จำเป็นต้องดำเนินการในขั้นตอนนี้)

เทอาหารใส่ภาชนะที่ใช้เลี้ยงเนื้อเยื่อให้มีอาหารสูงประมาณ 15 ซม.

นำไปนึ่งฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันไอน้ำ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส
ความดัน 15 ปอนด์ เวลา 15-20 นาที

ได้อาหารที่พร้อมนำไปเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

ผลการวิจัยและการวิจารณ์

การศึกษาครั้งนี้ ต้องการทราบวิธีการปลูกและการขยายพันธุ์พืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีน (คริป) เพื่อขยายการผลิตในเชิงพาณิชย์ โดยการใช้ต้นพืชน้ำปลอดเชื้อจากกลุ่มงานวิจัยพรรณไม้น้ำ สถาบันวิจัยสัตว์น้ำสวยงามและพรรณไม้น้ำ กรมประมง เลือกศึกษาพืชน้ำที่พบในภาคใต้ จำนวน 3 สายพันธุ์ ได้แก่ *Cryptocoryne tonkinensis* (ผมหอม) , *C. blassii (บอนแดง)* และ *C. albida* (คริปอัลบิด้า) เพื่อดูการตอบสนองต่ออาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโตแตกต่างกัน เลือกศึกษาพืชน้ำที่นิยมเลี้ยงเพื่อการส่งออกคือ *C.wendtii* (ใบพายศรีลังกา) ทดสอบวัสดุปลูกและระดับความเข้มข้นของสารละลายปุ๋ยในแปลงไฮโดรโปนิกส์แบบ DFT (Deep Flow Technique) และศึกษาความเป็นไปได้ในการชักนำให้ใบพายศรีลังกาเปลี่ยนแปลงสีสัน โดยใช้รังสีแกมมาเพื่อสร้างโอกาสทางการค้า รวมทั้งประมาณการเปรียบเทียบเพื่อศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนจากการปลูกพืชน้ำแบบดั้งเดิมกับการปลูกแบบพัฒนาในระบบไฮโดรโปนิกส์ มีรายละเอียดของผลการวิจัยดังนี้

1. ทดสอบขยายพันธุ์พืชน้ำที่พบในภาคใต้

ใช้อาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสูตร MS ที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโตที่คาดว่าจะเหมาะสมกับเนื้อเยื่อพืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีนจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ สารสังเคราะห์พวก NAA (1-naphthaleneacetic acid), BA (6-benzyladenine) และ สารธรรมชาติพวกน้ำมะพร้าว ที่ระดับแตกต่างกัน (ตามสูตรที่รายงานจากเอกสาร และสูตรใกล้เคียง รวมทั้งใช้น้ำมะพร้าวเพื่อเป็นทางเลือกในการสร้างความแตกต่าง/หรือลดต้นทุนในเชิงพาณิชย์) ทำการเลี้ยงเนื้อเยื่อในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25±1 องศาเซลเซียส ให้แสงสว่าง 2,000-3,000 ลักซ์ ระยะเวลา 16 ชั่วโมงต่อวัน (กาญจนรีและคณะ, มปป.) ระยะเวลา 4-6 สัปดาห์ (ตามชนิดพืช) วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) ผลการดำเนินการในพืชน้ำแต่ละชนิดมีดังนี้

1.1 การทดลองเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อผมหอม

เพิ่มจำนวนผมหอมปลอดเชื้อด้วยอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ MS ที่มี BA 1 มิลลิกรัมต่อลิตร (กาญจนรี และคณะ, 2542) ให้มีจำนวนมากพอ ตัดแบ่งเหง้าให้มีขนาด 0.2±0.02 กรัม (ภาพผนวกที่ 1) นำมาเลี้ยงในอาหารที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโตแตกต่างกัน ได้แก่ MS, MS+BA 1 มิลลิกรัมต่อลิตร, MS+BA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร, MS+BA 1 มิลลิกรัมต่อลิตร+NAA 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร, MS+BA 1 มิลลิกรัมต่อลิตร+NAA 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร, MS+BA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร+NAA 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร, MS+BA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร +NAA 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร, MS+NAA 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร และ MS+น้ำมะพร้าว 125 มิลลิลิตรต่อลิตรวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด 9 ชุดการทดลอง ๆ ละ 20 ซ้ำ เลี้ยงในห้องเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าสารควบคุมการเจริญเติบโตที่เลือกใช้มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อผมหอม ทำให้มีน้ำหนักแตกต่างกันตามตารางที่ 6 และภาพที่ 24

ตารางที่ 6 น้ำหนักสดเฉลี่ยของผมหอมที่เกิดขึ้นในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสูตร MS ที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโตแตกต่างกัน หลังการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นเวลา 6 สัปดาห์

สูตรอาหาร (ppm=มิลลิกรัม/ลิตร หรือ มิลลิลิตร/ลิตร)	**น้ำหนักสดเฉลี่ย (กรัม) ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน**
MS	1.46±0.45^{e}
MS+BA 1 ppm	1.90±0.41^{de}
MS+BA 2 ppm	3.04±0.71^{c}
MS+BA 1 ppm + NAA 0.25 ppm	2.03±0.37^{d}
MS+BA 1 ppm +NAA 0.5 ppm	2.14±0.34^{d}
MS+BA 2 ppm +NAA 0.25 ppm	5.05±1.22^{a}
MS+BA 2 ppm + NAA 0.5 ppm	5.27±0.22^{a}
MS+NAA 0.25 ppm	4.23±0.64^{b}
MS+น้ำมะพร้าว 125 ppm	3.84±0.50^{b}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$)

ภาพที่ 24 ผมหอมในสูตรอาหาร MS ที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโตแตกต่างกันหลังการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นเวลา 6 สัปดาห์

จากตารางที่ 6 และภาพที่ 24 เมื่อพิจารณาผลการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตแต่ละชนิดและแต่ละระดับ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า อาหารสูตร MS ที่ปราศจากสารควบคุมการเจริญเติบโจ สามารถกระตุ้นเนื้อเยื่อผมหอมให้เกิดใบได้น้อยมาก ใบที่เกิดขึ้นมีสีเขียวอมแดง มีรากขนาดเล็กจำนวนมาก จึงควรใช้สูตรอาหารนี้เพื่อรักษาสายพันธุ์หรือเตรียมสายพันธุ์เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่เหมาะสมในการนำมาใช้เพื่อการขยายพันธุ์ เมื่อเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต BA 1 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถกระตุ้นให้เกิดใบมากขึ้นแต่เกิดรากน้อยลง ทำให้มีน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มมากขึ้นไม่แตกต่างทางสถิติจากสูตรควบคุม ($P>0.05$) ในขณะที่อาหารที่มี BA 2 มิลลิกรัมต่อลิตรชักนำให้ผมหอมเกิดยอดได้ดีทำให้ผมมีน้ำหนักมากขึ้นแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) กับอาหารที่มี BA 1 มิลลิกรัมต่อลิตร สอดคล้องกับการศึกษาของ Kane et al., (1999) ที่รายงานผลว่าในอาหารสูตร MS ที่ใส่ BA เพียงชนิดเดียวในอัตรา 20 ไมโครโมล (μM) สามารถชักนำเนื้อเยื่อคริปใบพายศรีลังกาให้เกิดยอดได้สูงสุด เช่นเดียวกับกาญจนรี และคณะ (2542)

ซึ่งรายงานว่าอาหารที่เหมาะสมต่อการเกิดยอดของผมหอมคือ MS ที่มีBA 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่ต้องเติม NAA แต่สำหรับการศึกษาครั้งนี้มีการศึกษาเบื้องต้นก่อนพบว่าเนื้อเยื่อผมหอมที่เพาะเลี้ยงด้วย MS ที่มีเฉพาะ BA จะมียอดเพิ่มขึ้นแต่ไม่ค่อยมีราก เมื่อนำผมหอมชุดดังกล่าวไปปลูกในโรงเรือนเพาะชำมักจะเน่าตายง่าย จึงมีการศึกษาโดยใช้สารอื่นเพิ่มเติมคือน้ำมะพร้าวและเพิ่มความเข้มข้นของ NAA เมื่อทำการศึกษาพร้อม ๆ กันทุกสูตรจึงพบว่าผมหอมเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในอาหาร MS ร่วมกับ BA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA 0.50 มิลลิกรัมต่อลิตรมีน้ำหนักสดเฉลี่ยสูงสุดไม่แตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) กับ อาหารที่มี MS ที่เติม BA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร กล่าวคือเมื่อมีการเติม NAA ทำให้เนื้อเยื่อผมหอมมีรากและใบเพิ่มขึ้น ทำให้มีค่าน้ำหนักเฉลี่ยค่อนข้างสูง เพราะ NAA เป็นสารกลุ่มออกซินช่วยกระตุ้นให้เกิดรากได้ดี โดยเฉพาะเมื่ออยู่ในอัตราส่วนที่เหมาะสมกับไซโตไคนินคือ BA ด้วย (กาญจนรีและคณะ, มปป.; นพพร, 2547) จึงพบว่าในอาหารที่มี NAA 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตรในอาหารที่มี BA 1 และ 2 มิลลิกรัมต่อลิตรไม่สามารถชักนำให้ผมหอมเติบโตได้มากนัก สิ่งที่น่าสนใจจากการศึกษาในครั้งนี้คือในอาหาร MS ที่เติม NAA 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตรโดยไม่เติม BA และ MS ที่เติมน้ำมะพร้าว 125 มิลลิลิตรต่อลิตรให้น้ำหนักรองจากค่าเฉลี่ยสูงสุดแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีข้อสังเกตที่สำคัญพบว่าต้นอ่อนที่ได้จากการใช้ NAA 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือน้ำมะพร้าว 125 มิลลิลิตรต่อลิตรเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตจะมีรากที่สมบูรณ์และมีใบสีน้ำตาลอมแดง จึงน่าจะเป็นสูตรทางเลือกต้นทุนต่ำได้ แสดงให้เห็นว่าสามารถใช้ NAA เพียง 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือ น้ำมะพร้าว 125 มิลลิลิตรต่อลิตรเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของพืชน้ำผมหอมในกลุ่มคริปโตคอรีนได้ ซึ่งในการใช้น้ำมะพร้าวนี้มีรายงานการศึกษาของตวงพร (2549) ซึ่งพบว่าอาหารแข็ง Hyponex ที่เติมเปปโตน (peptone) 2 กรัม ร่วมกับน้ำมะพร้าว 150 มิลลิลิตรต่อลิตร และ BA 22.2 µM สามารถทำให้ส่วนตาของกล้วยไม้ลูกผสมฟาแลนนอปซิสเจริญเติบโตได้ดีที่สุด ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าเนื้อเยื่อของผมหอมจะเจริญเติบโตได้ดีมีความสมบูรณ์ทั้งใบและราก สามารถเจริญเติบโตในสภาพแวดล้อมภายนอกขวดอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อได้ดี ควรมีสารควบคุมการเจริญเติบโตที่เหมาะสมทั้งระดับของ BA และ NAA และหากต้องการเพิ่มต้นอ่อนผมหอมควรใช้อาหาร MS ร่วมกับ BA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA 0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร แตกต่างจากคำแนะนำของ กาญจนรีและคณะ (มปป.) ที่แนะนำให้เพิ่มจำนวนต้นอ่อนในพืชน้ำกลุ่มคริป (ใบพาย) ว่าควรใช้อาหาร MS โดยเติม BA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ความแตกต่างนี้คาดว่าน่าจะมีผลจากการเลือกใช้ชิ้นเนื้อเยื่อแตกต่างกันเป็นหลัก (นพพร, 2547) เนื่องการศึกษาครั้งนี้ต้องการทดสอบเพื่อหาแนวทางทางการนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ จึงเลือกการตัดแบ่งเหง้าเพื่อความสะดวกของผู้ปฏิบัติการ ในขณะที่การศึกษาของกาญจนรีและคณะ (2542) และ กาญจนรีและคณะ (มปป.) ใช้ส่วนยอดเป็นเนื้อเยื่อเริ่มต้นสำหรับดำเนินการวิจัย

ผลจากการศึกษาครั้งนี้พบว่าน้ำมะพร้าวเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตที่น่าสนใจมาก โดยผู้วิจัยได้ทดลองศึกษาเบื้องต้นเฉพาะการใช้น้ำมะพร้าว (เพียง 28 วัน) เพื่อประกอบแสดงให้เห็นว่าน้ำมะพร้าวที่ระดับต่าง ๆ สามารถส่งเสริมให้เนื้อเยื่อผมหอมพัฒนาการเป็นต้นที่สมบูรณ์ได้โดยมีรากที่ค่อนข้างยาวและแข็งแรง (ภาพที่ 25) และสามารถเจริญเติบโตในสภาพแวดล้อมภายในโรงเพาะชำได้ดี หากพิจารณาถึงต้นทุนและผลตอบแทนที่เหมาะสมร่วมด้วย อาจพิจารณาเลือกใช้สูตร MS+น้ำมะพร้าว 125 มิลลิลิตรต่อลิตรเพราะประหยัดกว่าหรือบางท้องถิ่นสามารถหาน้ำมะพร้าวได้ง่ายและเป็นของเหลือทิ้งที่ควรนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด อย่างไรก็ตามหากใช้น้ำมะพร้าวเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตให้เติมวุ้นในอาหารแข็ง MS เพิ่มเติมจากปริมาณปกติที่กำหนดไว้ 1-2 กรัม กล่าวคือปกติใช้วุ้น 7-8 กรัมต่ออาหาร 1 ลิตร ควรใช้เป็น 9-10 กรัมต่ออาหาร 1 ลิตร มิฉะนั้นจะทำให้อาหารเหลวเกินไปไม่สามารถวางชิ้นเนื้อเยื่อไปบนอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อได้

ภาพที่ 25 ลักษณะยอดผมหอมในสูตรอาหาร MS ที่มีน้ำมะพร้าวระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นเวลา 28 วัน

1.2 การทดลองเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อบอนแดง

เนื่องจากบอนแดงเป็นคริปที่มีชื่อพ้องหลายชื่อ มีรายงานวิจัยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อคริปกลุ่มนี้ทั้งในชื่อ *C. cordata* และ *C. blassii* ดำเนินการพิจารณาเลือกใช้สูตรอาหารที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโตตามรายงานผลการศึกษาที่ดำเนินการมาแล้วโดยวันเพ็ญ (2547) รสาและคณะ (2548) และสุจิตราและคณะ (2553 ข) ในระยะแรกเพิ่มต้นอ่อนปลอดเชื้อด้วยอาหาร MS ที่เติม BA 1 มิลลิกรัมต่อลิตร (รสา และคณะ, 2548) หลังจากนั้นจึงแยกต้นอ่อนที่มีส่วนใบ ยอด และเหง้าให้มีขนาดใกล้เคียงกัน (ภาพผนวกที่ 2) แล้วสุ่มนำไปเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในอาหาร MS ที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโตแตกต่างกัน 9 ชุดการทดลอง ๆ ละ 10 ซ้ำ (ใช้สูตรอาหารเช่นเดียวกับผมหอม) เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พิจารณาผลที่เกิดขึ้นโดยนับจำนวนใบ จำนวนราก และความยาวราก (ตารางที่ 7 และ ภาพที่ 26) ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตเป็นต้นที่สมบูรณ์สำหรับการปลูกเลี้ยงในโรงเรือนเพาะชำ

ตารางที่ 7 จำนวนใบ จำนวนราก และความยาวรากของบอนแดงเมื่อเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อส่วนยอดที่มีเหง้าในอาหารสูตร MS ที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโตแตกต่างกัน หลังการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นเวลา 4 สัปดาห์

สูตรอาหาร (ppm=มิลลิกรัม/ลิตร หรือ มิลลิลิตร/ลิตร)	จำนวนใบ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	จำนวนราก±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความยาวราก (ซม.) ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
MS	6.2±1.48 ^{dc}	28.40±3.75 ^{a}	2.56±0.32 ^{c}
MS+BA 1 ppm	6.5±1.51 ^{dc}	26.8±4.52 ^{a}	6.91±1.18 ^{a}
MS+BA 2 ppm	6.3±1.06 ^{dc}	18.1±3.00 ^{b}	5.01±1.71 ^{b}
MS+BA 1 ppm + NAA0.25 ppm	9.1±1.67 ^{a}	14.8±3.58 ^{c}	5.09±1.08 ^{b}
MS+BA 1 ppm+NAA 0.5 ppm	8.10±1.45 ^{ab}	10.50±1.35 ^{d}	3.58±0.84 ^{c}
MS+BA 2 ppm+ NAA 0.25 ppm	7.4±1.71 ^{bc}	16.00±2.05 ^{bc}	7.17±1.48 ^{a}
MS+BA 2 ppm + NAA 0.5 ppm	6.0± 1.25 ^{d}	9.5±1.58 ^{d}	3.29±0.58 ^{c}
MS+NAA 0.25 ppm	5.4±0.84 ^{d}	5.9±1.29 ^{e}	6.85±1.29 ^{a}
MS+น้ำมะพร้าว 125 ppm	4.10±1.00 ^{e}	5.5±1.18 ^{e}	5.41±1.56 ^{b}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$)

ภาพที่ 26 บอนแดงในสูตรอาหาร MS ที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโตแตกต่างกัน

จากตารางที่ 7 เมื่อพิจารณาเฉพาะจำนวนใบแสดงให้เห็นว่า สารควบคุมการเจริญเติบโต BA ความเข้มข้น 1 และ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถส่งเสริมให้เนื้อเยื่อของบอนแดงเพิ่มปริมาณใบได้ดีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$) แตกต่างจากสูตร MS ที่ปราศจากสารควบคุมการเจริญเติบโต สอดคล้องกับการศึกษาของรสาและคณะ (2548) แต่เมื่อเพิ่ม NAA พบว่า จำนวนใบเพิ่มขึ้นอีกแตกต่างทางสถิติกับอาหารที่มี BA ความเข้มข้น 1 และ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร สอดคล้องกับการศึกษาของวันเพ็ญ (2547) ที่พบว่าบอนแดงเพิ่มปริมาณยอดได้ดีที่สุดในอาหาร MS ที่เติม BA 4 µM และ NAA 1 µM ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้อาหารที่มีความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตใกล้เคียงกับสูตรอาหารดังกล่าว คือ MS ที่เติม BA

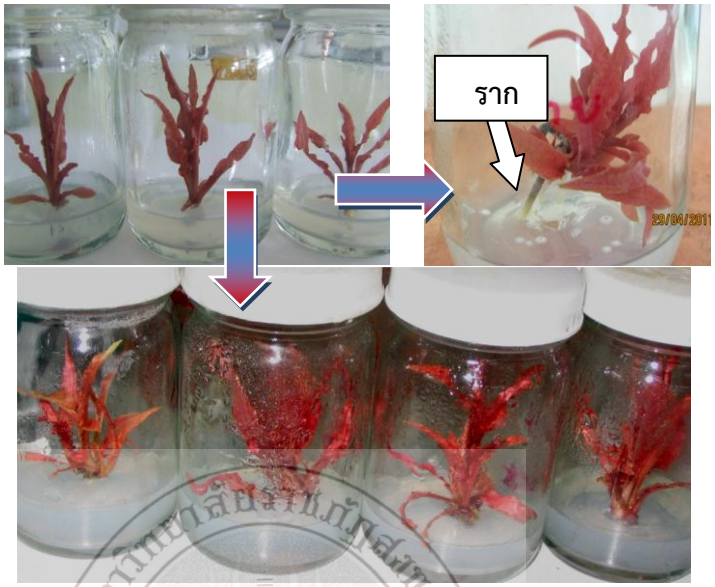
1 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้จำนวนใบสูงสุด อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่ม BA และ NAA มากขึ้นมีแนวโน้มว่าจำนวนใบจะลดลง

เมื่อพิจารณาเฉพาะจำนวนรากซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญที่จะใช้ในการหาอาหารเมื่อนำไปปลูกในสภาพแวดล้อมในโรงเรือนเพาะชำ พบว่าอาหารสูตร MS ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตสามารถกระตุ้นให้เนื้อเยื่อของบอนแดงมีจำนวนรากเฉลี่ยสูงสุด สอดคล้องกับการศึกษาของรสาและคณะ (2548) และสุจิตราและคณะ (2553 ข) แต่รากที่ได้ค่อนข้างบอบบางและสั้น เมื่อเติม BA 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีจำนวนรากมากขึ้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) กับอาหาร MS แต่รากยาวมากกว่าให้ค่าเฉลี่ยสูงสุดไม่แตกต่างทางสถิติ (P>0.05) กับอาหารที่มี BA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร (ซึ่งให้ความยาวรากสูงสุด) และอาหารที่มี NAA 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับอาหารสูตร MS ที่มี BA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร นั้น กาญจนรีและคณะ (มปป.) แนะนำให้ใช้เพื่อเพิ่มจำนวนของพืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีนในภาพรวม ในขณะที่ สุจิตราและคณะ (2553 ข) รายงานว่าสารควบคุมการเจริญเติบโตที่เหมาะสมต่อการเพิ่มต้นอ่อนของ *C. cordata* (ชื่อพ้องของ *C. blassii*) ควรเป็นอาหารสูตร MS ที่มี BA 3 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ความแตกต่างที่เกิดขึ้นน่าจะเกิดขึ้นจากปัจจัยหลายประการ เช่น ความแตกต่างของเนื้อเยื่อที่ใช้ ระยะเวลาการเจริญเติบโตของชิ้นส่วนพืช รวมถึงระดับสัดส่วนของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่เหมาะสม (กาญจนรีและคณะ, มปป.; รังสฤษดิ์, 2540) ดังนั้นในการนำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อไปใช้เชิงพาณิชย์ควรมีการทดสอบซ้ำ เพื่อหาสัดส่วนของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่เหมาะสม สำหรับผลการศึกษาในครั้งนี้หากพิจารณาโดยภาพรวมทั้งจำนวนใบ จำนวนราก และความยาวราก รวมทั้งต้นทุนการผลิต บ่งชี้ให้เห็นว่าควรเพิ่มจำนวนบอนแดงในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ MS ที่มี BA 1 มิลลิกรัมต่อลิตรน่าจะดีที่สุด แม้จะไม่ใช่สูตรที่ถูกชักนำให้มีจำนวนใบสูงสุด แต่มีค่าเฉลี่ยจำนวนราก และ ความยาวรากสูงสุด สอดคล้องกับการศึกษาของ Kane et al., (1999) ที่รายงานผลว่าในอาหารสูตร MS ที่ใส่ BA เพียงชนิดเดียวในอัตรา 20 µM สามารถชักนำเนื้อเยื่อคริปใบพายศรีลังกาให้เกิดยอดได้สูงสุด ทั้งนี้เพราะ NAA เป็นสารในกลุ่มออกซินมีคุณสมบัติช่วยกระตุ้นการเกิดราก พืชบางชนิดสามารถสร้างขึ้นเองได้ โดยมีมากบริเวณปลายยอด และปลายราก รวมทั้งเนื้อเยื่อเจริญทั้งหลาย บางครั้งจึงไม่จำเป็นต้องเติมสารกลุ่มนี้ขึ้นกับชนิดของพืชและชิ้นส่วนเนื้อเยื่อ (Brock and Kaufman, 1991) นอกจากนี้ผลการศึกษายังพบว่าน้ำมะพร้าวสามารถชักนำให้เนื้อเยื่อบอนแดงมีความยาวรากเฉลี่ยรองลงมา จึงน่าจะเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตที่ควรจะมีการศึกษาเพิ่มสำหรับบอนแดงเช่นเดียวกับผมหอมที่กล่าวแล้วข้างต้น

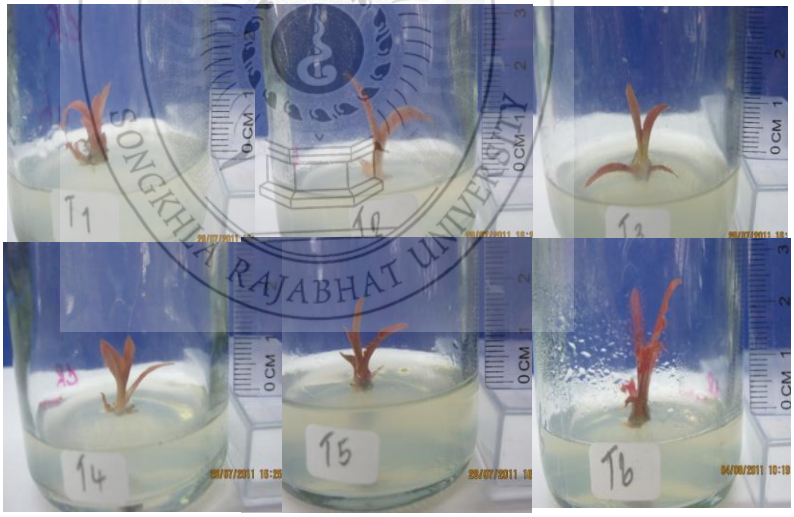
1.3 การทดลองเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อคริปอัลบิด้า

เลือกใช้สูตรอาหารที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโตตามรายงานผลการศึกษาที่ดำเนินการมาแล้ว โดย สุจิตราและคณะ (2553 ก) วรรณดาและคณะ (มปป.) เข้าถึงโดย http://www.fisheries.go.th/aquaorna/web2/images/download/C.%20albida.pdf) ในระยะแรกเพิ่มต้นอ่อนปลอดเชื้อด้วยอาหาร MS ที่มี BA 4 มิลลิกรัมต่อลิตร (วรรณดาและคณะ, มปป.) แต่พบว่า เกิดต้นอ่อนและรากน้อย (ภาพที่ 27) จะเกิดเฉพาะส่วนใบ จึงต้องใช้เวลาในการเพิ่มจำนวน และเมื่อได้ปริมาณเพียงพอจึงนำส่วนยอดที่มีเหง้าไปเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเช่นเดียวกับบอนแดง (ภาพที่ 28) แต่เนื่องจากต้องใช้ระยะเวลาในการเพิ่มปริมาณต้นอ่อน ประกอบกับการศึกษาจากเอกสารพบว่าเนื้อเยื่อพืชน้ำชนิดนี้ต้องการอาหาร MS ที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโต คือ BA และ NAA ค่อนข้างสูงกว่าเนื้อเยื่อของผมหอมและบอนแดงที่กล่าวมาแล้ว การศึกษาในครั้งนี้ในส่วนของคริปอัลบิด้าจึงปรับสูตรอาหารใหม่ประกอบด้วย 6 ชุดการทดลอง ๆ ละ 10 ซ้ำ คือ MS, MS เติม BA 4 มิลลิกรัมต่อลิตร, MS เติมBA 5 มิลลิกรัมต่อลิตร, MS เติม BA 4

มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร, MS เติม BA 5 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และ MS เติมน้ำมะพร้าว 125 มิลลิลิตรต่อลิตร เลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นเวลา 6 สัปดาห์ พิจารณาผลที่เกิดขึ้นโดยนับจำนวนยอด จำนวนต้น จำนวนราก และความยาวราก (ตารางที่ 8)



ภาพที่ 27 การเพิ่มต้นอ่อนคริปอัลบิด้าปลอดเชื้อด้วยอาหาร MS ที่มี BA 4 มิลลิกรัมต่อลิตร



ภาพที่ 28 ต้นอ่อนคริปอัลบิด้าที่มีส่วนยอดและเหง้าขนาดใกล้เคียงกันในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ MS ที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโตแตกต่างกัน หลังการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ 5 วัน

T1 คือ MS ที่ปราศจากสารควบคุมการเจริญเติบโต
T2 คือ MS เติม BA 4 มิลลิกรัมต่อลิตร
T3 คือ MS เติม BA 5 มิลลิกรัมต่อลิตร
T4 คือ MS เติม BA 4 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร
T5 คือ MS เติม BA 5 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร
T6 คือ MS เติมน้ำมะพร้าว 125 มิลลิลิตรต่อลิตร

ตารางที่ 8 จำนวนยอด จำนวนต้น จำนวนราก และความยาวรากของคริปอัลบิด้าในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสูตร MS ที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโตแตกต่างกัน หลังการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นเวลา 6 สัปดาห์

สูตรอาหาร	จำนวนยอด ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	จำนวนต้น ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	จำนวนราก ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความยาวราก (ซม.) ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
MS	1.70±0.67^{c}	1.30±0.67^{b}	3.10±0.88^{a}	1.76±0.79^{bc}
MS+BA 3 ppm	4.80±1.32^{a}	2.40±0.84^{a}	2.90±0.74^{ab}	2.29±0.73^{b}
MS+BA 4 ppm	5.10±1.60^{a}	2.90±0.74^{a}	3.40±0.97^{a}	3.43±0.89^{a}
MS+BA 3 ppm+NAA 0.5 ppm	2.70±1.25^{b}	2.60 ±1.58^{a}	2.60±0.84^{ab}	1.42±0.28^{c}
MS+BA 4 ppm+NAA 0.5 ppm	1.50±0.71^{c}	1.40±0.70^{b}	2.20±0.63^{b}	1.42±0.31^{c}
MS+น้ำมะพร้าว 125 ppm	1.40±0.52^{c}	1.20±0.42^{b}	2.60±0.97^{ab}	2.3±0.56^{b}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$)

ผลจากตารางที่ 8 แสดงให้เห็นว่า สารควบคุมการเจริญเติบโต BA ความเข้มข้น 3 และ 4 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถส่งเสริมให้เนื้อเยื่อของคริปอัลบิด้าเพิ่มปริมาณยอดได้ดีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สอดคล้องกับการศึกษาของวรรณดาและคณะ (มปป.) เมื่อพิจารณาเฉพาะจำนวนรากพบว่าจำนวนรากของเนื้อเยื่อคริปอัลบิด้าในอาหาร MS ที่มี BA 4 มิลลิกรัมต่อลิตร และ MS ที่ไม่มีสารควบคุมการเจริญเติบโตมีจำนวนรากเฉลี่ยสูงสุด ไม่แตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) กับอาหาร MS ที่เติม BA 3 มิลลิกรัมต่อลิตร, MS ที่เติม BA 3 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และ MS ที่มีน้ำมะพร้าว 125 มิลลิลิตรต่อลิตร ในขณะที่การศึกษาของวรรณดาและคณะ (มปป.) พบว่าที่ระดับ BA 4 มิลลิกรัมต่อลิตรเนื้อเยื่อของคริปอัลบิด้ามีรากลดลง ทั้งนี้อาจจะมีผลมาจากการใช้ชิ้นส่วนพืชเป็นสำคัญ เพราะการศึกษาในครั้งนี้เน้นความสะดวก และง่ายในการนำไปใช้ประโยชน์จึงเลือกการตัดแบ่งเหง้าพร้อมต้นอ่อนมาเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (ภาพที่ 28) แทนส่วนยอดเพียงอย่างเดียว ความแตกต่างส่วนนี้อาจส่งผลให้การชักนำของสารควบคุมการเจริญเติบโตเกิดผลที่แตกต่างกัน (นพพร, 2547) นอกจากนี้เมื่อมีการเพิ่มสารควบคุมการเจริญเติบโตทั้ง BA และ NAA พบว่าเนื้อเยื่อคริปอัลบิด้ามีจำนวนรากลดลง และมีแนวโน้มถูกยับยั้งการเจริญเติบโตโดยภาพรวม อาจเป็นเพราะในสัดส่วนของสารควบการเจริญเติบโตที่สูงอาจมีพิษต่อเนื้อเยื่อพืชบางชนิด (Brock and Kaufman, 1991) ทำให้รากกุดสั้น (พีรเดช, 2537) ไม่สามารถชักนำให้เกิดต้นอ่อนที่สมบูรณ์ได้ มีรายงานการศึกษาของสุจิตราและคณะ (2553 ก) และวรรณดาและคณะ (มปป.) พบว่าส่วนรากของคริปอัลบิด้าสั้นกุดในอาหารที่มี NAA 1 และ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ การศึกษาครั้งนี้โดยภาพรวมแตกต่างจากการศึกษาของสุจิตราและคณะ (2553 ก) ที่รายงานว่า เมื่อใช้อาหารที่มี BA 3 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เนื้อเยื่อคริปอัลบิด้ามีจำนวนต้นอ่อน ความสูง และจำนวนใบสูงสุด ทั้งนี้น่าจะมาจากสาเหตุหลายประการ เช่น สายพันธุ์แตกต่างกัน ตามรายงานของเบญจพรและคณะ (2553) รายงานว่าจากการศึกษาคริปอัลบิด้าที่มาจาก 3 แหล่งน้ำของประเทศไทย พบว่ามีความหลากหลายทางพันธุกรรมระหว่างแหล่งที่มาสูงมาก ชิ้นส่วนที่นำมาใช้รวมทั้งการวางชิ้นส่วนเนื้อเยื่อในอาหารก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อความสำเร็จของการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (นพพร, 2547) นอกจากนี้ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บผลการทดลองที่ไม่เท่ากันอาจส่งผลให้พัฒนาการของเนื้อเยื่อแตกต่างกันไป รวมทั้งการเจริญพัฒนาของเนื้อเยื่อเกิดเป็นต้นที่สมบูรณ์ได้ก็ต่อเมื่อมีการใช้ออกซิน (NAA) ร่วมกับไซโตไคนินคือ BA ในสัดส่วนที่เหมาะสม (กาญจนรีและคณะ, มปป.); รังสฤษดิ์, 2540) สำหรับการใช้น้ำมะพร้าวในการทดลองครั้งนี้ มีข้อบ่งชี้ที่น่าสนใจกล่าวคือคริปอัลบิด้าในอาหารที่มีน้ำ

มะพร้าวให้รากค่อนข้างยาว (ตารางที่ 8) มีค่าเฉลี่ยของจำนวนรากรองจากค่าสูงสุดไม่แตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ให้จำนวนยอดน้อย คาดว่าน่าจะเป็นเพราะน้ำมะพร้าวมีสารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มไซโตไคนิน (BA) ค่อนข้างต่ำ ในขณะที่เนื้อเยื่อคริปอัลบิด้าต้องการสารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มนี้ค่อนข้างสูง เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาคริปตัวอื่น ๆ ทั้งผมหอม และบอนแดง น้ำมะพร้าวจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อคริปอัลบิด้าหากต้องการเพิ่มความยาวราก หรือควรมีการศึกษาเพิ่มเติมโดยใช้ร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโตตัวอื่น ๆ มีการเพิ่ม/ลดสัดส่วนสารควบคุมการเจริญเติบโตให้เหมาะสมมากยิ่งขึ้น

จากผลการศึกษาครั้งนี้ หากนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ควรพิจารณาเลือกใช้อาหารที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโต BA ความเข้มข้น 4 มิลลิกรัมต่อลิตร เพราะนอกจากเพิ่มจำนวนต้น และยอดได้ดีแล้ว ยังมีส่วนรากที่ยาวสมบูรณ์อีกด้วย

ผลจากการศึกษาคริปทั้ง 3 ชนิดพบว่าอาหารสูตร MS ที่ปราศจากสารควบคุมการเจริญเติบโตจะทำให้เกิดจำนวนรากเฉลี่ยสูงสุด ผลจากข้อนี้อาจนำมาประยุกต์ใช้ในการเพิ่มปริมาณรากของเนื้อเยื่อก่อนย้ายปลูกในสภาพธรรมชาติด้วยอาหารสูตร MS ตามการศึกษาของ นงนุชและคณะ (2556) ที่รายงานว่าปกติทั่วไปแล้วหากจะเพิ่มต้นอ่อนโดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจำเป็นต้องย้ายเปลี่ยนอาหารใหม่ทุก 4-6 สัปดาห์ ในระยะนี้สามารถกระตุ้นการเกิดรากได้โดยใช้อาหาร MS ที่ไม่มีสารควบคุมการเจริญเติบโต ซึ่งมีผลการศึกษาจากการผลิตพรรณไม้น้ำอนูเบียสสรุปได้ว่าการเติมอาหารเหลว MS เพียง ¼ ของอาหารที่ใช้ปกติลงไปในขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ จะช่วยให้เนื้อเยื่อพืชน้ำที่มีอยู่เดิม มีขนาดและความสมบูรณ์มากขึ้น พร้อมออกปลูกภายนอก รวมทั้งเกิดต้นอ่อนเล็ก ๆ จำนวนมากเพิ่มขึ้นอีกด้วย วิธีการนี้จึงน่าจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ผู้ปลูกเลี้ยงพืชน้ำในเชิงพาณิชย์อาจนำไปประยุกต์ใช้

นอกจากนี้ยังมีสิ่งที่น่าสนใจที่สำคัญกล่าวคือในอาหาร MS ที่น้ำมะพร้าว 125 มิลลิลิตร/ลิตร สามารถส่งเสริมให้เนื้อเยื่อของคริปพัฒนาเป็นต้นอ่อนได้แม้จะไม่ดีที่สุดแต่น่าจะเป็นทางเลือกสำหรับการผลิตที่ต้องการลดต้นทุน หรือต้องการสร้างความแตกต่าง เพราะคริปต้นอ่อนที่มีน้ำมะพร้าวเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตจะมีสีสันเข้มกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ โดยเฉพาะในผมหอม อย่างไรก็ตามพืชน้ำกลุ่มนี้มีความแปรปรวนสูงมากแม้อยู่ในสภาพแวดล้อมเดียวกัน จึงควรมีการทดสอบชนิดพืช ชิ้นส่วนของเนื้อเยื่อที่นำมาใช้ และระดับความเหมาะสมของสารควบคุมการเจริญเติบโตเป็นระยะ เพราะบางครั้งสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอาจส่งผลต่อการชักนำเนื้อเยื่อคริปได้ การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าสามารถขยายพันธุ์พืชน้ำกลุ่มนี้ในเชิงพาณิชย์ได้ เพราะเนื้อเยื่อคริปทุกชนิดสามารถชักนำให้เกิดต้นอ่อนที่สมบูรณ์ได้ด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ จึงสามารถเพิ่มจำนวนต้นอ่อนได้ทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ อย่างไรก็ตามควรมีการทดสอยซ้ำเป็นระยะ เพราะระดับความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่เหมาะสมนั้นจะแตกต่างกันตามชนิดและสัณฐานวิทยาของพืช รวมทั้งสภาพแวดล้อมและปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องด้วย (สุจิตรา และคณะ, 2553 ข)

2. ศึกษาการปลูกพืชน้ำแบบไร้ดินในระบบไฮโดรโปนิกส์ (วิธีการปลูกแบบพัฒนา)

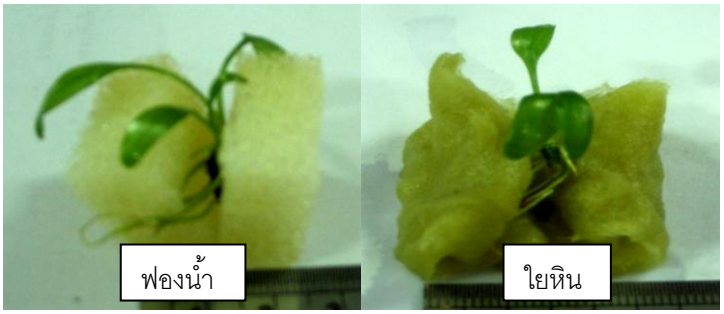
2.1 ทดสอบการใช้วัสดุปลูกที่เหมาะสม โดยเลือกฟองน้ำและกาบมะพร้าวสับเป็นวัสดุปลูกเปรียบเทียบกับการใช้ใยหินซึ่งปัจจุบันนิยมใช้ในการปลูกพืชน้ำแบบไร้ดินในระบบไฮโดรโปนิกส์ ใช้คริปใบพายศรีลังกาเป็นตัวแทนพืชน้ำสำหรับการศึกษาในครั้งนี้ จากที่ทราบกันดีว่าใยหินเป็นวัสดุปลูกที่เหมาะสมและนิยมใช้ปลูกพืชน้ำ เพราะเก็บความชื้นได้ดี (นงนุชและคณะ, 2556) แต่มีราคาสูง หาซื้อยากและมีรายงานการวิจัยหลายฉบับบ่งชี้ว่าอาจจะมีสารก่อมะเร็ง เป็นภัยต่อสุขภาพ ทำให้ปอดและเยื่อหุ้มปอดอักเสบจากการหายใจรับเส้นใยเข้าไป ทำให้ปอดแข็งเป็นพังผืดและเป็นแผล อาจลามไปที่กระบังลมและ

เยื่อบุช่องท้อง เมื่อปอดแข็งเป็นพังผืดจะทำให้เหนื่อยง่าย ไอเรื้อรัง นานวันเข้าก็กลายเป็นมะเร็งปอด มะเร็งเยื่อหุ้มปอด มะเร็งเยื่อบุช่องท้อง มะเร็งกล่องเสียง และมะเร็งรังไข่ (วีรวุฒิ, 2555) นอกจากนี้ผู้เลี้ยงพืชน้ำหลายรายรวมทั้งผู้วิจัยในครั้งนี้จะมีอาการคันเมื่อสัมผัสใยหินโดยตรง จึงมีความจำเป็นต้องลดการใช้ใยหิน โดยใช้วัสดุที่ราคาต่ำ หาได้ง่าย และมีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน งานวิจัยครั้งนี้พิจารณาเลือกใช้วัสดุปลูก 3 ชนิดในการวิจัยเบื้องต้น (pretest) คือ ใยหิน ซึ่งเป็นวัสดุหลักที่ใช้ในการปลูกพืชน้ำแบบพัฒนาในระบบไฮโดรโปนิกส์ ฟองน้ำซึ่งเป็นวัสดุที่หาได้ทั่วไปและนิยมใช้ในการปลูกผักทั่วไป และ กาบมะพร้าวสับซึ่งเป็นวัสดุปลูกที่หาได้ในท้องถิ่น เลือกใช้ใบพายศรีลังกา “บราวน์ (ใบสีน้ำตาล)” ผลการทดลองเบื้องต้นพบว่าสามารถใช้ฟองน้ำทดแทนได้ แต่ต้องเพิ่มความชื้นให้เพียงพอ ส่วนกาบมะพร้าวสับทำให้พืชน้ำแคระแกร็น (ภาพที่ 29) และตายมากกว่าร้อยละ 60 ต้นพืชน้ำไม่เจริญเติบโต และทำให้น้ำมีสีน้ำตาลไม่เหมาะในการนำมาใช้ในการปลูกพืชน้ำในระบบไฮโดรโปนิกส์สอดคล้องกับการรายงานของ นภดล (2550) ที่กล่าวว่า ในขุยมะพร้าวจะมีสารแทนนิน (tannin) จำนวนมาก เมื่อละลายน้ำจะกลายเป็นกรดแทนนิก (tannic acid) มีสีน้ำตาลดำ ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับแคลเซียมอิออนกลายเป็นเกลือที่ไม่ละลายน้ำ เมื่อใช้ขุยมะพร้าวปลูกพืชจะแสดงอาการขาดธาตุแคลเซียม หากผู้ปลูกพืชอยู่ในแหล่งที่มีขุยมะพร้าวหรือกาบมะพร้าวสับจำนวนมาก ราคาถูก ก่อนนำมาใช้ควรแช่น้ำ 3-4 วันและล้างหลาย ๆ ครั้ง จะช่วยลดปัญหาข้างต้นได้

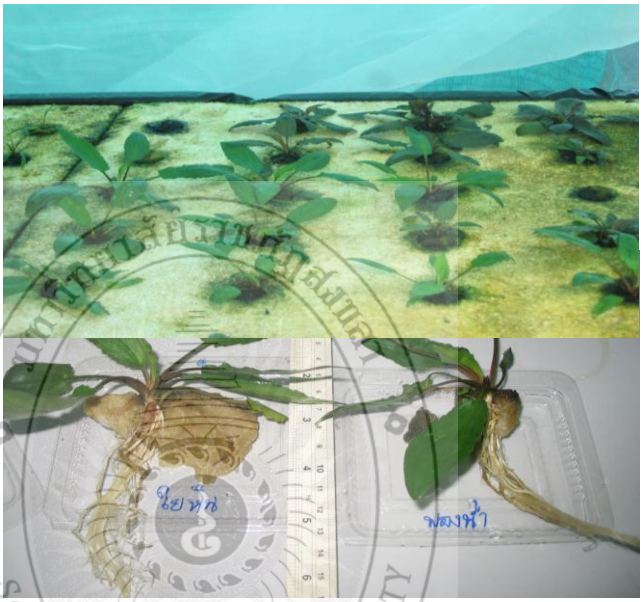
ภาพที่ 29 ผลการใช้ใยหิน (rock wool) ฟองน้ำ (sponge) และกาบมะพร้าวสับ (chop coconut husk) สำหรับการปลูกใบพายศรีลังกา“บราวน์ “แบบไร้ดินในระบบไฮโดรโปนิกส์

จากผลการทดลองเบื้องต้น จึงได้ขยายผลเฉพาะการใช้ฟองน้ำและใยหินในการปลูกคริปใบพายศรีลังกา”กรีน (ใบสีเขียว)” เป็นเวลา 2 เดือน ในระบบไฮโดรโปนิกส์ เทคนิค DFT แบบมีถาดรองรับสารละลายธาตุอาหาร โดยใช้ต้นอ่อนใบพายศรีลังกาที่ปลอดเชื้ออายุ 6 สัปดาห์ ซึ่งได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในอาหารสังเคราะห์ MS ที่เติม BA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้สารละลายธาตุอาหาร (ปุ๋ย) โดยกำหนดค่า EC เท่ากับ 1 mS/cm (นงนุชและคณะ, 2556)

นำใบพายศรีลังกาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมาแยกต้นให้ได้ขนาดใกล้เคียงกัน มีน้ำหนักเฉลี่ย 0.5±0.2 กรัม มีใบ 3-5 ใบ สุ่มใส่วัสดุปลูก 2 ชนิดคือฟองน้ำและใยหิน (ภาพที่ 30) ชนิดละ 50 ต้น แล้วนำไปเลี้ยงในระบบไฮโดรโปนิกส์เทคนิค DFT ความชื้นอย่างเพียงพอโดยการสเปรย์น้ำให้เป็นละอองหมอกทั่วโรงเรือนตลอดวัน ใช้ตัวควบคุมเวลา (Timer) ให้น้ำ 5 นาที พัก 15 นาที ให้มีความชื้นสัมพัทธ์ 80-90% พรางแสงประมาณ 50% เมื่อครบ 2 เดือนพบว่าใบพายศรีลังกาในฟองน้ำและใยหิน มีอัตรารอดร้อยละ 80 และ 88 มีน้ำหนักสดเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 3.16±1.64 และ 3.30±.1.01 กรัมต่อต้น มีจำนวนใบเฉลี่ย 8.05±2.54 และ 9.4 ±2.82 ใบ ตามลำดับ ใบพายศรีลังกาในใยหินให้น้ำหนักเฉลี่ย และจำนวนใบสูงกว่าในฟองน้ำเล็กน้อยแต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) (ภาพที่ 31)



ภาพที่ 30 การใช้ฟองน้ำและใยหินเป็นวัสดุปลูก



ภาพที่ 31 ผลการใช้ใยหิน และฟองน้ำ สำหรับการปลูกใบพายศรีลังกาในระบบไฮโดรโปนิกส์

นอกจากนี้พืชน้ำที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในการศึกษาข้างต้น ก็ได้นำมาปลูกในระบบนี้ด้วย ให้ผลดีตามภาพประกอบที่ 32

ภาพที่ 32 ผลการใช้ใยหิน และฟองน้ำ สำหรับการปลูกผมหอมในระบบไฮโดรโปนิกส์

การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าหากจะมีการปลูกพืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีนในเชิงพาณิชย์น่าจะใช้ฟองน้ำทดแทนใยหินได้ นอกจากนี้มีข้อสังเกตที่น่าสนใจคือ จุดที่พืชน้ำตาย หรือโตช้ามักมีความชื้นต่ำกว่าปกติ โดยเฉพาะในจุดที่สเปร์ยน้ำไม่เพียงพอและปลูกด้วยฟองน้ำ หากใช้ฟองน้ำแทนใยหินเพื่อปลูกพืชน้ำควรปรับระบบให้ความชื้นให้ทั่วถึงและสม่ำเสมอ ในส่วนของใยหินค่อนข้างจะดูดซับความชื้นได้ดี ทำให้พืชน้ำรอดตายสูงกว่า มีการเจริญเติบโตดี แต่ก็มีข้อจำกัดคือจะมีตะไคร่น้ำมาเกาะดูไม่สวยงาม และแย่งปุ๋ยต้นพืชน้ำอีกด้วย อาจต้องใช้สารเคมีบางตัวช่วยกำจัดทำให้เพิ่มต้นทุน แตกต่างจากการศึกษาของ รัฐภัทร์ และคณะ (2551) ซึ่งศึกษาวัสดุปลูกที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอเมซอนแดง *Echinodorus osiris* Rataj ในระบบปลูกโดยไม่ใช้ดินเทคนิค deep flow technique ที่มีวัสดุปลูกต่างชนิดกัน 5 ชนิด ได้แก่ ใยหิน ฟองน้ำ เวอร์มิคูไลท์ เพอร์ไมค์ และไฮโดรตอน โดยพบว่า ใยหิน ทำให้อเมซอนแดงมีการการเจริญเติบโตดี มีความสูงและจำนวนรากเพิ่มขึ้นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวัสดุปลูกอื่น ๆ และมีต้นทุนสูงถึงต้นละ 18.60 บาท ในกรณีนี้สามารถคาดผลความแตกต่างนี้ได้หลายลักษณะ เช่น วัสดุปลูกอาจมีผลต่อชนิดของพืชน้ำ ซึ่งควรมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป นอกจากนี้จากการพูดคุยกับผู้วิจัยโดยตรงคาดว่าน่าจะมีผลมาจากการเลือกชนิดของฟองน้ำด้วย เนื่องจากเลือกใช้ฟองน้ำที่ใช้ในท้องตลาดทั่วไปซึ่งอาจมีการเติมสารบางชนิดที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชน้ำ แต่สำหรับงานวิจัยครั้งนี้เลือกใช้ฟองน้ำเนื้อละเอียดสำหรับการปลูกพืชผักในระบบไฮโดรโปนิกส์ ซึ่งใช้งานได้ง่าย เพราะถูกกรีดแบ่งให้ดึงออกมาใช้งานได้สะดวก มีขนาดเล็ก 20x30 เซนติเมตร แบ่งเป็น 96 ชิ้น/แผ่น (ภาพที่ 33) และมีราคาต่ำ ประมาณ 0.15-0.20 บาท/ชิ้นฟองน้ำต่อการใช้ปลูกคริป 1 ต้นขึ้นกับแหล่งที่มาของฟองน้ำว่าซื้อจากผู้ผลิตโดยตรง หรือผู้ค้ารายย่อย รวมทั้งปริมาณการซื้อในแต่ละครั้ง หากซื้อจำนวนมากต้นทุนก็ต่ำลง ในขณะที่ใยหินค่อนข้างหาซื้อยาก ราคาสูง เป็นแผ่นขนาดใหญ่ 60x60 เซนติเมตร (ภาพที่ 33) ผู้เพาะเลี้ยงพืชน้ำต้องนำมาแช่น้ำเพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายในขณะตัดแบ่งเป็นชิ้นเพื่อใช้ปลูกพืชน้ำ ไม่สะดวกในการทำงานมากนัก จึงสรุปได้ค่อนข้างชัดเจนว่าหากจะปลูกพืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีนในเชิงพาณิชย์น่าจะใช้ฟองน้ำเป็นวัสดุปลูกแทนใยหิน

ภาพที่ 33 ลักษณะฟองน้ำและใยหินที่นำมาศึกษา

2.2 ทดลองหาระดับปุ๋ยและวัสดุปลูกที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชน้ำในระบบระบบไฮโดรโปนิกส์ เพื่อยืนยันผลจากการทดสอบที่กล่าวแล้ว จึงทำการทดลองหาระดับความเข้มข้นของปุ๋ยที่เหมาะสมต่อวัสดุปลูกฟองน้ำและใยหิน ใช้ใบพายศรีลังกา”กรีน”ขนาดน้ำหนัก 0.5±0.2 กรัม มีใบ 3-5 ใบ สุ่มใส่วัสดุปลูกคือฟองน้ำและใยหิน นำไปปลูกในระบบระบบไฮโดรโปนิกส์ โดยวางแผนการทดลองแบบบล็อค

สุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design ; RCBD) แบ่งเป็น 4 บล็อก ตามระดับความเข้มข้นของปุ๋ยที่ระดับค่า EC 0.5, 1, 1.5 และ 2 mS/cm ควบคุมค่าระดับ pH ที่ 5.5-6.5 มีการประยุกต์ใช้วัสดุในท้องถิ่นจัดทำแปลงปลูกพืชน้ำไฮโดรโปนิกส์ด้วยการใช้แผ่นกระเบื้องลอนคู่ที่ปูพลาสติกเป็นตัวถาดรองรับสารละลายปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์สูตรของกรมวิชาการเกษตร วางอยู่บนโครงสร้างแปลงปลูกขนาด 1x2.40 เมตร จำนวน 4 แปลง โครงสร้างใช้ท่อประปาเหล็กอาบสังกะสีขนาด 4 หุน ใช้ท่อพีวีซีขนาดเดียวกันทำหลังคาโค้ง คลุมด้วยพลาสติกกันแสงยูวีและพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสง 50% และดัดแปลงใช้เกลียวนอกและเกลียวในของท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้วเป็นตัวควบคุมระดับน้ำเพื่อลดต้นทุนการผลิต (ภาพที่ 34) และรายเอียดอื่น ๆ ซึ่งกล่าวแล้วในรายละเอียดของการตรวจเอกสาร ภายในแปลงติดตั้งหัวพ่นน้ำเป็นหมอกซึ่งต่อกับปั๊มน้ำแรงดันสูง เพื่อให้มีความความชื้นในแปลงปลูกสูง ดำเนินการทดลองเป็นเวลา 2 เดือน ผลการทดลองปรากฏตามตารางที่ 9

ภาพที่ 34 ลักษณะแปลงปลูกพืชน้ำไฮโดรโปนิกส์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้
(ซึ่งได้ดัดแปลงโดยใช้วัสดุในท้องถิ่น เพื่อให้มีต้นทุนการผลิตต่ำ ในภาพคือใบพายศรีลังกา อายุ 2 เดือน แต่ละช่องการปลูกใช้ฟองน้ำสลับกับใยหินเป็นวัสดุปลูก)

ตารางที่ 9 ผลของวัสดุปลูกและระดับปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตของใบพายศรีลังกา“กรีน”

ระดับปุ๋ย (ระดับค่า EC มิลลิซีเมนต์/ซม.)	น้ำหนัก (กรัม)	จำนวนใบ	จำนวนราก	ความยาวราก (ซม.)	ความสูงลำต้น (ซม.)
0.5	3.55	12.67	18.19	12.56[b]	11.00
1	3.40	12.00	18.50	13.48[ab]	10.87
1.5	3.58	12.38	18.67	13.92[a]	11.08
2	3.42	12.78	18.56	13.76[a]	11.25
p-value	0.5963	0.3184	0.9607	0.0251	0.7853
ชนิดวัสดุปลูก					
ฟองน้ำ	3.30±1.14[b]	12.26±3.40	18.33±4.61	13.45±2.63	10.93±2.72
ใยหิน	3.69±1.46[a]	12.65±3.56	18.63±6.27	13.41±3.00	11.19±2.43
p-value	0.0024	0.3190	0.6975	0.7873	0.3515

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P< 0.05)

จากตารางที่ 9 แสดงให้เห็นว่าสารละลายปุ๋ยทุกระดับความเข้มข้นทำให้คริปใบพายศรีลังกาเจริญเติบโตได้ไม่แตกต่างกัน ทั้งน้ำหนัก จำนวนใบ จำนวนราก และความสูงของลำต้น มีเพียงความยาวรากของใบพายศรีลังกาที่อยู่ในสารละลายปุ๋ยที่เข้มข้นกว่าจะมีรากยาวกว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P< 0.05) โดยทั่วไปพืชผักที่ปลูกแล้วการมีรากที่ยาวแสดงถึงความสมบูรณ์เพราะรากพืชคือเป็นส่วนสำคัญในการดูดน้ำและสารละลายธาตุอาหารไปหล่อเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของลำต้น แต่สำหรับการปลูกพืชในระบบไฮโดรโปนิกส์นั้นรากพืชจุ่มอยู่ในสารละลายโดยตรง สามารถดูดสารละลายปุ๋ยหรือธาตุอาหารได้อย่างอิสระโดยไม่มีแรงดึงจากเม็ดดินมาหน่วงการไหลของน้ำเข้าสู่ราก (นพดล, 2550) ความยาวของรากจึงไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชทดลองมากนัก ไม่เกิดความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) ในส่วนของข้อมูลอื่น ๆ ที่ปรากฏในตารางที่ 9 ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าใบพายศรีลังกาต้องการใช้ปุ๋ยในการเจริญเติบโตน้อยมาก สอดคล้องกับการศึกษาของนงนุชและคณะ (2556) รายงานไว้ในคู่มือการผลิตอนูเบียสว่าค่าความเข้มข้นของสารละลายปุ๋ยที่เหมาะสมสำหรับพืชน้ำมีค่า EC เท่ากับ 0.5-1.5 mS/cm นอกจากนี้วันเพ็ญ (2547) ยังพบว่าต้นอ่อนของบอนแดงที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมีการเจริญเติบโตได้ดีเมื่อนำไปปลูกในระบบไร้ดินด้วยสารละลายธาตุอาหารสูตร Coic- Lesaint ที่ระดับความเข้มข้น 0.5 mS/cm ดังนั้นหากต้องการปลูกพืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีนในเชิงพาณิชย์ควรใช้สารละลายปุ๋ยที่มีค่า EC เท่ากับ 0.5 mS/cm ก็เพียงพอแล้ว นอกจากนี้ขณะที่ทำวิจัย พืชน้ำบางส่วนที่ไม่อยู่ในชุดการทดลองก็สามารถเจริญเติบโตได้ดีโดยไม่ต้องให้ปุ๋ยเป็นระยะเวลานานพอสมควร แสดงให้เห็นว่าพืชน้ำมีความต้องการปุ๋ยในการเจริญเติบโตค่อนข้างน้อย

เมื่อพิจารณาที่วัสดุปลูกพบว่าการปลูกในใยหินส่งผลให้ใบพายศรีลังกามีน้ำหนักมากกว่าในฟองน้ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P< 0.05) ทั้ง ๆ ที่จำนวนใบ จำนวนราก ความยาวรากและความสูงของต้นไม่แตกต่างกัน ในกรณีนี้คาดว่าวัสดุปลูกน่าจะมีผลต่อการอุ้มน้ำไม่เท่ากัน แม้ว่าจะพยายามปลดวัสดุปลูกออกให้มากที่สุดก่อนชั่งน้ำหนัก แต่บางต้นรากยึดเกาะติดแน่นกับวัสดุปลูกทำให้เกิดข้อผิดพลาด

ในการชั่งน้ำหนักได้เล็กน้อย ร่วมกับคุณสมบัติการอุ้มน้ำที่ดีของใยหินทำให้พืชน้ำในใยหินสมบูรณ์มีความอวบน้ำ สำหรับการปลูกในฟองน้ำแม้จะมีจำนวนใบ จำนวนราก ความยาวรากและความสูงเท่า ๆ กับต้นที่ปลูกในใยหิน แต่จะมีความสมบูรณ์ของลำต้นน้อยกว่าบ้าง สามารถเห็นได้ด้วยสายตา อย่างไรก็ตามหากพิจารณาถึงเสี่ยงในการใช้ใยหินที่มีสารก่อมะเร็ง ความยากในการหาซื้อ มีราคาแพงกว่า รวมทั้งต้องมีการจัดการที่ดีในการนำมาใช้ ฟองน้ำจึงน่าจะเป็นคำตอบที่ดีที่ควรนำมาใช้ในการปลูกพืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีนที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์

3. ศึกษาวิธีการปลูกแบบดั้งเดิม (โดยเลือกศึกษาการใช้วัสดุปลูกแตกต่างกัน 4 ชนิด)

แม้ว่าการปลูกพืชน้ำในระบบไฮโดรโปนิกส์จะสามารถดำเนินการได้ และสามารถให้ผลผลิตที่มีคุณภาพด้วยวัสดุปลูกที่มีความปลอดภัย แต่อาจจะต้องอาศัยการเรียนรู้เทคนิคเพิ่มเติมหรือต้องมีการลงทุนในระยะแรกมากขึ้น ดังนั้นเพื่อให้ผลการวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปใช้ได้ทุกระดับของการใช้ประโยชน์ตอบสนองต่อผู้ปลูกเลี้ยงพืชน้ำแบบดั้งเดิมด้วย จึงทำการการศึกษาวัสดุปลูกสำหรับการปลูกพืชน้ำแบบใต้น้ำ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด ใช้คริปใบพายศรีลังกาที่ได้จากการปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์น้ำหนัก 3.0$\pm$0.2 กรัม แบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง ๆ ละ 10 ซ้ำ ตามวัสดุปลูก 4 ชนิด คือ แกลบ ทราย ดินเหนียว และดินเหนียวปนทรายอัตราส่วน 2 : 1 ใช้ปุ๋ยน้ำไฮโดรโปนิกส์โดยกำหนดค่า EC เท่ากับ 1 mS/cm ในระบบน้ำหมุนเวียน เป็นระยะเวลา 3 เดือน

ผลการศึกษาพบว่า ใบพายศรีลังกาที่ปลูกในดินเหนียวปนทราย มีการเจริญเติบโตดีที่สุดมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนัก ความสูง จำนวนใบ และจำนวนราก แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กับชุดการทดลองวัสดุปลูกอื่น ๆรองลงมาได้แก่ ดินเหนียว แกลบ และดินทราย ตามลำดับ ดังผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 10 และภาพที่ 35 ส่วนจำนวนต้นและความยาวรากนั้น แม้ว่าใบพายศรีลังกาที่ปลูกในดินเหนียวปนทรายจะแสดงผลการวิเคราะห์ว่ามีค่าเฉลี่ยสูงกว่าแต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) กับวัสดุปลูกที่เป็นดินเหนียว แต่แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) กับวัสดุปลูกอื่น ๆ แสดงว่าพืชน้ำกลุ่มนี้ควรปลูกในดินเหนียวปนทราย หรือควรมีดินเหนียวเป็นหลัก สอดคล้องกับการให้คำแนะนำของ Jacobsen (2014) รายงานใน Cultivation Technique Cryptocoryne ว่าควรใช้ดินเหนียว โดยใส่สารอินทรีย์ที่หน้าดินเพื่อให้ดินเหนียวโปร่ง ทำให้พืชน้ำกลุ่มนี้สามารถรับน้ำ อากาศและอาหารได้ดีขึ้น ทำให้เจริญเติบโตได้ดีในที่สุด หากพิจารณาคริปใบพายศรีลังกาอย่างละเอียดจากภาพที่ปรากฏ มีข้อสังเกตที่สำคัญคือใบพายศรีลังกาในระบบไฮโดรโปนิกส์จะมีลำต้นหนา ใบแข็ง ขอบใบค่อนข้างตรง (เป็นการปรับตัวของใบพืชน้ำเมื่ออยู่เหนือน้ำ) ส่วนใบพายศรีลังกาที่ปลูกใต้น้ำจะมีขอบใบเป็นหยักมีความพริ้วไหวและบอบบาง ดังนั้นหากจะเพิ่มความความพริ้วไหวของใบพืชน้ำในระบบไฮโดรโปนิกส์ ก่อนนำไปจำหน่ายควรปลูกใต้น้ำ ที่เรียกว่าการชำน้ำ ประมาณ 1-2 สัปดาห์ เพื่อให้ได้พืชน้ำที่มีใบพริ้วไหวสวยงามมากขึ้น (ภาพที่ 35)

ตารางที่ 10 ผลการเจริญเติบโตของใบพายศรีลังกา “กรีน” ในวัสดุปลูกที่แตกต่างกัน

ชนิดของวัสดุ	น้ำหนัก (กรัม)	ความสูง (ซม.)	จำนวนต้น (ต้น)	จำนวนใบ (ใบ)	จำนวนราก	ความยาวราก (ซม.)
แกลบ	6.28±0.47^{b}	12.95±2.01^{b}	4.00±1.30^{b}	23.00±3.92^{b}	20.28±2.85^{b}	18.97±3.65^{a}
ดินทราย	5.94±0.53^{b}	11.93±1.44^{b}	3.21±1.05^{b}	14.50±2.17^{c}	17.78±4.17^{b}	11.18±1.98^{b}
ดินเหนียว	6.28±0.58^{b}	12.23±1.70^{b}	5.78±1.36^{a}	24.00±3.98^{b}	26.35±3.93^{b}	17.77±2.78^{a}
ดินเหนียวปนทราย	9.07±0.59^{a}	14.81±1.78^{a}	6.71±2.46^{a}	28.92±3.97^{a}	35.64±4.03^{a}	18.19±4.56^{a}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$)

ภาพที่ 35 การเจริญเติบโตของใบพายศรีลังกา “กรีน”ในวัสดุปลูกที่แตกต่างกัน

4. เพื่อศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนของการผลิตพืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีน

การคิดต้นทุนและผลตอบแทนของการผลิตพืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีนในครั้งนี้ คิดต้นทุนจากแปลงปลูกในบ่อซิเมนต์ของชุดปลูกแบบดั้งเดิม เปรียบเทียบกับแปลงปลูกแบบพัฒนาคือแปลงปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ ซึ่งแสดงต้นทุนตามตารางที่ 11 และ 12 โดยกำหนดราคาพืชน้ำที่นำมาปลูกเท่ากับ 1 บาท เหมือนกัน (คำนวณจากต้นทุนราคาพืชน้ำจากห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อโดยประมาณ) ตั้งสมมติฐานว่าผลิตทุกครั้งขายได้หมดทุกครั้ง ทุกรอบการผลิตมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเท่ากัน คิดปริมาณการปลูกเพียง 200 ต้นต่อรอบการผลิต อัตรารอด 90% แต่ละรอบการผลิตเท่ากับ 10 สัปดาห์ พักแปลง/บ่อ 15 วัน ดังนั้น แต่ละรอบการผลิตจะใช้เวลา 3 เดือน (12 สัปดาห์) แต่ละเดือนคิดเป็น 30 วัน ดังนั้นใน 1 ปีสามารถผลิตได้ 4 รอบการผลิต โดยมีหลักคิดง่าย ๆ คือ

4.1 รายได้สุทธิ หรือผลตอบแทนสุทธิ หมายถึง ผลตอบแทนทั้งหมดลบด้วยต้นทุนผันแปรทั้งหมด

4.2 กำไรสุทธิ คือ รายได้ทั้งหมด – ต้นทุนทั้งหมด

4.3 ระยะเวลาคืนทุน คือ ระยะเวลาที่ผลิตแล้วมีรายได้เท่ากับเงินลงทุนในครั้งแรก

จากตารางที่ 11, 12, 13 และ 14 แสดงให้เห็นต้นทุนการผลิตที่เกิดขึ้นจริงจากโรงเรือนที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ซึ่งอาจมีค่าใช้จ่ายบางส่วนที่สูงกว่าความเป็นจริงเพราะเป็นแปลงหรือบ่อทดลอง หากใช้จริงในแปลงเกษตรกรสามารถลดค่าใช้จ่ายบางส่วนได้อีกมาก เช่น ส่วนประกอบโรงเรือนอาจใช้ไม้ไผ่แทนท่อเหล็กประปาอาบสังกะสี จำนวนปลูกต่อพื้นที่น่าจะมากขึ้น เป็นต้น อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะคิดต้นทุนด้วยราคาที่ค่อนข้างสูงก็ยังพบว่าการปลูกพืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีนเป็นธุรกิจที่น่าลงทุนเพราะมีระยะการคืนทุนต่ำประมาณ 3.93 และ 3.21 ปี ในระบบดั้งเดิม และระบบไฮโดรโปนิกส์ตามลำดับ ระยะเวลาคืนทุนที่เร็ว (ไม่เกิน 5 ปี) ทำให้ผู้ประกอบการมีความเสี่ยงจากการลงทุนน้อยโดยมีต้นทุนการผลิตเป็นต้นทุนผันแปรเท่ากับ 3.33 และ 3.22 บาท/ต้น และต้นทุนทั้งหมดเท่ากับ 5.95 และ 6.44 บาท/ต้น ในระบบดั้งเดิมและระบบไฮโดรโปนิกส์ตามลำดับ กล่าวคือหากคิดเฉพาะต้นทุนผันแปรการปลูกพืชในระบบไฮโดรโปนิกส์จะมีต้นทุนต่ำกว่า แต่ถ้าคิดต้นทุนทั้งหมดจะมีต้นทุนสูงกว่าแสดงว่าระบบไฮโดรโปนิกส์มีการลงทุนเริ่มต้นที่สูงกว่านั่นเอง อย่างไรก็ตามด้วยคุณภาพที่สูงกว่า พืชน้ำในระบบไฮโดรโปนิกส์จะขายได้ในราคาที่สูงกว่าตามราคาที่ปรากฏในตลาดปลาสวยงามและพรรณไม้น้ำ จึงกำหนดราคาขายพืชน้ำกลุ่มนี้ที่ 8 และ 10 บาท/ต้น สำหรับผลผลิตจากระบบดั้งเดิม และระบบไฮโดรโปนิกส์ตามลำดับ มีรายได้ทั้งหมดในแต่รอบการผลิต (จำนวนปลูก 200 ต้น) เท่ากับ 1,440 และ 1,800 บาท โดยมีกำไรสุทธิเท่ากับ 368.41 และ 640.50 บาท ในระบบดั้งเดิม และระบบไฮโดรโปนิกส์ตามลำดับ ซึ่งในการผลิตจริงในเชิงพาณิชย์หากเพิ่มจำนวนการผลิตมากขึ้นต้นทุนย่อมต่ำลง กำไรเพิ่มขึ้น รวมทั้งระยะเวลาการคืนทุนจะน้อยลงอีกด้วย การปลูกพืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีนในเชิงพาณิชย์จึงเป็นกิจกรรมหนึ่งที่น่าลงทุน

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ตารางที่ 11 ประมาณการต้นทุนการผลิตใบพายศรีลังกาในระบบการปลูกแบบดั้งเดิม

ประมาณการค่าใช้จ่ายทั้งหมด (ต้นทุนทั้งหมด)						
รายการ	**หน่วย**	**จำนวน**	**ราคา/หน่วย**	**รวม**	**จำนวนรอบที่สามารถผลิตได้**	**ราคาต่อรอบการผลิต**
บ่อซีเมนต์กลม 0.8 เมตร	บ่อ	12	240	2,880	40	72.00
โครงสร้างเหล็กขนาด 2x5 เมตร	หลัง	1	6,500	6,500	60	108.33
ตาข่ายพรางแสงหน้ากว้าง 3 เมตร	เมตร	8	45	160	12	13.33
แกลอนใส่ปุ๋ย/ใส่สารละลายปุ๋ย	ใบ	6	150	900	20	45.00
ปั๊มน้ำ ยี่ห้อ sonic รุ่น AP1600	ตัว	4	230	920	8	115.00
ท่อ PVC 4 หุน	เส้น	4	48	192	16	12.00
ข้อต่องอ 90 องศา 4 หุน	ตัว	20	5	100	16	6.25
ข้อต่อตรงเกลียวใน 4 หุน	ตัว	12	8	96	15	6.40
ข้อต่อตรงเกลียวนอก 4 หุน	ตัว	12	8	96	15	6.40
ฝาครอบ 4 หุน	ตัว	8	5	40	16	2.50
EC meter	ตัว	1	1,350	1,350	16	84.38
วัสดุสิ้นเปลืองอื่นๆ	ชุด	1	300	300	1	300.00
ต้นพันธุ์จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ	ต้น	200	1	200	1	200.00
ปุ๋ย	ลิตร	4	25	100	1	100.00
ค่าใช้จ่ายในการลงทุนครั้งแรก				**13,834.00**	**ค่าใช้จ่ายในการผลิตต่อรอบการผลิต**	**1,071.59**
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน				**13,234.00**	**ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเฉลี่ยต่อครั้ง**	**471.59**
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (ต้นทุนผันแปร)				**600.00**	**ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน**	**600.00**

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ตารางที่ 12 ประมาณการต้นทุนการผลิตใบพายศรีลังกาในระบบการปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์

ประมาณการค่าใช้จ่ายทั้งหมด (ต้นทุนทั้งหมด)						
รายการ	**หน่วย**	**จำนวน**	**ราคา/หน่วย**	**รวม**	**จำนวนรอบที่สามารถผลิตได้**	**ราคาต่อรอบการผลิต**
	ชุด	2	3,500	7,000	60	116.7
โครงเหล็ก+พีวีซี	เมตร	14	50	700	8	87.5
พลาสติกใส	เมตร	6	60	360	12	30
มุ้งกันแมลง	แผ่น	8	120	960	20	48
โฟมแผ่นปลูก	ใบ	4	150	600	20	30
แกลอนใส่ปุ๋ย/ถังใส่สารละลายปุ๋ย	แผ่น	8	60	480	20	24
กระเบื้องรองน้ำ	ตัว	2	230	460	8	57.5
ปั๊มน้ำ ยี่ห้อ sonic รุ่น AP1600	ตัว	1	1,350	1,350	12	112.5
EC meter	ตัว	1	3,500	3,500	60	500
ปั๊มน้ำชุดพ่นหมอก	ชุด	2	120	240	16	15
ชุดพ่นหมอก	ชุด	1	300	300	1	300
วัสดุสิ้นเปลืองอื่นๆ ค่าไฟฟ้า ประปา	ต้น	200	1	200	1	200
ต้นพันธุ์จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ	แผ่น	3	10	30	1	30
ฟองน้ำ	ลิตร	2	25	50	1	50
ปุ๋ย						
ค่าใช้จ่ายในการลงทุนครั้งแรก				**16,230.00**	**ค่าใช้จ่ายในการผลิตต่อรอบการผลิต**	**1,159.50**
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน				**15,650.00**	**ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเฉลี่ยต่อครั้ง**	**579.50**
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (ต้นทุนผันแปร)				**580.00**	**ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน**	**580.00**

ตารางที่ 13 ประมาณการรายได้จากการผลิตใบพายศรีลังกาในระบบการปลูกแบบดั้งเดิม และแบบไฮโดรโปนิกส์

รูปแบบการผลิต	**ประมาณการรายได้ทั้งหมด**						
	จำนวนปลูก (ต้น)	**อัตรารอด (%)**	**ผลผลิตที่ได้ (ต้น)**	**ต้นทุนต่อหน่วย (บาท)**	**ราคาขาย (บาท)**	**รายได้ (บาท)**	**กำไรแต่ละรอบการผลิต (บาท)**
แบบดั้งเดิม	200	90	180	5.95	8	1,440	368.41
แบบพัฒนา (ไฮโดรโปนิกส์)	200	90	180	6.44	10	1,800	640.50

ตารางที่ 14 ต้นทุน ผลตอบแทน จุดคุ้มทุน และระยะเวลาการคืนทุนจากการผลิตใบพายศรีลังกาในระบบการปลูกแบบดั้งเดิม และแบบไฮโดรโปนิกส์

รูปแบบการผลิต	**ต้นทุนผันแปรต่อหน่วย**	**จุดคุ้มทุน (จำนวนต้น)**	**ระยะเวลาคืนทุน (รอบการผลิต)**
แบบดั้งเดิม	3.33	2833.83	15.74 รอบ =3.93 ปี
แบบพัฒนา (ไฮโดรโปนิกส์)	3.22	2308.26	12.82 รอบ=3.21 ปี
	ต้นทุนผันแปรต่อหน่วย =ต้นทุนผันแปร/จำนวนหน่วยผลผลิต	จุดคุ้มทุน = ต้นทุนคงที่/กำไรส่วนเกินต่อหน่วย กำไรส่วนเกินต่อหน่วย =ราคาขายต่อหน่วย-ต้นทุนผันแปรต่อหน่วย	ระยะเวลาคืนทุน=ระยะเวลาที่ผลิตแล้วมีรายได้เท่ากับเงินลงทุนในครั้งแรก

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

5. ศึกษาการกลายพันธุ์โดยใช้รังสีเหนี่ยวนำ

ศึกษาการกลายพันธุ์โดยใช้รังสีเหนี่ยวนำที่ระดับแตกต่างกัน การศึกษาครั้งนี้เลือกใช้รังสีแกมมาเป็นตัวชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ของคริปชนิดใบพายศรีลังกา “กรีน” เพื่อให้มีสีสันแตกต่างจากสภาพปกติ ใช้เครื่องฉายรังสีแกมมามาร์ควัน (Mark I Gamma Irradiator) (ภาพที่ 36) ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งเป็นเครื่องฉายรังสีแบบปิด มีซีเซียม -137 เป็นต้นกำเนิดรังสีแกมมา ใช้การฉายรังสีแบบเฉียบพลัน เครื่องนี้มีความปลอดภัยสูงกล่าวคือเมื่อนำตัวอย่างคริปเข้าไปในช่องใส่ตัวอย่างแล้วก็ปิดประตู หลังจากนั้นจึงกำหนดเวลาและปริมาณรังสีที่ต้องการ แล้วกดปุ่มเพื่อดึงต้นกำเนิดรังสีที่เก็บไว้ในที่เก็บของเครื่องมาที่ตำแหน่งตัวอย่างคริป เมื่อครบตามกำหนดเวลาแล้วต้นกำเนิดรังสีจะกลับสู่ตำแหน่งเดิมโดยอัตโนมัติ ผู้ปฏิบัติงานก็สามารถเปิดประตูและนำตัวอย่างคริปมาศึกษาต่อไป แบ่งการศึกษาในส่วนนี้เป็น 3 ระยะคือ

ภาพที่ 36 เครื่องฉายรังสีแกมมามาร์ควัน (Mark I Gamma Irradiator)
(ดร.กาญจนรี พงษ์ฉวี เอื้อเฟื้อภาพ)

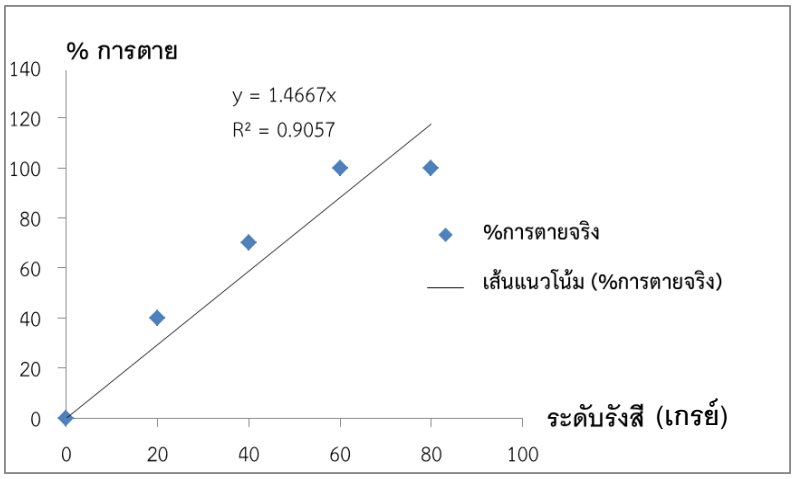
5.1 หาค่าปริมาณรังสีที่มีผลให้ต้นอ่อนปลอดเชื้อตาย 50% (LD_{50}) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ประกอบด้วย 5 ชุดการทดลองๆ ละ 20 ซ้ำ โดยใช้ต้นอ่อนใบพายศรีลังกาที่ปลอดเชื้ออายุ อายุ 4 สัปดาห์ ซึ่งได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในอาหารสังเคราะห์ MS ที่เติม BA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร นำไปทดลองฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันแตกต่างกัน 5 ระดับ คือ 0 20 40 60 และ 80 เกรย์ นำไปเลี้ยงต่อเป็นเวลา 15 วัน พบว่า รังสีมีผลให้ต้นอ่อนมีอัตราการตายเพิ่มขึ้นตามระดับรังสีที่เพิ่มสูงขึ้นตามตาราง 15 และภาพที่ 37

ตารางที่ 15 ผลของระดับรังสีแกมมาต่ออัตราการตายของใบพายศรีลังกา“กรีน” จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออายุ 4 สัปดาห์

ระดับรังสี (เกรย์)	จำนวนต้นใบพายศรีลังกาที่ทดลอง	จำนวนต้นใบพายศรีลังกาที่ตาย	%การตาย
0	20	0	0
20	20	8	40
40	20	14	70
60	20	20	100
80	20	20	100

กล่าวคือใบพายศรีลังกาที่ไม่ได้รับระดับรังสี ไม่มีการตายเกิดขึ้น ในระดับรังสี 20 เกรย์ มีการตาย 8 ต้น (คิดเป็น 40%) และที่เหลือมีแนวโน้มเติบโตช้า ส่วนที่ 40 เกรย์ มีการตาย 14 ต้น (คิดเป็น 70%) และมากกว่า 60 เกรย์ มีการตายทั้งหมด นำผลที่เกิดขึ้นจากตารางที่ 15 ไปสร้างความสัมพันธ์ระหว่างระดับรังสีที่ใช้กับ อัตราการตายที่เกิดขึ้นเพื่อคำนวณปริมาณรังสีที่มีผลให้ต้นอ่อนปลอดเชื้อตาย 50% (LD_{50}) (ภาพที่ 38)

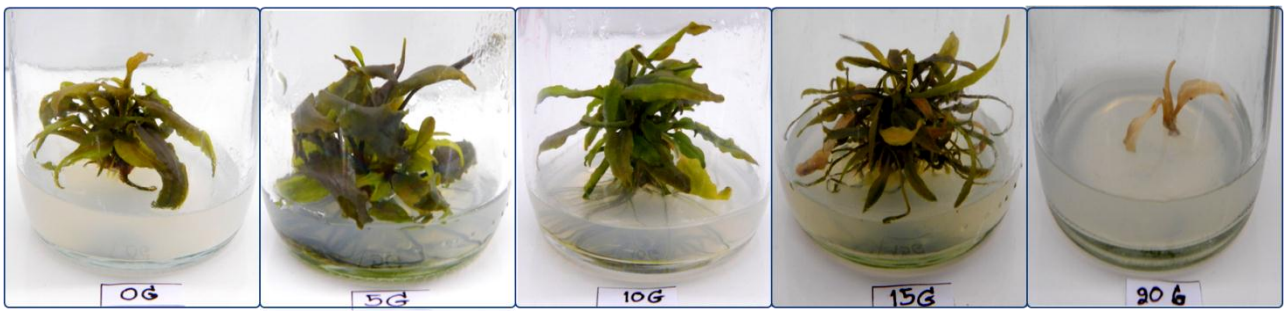
ภาพที่ 37 ใบพายศรีลังกาจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออายุ 4 สัปดาห์ ที่ได้รับรังสีแกมมาที่ระดับแตกต่างกัน



ภาพที่ 38 ความสัมพันธ์ของปริมาณรังสี (เกรย์) และอัตราการตาย (% mortality) ของต้นใบพายศรีลังกาจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออายุ 4 สัปดาห์

จากกราฟสามารถหาความสัมพันธ์ของระดับรังสีและอัตราการตายของใบพายศรีลังกาได้โดยใช้โปรแกรมเอ็กเซล (Excel) ได้สมการความสัมพันธ์คือ Y = 1.4667X เมื่อ Y คือ %การตาย และ X คือค่าระดับรังสี โดยมีค่าความเชื่อมั่น R^2 = 0.9057 ดังนั้นจากสมการข้างต้นจึงพบว่าระดับรังสีที่ทำให้ใบพายศรีลังกามีอัตราการตาย 50% (lethal dose; LD_{50}) คือ 34.09 เกรย์ แตกต่างจากการศึกษาของ สุจิตรา (2548) ที่พบว่าใบพายเขาใหญ่ (คริปอีกชนิดหนึ่ง) มีค่า LD_{50} ประมาณ 2,200 แรด หรือ 22.20 เกรย์ (1 เกรย์ เท่ากับ 100 แรด) อาจเป็นเพราะพันธุกรรมของพืชแต่ละชนิดแตกต่างกัน ถ้าต้นพืชมีลักษณะใบอวบน้ำ ต้นอ่อน หรือมีขนาดเล็ก จะมีความทนทานต่อผลกระทบจากรังสีน้อย ระดับรังสีที่เหมาะสมในการทำให้มีอัตราการตาย 50% จึงแตกต่างกันไปตามลักษณะทางสัณฐานวิทยาและขนาดของพืช (อรุณี, 2550)

5.2 ศึกษาผลของรังสีที่มีต่อลักษณะทางสัณฐานวิทยาเพื่อคัดเลือกลักษณะการกลายพันธุ์ในสภาพขวดทดลอง โดยการฉายรังสีที่ระดับ ต่ำกว่า LD_{50} วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์เช่นเดิม ประกอบด้วย 5 ชุดการทดลอง ๆ ละ 20 ซ้ำ โดยใช้ต้นอ่อนใบพายศรีลังกาที่ปลอดเชื้ออายุ 1 เดือน ไปฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันในช่วงที่ต่ำกว่าค่า LD_{50} คือ 0 5 10 15 และ 20 เกรย์แล้วนำมาเลี้ยงในห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นระยะเวลา 2 เดือน พบว่าไม่มีการตายในระดับรังสี 0-15 เกรย์ แต่มีการตายในระดับ 20 เกรย์ โดยในระดับ 15 เกรย์ มีการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาคือใบเรียวยาวสีน้ำตาลอมแดง ขอบใบเรียบ (ภาพที่ 39) โดยเกิดขึ้นเพียง 2 ซ้ำเท่านั้น ใกล้เคียงกับการศึกษาของ สุจิตรา (2548) เรื่องผลของรังสีแกรมมาที่มีต่อลักษณะทางสัณฐานของพรรณไม้น้ำใบพาย (*Cryptocoryne balansae*) พบว่าผลของรังสีแกรมมาที่ระดับ 1,000 และ 2,000 แรด (1 เกรย์เท่ากับ 100 แรด) ทำให้ใบพาย เปลี่ยนจากสีเขียวอมน้ำตาล เป็นสีน้ำตาล สีน้ำตาลอมแดง และสีเขียวอมน้ำตาลแดง ลักษณะใบเปลี่ยนจากรูปใบหอก (lanceolate) เป็นใบแถบ (linear) ขอบใบเปลี่ยนจากเป็นคลื่น (undulate) เป็นขอบใบเรียบ (entire)



ภาพที่ 39 ลักษณะใบพายศรีลังกาอายุ 2 เดือนที่ได้รับรังสีแกมมาปริมาณแตกต่างกัน

5.3 ศึกษาผลของรังสีที่มีต่อลักษณะทางสัณฐานวิทยาเพื่อคัดเลือกลักษณะการกลายพันธุ์ในสภาพธรรมชาติ ในส่วนนี้ได้นำใบพายศรีลังกาจากการฉายรังสีที่ระดับ 0-15 เกรย์ ไปเลี้ยงแบบใต้น้ำในโรงเรือนเป็นเวลา 3 เดือนพบว่ารูปร่างใบของทุกชุดการทดลองเป็นปกติไม่มีการแสดงลักษณะการกลายพันธุ์แตกต่างจากการศึกษาของสุจิตรา และคณะ (2550) ที่ชักนำใบพายชนิด *C. wendtii* “Tropica” โดยการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันที่ระดับรังสี 0 10 20 30 40 และ 50 เกรย์ พบว่า รังสีทำให้สีของใบพายเปลี่ยนจากสีเขียวอมน้ำตาลเป็นสีน้ำตาลแดง สีชมพู และใบด่าง รวมทั้งมีรูปใบหลายลักษณะอีกด้วย คาดว่าน่าจะเป็นเพราะการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้ทำการแยกต้นอ่อนไปเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อต่อ (ด้วยข้อจำกัดหลายประการที่สำคัญคืองบประมาณที่ค่อนข้างจำกัดประกอบกับการฉายรังสีต้องดำเนินการที่ศูนย์วิจัยนิวเคลียร์เทคโนโลยีภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ ต้องมีค่าใช้จ่ายในการเดินทางเพื่อติดตามผลค่อนข้างสูง การวิจัยส่วนนี้จึงถูกจำกัดด้วยเวลาและงบประมาณ รวมทั้งการติดตามผลการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อ ซึ่งดำเนินการที่สถาบันวิจัยสัตว์น้ำสวยงามและพรรณไม้น้ำ กรมประมง กรุงเทพฯ) ทำให้อิทธิพลของต้นแม่ยังคงส่งผลต่อต้นลูกค่อนข้างมาก นอกจากนี้การชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ที่ให้ผลไม่สะท้อนการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนนั้น ในสภาพความเป็นจริงที่หลายกลุ่มพยายามทดลองทำอยู่นั้นก็ยังให้ผลที่หลากหลาย ขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น ชนิดพืช ปริมาณรังสี รวมทั้งวิธีการให้ทรีตเมนต์ เป็นต้น (อรุณี , 2550) ประกอบกับลักษณะสายพันธุ์ของพืชกลุ่มนี้มีการเปลี่ยนแปลงสีสันที่หลากหลายอยู่ในธรรมชาติ สอดคล้องกับผู้สนใจศึกษาพันธุ์ไม้น้ำกลุ่มคริป คืออาทิตย์ (2545) รายงานว่าหากพิจารณาจากรูปร่างลักษณะของใบคริปแต่ละชนิดจะเหมือนกันมากและมีการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อม เช่น แสงแดด วัสดุปลูก ปุ๋ย ฯลฯ ที่มันอาศัยอยู่อีกด้วย ในกลุ่มผู้เลี้ยงพืชน้ำก็กล่าวไว้ว่า จากการสังเกตพบว่าปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ และความเข้มแสง เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้คริปกลุ่มอัลบิด้ามีสีน้ำตาลอมแดงมากขึ้น (http://crypts.keydoc.net/tag/albida/ 8/6/58) ส่วนใบพายศรีลังกาปกตินั้นมีความหลากหลายมากจนมีการเรียกชื่อจากลักษณะสีที่ปรากฏหรือเรียกตามแหล่งที่มา เช่น *C. wendtii* var. “green” *C. wendtii* var.“brown” *C. wendtii* var. “bronze” *C. wendtii* var. “red” *C. wendtii* var. “red vein” *C. wendtii* var. “ ‘rose” *C. wendtii* var. “striped” และ *C. wendtii* var. “Mi Oya” เป็นต้น นอกจากนี้ ในขณะที่ทำการศึกษาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในครั้งนี้พบว่าคริปกลุ่มอัลบิด้าบางช่วงมีสีแดงแสดงที่ใบมากกว่าปกติ (ภาพที่ 40) แต่หลังนำไปเลี้ยงใต้น้ำสีสันก็กลับมาเป็นปกติทั่วไป

ภาพที่ 40 สีสันของคริปอัลบิด้าในขณะทำการทดลอง

นอกจากนี้ในขณะที่ผู้วิจัยลงพื้นที่สำรวจพืชน้ำในจังหวัดกระบี่ พบว่าบอนแดงในพื้นที่เดียวกัน แต่มีสีสันแตกต่างกัน ดังเช่นในภาพที่ 41 ใบของบอนแดง (*C. blassii*) ในแหล่งน้ำซึ่งชาวบ้านเรียกว่า สระแก้ว ในพื้นที่หมู่ 1 ต.เขาทอง อ.เมือง จ.กระบี่ มีสีสันแตกต่างกันกล่าวคือ ใบปกติด้านบนจะมีสีเขียวส่วนด้านล่างของใบจะเป็นสีแดง แต่ใบที่นำขึ้นมาจากแหล่งน้ำบางส่วนมีสีเป็นลายด่างมีจุดสีดำประปราย ผู้เก็บรวบรวมพืชน้ำกล่าวว่าบอนแดงที่มีใบด่างจะมีราคาสูงกว่าใบปกติและจะเป็นที่นิยมของผู้เลี้ยงพืชน้ำมากกว่า แสดงให้เห็นว่าในธรรมชาติพืชน้ำกลุ่มนี้มีการผันแปรค่อนข้างสูง นอกจากนี้ยังมีรายงานการศึกษาความผันแปรของพืชน้ำชนิดนี้อยู่แล้ว เบญจพรและคณะ (2553) รายงานว่าจากการศึกษาคริปอัลบิด้าที่มาจาก 3 แหล่งน้ำของประเทศไทย พบว่ามีความหลากหลายทางพันธุกรรมระหว่างแหล่งที่มาสูงมาก ดังนั้นแนวทางการพัฒนาความหลากหลายของสีสันพืชกลุ่มนี้จึงควรอาศัยการปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมน่าจะเป็นแนวทางที่ควรดำเนินการต่อไป

ภาพที่ 41 ลักษณะสีสันของใบบอนแดงที่พบในสระแก้ว ในพื้นที่หมู่ 1 ต.เขาทอง อ.เมือง จ.กระบี่

สรุป

จากการศึกษาวิจัยเรื่องการปลูกและขยายพันธุ์พืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีน พบว่า เนื้อเยื่อพืชน้ำกลุ่มนี้ตอบสนองต่ออาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อได้ดี สามารถเจริญเติบโตเป็นต้นอ่อนที่สมบูรณ์ทั้งต้น ใบและราก เป็นตัวบ่งชี้ที่ชัดเจนว่าสามารถขยายการผลิตในเชิงในเชิงพาณิชย์ได้ นั่นคือสามารถผลิตได้ในเชิงปริมาณตามต้องการและควบคุมคุณภาพผลผลิตให้ตรงตามความต้องการของตลาดหรือมาตรฐานสากลได้ เพราะการขยายพันธุ์ด้วยเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจะช่วยเพิ่มปริมาณและรักษาสายพันธุ์ได้ตามที่ต้องการ โดยผลการวิจัยในครั้งนี้พบว่าเนื้อเยื่อหอมควรเลี้ยงในอาหาร MS ที่มี BA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA 0.50 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งเป็นสูตรอาหารที่ทำให้ผมมีน้ำหนักเฉลี่ยสูงสุด มีรากและใบที่สมบูรณ์มาก เนื้อเยื่อบอนแดงควรเลี้ยงในอาหาร MS ที่มี BA 1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นสูตรอาหารที่ทำให้มีรากและความยาวรากมีค่าเฉลี่ยสูง แม้จะไม่ทำให้เกิดใบมากนักแต่การให้รากที่สมบูรณ์ก็มั่นใจได้ว่าจะสามารถพัฒนาต้นอ่อนได้สมบูรณ์มากขึ้น ส่วนคริปอัลบิด้า ควรเลี้ยงในอาหาร MS ที่มี BA 4 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นสูตรอาหารที่ทำให้มีจำนวนยอด จำนวนต้น จำนวนราก และความยาวรากมีค่าเฉลี่ยสูงสุด

ผลการศึกษาครั้งนี้ยังพบว่าอาหาร MS ที่น้ำมะพร้าว 125 มิลลิลิตรต่อลิตร สามารถส่งเสริมให้เนื้อเยื่อของคริปพัฒนาเป็นต้นอ่อนได้แม้จะไม่ดีที่สุดแต่น่าจะเป็นทางเลือกสำหรับการผลิตที่ต้องการลดต้นทุน หรือต้องการสร้างความแตกต่าง เพราะคริปต้นอ่อนที่มีน้ำมะพร้าวเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตจะมีสีสันเข้มกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ โดยเฉพาะในผมหอม อาจผลิตเพื่อปลูกเลี้ยงหรือจำหน่ายในรูปของขวัญของที่ระลึกก็น่าจะช่วยเพิ่มมูลค่าได้ดี (ภาพที่ 42)

ผมหอมในน้ำมะพร้าวจากงานวิจัยในครั้งนี้ พืชน้ำที่มีจำหน่ายในเวบไซต์ http://aqua.c1ub.net/forum/

ภาพที่ 42 แนวทางในการพัฒนาเพื่อเพิ่มมูลค่าพืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีน

ผลการวิจัยครั้งนี้ยังพบว่าพืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีนเจริญเติบโตในแปลงปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ได้ดีโดยใช้ปุ๋ยน้อยมาก กล่าวคือพืชน้ำจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อครั้งนี้สามารถปลูกในรูปแบบไร้ดิน ในระบบไฮโดรโปนิกส์ เทคนิค DFT ซึ่งดัดแปลงขึ้นมาใช้สำหรับงานวิจัยครั้งนี้โดยเฉพาะ ใช้ฟองน้ำเป็นวัสดุปลูกแทนใยหิน และใช้ปริมาณสารละลายธาตุอาหารค่อนข้างต่ำ เพียง 0.5 mS/cm ทำให้มีต้นทุนในการผลิตต่ำ และปลอดภัย ไม่ต้องใช้ดิน หรือสารเคมีกำจัดโรคแมลงศัตรูพืช ผลิตได้ตลอดทั้งปี ได้ผลผลิตพืชน้ำที่สะอาด จึงเป็นอีก 1 ข้อสนับสนุนที่พืชน้ำกลุ่มนี้สามารถผลิตได้ในเชิงพาณิชย์ สามารถผลิตพืชน้ำที่มีมาตรฐานทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ ตามความต้องการของตลาดทั้งภายในประเทศและต่างประเทศได้

การผลิตพืชน้ำในระบบนี้อาจมีข้อจำกัดเรื่องการลงทุนในระยะแรกค่อนข้างสูง หน่วยงานราชการควรสนับสนุนบางส่วนในระยะแรก เช่น ต้นพันธุ์จาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่มีราคาต่ำ ถ้าหากการพัฒนาการปลูกและการขยายพันธุ์พืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีนในครั้งนี้ สามารถส่งเสริมอาชีพการเพาะเลี้ยงพืชน้ำให้แก่ผู้สนใจได้มากขึ้น จะช่วยลดการเก็บรวบรวมจากธรรมชาติ ทำให้ผลผลิตในธรรมชาติมีโอกาสเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ได้มากขึ้น สร้างโอกาสการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนต่อไป อย่างไรก็ตามแม้ว่างานการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ จะมีประโยชน์สูงสำหรับการรักษา หรือเพิ่มสายพันธุ์พืชน้ำ หรือพืชหายากอื่น ๆ แต่ด้วยต้นทุนที่สูง ทั้งเครื่องมือ สถานที่ และสารเคมี โดยมีปัจจัยหลักที่สำคัญมาก ๆ คือผู้ปฏิบัติต้องมีความรู้ความชำนาญ และมีทักษะที่ดี มิฉะนั้นอาจเกิดการเตรียมอาหารผิดพลาด ชั่ง ตวง วัด สารเคมีผิดตลอดจนอาหาร หรือกระบวนการทั้งหมดอาจปนเปื้อนได้ง่าย การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจึงอาจไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดต่อการขยายพืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีน แต่สำหรับโรงเรือนไฮโดรโปนิกส์นั้นอาจดัดแปลงหรือการพัฒนาระบบไร้ดินในระบบไฮโดรโปนิกส์ที่มีราคาถูก ทำได้ง่าย ดังภาพที่ซึ่งนำเสนอแล้ว ซึ่งผลจากการวิจัยในครั้งนี้ทำได้เพียงการขยายความรู้ทางด้านนี้แก่นักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (ภาพที่ 4.3) และเปิดสอนรายวิชาพรรณไม้น้ำสวยงามเป็นวิชาเลือกแก่นักศึกษาสาขาวิชาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และนักศึกษาสาขาอื่น ๆ ที่สนใจในมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา เพื่อสร้างทางเลือกในการศึกษาเรียนรู้แก่นศ.ที่สนใจเท่านั้น การนำงานวิจัยนี้ไปใช้ประโยชน์โดยตรงค่อนข้างยากเพราะผู้ประกอบการเลี้ยงพืชน้ำโดยตรงในภาคใต้มีน้อยและมีขนาดเล็ก ที่พบมักเป็นผู้รวบรวมพันธุ์ไม้น้ำ ไม่ประสงค์จะเพาะเลี้ยงพันธุ์ไม้น้ำ เนื่องจากในด้านการตลาดนั้น พบว่าเกษตรกรไม่สามารถส่งออกพันธุ์ไม้น้ำได้โดยตรง ต้องอาศัยพ่อค้าคนกลางในการรวบรวมและดำเนินการส่งออก ทำให้ราคาพันธุ์ไม้น้ำจากเกษตรกรค่อนข้างต่ำ จากการพูดคุยกับผู้รวบรวมพันธุ์ไม้น้ำในภาคใต้ที่จังหวัดกระบี่ยืนยันว่ายังคงต้องเก็บรวบรวมพันธุ์ไม้น้ำในธรรมชาติไปขายต่อไป แม้ว่าจะมีการแสดงความเป็นเจ้าของชุมชน มีการประกาศห้ามเก็บเกี่ยวพันธุ์ไม้น้ำในหลายพื้นที่ แต่ก็คาดว่ายังคงสามารถพูดคุยให้เก็บเกี่ยวได้เป็นระยะ จึงไม่คิดจะดำเนินการเพาะเลี้ยงเองในขณะนี้ แต่อยากให้หน่วยงานที่มีศักยภาพได้ทำการศึกษาเพื่อลดต้นทุนการผลิตและมีวิธีการที่ดำเนินการได้ง่ายเพื่อถ่ายทอดให้แก่เกษตรกรในโอกาสอื่นๆ ไป เช่น จำหน่ายในรูปขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อให้เกษตรกรนำไปปลูกเลี้ยงได้สะดวกขึ้น เป็นต้น

ผลจากงานวิจัยในครั้งนี้ แม้ว่าจะไม่สามารถนำกระบวนการทั้งหมดไปสู่เกษตรกรได้ แต่เฉพาะในส่วนของแปลงปลูกพืชน้ำในระบบไฮโดรโปนิกส์ได้นำมาดัดแปลงปลูกผักทั่วไป ได้รับความสนใจจากผู้รักษ์

สุขภาพจำนวนมากมีผู้สนใจแจ้งความประสงค์ขอเข้าอบรมปีละ 2-3 รุ่น ทำให้เกิดการพัฒนารูปแบบการปลูกพืชในระบบไฮโดรโปนิกส์ที่หลากหลายดังภาพที่ 4.4 และเป็นงานบริการวิชาการหลักงานหนึ่งของคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

ภาพที่ 43 การถ่ายทอดงานวิจัยแก่นักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ภาพที่ 44 การถ่ายทอดความรู้เรื่องการปลูกผักในระบบไฮโดรโปนิกส์แก่ผู้สนใจ

ผลผลิตและการเผยแพร่งานวิจัย

งานวิจัยฉบับนี้ได้นำเสนอเผยแพร่แล้วในการประชุมใหญ่โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษา ครั้งที่ 1 (The First Higher Education Research Promotion Conggress; HERP CONGRESS I) เมื่อเดือนมกราคม 2556 ณ ศูนย์ศิลปวัฒนธรรมภาคเหนือตอนล่าง มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก

นอกจากนี้งานวิจัยครั้งนี้ก็ได้จัดทำ “คู่มือการปลูกและขยายพันธุ์พืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีน” ทั้งในรูปเอกสารและวีซีดี ซึ่งแนบมาพร้อมเอกสารฉบับนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

การปลูกและขยายพันธุ์พืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีน

สบาย ตันไทย[1] กาญจนรี พงษ์ฉวี[2] รัชฎา เศรษฐวงศ์สิน[1] จักรกริช อนันตศรัณย์[1]
พงษ์ศักดิ์ มานสุริวงศ์[1] และประสพโชค ตันไทย[3]

1 คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
2 กลุ่มงานวิจัยพรรณไม้น้ำ สถาบันวิจัยสัตว์น้ำสวยงามและพรรณไม้น้ำ กรมประมง
3 กลุ่มวิชาการ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 8 ต.คอหงส์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

๑.เพื่อศึกษาวิธีการปลูกและขยายพันธุ์พืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีนที่สามารถขยายกำลังผลิตในเชิงพาณิชย์ได้
๒.เพื่อศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนของการผลิตพืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีนทั้งแบบดั้งเดิมและแบบพัฒนา
๓.เพื่อให้เกิดพืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีนที่มีสีสรรแตกต่างจากสภาพปกติ

ขอบเขตและวิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ ต้องการทราบวิธีการปลูกและการขยายพันธุ์พืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีน (คริป) เพื่อขยายการผลิตในเชิงพาณิชย์ โดยเลือกศึกษาพืชน้ำที่พบในภาคใต้ ด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ จำนวน 3 สายพันธุ์ ได้แก่ *Cryptocoryne tonkinensis* (ผมหอม) , *C. blassii (บอนแดง)* และ *C. albida* (บอนน้ำ) เพื่อดูการตอบสนองต่ออาหารที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโตแตกต่างกัน เลือกศึกษาพืชน้ำที่นิยมเลี้ยงเพื่อการส่งออกคือ *C. wendtii* (ใบพายศรีลังกา) ทดสอบวัสดุปลูกในโรงเรือนไฮโดรโปนิกส์แบบ DFT (Deep Flow Technique) ร่วมกับพืชน้ำในภาคใต้คือ ผมหอม โดยใช้สารละลายธาตุอาหารเข้มข้น 1.0 mS/cm และศึกษาความเป็นไปได้ในการชักนำให้ใบพายศรีลังกาเปลี่ยนแปลงสีสรรโดยใช้รังสีแกมมาเพื่อสร้างโอกาสทางการค้า รวมทั้งเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนของการปลูกพืชน้ำแบบดั้งเดิมกับการปลูกแบบพัฒนาในระบบไฮโดรโปนิกส์

ผลการดำเนินงานวิจัยและอภิปรายผล

1. วิธีการปลูกและขยายพันธุ์พืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีนในเชิงพาณิชย์

1.1 ผลการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อคริป 3 สายพันธุ์ในอาหารสูตร MS ที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโตแตกต่างกัน ได้แก่ BA NAA และ น้ำมะพร้าว 125 ppm ทดลองเลี้ยงเป็นเวลา 1 เดือน พบว่า ผมหอมเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในอาหารที่มี NAA 0.25 ppm มีน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้นสูงสุด 6.26±0.98 กรัม ไม่แตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) กับ อาหารที่มี BA 1 และ 2 ppm ร่วมกับ NAA 0.25 และ 0.50 ppm (ภาพที่ 1) แตกต่างจากการศึกษาของกาญจนรี (2542) ที่ศึกษาเฉพาะสารควบคุมการเจริญเติบโต BA โดยพบว่า BA 1 ppm ทำให้ผมหอมเกิดยอดได้สูงสุด

ภาพที่ 1

ส่วนบอนน้ำตอบสนองต่ออาหารที่มี BA 2 ppm ดีที่สุดโดยมีจำนวนยอดเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 9.7±2.8 ยอด/ชิ้น แตกต่างจากชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

สำหรับบอนแดงตอบสนองต่ออาหารที่มี BA 1และ 2 ppm มีจำนวนยอดสูงสุด 5.9±1.92 และ 5.8±2.23 ยอด/ชิ้น ไม่แตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) รองลงมาคือ BA 1 ppm ร่วมกับ NAA 0.25 ppm โดยมีจำนวนยอดเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 4.95±2.37 ยอด/ชิ้น ใกล้เคียงกับการศึกษาของวันแพ็ญ (2547)

1.2 ทดสอบการใช้ฟองน้ำและกาบมะพร้าวสับเป็นวัสดุปลูกเปรียบเทียบกับการใช้ใยหินซึ่งนิยมใช้ปลูกพันธุ์ไม้น้ำแบบไร้ดินในระบบไฮโดรโปนิกส์ พบว่า กาบมะพร้าวสับทำให้พืชน้ำแคระแกร็น (ภาพที่ 2) และตายมากกว่าร้อยละ 80

ภาพที่ 2

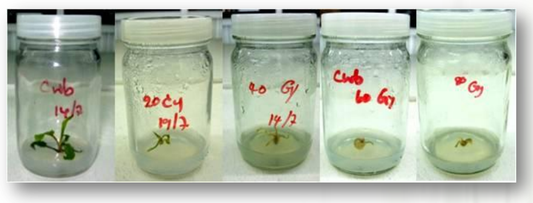
เมื่อใช้ฟองน้ำและใยหินในใบพายศรีลังกาและผมหอมเป็นเวลา 3 เดือนพบว่าการปลูกในใยหินให้น้ำหนักเฉลี่ยสูงกว่าในฟองน้ำเล็กน้อยแต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) โดยผมหอมมีน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 1.04±0.18 และ 0.98±0.19 กรัมต่อต้น (1ช่องปลูก) อัตรารอดร้อยละ 91 และ 89.5 ตามลำดับ ส่วนใบพายศรีลังกามีน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 2.20±.85 และ 2.12±0.82 กรัมต่อต้น อัตรารอดร้อยละ95 และ 89 ตามลำดับ

2.ต้นทุนและผลตอบแทนของการผลิตพืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีนทั้งแบบดั้งเดิมและแบบพัฒนา

การปลูกแบบดั้งเดิมในครั้งนี้ เป็นการปลูกในบ่อซีเมนต์มีต้นทุนการผลิตที่ 2.5 บาทต่อต้น (ราคาขายต้นละ 8 บาท) ระยะเวลาการคุ้มทุนประมาณ 5 รอบการผลิต (1 รอบการผลิตเท่ากับ 2 เดือน) หรือประมาณ 1 ปี ส่วนการปลูกแบบพัฒนาใช้การปลูกในโรงเรือนไฮโดรโปนิกส์แบบ DFT มีต้นทุนการผลิตที่ 4.6 บาทต่อต้น ระยะเวลาการคุ้มทุนประมาณ 15 รอบการผลิตหรือประมาณ 3 ปี (คำว่า ต้นในที่นี้ หมายถึงพืชน้ำ 1 หลุมปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์หรือ 1 กอในบ่อซีเมนต์ประกอบด้วยต้นไม้น้ำเล็กๆ 10-15 ต้น ค่าเสื่อมราคาในที่นี้คิดอัตราการลดลงแบบเส้นตรง)

3.การเกิดพืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีนที่มีสีสรรแตกต่างจากสภาพปกติ

ระยะที่1 เลี้ยงใบพายศรีลังกาที่ได้รับรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันที่ 0 20 40 60 และ 80 เกรย์ เป็นเวลา 2 เดือน พบว่า ไม่มีการตายที่ระดับ 0-20 เกรย์ แต่ระดับ 20 เกรย์มีแนวโน้มเติบโตช้า ระดับ 40 เกรย์มีการตายเกิดขึ้น และ ระดับ 60 เกรย์ขึ้นไป ทำให้ใบพายตายทั้งหมด (ภาพที่ 3) สอดคล้องกับการศึกษาของ สุจิตราและคณะ (2550) โดยมีค่า LD_{50} เท่ากับ 40 เกรย์



ภาพที่ 3

ระยะที่ 2 เมื่อให้รังสีแก่ใบพายศรีลังกาในช่วงต่ำกว่าค่า LD_{50} คือ 0, 5, 10, 15 และ 20 เกรย์ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของใบในระดับ 15 เกรย์ และ มีการตายเกิดขึ้นที่ 20 เกรย์ (ภาพที่ 4)

ระยะที่ 3 นำใบพายศรีลังกาจากการฉายรังสีที่ระดับ 0-15 เกรย์ ไปเลี้ยงแบบใต้น้ำเป็นเวลา 3 เดือน พบว่าไม่เกิดลักษณะการกลายพันธุ์ที่แสดงว่ามีสีสรรหรือรูปร่างใบที่แตกต่างจากสภาพปกติแต่มีการเติบโตช้า ไม่สอดคล้องกับการศึกษาของสุจิตราและคณะ (2550) ที่พบว่า รังสีทำให้สีของใบของใบพายเปลี่ยนจากสีเขียวอมน้ำตาลเป็นสีน้ำตาลแดง สีชมพู และใบด่าง รวมทั้งมีรูปใบหลายลักษณะ คาดว่าน่าจะเป็นเพราะพืชกลุ่มนี้มีความหลากหลาย มีความแปรปรวนสูง จึงเกิดกลายพันธุ์ที่ไม่ชัดเจน ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมโดยเพิ่มจำนวนต้นอ่อนที่จะรับการฉายรังสีให้มากขึ้น

ภาพที่ 4

แนวทางการนำผลการดำเนินโครงการไปใช้ประโยชน์

การปลูกพืชน้ำในเชิงพาณิชย์ครั้งนี้เลือกศึกษาการปลูกในโรงเรือนไฮโดรโปนิกส์แบบ DFT ทำให้ได้พืชน้ำที่สะอาด เติบโตดี มีอัตรารอดสูง และมีความปลอดภัยในการดำเนินงานทั้งผู้ผลิตและผู้นำพืชน้ำไปใช้ประโยชน์โดยลดความเสี่ยงจากการใช้ใยหินเป็นวัสดุปลูกพืชน้ำที่นิยมใช้ในปัจจุบันเป็นการใช้ฟองน้ำ มีการถ่ายทอดวิธีการปลูกพืชน้ำดังกล่าวแก่นศ.และผู้สนใจ รวมทั้งใช้เป็นแหล่งผลิตพันธุ์พืชน้ำอื่นๆ เพื่อลดการเก็บพืชน้ำจากธรรมชาติ และเป็นอาชีพทางเลือกแก่ผู้สนใจโดยมีระยะเวลาในการคืนทุนค่อนข้างสั้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

เอกสารอ้างอิง

กาญจนรี พงษ์ฉวี. 2543. เอกสารวิชาการฉบับที่ 3/2543 . กรมประมง.
วันเพ็ญ มีนกาญจน์. 2547. เอกสารวิชาการฉบับที่ 3/2547 . กรมประมง.
สุจิตรา เพชรคง และคณะ . 2550. เอกสารวิชาการฉบับที่ 1/2550. กรมประมง.

คู่มือ

การปลูกและขยายพันธุ์พืชน้ำกลุ่มคริปโตคอรีน

โดย

นางสบาย ตันไทย

นางสาวกาญจนรี พงษ์ฉวี

นางสาวรัชฎา เศรษฐวงศ์สิน

นายจักรกริช อนันตศรัณย์

นายพงษ์ศักดิ์ มานสุริวงศ์

นายประสพโชค ตันไทย

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

บรรณานุกรม

Brock,T.G. and P.B.Kaufman. 1991. **Growth regulators : an account of hormones and growth regulation.** In F. G. Steward (ed.). Plant Physiology: A treatise. Vol.10 Growth and Development. London: Academic Press Inc.

Jacobsen, N. 1976. **Notes on Cryptocoryne of Sri Lanka (Ceylon).** Bot.Notiser 129 : 179-190.

Jacobsen, N., Bastmeijer J., Christensen C. Idei T., Orabi J., Sookchaloem D., Toneato F. and Oergaard M. **The use of AFLP markers to elucidate relationships within Cryptocoryne (Araceae).** Faculty of Science University of Copenhagen. **[online] available.** http://crypts.home.xs4all.nl/Cryptocoryne/Botanical/ 5/8/57.

Jacobsen, N. 2014. **cultivation technique cryptocoryne.** https://oncrypts. Wordpress. com/2014/09/03.

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

Murashige, T. and F. Skoog. 1962. **A revised medium for rapid growth and bio-assays with tobacco tissue cultures.** Physiologia Plantarum. 15(3): 473-497.

Rataj K. and T. J. Horeman **1977. Aquarium Plants: Their Identification, Cultivation and Ecology.** West Sylvania: T.F.H. Publ. Inc.,Ltd.

กาญจนรี พงษ์ฉวี .2549. **การใช้วิธีฉายรังสีและหลอมรวมโปรโตพลาสต์เพื่อการปรับปรุงพันธุ์อนูเบียส.** วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต(เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กาญจนรี พงษ์ฉวี, พัฒนพงษ์ ชูแสง และวิจารณ์ ทองมีเอียด. 2542. **การขยายพันธุ์ผมหอมโดยวิธีเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ**. สถาบันวิจัยสัตว์น้ำสวยงามและสถานแสดงพันธุ์สัตว์น้ำ. กรุงเทพฯ: กรมประมง.

กาญจนรี พงษ์ฉวี, รัฐภัทร์ ประดิษฐ์สรรพ์, วรรณดา พิพัฒน์เจริญชัย และกาญจนา จิรพันธ์พิพัฒน์. (ม.ป.ป) **การเพาะขยายพันธุ์พรรณไม้น้ำ.** สถาบันวิจัยสัตว์น้ำสวยงามและพรรณไม้น้ำ สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด. กรุงเทพฯ: กรมประมง.

กาญจนรี พงษ์ฉวี, รัฐภัทร์ ประดิษฐ์สรรพ์, วรรณดา พิพัฒน์เจริญชัย, นุชนารถ ตั้งจิตสมคิด และช่อทิพย์ ศัลยพงษ์. 2554 (ก). **เอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ หลักสูตรเทคโนโลยีการปลูกเลี้ยงพรรณไม้น้ำโดยไม่ใช้ดิน รุ่นที่ 3 ระหว่างวันที่ ๑๑-๑๒ พฤษภาคม ๒๕๕๔.** สถาบันวิจัยสัตว์น้ำสวยงามและพรรณไม้น้ำ สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด กรุงเทพฯ: กรมประมง.

กาญจนรี พงษ์ฉวี, วรรณดา พิพัฒน์เจริญชัย, รัฐภัทร์ ประดิษฐ์สรรพ์, และวารุณีย์ คันทรง. 2554 (ข). **การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพรรณไม้น้ำ *Cryptocoryne affinis* Hook.f.,1893** สถาบันวิจัยสัตว์น้ำสวยงามและพรรณไม้น้ำ สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด กรุงเทพฯ: กรมประมง.

กาญจนรี พงษ์ฉวี, สนธิพันธ์ ผาสุกดี, รัฐภัทร์ ประดิษฐ์สรรพ์, วรรณดา พิพัฒน์เจริญชัย, และวารุณีย์ คันทรง. 2555. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออเมซอนแดง *Echinodorus Osiris* Rataj, 1970 ใน **รายงานประชุมวิชาการประมง ประจำปี 2555 ระหว่างวันที่ 6-7 มิถุนายน 2555.** กรุงเทพฯ: กรมประมง. หน้า 5-20.

ไชย ส่องอาชีพ. 2551.**ไปดูอาชีพเก็บพรรณไม้น้ำขายที่พังงา**. หนังสือพิมพ์มติชน. วันที่ 1เมษายน 2551. ค้นจาก http://info.matichon.co.th/techno/techno.php?srctag=05101010451&srcday=2008/04/01&search=no.**.**

ณฐกร ประดิษฐ์สรรพ์. 2549. **หลักการและเทคนิคการเพาะเลี้ยงพรรณไม้น้ำ.** สถาบันวิจัยสัตว์น้ำสวยงามและพรรณไม้น้ำ. กรุงเทพฯ: กรมประมง.

ดิเรก ทองอร่าม. 2551. **การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน : หลักการจัดการผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเชิงธุรกิจในประเทศไทย.** กรุงเทพฯ: พิมพ์ดีดการพิมพ์.

ตวงพร โรจนวงศ์. 2549. **การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อและการชักนำให้ออกดอกในหลอดทดลองของกล้วยไม้ลูกผสมฟาแลนนอปซิส (*Phalaenopsis* silky Moon)** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศิลปากร.

นพดล เรียบเลิศหิรัญ. 2550. **การปลูกพืชไร้ดิน**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นพพร สยัมพล. 2543. **เทคนิคการปรับปรุงพันธุ์.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นพพร คล้ายพงษ์พันธ์. 2547. **เทคนิคการปรับปรุงพันธ์พืช. พิมพ์ครั้งที่ 2**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นุชนารถ ตั้งจิตสมคิด. 2558. **พัฒนาชุดตรวจ 'ไส้เดือนฝอย' หนุนผลิต 'พรรณไม้น้ำ' ส่งออก.** หนังสือพิมพ์คมชัดลึก. วันอังคารที่ 3 มีนาคม 2558.

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์, สมกียรติ สีสนอง, อิทธิสุนทร นันทกิจ, มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ และ วรางคณา กาซัม. 2556. **เอกสารประกอบการอบรมหลักสูตรการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อและการปลูกพรรณไม้น้ำสกุลอนูเบียสในระบบไร้ดิน 17-18 และ 24-25 สิงหาคม 2556.** สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังร่วมกับกรมประมง.

บุญยืน กิจวิจารณ์. 2544. **การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช.** ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เบญจพร สัมฤทธิเวช, สุจิตรา เพชรคง และ สุรางค์ สุมโนจิตราภรณ์. 2553. **การประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมเพื่อการพัฒนาปรับปรุงพันธุ์ของใบพายอัลบิด้าในประเทศไทยด้วยเทคนิคเอเอฟแอลพี.** สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ. กรุงเทพฯ: กรมประมง.

ประสพโชค ตันไทย, สุนันท์ ถีราวุฒิ, อาริยา จูดคง และ ลักษมี สุภัทรา. 2556. **เอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ หลักสูตรเทคโนโลยีการเพิ่มประสิทธิภาพการปลูกผักไร้ดิน**. สงขลา: สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 8 กรมวิชาการเกษตร.

พีรเดช ทองอำไพ. 2537. **ฮอร์โมนพืชและสารสังเคราะห์.** กรุงเทพฯ: วิชัยการพิมพ์.

พรรณไม้น้ำ. 2556.ค้นวันที่ 12 พฤษภาคม 2556 จาก http://www.aquatoyou.com/index.php/.

มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ. 2547. **ผลของแสงและคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำในตู้.** สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรประมงน้ำจืด. กรุงเทพฯ: กรมประมง.

มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ, นงนุช เลาหะวิสุทธิ์, อิทธิสุนทร นันทกิจ และยุทธนา เกียรติธร. 2548**. เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำชนิดใบพายเขาใหญ่ (*Crytocoryne crispatula* var. *balansae*) ในระบบปลูกพืชแบบไร้ดิน.** สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรประมงน้ำจืด. กรุงเทพฯ: กรมประมง.

มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ, วรางคณา กาซัม และฝนทิพย์ นาคขวัญ. 2555. ผลของ IAA และ BA ต่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพรรณไม้น้ำดาวน้อย *Pogostemon helferi* (Hook. f.) Press. ใน **รายงานประชุมวิชาการประมง ประจำปี 2555**. กรุงเทพฯ: กรมประมง. หน้า 277-282.

มัฆวาล หอสุวรรณ์, กฤดา หอสุวรรณ์, สดศรี ชุมพล, อวัสดา สงครามยศ, เฉลิมพล เกิดมณี, สุริยันตร์ ฉะอุ่ม, ดิเรก ทองอร่าม, สมศักดิ์ แท่นมณี, สันทัด ศักดิ์สาคร และจิระศักดิ์ สุกใส. 2551. **คู่มือการปลูกพืชไร้ดิน (soilless culture).** กรุงเทพฯ: พี เอ็น เค แอนด์ สกายพริ้นติงส์ จำกัด.

มณฑา วงศ์มณีโรจน์. 2542. สารอาหารสำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช. ใน **เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชขั้นพื้นฐาน**, สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมก. นครปฐม: ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, วิทยาเขตกำแพงแสน.

รสา หงษ์รัตน์, สุรียา ตันติวิวัฒน์ และมาลี ณ นคร. 2548. การขยายพันธุ์ต้นใบพาย (*Cryptocoryne cordata*) ด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ **ใน เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43: สาขาพืช.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**.** หน้า 483-490.

รังสฤษดิ์ กาวีต๊ะ. 2540. **การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช หลักการและเทคนิค.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**.**

รัฐภัทร์ ประดิษฐ์สรรพ์, กาญจนรี พงษ์ฉวี และวรรณดา พิพัฒน์เจริญชัย. 2551. **การศึกษาวัสดุปลูกที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอเมซอนแดง *Echinodorus osiris* Rataj ในระบบปลูกโดยไม่ใช้ดิน.** สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด. กรุงเทพฯ: กรมประมง

รงรอง วิเศษสุวรรณ. 2542. เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ. ใน **เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชขั้นพื้นฐาน**, สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมก. นครปฐม: ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, วิทยาเขตกำแพงแสน.

วันเพ็ญ มีนกาญจน์. 2547. **การขยายพันธุ์บอนแดง (*Cryptocoryne blassii* De wit, 1960) โดยวิธีเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ.** วารสารการประมง, 57 (2) : 148-160

วิกิพีเดียสารานุกรมพืชน้ำ. 2557**. ไซโตไคนิน .** ค้นวันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2556 จาก http://th.wikipedia.org/wiki.

วรรณดา พิพัฒน์เจริญชัย กาญจนรี พงษ์ฉวี และ รัฐภัทร์ ประดิษฐ์สรรพ์. มปป. **การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพรรณไม้น้ำ "คริปอัลบิด้า"** ***Cryptocoryne albida*** **Parker.** ค้นวันที่ 16 มกราคม 2556. จาก http://www.fisheries.go.th/aquaorna/web2/images/download/C.%20albida.pdf.

วิชชุตา รุ่งเรือง. 2537. **ผลของโคลชิซินและรังสีแกมมาที่มีต่อการกลายพันธุ์ของหน้าวัวพันธุ์ "Double Spathe" ที่เลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิทยา หวังเจริญพร. 2554. **พรรณไม้: พรรณไม้สวยงามทางเลือกหนึ่งของเกษตรกรไทย** ค้นวันที่ 15 พฤษภาคม 2556. http://www.thaikasetsart.com.

วีรวุฒิ อิ่มสำราญ. 2555. **แร่ใยหินตัวการมะเร็งปอด มะเร็งเยื่อหุ้มปอด**. หนังสือพิมพ์คมชัดลึก. วันศุกร์ที่ 1 มิถุนายน 2555.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2549. **น้ำมะพร้าว.** ค้นวันที่ 15 กันยายน 2555. จาก http://www.moe.go.th/mobile1/viewNews.php?nCatId=news11&moe_mod_news_ID=2227.

สบาย ตันไทย, ทนงศักดิ์ ธนูทอง และพงษ์ศักดิ์ มานสุริวงศ์. 2556 **เอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ ในโครงการบริการวิชาการเรื่องการปลูกผักในระบบไฮโดรโปนิกส์**. สงขลา: คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

สิรนุช ลามศรีจันทร์. 2540. **การกลายพันธุ์. พิมพ์ครั้งที่ 2.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุกัญญา พริกจำรูญ. 2548. **คู่มือการเพาะเลี้ยงและส่งออกพรรณไม้น้ำปลา**สวยงาม. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์นีออนบุ๊คมีเดีย.

สุจิตรา เพชรคง. 2548. **ผลของรังสีแกมมาที่มีผลต่อลักษณะทางสัณฐานของพรรณไม้น้ำใบพาย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุจิตรา เพชรคง, สุรางค์ สุมโนจิตราภรณ์ และชมพูนุช มรรคทรัพย์. 2550. **การชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ ในไม้น้ำใบพาย ชนิด *Cryptocoryne wendtii* "Tropica" โดยการฉายรังสีแกมมา**. สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ. กรุงเทพฯ: กรมประมง.

สุจิตรา เพชรคง, สุรางค์ สุมโนจิตราภรณ์ และชมพูนุช มรรคทรัพย์. 2553 (ก). **ศึกษาวิธีการฟอกฆ่าเชื้อและผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อใบพาย ชนิด *Cryptocoryne albida.*** สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ. กรุงเทพฯ: กรมประมง.

สุจิตรา เพชรคง, สุรางค์ สุมโนจิตราภรณ์ และชมพูนุช มรรคทรัพย์. 2553 (ข). **การชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในไม้น้ำใบพายชนิด *Cryptocoryne cordata* โดยการฉายรังสีแกมมา.** สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ. กรุงเทพฯ: กรมประมง.

สุจิตรา เพชรคง, สุรางค์ สุมโนจิตราภรณ์ และชมพูนุช มรรคทรัพย์. 2554 . **ศึกษาวิธีการฟอกฆ่าเชื้อและผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตในการเพาะเลี้ยงเนื่อเยื่อไม้น้ำใบพายชนิด *Cryptocoryne cordata*.** ใน **รายงานประชุมวิชาการประมง ประจำปี 2554 ระหว่างวันที่** 13–14 กรกฎาคม 2554**.** กรุงเทพฯ: กรมประมง. หน้า 283-298.

สุชาดา ศรีเพ็ญ. 2542. **พรรณไม้น้ำในประเทศไทย.** กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้ง แอนด์พับลิชชิ่ง.

สุนทร ตรีนันทวัน. 2557. **ประโยชน์จากน้ำมะพร้าว.** ค้นวันที่ 6 พฤศจิกายน 2557. จาก http://edtech.ipst.ac.th/index.php/2011-07-29-04-02-00/18-2011-08-09-06-29-06/1635-2014-05-29-02-55-43.html.

สุรภี ประชุมพล และนงนุช เลาหะวิสุทธิ์. 2555. **ความเป็นกรด-ด่างของสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตพรรณไม้น้ำสกุลอนูเบียสบาร์เทอรี่ในระบบปลูกไร้ดิน**.วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 30 (3): 42-51.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2554. **เกษตรฯศึกษาวิจัยพรรณไม้น้ำ หนุนส่งสินค้าไทยตีตลาดโลก. ค้นวันที่ 20 กันยายน 2556.** จาก http://www.acfs.go.th/read_news.php?id=8413&ntype=09, 2554).

สนธิพันธ์ ผาสุขดี, กาญจนรี พงษ์ฉวี, ณฐกร ประดิษฐ์สรรพ์ และวรรณดา พิพัฒน์เจริญชัย. 2549. **เอกสารประกอบการฝึกอบรมการผลิตพรรณไม้น้ำเพื่อการส่งออกวันที่ 16 มีนาคม พ.ศ.2549**. สถาบันวิจัยสัตว์น้ำสวยงามและพรรณไม้น้ำ สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด. กรุงเทพฯ: กรมประมง.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2544. **สรีรวิทยาของพืช.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมพร ประเสริฐส่งสกุล. 2552. **การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกับการปรับปรุงพันธุ์พืช. พิมพ์ครั้งที่2**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ โฟร์เพซ

สาหร่ายและพรรณไม้น้ำทางการประมง. 2556. ค้นวันที่ 12 กันยายน 2556 จาก http://cyberlab.lh1.ku.ac.th/elearn/ faculty/fisher/fi15/web/index.html.

อรุณี วงศ์ปิยะสถิต. 2550. **การกลายพันธุ์: เพื่อการปรับปรุงพันธุ์พืช.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรุณี วงศ์ปิยะสถิตย์ ,สิรนุช ลามศรีจันทร์ และพีรนุช จอมพุก. 2554. การสร้างพรรณไม้ดอก-ไม้ประดับให้สวยด้วยรังสี. ใน **เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรการสร้างพรรณไม้-ดอกไม้ประดับให้สวยด้วยรังสี**. 21-26 ตุลาคม 2554. ศูนย์ฉายรังสีแกมมาและวิจัยนิวเคลียร์เทคโนโลยี. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรุณี รอดลอย, สุจินตหนูขวัญ และยุพเยาว สายจันทร. 2555. **ชนิดและการกระจายพันธุ์ของพรรณไม้น้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย**. สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรประมงน้ำจืด. กรุงเทพฯ: กรมประมง

อรุโณทัย จำปีทอง. 2554. **ชีววิทยาพรรณไม้น้ำ.** เชียงใหม่: ชมพูการพิมพ์

อัญชลี จาละ. 2553. **เอกสารประกอบการสอนวิชา ทช. 341 การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ.** คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. ค้นวันที่ 26 พฤษภาคม 2556. จาก http://ocw.tu.ac.th/eLearning/BT341/Unit4/sl_140402.swf.

อาทิตย์ ประสาทกุล. 2545. **ไปเก็บคริปที่ระนอง.** ค้นวันที่ 22 มิถุนายน 2557 จาก http://www.siamensis.org/exsiam/s003.html.

อารษา หงส์เพรช. 2555. **การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช (Plant tissue culture).** กรุงเทพฯ: กองการวิจัยกรมวิทยาศาสตร์บริการ.

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2538. **การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Hydroponic)**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2556. **การปลูกพืชในวัสดุปลูก (Substrate culture).** สมุทรปราการ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

อุบล สมส่ง. 2554. **การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช.** ชุมชนนักปฏิบัติ. เพชรบุรี: มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี.

อรดี สหวัชรินทร์. 2540. **หลักการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภาคผนวก

ภาพผนวกที่ 1 การตัดแบ่งเหง้าผมหอม

ภาพผนวกที่ 2 การแบ่งแยกเนื้อเยื่อบอนแดง (cbl เป็นอักษรย่อแทน *C. blassii*)

ประวัตินักวิจัย

ลำดับที่ 1 นางสบาย ตันไทย (หัวหน้าโครงการ)
ผู้ช่วยศาสตราจารย์
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ต.เขารูปช้าง อ.เมือง จ.สงขลา 90000

ลำดับที่ 2 ดร.กาญจนรี พงษ์ฉวี
หัวหน้ากลุ่มงานวิจัยพรรณไม้น้ำ สถาบันวิจัยสัตว์น้ำสวยงามและพรรณไม้น้ำ
กรมประมง เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 109000

ลำดับที่ 3 ดร.รัชฎา เศรษฐวงศ์สิน
อาจารย์
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ต.เขารูปช้าง อ.เมือง จ.สงขลา 90000

ลำดับที่ 4 ดร.จักรกริช อนันตศรัณย์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ต.เขารูปช้าง อ.เมือง จ.สงขลา 90000

ลำดับที่ 5 นายพงษ์ศักดิ์ มานสุริวงศ์
อาจารย์
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ต.เขารูปช้าง อ.เมือง จ.สงขลา 90000

ลำดับที่ 6 นายประสพโชค ตันไทย
วิศวกรการเกษตรชำนาญการ
กลุ่มวิชาการ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 8
ต.คอหงส์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110