



การศึกษาผลของความเค็มและปริมาณไนเตรท
ต่อการงอกและการเจริญของหญ้าทะเล *Enhalus acoroides*



วิรัชดา แพทอง

อภิรักษ์ หนาคร

ห้องสมุดคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหิดล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

พ.ศ. 2542

ISBN 974-663-202-7

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยมหิดล

๖๗

๖๖๘๙๗

๖๕๔๖

ค-๖

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาผลของความเค็มและปริมาณไนเตรท

ต่อการงอกและการเจริญของหน่อยาทะเล *Enhalus acoroides*

วิรัชดา แพทอง

นางสาว วิรัชดา แพทอง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิชา ศรีมโนภาษ D.Sc.

ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์จำลอง อรุณเลิศอารีย์ Ph.D.

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

นายลือชัย ดรณชู วท.ม.

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

ศาสตราจารย์เลียงชัย ลิ้มล้อมวงศ์ Ph.D.

คณบดี

บัณฑิตวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย

นางเรวดี โรจนกนันท์ M.Sc.

นางเรวดี โรจนกนันท์ M.Sc.

ประธานกรรมการประจำหลักสูตร

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาผลของความเค็มและปริมาณไนเตรท

ต่อการงอกและการเจริญของหญ้าทะเล *Enhalus acoroides*

ได้รับการพิจารณาให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม

วันที่ 27 กันยายน พ.ศ. 2542

นางสาว วิรัชดา แพทอง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิชา ศรีมน โนภาษ D.Sc.

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์จำลอง อรุณเลิศอารีย์ Ph.D.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิชา พงษ์มาสา วท.ม.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

นายลือชัย ธรรมสุข วท.ม.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ศาสตราจารย์เลียงชัย ลิ้มล้อมวงศ์ Ph.D.

คณบดี

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

รองศาสตราจารย์อนุชาติ พวงสำลี Ph.D.

คณบดี

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์

มหาวิทยาลัยมหิดล

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยและการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สามารถสำเร็จสมบูรณ์ได้ เพราะได้รับความอนุเคราะห์จาก ผ.ศ.ดร.วิทยา ศรีมโนภาย ที่ได้ให้คำแนะนำและชี้แนะแนวทางอันเป็นประโยชน์ต่อการวิจัย ตั้งแต่เริ่มต้นจนจบการศึกษา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ กราบขอบพระคุณ ผ.ศ.ดร. จำลอง อรุณเลิศอารีย์ ที่ได้ตรวจสอบความถูกต้องสมบูรณ์ของเนื้อหาและให้กำลังใจผู้วิจัย กราบขอบพระคุณอาจารย์ลือชัย ครุฑชู ผู้ให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ ตลอดจนให้ความอุปการะดูแลผู้วิจัยตลอดการศึกษา และกราบขอบพระคุณ ผ.ศ.วิทยา พงษ์มาลา ที่ได้ให้คำชี้แนะอันเป็นประโยชน์ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

กราบขอบพระคุณคุณคุณสมักร วรินทร์วาท และคุณสุรนต์ วรินทร์วาท สำหรับกำลังใจและความดูแลเอาใจใส่ตลอดมา

ผู้วิจัยขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือในการศึกษา ได้แก่ คุณสมิตรา พานิชกุล คุณสาวตรี เอี่ยมตระกูล คุณจุลพงษ์ การุณพัคค์ คุณรพีพร คำรัตน์ คุณปฐมภรณ์ ถิหงวน คุณวรรณมา จินดาศรี คุณเสกสรร อร่ามดี และโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ขอขอบคุณคุณสุรัช อินทสุวรรณ ผู้ให้ความช่วยเหลือในทุกเรื่องงานตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จการศึกษา

ขอขอบคุณเพื่อนๆ สาขาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อมรุ่นที่ 21 ทุกคน สำหรับความเข้าใจและร่วมกันเป็นกำลังใจซึ่งกันและกันตลอดมา

และท้ายที่สุด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อและคุณแม่ น้องเอิร์ท และทุกคนในครอบครัวอันเป็นที่รัก ผู้อยู่เบื้องหลังความสำเร็จในทุกๆ ครั้งของผู้วิจัย ที่ได้ให้การสนับสนุนทั้งแรงกายและแรงใจ ด้วยความรักและเข้าใจตลอดมา

วิรัชดา แพทอง

3736436 ENTM/M :สาขาวิชา: เทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม; วท.ม.(เทคโนโลยีการบริหาร
สิ่งแวดล้อม)

คำสำคัญ :หญ้าทะเล / การเพาะ / ความเค็ม / ปริมาณไนเตรท

วิธีหาแพทอง : การศึกษาผลของความเค็มและปริมาณไนเตรทต่อการงอกและการเจริญ
ของหญ้าทะเล *Enhalus acoroides* (STUDIES ON SALINITY AND NITRATE TO THE SEED
GERMINATION AND SEEDLING GROWTH OF SEAGRASS *Enhalus acoroides*). คณะ
กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ : วิชา ศรีมโนภาส, D.Sc., จำลอง อรุณเลิศอารีย์, Ph.D., ถือชัย ธรรมชู,
M.Sc., 74 หน้า. ISBN 974-663-202-7.

การวิจัยในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับความเค็มและปริมาณไนเตรทที่เหมาะสม
ต่อการงอกและการเจริญของต้นอ่อนหญ้าทะเล *Enhalus acoroides* หรือหญ้าชะเงาใบขาว การวิจัยมี
รูปแบบเป็นการวิจัยเชิงทดลอง ศึกษาอิทธิพลของความเค็ม 5 ระดับและปริมาณไนเตรท 4 ระดับ วาง
แผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลขนาด 5 X 4 ทำการเพาะเมล็ดหญ้าชะเงาใบขาวจำนวน 10 เมล็ดใน
แต่ละหน่วยการทดลองในน้ำทะเลสังเคราะห์สูตรของ Umebayashi (1961) และทำการเพาะในน้ำ
ทะเลธรรมชาติอีก 1 หน่วยการทดลอง เพื่อใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบกับหน่วยการทดลองที่ให้ผลการ
เพาะที่ดีที่สุด ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ โดยใช้ข้อมูลอัตราการงอกของเมล็ด อัตราการ
รอดชีวิตของต้นอ่อน และขนาดของต้นอ่อนหญ้าทะเล เป็นดัชนีวัดความเหมาะสมของระดับปัจจัย

ผลการทดลองพบว่า การงอกของเมล็ดและอัตราการรอดชีวิตของต้นอ่อนในแต่ละหน่วย
การทดลองอยู่ในช่วง 96-98% และไม่มีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาขนาด
ของต้นอ่อนหญ้าทะเล พบว่าที่ระดับความเค็ม 20-30 ppt. และปริมาณไนเตรท 0.01 mg/l ให้ขนาด
ของต้นอ่อนหญ้าทะเลที่ขาวที่สุด เมื่อนำข้อมูลต้นอ่อนหญ้าทะเลที่เพาะในระดับความเค็ม 25 ppt.
ปริมาณไนเตรท 0.01 mg/l ที่ให้ขนาดของต้นอ่อน 5.21 เซนติเมตร ซึ่งเป็นขนาดของต้นอ่อนหญ้า
ทะเลที่ขาวที่สุด มาทำการเปรียบเทียบกับหน่วยการทดลองชุดน้ำทะเลธรรมชาติ ซึ่งให้ขนาดของต้น
อ่อนหญ้าทะเล 4.40 เซนติเมตร พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อนำข้อ
มูลความยาวรากของต้นอ่อนหญ้าทะเลมาพิจารณาประกอบ ทำให้สามารถสรุปได้ว่า ระดับปัจจัยที่
เหมาะสมต่อการเพาะเมล็ดหญ้าชะเงาใบขาวให้เจริญเป็นต้นอ่อน เพื่อนำไปขยายปลูกในทะเลนั้น คือที่
ความเค็ม 20-25 ppt และปริมาณไนเตรท 0.01 mg/l

ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการขยายพื้นที่แหล่งหญ้าทะเล และ
เพื่อทดแทนแหล่งหญ้าทะเลที่ถูกทำลาย

3736436 ENTM/M :MAJOR: TECHNOLOGY OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT; M.Sc.
(TECHNOLOGY OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT)

KEY WORDS :SEAGRASS / CULTURE / SALINITY / NITRATE

WIRATCHADA PHAETHONG : STUDIES ON SALINITY AND NITRATE TO THE
SEED GERMINATION AND SEEDLING GROWTH OF SEAGRASS *Enhalus acoroides*. THESIS
ADVISORS : VITHYA SRIMANOBHAS, D.Sc., CHAMLONG ARUNLERTAREE, Ph.D., LUECHAI
DAROONCHOO, M.Sc., 74 p. ISBN 974-663-202-7.

The purpose of this study is to investigate the suitability of salinity and nitrate amount for the seed germination and seedling growth of seagrass *Enhalus acoroides*. This experimental study researched 5 levels of salinity and 4 levels of nitrate amount. The experiment was planned by Factorial. Ten seeds were placed each in experimental unit. The units were placed in synthetic seawater using Umebayashi formula (1961) and in natural seawater. The seedlings cultured in natural seawater were used to compare with the seedlings from the experimental unit. The experiment took 4 weeks. The criteria for deciding suitable factor levels were seed germination rate, seedling survival rate and seedling size.

The result showed that the seed germination rate and seedling survival rate in each of the experimental units was 96-98% with no significant difference among them. The best seedling size was found at 20-30 ppt. salinity and 0.01 mg/l NO_3^- . Seedling cultured in 25 ppt. And 0.01 mg/l NO_3^- gave the largest seedling size, compared with seedlings cultured in natural seawater. The result was no significant difference between them. Then used the root data considered with, the result can make this study that suggest suitable factor levels to culture *Enhalus acoroides* seedling for transplant is 20-25 ppt. salinity and 0.01 mg/l NO_3^- .

The result of this study can be used as a guideline for seagrass meadow propagation or to renew destroyed seagrass meadow.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ญ
บทที่	
1. บทนำ	
1.1 ที่มาและเหตุผล	1
1.2 แนวคิดในการวิจัย	7
1.3 วัตถุประสงค์ในการวิจัย	14
1.4 สมมติฐานของการวิจัย	14
1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับจากงานวิจัย	14
2. ทบทวนวรรณกรรม	
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเห็บทะเล	15
2.2 ชีวิตวิทยาของ <i>Enhalus acoroides</i>	16
2.3 สถานภาพเห็บทะเลและแหล่งเห็บทะเลของประเทศไทย	20
2.4 ผลของความเค็มต่อเห็บทะเล	23
2.5 ผลของไนโตรเจนต่อเห็บทะเล	24
2.6 การงอกของเมล็ดเห็บทะเล	26
2.7 วิธีการย้ายปลูก	27
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	28
3. วัสดุและวิธีการ	
3.1 การกำหนดระดับปัจจัยที่ทดลอง	30
3.2 วิธีการทดลอง	31
3.3 การเก็บข้อมูล	34

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล	34
4. ผลการศึกษาและอภิปรายผล	
4.1 สภาวะแวดล้อมในการทดลอง	37
4.2 ผลการเพาะเมล็ดพันธุ์ชะเงาใบขาว	40
4.3 ลักษณะต้นอ่อนพันธุ์ชะเงาใบขาว	52
4.4 ผลการวิเคราะห์สถิติ	53
4.5 อภิปรายผล	58
5. สรุปและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	63
5.2 ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษา	64
เอกสารอ้างอิง	65
ภาคผนวก ข้อมูลสถิติของต้นอ่อนพันธุ์ชะเงา	69
ประวัติผู้วิจัย	

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การแพร่กระจายของหญ้าทะเลในประเทศไทย	22
2.2 คุณภาพน้ำบริเวณชายฝั่งตะวันออกช่วงตุลาคม 2535 - มีนาคม 2536	26
4.1 สรุปผลอัตราการงอกของเมล็ด อัตราการรอดชีวิตของต้นอ่อน ขนาดของต้นอ่อน และความยาวรากของต้นอ่อนหญ้าชะเงาใบขาวในแต่ละทรีตเมนต์	41
4.2 ข้อมูลต้นอ่อนหญ้าชะเงาใบขาวที่เพาะที่ความเค็ม 15 ppt. ปริมาณไนเตรท 0.1 mg/l	42
4.3 ข้อมูลต้นอ่อนหญ้าชะเงาใบขาวที่เพาะที่ความเค็ม 15 ppt. ปริมาณไนเตรท 0.01 mg/l	42
4.4 ข้อมูลต้นอ่อนหญ้าชะเงาใบขาวที่เพาะที่ความเค็ม 15 ppt. ปริมาณไนเตรท 0.001 mg/l	43
4.5 ข้อมูลต้นอ่อนหญ้าชะเงาใบขาวที่เพาะที่ความเค็ม 15 ppt. free nitrate	43
4.6 ข้อมูลต้นอ่อนหญ้าชะเงาใบขาวที่เพาะที่ความเค็ม 20 ppt. ปริมาณไนเตรท 0.1 mg/l	44
4.7 ข้อมูลต้นอ่อนหญ้าชะเงาใบขาวที่เพาะที่ความเค็ม 20 ppt. ปริมาณไนเตรท 0.01 mg/l	44
4.8 ข้อมูลต้นอ่อนหญ้าชะเงาใบขาวที่เพาะที่ความเค็ม 20 ppt. ปริมาณไนเตรท 0.001 mg/l	45
4.9 ข้อมูลต้นอ่อนหญ้าชะเงาใบขาวที่เพาะที่ความเค็ม 20 ppt. free nitrate	45
4.10 ข้อมูลต้นอ่อนหญ้าชะเงาใบขาวที่เพาะที่ความเค็ม 25 ppt. ปริมาณไนเตรท 0.1 mg/l	46

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.11	ข้อมูลต้นอ่อนหญ้าชะเงาใบขาวที่เพาะที่ความเค็ม 25 ppt. ปริมาณไนเตรท 0.01 mg/l	46
4.12	ข้อมูลต้นอ่อนหญ้าชะเงาใบขาวที่เพาะที่ความเค็ม 25 ppt. ปริมาณไนเตรท 0.001 mg/l	47
4.13	ข้อมูลต้นอ่อนหญ้าชะเงาใบขาวที่เพาะที่ความเค็ม 25 ppt. free nitrate	47
4.14	ข้อมูลต้นอ่อนหญ้าชะเงาใบขาวที่เพาะที่ความเค็ม 30 ppt. ปริมาณไนเตรท 0.1 mg/l	48
4.15	ข้อมูลต้นอ่อนหญ้าชะเงาใบขาวที่เพาะที่ความเค็ม 30 ppt. ปริมาณไนเตรท 0.01 mg/l	48
4.16	ข้อมูลต้นอ่อนหญ้าชะเงาใบขาวที่เพาะที่ความเค็ม 30 ppt. ปริมาณไนเตรท 0.001 mg/l	49
4.17	ข้อมูลต้นอ่อนหญ้าชะเงาใบขาวที่เพาะที่ความเค็ม 30 ppt. free nitrate	49
4.18	ข้อมูลต้นอ่อนหญ้าชะเงาใบขาวที่เพาะที่ความเค็ม 35 ppt. ปริมาณไนเตรท 0.1 mg/l	50
4.19	ข้อมูลต้นอ่อนหญ้าชะเงาใบขาวที่เพาะที่ความเค็ม 35 ppt. ปริมาณไนเตรท 0.01 mg/l	50
4.20	ข้อมูลต้นอ่อนหญ้าชะเงาใบขาวที่เพาะที่ความเค็ม 35 ppt. ปริมาณไนเตรท 0.001 mg/l	51
4.21	ข้อมูลต้นอ่อนหญ้าชะเงาใบขาวที่เพาะที่ความเค็ม 35 ppt. free nitrate	51
4.22	ข้อมูลต้นอ่อนหญ้าชะเงาใบขาวที่เพาะในน้ำทะเลธรรมชาติ	52

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 สิ่งมีชีวิตที่อาศัยบนใบหญ้าทะเล Eel grass	2
1.2 ห่วงโซ่อาหารในแหล่งหญ้าทะเล	3
1.3 แสดงการคัดเลือกปัจจัยศึกษา	13
2.1 <i>Enhalus acoroides</i>	18
2.2 การแพร่กระจายของ <i>Enhalus acoroides</i>	19
2.3 แหล่งหญ้าทะเลในบึงบอระเพ็ด	20
3.1 แผนภาพแสดงวิธีการทดลอง	36
4.1 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตลอดการทดลอง	38
4.2 การเปลี่ยนแปลงของความเข้มแสงตลอดการทดลอง	38
4.3 ค่า DO ในแต่ละปริมาณไนเตรท	39
4.4 ค่า pH ในแต่ละระดับความเค็ม	39
4.5 ผลของหญ้าทะเลในบึง	40
4.6 ลักษณะต้นอ่อนหญ้าทะเลในบึงอายุ 4 สัปดาห์	53
4.7 อัตราการงอกของเมล็ดหญ้าทะเลในแต่ละระดับความเค็ม	54
4.8 ขนาดของต้นอ่อนหญ้าทะเลในแต่ละระดับความเค็ม	55
4.9 อัตราการงอกของเมล็ดหญ้าทะเลในแต่ละปริมาณไนเตรท	56
4.10 ขนาดของต้นอ่อนหญ้าทะเลในแต่ละปริมาณไนเตรท	57
4.11 ต้นอ่อนหญ้าทะเลในบึงอายุ 4 สัปดาห์ที่ที่เพาะในน้ำทะเลธรรมชาติ กับต้นอ่อนหญ้าทะเลที่เพาะระดับความเค็ม 25 ppt. ปริมาณไนเตรท 0.01 mg/l	58

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและเหตุผล

หญ้าทะเล เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศชายฝั่งเป็นอย่างมาก ทั้งในแง่ของการเป็นผู้ผลิตขั้นปฐมภูมิ (Primary producer) ในระบบห่วงโซ่อาหาร (Food chain) เป็นแหล่งอาศัย แหล่งวางไข่ และที่หลบซ่อนศัตรูของสัตว์ทะเลต่างๆ นอกจากนี้ แหล่งหญ้าทะเลยังช่วยป้องกันการพังทลายของพื้นที่ชายฝั่งอีกด้วย

ความสำคัญของแหล่งหญ้าทะเลต่อระบบนิเวศชายฝั่ง สามารถสรุปได้เป็น 5 ประเด็นดังนี้

1. เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์ทะเล

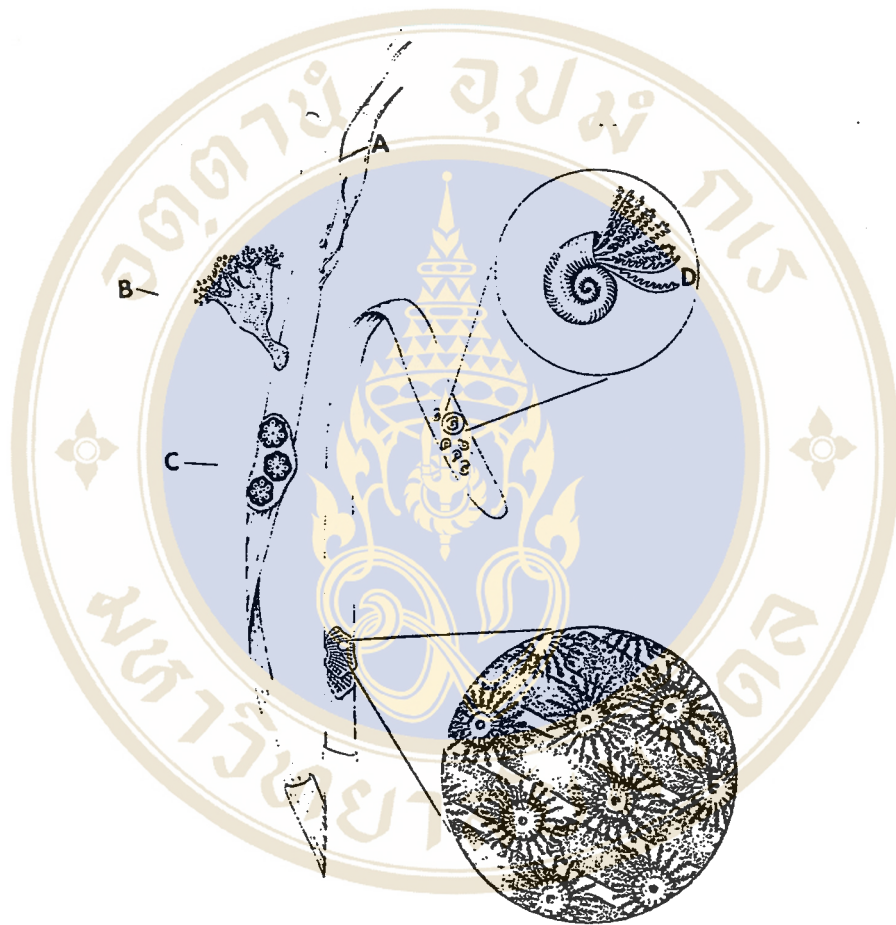
ในบริเวณแหล่งหญ้าทะเลมีสัตว์ทะเลมากมายเข้ามาอาศัย บางชนิดเข้ามาอาศัยเพียงส่วนหนึ่งของวงจรชีวิต แต่บางชนิดอาจเข้ามาอาศัยตลอดชีวิต จากการศึกษาของ Thorhaug และ Roessler (1) พบว่าในบริเวณแหล่งหญ้าทะเลมีสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังอาศัยอยู่ 364 ชนิด และปลา 150 ชนิด อันเป็นเครื่องแสดงให้เห็นได้ว่าแหล่งหญ้าทะเลเป็นบริเวณที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง

ในประเทศไทยก็มีการศึกษาเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตในแหล่งหญ้าทะเลเช่นกัน สมชัย (2) ศึกษาตัวอย่างกุ้งทะเลจากแหล่งหญ้าทะเลบริเวณชายฝั่งจังหวัดพังงาถึงจังหวัดสตูล พบกุ้งทะเลกลุ่ม Penaeid 8 ชนิด ซึ่งในจำนวนนี้ มีกุ้งทะเลชนิดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจรวมอยู่ด้วย

สุภาวดี (3) ศึกษาสัตว์หน้าดินขนาดเล็กในอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี พบสัตว์หน้าดินขนาดเล็กทั้งหมด 19 กลุ่ม จาก 12 Phylum เมื่อเปรียบเทียบจำนวนกลุ่มของสัตว์หน้าดินที่พบในบริเวณที่มีหญ้าทะเลกับบริเวณที่ไม่มีหญ้าทะเล ปรากฏว่ามี 19 กลุ่มเท่ากัน แต่ในบริเวณที่มีหญ้าทะเลมีจำนวนตัวสัตว์มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. เป็นแหล่งอาหารของสัตว์ทะเล

แหล่งหญ้าทะเลเป็นบริเวณที่มีความอุดมสมบูรณ์ของสิ่งมีชีวิตนานาชนิด มีทั้งผู้ผลิตเบื้องต้นและผู้บริโภคในระดับต่างๆ ในห่วงโซ่อาหาร สัตว์ที่อาศัยบริเวณแหล่งหญ้าทะเลบางชนิดกินหญ้าทะเลเป็นแหล่งอาหารโดยตรง เช่น พะยูน เต่าทะเล บางชนิดกินซากเน่าเปื่อยของหญ้าทะเล บางชนิดกินสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่อาศัยบนใบหญ้าทะเล (epiphyte) ขณะเดียวกัน สัตว์เหล่านี้ก็ถูกกินโดยสัตว์อื่นที่มีขนาดใหญ่กว่า ดังรูปที่ 1.1 แสดงภาพสิ่งมีชีวิตที่อาศัยบนใบหญ้าทะเล Eelgrass



a = Enteromorpha

b = Haliclitus

c = Sea squirts

d = Spirorbis

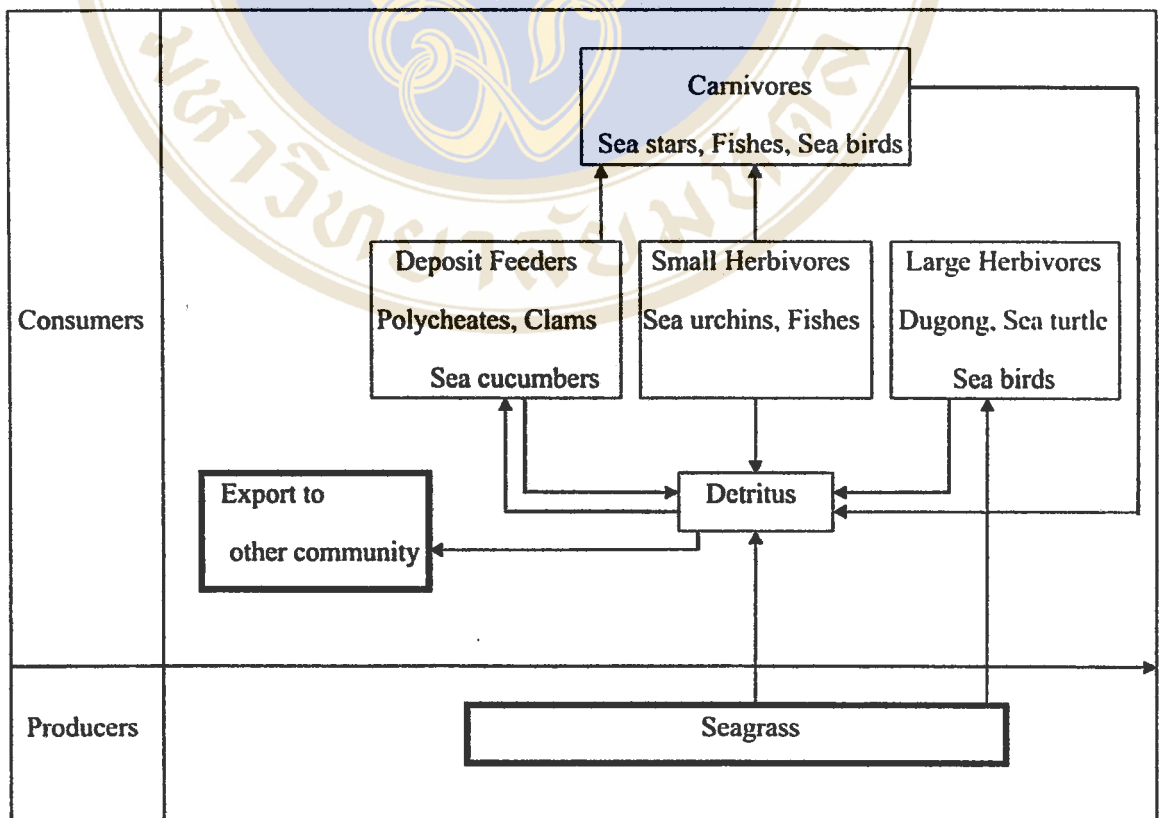
c = Bryozoans

รูปที่ 1.1 สิ่งมีชีวิตที่อาศัยบนใบหญ้าทะเล Eel grass (4)

3. แหล่งสะสมอาหาร

นอกจากหญ้าทะเลจะเป็นแหล่งอาหารของสิ่งมีชีวิตในทะเลแล้ว แหล่งหญ้าทะเลยังเป็นแหล่งสะสมอาหาร สารอาหารส่วนหนึ่งได้มาจากการเน่าสลายของส่วนต่างๆ ของหญ้าทะเล อีกส่วนหนึ่งได้จากสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่อาศัยในบริเวณนั้น สิ่งมีชีวิตเหล่านี้เมื่อตายลงจะถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรีย ได้สารประกอบอินทรีย์และสารประกอบอนินทรีย์ที่มีคาร์บอนและไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ สารประกอบอินทรีย์เหล่านี้เป็นอาหารของสิ่งมีชีวิตบางชนิด สารประกอบอินทรีย์บางส่วนที่ละลายน้ำได้จะถูกนำไปใช้โดยแพลงก์ตอนพืชในกระบวนการสังเคราะห์แสง

ขบวนการนำเปื่อยย่อยสลายของสารอินทรีย์จากส่วนต่างๆ ของหญ้าทะเลโดยเฉพาะราก เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดปฏิกริยารีดักชันของสารประกอบซัลเฟตและการหมุนเวียนของซัลเฟต ซึ่งจะอยู่ในชั้นดินที่ขาดออกซิเจนจากมวลน้ำสู่ตะกอนดินในแหล่งหญ้าทะเล และจากการที่หญ้าทะเลสามารถดูดซึมธาตุอาหารได้ทั้งทางใบและราก โดยที่รากดูดซับฟอสฟอรัสแล้วส่งขึ้นไปสู่ใบ จึงเป็นการหมุนเวียนฟอสเฟตจากดินตะกอนสู่แหล่งน้ำ ในโตรเจนก็ถูกดูดซึมโดยรากแล้วส่งต่อไปยังใบ แล้วจึงกลับสู่แหล่งน้ำเช่นกัน เป็นการทำให้ธาตุอาหารในดินถูกหมุนเวียนกลับสู่มวลน้ำอีกครั้งทำให้วัฏจักรในน้ำสมบูรณ์ขึ้น(5) ห่วงโซ่อาหารในแหล่งหญ้าทะเลแสดงในรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 ห่วงโซ่อาหารในแหล่งหญ้าทะเล (4)

4. แหล่งวางไข่และอนุบาลสัตว์น้ำ

หญ้าทะเลเจริญเติบโตได้ดีในบริเวณชายฝั่งที่คลื่นลมค่อนข้างสงบ และมักจะเจริญเติบโตกันเป็นพื้นที่กว้าง ทำให้แหล่งหญ้าทะเลเหมาะสมต่อการเป็นที่วางไข่ ฟักตัว และอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนหลายชนิด ในบรรดาสัตว์น้ำเหล่านั้นมีบางชนิดที่เป็นสัตว์ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เช่น ลูกปลาเก๋า ปลากะพง ปู กุ้ง หอย แหล่งหญ้าทะเลทางตอนเหนือของประเทศออสเตรเลียเป็นบริเวณสำหรับอนุบาลลูกกุ้ง *Panaeidae* (6) ชาวประมงในประเทศไทยที่ดักบ้านเรือนอยู่ริมทะเลในบางพื้นที่ มีอาชีพช้อนลูกปลาเก๋ายขาย หรือนำไปเลี้ยงแล้วขายเมื่อโต ได้ขนาด (7)

5. ป้องกันการพังทลายของพื้นที่ชายฝั่ง

รากและเหง้าของหญ้าทะเลที่แผ่และอยู่กันอย่างหนาแน่นปกคลุมตามพื้นที่ท้องทะเล ช่วยยึดเกาะอนุภาคดินตะกอนไว้ด้วยกัน ใบหญ้าทะเลที่หนาแน่นสามารถต้านคลื่นลมโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงที่มีพายุรุนแรงได้ จึงช่วยลดการกัดเซาะดินและการพังทลายของพื้นที่ชายฝั่ง หญ้าทะเลที่มีบทบาทสำคัญในการป้องกันการพังทลายของพื้นที่ชายฝั่งคือ *Enhalus acoroides* เพราะรากและเหง้ามีขนาดใหญ่และฝังอยู่ในดินลึก

การที่หญ้าทะเลสามารถลดความเร็วของกระแสน้ำ ยังมีผลให้ดินตะกอนที่มีอินทรีย์สารและอนินทรีย์สารตกลงมาอยู่บริเวณรอบหญ้าทะเล เป็นการช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับดินในบริเวณนั้น และหญ้าทะเลยังทำหน้าที่ร่วมกับป่าชายเลนในการกรองตะกอนดินไม่ให้ไหลไปทับถมแนวปะการัง ทำให้น้ำใส และปะการังเจริญได้ดี

นอกจากความสำคัญในระบบนิเวศชายฝั่งแล้ว หญ้าทะเลยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้อีกด้วย ชาวสวนใน Florida นำหญ้าทะเลชนิด *Syringodium isoetifolium* หรือ Syringe grass มาตากแห้งแล้วนำไปเป็นปุ๋ยใส่ดินมะเขือเทศและสตรอเบอรี่ ในประเทศเยอรมันใช้หญ้าทะเลบางชนิดผลิตกระดาษ (8) ชาวพื้นเมืองฟิลิปปินส์และอินโดนีเซียใช้ประโยชน์จากหญ้าทะเลในหลายลักษณะ เช่น ทำตะกร้า สานเป็นเสื่อ มุงหลังคา ทำปุ๋ย ประกอบอาหารและปรุงเป็นยารักษาโรค (9) ชนเผ่า Seri Indians ในเม็กซิโก นำเมล็ดหญ้าทะเล *Zostera marina* มาใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารพื้นเมือง และบดเป็นแป้งผสมในอาหารซึ่งสามารถรักษาโรคท้องร่วงในเด็กได้ นำใบและลำต้นมาสานเป็นตะกร้า สานร่ม มุงหลังคา และยังนำมาประดิษฐ์เป็นตุ๊กตาและของเล่นพื้นเมือง (5) ในประเทศไทยก็มีการนำหญ้าทะเลมาใช้ประโยชน์โดยตรงเช่นกัน โดยผลของหญ้าทะเลชนิด *Enhalus acoroides* หรือหญ้าชะเงาใบยาว สามารถนำมารับประทานและใช้เป็นสมุนไพรรักษาโรค (3)

คุณค่าของแหล่งหญ้าทะเลอาจวัดเป็นตัวเงินได้เช่นกัน (Monetary value) โดยวัดที่ผลผลิตประมงจากแหล่งหญ้าทะเลนั้น ที่ Cairns North Queensland มีผลผลิตประมงจากแหล่งหญ้าทะเลคิดเป็นจำนวนเงินได้ประมาณปีละ 540,000 เหรียญสหรัฐ ที่ Puget Sound ใน Washington ผลผลิตประมงจากแหล่งหญ้าทะเลชนิด Eelgrass เป็นพื้นที่ 0.4 เฮกแตร์ คิดเป็นจำนวนเงินได้ประมาณปีละ 412,325 เหรียญสหรัฐ (8)

แหล่งหญ้าทะเลในประเทศไทย พบทั้งบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตอนบน ชายฝั่งทะเลภาคใต้ฝั่งอ่าวไทย และชายฝั่งทะเลภาคใต้ฝั่งอันดามัน ครอบคลุมพื้นที่ 19 จังหวัด สำหรับชายฝั่งทะเลภาคใต้ฝั่งอันดามันของไทย พบแหล่งหญ้าทะเลตั้งแต่จังหวัดพังงาลงมา หญ้าทะเลที่พบมี 12 ชนิด แหล่งหญ้าทะเลที่ใหญ่ที่สุดของประเทศไทยอยู่ที่หาดเจ้าไหม จังหวัดตรัง และอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี ส่วนแหล่งอื่นๆ ได้แก่ เกาะกระดาด และเกาะหมาก จังหวัดตราด เกาะสมุยและเกาะพะงัน จังหวัดสุราษฎร์ธานี อ่าวพังงา จังหวัดพังงา และท่านุ่น จังหวัดภูเก็ต (10)

ในปัจจุบัน แหล่งหญ้าทะเลในประเทศไทยหลายแห่งถูกทำลาย สาเหตุของการทำลายมีทั้งสาเหตุจากธรรมชาติ และสาเหตุจากการกระทำของมนุษย์ สาเหตุจากธรรมชาติ ได้แก่ พายุไต้ฝุ่น การเกิดแผ่นดินไหว การเกิดคลื่นลมที่รุนแรงจากการพัดพาของลมพายุที่มีกำลังแรงมาก ซึ่งนอกจากจะทำลายแหล่งหญ้าทะเลโดยตรงแล้ว ยังพัดพาเอาดินตะกอนมาตกทับถม ทำให้หญ้าทะเลตายเป็นพื้นที่กว้าง การกีดกันของสัตว์ต่างๆ ในธรรมชาติก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่สำคัญ กาญจนภรณ์ และจรรย์ (7) ให้อาหารสัตว์ที่กินหญ้าทะเลเป็นอาหารถึง 154 ชนิด ในบรรดาสัตว์เหล่านี้ พะยูนเป็นตัวทำลายสำคัญ เพราะกินหญ้าทะเลในปริมาณสูงถึงวันละ 25 กิโลกรัม โดยขูดกินทั้งรากและเหง้า จรรย์และสมหมาย (11) ศึกษาการเจริญทดแทนของหญ้าทะเลชนิด *Halophila ovalis* ในรอยที่เกิดจากการกินของพะยูน พบว่าการเกิดการเจริญทดแทนจนมีมวลชีวภาพเท่าปกติใช้เวลาเพียง 2 เดือน จึงอาจกล่าวได้ว่า การทำลายหญ้าทะเลจากการกีดกันของสัตว์ตามธรรมชาตินั้น สามารถกลับคืนสู่สภาพปกติได้ภายในเวลาไม่นานนัก

สาเหตุจากการกระทำของมนุษย์ เป็นการนำทรัพยากรธรรมชาติมาใช้ประโยชน์อย่างขาดความระมัดระวัง โดยการพัฒนาพื้นที่ชายฝั่งทะเลเพื่อประกอบกิจกรรมต่างๆ ได้แก่ การทำลายป่าไม้ ซึ่งทำให้ตะกอนดินถูกชะล้างลงแม่น้ำและทะเล ทำให้น้ำขุ่น ลดอัตราการสังเคราะห์แสงของหญ้าทะเล เมื่อตกตะกอนก็จะทับถมทำให้หญ้าทะเลตายได้ ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกันกับการทำเหมืองแร่ที่ปล่อยตะกอนลงสู่แหล่งน้ำเป็นปริมาณมาก การทำประมงชายฝั่งโดยเครื่องมือประมงบางชนิด เช่น อวนรุน อวนลากหน้าดิน หรือการระเบิดปลา ก็เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำลายแหล่งหญ้าทะเลโดยตรงอย่างรวดเร็วและรุนแรง นอกจากนี้ น้ำทิ้งจากกิจกรรมต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีสารเคมี โลหะหนักเจือปน และมีอุณหภูมิสูง น้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงชายฝั่งซึ่งมี

ปฏิชีวนะ หรือน้ำที่จากอาคารบ้านเรือน จากการศึกษาของ Thorhaug (12) พบว่าการสูญเสียแหล่งหญ้าทะเลที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้สูญเสียแหล่งหญ้าทะเลอย่างถาวร หรือต้องใช้เวลาเวลานานกว่าจะกลับคืนสู่สภาพเดิมได้ ซึ่งอาจต้องใช้เวลาตั้งแต่ 6 ถึง 100 ปี

แนวโน้มของปัญหาความเสื่อมโทรมของแหล่งหญ้าทะเลยิ่งทวีความรุนแรงยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การลดจำนวนลงของพะยูนที่กินหญ้าทะเลเป็นอาหาร ข่มบ่งชี้ถึงสถานภาพของหญ้าทะเลที่ลดน้อยลงได้เป็นอย่างดี หากยังปล่อยให้แหล่งหญ้าทะเลถูกทำลายลงไปเรื่อยๆ ข่มก่อให้เกิดผลเสียต่อระบบนิเวศชายฝั่ง ความอุดมสมบูรณ์ของสัตว์น้ำจะลดลง ส่งผลกระทบต่อชาวประมงพื้นบ้านที่อาศัยการทำประมงในแหล่งหญ้าทะเลเป็นรายได้หลัก ก่อให้เกิดปัญหาเศรษฐกิจและสังคมตามมาอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

ในการจัดการทรัพยากรชายฝั่งของไทย มีกรมพัฒนาที่ดินเป็นผู้รับผิดชอบในการเตรียมแผนพัฒนาที่ดินชายฝั่งทะเลระดับจังหวัด โดยใช้วิธีการกำหนดเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณชายฝั่ง (Zoning) มีหลักการคือ แบ่งพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ออกเป็น 3 เขต คือ พื้นที่สงวน พื้นที่อนุรักษ์ และพื้นที่พัฒนา ซึ่งแนวคิดในการวางแผนนี้มุ่งเน้นบริเวณที่เป็นพื้นดิน ละเลยบริเวณพื้นน้ำ (13) เป็นเพียงการป้องกันผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อแหล่งหญ้าทะเลจากกิจกรรมที่ใช้พื้นที่ชายฝั่ง ไม่ได้เป็นการส่งเสริมให้เกิดการแพร่กระจายของแหล่งหญ้าทะเล มีผลเพียงทำให้แหล่งหญ้าทะเลคงสภาพเดิมไว้เท่านั้น ดังนั้น หากมีการปลูกหญ้าทะเลทดแทนแหล่งหญ้าทะเลที่ถูกทำลายไป และขยายแนวหญ้าทะเลไปยังพื้นที่ที่ไม่เคยมีหญ้าทะเลขึ้นอยู่ ก็จะเป็นการช่วยอนุรักษ์แหล่งหญ้าทะเลได้อีกทางหนึ่ง

การทดลองปลูกหญ้าทะเลในระยะแรกๆ จะเป็นการปลูกโดยใช้หน่อ (Sprig) ในพื้นที่เล็กๆ มีผู้ทดลองปลูกด้วยวิธีนี้หลายราย โดยหญ้าทะเลชนิดที่ทำการทดลองคือ *Thalassia testudinum* จากการศึกษาของ Kelly และคณะ (14) พบว่าการปลูกหญ้าทะเลด้วยวิธีนี้ประสบความสำเร็จในระดับต่ำ กล่าวคือ มีอัตราการตายในแปลงทดลองสูงถึงร้อยละ 80 ในช่วง 6 เดือนแรกที่ทำการทดลอง ต่อมา Thorhaug (15) ทดลองปลูก *Thalassia testudinum* โดยการเพาะเมล็ดจนโตได้ขนาดแล้วนำไปปลูกในทะเลได้สำเร็จ ในหญ้าทะเลชนิดอื่นก็มีผู้ศึกษาไว้เช่นกัน DeCock (16) สามารถปลูก *Zostera marina* ในตู้กระจกจนกระทั่งมีดอก ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่า การปลูกหญ้าทะเลโดยเมล็ดมีความเป็นไปได้สูง

จากงานวิจัยของกาญจนาภรณ์และคณะ (17) ได้ทดลองเพาะเมล็ดหญ้าทะเล *Enhalus acoroides* หรือหญ้าชะเงาใบยาว พบว่าทุกเมล็ดสามารถงอกเป็นต้นได้ถ้าเมล็ดสมบูรณ์ดี และได้ให้ข้อเสนอแนะว่าควรศึกษาถึงวิธีการเพาะเมล็ดและปลูกหญ้าทะเลเพื่อทดแทนแหล่งที่ถูกทำลาย และ

หาวิธีขยายการปลูกไปยังพื้นที่ที่ไม่มีหญ้าทะเลขึ้นอยู่ เพื่อให้เกิดความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศชายฝั่งต่อไป

เมื่อพิจารณาถึงวิธีการปลูกหญ้าทะเลโดยเมล็ด สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการเพาะเมล็ดให้เป็นต้นอ่อน (Seedling) และขั้นตอนการนำต้นอ่อนที่ได้ไปปลูกในพื้นที่จริง ซึ่งทั้ง 2 ขั้นตอนต่างก็มีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่ากัน เพราะหากต้นอ่อนที่ได้ไม่แข็งแรงสมบูรณ์ เมื่อนำไปปลูกก็จะตาย หรือถ้าต้นอ่อนสมบูรณ์ดี แต่วิธีการปลูกไม่ถูกต้องเหมาะสม การปลูกก็จะไม่สำเร็จเช่นกัน

เมื่อศึกษาถึงแหล่งหญ้าทะเลในประเทศไทย จะพบว่า *Enhalus acoroides* หรือหญ้าชะเงาใบขาว (หญ้าเงา หญ้างอ หรือว่านน้ำ) เป็นหญ้าทะเลชนิดที่มีการแพร่กระจายสูง สามารถเจริญได้ทั้งในพื้นที่ทรายและพื้นโคลน มีรากและเหง้าขนาดใหญ่ฝังอยู่ลึก สามารถยึดดินตะกอนและกรวดทรายได้เป็นอย่างดี ดังนั้น หากสามารถเพิ่มพื้นที่แหล่งหญ้าทะเลชนิดนี้ได้ นอกจากจะเป็นการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับระบบนิเวศชายฝั่งแล้ว ยังเป็นการป้องกันการพังทลายของพื้นที่ชายฝั่งอีกด้วย แต่เท่าที่ปรากฏ ไม่พบว่ามีงานวิจัยที่ทำการปลูกด้วยวิธีดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ *Enhalus acoroides* เป็นหญ้าทะเลชนิดที่แพร่กระจายในเขตร้อน (Tropical species) ในขณะที่งานวิจัยส่วนใหญ่จะทดลองกับหญ้าทะเลที่ขึ้นในเขตอบอุ่น (Temperate species) เช่น *Zostera marina* *Thalassia testudinum* ข้อมูลพื้นฐานที่จะนำมาใช้ประยุกต์เพื่อปลูก *Enhalus acoroides* นั้นจึงมีน้อยมาก จึงจำเป็นต้องมีงานวิจัยที่จะต้องมีการศึกษาถึงวิธีการปลูกในแต่ละขั้นตอนอย่างละเอียด เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ได้จริงในระดับปฏิบัติ จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการปลูกหญ้าทะเล *Enhalus acoroides* โดยเมล็ดให้งอกเป็นต้นที่สมบูรณ์เพื่อนำไปปลูกในพื้นที่จริง ซึ่งผลที่ได้จากการวิจัยนี้ นอกจากจะทำให้ทราบถึงสภาวะที่เหมาะสมต่อการเพาะแล้ว ยังให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ที่สามารถใช้ในการขยายพื้นที่แหล่งหญ้าทะเลอีกด้วย

1.2 แนวคิดในการวิจัย

สิ่งสำคัญในการเริ่มต้นการวิจัยครั้งนี้ คือการคัดเลือกปัจจัยที่จะทำการศึกษา เพราะหากปัจจัยที่ศึกษาเป็นปัจจัยที่มีผลอย่างยิ่งต่อการเพาะหญ้าทะเล คำตอบที่ได้จากการวิจัยก็จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง การคัดเลือกปัจจัยศึกษา จะอาศัยความรู้พื้นฐานในเรื่องปัจจัยที่จำเป็นต่อการงอกและปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของหญ้าทะเล

ปัจจัยที่จำเป็นต่อการงอก ได้แก่

1. น้ำ

โดยทั่วไป เมล็ดของพืชบกต้องมีความชื้นสูงถึงร้อยละ 30-60 จึงจะงอก น้ำจะทำให้เปลือกหุ้มเมล็ดอ่อนตัวและกระตุ้นปฏิกิริยาชีวเคมีต่างๆ ภายในเมล็ด น้ำเป็นตัวทำละลายสารที่สะสมในเมล็ดและช่วยในการลำเลียงเคลื่อนย้ายสารตลอดจนธาตุอาหารภายในเมล็ดอีกด้วย (18)

แต่เนื่องจากน้ำทะเลเป็นพิษน้ำ การผสมเกสร การเกิดผล และการงอกของเมล็ด ต่างก็เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในทะเล ดังนั้น ในการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเพาะเมล็ดหญ้าทะเลจึงไม่ใช่เปอร์เซ็นต์ความชื้น แต่เป็นคุณสมบัติของน้ำทะเล

คุณสมบัติของน้ำทะเลที่มีความสำคัญต่อการแพร่กระจายของหญ้าทะเล คือ ความเค็ม ผลของระดับความเค็มต่อการเพาะเมล็ดหญ้าทะเลก็เคยมีผู้ทำการศึกษาไว้ Walker (19) ศึกษาผลของระดับความเค็มต่อการเพาะหญ้าทะเลชนิด *Amphibolis antarctica* โดยแบ่งช่วงความเค็มออกเป็น 5 ระดับ คือ 35.0 42.5 50.0 57.5 และ 65.0 ส่วนในพัน ผลการศึกษาปรากฏว่า ที่ระดับความเค็มแตกต่างกัน จะให้อัตราการงอกของเมล็ด (Germination) และอัตราการรอดของต้นอ่อน (Survival of seedling) แตกต่างกัน ต้นอ่อนของ *Amphibolis antarctica* ไม่รอดที่ 65.0 ส่วนในพัน แม้ว่าที่ระดับความเค็มนี้จะมีอัตราการงอกสูงมาก แต่ต้นอ่อนที่ได้ไม่มีการเจริญเติบโต ดังนั้น ระดับความเค็มจึงเป็นปัจจัยที่ควรนำมาศึกษาในการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างยิ่ง

2. ออกซิเจน

ออกซิเจนจำเป็นต่อกระบวนการหายใจของเมล็ดที่กำลังงอก ขบวนการงอกเป็นขบวนการของเซลล์สิ่งมีชีวิตซึ่งต้องการพลังงาน และพลังงานที่ใช้ได้จากขบวนการออกซิเดชัน โดยใช้ ออกซิเจน คือขบวนการหายใจ เมล็ดที่กำลังงอกมีอัตราการหายใจสูง ต้องการออกซิเจนเพื่อใช้ในกระบวนการหายใจเพื่อให้ได้พลังงานไปใช้ในกระบวนการเมตาบอลิซึม (Metabolism) ต่างๆ

เมล็ดของพืชบกจะงอกได้ดีถ้ามีออกซิเจนเท่ากับหรือมากกว่า 20 % และมีคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ คือ 0.03% (18) ส่วนเมล็ดที่ฝังลึกในดินหรือเมล็ดที่อยู่ในดินที่มีการระบายอากาศไม่ดีเนื่องจากมีน้ำมากเกินไป ปริมาณออกซิเจนจะลดลงเนื่องจากน้ำไปแทนที่ช่องว่างอากาศในดิน ทำให้ปริมาณออกซิเจนต่ำไม่เพียงพอต่อการหายใจของเมล็ดซึ่งมีสูง ทำให้เมล็ดมักไม่งอกเพราะมีออกซิเจนไม่เพียงพอ เมล็ดจะพักตัวอยู่ระยะหนึ่งจนกว่าจะถูกพลิกขึ้นเหนือดินหรือใกล้ผิวดินจึงจะงอกได้

สำหรับการงอกของพืชน้ำ เมล็ดจะอาศัยพลังงานจากขบวนการเฟอร์เมนเตชัน (Fermentation) ซึ่งเป็นขบวนการที่ไม่ใช้ออกซิเจน เมล็ดที่งอกได้ในน้ำนี้มีคุณสมบัติทนต่อการสะสมแอลกอฮอล์หรือสารที่เป็นพิษที่ได้จากขบวนการเฟอร์เมนเตชัน เมล็ดของพืชน้ำจึงงอกได้ดี

ในสภาวะที่มีออกซิเจนต่ำ ความชื้นสูง ซึ่งจะแตกต่างสภาวะที่เหมาะสมต่อการงอกของพืชบก ที่ต้องการออกซิเจนในปริมาณมาก

เมื่อพิจารณาถึงการงอกของเมล็ดหญ้าทะเลในสภาพธรรมชาติ เริ่มจากการที่ผลแก่ของหญ้าทะเลแตกออก ปลอຍเมล็ดหญ้าทะเลออกมาสู่ผิวน้ำและหลุดร่วงลงสู่พื้นท้องทะเล เกิดการงอกเป็นต้นหญ้าทะเลต่อไป เมล็ดหญ้าทะเลจึงเป็นเป็นเมล็ดที่งอกในน้ำ ซึ่งจะงอกได้ในสภาวะที่มีออกซิเจนต่ำ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าออกซิเจนไม่ใช่ปัจจัยที่จำเป็นต่อการงอกของเมล็ดหญ้าทะเล จึงไม่นำออกซิเจนมาเป็นปัจจัยศึกษาในครั้งนี้

3. อุณหภูมิ

อุณหภูมิที่เหมาะสมจำเป็นต่อการงอกของเมล็ด โดยอุณหภูมิเป็นตัวควบคุมการเกิดและอัตราของปฏิกิริยาทางชีวเคมี ซึ่งมีผลต่อขบวนการเจริญเติบโตที่จะตามมา พืชต่างชนิดกันจากถิ่นกำเนิดต่างๆ กันจะมีอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการงอกที่แตกต่างกัน พืชเขตหนาวมักต้องการอุณหภูมิที่ค่อนข้างต่ำในการงอก บางชนิดเมล็ดอาจต้องการอุณหภูมิที่ลดลงถึงใกล้จุดเยือกแข็งโดยที่เอนไซม์และปฏิกิริยาเคมียังคงทำงานได้ ส่วนพืชเขตร้อนต้องการอุณหภูมิที่เหมาะสมในการงอกสูงกว่าพืชในเขตหนาวมาก ในพืชบางชนิดพบว่าต้องการอุณหภูมิซึ่งต่างกันในช่วงวันและช่วงกลางคืน หรือให้อุณหภูมิสูงสลับกับอุณหภูมิต่ำ การงอกจึงจะเกิดได้ดี (20)

สำหรับ *Enhalus acoroides* เป็นหญ้าทะเลชนิดที่ขึ้นในเขตร้อน (Tropical species) ซึ่งตามปกติแล้วอุณหภูมิของน้ำทะเลในเขตร้อนนี้จะสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส และไม่พบว่ามีงานวิจัยที่บ่งชี้ว่าเมล็ดหญ้าทะเลต้องการอุณหภูมิสูงสลับกับอุณหภูมิต่ำจึงจะเกิดการงอก อย่างไรก็ตาม การตัดสินใจจะนำเอาปัจจัยอุณหภูมิมาเป็นปัจจัยศึกษาหรือไม่ ต้องพิจารณาอุณหภูมิในแง่ของการเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของหญ้าทะเลด้วย ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดในช่วงต่อไป

4. แสง

โดยปกติในสภาพแวดล้อมอื่นๆ ที่เหมาะสม เมล็ดจะงอกได้ทั้งในที่มืดและมีแสง แต่มีเมล็ดบางชนิดที่ต้องการแสงในการงอก หรือบางชนิดแสงจะยับยั้งการงอก เมล็ดที่มีการงอกขึ้นอยู่กับการนี้เรียกว่า เมล็ดไวแสง (Light sensitive seed) (18)

สำหรับหญ้าทะเล เท่าที่มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการงอกของเมล็ดหญ้าทะเล ยังไม่พบว่าเมล็ดหญ้าทะเลเป็นเมล็ดไวแสง อีกทั้งในงานวิจัยเกี่ยวกับหญ้าทะเลส่วนใหญ่จะให้ปัจจัยแสงเป็นปัจจัยคงที่ แต่เช่นเดียวกับปัจจัยอุณหภูมิการตัดสินใจจะนำเอาปัจจัยแสงมาเป็นปัจจัยศึกษาหรือไม่ ต้องพิจารณาแสงในแง่ของการเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของหญ้าทะเลด้วย ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดในช่วงต่อไป

ปัจจัยที่มีผลกับการเจริญเติบโตของหญ้าทะเล ได้แก่

1. ความเค็มของน้ำ

เป็นปัจจัยที่ได้รับการคัดเลือกแล้ว

2. อุณหภูมิของน้ำ

ในสภาพธรรมชาติจะพบหญ้าทะเลแพร่กระจายทั่วไปในมหาสมุทรต่างๆ ซึ่งมีช่วงอุณหภูมิของน้ำตั้งแต่ 0-40 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของหญ้าทะเลนั้นจะแตกต่างกันไปตามชนิดของหญ้าทะเล โดยหญ้าทะเลจะมีการปรับตัวให้เข้ากับความเค็ม อุณหภูมิ สารอาหาร และสภาพอากาศ (5) ในความเป็นจริงแล้วอุณหภูมิที่ส่วนใหญ่จะขึ้นกับปริมาณแสงที่ส่องลงไปใต้น้ำ จึงเป็นการยากที่จะแยกว่าการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ของหญ้าทะเลที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากแสงหรืออุณหภูมิ

จากการค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการขยายพันธุ์หญ้าทะเลในห้องปฏิบัติการ งานวิจัยเหล่านั้นไม่ได้ให้ความสำคัญกับปัจจัยอุณหภูมิมากนัก กล่าวคือ อุณหภูมิจะถูกปล่อยให้มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงตามอุณหภูมิอากาศ จึงอาจกล่าวได้ว่าอุณหภูมิไม่ใช่ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเพาะเมล็ดหญ้าทะเลในห้องปฏิบัติการ ดังนั้นจึงไม่นำปัจจัยอุณหภูมิมาเป็นปัจจัยศึกษาในการวิจัยครั้งนี้

3. แสง

ในสภาพธรรมชาติ ปริมาณแสงที่ส่องลงไปใต้น้ำจะเปลี่ยนแปลงตามระดับความลึก ทำให้มีผลต่อมวลชีวภาพของหญ้าทะเล กำลังผลิต และปริมาณคลอโรฟิลล์ที่สะสม แสงจึงเป็นปัจจัยที่มีผลอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตของหญ้าทะเลในสภาพธรรมชาติ

อย่างไรก็ดี ในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการขยายพันธุ์หญ้าทะเลในห้องปฏิบัติการ ส่วนใหญ่ไม่ได้ให้ความสำคัญกับปัจจัยแสงมากนัก แต่จะกำหนดให้เป็นปัจจัยคงที่ จึงอาจกล่าวได้ว่าแสงไม่ใช่ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเพาะเมล็ดหญ้าทะเลในห้องปฏิบัติการ ดังนั้นจึงไม่นำปัจจัยแสงมาเป็นปัจจัยศึกษาในการวิจัยครั้งนี้

4. ฤดูกาล

Walker และ McComb (21) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของกำลังผลิต มวลชีวภาพ และความเข้มข้นของสารอาหารชนิด *Amphibolis antarctica* พบว่าฤดูกาลที่มีกำลังผลิตและอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุด จะขึ้นกับช่วงเวลาที่มีความเข้มแสงสูงสุด

Brounds (22) พบว่าการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของมวลชีวภาพส่วนเหนือดินของหญ้าทะเลในปาปัวนิวกินี 5 ชนิด ได้แก่ *Thalassia hemprichii* , *Cymodocea serrulata* , *C. rotundata* , *Halodule uninervis* และ *Syringodium isoetifolium* มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ซึ่งโดยปกติ

แล้ว การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของหญ้าทะเลในเขตกึ่งร้อนและเขตร้อนจะไม่เด่นชัดเหมือนกับหญ้าทะเลในเขตอบอุ่น อย่างไรก็ตาม การวิจัยในครั้งนี้เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ จึงไม่นำปัจจัยฤดูกาลมาเป็นปัจจัยศึกษาในการวิจัยครั้งนี้

5. ความลึก

การแพร่กระจายตามความลึกของหญ้าทะเลขึ้นกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ เช่น ระดับความลึก คลื่น กระแสน้ำ สภาพพื้นท้องทะเล ความขุ่นของน้ำ และความสามารถของแสงที่ส่องลงไปใต้น้ำ (23)

Phillips (23) รายงานว่า โดยปกติแล้วพบหญ้าทะเลตั้งแต่เขตน้ำลงจนถึงระดับความลึกประมาณ 10 เมตร ในเขตอบอุ่นจะพบหญ้าทะเลขึ้นเป็นหย่อมๆ ในเขตน้้ำขึ้นน้ำลง แต่ในเขตร้อนจะพบหญ้าทะเลขึ้นกระจายทั่วไป Trocine และคณะ (24) กล่าวว่า มีหญ้าทะเลบางชนิดขึ้นในระดับความลึกถึง 100 เมตรซึ่งมีพลังงานแสงเพียง 1% เท่านั้นเมื่อเทียบกับบนบก ซึ่งการเจริญเติบโตของพืชในระดับลึกๆ นี้ต้องมีการพัฒนากลไกทางชีวเคมี ในขณะที่หญ้าทะเลที่ขึ้นในระดับตื้นจะได้รับแสงมากกว่า อุณหภูมิสูงกว่า และเกิดภาวะฝั่งแห้งขณะน้ำลง หญ้าทะเลจึงต้องมีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพการสูญเสียน้ำ รังสีอัลตราไวโอเลต และผลจากอุณหภูมิ

สำหรับ *Enhalus acoroides* จะเจริญในบริเวณชายฝั่งที่ระดับตื้น เพราะธรรมชาติของหญ้าทะเลชนิดนี้ต้องโผล่ดอกขึ้นเหนือผิวน้ำในขณะที่มีการผสมเกสร อย่างไรก็ตาม การวิจัยในครั้งนี้เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ จึงไม่นำปัจจัยความลึกมาเป็นปัจจัยศึกษาในการวิจัยครั้งนี้

6. ธาตุอาหาร

อันที่จริงแล้ว ในสภาพธรรมชาติ ปัจจัยธาตุอาหารจะเป็นปัจจัยที่มาพร้อมกับปัจจัยอื่นๆ ข้างต้น เช่น กระแสน้ำ ฤดูกาล แต่เพื่อให้พิจารณาได้ชัดเจนจึงได้แยกออกมาเป็นปัจจัยที่ 7

พืชทะเลต้องการธาตุอาหารคล้ายกับพืชบก เพื่อนำไปใช้ในการสังเคราะห์แสง การเจริญเติบโต การแบ่งเซลล์ ตลอดจนปฏิกิริยาทางชีวเคมีอื่นๆ ที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ ธาตุอาหารที่พืชทะเลต้องการมีประมาณ 15-20 ธาตุ ประกอบด้วยธาตุหลัก และธาตุรอง ธาตุอาหารที่พืชนำไปใช้ในการสร้างเซลล์ทั้งโครงสร้างและเนื้อเยื่อ เรียกว่าธาตุหลัก (Macro-nutrients) ส่วนธาตุอาหารที่พืชนำไปใช้ในรูปของ co-enzyme กระตุ้นหรือทำให้เกิดปฏิกิริยาทางชีวเคมีทุกรูปแบบภายในเซลล์ เรียกว่า ธาตุอาหารรอง (Micro-nutrients)

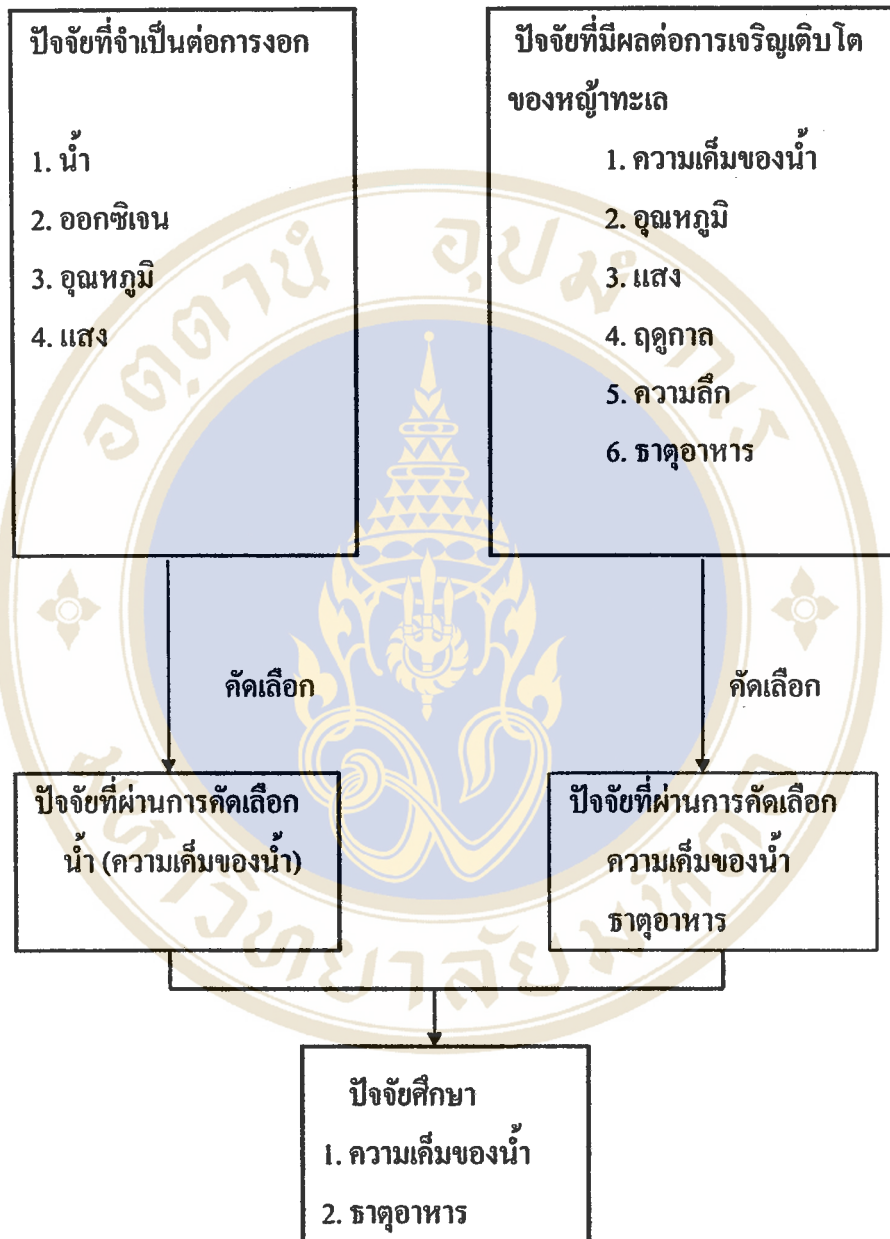
ในบรรดาธาตุอาหารทั้งหมด ไนโตรเจนนับว่าเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญที่สุดในระบบนิเวศทางทะเล โดยทั่วไปธาตุไนโตรเจนในน้ำทะเลมีมากเป็นอันดับที่ 14 แต่ในเซลล์ของแพลงก์ตอนพืช ไนโตรเจนมีมากเป็นอันดับที่ 4 รองจากไฮโดรเจน คาร์บอน และออกซิเจน (25) แสดงว่าเซลล์พืชต้องการธาตุไนโตรเจนมาก แหล่งน้ำชายฝั่งและนอกชายฝั่งหลายแห่งที่มีกำลัง

ผลิตเบื้องต้นต่ำมากเมื่อปริมาณไนโตรเจนต่ำกว่า $0.08 \mu\text{mol}$ อาจกล่าวได้ว่าสารประกอบไนโตรเจนเป็นสิ่งจำกัดอย่างหนึ่งของความอุดมสมบูรณ์ในแหล่งน้ำ (26)

ฟอสฟอรัส เป็นธาตุอาหารที่สำคัญรองลงมาจากไนโตรเจน (25) ฟืชทะเลจะดูดซึมฟอสฟอรัสในรูปของฟอสเฟต (PO_4^{3-}) แหล่งน้ำที่จัดว่าอุดมสมบูรณ์ควรมีฟอสเฟตไม่น้อยกว่า $0.35 \mu\text{M}$ เมื่อพิจารณาสัดส่วน N:P ในเซลล์ของแพลงก์ตอนพืช ซึ่งมีค่าเปลี่ยนแปลงไปขึ้นอยู่กับชนิดของแพลงก์ตอน แต่โดยเฉลี่ย ค่า N:P 10:1 เป็นค่าที่ยอมรับกัน ถ้าใช้สัดส่วนนี้เป็นตัวกำหนด น้ำทะเลควรมี N:P ใกล้เคียงกับ 10:1 (25) ในแหล่งน้ำธรรมชาติ โดยเฉพาะในเขตร้อนและนอกฝั่งออกไป พบว่าปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนลดลงถึงจุดที่แพลงก์ตอนพืชนำไปใช้ได้ยาก ซึ่งมีค่าประมาณ $0.08 \mu\text{M}$ อย่างรวดเร็ว ในขณะที่ความเข้มข้นของฟอสเฟตยังมีค่าสูงอยู่ (มากกว่า $0.22 \mu\text{M}$)

เมื่อพิจารณาถึงธาตุอาหารที่มีความสำคัญเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของหญ้าทะเลมีอยู่หลายธาตุ ในบรรดาธาตุอาหารทั้งหลายนั้น ไนโตรเจนถูกจัดให้เป็นธาตุอาหารสำคัญที่เป็นตัวกำหนดการเจริญเติบโตของหญ้าทะเล โดยที่ไนเตรทเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่อยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ และพืชสามารถดูดไปใช้ได้ทันที (27) จากการศึกษาของอังจันรี (5) พบว่ามวลชีวภาพส่วนเหนือดินของ *Halodule pinifolia* ในฤดูแล้งกับปริมาณไนเตรทในน้ำมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ และมวลชีวภาพรวมของ *Cymodocea serrulata* มีแนวโน้มที่จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำ ดังนั้น ปัจจัยธาตุอาหารหรือในการวิจัยครั้งนี้คือปริมาณไนเตรทจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ควรนำมาศึกษาในการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างยิ่ง

จากกระบวนการคัดเลือกดังกล่าวข้างต้น ทำให้ได้ปัจจัยที่จะทำการศึกษา 2 ปัจจัย คือระดับความเค็มและปริมาณไนเตรท โดยมีดัชนีบ่งชี้ความเหมาะสมของปัจจัย ซึ่งดัชนีที่ใช้จะต้องเป็นสิ่งที่สามารถตอบคำถามของการวิจัยได้ จากเป้าหมายของการวิจัยที่ต้องการหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการเพาะเมล็ดหญ้าทะเลเพื่อนำไปทำการย้ายปลูกในทะเลต่อไป ในการเพาะจึงมีจุดประสงค์ต้องการให้เมล็ดที่นำมาเพาะมีอัตราการรอดของต้นอ่อนสูงเพื่อลดต้นทุนค่าใช้จ่ายต่างๆ ในการจัดเตรียมการเพาะ ต้นหญ้าทะเลที่ได้ต้องมีขนาดใหญ่เพื่อให้มีอัตราการรอดสูงเมื่อย้ายไปปลูกในทะเล ดังนั้น ดัชนีที่ใช้วัดความเหมาะสมของปัจจัยในการศึกษาครั้งนี้คือ อัตราการงอกของเมล็ดหญ้าทะเล อัตราการมีชีวิตรอดของต้นอ่อนหญ้าทะเล และขนาดของต้นอ่อนที่วัดได้เมื่อสิ้นสุดการทดลอง



รูปที่ 1.3 แสดงการคัดเลือกปัจจัยศึกษา

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อทราบระดับความเค็มที่เหมาะสมต่อการงอกและการเจริญของต้นอ่อน

Enhalus acoroides

2. เพื่อทราบปริมาณไนเตรทที่เหมาะสมต่อการงอกและการเจริญของต้นอ่อน

Enhalus acoroides

1.4 สมมติฐานของการวิจัย

ระดับความเค็มและปริมาณไนเตรทมีผลต่อการงอกของเมล็ด การมีชีวิตรอดของต้นอ่อน และการเจริญเติบโตของเมล็ดหญ้าทะเล *Enhalus acoroides*

1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับจากงานวิจัย

งานวิจัยเกี่ยวกับหญ้าทะเลในน่านน้ำไทย ส่วนใหญ่เป็นการสำรวจอย่างกว้างๆ เพื่อจำแนกชนิดและการแพร่กระจายของหญ้าทะเล การศึกษาถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อหญ้าทะเลหรือการศึกษาในด้านชีววิทยายังมีน้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การศึกษาในประเด็นการขยายพันธุ์หญ้าทะเลที่ยังคงอยู่ในวงจำกัด ดังนั้น งานวิจัยนี้จะเป็นข้อมูลเบื้องต้นของการปลูกหญ้าทะเลในน่านน้ำไทย และยังสามารถนำข้อมูลไปใช้เป็นแนวทางในการขยายพื้นที่แหล่งหญ้าทะเล เพื่อให้เกิดความอุดมสมบูรณ์ของสิ่งมีชีวิตในทะเลสืบไป

บทที่ 2

บททวนวรรณกรรม

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับหญ้าทะเล

พืชดอก หรือ Angiosperms ซึ่งมีประมาณ 250,000 ชนิด (species) จัดเป็น Dominant species บนบก ลักษณะคือมีใบ ลำต้น และราก มีอวัยวะที่ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำ สารอาหาร มีการสร้างอาหารโดยการสังเคราะห์แสง ลักษณะเด่นของพืชดอกคือมีดอก ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญเป็นพิเศษต่อการสืบพันธุ์ซับซ้อนที่พืชชนิดอื่นไม่มี ในบรรดาพืชเหล่านี้มีเพียง 2-3 ชนิดเท่านั้นที่ประสบความสำเร็จในการดำรงชีวิตในทะเล และหญ้าทะเลก็เป็นพืชชนิดเดียวที่เป็นพืชทะเลที่แท้จริง (Truly marine) วงจรชีวิตเกือบทั้งหมดหรือทั้งหมดอยู่ใต้ทะเล ส่วนพืชดอกชนิดอื่นที่อาศัยอยู่ใกล้ทะเล เช่น พืชพรรณในป่าชายเลน มีถิ่นที่อยู่ในน้ำกร่อยและชายฝั่ง ไม่ได้ใช้ชีวิตเป็นพืชทะเลอย่างสมบูรณ์ เพราะมีเพียงรากของมันจมอยู่ใต้น้ำทะเลในช่วงระดับน้ำขึ้นเท่านั้น (4)

แต่กว่าที่หญ้าทะเลจะปรับตัวจนดำรงชีวิตในทะเลได้ ก็มีบรรพบุรุษหญ้าทะเลสูญพันธุ์ไปแล้วเกิดชนิดใหม่ขึ้นแทนรวมแล้วมากกว่า 100,000 ชนิด (9) ปัจจุบัน เท่าที่มีการสำรวจพบ มีหญ้าทะเลที่เหลือนอกจากกลไกการคัดเลือกตามธรรมชาติ 48 ชนิด (species) ใน 12 สกุล (genus) 2 วงศ์ (family) พวกที่อยู่ในวงศ์ Hydrocharitaceae ทุกสกุลพบขึ้นในทะเลเขตร้อน ส่วนพวกที่อยู่ในวงศ์ Potamogetonaceae นั้น พบว่าสามารถเติบโตได้ทั้งในเขตร้อนและเขตอบอุ่น โดยส่วนใหญ่แล้วแหล่งที่เกิดของหญ้าทะเลคือ บริเวณเขตอบอุ่นทางแปซิฟิกเหนือ แอตแลนติกเหนือ ทะเลแคริบเบียน แอฟริกาตะวันออก และเขตร้อนทางแปซิฟิกตะวันตก (5)

การอพยพย้ายถิ่นฐานของหญ้าทะเล ต้องอาศัยระยะเวลาในการปรับตัวและวิวัฒนาการที่ยาวนานมาก กระบวนการย้ายถิ่นดังกล่าวดำเนินไปอย่างเป็นขั้นตอน จากที่อาศัยอยู่บนบก มาสู่น้ำจืดระดับตื้น (shallow fresh water) น้ำกร่อยระดับตื้น (shallow brackish water) จนลงมาอยู่ใต้ทะเลอย่างสมบูรณ์ การที่หญ้าทะเลสามารถดำรงชีวิตอยู่ใต้ทะเลได้นั้น เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงทางกายวิภาคและสรีรวิทยาหลายประการ เช่น มีการพัฒนากลไกในการลดการสูญเสียน้ำอันเนื่องมาจากความเข้มข้นของน้ำทะเล โดยการดูดน้ำเข้าสู่เซลล์ต้องมีการกำจัดหรือลดความเข้มข้นของสารละลาย เพื่อให้สามารถนำน้ำนั้นมาใช้ประโยชน์ได้ และจากที่วงจรชีวิตส่วนหนึ่งหรือทั้งหมดของหญ้าทะเลอยู่ใต้ทะเล จึงต้องพัฒนาระบบการสืบพันธุ์ให้สามารถผสมเกสรในน้ำ แล้วมีการพัฒนาเป็นผล เมล็ด แล้วเจริญเป็นต้นอ่อนต้นใหม่ได้ การพัฒนาการสืบพันธุ์โดยอาศัยเพศมีความสำคัญ

อย่างยิ่งต่อการอยู่รอดของหญ้าทะเล การที่หญ้าทะเลหลายชนิดในอดีตต้องสูญพันธุ์ไปเป็นจำนวนมากทั้งที่สามารถปรับตัวลงมาอยู่ในทะเลได้แล้วนั้น อาจเพราะไม่ประสบความสำเร็จในการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศก็เป็นได้ (9)

จะเห็นได้ว่าการพัฒนากลไกการดำรงชีวิต เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้หญ้าทะเลสามารถเจริญเติบโตในทะเล จนแผ่ขยายเป็นระบบนิเวศที่เอื้อประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ มากมาย ข้อกำหนดสำคัญต่อการดำรงชีวิตในทะเลของหญ้าทะเลอาจสรุปได้เป็น 4 ประการ คือ

1. ความสามารถในการปรับตัวให้มีชีวิตรอดในทะเล
2. ความสามารถในการเจริญเติบโตได้น้ำทะเลได้อย่างสมบูรณ์
3. การมีระบบยึดเกาะ (Anchoring system) ที่แข็งแรง สามารถต้านทานกระแสน้ำและคลื่นลมที่รุนแรง
4. ความสามารถในการผสมเกสรในน้ำ

2.2 ชีววิทยาของ *Enhalus acoroides*

2.2.1 ลักษณะทั่วไปของ *Enhalus acoroides*

ลักษณะที่บ่งบอกว่าเป็นหญ้าทะเลสกุล *Enhalus* คือใบมีขนาดใหญ่ที่สุดในบรรดาหญ้าทะเลทั้งหมด รายละเอียดรูปร่างลักษณะของหญ้าทะเลชนิดนี้มีดังนี้ (17)

ต้นตั้งตรงขึ้นมาจากเหง้าซึ่งมีขนาดใหญ่ เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.7-1.7 เซนติเมตร ฝังอยู่ใต้ดินลึกประมาณ 30-50 เซนติเมตร โดยมีรากขนาดใหญ่จำนวนมากเกิดขึ้นจากเหง้า เส้นผ่านศูนย์กลางของราก 1-5 เซนติเมตร ส่วนความยาวมีขนาดต่างๆ อาจยาวถึง 20 เซนติเมตร แต่ละต้นมีใบ 2-5 ใบ ความยาวของใบ 19.4-86.7 เซนติเมตร ความกว้าง 0.75-1.5 เซนติเมตร ปลายใบมน ถ้าเป็นใบอ่อนปลายใบอาจมีรอยหยักเล็กๆ ขอบใบทั้งสองข้างหนา เมื่อใบแก่ขอบใบจะเหลื่ออยู่เป็นเส้นยาวและเหนียว

ช่อดอกตัวผู้มีก้านสั้นเกิดที่โคนต้น มีกาบหุ้มช่อดอก 2 กาบประกบกัน ดอกตัวผู้มีกลีบสีขาว 6 กลีบ ดอกมีจำนวนมากในแต่ละช่อ ดอกตัวเมียเกิดเดี่ยวๆ มีก้านยาว 11.0-28.5 เซนติเมตร หรือยาวกว่านี้ ขึ้นอยู่กับระดับความลึกของน้ำ หลังจากได้รับการผสมแล้ว ก้านดอกจะขดเป็นเกลียวและหดสั้นในระยะที่เกิดผล ดอกตัวเมียมีกาบ 2 กาบหุ้มอยู่ภายนอก สีน้ำตาลปนแดง มีขนบริเวณสันด้านนอก กลีบดอกมี 3 กลีบสีขาวอมชมพู แต่ละกลีบยาวประมาณ 2 เซนติเมตร *Enhalus acoroides* เป็นหญ้าทะเลเพียงชนิดเดียวที่เกิดการผสมเกสรที่ผิวหน้า (Hydrophobic pollination) โดยที่การผสมเกสรเกิดในระยะน้ำลงต่ำสุด ดอกตัวผู้จะถูกปล่อยให้หลุดลอยไปตามผิว

น้ำ ส่วนดอกตัวเมียซึ่งมีก้านยาวจะชูดอกขึ้นสู่ผิวน้ำ ดอกตัวผู้จะลอยมาติดตามกลีบดอกตัวเมียและเกิดการผสมเกสร

ผลมีขนาดใหญ่ ลักษณะกลมปลายแหลม เปลือกเป็นลอนมี 8-10 ลอน แต่ละลอนมีขนคลุม ความยาวของผล 4.0-6.2 เซนติเมตร การรองรับดอกจะยังคงอยู่มีลักษณะเหมือนปีกประกบ 2 ข้างของผล ภายในมีเมล็ด 4-9 เมล็ด เมล็ดมีลักษณะเป็นรูปกรวยคว่ำ ฐานกว้างปลายแคบ เมื่อผลแก่จะแตกออก โดยเปลือกหุ้มเมล็ดชั้นนอก (testa) จะแยกออกบริเวณ hypocotyl และคงอยู่ไม่หลุดร่วงไป เห็นเป็นริ้วๆ บริเวณด้านบนของ cotyledon เมล็ด *Enhalus acoroides* จะงอกตั้งแต่ขณะผลยังติดอยู่กับต้นแม่ (Vivipary form) embryo จะหลุดออกจากผลสู่น้ำทะเล แล้วจมลงสู่พื้นท้องทะเล เกิดการเจริญเติบโตต่อไป ดอกและผลเกิดตลอดปี

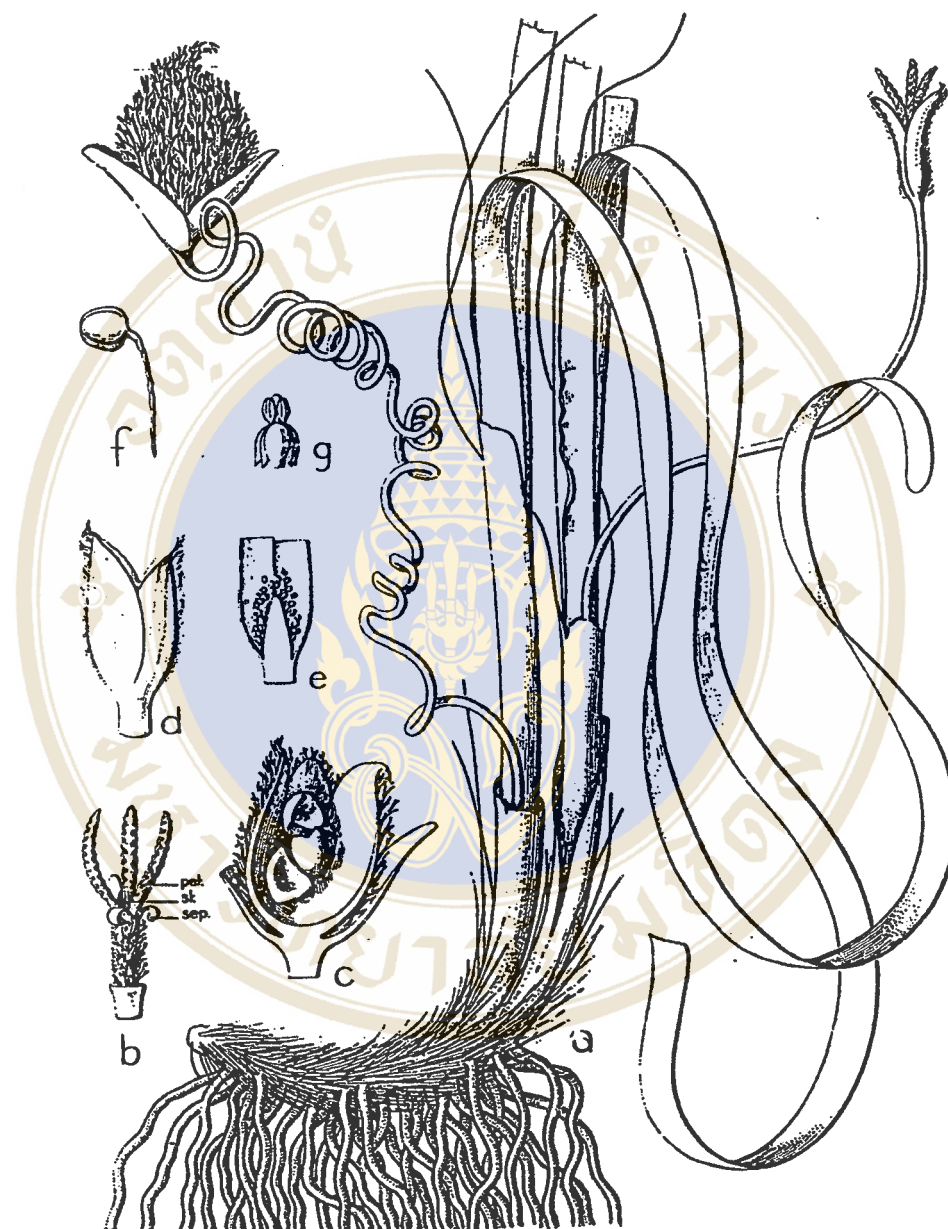
ลักษณะส่วนต่างๆ ของ *Enhalus acoroides* แสดงในรูปที่ 2.1

2.2.2 การแพร่กระจาย

แม้ว่า *Enhalus acoroides* จะเป็นหญ้าทะเลชนิดที่เจริญได้ในน้ำจืดน้ำเค็มหลายประเทศ แต่ความหนาแน่นของพืชพรรณจะแตกต่างกันไป Mukai (28) ศึกษาการแพร่กระจายของหญ้าทะเลที่เกิดในเขตอบอุ่น บริเวณแปซิฟิกตะวันตก พบว่า *Enhalus acoroides* มีการแพร่กระจายอย่างกว้างขวางในมหาสมุทรแปซิฟิก แผ่ขยายแนวไปทางตะวันออกตามเส้นแวง 7 องศาเหนือ การแพร่กระจายของหญ้าทะเลชนิดนี้แสดงในรูปที่ 2.2

ในประเทศไทย พบ *Enhalus acoroides* ในพื้นที่ 12 จังหวัด ได้แก่ ตรัง จันทบุรี ปัตตานี สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช สตูล ตรัง กระบี่ พังงา ระนอง ภูเก็ต และชุมพร มีการแพร่กระจายสูง พบได้ทั้งในน้ำเค็มและน้ำกร่อย ทั้งพื้นที่ชายและพื้นโคลน มักขึ้นอยู่บริเวณชายทะเลตื้นๆ หรือในคลองที่ติดต่อกับทะเล โดยขึ้นเป็นกอๆ เป็นบริเวณกว้าง บางครั้งเมื่อน้ำลงต่ำสุดอาจโผล่พ้นน้ำ ไม่ค่อยขึ้นในที่ลึกมากนัก เพราะต้องโผล่ดอกขึ้นเหนือผิวน้ำในขณะที่มีการผสมเกสร (10)

แม้ว่าโดยปกติแล้ว *Enhalus acoroides* จะเกิดขึ้นเพียงชนิดเดียว (pure vegetation) เป็นบริเวณกว้าง แต่บางครั้งอาจพบปะปนกับหญ้าทะเลชนิดอื่น เช่น *Halodule uninervis* , *Thalassia hemprichii*



a. ลักษณะต้น *Enhalus acoroides*

b. ดอกตัวเมีย

c. ผล ฝักตามขวางแสดงเมล็ด

d. ดอกตัวผู้

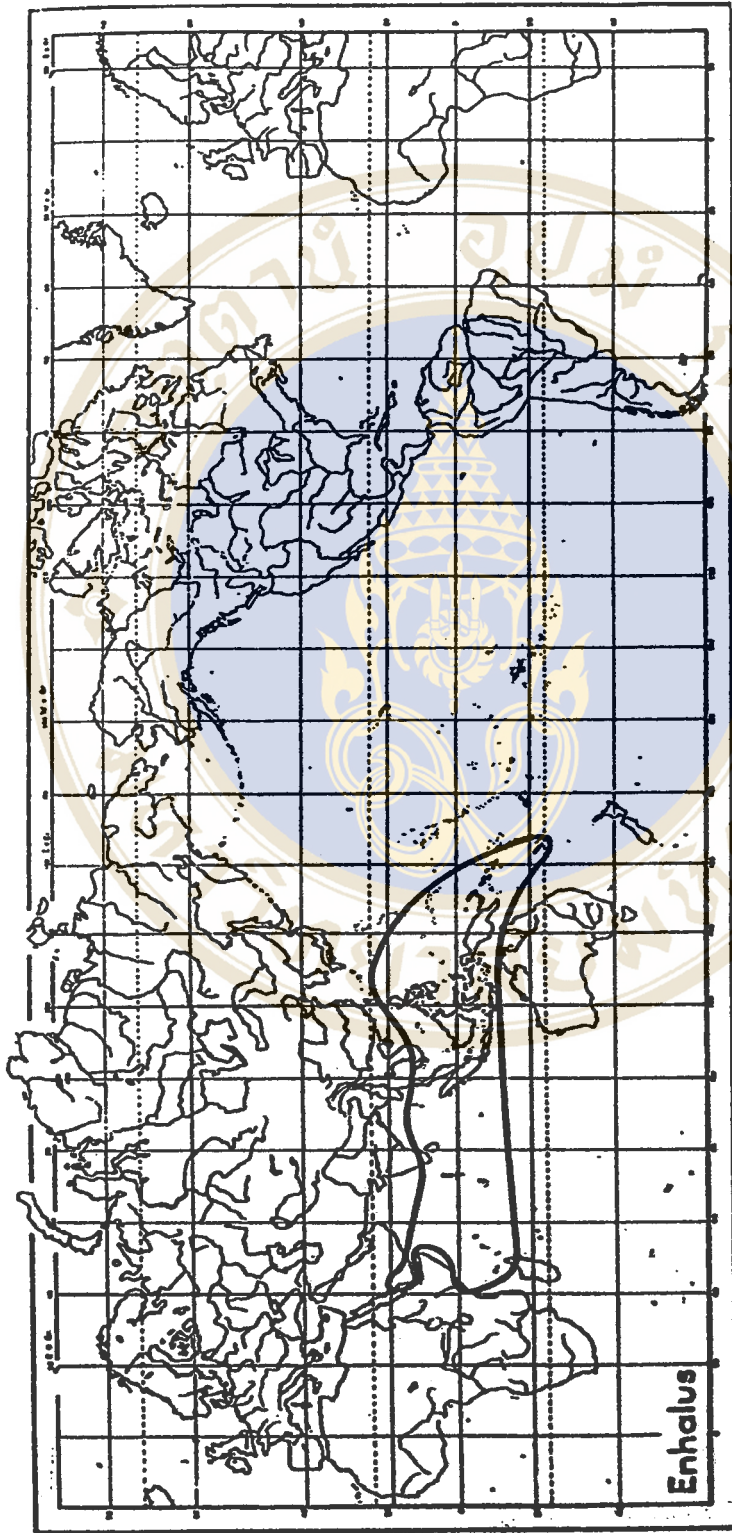
e. ดอกตัวผู้ ฝักตามยาว

f. ฝักดอกตัวผู้

g. ดอกตัวผู้ผ่าให้เห็น

ลักษณะภายใน

รูปที่ 2.1 *Enhalus acoroides* (29)



รูปที่ 2.2 การแพร่กระจายของ *Enhalus acoroides* (29)



รูปที่ 2.3 แหล่งหญ้าชะเงาใบยาวบริเวณชายฝั่ง (10)

2.3 สถานภาพหญ้าทะเลและแหล่งหญ้าทะเลของประเทศไทย

2.3.1 ชนิดของหญ้าทะเลในประเทศไทย

จากผลการศึกษาหญ้าทะเลในน่านน้ำไทยในอ่าวไทยและทะเลอันดามัน ของกาญจน ภาชนะและคณะ (17) พบว่ามีหญ้าทะเลรวมทั้งสิ้น 12 ชนิด (7 สกุลใน 3 วงศ์) จัดอันดับทางอนุกรม วิชาณได้ดังนี้

อนุกรมวิชาณของหญ้าทะเลในประเทศไทย

Division Anthophyta

Class Monocotyledon

Order Helobiae

Family Potamogetonaceae

Genus *Halodule* ได้แก่

Halodule pinifolia

H. uninervis

Genus *Cymodocea* ได้แก่

Cymodocea rotundata

C. serrulata

Genus *Ruppia* ได้แก่

Ruppia maritima

Genus *Syringodium* ได้แก่

Syringodium isoetifolium

Family Hydrocharitaceae

Genus *Enhalus* ได้แก่

Enhalus acoroides

Genus *Thalassia* ได้แก่

Thalassia hemprichii

Genus *Halophila* ได้แก่

Halophila ovalis

H. minor

H. decipiens

H. beccarii

2.3.2 แหล่งหญ้าทะเลในประเทศไทย

พวกที่มีการแพร่กระจายสูง เป็นพวกที่สามารถขึ้นได้ในพื้นที่หลายลักษณะ ตั้งแต่พื้นโคลน โคลนปนทราย ทรายหยาบ ทรายละเอียด และซากปะการัง และยังขึ้นได้ในระดับความลึกต่างๆ กัน ถ้าขึ้นบริเวณชายฝั่งจะสามารถทนต่อการฝั่งแห้งได้ดี โดยเฉพาะในช่วงน้ำลงต่ำ นอกจากนี้ยังทนต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มได้ด้วย ส่วนพวกที่มีการแพร่กระจายต่ำ จะเป็นพวกที่จำกัดขอบเขตของสภาพแวดล้อมที่ขึ้นอยู่ (17)

หญ้าทะเลที่พบทั้ง 12 ชนิดในประเทศไทยนั้น ชนิดที่มีการกระจายสูงสุด ได้แก่ *Halophila ovalis* รองลงมาได้แก่ *Halodule uninervis* , *Enhalus acoroides* , *Halodule pinifolia* , *Halophila beccarii* , *Thalassia hemprichii* , *Cymodocea rotundata* และ *Halophila decipiens* ตามลำดับ พวกที่มีการแพร่กระจายต่ำ ได้แก่ *Cymodocea serrulata* , *Syringodium isoetifolium* , *Ruppia maritima* และ *Halophila minor* โดยเฉพาะ 2 ชนิดหลังมีการแพร่กระจายต่ำสุด (17)

การแพร่กระจายของหญ้าทะเลชนิดต่างๆ ในประเทศไทย แสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การแพร่กระจายของหญ้าทะเลในประเทศไทย (10)

จังหวัด	ชนิดหญ้าทะเล											รวม	
	<i>Cymodocea rotundata</i>	<i>Cymodocea serrulata</i>	<i>Enhalus acoroides</i>	<i>Halodule pinifolia</i>	<i>Halodule uninervis</i>	<i>Halophila beccarii</i>	<i>Halophila decipiens</i>	<i>Halophila minor</i>	<i>Halophila ovalis</i>	<i>Ruppia maritima</i>	<i>Syringodium isoetium</i>		<i>Thalassia hemprichii</i>
ตราด			X	X	X	X	X	X	X	X			7
จันทบุรี			X	X	X		X	X					5
ระยอง				X	X		X	X	X				5
ชลบุรี							X	X					3
ประจวบคีรีขันธ์				X					X				2
สุราษฎร์ธานี			X		X	X	X	X	X			X	7
นครศรีธรรมราช			X		X				X			X	4
สงขลา				X	X	X			X	X			5
ปัตตานี			X	X	X	X			X				5
สตูล	X		X		X	X			X				5
ตรัง	X	X	X	X	X	X			X		X	X	9
ภูเก็ต	X	X	X	X	X	X	X		X			X	9
กระบี่	X	X	X	X	X				X		X	X	8
เพชรบุรี										X			1
ชุมพร			X										1
พังงา	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X	10
ระนอง		X	X		X	X	X		X				6

2.4 ผลของความเค็มต่อหญ้าทะเล

ความเค็มของน้ำ (Salinity) หมายถึง ปริมาณของของแข็ง (Solid) หรือเกลือแร่ต่างๆ โดยเฉพาะโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ที่ละลายอยู่ในน้ำ โดยนิยามคิดเป็นหน่วยน้ำหนักของสารดังกล่าวเป็นกรัมต่อกิโลกรัมในน้ำ หรือส่วนในพัน (parts per thousand ; ppt.) ทั้งนี้หลังจากที่พวกเกลือคาร์บอเนต (Carbonate) ถูกเปลี่ยนเป็น Oxides และพวกเกลือโบรไมด์ (Bromide) และไอโอด์ (Iodide) ถูกแทนที่ด้วยคลอไรด์ (Chloride) และอินทรีย์วัตถุถูกออกซิไดซ์ไปทั้งหมด

ค่าความเค็มของน้ำ (Salinity) จะสัมพันธ์กับค่า Chlorinity ซึ่งหมายถึงปริมาณคลอไรด์ (Chloride) โบรไมด์ (Bromide) และไอโอด์ (Iodide) ที่มีอยู่ในน้ำหนักหนึ่งกิโลกรัม ค่าที่มีความหมายใกล้เคียงกันอีกคำหนึ่งคือ Chlorosity ซึ่งหมายถึงค่า Chlorinity คูณด้วยค่าความหนาแน่นของน้ำ (Water density) ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จากความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้ จึงสามารถคำนวณค่าความเค็ม (Salinity) จากค่า Chlorinity ได้ดังสมการ

$$\text{Salinity (ppt.)} = 0.03 + 1.805 \text{ Chlorinity (ppt.)}$$

ความเค็มของน้ำจะมีค่าแตกต่างกันไป แล้วแต่สถานที่และประเภทของดิน สำหรับน้ำจืดมีค่าความเค็มเป็นศูนย์ ส่วนน้ำทะเลมีค่าความเค็มโดยเฉลี่ยประมาณ 35 ppt. โดยในทะเลเปิด (open coastal area) ที่ห่างไกลจากชายฝั่ง ความเค็มจะเปลี่ยนแปลงในช่วงแคบ สำหรับในประเทศไทย ความเค็มจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล โดยอยู่ในช่วงประมาณ 29-36 ppt.

ถึงแม้ว่าบรรพบุรุษของหญ้าทะเลจะเคยเจริญเติบโตอยู่บนบกที่เคยขึ้นน้ำจืดก็ตาม แต่เนื่องจากหญ้าทะเลได้มีการปรับโครงสร้างทางสรีระเพื่อให้เติบโตในน้ำที่มีระดับความเค็มสูงกว่าพืชบกแล้ว ดังนั้นการทนทานต่อน้ำจืดจึงเป็นเรื่องที่ยากมาก แต่อย่างไรก็ตาม ก็มีหญ้าทะเลบางชนิดที่สามารถอยู่ได้ทั้งในทะเลและน้ำกร่อย แม้กระทั่งน้ำจืด โดยเฉพาะสกุล *Posidonia* แต่โดยมากแล้วหญ้าทะเลส่วนใหญ่จะไม่สามารถทนต่อสภาพน้ำจืดได้

หญ้าทะเลทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มในช่วงกว้างที่ต่างกัน อาจสูงหรือต่ำกว่าน้ำทะเลปกติ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของหญ้าทะเล เป็นผลให้เกิดการแพร่กระจายของชนิดหญ้าทะเลในระดับความเค็มต่างๆ McMillan (30) ศึกษาหญ้าทะเล 4 สกุล คือ *Thalassia* , *Syringodium* , *Halophila* และ *Halodule* พบว่า *Halophila* ทนความเค็มได้ในช่วง 27-37 ส่วนในพัน *Thalassia* และ *Syringodium* ทนความเค็มได้ในช่วง 10-50 ppt. และ *Halodule* ทนความเค็มได้ในช่วง 3.5-75 ppt. จากข้อมูลนี้สรุปได้ว่า หญ้าทะเลส่วนใหญ่สามารถทนทานได้ในช่วงความเค็ม 15-55 ppt.

การแพร่กระจายของชนิดหญ้าทะเลที่ระดับความเค็มที่ต่างกัันนี้ อาจเป็นผลจากปัจจัยความเค็มร่วมกับปัจจัยอื่นๆ เช่น อุณหภูมิ ความขุ่นของน้ำ แต่ก็มงานวิจัยที่ชี้ชัดให้เห็นว่าระดับความเค็มมีผลต่อการเจริญเติบโตของหญ้าทะเลโดยตรง Hillman และ McComb (31) ศึกษาการเจริญเติบโต

ของ *Halophila ovalis* พบว่าเจริญเติบโตได้ดีที่ความเค็ม 15-20 ppt. เป็นเวลาหลายเดือน ต่อมาเมื่อปล่อยน้ำจืดลงไปนานกว่า 4 เดือน ทำให้ความเค็มลดลงเหลือ 5-10 ppt. และแสงส่องลงไปใต้น้ำน้อยกว่า $20 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ เป็นผลให้หญ้าทะเลส่วนเหนือดินตาย และเมื่อทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่า การเจริญเติบโตที่เหมาะสมของหญ้าทะเลชนิดนี้อยู่ในช่วงความเค็มระหว่าง 25-35 ppt. แต่สามารถทนทานได้ในความเค็มช่วง 10-45 ppt. ถ้าความเค็มน้อยกว่านี้ 10 เปอร์เซ็นต์จะทำให้การเจริญเติบโตลดลง

2.5 ผลของไนโตรเจนต่อหญ้าทะเล

การที่หญ้าทะเลให้ผลผลิตเบื้องต้น (Primary production) ที่สูง เป็นผลมาจากความต้องการธาตุอาหารที่สูง ธาตุอาหารหลักที่หญ้าทะเลต้องการคือ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส โดยที่หญ้าทะเลสามารถดูดซึมธาตุอาหารได้ทั้งทางรากและทางใบ แต่ยังไม่เป็นที่แน่ชัดว่าการดูดซึมธาตุอาหารจากรากหรือทางใบจะมีความสำคัญมากกว่ากัน

ในเรื่องปริมาณธาตุอาหารที่พอเพียงสำหรับหญ้าทะเลนั้น มีผู้ทำการศึกษาแหล่งหญ้าทะเลในดอนเหนือของประเทศออสเตรเลีย ได้เสนอแนะว่า ธาตุอาหารที่เป็นตัวจำกัดการเจริญเติบโตของหญ้าทะเลนั้น คือไนโตรเจน มากกว่าที่จะเป็นฟอสฟอรัส และมีผลการศึกษาที่บ่งชี้ว่าไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่เป็นตัวจำกัดการเจริญเติบโตของหญ้าทะเลในช่วงฤดูใบไม้ผลิกับช่วงต้นฤดูร้อน ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่หญ้าทะเลมีการเจริญเติบโตสูงที่สุด (32)

Phillips and Menez (33) กล่าวว่า การที่ไนโตรเจนถูกพิจารณาว่าเป็นตัวจำกัดการเจริญเติบโตของหญ้าทะเลนั้น เป็นการสรุปจากผลการศึกษาในหญ้าทะเลชนิด *Eelgrass* หรือ *Thalassia testudinum* ซึ่งเป็นหญ้าทะเลที่แพร่กระจายในเขตอบอุ่น หรือเป็น Temperate species แต่สำหรับหญ้าทะเลเขตร้อน (Tropical species) ไนโตรเจนจะเป็นธาตุอาหารที่เป็นตัวจำกัดการเจริญเติบโตของหญ้าทะเลหรือไม่นั้นยังไม่เป็นที่ชัดเจน

สารประกอบไนโตรเจนในน้ำทะเลมีหลายรูปแบบ เช่น NO_3^- , NO_2^- , NH_3 , NH_4^+ , NH_2OH , $\text{H}_2\text{N}_2\text{O}_2$ แต่มีเพียง 3 รูปแบบแรกเท่านั้นที่มีความสำคัญต่อพืชทะเล ส่วนตัวอื่นๆ ไม่ปรากฏรายงานว่ามีความสำคัญ (25)

พืชอาจใช้ไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของแอมโมเนีย (NH_3) หรือไนเตรท (NO_3^-) สำหรับใช้ในการสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างโปรตีน



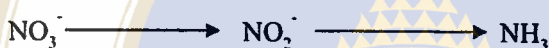
เมื่อสิ่งมีชีวิตตายลง สารประกอบโปรตีนในร่างกายก็จะถูกย่อยสลายและเปลี่ยนไปเป็นสารประกอบอื่นๆ สารเหล่านี้จะถูกแบคทีเรียย่อยสลายให้เป็นแอมโมเนีย



ธาตุไนโตรเจนจะอยู่ในรูปใด ส่วนใหญ่ขึ้นกับกิจกรรมทางชีววิทยา ถ้าในแหล่งน้ำนั้นๆ ไม่มีไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของอินทรีย์วัตถุ แบคทีเรียจะหันมาใช้ไนโตรเจนในโตรเจน การเปลี่ยนรูปจึงเกิดขึ้นแล้วแต่ชนิดของแบคทีเรีย ในสภาพน้ำที่มีออกซิเจนเพียงพอ (Oxidizing condition) ได้แก่บริเวณผิวน้ำ กลางน้ำ การเปลี่ยนรูปจะเป็นดังนี้



ส่วนในสภาพของน้ำที่ขาดออกซิเจน (Reducing condition) เช่น ในบริเวณลึก เหนือตะกอน การเปลี่ยนรูปจะสลับกัน



โดยทั่วไปในสภาพของน้ำที่ปกติ จะเห็นว่า NO_3^- เป็นรูปที่ค่อนข้างถาวรเพราะเป็นตัวสุดท้ายของการเปลี่ยนรูป ส่วน NO_2^- และ NH_3 ค่อนข้างจะอายุสั้น

มนูดี (34) กล่าวว่าในน้ำทะเลโดยทั่วไปจะมีไนโตรเจนในรูปของไนเตรท อยู่ในช่วงระหว่าง 1-500 $\mu\text{g NO}_3^- \text{-N/l}$ ในไครท์ 0.1-50 $\mu\text{g NO}_2^- \text{-N/l}$ และแอมโมเนียกับแอมโมเนียม อีออน 1-50 $\mu\text{g NH}_3 \text{-N/l}$

อัจฉริย์ (5) ศึกษาแหล่งห้วยทะเลในอ่าวทับละมุ จังหวัดพังงา พบว่าปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำมีความสัมพันธ์กับมวลชีวภาพของห้วยทะเล กล่าวคือ มวลชีวภาพของห้วยทะเลมีค่าสูงสุดในเดือนมิถุนายน 2533 และรองลงมาในเดือนกรกฎาคม 2533 เท่ากับ 365.43 และ 345.38 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร ในขณะที่ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำมีค่าต่ำสุดและรองลงมาคือ 0.001 และ 0.004 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในขณะที่เดือนตุลาคม 2533 มวลชีวภาพของห้วยทะเลมีค่าต่ำมาก คือ 126.62 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร ในขณะที่ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำมีค่าสูงสุด คือ 0.067 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากไนเตรทเป็นแหล่งไนโตรเจนที่พืชนำไปใช้ได้ทันที เมื่อไนเตรทถูกพืชนำไปใช้ก็จะทำให้ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำลดลง

สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา (35) ศึกษาคุณภาพน้ำบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก ในช่วงเดือนตุลาคม 2535 ถึงเดือนมีนาคม 2536 พบว่าค่าปริมาณไนเตรทในอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี ซึ่งเป็นแหล่งห้วยทะเลที่สำคัญของประเทศไทย รองจากแหล่งห้วยทะเลที่อุทยานแห่งชาติหาดเจ้าไหม จังหวัดตรัง มีค่าปริมาณไนเตรท 0.011-0.036 มิลลิกรัมต่อลิตร จากข้อมูลนี้ จึงอาจพอสรุปได้คร่าวๆ ว่าเป็นระดับปริมาณไนเตรทที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของห้วยทะเล

ตาราง 2.2 คุณภาพน้ำบริเวณชายฝั่งตะวันออกช่วงตุลาคม 2535 - มีนาคม 2536 (35)

Class/ Location	Temp (°C)	Salinity (ppt..)	pH	DO (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)
เขตสงวนรักษาสรรพชาติ	28.0-31.0	32-33	8.01-8.46	6.2-10.0	0.010-0.061
เขตอนุรักษ์แหล่งปะการัง	27.0-29.0	30-33	8.08-8.39	6.3-11.9	0.016-0.085
เขตอนุรักษ์แหล่งธรรมชาติอื่นๆ	25.0-30.0	32-33	7.93-8.20	7.1-7.9	0.011-0.036
เขตเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง	22.0-33.0	23-35	7.86-8.63	5.1-10.4	ND-1.038
เขตนันทนาการเพื่อการว่ายน้ำ	23.0-32.0	0-33	7.80-8.70	0-12.0	ND-2.737
เขตเมืองและการใช้ประโยชน์อื่นๆ	25.0-31.0	25-35	7.82-8.59	2.3-11.1	0.002-0.152
เขตอุตสาหกรรม	25.0-31.0	28-36	7.93-8.53	5.7-8.0	0.004-0.071
เขตทหารเรือ	29.0-32.0	30-34	8.03-8.53	6.1-7.3	0.019-0.125

หมายเหตุ ND = Non-detectable

2.6 การงอกของเมล็ดหญาทะเล

เมื่อผลของ *Enhalus acoroides* แก่และแตกออก เมล็ดจะถูกปล่อยออกมาในทะเลและจมลงสู่พื้นดิน เกิดการเจริญเป็นต้นหญาทะเลต่อไป

เมื่อทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ การทดสอบสภาวะการงอก (Potential for germination) สามารถทำได้ใน 2 วิธี (36) ได้แก่

1. Direct germination การงอกในที่นี้จะดูที่การงอกของ hypocotyl เพื่อหลีกเลี่ยงข้อผิดพลาดที่อาจเกิดจากการที่เมล็ดที่ตายแล้วดูดน้ำเข้าไป จนทำให้ seed coat ปริออก วิธีนี้สามารถใช้ทดสอบดูเปอร์เซ็นต์ของเมล็ดที่มีชีวิต (หรือเมล็ดที่ไม่ได้อยู่ในระยะพักตัว) และใช้ศึกษาสภาวะความเค็ม อุณหภูมิ หรือปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการงอก โดยการทดสอบนี้สามารถทำได้ทั้งในห้องปฏิบัติการและในสภาพธรรมชาติ

2. Test of viability การทดสอบความมีชีวิตโดยการย้อมสี vital stain ใช้ 2,3,5-triphenyl 2H-tetrazolium chloride (0.5-1.0 % น้ำหนัก : ปริมาตร ในน้ำกลั่น) เมล็ดที่มีชีวิตจะติดสีชมพูถึงแดงที่ hypocotyl และ cotyledon ในระยะเวลาต่างๆ คือ ใน 3-4 ชั่วโมง ใน 48 ชั่วโมง

2.7 วิธีการย้ายปลูก

การย้ายปลูกหญ้าทะเล (Seagrass transplantation) ในระยะแรกมีวัตถุประสงค์เพื่อปลูกทดแทนแหล่งหญ้าทะเลที่ถูกทำลายไป ต่อมาการใช้วิธีการย้ายปลูกเพื่อสนองวัตถุประสงค์อื่น เช่น เพื่อศึกษาการปรับตัวของหญ้าทะเลที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ อาทิ ความเค็ม อุณหภูมิ น้ำ ความขุ่น ความลึก ลักษณะดิน กระแสน้ำ ดังนั้น อาจกล่าวได้ว่าการย้ายปลูกหญ้าทะเลเป็นวิธีหนึ่งที่ใช้ศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะทางชีววิทยาหญ้าทะเลกับปัจจัยสภาพแวดล้อม

การย้ายปลูกหญ้าทะเล แบ่งได้เป็น 2 วิธี ดังนี้ (36)

1. การย้ายปลูกโดยไม่มีเครื่องยึด (Non-anchoring method)

1.1 Turfs เป็นการนำแผ่นหญ้าทะเลขนาดประมาณ 0.1 ตารางเมตร ที่ขุดจากแหล่งหญ้าทะเลเดิมมาทำการย้ายปลูก โดยขุดดินในบริเวณที่ต้องการปลูกให้มีขนาดพอดีกับกอหญ้าทะเลที่เตรียมไว้แล้วทำการปลูก

1.2 Plug เริ่มจากการขุดต้นหญ้าทะเลจากแหล่งเดิมโดยให้มีดินเดิมติดมาด้วย มาปักในหลุมที่ขุดเตรียมไว้ ความลึกของหลุมควรเป็น 15 เซนติเมตร ส่วนขนาดของปากหลุมควรเป็นเท่าใด ก็ขึ้นอยู่กับชนิดของหญ้าทะเลที่จะทำการปลูก เช่น Eelgrass หรือ Shoal grass ควรให้ปากหลุมมีขนาด 10-15 เซนติเมตร แต่ถ้าเป็น Turtle grass ปากหลุมควรมีขนาด 20 เซนติเมตร จึงจะเจริญได้ดี

วิธีนี้สามารถใช้ได้กับการย้ายปลูกหญ้าทะเลทุกชนิด แต่มีข้อเสียคือ ใช้เวลานาน และมีค่าใช้จ่ายสูง

1.3 Seeds / Seedlings

วิธีนี้ทำโดยนำเมล็ดหญ้าทะเลไปฝังในดินบริเวณที่ทำการปลูก แต่การปลูกด้วยเมล็ดโดยตรงจะประสบความสำเร็จต่ำมากเพราะมีอัตราการตายสูงเนื่องจากถูกกระแสน้ำพัดพาไป อาจแก้ไขปรับปรุงได้โดยนำแท่งพลาสติกกลวงทรงกลมมาล้อมเมล็ดที่ทำการปลูกไว้ เพื่อป้องกันการถูกพัดพาไปกับกระแสน้ำ อีกวิธีคือนำต้นอ่อนหญ้าทะเลไปปลูก ซึ่งจะให้ผลดีกว่าการปลูกด้วยเมล็ดโดยตรง

การย้ายปลูกวิธีนี้ต้องเลือกพื้นที่ที่ทำการปลูก เป็นบริเวณที่มีคลื่นลมสงบ และแม้ว่าวิธีนี้จะให้ผลในการปกคลุมพื้นที่ได้รวดเร็วไม่เท่ากับวิธีการย้ายแผ่นหญ้าทะเล (turfs) แต่มีข้อได้เปรียบในแง่ที่เป็นวิธีที่ทำความเสียหายให้กับพื้นที่เดิมน้อยที่สุด

2. การย้ายปลูกโดยมีเครื่องยึด (Anchoring method)

วัสดุที่ใช้เป็นเครื่องยึด มีทั้งยาง เหล็ก คอนกรีต ลวดโลหะ หรือวัสดุปลูกบางประเภท Phillips (36) แนะนำว่าวิธีที่ได้ผลดีสำหรับหญ้าทะเลทุกชนิด คือ นำต้นหญ้าทะเล 4-5 ต้นมัดรวม

กันด้วยลวดโลหะแล้วปักลงในดิน หรือถ้าจะปลูกโดยเมล็ด ก็ควรเริ่มจากการเพาะให้เป็นต้นอ่อน ในวัสดุปลูกที่ย่อยสลายได้ (biodegradable block) วัสดุปลูกนี้จะทำหน้าที่เป็นเครื่องยึดและช่วยป้องกันไม่ให้ต้นอ่อนหญ้าทะเลที่จะปลูกต้องบอบช้ำในระหว่างการขนย้าย

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

DeCock (16) ปลูก *Zostera marina* โดยการเพาะเมล็ดในตู้กระจกที่น้ำทะเลระดับความเค็ม 31 ส่วนในพัน มีการกรองน้ำและให้อากาศ พื้นตู้กระจกเป็น โคลนปนทรายหนา 4-5 เซนติเมตร ควบคุมแสงโดยกำหนดให้มีความเข้มของแสงที่ผิวน้ำ 5500 lux ช่วงมืด 8 ชั่วโมง สว่าง 16 ชั่วโมง และตั้งตู้ไว้ที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส เมล็ดเจริญเป็นต้นอ่อนใน 1-2 เดือนแรก และมีดอกในเดือนที่ 17 จากการทดลองนี้สรุปได้ว่า การปลูก *Zostera marina* ในตู้กระจกมีความเป็นไปได้ สภาพแวดล้อมในการทดลองเหมาะสมพอที่จะทำให้ *Zostera marina* เจริญเติบโตจนมีดอก

Kenworthy และ Fonseca (37) ทดลองนำ *Zostera marina* ที่เจริญในดิน 3 ลักษณะ คือ sand , sand-silt และ silt มาปลูกตู้กระจกที่รองพื้นด้วย sand , sand-silt และ silt โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาว่า *Zostera marina* ที่นำมาจากที่เจริญในดินประเภทใด จะให้ผลการย้ายปลูกที่ดีที่สุด จากผลการทดลองสรุปได้ว่า *Zostera marina* ที่นำมาจากแหล่งหญ้าทะเลที่เจริญใน silt เมื่อนำมาทำการย้ายปลูกจะสามารถเจริญได้ดีทั้งใน sand , sand-silt และ silt

Seeliger (38) ทดลองเพาะหญ้าทะเล *Ruppia maritima* หรือ Widgeon grass ในห้องปฏิบัติการโดยวิธี Algal free โดยเริ่มแรกทำความสะอาดเมล็ดโดยใช้ ethyl alcohol 96% ที่ pH 2 การทดลองแบ่งเป็น 2 ช่วง โดยช่วงที่ 1 เป็นการทดลองการเหนี่ยวนำการงอก โดยทดลองเก็บเมล็ดที่ผ่านการทำความสะอาด ที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ ได้แก่ -16, -10, -5, 7, 15 และ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน แล้วจึงนำไปเพาะที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส พบว่า เมล็ดที่เก็บไว้ที่ 7 องศาเซลเซียส ให้เปอร์เซ็นต์การงอกสูงที่สุด เกือบ 100 % รองลงมาคือ -5, -10, 15, 20 และ -16 องศาเซลเซียส ช่วงที่ 2 ทดลองสถานะที่เหมาะสมต่อการงอก โดยทำการเก็บเมล็ดไว้ที่ 7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 เดือน แล้วนำไปเพาะที่อุณหภูมิต่างๆ คือ 15, 20, 25 และ 30 ผลการทดลองพบว่าที่ 25 องศาเซลเซียส จะทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกสูงที่สุด รองลงมาคือ 20, 30 และ 15 องศาเซลเซียส

Kimon, Jerilyn and Fonseca (39) ทดลองปลูกหญ้าทะเล *Ruppia maritima* ในตู้ทดลองที่จัดระบบน้ำให้เป็นน้ำไหล พบว่าวิธีการปลูกระหว่างการใช้ลวดโลหะเป็นเครื่องยึดกับการนำต้น *Ruppia maritima* ไปปลูกในกระถางที่ย่อยสลายได้ วิธีหลังจะให้ผลดีกว่า มีอัตราการงอก 20-80 % นานถึง 11 เดือน ในขณะที่ *Ruppia maritima* ที่ปลูกโดยวิธีแรกจะหลุดลอยไปจนเกือบหมดภายใน 1 เดือน

Kirkman (40) ปลูก *Zostera capricorni* โดยย้ายมาจาก Toorbul Point, Moreton Bay, Queensland ในถังทดลองเป็นเวลา 3 เดือนครึ่ง เมื่อเริ่มทดลองพบสาหร่าย *Hypnea* sp. และ *Giffordia mitchellae* เกาะปกคลุมอยู่บนใบหญ้าทะเล จึงนำผ้าใบมาคลุมถังทดลองเพื่อให้ปราศจากแสงเป็นเวลา 3 วัน เมื่อนำผ้าใบออกพบว่าใบหญ้าทะเลปราศจากสาหร่ายเกาะและต้นหญ้าทะเลมีสภาพแข็งแรงขึ้น เดือนต่อมาพบ *Cymadusa* ซึ่งเป็น Gammerid Amphipod เกาะที่ใบและกัดกินใบหญ้าทะเล จึงปล่อยปลา Sand Whiting (*Sillago maculata*) เพื่อควบคุมจำนวน *Cymadusa* พบว่าได้ผลดี



บทที่ 3

วิธีการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้ มีรูปแบบการวิจัยเป็นแบบการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental laboratory research) โดยศึกษาอิทธิพลของระดับความเค็ม 5 ระดับ และปริมาณไนเตรท 4 ระดับ ดำเนินการทดลองที่สถานีเพาะเลี้ยงสาหร่ายจังหวัดชลบุรี

3.1 การกำหนดระดับปัจจัยที่ทดลอง

3.1.1 การกำหนดระดับความเค็มที่ทดลอง

หญ้าทะเลใบยาวมีการแพร่กระจายในบริเวณชายฝั่งที่ระดับความลึกไม่มากนัก ดังนั้นในการกำหนดระดับความเค็มที่ทำการทดลอง จึงใช้ระดับความเค็มของน้ำทะเลในบริเวณชายฝั่งเป็นหลัก ค่าความเค็มนี้มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล โดยในฤดูฝนจะมีน้ำจืดไหลลงมา ทำให้ความเค็มลดลง ในขณะที่ฤดูร้อน ความเค็มจะสูงขึ้น ซึ่งในรอบปี ระดับความเค็มบริเวณชายฝั่งทะเลของไทยจะอยู่ในช่วง 15-35 ppt. และมีงานวิจัยเกี่ยวกับหญ้าทะเลชนิด *Enhalus acoroides* บ่งชี้ว่า เมล็ดหญ้าทะเลชนิดนี้สามารถงอกได้ที่ระดับความเค็มต่ำ

จากเหตุผลที่กล่าวในข้างต้น จึงกำหนดช่วงความเค็มที่จะทำการทดลองเป็น 15-35 ppt. และได้ระดับความเค็มที่จะทดลอง 5 ค่า ได้แก่ 15 20 25 30 และ 35 ppt.

3.1.2 การกำหนดปริมาณไนเตรทที่ทดลอง

สำหรับแหล่งไนเตรท (Nitrate source) ที่ใช้ในการทดลองนั้น คัดเลือกโดยทำการศึกษาสูตรอาหารสำหรับเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพืชสูตรต่างๆ เช่น สูตรอาหารของ Guillard สูตรอาหารสำหรับเลี้ยง Dinoflagellate ของ Erschreiber พบว่าใช้โซเดียมไนเตรท (NaNO_3) เป็นแหล่งไนเตรท ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จึงใช้ NaNO_3 เป็นแหล่งไนเตรท

ในการกำหนดระดับปริมาณไนเตรทที่จะทำการทดลองจะอิงจากช่วงปริมาณไนเตรทในแหล่งหญ้าทะเลที่อ่าวทับละมุ จังหวัดพังงา ที่อัจฉริย์ (5) ได้ทำการศึกษาไว้ในช่วงเดือนเมษายน 2533 ถึงเดือนมีนาคม 2534 โดยค่าปริมาณไนเตรทที่ต่ำที่สุด เป็น Free nitrate และสูงสุด เป็น 0.067 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือประมาณ 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากข้อมูลข้างต้น จึงกำหนดช่วงปริมาณไนเตรทที่จะทำการทดลองเป็น 0.001-0.1 mg/l และได้ค่าปริมาณไนเตรทที่จะทดลอง 4 ค่า ได้แก่ free nitrate 0.001 0.01 และ 0.1 mg/l

3.1.3 การกำหนดระดับปัจจัยศึกษาในชุดน้ำทะเลธรรมชาติ

เพื่อให้การศึกษาเป็นไปโดยสมบูรณ์ จึงกำหนดให้มีชุดน้ำทะเลธรรมชาติ (Control) 1 ชุด นอกเหนือจากชุดทดลอง (Treatment) โดยระดับความเค็มและปริมาณไนเตรทในชุดน้ำทะเลธรรมชาตินี้ จะเป็นระดับความเค็มและปริมาณไนเตรทที่อยู่ในน้ำทะเลธรรมชาติที่ทำการสุบมาสำรองไว้เพื่อใช้ในการทดลอง โดยที่ไม่ผ่านการปรับความเค็มและการปรับปริมาณไนเตรท

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การวางแผนการทดลอง

ผู้วิจัยได้วางแผนการทดลองเป็นแบบแฟกทอเรียล (Factorial) เพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะการทดลองที่ต้องการทราบถึงระดับที่เหมาะสมของปัจจัย โดยศึกษาพร้อมกัน 2 ปัจจัย คือ ระดับความเค็ม 5 ระดับ ปริมาณไนเตรท 4 ระดับ จำนวนหน่วยการทดลองเป็น 5×4 หรือ 20 หน่วยการทดลอง และเพื่อให้การวิจัยสมบูรณ์ยิ่งขึ้น จึงได้จัดให้มีการเพาะเมล็ดหอยทะเลในน้ำทะเลธรรมชาติอีก 1 หน่วยการทดลอง ซึ่งจัดให้มีสภาพแวดล้อมต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นอุณหภูมิ แสง การเติมอากาศ เหมือนกับอีก 20 หน่วยการทดลองทุกประการ

3.2.2 การเตรียมการทดลอง

1) การเตรียมสภาวะแวดล้อมในการทดลอง

ทำการทดลองในตู้กระจกขนาด 14 นิ้ว หรือ 18×35 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร ปริมาณน้ำทะเล 10 ลิตร และเติมอากาศโดยเครื่องให้อากาศ ปรับให้มีความแรงของอากาศใกล้เคียงกันมากที่สุดในทุกหน่วยการทดลอง ตลอดการทดลอง ตั้งตู้ทดลองให้มีระดับความเข้มของแสงที่ผิวหน้า ประมาณ 1000 lux และเพื่อให้แสงในการทดลองมีความใกล้เคียงกับแสงอาทิตย์มากที่สุด จึงเลือกใช้หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ ยี่ห้อ Sylvania ชนิด day light เพราะให้ค่าดัชนีความถูกต้องของสี สูงที่สุด (41) ปริมาณวัสดุปลูกจะให้มีความสูงพอประมาณ

2) การเตรียมวัสดุปลูก

เนื่องจากการทดลองนี้เป็นการศึกษาปริมาณไนเตรทในน้ำทะเลที่เหมาะสมต่อการเพาะเมล็ดหอยทะเล วัสดุปลูกที่ใช้ทดลองจึงควรเป็นวัสดุปลูกที่ไม่มีไนเตรทปะปนอยู่ และเป็นวัสดุปลูกที่สะอาด ไม่มีซากเน่าเปื่อยของสิ่งมีชีวิตที่อาจทำให้ระบบเน่าเสียได้

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น จึงเลือกใช้ทรายจากชายหาดที่ล้างสะอาดด้วยน้ำจืด แล้วตากแดดให้แห้งเป็นวัสดุปลูก โดยถือว่าได้ทำการล้างกำจัดในทรายที่มีอยู่ออกไปจนเหลืออยู่ในปริมาณที่น้อยมากและเป็นปริมาณที่ใกล้เคียงกันในทุกหน่วยการทดลอง ซึ่งจะไม่ทำให้การทดลองเกิดความคลาดเคลื่อนแต่อย่างใด

3) การเตรียมน้ำทะเลเทียม

ใช้สูตรน้ำทะเลเทียม ของ Umebayashi (1961) ซึ่งใช้ NaNO_3 เป็น Nitrate source มีรายละเอียดดังนี้

น้ำกลั่น	100	ml
NaCl	2.4	g
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.8	g
KCl	70.0	mg
$\text{Ca (as } \text{Cl}_2\text{)}$	36.8	mg
NaNO_3	10.0	mg
$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	10.0	mg
NaHCO_3	16.8	mg
$\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	0.4	mg
P1 Solution 1 ml		

P1 Solution ประกอบด้วย

น้ำกลั่น	1	l
Na_2EDTA	3.0	g
$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0.3	g
ZnCl_2	0.03	g
$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0.43	g
$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	12.1	mg
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	4.7	mg
H_3BO_3	3.43	g



4) การเตรียมเมล็ดหญาทะเล

ทำการรวบรวมผลหญาทะเลจากบริเวณที่มีหญาทะเลชนิดนี้แพร่กระจายอยู่ โดยเลือกเก็บผลที่มีสภาพสมบูรณ์ ไม่น่าเสีย แล้วล้างเลียงมาล้างห้องปฏิบัติการโดยใส่ผลหญาทะเลในถุงพร้อมกับน้ำทะเล และรักษาอุณหภูมิโดยการโรยน้ำแข็งเพื่อไม่ให้อุณหภูมิสูงเกินไปจนเกิดการเน่าเสีย

เลือกผลหญาทะเลที่มีความสมบูรณ์ มีความแก่พอดี โดยพิจารณาได้จากลักษณะของผล ผลที่อ่อนจะมีเปลือกสีเขียวและพูที่ผลยังไม่ปรากฏชัดเจน ต่างจากผลที่แก่ซึ่งจะมีสีน้ำตาล เห็นพูและร่องของผลได้อย่างชัดเจน ล้างผลหญาทะเลให้สะอาด แคะผลนำเมล็ดหญาทะเลซึ่งมีอยู่ประมาณ 4-5 เมล็ดใน 1 ผล นำเมล็ดหญาทะเลทั้งหมดมาคละกัน เหตุผลที่ต้องนำเมล็ดหญาทะเลมาคละกัน ก็เพราะผลหญาทะเลที่เก็บรวบรวมมามีความแก่อ่อนต่างกัน การคละเป็นการทำให้เมล็ดหญาทะเลที่จะนำไปปลูกในแต่ละหน่วยการทดลองมีความเท่าเทียมกันหรือเป็นการสุ่มนั่นเอง

3.2.3 การปลูก

หลังจากแกะเมล็ดออกจากผล จะเห็นได้ว่าเมล็ดหญาทะเลมีลักษณะเป็นกรวยคว่ำฐานกว้าง ขอดแหลม โดยที่ส่วนขอดของเมล็ดมีเยื่อลักษณะคล้ายฟองน้ำที่มีหน้าที่โอบอุ้มให้เมล็ดลอยอยู่ในน้ำทะเล ซึ่งตามธรรมชาติของเมล็ดหญาทะเลจะงอไปขวานี้ เมื่อดำรงลอยอยู่ในทะเลได้ช่วงเวลาหนึ่ง เยื่อนี้จะจับน้ำ จนทำให้เมล็ดมีน้ำหนักมากขึ้น อีกทั้งกระแสน้ำจะช่วยพัดพาให้เยื่อนี้หลุดออกไป เมล็ดจะจมลงสู่พื้นทะเล แล้วอกเป็นต้นต่อไป

ในการทดลองครั้งนี้ เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ ซึ่งแม้จะทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกสัปดาห์ก็ตาม แต่ถ้าไม่นำเอาเยื่อนี้ออกก่อนปลูก โอกาสที่เมล็ดหญาทะเลจะเน่าเสียก็มีความเป็นไปได้สูง ผู้วิจัยจึงลอกเอาเยื่อออกมาก่อนแล้วจึงทำการปลูก โดยนำเอาด้านกว้างของเมล็ดปักลงในวัสดุปลูก ให้ส่วนขอดของเมล็ดโผล่ขึ้นมาจากวัสดุปลูกเล็กน้อย

3.2.4 การจัดการระบบทดลองการทดลอง

1) การจัดการระบบแสง

ทำการตรวจวัดค่าความเข้มของแสงโดย lux meter ทุกๆ สัปดาห์ และเช็คค่าความสะอาดหลอดไฟอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้ค่าความเข้มแสงมีค่าใกล้เคียงกับ 1000 lux ดังที่ได้กำหนดไว้ในขั้นเตรียมการทดลอง ในหัวข้อ 3.2.2

2) การจัดการระบบการให้อากาศ

ตรวจดูระบบการให้อากาศอย่างสม่ำเสมอ โดยดูแลเครื่องเติมอากาศไม่ให้มีเครื่องใดเครื่องหนึ่งหยุดทำงาน ตรวจดูปริมาณอากาศให้มีความแรงสม่ำเสมอในทุกหน่วยการทดลอง

3) การจัดการระบบน้ำ

ทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 1 ครั้งต่อสัปดาห์ รวมทั้งหมดเปลี่ยนถ่ายน้ำ 4 ครั้งตลอดการทดลอง วิธีการเปลี่ยนถ่ายน้ำทำโดยถ่ายน้ำเก่าออกด้วยวิธีการกักน้ำ ถ่ายน้ำออกจนกระทั่งเกือบหมด จากนั้นปูแผ่นพลาสติกลงบนพื้นทรายเพื่อป้องกันไม่ให้ทรายฟุ้งกระจาย ซึ่งอาจเป็นผลให้เมล็ดหญ้าทะเลที่ปลูกไว้หลุดลอยขึ้นจากทราย แล้วจึงเทน้ำทะเลเทียมที่เตรียมไว้กลับลงไป

3.3 การเก็บข้อมูล

3.3.1 ลักษณะดินอ่อนหญ้าทะเลในบ่อ

3.3.2 ดัชนีที่ใช้วัดความเหมาะสมของปัจจัย

1. การงอกของเมล็ดหญ้าทะเล โดยนับเมล็ดหญ้าทะเลที่มีการงอกของลำต้นอ่อนเมื่อสิ้นสุดการทดลอง
2. การมีชีวิตรอดของดินอ่อนหญ้าทะเล โดยนับดินอ่อนหญ้าทะเลที่มีชีวิตเมื่อสิ้นสุดการทดลอง
3. ขนาดของดินอ่อนหญ้าทะเล โดยวัดความยาวทั้งหมดจากโคนต้นส่วนที่ติดเมล็ดถึงปลายของใบที่ยาวที่สุดของดินอ่อนหญ้าทะเล ทั้งต้นที่มีชีวิตรอดและต้นที่ไม่มีชีวิตรอด เมื่อสิ้นสุดการทดลอง

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.4.1 การวิเคราะห์ระดับปัจจัยที่เหมาะสม

3.4.1.1 การงอกของเมล็ดหญ้าทะเล

เมื่อทำการทดลองครบ 4 สัปดาห์ นับจำนวนเมล็ดหญ้าทะเลที่งอกในแต่ละทรีตเมนต์ และจำนวนเมล็ดหญ้าทะเลที่งอกในชุดน้ำทะเลธรรมชาติ ใช้สถิติ chi-square (χ^2) ทดสอบว่าที่ระดับปัจจัยต่างกัน จะให้ผลการงอกของเมล็ดหญ้าทะเลเท่ากันหรือไม่

3.4.1.2 การรอดชีวิตของดินอ่อนหญ้าทะเล

เมื่อทำการทดลองครบ 4 สัปดาห์ นับจำนวนดินอ่อนหญ้าทะเลที่รอดในแต่ละทรีตเมนต์ และจำนวนดินอ่อนหญ้าทะเลที่รอดในชุดน้ำทะเลธรรมชาติ ใช้สถิติ chi-square (χ^2) ทดสอบว่าที่ระดับปัจจัยต่างกัน จะให้ผลการรอดชีวิตของดินอ่อนหญ้าทะเลเท่ากันหรือไม่

3.4.1.3 ขนาดของดินอ่อนหญ้าทะเล

เมื่อทำการทดลองครบ 4 สัปดาห์ ทำการวัดความยาวจากโคนต้นส่วนที่ติดเมล็ดถึงปลายของใบที่ยาวที่สุดของดินอ่อนหญ้าทะเลในแต่ละทรีตเมนต์ และในชุดน้ำทะเล

ธรรมชาติ ใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) ทดสอบความแตกต่างของขนาดต้นอ่อนหนุ่ทะเลระหว่างแต่ละระดับปัจจัย เมื่อพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสถิติที่ระดับ 0.05 ระหว่างแต่ละระดับปัจจัย แล้วทำการทดสอบด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ซึ่งจะทำให้ทราบว่ากลุ่มตัวอย่างคู่ใดที่มีความแตกต่างกัน

3.4.1.4 รากของต้นอ่อนหนุ่ทะเล

เมื่อทำการทดลองครบ 4 สัปดาห์ ทำการวัดความยาวของรากของต้นอ่อนหนุ่ทะเลในแต่ละทริตเมนต์ และในชุดน้ำทะเลธรรมชาติ ใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) ทดสอบความแตกต่างของขนาดต้นอ่อนหนุ่ทะเลระหว่างแต่ละระดับปัจจัย โดยวัดจากส่วนที่ติดเมล็ดถึงปลายของรากที่ยาวที่สุด โดยวัดความยาวของรากแก้วเป็นหลัก ถ้าต้นอ่อนหนุ่ทะเลต้นใดไม่พบรากแก้ว จะวัดความยาวของรากฝอยแทน

3.4.2 การวิเคราะห์ค่าปฏิสัมพันธ์ (Interaction)

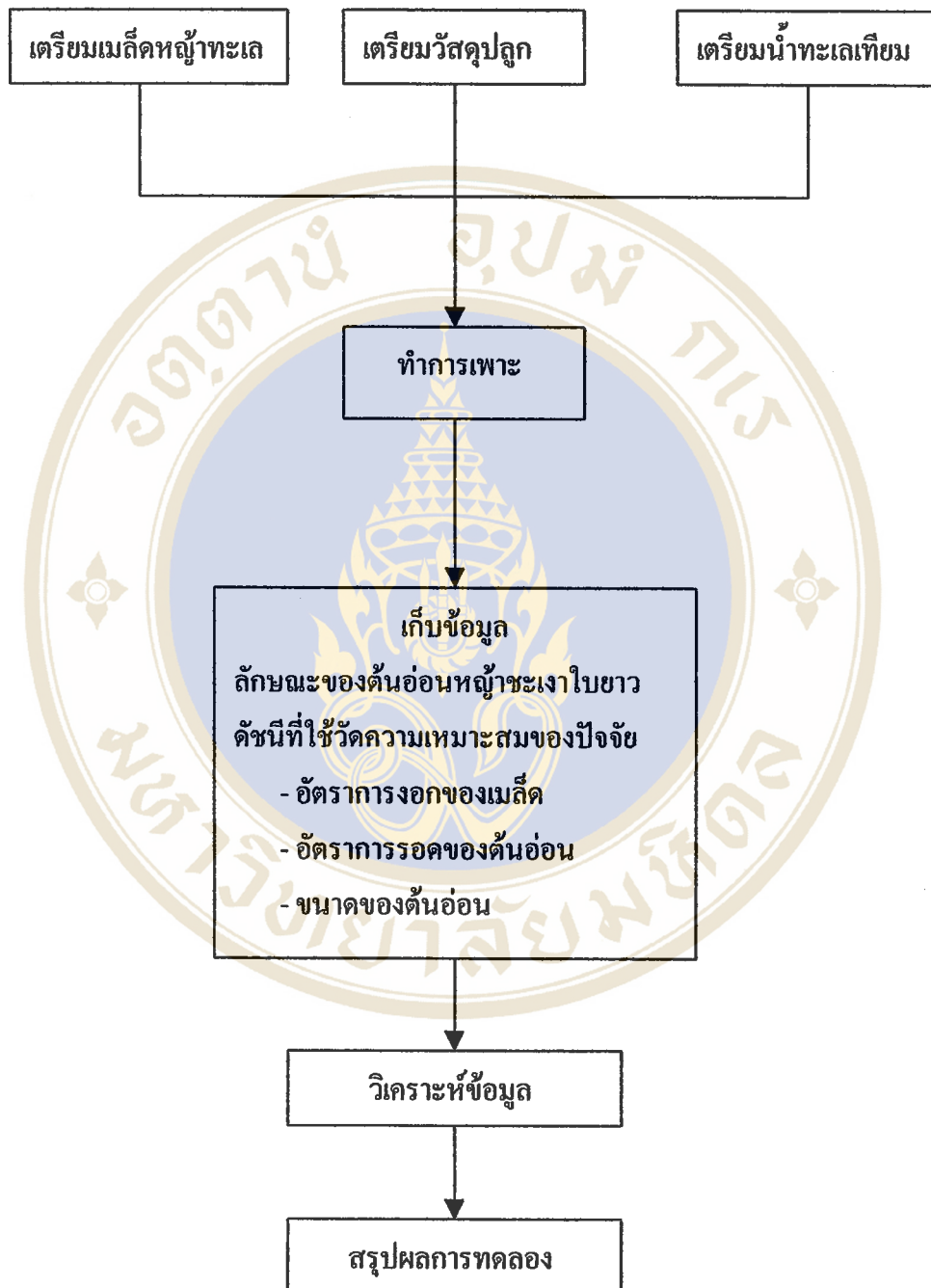
เป็นวิเคราะห์ว่าตัวแปรอิสระ 2 ตัว คือ ระดับความเค็ม และปริมาณไนเตรท จะปฏิสัมพันธ์ร่วมกันในการส่งผลต่อตัวแปรตาม คือขนาดของต้นอ่อนหนุ่ทะเลหรือไม่ โดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ 2 ทาง (Two-way ANOVA) ทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3.4.3 การเปรียบเทียบต้นอ่อนหนุ่ทะเลที่เพาะในน้ำทะเลธรรมชาติกับต้นอ่อนหนุ่ทะเลที่เพาะในทริตเมนต์ที่เหมาะสมที่สุด

เป็นการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบว่าต้นอ่อนหนุ่ทะเลที่เพาะในน้ำทะเลธรรมชาติกับต้นอ่อนหนุ่ทะเลที่เพาะในทริตเมนต์ที่เหมาะสมที่สุดนั้น มีความแตกต่างกันหรือไม่ เพื่อเป็นข้อมูลไว้ประกอบการตัดสินใจในการนำผลการทดลองไปใช้จริง ซึ่งข้อมูลของต้นอ่อนหนุ่ทะเลที่เพาะใน ทริตเมนต์ที่เหมาะสมที่สุดนั้น จะใช้ข้อมูลของทริตเมนต์ที่ให้ความยาวเฉลี่ยสูงสุด

การวิเคราะห์จะใช้สถิติทดสอบ t-test โดยเปรียบเทียบทั้งอัตราการงอกของเมล็ด อัตราการรอดชีวิตของต้นอ่อนหนุ่ทะเล และขนาดของต้นอ่อนหนุ่ทะเล ซึ่งก่อนทำการทดสอบ t-test นั้น ต้องทำการทดสอบด้วย F-test ก่อน ว่าค่าความแปรปรวนของต้นอ่อนหนุ่ทะเลทั้ง 2 กลุ่มนี้เท่ากันหรือไม่ เพื่อจะได้ทราบว่าทดสอบ t-test ในขั้นต่อไปนั้น ต้องใช้ค่า t-test สำหรับกรณีที่ค่าความแปรปรวนของประชากร 2 กลุ่มเท่ากันหรือใช้ค่า t-test สำหรับกรณีที่ค่าความแปรปรวนของประชากร 2 กลุ่มไม่เท่ากัน

การคำนวณค่าสถิติต่างๆ นั้น ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS For WINDOWS เป็นเครื่องมือช่วยในการคำนวณ



รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงวิธีการทดลอง

บทที่ 4

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

ผลการศึกษาการหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมกับการเพาะเมล็ดหญ้าเซเงาใบขาว ตามขั้นตอนการศึกษาในบทที่ 3 นั้น ผู้วิจัยแบ่งการนำเสนอผลการศึกษาเป็น 5 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 สภาวะแวดล้อมในการทดลอง

ส่วนที่ 2 ผลการทดลองเพาะเมล็ดหญ้าทะเล

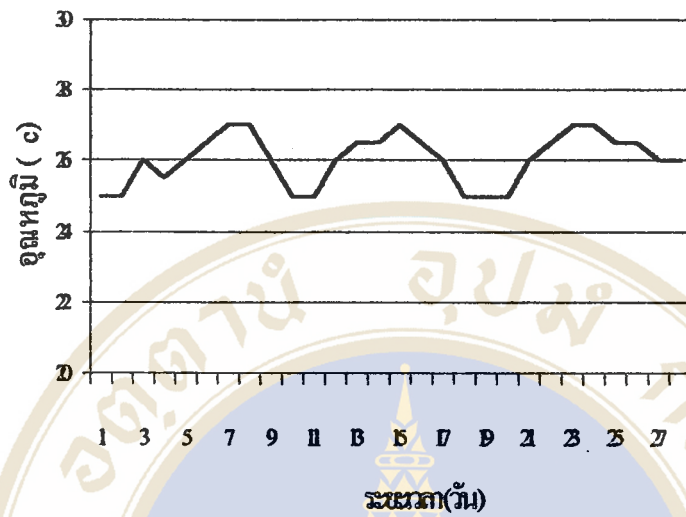
ส่วนที่ 3 ลักษณะต้นอ่อนหญ้าทะเล

ส่วนที่ 4 ผลการวิเคราะห์สถิติ

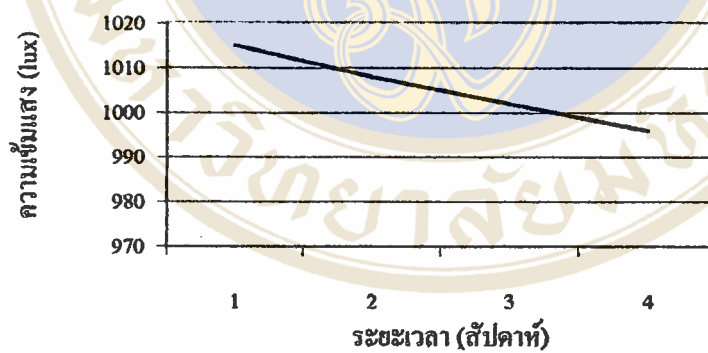
ส่วนที่ 5 อภิปรายผล

4.1 สภาวะแวดล้อมในการทดลอง

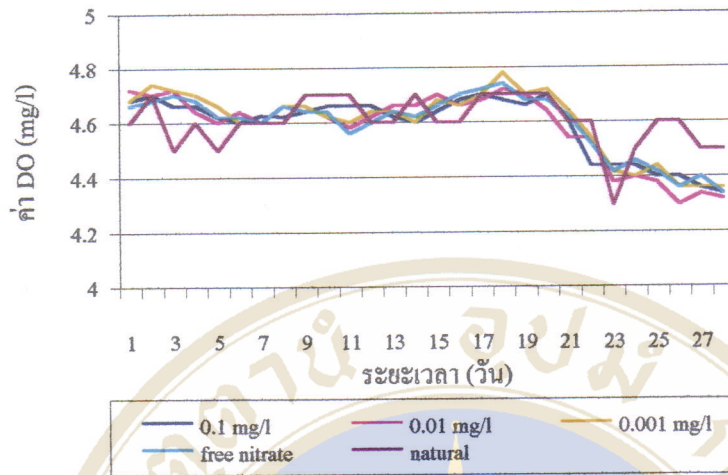
การศึกษาในครั้งนี้ได้ทำในห้องปฏิบัติการ ปัจจัยแสงและอุณหภูมิจึงค่อนข้างคงที่ในทุกๆ หน่วยการทดลองตลอดระยะเวลาการศึกษา กล่าวคือ อุณหภูมิอยู่ในช่วง $25.0-27.0^{\circ}\text{C}$ และทำการตรวจวัดค่าความเข้มของแสงโดย lux meter ทุกๆ สัปดาห์ และเช็ดทำความสะอาดหลอดไฟให้สะอาดอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้ค่าความเข้มแสงคงที่ ซึ่งอยู่ในช่วง 996-1015 lux ดังแสดงในรูปที่ 4.1 และ 4.2 ในตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง ผู้วิจัยทำการตรวจสอบระบบให้อากาศอย่างสม่ำเสมอ ประกอบกับค่าความเข้มแสงที่ค่อนข้างคงที่ ทำให้ได้ค่า DO ที่ค่อนข้างใกล้เคียงกันในทุกหน่วยการทดลอง คืออยู่ในช่วง 4.5-4.8 mg/l ซึ่งนับว่าค่อนข้างสูง เป็นผลให้ระดับคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ จึงส่งผลให้ค่า pH ในรอบวันคงที่ตามไปด้วยเช่นกัน โดยผู้วิจัยทำการวัดค่า pH และ DO สัปดาห์ละ 1 ครั้ง เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงในรอบวัน ผลปรากฏว่าค่า pH และ DO ใน 1 วันคงที่ ดังแสดงในรูปที่ 4.3 และ 4.4



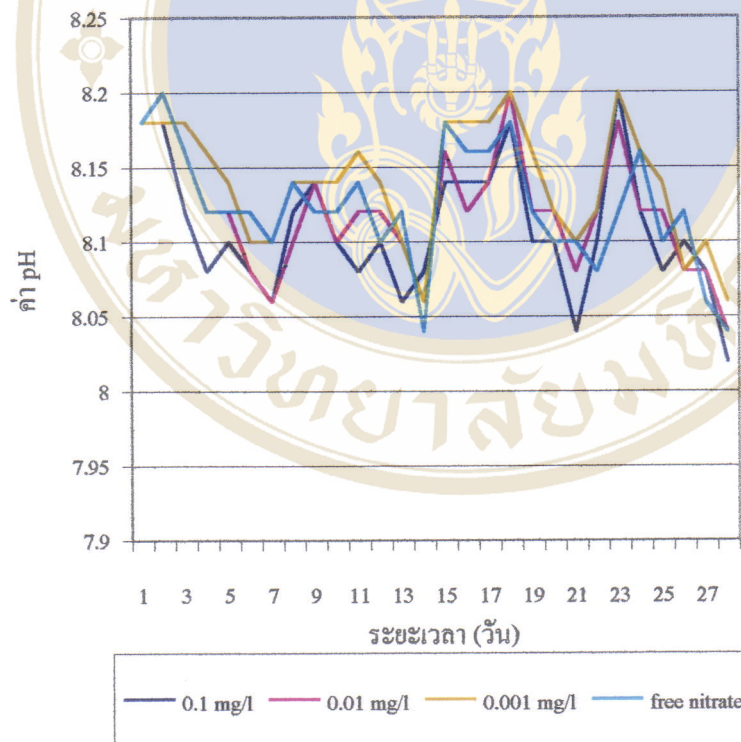
รูปที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตลอดการทดลอง (จากการศึกษา)



รูปที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงของความเข้มแสงตลอดการทดลอง (จากการศึกษา)



รูปที่ 4.3 ค่า DO ในแต่ละปริมาณไนเตรท (จากการศึกษา)



รูปที่ 4.4 ค่า pH ในแต่ละปริมาณไนเตรท (จากการศึกษา)

4.2 ผลการเพาะเมล็ดหญาชะเงาใบยาว

ผลหญาชะเงาใบยาวที่ได้รวบรวมมา มีลักษณะที่แก่จัดและสมบูรณ์ดี ไม่น่าเสีย ผลสีน้ำตาลและขนบนผลเป็นเส้นยาว เห็นพูและร่องบนผลได้อย่างชัดเจน ก้านขดเป็นเกลียว เมล็ดในแต่ละผลส่วนมากสมบูรณ์ดี ไม่ลีบฝ่อหรือน่าเสีย รูปของผลหญาชะเงาใบยาวที่รวบรวมมา แสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ผลของหญาชะเงาใบยาว

หลังจากทำการทดลองครบ 4 สัปดาห์ ทำการเก็บข้อมูลต้นอ่อนหญาชะเงาทั้งหมด ได้สรุปไว้ในตารางที่ 4.1 และรายละเอียดของหญาชะเงาที่เพาะในแต่ละหน่วยการทดลอง อันได้แก่ อัตราการงอกของเมล็ด อัตราการรอดชีวิตของต้นอ่อน ขนาดของต้นอ่อน และความยาวรากของต้นอ่อนหญาชะเงา ได้แสดงในตารางที่ 4.2 ถึง ตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.1 สรุปผลอัตราการงอกของเมล็ด อัตราการรอดชีวิตของต้นอ่อน ขนาดของต้นอ่อนและความยาวรากของต้นอ่อนหญ้าชะงาใบยาวในแต่ละทรีตเมนต์

Salinity (ppt)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	จำนวนงอก (ต้น)	จำนวนรอด (ต้น)	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	ความยาวราก (เซนติเมตร)	หมายเหตุ
15	0.1	9	9	3.58	1.08	
	0.01	10	10	4.46	2.27	
	0.001	10	10	3.33	2.08	
	free	9	9	3.61	1.97	
20	0.1	10	10	3.69	1.36	
	0.01	10	10	5.11	2.43	
	0.001	10	10	4.16	1.33	
	free	10	10	4.46	1.60	
25	0.1	10	10	4.49	1.23	
	0.01	10	10	5.21	2.05	
	0.001	10	10	4.89	2.15	
	free	10	10	4.50	1.58	
30	0.1	10	10	3.57	0.15	
	0.01	10	10	4.66	0.81	
	0.001	10	10	4.65	0.66	
	free	10	10	3.80	0.35	
35	0.1	10	10	2.67	-	รากไม่งอก
	0.01	10	10	3.41	0.70	รากฝอย
	0.001	10	10	2.98	0.60	
	free	9	9	3.19	-	รากไม่งอก
Natural		10	10	4.40	1.99	

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลต้นอ่อนหญาชะเงาใบขาวที่เพาะที่ความเค็ม 15 ppt. ปริมาณไนเตรท 0.1 mg/l

ต้นที่	จำนวนใบ	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	จำนวนราก	ความยาวราก (เซนติเมตร)	หมายเหตุ
1	3	3.9	1	0.5	
2	2	2.8	1	1.2	
3	4	3.8	1	2.5	
4	3	2.3	1	1.4	
5	2	1.7	0	0	รากไม่งอก
6	4	6.2	รากฝอย	1.7	
7	3	2.7	1	1.6	
8	4	5.4	1	0.8	
9	0	0	0	0	ไม่งอก.ไม่รอด
10	3	3.4	0	0	รากไม่งอก
เฉลี่ย	2-4	3.58	1	1.08	

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลต้นอ่อนหญาชะเงาใบขาวที่เพาะที่ความเค็ม 15 ppt. ปริมาณไนเตรท 0.01 mg/l

ต้นที่	จำนวนใบ	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	จำนวนราก	ความยาวราก (เซนติเมตร)	หมายเหตุ
1	4	3.4	1	0.5	
2	4	4.1	1	3.5	
3	4	5.3	2	2.4	
4	4	4.8	1	2.5	
5	4	3.9	1	2.4	
6	4	5.8	1	2.6	
7	4	4.2	1	2.1	
8	4	4.5	1	2.0	
9	4	5.0	1	2.6	
10	3	3.6	1	2.1	
เฉลี่ย	3-4	4.46	1-2	2.27	

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลต้นอ่อนหญ้าชะเงาใบขาวที่เพาะที่ความเค็ม 15 ppt. ปริมาณไนเตรท 0.001 mg/l

ต้นที่	จำนวนใบ	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	จำนวนราก	ความยาวราก (เซนติเมตร)	หมายเหตุ
1	1	2.0	1	2.0	
2	1	4.3	1	2.2	
3	1	3.2	1	0.2	
4	1	3.1	1	2.1	
5	1	4.5	1	1.5	
6	1	3.3	1	1.7	
7	1	3.8	1	2.8	
8	1	1.5	1	2.7	
9	1	1.7	0	0	
10	1	5.9	1	3.5	
เฉลี่ย	1	3.33	0-1	2.08	

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลต้นอ่อนหญ้าชะเงาใบขาวที่เพาะที่ความเค็ม 15 ppt. free nitrate

ต้นที่	จำนวนใบ	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	จำนวนราก	ความยาวราก (เซนติเมตร)	หมายเหตุ
1	0	0	0	0	ไม่งอก,ไม่รอด
2	1	1.0	0	0	
3	2	1.6	0	0	
4	3	2.5	1	0.8	
5	3	3.4	1	1.7	
6	4	3.6	1	1.1	
7	4	4.7	2	2.4	
8	4	4.5	2	3.2	
9	4	5.1	1	1.7	
10	4	6.1	2	2.9	
เฉลี่ย	1-4	3.61	0-2	1.97	

ตารางที่ 4.6 ข้อมูลต้นอ่อนห้ำชะเงาใบขาวที่เพาะที่ความเค็ม 20 ppt. ปริมาณไนเตรท 0.1 mg/l

ต้นที่	จำนวนใบ	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	จำนวนราก	ความยาวราก (เซนติเมตร)	หมายเหตุ
1	4	4.8	2	3.7	
2	3	3.6	1	0.6	
3	4	6.2	2	3.9	
4	4	4.8	2	0.6	
5	3	3.6	1	0.1	
6	3	2.5	0	0	
7	4	2.6	1	0.1	
8	4	3.6	1	1.4	
9	3	3.0	1	0.5	
10	3	2.2	0	0	
เฉลี่ย	3-4	3.69	0-2	1.36	

ตารางที่ 4.7 ข้อมูลต้นอ่อนห้ำชะเงาใบขาวที่เพาะที่ความเค็ม 20 ppt. ปริมาณไนเตรท 0.01 mg/l

ต้นที่	จำนวนใบ	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	จำนวนราก	ความยาวราก (เซนติเมตร)	หมายเหตุ
1	4	5.6	1	3.4	
2	3	3.5	1	0.5	
3	3	4.6	1	0.7	
4	4	6.2	2	3.0	
5	4	7.0	2	3.1	
6	3	3.2	1	2.4	
7	4	4.5	2	2.9	
8	4	5.5	1	2.4	
9	3	6.0	1	3.0	
10	4	5.0	1	2.9	
เฉลี่ย	3-4	5.11	1-2	2.43	

ตารางที่ 4.8 ข้อมูลดินอ่อนหญ้าชะเงาใบขาวที่เพาะที่ความเค็ม 20 ppt. ปริมาณไนเตรท 0.001 mg/l

ต้นที่	จำนวนใบ	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	จำนวนราก	ความยาวราก (เซนติเมตร)	หมายเหตุ
1	4	5.4	1	2.7	
2	4	5.5	1	0.7	
3	3	5.5	2	2.2	
4	3	2.6	0	0	รากไม่งอก
5	3	4.7	1	0.4	
6	3	1.4	0	0	รากไม่งอก
7	3	3.3	1	0.4	
8	4	3.7	2	1.2	
9	4	5.0	1	2.9	
10	4	4.5	1	0.1	
เฉลี่ย	3-4	4.16	0-2	1.33	

ตารางที่ 4.9 ข้อมูลดินอ่อนหญ้าชะเงาใบขาวที่เพาะที่ความเค็ม 20 ppt. free nitrate

ต้นที่	จำนวนใบ	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	จำนวนราก	ความยาวราก (เซนติเมตร)	หมายเหตุ
1	2	3.4	0	0	รากไม่งอก
2	3	4.1	1	0.3	
3	3	5.3	1	0.3	
4	3	4.8	1	4.0	
5	3	3.9	1	2.8	
6	4	5.8	1	2.3	
7	4	4.2	1	2.5	
8	3	4.5	1	0.5	
9	3	5.0	1	0.1	
10	3	3.6	0	0	รากไม่งอก
เฉลี่ย	2.4	4.46	0-1	1.60	

ตารางที่ 4.10 ข้อมูลต้นอ่อนหญาชะเงาใบขาวที่เพาะที่ความเค็ม 25 ppt. ปริมาณไนเตรท 0.1 mg/l

ต้นที่	จำนวนใบ	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	จำนวนราก	ความยาวราก (เซนติเมตร)	หมายเหตุ
1	4	4.0	2	1.6	
2	4	6.2	2	0.3	
3	4	4.7	1	2.3	
4	4	4.8	1	1.3	
5	3	3.6	1	0.3	
6	3	4.7	1	0.1	
7	4	4.8	1	1.8	
8	3	4.4	1	2.7	
9	4	5.0	1	0.7	
10	3	2.7	0	0	รากไม่งอก
เฉลี่ย	3-4	4.49	0-2	1.23	

ตารางที่ 4.11 ข้อมูลต้นอ่อนหญาชะเงาใบขาวที่เพาะที่ความเค็ม 25 ppt. ปริมาณไนเตรท 0.01 mg/l

ต้นที่	จำนวนใบ	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	จำนวนราก	ความยาวราก (เซนติเมตร)	หมายเหตุ
1	3	3.5	1	0.3	
2	4	6.1	1	3.0	
3	4	5.2	2	0.6	
4	3	4.3	1	2.4	
5	4	4.9	1	2.7	
6	4	6.1	2	3.2	
7	4	4.5	2	2.5	
8	4	5.8	1	0.3	
9	4	6.5	2	3.0	
10	3	5.2	1	2.5	
เฉลี่ย	3-4	5.21	1-2	2.05	

ตารางที่ 4.12 ข้อมูลต้นอ่อนหญ้าชะเงาใบขาวที่เพาะที่ความเค็ม 25 ppt. ปริมาณไนเตรท 0.001 mg/l

ต้นที่	จำนวนใบ	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	จำนวนราก	ความยาวราก (เซนติเมตร)	หมายเหตุ
1	2	2.2	1	2.5	
2	4	6.6	1	2.7	
3	4	6.8	2	2.5	
4	3	4.3	รากฝอย	2.0	
5	5	6.3	รากฝอย	4.0	
6	3	4.6	รากฝอย	2.5	
7	4	4.8	1	2.1	
8	3	4.1	1	1.5	
9	4	4.8	1	1.2	
10	3	4.4	1	0.5	
เฉลี่ย	2-5	4.89	1-2 / รากฝอย	2.15	

ตารางที่ 4.13 ข้อมูลต้นอ่อนหญ้าชะเงาใบขาวที่เพาะที่ความเค็ม 25 ppt. free nitrate

ต้นที่	จำนวนใบ	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	จำนวนราก	ความยาวราก (เซนติเมตร)	หมายเหตุ
1	4	4.8	1	2.7	
2	3	6.5	1	3.0	
3	4	4.2	รากฝอย	0.7	
4	4	5.6	1	0.5	
5	3	5.2	1	3.6	
6	3	4.7	1	1.6	
7	3	4.8	1	3.2	
8	3	3.8	1	0.3	
9	2	1.9	1	0.1	
10	3	3.5	1	0.1	
เฉลี่ย	2-4	4.50	1 / รากฝอย	1.58	

ตารางที่ 4.14 ข้อมูลต้นอ่อนหญ้าชะเงาใบขาวที่เพาะที่ความเค็ม 30 ppt. ปริมาณไนเตรท 0.1 mg/l

ต้นที่	จำนวนใบ	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	จำนวนราก	ความยาวราก (เซนติเมตร)	หมายเหตุ
1	3	4.6	0	0	รากไม่งอก
2	3	4.1	0	0	รากไม่งอก
3	3	2.0	0	0	รากไม่งอก
4	3	4.1	1	0.1	
5	3	3.4	1	0.1	
6	4	4.4	1	0.3	
7	3	4.3	1	0.1	
8	4	3.7	0	0	รากไม่งอก
9	3	2.6	0	0	รากไม่งอก
10	3	2.5	0	0	รากไม่งอก
เฉลี่ย	3-4	3.57	0-1	0.15	

ตารางที่ 4.15 ข้อมูลต้นอ่อนหญ้าชะเงาใบขาวที่เพาะที่ความเค็ม 30 ppt. ปริมาณไนเตรท 0.01 mg/l

ต้นที่	จำนวนใบ	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	จำนวนราก	ความยาวราก (เซนติเมตร)	หมายเหตุ
1	4	4.8	1	0.3	
2	3	4.9	1	1.3	
3	3	5.6	1	0.9	
4	4	4.1	1	0.1	
5	4	4.8	0	0	รากไม่งอก
6	4	4.3	1	0.1	
7	2	2.7	0	0	รากไม่งอก
8	3	5.4	1	2.3	
9	4	4.7	0	0	รากไม่งอก
10	4	5.3	1	0.7	
เฉลี่ย	2-4	4.66	0-1	0.81	

ตารางที่ 4.16 ข้อมูลดินอ่อนหญ้าชะเงาใบขาวที่เพาะที่ความเค็ม 30 ppt. ปริมาณไนเตรท 0.001 mg/l

ต้นที่	จำนวนใบ	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	จำนวนราก	ความยาวราก (เซนติเมตร)	หมายเหตุ
1	4	5.0	0	0	รากไม่งอก
2	4	3.6	1	0.1	
3	3	3.6	1	0.8	
4	3	4.1	0	0	รากไม่งอก
5	3	4.7	1	0.9	
6	4	4.6	1	0.1	
7	4	6.2	1	0.8	
8	4	3.9	1	0.6	
9	4	6.3	1	1.3	
10	4	4.5	0	0	รากไม่งอก
เฉลี่ย	3-4	4.65	0-1	0.66	

ตารางที่ 4.17 ข้อมูลดินอ่อนหญ้าชะเงาใบขาวที่เพาะที่ความเค็ม 30 ppt. free nitrate

ต้นที่	จำนวนใบ	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	จำนวนราก	ความยาวราก (เซนติเมตร)	หมายเหตุ
1	4	4.9	0	0	รากไม่งอก
2	3	2.7	0	0	รากไม่งอก
3	4	5.0	0	0	รากไม่งอก
4	3	4.7	0	0	รากไม่งอก
5	3	2.5	1	0.1	
6	4	4.0	0	0	รากไม่งอก
7	4	5.0	0	0	รากไม่งอก
8	3	3.3	0	0	รากไม่งอก
9	3	2.5	0	0	รากไม่งอก
10	4	3.4	1	0.6	
เฉลี่ย	3-4	3.80	0-1	0.35	

ตารางที่ 4.18 ข้อมูลดินอ่อนหญ้าชะเงาใบขาวที่เพาะที่ความเค็ม 35 ppt. ปริมาณไนเตรท 0.1 mg/l

ต้นที่	จำนวนใบ	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	จำนวนราก	ความยาวราก (เซนติเมตร)	หมายเหตุ
1	4	4.0	0	0	รากไม่งอก
2	3	3.0	0	0	รากไม่งอก
3	3	2.9	0	0	รากไม่งอก
4	3	3.3	0	0	รากไม่งอก
5	3	2.5	0	0	รากไม่งอก
6	0	0	0	0	รากไม่งอก
7	2	1.3	0	0	รากไม่งอก
8	2	2.5	0	0	รากไม่งอก
9	4	3.7	0	0	รากไม่งอก
10	2	0.8	0	0	รากไม่งอก
เฉลี่ย	0-4	2.67	0	0	

ตารางที่ 4.19 ข้อมูลดินอ่อนหญ้าชะเงาใบขาวที่เพาะที่ความเค็ม 35 ppt. ปริมาณไนเตรท 0.01 mg/l

ต้นที่	จำนวนใบ	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	จำนวนราก	ความยาวราก (เซนติเมตร)	หมายเหตุ
1	4	5.1	0	0	รากไม่งอก
2	4	4.6	0	0	รากไม่งอก
3	3	3.0	1	0.7	
4	3	3.7	0	0	รากไม่งอก
5	3	2.6	0	0	รากไม่งอก
6	3	2.4	0	0	รากไม่งอก
7	4	3.2	0	0	รากไม่งอก
8	4	5.4	0	0	รากไม่งอก
9	2	2.6	0	0	รากไม่งอก
10	2	1.5	0	0	รากไม่งอก
เฉลี่ย	2-4	3.41	0-1	0.70	

ตารางที่ 4.20 ข้อมูลต้นอ่อนหญ้าชะเงาใบขาวที่เพาะที่ความเค็ม 35 ppt. ปริมาณไนเตรท 0.001 mg/l

ต้นที่	จำนวนใบ	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	จำนวนราก	ความยาวราก (เซนติเมตร)	หมายเหตุ
1	4	3.8	0	0	รากไม่งอก
2	4	4.6	0	0	รากไม่งอก
3	4	3.2	0	0	รากไม่งอก
4	4	2.5	0	0	รากไม่งอก
5	4	2.0	0	0	รากไม่งอก
6	4	3.4	0	0	รากไม่งอก
7	4	4.0	0	0	รากไม่งอก
8	3	1.0	0	0	รากไม่งอก
9	3	2.2	0	0	รากไม่งอก
10	3	3.1	1	0.6	
เฉลี่ย	3-4	2.98	0-1	0.60	

ตารางที่ 4.21 ข้อมูลต้นอ่อนหญ้าชะเงาใบขาวที่เพาะที่ความเค็ม 35 ppt. free nitrate

ต้นที่	จำนวนใบ	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	จำนวนราก	ความยาวราก (เซนติเมตร)	หมายเหตุ
1	2	1.2	0	0	รากไม่งอก
2	2	1.4	0	0	รากไม่งอก
3	2	1.2	0	0	รากไม่งอก
4	2	1.2	0	0	รากไม่งอก
5	4	4.9	0	0	รากไม่งอก
6	4	5.4	0	0	รากไม่งอก
7	3	4.0	0	0	รากไม่งอก
8	3	3.8	0	0	รากไม่งอก
9	4	5.6	0	0	รากไม่งอก
10	0	-	0	0	ไม่งอก, ไม่รอด
เฉลี่ย	0-4	3.19	0	0	

ตารางที่ 4.22 ข้อมูลต้นอ่อนหญาชะเงาใบขาวที่เพาะในน้ำทะเลธรรมชาติ

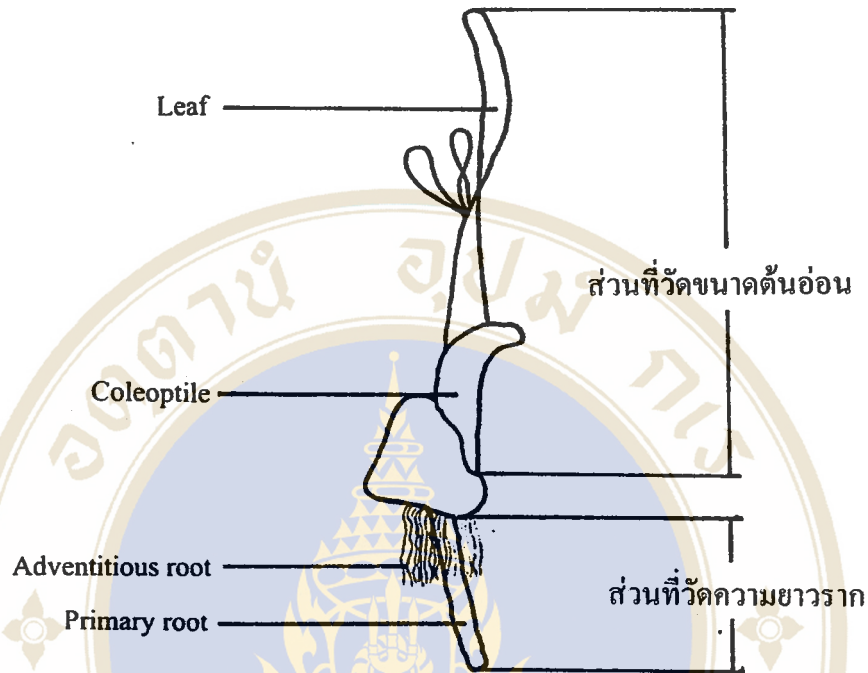
ต้นที่	จำนวนใบ	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	จำนวนราก	ความยาวราก (เซนติเมตร)	หมายเหตุ
1	4	5.5	1	1.4	
2	4	3.5	1	2.0	
3	4	3.7	1	2.2	
4	3	2.6	1	1.0	
5	5	6.3	1	4.0	
6	3	5.3	1	1.4	
7	4	3.1	1	1.2	
8	4	6.6	1	2.7	
9	4	5.1	1	2.0	
10	2	2.3	0	0	รากไม่ออก
เฉลี่ย	2-5	4.40	0-1	1.99	

4.3 ลักษณะต้นอ่อนหญาชะเงาใบขาว

หลังจากทำการทดลองได้ประมาณ 3-4 วัน ส่วนยอดของต้นอ่อนจะแทงขึ้นมาเหนือพื้นทรายจนเป็นที่สังเกต ผู้วิจัยได้ลองดึงบางต้นขึ้นมาดู ยังไม่พบส่วนของรากงอกออกจากเมล็ด จึงพอสรุปได้คร่าวๆ ว่าการงอกของหญาชะเงาใบขาวในการทดลองนี้ ส่วนของลำต้นจะงอกก่อนส่วนของราก โดยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ต้นอ่อนหญาชะเงาใบมีใบจำนวน 1-5 ใบ ความยาว 0-5.11 เซนติเมตร

รากของต้นอ่อนหญาชะเงาใบขาวอายุ 4 สัปดาห์ที่พบจากการทดลองนี้มี 2 ลักษณะ คือ ระบบรากแก้ว (Tap system) ซึ่งเป็นระบบรากที่พบมากในพืชใบเลี้ยงคู่ ส่วนพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจะมีเฉพาะตอนที่ยอดจากเมล็ดใหม่ๆ และระบบรากฝอย (Fibrous root system) ซึ่งเป็นระบบรากที่พบได้ทั่วไปในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว เมื่อเปรียบเทียบการเกิดรากในแต่ละหน่วยการทดลอง พบว่า ที่ระดับความเค็มสูงๆ คือ 30 และ 35 ppt. ต้นอ่อนหญาชะเงาใบไม่มีรากงอกรากเลย ไม่ว่าจะเป็นรากแก้วหรือรากฝอยก็ตาม ดังนั้น จึงพอสรุปได้คร่าวๆ ว่า ที่ระดับความเค็มสูงๆ นั้นจะไม่เหมาะสมต่อการงอกรากของต้นอ่อนหญาชะเงาใบขาว

รายละเอียดของลักษณะต้นอ่อนหญาชะเงาใบขาว แสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.6 ลักษณะต้นอ่อนหญ้าจะงาใบขาวอายุ 4 สัปดาห์

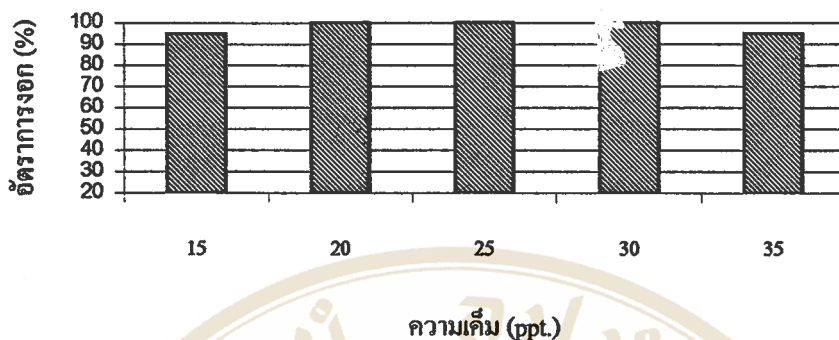
4.4 ผลการวิเคราะห์สถิติ

4.4.1 ผลการวิเคราะห์ระดับปัจจัยที่เหมาะสม

4.4.1.1 ผลของความเค็ม

1) ผลของความเค็มต่ออัตราการงอกของเมล็ดหญ้าทะเล

จากการศึกษาอัตราการงอกของเมล็ดหญ้าทะเลที่เพาะที่ระดับความเค็มต่างๆ พบว่า ที่ระดับความเค็ม 15 ppt. ทำให้เมล็ดหญ้าทะเลมีอัตราการงอก 95% ระดับความเค็ม 20 ppt., 25 ppt. และ 30 ppt. ทำให้เมล็ดหญ้าทะเลมีอัตราการงอกที่ 100% เท่ากัน และที่ 35 ppt. มีอัตราการงอก 95% ดังแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 อัตราการงอกของเมล็ดหญาทะเลในแต่ละระดับความเค็ม

การวิเคราะห์ค่า chi-square ของข้อมูลค่าอัตราการงอกของเมล็ดหญาทะเลที่เพาะที่ระดับความเค็มต่างๆ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 1 ในภาคผนวก

2) ผลของความเค็มต่ออัตราการรอดของต้นอ่อนหญาทะเล

จากการศึกษาการรอดชีวิตของต้นอ่อนหญาทะเลที่เพาะที่ระดับความเค็มต่างๆ พบว่า ที่ทุกระดับความเค็ม ต้นอ่อนหญาทะเลที่งอกจากเมล็ดแล้ว มีอัตราการรอดชีวิต 100% เท่ากัน

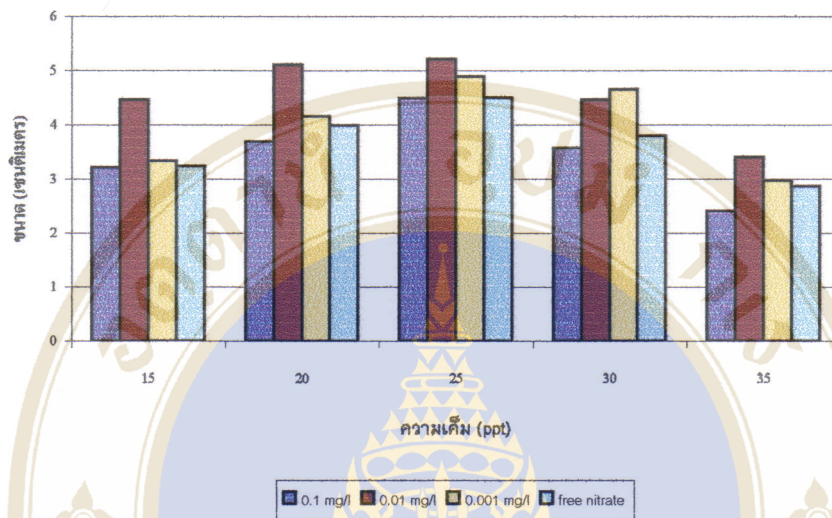
3) ผลของความเค็มต่อขนาดต้นอ่อนหญาทะเล

จากการศึกษาขนาดของต้นอ่อนหญาทะเลที่เพาะที่ระดับความเค็มต่างๆ พบว่า ที่ระดับความเค็ม 15 ppt ต้นอ่อนหญาทะเลมีความยาวเฉลี่ย 3.74 เซนติเมตร ระดับความเค็ม 20 ppt ต้นอ่อนหญาทะเลมีความยาวเฉลี่ย 4.36 เซนติเมตร 25 ppt ต้นอ่อนหญาทะเลมีความยาวเฉลี่ย 4.77 เซนติเมตร 30 ppt ต้นอ่อนหญาทะเลมีความยาวเฉลี่ย 4.17 และที่ 35 ppt ต้นอ่อนหญาทะเลมีความยาวเฉลี่ย 2.81 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.8

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลความยาวของต้นอ่อนหญาทะเล พบว่า ความยาวของต้นอ่อนหญาทะเลที่เพาะที่ระดับความเค็มต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังแสดงในตารางที่ 2 ในภาคผนวก

จากการทดสอบความแตกต่างโดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยรายคู่ของความยาวของต้นอ่อนหญาทะเล คือ ต้นอ่อนหญาทะเลที่เพาะที่ความเค็ม 20 ppt. 30 ppt. และ 25 ppt. มีความยาวมากที่สุด รองลงมาคือต้นอ่อน

หญ้าทะเลที่เพาะที่ 15 ppt. ส่วนต้นอ่อนหญ้าทะเลที่เพาะที่ความเค็ม 35 ppt. นั้น มีความยาวนานที่สุด

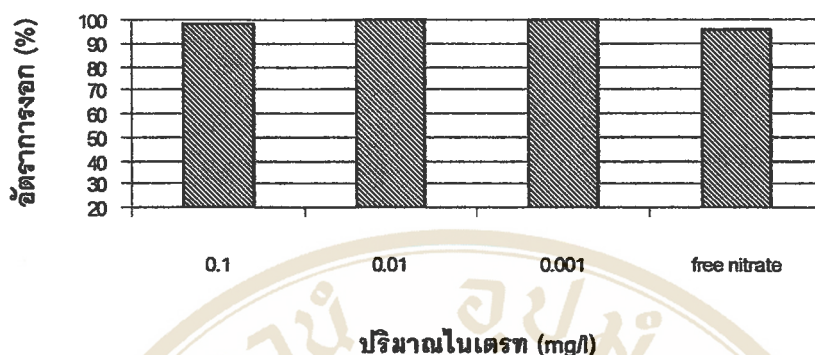


รูปที่ 4.8 ขนาดของต้นอ่อนหญ้าทะเลในแต่ละระดับความเค็ม

4.4.1.2 ผลของปริมาณไนเตรท

1) ผลของปริมาณไนเตรทต่ออัตราการงอกของเมล็ดหญ้าทะเล

จากการศึกษาการงอกของเมล็ดหญ้าทะเลที่เพาะที่ระดับไนเตรทต่างๆ พบว่า ที่ปริมาณไนเตรท 0.01 และ 0.001 mg/l ทำให้เมล็ดหญ้าทะเลมีอัตราการงอก 100% ปริมาณไนเตรท 0.1 mg/l ทำให้เมล็ดหญ้าทะเลมีอัตราการงอกที่ 98% และ free nitrate ทำให้เมล็ดหญ้าทะเลมีอัตราการงอก 96% ดังแสดงในรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 อัตราการงอกของเมล็ดหญาทะเลในแต่ละปริมาณไนเตรท

การวิเคราะห์ค่า chi-square ของข้อมูลค่าอัตราการงอกของเมล็ดหญาทะเลที่เพาะที่ระดับไนเตรทต่างๆ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 3 ในภาคผนวก

2) ผลของปริมาณไนเตรทต่ออัตราการรอดของต้นอ่อนหญาทะเล

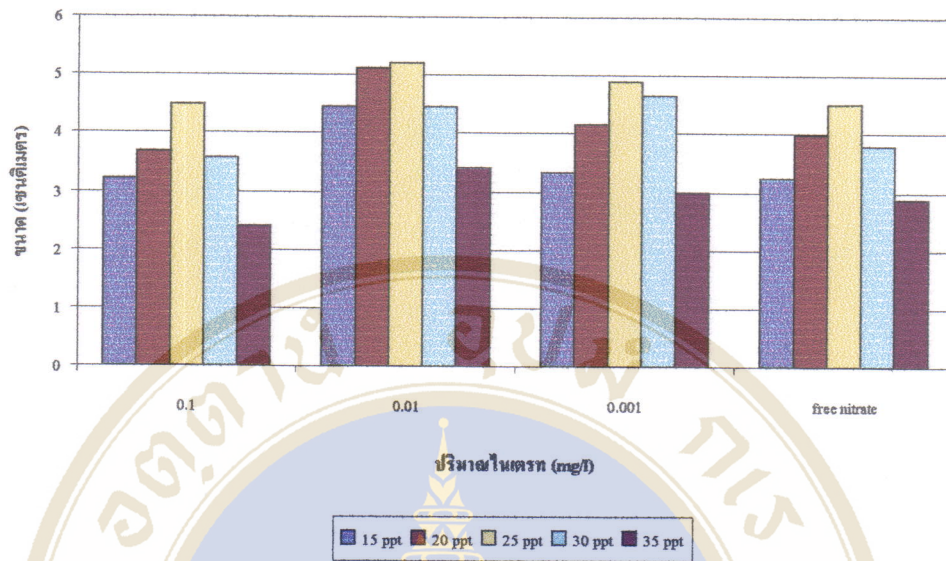
จากการศึษาการมีชีวิตรอดของต้นอ่อนหญาทะเลที่เพาะที่ปริมาณไนเตรทต่างๆ พบว่า ที่ทุกปริมาณไนเตรท ทำให้ต้นอ่อนหญาทะเลที่งอกจากเมล็ดแล้ว มีอัตราการรอดชีวิต 100% เท่ากัน

3) ผลของปริมาณไนเตรทต่อขนาดต้นอ่อนหญาทะเล

จากการศึษาขนาดของต้นอ่อนหญาทะเลที่เพาะที่ระดับไนเตรทต่างๆ พบว่า ที่ปริมาณไนเตรท 0.01 mg/l ต้นอ่อนหญาทะเลมีความยาวเฉลี่ย 4.37 เซนติเมตร ปริมาณไนเตรท 0.001 mg/l, free nitrate และ 0.1 mg/l ต้นอ่อนหญาทะเลมีความยาวเฉลี่ย 4.00 เซนติเมตร , 3.19 เซนติเมตร และ 3.92 เซนติเมตร ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.10

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลความยาวของต้นอ่อนหญาทะเลพบว่า ความยาวของต้นอ่อนหญาทะเลที่เพาะที่ระดับไนเตรทต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังแสดงในตารางที่ 4 ในภาคผนวก

จากการทดสอบความแตกต่างโดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยรายคู่ของความยาวของต้นอ่อนหญาทะเล พบว่า ต้นอ่อนหญาทะเลที่เพาะที่ระดับไนเตรท 0.01 mg/l มีความยาวมากที่สุด



รูปที่ 4.10 ขนาดของต้นอ่อนหญ้าทะเลในแต่ละปริมาณ ไนเตรท

4.4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าปฏิสัมพันธ์

จากการวิเคราะห์ค่า Two-way ANOVA พบว่าระดับความเค็มและปริมาณไนเตรทไม่ได้มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันในการส่งผลต่อขนาดของต้นอ่อนหญ้าทะเลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 5 ในภาคผนวก

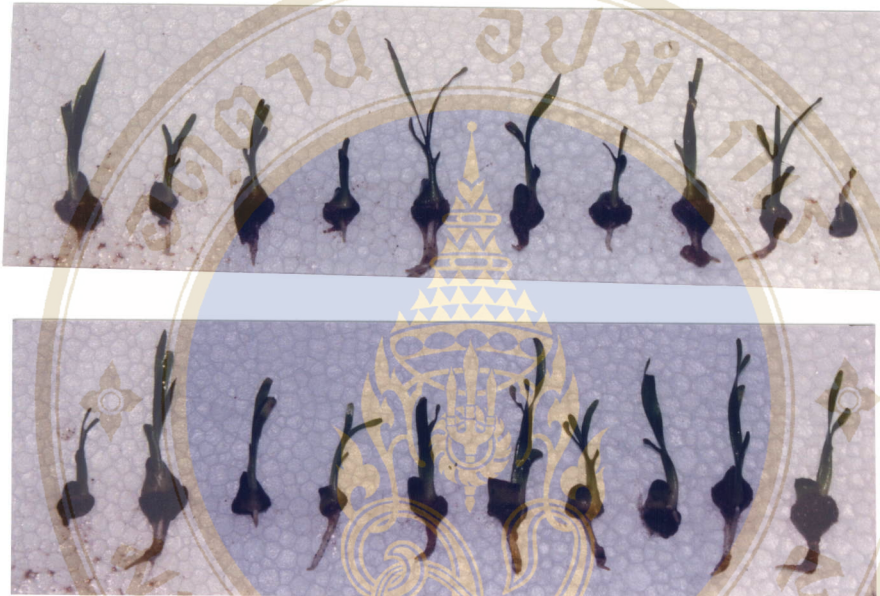
4.4.3 ผลการเปรียบเทียบต้นอ่อนหญ้าทะเลที่เพาะในน้ำทะเลธรรมชาติกับต้นอ่อนหญ้าทะเลที่เพาะในทรีดเมนท์ที่เหมาะสมที่สุด

น้ำทะเลธรรมชาติที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ เป็นน้ำทะเลที่สูบน้ำขึ้นมาจากบริเวณชายฝั่งของสถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดชลบุรี มีระดับความเค็ม 30 ppt. และปริมาณไนเตรทอยู่ในช่วง 0.007-0.008 mg/l

จากการทดลอง ทำให้ทราบว่ารระดับความเค็มที่เหมาะสมที่สุด คือ 25 ppt. ปริมาณไนเตรทที่เหมาะสมที่สุด คือ 0.01 mg/l จึงได้เลือกให้เป็นทรีดเมนท์ที่เหมาะสมที่สุด

เมื่อเปรียบเทียบอัตราการงอกของเมล็ด พบว่าต้นอ่อนหญ้าทะเลที่เพาะในน้ำทะเลธรรมชาติกับต้นอ่อนหญ้าทะเลที่เพาะในทรีดเมนท์ที่เหมาะสมที่สุดมีอัตราการงอกของเมล็ด 100% เท่ากัน เช่นเดียวกับอัตราการรอดชีวิตของต้นอ่อนหญ้าทะเลเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่เป็น 100% เท่ากัน ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าน้ำทะเลธรรมชาติกับสภาวะทรีดเมนท์ที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากการทดลองครั้งนี้ ให้ผลต่ออัตราการงอกของเมล็ดและอัตราการรอดชีวิตของต้นอ่อนหญ้าทะเล ไม่แตกต่างกัน

เมื่อเปรียบเทียบขนาดของต้นอ่อนหญ้าทะเลเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าต้นอ่อนหญ้าทะเลที่เพาะในน้ำทะเลธรรมชาติมีขนาดความยาวเฉลี่ย 4.40 เซนติเมตร ส่วนต้นอ่อนหญ้าทะเลที่เพาะใน ทรีตเมนต์ที่เหมาะสมที่สุดขนาดเฉลี่ย 5.21 เซนติเมตร เมื่อทำการทดสอบ t-test พบว่าค่าเฉลี่ยของขนาดต้นอ่อนหญ้าทะเลทั้ง 2 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 6 ในภาคผนวก



รูปที่ 4.11 ต้นอ่อนหญ้าทะเลเพาะในบ่อกวอายุ 4 สัปดาห์ที่เพาะในน้ำทะเลธรรมชาติกับต้นอ่อนหญ้าทะเลเพาะในบ่อกวที่เพาะที่ระดับความเค็ม 25 ppt. ปริมาณไนเตรท 0.01 mg/l

4.5 อภิปรายผล

4.5.1 การงอกของเมล็ดหญ้าทะเล

4.5.1.1 ระดับความเค็มกับการงอกของเมล็ดหญ้าทะเล

เมื่อพิจารณาผลของระดับความเค็มต่อการงอกของเมล็ดหญ้าทะเลแล้ว จากการทดลองครั้งนี้ใช้ระดับความเค็ม 15-35 ppt. นั้น ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าช่วงความเค็ม 15-35 ppt. นี้ให้ผลการงอกที่ไม่แตกต่างกัน ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าช่วงความเค็มที่ทำการทดลองนี้ แคบเกินกว่าที่จะทำให้เห็นความแตกต่างของการงอกในแต่ละระดับความเค็ม

อย่างไรก็ดี การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อหาระดับความเค็มที่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดหญ้าทะเล เพื่อนำผลไปใช้ในการขยายพันธุ์หญ้าทะเล จึงเป็นการเพียงพอแล้วที่จะสรุปว่าช่วงความเค็ม 15-35 ppt. ซึ่งเป็นช่วงค่าความเค็มของน้ำทะเลไทย ที่ครอบคลุมทั้งช่วงฤดู

ฝนและฤดูแล้ง เหมาะสมต่อการออกของเมล็ดหญ้าทะเลเป็นอย่างดี แต่การที่มวลชีวภาพของหญ้าทะเลในแต่ละฤดูกาลมีค่าต่างกัันนั้น เป็นเพราะในสภาพแวดล้อมของระบบนิเวศยังมีปัจจัยอีกมากมายที่ส่งผลต่อการแพร่ขยายของหญ้าทะเล เช่น ความขุ่นของน้ำ ความลึก การกีดกันของสัตว์ต่างๆ อีกทั้งในหญ้าทะเลนั้นยังมียูธีการขยายพันธุ์ด้วยการเกิดไหล มิได้มีเพียงการออกของเมล็ดเพียงอย่างเดียว

4.5.1.2 ปริมาณไนเตรทกับการงอกของเมล็ดหญ้าทะเล

สำหรับผลของปริมาณไนเตรทต่อการงอกของเมล็ดหญ้าทะเล จากการทดลองครั้งนี้ใช้ปริมาณไนเตรท 4 ระดับ คือ 0.1 0.01 0.001 mg/l และ free nitrate ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าปริมาณไนเตรททั้ง 4 ระดับนี้ ให้ผลการงอกของเมล็ดหญ้าทะเลที่ไม่แตกต่างกัน ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นด้วยเหตุผลเดียวกันกับการที่ความเค็มของน้ำไม่มีผลต่อการงอกของเมล็ด คือช่วงของปัจจัยที่ทำการทดลองนั้นแคบเกินกว่าที่จะทำให้เกิดความแตกต่าง

อย่างไรก็ดี ช่วงของระดับไนเตรทที่กำหนดให้เป็นค่าที่ใช้ทำการทดลองในครั้งนี้ ได้อิงค่าปริมาณไนเตรทจากงานวิจัยของอังกรีย์ (5) ซึ่งกล่าวว่า ค่าไนเตรทในน้ำทะเลในอ่าวทับละมุ ซึ่งเป็นแหล่งหญ้าทะเลที่สำคัญแห่งหนึ่งของประเทศไทยนั้น มีค่าอยู่ในช่วง 0.001 ถึง 0.067 mg/l (ระยะเวลาที่ทำการสำรวจคือ เมษายน 2533 ถึง เมษายน 2534) จึงสรุปได้ว่า ปริมาณไนเตรทในน้ำทะเลธรรมชาตินั้นเหมาะสมดีแล้วสำหรับการงอกของเมล็ดหญ้าทะเล

4.5.2 การรอดชีวิตของต้นอ่อนหญ้าทะเล

4.5.2.1 ระดับความเค็มกับการรอดชีวิตของต้นอ่อนหญ้าทะเล

จากการทดลองพบว่า ต้นอ่อนหญ้าทะเลอายุ 4 สัปดาห์ สามารถรอดชีวิตได้ในทุกระดับความเค็มของน้ำทะเล แม้ในระดับความเค็ม 15 ppt ซึ่งเป็นระดับความเค็มที่ต่ำมากในน้ำทะเลธรรมชาติ ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะทางชีววิทยาของหญ้าทะเลชนิดนี้ซึ่งมีการแพร่กระจายสูง เนื่องจากว่าคุณสมบัติประการหนึ่งของหญ้าทะเลที่มีการแพร่กระจายสูงนั้น คือสามารถเจริญเติบโตได้ในช่วงความเค็มกว้าง

แม้ว่าช่วงค่าความเค็ม 15-35 ppt นี้จะแคบเกินไปจนไม่สามารถทำให้ทราบได้ว่าค่าความเค็มช่วงใดที่ไม่เหมาะสมหรือเป็นอันตรายต่อการรอดชีวิตของต้นอ่อนหญ้าทะเล ดังนั้น หากต้องการศึกษาเพิ่มเติมถึงความทนทานต่อระดับความเค็มของหญ้าทะเลชนิดนี้ก็สามารถทำได้ โดยแปรผันค่าระดับความเค็มให้กว้างขึ้น ซึ่งควรกว้างจนถึงค่า 0 ppt หรือน้ำจืด เพราะหญ้าทะเลชนิดนี้สามารถเจริญได้ในระดับความเค็มที่กว้างมาก

4.5.2.2 ปริมาณไนเตรทกับการรอดชีวิตของต้นอ่อนหญ้าทะเล

จากการทดลอง พบว่าช่วงปริมาณไนเตรทที่ทำการทดลอง ซึ่งเป็นช่วงเดียวกับช่วงค่าปริมาณไนเตรทในน้ำทะเลธรรมชาตินั้น ต้นอ่อนหญ้าทะเลอายุ 4 สัปดาห์ สามารถรอดชีวิตได้ แม้ที่ระดับปริมาณไนเตรท 0.1 mg/l ซึ่งนับว่าเป็นค่าไนเตรทที่สูงมากสำหรับสภาพน้ำทะเลธรรมชาติ ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะทางชีววิทยาของหญ้าทะเลชนิดนี้ซึ่งมีการแพร่กระจายสูงเนื่องจากว่าคุณสมบัติประการหนึ่งของหญ้าทะเลที่มีการแพร่กระจายสูงนั้น คือสามารถเจริญเติบโตได้ในช่วงคุณสมบัติน้ำที่กว้าง

เนื่องจากช่วงปริมาณไนเตรทที่ทำการทดลองครั้งนี้จะแคบเกินไปจนไม่สามารถทำให้ทราบได้ว่าค่าไนเตรทสูงเพียงใดจึงจะเป็นอันตรายต่อการรอดชีวิตของต้นอ่อนหญ้าทะเล ดังนั้น หากต้องการศึกษาเพิ่มเติมถึงค่าระดับไนเตรทที่เป็นพิษต่อหญ้าทะเลชนิดนี้ก็สามารถทำได้ โดยเพิ่มค่าไนเตรทที่ทดลองให้สูงขึ้น ซึ่งข้อมูลนี้จะเป็นประโยชน์มากสำหรับการจัดการพื้นที่แหล่งหญ้าทะเลที่มีกิจกรรมการใช้ประโยชน์พื้นที่ชายฝั่งโดยรอบในลักษณะต่างๆ เช่น อุตสาหกรรม หรือการเพาะเลี้ยงชายฝั่ง

4.5.3 ขนาดของต้นอ่อนหญ้าทะเล

4.5.3.1 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความเค็มและปริมาณไนเตรทที่ส่งผลต่อขนาดของต้นอ่อนหญ้าทะเล

เนื่องจากการทดลองครั้งนี้ เป็นการศึกษาปัจจัย 2 ปัจจัยในการทดลองเดียวกัน อีกทั้งแต่ละปัจจัยก็แยกออกเป็นหลายระดับ เพื่อให้การทดลองในครั้งนี้สามารถตอบคำถามได้อย่างชัดเจนว่าระดับปัจจัยเท่าใดที่เหมาะสมต่อการเพาะเมล็ดหญ้าทะเล ผู้วิจัยจึงทำการทดสอบปฏิสัมพันธ์ (interaction) ซึ่งเกิดจากการรวมตัว (combination) ต่างๆ ของระดับระหว่างปัจจัยทั้งหมดหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ทดสอบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างระดับต่างๆ ของปัจจัยทั้งหมดเป็นอย่างไร (ระดับที่หนึ่งของปัจจัยแรก เมื่อรวมตัวกับอีกระดับหนึ่งของปัจจัยที่สอง จะให้ผลในทางเดียวกันหรือแตกต่างออกไปจากการรวมตัวอื่นๆ หรือไม่)

ทำการทดสอบโดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ 2 ทาง (Two-way ANOVA) พบว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความเค็มและปริมาณไนเตรท ซึ่งอธิบายได้ว่า ความแตกต่างของขนาดต้นอ่อนหญ้าทะเลในแต่ละระดับความเค็ม ไม่ได้เป็นผลมาจากปริมาณไนเตรทที่แตกต่างกัน ในทางเดียวกัน ความแตกต่างของขนาดต้นอ่อนหญ้าทะเลในแต่ละระดับปริมาณไนเตรท ไม่ได้เป็นผลมาจากระดับความเค็มที่แตกต่างกัน

เมื่อเป็นเช่นนี้ ในการอภิปรายผลช่วงต่อไปถึงผลของความเค็มและผลของไนเตรทที่มีต่อขนาดของต้นอ่อนหญ้าทะเล จึงเป็นผลที่มาย้ำจัยนั้นๆ เอง ไม่ได้มีส่วนจากการรวมตัวกันของปัจจัยแต่อย่างใด

4.5.3.2 ระดับความเค็มกับขนาดของต้นอ่อนหญ้าทะเล

เมื่อพิจารณาผลของระดับความเค็มที่มีต่อขนาดของต้นอ่อนหญ้าทะเล พบว่าระดับความเค็มมีผลอย่างชัดเจนต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อน กล่าวคือ ความยาวของต้นอ่อน มีความแตกต่างกันที่ระดับความเค็มต่างๆ กัน โดยช่วง 20-30 ppt. ต้นอ่อนหญ้าทะเลมีขนาดโตที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hilman และ McComb (31) คือ ระดับความเค็มมีผลต่อการเจริญของหญ้าทะเล

ช่วงระดับความเค็ม 20-30 ppt. ซึ่งเป็นช่วงความเค็มที่เหมาะสมต่อขนาดของหญ้าทะเลนี้ เป็นช่วงความเค็มปกติของน้ำทะเลธรรมชาติอยู่แล้ว อย่างไรก็ตาม หากจะทำการเพาะเมล็ดหญ้าทะเลเพื่อย้ายไปปลูกในพื้นที่จริงนั้น คงต้องทำการทดลองเป็นระยะเวลาที่ยาวนานกว่านี้ โดยอาจนำช่วงค่าความเค็ม 20-30 ppt. นี้ไปทดลองต่อ ซึ่งระยะเวลาที่ยาวนานขึ้นอาจทำให้เห็นถึงความแตกต่างของขนาดต้นอ่อนหญ้าทะเลที่เพาะก็เป็นได้ อันจะทำให้ได้ถึงค่าระดับความเค็มที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนหญ้าทะเลอย่างแท้จริง

4.5.3.3 ปริมาณไนเตรทกับขนาดของต้นอ่อนหญ้าทะเล

เมื่อพิจารณาผลของปริมาณไนเตรทที่มีต่อขนาดของต้นอ่อนหญ้าทะเล พบว่า ปริมาณไนเตรทมีผลอย่างชัดเจนต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อน กล่าวคือ ความยาวของต้นอ่อน มีความแตกต่างกันที่ปริมาณไนเตรทต่างๆ กัน โดยปริมาณไนเตรทที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองนี้คือ 0.01 mg/l ซึ่งนับว่าเป็นปริมาณที่ค่อนข้างสูงสำหรับน้ำทะเลธรรมชาติ

อย่างไรก็ตาม จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าปริมาณไนเตรทที่มาก ไม่ใช่ว่าจะเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนหญ้าทะเลเสมอไป แต่อาจเป็นพิษต่อต้นอ่อนหญ้าทะเลได้ จะเห็นได้จากค่าปริมาณไนเตรท 0.1 mg/l ที่ให้ค่าความยาวเฉลี่ยของต้นอ่อนหญ้าทะเลน้อยกว่าปริมาณไนเตรท 0.01 mg/l อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และยังน้อยกว่าปริมาณไนเตรทอื่นๆ ที่น้อยกว่า อย่าง free nitrate หรือ 0.001 mg/l แม้จะเป็นความแตกต่างที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติก็ตาม ดังนั้นหากจะทำการเพาะหญ้าทะเลด้วยเมล็ดเป็นจำนวนมากเพื่อนำไปทำการย้ายปลูก ปริมาณไนเตรทที่มีอยู่ในน้ำทะเลธรรมชาติก็เหมาะสมคืออยู่แล้ว แต่ก็เช่นเดียวกันกับระดับความเค็ม ก็ต้องทำการทดลองเป็นระยะเวลาที่ยาวนานกว่านี้ ซึ่งระยะเวลาที่ยาวนานขึ้นอาจทำให้เห็นถึงความแตกต่างของขนาดต้นอ่อนหญ้าทะเลที่เพาะในปริมาณไนเตรทต่างๆ ในทิศทางที่เปลี่ยนแปลงไปก็เป็นได้

4.5.4 ระดับปัจจัยที่เหมาะสมต่อการเพาะเห็ดจากเมล็ด

จากการพิจารณาความเหมาะสมของระดับของปัจจัย โดยใช้ดัชนีชี้วัดทั้ง 3 อันได้แก่ การงอกของเมล็ด การรอดชีวิตของต้นอ่อน และขนาดของต้นอ่อนเห็ดที่เลนั้น ทำให้ได้มาซึ่งระดับของปัจจัยที่เหมาะสมดังนี้ คือ ระดับความเค็ม 20-30 ppt. และปริมาณไนเตรท 0.01 mg/l

เช่นเดียวกับการศึกษาผลของปัจจัยทั้งสองต่อขนาดของต้นอ่อน ผู้วิจัยได้ทดสอบปฏิสัมพันธ์ระหว่างทำการทดสอบว่าระดับความเค็มและปริมาณไนเตรทมีผลร่วมกันต่อความยาวของรากหรือไม่ โดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ 2 ทาง (Two-way ANOVA) พบว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความเค็มและปริมาณไนเตรท ซึ่งอธิบายได้ว่า ความแตกต่างของความยาวของรากต้นอ่อนเห็ดที่เลในแต่ละระดับความเค็ม ไม่ได้เป็นผลมาจากปริมาณไนเตรทที่แตกต่างกัน ในทางเดียวกัน ความแตกต่างของขนาดต้นอ่อนเห็ดที่เลในแต่ละระดับปริมาณไนเตรท ไม่ได้เป็นผลมาจากระดับความเค็มที่แตกต่างกันที่สูงขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 7 ในภาคผนวก

ค่าระดับความเค็มที่ให้ความยาวรากของต้นอ่อนเห็ดที่เลสูงที่สุด คือค่าความเค็มช่วง 15-25 ppt. ซึ่งต่างจากช่วงความเค็มที่ให้ขนาดต้นอ่อนที่ยาวที่สุด ซึ่งเป็นช่วง 20-30 ppt. ในขณะที่ปริมาณไนเตรทที่ให้ค่าความยาวรากต้นอ่อนเห็ดที่เลสูงที่สุด คือ 0.01 mg/l อันเป็นค่าเดียวกันกับปริมาณไนเตรทที่ให้ขนาดต้นอ่อนที่ยาวที่สุด

จากที่กล่าวมานี้ จึงทำให้ทราบถึงช่วงค่าความเค็มที่เหมาะสมต่อการเพาะเห็ดจากเมล็ดที่แคบขึ้น คือ จากช่วง 20-30 ppt. ที่ได้จากการใช้ขนาดของต้นอ่อนเป็นดัชนีชี้วัดเพียงตัวเดียว เมื่อใช้ข้อมูลความยาวรากของต้นอ่อนเห็ดที่เลมาพิจารณา จึงได้ค่าความเค็มที่เหมาะสมคือ 20-25 ppt.

4.5.5 ต้นอ่อนเห็ดจะงาไปยาวที่เพาะความเค็ม 25 ppt. และปริมาณไนเตรท 0.01 mg/l เปรียบเทียบกับต้นอ่อนเห็ดจะงาไปยาวที่เพาะในน้ำทะเลธรรมชาติ

ที่ระดับความเค็ม 25 ppt. และปริมาณไนเตรท 0.01 mg/l เป็นทริตเมนต์ที่ให้ผลการเพาะต้นอ่อนเห็ดจะงาไปยาวที่ดีที่สุด คือมีอัตราการงอก 100% อัตราการรอดชีวิตของต้นอ่อน 100% และขนาดต้นอ่อน 5.21 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับต้นอ่อนเห็ดจะงาไปยาวที่เพาะในน้ำทะเลธรรมชาติ ที่มีระดับความเค็ม 30 ppt. และปริมาณไนเตรทอยู่ในช่วง 0.007-0.008 mg/l ซึ่งมีอัตราการงอก 100% อัตราการรอดชีวิตของต้นอ่อน 100% และขนาดของต้นอ่อน 4.40 เซนติเมตร

เมื่อนำผลการเพาะไปทดสอบสถิติพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเป็นเพราะว่า ช่วงระดับความเค็มและปริมาณไนเตรทของทริตเมนต์ที่ดีที่สุดนี้ เป็นช่วงเดียวกันกับน้ำทะเลธรรมชาติ ผลที่ได้จึงไม่แตกต่างกัน



บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การวิจัยในครั้งนี้ เป็นการศึกษาถึงระดับของปัจจัย 2 ปัจจัยที่มีผลต่อการงอกและการเจริญของต้นอ่อนหญ้าทะเล อันได้แก่ ความเค็มของน้ำ และปริมาณไนเตรท ว่าระดับปัจจัยควรเป็นเท่าใดจึงจะเหมาะสมต่อการเพาะเมล็ดหญ้าทะเล ซึ่งดัชนีบ่งชี้ความเหมาะสมของปัจจัยพิจารณาจากลักษณะ 3 ประการ คือ อัตราการงอกของเมล็ด อัตราการรอดชีวิตของต้นอ่อน และขนาดของต้นอ่อนหญ้าทะเล และเนื่องจากว่าสิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งที่มีผลต่อความสำเร็จในการนำต้นอ่อนหญ้าทะเลย้ายไปปลูกในพื้นที่จริง คือ ความแข็งแรงของราก ดังนั้น เพื่อให้การทดลองนี้สามารถนำไปใช้ขยายผลได้ในทางปฏิบัติ ผู้วิจัยจึงทำการเก็บข้อมูลความยาวของรากมาประกอบการวิจัยด้วย ระยะเวลาที่ทำการทดลองทั้งหมด 4 สัปดาห์ ทดลองเพาะในน้ำทะเลเทียม (Synthetic Seawater) สูตรของ Umebayashi (1961) โดยผู้วิจัยพยายามรักษาสภาวะแวดล้อมในการทดลองให้คงที่ในทุกๆ หน่วยการทดลอง ไม่ว่าจะเป็นอุณหภูมิ แสง ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ ซึ่งจากการทดลอง สภาวะแวดล้อมเหล่านี้ค่อนข้างคงที่ในตลอด 4 สัปดาห์ที่ทำการทดลอง หรือไม่ก็เปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันในทุกๆ หน่วยการทดลอง ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่าสภาวะแวดล้อมอื่นๆ ที่นอกเหนือจากปัจจัยที่ต้องการทดลอง ได้รับการควบคุมเป็นอย่างดี จึงไม่ส่งผลกระทบต่อผลการทดลอง

ผู้วิจัยได้วางแผนการทดลองเป็นแบบแฟคทอเรียล (Factorial) เพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะการทดลองที่ต้องการทราบถึงระดับที่เหมาะสมของปัจจัย โดยศึกษาพร้อมกัน 2 ปัจจัย คือ ระดับความเค็ม 5 ระดับ ปริมาณไนเตรท 4 ระดับ จำนวนหน่วยการทดลองเป็น 5×4 หรือ 20 หน่วยการทดลอง และเพื่อให้การวิจัยสมบูรณ์ยิ่งขึ้น จึงได้จัดให้มีการเพาะเมล็ดหญ้าทะเลในน้ำทะเลธรรมชาติอีก 1 หน่วยการทดลอง ซึ่งจัดให้มีสภาพแวดล้อมต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นอุณหภูมิ แสง การเติมอากาศ เหมือนกับอีก 20 หน่วยการทดลองทุกประการ

จากการทดลอง ทำให้ได้ข้อสรุป 3 ประการ คือ

1. ในการนำเมล็ดหญ้าทะเลมาเพาะเพื่อให้เป็นต้นอ่อนหญ้าทะเลนั้น สามารถทำการเพาะได้ที่ทุกระดับความเค็มธรรมชาติ คือ 15-35 ppt. และไม่จำเป็นต้องเติมธาตุอาหารไนเตรทลงไปแต่อย่างใด เพราะไนเตรทที่มีอยู่ในน้ำทะเลธรรมชาตินั้นมีปริมาณที่เพียงพอที่จะทำให้เมล็ดหญ้าทะเล *Enhalus acoroides* งอกและเจริญเป็นต้นอ่อนหญ้าทะเลได้คืออยู่แล้ว

2. เมื่อเพาะเมล็ดหญาทะเลนเป็นต้นอ่อนแล้ว ควรปรับความเค็มให้อยู่ในช่วง 20-25 ppt. โดยระดับความเค็มที่ผู้วิจัยแนะนำคือ 25 ppt. เพราะจะให้ต้นอ่อนหญาทะเลนที่มีขนาดโตที่สุด และให้ความยาวรากของต้นอ่อนมากที่สุดด้วย

3. ปริมาณไนเตรทที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงต้นอ่อนหญาทะเลนที่มีขนาดโตที่สุดนั้น จากการทดลองพบว่า ที่ปริมาณไนเตรท 0.01 mg/l จะทำให้ต้นอ่อนหญาทะเลนมีขนาดโตที่สุด ซึ่งค่าไนเตรท 0.01 mg/l นี้เป็นค่าที่ใกล้เคียงกับค่าไนเตรทในน้ำทะเลธรรมชาติอยู่แล้ว

5.2 ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาต่อไป

1. ในการทดลองหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมต่อการเพาะเมล็ดหญาทะเลนให้เป็นต้นอ่อน เพื่อนำไปย้ายปลูกในพื้นที่จริงนั้น ระยะเวลา 4 สัปดาห์นี้อาจเป็นระยะเวลาที่สั้นเกินกว่าที่จะทำให้เกิดความแตกต่างของอัตราการรอดชีวิตหรือขนาดของต้นอ่อนหญาทะเลนในแต่ละระดับปัจจัย ดังนั้นจึงควรทำการทดลองนานกว่า 4 สัปดาห์ เพื่อให้สามารถศึกษาถึงผลของปัจจัยได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น

2. ควรทำการทดลองการนำต้นอ่อนหญาทะเลน *Enhalus acoroides* ที่เพาะได้นี้ไปปลูกในพื้นที่จริงเพื่อให้ทราบถึงความเป็นไปได้ในการนำหญาทะเลนที่ได้จากการเพาะเมล็ดไปปลูกทดแทนและขยายแนวหญาทะเลนในธรรมชาติต่อไป

3. การศึกษาในครั้งนี้ ได้กำหนดให้ปัจจัยบางปัจจัยเป็นปัจจัยคงที่ เช่น อุณหภูมิ แสง ซึ่งในสภาพความเป็นจริง ปัจจัยเหล่านี้เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของหญาทะเลน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงขอเสนอแนะให้ผู้สนใจ ได้ทำการทดลองถึงระดับที่เหมาะสมต่อการเพาะเมล็ดหญาทะเลน โดยใช้ปัจจัยเหล่านี้เป็นปัจจัยศึกษา

4. ควรทำการศึกษาถึงธาตุอาหารตัวอื่นๆที่อาจมีผลต่อการเพาะหญาทะเลน เช่น ฟอสเฟต เป็นต้น หรืออาจเป็นการศึกษาในประเด็นของสัดส่วนที่เหมาะสมของ N:P

เอกสารอ้างอิง

1. Thorhaug A and Roessler MA. Seagrass community dynamics in a subtropical estuarine lagoon. *Aquaculture* 1977;12:253-77.
2. สมชัย บุศราวิช. ชนิดกึ่งทะเลกลุ่มพืชน้ำจืดจากแหล่งหญ้าทะเลฝั่งอันดามันของประเทศไทย. ใน : กรมประมง, บรรณาธิการ. รายงานการสัมมนาวิชาการประจำปี ครั้งที่ 1. กรมประมง, 2533:117-32.
3. สุภาวดี จุลละสร. การแพร่กระจายของสัตว์น้ำดินขนาดเล็กภายในและภายนอกพื้นที่หญ้าทะเลในอ่าวคุ้งกระเบน ฝั่งตะวันออกของประเทศไทย. ใน : คณะกรรมการทรัพยากรธรรมชาติชายเลนแห่งชาติ, บรรณาธิการ. การสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติครั้งที่ 8 เล่ม 2. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2536:IV-5:1-21.
4. Castro P and Huber ME. *Marine Biology*. 1st ed. U.S.A.: Wm.C.Brown Publisher; 1992.
5. อัจฉริย์ ภูมิวรรณ. ความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพของหญ้าทะเลกับปัจจัยสภาพแวดล้อมบางประการบริเวณอ่าวทับละมุ จังหวัดพังงา. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์การประมง] กรุงเทพมหานคร : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2536.
6. Thayer GW, Wolfe DA and Williams RB. The impact of man on seagrass systems. *American Scientific* 1975;63:288-96.
7. กาญจนภาพันธุ์ ถ้วนโนมนต์ และชัชวีร์ สุพันธุ์วิช. หญ้าทะเลในระบบนิเวศชายฝั่ง. ใน : คณะกรรมการทรัพยากรธรรมชาติชายเลนแห่งชาติ, บรรณาธิการ. การสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติ ครั้งที่ 8 เล่ม 2. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2536:IV-3 1-12.
8. Fortes MD. *Seagrass: A resource unknown in the Asian region*. 1st ed. Manila : the International Center for Living, 1990.
9. กิตติพงษ์ อภิชาติเมธี. หญ้าทะเล ทุ่งหญ้าแห่งชีวิต. *อัพเดท* 2534; 10(117):43-54.
10. บริษัท เอนไวร์ คอนเซ็ปต์ จำกัด ผู้จัดทำ, โครงการศึกษาเพื่อจัดทำแผนที่จำแนกแหล่งหญ้าทะเล แผนการจัดการและแผนปฏิบัติการจัดการหญ้าทะเลของประเทศ [รายงานฉบับสมบูรณ์] กรุงเทพมหานคร : สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, 2539.

11. ชัยรี สุพันธุ์วัฒน์ และสมหมาย เจนกิจการ. การเจริญทดแทนของหญ้าทะเลชนิด *Halophila ovalis* (R.Brown) Hooker f. จากรอยซึ่งเกิดจากการกินของพะยูน. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์;ครั้งที่ 31. 3 กุมภาพันธ์ 2536;มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2536. .
12. Thorhaug A. Review of seagrass restoration efforts. *Ambio* 1974;15:10-7.
13. ประมุข แก้วเนียม และ Baker,I., บรรณาธิการ. คู่มือการวางแผนและจัดการทรัพยากรชายฝั่งทะเลสำหรับประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 2529.
14. Kelly MG. The transplanting and survival of turtle grass, *Thalassia testudinum* in Boca Ciega Bay, Florida. *Fish Bull.* 1971;69:273-80.
15. Thorhaug A. Transplantation of the seagrass *Thalassia testudinum* Koniig. *Aquaculture* 1974;4:177-83.
16. DeCock AWAM. Culture of *Zostera marina* L. in the laboratoty. *Aquaculture* 1977;12: 279-81.
17. กาญจนภาชน์ ลิ้มโนมนต์, สุจินต์ ดีแท้ และวิทยา ศรีมโนภาย. อนุกรมวิธานและนิเวศวิทยาของหญ้าทะเลในประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2534.
18. จินดา ศรศรีวิชัย. สรีรวิทยาพืช ภาคการเจริญเติบโตและการควบคุม. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2524.
19. Walker DI Regional studies-seagrass in Shark Bay, the foundations of an ecosystem. In : Larkum, A.W.D.; McComb, A.J. and Shepherd, S.A., editors. *Biology of seagrass.* 1st ed. Amsterdam : Elsevier Science Publishers B.V., 1989.
20. สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. สรีรวิทยาของพืช. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2535.
21. Walker DI and McComb AJ. Seasonal variation in the production, Biomass and nutrient status of *Amphibolis antarctica* Hooker F. in Shark Bay, Western Australia. *Aquat. Bot.*1985;30:305-17.
22. Bronds JJWM. A comparison of the annual production and biomass in three monospecific stands of the seagrass *Testudinum hemprichii* (Ehrenb.)Aschers. *Aquat. Bot.*; 30:149-75
23. Phillips RC. Seagrasses and the coastal marine environment. *Oceanus* 1985;21(3):33-40.

24. Trocine RP, Price JD and Wells GN. Photosynthetic response of seagrass to ultraviolet, A radiation and the influence of visible light intensity. *Plant Physiol.*;1988;69:341-4.
25. หมั่น โพธิ์จิตร. สมุทรศาสตร์เคมี เล่ม 2. กรุงเทพมหานคร:มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2529.
26. เปี่ยมศักดิ์ เมณะเสวต. แหล่งน้ำกับปัญหามลพิษ. กรุงเทพมหานคร:จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2529.
27. พรหมณี เพชรยศ. นิเวศวิทยา. ชลบุรี:มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน, 2527.
28. Mukai H. Biogeography of the tropical seagrass in the Western Pacific. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*1992;44:1-17.
29. den Hartog C. The seagrass of the world. 1st ed. Amsterdam : North-Holland Publishing Co, 1970.
30. McMillan C. The distribution of tropical seagrass with relation to their tolerance of high temperature. *Aquat. Bot.* 1994;19:369-79.
31. Hillman K and McComb AJ. The primary production of the seagrass *Halophila ovalis* in the Swan/Canning estuary, Western Australia, the effect of salinity, temperature and light on *H. ovalis* in culture, and computer simulation of growth. 1988.
32. Hillman K, Walker DI, Larkum AWD and McComb AJ. Productivity and nutrient limitation. In : Larkum AWD, McComb AJ and Shepherd SA, editors. *Biology of seagrass*. 1st ed. Amsterdam : Elsevier Science Publishers BV. 1989:635-855.
33. Phillips RC and Menez EG. Seagrasses. 1st ed. Washington, D.C. :Smithsonian Institution Press, 1988.
34. มนุดี หังสพฤกษ์. สมุทรศาสตร์เคมี. ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร:จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2529.
35. สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล. การศึกษาคุณภาพน้ำบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก. ชลบุรี : มหาวิทยาลัยบูรพา, 2537.
36. Phillips RC and McRoy CP, editors. *Seagrass research methods*. 1st ed. Paris : UNESCO. 1990.
37. Kenworthy WJ and Fonseca M. Reciprocal transplant of the seagrass *Zostera marina* L. effect of substrate on growth. *Aquaculture* 1977;12:197-217.
38. Seeliger U, Cordazzo C and Koch EW. Germination and algal-free laboratory culture of Widgeon grass, *Ruppia maritima*. *Estuaries* 1984;7:176-8.

39. Bird KT, Jewett-Smith J and Fonseca M. Use of in vitro propagated *Ruppia maritima* for seagrass meadows restoration. Journal of Coastal Research 1994;10:732-7.
40. Kirkman H. Growing *Zostera capricorni* Aschers. In tank. Aquat. Bot. 1978;4:367-372.





ตารางที่ 1 ผลการทดสอบความเป็นอิสระ ระหว่างระดับความเค็มและอัตราการงอก

Chi-square	DF	Significance	Minimum Expected Frequency	Cell with Expected Frequency < 5
6.12245	4	.19019	.800	5 of 10 (50.0%)

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ONE-WAY ANOVA) ของขนาดต้นอ่อนหญ้าทะเลที่เพาะที่ระดับความเค็มต่างๆ

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Ratio	Sig.
Between Groups	4	84.3292	21.0823	12.3795	.0000
Within Groups	195	332.0848	1.7030		
Total	199	416.4140			

Duncan

	35 ppt	15 ppt	30 ppt	20 ppt	25 ppt
35 ppt					
15 ppt	*				
30 ppt	*	*			
20 ppt	*	*			
25 ppt	*	*			

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบความเป็นอิสระ ระหว่างปริมาณไนเตรทและอัตราการงอก

Chi-square	DF	Significance	Minimum Expected Frequency	Cell with Expected Frequency < 5
2.04082	3	.56398	1.000	4 of 8 (50.0%)

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ONE-WAY ANOVA) ของขนาดต้นอ่อนหนุ้าทะเลที่เพาะด้วยปริมาณไนเตรทต่างๆ

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Ratio	Sig.
Between Groups	3	32.1918	10.7306	5.4739	.0012
Within Groups	196	384.2222	1.9603		
Total	199	416.4140			

Duncan

	0.1 mg/l	0.01 mg/l	Free nitrate	0.001 mg/l
0.1 mg/l				
0.01 mg/l				
Free nitrate				
0.001 mg/l	*			

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ 2 ทาง (TWO WAY ANOVA) ระหว่างระดับความเค็มและปริมาณไนเตรท ที่ส่งผลต่อขนาดของต้นอ่อนหญ้าทะเล

Source of Variation	Sum of Square	DF	Mean Sq	F	Sig of F
Main Effect	116.521	7	16.646	10.251	.000
Salinity	84.329	4	21.082	12.983	.000
Nitrate	32.192	3	10.731	6.608	.000
2-Way Interaction	7.589	12	.633	.390	.966
Salinity Nitrate	7.589	12	.633	.390	.966

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของต้นอ่อนหญ้าทะเลที่เพาะในทรีดเมนที่ที่เหมาะสมที่สุดกับต้นอ่อนหญ้าทะเลที่เพาะในน้ำทะเลธรรมชาติ

Variable	No. Of Cases	Mean	SD	SE of Mean
ทรีดเมนที่ที่เหมาะสม	10	5.2100	.940	.297
น้ำทะเลธรรมชาติ	10	4.4000	1.549	.490

Variances	t-value	Df	2-Tail Sig	SE of Diff
Equal	1.41	18	.175	.573
Unequal	1.41	14.83	.178	.573

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ 2 ทาง (TWO WAY ANOVA) ระหว่างระดับ
ความเค็มและปริมาณไนเตรท ที่ส่งผลต่อความยาวรากของต้นอ่อนหญ้าทะเล

Source of Variation	Sum of Square	DF	Mean Sq	F	Sig of F
Main Effect	120.339	7	17.191	20.468	.000
Salinity	101.310	4	25.327	30.155	.000
Nitrate	19.030	3	6.343	7.552	.000
2-Way Interaction	12.294	12	1.024	1.220	.272
Salinity Nitrate	12.294	12	1.024	1.220	.272

ประวัติผู้วิจัย



ชื่อ	วิชา แพทอง
วัน เดือน ปีเกิด	3 กรกฎาคม พ.ศ. 2516
สถานที่เกิด	จังหวัดนครราชสีมา ประเทศไทย
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต(ประมง) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, พ.ศ. 2533 – 2537 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยมหิดล, พ.ศ. 2537 – 2542
ทุนการศึกษา	ทุนสนับสนุนผู้ช่วยสอน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล ปีการศึกษา 2539