การตรวจเอกสาร

หญ้าทะเล เป็นพืชกลุ่มหนึ่งในหมู่พฤกษชาติพื้นทะเล (Marine benthic flora) เป็นพืชมีดอกใบเลี้ยงเดี่ยว มีส่วนของลำต้น (Shoot) ใบ (Leaf) ลำต้นใต้ดินหรือเหง้า (Rhizome) ดอก (Flower) และผล (Friut) ที่แท้จริง มีการพัฒนาลักษณะของลำต้น ใบ ดอก ผล และรากให้เหมาะแก่การเจริญเติบโตและแพร่พันธุ์ มีความทนทานต่อความรุนแรงของคลื่นและลมได้ดี

กาญจนภาชน์และคณะ (2534) รายงานว่า ประเทศไทยพบหญ้าทะเลทั้งสิ้น 7 สกุล12 ชนิด (ภาพที่ 1) เรียงตามลำดับการแพร่กระจายสูงสุดไปต่ำสุด ได้แก่ *Halophila ovalis* *Halodule uninervis* *Enhalus acoroides* *Halodule pinifolia* *Halophila beccarii* *Thalassia hemprichii* *Cymodocea rotundata* *Halophila decipiens* *Cymodocea serrulata* *Syringodium isoetifolium* *Ruppia maritima* และ *Halophila minor* ตามลำดับ มีการจัดลำดับทางอนุกรมวิธานตามระบบของ den Hartog (1970) ดังนี้

Division Anthophyta

Class Monocotyledoneae

Order Helobiae

Family Potamogetonaceae

Genus *Halodule* ได้แก่ *Halodule pinifolia* และ *H. uninervis*

Genus *Cymodocea* ได้แก่ *Cymodocea rotundata* และ *C. serrulata*

Genus *Ruppia* ได้แก่ *Ruppia maritima*

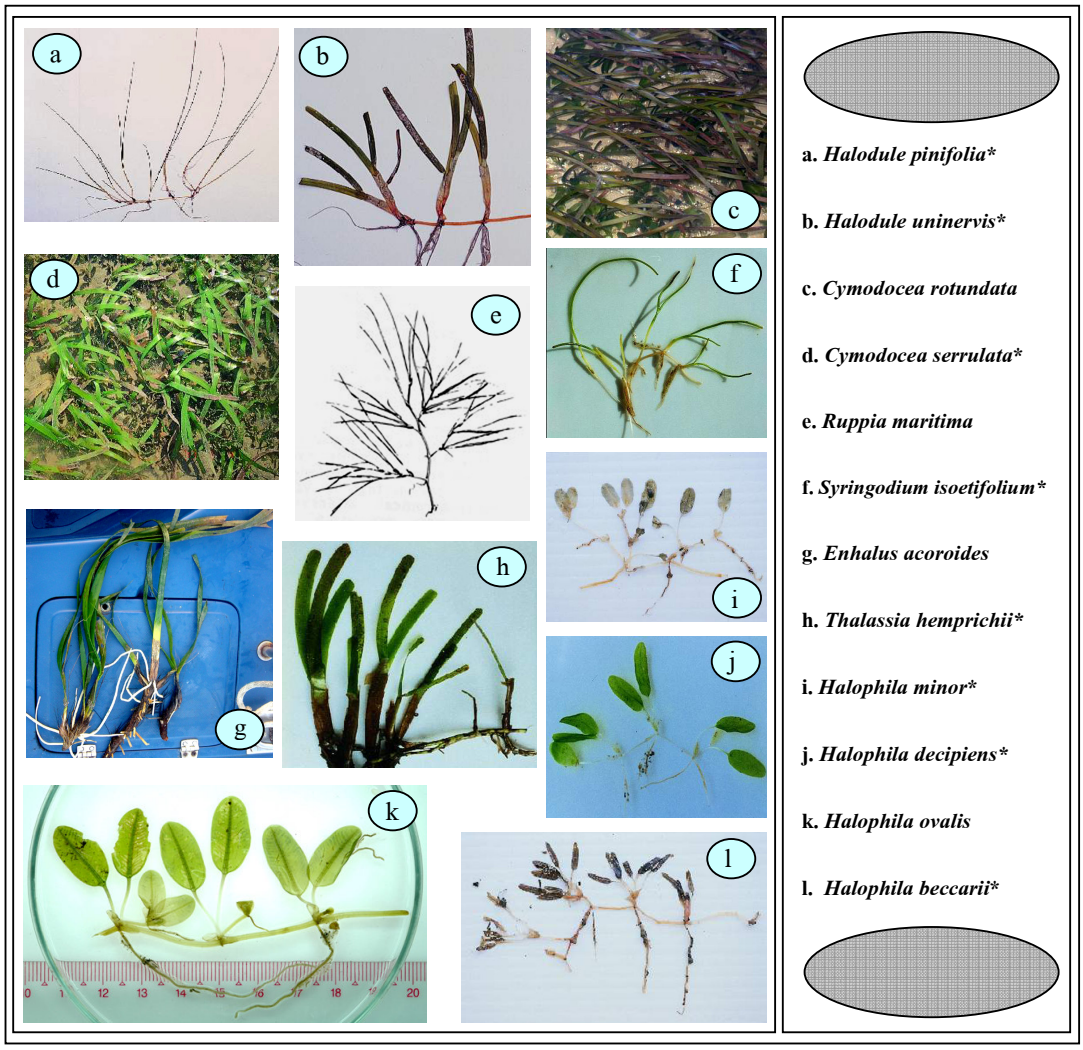
Genus *Syringodium* ได้แก่ *Syringodium isoetifolium*

Family Hydrocharitaceae

Genus *Enhalus* ได้แก่ *Enhalus acoroides*

Genus *Thalassia* ได้แก่ *Thalassia hemprichii*

Genus *Halophila* ได้แก่ *Halophila ovalis* *H. minor* *H. decipiens* และ *H. beccarii*



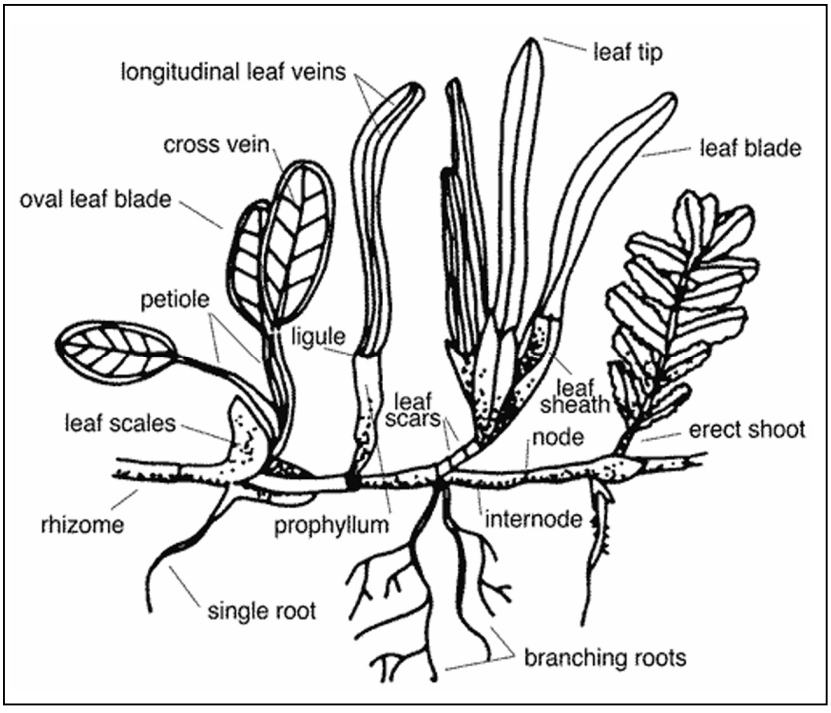
ภาพที่ 1 หญ้าทะเลที่พบในประเทศไทย

ที่มา: *ชัชรี (2543)

1. ชีววิทยาของหญ้าทะเล

1.1 ลักษณะโครงสร้างหญ้าทะเล

หญ้าทะเลมีโครงสร้างพื้นฐานคล้ายกับหญ้าบกทั่วไป แต่จะมีวงจรชีวิตอยู่ในน้ำทะเล มีรูปร่างและลักษณะของใบ ลำต้น ราก ดอก และผลที่แตกต่างกันออกไปดังนั้น หญ้าทะเลจึงมีลักษณะทั่วไป คือ มีใบตั้งชูในน้ำ มีส่วนลำต้นทอดยาวและเจริญเติบโตอยู่ใต้ดินและมีระบบรากที่แข็งแรงที่ใช้ในการยึดเกาะเพื่อต้านทานการกัดเซาะของกระแสน้ำและคลื่น นอกจากนั้น หญ้าทะเลยังเป็นพืชน้ำที่มีดอกเพียงกลุ่มเดียวเท่านั้นที่ขึ้นอยู่ในทะเล (Thorhaug, 1986) เนื่องจากสามารถผสมเกสรใต้น้ำได้ (Lanyon, 1986) ลักษณะส่วนต่าง ๆ ของหญ้าทะเล (ภาพที่ 2) จะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

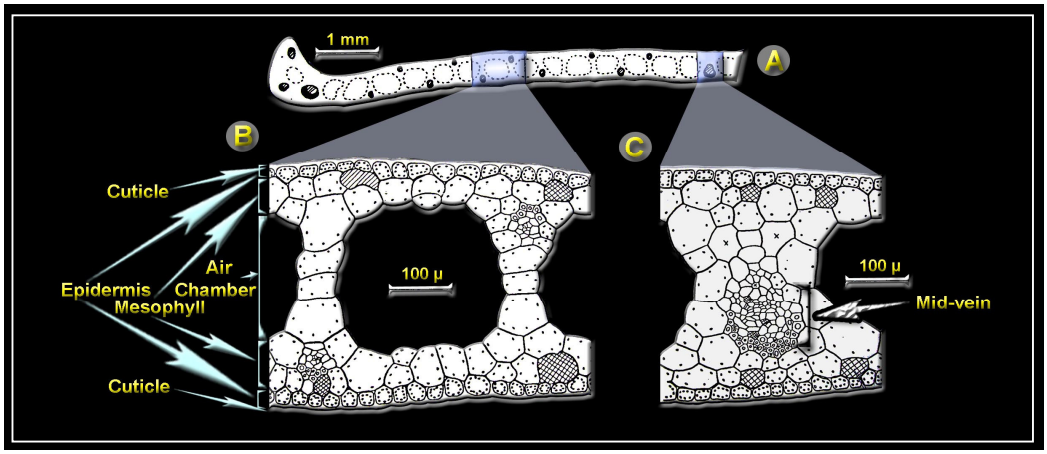


ภาพที่ 2 ลักษณะทั่วไปของหญ้าทะเล
ที่มา: กรมป่าไม้ (2543)

1.1.1 ใบ (leaf) พืชใบเลี้ยงเดี่ยวมีใบอยู่ 4 ประเภท

ใบหญ้าทะเลแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนใบ (Leaf blade) มีสีเขียวซึ่งเป็นรงควัตถุที่ใช้ในการสังเคราะห์แสงและต่อกับส่วนที่เป็นก้านใบ (Petiole) ซึ่งพบในใบหญ้าใบมะกรูด (*Halophila decipiens*) ส่วนใบหญ้าทะเลชนิดอื่นนั้น ใบส่วนที่มีสีเขียวจะต่อกับกาบใบ (Leaf sheath) ซึ่งไม่มีสีและมักถูกฝังอยู่ใต้ดิน มีเส้นใยแข็งแรงเป็นโครงร่างค้ำจุนภายในกาบใบมากกว่าส่วนใบ ทำให้กาบใบมีลักษณะที่แข็งแรงซึ่งสามารถยึดใบกับส่วนของลำต้นได้ดี และยังสามารถป้องกันใบอ่อนที่เกิดใหม่ให้แทงยอดขึ้นมาได้ หญ้าทะเลบางชนิด (ยกเว้น Family Hydrocharitaceae) บริเวณที่กาบใบต่อกับส่วนใบจะมีเนื้อเยื่อชั้นผิว (Epidermis) มีความหนา 2 ชั้นเซลล์ขวางอยู่ เรียกว่า ลิ้นใบ (Ligule)

จากภาพที่ 3 ซึ่งเป็นภาคตัดขวางของใบหญ้าทะเลชนิด *Enhalus acoroides* พบว่า ใบหญ้าทะเลมีผิวเคลือบ cuticle เคลือบอยู่บาง ๆ เซลล์ชั้นนอกสุดเป็นเนื้อเยื่อชั้นผิว (Epidermis) มีคลอโรพลาสต์ซึ่งใช้ในการสังเคราะห์แสงอยู่ภายใน ไม่มีปากใบ มีเนื้อเยื่อชั้นรองจากผิว (Hypodermis) ไม่มีสี ชั้นมีโซฟิลล์ (Mesophyll) พัฒนาจนมีขนาดใหญ่ มีช่องว่างบริเวณกลางใบเรียกว่า ช่องอากาศ (Air chamber) สำหรับเก็บกักอากาศซึ่งเกิดจากการรวมตัวของ Aerenchyma cell ลักษณะการเรียงตัวของช่องอากาศ จำนวน และขนาดของช่องอากาศจะขึ้นอยู่กับชนิดของหญ้าทะเล ช่องอากาศจะมีความยาวต่อเนื่องกันตั้งแต่ปลายใบจนถึงปลายรากโดยมีแผ่นกั้นตามขวางเป็นช่วง ๆ เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำไหลเข้ามาในช่องอากาศหากใบฉีกขาดหรือโดนสัตว์กัดกินเป็นบางส่วน ช่องอากาศภายในใบหญ้าทะเลมีปริมาตรประมาณร้อยละ 70 ของปริมาตรใบหญ้าทะเลทั้งหมด การมีช่องอากาศในใบหญ้าทะเลน่าจะเป็นประโยชน์ต่อการแลกเปลี่ยนก๊าซและมีส่วนในการเพิ่มพื้นที่ผิวของใบหญ้าทะเลเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บกักอากาศเพื่อการสังเคราะห์แสงและการหายใจสำหรับส่วนใต้ดินของหญ้าทะเลที่อยู่ในสภาวะที่มีออกซิเจนต่ำ นอกจากนี้ยังช่วยพยุงให้ใบหญ้าทะเลตั้งตรงในน้ำได้ดีอีกด้วย



ภาพที่ 3 ภาคตัดขวางของใบหญ้าทะเลชนิด *Enhalus acoroides*
ที่มา: ปรับปรุงจากชัชรี (2549)

หญ้าทะเลมีการพัฒนาโครงร่างค้ำจุนในใบน้อยเนื่องจากใบต้องการความยืดหยุ่นเพื่อใช้ในการโบกพัดตามแรงของคลื่นสูง ปลายใบมีลักษณะเหนียวเล็กน้อยเนื่องจากมีท่อลำเลียงไปรวมกัน ใบหญ้าทะเลอาจมีความยาวน้อยกว่า 1 เซนติเมตร หรืออาจยาวถึง 2 เมตร ใบเกิดจากบริเวณข้อ มีจำนวนตั้งแต่ 1-10 ใบต่อข้อ อาจเป็นรูปไข่หรือแบนยาวคล้ายริบบิ้น มีเพียงชนิดเดียวคือหญ้าใบสน (*Syringodium isoetifolium*) ที่มีใบกลมยาวทรงกระบอก (ชัชรี, 2549)

1.1.2 ลำต้นใต้ดิน หรือ เหง้า (Rhizome)

ลำต้นใต้ดินหรือเหง้าของหญ้าทะเลจัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีเนื้อไม้ (Herbaceous) ซึ่งพบในพืชล้มลุกทั่วไป ลำต้นจะทอดยาวอยู่ใต้ดินและแตกแขนงได้ทำให้สามารถยึดเกาะกับพื้นได้ดี หากหญ้าทะเลมีการเจริญอย่างหนาแน่น ต้นใต้ดินจะเจริญสานกันไปมาคล้ายพรมช่วยยึดพื้นดินป้องการพังทลายของชายฝั่งได้ดี หากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต เช่น มีการผึ่งแห้งขณะน้ำลงเป็นเวลานานในฤดูร้อน คุณภาพน้ำหรืออุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลง ส่วนของใบที่อยู่เหนือดินจะตายแต่ต้นใต้ดินยังคงฝังอยู่กับดินและคอยจนสภาพแวดล้อมเหมาะสมจึงจะงอกต้นและใบใหม่ขึ้นมา ภายในลำต้นจะประกอบด้วยช่องอากาศขนาดใหญ่จำนวนมากเพื่อใช้ในการเก็บและแลกเปลี่ยนก๊าซ หญ้าทะเลที่มีขนาดเล็กจะมีลำต้นใต้ดินไม่แข็ง ส่วนหญ้าทะเลที่มีขนาดใหญ่ลำต้นจะมีส่วนประกอบของลิกนินจำนวนมากทำให้มีความแข็งแรงและหยั่งลำต้นลึกลงไปใน

ดินได้มากกว่า ลำต้นใต้ดินจะแบ่งเป็นข้อ (Node) ปล้อง (Internode) มีลักษณะเป็นทรงกระบอก หรืออาจแบนข้างเล็กน้อย บริเวณที่เป็นข้อจะเป็นจุดกำเนิดของใบ เมื่อใบหลุดออกไปแล้วจะเหลือรอยไว้บนต้น (Leaf scar) เมื่อต้นยืดยาวออกไป ส่วนรอยของใบที่หลุดไปแล้วจะเป็นข้ออยู่รอบต้น หญ้าทะเลบางชนิดจะมีลำต้นใต้ดิน 2 ลักษณะ คือ มีส่วนลำต้นที่ทอดยาวไปตามพื้น (Horizontal rhizome) ซึ่งมีช่วงปล้องยาว และลำต้นตั้งตรง (Vertical rhizome) มีช่วงปล้องสั้นซึ่งเป็นลำต้นที่แยกออกจากลำต้นที่ทอดยาวไปกับพื้น ส่วนมากลำต้นที่ตั้งตรงขึ้นมาสามารถเจริญเป็นลำต้นทอดยาวไปกับพื้นได้เมื่อมีการเจริญขึ้นมาบนผิวดิน ส่วนลำต้นที่ตั้งตรงจะมีส่วนใบและกาบใบเกิดขึ้น เราเรียกส่วนทั้งหมดนี้ว่า ต้น (Shoot) (ชัชรี, 2549) นอกจากนี้ ลำต้นใต้ดินของหญ้าทะเลยังเป็นส่วนสำคัญต่อการเพิ่มผลผลิตด้วยการแตกหน่อ ซึ่งมีอยู่ในปริมาณมากกว่าผลผลิตที่เกิดจากการงอกของเมล็ด (Larkum *et al*., 1989)

1.1.3 ราก (Root)

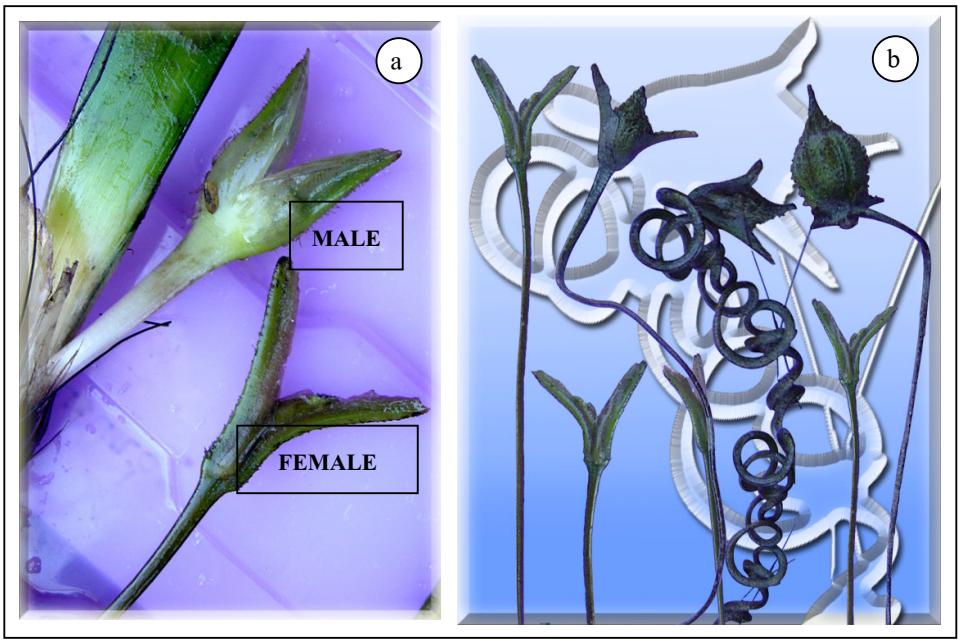
รากของหญ้าทะเลเป็นรากพิเศษ (Adventitious) เช่นเดียวกับพืชใบเลี้ยงเดี่ยวอื่น ๆ ซึ่งจะเจริญออกทางด้านล่างของข้อลำต้นใต้ดิน ทำหน้าที่ในการยึดลำต้นกับพื้นดินและดูดซึมธาตุอาหาร (Larkum *et al*., 1989) ลักษณะภายนอกของรากจะมีความแตกต่างในหญ้าทะเลแต่ละชนิดแต่จะมีลักษณะภายในคล้ายกัน รากมีหมวดราก เนื้อเยื่อชั้นผิวของรากที่เจริญเต็มที่จะมีรากขนเกิดขึ้นและจะหุ้มเนื้อเยื่อพาเรงคิมา (Cortical parenchyma) ช่องอากาศ (Air chamber) และสตีล (Stele) ไว้ภายใน รากของหญ้าทะเลแต่ละชนิดมีขนาดแตกต่างกัน โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางรากตั้งแต่ 0.18-3.5 มิลลิเมตร มีความยาวตั้งแต่ 1 เซนติเมตร ถึง 5 เมตร ภายในรากประกอบด้วยช่องอากาศทำหน้าที่ลำเลียงออกซิเจนที่เกิดจากการสังเคราะห์แสงส่งมายังรากที่อยู่ใต้ดินในภาวะที่มีออกซิเจนต่ำหรือไร้ออกซิเจนเพื่อใช้ในการหายใจของราก (ชัชรี, 2549)

1.1.4 ดอก (Flower)

ดอกของหญ้าทะเลพัฒนามาจากส่วนบนของต้นใต้ดิน เป็นดอกแยกเพศ ซึ่งอาจอยู่ร่วมต้นเดียวกันหรือต่างต้นกันขึ้นอยู่กับชนิดของหญ้าทะเล (ชัชรี, 2549)

1.2 การสืบพันธุ์

หญ้าทะเลเป็นพืชชั้นสูงใบเลี้ยงเดี่ยวมีดอกแยกเพศผู้และเพศเมีย (ภาพที่ 4) สามารถขยายพันธุ์แบบอาศัยเพศ (Sexual reproduction) อย่างสมบูรณ์แบบได้ในน้ำทะเล อีกทั้งยังสามารถสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (Asexual reproduction) โดยการแตกยอดจากลำต้นใต้ดินได้อีกด้วย (คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2547)

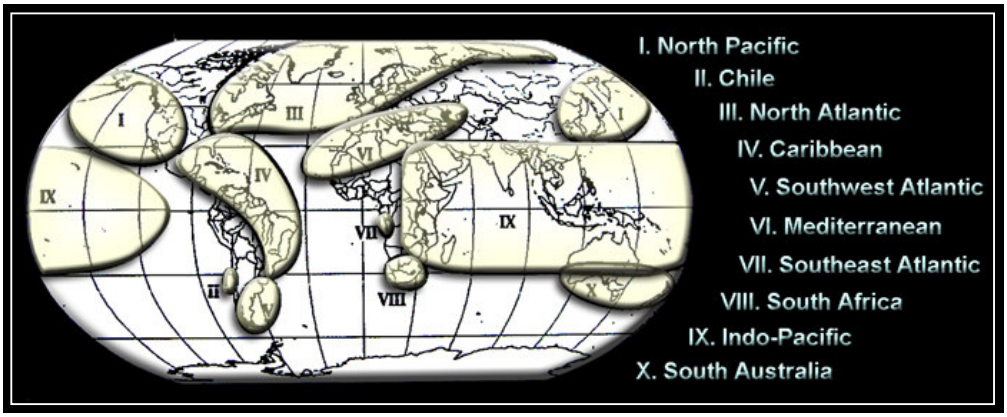


ภาพที่ 4 ดอกเพศผู้และเพศเมีย (a) และดอกเพศเมียและผลขนาดต่าง ๆ ของหญ้าทะเลชนิด *Enhalus acoroides* (b)

สำหรับการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของหญ้าทะเลนั้น เมื่อดอกเพศเมียได้รับการผสมแล้วจะพัฒนากลายเป็นผล (ภาพที่ 4-b) ชัชรี (2543) กล่าวว่า หญ้าทะเลมีการผลิตดอกออกผลน้อยมาก การเพิ่มจำนวนของหญ้าทะเลส่วนใหญ่เกิดจากการเพิ่มจำนวนต้นและความยาวของลำต้นใต้ดินแบบไม่อาศัยเพศ จากการรายงานพบว่ามีหญ้าทะเลเพียงร้อยละ 10 เท่านั้นที่มีการสร้างดอกและผล อย่างไรก็ตาม หญ้าทะเลบางชนิดได้แก่ หญ้าใบมะกรูด (*Halophila decipiens*) และหญ้าชะเงา (*Enhalus acoroides*) มีการสร้างดอกและผลเป็นจำนวนมากทุกปี

1.3 การแพร่กระจาย

หญ้าทะเลมีการแพร่กระจายตลอดแนวชายฝั่งทั่วโลกทั้งเขตร้อนและเขตอบอุ่น ที่พบทั่วไปมี 49 ชนิดจาก 13 สกุล ส่วนใหญ่พบในแถบร้อน (Tropical zone) และแถบกึ่งร้อน (Subtropical zone) ตั้งแต่ริมชายฝั่งจนถึงบริเวณที่มีน้ำลึกประมาณ 5-6 เมตร และอาจพบบ้างในบริเวณน้ำลึกกว่า 10 เมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความขุ่นใสของน้ำทะเลในบริเวณนั้น ๆ (จิตติมา, 2544)



ภาพที่ 5 การแพร่กระจายของหญ้าทะเลบริเวณต่าง ๆ ทั่วโลก
ที่มา: ปรับปรุงจาก Short *et al.* (2001)

จากภาพที่ 5 Short *et al.* (2001) ได้รวบรวมข้อมูลและรายงานการแพร่กระจายของหญ้าทะเลทั่วโลกไว้ในหนังสือ Global Seagrass Research Methods ว่าพบหญ้าทะเลประมาณ 60 ชนิด 13 สกุล ใน 5 ครอบครัว แพร่กระจายอยู่ทั่วโลก ตั้งแต่ North Pacific, Chile, North Atlantic, Caribbean, Southwest Atlantic, Mediterranean, South Atlantic, South Africa, Indo-Pacific จนถึง Southern Australia ขณะเดียวกัน หญ้าทะเลที่พบทั่วไปในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และได้รายงานไว้ทั้งหมดมีอยู่ 16 ชนิด (จิตติมา, 2544) ในประเทศไทยพบหญ้าทะเลทั้งสิ้น 7 สกุล 12 ชนิด แพร่กระจายทั้งบริเวณอ่าวไทยและฝั่งทะเลอันดามัน เรียงตามลำดับการแพร่กระจายสูงสุดไปต่ำสุด ได้แก่ *Halophila ovalis* *Halodule uninervis* *Enhalus acoroides* *Halodule pinifolia* *Halophila beccarii* *Thalassia hemprichii* *Cymodocea rotundata* *Halophila decipiens* *Cymodocea serrulata* *Syringodium isoetifolium* *Ruppia maritima* และ *Halophila minor* ตามลำดับ (กาญจนภาชน์และคณะ, 2534)

Lewmanomont *et al*. (1996) ได้สำรวจแหล่งหญ้าทะเลฝั่งอ่าวไทยพบว่ามีการแพร่กระจายอยู่ตามชายฝั่งทะเลรวม 13 จังหวัด โดยแหล่งหญ้าทะเลที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่และมีความสำคัญ คือ แหล่งหญ้าทะเลบริเวณจังหวัดชลบุรี ระยอง จันทบุรี ตราด ชุมพร สุราษฎร์ธานี และปัตตานี กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง (2548) รายงานว่าฝั่งอ่าวไทยพบหญ้าทะเลทั้งสิ้น 11 ชนิด ได้แก่ *Enhalus acoroides Halophila ovalis H. beccarii H. decipiens H. minor Halodule uninervis H. pinifolia Thalassia hemprichii Cymodocea rotundata C. serrulata Ruppia maritima* และ สำหรับหญ้าทะเลบริเวณชายฝั่งอันดามัน พบทั้งสิ้น 11 ชนิด เช่นเดียวกัน คือ *Enhalus acoroides Halophila beccarii H. decipiens H. minor H. ovalis Thalassia hemprichii Cymodocea serrulata C. rotundata Halodule pinifolia H. uninervis* และ *Syringodium isoetifolium* จะเห็นได้ว่า หญ้าทะเลชนิด *Ruppia maritima* จะพบเฉพาะฝั่งทะเลอ่าวไทย ส่วนชนิด *Syringodium isoetifolium* พบเฉพาะฝั่งทะเลอันดามัน

แหล่งหญ้าทะเลในน่านน้ำไทยมีพื้นที่รวมประมาณ 104.39 ตารางกิโลเมตร โดยประมาณ ซึ่งแหล่งหญ้าทะเลทางฝั่งทะเลอันดามันจะมีพื้นที่มากกว่าฝั่งทะเลอ่าวไทย อยู่ประมาณ 54.35 ตารางกิโลเมตร (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2548)

2. บทบาทของปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่อหญ้าทะเล

ลักษณะแหล่งที่อยู่อาศัยของหญ้าทะเลแต่ละชนิดที่แตกต่างกันมีผลต่อการแพร่กระจายของชนิดหญ้าทะเล ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับปัจจัยสิ่งแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิ ความเค็ม คลื่น กระแสน้ำ ความลึก พื้นที่อยู่อาศัย และระยะเวลาของช่วงวันที่ควบคุมกิจกรรมทางสรีระของหญ้าทะเล นอกจากนี้ ฤดูกาลยังจำกัดความสามารถในการสังเคราะห์แสงของพืชในเรื่องความเข้มแสง ปริมาณธาตุอาหาร จำนวนอิพิไฟต์ และการเกิดโรคด้วย ส่วนการแพร่กระจายโดยการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการรบกวนโดยของกิจกรรมมนุษย์ (Anthropogenic impacts) ก็เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้อัตราการตกตะกอนเพิ่มขึ้น ปริมาณธาตุอาหารเปลี่ยนแปลง ส่งผลต่อการแพร่กระจายของหญ้าทะเลได้เช่นเดียวกัน (Short *et al.,* 2001)

2.1 แสงและธาตุอาหาร

แสงและธาตุอาหาร ถือได้ว่าเป็นปัจจัยสำคัญเบื้องต้นที่สำคัญยิ่งต่อการเจริญเติบโตของหญ้าทะเล ปริมาณแสงและความเข้มข้นของธาตุอาหารจึงเป็นปัจจัยจำกัดกำลังผลิตของหญ้าทะเลด้วย (Dennison *et al.,* 1987) นอกจากนั้น หญ้าทะเลยังสามารถดูดซึมธาตุอาหารได้ทั้งทางระบบใบและราก (Short and McRoy, 1984) ซึ่งธาตุอาหารที่ละลายในน้ำทะเลเขตร้อนส่วนใหญ่มีความเข้มข้นต่ำ และมักเป็นปัจจัยจำกัดต่อการเจริญเติบโตของหญ้าทะเล ขณะที่น้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนจะมีความเข้มข้นของธาตุอาหารสูงกว่า ดังนั้น การดูดซึมธาตุอาหารจากมวลน้ำทางใบของหญ้าทะเลเขตร้อน จึงควรพิจารณาถึงการดูดซึมธาตุอาหารจากดินตะกอนด้วย (Erftemeijer and Middelburg, 1993) อย่างไรก็ตาม การดูดซึมดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวของใบและพื้นที่ผิวของรากหญ้าทะเลแต่ละชนิด (Smith *et al.,* 1979)

อัตราการดูดซึมธาตุอาหารในพืชมีความสัมพันธ์โดยตรงกับอัตราการสังเคราะห์แสง เชษฐพงษ์ (2545) อธิบายไว้ว่า การดูดซึมธาตุอาหารเข้าสู่เซลล์โดยกระบวนการ Active transport จำเป็นต้องใช้สารพลังงานสูง (High energy compound หรือ Necleotides) ได้แก่ Adenosine triphosphate (ATP) ดึงเอาสารที่ต้องการมาสะสมภายในเซลล์และขับสารที่เซลล์ไม่ต้องการออกมาภายนอก แม้ว่าสารในน้ำจะมีความเข้มข้นต่ำกว่าหรือมากกว่าภายในเซลล์ก็ตาม ซึ่งสามารถขนส่งสารที่มีประจุบวก ประจุลบ กรดอะมิโน และน้ำตาลได้ ทั้งนี้ สาร ATP ดังกล่าว เบื้องต้นจะได้มาจากกระบวนการสังเคราะห์แสงในรูปของน้ำตาลกลูโคส ($C_6H_{12}O_6$) ดังสมการ

$$6CO_2 + 12H_2O \xrightarrow[\text{รงควัตถุ}]{\text{แสง}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O$$

น้ำตาลกลูโคสที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสงข้างต้น จะผ่านกระบวนการ Metabolism ภายในเซลล์ให้กลายเป็นพลังงานของเซลล์ (Metabolic energy) ในรูปสาร ATP ซึ่งจะถูก Hydrolyze เป็นพลังงานในการนำสารเข้าสู่เซลล์ต่อไป ดังนั้น อัตราการดูดซึมธาตุอาหารจึงขึ้นอยู่กับอัตราการสังเคราะห์แสง

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของธาตุคาร์บอน ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส (C:N:P ratio) ในใบหญ้าทะเลจะมีสัดส่วนจำนวนอะตอมเท่ากับ 474:24:1 (Duarte, 1990) ในพืชชั้นสูงทั่วไปทางทะเล (รวมทั้งพรรณไม้ชายเลนและหญ้าทะเล) มีค่าเท่ากับ 550:30:1 (Atkinson and Smith, 1984)

ส่วนแพลงก์ตอนพืชทะเลมีค่าเท่ากับ 106:16:1 (Redfield *et al*., 1963) ซึ่งพืชแต่ละกลุ่มจะมีองค์ประกอบของธาตุอาหารภายในเซลล์และความต้องการธาตุอาหารในสัดส่วนที่ไม่เท่ากัน แต่สัดส่วนเหล่านี้จะเป็นค่าคงที่ และเป็นสัดส่วนที่พืชสามารถดูดซึมธาตุคาร์บอน ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสเข้าสู่เซลล์ เห็นได้ว่า หากพืชมีอัตราการสังเคราะห์แสงสูง มีการดูดซึมสารประกอบคาร์บอนมากขึ้น ก็จะส่งผลให้ปริมาณการดึงสารประกอบไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเข้าสู่เซลล์มากขึ้นเป็นสัดส่วนตามลำดับ ซึ่งไนโตรเจนจะถูกนำไปใช้สร้างเป็นกรดอะมิโนภายในเซลล์ และสร้างโปรตีนซึ่งเป็นโครงสร้างของหญ้าทะเลในลำดับต่อไป ส่วนฟอสฟอรัสนับว่ามีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างยิ่ง เนื่องจากกระบวนการสังเคราะห์แสง จะต้องใช้ฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบในการสร้างสารพลังงานสูง ได้แก่ ATP และ $NADPH_2^+$ นอกจากนี้ ยังเป็นองค์ประกอบของกรดไขมันที่สะสมอยู่ภายในเซลล์อีกด้วย (เชษฐพงษ์, 2545) ดังนั้น สารอาหารที่ละลายอยู่ในน้ำเหนือผิวดินและในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอน จึงมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชน้ำทั่วไป

ธาตุซิลิคอน เป็นองค์ประกอบภายในเซลล์ของพืชบกทั่วไป มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 0.1-10.0 ของน้ำหนักแห้ง (Epstein, 1994) ซึ่งในเนื้อเยื่อพืชหลายชนิด พบซิลิคอนในรูปโพลิเมอร์ของ Hydrated amorphous silica ($SiO_2.nH_2O$) สะสมอยู่ในปริมาณมาก ซึ่งความสำคัญของซิลิคอนต่อการเจริญเติบโตของพืช คือ ธาตุซิลิคอนจะช่วยเสริมสร้างความแข็งแกร่งให้กับลำต้นและใบเพื่อประโยชน์ในการแก่งแย่งพื้นที่รับแสงของพืช (Kaufman *et al*., 1981) ส่วนในหญ้าทะเลยังไม่พบรายงาน อย่างไรก็ตาม Herman *et al*. (1996) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณซิลิคอนในเนื้อเยื่อใบหญ้าทะเลชนิด *Zostera marina* กับปริมาณสารละลายซิลิคอนในมวลน้ำบริเวณ Grevelingen (SW Netherlands) พบว่า ปริมาณซิลิคอนในเนื้อเยื่อใบลดลงตามความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำซึ่งใช้ปริมาณสารละลายซิลิคอนในมวลน้ำเป็นตัวชี้วัดความอุดมสมบูรณ์ และพื้นที่การปกคลุมของ *Z. marina* ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1972-1992 มีแนวโน้มลดลงตามปริมาณซิลิคอนในมวลน้ำ เช่นเดียวกับ Kamermans *et al.* (1999) ที่ทำการศึกษาในหญ้าทะเลชนิดเดียวกันใน Grevelingen (SW Netherlands) พบว่า มวลชีวภาพมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับปริมาณความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอนในมวลน้ำ

ซิลิคอนในแหล่งน้ำธรรมชาติอยู่ทั้งในรูปของสารละลายและสารแขวนลอย ละลายอยู่ในรูปของ Monomeric orthosilicic acid ($Si(OH_4)$) โดยในน้ำทะเลทั่วไปซิลิกาจะอยู่ในสภาวะที่ไม่อิ่มตัว จึงสามารถรับซิลิกาจากแหล่งน้ำจืดได้อีกมากมาย ซิลิกาอีกรูปแบบหนึ่งคือ Biogenic silica

(SiO_2) ที่มาจากซากของพวกไดอะตอม ซึ่งจะเป็นสารตั้งต้นในการละลายให้กรดออร์โธซิลิซิก แต่กรดออร์โธซิลิซิกในน้ำทะเลมีความเข้มข้นน้อยมาก กรดออร์โธซิลิซิกในน้ำทะเลส่วนใหญ่จะมาจากการสึกกร่อนและพัดพา Quartz Feldsper และ Clay mineral โดยน้ำฝนจากแผ่นดินลงสู่ทะเล ในประเทศไทยมีความเข้มข้นของกรดออร์โธซิลิซิกของทะเลและปากแม่น้ำ ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนที่ชะล้างพื้นดินนำเอาซิลิเกตลงสู่ทะเล จึงทำให้ปริมาณซิลิเกตในช่วงฤดูฝนแตกต่างจากช่วงฤดูร้อนมาก (เชษฐพงษ์, 2545)

ในขณะที่ธาตุอาหารมีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตของหญ้าทะเล ปัจจัยอื่น ๆ สำหรับคุณภาพน้ำและดินตะกอนก็นับว่ามีผลต่อการดำรงชีวิตของหญ้าทะเลด้วยเช่นกัน ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

2.2 ความเค็ม

ความเค็มมักพบมีค่าคงที่หรือเปลี่ยนแปลงไม่มากนักในบริเวณทะเลหรือมหาสมุทรเปิด (ตารางที่ 1) แต่จะผันแปรในช่วงกว้างกว่าในบริเวณที่ตื้นชายฝั่งหรือบริเวณชะวากทะเล ค่าความเค็มของน้ำทะเลอาจบ่งบอกถึงประเภทของแหล่งที่อยู่อาศัยในทะเลได้ (จิตติมา, 2544)

พื้นที่แหล่งหญ้าทะเลส่วนใหญ่จะอยู่ในบริเวณชายฝั่ง เนื่องจากเป็นแหล่งของอนินทรียสาร จึงได้รับอิทธิพลจากกระแสน้ำ น้ำขึ้นน้ำลง และปริมาณน้ำฝนที่ไหลจากแผ่นดินออกสู่ทะเล ส่งผลให้ความเค็มของน้ำในบริเวณดังกล่าวมีความผันแปรทั้งในรอบวันและในแต่ละฤดูกาลค่อนข้างสูง หญ้าทะเลมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มในช่วงกว้าง ขึ้นอยู่กับชนิดของหญ้าทะเล (McRoy and McMillan, 1977) Hillman and McComb (1988) พบว่าหญ้าทะเลชนิด *Halophila ovalis* เจริญเติบโตได้ดีที่ความเค็ม 15-30 ส่วนในพันส่วน แต่เมื่อทดลองปรับความเค็มเหลือ 5-10 ส่วนในพันส่วน เป็นเวลา 4 เดือน พบว่ามีการตายของส่วนเหนือดินเกิดขึ้น ในขณะที่หญ้าทะเลสกุล *Halodule* สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มได้ที่ระดับสูงกว่าตั้งแต่ 35-75 ส่วนในพันส่วน (McMillan and Mosely, 1967) นอกจากนี้ หญ้าทะเลชนิดเดียวกันที่ขึ้นบริเวณชายฝั่ง ได้รับอิทธิพลจากการเปลี่ยนแปลงความเค็มมากกว่าหญ้าทะเลที่ขึ้นอยู่ห่างฝั่งจะมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มได้ไม่เท่ากัน Benjamin *et al.* (1999) พบว่า หญ้าทะเลชนิด *Halophila ovalis* ที่ขึ้นอยู่ในเขตทะเล (ความเค็ม 35 psu) เมื่อย้ายมาสู่บริเวณน้ำกร่อย (ความเค็ม 25 psu) จะทำให้หญ้าทะเลตายถึงร้อยละ 75 ภายใน 3 สัปดาห์

ความเค็ม สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของหญ้าทะเล จากปริมาณโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ในน้ำทะเลที่มีความเค็มสูง จะทำให้กิจกรรมการส่งผ่านไฮโดรเจนอิออน (H^+) ที่ Plasma membrane โดยการทำงานของ ATPase proton pump ลดลง ส่งผลให้อัตราการดึงสารเข้าสู่เซลล์ลดลงด้วย (Muramatsu *et al*, 2002)ในขณะที่ความเค็มต่ำ จะทำให้ Chloroplast บวมขึ้นและมีจำนวนลดลง ส่วนหญ้าทะเลที่มีการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มในช่วงกว้าง เช่น *Halophila ovalis* ที่อาศัยอยู่ได้ทั้งในทะเลและแหล่งน้ำกร่อย อาจเป็นผลมาจากโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์ 2 ชั้น (Double membrane) ซึ่งส่งผลต่อการไหลผ่านของน้ำระหว่างเซลล์ (Benjamin *et al*., 1999)

2.3 อุณหภูมิ

จิตติมา (2544) กล่าวว่า อุณหภูมิเป็นปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพที่สำคัญปัจจัยหนึ่ง แต่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตไม่มากนักในน่านน้ำไทย เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละฤดูกาลไม่มากนัก ซึ่งโดยทั่วไปอุณหภูมิน้ำทะเลจะมีช่วงความผันแปรตั้งแต่ -2 องศาเซลเซียส ถึง +30 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ ในน่านน้ำเขตร้อน (Tropical water) ปกติจะมีอุณหภูมิที่ผิวน้ำสูงกว่า 20 องศาเซลเซียส Hillman *et al.* (1989) กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงแสงและอุณหภูมิตามฤดูกาลในเขตร้อน ส่งผลต่อหญ้าทะเลไม่ค่อยเด่นชัดเท่าในเขตอบอุ่นและเขตหนาว หญ้าทะเลชนิดที่ขึ้นในเขตร้อน มีความทนทานต่อช่วงเวลาในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงกว่าหญ้าทะเลที่ขึ้นในเขตอบอุ่น (Bulthuis, 1987) ซึ่ง Hillman and McComb (1988) พบว่า *Halophila ovalis* มีการเจริญเติบโตดีในช่วงอุณหภูมิ 10-15 องศาเซลเซียส

ความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิขึ้นอยู่กับชนิดของหญ้าทะเลซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์แสง การหายใจ และการเจริญเติบโต โดยอุณหภูมิจะมีผลโดยตรงกับการสังเคราะห์แสงและการหายใจในหญ้าทะเล กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น อัตราการหายใจของใบจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วมากกว่าอัตราการสังเคราะห์แสง เป็นผลให้ทั้งสัดส่วนระหว่างการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) ต่อการหายใจ (Respiration) (P:R ratio) และการเจริญเติบโตมีค่าลดลง (Short *et al*., 2001)

2.4 ออกซิเจนละลายในน้ำและความเป็นกรดเป็นด่าง

Johnstone (1979) กล่าวว่า หญ้าทะเลมีการผลิตออกซิเจนในเวลากลางวันจากกระบวนการสังเคราะห์แสง และทำให้ออกซิเจนที่ละลายน้ำเหนือแหล่งหญ้าทะเลมีปริมาณสูงซึ่งบางครั้งเกินจุดอิ่มตัว และอาจสูงถึงร้อยละ 260 ส่วนในเวลากลางคืนจะทำให้คุณภาพน้ำอยู่ในสภาวะขาดออกซิเจน จะเห็นได้ว่า หญ้าทะเลมีบทบาทต่อปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าออกซิเจนที่ละลายได้ในน้ำจะไม่มีบทบาทต่อหญ้าทะเลโดยตรง แต่ผลทางอ้อมพบว่าปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำซึ่งบ่งบอกถึงปริมาณการสังเคราะห์แสงของพืชจะมีผลต่อสมดุลของความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ เนื่องจากในเวลากลางวันหญ้าทะเลจะใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายน้ำในกระบวนการสังเคราะห์แสง เป็นผลให้ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำสูงขึ้น ซึ่งตรงข้ามความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออน (H^+) ที่เกิดจากการแตกตัวของไบคาร์บอเนตที่มีค่าลดลง (สุจินต์, 2524) ดังสมการที่ 1 และ 2

$$pH = -\log c_{H^+} \qquad (1)$$

$$CO_2 \text{ (Dissolved)} + H_20 \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^- \qquad (2)$$

แม้ว่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำทะเลจะเปลี่ยนแปลงไม่มาก เนื่องจากน้ำทะเลมีความสามารถกั้นกลาง (Buffer capacity) จากระบบคาร์บอเนต กรดบอริก และเกลือบอเรต ทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำทะเลมีค่าค่อนข้างคงที่อยู่ในช่วง 7.8-8.3 (สุจินต์, 2524) อย่างไรก็ดีแหล่งหญ้าทะเลในประเทศไทยส่วนใหญ่ โดยเฉพาะหญ้าทะเลชนิด *Enhalus acoroides* จะอยู่บริเวณชายฝั่ง ได้รับอิทธิพลจากน้ำจืดและการปล่อยของเสียจากแหล่งชุมชน เกษตรกรรม และการเพาะเลี้ยงชายฝั่งชายฝั่งในปริมาณมาก ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำในเขตชายฝั่งจึงอาจเปลี่ยนแปลงมากกว่าในเขตทะเลได้ และจากการรายงานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งทั่วประเทศในฤดูฝนของกรมควบคุมมลพิษ (2548) พบความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำทะเลมีค่าอยู่ระหว่าง 7.0-8.5 ส่วนค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำทะเลชายฝั่งเกาะลันตาบริเวณแหล่งกำเนิดมลพิษ ในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2548 มีค่าอยู่ระหว่าง 5.76-8.39 (กรมควบคุมมลพิษ, 2549)

ออกซิเจนละลายในน้ำ นอกจากจะแสดงผลโดยอ้อมกับความเป็นกรดเป็นด่างดังกล่าวข้างต้น ยังมีผลโดยตรงกับการเปลี่ยนรูปของสารประกอบของธาตุอาหารในน้ำ เช่น การเกิดกระบวนการทางชีวเคมีของแบคทีเรียกลุ่ม Aerobic bacteria ที่ทำหน้าที่ย่อยสลายแอมโมเนียมให้กลายเป็นไนไตรท์และไนเตรท ตามลำดับ โดยเรียกกระบวนการนี้ว่า “Nitrification” (จารุมาศ, 2548) นอกจากนี้ ออกซิเจนละลายในน้ำยังสนับสนุนให้กิจกรรมของ Aerobic bacteria กลุ่มอื่น ๆ ที่ทำหน้าที่ย่อยอินทรียสารให้กลายเป็นอนินทรียสารในน้ำที่พืชต้องการเพิ่มขึ้นได้อีกด้วย

ความสำคัญของความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำทะเลและดินตะกอนต่อการดูดซึมธาตุอาหารเข้าสู่เซลล์พืช เช่น ในแพลงก์ตอนพืช พบว่า หากความเป็นกรดเป็นด่างระหว่างน้ำทะเลและภายในเซลล์ต่างกันเท่ากับ 1 จะทำให้ความต่างศักย์มีค่าเท่ากับ 59 mv ความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นระหว่างภายนอกและภายในเซลล์นี้ หากเพิ่มขึ้นก็จะยิ่งทำให้การดูดซึมธาตุอาหารโดยการทำงานของ ATPase proton pump เพิ่มขึ้นด้วย (เชษฐพงษ์, 2545)

ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำทะเลนอกจากจะควบคุมการดูดซึมของธาตุอาหารในเซลล์พืชแล้ว ยังทำหน้าที่ปรับสมดุลระหว่างปริมาณแอมโมเนีย (NH_3) และแอมโมเนียม (NH_4^+)ในน้ำ ดังสมการ

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

จากสมการข้างต้น เมื่อพิจารณาถึงทะเลในประเทศไทย ซึ่งมีความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 8.0 และมีอุณหภูมิของน้ำประมาณ 30 องศาเซลเซียส จะมีแอมโมเนียมประมาณร้อยละ 93 หากความเป็นกรดเป็นด่างมีค่ามากกว่า 8.0 ปฏิกิริยาจะย้อนกลับ ปริมาณแอมโมเนียมจะลดลง หากความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าน้อยกว่า 8.0 ปฏิกิริยาจะดำเนินไปข้างหน้า ปริมาณแอมโมเนียมจะเพิ่มขึ้น เชษฐพงษ์ (2545) ได้กล่าวว่า แอมโมเนียมจะเป็นสารอาหารที่พืชเลือกนำเข้าสู่เซลล์ก่อนสารอาหารชนิดอื่น ๆ เนื่องจากมีมวลโมเลกุลน้อยที่สุดซึ่งเทียบเท่ากับน้ำ (มวลโมเลกุลเท่ากับ 18) จึงสามาถแพร่ผ่านเข้าสู่เซลล์โดยกระบวนการ Simple diffusion ซึ่งไม่ต้องใช้พลังงานจากเซลล์ อีกทั้ง เซลล์สามารถนำแอมโมเนียมเข้าไปใช้ในกระบวนการสร้างกรดอะมิโนได้โดยตรง ในขณะที่ไนเตรท (NO_3^-) และไนไตรท์ (NO_3^-) เมื่อพืชนำเข้าสู่เซลล์ จะต้องใช้เอนไซม์ Nitrate reductase ย่อยไนเตรทให้เป็นไนไตรท์ และใช้เอนไซม์ Nitrite reductase ย่อยไนไตรท์ให้เป็นแอมโมเนียมตามลำดับ ซึ่ง Walsted (1994) กล่าวในทำนองเดียวกันว่า สาหร่ายทะเลและพรรณไม้น้ำมี

ความสามารถในการใช้สารประกอบไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมมากกว่าไนเตรท ซึ่งต่างจากพืชบกทั่วไปที่มักใช้สารประกอบไนโตรเจนในรูปไนเตรทได้ดีกว่า

2.5 คุณภาพดินตะกอนอื่น ๆ

คุณภาพดินตะกอนอื่น ๆ นอกเหนือจากธาตุอาหารในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นแล้วจะประกอบด้วย ขนาดอนุภาคของดินตะกอน (Grain size) ปริมาณน้ำในดินตะกอน (Water Content: WC) และปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอน (Total Organic Matter: TOM) อธิบายได้ดังนี้

ดินตะกอน หรือ Sediments หมายถึง อนุภาคที่อาจเป็นสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ซึ่งเกิดจากการพังทลายของดิน (Soil erosion) หรือการที่หินหรือพื้นดินบริเวณใกล้แหล่งน้ำถูกกัดเซาะ รวมถึงโครงสร้างที่เป็นของแข็งของสิ่งมีชีวิตที่ถูกพัดพามาหรือเกิดขึ้นภายในแหล่งน้ำแล้วสิ่งเหล่านี้ได้มีการตกตะกอนทับถมลงบนพื้นท้องน้ำ (จารุมาศ, 2548)

2.5.1 ขนาดอนุภาคของดินตะกอน

ขนาดของอนุภาคดินตะกอนมีความสัมพันธ์โดยตรงกับองค์ประกอบทางเคมีของดินตะกอน และมีบทบาทต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินตะกอนอีกด้วย โดยดินตะกอนที่มีอนุภาคหยาบจะมีการไหลผ่านของน้ำได้ดี และมักมีน้ำหรือปริมาณอินทรียสารหลงเหลืออยู่น้อย ในทางตรงข้าม ดินที่มีอนุภาคละเอียด อนุภาคค่อนข้างอัดแน่นรวมตัวกันดี มีปริมาณน้ำและอินทรียสารสูง แต่น้ำจะมีการไหลเวียนผ่านระหว่างอนุภาคดินตะกอนได้ไม่ดี (จารุมาศ, 2548) ขนาดของอนุภาคดินตะกอนสามารถนำมาใช้ในการจำแนกชนิดของดินตะกอนซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 2

กาญจนภาชน์และคณะ (2534) ได้อธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างหญ้าทะเลกับลักษณะของดินตะกอนที่เป็นที่อยู่อาศัย ซึ่งหญ้าทะเลแต่ละชนิดจะสามารถขึ้นในดินตะกอนที่มีลักษณะแตกต่างกันไป (ตารางที่ 3) นอกจากนี้ den Hartog (1970) รายงานว่า *Cymodocea rotundata* จะพบมากบริเวณที่เป็นโคลนแน่น และจะลดลงเมื่อพื้นเป็นวัตถุหยาบ ถ้าพื้นเป็นทรายปนปะการังจะพบน้อยหรือไม่พบเลย และ *Cymodocea serrulata* มักขึ้นบนพื้นทรายที่มีซาก

ปะการัง หากเป็นบริเวณที่มีซากปะการังที่คลุมด้วยโคลนจะขึ้นหนาแน่น ถ้าเป็นพื้นทรายปนโคลนจะพบไม่มากนัก และถ้าเป็นพื้นโคลนนิ่มจะไม่พบเลย

2.5.2 น้ำในดินตะกอน

ปริมาณน้ำในดินตะกอนเป็นค่าที่แสดงสัดส่วนของน้ำหนักน้ำต่อน้ำหนักดินตะกอนในปริมาตรของดินตะกอนหนึ่ง ๆ แสดงออกมาในรูปของร้อยละของน้ำหนักดิน ทั้งนี้ปริมาณน้ำในดินตะกอนจะเป็นปัจจัยทางกายภาพเบื้องต้น สามารถสะท้อนขนาดอนุภาคของดินตะกอน และสภาพความอุดมสมบูรณ์ทางอินทรียสารในดิน โดยระดับของปริมาณน้ำในดินต่ำ เช่น ประมาณร้อยละ 20-40 มักมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นทรายเนื้อหยาบและมีปริมาณอินทรียสารต่ำด้วย (จารุมาศ, 2548)

2.5.3 สารอินทรีย์ในดินตะกอน

สารอินทรีย์ในดินตะกอน จะประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และไนโตรเจนอยู่ร้อยละ 58 10 20 และ 5 ตามลำดับ ส่วนฟอสฟอรัส และกำมะถันจะมีอยู่อย่างละร้อยละ 1 (Jackson, 1958) ซึ่งสารอินทรีย์ในดินตะกอนสามารถบอกถึงความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำไม่ว่าจะเป็นน้ำจืดหรือทะเล โดยแหล่งน้ำที่สมบูรณ์มักพบปริมาณสารอินทรีย์ได้มากกว่าแหล่งน้ำที่ไม่สมบูรณ์ (เปี่ยมศักดิ์, 2525) เนื่องจากสารอินทรีย์ในดินตะกอน เมื่อผ่านกระบวนการย่อยสลายโดยแบคทีเรียจนอยู่ในรูปสารอนินทรีย์ เช่น แอมโมเนียม ไนไตรท์ และไนเตรท ซึ่งจะละลายอยู่ในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนแล้ว ความเข้มข้นของสารอนินทรีย์ในดินตะกอนที่สูงกว่าก็จะถูกปล่อยโดยกระบวนการ Advection ออกสู่มวลน้ำ (เชษฐพงษ์, 2545) ดังนั้น สารอินทรีย์ในดินตะกอนจึงเป็นแหล่งธาตุอาหารที่สำคัญสำหรับกลุ่มผู้ผลิตเบื้องต้น เช่น แพลงก์ตอนพืช สาหร่าย และหญ้าทะเล เป็นต้น

ปัจจัยที่ควบคุมการสลายตัวของสารอินทรีย์มีทั้งองค์ประกอบทางเคมีของสารอินทรีย์เองและสภาพแวดล้อมของสารอินทรีย์ เช่น อุณหภูมิ การถ่ายเทอากาศ ความชื้น ความเป็นกรดเป็นด่าง และปัจจัยอื่น ๆ ที่ควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (สมศักดิ์, 2528) การย่อยสลายที่อุณหภูมิสูงจะเกิดขึ้นได้เร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำ (สุภมาศ, 2529) โดยจะเกิดขึ้นได้ดีที่อุณหภูมิ 30-40 องศาเซลเซียส (สมศักดิ์, 2528) Brewer and Pfander (1979) พบว่า บริเวณท้องน้ำที่มีปริมาณ

ออกซิเจนเพียงพอ การทำงานของแบคทีเรียกลุ่ม Aerobic bacteria จะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ดี โดยสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดเล็กจะถูกย่อยสลายได้ดีกว่าสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่

นอกจากนี้ ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำยังส่งผลต่อปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนด้วย ศิรินา (2531) และ วิลาสินี (2533) รายงานว่า เมื่อความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำสูงขึ้นมักพบความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในดินตะกอนสูงตามด้วย ความละเอียดของอนุภาคดินตะกอนก็สามารถส่งผลต่อการสะสมสารอินทรีย์ในดินตะกอนได้ด้วยเช่นกัน ซึ่งพบว่า สารอินทรีย์จะยึดเกาะเนื้อดินตะกอนที่มีขนาดอนุภาคละเอียด มีความเหนียวสูงได้ดีกว่าดินตะกอนหยาบ มีปริมาณของทรายปนมาก (สมเจตน์, 2530)

ตารางที่ 1 ช่วงความผันแปรของความเค็มในสิ่งแวดล้อมทะเลประเภทต่าง ๆ

สิ่งแวดล้อมทางทะเล	ช่วงความผันแปรความเค็ม (psu)
ทะเล/มหาสมุทรเปิด (Open ocean)	32-38 (เฉลี่ย 35)
บริเวณที่ตื้นชายฝั่งทะเล (Shallow coastal areas)	27-30
ชะวากทะเล (Estuaries)	0-30*
ทะเลกึ่งปิด (Semi-enclosed seas)	<25*
สิ่งแวดล้อมที่มีความเค็มสูง (Hypersaline environments)	>40

*บริเวณน้ำกร่อย (Brackish water)

ที่มา: ปรับปรุงจาก จิตติมา (2544)

ตารางที่ 2 การจำแนกชนิดของดินตะกอนตามขนาดโดยวิธีของ Wentworth

ประเภทดินตะกอน	ขนาดดินตะกอน	
	มิลลิเมตร (mm)	ไมโครเมตร (μm)
Boulder	ใหญ่กว่า 256	-
Cobble	256 – 64	-
Pebble	64 – 4	-
Granule	4 – 2	-
Very coarse sand	2 – 1	2,000 – 1,000
Coarse sand	1 – 0.5	1,000 – 500
Meduim sand	0.5 – 0.25	500 – 250
Fine sand	0.25 – 0.125	250 – 125
Very fine sand	0.125 – 0.063	125 – 63
Silt	0.063 – 0.004	63 – 4
Clay	เล็กกว่า 0.004	เล็กกว่า 4

ที่มา: จารุมาศ (2548)

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดหญ้าทะเลกับลักษณะของดินตะกอนที่เป็นพื้นที่อยู่อาศัย

ชนิดหญ้าทะเล	ลักษณะของดินตะกอนที่เป็นพื้นที่อยู่อาศัย						
	ทราย	ทรายละเอียด	ทรายปนซากปะการัง	ซากปะการัง	ทรายปนโคลน	โคลนปนทราย	โคลน
Halodule pinifolia	+	-	-	-	-	+	-
Halodule uninervis	+	-	-	-	-	-	+
Cymodocea rotundata	-	-	+	-	+	-	+
Cymodocea serrulata	-	+	+	-	+	-	-
Ruppia maritima	-	-	-	-	-	-	+
Syringodium isoetifolium	-	-	-	-	-	-	+
Enhalus acoroides	+	-	-	-	-	-	+
Thalassia hemprichii	-	-	+	+	+	-	+
Halophila ovalis	-	-	+	+	-	+	+
Halophila minor	-	-	-	-	+	-	+
Halophila decipiens	-	-	-	+	+	-	-
Halophila beccarii	-	-	-	-	-	+	+

+ พบหญ้าทะเล

- ไม่พบหญ้าทะเล

ที่มา: ข้อมูลรายงานของกาญจนภาชน์และคณะ (2534)

3. การศึกษามวลชีวภาพของหญ้าทะเล

มวลชีวภาพของหญ้าทะเล (Biomass) หมายถึง น้ำหนักของหญ้าทะเลทั้งต้นซึ่งรวมทั้งรากและเหง้าต่อหน่วยพื้นที่ ทำได้โดยการสุ่มด้วย Quadrat ที่ทราบขนาดและขุดทั้งส่วนที่อยู่เหนือดินและส่วนที่อยู่ใต้ดินขึ้นมาทั้งหมด แต่เนื่องจากรากและเหง้าของหญ้าทะเลบางชนิดฝังอยู่ลึก ไม่สามารถขุดขึ้นมาได้หมด การรายงานค่ามวลชีวภาพของหญ้าทะเลส่วนใหญ่จึงใช้ค่าของส่วนที่อยู่เหนือดิน (Above ground biomass) ซึ่งรวมทั้งดอกและผล หรือถ้าคิดเฉพาะใบก็จะเป็นค่ามวลชีวภาพของใบ (Leaf biomass) (กาญจนภาชน์และคณะ, 2534)

กาญจนภาชน์และคณะ (2534) ได้ทำการศึกษามวลชีวภาพบริเวณหาดสนงาม และหาดเขาหน้ายักษ์ จังหวัดพังงา จากหญ้าทะเลที่ขึ้นอยู่ ผลปรากฏว่า หญ้าทะเลทั้ง 6 ชนิด ที่ขึ้นอยู่บริเวณหาดสนงามมีการเปลี่ยนแปลงไม่เด่นชัด แต่พอกล่าวได้ว่า ระหว่างเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม พ.ศ. 2533 ค่ามวลชีวภาพสูงสุดเมื่อเทียบกับเดือนอื่น ๆ และเมื่อพิจารณาตามชนิดของหญ้าทะเลแล้ว พบว่า *Enhalus acoroides* มีค่ามวลชีวภาพสูงที่สุด คือ 533.57 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร รองลงมาคือ *Cymodocea serrulata* *Syringodium isoetifolium* *Halodule uninervis* *H. pinifolia* และ *Halophila ovalis* มีค่ามวลชีวภาพเป็น 161.21 142.88 133.81 93.56 และ 40.00 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร ตามลำดับ มวลชีวภาพของหญ้าทะเลบริเวณหาดสนงามจึงมีค่าเฉลี่ยเป็น 201.50 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร ส่วนที่หาดเขาหน้ายักษ์ซึ่งมีเฉพาะ *Thalassia hemprichii* เพียงชนิดเดียว และมีมวลชีวภาพเฉลี่ย 316.53 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร ทั้งนี้ หากพิจารณาค่ามวลชีวภาพของส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดิน พอจะกล่าวได้ว่า ส่วนเหนือดินมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าส่วนใต้ดิน เนื่องจากใบมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ช่วงใดที่ใบเน่ามากค่ามวลชีวภาพของส่วนเหนือดินจะต่ำ ในทางตรงข้าม หากช่วงใดเป็นช่วงที่มีดอกและผลมาก ค่ามวลชีวภาพจะสูงกว่าปกติ หรือถ้ามี Epiphyte มากและกำจัดออกไม่หมดจะทำให้มวลชีวภาพมีค่าสูงกว่าความเป็นจริง สำหรับค่ามวลชีวภาพของส่วนใต้ดินนั้นน่าจะใช้เป็นตัวกำหนดได้ดีกว่าหากสามารถขุดได้ครบสมบูรณ์ทั้งรากและเหง้า เนื่องจากรากและเหง้าของหญ้าทะเลบางชนิดฝังอยู่ลึกมาก ทำให้การขุดให้หมดนั้นทำได้ยาก เช่น หญ้าทะเลชนิด *Enhalus acoroides* และ *Thalassia hemprichii* ที่สำคัญ จากการเปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่างมวลชีวภาพของส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดินของหญ้าทะเลทั้งหมด 7 ชนิด พบว่าหญ้าทะเล 6 ชนิด ซึ่งได้แก่ *Cymodocea serrulata* *Enhalus acoroides* *Halodule pinifolia* *H. uninervis* *Syringodium isoetifolium* และ *Thalassia hemprichii* มีอัตราส่วนอยู่ระหว่าง 1.0:1.5 ถึง 1.0:3.5 แสดงว่าส่วนที่อยู่ใต้ดินมีค่ามวลชีวภาพมากกว่าส่วนที่อยู่เหนือดิน

ยกเว้น *Halophila ovalis* มีอัตราส่วนเท่ากับ 1.0:0.7 นอกจากนี้ Kuo and McComb (1989) กล่าวว่า ในการศึกษามวลชีวภาพของหญ้าทะเลมักพบว่ามวลชีวภาพส่วนใต้ดินมีมากกว่าส่วนเหนือดิน โดยสัดส่วนระหว่างมวลชีวภาพส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดินจะมีค่าน้อยกว่า 1

การศึกษาอัตราส่วนระหว่างมวลชีวภาพส่วนเหนือดินกับส่วนใต้ดินโดย Zieman and Wetzel (1980) โดยศึกษาในหญ้าทะเลชนิด *Thalassia hemprichii* ที่ประเทศ Puerto Rico พบว่า ค่าจะแปรเปลี่ยนไปตามลักษณะของพื้น หากเป็นพื้นโคลนละเอียดจะมีค่าเท่ากับ 1:3 หากเป็นพื้นโคลนปนทรายค่าจะเป็น 1:5 และค่าอัตราส่วนจะลดลงเป็น 1:7 เมื่อพื้นเป็นทรายหยาบ ทั้งนี้ *T. hemprichii* จะเจริญได้ดีในพื้นที่มีลักษณะหยาบ นอกจากนี้ Sand-Jensen (1975) ยังพบว่าอัตราส่วนของใบและเหง้าของ *Thalassia* spp. จะเปลี่ยนจาก 1:2 ในฤดูหนาวเป็น 1:1 ในฤดูร้อน