

TIẾP TỤC CHUYẾN HÀNH TRÌNH TRONG RỪNG NGẬP MẶN

Tác giả: Barry Clough
Người dịch: Phan Văn Hoàng



Bộ sách Giáo dục về rừng ngập mặn của ISME, Quyển 1

TIẾP TỤC CHUYẾN HÀNH TRÌNH TRONG RỪNG NGẬP MẶN

Tác giả: **Barry Clough**

Người dịch: **Phan Văn Hoàng**

*Hiệp hội Hệ sinh thái rừng ngập mặn Quốc tế (ISME),
Khoa Nông nghiệp, trường Đại học Ryukyus,
1 Senbaru, Nishihara, Okinawa, 903-0129 Japan*



Hiệp hội Hệ sinh thái rừng ngập mặn Quốc tế

Tổ chức Gỗ nhiệt đới Quốc tế

MỤC LỤC

ISME và ITTO	iii
Vài nét về tác giả	iv
Lời tựa	v
Lời cảm tạ	v
Đôi lời của ISME	vi
Lời người dịch	vii
Giải thích Thuật ngữ	viii
Chương 1 GIỚI THIỆU	1
Chương 2 PHÂN BỐ VÀ MÔI TRƯỜNG RỪNG NGẬP MẶN	5
Phân bố toàn cầu	5
Biên độ và giới hạn vĩ tuyến	6
Các kiểu gắn liền với lượng mưa và mức khô hạn	8
Các kiểu hình phân vùng cục bộ	9
Hình thành môi trường của rừng ngập mặn	11
Chương 3 SỐNG TRONG MÔI TRƯỜNG KHẮC NGHIỆT	17
Thích ứng với muối	17
Loại bỏ muối	18
Bài tiết muối	19
Mọng nước	20
Lưu trữ trong các mô gỗ	21
Chia ngăn cô lập trong tế bào	21
Thích nghi với thiếu nước	21
Đối phó với đất yếm khí	24
Tái sinh và phát tán	27
Chương 4 CÁC THÀNH PHẦN SINH VẬT KHÁC	31
Khu hệ động vật	31
Động vật có vú	31
Bò sát và lưỡng cư	32
Chim	33
Cá	33
Cua, còng	34
Tôm và các loài giáp xác khác	35
Các loài chân bụng và động vật thân mềm khác	35
Côn trùng	36
Các loài sinh vật đáy cỡ nhỏ không xương sống (Động vật giảm phân)	37
Các thành phần thực vật khác	38
Chương 5 SỬ DỤNG VÀ CÁC GIÁ TRỊ CỦA RỪNG NGẬP MẶN	39

Sản phẩm và dịch vụ của rừng ngập mặn.....	39
Các sản phẩm phát sinh từ rừng ngập mặn.....	40
Các sản phẩm từ gỗ.....	40
Tanin và phẩm nhuộm vải từ vỏ cây rừng ngập mặn.....	43
Tắm lợp và sản phẩm khác từ Dừa nước.....	44
Mật ong.....	45
Thực phẩm khác cho con người.....	46
Thức ăn cho gia súc.....	46
Dược liệu.....	47
Thủy sản và các nguồn lợi ven bờ khác.....	49
Các dịch vụ khác của rừng ngập mặn.....	50
Phòng hộ ven biển.....	50
Xói lở bờ biển.....	50
Phòng hộ trước sóng biển.....	50
Lưu giữ Carbon.....	51
Xử lý nước thải vùng ven biển.....	52
Chương 6 CÁC MỐI ĐE DỌA VÀ CÁC TÁC ĐỘNG MÔI TRƯỜNG.....	53
Chuyển đổi sang sản xuất nông nghiệp và ruộng muối.....	53
Chuyển đổi sang nuôi thủy sản.....	55
Mở mang đô thị và phát triển công nghiệp.....	56
Ô nhiễm.....	57
Khai thác gỗ và lâm sản khác.....	57
Biến đổi khí hậu.....	58
Nước biển dâng.....	59
Hàm lượng khí CO ₂ cao.....	61
Nhiệt độ và lượng mưa.....	62
Tần số và cường độ bão.....	62
Sự tương tác và tính bất bình.....	63
Chương 7 BẢO TỒN VÀ QUẢN LÝ.....	65
Khung quản lý.....	67
Các chiến lược bảo tồn.....	68
Các hệ thống bảo tồn.....	69
Các khu hệ hạn chế sử dụng.....	69
Các hệ thống sản xuất.....	69
Trồng cây gây rừng và khôi phục rừng.....	70
Kết luận.....	71
Một số đường dẫn để truy cập tài liệu trên Mạng.....	71
Tài liệu tham khảo	
Hộp 2.1 Mô tả các dạng địa mạo của rừng ngập mặn.....	24
Hộp 2.2 Mô tả sáu loại hình rừng ngập mặn theo chức năng.....	26
Hộp 7.1 Hiến chương của ISME đối với rừng ngập mặn.....	84

ISME và ITTO

ISME

Hiệp hội Hệ sinh thái rừng ngập mặn Quốc tế (ISME) là một hiệp hội khoa học phi chính phủ và phi lợi nhuận quốc tế được thành lập vào tháng Tám năm 1990. Có trụ sở chính được đặt tại Okinawa, Nhật Bản, ISME được Luật Tài trợ của Nhật Bản chứng nhận là một Tổ chức Tài trợ vào năm 1992. Năm 2003, theo một sắc luật mới của Nhật Bản về xúc tiến các hoạt động phi lợi nhuận chuyên biệt, ISME được đăng ký thành một Tổ chức phi lợi nhuận (NPO). Được sửa đổi tại Đại hội lần thứ Tám vào năm 2012, Quy chế của ISME quy định 'Hiệp hội này thu thập, đánh giá và phổ biến các thông tin về các hệ sinh thái rừng ngập mặn', và 'xúc tiến hợp tác quốc tế'. ISME đã và đang tiến hành các hoạt động ở cấp toàn cầu thông qua: a) việc ứng dụng tri thức vào các hoàn cảnh cụ thể, b) giáo dục, đào tạo và c) trao đổi các thông tin cần thiết. Các hoạt động của hiệp hội này được hỗ trợ dưới sự cộng tác và liên kết của một số các tổ chức khác, các trường đại học, các viện nghiên cứu và các cộng đồng địa phương. Hiện nay, thành viên của ISME gồm có 40 tổ chức và hơn 1.150 cá nhân của 92 quốc gia.

ITTO

Tổ chức Gỗ nhiệt đới Quốc tế (ITTO) là một tổ chức liên chính phủ xúc tiến công cuộc bảo tồn và quản lý bền vững cùng với việc sử dụng và kinh doanh tài nguyên rừng nhiệt đới. Tổ chức này có 65 thành viên đại diện cho hầu hết các khu rừng nhiệt đới thế giới và 90% tỷ phần kinh doanh gỗ nhiệt đới toàn cầu. ITTO xây dựng các văn bản chính sách được quốc tế thống nhất nhằm xúc tiến bảo tồn rừng và quản lý rừng bền vững và hỗ trợ các quốc gia nhiệt đới thành viên để điều chỉnh các chính sách này cho phù hợp với tình hình của địa phương và để thực thi chúng ngoài hiện trường thông qua các dự án. Thêm vào đó, ITTO thu thập, phân tích và phổ biến các dữ liệu về sản xuất và kinh doanh gỗ nhiệt đới, tài trợ các dự án và các hoạt động khác cho các ngành công nghiệp đang phát triển ở các quy mô công nghiệp lẫn cộng đồng. Tất cả các dự án đều được tài trợ bởi những nguồn đóng góp tình nguyện, hầu hết là từ các quốc gia tiêu thụ thành viên. Từ khi bắt tay vào hoạt động vào năm 1987, ITTO đã chu cấp cho hơn 800 dự án, tiền dự án và các hoạt động tài trợ với giá trị hơn 350 triệu USD. Các nhà tài trợ chính là chính phủ của các nước gồm Nhật Bản, Thụy Sĩ, Cộng đồng Châu Âu và Hoa Kỳ.

Vài nét về tác giả

Barry CLOUGH

Ông Barry Clough đỗ tiến sỹ ở trường Đại học Sydney, Úc. Ông đã làm việc tại Viện Khoa học Biển của Úc (AIMS) với tư cách là một nhà nghiên cứu khoa học (1979–1984) và nhà nghiên cứu khoa học cao cấp (1985–2004). Ông đã kinh qua các chức vụ Phó Chủ tịch ISME [Hiệp hội Hệ sinh thái rừng ngập mặn Quốc tế] (1992–1994), Điều phối viên của Ủy ban Rừng ngập mặn Quốc gia Úc (1985–1990) và đã tham gia Dự án Rừng ngập mặn Khu vực của UNDP/UNESCO. Ông cũng từng là Điều phối viên cho Dự án của ISME/ITTO về *Giá trị kinh tế và Môi trường của rừng ngập mặn cùng với thực trạng bảo tồn của chúng ở khu vực Đông-Nam Á/Thái Bình Dương*.

Giai đoạn 1995–2001, ông là Chủ nhiệm phía Úc cho *Dự án Lâm ngư kết hợp Tôm – Rừng ngập mặn ở đồng bằng sông Cửu Long*, dự án hợp tác giữa hai Chính phủ Úc và Việt Nam, được tài trợ chủ yếu bởi Trung tâm Nghiên cứu Nông nghiệp Quốc tế Úc. Năm 1999–2000, ông được cử sang Bangkok để cộng tác với Mạng lưới các Trung tâm Nuôi trồng Thủy sản Châu Á – Thái Bình Dương. Ông cũng đã tham gia tư vấn cho Dự án Phát triển vùng ven biển do GTZ [hiện nay là GIZ - ND] thực hiện ở Bạc Liêu, Việt Nam và Dự án Bảo vệ và Phát triển những vùng Đất ngập nước ven biển của Ngân hàng Thế giới tại Cà Mau, Việt Nam. Hiện tại ông là tình nguyện viên bán thời gian làm công tác giảng dạy và nghiên cứu ở trường Đại học Cần Thơ, Việt Nam, hướng dẫn sinh viên sau đại học trong lĩnh vực rừng ngập mặn và đa dạng sinh học ven biển.

Lời tựa

Vào năm 1995, Hiệp hội Hệ sinh thái rừng ngập mặn Quốc tế (ISME) và Tổ chức Gõ nhiệt đới Quốc tế (ITTO) đã xuất bản quyển sách *Chuyến hành trình trong rừng ngập mặn* của tác giả C.D. Field nhằm mục đích giới thiệu giá trị và tầm quan trọng của rừng ngập mặn đến nhiều đối tượng độc giả. Quyển sách này chính là bước tiếp nối hướng đến các mục tiêu ấy với nhan đề *Tiếp tục chuyến hành trình trong rừng ngập mặn*.

Đây cũng là quyển đầu tiên trong một bộ gồm ba quyển sách được xuất bản cùng một lúc. Các quyển còn lại có nhan đề là *Cấu trúc, Chức năng và Quản lý hệ sinh thái rừng ngập mặn* của các tác giả Jin Eong Ong và Wooi Khoon Gong và *Các sản phẩm hữu dụng của rừng ngập mặn và Thực vật ven biển* của Shigeyuki Baba, Hung Tuck Chan và Sanit Aksornkoe.

Ở góc độ là cuốn đầu tiên của bộ sách, quyển sách này nhằm giới thiệu bao quát về rừng ngập mặn, không viết quá nhiều về kỹ thuật, mở đề cho hai quyển còn lại vốn sẽ đề cập đến các chuyên đề này ở mức độ chi tiết hơn. Xuất phát từ mục tiêu này, tôi cố gắng hạn chế dùng các biệt ngữ khoa học kỹ thuật. Tuy nhiên, vẫn còn có những biệt ngữ không thể tránh được thì tôi cố dùng tiếng Anh thông dụng để giải thích. Nhiều tài liệu tham khảo được trích dẫn có thể còn thấy và tải được trên mạng nhưng tôi không cung cấp đường dẫn trong phần nguồn tham khảo để tránh những phiền phức về quyền tác giả có thể xảy ra.

Cuối cùng, nhiều dẫn chứng dùng cho quyển sách này được lấy ở Châu Á và Tây Thái Bình Dương. Có thể một số độc giả cảm thấy rằng rừng ngập mặn của Thế giới Mới ở Châu Mỹ và Châu Phi không được đề cập sâu trong sách này. Những điển hình nghiêng về Thế giới Cũ được viết ra đây chỉ là vì tôi am hiểu chúng và có nhiều thông tin về chúng hơn, chứ không có nghĩa là rừng ngập mặn của Thế giới Mới ít quan trọng hơn hoặc ít được nghiên cứu rộng rãi hơn. [Khái niệm "Thế giới Cũ" và "Thế giới Mới" có ý nghĩa về mặt lịch sử nhằm mục đích phân biệt các vùng sinh thái lớn trên thế giới và để phân loại các loài động vật và thực vật theo xuất xứ. Xem chi tiết ở Chương 2. Phân bố và Môi trường rừng ngập mặn - ND].

Lời cảm tạ

Nhiều đồng nghiệp của tôi đã đóng góp trực tiếp hoặc gián tiếp vào quyển sách này. Tôi xin cảm ơn tất cả các bạn, đặc biệt là Hung Tuck Chan, người biên tập và là Điều phối viên dự án đã bỏ ra nhiều công sức đọc, chỉnh sửa, góp ý và Stefanie Gendera với khiếu đồ họa tài tình đã giúp cho hình ảnh minh họa được sâu sắc hơn, cùng với Peter Saenger đã tư vấn và góp ý về phân bố rừng ngập mặn. Tôi vô cùng cảm kích trước công sức của Ryoko Miyagawa và Mio Kezuka (cán bộ của Ban thư ký ISME) để kiểm tra toàn bộ bản thảo cuối cùng.

Tôi cũng xin chân thành cảm ơn các vị sau đây đã cung cấp hình ảnh cho quyển sách: Hung Tuck Chan, Emad Al-Aidy, Trần Thị Mai Sen, Takayuki Tsuji, Shigeyuki Baba, Shoko Yamagami, Koichi Tsuruda, Mami Kainuma, Mio Kezuka, Jin Eong Ong và Joseph Tangah. Các quý danh này được ghi nhận trong phần chú thích của các bức ảnh.

Đôi lời của ISME

Quyển sách này được xuất bản từ một dự án của ITTO/ISME có tên là Biên soạn Bộ sách Giáo dục về Quản lý và Sử dụng bền vững hệ sinh thái rừng ngập mặn [ITTO/ISME SPD 564/09 Rev. 1 (F)], do ITTO và Chính phủ Nhật tài trợ. Với tư cách là cơ quan điều hành, ISME chân thành cảm ơn Bộ Ngoại giao của Nhật Bản đã cấp kinh phí hỗ trợ dự án. ISME cũng xin cảm ơn Trung tâm Nghiên cứu sinh quyển nhiệt đới (Đại học Ryukyus), Cty TNHH Đầu tư Y.L., Chikyu Ni Yasashi (Earth Friendly Card) thuộc Tổ chức Bảo vệ Trái đất Xanh và Tập đoàn Tài chính Cedyna và Giáo sư Shigeyuki Baba đã đóng góp trong cuộc họp về chi phí để xuất bản bộ sách.

ISME vô cùng cảm ơn Ủy ban Kỹ thuật Dự án, gồm các thành viên của Ban Điều hành đã nhiệt tình hỗ trợ cho dự án và đóng góp những bình luận và lời khuyên quý giá cho các chương mục của quyển sách. Chúng tôi cũng rất cảm kích đối với những đóng góp của Giáo sư Sanit Aksornkoae, Đại sứ Noboru Nakahira, Giáo sư François Blasco, Giáo sư Norman Duke, Giáo sư Salif Diop và Tiến sỹ Mami Kainuma. Những nỗ lực đáng khích lệ của TS. Steve Johnson, Quản lý dự án của ITTO, TS. Hung Tuck Chan, Điều phối viên Dự án, người biên tập quyển sách, và cô Nozomi Oshiro, cán bộ quản lý hành chính dự án đã tạo điều kiện cho các hoạt động của dự án được tiến hành suôn sẻ. Cảm ơn Sở Lâm nghiệp Sabah tại Sandakan về nỗ lực cộng tác với ISME và bố trí Trung tâm Thám hiểm rừng mưa làm địa điểm để ra mắt bộ sách và tổ chức hội nghị cho dự án.

Bên thêm dự án này, ba quyển sách khởi đầu cho Bộ sách Giáo dục về Rừng ngập mặn của ISME được hình thành. Chúng được viết ra, xuất bản và ra mắt trong những ngày kỷ niệm Giáo sư Shigeyuki Baba, Giám đốc Điều hành ISME nghỉ hưu và rời khỏi trường Đại học Ryukyus vào tháng 3/2013.

Lời người dịch

Là một người hoạt động trong lĩnh vực rừng ngập mặn gần 30 năm qua ở đồng bằng sông Cửu Long, Việt Nam, tôi nhận thấy quyển “*Tiếp tục chuyển hành trình trong rừng ngập mặn*” rất bổ ích cho giới chuyên môn đang công tác, nghiên cứu về rừng ngập mặn, cho giới chức có thẩm quyền quyết định trong quản lý, bảo vệ và phát triển rừng ngập mặn và cuối cùng là cho những nhà quản lý trong tương lai đang học tập về rừng ngập mặn ở các trường đại học ở trong nước. Đó chính là động cơ đã thôi thúc tôi bắt tay dịch quyển sách này sang tiếng Việt ngay sau khi ông Barry Clough hoàn thành quyển sách và được ISME xuất bản.

Nhằm giúp cho giới chuyên môn dễ nhận biết, tên khoa học của các loài động vật, thực vật và sinh vật khác được giữ nguyên và được đặt trong dấu ngoặc đơn (~) bên cạnh tên tiếng Việt. Tuy nhiên, có một số loài động vật, thực vật và sinh vật khác được nêu lên trong quyển sách này nhưng không có mặt ở Việt Nam nên không có tên tiếng Việt và cũng có thể người dịch chưa có đủ tài liệu tham khảo bằng tiếng Việt để ghi chú. Các thuật ngữ tiếng Anh ở phần Giải thích Thuật ngữ được giữ nguyên theo thứ tự của bản gốc, tiếng Việt tương đồng được đặt trong dấu móc vuông bên cạnh [~].

Những hình ảnh sử dụng trong phiên bản này là hình ảnh gốc được tác giả trực tiếp cung cấp.

Cuối cùng, xin chân thành cảm ơn Tiến sỹ Barry Clough, một người đồng nghiệp đã giúp đỡ tôi rất nhiều trong công tác chuyên môn, đã ủng hộ và khích lệ tôi dịch quyển sách này, cảm ơn Phó Giáo sư Tiến sỹ Viên Ngọc Nam, trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh đã giúp đọc và chỉnh sửa bản dịch. Tôi vô cùng tri ân Hiệp hội Hệ sinh thái rừng ngập mặn Quốc tế đã cho phép phổ biến bản dịch và Giáo sư Tiến sỹ Shigeyuki Baba phối hợp với Tổ chức Hợp tác Quốc tế Đức (GIZ) GmbH hỗ trợ kinh phí để in quyển sách này.

Giải thích Thuật ngữ

Dựa theo Field (1996). Tất cả các thuật ngữ từ Field (1996) được giữ nguyên để tham khảo chung mặc dù có một số thuật ngữ không được dùng trong sách này.

Abiotic [Phi sinh]: thuộc tính phi sinh vật

Abscission zone [Vùng rụng]: vùng ở cuống của lá, hoa hoặc trái hoặc bộ phận khác của một cây bao gồm 1 lớp tế bào non và một lớp tế bào sần sùi [chu bì] để bảo vệ vết thương khi các bộ phận này bị rụng.

Abscission [Rụng]: sự tách rời của các bộ phận.

Accretion [Lượng tăng trưởng/Bồi tụ]: lớn lên bằng cách thêm vật chất mới; sự tích tụ đất và mở rộng đất đai

Adventitious [Bất định]: mô hoặc cơ quan mọc ra ở các vị trí bất thường.

Aerial roots [Rễ khí sinh]: rễ mọc trên thân cây hoặc ở các cành thấp của tán cây.

Afforest [Gây rừng]: chuyển đổi [đất khác] thành rừng.

Air-layering [Chiết cành]: một hình thức nhân giống thực vật. Kích thích cành ra rễ trên thân cây mẹ bằng cách lột một phần vỏ cây và giữ ẩm cho điểm cắt.

Alluvial [Phù sa (đất)]: trầm tích được hình thành từ vật chất rời rạc lắng đọng lại do rút cạn nước.

Apical [Đỉnh sinh trưởng]: nằm ở chóp đầu của điểm sinh trưởng.

Anaerobic [Yếm khí]: thiếu dưỡng khí.

Anthropogenic [Nhân tạo]: do con người tạo ra.

Benthic [Sinh vật đáy]: sống dưới đáy biển.

Biological diversity (biodiversity) [Đa dạng sinh học]: sự đa dạng của các thể sống: thực vật, động vật và vi sinh vật khác nhau, kiểu di truyền của chúng và các hệ sinh thái mà chúng tạo ra. Người ta thường xem xét ở ba cấp độ: Đa dạng di truyền, đa dạng loài và đa dạng hệ sinh thái.

Biomass [Sinh khối]: tổng trọng lượng của động và/hoặc thực vật trên một đơn vị diện tích.

Biotic [Sinh (vật)]: liên quan đến chất sống.

Calcareous [Chịu vôi]: sống trên nền đất do đá vôi phân hóa.

Canopy [Tán cây]: vòm trên cùng của bộ lá, cành nhánh cây rừng hoặc cây gỗ khác.

Catchment [Thủy vực]: một khu vực chứa nước (thường là nước mưa) và thoát ra sông, hồ. Còn có thuật ngữ khác nữa là 'lưu vực thoát'.

Cation [Dương cực]: nguyên tử hoặc phân tử tích điện dương.

Chlorotic [Bệnh vàng lá]: bị tác động bởi điều kiện bất thường làm cho thiếu sắc tố xanh ở thực vật.

Clastic [Đá trầm tích]: thể liên kết bởi những mảnh vụn của đá già.

Clay [Đất sét]: hạt trầm tích có đường kính từ 0,002 đến 0,004 mm.

Communities [Quần xã]: nhóm các sinh vật thuộc nhiều loài khác nhau tồn tại trên cùng một diện tích và tương tác lẫn nhau trong mối quan hệ không gian và dinh dưỡng.

Compatible solute [Chất tan hữu cơ – Chất tan có hoạt tính thẩm thấu]: một hợp chất hữu cơ do động vật hoặc thực vật tổng hợp một cách tự nhiên, chủ yếu dành cho điều tiết thẩm thấu, không có ảnh hưởng xấu đến sự trao đổi chất trong tế bào. Chất tan hữu cơ thường gặp là glycine-betaine và proline.

Conservation [Bảo tồn]: bảo vệ, duy trì, quản lý, sử dụng một cách bền vững, phục hồi và mở

rộng môi trường tự nhiên.

Coppice [Rừng chồi]: loại rừng gỗ nhỏ, tầng thấp, được trồng để chặt định kỳ.

Cotyledon [Lá mầm]: lá của hạt, [những] lá đầu tiên của mầm đối với cây có hạt.

Deforest [Phá rừng]: chặt rừng và chuyển đất sang sử dụng phi lâm nghiệp.

Detritus [Xác bã]: mảnh nhỏ của động, thực vật chết và bị phân hủy.

Diameter at Breast Height (DBH) [Đường kính ngang ngực]: chiều ngang của một thân cây đứng được đo ở vị trí cách mặt đất 1,4 mét.

Disturbance [Quấy nhiễu]: làm thay đổi do tác nhân bên ngoài, kể cả tác nhân do tự nhiên hoặc do con người gây ra.

Diurnal [Nhật kỳ]: hàng ngày, của mỗi ngày.

Ecology [Sinh thái]: môn khoa học về sự tương tác giữa sinh vật và môi trường tự nhiên cùng với môi trường sống của chúng.

Ecosystem [Hệ sinh thái]: một phức hệ năng động của các quần xã thực vật, động vật, nấm và vi sinh vật gắn liền với môi trường phi sinh.

Edaphic [Thổ nhưỡng]: bị ảnh hưởng bởi các điều kiện của đất hoặc nền đất.

Eh: thế năng ô-xy hóa và khử, một đơn vị định tính đo lường năng lượng giảm.

Evapotranspiration [Sự mất nước]: mất độ ẩm của đất do thoát hơi nước qua lá cây và bốc hơi trực tiếp.

Exotic [Ngoại lai]: không được sản sinh ra một cách tự nhiên ở tại một khu vực.

Family [Họ]: một nhóm thực vật hoặc động vật có đặc điểm hình thái giống nhau và được xem có cùng một nòi giống tiến hóa. Xem thêm chữ Chi.

Flocculation [Đậu trái]: quá trình hình thành hạt chắc.

Genus [Chi]: một nhóm loài có quan hệ tiến hóa giống nhau và được đặt một cái tên chung mang tính di truyền.

Geogenic [Địa nguyên]: diện mạo địa lý hoặc địa hóa học của một khu vực mà nó có ảnh hưởng đến sự sống và sinh trưởng của sinh vật sống ở đó.

Geomorphology [Địa mạo học]: môn khoa học nghiên cứu về nguồn gốc, sự tiến hóa và cấu trúc tự nhiên của các vật thể trên bề mặt trái đất.

Germination [Nảy mầm]: quá trình phát triển đầu tiên của hạt từ lúc hấp thụ nước đến khi bắt đầu quang hợp.

Ground-truthing [Kiểm chứng thực địa]: khảo sát thực địa để kiểm tra bản đồ được xây dựng từ ảnh vệ tinh.

Habitat [Sinh cảnh]: môi trường sống mà các cá thể của một loài cụ thể sống trong đó.

Herbivore [Động vật ăn cỏ]: là sinh vật ăn thực vật.

Holocene [Hô-lô-xen]: kỷ nguyên địa chất cận đại, kéo dài 10.000 năm.

Humidity [Ẩm độ]: khối lượng hơi nước trong không khí.

Hydrology [Thủy văn]: môn khoa học thiên về giá trị, sự phân bố và lưu hành của nước mặt và nước trong lòng đất.

Hydromorphic [Chịu ngập nước]: có cấu trúc thích ứng với môi trường nước.

Hypocotyl [Thân mầm]: vùng thân cây nằm giữa lá mầm và rễ mầm.

Indigenous species [Loài bản địa]: một loài có xuất xứ tại một địa phương.

Insolation [Phơi nắng]: phơi ra dưới tia nắng mặt trời.

Inundation [Ngập nước]: trạng thái mặt đất bị nước ngập tạm thời hoặc thường xuyên.

Lenticel [Bì khổng]: lỗ hồng hình ê-líp mọc ở chu bì giúp trao đổi khí (giữa cơ thể thực vật và môi trường bên ngoài).

Littoral [Triền]: nằm trên hoặc cận bờ biển. Vùng đất nằm dọc theo bờ biển, cụ thể là ở giữa

mức triều cao và triều thấp.

Loam [Đất bùn]: loại đất không chặt có thành phần gồm cát, phù sa và một ít đất sét.

Marl [Mùn vôi]: loại đất gồm đất sét và vôi.

Mangroves [Rừng ngập mặn]: gồm các dạng cây thân gỗ, bụi, cỏ dừa hoặc địa dương xỉ mọc ở vùng đất nằm giữa mức triều cao và triều thấp.

Meristem [Mô phân sinh]: mô thực vật gồm những tế bào phân sinh chủ động và có khả năng sinh ra tế bào mới và mô mới, nó nằm ở các đỉnh sinh trưởng.

Mitigation [Giảm thiểu]: tránh bị tác động bằng cách không thực hiện một hành động nào đó hoặc làm giảm tác động theo thời gian bằng các hoạt động gìn giữ, bảo tồn.

Monoculture [Độc canh]: trồng chỉ một loài nào đó.

Mudflats [Bãi bồi]: vạt đất bùn mới phát triển, chưa có rừng ở vùng bán nhật triều, thường nằm ở cửa sông giáp với biển, cũng có khi đó là những dải cồn nằm giữa vùng cửa sông.

Necrosis [Hoại tử]: tế bào hoặc mô chết.

Osmoregulation [Cơ chế thẩm thấu]: Quá trình khống chế khối lượng nước và chất tan trong tế bào và cơ quan (của cây) để giữ trạng thái cân bằng giữa nước và chất tan cần thiết cho tế bào và các cơ quan hoạt động. (Xem chất tan).

Osmotic potential and water potential [Thế năng thẩm thấu và thế năng nước]: thế năng thẩm thấu thể hiện hoạt tính của các phần tử nước trong dung dịch gồm có nước và chất tan. Khái niệm thế năng thẩm thấu và thế năng nước được dựa trên lý thuyết về nhiệt động học. Nước nguyên chất có thế năng thẩm thấu bằng không (0). Sự hiện diện của các chất vô cơ và chất tan vô cơ làm giảm hoạt tính của các phần tử nước, dẫn đến thế năng thẩm thấu yếu đi, do đó thế năng thẩm thấu của dung dịch nước có chứa chất tan luôn luôn âm (thấp hơn 0). Đối với dung dịch nước tiếp xúc trực tiếp với khí quyển thì thế năng thẩm thấu và thế năng nước bằng nhau, vì vậy, nước biển có thế năng thẩm thấu và thế năng nước đều bằng 2,5 MPa (đơn vị đo áp suất). Tuy nhiên, hầu hết tế bào và mô thực vật lại bị khống chế bởi vách tế bào khá cứng, chúng tạo ra sức ép điện tích lên các thành phần bên trong. Do đó, thế năng nước trong mô thực vật chính là sự khác biệt giữa áp lực của vách tế bào và áp suất thẩm thấu (thế năng nước = áp lực của vách tế bào + thế năng thẩm thấu [lúc thế năng thẩm thấu nhỏ hơn không] (xem thêm Chất tan).

Pathogen [Mầm bệnh]: vi sinh vật gây bệnh.

Palynology [Môn phấn hoa]: bộ môn nghiên cứu phấn hoa và sự phát tán của chúng.

Pedogenic [Thổ nhưỡng]: sự định hình của đất.

Pericarp [Vỏ quả]: thành ngoài của trái phát triển từ lớp bầu nhụy trưởng thành.

Percolation [Rõ nước]: thấm qua, ngấm vào.

Pest [Địch hại]: tác nhân phá hủy, quấy nhiễu, gây rắc rối.

pH: là chỉ số lô-ga-rít (thập phân) đo nồng độ của các ion hi-đrô [trong dung dịch]. Nó là đơn vị đo lường tính a-xít của nước hoặc đất, trong đó, pH bằng 7 là trung tính, trên 7 thì mang tính kiềm và dưới 7 thì mang tính chua.

Phenology [Hiện tượng học]: bộ môn nghiên cứu về thời lượng của các hiện tượng tự nhiên. Đối với thực vật, đây là môn nghiên cứu các giai đoạn hình thái và phát dục trong suốt vòng đời của chúng, chẳng hạn như giai đoạn bắt đầu ra hoa.

Photoperiod [Quang kỳ]: khoảng thời gian nhận được ánh sáng mỗi ngày.

Photosynthesis [Quang hợp]: quá trình phức hợp của thực vật, qua đó năng lượng ánh sáng do diệp lục tố hấp thụ phá vỡ phân tử nước [H_2O] để giải phóng oxygen [O_2] và chuyển hydrogen [H_2] cho các phân tử nhận, hình thành carbohydrate [$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$] từ carbon dioxide (CO_2).

Phytoplankton [Thực vật phù du]: loại thực vật dạng nhỏ trôi nổi trong nước biển hoặc nước ngọt.

Plasticity [Dẻo dai]: có khả năng thay đổi trước ảnh hưởng của tác nhân kích thích.

Plumule [Chồi mầm]: Chồi đầu tiên của cây. Ở thực vật hai lá mầm, chồi mầm nằm giữa các lá mầm.

Pneumatophores [Rễ thở]: Rễ khí sinh mọc lên từ hệ rễ nằm ngang dưới mặt đất.

Ponded [Bể nước]: là trạng thái nước tồn tại trong một khu trũng khép kín. Nước có thể thoát tự nhiên bằng các đường thấm, bốc hơi, hoặc cây cối hút đi.

ppt: phần ngàn

Pristine [Nguyên sinh]: còn nguyên và không bị hư hại.

Productivity [Năng suất]: năng suất riêng cơ bản hàng năm là lượng sinh khối của thực vật phát sinh trong một năm trên một đơn vị diện tích.

Propagule [Trụ mầm]: hạt, trái hoặc thành phần khác của cây mà khi phát tán thì chúng có khả năng hình thành một cây mới.

Radicle [Rễ mầm]: rễ đầu tiên của cây.

Redox potential (Eh) [Thế năng ô-xy hóa, khử]: công cụ đo lường xu hướng của một hệ thống cho trước hoạt động theo chức năng ô-xy hóa hoặc khử.

Redundancy [Năng lực thừa]: công suất dôi ra, không sử dụng hết.

Reforest [Tái lập rừng]: phục hồi một khu rừng.

Respiration [Hô hấp]: quá trình chuyển hóa năng lượng của vật chất hữu cơ thành năng lượng mới để kích hoạt các phản ứng tiêu thụ năng lượng xảy ra trong tế bào hoặc cá thể sống.

Restoration of an ecosystem [Phục hồi hệ sinh thái]: hoạt động đưa một hệ sinh thái về trạng thái nguyên gốc của nó, càng gần với nguyên gốc càng tốt, làm mới hoặc đưa nó vào sử dụng trở lại.

Rhizome [Rễ thân ngầm]: thân nằm dưới mặt đất phát triển theo chiều ngang, mỗi lần phân nhánh thì thành một đơn vị nhân giống vô tính.

Salinity [Độ mặn]: Số đo tổng nồng độ muối tan trong nước, thường được tính bằng phần ngàn (ppt).

Sand [Cát]: hạt trầm tích rời rạc có đường kính từ 2,0 đến 0,06 mm.

Sedimentation [Trầm tích]: quá trình lắng đọng của vật chất dạng hạt.

Seed [Hạt giống]: một đơn vị có khả năng sinh sản được hình thành từ noãn đã thụ phấn, gồm có một phôi, chất dinh dưỡng dự trữ và vỏ hạt.

Senescence [Già cỗi]: giai đoạn cuối của quá trình lão hóa, cuối cùng dẫn đến chết rũ.

Silviculture [Lâm sinh]: môn học về canh tác, trồng và chăm sóc cây cối.

Solute [Chất tan]: chất tan là chất hóa học vô cơ (không có carbon) hoặc hữu cơ (có carbon) tan trong nước. Chất tan vô cơ thường gặp gồm các điện tích sodium, magnesium, potassium, calcium, chloride và sulphate. Chất tan hữu cơ thường gặp là đường sucrose, glucose và fructose và các chất chuyển hóa được hòa tan.

Substrate [Giá thể]: nền hoặc chất để nuôi trồng một loài nào đó.

Succession [Diễn thế]: một chuỗi phân bố loài theo điều kiện địa lý, sinh thái hoặc mùa; sự phát triển của các quần xã thực vật hướng đến trạng thái đặc trưng nhất.

Surficial [Bề mặt]: thuộc bề mặt trái đất.

Sustainable development [Phát triển bền vững]: sự phát triển đáp ứng được nhu cầu hiện tại mà không làm phương hại đến khả năng đáp ứng nhu cầu cho các thế hệ tương lai.

Sustainable mangrove forest management [Quản lý rừng ngập mặn bền vững]: sử dụng

rừng ngập mặn (kể cả tài nguyên thủy sản) mà không làm mai một tính hữu dụng của chúng đối với các thế hệ tương lai.

Terrigenous [Lục nguyên]: bắt nguồn từ đất đai.

Testa [Vỏ hạt]: lớp vỏ bảo vệ bên ngoài của hạt.

Tidal [Thủy triều]: hiện tượng mực nước lên xuống có chu kỳ do lực hấp dẫn của mặt trăng và mặt trời theo vòng quay của trái đất.

Transpiration [Thoát hơi nước]: sự mất nước do bốc hơi ở lá cây. Nước thoát ra qua các lỗ li ti (khí khổng) trên bề mặt của lá.

Tree biomass [Sinh khối của cây]: sinh khối của cây thân gỗ bao gồm cả bộ lá, thân, cành và rễ.

Tree [Cây thân gỗ]: loại cây gỗ có một thân mang nhiều cành nhánh ngang. Có nơi định nghĩa là cây gỗ có đường kính ngang ngực nhỏ hơn 750 mm.

Tunicate [Có vỏ]: (thực vật) có áo hay vỏ.

Vascular (bundle) [Mạch (bó) gỗ]: mô mạch ở thực vật có thành phần chính là gỗ và li-be. Thành phần gỗ mang nước và dưỡng chất từ rễ lên đến lá, còn li-be thì chuyển vật chất (chủ yếu là sản phẩm quang hợp và các hợp chất hữu cơ) theo chiều ngược lại, từ lá xuống các bộ phận khác của cây. Gỗ và li-be thường dính lại thành bó hình khuyên, được gọi là 'bó mạch' (xem thêm chữ Gỗ).

Vivipary [Thai sinh]: loại trái nảy mầm trong khi vẫn còn ở trên cây.

Water potential [Thế năng nước]: dòng nước từ đất lên cây và từ rễ lên đến lá cây theo chiều giảm dần của thế năng nước (từ nơi có số âm nhỏ ít đến nơi có số âm lớn hơn (xem thêm Thế năng thẩm thấu).

Water table [Lớp nước ngầm]: phần phía trên của nước ngầm hay mực nước trên mức bão hòa nước của đất.

Wrack [Tảo va-rếch]: loại tảo biển mọc dưới mực nước đầy.

Xylem (Xylem vessels) [Gỗ (mạch gỗ)]: mạch gỗ là mô ở rễ, thân và lá cây có chức năng mang nước từ rễ lên đến lá cây. Mạch gỗ là một bộ phận cấu thành của bó mạch. Mạch gỗ được hình thành từ nhiều mạch hình ống. Về nguyên tắc, có thể ví mạch gỗ như mạch máu trong cơ thể con người, điểm khác nhau là các mạch gỗ có điểm thông nhau (nhờ các lỗ li ti) dọc theo chiều dài của chúng (xem thêm Bó mạch).

Zonation [Phân vùng]: bố trí và phân bố theo vùng.

Zone [Vùng]: một khu vực được đặc trưng hóa bởi hệ động vật, thực vật giống nhau; một dải hay khu vực mà loài nào đó bị giới hạn.

Chương 1

GIỚI THIỆU

Rừng ngập mặn là một tổ hợp đa dạng của các loài cây gỗ, cây bụi và địa dương xỉ sinh trưởng trong một môi trường sống đặc thù – khu vực bán nhật triều nằm giữa đất liền và biển, dọc theo bờ biển nhiệt đới và cận nhiệt đới trên khắp thế giới. Thuật ngữ 'rừng ngập mặn' cũng thường được dùng để diễn đạt cả quần xã thực vật cấu thành lẫn môi trường sống của chúng. Cùng với hệ động vật và các sinh vật khác trong cùng một môi trường sống, chúng hình thành nên một kiểu hệ sinh thái tiêu biểu, đó là 'hệ sinh thái rừng ngập mặn'.

Không có gì phải ngạc nhiên khi có rất nhiều quan niệm khác nhau về loài cây nào là cây rừng ngập mặn và loài nào không phải là cây rừng ngập mặn. Nhìn chung, cây rừng ngập mặn là 'loài cây gỗ, cây bụi, cỏ dừa hoặc địa dương xỉ cao hơn 50 cm, thường mọc ở nơi cao hơn mực nước biển trung bình thuộc vùng bán nhật triều ven biển hoặc dọc theo hai bên cửa sông' (Duke, 1992). Nhưng có lẽ định nghĩa của Saeger (2002) là mang tính tác nghiệp nhất: *'Cây rừng ngập mặn là loại cây cao (thân gỗ, bụi, cỏ dừa, thảo mộc hoặc dương xỉ) vốn (1) mọc chiếm ưu thế ở các vùng bán nhật triều ven biển nhiệt đới và cận nhiệt đới, (2) thể hiện một cấp độ rõ rệt về sức chịu đựng trước điều kiện đất yếm khí và nồng độ muối cao, (3) có trụ mầm có thể sống được trong điều kiện phát tán nhờ nước biển.'*

Có khoảng 73 loài cây thuộc 20 họ khác nhau hội đủ các tiêu chí đó và thể hiện tính thích nghi với sinh cảnh rừng ngập mặn (Spalding và đồng sự, 2010). Chúng cùng có chung một loạt các đặc điểm thích ứng để sống được trong điều kiện ngập triều định kỳ, sóng to, gió lớn, nước chảy xiết, trên nền đất bùn chưa ổn định, độ mặn trong nước cao, và đất thiếu dưỡng khí. Từ xuất xứ đa dạng của chúng, có thể thấy rằng cây rừng ngập mặn là một bộ sưu tập sinh thái gồm nhiều loài cây khác nhau cùng có chung một số đặc tính chứ không phải là một nhóm tiến hóa theo phân loại hình thái.

Lại có thêm một thuật ngữ nữa, đó là 'cây rừng ngập mặn thực thụ', theo các định nghĩa trên đây thì chúng bị giới hạn ở môi trường rừng ngập mặn trong khi đó một số loài cây khác của vùng ven biển thỉnh thoảng vẫn xuất hiện ở môi trường rừng ngập mặn. Điển hình là quyển Sổ tay Rừng ngập mặn ở Đông Nam Á có liệt kê 268 loài cây sống ở vùng rừng ngập mặn bán nhật triều, trong đó chỉ có 52 loài được xem là 'cây rừng ngập mặn thực thụ' (Giesen và đồng sự, 2007). Chúng gồm nhiều loài thuộc nhóm thân gỗ, cỏ, dây leo, thảo mộc, dương xỉ mọc trên mặt đất và kể cả ráng bay, phong lan và tầm gửi mọc trên thân của các loài cây gỗ. Chúng thường được thấy nhiều hơn ở những vùng đất phía sau rừng ngập mặn, gần giới hạn triều cao và phần thượng lưu của sông ngòi ngập triều. Mặc dù chúng góp phần vào tính đa dạng thực vật của môi trường rừng ngập mặn nhưng hiếm khi chúng hình thành các quần xã thực vật ưu thế.

Do rừng ngập mặn xuất hiện ở vùng ranh giới giữa đất liền và biển nên chúng chính là một phần của hệ sinh thái nối liền giữa trên cạn và cận bờ. Rừng ngập mặn có chức năng tái tạo dinh dưỡng và chất hữu cơ rất hiệu quả nên chúng là các hệ sinh thái mở trong bối cảnh là nước, trầm tích, chất dinh dưỡng và chất hữu cơ được trao đổi với các hệ sinh thái liền kề nhờ thủy triều lên xuống và sông ngòi từ các thủy vực thượng nguồn. Sự tương tác giữa các yếu tố này cùng với các yếu tố thủy văn cho ra một lượng vật chất nhập vào và xuất đi nhất định từ một khu rừng ngập mặn riêng biệt.

Dù cây rừng ngập mặn phần lớn là cây nhiệt đới và cận nhiệt đới nhưng đôi khi chúng cũng có mặt ở vùng bờ biển lạnh hơn, đặc biệt là ở Úc, ở trên bờ biển đông của Nam Mỹ, ở vùng nam bán cầu của Châu Phi, Trung Quốc và phía nam Nhật Bản trong vùng cực bắc. Ở vùng cửa sông và châu thổ ven sông thuộc khí hậu ẩm cận xích đạo, cây ngập mặn có thể tạo thành những cánh rừng ngập triều mênh mông, hùng vĩ, cao đến khoảng 40-60 mét. Cây rừng ngập mặn còn có thể phân

bổ dọc theo các ghềnh đá, bãi cát được che chắn, trên các đảo san hô và thềm thoải còn được thấy ở các dải bờ tiếp xúc trực tiếp với sóng biển và có dòng chảy mạnh. Dưới các điều kiện đó, chúng thường mọc thành các dải có chiều rộng thường không quá vài trăm mét. Cũng có một số nơi rừng ngập mặn mọc trong đất liền, dường như tách biệt với các ảnh hưởng đại dương và thủy triều như ở Tây Bắc của Úc, Senegal, Madagascar và Caribbean, ngay cả nơi có cao độ khoảng 75 mét trên mực nước biển như ở Papua New Guinea và trên các thềm đất cao của đảo Christmas có cao độ trong khoảng từ 30 đến 300 mét so với mực nước biển hiện nay (Saenger, 2002). Chúng được xem là di tích các quần xã rừng ngập mặn còn sót lại sau hàng ngàn năm từ khi biển lùi. Những loài cây mọc trong bối cảnh phi điển hình này có thể có khả năng sao chép, chứ nếu không thì chúng không thể bám trụ được lâu như vậy.

Dù chưa có báo cáo đáng tin cậy về diện tích của rừng ngập mặn [của toàn thế giới - ND] ở đầu thế kỷ 20, nhưng nó được ước vào khoảng trên 200.000 km². Hiện nay diện tích rừng ngập mặn chỉ còn lại 152,360 km² (Spalding và đồng sự, 2010), chưa đầy 0,4% diện tích rừng và đất rừng toàn thế giới (Field, 1995). Tuy nhiên, sau đây các bạn sẽ thấy tầm quan trọng về mặt sinh thái và lợi ích của chúng đối với con người còn lớn hơn rất nhiều so với con số diện tích tương đối nhỏ nhoi này.

Cư dân và các cộng đồng ven biển truyền thống từ lâu đã hiểu được giá trị và lợi ích của rừng ngập mặn mà nhờ đó họ có được thức ăn, nơi trú ngụ, nhiên liệu và những thứ thiết yếu khác cho cuộc sống. Vào cuối thế kỷ 19, một số bản báo cáo khoa học của các nhà tự nhiên học người Pháp, Đức, Hà Lan và Anh đã liệt kê nhiều công dụng truyền thống của rừng ngập mặn đối với lớp người đã lấy rừng ngập mặn làm mái ấm cho mình. Cũng vào khoảng thời gian đó, các nhà lâm nghiệp người Anh, Hà Lan và Pháp bắt đầu thực nghiệm biện pháp lâm sinh cho rừng ngập mặn nhằm đáp ứng yêu cầu cung cấp gỗ và lâm sản khác một cách bền vững, chủ yếu là ở Bangladesh và Malaysia. Điển hình là vào năm 1928, J.G Watson đã cho ra đời một bản báo cáo kinh điển và tổng quan về *Rừng ngập mặn của Bán đảo Malay*, đúc kết thành một phương án quản lý sản xuất gỗ bền vững. Phiên bản hiệu chỉnh của phương án quản lý này hiện vẫn còn được áp dụng cho rừng ngập mặn Matang ở Perak, Tây Malaysia.

Rất tiếc là việc đô thị hóa và công nghiệp hóa đương đại đã không chú trọng đến rừng ngập mặn mà khá gần đây vẫn thường bị xem là những vùng đất hoang hóa cần cỗi nên được sử dụng vào mục đích khác. Nhiều diện tích rừng ngập mặn rộng lớn đã bị chuyển sang trồng cây Cọ Dầu ở Malaysia và Indonesia và trồng lúa ở Philippines và Tây Phi. Tuy nhiên, rừng ngập mặn bị mất nhiều nhất là do bị chuyển sang nuôi tôm, đặc biệt là ở Châu Á và Mỹ La tinh.

Đến đây chúng ta đã thấy được rằng rừng ngập mặn mang lại nhiều thứ hàng hóa và các dịch vụ cho con người. Đó có thể là những giá trị vật chất như gỗ, thủy sản, phòng hộ ven biển, bộ lọc sinh học, dược liệu và sinh kế cho dân cư vùng ven biển, hoặc đó cũng có thể là những giá trị chưa sử dụng hay vô hình như là văn hóa hoặc tôn giáo, giá trị về đa dạng sinh học trên địa cầu. Tuy nhiên, vẫn có một số trường hợp người ta lại đặt giá trị bằng tiền cho các sản phẩm hàng hóa và dịch vụ của rừng ngập mặn. Hậu quả là chúng vẫn bị tàn phá đến mức báo động để dành cho mở mang đô thị, thể thao và đặc biệt là đào ao nuôi tôm vì lợi ích trước mắt cho một số người để rồi phải trả giá bằng lợi ích lâu dài của toàn xã hội.

Loài cây rừng ngập mặn

Mặc dù tiêu chí hợp lý để xem đâu là cây ngập mặn, đâu không phải là cây ngập mặn dường như đã được xác định nhưng vẫn chưa có được sự thống nhất chung về số loài cây ngập mặn trên thế giới. Điển hình là, Saenger (2002) đã liệt kê được 84 loài cây ngập mặn cho toàn thế giới, Duke và đồng sự (1998b) đã liệt kê 70 loài và Spalding và đồng sự (2010) thì liệt kê 73 loài. Tất cả đều bao gồm cả các giống lai, là những giống được hình thành từ thụ phấn chéo của hai loài cây cùng họ với nhau, cho ra thế hệ sau có một số đặc tính giống với cả hai loài bố mẹ.

Vẫn còn một vài vướng mắc về phân loại đối với một số nhóm cây ngập mặn, đáng chú ý là họ

Đước (Rhizophoraceae), cụ thể hơn là chi Đước (*Rhizophora*), ở chỗ là loài Đưng (*Rhizophora mucronata*) ở Đông Phi trông giống như loài Đước vôi (*Rhizophora stylosa*) ở Châu Á – Thái Bình Dương về đặc tính hình thái và thích nghi sinh thái. Nguồn gốc và phân loại giống lai chéo *Rhizophora x harrisonii* ở vùng Đại Tây Dương – Đông Thái Bình Dương cũng chưa được làm rõ (Saenger, 2002).

Các nhà phân loại thực vật theo truyền thống dựa vào sự khác biệt về đặc tính hình thái hữu hình chẳng hạn như hình dáng và cấu trúc của hoa, trái, lá, thân và đôi khi dựa vào đặc điểm sinh thái để phân biệt loài thực vật. Tuy nhiên, kỹ thuật di truyền phân tử gần đây được áp dụng ngày càng nhiều cho mục đích phân loại thực vật. Kỹ thuật này được ứng dụng để làm rõ tình trạng phân loại và phân bố của một số loài cây, chẳng hạn như giống Đà (*Ceriops*) (Ballment và đồng sự, 1988; Sheue và đồng sự, 2009b), giống Trang (*Kandelia*) (Sheue và đồng sự, 2003) và một loài Đà mới, đó là *Ceriops zippelliana* (Sheue và đồng sự, 2009a). Các dẫn chứng này giải thích tại sao vẫn còn gặp phải những vướng mắc về phân loại khi nhận diện các loài cây rừng ngập mặn. Dù không kém phần quan trọng nhưng chúng cũng không gây ảnh hưởng gì lớn khi bàn về cấu trúc và chức năng của hệ sinh thái rừng ngập mặn, giờ thì chúng ta thử chọn bảng liệt kê loài của Spalding và đồng sự (2010) vì nó khá đơn giản và bao hàm được những loài cây rừng ngập mặn chủ yếu (Bảng 1.1 và 1.2). Hơn nữa, chúng ta cũng chưa cần quan tâm đến đặc điểm chi tiết của từng loài. Nếu quý độc giả cần tìm hiểu khía cạnh này thì có thể tham khảo một số quyển sách rất hay của các tác giả Tomlinson (1986), Saenger (2002) và Giesen cùng đồng sự (2007) về rừng ngập mặn Đông Nam Á.

Bảng 1.1 62 loài cây ngập mặn và các giống lai của khu vực Indo – Tây Thái Bình Dương. Riêng loài Ráng đại (*Acrostichum aureum*), cũng có ở khu vực Đại Tây Dương – Tây Thái Bình Dương. Các họ và loài tô màu xanh dương được xem là những loài ngập mặn cốt lõi. Nguồn Spalding và đồng sự (2010).

Họ	Loài	Họ	Loài
Acanthaceae	<i>Acanthus ebracteatus</i>	Rhizophoraceae	<i>Bruguiera cylindrica</i>
	<i>Acanthus ilicifolius</i>		<i>Bruguiera exaristata</i>
Arecaceae	<i>Nypa fruticans</i>		<i>Bruguiera gymnorhiza</i>
Avicenniaceae	<i>Avicennia alba</i>		<i>Bruguiera hainesii</i>
	<i>Avicennia integra</i>		<i>Bruguiera parviflora</i>
	<i>Avicennia marina</i>		<i>Bruguiera sexangula</i>
	<i>Avicennia officinalis</i>		<i>Bruguiera x rhynchopetala</i>
	<i>Avicennia rumphiana</i>		<i>Ceriops australis</i>
Bignoniaceae	<i>Dolichandrone spathacea</i>		<i>Ceriops decandra</i>
Bombaceae	<i>Camptostemon philippinensis</i>		<i>Ceriops tagal</i>
	<i>Camptostemon schultzei</i>		<i>Kandelia candel</i>
Caesalpiniaceae	<i>Cynometra iripa</i>		<i>Kandelia obovata</i>
Combretaceae	<i>Lumnitzera littorea</i>		<i>Rhizophora apiculata</i>
	<i>Lumnitzera racemosa</i>		<i>Rhizophora mucronata</i>
	<i>Lumnitzera x rosea</i>		<i>Rhizophora samoensis</i>
Ebenaceae	<i>Diospyros littorea</i>		<i>Rhizophora stylosa</i>
Euphorbiaceae	<i>Excoecaria agallocha</i>		<i>Rhizophora x lamarckii</i>
	<i>Excoecaria indica</i>		<i>Rhizophora x neocaledonica</i>
Lythraceae	<i>Pemphis acidula</i>		<i>Rhizophora x selala</i>
Meliaceae	<i>Aglaia cucullata</i>	Rubiaceae	<i>Scyphiphora hydrophyllacea</i>
	<i>Xylocarpus granatum</i>	Sonneratiaceae	<i>Sonneratia alba</i>
	<i>Xylocarpus moluccensis</i>		<i>Sonneratia apetala</i>
Myrsinaceae	<i>Aegiceras corniculatum</i>		<i>Sonneratia caseolaris</i>
	<i>Aegiceras floridum</i>		<i>Sonneratia griffithii</i>
Myrtaceae	<i>Osbornia octodonta</i>		<i>Sonneratia lanceolata</i>
Plumbaginaceae	<i>Aegialitis annulata</i>		<i>Sonneratia ovata</i>
	<i>Aegialitis rotundifolia</i>		<i>Sonneratia x gulngai</i>
Pteridaceae	<i>Acrostichum aureum</i>		<i>Sonneratia x hainanensis</i>
	<i>Acrostichum danaeifolium</i>		<i>Sonneratia x urama</i>
	<i>Acrostichum speciosum</i>	Sterculiaceae	<i>Heritiera fomes</i>
			<i>Heritiera globosa</i>
			<i>Heritiera littoralis</i>

Bảng 1.2 12 loài cây ngập mặn và các giống lai của khu vực Đại Tây Dương – Tây Thái Bình Dương. Riêng loài Ráng đại (*Acrostichum aureum*), cũng có ở khu vực Indo – Tây Thái Bình Dương. Các họ và loài tô màu xanh dương được xem là những loài ngập mặn cốt lõi. Nguồn Spalding và đồng sự (2010).

Họ	Loài	Họ	Loài
Avicenniaceae	<i>Avicennia bicolor</i> <i>Avicennia germinans</i> <i>Avicennia schaueriana</i> <i>Tabebuia palustris</i>	Pellicieraceae Pteridaceae Rhizophoraceae	<i>Pelliciera rhizophorae</i> <i>Acrostichum aureum</i> <i>Rhizophora mangle</i> <i>Rhizophora racemosa</i>

Ở cấp độ khu vực và toàn cầu, sự phân bố rừng ngập mặn hiện nay có ba kiểu chủ yếu – kiểu khác nhau trong các loài cả về phân loại và số lượng loài giữa Châu Phi, Châu Á và Châu Mỹ – kiểu giảm số lượng loài theo vĩ độ tăng lên, hầu hết đi kèm với nhiệt độ – và kiểu giảm tính đa dạng loài đi cùng với lượng mưa giảm dần và khô hạn tăng dần. Ở cấp độ địa phương, thành phần loài thực vật rừng ngập mặn được quyết định bởi sự khác biệt về cao trình và địa hình gắn liền với mực nước biển, bởi chế độ triều, bởi tính cận biển hay vị thế thượng nguồn sông ngòi, và bởi điều kiện thoát nước cục bộ của địa bàn.

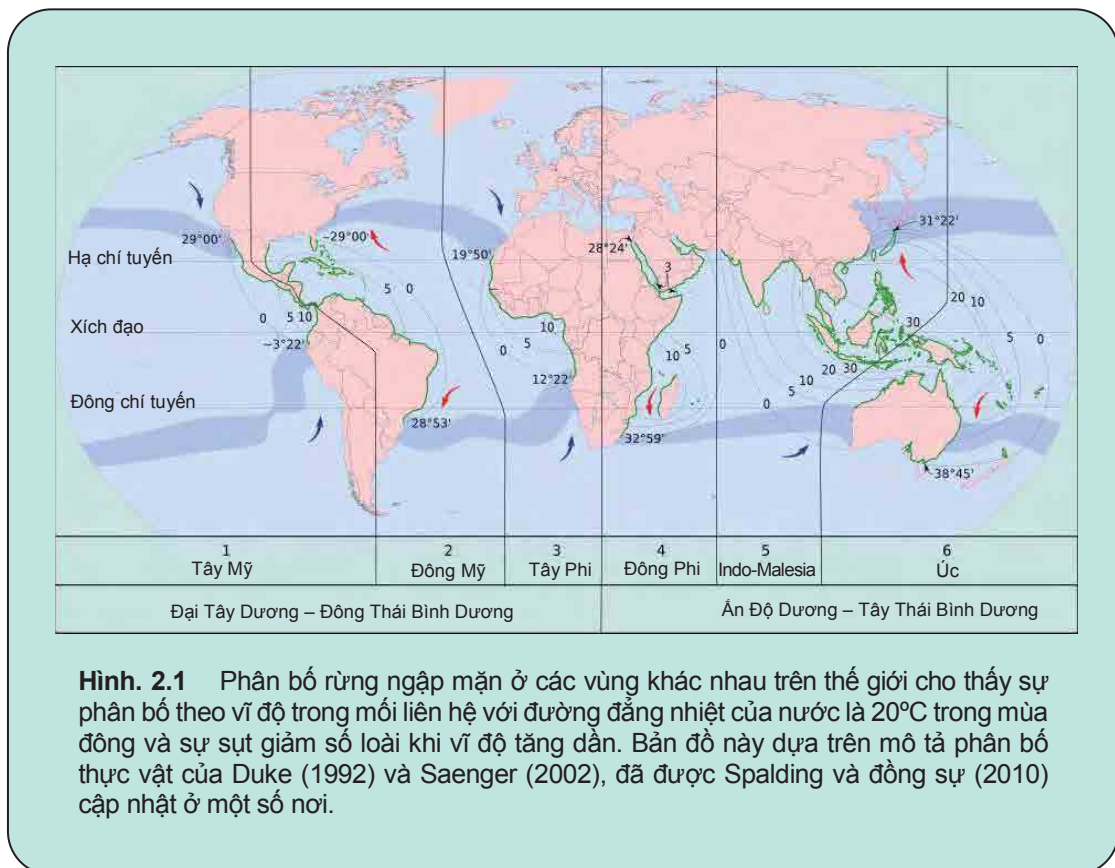
Trong các chương sau, chúng ta bắt đầu khám phá sự tiến hóa của rừng ngập mặn và một số yếu tố hình thành kiểu phân bố của chúng hiện nay ở cấp độ toàn cầu, khu vực và địa phương (Chương 2), kế đến là nghiên cứu một số kiểu ứng phó của chúng trước môi trường khắc nghiệt (Chương 3). Chương tiếp đến sẽ đề cập đến hệ động vật của rừng ngập mặn (Chương 4), những hàng hóa và dịch vụ mà chúng mang lại cho xã hội loài người (Chương 5), các hình thức sử dụng đất và những mối đe dọa khác có thể làm cho rừng ngập mặn bị mất đi (Chương 6), và quản lý bền vững (Chương 7).

Chương 2

PHÂN BỐ VÀ MÔI TRƯỜNG RỪNG NGẬP MẶN

Phân bố toàn cầu

Sự phân bố của rừng ngập mặn hiện nay có thể phân ra thành sáu vùng khác nhau từ Đông sang Tây, mỗi vùng bị chia cách bởi rào chắn đất liền hoặc đại dương, ngăn cản sự phát tán từ vùng này sang vùng khác (Hình 2.1). Mặc dù trụ mầm của một số loài cây ngập mặn có thể tồn tại trong nước biển khoảng vài tháng nhưng khoảng cách hiện nay giữa Đại Tây Dương và Đông Thái Bình Dương có lẽ đủ sức ngăn cách sự phát tán xuyên đại dương giữa các thềm lục địa nhiệt đới của Châu Phi, Châu Mỹ và Châu Á. Sự phát tán cây ngập mặn giữa Đông Thái Bình Dương và Tây Đại Tây Dương của Châu Mỹ bị ngăn cách bởi eo biển Panama nằm giữa Nam và Bắc Mỹ cùng với mũi thềm của Nam Mỹ kéo dài đến các dòng nước lạnh bán Nam cực, đã ngăn cách rõ rệt hai khu hệ thực vật này. Tương tự như vậy, thực vật ngập mặn trên bờ biển Tây Ấn Độ Dương bị ngăn cách với hệ thực vật trên bờ Đông Đại Tây Dương bởi vùng biển động, lạnh lẽo ở mũi thềm Nam Phi còn ở phía bắc thì bởi điểm tiếp giáp hiện thời của eo biển giữa Ấn Độ Dương và Địa Trung Hải.



Theo quan niệm của nhiều tác giả, sự phân bố của các loài cây ngập mặn đương đại, với sắc thái rõ rệt giữa hệ thực vật ngập mặn của thế giới cũ (Ấn Độ - Tây Thái Bình Dương và Đông Phi) và thế giới mới (bờ biển Đại Tây Dương của Tây Phi và phía Đông Châu Mỹ) cùng với sự khác biệt giữa hệ thực vật của hai bờ Đông, Tây Châu Phi và Châu Mỹ chỉ có thể giải thích là do tiến trình lịch sử. Quyển sách này không thảo luận sâu vào những giả thuyết khác nhau về nguồn gốc và sự

Nhìn chung, các giới hạn vĩ tuyến có vẻ tương quan với nhiệt độ của nước, các giới hạn này rất trùng khớp với đường đẳng nhiệt vào mùa đông trong nước là 20°C (Hình 2.1). Sự lan tỏa của rừng ngập mặn hướng về địa cực trên thềm lục địa phía đông gắn liền với các dòng chảy ấm hơn hướng về địa cực, còn trên thềm lục địa phía tây thì gắn liền với các dòng chảy lạnh hơn hướng về xích đạo. Tuy nhiên, còn có những ngoại lệ, đặc biệt là ở Vùng 6, Mắm biển (*Avicennia marina*) mở rộng sang phía nam của đường đẳng nhiệt ở New Zealand và trên bờ biển Đông-Nam của Úc (Hình 2.1).

Dù ở bất kỳ địa điểm nào, các thái cực của nhiệt độ không khí theo mùa và theo ngày đều có dao động nhiều hơn và lớn hơn so với nhiệt độ trong nước. Nhiệt độ không khí trung bình của môi trường rừng ngập mặn biến động từ mức thấp nhất của số trung bình hàng tháng vào mùa đông là 8°C (điểm cực tiểu còn thấp hơn nhiều), cận với cực điểm vĩ tuyến ôn hòa, đến mức cao nhất của số trung bình hàng tháng vào mùa hè là hơn 40°C ở những nơi như bờ biển Pilbara khắc nghiệt thuộc Tây Úc, Bắc Phi, Tây Pakistan và các vùng bờ thuộc Biển Đỏ và Vịnh Ba Tư.

Về mặt sinh lý học, nhiệt độ trong nước hầu như có ảnh hưởng đến toàn bộ hệ rễ và các bộ phận thường xuyên bị ngập triều của cây rừng ngập mặn. Còn nhiệt độ không khí thì chỉ có ảnh hưởng đến các bộ phận của cây ở phía trên mặt nước, đặc biệt là hệ lá vốn có nhiệm vụ tích tụ carbon trong quá trình quang hợp phục vụ cho sự sống còn và sinh trưởng của cây. Một số hiệu ứng sinh lý của nhiệt độ không khí đối với hiện tượng mất nước và hấp thụ muối sẽ được thảo luận ở Chương 3; ở đây chúng ta sẽ xem xét đến các hiệu ứng chung quy hơn của nhiệt độ không khí có liên quan đến sự phân bố của rừng ngập mặn theo vĩ tuyến.

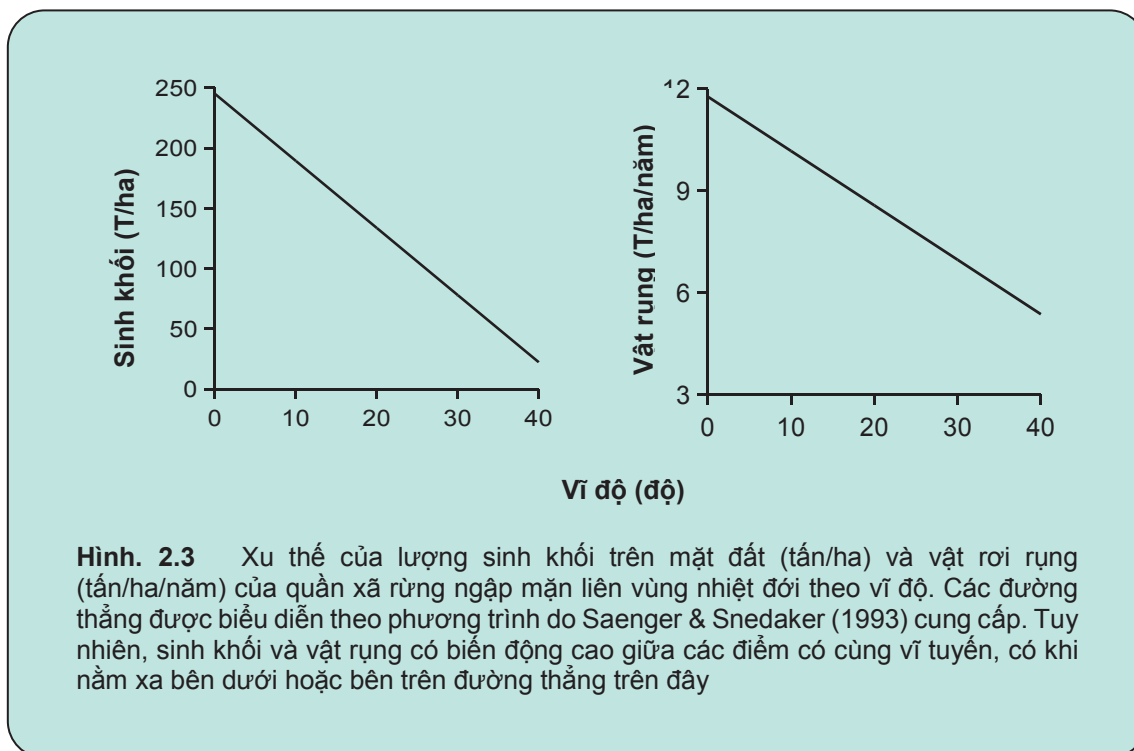
Sương giá hiếm khi xuất hiện ở môi trường rừng ngập mặn, nhưng đôi lúc vẫn xảy ra ở các vùng khí hậu ôn đới tiệm cận với vĩ tuyến cực tiểu của rừng ngập mặn. Có ít nhất là hai loài thể hiện mức độ chịu được sương giá, đó là Mắm biển (*Avicennia marina*) (McMillan, 1975) và *Avicennia germinans* (McMillan, 1975; Markley và đồng sự, 1982). Sức chịu đựng đối với nhiệt độ rất thấp của hai loài này dường như phụ thuộc vào nguồn gốc của chúng – loài nào có xuất xứ từ vùng lạnh thì có mức chịu lạnh cao hơn loài đến từ xứ nóng (McMillan, 1975). Cũng có thể loài Trang (*Kandelia obovata*) là có thứ hạng về mức chịu lạnh của sương giá vì vùng phân bố cực bắc của loài này có nhiệt độ cực tiểu xuống đến -3,6°C, tại Kiire, trên đảo Kyushu, nam Nhật Bản (theo Cơ quan Khí tượng Nhật Bản).

Vậy thì thuộc tính hay đặc điểm nào là quan trọng đối với sức chịu lạnh của cây ngập mặn? Lời đáp cho câu hỏi này vẫn còn bỏ ngỏ. Sự khác biệt về kích cỡ của mạch gỗ giữa các loài có thể có ảnh hưởng đến sự thích ứng của chúng với các ngưỡng nhiệt độ thấp. Đường kính mạch gỗ của các loài Mắm biển (*Avicennia marina*) và Sú trái cong (*Aegiceras corniculatum*) rất nhỏ (Tomlinson, 1986), giúp ngăn cản sự hình thành các bọt (ống) khí trong bó gỗ ở ngưỡng nhiệt ngưng tụ (Stuart và đồng sự, 2007). Ống dẫn khí làm tắt nghẽn mạch dẫn nước lên lá cây, làm cho lá bị sốc [thiếu - ND] nước và chết. Các loài cây ngập mặn khác hướng đến mạch gỗ rộng hơn, và như vậy thì có nhiều khả năng bị ảnh hưởng bởi nhiệt độ dưới 0°C (Stuart và đồng sự, 2007). Tuy nhiên, các quá trình khác cũng không kém phần quan trọng. Chẳng hạn ở một nghiên cứu trên 27 loài cây ngập mặn phát hiện ra sự khác biệt trong hoạt động của diệp lục tố ở nhiệt độ thấp giữa các loài, dường như có tương quan chặt chẽ với ngưỡng phân bố cực nam của chúng dọc theo bờ biển phía đông của Úc (Smillie, 1984; do Saenger trích dẫn, 2002)

Những lập luận trên đây cho thấy rằng, dù có sự tương quan chặt giữa giới hạn nhiệt độ cực tiểu trong nước vào mùa đông với ngưỡng vĩ tuyến của cây rừng ngập mặn nhưng nhiệt độ không khí vẫn có thể đóng vai trò quyết định đối với các ngưỡng vĩ tuyến của các loài cây ngập mặn và phạm vi vĩ tuyến của từng loài cụ thể (Saenger & Moverley, 1985). Tuy nhiên, vẫn còn nhiều nhân tố về các cơ chế có liên quan đến sự thích nghi của các loài khác nhau đối với nhiệt độ thấp cần được nghiên cứu.

Ngoài tính đa dạng thực vật phong phú hơn và chiếm diện tích rộng hơn, những cánh rừng ngập mặn nằm gần xích đạo dọc theo bờ biển nhiệt đới của Châu Phi, Châu Á và Châu Mỹ thường có cây cao hơn, trữ lượng cây đứng lớn hơn và năng suất cao hơn những cánh rừng cùng loại ở

miền vĩ tuyến cận nhiệt đới và ôn đới. Mặc dù sự biến thiên là do những khác biệt của địa bàn về lượng mưa, dòng chảy và các nhân tố lý hoặc hóa tính khác nhưng ít nhiều có sự giảm dần về chiều cao, sinh khối và năng suất theo vĩ độ tăng dần (Saenger & Snedaker, 1993), được minh họa tại hình 2.3. Ở vùng bờ biển nào cũng vậy, đây chính là một ảnh hưởng của nhiệt độ, mặc dù ở một số trường hợp thì lượng mưa và các nhân tố khác cũng có vai trò trong đó.



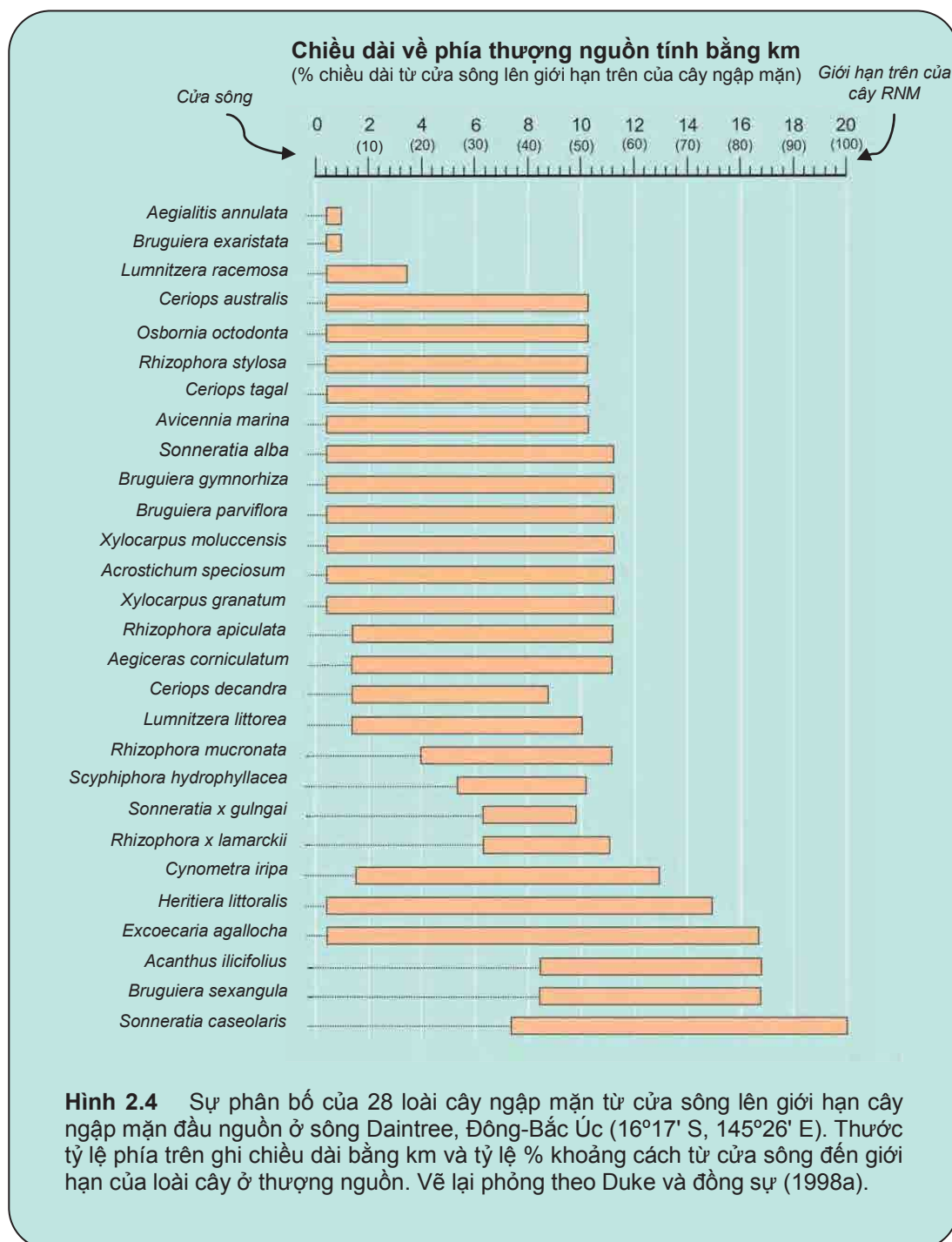
Các kiểu gắn liền với lượng mưa và mức khô hạn

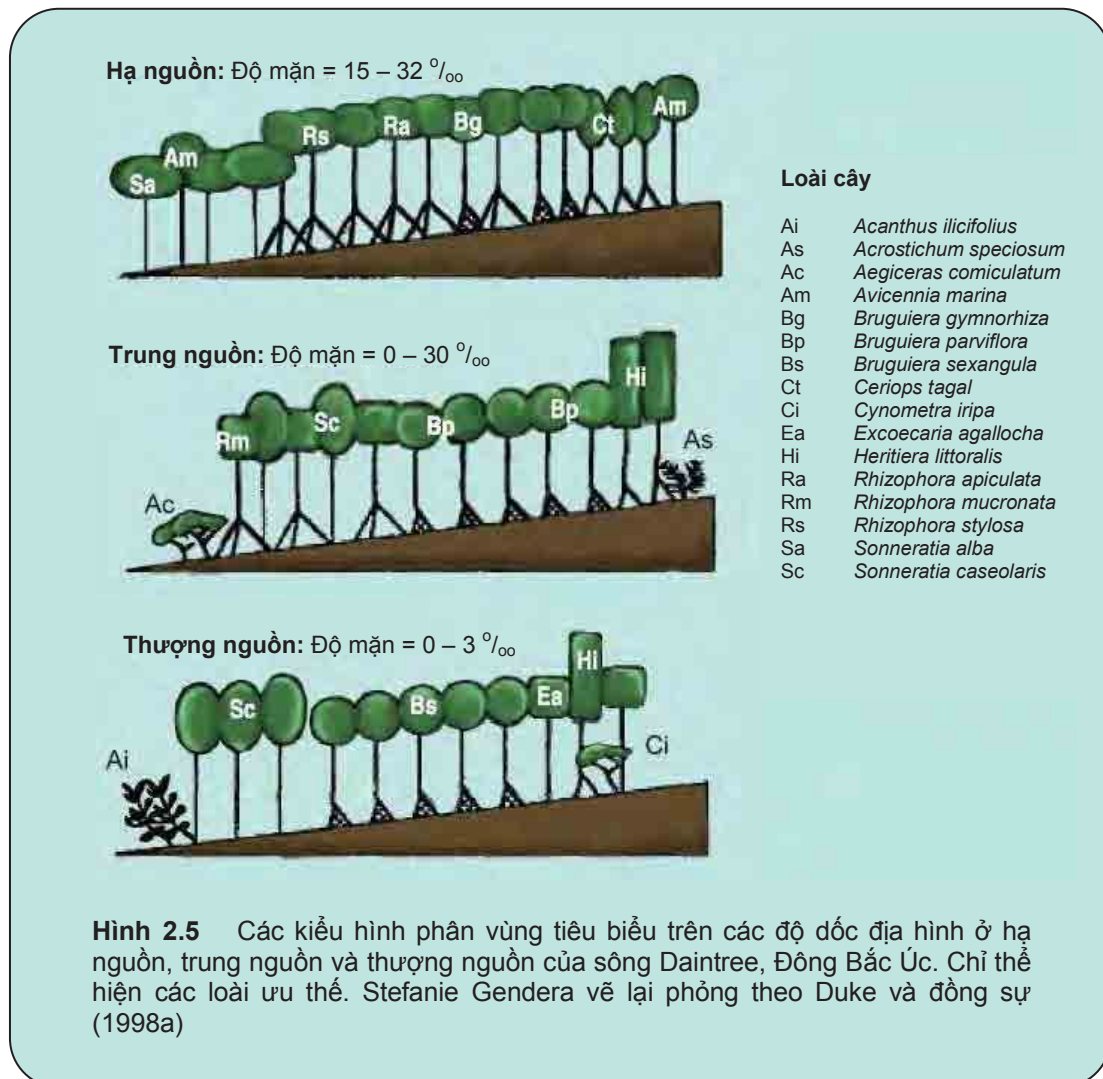
Kiểu chủ yếu thứ ba mang tính khu vực là sự sụt giảm số lượng loài, chiều cao và mức sinh trưởng của cây ở các đoạn bờ biển có lượng mưa ít và lượng bốc hơi cao dọc theo các vùng bờ biển khác nghiệt. Ngoài lượng mưa ít ra, các vùng bờ biển này thường thiếu sông lớn, chỗ nào có sông ngòi thì lượng nước ngọt từ các thủy vực ở thượng nguồn đưa xuống cũng có hạn. Do thiếu nguồn nước ngọt mà lượng bốc hơi lại cao nên làm cho độ mặn trong đất cao hơn và ở những vùng đất cao hơn ngưỡng thủy triều thì mặt đất bị khô hoàn toàn. Chương 3 sẽ đề cập đến hiện tượng độ mặn trong đất cao làm cho cây rừng ngập mặn khó điều tiết được muối và lượng nước hút lên thân, khó khăn này càng trở nên nghiêm trọng hơn khi trời trong, nắng nóng và khô, làm cho lá bị mất nhiều nước hơn, đòi hỏi cây phải hút nước trong đất nhiều hơn.

Rừng ngập mặn xuất hiện dọc theo các vùng bờ biển khô hạn ở Tây Phi, Trung Đông, Pakistan, Ấn Độ, Nam và Bắc Mỹ và ở Úc. Sự sụt giảm số lượng loài (hình 2.1) và biến đổi cấu trúc rừng theo mức độ khô hạn dọc bờ biển của Úc đã được ghi nhận trong nhiều tài liệu (chẳng hạn của Semeniuk 1985; Smith & Duke, 1987; Duke, 1992). Điển hình là thêm phía Đông của bán đảo Cape York có lượng mưa cao thì có khoảng 35 loài cây, trong khi đi về bờ Tây cách đó 200 km, nơi có cùng vĩ độ nhưng lượng mưa ít hơn thì số loài chỉ còn 20. Đi xa hơn nữa về phía Tây thì số loài biến động do nhiều yếu tố khác nhau. Đó là các yếu tố nhiệt độ (nhiệt độ cao hơn thì nhiều loài hơn), sự biến thiên của lượng mưa giữa các năm liên tiếp (lượng mưa giữa các năm liên tiếp càng khác biệt thì số loài càng ít đi) chiều rộng cửa sông và thủy vực của nó (cửa sông càng rộng và thủy vực càng lớn thì số loài càng nhiều) và mức độ tiêu thoát nước ngọt (càng tiêu thoát thì số loài càng nhiều) (Smith & Duke, 1987).

Các kiểu hình phân vùng cục bộ

Ở vùng phong phú loài với sông chiếm ưu thế thuộc khu vực Ấn Độ - Tây Thái Bình Dương thường có kiểu phân bố loài rất rõ từ cửa sông ngược lên đến giới hạn thủy triều ở thượng nguồn (Bunt và đồng sự, 1982; Duke và đồng sự, 1998a), điển hình được thể hiện ở hình 2.4. Các kiểu này có thể khác nhau ở các sông khác nhau tùy theo vị trí địa lý, phạm vi thủy vực, lượng mưa theo mùa và mức thích ứng khác nhau giữa các loài trước sự thay đổi của độ mặn theo mùa (Ball, 1988a; Duke và đồng sự, 1998a).





Ngoài ra còn có các thể nền bán nhật triều dọc theo chiều ngang bãi sông tại nhiều vị trí khác nhau của một con sông, có thể cho thấy mức thích nghi của từng loài trước điều kiện ú và thoát nước (cộng hưởng với độ mặn). Ở Đông-Bắc Úc, Mắm biển (*Avicennia marina*) thường có một kiểu phân bố hai chiều, hiện diện ở cả ngưỡng triều cao lẫn triều thấp tại các vùng hạ lưu (hình 2.5).

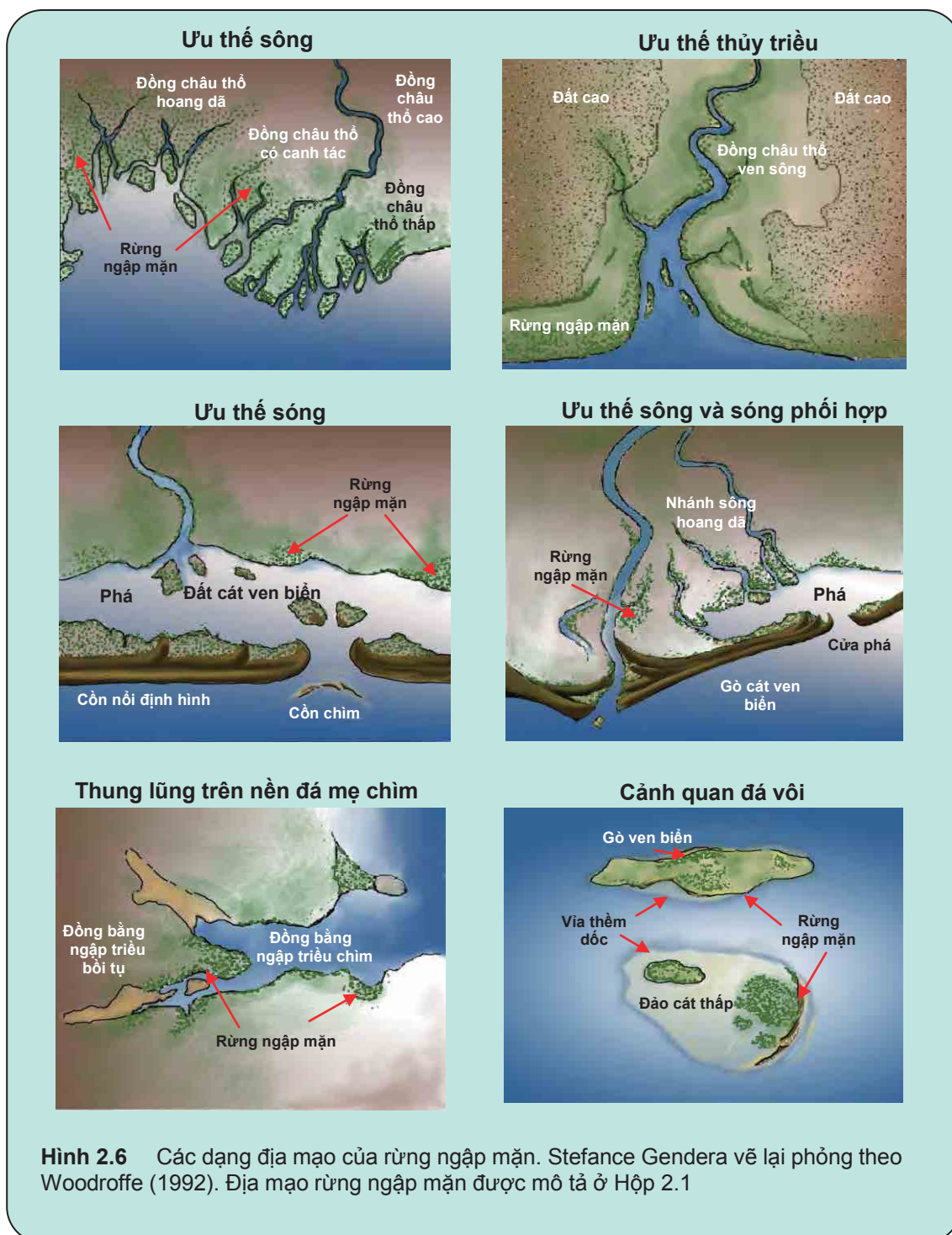
Ở các sông có mức thoát nước cao, các kiểu hình phân bố này có khuynh hướng di chuyển ra hạ nguồn về phía biển. Điển hình là ở sông Hậu, nhánh sông cực Nam của hệ sông Mê Kông, Bần chua (*Sonneratia caseolaris*) mọc kéo dài khoảng 60 km, từ giới hạn trên của cây ngập mặn ở thượng nguồn xuống đến tận cửa sông, hình thành một dải rừng đối diện với biển. Phần lớn dải rừng này là rừng tự nhiên mặc dù có một số nơi được trồng thêm nhằm gia tăng tác dụng phòng hộ ven biển. Ở đây ngoài những cây Đước đôi (*Rhizophora apiculata*) rải rác, trong đó có một số là cây trồng, hiếm khi thấy những loài khác xuất hiện.

Các kiểu phân vùng bán nhật triều cũng hiện diện ở các quần thụ rừng ngập mặn ven thềm. Kiểu phân vùng bán nhật triều do Duke và đồng sự (1998a) miêu tả ở đoạn hạ lưu của sông Daintree trên bờ biển Đông-Bắc Úc giống với kiểu hình phân vùng kinh điển (nhưng ít loài hơn) do Macnae

(1966) mô tả cho rừng ngập mặn ven bờ ở vùng có lượng mưa ít hơn cách sông Daintree 400 km về phía Nam.

Hình thành môi trường của rừng ngập mặn

Có nhiều cách để xác định môi trường sống của rừng ngập mặn. Ở phạm vi rộng, chúng có thể được xác định theo địa mạo – các yếu tố địa chất và lý tính (dòng chảy của sông, thủy triều và sóng) khiến chúng được hình thành và duy trì các kiểu phân vùng và cấu trúc chung (Thom, 1982; Semeniuk, 1985; Woodroffe, 1992). Cách tiếp cận này giúp hiểu biết được rừng ngập mặn đã phát triển ra sao trên một địa bàn cụ thể theo thời gian và giải thích được các yếu tố vật lý vốn định hình cho chúng. Hình 2.6 thể hiện một số ví dụ do Woodroffe (1992) đưa ra.



Hộp 2.1 Mô tả các dạng địa mạo của rừng ngập mặn

Ưu thế sông

Cảnh quan ưu thế sông là các đồng bằng rất rộng, tiếp nhận khối lượng phù sa lớn từ các lưu vực thượng nguồn. Chúng thường có động năng cao. Chẳng hạn như các sông Gange và Brahmaputra tạo nên cánh rừng ngập mặn Sundarbans mênh mông ở Ấn Độ và Bangladesh và châu thổ rừng ngập mặn của vịnh Papua, nối dài sang phía Đông từ sông Fly đến sông Purari.

Ưu thế thủy triều

Kiểu ưu thế thủy triều thường được thấy dọc theo các bờ biển mở, nhận được ít nguồn nước ngọt từ sông. Chúng thường phân bố dọc theo các bờ biển, nơi có biên độ triều lớn hơn 4 m (macrotidal). Tiêu biểu của kiểu này là rừng ngập mặn dọc theo bờ biển Tây-Bắc của Úc, nơi có biên độ triều từ khoảng 6 m đến 10 m.

Ưu thế sóng

Loại ưu thế sóng được thấy nhiều nhất ở các bờ biển cát, nơi có năng lượng sóng lớn. Rừng ngập mặn thường co cụm trong các phá và những nơi được cùn cát bên ngoài bảo vệ. Ở những nơi khu hệ này ổn định lâu dài thì thường có các lớp than bùn trầm tích từ xác thực vật rừng ngập mặn.

Ưu thế sông và sóng phối hợp

Ưu thế sông và sóng phối hợp thường xuất hiện nhất là ở những nơi có sông mang theo khối lượng trầm tích lớn chảy ra bờ biển có ưu thế sóng. Giống như ưu thế sóng, rừng ngập mặn thường được thấy trong các phá được bãi cát bên ngoài bảo vệ. Điểm khác nhau chủ yếu giữa kiểu hình thành này và ưu thế sóng là có nguồn trầm tích rất lớn do sông mang đến.

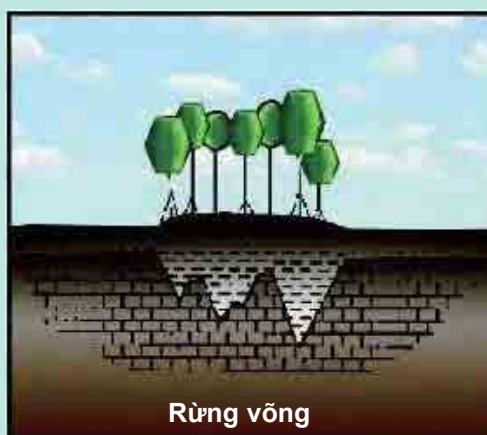
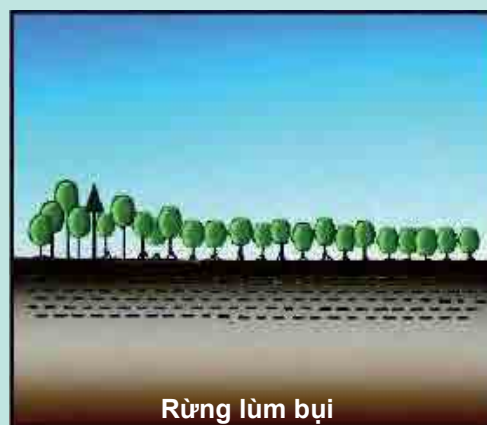
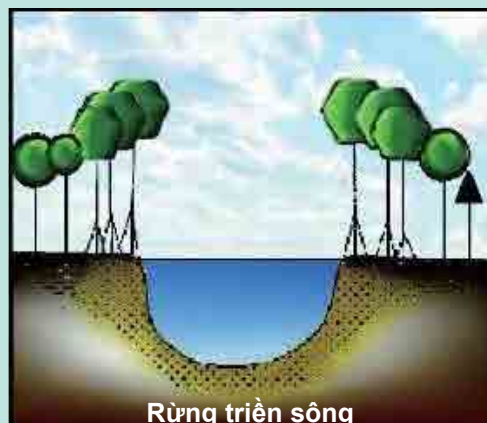
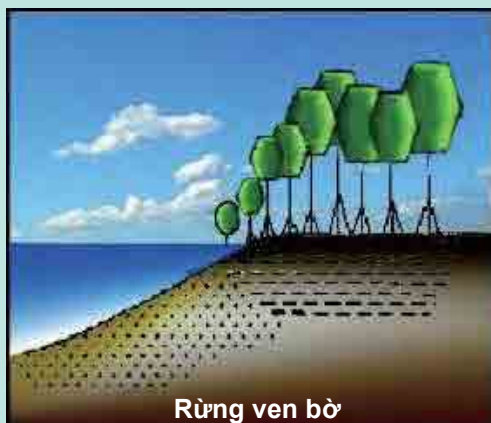
Thung lũng trên nền đá mẹ chìm

Kiểu hình thành thung lũng trên nền đá mẹ chìm xuất hiện ở các vịnh rộng ven biển bị chìm do nước biển dâng thời kỳ hậu băng hà. Kiểu này thường thấy ở Đông Nam của Úc và cũng có ở vùng Kimberley, Tây Bắc của Úc.

Kiểu đá vôi

Kiểu hình thành đá vôi là kiểu đặc thù trên các đảo biển và rạn san hô, nơi có lớp trầm tích có nguồn gốc từ đá vôi lẫn với một ít đất mùn từ đất liền. Rừng ngập mặn ở kiểu hình thành này thường phát triển trên lớp than bùn của rừng ngập mặn [lớp xác thực vật ngập mặn phân hủy lâu đời trước đó - ND].

Một cách khác thường dùng để mô tả môi trường sống của rừng ngập mặn ở Thế giới Mới (ở Trung và Nam Mỹ hoặc ở khu vực Tây Đại Tây Dương – Đông Thái Bình Dương) là dùng địa mạo (nét hiển thị bên ngoài) để suy ra các quan hệ chức năng giữa rừng ngập mặn với các đặc điểm cấu trúc cụ thể và chế độ ngập triều hay ngập nước ngọt. Theo cách này, môi trường sống của rừng ngập mặn được chia thành 6 loại chức năng – Ven biển, triền sông, lưu vực, lùm bụi, vũng và triều quét (Lugo & Snedaker, 1974; Woodroffe, 1992) (hình. 2.7). Cách phân chia này giúp chúng ta nhận biết được các yếu tố cao trình, chế độ triều, dòng nước ngọt và chất lượng nước ảnh hưởng như thế nào đối với cấu trúc và năng suất cục bộ của rừng. Tuy nhiên, như Woodroffe (1992) đã phát biểu, sáu loại hình rừng ngập mặn theo chức năng này không phải luôn luôn được nhận diện dễ dàng trong hệ thống rừng ngập mặn vốn đa dạng và phong phú loài ở Thế giới Cũ (vùng Ấn Độ - Tây Thái Bình Dương).



Hình. 2.7 Sáu loại hình rừng ngập mặn theo chức năng do Lugo & Snedaker (1974) và Woodroffe (1992) mô tả. Stefanie Gendera vẽ lại phỏng theo Woodroffe (1992). Sáu loại hình chức năng này được mô tả ở Hộp 2.2.

Hộp 2.2 Mô tả sáu loại hình rừng ngập mặn theo chức năng

Rừng ven bờ

Rừng ngập mặn ven bờ biển chủ yếu được thấy dọc theo các bờ biển mở, được bảo vệ, hiếm được thấy ở các bờ biển mở hoàn toàn. Đó là một dải rừng hẹp với kiểu hình phân vùng riêng biệt từ biển vào đất liền. Thành phần loài khác nhau theo vùng địa lý, vạt đất ven mép biển ở Thế giới Mới thường có loài Đước đỏ (*Rhizophora mangle*) chiếm ưu thế còn ở Thế giới Cổ thì Mắm biển (*Avicennia marina*), Đước vòi (*Rhizophora stylosa*) hoặc Bần trắng hay Bần trắng (Sonneratia alba) chiếm ưu thế (hình 2.6 và 2.7). Các loài khác có thể cũng hiện diện ở vạt đất ven mép biển nhưng hiếm khi chiếm ưu thế.

Rừng triều sông

Rừng triều sông thường cao lớn, mọc dọc theo các bãi sông và vùng lạch, ngập nước hàng ngày hoặc gần như hàng ngày. Tùy theo cao trình và địa hình cục bộ, chúng có thể mọc lún xa vào đất liền. Thành phần loài khác nhau theo vùng địa lý (hình vẽ ở đây dành cho rừng ngập mặn của Thế giới Mới – sinh cảnh rừng phía Đông của Úc thể hiện ở hình 2.5). Ở các sông lớn có các thể năng độ mặn biến thiên đáng kể, thành phần loài thường đa dạng ở thượng lưu (xem hình 2.5).

Rừng lưu vực

Loại rừng lưu vực mọc trong đất liền, dọc theo các vùng trũng thoát nước tốt, thường có nguồn nước mặt từ trên cạn chảy qua. Ở Thế giới mới, Đước đỏ (*Rhizophora mangle*) có khuynh hướng chiếm ưu thế ở những khu vực chịu ảnh hưởng của thủy triều, còn *Avicennia germinans* và *Laguncularia racemes* thì chiếm ưu thế ở những khu vực ít chịu ảnh hưởng của thủy triều. Loại rừng này thường khó xác định đối với các tổ thành rừng ngập mặn rộng lớn và đa dạng hơn ở vùng Ấn Độ Dương- Tây Thái Bình Dương.

Rừng lùm bụi

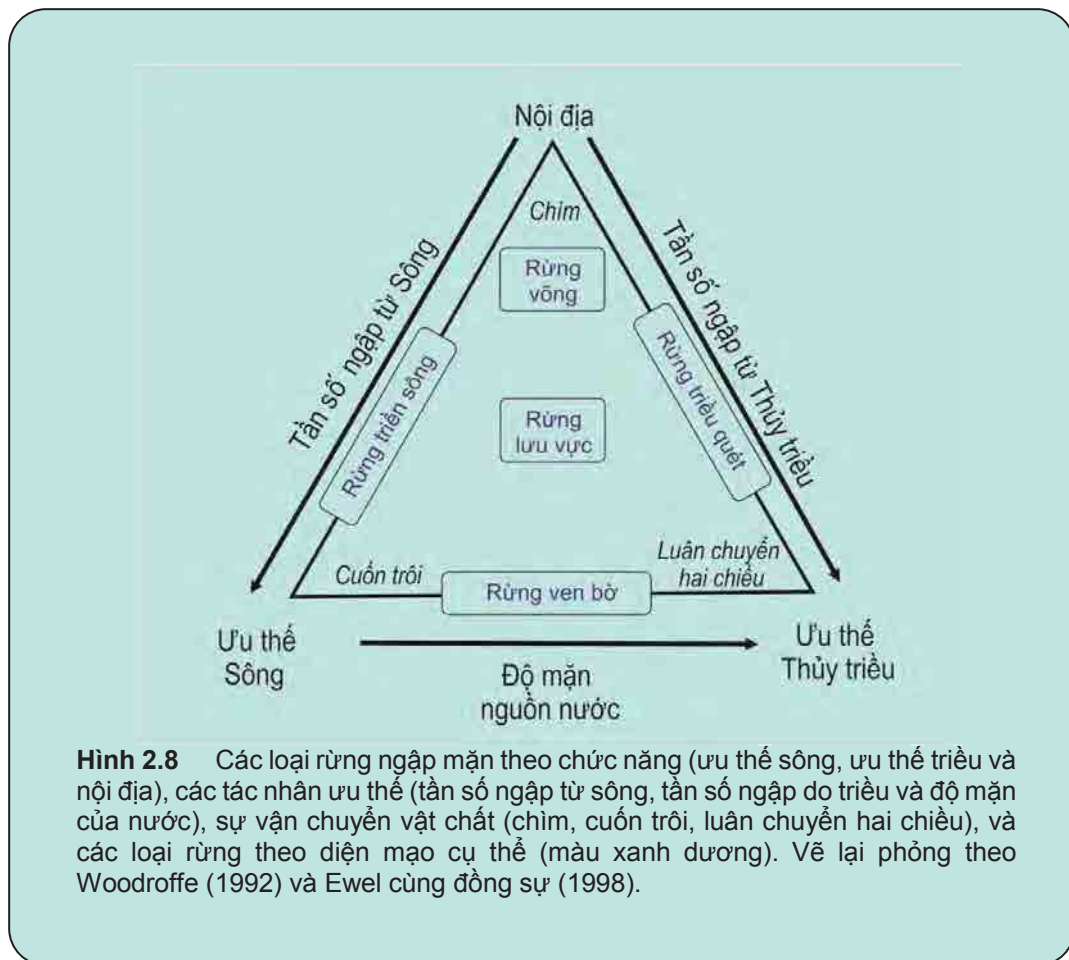
Ở vùng Đại Tây Dương – Đông Thái Bình Dương, rừng thấp bé (chiều cao < 1,5 m), thường mọc ở những miền đất cằn cỗi. Ở Úc, loại rừng này được thấy ở những khu lòng chảo nhiễm mặn, nằm trên cao, thủy triều ngập ít hơn 1-2 ngày mỗi tháng, thảm thực vật chủ yếu là Mắm biển (*Avicennia marina*), *Ceriops australis* hoặc cả hai, là dạng cây bụi, thấp bé.

Rừng triều quét

Rừng triều quét được thấy ở các đảo nhỏ, thấp và các mồm đất hẹp kéo dài từ các vạt đất rộng hơn, bị sóng quét khi triều cường. Mặc dù chúng mọc cao hơn nước triều nhưng vẫn bị áp lực dòng chảy đẩy nước triều tràn qua. Ở Thế giới Mới, rừng triều quét có Đước đỏ (*Rhizophora mangle*) chiếm ưu thế. Ở Thế giới Cổ, các loài bản địa khác của chi Đước (*Rhizophora*) chiếm ưu thế trong quần xã cây rừng ngập mặn.

Rừng vống

Loại rừng ngập mặn hình vống không có trong bảng phân loại gốc của Lugo và Snedaker (1974) nhưng được Woodroffe (1992) đề cập. Đây là một dạng đặc biệt của rừng lưu vực mọc trên nền đất than bùn nhô cao; có lẽ loại rừng này chỉ có ở vùng Everglades của Florida.



Hình 2.8 Các loại rừng ngập mặn theo chức năng (ưu thế sông, ưu thế triều và nội địa), các tác nhân ưu thế (tần số ngập từ sông, tần số ngập do triều và độ mặn của nước), sự vận chuyển vật chất (chìm, cuốn trôi, luân chuyển hai chiều), và các loại rừng theo diện mạo cụ thể (màu xanh dương). Vẽ lại phỏng theo Woodroffe (1992) và Ewel cùng đồng sự (1998).

Cả hai phương pháp 'địa mạo' và 'chức năng của môi trường sống' đều là những công cụ rất bổ ích và đang được áp dụng. Tuy nhiên, nằm ở vùng giao thoa giữa đất liền và biển, hệ sinh thái rừng ngập mặn tương tác với các hệ sinh thái và quá trình vừa hướng vào đất liền vừa hướng ra biển. Dòng chảy (hoặc dòng luân chuyển) của vật chất gồm trầm tích, chất hữu cơ và dinh dưỡng giữa rừng ngập mặn và các hệ sinh thái liền kề là một bộ phận rất quan trọng của sự tương tác này. Hướng dòng chảy và khối lượng vật chất trao đổi lệ thuộc vào loại sinh cảnh của rừng, năng suất, thể tiếp xúc với dòng sông, mức ngập triều và năng lượng sóng (Lugo & Snedaker, 1974; Woodroffe, 1992; Wolanski và đồng sự, 1992), hoạt động phân hủy hữu cơ của hệ động vật (Robertson và đồng sự, 1992) và chắc chắn còn có các nhân tố khác. Ý niệm khái quát về hướng luân chuyển vật chất chủ yếu chịu ảnh hưởng của thủy triều và sông ngòi cùng với các loại hình chức năng chính của rừng ngập mặn được thể hiện ở hình 2.8. Nhờ đơn giản hóa được các mối quan hệ phức tạp, sơ đồ này cho ta một cái nhìn tổng quan về một số mối liên kết chức năng giữa các loại hình hệ sinh thái rừng ngập mặn khác nhau với các hệ sinh thái liền kề hướng vào đất liền và hướng ra biển.

Trong chương này, chúng ta đã khám phá được sự tiến hóa của rừng ngập mặn, nét sinh địa toàn cầu của chúng ngày nay và một số nhân tố ảnh hưởng đến các kiểu phân bố khu vực và cục bộ của chúng. Chúng ta cũng đã khái quát được các phương pháp miêu tả cảnh quan rừng ngập mặn ở mức độ chung. Trong chương tiếp theo đây, chúng ta sẽ xem xét đến các chiến lược mà rừng ngập mặn đã phát triển nhằm thích nghi với môi trường sống năng động và khắc nghiệt để được sinh tồn.



Chương 3

SỐNG TRONG MÔI TRƯỜNG KHẮC NGHIỆT

Môi trường rừng ngập mặn thật sự là nơi khó khăn và khắc nghiệt đối với sự sống của thực vật. Như chúng ta đã biết, nó được hình thành trên nền đất mềm, không ổn định, thường có độ mặn cao, ngập nước thường xuyên và yếm khí (thiếu dưỡng khí). Các loại cây khác không thể sống sót được trong các điều kiện như vậy, mặc dù (như đề cập ở Chương 2) thỉnh thoảng vẫn có thể thấy một số loại cây khác sống ở nơi ít mặn hơn, xa hơn vào trong đất liền, nơi điều kiện đất đai ít khắc nghiệt hơn.

Thêm vào đó, do chúng nằm ở tận mép ngoài của bờ biển và dọc theo các triền cửa sông nên chúng thường phải hứng chịu sóng to, gió lớn hoặc các dòng hải lưu cận bờ. Do vậy, chúng phải có các hệ rễ có cấu trúc tốt và đủ mạnh để giữ cho bản thân đứng vững trên nền đất mềm, không ổn định khi phải đương đầu với các hiện tượng tự nhiên đó.

Trong chương này, chúng ta sẽ xem xét ba khía cạnh sinh tồn trước môi trường khắc nghiệt của rừng ngập mặn – thích ứng với điều kiện muối quá ngưỡng và thiếu nước – các cấu trúc rễ giúp cho cây sống được trên nền đất mềm, không ổn định và yếm khí – và các cơ chế tái sinh và phát tán giúp cho cây ngập mặn có khả năng lấn nhanh ra các môi trường thích hợp. Các đặc tính khác giúp cho cây ngập mặn sống được trong môi trường khắc nghiệt, chẳng hạn như tái tổng hợp chất dinh dưỡng, sẽ được trình bày ở quyển hai của bộ sách này và sẽ không được đề cập ở đây.

Thích ứng với muối

Nước biển có độ mặn vào khoảng 35 phần ngàn (35‰), có nghĩa là mỗi lít nước biển chứa 35 gam muối, chủ yếu là sodium (10,7‰) và chloride (19,3‰). Các ion quan trọng khác gồm có potassium, calcium, magnesium và sulphate. Tỷ lệ tương đối của các ion này ít nhiều mang tính kiên định. Dù tất cả đều cần thiết cho sự sinh trưởng của thực vật ở các khối lượng khác nhau nhưng cả sodium và chloride đều chỉ cần với một lượng rất nhỏ cho sự trao đổi chất bình thường của thực vật.

Nồng độ muối trong đất của môi trường rừng ngập mặn biến thiên phụ thuộc vào ảnh hưởng của nguồn nước ngọt và nước mặn của thủy triều, tần số và thời gian ngập triều, lượng mưa, độ cao, độ dốc và đặc tính thoát nước của bùn hoặc đất. Độ mặn trong đất thường vào khoảng 35‰ ở rừng ngập mặn có ưu thế triều và ưu thế sóng, nơi ngập triều mỗi ngày, nhưng chúng có thể thấp hơn khi có mưa lớn và cao hơn ở các dạng đất sét chặt, thoát nước kém. Trong điều kiện cực đoan, độ mặn của đất ở những nơi về phía đất liền, ít ngập, khô theo mùa có thể đạt tới hơn 85‰ (Gordon, 1993). Ngược lại, độ mặn trong đất thường thấp hơn 35‰ ở những vùng có lượng mưa cao, ở các đoạn thượng lưu của sông ngập triều có dòng nước ngọt mạnh, và ở những khu vực có dòng nước thoát, chảy ra từ đất liền. Độ mặn trong đất còn chịu ảnh hưởng bởi việc đào bới của cua, còng và một số loại giáp xác khác, làm tăng sự trao đổi nước giữa nước triều và đất (Ridd, 1996; Stieglitz và đồng sự, 2000), đồng thời giúp cho đất được thông thoáng.

Tất nhiên là hầu hết cây ngập mặn đều chịu được một biên độ mặn rộng vừa phải, một số loài đáng kể ra như Mắm biển (*Avicennia marina*) và ít hơn một chút là *Ceriops australis* có khả năng sống được ở độ mặn 80‰ hoặc cao hơn ở các vạt đất mặn trong đất liền, nơi chỉ được ngập bởi đỉnh triều cao nhất. Một số nghiên cứu ngắn hạn về tính chịu mặn của cây con cho thấy có một số loài sinh trưởng tốt nhất ở độ mặn trong khoảng 10–20‰ (Clough, 1984; Ball, 1988b; Khan và Aziz, 2001; Paliyavuth và đồng sự, 2004). Các nghiên cứu này cho thấy rằng cây con sinh trưởng kém trong điều kiện nước ngọt. Tuy nhiên, nghiên cứu cây con trong điều kiện được kiểm soát và khá đồng nhất chưa hẳn đã biểu thị được sức chịu mặn của cây trưởng thành trong môi trường tự nhiên. Mặc dù vậy, điểm dễ thấy nhất ở đây là các loài khác nhau thể hiện các kiểu phân bố cục bộ

đặc trưng có liên quan đến độ mặn và các yếu tố thủy văn khác (xem các hình 2.4 và 2.4 ở Chương 2).

Độ mặn cao trong đất và trong nước gây ra hai trở ngại chính cho cây rừng ngập mặn cũng như các loại thực vật khác mọc ở môi trường mặn tương tự. Thứ nhất, sự tích lũy sodium và chloride ở mức cao trong mô thực vật có thể gây ảnh hưởng lớn đến quá trình trao đổi chất trong tế bào (Flowers và đồng sự, 1997; Flowers và đồng sự, 1986). Các ảnh hưởng này đã được nghiên cứu rộng rãi trên nhiều loại cây chịu mặn khác nhưng cũng giống như cây rừng ngập mặn, vốn có cùng thuộc tính mọc ở môi trường tương tự. Điển hình là, nồng độ muối cao được cho là có ảnh hưởng đến quá trình sinh hóa trong quang hợp (Ball và Anderson, 1986; Ball và đồng sự, 1989) và tổng hợp protein (Mizrahi và đồng sự, 1980), đồng thời tăng nhịp độ hô hấp (Burchett và đồng sự, 1989).

Thứ hai, độ mặn cao làm cho cây ngập mặn khó hút được nước từ trong đất do thế năng thẩm thấu của nước trong đất thấp. Nên chúng ta cũng sẽ thấy, sự hút muối lên [lá cây - ND] là cần thiết nhằm tạo cho thế năng nước đủ thấp giúp điều khiển việc hút nước từ dưới đất mặn. Do vậy, vừa tránh được ngộ độc muối vừa hút đủ nước từ đất để thay cho lượng nước ở tán lá bị bốc hơi hàng ngày là hai khía cạnh có mối tương quan với nhau, nhờ đó mà cây ngập mặn có khả năng chịu đựng được độ mặn cao.

Cây rừng ngập mặn có ba cách chung để điều khiển muối – tránh bằng cách loại bỏ muối khi hút nước vào rễ, giảm thiểu hoặc sử dụng nó khi nó vào được bên trong cây, hoặc lưu nó vào một chỗ vô hại. Trong thực tế, cây rừng ngập mặn nói chung đều sử dụng ba cách này, nhưng dường như chỉ có hai cách là chung nhất cho tất cả cây rừng ngập mặn, đó là loại bỏ muối tại rễ và lưu giữ ở các cơ quan tế bào hoặc mô mà nó không thể gây hại và không ảnh hưởng đến quá trình trao đổi chất bình thường. Tất cả các hoạt động này đều cần đến năng lượng trao đổi chất và do đó, có thể tiêu tốn năng lượng, nên ở độ mặn cao thì nhịp độ hô hấp càng cao hơn (Burchett và đồng sự, 1989). Cơ chế chịu mặn của cây rừng ngập mặn được trình bày kỹ hơn trong tài liệu của Parida và Jha (2010).

Loại bỏ muối

Hệ rễ của tất cả thực vật đều có khả năng hấp thụ một lượng muối nhất định, ngoại trừ các nhóm cây khác ra thì dường như cây rừng ngập mặn có thêm một khả năng nữa đó là loại bỏ muối (sodium chloride). Ở góc độ nào đó, đây chính là sức đề kháng hàng đầu của cây rừng ngập mặn. Công trình tiên phong của Scholander và đồng nghiệp vào thập niên 1960 (Scholander và đồng sự, 1962, 1964, 1965, 1966; Scholander 1968) và Atkinson cùng đồng sự (1967), rồi đến các nghiên cứu gần đây hơn (như Moon và đồng sự, 1986; Werner và Stelzer, 1990; Paliyavuth và đồng sự, 2004) cho thấy rằng tất cả các loài cây rừng ngập mặn được thí nghiệm đều có thể loại bỏ ít nhất là 80% lượng muối bên ngoài khi hút nước, thậm chí còn hữu hiệu hơn nhiều (>95%) ở các loài không có tuyến tiết muối (xem bên dưới). Các cơ chế đào thải muối hiện vẫn chưa được hiểu hết nhưng hầu hết các dữ liệu gần đây (chẳng hạn của Moon và đồng sự, 1986; Werner và Stelzer, 1990; Popp và đồng sự, 1993; Weiper, 1995 [Saenger trích dẫn, 2002]) cho thấy nó nằm ở các biểu bì ngoại vi hoặc lớp hạ bì (lớp tế bào nằm sát bên trong biểu bì) nơi có tầng bản thứ cấp của vách tế bào xuyên tâm ngăn cách lưu dẫn nước giữa các vách tế bào (sự lưu dẫn nước trong các vách tế bào nằm bên ngoài màng tế bào được gọi là lưu dẫn ngoại bào). Lưu dẫn ngoại bào thông qua các vách tế bào dường như được giới hạn chủ yếu ở các vùng sơ cấp gần đầu rễ, nơi không có tầng bản thứ cấp. Nếu giả thuyết này là đúng thì sự gạn lọc sodium và chloride phải được điều chỉnh chủ yếu bởi cơ chế lưu dẫn giữa các màng tế bào ở các lớp bên ngoài của rễ.

Dù cho hệ rễ cây rừng ngập mặn có loại bỏ muối hữu hiệu đến đâu đi nữa thì vẫn còn một lượng muối đáng kể len lỏi qua màng chắn của rễ và tích lũy trong cây. Hầu hết các nghiên cứu ở cây con trong phòng thí nghiệm đều cho thấy rằng lượng muối hấp thụ tăng lên khi độ mặn bên ngoài gia tăng, dù không theo một tỷ lệ nào (chẳng hạn như khi độ mặn trong đất tăng từ 15‰ lên 30‰ [tăng gấp đôi] nhưng không làm cho nồng độ muối trong cây tăng lên gấp đôi) (Clough, 1984;

Paliyavuth và đồng sự, 2004). Thêm vào đó, đường như tỷ lệ chloride và sodium trong nhựa gỗ khác nhau tùy theo loài và theo độ mặn ở bên ngoài (Popp và đồng sự, 1993).

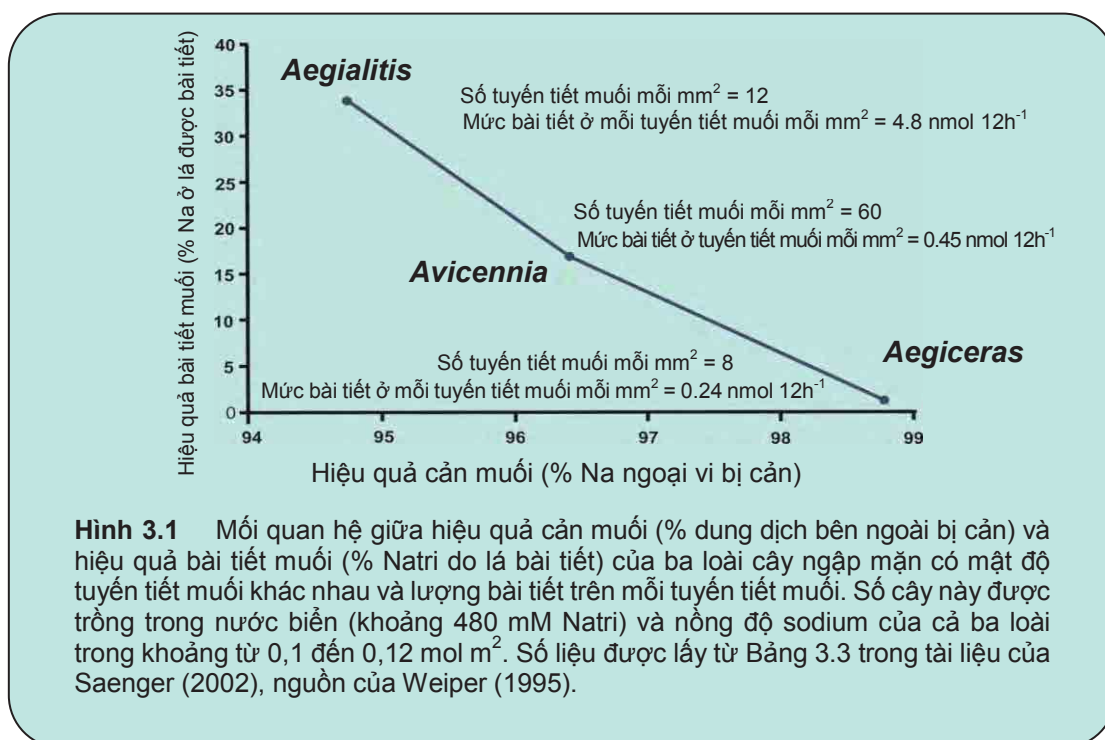
Phần lớn lượng muối xâm nhập từ rễ vào phần gỗ là được lưu dẫn theo nước lên đến lá cây. Từ các phép tính đơn giản dựa trên các số liệu thu thập được về nồng độ sodium và chloride trong nhựa gỗ, lượng thoát hơi nước từ lá và nồng độ muối trong lá cây trưởng thành cho thấy rằng tổng lượng muối đi vào dòng đời của một chiếc lá lớn hơn rất nhiều so với hàm lượng muối thực tế của nó (Clough và đồng sự, 1982; Paliyavuth và đồng sự, 2004). Còn lượng muối này đi về đâu thì còn tùy theo loài cây đó có hay không có các tuyến tiết muối ở trên lá.

Bài tiết muối

Một số loài cây ngập mặn (trong các chi Mắm (*Avicennia*), *Aegialitis* và Sú (*Aegiceras*)) có tuyến tiết muối ở mặt trên (cạnh gân lá) hoặc mặt dưới (xa gân lá) của lá. Cấu trúc của các tuyến tiết muối này, cơ chế chúng bài tiết muối và mức bài tiết muối được mô tả trong nhiều tài liệu (chẳng hạn của Atkinson và đồng sự, 1967; Cardale và Field, 1971; Boon và Allaway, 1986). Cấu trúc và chức năng của tuyến tiết muối được trình bày chuyên sâu hơn trong các tài liệu của Tomlinson (1986) và Saenger (2002), không được thảo luận chi tiết trong phạm vi quyển sách này.

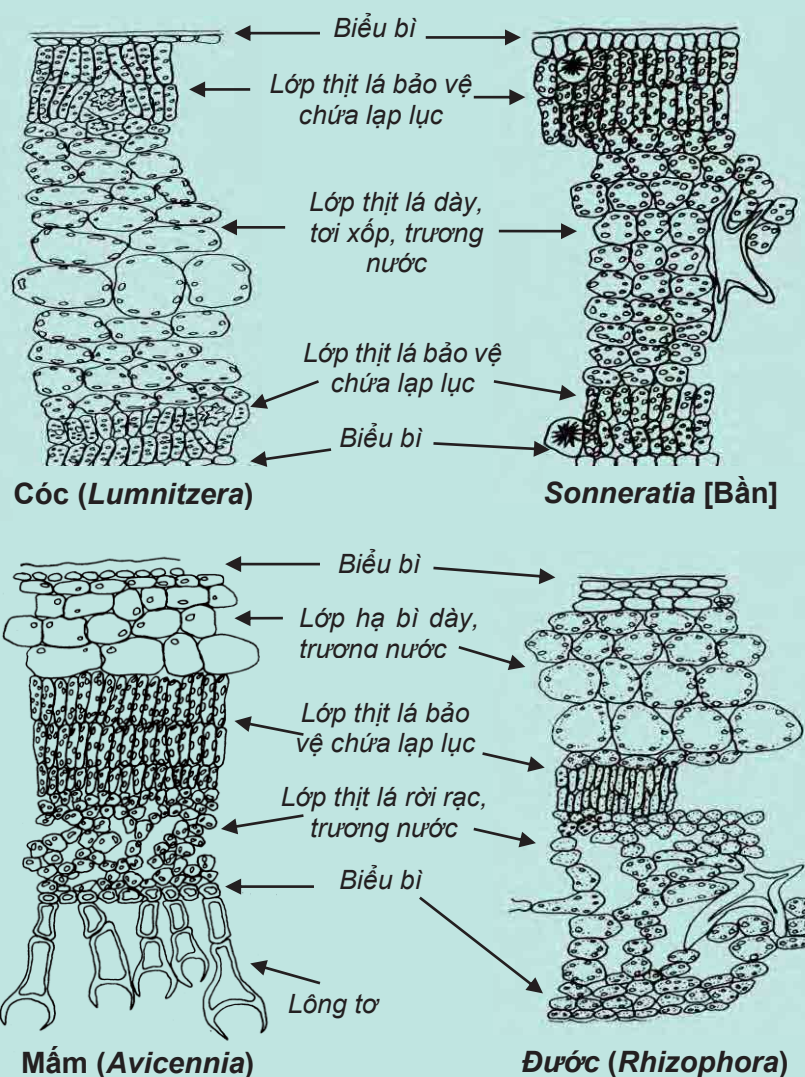
Các mức độ bài tiết muối được công bố cho thấy phạm vi lệ thuộc vào độ mặn môi trường là khoảng $0.2\text{--}0.5\ \mu\text{mol m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ đối với cả sodium và chloride, vốn được bài tiết với các khối lượng khá bằng nhau. Trong môi trường độ mặn như nhau, lá non có xu hướng bài tiết ở mức cao hơn lá già. Tuy nhiên, dường như có mối quan hệ ngược chiều giữa hiệu quả loại bỏ muối và hiệu quả bài tiết muối (hình 3.1). Cụ thể là Sú (*Aegiceras*), vốn có hiệu quả loại bỏ muối gần đến 99%, có khả năng duy trì sodium trong lá ở mức chấp nhận mà tuyến tiết muối lại hoạt động ít hơn nhiều so với hai loài kia. Điều này làm nổi bật lên một số đặc điểm thích nghi và tương tác tinh tế hơn có thể ảnh hưởng đến sự phân bố của các loài khác nhau theo biến thiên của độ mặn.

Mặc dù bài tiết muối là một quá trình chủ động đòi hỏi tiêu hao năng lượng trao đổi chất nhưng rõ ràng là ở hầu hết các điều kiện, các loài có tuyến tiết muối đều có thể thải muối ra ngoài ở mức cần thiết để tránh bị quá tải muối. Còn các loài không có tuyến tiết muối thì phải có các cách khác.



Mọng nước

Mọng nước ở lá là hiện tượng phổ biến của cây rừng ngập mặn, đặc biệt là ở các loài không có tuyến tiết muối. Ở một số loài, đây là kết quả từ hiện tượng trương lên của các tế bào trong thịt lá xếp theo chiều dọc, còn ở các loài khác thì do sự hiện diện của lớp hạ bì gồm các tế bào lớn, trương nước và ở các loài khác nữa thì nhờ sự phát triển của cả lớp thịt lá toï xốp (Saenger, 2002) như trong hình 3.2. Tế bào trong tất cả các mô đó thường có các không bào trương nước rất lớn, các ion chủ yếu trong đó là sodium và chloride. Mức độ mọng nước có xu hướng tăng theo độ mặn và chắc chắn là theo tuổi đời của lá, dù vẫn chưa có bằng chứng thuyết phục chứng minh cho hiệu ứng của tuổi lá. Mọng nước có tương quan thuận với mức độ chịu mặn khác nhau của các loài thuộc họ Đước (Rhizophoraceae) (Ball, 1988a).



Hình 3.2 Một số thí dụ về mô trữ nước ở các loài có lá đứng (mặt trên và mặt dưới lá có cấu trúc giống nhau) và lá nằm ngang (mặt trên và mặt dưới lá có cấu trúc khác nhau). Theo Rao và Tan (1984). Hình trên: Hai loài có lá đứng, thể hiện lớp thịt lá toï xốp, dày, mọng nước ở phần giữa của lá. Hình dưới: hai loài có lá nằm ngang thể hiện lớp hạ bì (ở mặt trên của lá) gồm các tế bào lớn, trương nước.

Lưu trữ trong các mô gỗ

Dù hiện tượng mọng nước phát triển ở các loài không có tuyến tiết muối, nhưng dường như nó không thể nói hết được cho sự khác biệt rất lớn giữa hàm lượng muối thực tế của một chiếc lá và khối lượng muối mà nó nhận được trong một vòng đời của mình, dựa trên các dữ liệu có được về mức thoát hơi nước và nồng độ muối trong nhựa gỗ - tất nhiên là loại trừ trường hợp mức thoát hơi nước, nồng độ muối trong nhựa gỗ hoặc cả hai đều bị ước lượng sai, mà dường như không thể có trường hợp này xảy ra vì nó đã được khẳng định qua nhiều nghiên cứu. Mặc dù Giá (*Excoecaria*) và Su (*Xylocarpus*) đều thay lá hàng năm nhưng chưa có bằng chứng nào nói lên rằng sự thay lá có vai trò quan trọng trong việc loại bỏ muối ở cả hai loài này, hoặc ở các loài không có tuyến tiết muối khác, vì nồng độ muối trong lá già chỉ cao hơn một chút so với lá còn sung mãn và trong mọi trường hợp, nồng độ muối của chúng [trong lá - ND] đều thấp hơn nhiều so với nồng độ trong nhựa gỗ và mức thoát hơi nước. Tuy nhiên, sự rụng lá và tích tụ muối vẫn có thể có liên kết với nhau, vì có khả năng là lá bị rụng khi nồng độ muối trong lá tăng lên quá ngưỡng làm cho quy chế bên trong không thể điều tiết được.

Về mặt trọng lượng khô, nồng độ muối trong gỗ của cây ngập mặn có phần thấp hơn nồng độ trong lá, ở thân cây thì sodium dường như ở khoảng 1 – 3% trọng lượng khô (Aksomkoe và Khemnark, 1984). Clough và đồng sự (1982) cho rằng các loài cây không tiết muối có thể tránh bị quá tải muối ở lá bằng cách loại nó ra khỏi nhựa gỗ và tích nó vào phần gỗ khi lưu chuyển từ rễ lên lá, hoặc cách khác là muối có thể được chuyển ngược ra khỏi lá theo các sản phẩm quang hợp được dùng để tạo ra gỗ mới. Popp và đồng sự (1993) đã kiểm chứng ý tưởng thứ hai bằng cách khoanh vỏ cây con, nhưng kết quả không được thuyết phục lắm và còn có lập luận cho rằng hàm lượng sodium trong li-be quá nhỏ, khi chuyển từ lá sang các bộ phận khác của cây thì không đủ hiệu quả (Ball, 1988a).

Chia ngăn cô lập trong tế bào

Ở cấp độ tế bào, sodium và chloride được lưu giữ trong không bào, ở đó nó không gây trở ngại đến cơ chế trao đổi chất bình thường. Cơ chế điều chỉnh thẩm thấu trong tế bào chất đang hoạt động được duy trì bởi các chất tan hữu cơ tương thích, gồm có acid hữu cơ, carbohydrate phân tử thấp, amino acid, các hợp chất onium có chứa methyl và proline (Popp, 1984a; Popp và đồng sự, 1984; Popp, 1984b). Chiến lược cô lập, dù không riêng gì của cây rừng ngập mặn hoặc cây chịu mặn khác, giúp chúng tích lũy cả sodium lẫn chloride ở trong lá mà không gây hại cho sự trao đổi chất bình thường của tế bào. Muối tích tụ trong không bào kéo theo sự giãn nở của không bào do nước được hút vào nhờ thẩm thấu cũng là một động lực làm cho lá lớn lên ở hầu hết thực vật sau quá trình phân bào đã kết thúc.

Thích nghi với thiếu nước

Thoạt nhìn thì có vẻ ngạc nhiên khi biết rằng cây rừng ngập mặn có thể bị thiếu nước trong khi chúng mọc trên đất bị ngập nước liên tục hay ít liên tục, nói rõ hơn là hầu hết môi trường rừng ngập mặn không có sự thiếu nước về mặt vật lý. Vấn đề không phải là ở chỗ thiếu nước vật lý, mà chính thể năng nước trong đất bị thấp làm cho nó khó bị chiết xuất hơn. Ở đất bị ngập nước mặn, trong mọi trường hợp, thể năng nước bằng với thể năng thẩm thấu của nước tự do, và thể năng nước của nước tự do trong đất rừng ngập mặn ít nhiều tương xứng với độ mặn của nó. Nước trong đất có độ mặn 35‰ có thể năng thẩm thấu và thể năng nước bằng 2,5 MPa, chỉ làm cho cây ngập mặn khó chiết xuất nước giống như đối với cây chịu hạn (loại cây thích nghi với điều kiện khí hậu rất khô) chiết xuất nước trong đất ở vùng khí hậu khắc nghiệt trên cạn. Vì vậy, bảo toàn nước là rất quan trọng, nên cây rừng ngập mặn cũng như cây chịu hạn có hàng loạt các đặc điểm thích nghi ở lá giúp bảo toàn nước và giảm mất nước. Đó là các cấu trúc khí khổng chìm hoặc ẩn, lông tơ che phủ bề mặt của lá, lớp biểu bì (cu-tin) và lớp áo sáp dày (Saenger, 1982, 2002).

Nước được dẫn từ đất vào rễ và, thông qua gỗ, lên đến lá theo biên độ của thể năng nước tăng

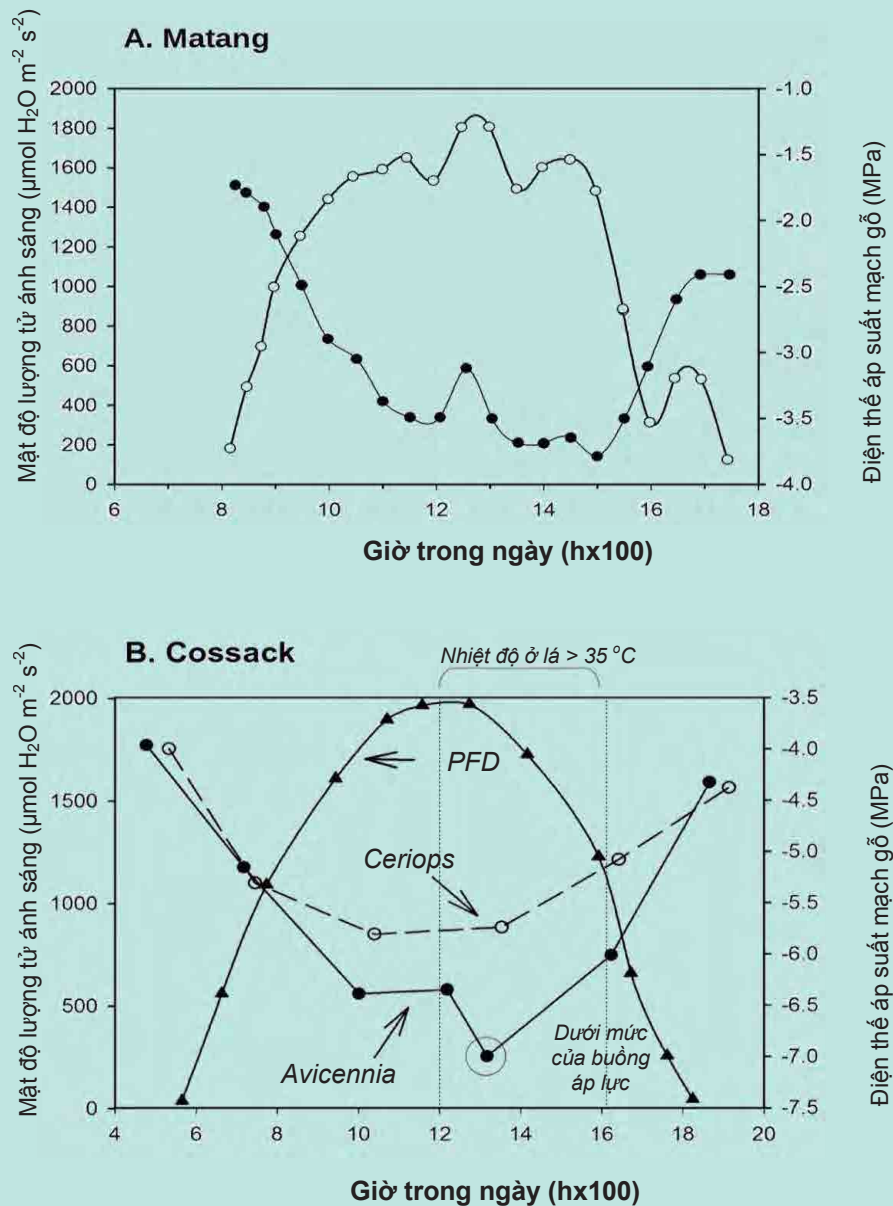
dần. Nghĩa là thế năng nước trong lá phải nhỏ hơn (thụ động hơn) thế năng nước trong đất nhằm giúp cho lá thay thế được lượng nước mất đi do thoát hơi. Thế năng nước trong lá nhỏ là nhờ hấp thụ muối và cơ chế điều chỉnh thẩm thấu nước được miêu tả trên đây.

Trong cây rừng ngập mặn, cũng như trong hầu hết cây cối, thế năng nước trong gỗ (đại diện cho thế năng nước trong lá hoặc chồi non) thể hiện một kiểu nhật kỳ rõ rệt (Smith và đồng sự, 1989; Lin và Sternberg, 1992; Gordon, 1993; Ong và đồng sự, 1995). Thế năng nước trong chồi non được quyết định bởi tỷ lệ thoát hơi nước (mất nước) tương đối và mức hấp thụ nước qua rễ (lấy nước). Vào buổi sáng, khi các khí khổng thường mở to, sự thoát hơi nước cao lên và nước bị mất nhanh hơn sức cung cấp của rễ; kéo theo thế năng nước trong chồi sụt giảm, thường đạt mức cực tiểu trong khoảng thời gian giữa ngày và giữa trưa, rồi lại được tăng lên do bức xạ mặt trời giảm đi vào cuối buổi trưa. Thế năng nước tiếp tục hồi phục cả đêm khi các khí khổng khép lại và không còn ánh sáng mặt trời làm thoát hơi nước, nhờ vậy khi mặt trời mọc thì thế năng nước trong cây đạt giá trị cực đại do thế năng nước trong đất quyết định. Ở hầu hết đất rừng ngập mặn, thế năng nước phục hồi cực đại qua đêm được điều chỉnh bởi thế năng nước trong đất và do đó chủ yếu là bởi độ mặn của đất. Mặc dù cây rừng ngập mặn bám rễ khá cạn, nhưng rễ cây ở các độ sâu khác nhau có thể tiếp xúc với nhiều độ mặn khác nhau, vì trục diện độ mặn theo chiều thẳng đứng của đất rừng có liên quan đến thành phần vật lý của nó, đặc tính thoát nước, số lượng, kích cỡ và phân bố của hang cua, công và trong một số trường hợp còn có liên quan đến sự hòa loãng của nước có độ mặn thấp từ phía đất liền thoát ra. Thế năng nước trong chồi non trước bình minh chính là điển hình rất đáng tin cậy cho thế năng nước trong đất và độ mặn trong đất bình quân chung cho cả chiều sâu mà rễ đạt tới.

Vào những ngày có mây ở vùng khí hậu nhiệt đới khi bức xạ mặt trời thường thấp hơn và độ ẩm tương đối ở mức cao, mức thoát hơi nước ít khi vượt quá $5 \mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-2}$ (thường là thấp hơn) và thế năng nước trong chồi non có thể xuống đến khoảng -4 MPa (hình 3.3A). Tuy nhiên, vào những ngày trời trong, có nắng và gió ở vùng khí hậu khô hạn, nơi độ mặn trong đất rất cao, nhiệt độ của lá có thể lên đến 40°C và mức thoát hơi nước có thể đạt $8 \mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-2}$ (Gordon, 1993), làm cho thế năng nước trong chồi non ban ngày bằng -7 MPa hoặc thấp hơn nữa (Hình 3.3B)

Ở mức thế năng nước trong chồi thấp đến cực tiểu này thì có nguy cơ là sự hình thành của các bọt khí trong bó gỗ có thể làm tắt nghẽn hoặc tạo ra lỗ hổng, làm phá vỡ nghiêm trọng khả năng dẫn nước của gỗ và dòng nước cấp lên thân chồi (Sperry và đồng sự, 1988; Tyree và Sperry, 1988).

Nguy cơ tắc mạch ở mức thế năng nước thấp có liên quan đến đường kính của mạch gỗ và tính thấm của các màng liên bó gỗ. Nhìn chung, cây rừng ngập mặn có đường kính mạch gỗ vào khoảng dưới $100 \mu\text{m}$ (Tomlinson, 1986). Tuy nhiên, đường kính mạch gỗ có thể thay đổi để thích nghi với các yếu tố môi trường. Chẳng hạn như Lovelock và đồng sự (2006a) phát hiện ra rằng bón thêm lân trong thời gian dài cho cây rừng ngập mặn thiếu dinh dưỡng thì làm tăng dần đường kính của mạch gỗ, nhờ vậy khả năng dẫn nước của mạch gỗ cũng tăng theo, nhưng có thể lại phải chịu nguy cơ cao hơn khi bị thiếu nước nghiêm trọng. Sơ đồ chung về sự sụt giảm mức dẫn nước của bó gỗ khi độ mặn tăng cao cũng đã được ghi nhận (Lovelock và đồng sự, 2006b). Các nghiên cứu này đưa ra giả thuyết là môi trường đóng vai trò rất quan trọng cho việc hình thành cấu trúc dẫn nước trong các phần gỗ của cây rừng ngập mặn.



Hình 3.3 So sánh diễn biến về thế năng nước trong chồi non (điện thế áp suất mạch gỗ) trong mối tương quan với bức xạ mặt trời (mật độ lượng tử ánh sáng) ở môi trường nhiệt đới ẩm (Matang) và khô (Cossack), cho thấy thế năng nước trong chồi non có thể xuống đến cực tiểu trong điều kiện khí hậu cực đoan. **A.** Ở khu rừng Đước (*Rhizophora*) cao 20 m ở Matang, Tây Malaysia. Độ mặn trong đất bằng 20‰. Vẽ lại theo Hình 4 của Gong và đồng sự (1992). **B.** Ở khu rừng lùm bụi (chiều cao < 1,5 m), quần xã mở Mắm (*Avicennia*) và Dà (*Ceriops*), trên bờ biển khắc nghiệt Cossack, phía Tây-Bắc Úc. Độ mặn trong đất bằng 65‰. Nhiệt độ trên lá của cả hai loài lớn hơn hẳn 35°C gần suốt buổi trưa. Vẽ lại theo hình 5 của Gordon (1993).

Đối phó với đất yếm khí

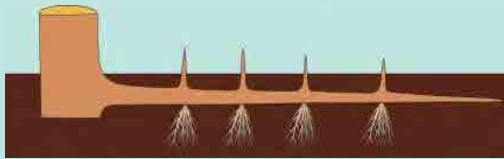
Đất ngập nước bị yếm khí là vì mức kết hợp giữa dưỡng khí hóa học và sinh học tiêu dùng vượt quá ngưỡng có thể thay thế do lượng dưỡng khí hòa tan trong nước rất thấp và đường dẫn khí rất ngoằn ngoèo giữa các khe hở trong các hạt đất. Thủy triều giúp khoả đầy dưỡng khí cho đất, nhưng nhiều dạng đất rừng ngập mặn có hàm lượng phù sa và sét cao, thẩm nước kém nên có xu hướng hạn chế sự trao đổi nước và dưỡng khí lên phần trên của trầm tích đất. Vì vậy, cao trình triều, địa hình cục bộ và các đặc tính thoát nước của đất là những nhân tố quan trọng quyết định mức độ yếm khí và ô-xy hóa khử hoặc thế năng ô-xy hóa khử (Boto và Wellington, 1984). Đất còn được thoát nước và thoáng khí đáng kể do các hoạt động đào hang của động vật như cua, còng và một số loài giáp xác khác, đặc biệt là những nơi có số lượng cá thể cao. Vì những lý do trên, các đặc tính vật lý và hóa học đất thường biến động theo không gian và thời gian, theo cả phương nằm ngang mặt đất và chiều sâu của đất.

Bên cạnh việc thiếu dưỡng khí, thế năng ô-xy hóa khử thấp sẽ làm thay đổi hóa tính của sắt, mangan-gang, nhôm, đạm, lân và một số nguyên tố khác. Đất rừng ngập mặn thường có hàm lượng sắt và nhôm cao và ở hiệu thế năng ô-xy hóa khử thấp thì hàm lượng của chúng tăng lên, có thể gây nên ngộ độc sắt hoặc nhôm. Trạng thái yếm khí cực đoan sẽ hình thành khí hydrogen sulphide (H_2S), vốn rất độc đối với rễ cây.

Để đối phó với các điều kiện này, hầu hết các loài cây ngập mặn (ngoại trừ Giá (*Excoecaria*), *Aegialitis* và Dừa nước (*Nypa*) đều có hệ thống rễ khí sinh phát triển rộng phía trên mặt đất và cung cấp dưỡng khí cho các phần rễ ở dưới đất. Có bốn loại hình rễ khí sinh, đó là rễ cà kheo hoặc chân nôm, rễ thở, rễ hình đầu gối và rễ bạnh vè (Hình 3.4). Rễ khí sinh tự sinh mọc ra từ thân hoặc cành cây thường thấy ở một số loài, nhưng loại rễ này hiếm ăn sâu xuống đất. Có một số loài có nhiều hơn một loại rễ khí sinh. Dù ở loại hình, cấu trúc và diện mạo nào đi nữa thì chúng đều có một số đặc điểm chung và đều có tác dụng giống nhau, đó là cung cấp dưỡng khí cho các rễ nằm dưới mặt đất.

Tất cả các loại rễ khí sinh đều có hai đặc điểm chính phổ biến. Trước tiên là sự hiện diện của các bì khổng trên mặt rễ (Hình 3.5), điểm để dưỡng khí đi vào; và kế đến là có lớp vỏ chứa mô khí (mô khí là loại mô có rất nhiều khoảng trống chứa đầy khí nằm giữa các tế bào), tạo nên một đường dẫn rộng, khá liên tục để dưỡng khí di chuyển từ các bì khổng vào đến hệ rễ ở dưới đất.

Ở hầu hết các loài, hệ thống rễ chính bao gồm rất nhiều rễ liền nhau, hóa gỗ, ăn sâu dưới mặt đất còn rễ khí sinh thì được hình thành lần lượt từ phần sinh trưởng phía trên rồi đến phía dưới của rễ ngầm (chẳng hạn như Vẹt (*Bruguiera*) và Dà (*Cerriops*), phần mọc vươn theo chiều đứng của rễ ngầm phía trên (chẳng hạn như Su (*Xylocarpus*) và Cui (*Heritiera*)), hoặc đối với rễ thở của Mắm (*Avicennia*) và Bần (*Sonneratia*) thì đây là các nhánh mọc đứng lên từ rễ chính (Tomlinson, 1986). Tuy nhiên, ở Đước (*Rhizophora*) thì hệ thống rễ chính được hình thành từ các rễ cà kheo hoặc rễ nạng phía trên mặt đất, vừa là cấu trúc chống đỡ vừa tạo đường dẫn cung cấp dưỡng khí cho các rễ neo và ăn sâu dưới mặt đất. Mặc dù vậy, sự trao đổi khí thường bị giới hạn đến các nhánh rễ nhỏ ở ngoại vi, gần mút đầu rễ vì phần trụ cột phía trên của rễ cà kheo bị hóa gỗ và không có lớp mô chứa khí (Hình 3.6). Sự khác biệt này giữa Đước (*Rhizophora*) và các loài khác cũng phản ánh được sự phân bố của sinh khối rễ phía trên và phía dưới mặt đất - ở loài Đước (*Rhizophora*), hầu hết sinh khối sống của rễ đều ở trên mặt đất (Ong và đồng sự, 2004), trong khi ở các loài khác thì phần bên dưới mặt đất chiếm tỷ lệ lớn hơn rất nhiều (Clough và Attiwill, 1975; Saintilan, 1997; Comley và McGuinness, 2005). Tuy nhiên, rất khó tính được lượng sinh khối sống của phần rễ phía dưới mặt đất, nhiều cuộc nghiên cứu đã đưa ra con số ước tính lượng sinh khối của rễ ngầm khá cao, nhưng thường không làm rõ được khối lượng của rễ chết và rễ sống.



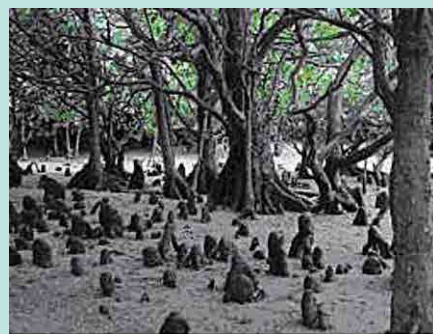
Rễ thở: các rễ thở hình bút chì mọc ra từ các rễ ngang vươn xa dưới mặt đất, tiêu biểu cho các loài Mắm (*Avicennia* - trong hình), Bần (*Sonneratia*) và Su sừng (*Xylocarpus moluccensis*)



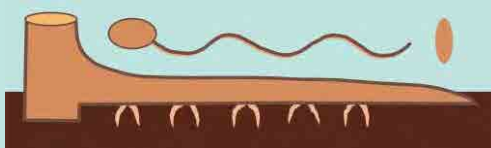
Ảnh: Hung Tuck Chan



Rễ đầu gối: Rễ đầu gối mọc ra từ phần sinh trưởng phía trên và dần xuống phía dưới của các rễ ngang dưới mặt đất là tiêu biểu cho loài Vẹt (*Bruguiera* - trong hình)



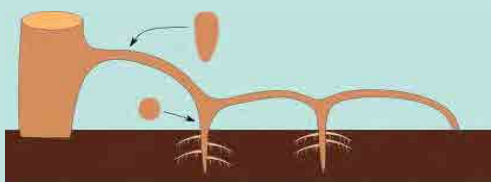
Ảnh: Mami Kainuma



Rễ bạnh vè: Rễ bạnh vè to bằng mọc uốn lượn xuyên mặt đất là tiêu biểu cho các loài Cui (*Heritiera littoralis*) và Su ối (*Xylocarpus granatum*)



Ảnh: Shigeyuki Baba



Rễ cà kheo hay rễ nặng: Rễ cà kheo hay rễ nặng của Đước (*Rhizophora* - trong hình). Khác với các loài cây ngập mặn khác, hầu hết sinh khối của rễ là nằm trên mặt đất.

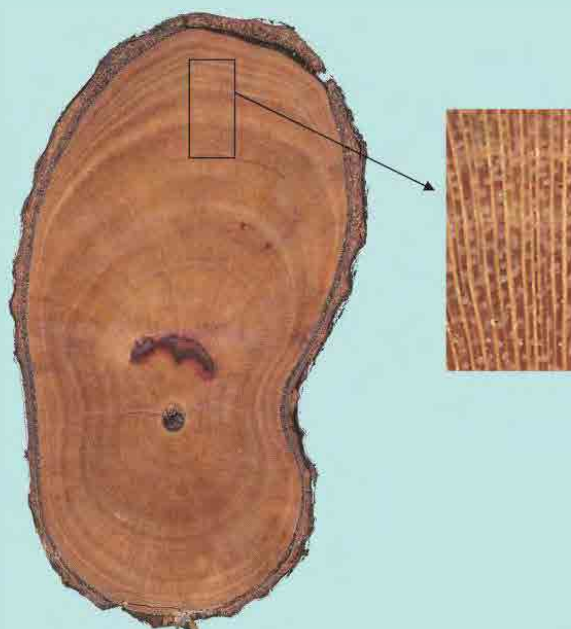


Ảnh: Hung Tuck Chan

Hình 3.4 Bốn loại rễ khí sinh cơ bản của cây rừng ngập mặn và hình minh họa. Theo Tomlinson (1986).



Hình 3.5 Rễ thở của Mắm (*Avicennia* - hình trên, bên trái), thể hiện bì khổng trên bề mặt (hình bên phải). Rễ thở có chứa diệp lục tố và có khả năng quang hợp (Dromgoole, 1998). Rễ thở của Bần (*Sonneratia* - hình dưới, bên trái) và rễ cà kheo của Đước (*Rhizophora*) cũng có chứa diệp lục tố (Saenger, 2002).



Hình 3.6 Mặt cắt ngang của rễ Đước đôi (*Rhizophora apiculata*), đoạn cách thân cây khoảng 30 cm. Khi quét qua máy quét ảnh phẳng có độ phân giải 1600 dpi, cấu trúc gỗ được thấy khá chi tiết.

Mật độ (số lượng trên một mét vuông mặt đất) và chiều cao của các rễ thở đường như có liên quan đến các đặc tính thoát nước của đất. Điển hình là loài Mắm (*Avicennia*), cả mật độ và chiều cao của rễ thở đều có khuynh hướng cao hơn ở những nơi thoát nước thấp (Saifullah và Elahi, 1992). Kiểu hình tương tự này của Mắm (*Avicennia*) cũng được thấy ở những nơi có mức bồi tụ cao (Young và Harvey 1996). Những dữ liệu quan sát định tính tại hiện trường cũng cho thấy các kiểu hình tương tự đối với loài Đước (*Rhizophora*) nhưng chưa thấy có dữ liệu định lượng cho các loài khác.

Mặc dù các hệ thống rễ cây rừng ngập mặn gồm nhiều loại hình với chức năng khác nhau, nhưng nhìn chung thì có thể xem chúng như một mô hình kiến trúc mà trong đó hệ thống rễ chính (rễ chà kheo của loài Đước (*Rhizophora*) và rễ ngang của các loài khác) có tác dụng chống đỡ và gắn kết (đường dẫn) để cung cấp nước và dinh dưỡng từ các rễ hút nhỏ hơn từ dưới đất lên phần thân, cành và lá cây trên mặt đất, trong khi đó thì các rễ khí sinh cung cấp lượng dưỡng khí cần thiết để hỗ trợ cho quá trình trao đổi chất của các rễ ngầm.

Nhờ dưỡng khí có thể khuếch tán nhanh chóng trong lớp vỏ chứa mô khí của rễ thở (Curran, 1985; Curran và đồng sự, 1986) nên sự xâm nhập của nó từ bì khổng vào rễ đường như được thúc đẩy bởi cơ chế 'bơm thủy triều' (Scholander và đồng sự, 1955; Allaway và đồng sự, 2001). Khi triều lên ngập rễ thở, lượng dưỡng khí được dùng vào hô hấp làm giảm áp lực bên trong của rễ thở. Khi được giải thoát lúc triều xuống, áp suất còn đang thấp bên trong rễ thở giúp cho không khí tràn vào nhanh qua bì khổng.

Trong hầu hết trường hợp, lượng dưỡng khí chuyển vào đến các rễ bên dưới mặt đất thừa sức cung cấp cho quá trình hô hấp của rễ, còn lượng dưỡng khí dồi dào thì khuếch tán vào đất chung quanh rễ, tạo nên một vùng ô-xy hóa rộng vài milimet. Về nguyên tắc, đây có thể là một yếu tố quan trọng để ngăn ngừa ngộ độc sắt và nhôm; cụ thể là Yousser và Saenger (1998) đã phát hiện ra rằng lượng sắt hay mangan không có tích tụ trên lá khi cây con tiếp xúc với môi trường FeSO_4 hoặc MnSO_4 ở nồng độ cao. Sự hiện diện của miền rễ o-xy hóa đường như cũng đóng vai trò quan trọng trong việc hấp thụ đạm. Nitrate, một thể đạm được hầu hết thực vật hấp thụ, gần như không có mặt trong các loại đất yếm khí, thay vào đó, đạm ở thể amoni thì lại không dành cho hầu hết thực vật, kể cả cây rừng ngập mặn (Boto và đồng sự, 1985). Do oxygen hoặc các chất ô-xy hóa khác là rất cần thiết cho quá trình chuyển hóa amonia thành nitrate dưới tác nhân hóa học hoặc vi khuẩn, nên rất có thể là quá trình chuyển đổi này diễn ra ở miền rễ ô-xy hóa ở chung quanh rễ cây, hoặc cũng có thể là ở bề mặt của rễ.

Tái sinh và phát tán

Như đã đề cập ở Chương 1, cây rừng ngập mặn có trụ mầm có khả năng phát tán nhờ trôi theo nước. Sở dĩ người ta thường dùng thuật ngữ 'trụ mầm' là vì đơn vị phát tán chủ yếu không phải lúc nào cũng bằng hạt. Trong thực tế, cây rừng ngập mặn có rất nhiều đơn vị phát tán khác nhau và chỉ có một số ít loài phát tán bằng hạt; đó là Giá (*Excoecaria*), Tra nhót (*Hibiscus*), *Pelliciera* và Su (*Xylocarpus*). Không phải tất cả, nhưng hầu hết các loài còn lại đều phát tán bằng quả nang bên trong có một hay nhiều hạt hoặc bằng cây mạ thai sinh. Chúng ta không cần phải bận tâm lắm ở đây với các biệt ngữ chuyên môn về thực vật được dùng để mô tả những đơn vị phát tán này, nhưng cần để ý đến hai thuật ngữ là thai sinh và bán thai sinh vì chúng thường xuất hiện trong các tác phẩm viết về rừng ngập mặn.

Thai sinh là dạng hạt giống nảy mầm và thành cây con khi vẫn còn dính vào cây mẹ, thường là không qua giai đoạn ngủ. Tất cả thành viên trong họ Đước (*Rhizophoraceae*) (xem Bảng 2.1 ở Chương 2) đều thuộc giống thai sinh, đơn vị phát tán của chúng là cây giống có hình thon dài, gọi

là trụ dưới lá mầm, nẩy mầm khi vẫn còn dính trên cây mẹ (Hình 3.7). Khi rụng khỏi cây mẹ, nó có sẵn ít nhất một cặp lá dạng kép nằm ở một đầu và các nốt rễ đã tượng hình nằm ở đầu còn lại. Ở tư thế này nó có thể phát triển rất nhanh khi rụng khỏi cây mẹ, hoặc bị kẹt giữa các rễ cây, khe đá và hang hốc sau khi được thủy triều mang đi. Trong thực tế, ta thường thấy các trụ mầm đã có sẵn rễ non trôi bồng bềnh theo dòng nước.



Ảnh: Barry Clough

Hình 3.7 Nụ và hoa nở (ảnh phía trên) và trụ mầm thành thực và đang phát triển (ảnh phía dưới) của loài Đước đôi (*Rhizophora apiculata*).

Với loài bán thai sinh, phôi mầm phát triển thành cây con vẫn còn nằm trong trái cho đến khi trái rụng khỏi cây mẹ. Khi tiếp xúc với nước hoặc nằm trên đất bùn thì lớp vỏ bảo vệ bên ngoài của trái bị bong ra, thường là sau vài ngày. Cây ngập mặn bán thai sinh gồm có *Aegialitis*, Sù (*Aegiceras*), Mắm (*Avicennia*), *Laguncularia*, Dừa nước (*Nypa*) và *Pelliciera* (Saenger, 2002). Tuy nhiên, ý nghĩa thích nghi của giống thai sinh và bán thai sinh về mặt hỗ trợ phát tán thì vẫn còn tranh cãi vì nhiều loài khác không có các đặc tính này vẫn được phát tán rất tốt.

Trụ mầm của tất cả các cây rừng ngập mặn đều nổi trên nước và có thể được mang đi rất xa nhờ thủy triều nếu như chúng không bị vướng lại ở rễ cây và hang hốc trên mặt đất rừng. Tuy nhiên, hầu hết các nghiên cứu đều cho thấy rằng có hơn 70% trụ mầm di chuyển không quá 10 – 300 m tính từ cây mẹ của chúng (Saenger, 2002), tùy thuộc vào động thái của thủy triều, địa hình và vị trí của cây mẹ là ở phía trong rừng hay ở ngoài bìa rừng. Trụ mầm của các loài thịnh hành phía trong rừng (Vẹt (*Bruguiera*), Đà (*Ceriops*), Su (*Xylocarpus*), Giá (*Excoecaria*) và một số loài khác) có xu hướng di chuyển gần hơn trụ mầm của các loài thường thấy ở ngoài bìa rừng (Mắm (*Avicennia*) và Đước (*Rhizophora*)). Khi tiếp cận được các dòng nước ven bờ, đôi khi trụ mầm được trôi đi xa đáng kể nhờ thủy triều và dòng chảy, nhưng thường thì chúng chỉ trôi dạt tới lui theo thủy triều cho đến khi bị mắc cạn ở một nơi không xa lắm tính từ cây mẹ của chúng.



Ảnh: Takayuki Tsuji



Ảnh: Hung Tuck Chan



Ảnh: Shoko Yamagami

Một số trụ mầm điển hình của các loài cây rừng ngập mặn: *Avicennia germinans* (hình trên, bên trái), Bần chua (*Sonneratia caseolaris* - trên, bên phải), Vẹt trụ (*Bruguiera cylindrica* - dưới, bên trái) và Vẹt dù bông đỏ (*Bruguiera gymnorhiza* - dưới, bên phải).



Ảnh: Barry Clough

Trái giống Mắm biển (*Avicennia marina*) bị kẹt lại trong đám rễ thờ của cây mẹ và cây gần bên ở tại Việt Nam

Hiện tượng cản phá của một số loài còng có thể gây ảnh hưởng lớn đến sự hình thành trụ mầm và cây con; dường như hiện tượng này mang tính chất vừa theo từng nơi vừa theo loài. Hiện tượng còng cản phá cây con của loài Mắm (*Avicennia*) thường thấy ở những vùng có còng Sesamid với mật độ cao (Smith, 1987, 1989), ở một số nơi có thể có đến 100% cây con bị ăn sạch hoặc hư hại do còng cắn trong vòng 20 ngày (MacGuinness, 1997). Hiện tượng trụ mầm của các loài Đước (*Rhizophora*), Vẹt (*Bruguiera*), Dà (*Ceriops*) và *Laguncularia* bị cản phá đáng kể cũng đã được ghi nhận (MacKee, 1995; McGuinness, 1997) nhưng trụ mầm của các loài này chắc là ít hấp dẫn hơn cây Mắm (*Avicennia*) non vì chúng có hàm lượng ta-nin cao. Hiện tượng trụ mầm và cây giống bị cản phá nghiêm trọng có thể có ảnh hưởng đến mức độ tái sinh rừng và thành phần loài cây rừng (Smith, 1989).

Bị ấu trùng của bướm và bọ cánh cứng tấn công cũng làm giảm đi khả năng sống còn của một số loài. Các tổn hại này thường gặp ở các loài Su (*Xylocarpus*), Cui (*Heritiera*), Vẹt (*Bruguiera*) và ở mức độ thấp hơn ở loài Đước (*Rhizophora*) (Murphy, 1990). Mặc dù chưa có dữ liệu định lượng nhưng quan sát thực tế cho thấy rằng có khoảng 20-30% hạt Su (*Xylocarpus*) thu nhặt ở Đông-Bắc Úc bị ấu trùng của bướm tấn công. Hiện tượng côn trùng cản phá hoa và nụ cũng khá phổ biến (Murphy, 1990).

Bên cạnh hiện tượng côn trùng cản phá còn có một số tác nhân lý tính và hóa tính khác cũng không kém phần quan trọng đối với sự hình thành cây giống và tỷ lệ sống. Đó là ánh sáng, độ pH, độ mặn, thế năng ô-xy hóa khử (cùng với sự hiện diện của lưu huỳnh), lượng nước trong đất và độ chặt của đất, tác động của sóng và mức ổn định của đất ở sát bờ biển. Sự tương tác giữa các tác nhân này với tỷ lệ sống của cây con có vẻ khác nhau tùy theo loài và điều kiện cục bộ và cũng chưa được khám phá nhiều. Tuy nhiên, dù trụ mầm và cây con phải đối mặt với tất cả khó khăn đó để được thành hình nhưng trong hầu hết trường hợp, số lượng sống sót cũng đủ để bảo đảm được tính liên tục phát triển của rừng qua thời gian dài.

Trong chương này chúng ta đã thấy được cây rừng ngập mặn làm cách nào để điều tiết được nước và muối, đối phó được loại đất không ổn định, yếm khí và phát tán được trong một môi trường không ưa thích và luôn luôn thay đổi. Ở chương kế tiếp, chúng ta sẽ lược qua một số loài động vật và thực vật khác cùng chung sống trong sinh cảnh rừng ngập mặn và cùng với cây rừng ngập mặn hình thành nên các hệ sinh thái độc đáo và đầy năng suất này.

Chương 4

CÁC THÀNH PHẦN SINH VẬT KHÁC

Thành phần hiển thị nhất của sinh cảnh rừng ngập mặn tất nhiên là cây rừng. Tuy nhiên, các hệ sinh thái rừng ngập mặn thì không phải chỉ có cây cối mà chúng chứa đựng cả một lực lượng hùng hậu gồm thực vật khác, động vật lớn, côn trùng và vi sinh vật. Trong đó có một số loài đặc hữu chỉ sống trong môi trường rừng ngập mặn, số khác sống dựa vào sinh cảnh rừng ngập mặn ít nhất là trong một quãng đời nhưng hầu hết là các loài phổ biến, sống được cả ở các môi trường cận biển, trên cạn và trong rừng ngập mặn. Cùng với cây rừng ngập mặn, tất cả các thành phần sống khác tạo nên một hệ sinh thái phức hợp, liên hoàn, năng động và đầy chức năng sinh tồn, đó là 'hệ sinh thái rừng ngập mặn'. Chính sự tương tác giữa các thể sống này và môi trường tự nhiên đã trao cho rừng ngập mặn một vai trò độc đáo làm cầu nối giữa biển cả và đất liền, đồng thời mang lại một nguồn tài nguyên hàng hóa dồi dào và các dịch vụ cho loài người.

Khu hệ động vật

Không khác gì cây rừng, khu hệ động vật trong sinh cảnh rừng ngập mặn biến thiên giữa các vùng địa lý, theo vĩ độ, địa hình và cao trình khác nhau. Tuy nhiên, mỗi nhóm động vật – động vật có vú, bò sát, chim, giáp xác, thân mềm, cá, côn trùng, sâu bọ, và vi sinh vật như tuyến trùng, nấm và vi khuẩn – đều hiện diện ở hầu hết các môi trường rừng ngập mặn.

Nhiều loài động vật được phát hiện trong rừng ngập mặn và vai trò của chúng góp phần vào chức năng của hệ sinh thái đã được mô tả rất kỹ (Kathiresan và Bingham, 2001; Hogarth, 2007; Nagelkerken và đồng sự, 2008). Ở đây chúng ta chỉ lược qua một số thành phần động vật khá phổ biến cùng với tầm quan trọng của chúng.

Động vật có vú

Nền đất mềm, lầy lội của sinh cảnh rừng ngập mặn thường không thích hợp lắm cho các loài động vật có vú trên cạn, nhưng ta vẫn thường gặp một số động vật có vú ăn thịt ở rừng ngập mặn. Chúng gồm có cạp, các loài hoang dã nhỏ hơn thuộc họ mèo, rái cá và gấu mèo, nhưng dường như trong số này không có loài nào chỉ sống duy nhất ở rừng ngập mặn. Nhiều giống khỉ phổ biến cũng có trong rừng ngập mặn, đó là Khỉ đuôi dài, ăn còng (*Macaca fascicularis*) và Voọc bạc (*Trachypithecus cristatus*). Tuy nhiên, rừng ngập mặn hình thành môi trường sống đặc biệt cho loài Khỉ mũi dài (*Nasalis larvatus*) nguy cấp, vốn giới hạn phạm vi phân bố ở các khu rừng ngập mặn, rừng ven sông nước ngọt và rừng đầm lầy trên đất than bùn ở đảo Borneo (Meijapus và Nijman, 2000). Ở nơi khác, giống Lười lùn ba ngón (*Bradypus pygmaeus*) cực kỳ nguy cấp chỉ được thấy trên một hòn đảo nhỏ, ngoài khơi của bờ biển Panama (<http://www.arkive.org/pygmy-three-toed-sloth/bradypus-pygmaeus/>).

Các loài động vật có vú khác như trâu nước, bò, dê và nai cũng thường đến kiếm ăn ở các khu rừng ngập mặn khô ráo, đất cao và sâu trong đất liền của rừng ngập mặn. Đặc biệt là tình trạng nuôi thả Lạc đà đã gây ảnh hưởng lớn đến quần xã Mắm (*Avicennia*) ở Pakistan và một số nơi ở Trung Đông.

Các loài động vật dưới nước như Hà mã, Lợn biển, Bò biển và một số loài Cá heo thỉnh thoảng cũng được thấy ở các vùng cửa sông rừng ngập mặn ở Châu Phi, nhưng các loài này không phải nhờ rừng ngập mặn nuôi sống trực tiếp (Spalding và đồng sự, 2010). Ở miền Đông-Bắc Úc, rừng ngập mặn làm nơi cư trú cho đông đảo cá thể của một số loài dơi ăn trái (tên địa phương là cáo bay) thuộc chi Dơi quạ (*Pteropus*).



Ảnh: Hung Tuck Chan



Ảnh: Shigeyuki Baba

Con Voọc bạc (*Trachypithecus cristatus*) được ngồi trên nóc nhà (bên trái) và bầy Khỉ mũi dài (*Nasalis larvatus*) trong rừng ngập mặn ở Sabah, Malaysia (bên phải).

Bò sát và lưỡng cư

Cá sấu (*Crocodylus porosus*) cửa sông hay cá sấu nước mặn là loài phổ biến trong các sinh cảnh rừng ngập mặn ở hầu hết các vùng nhiệt đới thuộc Châu Á, Papua New Guinea và Bắc Úc, nhưng hiện nay chúng đã biến mất khỏi vùng ven biển của các quốc gia có mật độ dân số cao ở ven biển (như Thái Lan và Việt Nam). Loài cá sấu này có thể dài đến 6 mét và là loài ăn thịt lớn nhất trong sinh cảnh rừng ngập mặn, được đặt trên đỉnh của chuỗi thức ăn. Ở Châu Phi, cá sấu sông Nile (*Crocodylus niloticus*) cũng là loài phổ biến trong các sinh cảnh rừng ngập mặn, nhưng cá sấu Châu Mỹ (*Alligator mississippiensis*) thì sinh sống ở các đầm lầy nước ngọt và nước lợ, hiếm khi lai vãng đến các sinh cảnh rừng ngập mặn ưu thế cận biển. Kỳ đà rừng ngập mặn (*Varanus indicus*), một loài thuộc họ thằn lằn có thể dài đến 1,2 m cũng phân bố rất rộng ở bắc Úc, Papua Guinea và một số hòn đảo khác ở Tây Thái Bình Dương. Không những phổ biến ở rừng ngập mặn, kỳ đà rừng ngập mặn còn được thấy ở các sinh cảnh trên cạn khác, đổi lại, các loài thằn lằn nhỏ hơn khác cũng thường được gặp ở trong rừng ngập mặn.

Bên cạnh các loài cá sấu và thằn lằn, trong sinh cảnh rừng ngập mặn còn có rất nhiều loài rắn nhưng chỉ có một số thuộc nhóm loài đặc hữu của rừng ngập mặn. Rắn hổ mây, một loại rắn trên cây sống phổ biến ở rừng ngập mặn ở Úc và Châu Á, thường được xem là loài tiêu biểu của rừng ngập mặn, nhưng cũng được thấy ở các khu rừng trên cạn gần đó. Các loài rắn khác như rắn Hổ mang, rắn Lục xanh và Trăn đá cũng được phát hiện ở Sundarbans, Bangladesh (Kathiresan và Bingham, 2001).

Có rất ít loài lưỡng cư thích hợp với điều kiện nhiễm mặn, làm cho chúng bị giới hạn ở các triền đất hay khu vực có nước ngọt chảy qua với lưu lượng lớn. Chỉ có loàiẾch ăn còng ở Đông Nam Á (*Fejervarya cancrivora*) có vẻ có khả năng sống được trong điều kiện nhiễm mặn (Hogarth, 2007).

Chim

Rừng ngập mặn là nơi cư trú quan trọng của rất nhiều loài chim trong đất liền và chim nước, kể cả một số loài nguy cấp và loài bị đe dọa. Số lượng loài và mật độ cá thể biến thiên đáng kể theo vùng địa lý – có 186 loài được ghi nhận ở các khu rừng ngập mặn nhiệt đới ẩm thuộc Đông-Bắc Úc, 104 ở Tây-Bắc Úc, 135 ở Tây Malaysia, 125 ở Guinea-Bassau và 84 ở Trinidad (Nagelkerken và đồng sự, 2008), trong khi đó có hơn 300 loài được ghi nhận ở vùng Sundarbans rộng lớn hơn thuộc Bangladesh (Kathiresan và Bingham, 2001). Những con số này nói lên rằng phạm vi sử dụng rừng ngập mặn của chim có thể phụ thuộc vào quy mô diện tích của rừng ngập mặn và mức độ tiếp giáp của rừng với các sinh cảnh liền kề khác thích hợp với chim.

Hầu hết các loài chim không phải là loài đặc hữu của rừng ngập mặn mà chúng có phạm vi môi trường sống rộng hơn rất nhiều – điển hình như ở Úc, trong hơn 200 loài chim được quan sát ở rừng ngập mặn, dường như chỉ có 14 loài có giới hạn trong rừng ngập mặn và 12 loài khác thì ít nhất có một phần phạm vi môi trường sống là rừng ngập mặn. (Schodde và đồng sự, 1982). Mặc dù vậy, sự liên kết giữa rừng ngập mặn với các lạch nước cận ven biển và bãi bồi dồi dào thức ăn đã làm cho chúng có nét hấp dẫn đặc biệt đối với chim nước để làm nơi trú ngụ và sinh sản. Rừng ngập mặn còn là môi trường nghỉ chân quan trọng của các loài chim di trú.

Cá

Tất cả các nghiên cứu về số lượng cá thể của cá ở các vùng cửa sông có rừng ngập mặn đều cho thấy tính đa dạng loài của cá ở đây rất cao. Số lượng loài ở rừng ngập mặn nhiệt đới thường không dưới 100 và có khi còn gấp đôi con số này, nhưng số lượng loài của cá trong rừng ngập mặn giảm đi ở các sinh cảnh cận nhiệt đới. Chỉ có một số là loài đặc hữu vùng cửa sông, còn lại hầu hết là có xuất xứ xa bờ. Chẳng hạn như tôm có lượng con giống đặc biệt dồi dào, một số nơi lên đến 160 con mỗi mét vuông mặt nước với tổng trọng lượng bằng 29 gam mỗi mét vuông (Robertson và Blaber, 1992). Nhiều nghiên cứu cho thấy rằng hệ thống rễ của cây rừng ngập mặn chính là nơi ẩn náu quan trọng và chính vì vậy thành phần loài của cá biến thiên theo kiểu hình của cây rừng (Nagelkerken và đồng sự, 2008). Cá con ở vùng cửa sông rừng ngập mặn chủ yếu là ăn động vật đáy (loại động vật rất nhỏ hay vi sinh vật), thành phần chính là các loài chân kiểng và ở một số thời điểm trong năm là ấu trùng của còng sesarmid (Robertson và Duke, 1990). Ở rừng ngập mặn Đông-Bắc Úc, các loài cá ăn thịt lớn dường như chỉ ăn còng sesarmid và tôm con là chính (Robertson và đồng sự, 1992).



Ảnh: Jin Eong Ong



Ảnh: Mio Lezuka

Cá Bống sao, thuộc họ Gobiidae (họ Bống). Loại cá lưỡng cư này hấp thụ dưỡng khí thông qua da, miệng và hầu, có khoang mang lọc khí rộng. Để sống được thì da của chúng cần phải ướt.

Cua, còng

Trong số động vật thân nhỏ, cua, còng là các cư dân thường thấy nhất của sinh cảnh rừng ngập mặn. Tuy nhiên, loài và số lượng cá thể (mật độ) biến thiên rất lớn ở các nơi khác nhau và tùy theo vị trí của rừng trong vùng bán nhật triều. Loài còng gió thuộc chi *Uca* là rất phổ biến từ các bãi bồi thủy triều cho đến dọc theo bờ rừng và bên ngoài rừng ngập mặn ở phía biển, nhưng số lượng cá thể thường giảm nhanh khi vào trong ruột rừng hoặc nơi đất cao. Còng gió ăn xác hữu cơ lẫn trong lớp bùn bề mặt lộ ra khi triều xuống, khi triều lên ngập bãi bùn thì chúng rút vào hang.

Một số còng là loài vật leo cây, suốt ngày tìm nhặt tảo bám trên rễ lộ thiên và thân cây, đôi khi trèo lên tận trên tán lá để gắp thức ăn ở mặt dưới của lá (Hogarth, 2007). Tuy nhiên, nhóm còng grapsid, bao gồm chi *Sesarma* và các họ gần gũi, đóng vai trò rất quan trọng trong việc phân hủy vật rụng (xác thực vật chết và mục rữa) trên thảm rừng (Robertson, 1986; Robertson và Daniel, 1989), ở một số trường hợp, chúng tiêu thụ hoặc chôn vùi đến 28% số lá rụng ở những khu vực ngập triều hai lần mỗi ngày và đến 80% ở các khu rừng cao, bán nhật triều ít ngập nước (Robertson và đồng sự, 1992). Mặc dù lá cây chiếm khối lượng lớn trong khẩu phần của các loài còng ăn cỏ nhưng chúng còn tiêu thụ cả hoa và trụ mầm của cây (Smith, 1987, 1989). Do đó, sản phẩm của cây rừng ngập mặn có thể chiếm đến 80% hoặc nhiều hơn nữa trong khẩu phần của nhiều loài còng ăn cỏ này (Hogarth, 2007).



Ảnh: Barry Clough



Ảnh: Mio Kezuka

Con Còng gió đực (chi *Uca*) bên cạnh miệng hang (hình bên trái). Chiếc càng lớn là để hấp dẫn các con cái. Con cái thường nhỏ hơn, màu sắc ít sặc sỡ hơn và không có chiếc càng lớn (hình bên phải). Còng gió ăn các mảnh nhỏ của xác hữu cơ và tảo trên mặt đất bùn. Chúng thường hiện diện với số lượng lớn ở các bãi bồi và dọc theo mép rừng ngập mặn, nhưng ít khi gặp ở sâu trong rừng.

Một loài khác không kém phần quan trọng đó là cua biển (*Scylla*), là loài có giá trị thương phẩm cao, bắt được ở trong hoặc ở gần rừng ngập mặn thuộc khu vực Ấn độ-Tây Thái Bình Dương. Tuy nhiên, cua biển không gửi cả vòng đời ở vùng cửa sông có rừng ngập mặn, con cái bơi theo các dòng nước ra tận ngoài khơi để đẻ trứng rồi quay trở lại vùng cửa sông, nơi khá an toàn của chúng. Sau khi nở ra, ấu trùng cua biển trải qua nhiều giai đoạn phát triển trước khi di cư về vùng khá an toàn ở cửa sông có rừng ngập mặn. Cua biển (*Scylla*) không có ở bờ biển Đông Đại Tây Dương, nhưng loài cua của rừng ngập mặn khác là *Ucides cordatus* thì được xem là món cao lương mỹ vị ở đây.



Ảnh: Hung Tuck Chan



Ảnh: Takayuki Tsuji

Cua rừng ngập mặn: Cua biển (*Scylla serrate*) ở Đông Nam Á (trái) và cua *Ucides cordatus* ở Brazil (bên phải)

Tôm và các loài giáp xác khác

Tôm he, là loài có giá trị thương phẩm cao, có rất nhiều ở các cửa sông có rừng ngập mặn, phần lớn ở dạng tôm con. Chúng có xu hướng tụ tập trong đám rễ của cây rừng dọc theo triền cửa sông, nơi đó chúng được bảo vệ khỏi những kẻ ăn thịt và kiếm được môi nấy sinh từ xác thực vật rừng ngập mặn, các loài giáp xác chân hai loại và giun nhiều tơ. Ở Bắc Úc và Đông Nam Á, khẩu phần của loài Tôm he mùa (*Penaeus merguensis*) chủ yếu dựa vào xác thực vật rừng ngập mặn trong khi các loài tôm he khác ở Trung Mỹ thì xác thực vật rừng ngập mặn chiếm ít hơn 25% khẩu phần của chúng, bù lại, các loài này chủ yếu ăn giun nhiều tơ và giáp xác chân hai loại (Robertson và đồng sự, 1992).

Hàu là nhóm giáp xác gây thiệt hại đáng kể cho cây rừng ngập mặn. Hàu đeo bám rất phổ biến trên rễ khí sinh và thân cây để đón bắt các mẫu thức ăn trong nước trôi ngang qua. Mật độ hàu cao có thể cản trở quá trình trao đổi khí của các rễ khí sinh, nhưng không gây thiệt hại lớn cho cây đã trưởng thành. Tuy nhiên, hàu đeo bám làm chết nhiều cây con và thường có tác động lớn đến cả tái sinh tự nhiên lẫn các nỗ lực tái tạo rừng ngập mặn (xem Chương 7).

Các loài chân bụng và động vật thân mềm khác

Các loài chân bụng bao gồm ốc, sên và nhiều động vật thân mềm khác thường có chiếc vỏ hình nón (nhưng không phải loài chân bụng nào cũng có vỏ). Hầu như các loài chân bụng cỡ lớn phổ biến nhất ở rừng ngập mặn đều thuộc chi Ốc biển (*Terebralia*), phân bố rộng khắp khu vực Ấn độ - Tây Thái Bình Dương. Tuy nhiên, phần nhiều trong số đó thường là các loài động vật ngộ nghĩnh của rừng ngập mặn. Nhiều loài chân bụng thuộc nhóm ăn xác bã dưới đáy (sống ở đáy), các loài khác thì kiếm ăn trên cây và có thể thấy chúng kiếm mồi ở mọi độ cao của tán lá.

Bên cạnh loài chân bụng, các loài động vật thân mềm khác cũng rất phổ biến ở rừng ngập mặn. Chẳng hạn như hàu thịt sống bám trên rễ cây rừng ngập mặn, Vọp (*Gelina* spp.) có thể thấy trên mặt đất bùn hoặc vùi xuống bùn để tự bảo vệ. Sò huyết (*Anadara granosa*), một loài hai mảnh vỏ cỡ nhỏ sống ở bãi bồi phía ngoài rừng ngập mặn, là một loài rất quan trọng tạo ra thu nhập và sinh kế ở nhiều khu vực của Châu Á. Giống hai mảnh vỏ khác là Chem chép cũng có mặt ở rừng ngập mặn.

Nhiều loài Hà gây thiệt hại lớn cho thân và rễ cây rừng ngập mặn, đặc biệt là rễ cà kheo của Đước (*Rhizophora*). Giống thân mềm hai mảnh vỏ này khoét vào trong gỗ và ăn rễ cây từ trong ra ngoài. Ấu trùng thường xâm nhập vào rễ tại những điểm có lớp vỏ ta-nin bên ngoài bị vỡ hoặc bị hư. Cây bị hư hại do hà thì trở nên yếu ớt và có thể bị đổ ngã.



Ảnh: Takayuki Tsuji

Chem chép rừng ngập mặn ở Brazil

Côn trùng

Côn trùng có mặt ở khắp mọi nơi trong sinh cảnh trên cạn, nên sẽ là điều ngạc nhiên nếu như chúng vắng bóng trong sinh cảnh rừng ngập mặn. Trong thực tế, côn trùng rất phổ biến trong sinh cảnh rừng ngập mặn. Một số là loài vô hại, sống khá hài hòa với cây chủ, nhưng phần lớn là các loài ăn thực vật, chúng tấn công lá, gỗ, trụ mầm và cây non của rừng ngập mặn. Một trong những báo cáo khoa học về côn trùng trong rừng ngập mặn toàn diện nhất (nhưng chưa đầy đủ) là của Murphy (1990), đã mô tả đặc tính sinh học của 102 loại côn trùng ăn thực vật ở Singapore và các khu vực lân cận với Tây Malaysia. Ấu trùng của bướm đêm và cả ấu trùng lẫn bọ cánh cứng trưởng thành là các loài côn trùng ăn thực vật rất phổ biến ở rừng ngập mặn. Có một số loài là đặc thù của rừng ngập mặn nhưng số khác là các loài phổ biến. Mặc dù dịch cây chết do côn trùng cắn phá đã được ghi nhận nhưng hiện tượng này dường như không phổ biến lắm. Thiệt hại lớn do sâu đục thân dường như không phổ biến đối với cây trưởng thành nhưng hiện tượng sâu đục thân tấn công trụ mầm và cây non có ảnh hưởng đáng kể đến khả năng sống sót của trụ mầm và tỷ lệ thành rừng của cây non (xem Chương 3).

Mặc dù côn trùng sống trong rừng ngập mặn, đặc biệt là bướm đêm và bọ cánh cứng, là những loài phá hại cây cối nhưng kiến thì lại vừa phổ biến vừa có lợi. Có khoảng 22 loài kiến được ghi nhận ở Brazil và 16 loài ở Úc. Các tập đoàn kiến vàng lớn có mặt ở khắp các khu rừng ngập mặn Châu Á. Ngoài nhiệm vụ chính là nuôi rệp sáp để hút mật, kiến vàng còn làm được một việc nghĩa

nữa, đó là ăn thịt các loài côn trùng gây hại. Một số loài kiến khác trú ẩn trong đám thực vật biểu sinh đeo bám trên thân và nhánh cây rừng ngập mặn. Mỗi cũng hiện diện ở rừng ngập mặn, nhưng chủ yếu là các loài sống trên cây vì hầu hết rừng ngập mặn đều ngập nước, không thích hợp cho các loài mối trên cạn làm tổ. Đôi khi mối ăn rỗng cả phần ruột của cây già, chỉ còn lại một lớp sườn gỗ bên ngoài chống đỡ cho cây.

Ong cũng là loài phổ biến ở rừng ngập mặn và là nguồn sản xuất mật thương phẩm ở Ấn Độ, Bangladesh, vùng Caribbean và Florida (Kathiresan và Bingham, 2001). Chúng còn là những nhà thụ phấn rất hữu hiệu.



Ảnh: Shigeyuki Baba

Các loài côn trùng sống ưu thế trên cạn cũng được thấy ở rừng ngập mặn. Bướm Papilio đậu trên hoa Vẹt dù bông đỏ (*Bruguiera gymnorhiza* - bên trái) và rệp phát sáng, màu sắc sỡ (bên phải).

Các loài sinh vật đáy cỡ nhỏ không xương sống (Động vật giảm phân)

Động vật giảm phân của rừng ngập mặn chủ yếu là các loài chân kiếm và tuyến trùng có thân cứng và loài sên có thân mềm (giun dẹt). Hiểu biết về sên ở rừng ngập mặn còn rất hạn chế bởi vì chúng có thân mềm và chủ yếu vùi trong bùn nên rất khó nghiên cứu.

Tuyến trùng cũng sống trong lớp trầm tích nhưng chúng được nghiên cứu rộng rãi hơn, có khoảng 25 đến 100 loài được ghi nhận từ một số sinh cảnh rừng ngập mặn ở nhiều nơi trên thế giới (Nagelkerken và đồng sự, 2008). Tuy nhiên, tuyến trùng trong rừng ngập mặn dường như không khác mấy so với đồng loại sống ở các môi trường đáy ở ven bờ (sinh vật đáy là các loài sống ở trong hoặc trên mặt bùn).

Các loài chân kiếm sống trong lớp trầm tích và trong xác lá, mùn bã trên thảm rừng. Thành phần loài của động vật chân kiếm sống trong lớp trầm tích dường như không khác mấy so với đồng loại sống ở môi trường đáy ven bờ. Tuy nhiên, người ta đoán rằng một vài loài chân kiếm sống trong lớp xác lá trên mặt có thể là loài đặc biệt của rừng ngập mặn (Nagelkerken và đồng sự, 2008). Như đã đề cập ở trên, có dấu hiệu cho thấy rằng các loài chân kiếm (có thể là các loài sống trong xác lá và mùn bã bề mặt) là một phần quan trọng trong khẩu phần thức ăn của cá con.

Các thành phần thực vật khác

Bên cạnh cây thân gỗ, một số loài thực vật bậc cao khác, dương xỉ, địa y, tảo lớn và tảo phiêu sinh cùng với tảo đơn bào khác thường được thấy trong rừng ngập mặn. Điển hình như Giesen và đồng sự (2007) đã liệt kê 262 loài thực vật bậc cao (không tính địa y và tảo) được phát hiện trong sinh cảnh rừng ngập mặn ở Đông Nam Á. Hầu hết không phải là loài đặc biệt của rừng ngập mặn nhưng các loài thực vật bậc cao làm tăng tính đa dạng thực vật của rừng ngập mặn, còn thực vật phù du thì góp phần vào tổng lượng năng suất thuần của sinh cảnh rừng ngập mặn. Dù không thể mô tả chúng hết được ở đây, nhưng chúng ta sẽ lược qua vai trò của các quần xã thực vật phù du và tảo đáy trong các hệ sinh thái rừng ngập mặn.

Quần xã thực vật phù du và tảo đáy góp phần tạo nên chức năng của hệ sinh thái rừng ngập mặn bằng hai con đường: Thứ nhất, chúng góp một phần dù nhỏ nhưng đo lường được trong năng suất thuần của sinh cảnh rừng ngập mặn (Boto và Robertson, 1990). Phần đóng góp của tảo đáy có thể bị hạn chế do rừng rậm tán, thiếu ánh sáng (Alongi, 1994).

Thứ hai, một số lượng đáng kể của tảo cát và tảo nhỏ được phát hiện trên bộ rễ khí sinh và các phần dưới thấp của cây rừng ngập mặn ngập triều. Chúng tạo nên một nguồn thức ăn quan trọng cho các loài ốc leo cây và loài chân bụng khác, chúng len lỏi trong cây từ trên xuống dưới theo nước triều để gặm lấy bất kỳ mẫu thức ăn nào tìm được. Thêm vào đó, đôi khi chúng có thể đóng góp đáng kể vào tổng lượng năng suất sơ cấp của rừng ngập mặn.

Trong chương này chúng ta đã tìm hiểu một cách khá khái quát về tính đa dạng của đời sống động vật trong rừng ngập mặn và một số tương tác giữa cây rừng và hệ động vật. Hình ảnh nổi bật ở đây là mạng lưới thức ăn phức hợp của hệ thực vật và động vật sống phụ thuộc lẫn nhau trong một sinh cảnh rừng ngập mặn. Ở chương tiếp theo, chúng ta sẽ tìm hiểu xem con người làm cách nào để sử dụng rừng và các tài nguyên biển khác của hệ sinh thái rừng ngập mặn.

Chương 5

SỬ DỤNG VÀ CÁC GIÁ TRỊ CỦA RỪNG NGẬP MẶN

Con người đã sống bên trong hoặc ở cạnh rừng ngập mặn hàng ngàn năm nay. Có sẵn cây làm củi, cất nhà, đóng thuyền và làm ngư cụ cùng với nguồn tài nguyên biển đầy cá, tôm, cua và nghêu sò, rừng ngập mặn đã thu hút nhiều lớp người từ thời xa xưa đến đây nương tựa. Nhiều cộng đồng người bản địa ven biển hiện vẫn còn sử dụng rừng ngập mặn rất giống như cách mà tổ tiên của họ đã làm. Các cộng đồng ở rừng ngập mặn truyền thống này hiểu được nhịp điệu của rừng ngập mặn và các lợi ích mà chúng mang lại, phần lớn sống hòa quyện với hệ sinh thái mà cuộc đời của họ đã phụ thuộc rất mật thiết này. Tuy nhiên, mọi thứ đang thay đổi do dân số ven biển ngày càng đông, sự cạnh tranh trở nên gay gắt hơn ngấm vào nguồn tài nguyên ven biển có hạn này.

Khai thác rừng ngập mặn ở quy mô lớn để lấy gỗ và các sản phẩm từ gỗ là một trang sử dài, người ta kinh doanh gỗ tròn của rừng ngập mặn từ Đông Phi đến các nước Ả Rập hơn 2.000 năm nay cùng với khối lượng gỗ rừng ngập mặn khổng lồ được dùng trong xây dựng ở Ai Cập cách đây hơn 1.000 năm (Spalding và đồng sự, 2010). Một đầu mối sử dụng sản phẩm rừng ngập mặn khác, sớm hơn (cuối thế kỷ 18th) là ngành công nghiệp thuộc da ở Brazil (Spalding và đồng sự, 2010). Theo thời gian, diện tích rừng ngập mặn cũng đã được sử dụng cho nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản; điển hình là nghề trồng lúa đầm trên đất rừng ngập mặn đã được triển khai dọc theo bờ biển Tây Phi khoảng 1.000 năm nay (Field-Back, 2008), và hệ thống luân canh lúa – tôm, cá truyền thống ở Indonesia (Tambak) đã hình thành từ thế kỷ 16th (Schuster, 1952; Naamin trích dẫn, 1986). Rất tiếc là hiện không đủ tài liệu dẫn chứng tác động của hiện tượng sử dụng đất rừng và khai thác rừng ngập mặn đến mức độ nào ở thời kỳ trước.

Những thông tin trên đây cho thấy rằng trong quá khứ, rừng ngập mặn đã được khai thác bằng nhiều hình thức, một số cách là vô hại, số còn lại nhuộm màu tàn phá. Tuy nhiên, ở thời đại dân cư đông đúc và công nghiệp hóa ngày nay, chúng ta đã sử dụng rừng ngập mặn theo khuynh hướng khai thác và tàn phá đại trà. Trong chương này, chúng ta sẽ tập trung vào các sản phẩm và dịch vụ mà rừng ngập mặn mang lại và chúng được các cộng đồng ven biển sử dụng như thế nào. Cải tạo và chuyển đổi rừng ngập mặn cho mục đích sử dụng khác cùng với tình trạng khai thác cạn kiệt rừng ngập mặn sẽ được thảo luận ở Chương 6.

Sản phẩm và dịch vụ của rừng ngập mặn

Bản Đánh giá Hệ sinh thái Thiên niên kỷ (2005) đã liệt kê một loạt các dịch vụ hệ sinh thái phát sinh từ các vùng đất ngập nước hoặc do các vùng đất ngập nước mang lại. Trên quan điểm chung, đây là cách để mô tả giá trị và tác dụng của rừng ngập mặn, nhưng khái niệm dịch vụ hệ sinh thái chưa được ăn sâu vào tư tưởng của công chúng hoặc tư tưởng của giới người có quyền quyết định cho sự phát triển và sử dụng đất vùng ven biển. Do đó, có lẽ cần phải diễn đạt sự đóng góp của rừng ngập mặn bằng các thuật ngữ hàng hóa (hay sản phẩm) và dịch vụ, là những thuật ngữ thương mại để các nhà kinh tế, giới chức có quyền quyết định, và những người có liên quan hoặc có trách nhiệm trong việc hoạch định và phát triển vùng ven biển dễ nắm bắt hơn.

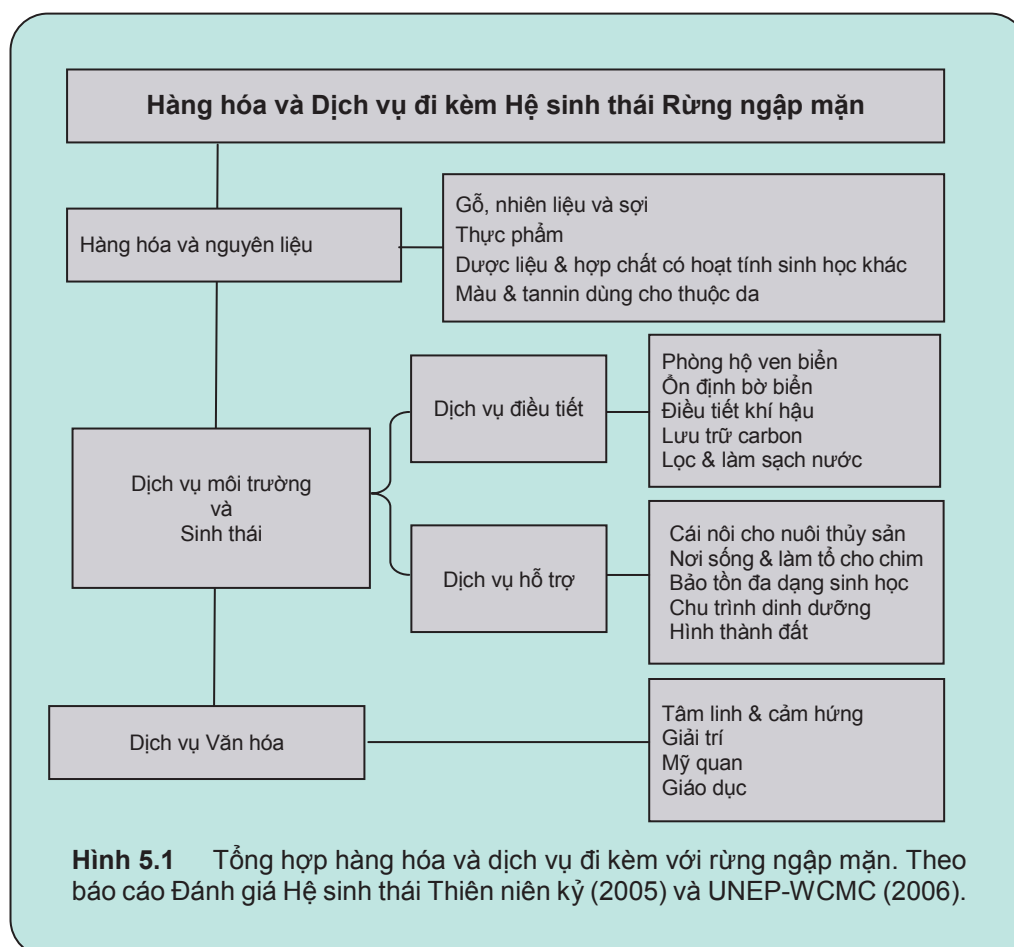
Rừng ngập mặn mang lại vô số hàng hóa và dịch vụ cho xã hội hiện đại của chúng ta (Hình 5.1). Trong khi hàng hóa trực tiếp hoặc gián tiếp phát sinh từ rừng ngập mặn đã được thừa nhận rộng rãi thì các dịch vụ sinh thái và môi trường do rừng ngập mặn mang lại vẫn chưa được quý trọng trong quá khứ. Vấn đề hiện đang bắt đầu thay đổi theo sự tăng dần của mối quan tâm về mất đa dạng sinh học và như chúng ta sẽ thấy dưới đây, có lẽ nhờ nhận thức được rằng nhiều dịch vụ mà rừng ngập mặn mang lại đóng vai trò quan trọng nhằm thích ứng và giảm thiểu các hệ quả của biến đổi khí hậu.

Các sản phẩm phát sinh từ rừng ngập mặn

Như đã đề cập trong phần dẫn nhập của chương này và trong Hình 5.1, rừng ngập mặn mang đến vô vàn sản phẩm, không chỉ riêng cho sinh kế và cuộc sống hàng ngày của các cộng đồng sống ở vùng ven biển mà còn cho ngành khai thác thương phẩm 'sinh thái thân thiện'. Mặc dù chưa đầy đủ nhưng các danh mục tổng hợp những sản phẩm (hàng hóa) phát sinh từ rừng ngập mặn đã được Saenger và đồng sự (1983) và Hamilton và Snedaker (1984) sưu tập. Đó là các sản phẩm từ gỗ dùng cho xây dựng, đóng thuyền, đồ nội thất và các vật dụng nhỏ bằng gỗ cho đến giấy, cồn, keo dán, chất bảo quản, dược phẩm như mật ong, chất thay thế trà và thêm vào đó là cá, tôm, cua và các nguồn thức ăn giàu đạm khác được đánh bắt từ hệ sinh thái rừng ngập mặn (Bảng 5.1).

Các sản phẩm từ gỗ

Gỗ của hầu hết các loài cây rừng ngập mặn đều được sử dụng bằng hình thức rất giống như đối với các loài cây rừng trên cạn, từ công trình nặng, đóng thuyền, làm nhà cho đến ván ép, giấy và tất nhiên là phải kể đến nhiên liệu (củi và than). Chất lượng gỗ của cây rừng ngập mặn khác nhau tùy theo loài; một vài loài có gỗ cứng và độ bền tốt thì được dùng trong công trình nặng, làm cửa và nhà cửa, còn những loài có gỗ mềm hơn thì thường được dùng làm đồ nội thất, điêu khắc và đồ trang trí khác. Tuy nhiên, trong thực tế việc sử dụng gỗ còn tùy vào loài cây nào đang có sẵn ở địa phương, đường kính và chiều cao của cây. Chẳng hạn có thể thấy ở hạ lưu Đồng bằng sông Cửu Long, Việt Nam như giường nằm, bàn ghế và sàn nhà được đóng bằng ván *Đước (Rhizophora)* có chiều ngang 40 – 50 cm, nhưng hiện nay thì ít khi gặp được cây rừng ngập mặn nào có đường kính lớn hơn 25 – 30 cm ở Việt Nam, làm cho phạm vi sử dụng trực tiếp cây gỗ rừng ngập mặn bị bó hẹp, chủ yếu là làm cột nhà, ván sàn, cửa, cầu khỉ, củi và than ở các vùng nông thôn ven biển.



Bảng 5.1 Công dụng hiện nay của cây rừng ngập mặn (được bổ sung từ Hamilton & Snedaker, 1984)

Chi	Công dụng
<i>Acanthus</i>	Dược liệu
<i>Aegialitis</i>	Mật
<i>Aegiceras</i>	Củi đùn, rường xà, cột xây dựng, thuốc diệt cá, giấy, mật
<i>Avicennia</i>	Củi đùn, rường xà, cột xây dựng, cọc rào, ván ép, keo dính, củi xông cá, thuốc diệt cá, giấy, cống bông, thức ăn gia súc, phân xanh, trái làm thực phẩm, dược liệu, kệ sàn, than, ván sàn, vách ván, tannin dùng trong thuộc da và nhuộm.
<i>Bruguiera</i>	Củi đùn, than, gỗ, giàn giáo, trụ chống hầm mỏ, đóng thuyền, trụ rào, cống bông, ván ép, rường xà, cột xây dựng, trụ đáy, sợi tổng hợp (tơ nhân tạo), tannin dùng trong thuộc da và nhuộm, trái làm thực phẩm.
<i>Camptostemon</i>	Củi đùn, giàn giáo, giấy.
<i>Ceriops</i>	Than, củi đùn, đóng thuyền, rường xà, giàn giáo, cột xây dựng, tannin dùng trong thuộc da, bảo quản và nhuộm lưới, giấy, chất thay thế trà, dược liệu, mật.
<i>Conocarpus</i>	Củi, than, gỗ, giàn giáo, đóng thuyền, rường xà, cột xây dựng, ván sàn, vách ván.
<i>Cynometra</i>	Củi đùn, công trình nặng, ván sàn, vách ván, mật.
<i>Heritiera</i>	Củi đùn, gỗ, giàn giáo, công trình nặng, cọc neo tàu, rường xà, cột xây dựng, ván sàn, vách ván, đồ nội thất, trụ rào, cống bông, ván ép, keo dính, tay cầm, cối giã gạo, tannin để bảo quản lưới, que diêm.
<i>Kandelia</i>	Củi đùn
<i>Laguncularia</i>	Củi đùn, than, rường xà, cột xây dựng, trụ rào, cống bông, ván ép, keo dính, tannin dùng trong thuộc da, tay cầm.
<i>Lumnitzera</i>	Dược liệu, củi đùn, công trình nặng, tà vẹt, trụ chống hầm mỏ, đóng thuyền, cọc neo tàu, kèo, cột xây dựng, ván sàn, vách ván, trụ rào, cống bông, ván ép, keo dính, trụ đáy, củi xông cá, đồ nội thất, tay cầm.
<i>Nypa</i>	Cồn nhiên liệu, lợp mái nhà và vách nhà, tấm lót, cọc lưới cá, phao, áo mưa, dù che, nón, đường, giấm, thức uống lên men, thức uống có cồn, mứt (trái), lá áo xi gà, sọt, dược liệu.
<i>Rhizophora</i>	Tannin dùng trong thuộc da và bảo quản lưới, nhuộm vải, đồ gỗ, củi đùn, than, gỗ, giàn giáo, công trình nặng, tà vẹt, trụ chống hầm mỏ, cọc neo tàu, rường xà, cột xây dựng, trụ rào, cống bông, ván ép, keo dính, trụ đáy, đồ nội thất, cây Giáng sinh, kệ sàn, ván sàn, vách ván, thức ăn gia súc, phân xanh, chất thay thế trà, mật, tay cầm.
<i>Scyphiphora</i>	Củi đùn, trụ rào, cống bông, ván ép, keo dính, tay cầm.
<i>Sonneratia</i>	Nón, củi đùn, công trình nặng, đóng thuyền, cọc neo tàu, rường xà, cột xây dựng, ván sàn, vách ván, trụ rào, cống bông, ván ép, keo dính, trụ đáy, phao, nhuộm vải, thức ăn gia súc, phân xanh, giấm, mứt và thức uống (trái), rau ăn, đồ nội thất
<i>Xylocarpus</i>	Nhuộm vải, củi, gỗ, giàn giáo, tà vẹt, đóng thuyền, cọc neo tàu, rường xà, cột xây dựng, ván sàn, kệ sàn, trụ rào, cống bông, ván ép, keo dính, giấy, đồ nội thất, tay cầm, đồ chơi, đồ gỗ, tạc tượng, bút chì, dầu thoa tóc.

Trên thế giới chỉ có một ít khu rừng ngập mặn điển hình được điều chế theo hướng sản xuất gỗ hoặc các sản phẩm từ gỗ bền vững dài hạn đặc biệt là ở vùng Sundarbans của Ấn Độ và Bangladesh, ở Tây Malaysia và ở một vài quốc gia thuộc Trung Mỹ. Một điển hình mà nhiều người biết nhất đó là rừng ngập mặn Matang, rừng ở đây được điều chế nhằm mục đích sản xuất cột và than có sản lượng bền vững hơn 100 năm nay. Đước đôi (*Rhizophora apiculata*) là loài cây ưa chuộng thường được chọn để hầm than chất lượng cao vì giá trị năng lượng nhiệt rất cao (~ 5 calo mỗi gam), có thể trồng ở mật độ dày và lớn khá nhanh trong điều kiện thích hợp. Điều chế rừng Đước (*Rhizophora*) trồng để sản xuất than và cột cũng phổ biến ở Thái Lan, nhưng không giống như ở Malaysia và Sundarbans, chu kỳ kinh doanh rừng ở đây chưa đầy 15 năm.

Biện pháp lâm sinh cho rừng ngập mặn để lấy sản phẩm từ gỗ hầu hết là dựa trên công dụng của một loài duy nhất (độc canh). Kiểu canh tác này thường bị phê phán vì nó làm giảm tính đa dạng sinh học. Khi tính đa dạng của loài cây bị sụt giảm rõ rệt thì dường như nó không còn tác dụng đối với tính đa dạng sinh học và năng suất của nguồn lợi thủy sản liền kề ở Tây Malaysia (xem phần nuôi trồng thủy sản ở rừng ngập mặn phía sau của chương này).



Ảnh: Hung Tuck Chan

Sản phẩm từ gỗ là các thành quả chính của rừng ngập mặn Matang, hình trên đây thể hiện các thanh củi để làm than (bên trái) và cột để làm cừ (bên phải).

Một số loài cây gỗ nhẹ hơn, đặc biệt là Su (*Xylocarpus*) và Cui (*Heritiera*), rất thích hợp cho sản xuất đồ nội thất, chén gỗ và nhiều đồ tạo tác sử dụng trong gia đình. Su (*Xylocarpus*) thường được xem là ‘Tuyết tùng của rừng ngập mặn’ vì thớ và màu sắc gỗ tương tự như cây Tuyết tùng. Tuy nhiên, dường như Su (*Xylocarpus*) không được khai thác thương phẩm rộng rãi để làm tủ và đồ nội thất. Có lẽ đây là điều may mắn cho nó vì tất cả các loài Su (*Xylocarpus*) đều chậm lớn và khó gây trồng ở quy mô lớn.

Khai thác rừng ngập mặn thương mại với quy mô lớn, chủ yếu là làm nguyên liệu gỗ dăm và giấy, bắt đầu ở Sabah và Sarawak của Tây Malaysia vào cuối thập niên 1960, rồi sau đó lan sang Indonesia (Saenger và đồng sự, 1983). Do hình thức khai thác này mang tính chất rất hủy diệt và đe dọa đến diện tích lớn của các loại rừng ngập mặn vốn phát triển rất tốt nên nó sẽ được thảo luận sâu hơn ở Chương 6.



Ảnh: Barry Clough



Ảnh: Hung Tuck Chan

Đồ nội thất và hàng tạo tác từ gỗ rừng ngập mặn. Chiếc tủ nhỏ được làm bằng gỗ Su ối (*Xylocarpus granatum*), Cui (*Heritiera littoralis*) và Vẹt dù bông đỏ (*Bruguiera gymnorhiza* - bên trái) và hàng đặc sản điêu khắc từ gỗ Su sừng (*Xylocarpus moluccensis*) ở Malaysia (bên phải).

Tanin và phẩm nhuộm vải từ vỏ cây rừng ngập mặn

Vỏ của tất cả cây rừng ngập mặn đặc biệt là những loài trong họ Đước (*Rhizophoraceae*), có lượng tanin rất lớn, thích hợp cho thuộc da và bảo quản lưới đánh cá. Mặc dù trong thời gian gần đây đã có chất khác thay thế nhưng tình trạng sử dụng vỏ cây rừng ngập mặn để sản xuất tanin thương phẩm đã một thời lan rộng, vào năm 1987 chỉ có Philippines là nước còn có các xưởng sản xuất tanin thương phẩm sử dụng vỏ cây rừng ngập mặn (Chan và Salleh, 1987). Tập quán sử dụng tanin từ vỏ cây rừng ngập mặn để bảo quản lưới đánh cá cũng đã dần biến mất vì người ta quay sang dùng lưới làm bằng nylon. Phẩm nhuộm chiết xuất từ vỏ Đước (*Rhizophora*) dường như được áp dụng rộng rãi nhất nhưng vỏ của cây Dà (*Ceriops*) và Vẹt (*Bruguiera*) cũng sản xuất được phẩm nhuộm dùng cho vải dệt.



Ảnh: Shoko Yamagami



Ảnh: Barry Clough

Vải (bên trái) và cà vạt (bên phải) được nhuộm bằng chất chiết xuất từ vỏ cây Đước vòi (*Rhizophora stylosa*), ở đảo Iriomote, Nhật Bản

Tấm lợp và sản phẩm khác từ Dừa nước

Tấm lợp làm bằng lá Dừa nước, loài cây ngập mặn duy nhất thuộc họ cau dừa, được sử dụng rộng rãi để lợp nhà và phên vách trong cộng đồng ven biển ở khắp Châu Á. Các phiến lá được bện chặt vào nhau và xếp thành từng lớp với phần gốc hướng lên đỉnh của mái nhà hoặc phên vách. Loại sản phẩm rất đa dạng ở Malaysia, sản xuất tấm lợp thất bện, đã được Chan và Salleh (1987) mô tả. Sức bền của mái lá khác nhau tùy theo độ dốc của mái nhà, số lớp và độ chùng khít, nhìn chung có thể lên đến năm năm. Mặc dù độ bền của mái lá có hạn chế nhưng nó rẻ hơn đáng kể so với các vật liệu lợp và làm vách khác và vì vậy nó thường được các gia đình nghèo sử dụng. Lá Dừa nước còn được dùng làm lá cuốn xì gà, tấm thảm và gàu, sọt.

Nhựa của hoa Dừa nước còn được dùng để sản xuất đường nâu, sau khi cho lên men thì làm rượu và làm giấm. Quy trình này đã được mô tả khá chi tiết trong các tài liệu khác (Hamilton và Snedaker, 1984; Chan và Salleh, 1987) và sẽ không được thảo luận sâu ở đây.



Ảnh: Koichi Tsuruda

Châu thổ Ayeyarwady của Myanmar, lá Dừa nước (*Nypa fruiticans*) sau khi thu hoạch được bó thành từng bó (góc trái ở trên), bện thành tấm lợp (góc phải ở trên) và vận chuyển bằng thuyền đi bán



Ảnh: Hung Tuck Chan



Ảnh: Shigeyuki Baba



Ảnh: Koichi Tsuruda

Sản phẩm của Dừa nước (*Nypa fruiticans*) được dùng rộng rãi để làm nhà, thực phẩm hoặc nước giải khát. Một hàng Dừa nước mọc lên chen chúc dọc theo lạch nước ở Malaysia (hình trên), một ngôi nhà ở nông thôn có vách và mái làm bằng lá Dừa nước ở Myanmar (góc dưới bên phải), và cảnh bóc thịt cơm của trái Dừa nước ở Việt Nam (góc dưới bên trái).

Mật ong

Mật lấy từ cây *Aegialitis* và *Cynometra* được xem là có chất lượng rất cao, nhưng cả hai loài này đều không phổ biến. Hầu hết mật phát sinh từ cây rừng ngập mặn đều lấy từ các loài cây rừng phổ biến hơn, chẳng hạn như Dừa (*Ceriops*) và Mắm (*Avicennia*).

Các tập đoàn ong hoang dã sống khá phổ biến ở rừng ngập mặn và hiện tượng ăn ong tự nhiên diễn ra ở khắp nơi. Sản xuất mật ong từ rừng ngập mặn ở quy mô thương phẩm dường như được thực hiện chủ yếu ở vùng Sundarbans của Ấn Độ và Bangladesh, vùng Caribe và Florida (Hamilton và Snedaker, 1984). Ở vùng Sundarbans của Ấn Độ chẳng hạn, ước khoảng 2.000

người đã tham gia vào sản xuất ra 111 tấn mật vào những năm đầu của thập kỷ 1980 (Untawale, 1987), có thể con số này bao gồm cả tổ ong tự nhiên và tổ ong nuôi thương phẩm. Hiện chưa có thông tin nào mới hơn.



Ảnh: Trần Thị Mai Sen

Ở Việt Nam, tổ ong được đặt ngay cạnh rừng ngập mặn (bên trái) và ong đi ăn tự do (bên phải). Sản xuất mật ong thương phẩm từ rừng ngập mặn là một ngành công nghiệp quan trọng ở Ấn độ, Bangladesh, vùng Caribe và Florida. Đây cũng là hoạt động sinh kế quy mô nhỏ ở cấp độ gia đình ở nhiều quốc gia khác.

Thực phẩm khác cho con người

Ở một số quốc gia thuộc Châu Á – Tây Thái Bình Dương, trái của các loài Mắm (*Avicennia*), Bần (*Sonneratia*), Vẹt (*Bruguiera*) và Cui (*Heritiera*) được dùng làm thức ăn cho con người, dù không được phổ biến lắm. Ở một số trường hợp, chúng phải được xử lý để loại bỏ tanin trước khi dùng. Ở các tỉnh vùng vịnh Papua New Guinea người ta thường cắt nhỏ trái Vẹt (*Bruguiera*) hoặc nghiền thành bột, rồi xử lý loại bỏ tanin trước khi dùng. Trái Bần (*Sonneratia*) có thể dùng để chế biến nước giải khát, loại trái hơi nhỏ hơn trái bóng quần vợt, có hạt nhỏ nằm trong lớp cơm mềm, đại khái giống như trái Mãng cầu rừng (*Annona reticulata*) hay trái Ổi (*Psidium guajava*). Tập ba của bộ sách này (Baba và đồng sự, 2013) sẽ thảo luận sâu hơn về công dụng của trái cây rừng ngập mặn dùng làm thức ăn và thức uống.

Thức ăn cho gia súc

Lá Mắm [*Avicennia*] được dùng rộng rãi làm thức ăn cho Lạc đà ở Pakistan và Trung Đông, cho Dê và Trâu nước ở khắp Châu Á (Hamilton và Snedaker, 1984). Các nghiên cứu về giá trị dinh dưỡng của lá một số loài cây rừng ngập mặn phổ biến (Mắm (*Avicennia*), Đà (*Ceriops*) và Đước (*Rhizophora*) cho thấy rằng chúng có chứa hầu hết các loại khoáng, vitamin, amino acid, đạm, chất béo và chất xơ thô quan trọng, cần thiết cho gia súc; bên cạnh đó, chúng còn chứa muối, iodine thường hiếm thấy trong các loại thức ăn gia súc khác (Hamilton và Snedaker, 1984). Nuôi Lạc đà với quy mô lớn ở Pakistan đã làm tổn hại đến tán lá và làm hạn chế chiều cao của rừng Mắm (*Avicennia*) xuống thấp hơn 3 m và rừng bị thoái hóa nghiêm trọng ở nhiều nơi. Một số ngư dân canh tác tôm-rừng kết hợp ở Cà Mau, một tỉnh phía Nam Việt Nam, cho rằng năng suất tôm tăng lên nhờ cho ăn thêm lá Mắm (*Avicennia*).



Ảnh: Emad Al-Aidy



Ảnh: Shigeyuky Baba

Lá cây rừng ngập mặn được dùng làm thức ăn gia súc ở Trung Đông, Pakistan và Ấn Độ. Chăn thả Lạc đà ở rừng Mắm (*Avicennia*), Ai Cập (hình trên). Thu hái lá Mắm làm thức ăn gia súc, Ấn Độ (hình dưới bên trái) và cho vật nuôi ăn lá Mắm, Ấn Độ (hình dưới bên phải).

Dược liệu

Tất cả các xã hội truyền thống đều sử dụng ‘thuốc nam’, dân cư sống bên trong hoặc ở gần rừng ngập mặn cũng không ngoại lệ. Những người sống trong các quần xã cây rừng ngập mặn ven biển lấy các sản phẩm từ cây rừng để trị nhiều chứng bệnh thông thường và một ít căn bệnh hiểm nghèo (Bảng 5.2). Dù thông tin về dược lý của cây rừng ngập mặn còn hạn chế nhưng hầu hết các loài đều có hàm lượng các hợp chất đa phân tử chống ô-xy hóa cao (điển hình là tanin), và nhiều loài được biết là có chứa các hợp chất có hoạt tính sinh học có khả năng kháng khuẩn và kháng nấm, còn các loài khác thì có tiềm năng trị được các bệnh hiểm nghèo như bệnh bạch cầu (Bandaranayake, 1998). Các nhà sản xuất thuốc thương mại có thể có nhiều thông tin về dược tính của cây rừng ngập mặn nhưng vì đây là bí kíp nên hiếm khi được công bố. Bản báo cáo khoa học gần đây khá chi tiết về tình hình phổ biến kiến thức dược lý của cây rừng ngập mặn được thể hiện trong tài liệu của Bandaranayake (1998) và Baba cùng đồng sự (2013). Tuy nhiên, thực tế hiện nay cho thấy rằng cây rừng ngập mặn được dùng làm ‘thuốc nam’ ngày càng rộng rãi hơn tập quán của cộng đồng.

Bảng 5.2 Dược tính và hỗ trợ điều trị của một số cây rừng ngập mặn được ghi nhận. Bổ sung theo Bandaranayake (1998). Ba = vỏ cây; Fr = trái; Fl = hoa; Ju = nước ép từ trái; La = nhựa mủ; Le = lá; Ro = rễ; Re = nhựa dầu, Rh = củ; Sa = nhựa trong cây; Sh = chồi non; St = thân)

Loài cây	Dược tính
<i>Acanthus ilicifolius</i>	Kích thích tình dục, suyễn, lọc máu (Fr); tiểu đường, lợi tiểu, khó tiêu, viêm gan, bệnh phong (Fr, Le, Ro); đau dây thần kinh, bại liệt, lác đồng tiền, thấp khớp, các bệnh về da (Ba), rắn cắn, đau dạ dày (Ba, Fr, Le)
<i>Acanthus ebracteatus</i>	Khử trùng, lọc máu, mụn nhọt (Fr); cảm lạnh (Ba, Fr); vết thương hoại tử (Ba); thấp khớp (Le); dị ứng da, rắn cắn (Ba, Fr, L).
<i>Acrostichum aureum</i>	Mụn nhọt, liền vết thương (Rh); thấp khớp (Le)
<i>Aegiceras corniculatum</i>	Suyễn, tiểu đường, thấp khớp, tim mạch, bệnh phong, lở loét (Le, Ba)
<i>Avicennia alba</i>	Ngừa thai, các bệnh về da, bướng, lở loét (Re)
<i>Avicennia germinans</i>	Ung thư, đẹn, vết thương hoại tử, trị rận, ghẻ lở, lác đồng tiền, ký sinh ở da, bướng, đái dầm, thấp khớp (Ba); đau họng, lở loét vòm họng (Le, Ba).
<i>Avicennia marina</i>	Thấp khớp, đậu mùa, lở loét (St)
<i>Avicennia officinalis</i>	Kích thích tình dục, lợi tiểu, viêm gan (Fr, Le); bệnh phong (Ba)
<i>Bruguiera cylindrica</i>	Viêm gan (Fr, Le, Ro)
<i>Bruguiera exaristata</i>	Chống bướng (Ba)
<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	Các bệnh về mắt (Fr); tiểu đường, lở loét (Ba, Le)
<i>Bruguiera parviflora</i>	Chống bướng (Ba)
<i>Bruguiera sexangula</i>	Chống bướng (Ba)
<i>Ceriops decandra</i>	Viêm gan, lở loét (Ba, Fr, Le)
<i>Ceriops tagal</i>	Cầm máu, tiểu đường (Ba)
<i>Clerodendron inerme</i>	Khử trùng, cầm máu, kích thích sinh đẻ (Le); suyễn, viêm gan, lác đồng tiền, đau bao tử (Le, Ba, La)
<i>Conocarpus erecta</i>	Viêm chảy (Ro); hạ nhiệt (Le); bệnh lậu, sốt rét, cầm máu (Ba)
<i>Derris trifoliata</i>	Nhuận tràng (Le, Ro, St) ; cầm máu (Fr); trị co thắt, kích thích tử cung (Ba)
<i>Excoecaria agallocha</i>	Động kinh (Le, Sa), viêm màng kết, viêm da, huyết niệu, bệnh phong (Le, Sa, St); thuốc xổ (Le, Sa); nhức răng (Sa)
<i>Heritiera littoralis</i>	Tiêu chảy (St)
<i>Hibiscus tiliaceus</i>	Nhiễm trùng tai (Fl)
<i>Kandelia candel</i>	Tiểu đường (Ba, Fr, Le)
<i>Lumnitzera littorea</i>	Đẹn (Le)
<i>Lumnitzera racemosa</i>	Ngừa thai, suyễn, tiểu đường, rắn cắn (Fr)
<i>Nypa fruticans</i>	Suyễn, tiểu đường, bệnh phong, thấp khớp, rắn cắn (Le, Fr)
<i>Pluchea indica</i>	Sốt (Le, Ro), lở loét hoại tử (Le), thấp khớp, ghẻ (Le, Sh); viêm xoang (Ba, St)
<i>Pongamia pinnata</i>	Thương tổn da và cơ quan sinh dục ngoài (Ba, Le, St); sốt, bệnh trĩ, thấp khớp, ghẻ (Le); viêm xoang (Ba); các bệnh về da, đau bao tử và rối loạn tiêu hóa (Ba); bướng, liền vết thương, lở loét (tất cả các bộ phận của cây).
<i>Rhizophora apiculata</i>	Chống nôn, khử trùng, tiêu chảy, cầm máu (Ba); viêm gan (Ba, Fl, Fr, Le); thương hàn (Ba)
<i>Rhizophora x lamarckii</i>	Viêm gan (Fl, Le).

Loài cây	Dược tính
<i>Rhizophora mangle</i>	Viêm họng, mụn nhọt, nhiễm nấm (B); khử trùng, tiêu chảy, bệnh lỵ, sốt, sốt rét, bệnh phong, bệnh chân voi, bệnh lao (Ba, Le), xuất huyết dưới da, bó chỗ gãy xương (Ba)
<i>Rhizophora mucronata</i>	Bệnh chân voi, hạ nhiệt, tim mạch, lở loét (Ba); viêm gan (Ba, Fl, Fr, Le, Ro)
<i>Rhizophora racemosa</i>	Cầm máu (Fl, Le).
<i>Scaevola taccada</i>	Khử trùng, trị phỏng, ho, tiểu đường, nhiễm trùng mắt, rối loạn tiêu hóa, nhức đầu, ong đốt, rắn cắn (Ba, Le)
<i>Sesuvium portulacastrum</i>	Viêm gan (Le)
<i>Sueda maritima</i>	Viêm gan (Le)
<i>Sueda monoica</i>	Viêm gan (Le)
<i>Sonneratia alba</i>	Thuốc đắp trị sưng, bong gân (Fr)
<i>Sonneratia apetela</i>	Viêm gan (Le)
<i>Sonneratia caseolaris</i>	Cầm máu (Ba, Le, Fr); sưng, lở loét (Ba); bệnh trĩ, trị sưng, bong gân (Fr)
<i>Sonneratia ovata</i>	Cầm máu (Ju)
<i>Xylocarpus granatum</i>	Bệnh tả, sốt, sốt rét (Ba)
<i>Xylocarpus moluccensis</i>	Kích thích tình dục, (Fr); sốt, sốt rét (Ba)

Thủy sản và các nguồn lợi ven bờ khác

Như đã đề cập ở Chương 4, sinh cảnh rừng ngập mặn kèm theo các bãi bồi và nguồn nước mênh mông nên ở đó có vô vàn cá, tôm, cua, nghêu sò và các loài vật ven bờ có thể làm thực phẩm khác. Các nguồn lợi này được cộng đồng dân cư ven biển sử dụng rộng rãi vừa để sinh sống qua ngày vừa bán buôn tạo thu nhập. Việc sử dụng nguồn lợi này được ghi chép trong nhiều tài liệu ở các khu vực ven biển, điển hình là ở Ấn Độ (Untawale, 1987), Thái Lan (Plathong và Sitthirach, 1998) và Úc (Bird, 1986).

Rừng ngập mặn là cái nôi tự nhiên cho rất nhiều loài tôm, cá. Tuy nhiên, có rất ít loài tôm, cá sống cả vòng đời ở rừng ngập mặn – hầu hết đều đến rồi đi theo dòng thủy triều hoặc trải qua một phần của vòng đời ở các vùng cửa sông có rừng ngập mặn ưu thế, lấy rừng ngập mặn vừa làm nơi nường tựa vừa cung cấp thức ăn. Mối liên kết qua lại giữa rừng ngập mặn cùng với bãi bồi ngập triều và nguồn nước ven bờ, vốn có liên quan đến sự di trú của cá và các loài thủy sản khác cũng như các dòng vật chất và dinh dưỡng giữa các sinh cảnh liền kề, nói lên rằng sự đóng góp của rừng ngập mặn vào nguồn lợi thủy sản ven bờ có thể vượt xa hơn phạm vi phân bố của nó rất nhiều về phía biển.

Nhiều cuộc nghiên cứu đã chứng minh cho sự tương quan giữa rừng ngập mặn và năng suất đánh bắt thủy sản hoặc nuôi tôm (chẳng hạn như Martosubroto và Naamin, 1977; Singh và đồng sự, 1994), mặc dù nó có vẻ mang tính cục bộ và còn lệ thuộc vào các đặc tính vật lý cũng như các yếu tố khác của rừng ngập mặn và đặc tính vật lý, sinh học của các vùng biển khơi liền kề. Tuy nhiên, một cuộc đánh giá trên quy mô rộng ở 38 địa điểm vòng quanh thế giới đã phát hiện ra mối tương quan rất chặt giữa sản lượng tôm đánh bắt và rừng ngập mặn (Pauly và Ingles, 1999; được một số tác giả trích dẫn). Sinh cảnh rừng ngập mặn là những cái nôi quan trọng cho một số loài tôm có giá trị thương phẩm cao (Chong và đồng sự, 1990), nhưng đối với cá thì dường như đây là

nơi kiếm mồi hơn là nơi nuôi dưỡng cá non (Robertson và Duke, 1987; Chong và đồng sự, 1990; Primavera, 1998).

Sản lượng đánh bắt thủy sản bị sụt giảm do nhiều yếu tố, đó là khai thác quá mức, các phương thức đánh bắt cạn kiệt (như sử dụng thuốc nổ hoặc bả diệt cá) và môi trường sống của cá bị mất đi hoặc thoái hóa. Mặc dù không thể nói lên được năng suất thủy sản bị giảm bao nhiêu trên mỗi kí-lô mét vuông rừng ngập mặn bị mất, nhưng mất rừng được xem là một trong những yếu tố góp phần làm sụt giảm sản lượng đánh bắt thủy sản.

Các dịch vụ khác của rừng ngập mặn

Phòng hộ ven biển

Giá trị phòng hộ ven biển của rừng ngập mặn từ lâu đời đã được các cộng đồng dân cư ở rừng ngập mặn bản địa ghi nhận. Vai trò này ngày càng được xã hội nhìn nhận rộng rãi hơn, đặc biệt là sau hậu quả thảm khốc của trận Sóng thần ở Châu Á vào tháng 12 năm 2004 và vết hoang tàn của Cơn lốc Nargis để lại trên vùng ven biển Myanmar vào tháng 5 năm 2008. Tuy nhiên, ý tưởng trồng rừng ngập mặn để phòng hộ bờ biển thì không có gì mới; trồng rừng ngập mặn phòng hộ ven biển đã bắt đầu ít nhất là một thập kỷ qua ở Việt Nam và một số quốc gia khác, nơi có bờ biển dễ bị xói lở.

Rừng ngập mặn có thể góp sức phòng hộ ven biển theo nhiều hướng; ở một số trường hợp, chúng có thể giúp giảm thiểu tốc độ xói lở bờ biển, chúng giúp bảo vệ vùng đất liền bên trong trước sóng cồn hoặc nước cuốn do sóng thần và ở một chừng mực nào đó chúng có thể giúp bảo vệ trước những cơn gió lốc.

Xói lở bờ biển

Xói lở bờ biển chủ yếu là do dòng chảy mạnh ven bờ và sóng do gió gây ra, đồng thời chịu tác động lớn của hình dáng đường bờ, hướng sóng, năng lượng sóng, vận tốc dòng chảy và biên độ triều. Đập và bờ kè do con người xây dựng cũng có thể có tác động lớn đến kiểu hình xói lở cục bộ.

Rừng ngập mặn giúp làm giảm xói lở bờ biển bằng hai hướng; hệ thống rễ dày đặc dưới mặt đất giúp giữ cho đất bùn dính lại với nhau, thân cây và hệ thống rễ trên mặt đất làm giảm tốc độ dòng chảy bề mặt, từ đó làm giảm xói lở bề mặt và góp phần tích tụ phù sa ở những nơi nguồn nước có lượng trầm tích cao. Gần đây đã có nhiều công trình nghiên cứu về vai trò của thân và rễ khí sinh trong việc điều tiết dòng chảy và dao động sóng ở rừng ngập mặn (như của Wolanski và đồng sự, 1992; Mazda và đồng sự, 1997; Mazda và đồng sự, 2006), nhưng dường như chưa có công trình nghiên cứu định lượng nào nói về vai trò của hệ thống rễ ngầm trong việc giữ đất.

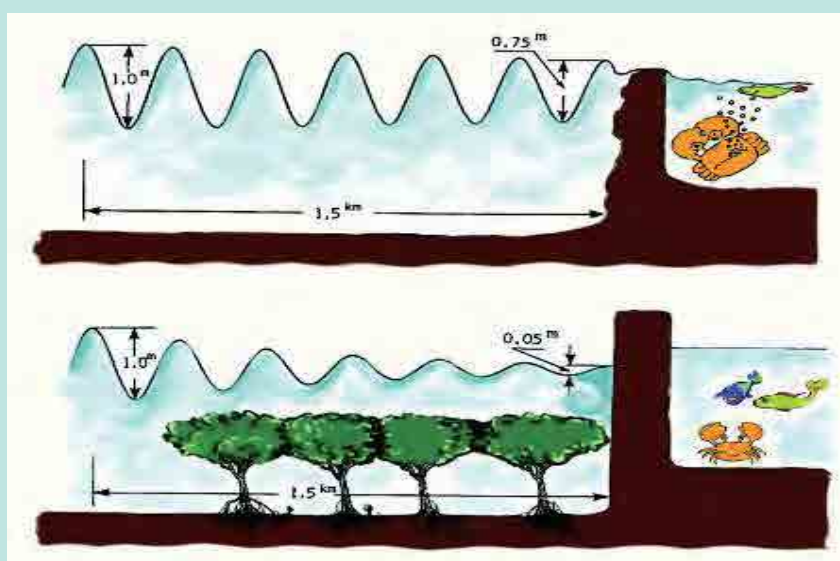
Xói lở bờ biển là một quá trình rất phức tạp và linh động. Mức độ góp phần làm giảm xói lở của rừng ngập mặn có xu thế khá cục bộ. Nó còn tùy thuộc vào nhiều yếu tố khác của năng lượng sóng, mức ngập triều, dòng chảy ven bờ cùng với hình dáng đường bờ và các ghềnh cát hoặc đất bùn nổi lên ngoài biển. Ở một số nơi lực xói lở yếu, sự hiện diện của rừng ngập mặn ít nhiều đủ sức chống xói lở; còn ở nơi lực xói lở mạnh hơn thì rừng ngập mặn có thể giúp làm giảm tốc độ xói lở một cách đáng kể; nhưng ở những nơi năng lượng sóng ven bờ lớn quá thì tác dụng của rừng ngập mặn là rất thấp hoặc không còn tác dụng phòng chống xói lở ven bờ.

Phòng hộ trước sóng biển

Có bằng chứng cho thấy rằng năng lượng và chiều cao bước sóng giảm đi đáng kể khi chúng đi xuyên qua rừng ngập mặn (Mazda và đồng sự, 1997, 2006). Điển hình là Mazda và đồng sự

(1997) phát hiện ra rằng dải rừng Trang (*Kandelia obovata*) rộng 1,5 km làm giảm chiều cao bước sóng do gió tạo nên từ 1 m xuống còn 5 cm tại một khu vực ở miền Bắc Việt Nam (Hình 5.2).

Các nghiên cứu sa bàn với sóng thần bước lớn cũng cho thấy rằng dải rừng ngập mặn hoặc thực vật rừng khác có thể làm giảm tác động của sóng thần một cách đáng kể (Hiraishi, 2008). Trong khi các kết quả này ủng hộ cho những báo cáo cho rằng các vùng bờ biển có rừng ngập mặn phòng hộ bị thiệt hại ít hơn những nơi khác sau trận Sóng thần ở Châu Á vào năm 2004 (như Danielsen và đồng sự, 2005; Kathiresan và Rajendran, 2005), thì số khác vẫn đặt nghi vấn về lợi ích phòng hộ của rừng ngập mặn trước sóng thần. Điển hình là Cochard và đồng sự (2008) kết luận rằng rừng ngập mặn không có tác dụng bảo vệ bờ biển gần tâm động đất, nhưng có thể góp phần phòng hộ ở các bờ biển xa hơn.



Hình 5.2 Bước sóng giảm dần qua đai rừng ngập mặn rộng 1,5 km ở miền Bắc Việt Nam. Stefanie Gendra vẽ phỏng theo Mazda và đồng sự (1997)

Trong công trình nghiên cứu giá trị kinh tế của một số dịch vụ rừng ngập mặn, Barbier và đồng sự (2008) ước tính giá trị phòng hộ bão lũ của 1 km² rừng ngập mặn là vào khoảng 1,6 triệu USD trong thời gian 20 năm. Con số này lớn hơn rất nhiều so với giá trị riêng lẻ của sản phẩm gỗ (86.400 USD trên 1 km² trong 20 năm), nuôi thủy sản kết hợp với rừng (211.700 USD trên 1 km² trong 20 năm), hoặc chuyển sang nuôi tôm công nghiệp (963.200 USD trên 1 km² trong 20 năm) (Barbier và đồng sự, 2008).

Lưu giữ Carbon

Hầu hết các lớp trầm tích than trên thế giới đều xuất phát từ cây gỗ hoặc các loài thực vật khác đã chết và bị chôn vùi cách đây khoảng 250 đến 300 triệu năm. Việc đốt cháy nguồn nhiên liệu hóa thạch này là nguyên nhân chính làm tăng nồng độ carbon dioxide trong không khí, được xem là một trong những tác nhân chính góp phần vào hiện tượng ấm lên toàn cầu ngày nay.

Rừng đóng vai trò đặc biệt quan trọng trong chu trình carbon toàn cầu vì chúng có dòng đời dài và có khả năng lưu giữ carbon lâu bền, phần lớn là nằm dưới mặt đất. So với các loài cây gỗ trên cạn thì cây rừng ngập mặn là nhóm loài cây có tỷ lệ tổng sinh khối dưới mặt đất rất cao. Thành phần rễ chết và rễ mới sinh ra (tổng khối lượng rễ) làm tích lũy khối lượng lớn của chất hữu cơ (carbon bị chôn vùi), bị phân hủy chậm do điều kiện ẩm ướt và yếm khí của đất trong sinh cảnh rừng ngập mặn.

Khối lượng carbon được lưu trữ trong đất rừng ngập mặn tùy thuộc vào loại hình rừng, tuổi rừng, độ sâu của tầng đất, lịch sử địa chất, mức độ quấy nhiễu, kiểu chất nền, các đặc điểm thủy văn và một số yếu tố khác. Trữ lượng carbon trong rừng ngập mặn trên khắp thế giới là rất lớn (theo Matsui, 1998; Matsui và Yamatani, 2000; Donato và đồng sự, 2011). Từ cuộc khảo sát đại trà diễn ra ở 25 điểm của Borneo, Bangladesh, Java, Sulawesi và Micronesia, Donato cùng đồng sự (2011) đã thu được kết quả bình quân 972 tấn carbon trên mỗi héc-ta ở vùng cửa sông và 792 tấn carbon mỗi héc-ta ở vùng biển, hầu hết là carbon hữu cơ trong đất chứ không phải sinh khối của rễ ngầm. Các con số này thể hiện lượng tích trữ lâu đời từ hàng trăm đến hàng ngàn năm.

Các kết quả ước tính lượng carbon vùi lấp trong hệ sinh thái rừng ngập mặn gần đây nói lên rằng các hệ sinh thái này có thể chôn vùi khoảng 18 triệu tấn carbon hàng năm trên toàn cầu (Bouillon và đồng sự, 2008). Điều này cho thấy rằng dù diện tích rừng ngập mặn toàn cầu là khá nhỏ nhưng chúng lại là các bể chứa dài hạn dành cho carbon dioxide trong không khí và chúng đóng vai trò đặc biệt quan trọng trong chu trình carbon toàn cầu (Duarte và đồng sự, 2005; Bouillon và đồng sự, 2008).

Xử lý nước thải vùng ven biển

Không chỉ là các bể chứa carbon, rừng ngập mặn còn hứng lấy và chế biến dinh dưỡng như đạm và lân. Nhờ đó mà rừng ngập mặn có tác dụng xử lý nước thải, nước cống rãnh và nước tháo ra từ ruộng tôm (theo Nedwell, 1974; Clough và đồng sự, 1983; Robertson và Phillips, 1995), nếu như nước thải không có chất thải công nghiệp vốn chứa hàm lượng lớn kim loại nặng và các chất độc hóa học khác. Khoanh các ô đất ngập nước và trồng rừng ngập mặn rồi cho nước thải lần lượt tràn qua đường như cống là một biện pháp hữu hiệu trong xử lý nước thải (Boonsong và đồng sự, 2003).

Chương 6

CÁC MỐI ĐE DỌA VÀ CÁC TÁC ĐỘNG MÔI TRƯỜNG

Như chúng ta đã thấy ở Chương 2 và 3, cây rừng ngập mặn sinh trưởng trong một sinh cảnh có động thái cao, thường không ổn định, ở đó chúng phải đương đầu với rủi ro do hàng loạt các hiện tượng tự nhiên mang đến. Đó là các hiện tượng giống bão, sạt lở bờ biển, biến động phân bố trầm tích ở các vùng cửa sông lớn cùng với các yếu tố thủy văn khác, nhiệt độ cực đoan và các kiểu tiết khác theo mùa. Tuy nhiên, trong suốt thế kỷ vừa qua, những tác động lớn nhất lên rừng ngập mặn lại bắt nguồn từ con người. Rừng ngập mặn đã bị tàn phá ở quy mô lớn để mở mang đô thị ven biển, bến cảng, khu công nghiệp, sản xuất nông nghiệp, ao đầm nuôi thủy sản và do tình trạng khai thác gỗ, củi không hợp lý. Không còn nghi ngờ gì nữa, động lực chính của sự tàn phá này là nhằm đáp ứng nhu cầu về đất đai, thực phẩm và các nguồn tài nguyên khác do dân số toàn cầu ngày càng tăng.

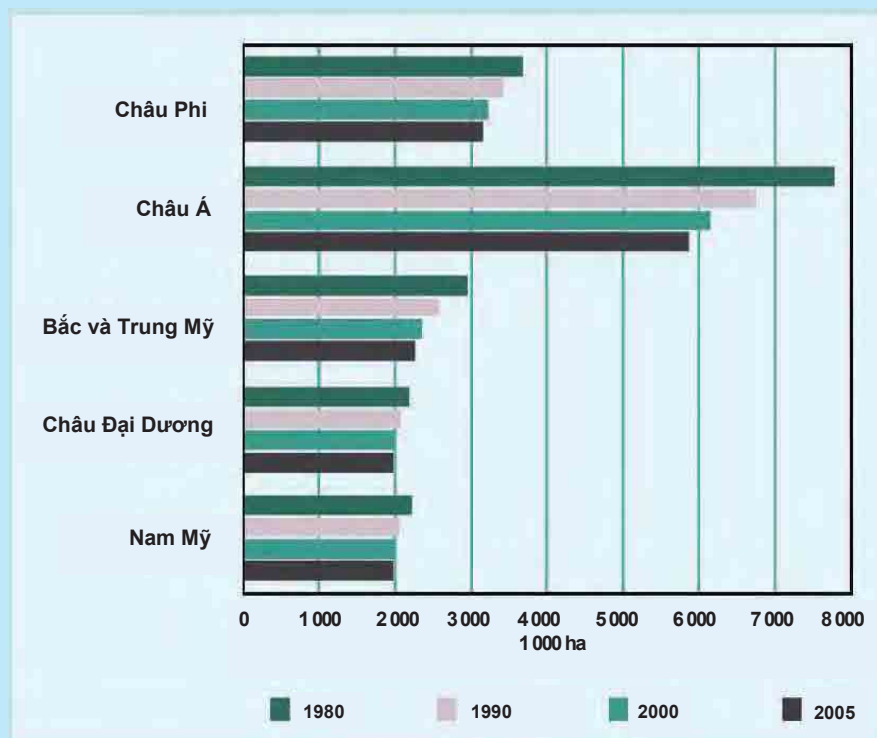
Diện tích rừng ngập mặn đã giảm đi rõ rệt suốt 100 năm qua, đặc biệt là 50 năm gần đây ở Châu Á (Hình 6.1). Nguyên nhân của sự sụt giảm này có khác nhau tùy theo quốc gia; ở Philippines thì được quy chủ yếu cho việc chuyển đổi đất rừng ngập mặn sang nuôi thủy sản và thu hồi đất để mở mang đô thị và phát triển công nghiệp (White và Cruz-Trinidad, 1998; Primavera, 2001); ở Malaysia thì chuyển đổi sang trồng Cao su, trồng Cọ dầu và nuôi thủy sản, mở mang đô thị và xây dựng bến cảng (Chan và Salleh, 1987); ở Thái Lan thì chủ yếu là do chuyển sang nuôi tôm và thu hồi đất để phát triển công nghiệp (Plathong và Sitthirach, 1998; Barbier, 2006); ở đồng bằng Ayeyarwady của Myanmar chủ yếu là dành cho nông nghiệp (Blasco và đồng sự, 2001); và ở Việt Nam, bên cạnh hậu quả của thuốc khai hoang trong thời chiến tranh vào những năm 1960 thì những năm gần đây chủ yếu là do chuyển đổi sang nuôi tôm (Hong và San, 1993). Rừng ngập mặn cũng đã bị chuyển sang nuôi tôm ở Ecuador (Hamilton, 2011) và chuyển sang trồng lúa nước ở Tây Phi (Sylla, 1994).

Theo chiều hướng này thì những tác động tiêu cực do con người mang lại đối với rừng ngập mặn chắc sẽ còn tiếp diễn trong tương lai. Dân số thế giới đã tăng từ 1,8 tỷ người vào đầu thế kỷ 20 lên đến hiện nay là vào khoảng 7 tỷ người và dự kiến sẽ lên đến 9 tỷ vào năm 2050. Nhiều cơ sở gia tăng này sẽ diễn ra ở các vùng ven biển nơi đã có hơn 38% cư dân toàn thế giới sinh sống, làm tăng thêm nhu cầu thực phẩm, phát triển kinh tế và hạ tầng đô thị. Đây là tin dữ cho rừng ngập mặn, đặc biệt là ở Châu Á và Tây Phi, ở đó rừng ngập mặn đã bị mất trên diện rộng do hoạt động của con người trong suốt thế kỷ vừa qua.

Trong chương này, chúng ta sẽ xem qua một số tác động của con người đến rừng ngập mặn và chuyện gì sẽ xảy ra nếu như xu thế hiện nay vẫn còn tiếp diễn trong tương lai. Chúng ta cũng sẽ thảo luận về những tác động đang được bàn cãi sôi nổi của biến đổi khí hậu đối với rừng ngập mặn.

Chuyển đổi sang sản xuất nông nghiệp và ruộng muối

Canh tác nông nghiệp để kiếm sống ở vùng rừng ngập mặn là một quá trình lịch sử lâu đời. Một trong những phương thức sử dụng rừng ngập mặn để canh tác nông nghiệp sớm nhất có lẽ là nghề trồng lúa nước phát triển ở Tây Phi cách nay vào khoảng 1.000 năm (Fields-Black, 2008). Dù trồng lúa trên đất chua, mặn là lắm gian nan nhưng đã có khoảng 20% diện tích đất rừng ngập mặn ở Tây Phi đã được khai phá để trồng lúa, sản lượng lúa ở đây chiếm vào khoảng 10% tổng sản lượng lúa của cả khu vực. (Agyen-Sampong, 1994). Mở rộng sản xuất lúa nước chiếm một phần quan trọng trong chính sách nông nghiệp quốc gia ở nhiều nước Tây Phi, đe dọa trực tiếp đến sinh cảnh rừng ngập mặn còn sót lại. Khai phá rừng ngập mặn để sản xuất lúa cũng phổ biến ở một số nơi khác, điển hình là Myanmar, nhưng ở hầu hết các quốc gia khác nó chỉ chiếm một phần khá nhỏ trong số diện tích rừng ngập mặn bị mất đi.



Hình 6.1 Diện tích rừng ngập mặn bị sụt giảm giữa các năm 1980 và 2005 ở nhiều khu vực khác nhau trên thế giới. Nguồn từ FAO (2007).

Tuy nhiên, do lúa có tầm quan trọng chiến lược của một loại lương thực thiết yếu hàng ngày ở toàn khu vực Châu Á và trước tình hình thiếu đất sản xuất, xâm nhập mặn vào vùng sản xuất lúa ngày càng gia tăng, nên có rất nhiều nghiên cứu được thực hiện để tìm ra các giải pháp quản lý và giống lúa thích hợp với các loại đất thấp, mặn và chua. Vì vậy, có nhiều khả năng là rừng ngập mặn sẽ còn bị chuyển đổi nhiều diện tích nữa sang trồng lúa trong tương lai.

Rừng ngập mặn còn bị khai phá để gây trồng các hoa lợi khác, chủ yếu là Dừa, Cao su, Ca cao, Cọ dầu ở một số khu vực của Malaysia và Indonesia, nhưng tình trạng này dường như đang lắng dịu do chi phí cải tạo đất chua, mặn là quá cao.

Chuyển đổi rừng ngập mặn sang canh tác nông nghiệp thường kèm theo các công trình đê điều hoặc cống đập để ngăn nước biển tràn vào và thu nhận nước ngọt từ sông, suối để tưới tiêu. Sự thay đổi về thủy văn và dòng nước ngọt đó thường gây ảnh hưởng lớn đến số rừng ngập mặn còn lại và làm giảm sút chất lượng rừng và chức năng của hệ sinh thái.

Ruộng muối phơi cũng khá phổ biến trên vùng rừng ngập mặn thuộc các khu vực cận ẩm và khô của Châu Á, nhưng đa số là ở quy mô nhỏ và ở mức độ toàn cầu thì diện tích này thấp hơn nhiều so với diện tích chuyển đổi sang nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản. Thiệt hại lớn nhất đến rừng ngập mặn dường như là ở Benin (Saenger cùng đồng sự, 1983; Spalding cùng đồng sự 2010), nơi khí hậu chỉ vừa đến ngưỡng bốc hơi nước do bức xạ mặt trời, cây rừng ngập mặn bị chặt hạ làm nhiên liệu để đun nước biển thành muối.



Ảnh: Joseph Tangah



Ảnh: Barry Clough

Chuyển đất rừng ngập mặn sang trồng cây Cọ dầu ở Malaysia (bên trái) và các ruộng muối được xây dựng trên diện tích mà trước đó là rừng ngập mặn ở Bạc Liêu, Việt Nam (bên phải).

Chuyển đổi sang nuôi thủy sản

Nghề nuôi trồng thủy sản luân canh truyền thống (Tampak) xuất hiện ở Indonesia từ trước thế kỷ thứ 16 (Schuster, 1952, do Naamin trích dẫn, 1986). Ban đầu, đây chỉ là cái bẫy cá, được làm bằng cách đắp đê bao ngăn chung quanh một khu rừng ngập mặn theo thủy triều để bẫy cá và tôm khi thủy triều lên và đến khi thủy triều rút cạn thì bắt tôm, cá. Sau đó, người ta đào kênh trong rừng để nuôi tôm, cá tự nhiên chứ không cho thêm thức ăn, phân bón hay hóa chất gì cả. Hình thức nuôi thủy sản tương tự như vậy chắc cũng đã xuất hiện ở một số vùng ven biển khác; ngay cả đến ngày nay, loại hình nuôi thủy sản này vẫn còn được thực hiện rộng rãi bằng cách này hoặc cách khác ở nhiều nơi thuộc Châu Á.

Nghề nuôi thủy sản thương phẩm trên diện rộng bắt đầu từ những năm 1970 và lan rộng nhanh vào thập niên 1980 và 1990. Tình trạng chuyển đổi đất rừng sang nuôi thủy sản đã trở thành một trong những nguyên nhân hàng đầu làm mất rừng ngập mặn ở Châu Á và một số nơi ở Trung và Nam Mỹ. Điển hình là Thái Lan đã mất khoảng 50-60% rừng ngập mặn trong khoảng thời gian từ 1961 đến 1996, chủ yếu là để làm vuông tôm (Barbier, 2006). Ở Philippines, diện tích rừng ngập mặn sụt giảm từ 290.000 héc-ta vào năm 1970 xuống còn khoảng 140.000 vào năm 1993, chủ yếu là do chuyển đổi sang nuôi thủy sản (White và Cruz-Trinidad, 1998; Primavera, 2001). Ở Việt Nam, vào những năm 1940 diện tích rừng ngập mặn ước khoảng 400.000 héc-ta (Hồng và Sãn, 1993), hiện nay chỉ còn lại khoảng 100.000 héc-ta (Spalding và đồng sự, 2010). Phần lớn diện tích rừng ngập mặn ở Việt Nam bị mất đi có thể quy cho việc dùng thuốc khai hoang vào những năm 1960, nhưng sự lan rộng nhanh chóng gần đây của nghề nuôi thủy sản kiếm sống và thương mại cùng với áp lực gia tăng dân số đã làm sụt giảm và cạn kiệt nghiêm trọng diện tích rừng ngập mặn còn sót lại ở phía Nam Đồng bằng sông Cửu Long.

Từ những báo cáo tương tự ở Ecuador về tình trạng mất rừng ngập mặn do đào ao nuôi tôm (Hamilton, 2011) có thể thấy rằng việc chuyển đổi đất rừng ngập mặn sang nuôi thủy sản đã trở thành một nguyên nhân chính làm mất đi các sinh cảnh rừng ngập mặn trên toàn thế giới. Dù đã có nhiều chính sách và chế định pháp luật nhằm hạn chế việc sử dụng đất rừng ngập mặn vào nuôi trồng thủy sản ở nhiều quốc gia, nhưng việc thi hành pháp luật hiếm khi mang lại hiệu quả, nên nghề nuôi thủy sản ven biển có thể vẫn còn là một mối đe dọa đối với rừng ngập mặn.



Ảnh: Barry Clough

Vuông tôm quảng canh ở các Lâm – Ngư trường ở Cà mau, Việt Nam. Người ta đào mương trong rừng để làm vuông. Loài cây Đước đôi (*Rhizophora apiculata*) được ưa chuộng nhờ có công dụng làm củ, cột, than và củi. Mặt bằng trồng rừng thường cao hơn mực nước ao nên chỉ được ngập nước khi thủy triều lên rất cao.

Mở mang đô thị và phát triển công nghiệp

Từ trước tới nay tình hình di dân từ trong đất liền ra các vùng ven biển đã tạo ra áp lực lớn lên tất cả các hệ sinh thái ven biển, kể cả rừng ngập mặn. Thu hồi đất để mở mang đô thị, làm bến tàu, bến cảng, phát triển công nghiệp, khu nghỉ mát và công trình ven biển khác là nguyên nhân làm cho diện tích rừng ngập mặn bị mất đi nghiêm trọng, đặc biệt là ở các quốc gia phát triển như Úc và Hoa Kỳ, ở đó nuôi thủy sản và nông nghiệp chỉ có ảnh hưởng nhỏ đến nạn mất rừng ngập mặn. Hiện tượng này cũng ngày càng tăng lên ở các quốc gia đang phát triển, nơi có các thành phố ven biển lớn nhất thế giới và nơi có tốc độ đô thị hóa cao ở vùng ven biển.

Không dễ gì tìm được số liệu về diện tích rừng ngập mặn bị khai phá để xây dựng cơ sở hạ tầng công nghiệp và đô thị vì các hoạt động này thường mang tính chất địa phương hóa rất cao, ít công khai và hiếm khi được tài liệu hóa, khác hẳn với tác động dễ nhìn thấy của hiện tượng chuyển đổi đất sang nuôi thủy sản và nông nghiệp ở quy mô lớn.

Bên cạnh việc cải tạo đất rừng ngập mặn trực tiếp để xây dựng cơ sở hạ tầng công nghiệp và đô thị, sự phát triển vùng ven biển còn có những tác động khác đến rừng ngập mặn. Ngay cả nơi rừng ngập mặn không bị tàn phá, các công trình đường xá, đê điều, cống đập thường làm thay đổi kiểu cấp thoát nước ngọt, dòng thủy triều và điều kiện thủy văn nói chung ở các khu vực liền kề rừng ngập mặn, hầu hết luôn làm sụt giảm chức năng và cấu trúc quần xã, đôi khi làm chết hàng loạt, đặc biệt là khi kiểu thoát nước bình thường ở vùng trũng bị thay đổi và cây rừng ngập mặn thường xuyên bị bế nước.

Ô nhiễm

Chính nhờ các đặc tính của nền đất bên dưới mà cây rừng ngập mặn mới có sức chịu đựng khá cao đối với nguồn nước cống rãnh và nước thải hữu cơ thải ra từ sinh hoạt gia đình (Nedwell, 1974; Clough và đồng sự, 1983). Mặc dù vậy, chất thải hữu cơ gia đình ở mức độ quá cao có thể dẫn đến tình trạng yếm khí nghiêm trọng trong đất rừng ngập mặn (xem Chương 3), có tác động tiêu cực đến toàn bộ hệ sinh thái (thực vật, động vật và vi sinh vật).

Trở ngại nghiêm trọng hơn chính là nước thải công nghiệp, thường có hàm lượng cao của các kim loại nặng như cadmium, chì, kẽm và thủy ngân cùng với các chất độc hữu cơ tổng hợp. Chúng có tác động lên hệ động vật mạnh hơn đối với bản thân cây cối, làm gián đoạn các chuỗi thức ăn và các tương tác sinh học khác, làm giảm sút chất lượng, năng suất và chức năng của hệ sinh thái rừng ngập mặn. Tuy nhiên, thiệt hại gây ra cho rừng ngập mặn không dừng lại ở nước thải công nghiệp. Thuốc diệt cỏ bị rửa trôi từ các vùng nông nghiệp ở thượng nguồn (chủ yếu là các nông trại trồng mía đường) dường như cũng là nguyên nhân gây chết hàng loạt cây Mắm (*Avicennia*) của một số vùng cửa sông ở Đông-Bắc Úc (Duke và đồng sự, 2005).

Hiện tượng tràn dầu gây thiệt hại đặc biệt cho tất cả các thể sống, thực vật và động vật trong sinh cảnh rừng ngập mặn. Các đợt tràn dầu đáng kể có ảnh hưởng rất lớn đến cả rừng ngập mặn lẫn các hệ sinh thái ven bờ liền kề đường như phổ biến ở Vịnh Mexico và dọc theo bờ biển Trung Mỹ, gần đây nhất là vụ nổ giàn khoan dầu BP's Deepwater Horizon ngoài khơi của tiểu bang Louisiana. Những tác động dai dẳng vẫn còn phổ biến ở các vùng rừng ngập mặn gần các nhà máy lọc dầu.

Hiệu ứng tức thời của dầu đối với cây rừng ngập mặn là bám váng lên mặt đất và rễ cây, thường làm cho cây chết. Sự tác động lên hệ động vật rừng ngập mặn cũng không kém phần ác liệt. Tuy nhiên, còn có những ảnh hưởng lâu dài do ngộ độc mãn tính của cả thực vật và động vật từ thành phần các độc tố còn lại trong đất trong một thời gian dài.

Một trở ngại phổ biến khác là khuynh hướng đổ chất thải rắn trực tiếp xuống sông nước của các cộng đồng dân cư thành thị và nông thôn ven biển ở một số quốc gia. Rác thải này thường vương lại ở rừng ngập mặn gồm túi nhựa tổng hợp và vật liệu khó phân hủy khác. Dù chưa có bằng chứng nào cho thấy vấn đề này có tác động trực tiếp đến cây rừng ngập mặn nhưng hiển nhiên là nó làm giảm đi giá trị mỹ quan của rừng.

Khai thác gỗ và lâm sản khác

Khai thác rừng ngập mặn lấy gỗ và lâm sản khác có thể chia ra làm ba loại khác nhau – khai thác bền vững từ rừng trồng được quản lý bằng biện pháp lâm sinh; khai thác thương phẩm không có biện pháp tái tạo rừng; và khai thác của dân cư địa phương nhằm mục đích sử dụng trong gia đình và tạo thu nhập. Vì chương này thiên về các hiểm họa và tác động môi trường nên chúng ta không bàn đến khai thác rừng trồng được quản lý bền vững vì loại hình này không phải là hiểm họa lớn đối với rừng ngập mặn trong thời đại ngày nay.

Khai thác rừng ngập mặn thương phẩm ở quy mô lớn (chủ yếu là gỗ dăm và bột giấy để xuất khẩu sang Nhật Bản) bắt đầu được cấp phép ở Sabah và Sarawak của Đông Malaysia vào cuối thập niên 1960 và đầu thập niên 1970 (Saenger và đồng sự, 1983; Phillipps, 1984), hiện nay người ta cho rằng một số giấy phép mở cửa rừng này đã khai thác tất cả rừng ngập mặn sung mãn rồi dừng lại ở đó, số rừng ngập mặn hiện còn để lại nằm trong diện bị suy thoái nặng. (Ewel và đồng sự, 1998). Trong khai thác thương phẩm, người ta không hề chú ý đến sử dụng rừng ngập mặn trên cơ sở sản lượng bền vững thông qua tái tạo rừng – thay vào đó là đất bị bỏ hoang và giấy phép khai thác rừng hướng sang nơi khác. Do các hoạt động này thường diễn ra ở những nơi hẻo lánh, ít người nên rất khó đánh giá được quy mô và mức độ thiệt hại.

Tuy nhiên, ở góc độ toàn cầu, áp lực mạnh của con người và nạn phá rừng thông qua khai thác rừng quá mức để lấy củi, cừ cột và mục đích sử dụng khác trong gia đình của cộng đồng nghèo ven biển, dân cư ngày càng đông ở các quốc gia đang phát triển thuộc Châu Phi và Châu Á chính là mối đe dọa âm ỉ và nghiêm trọng hơn cả việc khai thác rừng làm gỗ dăm thương mại. Hệ quả đã và đang tiếp tục làm suy thoái nghiêm trọng những khu rừng ngập mặn đã một thời bao la ở khắp Châu Á (Blasco và đồng sự, 2001), Châu Phi (Saenger, 2002; Spalding và đồng sự, 2010) và các khu vực thuộc Mỹ Latin (Lacerda, 1993).

Biến đổi khí hậu

Những lập luận trên đây cho thấy rằng các hoạt động của con người và áp lực dân số đã gây nên tác động đầy kịch tính lên cả diện tích lẫn tình trạng và thể chất của rừng ngập mặn trên toàn thế giới và nó sẽ vẫn còn tiếp diễn trong tương lai dù hy vọng là ở mức độ chậm hơn. Viễn cảnh mực nước biển dâng cao, bão tố mạnh hơn, những thay đổi kiểu thời tiết và các hệ quả khác của biến đổi khí hậu đặt lên một hiểm họa khác và xen vào một chiều hướng mới nhắm vào tương lai của rừng ngập mặn.

Khoảng hơn 80 triệu năm qua khi rừng ngập mặn được biết đến, trái đất này đã chứng kiến những biến đổi lớn lao về khí hậu, các lục địa đã dịch chuyển trên những khoảng không gian rộng lớn, đường bờ biển đã đổi thay và mực nước biển đã dâng lên và hạ thấp hơn 100 m (xem Chương 2). Những run rủi này dẫn đến nạn tuyệt chủng lớn gần đây nhất, cách nay khoảng 65 triệu năm, khi khủng long và hầu hết sinh vật nặng hơn 30 kg đã biến mất. Nhưng cây rừng ngập mặn ở thể này hoặc thể khác vẫn tồn tại trước những thay đổi lịch sử này. Không còn nghi ngờ gì nữa, trong suốt khoảng thời gian này diện tích rừng ngập mặn toàn cầu, khu vực và địa phương đã lập đi lập lại những bước thăng trầm do bờ biển thay đổi theo sự trôi dạt của lục địa, kiến tạo địa tầng và những thay đổi của mực nước biển. Những thay đổi về nhiệt độ trước hoàn cảnh giao thời giữa thời kỳ băng hà và ‘nhà nóng’ cũng gây nên một hiệu ứng đầy kịch tính đối với diện tích và sự phân bố của rừng ngập mặn. Những thay đổi này có thể cũng đã dẫn đến sự biến mất của một số loài và sự xuất hiện của các loài mới. Điều muốn nói ở đây là với vị thế của một đơn vị sinh thái đặc thù, rừng ngập mặn đã thể hiện được sức chống chịu nổi bật trước những thay đổi bước ngoặt của khí hậu, mực nước biển và địa mạo bờ biển trong quá khứ.

Điểm khác biệt lớn hiện nay là thế giới đã có khoảng bảy tỷ dân, không bao lâu nữa sẽ là chín tỷ người vốn đã và sẽ làm xáo trộn và hủy hoại hết hệ sinh thái tự nhiên này đến hệ sinh thái tự nhiên khác, làm sụt giảm cả hệ sinh thái lẫn tính đa dạng loài, và từ đó làm yếu đi sức chống chịu trước biến đổi khí hậu của nhiều hệ sinh thái và của một số lượng lớn các loài thực vật và động vật đang tồn tại. Sự suy thoái rừng ngập mặn do hoạt động của con người đã làm suy giảm rõ rệt sức chống chịu của rừng trước biến đổi khí hậu, như chúng ta thấy, làn sóng định cư và sử dụng đất của con người ở các vùng ven biển sẽ làm thu hẹp tầm ảnh hưởng của nhiều hệ sinh thái rừng

ngập mặn nhằm ứng phó trước biến đổi khí hậu trong tương lai.

Biến đổi khí hậu mang tính phức tạp và đa lĩnh vực vì nó có liên quan đến rất nhiều yếu tố có thể có ảnh hưởng đến tính ổn định, tính toàn vẹn và chức năng của các hệ sinh thái rừng ngập mặn, điển hình là mực nước biển dâng cao, hàm lượng carbon dioxide trong không khí tăng cao, nhiệt độ gia tăng, xáo trộn thời vụ, thay đổi kiểu mưa, gia tăng tần số và tính dữ dội của các biến cố có tính tiết khắc nghiệt như bão tố, hạn hán, lũ lụt và các ngưỡng nhiệt độ khắc nghiệt (Solomon và đồng sự, 2007). Số lượng và mức độ của những biến đổi này hiện không giống nhau trên những khu vực ven biển nơi có rừng ngập mặn và chúng cũng sẽ như vậy trong tương lai. Một số thay đổi như nhiệt độ ấm lên dọc theo các bờ biển ôn đới hoặc hàm lượng carbon dioxide trong không khí cao hơn có thể có lợi cho rừng ngập mặn ở miền cực biên, nhưng hầu hết các biến đổi đều gây thêm những cú sốc cho rừng ngập mặn trong một sinh cảnh vốn đã căng thẳng này.

Bên cạnh tác động của mực nước biển, hiện nay chúng ta hiểu biết còn rất hạn chế về cách ứng phó của bản thân cây rừng ngập mặn trước sự kết hợp muôn hình vạn trạng của tập hợp các yếu tố này, thậm chí còn biết ít hơn nữa về tác động của chúng lên cả thành phần sống lẫn thể vô sinh vốn cùng nhau cấu thành một hệ sinh thái rừng ngập mặn đủ chức năng và thường có năng suất cao.

Nước biển dâng

Mực nước biển dâng lên có thể là một trong những tác động rất quan trọng của biến đổi khí hậu lên rừng ngập mặn. Bản báo cáo của Hội nghị Bàn tròn Liên Chính phủ về Biến đổi Khí hậu (IPCC) gần đây nhất vào năm 2007 (Solomon và đồng sự, 2007) dự báo mực nước biển tương đối sẽ tăng từ 0,2 đến 0,6 m vào cuối thế kỷ này, nhưng nhiều người nghĩ rằng mực nước biển có thể tăng đến 1 m hoặc cao hơn nữa vào đầu Thế kỷ 22. Vì vậy, chắc chắn rằng mực nước biển sẽ dâng cao hơn vào cuối thế kỷ này nhưng mức độ dâng và dâng lên bao nhiêu ở những bờ biển khác nhau thì vẫn còn là một vấn đề tranh cãi.

Bất kỳ ở đâu, sự dâng lên của mực nước biển tương đối gồm có hai phần hợp thành, sự dâng lên toàn cầu của mực nước tĩnh có liên quan đến hệ tọa độ toàn cầu (chủ yếu là do sự giãn nở của biển theo nhiệt độ và sự tan chảy của các đỉnh băng địa cực) và sự thay đổi cao trình đất đai cục bộ do bồi tụ, xói mòn, hoạt động xây dựng, sụt lún làm cho mặt đất nổi lên hoặc tụt xuống. Sụt lún cục bộ, thường có liên kết với khai thác nước ngầm do nhu cầu của con người, là một trở ngại chính ở nhiều khu vực ven biển có nền đất thấp và đông dân cư, chẳng hạn như ở nội ô và chung quanh Bangkok và thành phố Hồ Chí Minh.

Mực nước biển dâng cao là một hiểm họa vì cây rừng ngập mặn không thể sống được ở độ cao thấp hơn mực nước biển trung bình. Trên nguyên tắc, chúng có thể đuổi kịp mực nước biển dâng lên nếu như tốc độ bồi tụ ngang bằng hoặc cao hơn mức dâng lên của nước biển. Tuy nhiên, như chúng ta đã thấy, môi trường rừng ngập mặn rất năng động và cao trình mặt đất chính là kết quả của nhiều nhân tố phức tạp, đồng hành của quá trình tích lũy phù sa, mất phù sa do xói lở bề mặt và sụt lún. Từ đó, khả năng thích nghi với mực nước biển dâng lên mang tính cục bộ rất cao (Bacon, 1994).

Hệ thống rừng ngập mặn châu thổ và ưu thế sông ở các vùng nhiệt đới ẩm với nguồn trầm tích phong phú đến từ các thủy vực ở thượng nguồn có thể đuổi kịp với mực nước biển dâng lên nếu như chúng bẫy đủ trầm tích để duy trì được mức độ bồi tụ có chiều cao ngang bằng hoặc cao hơn mức dâng cao của mực nước biển. Tuy nhiên, chỉ riêng mức bồi tụ trầm tích chưa hẳn là chỉ số có ý nghĩa để cho rằng rừng ngập mặn đuổi kịp với mực nước biển vì các chu trình bên dưới mặt đất, chủ yếu là sụt lún, có thể bù trừ vào mức bồi tụ trầm tích.

Ở những nơi mức bồi tụ đuổi kịp mức dâng lên của nước biển, sự sống còn của cây rừng ngập mặn còn tùy thuộc vào khả năng vươn lên khỏi mặt đất bồi tụ của chúng. Có nhiều bằng chứng

cho thấy rằng hiện tượng rễ thở bị vùi lấp do bồi lắng nhanh với khối lượng chất trầm tích lớn (chẳng hạn như lụt hoặc lũ quét, hoặc sên vét đất) có thể làm cho cây chết với số lượng đáng kể (Ellison, 2009; theo quan sát cá nhân). Trong trường hợp này, đơn giản là rễ thở bị chết ngộp trước khi có đủ thời gian thích nghi để sinh ra rễ mới. Tỷ lệ bồi tụ điển hình thường thấy là không quá 3 mm mỗi năm (Saenger, 2002; Alongi, 2008; Ellison, 2009), ở một số nơi có thể lên đến 10 mm mỗi năm (Alongi, 2008) mà vẫn không ảnh hưởng đến sự sống còn của cây trưởng thành. Tuy nhiên, chưa có thông tin định lượng về bất kỳ loài cây ngập mặn nào có khả năng thích nghi với quá trình bồi tụ liên tục qua các giai đoạn thời gian 20, 30 hoặc 40 năm, là yêu cầu cần thiết để chúng đuổi kịp với các kịch bản nước biển dâng dự báo cho thế kỷ này và vẫn giữ được hầu hết các cấu trúc rừng và chức năng sinh thái hiện thời.

Như chúng ta thấy trong Chương 3, các loài cây rừng ngập mặn khác nhau thì có hệ thống rễ khác nhau và các loài có hệ thống rễ thích ứng nhanh với biến thiên của mực nước biển hoặc mức bồi tụ thì sống ổn thỏa hơn các loài kém khả năng thích ứng. Qua đánh giá diện mạo về cấu trúc và sự phát triển của bốn loại hệ thống rễ chính (xem Chương 3), Tomlinson (1986) cho thấy rằng các loài có rễ đầu gối (như Vẹt (*Bruguiera*) và rễ bạnh vè (như Cui (*Heritiera littoralis*) và Su ối (*Xylocarpus granatum*)) thì kém thích nghi với mực nước biển dâng nhanh và mức bồi tụ cao, lý do chính là vì chúng cần nhiều thời gian để bộ rễ hóa gỗ và cần lượng quang hợp lớn để tạo ra sinh khối. Đối với các loài có rễ cà kheo (như Đước (*Rhizophora*)), sự trao đổi khí có phần giới hạn ở các bộ phận bên dưới, ít hóa gỗ của rễ cà kheo nên sự thích ứng với nước biển dâng hoặc mức bồi tụ nhanh đòi hỏi phải sản sinh thêm rễ theo chiều ngang hoặc mọc thêm rễ mới ở trên thân cây. Các yếu tố này đòi hỏi phải có sự phát triển của hệ thống rễ dưới mặt đất. Ở loài Đước (*Rhizophora*), sự phát triển hệ thống rễ mới ở phía trên và phía dưới mặt đất không những cần nhiều thời gian mà còn có liên quan đến sự phân phối của một lượng năng suất quang hợp đáng kể để tạo ra rễ mới. Do đó, trong kịch bản biến đổi khí hậu có liên quan đến nhiều yếu tố bất lợi tiềm ẩn, ảnh hưởng đến sự trao đổi chất và sinh trưởng của thực vật thì khả năng thích ứng của Đước (*Rhizophora*) có thể bị hạn chế. Tính nhạy cảm dễ nhận thấy này của *Bruguiera* [Vẹt] (rễ đầu gối) và có thể là của Đước (*Rhizophora*) (rễ cà kheo) nữa trước sự dâng nhanh của mực nước biển được củng cố thêm bởi bằng chứng từ cơn đại hồng thủy Holocene cách đây khoảng 10.000 năm, lúc đó cây có hai loại rễ này không thể đuổi kịp với mức dâng lên của nước biển hơn 12 cm trong vòng 100 năm (Ellison và Stoddart, 1991), một con số thấp hơn hẳn so với dự báo trong tương lai.

Mặt khác, các giống cây có rễ khí sinh dạng rễ thở mọc vươn lên, chẳng hạn như Mắm (*Avicennia*) và đặc biệt là Bần (*Sonneratia*), có thể được trang bị tốt hơn để quán xuyên được mức tăng cao vừa phải của nước biển và sự bồi tụ so với Vẹt (*Bruguiera*) và Đước (*Rhizophora*). Rễ thở có thể mọc rất nhanh nhằm ứng phó với biến thiên của các kiểu hình bồi tụ (Young và Harvey, 1996), nhờ mô phân sinh nằm trên đỉnh của rễ thở nên nó có thể tiếp tục mọc lên trên để ứng phó với nước biển hoặc bồi tụ. Khả năng vươn lên cao của Mắm (*Avicennia*) dường như yếu hơn Bần (*Sonneratia*). Ở các cây Bần (*Sonneratia*) trưởng thành, rễ thở có thể vươn cao hơn 2 m tính từ điểm tiếp giáp với rễ chính (xem Hình 5.5 của Tomlinson, 1986), rất có thể là nó đã trải qua quá trình lâu dài thích ứng với bồi tụ.

Rừng ngập mặn mọc trên các vùng đất ít nguồn trầm tích, chẳng hạn như các triền biển và trong vịnh, thì không thể đuổi kịp với mực nước biển dâng. Ở các vùng đất thấp, hẻo lánh, dân cư thưa thớt, có thể là rừng đã lùi sâu vào đất liền dọc theo các bờ biển thấp, bằng phẳng trong thời đại hồng thủy Holocene cách đây 10.000 đến 6.000 năm (Woodroffe, 1992, 1999). Tuy nhiên, hiện tượng lùi vào đất liền dọc theo các bờ biển đông dân cư, chẳng hạn như các vùng trũng thấp ở Đông Nam Á chắc chắn là sẽ bị hạn chế bởi cơ sở hạ tầng và hệ thống sử dụng đất hiện thời. Ở những khu vực này cần phải có quy hoạch sử dụng đất tiên phong và có tầm nhìn xa, phải nghĩ đến gây dựng lại rừng ngập mặn (xem Chương 7) để có được đất đai thích hợp cho rừng ngập mặn.

Các cơ hội di cư tự nhiên về phía đất liền nhằm ứng phó với biến đổi khí hậu không chỉ lệ thuộc vào số đất đai có điều kiện thủy văn thích hợp mà còn lệ thuộc vào khả năng cung cấp giống

thường xuyên hàng năm. Ở kịch bản mực nước biển dâng nhanh, người ta có thể mừng tượng đến một viễn cảnh gồm rừng non lần lượt tiến vào đất liền, còn rừng già thì chết dần từ phía biển vì chúng không đuổi kịp với mực nước biển dâng lên. Nghi vấn đặt ra là liệu có đủ 'cây giống' để duy trì được làn sóng di cư về phía đất liền hay không. Dưới điều kiện khí hậu hiện nay, đường như hầu hết các loài cây đều có khả năng ra hoa, kết trái khi đạt mười năm tuổi, thường là sớm hơn vào khoảng hai hoặc ba năm tuổi, nhưng trái giống của cây ở lứa tuổi còn sớm thì có thể nhỏ hơn và có khả năng sống sót thấp hơn. Dù đã có một báo cáo khoa học về thời điểm bắt đầu phát dục của loài Đước đỏ (*Rhizophora mangle*) ở điều kiện carbon dioxide dạng khí có hàm lượng cao (Farnsworth và đồng sự, 1996), nhưng sự tương tác giữa các yếu tố đi kèm với biến đổi khí hậu sẽ có ảnh hưởng ra sao đến sự ra hoa, kết trái thì vẫn chưa được làm rõ. Đã có dẫn chứng về những thay đổi vật hậu học của quá trình thay lá và ra hoa ở một số loài cây trên cạn nhằm ứng phó với biến đổi khí hậu (chẳng hạn như Penuelas và Filella, 2001; Alcamo và đồng sự, 2007). Chưa biết là liệu nó có giống với các diễn biến vật hậu học của cây rừng ngập mặn nhằm ứng phó với nhiệt độ, hoặc các tương tác phức tạp giữa các yếu tố của biến đổi khí hậu hay không, nhưng nếu có thì rất có thể là chúng xảy ra ở các vùng bờ biển cận nhiệt đới và nhiệt đới có vĩ độ cao. Ở kịch bản xấu nhất, tuổi phát dục đến chậm, giảm khả năng phát dục, hoặc tỷ lệ sống sót kém của trái giống có thể mang đến nguy cơ cho sự di cư về phía đất liền nhằm thích ứng với biến đổi khí hậu.

Các hệ thống rừng ngập mặn nhạy cảm nhất với mực nước biển dâng nằm ở các ốc đảo nhỏ, thấp thuộc Tây Thái Bình Dương và Ấn Độ Dương, ở đó rừng ngập mặn thường bị thu hẹp ở các triều mỏng và đầm lầy ven biển không có nguồn trầm tích lớn. Một số đảo có thể sẽ bị ngập chìm hoàn toàn trong tương lai, còn nhiều đảo khác thì cơ hội lùi vào đất liền có thể bị hạn chế bởi hình thể đất đai hoặc cơ sở hạ tầng và hoạt động của con người.

Hàm lượng khí CO₂ cao

Sự ứng phó của cây rừng ngập mặn đối với hàm lượng khí CO₂ cao thì chưa rõ lắm. Chỉ có một ít loài được kiểm tra trong phòng thí nghiệm ở độ tuổi nhỏ hơn hai năm tuổi. Nhìn chung, các thí nghiệm đó cho thấy rằng hàm lượng khí CO₂ tăng lên không có tác động lớn đến sinh trưởng, dù giữa các loài đường như có những khác biệt nhỏ để ứng phó. Điển hình là ở cây con Đước đôi (*Rhizophora apiculata*) và Đước vôi (*Rhizophora stylosa*), mức tăng trưởng trong 14 tuần được tăng lên trong điều kiện độ ẩm trong không khí thấp nhưng không tăng ở độ mặn cao (Ball và đồng sự, 1997). Các nghiên cứu khác cho những loài cây ở Đông Thái Bình Dương và Tây Đại Tây Dương cho thấy có sự tăng trưởng nhanh và khả năng phát dục sớm hơn ở loài Đước đỏ (*Rhizophora mangle*) (Farnsworth và đồng sự, 1996), nhịp độ quang hợp cao hơn và hiệu quả hấp thụ nước tức thời ở các loài *Avicennia germinans*, Đước đỏ (*Rhizophora mangle*), *Conocarpus erectus* và *Laguncularia racemosa* (Snedaker và Araújo, 1998). Tuy nhiên, ở nghiên cứu sau, dù tất cả các loài đều có nhịp độ quang hợp cao hơn trong điều kiện hàm lượng khí CO₂ cao nhưng năng suất sơ cấp thuần không tăng ở các loài *Avicennia germinans*, Đước đỏ (*Rhizophora mangle*) và *Conocarpus erectus* và tụt xuống ở loài *Laguncularia racemosa* (Snedaker và Araújo, 1998).

Vẫn chưa biết được là liệu cây trưởng thành trong môi trường không ổn định sẽ ứng phó với hàm lượng khí CO₂ cao có giống như cây con trồng trong môi trường thí nghiệm khá ngắn ngủi đó hay không, đặc biệt là trước những biến thiên hỗn hợp của hàng loạt các yếu tố khí hậu. Hơn nữa, nhịp độ hô hấp toàn phần cao hơn do nhiệt độ tăng cao có thể bù lại phần tăng thêm của quang hợp khi hàm lượng khí carbon dioxide cao.

Nhiệt độ và lượng mưa

Do hầu hết cây rừng ngập mặn là các loài cây nhiệt đới, sinh trưởng tốt nhất trong điều kiện khí hậu nhiệt đới ẩm, nên nhiệt độ ấm lên (Solomon và đồng sự, 2007) có thể có lợi cho cây rừng ngập mặn dọc theo các bờ biển cận nhiệt đới và ôn đới. Với nguồn giống tự nhiên đầy đủ và lập địa thích hợp, một số loài cây rừng ngập mặn có thể mở rộng phạm vi phân bố theo vĩ tuyến lan đến vùng cực. Theo các mối quan hệ chung giữa vĩ độ, kích cỡ cây, mức sinh trưởng và năng suất của cây rừng ngập mặn được mô tả ở Chương 2, nhiệt độ ấm lên cũng có thể làm tăng mức sinh trưởng và năng suất của cây rừng ngập mặn dọc theo các bờ biển nhiệt đới và cận nhiệt đới. Tuy nhiên, ở nam bán cầu, phần tăng trưởng và năng suất đôi ra nhờ nhiệt độ ấm lên có thể bị bù trừ bởi lượng mưa ít hơn được dự báo cho các bờ biển cận nhiệt đới (Solomon và đồng sự, 2007).

Giới hạn trên để hầu hết thực vật tồn tại là nhiệt độ của mô (ở lá hoặc các bộ phận khác của cây), nằm trong dải từ 45° đến 50°C, dù nhiệt độ không khí có thể cao hơn một ít do lá và các bộ phận khác của cây được làm mát nhờ bốc hơi nước. Cây rừng ngập mặn mọc ở các bờ biển nóng và khô hoàn toàn hoặc nóng và khô theo mùa (chẳng hạn ở Trung Đông, Bắc Phi, và Tây-Bắc Úc) có thể đã tiệm cận với giới hạn trên của nhiệt độ. Các loài cây sống trong những điều kiện khó khăn này có thể có khả năng chịu được nhiệt độ tăng ở tầm trung bình nhưng khi nhiệt độ tăng mạnh trong thời gian ngắn (chẳng hạn qua một đợt nóng) có thể đưa chúng đến quá ngưỡng chịu nhiệt hoặc các giới hạn sinh lý khác, đặc biệt là khi nhiệt độ tăng lên kèm theo ít mây và ít mưa. Hơn nữa, cơ chế hô hấp nhạy cảm với nhiệt độ hơn cơ chế quang hợp, nên nhịp độ hô hấp cao hơn có thể làm giảm khả năng chịu nhiệt của cây rừng ngập mặn.

Bên cạnh các tác động của mực nước biển dâng mô tả ở trên, nhiệt độ cao lên ở các bờ biển nóng, khô hạn còn có thể làm giảm tính đa dạng loài và cũng có thể làm mất hẳn rừng ngập mặn ở một số vùng bờ biển đã có nhiệt độ tiệm cận với giới hạn nhiệt trên của cây rừng ngập mặn.

Tần số và cường độ bão

Sự gia tăng tần số và tính dữ dội của bão ven bờ, đặc biệt là bờ biển ở các vĩ tuyến nằm giữa Tây Đại Tây Dương và Tây Thái Bình Dương, Đông Ấn Độ Dương và Vịnh Bengal được xem là một trong những tác động lớn của biến đổi khí hậu (Solomon và đồng sự, 2007). Đồng thời, hàng loạt cơn bão dữ dội ở các vùng này trong suốt thập kỷ vừa qua (chẳng hạn như Bão Katrina năm 2005 ở Vịnh Mexico, Cơn lốc Nargis năm 2008 ở Myanmar) có thể là một chỉ báo cho các biến cố sắp xảy ra thường xuyên hơn trong tương lai.

Cây rừng ngập mặn có sức chống chịu vừa phải đối với bão có tốc độ gió dưới 80 km/giờ, nhưng khi tốc độ gió cao hơn đáng kể thì có thể bị tàn phá nặng nề. Không giống như sự cố mất trắng rừng cục bộ do sấm sét, lốc xoáy, siêu bão, cuồng phong và các hiện tượng bão tố nhiệt đới khác có khuynh hướng gây thiệt hại trên diện tích lớn, làm trơ cành trụi lá, gãy thân, bật gốc và sạt lở các triền biển; ở một số trường hợp, còn có sự cố rễ thở bị chết ngạt do bùn, cát vùi lấp. Mức độ và hình thức thiệt hại tùy theo tốc độ gió, hướng gió, đặc tính của cơn bão (chủ yếu là có hay không có gió giật ở cường độ lớn, tập trung), cấu trúc và thành phần cây rừng, và mức độ mà cây rừng được che chắn.

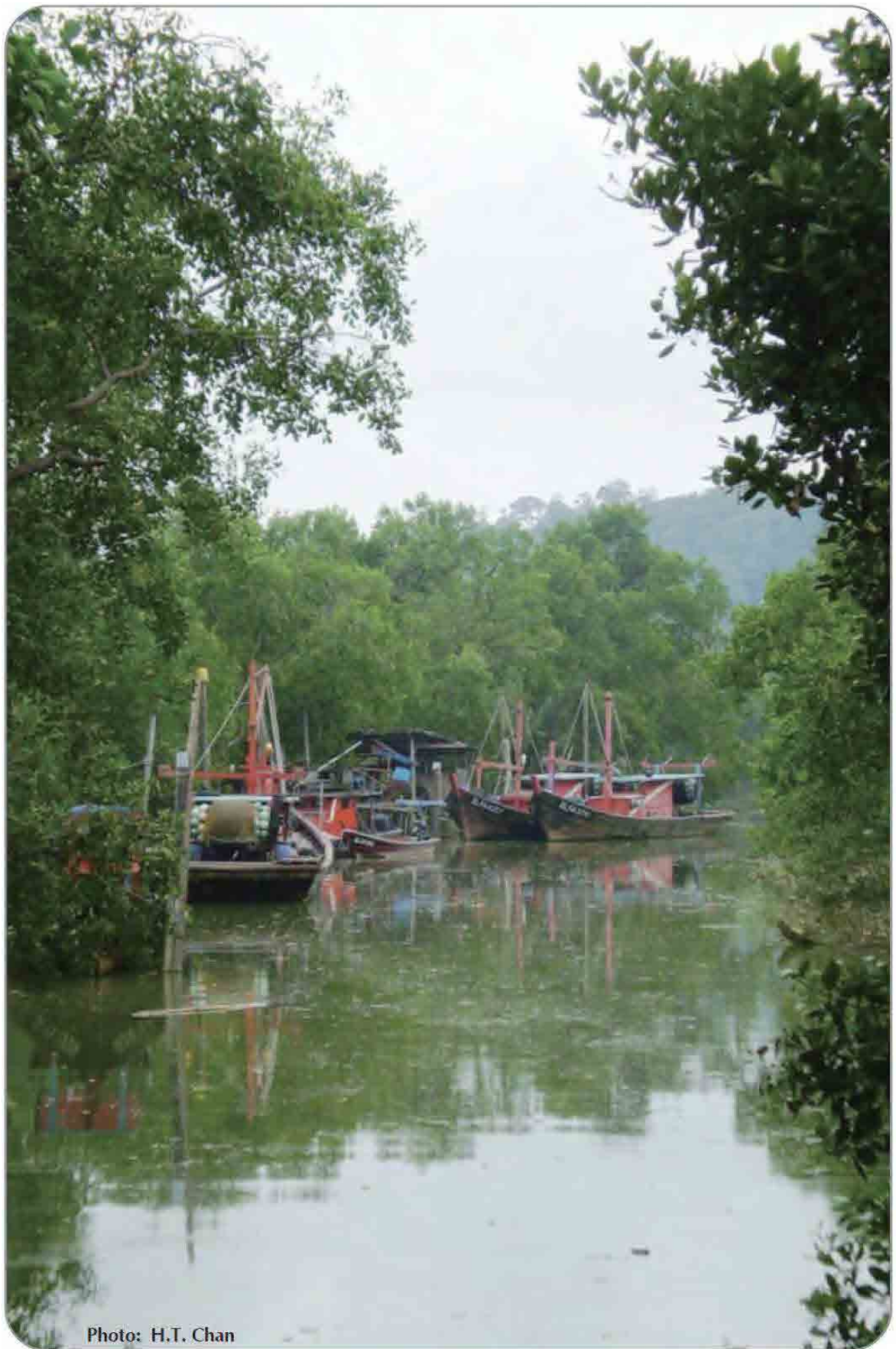
Tác động của bão lên cấu trúc của rừng (và hệ sinh thái) và sự hồi phục tự nhiên sau biến cố thường phụ thuộc vào loài cây rừng hiện diện (Kauffman và Cole, 2010; quan sát cá nhân). Cây Đước (*Rhizophora*) trưởng thành và các thành viên thuộc họ Đước (Rhizophoraceae), một trong những nhóm cây rừng ngập mặn cốt lõi trên toàn cầu, dường như kém khả năng phục hồi chồi nhánh bị mất sau bão lớn. Bước đầu phục hồi của dạng rừng có các thành viên thuộc họ này

chiếm ưu thế có khuynh hướng co cụm ở lớp cây non hoặc cây nhỏ còn sót lại sau bão, hoặc có nguồn trái giống mới. Ngược lại, Mắm (*Avicennia*) và Bần (*Sonneratia*), cũng được xem là các giống cây rừng ngập mặn cốt lõi, có khả năng đâm chồi mới trên cành và thân cây sau khi bị rụng lá hoàn toàn, kể cả khi bị gãy mất cành hoặc phần trên của thân cây. Sự khác biệt về cơ chế phục hồi này giữa các loài có thể dẫn đến sự thay đổi thành phần loài của hệ sinh thái rừng ngập mặn sau một trận bão lớn.

Sự tương tác và tính bấp bênh

Sự thích ứng trước điều kiện khắc nghiệt, kể cả những yếu tố do biến đổi khí hậu, bao hàm cả những ứng phó bằng kiểu dẻo dai tương đối ngắn lẫn những thay đổi lâu dài mang tính tiến hóa hoặc di truyền. Thời gian để thích ứng bằng kiểu hình biến động từ nhiều tuần lễ đến nhiều năm, nhưng sự thích ứng qua tiến hóa hoặc kiểu di truyền có thể trải qua hàng trăm hoặc hàng ngàn năm, đặc biệt là đối với cây thân gỗ có mức sinh trưởng chậm và vòng đời dài hơn các loại cây thường niên. Hiểu biết của chúng ta về sự ứng phó dẻo dai ngắn hạn của cây rừng ngập mặn trước biến đổi khí hậu còn rất hạn chế. Cho đến nay, hầu hết các nghiên cứu về tác động của biến đổi khí hậu lên rừng ngập mặn đều bị giới hạn ở một hoặc nhiều lắm là hai yếu tố của điều kiện môi trường khá tức thời và hầu hết là thực hiện trên cây con hoặc cây tương đối trẻ. Hơn nữa, các nghiên cứu cũng chỉ giới hạn ở khoảng bảy mươi loài được xem là cây rừng ngập mặn. Nếu lấy sự ứng phó với biến đổi khí hậu đa tác nhân của cây và rừng trên cạn vốn được hiểu biết rõ hơn (dù chưa đầy đủ) và được nghiên cứu rộng hơn làm kim chỉ nam, thì rừng ngập mặn ở góc độ của một tập hợp sinh thái và một hệ sinh thái có thể ứng phó và thích nghi với biến đổi khí hậu theo những cách khá đặc thù. Cần có cách nhìn nhận chính thống hơn về hiệu ứng của biến đổi khí hậu đối với rừng ngập mặn. Vấn đề nhất thiết đặt ra là không chỉ dừng lại ở sự ứng phó của từng loài cây trước nhiều tác nhân của biến đổi khí hậu mà còn phải xét đến cấp độ quần xã, sự tương tác giữa các loài cây và giữa cây với hệ động vật vốn định hình cho cấu trúc của hệ sinh thái và góp phần duy trì các chức năng sinh thái cốt lõi.

Như đã đề cập trước đây, sự quấy nhiễu và các hoạt động khác của con người đã làm sụt giảm khả năng ứng phó trước biến đổi khí hậu của rừng ngập mặn, dù khó đưa ra dẫn chứng định lượng. Suy thoái rừng, phá vỡ và hủy hoại sinh cảnh, và thay đổi thủy văn đều là những cú sốc chồng chất thêm lên tột đỉnh của biến đổi khí hậu vốn có thể sẽ gây ra hiệu ứng nếu không nhiều hơn thì cũng là nặng nề xảy đến cho rừng ngập mặn trong một thế giới tương lai đồng đúc hơn và sẽ có những biến cố khí hậu khó lường hết được.



Chương 7

BẢO TỒN VÀ QUẢN LÝ

Chuyên đề bảo tồn và quản lý rừng ngập mặn có thể viết được thành cả một quyển sách riêng, ở đây chúng ta chỉ điểm qua một số vấn đề chính và một vài định hướng chung về bảo tồn và quản lý rừng ngập mặn. Tôi cố ý tránh sử dụng thuật ngữ 'quản lý bền vững' trong chương này vì người ta hiểu nó theo rất nhiều ý khác nhau và ở những ngữ cảnh khác nhau thì nó được dùng theo nhiều cách khác nhau. Tôi thích sử dụng thuật ngữ 'quản lý khôn khéo' hơn, ý muốn nói đến sự quản lý (1) dựa trên sức hiểu biết thực tế nhất về chức năng sinh thái của rừng ngập mặn và tầm quan trọng của nó đối với loài người và (2) ứng dụng các phương thức quản lý tốt nhất để quản lý rừng ngập mặn ở cấp độ của một nguồn tài nguyên thiên nhiên quý giá, làm sao để duy trì được nhiều nguồn lợi của nó cho thế hệ hiện tại và cho mai sau.

Quay lại ít nhất là vào những năm đầu của thập kỷ 1970, người ta đã quan tâm đến sự thu hẹp về diện tích của rừng ngập mặn và đã lên tiếng kêu gọi bảo tồn và quản lý chặt chẽ hơn, kể từ đó đã có nhiều cuộc đánh giá về tình trạng rừng ngập mặn toàn cầu, trong đó hầu hết cũng đều có một số khuyến nghị về bảo tồn và quản lý (Saenger và đồng sự, 1983; Hamilton và Snedaker, 1984; FAO, 1982, 1985, 2007; Umali và đồng sự, 1987; Clough, 1993; Lacerda, 1993; Diop, 1993; Spalding và đồng sự, 2010). Bên cạnh đó, năm 1991, Hiệp hội Hệ sinh thái rừng ngập mặn Quốc tế (ISME) đã thông qua và phổ biến bản Hiến chương Rừng ngập mặn (xem Hộp 7.1). Có lẽ nhờ vậy mà tỷ lệ mất rừng ngập mặn giảm xuống thấp hơn nếu như không có những khuyến nghị này. Tuy nhiên, bất chấp những nỗ lực này và một khối lượng lớn các tài liệu khoa học làm hậu thuẫn, rừng ngập mặn vẫn tiếp tục bị phá hủy hoặc bị suy thoái ở mức báo động, tăng nỗi ám ảnh về một thế giới tương lai không có rừng ngập mặn, có thể trong vòng 100 năm tới (Duke và đồng sự, 2007). Một số các tác nhân khiến cho các hệ sinh thái ven biển có giá trị cao bị tàn phá liên tục đã được thảo luận trong Chương 5 và 6. Vậy thì tại sao chưa có một nỗ lực nào được phối hợp nhịp nhàng hơn nhằm bảo tồn và quản lý một hệ sinh thái vốn mang đến những lợi ích rõ ràng như vậy cho một tỷ lệ lớn dân số thế giới sống ở các vùng ven biển? Câu trả lời cho nghi vấn này rất phức tạp, khác nhau theo từng nơi, nhưng dường như có bốn vấn đề tựu trung hơn nằm ở các lĩnh vực mà chúng ta có thể gọi nôm na là quản trị, bằng cách này hay cách khác đã góp phần làm cho rừng ngập mặn bị mất đi liên tục và nhanh chóng. Chúng được tựu trung ở các lập luận dưới đây.

Thứ nhất, trong nền kinh tế thị trường của thế giới hiện đại, các quyết định về sử dụng đất và tài nguyên thiên nhiên khác là dựa trên chi phí đầu tư cùng với lợi ích thu được từ việc sử dụng tài nguyên nhằm vào một mục đích cụ thể. Sẽ rất dễ khi áp giá trị bằng tiền lên các lợi ích trực tiếp của các sản phẩm thị trường có nguồn gốc từ rừng ngập mặn, chẳng hạn như gỗ và mật ong và kể cả việc chuyển đổi đất rừng ngập mặn sang canh tác nông nghiệp và nuôi thủy sản. Tuy nhiên, giá trị kinh tế của các dịch vụ sinh thái và môi trường do rừng ngập mặn mang lại thì khó có thể tính hết được, vì hầu hết không mang ra mua và bán. Những dịch vụ này được các nhà kinh tế gọi là 'dịch vụ hàng hóa công', nó dành cho mọi người mà trong hầu hết các trường hợp đều miễn phí. Vì đó là các dịch vụ rất khó hoặc không thể chi trả được, do chúng không mang tính thị trường, nên chúng thường bị bỏ đi khi quyết định chính sách. Ở đây chúng ta sẽ không bàn thêm đến các phương pháp hoặc lý thuyết kinh tế nhằm xác định giá trị của dịch vụ đất ngập nước, nhưng quý độc giả nào quan tâm thì có thể tham khảo công trình của Barbier và đồng sự (1997), họ giải thích cặn kẽ về luận chứng và phương pháp luận nhằm xác định giá trị kinh tế cho các hàng hóa và dịch vụ của đất ngập nước.

Trong quá khứ, các quyết định về quản lý và sử dụng rừng ngập mặn đã được đưa ra mà không cần các giới chức có quyền quyết định cũng như công chúng phải nhận thức được giá trị của các dịch vụ sinh thái và môi trường mà rừng ngập mặn mang lại, hoặc các phí tổn tiềm ẩn dài hạn khi rừng ngập mặn bị tàn phá và suy thoái. Tình trạng này vẫn tồn tại đến ngày nay, mặc dù tầm quan

trọng của rừng ngập mặn được biết đến rộng rãi hơn và hiện nay người ta đã quy ra được giá trị kinh tế tương đối của nhiều dịch vụ sinh thái và môi trường phát sinh từ rừng ngập mặn (Barbier và đồng sự, 2008). Một vấn nạn nữa là hầu hết các quyết định đều xuất phát từ các lợi ích kinh tế thiên cận, theo dư luận và theo tầm nhìn hướng đến nhiệm kỳ bầu cử kế tiếp. Các lợi ích sinh thái và môi trường lâu dài như phòng hộ ven biển, bảo tồn đa dạng sinh học, hậu thuẫn cho thủy sản ven bờ và điều tiết khí hậu thì hiếm khi được quan tâm và nếu có đi nữa thì chúng cũng chưa được đánh giá đúng mức (Barbier và đồng sự, 1997).

Thứ hai, quyền sở hữu và quyền sử dụng đất (hoặc thiếu quyền đó) là những vấn đề quan trọng ảnh hưởng đến việc bảo tồn và quản lý rừng ngập mặn (Walters và đồng sự, 2008). Ở hầu hết các quốc gia, đất ngập nước ven biển kể cả rừng ngập mặn, đều do nhà nước quản lý, nhưng có một số trường hợp các cộng đồng bản địa truyền thống cũng có trách nhiệm quản lý, thông qua quyền sở hữu hợp pháp chính thống hoặc thông qua tiền lệ lịch sử. Điển hình như ở Úc, các cộng đồng thổ dân bản địa được thiết lập quyền quản lý hợp pháp trên một diện tích đất ngập nước ven biển và nước ngọt rất rộng lớn ở vùng Arnhem Land, thuộc Lãnh thổ Phương Bắc, ở đó 'người ngoài' chỉ được đi vào khi nào cơ quan quản lý cộng đồng chính thức cho phép. Trong điều kiện này, rừng ngập mặn thường được bảo vệ rất nghiêm ngặt do có sự kết hợp giữa mật độ dân số thấp và tâm linh thờ phượng đất đai và tài nguyên sâu sắc, đây chính là phần nội tại của nền văn hóa Thổ dân Úc bản địa. Trong khi ở những nơi khác người ta áp dụng công cụ truyền thống dựa vào cộng đồng để quản lý tài nguyên ven biển như là 'tài sản chung', thì dường như đây cũng là một cách có hiệu quả để hạn chế 'người ngoài' xâm nhập và bảo vệ rừng ngập mặn. Tuy nhiên, ở nhiều nơi trên thế giới, thực trạng quản lý môi trường yếu kém, thiếu thực thi pháp luật và tham nhũng dẫn đến hiện tượng 'tự do xâm nhập' vào rừng ngập mặn và tài nguyên ven biển khác, thường có kết quả là không kiểm soát được khai thác và tác động của con người diễn ra ở mức độ rất lớn.

Thứ ba, các quyết định bảo tồn và quản lý còn nhiều phức tạp vì khó xác định ranh giới của một hệ sinh thái rừng ngập mặn. Rừng ngập mặn là các hệ sinh thái mở, thu nhận phù sa, nước và dưỡng chất (và cũng có cả độc chất) từ các thủy vực trong đất liền lẫn từ biển vào. Do đó, hoạt động của con người diễn ra ở các thủy vực trong đất liền, các bãi bồi phía biển và các dòng nước ngoài khơi, bên ngoài ranh giới liền kề của rừng ngập mặn thường có tác động đến tình trạng sức khỏe và tính ổn định của rừng ngập mặn. Khó khăn này có thể được nhân lên do mâu thuẫn lợi ích giữa các ngành có chức năng quản lý lưu vực trong đất liền và quản lý vùng ven biển. Các phương pháp tiếp cận để giải quyết vấn đề này gồm có quản lý tổng hợp lưu vực (ICM) và quản lý tổng hợp vùng ven biển (ICZM). Tuy nhiên, dường như có rất ít hoạt động quản lý rừng ngập mặn có tác dụng trong hành lang ICM hoặc ICZM mặc dù cơ cấu Dự trữ Sinh quyển trong chương trình Con người và Sinh quyển (MAB) của UNESCO có một phần hướng đến việc thực thi các hoạt động này. Bên cạnh đó, các thủy vực thoát nước qua vùng rừng ngập mặn đôi khi mang tính xuyên biên giới, tức là chúng chảy qua ranh giới của quốc gia này và mở rộng sang lãnh thổ của các quốc gia khác. Nó làm cho việc áp dụng công cụ quản lý tổng hợp thủy vực (ICM) trong quản lý và bảo vệ rừng ngập mặn thêm phức tạp hơn.

Thứ tư là và cũng là vấn đề cuối cùng, các cảm nang bảo tồn và quản lý hiện nay đều có khuynh hướng chung chung. Các hệ sinh thái rừng ngập mặn có tính thay đổi một cách tự nhiên từ nơi này đến nơi khác và tác động của con người thì cũng khác nhau về bản chất và mức độ tùy theo từng nơi. Các cảm nang chung có thể hướng dẫn một quy phạm bảo tồn và quản lý một cách tổng quát, nhưng trong thực tế phương thức quản lý thích ứng cần phải phù hợp với các điều kiện kinh tế - xã hội, sinh học, vật lý ở địa phương. Trong khi một phương thức quản lý thích ứng và linh hoạt thường được áp dụng một cách trực giác bởi giới chức quản lý truyền thống dựa vào cộng đồng, xem tài nguyên rừng ngập mặn là tài sản chung, thì nhìn chung nó không được chú trọng trong quá trình ra quyết định 'từ trên xuống' thường gặp ở nhiều quốc gia.

Tất cả các vấn đề đó đã góp phần làm cho rừng ngập mặn bị mất đi theo cách này hoặc cách khác và nếu như chúng không được cân nhắc lại thì việc bảo tồn rừng ngập mặn sẽ không thể khả hơn được trong tương lai.

Khung quản lý

Có ít nhất là hai khung cấp quốc tế có tiềm năng bảo tồn và quản lý rừng ngập mặn, đó là Công ước Ramsar về Đất ngập nước và chương trình Con người và Dự trữ Sinh quyển của UNESCO.

Thứ nhất, Công ước Ramsar về Đất ngập nước năm 1971 đưa ra một cơ chế chung để bảo tồn tất cả các vùng đất ngập nước:

‘Trọng tâm của triết lý công ước Ramsar là khái niệm ‘sử dụng khôn khéo’. Sử dụng các vùng đất ngập nước một cách khôn khéo được định nghĩa là ‘duy trì đặc tính sinh thái của chúng, đạt được thông qua việc thực hiện các cách tiếp cận hệ sinh thái, trong bối cảnh phát triển bền vững’. Do đó, ‘sử dụng khôn khéo’ đặt trọng tâm vào bảo tồn và sử dụng bền vững các vùng đất ngập nước và nguồn tài nguyên của chúng vì lợi ích của loài người’.

Nguồn:

<http://www.ramsar.org/cda/en/ramsar-home/main/ramsar/140000>

Tuy nhiên, mục đích ban đầu của Công ước Ramsar là nhằm bảo vệ các vùng đất ngập nước có tầm quan trọng đặc biệt là môi trường sống của các loài chim nước. Hiện nay, có gần 2 triệu héc-ta đất ngập nước ở hơn 160 quốc gia trên khắp thế giới được Công ước Ramsar công nhận là đất ngập nước có giá trị đặc biệt. Dù chưa có con số chính thức nhưng đất ngập nước có rừng ngập mặn chỉ chiếm một phần rất nhỏ trong tổng số diện tích này.

Thứ hai, Mạng lưới Dự trữ Sinh quyển MAB (Con người và Sinh quyển) của UNESCO được thiết lập vào năm 1977 với thông điệp:

‘Nhằm đảm bảo tính bền vững về môi trường, kinh tế và xã hội (kể cả văn hóa và tâm linh) thông qua:

- Phát triển và điều phối một mạng lưới khắp thế giới của những địa điểm có vai trò trình diễn và học tập nhằm mục đích duy trì và phát triển tính đa dạng về sinh thái và văn hóa và đảm bảo các dịch vụ sinh thái vì lợi ích của con người;*
- Phát triển và tổng hợp kiến thức, kể cả khoa học, để nâng tầm hiểu biết về sự tương tác giữa con người với phần còn lại của tự nhiên;*
- Nâng cao năng lực toàn cầu nhằm quản lý các hệ thống sinh thái - xã hội phức tạp, cụ thể là thông qua khuyến khích nâng tầm đối thoại rộng rãi trên giao diện khoa học - chính sách; giáo dục môi trường; và truyền thông đa phương tiện vươn đến một cộng đồng có tầm cỡ lớn hơn’.*

Nguồn: http://en.wikipedia.org/wiki/World_Network_of_Biosphere_Reserves

Hiện nay, có khoảng 600 khu dự trữ sinh quyển nằm ở 117 quốc gia, trong đó có ít nhất là 15 khu có rừng ngập mặn. Các khu dự trữ sinh quyển điển hình có rừng ngập mặn là cấu thành quan trọng gồm có Khu Dự trữ sinh quyển Rừng ngập mặn Shankou ở Trung Quốc, Khu Dự trữ sinh quyển Cần Giờ ở Việt Nam, Khu Dự trữ sinh quyển Ranong ở Thái Lan, Khu Dự trữ sinh quyển vịnh Mannar ở Ấn Độ, Khu Dự trữ sinh quyển Laguna de Términos ở Mexico, Khu Dự trữ sinh quyển Châu thổ del Orinoco ở Venezuela, Khu Dự trữ sinh quyển Sundarbans ở Ấn Độ và Bangladesh (liên biên giới) và Khu Dự trữ sinh quyển Boloma Bijagós ở Guinea-Bissau.

Hầu hết các khu dự trữ sinh quyển là hiện thân của ba thành phần quan trọng, một hệ thống phân vùng được thống nhất có xác định rõ các hoạt động được phép và không được phép cho mỗi vùng, sử dụng tài nguyên đa công dụng và có tham vấn ý kiến với các cộng đồng sở tại. Các khu dự trữ sinh quyển thường được chia thành vùng phòng hộ nghiêm ngặt, không có các hoạt động sử dụng trực tiếp của con người; vùng đệm hay vùng hạn chế sử dụng, chỉ cho phép một số hoạt động nào đó và vùng sản xuất, đất đai được sử dụng cho mục đích nội địa hoặc sản xuất kinh doanh. Tuy nhiên, rừng ngập mặn trong khu dự trữ sinh quyển không nhất thiết phải được quản lý và bảo vệ

theo chiều hướng khôn khéo vì không có yêu cầu ràng buộc giữa pháp luật và tinh thần của khái niệm dự trữ sinh quyển. Các khu dự trữ sinh quyển có thể bị xóa khỏi danh sách của UNESCO bất kỳ lúc nào khi nước chủ nhà yêu cầu hoặc khi sự vận hành của chúng không được đoàn kiểm tra định kỳ của UNESCO tán thành. Mặc dù vậy, dường như các khu dự trữ sinh quyển lại là một trong những cơ chế chính thức nhằm bảo tồn và sử dụng khôn khéo rừng ngập mặn. Cuối cùng, sự thành bại của chúng phụ thuộc rất lớn vào sự hợp tác của nhân dân địa phương nhằm tuân thủ hệ thống phân vùng và bảo vệ nguồn tài nguyên chung của họ, được hỗ trợ bởi thông tin, chính sách nhất quán và minh bạch của chính phủ

Các khuôn khổ bảo tồn khác ở cấp quốc gia, tiểu bang hoặc tỉnh cũng có thể có ích cho việc bảo vệ rừng ngập mặn. Chẳng hạn như các vườn quốc gia, khu bảo tồn, vườn thú hoang dã, khu dự trữ thiên nhiên và bãi cá giống hoặc khu bảo tồn biển. Cũng giống như khu dự trữ sinh quyển, những nơi này cũng được phân vùng nhằm hạn chế sử dụng và xâm nhập.

Các chiến lược bảo tồn

Mục tiêu cơ bản của bảo tồn và quản lý khôn khéo rừng ngập mặn phải là duy trì và gìn giữ các chức năng sinh thái và các dịch vụ quan trọng của hệ sinh thái mà chúng mang lại. Vậy thì không cần thiết phải ngăn chặn tác nghiệp lâm sinh nhằm sản xuất gỗ thương phẩm hoặc tận dụng chúng để thu được các sản phẩm khác từ rừng như một ong, tôm cá và chất đốt cho cộng đồng địa phương, nếu như các hoạt động đó được quản lý chặt chẽ và không ảnh hưởng nhiều đến mục tiêu cốt lõi là duy trì các chức năng sinh thái và các dịch vụ quan trọng của hệ sinh thái. Tuy nhiên, nó hướng đến việc tạm thời chặn đứng hoặc hạn chế tối đa các hình thức sử dụng đất mang tính tiêu cực như chuyển đổi sang nuôi thủy sản, nông nghiệp, mở rộng đô thị và khu công nghiệp. Cũng cần phải có một giải pháp trước vấn nạn làm suy thoái và phá vỡ cảnh quan rừng ngập mặn mang tính hệ thống do sự gia tăng nhanh chóng của dân số có sinh kế lệ thuộc vào tài nguyên ven biển ở một số quốc gia đang phát triển.

Phá vỡ cảnh quan là một vấn nạn lớn vì nói chung thì sự giàu có của loài (số lượng loài hiện hữu) có tương quan thuận với quy mô diện tích của rừng ngập mặn – chẳng hạn như diện tích rừng ngập mặn càng lớn thì số loài hiện hữu càng nhiều (Duke và đồng sự, 1998a; Ellison, 2002). Các loài hiếm hoặc không phổ biến thì ít khi bắt gặp ở những quần thể nhỏ, biệt lập. Nên rất có thể là sự phá vỡ cảnh quan sẽ dẫn đến mất loài cây rừng ngập mặn, đặc biệt là những loài có phân bố hạn hẹp hoặc bị giới hạn ở quần thể bản địa nhỏ. Chỉ cần một hoặc hai loài cây ngập mặn bị tuyệt chủng thì đã là một mất mát lớn đối với tính đa dạng gien trong một nhóm thực vật đặc chủng vốn chỉ có khoảng 80 loài ở cấp độ toàn cầu. Hơn nữa, chúng ta đều biết rằng các loài bị mất đi sẽ dẫn đến tính đa dạng về chức năng bị giảm sút, đặc biệt là ở các hệ sinh thái rừng ngập mặn, vốn hàm chứa những mối tương tác hữu sinh phức tạp ở bên trong và các mối liên kết hữu sinh và vô sinh cũng không kém phần phức tạp ở bên ngoài với các hệ sinh thái liền kề (Ellison, 2008). Nó lần lượt làm suy giảm các chức năng sinh thái và khả năng cung cấp các dịch vụ bình thường của hệ sinh thái.

Như chúng ta đã thấy ở các chương trước, các hệ sinh thái rừng ngập mặn rất đa dạng ở tất cả các cấp độ không gian, toàn cầu, khu vực và địa phương. Một số nguyên nhân vật lý của tính biến thiên này đã được thảo luận ở Chương 2, các tác nhân kinh tế - xã hội và tác động khác của con người thì được thảo luận ở Chương 5 và 6. Sự khác biệt và biến thiên tự nhiên về kiểu hình cùng với mức độ khuấy nhiễu của con người hàm ý rằng chưa có một công thức 'dạy nấu ăn' chung cho quản lý khôn khéo, nói cách khác là chưa có chiến lược quản lý phổ biến nào ăn khớp được với toàn bộ các khu vực rừng ngập mặn. Thay vào đó, các chiến lược linh hoạt và quản lý thích nghi cần được thay đổi cho phù hợp với điều kiện cụ thể của khu vực dựa theo các đặc tính sinh thái và tính nhạy cảm của chúng trước mực nước biển dâng cao và các tác nhân khác của biến đổi khí hậu, điều kiện kinh tế - xã hội của nhân dân địa phương và các tác động ngoại vi khác ở phía biển và phía đất liền. Nó đòi hỏi một tầm nhìn xa hơn và phương pháp tiếp cận chủ động hơn để quản lý và quy hoạch vùng ven biển vượt lên khỏi lối mòn hiện tại và nó cần sự quan tâm đúng mực hơn đến các động lực nằm bên ngoài ranh giới trực tiếp của rừng ngập mặn, kể cả áp lực của dân số.

Từ các ý tưởng đó, cách tiếp cận chung hữu hiệu nhất có lẽ là sự phân chia các hệ thống rừng ngập mặn ra nhiều mảng như các loại hình dưới đây tùy theo đặc tính sinh học và vật lý cụ thể của từng hệ thống và điều kiện kinh tế - xã hội của địa phương:

Các hệ thống bảo tồn

Đây là những khu vực được bảo vệ nghiêm ngặt nhằm duy trì tính đa dạng về chức năng và kiểu di truyền, các dịch vụ hệ sinh thái quan trọng như phòng hộ ven biển, môi trường sống và nơi sinh sản cho tôm cá, chim và các loài động vật khác cùng với chức năng điều hòa khí hậu và chất lượng nước. Vì đây là cái mà chúng ta có thể gọi là hệ sinh thái rừng ngập mặn cốt lõi, nên lý tưởng nhất là phải đưa chúng vào chương trình quản lý thủy vực tổng hợp để hạn chế những tác động từ phía thượng nguồn và cũng cần quan tâm hạn chế tác động của các hoạt động từ phía biển. Việc chọn một hệ sinh thái rừng ngập mặn làm khu bảo tồn cũng cần phải xem xét đến khả năng di trú về phía đất liền để ứng phó với mực nước biển dâng cao, kể cả hiện trạng sử dụng đất vốn cần đến kế hoạch dự phòng để chuẩn bị chỗ cho rừng ngập mặn dịch chuyển về phía đất liền, nơi đang được sử dụng vào mục đích khác. Đánh bắt tôm cá trong các luồng nước liên đới với rừng ngập mặn được cho phép với điều kiện là hoạt động này không xâm phạm đến rừng ngập mặn, không làm thay đổi điều kiện thủy văn bằng cách đặt các bẫy cá cố định hay các cấu trúc khác và nếu có khai thác quá mức thì cũng không làm phương hại đến các chức năng của bãi cá đẻ.

Các khu hệ hạn chế sử dụng

Là các khu hệ mà ở đó hoạt động trực tiếp của con người được điều chỉnh và giám sát chặt chẽ. Điển hình như chiết xuất nhiên liệu và thức ăn ở quy mô nhỏ. Cụ thể thì các hoạt động được cho phép ở từng nơi có khác nhau nhưng tiêu chuẩn chính để xác định cái nào được phép và cái nào không được phép chính là mức độ ảnh hưởng của hoạt động đó đến các dịch vụ và chức năng chính của hệ sinh thái. Cần phải lưu ý rằng, không dễ gì đo lường hoặc giám sát được những biến đổi trong các dịch vụ và chức năng của hệ sinh thái, giới khoa học đang tranh cãi để tìm ra cách làm tốt nhất. Vì vậy cần phải áp dụng nguyên tắc ngăn ngừa hoặc một phương thức thận trọng khi quyết định các hoạt động nào là được phép thực hiện.

Các hệ thống sản xuất

Loại hình này thừa nhận các hệ sinh thái rừng ngập mặn mà trong đó kỹ thuật lâm sinh được thực hiện vì mục tiêu lâu dài nhằm cung cấp tái tạo gỗ và các lâm sản khác, chẳng hạn như ở rừng ngập mặn Matang thuộc phía Tây Malaysia và vùng Sundarbans của Ấn Độ và Bangladesh. Dù có bằng chứng cho thấy có sự sụt giảm khối lượng gỗ thu hoạch ở Matang theo thời gian nhưng các dịch vụ sinh thái cốt lõi dường như không giảm sút (Ong, 1982, 1995). Có khi cũng nên xem xét đến việc chuyển đổi một số hệ sinh thái rừng ngập mặn bị suy thoái thành các hệ sản xuất và quản lý chúng để cung cấp tái tạo gỗ và chất đốt ở những nơi có nhu cầu cao và nơi có tình trạng chặt cây bừa bãi để phục vụ nhu cầu cơ bản của cuộc sống. Làm như vậy thì có thể giảm được tình trạng chặt cây rừng bừa bãi, nhờ đó giảm được tình hình suy thoái rừng do hành vi này gây ra.

Các loại hình này bản thân không phải là cách tiếp cận phân vùng vì ở nhiều trường hợp cần phải giữ trạng thái nguyên vẹn của hệ sinh thái rừng ngập mặn hơn là phân nó ra thành các hình thức sử dụng khác nhau. Điển hình như một số dịch vụ hệ sinh thái quan trọng xuất phát từ một hệ sinh thái ven sông, tiêu thoát một thủy vực lớn và chảy ra các hệ sinh thái nhạy cảm xa bờ, chẳng hạn như các hệ sinh thái cỏ biển và rạn san hô, có thể chịu ảnh hưởng bất lợi do các phần tử của nó bị tác động bởi hoạt động của con người. Sẽ không có ý nghĩa gì khi phân nó ra thành các vùng khác nhau nhằm mục đích bảo tồn, hạn chế sử dụng hay sản xuất. Tuy nhiên, ở các trường hợp khác thì một hệ sinh thái rừng ngập mặn cụ thể nên được phân chia thành các khu bảo tồn, khu hạn chế sử

dụng và khu sản xuất cho tiện quản lý. Chính vì vậy, cần phải có một cách tiếp cận quản lý thích ứng và uyển chuyển như đã trình bày trên đây.

Câu hỏi được đặt ra là cần phải quy hoạch bao nhiêu diện tích rừng của quốc gia dành cho khu hệ bảo tồn, khu hệ hạn chế sử dụng và khu hệ sản xuất? Chưa có câu trả lời nào chính xác dành cho câu hỏi này vì nó còn lệ thuộc vào phạm vi của rừng ngập mặn của quốc gia, vị trí địa lý của chúng, mối quan hệ giữa chúng với nhau, quy mô, thành phần thực vật và tính đa dạng về chức năng cùng với tình trạng hiện thời của chúng. Cũng cần phải nhìn nhận rằng ngay cả các hệ sinh thái rừng ngập mặn vốn đã sụt giảm tính đa dạng thực vật và gánh chịu trực tiếp các tác động của con người nhưng vẫn có giá trị sinh thái và mang lại một số dịch vụ hệ sinh thái nhất định, dù có thể là không hoàn toàn đầy đủ. Thực tế này đang hướng chúng ta đến vấn đề trồng cây gây rừng và khôi phục rừng ngập mặn.

Trồng cây gây rừng và khôi phục rừng

Các thuật ngữ ‘tái tạo rừng’, ‘trồng cây gây rừng’, ‘phục hồi rừng’ và ‘khôi phục rừng’ thường được sử dụng thay thế cho nhau. Tuy nhiên, giữa chúng có điểm khác nhau về ý nghĩa. Trồng cây gây rừng là một thuật ngữ chung để chỉ việc trồng cây trên một diện tích để tạo thành rừng, không cần biết nơi đó trước đây có rừng hay không có rừng; tái tạo rừng thường được dùng để chỉ việc trồng cây trên một diện tích mà trước đó đã có rừng. Nghiêm túc mà nói thì cả hai thuật ngữ này đều chỉ nói đến việc trồng cây mà thôi. Phục hồi rừng được dùng để mô tả một quy trình trả lại cái gì đó (ở đây là hệ sinh thái) về với tình trạng ban đầu hoặc được cho là ban đầu của nó. Nếu ta dùng định nghĩa này thì sẽ có hai vấn đề đáng nói. Trước tiên là ‘điểm phục hồi’ hay tình trạng ban đầu mà chúng ta muốn phục hồi, dù cho sự thay đổi đã diễn ra ở hầu hết các hệ sinh thái đó là do tự nhiên hay do con người, chúng ta vẫn không có cách nào mà biết hết được tình trạng ban đầu của nó là gì, cũng như các thuộc tính và đặc điểm của nó ra sao vào lúc đó. Thứ hai là khó có thể tái tạo được một hệ sinh thái phức tạp, có đầy đủ chức năng với tất cả các loài, các chức năng, các mối tương tác và các dịch vụ hệ sinh thái tự nhiên (ngay cả khi ta biết được chúng đã là như vậy) trong một vài năm, một công việc vốn cần đến hàng thập kỷ hoặc hàng thế kỷ diễn ra trong tự nhiên (xem thêm Lewis, 2005). Thuật ngữ ‘khôi phục rừng’ thì lại có định nghĩa mang chút gì đó nhẹ nhàng hơn, ở mức độ muốn nói đến việc trả cái gì đó (ở đây lại là một hệ sinh thái đã bị tác động hoặc bị suy thoái) về với một tình trạng mà ở đó nó hiện thân là một thực thể có đủ chức năng, tự đứng vững, dù không cần thiết là phải về với điều kiện ban đầu của nó. Ở đây chúng ta sẽ sử dụng chỉ ba thuật ngữ mà thôi, đó là trồng rừng (hoặc trồng rừng lại), trồng cây gây rừng và khôi phục rừng.

Rừng ngập mặn là những kẻ định cư cơ hội và, cứ để tự nhiên như vậy, chúng sẽ thường tái sinh và chiếm cứ những vùng đất mới nếu có được trái giống tự nhiên và điều kiện thủy văn thích hợp. Nơi có sẵn trái giống mà không có hoặc có mức tái sinh tự nhiên kém thì thường có thể là do điều kiện thủy văn không thích hợp xuất phát từ yếu tố tự nhiên hoặc do tác động nào đó của con người. Trên quan điểm sinh thái, cần ưu tiên cho tái sinh hoặc chiếm cứ tự nhiên, nhưng ở một số trường hợp cần phải trồng rừng bằng sức người nhằm khôi phục các sinh cảnh đã bị thoái hóa, hoặc vì các mục đích đặc biệt khác. Có hai trường hợp phổ biến nhất, trước tiên là khôi phục các diện tích rừng ngập mặn mà trước đó đã chuyển đổi sang nuôi trồng thủy sản hoặc làm nông nghiệp rồi sau đó bị bỏ hoang vì không còn năng suất (Stevenson, 1997; Stevenson và đồng sự, 1999); thứ hai là trồng rừng ngập mặn ở nơi cây tái sinh tự nhiên không đủ sức để làm nên tác dụng phòng hộ ven biển hoặc tạo ra chức năng hay dịch vụ sinh thái quan trọng khác.

Công cuộc trồng cây gây rừng ngập mặn dưới hình thức này hay hình thức khác đã được thực hiện ít nhất là một thế kỷ qua, điển hình đầu tiên thuộc lĩnh vực lâm sinh bền vững nhằm lấy gỗ và sản phẩm từ gỗ ở Malaysia (Watson, 1928) và ở vùng Sundarbans của Ấn Độ và Bangladesh vào khoảng đầu thế kỷ 20, sau đó là do người Pháp thực hiện ở Việt Nam trong khoảng thời gian từ đầu đến giữa thế kỷ 20 và hầu hết có thể là do các nhà lâm nghiệp của các nước đô hộ thực hiện ở các nơi khác của Châu Á trong cùng giai đoạn này. Trồng rừng ngập mặn để ổn định bờ biển, phòng hộ vùng ven biển và trồng cây gây rừng nói chung cũng đã xuất hiện ít nhất là từ đầu thập niên 1970, chẳng hạn như ở Florida (Teas và đồng sự, 1975) và một số nơi ở Đông Nam Á, đặc biệt là ở Việt

Nam vào năm 1975 sau khi chiến tranh kết thúc (Hồng và Sãn, 1993). Trong những năm gần đây, trồng cây gây rừng và khôi phục rừng ngập mặn với nhiều mục đích khác nhau đã trở thành phổ biến trên khắp thế giới. Trồng lại rừng tất yếu phải là một phần trong kế hoạch quản lý canh tác rừng ngập mặn bền vững, chẳng hạn như ở Tây Malaysia và vùng Sundarbans của Ấn Độ và Bangladesh. Trồng cây gây rừng ngập mặn ở quy mô lớn hơn đã được tiến hành ở Bangladesh (Saenger & Siddiqi, 1993) và miền Nam Việt Nam. Tuy nhiên, hầu hết các hoạt động trồng cây gây rừng ngập mặn đều có quy mô tương đối nhỏ và hạn hẹp, được thực hiện theo các mục đích cá biệt, chẳng hạn như phòng hộ vùng ven biển hoặc tăng cường sức chống chịu và mở rộng sinh kế cho các cộng đồng dân cư địa phương. Rất tiếc là không phải dự án nào cũng thành công, hầu hết là do đánh giá hiện trường chưa đúng mức và chọn loài cây trồng không thích hợp.

Điều kiện thủy văn tại hiện trường là yếu tố quan trọng hàng đầu cần được xem xét trong bất kỳ dự án khôi phục rừng ngập mặn nào (Lewis, 1999, 2005), nên các chiến lược và quy trình kỹ thuật trồng rừng mang tính cục bộ cao và chúng ta không bàn sâu ở đây. Tuy nhiên, quý độc giả có thể tham khảo một số hướng dẫn và quy trình kỹ thuật chung cho nhiều mục đích trồng rừng khác nhau và ở nhiều điều kiện lập địa khác nhau trong tài liệu của Field (1996).

Như đã thể hiện trong Chương 6 và được lặp lại ở đầu chương này, tình trạng chặt hạ cây bừa bãi để lấy củi và vật liệu xây dựng, cùng với các hoạt động khác như đào đắp đê điều, kênh thủy lợi phục vụ trồng lúa hoặc làm ruộng tôm vốn làm thay đổi điều kiện thủy văn của các hệ sinh thái rừng ngập mặn, đã dẫn đến tình trạng suy thoái nghiêm trọng các hệ sinh thái rừng ngập mặn ở nhiều nơi trên thế giới, đặc biệt là ở Châu Phi và Châu Á. Thêm vào đó, đã xuất hiện nhiều ruộng tôm bị bỏ hoang trên các diện tích mà trước đây là rừng ngập mặn ở nhiều nơi trên thế giới (Stevenson, 1997; Stevenson và đồng sự, 1999). Dù ở đó có thể hoặc không thể phục hồi sinh thái đầy đủ theo nghĩa mà Lewis (2005) đã mô tả, nhưng hình thức khôi phục rừng ở mức độ nào đó nhằm đưa chúng trở lại thành một hệ sinh thái rừng ngập mặn tự nó bền vững mà có ít nhất một số chức năng và dịch vụ sinh thái tiêu biểu thì vừa đáp ứng được yêu cầu thực tiễn vừa mang tính thực tế.

Kết luận

Cách tiếp cận thích nghi và linh động để bảo tồn và quản lý rừng ngập mặn không nên diễn giải theo nghĩa là một cơ hội để các nhà ra quyết định và các nhà quản lý vùng ven biển không phải làm gì cả. Dù có khó khăn và thách thức nhưng nó cho thấy một thực tế đơn giản là không bao giờ có hai hệ sinh thái rừng ngập mặn giống nhau hoàn toàn, nên cách quản lý ở nơi này có thể không phù hợp với cách quản lý ở nơi khác. Chúng ta cũng nên nhìn nhận rằng yêu cầu quản lý không phải là bất di bất dịch và chắc chắn sẽ cần phải thích nghi theo thời gian nhằm ứng phó với tác động của biến đổi khí hậu và sự thay đổi của điều kiện kinh tế - xã hội. Những người có thẩm quyền làm chính sách, ra quyết định và quản lý vùng ven biển cần có một cách tiếp cận tiên phong và trên quan điểm hiện đại cho công cuộc bảo tồn và quản lý rừng ngập mặn, có sự tham mưu của giới khoa học và kỹ thuật phù hợp và có tham khảo ý kiến của rộng rãi công chúng là những người có tâm huyết với môi trường. Liệu đòi hỏi này có quá đáng không? Không quá 100 năm sau thì chúng ta sẽ có được câu trả lời thôi!

Một số đường dẫn để truy cập tài liệu trên Mạng

Các đường dẫn sau đây có thể cần thiết cho các nhà quản lý vùng ven biển, giáo viên, học sinh và quý độc giả nói chung có quan tâm đến rừng ngập mặn và các vùng đất ngập nước khác. Dù các tài liệu này tập trung vào các vùng đất ngập nước và tài nguyên ven biển ở Úc nhưng về mặt giáo dục và rất nhiều thông tin khác mà chúng cung cấp thì có nội dung rộng hơn rất nhiều.

OzCoasts – Thông tin trực tuyến vùng ven biển Úc

Trang: <http://www.ozcoasts.gov.au/index.jsp>

Thông tin về các vùng đất ngập nước của chính quyền Queensland

Trang: <http://wetlandinfo.derm.qld.gov.au/wetlands/index.html>

Hộp 7.1 Hiến chương của ISME đối với rừng ngập mặn

Hiệp hội Hệ sinh thái rừng ngập mặn Quốc tế (ISME) đã thông qua bản Hiến chương rừng ngập mặn, bổ sung cho Hiến chương của Thế giới về Thiên nhiên đã được Đại Hội đồng Liên hiệp quốc công bố và ngày 28 tháng 10 năm 1982, khẳng định rằng thiên nhiên phải được tôn trọng, nguồn gien trên trái đất không được xâm hại, công cuộc bảo tồn được đưa vào thực tiễn, quản lý bền vững được con người áp dụng và thiên nhiên được bảo vệ khỏi vãn nạn suy thoái.

ISME nhận thức rằng:

- Rừng ngập mặn là các hệ sinh thái bán nhật triều độc đáo xuất hiện chủ yếu ở các vùng nhiệt đới trên thế giới;
- Tổng diện tích rừng ngập mặn trên thế giới ước tính không quá 170,000 km² và có vào khoảng 60 loài cây thân gỗ và cây bụi chỉ sống ở sinh cảnh rừng ngập mặn;
- Rừng ngập mặn hỗ trợ các quần xã đa dạng gien của khu hệ động vật và thực vật trên cạn và dưới nước có giá trị môi trường, kinh tế và xã hội trực tiếp và gián tiếp cho xã hội loài người trên khắp thế giới;
- Phát triển bền vững các hệ sinh thái rừng ngập mặn có nghĩa là duy trì và sử dụng hợp lý tài nguyên thiên nhiên nhằm bảo an sức bền sinh thái và cơ hội kinh tế cho các thế hệ hiện tại và trong tương lai;
- Rừng ngập mặn phải được bảo tồn ở nhiều nơi trên thế giới nhằm ngăn ngừa hiện tượng đất đai ven biển bị thoái hóa;

Đoan chắc rằng:

- Sự sụt giảm và suy thoái rừng ngập mặn là một hiện tượng toàn cầu, đây là hậu quả của các hành vi có liên quan đến việc sử dụng không bền vững và khai thác cạn kiệt;
- Giá trị của đất rừng ngập mặn chưa hề được đánh giá đúng mức khi các diện tích này bị chuyển đổi sang các mục đích sử dụng không bền vững;
- Sử dụng bền vững các hệ sinh thái rừng ngập mặn sẽ giúp cho tài nguyên này có công dụng tốt hơn;
- Phục hồi các hệ sinh thái rừng ngập mặn đã bị suy thoái vì các mục đích kinh tế, xã hội và bảo tồn là một nhu cầu bức thiết;

Tin tưởng rằng:

- Rừng ngập mặn là một nguồn tài nguyên thiên nhiên có giá trị với tính đa dạng gien đặc biệt, năng suất tự nhiên nội tại cao và giá trị môi trường độc đáo;
- Rừng ngập mặn hỗ trợ các giá trị kinh tế và sinh thái quan trọng ở các khu hệ ven bờ và trên cạn liền kề;
- Rừng ngập mặn đóng vai trò quan trọng trong nguồn lực kinh tế và xã hội tại chỗ nhằm nuôi sống cư dân ven biển ở các vùng nhiệt đới;
- Rừng ngập mặn đóng vai trò quan trọng trong phòng hộ ven biển và làm giảm xói lở bờ biển;
- Rừng ngập mặn làm vật đệm cho các nguồn nước ven biển trước những ảnh hưởng đáng tiếc từ đất liền, chẳng hạn như chất trầm tích, chất gây ô nhiễm hoặc sự rửa trôi dinh dưỡng;

Tái xác định rằng con người phải nắm được kiến thức sử dụng tài nguyên thiên nhiên trên tinh thần bảo vệ và gia tăng các loài và các hệ sinh thái vì các giá trị nội tại của chúng và vì lợi ích của các thế hệ hiện tại và tương lai.

Đoan chắc nhu cầu về các giải pháp thích đáng ở các cấp độ cá nhân, tập đoàn và quốc gia nhằm quản lý, bảo tồn và thúc đẩy hiểu biết về hệ sinh thái rừng ngập mặn là hiện thực.

I NGUYÊN TẮC CHUNG

1. Các hệ sinh thái rừng ngập mặn được tôn trọng và các đặc điểm nội tại của chúng được bảo toàn ở nơi có điều kiện
2. Tính đa dạng gien vốn có ở các hệ sinh thái rừng ngập mặn được gìn giữ, để được như vậy thì các sinh cảnh thiết yếu phải được bảo toàn.
3. Các hệ sinh thái rừng ngập mặn mà con người sử dụng phải được quản lý nhằm đạt đến và duy trì năng suất bền vững nhưng không làm suy yếu tính toàn vẹn của các hệ sinh thái khác cùng tồn tại với chúng .
4. Các hệ sinh thái rừng ngập mặn được bảo vệ khỏi hủy diệt bừa bãi, hiểm họa tự nhiên, ô nhiễm và hư hại do sự quấy nhiễu từ các khu vực chung quanh gây ra.
5. Việc sử dụng bền vững các hệ sinh thái rừng ngập mặn bởi những người sử dụng truyền thống được nhìn nhận và chu cấp nhằm cải thiện phúc lợi cho nhân dân bản địa.
6. Việc nắm bắt và phổ biến kiến thức đối với cấu trúc, chức năng và quản lý các hệ sinh thái rừng ngập mặn nguyên sinh và bị tác động được khuyến khích bằng mọi cách, kể cả hợp tác nghiên cứu quốc tế và hỗ trợ kỹ thuật.

II CHỨC NĂNG

7. Các quyết định có ảnh hưởng tới quản lý các hệ sinh thái rừng ngập mặn chỉ được đưa ra dưới ánh sáng của kiến thức hiện hữu tốt nhất và tầm hiểu biết của địa phương cụ thể.
8. Các quyết định làm thế nào để quản lý một hệ sinh thái rừng ngập mặn được phổ biến theo các thông số xác định dưới đây:
 - (i) Các thành phần sinh học và các đặc tính tự nhiên của khu vực được xem xét, bằng các cuộc điều tra, lập bản đồ và thu thập các dữ liệu tự nhiên và sinh học;
 - (ii) Nhu cầu của nhân dân có liên quan đến việc sử dụng bền vững loại tài nguyên nào có đủ nguồn dự trữ nhằm mục đích bảo toàn;
 - (iii) Tầm quan trọng cấp quốc gia và quốc tế của tài nguyên đó về mặt sinh cảnh và nguồn gien;
 - (iv) Tầm quan trọng cấp quốc gia và quốc tế của địa bàn đó đối với năng suất thủy sản và tính ổn định của vùng ven biển;
 - (v) Các yêu cầu của địa phương về giá trị giáo dục, giải trí và thẩm mỹ;
 - (vi) Các yêu cầu nào cần phải được đáp ứng đối với các hình thức sử dụng tài nguyên không bền vững;
 - (vii) Mức độ để khôi phục và cơ chế bồi thường có thể áp dụng nhằm giảm thiểu tác động do việc sử dụng không bền vững gây ra.
9. Thông tin thu thập được từ mục (8) được dùng để xác định các khu vực cần được gìn giữ, xác định các chiến lược quản lý, phục hồi và gìn giữ tài nguyên, hoặc để xác định các khu vực cần được sử dụng bền vững.
10. Các quyết định về việc sử dụng các hệ sinh thái rừng ngập mặn phải cân nhắc đến nhu cầu:
 - (i) Sử dụng tài nguyên rừng ngập mặn để cho năng suất tự nhiên của chúng được bảo toàn;
 - (ii) Tránh làm suy thoái các hệ sinh thái rừng ngập mặn;
 - (iii) Khôi phục các diện tích rừng ngập mặn đã bị thoái hóa;
 - (iv) Tránh khai thác quá mức tài nguyên thiên nhiên được hình thành từ các hệ sinh thái rừng ngập mặn;
 - (v) Tránh những tác động tiêu cực đến các hệ sinh thái liền kề;
 - (vi) Nhìn nhận phúc lợi xã hội và kinh tế của cư dân rừng ngập mặn bản địa;
 - (vii) Kiểm soát và hạn chế các hình thức sử dụng không bền vững để cho các lợi ích và năng suất lâu dài của các hệ sinh thái rừng ngập mặn không bị mất đi;
 - (viii) Giới thiệu các giải pháp điều tiết để sử dụng khôn khéo các hệ sinh thái rừng ngập mặn.

III THỰC THI

11. Các nguyên tắc trong bản Hiến chương hiện hành này được phản ánh trong luật và thực tiễn của từng quốc gia cũng như ở cấp quốc tế khi có điều kiện.
12. Kiến thức về cấu trúc, chức năng và tầm quan trọng của các hệ sinh thái rừng ngập mặn được truyền thông bằng tất cả các phương tiện khả dĩ ở các cấp độ địa phương, quốc gia và quốc tế.
13. Kiến thức về cấu trúc, chức năng và quản lý các hệ sinh thái rừng ngập mặn nguyên sinh và đã bị tác động được tăng cường.
14. Các chương trình giáo dục và các trung tâm cấp vùng cần phải được hỗ trợ để tập huấn cho các nhà khoa học, giới lập kế hoạch, giới quản lý và công chúng đại đồng và để khuyến khích nhận thức về tầm quan trọng của các hệ sinh thái rừng ngập mặn.
15. Tất cả quy hoạch cần phải có các bước điều tra kinh tế xã hội, điều kiện tự nhiên và sinh học của các hệ sinh thái rừng ngập mặn ở đó và đánh giá tác động đối với khu hệ này cũng như các khu vực chung quanh các hoạt động được đề xuất. Mọi cân nhắc cần phải được có tham khảo ý kiến của rộng rãi công chúng trước khi ra quyết định.
16. Các nguồn lực, chương trình và cơ cấu hành chính cần thiết cho việc sử dụng bền vững các hệ sinh thái rừng ngập mặn cần được chu cấp.
17. Hiện trạng của các hệ sinh thái rừng ngập mặn cần phải được quan trắc ở cấp quốc gia và quốc tế nhằm đánh giá được tình hình thực tiễn đương thời và sớm nhận ra những hiệu ứng bất lợi.
18. Nhà nước cần phải thiết lập các điều khoản hoặc chế định pháp luật để bảo vệ và quản lý rừng ngập mặn cũng như các hệ sinh thái rừng ngập mặn.
19. Nhà nước, các nhà chức trách công chúng, các tổ chức quốc tế, các tổ chức phi chính phủ, cá nhân, tập thể và tập đoàn, tùy theo khả năng của mình, cần phải:
 - (i) Hợp tác trong nhiệm vụ quản lý các hệ sinh thái rừng ngập mặn vì mục đích bền vững;
 - (ii) Xây dựng trình tự và phương pháp luận nhằm đánh giá thực trạng của các hệ sinh thái rừng ngập mặn và để quản lý chúng;
 - (iii) Đảm bảo rằng các hoạt động trong quyền hạn pháp lý của mình không gây ra thiệt hại không cần thiết đến các hệ sinh thái rừng ngập mặn ở bên trong hoặc bên ngoài phạm vi hoạt động của mình;
 - (iv) Thi hành các điều khoản pháp lý cấp quốc gia và quốc tế nhằm bảo vệ và bảo tồn các hệ sinh thái rừng ngập mặn.
20. Mỗi nhà nước khi có điều kiện thì đưa các điều khoản của bản Hiến chương hiện hành này vào hiệu lực thi hành thông qua các cơ quan có thẩm quyền của mình và hợp tác với các nhà nước khác.
21. Tất cả những cá nhân, trên cơ sở luật pháp quốc gia của mình cần được tạo cơ hội để tham gia, với tư cách cá nhân hay tập thể, trong quá trình đưa ra quyết định có liên quan trực tiếp đến bảo tồn và sử dụng bền vững các hệ sinh thái rừng ngập mặn.
22. Những người bị ảnh hưởng cần phải được bồi thường bằng vật chất khi các hệ sinh thái rừng ngập mặn của họ bị thiệt hại.
23. Từng thành viên của ISME có nhiệm vụ tuân thủ các điều khoản tại Hiến chương hiện hành này, hoạt động độc lập, phối hợp với các thành viên khác, hoặc tham gia vào một tiến trình chính thống. Từng thành viên phấn đấu để đảm bảo rằng các mục tiêu và yêu cầu của Hiến chương này được đáp ứng.

Hiệp hội Hệ sinh thái rừng ngập mặn Quốc tế
Tháng 11 năm 1991, Bangkok

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Agyen-Sampong, M. (1994) *Mangrove swamp rice production in West Africa*. Dynamique et usages de al mangrove dans les pays des rivières du Sud (de Sénégal à la Sierra Leone) (ed M.C. Cormier Salem), pp. 185–188. ORSTOM, Paris. <http://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:41077>.
- Aksornkoae, S. & Khemnark, C. (1984) Nutrient cycling in mangrove forest of Thailand. *Proceedings of the Asian Symposium on Mangrove Environment Research and Management* (eds E. Soepadmo, A.N. Rao & D.J. Macintosh), pp. 545–557. University of Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Alcamo, J., Moreno, J.M., Nováky, B., Bindi, M., Corobov, R., Devoy, R.J.N., Giannakopoulos, C., Martin, E., Oleson, J.E. & Shvidenko, A. (2007) Europe: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2007* (eds M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden & C.E. Hanson), pp. 541–580. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Allaway, W.G., Curran, M., Hollington, L.M., Ricketts, M.C. & Skelton, N.J. (2001) Gas space and oxygen exchange in roots of *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh. var. *australasica* (Walp.) Moldenke ex N.C. Duke, the Grey Mangrove. *Wetlands Ecology and Management*, **9**, 211–218.
- Alongi, D.M. (1994) Zonation and seasonality of benthic primary production and community respiration in tropical mangrove forests. *Oecologia*, **98**, 320–327. Alongi, D.M. (2008) Mangrove forests: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **76**, 1–13.
- Atkinson, M.R., Findlay, G.P., Hope, A.B., Pitman, M.G., Saddler, H.D.W. & West, K.R. (1967) Salt regulation in the mangroves *Rhizophora mucronata* Lam. and *Aegialitis annulata* R.Br. *Australian Journal of Biological Sciences*, **20**, 589–599.
- Baba, S., Chan, H.T. & Aksornkoae, S. (2013) *Useful Products from Mangrove and other Coastal Plants*. ISME Mangrove Educational Book Series No. 3. International Society for Mangrove Ecosystems (ISME), Okinawa, Japan, and International Tropical Timber Organization (ITTO), Yokohama, Japan.
- Bacon, P.R. (1994) Template for evaluation of impacts of sea level rise on Caribbean coastal wetlands. *Ecological Engineering*, **3**, 171–186.
- Ball, M.C. (1988a) Ecophysiology of mangroves. *Trees*, **2**, 129–142.
- Ball, M.C. (1988b) Salinity tolerance in the mangroves *Aegiceras corniculatum* and *Avicennia marina* I. Water use in relation to growth, carbon partitioning, and salt balance. *Australian Journal of Plant Physiology*, **15**, 447–464.
- Ball, M.C. & Anderson, J.M. (1986) Sensitivity of photosystem II to NaCl in relation to salinity tolerance. Comparative studies with thylakoids of the salt-tolerant mangrove, *Avicennia marina*, and the salt-sensitive pea, *Pisum sativum*. *Australian Journal of Plant Physiology*, **13**, 689–698.

- Ball, M.C., Chow, W.S. & Anderson, J.M. (1987) Salinity-induced potassium deficiency causes loss of functional photosystem II in leaves of the grey mangrove, *Avicennia marina*, through depletion of the atrazine-binding polypeptide. *Australian Journal of Plant Physiology*, **14**, 351–361.
- Ball, M.C., Cochrane, M.J. & Rawson, H.M. (1997) Growth and water use of the mangroves *Rhizophora apiculata* and *R. stylosa* in response to salinity and humidity under ambient and elevated concentrations of atmospheric CO₂. *Plant, Cell and Environment*, **20**, 1158–1166.
- Ballment, E.R., Smith, T.J.I. & Stoddart, J.A. (1988) Sibling species in the mangrove genus *Ceriops* (Rhizophoraceae), detected using biochemical genetics. *Australian Systematic Botany*, **1**, 391–397.
- Bandaranayake, W.M. (1998) Traditional and medicinal uses of mangroves. *Mangroves and Salt Marshes*, **2**, 133–148.
- Barbier, E. (2006) Mangrove Dependency and the Livelihoods of Coastal Communities in Thailand. *Environment and Livelihoods in Tropical Coastal Zones* (eds C.T. Hoanh, T.P. Tuong, J.W. Gowing & B. Hardy), pp. 127–139. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Barbier, E.B., Acreman, M.C. & Knowler, D. (1997) *Economic Valuation of Wetlands: A Guide for Policy Makers and Planners*. Ramsar Convention Bureau, Gland, Switzerland. 143 pp.
- Barbier, E.B., Koch, E.W., Silliman, B.R., Hacker, S.D., Wolanski, E., Primavera, J., Granek, E.F., Polasky, S., Aswani, S., Cramer, L.A., Stoms, D.M., Kennedy, C.J., Bael, D., Kappel, C.V., Perillo, G.M.E. & Reed, D.J. (2008) Coastal ecosystem-based management with nonlinear ecological functions and values. *Science*, **319**, 321–323.
- Bird, E.C.F. (1986) Human interactions with Australian mangrove ecosystems. *Man in the Mangroves: The Socio-economic Situation of Human Settlements in Mangrove Forests* (eds P. Kunstadter, E.C.F. Bird & S. Sabhasri), pp. 68–78. The United Nations University, Tokyo.
- Blasco, F., Aizpuru, M. & Gers, C. (2001) Depletion of the mangroves of Continental Asia. *Wetlands Ecology and Management*, **9**, 245–256.
- Boon, P.I. & Allaway, W.G. (1986) Rates and ionic specificity of salt secretion from excised leaves of the mangrove, *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. *Aquatic Botany*, **26**, 143–153.
- Boonsong, K., Piyatiratorakul, S. & Patanaponpaiboon, P. (2003) Potential use of mangrove plantation as constructed wetland for municipal wastewater treatment. *Water Science and Technology*, **48**, 257–266.
- Boto, K.G. & Robertson, A.I. (1990) The relationship between nitrogen fixation and tidal exports of nitrogen in a tropical mangrove system. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **31**, 531–540.
- Boto, K., Saffigna, P. & Clough, B. (1985) Role of nitrate in nitrogen nutrition of the mangrove *Avicennia marina*. *Marine Ecology Progress Series*, **21**, 259–265.

- Boto, K.G. & Wellington, J.T. (1984) Soil characteristics and nutrient status in a northern Australian mangrove forest. *Estuaries*, **7**, 61–69.
- Bouillon, S., Borges, A.V., Castaneda-Moya, E., Diele, K., Dittmar, T., Duke, N.C., Kristensen, E., Lee, S.Y., Marchand, C., Middelburg, J.J., Rivera-Monroy, V.H., Smith, T.J.I. & Twilley, R.R. (2008) Mangrove production and carbon sinks: A revision of global budget estimates. *Global Biogeochemical Cycles*, **22**, 1–12.
- Bunt, J.S., Williams, W.T. & Clay, H.J. (1982) River water salinity and the distribution of mangrove species along several rivers in North Queensland. *Australian Journal of Botany*, **30**, 401–412.
- Burchett, M.D., Clarke, L.D., Field, C.D. & Pulkownik, A. (1989) Growth and respiration in two mangrove species at a range of salinities. *Physiologia Plantarum*, **75**, 299–303.
- Cardale, S. & Field, C.D. (1971) The structure of the salt gland of *Aegiceras corniculatum*. *Planta*, **99**, 183–191.
- Chan, H.T. & Salleh, M.N. (1987) *Traditional Uses of the Mangrove Ecosystem in Malaysia*. Mangrove Ecosystems: Occasional Papers No. 1. UNESCO, New Delhi, India.
- Chong, V.C., Sasekumar, A., Leh, M.U.C. & D'Cruz, R. (1990) The fish and prawn communities of a Malaysian coastal mangrove system, with comparisons to adjacent mud flats and inshore waters. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **31**, 703–722.
- Clough, B.F. (1984) Growth and salt balance of the mangroves *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. and *Rhizophora stylosa* Griff. in relation to salinity. *Australian Journal of Plant Physiology*, **11**, 419–430.
- Clough, B. (1993) *The Economic and Environmental Values of Mangrove Forests and their Present State of Conservation in the South-east Asia/Pacific Region*. International Society for Mangrove Ecosystems, Okinawa, Japan.
- Clough, B.F., Andrews, T.J. & Cowan, I.R. (1982) Physiological processes in mangroves. *Mangrove Ecosystems in Australia: Structure, Function and Management* (ed B.F. Clough), Australian Institute of Marine Science, Townsville, in association with Australian National University Press, Canberra, Australia.
- Clough, B.F. & Attiwill, P.M. (1975) Nutrient cycling in a community of *Avicennia marina* in a temperate region of Australia. *Proceedings of the International Symposium on Biology and Management of Mangroves* pp. 137–146. University of Florida, Gainesville, Florida, USA.
- Clough, B.F., Boto, K.G. & Attiwill, P.M. (1983) Mangroves and sewage: A re-evaluation. *Biology and Ecology of Mangroves*, *Tasks for Vegetation Science* (ed H.J. Teas), Dr W. Junk, The Hague, The Netherlands.
- Cochard, R., Ranamukhaarachchi, S.L., Shivakoti, G.P., Shipin, O.V., Edwards, P.J. & Seeland, K.T. (2008) The 2004 tsunami in Aceh and Southern Thailand: A review on coastal ecosystems, wave hazards and vulnerability. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, **10**, 3–40.
- Comley, B.W.T. & McGuinness, K.A. (2005) Above- and below-ground biomass, and allometry, of four common northern Australian mangroves. *Australian Journal of*

Botany, **53**, 431–436.

- Curran, M. (1985) Gas movements in the roots of *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. *Australian Journal of Plant Physiology*, **12**, 97–108.
- Curran, M., Cole, M. & Allaway, W.G. (1986) Root aeration and respiration in young mangrove plants (*Avicennia marina* (Forsk.) Vierh.). *Journal of Experimental Botany*, **37**, 1225–1233.
- Danielsen, F., Sorensen, M.K., Olwig, M.F., Selvan, V., Parish, F., Burgess, N.D., Hiraishi, T., Karunagaran, V.M., Rasmussen, M.S., Hansen, L.B., Quarto, A. & Suryadiputra, N. (2005) The Asian tsunami: A protective role for coastal vegetation. *Science*, **310**, 643–643.
- Diop, E.S. (ed) (1993) *Conservation and Sustainable Utilization of Mangrove Forests in Latin America and Africa Regions. Part II – Africa*. International Society for Mangrove Ecosystems, Okinawa, Japan.
- Donato, D.C., Kauffman, J.B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M. & Kanninen, M. (2011) Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nature Geoscience*, **4**, 293–297.
- Duarte, C.M., Middelburg, J.J. & Caraco, N. (2005) Major role of marine vegetation on the oceanic carbon cycle. *Biogeosciences*, **2**, 1–8.
- Duke, N.C. (1992) Mangrove Floristics and Biogeography. *Tropical Mangrove Ecosystems* (eds A.I. Robertson & D.M. Alongi), pp. 63–100. American Geophysical Union, Washington DC, USA.
- Duke, N.C., Ball, M.C. & Ellison, J.C. (1998a) Factors influencing biodiversity and distributional gradients in mangroves. *Global Ecology and Biogeography Letters*, **7**, 27–47.
- Duke, N.C., Bell, A.M., Pedersen, D.K., Roelfsema, C.M. & Bengston-Nash, S. (2005) Herbicides implicated as the cause of severe mangrove dieback in the Mackay region, NE Australia - serious implications for marine plant habitats of the GBR World Heritage Area. *Marine Pollution Bulletin*, **51**, 308–324.
- Duke, N.C., Benzie, J.A.H., Goodall, J.A. & Ballment, E.R. (1998b) Genetic structure and evolution of species in the mangrove genus *Avicennia* (Avicenniaceae) in the Indo-West Pacific. *Evolution*, **52**, 1612–1626.
- Duke, N.C., Meynecke, J.O., Dittmann, S., Ellison, A.M., Anger, K., Berger, U., Cannicci, S., Diele, K., Ewel, K.C., Field, C.D., Koedam, N., Lee, S.Y., Marchand, C., Nordhaus, I. & Dahdouh-Guebas, F. (2007) A world without mangroves? *Science*, **317**, 41–42.
- Ellison, A.M. (2002) Macroecology of mangroves: Large-scale patterns and processes in tropical coastal forests. *Trees*, **16**, 181–194.
- Ellison, A.M. (2008) Managing mangroves with benthic biodiversity in mind: Moving beyond roving banditry. *Journal of Sea Research*, **59**, 2–15.
- Ellison, J.C. (2009) Geomorphology and sedimentology of mangroves. *Coastal Wetlands: An Integrated Ecosystem Approach* (eds G.M.E. Perillo, E. Wolanski, D.R. Cahoon &

- M.M. Brinson), pp. 565–591. Elsevier B.V., Amsterdam, The Netherlands.
- Ellison, A.M., Farnsworth, E.J. & Merkt, R.E. (1999) Origins of mangrove ecosystems and the mangrove biodiversity anomaly. *Global Ecology and Biogeography*, **8**, 95–115.
- Ellison, J.C. & Stoddart, D.R. (1991) Mangrove ecosystem collapse during predicted sea-level rise: Holocene analogues and implications. *Journal of Coastal Research*, **7**, 151–165.
- Ewel, K.C., Twilley, R.R. & Ong, J.E. (1998) Different kinds of mangrove forests provide different goods and services. *Global Ecology and Biogeography Letters*, **7**, 83–94.
- FAO (1982) *Management and Utilization of Mangroves in Asia and the Pacific*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- FAO (1985) *Mangrove Management in Thailand, Malaysia and Indonesia*. *FAO Environment Paper 4*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- FAO (2007) *The World's Mangroves 1980-2005*. *FAO Forestry Paper 153*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Farnsworth, E.J., Ellison, A.M. & Gong, W.K. (1996) Elevated CO₂ alters anatomy, physiology, growth, and reproduction of red mangrove (*Rhizophora mangle* L.). *Oecologia*, **108**, 599–609.
- Field, C. (1995) *Journey Amongst Mangroves*. International Society for Mangrove Ecosystems, Okinawa, Japan.
- Field, C. (1996) *Restoration of Mangrove Ecosystems*. International Society for Mangrove Ecosystems, Okinawa, Japan.
- Fields-Black, E.L. (2008) Untangling the many roots of West African mangrove rice farming: Rice technology in the Rio Nunez Region, earliest times to ca. 1800. *The Journal of African History*, **49**, 1–21.
- Flowers, T.J., Hajibagheri, M.A. & Clipson, N.J.W. (1986) Halophytes. *Quarterly Review of Biology*, **61**, 313–337.
- Flowers, T.J., Troke, P.F. & Yeo, A.R. (1977) The mechanism of salt tolerance in halophytes. *Annual Review of Plant Physiology*, **28**, 89–121.
- Giesen, W., Wulffraat, S., Zieren, M. & Scholten, L. (2007) *Mangrove Guidebook for Southeast Asia*. FAO, Bangkok, Thailand, and Wetlands International, Wageningen, The Netherlands.
- Gilman, E.L., Ellison, J., Duke, N. & Field, C. (2008) Threats to mangroves from climate change and adaptation options: A review. *Aquatic Botany*, **89**, 237–250.
- Gong, W.K., Ong, J.E. & Clough, B. (1992) Photosynthesis in different aged stands of a Malaysian mangrove system. *3rd ASEAN Science & Technology Week Conference Proceedings. Volume 6 Marine Science: Living Coastal Resources* (eds L.M. Chou & C.R. Wilkinson), pp. 345–352. National University of Singapore & National Science and Technology Board, Singapore.
- Gordon, D.M. (1993) Diurnal water relations and the salt content of two contrasting mangroves growing in hypersaline soils in tropical-arid Australia. *Towards the Rational Use of High Salinity Tolerant Plants, Volume 1: Deliberations about High*

- Salinity Tolerant Plants and Ecosystems* (eds H. Lieth & A.A. Al Masoom), pp. 193–216. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Hamilton, S.E. (2011) Quantifying mangrove deforestation in Ecuador's northern estuaries since the advent of commercial aquaculture. *ISME/GLOMIS Electronic Journal*, **9**, 1–3.
- Hamilton, L.S. & Snedaker, S.C. (1984) *Handbook for Mangrove Area Management*. United Nations Development Programme and East-West Center, Environmental Policy Institute.
- Hiraishi, T. (2008) Effectiveness of coastal forests in mitigating tsunami hazards. *Guidelines for the Rehabilitation of Mangroves and other Coastal Forests Damaged by Tsunamis and other Natural Hazards in the Asia-Pacific Region*. (eds H.T. Chan & J.E. Ong), pp. 65–73. International Society for Mangrove Ecosystems (ISME), Okinawa, Japan.
- Hogarth, P. (2007) *Biology of Mangroves and Seagrasses*. Oxford University Press.
- Hong, P.N. & San, H.T. (1993) *Mangroves of Vietnam*. IUCN, Bangkok, Thailand.
- Kathiresan, K. & Bingham, B.I. (2001) Biology of mangroves and mangrove ecosystems. *Advances in Marine Biology*, **40**, 81–251.
- Kathiresan, K. & Rajendran, N. (2005) Coastal mangrove forests mitigated tsunami. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **65**, 601–606.
- Kauffman, J.B. & Cole, T.G. (2010) Micronesian mangrove forest structure and tree responses to a severe typhoon. *Wetlands*, **30**, 1077–1084.
- Khan, M.A. & Aziz, I. (2001) Salinity tolerance in some mangrove species of Pakistan. *Wetlands Ecology and Management*, **9**, 219–223.
- Lacerda, L.D. (ed) (1993) *Conservation and Sustainable Utilization of Mangrove Forests in Latin America and Africa Regions. Part I – Latin America*. International Society for Mangrove Ecosystems, Okinawa, Japan.
- Lewis III, R.R. (1999) Key concepts in successful ecological restoration of mangrove forests. *Proceedings of the TCE-Workshop No. II, Coastal Environmental Improvement in Mangrove/Wetland Ecosystems*, pp. 12–32. Danish-SE Asian Collaboration in Tropical Coastal Ecosystems (TCE) Research and Training, Bangkok, Thailand.
- Lewis III, R.R. (2005) Ecological engineering for successful management and restoration of mangrove forests. *Ecological Engineering*, **24**, 403–418.
- Lin, G. & Sternberg, L.S.L. (1992) Comparative study of water uptake and photosynthetic gas exchange between scrub and fringe red mangroves, *Rhizophora mangle* L. *Oecologia*, **90**, 399–403.
- Lovelock, C.E., Ball, M.C., Choat, B., Engelbrecht, B.M.J., Holbrook, N.M. & Feller, I.C. (2006a) Linking physiological processes with mangrove forest structure: Phosphorus deficiency limits canopy development, hydraulic conductivity and photosynthetic carbon gain in dwarf *Rhizophora mangle*. *Plant, Cell and Environment*, **29**, 793–802.
- Lovelock, C.E., Ball, M.C., Feller, I.C., Engelbrecht, B.M.J. & Ewe, M.L. (2006b) Variation in

- hydraulic conductivity of mangroves: Influence of species salinity, and nitrogen and phosphorus availability. *Physiologia Plantarum*, **127**, 457–464.
- Lugo, A.E. & Snedaker, S.C. (1974) The ecology of mangroves. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **5**, 39–64.
- Macnae, W. (1966) Mangroves in Eastern and South Australia. *Australian Journal of Botany*, **14**, 67–104.
- Markley, J.L., McMillan, C. & Thompson, G.A. (1982) Latitudinal differentiation in response to chilling temperatures among populations of three mangroves, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* and *Rhizophora mangle*, from the western tropical Atlantic and Pacific Panama. *Canadian Journal of Botany*, **60**, 2704–2715.
- Martosubroto, P.D. & Naamin, N. (1977) Relationship between tidal forests (mangroves) and commercial shrimp production in Indonesia. *Marine Research in Indonesia*, **18**, 81–86.
- Matsui, N. (1998) Estimated stocks of carbon in mangrove roots and sediments in Hinchinbrook Channel, Australia. *Mangroves and Salt Marshes*, **2**, 199–204.
- Matsui, M. & Yamatani, Y. (2000) Estimated total stocks of sediment carbon in relation to stratigraphy underlying the mangrove forests of Sawi Bay. *Phuket Marine Biological Center Special Publication*, **22**, 15–25.
- Mazda, Y., Magi, M., Ikeda, Y., Kurokawa, T. & Asano, T. (2006) Wave reduction in a mangrove forest dominated by *Sonneratia* sp. *Wetlands Ecology and Management*, **14**, 365–378.
- Mazda, Y., Magi, M., Kogo, M. & Hong, P.N. (1997) Mangroves as a coastal protection from waves in the Tonkin delta, Vietnam. *Mangroves and Salt Marshes*, **1**, 127–135.
- McGuinness, K.A. (1997) Seed predation in a tropical mangrove forest: A test of the dominance-predation model in northern Australia. *Journal of Tropical Ecology*, **13**, 293–302.
- McKee, K. (1995) Seedling recruitment patterns in a Belizean mangrove forest: Effects of establishment ability and physico-chemical factors. *Oecologia*, **101**, 448–460.
- McMillan, C. (1975) Adaptive differentiation to chilling in mangrove populations. *Proceedings of the International Symposium on Biology and Management of Mangroves* (eds G.E. Walsh, S.C. Snedaker & H.J. Teas), pp. 62–68. University of Florida, Gainesville, Florida, USA.
- Meijaard, E. & Nijman, V. (2000) Distribution and conservation of the proboscis monkey (*Nasalis larvatus*) in Kalimantan, Indonesia. *Biological Conservation*, **92**, 15–24.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005) *Ecosystems and Human Well-being: Wetlands and Water Synthesis*. World Resources Institute.
- Mizrachi, D., Pannier, R. & Pannier, F. (1980) Assessment of salt resistance mechanisms as determinant physio-ecological parameters of zonal distribution of mangrove species. 1. Effect of salinity stress on nitrogen metabolism balance and protein synthesis in the mangrove species *Rhizophora mangle* L. *Botanica Marina*, **23**, 289–296.

- Moon, G.J., Clough, B.F., Peterson, C.A. & Allaway, W.G. (1986) Apoplastic and symplastic pathways in *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. roots revealed by fluorescent tracer dyes. *Australian Journal of Plant Physiology*, **13**, 637–648.
- Murphy, D.H. (1990) The natural history of insect herbivory on mangrove trees in and near Singapore. *Raffles Bulletin of Zoology*, **38**, 119–203.
- Naamin, N. (1986) Conversion of mangrove areas to tambak aquaculture in Indonesia. *Report of the Workshop on the Conversion of Mangrove Areas to Aquaculture*, Iloilo, Philippines, 24–26 April 1986 (ed NAMANCOM, the Philippines), pp. 56–71. UNDP/UNESCO Research and Training Pilot Programme on Mangrove Ecosystems in Asia and the Pacific (RAS/79/002).
- Nagelkerken, I., Blaber, S.J.M., Bouillon, S., Green, P., Haywood, M., Kirton, L.G., Meynecke, J.O., Pawlik, J., Penrose, H.M., Sasekumar, A. & Somerfield, P.J. (2008) The habitat function of mangroves for terrestrial and marine fauna: A review. *Aquatic Botany*, **89**, 155–185.
- Nedwell, D.B. (1974) Sewage treatment and discharge into tropical coastal waters. *Search*, **5**, 187–190.
- Ong, J.E. (1982) Aquaculture, forestry and conservation of Malaysian mangroves. *Ambio*, **11**, 252–257.
- Ong, J.E. (1995) The ecology of mangrove management and conservation. *Hydrobiologia*, **295**, 343–351.
- Ong, J.E., Gong, W.K. & Clough, B.F. (1995) Structure and productivity of a 20-year-old stand of *Rhizophora apiculata* Bl. mangrove forest. *Journal of Biogeography*, **22**, 417–424.
- Ong, J.E., Gong, W.K. & Wong, C.H. (2004) Biomass allometry and partitioning of the mangrove, *Rhizophora apiculata*. *Forest Ecology and Management*, **188**, 395–408.
- Ong, J.E. & Gong, W.K. (2013) *Structure, Function and Management of Mangrove Ecosystems*. ISME Mangrove Educational Book Series No. 2. International Society for Mangrove Ecosystems (ISME), Okinawa, Japan, and International Tropical Timber Organization (ITTO), Yokohama, Japan.
- Paliyavuth, C., Clough, B. & Patanaponpaiboon, P. (2004) Salt uptake and shoot water relations in mangroves. *Aquatic Botany*, **78**, 349–360.
- Parida, A.K. & Jha, B. (2010) Salt tolerance mechanisms in mangroves: A review. *Trees*, **24**, 199–217.
- Pauly, D. & Ingles, J. (1999) The relationship between shrimp yields and intertidal shrimp yields and intertidal (mangrove) areas: A reassessment. *Ecosistemas de Manglar en América Tropical* (eds A. Yáñez-Arancibia & A.L. Lara-Domínguez), pp 311–316. Instituto de Ecología, Xalapa.
- Peñuelas, J. & Filella, I. (2001) Phenology: Responses to a warming world. *Science*, **294**, 793–795.
- Phillipps, C. (1984) Current status of mangrove exploitation, management and conservation in Sabah. *Proceedings of the Asian Symposium on Mangrove Environment*

Research and Management (eds E. Soepadmo, A.N. Rao & D.J. Macintosh), pp. 809–820. University of Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia.

- Plathong, J. & Sitthirach, N. (1998) *Traditional and Current Uses of Mangrove Forests in Southern Thailand*. Wetlands International-Thailand Programme/PSU, Publication No. 3.
- Popp, M. (1984a) Chemical composition of Australian mangroves I. Inorganic ions and organic acids. *Zeitschrift fuer Pflanzenphysiologie*, **113**, 395–409.
- Popp, M. (1984b) Chemical composition of Australian mangroves II. Low molecular weight carbohydrates. *Zeitschrift fuer Pflanzenphysiologie*, **113**, 411–421.
- Popp, M., Larher, F. & Weigel, P. (1984) Chemical composition of Australian mangroves III. Free amino acids, total methylated onium compounds and total nitrogen. *Zeitschrift fuer Pflanzenphysiologie*, **114**, 15–25.
- Popp, M., Polania, J. & Weiper, M. (1993) Physiological adaptations to different salinity levels in mangrove. *Towards the Rational Use of High Salinity Tolerant Plants, Volume 1: Deliberations about High Salinity Tolerant Plants and Ecosystems* (eds H. Lieth & A.A. Al Masoom), pp. 217–224. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Primavera, J.H. (1998) Mangroves as nurseries: Shrimp populations in mangrove and non-mangrove habitats. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **46**, 457–464.
- Primavera, J.H. (2001) Development and conservation of Philippine mangroves. *Ecological Economics*, **35**, 91–206.
- Rao, A.N. & Tan, H. (1984) Leaf structure and its ecological significance in certain mangrove plants. *Proceedings of the Asian Symposium on Mangrove Environment Research and Management* (eds E. Soepadmo, A.N. Rao & D.J. Macintosh), pp. 183–194. University of Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Ridd, P.V. (1996) Flow through animal burrows in mangrove creeks. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **43**, 617–625.
- Robertson, A.I. (1986) Leaf-burying crabs: Their influence on energy flow and export from mixed mangrove forests (*Rhizophora* spp.) in northeastern Australia. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **102**, 237–248.
- Robertson, A.I., Alongi, D.M. & Boto, K.G. (1992) Food chains and carbon fluxes. *Tropical Mangrove Ecosystems* (eds A.I. Robertson & D.M. Alongi), pp. 293–326. American Geophysical Union, Washington DC, USA.
- Robertson, A.I. & Blaber, S.J.M. (1992) Plankton, epibenthos and fish communities. *Tropical Mangrove Ecosystems* (eds A.I. Robertson & D.M. Alongi), pp. 173–224. American Geophysical Union, Washington, DC, USA.
- Robertson, A.I. & Daniel, P.A. (1989) The influence of crabs on litter processing in high intertidal mangrove forest in tropical Australia. *Oecologia*, **78**, 191–198.
- Robertson, A.I. & Duke, N.C. (1987) Mangroves as nursery sites: Comparisons of the abundance and species composition of fish and crustaceans in mangroves and other nearshore habitats in tropical Australia. *Marine Biology*, **96**, 193–205.

- Robertson, A.I. & Duke, N.C. (1990) Recruitment, growth and residence time of fishes in a tropical Australian mangrove system. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **31**, 723–743.
- Robertson, A.I. & Phillips, M.J. (1995) Mangroves as filters of shrimp pond effluent: Predictions and biogeochemical research needs. *Hydrobiologia*, **295**, 311–321.
- Saenger, P. (1982) Morphological, anatomical and reproductive adaptations of Australian mangroves. *Mangrove Ecosystems in Australia: Structure, Function and Management* (ed B.F. Clough), pp 153-191. Australian Institute of Marine Science, Townsville, in association with Australian National University Press, Canberra, Australia.
- Saenger, P. (2002) *Mangrove Ecology, Silviculture and Conservation*. Kluwer Academic Publishers.
- Saenger, P., Hegerl, E.J. & Davie, J.D.S. (1983) Global status of mangrove ecosystems. *The Environmentalist*, **3** (Suppl.), 1–83.
- Saenger, P. & Moverley, J. (1985) Vegetative phenology of mangroves along the Queensland coastline. *Proceedings of the Ecological Society of Australia*, **13**, 257–265.
- Saenger, P. & Siddiqi, N.A. (1993) Land from the sea: The mangrove afforestation program of Bangladesh. *Ocean & Coastal Management*, **20**, 23–39.
- Saenger, P. & Snedaker, S.C. (1993) Pantropical trends in mangrove above-ground biomass and annual litterfall. *Oecologia*, **96**, 293–299.
- Saifullah, S.M. & Elahi, E. (1992) Pneumatophore density and size in mangroves of Karachi, Pakistan. *Pakistan Journal of Botany*, **24**, 5–10.
- Saintilan, N. (1997) Above- and below-ground biomass of mangroves in a sub-tropical estuary. *Marine and Freshwater Research*, **48**, 601–604.
- Schodde, R., Mason, I.J. & Gill, H.B. (1982) The avifauna of the Australian mangroves: A brief review of composition, structure and origin. *Mangrove Ecosystems in Australia: Structure, Function and Management* (ed B.F. Clough), pp. 141-150. Australian Institute of Marine Science, Townsville, in association with Australian National University Press, Canberra, Australia.
- Scholander, P.F. (1968) How mangroves desalinate seawater. *Physiologia Plantarum*, **21**, 251–261.
- Scholander, P.F., Bradstreet, E.D., Hammel, H.T. & Hemmingsen, E.A. (1966) Sap concentrations in halophytes and some other plants. *Plant Physiology*, **41**, 529–532.
- Scholander, P.F., Van Dam, L. & Scholander, S.I. (1955) Gas exchange in the roots of mangroves. *American Journal of Botany*, **42**, 92–98.
- Scholander, P.F., Hammel, H.T., Bradstreet, E.D. & Hemmingsen, E.A. (1965) Sap pressure in vascular plants. *Science*, **148**, 339–345.
- Scholander, P.F., Hammel, H.T., Hemmingsen, E.A. & Bradstreet, E.A. (1964) Hydrostatic pressure and osmotic potential in leaves of mangroves and some other plants.

Proceedings of the National Academy of Sciences, **52**, 119–125.

- Scholander, P.F., Hammel, H.T., Hemmingsen, E. & Carey, W. (1962) Salt balance in mangroves. *Plant Physiology*, **37**, 722–729.
- Schuster, W.H. (1952) *Fish-Culture in Brackish-Water Ponds of Java*. Diocesan Press, Madras, India.
- Semeniuk, V. (1985) Development of mangrove habitats along ria shorelines in north and northwestern tropical Australia. *Vegetatio*, **60**, 3–23.
- Sheue, C.R., Liu, H.Y., Tsai, C.C., Rashid, S.M.A., Yong, J.W.H. & Yang, Y.P. (2009a) On the morphology and molecular basis of segregation of *Ceriops zippeliana* and *C. decandra* (Rhizophoraceae) from Asia. *Blumea*, **54**, 220–227.
- Sheue, C.-R., Liu, H.-Y. & Yong, J.W.H. (2003) *Kandelia obovata* (Rhizophoraceae), a new mangrove species from Eastern Asia. *Taxon*, **52**, 287–294.
- Sheue, C.-R., Yang, Y.-P., Chou, F.-S., Saenger, P., Mangion, C.P., Wightman, G., Yong, J.W.H. & Tsai, C.-C. (2009b) Reevaluating the taxonomic status of *Ceriops australis* (Rhizophoraceae) based on morphological and molecular evidence. *Botanical Studies*, **50**, 89–100.
- Singh, H.R., Chong, V.C., Sasekumar, A. & Lim, K.H. (1994) Value of mangroves as nursery and feeding grounds. *Proceedings of the Third ASEAN-Australia Symposium on Living Coastal Resources, Vol. 1* (eds C. Wilkinson, S. Suraphol & L.M. Chou), pp. 105–122. Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand.
- Smillie, R.M. (1984) *Cold and Heat Tolerances of Mangroves and Seagrass Species*. Unpubl. Final Report, MST Grant No. 81/0321T.
- Smith, T.J.I. (1987) Effects of seed predators and light level on the distribution of *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. in tropical, tidal forests. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **25**, 43–51.
- Smith, T.J.I. (1989) The influence of seed predators on structure and succession in tropical tidal forests. *Proceedings of the Ecological Society of Australia*, **15**, 203–211.
- Smith, T.J.I. & Duke, N.C. (1987) Physical determinants of inter-estuary variation in mangrove species richness around the tropical coastline of Australia. *Journal of Biogeography*, **14**, 9–19.
- Smith, J.A.C., Popp, M., Luttge, U., Cram, W.J., Diaz, M., Griffiths, H., Lee, H.S.J., Medina, E., Schafer, C., Stimmel, K.-H. & Thonke, B. (1989) Ecophysiology of xerophytic and halophytic vegetation of a coastal alluvial plain in northern Venezuela. VI. Water relations and gas exchange of mangroves. *New Phytologist*, **111**, 293–307.
- Snedaker, S.C. & Araújo, R.J. (1998) Stomatal conductance and gas exchange in four species of Caribbean mangroves exposed to ambient and increased CO₂. *Marine and Freshwater Research*, **49**, 325–327.
- Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M. & Miller, H.L. (eds) (2007) *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

- Spalding, M., Kainuma, M. & Collins, L. (2010) *World Atlas of Mangroves* . Earthscan, London, UK, and Washington DC, USA.
- Sperry, J.S., Tyree, M.T. & Donnelly, J.R. (1988) Vulnerability of xylem to embolism in a mangrove vs an inland species of Rhizophoraceae. *Physiologia Plantarum*, **74**, 276–283.
- Stevenson, N.J. (1997) Disused shrimp ponds: Options for redevelopment of mangrove. *Coastal Management* , **24**, 423–425.
- Stevenson, N.J., Lewis, R.R. & Burbridge, P.R. (1999) Disused shrimp ponds and mangrove rehabilitation. *An International Perspective on Wetland Rehabilitation* (ed W. Streever), pp. 277–297. Kluwer Academic Publishers.
- Stieglitz, T., Ridd, P. & Muller, P. (2000) Passive irrigation and functional morphology of crustacean burrows in a tropical mangrove swamp. *Hydrobiologia*, **421**, 69–76.
- Stuart, S.A., Choat, B., Martin, K.C., Holbrook, N.M. & Ball, M.C. (2007) The role of freezing in setting the latitudinal limits of mangrove forests. *New Phytologist*, **173**, 576–583.
- Sylla, M. (1994) *Soil Salinity and Acidity: Spatial Variability and Effects on Rice Production in West Africa's Mangrove Zone* . PhD, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands.
- Teas, H.J., Jurgens, W., Kimball, M.C. & Lewis, R.R.I. (1975) Planting of red mangrove (*Rhizophora mangle* L.) in Charlotte and St. Lucie Counties, Florida. *Proceedings for the Second Annual Conference on the Restoration of Coastal Vegetation in Florida*, pp. 132–161. Hillsborough Community College, Tampa, Florida, USA.
- Thom, B.G. (1982) Mangrove ecology - a geomorphological perspective. *Mangrove Ecosystems in Australia: Structure, Function and Management* (ed B.F. Clough), pp. 3–17. Australian Institute of Marine Science, in association with Australian National University Press, Canberra, Australia.
- Tomlinson, P.B. (1986) *The Botany of Mangroves* . Cambridge University Press.
- Tyree, M.T. & Sperry, J.S. (1988) Do woody plants operate near the point of catastrophic xylem dysfunction caused by dynamic water stress? *Plant Physiology*, **88**, 0574–0580.
- Umali, R.M., Zamora, P.M., Gotera, R.R., Jara, R.S., Camarcho, A.S. & Vannucci, M. (eds) (1987) *Mangroves of Asia and the Pacific: Status and Management*. Technical Report of the UNDP/UNESCO Research and Training Pilot Programme on Mangrove Ecosystems in Asia and the Pacific (RAS/79/002).
- UNEP-WCMC (2006) *In the Front Line: Shoreline Protection and Other Ecosystem Services from Mangroves and Coral Reefs* . Cambridge, UK.
- Untawale, A.G. (1987) India. *Mangroves of Asia and the Pacific: Status and Management* (eds R.M. Umali, P.M. Zamora, R.R. Gotera, R.S. Jara, A.S. Camarcho & M. Vannucci), pp. 51–87. Technical Report of the UNDP/UNESCO Research and Training Pilot Programme on Mangrove Ecosystems in Asia and the Pacific (RAS/79/002).

- Walters, B.B., Rönnbäck, P., Kovacs, J.M., Crona, B., Hussain, S.A., Badola, R., Primavera, J.H., Barbier, E. & Dahdouh-Guebas, F. (2008) Ethnobiology, socio-economics and management of mangrove forests: A review. *Aquatic Botany*, **89**, 220–236.
- Watson, J.G. (1928) *Mangrove Forests of the Malay Peninsula*. *Malayan Forest Records*, No. 6. Forest Department, Federated Malay States, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Weiper, M. (1995) *Physiologische Und Strukturelle Untersuchungen Zur Salzregulation Bei Mangroven*. PhD, Westfälischen Wilhelms-Universität, Münster.
- Werner, A. & Stelzer, R. (1990) Physiological responses of the mangrove *Rhizophora mangle* grown in the absence and presence of NaCl. *Plant, Cell and Environment*, **13**, 243–255.
- White, A.T. & Cruz-Trinidad, A. (1998) *The Values of Philippine Coastal Resources: Why Protection and Management Are Critical*. Coastal Resource Management Project, Cebu City, Philippines.
- Wolanski, E., Mazda, Y. & Ridd, P. (1992) Mangrove hydrodynamics. *Tropical Mangrove Ecosystems* (eds A.I. Robertson & D.M. Alongi), pp. 43–62. American Geophysical Union, Washington DC, USA.
- Woodroffe, C. (1992) Mangrove sediments and geomorphology. *Tropical Mangrove Ecosystems* (eds A.I. Robertson & D.M. Alongi), pp. 7–41. American Geophysical Union, Washington DC, USA.
- Woodroffe, C.D. (1999) Response of mangrove shorelines to sea-level change. *Tropics*, **8**, 159–177.
- Young, B.M. & Harvey, E.L. (1996) A spatial analysis of the relationship between mangrove (*Avicennia marina* var. *australasica*) physiognomy and sediment accretion in the Hauraki Plains, New Zealand. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **42**, 231–246.
- Youssef, T. & Saenger, P. (1998) Photosynthetic gas exchange and accumulation of phytotoxins in mangrove seedlings in response to soil physico-chemical characteristics associated with waterlogging. *Tree Physiology*, **18**, 317–324.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or stored in any form that can be retrieved or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopy, recording or any other means, without written permission from the publishers.

Citation:

Clough, B. (2013) *Continuing the Journey Amongst Mangroves*. ISME Mangrove Educational Book Series No. 1. International Society for Mangrove Ecosystems (ISME), Okinawa, Japan, and International Tropical Timber Organization (ITTO), Yokohama, Japan.

Edited by H.T. Chan

Designed and printed by City Reprographic Services, No. 2, Jalan Vivekananda, Brickfields, 50470 Kuala Lumpur, Malaysia. E-mail: city_repro2@yahoo.com

Published by the International Society for Mangrove Ecosystems (ISME), Okinawa, Japan, and the International Tropical Timber Organization (ITTO), Yokohama, Japan

Copies are available from the ISME Secretariat, c/o Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus, 1 Senbaru, Nishihara, Okinawa, 903-0129 Japan. E-mail: isme@mangrove.or.jp

ISBN: 978-4-906584-16-1

Cover photographs:

Sunset at a mangrove shore in Iriomote, Japan

Stilt or prop roots of *Rhizophora apiculata*

Brightly coloured, luminescent bugs in the mangroves

Fishing boats docked in the mangroves

Tác giả: Barry Clough

Dịch: Phan Văn Hoàng

Ngôn ngữ xuất bản: Tiếng Việt

Số trang: 108 trang

Khổ in: A4

Số lượng: 2.000 cuốn

Đối tác liên kết xuất bản: Cty TNHH Thiết kế Quảng cáo Kiến Tạo

Giấy đăng ký KHXB số: 624-2014/CXB/04-26/TĐ

Quyết định xuất bản số: 357/QĐ-NXBTĐ/CN113 ngày 7/04/2014

*Hiệp hội Hệ sinh thái rừng ngập mặn Quốc tế
Tổ chức Gõ nhiệt đới Quốc tế*

