

CẤU TRÚC, CHỨC NĂNG VÀ QUẢN LÝ HỆ SINH THÁI RỪNG NGẬP MẶN

Tác giả: Jin Eong Ong và Wooi Khoon Gong
Người dịch: Phan Văn Hoàng



Bộ sách Giáo dục về Rừng Ngập mặn của ISME, Quyển 2

CẤU TRÚC, CHỨC NĂNG VÀ QUẢN LÝ HỆ SINH THÁI RỪNG NGẬP MẶN

Tác giả: Jin Eong Ong và Wooi Khoon Gong
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 Nhật Bản*



*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 hai tác giả	iv
Lời tựa	v
Lời cảm tạ	v
Đôi lời của ISME	vi
Đôi lời của người dịch	vii
Chương 1 GIỚI THIỆU	1
Chương 2 CẤU TRÚC HỆ SINH THÁI	7
2.1 CÁC YẾU TỐ ĐỊA MẠO	7
Thủy triều và ngập triều	7
Trầm tích và Xói lở	7
Biến đổi của mực nước biển	8
Đất	11
2.2 CÁC YẾU TỐ SINH HỌC	13
Các đặc điểm thích nghi thực vật	13
Thích nghi với môi trường mặn	13
<i>Loại bỏ muối</i>	13
<i>Tuyến tiết muối</i>	13
<i>Tích lũy muối</i>	14
Thích nghi với nền đất mềm hay môi trường trầm thủy	14
<i>Thai sinh và bán thai sinh</i>	14
<i>Phát tán hạt giống và trụ mầm theo nước</i>	15
<i>Rễ cà kheo và rễ bạnh vè</i>	15
Ứng phó với điều kiện yếm khí	17
<i>Bì khổng</i>	17
<i>Rễ khí</i>	18
Các đặc điểm thích nghi của động vật	21
<i>Né tránh</i>	21
<i>Thích nghi với khô da</i>	23
<i>Thích nghi với điều kiện yếm khí</i>	23
<i>Thâm mục cho sinh vật cơ hội</i>	24
Chương 3 CHỨC NĂNG HỆ SINH THÁI	27
3.1 SINH VẬT SẢN XUẤT	27
Năng suất sơ cấp từ thực vật có mạch	27
Tổng năng suất sơ cấp	28
Năng suất sơ cấp thuần	28
<i>Tăng trưởng sinh khối thực vật</i>	28
<i>Năng suất vật rụng</i>	32
Năng suất sơ cấp của Tảo	32
3.2 SINH VẬT TIÊU THỤ (ĐỘNG VẬT ĂN CỎ VÀ ĐỘNG VẬT ĂN THỊT)	32

Chuỗi thức ăn thực vật tươi	33
Sinh vật phân hủy.....	36
<i>Sự phân mảnh</i>	36
<i>Thấm lọc</i>	36
<i>Hoạt động hoại sinh</i>	36
Chuỗi thức ăn mảnh vụn	37
Xuất đi và vùi lấp	38
Chương 4 NHỮNG CÂN NHẮC VỀ QUẢN LÝ VÀ KINH TẾ - XÃ HỘI	39
4.1 HÀNG HÓA VÀ DỊCH VỤ CỦA RỪNG NGẬP MẶN	39
Hàng hóa của rừng ngập mặn	39
<i>Gỗ</i>	39
<i>Các lâm sản khác</i>	39
<i>Cá</i>	39
<i>Sò huyết tự nhiên</i>	42
<i>Nuôi lồng bè</i>	42
Các dịch vụ của rừng ngập mặn	43
<i>Duy trì chiều sâu của kênh rạch</i>	43
<i>Tích trữ trầm tích và bảo vệ bờ biển</i>	43
<i>Sân chim hay điểm di trú của chim</i>	44
<i>Rừng ngập mặn và nguồn lợi thủy sản ven biển liền kề</i>	45
<i>Hấp thu khí carbon dioxide</i>	46
<i>Du lịch sinh thái</i>	48
4.2 GIÁ TRỊ CỦA RỪNG NGẬP MẶN	54
Giá trị bằng tiền của rừng ngập mặn	54
Quản lý sử dụng bền vững.....	54
Sử dụng không bền vững và chuyển mục đích sử dụng.....	64
Tài liệu tham khảo	67
Hộp 3.1 Ước tính sinh khối của một cây	30
Hộp 3.2 Nhóm linh trưởng ăn cỏ trong rừng ngập mặn ở Borneo	34
Hộp 4.1 CDM, REDD và Carbon xanh	47
Hộp 4.2 Vườn chim Kuala Gula ở Matang	52
Hộp 4.3 Quản lý rừng ngập mặn Matang	55
Hộp 4.4 Khoảng trống do sét đánh trong rừng ngập mặn ?	60

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 Gõ 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 hai tác giả

ONG Jin Eong và GONG Wooi Khoon là hai thành viên trụ cột trong Tổ nghiên cứu rừng ngập mặn, trường Đại học Sains Malaysia. Tổ này được thành lập vào giữa thập niên 1970 bằng nguồn tài trợ ban đầu rất khiêm tốn từ trường đại học của mình. Họ tiếp tục tìm kiếm các nguồn tài trợ khác dành cho nghiên cứu, đó là Trung tâm nghiên cứu và phát triển Quốc tế (IDRC) của Canada, Cơ quan hỗ trợ phát triển Quốc tế của Úc (AIDAB thông qua dự án hợp tác ASEAN-Australia về Khoa học biển) và Quỹ nghiên cứu phát triển nhiệt đới của Hà Lan (WOTRO), các nguồn tài trợ của Chính phủ Malaysia thông qua các Kế hoạch lần thứ năm và lần thứ sáu của Malaysia.

Hoạt động căn bản của tổ nghiên cứu này là tiếp cận với hệ sinh thái rừng ngập mặn, chủ yếu là *tại chỗ*, với mục đích chính là ước tính hàm lượng carbon (cũng như nitrogen và phosphorus). Để đạt được mục đích này, tổ nghiên cứu đã tiến hành một loạt dự án gồm có chặt hạ cây và đào lấy rễ để xây dựng các phương trình hồi quy sinh trưởng; dựng các tháp trên cây để đo mức độ quang hợp ở tán lá và ngồi trên thuyền nhỏ ở vùng cửa sông trong suốt 31 chu kỳ thủy triều liên tục để ước tính mức luân chuyển của nước, muối và vật chất. Trong đó còn có một số hoạt động hậu cần rầm rộ lên đến 60 nhân viên và sinh viên tham gia, mỗi đợt là hai tuần lễ. Nhờ có sự hỗ trợ nhiệt tình đó mà tổ nghiên cứu đã thu thập được những bộ dữ liệu duy nhất liên tục theo thời gian. Với thành phần chủ yếu là các nhà sinh thái học, tổ nghiên cứu đã làm việc với các nhà sinh lý – sinh thái học, hải dương học vật lý, mô hình toán và kinh tế học tại địa phương cũng như của Úc, Anh, Canada, Nhật Bản, Đông Nam Á và Hoa Kỳ. Cùng với tầm quan trọng khi làm công tác khoa học trên tình thần say mê và cởi mở, tổ nghiên cứu đã giao kết được nhiều bằng hữu trên khắp thế giới.

ONG Jin Eong

Tiến sỹ Ong, người đứng đầu của Tổ nghiên cứu, đỗ tiến sỹ ở trường Đại học Tasmania ở Úc. Ông đã làm việc ở ban biên tập của BIOTROPICA, cơ quan Sinh học biển Châu Á, Rừng ngập mặn và Đầm lầy ngập mặn. Ông là thành viên của Hội đồng phát triển và nghiên cứu khoa học Quốc gia của Malaysia và Tổ chuyên gia của Liên hiệp quốc về các lĩnh vực khoa học bảo vệ vùng biển (GESAMP).

GONG Wooi Khoon

Bà Gong đỗ Tiến sỹ tại trường Đại học Aberdeen ở Scotland. Trở về trường Đại học Sains Malaysia, bà bắt đầu nghiên cứu về rừng Dầu trước khi tham gia vào Tổ nghiên cứu hệ sinh thái rừng ngập mặn. Bên cạnh công tác nghiên cứu và giảng dạy (bậc đại học và trên đại học), bà thích du khảo đến những nơi như Đại học Oxford (Khách viếng cao cấp của khoa Linacre), Đại học Harvard (Thành viên danh dự Charles Bullard) và Viện nghiên cứu tự nhiên và nhân văn ở Kyoto, Nhật Bản (Giáo sư thỉnh giảng).

Lời tựa

Cấu trúc, Chức năng và Quản lý hệ sinh thái rừng ngập mặn là quyển thứ hai trong một bộ gồm ba quyển sách được xuất bản cùng một lúc. Các quyển còn lại có nhan đề là *Tiếp tục chuyển hành trình trong rừng ngập mặn* của Barry Clough và *Các sản phẩm hữu dụng của rừng ngập mặn và Thực vật ven biển* của Shigeyuki Baba, Hung Tuck Chan và Sanit Aksornkoae.

Quyển sách này viết về thực vật và động vật rừng ngập mặn chiếm cứ phần diện tích chủ yếu của khu vực ngập triều ở vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới. Nội dung chính của quyển sách tập trung vào cấu trúc, chức năng, trạng thái và đặc biệt là quản lý bền vững về mặt kinh tế và sinh thái của rừng ngập mặn.

Đây không phải là quyển sách dành riêng cho giới chuyên môn mà nó nghiêng nhiều hơn sang giới nghiệp dư, sinh viên và những người cần có kiến thức dẫn nhập về rừng ngập mặn ở mức độ cao hơn một ít so với tác nghiệp thông thường. Sự lúng túng trong khôi phục rừng ngập mặn sau trận sóng thần năm 2004 ở Ấn độ dường cho thấy rằng đây là loại sách cần thiết. Các tác giả cũng muốn chia sẻ những kinh nghiệm đáng ghi nhớ trong thời gian công tác (chủ yếu là các tình huống thực tiễn tại hiện trường) ở một số khu rừng ngập mặn trù phú và đa dạng sinh học nhất trên thế giới.

Quyển sách này không nhắm đến các chủ đề mang tính kỹ thuật cao. Do đó, tài liệu tham khảo không đào sâu lắm mà chỉ vừa đủ để gợi ý cho đọc thêm. Viết như vậy cho dễ đọc hơn. Quyển sách cũng được thiết kế theo kiểu hình ảnh cùng với chú thích của nó được tách hẳn ra khỏi phần nội dung chính. Các hộp thoại cung cấp thêm chi tiết và không cần thiết phải đọc cùng với phần nội dung chính và hình ảnh.

Lời cảm tạ

Các tác giả vô cùng cảm ơn ông Shigeyuki Baba đã mời tham gia viết quyển sách này; ông Hung Tuck Chan đã kiên trì, khích lệ và hỗ trợ nhiệt tình với vai trò người biên tập của bộ sách; Barry Clough và Chee Hoong Wong đã đọc và góp ý cho phần *Thích nghi với môi trường mặn* và A. Sasekumar, Kanda Kumar cùng với Latiffah Zakaria đã giúp nhận diện các loài cua, cá thòi lòi, chim và nấm. Các tác giả rất cảm kích công sức của Ryoko Miyagawa và Mio Kezuka (cán bộ của Ban thư ký ISME) đã kiểm tra toàn bộ bản in thử.

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 Bản 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 Thăm 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.

Đôi lời của người dịch

Đọc lướt qua quyển sách này độc giả có thể thấy có một số nội dung trùng lặp với quyển thứ nhất –*Tiếp tục chuyến hành trình trong rừng ngập mặn*” của tác giả Barry Clough, 2013, trong bộ sách *Giáo dục về Quản lý và Sử dụng bền vững hệ sinh thái rừng ngập mặn*. Tuy nhiên, khi đọc kỹ hơn, chúng ta sẽ thấy rằng dù ở cùng một vấn đề nhưng mỗi tác giả đào sâu những khía cạnh riêng, khác nhau trong bề kiến thức mênh mông, ly kỳ của hệ sinh thái rừng ngập mặn và cuối cùng là những trăn trở về kinh tế xã hội và quản lý rừng ngập mặn. Không ngoài mục tiêu mà tôi đã đeo đuổi khi dịch quyển thứ nhất, tôi mong rằng quyển –*Cấu trúc, Chức năng và Quản lý hệ sinh thái rừng ngập mặn*” này sẽ giúp 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.

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. Người dịch trân trọng đón nhận góp ý của độc giả về những khiếm khuyết này nhằm giúp cho bản dịch được hoàn chỉnh hơn.

Cuối cùng, xin chân thành cảm ơn hai tác giả ONG Jin Eong và GONG Wooi Khoon cùng với Hiệp hội Hệ sinh thái rừng ngập mặn Quốc tế đã cho phép phổ biến bản dịch 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 sau cùng.

Chương 1

GIỚI THIỆU

Vùng ven biển hay vùng bán nhật triều là nơi giao thoa giữa đất liền và biển. Đây là vùng đất đai ngập nước không liên tục theo mực thủy triều lên xuống. Vùng này cũng thường được xem là bờ biển còn vùng ven biển thì có thể được phân theo đặc tính của thể nền, từ ghềnh đá (hệ sinh thái bờ đá) đến đất cát (hệ sinh thái bãi cát) rồi đến đất bùn. Các ngưỡng trên của bãi biển thường có cây cỏ phủ xanh (thảm thực vật gò cát) nhưng hầu hết dải thảm tươi hẹp này chỉ ngập khi thủy triều lên rất cao. Ở vùng đất bùn ven biển thì gần như luôn luôn có thảm thực vật, đặc biệt là những nơi có nguồn nước ngọt từ sông hoặc nước ngầm dưới đất. Dưới điều kiện đó, nếu không hình thành hệ sinh thái rừng ngập mặn (ở vùng nhiệt đới, bán nhiệt đới và nơi không có sương giá ở vùng ôn đới) thì cũng hình thành hệ sinh thái trảng cỏ ngập mặn. Hai kiểu hệ sinh thái này được đặc thù bởi thực vật trên cạn chịu được muối (cây chịu mặn), có các đặc điểm thích nghi cần thiết để sống được trên nền đất mềm, thường bị yếm khí, phải chịu ngập triều ở nhiều mức độ khác nhau và có độ mặn ngang bằng với nước biển. Cỏ biển cũng được thấy ở vùng cận duyên sâu: chúng là các loài cây hạt kín của biển, thường ngập chìm hoàn toàn dưới nước (nhưng có được cơ chế chịu đựng nhất định để tiếp xúc ánh sáng). Ở vùng cận duyên cạn trên bờ cũng có mặt các loài cây trên cạn thực thụ. Thỉnh thoảng cũng thấy trên vùng cận duyên cạn này (nơi có lượng mưa theo mùa đáng kể hoặc nơi có lượng bốc hơi thường cao hơn lượng nước mưa) có những khu lòng chảo nhiễm mặn. Chiếm cứ vùng này là nhóm thực vật có thể chịu được điều kiện cực mặn (mặn hơn nước biển).

Do đó, các hệ sinh thái rừng ngập mặn và trảng cỏ ngập mặn là các hệ sinh thái ven biển chủ lực, hệ sinh thái rừng ngập mặn thì ở các vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới (cũng có thể lan rộng sang vùng ôn đới) còn hệ sinh thái trảng cỏ ngập mặn thì chủ yếu là ở vùng ôn đới. Ngoài khả năng cho ra năng suất rất cao, các hệ sinh thái này còn đóng vai trò quan trọng trong phòng hộ ven biển, hỗ trợ cho nguồn lợi thủy sản lân cận, cung cấp gỗ và là vị chủ nhà của các nguồn sản phẩm tự nhiên khác. Rừng ngập mặn chiếm khoảng 2% diện tích đất liền của trái đất và có thể xem là loại rừng hiếm hoi. Nó còn bị đe dọa cao, ít nhất là khoảng 50% diện tích bị mất đi trong nửa cuối của Thế kỷ 20; đưa hệ sinh thái này vào diện nguy cơ diệt vong hàng đầu trong danh mục của Liên minh Quốc tế Bảo tồn Thiên nhiên và Tài nguyên Thiên nhiên (Polidoro và đồng sự, 2010; Spalding và đồng sự, 2010).

Cây rừng ngập mặn thuộc nhóm thực vật có mạch, có các đặc điểm thích nghi đặc biệt về mặt hình thái, sinh lý và các yếu tố thích nghi vô hình khác để sống được trong môi trường mặn, gian triều, bị chi phối bởi nền đất trầm tích mịn có lượng oxygen hòa tan thấp hoặc đôi khi thiếu oxygen. Thực vật này cùng với hệ vi sinh vật và động vật đi kèm hình thành nên hệ sinh thái rừng ngập mặn. Vì vậy, thuật ngữ rừng ngập mặn vừa chỉ bản thân thực vật vừa nói đến hệ sinh thái. Thường thì thực vật vốn ở nơi không phải là hệ sinh thái rừng ngập mặn (thường là thảm thực vật gò cát hay bãi biển), không có hoặc chỉ có một vài đặc điểm thích nghi hình thái nêu trên, cũng được thấy trong rừng ngập mặn.

Vì vậy, đôi khi người ta phân loại cây rừng ngập mặn thành cây rừng ngập mặn thực thụ và cây gia nhập rừng ngập mặn (Tomlinson, 1986). Cây rừng ngập mặn thực thụ là cây có nhiều đặc điểm thích nghi hình thái và hầu như chỉ thấy trong hệ sinh thái rừng ngập mặn. Tuy nhiên, hệ thống phân loại nào cũng vậy, sẽ có ý kiến bất đồng khi cho rằng loài cây nào đó là cây rừng ngập mặn hay là cây gia nhập rừng ngập mặn. Không có hệ thống phân loại nào là hoàn hảo cả và Tomlinson (1986) đã thừa nhận rằng: *Tất nhiên là các nhóm này không bị giới hạn cứng nhắc và việc đánh giá thì có phần cảm tính, do có nhiều khả năng xảy ra trong quá trình tiến hóa*.

Thí dụ, loài Giá (*Excoecaria agallocha*) chỉ có một đặc điểm thích nghi hình thái (bì khổng) nhưng vì nó hiếm khi được thấy ở các hệ sinh thái ven biển khác nên nó được hầu hết xem là loài cây ngập mặn thực thụ (tuy vậy, độc giả nên xem thêm tài liệu của Wang và đồng sự, 2010). Lại có một số nhà chuyên môn không xem Dừa nước (*Nypa fruticans*) là loài cây ngập mặn thực thụ dù nó cho trái thai sinh bởi vì nó xuất hiện đại trà ở vùng nước ngọt, một hệ sinh thái khác biệt hẳn.



Thân cây Giá (*Excoecaria agallocha*) với các nốt bì khổng bần (ảnh bên trái). Một loài cây đơn tính (cây đực và cây cái khác gốc), có nhựa mủ trắng đục, có thể gây bỏng và mù mắt tạm thời. Lá đổi sang màu đỏ chói trước khi rụng. Một buồng Dừa nước (*Nypa fruticans* – ảnh bên phải). Đây là một loài cọ dừa mọc ở vùng nước ngọt, thường là nơi ngập triều ở cửa sông, cho trái thai sinh kín.

Diospyros ferrea được Tomlinson (1986) xem là loài cây gia nhập rừng ngập mặn. Giống như các giống, loài khác thuộc chi Thị (*Diospyros*) ở vùng hậu rừng ngập mặn, loài cây này không có đặc điểm nào để được xếp vào loài cây rừng ngập mặn thực thụ. Thành thạo nó xuất hiện (nhưng không đại trà) ở vùng hậu rừng ngập mặn. Tuy nhiên *Diospyros littorea* (được xem là một giống thuộc loài *Diospyros ferrea*) thì được đưa vào danh sách loài cây rừng ngập mặn thực thụ trong Tập bản đồ rừng ngập mặn trên thế giới (Spalding và đồng sự, 2010) và Danh sách đỏ rừng ngập mặn của IUCN (Polidoro và đồng sự, 2010). Cả hai danh sách này đều dựa theo Duke (2006).



Diospyros ferrea ở bờ biển Andaman của Thái Lan (trái trong hình) không thể hiện đặc điểm thích nghi hình thái cho thấy nó sống trong hệ sinh thái rừng ngập mặn. Nó cũng không hiện diện đại trà trong rừng ngập mặn, nên tốt nhất là chỉ có thể xem nó là loài cây gia nhập rừng ngập mặn. Tuy nhiên, *Diospyros littorea* (một giống thuộc loài *Diospyros ferrea*) thì xuất hiện trong danh sách cây rừng ngập mặn thực thụ của IUCN.

Để làm rõ vấn đề hơn, chúng ta thử hỏi: tại sao Mái dầm (*Cryptocoryne ciliata*) là loài chịu mặn và cũng có tính tái sinh lại ít khi có trong danh sách loài cây rừng ngập mặn thực thụ? Liệu *Diospyros ferrea* hoặc các loài, giống khác thuộc chi *Diospyros* có đáng được liệt vào danh mục cây gia nhập rừng ngập mặn không? Hay là do Tomlinson (1986) đã ngoại trừ cây thân thảo ra khỏi nhóm cây rừng ngập mặn? Có lẽ các nghiên cứu gần đây của Wang và đồng sự (2010) có thể giúp làm rõ các nghi vấn này!

Hệ sinh thái rừng ngập mặn mang tính bất biến về mặt vị trí nó dịch chuyển theo sự thay đổi của mực nước biển. Thực tế cây rừng ngập mặn đã tồn tại hàng triệu năm, qua nhiều thời kỳ băng giá và gian băng cho thấy rằng hệ sinh thái này thích ứng rất tốt với biến đổi khí hậu toàn cầu. Do *Con người* là giống cư dân rất mới mẻ của Địa cầu nên tác động của con người là không đáng kể trong giai đoạn chuyển giao từ băng giá sang gian băng gần đây nhất nhưng khả năng con người làm thay đổi môi trường, đặc biệt là trong vài trăm năm gần đây thì đã quá rõ ràng. Vì vậy, không cần phải bàn cãi là liệu hệ sinh thái này có đủ sức để ứng phó với những thay đổi do *Con người* gây ra hay không. Quan trọng là nên xem cần phải có những hành động gì để giảm thiểu thiệt hại cho hệ sinh thái này.



Một đám Mái dầm (*Cryptocoryne ciliata*) mọc chung với cây rừng ngập mặn thực thụ là Bần chua (*Sonneratia caseolaris*) và Dừa nước (*Nypa fruticans*) (ảnh trên). Mo hay phác hoa (ảnh dưới, góc trái) và một cây Mái dầm non tái sinh vừa mới hình thành (ảnh dưới, góc phải) của loài cây này. Thường được trồng làm cây trong bể, đây là giống cây tái sinh, xuất hiện ở phần thượng nguồn của vùng cửa sông, nơi nước lợ.

Nơi nào vùng ven biển phát triển thì đất đai phía sau bìa rừng ngập mặn trở vào đất liền thường bị chuyển đổi hình thức sử dụng (chẳng hạn như đất nông nghiệp hoặc công nghiệp); và nếu mực nước biển dâng lên thì sẽ không còn chỗ cho rừng ngập mặn di chuyển vào. Nếu mực nước biển lùi xuống thì cơ hội [để rừng di chuyển ra phía biển - ND] sẽ tốt hơn, vì rất ít có nơi nào mà công trình phát triển nằm bên ngoài rừng ngập mặn ra phía biển. Kịch bản có khả năng xảy ra hiện nay là dành cho mực nước biển dâng (dự báo theo hệ quả của mức gia tăng khí carbon dioxide và khí nhà kính khác vào khí quyển do hoạt động của con người gây ra). Vì vậy, theo dự báo hiện nay thì nhiều khu rừng ngập mặn có thể bị chìm chết do mực nước biển dâng lên. Cần phải nói trắng ra rằng dù cho hàm lượng khí carbon dioxide tăng lên một cách báo động do cách mạng công nghiệp là có thật, nhưng chưa hẳn hoàn toàn là nó gây ra hiện tượng ấm lên toàn cầu, một tác nhân làm cho mực nước biển toàn cầu dâng lên. Một số cơ chế phản hồi quan trọng vẫn chưa được biết đến. Mặc dù có thể có dấu hiệu nhưng vẫn chưa có gì dứt khoát. Cũng có bằng chứng cho thấy rằng thời kỳ gian băng hiện nay đã đạt cực đại ở vài ngàn năm trước và xu hướng gia tăng mực nước biển đã đảo ngược. Thí dụ, ở thềm lục địa ổn định Sunda, mực nước biển đã lùi xuống khoảng 3-5 mét trong 4.000 năm vừa qua (Geyh và đồng sự, 1979). Nghi vấn này vẫn còn bỏ ngỏ.

Có đủ lý do tại sao chúng ta cần phải bảo tồn các hệ sinh thái hiếm hoi và hữu ích này, vậy mà chúng (phần chủ yếu của rừng ngập mặn của thế giới nằm ở các nước đang phát triển) vẫn bị phá hủy ở tốc độ phải đưa vào danh mục bị đe dọa. Vẫn còn nhiều vấn đề khoa học cần phải làm nhưng thời gian thì hầu như sắp hết. Đã đến lúc cần dùng đến nguyên tắc phòng ngừa.



Tuyệt chủng vĩnh viễn: *Bruguiera hainesii*, (hoa ở hình trên) là loài cây rừng ngập mặn hiếm nhất. Cây này được đưa vào Sách đỏ của IUCN ở mức 'Đặc biệt nguy cấp', chỉ còn khoảng 250 cây. Các bức ảnh trên đây chụp từ một cây ở Penang, Malaysia; đã bị cuốn trôi qua trận sóng thần Ấn Độ Dương năm 2004.

Đành rằng như vậy, nhưng không dễ gì mà các nước đang phát triển vốn có dân số mọc lên như nấm giũ gìn được cho hậu thế khi người ta đang kiếm sống từng bữa, tuy nhiên không phải quốc gia đang phát triển nào cũng lâm vào tình cảnh khó khăn chật vật này. Nhiều vấn nạn hủy diệt và thoái hóa cũng không hẳn là mưu cầu xuất phát từ túi tham không đáy (điển hình như công nghiệp gỗ dăm hay tơ nhân tạo từ cây rừng ngập mặn). Vấn đề là ở chỗ rừng ngập mặn đã bị xem nhẹ và nền kinh tế của chúng ta còn lơ là (hoặc thiếu sự quan tâm) đến các giá trị sinh thái. Cần có một cuộc cách mạng khoa học triệt để và theo đó, nhu cầu cấp thiết cho các nhà sinh thái là hãy hợp tác chặt chẽ hơn nữa với các nhà kinh tế - không chỉ

đơn thuần là để đặt giá trị cho hàng hóa và dịch vụ mà để mở ra một hệ thống kinh tế - sinh thái đúng tâm xã hội hơn và sẽ mang lại kết quả sử dụng bền vững các hệ sinh thái. Đây thật sự là thách thức của thiên nhiên kỷ mới này; nếu không đáp ứng được thì loài người có thể không còn tồn tại để thấy được kỷ nguyên tiếp theo.

Quyển sách này viết về thực vật (cây rừng ngập mặn) và một số loài động vật chiếm cứ phần lớn trong phạm vi bán nhật triều của vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới (nơi sương giá không xuất hiện). Nó đề cập đến cấu trúc, chức năng, thể chất, quản lý bền vững về mặt sinh thái và kinh tế của hệ sinh thái rừng ngập mặn.

Ghi chú của tác giả: Góp lại, chúng tôi đã có khoảng 80 năm loay hoay với rừng ngập mặn chủ yếu là ở Đông Nam Á và Úc. Khi đưa ra chính kiến của mình (qua ví dụ và hình ảnh), chúng tôi không có ý định biện minh mà chỉ là công bố; vì vậy có thể hiểu quyển sách này trên quan điểm đó.



Ảnh vệ tinh (Landsat) màu giả (ảnh trên, bên trái) và ảnh Google Earth mới cập nhật (ảnh trên, bên phải) của rừng ngập mặn Merbok ở Malaysia. Có thể thấy chi tiết hơn (ở cấp độ chi của thực vật) qua không ảnh (ảnh dưới). Khảo sát từ trên không cho thấy ngay hình ảnh tổng quan về đặc điểm và tình trạng của rừng ngập mặn mà ở dưới đất không dễ gì thấy được.



Khu rừng ngập mặn của Merbok với loài Đước đôi (*Rhizophora apiculata*) chiếm ưu thế ở Malaysia (ảnh trên). Đây là một trong những khu rừng ngập mặn có mức đa dạng loài cao nhất toàn cầu nhưng cũng có nguy cơ cao (Ong, 2003). Nhìn lên tán của một cây thành thực của khu rừng ngập mặn tự nhiên ở Matang, Malaysia (ảnh dưới). Tán của khu rừng già 40 năm tuổi này gần như khép kín với chỉ số diện tích lá là 4-5.

Chương 2

CẤU TRÚC HỆ SINH THÁI

2.1 CÁC YẾU TỐ ĐỊA MẠO

Nhìn chung, vùng ven biển nhiệt đới có thể phân chia đại loại thành vùng bờ đá (thường là nơi có đồi cao tiếp giáp ngay với bờ biển, đá cuội và đá tảng bị lặn xuống biển trong quá trình xói lở); vùng bãi cát (thường bằng phẳng do chịu tác động mạnh của năng lượng sóng biển) và vùng rừng ngập mặn (trên đất bằng phẳng có diện tích nhỏ hoặc rất lớn ở vùng bờ biển được che chắn, thường có động lực thấp). Trong ba vùng đó thì rừng ngập mặn là vùng vươn xa nhất ra biển (cũng như ngược lên phía sông) và vì vậy thủy triều đóng vai trò rất quan trọng.

Thủy triều và ngập triều

Để hiểu được rừng ngập mặn (vì nó hiện diện ở môi trường sống ven biển hay bãi triều) thì cần phải nắm được thủy triều và ảnh hưởng của chế độ triều (cụ thể là sự ngập triều) không những đối với thực vật và động vật mà còn đối với quá trình trầm tích và xói lở.

Chúng tôi không có ý định giải thích chi tiết thủy triều là gì (có thể xem thêm chuyên đề khoa học hoặc sách phổ thông viết về hiện tượng quan trọng này). Đại khái là, thủy triều chịu ảnh hưởng bởi các thiên thể trên bầu trời, cụ thể là diễn biến của tuần trăng (thiên thể gần nhất với quả đất). Triều cường [nước ròng] (khi biên độ triều đạt mức cao nhất) diễn ra trong giai đoạn trăng non và trăng tròn; và triều kém [nước kém] (khi biên độ triều tiệm cận mức cực tiểu) ở giai đoạn trăng thượng huyền và hạ huyền. Triều cường ở thời điểm này có thể cao hơn ở thời điểm khác trong năm và triều lên cao nhất khi các hành tinh nằm thẳng hàng với mặt trăng, tạo ra triều xích đạo hay thủy triều vua.

Trong thời gian nước ròng, vùng ven biển được ngập và được phơi nhiều hơn còn trong thời gian nước kém thì vùng ven biển được ngập và được phơi ít hơn. Mức ngập triều rất quan trọng vì nó chi phối sự hiện diện hay vắng mặt của loài cây ngập mặn cụ thể nào đó. Watson (1928) đã chia kiểu ngập triều ra thành năm cấp (Bảng 2.1) và đã liên hệ mỗi cấp ngập triều với các loài cây ngập mặn xuất hiện ở đó. Bảng phân cấp ngập triều cùng với sự xuất hiện của loài cây ngập mặn liên đới này được lập nên cho rừng ngập mặn Matang trên bờ biển tây của bán đảo Malaysia nhưng cũng có thể áp dụng cho những khu rừng ngập mặn khác sau khi quan sát thực địa và có vài điểm bổ sung. Khái niệm giản đơn này rất quan trọng cho những người làm công tác khôi phục rừng ngập mặn. Rất tiếc là hầu hết các dự án khôi phục rừng ngập mặn (chưa nói đến vụ sóng thần tàn phá vô số rừng ngập mặn!) sau trận sóng thần Ấn Độ Dương 2004 cho thấy là nhiều người làm công tác khôi phục rừng ngập mặn không có một ý tưởng nào về khái niệm này.

Trầm tích và Xói lở

Trên đây chúng ta đã đề cập đến hiện tượng rừng ngập mặn xuất hiện trên vùng ven biển được che chắn (hầu như lúc nào cũng có động lực thấp) với lớp trầm tích mịn. Thường thì chất trầm tích mịn này do sông ngòi chuyển đến rồi lắng đọng trên các đồng bằng châu thổ vùng cửa sông. Điển hình là khu rừng ngập mặn liên một mạch có diện tích lớn nhất (khoảng 6.000 km²) ở Sundarbans. Cánh đồng châu thổ sum suê hùng vĩ này được hình thành từ chất trầm tích mịn thổi ra từ sông Hằng và sông Brahmaputra chảy qua Ấn Độ và Bangladesh.

Bảng 2.1 Các cấp ngập triều của cây rừng ngập mặn và loài cây thường gặp (bổ sung từ Watson, 1928)

Cấp ngập triều	Loài cây phổ biến
1. Ngập bởi tất cả các con nước lớn	Không có cây, ngoại trừ loài Đưng (<i>Rhizophora mucronata</i>) mọc ven bờ lạch
2. Ngập bởi nước lớn cao trung bình	Mắm trắng (<i>Avicennia alba</i>), Mắm biển (<i>A. marina</i>) và Bần trắng (<i>Sonneratia alba</i>). Ven sông rạch thì Đưng (<i>Rhizophora mucronata</i>) chiếm ưu thế.
3. Ngập bởi nước lớn bình thường (thường chiếm phần lớn nhất của diện tích rừng ngập mặn)	Hầu hết cây rừng ngập mặn sinh trưởng ở đây. Loài Đưng đôi (<i>Rhizophora apiculata</i>) đạt ngưỡng tối ưu và thường hình thành quần thụ thuần loài. Vẹt tách (<i>Bruguiera parviflora</i>) và Đà (<i>Ceriops</i>) cũng sinh trưởng tốt và thường hỗn giao với Đưng đôi.
4. Ngập bởi các con nước ròng	Vùng này thường quá khô đối với các loài trong chi Đưng (<i>Rhizophora</i>) nhưng Vẹt (<i>Bruguiera</i>), đặc biệt là Vẹt dù (<i>B. gymnorhiza</i>), Vẹt trụ (<i>B. cylindrica</i>) và Vẹt tách (<i>B. parviflora</i>), thì phát triển tốt ở đây cùng với dương xỉ như Ráng đại (<i>Acrostichum aureum</i>) và Ráng đại thanh (<i>A. speciosum</i>), các loài Cóc (<i>Lumnitzera</i>) và Gừa (<i>Ficus microcarpa</i>) cũng phổ biến ở đây.
5. Hiếm khi ngập nước, chỉ ngập bởi thủy triều lên cao bất thường	Đây được xem là vùng hậu rừng ngập mặn và có số loài đa dạng nhất. Nhiều loài trong Cấp 4 cũng hiện diện ở khu vực này. Hầu hết các quần thụ thuần loài (có điểm một số loài Su - <i>Xylocarpus</i> , Cui - <i>Heritiera</i> và Gõ biển - <i>Intsia bijuga</i>) của Dừa nước (<i>Nypa fruticans</i>) và Nhum (<i>Oncosperma tigillarum</i>) là phổ biến. Vẹt dù (<i>Bruguiera gymnorhiza</i>) và Vẹt đen (<i>B. sexangula</i>) cũng thích hợp với vùng này. Nhiều loài cây gia nhập rừng ngập mặn và thực vật biểu sinh cũng xuất hiện ở đây.

Ở bất kỳ vùng bờ biển nào, các quá trình trầm tích và xói lở (đây chính là hai mặt của một vấn đề) cũng luôn xảy ra (kể cả ở vùng bờ biển được che chắn, đã có cây rừng ngập mặn xuất hiện). Sẽ luôn có những diện tích đang bồi tụ và diện tích đang xói lở (kể cả ở nơi rừng ngập mặn đã thành hình). Cần phải biết nhìn nhận quá trình địa mạo quan trọng này chứ đừng nên lãng phí tiền của, cố công ngăn cản quá trình xói lở tự nhiên đó bằng các giải pháp công trình nặng nề tốn kém. Tạo ra một vùng đệm có khoảng cách đủ an toàn với đỉnh triều cao nhất, là vùng cấm xây dựng triệt để, chính là giải pháp hữu hiệu nhất.

Biến đổi của mực nước biển

Mối lo lắng hàng đầu hiện nay về biến đổi khí hậu xuất phát từ sự biến đổi đáng kể của mực nước biển. Sự biến đổi của mực nước biển là điều chắc chắn. Yếu tố thường ít được chắc chắn là mức độ (chẳng hạn bao nhiêu mi-li mét mỗi năm) và chiều hướng (lên hay xuống). Một số nhân tố quyết định mức độ và chiều hướng biến đổi của mực nước biển bao gồm:

- Sự giãn⁺ (khi nhiệt độ tăng lên) hay co⁻ (khi nhiệt độ giảm xuống) của nước biển
- Sự dâng lên⁻ hay hạ xuống⁺ của mảng kiến tạo
- Sự tan chảy⁺ của nước đóng băng (không phải băng trôi tự do, như núi băng)
- Mức độ xói lở⁻ và trầm tích⁺ ven biển
- Sự hút⁺ nước ngọt trong lòng đất.



Trầm tích được đưa đến và mang đi do sóng và thủy triều (ảnh trên). Quá trình này vô cùng phức tạp và thường là theo nhịp thời gian hàng năm hoặc có khi hàng thập kỷ. Bồi tụ và xói lở là hai mặt của một vấn đề và là quá trình địa mạo tự nhiên (ảnh dưới). Vùng ven biển được quản lý khi nhận thức rõ các quy trình này thì sẽ hữu hiệu hơn là dùng các giải pháp công trình nặng (thường có ảnh hưởng cho phía hạ lưu).

Dấu mũ dương⁺ biểu thị hướng dâng lên tương đối và dấu mũ âm⁻ biểu thị hướng hạ thấp tương đối của mực nước biển. Do đó, sự biến đổi của mực nước biển khá phụ thuộc vào các yếu tố này và vì vậy nó mang tính cục bộ ở từng nơi. Mực nước biển biến đổi do sự giãn hoặc co của nước biển và băng tan chảy hoặc băng lớn lên dẫn đến khối lượng nước biển tăng lên hoặc giảm xuống gây ra cái gọi là biến đổi chần tĩnh [biến đổi do có sự thay đổi về thể tích của nước trong đại dương - ND] của mực nước biển. Thậm chí nếu như không có biến đổi chần tĩnh thì mực nước biển cũng sẽ biến đổi khi có thay đổi về kiến tạo địa chất. Khó đo lường được biến đổi chần tĩnh của mực nước biển mà chỉ dùng có mỗi cọc đo thủy triều vì còn có nhiều yếu tố khác (như kiến tạo địa chất) chi phối. Đo đạc dựa trên ảnh vệ tinh gần

đây chính là phương tiện đáng tin cậy nhất nhưng lại có chuỗi thời gian ngắn quá (so với đo đạc bằng cọc đo thủy triều).



Cột đo thủy triều đơn giản có thể vừa đo được thủy triều vừa đo được trầm tích hoặc xói mòn (bên trái). Khó khăn về kỹ thuật là làm sao giữ cho cây cột bám thật chặt với nền đất (theo hướng thẳng đứng), không bị trôi dạt. Cảnh đang đặt thiết bị đo dòng chảy nhưng cũng cho thấy tính tương đối của mực nước biển (bên phải). Ở bên này của chiếc thuyền (tượng trưng cho một mảng kiến tạo) thấy mực nước dâng cao, còn phía bên kia của chiếc thuyền (khuất tầm của máy ảnh) thì thấy mực nước ở dưới thấp.



Có quá nhiều giếng khoan làm rút nước ngầm dưới đất sẽ dẫn đến sụt lún đất đai và hiện tượng mực nước biển dâng tương đối. Kiểu giếng khoan này đã mọc lên tràn lan nhưng hiện nay đã bị cấm ở Bangkok.



Ảnh một hàng rào cứng để làm giảm năng lượng sóng và chống xói lở ở Samut Songkhram, tại cửa sông Chao Phraya, con sông chảy qua Bangkok, Thái Lan. Các công trình kiểu này (ở đây làm bằng cọc tre nhưng ở chỗ khác thì bằng trụ điện lưới hoặc điện thoại) trở thành chỗ đậu ưa thích của chim di trú hoặc chim địa phương, nơi yên tĩnh cho những người quan sát chim và khách du lịch sinh thái.

Một câu hỏi lớn đặt ra ở đây là hiệu ứng gì sẽ đưa đến cho rừng ngập mặn khi mực nước biển biến đổi? Trước tiên, để nhìn nhận vấn đề trên khía cạnh địa chất (theo thang bậc thời gian), rừng ngập mặn đã sống sót hàng triệu năm trải qua các chu kỳ băng giá và gian băng. Điển hình là ở thời kỳ băng hà cuối (cách nay chỉ độ khoảng 12.000 năm), mực nước biển thấp hơn hiện nay khoảng 120 mét (Peltier, 2002). Sau đó, cách nay khoảng 4.000 năm, mực nước biển tương đối tăng lên rất nhanh, cao hơn hiện nay khoảng 5 mét rồi lại giảm dần xuống bằng với mực nước biển hiện nay, cụ thể là ở eo biển Malacca (Geyh và đồng sự, 1979; Kamaludin, 1993; Kamaludin và Azmi, 1997). Vậy là trong vài ngàn năm gần đây chúng ta đã chứng kiến một lần mực nước biển chấn tĩnh hạ xuống. Điểm đáng lưu ý ở kịch bản này là lúc đó hoạt động của con người có ảnh hưởng rất nhỏ. Thực trạng hiện nay thì từ rừng ngập mặn trở vào đất liền toàn là đô, đập hoặc khu dân cư. Khi có nước biển dâng, vùng hậu rừng ngập mặn sẽ không thể di chuyển vào hướng đất liền (vì vậy, đây cũng được xem là sự teo tóp ven biển). Hậu quả là hầu hết phía đất liền của vùng ngập triều biến mất và các vùng ngập triều khác trở nên thu hẹp hơn hoặc bị teo tóp. Hầu hết các loài ở vùng gần đất liền nhất (vùng đa dạng loài cao nhất) từ đó sẽ bị tuyệt chủng ở các vùng rừng ngập mặn bị teo tóp này. Chủ đề này được đề cập cặn kẽ hơn trong tài liệu của Ong và Tan (2008).

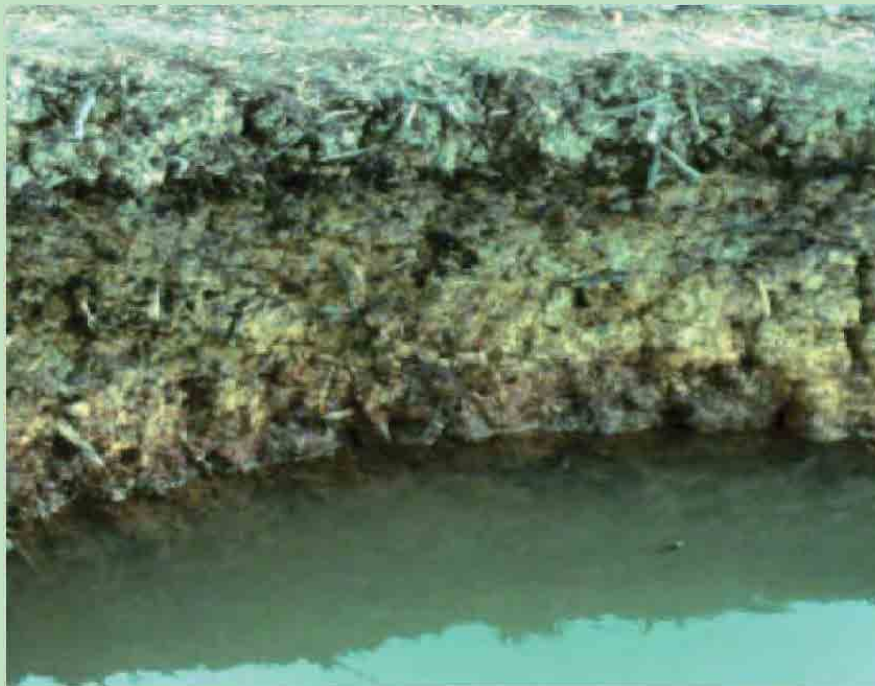
Đất

Nền đất mà cây rừng ngập mặn thường mọc trên đó được gọi đúng nhất là đất bùn (chúng còn có thể được thấy trên trầm tích mịn, thường là carbonate hóa). Chất nền rất mịn này thường không có cấu trúc đủ rõ để bùn đó được xem là đất theo đúng nghĩa của từ ngữ.

Ở khung cảnh này, rừng mưa hình thành một quần xã cực đỉnh khí hậu. Các yếu tố thổ nhưỡng (hay đất) đóng vai trò rất quan trọng trong việc thay đổi hình thể của loại rừng này. Hệ sinh thái rừng ngập mặn là kiểu rừng nhiệt đới theo thổ nhưỡng đỏ và ở đây đất là bùn. Một kiểu theo thổ nhưỡng khác là thảm thực vật bãi biển hay gò cát, đất ở đó cơ bản là đất cát.

Về bản chất, bùn là thể kết hợp của khoáng chất được phong hóa từ đá. Có rất ít chất hữu cơ nhưng vì cây rừng ngập mặn mọc trên nền đất này nên cây bổ sung vật chất hữu cơ từ xác lá và rễ cũng như các bộ phận rơi rụng khác vào cho bùn. Nhờ đó ở rừng ngập mặn thành thực, hàm lượng chất hữu cơ trong đất rất cao, cao hơn hầu hết các loại đất khác. Hiện tượng này một phần là vì thành phần thực vật bị chôn vùi trong đất ít oxygen (hoặc thậm chí thiếu oxygen) nên vật chất hữu cơ khó phân hủy. Vì vậy, đất rừng ngập mặn là bể chứa carbon rất hữu hiệu.

Điều kiện thiếu dưỡng khí hình thành vi khuẩn lưu huỳnh yếm khí, sinh ra khí hydrogen sulphide nằm sâu dưới bùn thiếu dưỡng khí. Vì vậy, mùi của hydrogen sulphide hiếm khi nhận ra ở rừng ngập mặn, trừ khi lớp đất mặt bị xáo trộn mạnh. Khí methane (còn gọi là khí đầm lầy) là một sản phẩm khác do hoạt động của vi khuẩn yếm khí sinh ra nhưng nó không hình thành ở rừng ngập mặn vì vi khuẩn lưu huỳnh lấn áp hẳn vi khuẩn methane trong nước giàu lưu huỳnh (Kristjansson và Schönheit, 1983), là nước trong rừng ngập mặn.



Hầu hết đất rừng ngập mặn đều có hàm lượng chất hữu cơ cao, thường là sắt. Cùng với nguồn lưu huỳnh dồi dào (trong nước), pyrite sắt hình thành. Khi đất này được phơi và ô-xy hóa, điều kiện acid sulphate xuất hiện và nước trở sang chua, làm cho đất không thích hợp cho nông nghiệp và nuôi thủy sản.

2.2 CÁC YẾU TỐ SINH HỌC

Hệ sinh thái rừng ngập mặn là hệ sinh thái vùng triều chịu ngập nước biển với độ mặn biến động trong khoảng 0 – 35‰ (đơn vị đo độ mặn hiện hành) hoặc thậm chí cao hơn ở môi trường cực mặn. Nền đất thường chứa trầm tích mềm mà ngập nước, là nơi diễn ra điều kiện thiếu oxygen. Thực vật và động vật sống trong rừng ngập mặn có nhiều đặc điểm thích nghi giúp chúng sống được trong những điều kiện khó khăn đó. Các đặc điểm thích nghi này đã được mô tả chi tiết trong quyển sách song hành với quyển này của Clough (2013), nên chỉ lược qua ngắn gọn ở đây.

Các đặc điểm thích nghi thực vật

Các loài cây rừng ngập mặn thực thụ là những loài có các đặc điểm thích nghi về mặt cấu trúc và sinh lý giúp chúng sống được ở môi trường mặn và ít oxygen. Nhiều đặc điểm thích nghi cấu trúc của cây rừng ngập mặn khá là ngoạn mục (từ hệ thống rễ cà kheo đồ sộ cho đến trụ mầm dài gần một mét – cả hai đặc điểm này được thấy ở loài Đưng (*Rhizophora mucronata*). Các đặc điểm thích nghi của cây rừng ngập mặn có thể phân thành nhóm thích ứng với điều kiện mặn, nhóm thích ứng với nền đất mềm và các nhóm khác thích ứng với điều kiện yếm khí.

Thích nghi với môi trường mặn

Cây rừng ngập mặn là cây chịu mặn hay nói cách khác là thực vật sống hết vòng đời ở nước mặn. Tuy nhiên, nhiều loài cây rừng ngập mặn có thể sống được ở nước ngọt, điều đó cho thấy rằng khả năng sống được trong nước mặn tạo cho chúng có được lợi thế sinh tồn trong môi trường mặn. Mặc dù vậy, một số loài như Đà quánh (*Ceriops decandra*) và Bần trắng hay Bần đỏ (*Sonneratia alba*) có thể là cây chịu mặn bắt buộc (Ball, 1988a) vì chúng thể hiện sức phát triển kém và sức sống ngắn ở nước ngọt. Loài cây khác nhau thì có sức chịu mặn khác nhau, ngay cả trong cùng một loài, sức chịu mặn cũng khác nhau theo từng giai đoạn phát triển của cây (Ball, 1988a), chẳng hạn như cây con thường có dinh dưỡng dự trữ giúp nó phát triển tốt ngay cả khi sống ở điều kiện bất lợi. Độ mặn tối ưu cho sinh trưởng của cây con khi chúng đã cạn kiệt dinh dưỡng dự trữ nằm trong khoảng 10–25‰ (theo Clough, 1984; Ball, 1988a). Có ba cách chính để cây rừng ngập mặn ứng phó với muối.

Loại bỏ muối

Một trong những cách đó là làm giảm hoặc loại trừ muối hút lên thân. Tất cả cây rừng ngập mặn đều loại trừ muối tại rễ ở mức nào đó nhưng khối lượng bị loại trừ không giống nhau và thường ít đối với loài cây có tuyến tiết muối (theo Clough, 1984). Tuy nhiên, nếu hầu hết lượng muối đều bị loại trừ thì không thể tạo ra được thể năng thẩm thấu dương tính. Vì vậy, một cơ chế khác để tăng thể năng thẩm thấu ở loại thực vật này là tăng cường hàm lượng phân tử keo hữu cơ từ đường đơn đến amino acid (Popp 1984a, 1984b). Vì các phân tử hữu cơ này là những cấu phần bình thường của tế bào nên lượng gia tăng nhỏ không gây ra trở ngại gì cho sức chịu đựng sinh lý. Nói cách khác, áp suất thẩm thấu ở thực vật được phát sinh hiệp lực bởi các ion và hạt keo. Vì vậy, nhựa của những cây này sẽ có áp suất thẩm thấu lớn hơn rất nhiều so với hàm lượng ion (muối) của nó. Cây loại trừ muối điển hình là Đước (*Rhizophora*), Vẹt (*Bruguiera*) và Đà (*Ceriops*) nằm trong họ Đước (Rhizophoraceae).

Tuyến tiết muối

Một cơ chế khác để khắc phục lượng muối quá ngưỡng là bài tiết muối đã hút vào thông qua tuyến tiết muối. Các loài trong chi Ô rô (*Acanthus*), Aegialitis, Sú (*Aegiceras*) và Mắm (*Avicennia*) có tuyến tiết muối và các tinh thể muối thường hiện rõ trên bề mặt lá. Một số muối

được mang đi theo dòng thoát nước lên lá thì được hấp thụ bởi các mô sinh trưởng để điều tiết thẩm thấu còn lượng muối thừa thì được bài tiết qua tuyến muối để cho nồng độ ion được duy trì trong mức chịu đựng sinh lý (Ball, 1988b). Các loài cây ngập mặn này thường có sức chịu đựng muối cao hơn các loài cây ngập mặn khác.

Tích lũy muối

Tất cả cây rừng ngập mặn đều tích lũy ion vô cơ (Popp 1984a) để điều tiết thẩm thấu trong lá và các mô khác. Nhất là ở những loài không có khả năng loại trừ muối từ dưới rễ hoặc bài tiết muối bằng tuyến bài tiết ở trên lá. Cây tích lũy muối gồm có những loài như Bần (*Sonneratia*), Su (*Xylocarpus*) và Giá (*Excoecaria*), các loài này dùng phản ứng rụng lá (để loại bỏ muối và chất hữu cơ vượt ngưỡng) khi mức hạt thẩm thấu tăng quá sức chịu đựng. Ba chi thực vật này cũng kết tụ sodium và chloride trong thân và vỏ rễ.



Lá của Mắm đen (*Avicennia officinalis*) thể hiện các tinh thể muối được bài tiết từ tuyến muối ở mặt trên của lá (ảnh bên trái). Ảnh qua kính hiển vi điện tử của bộ tuyến tiết muối của Ô rô tím (*Acanthus ilicifolius* – ảnh bên phải). Xem chi tiết hơn trong tài liệu của Wong & Ong (1984).

Thích nghi với nền đất mềm hay môi trường trầm thủy

Thai sinh và bán thai sinh

Thai sinh là một hiện tượng tái sinh mà khi đó hạt giống nảy mầm lúc vẫn còn dính trên cây mẹ - Loại giống nảy mầm như vậy được gọi là trụ mầm. Tính thai sinh thể hiện rất rõ ở họ Đước (*Rhizophoraceae*). Phôi mầm phát triển bên trong một trái nhỏ và một thân mầm hình trụ, được gọi là trụ dưới lá mầm, mọc dài ra xuyên theo lớp vỏ trái bao bọc. Trụ dưới lá mầm có thể mọc ra rất dài khi còn trên cây mẹ, dài đến một mét ở loài Đưng (*Rhizophora mucronata*). Người ta thường cho rằng loại trụ mầm này có lợi thể mọc thành cây trên nền đất mềm vì phần trụ dài dưới lá mầm có thể xuyên sâu vào nền đất và nhanh ra rễ. Tuy nhiên, có thể thấy nhiều trụ mầm trôi dạt theo dòng nước trong rừng ngập mặn và sau cùng sẽ mọc thành cây ở nơi cách xa cây mẹ.

Giống bán thai sinh ở Mắm (*Avicennia*), giống với giống thai sinh ở chỗ hạt giống cũng nảy mầm trên cây mẹ. Tuy nhiên, ở giống này thì trụ dưới lá mầm không đi xuyên theo vỏ trái mà mọc thò ra bên ngoài. Cây giống bán thai sinh của loài Mắm (*Avicennia*) thường được thấy nằm bám trên bờ biển (kể cả bãi biển cát), cây nào có bộ rễ phát triển tốt thì sẽ định hình ở môi trường mới đó.



Cây Đưng (*Rhizophora mucronata*) thường mọc ngay mép lạch nước (ảnh bên trái) nhờ có trụ mầm dài (xấp xỉ một mét) nên ít bị ảnh hưởng bởi ngập triều. Trụ mầm khi rụng thường cắm xuống bùn cạnh gốc cây mẹ. Vô số trụ mầm Vẹt tách (*Bruguiera parviflora*) trong tình trạng gần như sẵn sàng rụng xuống khỏi cây mẹ (ảnh trên, bên phải). Cây con bán thai sinh thuộc loài Mắm (*Avicennia*) sinh trưởng rất nhanh sau khi rụng, trái có lông móc nhỏ xíu giống khóa velcro giúp nó bám vào các vật thể lớn hơn nằm trong bùn (ảnh dưới, bên phải). Bộ rễ phát triển sau khi cây con đã rụng khỏi cây mẹ. Cây con kém may mắn trong ảnh này đã bị nước đưa lên bãi, do động lực sóng lớn.

Phát tán hạt giống và trụ mầm theo nước

Các loài cây rừng ngập mặn khác (bên cạnh họ Đước và Mắm) có trái giống nhờ nước phát tán đi xa khỏi cây mẹ gồm có Cui (*Heritiera*), Su (*Xylocarpus*) và Dừa nước (*Nypa*). Trái Cui (*Heritiera littoralis* và *H. fomes*) có một sống lưng. Quan sát của chúng tôi nhận thấy rằng thường thì cái sống lưng này làm nhiệm vụ như một cánh buồm vì nó nằm ở mặt trên của trái đang trôi nổi !

Rễ cà kheo và rễ bạnh vè

Cây rừng ngập mặn phải thích nghi với điều kiện sống trong môi trường đất bùn, mềm và nhiều loài cây thích nghi với điều kiện đó bằng hệ rễ khí sinh. Các loài Đước (*Rhizophora*) được đặc trưng bằng rễ cà kheo nhô cao, vươn ra từ thân cây, đôi khi cao đến 2 mét thậm chí cao đến 3-4 mét trên mặt đất như ở Gambia (François Blasco, trao đổi cá nhân). Loại rễ này vươn ra xa và cắm xuống đất sâu đến 4 mét tính từ thân chính. Nhờ đó mà rễ giữ vai trò như những sợi dây chằng, neo giữ cho cây đứng vững trên nền đất mềm. Các loài khác như Cui (*Heritiera littoralis*) và Su ối (*Xylocarpus granatum*) có rễ bạnh vè uốn lượn nổi rất cao cũng giúp chống đỡ cho cây đứng vững trong môi trường đất bùn.



Trái Cui (*Heritiera littoralis*) hiển thị sống lưng có thể làm chức năng của một cánh buồm để hỗ trợ phát tán. Ngoài việc giữ thăng bằng cho trái, sống lưng không có tác dụng gì khác.



Rễ cà kheo của Đước (*Rhizophora*) giúp neo và chống đỡ phần trên của cây trên nền đất mềm (ảnh trái và trên, bên phải). Đôi khi rễ khí sinh mọc ra từ nhánh cây để hỗ trợ thêm sức chống đỡ cho cây (ảnh dưới, bên phải).



Rễ bạnh vè chằng chịt của cây Cui (*Heritiera littoralis*) mọc lan ra trên diện tích rộng và làm nhiệm vụ giữ cho cây đứng vững trên nền đất mềm ở đảo Iriomote, Nhật Bản (ảnh bên trái). Bộ rễ bạnh vè uốn lượn lan rộng này chính là cách ứng phó với gió lớn và các trận bão thường niên. Bộ rễ bạnh vè khúc khuỷu lan rộng của Su (*Xylocarpus granatum* – ảnh bên phải) lộ lên rất rõ trên bờ đất đang bị xói mòn.

Ứng phó với điều kiện yếm khí

Bì khổng

Bì khổng là những lỗ khí, giống như khí khổng ở lá, hiện diện trên thân và các rễ lồi. Chức năng của chúng là giúp trao đổi khí. Khí khổng lớn trông giống như con mắt, vì vậy mà cây *Bruguiera hainesii* là cây có nhiều khí khổng lớn trên thân được dân địa phương ở Malaysia gọi là mata buaya, tức là cây mắt sấu.



Vỏ cây *Bruguiera hainesii* có các bì khổng giống 'mắt cá sấu'. Loài cây hiếm và có nguy cơ tuyệt chủng này có tên Malay là 'mata buaya' (cây mắt sấu).

Rễ khí

Đây là những rễ dùng để thở mọc lên từ lớp rễ ngầm cạn nằm ngang (gọi là rễ cáp ngầm), vượt lên khỏi lớp bùn thiếu oxygen ra ngoài không khí hoặc nước có oxygen hòa tan. Rễ thở có hình dáng và kích thước khác nhau tùy theo loài và theo điều kiện môi trường. Rễ thở của Mắm (*Avicennia*) thường cao khoảng 30 cm còn của Bần (*Sonneratia*) thì dày hơn và cao hơn. Rễ thở có rất nhiều bì khổng giúp trao đổi khí (xem ở trên).

Thêm vào đó, rễ thở (cũng như một phần của rễ cà kheo ở cây Đước (*Rhizophora*) đâm xuống đất) được cấu tạo bởi nhiều mô khí – một loại mô thực vật xốp như bọt biển có nhiều khoang chứa khí. Các khoang khí này giúp trao đổi khí với rễ ngầm được diễn ra thông qua khuếch tán (Hogarth, 1999).

Vì vậy, cây Mắm (*Avicennia*) có hệ thống rễ cáp ngầm mọc xuống chỉ vừa mới qua khỏi mặt đất và lan tỏa ra theo chiều ngang. Hệ thống rễ cáp ngầm này giúp neo giữ cây trên nền đất mềm. Rồi đến rễ thở mọc vươn lên từ rễ cáp ngầm đó và giúp trao đổi khí. Cuối cùng là có loại rễ mọc bám vào nền đất và hấp thụ dinh dưỡng.

Rễ thở của Vẹt (*Bruguiera*) được gọi là rễ đầu gối vì nó mọc ra từ rễ cáp ngầm nhô lên khỏi đất bùn và uốn cong ngược xuống giống như cái đầu gối, đi xuống dưới bùn và rồi lại đảo lên đảo xuống như vậy.



Các rễ thở của Bần đấng (*Sonneratia alba*) mọc tỏa ra khỏi thân chính nhô lên từ rễ cáp ngầm (ngay dưới bề mặt đất, không thấy được).



Rễ thở lộ thiên mảnh khảnh của Mắm (*Avicennia*) mọc đứng hướng lên không khí (ảnh bên trái). Nền đất phơi (bị xói mòn) lộ ra rễ cáp ngầm nằm ngang của Mắm biển (*Avicennia marina*) vươn tỏa ra từ cây mẹ với rễ thở mọc đứng lên và rễ dinh dưỡng mọc đâm xuống (ảnh bên phải).



Rễ khí sinh của Vẹt dù (*Bruguiera gymnorhiza*) mọc lên từ rễ cáp ngầm nằm ngang và rồi lại đảo xuống, giống như đầu gối, nên có tên thông dụng là 'rễ đầu gối'. Rễ đầu gối này có chức năng như rễ thở. Nguyên nhân làm cho các rễ đầu gối trong hình này nhô lên rất cao có thể là vì chúng bị đói trầm tích.



Đám rễ cọc nổi (rễ thở) của Su sung (*Xylocarpus moluccensis*) ở Palian, Trang, Thái Lan.

Các đặc điểm thích nghi của động vật

Giống như thực vật, động vật cũng cần phải thích nghi để sống được trong môi trường gian triều khắc nghiệt. Có lẽ nhóm động vật thích nghi đáng kể nhất với hệ gian triều là nhóm cá thòi lòi. Nhóm cá này đã trở thành lưỡng cư (có khả năng sống được ở cả dưới nước và trên cạn).

Độc giả có thể xem tài liệu của Ng và đồng sự (2008) để đọc thêm chi tiết về chuyên đề đặc điểm thích nghi của động vật.



Một cặp thòi lòi lưỡng cư (*Periophthalmodon schlosseri*) ở ngay miệng hang đang đào (ảnh bên trái). Cặp cá bên phải vừa nhổ bùn ra đắp lên thành cái gờ bao quanh miệng hang (có thể thấy được vết bùn) vì vậy loại cá này có lẽ nên được đặt tên lại là cá nhổ bùn' ? [Nhóm cá thòi lòi, bóng sao có dáng di chuyển như là đang nhảy trên mặt bùn, có lẽ vì vậy mà có tên tiếng Anh là 'mudskipper' có nghĩa là cá nhảy bùn'. Ở đây tác giả dựa trên tập tính dùng miệng nhổ bùn ra đắp trên miệng hang để gợi ý tên khác là cá nhổ bùn' - NDJ]. Hai con thòi lòi đang ve vãn nhau bên cạnh miệng hang ngập nước (ảnh bên phải). Loại cá này dành rất nhiều thời gian để giữ cho cái hang đầy công phu của nó chứa đựng không khí dưới nước, làm nơi đẻ và ấp trứng. Độc giả có thể đọc thêm tài liệu của Ishimatsu và đồng sự (1998, 2007).

Né tránh

Hầu hết động vật sống trong hoặc ngay trên mặt đất đều là động vật biển, vì vậy không giống như thực vật có mạch (đã thảo luận ở trên) vốn có nguồn gốc từ trên cạn, các loài động vật này phải thích nghi với điều kiện thấp muối (đặc biệt là khi tiếp xúc với mưa). Tất nhiên là nhiều loài động vật có lợi thế hơn thực vật ở chỗ chúng di chuyển được (dù một số loài thân mềm hai mảnh vỏ hầu như không có chi và ngay cả các loài thân mềm chân bụng hầu như cũng ít di chuyển) và có khả năng chuyển đến các môi trường sống ít độc hại.

Loài ba khía *Episesarma versicolor* leo trèo lên rễ cà kheo và thân cây (nhờ vậy mà tránh được sự biến đổi của mực nước) khi ngập triều chứ không ở trong hang dưới bùn như các loài còng khác của rừng ngập mặn.



Một số ba khía, như loài *Episesarma versicolor* này, tránh mực nước triều dâng cao bằng cách leo lên rễ và thân cây (ảnh trên). Mà đất bùn hình ống khói, do một số loài ba khía kéo thành, để phòng tránh hoặc hạn chế bị ngập do thủy triều (ảnh dưới). Các loài còng khác (chẳng hạn như còng gió) thì chỉ đóng miệng hang với cái nắp bằng bùn rất vừa vặn khi nước triều lên.



Cái yếm phủ tơ cứng mịn và có khe rãnh giúp làm thông khí (bổ sung oxygen) cho nước chứa trong buồng mang của con ba khía này. Cấu tạo này giúp cho ba khía kéo dài thời gian ở bên ngoài môi trường nước.

Thích nghi với khô da

Động vật vùng ven biển cũng phải có khả năng chịu đựng tiếp xúc với không khí hoặc có đặc điểm thích nghi nhằm ngăn ngừa bị khô da (mất nước) trong thời gian tiếp xúc. Vì vậy không có gì ngạc nhiên khi động vật sống trên đất rừng ngập mặn là những loài giáp xác và thân mềm (có vỏ cứng để ngăn ngừa bị khô). Nhiều loài động vật cũng thích nghi với điều kiện sống bên ngoài môi trường thủy sinh trong thời gian ngắn nhờ có các cơ chế làm ướt mang (thấy ở ba khía và thò lòi). Môi trường khô hơn cũng buộc nhiều loài thân mềm điều chỉnh hoạt động và bộ máy sinh lý thích nghi với điều kiện sống ở môi trường trên cạn hơn.

Thích nghi với điều kiện yếm khí

Giống như đối tác thực vật của mình, động vật sống trong đất bùn phải thích nghi với điều kiện yếm khí. Nhiều loài động vật này cũng thích nghi với khả năng thở trên đất liền. Một nhóm nổi bật khác (sống trong nền đất) là giun (như giun huyết *Glycera*) có huyết sắc tố thiết yếu có khả năng giữ oxygen cao. Trong khi bộ rễ của thực vật có khả năng làm giàu miền rễ của mình thì các loài vật sống trong hang như cua còng, chèn hen (*Thalassina anomala*) và cá thòi lòi (chi *Periopthalmodon*) có thể làm giàu môi trường đất một cách đáng kể thông qua ô-xy hóa vùng đất chung quanh, ở trong hang và ở trong những ụ đất được mang lên trong quá trình đào hang, như đối với chèn hen.



Cá thòi lòi, chẳng hạn như thòi lòi đốm vàng (*Periophthalmus chrysospilos*), là loài cá lưỡng cư có khả năng ra khỏi môi trường nước một thời gian. Nó vẫn có mang nhưng chuyển thành dạng thở bằng không khí. Con cá này đang đeo vào một rễ thở của cây ngập mặn (rễ thở cho cây lặn cho cá !) khi triều lên cao.

Thảm mục cho sinh vật cơ hội

Có rất ít động vật ăn cây cỏ ở trong môi trường gian triều (tuy nhiên, khi các loài khỉ ăn lá cây xuất hiện thì chúng có thể là thành phần đáng kể của động vật ăn cây cỏ, chẳng khác gì trăn dịch côn trùng cắn lá) chủ yếu là do loại lá có đặc tính chống mất nước. Hàm lượng tanin cao trong lá cũng được xem là lý do làm giảm động vật ăn cỏ ở đây. Tuy nhiên, một số loài còn có khả năng tận dụng lượng lá rơi rụng cao của rừng ngập mặn bằng cách sử dụng nguồn mảnh vụn phong phú này. Hệ sinh thái rừng ngập mặn chủ yếu là dựa trên xác mảnh vụn nên một số loài ăn mảnh vụn chính có thể được xem là loài chủ chốt của các hệ sinh thái này.

Chiếc cầu vòm có thể được xây bằng nhiều viên gạch chồng nối vừa khít với nhau. Nếu chỉ có một viên gạch bị gỡ ra thì hầu hết trường hợp, vòm cầu vẫn còn nguyên. Tuy nhiên, có một viên gạch mà hễ gỡ nó ra thì toàn bộ cấu trúc sẽ sụp đổ. Đó là viên gạch chủ chốt. Vì vậy, loài chủ chốt là loài mà nếu bị mất đi thì sẽ làm đổ vỡ toàn bộ hệ sinh thái. Ở rừng ngập mặn, Smith III và đồng sự (1991) cho rằng cua còng có hang là những loài chủ chốt có vai trò tái tạo dinh dưỡng.



Loài ba khía này ăn lá rụng và vật rụng khác của rừng ngập mặn và tạo tiền đề cho chuỗi liên kết của loài ăn mảnh vụn trong hệ sinh thái này. Nhiều người cho rằng đây là loài chủ chốt của hệ sinh thái rừng ngập mặn. Ba khía này là loài ăn được (tiền cảnh) và là thành phần chính cho món gỏi xoài của Thái Lan (hậu cảnh). Nếu nó thực sự trở thành loài chủ chốt thì việc khai thác loài này nên được kiểm soát.



Chương 3

CHỨC NĂNG HỆ SINH THÁI

Một hệ sinh thái gồm có nhiều sinh vật vốn có những vai trò chức năng riêng. Điều này thể hiện rất rõ khi ta nhìn vào chuỗi thức ăn có nhiều thứ bậc khác nhau (gọi là cấp dinh dưỡng), mỗi cấp gồm những sinh vật có vai trò chức năng giống nhau. Sinh vật sản xuất [sinh vật tự dưỡng] chỉ bao gồm những sinh vật có thể sử dụng năng lượng (thường là năng lượng mặt trời, nhưng trong đó có một số có khả năng sử dụng năng lượng hóa học, như trường hợp của vi khuẩn sử dụng lưu huỳnh) để tổng hợp carbon hữu cơ. Tất cả sinh vật tiêu thụ khác trong hệ sinh thái đều phụ thuộc vào carbon hữu cơ này. Sinh vật tiêu thụ [sinh vật dị dưỡng] là sinh vật ăn sinh vật sản xuất (hoặc sinh vật tiêu thụ khác). Quy luật nhiệt động học diễn ra trong quá trình chuyển hóa dinh dưỡng này là năng lượng bị mất đi khi nó truyền từ sinh vật sản xuất sang sinh vật tiêu thụ và bị mất một lần nữa khi nó truyền từ sinh vật tiêu thụ này sang sinh vật tiêu thụ khác. Điều đó cho thấy vì sao thường chỉ có hai hoặc ba cấp sinh vật tiêu thụ và vì sao phải có nhiều sinh vật sản xuất hơn sinh vật tiêu thụ và nhiều sinh vật tiêu thụ cấp một (động vật ăn thực vật) hơn động vật cấp hai (động vật ăn thịt), với số lượng động vật ăn thịt đầu bảng rất thấp. Điều này giải thích cho tháp thức ăn [một dạng tháp sinh thái - ND] thường được dùng để chỉ số lượng sinh vật theo các cấp thứ bậc khác nhau trong một hệ sinh thái. Một nhóm khác nữa, sinh vật phân hủy, là những sinh vật hấp thu năng lượng bằng cách gặm nhấm các sinh vật chết. Nấm và vi khuẩn là sinh vật phân hủy chủ yếu của nhiều hệ sinh thái. Ở hệ sinh thái rừng ngập mặn, còng và mối là những sinh vật phân hủy chính vì chúng ăn lá rụng (hoặc mảnh vụn, vì vậy mà còng được xem là nhóm sinh vật ăn mảnh vụn). Sinh vật sản xuất, sinh vật tiêu thụ và sinh vật phân hủy hình thành mối quan hệ rất phức tạp và sống ở trạng thái cân bằng động để duy trì một hệ sinh thái sung mãn, giàu chức năng.

3.1 SINH VẬT SẢN XUẤT

Năng suất sơ cấp từ thực vật có mạch

Sinh vật sản xuất sơ cấp trong rừng ngập mặn là thực vật có mạch – nhóm cây gỗ và cây bụi. Tổng năng suất sơ cấp là tổng năng lượng do thực vật cố định trong quá trình quang hợp. Thực vật sử dụng một phần năng lượng đó cho quá trình trao đổi chất; phần còn lại chuyển thành sinh khối của thực vật, rồi trở thành thức ăn tiềm năng cho sinh vật khác (động vật ăn cỏ và sinh vật phân hủy). Quá trình này tạo thành năng suất sơ cấp thuần và đặc biệt là bao gồm lượng tăng trưởng sinh khối cũng như lượng thất thoát (từ thực vật) từ sản phẩm rơi rụng (cả trên lẫn dưới mặt đất) và rò rỉ qua rễ. Hình 3.1 tổng hợp các thành phần khác nhau của năng suất sơ cấp.

Năng suất sơ cấp

Tổng năng suất sơ cấp (GPP) = tất cả lượng carbon cố định trong quá trình quang hợp (Lượng quang hợp thuần = quang hợp và hô hấp trong quá trình quang hợp)
Năng suất sơ cấp thuần (NPP) = GPP – hô hấp
NPP = Lượng tăng trưởng sinh khối + vật rụng (+ động vật ăn thực vật)

Hình 3.1 Cấu thành của năng suất sơ cấp. Tổng năng suất sơ cấp (GPP) được đo bằng máy đo trao đổi khí nhưng vào ban ngày, máy đo trao đổi khí đo cả lượng khí quang hợp và hô hấp cùng một lúc. Lượng này được gọi là lượng quang hợp thuần.

Tổng năng suất sơ cấp

Tổng năng suất sơ cấp của cây rừng ngập mặn được ước tính theo phương pháp trao đổi khí bằng cách sử dụng máy đo quang hợp xách tay để đo tính và các tháp giàn giáo cây để đo được ở nhiều độ cao khác nhau trong tán cây. Cấp độ tổng năng suất sơ cấp biến động trong ngày tùy thuộc vào các yếu tố môi trường khác nhau như ánh sáng và nhiệt độ. Trong quần thụ rừng Đước đôi (*Rhizophora apiculata*) 20 tuổi ở Malaysia, Gong và đồng sự (1992) phát hiện rằng cấp độ quang hợp thuần biến động trong khoảng 11,0 đến 5,6 micromole (μmol) carbon trên mỗi mét vuông lá trong một giây ($\mu\text{mol C/m}^2/\text{s}$) từ trên đỉnh xuống đến chân tán lá do mức độ ánh sáng khác nhau. Cấp độ quang hợp thuần cũng khác nhau đối với các quần thụ rừng ngập mặn khác tuổi nhưng một phần của sự khác biệt này có thể là do yếu tố môi trường, như độ mặn. Lượng thất thoát qua hô hấp có thể khá cao trong hệ sinh thái rừng ngập mặn vì năng lượng hô hấp đáng kể cần thiết dành cho loại trừ và bài tiết muối.

Năng suất sơ cấp thuần

Sinh khối thực vật tươi là sinh khối hiện hữu trong một hệ sinh thái tại một thời điểm bất kỳ. Sinh khối trên mặt đất của cây rừng ngập mặn có thể cao đến 460 tấn/ha được tính ở một khu rừng già với Đước đôi (*Rhizophora apiculata*) chiếm ưu thế ở Malaysia (Putz và Chan, 1986) hoặc thấp xuống còn 7.9 tấn/ha, được tính ở quần thụ Đước đỏ (*Rhizophora mangle*) ở Florida (Lugo và Snedaker, 1974). Ở sinh khối rễ, kể cả rễ dưới mặt đất, thì rễ thở và rễ cà kheo có thể chiếm một tỷ lệ đáng kể trong tổng quần thụ rừng ngập mặn (Komiya và đồng sự, 2008). Dựa trên dữ liệu thu thập được từ 12 quần thụ rừng ngập mặn, Komiya và đồng sự (2008) ước tính tỷ lệ sinh khối trên mặt đất và dưới mặt đất (T/R) ở rừng ngập mặn có giá trị chung trong khoảng 2 và 3; trong khi tỷ lệ T/R ở rừng trên cạn (Cairns và đồng sự, 1997) là khoảng 4 và 4,5. Vì vậy, rừng ngập mặn có lượng sinh khối rễ khá lớn so với rừng trên cạn, rất có thể là do cần phải chống đỡ cho cây rừng ngập mặn sinh trưởng trên nền đất mềm.

Năng suất sơ cấp thuần là tổng lượng gia tăng của sinh khối cây đứng cộng với phần năng suất rơi rụng trên mặt đất (lá, cành, hoa, trái v.v.), cộng với năng suất dưới mặt đất hay phần rụng của rễ, cộng với phần do động vật ăn mất.

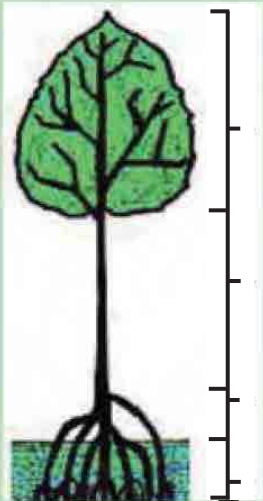
Tăng trưởng sinh khối thực vật

Sinh khối được thực vật tích lũy trong một năm là phần năng suất thuần. Ở rừng ngập mặn, lượng tăng trưởng hàng năm của sinh khối trên mặt đất từ 4 tấn/ha tại một rừng Mắm (*Avicennia*) ở Mexico (Day và đồng sự, 1996) đến 26,7 tấn/ha tại một rừng Đước (*Rhizophora*) ở Thái Lan (Christensen, 1978).

Rất ít có nghiên cứu về lượng tăng trưởng dưới mặt đất trong hệ sinh thái rừng ngập mặn. Trong chừng mực đó, nghiên cứu của Comley và McGuinness (2005) cho thấy sinh khối rễ dưới mặt đất có thể chiếm đến 57% sinh khối của cây *Bruguiera exaristata*, có khả năng là lượng tăng trưởng sinh khối dưới mặt đất là phần đóng góp đáng kể vào lượng tăng trưởng sinh khối chung. Ong và đồng sự (1995) ước tính năng suất rễ dưới mặt đất của một quần thụ Đước đôi (*Rhizophora apiculata*) là 0,42 tấn/ha/năm. Cũng trong quần thụ này, năng suất tán (lá và cành) là 0.52 tấn/ha/năm. Từ đó cho thấy, năng suất dưới mặt đất cao gần bằng năng suất trên tán mặc dù sinh khối dưới mặt đất chỉ bằng khoảng phân nửa sinh khối tán trong quần thụ rừng ngập mặn này (hình 3.2).



Tháp giàn giáo giúp tiếp cận với tán lá để đo lưu lượng khí và các chỉ số khác (như ánh sáng, nhiệt độ và độ ẩm tương đối). Giàn tháp song hành dựng lên nhằm mục đích an toàn để giữ thăng bằng cho toàn giàn giáo.

Cây và thành phần của cây	Sinh khối (%)	Năng suất (tấn carbon/ha/năm)
		
Lá	2,6	0,08
Tán		
Cành	8,1	0,44
Thân	74,1	5,56
Rễ cà kheo	10,2	0,64
Rễ dưới đất	5,1	0,42
TỔNG SỐ	100	7,14

Hình. 3.2 Thành phần sinh khối và lượng tăng trưởng của một quần thụ Đước đôi (*Rhizophora apiculata*) 20 năm tuổi ở Malaysia. Xem chi tiết hơn trong tài liệu của Ong và đồng sự (1995).

Hộp 3.1 Ước tính sinh khối của một cây

Cách thường dùng để ước tính sinh khối của một cây là áp dụng phương trình tương quan. Lượng sinh trưởng tương đối của phần này trên một cây (hay một con vật) thường tương ứng với một phần khác của cây. Mỗi quan hệ của hai biến số đó có thể biểu diễn bằng phương trình tương quan chung:

$$y = bx^k$$

Trong đó x là biến độc lập, y là biến phụ thuộc, b và k là các hằng số của tương quan. Phương trình này thường được thể hiện bằng logarit dưới dạng hồi quy tuyến tính:

$$\log y = k \log x + b$$

trong đó k là độ dốc của phương trình và b là điểm chặn.

Khi tính sinh khối của một cây (y), người ta thường dùng thông số dễ đo đếm như chu vi hoặc đường kính ngang ngực (cao 1,30 m) làm trị số x . Từ đó, phương trình hồi quy trở thành:

$\log \text{sinh khối} = k \log \text{GBH (chu vi ngang ngực; hoặc DBH – đường kính ngang ngực)} + b$

Sinh khối có thể là tổng sinh khối, sinh khối trên mặt đất, sinh khối thân, sinh khối rễ v.v..

Ví dụ dưới đây của Ong và đồng sự (2004) minh họa cho cách tính tương quan hồi quy. Cây cùng một loài (trường hợp này là Đước đôi – *Rhizophora apiculata*) trên cùng dãy chu vi GBH (3,5-77 cm) được chọn ra. Chỉ số Chu vi (GBH) được đo cho từng cây trước khi chặt. Mỗi cây sau khi chặt được chia ra theo các phần gồm thân, nhánh, cành, lá, các bộ phận sinh sản và rễ cà kheo, rồi từng bộ phận đó được cân tại hiện trường. Sau khi các bộ phận trên mặt đất được cắt ra hết, từng cọc rễ cà kheo được truy xuống tận đầu rễ hoặc sâu đến chỗ không truy được nữa (ít nhất là sâu 1 mét) bằng cách dùng vòi xịt nước từ máy bơm ngầm sử dụng điện một chiều làm loãng khối đất chung quanh rễ. Số rễ này là thành phần dưới mặt đất. Việc tách rễ dưới mặt đất không phải là chuyện dễ (xem ảnh bên dưới) và tốn rất nhiều công sức (mất khoảng 30 ngày công lao động mà chỉ bóc được bộ rễ của mỗi một cây cỡ trung bình) vì vậy mà không có nhiều nghiên cứu hồi quy tương quan sinh trưởng được thực hiện đối với bộ rễ ngầm của cây rừng ngập mặn (chẳng hạn của Bouillon và đồng sự, 2008).



Đang tách rế ngầm của một cây Đước đôi (*Rhizophora apiculata*). Dùng máy bơm xịt nước làm lỏng đất để cho rế lộ ra (ảnh bên trái) và tiếp tục phăng theo rế bằng tay dù thủy triều đã lên đến nơi, để đảm bảo lượng rế bị mất thấp nhất (ảnh bên phải).

Mẫu của từng phần được cân tại hiện trường và sau đó được mang về phòng thí nghiệm để sấy ở nhiệt độ 105°C đạt đến trọng lượng khô không đổi để xác định tỉ lệ giữa trọng lượng tươi và trọng lượng khô. Tổng trọng lượng khô từng phần của mỗi cây được liệt kê theo chu vi (GBH) của nó. Làm như vậy cho tất cả là 18 cây với các bộ phận khác nhau để tính tổng sinh khối trên mặt đất, tổng sinh khối dưới mặt đất và cuối cùng là tổng sinh khối của cây đó. Chỉ số hồi quy của các bộ phận sinh khối khác nhau ứng với chu vi (GBH), sau khi hoán chuyển qua logarit, được đưa lên biểu đồ và các phương trình được lập ra.

Ví dụ tương quan hồi quy do Ong và đồng sự (2004) thiết lập:

$$\text{Log sinh khối}_{\text{tổng}} = 2,253 \log \text{GBH} - 1,943$$

$$\text{Log sinh khối}_{\text{dưới mặt đất}} = 2,611 \log \text{GBH} - 3,454$$

Khi các phương trình hồi quy tương quan được thiết lập, sinh khối của bất kỳ cây nào trong loài đó cũng có thể tính được bằng cách chỉ cần đo GBH của cây. Khi GBH của tất cả các cây trong một lô được đo thì có thể tính được sinh khối cho cả lô. Nếu sinh khối được đo tính hai lần khác nhau (hoặc nhiều lần hơn) thì có thể tính được lượng gia tăng sinh khối và mức sinh trưởng.

Thí dụ về các phương trình hồi quy tương quan của cây rừng ngập mặn có thể xem ở nhiều ấn bản như Clough (1992), Ong và đồng sự (2004), Comley và McGuinness (2005), Bouillon và đồng sự (2008) và Komiyama và đồng sự (2008).

Năng suất vật rụng

Năng suất vật rụng kích thước nhỏ (hoa, lá, cành và nhánh nhỏ) ở rừng ngập mặn nằm ở mức 4-13 tấn/ha/năm (Bouillon và đồng sự, 2008). Các chỉ số đó biến thiên theo vĩ độ, giá trị cao nhất (bình quân là 10,4 tấn/ha/năm) nằm trong khoảng từ 0 đến 10 độ vĩ và các giá trị thấp nhất (bình quân là 4,7 tấn/ha/năm) nằm ở các vĩ độ > 30°.

Rễ sơ sinh cũng bị mất đi thành vật rụng dưới mặt đất. Khó mà ước tính được sản phẩm rụng đi của rễ sơ sinh ở thực vật rừng ngập mặn nhưng có thể chúng có khối lượng đáng kể. Phần thất thoát khác của rễ là các dịch rễ hòa tan. Đó là chất hữu cơ hòa tan rịn ra từ rễ đi vào trong đất. Một lần nữa, phần này cũng khó mà đo lường được chính xác và cũng có thể là một năng suất đáng kể.

Như có thể thấy từ những thảo luận trên đây, chúng ta đang thiếu thông tin về thành phần năng suất dưới mặt đất và cần có nhiều nghiên cứu nữa để làm rõ vấn đề.

Năng suất sơ cấp của Tảo

Hệ sinh thái rừng ngập mặn không chỉ có rừng trên cạn như thảo luận trên đây mà còn có cả thành phần thủy sinh: khu hệ dưới nước. Vì vậy chúng ta cần phải xem qua năng suất sơ cấp trong thành phần thủy sinh. Trong đó, tảo là sinh vật sản xuất sơ cấp.

Tảo có ba loại cơ bản: tảo bám là tảo mọc trên tiết diện ngoài của thực vật khác (như rễ của cây rừng ngập mặn); tảo đáy (thường là tảo cát) là tảo mọc trên mặt bùn (thường là bãi bồi) và tảo phù du là tảo sống lơ lửng trong nước. Mức đóng góp của các thành phần này vào tổng năng suất sơ cấp của hệ sinh thái có độ biến động cao theo địa bàn, phụ thuộc vào các nhân tố như tỷ lệ tương đối của các thành phần khác nhau này với thực vật có mạch và các biến số khí hậu như lượng ánh sáng đến được với các sinh vật đó. Ở hầu hết các rừng ngập mặn ven sông và vùng cửa sông, năng suất sơ cấp của thực vật bậc cao vượt xa năng suất của tảo.

Trong rừng ngập mặn ở Florida, nơi có độ tàn che không cao lắm, năng suất tảo bám trên rễ cà kheo đạt 0,14-1,1 gam carbon trên mỗi mét vuông trong một ngày ($\text{g/m}^2/\text{ngày}$), tương đương với 0,5-4 tấn carbon/ha/năm (Lugo và đồng sự, 1975; Hoffman và Dawes, 1980).

Kristensen và đồng sự (1988) ước tính được năng suất tảo đáy trong rừng ngập mặn ở Thái Lan là 110-180 mi-li gam carbon/ $\text{m}^2/\text{ngày}$. Năng suất của cây gỗ trong rừng này là 1.900-2.750 mi-li gam carbon/ $\text{m}^2/\text{ngày}$. Cho thấy là năng suất tảo đáy thấp hơn 10 lần so với năng suất của thực vật bậc cao.

Ở rừng ngập mặn nơi nước đục có rất ít ánh sáng xuyên qua nước thì năng suất tảo phù du thấp. Trong loại rừng này ở Malaysia, tổng năng suất sơ cấp của tảo phù du chỉ có 3,5 tấn/ha/năm còn năng suất sơ cấp thuần thực tế bằng không (Ong và đồng sự, 1984).

3.2 SINH VẬT TIÊU THỤ (ĐỘNG VẬT ĂN CỎ VÀ ĐỘNG VẬT ĂN THỊT)

Năng suất sơ cấp thuần cao ở rừng ngập mặn hỗ trợ cho các cấp dinh dưỡng khác trong hệ sinh thái rừng ngập mặn thông qua chuỗi thức ăn thực vật tươi và chuỗi thức ăn mảnh vụn. Trong chuỗi thức ăn thực vật, các bộ phận tươi của thực vật do động vật ăn cỏ tiêu thụ (sinh vật tiêu thụ cấp một), chúng sử dụng một phần năng lượng đó cho các quá trình trao đổi chất của mình. Phần còn lại được chuyển hóa thành sinh khối rồi nó dành cho động vật ăn thịt (sinh vật tiêu thụ cấp hai) khi chúng ăn thịt động vật ăn cỏ và đến lượt mình, động vật ăn thịt

đó 'chuyên' năng lượng qua cho cấp dinh dưỡng kế tiếp – động vật ăn thịt khác (sinh vật tiêu thụ cấp ba), kẻ ăn thịt chúng. Chuỗi thức ăn mảnh vụn bắt đầu từ vật chất chết (lá vụn, rễ và các thành phần hóa gỗ). Sinh vật như cua còng tiêu thụ vật chất chết này và đến lượt mình, sinh vật ăn mảnh vụn đó bị ăn thịt bởi động vật ăn thịt lớn hơn trong chuỗi thức ăn mảnh vụn. Chuỗi thức ăn mảnh vụn là chuỗi ưu thế trong hệ sinh thái rừng ngập mặn.

Chuỗi thức ăn thực vật tươi

Các nghiên cứu khoa học (của Robertson và Duke, 1987) cho thấy rằng động vật ăn cỏ có thể là không quan trọng lắm trong hệ sinh thái rừng ngập mặn. Điển hình như khối lượng lá tươi do côn trùng và còng leo cây ăn thường chỉ chiếm một tỷ lệ nhỏ so với năng suất lá. Khối lượng thức ăn lá tươi khác nhau rất nhiều theo loài cây, lập địa và ngay cả giữa các cây cá thể. Một cuộc khảo sát cho 25 loài cây ở rừng ngập mặn của Úc (Robertson và Duke, 1987) cho thấy rằng lượng lá tươi do động vật ăn trực tiếp tính ra bằng 0,3-35% tổng diện tích lá trưởng thành. Trong các rừng Đước (*Rhizophora*) ưu thế ở Úc, khoảng 11 gam/m²/năm (hay 2,1% năng suất tán) được đưa vào chuỗi thức ăn lá tươi. Tuy nhiên, cần lưu ý ở đây là khi ăn lá dù không có ở Úc nhưng chúng có thể là sinh vật tiêu thụ quan trọng của lá rừng ngập mặn (Ong, 1995). Trong rừng ngập mặn của Malaysia có ba loài khỉ ăn lá rừng ngập mặn. Đó là khỉ đuôi dài hay khỉ ăn còng (*Macaca fascicularis*), là loài cũng thích ăn còng như tên gọi của nó; voọc bạc hay khỉ bạc ăn lá (*Trachypithecus cristatus*) và khỉ mũi dài (*Nasalis larvatus* – chỉ thấy trên đảo Borneo). Các loài khỉ này (đặc biệt là hai loài đứng phía sau) có thể tiêu thụ một tỷ lệ lớn lá rừng (đôi khi ăn trụi hết lá của một loài cây nào đó ưa thích) Ong, 1995).

Có rất ít thông tin định lượng về bước tiếp theo của chuỗi thức ăn rừng ngập mặn này, đó là liên kết giữa động vật ăn cỏ - động vật ăn thịt và liên kết giữa động vật ăn thịt - động vật ăn thịt tiếp sau đó. Dường như có thể là dơi và chim ăn sâu bọ (ở một số loại rừng ngập mặn) tiêu thụ một số côn trùng ăn lá. Đến lượt mình, một số chim này bị rắn ăn thịt (ở một số rừng ngập mặn).

Sự khác biệt chính giữa hệ sinh thái trên cạn và hệ sinh thái thủy sinh là trong hệ sinh thái trên cạn chỉ có khoảng 10% năng suất là đi vào chuỗi thức ăn lá tươi; một phần khác đi vào chuỗi thức ăn phân hủy và phần còn lại hình thành sinh khối tươi của thực vật. Tuy nhiên, trong hệ sinh thái thủy sinh, phần năng suất thực vật (thực vật phù du) thì hầu như bị tiêu thụ hoàn toàn và phần sinh khối tươi còn lại rất thấp. Đó là một thực tế ở sông nước rừng ngập mặn, nơi thực vật phù du bị động vật ăn ở mức rất cao, gần như ngay khi chúng vừa được hình thành. Hệ quả này dẫn đến tình trạng dù năng suất có thể là cao (tính trên thời gian một năm) nhưng sinh khối tươi thì lại thấp. Tuy nhiên, năng suất phù du ở nhiều vùng sông nước rừng ngập mặn có thể thấp là do nước đục.

Quần xã cá trong rừng ngập mặn là nguồn lợi rất lớn, đặc biệt vì có nhiều loài có giá thương mại cao. Điển hình như cá cơm, cá chẽm, cá mú và cá hồng. Tôm và các loài giáp xác khác cũng được thấy ở vùng sông nước rừng ngập mặn. Nhiều cuộc nghiên cứu (như của Chong và Sasekumar, 1981; Rodelli và đồng sự, 1984) đã mô tả rõ môi trường kiếm ăn của các sinh vật này (một phần là để trả lời được câu hỏi rừng ngập mặn có tầm quan trọng như thế nào đối với nguồn lợi thủy sản ven biển). Đây không phải là công việc đơn giản vì các sinh vật này có thể biến đổi từ động vật ăn cỏ ở giai đoạn phiêu sinh thành động vật tiêu thụ cấp ba khi trưởng thành và hầu hết sinh vật đó đều có hơn một nguồn thức ăn chính.

Hộp 3.2 Nhóm linh trưởng ăn cỏ trong rừng ngập mặn ở Borneo

Hệ sinh thái đồng cỏ có bò rừng bison (*Bison bison*), hệ sinh thái cỏ biển có bò biển (*Dugong dugon*) và hệ sinh thái rừng ngập mặn có khỉ mũi dài (*Nasalis larvatus*). Đây là các loài động vật ăn cỏ có vú không những mang tính hình tượng mà còn hiếm hoi, có vai trò chức năng quan trọng trong hệ sinh thái tương ứng của chúng.

Rừng ngập mặn ở Borneo là mái ấm của một số loài khỉ. Khỉ đuôi dài (*Macaca fascicularis*), còn được gọi là khỉ ăn cỏ, là loài phổ biến nhất nhưng rừng ngập mặn là loại rừng duy nhất trong các hệ sinh thái nhiệt đới có loài khỉ này. Trong khi đó, Voọc bạc (*Trachypithecus cristatus*) thường co cụm trong phạm vi rừng ngập mặn và các hệ sinh thái ven sông liền kề. Khỉ mũi dài không chỉ thường thấy giới hạn ở rừng ngập mặn và các hệ sinh thái rừng đầm lầy than bùn liền kề mà còn là loài đặc hữu ở Borneo. Khẩu phần của các loài khỉ ăn lá (khỉ mũi dài cũng thuộc nhóm này) hầu như hoàn toàn tập trung vào lá cây. Để giúp tiêu hóa được loại thức ăn giàu chất xơ này, chúng có bộ ruột dài và vì vậy có bầu bụng lớn cá biệt. Chúng không phải là loài vật ăn trái cây và loại thức ăn trái cây có lượng đường cao cũng không thích hợp với chúng. Nhìn chung, động vật ăn cỏ thường hiếm thấy trong rừng ngập mặn, có lẽ vì lá và vỏ cây rừng ngập mặn chứa các hóa chất khá khó chịu như tanin và các phenol đa phân tử khác, nhưng cả hai loài voọc bạc và khỉ mũi dài thì đều có khả năng thích ứng.

Các loài khỉ này có xu hướng lựa chọn rất kỹ loại lá để ăn, thường là lá non của một loài cây ngập mặn nào đó, như Bần chua (*Sonneratia caseolaris*). Vì vậy chúng cần có diện tích rừng lớn thì mới ăn đủ cho nhu cầu dinh dưỡng. Thu hẹp phạm vi của chúng có thể dẫn đến hệ quả tai hại như làm suy thoái các khu rừng mà chúng sống trong đó, như ghi nhận của Ong (1995) về voọc bạc ở bán đảo Malaysia.

Đàn khỉ mũi dài là một hệ thống xã hội rất có tổ chức và có thứ bậc. Mỗi đàn (thường có 10 đến 20 thành viên) gồm một nhóm có quan hệ ruột rà được thống lĩnh bởi một con đực ưu thế (con đầu đàn) và nhóm hậu cung của nó khoảng nửa tá hoặc hơn nửa tá con cái cùng với đám khỉ con. Những con đực còn lại hình thành nhóm ngoại vi của bầy. Các con đực của nhóm ngoại vi sẽ thành thực để thay cho con đầu đàn. Để đạt vị trí ưu thế của mình, con đực đầu đàn có hình thái khác hơn các con đực khác. Không những có kích thước lớn hơn, con đực đầu đàn còn có cái mũi to hơn rất nhiều (nên mũi dài là tên đặt cho chúng) và một bộ lông rất khác biệt. Đặc điểm khác biệt này chắc là do sự tương tác trong hoạt động nội tiết.

Có lẽ, chủ yếu là nhờ một số phim tài liệu truyền hình được chiếu khắp thế giới, khỉ mũi dài đã trở thành một hình tượng cho ngành du lịch sinh thái trong rừng ngập mặn ở Borneo. Nạn hủy diệt liên tục rừng ngập mặn và rừng đầm lầy than bùn đang đặt ra mối đe dọa lớn đến các loài linh trưởng hiếm hoi này. Một trong những mối đe dọa lớn nhất là từ những người săn lùng đất đai thích hợp để trồng rừng phục vụ ngành công nghiệp dầu cọ. Đảo Borneo (có tỉnh Kalimantan của Indonesia và các tiểu bang Sabah và Sarawak của Malaysia) đã trở thành đối tượng chính. Các hệ sinh thái rừng ngập mặn và đầm lầy than bùn nào vừa có giá trị thấp vừa thích hợp để chuyển đổi sang trồng cọ dầu đang chịu đựng mũi dùi của cuộc tấn công trên diện rộng này. Sự mở mang rộng rãi của ngành cọ dầu là hệ quả của nhu cầu ngày càng cao (và từ đó giá cả và hoa lợi cũng tăng) đối với loại dầu thực phẩm này. Ngoài việc gia tăng nhu cầu đó ra, việc chuyển dịch từ trồng ngũ cốc (đặc biệt là bắp hay ngô) làm thực phẩm sang trồng ngũ cốc làm nhiên liệu (nhiên liệu sinh học) hiện nay đã làm cho sản lượng dầu thực phẩm thấp hơn. Tình trạng này cùng với nạn tăng giá dầu mỏ chính là nguyên nhân của bước nhảy vọt báo động hiện nay của giá lương thực thế giới, dẫn đến một thế giới thậm chí đói ăn hơn.

Sự chuyển dịch từ trồng hoa màu làm thực phẩm sang làm nhiên liệu đặc biệt là hệ quả vô ý của một trong các giải pháp giảm thiểu của Cơ chế Phát triển sạch (CDM) trong Nghị định thư Kyoto. Mặc dù việc sử dụng nhiên liệu sinh học tái tạo nhìn bên ngoài có vẻ như là một giải pháp giảm thiểu CDM tốt, nhưng dường như những người đề xướng chính sách này không chú trọng đến tác động lâu dài về sau. Một trong những tác động bất lợi là mất đa dạng sinh học (là hậu quả của việc chuyển đổi rừng ngập mặn và rừng đầm lầy than bùn sang trồng cọ dầu) và thêm đe dọa tuyệt chủng đối với các loài linh trưởng vốn đã bị đe dọa như khỉ mũi dài.



Một con khỉ mũi dài đầu đàn (*Nasalis larvatus*) có hormone giới tính sung mãn và khác rất nhiều so với các con đực kém ưu thế khác trong đàn về mặt hình thái và sinh lý. Cái bụng bĩa' (do có bộ ruột dài) tiêu biểu cho khỉ ăn lá cây.



Voọc bạc hay khỉ bạc ăn lá (*Trachypithecus cristatus*) (ảnh trên bên trái) tiêu thụ khối lượng lớn lá rừng ngập mặn nên các khu rừng ngập mặn có diện tích nhỏ không thể chu cấp đủ cho loài này. Khỉ mũi dài (*Nasalis larvatus*) (ảnh trên bên phải) chỉ được thấy ở đảo Borneo. Khỉ ăn còng hay khỉ đuôi dài (*Macaca fascicularis*) (ảnh dưới) là một trong những loài khỉ phổ biến ở Malaysia thường được xếp ở mức gây hại cao. Rừng ngập mặn chỉ là một trong nhiều môi trường sống của chúng. Không giống như voọc bạc và khỉ mũi dài (hầu như chỉ ăn lá cây mà thôi), loài khỉ này là loài ăn tạp, nên lá cây chỉ là một món trong khẩu phần ăn của chúng.

Sinh vật phân hủy

Rừng ngập mặn khác các hệ sinh thái trên cạn ở chỗ năng suất tại chỗ của thực vật không phải là nguồn năng lượng và carbon chính duy nhất. Bên cạnh vật chất được tạo ra trong bản thân hệ sinh thái còn có nguồn vật chất được mang đến gồm có tảo và cỏ biển đến từ phía biển và vật rụng từ cây cỏ trên cạn (lá và cành nhánh từ vùng thủy vực mang xuống hạ nguồn). Các thể vật chất này đóng góp đáng kể vào chuỗi thức ăn phân hủy trong một số hệ sinh thái rừng ngập mặn.

Một câu hỏi nữa đặt ra liên quan đến sự phân hủy trong rừng ngập mặn là: có phải hầu hết vật chết bị rửa trôi khỏi hệ sinh thái trước khi phân hủy hay là hầu hết quá trình này diễn ra *tại chỗ*? Câu trả lời này khác nhau tùy thuộc vào nhiều yếu tố, trong đó chế độ triều là một trong những yếu tố chính và còn một yếu tố quan trọng nữa là sự hiện diện của sinh vật ăn thảm mục và sinh vật hoại sinh.

Sự phân hủy gồm có ba quá trình: vỡ vụn, thấm lọc và hoạt động hoại sinh. Cả ba quá trình đó đều quan trọng trong hệ sinh thái rừng ngập mặn dù tầm quan trọng tương đối của chúng phụ thuộc vào nhiều yếu tố chẳng hạn như chế độ triều và sự hiện diện của sinh vật tiêu thụ lớn như còng nha, ba khía.

Sự phân mảnh

Sự phân mảnh của vật chết trong rừng ngập mặn là do tác động của các yếu tố vật lý như thủy triều, gió và nhiệt độ cũng như sự phá vỡ cấu trúc gây ra bởi tác động hóa học và hoạt động của động vật (sinh vật tiêu thụ, như còng nha, ba khía). Sự vỡ vụn này cho ra các phần tử nhỏ hơn, sẵn sàng hơn cho vi sinh vật vì lúc đó chúng có tiết diện lớn hơn, liên quan đến khối lượng.

Thấm lọc

Trong hệ sinh thái rừng ngập mặn, thấm lọc hiển nhiên là một quá trình quan trọng bởi vì vật chết (xác lá, gỗ và rễ) tiếp xúc trực tiếp với nước. Theo Cundell và đồng sự (1979), xấp xỉ 30-50% chất hữu cơ trong lá có khả năng thấm lọc còn phần còn lại gồm chất cấu trúc thực vật thì vỡ ra chậm hơn. Trong hầu hết vật rụng của rừng ngập mặn, gần 100% khối lượng và carbon thất thoát là do thấm lọc của chất hữu cơ hòa tan (DOM) (Robertson và đồng sự, 1992). Quá trình này tạo thành một nguồn thức ăn cho sinh vật sống trong nước. Một hiệu ứng khác là sự thấm lọc của tanin hòa tan trong xác lá làm cho nó ngon hơn và nhờ đó dễ phân hủy hơn.

Hoạt động hoại sinh

Sinh vật hoại sinh là sinh vật ăn mồi bằng cách hấp thu xác thực vật chết. Ở hầu hết các hệ sinh thái trên cạn, vi khuẩn và nấm là các sinh vật phân hủy chính. Một số nhà khoa học xem chúng là sinh vật ăn mảnh vụn thực thụ vì chúng ăn vật chết (mảnh vụn). Còn các nhà khoa học khác thì lại tách chúng ra khỏi nhóm sinh vật ăn mảnh vụn vì họ cho rằng sinh vật ăn mảnh vụn trực tiếp ăn chất hữu cơ chết còn sinh vật phân hủy (kể cả nấm và vi khuẩn) thì tiết ra các enzyme để tiêu hóa chất hữu cơ từ bên ngoài trước khi hấp thu các chất dinh dưỡng cần thiết. Ở rừng ngập mặn, nhiều động vật thường được xem là sinh vật ăn mảnh vụn (nhiều loại còng, động vật chân bụng và một số loài tôm) trong thực tế không trực tiếp ăn mảnh vụn nhưng ăn nhóm sinh vật ăn thịt động vật ăn mảnh vụn, gồm động vật nguyên sinh, tuyến trùng, động vật phân bào cỡ nhỏ và thậm chí cả động vật cỡ lớn. Tuy nhiên, các sinh vật khác (như các loại còng nha và ba khía ăn lá) cũng là sinh vật ăn mảnh vụn thực thụ vì chúng trực tiếp ăn xác thực vật chết.

Mảnh vụn là một nguồn thức ăn tương đối cần cỗi đối với vi sinh vật (vi khuẩn và nấm), nên chúng đồng hóa khoáng chất hòa tan ở môi trường trung gian chung quanh để bổ sung cho chất dinh dưỡng thiết yếu mà chúng thu nhận từ các mảnh vụn. Đây là một chức năng rất quan trọng vì mảnh vụn có protein thấp được chuyển hóa thành sinh khối của vi khuẩn có protein cao dành cho các sinh vật khác.



Nấm mũ (*Fomes* sp.) và mối (bên trong đường mũ) đang phân hủy thân cây ngay cả lúc cây vẫn còn đứng (ảnh bên trái). Ảnh nấm mũ (*Ganoderma applanatum*) được chụp trong rừng ngập mặn (ảnh bên phải). Đây cũng là loại nấm bệnh hại gỗ dác còn tươi, đặc biệt là ở cây già.

Chuỗi thức ăn mảnh vụn

Chuỗi thức ăn mảnh vụn có vai trò quan trọng trong hệ sinh thái rừng ngập mặn. Một trong những cách xác định xem sinh vật nào đó có ăn mảnh vụn hay không là nghiên cứu thành phần trong ruột của nó. Tuy nhiên, làm như vậy có thể dẫn đến kết quả sai nếu như vật chết đó chỉ đơn thuần được đưa vào rồi bài tiết ra chứ không được sử dụng. Cách khác để xác định xem sinh vật nào đó có phải là một loài ăn mảnh vụn hay không là dùng tỷ lệ đồng vị ổn định carbon, nitrogen hoặc sulphur. Sinh vật khác nhau thì có tỷ lệ này khác nhau nên nếu sinh vật nào có một tỷ lệ ngang bằng (hoặc gần bằng) với tỷ lệ ở xác mảnh vụn thì có thể kết luận là sinh vật đó ăn xác mảnh vụn.

Nhiều nghiên cứu khác nhau cho thấy là có nhiều động vật cỡ lớn ở rừng ngập mặn ăn mảnh vụn (Chong và Sasekumar, 1981; Rodelli và đồng sự, 1984). Đặc biệt quan trọng là các loài ba khía, còng nha ăn lá. Các loài này có tỷ lệ đồng vị carbon gần bằng với tỷ lệ có ở mảnh vụn rừng ngập mặn, cho thấy rằng mảnh vụn rừng ngập mặn là nguồn thức ăn chính của chúng. Ba khía, còng nha có thể ăn vật rụng với khối lượng rất lớn. Số liệu tổng hợp được trong tài liệu của Robertson và đồng sự (1992) cho thấy rằng sức tiêu thụ vật rụng của ba khía, còng nha ở vùng nhiệt đới Queensland chiếm 28 – 71 % lượng vật rụng. Con số này giải thích vì sao ở một số khu rừng ngập mặn, thảm rừng dường như sạch nhẵn lá rụng do các loài cua còng đã tiêu thụ hoặc vùi lấp gần hết !

Các nghiên cứu về thành phần trong ruột (Chong và Sasekumar, 1981) cũng như tỷ lệ đồng vị (Rodelli và đồng sự, 1984; Chong và đồng sự, 2001) cho thấy rằng tôm hậu ấu trùng và tôm non của một số loài tôm (như tôm bạc thể - *Penaeus merguensis* ở Malaysia) cư trú ở các vùng nước và rừng ngập mặn cũng ăn mảnh vụn của rừng ngập mặn kể cả hỗn hợp hữu cơ hình thành từ chất hữu cơ hòa tan (DOM), được thẩm lọc từ mảnh vụn rừng ngập mặn. Tuy nhiên, tầm quan trọng của mảnh vụn rừng ngập mặn giảm đi khi tôm di chuyển ra ngoài khơi để gia nhập vào các quần thể trưởng thành. Thí dụ, Chong và đồng sự (2001) phát hiện tại vùng rừng ngập mặn Matang ở Malaysia rằng thành phần đóng góp của thực vật rừng ngập



Loài ba khía tím (*Episesarma versicolor*) này ăn lá rụng và đóng vai trò quan trọng trong chuỗi thức ăn mảnh vụn.

mặn vào mô của tôm có thể cao đến 84% trong các thủy lộ ở rừng ngập mặn, giảm xuống còn 15-25% ở cách xa rừng ngập mặn 2 km, giảm xuống gần bằng 0 ở cách bờ biển 7-10 km.

Cá ăn thịt ở rừng ngập mặn ăn tôm bạc thẻ (*Penaeus merguensis*) gồm có cá chẽm (*Lates calcarifer*). Các loài khác như cá hồng bạc (*Lutjanus argentimaculatus*) ăn thịt ba khía ăn lá. Ở rừng ngập mặn Malaysia, hầu hết các loài cá ăn thịt lên rừng ngập mặn lúc nước lớn đều ăn cùng nhau ăn lá. Như vậy, đã có mất xích rõ rệt giữa xác thảm mục, động vật ăn mảnh vụn và động vật ăn thịt.

Xuất đi và vùi lấp

Không phải tất cả sản phẩm của hệ sinh thái rừng ngập mặn đều được sử dụng tại chỗ. Một phần (khá lớn ở một số nơi) sản phẩm này được xuất qua các vùng nước lân cận (Gong và Ong, 1990; Alongi và đồng sự, 1998). Đây là lý do để rừng ngập mặn được xem là rất quan trọng ở vùng ven biển, do các chuỗi thức ăn xuất phát từ mảnh vụn được xem là hỗ trợ cho năng suất thứ cấp ven bờ. Tuy nhiên, các công trình gần đây áp dụng tỷ lệ đồng vị carbon ở sinh vật sản xuất và sinh vật tiêu thụ cho thấy rằng dù rừng ngập mặn đóng một vai trò như vậy nhưng tầm quan trọng của nó có thể khác nhau từ nơi này đến nơi khác (Chong và đồng sự, 2001).

Một phần khác của năng suất rừng ngập mặn gồm có rễ cây và một phần của năng suất trên mặt đất thì không được sử dụng cũng không xuất đi. Phần này bị vùi lấp trong lớp trầm tích của rừng ngập mặn và được dự trữ trong điều kiện yếm khí hoặc cận yếm khí. Rừng ngập mặn ở vùng Ấn Độ Dương- Thái Bình Dương tích lũy trung bình 1.023 tấn carbon/ha, có 49-98% khối lượng này được lưu giữ trong đất (Donato và đồng sự, 2011). Con số này lớn hơn rất nhiều so với lượng lưu giữ bình quân hơi nhích hơn 200 tấn carbon/ha trong rừng nhiệt đới trên cạn, có khoảng 55% được lưu giữ trong đất. Chức năng tích tụ carbon này của hệ sinh thái rừng ngập mặn có lợi ích đặc biệt hiện nay trước bối cảnh gia tăng mức carbon dioxide trong khí quyển và các vấn đề biến đổi khí hậu.

NHỮNG CÂN NHẮC VỀ QUẢN LÝ VÀ KINH TẾ - XÃ HỘI

4.1 HÀNG HÓA VÀ DỊCH VỤ CỦA RỪNG NGẬP MẶN

Hệ sinh thái rừng ngập mặn không những sản xuất ra hàng hóa mà còn cung cấp các dịch vụ. Không phải mọi thứ đều như nhau, nên cần phải biết rằng hệ sinh thái rừng ngập mặn khác nhau thì cho ra hàng hóa và dịch vụ khác nhau (Ewel và đồng sự, 1998). Ví dụ, loại rừng ngập mặn nhanh lớn (ở các vùng nhiệt đới thường ướt) có thể cho ra sản lượng gỗ bền vững, nhưng loại rừng ngập mặn chậm lớn thì không được như vậy (thường ở các vĩ tuyến cao hơn và có lượng mưa hạn chế).

Hàng hóa của rừng ngập mặn

Hàng hóa là các sản phẩm có giá trị hữu hình và có thể buôn bán được. Vì vậy, có thể đặt giá trị cho hàng hóa đó (nếu không có quá nhiều tranh cãi).

Gỗ

Gỗ là loại sản phẩm rừng ngập mặn dễ thấy nhất có giá trị hữu hình và có thể (thường là) buôn bán được. Nhiều loại rừng ngập mặn (đặc biệt là ở các thuộc địa của Anh trước đây) được quản lý để sản xuất gỗ. Gỗ rừng ngập mặn có nhiều công dụng và truyền thống là được dùng làm củi đốt và hầm ra than chất lượng cao. Một số loài cây rừng ngập mặn (như Su – *Xylocarpus* và Cui – *Heritiera*) cho ra gỗ ở cấp độ mịn rất mịn thớ nhưng chúng hiếm khi mọc thành quần thụ đủ lớn để có thể làm nên thương phẩm. Thân cây Đước (*Rhizophora*) và Vẹt (*Bruguiera*) làm cừ rất chắc, nhiều ngôi nhà (ở Singapore) xây dựng trên móng cừ bằng gỗ này từ cuối thế kỷ 19 vẫn còn đứng vững cho đến nay. Gỗ rừng ngập mặn tồn tại rất lâu khi nó được chôn dưới đất, nhưng gãy rất nhanh nếu phơi ra ngoài.

Gỗ rừng ngập mặn còn được băm và dùng để chế biến tơ nhân tạo. Hoạt động này diễn ra với quy mô lớn ở những khu rừng Đước (*Rhizophora*) đại trà (hàng chục ngàn héc-ta) tốt nhất thế giới bị khai thác trắng. Thảm kịch là ở chỗ ngành công nghiệp gỗ dăm từ rừng ngập mặn (được kiểm soát đặc biệt bởi một tổ chức độc quyền của Nhật Bản) chưa chú tâm đúng mức để đảm bảo khai thác bền vững, dù công nghệ này đang tồn tại.

Các lâm sản khác

Có rất nhiều công dụng địa phương khác của sản phẩm rừng ngập mặn, dùng cây Nhum (*Oncosperma tigillarum*) từ làm trụ đáy cho đến làm đường thực phẩm, một loài khác trong họ cau dừa là cây Dừa nước (*Nypa fruticans*) được dùng từ làm tấm lợp nhà cho đến làm giấy cuộn thuốc lá và hầu hết các loài cây rừng ngập mặn còn lại đều có công dụng làm thuốc nam. [Xem thêm quyển sách song hành viết về các nghiên cứu điển hình cho các sản phẩm hữu dụng của rừng ngập mặn và thực vật ven biển của Baba và đồng sự (2013)]. Nhiều loài hai mảnh vỏ được người ta thu lượm để kiếm sống hàng ngày nhưng cua và tôm được đánh bắt từ sông nước rừng ngập mặn thì thường mang tầm thương mại quốc tế.

Cá

Thủy lộ rừng ngập mặn là những ngư trường đánh bắt trù phú, có thể gặp nhiều loài thủy sản thương phẩm (Bảng 4.1). Nguồn thủy sản truyền thống ở rừng ngập mặn gồm từ cua biển (*Scylla* spp.) được bắt bằng lợp cho đến tôm thẻ (*Penaeus merguensis*) chất lượng cao và cá chim (*Pampus chinensis*) được bắt bằng miệng đáy, rồi đến các loài tôm ruốc (*Acetes* spp.) phiêu sinh dù kích cỡ nhỏ nhưng dày đặc khi vào mùa, được bắt bằng lưới xếp. Thu nhập từ nguồn lợi thủy sản vượt hơn hẳn thu nhập từ nghề rừng.



Gỗ Đước (*Rhizophora apiculata*) làm ra than tuyệt hảo (ảnh hàng trên).
Gỗ sào làm củ là một sản phẩm gỗ nguyên liệu của rừng ngập mặn (ảnh dưới).



Lá Dừa nước (*Nypa fruticans*) non, thực vật cau dừa ở rừng ngập mặn, được dùng làm giấy cuộn thuốc lá để làm thuốc lá điếu ở địa phương. Ảnh (bên trái) được chụp ở Trang, Thái Lan, cho thấy công đoạn từ lá dừa nước trở thành giấy cuộn thuốc lá. Ảnh cây Nhum (*Oncosperma tigillarium*) mọc thành đám về phía đất liền sau rừng ngập mặn (ảnh bên phải). Thân của nó được dùng làm trụ đáy và trụ neo tàu.



Cua biển, như cua càng lửa (*Scylla olivacea* - ảnh trái) và cua càng xanh (*Scylla paramamosain* - ảnh phải) được bắt bằng lộp đặt trong các thủy lộ rừng ngập mặn hoặc móc từ trong hang ở rừng ngập mặn.

Bảng 4.1 Danh mục cá và tôm ở rừng ngập mặn Matang và Merbok (Khoo, 1989)

Cá

Ambassis gymnocephalus
Ambassis kopsii
Anodontostoma chacunda
Apogon thermalis
Arius caelatus
Arius maculatus
Arius microcephalus
Arius sagor
Arius spp.
Arius venosus
Boleophthalmus boddash
Butis butis
Caranx sexfasciatus
Caranx speciosus
Chorinemus lysan
Dorosoma nasus
Eleutheronema tetradactylus
Epinephalus sp.
Epinephalus tauvina
Eugnathogobius microps
Eupleurogrammus intermedius
Gerres punctatus
Gymnura sp.
Halophryne sp. A
Halophryne sp. B
Hamirhampus xanthropterus
Johnius carutta
Johnius goldmani
Johnius sina
Johnius solado
Ketengas typus
Kowala sp.

Lagocephalidae
Lates calcarifer
Leiognathus brevivostris
Leiognathus equulus
Liza subviridis
Liza vaigensis
Lobotes surinamensis
Lutjanus argentimaculatus
Lutjanus monostigma
Megalops cyprinoides
Monodactylus argenteus
Mugil spp.
Muraenesox cinereus
Mystus gulio
Opisthopterus tardoore
Osteogobius militaris
Oxyurichthys microlipis
Pampus chinensis
Paraplotosus anguillaris
Pellona elongata
Pellona pelagicus
Periophthalmodon schlosseri
Periophthalmus koelreuteri
Platycephalus crocodilus
Pomadasys hasta
Pseudorhombus arsius
Pseudorhombus sp.
Rastrelliger sp.
Sardinella fimbriata
Scatophagus argus
Sciaena russeli
Sciaena sp.
Secutor ruconius
Selar kalla

Setipinna taty
Siganus javus
Sillago sihama
Sphyræna jello
Stolephorus andhraensis
Stolephorus heterolobus
Stolephorus indicus
Terapon jerbua
Tetraodon fluviatilis
Thriposocles dussumieri
Thriposocles hamiltonii
Thriposocles mystax
Toxotes chatareus
Toxotes jaculator
Triacanthidae
Trichiurus glossodon
Trypauchenidae
Tylosurus strongylura
Upeneus sulphureus
Valamugil cunnesius
Valamugil seheli

Tôm

Acetes spp.
Alpheidae
Macrobrachium rosenbergii
Metapenaeus brevicornis
Metapenaeus dobsoni
Metapenaeus ensis
Metapenaeus lysianassa
Parapeneopsis sculptilis
Penaeus merguensis
Penaeus monodon

Sò huyết tự nhiên

Sò huyết (*Anadara granosa*) lớn lên tự nhiên ở một số bãi bồi bên cạnh rừng ngập mặn. Có một số bãi bồi lúc nào cũng có sò huyết nhưng số khác thì chỉ có sò huyết ở những giai đoạn nhất định. Đây là những bãi sò tự nhiên. Các bãi bồi khác không có sò huyết tự nhiên nhưng nếu thả giống thì sò sẽ phát triển. Vì vậy, các bãi sò huyết tự nhiên chính là loại tài sản có giá trị cao nhất của ngành công nghiệp hàng triệu đô-la này. Nạn tàn phá rừng ngập mặn lân cận cũng như bất kỳ sự can thiệp nào đến kiểu chu trình nước bình thường (để trứng hoặc ấu trùng sò huyết cư trú) đều có thể dễ dàng phá hủy các bãi sò huyết tự nhiên. Nạn tàn phá rừng ngập mặn bên cạnh bãi sò cũng có thể gây ảnh hưởng xấu (chậm lớn) đến sò huyết.

Nuôi lồng bè

Lồng bè nuôi thủy sản được đặt ở nhiều khu rừng ngập mặn. Lồng được dùng chủ yếu để nuôi cá, như cá chẽm (*Lates calcarifer*), cá hanh (*Lutjanus* spp.) và cá mú (*Epinephalus* spp.) và nuôi các loài hai mảnh vỏ như hào (*Crassostrea* spp.) và trai (*Perna viridis*). Loại hình nuôi thủy sản này cho thấy có tính bền vững và ít có ảnh hưởng (đặc biệt là nếu vùng cửa sông đó được thoát nước tốt) đến vùng cửa sông cũng như hệ sinh thái rừng ngập mặn lân cận.



Sò huyết, *Anadara granosa*, sống tự nhiên hoặc được thả giống trên bãi bồi ở rừng ngập mặn.



Lồng bè nuôi thủy sản là một loại hình thay thế tốt hơn nhiều so với nuôi trong ao đầm ở rừng ngập mặn vì rừng ngập mặn (hậu cảnh) còn được giữ nguyên.

Các dịch vụ của rừng ngập mặn

Rừng ngập mặn mang lại nhiều dịch vụ nhưng ít hữu hình hơn hàng hóa và dù đã có nhiều cố gắng nhằm định giá các dịch vụ này nhưng các giá trị đó luôn gây tranh cãi. Do các dịch vụ như vậy không có giá thị trường nên giá trị của chúng bị bỏ đi trong hệ thống kinh tế hiện thời. Các dịch vụ của rừng ngập mặn bao gồm:

Duy trì chiều sâu của kênh rạch

Sự hiện diện của thảm thực vật rừng ngập mặn làm dòng chảy bị mất cân bằng. Ở các lạch nước có thảm thực vật, nước ròng chảy nhanh hơn nước lớn (do cây rừng ngập mặn làm vật cản). Dòng chảy nhanh hơn lúc nước ròng làm sạch đáy kênh nhờ đó làm giảm lượng phù sa lắng đọng ở kênh rạch trong rừng ngập mặn (Wolanski và đồng sự, 1992; Furukawa và Wolanski, 1996). Nếu thảm thực vật bị mất đi (khi ao nuôi tôm được đào đắp trong rừng ngập mặn), thì hiệu ứng lệch triều và gột rửa sẽ bị giảm đi. Những kênh rạch có dòng thủy triều cân bằng đó sẽ dễ bị phù sa lắng đọng. Sự lắng đọng phù sa sẽ làm cản trở việc di chuyển trên sông và gây trở ngại cho ngư phủ.

Tích tụ trầm tích và bảo vệ bờ biển

Những vùng bờ biển được che chắn giúp tích tụ trầm tích và thường không bao lâu thì thảm thực vật rừng ngập mặn bắt đầu mọc lên. Thực vật đó lại củng cố cho lớp trầm tích bằng bộ rễ của mình cũng như tạo ra những chuyển biến thủy động lực và rồi đặc lực bẫy thêm trầm tích. Bộ rễ trên mặt đất và gốc cây rừng ngập mặn làm cho dòng nước lớn chảy chậm lại và từ quá trình này, chất trầm tích được lắng đọng. Vì vậy, rừng ngập mặn tích cực hỗ trợ cho sự bồi tụ trầm tích dẫn đến làm tăng diện tích đất đai vùng ven biển. Đây chính là quá trình phục hồi tự nhiên không tốn kém và có tác động môi trường tích cực. Tuy nhiên quá trình này chỉ diễn ra ở các vùng biển bồi.

Do rừng ngập mặn xuất hiện ở các vùng ven biển được che chắn, nên có vẻ mâu thuẫn khi cho rằng rừng ngập mặn giúp phòng hộ chống xói lở bờ biển. Vai trò phòng hộ của rừng ngập mặn thể hiện chủ yếu khi có các sự cố thời tiết bất lợi mang tính hồi cơ (như cuồng phong và lốc xoáy). Chúng làm giảm đi tính ác liệt của hậu quả do bão tố gây ra. Rừng ngập mặn Sundarban ở Bangladesh và Ấn Độ làm giảm đáng kể tính nghiêm trọng của các ngọn triều cường (do những cơn siêu bão và ngay cả sóng thần, là sự cố hiếm hoi hơn) trước khi chúng chạm đến khu vực đông dân cư trong đất liền. Do đó, rừng ngập mặn giúp phòng hộ chống xói lở bờ biển, đặc biệt là khi có biến cố gió bão từng cơn nghiêm trọng. Không có thảm thực vật rừng ngập mặn thì sẽ làm tăng thêm tính nghiêm trọng của thiệt hại.

Sân chim hay điểm di trú của chim

Giống như tất cả các vùng đất ngập nước khác, rừng ngập mặn là nơi trú ngụ cho nhiều loài chim của riêng môi trường này. Chúng cũng là nơi nghỉ chân và kiếm ăn cho chim di trú. Tàn phá rừng ngập mặn trên diện rộng sẽ làm xáo trộn các loài chim cư trú và di trú đó. Vì vậy, không tàn phá rừng ngập mặn là một phần trách nhiệm của cư dân quốc tế.



Cò Ngang Lớn (*Casmerodius albus*) là một loài chim di trú kiếm ăn ở miền bắc và vào mùa đông thì ở rừng ngập mặn phía nam (như Thái Lan và Malaysia).



Con Vạc trắng (*Nycticorax nycticorax*) (ảnh trên). Không như cò ngàng, loài vạc này làm tổ và kiếm ăn trên bờ biển tây của bán đảo Malaysia (ảnh dưới, bên trái). Con có màu sậm hơn là con sắp đủ lông đủ cánh (ảnh dưới bên phải).

Rừng ngập mặn và nguồn lợi thủy sản ven biển liền kề

Một trong những lý do thuyết phục nhất để bảo tồn rừng ngập mặn là vai trò khả dĩ của nó trong việc duy trì nguồn lợi thủy sản ven biển. Người ta cho rằng rừng ngập mặn và trảng cỏ ngập mặn rót ra carbon và dinh dưỡng cho môi trường ven biển liền kề, nuôi sống cho nguồn lợi tôm cá phát triển. Việc xác định khối lượng cung cấp này vẫn chưa ngã ngũ trong gần nửa thế kỷ qua sau khi khái niệm đó được E. P. Odum (theo Nixon, 1980; Simpson và đồng sự, 1997) đưa ra vào năm 1968.

Giá trị kinh tế mang lại từ nguồn lợi thủy sản trong rừng ngập mặn và ở vùng ven biển liền kề đạt ở mức cao hơn giá trị từ các sản phẩm lâm nghiệp. Rừng ngập mặn thực sự đóng góp được bao nhiêu vào nguồn lợi thủy sản liền kề là một câu hỏi rất thiết thực nhưng khó trả lời được. Nhiều nghiên cứu đã cho thấy mối tương quan thống kê chặt chẽ giữa diện tích rừng ngập mặn và khối lượng tôm cư trú. Dù các mối tương quan này chưa được chứng minh rõ về mặt nhân quả nhưng bằng chứng thì đã thuyết phục, nên cần phải thiết lập mối liên hệ định lượng và trực tiếp hơn. Thậm chí nếu rừng ngập mặn chỉ cung cấp cho nguồn lợi thủy



Hàng đáy thường được đóng ở cửa sông vùng rừng ngập mặn. Các miệng đáy này thường được thả xuống ngay trước khi nước lớn (ở nhiều nơi, dòng chảy lúc nước ròng thường không đủ mạnh) và dòng chảy mạnh khi chênh lệch triều cuốn tôm, cá vào trong miệng lưới. Các miệng đáy nhìn thấy trên đây là chưa được thả xuống.

sản liên kề những dinh dưỡng tối thiểu đi nữa thì rừng ngập mặn vẫn là các bãi tôm cá giống và nơi kiếm ăn quan trọng. Chỉ riêng mặt này thôi cũng đủ cho thấy từng lý do phải bảo tồn rừng ngập mặn ở nơi nào làm được: nguyên tắc phòng ngừa tất yếu có thể được áp dụng một cách thích đáng nhất ở đây.

Hấp thu khí carbon dioxide

Năng suất sơ cấp của rừng ngập mặn thuộc hàng cao nhất của các hệ sinh thái tự nhiên. Thường thì một tỷ lệ lớn của năng suất được phân cho bộ rễ. Do bộ rễ nằm trong điều kiện yếm khí, đa phần rễ rụng và chết được lưu giữ dưới đất (sau đó chuyển thành than bùn). Một phần năng suất nằm trên mặt đất đôi khi cũng bị vùi lấp, làm tăng thêm lượng khí carbon cô lập. Đào bới đất rừng ngập mặn (chẳng hạn như đào ao đầm nuôi thủy sản) không những chặn đứng lượng carbon được cây cố định mà còn gây ô-xy hóa carbon lưu trữ thành dạng carbon dioxide. Vì vậy, bảo tồn rừng ngập mặn thì sẽ giảm được tình trạng gia tăng khí carbon dioxide.

Ngay cả động vật – các loài thân mềm như sò huyết và hào – cũng lưu trữ carbon trong những chiếc vỏ cứng của chúng (carbonate) và góp phần vào trình cô lập carbon. Lượng cô lập tự nhiên của quần thể sò (trong vỏ vôi) được ước tính bằng 0,25 tấn carbon/ha/năm (Ong, 1993).

Những quốc gia đang phát triển có bảo tồn rừng ngập mặn nên dùng số liệu này để tính thuế đền bù carbon dioxide. Có thể tham khảo nghiệm thức carbon của rừng ngập mặn chi tiết hơn trong tài liệu của Ong (1993).

Hộp 4.1 CDM, REDD và Carbon xanh

Kinh doanh carbon được khởi xướng đầu tiên dưới Nghị định thư Kyoto, qua đó các nước đang phát triển (các nước ký kết ở Phụ lục A) có thể dùng diện tích rừng được khôi phục (rừng nguyên sinh không được đưa vào kinh doanh carbon dưới cơ chế CDM) để kinh doanh carbon với các nước phát triển (các nước ở Phụ lục B). Quy định này được đề ra trong một điều khoản của Nghị định thư Kyoto có tên là Cơ chế Phát triển Sạch (CDM).

Tuy nhiên, có nhiều khu rừng ở các nước đang phát triển kể cả rừng nguyên sinh hay rừng chưa khai thác cũng không đủ điều kiện để được cấp tín dụng carbon theo CDM. Hiện nay có một cơ chế khác (đặt ra trong Kế hoạch Hành động Bali 2007) dành cho kinh doanh carbon từ một vài loại rừng này. Cơ chế mới này, cũng như CDM, nằm trong Công ước khung của Liên hiệp quốc về Biến đổi Khí hậu (UNFCCC) và có tên là REDD (Giảm phát thải do mất rừng và suy thoái rừng). Cơ chế này nhìn nhận sự thật rằng không tàn phá hoặc làm suy giảm rừng nguyên sinh cũng quan trọng như là khôi phục rừng bị mất. Cơ chế bổ sung hiện thời của REDD⁺ gồm có vai trò của bảo tồn, quản lý rừng bền vững và nâng cao trữ lượng carbon của rừng.

Theo hiểu biết của hầu hết mọi người, carbon có màu đen (than chì) hoặc không màu (kim cương), vậy carbon xanh là gì? Đó chỉ là một biệt ngữ để nói về lượng carbon bị cô lập trong đại dương (vì đại dương có màu xanh), kể cả các hệ sinh thái ven biển như trảng cỏ ngập mặn, cỏ biển và rừng ngập mặn (xem *Sáng kiến Carbon xanh* tại: www.unep.org/ecosystemmanagement/Portals/7/Documents/factsheets/BlueCarbonInitiativeFactSheet.pdf)

Sáng kiến carbon xanh chủ yếu được khởi xướng vì người ta tin rằng giữ gìn được các hệ sinh thái ven biển có tích tụ carbon cao chẳng hạn như giữ rừng ngập mặn không cho tàn phá thì sẽ góp phần đáng kể làm giảm lượng phát thải carbon. Sáng kiến carbon xanh này là bước tiếp nối của CDM thuộc Nghị định thư Kyoto và REDD của UNFCCC. Một mục tiêu khác của sáng kiến carbon xanh là nhằm khắc phục những thiếu sót của CDM và REDD.

Nhìn chung, rừng ngập mặn là hệ sinh thái có năng suất cao (xem phần nội dung chính). Gỗ của rừng ngập mặn được dùng để làm ra nhiều sản phẩm như: than, nhiên liệu, củ và tơ nhân tạo (một loại vải được làm từ sợi gỗ của cây rừng ngập mặn). Đối với gỗ nhiên liệu và than, lượng carbon nhanh chóng được trả về khí quyển khi đốt lên. Làm củ bằng cây rừng ngập mặn có thể kéo dài được hàng chục năm (nhiều ngôi nhà cũ được xây trên nền củ làm bằng cây rừng ngập mặn từ giai đoạn đầu của thập kỷ trước). Khi chuyển thành tơ nhân tạo, loại vải này tồn tại ít nhất là một thập kỷ. Do đó, đối với phần gỗ nguyên liệu trên mặt đất của rừng ngập mặn được khai thác, thời gian tích tụ carbon có thể biến động từ vài tháng cho đến một thế kỷ hoặc lâu hơn nữa.

Khi rừng ngập mặn được khai thác, chỉ có phần sinh khối trên mặt đất được lấy đi. Bộ rễ còn nằm lại dưới mặt đất (trong điều kiện yếm khí hoặc cận yếm khí) dần dần trở thành than bùn hoặc thậm chí là than đá. Ở đó, sự tích tụ carbon có thể kéo dài hàng trăm hay hàng ngàn năm. Vì vậy, khi xét đến sự tích tụ carbon, cần phải hiểu được phạm vi thời gian tích tụ.

Mặt khác, nếu đất rừng ngập mặn bị đào bới và chuyển sang nuôi thủy sản thì ước lượng sẽ có khoảng 75 tấn carbon/ha/năm (trong giai đoạn 10 năm) được thải vào khí quyển (Ong, 1993), gần gấp 50 lần mức tích tụ carbon.

Tóm lại, vấn đề quan trọng không chỉ là hiểu được khoảng thời gian carbon được tích tụ khi sản phẩm gỗ nguyên liệu của rừng ngập mặn được mang ra sử dụng mà còn phải biết liệu hệ sinh thái này có được sử dụng trên cơ sở bền vững hay không, hay là bị đưa qua mục đích sử dụng khác, chẳng hạn như chuyển thành ao nuôi thủy sản (như từng xảy ra ở nhiều khu rừng ngập mặn trên thế giới). Tín dụng carbon đã được đặt ra và kinh doanh nhưng các câu hỏi then chốt vẫn còn bỏ ngỏ. Có lẽ các dự án carbon xanh khác nhau hiện nay sẽ có khả năng xem xét đến các vấn đề đó.

Du lịch sinh thái

Các đặc điểm thích nghi trước môi trường bán nhật triều của cây rừng ngập mặn gợi tính tò mò của con người. Điển hình của các đặc điểm thích nghi đó là bộ rễ cà kheo của Đước (*Rhizophora*), rễ khí (rễ thở) của Mắm (*Avicennia*), Bần (*Sonneratia*) và Su (*Xylocarpus*), rễ đầu gối của Vẹt (*Bruguiera*) trụ mầm ly kỳ (nảy mầm khi vẫn còn trên cây mẹ và thành cây con' trước khi rụng xuống đất) của họ Đước (*Rhizophoraceae*). Một số loài cây (như Mắm) còn có các tuyến tiết muối trên lá để bài tiết muối. Nhiều loài chim và động vật khác cũng thuộc loại hiếm và hầu như chỉ có ở rừng ngập mặn. Chúng gồm có Cò lạo xám (*Mycteria cinerea*), Vạc (*Nycticorax nycticorax*), Voọc bạc (*Trachypithecus cristatus*), cua, còng chẳng hạn các loài Còng gió (*Uca rosea* và *U. annulipes*), Chèn hen (*Thalassina anomala*) và Thòi lòi. Nhờ đó, khách du lịch có thể bỏ ra trọn ngày trong rừng ngập mặn để nhìn ngắm và chiêm ngưỡng các loài động vật và thực vật lý thú này. Nhiều khu rừng ngập mặn rất thích hợp cho du lịch sinh thái. Tuy nhiên, cần phải tập huấn kiến thức cần thiết cho hướng dẫn viên để họ truyền đạt thông tin cho đúng.



Trong những năm gần đây, rừng ngập mặn được tiếp cận dễ dàng bằng các lối đi lát ván. Rừng ngập mặn Matang ở Malaysia với lối đi lát ván (trong ảnh), bảng thông tin, vườn sưu tập, trung tâm giáo dục thiên nhiên, nhà gỗ và làng hầm than đã trở thành một điểm đến nổi tiếng cho khách du lịch sinh thái.



Những đóa hoa quyến rũ của cây rừng ngập mặn chẳng hạn như phác hoa đỏ và đậm hương của Cóc đỏ (*Lumnitzera littorea*) và đài hoa phân thùy từ màu tím sang màu đỏ đậm của Vẹt dù (*Bruguiera gymnorhiza*) hấp dẫn các nhà nghiên cứu thiên nhiên tham quan rừng ngập mặn.



Còng gió được thấy phổ biến trên nền đất rừng ngập mặn. Chỉ có con đực mới có chiếc càng lớn. Con có chiếc càng cong vuốt màu hồng nằm phía bên phải này là còng *Uca rosea* (ảnh trên). Con còng đực *Uca annulipes* trên đây (ảnh dưới) được thấy trên nền đất có nhiều cát.



Bơi xuồng là một trong những hoạt động du lịch sinh thái lành mạnh ở rừng ngập mặn. Đây là những bức ảnh của khu rừng ngập mặn nguyên sinh ở đảo Iriomote, Nhật Bản.



Điêu hoa (*Spilornis cheela*) ở Iriomote, Nhật Bản rất dạn dĩ, đặc biệt là những con điểu con (màu sáng hơn) để du khách đích thân tiếp cận rất gần.

Hộp 4.2 Vườn chim Kuala Gula ở Matang

Vườn chim Kuala Gula nằm ở đầu phía bắc của khu rừng ngập mặn có diện tích 40.000 héc-ta ở Matang thuộc eo biển Malacca của bán đảo Malaysia. Điểm thu hút chủ yếu đối với các loài chim ở đây là sự hiện diện của hai hồ nước ngọt (Hồ Cò I và Hồ Cò II) nằm giữa rừng ngập mặn. Các hồ nước ngọt này mang lại điều kiện môi trường thu hút được cả chim đặc hữu lẫn chim di trú.

Cò lạo xám *Mycteria cinerea* (từ đó mà các hồ nước ngọt này được đặt tên là hồ Cò) sinh sản trong rừng ngập mặn và có lẽ là một loài ngôi sao hay biểu tượng của vườn chim Kuala Gula. Cò lạo xám được liệt vào Phụ lục 1 của CITES (Công ước buôn bán quốc tế về các loài động vật và thực vật hoang dã có nguy cơ tuyệt chủng) và được xếp vào mục sắp nguy cấp (VU) trong sách đỏ IUCN (2007). Người dân địa phương đã từng lấy trứng cò (hiện nay được bảo vệ nghiêm ngặt) và suốt những năm đó số lượng cá thể cò dao động dữ dội nhưng gần đây thì số lượng này được hồi phục. Có lẽ chính các quần thể ở phía bên kia eo biển Malacca, như Sumatra, Indonesia (nơi có số lượng Cò lạo xám đông nhất) đã giữ được quần thể ở Kuala Gula khỏi nạn tuyệt chủng. Loài chim này đã một thời phổ biến nhiều nơi ở Đông Nam Á nhưng hiện nay bị xem là tuyệt chủng ở Thái Lan và Việt Nam.



Một con Cò lạo xám (*Mycteria cinerea*) đang bay ở vườn chim Kuala Gula (ảnh bên trái). Loài chim này đã sắp bị tuyệt chủng (do bị lấy trứng và các tác động khác) nhưng số lượng cá thể chim hiện nay dường như đang được hồi phục cùng với rừng ngập mặn đang được sử dụng làm vườn chim và các phong trào nâng cao nhận thức do các tổ chức phi chính phủ ở địa phương tổ chức. Một đàn Cò lạo xám từ một Hồ Cò vừa bay lên không (ảnh bên phải).

Một loài cò khác được thấy phổ biến hơn ở Kuala Gula là Già đẩy nhỏ (*Leptoptilos javanicus*). Loài chim này thậm chí lớn hơn Cò lạo xám và rất thường hay kiếm ăn trên bãi bồi rừng ngập mặn hoặc đôi khi thấy bay lượn quanh quần ở đó. Đây là loài chim cư trú nên có thể gặp quanh năm. Các loài chim thường gặp khác là một số loài thuộc nhóm diệc, vạc và bói cá. Gần 200 loài chim (cả cư trú lẫn di trú) đã được ghi nhận, trong số đó có khoảng phân nửa là chim nước (xem: www.wildasia.org). Các loài chim ăn thịt gồm có Đại bàng bụng trắng (*Haliaeetus leucogaster*), Ưng biển (*Pandion halietus*) và Diều lửa (*Haliastur indus*).

Rừng ngập mặn Kuala Gula đã trở thành địa điểm nổi tiếng cho giới quan sát chim (cả người sở tại lẫn người nước ngoài). Tổ chức Quốc tế Đất ngập nước có nhiệm vụ khởi xướng một chương trình giáo dục nhằm khuyến khích dân cư địa phương bảo vệ chim và lôi kéo họ hưởng ứng hoạt động du lịch sinh thái. Người dân địa phương giờ đã là chủ của các tuyến du lịch bằng xuồng và cũng đã tham gia khôi phục và bảo vệ rừng ngập mặn. Dự án này đang được Trung tâm Môi trường Toàn cầu (một tổ chức phi chính phủ tại địa phương) thực hiện.



Chim ăn thịt tại vườn chim Kuala Gula. Điều lửa (*Haliastur indus*) với bộ lông nâu đỏ, cái đầu trắng tương phản và ức thường lộ rõ (ảnh trái và phải). Con có màu nâu xám đứng xa bên trái là con điều con.



Vườn ương cây rừng ngập mặn do tổ chức phi chính phủ ở địa phương thành lập để khôi phục rừng ngập mặn ở Kuala Gula

4.2 GIÁ TRỊ CỦA RỪNG NGẬP MẶN

Rừng ngập mặn cung cấp nhiều loại hàng hóa và dịch vụ khác nhau theo từng nơi. Giá trị hàng hóa của rừng ngập mặn trên thị trường thường có giới hạn còn dịch vụ của rừng ngập mặn thì không có giá trị thị trường. Ngay cả hàng hóa thường cũng bị đánh giá thấp (thường là do mưu cầu đặc lợi). Vì vậy, về mặt giá trị thì các nhà kinh tế xem rừng ngập mặn là một thất bại thị trường. Đã đến nước đó thì nên xem lại vai trò của nhà nước để có được sự công bằng cần thiết (Ong và đồng sự, 2001; Dodd và Ong, 2008). Chính phủ của nhiều quốc gia phát triển (như Úc, Nhật Bản và Hoa Kỳ) thực hiện vai trò này bằng cách bảo vệ rừng ngập mặn của họ rất toàn diện thông qua hệ thống lập pháp và chấp pháp nghiêm ngặt. Chính phủ của các quốc gia kém phát triển thường quá nghèo, không đủ sức để đưa ra chính sách công bằng như vậy hoặc tương tự như vậy. Rất tiếc là hầu hết rừng ngập mặn của thế giới này đều nằm ở các quốc gia đang phát triển và hậu quả là rừng ngập mặn của thế giới đang bị tàn phá và suy thoái nhanh chóng (Spalding và đồng sự, 2010).

Giá trị bằng tiền của rừng ngập mặn

Rất khó áp đặt giá trị bằng tiền bạc cho rừng ngập mặn. Rừng ngập mặn khác nhau thì có những giá trị khác nhau. Đặc biệt là, một trong những lý do khiến cho rừng ngập mặn bị mất đi nhanh chóng ở nhiều quốc gia đang phát triển là do các vùng đất ngập nước này bị áp giá cực thấp. Đất rừng ngập mặn cần được xem ít nhất là ngang bằng với giá trị của bất kỳ loại đất nào khác tiếp giáp với biển. Hơn nữa, rừng ngập mặn còn có giá trị quý hiếm cũng như tất cả các chức năng sinh thái khác mà nó đảm đương. Rất dễ áp giá cho gỗ của rừng ngập mặn (dù nó được dùng làm gỗ dăm chẳng hạn, cũng có thể được định giá chưa đúng do có sự độc quyền hoặc mưu cầu đặc lợi), nhưng dù cho gỗ có vai trò quan trọng, giá trị của nó cũng thường thấp hơn rất nhiều so với sản phẩm khác từ rừng ngập mặn, chẳng hạn như nguồn lợi thủy sản. Cũng cần phải lưu ý rằng các sản phẩm này là hoa lợi ‘thường niên’ vì chúng có thể được thu hoạch trên cơ sở sản lượng duy trì. Các giá trị kém hữu hình của rừng ngập mặn nằm ở những lợi ích phi công dụng – duy trì độ sâu của kênh rạch, ngăn ngừa xói mòn, bể chứa carbon, v.v... Vì vậy, không nên hạ thấp giá trị của đất rừng ngập mặn để chuyển sang mục đích sử dụng khác mà ngược lại phải xem đây là vùng đất hiếm hoi và cực kỳ có giá trị, phải được gìn giữ nguyên vẹn.

Quản lý sử dụng bền vững

Rừng ngập mặn có được một thế kỷ tốt lành trong lịch sử quản lý rừng, một số khu rừng ngập mặn ở phía Nam và Đông Nam Á được xem là quản lý rất chặt chẽ để khai thác gỗ bền vững (đưa chúng lên thành những khu rừng hiếm hoi được quản lý trên cơ sở bền vững). Hệ thống quản lý rừng ngập mặn căn bản được thiết kế bởi các nhà lâm nghiệp người Anh dựa trên quy tắc trải nghiệm đơn thuần và đã được bổ sung qua nhiều năm (Watson, 1928). Hệ thống này đã mang lại thành công đáng kể. Điển hình tiêu biểu nhất là rừng ngập mặn Matang ở Malaysia. Một số vấn đề vướng mắc trong quản lý rừng ngập mặn Matang được thể hiện trong hộp dưới đây.

Hộp 4.3 Quản lý rừng ngập mặn Matang

Gần đây, rừng ngập mặn Matang hãnh diện đón nhận một thế kỷ quản lý lâm nghiệp có bài bản. Hoạt động quản lý đầu tiên là sử dụng gỗ rừng ngập mặn làm nhiên liệu cho các đầu máy vận chuyển thiếc từ quặng mỏ ở vùng đất liền chung quanh Taiping đến cảng Weld trên bờ biển có rừng ngập mặn. Hệ thống quản lý này dựa trên quy tắc trải nghiệm, là kết quả từ những quan sát tình huống của các nhà lâm nghiệp người Anh. Ngoài những thay đổi nhỏ ra, hệ thống quản lý này vẫn còn giữ nguyên cho đến ngày nay. Hiện tại, trên cơ sở chu kỳ khai thác là 30 năm với cúp quy mô hàng năm là 1.000 ha tía thưa (mục đích thương mại trái ngược với quan điểm lâm sinh) để lấy cừ ở tuổi 15 và 20 năm. Mật độ cây còn lại khoảng phân nửa sau mỗi lần tía thưa. Chi tiết của hệ thống này được mô tả trong tài liệu của Ong (1982) và Chan (2001). Còn có phiên bản kinh điển của Watson (1928) và một số phiên bản điều chỉnh của Kế hoạch Hành động Lâm nghiệp: (Noakes, 1952; Dixon, 1959; Mohd. Darus, 1969; Haron, 1981; Gan, 1995; Azahar và Nik Mohd Shah, 2003), nhưng các ấn phẩm này có thể chưa được ban hành rộng rãi.

Hiện tại, gỗ được dùng cho xây dựng (chủ yếu là làm cừ), phần gỗ còn lại được hầm thành than (phần lớn được xuất khẩu sang Nhật Bản, Hàn Quốc, nhưng vẫn có thị trường tại địa phương sử dụng cho nấu nướng chuyên dùng).

Không còn nghi ngờ gì nữa khi rừng ngập mặn Matang là một điển hình hiếm hoi của rừng nhiệt đới được quản lý có hiệu quả. 40.000 héc-ta rừng ngập mặn này vẫn còn nguyên vẹn sau một thế kỷ được quản lý. Vấn đề chính được thảo luận ở đây là phải chăng rừng ngập mặn Matang đã được quản lý bền vững không chỉ về mặt lâm nghiệp mà còn ở lĩnh vực sinh thái và kinh tế. Chúng tôi xem đây là những bài học kinh nghiệm hữu ích và có thể áp dụng để quản lý các khu rừng ngập mặn khác.

Tính bền vững trong sản xuất nghề rừng

Mặc dù hệ thống quản lý lâm nghiệp được dựa trên quy tắc trải nghiệm đơn thuần nhưng nó có tác dụng rất mạnh. Sau hơn ba luân kỳ thu hoạch, rừng ngập mặn Matang cơ bản vẫn còn nguyên vẹn và niềm vinh dự phải thuộc về những nhà lâm nghiệp Malaysia, những người đã được các nhà lâm nghiệp người Anh dẫn dắt. Không còn nghi ngờ gì nữa, hệ thống này đã được quản lý một cách bền vững. Có lẽ vấn đề đáng bình luận hơn ở đây là bên cạnh tính bền vững thì liệu năng suất tối đa có đạt được hay không. Liên quan đến câu hỏi này, liệu quy trình tía thưa cũng như thời gian của luân kỳ khai thác có được tối ưu chưa ở cả góc độ sinh thái lẫn sản xuất lâm nghiệp.

Tính bền vững về sinh thái

Vì chi Đước (*Rhizophora*, chủ yếu là loài Đước đôi - *R. apiculata*) được ưa chuộng trong sản xuất than nên hầu hết (ít nhất là 30.000 héc-ta được thiết kế là rừng sản xuất) diện tích rừng ngập mặn Matang là rừng Đước thuần loài. Một trong những hậu quả bất lợi hiển nhiên của hệ thống quản lý này là làm mất tính đa dạng loài. Mặc dù quần thụ thuần loài là một đặc điểm tự nhiên của phần vùng rừng ngập mặn nhưng chuyển đổi hầu hết rừng ngập mặn thành rừng Đước đôi (*R. apiculata*) thuần loài có thể không phải là một phương án sinh thái khôn khéo. Cũng may là rừng ngập mặn Matang chỉ có 30.000 héc-ta là rừng sản xuất, 10.000 héc-ta còn lại được dành cho vùng phòng hộ hoặc vùng đệm. Dưới một cơ chế chính quy hơn (đặc biệt là hiện nay Cục Lâm nghiệp được đặt dưới sự quản lý của Bộ Tài nguyên Thiên nhiên, trong khi trước đó là Bộ Công nghiệp Cơ bản) và thận trọng hơn sẽ dễ có khả năng cải thiện tính đa dạng sinh học của rừng Matang bằng cách đưa vùng phòng hộ và vùng đệm lên mức đa dạng sinh học tối đa.

Một phương án xuất sắc ở rừng ngập mặn Matang là việc thực thi các Kế hoạch Hành động, đó là những phiên bản điều chỉnh của kế hoạch quản lý trước đây. Kể từ khi Noakes (1952) đề ra đến nay đã có được 5 kế hoạch hành động, xấp xỉ mỗi thập niên có một kế hoạch. Nhờ đó mà có những đợt quan trắc rừng (chủ yếu là rừng sản xuất) và đưa ra những can thiệp cần thiết. Rất tiếc là không có quan trắc nào về tình trạng sức khỏe của

rừng trên nền tảng chính quy và sinh thái hơn. Cần có một đơn vị khoa học đóng ngay tại rừng ngập mặn Matang để thực hiện nhiệm vụ quan trọng này. Đơn vị này có thể hoạt động sát cánh với các nhà nghiên cứu của Viện nghiên cứu rừng Malaysia (nơi đã từng có các dự án nghiên cứu điểm ở Matang) và trường đại học (chẳng hạn như trường đại học Sains Malaysia và đại học Malaya).

Tính bền vững về kinh tế

Nhìn chung, do hàng hóa rừng ngập mặn có lợi nhuận thấp nên giá trị của rừng ngập mặn là rất thấp và hầu hết rừng ngập mặn bị xem là thất bại thị trường kinh tế. Điều đó có nghĩa là nhà nước cần mang lại sự công bằng. Vì vậy, ở các quốc gia phát triển mà có rừng ngập mặn (như Úc, Nhật Bản và Hoa Kỳ) thì rừng được bảo hộ bằng pháp luật, tránh bị suy thoái và hủy diệt. Rất tiếc là hầu hết rừng ngập mặn của thế giới lại nằm ở các nước đang phát triển và hầu hết nhà nước ở đó (Thái Lan hiện là một ngoại lệ hy hữu) không đủ khả năng để bảo vệ rừng ngập mặn của họ (xem Ong và đồng sự, 2001; Dodd và Ong, 2008).

Rừng ngập mặn Matang thuộc quyền quản lý của Cục Lâm nghiệp tiểu bang Perak, cơ quan cung cấp cơ sở hạ tầng phần cứng và nguồn nhân lực, chăm lo công tác quản lý rừng hàng ngày. Cá nhân được cấp phép khai thác cừ, cột hoặc sản xuất than. Người có giấy phép được tham gia vào quy trình thu hoạch và đóng phí bảo hiểm cho cục lâm nghiệp. Theo Kế hoạch Hành động hiện hành (Azahar và Nik Mohd Shah, 2003), số tiền thu được (khoảng 1,3 triệu ringgit - RM hay 430.000 USD) hơi cao hơn một chút so với chi phí vận hành quản lý rừng. Tuy nhiên, chi phí vận hành chưa tính đến tiền lương cho nhân viên ngành lâm nghiệp hay chi phí hạ tầng phần cứng (có thể gần bằng gấp rưỡi so với chi phí vận hành). Dù mức bảo hiểm hiện thời đã tăng gấp đôi nhưng ngành lâm nghiệp vẫn phải chịu khoảng bao cấp đáng kể (chúng tôi ước tính vào khoảng vài ngàn RM trên một héc-ta mỗi năm) để quản lý hệ thống này. Đơn giá phí bảo hiểm đối với than và cừ, cột khai thác từ rừng ngập mặn Matang chỉ có khoảng 800 RM trên một héc-ta mỗi năm, còn thiếu vài ngàn RM nữa mới bằng với chi phí cho ngành lâm nghiệp.

Thử so sánh để thấy rõ vấn đề hơn, thu nhập từ sản xuất than và cừ, cột chỉ nằm ở khoảng một phần bảy nghề nuôi cá ở vùng này. Thu nhập hàng năm từ một héc-ta đất rừng ngập mặn dùng để nuôi tôm còn gây sưng sốt hơn nữa (gấp năm mươi lần) so với sử dụng để sản xuất cừ, cột và than. Đây là nguyên nhân chính khiến cho nhiều diện tích rừng ngập mặn bị mất đi vì bị chuyển sang nuôi trồng thủy sản. Kết cuộc thì hệ thống quản lý rừng ngập mặn Matang không mang tính bền vững về mặt kinh tế và có thể thấy nguyên nhân đó là mưu cầu đặc lợi (gần giống như sự độc quyền).

Bài học kinh nghiệm

Trước tiên, không còn nghi ngờ gì nữa, nhìn chung sự nghiệp quản lý rừng ngập mặn Matang đã thành công rực rỡ, chủ yếu là giữ nguyên được 40.000 héc-ta trong một thế kỷ. Có được diện tích lớn là một lợi thế trong quản lý, đặc biệt là có một phần tư diện tích dành cho vùng phòng hộ và vùng đệm. Tuy nhiên, có thể còn có những mặt chưa đầy đủ cần hoàn thiện như:

- Khắc phục sự mất mát đa dạng sinh học bằng cách trồng nhiều loài cây ở vùng phòng hộ và vùng đệm.
- Thành lập một Đơn vị Nghiên cứu để quan trắc tình trạng sức khỏe của rừng (kể cả việc tái lập những lô nghiên cứu) cũng như phát hiện những khó khăn tiềm ẩn cụt.
- Nâng mức tiền thuê rừng lên cao hơn nữa đối với cừ, cột và than để công tác quản lý lâm nghiệp có thể vận hành trên cơ sở tự trang trải về kinh tế. Dù cho làm như vậy có thể không xóa bỏ hoàn toàn nhưng cũng giảm được tình trạng mưu cầu đặc lợi.
- Thăm dò các tiềm lực khác để đảm bảo tính bền vững về kinh tế và sinh thái của hệ thống này.



Ở rừng ngập mặn Matang, chim gõ kiến vàng lớn (*Chrysocolaptes lucidus*) xuất hiện phổ biến trong các quần thể rừng trưởng thành (đặc biệt là ở nơi có cây chết). Con có vương miện màu đỏ là con trống, con có vương miện màu đen đốm trắng là con mái. Quần thể rừng thuần loài dường như không có ảnh hưởng gì đối với khu hệ chim, ở đó vẫn có nhiều loài chim gõ kiến và chim khác. Số tuổi của quần thể dường như quan trọng hơn là số lượng loài cây. Sự hiện diện của thảm cây bụi dường như cũng thu hút tính đa dạng của chim.



Khai thác thủ công (tỉa thưa lần đầu) tại một quần thụ rừng Đước đôi (*Rhizophora apiculata*) 15 năm tuổi ở Matang (ảnh bên trái). Mật độ cây giảm xuống khoảng phân nửa, tỉa thưa lần thứ hai được tiến hành ở tuổi 20. Mỗi cây cho ra 3 khúc gỗ. Gỗ được đánh dấu (để thu tiền thuê rừng) tại trạm thu phí trước khi ra khỏi cửa rừng (ảnh bên phải). Thân cây chủ yếu dùng để làm củ.



Một lò than tổ ong tại thời điểm cuối của giai đoạn 'đốt' và than, sản phẩm cuối cùng (trong ảnh ghép). Hầu hết than hiện nay xuất khẩu với giá rất thấp (không bền vững về kinh tế).



Khu vực chặt hạ lần cuối (quần thụ 30 năm tuổi), cây được chặt xuống, cắt khúc rồi lăn (trên băng tạm làm bằng ván) xuống sà lan để chuyển đến lò than. Gỗ này nặng hơn nước biển nên không thể bị trôi mất.

Hộp 4.4 Khoảng trống do sét đánh trong rừng ngập mặn ?

Các khoảng trống tròn và đều đặn này (đường kính 20—30 mét) ở rừng ngập mặn Galley Reach, gần cảng Moresby ở Papua New Guinea đã được Paijmans và Rollet (1977) báo cáo đầu tiên và bị quy cho sét đánh. Ở rừng ngập mặn Matang, các khoảng trống này cũng hiển thị trên không ảnh và cũng bị quy cho sét đánh (Gan, 1995; Amir, 2012).

Lần chứng kiến đầu tiên của chúng tôi về những khoảng trống này là khi nghiên cứu về vật rụng của lá vào cuối thập niên 1970. Lần đó, một số bẫy đón lượng rơi của chúng tôi chứa đầy lá xanh của Đước đôi (*Rhizophora apiculata*). Các bẫy đó được đặt bên trong hoặc chung quanh những khoảng trống vừa mới hình thành. Lá rụng hết sạch trong khoảng thời gian rất ngắn, tạo ra khoảng trống.



Các khoảng trống trong rừng Đước đôi (*Rhizophora apiculata*) ở Matang, Malaysia. Dấu hiệu có vẻ như bước đầu của một khoảng trống mới có thể thấy ở cảnh trước, bên trái (tán lá màu nâu vàng) trong bức không ảnh.

Suy nghĩ đầu tiên của chúng tôi cũng là sét đánh nhưng chúng tôi lại không thấy dấu đốt hoặc cháy xém nào. Paijmans và Rollet (1977) cũng bảo rằng (cũng như các tác giả khác khi nghiên cứu về cái được gọi là khoảng trống sét đánh này) không thấy dấu vết cháy xém nào cả. Tuy nhiên, hiện tượng lá mất hoàn toàn và nhanh chóng thì giống hệt như một vết sét đánh.



Các khoảng trống đó cũng có thể xuất hiện ở các quần thụ Vẹt (*Bruguiera*), cảnh này được chụp ở rừng ngập mặn Merbok, Malaysia.



Những cụm Đước đôi (*Rhizophora apiculata*) rụng hết lá và chết như vậy có thể thường thấy từ các rạch trong rừng ngập mặn. Các khoảng trống hình tròn đều đặn đó không phải là không phổ biến và có thể cho thấy sự mất mát đáng kể trong sản xuất gỗ. Trong khoảng ba thập niên, chúng tôi đã kiểm tra hàng trăm khoảng trống như vậy (nhiều chỗ mới hình thành) nhưng chưa bao giờ thấy vết đốt hay cháy xém nào.

Chúng tôi có bằng chứng để khẳng định rằng các khoảng trống đó không phải do sét đánh vì đã thấy một khoảng trống như vậy nằm bên dưới tháp điện lưới mang đường dây điện. Cái tháp và đường dây điện đó phải hoạt động như một cột thu lôi có tác dụng cao nhất, và như vậy chúng tôi nghĩ rằng không thể có sét đánh gây ra một khoảng trống trong điều kiện như vậy.



Một khoảng trống trong rừng Đước đôi (*Rhizophora apiculata*) ở Merbok, bên cạnh tháp điện lưới mang dây điện. Bức ảnh này trông như một bằng chứng khẳng định rằng khoảng trống đó không phải do sét đánh gây ra.

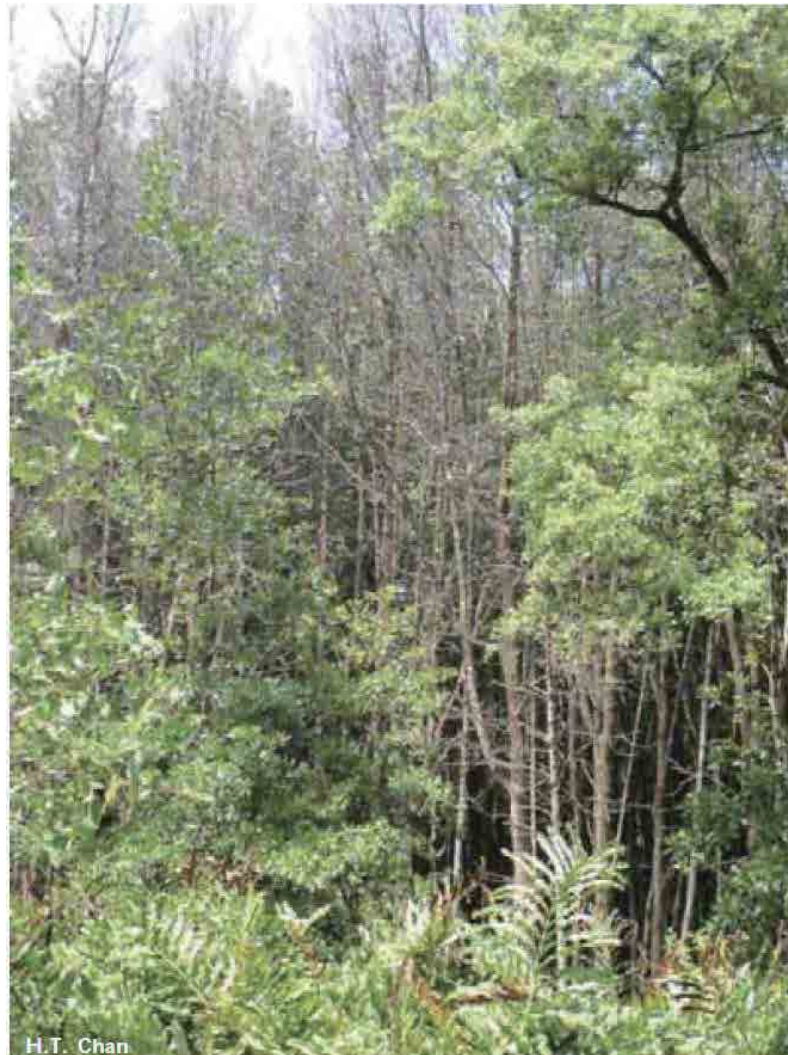
Vậy thì thử hỏi: nếu không phải là sét đánh thì là cái gì ?

Trước tiên, các khoảng trống hình tròn thường có liên đới với kiểu phát triển của nấm, vì vậy có khả năng là nấm xâm hại bộ rễ từ điểm giữa rồi lan ra chung quanh. Ngoại trừ một chỗ là, không có hiện tượng lan, tỏa ra từ một cây trung tâm. Ngược lại, dường như cả đám cây cùng mất lá, trông giống như hiện tượng rụng lá đột ngột. Chúng tôi không thấy nghiên cứu nào về sự xâm hại của nấm đối với bộ rễ Đước (*Rhizophora*) cả.

Đầu mỗi trước tiên của chúng tôi sang hướng giải thích khác là khi Jean Yong (người đã cộng tác với Murphy ở Đại học Quốc gia Singapore nhưng hiện nay đang ở Đại học Công nghệ và Thiết kế Singapore) báo cho chúng tôi biết rằng có thể có dính dáng đến bộ cánh cứng đục thân và chỉ chúng tôi đến với Murphy (1990). Tuy nhiên, Murphy (1990) chỉ đề cập mơ hồ về sâu đục nhánh thỉnh thoảng tấn công cây Đước (*Rhizophora*): Sâu đục nhánh thường không đáng ngại đối với Đước (*Rhizophora*) nhưng Mắm (*Avicennia*) và Bần (*Sonneratia*) thì bị tấn công mạnh bởi loài sâu đục thân *Zeuzera conferta*. Từ đó Jean Yong (qua trao đổi cá nhân) cho biết thêm rằng các nghiên cứu tiếp theo (không công bố) của họ cho thấy mức gây hại nặng hơn nhiều so với Murphy nghĩ lúc đầu.

Câu hỏi vẫn còn bỏ ngỏ: sâu đục thân tấn công thường chỉ gây tổn hại đến cành và nhánh chứ không phải toàn thân cây. Qua thí nghiệm tia cành, Gill và Tomlinson (1971) cho thấy rằng búp chồi bị kim hãm thì chồi non không hình thành sau khi tia cành ở cường độ lớn: *trên thân cây có đường kính lớn hơn 1 cm và trên ba năm tuổi, búp chồi đã bị kim hãm thì sẽ không có khả năng sinh trưởng*.

Nhưng điều đó vẫn chưa trả lời được câu hỏi tại sao cả cụm cây đều bị rũ, rụng hết lá cùng một lúc. Tại sao cây khác loài ở gần khoảng trống đó không bị ảnh hưởng ?



Một khoảng trống ở Matang với cây chết đứng là cây Đước đôi (*Rhizophora apiculata*). Các loài cây khác như Bần (*Sonneratia*) và Mắm (*Avicennia*), kể cả Răng đại (*Acrostchum aureum*) (dương xỉ rừng ngập mặn, ảnh cận cảnh) đều không bị ảnh hưởng gì.

Chúng tôi có giả thuyết là nước trong mạch gỗ của cây họ Đước (Rhizophoraceae) ở trong tình trạng rất căng (Ong và đồng sự, 1995), vì vậy nếu có nhiều mạch nước bị vỡ ra (xem Clough, 2013 để biết thêm chi tiết về bọt khí và sự tắt mạch gỗ) thì nước không thể chuyển lên chồi non được nữa. Lá sẽ bị khô và rụng rất nhanh, như thấy trong các khoảng trống đó. Lập luận này có thể giải thích được hiện tượng cây rụng lá và chết hàng loạt khi khoảng trống hình thành.

Sử dụng không bền vững và chuyển mục đích sử dụng

Dù có thể quản lý rừng ngập mặn trên cơ sở bền vững nhưng nhiều khu rừng ngập mặn vẫn bị tàn phá hoặc suy thoái trong quá trình khai thác gỗ (chẳng hạn công nghiệp gỗ dăm). Vấn đề còn lại là hệ sinh thái rừng ngập mặn còn có nhiều vai trò khác nữa chứ không phải chỉ để sản xuất gỗ, nên các phương án quản lý cần phải xem xét đến những vai trò khác đó.

Nguyên nhân chính khiến cho rừng ngập mặn vẫn bị tàn phá hoặc suy thoái cao đến mức xấp xỉ 1% mỗi năm được nhân đôi: i) áp lực dân số gia tăng ở hầu hết các quốc gia đang phát triển, là nơi của rừng ngập mặn, ii) đất rừng ngập mặn bị áp giá quá thấp (xem Ong và đồng sự, 2001; Dodd và Ong, 2008).

Không thể làm mạnh tay để cứu vớt hệ sinh thái này ra khỏi áp lực dân số: đơn giản là do nhu cầu của con người đã vượt quá khả năng cung cấp của một nguồn tài nguyên thiên nhiên, dẫn đến hệ sinh thái đó bị cạn kiệt. Nguyên nhân cốt lõi của vấn nạn này là sự bất lực trong việc điều tiết mức gia tăng dân số ở các nước đang phát triển.

Rừng ngập mặn được khai thác để lấy gỗ, chủ yếu là dùng làm chất đốt (trực tiếp là làm củi hoặc hầm thành than), gỗ sào (chủ yếu là làm cừ) và gỗ dăm (để sản xuất sợi). Thực tế đã chứng minh rằng rừng ngập mặn có thể được quản lý một cách bền vững để sản xuất gỗ nhưng ngành công nghiệp gỗ dăm của rừng ngập mặn thì không được ghi nhận để đưa vào quản lý bền vững. Còn một trở ngại nữa là gỗ của rừng ngập mặn dường như bị định giá chưa đúng mức. Thị trường gỗ dăm thì mang bản chất độc quyền và giá cả của than (truyền thống dùng làm nhiên liệu) thì cứ trôi nổi theo thời gian.

Ngoài giá trị thấp kém của các sản phẩm thực tế này ra thì các giá trị khác (như góp phần vào nguồn lợi thủy sản ven biển và đa dạng sinh học) không được cân nhắc khi hệ sinh thái rừng ngập mặn bị tàn phá hoặc suy thoái trong quá trình khai thác gỗ. Vấn nạn cơ bản này chính là một trong những thất bại của hệ thống kinh tế của chúng ta, làm phá vỡ các giá trị phi thị trường. Tuy nhiên, rừng ngập mặn chỉ hiện diện trên vài phần trăm diện tích đất đai của trái đất này, điều đó làm cho chúng trở nên rất có giá trị, đơn giản là ở tính hiếm hoi của nó.

Rừng ngập mặn vốn được xem là đất hoang, nên được cải tạo và chuyển đổi sang mục đích sử dụng khác. Dù quan điểm này đã cho thấy có sự sai lầm nhưng giá trị thấp của đất rừng thì vẫn còn đeo bám mãi. Điển hình là, dù hầu hết đất rừng ngập mặn đều dễ bị nhiễm acid sulphate và vì vậy không thích hợp cho việc chuyển đổi thành ao nuôi thủy sản nhưng chúng vẫn bị chuyển sang mục đích sử dụng đó, chủ yếu là vì giá mua đất rừng ngập mặn thấp hơn so với đất đai ở các vùng lân cận.

Vấn đề ở đây không phải chỉ có mỗi việc là đặt ra giá trị cho các thành phần khác nhau của hệ sinh thái; mà cơ bản, nó là một vấn đề về kinh tế chứ không phải về tính toán. Thực trạng này đòi hỏi phải có một cuộc cách mạng khoa học lớn.



Nhiều khu rừng ngập mặn nhiệt đới của thế giới đã bị chuyển đổi đại trà sang ao đầm nuôi tôm trong ba hoặc bốn thập kỷ vừa qua, trong đó có rừng ngập mặn Merbok ở Malaysia (ảnh trên). Chuyển đổi rừng ngập mặn sang nuôi thủy sản, trồng lúa (ảnh dưới, bên trái) và phát triển khu dân cư (ảnh dưới, bên phải).



Các ao nuôi tôm đào ở sát bìa rừng phòng hộ ven biển này (ảnh trên) bị sạt lở xuống biển do quá trình địa mạo tự nhiên (phần cận ảnh). Đây là vùng ven bờ có động lực sóng yếu, tiếp giáp với eo biển Malacca. Để đừng lãng phí và khôn khéo hơn thì không nên cho phép xây dựng công trình trong một dải đất vùng đệm rộng ít nhất là vài chục mét tính từ mốc có đỉnh triều cao nhất trở vào đất liền. Dù đã có quy chế như vậy nhưng hiếm khi được chấp hành. Rừng trồng cọ dầu từ phía đất liền lấn ra rừng ngập mặn ở Malaysia (ảnh dưới).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Alongi, D., Ayukai, T., Brunskill, G., Clough, B. & Wolanski, E. (1998) Sources, sinks, and export of organic carbon through a tropical, semi-enclosed delta (Hinchinbrook Channel, Australia). *Mangroves and Salt Marshes*, **2**, 237–242.
- Amir, A.A. (2012) Canopy gaps and natural regeneration of Matang mangroves. *Forest Ecology and Management*, **269**, 60–67.
- Azahar, M. & Nik Mohd Shah, N.M. (2003) *A Working Plan for the Matang Mangrove Forest Reserve, Perak: The Third 10-year Period (2000–2009) of the Second Rotation (Fifth Revision)*. State Forestry Department, Perak, Malaysia.
- Baba, S., Chan, H.T. & Aksornkoe, 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.
- 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.
- Bouillon, S., Borges, A.V., Castaneda-Moya, E., Diele, K., Dittmar, T., Duke, N.C., Kristensen, E., Lee, S.Y., Marchand, C., Middleburg, J.J., Rivera-Monroy, V.H., Smith III, T.J. & Twilley, R.R. (2008) *Global Biogeochemical Cycles*, **22**, GB2013, Doi: 10.1029/2007GB003052.
- Cairns, M.A., Brown, S., Helmer, E.H. & Baumgardner, G.A. (1997) Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia*, **111**, 1–11.
- Chan, H.T. (2001) The Matang mangroves. *Encyclopedia of Malaysia, Vol. 6, The Seas* (eds J.E. Ong & W.K. Gong), pp. 130–131. Editions Didier Millet, 2001. Archipelago Press, Singapore.
- Chong, V.C., Low, C.B. & Ichikawa, T. (2001) Contribution of mangrove detritus to juvenile prawn nutrition: a dual stable isotope study in a Malaysian mangrove forest. *Marine Biology*, **138**, 77–86.
- Chong, V.C. & Sasekumar, A. (1981) Food and feeding habits of the white prawn *Penaeus merguensis*. *Marine Ecological Progress Series*, **5**, 185–191.
- Christensen, B. (1978) Biomass and productivity of *Rhizophora apiculata* Bl. in a mangrove in southern Thailand. *Aquatic Botany*, **4**, 43–52.
- 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.F. (1992) Primary productivity and growth of mangrove forests. *Tropical Mangrove Ecosystems* (eds A.I. Robertson & D.M. Alongi), pp. 225–249. American Geophysical Union, Washington DC, USA.

- 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.
- 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.
- Cundell, A.M., Brown, M.S., Stanford, R. & Mitchell, R. (1979) Microbial degradation of *Rhizophora mangle* leaves immersed in the sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **9**, 281–286.
- Day, J.W., Coronado-Molina, C., Vera-Herrera, F.R., Twilley, R., Rivera-Monroy, V.H., Alvarez-Guillen, H., Day, R. & Conner, W. (1996) A 7-year record of above-ground net primary production in a southeastern Mexican mangrove forest. *Aquatic Botany*, **55**, 39–60.
- Dixon, R.G. (1959) *A Working Plan for the Matang Mangrove Forest Reserve, Perak (First Revision 1959)*. Forest Department Perak, Malaya.
- Dodd, R.S. & Ong, J.E. (2008) Future of mangrove ecosystem to 2025. *Aquatic Ecosystems: Trends and Global Prospects*. (ed N.V.C. Polunin), pp. 172–187 (Chapter 12). Foundation for Environmental Conservation. Cambridge University Press, UK.
- Donato, D.C., Kauffman, J.B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M. & Kanninem, M. (2011) Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nature Geoscience*, **4**, Doi: 10.1038/NGEO1123.
- Duke, N.C. (2006) *Australia's Mangroves: The Authoritative Guide to Australia's Mangrove Plants*. University of Queensland, Brisbane, Queensland, Australia.
- 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.
- Furukawa, K. & Wolanski, E. (1996) Sedimentation in mangrove forests. *Mangrove and Salt Marshes*, **1**, 3–10.
- Gan, B.K. (1995) *A Working Plan for the Mangrove Forest Reserve, Perak. Fourth Revision*. State Forestry Department of Perak Darul Ridzuan, Malaysia.
- Geyh, M.S., Kundrass, H.R. & Strief, H. (1979) Sea-level changes during the late Pleistocene and Holocene in the Straits of Malacca. *Nature*, **278**, 441–443.
- Gill, A.M. & Tomlinson, P.B. (1971) Studies on the growth of red mangrove (*Rhizophora mangle* L.) 3. Phenology of the shoot. *Biotropica*, **3**, 109–124.
- Gong, W.K. & Ong, J.E. (1990) Plant biomass and nutrient flux in a managed mangrove forest in Malaysia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **31**, 519–530.
- 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.
- Haron, A.H. (1981) *A Working Plan for the Second 30-year Rotation of the Matang Mangrove Forest Reserve, Perak. The First 10-Year Period 1980-1989*. State Forestry Department of Perak, Malaysia.

- Hoffman, W.E. & Dawes, C.J. (1980) Photosynthetic rates and primary production by two Florida red algae species from a salt marsh and a mangrove community. *Bulletin of Marine Science*, **30**, 358–364.
- Hogarth, P.J. (1999) *The Biology of Mangroves*. Oxford University Press.
- Ishimatsu, A., Hishida, Y., Takita, T., Kanda, T., Oikawa, S., Takeda, T. & Khoo, K.H. (1998) Mudskippers store air in their burrows. *Nature*, **391**, 237–238.
- Ishimatsu, A., Yoshida, Y., Itoki, N., Takeda, T., Lee, H.J. & Graham, J.B. (2007) Mudskippers brood their eggs in air but submerge them for hatching. *The Journal of Experimental Biology*, **210**, 3946–3954.
- Kamaludin, B.H. (1993) The changing mangrove shorelines in Kuala Kurau, Peninsular Malaysia. *Sedimentary Geology*, **83**, 187–197.
- Kamaludin, B.H. & Azmi, B.M.Y. (1997) Interstadial records of the last glacial period at Pantai Remis, Malaysia. *Journal of Quaternary Science*, **12**, 419–434.
- Khoo, K.H. (1989) *The mangrove fisheries in Matang, Perak and Merbok, Kedah*. Final Report of the ASEAN-Australia Cooperative Program on Marine Science: Coastal Living Resources. Universiti Sains Malaysia, Penang, Malaysia.
- Komiyama, A., Ong, J.E. & Pongparn, S. (2008) Allometry, biomass and productivity of mangrove forests: a review. *Aquatic Botany*, **89**, 128–137.
- Kristensen, E., Andersen, F.O. & Kofoed, L.H. (1988) Preliminary assessment of benthic community metabolism in a south-east Asian mangrove swamp. *Marine Ecology Progress Series*, **48**, 137–145.
- Kristjansson, J.K. & Schönheit, P. (1983) Why do sulfate-reducing bacteria out compete methanogenic bacteria for substrates? *Oecologia*, **60**, 264–266.
- Lugo, A.E. & Snedaker, S.C. (1974) The ecology of mangroves. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **5**, 39–64.
- Lugo, A.E., Evink, G., Brinson, M., Broce, A. & Snedaker, S.C. (1975) Diurnal rates of photosynthesis, respiration and transpiration in mangrove forests of south Florida. *Tropical Ecological Systems* (eds F.B. Golley & E. Medina), Springer, New York, USA.
- Mohd. Darus, H.M. (1969) *Rancangan Kerja bagi Hutan Simpan Paya Laut Matang Perak (Pindahan yang Kedua 1969)*, State Forestry Department, Perak, Malaysia.
- Murphy, D.H. (1990) The natural history of insect herbivory on mangrove trees in and near Singapore. *Raffles Bulletin of Zoology*, **38**, 119–203.
- Ng, P.K.L., Wang, L.W. & Lim, K.K.P. (eds) (2008) *Private Lives: An Exposé of Singapore's Mangroves*. The Raffles Museum of Biodiversity Research, Singapore.
- Nixon, S.W. (1980) Between coastal marshes and coastal waters – a review of twenty years of speculation and research on the role of salt marshes and estuarine productivity. *Estuarine Wetland Processes* (eds P. Hamilton & K.B. MacDonald), pp. 437–520, Plenum, New York, USA.
- Noakes, D.S.P. (1952) *A Working Plan of the Matang Mangrove Forest Reserve Perak*. Forest Department of the Federation of Malaya. Caxton Press, Kuala Lumpur, Malaya.

- Odum, E.P. (1968) A research challenge: evaluating the productivity of coastal and estuarine waters. *Proceedings of the Second Sea Grant Conference, University of Rhode Island*. (ed E. Keiffner), pp. 63–64, University of Rhode Island, Newport, Rhode Island, USA.
- Ong, J.E. (1982) Aquaculture, forestry and conservation of Malaysian mangroves. *Ambio*, **11**, 252–257.
- Ong, J.E. (1993) Mangroves – a carbon source and sink. *Chemosphere*, **27**, 1097–1107.
- Ong, J.E. (1995) The ecology of mangrove management and conservation. *Hydrobiologia*, **295**, 343–351.
- Ong, J.E. (2003) Plants of the Merbok Mangroves, Kedah, Malaysia and the urgent need for their conservation. *Folia Malaysiana*, **4**, 1–18.
- Ong, J.E. (2012) Strategies for sustainable mangrove management and conservation. *Journal of Forestry Management (Special Issues)*, **6**, 1–10.
- Ong, J.E. & Tan, K.H. (2008) Mangroves and sea-level change. *Proceedings of the Meeting and Workshop on 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. 89–96. Mangrove Ecosystems Proceedings No. 5. International Society for Mangrove Ecosystems (ISME), Okinawa, Japan.
- Ong, J.E., Gong, W.K. & Chan, H.C. (2001) Governments of developing countries grossly undervalue their mangroves? *Proceedings of the International Symposium on Protection and Management of Coastal Marine Ecosystems*. Bangkok, Thailand, 12–13 December 2000. pp. 179–184. EAS/RCU, UNEP, Bangkok, Thailand.
- Ong, J.E., Gong, W.K. & Clough, B. (1995) Structure and productivity of a 20-year-old stand of *Rhizophora apiculata* mangrove forest. *Journal of Biogeography*, **22**, 417–424.
- Ong, J.E., Gong, W.K. & Wong, C.H. (2004) Allometry and partitioning of the mangrove, *Rhizophora apiculata*. *Forest Ecology and Management*, **188**, 395–408.
- Ong, J.E., Gong, W.K., Wong, C.H. & Dhanarajan, G. (1984) Contribution of aquatic productivity in a managed mangrove ecosystem in Malaysia. *Proceedings of the Asian Symposium on Mangrove Environment: Research and Management* (eds E. Soepadmo, A.N. Rao & D.J. Macintosh), pp. 209–215. University of Malaya and UNESCO, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Paijmans, K. & Rollet, B. (1977) The mangroves of Galley Reach, Papua New Guinea. *Forest Ecology and Management*, **1**, 119–140.
- Peltier, W.R. (2002) On eustatic sea level history: last glacial maximum to Holocene. *Quaternary Science Reviews*, **21**, 377–396.
- Polidoro, B.A., Carpenter, K.E., Collins, L., Duke, N.C., Ellison, A.M., Ellison, J.C., Farnsworth, E.J., Fernando, E.S., Kathiresan, K., Koedam, N.E., Livingstone, S.R., Miyagi, T., Moore, G.E., Nam, V.N., Ong, J.E., Primavera, J.H., Salmo III, S.G., Sanciangco, J.C., Sukardjo, S., Wang, Y. & Yong, J.W.H. (2010) The loss of species: mangrove extinction risk and geographic areas of global concern. *PLoS ONE*, **5**, e10095, Doi: 0.1371/journal.pone.0010095.
- Popp, M. (1984a) Chemical composition of Australian mangroves. I. Inorganic ions and organic acids. *Zeitschrift für Pflanzenphysiologie*, **113**, 395–409.

- Popp, M. (1984b) Chemical composition of Australian mangroves. II. Low molecular weight carbohydrates. *Zeitschrift für Pflanzenphysiologie*, **113**, 411–421.
- Putz, F. & Chan, H.T. (1986) Tree growth, dynamics and productivity in a mature mangrove forest in Malaysia. *Forest Ecology and Management*, **17**, 211–230.
- Robertson, A.I. & Duke, N.C. (1987) Insect herbivory in mangrove leaves in north Queensland. *Australian Journal of Ecology*, **12**, 1–7.
- 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.
- Rodelli, M.R., Gearing, J.N., Gearing, P.J., Marshall, N. & Sasekumar, A. (1984) Stable isotope ratio as a tracer of mangrove carbon in Malaysian ecosystems. *Oecologia*, **61**, 326–333.
- Smith III, T.J., Boto, K.G., Frusher, S.D. & Giddins, L. (1991) Keystone species and mangrove forest dynamics: the influence of burrowing by crabs on soil nutrient status and forest productivity. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **33**, 419–432.
- Simpson, J.H., Gong, W.K. & Ong, J.E. (1997) The determination of net fluxes from a mangrove estuary system. *Estuaries*, **20**, 103–109.
- Spalding, M., Kainuma, M. & Collins, L. (2010) *World Atlas of Mangroves*. Earthscan, London, UK and Washington DC, USA.
- Tomlinson, P.B. (1986) *The Botany of Mangroves*. Cambridge Tropical Biology Series. Cambridge University Press.
- Wang, L., Mu, M., Li, X., Lin, P. & Wang, W. (2010) Differentiation between true mangroves and mangrove associates based on leaf traits and salt contents. *Journal of Plant Ecology*, 1–10. Doi: 10.1093/jpe/itq008.
- Watson, J.G. (1928) Mangrove forests of the Malay Peninsula. *Malayan Forest Records No. 6*. Forest Department, Federated Malay States, Kuala Lumpur, Malaya.
- 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.
- Wong, C.H. & Ong, J.E. (1984) Electron microscopy studies on the salt glands of *Acanthus ilicifolius*. *Proceedings of the Asian Symposium on Mangrove Environment: Research and Management* (eds E. Soepadmo, A.N. Rao & D.J. Macintosh), pp. 172–182. University of Malaya and UNESCO, Kuala Lumpur, Malaysia.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior written permission of the publishers.

Citation:

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.

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, © 2013.

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: 978-4-906584-17-8

Cover photographs:

General view of the Merbok mangrove, Malaysia

Canopy of a mature mangrove forest in Matang, Malaysia

Silvered langur or silvered leaf monkey with offspring

Sesarmid crab staying above the water during high tide

Photo credits: all photographs are by the first author unless otherwise stated.

International Society for Mangrove Ecosystems

International Tropical Timber Organization

ISBN978-4-906584-17-8

