

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PTNT

VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI VIỆT NAM

VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI MIỀN NAM

LÊ THANH QUANG

NGHIÊN CỨU MỐI QUAN HỆ GIỮA SINH TRƯỞNG
CỦA RỪNG BÀN TRẮNG VỚI MÔI TRƯỜNG VEN BIỂN
THỪA THIÊN HUẾ

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

TP. Hồ Chí Minh, tháng 05 năm 2024

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PTNT

VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI VIỆT NAM

VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI MIỀN NAM

LÊ THANH QUANG

**NGHIÊN CỨU MỐI QUAN HỆ GIỮA SINH TRƯỞNG
CỦA RỪNG BÀN TRẮNG VỚI MÔI TRƯỜNG VEN BIỂN
THỪA THIÊN HUẾ**

Ngành : Môi trường đất và nước

Mã số : 9 44 03 03

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC

PGS.TS. Thái Thành Lượm

TP. Hồ Chí Minh, tháng 05 năm 2024

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi. Các số liệu, kết quả nghiên cứu nêu trong luận án là trung thực và chưa được ai công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

Tác giả luận án

LÊ THANH QUANG

LỜI CẢM ƠN

Tác giả xin chân thành cảm ơn sự giúp đỡ quý báu của Cơ sở đào tạo: Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam, Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam đã tạo điều kiện thuận lợi cho tác giả thực hiện luận án.

Tác giả xin gửi lời cảm ơn sâu sắc tới các thầy hướng dẫn khoa học: PGS.TS Thái Thành Lược - Trường Đại học Kiên Giang là người hướng dẫn khoa học đã quan tâm, giúp đỡ tận tình và tạo điều kiện thuận lợi trong suốt quá trình thực hiện luận án.

Tác giả xin chân thành cảm ơn Ban lãnh đạo Viện khoa học lâm nghiệp Nam Bộ đã tạo điều kiện thuận lợi cho tác giả thực hiện luận; TS. Hoàng Văn Thơi - Viện khoa học lâm nghiệp Nam Bộ, TS. Phạm Ngọc Dũng – Chi cục Kiểm lâm Thừa Thiên Huế, ThS. Nguyễn Trọng Dũng, PGS.TS. Đặng Thái Dương, TS. Nguyễn Ngọc Minh - Đại học Nông Lâm Huế, Ông Lê Hồng Ân chủ tịch xã Hương Phong đã giúp đỡ tận tình cho tác giả thực hiện luận án.

Trong quá trình thực hiện luận án, tác giả đã nhận được sự động viên, cổ vũ và giúp đỡ quý báu từ các nhà khoa học, bạn bè đồng nghiệp. Tác giả xin ghi nhớ tất cả những đóng góp to lớn đó.

Cuối cùng, không thể thiếu được là sự biết ơn sâu sắc tới người thân trong gia đình bởi sự động viên, cổ vũ, khuyến khích đã tạo thêm nghị lực, quyết tâm cho tác giả trong suốt quá trình thực hiện luận án này.

Nhân dịp này, tác giả xin chân thành cảm ơn và ghi nhớ.

Tp. Hồ Chí Minh, ngày 23 tháng 05 năm 2024

Tác giả: Lê Thanh Quang

TÓM TẮT LUẬN ÁN

Đề tài luận án “*Nghiên cứu mối quan hệ giữa sinh trưởng của rừng bần trắng với môi trường ven biển Thừa Thiên Huế*”. Thời gian nghiên cứu từ năm 2016 – 2020. Mục tiêu tổng quát là cung cấp những cơ sở khoa học để chọn lập địa trồng rừng Bần trắng và xây dựng biện pháp bảo vệ và cải thiện môi trường ven cửa sông và biển. Rừng Bần trắng được trồng trên ba dạng lập địa khác nhau. Số liệu nghiên cứu về sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng và đặc tính của đất và nước được thu thập trong 4 năm. Phương pháp thu thập và xử lý số liệu được thực hiện theo chỉ dẫn chung của lâm học, thổ nhưỡng và kỹ thuật môi trường.

Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng rừng Bần trắng sinh trưởng tốt nhất trên đất ngập mặn với thời gian ngập triều 5-6h/ngày. Độ sâu ngập triều trung bình hàng ngày là 80cm. Độ cao địa hình dưới 20cm so với mặt biển. Đất cát pha sét ở dạng bùn hơi lỏng. Đây là dạng lập địa II theo hệ thống phân loại lập địa ven biển của Ngô Đình Quế. Đặc tính của đất phụ thuộc vào tính phức tạp của rừng trồng Bần trắng. Sự gia tăng tính phức tạp của rừng Bần trắng dẫn đến sự nâng cao pH_{H_2O} , mùn, ni tơ, photpho, kali và tỷ lệ sét trong lớp đất từ 0 – 50 cm. Trái lại, sự gia tăng tính phức tạp của rừng Bần trắng dẫn đến sự suy giảm rất rõ rệt hàm lượng Al^{3+} , Fe^{2+} , SO_4^{2-} và tỷ lệ thịt và cát trong lớp đất từ 0 – 50 cm. Sự gia tăng tính phức tạp của rừng Bần trắng dẫn đến sự suy giảm rõ rệt độ mặn, hàm lượng Al^{3+} , Fe^{2+} và SO_4^{2-} trong môi trường nước. Sự gia tăng hàm lượng N, P và Al^{3+} trong lớp đất 0 - 50 cm ảnh hưởng tốt đến sinh trưởng của rừng Bần trắng. Sự gia tăng hàm lượng muối, Al^{3+} và Fe^{2+} trong nước dẫn ảnh hưởng xấu đến sinh trưởng của rừng Bần trắng.

ABSTRACT

Thesis "Study on the relationship between the growth of *Sonneratia alba* plantations and the coastal environment of Thua Thien Hue". Was carried out from 2016 to 2020. The overall objective was to provide a scientific basis for site selection for mangrove forest plantation of *Sonneratia alb* plantations for proposing protection methods and for improving the estuarine and marine environment. The forest plantations of *Sonneratia alba* were planted on three different sites. Data on the growth of the plantations and the soil and water were also collected during the project period, following the general guidelines of silviculture, soil, and environmental engineering.

The research results have shown that plantations *Sonneratia alba* grows best on mangrove soil with tidal flooding time of 5-6 hours/day. The average daily tidal depth is 80cm. Terrain elevation is less than 20cm above sea level. Sandy clay soil is in the form of slightly loose mud. This is site type II according to Ngo Dinh Que's coastal site classification system. Soil characteristics were found to be regulated by the complexity of plantations *Sonneratia alba*. In particular, increasing in the complexity of the plantation *Sonneratia alba* increased concentration of pH-H₂O, Humus, Nitrogen, Phosphorus, Potassium, and clay in the soil layer from 0 to 50cm. Conversely, an increase in the complexity of the plantation *Sonneratia alba* led to decreased concentrations of Al³⁺, Fe²⁺, SO₄²⁻ and the percentage of clay and sand in the 0-50 cm soil layer as well as reduced the salinity, Al³⁺, Fe²⁺ and SO₄²⁻ concentrations in the aquatic environment. The study also indicated that the increase in the content of N, P and Al³⁺ in the 0 - 50 cm soil layer had a positive impact on promoting the growth of plantations *Sonneratia alba*. On the other hand, elevated levels of salt, Al³⁺, and Fe²⁺ content in water limits the growth of the plantations *Sonneratia alba*.

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	I
LỜI CẢM ƠN	II
TÓM TẮT LUẬN ÁN	III
ABSTRACT	IV
MỤC LỤC	V
DANH MỤC BẢNG	XIII
DANH MỤC HÌNH ẢNH	XVIII
DANH MỤC CÁC BIỂU ĐỒ	XIX
DANH MỤC PHỤ LỤC	XXI
MỞ ĐẦU	1
1. Đặt vấn đề	1
2. Mục tiêu nghiên cứu	2
2.1. Mục tiêu tổng quát	2
2.2. Mục tiêu cụ thể	2
3. Phạm vi nghiên cứu	2
4. Ý nghĩa của luận án	3
5. Những kết quả mới của luận án	3
6. Cấu trúc của luận án	4
Chương 1 TỔNG QUAN	5
1.1. Những thuật ngữ dùng trong luận án	5
1.2. Vai trò của rừng ngập mặn	8
1.3. Những nghiên cứu về rừng ngập mặn	10
1.3.1. Những nghiên cứu về rừng ngập mặn trên thế giới	10
1.3.1.1. Diện tích và đặc điểm phân bố rừng ngập mặn	10
1.3.1.2. Thành phần loài cây của rừng ngập mặn	11

1.3.1.3. Ảnh hưởng của lập địa đến rừng ngập mặn	11
1.3.1.4. Kỹ thuật trồng rừng ngập mặn	13
1.3.2. Những nghiên cứu về rừng ngập mặn tại Việt Nam	16
1.3.2.1. Điều kiện hình thành rừng ngập mặn	16
1.3.2.2. Phân bố rừng ngập mặn ở Việt Nam	27
1.3.2.3. Đặc điểm của các quần xã thực vật ở rừng ngập mặn Việt Nam	28
1.3.2.4. Năng suất của rừng ngập mặn Việt Nam	28
1.3.2.5. Khối lượng và tốc độ phân hủy vật rụng ở rừng ngập mặn	29
1.3.2.6. Phân chia lập địa rừng ngập mặn	30
1.3.2.7. Kỹ thuật tạo cây con	32
1.3.2.8. Kỹ thuật trồng rừng ngập mặn	33
1.3.2.9. Giới thiệu về cây Bần trắng	37
1.3.3. Phương pháp xây dựng các hàm sinh trưởng	39
1.4. Thảo luận	41
Chương 2 ĐỐI TƯỢNG, NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU	43
2.1. Đối tượng và đặc điểm của khu vực nghiên cứu	43
2.1.1. Đối tượng và địa điểm nghiên cứu	43
2.1.2. Điều kiện tự nhiên của khu vực nghiên cứu	43
2.2. Nội dung nghiên cứu	46
2.2.1. Sinh trưởng của rừng Bần trắng trên những lập địa khác nhau	46
2.2.2. Đặc tính của đất dưới tán rừng trồng Bần trắng	46
2.2.3. Quan hệ giữa đất với sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng	46
2.2.4. Quan hệ giữa nước với sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng	46
2.2.5. Quan hệ giữa rừng trồng Bần trắng với đặc tính của đất và nước	46
2.3. Phương pháp nghiên cứu	46
2.3.1. Phương pháp luận	46

2.3.2. Những giả thuyết nghiên cứu	49
2.3.3. Phương pháp bố trí thí nghiệm và thu thập số liệu	50
2.3.3.1. Phân chia lập địa để trồng rừng Bần trắng	50
2.3.3.2. Xác định lập địa thích hợp để trồng rừng Bần trắng	52
2.3.3.3. Xác định đặc tính của đất và nước dưới tán rừng trồng Bần trắng	56
2.3.4. Phương pháp xử lý số liệu	59
2.3.4.1. Phương pháp xử lý số liệu đối với sinh trưởng của rừng Bần trắng	59
2.3.4.2. Phân tích đặc tính của đất và nước dưới tán rừng trồng Bần trắng	65
2.3.4.3. Phân tích mối quan hệ giữa đất và nước với sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng	65
2.3.4.4. Xác định đặc tính của đất và nước theo tuổi rừng trồng Bần trắng	65
2.3.4.5. Phân tích mối quan hệ giữa rừng trồng Bần trắng với đất và nước	66
2.3.5. Công cụ xử lý số liệu	66
Chương 3 KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN	67
3.1. Sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng trên những lập địa khác nhau	67
3.1.1. Sinh trưởng và tăng trưởng đường kính và chiều cao của rừng trồng Bần trắng	67
3.1.2. Sinh trưởng đường kính tán và chiều dài tán	75
3.1.3. Chỉ số phức hợp về cấu trúc của rừng trồng Bần trắng	77
3.1.4. Chỉ số cạnh tranh tán của rừng trồng Bần trắng	78
3.1.5. Trữ lượng gỗ và sinh khối của rừng Bần trắng	80
3.1.5.1. Trữ lượng gỗ của rừng trồng Bần trắng trên ba dạng lập địa	80
3.1.5.2. Sinh khối của rừng trồng Bần trắng trên ba dạng lập địa	84
3.1.5.3. Dự trữ carbon và khả năng hấp thụ dioxit carbon của rừng trồng Bần trắng trên ba dạng lập địa khác nhau	87
3.1.6. Ảnh hưởng của lập địa đến tính ổn định của rừng trồng Bần trắng	88
3.1.7. Thảo luận về sinh trưởng của rừng Bần trắng	90

3.2. Đặc tính của đất dưới tán rừng trồng Bần trắng	92
3.2.1. Đặc tính của đất dưới tán rừng Bần trắng trên dạng lập địa I	92
3.2.2. Đặc tính của đất dưới tán rừng Bần trắng trên dạng lập địa II	95
3.2.3. Đặc tính của đất dưới tán rừng Bần trắng trên dạng lập địa III	98
3.2.4. So sánh đặc tính của đất dưới tán rừng trồng Bần trắng trên ba dạng lập địa khác nhau	101
3.3. Quan hệ giữa đặc tính của đất với sinh trưởng của rừng Bần trắng	105
3.3.1. Quan hệ giữa đất với rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa I	105
3.3.2. Quan hệ giữa đất với rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa II	109
3.3.3. Quan hệ giữa đất với rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa III	113
3.3.4. Xác định một số thành phần của đất theo tuổi rừng Bần trắng	117
3.3.4.1. Xác định một số thành phần của đất trên dạng lập địa I	117
3.3.4.2. Xác định một số thành phần của đất trên dạng lập địa II	119
3.3.4.3. Xác định một số thành phần của đất trên dạng lập địa III	121
3.3.5. Thảo luận về quan hệ giữa đất với rừng Bần trắng	123
3.4. Mối quan hệ giữa nước với rừng trồng Bần trắng	124
3.4.1. Đặc tính của nước dưới tán rừng trồng Bần trắng	124
3.4.2. Quan hệ giữa nước với sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng	127
3.4.3. Xác định một số thành phần của nước trên dạng lập địa II	128
3.4.4. Thảo luận quan hệ giữa nước với rừng Bần trắng	130
3.5. Thảo luận chung về quan hệ giữa rừng Bần trắng với đặc tính của đất và nước	131
3.5.1. Vai trò của đất đối với rừng Bần trắng	131
3.5.2. Vai trò của nước đối với rừng Bần trắng	132
3.6. Đề xuất áp dụng kết quả nghiên cứu	133
3.6.1. Chọn lập địa trồng rừng Bần trắng	133
3.6.2. Kỹ thuật trồng rừng Bần trắng	133

3.6.3. Xác định đặc tính của đất và nước theo tuổi của rừng Bần trắng	134
3.6.4. Trồng rừng Bần trắng để bảo vệ môi trường ven cửa sông và biển	134
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	135
1. Kết luận	135
2. Kiến nghị	136
CÔNG TRÌNH CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ	137
TÀI LIỆU THAM KHẢO	138
A. TIẾNG VIỆT	138
B. TIẾNG ANH	141
PHỤ LỤC	145

DANH MỤC CÁC KÍ HIỆU THUẬT NGỮ KHOA HỌC

Chữ viết tắt	Tên gọi đầy đủ
A (Năm)	Tuổi cây rừng
ANOVA	Phân tích biến động
B (kg)	Sinh khối
B _C (kg)	Sinh khối cành
B _{CL} (kg)	Tổng sinh khối cành và lá
B _L (kg)	Sinh khối lá
B _T (kg)	Sinh khối thân
B _{To} (kg)	Tổng sinh khối
C, T, S	Cát, Thịt và Sét
CCI	Chỉ số cạnh tranh tán (Crown Competition Index).
CHC	Chất hữu cơ
CNM	Cây ngập mặn
CV%	Hệ số biến động
CS	Cộng sự
D ₀ (cm)	Đường kính gốc
D _{0Max} – D _{0Min}	Biên độ biến động đường kính gốc
ĐBSCL	Đồng bằng sông Cửu Long
Df	Bậc tự do
D _T (cm)	Đường kính tán
G (m ² / cây)	Tiết diện ngang thân cây
H (cm)	Chiều cao toàn thân
H _{Max} – H _{Min}	Biên độ biến động chiều cao thân cây
IUCN	Tổ chức bảo tồn thiên nhiên quốc tế

L1	Ngập triều thấp
L2	Ngập triều trung bình thấp
L3	Ngập triều trung bình cao
L4	Ngập triều khi triều cường
L5	Ngập triều khi triều bất thường
M (m ³ /ha)	Trữ lượng rừng theo ha
M (mm)	Lượng mưa
MAE	Sai lệch tuyệt đối trung bình
MAPE	Sai lệch tuyệt đối trung bình theo phần trăm
MHWL	Mực nước trung bình cao
Mi	Mặn ít
MLWL	Mực nước trung bình thấp
Mn	Mặn nặng
MSL	Mực nước biển trung bình
Mtb	Mặn trung bình
N (cây)	Tổng số cây trên 1 ha
n (mẫu)	Dung lượng quan sát
n _i (cây)	Số cá thể trên ô mẫu
NPK	Nitrogen Photphat Potassium
P _α	Mức ý nghĩa thống kê
r ² và R ²	Hệ số xác định
Rh (%)	Độ ẩm không khí
RNM	Rừng ngập mặn
S (Loài)	Loài cây
Sa	San hô

SCI	Chỉ số phức hợp về cấu trúc (Structure Complexity Index)
SEE	Sai lệch chuẩn
So	Sỏi
S°_{oo}	Độ mặn (<i>Salinity</i>)
SSR_{Min}	Tổng bình phương sai lệch nhỏ nhất
$S_T \text{ (m}^2\text{)}$	Diện tích tán cây
Tc	Ngập triều cao
TLS%	Tỷ lệ sống
Tt	Ngập triều thấp
Ttb	Ngập triều trung bình
UNEP	Chương trình môi trường của Liên Hiệp Quốc
$V \text{ (m}^3\text{/cây)}$	Thể tích thân cây
ZY (Y = D, H, M, B)	Tăng trưởng hàng năm về đường kính, chiều cao, trữ lượng gỗ, sinh khối
$\Delta Y \text{ (Y = D, H, M, B)}$	Tăng trưởng bình quân năm về đường kính, chiều cao, trữ lượng gỗ, sinh khối
$\sum S_T \text{ (m}^2\text{)}$	Tổng diện tích tán cây

DANH MỤC BẢNG

BẢNG	TRANG
Bảng 1- 1: Loài cây của rừng ngập mặn trên thế giới.	11
Bảng 1- 2: Nhiệt độ giữa các vùng ven biển Việt Nam.	17
Bảng 1- 3: Sự thay đổi lượng mưa hàng năm ở vùng ven biển Việt Nam.	17
Bảng 1- 4: Tính chất hóa học và các chất hòa tan trong nước vùng triều ven biển Việt Nam.	23
Bảng 1- 5: Hàm lượng N, P và C hữu cơ trong các trầm tích ở vùng bãi triều ven biển Việt Nam.	23
Bảng 1- 6: Hàm lượng tổng số lưu huỳnh dạng sunfua trong các trầm tích ở vùng bãi triều ven biển Việt Nam.	24
Bảng 1- 7: Một số hàm thực nghiệm thường được ứng dụng để mô tả quá trình sinh trưởng của cây gỗ và rừng.	40
Bảng 2- 1: Đặc điểm khí hậu ở tỉnh Thừa Thiên Huế.	44
Bảng 2- 2: Đặc tính cơ bản của ba dạng lập địa ở khu vực nghiên cứu.	50
Bảng 2- 3: Tọa độ các lô thí nghiệm trồng rừng Bần trắng.	53
Bảng 2- 4: Những tiêu chuẩn đánh giá tính ổn định của rừng Bần trắng.	64
Bảng 3- 1: Tham số và Sinh trưởng đường kính của rừng trồng Bần trắng trên ba dạng lập địa.	67
Bảng 3- 2: Sinh trưởng chiều cao của rừng trồng Bần trắng trên ba dạng lập địa.	68
Bảng 3- 3: Hàm ước lượng đường kính đối với cây Bần trắng trên 3 dạng lập địa I, II và III.	71
Bảng 3- 4: Tương quan và sai lệch của những hàm ước lượng đường kính đối với cây Bần trắng trên 3 dạng lập địa I, II và III.	72
Bảng 3- 5: Hàm ước lượng chiều cao đối với cây Bần trắng trên 3 dạng lập địa I, II và III	72

Bảng 3- 6: Tương quan và sai lệch của những hàm ước lượng chiều cao đối với cây Bần trắng trên 3 dạng lập địa I, II và III	73
Bảng 3- 7: Tăng trưởng đường kính và chiều cao của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa I.	74
Bảng 3- 8: Tăng trưởng đường kính và chiều cao của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa II.	74
Bảng 3- 9: Tăng trưởng đường kính và chiều cao của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa III.	74
Bảng 3- 10: Sinh trưởng đường kính tán của rừng trồng Bần trắng trên ba dạng lập địa.	76
Bảng 3- 11: Sinh trưởng chiều dài tán của rừng trồng Bần trắng trên ba dạng lập địa.	76
Bảng 3- 12: Chỉ số phức tạp về cấu trúc của rừng trồng Bần trắng trên ba dạng lập địa.	78
Bảng 3- 13: Chỉ số cạnh tranh tán của rừng trồng Bần trắng trên ba dạng lập địa.	79
Bảng 3- 14: Sinh trưởng trữ lượng gỗ của rừng Bần trắng trên dạng lập địa I.	81
Bảng 3- 15: Sinh trưởng trữ lượng gỗ của rừng Bần trắng trên dạng lập địa II.	82
Bảng 3- 16: Sinh trưởng trữ lượng gỗ của rừng Bần trắng trên dạng lập địa III.	82
Bảng 3- 17: So sánh trữ lượng gỗ theo tuổi của rừng trồng Bần trắng trên ba dạng lập địa khác nhau. Đơn vị tính: 1 ha.	83
Bảng 3- 18: Những hàm sinh khối cây Bần trắng trên dạng lập địa I.	84
Bảng 3- 19: Kiểm định những hàm ước lượng $B_i = f(A)$ đối với cây Bần trắng trên dạng lập địa I.	84
Bảng 3- 20: Sinh khối của rừng Bần trắng trên dạng lập địa I.	84
Bảng 3- 21: Sinh khối của rừng Bần trắng trên dạng lập địa II.	85
Bảng 3- 22: Sinh khối của rừng Bần trắng trên dạng lập địa III.	85
Bảng 3- 23: Tỷ lệ các thành phần sinh khối của rừng Bần trắng trên dạng lập địa I.	85
Bảng 3- 24: Tỷ lệ các thành phần sinh khối của rừng Bần trắng trên dạng lập địa II.	86
Bảng 3- 25: Tỷ lệ các thành phần sinh khối của rừng Bần trắng trên dạng lập địa III.	87

Bảng 3- 26: Dự trữ carbon và khả năng hấp thụ dioxit carbon của rừng trồng Bần trắng trên ba dạng lập địa khác nhau.	88
Bảng 3- 27: Ảnh hưởng của lập địa đến hình dạng thân cây của rừng trồng Bần trắng.	89
Bảng 3- 28: Phân cấp chất lượng đối với các cây gỗ hình thành rừng trồng Bần trắng 4 tuổi trên ba dạng lập địa khác nhau.	89
Bảng 3- 29: Biến động đặc tính của đất ở độ sâu tầng đất từ 0 – 20 cm dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi trên dạng lập địa I.	92
Bảng 3- 30: Biến động đặc tính của đất ở độ sâu tầng đất từ 20 – 50 cm dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi trên dạng lập địa I.	93
Bảng 3- 31: Biến động đặc tính của đất dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi trên dạng lập địa I.	94
Bảng 3- 32: Biến động đặc tính của đất ở độ sâu tầng đất từ 0 – 20 cm dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi trên dạng lập địa II.	95
Bảng 3- 33: Biến động đặc tính của đất ở độ sâu tầng đất từ 20 – 50 cm dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi trên dạng lập địa II.	96
Bảng 3- 34: Biến động đặc tính của đất dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi trên dạng lập địa II.	97
Bảng 3- 35: Biến động đặc tính của đất ở độ sâu tầng đất từ 0 – 20 cm dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi trên dạng lập địa III.	98
Bảng 3- 36: Biến động đặc tính của đất ở độ sâu tầng đất từ 20 – 50 cm dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi trên dạng lập địa III.	99
Bảng 3- 37: Biến động đặc tính của đất dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi trên dạng lập địa III.	100
Bảng 3- 38. So sánh đặc tính của đất dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 - 4 tuổi trên ba dạng lập địa khác nhau.	102
Bảng 3- 39: Đặc tính của đất dưới tán rừng trồng Bần trắng 4 tuổi trên ba dạng lập địa khác nhau.	104

Bảng 3- 40: So sánh đặc tính của đất dưới tán rừng trồng Bần trắng 4 tuổi trên ba dạng lập địa khác nhau.	104
Bảng 3- 41: Quan hệ giữa đất với sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa I.	105
Bảng 3- 42: Quan hệ giữa đặc tính của đất ở lớp 0 – 20cm với sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa I.	107
Bảng 3- 43: Quan hệ giữa đặc tính của đất ở tầng 20 – 50cm với sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa I.	108
Bảng 3- 44: Quan hệ giữa đất với sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa II.	109
Bảng 3- 45: Quan hệ giữa đặc tính của đất ở lớp 0 – 20cm với sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa II.	110
Bảng 3- 46: Quan hệ giữa đặc tính của đất ở lớp 20 – 50cm với sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa II.	111
Bảng 3- 47: Quan hệ giữa đất với sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa III.	113
Bảng 3- 48: Quan hệ giữa đặc tính của đất ở tầng 0 – 20cm với sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa III.	114
Bảng 3- 49: Quan hệ giữa đặc tính của đất ở lớp 20 – 50cm với sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa III.	116
Bảng 3- 50: Tương quan và sai lệch của các hàm hồi quy mô tả mối quan hệ giữa rừng Bần trắng với một số tính chất của đất và nước trên dạng lập địa I	117
Bảng 3- 51: Ước lượng các đặc tính của đất theo tuổi của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa I.	117
Bảng 3- 52: Các hàm ước lượng những đặc tính của đất theo tuổi của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa II.	119

Bảng 3- 53: Ước lượng các đặc tính của đất theo tuổi của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa II.	119
Bảng 3- 54: Các hàm ước lượng những đặc tính của đất theo tuổi của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa III.	121
Bảng 3- 55: Ước lượng các đặc tính của đất theo tuổi của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa III.	121
Bảng 3- 56: Biến động pH_{H_2O} của nước trên đất trống rừng và dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi.	124
Bảng 3- 57: Biến động hàm lượng ô xy hòa tan trong nước trên đất trống và dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi.	125
Bảng 3- 58: Biến động độ mặn của nước trên đất trống và dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi.	125
Bảng 3- 59: Biến động hàm lượng nhôm trong nước trên đất trống và dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi.	126
Bảng 3- 60: Biến động hàm lượng sắt trong nước trên đất trống và dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi.	126
Bảng 3- 61: Biến động hàm lượng lưu huỳnh ở dạng sunphua trong nước trên đất trống và dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi.	127
Bảng 3- 62: Quan hệ giữa nước với rừng trồng Bần trắng..	128
Bảng 3- 63: Mối quan hệ của mô hình ước lượng những đặc tính của nước theo tuổi của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa II	129
Bảng 3- 64: Ước lượng các đặc tính của nước theo tuổi của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa II.	129
Bảng 3- 65: Hệ số hồi quy chuẩn hóa giữa chỉ số SCI của rừng Bần trắng với đặc tính của đất.	132
Bảng 3- 66: Hệ số hồi quy chuẩn hóa giữa chỉ số SCI của rừng Bần trắng với đặc tính của nước.	133

DANH MỤC HÌNH ẢNH

HÌNH	TRANG
Hình 1- 1: Hình ảnh cây Bần trắng	39
Hình 2- 1: Bản đồ hành chính tỉnh Thừa Thiên Huế	44
Hình 2- 2: Sơ đồ khu vực vùng đầm phá và ven biển Thừa Thiên Huế	45
Hình 2- 3: Sơ đồ các bước nghiên cứu	48
Hình 2- 4: Sơ đồ mô tả áp dụng kết quả nghiên cứu	49
Hình 2- 5: Sơ đồ thí nghiệm (a) và hệ thống tường rào bảo vệ cây Bần trắng sau khi trồng (b)	53
Hình 2- 6: Tọa độ vị trí ô thí nghiệm để theo dõi, thu thập mẫu và số liệu sinh trưởng của rừng	53
Hình 2- 7: Theo dõi và thu thập số liệu sinh trưởng của rừng theo thời gian	55
Hình 2- 8: Xác định dạng lập địa và thu mẫu đất bằng khoan chuyên dụng	57

DANH MỤC CÁC BIỂU ĐỒ

- Biểu đồ 3- 1:** Biểu đồ biểu diễn sinh trưởng đường kính của rừng Bần trắng trên ba dạng lập địa khác nhau. 69
- Biểu đồ 3- 2:** Biểu đồ biểu diễn sinh trưởng chiều cao của rừng Bần trắng trên ba dạng lập địa khác nhau. 69
- Biểu đồ 3- 3:** Biểu đồ biểu diễn trữ lượng gỗ theo tuổi của rừng Bần trắng trên ba dạng lập địa khác nhau. 83
- Biểu đồ 3- 4:** Biểu đồ biểu diễn một số đặc tính của đất dưới tán rừng Bần trắng trên ba dạng lập địa khác nhau. 103
- Biểu đồ 3- 5:** Biểu đồ biểu diễn quan hệ giữa đặc tính của đất với rừng Bần trắng trên dạng lập địa I. 106
- Biểu đồ 3- 6:** Biểu đồ biểu diễn quan hệ giữa đặc tính của đất ở lớp 0 - 20cm với rừng Bần trắng trên dạng lập địa I. 107
- Biểu đồ 3- 7:** Biểu đồ biểu diễn quan hệ giữa đặc tính của đất ở lớp 20-50cm với rừng Bần trắng trên dạng lập địa I. 108
- Biểu đồ 3- 8:** Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa đặc tính của đất với rừng Bần trắng trên dạng lập địa II. 110
- Biểu đồ 3- 9:** Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa đặc tính của đất ở lớp 0 - 20cm với rừng Bần trắng trên dạng lập địa II 111
- Biểu đồ 3- 10:** Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa đặc tính của đất ở lớp 20-50cm với rừng Bần trắng trên dạng lập địa II. 112
- Biểu đồ 3- 11:** Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa đặc tính của đất với sinh trưởng của rừng Bần trắng trên dạng lập địa III. 114
- Biểu đồ 3- 12:** Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa đặc tính của đất ở lớp 0 - 20cm với rừng Bần trắng trên dạng lập địa III. 115
- Biểu đồ 3- 13:** Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa đặc tính của đất ở lớp 20-50cm với rừng Bần trắng trên dạng lập địa III. 116

- Biểu đồ 3- 14:** Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa một số đặc tính của đất với tuổi rừng Bần trắng trên dạng lập địa I. 118
- Biểu đồ 3- 15:** Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa một số đặc tính của đất với tuổi rừng Bần trắng trên dạng lập địa II. 120
- Biểu đồ 3- 16:** Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa một số đặc tính của đất với tuổi rừng Bần trắng trên dạng lập địa III. 122
- Biểu đồ 3- 17:** Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa đặc tính của nước với rừng Bần trắng. 128
- Biểu đồ 3- 18:** Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa một số đặc tính của nước với tuổi rừng Bần trắng trên dạng lập địa II. 130

DANH MỤC PHỤ LỤC

PHỤ LỤC	TRANG
Phụ lục 1. So sánh sự khác biệt về đường kính và chiều cao của rừng bần trắng trên ba dạng lập địa khác nhau	145
Phụ lục 2. Mô hình sinh trưởng đường kính và chiều cao của rừng Bần trắng trên ba dạng lập địa khác nhau.	149
Phụ lục 3. So sánh sự khác biệt về đường kính tán và chiều dài tán của rừng Bần trắng tại tuổi 4 trên ba dạng lập địa khác nhau.	160
Phụ lục 4. Mô hình sinh trưởng trữ lượng gỗ của rừng Bần trắng trên ba dạng lập địa khác nhau.	161
Phụ lục 5. Hàm sinh khối của cây Bần trắng trên ba dạng lập địa khác nhau.	164
Phụ lục 6. Đặc trưng thống kê đất dưới tán rừng Bần trắng trên dạng lập địa I	169
Phụ lục 7. Đặc trưng thống kê đất dưới tán rừng Bần trắng trên dạng lập địa II	175
Phụ lục 8. Đặc trưng thống kê đất dưới tán rừng Bần trắng trên dạng lập địa III	181
Phụ lục 9. Mối quan hệ giữa đặc tính của đất với tuổi rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa I	187
Phụ lục 10. Mối quan hệ giữa đặc tính của đất với tuổi rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa II.	191
Phụ lục 11. Mối quan hệ giữa đặc tính của đất với tuổi rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa III	195
Phụ lục 12. Số liệu đặc tính của nước dưới tán rừng Bần trắng	199
Phụ lục 13. Mối quan hệ giữa đặc tính của nước với tuổi rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa II.	200

MỞ ĐẦU

1. Đặt vấn đề

Môi trường cung cấp ánh sáng, nước, dioxit carbon và ô xy cho thực vật. Đất không chỉ là giá đỡ, mà còn cung cấp các chất khoáng và nước cho thực vật. Trong quá trình sống, thực vật lại trả lại đất các chất khoáng và nước, đồng thời thải ô xy và nước vào không khí. Vì thế, rừng và môi trường (khí hậu, địa hình, đất, hoạt động của con người...) có mối liên hệ chặt chẽ với nhau (Kimmins, 1998; Nguyễn Văn Thêm, 2002).

Ảnh hưởng của rừng ngập mặn (RNM) đến môi trường là mối quan tâm không chỉ của các nhà sinh thái học và lâm học, mà còn cả các nhà khí tượng-thủy văn, các nhà quản lý và bảo vệ môi trường, các nhà thủy lợi... Những thông tin về mối quan hệ giữa rừng và môi trường giúp cho các nhà lâm học xây dựng nguyên lý về rừng và các phương thức lâm sinh. Các nhà quản lý và bảo vệ môi trường sử dụng những thông tin này để quản lý môi trường và xây dựng các biện pháp xử lý môi trường. Các nhà thủy lợi sử dụng những thông tin này để xây dựng các biện pháp phòng chống lũ và lụt, chống sóng và đập vào các công trình thủy lợi, hạn chế xâm thực và xói lở đất ven sông và ven biển...

Trước đây một số tác giả (Thái văn Trùng, 1999; Phan Nguyên Hồng và cs, 1999) đã nghiên cứu về sự phân bố của RNM ở vùng ven biển nước ta. Một số tác giả cũng đã nghiên cứu về đặc tính của đất dưới tán RNM (Đỗ Đình Sâm và cs, 2005), lập địa RNM (Ngô Đình Quế, 2003), sinh khối RNM (Viên Ngọc Nam, 1998; Nguyễn Hoàng Trí, 1999), sinh trưởng và kỹ thuật trồng RNM (Đặng Công Bửu, 2006). Tuy vậy, những nghiên cứu này vẫn chưa làm rõ động thái và mối quan hệ giữa đặc tính của đất và nước với sinh trưởng của RNM. Thiếu những thông tin này gây ra những khó khăn trong việc ra quyết định về trồng RNM, về các biện pháp bảo vệ và cải thiện môi trường ven sông và biển.

Xuất phát từ những vấn đề đặt ra trên đây, luận án này phân tích đặc tính của đất và nước dưới tán RNM, xác định mối quan hệ giữa đặc tính của đất và nước với sinh trưởng của RNM ở khu vực ven biển miền Trung. Rừng ngập mặn bao gồm rất nhiều kiểu rừng khác nhau. Trong nghiên cứu này, luận án chỉ phân tích mối quan hệ qua lại giữa đặc tính của đất và nước với sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng ở khu vực ven biển tỉnh Thừa Thiên Huế. Luận án này tập trung trả lời 4 câu hỏi chính. Một là lập địa ảnh hưởng đến sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng như thế nào? Hai là đặc tính của đất và nước dưới tán rừng trồng Bần trắng và đất không có rừng (sau đây gọi là đất trống) khác nhau như thế nào? Ba là đặc tính của đất và nước có mối quan hệ với rừng trồng Bần trắng như thế nào? Bốn là sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng phụ thuộc chủ yếu vào đặc tính nào của đất và nước?

2. Mục tiêu nghiên cứu

2.1. Mục tiêu tổng quát

Cung cấp những cơ sở khoa học để chọn lập địa trồng rừng Bần trắng và xây dựng biện pháp bảo vệ và cải thiện môi trường ven cửa sông và biển.

2.2. Mục tiêu cụ thể

Phân tích sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng trên những dạng lập địa khác nhau.

Xác định đặc tính của đất và nước dưới tán rừng trồng Bần trắng và đất trống.

Phân tích và xác định mối quan hệ giữa một số đặc tính của đất và nước với sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng.

3. Phạm vi nghiên cứu

Phạm vi nghiên cứu của luận án là mối quan hệ giữa đặc tính của đất và nước với sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng từ 1-4 tuổi. Lập địa bao gồm 3 dạng I – III theo hệ thống phân loại của Ngô Đình Quế (2003). Đặc tính của đất dưới tán rừng trồng Bần trắng bao gồm 10 chỉ tiêu: pH_{H_2O} , pH_{KCL} , mùn (%),

đạm tổng số (N %), photpho ($P_2O_5\%$), kali ($K_2O\%$), Al^{3+} , Fe^{2+} , SO_4^{2-} , thành phần cơ giới (%). Đặc tính của nước bao gồm 6 chỉ tiêu: pH; Oxy hòa tan (DO); Độ mặn; Fe^{2+} ; Al^{3+} tổng số; SO_4^{2-} .

Địa điểm nghiên cứu tại khu vực Cồn Tè thuộc cửa biển Thuận An của tỉnh Thừa Thiên Huế. Thời gian nghiên cứu từ 2016 ÷ 2020.

4. Ý nghĩa của luận án

Về khoa học, luận án cung cấp những thông tin và dữ liệu để phân tích mối quan hệ giữa rừng ngập mặn với đặc tính của đất và nước. Về thực tiễn, luận án không chỉ cung cấp những cơ sở khoa học để chọn lập địa trồng rừng Bần trắng, mà còn cả biện pháp bảo vệ và cải thiện môi trường như hạn chế tác hại của lũ, lụt, gió và sóng lớn, xâm thực và xói lở đất ven sông và ven biển...

5. Những kết quả mới của luận án

(1) Rừng Bần trắng sinh trưởng tốt nhất trên đất ngập mặn với thời gian ngập triều 5-6h/ngày. Độ sâu ngập triều trung bình hàng ngày là 80cm. Độ cao địa hình dưới 20cm so với mặt biển. Đất cát pha sét ở dạng bùn hơi lỏng. Đây là dạng lập địa II theo hệ thống phân loại lập địa ven biển của Ngô Đình Quế (2003).

(2) Đặc tính của đất dưới tán rừng trồng Bần trắng thay đổi theo mức độ phức hợp về cấu trúc của rừng trồng Bần trắng. Sự gia tăng tính phức tạp của rừng trồng Bần trắng dẫn đến sự nâng cao rõ rệt pH_{H_2O} , hàm lượng mùn, ni tơ, photpho, kali và tỷ lệ sét trong lớp đất từ 0 – 50cm, nhưng làm giảm hàm lượng độc chất trong đất (Al^{3+} , Fe^{2+} , SO_4^{2-}).

(3) Sự gia tăng tính phức tạp của rừng trồng Bần trắng dẫn đến sự suy giảm rõ rệt độ mặn, hàm lượng Al^{3+} , Fe^{2+} và SO_4^{2-} trong môi trường nước.

(4) Sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng phụ thuộc chặt chẽ vào đặc tính của đất và nước. Sự gia tăng hàm lượng N, P và Al^{3+} trong lớp đất 0 - 50cm dẫn đến sự gia tăng tính phức tạp của rừng Bần trắng. Trái lại, sự gia tăng hàm lượng Fe^{2+} dẫn đến sự suy giảm tính phức tạp của rừng Bần trắng. Sự gia tăng

hàm lượng muối, Al^{3+} và Fe^{2+} trong nước dẫn đến sự suy giảm tính phức tạp của rừng Bần trắng. Trái lại, sự gia tăng hàm lượng SO_4^{2-} dẫn đến sự gia tăng tính phức tạp của rừng Bần trắng.

6. Cấu trúc của luận án

Cấu trúc của luận án ngoài phần mở đầu, kết luận và kiến nghị, nội dung được trình bày trong ba chương.

Chương 1. Tổng quan tài liệu.

Chương 2. Đối tượng, nội dung và phương pháp nghiên cứu.

Chương 3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

Chương 1

TỔNG QUAN

1.1. Những thuật ngữ dùng trong luận án

Theo Cẩm nang ngành Lâm nghiệp (2006) và Thuật ngữ Lâm nghiệp Cấu trúc rừng: đó là sự tổ chức và sắp xếp các thành phần của rừng theo không gian và thời gian và là sự phân bố các lớp cây rừng theo chiều thẳng đứng và chiều nằm ngang.

Cây gỗ: Thực vật chỉ có 1 thân, thân to và cao, thân mang cành và lá, thân và cành hóa gỗ, vỏ dày. Theo định nghĩa này, cây Bần trắng (*Sonneratia alba* J. E. Smith) là cây thân gỗ.

Chiều cao toàn thân cây gỗ: Chiều cao thân cây kể từ gốc đến ngọn.

Chiều dài tán cây. Độ dài từ cụm cành lớn nhất còn sống đến đỉnh ngọn cây gỗ.

Chỉ số cạnh tranh tán (Crown Competition Index = CCI). Số đo diện tích tán cây gỗ che phủ trên mặt đất theo chiều nằm ngang trong một khoảnh rừng.

Chỉ số phức hợp về cấu trúc rừng (Structural Complexity Index = SCI). Chỉ số biểu thị tính phức tạp về cấu trúc rừng. Số đo tóm tắt ảnh hưởng của hai hay nhiều đặc trưng lâm học của rừng.

Cửa sông: Loại hình thủy vực được hình thành ở nơi sông đổ ra biển, nơi chuyển tiếp giữa sông và biển.

Đầm phá: Loại hình thủy vực ven bờ biển.

Độ mặn của nước: Độ mặn của nước biểu thị hàm lượng muối hòa tan, đơn vị tính là phần nghìn trên 1 lít nước.

Đường kính gốc cây gỗ: Đường kính thân cây gỗ ở vị trí sát mặt đất (5-10cm cách mặt đất).

Đường kính tán cây gỗ: Độ dài 2 đầu của tán cây gỗ ở vị trí lớn nhất theo chiều ngang từ thân cây đứng.

Đất trống không có rừng: Đất không có cây gỗ che phủ kín mặt đất.

Hàm hồi quy: Hàm số mô tả quan hệ giữa biến phụ thuộc với một hoặc nhiều biến độc lập kèm theo sai số. Hàm hồi quy là hàm thống kê. Mối quan hệ giữa biến phụ thuộc với biến độc lập được nghiên cứu bằng phương pháp phân tích hồi quy và tương quan. Hàm hồi quy thường được xây dựng bằng phương pháp bình phương nhỏ nhất.

Hàm hồi quy ước lượng: Hàm hồi quy được xây dựng từ tập hợp những số liệu thống kê để mô hình hóa mối quan hệ giữa biến phụ thuộc với một hoặc nhiều biến độc lập. Hàm hồi quy ước lượng được sử dụng để dự đoán biến phụ thuộc dựa theo một hoặc nhiều biến độc lập mà cả hai biến này đều nằm trong phạm vi của tập dữ liệu thu thập được.

Hàm lượng ô xy hòa tan (DO). Khối lượng (mg/l) ô xy hòa tan trong nước.

Hình dạng thân cây gỗ: Tỷ lệ giữa đường kính (D) và chiều cao thân (H), nghĩa là H/D .

Lập địa rừng: Một tập hợp những điều kiện môi trường sống của rừng (khí hậu, địa hình, đất, thảm thực vật, hoạt động lâm sinh ...) ở một nơi nhất định. Một cách hiểu khác là một khu vực được đánh giá theo khả năng tạo ra sản lượng rừng. Việc đánh giá dựa trên tổ hợp các nhân tố khí hậu, đất, địa hình, thảm thực vật và hoạt động của con người.

Lượng tăng trưởng thường xuyên hàng năm: Lượng gia tăng của một nhân tố điều tra trên thân cây gỗ (Đường kính, Chiều cao, thể tích thân, trữ lượng gỗ...).

Lượng tăng trưởng bình quân: Lượng gia tăng trung bình của một nhân tố điều tra theo thời gian hay tuổi cây gỗ và rừng.

Mật độ rừng: Số lượng cây hay tổng tiết diện ngang hay tổng thể tích thân cây trên một đơn vị diện tích của khoảnh rừng.

Quần xã thực vật: Tập hợp các loài cây trong một hệ sinh thái rừng. Thành phần loài cây của một hệ sinh thái rừng.

Rừng: Một khoảnh đất được bao phủ bởi những cây gỗ, cây bụi, thảm cỏ, hệ động vật và vi sinh vật và giữa chúng có mối quan hệ qua lại với nhau thông qua trao đổi năng lượng và chất khoáng. Rừng có khả năng tự tái sinh. Theo FAO, rừng là một khoảnh đất từ 0,5 ha trở lên mà có cây gỗ cao hơn 5 m che phủ ít nhất 10% diện tích mặt đất và một cấu trúc tầng tán nhất định.

Rừng ngập mặn: Rừng được hình thành từ những loài cây gỗ, cây bụi và thảm cỏ chịu được độ mặn của nước thủy triều ở mức độ nào đó. Kiểu rừng phân bố ở những vùng đất bị ngập triều.

Rừng trồng: Rừng được tạo lập bằng cách trồng hoặc gieo hạt trong quá trình trồng rừng và khôi phục rừng.

Rừng trồng hỗn giao: Rừng trồng từ một số loài cây gỗ khác nhau.

Sinh khối: Khối lượng của một cá thể, một quần thể, một quần xã sinh vật đang sống. Thuận ngữ sinh khối cũng được dùng để biểu thị cho sinh khối của toàn bộ các vật sống trong hệ sinh thái.

Sinh khối cây gỗ: Khối lượng của một loài cây gỗ, một quần thể cây gỗ hay quần thụ, một quần xã cây gỗ đang sống.

Thể tích thân cây gỗ: Thể tích của phần thân cây gỗ.

Tiết diện ngang: Diện tích mặt cắt ngang thân cả vỏ ở vị trí đường kính gốc. Đơn vị tính tiết diện ngang thân là m^2 . D_0 là đường kính gốc của cây vị trí sát mặt đất.

Tuổi rừng: Tuổi của những cây gỗ kể từ lúc trồng đến thời điểm nghiên cứu.

Vũng - vịnh: Những phần biển nằm trong chỗ lõm vào của đường bờ biển hoặc các phần biển ven bờ có đảo che chắn bên ngoài.

1.2. Vai trò của rừng ngập mặn

Rừng ngập mặn (RNM) là kiểu rừng được hình thành từ những loài cây gỗ và cây bụi sống trong điều kiện môi trường ngập nước mặn ở ven cửa sông và ven biển thuộc vùng nhiệt đới và á nhiệt đới. Kiểu rừng này phân bố chủ yếu ở vành đai 30^0 vĩ độ Bắc và 30^0 vĩ độ Nam, tập trung ở vành đai 5^0 vĩ độ Bắc và 10^0 vĩ độ Nam. Những loài cây hình thành kiểu rừng này thích nghi với môi trường đất và nước chứa nhiều muối và thiếu ô xy.

Các hệ sinh thái rừng ngập mặn là nơi ở và sinh sống của nhiều loài động vật hoang dã như cá, tôm, cua, chim và nhiều loài động vật khác. Các hệ sinh thái rừng ngập mặn đóng vai trò rất quan trọng trong cuộc sống của con người. Rừng ngập mặn có tác dụng hạn chế tác động của sóng, gió bão, hạn chế xâm thực của biển, chống xói mòn, bảo vệ các công trình xây dựng, nhất là hệ thống đê biển, bảo vệ con người, giữ lại các trầm tích, bảo vệ các rạn san hô và nuôi dưỡng các nguồn lợi thủy sản (Vũ Đoàn Thái, 2006; Vũ Đoàn Thái và cs, 2007; Sriskanthan, 2006; IUCN, 2005; UNEP, 2005).

Rừng ngập mặn (RNM) là nơi lưu trữ nguồn nước và cung cấp gỗ và củi cho những cộng đồng dân cư sống ven sông và biển. Chúng là vùng cung cấp nguồn hải sản phong phú, nơi bảo tồn các chu trình vật chất và năng lượng, phát triển đa dạng sinh học, đặc biệt là vai trò bảo vệ đai bờ và cửa sông, hạn chế xói lở và tác hại của bão, sóng đối với hệ thống đê biển (Phan Nguyên Hồng và cs, 1993; Thái Văn Trùng, 1999). Theo UNEP (2018), RNM còn giúp bảo vệ các đảo khỏi bị lũ vào mùa bão, giảm được 75% sức gió tấn công các đảo. Theo Mazda và cs (1997), cường độ và độ cao của sóng giảm mạnh khi đi qua RNM. Tuy nhiên, mức độ cản sóng của RNM phụ thuộc vào bề rộng của rừng, loài cây, mật độ và chiều cao của các tầng cây rừng. Nghiên cứu của Vũ Đoàn Thái và cs (2007) cho thấy rừng Bần đã làm giảm độ cao sóng đi 85%, giảm năng lượng sóng xuống còn 10 N/m^2 (trước đai rừng là 163 N/m^2).

Về vấn đề biến đổi khí hậu. Sự biến đổi thất thường của thời tiết cũng như thiên tai (động đất, sóng thần, bão lụt,...) đã xảy ra và gây tổn thất rất to lớn ở nhiều nước trên thế giới. Theo báo cáo của Chương trình môi trường Liên hiệp quốc (UNEP, 2005) về tác động của mực nước biển tăng tại nhiều khu RNM ở 16 quốc gia Thái Bình Dương, hiện tượng nước biển dâng cao do sự thay đổi khí hậu đang đe dọa nhấn chìm các khu RNM ở khu vực Thái Bình Dương. Liên hiệp quốc cảnh báo trung bình 13% RNM ở Thái Bình Dương sẽ bị phá hủy do nước biển dâng cao. Các đảo bị ảnh hưởng nặng nhất trên thế giới là Samoa, Fiji, Tuvalu và các đảo của Micronesia. Báo cáo cho biết các đảo quốc này có thể mất hơn 1/2 RNM vào cuối thế kỷ này. Báo cáo của Ngân hàng thế giới dự báo Việt Nam và Bangladesh là 2 nước đang phát triển bị thiệt hại nặng nề nhất do hiện tượng nước biển dâng. Phần lớn đất màu mỡ nhất của Việt Nam sẽ bị chìm ngập, đất nông nghiệp và GDP đều chịu những tác động xấu (Dasgupta và cs, 2017).

Việt Nam là quốc gia có chiều dài bờ biển hơn 3.200 km, với khoảng 3.000 hòn đảo lớn nhỏ đang thường xuyên hứng chịu tác động của sóng, gió, bão... Với kịch bản nước biển dâng cao 1 m, nước ta có hơn 40.000 km² vùng ven biển và các đảo bị tác động; trong đó đồng bằng Sông Cửu Long và một số đảo bị nhấn chìm, làm thu hẹp diện tích đất sản xuất nông nghiệp và nơi cư trú của hơn 17 triệu người.

Về vấn đề về an ninh quốc phòng. Vùng biển đảo đang đặt ra hết sức bức thiết. Để bảo vệ đất sản xuất, bảo vệ cuộc sống của người dân và bảo đảm an ninh quốc phòng, việc xây dựng và phát triển hành lang xanh, chắn sóng, gió biển đóng vai trò rất quan trọng. Trong điều kiện cực đoan về lập địa, thời tiết khí hậu khắc nghiệt và tác động mạnh, thường xuyên của sóng gió, bão, phát triển vành đai xanh ven biển và trên các đầm phá là việc làm rất khó khăn. Do vậy, trồng rừng từ một số loài cây chịu được ngập mặn và sống được trên điều

kiện lập địa khác nhau ở vùng ven biển miền Trung nước ta là vấn đề cần được đặt ra. Tỉnh Thừa Thiên Huế có hơn 128 km bờ biển cùng với hệ đầm phá nước lợ Tam Giang - Cầu Hai lớn nhất Đông Nam Á (21.600 ha) và đầm Lập An khoảng 1.600 ha. Những đầm phá này nằm sau các cồn cát chạy dọc theo bờ biển, nước sông đổ trực tiếp vào phá trước khi ra biển. Tỉnh Thừa Thiên Huế cũng là địa phương có thời tiết rất khắc nghiệt, thường xuyên bị bão lụt. Hàng năm vào mùa lụt, nước biển xâm nhập sâu vào đất liền, gây xói lở nhiều vùng đất ven biển, ven phá, cuốn trôi nhiều nhà cửa, cây cối, ao hồ nuôi trồng thủy sản, gây thiệt hại lớn về tính mạng, tài sản của nhà nước và người dân. Các khu vực ven biển, ven phá của tỉnh sẽ an toàn hơn nếu có các đai RNM phòng hộ ở bên ngoài chắn sóng, hạn chế xói lở, bảo vệ bờ biển. Vì vậy, việc phục hồi và phát triển RNM trên địa bàn tỉnh là hết sức cần thiết và mang lại những lợi ích to lớn cả về kinh tế, xã hội và môi trường.

1.3. Những nghiên cứu về rừng ngập mặn

1.3.1. Những nghiên cứu về rừng ngập mặn trên thế giới

1.3.1.1. Diện tích và đặc điểm phân bố rừng ngập mặn

Những nghiên cứu của nhiều tác giả (Twilley và cs, 1992; Spalding, 1997) cho thấy RNM phân bố ở vùng ven biển nhiệt đới và á nhiệt đới, trong khoảng 30⁰ vĩ tuyến Bắc đến 30⁰ vĩ tuyến Nam, tập trung nhiều nhất ở 10⁰ vĩ tuyến Bắc đến 10⁰ vĩ tuyến Nam. Theo Spalding (2004), tổng diện tích RNM của 114 quốc gia và vùng lãnh thổ là 15,6 triệu hecta; trong đó lớn nhất là ở châu Á, sau đó là châu Phi và Nam Mỹ. Theo FAO (2020), tài nguyên rừng thế giới của 236 quốc gia và vùng lãnh thổ được báo cáo chi tiết sau mỗi 5 năm kể từ năm 1990. Từ báo cáo của 113 quốc gia cho thấy, diện tích rừng ngập mặn vào năm 2020 là 14,8 triệu ha. Hơn 40% diện tích rừng ngập mặn thuộc 4 nước: Indonexia (19%), Brazil (9%), Nigeria (7%) và Mexico (6%).

1.3.1.2. Thành phần loài cây của rừng ngập mặn

Thành phần loài cây, diện tích và đặc điểm phân bố rừng ngập mặn là mối quan tâm của nhiều nhà nghiên cứu. Nhiều tác giả (Chapman, 1970, 1974; Seanger và cs, 1983; Cintron & Schaeffer – Novelli, 1984) cho rằng rừng ngập mặn trên thế giới có khoảng 59 loài thuộc 21 chi của 15 họ (Bảng 1.1). Một số tác giả (Saenger và cs, 1983; Ellison, 2008) cho rằng khu vực Đông Nam Á là trung tâm đa dạng sinh học của RNM với 45 loài.

1.3.1.3. Ảnh hưởng của lập địa đến rừng ngập mặn

Theo nghĩa hẹp, lập địa bao gồm 3 thành phần: khí hậu, địa hình, thổ nhưỡng. Theo nghĩa rộng, lập địa bao gồm 4 thành phần: khí hậu, địa hình, thổ nhưỡng, thể giới động thực vật. Nói chung, yếu tố để xác định lập địa cũng tương đồng như các yếu tố xác định đơn vị đất đai.

Bảng 1- 1: Loài cây của rừng ngập mặn trên thế giới.

Nguồn	Họ	Chi	Loài
Chapman (1970)	11	16	55
Chapman (1974)	10	15	53
Seanger và cs (1983)	16	22	60
Blasco (1984)	16	22	53

Khi nghiên cứu lập địa của RNM, phần lớn các công trình tập trung nghiên cứu ảnh hưởng của các nhân tố sinh thái đến sự hình thành và phát triển RNM. Chapman (1974) cho rằng có 7 yếu tố sinh thái cơ bản ảnh hưởng đến sự phát triển của RNM. Đó là nhiệt độ, thể nền, đất bùn, sự che chắn, độ mặn, thủy triều, dòng chảy hải lưu, biên nông. Aksornkoae và cs (1992) cho rằng đất là nhân tố chính giới hạn sự tăng trưởng và phân bố của RNM.

Nhiều công trình nghiên cứu về ảnh hưởng của nhiệt độ không khí đến sinh trưởng của RNM đều đi đến kết luận là nhiệt độ không khí có ảnh hưởng

lớn đến sự sinh trưởng và số lượng loài. Theo Spalding và cs. (1997), vùng xích đạo hoặc gần xích đạo, nơi có nhiệt độ không khí trung bình năm $26 - 27^{\circ}\text{C}$, là điều kiện thuận lợi cho sinh trưởng của RNM. Nếu trong năm có nhiều tháng nhiệt độ của nước biển $< 16^{\circ}\text{C}$ thì sẽ không xuất hiện RNM. Nếu nhiệt độ nước biển từ $16^{\circ}\text{C} - 18^{\circ}\text{C}$ thì chỉ có rừng Mắm phát triển. Từ $18^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}$ chỉ có rừng Trang phát triển. Khi nhiệt độ của nước biển luôn lớn hơn 20°C , thì mới bắt đầu xuất hiện rừng Đước.

Chapman (1977) cho rằng RNM chỉ phát triển khi nhiệt độ ở tháng lạnh nhất cao hơn 20°C và biên độ nhiệt dao động theo mùa không quá 10°C . Nhận xét của Chapman gây nhiều tranh cãi vì trên thực tế nhiệt độ trung bình tháng lạnh nhất ở một số nơi dưới 10°C như phía Nam Nhật Bản, Hồng Kông nhưng vẫn có RNM dù số loài rất ít và phát triển kém hơn các vùng khác.

Rao (1986) cho rằng độ mặn là nhân tố sinh thái quan trọng nhất ảnh hưởng đến sự sinh trưởng, tỷ lệ sống của các loài và phân bố RNM. Hầu hết cây ngập mặn đều sinh trưởng tốt ở nước có độ mặn từ 25‰ đến 50‰ độ mặn nước biển. Khi độ mặn tăng cao, sinh trưởng của cây kém, sinh khối của rễ, thân, lá đều thấp dần, lá sớm rụng. Yếu tố giới hạn sự phân bố của RNM là sự thiếu vắng muối trong đất và nước. Mỗi loài cây ngập mặn (CNM) chịu đựng một độ mặn nhất định. Khi độ mặn trong đất tăng và tầng bùn giảm thì cây còi cọc, cành ngắn, lá càng nhỏ và dày hơn.

Phần lớn công trình nghiên cứu ảnh hưởng của độ mặn đến sinh trưởng của CNM tập trung trên các loài cây thuộc họ Đước và họ Mắm. Cây rừng ngập mặn sống tốt nhất ở nơi có độ mặn từ 10 – 25‰, kém ở những nơi có độ mặn cao (40-80‰), biến mất ở nơi có độ mặn nhỏ hơn 4‰ (Spalding và cs., 1997). Khi độ mặn rất cao (90‰), thì chỉ có một vài loài Mắm có thể sống được (Rao, 1986). Theo Koko (1986), nồng độ muối tốt nhất cho sự nảy mầm và sinh

trường của hai loài cây Đước vôi và Mắm biển ở Ảrập Saudi là 20‰, xấu nhất là 60‰.

Nhiều nghiên cứu về ảnh hưởng của thủy triều và thể nền đến sinh trưởng của RNM. Do sống ở các bãi lầy ven biển nên RNM chịu tác động mạnh mẽ của thủy triều. Sự lên xuống đều đặn của thủy triều gây ra sự ngập định kỳ của nước mặn trong một khoảng thời gian của ngày đã ảnh hưởng tính chất của thể nền và tác động cơ học đến cây. Chế độ ngập triều và đặc điểm thể nền có liên quan chặt chẽ với nhau. Những vùng đất ngập khi triều thấp có thể nền dạng bùn rất loãng và loãng. Những nơi chỉ ngập khi triều trung bình có thể nền dạng bùn chặt. Những nơi chỉ ngập khi triều cao, có thể nền là dạng sét mềm hoặc sét cứng.

Mỗi loài cây RNM thường chỉ thích ứng với một loại đất và chế độ ngập triều nhất định (Chan & Baba, 2009). Thông thường, những loài cây của RNM thường ở vùng triều trung bình và triều cao. Theo Aragones và cs. (1998), cây RNM phát triển tốt trên đất bùn lầy, nơi bồi lắng phù sa, Ở Đông Nam Á trên vùng đất bùn lầy có các loài Đước bộp (Đưng), Mắm biển phát triển rất tốt.

1.3.1.4. Kỹ thuật trồng rừng ngập mặn

Các nghiên cứu gần đây trên thế giới về RNM ở giai đoạn vườn ươm chủ yếu tập trung tìm hiểu ảnh hưởng của các nhân tố sinh thái đến sinh trưởng của cây con. Hideki Hachinohe và cs. (1998) đã khuyến cáo sử dụng bầu nilon có kích thước 12 cm x 20 cm, thành phần ruột bầu 100% đất bờ vuông tôm hoặc bờ đê bao ở độ sâu 0 - 40cm để đóng bầu tạo cây con cho loài Đước đôi, Đước bộp, Bần trắng, Mắm biển, Xu ổi, Vẹt bông đỏ và Dà vôi để phục vụ trồng RNM trình diễn tại Benoa Port, Ba Li - Indonesia.

Những năm gần đây, nhiều tổ chức quốc tế như Chương trình Phát triển của Liên hợp quốc (UNDP), Chương trình Môi trường của Liên hiệp quốc (UNEP), tổ chức Nông lương của Liên hiệp quốc (FAO), Chương trình nghiên

cứu và quản lý hệ sinh thái rừng ngập mặn khu vực châu Á và Thái Bình Dương của UNDP/UNESCO (RAS/79/002) đã cung cấp tài chính cho những tổ chức chuyên môn của các nước để nghiên cứu quản lý RNM, Chính phủ của nhiều nước cũng đã ban hành các chính sách về RNM, khuyến khích trồng lại rừng. Theo Koko (1986), có 3 phương pháp được áp dụng tại một số nước châu Á đó là trồng trực tiếp trụ mầm, trồng bằng cây con gieo tạo ở vườn ươm và trồng bằng cây con mọc sẵn trong tự nhiên.

Ở Thái Lan, Đước đôi và Đước bộp là đối tượng chính để trồng RNM. Đước đôi được trồng bằng trụ mầm và cây con trong túi bầu đạt tỷ lệ sống trên 80%. Đước bộp trồng từ trụ mầm có tỷ lệ sống trên 94% (Aksornkoea và Sanit, 1996). Theo Chan (1996), Malaysia đã trồng được 4.300 ha Đước đôi và Đước bộp. Mật độ trồng trực tiếp trụ mầm Đước đôi là 6.944 cây/ha (1,2 m x 1,2 m) và Đước bộp là 3.086 cây/ha (1,8m x 1,8 m). Tại Indonesia có 2 kỹ thuật trồng được áp dụng: trồng trực tiếp bằng trụ mầm tỷ lệ sống đạt 55 - 70%; trồng bằng cây con 3-4 tháng tuổi có tỷ lệ sống cao hơn đạt 85%. Mật độ trồng theo quy định chung là 2.500 cây/ha. Loài cây trồng chủ yếu là Đước đôi, Đước bộp và Vẹt dù (Soemodihardjo và cs, 1996).

Tại Ấn Độ đã trồng 5 loài cây chính là Mắm lưỡi đồng, Mắm biển, Đước đôi, Đước bộp và Bần chua. Chúng được trồng bằng trụ mầm và cây con trong các túi bầu (có kích thước 4 cm x 10 cm). Các loài Đước đôi, Đước bộp và Mắm biển trồng với cự ly 1,5 m x 1,5 m, (Untawale, 1996).

Pakistan trồng 4 loài: Mắm biển, Sú, Đước vôi bằng 2 phương pháp cây có bầu và trồng trực tiếp bằng trụ mầm. Ở Bangladesh người ta trồng các loài Vẹt khang, Bần không cánh và Mắm lưỡi đồng bằng cây con trong túi bầu và trồng trực tiếp (Qureshi, 1996).

Tại Goa và Maharashtra, loài Mắm đen và Đước bộp trồng thành các đám có diện tích 225 m², cây cách cây 1,5 m; khoảng cách giữa các đám cây

10 m. Phương pháp trồng được áp dụng là trồng trực tiếp bằng trụ mầm, trồng cây con 1 năm tuổi rễ trần và cây con 1 năm tuổi trong bầu nilon. Kết quả cho thấy tỷ lệ sống theo phương pháp trồng trực tiếp đạt 75 - 80% đối với Đước bộp và 20-30% đối với Mắm đen. Trồng bằng cây con rễ trần đạt 20 - 25% đối với Đước bộp và 30 - 40% đối với Mắm đen. Trồng bằng cây con có bầu nilon đạt 80- 85% đối với Đước bộp và 80-90% đối với Mắm đen. Như vậy, trồng theo phương pháp cây con có bầu nilon có tỷ lệ sống cao hơn nhiều so với phương pháp trồng trực tiếp và trồng bằng cây con có rễ trần (Untawale, 1996).

Siddiqi và cs. (1993) cho rằng mức độ ngập triều và độ mặn thích hợp là nhân tố quan trọng quyết định đến sự sống sót và sinh trưởng của cây con mới trồng. Kết quả thử nghiệm trồng Mắm đen và Bần không cánh bằng cây con trong bầu nilon 6 - 7 tháng tuổi trên bãi mới bồi ven biển tại Bangladesh với các loại cự ly trồng 1,2 m x 1,2 m, 1,5 m x 1,5 m và 1,7 m x 1,7 m cho thấy tỷ lệ sống của Bần không cánh từ 29 - 52%, trung bình 40%, trong khi đó Mắm đen là 70%. Tuy nhiên, sau 6 năm mật độ còn lại chỉ từ 1.100 – 1.600 cây/ha. Theo Aksornkoae (1996) trồng Đước đôi tại Pattani, Thailand với mật độ 10.000 cây/ha (1,0 m x 1,0 m), tỷ lệ sống đạt hơn 80%.

Nhìn chung, những nghiên cứu trồng RNM trên thế giới mới quan tâm nhiều đến việc lựa chọn cơ cấu loài cây và kỹ thuật trồng cho vùng nước mặn, mà chưa quan tâm đến việc lựa chọn cơ cấu loài cây và kỹ thuật trồng ở vùng nước lợ, nhất là các vùng cửa sông, đầm phá ven biển và ao nuôi thủy sản nước lợ ở những nơi có bờ biển sâu, sông ngắn dốc, bãi triều nhỏ, tầng bùn mỏng, bão lũ bất thường làm thay đổi đột ngột dòng chảy, chế độ thủy triều và độ mặn của nước như ở miền Trung Việt Nam, đặc biệt là tỉnh Thừa Thiên Huế.

1.3.2. Những nghiên cứu về rừng ngập mặn tại Việt Nam

1.3.2.1. Điều kiện hình thành rừng ngập mặn

(a) Điều kiện khí hậu

Bờ biển Việt Nam dài 3.260 km, trải dài khoảng 14 vĩ độ, từ 8°25' Bắc (Cà Mau) đến 22°50' Bắc (Móng Cái). Nói chung, rừng ngập mặn đều nằm trong đới khí hậu nhiệt đới. Rừng ngập mặn ven biển nước ta nằm trong hai vùng khí hậu phân biệt khá rõ rệt (Phan Nguyên Hồng, 1991).

Vùng thứ nhất là vùng khí hậu nhiệt đới và á nhiệt đới ở phía bắc nước ta, từ vĩ độ 16° Bắc (Đèo Hải Vân – Đà Nẵng) đến 22°50' Bắc (Móng Cái). Ở vùng khí hậu này chịu ảnh hưởng của chế độ gió mùa thuộc khu vực Đông nam Á. Khí hậu ở đây có hai mùa rõ rệt – mùa nóng mưa nhiều từ tháng 5 – 10; mùa lạnh ít mưa từ tháng 11 năm trước đến tháng 4 năm sau. Trong một năm có 20-25 đợt gió mùa đông bắc, trung bình 3-5 đợt/tháng. Do ảnh hưởng của gió mùa đông bắc từ phía bắc thổi đến, nên nhiệt độ không khí có thể giảm 4-5°C, thậm chí 10°C.

Vùng thứ hai từ đèo Hải Vân (16° Bắc) đến bán đảo Cà Mau (8°25' Bắc). Đây là vùng nhiệt đới gió mùa cận xích đạo. Vùng này không còn chịu ảnh hưởng của gió mùa Đông Bắc. Nhiệt độ trung bình năm từ 26-27°C; tổng nhiệt độ là 9.000 – 10.000 °C/năm. Vùng khí hậu này phân thành hai mùa rõ rệt – đó là mùa mưa và mùa khô. Mùa mưa bắt đầu từ tháng 5 đến tháng 10, còn mùa khô từ tháng 11 năm trước đến tháng 4 năm sau. Chênh lệch nhiệt độ giữa các tháng trong năm từ 3-5°C, giữa các ngày là 1°C.

Nhiệt độ trung bình năm 22,7°C (Móng Cái) đến 27,6°C (Rạch Giá – Kiên Giang). Tổng nhiệt độ cả năm từ 7.500°C (Móng Cái) đến 9.428°C (Cà Mau) và 10.000°C (Kiên Giang). Nói chung, rừng ngập mặn nước ta nằm trong những vùng có sự khác biệt khá lớn về nhiệt độ (Bảng 1- 2).

Bảng 1- 2: Nhiệt độ giữa các vùng ven biển Việt Nam.

Vùng		Số tháng có nhiệt độ trung bình		
		< 20 ⁰ C	20- 25 ⁰ C	> 25 ⁰ C
Bắc	Đông Bắc (Quảng Ninh)	5	2	5
	Đồng bằng Bắc Bộ	4	2	6
	Bắc Trung Bộ	2-3	2-3	9-10
Nam	Nam Trung Bộ	0	3-5	7-9
	Đông Nam Bộ	0	0	12
	Đồng bằng sông Cửu Long	0	0	12

Nguồn: Phan Nguyên Hồng và cs. (1991).

Rừng ngập mặn nước ta nằm trong vùng có lượng mưa phổ biến từ 1.500 – 2.500 mm/năm. Một số vùng có lượng mưa thấp như Ninh Thuận (1.200 mm/năm), Bình Thuận (794 mm- Tuy Phong, 1.152 mm/năm – Phan Thiết), Vũng tàu (1.357 mm/năm). Sự thay đổi lượng mưa cả năm trong vùng rừng ngập mặn được dẫn ra ở Bảng 1- 3.

Cây rừng ngập mặn ở nước ta đều nằm trong khu vực có lượng mưa thuận lợi. Ở khu vực này có thể gặp những rừng đước ở tuổi 60 năm đạt chiều cao 28 m, đường kính 35 cm, năng suất gỗ 8-12 m³/ha/năm, lớn nhất khoảng 13,5 m³/ha/năm.

Bảng 1- 3: Sự thay đổi lượng mưa hàng năm ở vùng ven biển Việt Nam.

TT	Vùng	Lượng mưa (mm/năm)
1	Đông Bắc (Quảng Ninh)	1.749 - 2.016
2	Đồng bằng Bắc Bộ	1.757 - 1.865
3	Bắc Trung Bộ	1.944 - 2.867
4	Nam Trung Bộ	1.152 - 2.290
5	Đông Nam Bộ	1.357 - 1.684
6	Đồng bằng sông Cửu Long	1.473 - 2.366

Nguồn: Phan Nguyên Hồng và cs. (1991).

Nói chung, khí hậu là nhóm nhân tố có ảnh hưởng lớn nhất đến sự phân bố, sinh trưởng và năng suất của rừng ngập mặn ở nước ta. Trong số những nhân tố khí hậu, nhiệt độ, mưa và gió là những nhân tố có ảnh hưởng lớn nhất đến rừng ngập mặn.

(b) Điều kiện thủy văn

Việt Nam có hai hệ thống sông lớn là sông Hồng và sông Cửu Long. Hai hệ thống sông này chiếm 70% lượng dòng chảy của hệ thống sông ngòi ở Việt Nam. Lưu lượng nước của sông Hồng là $3.560 \text{ m}^3/\text{s}$; mỗi năm đưa ra biển 112 tỷ m^3 nước/năm. Hàm lượng chất rắn trong phù sa của sông Hồng là $1.010 \text{ g}/\text{m}^3$ nước, về mùa mưa là $2.000 - 3.000 \text{ g}/\text{m}^3$ nước. Do sông Hồng được bao bọc bởi các đê lớn, nên hàng năm sông Hồng chuyển ra biển Đông khoảng 114 – 130 triệu tấn phù sa, tương đương 80 triệu m^3 đất.

Sông Cửu Long dài 4.220 km. Diện tích lưu vực 795.000 km^2 . Lưu lượng nước 550 – 600 tỷ m^3 /năm. Sông Cửu Long được xếp hạng 9 về độ lớn của các sông trên thế giới. Về mùa mưa lũ, lượng dòng chảy của sông Cửu Long là $34.000 \text{ m}^3/\text{s}$; trong đó một phần nước (khoảng 46 tỷ m^3) đổ vào biển Hồ của Campuchia. Điều đó đã làm giảm lũ lụt ở đồng bằng Nam Bộ của Việt Nam. Lưu lượng nước trung bình năm của sông Cửu Long là $10.700 \text{ m}^3/\text{s}$; mỗi năm đưa ra biển 337 tỷ m^3 nước/năm. Hàm lượng chất rắn trong phù sa của sông Cửu Long là $232 \text{ g}/\text{m}^3$ nước, về mùa mưa là $300 \text{ g}/\text{m}^3$ nước, về mùa khô là $100 \text{ g}/\text{m}^3$. Hàng năm sông Cửu Long chuyển ra biển Đông khoảng 127 – 139 triệu tấn phù sa.

Mùa lũ ở sông Cửu Long bắt đầu từ tháng 9 và kết thúc vào tháng 11, đỉnh lũ vào tháng 9 hoặc tháng 10. Về mùa lũ, lượng nước chảy chiếm 60-65% tổng lượng nước của sông Cửu Long. Một phần nước lũ làm ngập lụt đồng bằng sông Cửu Long, còn lại khoảng 60-70 triệu tấn phù sa đưa ra biển (Nguyễn Viết Phổ, 1999; dẫn theo Phan Nguyên Hồng và cs., 1991).

Tóm lại, hàng năm hệ thống sông ngòi nước ta đưa ra biển Đông khoảng 839 tỷ m³ nước ngọt, 200 triệu tấn bùn cát, 100 triệu tấn chất hòa tan. Trung bình khoảng 15-20 km bờ biển có một cửa sông.

(c) Điều kiện thủy triều

Thủy triều là sự lên xuống hàng ngày của nước biển. Trên vùng biển Đông có 4 loại thủy triều khác nhau. Đó là nhật triều, bán nhật triều, nhật triều không đều và bán nhật triều không đều; trong đó hai loại sau là do sự pha trộn của nhật triều và bán nhật triều. Nhật triều là sự lên xuống một lần của nước biển trong một ngày đêm. Bán nhật triều là sự lên xuống của nước biển 2 lần trong một ngày đêm.

Nhật triều xuất hiện rõ nhất ở khu vực từ Móng Cái (Quảng Ninh) đến Đồ Sơn (Hải Phòng); trong đó biên độ triều lớn nhất là 4-4,5 m. Nhật triều không đều xuất hiện ở vùng biển bắc Trung Bộ từ Thanh Hóa đến Hà Tĩnh. Bán nhật triều không đều xuất hiện ở vùng biển từ Hà Tĩnh đến Huế. Biên độ triều ở khu vực bắc Trung Bộ từ Thanh Hóa đến Huế là 3 m, giảm dần từ 3 m (Thanh Hóa) đến 0,5-0,7 m (cửa Thuận An - Huế).

Vùng biển Nam Trung Bộ từ Đà Nẵng đến Bình Thuận có chế độ thủy triều thay đổi khá phức tạp. Bán nhật triều không đều xuất hiện ở vùng biển Quảng Nam – Đà Nẵng. Từ Quảng Ngãi đến Bình Định xuất hiện nhật triều không đều. Từ Phú Yên đến Bình Thuận xuất hiện bán nhật triều không đều.

Vùng biển Bà Rịa – Vũng Tàu và Cần Giờ (Tp. Hồ Chí Minh) hoạt động theo chế độ bán nhật triều. Thủy triều ở đây lên xuống 2 lần trong một ngày đêm; trong đó một con nước “dở”, còn một con nước chính với biên độ thủy triều 3,6 – 4,0 m. Biên độ triều cao nhất trong năm rơi vào các tháng 9, 10, 11 và 12. Mức nước triều thấp nhất vào các tháng 5-6. Vùng biển đồng bằng sông Cửu Long hoạt động theo chế độ bán nhật triều với biên độ 2-3 m. Khi triều cường, tốc độ truyền triều là 6,9 m/s. Từ khu vực phía tây bán đảo Cà Mau (cửa

sông Bảy Háp) đến Hà Tiên (Kiên Giang), thủy triều hoạt động theo chế độ nhật triều với biên độ 0,7-1,0 m. Vùng biển từ đất Mũi đến cửa sông Bảy Háp (Cà Mau) là vùng hỗn hợp giữa bán nhật triều và nhật triều.

(d) Điều kiện sóng biển

Các cửa sông và bãi triều chịu ảnh hưởng rất lớn của sóng biển. Hướng sóng biển ở Việt Nam thay đổi theo hai mùa. Về mùa mưa từ tháng 4 - 9, sóng biển ưu thế là hướng đông bắc. Về mùa khô từ tháng 10 năm trước đến tháng 3 năm sau, sóng biển ưu thế là hướng đông nam. Độ cao trung bình của sóng biển là 1,5-2,5 m; khi biển động là 3-4 m; khi gió bão là 6-7 m. Do ảnh hưởng của sóng biển, các vật liệu lơ lửng được lắng đọng tại chỗ. Những hạt cát nặng hơn sẽ lắng đọng trước. Những hạt sét và thịt nhẹ được sóng mang vào sâu và trầm tích ở những vùng cửa sông. Do ảnh hưởng của sóng biển, cát tập trung lại thành những đụn cát. Sau đó những đụn cát cao dần và nhô lên khỏi mặt nước biển. Dưới ảnh hưởng của nắng và gió, cát khô dần và di động theo gió để hình thành những cồn cát di động hoặc bán di động. Nói chung, những bãi triều ở khu vực ven biển nước ta được hình thành do ảnh hưởng của thủy triều, sóng biển, dòng chảy ven bờ và gió biển.

(e) Điều kiện dòng chảy đại dương

Các dòng nước đại dương hình thành do ảnh hưởng của hiện tượng tự quay của trái đất, gió và từ trường trái đất. Chúng cũng có ảnh hưởng không nhỏ đến sự phát sinh và phát triển của các quần xã rừng ngập mặn ven biển.

Gió tây nam đưa dòng chảy từ biển Ấn Độ Dương qua vùng biển Indonesia và Malaysia lên vùng biển Nam Bộ Việt Nam. Vì thế, thành phần thực vật ở ven biển đồng bằng sông Cửu Long tương tự như khu vực Đông Nam Á. Thực vật ưu thế là Đước (*Rhizophora apiculata*), Đưng (*Rhizophora mucronata*), Vẹt tách (*Bruguiera paviflora*), Vẹt trụ (*Bruguiera cylindrica*) ...

Dòng chảy từ phía nam lên phía bắc Việt nam đến vĩ tuyến 12⁰ Bắc thì chuyển ra biển. Ở phía bắc nước ta, dòng chảy ven bờ di chuyển theo hướng từ Bắc xuống Nam hoặc Đông Bắc – Tây Nam đến vĩ tuyến 12⁰ Bắc. Chính do sự khác biệt về khí hậu và dòng chảy, nên thành phần thực vật ven biển ở phía Bắc khác với phía Nam.

(g) Sự phụ thuộc của cây RNM vào điều kiện độ mặn của nước biển

Theo Phan Nguyên Hồng và cs. (1993), cây rừng ngập mặn Việt Nam bao gồm hai nhóm loài. Một là nhóm loài cần biên độ muối rộng. hai là nhóm loài cần biên độ muối hẹp. Những loài cây cần biên độ muối rộng bao gồm 3 nhóm nhỏ. Nhóm chịu độ mặn cao từ 10-35‰. Chẳng hạn: Mắm trắng (*Avicennia alba*), Mắm lười đồng (*Avicennia officinalis*), Mắm quăn (*Avicennia lanata*), Mắm biển (*Avicennia marina*), Vẹt trụ (*Bruguiera cylindrica*), Đàng (*Rhizophora stylosa*), Đưng (*Rhizophora mucronata*), Dà quánh (*Ceriops decandra*). Nhóm cây chịu độ mặn trung bình từ 15-30‰. Chẳng hạn: Đước (*Rhizophora apiculata*), Vẹt tách (*Bruguiera paviflora*), Vẹt dù (*Bruguiera gymnorhiza*), Sú (*Aegiceras corniculatum*). Nhóm cây chịu độ mặn thấp như Trang (*Kandelia candel*), Ô rô (*Acanthus ilicifolius*).

Nhóm cây cần biên độ muối hẹp bao gồm 4 nhóm nhỏ. Nhóm cây thân gỗ mọc nước, chịu độ mặn từ 20-33‰. Chẳng hạn: Bần ôi (*Sonneratia ovata*). Nhóm cây thảo mọc nước, chịu độ mặn cao từ 25-35‰ như Muối biển (*Suaeda maritima*), Sam biển (*Sesuvium portulacastrum*) ...Nhóm cây sống ở nước lợ điển hình với độ mặn từ 5-15‰ như Dừa nước (*Nypa fruticans*), Bần chua (*Sonneratia alba*), Mái dầm (*Aglaodora griffithii*), Na biển (*Annona glabra*), Mây nước (*Flagellaria indica*). Nhóm cây chịu đất lợ sống trên cạn, độ mặn thấp (1-10‰).

(h) Điều kiện chất rắn và độ đục

Ở vùng ven biển Đông Bắc, mặc dù có mật độ sông dày đặc (30 sông lớn

nhỏ), nhưng lưu lượng nước thấp (3,07-23,5 m³/s. Về mùa khô, hàm lượng bùn cát lơ lửng là 3,5 g/m³, còn hàm lượng bùn cát lớn nhất về mùa mưa là 189 g/m³. Đối với vùng ven biển đồng bằng Bắc Bộ, hàm lượng bùn cát lơ lửng về mùa khô là 50-100 g/m³, còn mùa mưa là 200-500 g/m³. Đối với vùng ven biển Bắc Trung Bộ, hàm lượng bùn cát lơ lửng về mùa khô là 5-10 g/m³, còn mùa mưa là 20-100 g/m³. Ở vùng ven biển Bà Rịa – Vũng Tàu, hàm lượng bùn cát lơ lửng về mùa khô là 10-20 g/m³, còn mùa mưa là 40-100 g/m³. Đối với vùng ven biển đồng bằng sông Cửu Long, hàm lượng bùn cát lơ lửng về mùa khô là 10-50 g/m³, còn mùa mưa là 80-150 g/m³. Ở khu vực bán đảo Cà Mau, hàm lượng bùn cát lơ lửng về mùa khô là 200-423 g/m³, còn mùa mưa là 256-550 g/m³.

Điều kiện thuận lợi nhất cho sự sống của cây ngập mặn là nơi có hàm lượng bùn sét giàu chất hữu cơ như ở cửa các con sông của đồng bằng sông Cửu Long, đặc biệt ở khu vực bán đảo Cà Mau.

(h) Thành phần cấp hạt của các trầm tích bề mặt bãi triều cao

Hàm lượng sét cao nhất xuất hiện ở cửa sông của khu vực bán đảo Cà Mau (56-60%), kế đến là cửa sông Thái Bình và sông Bạch Đằng (15-30%), sông Đồng Nai (15-25%), sông Cửu Long (12-22%), sông Hồng (10-15%), sau cùng là các cửa sông ở miền Trung (<1%). Hàm lượng cát cao nhất ở các cửa sông miền Trung (80-95%), kế đến là vùng Đông Bắc (12-15%), sông Hồng (6-10%), sông Cửu Long (5-10%), sông Thái Bình (3-12%), sông Đồng Nai (2,5-10%).

(i) Tính chất hóa học và chất khoáng (N, P) hòa tan trong nước

Số liệu về pH, N và P hòa tan ở các cửa sông của vùng ngập triều được dẫn ra ở **Bảng 1- 4**.

Bảng 1- 4: Tính chất hóa học và các chất hòa tan trong nước vùng triều ven biển Việt Nam.

Vùng	pH _{H2O}	N (mg/lít)	P (mg/lít)
Đông Bắc (Quảng Ninh)	6,85-7,33	0,121-0,514	0,008-0,010
Đồng bằng sông Hồng	7,68-8,04	0,225-0,268	0,001-0,009
Ven biển miền Trung	6,90-7,90	0,100-0,320	0,001-0,005
Đông Nam Bộ (Bà Rịa – Vũng Tàu - Cần Giờ)	6,62-7,48	0,585-1,170	0,032-0,073
Đồng bằng sông Cửu Long	6,80-7,30	0,108-0,284	0,002-0,005

Nguồn: Phan Nguyên Hồng và cs. (1993).

Trong nước vùng triều, độ pH của nước về mùa mưa là trung tính hoặc gần trung tính, còn mùa khô pH = 7 hoặc có nơi kiềm yếu (pH = 8,04) như ở cửa sông Hồng. Độ hòa tan (N, mg/lít) cao nhất ở khu vực cửa sông Bà Rịa – Vũng Tàu và Cần Giờ Tp. Hồ Chí Minh (0,585-1,170 mg/lít). Nguyên nhân có thể là do ảnh hưởng của các chất thải từ những thành phố và khu công nghiệp. Độ hòa tan thấp nhất ở cửa sông Cửu Long (0,108-0,284 mg/lít). Phốtpho hòa tan (P, mg/lít) trong nước ở mức thấp và ít thay đổi giữa các vùng (0,001-0,073 mg/lít).

(j) Hàm lượng N, P và C hữu cơ và S dạng sunfua trong các trầm tích

Số liệu về N, P, C hữu cơ và S dạng sunfua trong trầm tích được dẫn ra ở **Bảng 1- 5** và **1- 6**.

Bảng 1- 5: Hàm lượng N, P và C hữu cơ trong các trầm tích ở vùng bãi triều ven biển Việt Nam.

Vùng	C%	N (%)	P (%)
Đông Bắc (Quảng Ninh)			
+ Tiên Yên – Hà Cối	1,0-2,2	0,10-0,18	0,03-0,06
+ Bạch Đằng	1,2-2,8	0,12-0,25	0,03-0,07
Đồng bằng sông Hồng	0,4-1,2	0,08-0,14	0,07-0,12
Ven biển miền Trung	0,5-1,5	0,10-0,20	0,06-0,08

Đông Nam Bộ (Bà Rịa – Vũng Tàu - Cần Giờ)	1,5-3,0	0,15-0,25	0,02-0,05
Đồng bằng sông Cửu Long	0,5-1,5	0,10-0,15	0,05-0,08

Nguồn: Phan Nguyên Hồng và cs. (1993)

Nói chung, hàm lượng Carbon hữu cơ trong các trầm tích ở vùng bãi triều ven biển đều thấp, cao nhất ở khu vực Đông Bắc và Đông Nam Bộ (Bà Rịa – Vũng Tàu – Cần Giờ) vào khoảng 2,8-3,0%. Hàm lượng đạm tổng số ở mức trung bình, cao nhất ở khu vực Đông Bắc và vùng Đông Nam Bộ là 0,25%. Hàm lượng P₂O₅ tổng số cao nhất ở khu vực sông Hồng (0,07-0,12%), kế đến là khu vực miền Trung (0,06-0,08%) và đồng bằng sông Cửu Long (0,05-0,08%), thấp nhất ở khu vực Bà Rịa – Vũng Tàu – Cần Giờ (0,02-0,05%) và Quảng Ninh (0,03-0,07%). Hàm lượng sunfua trong trầm tích ở các bãi triều ven biển cũng khác nhau; trong đó cao nhất ở khu vực Đông Bắc và Bà Rịa – Vũng Tàu – Cần Giờ (1,0-4,5%), thấp nhất ở khu vực miền Trung và sông Cửu Long.

Bảng 1- 6: Hàm lượng tổng số lưu huỳnh dạng sunfua trong các trầm tích ở vùng bãi triều ven biển Việt Nam.

Vùng	Hàm lượng sunfua (%)		
	Tầng 0-20 cm	Tầng tích tụ sunfua	
		Độ sâu (cm)	%
Đông Bắc (Quảng Ninh)			
+ Tiên Yên – Hà Cối	0,5-1,5	20-50	1,0-3,5
+ Bạch Đằng	0,5-2,5	20-60	1,5-4,5
+ Đồng bằng sông Hồng	0,15-0,40	50-60	0,3-1,0
+ Ven biển miền Trung	< 0,05	30-50	0,05-0,10
+ Đông Nam Bộ (Bà Rịa – Cần Giờ)	0,5-2,0	30-80	1,0-3,5
+ Đồng bằng sông Cửu Long	0,05-0,30	50-80	0,20-1,0

Nguồn: Phan Nguyên Hồng và cs. (1993)

(k) Điều kiện địa hình

Vùng Đông Bắc (Quảng Ninh) có địa hình bờ biển khúc khuỷu, dài 250 km. Đây là vùng bị sụt lún vào giai đoạn biển tiến cuối cùng sau thời kỳ băng hà lần cuối. Kết quả tạo thành các vụng và vịnh khá sâu. Sản phẩm bồi tụ của các sông không đủ để lấp đầy khu vực sụt lún này. Những con sông ở đây đều nhỏ, hẹp, bờ sông dốc, cửa sông hình phễu. Những bãi triều hình thành từ quá trình bào mòn của các dòng thủy triều lên xuống. Vì thế, những bãi triều ở đây đều mỏng, bị chia cắt bởi các lạch dạng cành cây theo hướng vuông góc với bờ biển. Địa hình lồi lõm, không phẳng, độ dốc từ 3- 5⁰. Những kết quả nghiên cứu cho thấy, quá trình bồi tụ và xói mòn ở đới triều cao sau 60 năm (1936-1996) đạt 3.439 ha, nhưng quá trình xói mòn do hoạt động của thủy triều đã làm mất đi 3.631 ha. Như vậy, mỗi năm đới triều cao đã làm bào mòn 3,2 ha đất. Ở đới triều thấp, diện tích đất bồi tụ là 3.022 ha, còn diện tích đất bị xói mòn là 4.072 ha. Như vậy, mỗi năm đới triều thấp đã làm bào mòn 18 ha đất.

Bờ biển vùng đồng bằng Bắc Bộ dài 200 km. Những bãi triều ven biển đồng bằng Bắc Bộ khá rộng, bằng phẳng, nơi dốc từ 2-3⁰ nghiêng ra biển. Ở đây có nhiều cồn cát xen lẫn bãi triều. Cửa sông có dạng hình phễu.

Ở vùng ven biển miền Trung, địa hình có những bãi bồi khá dốc (5-8⁰), hẹp và nhiều cát. Bờ biển trống trải, lộng gió, nhiều đụn cát và cồn cát di động nằm sát bờ biển. Vì thế, những cửa sông thường bị cát lấp đầy. Kết quả hình thành những đầm phá lớn nhỏ khác nhau như đầm phá Tam Giang – Cầu Hai (Huế).

Ở vùng ven biển Bà Rịa – Vũng Tàu – Cần Giờ, địa hình có những bãi bồi rộng, xung quanh hơi cao và nghiêng vào trung tâm tạo thành địa hình dạng lòng chảo. Tổng diện tích bãi bồi là 40.000 ha. Sông có lưu lượng nước không lớn, ít phù sa. Vì thế, phù sa đã tạo thành 60 đảo nhỏ hay cù lao nhỏ, các cù lao được ngăn cách bởi các lạch triều. Các bãi bồi ở đây được hình thành chủ yếu do nước biển và thủy triều. Cửa sông cũng có dạng hình phễu.

Ở vùng ven biển đồng bằng sông Cửu Long, địa hình có những bãi bồi rất rộng. Chúng được hình thành bởi phù sa của hệ thống sông Cửu Long. Địa hình bằng phẳng đến hơi dốc về phía biển Đông. Xen lẫn nhiều bãi bồi rộng, bằng phẳng là những dải đất cát cao 3 m và cồn cát cao 5 m so với mặt biển. Dân cư địa phương gọi những cồn cát này là những đồng cát. Nói chung, các bãi triều ở đây được hình thành do kết quả hoạt động của dòng nước đại dương, thủy triều và sóng biển ven bờ. Tốc độ bồi tụ đất ven bờ biển và cửa sông rất lớn, trung bình 20 m/năm. Tốc độ bồi tụ đất ven bờ biển ở tỉnh Bến Tre là 40 m/năm. Độ cao của bán đảo Cà Mau là 1-2 m so với mặt biển. Do ảnh hưởng phối hợp của phù sa từ sông Mê Kông, dòng hải lưu ở biển Đông và vịnh Thái Lan, nên mỗi năm tốc độ bồi tụ đất ven bờ biển ở phía tây huyện Ngọc Hiển là 60 m (khoảng 136 ha/năm). Tốc độ bồi tụ đất ven bờ biển ở khu vực sông Cửa Lớn sau 60 năm là 4.303 ha, trung bình 72 ha/năm, ở cửa sông Bảy Háp là 59 ha/năm.

(1) Điều kiện đất

Đất ở ven biển Việt nam bao gồm các loại đất và loại phụ như đất phù sa ngập mặn, đất phù sa ngập mặn phèn tiềm tàng và đất than bùn ngập mặn phèn tiềm tàng.

Loại đất phù sa ngập mặn thường phân bố ở cửa sông, nhiều nhất ở cửa Hồng và sông Cửu Long. Thành phần thực vật ở đây ưu thế là bần chua (*Sonneratia caseolaris*). Những bãi bồi mới hình thành dạng bùn loãng thuộc khu vực bán đảo Cà Mau cũng là đất phù sa ngập mặn không có phèn tiềm tàng. Thực vật tiên phong là Mắm trắng (*Avicennia alba*). Các loài Mắm biển, Mắm đen, Mắm quăn thường mọc ở những bãi bồi ven sông và kênh rạch.

Đất phù sa ngập mặn phèn tiềm tàng thường phân bố ở vùng ven biển Đông Bắc (Quảng Ninh), Bà Rịa – Vũng tàu – Cần Giờ, đặc biệt là bán đảo Cà Mau (165.651 ha). Loại đất này là nơi phân bố của nhiều loài cây như đước, vẹt, dà và trang (*Kandelia candel*) ...

Đất than bùn ngập mặn phèn tiềm tàng thường phân bố rải rác ở huyện Ngọc Hiển (Cà Mau) và Kiên Giang. Hàm lượng chất hữu cơ ở tầng đất mặt là 25%, dày 30cm. Loại đất này là nơi phân bố của nhiều loài cây gỗ như Cóc đỏ (*Lumnitzera littorea*), Cóc vàng (*Lumnitzera racemosa*), Cóc hồng (*Lumnitzera rosea*) ...

Nói chung, đất ngập mặn ven biển chứa rất nhiều cát. Những đất có hàm lượng cát từ 80-90% (đất cát pha) chỉ thích hợp với cây Mắm biển (*Avicennia marina*). Rừng ngập mặn chỉ sinh trưởng tốt trên đất sét và đất sét pha (nhiều bùn). Sự xuất hiện rừng ngập mặn còn tùy thuộc vào độ thành thực của đất (tỷ lệ (%) nước trong đất so với trọng lượng đất). Khi độ thành thực của đất lớn hơn 4 thì đất rất loãng, nhiều nước; do đó chúng không thích hợp với cây ngập mặn. Cây ngập mặn chỉ xuất hiện trên đất có độ thành thực nhỏ hơn 4, mọc tốt trên đất có độ thành thực từ 1-1,4. Trên những đất thành thực thường xuất hiện các loài cây như Đước (*Rhizophora apiculata*), Đước vôi (*R. stylosa*)... Khi độ thành thực của đất nhỏ hơn 0,4, đất rắn chắc nhiều sét, thì cây ngập mặn sinh trưởng kém và bị thay thế dần bởi những loài cây khác. Khi đất chứa ít chất hữu cơ (<1%) hoặc quá nhiều chất hữu cơ (>25%), thì cây rừng ngập mặn cũng sinh trưởng kém.

1.3.2.2. Phân bố rừng ngập mặn ở Việt Nam

Phan Nguyên Hồng và cs. (1993) đã phân chia rừng ngập mặn Việt Nam thành 4 khu vực và 12 tiểu khu. Khu vực I là vùng ven biển Đông Bắc. Khu vực này phân bố từ mũi Ngọc (Quảng Ninh) đến mũi Đồ Sơn (Hải Phòng). Khu vực II là vùng ven biển đồng bằng Bắc Bộ. Khu vực này phân bố từ mũi Đồ Sơn (Hải Phòng) đến mũi Lạch Trường (Nam Định-Thanh Hóa). Khu vực III là vùng ven biển Trung Bộ. Khu vực này phân bố từ mũi Lạch Trường đến mũi Vũng Tàu (Bà Rịa – Vũng Tàu). Khu vực IV là vùng ven biển Nam Bộ. Khu vực này phân bố từ mũi Vũng Tàu đến mũi Núi (Hà Tiên – Kiên Giang).

Nhìn chung, đây là vùng có điều kiện môi trường rất thuận lợi cho rừng ngập mặn. Hệ thực vật phong phú nhất, nhiều loài cây đạt kích thước lớn, năng suất rừng cao nhất so với rừng ngập mặn ở những vùng khác.

1.3.2.3. Đặc điểm của các quần xã thực vật ở rừng ngập mặn Việt Nam

Về mặt cấu trúc, các quần xã rừng ngập mặn chỉ có 1 tầng, số loài cây gỗ hình thành quần xã rất ít (1-3 loài ưu thế). Theo Thái Văn Trùng (1999), các quần xã thực vật ở rừng ngập mặn được phân nhỏ thành quần hợp thực vật. Quần xã thực vật là tập hợp những cá thể của hai loài cây trở lên sống trong một không gian nhất định. Xã hợp là quần xã thực vật có nhiều loài cây cùng chung sống trong một không gian nhất định. Quần hợp thực vật là một quần xã thực vật, trong đó số cá thể của 1-2 loài cây chiếm 90% số cá thể của tầng ưu thế sinh thái.

1.3.2.4. Năng suất của rừng ngập mặn Việt Nam

Cho đến nay số liệu về sinh khối của rừng ngập mặn được nghiên cứu chủ yếu cho loài Đước đôi (*Rhizophora apiculata*) ở khu vực Cần Giờ và Cà Mau. Theo Nguyễn Hoàng Trí (1999), tổng sinh khối của rừng Đước ở Cà Mau thay đổi tùy theo nguồn gốc và tuổi rừng. Tổng sinh khối ở rừng trưởng thành là 276,8 tấn/ha. Tổng sinh khối của rừng nhân tạo 6-8 năm là 33,8 tấn/ha; năng suất trung bình 4,8 tấn/ha/năm. Tổng sinh khối của rừng tái sinh tự nhiên ở tuổi 7-8 năm là 14,4 tấn/ha; năng suất trung bình 1,93 tấn/ha/năm. Theo Viên Ngọc Nam (1998), tổng sinh khối khô của rừng Đước ở Cần Giờ tăng dần theo tuổi; trong đó ở tuổi 4, 8, 12 và 21 năm tương ứng là 16,9 tấn/ha, 92,2 tấn/ha, 119,72 tấn/ha, 148,26 tấn/ha và 148,71 tấn/ha. Năng suất sinh khối trung bình năm ở tuổi 4, 8, 12 và 21 năm tương ứng là 4,2 tấn/ha, 11,5 tấn/ha, 10,0 tấn/ha và 7,0 tấn/ha.

Cho đến nay những số liệu nghiên cứu về sinh trưởng của rừng ngập mặn ở nước ta còn rất hạn chế. Những kết quả nghiên cứu cho thấy sinh trưởng của rừng ngập mặn thay đổi tùy theo loài cây, tuổi, cấp đất, kiểu rừng và vị trí địa

lý. Tại Cần Giờ Tp. Hồ Chí Minh, tăng trưởng trung bình về đường kính của loài Đước ở tuổi 8 là 0,46 cm/năm, tuổi 16 là 0,81 cm/năm và tuổi 21 là 0,53 cm; trung bình 0,51 cm (Viên Ngọc Nam, 1998). Theo Phạm Trọng Thịnh (2004), sinh trưởng đường kính và chiều cao của rừng Đước đôi ở ven biển Nam Bộ thay đổi tùy theo tuổi. Ở tuổi 5 năm, đường kính và chiều cao đạt tương ứng là 2,6cm và 3,1 m; tăng trưởng trung bình tương ứng là 0,51cm/năm và 0,62 m/năm. Tương tự, ở tuổi 30 năm Đước đôi đạt 14cm về đường kính (trung bình 0,47cm/năm) và 13,6 m về chiều cao (trung bình 0,47 m/năm).

1.3.2.5. Khối lượng và tốc độ phân hủy vật rụng ở rừng ngập mặn

Vật rụng hay sản phẩm rơi rụng của rừng ngập mặn là những phần bị loại bỏ của thực vật trong quá trình sống. Vật rụng tích lũy trên sàn rừng bao gồm lá, hoa quả, cành nhánh và thân cây đã chết. Vật rụng ở rừng ngập mặn thay đổi tùy theo loài cây, ngày trong tháng, mùa trong năm, tuổi cây và vị trí địa lý. Trữ lượng vật rụng khô trung bình ở rừng Đước Cà Mau là 10,65 tấn/ha (Nguyễn Hoàng Trí, 1999), còn trị số này ở Cần Giờ là 7,43 tấn/ha (Viên Ngọc Nam, 1998).

Khối lượng vật rụng thay đổi theo tuổi rừng. Kết quả nghiên cứu của Viên Ngọc Nam (1998) cho thấy khối lượng vật rụng ở rừng Đước 4 tuổi tại Cần Giờ là 3,4 tấn/ha, tăng lên 12,46 tấn/ha ở tuổi 8, còn ở tuổi 12, 16 và 21 giảm tương ứng còn 6,29 tấn/ha, 7,68 tấn/ha và 6,45 tấn/ha.

Khối lượng vật rụng thay đổi theo thời gian trong năm. Vật rụng của rừng Đước thường tập trung vào tháng 2, 8, 9 và 11; trong đó trị số lớn nhất vào tháng 8 (0,77 tấn/ha), thấp nhất vào tháng 6 (0,48 tấn/ha). Vật rụng trung bình năm là 0,46 tấn/ha/năm (Viên Ngọc Nam, 1998).

Những nghiên cứu cho thấy tốc độ phân hủy vật rụng ở rừng ngập mặn thay đổi tùy thuộc vào thành phần và trạng thái của vật rụng, tuổi cây và điều kiện môi trường (khí hậu, địa hình, đất...). Tốc độ phân hủy vật rụng ở rừng

Được diễn ra nhanh nhất là lá khô (1,93-2,85 g/ngày), kế đến là lá vàng (1,98-2,61 g/ngày), lá xanh (1,03-1,66 g/ngày), sau cùng là gỗ (0,0001-0,01 g/ngày) (Nguyễn Hoàng Trí, 1999). Nghiên cứu của Viên Ngọc Nam (1998) cho thấy tỷ lệ vật rụng ở rừng Được bị phân hủy hoàn toàn sau 1 năm thay đổi tùy theo tuổi; trong đó trị số lớn nhất ở tuổi non và trưởng thành (96,4% - 4 tuổi, 93,49% - 21 tuổi), diễn ra chậm ở tuổi trung niên - tương ứng ở tuổi 8, 12, 16 là 90,53%, 90,36% và 90,83%.

Những nghiên cứu về năng suất và vật rụng ở rừng ngập mặn nước ta đã chứng tỏ rằng tổng sinh khối của rừng ngập mặn thay đổi tùy theo nguồn gốc rừng; trong đó tổng sinh khối của rừng nhân tạo cao hơn so với rừng tái sinh tự nhiên. Tổng sinh khối cũng thay đổi theo tuổi rừng; trong đó sinh khối của rừng trưởng thành cao hơn rừng non và rừng già. Sinh trưởng và năng suất của rừng ngập mặn thay đổi tùy theo cấp đất. Sự khác biệt về cấp đất phản ánh sự thích nghi của thực vật với môi trường. Khối lượng vật rụng ở rừng ngập mặn thay đổi tùy theo loài cây, ngày trong tháng, mùa trong năm, tuổi cây và vị trí địa lý. Tốc độ phân hủy vật rụng ở rừng ngập mặn thay đổi tùy thuộc vào thành phần và trạng thái của vật rụng, tuổi cây và điều kiện môi trường (khí hậu, địa hình, đất...). Sản phẩm của rừng ngập mặn không chỉ là nguồn lợi cho con người, mà còn là nguồn vật chất nuôi sống hải sản (tôm, cá...) và làm cân bằng hệ sinh thái ở vùng ven biển.

1.3.2.6. Phân chia lập địa rừng ngập mặn

Lập địa rừng (Forest Site) là tổng hợp những yếu tố hình thành rừng (Khí hậu, địa hình, đất, thảm thực vật, hoạt động của con người...). Theo Thái Văn Trùng (1999), nhân tố sinh thái phát sinh RNM bao gồm 3 nhóm: (i) tính chất lý hóa của đất, (ii) cường độ và thời gian ngập triều và (iii) độ mặn của nước. Phan Nguyên Hồng (1999) cho rằng 6 nhân tố sinh thái ảnh hưởng đến RNM là khí hậu, thủy triều, độ mặn, thềm nền, địa hình, các nhân tố sinh học.

Ngô Đình Quế (2003) đã phân chia các cấp phân vị đối với đất vùng ven biển ngập mặn ở Việt Nam theo hệ thống: Miền > Vùng > Tiểu vùng và dạng lập địa. Miền lập địa được phân chia theo sự khác biệt về nhiệt độ, lượng mưa/năm. Kết quả phân chia ba miền lập địa là Bắc, Trung và Nam. Vùng lập địa được phân chia theo sự khác biệt về nhiệt độ, lượng mưa và phân bố của các loài cây ngập mặn thực thụ chủ yếu. Kết quả phân chia 6 vùng lập địa: Đông Bắc Bộ, Đồng bằng Bắc Bộ, Bắc Trung Bộ, Nam Trung Bộ, Đông Nam Bộ và Tây Nam Bộ. Tiểu vùng lập địa được phân chia theo sự khác biệt về độ mặn của nước, sản phẩm bồi tụ và đặc điểm địa hình để phân chia. Dạng lập địa được phân chia theo sự khác biệt về chế độ ngập triều, độ thành thực của đất, loại đất để phân chia.

Đối với lập địa khó khăn ở vùng ven biển miền Bắc, Đoàn Đình Tam (2011) đã lựa chọn 4 yếu tố chính là chế độ ngập triều, loại đất, thành phần cơ giới và độ thành thực của đất để làm cơ sở phân chia lập địa. Theo đó, vùng ven biển miền Bắc được chia thành 18 dạng lập địa chính của 02 loại đất (ngập mặn không có phèn tiềm tàng và ngập mặn phèn tiềm tàng trung bình và yếu) được ghép thành 4 nhóm dạng lập địa tương ứng với các mức độ là ít khó khăn: 70.854ha (chiếm 55,5%); khó khăn: 37.352ha (chiếm 29,3%); rất khó khăn: 13.224ha (chiếm 10,4%); đặc biệt khó khăn: 6.217ha (chiếm 4,9%).

Theo Hoàng Văn Thơi (2020) “Cơ sở khoa học và kỹ thuật trồng rừng ngập mặn ven biển miền Trung và các đảo Nam Trung Bộ, vùng ven biển miền Trung Bộ và Nam Bộ” (VBMT) trải dài hàng ngàn km, với địa hình phức tạp, có nhiều vũng vịnh, cồn cát, nhiều sông suối ngắn và dốc chưa được nghiên cứu về lập địa và phân chia lập địa trồng rừng cho vùng VBMT; dựa trên 4 yếu tố (1) yếu tố thủy triều; (2) yếu tố độ mặn; (3) yếu tố địa hình, địa mạo và; (4) đất có sự khác biệt giữa các điểm khảo sát và có ảnh hưởng trực tiếp đến phân bố và sinh trưởng của cây ngập mặn.

1.3.2.7. Kỹ thuật tạo cây con

Phan Nguyên Hồng và cs. (1999) đã đề xuất sử dụng túi bầu nilon có kích thước 10*25cm để gieo hạt Bần chua. Hoàng Công Đăng (1995) nghiên cứu ảnh hưởng độ che bóng đến sinh trưởng của cây Bần chua trong giai đoạn vườn ươm. Kết quả cho thấy che bóng 25 - 50% giúp cho Bần chua tăng trưởng nhanh về đường kính và chiều cao, tích lũy nhiều ion phốt phát, ion kali và hàm lượng diệp lục a hơn các độ che bóng khác. Theo Lê Xuân Tuấn (1995), độ mặn của nước ảnh hưởng đến sự nảy mầm, tăng trưởng chiều cao và chiều dài rễ cây Bần chua. Độ mặn thích hợp nhất từ 5-15‰, độ mặn cao (30‰) làm giảm tốc độ chiều cao thân và chiều dài rễ của loài cây này.

Đăng Công Bửu (2006) đề xuất sử dụng túi bầu có kích thước 15*25cm với thành phần ruột bầu 70% sét, 20% cát, 0% mùn để gieo ươm hạt/trụ mầm 4 loài cây Vẹt tách, Xu Mekông, Mắm trắng và Dà vôi. Đỗ Xuân Phương (2006) thử nghiệm kỹ thuật ươm loài Đước đôi bằng túi bầu nilon trong vườn ươm nội tại Sóc Trăng với thành phần ruột bầu 80% đất thịt + 20% mùn. Kiều Tuấn Đạt và cs. (2009) đã sử dụng túi bầu ươm cây kích thước 10*20cm và thành phần hỗn hợp ruột bầu là lớp đất mặt + bùn bã vật liệu hữu cơ + vật liệu nặng đá và vụn san hô với tỷ lệ <50% để gieo ươm 5 loài cây Sú đỏ, Dà vôi, Đước, Đàng và Đưng tại Côn Đảo. Đoàn Đình Tam (2011) cho rằng việc sử dụng túi bầu có kích thước 18x25cm sẽ cho hiệu quả kinh tế tốt nhất và có lợi cho sinh trưởng của cây Bần chua. Kết quả nghiên cứu cũng chỉ rõ Bần chua thích hợp nhất ở nơi có thủy triều ra vào thường xuyên với độ ngập triều 20- 25cm, độ mặn từ 1-20‰, không chịu tác động trực tiếp của sóng. Hoàng Văn Thơi và Phạm Trọng Thịnh (2012) khuyến cáo sử dụng túi bầu kích thước 10x18cm, thành phần ruột bầu 80% sét + 20% mùn/tro trấu để tạo cây con các loài Đước đôi, Bần chua, Cóc trắng, Mắm biển, Mắm đen và Dà vôi. Hoàng Văn Thơi (2014, 2020) đã thí nghiệm 4 thành phần hỗn hợp ruột bầu: (1) đối chứng: Đất cát, vụn

san hô; (2) Công thức 1: 75% cát, vụn san hô + đất bùn từ RNM (15%) + phân vi sinh (10%); (3) Công thức 2: 59% cát, vụn san hô + đất bùn từ RNM (30%) + phân vi sinh (10%) + NPK 20:20:15 (1%); (4) Công thức 3: 39% cát, vụn san hô + đất bùn từ RNM (50%) + phân vi sinh (10%) + NPK 20:20:15 (1%). Sau 9 tháng theo dõi, kết quả nghiên cứu cho thấy hỗn hợp bầu theo công thức thích hợp cho gieo ươm các loài cây Mắm biển, Sú đỏ và Đước đôi là 39% cát, vụn san hô + 50% bùn đất RNM + 10% phân vi sinh + 1% NPK (20:20:15). Đối với Dà vôi, Đước bộp và Đước vôi công thức 2 là 59% cát, vụn san hô + 30% bùn + 10% vi sinh + 1% NPK (20:20:15).

1.3.2.8. Kỹ thuật trồng rừng ngập mặn

Ngay sau ngày đất nước thống nhất (1975), hoạt động trồng RNM đã được nhiều địa phương trên cả nước triển khai thực hiện. Ở giai đoạn này, biện pháp kỹ thuật trồng rừng được sử dụng chủ yếu là trồng trực tiếp bằng quả (hoặc trụ mầm), trồng thuần loài và không phân biệt các dạng lập địa trồng rừng, đặc biệt là những lập địa khó khăn. Bộ Lâm nghiệp (1984) đã xây dựng quy phạm kỹ thuật trồng, nuôi dưỡng và bảo vệ rừng Đước (QPN7-84). Năm 2007, Bộ Nông nghiệp và PTNT (2007) đã xây dựng đề án phục hồi và phát triển hệ sinh thái RNM ven biển nhằm phòng chống thiên tai và bảo vệ môi trường.

Tại miền Bắc, vào những năm 1990 của thế kỷ 20, các tỉnh đồng bằng sông Hồng trồng phổ biến là Bần chua hoặc Bần chua + Trang ở bãi triều gần cửa sông; Trang, Mắm biển, hoặc Trang + Đước vôi ở bãi triều xa cửa sông. Nhìn chung, tỷ lệ thành rừng thấp, chỉ xấp xỉ 50%, với loài Trang là chủ yếu. Tại Thừa Thiên Huế, cũng vào đầu những năm 90, bằng nguồn vốn đầu tư của Dự án PAM 4304, ngành lâm nghiệp tỉnh đã trồng hàng chục ha trụ mầm cây Đước đôi trên các bãi bồi ven phá Tam Giang - Cầu Hai, nhưng tất cả đều bị nước lũ cuốn trôi hết. Ở miền Nam, việc trồng RNM được tiến hành sớm (1978). Ty Lâm nghiệp Tp. Hồ Chí Minh đã trồng phục hồi lại RNM Cần Giờ. Cây Đước

đôi được chọn làm loài cây trồng chính, chủ yếu trồng trực tiếp bằng trụ mầm, mật độ trồng 10.000 cây/ha. Trong vòng 17 năm, từ năm 1978 – 1994, đã trồng được 3.441.065 ha rừng Đước, diện tích thành rừng là 15.956 ha (46,37%).

Phan Nguyên Hồng và cs. (1999) đã đề xuất 3 phương pháp trồng rừng Đước đôi. Một là trồng trực tiếp. Cắm trực tiếp trụ mầm sâu 1/3 trái (4 - 6cm) xuống nền bùn. Kỹ thuật này rất đơn giản, giá thành thấp nhưng tỷ lệ sống rất thấp nếu không áp dụng đúng kỹ thuật. Hai là trồng gián tiếp: Cây con được ươm trong túi bầu nilon kích thước 15x20cm, nuôi dưỡng trong vườn ươm từ 3 - 5 tháng, khi cây có 2 - 3 cặp lá thì đem đi trồng, phương pháp này giá thành cao nhưng tỷ lệ sống rất cao. Ba trồng bằng cây con mọc tự nhiên trong rừng, tuy nhiên, cây đã chết sau vài tháng trồng.

Trên cơ sở kế thừa các kinh nghiệm quốc tế và trong nước về xây dựng đai rừng phòng hộ ven biển và các kết quả nghiên cứu của mình, Ngô Đình Quế (2003) đã đề xuất một số giải pháp kỹ thuật xây dựng RNM ven biển gồm: Kỹ thuật cải tạo RNM có chất lượng kém thành rừng phòng hộ; kỹ thuật xây dựng RNM phòng hộ, kỹ thuật nuôi dưỡng rừng phòng hộ.

Nghiên cứu trồng RNM chắn sóng để bảo vệ đê biển trên các lập địa khó khăn vùng ven biển phía Bắc. Đoàn Đình Tam (2011) đã thử nghiệm trồng 6ha RNM trên 2 dạng lập địa khó khăn chủ yếu tại các tỉnh Hải Phòng, Thanh Hóa, Thái Bình. Trên lập địa cát dính và lập địa đất cát pha sỏi đá, ngập triều sâu tiến hành trồng theo tỷ lệ: 1.600 cây Bần (1ha); 800 cây Bần + 800 cây Trang hoặc Mắm (1ha); 625 cây Trang hoặc Mắm (1ha). Trồng theo băng, cây trồng so le, song song với đê biển. Đối với lập địa là cát dính/đất pha sỏi đá, cần cải tạo đất cục bộ theo hố trồng với kích thước 0,6*0,6m*0,6m và thay thế toàn bộ đất cát trong hố bằng đất phù sa giàu dinh dưỡng. Riêng với lập địa bị ngập triều sâu, sóng to gió lớn cần tiến hành đào hố cục bộ kích thước 50*50*50cm. Để giúp

cây trụ vững trước sóng gió, cạnh mỗi cây cần cắm 1 cọc dài 1,5m, sâu 1m rồi dùng dây cột cây vào cọc. Kết quả bước đầu cho thấy cây đã có thể tồn tại được.

Theo Trịnh Văn Hạnh (2011), các giải pháp để hạn chế một số yếu tố tự nhiên không thuận lợi cho việc trồng CNM như đất nghèo dinh dưỡng, gió to, sóng lớn, xói lở. Trước khi trồng rừng, cần tiến hành cải tạo thể nền bằng cách thay thế lớp đất cát bằng lớp phù sa hoặc đất màu giàu dinh dưỡng. Tại các bãi xói lở cần đánh giá nguyên nhân gây ra xói lở, xác định chế độ động lực ven bờ, sau đó triển khai các biện pháp giảm sóng, tạo và ổn định bãi phù hợp với điều kiện cụ thể của từng khu vực. Khi khảo sát thấy sóng đã giảm theo thiết kế, bãi xuất hiện lớp bùn trầm tích phủ trên cát thì mới tiến hành trồng cây.

Hoàng Văn Thoi (2014, 2020) đã thực hiện các thí nghiệm về kỹ thuật trồng RNM trên nền cát, đá, sỏi, vụn san hô. Từ đó tác giả đề xuất lập địa, vật liệu trồng, phương thức trồng, mật độ, tuổi cây và biện pháp bảo vệ cây trồng. Mật độ trồng theo hàng là 5.000 cây/ha; trồng theo cụm 3 cây ($0,7 \times 0,7 \times 0,7$ m); cự ly trồng của các cụm cây là 3×2 m. Tiêu chuẩn cây con trồng là cây con trong túi bầu nilon kích thước 12×25 cm, chiều cao trung bình 30 cm, đường kính gốc trung bình là 1 cm.

Sau thất bại trong việc trồng RNM ở những năm 90 của thế kỷ 20, việc nghiên cứu trồng RNM ở Thừa Thiên Huế tạm thời lắng xuống. Từ năm 2010 đến nay, việc trồng RNM được xúc tiến trở lại thông qua một số đề tài, dự án thử nghiệm gây trồng RNM tại các vùng cửa sông, ven biển, ven phá. Dự án tăng cường RNM nhằm thích ứng với biến đổi khí hậu và bảo tồn đa dạng sinh học vùng đầm phá ven biển tỉnh Thừa Thiên Huế do WWF tài trợ (2012-2014). Hội Khoa học Kỹ thuật lâm nghiệp tỉnh đã gieo ươm và trồng được hơn 23.000 CNM phát triển tốt. Dự án “Thích ứng với biến đổi khí hậu và quản lý tài nguyên nước cấp cộng đồng” ở tỉnh Thừa Thiên Huế do Tổng cục Hợp tác và Phát triển Hà Lan (CSRĐ) tài trợ năm 2011 đã trồng hơn 1 ha RNM ở xã Hương

Phong, thị xã Hương Trà. Tỷ lệ cây sống trung bình đạt khoảng 75%; trong đó cây Bần trắng và Bần chua có tỷ lệ sống đạt 80%. Ngành lâm nghiệp tỉnh Thừa Thiên Huế đã xây dựng hướng dẫn trồng Đước vôi, Trang và Dừa nước ở 2 vị trí trong và ngoài hồ nuôi tôm. Kết quả cho thấy Đước vôi, Trang và Dừa nước trồng trong hồ có tỷ lệ sống cao, chiều cao trung bình lớn hơn trồng ngoài hồ. Nguyên nhân theo tác giả là do cây trồng trong hồ tôm được bờ hồ che chắn nên được bảo vệ tốt hơn cây trồng ở ngoài hồ, phải chịu tác động bất lợi của môi trường (gió mạnh, sóng, thủy triều). Vẹt dù được trồng trong hồ tôm và trồng trong cỏ tốt hơn so với trồng ngoài hồ tôm và trồng ngoài cỏ.

Để bảo vệ và làm tăng tỷ lệ sống của rừng ngập mặn, một số nghiên cứu đã đề xuất xây dựng các hàng rào bảo vệ rừng ngập mặn sau khi trồng. Theo dự án quản lý nguồn tài nguyên thiên nhiên vùng ven biển tỉnh Sóc Trăng, Albers (2012) đã sử dụng hàng rào bằng tre bảo vệ rừng trồng ngập mặn. Tại tỉnh Kiên Giang, Chu Văn Cường và Saron Brown (2012) đã xây dựng các hàng rào bảo vệ rừng ngập mặn bằng cừ Tràm. Nói chung, hai kiểu hàng rào này đã giúp bảo vệ và làm tăng tỷ lệ sống của rừng ngập mặn. Một số kết quả nghiên cứu bước đầu trồng rừng phục hồi hệ sinh thái ngập mặn, điển hình mô hình phục hồi rừng ngập mặn ở đầm nuôi tôm bỏ hoang theo (Đinh Tam Giang, 2015) đã thiết kế mô hình gồm 3 công thức thí nghiệm, mô hình 1 (Trang + Bần chua, mật độ 4000 cây Trang (2m x 2,5m) + 640 cây Bần (4m x 4m), mô hình 2 (Trang + Đước vôi, mật độ 2500 cây Trang (2m x 2m) + 2500 cây Đước vôi (2m x 2m). Mô hình 3 (Trang + Mắm biển, mật độ 2500 cây Trang (2m x 2m) + 2500 cây Mắm (2m x 2m), Đối chứng (Mật độ Đước vôi: 5000 trụ mầm/ha + Trang 10.000 trụ mầm/ha. Kết quả nghiên cứu đạt được sinh trưởng đường kính gốc của cây Trang cao nhất ở mô hình 2, biến động trong khoảng từ 0,83 (2 tuổi) đến 2,1 cm (tuổi 4) và thấp nhất ở mô hình đối chứng Trang và Đước giai đoạn 2 tuổi năm 2010 đến 2012 lần lượt là 0,32 – 1,06 của Trang và

0,53 – 1,78 của Đước. Ở mô hình 2 chiều cao vút ngọn của cây Trang có lượng tăng trưởng bình quân hàng năm đạt giá trị cao nhất là 0,87m/năm và thấp nhất ở mô hình đối chứng là 0,54m/năm. Tỷ lệ sống của cây Trang trong các mô hình sau 3 năm trồng biến động trong khoảng từ 87,7 – 90 % và đối chứng là 73,3%. Trong 4 loài cây thí điểm trồng phục hồi rừng ngập mặn trong các đầm nuôi tôm bỏ hoang tại Quảng Ninh, có thể xếp hạng: Về sinh trưởng đường kính gốc: Bần > Trang > Đước vôi > Mắm; về chiều cao vút ngọn: Đước vôi > Bần > Trang > Mắm; về tỷ lệ sống: Trang > Mắm biển > Đước vôi > Bần. Năm 2018 (Đỗ Quý Mạnh & Bùi Thế Đồi, 2018) bước đầu phân chia đất rừng ngập mặn ven biển tỉnh Thái Bình thành 3 dạng lập địa trên cơ sở các tiêu chí: (i) Thời gian phơi bãi (h/ngày), (ii) Độ mặn, (iii) Tỷ lệ cát, (iv) Độ thành thực của đất. Diện tích dạng lập địa rất khó khăn có diện tích lớn nhất 2.892 ha, dạng lập địa thuận lợi có 814 ha và dạng lập địa khó khăn có thể cải tạo để trồng rừng là 534 ha. Xây dựng mô hình thực nghiệm với diện tích 2 ha trên dạng lập địa khó khăn bước đầu đạt được kết quả các loài cây trong mô hình thực nghiệm đều có tỷ lệ sống rất cao, đạt trên 87%, sinh trưởng chiều cao vút ngọn và đường kính gốc từ mức độ chậm đến nhanh trong đó Trang là loài sinh trưởng chậm nhất, Bần không cánh sinh trưởng nhanh nhất.

1.3.2.9. Giới thiệu về cây Bần trắng

Tên gọi: Bần trắng, Bần đắng

Tên khoa học: *Sonneratia alba* J. E. Smith.

Tên khác: *Chiratia leucantha* Montr., *Mangium caseolare* album Rumph., *Rhizophora caseolaris* Linné, *Sonneratia acida* Benth., *Sonneratia alba* F. Vill., *Sonneratia caseolaris* Engl., *Sonneratia griffithii* (non Kurz) Watson, *Sonneratia iriomotensis* Masamune, *Sonneratia mossambicensis* Klotzsch ex Peters. (Theo Wim Giesen và cs., 2006)

Họ: Bần (*Sonneratiaceae*)

Cây Bần trắng có tên khác là Bần đắng (Phạm Hoàng Hộ, 1999; Phạm Hoàng Hộ, 1999). Tên khoa học là *Sonneratia alba* thuộc họ Bần (*Sonneratiaceae*). Bần trắng là loài thực vật thân gỗ, chiều cao trung bình từ 10 – 15 m, có thể cao đến 25 m. Thân phân chia thành nhiều cành, cành non thường phân thành nhiều đốt phình to, màu đỏ. Gỗ bở và xốp. Rễ cây phát triển mạnh thành gốc to, mọc sâu dưới bùn đất và chắc khỏe. Rễ mọc ra từ thân rễ thành từng khóm quanh gốc. Lá mọc đối xứng, phiến lá hình trái xoan hoặc hình bầu dục, dày nhưng khá giòn.

Lá bần rộng 0,35 – 0,45cm và dài 5 – 10cm, cuống lá có gân giữa nổi rõ, dài khoảng 0,5 – 1,5cm. Hoa mọc thành cụm ở đầu cành, cuống dài từ 0,5 – 1,5cm, cụm hoa dài 5cm và chứa từ 2 – 3 bông nhỏ. Đài hoa có mặt trong màu tím hồng, mặt ngoài màu lục. Cánh hoa thuần ở 2 đầu, màu trắng lục, mỗi hoa gồm khoảng 6 cánh. Quả mọng, khi còn non thường giòn và cứng, khi chín mềm. Quả chín cao khoảng 2 – 3cm, đường kính 5 – 10cm, bên trong chứa nhiều hạt dẹt. Cây bần chỉ sống được ở những rừng ngập mặn. Loài thực vật này có nguồn gốc từ các nước Đông Nam Á và Nam Á nhưng hiện nay đã được di thực ở nhiều khu vực trên thế giới như Châu Đại Dương, Châu Phi và Châu Á.

Là loài tiên phong ở vùng cửa sông, ven biển của rừng ngập mặn, thường xuất hiện chung với Mắm trắng (*Avicennia alba*), không chịu ngập trong nước ngọt vào thời gian dài. Mọc trên các loại đất bùn có pha cát. Thường thấy trong các vùng cửa sông ven biển đối diện với biển. Ra hoa quanh năm. Trái Bần trắng phát tán bằng cách nổi trên mặt nước và theo thủy triều đến khu vực thích hợp để phát triển. Trên đất cao, chặt không thấy rễ thở. Đây là loài cây ngập mặn thực sự.

Ở nước ta, Bần trắng mọc nhiều ở các tỉnh ven biển từ Hải Phòng đến Cà Mau nhưng tập trung nhiều nhất ở khu vực Tây Nam Bộ. Rừng Bần trắng giúp tạo ra hàng rào vững chắc nhằm chắn sóng, chống sạt lở vùng đất ven biển và

giảm thiểu tình trạng ngập mặn. Bần trắng cũng có thể được trồng ở những vùng nước ngọt nhưng thường phát triển kém. Vỏ thân chứa 10 – 20% tannin, archinin, archin, chất màu. Gỗ bần chứa 17,6% pentosan có màu nâu và 8,5% lignin. Quả bần chứa chất màu, archicin, archin, 11% pectin và 2 chất flavonoid.



a: Cây; b: Hoa; c: Trái Bần trắng

Hình 1- 1: Hình ảnh cây Bần trắng

1.3.3. Phương pháp xây dựng các hàm sinh trưởng

Từ các tài liệu tham khảo cho thấy phần lớn những hàm thể tích và hàm sinh khối đối với cây gỗ và rừng nhiệt đới được xây dựng từ những biến dự đoán dễ đo đạc (D và H).

Theo Nguyễn Văn Thêm và cs. (2021), các hàm sinh trưởng được chọn phải thỏa mãn 3 điều kiện: $f(A) = 0$ khi $A = 0$; 1 tiệm cận tại $f(A) = Y_{\text{Max}}$ và 2 điểm uốn. Điểm uốn thứ nhất tương ứng với giai đoạn sinh trưởng chậm chuyển sang giai đoạn sinh trưởng nhanh (Giai đoạn rừng non chuyển sang giai đoạn rừng trung niên). Điểm uốn thứ hai tương ứng với giai đoạn sinh trưởng nhanh chuyển sang giai đoạn sinh trưởng chậm (Giai đoạn rừng trung niên chuyển sang giai đoạn rừng thành thực).

Trước đây nhiều nhà lâm học và điều tra rừng đã sử dụng những hàm thực nghiệm tương đương với hàm lý thuyết để biểu diễn gần đúng quá trình sinh trưởng của cây gỗ và quần thụ. Bảng 1- 7 ghi lại một số hàm thực nghiệm thường được ứng dụng để mô tả quá trình sinh trưởng của cây gỗ và rừng.

Ketterings và cs. (2001) xây dựng các hàm sinh khối theo hàm 1.13; trong đó B = Sinh khối, D = Đường kính ngang ngực. Chave và cs. (2014) đã mô tả mối quan hệ giữa tổng sinh khối trên mặt đất theo D, H của cây gỗ (B_i) bằng hàm (1.14). Meriam Makinano-Saltinlan và cs. (2019) mô tả các thành phần sinh khối của những cây ngập mặn ở Philippine bằng hàm lũy thừa (1.15). Nguyễn Văn Thêm và cs. (2021) đã mô tả mối quan hệ giữa sinh khối trên mặt đất ở mức cây gỗ với D, H bằng hàm (1.15).

Bảng 1- 7: Một số hàm thực nghiệm thường được ứng dụng để mô tả quá trình sinh trưởng của cây gỗ và rừng.

TT	Tên hàm số	Năm	Hình thái của hàm
1	Gompertz	1825	$Y = m \cdot \exp(-b \cdot \exp(-c \cdot A))$
2	Logistic	1838	$Y = m / (1 + b \cdot \exp(-c \cdot A))$
3	Monomolecular		$Y = m \cdot (1 - b \cdot \exp(-c \cdot A))$
4	Schumacher	1939	$Y = m \cdot \exp(-b/A^c)$
5	Korf	1929	$Y = m \cdot \exp(-b \cdot A^{-c})$
6	Korf	1939	$Y = m \cdot \exp((b/(1-c)) \cdot A^{(1-c)})$
7	Weibull		$Y = m \cdot (1 - \exp(-b \cdot A^c))$
8	Bertalanffy	1957	$Y = m \cdot (1 - \exp(-b \cdot A))^3$
9	Chapman – Richards	1959	$Y = m \cdot (1 - \exp(-b \cdot A))^c$
10	Korsun - Strand	1964	$Y = A^2 / (b_0 + b_1 \cdot A + b_2 \cdot A^2)$
11	Sloboda	1971	$Y = m \cdot \exp(-b_1 \cdot \exp(-b_2 \cdot A^{b_3}))$
12	Lũy thừa		$Y = m \cdot A^b$

$$B = a \cdot k \cdot D^b \cdot (b + c) \quad (1.13)$$

$$B_i = a \cdot (D^2H)^b \quad (1.14)$$

$$\text{Log}(B_i) = a \cdot \text{Log}(D) + b \quad (1.15)$$

$$B_i = a + b \cdot D^2 + c \cdot D^3 + d \cdot (D^3/H) \quad (1.16)$$

1.4. Thảo luận

Từ những tài liệu tổng quan cho thấy, phần lớn các nghiên cứu trước đây ở trong và ngoài nước đều tập trung xác định đặc điểm phân bố của RNM, thành phần loài của RNM, cấu trúc và sinh trưởng của RNM, lập địa RNM, kỹ thuật gieo ươm và trồng RNM, năng suất và chu trình vật chất ở RNM. Nhiều nghiên cứu cũng hướng vào phân tích ảnh hưởng của một số yếu tố sinh thái và lập địa đến sinh trưởng của RNM. Ở Việt Nam, nhiều tác giả đã nghiên cứu vùng phân bố, thành phần loài cây và diễn thế của RNM, kỹ thuật trồng một số loài CNM. Hiện nay cũng đã có quy trình trồng RNM. Trong nghiên cứu này, luận án sử dụng những kết quả nghiên cứu này để trồng rừng Bần trắng tại khu vực ven biển của tỉnh Thừa Thiên Huế.

Những nghiên cứu trước đây chỉ tập trung ở RNM thuộc khu vực ven biển miền Bắc và miền Nam, ít chú ý đến khu vực ven biển miền Trung. Hiện nay vẫn còn thiếu những nghiên cứu về RNM ở vùng đầm phá ven biển của tỉnh Thừa Thiên Huế, nơi mà hệ thống sông ngắn, dốc, ít phù sa, thủy triều thấp nhất cả nước và độ mặn thay đổi rất lớn giữa 2 mùa mưa và mùa nắng (2 - 30‰). Trong nghiên cứu này, luận án phân tích sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng trên ba dạng lập địa tại khu vực ven biển của tỉnh Thừa Thiên Huế. Từ đó xác định lập địa thích hợp để trồng rừng Bần trắng.

Từ những tài liệu tổng quan cũng cho thấy, nhiều nghiên cứu trước đây ở Việt Nam đã xác định năng suất và ảnh hưởng của những yếu tố môi trường đến sinh trưởng RNM. Tuy vậy, những nghiên cứu này vẫn chưa làm rõ động thái biến đổi của đặc tính đất và nước dưới tán RNM, cường độ và khuynh hướng của mối quan hệ giữa các yếu tố môi trường với sinh trưởng RNM. Hạn

chế này dẫn đến thiếu thông tin để phân tích vai trò của RNM trong việc bảo vệ và cải thiện môi trường ven cửa sông và ven biển. Trong nghiên cứu này, luận án phân tích động thái biến đổi của một số đặc tính đất và nước dưới tán RNM, cường độ và khuynh hướng của mối quan hệ giữa các đặc tính đất và nước với sinh trưởng RNM. Để làm rõ vấn đề đặt ra, luận án này sử dụng phương pháp sinh thái học thực nghiệm để phân tích mối quan hệ giữa một số đặc tính của đất và nước với sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng. Kết quả nghiên cứu này không chỉ góp phần xây dựng nguyên lý sinh thái đối với RNM, mà còn giúp ích cho việc đề xuất các biện pháp bảo vệ và cải thiện môi trường ở khu vực ven biển thuộc tỉnh Thừa Thiên Huế và miền Trung Việt Nam.

Chương 2

ĐỐI TƯỢNG, NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng và đặc điểm của khu vực nghiên cứu

2.1.1. Đối tượng và địa điểm nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là mối quan hệ giữa đặc tính của đất và nước với sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng trong giai đoạn 4 tuổi. Địa điểm nghiên cứu được đặt tại khu vực Cồn Tè thuộc cửa biển Thuận An của tỉnh Thừa Thiên Huế. Tọa độ địa lý: $16^{\circ}14' \div 16^{\circ}42'$ vĩ Bắc và $107^{\circ}22' \div 107^{\circ}57'$ kinh Đông. Thời gian nghiên cứu từ 2016 ÷ 2020.

2.1.2. Điều kiện tự nhiên của khu vực nghiên cứu

Tỉnh Thừa Thiên Huế nằm ở phía Nam vùng duyên hải Bắc Trung bộ, diện tích tự nhiên 5.033,2 km² (Hình 2.1). Phía Bắc giáp tỉnh Quảng Trị, phía Nam giáp thành phố Đà Nẵng, phía Tây giáp Nước Cộng hòa Dân chủ nhân dân Lào, phía Đông giáp biển Đông với tổng chiều dài đường bờ biển hơn 120 km. Về vị trí địa lý, tỉnh Thừa Thiên Huế nằm ở tọa độ (VN2000): $X = 566.536,374$; $Y = 1.831.031,104$.

Địa hình của tỉnh Thừa Thiên Huế khá phức tạp, chia thành 3 vùng. Vùng núi chiếm khoảng 70% diện tích. Vùng đồng bằng có diện tích nhỏ, khoảng 9,8% diện tích. Vùng đầm phá ven biển dài hơn 120 km. Hệ đầm phá Tam Giang - Cầu Hai trải dài 68 km, với diện tích hơn 22.000 ha, thuộc địa phận 04 huyện Phong Điền, Quảng Điền, Phú Vang, Phú Lộc và thị xã Hương Trà. Đầm Lập An biệt lập với hệ đầm Tam Giang - Cầu Hai, có diện tích khoảng 1.650 ha, thuộc thị trấn Lăng Cô, huyện Phú Lộc. Tỉnh Thừa Thiên Huế nằm trong vùng khí hậu nhiệt đới gió mùa (**Bảng 2- 1**).



Hình 2- 1: Bản đồ hành chính tỉnh Thừa Thiên Huế

Bảng 2- 1: Đặc điểm khí hậu ở tỉnh Thừa Thiên Huế.

Chỉ tiêu	Trung bình năm	Min	Max
Lượng mưa (mm/năm)	2.995,5	1.882	4.937,0
Nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$)	25,2	8	42
Độ ẩm (%)	85	83	87

Nhiệt độ trung bình hàng năm là $25,2^{\circ}\text{C}$, cao nhất là 42°C , thấp nhất là 8°C . Tỉnh Thừa Thiên Huế có lượng mưa lớn nhất nước. Lượng mưa trung bình hàng năm là 2.995,5 mm, tối thiểu 1.882 mm, lớn nhất 4.937 mm. Độ ẩm không khí trung bình hàng năm biến động từ 83-87%. Hai hướng gió chính là gió mùa Đông Bắc, gió Tây Nam và ảnh hưởng của các cơn bão nhiệt đới dữ dội từ biển Đông. Gió mùa Đông Bắc về mùa Đông, từ tháng 10 đến tháng 4 năm sau. Gió Tây Nam về mùa hè, từ tháng 5 đến tháng 9. Bão thường xuất hiện từ tháng 8, tập trung vào tháng 9 và kéo dài đến tháng 10 hàng năm. Toàn tỉnh có 6 con sông chính: Ô Lâu, Hương, Nong, Truồi, Cầu Hai và Bù Lu; trong đó hệ thống sông Hương là quan trọng nhất. Nhìn chung, các sông đều ngắn, dốc và nhiều thác ghềnh. Vùng đầm phá và ven biển của tỉnh Thừa Thiên Huế trải rộng trên địa bàn của 45 xã thuộc các huyện Phong Điền, Quảng Điền, Phú Vang, Phú

Lộc và thị xã Hương Trà. Tổng diện tích tự nhiên là 101.070 ha, bằng 20% diện tích của tỉnh. Chạy dọc theo bờ biển là hệ đầm phá Tam Giang - Cầu Hai dài 68 km trên địa bàn các huyện Phong Điền, Quảng Điền, Phú Vang, Phú Lộc và thị xã Hương Trà với diện tích mặt nước hơn 22.000 ha. Phá này gồm bốn đầm nối tiếp nhau từ Bắc xuống Nam đó là

Phá Tam Giang dài khoảng 27 km, bắt đầu từ cửa sông Ô Lâu đến cửa sông Hương với diện tích 5.200 ha. Phá thông với biển bằng mỗi cửa Thuận An.

Đầm Sam nhỏ hơn với diện tích 1.620 ha, không thông ra biển.

Đầm Hà Trung - Thủy Tú dài và hẹp với diện tích 3.600 ha cũng là đầm kín không thông ra biển.

Đầm Cầu Hai lớn nhất với diện tích 11.200 ha. Cửa Tư Hiền thông đầm Cầu Hai với biển.

Đầm Lập An như một túi nước ăn sâu vào đất liền, biệt lập với hệ đầm Tam Giang - Cầu Hai, diện tích mặt nước khoảng 1.600 ha, thông với biển Đông qua cửa Lăng Cô.



Nguồn dữ liệu: Dự án GIS Huế

Hình 2- 2: Sơ đồ khu vực vùng đầm phá và ven biển Thừa Thiên Huế

2.2. Nội dung nghiên cứu

2.2.1. Sinh trưởng của rừng Bần trắng trên những lập địa khác nhau

- (1) Sinh trưởng đường kính và chiều cao.
- (2) Sinh trưởng đường kính tán và chiều dài tán.
- (3) Chỉ số phức hợp về cấu trúc.
- (4) Chỉ số cạnh tranh.
- (5) Trữ lượng gỗ và sinh khối.
- (6) Tính ổn định của rừng trồng Bần trắng.

2.2.2. Đặc tính của đất dưới tán rừng trồng Bần trắng

- (1) Đặc tính của đất trên dạng lập địa I.
- (2) Đặc tính của đất trên dạng lập địa II.
- (3) Đặc tính của đất trên dạng lập địa III.
- (4) So sánh đặc tính của đất trên ba dạng lập địa khác nhau.

2.2.3. Quan hệ giữa đất với sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng

- (1) Quan hệ giữa đất với rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa I.
- (2) Quan hệ giữa đất với rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa II.
- (3) Quan hệ giữa đất với rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa III.

2.2.4. Quan hệ giữa nước với sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng

- (1) Đặc tính của nước dưới tán rừng trồng Bần trắng.
- (2) Quan hệ giữa nước với sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng.

2.2.5. Quan hệ giữa rừng trồng Bần trắng với đặc tính của đất và nước

- (1) Quan hệ giữa rừng trồng Bần trắng với *đặc tính của đất*.
- (2) Quan hệ giữa rừng trồng Bần trắng với *đặc tính của nước*.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

2.3.1. Phương pháp luận

Nghiên cứu này dựa trên 5 luận điểm cơ bản.

(1) Một là rừng là một hệ thống sinh thái; trong đó bao gồm hai nhóm thành phần vô cơ và hữu cơ. Nhóm thành phần vô cơ bao gồm khí hậu (ánh sáng, mưa, nhiệt độ, độ ẩm không khí, gió...); địa hình (độ cao, độ dốc, hướng dốc, độ dài sườn dốc, hình dáng mặt đất); đất (thành phần cấp hạt, chất khoáng, nhiệt độ, nước, sinh vật...). Nhóm thành phần vô cơ được gọi là sinh thái cảnh. Nhóm thành phần hữu cơ bao gồm thực vật, động vật và vi sinh vật. Nhóm thành phần hữu cơ được gọi là sinh cảnh. Hai nhóm sinh vật cảnh và sinh thái cảnh có quan hệ chặt chẽ với nhau. Tính chặt chẽ biểu hiện ở chỗ bất kỳ thành phần nào thay đổi cũng kéo theo sự thay đổi của những thành phần khác. Theo luận điểm này, tính chất của đất và nước dưới tán RNM được xem xét trong mối quan hệ với đặc tính của rừng.

(2) Hai là rừng bao gồm rất nhiều đặc tính khác nhau và rất khó đo đạc chính xác. Để đơn giản trong phân tích mối quan hệ giữa rừng và môi trường, các nhà lâm học biểu thị những đặc tính của rừng thông qua chỉ số phức hợp về cấu trúc ($SCI = \text{Structural Complexity Index}$). Chỉ số SCI là tổng hoặc tích số giữa những đặc tính của quần thụ như mật độ (N , cây/ha); đường kính thân cây gỗ (D , cm), chiều cao thân cây gỗ (H , m), tiết diện ngang (G , m^2).

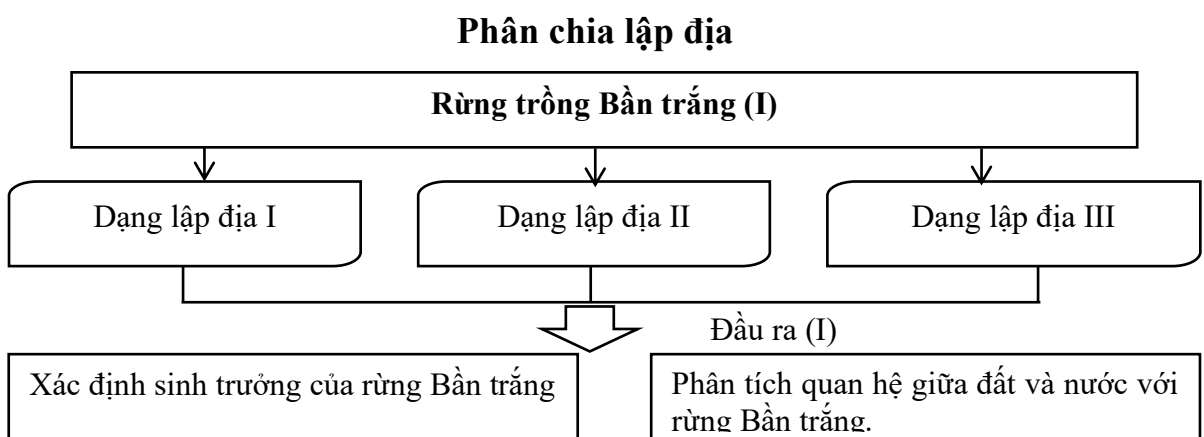
(3) Ba là môi trường sống của rừng bao gồm rất nhiều yếu tố khác nhau và chúng tương tác qua lại với nhau rất phức hợp. Để đơn giản, các nhà lâm học phân chia môi trường sống của rừng thành các lập địa khác nhau; trong đó những yếu tố được sử dụng để phân chia lập địa là khí hậu (lượng mưa, nhiệt độ không khí, độ ẩm không khí), địa hình (độ cao, độ dốc, hướng dốc), đất (loại đất, độ sâu tầng đất, thành phần cơ giới, độ ẩm), tình trạng phát triển của thảm thực vật (cây thân thảo, cây bụi, cây gỗ) và hoạt động của con người (trồng và nuôi rừng, khai thác rừng, lửa...). Theo luận điểm 3, luận án này phân tích ảnh hưởng của lập địa đến sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng.

(4) Bốn là sinh trưởng và phát triển của rừng thay đổi theo thời gian (tuổi rừng). Trong nghiên cứu này, luận án phân tích quá trình sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng trong giai đoạn thí nghiệm (4 năm).

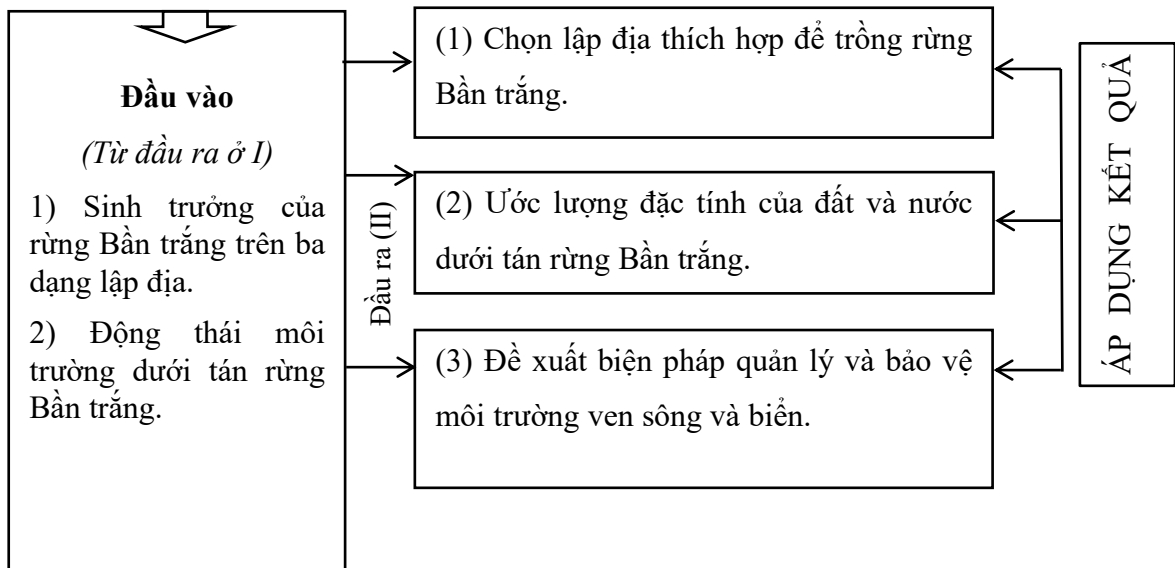
(5) Năm là mối quan hệ giữa đặc tính của đất và nước với sinh trưởng của rừng có thể được xác định bằng nhiều phương pháp khác nhau. Như phương pháp so sánh giản đơn bằng tỷ lệ hơn kém (%); qua phân tích thống kê hay mối quan hệ giữa đặc tính của đất và nước với sinh trưởng của rừng Bần trắng trong nghiên cứu này được xác định bằng phương pháp phân tích hồi quy và tương quan. Phương pháp phân tích tương quan được sử dụng để xác định khuynh hướng và cường độ của mối quan hệ giữa đặc tính của đất và nước với sinh trưởng của rừng Bần trắng. Phương pháp hồi quy được sử dụng để xác định những đặc tính của đất và nước tồn tại mối quan hệ chặt chẽ với tuổi của rừng Bần trắng.

Từ 5 luận điểm trên đây, hướng nghiên cứu của luận án là sử dụng phương pháp sinh thái học thực nghiệm để phân tích mối quan hệ giữa đất và nước với sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng. Trình tự nghiên cứu bao gồm 4 bước: Bước 1: Phân chia lập địa và bố trí các thí nghiệm trồng rừng Bần trắng trên các dạng lập địa khác nhau.

Bước 2: Phân tích sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng theo tuổi trên các dạng lập địa khác nhau.



Hình 2- 3: Sơ đồ các bước nghiên cứu



Hình 2- 4: Sơ đồ mô tả áp dụng kết quả nghiên cứu

Bước 3: Xác định đặc tính của đất và nước dưới tán rừng trồng Bann trắng.

Bước 4: Phân tích mối quan hệ giữa một số đặc tính của đất và nước với sinh trưởng của rừng trồng Bann trắng. Kết quả của bước 1 là cơ sở cho những phân tích sinh trưởng của rừng trồng Bann trắng và mối quan hệ giữa rừng và môi trường. Kết quả của bước 2 là những chứng cứ để trả lời câu hỏi 1 mà luận án đặt ra. Kết quả của bước 3 và 4 là những cứ liệu để trả lời câu hỏi 2 và 3 mà luận án đặt ra. Sơ đồ nghiên cứu và áp dụng kết quả nghiên cứu được mô tả khái quát ở **Hình 2- 3** và **Hình 2- 4**.

2.3.2. Những giả thuyết nghiên cứu

Giả thuyết 1: Sự thay đổi lập địa ảnh hưởng không rõ rệt đến sinh trưởng của rừng trồng Bann trắng. Giả thuyết này được làm rõ thông qua phân tích so sánh sinh trưởng của rừng trồng Bann trắng trên ba dạng lập địa khác nhau. Giả thuyết 2: Đặc tính của đất và nước dưới tán rừng trồng Bann trắng và đất trống không có rừng là không khác nhau. Giả thuyết này được làm rõ thông qua phân tích so sánh giữa đặc tính của đất và nước ở đất trống với đất và nước dưới tán rừng trồng Bann trắng. Giả thuyết 3: Sự gia tăng tính phức tạp về cấu trúc của rừng trồng Bann trắng ảnh hưởng không rõ rệt đến đặc tính của đất và nước. Giả

thuyết này được làm rõ thông qua phân tích mối quan hệ giữa một số đặc tính của đất và nước với sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng. Giả thuyết 4: Sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng không phụ thuộc vào các đặc tính của đất và nước. Giả thuyết này được làm rõ thông qua phân tích mối quan hệ giữa rừng trồng Bần trắng với những đặc tính của đất và nước.

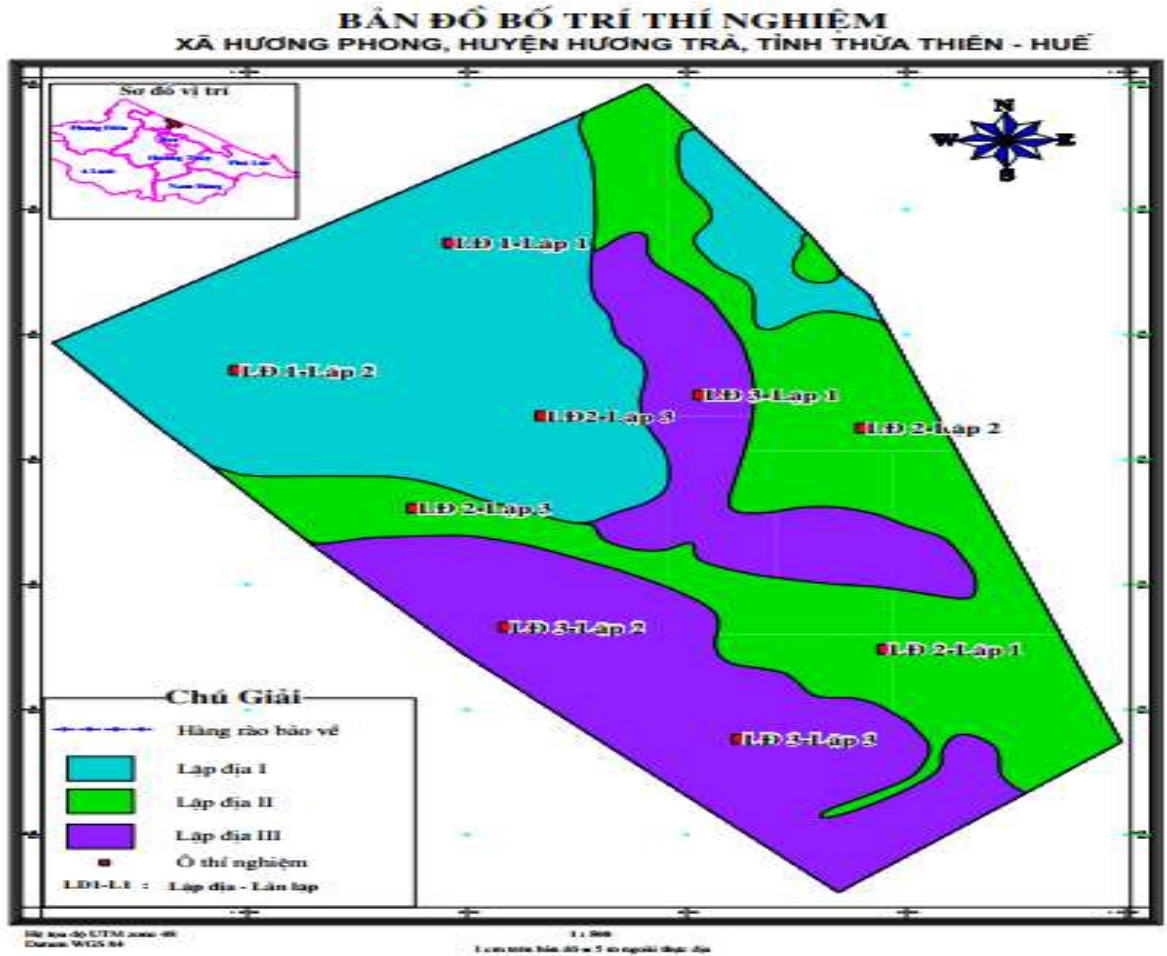
2.3.3. Phương pháp bố trí thí nghiệm và thu thập số liệu

2.3.3.1. Phân chia lập địa để trồng rừng Bần trắng

Theo phương pháp phân loại lập địa của Ngô Đình Quế (2003), khu vực nghiên cứu được phân chia thành 3 dạng lập địa (I, II và III). Đặc điểm của 3 dạng lập địa này được dẫn ra ở **Bảng 2- 2**.

Bảng 2- 2: Đặc tính cơ bản của ba dạng lập địa ở khu vực nghiên cứu.

Đặc tính của lập địa	Dạng lập địa:		
	I	II	III
1. Chế độ ngập triều			
1.1. Thời gian ngập triều (giờ)	8-12	5-6	<5
1.2. Độ sâu ngập triều (m)	0,8÷1,5	0,6-1,0	<0,6
2. Cao trình bãi	≤ 0,2	≤ 0,2	> 0,3
3. Loại đất (<i>Đất mặn ít và trung bình (Molli Salic Fluvisols)</i>):	Cát pha	Cát pha sét	Cát
4. Độ thành thực của đất	Chưa thành thực	Khá thành thực	Thành thực



Hình 2-5: Bản đồ phân bố 3 dạng lập địa ở khu vực nghiên cứu.

Dạng lập địa I có thời gian ngập triều 8-12h/ngày. Độ sâu ngập triều trung bình hàng ngày là 120cm. Cao trình bãi dưới 20cm. Đất có thành phần cơ giới là cát pha ở dạng bùn lỏng.

Dạng lập địa II có thời gian ngập triều 5-6h/ngày. Độ sâu ngập triều trung bình hàng ngày là 80cm. Cao trình bãi dưới 20cm. Đất có thành phần cơ giới là cát pha sét ở dạng bùn hơi lỏng.

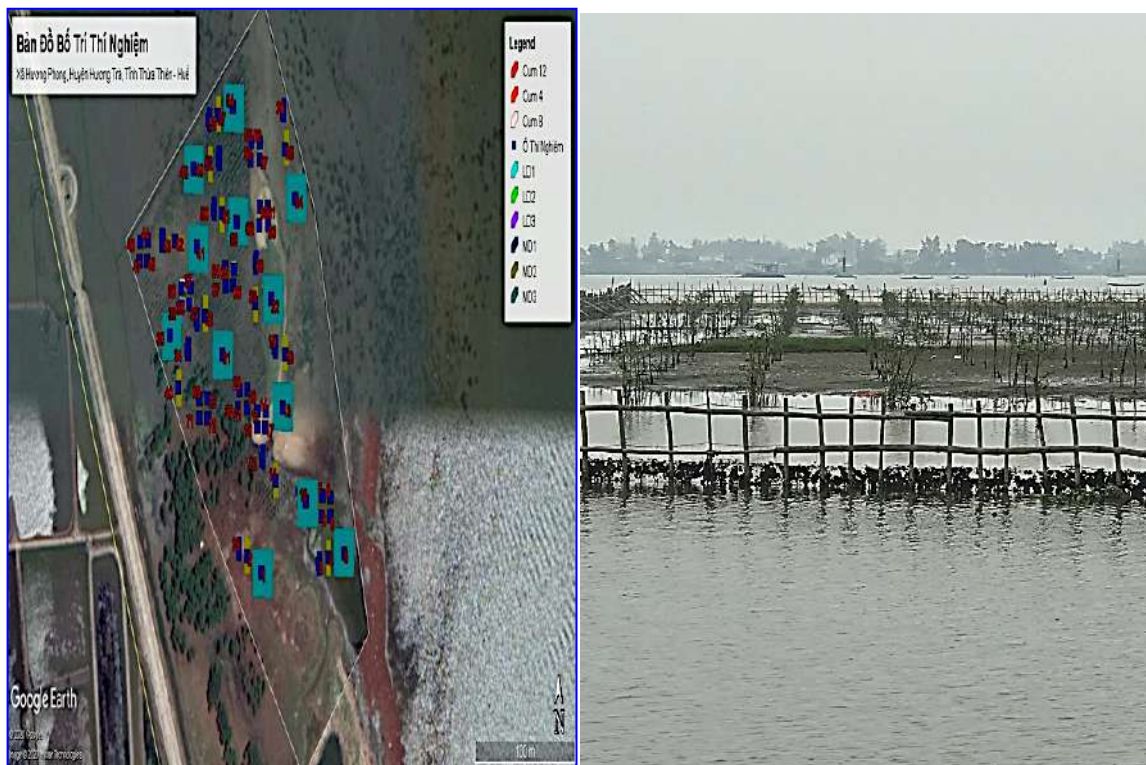
Dạng lập địa III có thời gian ngập triều dưới 5h/ngày. Độ sâu ngập triều trung bình hàng ngày là 60cm. Cao trình bãi trên 30cm. Đất có thành phần cơ giới là cát ở dạng bùn chặt.

2.3.3.2. Xác định lập địa thích hợp để trồng rừng Bần trắng

Phần này xác định những chứng cứ để làm rõ giả thuyết 1. Để xác định ảnh hưởng của lập địa đến rừng Bần trắng, luận án thực hiện theo 2 bước.

Bước 1. Trồng rừng Bần trắng trên ba dạng lập địa. Lập địa tại khu vực nghiên cứu bao gồm ba dạng (I, II và III) theo phân loại của Ngô Đình Quế (2003). Rừng trồng Bần trắng được trồng từ cây con 6 tháng tuổi. Cây con được gieo ươm trong túi bầu Polyetylene (PE) với kích thước 25*30cm. Những cây con đem trồng là những cây sinh trưởng tốt, thân thẳng và không bị sâu bệnh; trong đó đường kính gốc (D_0) và chiều cao (H) tương ứng lớn hơn 0,5cm và 50cm. Thời điểm trồng rừng Bần trắng vào trung tuần tháng 3. Thời điểm trồng rừng Bần trắng trong ngày là lúc nước thủy triều xuống thấp nhất.

Cây con được trồng theo hàng. Các hàng cây được bố trí theo hướng vuông góc với bờ biển. Mật độ trồng rừng ban đầu là 3.300 cây/ha (1,5*2,0 m). Để giúp cây con sau khi trồng không bị đổ ngã khi gặp sóng và gió lớn, mỗi cây được cố định bằng 3 cọc tre với đường kính từ 2 – 3cm và chiều cao 100 – 150cm. Các cọc được cắm sâu 40 – 60cm; sau đó cây con được buộc vào cọc ở vị trí 2/3 thân. Xung quanh lô thí nghiệm được bảo vệ bằng hàng rào tre để làm giảm sóng lớn và chắn rong rêu. Các thí nghiệm trên mỗi dạng lập địa được bố trí lặp lại 3 lần. Lô thí nghiệm có dạng hình chữ nhật với diện tích 300 m² (15*20 m). Sơ đồ thí nghiệm được biểu diễn ở Hình 2- 3.



Hình 2- 6: Sơ đồ thí nghiệm (a) và hệ thống tường rào bảo vệ rừng Bàn trắng sau khi trồng (b)

Bảng 2- 3: Tọa độ các lô thí nghiệm trồng rừng Bàn trắng.

Lập Địa	Lần lặp	Tọa độ (UTM Zone 48)	
		X	Y
LĐ 1	Lặp 1	780,197	1,832,187
	Lặp 2	780,148	1,832,136
	Lặp 3	780,218	1,832,118
LĐ 2	Lặp 1	780,295	1,832,024
	Lặp 2	780,290	1,832,113
	Lặp 3	780,188	1,832,081
LĐ 3	Lặp 1	780,253	1,832,126
	Lặp 2	780,209	1,832,033
	Lặp 3	780,262	1,831,988

Bước 2. Thu thập số liệu sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng. Phản ứng của rừng trồng Bần trắng với sự thay đổi của lập địa được đánh giá sau 6 tháng và 1 – 4 năm sau khi trồng. Sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng ở mỗi tuổi trên mỗi dạng lập địa được xác định thông qua đo đếm 30 cây trong ô mẫu 100m^2 ($10 \times 10 \text{ m}$); trong đó mỗi lần lặp của một dạng lập địa là 10 cây. Các ô mẫu phân bố ở trung tâm của lô thí nghiệm. Ảnh hưởng của dạng lập địa đến rừng Bần trắng được xem xét thông qua tỷ lệ sống (TLS%), sinh trưởng, chất lượng và tính ổn định của rừng trồng Bần trắng sau 4 năm trồng. Chỉ tiêu nghiên cứu là mật độ hiện còn (N, cây), đường kính gốc (D_0 , cm), chiều cao toàn thân (H, cm), đường kính tán (D_T , cm), sinh khối (B, kg), phẩm chất hay chất lượng cây (tốt, trung bình, xấu).

Chỉ tiêu TLS được sử dụng để đánh giá sự thích nghi của rừng trồng Bần trắng với môi trường. Hai chỉ tiêu chiều cao và đường kính gốc được sử dụng để đánh giá khả năng sinh trưởng của rừng Bần trắng trên những dạng lập địa khác nhau. Chỉ tiêu D_T và diện tích tán (S_T , m^2) được sử dụng để đánh giá mức độ che phủ của tán rừng trên mặt đất. Đây cũng là chỉ tiêu đánh giá mức cạnh tranh về nước, chất khoáng và ánh sáng giữa những cây Bần trắng ở những tuổi khác nhau. Khi tán rừng kín, khép tán thì các cây gỗ trong quần thể cạnh tranh mạnh về ánh sáng. Chỉ tiêu chiều cao, đường kính gốc được sử dụng để đánh giá hình thái thân và tính ổn định với môi trường (sóng to và gió lớn). Tỷ lệ H/D_0 lớn biểu hiện chiều cao thân cây cao, còn D nhỏ. Ở trường hợp này, cây dễ bị đổ gãy do gió lớn và sóng lớn. Tỷ lệ H/D_0 nhỏ biểu hiện chiều cao thân cây thấp, còn D lớn. Ở trường hợp này, cây có khả năng chống chịu tốt với gió lớn và sóng lớn.



Hình 2- 5: Theo dõi và thu thập số liệu sinh trưởng của rừng Bần trắng.

Chỉ tiêu sinh khối B_i (Tổng số = B_{T0} , thân = B_T , cành = B_C , lá = B_L) được sử dụng để đánh giá phản ứng tổng hợp của rừng trồng Bần trắng với sự thay đổi môi trường (lập địa), khả năng cố định carbon, khả năng hấp thụ và thải dioxit carbon (CO_2) vào không khí.

Chỉ tiêu D_0 được đo bằng thước Palme với độ chính xác 0,01 mm. Chỉ tiêu chiều cao và đường kính tán (H và D_T) được đo bằng cây sào với độ chính xác 1cm. Sinh khối ở mỗi nghiệm thức được xác định từ 3 cây bình quân. Cây bình quân được xác định theo giá trị bình quân về D_0 và H của các cây trên ô mẫu. Để đo đạc B của những cây mẫu, trước hết rửa sạch đất ở phần rễ. Tiếp đến để cây ráo nước và cắt thân từ vị trí cổ rễ; cắt cành và lá. Sau đó cân mỗi bộ phận của cây bằng cân với độ chính xác 0,1 kg. Để xác định sinh khối khô tuyệt đối của các thành phần trên cây mẫu, các mẫu lá được đưa vào tủ sấy ở phòng thí nghiệm với nhiệt độ từ $76^\circ C$ cho đến khi trọng lượng không đổi. Thân, cành và rễ được sấy ở nhiệt độ $105^\circ C$ cho đến khi trọng lượng không đổi.

Phẩm chất cây được xác định theo 3 cấp: tốt, trung bình và xấu. Cây có phẩm chất tốt (cây tốt) là cây có D_0 và H lớn nhất, thân thẳng và tròn đều, tán rộng và đều. Cây có phẩm chất trung bình (cây trung bình) là cây có D_0 và H ở mức trung bình, thân thẳng, tán tròn đều. Cây có phẩm chất xấu (cây xấu) là cây có D_0 và H nhỏ, thân cong, tán lệch, cây chết từng phần hoặc đã chết nhưng chưa bị đổ ngã trên sàn rừng.

2.3.3.3. Xác định đặc tính của đất và nước dưới tán rừng trồng Bần trắng

Phần này xác định những chứng cứ để làm rõ giả thuyết 2 và 3.

Trên mỗi dạng lập địa tiến hành lấy mẫu bằng khoan đất chuyên dụng được thu thập trong các ô của các nghiệm thức thí nghiệm qua 3 lần lặp, mẫu lấy ở 2 tầng 0-20cm và 20-50cm đã thiết kế, tại mỗi ô thí nghiệm lấy từ 5 đến 7 mũi khoan với tầng đất tương ứng sau đó cho mẫu đất vào túi nylon zip miệng, ghi chú lại thông tin, ngày tháng, ô mẫu, tầng đất và lần lặp lại tương ứng, mỗi túi mẫu có trọng lượng từ 500-1000g để phân tích các chỉ tiêu. Đối với vị trí ô mẫu hay dạng lập địa cao, thuận lợi có thể đào phẫu diện đất để mô tả đặc điểm thực bì, thực vật chỉ thị, điều kiện môi trường xung quanh hoặc tính chất vật lý đất, màu sắc, hệ rễ hay tầng vỏ sò...., mẫu đất được phân tích 10 chỉ tiêu cơ bản và mẫu nước được phân tích 06 chỉ tiêu cơ bản.

Các phẫu diện được bố trí ở trung tâm của các lô thí nghiệm. Kích thước phẫu diện đất là 70*150cm (rộng, dài) để mô tả phẫu diện đất. Do tính chất đất ngập triều tại khu vực nghiên cứu ở dạng lập địa I, ngập triều sâu nên không mô tả đất được bằng phẫu diện mà dùng khoan mẫu chuyên dụng khoan lấy đất để mô tả và lấy mẫu phân tích.



Hình 2- 6: Xác định dạng lập địa và thu mẫu đất bằng khoan chuyên dụng

Đặc tính của đất trống và đất dưới tán rừng trồng Bần trắng được đánh giá thông qua 10 chỉ tiêu: $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, pH_{KCl} , mùn (%), đạm tổng số (N %), photpho (P_2O_5 %), kali (K_2O %), Al^{3+} (me/100g), Fe^{2+} (me/100g), SO_4^{2-} (me/100g), thành phần cơ giới (% tỷ lệ sét, thịt và cát, %). $\text{pH-H}_2\text{O}$ trích bằng nước, tỷ lệ đất và nước theo tỷ lệ 1:5, đo bằng pH kế, pH-KCl 1N, tỷ lệ đất và dung dịch KCl theo tỷ lệ 1:5, đo bằng pH kế theo TCVN 5979: 2007. Hàm lượng mùn xác định theo phương pháp Walkley-Black, Oxy hóa bằng hỗn hợp H_2SO_4 đậm đặc - $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, chuẩn độ bằng FeSO_4 0,5 N theo TCVN-8726-2012, Đạm tổng số (%N) được xác định bằng phương pháp của Kjeldhall theo TCVN 6645:2000, Lân tổng số (% P_2O_5) vô cơ hóa mẫu đất bằng H_2SO_4 và HClO_4 . Hiện màu với phosphomolybdate với chất khử là ascorbic acid. So màu bằng máy quang phổ ở bước sóng 880 nm theo TCVN 8940:2011. Kali tổng số (% K_2O) vô cơ hóa mẫu đất bằng H_2SO_4 và HClO_4 và được đo bằng máy quang kế ngọn lửa theo: TCVN 8660:2011. Ba thành phần độc chất Al^{3+} , Fe^{2+} và SO_4^{2-} được đo bằng máy so màu UV-Vis theo TCVN 4403 : 2011, Fe^{2+} : theo TCVN 12202-8:2018 và SO_4^{2-} theo TCVN 8727 : 2012. Thành phần cơ giới của đất

được xác định bằng thành phần (% Sét, % thịt, % cát) phương pháp ống hút Robinson theo TCVN 8567:2010.

Ảnh hưởng của rừng đến đặc tính của nước chỉ được phân tích đối với rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi trên dạng lập địa II.

Phương pháp thu mẫu nước: theo TCVN 6663-1:2011 và TCVN 5998:1995. Thời gian thu mẫu tháng 3 hằng năm (Sau mùa mưa và bắt đầu vào mùa khô nóng cho khu vực miền Trung – Thừa Thiên Huế). Lấy sau khi triều xuống ổn định, lượng nước còn lại trên các ô thí nghiệm. Sử dụng chai nhựa PP (Polypropylen) chuyên dụng để chứa và bảo quản mẫu. Dùng chai nhựa PP lấy nước trực tiếp tại các ô thí nghiệm, trước khi lấy mẫu cần tráng và xúc bình 2-3 lần, mẫu lấy cần đầy chai và zip miệng chai bằng màng paraffin, ghi thông tin, ký hiệu, ngày giờ, thời gian, người thu mẫu và bảo quản trong thùng nhựa chuyên dụng để dễ vận chuyển.

Phương pháp phân tích mẫu nước: pH: TCVN 5979:2007, Oxy hòa tan (DO): TCVN 7325:2016, Độ mặn: TCVN 9167:2012, Fe²⁺: TCVN 6177: 1996, Al³⁺ tổng số: TCVN 6657: 2000, SO₄²⁻: TCVN 6656:2000 và QCVN 10:2023/ BTNMT.

Phần này xác định những chứng cứ để làm rõ giả thuyết 2 và 3. Đặc tính của đất trồng trước khi trồng rừng và đất dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi.

Rừng trồng Bần trắng còn non và hệ rễ ăn nông, nên các mẫu đất chỉ được thu thập ở hai lớp 0 – 20cm và 20 – 50cm. Mỗi tầng đất thu thập 0,5 – 1,0kg, mẫu được đánh số theo ký hiệu nghiệm thức, lần lấy, độ sâu và các ghi chú cần thiết tại hiện trường để dễ nhận biết và đánh giá. Mẫu sau khi thu thập được bảo quản vận chuyển và được phân tích tại phòng thí nghiệm đất của Viện khoa học lâm nghiệp Nam Bộ.

Ảnh hưởng của rừng đến đặc tính của nước chỉ được phân tích đối với rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 trên dạng lập địa II. Mỗi đối tượng thu thập 3 mẫu nước. Chỉ tiêu phân tích là pH_{H2O}, hàm lượng ô xy hòa tan (DO, mg/l), độ

mặn (‰), hàm lượng Al^{3+} (me/100g), hàm lượng Fe^{2+} (me/100g) và hàm lượng SO_4^{2-} (me/100g). Chỉ tiêu $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ được xác định bằng máy đo pH meter. Hàm lượng DO được xác định bằng phương pháp đo điện cực. Độ mặn nước biển được đo bằng máy đo độ mặn (khúc xạ kế) ba chỉ tiêu này được đo trực tiếp ngoài hiện trường, tất cả những chỉ tiêu này được đo vào ngày 15 âm lịch hàng tháng; sau đó tính trung bình năm. Ba thành phần Al^{3+} , Fe^{2+} và SO_4^{2-} được bảo quản, vận chuyển và phân tích trong phòng thí nghiệm đất của Viện khoa học lâm nghiệp Nam Bộ.

2.3.4. Phương pháp xử lý số liệu

2.3.4.1. Phương pháp xử lý số liệu đối với sinh trưởng của rừng Bần trắng

Phần này tập trung trả lời 2 câu hỏi chính. Một là sinh trưởng của rừng Bần trắng trên ba dạng lập địa diễn ra như thế nào? Hai là dạng lập địa nào là dạng lập địa thích hợp cho sinh trưởng của rừng Bần trắng? Hai câu hỏi này được trả lời thông qua phân tích sinh trưởng của rừng Bần trắng trên ba lập địa khác nhau. Phương pháp xử lý số liệu được thực hiện theo 8 bước.

Bước 1. Tính tỷ lệ sống (TLS%) của rừng Bần trắng. Mật độ của rừng Bần trắng tại tuổi A năm trên mỗi dạng lập địa được xác định theo công thức 2.1; trong đó N_A = mật độ quần thụ (cây/ha) tại tuổi A năm, n_i = số cây trong ô mẫu, Z = diện tích ô mẫu ($Z = 300 \text{ m}^2$).

$$N_A (\text{cây/ha}) = n_i * (10.000/Z) \quad (2.1)$$

Tỷ lệ sống của rừng Bần trắng ở tuổi A trên mỗi dạng lập địa được xác định theo công thức 2.2; trong đó $\text{TLS}_A (\%)$ = tỷ lệ sống của rừng Bần trắng ở tuổi A, N_A (cây/ha) = số cây hiện còn sống đến tuổi A năm, N (cây/ha) = mật độ trồng rừng ban đầu. Sau đó phân tích sự thay đổi TLS theo A của rừng Bần trắng trên ba dạng lập địa.

$$\text{TLS}_A = (N_A/N) * 100 \quad (2.2)$$

Bước 2. Tổng hợp các số liệu đo đếm D_0 , H , D_T theo tuổi A ($A = 6$ tháng và 1 – 4 tuổi) của rừng Bần trắng trên ba dạng lập địa. Sau đó tính các đặc trưng thống kê mô tả. Chỉ tiêu tính toán bao gồm giá trị trung bình, phạm vi biến động, sai lệch chuẩn (SEE) và hệ số biến động (CV%). Đường kính bình quân (D_{0Bq} , cm), H bình quân (H_{Bq} , m), D_T bình quân (D_{TBq} , m) của rừng Bần trắng ở các tuổi được xác định theo phương pháp bình quân cộng giản đơn (Công thức 2.3); trong đó n = số cây trong ô mẫu, $Y_i = D_0, H, D_T$ của cây i .

$$Y_{Bqi} = \sum_{i=1, n} (Y_i/n) \quad (2.3)$$

Sau đó phân tích sự khác biệt về D_0 , H và D_T của Bần trắng giữa ba dạng lập địa. Sự khác biệt này được phân tích bằng phương pháp phân tích phương sai (ANOVA) 1 nhân tố (Dạng lập địa). Giả thuyết H_0 : Ba dạng lập địa ảnh hưởng đồng đều đến sinh trưởng D_0 , H và D_T của rừng trồng Bần trắng. Quy tắc quyết định: Khi mức ý nghĩa $P < 0,05$, thì giả thuyết H_0 bị bác bỏ.

Bước 3. Tính chỉ số phức hợp về cấu trúc quần thụ của rừng Bần trắng (SCI) trên ba dạng lập địa. Chỉ số SCI ở các tuổi phản ánh mức độ đa dạng về cấu trúc. Chỉ số SCI của rừng Bần trắng ở các tuổi được xác định theo công thức 2.4; trong đó N = mật độ quần thụ trên 1 ha, D = đường kính bình quân của quần thụ, H = chiều cao bình quân của quần thụ. Sau đó

$$SCI = (N \cdot D \cdot H) / 10^5 \quad (2.4)$$

Bước 4. Phân tích mức độ cạnh tranh giữa các cây trong rừng trồng Bần trắng. Hiện tượng cạnh tranh giữa các cây trong rừng trồng Bần trắng chỉ xảy ra khi hệ thống tán và hệ rễ phát triển mạnh. Mức độ cạnh tranh giữa các cây trong rừng trồng Bần trắng được xác định theo chỉ số cạnh tranh tán (CCI). Chỉ số CCI của cây thứ i (CCI_i) là tỷ lệ giữa diện tích hình chiếu tán (S_T , m^2) và diện tích ô mẫu (Z , m^2). Chỉ số CCI của cây thứ i (CCI_i) được xác định theo công thức 2.5; trong đó S_{Ti} (m^2) là diện tích tán của cây thứ i , còn $Z = 300 \text{ m}^2$ (diện tích ô mẫu)

$$CCI_i = S_{Ti}/Z \quad (2.5)$$

Diện tích tán của cây thứ i (S_{Ti}) được xác định theo diện tích hình tròn với đường kính bằng D_{Ti} (Công thức 2.6).

$$S_{Ti} = 0,0000785 * D_{Ti}^2 \quad (2.6)$$

Tổng diện tích tán (S_T , m^2/ha) của rừng Bần trắng được xác định theo công thức 2.7; trong đó D_{Ti} là D_T của cây thứ i , còn N là mật độ của rừng Bần trắng.

$$S_T = \sum_{i=1, N} (0,0000785 * D_{Ti}^2) \quad (2.7)$$

Bước 5. Phân tích trữ lượng gỗ của rừng Bần trắng. Trữ lượng gỗ của rừng Bần trắng tại tuổi A (M_A , m^3/ha) trên ba dạng lập địa được xác định theo công thức 2.8; trong đó V_{BqA} = thể tích cây bình quân tại tuổi A , N_A = mật độ của rừng Bần trắng tại tuổi A .

$$M_A (m^3/ha) = N_A * V_{BqA} \quad (2.8)$$

Thể tích thân cây (V , m^3/ha) được xác định theo công thức 2.9; trong đó g_i = tiết diện ngang của cây i , H_i = chiều cao của cây i , $F = 0,5$.

$$V_i (m^3/cây) = g_i * H_i * F \quad (2.9)$$

Tiết diện ngang thân cây tại tuổi A (g , $m^2/cây$) được xác định theo công thức 2.10; trong đó g_i = tiết diện ngang thân của cây thứ i , D = đường kính của cây i . Tiết diện ngang của rừng Bần trắng tại tuổi A (G_A , m^2/ha) được xác định theo công thức 2.11; trong đó g_{BqA} = tiết diện ngang của cây bình quân tại tuổi A .

$$g_i = 0,0000785 * D^2 \quad (2.10)$$

$$G_A (m^2/ha) = \sum (N_A * g_{BqA}) \quad (2.11)$$

Sinh trưởng D_0 , H và M của rừng trồng Bần trắng trong giai đoạn 4 tuổi trên ba dạng lập địa được ước lượng bằng hàm lũy thừa (Hàm 2.12) và hàm Korf (Hàm 2.13); trong đó $Y_i = D_0$, H và M , A = tuổi rừng trồng Bần trắng (0,5 – 4 năm), i = dạng lập địa (I, II, III), còn a và b là tham số của mô hình. Hàm thích hợp được chọn theo tiêu chuẩn “Tổng bình phương sai lệch nhỏ nhất = SSR_{Min} ”. Sở dĩ sử dụng hàm lũy thừa và hàm Korf để mô tả sinh trưởng của

rừng Bần trắng là vì chúng không chỉ thỏa mã yêu cầu cơ bản của hàm sinh trưởng, mà còn đơn giản và dễ xác định các tham số. Kế đến khảo sát mô hình sinh trưởng để xác định lượng tăng trưởng hàng năm về đường kính (ZD_0 , cm), chiều cao (ZH , cm) và trữ lượng gỗ (ZM , $m^3/ha/năm$); lượng tăng trưởng trung bình năm về đường kính (ΔD_0 , cm), chiều cao (ΔH , cm) và trữ lượng gỗ (ΔM , $m^3/ha/năm$) (Công thức 2.14 – 2.15). Ở công thức 2.14 – 2.15, $ZY_A = ZD_0$, ZH và ZM ; $\Delta Y_A = \Delta D_{0A}$, ΔH_A , ΔM_A ; $PY\% =$ suất tăng trưởng.

$$Y_i = a \cdot A^b \quad (2.12)$$

$$Y_i = m \cdot \exp(-b \cdot A^{-c}) \quad (2.13)$$

$$ZY_A = Y_{A+1} - Y_A \quad (2.14)$$

$$\Delta Y_A = Y_A / A \quad (2.15)$$

$$PY_A = (ZY_A / Y_A) \cdot 100 \quad (2.16)$$

Các hệ số hồi quy và những thống kê sai lệch đối với các hàm (2.12) – (2.13) được xác định bằng phương pháp hồi quy và tương quan phi tuyến tính của Marquardt. Mức độ chặt chẽ của mối quan hệ giữa sinh trưởng ($Y = D_0, H, M, B_i$) với A được đánh giá theo hệ số xác định $= R^2$ (Công thức 2.17). Sai lệch của các hàm hồi quy so với số liệu thực tế được đánh giá theo 6 tiêu chuẩn: (1) Tổng sai lệch bình phương = SSR (Công thức 2.18); (2) Sai số chuẩn của ước lượng = SEE (Công thức 2.19); (3) Sai số tuyệt đối trung bình = MAE (Công thức 2.20); (4) Sai số tuyệt đối trung bình theo phần trăm (MAPE) (Công thức 2.21); (5) Sai lệch trung bình (ME) (Công thức 2.22); (6) Sai lệch trung bình theo phần trăm (MPE) (Công thức 2.23). Ở công thức (2.17) – (2.23), Y_i và Y_j = giá trị của biến phụ thuộc thực nghiệm và ước lượng từ hàm ước lượng; Y_{iBq} = giá trị trung bình của biến phụ thuộc thực nghiệm; n = dung lượng quan sát; p = số tham số của hàm ước lượng.

$$R^2 = \left[1 - \frac{\sum (Y_i - Y_j)^2}{\sum (Y_i - Y_{iBq})^2} \right] \cdot 100 \quad (2.17)$$

$$SSR = \sum_{(i=1,n)} (Y_i - Y_J)^2 \quad (2.18)$$

$$SEE = \sqrt{MSE} \quad (2.19)$$

$$MAE = |((Y_i - Y_J)/n)| \quad (2.20)$$

$$MAPE = \frac{MAE}{Y_i} * 100 \quad (2.21)$$

$$ME = (Y_i - Y_J) \quad (2.22)$$

$$MPE = \frac{(Y_i - Y_J)}{Y_{TN}} * 100 \quad (2.23)$$

Hệ số R^2 cho biết mức độ chặt chẽ của mối quan hệ giữa biến phụ thuộc và các biến dự đoán. Các thống kê sai lệch (SSR, SEE, MAE, MAPE, ME và MPE) được sử dụng để đánh giá sai số của hàm sinh trưởng. Mục đích của phân tích hồi quy là xác định hàm sinh trưởng với sai lệch nhỏ nhất. Theo mục đích này, trước hết so sánh các sai lệch (SSR, SEE, MAE, MAPE, ME và MPE). Tiếp đến chọn hàm sinh trưởng thích hợp theo tiêu chuẩn SSR_{Min} . Sau đó phân tích so sánh sự sai khác về tăng trưởng D_0 , H , M của rừng trồng Bần trắng giữa 3 dạng lập địa.

Bước 6. Phân tích sinh khối của rừng Bần trắng. Các thành phần sinh khối ($B_i = B_{To}, B_T, B_C, B_L, B_{CL}$) của rừng Bần trắng ở tuổi A (tấn/ha) được xác định theo công thức 2.24; trong đó N_A = mật độ của rừng trồng Bần trắng ở tuổi A , $B_{iBqA} = B_{To}, B_T, B_C, B_L$ ở mức cây bình quân.

$$B_i \text{ (tấn/ha)} = N_A * B_{iBqA} \quad (2.24)$$

Sinh khối của các thành phần ở mức cây cá thể được ước lượng bằng hàm 2.25; trong đó $B_i = B_{To}, B_T, B_C, B_L, B_{CL}$, D_0 = đường kính gốc, H = chiều cao toàn thân, còn a, b, c và d là các tham số của mô hình.

$$B_i = a + b * D_0^2 + c * D_0^3 + d * (D_0^3/H) \quad (2.25)$$

Dự trữ carbon trên mặt đất (C , tấn) đối với 1 ha rừng trồng Bần trắng (M_C , tấn/ha) tại tuổi A trên 3 dạng lập địa được xác định bằng cách nhân sinh khối 1 ha (B_i , tấn) với tỷ lệ carbon trong những thành phần sinh khối ($P_i\%$). Đại lượng $P\%$ trong những thành phần sinh khối của cây Bần trắng được lấy bình

quân bằng 0,47 (IPCC, 2006). Khối lượng CO_2 (M_{CO_2} , tấn/ha) mà 1 ha rừng trồng Bần trắng đã hấp thu được xác định bằng cách nhân khối lượng C (tấn/ha) với hệ số chuyển đổi từ CO_2 thành C, nghĩa là $\text{CO}_2 = C \cdot 3,67$ ($3,67 = 44/12$). Sau đó phân tích biến động C và CO_2 theo A trên 3 dạng lập địa của rừng trồng Bần trắng.

Bước 7. Phân tích tính ổn định của rừng Bần trắng trên ba dạng lập địa. Tính ổn định của rừng Bần trắng phản ánh thông qua TLS, mức sinh trưởng, hình dạng thân và chất lượng cây... Hình dạng thân cây phản ánh đặc tính sinh thái của loài, tác động của những đặc tính quần thụ (tuổi, mật độ) và lập địa đến cây gỗ. Trong nghiên cứu này, trước hết xác định tỷ lệ H/D của các cây theo tuổi của rừng Bần trắng. Sau đó căn cứ vào biên độ của tỷ lệ H/D₀ để đánh giá tính ổn định của rừng Bần trắng ở mỗi tuổi với môi trường (sóng lớn và gió lớn) theo phương pháp của Burschel và Huss (1997; dẫn theo Ducey, 2009) (Bảng 2 – 2). Tỷ lệ H/D₀ > 0,8 cho biết chiều cao phát triển quá mạnh, còn thân cây nhỏ. Hiện tượng này dẫn đến cây dễ bị đổ gãy do gió lớn và sóng lớn. Tỷ lệ H/D₀ << 0,45 cho biết D₀ lớn, còn H thấp. Hình dạng thân này đảm bảo cho cây đứng vững trước những tác động của gió lớn và sóng lớn.

Bảng 2- 4: Những tiêu chuẩn đánh giá tính ổn định của rừng Bần trắng.

H/D	> 1,0	0,8 – 1,0	0,45 – 0,8	< 0,45
Đánh giá	Rất không ổn định	Không ổn định	Ổn định	Cây mọc tự do

Những cây hình thành rừng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi được phân chia thành 3 cấp chất lượng: tốt, trung bình và xấu. Đây là tiêu chuẩn để đánh giá chất lượng của rừng Bần trắng.

Bước 8. Xác định lập địa thích hợp để trồng rừng Bần trắng. Lập địa thích hợp để trồng rừng Bần trắng được chọn theo tiêu chuẩn Max (TLS, D₀, H, M, B).

2.3.4.2. Phân tích đặc tính của đất và nước dưới tán rừng trồng Bần trắng

Trước hết xác định các thông kê mô tả đặc tính của đất và nước dưới tán rừng trồng Bần trắng và đất trống. Sau đó so sánh tỷ lệ (%) khác biệt giữa các đặc tính của đất dưới tán rừng trồng Bần trắng trên ba dạng lập địa với đặc tính của đất trống. Kết quả chỉ ra ảnh hưởng của rừng trồng Bần trắng đến tính chất của đất.

Kế đến phân tích tỷ lệ (%) khác biệt giữa các đặc tính của nước dưới tán rừng trồng Bần trắng trên ba dạng lập địa. Kết quả chỉ ra ảnh hưởng của rừng trồng Bần trắng đến tính chất của nước. 2.3.4.3. Phân tích mối quan hệ giữa đất và nước với sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng

Sự thay đổi của các đặc tính đất và nước được xác định thông qua quan hệ với chỉ số SCI của rừng trồng Bần trắng. Mối quan hệ này được phân tích theo hệ số tương quan hạng (Công thức 2.26; trong đó r = hệ số tương quan hạng, d_i = sự khác biệt giữa các hạng của các biến (SCI, đất, nước), n = dung lượng mẫu. Giả thuyết H_0 : Các đặc tính của đất và nước không tồn tại mối quan hệ với chỉ số SCI của rừng trồng Bần trắng. Khi mức ý nghĩa $P < 0,05$, thì giả thuyết H_0 bị bác bỏ.

$$r = \left[1 - \frac{6 \cdot \sum_{i=1, n} d_i^2}{n(n^2 - 1)} \right] \quad (2.26)$$

2.3.4.4. Xác định đặc tính của đất và nước theo tuổi rừng trồng Bần trắng

Những đặc tính của đất và nước thay đổi theo tuổi A và chỉ số SCI của rừng Bần trắng. Trong nghiên cứu này, luận án xây dựng hàm ước lượng một số đặc tính của đất và nước (Y) có quan hệ chặt chẽ với A (tuổi) của rừng Bần trắng. Các hàm ước lượng thích hợp được chọn theo phương pháp so sánh các mô hình hồi quy. Sau đó sử dụng các mô hình hồi quy để ước lượng một số đặc tính của đất và nước theo tuổi của rừng Bần trắng.

2.3.4.5. Phân tích mối quan hệ giữa rừng Bần trắng với đất và nước

Mối quan hệ giữa rừng Bần trắng với những đặc tính đất được mô tả bằng mô hình (2.27).

$$SCI = f(N, P, K, Al, Fe, SO_4) \quad (2.27)$$

Mối quan hệ giữa rừng Bần trắng với những đặc tính nước được mô tả bằng mô hình (2.27).

$$SCI = f(Mặn, Al, Fe, SO_4) \quad (2.28)$$

Vai trò của từng đặc tính đất và nước đối với sinh trưởng của rừng Bần trắng được phân tích bằng hệ số hồi quy chuẩn hóa. Thứ tự đóng góp vai trò từ lớn đến nhỏ được xác định thông qua giá trị tuyệt đối của hệ số hồi quy chuẩn hóa.

2.3.5. Công cụ xử lý số liệu

Tất cả những tính toán thống kê mô tả, kiểm định các giả thuyết và vẽ đồ thị được thực hiện bằng bảng tính Excel, phần mềm STATGRAPHICS Centurion XV.I 15.1.02.

Chương 3

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng trên những lập địa khác nhau

3.1.1. Sinh trưởng và tăng trưởng đường kính và chiều cao của rừng trồng Bần trắng

a) Sinh trưởng đường kính và chiều cao của rừng trồng Bần trắng trên ba dạng lập địa được tổng hợp ở **Bảng 3- 1** và **3- 2**, **Biểu đồ 3- 1** và **3- 2**.

Bảng 3- 1: Tham số và Sinh trưởng đường kính của rừng trồng Bần trắng trên ba dạng lập địa.

A (năm)	D _{0Bq} (cm)	Min	Max	±SEE	CV%	N (cây/ha)	Tỷ lệ sống N (%)
Dạng lập địa I							
6 tháng	0,9	0,8	1,1	0,10	10,7	3.082	93,39
1	1,8	1,5	2,0	0,16	8,9	2.987	90,52
2	2,6	2,1	3,2	0,36	13,5	2.914	88,30
3	4,5	4,3	4,6	0,13	2,8	2.864	86,79
4	7,0	6,7	7,3	0,21	2,9	2.828	85,70
Dạng lập địa II							
6 tháng	1,0	0,8	1,1	0,10	10,5	3.145	95,30
1	2,0	1,7	2,2	0,16	8,0	3.059	92,70
2	2,9	2,3	3,4	0,31	10,9	2.987	90,52
3	7,2	6,7	7,6	0,36	5,0	2.914	88,30
4	10,7	10,2	11,1	0,32	3,0	2.871	87,00
Dạng lập địa III							
6 tháng	0,9	0,8	1,1	0,11	11,4	2.492	75,52
1	1,5	1,2	1,7	0,17	11,4	2.386	72,30

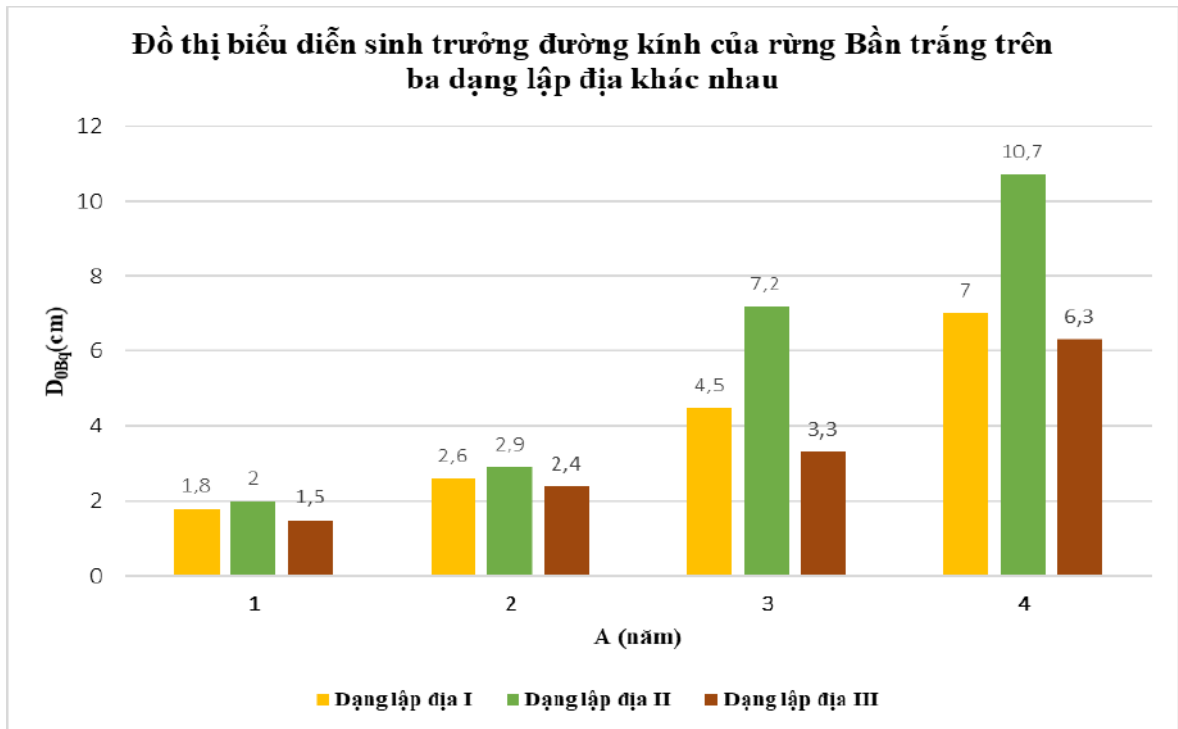
2	2,4	1,8	2,9	0,34	14,1	2.264	68,61
3	3,3	3,1	3,6	0,15	4,7	2.053	62,21
4	6,3	6,1	6,4	0,15	2,4	1.993	60,39

Ghi chú: D_{0Bq} (cm) = Đường kính bình quân; SEE = Sai lệch chuẩn; $CV\%$ = Hệ số biến động; N = Mật độ quần thụ; TLS (%) = Tỷ lệ cây còn sống.

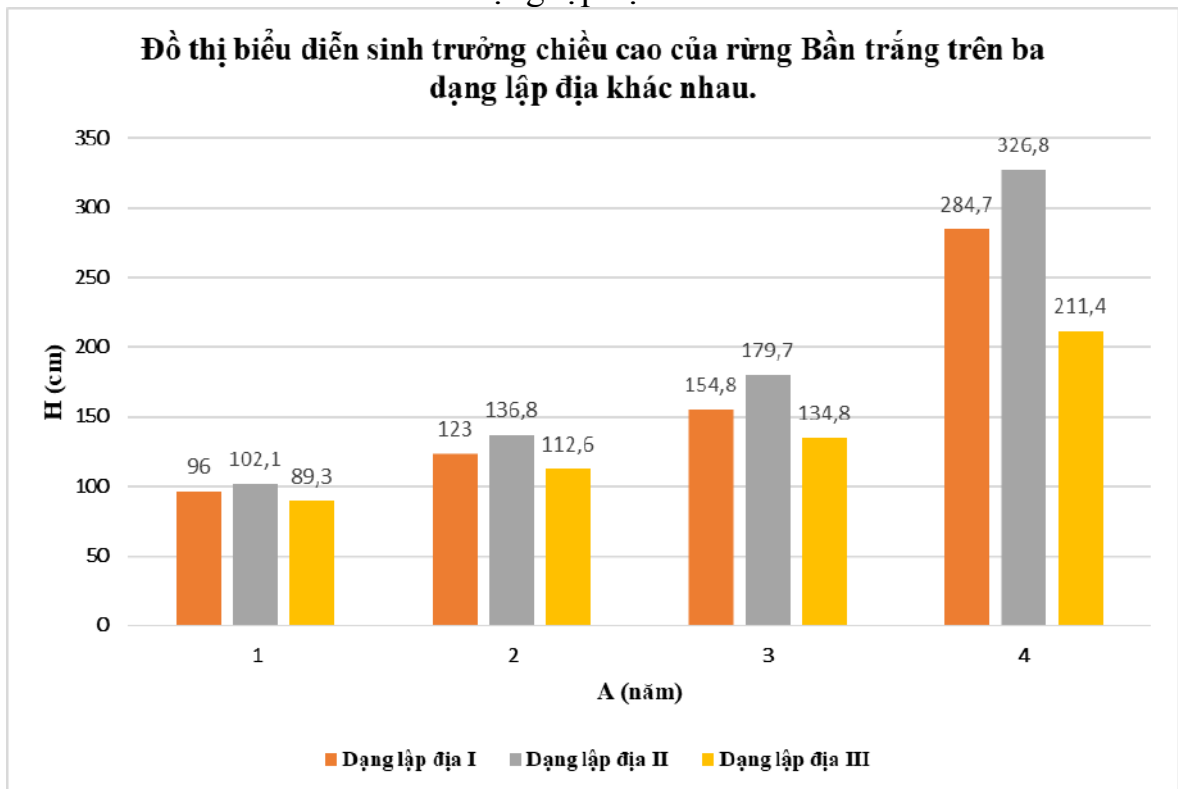
Bảng 3- 2: Sinh trưởng chiều cao của rừng trồng Bần trắng trên ba dạng lập địa.

A (năm)	H (cm)	Min	Max	$\pm SEE$	CV%
Dạng lập địa I					
6 tháng	57,4	48,0	66	5,4	9,5
1	96,0	92	99	2,1	2,2
2	123,0	115	131	4,7	3,8
3	154,8	152	158	2,1	1,4
4	284,7	275	294	6,1	2,1
Dạng lập địa II					
6 tháng	59,3	56,0	63	2,1	3,5
1	102,1	62	106	5,2	5,1
2	136,8	129	145	4,7	3,5
3	179,7	177	183	2,0	1,1
4	326,8	317	336	5,9	1,8
Dạng lập địa III					
6 tháng	57,8	48	66	5,6	9,6
1	89,3	86	93	2,5	2,8
2	112,6	105	121	4,7	4,2
3	134,8	130	140	3,2	2,3
4	211,4	174	240	22,4	10,6

Ghi chú: H (cm) = Chiều cao bình quân; SEE = Sai lệch chuẩn; $CV\%$ = Hệ số biến động; N = Mật độ quần thụ; TLS (%) = Tỷ lệ cây còn sống.



Biểu đồ 3- 1: Biểu đồ biểu diễn sinh trưởng đường kính của rừng Bần trắng trên ba dạng lập địa khác nhau.



Biểu đồ 3- 2: Biểu đồ biểu diễn sinh trưởng chiều cao của rừng Bần trắng trên ba dạng lập địa khác nhau.

Phân tích số liệu ở Bảng 3.1 cho thấy tỷ lệ sống (TLS%) của rừng trồng Bần trắng trên ba dạng lập địa đều suy giảm dần theo tuổi. Ở giai đoạn 6 tháng sau khi trồng, TLS đạt cao nhất ở dạng lập địa II (95,3%), thấp nhất ở dạng lập địa III (75,5%). Ở giai đoạn 4 tuổi, TLS của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa II (87,0%) lớn hơn so với dạng lập địa I (85,7%) và dạng lập địa III (60,4%). Nói chung, tỷ lệ sống của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa II lớn hơn so với dạng lập địa I và III. Ở giai đoạn 6 tháng tuổi, D_0 trung bình dao động từ 0,9cm trên dạng lập địa I đến 1,0cm trên dạng lập địa II. Số liệu ở Bảng 3.2 cho thấy chiều cao trung bình dao động từ 57,4cm trên dạng lập địa I đến 59,3cm trên dạng lập địa II. Đánh giá chung cho thấy biến động D_0 và H giữa các cá thể Bần trắng trong từng dạng lập địa nhận giá trị khá lớn (tương ứng $CV < 11,0\%$ và $CV < 10,0\%$). Những phân tích thống kê cho thấy D_0 của rừng trồng Bần trắng trên 3 dạng lập địa khác nhau không rõ rệt ($F = 1,67$; $P = 0,190$). Trái lại, H của rừng trồng Bần trắng trên 3 dạng lập địa khác nhau rõ rệt ($F = 4,1$; $P = 0,018$) (Phụ lục 1.1).

Ở giai đoạn 1 tuổi, D_0 trung bình dao động từ 1,5cm ở dạng lập địa III đến 2,0cm ở dạng lập địa II. Chiều cao trung bình dao động từ 89,3cm trên dạng lập địa III đến 102,1cm trên dạng lập địa II. Biến động D_0 giữa các cá thể trong từng dạng lập địa nhận giá trị khá lớn ($CV < 11,5\%$). Nói chung, sinh trưởng D_0 và H của rừng trồng Bần trắng trên 3 dạng lập địa khác nhau rất rõ rệt (tương ứng $F = 209,5$ với $P < 0,01$ và $F = 267,9$ với $P < 0,01$) (Phụ lục 1.2).

Ở giai đoạn 2 tuổi, D_0 trung bình dao động từ 2,4cm ở dạng lập địa III đến 2,9cm ở dạng lập địa II. Chiều cao trung bình dao động từ 112,6cm trên dạng lập địa III đến 136,8cm trên dạng lập địa II. Biến động D_0 giữa các cá thể trong từng dạng lập địa nhận giá trị khá cao ($CV = 10,9\%$ ở dạng lập địa II đến 14,1% ở dạng lập địa III). Nói chung, sinh trưởng D_0 và H của rừng trồng Bần trắng ở 3 dạng lập địa khác nhau rất rõ rệt (tương ứng $F = 37,6$ với $P < 0,01$ và

$F = 516,5$; $P < 0,01$) (Phụ lục 1.3). Ở giai đoạn 3 tuổi, D_0 trung bình dao động từ 3,3cm trên dạng lập địa III đến 7,2cm trên dạng lập địa II. Chiều cao trung bình dao động từ 134,8cm trên dạng lập địa III đến 179,7cm trên dạng lập địa II. Các cá thể trong từng dạng lập địa có biến động rất nhỏ về D_0 và H ($CV < 5,0\%$). Nói chung, sinh trưởng D_0 và H của rừng trồng Bần trắng trên 3 dạng lập địa khác nhau rất rõ rệt (tương ứng $F = 5.256,7$ với $P < 0,01$ và $F = 5.413,6$; $P < 0,01$) (Phụ lục 1.4).

Ở giai đoạn 4 tuổi, D_0 trung bình dao động từ 6,3cm trên dạng lập địa III đến 10,7cm trên dạng lập địa II. Chiều cao trung bình dao động từ 211,4cm trên dạng lập địa III đến 326,8cm trên dạng lập địa II. Đường kính của các cá thể trong từng dạng lập địa là khá đồng đều ($CV < 5,0\%$). Chiều cao trên dạng lập địa III có biến động khá lớn ($CV = 10,6\%$), còn hai dạng lập địa I và II là đồng đều ($CV < 5\%$). Nói chung, sinh trưởng D_0 và H của rừng trồng Bần trắng trên 3 dạng lập địa khác nhau rất rõ rệt (tương ứng $F = 6.374,3$ với $P < 0,01$ và $F = 1.044,6$; $P < 0,01$) (Phụ lục 1.5).

Những phân tích hồi quy và tương quan (Phụ lục 2) cho thấy hàm ước lượng $D_0 = f(A)$ của cây Bần trắng trên ba dạng lập địa theo hàm lũy thừa và hàm Korf được dẫn ra ở Bảng 3- 3 và 3- 4. Tương tự, hàm ước lượng $H = f(A)$ của cây Bần trắng trên ba dạng lập địa theo hàm lũy thừa và hàm Korf được dẫn ra ở Bảng 3- 5 và 3- 6.

Bảng 3- 3: Hàm ước lượng đường kính đối với cây Bần trắng trên 3 dạng lập địa I, II và III. A (1-4 tuổi)

Dạng lập địa	Hàm	Phương trình $D_0 = f(A)$	
I	Lũy thừa	$D_{0I} = 1,32971 \times A^{1,16952}$	(3.1)
	Korf	$D_{0I} = 2045,84 \times \exp(-7,35733 \times A^{-0,17974})$	(3.2)
II	Lũy thừa	$D_{0II} = 1,33189 \times A^{1,50129}$	(3.3)
	Korf	$D_{0II} = 1543,23 \times \exp(-7,22453 \times A^{-0,267544})$	(3.4)

$$\text{III} \quad \text{Lũy thừa} \quad D_{0\text{III}} = 1,05293 \times A^{1,2346} \quad (3.5)$$

$$\text{Korf} \quad D_{0\text{III}} = 2671,83 \times \exp(-7,84487 \times A^{-0,175787}) \quad (3.6)$$

Bảng 3- 4: Tương quan và sai lệch của những hàm ước lượng đường kính đối với cây Bần trắng trên 3 dạng lập địa I, II và III.

Dạng lập địa	Hàm	$r^2(\%)$	$\pm\text{SEE}$	MAE	MAPE	SSR	
I	Lũy thừa	97,3	0,46	0,35	17,2	0,64	(3.1)
	Korf	96,0	0,69	0,43	21,1	0,94	(3.2)
II	Lũy thừa	97,6	0,72	0,47	24,1	1,56	(3.3)
	Korf	96,7	1,05	0,56	30,5	2,20	(3.4)
III	Lũy thừa	93,0	0,64	0,47	22,9	1,25	(3.5)
	Korf	91,2	0,88	0,52	26,1	1,58	(3.6)

Ghi chú: $r^2(\%)$ = Hệ số xác định; SEE = Sai lệch chuẩn; MAE = Sai số tuyệt đối trung bình; MAPE = Sai số tuyệt đối trung bình theo %; SSR = Tổng bình phương sai lệch.

Bảng 3- 5: Hàm ước lượng chiều cao đối với cây Bần trắng trên 3 dạng lập địa I, II và III. A (1-4 tuổi)

Dạng lập địa	Hàm	Phương trình $H = f(A)$	
I	Lũy thừa	$H_I = 74,0 \times A^{0,889343}$	(3.7)
	Korf	$H_I = 19433,0 \times \exp(-5,53522 \times A^{-0,17126})$	(3.8)
II	Lũy thừa	$H_{II} = 77,0092 \times A^{0,970272}$	(3.9)
	Korf	$H_{II} = 23512,7 \times \exp(-5,69023 \times A^{-0,184756})$	(3.10)
III	Lũy thừa	$H_{III} = 78,5134 \times A^{0,642388}$	(3.11)
	Korf	$H_{III} = 9049,71 \times \exp(-4,72486 \times A^{-0,142931})$	(3.12)

Bảng 3- 6: Tương quan và sai lệch của những hàm ước lượng chiều cao đối với cây Bần trắng trên 3 dạng lập địa I, II và III

Dạng lập địa	Hàm	$r^2(\%)$	$\pm SEE$	MAE	MAPE	SSR	
I	Lũy thừa	87,8	35,0	25,2	20,5	3681,1	(3.7)
	Korf	85,3	47,0	27,8	22,1	4421,5	(3.8)
II	Lũy thừa	90,2	37,1	26,8	20,5	4128,5	(3.9)
	Korf	87,8	50,7	30,3	20,7	5152,7	(3.10)
III	Lũy thừa	90,6	20,5	14,2	12,3	1262,3	(3.11)
	Korf	88,9	27,3	15,7	13,2	1492,9	(3.12)

Ghi chú: $r^2(\%)$ = Hệ số xác định; SEE = Sai lệch chuẩn; MAE = Sai số tuyệt đối trung bình;

$MAPE$ = Sai số tuyệt đối trung bình theo %; SSR = Tổng bình phương sai lệch.

Trên cả ba dạng lập địa, hai hàm lũy thừa và hàm Korf đều tồn tại ở mức ý nghĩa rất cao ($P < 0,01$) và hệ số xác định rất cao ($r^2 > 85,0\%$). Hệ số r^2 và các thống kê sai lệch (SEE , MAE , $MAPE$ và SSR) của hàm lũy thừa cao hơn so với hàm Korf. Theo tiêu chuẩn SSR_{Min} , hàm lũy thừa là hàm thích hợp để ước lượng D_0 và $H = f(A)$ của cây Bần trắng trên ba dạng lập địa. Theo đó, sinh trưởng D_0 của rừng trồng Bần trắng trong giai đoạn 4 tuổi trên dạng lập địa I, II và III được ước lượng tương ứng theo hàm (3.1), (3.3) và (3.5). Sinh trưởng H của rừng trồng Bần trắng trong giai đoạn 4 tuổi trên dạng lập địa I, II và III được ước lượng tương ứng theo hàm (3.7), (3.9) và (3.11). Bằng cách khảo sát 6 hàm này, xác định được lượng tăng trưởng D_0 và H của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa I, II và III (Bảng 3- 7 – 3- 9).

Phân tích quá trình sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng trong giai đoạn 4 tuổi cho thấy hai đại lượng ZD_0 và ΔD_0 trên ba dạng lập địa đều gia tăng dần theo tuổi. So với ZD_0 và ΔD_0 trung bình trên dạng lập địa III (tương ứng 1,5cm và 1,3cm), hai đại lượng này trên dạng lập địa I (tương ứng 1,7cm và 1,5cm)

lớn hơn tương ứng 15,4% và 19,5%. Tương tự, hai đại lượng này trên dạng lập địa II (tương ứng 2,7cm và 2,0cm) lớn hơn tương ứng 83,1% và 60,3%.

b) Tăng trưởng về đường kính và chiều cao

Bảng 3- 7: Tăng trưởng đường kính và chiều cao của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa I.

A (năm)	Đường kính:				Chiều cao:			
	D ₀ (cm)	ZD ₀	ΔD ₀	Pd(%)	H (cm)	ZH	ΔH	Ph(%)
1	1,3	1,3	1,3	100,0	74,0	74,0	74,0	100,0
2	3,0	1,7	1,5	55,5	137,1	63,1	68,5	46,0
3	4,8	1,8	1,6	37,8	196,6	59,5	65,5	30,3
4	6,7	1,9	1,7	28,6	253,9	57,3	63,5	22,6
Trung bình		1,7	1,5			63,5	67,9	

Ghi chú: ZD và ZH = Tăng trưởng hàng năm về D và H; ΔD và ΔH = Tăng trưởng trung bình năm về D và H; Pd (%) và Ph (%) = Suất tăng trưởng về D và H.

Hai đại lượng ZH và ΔH trên ba dạng lập địa cũng gia tăng dần theo tuổi. So với ZH và ΔH trung bình trên dạng lập địa III (tương ứng 47,8cm và 60,2cm), hai đại lượng này trên dạng lập địa I (tương ứng 63,5cm và 67,9cm) lớn hơn tương ứng 32,7% và 12,9%. Tương tự, hai đại lượng này trên dạng lập địa II (tương ứng 73,9cm và 75,2cm) lớn hơn tương ứng 54,5% và 25,0%.

Bảng 3- 8: Tăng trưởng đường kính và chiều cao của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa II.

A (năm)	Đường kính:				Chiều cao:			
	D ₀ (cm)	ZD ₀	ΔD ₀	Pd(%)	H (cm)	ZH	ΔH	Ph(%)
1	1,3	1,3	1,3	100,0	77,0	77,0	77,0	100,0
2	3,8	2,4	1,9	64,7	150,9	73,9	75,4	49,0
3	6,9	3,2	2,3	45,6	223,6	72,7	74,5	32,5
4	10,7	3,7	2,7	35,1	295,6	72,0	73,9	24,4
Trung bình		2,7	2,0			73,9	75,2	

Ghi chú: ZD và ZH = Tăng trưởng hàng năm về D và H; ΔD và ΔH = Tăng trưởng trung bình năm về D và H; Pd (%) và Ph (%) = Suất tăng trưởng về D và H.

Bảng 3- 9: Tăng trưởng đường kính và chiều cao của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa III.

A (năm)	Đường kính:				Chiều cao:			
	D ₀ (cm)	ZD ₀	ΔD ₀	Pd(%)	H (cm)	ZH	ΔH	Ph(%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	1,1	1,1	1,1	100,0	78,5	78,5	78,5	100,0
2	2,5	1,4	1,2	57,5	122,6	44,0	61,3	35,9
3	4,1	1,6	1,4	39,4	159,0	36,5	53,0	22,9
4	5,8	1,7	1,5	29,9	191,3	32,3	47,8	16,9
Trung bình		1,5	1,3			47,8	60,2	

Ghi chú: ZD và ZH = Tăng trưởng hàng năm về D và H; ΔD và ΔH = Tăng trưởng trung bình năm về D và H; Pd (%) và Ph (%) = Suất tăng trưởng về D và H.

Đánh giá chung, lượng tăng trưởng trung bình hàng năm và trung bình năm về D₀ của rừng trồng Bần trắng trên cả ba dạng lập địa tương ứng 1,9cm và 1,6cm. Tương tự, hai đại lượng ZH và ΔH tương ứng 61,5cm và 68,0cm. Mức tăng trưởng D₀ và H của rừng trồng Bần trắng trên cả ba dạng lập địa là khá cao. Rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa II sinh trưởng nhanh hơn so với dạng lập địa I và III.

3.1.2. Sinh trưởng đường kính tán và chiều dài tán

Sinh trưởng đường kính tán và chiều dài tán của rừng trồng Bần trắng trên ba dạng lập địa được dẫn ra ở **Bảng 3- 10** và **3- 11**.

Đường kính tán trung bình ở tuổi 1 – 4 đạt thấp nhất trên dạng lập địa III (tương ứng 0,51; 0,65; 0,78 và 1,22 m), cao nhất trên dạng lập địa II (tương ứng 0,70; 0,93; 1,13 và 2,23 m). Biến động D_T giữa các cá thể Bần trắng trong từng dạng lập địa nhận giá trị khá cao (CV < 11,0%). Chiều dài tán trung bình ở tuổi 1 – 4 đạt thấp nhất trên dạng lập địa III (tương ứng 0,60; 0,76; 0,91 và 1,43m), cao nhất trên dạng lập địa II (tương ứng 0,80; 1,07; 1,41 và 2,57m).

Biến động LT giữa các cá thể Bần trắng trong từng dạng lập địa nhận giá trị khá cao ($CV < 11,0\%$). Những phân tích thống kê cho thấy DT và LT của rừng trồng Bần trắng ở tuổi 4 trên 3 dạng lập địa khác nhau rõ rệt (tương ứng $F = 41,9$ với $P < 0,01$; $F = 38,1$ với $P < 0,01$) (Phụ lục 3).

Bảng 3- 10: Sinh trưởng đường kính tán của rừng trồng Bần trắng trên ba dạng lập địa.

A (năm)	D_T (m)	Min	Max	$\pm SEE$	CV%
Dạng lập địa I					
1	0,59	0,60	0,60	0,01	2,4
2	0,76	0,70	0,80	0,03	3,8
3	0,95	0,90	1,00	0,01	1,4
4	1,75	1,70	1,80	0,04	2,2
Dạng lập địa II					
1	0,70	0,40	0,70	0,04	5,1
2	0,93	0,90	1,00	0,03	3,5
3	1,23	1,20	1,30	0,01	1,2
4	2,23	2,20	2,30	0,04	1,8
Dạng lập địa III					
1	0,51	0,50	0,50	0,01	2,7
2	0,65	0,60	0,70	0,03	4,3
3	0,78	0,80	0,80	0,02	2,5
4	1,22	1,00	1,40	0,13	10,6

Ghi chú: D_T (m) = Đường kính tán bình quân; SEE = Sai lệch chuẩn; $CV\%$ = Hệ số biến động.

Bảng 3- 11: Sinh trưởng chiều dài tán của rừng trồng Bần trắng trên ba dạng lập địa.

A (năm)	LT (m)	Min	Max	±SEE	CV%
Dạng lập địa I					
1	0,71	0,68	0,73	0,02	2,2
2	0,91	0,85	0,97	0,03	3,8
3	1,15	1,13	1,17	0,01	1,2
4	2,11	2,04	2,18	0,04	2,1
Dạng lập địa II					
1	0,80	0,49	0,83	0,04	5,0
2	1,07	1,01	1,14	0,04	3,5
3	1,41	1,39	1,44	0,02	1,1
4	2,57	2,49	2,64	0,05	1,8
Dạng lập địa III					
1	0,60	0,58	0,63	0,02	2,8
2	0,76	0,71	0,82	0,03	4,1
3	0,91	0,88	0,95	0,02	2,4
4	1,43	1,18	1,63	0,15	10,6

Ghi chú: L_T (m) = Chiều dài tán bình quân; SEE = Sai lệch chuẩn; CV% = Hệ số biến động.

3.1.3. Chỉ số phức hợp về cấu trúc của rừng trồng Bần trắng

Chỉ số SCI của rừng trồng Bần trắng trên ba dạng lập địa được dẫn ra ở Bảng 3- 12. Từ đó cho thấy, chỉ số SCI của rừng trồng Bần trắng không chỉ thay đổi theo tuổi, mà còn theo dạng lập địa. Ở dạng lập địa I, chỉ số SCI của rừng trồng Bần trắng gia tăng từ 5,2 ở tuổi 1 đến 56,4 ở tuổi 4. Ở dạng lập địa II, chỉ số SCI của rừng trồng Bần trắng gia tăng từ 6,2 ở tuổi 1 đến 100,4 ở tuổi 4. Ở dạng lập địa III, chỉ số SCI của rừng trồng Bần trắng gia tăng từ 3,2 ở tuổi

1 đến 26,5 ở tuổi 4. Nói chung, cấu trúc của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa III kém phức tạp hơn so với dạng lập địa I và II. Tại tuổi 4, chỉ số SCI của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa II (100,4) lớn hơn dạng lập địa I và III tương ứng là 1,8 lần và 3,9 lần. Hiện tượng này xảy ra là do N, D₀ và H của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa II lớn hơn so với dạng lập địa I và III.

Bảng 3- 12: Chỉ số phức tạp về cấu trúc của rừng trồng Bần trắng trên ba dạng lập địa.

A (năm)	N (cây/ha)	D ₀ (m ²)	H (cm)	Chỉ số SCI
Dạng lập địa I				
1	2.987	1,8	96,0	5,2
2	2.914	2,6	123,0	9,3
3	2.864	4,5	154,8	20,0
4	2.828	7,0	284,7	56,4
Dạng lập địa II				
1	3.059	2,0	102,1	6,2
2	2.987	2,9	136,8	11,9
3	2.914	7,2	179,7	37,7
4	2.871	10,7	326,8	100,4
Dạng lập địa III				
1	2.386	1,5	89,3	3,2
2	2.264	2,4	112,6	6,1
3	2.053	3,3	134,8	9,1
4	1.993	6,3	211,4	26,5

3.1.4. Chỉ số cạnh tranh tán của rừng trồng Bần trắng

Chỉ số CCI của rừng trồng Bần trắng trên ba dạng lập địa được dẫn ra ở

Bảng 3- 13: Chỉ số cạnh tranh tán của rừng trồng Bần trắng trên ba dạng lập địa.

A (năm)	N (cây/ha)	S _T (m ²)	Chỉ số CCI
Dạng lập địa I			
1	2.987	815	0,08
2	2.914	1.308	0,13
3	2.864	2.032	0,20
4	2.828	6.792	0,68
Dạng lập địa II			
1	3.059	1168	0,12
2	2.987	2045	0,20
3	2.914	3439	0,34
4	2.871	11.206	1,12
Dạng lập địa III			
1	2.386	487,4	0,05
2	2.264	751,2	0,08
3	2.053	980,8	0,10
4	1.993	2330,0	0,23

Từ số liệu ở Bảng 3- 13 cho thấy, chỉ số CCI của rừng trồng Bần trắng không chỉ thay đổi theo tuổi, mà còn theo dạng lập địa. Ở dạng lập địa I, chỉ số CCI của rừng trồng Bần trắng gia tăng từ 0,08 ở tuổi 1 đến 0,68 ở tuổi 4. Ở dạng lập địa II, chỉ số CCI của rừng trồng Bần trắng gia tăng từ 0,12 ở tuổi 1 đến 1,12 ở tuổi 4. Ở dạng lập địa III, chỉ số CCI của rừng trồng Bần trắng gia tăng từ 0,05 ở tuổi 1 đến 0,23 ở tuổi 4. Nhận xét chung, diện tích tán của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa III che phủ mặt đất thấp hơn so với dạng lập địa I và II. Tại tuổi 4, diện tích tán của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa I, II và III tương ứng che phủ 0,68 lần, 1,12 lần và 0,23 lần so với diện tích mặt đất. Nói chung, do sinh trưởng chậm, nên hệ thống tán của rừng trồng Bần trắng

4 tuổi trên dạng lập địa I và III vẫn chưa che phủ kín mặt đất. Trái lại, do sinh trưởng nhanh, nên hệ thống tán của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa II đã che phủ kín mặt đất tại tuổi 4.

3.1.5. Trữ lượng gỗ và sinh khối của rừng Bần trắng

3.1.5.1. Trữ lượng gỗ của rừng trồng Bần trắng trên ba dạng lập địa

Chỉ tiêu nghiên cứu bao gồm mật độ (N , cây/ha), đường kính gốc ($D_{0,0}$, cm), chiều cao vút ngọn (H_{vn} , m), tổng sinh khối trên mặt đất (B_{To} , kg), sinh khối thân (B_T , kg), sinh khối cành (B_C , kg) và sinh khối lá (B_L , kg) và tổng sinh khối sinh khối cành và lá (B_{CL} , kg).

Số liệu đo đếm trong ô thí nghiệm để trồng Bần trắng gồm số cây, chu vi (cm) đường kính ($D_{0,0}$ cm) và chiều cao cây (H_{vn} , m)

Xác định cây tiêu chuẩn: Cây tiêu chuẩn được xác định theo phương pháp cây bình quân. Cây tiêu chuẩn trên các dạng lập địa ở tuổi 4 là những cây có đường kính gốc ($D_{0,0}$, cm) tương ứng với cây có đường kính gốc ($D_{0,0}$, cm) bình quân. Đây là phương pháp được nhiều nghiên cứu sử dụng (Trần Quang Bảo và Võ Thành Phúc, 2019; Võ Đại Hải, 2008; Vũ Tấn Phương và Võ Đại Hải, 2011; Trần Thị Ngoan, 2019; Le Van Cuong và cs., 2020). Chặt 6 cây tiêu chuẩn cho mỗi dạng lập địa để xác định sinh khối. Tổng số cây được thu thập sinh khối là 18 cây.

Xác định sinh khối tươi: Để đo đạc sinh khối tươi của những cây mẫu, trước hết chặt hạ những cây mẫu ở vị trí cách mặt đất 3-5cm. Kế đến phân chia mẫu theo thành phần: thân, cành và lá. Sau đó cân tại hiện trường theo các bộ phận với độ chính xác 0,1g để xác định tổng sinh khối tươi, sau đó trộn mẫu và lấy 500-1000g cho mỗi loại, mẫu được đựng trong túi nylon díp miệng mang về phòng thí nghiệm để xác định sinh khối khô và phân tích hàm lượng carbon.

Xác định sinh khối khô: Đối với những thành phần trên cây tiêu chuẩn, từ mẫu sinh khối thân tươi được thu thập mẫu thành ba thành phần: thân, cành

và lá;. Để xác định sinh khối khô (B_K , kg), các mẫu được đưa vào tủ sấy ở phòng thí nghiệm với nhiệt độ $< 76^{\circ}\text{C}$, cho phân tích hàm lượng carbon và các nguyên tố cần thiết và sấy ở nhiệt độ 105°C cho đến khi trọng lượng không đổi để xác định độ ẩm, trọng lượng khô sinh khối của mẫu.

Những phân tích thống kê cho thấy hàm ước lượng trữ lượng gỗ của rừng trồng Bần trắng trên ba dạng lập địa có dạng như Hàm 3.13 – 3.15 (Phụ lục 4).

$$M_{(I)} = 22158,1 * \exp(-14,7571 * A^{-0,491796}) \quad (3.13)$$

$$r^2 = 99,77; \text{SEE} = \pm 0,48; \text{MAE} = 0,21; \text{MAPE} = 33,6\%.$$

$$M_{(II)} = 2946,98 * \exp(-12,5312 * A^{-0,773961}) \quad (3.14)$$

$$r^2 = 99,93; \text{SEE} = \pm 0,84; \text{MAE} = 0,36; \text{MAPE} = 37,1\%.$$

$$M_{(III)} = 37062,2 * \exp(-20,0278 * A^{-0,637896}) \quad (3.15)$$

$$r^2 = 99,17; \text{SEE} = \pm 0,68; \text{MAE} = 0,24; \text{MAPE} = 48,3\%.$$

Tiến hành khảo sát ba hàm 3.13 – 3.15, xác định được lượng tăng trưởng trữ lượng gỗ của rừng trồng Bần trắng trên ba dạng lập địa (Bảng 3- 14 – 3- 16).

Trên dạng lập địa I, trữ lượng gỗ gia tăng từ $0,01 \text{ m}^3/\text{ha}$ ở tuổi 1 đến $12,72 \text{ m}^3/\text{ha}$ ở tuổi 4. Đại lượng ZM gia tăng dần từ tuổi 1 ($0,01 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{năm}$) đến tuổi 4 ($8,63 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{năm}$). Tương tự, đại lượng ΔM gia tăng từ tuổi 1 ($0,01 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{năm}$) đến tuổi 4 ($3,18 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{năm}$).

Bảng 3- 14: Sinh trưởng trữ lượng gỗ của rừng Bần trắng trên dạng lập địa I.

A (năm)	M (m^3/ha)	ZM ($\text{m}^3/\text{ha}/\text{năm}$)	ΔM ($\text{m}^3/\text{ha}/\text{năm}$)	PM%
1	0,01	0,01	0,01	100,0
2	0,61	0,60	0,31	98,6
3	4,09	3,48	1,36	85,0
4	12,72	8,63	3,18	67,8

Ghi chú: M = Trữ lượng gỗ bình quân; ZM = Tăng trưởng hàng năm về trữ lượng gỗ; ΔM = Tăng trưởng trung bình năm về trữ lượng gỗ; PM (%) Suất tăng trưởng về trữ lượng gỗ.

Bảng 3- 15: Sinh trưởng trữ lượng gỗ của rừng Bần trắng trên dạng lập địa II.

A (năm)	M (m ³ /ha)	ZM (m ³ /ha/năm)	ΔM (m ³ /ha/năm)	PM%
1	0,01	0,01	0,01	100,0
2	1,94	1,92	0,97	99,4
3	13,93	11,99	4,64	86,1
4	40,56	26,63	10,14	65,7

Ghi chú: M = Trữ lượng gỗ bình quân; ZM = Tăng trưởng hàng năm về trữ lượng gỗ; ΔM = Tăng trưởng trung bình năm về trữ lượng gỗ; PM (%) Suất tăng trưởng về trữ lượng gỗ.

Bảng 3- 16: Sinh trưởng trữ lượng gỗ của rừng Bần trắng trên dạng lập địa III.

A (năm)	M (m ³ /ha)	ZM (m ³ /ha/năm)	ΔM (m ³ /ha/năm)	PM%
1	0,01	0,01	0,01	100,0
2	0,10	0,09	0,05	89,5
3	1,79	1,70	0,60	94,7
4	9,48	7,69	2,37	81,1

Ghi chú: M = Trữ lượng gỗ bình quân; ZM = Tăng trưởng hàng năm về trữ lượng gỗ; ΔM = Tăng trưởng trung bình năm về trữ lượng gỗ; PM (%) Suất tăng trưởng về trữ lượng gỗ.

Phân tích số liệu ở Bảng 3- 14 – 3- 16 cho thấy trữ lượng gỗ của rừng trồng Bần trắng thay đổi rõ rệt theo tuổi và dạng lập địa.

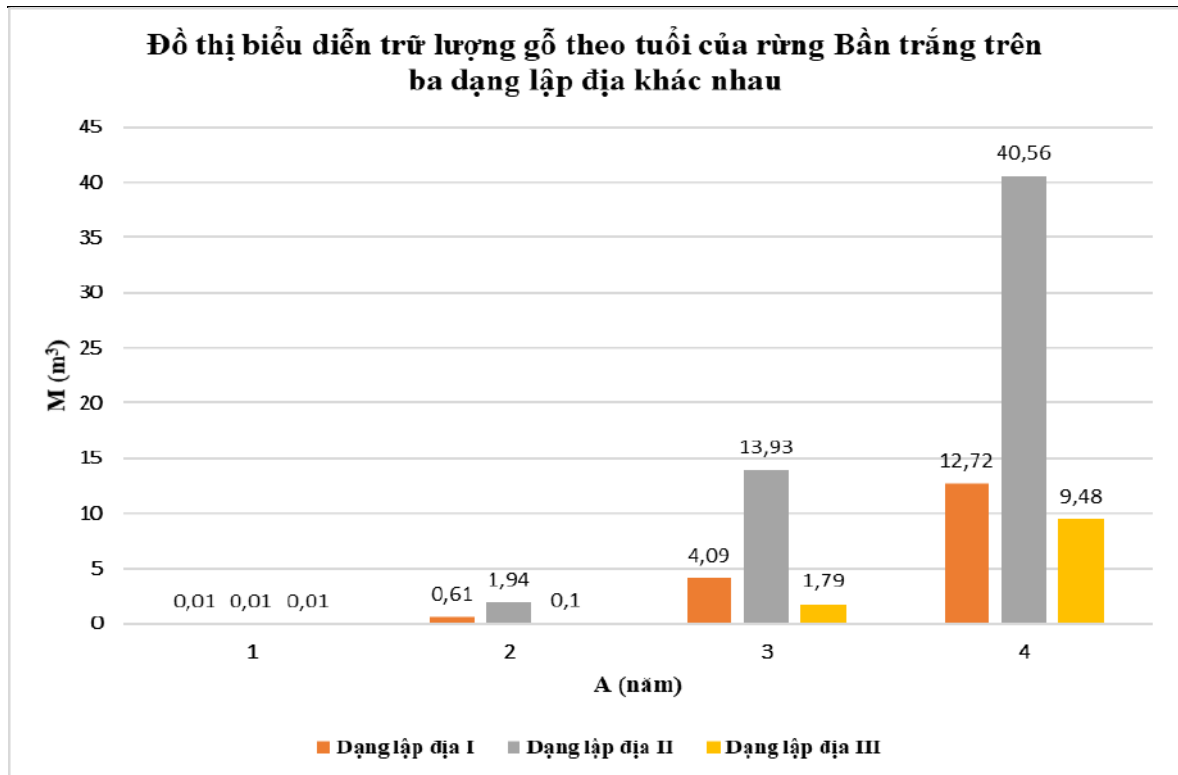
Trên dạng lập địa II, trữ lượng gỗ gia tăng từ 0,01 m³/ha ở tuổi 1 đến 40,56 m³/ha ở tuổi 4. Đại lượng ZM gia tăng dần từ tuổi 1 (0,01 m³/ha/năm) đến tuổi 4 (26,63 m³/ha/năm). Tương tự, đại lượng ΔM gia tăng từ tuổi 1 (0,01 m³/ha/năm) đến tuổi 4 (10,14 m³/ha/năm).

Trên dạng lập địa III, trữ lượng gỗ gia tăng từ 0,01 m³/ha ở tuổi 1 đến 9,48 m³/ha ở tuổi 4. Đại lượng ZM gia tăng dần từ tuổi 1 (0,01 m³/ha/năm) đến tuổi 4 (7,69 m³/ha/năm). Tương tự, đại lượng ΔM gia tăng từ tuổi 1 (0,01 m³/ha/năm) đến tuổi 4 (2,37 m³/ha/năm).

So với trữ lượng gỗ của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa III (100%) (Bảng 3- 17; Hình 3.3), trị số này trên dạng lập địa I và dạng lập địa II tại tuổi 4 tương ứng lớn hơn 1,34 lần và 4,28 lần. Nói chung, trữ lượng gỗ của rừng trồng Bần trắng đạt cao nhất trên dạng lập địa II, thấp nhất trên dạng lập địa III.

Bảng 3- 17: So sánh trữ lượng gỗ theo tuổi của rừng trồng Bần trắng trên ba dạng lập địa khác nhau. Đơn vị tính: 1 ha.

Cấp A (năm)	Dạng lập địa					
	I		II		III	
	M (m ³)	(%)	M (m ³)	(%)	M (m ³)	(%)
1	0,01	100,0	0,01	100,0	0,01	100
2	0,61	643,7	1,94	2030,1	0,10	100
3	4,09	228,4	13,93	777,7	1,79	100
4	12,72	134,2	40,56	428,0	9,48	100
Trung bình		276,6		834,0		100



Biểu đồ 3- 3: Biểu đồ biểu diễn trữ lượng gỗ theo tuổi của rừng Bần trắng trên ba dạng lập địa khác nhau.

3.1.5.2. Sinh khối của rừng trồng Bần trắng trên ba dạng lập địa

Những phân tích thống kê cho thấy hàm ước lượng bốn thành phần sinh khối (B_{To} , B_T , B_C , B_L) của cây Bần trắng trên ba dạng lập địa có dạng như hàm 3.16 – 3.20 (Bảng 3-18 và 3-19; Phụ lục 5). Tất cả 5 hàm này đều nhận hệ số xác định rất cao ($R^2 > 99,3\%$) với $MAPE < 6\%$ và $MPE < 0,6\%$. Bằng cách kết hợp 5 hàm 3.16 và 3.20 với mật độ (N , cây/ha), xác định được B_{To} , B_T và B_{CL} của rừng trồng Bần trắng từ tuổi 1 – 4 trên ba dạng lập địa I – III (Bảng 3- 20 – 3- 22).

Bảng 3- 18: Những hàm sinh khối cây Bần trắng trên dạng lập địa I.

Thành phần	Phương trình $B_i = f(A)$:
Tổng số	$B_{To} = -0,06747 + 0,187333 \cdot D_0^2 + 0,023569 \cdot D_0^3 - 0,085543 \cdot (D_0^3/H)$ (3.16)
Thân	$B_T = -0,041428 + 0,137962 \cdot D_0^2 + 0,015993 \cdot D_0^3 - 0,059125 \cdot (D_0^3/H)$ (3.17)
Cành	$B_C = -0,0149123 + 0,0195069 \cdot D_0^2 + 0,003079 \cdot D_0^3 - 0,00929051 \cdot (D_0^3/H)$ (3.18)
Lá	$B_L = -0,0089889 + 0,0226121 \cdot D_0^2 + 0,003591 \cdot D_0^3 - 0,0128889 \cdot (D_0^3/H)$ (3.19)
Cành + Lá	$B_{CL} = -0,0166155 + 0,040238 \cdot D_0^2 + 0,006663 \cdot D_0^3 - 0,021595 \cdot (D_0^3/H)$ (3.20)

Bảng 3- 19: Kiểm định những hàm ước lượng $B_i = f(A)$ đối với cây Bần trắng trên dạng lập địa I.

Thành phần	R^2	$\pm SEE$	MAE	MAPE	MPE	
Tổng số	99,98	0,004	0,003	0,85	0,09	(3.16)
Thân	99,96	0,005	0,004	0,89	0,06	(3.17)
Cành	99,73	0,003	0,002	5,7	0,10	(3.18)
Lá	99,38	0,002	0,001	0,90	0,10	(3.19)
Cành + Lá	99,82	0,003	0,002	2,9	0,60	(3.20)

Ghi chú: R^2 (%) = Hệ số xác định; SEE = Sai lệch chuẩn; MAE = Sai số tuyệt đối trung bình; $MAPE$ = Sai số tuyệt đối trung bình theo %; MPE = Sai số theo phần trăm.

Bảng 3- 20: Sinh khối của rừng Bần trắng trên dạng lập địa I.

A (năm)	Các thành phần sinh khối (Tấn/ha):				
	B_{T0}	B_T	B_C	B_L	B_{CL}
1	0,42	0,38	0,02	0,01	0,04
2	1,06	0,91	0,10	0,05	0,16
3	4,13	3,31	0,52	0,30	0,82
4	13,89	10,65	1,91	1,34	3,25

Ghi chú: B_{T0} = Tổng sinh khối; B_T = Sinh khối thân; B_C = Sinh khối cành; B_L = Sinh khối lá; B_{CL} = Tổng sinh khối cành và lá.

Bảng 3- 21: Sinh khối của rừng Bần trắng trên dạng lập địa II.

A (năm)	Các thành phần sinh khối (Tấn/ha):				
	B_{T0}	B_T	B_C	B_L	B_{CL}
1	0,57	0,51	0,04	0,02	0,06
2	1,41	1,19	0,15	0,08	0,22
3	15,44	11,80	2,13	1,51	3,64
4	50,58	37,43	7,22	5,94	13,15

Ghi chú: B_{T0} = Tổng sinh khối; B_T = Sinh khối thân; B_C = Sinh khối cành; B_L = Sinh khối lá; B_{CL} = Tổng sinh khối cành và lá.

Bảng 3- 22: Sinh khối của rừng Bần trắng trên dạng lập địa III.

A (năm)	Các thành phần sinh khối (Tấn/ha):				
	B_{T0}	B_T	B_C	B_L	B_{CL}
1	0,18	0,17	0,00	0,00	0,01
2	0,71	0,59	0,08	0,04	0,12
3	1,67	1,36	0,21	0,11	0,32
4	9,89	7,60	1,38	0,92	2,30

Ghi chú: B_{T0} = Tổng sinh khối; B_T = Sinh khối thân; B_C = Sinh khối cành; B_L = Sinh khối lá; B_{CL} = Tổng sinh khối cành và lá.

Bảng 3- 23: Tỷ lệ các thành phần sinh khối của rừng Bần trắng trên dạng lập địa I.

A (năm)	Các thành phần sinh khối (%):				
	B _{T0}	B _T	B _C	B _L	B _{CL}
1	100	91,1	5,7	3,2	8,9
2	100	85,4	9,7	4,9	14,6
3	100	80,2	12,5	7,2	19,8
4	100	76,6	13,8	9,6	23,4
Trung bình		83,3	10,4	6,2	16,7

Ghi chú: B_{T0} = Tổng sinh khối; B_T = Sinh khối thân; B_C = Sinh khối cành; B_L = Sinh khối lá; B_{CL} = Tổng sinh khối cành và lá.

Bảng 3- 24: Tỷ lệ các thành phần sinh khối của rừng Bần trắng trên dạng lập địa II.

A (năm)	Các thành phần sinh khối (%):				
	B _{T0}	B _T	B _C	B _L	B _{CL}
1	100	89,0	7,2	3,8	11,0
2	100	84,2	10,5	5,3	15,8
3	100	76,4	13,8	9,8	23,6
4	100	74,0	14,3	11,7	26,0
Trung bình		80,9	11,4	7,7	19,1

Ghi chú: B_{T0} = Tổng sinh khối; B_T = Sinh khối thân; B_C = Sinh khối cành; B_L = Sinh khối lá; B_{CL} = Tổng sinh khối cành và lá.

Phân tích số liệu ở *Bảng 3- 23 – 3- 25* cho thấy tổng sinh khối của rừng trồng Bần trắng thay đổi rõ rệt theo tuổi và dạng lập địa. Trên dạng lập địa I, tổng sinh khối gia tăng từ 0,42 tấn/ha ở tuổi 1 đến 13,89 tấn/ha ở tuổi 4. Trên dạng lập địa II, tổng sinh khối gia tăng từ 0,57 tấn/ha ở tuổi 1 đến 50,58 tấn/ha ở tuổi 4. Trên dạng lập địa III, tổng sinh khối gia tăng từ 0,18 tấn/ha ở tuổi 1 đến 9,89 tấn/ha ở tuổi 4.

Bảng 3- 25: Tỷ lệ các thành phần sinh khối của rừng Bần trắng trên dạng lập địa III.

A (năm)	Các thành phần sinh khối (%):				
	B _{T0}	B _T	B _C	B _L	B _{CL}
1	100	96,2	2,0	1,8	3,8
2	100	83,3	11,0	5,6	16,7
3	100	81,0	12,5	6,5	19,0
4	100	76,8	13,9	9,3	23,2
Trung bình		84,3	9,9	5,8	15,7

Ghi chú: B_{T0} = Tổng sinh khối; B_T = Sinh khối thân; B_C = Sinh khối cành; B_L = Sinh khối lá; B_{CL} = Tổng sinh khối cành và lá.

Trên dạng lập địa I, so với B_{T0} của rừng trồng Bần trắng (100%), bốn thành phần B_T, B_C, B_L và B_{CL} tương ứng chiếm 83,3%, 10,4%, 6,2% và 16,7%. Trên dạng lập địa II, so với B_{T0} của rừng trồng Bần trắng (100%), bốn thành phần B_T, B_C, B_L và B_{CL} tương ứng chiếm 80,9%, 11,4%, 7,7% và 19,1%. Trên dạng lập địa III, so với B_{T0} của rừng trồng Bần trắng (100%), bốn thành phần B_T, B_C, B_L và B_{CL} tương ứng chiếm 84,3%, 9,9%, 5,8% và 15,7%. Nhìn chung, phần lớn sinh khối của rừng trồng Bần trắng trên ba dạng lập địa tập trung ở thân bình quân (82,8%), còn lại 17,2% là B_{CL}.

3.1.5.3. Dự trữ carbon và khả năng hấp thụ dioxit carbon của rừng trồng Bần trắng trên ba dạng lập địa khác nhau

Dự trữ carbon và khả năng hấp thụ dioxit carbon của rừng trồng Bần trắng thay đổi rõ rệt theo tuổi và dạng lập địa (Bảng 3- 26). Trên dạng lập địa I, khối lượng carbon dự trữ trong tổng sinh khối và khả năng hấp thụ CO₂ gia tăng từ tuổi 1 (tương ứng 0,20 và 0,73 tấn/ha) đến tuổi 4 (tương ứng 6,53 và 23,96 tấn/ha). Trên dạng lập địa II, khối lượng carbon dự trữ trong tổng sinh khối và khả năng hấp thụ CO₂ gia tăng từ tuổi 1 (tương ứng 0,27 và 0,98 tấn/ha) đến tuổi 4 (tương ứng 23,77 và 87,24 tấn/ha). Trên dạng lập địa III, khối lượng

carbon dự trữ trong tổng sinh khối và khả năng hấp thụ CO₂ gia tăng từ tuổi 1 (tương ứng 0,08 và 0,31 tấn/ha) đến tuổi 4 (tương ứng 4,65 và 17,07 tấn/ha).

Nhận xét chung, dự trữ carbon trong sinh khối của rừng trồng Bần trắng nhận giá trị cao nhất ở dạng lập địa II, thấp nhất ở dạng lập địa III. So sánh với rừng trồng Bần trắng 4 tuổi trên trên dạng lập địa III, dự trữ carbon trong sinh khối và khả năng hấp thụ CO₂ của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa I và II lớn hơn tương ứng 1,4 lần.

Bảng 3- 26: Dự trữ carbon và khả năng hấp thụ dioxit carbon của rừng trồng Bần trắng trên ba dạng lập địa khác nhau.

A (năm)	Dự trữ carbon và hấp thụ dioxit carbon (Tấn/ha):					
	Dạng lập địa I		Dạng lập địa II		Dạng lập địa III	
	C	CO ₂	C	CO ₂	C	CO ₂
1	0,20	0,73	0,27	0,98	0,08	0,31
2	0,50	1,83	0,66	2,44	0,33	1,23
3	1,94	7,12	7,26	26,63	0,79	2,89
4	6,53	23,96	23,77	87,24	4,65	17,07

3.1.6. Ảnh hưởng của lập địa đến tính ổn định của rừng trồng Bần trắng

Tính ổn định của rừng trồng Bần trắng được đánh giá thông qua tỷ lệ hình dạng thân cây (H/D) và chất lượng cây (Bảng 3- 27 và 3- 28). Tỷ lệ H/D thấp cùng chất lượng cá thể cây trồng tốt giúp chúng có khả năng cao chống chịu sóng gió, qua đó nâng cao được tính ổn định của cây trước tác động của ngoại cảnh

Hình dạng thân cây Bần trắng trên ba dạng lập địa đều có khuynh hướng giảm dần theo tuổi (Bảng 3- 27). Tỷ lệ H/D trên dạng lập địa III cao hơn so với lập địa I và II. Nói chung, hình dạng thân cây Bần trắng từ 1 - 4 tuổi trên cả 3 dạng lập địa đều phát triển phù hợp với ngoại cảnh. Tỷ lệ H/D ở các tuổi đều nhỏ hơn 0,80 Bảng 2- 27 chứng tỏ rừng Bần trắng phát triển ổn định, có khả năng tồn tại cao trước tác động ngoại cảnh (sóng, gió...).

Bảng 3- 27: Ảnh hưởng của lập địa đến hình dạng thân cây của rừng trồng Bần trắng.

A (năm)	Tỷ lệ H/D theo dạng lập địa:		
	I	II	III
1	0,55	0,52	0,62
2	0,47	0,48	0,48
3	0,34	0,25	0,41
4	0,40	0,31	0,34

Bảng 3- 28: Phân cấp chất lượng đối với các cây gỗ hình thành rừng trồng Bần trắng 4 tuổi trên ba dạng lập địa khác nhau.

A (năm)	Tỷ lệ phẩm chất cây (%)			
	Tổng số	Tốt	Trung bình	Xấu
Dạng lập địa I				
1	100	25,5	41,6	32,9
2	100	27,8	43,5	28,7
3	100	30,2	48,5	21,3
4	100	33,7	52,1	14,2
Dạng lập địa II				
1	100	32,2	48,9	18,9
2	100	38,5	52,6	8,9
3	100	39,5	52,7	7,8
4	100	40,5	55,6	3,9
Dạng lập địa III				
1	100	15,5	45,6	38,9
2	100	23,4	43,6	33,0
3	100	28,5	46,7	24,8
4	100	30,2	50,2	19,6

Những cây hình thành rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi phân hóa rõ rệt về cấp chất lượng (Bảng 3- 28). Tại tuổi 4, tỷ lệ số cây thuộc cấp chất lượng tốt và trung bình đạt cao nhất trên dạng lập địa II (96,1%), thấp nhất ở dạng lập địa III (80,5%). Nói chung, tỷ lệ số cây Bần trắng 4 tuổi thuộc cấp chất lượng tốt và trung bình đạt cao nhất trên dạng lập địa II (90,1%), thấp nhất ở dạng lập địa III (70,9%).

3.1.7. Thảo luận về sinh trưởng của rừng Bần trắng

Rừng trồng Bần trắng được trồng trên ba dạng lập địa đều đạt tỷ lệ sống cao sau 4 năm trồng; trong đó cao nhất trên dạng lập địa II, thấp nhất trên dạng lập địa III. Tỷ lệ sống cao của rừng trồng Bần trắng là do khu vực nghiên cứu nằm trong vùng phân bố tự nhiên của Bần trắng. Ngoài ra, tỷ lệ sống cao của rừng trồng Bần trắng còn nhờ vào sự hỗ trợ của các hàng rào chống sóng và cột cố định cây.

Sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng trong giai đoạn 6 tháng tuổi khác nhau không rõ rệt giữa ba dạng lập địa. Hiện tượng này xảy ra là vì những cá thể còn nhỏ với hệ rễ ăn nông, được cung cấp dinh dưỡng từ tự nhiên, do vậy cây bần trắng chưa có sự khác biệt sinh trưởng.

Ảnh hưởng của lập địa đến sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng chỉ biểu hiện rõ rệt từ năm thứ 1 - 4. Hiện tượng này xảy ra là vì những cá thể hình thành rừng trồng Bần trắng ở giai đoạn này có kích thước lớn, sinh trưởng nhanh hơn và bắt đầu chịu sự ảnh hưởng của môi trường. Rừng trồng Bần trắng sinh trưởng kém nhất trên dạng lập địa III, cao nhất trên dạng lập địa II. Sở dĩ rừng trồng Bần trắng sinh trưởng kém trên dạng lập địa III là vì dạng lập địa này phân bố trên địa hình cao, thời gian ngập triều ngắn và độ sâu ngập nước rất thấp. Trái lại, rừng trồng Bần trắng sinh trưởng tốt nhất trên dạng lập địa II là vì dạng lập địa này phân bố trên địa hình với thời gian ngập triều, có thời gian phơi bãi dài và độ sâu ngập nước cũng biến động theo thời gian phơi bãi này. Tính phức

hợp của cấu trúc rừng và chỉ số cạnh tranh gia tăng theo tuổi của rừng trồng Bần trắng. Hiện tượng này xảy ra là vì kích thước thân cây gia tăng theo tuổi của rừng trồng.

Tính phức hợp và chỉ số cạnh tranh của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa II lớn hơn so với dạng lập địa I và III. Nguyên nhân là vì rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa II sinh trưởng nhanh hơn so với cấp đất I và III. Hình dạng thân cây Bần trắng trên cả ba dạng lập địa đều phát triển cân đối. Điều đó cho phép rừng trồng Bần trắng hạn chế những ảnh hưởng xấu của sóng to và gió lớn.

Trữ lượng và sinh khối của rừng trồng Bần trắng đạt cao nhất trên dạng lập địa II, thấp nhất trên dạng lập địa III. Dự trữ carbon và khả năng hấp thụ CO₂ của rừng trồng Bần trắng đạt cao nhất trên dạng lập địa II, thấp nhất trên dạng lập địa III. Tại tuổi 4, khối lượng carbon dự trữ trong sinh khối đạt cao nhất trên dạng lập địa II, thấp nhất trên dạng lập địa III. Tương tự, khối lượng CO₂ được rừng trồng Bần trắng hấp thụ và thải vào không khí đạt cao nhất trên dạng lập địa II, thấp nhất trên dạng lập địa III. Trồng rừng Bần trắng cho phép điều chỉnh hàm lượng CO₂ trong không khí.

Nói chung, chất lượng lập địa ảnh hưởng rõ rệt đến sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng. Theo thứ bậc, dạng lập địa III là điều kiện không thích hợp cho sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng, dạng lập địa I có mức độ thích hợp vừa khi có mực nước triều ngập không quá sâu và thời gian bị ngập không quá lâu, còn dạng lập địa II là điều kiện thích hợp cho sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng. Đây là cơ sở để chọn lập địa trong trồng rừng Bần trắng ở khu vực ven biển tỉnh Thừa Thiên Huế. Để giúp cho rừng trồng Bần trắng sống tốt trên dạng lập địa III, biện pháp nuôi rừng bằng cách tạo ra các rạch để đưa nước thủy triều lấn sâu vào các hàng cây là biện pháp cần thiết. Những nghiên cứu

tiếp theo cần hướng vào phân tích sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng ở những tuổi cao hơn và biện pháp nuôi dưỡng rừng trồng Bần trắng.

3.2. Đặc tính của đất dưới tán rừng trồng Bần trắng

3.2.1. Đặc tính của đất dưới tán rừng Bần trắng trên dạng lập địa I

Đặc tính của đất dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi trên dạng lập địa I được tổng hợp ở Bảng 3- 31 và Phụ lục 6. Đặc tính của đất dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi trên dạng lập địa I thay đổi rõ rệt theo độ sâu tầng đất (Bảng 3- 29 và 3- 30).

Bảng 3- 29: Biến động đặc tính của đất ở độ sâu tầng đất từ 0 – 20 cm dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi trên dạng lập địa I.

Đặc tính đất	Tuổi rừng (năm):				
	Đất trống	1	2	3	4
pH _{H2O}	6,1	6,3	6,5	7,0	6,7
pH _{KCL}	5,8	5,9	5,8	6,0	6,0
Mùn (%)	1,44	2,03	2,29	2,30	2,65
Ni tơ (%)	0,067	0,110	0,124	0,105	0,139
Phốt pho (%)	0,059	0,091	0,090	0,069	0,101
Kali (%)	0,153	0,205	0,245	0,219	0,287
Al ³⁺ (me/100g)	1,81	1,39	1,31	1,04	1,09
Fe ²⁺ (me/100g)	118,43	96,73	84,30	63,70	56,23
SO ₄ ²⁻ (me/100g)	0,093	0,073	0,063	0,041	0,058
Tỷ lệ sét (%)	13,4	15,0	16,1	13,2	19,0
Tỷ lệ thịt (%)	8,5	10,2	10,5	6,2	9,2
Tỷ lệ cát (%)	78,1	74,8	73,4	80,6	75,0

Ở tầng đất từ 0 – 20cm (Bảng 3- 29), so sánh với đất trống, 6 đặc tính (pH_{H2O}, hàm lượng mùn, ni tơ, phốt pho, kali và tỷ lệ cát) của đất dưới tán rừng trồng Bần trắng tại tuổi 3 gia tăng tương ứng 14,8%, 59,7%, 56,7%, 16,9%,

43,1% và 3,2%. Trái lại, 5 đặc tính (Al^{3+} , Fe^{2+} , SO_4^{2-} , hàm lượng sét và thịt) thấp hơn tương ứng 42,5%, 46,2%, 55,9%, 1,5% và 27,1%. Tại tuổi 4, so sánh với đất trồng, 7 đặc tính ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, mùn, ni tơ, photpho, kali, hàm lượng sét và thịt) dưới tán rừng trồng Bần trắng cao hơn tương ứng 9,8%, 84,0%, 107,5%, 71,2%, 87,6%, 41,8% và 8,2%. Trái lại, 5 đặc tính (Al^{3+} , Fe^{2+} , SO_4^{2-} , hàm lượng cát) thấp hơn tương ứng 39,8%, 52,5%, 37,6% và 8,1%.

Bảng 3- 30: Biến động đặc tính của đất ở độ sâu tầng đất từ 20 – 50 cm dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi trên dạng lập địa I.

Đặc tính đất	Tuổi rừng (năm):				
	Đất trồng	1	2	3	4
$\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$	5,7	5,9	6,1	6,1	6,3
pH_{KCL}	5,7	5,8	5,7	5,8	6,0
Mùn (%)	0,96	1,55	1,8133	2,06	2,23
Ni tơ (%)	0,045	0,088	0,102	0,114	0,104
Photpho (%)	0,041	0,073	0,072	0,077	0,080
Kali (%)	0,105	0,157	0,197	0,210	0,236
Al^{3+} (me/100g)	1,55	1,14	1,02	0,90	0,94
Fe^{2+} (me/100g)	109,03	87,33	74,87	69,47	46,93
SO_4^{2-} (me/100g)	0,105	0,088	0,078	0,081	0,075
Tỷ lệ sét (%)	12,1	13,6	14,8	15,5	17,0
Tỷ lệ thịt (%)	7,5	9,2	9,5	7,6	6,9
Tỷ lệ cát (%)	80,4	77,2	75,7	76,9	78,0

Ở tầng đất từ 20 – 50cm (Bảng 3- 30), so sánh với đất trồng, 7 đặc tính ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, hàm lượng mùn, ni tơ, photpho, kali, hàm lượng sét và thịt) của đất dưới tán rừng trồng Bần trắng tại tuổi 3 gia tăng tương ứng 7,0%, 114,6%, 153,3%, 87,8%, 100,0%, 28,1% và 1,3%. Trái lại, 4 đặc tính (Al^{3+} , Fe^{2+} , SO_4^{2-} , hàm lượng cát) thấp hơn tương ứng 41,9%, 36,3%, 22,9% và 4,4%. Tại tuổi 4,

so sánh với đất trống, 6 đặc tính ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, mùn, ni tơ, photpho, kali, hàm lượng sét) dưới tán rừng trồng Bần trắng cao hơn tương ứng 10,5%, 132,3%, 131,1%, 95,1%, 124,8% và 40,5%. Trái lại, 5 đặc tính (Al^{3+} , Fe^{2+} , SO_4^{2-} , hàm lượng thịt và cát) thấp hơn tương ứng 39,4%, 57,0%, 28,6%, 8,0% và 5,5%.

Bảng 3- 31: Biến động đặc tính của đất dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi trên dạng lập địa I.

Đặc tính đất	Tuổi rừng (năm):				
	Đất trống	1	2	3	4
$\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$	5,9	6,1	6,3	6,5	6,5
pH_{KCL}	5,8	5,9	5,7	5,9	6,0
Mùn (%)	1,20	1,79	2,05	2,18	2,44
Ni tơ (%)	0,056	0,099	0,113	0,110	0,122
Photpho (%)	0,050	0,082	0,081	0,073	0,091
Kali (%)	0,129	0,181	0,221	0,215	0,262
Al^{3+} (me/100g)	1,68	1,27	1,17	0,97	1,02
Fe^{2+} (me/100g)	113,7	92,0	79,6	66,6	51,6
SO_4^{2-} (me/100g)	0,099	0,081	0,070	0,061	0,067
Tỷ lệ sét (%)	12,8	14,3	15,5	14,3	18,0
Tỷ lệ thịt (%)	8,0	9,7	10,0	7,0	8,1
Tỷ lệ cát (%)	79,2	76,0	74,5	78,7	73,9

Phân tích số liệu ở Bảng 3- 31 cho thấy, 6 đặc tính ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, hàm lượng mùn, ni tơ, photpho, kali và tỷ lệ sét) của đất đều gia tăng theo sự gia tăng tuổi của rừng trồng Bần trắng. Trái lại, 5 đặc tính (hàm lượng Al^{3+} , Fe^{2+} , SO_4^{2-} , tỷ lệ thịt và cát) suy giảm dần theo sự gia tăng tuổi của rừng trồng Bần trắng. Giá trị pH_{KCL} có khuynh hướng ổn định, chỉ dao động trong khoảng 5,8 – 6,0. Tại tuổi 3, so với đất trống, 6 đặc tính ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, hàm lượng mùn, ni tơ, photpho, kali và tỷ lệ sét) của đất dưới tán rừng Bần trắng gia tăng tương ứng 10,2%, 81,7%,

96,4%, 46,0%, 66,7% và 11,7%. Trái lại, 5 đặc tính (Al^{3+} , Fe^{2+} , SO_4^{2-} , tỷ lệ thịt và cát) thấp hơn tương ứng 42,3%, 41,4%, 38,4%, 12,5% và 0,6%. Tại tuổi 4, so với đất trồng, 6 đặc tính ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, hàm lượng mùn, ni tơ, photpho, kali và tỷ lệ sét) của đất dưới tán rừng Bần trắng gia tăng tương ứng 10,2%, 103,3%, 117,9%, 82,0%, 103,1% và 40,6%. Trái lại, 4 đặc tính (Al^{3+} , Fe^{2+} , SO_4^{2-} , tỷ lệ cát) thấp hơn tương ứng 39,3%, 54,6%, 32,3% và 6,7%.

3.2.2. Đặc tính của đất dưới tán rừng Bần trắng trên dạng lập địa II

Đặc tính của đất dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi trên dạng lập địa II được dẫn ra ở Bảng 3- 34 và Phụ lục 7. Đặc tính của đất dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi trên dạng lập địa II thay đổi rõ rệt theo độ sâu tầng đất (Bảng 3- 32 và 3- 33).

Bảng 3- 32: Biến động đặc tính của đất ở độ sâu tầng đất từ 0 – 20 cm dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi trên dạng lập địa II.

Đặc tính đất	Tuổi rừng (năm):				
	Đất trồng	1	2	3	4
$\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$	6,3	6,8	7,0	7,0	7,0
pH_{KCL}	5,9	6,0	5,9	6,0	6,0
Mùn (%)	1,44	0,72	0,94	0,84	0,81
Ni tơ (%)	0,067	0,075	0,085	0,123	0,153
Photpho (%)	0,059	0,065	0,065	0,069	0,077
Kali (%)	0,153	0,166	0,206	0,219	0,247
Al^{3+} (me/100g)	1,807	0,581	0,875	0,885	0,650
Fe^{2+} (me/100g)	118,4	75,0	73,6	70,4	47,4
SO_4^{2-} (me/100g)	0,090	0,052	0,044	0,034	0,038
Tỷ lệ sét (%)	13,4	13,4	12,6	13,2	12,9
Tỷ lệ thịt (%)	8,5	7,8	8,2	6,3	6,1
Tỷ lệ cát (%)	78,1	78,8	79,3	80,5	81,0

Ở tầng đất từ 0 – 20cm (Bảng 3- 32), so sánh với đất trồng, 4 đặc tính ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, ni tơ, phot pho, kali) của đất dưới tán rừng trồng Bần trắng tại tuổi 3 gia tăng tương ứng 11,1%, 83,6%, 16,9% và 43,1%. Trái lại, 5 đặc tính (mùn, Al^{3+} , Fe^{2+} , SO_4^{2-} , hàm lượng thịt) thấp hơn tương ứng 41,7%, 51,0%, 40,5%, 62,2% và 25,9%. Tại tuổi 4, so sánh với đất trồng, 4 đặc tính ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, ni tơ, phot pho, kali) dưới tán rừng trồng Bần trắng cao hơn tương ứng 11,1%, 128,4%, 30,5% và 61,4%. Trái lại, 5 đặc tính (mùn, Al^{3+} , Fe^{2+} , SO_4^{2-} , hàm lượng thịt) thấp hơn tương ứng 43,8%, 64,0%, 60,0%, 57,8% và 28,2%.

Bảng 3- 33: Biến động đặc tính của đất ở độ sâu tầng đất từ 20 – 50 cm dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi trên dạng lập địa II.

Đặc tính đất	Tuổi rừng (năm):				
	Đất trồng	1	2	3	4
$\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$	5,9	6,4	6,6	6,6	6,1
pH_{KCL}	5,9	6,0	5,9	6,0	5,8
Mùn (%)	0,96	0,72	0,98	1,23	1,36
Ni tơ (%)	0,045	0,053	0,063	0,078	0,093
Phot pho (%)	0,041	0,065	0,065	0,069	0,078
Kali (%)	0,105	0,118	0,158	0,171	0,221
Al^{3+} (me/100g)	1,55	0,50	0,62	0,67	0,47
Fe^{2+} (me/100g)	109,0	55,6	57,5	50,8	43,7
SO_4^{2-} (me/100g)	0,105	0,067	0,059	0,049	0,053
Tỷ lệ sét (%)	12,1	12,1	11,3	11,8	12,0
Tỷ lệ thịt (%)	7,5	6,9	7,2	5,3	4,9
Tỷ lệ cát (%)	80,4	81,0	81,5	82,8	83,1

Ở tầng đất từ 20 – 50cm (Bảng 3- 33), so sánh với đất trồng, 5 đặc tính ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, mùn, ni tơ, phot pho, kali) của đất dưới tán rừng trồng Bần trắng tại tuổi 3 gia tăng tương ứng 11,9%, 28,1%, 73,3%, 68,3% và 69,2%. Trái lại, 4

đặc tính (Al^{3+} , Fe^{2+} , SO_4^{2-} , hàm lượng thịt) thấp hơn tương ứng 56,8%, 53,4%, 53,3% và 29,3%. Tại tuổi 4, so sánh với đất trống, 4 đặc tính (mùn, ni tơ, photpho, kali) dưới tán rừng trồng Bần trắng cao hơn tương ứng 41,7%, 106,7%, 90,2% và 110,5%. Trái lại, 4 đặc tính (Al^{3+} , Fe^{2+} , SO_4^{2-} , hàm lượng thịt) thấp hơn tương ứng 69,7%, 59,9%, 49,5% và 34,7%.

Bảng 3- 34: Biến động đặc tính của đất dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi trên dạng lập địa II.

Đặc tính đất	Tuổi rừng (năm):				
	Đất trống	1	2	3	4
$\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$	6,1	6,6	6,8	6,8	6,5
pH_{KCL}	5,9	6,0	5,9	6,0	5,9
Mùn (%)	1,20	0,72	0,96	1,04	1,09
Ni tơ (%)	0,056	0,064	0,074	0,101	0,123
Photpho (%)	0,050	0,065	0,065	0,069	0,078
Kali (%)	0,129	0,142	0,182	0,195	0,234
Al^{3+} (me/100g)	1,681	0,539	0,749	0,775	0,562
Fe^{2+} (me/100g)	113,7	65,3	65,5	60,6	45,5
SO_4^{2-} (me/100g)	0,097	0,059	0,051	0,042	0,045
Tỷ lệ sét (%)	12,8	12,7	12,0	12,5	12,5
Tỷ lệ thịt (%)	8,0	7,4	7,7	5,8	5,5
Tỷ lệ cát (%)	79,3	79,9	80,4	81,7	82,0

Từ Bảng 3- 34 và Phụ lục 7 cho thấy bốn đặc tính ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, hàm lượng ni tơ, photpho, kali) của đất gia tăng rõ rệt theo sự gia tăng tuổi của rừng trồng Bần trắng. Trái lại, 5 đặc tính (hàm lượng mùn, Al^{3+} , Fe^{2+} , SO_4^{2-} , tỷ lệ thịt) suy giảm rõ rệt theo sự gia tăng tuổi của rừng trồng Bần trắng. Giá trị pH_{KCL} có khuynh hướng ổn định, chỉ dao động trong khoảng 5,9 – 6,0. Tại tuổi 3, so với đất trống, 4 đặc tính ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, hàm lượng ni tơ, photpho, kali) của đất dưới tán

rừng Bần trắng gia tăng tương ứng 11,5%, 80,4%, 38,0% và 51,2%. Trái lại, 5 đặc tính (mùn, Al^{3+} , Fe^{2+} , SO_4^{2-} , tỷ lệ thịt) thấp hơn tương ứng 13,3%, 53,9%, 46,7%, 56,7% và 27,5%. Tại tuổi 4, so với đất trồng, 4 đặc tính ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, ni tơ, photpho, kali) của đất dưới tán rừng Bần trắng gia tăng tương ứng 6,6%, 119,6%, 56,0% và 81,4%. Trái lại, 4 đặc tính (Al^{3+} , Fe^{2+} , SO_4^{2-} , tỷ lệ thịt) thấp hơn tương ứng 66,6%, 60,0%, 53,6% và 31,3%.

3.2.3. Đặc tính của đất dưới tán rừng Bần trắng trên dạng lập địa III

Đặc tính của đất dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi trên dạng lập địa III được tổng hợp ở Bảng 3- 37 và và Phụ lục 8. Đặc tính của đất dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi trên dạng lập địa III thay đổi rõ rệt theo độ sâu tầng đất (Bảng 3- 35 và 3- 36).

Bảng 3- 35: Biến động đặc tính của đất ở độ sâu tầng đất từ 0 – 20 cm dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi trên dạng lập địa III.

Đặc tính đất	Tuổi rừng (năm):				
	Đất trồng	1	2	3	4
$\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$	6,3	6,5	6,7	6,7	7,0
pH_{KCL}	5,9	6,0	5,9	6,0	6,0
Mùn (%)	1,44	1,67	1,93	2,18	2,71
Ni tơ (%)	0,067	0,093	0,105	0,110	0,122
Photpho (%)	0,060	0,090	0,088	0,092	0,103
Kali (%)	0,153	0,207	0,244	0,257	0,292
Al^{3+} (me/100g)	1,81	0,91	1,21	1,08	1,26
Fe^{2+} (me/100g)	118,4	116,7	81,3	81,7	70,5
SO_4^{2-} (me/100g)	0,093	0,077	0,063	0,066	0,053
Tỷ lệ sét (%)	15,0	16,1	17,2	17,9	18,9
Tỷ lệ thịt (%)	6,9	7,3	7,6	5,8	6,1
Tỷ lệ cát (%)	78,1	76,6	75,2	76,4	71,5

Bảng 3- 36: Biến động đặc tính của đất ở độ sâu tầng đất từ 20 – 50 cm dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi trên dạng lập địa III.

Đặc tính đất	Tuổi rừng (năm):				
	Đất trống	1	2	3	4
pH _{H2O}	5,9	6,1	6,3	6,3	6,6
pH _{KCL}	5,9	6,0	5,9	6,0	6,0
Mùn (%)	0,96	1,19	1,45	1,70	1,86
Ni tơ (%)	0,045	0,073	0,083	0,066	0,067
Phốt pho (%)	0,041	0,070	0,070	0,074	0,082
Kali (%)	0,105	0,156	0,196	0,209	0,219
Al ³⁺ (me/100g)	1,55	0,66	0,50	0,27	0,41
Fe ²⁺ (me/100g)	109,0	107,3	78,5	92,1	76,8
SO ₄ ²⁻ (me/100g)	0,105	0,091	0,078	0,081	0,072
Tỷ lệ sét (%)	13,6	14,7	15,9	16,6	17,1
Tỷ lệ thịt (%)	6,0	6,4	6,7	4,8	4,9
Tỷ lệ cát (%)	80,4	78,9	77,5	78,6	80,4

Ở tầng đất từ 0 – 20cm (Bảng 3- 35), so sánh với đất trống, 6 đặc tính (pH_{H2O}, mùn, ni tơ, phốt pho, kali, tỷ lệ sét) của đất dưới tán rừng trồng Bần trắng tại tuổi 3 gia tăng tương ứng 6,3%, 51,4%, 64,2%, 53,3%, 68,0% và 19,3%. Trái lại, 4 đặc tính (Al³⁺, Fe²⁺, SO₄²⁻, hàm lượng thịt) thấp hơn tương ứng 40,3%, 31,0%, 29,0% và 15,9%. Tại tuổi 4, so sánh với đất trống, 6 đặc tính (pH_{H2O}, mùn, ni tơ, phốt pho, kali, tỷ lệ sét) của đất dưới tán rừng trồng Bần trắng gia tăng tương ứng 11,1%, 88,2%, 82,1%, 71,7%, 90,8% và 26,0%. Trái lại, 4 đặc tính (Al³⁺, Fe²⁺, SO₄²⁻, hàm lượng thịt) thấp hơn tương ứng 30,4%, 40,5%, 43,0% và 11,6%.

Ở tầng đất từ 20 – 50cm (Bảng 3- 36), so sánh với đất trống, 6 đặc tính (pH_{H2O}, mùn, ni tơ, phốt pho, kali, tỷ lệ sét) của đất dưới tán rừng trồng Bần

trắng tại tuổi 3 gia tăng tương ứng 6,8%, 77,1%, 46,7%, 80,5%, 99,0% và 22,1%. Trái lại, 4 đặc tính (Al^{3+} , Fe^{2+} , SO_4^{2-} , hàm lượng thịt) thấp hơn tương ứng 82,6%, 15,5%, 22,9% và 20,0%. Tại tuổi 4, so sánh với đất trồng, 6 đặc tính ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, mùn, ni tơ, phot pho, kali, tỷ lệ sét) của đất dưới tán rừng trồng Bần trắng gia tăng tương ứng 11,9%, 93,8%, 48,9%, 100,0%, 108,6% và 25,7%. Trái lại, 4 đặc tính (Al^{3+} , Fe^{2+} , SO_4^{2-} , hàm lượng thịt) thấp hơn tương ứng 73,5%, 29,5%, 31,4% và 18,3%.

Bảng 3- 37: Biến động đặc tính của đất dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi trên dạng lập địa III.

Đặc tính đất	Tuổi rừng (năm):				
	Đất trồng	1	2	3	4
$\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$	6,1	6,3	6,5	6,5	6,8
pH_{KCL}	5,9	6,0	5,9	6,0	6,0
Mùn (%)	1,20	1,43	1,69	1,94	2,28
Ni tơ (%)	0,056	0,083	0,094	0,088	0,178
Phot pho (%)	0,051	0,080	0,079	0,083	0,092
Kali (%)	0,129	0,182	0,220	0,233	0,256
Al^{3+} (me/100g)	1,681	0,787	0,852	0,677	0,835
Fe^{2+} (me/100g)	113,7	112,0	79,9	86,9	73,6
SO_4^{2-} (me/100g)	0,099	0,084	0,070	0,074	0,062
Tỷ lệ sét (%)	14,3	15,4	16,6	17,2	18,0
Tỷ lệ thịt (%)	6,4	6,9	7,1	5,3	5,5
Tỷ lệ cát (%)	79,3	77,8	76,4	77,5	75,9

Từ số liệu ở Bảng 3- 37 cho thấy, 6 đặc tính ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, mùn, ni tơ, phot pho, kali và hàm lượng sét) của đất gia tăng rõ rệt theo sự gia tăng tuổi của rừng trồng Bần trắng. Trái lại, 4 đặc tính (Al^{3+} , Fe^{2+} , SO_4^{2-} , tỷ lệ thịt) suy giảm rõ rệt theo sự gia tăng tuổi của rừng trồng Bần trắng. Giá trị pH_{KCL} có khuynh hướng

ổn định, chỉ dao động trong khoảng 5,9 – 6,0. Tại tuổi 3, so với đất trống, 6 đặc tính ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, mùn, ni tơ, photpho, kali, hàm lượng thịt) của đất dưới tán rừng Bần trắng gia tăng tương ứng 6,6%, 61,7%, 57,1%, 62,7%, 80,6% và 20,3%. Trái lại, 4 đặc tính (Al^{3+} , Fe^{2+} , SO_4^{2-} , tỷ lệ thịt) thấp hơn tương ứng 59,7%, 23,6%, 25,3% và 17,2%. Tại tuổi 4, so với đất trống, 6 đặc tính ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, mùn, ni tơ, photpho, kali và tỷ lệ sét) của đất dưới tán rừng Bần trắng gia tăng tương ứng 11,5%, 90,0%, 217,9%, 80,4%, 98,4% và 25,9%. Trái lại, 4 đặc tính (Al^{3+} , Fe^{2+} , SO_4^{2-} , tỷ lệ thịt) thấp hơn tương ứng 50,3%, 35,3%, 37,4% và 14,1%.

3.2.4. So sánh đặc tính của đất dưới tán rừng trồng Bần trắng trên ba dạng lập địa khác nhau

Những phân tích thống kê (Bảng 3- 38; Biểu đồ 3- 4) cho thấy 9 đặc tính của đất ($\text{pH-H}_2\text{O}$, pH-KCL , mùn, photpho, Fe^{2+} , SO_4^{2-} , tỷ lệ sét, thịt và cát) dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi trên ba dạng lập địa khác nhau rõ rệt ($P < 0,05$). Trái lại, ba thành phần (ni tơ, kali, Al^{3+}) khác nhau không rõ rệt ($P > 0,05$).

Thành phần $\text{pH-H}_2\text{O}$ lớn nhất dưới tán rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa II (6,6%), thấp nhất trên dạng lập địa I (6,3%). Thành phần pH-KCL lớn nhất dưới tán rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa III (6,0%), thấp nhất trên dạng lập địa I (5,8%). Hàm lượng mùn lớn nhất dưới tán rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa I (1,93%), thấp trên dạng lập địa II (1,0%). Hàm lượng photpho lớn nhất dưới tán rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa III (0,077%), thấp trên dạng lập địa II (0,065%).

Hàm lượng sắt lớn nhất dưới tán rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa III (93,2%), thấp trên dạng lập địa II (70,1%). Hàm lượng SO_4^{2-} lớn nhất dưới tán rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa III (0,078 me/100g), thấp trên dạng lập địa II (0,060 me/100g). Hàm lượng sét lớn nhất dưới tán rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa III (16,3%), thấp nhất trên dạng lập địa II (12,5%). Hàm lượng thịt lớn nhất dưới tán rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa I

(8,2%), thấp nhất trên dạng lập địa III (6,2%). Hàm lượng cát lớn nhất dưới tán rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa II (80,6%), thấp nhất trên dạng lập địa I (76,5%).

Bảng 3- 38. So sánh đặc tính của đất dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 - 4 tuổi trên ba dạng lập địa khác nhau.

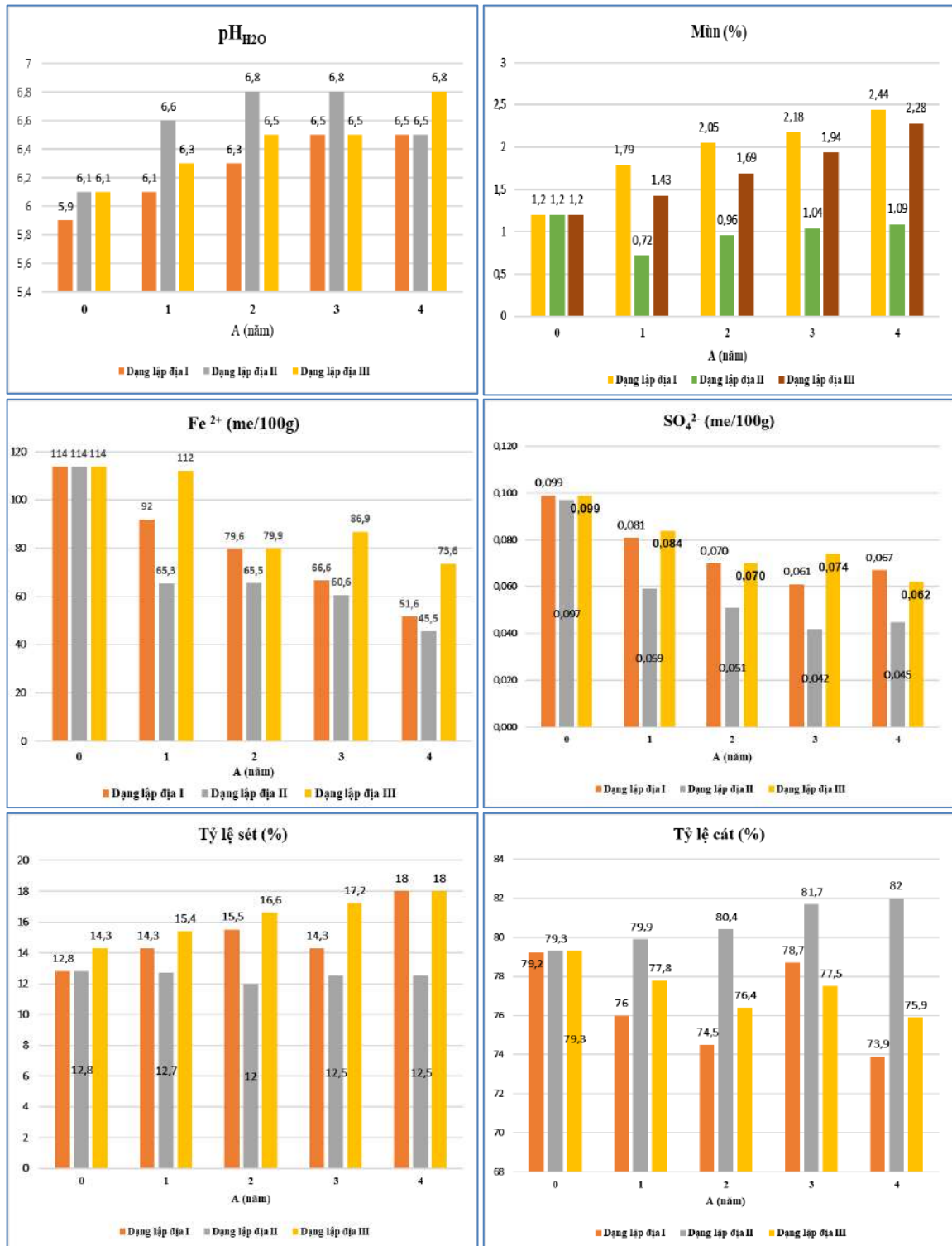
Đặc tính đất	TBF	DF	MS	F	P_{α}
pH _{H2O}	1,36	2	0,68	3,91	0,024
pH _{KCL}	0,19	2	0,10	3,59	0,032
Mùn (%)	14,23	2	7,11	36,61	0,000
Ni tơ (%)	0,01	2	0,00	2,81	0,066
Phốt pho (%)	0,00	2	0,00	3,93	0,023
Kali (%)	0,01	2	0,01	2,54	0,085
Al ³⁺ (me/100g)	2,04	2	1,02	2,30	0,106
Fe ²⁺ (me/100g)	8032,86	2	4016,43	6,54	0,002
SO ₄ ²⁻ (me/100g)	0,01	2	0,00	7,20	0,001
Tỷ lệ sét (%)	224,17	2	112,08	30,23	0,000
Tỷ lệ thịt (%)	60,66	2	30,33	13,25	0,000
Tỷ lệ cát (%)	288,86	2	144,43	17,66	0,000

Ghi chú: TBF = Tổng bình phương; DF = Bậc tự do; MS = Bình phương trung bình; F = Tiêu chuẩn kiểm định Fisher; P_{α} = Mức ý nghĩa thống kê.

So sánh các đặc tính của đất dưới tán rừng trồng Bần trắng tại tuổi 4 trên ba dạng lập địa (Bảng 3- 39 và 3- 40) cho thấy 7 đặc tính (pH_{H2O}, pH_{KCL}, ni tơ, phốt pho, kali, Al³⁺ và hàm lượng thịt) khác nhau không rõ rệt ($P > 0,05$). Trái lại, 5 đặc tính (mùn, Fe²⁺, SO₄²⁻, hàm lượng sét và cát) khác nhau rất rõ rệt ($P < 0,05$).

Hàm lượng mùn lớn nhất dưới tán rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa I (2,44%), thấp nhất trên dạng lập địa II (1,09%). Hàm lượng Fe²⁺ lớn nhất dưới tán rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa III (73,6%), thấp nhất trên dạng lập địa II (45,5%). Hàm lượng SO₄²⁻ lớn nhất dưới tán rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa I (0,067%), thấp nhất trên dạng lập địa II (0,045%). Hàm lượng sét lớn nhất dưới tán rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa III (18,0%), thấp

trên dạng lập địa II (12,5%). Hàm lượng cát lớn nhất trên dạng lập địa II (82,0%), thấp nhất trên dạng lập địa I (73,9%).



Biểu đồ 3- 4: Biểu đồ biểu diễn một số đặc tính của đất dưới tán rừng Bần trắng trên ba dạng lập địa khác nhau.

Bảng 3- 39: Đặc tính của đất dưới tán rừng trồng Bần trắng 4 tuổi trên ba dạng lập địa khác nhau.

Đặc tính đất	Dạng lập địa:			Bình quân
	I	II	III	
pH _{H2O}	6,5	6,5	6,8	6,6
pH _{KCL}	6,0	5,9	6,0	6,0
Mùn (%)	2,44	1,09	2,28	1,94
Ni tơ (%)	0,122	0,123	0,178	0,141
Phốt pho (%)	0,091	0,078	0,092	0,087
Kali (%)	0,262	0,234	0,256	0,250
Al ³⁺ (me/100g)	1,016	0,562	0,835	0,804
Fe ²⁺ (me/100g)	51,6	45,5	73,6	56,9
SO ₄ ²⁻ (me/100g)	0,067	0,045	0,062	0,058
Tỷ lệ sét (%)	18,0	12,5	18,0	16,2
Tỷ lệ thịt (%)	5,5	5,5	5,5	5,5
Tỷ lệ cát (%)	73,9	82,0	75,9	77,3

Ghi chú: TBF = Tổng bình phương; DF = Bậc tự do; MS = Bình phương trung bình; F = Tiêu chuẩn kiểm định Fisher; P_{α} = Mức ý nghĩa thống kê.

Bảng 3- 40: So sánh đặc tính của đất dưới tán rừng trồng Bần trắng 4 tuổi trên ba dạng lập địa khác nhau.

Đặc tính đất	TBF	DF	MS	F	P_{α}
pH _{H2O}	0,31	2	0,16	0,95	0,410
pH _{KCL}	0,02	2	0,01	1,18	0,335
Mùn (%)	6,58	2	3,29	23,02	0,000
Ni tơ (%)	0,00	2	0,00	1,38	0,281
Phốt pho (%)	0,00	2	0,00	2,56	0,110
Kali (%)	0,00	2	0,00	1,09	0,362
Al ³⁺ (me/100g)	0,63	2	0,31	3,18	0,071
Fe ²⁺ (me/100g)	2621,49	2	1310,74	30,44	0,000
SO ₄ ²⁻ (me/100g)	0,00	2	0,00	3,96	0,042
Tỷ lệ sét (%)	123,21	2	61,61	45,86	0,000
Tỷ lệ thịt (%)	3,74	2	1,87	1,40	0,277
Tỷ lệ cát (%)	215,26	2	107,63	8,90	0,003

Ghi chú: r = Hệ số tương quan; P_{α} = Mức ý nghĩa thống kê; n = Số lượng mẫu.

3.3. Quan hệ giữa đặc tính của đất với sinh trưởng của rừng Bần trắng

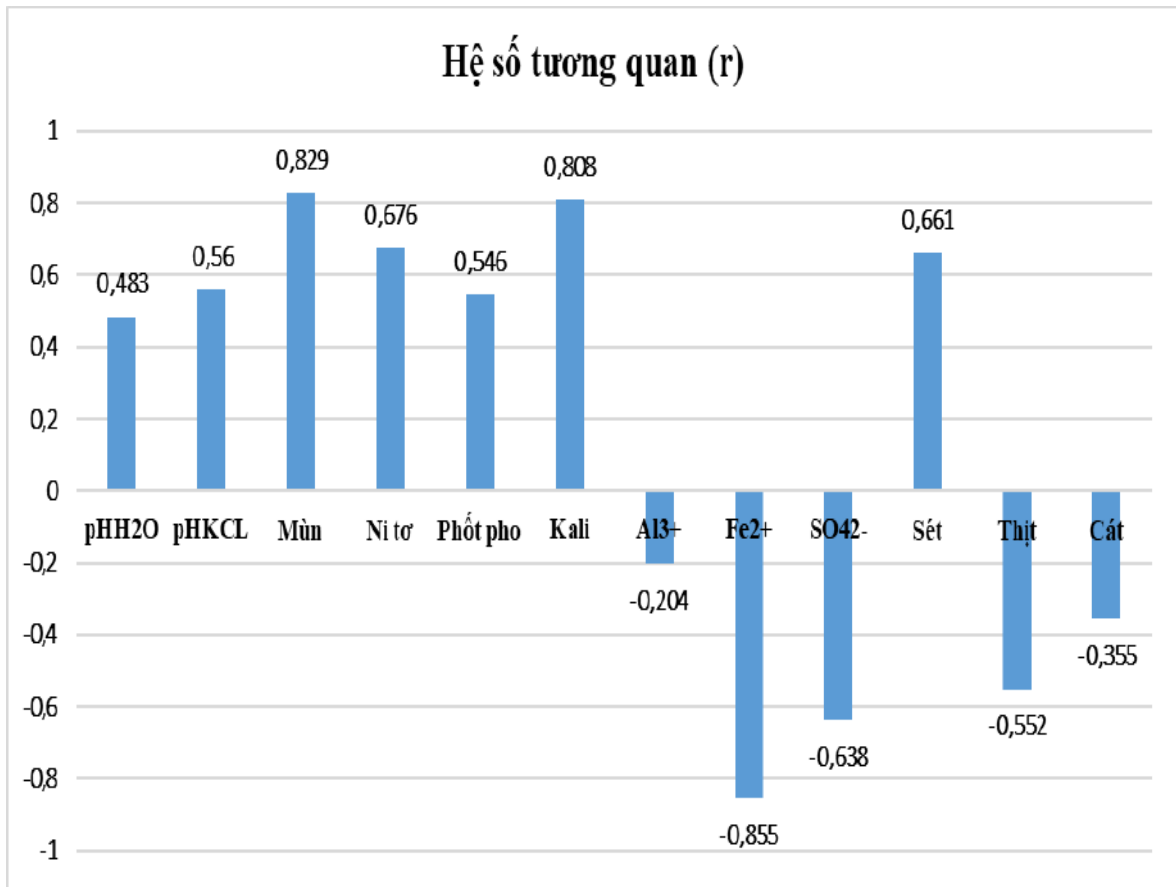
3.3.1. Quan hệ giữa đất với rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa I

Những phân tích thống kê cho thấy sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng ảnh hưởng rõ rệt đến đặc tính của đất trên dạng lập địa I (Bảng 3- 41; Biểu đồ 3-5). Sự gia tăng chỉ số SCI của rừng trồng Bần trắng dẫn đến sự gia tăng $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, pH_{KCL} , hàm lượng (mùn, ni tơ, photpho, kali) và tỷ lệ sét trong tầng đất từ 0 - 50cm. Trái lại, sự gia tăng chỉ số SCI của rừng trồng Bần trắng dẫn đến sự suy giảm hàm lượng Al^{3+} , Fe^{2+} , SO_4^{2-} , tỷ lệ thịt và cát. Tuy vậy, sự gia tăng chỉ số SCI của rừng trồng Bần trắng chỉ làm gia tăng rõ rệt $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ ($r = 0,483$; $P < 0,01$), pH_{KCL} ($r = 0,560$; $P < 0,01$), hàm lượng mùn ($r = 0,829$; $P < 0,01$), hàm lượng ni tơ ($r = 0,676$; $P < 0,01$), hàm lượng photpho ($r = 0,546$; $P < 0,01$), hàm lượng kali ($r = 0,808$; $P < 0,01$) và tỷ lệ sét ($r = 0,661$; $P < 0,01$). Trái lại, sự gia tăng chỉ số SCI của rừng trồng Bần trắng làm giảm rõ rệt hàm lượng Fe^{2+} ($r = -0,855$; $P < 0,01$), hàm lượng SO_4^{2-} ($r = -0,638$; $P < 0,01$) và tỷ lệ thịt ($r = -0,552$; $P < 0,01$).

Bảng 3- 41: Quan hệ giữa đất với sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa I.

Đặc tính đất	r	P_α	n (mẫu)
$\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$	0,483	0,007	30
pH_{KCL}	0,560	0,001	30
Mùn (%)	0,829	0,000	30
Ni tơ (%)	0,676	0,000	30
Photpho (%)	0,546	0,002	30
Kali (%)	0,808	0,000	30
Al^{3+} (me/100g)	-0,204	0,279	30
Fe^{2+} (me/100g)	-0,855	0,000	30
SO_4^{2-} (me/100g)	-0,638	0,000	30
Tỷ lệ sét (%)	0,661	0,000	30
Tỷ lệ thịt (%)	-0,552	0,002	30
Tỷ lệ cát (%)	-0,355	0,054	30

Ghi chú: r = Hệ số tương quan; P_α = Mức ý nghĩa thống kê; n = Số lượng mẫu.



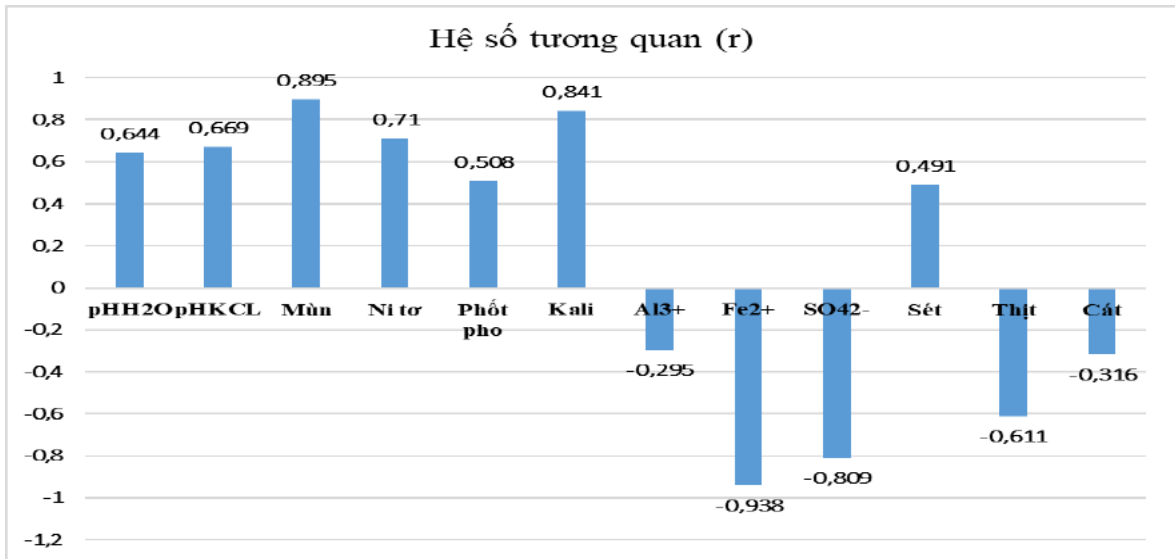
Biểu đồ 3- 5: Biểu đồ biểu diễn quan hệ giữa đặc tính của đất với rừng Bần trắng trên dạng lập địa I.

Những phân tích thống kê cũng cho thấy cường độ của mối quan hệ giữa tính chất của đất với sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng thay đổi tùy theo độ sâu tầng đất (Bảng 3- 42 và 3- 43; Biểu đồ 3- 6). Ở tầng đất 0 – 20cm (Bảng 3- 42; Biểu đồ 3- 6), sự nâng cao chỉ số SCI của rừng trồng Bần trắng dẫn đến sự gia tăng rõ rệt pH_{H₂O} ($r = 0,644$; $P < 0,01$), pH_{KCL} ($r = 0,669$; $P < 0,01$), hàm lượng mùn ($r = 0,895$; $P < 0,01$), hàm lượng ni tơ ($r = 0,710$; $P < 0,01$), hàm lượng phốt pho ($r = 0,505$; $P = 0,05$), hàm lượng kali ($r = 0,841$; $P < 0,01$). Trái lại, sự nâng cao chỉ số SCI của rừng trồng Bần trắng dẫn đến sự suy giảm rõ rệt hàm lượng Fe²⁺ ($r = -0,938$; $P < 0,01$), hàm lượng SO₄²⁻ ($r = -0,809$; $P < 0,01$), tỷ lệ thịt ($r = -0,611$; $P < 0,01$).

Bảng 3- 42: Quan hệ giữa đặc tính của đất ở lớp 0 – 20cm với sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa I.

Đặc tính đất	r	P_{α}	n (mẫu)
pH _{H2O}	0,644	0,010	15
pH _{KCL}	0,669	0,006	15
Mùn (%)	0,895	0,000	15
Ni tơ (%)	0,710	0,003	15
Phốt pho (%)	0,508	0,053	15
Kali (%)	0,841	0,000	15
Al ³⁺ (me/100g)	-0,295	0,286	15
Fe ²⁺ (me/100g)	-0,938	0,000	15
SO ₄ ²⁻ (me/100g)	-0,809	0,000	15
Tỷ lệ sét (%)	0,491	0,063	15
Tỷ lệ thịt (%)	-0,611	0,016	15
Tỷ lệ cát (%)	-0,316	0,251	15

Ghi chú: r = Hệ số tương quan; P_{α} = Mức ý nghĩa thống kê; n = Số lượng mẫu.



Biểu đồ 3- 6: Biểu đồ biểu diễn quan hệ giữa đặc tính của đất ở lớp 0 - 20cm với rừng Bần trắng trên dạng lập địa I.

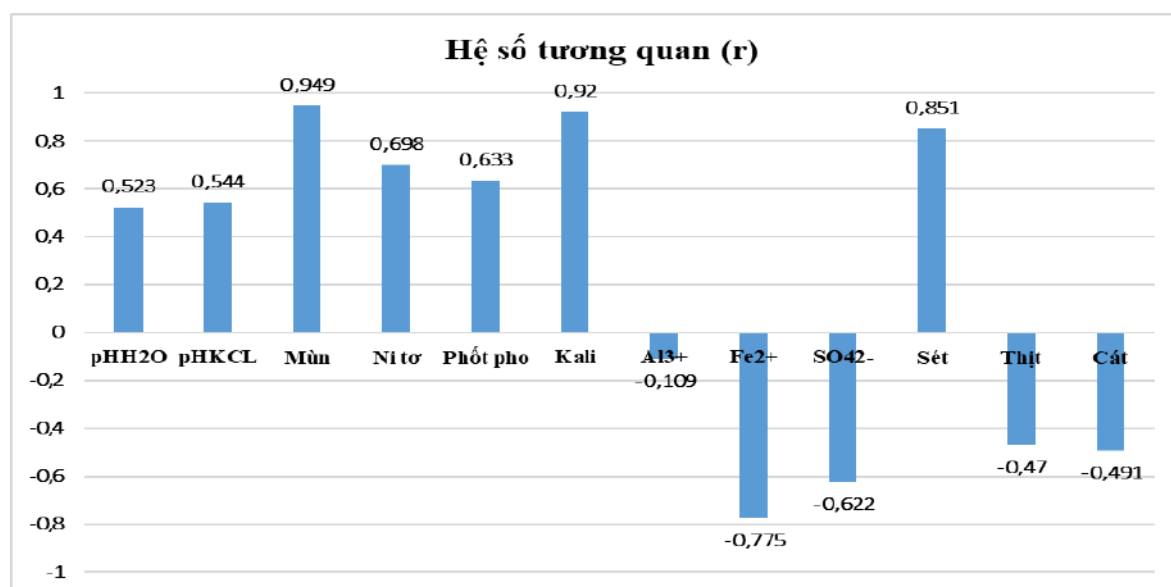
Ở tầng đất 20 – 50cm (Bảng 3- 43; Biểu đồ 3- 7), sự nâng cao chỉ số SCI của rừng trồng Bần trắng dẫn đến sự gia tăng rõ rệt pH_{H2O} ($r = 0,523$; $P = 0,045$), pH_{KCL} ($r = 0,544$; $P = 0,036$), hàm lượng mùn ($r = 0,949$; $P < 0,01$), hàm lượng ni tơ ($r = 0,698$; $P < 0,01$), hàm lượng phốt pho ($r = 0,633$; $P < 0,01$),

hàm lượng kali ($r = 0,920$; $P < 0,01$) và tỷ lệ sét ($r = 0,851$; $P < 0,01$). Trái lại, sự nâng cao chỉ số SCI của rừng trồng Bần trắng dẫn đến sự suy giảm rõ rệt hàm lượng Fe^{2+} ($r = -0,775$; $P < 0,01$), hàm lượng SO_4^{2-} ($r = -0,622$; $P < 0,01$).

Bảng 3- 43: Quan hệ giữa đặc tính của đất ở tầng 20 – 50cm với sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa I.

Đặc tính đất	r	P_α	n (mẫu)
$\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$	0,523	0,045	15
pH_{KCL}	0,544	0,036	15
Mùn (%)	0,949	0,000	15
Ni tơ (%)	0,698	0,004	15
Phốt pho (%)	0,633	0,011	15
Kali (%)	0,920	0,000	15
Al^{3+} (me/100g)	-0,109	0,698	15
Fe^{2+} (me/100g)	-0,775	0,001	15
SO_4^{2-} (me/100g)	-0,622	0,013	15
Tỷ lệ sét (%)	0,851	0,000	15
Tỷ lệ thịt (%)	-0,470	0,077	15
Tỷ lệ cát (%)	-0,491	0,063	15

Ghi chú: r = Hệ số tương quan; P_α = Mức ý nghĩa thống kê; n = Số lượng mẫu.



Biểu đồ 3- 7: Biểu đồ biểu diễn quan hệ giữa đặc tính của đất ở lớp 20-50cm với rừng Bần trắng trên dạng lập địa I.

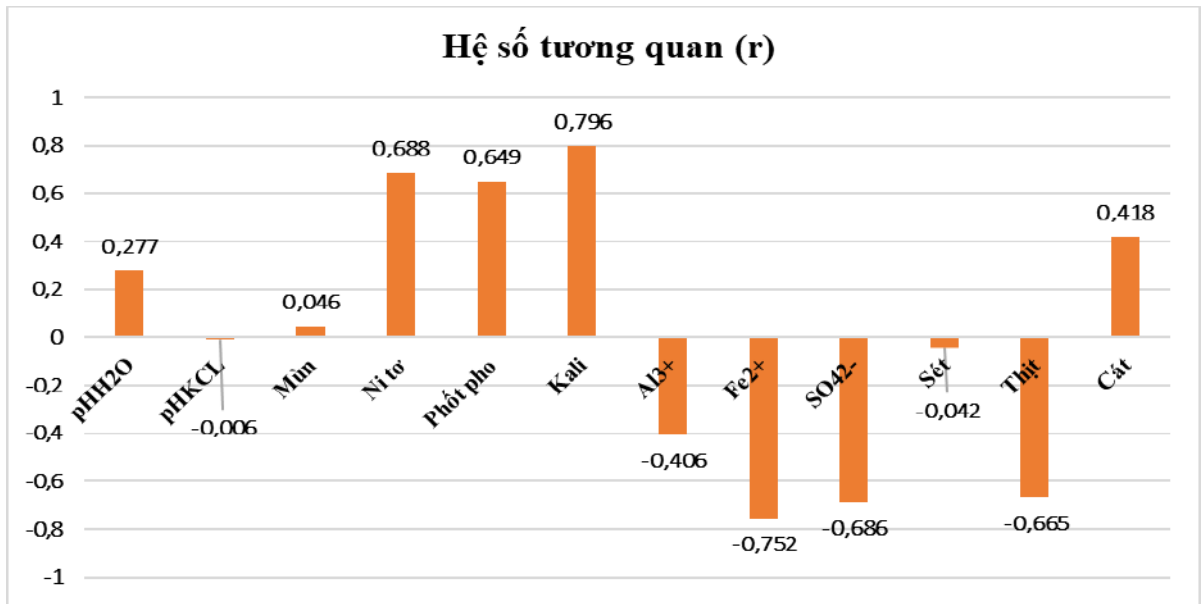
3.3.2. Quan hệ giữa đất với rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa II

Những phân tích thống kê cho thấy sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng ảnh hưởng rõ rệt đến đặc tính của đất trên dạng lập địa II (Bảng 3- 44; Biểu đồ 3- 8). Sự gia tăng chỉ số SCI của rừng trồng Bần trắng dẫn đến sự gia tăng pH_{H_2O} , hàm lượng (mùn, ni tơ, photpho, kali) và tỷ lệ cát trong tầng đất từ 0 - 50cm. Trái lại, sự gia tăng chỉ số SCI của rừng trồng Bần trắng dẫn đến sự suy giảm hàm lượng Al^{3+} , Fe^{2+} , SO_4^{2-} , tỷ lệ sét và thịt. Tuy vậy, sự gia tăng chỉ số SCI của rừng trồng Bần trắng chỉ làm gia tăng rõ rệt hàm lượng ni tơ ($r = 0,688$; $P < 0,01$), hàm lượng photpho ($r = 0,649$; $P < 0,01$), hàm lượng kali ($r = 0,796$; $P < 0,01$). Trái lại, sự gia tăng chỉ số SCI của rừng trồng Bần trắng làm giảm rõ rệt hàm lượng, hàm lượng Al^{3+} ($r = -0,406$; $P = 0,026$), Fe^{2+} ($r = -0,752$; $P < 0,01$), hàm lượng SO_4^{2-} ($r = -0,686$; $P < 0,01$) và tỷ lệ thịt ($r = -0,665$; $P < 0,01$).

Bảng 3- 44: Quan hệ giữa đất với sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa II.

Đặc tính đất	r	P_α	n (mẫu)
pH_{H_2O}	0,277	0,138	30
pH_{KCL}	-0,006	0,976	30
Mùn (%)	0,046	0,808	30
Ni tơ (%)	0,688	0,000	30
Photpho (%)	0,649	0,000	30
Kali (%)	0,796	0,000	30
Al^{3+} (me/100g)	-0,406	0,026	30
Fe^{2+} (me/100g)	-0,752	0,000	30
SO_4^{2-} (me/100g)	-0,686	0,000	30
Tỷ lệ sét (%)	-0,042	0,825	30
Tỷ lệ thịt (%)	-0,665	0,000	30
Tỷ lệ cát (%)	0,418	0,021	30

Ghi chú: r = Hệ số tương quan; P_α = Mức ý nghĩa thống kê; n = Số lượng mẫu.



Biểu đồ 3- 8: Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa đặc tính của đất với rừng Bàn trắng trên dạng lập địa II.

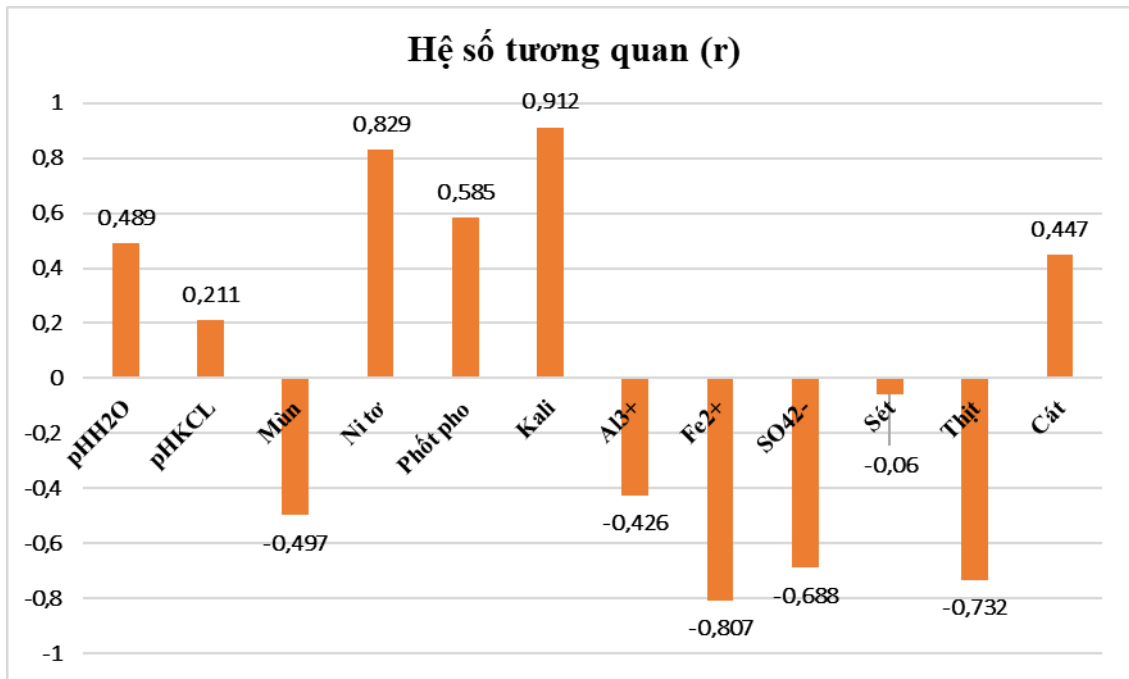
Những phân tích thống kê cũng cho thấy mối quan hệ giữa tính chất của đất với sinh trưởng của rừng trồng Bàn trắng thay đổi tùy theo độ sâu tầng đất. Ở lớp đất 0 – 20cm (Bảng 3- 45; Biểu đồ 3- 9), sự nâng cao chỉ số SCI của rừng trồng Bàn trắng chỉ dẫn đến sự gia tăng rõ rệt hàm lượng ni tơ ($r = 0,829$; $P < 0,01$), hàm lượng phot pho ($r = 0,585$; $P = 0,022$) và hàm lượng kali ($r = 0,912$; $P < 0,01$). Trái lại, sự nâng cao chỉ số SCI của rừng trồng Bàn trắng dẫn đến sự suy giảm rõ rệt hàm lượng Fe^{2+} ($r = -0,807$; $P < 0,01$), hàm lượng SO_4^{2-} ($r = -0,688$; $P < 0,01$) và tỷ lệ thịt ($r = -0,732$; $P < 0,01$).

Bảng 3- 45: Quan hệ giữa đặc tính của đất ở lớp 0 – 20cm với sinh trưởng của rừng trồng Bàn trắng trên dạng lập địa II.

Đặc tính đất	r	P_α	n (mẫu)
pH _{H2O}	0,489	0,064	15
pH _{KCL}	0,211	0,450	15
Mùn (%)	-0,497	0,060	15
Ni tơ (%)	0,829	0,000	15

Phốt pho (%)	0,585	0,022	15
Kali (%)	0,912	0,000	15
Al ³⁺ (me/100g)	-0,426	0,114	15
Fe ²⁺ (me/100g)	-0,807	0,000	15
SO ₄ ²⁻ (me/100g)	-0,688	0,005	15
Tỷ lệ sét (%)	-0,060	0,832	15
Tỷ lệ thịt (%)	-0,732	0,002	15
Tỷ lệ cát (%)	0,447	0,095	15

Ghi chú: r = Hệ số tương quan; P_α = Mức ý nghĩa thống kê; n = Số lượng mẫu.



Biểu đồ 3- 9: Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa đặc tính của đất ở lớp 0 - 20cm với rừng Bần trắng trên dạng lập địa II

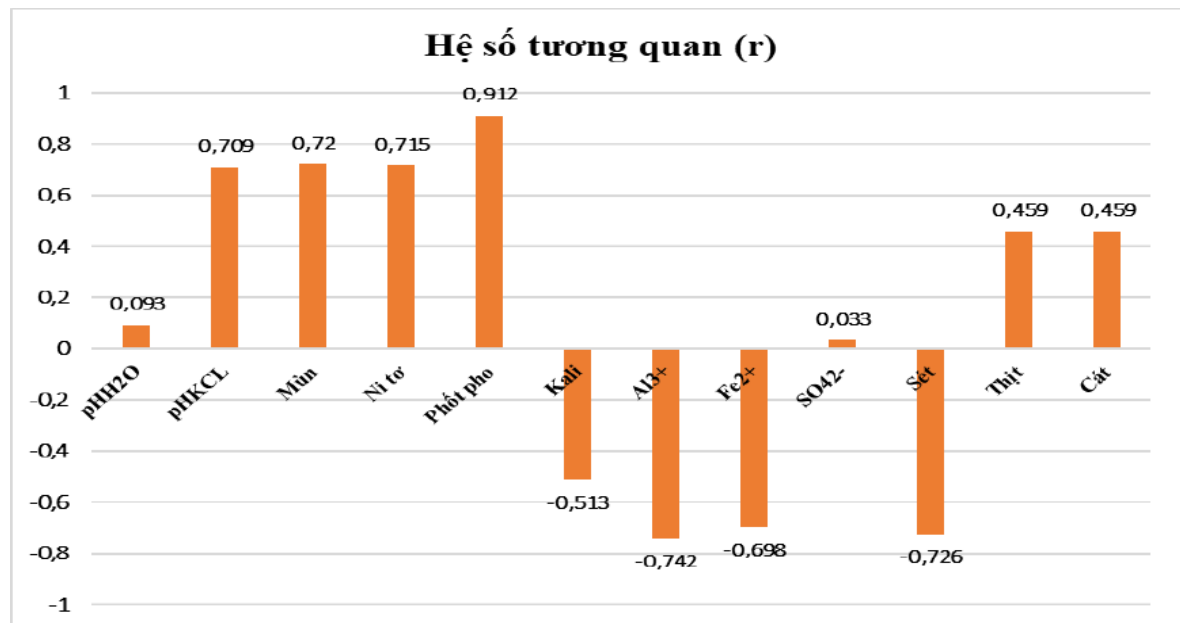
Ở lớp đất 20 – 50 cm (Bảng 3- 46; Biểu đồ 3- 10), sự nâng cao chỉ số SCI của rừng trồng Bần trắng dẫn đến sự gia tăng rõ rệt pH_{KCL} ($r = 0,709$; $P < 0,01$), hàm lượng mùn ($r = 0,720$; $P < 0,01$), hàm lượng ni tơ ($r = 0,715$; $P < 0,01$) và hàm lượng phốt pho ($r = 0,912$; $P < 0,01$). Trái lại, sự nâng cao chỉ số SCI của rừng trồng Bần trắng dẫn đến sự suy giảm rõ rệt hàm lượng kali ($r = -$

0,513; $P = 0,051$), hàm lượng Al^{3+} ($r = -0,742$; $P < 0,01$), hàm lượng Fe^{2+} ($r = -0,698$; $P < 0,01$) và tỷ lệ sét ($r = -0,726$; $P < 0,01$)

Bảng 3- 46: Quan hệ giữa đặc tính của đất ở lớp 20 – 50cm với sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa II.

Đặc tính đất	r	P_α	n (mẫu)
pH _{H2O}	0,093	0,741	15
pH _{KCL}	0,709	0,003	15
Mùn (%)	0,720	0,002	15
Ni tơ (%)	0,715	0,003	15
Phốt pho (%)	0,912	0,000	15
Kali (%)	-0,513	0,051	15
Al^{3+} (me/100g)	-0,742	0,002	15
Fe^{2+} (me/100g)	-0,698	0,004	15
SO_4^{2-} (me/100g)	0,033	0,908	15
Tỷ lệ sét (%)	-0,726	0,002	15
Tỷ lệ thịt (%)	0,459	0,085	15
Tỷ lệ cát (%)	0,459	0,085	15

Ghi chú: r = Hệ số tương quan; P_α = Mức ý nghĩa thống kê; n = Số lượng mẫu.



Biểu đồ 3- 10: Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa đặc tính của đất ở lớp 20-50cm với rừng Bần trắng trên dạng lập địa II.

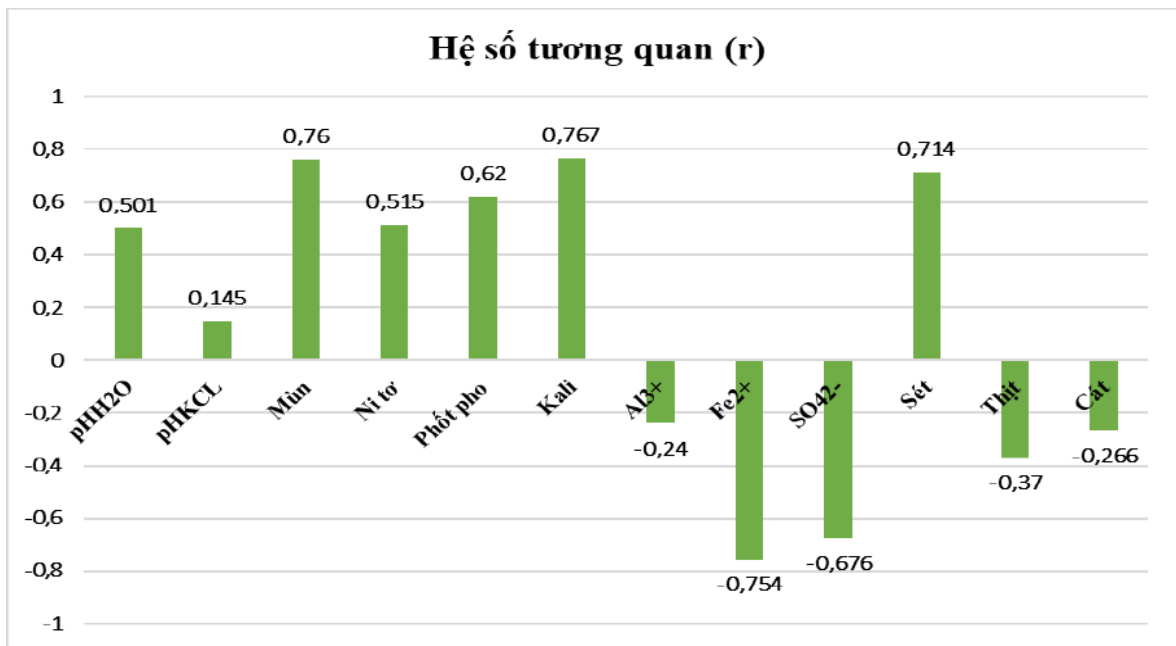
3.3.3. Quan hệ giữa đất với rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa III

Những phân tích thống kê cho thấy sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng ảnh hưởng đến đặc tính của đất trên dạng lập địa III (Bảng 3- 47; Biểu đồ 3- 11). Sự gia tăng chỉ số SCI của rừng trồng Bần trắng dẫn đến sự gia tăng $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, pH_{KCL} , hàm lượng (mùn, ni tơ, phốt pho, kali) và tỷ lệ sét trong đất. Trái lại, sự gia tăng chỉ số SCI của rừng trồng Bần trắng dẫn đến sự suy giảm hàm lượng Al^{3+} , Fe^{2+} , SO_4^{2-} , tỷ lệ thịt và cát. Tuy vậy, sự thay đổi của chỉ số SCI của rừng trồng Bần trắng dẫn đến sự nâng cao hàm lượng mùn ($r = 0,760$; $P < 0,01$), hàm lượng ni tơ ($r = 0,515$; $P < 0,01$), hàm lượng phốt pho ($r = 0,620$; $P < 0,01$), hàm lượng kali ($r = 0,767$; $P < 0,01$) và tỷ lệ sét ($r = 0,714$; $P < 0,01$).

Bảng 3- 47: Quan hệ giữa đất với sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa III.

Đặc tính đất	r	P_α	n (mẫu)
$\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$	0,501	0,005	30
pH_{KCL}	0,145	0,444	30
Mùn (%)	0,760	0,000	30
Ni tơ (%)	0,515	0,004	30
Phốt pho (%)	0,620	0,000	30
Kali (%)	0,767	0,000	30
Al^{3+} (me/100g)	-0,240	0,202	30
Fe^{2+} (me/100g)	-0,754	0,000	30
SO_4^{2-} (me/100g)	-0,676	0,000	30
Tỷ lệ sét (%)	0,714	0,000	30
Tỷ lệ thịt (%)	-0,370	0,044	30
Tỷ lệ cát (%)	-0,266	0,156	30

Ghi chú: r = Hệ số tương quan; P_α = Mức ý nghĩa thống kê; n = Số lượng mẫu.



Biểu đồ 3- 11: Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa đặc tính của đất với sinh trưởng của rừng Bần trắng trên dạng lập địa III.

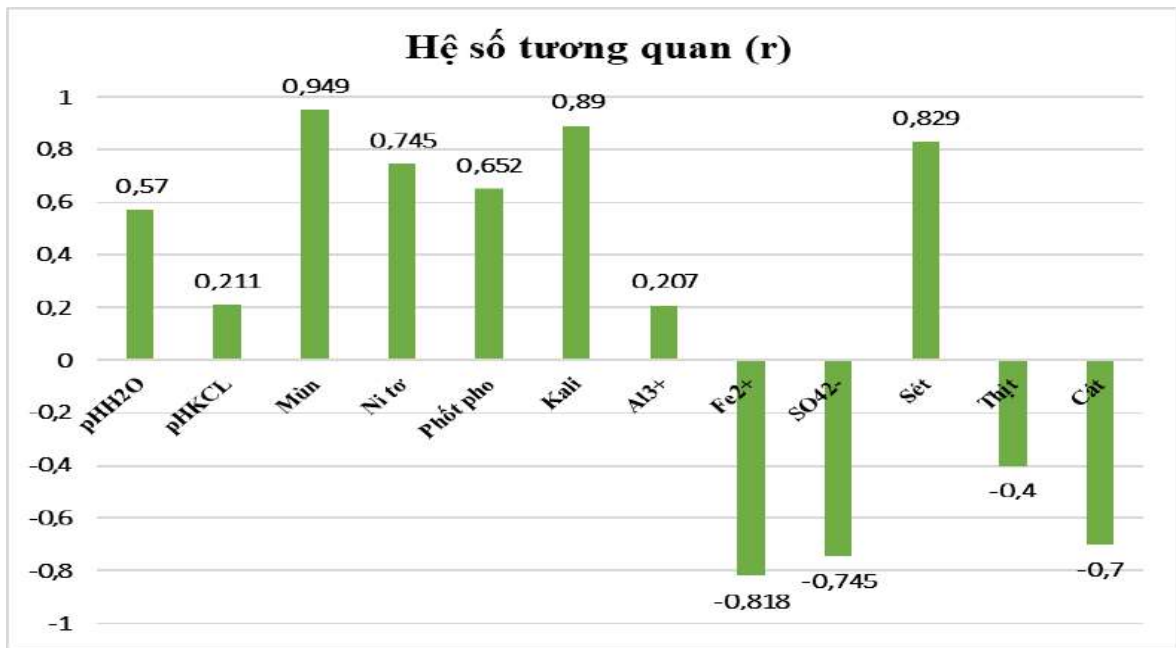
Mối quan hệ giữa tính chất của đất với sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng thay đổi tùy theo độ sâu tầng đất. Ở tầng đất 0 – 20cm (Bảng 3- 48; Biểu đồ 3- 12), sự nâng cao chỉ số SCI của rừng trồng Bần trắng dẫn đến sự gia tăng rất rõ rệt hàm lượng mùn ($r = 0,949$; $P < 0,01$), hàm lượng ni tơ ($r = 0,745$; $P < 0,01$), hàm lượng phốt pho ($r = 0,652$; $P < 0,011$), hàm lượng kali ($r = 0,890$; $P < 0,01$) và tỷ lệ sét ($r = 0,829$; $P < 0,01$). Trái lại, sự nâng cao chỉ số SCI của rừng trồng Bần trắng dẫn chỉ đến sự suy giảm rõ rệt hàm lượng Fe^{2+} ($r = -0,818$; $P < 0,01$) và hàm lượng SO_4^{2-} ($r = -0,745$; $P < 0,01$).

Bảng 3- 48: Quan hệ giữa đặc tính của đất ở tầng 0 – 20cm với sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa III.

Đặc tính đất	r	P_α	n (mẫu)
pH _{H₂O}	0,570	0,027	15
pH _{KCL}	0,211	0,450	15
Mùn (%)	0,949	0,000	15

Ni tơ (%)	0,745	0,001	15
Phốt pho (%)	0,652	0,008	15
Kali (%)	0,890	0,000	15
Al ³⁺ (me/100g)	0,207	0,458	15
Fe ²⁺ (me/100g)	-0,818	0,000	15
SO ₄ ²⁻ (me/100g)	-0,745	0,001	15
Tỷ lệ sét (%)	0,829	0,000	15
Tỷ lệ thịt (%)	-0,400	0,140	15
Tỷ lệ cát (%)	-0,700	0,004	15

Ghi chú: r = Hệ số tương quan; P_α = Mức ý nghĩa thống kê; n = Số lượng mẫu.



Biểu đồ 3- 12: Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa đặc tính của đất ở lớp 0 - 20cm với rừng Bần trắng trên dạng lập địa III.

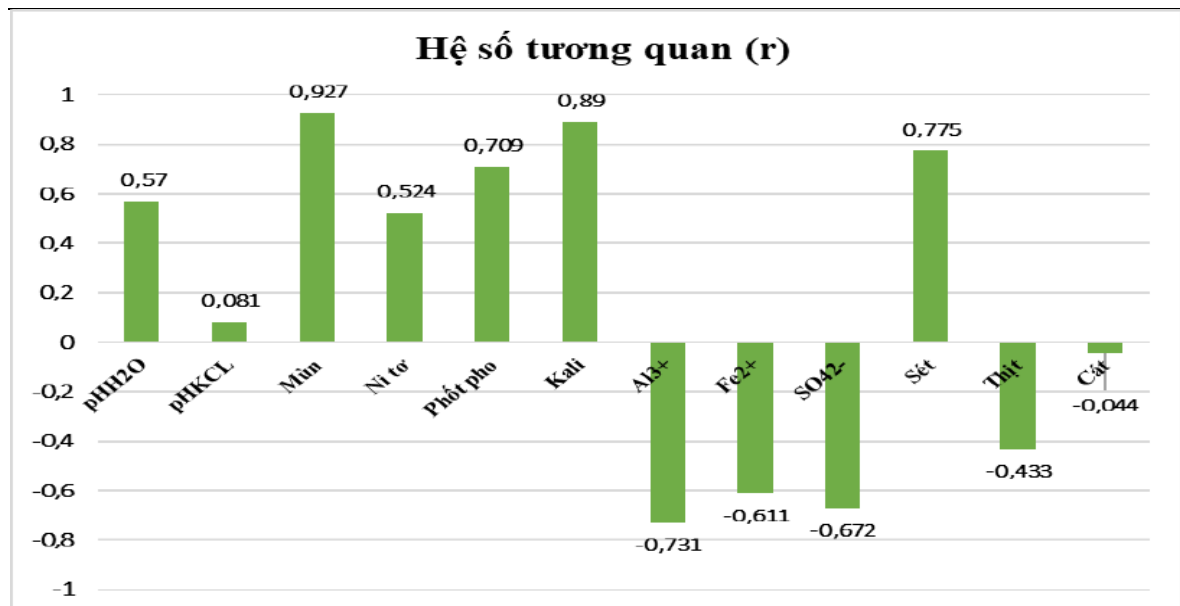
Ở lớp đất 20 – 50cm (Bảng 3- 49; Biểu đồ 3- 13), sự nâng cao chỉ số SCI của rừng trồng Bần trắng dẫn đến sự gia tăng rõ rệt hàm lượng mùn ($r = 0,927$; $P < 0,01$), hàm lượng ni tơ ($r = 0,524$; $P = 0,045$), hàm lượng phốt pho ($r = 0,709$; $P < 0,01$), hàm lượng kali ($r = 0,890$; $P < 0,01$) và hàm lượng sét ($r = 0,775$; $P < 0,01$). Trái lại, sự nâng cao chỉ số SCI của rừng trồng Bần trắng dẫn

đến sự suy giảm rõ rệt hàm lượng Al^{3+} ($r = -0,731$; $P < 0,01$) và hàm lượng Fe^{2+} ($r = -0,611$; $P < 0,01$).

Bảng 3- 49: Quan hệ giữa đặc tính của đất ở lớp 20 – 50cm với sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa III.

Đặc tính đất	r	P_α	K (mẫu)
$\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$	0,570	0,027	15
pH_{KCL}	0,081	0,773	15
Mùn (%)	0,927	0,000	15
Ni tơ (%)	0,524	0,045	15
Phốt pho (%)	0,709	0,003	15
Kali (%)	0,890	0,000	15
Al^{3+} (me/100g)	-0,731	0,002	15
Fe^{2+} (me/100g)	-0,611	0,016	15
SO_4^{2-} (me/100g)	-0,672	0,006	15
Tỷ lệ sét (%)	0,775	0,001	15
Tỷ lệ thịt (%)	-0,433	0,107	15
Tỷ lệ cát (%)	-0,044	0,877	15

Ghi chú: r = Hệ số tương quan; P_α = Mức ý nghĩa thống kê; n = Số lượng mẫu.



Biểu đồ 3- 13: Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa đặc tính của đất ở lớp 20-50cm với rừng Bần trắng trên dạng lập địa III.

3.3.4. Xác định một số thành phần của đất theo tuổi rừng Bần trắng

3.3.4.1. Xác định một số thành phần của đất trên dạng lập địa I

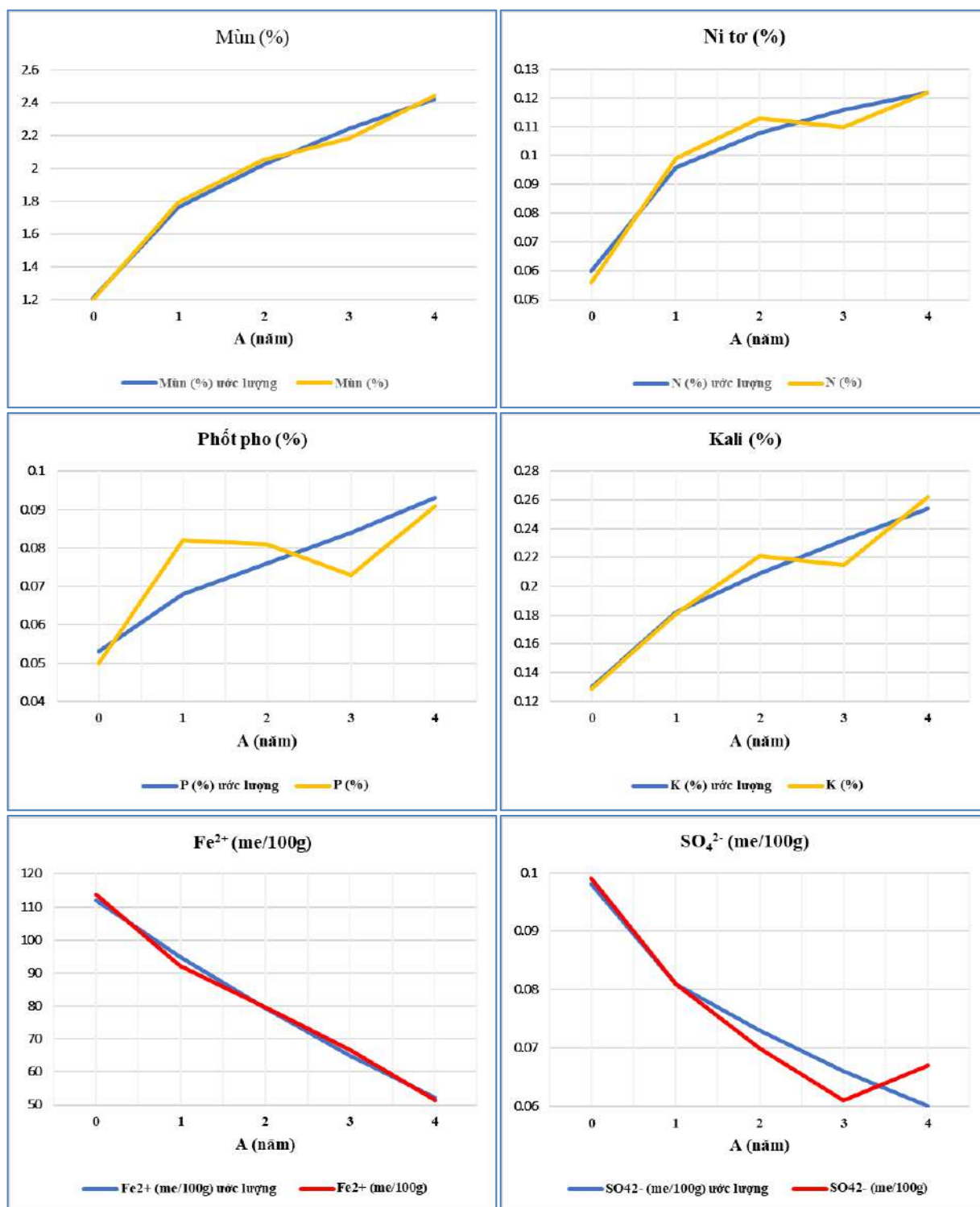
Phân tích hồi quy và tương quan (Phụ lục 9) cho thấy hàm lượng mùn, N, K, Al^{3+} , Fe^{2+} và SO_4^{2-} tồn tại mối quan hệ chặt chẽ với A (A = 1-4 tuổi) của rừng trồng Bần trắng. Các hàm ước lượng 6 thành phần này được ghi lại ở Bảng 3- 50. Tất cả 6 hàm này đều tồn tại ($P \ll 0,05$) với hệ số xác định rất cao ($r^2 = 76,04\%$ đối với P đến $99,54\%$ đối với mùn). Vì thế, các hàm này được sử dụng để ước lượng hàm lượng mùn, N, K, Al^{3+} , Fe^{2+} và SO_4^{2-} theo tuổi (A = 1-4 tuổi) của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa I (Bảng 3- 51; Biểu đồ 3- 14).

Bảng 3- 50: Tương quan và sai lệch của các hàm hồi quy mô tả mối quan hệ giữa rừng Bần trắng với một số tính chất của đất và nước trên dạng lập địa I

TT	Hàm	$r^2(\%)$	
1	$\text{Mùn} = (1,10024 + 0,228186 \times \sqrt{A})^2$	99,54	3.21
2	$\text{N} = \sqrt{0,00359117 + 0,00565127 \times \sqrt{A}}$	95,63	3.22
3	$\text{P} = 1/(18,7432 - 3,98414 \times \sqrt{A})$	76,04	3.23
4	$\text{K} = \exp(-2,04343 + 0,337414 \times \sqrt{A})$	96,46	3.24
5	$\text{Fe}^{2+} = (10,5822 - 0,839019 \times A)^2$	99,42	3.25
6	$\text{SO}_4^{2-} = \sqrt{0,00957254 - 0,00299218 \times \sqrt{A}}$	93,56	3.26

Bảng 3- 51: Ước lượng các đặc tính của đất theo tuổi của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa I.

A (Năm)	Mùn	N	P	K	Al^{3+}	Fe^{2+}	SO_4^{2-}
0	1,21	0,060	0,053	0,130	1,68	112,0	0,098
1	1,76	0,096	0,068	0,182	1,27	94,9	0,081
2	2,02	0,108	0,076	0,209	1,17	79,3	0,073
3	2,24	0,116	0,084	0,232	0,97	65,0	0,066
4	2,42	0,122	0,093	0,254	1,02	52,2	0,060



Biểu đồ 3- 14: Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa một số đặc tính của đất với tuổi rừng Bann trắng trên dạng lập địa I.

3.3.4.2. Xác định một số thành phần của đất trên dạng lập địa II

Phân tích hồi quy và tương quan (Phụ lục 10) cho thấy hàm lượng N, P, K, Al^{3+} , Fe^{2+} và SO_4^{2-} có quan hệ chặt chẽ với A (A = 1-4 tuổi) của rừng trồng Bần trắng. Các hàm ước lượng 6 thành phần này được ghi lại ở Bảng 3- 52.

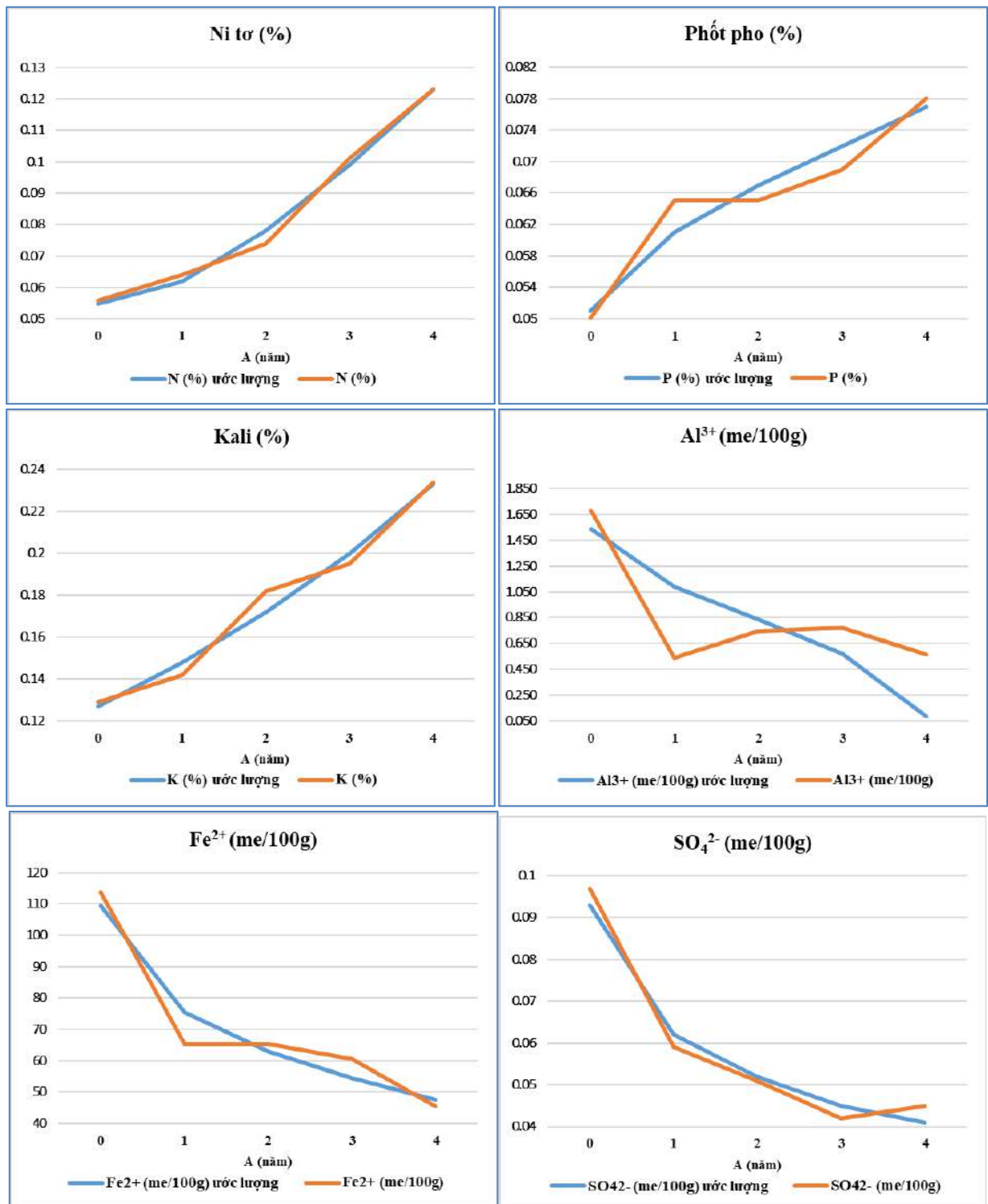
Bảng 3- 52: Các hàm ước lượng những đặc tính của đất theo tuổi của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa II.

TT	Hàm	$r^2(\%)$	
1	$N = \sqrt{0.00306812 + 0.00075658 \times A^2}$	99,43	3.27
2	$P = 1/(19,6885 - 3,31256 \times \sqrt{A})$	94,44	3.28
3	$K = \exp(-2,0598 + 0,150819 \times A)$	97,54	3.29
4	$\text{Al}^{3+} = \sqrt{2.37241 - 1.18256 \times \sqrt{A}}$	73,93	3.30
5	$\text{Fe}^{2+} = (10,4608 - 1,77942 \times \sqrt{A})^2$	92,66	3.31
6	$\text{SO}_4^{2-} = \exp(-2,37032 - 0,416317 \times \sqrt{A})$	95,46	3.32

Tất cả 6 hàm này đều tồn tại ($P \ll 0,05$) với hệ số xác định rất cao ($r^2 = 73,93\%$ đối với Al^{3+} đến $99,44\%$ đối với P). Vì thế, các hàm này được sử dụng để ước lượng hàm lượng N, P, K, Al^{3+} , Fe^{2+} và SO_4^{2-} theo tuổi của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa II (Bảng 3- 53; Biểu đồ 3- 15).

Bảng 3- 53: Ước lượng các đặc tính của đất theo tuổi của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa II.

A (Năm)	N	P	K	Al^{3+}	Fe^{2+}	SO_4^{2-}
0	0,055	0,051	0,127	1,540	109,4	0,093
1	0,062	0,061	0,148	1,091	75,4	0,062
2	0,078	0,067	0,172	0,837	63,1	0,052
3	0,099	0,072	0,200	0,569	54,4	0,045
4	0,123	0,077	0,233	0,085	47,6	0,041



Biểu đồ 3- 15: Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa một số đặc tính của đất với tuổi rừng Bann trắng trên dạng lập địa II.

3.3.4.3. Xác định một số thành phần của đất trên dạng lập địa III

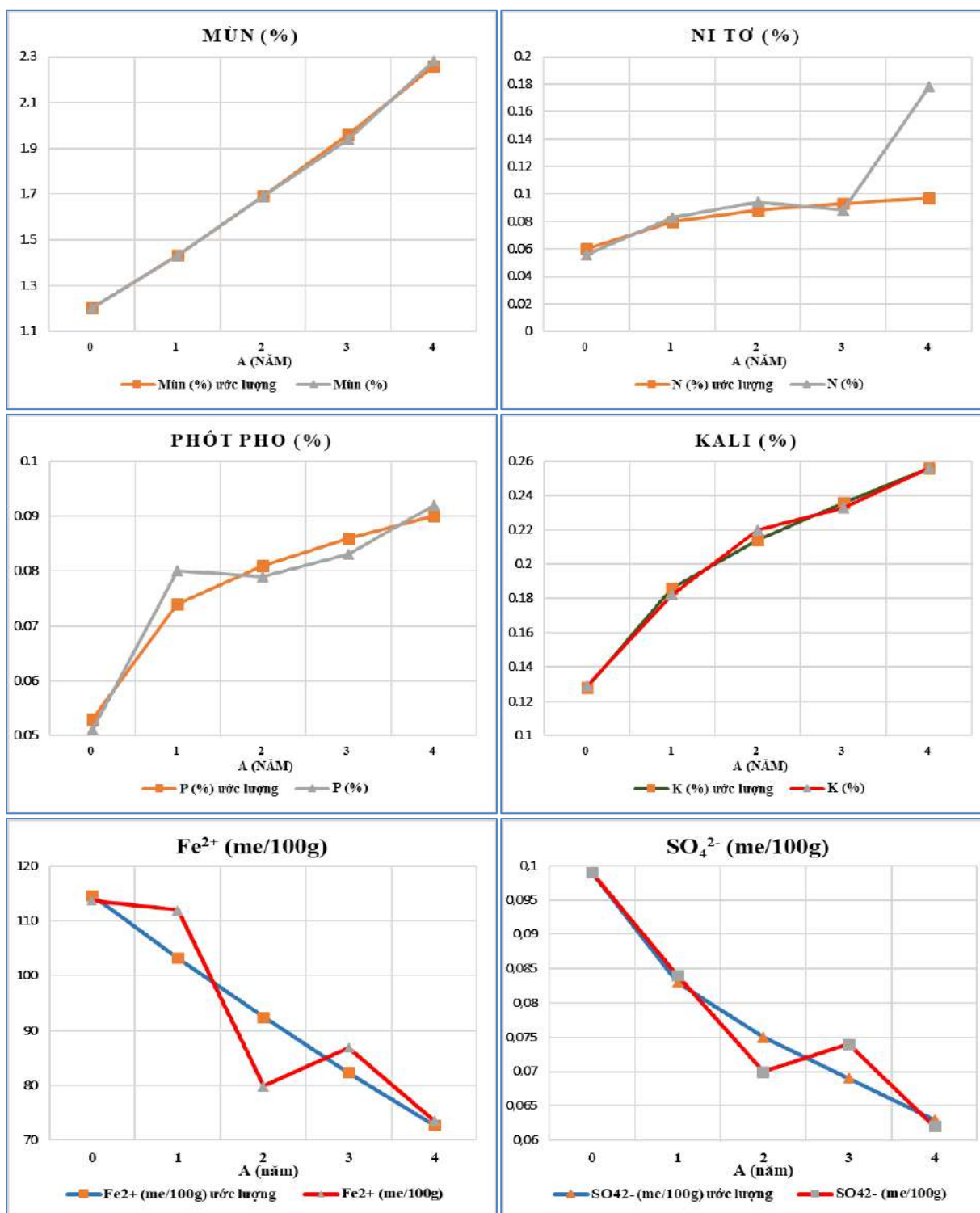
Phân tích hồi quy và tương quan (Phụ lục 11) cho thấy hàm lượng mùn, N, P, K, Fe^{2+} và SO_4^{2-} có quan hệ chặt chẽ với tuổi ($A = 1-4$ tuổi) của rừng trồng Bần trắng. Các hàm ước lượng 6 thành phần này theo tuổi của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa III được ghi lại ở Bảng 3- 54. Tất cả 6 hàm này đều tồn tại ($P \ll 0,05$) với hệ số xác định rất cao ($r^2 = 80,71\%$ đối với Fe^{2+} đến $99,89\%$ đối với mùn). Vì thế, các hàm này được sử dụng để ước lượng hàm lượng hàm lượng mùn, N, P, K, Fe^{2+} và SO_4^{2-} theo A của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa III (Bảng 3- 55; Biểu đồ 3- 16).

Bảng 3- 54: Các hàm ước lượng những đặc tính của đất theo tuổi của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa III.

TT	Hàm	$r^2(\%)$	
1	$\text{Mùn} = (1,0936 + 0,102606 \times A)^2$	99,89	3.33
2	$\text{N} = \sqrt{0,00358122 + 0,00288369 \times \sqrt{A}} \text{)}$	88,81	3.34
3	$\text{P} = \sqrt{0,00286209 + 0,00264951 \times \sqrt{A}} \text{)}$	92,45	3.35
4	$\text{K} = (0,358129 + 0,0736772 \times \sqrt{A})^2$	99,38	3.36
5	$\text{Fe}^{2+} = (10,7029 - 0,542894 \times A)^2$	80,70	3.37
6	$\text{SO}_4^{2-} = \sqrt{0,00975687 - 0,002881 \times \sqrt{A}} \text{)}$	94,53	3.38

Bảng 3- 55: Ước lượng các đặc tính của đất theo tuổi của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa III.

A (Năm)	Mùn	N	P	K	Fe^{2+}	SO_4^{2-}
0	1,20	0,060	0,053	0,128	114,6	0,099
1	1,43	0,080	0,074	0,186	103,2	0,083
2	1,69	0,088	0,081	0,214	92,5	0,075
3	1,96	0,093	0,086	0,236	82,3	0,069
4	2,26	0,097	0,090	0,256	72,8	0,063



Biểu đồ 3- 16: Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa một số đặc tính của đất với tuổi rừng Bần trắng trên dạng lập địa III.

3.3.5. Thảo luận về quan hệ giữa đất với rừng Bàn trắng

Đặc tính của đất dưới tán rừng trồng Bàn trắng trên ba dạng lập địa là khác nhau. Đặc tính của đất trên cùng một dạng lập địa cũng khác nhau giữa các tuổi của rừng trồng Bàn trắng. Điều đó chứng tỏ đặc tính của đất không chỉ phụ thuộc vào lập địa, mà còn vào sự phát triển của rừng trồng Bàn trắng.

Những đặc tính của đất dưới tán rừng trồng Bàn trắng trên ba dạng lập địa khác nhau rõ rệt là pH_{H_2O} , pH_{KCL} , hàm lượng mùn, hàm lượng photpho, Fe^{2+} , SO_4^{2-} và thành phần cơ giới đất. Sự gia tăng tính phức tạp của rừng trồng Bàn trắng trên cả ba dạng lập địa đều dẫn đến sự nâng cao pH_{H_2O} , hàm lượng (mùn, ni tơ, photpho và kali) và tỷ lệ sét trong tầng đất từ 0 – 50cm. Trái lại, sự gia tăng tính phức tạp của rừng trồng Bàn trắng dẫn đến sự suy giảm rất rõ rệt hàm lượng Al^{3+} , Fe^{2+} , SO_4^{2-} , tỷ lệ thịt và cát trong tầng đất từ 0 – 50cm. Nói chung, đặc tính của đất thay đổi rõ rệt dưới tán rừng trồng Bàn trắng. Hiện tượng này xảy ra là do rừng trồng Bàn trắng không chỉ hấp thu chất khoáng từ đất và nước, mà còn thải các vật rụng vào môi trường đất. Thông qua quá trình khoáng hóa, một phần vật chất thấm vào đất.

Theo Phan Nguyên Hồng (1991, 1999), pH_{H_2O} của đất ngập mặn ở khu vực miền Trung dao động từ 6,9 – 7,9; hàm lượng ni tơ dao động từ 0,100 – 0,320; hàm lượng photpho dao động từ 0,001 – 0,005; hàm lượng SO_4^{2-} dao động từ 0,05 – 0,10 (Bảng 1.4). Ba chỉ tiêu pH_{H_2O} , hàm lượng ni tơ và hàm lượng SO_4^{2-} dưới tán rừng trồng Bàn trắng trên cả ba dạng lập địa đều nhỏ hơn so với số liệu của Phan Nguyên Hồng (1991, 1999). Trái lại, hàm lượng photpho trong đất dưới tán rừng trồng Bàn trắng trên cả ba dạng lập địa đều lớn hơn so với số liệu của Phan Nguyên Hồng về RNM (1991, 1999). Sự khác biệt giữa các số liệu này là do đối tượng là RNM nói chung và phương pháp tiếp cận khác nhau. Sự phát triển của rừng trồng Bàn trắng trên cả ba dạng lập địa đều làm giảm hàm lượng Al^{3+} , Fe^{2+} và SO_4^{2-} trong đất. Điều đó chứng tỏ rừng trồng

Bần trắng có tác dụng chuyển dần đất ngập mặn thành đất ngập phèn. Điều đó phù hợp với lý thuyết tiến hóa của các hệ sinh thái rừng ngập mặn. Đây là cơ sở để chuyển hóa đất ngập mặn thành những loại đất khác có ích hơn đối với hoạt động nông – lâm nghiệp.

3.4. Môi quan hệ giữa nước với rừng trồng Bần trắng

3.4.1. Đặc tính của nước dưới tán rừng trồng Bần trắng

Đặc tính của nước trên đất trồng không có rừng và nước dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi trên dạng lập địa II được tổng hợp ở Bảng 3- 56 – 3- 61 và Phụ lục 12.

Bảng 3- 56: Biến động pH_{H_2O} của nước trên đất trồng rừng và dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi.

A (năm)	Thống kê pH_{H_2O} :				
	Trung bình	Min	Max	$\pm SEE$	CV%
Đất trống	6,4	6,2	6,5	0,15	2,4
1	6,2	6,1	6,3	0,10	1,6
2	6,3	6,1	6,4	0,15	2,4
3	6,3	6,2	6,5	0,15	2,4
4	6,3	6,1	6,4	0,15	2,4
Trung bình	6,3	6,1	6,4	0,14	2,3

Ghi chú: SEE = Sai lệch chuẩn; $CV\%$ = Hệ số biến động.

Phân tích số liệu ở Bảng 3- 56 cho thấy thành phần pH_{H_2O} của nước thay đổi rất nhỏ theo tuổi của rừng Bần trắng, dao động từ 6,3 – 6,4 với $CV < 2,5\%$. Tương tự, thành phần DO (Bảng 3- 57) trong nước cũng thay đổi rất nhỏ theo tuổi của rừng Bần trắng, dao động từ 5,4 trên đất trống đến 5,5 dưới tán rừng Bần trắng; trung bình 5,4 với $CV = 2,6\%$.

Bảng 3- 57: Biến động hàm lượng ô xy hòa tan trong nước trên đất trống và dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi.

A (năm)	Thống kê hàm lượng DO (mg/l):				
	Trung bình	Min	Max	±SEE	CV%
Đất trống	5,43	5,30	5,60	0,15	2,8
1	5,47	5,30	5,60	0,15	2,8
2	5,50	5,30	5,70	0,20	3,6
3	5,40	5,30	5,50	0,10	1,9
4	5,40	5,30	5,50	0,10	1,9
Trung bình	5,44	5,30	5,58	0,14	2,6

Ghi chú: SEE = Sai lệch chuẩn; CV% = Hệ số biến động.

Bảng 3- 58: Biến động độ mặn của nước trên đất trống và dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi.

A (năm)	Thống kê độ mặn (%o):				
	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
Đất trống	22,6	22,0	23,0	0,51	2,3
1	21,1	20,8	21,4	0,31	1,5
2	19,7	19,5	20,0	0,25	1,3
3	19,2	19,0	19,4	0,20	1,0
4	18,6	18,4	18,7	0,15	0,8
Trung bình	20,2	19,9	20,5	0,28	1,4

Ghi chú: SEE = Sai lệch chuẩn; CV% = Hệ số biến động.

Độ mặn (Bảng 3- 58) thay đổi rất rõ rệt theo tuổi của rừng trồng Bần trắng. Độ mặn giảm dần từ đất trống (22,6‰) đến rừng trồng Bần trắng ở tuổi 4 (18,6‰). So với độ mặn của nước trên đất trống (100%), độ mặn của nước dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi thấp hơn tương ứng 6,6%, 12,6%, 14,9% và 17,7%.

Hàm lượng Al^{3+} (Bảng 3- 59) trong nước thay đổi rất rõ rệt theo tuổi của rừng trồng Bần trắng. Hàm lượng Al^{3+} giảm dần từ đất trống (0,295 me/100g) đến rừng trồng Bần trắng ở tuổi 4 (0,208 me/100g). So với hàm lượng Al^{3+} của nước trên đất trống (100%), hàm lượng Al^{3+} của nước dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi thấp hơn tương ứng 5,9%, 16,1%, 28,2% và 29,5%.

Bảng 3- 59: Biến động hàm lượng nhôm trong nước trên đất trống và dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi.

A (năm)	Thống kê hàm lượng Al^{3+} (me/100g):				
	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
Đất trống	0,295	0,290	0,302	0,006	2,1
1	0,278	0,276	0,280	0,002	0,7
2	0,248	0,245	0,250	0,003	1,0
3	0,212	0,210	0,214	0,002	0,9
4	0,208	0,207	0,210	0,002	0,7
Trung bình	0,248	0,246	0,251	0,003	1,1

Ghi chú: SEE = Sai lệch chuẩn; CV% = Hệ số biến động.

Hàm lượng Fe^{2+} trong nước (Bảng 3- 60) thay đổi rất rõ rệt theo tuổi của rừng trồng Bần trắng. Hàm lượng Fe^{2+} giảm dần từ đất trống (0,204 me/100g) đến rừng trồng Bần trắng ở tuổi 4 (0,155 me/100g). So với hàm lượng Fe^{2+} của nước trên đất trống (100%), hàm lượng Fe^{2+} của nước dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi thấp hơn tương ứng 4,1%, 12,6%, 22,4% và 24,2%.

Bảng 3- 60: Biến động hàm lượng sắt trong nước trên đất trống và dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi.

A (năm)	Thống kê Fe^{2+} (me/100g):				
	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
Đất trống	0,204	0,200	0,207	0,004	1,8
1	0,196	0,189	0,200	0,006	3,0

2	0,178	0,177	0,180	0,002	0,9
3	0,158	0,157	0,160	0,002	1,0
4	0,155	0,151	0,160	0,005	3,1
Trung bình	0,178	0,175	0,181	0,003	1,9

Ghi chú: *SEE = Sai lệch chuẩn; CV% = Hệ số biến động.*

Bảng 3- 61: Biến động hàm lượng lưu huỳnh ở dạng sunphua trong nước trên đất trồng và dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi.

A (năm)	Thống kê SO_4^{2-} (me/100g):				
	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
Đất trồng	0,051	0,050	0,053	0,002	3,0
1	0,038	0,037	0,040	0,002	4,0
2	0,030	0,028	0,031	0,002	5,1
3	0,028	0,026	0,030	0,002	7,5
4	0,026	0,024	0,028	0,002	8,1
Trung bình	0,035	0,033	0,036	0,002	5,5

Ghi chú: *SEE = Sai lệch chuẩn; CV% = Hệ số biến động.*

Hàm lượng SO_4^{2-} trong nước (Bảng 3- 61) thay đổi rất rõ rệt theo tuổi của rừng trồng Bần trắng. Hàm lượng SO_4^{2-} trong nước giảm dần từ đất trồng (0,051 me/100g) đến rừng trồng Bần trắng ở tuổi 4 (0,026 me/100g). So với hàm lượng SO_4^{2-} trong nước trên đất trồng (100%), hàm lượng SO_4^{2-} trong nước dưới tán rừng trồng Bần trắng từ 1 – 4 tuổi thấp hơn tương ứng 25,3%, 42,2%, 46,1% và 50,0%.

3.4.2. Quan hệ giữa nước với sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng

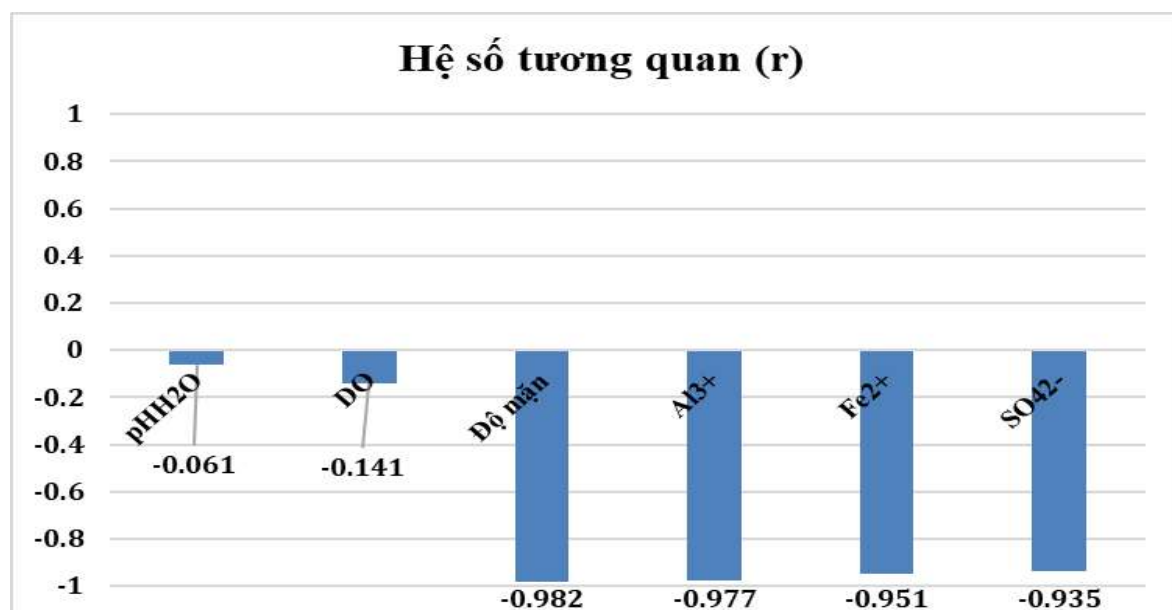
Những phân tích thống kê cho thấy sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng ảnh hưởng rõ rệt đến đặc tính của nước (Bảng 3- 62; Biểu đồ 3- 17). Sự gia tăng tuổi của rừng trồng Bần trắng dẫn đến sự gia tăng $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, hàm lượng DO, độ mặn, hàm lượng Al^{3+} , Fe^{2+} và SO_4^{2-} . Tuy vậy, sự thay đổi chỉ số SCI của rừng trồng Bần trắng chỉ dẫn đến sự suy giảm rõ rệt độ mặn ($r = -0,982$; $P <$

0,01), hàm lượng Al^{3+} ($r = -0,977$; $P < 0,01$), hàm lượng Fe^{2+} ($r = -0,951$; $P < 0,01$) và hàm lượng SO_4^{2-} ($r = -0,932$; $P < 0,01$).

Bảng 3- 62: Quan hệ giữa nước với rừng trồng Bần trắng.

Đặc tính nước	r	P_α	K (mẫu)
$\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$	-0,061	0,828	15
DO	-0,141	0,617	15
Độ mặn (‰)	-0,982	0,000	15
Al^{3+} (me/100g)	-0,977	0,000	15
Fe^{2+} (me/100g)	-0,951	0,000	15
SO_4^{2-} (me/100g)	-0,935	0,000	15

Ghi chú: r = Hệ số tương quan; P_α = Mức ý nghĩa thống kê; n = Số lượng mẫu.



Biểu đồ 3- 17: Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa đặc tính của nước với rừng Bần trắng.

3.4.3. Xác định một số thành phần của nước trên dạng lập địa II

Phân tích hồi quy và tương quan (Phụ lục 13) cho thấy hàm lượng muối, Al^{3+} , Fe^{2+} và SO_4^{2-} có quan hệ chặt chẽ với tuổi (A = 1-4 tuổi) của rừng trồng Bần trắng. Các hàm ước lượng 4 thành phần này theo tuổi của rừng trồng Bần trắng được trình bày ở Bảng 3- 63

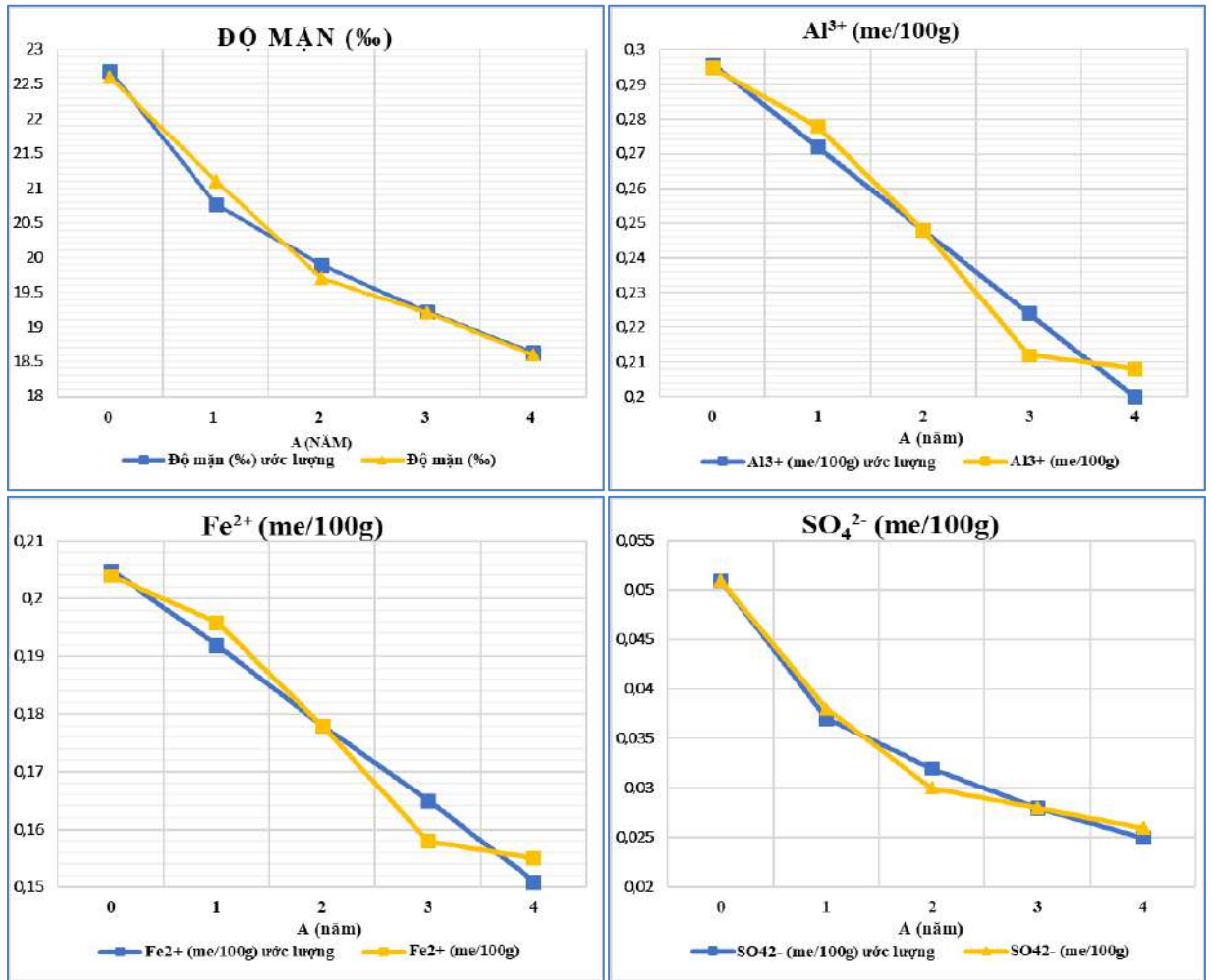
Bảng 3- 63: Mối quan hệ của mô hình ước lượng những đặc tính của nước theo tuổi của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa II

TT	Hàm	r^2	
1	$\text{Độ mặn} = \sqrt{515.384 - 84.321 \times \sqrt{A}}$	98,37	3.39
2	$\text{Al}^{3+} = 0,2962 - 0,024 \times A$	95,92	3.40
3	$\text{Fe}^{2+} = 0,2054 - 0,0136 \times A$	95,89	3.41
4	$\text{SO}_4^{2-} = (0,225664 - 0,0334785 \times \sqrt{A})^2$	98,55	3.42

Tất cả 4 hàm đều tồn tại ($P \ll 0,05$) với hệ số xác định rất cao ($r^2 = 95,89\%$ đối với Fe^{2+} đến $98,55\%$ đối với SO_4^{2-}). Vì thế, các hàm này được sử dụng để ước lượng hàm lượng hàm lượng muối, Al^{3+} , Fe^{2+} và SO_4^{2-} theo A của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa II ($A = 1- 4$ tuổi (Bảng 3- 64; Biểu đồ 3- 18).

Bảng 3- 64: Ước lượng các đặc tính của nước theo tuổi của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa II.

A (Năm)	Độ mặn	Al^{3+}	Fe^{2+}	SO_4^{2-}
0	22,70	0,296	0,205	0,051
1	20,76	0,272	0,192	0,037
2	19,90	0,248	0,178	0,032
3	19,22	0,224	0,165	0,028
4	18,62	0,200	0,151	0,025



Biểu đồ 3- 18: Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa một số đặc tính của nước với tuổi rừng Bần trắng trên dạng lập địa II.

3.4.4. Thảo luận quan hệ giữa nước với rừng Bần trắng

Đặc tính của nước thay đổi rất rõ rệt theo sự phát triển hay tuổi của rừng trồng Bần trắng. Sự gia tăng tuổi của rừng trồng Bần trắng dẫn đến sự gia tăng pH_{H2O}, hàm lượng DO, độ mặn, hàm lượng Al³⁺, Fe²⁺ và SO₄²⁻. Tuy vậy, sự thay đổi chỉ số SCI của rừng trồng Bần trắng chỉ dẫn đến sự suy giảm rõ rệt độ mặn, hàm lượng Al³⁺, hàm lượng Fe²⁺ và hàm lượng SO₄²⁻. Hiện tượng này xảy ra là do rừng trồng Bần trắng không chỉ hấp thu chất khoáng trong nước, mà còn thải các vật rụng vào môi trường nước. Thông qua quá trình khoáng hóa,

một phần vật chất hòa tan vào nước, phần khác thấm vào đất. Kết quả dẫn đến những biến đổi đặc tính nước dưới tán rừng trồng Bần trắng.

3.5. Thảo luận chung về quan hệ giữa rừng Bần trắng với đặc tính của đất và nước

3.5.1. Vai trò của đất đối với rừng Bần trắng

Kết quả nghiên cứu ở Mục 3.3.2 cho thấy chỉ số SCI của rừng Bần trắng trên dạng lập địa II tồn tại mối quan hệ chặt chẽ với 6 đặc tính của đất (N, P, K, Al, Fe, SO₄). Những phân tích hồi quy cho thấy chỉ số SCI chỉ tồn tại mối quan hệ chặt chẽ ($R^2 = 56,8\%$) với 5 yếu tố (N, P, K, Al, Fe) (Hàm 3.43).

$$SCI = 1,49875 + 35,2979*N + 30,9501*P + 150,295*K + 3,62515*Al - 0,266977*Fe - 7,7071*(N*P*K*Al*Fe) \quad (3.43)$$

$$R^2 = 56,8\%; SEE = \pm 13,1.$$

Phân tích hàm (3.43) cho thấy sự gia tăng hàm lượng N, P và Al³⁺ trong lớp đất 0 -50 cm dẫn đến sự gia tăng chỉ số SCI của rừng Bần trắng. Trái lại, sự gia tăng hàm lượng Fe²⁺ lại dẫn đến sự suy giảm chỉ số SCI của rừng Bần trắng. Phân tích quan hệ SCI = f(Fe) (Bảng 3.65) cho thấy sự gia tăng hàm lượng Fe²⁺ trong đất dẫn đến sự suy giảm chỉ số SCI của rừng Bần trắng. Hai kết quả này trái ngược nhau là vì hàm lượng Fe²⁺ có hiện tượng cộng tuyến tính với Al³⁺ và SO₄²⁻ (Phụ lục 14).

Phân tích vai trò của mỗi đặc tính đất (Bảng 3- 65) cho thấy sự thay đổi của chỉ số SCI của rừng Bần trắng phụ thuộc nhiều nhất vào hàm lượng Fe²⁺ (Hệ số hồi quy chuẩn hóa |-0,843|); kế đến là hàm lượng nhôm (Hệ số hồi quy chuẩn hóa |0,341|); thấp nhất là hàm lượng P (Hệ số hồi quy chuẩn hóa |-0,008|).

Bảng 3- 65: Hệ số hồi quy chuẩn hóa giữa chỉ số SCI của rừng Bàn trắng với đặc tính của đất.

Mô hình	Hệ số chuẩn hóa	T	P α
Hằng số	-	0,53	0,605
N	0,130	0,34	0,739
P	-0,008	-0,04	0,972
K	0,207	0,52	0,609
Al	0,341	1,15	0,265
Fe	-0,843	-2,34	0,031

Ghi chú: T = Tiêu chuẩn Student; P_α = Mức ý nghĩa thống kê.

3.5.2. Vai trò của nước đối với rừng Bàn trắng

Kết quả nghiên cứu ở Mục 3.4.2 cho thấy chỉ số SCI của rừng Bàn trắng có quan hệ chặt chẽ với 4 đặc tính của nước (Độ mặn, Al, Fe, SO₄). Những phân tích hồi quy cho thấy sự thay đổi chỉ số SCI của rừng Bàn trắng theo 4 yếu tố (N, P, K, Al, Fe) có dạng như Hàm 3.44.

$$\text{SCI} = 417,239 - 8,8789 \cdot \text{Mặn} - 372,895 \cdot \text{Al} - 839,412 \cdot \text{Fe} + 646,916 \cdot \text{SO}_4 + 387,745 \cdot (\text{Mặn} \cdot \text{Al} \cdot \text{Fe} \cdot \text{SO}_4) \quad (3.44)$$

$$R^2 = 66,3\%; \text{SEE} = \pm 25,3.$$

Từ hàm (3.44) cho thấy, sự gia tăng hàm lượng muối, Al³⁺ và Fe²⁺ trong nước dẫn đến sự suy giảm chỉ số SCI của rừng Bàn trắng. Trái lại, sự gia tăng hàm lượng SO₄ trong nước dẫn đến sự gia tăng chỉ số SCI của rừng Bàn trắng. Phân tích quan hệ SCI = f(SO₄) (Bảng 3-66) cho thấy sự gia tăng hàm lượng SO₄ trong nước dẫn đến sự suy giảm chỉ số SCI của rừng Bàn trắng. Hai kết quả này trái ngược nhau là vì bốn yếu tố (Mặn, Al, Fe, SO₄) có hiện tượng cộng tuyến tính (Phụ lục 15).

Phân tích vai trò của mỗi đặc tính nước (Bảng 3- 66) cho thấy sự thay đổi chỉ số SCI của rừng Bàn trắng phụ thuộc nhiều nhất vào hàm lượng Fe (Hệ

số hồi quy chuẩn hóa $|-1,416|$); kế đến là hàm lượng muối (Hệ số hồi quy chuẩn hóa $|-1,276|$) và hàm lượng SO_4 (Hệ số hồi quy chuẩn hóa $|1,203|$); thấp nhất là hàm lượng Al (Hệ số hồi quy chuẩn hóa $|0,704|$).

Bảng 3- 66: Hệ số hồi quy chuẩn hóa giữa chỉ số SCI của rừng Bần trắng với đặc tính của nước.

Mô hình	Hệ số chuẩn hóa	T	P_α
Hằng số		2,6	0,023
Độ mặn	-1,276	-1,6	0,144
Al	0,704	0,5	0,611
Fe	-1,416	-1,2	0,262
SO_4	1,203	1,9	0,079

Ghi chú: $T = \text{Tiêu chuẩn Student}$; $P_\alpha = \text{Mức ý nghĩa thống kê}$.

3.6. Đề xuất áp dụng kết quả nghiên cứu

3.6.1. Chọn lập địa trồng rừng Bần trắng

Rừng trồng Bần trắng có thể sống trên ba dạng lập địa I, II và III theo phân loại của Ngô Đình Quế (2003). Tuy vậy, rừng trồng Bần trắng sinh trưởng kém nhất ở dạng lập địa III, cao nhất ở dạng lập địa II. Vì thế, dạng lập địa II là thích hợp nhất, sau đó là lập địa I để trồng rừng Bần trắng. Để giúp cho rừng trồng Bần trắng sống tốt trên dạng lập địa III và lập địa I biện pháp nuôi rừng bằng cách tạo ra các rạch để đưa nước thủy triều lấn sâu vào các hàng cây là biện pháp cần thiết.

3.6.2. Kỹ thuật trồng rừng Bần trắng

Rừng trồng Bần trắng có thể trồng từ cây con 6 tháng tuổi. Cây con cần được ươm trong bầu với kích thước $25 \times 30 \text{ cm}$. Những cây con đem trồng là những cây sinh trưởng tốt, thân thẳng và không bị sâu bệnh; trong đó đường kính gốc (D_0) và chiều cao (H) tương ứng lớn hơn $0,5 \text{ cm}$ và 50 cm . Cây con được trồng theo hàng. Các hàng Bần trắng được trồng theo hướng vòng góc với bờ sông và biển. Mật độ trồng rừng ban đầu là 3.300 cây/ha ($1,5 \times 2,0 \text{ m}$). Để giúp cây con sau khi trồng không bị đổ ngã khi gặp sóng và gió lớn, mỗi cây

được cố định bằng 3 cọc tre với đường kính từ 2 – 3cm và chiều cao 100 – 150cm. Các cọc được cắm sâu 40 – 60cm; sau đó cây con được buộc vào cọc ở vị trí 2/3 thân. Xung quanh lô thí nghiệm được bảo vệ bằng hàng rào tre để làm giảm sóng lớn và chắn rong rêu.

3.6.3. Xác định đặc tính của đất và nước theo tuổi của rừng Bần trắng

Các đặc tính của đất và nước không chỉ là những thành phần khó đo đạc, mà còn tốn nhân lực và thời gian. Bởi vì các đặc tính của đất và nước tồn tại mối quan hệ chặt chẽ với tuổi ($A = 1-4$ tuổi) của rừng Bần trắng, nên chúng có thể được ước lượng gần đúng dựa theo tuổi của rừng Bần trắng. Từ đó luận án đề xuất:

Hàm lượng mùn, N, K, Al^{3+} , Fe^{2+} và SO_4^{2-} dưới tán rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa I được ước lượng theo hàm 3.21 – 3.26 hoặc tra theo Bảng 3- 51.

Hàm lượng N, P, K, Al^{3+} , Fe^{2+} và SO_4^{2-} dưới tán rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa II được ước lượng theo hàm 3.27 – 3.32 hoặc tra theo Bảng 3- 53.

Hàm lượng mùn, N, P, K, Fe^{2+} và SO_4^{2-} dưới tán rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa III được ước lượng theo hàm 3.33 – 3.38 hoặc tra theo Bảng 3- 55.

Hàm lượng muối, Al^{3+} , Fe^{2+} và SO_4^{2-} trong nước dưới tán rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa II được ước lượng theo hàm 3.39 – 3.42 hoặc tra theo Bảng 3- 64.

3.6.4. Trồng rừng Bần trắng để bảo vệ môi trường ven cửa sông và biển

Đất ven cửa sông và ven bờ biển có thể được cải thiện bằng cách trồng RNM. Để cải thiện và bảo vệ môi trường ven cửa sông và ven bờ biển của tỉnh Thừa Thiên Huế, luận án đề xuất trồng rừng Bần trắng. Kiểu rừng này chỉ thích nghi tốt với dạng lập địa I và II. Kỹ thuật trồng và bảo vệ rừng được thực hiện giống như Mục 3.5.2.2. Sau khi rừng trồng Bần trắng khép tán, không tỉa thưa và không tỉa cành. Sự phát triển mạnh của thân và cành đối với rừng Bần trắng có tác dụng ngăn cản sóng lớn va đập vào các công trình ven sông và biển. Ngoài ra, rừng trồng Bần trắng còn có tác dụng cải thiện tính chất đất và nước, làm gia tăng bồi tụ đất.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Kết luận

(1) Rừng trồng Bần trắng sinh trưởng tốt nhất trên dạng lập địa II, sau đó là dạng lập địa I và kém nhất trên dạng lập địa III. Dạng lập địa II là điều kiện thích hợp nhất để trồng rừng Bần trắng

(2) Đặc tính của đất dưới tán rừng trồng Bần trắng khác nhau rõ rệt so với đất trống và phụ thuộc vào tính phức hợp về cấu trúc của rừng trồng Bần trắng. Sự gia tăng tính phức hợp của rừng trồng Bần trắng dẫn đến sự nâng cao pH_{H_2O} , hàm lượng mùn, hàm lượng ni tơ, hàm lượng photpho, hàm lượng kali và tỷ lệ sét trong lớp đất từ 0 – 50cm. Trái lại, sự gia tăng tính phức hợp về cấu trúc của rừng trồng Bần trắng dẫn đến sự suy giảm rất rõ rệt hàm lượng Al^{3+} , Fe^{2+} , SO_4^{2-} , tỷ lệ thịt và cát trong tầng đất từ 0 – 50cm.

(3) Đặc tính của nước thay đổi và biến động theo mùa và theo sự phát triển của tuổi rừng trồng Bần trắng. Sự gia tăng tính phức hợp của rừng trồng Bần trắng dẫn đến sự giảm thiểu rất rõ rệt hàm lượng Al^{3+} , Fe^{2+} và SO_4^{2-} .

(4) Sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng phụ thuộc chặt chẽ vào đặc tính của đất. Sự gia tăng hàm lượng thành phần dinh dưỡng Mùn, N, P và K trong tầng đất 0 - 50 cm dẫn đến sự gia tăng tính phức hợp của rừng Bần trắng. Trái lại, sự gia tăng hàm lượng Fe^{2+} , Al^{3+} dẫn đến sự suy giảm tính phức hợp của rừng Bần trắng.

(5) Sinh trưởng của rừng trồng Bần trắng phụ thuộc chặt chẽ vào đặc tính của nước. Sự gia tăng hàm lượng muối, Al^{3+} và Fe^{2+} trong nước dẫn đến sự suy giảm tính phức hợp của rừng Bần trắng. Trái lại, sự gia tăng hàm lượng SO_4^{2-} dẫn đến sự gia tăng tính phức hợp của rừng Bần trắng.

2. Kiến nghị

Luận án này đã chỉ ra rằng Bùn trắng thích nghi tốt với lập địa ở khu vực ven biển của tỉnh Thừa Thiên Huế. Đồng thời cho thấy Rừng trồng Bùn trắng sinh trưởng tốt nhất trên dạng lập địa II, sau đó là dạng lập địa I và kém nhất trên dạng lập địa III.

Tác giả kiến nghị các cơ quan lâm nghiệp ở tỉnh Thừa Thiên Huế có thể sử dụng kết quả của luận án này để trồng rừng Bùn trắng trên những vùng đất ngập nước mặn ở khu vực cửa sông và bãi bồi ven biển. Vì có tác dụng cải thiện tính chất của đất và nước. Kết quả nghiên cứu cũng là cơ sở khoa học cho các nhà lãnh đạo và cơ quan quản lý môi trường ở tỉnh Thừa Thiên Huế, vùng lân cận có điều kiện tương tự có thể sử dụng để trồng rừng Bùn trắng trên những đất ngập nước mặn ở khu vực cửa sông và bãi bồi ven biển nhằm hạn chế những ảnh hưởng xấu của gió và sóng biển, cung cấp nơi ở và nguồn thức ăn cho sinh vật biển, tham quan du lịch.

CÔNG TRÌNH CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ

1. **Lê Thanh Quang**, Thái Thành Lượm, Akihiro Itai, Hoàng Văn Thơi, Kiều Tuấn Đạt, Nguyễn Khắc Diệu và Kiều Mạnh Hà, 2022. Ảnh hưởng của lập địa đến sinh trưởng của rừng Bần trắng (*Sonneratia alba*) ở khu vực ven biển tỉnh Thừa Thiên Huế. Tạp chí Khoa học lâm nghiệp. ISSN 1859 – 0373. Số 1/2022, Trang 177 – 184.
2. **Lê Thanh Quang**, Thái Thành Lượm, Akihiro Itai, Hoàng Văn Thơi, Kiều Tuấn Đạt, Nguyễn Khắc Diệu và Hoàng Anh Tuấn, 2022. Đặc tính của đất dưới tán rừng Bần trắng (*Sonneratia alba*) ở khu vực ven biển thuộc tỉnh Thừa Thiên Huế. Tạp chí Rừng và Môi trường. ISSN 1859 -1247. Số 110 +111 năm 2022, Trang 17 – 22.
3. Hoàng Văn Thơi, Nguyễn Thị Hải Hồng, **Lê Thanh Quang**, Nguyễn Khắc Diệu, Võ Hoàng Anh Tuấn, 2020. Khảo nghiệm loài và xuất xứ một số loài cây ngập mặn tại Côn Đảo và Bình Sơn miền Trung Việt Nam. Tạp chí Nông nghiệp & Phát triển Nông thôn. ISSN 1859-4581 số 19/2020, Trang 86-92.
4. Hoàng Văn Thơi, **Lê Thanh Quang**, Nguyễn Khắc Diệu. Nghiên cứu trồng rừng ngập mặn ven biển miền trung bằng kỹ thuật cải tạo thể nền và hàng rào bảo vệ cây trồng. Kỷ yếu hội nghị khoa học, công nghệ và đổi mới sáng tạo lĩnh vực lâm nghiệp,. Nhà xuất bản Nông nghiệp Hà Nội, 2023, SBN 978-604-60-3831-3. Trang 376-387
5. **Lê Thanh Quang**, Thái Thành Lượm. Impact of Water and Soil Compositions on the Growth of *Sonneratia alba* in ThuaThien Hue, Vietnam; International Journal of Research Studies in Agricultural Sciences (IJRSAS). Volume 10, Issue 3, 2024, PP 15-26. ISSN No. (Online) 2454–6224. DOI: <http://dx.doi.org/10.20431/2454-6224.1003002>. www.arcjournals.org
6. **Lê Thanh Quang**, Thái Thành Lượm: Nghiên cứu tác động của môi trường đất và nước đến sinh trưởng và chỉ số cấu trúc của rừng Bần trắng (*Sonneratia alba* J. Smith) trồng ở tỉnh Thừa Thiên Huế. Tạp chí Nông nghiệp Và Phát triển Nông thôn. ISSN 2815-6153. Ngày duyệt đăng: 28/3/2024

TÀI LIỆU THAM KHẢO

A. TIẾNG VIỆT

1. Albers, T., 2012. Xây dựng hàng rào Tre, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Dự án quản lý nguồn tài nguyên thiên nhiên vùng Ven biển tỉnh Sóc Trăng, Việt Nam, 32 trang.
2. Bộ Nông nghiệp và PTNT. 2007. Đề án phục hồi và phát triển hệ sinh thái RNM ven biển nhằm phòng chống thiên tai và bảo vệ môi trường, giai đoạn 2007 – 2015.
3. Bộ Nông nghiệp và PTNT. 2006. Cẩm nang ngành lâm nghiệp.
4. Đặng Công Bửu, 2006. Đặc điểm sinh trưởng và các biện pháp kỹ thuật gây trồng các loài vẹt tách, đà vôi, xu mekong và mắm trắng. Nxb Phương Đông, Tp, Hồ Chí Minh, 120 trang.
5. Đinh Tam Giang , 2015. Sinh trưởng của các loài cây trồng trong mô hình phục hồi rừng ngập mặn ở đầm nuôi tôm bỏ hoang tại xã Đồng Rui, huyện Tiên Yên, tỉnh Quảng Ninh. *Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp (3)*. Trang 3925 – 3930.
6. Đoàn Đình Tam, 2011. Nghiên cứu kỹ thuật trồng rừng ngập mặn trên các điều kiện lập địa khó khăn góp phần chắn sóng vùng ven biển miền Bắc Việt Nam, Trong: Kết quả nghiên cứu khoa học công nghệ lâm nghiệp giai đoạn 2006-2010. Viện khoa học lâm nghiệp Việt Nam, Nxb. Nông nghiệp- Hà Nội: 599 trang (221-229).
7. Đỗ Quý Mạnh & Bùi Thế Đồi, 2018. Bước đầu phân loại lập địa và đánh giá khả năng sinh trưởng, chất lượng rừng trồng ngập mặn ven biển tỉnh Thái Bình. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp (1)*. Trang 53 – 59.

8. Hoàng Công Đăng, 1995. Kết quả gieo ươm một số loại cây nước mặn ở Quảng Ninh. Hội thảo quốc gia: Phục hồi và quản lý hệ sinh thái rừng ngập mặn Việt Nam, Hải Phòng., 8 – 10/10/1995: 31 – 36.
9. Hoàng Văn Thơi, 2014. Nghiên cứu thử nghiệm gây trồng một số loài cây ngập mặn trên nền đá, cát, sỏi, vụn san hô ngập nước không thường xuyên tại các đảo ven bờ phía Nam. Báo cáo tổng kết đề tài cấp Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn (200 tr.).
10. Hoàng Văn Thơi, 2020. Cơ sở khoa học và kỹ thuật trồng rừng ngập mặn ven biển miền Trung, các đảo Nam Trung Bộ và Nam Bộ. Nxb. Nông nghiệp, Hà Nội, 249 trang.
11. Lê Xuân Tuấn, 1995. Ảnh hưởng của độ mặn đến sự nảy mầm, sinh trưởng của Bần chua (*Sonneratia caseolaris*) trong điều kiện thí nghiệm. Hội thảo Quốc gia trồng và phục hồi rừng ngập mặn Việt Nam, Hải Phòng.
12. Ngô Đình Quế, 2003. Khôi phục và phát triển rừng ngập mặn, rừng Tràm ở Việt Nam. Nxb Nông nghiệp, Hà Nội, 119 trang.
13. Nguyễn Hoàng Trí, 1999. Sinh thái học rừng ngập mặn Việt Nam. Nxb Nông nghiệp, Hà Nội, 273 trang.
14. Nguyễn Văn Thêm, 2002. Sinh thái rừng. Nxb. Nông nghiệp, Hà Nội, 250 trang.
15. Nguyễn Văn Thêm, Đào Thị Thùy Dương, Trần Thị Ngoan, Nguyễn Xuân Hùng, 2021. Những cách thức và phương pháp xử lý số liệu trong lâm học. Nxb. Nông nghiệp, Hà Nội, 283 trang.
16. Nguyễn Văn Thêm, Trịnh Minh Hoàng, Lê Hồng Việt, Trần Thị Ngoan, Phạm Minh Toại, 2022. Xây dựng những hàm sinh khối đối với rừng tự nhiên và rừng trồng. Nxb. Nông nghiệp, Hà Nội, 285 trang.
17. Phạm Hoàng Hộ, 1999. *Cây cỏ Việt Nam*. Nxb. trẻ, TP. Hồ Chí Minh, 1.200 trang.

18. Phạm Trọng Thịnh, 2004. Một số yếu tố ảnh hưởng đến sinh trưởng của rừng Đước ở ven biển Nam Bộ. Tạp chí NN&PTNT, tháng 4/2004, trang 521-523.
19. Phan Nguyên Hồng, 1991. Thảm thực vật rừng ngập mặn Việt Nam. Tóm tắt Luận án tiến sĩ sinh học, Đại học tổng hợp Hà Nội, 24 Trang.
20. Phan Nguyên Hồng, 1999. Rừng ngập mặn Việt Nam. Nxb. Nông nghiệp, Hà Nội, 205 trang
21. Phan Nguyên Hồng, Trần Văn Ba, Viên Ngọc Nam, Hoàng Thị Sản, Vũ Trung Tạng, Lê Thị Trễ, Nguyễn Hoàng Trí, Mai Sỹ Tuấn, Lê Xuân Tuấn, 1999. Rừng ngập mặn Việt Nam. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội, 1999: 205 trang.
22. Phan Nguyên Hồng, Trần Văn Ba, Viên Ngọc Nam, Hoàng Thị Sản, Vũ Trung Tạng, Lê Thị Trễ, Nguyễn Hoàng Trí, Mai Sỹ Tuấn, Lê Xuân Tuấn, 1999, Rừng ngập mặn Việt Nam, Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội, 1999:205 trang.
23. Thái Văn Trùng, 1999. Những hệ sinh thái rừng nhiệt đới ở Việt Nam. Nxb. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 566 trang.
24. Trịnh Văn Hạnh, 2011. Nghiên cứu giải pháp trồng cây ngập mặn chắn sóng bảo vệ đê ven biển Thanh Hóa và Ninh Bình. Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam.
25. Viên Ngọc Nam, 1998. Nghiên cứu sinh khối và năng suất sơ cấp rừng Đước (*Rhizophora apiculata*) trồng tại Cần Giờ, Tp. Hồ Chí Minh. Luận văn Thạc sĩ khoa học lâm nghiệp, Đại học Nông Lâm Tp. Hồ Chí Minh, 58 trang.

B. TIẾNG ANH

26. Aksornkoae, S., G. S. Maxwell, S. Havanond & S. Panichsuko, 1992. Plants in Mangroves. Pub. Chalongsat Co. Ltd., 99 Tiemruammitr. Rd., Huaykhwang, Bangkok 10310, Thailand. ISBN 974-89011-7-3 (120 pp).
27. Aksornkoae, Sanit., 1996, Retoration of Mangrove Forest in Thailand: A case study of South China, In: Field, C, (Ed,) Restoration of Mangrove Ecosystems, International Society for Mangrove Ecosystems, Okinawa, Japan, 250 pages (page 52-63).
28. Aragones, E.G., Rojo, J.P. & Pitargue, F.C., 1998. Botantical identification handbook on Philippine mangrove trees, Forest Products Research and Development Institute, Department of Science and Technology, Laguna, the Philippines, 127 pp.
29. Chapman, V. J., 1970. Mangrove phytosociology, Trop, Eco, 11(1): 1-19.
30. Chapman, V. J., 1974. Mangrove biography, In: Walsh. G.E., Snedaker. S.C., and Teas. H.J., Eds, Proceed, Of the int, symp, On boil, And mgmt, of mangrove, Florida, Univ, of F lorida, 6pp,1v.
31. Chapman., V.J., 1977. Wet coastal ecosystems, Ecosystems of the World: 1, Elsevier Scientific Publishing Company, 428 pp.
32. Cintron, G., Novelli, Y.S., 1984, The mangrove ecosystem - reearch methods. On behalf of the UNESCO/ SCOR Working group 60 On Mangrove Ecology, UNESCO: 93- 113.
33. Chan, H.T., 1996. Mangrove reforestation in Peninsular Malaysia: a case study of Matang, In: Field, C, (Ed,) Restoration of Mangrove Ecosystems, International Society for Mangrove Ecosystems, Okinawa, Japan, pp, 64–75.

34. Chan, H.T., Baba, S., 2009. Manual on Guidelines for Rehabilitation of Coastal Forests damaged by Natural Hazards in the Asia-Pacific Region, International Society for Mangrove Ecosystems (ISME) and International Tropical Timber Organization (ITTO), 66 pp.
35. Chave, J., Réjou-Méchain, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M.S., Delitti, W.B.C., Duque, A., Eid, T., Fearnside, P.M., Goodman, R.C., Henry, M., Martínez-Yrízar, A., Mugasha, W.A., MullerLandau, H.C., Mencuccini, M., Nelson, B.W., Ngomanda, A., Nogueira, E.M., Ortiz-Malavassi, E., Péliissier, R., Ploton, P., Ryan, C.M., Saldarriaga, J.G., Vieilledent, G., 2014. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Glob. Change. Biol.* 20, 3177–3190. doi:10.1111/gcb.12629
36. Ducey, M.J., 2009. Predicting crown size and shape from simple stand variables. *J. Sustain. For.* 28, 5-21pp.
37. Ellison, J.C., 2008. Wetlands of the Pacific Island region. *Wetlands Ecology and Management*, DOI 10.1007/s11273-008-9097-3.
38. Food Agriculture Organization (FAO) of the United Nation, 2020. Global Forest Resouses Assessment (FAO) for 2020. <https://initiative-mangroves-ffem.com/en/global-forest-resources-assessment-2020/>.
39. Hideki Hachinohe, Oliva Suko, Atsuo Ida., 1998. Nursery manual for mangrove spicies. The development of sustainable mangrove management Project, Ministry of Forest and Estate Crops, Indonesia, and Japan International Cooperation Agency, 50 trang.
40. IPCC, 2006. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme (Eds. HS Eggleston, L Buendia, K Miwa, T Ngara, K Tanabe). IGES, Japan.

Retrieved 5 September 2009 from <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>.

41. Ketterings, Q.M., Coe, R., Noordwijk, M.v., Ambagau, Y. & Palm, C.A., 2001. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests. *Forest Ecology and Management* 146 (1-3): 199-209.
42. Koko. M., and Tsuruda. K., 1996, Species Selection for Mangrove Planting: A case study of Ras al Khafji, Saudi Arabia, In: Field. C. (Ed.) Restoration of Mangrove Ecosystems, International Society for Mangrove Ecosystems, Okinawa, Japan, 250 pages (page 197- 208).
43. Meriam Makinano-Santillan, Charlenne G. Bolastig, Jojene R. Santillan, 2019. The 40th Asian Conference On Remote Sensing (ACRS, 2019). October 14-18, 2019/Daejeon Convension Center, Daejeon, Korea. <http://toc.proceedings.com/52891webtoc.pdf>.
44. Qureshi, M.T., 1996. Retoration of Mangrove in Pakistan, In: Field, C, (Ed,) Restoration of Mangrove Ecosystems, International Society for Mangrove Ecosystems, Okinawa, Japan, 250 pages (page 126-142).
45. Rao, A.N., 1986. Mangrove ecosystems of Asia and the Pacific”, Mangrove of Asia and Pacific: Status and management (RAS/79/002) UNDP/UNESCO.
46. Siddiqi, N.A., Islam, M.R., Khan, M.A.S., Shahidullah, M., 1993. Mangrove Nurseries in Bangladesh, International Society foe Mangrove Ecosystems.
47. Soemodihardjo. S, Wiroatmodjo. P, Mulia.F and Haraha.M.K.,1996, Mangrove in Indonesia: A case study of Tembilahan, Sumatra, In: Field, C, (Ed,) Restoration of Mangrove Ecosystems, International Society for Mangrove Ecosystems, Okinawa, Japan, 250 pages (page 97-110).

48. Spalding, M.D., Blasco, F., Field, C.D., 1997. World Mangrove Atlas. International Society for Mangrove Ecosystems, Okinawa, Japan, 178 pp.
49. Seanger, P., Hegerl., E.J, and Davie., J.D.S, 1983. Global status of Mangrove ecosystems, IUCN Commission on Ecology Papers (3): 1-88.
50. Spalding. M., 2004. Encyclopedia of Forest Sciences ,2004, Elsevier Ltd., pp, 1704–1712.
51. Twilley, R.R., Chen, R.H., and Hargis, T., 1992. Carbon sinks in mangroves and their implications to carbon budget of tropical coastal ecosystems, Water, Air, Soil Pollut, 64, 265–288.
52. Untawale, A.G., 1996. Retoration of Mangrove along the Central West Coast of India, In: Field, C, (Ed,) Restoration of Mangrove Ecosystems, International Society for Mangrove Ecosystems, Okinawa, Japan, 250 pages (page 111-125).
53. FAO. 2020. Global Forest Resources Assessment 2020; Main report. Rome.

PHỤ LỤC

Phụ lục 1. So sánh sự khác biệt về đường kính và chiều cao của rừng bản trắng trên ba dạng lập địa khác nhau

1.1. Giai đoạn 6 tháng tuổi

Đường kính thân cây

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.036 ^a	2	.018	1.670	.190
Intercept	228.151	1	228.151	21044.332	.000
LapDia	.036	2	.018	1.670	.190
Error	2.765	255	.011		
Total	230.920	258			
Corrected Total	2.801	257			

Chiều cao thân cây

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	179.495 ^a	2	89.747	4.101	.018
Intercept	872142.867	1	872142.867	39850.585	.000
LapDia	179.495	2	89.747	4.101	.018
Error	5580.757	255	21.885		
Total	877737.000	258			
Corrected Total	5760.252	257			

1.2. Giai đoạn 1 tuổi

Đường kính thân cây

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	10.670 ^a	2	5.335	209.500	.000
Intercept	733.142	1	733.142	28789.449	.000
LapDia	10.670	2	5.335	209.500	.000
Error	6.188	243	.025		
Total	750.070	246			
Corrected Total	16.858	245			

Chiều cao thân cây

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	6577.271 ^a	2	3288.635	267.938	.000
Intercept	2254057.473	1	2254057.473	183646.6	.000
LapDia	6577.271	2	3288.635	267.938	.000
Error	2982.554	243	12.274		
Total	2264233.000	246			
Corrected Total	9559.825	245			

1.3. Giai đoạn 2 tuổi**Đường kính thân cây**

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	8.540 ^a	2	4.270	37.661	.000
Intercept	1667.351	1	1667.351	14705.567	.000
LapDia	8.540	2	4.270	37.661	.000
Error	26.872	237	.113		
Total	1702.840	240			
Corrected Total	35.412	239			

Chiều cao thân cây

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	23051.248 ^a	2	11525.624	516.589	.000
Intercept	3693722.115	1	3693722.115	165555.8	.000
LapDia	23051.248	2	11525.624	516.589	.000
Error	5287.714	237	22.311		
Total	3719323.000	240			
Corrected Total	28338.963	239			

1.4. Giai đoạn 3 tuổi**Đường kính thân cây**

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	525.804 ^a	2	262.902	5256.769	.000
Intercept	5328.948	1	5328.948	106553.1	.000
LapDia	525.804	2	262.902	5256.769	.000
Error	10.753	215	.050		
Total	5551.600	218			
Corrected Total	536.557	217			

Chiều cao thân cây

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	68862.650 ^a	2	34431.325	5413.636	.000
Intercept	5245387.341	1	5245387.341	824732.5	.000
LapDia	68862.650	2	34431.325	5413.636	.000
Error	1367.424	215	6.360		
Total	5266840.000	218			
Corrected Total	70230.073	217			

1.5. Giai đoạn 4 tuổi**Đường kính thân cây**

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	641.416 ^a	2	320.708	6374.375	.000
Intercept	12492.963	1	12492.963	248309.4	.000
LapDia	641.416	2	320.708	6374.375	.000
Error	10.062	200	.050		
Total	12552.210	203			
Corrected Total	651.479	202			

Chiều cao thân cây

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	435350.202 ^a	2	217675.101	1044.712	.000
Intercept	14673212.220	1	14673212.0	70422.745	.000
LapDia	435350.202	2	217675.101	1044.712	.000
Error	41671.798	200	208.359		
Total	15057294.000	203			
Corrected Total	477022.000	202			

Phụ lục 2. Mô hình sinh trưởng đường kính và chiều cao của rừng Bần trắng trên ba dạng lập địa khác nhau.

2.1. Xây dựng mô hình sinh trưởng đường kính của rừng Bần trắng trên ba dạng lập địa.

2.1.1. Mô hình sinh trưởng đường kính theo hàm lũy thừa.

(a) Dạng lập địa I

Function to be estimated: $m \cdot A^c$

Estimation Results

			<i>Asymptotic</i>	<i>95.0%</i>
		<i>Asymptotic</i>	<i>Confidence</i>	<i>Interval</i>
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Standard Error</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>
m	1.32971	0.266569	0.481368	2.17806
c	1.16952	0.161447	0.655725	1.68332

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square
Model	79.423	2	39.7115
Residual	0.636973	3	0.212324
Total	80.06	5	
Total (Corr.)	23.612	4	

R-Squared = 97.3023 percent

R-Squared (adjusted for d.f.) = 96.4031 percent

Standard Error of Est. = 0.460787

Mean absolute error = 0.3496

Durbin-Watson statistic = 1.74118

Lag 1 residual autocorrelation = -0.00358164

Residual Analysis

	<i>Estimation</i>	<i>Validation</i>
n	5	
MSE	0.212324	
MAE	0.3496	
MAPE	17.2329	
ME	0.0708943	
MPE	8.49951	

DI = $1.32971 \cdot A^{1.16952}$

(b) Dạng lập địa II
Estimation Results

			Asymptotic	95.0%
		Asymptotic	Confidence	Interval
Parameter	Estimate	Standard Error	Lower	Upper
m	1.33189	0.359926	0.186449	2.47734
c	1.50129	0.211365	0.828633	2.17395

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square
Model	178.182	2	89.0911
Residual	1.55787	3	0.519289
Total	179.74	5	
Total (Corr.)	66.452	4	

R-Squared = 97.6557 percent

R-Squared (adjusted for d.f.) = 96.8742 percent

Standard Error of Est. = 0.720617

Mean absolute error = 0.472681

Durbin-Watson statistic = 2.40431

Lag 1 residual autocorrelation = -0.292361

Residual Analysis

	<i>Estimation</i>	<i>Validation</i>
n	5	
MSE	0.519289	
MAE	0.472681	
MAPE	24.0719	
ME	0.124467	
MPE	12.0646	

$D2 = 1.33189 \cdot A^{1.50129}$

(c) Dạng lập địa III
Estimation Results

			<i>Asymptotic</i>	<i>95.0%</i>
		<i>Asymptotic</i>	<i>Confidence</i>	<i>Interval</i>
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Standard Error</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>
m	1.05293	0.365102	-0.108993	2.21484

c	1.2346	0.277436	0.351675	2.11753
---	--------	----------	----------	---------

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square
Model	58.1487	2	29.0744
Residual	1.25127	3	0.41709
Total	59.4	5	
Total (Corr.)	17.928	4	

R-Squared = 93.0206 percent

R-Squared (adjusted for d.f.) = 90.6941 percent

Standard Error of Est. = 0.645825

Mean absolute error = 0.446867

Durbin-Watson statistic = 1.88546

Lag 1 residual autocorrelation = -0.112672

Residual Analysis

	<i>Estimation</i>	<i>Validation</i>
n	5	
MSE	0.41709	
MAE	0.446867	
MAPE	22.9282	
ME	0.100808	
MPE	12.0884	

DIII = $1.05293 \cdot A^{1.2346}$

2.1.2. Mô hình sinh trưởng đường kính theo hàm Korf.**(a) Dạng lập địa I**

Function to be estimated: $m \cdot \exp(-k \cdot A^{-c})$

Estimation Results

			<i>Asymptotic</i>	<i>95.0%</i>
		<i>Asymptotic</i>	<i>Confidence</i>	<i>Interval</i>
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Standard Error</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>
m	2045.84	50551.4	-215459.	219551.
k	7.35733	25.7822	-103.574	118.289
c	0.17974	0.691159	-2.79408	3.15356

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square
Model	79.1158	3	26.3719
Residual	0.944187	2	0.472094
Total	80.06	5	
Total (Corr.)	23.612	4	

R-Squared = 96.0012 percent

R-Squared (adjusted for d.f.) = 92.0025 percent

Standard Error of Est. = 0.687091

Mean absolute error = 0.4316

Durbin-Watson statistic = 1.66799

Lag 1 residual autocorrelation = -0.00189237

Residual Analysis

	Estimation	Validation
n	5	
MSE	0.472094	
MAE	0.4316	
MAPE	21.1248	
ME	0.084798	
MPE	10.2375	

DI = $2045.84 \cdot \exp(-7.35733 \cdot A^{-0.17974})$

(b) Dạng lập địa II

Function to be estimated: $m \cdot \exp(-k \cdot A^{-c})$

Estimation Results

			<i>Asymptotic</i>	<i>95.0%</i>
		<i>Asymptotic</i>	<i>Confidence</i>	<i>Interval</i>
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Standard Error</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>
m	1543.23	26610.8	-112954.	116040.
k	7.22453	17.6254	-68.6114	83.0605
c	0.267544	0.825205	-3.28303	3.81812

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square
Model	177.54	3	59.1799
Residual	2.20035	2	1.10017

Total	179.74	5	
Total (Corr.)	66.452	4	

R-Squared = 96.6888 percent

R-Squared (adjusted for d.f.) = 93.3776 percent

Standard Error of Est. = 1.04889

Mean absolute error = 0.562337

Durbin-Watson statistic = 1.96508

Lag 1 residual autocorrelation = -0.112963

Residual Analysis

	<i>Estimation</i>	<i>Validation</i>
n	5	
MSE	1.10017	
MAE	0.562337	
MAPE	30.561	
ME	0.194747	
MPE	17.8855	

$D2 = 1543,23 \cdot \exp(-7,22453 \cdot A^{-0,267544})$

(c) Dạng lập địa III

Estimation Results

			<i>Asymptotic</i>	<i>95.0%</i>
		<i>Asymptotic</i>	<i>Confidence</i>	<i>Interval</i>
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Standard Error</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>
m	2671.83	5635.6	-21576.2	26919.9
k	7.84487	2.7238	-3.87469	19.5644
c	0.175787	0.740706	-3.01121	3.36279

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square
Model	57.8205	3	19.2735
Residual	1.57954	2	0.789771
Total	59.4	5	
Total (Corr.)	17.928	4	

R-Squared = 91.1895 percent

R-Squared (adjusted for d.f.) = 82.3791 percent

Standard Error of Est. = 0.88869

Mean absolute error = 0.517914

Durbin-Watson statistic = 1.85631

Lag 1 residual autocorrelation = -0.12425

Residual Analysis

	<i>Estimation</i>	<i>Validation</i>
n	5	
MSE	0.789771	
MAE	0.517914	
MAPE	26.1096	
ME	0.107798	
MPE	12.8896	

$D3 = 2671.83 \cdot \exp(-7.84487 \cdot A^{-0.175787})$

2.2. Mô hình sinh trưởng chiều cao của rừng Bần trắng trên ba dạng lập địa

2.2.1. Mô hình sinh trưởng chiều cao theo hàm lũy thừa.

(a) Dạng lập địa I

Estimation Results

			<i>Asymptotic</i>	<i>95.0%</i>
		<i>Asymptotic</i>	<i>Confidence</i>	<i>Interval</i>
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Standard Error</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>
m	74.0	21.6032	5.24886	142.751
c	0.889343	0.245891	0.106807	1.67188

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square
Model	128976.	2	64487.9
Residual	3681.15	3	1227.05
Total	132657.	5	
Total (Corr.)	30154.3	4	

R-Squared = 87.7923 percent

R-Squared (adjusted for d.f.) = 83.7231 percent

Standard Error of Est. = 35.0293

Mean absolute error = 25.2213

Durbin-Watson statistic = 1.99895

Lag 1 residual autocorrelation = -0.169656

Residual Analysis

	<i>Estimation</i>	<i>Validation</i>
n	5	
MSE	1227.05	
MAE	25.2213	
MAPE	20.5141	
ME	2.87732	
MPE	5.1399	

$$H1 = 74.0 \cdot A^{0.889343}$$

(b) Dạng lập địa II**Estimation Results**

			<i>Asymptotic</i>	<i>95.0%</i>
		<i>Asymptotic</i>	<i>Confidence</i>	<i>Interval</i>
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Standard Error</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>
m	77.0092	22.6095	5.05554	148.963
c	0.970272	0.244755	0.191353	1.74919

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square
Model	167617.	2	83808.5
Residual	4128.48	3	1376.16
Total	171745.	5	
Total (Corr.)	42237.1	4	

R-Squared = 90.2255 percent

R-Squared (adjusted for d.f.) = 86.9673 percent

Standard Error of Est. = 37.0966

Mean absolute error = 26.8532

Durbin-Watson statistic = 1.95965

Residual Analysis

	<i>Estimation</i>	<i>Validation</i>
n	5	
MSE	1376.16	
MAE	26.8532	
MAPE	20.5121	

ME	3.6606	
MPE	6.62316	

$$H2 = 77.0092 * A^{0.970272}$$

(c) Dạng lập địa III

Estimation Results

			<i>Asymptotic</i>	<i>95.0%</i>
		<i>Asymptotic</i>	<i>Confidence</i>	<i>Interval</i>
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Standard Error</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>
m	78.5134	12.709	38.0676	118.959
c	0.642388	0.142794	0.187953	1.09682

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square
Model	85592.7	2	42796.4
Residual	1262.35	3	420.782
Total	86855.1	5	
Total (Corr.)	13432.1	4	

R-Squared = 90.602 percent

R-Squared (adjusted for d.f.) = 87.4694 percent

Standard Error of Est. = 20.513

Mean absolute error = 14.5124

Durbin-Watson statistic = 2.06667

Lag 1 residual autocorrelation = -0.215748

Residual Analysis

	<i>Estimation</i>	<i>Validation</i>
n	5	
MSE	420.782	
MAE	14.5124	
MAPE	12.2739	
ME	0.845099	
MPE	1.55273	

$$H3 = 78.5134 * A^{0.642388}$$

2.2.2. Mô hình sinh trưởng chiều cao theo hàm Korf.

(a) Dạng lập địa I

Estimation Results

			<i>Asymptotic</i>	<i>95.0%</i>
		<i>Asymptotic</i>	<i>Confidence</i>	<i>Interval</i>
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Standard Error</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>
m	19433.0	640909.	-2.73818E6	2.77704E6
k	5.53522	34.7678	-144.058	155.129
c	0.17126	1.17066	-4.86569	5.20821

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square
Model	128235.	3	42745.1
Residual	4421.49	2	2210.74
Total	132657.	5	
Total (Corr.)	30154.3	4	

R-Squared = 85.3371 percent

R-Squared (adjusted for d.f.) = 70.6743 percent

Standard Error of Est. = 47.0185

Mean absolute error = 27.8131

Durbin-Watson statistic = 1.95417

Lag 1 residual autocorrelation = -0.179832

Residual Analysis

	<i>Estimation</i>	<i>Validation</i>
n	5	
MSE	2210.74	
MAE	27.8131	
MAPE	22.1409	
ME	2.7019	
MPE	4.61893	

The StatAdvisor

The output shows the results of fitting a nonlinear regression model to describe the relationship between H2 and 1 independent variables. The equation of the fitted model is $H = 19433.0 * \exp(-5.53522 * A^{-0.17126})$

(b) Dạng lập địa II**Estimation Results**

			<i>Asymptotic</i>	<i>95.0%</i>
		<i>Asymptotic</i>	<i>Confidence</i>	<i>Interval</i>
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Standard Error</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>
m	23512.7	674985.	-2.88071E6	2.92774E6
k	5.69023	30.2994	-124.678	136.058
c	0.184756	1.09034	-4.50661	4.87612

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square
Model	166593.	3	55530.9
Residual	5152.7	2	2576.35
Total	171745.	5	
Total (Corr.)	42237.1	4	

R-Squared = 87.8005 percent

R-Squared (adjusted for d.f.) = 75.601 percent

Standard Error of Est. = 50.7578

Mean absolute error = 30.3531

Durbin-Watson statistic = 1.91598

Lag 1 residual autocorrelation = -0.159157

Residual Analysis

	<i>Estimation</i>	<i>Validation</i>
n	5	
MSE	2576.35	
MAE	30.3531	
MAPE	22.7024	
ME	3.59128	
MPE	6.36908	

The StatAdvisor

The output shows the results of fitting a nonlinear regression model to describe the relationship between H3 and 1 independent variables. The equation of the fitted model is $H2 = 23512.7 \cdot \exp(-5.69023 \cdot A^{-0.184756})$

(c) Dạng lập địa III**Estimation Results**

			<i>Asymptotic</i>	<i>95.0%</i>
		<i>Asymptotic</i>	<i>Confidence</i>	<i>Interval</i>
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Standard Error</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>
m	9049.71	259469.	-1.10736E6	1.12546E6
k	4.72486	29.815	-123.559	133.008
c	0.142931	0.942932	-3.91418	4.20004

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square
Model	85362.1	3	28454.0
Residual	1492.96	2	746.478
Total	86855.1	5	
Total (Corr.)	13432.1	4	

R-Squared = 88.8852 percent

R-Squared (adjusted for d.f.) = 77.7704 percent

Standard Error of Est. = 27.3218

Mean absolute error = 15.7832

Durbin-Watson statistic = 1.98389

Lag 1 residual autocorrelation = -0.205277

Residual Analysis

	<i>Estimation</i>	<i>Validation</i>
n	5	
MSE	746.478	
MAE	15.7832	
MAPE	13.2126	
ME	0.78181	
MPE	1.3367	

$$H1 = 9049.71 * \exp(-4.72486 * A^{-0.142931})$$

Phụ lục 3. So sánh sự khác biệt về đường kính tán và chiều dài tán của rừng Bần trắng tại tuổi 4 trên ba dạng lập địa khác nhau.

3.1. Đường kính tán

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	17.683 ^a	2	8.841	41.958	.000
Intercept	825.370	1	825.370	3916.897	.000
LapDia	17.683	2	8.841	41.958	.000
Error	244.857	1162	.211		
Total	1080.302	1165			
Corrected Total	262.540	1164			

3.2. Chiều dài tán

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	22.263 ^a	2	11.132	38.147	.000
Intercept	1145.837	1	1145.837	3926.582	.000
LapDia	22.263	2	11.132	38.147	.000
Error	339.090	1162	.292		
Total	1499.944	1165			
Corrected Total	361.353	1164			

Phụ lục 4. Mô hình sinh trưởng trữ lượng gỗ của rừng Bần trắng trên ba dạng lập địa khác nhau.

(a) Dạng lập địa I

Function to be estimated: $m \cdot \exp(-b \cdot A^{-c})$

Estimation Results

			<i>Asymptotic</i>	<i>95.0%</i>
		<i>Asymptotic</i>	<i>Confidence</i>	<i>Interval</i>
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Standard Error</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>
m	22158.1	16016.1	-181345.	225661.
b	14.7571	1.52272	-4.59089	34.1052
c	0.491796	0.188196	-1.89946	2.88305

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square
Model	179.493	3	59.831
Residual	0.2303	1	0.2303
Total	179.723	4	
Total (Corr.)	98.7234	3	

R-Squared = 99.7667 percent

R-Squared (adjusted for d.f.) = 99.3002 percent

Standard Error of Est. = 0.479896

Mean absolute error = 0.20776

Durbin-Watson statistic = 0.981835

Lag 1 residual autocorrelation = 0.250158

Residual Analysis

	<i>Estimation</i>	<i>Validation</i>
n	4	
MSE	0.2303	
MAE	0.20776	
MAPE	33.6383	
ME	0.142271	
MPE	31.9845	

The StatAdvisor

The output shows the results of fitting a nonlinear regression model to describe the relationship between M1 and 1 independent variables. The equation of the fitted model is $M1 = 22158.1 \cdot \exp(-14.7571 \cdot A^{-0.491796})$

(b) Dạng lập địa II**Estimation Results**

			<i>Asymptotic</i>	<i>95.0%</i>
		<i>Asymptotic</i>	<i>Confidence</i>	<i>Interval</i>
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Standard Error</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>
m	2946.98	12565.1	-156708.	162602.
b	12.5312	1.0311	-0.570208	25.6326
c	0.773961	0.664211	-7.66564	9.21356

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square
Model	1843.11	3	614.37
Residual	0.719725	1	0.719725
Total	1843.83	4	
Total (Corr.)	1045.77	3	

R-Squared = 99.9312 percent

R-Squared (adjusted for d.f.) = 99.7935 percent

Standard Error of Est. = 0.848366

Mean absolute error = 0.36427

Durbin-Watson statistic = 3.04913

Lag 1 residual autocorrelation = -0.69364

Residual Analysis

	<i>Estimation</i>	<i>Validation</i>
n	4	
MSE	0.719725	
MAE	0.36427	
MAPE	37.1961	
ME	0.0154481	
MPE	12.6904	

The StatAdvisor

The output shows the results of fitting a nonlinear regression model to describe the relationship between M2 and 1 independent variables. The equation of the fitted model is

$$M2 = 2946,98 * \exp(-12,5312 * A^{-0,773961})$$

(c) Dạng lập địa III**Estimation Results**

			<i>Asymptotic</i>	<i>95.0%</i>
		<i>Asymptotic</i>	<i>Confidence</i>	<i>Interval</i>
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Standard Error</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>
m	37062.2	67921.9	-825967.	900091.
b	20.0278	4.7358	-40.1462	80.2018
c	0.637896	0.0692286	-0.241737	1.51753

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square
Model	93.2274	3	31.0758
Residual	0.470403	1	0.470403
Total	93.6978	4	
Total (Corr.)	56.8529	3	

R-Squared = 99.1726 percent

R-Squared (adjusted for d.f.) = 97.5178 percent

Standard Error of Est. = 0.68586

Mean absolute error = 0.244582

Durbin-Watson statistic = 1.61651

Lag 1 residual autocorrelation = 0.144358

Residual Analysis

	<i>Estimation</i>	<i>Validation</i>
n	4	
MSE	0.470403	
MAE	0.244582	
MAPE	48.3252	
ME	0.194064	
MPE	45.3359	

The StatAdvisor

The output shows the results of fitting a nonlinear regression model to describe the relationship between M3 and 1 independent variables. The equation of the fitted model is

$$M3 = 37062,2 * \exp(-20,0278 * A^{-0,637896})$$

Phụ lục 5. Hàm sinh khối của cây Bần trắng trên ba dạng lập địa khác nhau.

5.1. Hàm tổng sinh khối

Function to be estimated: $a + b \cdot D^2 + c \cdot D^3 + k \cdot (D^3/H)$

Estimation Results

			<i>Asymptotic</i>	<i>95.0%</i>
		<i>Asymptotic</i>	<i>Confidence</i>	<i>Interval</i>
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Standard Error</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>
a	-0.0674696	0.00560396	-0.0789887	-0.0559504
b	0.187333	0.00766176	0.171584	0.203082
c	0.0235698	0.000933975	0.02165	0.0254896
k	-0.0855429	0.00436199	-0.0945092	-0.0765767

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square
Model	17.7015	4	4.42536
Residual	0.000440733	26	0.0000169513
Total	17.7019	30	
Total (Corr.)	3.87067	29	

R-Squared = 99.9886 percent

R-Squared (adjusted for d.f.) = 99.9873 percent

Standard Error of Est. = 0.00411719

Mean absolute error = 0.00350501

Residual Analysis

	<i>Estimation</i>	<i>Validation</i>
n	30	
MSE	0.0000169513	
MAE	0.00350501	
MAPE	0.854948	
ME	2.69544E-14	
MPE	0.0926688	

$$BTO = -0.0674696 + 0.187333 \cdot D^2 + 0.0235698 \cdot D^3 - 0.0855429 \cdot (D^3/H)$$

5.2. Hàm sinh khối thân

Function to be estimated: $a + b \cdot D^2 + c \cdot D^3 + k \cdot (D^3/H)$

Estimation Results

			<i>Asymptotic</i>	<i>95.0%</i>
--	--	--	-------------------	--------------

		<i>Asymptotic</i>	<i>Confidence</i>	<i>Interval</i>
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Standard Error</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>
a	-0.0414279	0.00795117	-0.0577718	-0.025084
b	0.137962	0.0108709	0.115617	0.160307
c	0.0159926	0.00132517	0.0132687	0.0187166
k	-0.0591246	0.00618901	-0.0718463	-0.0464029

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square
Model	11.7205	4	2.93013
Residual	0.000887254	26	0.0000341251
Total	11.7214	30	
Total (Corr.)	2.40279	29	

R-Squared = 99.9631 percent

R-Squared (adjusted for d.f.) = 99.9588 percent

Standard Error of Est. = 0.00584167

Mean absolute error = 0.0043519

Residual Analysis

	<i>Estimation</i>	<i>Validation</i>
n	30	
MSE	0.0000341251	
MAE	0.0043519	
MAPE	0.895125	
ME	2.5642E-14	
MPE	0.0625764	

$$BT = -0.0414279 + 0.137962 \cdot D^2 + 0.0159926 \cdot D^3 - 0.0591246 \cdot (D^3/H)$$

5.3. Hàm sinh khối cãnh

Function to be estimated: $a + b \cdot D^2 + c \cdot D^3 + k \cdot (D^3/H)$

Estimation Results

			<i>Asymptotic</i>	<i>95.0%</i>
		<i>Asymptotic</i>	<i>Confidence</i>	<i>Interval</i>
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Standard Error</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>
a	-0.0149123	0.00361343	-0.0223398	-0.00748473
b	0.0195069	0.0049403	0.0093519	0.0296618

c	0.0030795	0.000602227	0.0018416	0.00431739
k	-0.00929051	0.00281261	-0.0150719	-0.00350909

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square
Model	0.249117	4	0.0622792
Residual	0.000183242	26	0.00000704778
Total	0.2493	30	
Total (Corr.)	0.0683367	29	

R-Squared = 99.7319 percent

R-Squared (adjusted for d.f.) = 99.7009 percent

Standard Error of Est. = 0.00265476

Mean absolute error = 0.00190579

Durbin-Watson statistic = 2.19111

Lag 1 residual autocorrelation = -0.191332

Residual Analysis

	<i>Estimation</i>	<i>Validation</i>
n	30	
MSE	0.00000704778	
MAE	0.00190579	
MAPE	5.74771	
ME	1.92552E-14	
MPE	0.104257	

The StatAdvisor

The output shows the results of fitting a nonlinear regression model to describe the relationship between BC and 2 independent variables. The equation of the fitted model is

$$BC = -0.0149123 + 0.0195069 \cdot D^2 + 0.0030795 \cdot D^3 - 0.00929051 \cdot (D^3/H)$$

5.4. Hàm sinh khối lá

Function to be estimated: $a + b \cdot D^2 + c \cdot D^3 + k \cdot (D^3/H)$

Estimation Results

			<i>Asymptotic</i>	<i>95.0%</i>
		<i>Asymptotic</i>	<i>Confidence</i>	<i>Interval</i>
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Standard Error</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>
a	-0.0089889	0.00318536	-0.0155365	-0.00244129
b	0.0226121	0.00435504	0.0136601	0.031564

c	0.00359075	0.000530882	0.0024995	0.00468199
k	-0.0128889	0.00247941	-0.0179854	-0.00779243

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square
Model	0.0761576	4	0.0190394
Residual	0.000142397	26	0.00000547682
Total	0.0763	30	
Total (Corr.)	0.0225367	29	

R-Squared = 99.3682 percent

R-Squared (adjusted for d.f.) = 99.2952 percent

Standard Error of Est. = 0.00234026

Mean absolute error = 0.00181244

Durbin-Watson statistic = 2.24135

Lag 1 residual autocorrelation = -0.1369

Residual Analysis

	<i>Estimation</i>	<i>Validation</i>
n	30	
MSE	0.00000547682	
MAE	0.00181244	
MAPE	0.9	
ME	1.73777E-14	
MPE	0.09	

The StatAdvisor

The output shows the results of fitting a nonlinear regression model to describe the relationship between BL and 2 independent variables. The equation of the fitted model is

$$BL = -0.0089889 + 0.0226121 \cdot D^2 + 0.00359075 \cdot D^3 - 0.0128889 \cdot (D^3/H)$$

5.5. Hàm tổng sinh khối cành + lá

Function to be estimated: $a + b \cdot D^2 + c \cdot D^3 + k \cdot (D^3/H)$

Estimation Results

			<i>Asymptotic</i>	<i>95.0%</i>
		<i>Asymptotic</i>	<i>Confidence</i>	<i>Interval</i>
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Standard Error</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>
a	-0.0166155	0.00445642	-0.0257759	-0.00745523
b	0.0402386	0.00609284	0.0277146	0.0527627

c	0.00666302	0.000742722	0.00513633	0.00818971
k	-0.0215946	0.00346877	-0.0287248	-0.0144644

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square
Model	0.605421	4	0.151355
Residual	0.000278713	26	0.0000107197
Total	0.6057	30	
Total (Corr.)	0.161617	29	

R-Squared = 99.8275 percent

R-Squared (adjusted for d.f.) = 99.8076 percent

Standard Error of Est. = 0.0032741

Mean absolute error = 0.00232866

Residual Analysis

	<i>Estimation</i>	<i>Validation</i>
n	30	
MSE	0.0000107197	
MAE	0.00232866	
MAPE	2.97221	
ME	1.91625E-14	
MPE	-0.584895	

$$\text{BCL} = -0.0166155 + 0.0402386 \cdot D^2 + 0.00666302 \cdot D^3 - 0.0215946 \cdot (D^3/H)$$

Phụ lục 6. Đặc trưng thống kê đất dưới tán rừng Bần trắng trên dạng lập địa I**6.1. Đặc trưng thống kê đất ở lớp 0 – 20 cm****(1) Thống kê pH_{H2O}**

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	6,1	5,8	6,6	0,42	6,8
1	3	6,3	6	6,7	0,35	5,5
2	3	6,5	6,4	6,6	0,12	1,8
3	3	7,0	6,7	7,2	0,25	3,6
4	3	6,7	6,4	6,9	0,25	3,8
Trung bình		6,5	6,3	6,8	0,3	4,3

(2) Thống kê pH_{KCL}

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	5,8	5,7	6	0,15	2,6
1	3	5,9	5,8	5,9	0,06	1,0
2	3	5,8	5,4	6	0,32	5,6
3	3	6,0	6	6,1	0,06	1,0
4	3	6,0	6	6,1	0,06	1,0
Trung bình		5,9	5,8	6,0	0,1	2,2

(3) Thống kê mùn (%)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	1,44	1,21	1,66	0,23	15,6
1	3	2,03	1,90	2,21	0,16	7,9
2	3	2,29	2,18	2,40	0,11	4,8
3	3	2,30	2,17	2,39	0,12	5,1
4	3	2,65	2,50	2,90	0,22	8,3
Trung bình		2,14	1,99	2,31	0,17	8,4

(4) Thống kê ni tơ (%)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	0,067	0,061	0,070	0,005	7,4
1	3	0,110	0,092	0,122	0,016	14,6
2	3	0,124	0,097	0,143	0,024	19,3
3	3	0,105	0,102	0,108	0,003	2,9
4	3	0,139	0,131	0,145	0,007	5,3
Trung bình		0,109	0,097	0,118	0,011	9,9

(5) Thống kê phốt pho (%)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	0,059	0,058	0,060	0,001	2,0
1	3	0,091	0,075	0,109	0,017	18,9
2	3	0,090	0,079	0,097	0,010	10,9
3	3	0,069	0,059	0,076	0,009	13,1
4	3	0,101	0,092	0,109	0,009	8,5
Trung bình		0.082	0,073	0,090	0,009	10,7

(6) Thống kê ka li (%)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	0,153	0,139	0,168	0,015	9,5
1	3	0,205	0,194	0,226	0,018	8,7
2	3	0,245	0,217	0,272	0,028	11,2
3	3	0,219	0,198	0,233	0,019	8,5
4	3	0,287	0,260	0,304	0,024	8,3
Trung bình		0.222	0,202	0,241	0,020	9,3

(7) Thống kê nhôm (me/100g)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	1,81	1,05	3,25	1,25	69,2
1	3	1,39	0,65	2,11	0,73	52,4
2	3	1,31	0,99	1,71	0,37	28,1
3	3	1,04	0,96	1,08	0,07	6,8
4	3	1,09	0,99	1,17	0,09	8,6
Trung bình		1,33	0,93	1,86	0,50	33,0

(8) Thống kê Fe²⁺ (me/100g)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	118,4	103,6	147,6	25,3	21,3
1	3	96,7	91,1	101,5	5,3	5,4
2	3	84,3	67,8	102,2	17,2	20,5
3	3	63,7	60,4	68,3	4,1	6,4
4	3	56,2	55,1	57,9	1,5	2,6
Trung bình		83,9	75,6	95,5	10,7	11,3

(9) Thống kê SO_4^{2-} (me/100g)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	0,093	0,090	0,100	0,006	6,2
1	3	0,073	0,070	0,080	0,006	7,9
2	3	0,063	0,045	0,078	0,017	26,5
3	3	0,041	0,039	0,044	0,003	6,5
4	3	0,058	0,043	0,066	0,013	22,1
Trung bình		0,066	0,057	0,074	0,009	13,8

(10) Thống kê tỷ lệ sét (%)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	13,4	12,4	15,3	1,6	12,1
1	3	15,0	13,7	16,8	1,6	10,9
2	3	16,1	15,0	17,3	1,2	7,1
3	3	13,2	11,7	14,2	1,3	10,0
4	3	19,0	18,0	19,7	0,9	4,7
Trung bình		15,3	14,2	16,7	1,3	9,0

(11) Thống kê tỷ lệ thịt (%)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	8,5	7,8	9,2	0,7	8,3
1	3	10,2	8,6	11,7	1,6	15,2
2	3	10,5	9,7	11,3	0,8	7,7
3	3	6,3	5,3	7,4	1,1	16,7
4	3	6,0	5,0	7,2	1,1	18,3
Trung bình		8,3	7,3	9,4	1,0	13,3

(12) Thống kê tỷ lệ cát (%)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	78,1	76,3	79,9	1,8	2,3
1	3	74,9	73,1	77,0	2,0	2,6
2	3	73,4	72,3	75,4	1,7	2,3
3	3	80,6	78,4	82,2	2,0	2,4
4	3	75,0	70,6	73,5	1,5	2,0
Trung bình		76,4	74,1	77,6	1,8	2,3

6.2. Đặc trưng thống kê đất ở lớp 20 – 50 cm

(1) Thống kê pH_{H2O}

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	5,7	5,4	6,2	0,42	7,3
1	3	5,9	5,6	6,3	0,35	5,9
2	3	6,1	6,0	6,2	0,12	1,9
3	3	6,1	5,8	6,3	0,25	4,1
4	3	6,3	6,0	6,5	0,25	4,0
T bình		6,0	5,8	6,3	0,3	4,6

(2) Thống kê pH_{KCL}

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	5,7	5,6	5,9	0,15	2,7
1	3	5,8	5,8	5,9	0,06	1,0
2	3	5,7	5,3	5,9	0,32	5,7
3	3	5,8	5,8	5,9	0,06	1,0
4	3	6,0	5,9	6,0	0,06	1,0
T bình		5,8	5,7	5,9	0,10	2,3

(3) Thống kê mùn (%)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	0,96	0,73	1,18	0,23	23,5
1	3	1,55	1,42	1,73	0,16	10,4
2	3	1,81	1,70	1,92	0,11	6,1
3	3	2,06	1,96	2,22	0,14	6,8
4	3	2,23	1,98	2,47	0,25	11,0
T bình		1,72	1,6	1,9	0,2	11,5

(4) Thống kê ni tơ (%)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	0,045	0,039	0,048	0,005	11,0
1	3	0,088	0,070	0,100	0,016	18,2
2	3	0,102	0,075	0,121	0,024	23,5
3	3	0,114	0,097	0,125	0,015	13,0
4	3	0,104	0,098	0,111	0,007	6,2
T bình		0,091	0,076	0,101	0,013	14,4

(5) Thống kê photpho (%)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	0,041	0,040	0,042	0,001	2,4
1	3	0,073	0,057	0,091	0,017	23,6
2	3	0,072	0,061	0,079	0,010	13,6
3	3	0,077	0,067	0,083	0,009	11,3
4	3	0,080	0,068	0,087	0,010	12,8
T bình		0,069	0,059	0,076	0,009	12,8

(6) Thống kê ka li (%)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	0,105	0,091	0,120	0,015	13,9
1	3	0,157	0,146	0,178	0,018	11,4
2	3	0,197	0,169	0,224	0,028	14,0
3	3	0,210	0,189	0,224	0,019	8,8
4	3	0,236	0,224	0,244	0,010	4,4
T bình		0,181	0,164	0,198	0,018	10,5

(7) Thống kê nhôm (me/100g)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	1,55	0,80	3,00	1,25	80,4
1	3	1,14	0,40	1,86	0,73	64,0
2	3	1,02	0,63	1,46	0,42	40,8
3	3	0,90	0,79	1,07	0,15	16,6
4	3	0,94	0,85	0,99	0,08	8,7
T bình		1,11	0,69	1,67	0,53	42,1

(8) Thống kê Fe²⁺ (me/100g)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	109,0	94,2	138,2	25,3	23,2
1	3	87,3	81,7	92,1	5,3	6,0
2	3	74,9	58,4	92,7	17,2	23,0
3	3	69,5	53,6	95,4	22,6	32,6
4	3	46,9	40,5	52,4	6,0	12,8
T bình		77,5	65,7	94,2	15,3	19,5

(9) Thống kê SO_4^{2-} (me/100g)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	0,105	0,101	0,111	0,006	5,3
1	3	0,088	0,081	0,096	0,008	8,6
2	3	0,078	0,060	0,093	0,017	21,4
3	3	0,081	0,066	0,089	0,013	16,0
4	3	0,075	0,061	0,083	0,012	16,5
T bình		0,085	0,074	0,094	0,011	13,6

(10) Thống kê tỷ lệ sét (%)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	12,1	11,1	13,9	1,6	12,9
1	3	13,6	12,4	15,4	1,6	11,5
2	3	14,8	13,6	16,0	1,2	8,1
3	3	15,5	14,6	16,2	0,8	5,2
4	3	17,0	16,1	17,8	0,9	5,1
T bình		14,6	13,6	15,9	1,2	8,6

(11) Thống kê tỷ lệ thịt (%)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	7,5	6,8	8,2	0,7	9,3
1	3	9,2	7,6	10,7	1,6	16,9
2	3	9,5	8,7	10,3	0,8	8,5
3	3	7,6	6,6	8,7	1,1	13,9
4	3	4,9	3,9	6,1	1,1	22,4
T bình		7,7	6,7	8,8	1,0	14,2

(12) Thống kê tỷ lệ cát (%)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	80,4	78,6	82,1	1,8	2,2
1	3	77,2	75,4	79,3	2,0	2,5
2	3	75,7	74,6	77,6	1,7	2,2
3	3	76,9	75,6	78,8	1,7	2,2
4	3	78,0	74,7	77,7	1,5	2,0
T bình		77,6	75,8	79,1	1,7	2,2

Phụ lục 7. Đặc trưng thống kê đất dưới tán rừng Bần trắng trên dạng lập địa II

7.1. Đặc trưng thống kê đất ở lớp 0 – 20 cm

(1) Thống kê pH_{H2O}

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	6.3	6.0	6.8	0.42	6.6
1	3	6.5	6.2	6.9	0.35	5.4
2	3	6.7	6.6	6.8	0.12	1.7
3	3	6.7	6.4	6.9	0.25	3.8
4	3	7.0	6.7	7.2	0.25	3.6
T bình		6.6	6.4	6.9	0.3	4.2

(2) Thống kê pH_{KCL}

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	5.9	5.8	6.1	0.15	2.6
1	3	6.0	6.0	6.1	0.06	1.0
2	3	5.9	5.5	6.1	0.32	5.5
3	3	6.0	6.0	6.1	0.06	1.0
4	3	6.0	6.0	6.1	0.06	1.0
T bình		6.0	5.9	6.1	0.1	2.2

(3) Thống kê mùn (%)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	1.44	1.21	1.66	0.23	15.6
1	3	1.67	1.54	1.85	0.16	9.6
2	3	1.93	1.82	2.04	0.11	5.7
3	3	2.18	2.08	2.34	0.14	6.4
4	3	2.71	2.60	2.90	0.17	6.1
T bình		1.99	1.85	2.16	0.16	8.7

(4) Thống kê ni tơ (%)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	0.067	0.060	0.070	0.006	8.7
1	3	0.093	0.070	0.110	0.021	22.3
2	3	0.105	0.078	0.124	0.024	22.8
3	3	0.110	0.080	0.128	0.026	23.8
4	3	0.122	0.092	0.141	0.027	21.7
T bình		0.099	0.076	0.115	0.021	19.8

(5) Thống kê photpho (%)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	0.060	0.060	0.060	0.000	0.0
1	3	0.090	0.070	0.110	0.020	22.2
2	3	0.088	0.076	0.094	0.010	11.5
3	3	0.092	0.082	0.099	0.009	9.8
4	3	0.103	0.089	0.110	0.012	11.5
T bình		0.087	0.075	0.095	0.010	11.0

(6) Thống kê kali (%)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	0.153	0.140	0.170	0.015	10.0
1	3	0.207	0.190	0.230	0.021	10.1
2	3	0.244	0.216	0.271	0.028	11.3
3	3	0.257	0.236	0.271	0.019	7.2
4	3	0.292	0.260	0.312	0.028	9.6
T bình		0.231	0.208	0.251	0.022	9.6

(7) Thống kê nhôm (me/100g)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	1.81	1.05	3.25	1.25	69.2
1	3	0.91	0.65	1.11	0.24	26.0
2	3	1.21	0.88	1.43	0.29	24.0
3	3	1.08	0.64	1.32	0.38	35.5
4	3	1.26	1.14	1.48	0.19	15.2
T bình		1.25	0.87	1.72	0.47	34.0

(8) Thống kê Fe²⁺ (me/100g)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	118.4	103.6	147.6	25.3	21.3
1	3	116.7	111.1	121.5	5.3	4.5
2	3	81.3	77.8	83.2	3.0	3.7
3	3	81.7	73.6	86.8	7.1	8.7
4	3	70.5	63.9	79.8	8.3	11.8
T bình		93.7	86.0	103.8	9.8	10.0

(9) Thống kê SO_4^{2-} (me/100g)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	0.093	0.090	0.100	0.006	6.2
1	3	0.077	0.070	0.090	0.012	15.1
2	3	0.063	0.045	0.078	0.017	26.5
3	3	0.066	0.051	0.074	0.013	19.7
4	3	0.053	0.043	0.063	0.010	18.9
T bình		0.070	0.060	0.081	0.011	17.3

(10) Thống kê tỷ lệ sét (%)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	15.0	13.9	16.8	1.6	10.7
1	3	16.1	14.8	17.9	1.6	10.1
2	3	17.2	16.1	18.4	1.2	6.7
3	3	17.9	17.0	18.6	0.8	4.6
4	3	18.9	18.2	19.5	0.7	3.5
T bình		17.0	16.0	18.2	1.2	7.1

(11) Thống kê tỷ lệ thịt (%)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	6.9	6.2	7.6	0.7	10.1
1	3	7.3	5.8	8.9	1.6	21.1
2	3	7.6	6.9	8.4	0.8	9.9
3	3	5.8	4.8	6.9	1.1	18.4
4	3	6.1	5.0	7.3	1.2	18.9
T bình		6.7	5.7	7.8	1.0	15.7

(12) Thống kê tỷ lệ cát (%)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	78.1	76.3	79.9	1.8	2.3
1	3	76.6	74.8	78.8	2.0	2.6
2	3	75.2	74.1	77.1	1.7	2.2
3	3	76.4	75.1	78.2	1.6	2.1
4	3	75.0	70.4	72.7	1.2	1.5
T bình		76.3	74.1	77.3	1.7	2.2

7.2. Đặc trưng thống kê đất ở lớp 20 – 50 cm

(1) Thống kê pH_{H_2O}

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	5.9	5.6	6.4	0.42	7.0
1	3	6.1	5.8	6.5	0.35	5.7
2	3	6.3	6.2	6.4	0.12	1.8
3	3	6.3	6.0	6.5	0.25	4.0
4	3	6.6	6.3	6.8	0.25	3.8
T bình		6.2	6.0	6.5	0.3	4.5

(2) Thống kê pH_{KCL}

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	5.9	5.8	6.1	0.15	2.6
1	3	6.0	5.9	6.0	0.06	1.0
2	3	5.9	5.5	6.1	0.32	5.5
3	3	6.0	5.9	6.0	0.06	1.0
4	3	6.0	5.9	6.0	0.06	1.0
T bình		5.9	5.8	6.0	0.1	2.2

(3) Thống kê mùn (%)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	0.96	0.73	1.18	0.23	23.5
1	3	1.19	1.06	1.37	0.16	13.5
2	3	1.45	1.34	1.56	0.11	7.6
3	3	1.70	1.60	1.86	0.14	8.2
4	3	1.86	1.77	2.02	0.14	7.6
T bình		1.43	1.30	1.60	0.16	12.1

(4) Thống kê ni tơ (%)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	0.045	0.039	0.048	0.005	11.0
1	3	0.073	0.051	0.086	0.019	26.0
2	3	0.083	0.056	0.102	0.024	28.9
3	3	0.066	0.058	0.074	0.008	12.2
4	3	0.233	0.060	0.560	0.284	121.9
T bình		0.100	0.053	0.174	0.068	40.0

(5) Thống kê photpho (%)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	0.041	0.040	0.042	0.001	2.4
1	3	0.070	0.054	0.088	0.017	24.4
2	3	0.070	0.058	0.076	0.010	14.5
3	3	0.074	0.064	0.081	0.009	12.2
4	3	0.082	0.077	0.085	0.004	5.3
T bình		0.067	0.059	0.074	0.008	11.8

(6) Thống kê kali (%)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	0.105	0.091	0.120	0.015	13.9
1	3	0.156	0.145	0.177	0.018	11.5
2	3	0.196	0.168	0.223	0.028	14.1
3	3	0.209	0.188	0.223	0.019	8.9
4	3	0.219	0.197	0.234	0.019	8.9
T bình		0.177	0.158	0.195	0.020	11.4

(7) Thống kê nhôm (mg/100g)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	1.55	0.80	3.00	1.25	80.4
1	3	0.66	0.40	0.86	0.24	35.9
2	3	0.50	0.09	0.78	0.36	72.9
3	3	0.27	0.06	0.69	0.36	133.0
4	3	0.41	0.06	0.60	0.30	73.6
T bình		0.68	0.28	1.19	0.50	79.2

(8) Thống kê Fe²⁺ (mg/100g)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	109.0	94.2	138.2	25.3	23.2
1	3	107.3	101.7	112.1	5.3	4.9
2	3	78.5	73.5	88.4	8.5	10.9
3	3	92.1	83.6	97.4	7.5	8.1
4	3	76.8	70.3	81.5	5.8	7.6
T bình		92.8	84.7	103.5	10.5	10.9

(9) Thống kê SO_4^{2-} (me/100g)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	0.105	0.101	0.111	0.006	5.3
1	3	0.091	0.081	0.104	0.012	13.2
2	3	0.078	0.060	0.093	0.017	21.4
3	3	0.081	0.066	0.089	0.013	16.0
4	3	0.072	0.061	0.081	0.010	14.0
T bình		0.085	0.074	0.096	0.011	14.0

(10) Thống kê tỷ lệ sét (%)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	13.6	12.6	15.5	1.6	11.9
1	3	14.7	13.5	16.5	1.6	10.7
2	3	15.9	14.7	17.1	1.2	7.5
3	3	16.6	15.7	17.3	0.8	4.9
4	3	17.1	16.2	17.8	0.8	4.7
T bình		15.6	14.5	16.8	1.2	7.9

(11) Thống kê tỷ lệ thịt (%)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	6.0	5.3	6.7	0.7	11.8
1	3	6.4	4.8	7.9	1.6	24.3
2	3	6.7	5.9	7.5	0.8	12.0
3	3	4.8	3.8	5.9	1.1	22.0
4	3	4.9	3.9	6.1	1.1	22.4
T bình		5.7	4.7	6.8	1.0	18.5

(12) Thống kê tỷ lệ cát (%)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	80.4	78.6	82.1	1.8	2.2
1	3	78.9	77.1	81.1	2.0	2.6
2	3	77.5	76.4	79.4	1.7	2.1
3	3	78.6	77.4	80.5	1.6	2.1
4	3	80.4	79.1	81.8	1.4	1.7
T bình		79.2	77.7	81.0	1.7	2.1

Phụ lục 8. Đặc trưng thống kê đất dưới tán rừng Bần trắng trên dạng lập địa III**8.1. Đặc trưng thống kê đất ở lớp 0 – 20 cm****(1) Thống kê pH_{H2O}**

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	6.3	6.0	6.8	0.42	6.6
1	3	6.5	6.2	6.9	0.35	5.4
2	3	6.7	6.6	6.8	0.12	1.7
3	3	6.7	6.4	6.9	0.25	3.8
4	3	7.0	6.7	7.2	0.25	3.6
T bình		6.6	6.4	6.9	0.3	4.2

(2) Thống kê pH_{KCL}

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	5.9	5.8	6.1	0.15	2.6
1	3	6.0	6.0	6.1	0.06	1.0
2	3	5.9	5.5	6.1	0.32	5.5
3	3	6.0	6.0	6.1	0.06	1.0
4	3	6.0	6.0	6.1	0.06	1.0
T bình		6.0	5.9	6.1	0.1	2.2

(3) Thống kê mùn (%)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	1.44	1.21	1.66	0.23	15.6
1	3	1.67	1.54	1.85	0.16	9.6
2	3	1.93	1.82	2.04	0.11	5.7
3	3	2.18	2.08	2.34	0.14	6.4
4	3	2.71	2.60	2.90	0.17	6.1
T bình		1.99	1.85	2.16	0.16	8.7

(4) Thống kê ni tơ (%)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	0.067	0.060	0.070	0.006	8.7
1	3	0.093	0.070	0.110	0.021	22.3
2	3	0.105	0.078	0.124	0.024	22.8
3	3	0.110	0.080	0.128	0.026	23.8
4	3	0.122	0.092	0.141	0.027	21.7
T bình		0.099	0.076	0.115	0.021	19.8

(5) Thống kê photpho (%)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	0.060	0.060	0.060	0.000	0.0
1	3	0.090	0.070	0.110	0.020	22.2
2	3	0.088	0.076	0.094	0.010	11.5
3	3	0.092	0.082	0.099	0.009	9.8
4	3	0.103	0.089	0.110	0.012	11.5
T bình		0.087	0.075	0.095	0.010	11.0

(6) Thống kê kali (%)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	0.153	0.140	0.170	0.015	10.0
1	3	0.207	0.190	0.230	0.021	10.1
2	3	0.244	0.216	0.271	0.028	11.3
3	3	0.257	0.236	0.271	0.019	7.2
4	3	0.292	0.260	0.312	0.028	9.6
T bình		0.231	0.208	0.251	0.022	9.6

(7) Thống kê nhôm (me/100g)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	1.81	1.05	3.25	1.25	69.2
1	3	0.91	0.65	1.11	0.24	26.0
2	3	1.21	0.88	1.43	0.29	24.0
3	3	1.08	0.64	1.32	0.38	35.5
4	3	1.26	1.14	1.48	0.19	15.2
T bình		1.25	0.87	1.72	0.47	34.0

(8) Thống kê Fe²⁺ (me/100g)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	118.4	103.6	147.6	25.3	21.3
1	3	116.7	111.1	121.5	5.3	4.5
2	3	81.3	77.8	83.2	3.0	3.7
3	3	81.7	73.6	86.8	7.1	8.7
4	3	70.5	63.9	79.8	8.3	11.8
T bình		93.7	86.0	103.8	9.8	10.0

(9) Thống kê SO_4^{2-} (me/100g)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	0.093	0.090	0.100	0.006	6.2
1	3	0.077	0.070	0.090	0.012	15.1
2	3	0.063	0.045	0.078	0.017	26.5
3	3	0.066	0.051	0.074	0.013	19.7
4	3	0.053	0.043	0.063	0.010	18.9
T bình		0.070	0.060	0.081	0.011	17.3

(10) Thống kê tỷ lệ sét (%)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	15.0	13.9	16.8	1.6	10.7
1	3	16.1	14.8	17.9	1.6	10.1
2	3	17.2	16.1	18.4	1.2	6.7
3	3	17.9	17.0	18.6	0.8	4.6
4	3	18.9	18.2	19.5	0.7	3.5
T bình		17.0	16.0	18.2	1.2	7.1

(11) Thống kê tỷ lệ thịt (%)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	6.9	6.2	7.6	0.7	10.1
1	3	7.3	5.8	8.9	1.6	21.1
2	3	7.6	6.9	8.4	0.8	9.9
3	3	5.8	4.8	6.9	1.1	18.4
4	3	6.1	5.0	7.3	1.2	18.9
T bình		6.7	5.7	7.8	1.0	15.7

(12) Thống kê tỷ lệ cát (%)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	78.1	76.3	79.9	1.8	2.3
1	3	76.6	74.8	78.8	2.0	2.6
2	3	75.2	74.1	77.1	1.7	2.2
3	3	76.4	75.1	78.2	1.6	2.1
4	3	75.0	70.4	72.7	1.2	1.5
T bình		76.3	74.1	77.3	1.7	2.2

8.2. Đặc trưng thống kê đất ở lớp 20 – 50 cm**(1) Thống kê pH_{H2O}**

A (năm)	N	Trung bình	Mìn	Max	SEE	CV%
0	3	5.9	5.6	6.4	0.42	7.0
1	3	6.1	5.8	6.5	0.35	5.7
2	3	6.3	6.2	6.4	0.12	1.8
3	3	6.3	6.0	6.5	0.25	4.0
4	3	6.6	6.3	6.8	0.25	3.8
T bình		6.2	6.0	6.5	0.3	4.5

(2) Thống kê pH_{KCL}

A (năm)	N	Trung bình	Mìn	Max	SEE	CV%
0	3	5.9	5.8	6.1	0.15	2.6
1	3	6.0	5.9	6.0	0.06	1.0
2	3	5.9	5.5	6.1	0.32	5.5
3	3	6.0	5.9	6.0	0.06	1.0
4	3	6.0	5.9	6.0	0.06	1.0
T bình		5.9	5.8	6.0	0.1	2.2

(3) Thống kê mùn (%)

A (năm)	N	Trung bình	Mìn	Max	SEE	CV%
0	3	0.96	0.73	1.18	0.23	23.5
1	3	1.19	1.06	1.37	0.16	13.5
2	3	1.45	1.34	1.56	0.11	7.6
3	3	1.70	1.60	1.86	0.14	8.2
4	3	1.86	1.77	2.02	0.14	7.6
T bình		1.43	1.30	1.60	0.16	12.1

(4) Thống kê ni tơ (%)

A (năm)	N	Trung bình	Mìn	Max	SEE	CV%
0	3	0.045	0.039	0.048	0.005	11.0
1	3	0.073	0.051	0.086	0.019	26.0
2	3	0.083	0.056	0.102	0.024	28.9
3	3	0.066	0.058	0.074	0.008	12.2
4	3	0.233	0.060	0.560	0.284	121.9
T bình		0.100	0.053	0.174	0.068	40.0

(5) Thống kê photpho (%)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	0.041	0.040	0.042	0.001	2.4
1	3	0.070	0.054	0.088	0.017	24.4
2	3	0.070	0.058	0.076	0.010	14.5
3	3	0.074	0.064	0.081	0.009	12.2
4	3	0.082	0.077	0.085	0.004	5.3
T bình		0.067	0.059	0.074	0.008	11.8

(6) Thống kê kali (%)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	0.105	0.091	0.120	0.015	13.9
1	3	0.156	0.145	0.177	0.018	11.5
2	3	0.196	0.168	0.223	0.028	14.1
3	3	0.209	0.188	0.223	0.019	8.9
4	3	0.219	0.197	0.234	0.019	8.9
T bình		0.177	0.158	0.195	0.020	11.4

(7) Thống kê nhôm (me/100g)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	1.55	0.80	3.00	1.25	80.4
1	3	0.66	0.40	0.86	0.24	35.9
2	3	0.50	0.09	0.78	0.36	72.9
3	3	0.27	0.06	0.69	0.36	133.0
4	3	0.41	0.06	0.60	0.30	73.6
T bình		0.68	0.28	1.19	0.50	79.2

(8) Thống kê Fe²⁺ (me/100g)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	109.0	94.2	138.2	25.3	23.2
1	3	107.3	101.7	112.1	5.3	4.9
2	3	78.5	73.5	88.4	8.5	10.9
3	3	92.1	83.6	97.4	7.5	8.1
4	3	76.8	70.3	81.5	5.8	7.6
T bình		92.8	84.7	103.5	10.5	10.9

(9) Thống kê SO_4^{2-} (me/100g)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	0.105	0.101	0.111	0.006	5.3
1	3	0.091	0.081	0.104	0.012	13.2
2	3	0.078	0.060	0.093	0.017	21.4
3	3	0.081	0.066	0.089	0.013	16.0
4	3	0.072	0.061	0.081	0.010	14.0
T bình		0.085	0.074	0.096	0.011	14.0

(10) Thống kê tỷ lệ sét (%)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	13.6	12.6	15.5	1.6	11.9
1	3	14.7	13.5	16.5	1.6	10.7
2	3	15.9	14.7	17.1	1.2	7.5
3	3	16.6	15.7	17.3	0.8	4.9
4	3	17.1	16.2	17.8	0.8	4.7
T bình		15.6	14.5	16.8	1.2	7.9

(11) Thống kê tỷ lệ thịt (%)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	6.0	5.3	6.7	0.7	11.8
1	3	6.4	4.8	7.9	1.6	24.3
2	3	6.7	5.9	7.5	0.8	12.0
3	3	4.8	3.8	5.9	1.1	22.0
4	3	4.9	3.9	6.1	1.1	22.4
T bình		5.7	4.7	6.8	1.0	18.5

(12) Thống kê tỷ lệ cát (%)

A (năm)	N	Trung bình	Min	Max	SEE	CV%
0	3	80,4	78,6	82,1	1,8	2,2
1	3	78,9	77,1	81,1	2,0	2,6
2	3	77,5	76,4	79,4	1,7	2,1
3	3	78,6	77,4	80,5	1,6	2,1
4	3	80,4	79,1	81,8	1,4	1,7
T bình		79,2	77,7	81,0	1,7	2,1

Phụ lục 9. Mối quan hệ giữa đặc tính của đất với tuổi rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa I

Thống kê	Mùn	N	P	K	AL	Fe	SO ₄
r	0,9623	0,8719	0,7415	0,9535	-0,9067	-0,9944	-0,8878
n	5	5	5	5	5	5	5
P	0,0087	0,0540	0,1515	0,0120	0,0337	0,0005	0,0443

1. Mun = f(A)

Comparison of Alternative Models

<i>Model</i>	<i>Correlation</i>	<i>R-Squared</i>
Double square root	0.9977	99.55%
Square root-X	0.9972	99.43%
Logarithmic-Y square root-X	0.9956	99.12%

Coefficients

	<i>Least Squares</i>	<i>Standard</i>	<i>T</i>	
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Error</i>	<i>Statistic</i>	<i>P-Value</i>
Intercept	1.10024	0.0125886	87.3993	0.0000
Slope	0.228186	0.00890149	25.6346	0.0001

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	0.127292	1	0.127292	657.13	0.0001
Residual	0.000581125	3	0.000193708		
Total (Corr.)	0.127873	4			

Correlation Coefficient = 0.997725

R-squared = 99.5455 percent

MUN = (1.10024 + 0.228186*sqrt(A))^2

2. Hàm lượng N = f(A)

Comparison of Alternative Models

Model	Correlation	R-Squared
Squared-Y square root-X	0.9779	95.64%
Square root-X	0.9705	94.20%
Double square root	0.9643	92.98%

Coefficients

	<i>Least Squares</i>	<i>Standard</i>	<i>T</i>	
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Error</i>	<i>Statistic</i>	<i>P-Value</i>
Intercept	0.00359117	0.000985606	3.64361	0.0357
Slope	0.00565127	0.000696929	8.10882	0.0039

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	0.0000780755	1	0.0000780755	65.75	0.0039
Residual	0.00000356222	3	0.00000118741		
Total (Corr.)	0.0000816377	4			

Correlation Coefficient = 0.977939

R-squared = 95.6365 percent

$N = \sqrt{0.00359117 + 0.00565127 * \sqrt{A}}$

3. Hàm lượng P = fA**Comparison of Alternative Models**

Model	Correlation	R-Squared
Reciprocal-Y square root-X	-0.8720	76.04%
Logarithmic-Y square root-X	0.8650	74.83%
Double square root	0.8600	73.96%

Coefficients

	<i>Least Squares</i>	<i>Standard</i>	<i>T</i>	
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Error</i>	<i>Statistic</i>	<i>P-Value</i>
Intercept	18.7432	1.82599	10.2647	0.0020
Slope	-3.98414	1.29117	-3.08567	0.0539

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	38.8054	1	38.8054	9.52	0.0539
Residual	12.2268	3	4.07561		
Total (Corr.)	51.0322	4			

Correlation Coefficient = -0.872015

R-squared = 76.041 percent

R-squared (adjusted for d.f.) = 68.0546 percent

$P = 1/(18.7432 - 3.98414 * \sqrt{A})$

4. Hàm lượng K = f(A)

Comparison of Alternative Models

Model	Correlation	R-Squared
Logarithmic-Y square root-X	0.9822	96.47%
Double square root	0.9775	95.56%
Square root-X	0.9697	94.02%

Coefficients

	<i>Least Squares</i>	<i>Standard</i>	<i>T</i>	
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Error</i>	<i>Statistic</i>	<i>P-Value</i>
Intercept	-2.04343	0.0527249	-38.7564	0.0000
Slope	0.337414	0.0372822	9.05027	0.0028

NOTE: intercept = $\ln(a)$

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	0.278322	1	0.278322	81.91	0.0028
Residual	0.010194	3	0.00339801		
Total (Corr.)	0.288516	4			

Correlation Coefficient = 0.982175

R-squared = 96.4667 percent

$K = \exp(-2.04343 + 0.337414 \cdot \sqrt{A})$

5. Hàm lượng Fe= f(A)

Coefficients

	<i>Least Squares</i>	<i>Standard</i>	<i>T</i>	
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Error</i>	<i>Statistic</i>	<i>P-Value</i>
Intercept	10.5822	0.0903353	117.143	0.0000
Slope	-0.839019	0.0368792	-22.7505	0.0002

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	7.03953	1	7.03953	517.58	0.0002
Residual	0.0408023	3	0.0136008		
Total (Corr.)	7.08034	4			

Correlation Coefficient = -0.997114

R-squared = 99.4237 percent

$FE = (10.5822 - 0.839019 \cdot A)^2$

6. Hàm lượng $\text{SO}_4 = f(A)$

Comparison of Alternative Models

Model	Correlation	R-Squared
Squared-Y square root-X	-0.9673	93.56%
Square root-X	-0.9621	92.56%
Double square root	-0.9575	91.68%

Coefficients

	<i>Least Squares</i>	<i>Standard</i>	<i>T</i>	
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Error</i>	<i>Statistic</i>	<i>P-Value</i>
Intercept	0.00957254	0.00064084	14.9375	0.0007
Slope	-0.00299218	0.000453142	-6.60317	0.0071

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	0.0000218876	1	0.0000218876	43.60	0.0071
Residual	0.00000150596	3	5.01987E-7		
Total (Corr.)	0.0000233935	4			

Correlation Coefficient = -0.967277

R-squared = 93.5625 percent

$\text{SO}_4 = \text{sqrt}(0.00957254 - 0.00299218 * \text{sqrt}(A))$

7. Thống kê tương quan và sai lệch của các hàm ước lượng đặc tính của đất theo tuổi của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa I.

Đất	r^2	F	P_α	ME	MPE	MAE	MAPE	SEE
Mùn	99,54	657,1	0,000	-7,6E-04	-0,01	0,027	1,4	0,013
N	95,63	65,8	0,004	4,8E-04	1,15	0,004	4,2	0,001
P	76,04	9,5	0,054	-3,7E-04	0,36	0,007	9,7	2,010
K	96,46	81,9	0,003	5,1E-05	0,23	0,008	3,5	0,058
Fe^{2+}	99,42	517,6	0,000	-1,1E-02	0,03	1,423	1,7	0,116
SO_4^{2-}	93,56	43,6	0,007	1,7E-04	0,45	0,003	4,9	0,001

Phụ lục 10. Mối quan hệ giữa đặc tính của đất với tuổi rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa II.

Thống kê	N	P	K	AL	FE	SO
r	0,9723	0,9380	0,9853	-0,6728	-0,8683	-0,8571
n	5	5	5	5	5	5
P	0,0055	0,0184	0,0021	0,2133	0,0562	0,0634

1. Hàm lượng N = f(A)

Comparison of Alternative Models

Model	Correlation	R-Squared
Double squared	0.9972	99.43%
Reciprocal-Y	-0.9947	98.95%
Squared-X	0.9937	98.74%

Coefficients

	<i>Least Squares</i>	<i>Standard</i>	<i>T</i>	
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Error</i>	<i>Statistic</i>	<i>P-Value</i>
Intercept	0.00306812	0.000277414	11.0597	0.0016
Slope	0.00075658	0.0000329695	22.9479	0.0002

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	0.0000996	1	0.0000996	526.61	0.0002
Residual	5.67407E-7	3	1.89136E-7		
Total (Corr.)	0.000100167	4			

Correlation Coefficient = 0.997164

R-squared = 99.4335 percent

$N = \sqrt{0.00306812 + 0.00075658 \cdot A^2}$

1. Hàm lượng P = f(A)

Comparison of Alternative Models

Model	Correlation	R-Squared
Reciprocal-Y square root-X	-0.9718	94.45%
Logarithmic-Y square root-X	0.9706	94.21%
Double square root	0.9678	93.66%

Coefficients

	<i>Least Squares</i>	<i>Standard</i>	<i>T</i>	
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Error</i>	<i>Statistic</i>	<i>P-Value</i>

Intercept	19.6885	0.655834	30.0205	0.0001
Slope	-3.31256	0.463745	-7.14307	0.0056

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	26.8257	1	26.8257	51.02	0.0056
Residual	1.57726	3	0.525753		
Total (Corr.)	28.403	4			

Correlation Coefficient = -0.971838

R-squared = 94.4469 percent

$P = 1/(19.6885 - 3.31256 \cdot \sqrt{A})$

2. Hàm lượng K = fA

Comparison of Alternative Models

Model	Correlation	R-Squared
Exponential	0.9877	97.55%
Square root -Y	0.9873	97.49%
Linear	0.9853	97.08%

Coefficients

	<i>Least Squares</i>	<i>Standard</i>	<i>T</i>	
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Error</i>	<i>Statistic</i>	<i>P-Value</i>
Intercept	-2.0598	0.0338055	-60.9309	0.0000
Slope	0.150819	0.013801	10.9281	0.0016

NOTE: intercept = $\ln(a)$

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	0.227464	1	0.227464	119.42	0.0016
Residual	0.00571406	3	0.00190469		
Total (Corr.)	0.233178	4			

Correlation Coefficient = 0.987671

R-squared = 97.5495 percent

$K = \exp(-2.0598 + 0.150819 \cdot A)$

3. Hàm lượng AL = fA

Comparison of Alternative Models

Model	Correlation	R-Squared
Squared-Y square root-X	-0.8599	73.93%

Square root-X	-0.8351	69.73%
Double square root	-0.8140	66.26%

Coefficients

	<i>Least Squares</i>	<i>Standard</i>	<i>T</i>	
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Error</i>	<i>Statistic</i>	<i>P-Value</i>
Intercept	2.37241	0.573308	4.13812	0.0256
Slope	-1.18256	0.40539	-2.91709	0.0616

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	3.41876	1	3.41876	8.51	0.0616
Residual	1.20529	3	0.401762		
Total (Corr.)	4.62405	4			

Correlation Coefficient = -0.859851

R-squared = 73.9344 percent

AL = sqrt (2.37241 - 1.18256*sqrt(A))

4. Hàm lượng Fe = fA**Comparison of Alternative Models**

Model	Correlation	R-Squared
Double square root	-0.9626	92.66%
Logarithmic-Y square root-X	-0.9607	92.29%
Square root-X	-0.9594	92.04%

Coefficients

	<i>Least Squares</i>	<i>Standard</i>	<i>T</i>	
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Error</i>	<i>Statistic</i>	<i>P-Value</i>
Intercept	10.4608	0.408838	25.5866	0.0001
Slope	-1.77942	0.289092	-6.1552	0.0086

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	7.7407	1	7.7407	37.89	0.0086
Residual	0.612939	3	0.204313		
Total (Corr.)	8.35364	4			

Correlation Coefficient = -0.962614

R-squared = 92.6626 percent

FE = (10.4608 - 1.77942*sqrt(A)) ^2

5. Hàm lượng $\text{SO}_4 = fA$

Comparison of Alternative Models

Model	Correlation	R-Squared
Logarithmic-Y square root-X	-0.9770	95.46%
Reciprocal-Y square root-X	0.9739	94.84%
Double square root	-0.9736	94.78%

Coefficients

	<i>Least Squares</i>	<i>Standard</i>	<i>T</i>	
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Error</i>	<i>Statistic</i>	<i>P-Value</i>
Intercept	-2.37032	0.0741082	-31.9845	0.0001
Slope	-0.416317	0.0524024	-7.94461	0.0042

NOTE: intercept = $\ln(a)$

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	0.423712	1	0.423712	63.12	0.0042
Residual	0.0201394	3	0.00671314		
Total (Corr.)	0.443852	4			

Correlation Coefficient = -0.97705

R-squared = 95.4626 percent

SO = $\exp(-2.37032 - 0.416317 \cdot \sqrt{A})$

6. Thống kê tương quan và sai lệch của các hàm ước lượng đặc tính của đất theo tuổi của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa II.

Đất	r^2	F	P_a	ME	MPE	MAE	MAPE	SEE
N	99,43	526,6	0,000	2,0E-04	0,27	0,002	2,1	0,001
P	99,44	51,0	0,006	4,7E-05	0,18	0,002	3,2	0,725
K	97,54	119,4	0,002	-2,7E-05	0,09	0,005	2,7	0,043
Al^{3+}	73,93	8,5	0,062	-3,7E-02	-1,09	0,293	46,8	0,633
Fe^{2+}	92,66	37,9	0,009	-1,4E-01	0,49	5,003	7,5	0,452
SO_4^{2-}	95,46	63,1	0,004	-3,6E-04	-0,04	0,003	5,7	0,081

Phụ lục 11. Mối quan hệ giữa đặc tính của đất với tuổi rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa III

Thống kê	Mùn	N	P	K	AL	Fe	SO ₄ ²⁻
r	0,9974	0,8223	0,8721	0,9689	-0,7031	-0,8982	-0,9317
n	5	5	5	5	5	5	5
P	0,0002	0,0875	0,0539	0,0066	0,1853	0,0384	0,0212

Hàm lượng MUN = f(A)

Comparison of Alternative Models

Model	Correlation	R-Squared
Square root-Y	0.9995	99.89%
Exponential	0.9992	99.84%
Linear	0.9974	99.47%

Coefficients

	<i>Least Squares</i>	<i>Standard</i>	<i>T</i>	
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Error</i>	<i>Statistic</i>	<i>P-Value</i>
Intercept	1.0936	0.00477242	229.151	0.0000
Slope	0.102606	0.00194833	52.6633	0.0000

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	0.105279	1	0.105279	2773.42	0.0000
Residual	0.00011388	3	0.0000379601		
Total (Corr.)	0.105393	4			

Correlation Coefficient = 0.99946

R-squared = 99.8919 percent

MUN = (1.0936 + 0.102606*A) ^2

Hàm lượng N = f(A)

Comparison of Alternative Models

Model	Correlation	R-Squared
Squared-Y square root-X	0.9424	88.82%
Square root-X	0.9415	88.64%
Double square root	0.9398	88.31%

Coefficients

	<i>Least Squares</i>	<i>Standard</i>	<i>T</i>	
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Error</i>	<i>Statistic</i>	<i>P-Value</i>
Intercept	0.00358122	0.000835421	4.28672	0.0233
Slope	0.00288369	0.000590732	4.88155	0.0164

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	0.0000203292	1	0.0000203292	23.83	0.0164
Residual	0.00000255933	3	8.53109E-7		
Total (Corr.)	0.0000228885	4			

Correlation Coefficient = 0.942435

R-squared = 88.8183 percent

$N = \sqrt{0.00358122 + 0.00288369 \cdot \sqrt{A}}$

Hàm lượng P = f(A)

Comparison of Alternative Models

Model	Correlation	R-Squared
Squared-Y square root-X	0.9615	92.45%
Square root-X	0.9591	91.99%
Double square root	0.9557	91.34%

Coefficients

	<i>Least Squares</i>	<i>Standard</i>	<i>T</i>	
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Error</i>	<i>Statistic</i>	<i>P-Value</i>
Intercept	0.00286209	0.000618033	4.63096	0.0190
Slope	0.00264951	0.000437015	6.06273	0.0090

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	0.0000171614	1	0.0000171614	36.76	0.0090
Residual	0.00000140068	3	4.66892E-7		
Total (Corr.)	0.0000185621	4			

Correlation Coefficient = 0.961531

R-squared = 92.4541 percent

$P = \sqrt{0.00286209 + 0.00264951 \cdot \sqrt{A}}$

Hàm lượng K = f(A)

Comparison of Alternative Models

Model	Correlation	R-Squared
Double square root	0.9969	99.38%
Logarithmic-Y square root-X	0.9967	99.34%
Square root-X	0.9949	98.98%

Coefficients

	<i>Least Squares</i>	<i>Standard</i>	<i>T</i>	
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Error</i>	<i>Statistic</i>	<i>P-Value</i>
Intercept	0.358129	0.00474686	75.4455	0.0000
Slope	0.0736772	0.00335654	21.9504	0.0002

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	0.0132706	1	0.0132706	481.82	0.0002
Residual	0.0000826281	3	0.0000275427		
Total (Corr.)	0.0133532	4			

Correlation Coefficient = 0.996901

R-squared = 99.3812 percent

$K = (0.358129 + 0.0736772 \cdot \sqrt{A})^2$

Hàm lượng Fe = fA

Comparison of Alternative Models

Model	Correlation	R-Squared
Square root-Y	-0.8984	80.71%
Exponential	-0.8983	80.70%
Linear	-0.8982	80.67%

Coefficients

	<i>Least Squares</i>	<i>Standard</i>	<i>T</i>	
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Error</i>	<i>Statistic</i>	<i>P-Value</i>
Intercept	10.7029	0.375359	28.5139	0.0001
Slope	-0.542894	0.153239	-3.54278	0.0383

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	2.94734	1	2.94734	12.55	0.0383

Residual	0.70447	3	0.234823		
Total (Corr.)	3.65181	4			

Correlation Coefficient = -0.898382

R-squared = 80.709 percent

FE = (10.7029 - 0.542894*A) ^2

Hàm lượng SO₄ = fA

Comparison of Alternative Models

Model	Correlation	R-Squared
Squared-Y square root-X	-0.9723	94.54%
Square root-X	-0.9649	93.11%
Double square root	-0.9594	92.04%

Coefficients

	<i>Least Squares</i>	<i>Standard</i>	<i>T</i>	
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Error</i>	<i>Statistic</i>	<i>P-Value</i>
Intercept	0.00975687	0.000565436	17.2555	0.0004
Slope	-0.002881	0.000399824	-7.20567	0.0055

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	0.0000202912	1	0.0000202912	51.92	0.0055
Residual	0.00000117241	3	3.90805E-7		
Total (Corr.)	0.0000214637	4			

Correlation Coefficient = -0.972305

R-squared = 94.5377 percent

SO₄ = sqrt (0.00975687 - 0.002881*sqrt(A))

Thống kê tương quan và sai lệch của các hàm ước lượng đặc tính của đất theo tuổi của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa III.

Đất	r ²	F	P _α	ME	MPE	MAE	MAPE	SEE
Mùn	99,89	2773,4	0,000	-1,4E-03	-0,069	0,011	0,59	0,006
N	88,82	23,8	0,016	4,8E-04	1,111	0,004	5,0	0,001
P	92,45	36,8	0,009	1,7E-04	0,702	0,003	4,4	0,001
K	99,38	481,8	0,000	2,5E-04	0,145	0,003	1,5	0,005
Fe ²⁺	80,71	12,6	0,038	-1,7E-01	0,435	5,525	6,1	0,484
SO ₄ ²⁻	94,53	51,9	0,006	1,3E-04	0,329	0,002	3,2	0,001

Phụ lục 12. Số liệu đặc tính của nước dưới tán rừng Bần trắng

Tuổi rừng	Lần đo	pH _{H2O}	DO	Mặn	Al ³⁺	Fe ²⁺	SO ₄ ²⁻	SCI
0	1	6,4	5,6	22,0	0,290	0,200	0,050	0
0	2	6,2	5,4	22,7	0,302	0,207	0,053	0
0	3	6,5	5,3	23,0	0,294	0,205	0,051	0
1	1	6,2	5,5	21,0	0,280	0,200	0,040	3,1
1	2	6,3	5,3	20,8	0,278	0,198	0,038	3,1
1	3	6,1	5,6	21,4	0,276	0,189	0,037	3,1
2	1	6,3	5,5	20,0	0,250	0,180	0,030	17,0
2	2	6,1	5,7	19,5	0,245	0,178	0,028	17,0
2	3	6,4	5,3	19,7	0,248	0,177	0,031	17,0
3	1	6,5	5,5	19,4	0,210	0,160	0,030	45,2
3	2	6,3	5,3	19,0	0,214	0,158	0,027	45,2
3	3	6,2	5,4	19,2	0,212	0,157	0,026	45,2
4	1	6,4	5,5	18,6	0,210	0,160	0,028	90,6
4	2	6,3	5,4	18,7	0,208	0,153	0,024	90,6
4	3	6,1	5,3	18,4	0,207	0,151	0,025	90,6

Phụ lục 13. Mối quan hệ giữa đặc tính của nước với tuổi rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa II.

Correlations

	MAN	AL	Fe	SO ₄
A	-0.9721	-0.9794	-0.9793	-0.9267
	(5)	(5)	(5)	(5)
	0.0056	0.0035	0.0036	0.0236

Hàm lượng Muoi = f(A)

Comparison of Alternative Models

Model	Correlation	R-Squared
Squared-Y square root-X	-0.9918	98.37%
Square root-X	-0.9900	98.00%
Double square root	-0.9888	97.77%

Coefficients

	<i>Least Squares</i>	<i>Standard</i>	<i>T</i>	
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Error</i>	<i>Statistic</i>	<i>P-Value</i>
Intercept	515.384	8.85221	58.2209	0.0000
Slope	-84.321	6.25946	-13.471	0.0009

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	17381.8	1	17381.8	181.47	0.0009
Residual	287.354	3	95.7848		
Total (Corr.)	17669.1	4			

Correlation Coefficient = -0.991835

R-squared = 98.3737 percent

MAN = sqrt (515.384 - 84.321*sqrt(A))

Hàm lượng Al = fA

Model	Correlation	R-Squared
Linear	-0.9794	95.92%
Squared-Y	-0.9791	95.86%
Square root-Y	-0.9790	95.85%

Coefficients

	<i>Least Squares</i>	<i>Standard</i>	<i>T</i>	
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Error</i>	<i>Statistic</i>	<i>P-Value</i>
Intercept	0.2962	0.00699714	42.3316	0.0000
Slope	-0.024	0.00285657	-8.40168	0.0035

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	0.00576	1	0.00576	70.59	0.0035
Residual	0.0002448	3	0.0000816		
Total (Corr.)	0.0060048	4			

Correlation Coefficient = -0.979404

R-squared = 95.9233 percent

AL = 0.2962 - 0.024*A

Hàm lượng Fe = fA

Comparison of Alternative Models

Model	Correlation	R-Squared
Linear	-0.9793	95.89%
Squared-Y	-0.9791	95.86%
Square root-Y	-0.9790	95.85%

Coefficients

	<i>Least Squares</i>	<i>Standard</i>	<i>T</i>	
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Error</i>	<i>Statistic</i>	<i>P-Value</i>
Intercept	0.2054	0.00397995	51.6087	0.0000
Slope	-0.0136	0.00162481	-8.37022	0.0036

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	0.0018496	1	0.0018496	70.06	0.0036
Residual	0.0000792	3	0.0000264		
Total (Corr.)	0.0019288	4			

Correlation Coefficient = -0.979254

R-squared = 95.8938 percent

FE = 0.2054 - 0.0136*A

Hàm lượng SO₄ = fA**Comparison of Alternative Models**

Model	Correlation	R-Squared
Double square root	-0.9927	98.55%
Logarithmic-Y square root-X	-0.9924	98.49%
Square root-X	-0.9914	98.28%

Coefficients

	<i>Least Squares</i>	<i>Standard</i>	<i>T</i>	
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Error</i>	<i>Statistic</i>	<i>P-Value</i>
Intercept	0.225664	0.00331505	68.0725	0.0000
Slope	-0.0334785	0.00234409	-14.2821	0.0007

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	0.00274003	1	0.00274003	203.98	0.0007
Residual	0.0000402989	3	0.000013433		
Total (Corr.)	0.00278033	4			

Correlation Coefficient = -0.992726

R-squared = 98.5506 percent

$$SO_4 = (0.225664 - 0.0334785 \cdot \sqrt{A})^2$$

Thống kê tương quan và sai lệch của các hàm ước lượng đặc tính của nước theo tuổi của rừng trồng Bần trắng trên dạng lập địa II.

Đất	r ² (%)	F	P _α	ME	MPE	MAE	MAPE	SEE
Độ mặn	98,37	181	0,001	1,4E-02	0,08	0,136	0,7	9,78
Al ³⁺	95,92	71	0,004	-6,6E-05	0,06	0,006	2,5	0,009
Fe ²⁺	95,89	70	0,004	0,0E+00	0,04	0,003	1,8	0,005
SO ₄ ²⁻	98,55	204	0,001	5,8E-05	0,49	0,001	3,0	0,003

Phụ lục 14. Mối quan hệ giữa các đặc tính của đất dưới tán rừng trồng Bần trắng.

	Thống kê	N	P	K	Al	Fe	SO₄
SCI	r	0.373	0.421	0.622	-0.282	-0.654	-0.689
	P α	0.072	0.040	0.001	0.182	0.001	0.000
	n	24	24	24	24	24	24
N	r	1	<u>0.740</u>	<u>0.828</u>	0.165	-0.027	-0.153
	P α		0.000	0.000	0.442	0.902	0.474
	n		24	24	24	24	24
P	r		1	0.669	-0.148	-0.292	-0.287
	P α			0.000	0.490	0.167	0.173
	n			24	24	24	24
K	r			1	0.036	-0.358	-0.544
	P α				0.869	0.086	0.006
	n				24	24	24
Al	r				1	<u>0.774</u>	0.600
	P α					0.000	0.002
	n					24	24
Fe	r					1	<u>0.834</u>
	P α						0.000
	n						24

Phụ lục 15. Mối quan hệ giữa các đặc tính của nước dưới tán rừng trồng Bần trắng.

	Thống kê	Mặn	Al	Fe	SO₄
SCI	r	-0,769	-0,811	-0,820	-0,672
	P α	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
	N	15	15	15	15
Mặn	r	1	0,950	0,936	0,967
	P α		< 0,01	< 0,01	< 0,01
	N		15	15	15
Al	r		1	0,991	0,915
	P α			< 0,01	< 0,01
	N			15	15
Fe	r			1	0,908
	P α				< 0,01
	N				15

Sinh trưởng của rừng Bần trắng trên lập địa I theo thời gian

				
6 tháng sau khi trồng	1 năm	2 năm	3 năm	4 năm

Sinh trưởng của rừng Bần trắng trên lập địa II theo thời gian

				
6 tháng sau khi trồng	1 năm	2 năm	3 năm	4 năm

Sinh trưởng của rừng Bần trắng trên lập địa III theo thời gian



6 tháng sau khi trồng



1 năm



2 năm



3 năm



4 năm