

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PTNT

TRƯỜNG ĐẠI HỌC LÂM NGHIỆP

NGUYỄN ĐỨC HẢI

NGHIÊN CỨU ĐỘNG THÁI TÍCH LŨY CARBON CỦA RỪNG LUỒNG
(*Dendrocalamus barbatus* Hsueh et D. Z.Li) TRỒNG THUẦN LOÀI
TẠI THANH HÓA

LUẬN ÁN TIẾN SĨ LÂM NGHIỆP

Hà Nội - 2020

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PTNT

TRƯỜNG ĐẠI HỌC LÂM NGHIỆP

NGUYỄN ĐỨC HẢI

**NGHIÊN CỨU ĐỘNG THÁI TÍCH LŨY CARBON CỦA RỪNG LUỒNG
(*Dendrocalamus barbatus* Hsueh et D. Z.Li) TRỒNG THUẦN LOÀI
TẠI THANH HÓA**

Ngành: Lâm sinh

Mã số: 9.62.02.05

Người hướng dẫn khoa học:

Hướng dẫn 1: GS.TS. Võ Đại Hải

Hướng dẫn 2: PGS. TS. Lê Xuân Trường

Hà Nội – 2020

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan Luận án này được hoàn thành từ kết quả nghiên cứu của bản thân tôi dưới sự hướng dẫn khoa học trực tiếp của GS.TS. Võ Đại Hải và PGS.TS. Lê Xuân Trường. Tất cả các số liệu, kết quả trình bày trong luận án là trung thực. Phần thông tin, kết quả nghiên cứu mà đề tài tham khảo đã được trích dẫn nguồn đầy đủ.

Người cam đoan

Nguyễn Đức Hải

LỜI CẢM ƠN

Luận án này được hoàn thành tại Trường Đại học Lâm nghiệp Việt Nam theo chương trình đào tạo nghiên cứu sinh khoá 23, chuyên ngành Lâm sinh. Trong quá trình thực hiện và hoàn thành luận án, tác giả đã nhận được sự quan tâm, giúp đỡ của Ban Giám hiệu Trường Đại học Lâm nghiệp, Phòng Đào tạo Sau đại học, Bộ môn Lâm sinh - Khoa Lâm học. Qua đây cho phép tác giả gửi lời cảm ơn chân thành về những giúp đỡ quý báu và hiệu quả đó.

Tác giả xin bày tỏ lòng biết ơn chân thành nhất tới GS.TS.Võ Đại Hải, PGS.TS. Lê Xuân Trường - người hướng dẫn khoa học, đã dành nhiều thời gian quý báu chỉ bảo, hướng dẫn, giúp đỡ và cung cấp cho tác giả nhiều tài liệu quý báu để hoàn thành luận án này.

Xin chân thành cảm ơn Ban giám đốc và các phòng ban thuộc Trung tâm Khuyến nông Quốc gia đã tạo điều kiện về thời gian và công việc để tác giả theo học và hoàn thành luận án.

Để hoàn thành luận án này không thể không nhắc tới sự giúp đỡ có hiệu quả của Chi cục Lâm nghiệp Thanh Hóa, Trung tâm Khuyến nông Thanh Hóa, Trạm Khuyến nông các huyện Lang Chánh, Ngọc Lặc, Bá Thước và Quan Hóa cung cấp những thông tin cần thiết, tạo điều kiện để tác giả triển khai thu thập số liệu ngoài hiện trường.

Tác giả xin gửi lời cảm ơn sâu sắc đến gia đình, người thân, bạn bè và đồng nghiệp đã động viên, giúp đỡ tác giả trong suốt quá trình nghiên cứu và đã tạo điều kiện, hỗ trợ tác giả hoàn thành luận án, đặc biệt là NCS. Nguyễn Hoàng Tiệp đã hỗ trợ, giúp đỡ tác giả trong việc thu thập, tổng hợp và xử lý số liệu của đề tài.

Một lần nữa xin chân thành cảm ơn!

Tác giả

MỤC LỤC

	Trang
LỜI CAM ĐOAN.....	i
LỜI CẢM ƠN	ii
MỤC LỤC	iii
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ TỪ VIẾT TẮT	vi
DANH MỤC CÁC BẢNG.....	vii
DANH MỤC CÁC HÌNH.....	viii
DANH MỤC CÁC ẢNH	ix
PHẦN MỞ ĐẦU	1
1. Sự cần thiết của đề tài	1
2. Mục tiêu nghiên cứu.....	2
3. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án	2
4. Những đóng góp mới của luận án	3
5. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu.....	3
6. Bố cục luận án.....	4
Chương 1. TỔNG QUAN VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU	5
1.1. Trên thế giới	5
1.1.1. Nghiên cứu về sinh khối rừng	5
1.1.2. Nghiên cứu về tích lũy carbon và động thái tích lũy carbon của rừng	6
1.1.3. Nghiên cứu về sinh khối và khả năng tích lũy carbon của rừng tre nửa và rừng Luông	11
1.1.4. Nghiên cứu về cây Luông.....	16
1.2. Tại Việt Nam.....	19
1.2.1. Nghiên cứu về sinh khối rừng	19
1.2.2. Nghiên cứu về tích lũy carbon và động thái tích lũy carbon của rừng	23
1.2.3. Nghiên cứu về khả năng tích lũy sinh khối và carbon rừng Luông và rừng tre nửa	25
1.2.4. Nghiên cứu về cây Luông.....	27
1.3. Nhận xét và đánh giá chung	31
Chương 2. NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU	32
2.1. Nội dung nghiên cứu	32
2.2. Khái quát điều kiện khu vực nghiên cứu	33
2.3. Phương pháp nghiên cứu.....	33
2.3.1. Quan điểm và cách tiếp cận.....	33
2.3.2. Phương pháp thu thập thông tin và số liệu thứ cấp.....	35

2.3.3. Phương pháp điều tra, thu thập số liệu ngoài hiện trường.....	35
2.3.4. Phân tích mẫu trong phòng thí nghiệm.....	40
2.3.5. Phân tích và xử lý số liệu.....	40
2.3.5.1. Xác định sinh khối	40
2.3.5.2. Xác định lượng carbon tích lũy.....	43
Chương 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN	46
3.1. Nghiên cứu sinh khối cây cá lẻ Luông.....	46
3.1.1. Sinh khối tươi cây cá lẻ.....	46
3.1.1.1. Sinh khối tươi cây cá lẻ theo đường kính và tuổi.....	46
3.1.1.2. Cấu trúc sinh khối tươi cây cá lẻ	48
3.1.2. Sinh khối khô cây cá lẻ	53
3.1.2.1. Sinh khối khô cây cá lẻ theo đường kính và tuổi.....	53
3.1.2.2. Cấu trúc sinh khối khô các bộ phận cây cá lẻ.....	55
3.1.3. Động thái sinh khối theo tuổi cây Luông.....	59
3.1.4. Mối quan hệ giữa sinh khối tươi và khô cây cá lẻ với các nhân tố điều tra	60
3.2. Nghiên cứu sinh khối rừng Luông	61
3.2.1. Sinh khối tươi rừng Luông	61
3.2.1.1. Sinh khối tươi tầng cây Luông	61
3.2.1.2. Sinh khối tươi của rễ Luông	65
3.2.1.3. Sinh khối tươi cây bụi thảm tươi và vật rơi rụng dưới tán rừng Luông.....	66
3.2.2. Sinh khối tươi của rừng Luông	69
3.2.3. Sinh khối khô của rừng Luông.....	72
3.2.3.1. Sinh khối khô tầng cây Luông	72
3.2.3.2. Sinh khối khô rễ Luông.....	75
3.2.3.3. Sinh khối khô cây bụi thảm tươi và vật rơi rụng.....	76
3.2.3.4. Sinh khối khô rừng Luông thuần loài tại Thanh Hóa.....	78
3.2.3.5. Mối quan hệ giữa sinh khối tươi và sinh khối khô rừng Luông với các nhân tố điều tra	81
3.3. Nghiên cứu khả năng tích lũy carbon của rừng Luông.....	81
3.3.1. Lượng carbon tích lũy trong cây cá lẻ Luông	81
3.3.1.1. Hàm lượng carbon trong các bộ phận cây cá lẻ Luông.....	81
3.3.1.2. Carbon cây cá lẻ Luông theo đường kính và tuổi.....	83
3.3.1.3. Động thái carbon cây cá lẻ Luông theo tuổi.....	84
3.3.1.4. Cấu trúc lượng carbon các bộ phận cây cá lẻ.....	84
3.3.2. Lượng carbon tích lũy của tầng cây Luông.....	88

3.3.3. Lượng carbon tích lũy trong rễ Luồng.....	91
3.3.4. Lượng carbon tích lũy trong cây bụi, thảm tươi và vật rơi rụng.....	92
3.3.5. Lượng carbon tích lũy trong rừng Luồng trồng thuần loài.....	94
3.3.6. Mối quan hệ giữa lượng carbon tích lũy với các nhân tố điều tra rừng.....	97
3.4. Nghiên cứu động thái sinh khối và carbon tích lũy trong rừng Luồng trồng thuần loài tại Thanh Hóa.....	98
3.4.1. Động thái sinh khối rừng Luồng.....	98
3.4.1.1. <i>Lượng sinh khối khô lấy ra khỏi rừng Luồng hàng năm.....</i>	98
3.4.1.2. <i>Động thái sinh khối khô rừng Luồng trồng thuần loài.....</i>	101
3.4.2. Động thái carbon rừng Luồng trồng thuần loài tại Thanh Hóa.....	103
3.4.2.1. <i>Lượng carbon lấy ra khỏi rừng hàng năm.....</i>	103
3.4.2.2. <i>Động thái carbon rừng Luồng.....</i>	106
3.4.2.3. <i>Mô hình động thái sinh khối và carbon rừng Luồng.....</i>	109
3.5. Đề xuất các giải pháp góp phần quản lý bền vững, duy trì bể chứa carbon và xác định nhanh sinh khối, lượng carbon tích lũy rừng Luồng tại Thanh Hóa.....	110
3.5.1. Đề xuất các giải pháp quản lý rừng Luồng theo hướng bền vững và duy trì bể chứa carbon.....	110
3.5.1.1. <i>Những giải pháp chung.....</i>	110
3.5.1.2. <i>Những giải pháp cụ thể.....</i>	111
3.5.2. Đề xuất phương pháp xác định nhanh sinh khối và lượng carbon tích lũy trong rừng Luồng thuần loài.....	112
3.5.2.1. <i>Xác định nhanh sinh khối tươi, sinh khối khô và carbon tích lũy của cây cá lẻ Luồng.....</i>	112
3.5.2.2. <i>Xác định nhanh sinh khối tươi, sinh khối khô và carbon tích lũy của rừng Luồng trồng thuần loài.....</i>	112
3.5.2.3. <i>Xác định động thái sinh khối và carbon tích lũy của rừng Luồng.....</i>	113
KẾT LUẬN, TỒN TẠI VÀ KIẾN NGHỊ.....	113
1. Kết luận.....	113
2. Tồn tại.....	115
3. Kiến nghị.....	115
DANH MỤC CÁC BÀI BÁO ĐÃ CÔNG BỐ.....	116
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	117
PHẦN PHỤ LỤC.....	132

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ TỪ VIẾT TẮT

Ký hiệu/Viết tắt	Giải thích
A	Tuổi cây
AGB	Sinh khối trên mặt đất
CBTT	Cây bụi thảm tươi
D _{1,3}	Đường kính ngang ngực (cm)
FAO	Tổ chức nông lương Liên hợp quốc
H _{vn}	Chiều cao vút ngọn (m)
INBAR	Mạng lưới mây tre quốc tế
IPCC	Ủy ban liên chính phủ về biến đổi khí hậu
N	Mật độ rừng (cây/ha)
ODB	Ô dạng bản
OTC	Ô tiêu chuẩn
P _{tươi}	Sinh khối tươi
P _{khô}	Sinh khối khô
P _{ltp}	Sinh khối lâm phần
R	Hệ số tương quan hồi quy
RIL	Khai thác tác động thấp
TB	Trung bình
UBND	Ủy ban nhân dân
UNFCCC	Công ước khung của Liên hợp quốc về Biến đổi khí hậu
UN-REDD	Chương trình hợp tác của LHQ về Giảm phát thải từ phá rừng và suy thoái rừng ở các nước đang phát triển
VRR	Vật rơi rụng
WB	Ngân hàng thế giới

DANH MỤC CÁC BẢNG

	Trang
Bảng 3.1. Sinh khối tươi cây cá lè phân theo đường kính và tuổi cây	46
Bảng 3.2. Cấu trúc sinh khối tươi các bộ phận cây cá lè Luồng theo đường kính....	48
Bảng 3.3. Cấu trúc sinh khối tươi cây cá lè của Luồng theo tuổi cây	50
Bảng 3.4. Sinh khối khô cây cá lè phân theo đường kính và tuổi	54
Bảng 3.5. Cấu trúc sinh khối khô các bộ phận cây cá lè Luồng theo đường kính	55
Bảng 3.6. Cấu trúc sinh khối khô cây cá lè Luồng theo tuổi	56
Bảng 3.7. Tương quan giữa sinh khối tươi và khô cây cá lè với các nhân tố điều tra.....	60
Bảng 3.8. Cấu trúc sinh khối tươi rừng Luồng theo cấp tuổi tại 4 huyện	61
Bảng 3.9. Sinh khối tươi của rế Luồng ở các cấp tuổi rừng	65
Bảng 3.10. Sinh khối tươi cây bụi, thảm tươi và vật rơi rụng	66
Bảng 3.11. Cấu trúc sinh khối tươi của lâm phần Luồng.....	69
Bảng 3.12. Cấu trúc sinh khối khô của tầng cây Luồng theo cấp tuổi rừng	72
Bảng 3.13. Sinh khối khô của rế Luồng	75
Bảng 3.14. Bảng sinh khối khô cây bụi, thảm tươi và vật rơi rụng	76
Bảng 3.15. Cấu trúc sinh khối khô rừng Luồng thuần loài tại Thanh Hóa	78
Bảng 3.16. Tương quan giữa sinh khối tươi và khô của rừng Luồng với các nhân tố điều tra.....	81
Bảng 3.17. Hàm lượng carbon trong các bộ phận cây cá lè Luồng	82
Bảng 3.18. Lượng carbon trong cây cá lè theo đường kính và tuổi cây.....	83
Bảng 3.19. Cấu trúc carbon cây cá lè theo đường kính.....	85
Bảng 3.20. Cấu trúc carbon các bộ phận cây cá lè Luồng theo tuổi.....	86
Bảng 3.21. Lượng carbon tích lũy của tầng cây luồng theo cấp tuổi rừng	88
Bảng 3.22. Lượng carbon tích lũy trong rế luồng	91
Bảng 3.23. Lượng carbon tích lũy trong CBTT và VRR	92
Bảng 3.24. Lượng carbon tích lũy trong rừng Luồng trồng thuần loài	94
Bảng 3.25. Tương quan giữa lượng carbon tích lũy trong cây cá lè và rừng Luồng với các nhân tố điều tra.....	97
Bảng 3.26. Lượng sinh khối khô lấy ra khỏi rừng Luồng hàng năm.....	98
Bảng 3.27. Động thái sinh khối khô rừng Luồng trồng thuần loài tại Thanh Hóa..	101
Bảng 3.28. Lượng carbon lấy ra khỏi rừng Luồng hàng năm.....	103
Bảng 3.29. Động thái carbon rừng Luồng trồng thuần loài tại Thanh Hóa	106
Bảng 3.30. Mô hình động thái sinh khối và carbon rừng Luồng.....	109

DANH MỤC CÁC HÌNH

	Trang
Hình 1.1. Vị trí khu vực nghiên cứu	4
Hình 2.1. Sơ đồ bố trí ô dạng bản xác định sinh khối rễ Luồng	38
Hình 2.2. Sơ đồ bố trí ô tiêu chuẩn, ô thứ cấp, ô dạng bản	39
Hình 3.1. Sinh khối của cây cá lẻ phân theo đường kính và tuổi.....	47
Hình 3.2. Cấu trúc sinh khối tươi cây cá lẻ Luồng tại tỉnh Thanh Hóa	49
Hình 3.3. Sinh khối tươi của cây cá lẻ Luồng theo cấp đường kính.....	50
Hình 3.4: Cấu trúc sinh khối tươi của cây cá lẻ Luồng theo tuổi	Error! Bookmark not defined.
Hình 3.5. Phân bố sinh khối khô cây cá lẻ theo đường kính và tuổi.....	54
Hình 3.6. Sinh khối khô cây cá lẻ Luồng theo đường kính	56
Hình 3.7. Cấu trúc sinh khối khô của cây cá lẻ Luồng theo tuổi	58
Hình 3.8. Động thái sinh khối theo tuổi cây	59
Hình 3.9. Sinh khối tươi rừng Luồng ở các cấp tuổi	63
Hình 3.10. Sinh khối tươi của rừng Luồng tại 4 huyện nghiên cứu	64
Hình 3.11. Cấu trúc sinh khối tươi rừng Luồng.....	65
Hình 3.12. Sinh khối cây bụi thảm tươi và vật rơi rụng theo cấp tuổi rừng	68
Hình 3.13. Cấu trúc sinh khối tươi rừng Luồng tại Thanh Hóa	71
Hình 3.14. Cấu trúc sinh khối khô tầng cây Luồng	74
Hình 3.15. Sinh khối khô của rừng Luồng theo cấp tuổi rừng.....	74
Hình 3.16. Sinh khối rễ luồng theo cấp tuổi rừng.....	76
Hình 3.17. Sinh khối khô CBTT, VRR dưới tán rừng Luồng thuần loài.....	78
Hình 3.18. Sinh khối khô của rừng Luồng tính theo cấp tuổi	Error! Bookmark not defined.
Hình 3.19. Động thái carbon cây cá lẻ theo tuổi cây	84
Hình 3.20. Khối lượng carbon cây cá lẻ Luồng theo tuổi.....	87
Hình 3.21. Carbon tích lũy trong Luồng theo cấp tuổi rừng.....	90
Hình 3.22. Cấu trúc carbon tích lũy trong tầng cây Luồng	90
Hình 3.23. Cấu trúc carbon tích lũy trong rừng Luồng trồng thuần loài	96
Hình 3.24 Cấu trúc lượng sinh khối khô lấy ra khỏi rừng Luồng.....	101
Hình 3.25. Động thái sinh khối rừng Luồng trồng thuần loài.....	103
Hình 3.26. Cấu trúc carbon lấy ra khỏi rừng Luồng theo cấp tuổi	106
Hình 3.27. Động thái carbon rừng Luồng trồng thuần loài.....	109

DANH MỤC CÁC ẢNH

	Trang
Ảnh 3.1. Chặt hạ cây tiêu chuẩn	49
Ảnh 3.2. Xác định sinh khối các bộ phận của cây cá lẻ.....	53
Ảnh 3.3. Xác định sinh khối rễ Luông.....	66
Ảnh 3.4. Xác định sinh khối cây bụi thảm tươi và vật rơi rụng.....	68

PHẦN MỞ ĐẦU

1. Sự cần thiết của đề tài

Cây Luồng (*Dendrocalamus barbatus* Hsueh et D. Z.Li) thuộc chi Luồng (*Dendrocalamus*), họ Tre nứa (Bambusaceae), họ phụ Tre trúc (Bambusoideae), Bộ Hòa thảo (Graminales), là loài mọc nhanh, thân thẳng, tròn, đều, cứng và được sử dụng vào nhiều mục đích khác nhau. Đặc điểm của cây Luồng là trồng một lần nhưng cho khai thác nhiều lần trong thời gian dài. Vì vậy, Luồng đã được lựa chọn là cây trồng chủ lực để phát triển rừng trồng ở nhiều nơi như Thanh Hóa, Hòa Bình, Phú Thọ, Sơn La,... trong đó Thanh Hóa là địa phương có diện tích trồng Luồng lớn nhất cả nước. Tổng diện tích rừng trồng Luồng ở tỉnh Thanh Hóa khoảng 79.457 ha, chiếm 56% diện tích rừng trồng của tỉnh và chiếm khoảng 55% tổng diện tích rừng Luồng cả nước. Hiện nay, Luồng được trồng tại 16 trong tổng số 27 huyện/thị của tỉnh Thanh Hóa, trong đó một số huyện có diện tích trồng Luồng tập trung lớn gồm: Quan Hoá (27.268 ha), Lang Chánh (13.962 ha), Ngọc Lặc (7.281 ha) và Bá Thước (10.757 ha) (*QĐ của UBND tỉnh Thanh Hóa, 2015*). Luồng đã trở thành cây xóa đói, giảm nghèo cho hàng chục nghìn hộ nông dân khu vực miền núi, có vai trò quan trọng trong việc phát triển kinh tế - xã hội của tỉnh.

Ngoài giá trị về mặt kinh tế và xã hội, Luồng cũng đóng vai trò quan trọng trong việc bảo vệ môi trường. Bên cạnh những giá trị môi trường về phòng hộ, bảo vệ vùng đầu nguồn đã thể hiện rõ trong thời gian qua, vai trò hấp thụ khí nhà kính của Luồng cũng rất quan trọng. Theo nghiên cứu của các nhà khoa học trên thế giới cây Luồng nói riêng và các loài cây trong họ tre nứa nói chung là đối tượng có lượng sinh khối và khả năng hấp thụ CO₂ rất lớn vì ngoài việc cây tăng trưởng rất nhanh ở thời kỳ măng, hàng năm còn có thể lấy ra khỏi rừng một lượng lớn sinh khối và carbon nhất định theo các biện pháp khai thác và kinh doanh rừng. Bên cạnh đó, hấp thụ và lưu giữ carbon của rừng, giảm phát thải khí gây hiệu ứng nhà kính bằng các biện pháp ngăn chặn suy thoái rừng, giảm diện tích rừng và phát triển rừng bền vững là một loại dịch vụ môi trường rừng theo quy định tại Luật Lâm nghiệp năm 2017, Nghị định 99/2010/NĐ-CP ngày 24 tháng 09 năm 2010 của Chính phủ về chính sách chi trả dịch vụ môi trường rừng, Nghị định 147/2016/NĐ-

CP ngày 2/11/2016 của Chính phủ về việc sửa đổi, bổ sung một số điều của Nghị định 99/2010/NĐ-CP. Theo kế hoạch, năm 2020 Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn sẽ trình Thủ tướng Chính phủ chính sách thí điểm về chi trả dịch vụ hấp thụ và lưu giữ carbon. Đây là cơ hội mới mở ra đối với ngành lâm nghiệp nhằm tiếp tục huy động thêm các nguồn lực tài chính cho công tác bảo vệ và phát triển rừng, trong đó có rừng trồng Luồng. Để việc chi trả được thực hiện, rất cần có những cơ sở khoa học chắc chắn và cụ thể cho từng đối tượng về khả năng tích lũy carbon của rừng.

Tuy nhiên, hiện nay ở nước ta những nghiên cứu về cây Luồng mới tập trung chủ yếu vào phân loại, đặc điểm hình thái, sinh thái và các biện pháp kỹ thuật nhân giống, kỹ thuật gây trồng, thu hái và bảo quản măng,...chưa có nghiên cứu nào nghiên cứu về động thái tích lũy carbon của rừng Luồng. Xuất phát từ thực tiễn đó, đề tài: *Nghiên cứu động thái tích lũy carbon của rừng Luồng (Dendrocalamus barbatus Hsueh et D. Z.Li) trồng thuần loài tại Thanh Hóa*” đặt ra là cần thiết và có ý nghĩa khoa học lẫn thực tiễn.

2. Mục tiêu nghiên cứu

2.1. Về khoa học

- Xác định được sinh khối và lượng carbon tích lũy trong cây cá lẻ và rừng Luồng trồng thuần loài tại tỉnh Thanh Hóa.

- Xác định được động thái sinh khối và carbon tích lũy trong rừng Luồng trồng thuần loài tại tỉnh Thanh Hóa.

2.2. Về thực tiễn

- Đề xuất được các giải pháp góp phần quản lý bền vững và duy trì bể chứa carbon trong rừng Luồng trồng thuần loài tại Thanh Hóa.

- Xây dựng được các phương trình dự báo sinh khối, lượng carbon tích lũy và động thái sinh khối, carbon của rừng Luồng trồng thuần loài tại Thanh Hóa.

3. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án

3.1. Ý nghĩa khoa học

Bổ sung kết quả nghiên cứu về sinh khối và động thái carbon tích lũy, góp phần định lượng giá trị phòng hộ môi trường của rừng Luồng trồng thuần loài tại Thanh Hóa.

3.2. Ý nghĩa thực tiễn

Kết quả nghiên cứu là cơ sở khoa học cho việc quản lý rừng Luồng trồng thuần loài theo hướng bền vững, duy trì bể chứa carbon; xây dựng được các phương trình để xác định nhanh sinh khối và lượng carbon tích lũy của rừng Luồng thuần loài tại Thanh Hóa.

4. Những đóng góp mới của luận án

Đây là công trình nghiên cứu khá toàn diện và hệ thống về sinh khối và động thái carbon tích lũy của rừng Luồng trồng thuần loài tại Thanh Hóa. Luận án có những đóng góp mới sau:

- Đã xác định được động thái về sinh khối và lượng carbon tích lũy của rừng Luồng trồng thuần loài tại tỉnh Thanh Hóa, bao gồm sinh khối và lượng carbon tích lũy trong rừng ở thời điểm hiện tại; sinh khối và lượng carbon tích lũy lấy ra khỏi rừng trong quá trình kinh doanh.

- Xây dựng được các phương trình tương quan để xác định nhanh sinh khối và lượng carbon tích lũy trong cây cá lẻ và rừng Luồng trồng thuần loài tại Thanh Hóa.

5. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

5.1. Đối tượng nghiên cứu:

Rừng Luồng trồng thuần loài tại tỉnh Thanh Hóa.

5.2. Phạm vi nghiên cứu

- Về nội dung nghiên cứu:

- + Về sinh khối và carbon cây cá lẻ Luồng: luận án nghiên cứu và làm rõ về sinh khối tươi và khô các bộ phận thân, cành, lá và thân khí sinh cây cá lẻ; xây dựng các phương trình dự báo sinh khối và carbon cây cá lẻ theo từng tuổi. Đối với rễ cây, luận án mới chỉ nghiên cứu chung cho cả rừng chứ chưa xác định khối lượng rễ cho từng cây cá lẻ.

- + Về sinh khối và carbon tích lũy rừng Luồng: đã nghiên cứu, xác định sinh khối tươi và sinh khối khô, lượng carbon tích lũy của rừng Luồng bao gồm sinh khối và carbon trong cây Luồng trong cây bụi thảm tươi, trong vật rơi rụng và trong rễ cây dưới mặt đất, xác định động thái sinh khối và carbon của rừng Luồng. Luận án chưa có điều kiện nghiên cứu về lượng carbon trong đất dưới tán rừng, chưa có

điều kiện phân tích hàm lượng carbon trong cây bụi thảm tươi và vật rơi rụng mà sử dụng hệ số chuyển đổi là 0,5 do IPCC đề xuất.

+ Luận án chưa có điều kiện nghiên cứu ảnh hưởng của điều kiện lập địa đến sinh khối, lượng carbon tích lũy của rừng Luông.

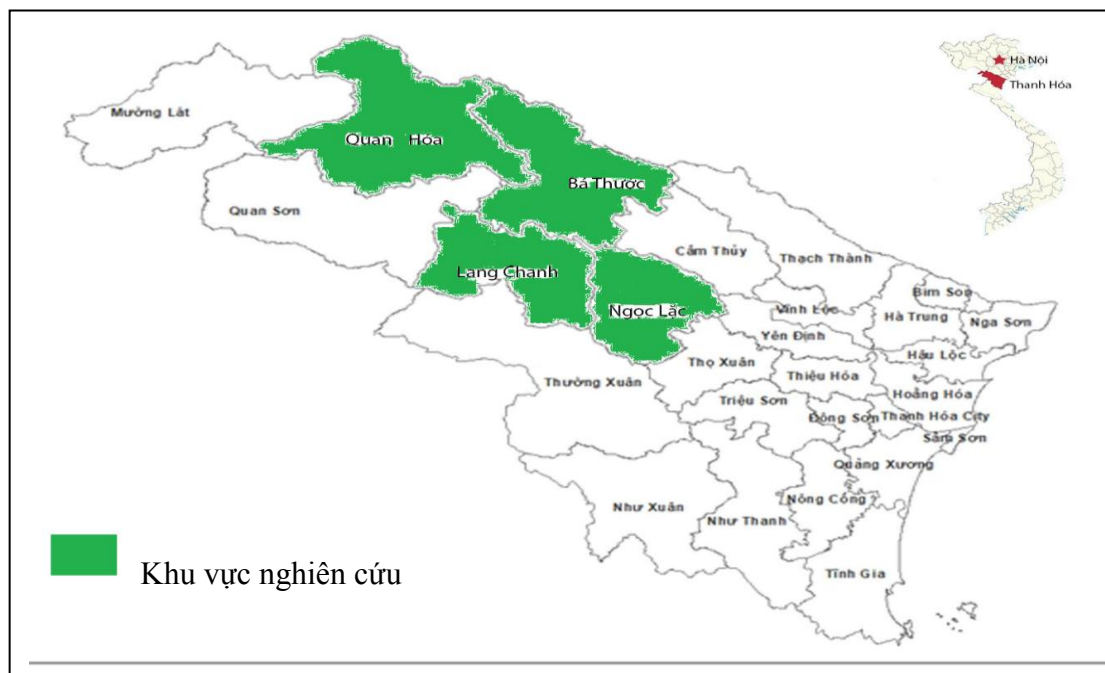
- Về địa bàn nghiên cứu:

Nghiên cứu được thực hiện tại 4 huyện có diện tích rừng trồng Luông nhiều nhất ở tỉnh Thanh Hóa là: Bá Thước, Lang Chánh, Ngọc Lặc và Quan Hóa (chi tiết được thể hiện ở hình 1.1).

6. Bố cục luận án

Ngoài các phần lời cam đoan, cảm ơn, danh mục các từ viết tắt, danh mục các bảng biểu, hình ảnh, tài liệu tham khảo và các phụ lục, luận án được kết cấu thành các phần chính sau đây:

- Phần mở đầu.
- Chương 1: Tổng quan vấn đề nghiên cứu.
- Chương 2: Nội dung và phương pháp nghiên cứu.
- Chương 3: Kết quả nghiên cứu và thảo luận.
- Kết luận, tồn tại và kiến nghị.



Hình 1.1. Vị trí khu vực nghiên cứu

Chương 1

TỔNG QUAN VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

1.1. Trên thế giới

1.1.1. Nghiên cứu về sinh khối rừng

Sinh khối là tổng lượng chất hữu cơ có được trên một đơn vị diện tích tại một thời điểm được tính bằng tấn/ha theo khối lượng khô (Ong, J.E & cs, 1984) (dẫn theo Vũ Đoàn Thái, 2003) [40]. Sinh khối bao gồm tổng khối lượng thân, cành, lá, hoa, quả, rễ trên mặt đất, dưới mặt đất. Việc nghiên cứu sinh khối cây rừng là cơ sở để đánh giá lượng carbon tích lũy của cây rừng, vì vậy nó có ý nghĩa to lớn trong kinh doanh rừng bền vững.

Những năm 40-50 của thế kỷ XIX nhờ áp dụng các thành tựu khoa học như hoá phân tích, hoá thực vật các nhà khoa học đã hiểu rõ nguyên lý tuần hoàn vật chất. Đến năm 1862, Liebig [83] lần đầu tiên định lượng về sự tác động của thực vật tới không khí và ông phát triển thành định luật "tối thiểu". Năm 1930, Mitscherlich, E.A đã phát triển luật tối thiểu của Liebig, J thành luật "năng suất", từ đó đã có nhiều công trình nghiên cứu về năng suất đại dương, có thể kể đến một số tác giả như: Riley, G.A (1944) [118], Steemann Nielsen, E (1954) [93], Fleming, R.H (1957) [83]. Kết quả nghiên cứu của Dajoz (1971) đã tính toán năng suất sơ cấp cho một số hệ sinh thái và thu được kết quả như sau: Mía ở châu Phi 67 tấn/ha/năm; Rừng nhiệt đới thứ sinh ở Yangambi 20 tấn/ha/năm; Savana cỏ Mỹ (*Penisetum purpureum*) châu Phi 30 tấn/ha/năm; Đồng cỏ tự nhiên ở Fustuca (Đức) 10,5 - 15,5 tấn/ha/năm,...(dẫn theo Dương Hữu Thời, 1992) [52]. Các công trình nghiên cứu ở giai đoạn này là bước tiền đề cho các công trình nghiên cứu về sinh khối rừng một cách toàn diện hơn, một số công trình nghiên cứu tiêu biểu liên quan đến lĩnh vực này, có thể kể đến một số tác giả như: Christensen (1997) [74], Akira *et. al* (2000) [64].

Kumar *et. al* (2005) [107] đã nghiên cứu sinh khối trên mặt đất và hấp thụ chất dinh dưỡng của *Bambusa bambos* ở khu vườn Thrissur, Kerala, miền Nam Ấn Độ. Kết quả nghiên cứu cho thấy: Sinh khối trên mặt đất trung bình là 2.417 kg/bụi và trung bình mỗi ha là 241,76 tấn/ha. Sinh khối tích lũy cao nhất là ở thân tươi (82%), tiếp theo là gai và lá (13%), thân cây chết chiếm khoảng 5% trong sinh khối.

Đồng thời cũng đã thiết lập được phương trình tương quan giữa số lượng cây, sinh khối khô thân và tổng sinh khối cụm với đường kính.

Bên cạnh đó, cùng với sự phát triển của khoa học kỹ thuật, hệ thống phương pháp xác định sinh khối của thực vật cũng được hoàn thiện và ngày càng đi sâu theo hướng định lượng, có ứng dụng các kỹ thuật và công nghệ hiện đại giúp xác định nhanh sinh khối với độ chính xác cao, một số phương pháp nghiên cứu sinh khối và năng suất của các tác giả trên thế giới có thể kể đến một số phương pháp chính sau: Phương pháp dioxit carbon; phương pháp “Chlorophyll”; phương pháp Oxygen; phương pháp thu hoạch; phương pháp cây mẫu. Có thể thấy rằng, hệ thống các phương pháp nghiên cứu sinh khối đã được các nhà khoa học ở trên thế giới sử dụng là khá đa dạng, mỗi phương pháp đều có những ưu, nhược điểm riêng, tùy theo từng điều kiện nghiên cứu mà lựa chọn phương pháp cho phù hợp. Tuy nhiên, trong các phương pháp kể trên, phương pháp thu hoạch và phương pháp cây mẫu được sử dụng nhiều trong lĩnh vực lâm nghiệp.

1.1.2. Nghiên cứu về tích lũy carbon và động thái tích lũy carbon của rừng

1.1.2.1. Nghiên cứu về tích lũy carbon

Trước năm 1840, các công trình nghiên cứu đã tập trung vào lĩnh vực sinh lý thực vật, nghiên cứu quá trình quang hợp tạo nên vật chất hữu cơ từ nước, CO₂ và năng lượng ánh sáng mặt trời. Sau hàng loạt những biến cố, hậu quả về môi trường do con người gây ra như ô nhiễm bầu khí quyển, hiệu ứng nhà kính, hiện tượng nóng lên của trái đất,... đã làm cho các nhà khoa học, các tổ chức, các quốc gia trên toàn thế giới phải quan tâm tới việc nghiên cứu giải pháp khắc phục hậu quả môi trường, trong đó khả năng tích lũy carbon của rừng được xem là biện pháp có hiệu quả lâu dài, do vậy rất được quan tâm nghiên cứu.

Quá trình biến đổi carbon trong hệ sinh thái được xác định từ cân bằng carbon gồm carbon đi vào hệ thống - thông qua quang hợp và hấp thu các hợp chất hữu cơ khác và carbon đi ra khỏi hệ thống thông qua quá trình hô hấp của thực vật và động vật, lửa, khai thác, sinh vật chết cũng như những quá trình khác [45]. Một số các tác giả nghiên cứu liên quan đến lĩnh vực này có thể kể đến: Brown và Pearce (1994) [71], Wanthongchai và Piriyaota (2006) [100].

McKenzie *et. al* (2001) [113] đã thực hiện công trình nghiên cứu tương đối toàn diện và có hệ thống về lượng carbon tích lũy của rừng, kết quả nghiên cứu cho thấy: carbon trong hệ sinh thái rừng thường tập trung ở bốn bộ phận chính: thảm thực vật còn sống trên mặt đất, vật rơi rụng, rễ cây và đất rừng.

Dhruba (2008) [76] đã nghiên cứu khả năng tích lũy carbon của loài *Dendrocalamus strictus* kết quả cho thấy tổng sinh khối là 5,24 tấn/ha, trong đó sinh khối thân là 4,59 tấn/ha, sinh khối lá là 0,69 tấn/ha; trong đó lượng carbon tích lũy trong thân là 1,52 tấn/ha, trong lá 0,14 tấn/ha.

Bipal *et. al* (2009) [69] đã nghiên cứu khả năng tích lũy carbon và sinh khối carbon trên mặt đất của 4 loài cùng độ tuổi (6 tuổi) ở Ấn Độ: *Shorea robusta* Gaertn.f, *Albzzia lebbek* Benth, *Tectona grandis* Lin.f và *Artocarpus integrifolia* Linn. Kết quả nghiên cứu cho thấy: Lượng carbon tích lũy hàng năm của *Shorea robusta* Gaertn.f, *Albzzia lebbek* Benth, *Tectona grandis* Lin.f và *Artocarpus integrifoli* Linn lần lượt là 8,97 tấn/ha; 11,97 tấn/ha; 2,07 tấn/ha và 3,33 tấn/ha. Tỷ lệ % của hàm lượng carbon (trừ gốc) trong sinh khối trên mặt đất của 4 loài *Shorea robusta* Gaertn.f, *Albzzia lebbek* Benth, *Tectona grandis* Lin.f và *Artocarpus integrifoli* Linn tương ứng là 47,45%; 47,12%; 45,45% và 43,33% và tổng lượng carbon trên mặt đất của 4 loài ước tính là 5,22 tấn/ha; 6,26 tấn C/ha; 7,97 tấn C/ha và 7,28 tấn C/ha.

Theo ước tính, hoạt động trồng rừng và tái trồng rừng trên thế giới có lượng carbon được tích lũy ở sinh khối là 0,4 - 1,2 tấn/ha/năm, ở vùng cực Bắc; 1,5 - 4,5 tấn/ha/năm ở vùng ôn đới và 4 - 8 tấn/ha/năm ở các vùng nhiệt đới (Dioxon *et al*, 1994, dẫn từ IPCC, 2003) [86].

Công trình nghiên cứu của Arnor *et. al* và cộng sự (2002) [65] đã xác định lượng carbon tích lũy của 1 ha rừng *Larix sibirica* ở tuổi 32 trung bình là 2,6 tấn/năm, đối với rừng *Betula pubescens* một năm có thể tích lũy được 1,0 tấn carbon/năm và rừng *Picea sitchensis* có thể tích lũy được 3,0 tấn carbon/năm.

Theo Lasco (2001) [108], các loài cây như: Lõi thọ (*Gmelia arborea*), Ca cao (*Theobroma cacao*), Dừa (*Cocos nicifera*), Xoài (*Mangifera indica*) và một số loài

cây ăn quả khác có sinh khối từ 32,68 - 285 tấn/ha, lượng carbon tích lũy từ 17,9 - 185 tấn/ha tùy thuộc vào loài cây, mật độ, tuổi.

Byrne và Milne, (2006) [72] tại Ireland, khả năng tích lũy carbon của rừng trồng đã được đánh giá từ năm 1906 - 2012 và được chia làm 2 giai đoạn, giai đoạn 1 từ năm 1906 - 2002 và giai đoạn 2 từ 2003-2012. Đến năm 2002, tổng lượng carbon của rừng trồng ở Ireland đã tích lũy được 37,7 tấn/ha, trong đó từ năm 1990 - 2002 lượng carbon tích lũy được là 14,8 tấn/ha. Trong thời gian từ 2008-2012, trung bình mỗi năm rừng trồng ở đây tích lũy được 0,9 tấn carbon/năm. Với lượng carbon tích lũy được từ rừng trồng có thể đáp ứng được 22% lượng phát thải khí nhà kính cần giảm theo nghị định thư Kyoto mà nước này cam kết.

Theo Murdiyarso (1995) (dẫn theo Digno, 2007) [77] thì rừng trồng ở Indonesia có lượng carbon tích lũy từ 161 - 300 tấn/ha trong phần sinh khối trên mặt đất. Tại Thái Lan, Noonpragop K. đã xác định lượng carbon trong sinh khối trên mặt đất là 72 - 182 tấn/ha. Cũng tại Indonesia, Trung tâm nghiên cứu phát triển và bảo tồn rừng của quốc gia này đã nghiên cứu khả năng tích lũy carbon của rừng trồng Keo tai tượng, Thông trên đảo Java. Nghiên cứu đã được tiến hành cho các đối tượng rừng trồng ở các tuổi khác nhau kết quả cho thấy khả năng tích lũy carbon của rừng Thông cao hơn Keo tai tượng (22,09 t CO₂/ha/năm, 18,59 tấn CO₂/ha/năm).

Các tác giả Woodwell và Pecan (1973) khi nghiên cứu khả năng tích lũy carbon trong các kiểu rừng trên lục địa cho thấy rừng mưa nhiệt đới có lượng carbon lũy lớn nhất (khoảng 340 tỷ tấn), đất trồng trọt thấp nhất là khoảng 7 tỷ tấn (dẫn theo Phạm Tuấn Anh, 2007) [1].

Tổng lượng carbon tích lũy của rừng trên toàn thế giới khoảng 826 tỷ tấn, chủ yếu ở cây và trong đất, trong đó carbon trong đất lớn hơn 1,5 lần carbon trong thảm thực vật (Brown,1997) [70], con người hoàn toàn có thể chuyển dịch carbon từ khí quyển thông qua một số bước nhằm tăng các bể chứa carbon này thông qua việc tăng khối lượng carbon tích lũy cho một ha thông qua quản lý mật độ trồng hoặc tuổi rừng (Hoen and Solberg, 1994; Van Kooten et al., 1995; and Murray, 2000) hoặc tăng diện tích rừng (Stavins, 1999; Plantinga et al; 1999). Bằng phương

pháp này đã đưa ra nhiều triển vọng làm giảm giá thành cắt giảm khí nhà kính trong khí quyển và mối lo ngại toàn cầu (dẫn theo [86]).

Việc sử dụng các công nghệ hiện đại vào trong nghiên cứu khả năng tích lũy carbon của rừng cũng được nhiều tác giả quan tâm thực hiện. Năm 1980, Brown và cộng sự đã sử dụng công nghệ GIS dự tính lượng carbon trung bình trong rừng nhiệt đới châu Á là 144 tấn/ha trong phần sinh khối và 148 tấn/ha trong lớp đất mặt ở độ sâu 1m, tương đương 42 - 43 tỷ tấn carbon trong toàn châu lục. Năm 1991, Houghton R.A đã chứng minh lượng carbon trong rừng nhiệt đới châu Á là 40 - 250 tấn/ha, trong đó 50 - 120 tấn/ha ở phần thực vật và đất (Brown, 1997) [70]. Brown (1997) đã ước lượng tổng lượng carbon mà hoạt động trồng rừng trên thế giới có thể hấp thu tối đa trong vòng 5 năm (1995 - 2000) là khoảng 60 - 87 GtC, với 70% ở rừng nhiệt đới, 25% ở rừng ôn đới và 5% ở rừng Bắc cực. Rừng trồng có thể tích lũy được 11 - 15% tổng lượng carbon phát thải từ nguyên liệu hóa thạch trong thời gian tương đương.

Từ năm 2005 trở lại đây, một trong những yêu cầu về đánh giá tài nguyên rừng toàn cầu của FAO là đánh giá trữ lượng carbon trong các hệ sinh thái rừng của các quốc gia. Báo cáo của FAO (2010) cho thấy trữ lượng carbon trong sinh khối rừng là khoảng 289 Gt. Trong giai đoạn 2005 - 2010, ước tính có khoảng 0,5 Gt carbon bị phát thải do mất rừng [81].

Thông qua các công trình nghiên cứu về khả năng tích lũy các bon của rừng trồng, rừng nông lâm kết hợp, rừng tự nhiên,... các nhà khoa học đã đưa ra nhận định, việc mất rừng và suy thoái rừng đóng góp khoảng 20% lượng phát thải khí CO₂ ra bầu khí quyển, nguyên nhân chính gây ra hiệu ứng nhà kính và biến đổi khí hậu toàn cầu. Đây cũng là lý do chính mà chương trình “*Giảm phát thải thông qua việc hạn chế mất rừng và suy thoái rừng*” (REDD) chính thức được đưa vào “*Kế hoạch hành động Bali*” (UNFCCC, 2007) và hiện nay nó đang được xem là một cơ chế quan trọng trong việc làm giảm thiểu tác động của biến đổi khí hậu [95].

Bên cạnh những nghiên cứu về khả năng tích lũy carbon của rừng, vấn đề giá trị thương mại carbon cũng được rất nhiều tác giả quan tâm nghiên cứu, có thể kể tới một số nghiên cứu sau: Ngân hàng thế giới (WB) (1998) [102] cho biết các nhà khoa học đã ước lượng giá trị dịch vụ do hệ sinh thái rừng trên toàn thế giới đạt

khoảng 33.000 tỷ USD/năm, trong đó giá trị mang lại từ giá trị thương mại CO₂ là rất lớn. Giá trị kinh tế thông qua việc tích lũy carbon của rừng tự nhiên nhiệt đới khoảng từ 500 - 2.000 USD/ha, trong khi đó giá trị này ở rừng ôn đới là từ 100-300 USD/ha. Đối với rừng Amazon tại Brazil, giá trị kinh tế thông qua việc tích lũy carbon của rừng nguyên sinh là 4.000 - 4.400 USD/ha/năm, rừng thứ sinh là 1.000 - 3.000 USD/ha/năm (Camille và Bruce (1994)) [73].

Ngoài ra, các công trình nghiên cứu về tích lũy carbon của rừng hỗn loài hay các loại rừng cũng được một số tác giả nghiên cứu, có thể kể đến: Kang *et. al*, (2006) [106], Fang *et. al*, 2003) [79], Brown và Pearce (1994) [71], Lasco (1999) [108], Abu Bakar (2000) [63], Noordwijk (2000) [16], Joyotee và Sara (2002) [89].

Ở Trung Quốc, nghiên cứu được thực hiện với rừng trồng hỗn loài giữa *Pinus massoniana* và *Schima superba* cho thấy, lượng carbon biến động từ 146,35 - 215,30 tấn/ha, trong đó lượng carbon của cây trồng và thảm thực vật dưới tán rừng chiếm 61,9 - 69,9%, lượng carbon trong đất chiếm từ 28,5 - 35,5% và lượng carbon trong vật rơi rụng chiếm từ 1,6 - 2,8%

1.1.2.2. Nghiên cứu về động thái tích lũy carbon của rừng

Nghiên cứu về động thái tích lũy carbon của rừng chính là nghiên cứu về sự thay đổi tích lũy carbon của rừng theo thời gian (theo tuổi rừng). Đến nay cũng chưa nhiều các công trình nghiên cứu về lĩnh vực này, tuy nhiên có thể tóm tắt một số các công trình nghiên cứu liên quan, cụ thể như sau:

Nghiên cứu của Jianhua (2007) [88] nghiên cứu khả năng tích lũy carbon của rừng trồng *Larix potaninii* có độ tuổi từ 2 - 40 cho thấy, hàm lượng carbon của sinh khối trên mặt đất chứa 49,70% và hàm lượng carbon của sinh khối dưới mặt đất chứa 48,99%. Hàm lượng carbon trong thân cây chứa 49,47%, trong khi hàm lượng carbon trong cành chiếm 50,03% và hàm lượng carbon trong lá chiếm 49,61% so với sinh khối khô của nó.

Theo Wei Haidong và Ma Xiangqing (2007) [101], đối với loài *Pinus massoniana* lượng carbon của cây trồng, vật rơi rụng và đất rừng 30 năm tuổi (rừng già) cao hơn lượng carbon của rừng 20 năm tuổi (rừng trung niên) và hai loại rừng trên đều có lượng carbon tích trữ cao hơn so với rừng 7 năm tuổi (rừng non). Tuy

nhiên, đối với thảm thực vật dưới tán rừng thì lượng carbon cao nhất được ghi nhận ở rừng già, sau đó đến rừng non và thấp nhất là rừng trung niên.

Theo Leuvina (2007) [109], đã nghiên cứu khả năng tích lũy carbon của cây Lõi thọ ở Philippines và cho biết: Lượng carbon chiếm 44,73% so với tổng sinh khối của cây Lõi thọ, trong đó hàm lượng carbon trong lá 44,89%, trong cành 44,47% và trong thân 43,53%. Với mật độ 1.000 cây/ha, rừng Lõi thọ ở độ tuổi 12 có thể tích lũy 200 tấn carbon, tương đương 736 tấn CO₂. Một nghiên cứu khác từ Philippines cho thấy, hàm lượng carbon chứa trong cây Lõi thọ biến động từ 44,73 - 46,55%, trong khi hàm lượng carbon trong Keo lá tràm (*Acacia auriculiformis*) chiếm khoảng 51,20% (Digno, 2007) [77].

Ngoài ra, sự biến động tích lũy carbon của rừng còn phụ thuộc vào phương thức khai thác của rừng. Theo Putz và Pinard (1993) cho thấy phương thức khai thác cũng có ảnh hưởng rõ rệt tới mức thiệt hại do khai thác hay lượng carbon bị giảm. Bằng việc áp dụng phương thức khai thác giảm thiểu (RIL) tác động ở Sabah (Malaysia) sau khai thác một năm, lượng sinh khối đã đạt 44 - 67% so với trước khai thác. Lượng carbon trong lâm phần sau khai thác theo RIL cao hơn lâm phần khai thác theo phương thức thông thường 88 tấn/ha, lượng carbon trong rừng biến động từ 100 - 160 tấn/ha (dẫn theo Phạm Xuân Hoàn (2005) [21].

Theo Lasco et. al (2001) [108] lượng sinh khối và carbon của rừng nhiệt đới châu Á bị giảm khoảng 22 - 67% sau khai thác, cụ thể tại Philippines, ngay sau khi khai thác lượng carbon bị mất là 50%, so với rừng thành thực trước khai thác ở Indonesia là 38 - 75%.

Tiếp theo công trình nghiên cứu của Noordwijk (2000), ở Indonesia khả năng tích lũy carbon ở rừng thứ sinh, các hệ thống nông lâm kết hợp và thâm canh cây lâu năm trung bình là 2,5 tấn/ha/năm và có sự biến động rất lớn trong các điều kiện khác nhau từ 0,5 - 12,5 tấn/ha/năm (dẫn theo Võ Đại Hải và cộng sự, 2009 [16]).

1.1.3. Nghiên cứu về sinh khối và khả năng tích lũy carbon của rừng tre nứa và rừng Luồng

Mặc dù vấn đề sinh khối và tích lũy carbon của rừng đã được quan tâm nghiên cứu trong thời gian qua, song các công trình mới chủ yếu tập trung vào đối

tượng là rừng gỗ, các nghiên cứu về rừng tre nứa chưa nhiều, đặc biệt là rừng Luồng (Fayolle *et. al*, 2013) [82].

Theo IPCC (2003) [86], (2006) [87] bể chứa carbon trong rừng tre nứa bao gồm: (1) Bể chứa carbon trên mặt đất (trong tre nứa và trong loài cây khác); (2) Bể chứa carbon dưới mặt đất (trong tre nứa và trong loài cây khác); (3) Bể chứa carbon trong vật rơi rụng; (4) Bể chứa carbon trong đất rừng. Theo IPCC (2003) [86] và FAO (2010) [81] lượng carbon trên mặt đất bao gồm carbon trong thân, cành, lá và trong cây bụi thảm tươi dưới tán rừng. Do sinh khối cây bụi thảm tươi thường nhỏ nên trong một số trường hợp nếu không có điều kiện thu thập số liệu có thể bỏ qua.

Phương pháp nghiên cứu phổ biến nhất để xác định lượng carbon tích lũy là dựa vào sinh khối thân khí sinh cây tiêu chuẩn. Các thân khí sinh đại diện cho từng cấp kính và tuổi cụ thể sẽ được xác định, chặt hạ để thu thập số liệu sinh khối, lấy mẫu sinh khối về sấy khô trong phòng thí nghiệm để xác định sinh khối khô. Sau đó mẫu tiếp tục được đốt cháy để phân tích hàm lượng carbon trong sinh khối. Trên cơ sở sinh khối cây tiêu chuẩn và tỷ lệ sinh khối khô/tươi, hàm lượng carbon trong sinh khối khô sẽ tính ra sinh khối và carbon tích lũy trong rừng tre nứa (Syam và Sruthi, 2017) [94].

INBAR (2019) [85] đã hướng dẫn cách xác định sinh khối và carbon rừng tre nứa thông qua tiếp cận thân khí sinh. Phương pháp xác định là chặt cây tiêu chuẩn để nghiên cứu, trên cơ sở đó xây dựng phương trình dự báo sinh khối, carbon dựa trên các nhân tố như $D_{1,3}$, Hvn và tuổi cây. Đối với các loài đã có mô hình dự báo sinh khối đo đếm $D_{1,3}$, Hvn và tuổi cây để áp dụng các mô hình dự báo. Ngoài ra, có thể tiếp cận theo bụi cây dựa vào đường kính bụi cây, chiều cao bụi và số cây/bụi. Đối với cây bụi thảm tươi dưới tán rừng, tiến hành lập các ô dạng bản để nghiên cứu, lượng sinh khối, carbon sẽ được tính toán bằng cách cắt toàn bộ để cân (với cây có chiều cao < 30 cm) hoặc sử dụng các mô hình dự báo sinh khối đối với cây bụi. Đối với rế cây, có thể sử dụng tỷ lệ quy đổi trên mặt đất/dưới mặt đất; hoặc có thể xây dựng phương trình tương quan giữa sinh khối rế với các nhân tố điều tra lâm phần trên mặt đất như đường kính, chiều cao... đối với rế cây, có thể đào sâu tới 60 cm để thu thập số liệu về sinh khối rế.

Công trình nghiên cứu của Arun *et. al* (2008) [66] đã nghiên cứu sinh khối trên mặt đất, năng suất và khả năng tích lũy carbon của rừng tre trồng tại Assam, miền Bắc Ấn Độ. Kết quả nghiên cứu cho thấy: Tổng sinh khối trên mặt đất của khu rừng trồng trong năm 2003 là 42,98 tấn/ha và trong năm 2006 tăng lên 152,15 tấn/ha, sinh khối trung bình là 99,28 tấn/ha. Năng suất trung bình là 42,5 tấn/ha. Carbon tích lũy trong sinh khối trên mặt đất biến động từ 21,69 - 76,55 tấn/ha. Carbon tích lũy trong thân biến động từ 58 - 73 % trên tổng số carbon tích lũy. Theo Seethalakshmi (2016) [122], tre nứa là các loài cây sinh trưởng nhanh và có tiềm năng tích lũy sinh khối, carbon lớn. Đặc biệt lượng carbon được lưu giữ lâu dài trong các sản phẩm như đồ mỹ nghệ, nội thất, sàn, nhà cửa, nên rừng tre nứa có tiềm năng rất lớn trong việc tham gia thị trường carbon toàn cầu. Có khoảng 80% diện tích rừng tre nứa trên thế giới phân bố ở châu Á. Ở châu Á, Ấn Độ, Trung Quốc, Đài Loan, Nhật Bản, Philipin là những nước có diện tích rừng tre nứa lớn nhất. Vì vậy, các nghiên cứu về rừng tre nứa nói chung và nghiên cứu về sinh khối, carbon rừng tre nứa nói riêng cũng được công bố chủ yếu bởi các tác giả ở các quốc gia và vùng lãnh thổ này. Lượng carbon tích lũy trong rừng tre nứa biến động rất lớn theo từng loài cây khác nhau. Theo Nath và cộng sự 2015a [66], lượng carbon tích lũy trong rừng tre nứa dao động từ 30 tấn/ha (rừng trồng tre đặc (*Dendrocalamus strictus*) tại Ấn Độ) đến 160 tấn/ha ở rừng trồng tre lục bình (*Bambusa pallida*) tại Ấn Độ. Một số trạng thái rừng tre nứa có lượng carbon tích lũy cao như rừng trồng *Bambusa bamboos* tại Ấn Độ với 144 tấn/ha; rừng trồng Trúc cần câu (*Phyllostachys bambusoide*) tại Nhật Bản với 68 tấn/ha. Một số trạng thái rừng tự nhiên tre nứa cũng được nghiên cứu như rừng tự nhiên loài *Bambusa blumeana* tại Philipin với 72 tấn/ha; rừng tự nhiên loài *Phyllostachys makinoi* tại Đài Loan với 50 tấn/ha; rừng tự nhiên loài *Phyllostachys pubescens* tại Trung Quốc với 40 tấn/ha. Tại khu vực Nam Mỹ, rừng tự nhiên loài *Guadua angustifolia* ở Bolivia có lượng carbon tích lũy khá cao với 100 tấn/ha.

Việc tác động các biện pháp lâm sinh như tỉa thưa cũng có những ảnh hưởng nhất định đến lượng carbon tích lũy trong rừng. Chen *et. al* (2016) đã ước tính lượng sinh khối tích lũy trong lâm phần rừng Trúc sào ở Đài loan dao động từ 38,4

đến 60,4 tấn/ha đối với rừng được áp dụng biện pháp lâm sinh tía thưa. Nếu để rừng ở trạng thái không tác động, lượng carbon tích lũy cũng tăng lên nhanh chóng. Tuy nhiên, khi mật độ rừng tăng lên và đạt đến mật độ nhất định, lượng carbon tích lũy này tăng lên không đáng kể. Vì vậy, cần có biện pháp lâm sinh, tía thưa phù hợp để tối đa hóa lượng carbon tích lũy trong rừng cũng như lượng carbon lấy ra khỏi rừng. Theo Seethalakshmi (2016) [122], rừng tre nứa có thể lấy ra một lượng sinh khối và carbon lớn thông qua hoạt động tía thưa hàng năm mà không làm ảnh hưởng đến trữ lượng và lượng carbon tích lũy của rừng. Zhang et. al (2014) [105] đã đưa ra một ví dụ cho thấy đối với rừng Trúc sào, hoạt động tía thưa được thực hiện 2 năm 1 lần với 1/6 lượng cây được lấy ra, tương đương với 14,7 tấn sinh khối hoặc 6,74 tấn carbon được lấy ra khỏi rừng.

Theo IPCC (2003) [86], hệ số chuyển đổi từ sinh khối sang carbon là 0,5. Tuy nhiên đây là hệ số áp dụng chung cho tất cả các loài cây. Hệ số này sẽ khác nhau ở các loài tre nứa khác nhau, và đặc biệt là khác nhau giữa các bộ phận trong cùng một loài cây cụ thể (Yen và Lee, 2011) [104]. Ví dụ, đối với loài Trúc sào hệ số chuyển đổi sinh khối sang carbon tích lũy trong thân khí sinh, thân ngầm và cành cao hơn trong phần gốc, lá và rễ (Zhang et. al, 2014) [105]. Bên cạnh đó, tỷ lệ này còn phụ thuộc vào tuổi cây. Theo Fang et. al (2002) [80], đối với các loài tre nứa được sử dụng trồng rừng ở Trung Quốc, lượng carbon trong cành và lá sẽ tăng lên khi tuổi thân khí sinh tăng lên.

Cũng giống như đối với rừng cây gỗ, phương pháp phổ biến để dự báo, ước tính sinh khối, carbon rừng tre nứa là xây dựng phương trình tương quan giữa sinh khối và carbon dựa trên $D_{1,3}$ và tuổi thân khí sinh (Verwijst và Telenius, 1999) [96] và để đảm bảo độ chính xác, cần thiết phải xây dựng phương trình tương quan cho từng loài cây cụ thể (Wang et. al, 2013 [99]). Theo Zhou et. al (2006) [105] cũng đồng quan điểm rằng trong khi việc xác định chiều cao rừng tre nứa khá khó khăn (ngọn cây thường cong xuống) nên việc sử dụng tuổi cùng với đường kính ngang ngực là một giải pháp hợp lý. Tuy nhiên, liệu tuổi có ảnh hưởng đến lượng sinh khối tích lũy trong cây hay không thì các kết quả nghiên cứu còn chưa thống nhất với nhau. Trong khi Zhang et. al (2014) [105] nghiên cứu loài Trúc sào đã chỉ ra

rằng sinh khối khô không có mối liên hệ với tuổi, ở chiều ngược lại nhiều tác giả đã chỉ ra rằng sinh khối sẽ tăng lên cùng với tuổi cây (Scurlock et. al 2000) [120].

Nath et. al (2015a) [115] cho biết các phương trình tương quan thường được xây dựng theo dạng hàm mũ hoặc logarit. Các phương trình được xây dựng chung cho một loài hay chia theo từng tuổi khác nhau của thân khí sinh. Các mô hình tương quan được xây dựng dựa trên sinh khối trên mặt đất và $D_{1,3}$ của thân khí sinh. Bên cạnh phương trình xây dựng chung cho tất cả các tuổi, nhiều nghiên cứu cũng xây dựng phương trình tương quan cho từng tuổi thân khí sinh cụ thể. Ví dụ, đối với loài Trúc sào ở Đài Loan, có 5 phương trình được xây dựng cho 5 tuổi thân khí sinh là: Tuổi 1: $SK (kg) = 3,31 \times 10^{-3} \times D_{1,3}^{3,75}$; Tuổi 2: $SK(kg) = 1,77 \times 10^{-2} \times D_{1,3}^{2,98}$; Tuổi 3: $SK (kg) = 3,59 \times 10^{-2} \times D_{1,3}^{2,70}$; Tuổi 4: $SK(kg) = 5,65 \times 10^{-2} \times D_{1,3}^{2,46}$ và tuổi 5: $SK(kg) = 1,71 \times 10^{-2} \times D_{1,3}^{3,03}$

Các công trình nghiên cứu về tre trúc và đặc biệt là cây Mao trúc gần giống như cây Luông được công bố bởi các tác giả ở Trung Quốc cho thấy sinh trưởng chiều cao đạt cực đại từ 15-30m trong khoảng thời gian 2 năm, đồng thời giữa đường kính và chiều cao có quan hệ với nhau theo hàm Meyer: $H_{vn} = K D_{1,3}^b$ (các tham số K và b thay đổi theo địa phương và từng loài cụ thể. Hình dạng thân cây khá thuần nhất mặc dù tuổi và nơi trồng khác nhau. Ngoài ra, kết quả nghiên cứu cũng chỉ ra rằng khối lượng thân cây có quan hệ mật thiết với đường kính ngang ngực của cây theo dạng phương trình: $W = K \times D_{1,3}^b$; tăng trưởng về khối lượng quan hệ với mật độ theo dạng phương trình: $P_w = 36,67 \times N^{0,6887}$ (dẫn theo Cao Danh Thịnh [54]).

Khác với cây gỗ, rừng tre nứa có một hệ thống thân ngầm dưới mặt đất. Seethalakshmi (2016) [121], đã tổng kết nhiều kết quả nghiên cứu về sinh khối và carbon rừng tre nứa và đưa ra nhận định tỷ lệ sinh khối trên và dưới mặt đất ở tre nứa trung bình là 3:1.

Shanmughavel (2000) [90] đã nghiên cứu vật rơi rụng trong rừng *Bambusa bambos* ở các tuổi rừng 4, 5 và 6 tuổi cho kết quả lượng vật rơi rụng tương ứng là 15,4 tấn/ha, 17,0 tấn/ha và 20,3 tấn/ha, trong đó lượng vật rơi rụng từ lá chiếm 58% và từ cành chiếm 42%.

Về lượng carbon trong đất dưới tán rừng tre nửa cũng biến động khá lớn giữa các loài cây và địa điểm nghiên cứu khác nhau. Lượng carbon tích lũy trong đất dưới tán rừng trồng tre lục bình (*Bambusa pallida*) ở Ấn Độ với mật độ 35.000 cây/ha là khá cao với 160 tấn carbon/ha, trong khi đó ở một số loài cây khác lại khá thấp như trong đất dưới tán rừng Tầm vòng (*Dendrocalamus strictus*) tại Ấn Độ với mật độ 27.000 cây/ha chỉ là 30 tấn/ha (Theo Nath *et. al*, 2015b) [115].

Như vậy, phương pháp nghiên cứu sinh khối và lượng carbon tích lũy của rừng tre nửa thường dựa vào tiếp cận cây cá lẻ tiêu chuẩn, sử dụng phương pháp chặt hạ để xác định sinh khối các bộ phận thân, cành, lá; đào lấy rễ để xác định sinh khối và carbon dưới mặt đất. Trên cơ sở đó xây dựng các mô hình dự báo sinh khối, carbon để áp dụng trong thực tiễn. Đối với sinh khối cây bụi thảm tươi, vật rơi rụng có thể lập các ô dạng bản, tiến hành cắt và cân toàn bộ hoặc có thể sử dụng mô hình dự báo sinh khối cho các cây bụi.

1.1.4. Nghiên cứu về cây Luồng

Theo INBAR (International Network For Bamboo and Rattan) Luồng là loài cây có kích thước trung bình, mọc cụm. Thân Luồng thẳng, cao từ 20 - 24 m, đường kính thân từ 6 - 10 cm, được bao phủ bởi lớp bột trắng khi còn non, khi trưởng thành thân có màu xanh; đốt có vòng rõ ràng, không có rễ; chiều dài lóng từ 22 - 38 cm; các cành phía trên mềm, có lá rủ. Bẹ măng thân dài 30 - 50 cm, rộng 12 - 20 cm, phía ngoài có lông. Chiều dài lá từ 12 - 25 cm, chiều rộng 1,5 - 2,5 cm, có lông cứng phía trên, lông mềm phía dưới, dính với cành qua bẹ lá.

Luồng phân bố rộng rãi ở các vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới của châu Á, từ Ấn Độ và Nepal, Trung Quốc, Myanmar, Thái Lan, Campuchia, Lào, Việt Nam, Malaysia và Papua New Guinea (Stapleton, (1994) [92], Dransfield & Widjaja, (1995) [78], Ohnberger (1999) [117], Seethalakshmi & Kumar (1998) [121], Li & Stapleton (2006) [110]. Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy Luồng có phân bố ở độ cao vài chục mét đến 1.700m, trong điều kiện núi ẩm, chủ yếu sống ở trong rừng, dọc theo suối và trong rừng thứ sinh nghèo (Ohnberger, 1999) [117].

Tại Kenya, Bernard (2007) [67] đã đề cập đến nhân giống Luồng bằng cách dùng thân và gốc để tạo cây con. Nếu dùng hom thân nên lấy thân cây có độ tuổi từ

2 - 3 năm, cắt một đoạn có 2 - 3 mắt để làm vật liệu nhân giống. Nếu dùng gốc để trồng, chọn cây có độ tuổi 1 - 2 năm, đào sâu 30 - 60 cm và cắt toàn bộ gốc mang đi trồng ngay.

Ngoài phương pháp nhân giống sinh dưỡng, ở một số nơi trên thế giới, các loài tre luồng cũng được nhân giống từ hạt. Tại Thái Lan và Ấn Độ, việc nhân giống bằng hạt đã được thực hiện cho các loài cây như *Dendrocalamus brandisii*, *Dendrocalamus membranaceus*, *Dendrocalamus strictus* và *Dendrocalamus* (Bernard, 2007 [67] và Dai Qihui, (1998) [75]. Tuy nhiên, do cây con được tạo bằng hạt không đạt được những ưu điểm vượt trội so với cây con được tạo bằng thân, gốc hoặc cành. Vì vậy, đến nay phần lớn cây con của các loài tre Luồng đều được tạo bằng phương pháp nhân giống sinh dưỡng.

Về phương thức trồng Luồng, Fu và Xiao (1996) [84] cho thấy có thể trồng Luồng thuần loài hoặc hỗn loài với các loài cây lá rộng hoặc trồng theo phương thức nông lâm kết hợp. Tác giả cho biết tại Trung Quốc Luồng có thể trồng xen với cây chè. Ngoài ra, kết quả nghiên cứu cũng đã xác định những nhân tố ảnh hưởng đến quá trình phát sinh măng, sinh trưởng và phát triển của thân khí sinh là: độ ẩm, nhiệt độ, dinh dưỡng, cấu trúc rừng, biện pháp lâm sinh, sâu bệnh. Đây là những nhân tố cần phải được quan tâm khi áp dụng các biện pháp thâm canh tăng năng suất măng và thân khí sinh của Luồng.

Tiếp theo nghiên cứu của Bernard (2007) [67] cho thấy Luồng thường ưa thích các loại đất sét và sét pha cát. Tuy nhiên, dù loại đất nào cũng phải thoát nước tốt vì măng Luồng không chịu được ngập nước. Độ pH thích hợp cho Luồng là từ 4,5 - 6,0. Tác giả Dai Qihui (1998) [75] đã khuyến nghị nên chọn nơi có độ dày tầng đất cao, đất còn tốt, ẩm và thoát nước tốt để trồng Luồng.

Về xử lý đất và thực bì, theo Bernard (2007) [67] trước khi làm đất trồng rừng *Dendrocalamus* nên xử lý thực bì bằng cách phát dọn cỏ, cây bụi. Kích thước và cự ly hố tùy thuộc vào phương pháp và loài cây trồng, thường kích thước hố là 60 cm x 60 cm x 60 cm và nơi có lượng mưa trung bình thấp thì nên đào hố to hơn so với nơi có lượng mưa cao.

Tác giả Dai Qihui (1998) [75] cho biết dù cây con *Dendrocalamus* được tạo từ hạt hay nhân giống sinh dưỡng, trước khi trồng nên cắt ngọn chỉ để lại 2-3 đốt. Đối với cây con từ hạt thì khi trồng đặt cây con ở tư thế thẳng đứng, lấp đất và phủ lên gốc cây 3 - 4 cm. Cây đem trồng bằng gốc thì đặt cây ở tư thế thẳng đứng, lấp đất và phủ đất cách cổ rễ 10 cm.

Theo một số kết quả nghiên cứu về đất dưới tán rừng Luồng ở Australia cho thấy chỉ vài năm sau khi trồng Luồng, đất nhanh chóng bị bạc màu. Vì vậy trong quá trình trồng Luồng cần phải bón phân thường xuyên, đặc biệt là sau khai thác nhằm kinh doanh rừng được bền vững hơn. Victor Cusack (1997) [97] cho rằng biện pháp bón phân làm cho nhiều loài tre trúc phát triển tốt, măng to nhưng phải bón đúng cách và liều lượng tùy thuộc vào loài. Nghiên cứu về chu trình dinh dưỡng trong rừng *Bambusa bambos* Shanmughavel và Francis (1997) [91] cho biết lượng dinh dưỡng trong cây đứng gia tăng theo tuổi của cây, vì vậy lượng dinh dưỡng trả lại cho đất không đủ so với lượng dinh dưỡng mà cây đã lấy đi.

Cũng theo Dai Qihui (1998) [75], đối với các loài tre trồng để lấy măng, nếu muốn chế biến măng khô thì khi kích thước măng đạt từ 1,3 - 1,5 m có thể tiến hành thu hoạch. Nếu muốn chế biến thành các sản phẩm khác thì thu hoạch măng non có chiều cao khoảng 30 cm. Khi khai thác măng, không nên khai thác quá mức mà cần để lại để đảm bảo mật độ và sức sản xuất của rừng. Nhìn chung, mỗi bụi nên để lại 3 - 4 măng để phát triển thành cây. Đối với các loài tre trồng để lấy thân, thì do măng mọc đầu và giữa mùa thường là những măng khỏe và chiếm trên 85% tổng số măng của mùa. Do vậy nên giữ lại măng mọc vào khoảng thời gian này để khai thác cây. Chỉ nên thu hoạch tất cả măng mọc cuối vào mùa.

Về sâu bệnh hại tre luồng, công trình nghiên cứu của Xu Tiansen (1998) [103] cho biết các loài chi *Dendrocalamus* thường gặp các loại sâu ăn lá, sâu đục thân, sâu hút nhựa, sâu ăn búp măng. Tùy vào đặc điểm từng loại sâu, tác giả đã đưa ra các biện pháp phòng trừ thích hợp như: làm cỏ, xới đất, sử dụng các thiên địch, sử dụng các loại thuốc hóa học để tiêu diệt và hạn chế sự phát triển của các loài sâu bệnh hại.

Nhìn chung, trên thế giới đã có nhiều công trình nghiên cứu về tre luồng, đặc biệt là về giống, biện pháp kỹ thuật trồng, chăm sóc, khai thác tre luồng nhằm nâng cao sức sản xuất và ổn định trong suốt chu kỳ kinh doanh đảm bảo cho sự bền vững của rừng. Tuy nhiên, các công trình nghiên cứu về sinh khối, tích lũy carbon và đặc biệt về động thái carbon của rừng trong suốt quá trình kinh doanh còn rất ít.

1.2. Tại Việt Nam

1.2.1. Nghiên cứu về sinh khối rừng

Ở Việt Nam, việc nghiên cứu sinh khối rừng được tiến hành khá muộn so với các nghiên cứu trên Thế giới. Tuy nhiên, bước đầu cũng đã đạt được những thành tựu đáng kể. Cho tới nay một số loài cây trồng rừng chủ yếu ở nước ta như Keo tai tượng, Mỡ, Thông mã vĩ, Thông nhựa, Keo lai, Luồng,... đã được nhiều tác giả nghiên cứu lập biểu cấp đất, biểu thể tích, quá trình sinh trưởng và sản lượng rừng như: Vũ Tiến Hinh, 2000; Đào Công Khanh, 2001 và Vũ Nhâm, 1995 (theo Viện Điều tra Quy hoạch rừng, 2001) [62]. Đây là những nghiên cứu ban đầu làm cơ sở cho việc triển khai nghiên cứu sinh khối và tính toán lượng tích lũy carbon bởi các loại rừng trồng ở nước ta. Một số công trình nghiên cứu tiêu biểu có thể kể đến một số tác giả sau:

Nguyễn Hoàng Trí (1986) với công trình “Sinh khối và năng suất rừng Đước” đã áp dụng phương pháp “cây mẫu” nghiên cứu năng suất, sinh khối một số quần xã rừng Đước đôi (*Rhizophora apiculata*) rừng ngập mặn ven biển Minh Hải là đóng góp có ý nghĩa lớn về mặt lý luận và thực tiễn đối với hệ sinh thái rừng ngập mặn ven biển nước ta [57].

Lê Hồng Phúc (1996) [37] đã có công trình “Đánh giá sinh trưởng tăng trưởng, sinh khối và năng suất rừng trồng Thông ba lá (*Pinus kaysia*) ở vùng Đà Lạt, Lâm Đồng”. Tác giả đã kết luận rằng mật độ rừng trồng ảnh hưởng lớn tới sinh trưởng, tăng trưởng, sinh khối và năng suất của rừng.

Vũ Văn Thông (1998) [51] đã nghiên cứu cơ sở xác định sinh khối cây cá lẻ và lâm phần Keo lá tràm tại tỉnh Thái Nguyên. Tác giả cũng đã thiết lập được một số mô hình dự đoán sinh khối cây cá lẻ bằng phương pháp sử dụng cây mẫu. Theo kết quả nghiên cứu, dạng hàm $W = a + bD_{1,3}$ và $\ln W = a + b \ln D_{1,3}$ mô tả tốt

mối quan hệ giữa sinh khối các bộ phận với chỉ tiêu sinh trưởng đường kính. Tuy nhiên, đề tài này cũng mới dừng lại ở việc nghiên cứu sinh khối các bộ phận trên mặt đất, chưa tiến hành nghiên cứu sinh khối rễ và lượng vật rơi.

Viên Ngọc Nam (1998) trong công trình nghiên cứu sinh khối và năng suất sơ cấp rừng Đước (*Rhizophora apiculata*) trồng ở Cần Giờ, thành phố Hồ Chí Minh đã cho rằng sinh khối rừng Đước có lượng tăng sinh khối từ 5,93 - 12,44 tấn/ha/năm, trong đó tuổi 4 có lượng tăng sinh khối thấp nhất và cao nhất ở tuổi 12; lượng tăng đường kính 0,46 - 0,81 cm/năm, trữ lượng thảm mục tích lũy trên sàn rừng 3,4-12,46 tấn/ha [31]. Cũng theo tác giả này (2003) [32] khi “Nghiên cứu sinh khối và năng suất sơ cấp quần thể Mắm trắng (*Avicennia alba* BL) tự nhiên tại Cần Giờ, thành phố Hồ Chí Minh” đã xác định được tổng sinh khối, lượng tăng trưởng sinh khối, năng suất vật rụng cũng như năng suất thuần của quần thể Mắm trắng trồng tại Cần Giờ. Kết quả nghiên cứu cho thấy sinh khối tươi thân trong quần thể Mắm trắng trung bình là 70,64 % biến động từ 69,16 - 73,64 %, cành chiếm 15,04 - 22,92 % và lá chiếm 7,92 - 11,33%. Tỷ lệ sinh khối tươi trung bình của thân và cành chiếm 91,1 % trong quần thể, tỷ lệ sinh khối của lá giảm dần theo tuổi, ngược lại tổng sinh khối thân và cành tăng dần theo tuổi. Sinh khối khô trung bình của quần thể Mắm trắng là 118,29 tấn/ha dao động từ 79,21 - 137,18 tấn/ha. Năm 2009 [33], tác giả đã nghiên cứu sinh khối Đà quánh (*Ceriops zippeliana*) và Cóc trắng (*Lumnitzera racemosa* Willd) tại Khu Dự trữ sinh quyển rừng ngập mặn Cần Giờ. Kết quả nghiên cứu cho thấy: Sinh khối khô của các bộ phận cây Cóc trắng cá thể được sắp xếp theo thứ tự từ cao đến thấp như sau: Thân ($74,44 \pm 2,25\%$) > cành ($19,60 \pm 2,05\%$) > lá ($5,96 \pm 0,56\%$).

Theo tác giả Đặng Trung Tấn (2001) [46] với công trình nghiên cứu “*Sinh khối rừng Đước*”, đã xác định được: tổng sinh khối khô rừng Đước ở Cà Mau là 327 m³/ha, tăng trưởng sinh khối bình quân hàng năm là 9.500 kg/ha.

Nguyễn Tuấn Dũng (2005) [9], nghiên cứu tại Núi Luột cho thấy rừng trồng Thông mã vĩ thuần loài 20 tuổi có tổng sinh khối tươi (trong cây và vật rơi rụng) là 321,7 - 495,4 tấn/ha, tương đương với lượng sinh khối khô là 173,4 - 266,2 tấn. Rừng Keo lá tràm trồng thuần loài 15 tuổi có tổng sinh khối tươi

(trong cây và trong vật rơi rụng) là 251,1 - 433,7 tấn/ha, tương đương với lượng sinh khối khô thân là 132,2 - 223,4 tấn/ha.

Công trình nghiên cứu sinh khối cây cá lè Mỡ trồng thuần loài vùng trung tâm Bắc Bộ Việt Nam của Võ Đại Hải (2007) cho thấy: Sinh khối khô và tươi cây cá lè Mỡ thay đổi theo tuổi và theo cấp đất. Cụ thể, tuổi tăng lên, sinh khối cũng tăng lên, ở cấp đất tốt, sinh khối cao hơn ở cấp đất xấu. Cấu trúc sinh khối cây cá lè gồm 4 phần, trong đó sinh khối thân chiếm tỷ lệ lớn nhất, sau đó đến sinh khối rễ, cành và lá. Giữa sinh khối cây cá lè và các nhân tố điều tra lâm phần $D_{1,3}$, Hvn tồn tại mối quan hệ chặt chẽ với nhau, mối quan hệ này được biểu thị bằng các phương trình dạng tuyến tính đơn giản một lớp. Với các kết quả nghiên cứu thu được, có thể sử dụng để xác định hoặc dự báo nhanh sinh khối cây cá lè Mỡ thông qua chỉ tiêu $D_{1,3}$ và Hvn, xác định sinh khối khô thông qua sinh khối tươi, xác định sinh khối dưới mặt đất thông qua sinh khối trên mặt đất [14]. Đối với cây Keo, năm 2007 tác giả đã nghiên cứu sinh khối cây cá thể Keo lai trồng thuần loài ở Việt Nam. Kết quả cho thấy, sinh khối cây cá thể Keo lai có sự biến đổi rất lớn theo các cấp đất và các giai đoạn tuổi khác nhau. Cấu trúc sinh khối tươi cây cá thể Keo lai chủ yếu tập trung vào sinh khối thân 49,8%, rễ 19,1%, lá 16,5% và cành 14,6% [15].

Cũng theo Võ Đại Hải và các cộng sự (2009) [16] khi nghiên cứu sinh khối về 4 loại rừng trồng cho kết quả: Rừng trồng Thông mã vĩ từ 5 - 30 tuổi sinh khối từ 21,12 - 315,05 tấn/ha; rừng trồng Thông nhựa từ 5 - 45 tuổi có sinh khối từ 20,79 - 174,72 tấn/ha; rừng trồng Keo lai từ 1 - 7 tuổi có sinh khối từ 4,09 - 138,13 tấn/ha; rừng trồng Bạch đàn urophylla từ 1 - 7 tuổi có sinh khối từ 5,67 - 117,92 tấn/ha; rừng trồng Mỡ từ 6 - 18 tuổi có sinh khối từ 35,08 - 110,44 tấn/ha; rừng trồng Keo lá tràm từ 2 - 12 tuổi có sinh khối từ 7,29 - 113,56 tấn/ha. Bên cạnh đó tác giả thiết lập các phương trình tương quan giữa sinh khối với các nhân tố điều tra lâm phần: đường kính $D_{1,3}$, Hvn, N/ha, tuổi lâm phần, mối quan hệ giữa sinh khối tươi và sinh khối khô, sinh khối trên mặt đất và dưới mặt đất theo các cấp đất.

Công trình nghiên cứu của Võ Đại Hải, Vũ Tấn Phương (2011) [19] *Nghiên cứu cấu trúc của rừng trồng Thông ba lá thuần loài tại Lâm Đồng* cho thấy tổng sinh khối của toàn lâm phần (gồm sinh khối của rừng, sinh khối tầng cây bụi thảm

tươi và sinh khối tầng thảm mục) cũng có sự biến động mạnh giữa các tuổi rừng và cấp đất. Tổng sinh khối của toàn lâm phần ở cấp đất I là khoảng 348 tấn/ha; trên cấp đất II là khoảng 258 tấn/ha; trên cấp đất III là khoảng 171 tấn/ha; trên cấp đất IV là khoảng 120 tấn/ha; và trên cấp đất V là khoảng 86 tấn/ha. Cấu trúc sinh khối tầng cây gỗ (cây rừng) trong lâm phần là khoảng 86% (dao động từ 82 - 94%); của tầng cây bụi thảm tươi là 3,9% (dao động từ 1,3 - 7,7%); và của tầng thảm mục là 10,5% (dao động từ 4,6 - 16,6%).

Theo Vũ Tấn Phương (2012) [39] đã xác định sinh khối lâm phần Thông ba lá có sự khác biệt giữa các cấp sinh trưởng (cấp đất) và các cấp tuổi. Ở Lâm Đồng, với cấp đất I và tuổi rừng từ 5 - 25, tổng sinh khối của rừng là từ 76 - 600 tấn khô/ha; ở cấp đất II, tuổi từ 5 - 30 có tổng sinh khối là 58,7 - 331,6 tấn khô/ha; ở cấp đất III là từ 33,6 - 209,6 tấn khô/ha; ở cấp đất IV là từ 23,7 - 170 tấn khô/ha và cấp đất V là từ 14,6 - 137 tấn khô/ha. Ở Hà Giang, sinh khối trung bình của lâm phần Thông ba lá là 47,8 tấn khô/ha với rừng tuổi 5; 99,8 tấn khô/ha với rừng tuổi 12; 360 tấn khô/ha với rừng tuổi 25 và 469 tấn khô/ha với rừng tuổi 30.

Nguyễn Duy Kiên (2007) [27], khi nghiên cứu khả năng tích lũy carbon rừng trồng Keo tai tượng (*Acacia mangium*) tại Tuyên Quang đã cho thấy sinh khối tươi trong các bộ phận lâm phần Keo tai tượng có tỷ lệ khá ổn định, sinh khối tươi tầng cây cao chiếm tỷ trọng lớn nhất từ 75 - 79%; sinh khối cây bụi thảm tươi chiếm tỷ trọng 17 - 20 %; sinh khối vật rơi rụng chiếm tỷ trọng 4 - 5%.

Theo Nguyễn Thanh Tiên (2011) [48] khi nghiên cứu khả năng hấp thụ CO₂ của trạng thái rừng thứ sinh phục hồi tự nhiên sau khai thác kiệt tại tỉnh Thái Nguyên đã cho thấy tổng sinh khối tươi toàn lâm phần dao động từ 99,84 tấn/ha đến 168 tấn/ha, trung bình là 138,77 tấn/ha. Sinh khối tươi chủ yếu tập trung ở tầng cây cao là 108,68 tấn/ha (chiếm 77,82%) tổng sinh khối toàn lâm phần, tiếp đó là sinh khối vật rơi rụng là 15,86 tấn/ha (chiếm 11,7%) và thấp nhất là sinh khối cây bụi, thảm tươi là 14,23 tấn/ha (chiếm 10,48%). Tổng sinh khối khô lâm phần là 76,46 tấn/ha, trong đó tập trung chủ yếu ở tầng cây cao 63,38 tấn/ha (chiếm 82,61%), vật rơi rụng 8,22 tấn/ha (chiếm 10,92%), cây bụi, thảm tươi 4,86 tấn/ha (chiếm 6,47%).

Triệu Thu Hà (2010) [13] với công trình nghiên cứu sinh khối trạng thái rừng IIB tại tỉnh Thái Nguyên cho thấy tổng sinh khối tươi toàn lâm phần trạng thái rừng IIB tại khu vực nghiên cứu đạt 89,765 - 153,167 tấn/ha (trung bình 124,032 tấn/ha). Sinh khối tươi chủ yếu tập trung vào tầng cây gỗ (86,52%); vật rơi rụng chiếm 7,20%; cây bụi, thảm tươi chiếm 6,28%.

Có thể thấy việc nghiên cứu về sinh khối rừng ở Việt đã đạt được những thành tựu đáng kể. Các nghiên cứu đã chú trọng tới việc xác định sinh khối theo loại rừng, loài cây, cấp kính, tuổi cây, cấp đất,... Những nghiên cứu này không chỉ tập trung vào việc xác định sinh khối tầng cây gỗ mà còn nghiên cứu sinh khối tầng cây bụi, thảm tươi, cành, nhánh, sinh khối rễ,... Nhìn chung, các nghiên cứu về sinh khối rừng tương đối toàn diện, tuy nhiên việc nghiên cứu sinh khối biến động theo chu kỳ kinh doanh của rừng trồng chưa được nghiên cứu nhiều, vì vậy vấn đề này cần tiếp tục được quan tâm nghiên cứu.

1.2.2. Nghiên cứu về tích lũy carbon và động thái tích lũy carbon của rừng

1.2.2.1. Nghiên cứu về tích lũy carbon

Trong thời gian qua Việt Nam đã có nhiều công trình nghiên cứu hết sức quan trọng về khả năng tích lũy carbon của rừng, một số công trình tiêu biểu có thể kể đến:

Theo Ngô Đình Quế và cộng sự (2005) [41], tùy thuộc vào năng suất lâm phần ở các tuổi nhất định, khả năng tích lũy carbon của các lâm phần có sự khác nhau. Để tích lũy khoảng 100 tấn carbon/ha, Thông nhựa phải đến tuổi 16 - 17, Thông mã vĩ và Thông ba lá ở tuổi 10, Keo lai 4 - 5 tuổi, Keo tai tượng 5 - 6 tuổi và Bạch đàn uro ở tuổi 4 - 5. Tác giả đã lập phương trình tương quan hồi quy tuyến tính giữa lượng carbon tích lũy hàng năm với năng suất gỗ và năng suất sinh học, từ đó tính ra được khả năng tích lũy carbon thực tế ở nước ta đối với 5 loài cây trên.

Bảo Huy (2009) [22] đã nghiên cứu khả năng tích lũy carbon của Bời lời đỏ trong mô hình Nông lâm kết hợp Bời lời đỏ - Sắn ở huyện Mang Yang, tỉnh Gia Lai - Tây Nguyên, Việt Nam đã chỉ ra với chu kỳ kinh doanh 5 -10 năm, lượng carbon tích lũy trong mô hình biến động từ 24,7 - 84,2 tấn/ha.

Võ Đại Hải (2007) [14] đã nghiên cứu khả năng tích lũy carbon rừng Mỡ trồng thuần loài tại vùng trung tâm Bắc Bộ. Kết quả nghiên cứu đã xác định được

cấu trúc và lượng carbon tích lũy trong cây Mỡ, cây bụi thảm tươi, vật rơi rụng và trong đất rừng, từ đó đã xác định được tổng lượng carbon tích lũy trong lâm phần Mỡ trồng trên các cấp đất và cấp tuổi khác nhau. Kết quả nghiên cứu cũng đã xây dựng được mối quan hệ giữa lượng carbon tích lũy với các nhân tố điều tra như $D_{1,3}$, Hvn, tuổi và mật độ làm cơ sở cho việc xác định nhanh và dự báo lượng carbon tích lũy ở rừng trồng Mỡ tại vùng Trung Tâm Bắc Bộ nước ta.

Đề tài “*Nghiên cứu khả năng tích lũy CO_2 và cải tạo đất của rừng trồng Keo lai ở một số tỉnh miền núi phía Bắc*” của Nguyễn Việt Khoa (2010) [26], đã xác định được cấu trúc lượng carbon tích lũy trong cây cá thể và lâm phần Keo lai tính trung bình cho các tuổi và cấp đất như sau:

+ Cấu trúc lượng carbon tích lũy trong cây cá thể Keo lai: Thân 54,31%, rễ 16,4%, cành 15,16%, lá 8,58%, vỏ 5,54%.

+ Cấu trúc lượng carbon tích lũy trong lâm phần Keo lai: Đất rừng chiếm 67,74%, tầng cây gỗ 27,58%, tầng cây bụi thảm tươi chiếm 1,48% và vật rơi rụng chiếm 3,2%.

1.2.2.2. Nghiên cứu động thái tích lũy carbon

Đến nay tại Việt Nam chưa có nhiều công trình nghiên cứu về động thái tích lũy carbon của rừng. Tuy nhiên, có thể điểm lại một số công trình nghiên cứu tiêu biểu như sau:

Lý Thu Quỳnh (2007) [42] khi nghiên cứu sinh khối và khả năng tích lũy carbon của rừng Mỡ (*Manglietia conifera* Dandy) trồng tại Tuyên Quang và Phú Thọ cho thấy: Cấu trúc sinh khối cây cá thể Mỡ gồm 4 phần thân, cành, lá và rễ, trong đó sinh khối tươi lần lượt là 60%, 8%, 7% và 24%; tổng sinh khối tươi của một ha rừng trồng Mỡ dao động trong khoảng từ 53.440 - 309.689 kg/ha (trong đó: 86% là sinh khối tầng cây gỗ, 6% là sinh khối cây bụi thảm tươi và 8% là sinh khối của vật rơi rụng).

Các nghiên cứu còn cho thấy khả năng tích lũy carbon là rất khác nhau phụ thuộc vào từng địa điểm cụ thể. Rừng Keo lai 3-12 tuổi (mật độ 800-1.350 cây/ha) có lượng carbon tích lũy tương ứng là 60 - 407 tấn/ha. Rừng keo lá tràm có khả năng tích lũy carbon từ 66 - 292 tấn/ha tương ứng với các tuổi từ 5-12 tuổi (mật độ

1.033 - 1.517 cây/ha). Đối với rừng Thông nhựa tuổi 5 - 21 tuổi có khả năng tích lũy carbon từ 19 - 468 tấn/ha. Rừng trồng Bạch đàn urophylla 3-12 tuổi với mật độ trung bình từ 1200-1800 cây/ha có khả năng tích lũy lượng carbon là 108 - 379 tấn/ha [16], [17], [18].

Đặng Thịnh Triều (2010) [59] khi nghiên cứu khả năng tích lũy carbon của rừng Thông mã vĩ và Thông nhựa đã đưa ra kết quả: Tổng lượng carbon tích lũy của rừng trồng Thông mã vĩ từ 1 - 9 tuổi biến động từ 20,6 - 313,43 tấn/ha, rừng trồng Thông nhựa biến động từ 22,58 - 192,12 tấn/ha. Tác giả đã xây dựng bảng tra lượng carbon tích lũy của của cây cá thể Thông mã vĩ và Thông nhựa theo nhân tố điều tra $D_{1,3}$ và Hvn theo từng cấp đất và chung cho các cấp đất.

Vũ Tấn Phương (2006) [39] đã nghiên cứu trữ lượng carbon theo các trạng thái rừng biến động như sau: rừng giàu có tổng trữ lượng carbon từ 694,9 - 733,9 tấn/ha; rừng trung bình trữ lượng carbon từ 539,6 - 577,8 tấn/ha; rừng nghèo 387,0 - 478,9 tấn/ha; rừng phục hồi 164,9 - 330,5 tấn/ha và rừng tre nứa là 116,5 - 277,1 tấn/ha.

Theo Nguyễn Xuân Đông (2016) [11] tổng lượng carbon tích lũy của lâm phần rừng Vầu đắng biến động trong khoảng 15,48 đến 28,81 tấn/ha, trong đó lượng carbon tích lũy chủ yếu tập trung ở cây Vầu đắng với lượng carbon tích lũy trung bình 18,32 tấn/ha (chiếm 84,82%) tổng lượng carbon tích lũy toàn lâm phần, tiếp đó là lượng carbon tích lũy của vật rơi rụng là 2,18 tấn/ha (chiếm 10,75%) và thấp nhất là lượng carbon tích lũy của cây bụi thảm tươi 0,88 tấn/ha (chiếm 4,43%).

Mặc dù các nghiên cứu trong nước chưa đánh giá được một cách đầy đủ và toàn diện về sự biến động carbon của rừng trồng, nhưng những nghiên cứu ban đầu về lĩnh vực này có ý nghĩa rất quan trọng, làm nền tảng cho việc tính toán xác định trữ lượng carbon biến động của rừng trồng trong một chu kỳ kinh doanh.

1.2.3. Nghiên cứu về khả năng tích lũy sinh khối và carbon rừng Luông và rừng tre nứa

Một số nghiên cứu về sinh khối và carbon tre nứa đã được đầu tư với sự hỗ trợ của chương trình UN-REDD với hoạt động xây dựng mô hình tương quan cho cây rừng ở các vùng sinh thái khác nhau. Nguyen Dinh Hung et. al (2012) [116] đã xây dựng phương trình tương quan lượng carbon tích lũy cho rừng tre nứa ở vùng

Tây Bắc với các loài: Nứa, Vầu, Lò ô, Luồng, Diễn, Tre. Tác giả cũng sử dụng cách tiếp cận dựa vào thân khí sinh cá lẻ được chia thêm 3 nhóm tuổi là: Non (1-2 tuổi); trung bình (2-3 tuổi) và già (trên 3 tuổi). Các tác giả đã xây dựng phương trình dự báo sinh khối cho 2 loài nứa và vầu đấng là: Vầu đấng: $AGB = 0,2184 \times D^{1,8517}$; Nứa (*B. chirostachyoides*) $AGB = 0.5043 \times D^{1,4587}$. Về nhân tố ảnh hưởng đến độ chính xác của phương trình, Vu Tan Phuong et. al (2012) [98] cho rằng việc thêm nhân tố chiều cao cây không làm tăng thêm độ chính xác của phương trình dự báo sinh khối và carbon. Bên cạnh đó, việc thêm cấp tuổi vào phương trình mặc dù làm tăng hồi quy phân vị có tính ổn định (robustness) nhưng lại làm giảm độ chính xác của phương trình. Vì vậy, các tác giả đề xuất đối với tre nứa thì không cần thêm nhân tố chiều cao và cấp tuổi vào phương trình dự đoán sinh khối.

Ly et. al, (2012) [112] khi so sánh lượng carbon tích lũy và hiệu quả kinh tế giữa rừng trồng Luồng và các hình thức sử dụng đất khác tại vùng miền núi phía Bắc cho biết sinh khối rừng trồng Luồng dao động từ 20-101 tấn/ha, tương đương carbon từ 9-45 tấn/ha (trung bình 17 tấn/ha). Lượng sinh khối trong vật rơi rụng dưới tán rừng dao động từ 0,91-3,37 tấn/ha, hàm lượng carbon trong sinh khối dao động từ 19-42%. Lượng carbon trong đất 0-70 cm là 1,2%, cao hơn ở trạng thái đất canh tác (1,13%) nhưng thấp hơn ở rừng tái sinh (1,33%). Việc chuyển đổi từ trồng cây hàng năm sang rừng trồng Luồng có thể làm tăng thêm lượng carbon tích lũy trong đất là 0,44 tấn/ha/năm. Tuy nhiên, việc chuyển đổi này sẽ ảnh hưởng đến an ninh lương thực và thu nhập của hộ vì rừng Luồng phải 4-5 năm sau mới cho thu nhập. Nghiên cứu cũng khẳng định rằng việc chuyển đổi từ cây nông nghiệp sang trồng Luồng có thể tạo ra các thu nhập khác cho hộ gia đình ngoài hoạt động nông nghiệp vì rừng trồng Luồng có thể cung cấp thêm các công việc, thu nhập khác cho người dân. Về tổng thể, thu nhập từ rừng trồng Luồng có thể cao hơn 49-89% so với các cây trồng hàng năm khác như lúa, ngô và sắn.

Nguyễn Xuân Đông (2016) [11] tổng sinh khối tươi của lâm phần rừng Vầu đấng biến động trong khoảng 54,53 tấn/ha đến 79,69 tấn/ha, trong đó sinh khối tươi chủ yếu tập trung ở cây Vầu đấng với lượng sinh khối tươi trung bình 56 tấn/ha (chiếm 83,5%) tổng sinh khối tươi toàn lâm phần, tiếp đó là sinh khối vật rơi rụng là

7,12 tấn/ha (chiếm 10,88%) và thấp nhất là sinh khối cây bụi thảm tươi là 3,64 tấn/ha (chiếm 5,62%).

Châu Quang Hiền (1981) [20] đã nghiên cứu “Kết cấu quần thể và quá trình phục hồi sau khai thác trắng của rừng tre Lồ ô (*Schizostachyum zollingeri* Stend) tại huyện Phước Long (Sông Bé)” đã chỉ ra phương thức khai thác trắng có ảnh hưởng tiêu cực đến sinh trưởng và phát triển, làm thay đổi cấu trúc, giảm sức sản xuất và hạn chế khả năng sản xuất liên tục của rừng Lồ ô, do đó phương thức chặt chọn là phù hợp. Hứa Vĩnh Tùng (2001) [56] khi nghiên cứu “Khai thác đảm bảo tái sinh và sử dụng tre Lồ ô cho nguyên liệu giấy” đã khảo nghiệm 4 công thức cho thấy: Cường độ khai thác 25% và 50% số cây trong lâm phần có ảnh hưởng lớn đến sinh trưởng chiều cao và đường kính cây măng.

Lê Xuân Trường và cộng sự (2015) [61] đã lập 3 OTC ở Lâm trường Lương Sơn tỉnh Hòa Bình để nghiên cứu về sinh khối và carbon rừng Luồng tại Lương Sơn, Hòa Bình cho thấy tỷ lệ sinh khối tươi trong các bộ phận thân khí sinh, cành, lá và thân ngầm lần lượt là 56,5%; 20,7%; 9,9% và 12,9%. Tỷ lệ sinh khối khô tương ứng là 56,34%; 21,66%; 8,87% và 13,13%. Hàm lượng carbon tích lũy trong các bộ phận cây Luồng là 52,99%; 51,47%; 42,26%; 52,22% và 45,90% tương ứng với các bộ phận thân khí sinh, cành, lá, thân ngầm và rễ. Tuy nhiên, đây chỉ là nghiên cứu trên quy mô nhỏ.

1.2.4. Nghiên cứu về cây Luồng

Ở Việt Nam những nghiên cứu về Luồng được bắt đầu từ những năm đầu của thập kỷ 1960. Đến nay đã có khá nhiều công trình nghiên cứu về kỹ thuật nhân giống và gây trồng Luồng như của Phạm Văn Tích (1963) [47], Lê Nguyên và cộng sự (1971) [36]; Lê Quang Liên (1990, 2001) [28], [30]; Nguyễn Trường Thành (2002) [50]; Cao Danh Thịnh (2004) [53] nghiên cứu một số quy luật sinh trưởng và cấu trúc của rừng Luồng trồng thuần loài tại Thanh Hóa.

Việc tạo giống cây Luồng đã được nêu rõ trong Quyết định số 05/2000/QĐ-BNN-KHCN của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn về việc ban hành tiêu chuẩn ngành 04 TCN về quy phạm kỹ thuật trồng và khai thác cây Luồng, theo đó

rừng Luồng có thể được trồng bằng gốc, hom thân, hom chét hoặc cành chiết, trong đó trồng rừng Luồng bằng cành chiết là hiệu quả nhất.

Nghiên cứu của Nguyễn Ngọc Bình [4], [5] về đất trồng Luồng đã đưa ra kết luận về sự thích hợp của Luồng sinh trưởng từ tốt đến xấu trên 5 loại đất khác nhau. (i) Đất Feralit nâu đỏ phát triển trên đá Poocphia; (ii) Đất Feralit đỏ vàng phát triển trên phiến thạch sét biến hình tiếp xúc với poocphia; (iii) Đất Feralit phát triển trên đá vôi; (iv) Đất Feralit vàng đỏ phát triển trên phiến thạch Phyllit; (v) Đất Feralit nâu vàng phát triển trên phù sa cổ thượng lưu sông Âm. Cũng theo Nguyễn Ngọc Bình (2001) [6] Luồng sinh trưởng tốt nơi đất chua $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$: 4,8-5,9; $\text{pH}(\text{KCl})$: 4,2-5,0. Ở tầng đất mặt hàm lượng mùn và N tổng số tương quan rất chặt, hàm lượng K_2O trong đất tương quan tương đối chặt còn hàm lượng P_2O để tiêu lại tương quan không chặt với sinh trưởng về đường kính của cây luồng. Tác giả cũng cho rằng nên trồng Luồng theo phương pháp hỗn giao với cây họ Đậu như Keo để tránh cho đất bị suy thoái.

Nghiên cứu của Nguyễn Trường Thành (2002) [50] chỉ ra rằng Luồng sinh trưởng tốt, có chất lượng sản phẩm cao hơn nếu trồng hỗn giao với cây thân gỗ với độ tàn che thích hợp. Luồng được thâm canh sẽ cho năng suất và chất lượng cao hơn hẳn so với các phương thức canh tác khác. Việc bón phân trong thời gian ngắn chưa cho thấy sự khác biệt rõ rệt về sinh trưởng của Luồng.

Nghiên cứu một số cơ sở khoa học cho việc thâm canh rừng Luồng tại Thanh Hóa (Bùi Thị Huyền, 2015) [23] đã xây dựng được bảng tiêu chuẩn phân chia điều kiện lập địa thích hợp cho rừng Luồng và mô hình rừng Luồng mong muốn được xây dựng với 3 chỉ tiêu (i) số khóm thích hợp là 200 - 250 khóm/ha, (ii) số cây thích hợp là 16 cây/khóm, (iii) phân bố số cây mong muốn ở thời điểm sau khai thác lần lượt là: 1 non: 2 trung niên: 1 già, tương đương với 5 cây non, 9 cây trung niên và 5 cây già/khóm (mỗi cấp tuổi có 1 cây dự trữ).

Theo Cao Danh Thịnh (2009) [54] sinh trưởng của bụi Luồng và cây Luồng phụ thuộc rất nhiều vào hoàn cảnh sinh thái nơi cây Luồng sinh trưởng và phát triển, trong đó các nhân tố: độ ẩm, độ dày tầng đất, nguồn gốc đất và vị trí có ảnh hưởng rõ rệt nhất. Cũng từ kết quả nghiên cứu cho thấy nơi nào đất khô, độ dày tầng đất mỏng thì cây Luồng rất nhỏ và thấp.

Ngoài ra, phải kể đến nghiên cứu các giải pháp chống thoái hóa và phát triển bền vững rừng Luồng tại Thanh Hóa (Đặng Thịnh Triều, 2011) [58] đã đề xuất được các biện pháp canh tác, động thái dinh dưỡng để rừng Luồng phát triển bền vững.

Nghiên cứu về sâu bệnh hại, tác giả Nguyễn Thế Nhã (2003) [34] cây Luồng có khoảng 26 loài sâu hại, trong đó nặng nhất là 4 loài sâu hại măng, 6 loài sâu hại lá. Để phòng trừ các loài sâu này chúng ta phải dùng phương pháp phòng trừ tổng hợp (vừa dùng thuốc hóa học, vừa dùng phương pháp thủ công như bắt, giết.)

Nghiên cứu về cường độ khai thác Luồng, tác giả Trần Nguyên Giảng và cộng sự (1978) [12] cho thấy rằng nên áp dụng cường độ chặt vừa (chừa cây 1, 2 tuổi) là thích hợp và luân kỳ khai thác là 2 năm. Theo Lê Quang Liên (1995) [29] rừng Luồng nên áp dụng cường độ chặt vừa, lượng chặt bằng 1/3 sản lượng rừng và nên dùng luân kỳ khai thác là 1 năm. Mùa khai thác nên tiến hành vào mùa Luồng ngừng sinh trưởng. Sau khai thác phải dọn sạch ngọn, cành nhánh xếp thành đống, cuốc xung quanh cách khóm rộng 1m, sâu 20-25 cm, phủ rác vào gốc để giữ ẩm. Mùa khai thác nên tránh mùa ra măng để hạn chế việc cây đổ làm hỏng măng non, tốt nhất là khai thác vào mùa khô từ tháng 11 đến tháng 3 năm sau. Cũng theo nghiên cứu của Mai Xuân Phương (2001) [38] đã cho thấy phương thức khai thác phù hợp đối với cây Luồng là khai thác chọn theo tuổi các cây trong khóm. Tuổi chặt phù hợp nhất là cây tuổi 3, các cây trù lại là các cây tuổi 1 và tuổi 2 để đẻ măng và nuôi măng.

Theo Đỗ Văn Bản (2005) [2] hàng năm 50% số tre được thu hoạch từ một số loài tre với đặc điểm bề dày thân khí dày như Luồng, Tre tàu (*Dendrocalamus latiflorus* Munro), Mạ sang, Tre gai, và Là ngà nam bộ sẽ đưa vào sử dụng làm nguyên vật liệu trong thời gian dài.

Nghiên cứu về sinh khối rừng Luồng tác giả Đỗ Như Chiên (2000) [7] với công trình “*Bước đầu nghiên cứu một số đặc điểm cấu trúc và sinh khối rừng Luồng (Dendrocalamus membranaceus Munro) tại Lương Sơn, Hòa Bình*” đã xây dựng một số biểu chuyên dụng phục vụ công tác điều tra và kinh doanh rừng Luồng. Tác giả cũng kết luận rằng tổng lượng sinh khối của thân cây có mối quan hệ chặt chẽ với các nhân tố điều tra ($D_{1,3}$, Hvn).

Đến nay các công trình nghiên cứu về cây Luồng cũng tương đối toàn diện, ngoài những nghiên cứu về nhân giống, gây trồng, cường độ khai thác,... còn có các nghiên cứu về tích lũy carbon, có thể kể đến một số các nghiên cứu điển hình sau: Đặng Thịnh Triều (2014) [60] sinh khối của rừng Luồng dao động lớn và phụ thuộc vào mật độ và kích thước cây. Nếu áp dụng theo phương pháp của Proyuth (2012), với 71.139 ha Luồng thì tổng lượng carbon trên mặt đất của rừng Luồng hiện nay ở Thanh Hóa là khoảng 1,22 triệu tấn (4,25 triệu tấn CO₂). Với số lượng Luồng khai thác hàng năm là 42 triệu cây, giả sử lượng khai thác bằng với số lượng Luồng sinh ra hàng năm thì mỗi ha rừng Luồng sẽ tích lũy được 3,7 tấn carbon/ha/năm hay 12,9 tấn CO₂/ha/năm (chỉ tính riêng cây Luồng) và tổng lượng carbon của Luồng tại Thanh Hóa có thể tích lũy được là 264.531 tấn/năm.

Theo Nguyễn Thị Diệu Thúy (2012) [55] trong đề tài “nghiên cứu khả năng tích lũy carbon của một số mô hình rừng Luồng gây trồng tại tỉnh Thanh Hóa” đã chỉ ra được lượng carbon rừng luồng tại huyện Ngọc Lặc là lớn nhất, dao động từ 14,73 - 24,9 tấn/ha, tiếp đến là lượng carbon tại huyện Lang Chánh, dao động từ 12,89 - 17,59 tấn/ha, tại huyện Bá Thước hàm lượng carbon dao động từ 9,89 - 17,69 tấn/ha. Lượng carbon tỷ lệ thuận với mật độ cây và đường kính thân khí sinh. Mật độ, đường kính thân khí sinh lớn thì lượng carbon tích lũy cũng sẽ lớn và ngược lại.

Ngô Kim Khôi (2003) [24] đã tiến hành lập biểu sản lượng rừng Luồng dựa vào biểu thể tích và trọng lượng một nhân tố với chỉ tiêu cấu thành biểu là đường kính ngang ngực và biểu cấp đất với chỉ tiêu cấu thành biểu là đường kính góc bụi. Tuy nhiên, các kết quả nghiên cứu này mới dừng lại ở mức thăm dò, chưa có phạm vi, quy mô và phương pháp tiếp cận chính xác, tiên tiến và toàn diện.

Theo Phạm Văn Điền và cộng sự (2006) [10] khi nghiên cứu đặc điểm cấu trúc hợp lý cho rừng tre nửa xen gỗ tại xã Bình Hẻm, huyện Lạc Sơn, tỉnh Hòa Bình đã đề xuất cấu trúc hợp lý cho nhóm cây nửa với 2 chỉ tiêu là: (i) số cây thích hợp trên khóm, (ii) phân bố số cây hợp lý theo cấp tuổi. Đối với rừng tre nửa, nhóm tác giả cũng đề xuất mô hình rừng mong muốn gồm 3 chỉ tiêu: (i) mật độ khóm, (ii) số cây thích hợp trên khóm, (iii) phân bố số cây hợp lý theo cấp tuổi.

1.3. Nhận xét và đánh giá chung

Điêm qua các công trình nghiên cứu trên thế giới và trong nước về các vấn đề có liên quan có thể rút ra một số nhận xét sau đây:

Việc nghiên cứu sinh khối và tích lũy carbon rừng trồng trên thế giới cũng đã được tiến hành rất đa dạng và phong phú. Nhìn chung, các tác giả đã định lượng được khả năng tích lũy carbon của một số loại rừng trồng chủ yếu, qua đó cũng khẳng định giá trị của rừng trồng trong việc hạn chế sự nóng lên của trái đất thông qua khả năng tích lũy carbon của rừng. Đối với Luồng, việc nghiên cứu sinh khối và khả năng tích lũy carbon đã được tiến hành nghiên cứu nhưng còn rất ít, đặc biệt là chưa có những đánh giá về động thái carbon rừng Luồng theo tuổi rừng, trong đó có lượng carbon được lấy ra khỏi rừng hàng năm và trong toàn bộ quá trình kinh doanh.

Tại Việt Nam, nghiên cứu khả năng tích lũy carbon của rừng là những vấn đề cũng đã được quan tâm rất lớn. Các công trình nghiên cứu đã có những kết quả đáng ghi nhận và đã cung cấp được nhiều thông tin về sinh khối cũng như lượng carbon tích lũy được của một số loại rừng trồng và rừng tự nhiên.

Trong thời gian qua đã có nhiều công trình nghiên cứu về cây Luồng từ khâu tạo giống tới kỹ thuật trồng, thâm canh rừng, khai thác, sâu bệnh hại,... nhằm đáp ứng những yêu cầu ban đầu về kỹ thuật trồng và kinh doanh rừng Luồng. Tuy nhiên, giá trị về môi trường, chưa được đề cập nhiều, chưa có công trình nào nghiên cứu một cách đầy đủ và có hệ thống về động thái tích lũy carbon của rừng Luồng nhằm lượng hóa đầy đủ giá trị môi trường của rừng Luồng mang lại trong suốt quá trình kinh doanh.

Hiện nay, các nghiên cứu về sinh khối và carbon rừng tre nứa trên thế giới và ở Việt Nam đều phân chia rừng thành các bể chứa sinh khối và carbon khác nhau, phương pháp nghiên cứu được áp dụng chủ yếu là sử dụng cây tiêu chuẩn, lấy mẫu sinh khối các bộ phận cây đem sấy khô và phân tích hàm lượng carbon ở phòng thí nghiệm hoặc sử dụng hệ số chuyển đổi từ sinh khối sang carbon do IPCC (2003) [86] đề xuất. Phương pháp nghiên cứu này là khá thông dụng và mang lại độ chính xác cao, đặc biệt là trong bối cảnh ở Việt Nam chưa có nhiều nghiên cứu cơ bản về vấn đề này. Đây cũng là cách tiếp cận mà luận án sử dụng để nghiên cứu trong đề tài.

Chương 2

NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nội dung nghiên cứu

Để đạt được các mục tiêu nghiên cứu, đề tài đặt ra các nội dung nghiên cứu sau:

- Nghiên cứu sinh khối cây cá lẻ Luồng.
- Nghiên cứu sinh khối rừng Luồng trồng thuần loài tại Thanh Hóa.
- Nghiên cứu khả năng tích lũy carbon của rừng Luồng trồng thuần loài tại

Thanh Hóa.

- Nghiên cứu động thái sinh khối và carbon tích lũy trong rừng Luồng trồng thuần loài tại Thanh Hóa

- Đề xuất các giải pháp góp phần quản lý bền vững, duy trì bể chứa carbon và xác định nhanh sinh khối, lượng carbon tích lũy trong rừng Luồng trồng thuần loài tại Thanh Hóa.

2.2. Khái quát điều kiện khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu thuộc 4 huyện: Ngọc Lặc, Lang Chánh, Bá Thước và Quan Hóa, các huyện này là huyện miền núi cao nằm ở phía Tây và Tây Bắc của tỉnh Thanh Hóa với tổng diện tích tự nhiên là 284.488,8 ha, diện tích có rừng đạt 202.773 ha, trong đó diện tích trồng Luồng là 59.268 ha, chiếm 29,2% diện đất có rừng.

Khu vực nghiên cứu có độ cao trung bình từ 400 - 700m, độ dốc 15-35°. Khu vực nghiên cứu có khí hậu nhiệt đới gió mùa, một năm có 2 mùa rõ rệt: mùa đông lạnh có sương giá, sương muối, ít mưa, độ ẩm thấp; mùa hè nóng có gió mùa Tây Nam, thường xuyên xảy ra giông bão từ tháng 7 - 10. Nhiệt độ không khí trung bình năm 23-24°C; biên độ nhiệt ngày từ 5-7,5°C, nhiệt độ tối cao tuyệt đối 39-41°C, tối thấp tuyệt đối 1- 2°C. Tổng số giờ nắng trong năm từ 1.600-1.900 giờ, tổng nhiệt độ cả năm 8.600 - 8.700°C. Tổng lượng mưa trung bình năm từ 1600-2200 mm, lượng mưa phân bố không đều, tập trung từ tháng 5 đến tháng 10, nhiều nhất từ tháng 7 - 9 (chiếm 85% lượng mưa cả năm).

Tại 4 huyện nghiên cứu có các loại đất chính là: đất feralit vàng đỏ, đất feralit vàng đỏ phát triển trên các loại đá sét, đất feralit trên núi đá vôi, đất feralit

nâu đỏ phát triển trên đá macma bazơ và trung tính, đất feralit vàng đỏ trên đá trầm tích và biến chất. Tầng đất trung bình dày từ 50 - 100 cm, thành phần cơ giới chủ yếu là thịt trung bình, tỷ lệ đá lẫn trung bình. Nhìn chung, đất đai phù hợp với nhiều loại cây trồng, nhất là các loại cây lâm nghiệp, trong đó có cây Luồng.

Theo kết quả tổng điều tra dân số và nhà ở năm 2019, dân số tại 4 huyện có 65.132 hộ với 303.502 nhân khẩu, bình quân 4,6 người/hộ. Mật độ dân số trung bình 83 người/km², tỷ lệ tăng dân số 1,06%. Trên địa bàn khu vực nghiên cứu có trên 7 dân tộc sinh sống, chủ yếu là người Thái (chiếm 53,5%), Mường (chiếm 31%), Kinh (chiếm 13,5%) Mông (chiếm 1,5%), các dân tộc khác như Giao, Khơ Mú, Hoa, Mán, Sán Dìu, chỉ chiếm 0,5% dân số. Nguồn nhân lực dồi dào nhưng chất lượng thấp. Tổng số người trong độ tuổi lao động có 133.916 người, chiếm 44,1%, tình hình dân cư sinh sống tương đối ổn định.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

2.3.1. Quan điểm và cách tiếp cận

2.3.1.1. Quan điểm của đề tài:

- Nghiên cứu động thái sinh khối và carbon tích lũy của rừng Luồng dựa trên **quan điểm định lượng**, đề tài sẽ không nghiên cứu động thái (sự thay đổi trạng thái cây và rừng) trong quá trình phát triển như quá trình sinh măng, sinh trưởng và phát triển của cây,... mà chỉ tập trung định lượng sinh khối và lượng carbon tích lũy của rừng tại thời điểm nghiên cứu cũng như động thái của nó theo tuổi rừng, trong đó có sinh khối và lượng carbon trên rừng và đã lấy ra khỏi rừng trong quá trình kinh doanh.

- Rừng Luồng được tạo nên bởi các cây cá lẻ, do đó luận án sẽ nghiên cứu động thái sinh khối và carbon tích lũy của cây cá lẻ và rừng Luồng. Ngoài ra, các thành phần khác của rừng Luồng như lớp cây bụi thảm tươi, vật rơi rụng cũng sẽ được đề tài nghiên cứu về sinh khối và lượng carbon tích lũy.

2.3.1.2. Cách tiếp cận

- *Tiếp cận hệ thống:*

Nghiên cứu sinh khối sẽ là tiền đề để xác định lượng carbon tích lũy. Sinh khối và lượng carbon tích lũy sẽ được nghiên cứu một cách hệ thống từ các thành phần của cây như thân khí sinh, cành, lá, thân ngầm và rễ; phân tích hàm lượng

carbon có trong các bộ phận cây cá lẻ rồi từ đó xác định sinh khối và lượng carbon tích lũy của rừng Luồng.

- Tiếp cận nghiên cứu trên các ô định vị và tạm thời

Để xác định được động thái sinh khối và carbon tích lũy của Luồng đề tài đã bố trí các ô nghiên cứu định vị theo dõi liên tục trong thời gian 3 năm ở các cấp tuổi rừng, kết hợp với hệ thống ô nghiên cứu tạm thời bố trí ở các cấp tuổi ở các địa điểm nghiên cứu.

- Theo tuổi cây và đường kính thân cây khí sinh

Tuổi cây và đường kính thân cây khí sinh Luồng có ảnh hưởng đến sinh khối và lượng carbon tích lũy trong cây cá lẻ, vì vậy đề tài đã tiếp cận theo tuổi cây và đường kính thân cây khi điều tra, lựa chọn cây tiêu chuẩn để xác định sinh khối, lượng carbon tích lũy trong cây cá lẻ Luồng cũng như của lâm phần. Tuổi cây cá lẻ được xác định từ khi măng hình thành đến khi khai thác.

- Tiếp cận theo tuổi rừng:

Rừng Luồng là một đối tượng rất đặc thù, trong quá trình sinh trưởng và phát triển, hàng năm một lượng cây Luồng đã được khai thác và lấy ra khỏi rừng, tuổi rừng càng lớn thì sinh khối và lượng carbon lấy ra khỏi rừng càng nhiều. Vì vậy, để có thể tính toán đầy đủ động thái sinh khối và carbon tích lũy của rừng Luồng, đề tài đã tiếp cận theo tuổi rừng.

- Tiếp cận theo địa điểm nghiên cứu:

Mỗi địa điểm có tính đặc thù riêng về điều kiện đất đai và khí hậu, địa hình, do đó nó có ảnh hưởng đến sinh trưởng, qua đó ảnh hưởng tới sinh khối và lượng carbon tích lũy trong rừng. Trong quá trình nghiên cứu đề tài sẽ tiếp cận theo các địa điểm nghiên cứu, nghĩa là sinh khối và lượng carbon tích lũy của rừng cũng như động thái của chúng sẽ được tính toán cụ thể cho từng địa điểm nghiên cứu.

- Tiếp cận mô hình hóa:

Để nhanh chóng đưa các kết quả nghiên cứu của đề tài luận án vào thực tiễn sản xuất, đặc biệt là với đối tượng đặc thù rừng Luồng là cây mọc cụm, việc xác định sinh khối và carbon tích lũy rừng gặp nhiều khó khăn và tốn kém, từ các kết quả nghiên cứu thu được đề tài sẽ xây dựng các mô hình xác định nhanh sinh khối,

lượng carbon tích lũy trong cây cá lẻ cũng như của rừng Luồng dựa vào các nhân tố điều tra để đo đếm của lâm phần.

2.3.2. Phương pháp thu thập thông tin và số liệu thứ cấp

Đề tài kế thừa các nguồn thông tin, số liệu, tài liệu, công trình nghiên cứu đã có, cụ thể như sau:

- Số liệu, tài liệu về điều kiện tự nhiên, kinh tế - xã hội của tỉnh Thanh Hóa và 4 huyện Quan Hóa, Ngọc Lặc, Lang Chánh và Bá Thước.

- Số liệu về hiện trạng tài nguyên rừng Luồng của tỉnh Thanh Hóa, bản đồ hiện trạng rừng, các tài liệu có liên quan thu thập từ Sở Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, Chi cục Kiểm lâm, Trung tâm Khuyến nông tỉnh, các phòng ban và Hạt Kiểm lâm, Trạm khuyến nông của 4 huyện nghiên cứu.

- Các phương pháp, kết quả nghiên cứu có liên quan đến khả năng tích lũy sinh khối và carbon của rừng trồng, đặc biệt là rừng tre nứa.

2.3.3. Phương pháp điều tra, thu thập số liệu ngoài hiện trường

2.3.3.1. Lựa chọn địa điểm và lập OTC nghiên cứu

- Làm việc với Sở Nông nghiệp và phát triển Nông thôn, Chi cục Lâm nghiệp, Chi cục Kiểm lâm và các đơn vị có liên quan trên địa bàn tỉnh Thanh Hóa để thu thập các thông tin, số liệu cần thiết về diện tích và phân bố của rừng Luồng trên địa bàn tỉnh. Trên cơ sở đó đã lựa chọn ra 4 huyện có diện tích rừng Luồng phân bố tập trung với diện tích lớn nhất, có đủ các dạng lập địa trồng Luồng phổ biến tại địa phương để điều tra, thu thập số liệu, đó là các huyện: Ngọc Lặc, Lang Chánh, Bá Thước và Quan Hóa.

- Tại các huyện đã lựa chọn (Ngọc Lặc, Lang Chánh, Bá Thước và Quan Hóa), tiến hành làm việc với Hạt kiểm lâm, Phòng kinh tế và các đơn vị liên quan để tìm hiểu đặc điểm phân bố, diện tích của rừng Luồng theo từng xã cụ thể. Trên cơ sở đó, tại mỗi huyện chọn 3 xã có rừng Luồng phân bố tập trung nhiều, đảm bảo đầy đủ về cấp tuổi rừng và có đủ các dạng lập địa phổ biến để điều tra, thu thập số liệu. Dựa trên kết quả khảo sát, đã lựa chọn các xã tại các huyện như sau:

- + Huyện Ngọc Lặc lựa chọn 3 xã: Minh Sơn, Minh Tiến, Mỹ Tân..

- + Huyện Lang Chánh lựa chọn 3 xã: Tân Phúc, Quang Hiến, Đồng Lương.

+ Huyện Bá Thước lựa chọn 3 xã: Tân Lập, Điền Quang, Lương Trung.

+ Huyện Quan Hóa lựa chọn 3 xã: Nam Tiến, Hồi Xuân, Xuân Phú.

Đặc điểm đất đai trồng Luồng ở các xã này có độ dốc trung bình từ 15-35⁰, chủ yếu là đất xám feralit, có độ dày tầng đất từ 40-120cm. Nhiệt độ trung bình năm 23,5 - 24,5⁰C, lượng mưa trung bình năm đạt từ 1.240 - 1.950 mm, độ ẩm không khí bình quân/năm là 85 - 86%.

Tuổi rừng Luồng là số năm được tính từ khi bắt đầu trồng đến thời điểm điều tra rừng. Tuổi rừng được xác định dựa trên hồ sơ trồng rừng hoặc qua điều tra phỏng vấn các chủ rừng. Dựa trên kết quả điều tra, khảo sát, tiến hành phân chia tuổi rừng theo 6 cấp tuổi:

Cấp tuổi I: rừng từ 1 - 5 tuổi; Cấp tuổi II: rừng từ 6 - 10 tuổi;

Cấp tuổi III: rừng từ 11 - 15 tuổi; Cấp tuổi IV: rừng từ 16 - 20 tuổi;

Cấp tuổi V: rừng từ 21 - 25 tuổi Cấp tuổi VI: rừng trên 25 tuổi.

Các cấp tuổi này đều phân bố ở cả 12 xã nghiên cứu kể trên.

Tại mỗi huyện nghiên cứu, tiến hành lập 12 OTC diện tích 1000 m² (40 m x 25 m) để thu thập số liệu sinh trưởng, sinh khối và lượng carbon tích lũy trong rừng Luồng. Căn cứ lập OTC bao gồm đại diện cho tuổi rừng, Các OTC này phải đáp ứng về cấp tuổi rừng, đại diện cho lập địa phổ biến ở khu vực nghiên cứu, cường độ khai thác ở mức trung bình. Tổng số OTC đã lập là 48 OTC, trong đó mỗi cấp tuổi rừng là 8 OTC.

2.3.3.2. Điều tra, thu thập số liệu về mật độ và sinh trưởng Luồng

Trong mỗi OTC, tiến hành thực hiện các công việc sau:

- Đánh số hiệu từng khóm Luồng.

- Đánh số hiệu từng cây Luồng trong khóm.

- Xác định tuổi cây: Dựa vào phương pháp chuyên gia và kinh nghiệm của người dân địa phương, theo đó sẽ chia ra các tuổi: tuổi 1, tuổi 2, tuổi 3 và lớn hơn hoặc bằng tuổi 4, cụ thể như sau:

+ Tuổi 1: Thân khí sinh có màu xanh đậm, bóng, có ít phần trắng, các đốt có vòng lông trắng mịn, rễ khí sinh tại các đốt gốc có màu vàng nhạt, thịt cây trắng, mềm.

+ Tuổi 2: Thân khí sinh màu xanh nhạt có phần phớt trắng, rễ khí sinh có màu vàng hơi nâu, thịt cây trắng vàng.

+ Tuổi 3: Bên ngoài thân khí sinh thường xuất hiện các đốm nấm cộng sinh, thân cây có màu xanh vàng, thịt vàng hơn tuổi 2.

+ Tuổi 4 trở lên: Thân khí sinh chắc, bên ngoài có nhiều rêu mốc xanh, mốc trắng loang lổ dày hơn so với cây 3 tuổi, những chỗ không có rêu màu hơi vàng hoặc đỏ nhạt, thịt chuyển sang màu vàng nhạt.

- Tiến hành đo $D_{1.3}$ (cm) bằng thước kẹp kính và Hvn bằng thước đo cao của tất cả các cây Luồng trong OTC. Thời gian đo đếm số liệu từ tháng 9-12 của năm.

2.3.3.3. Phương pháp thu thập số liệu sinh khối và carbon

a) Phương pháp thu thập số liệu sinh khối cây cá lẻ Luồng

Dựa trên kết quả điều tra đề tài đã tiến hành phân chia đường kính cây Luồng theo các cấp kính < 8,0 cm, 8,0-8,9 cm, 9,0-9,9 cm, 10,0-10,9 cm, 11,0-11,9 cm, và ≥ 12 cm. Lập phân bố số cây theo các cấp kính đã phân chia làm cơ sở cho việc lựa chọn cây tiêu chuẩn. Số lượng cây chặt cho mỗi tuổi cây, cấp đường kính được căn cứ vào tỷ lệ phân bố số cây ở các tuổi cây và cấp đường kính ngang ngược. Tổng số cây tiêu chuẩn đã chặt là 192 cây, số cây được chặt cho mỗi tuổi là 48 cây.

- Thu thập số liệu sinh khối tươi cây cá lẻ

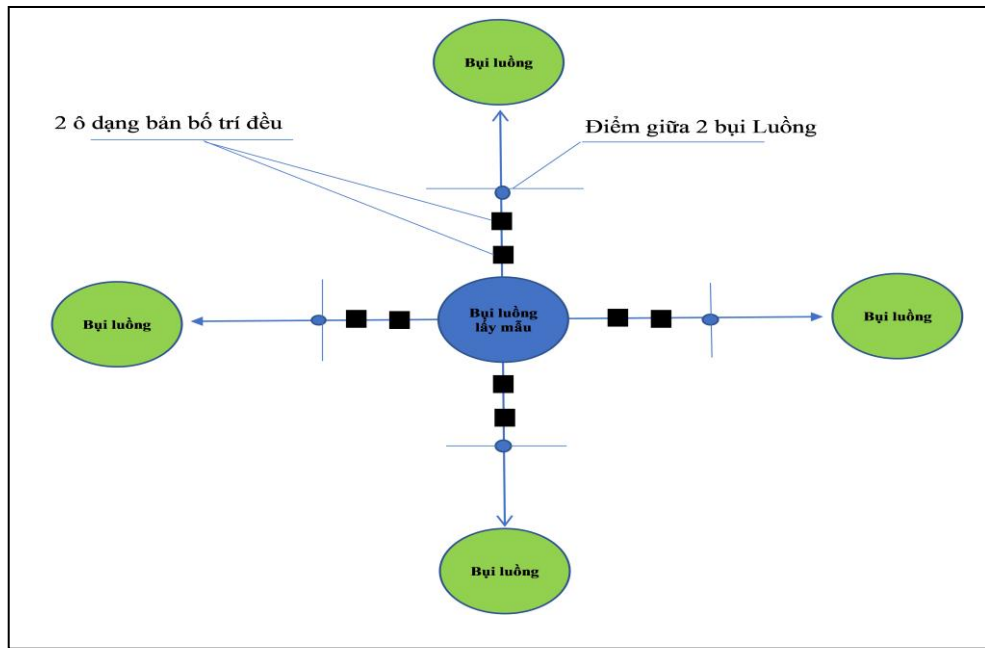
Sau khi đã xác định được cây tiêu chuẩn cần chặt hạ, sử dụng cưa tay để cưa ở vị trí sát mặt đất để hạ phần sinh khối trên mặt đất của cây tiêu chuẩn. Sau khi chặt hạ, tiến hành đo chính xác đường kính tại vị trí 1.3m bằng thước đo vành và chiều dài cây tiêu chuẩn bằng thước dây. Sau đó, phân chia phần sinh khối trên mặt đất của cây tiêu chuẩn ra 3 bộ phận gồm: Phần thân khí sinh, cành và lá của cây Luồng. Cắt ngay tại hiện trường để xác định sinh khối tươi của từng bộ phận cây tiêu chuẩn.

Đối với sinh khối thân ngầm, tiến hành đào thân ngầm dưới gốc cây tiêu chuẩn, loại bỏ sạch đất và đem cân để xác định sinh khối tươi của thân ngầm.

b) Thu thập số liệu sinh khối rễ Luồng

Do hệ rễ của Luồng là rễ chùm, ăn rộng theo bụi nên rất khó có thể xác định được chính xác rễ của cây tiêu chuẩn. Do vậy, đề tài thực hiện xác định sinh khối rễ

theo các ô dạng bản rồi từ đó tính ra tổng sinh khối rẫy của rừng Luồng. Tại mỗi huyện, ứng với mỗi cấp tuổi, tiến hành thu thập số liệu sinh khối rẫy tại 1 OTC. Trong OTC, xác định 1 bụi Luồng gần tâm OTC và bố trí 8 ô dạng bản diện tích $0,25 \text{ m}^2$ ($0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}$) để xác định sinh khối rẫy Luồng (xem hình 2.1).



Hình 2.1. Sơ đồ bố trí ô dạng bản xác định sinh khối rẫy Luồng

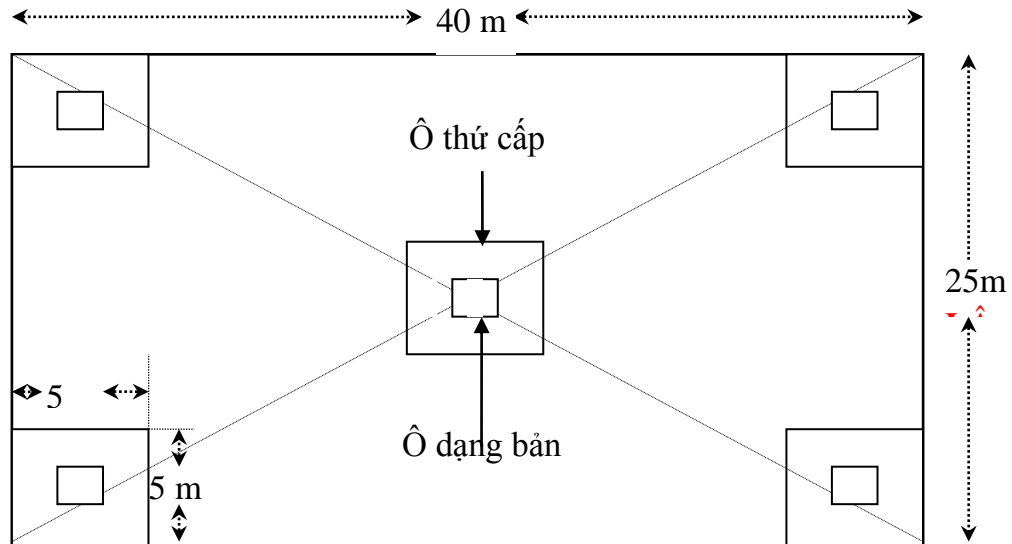
Trên ô dạng bản tiến hành đào đến độ sâu 50 cm, sau đó sàng và thu thập tất cả rẫy cây Luồng. Cân ngay tại rừng để xác định sinh khối tươi trong ô dạng bản. Tổng diện tích 8 ô dạng bản là 2 m^2 . Căn cứ vào diện tích và sinh khối rẫy trong 8 ô dạng bản ta sẽ tính được sinh khối rẫy trong ÔTC và trên 1ha rừng.

- Lấy mẫu xác định sinh khối khô cây cá lẻ Luồng

Lấy mẫu sinh khối cây cá lẻ Luồng đem về sấy trong phòng thí nghiệm ở 105°C đến khối lượng không đổi để xác định sinh khối khô. Tổng số mẫu để xác định sinh khối khô là 04 mẫu cho một cây cá lẻ, bao gồm: 01 mẫu thân khí sinh, 01 mẫu thân ngầm, 01 mẫu cành và 01 mẫu lá. Khối lượng của mẫu thân và mẫu cành là 1 kg/mẫu; mẫu lá và rẫy cây từ 0,3 kg/mẫu. Với mẫu thân khí sinh, tiến hành thu mẫu ở 3 vị trí: Vị trí gốc thân, vị trí 1/2 chiều dài thân khí sinh và vị trí ngọn (3/4 chiều dài thân khí sinh). Mỗi vị trí tiến hành dùng cưa cắt 1/2 của lóng phía trên và 1/2 của lóng phía dưới để lấy đủ cả phần lóng và phần đốt thân.

c) Thu thập số liệu sinh khối cây bụi thảm tươi

Trong mỗi OTC diện tích 1000 m², tiến hành lập 5 ô thứ cấp (4 ô ở 4 góc và 1 ô ở giữa OTC) diện tích 25m² (5m x 5m). Tổng số ô thứ cấp là 240 ô (mỗi huyện 60 ô).



Hình 2.2. Sơ đồ bố trí ô tiêu chuẩn, ô thứ cấp, ô dạng bản

- Sinh khối tươi: Trên các ô thứ cấp, dùng dao chặt và thu gom toàn bộ cây bụi, thảm tươi phía trên mặt đất. Sau khi chặt cần phân thành từng bộ phận: thân, cành và lá. Cân tươi ngay tại rừng để xác định sinh khối tươi.

- Lấy mẫu: Các bộ phận cây bụi thảm tươi sẽ được lấy mẫu để sấy xác định sinh khối khô, mỗi loại bộ phận: thân + cành, lá cây bụi thảm tươi lấy 0,5kg mẫu.

d) Thu thập số liệu sinh khối vật rơi rụng:

- Trong ô thứ cấp 25m² bố trí 1 ô dạng bản diện tích 1m² ở giữa ô, tiến hành thu gom toàn bộ vật rơi rụng, sau đó cân từng bộ phận ngay tại hiện trường thu được kết quả sinh khối tươi vật rơi rụng.

- Lấy mẫu để xác định sinh khối khô là 0,3 kg.

e) Xác định sinh khối Luồng được lấy ra khỏi rừng trong quá trình kinh doanh

Đề tài đã bố trí các ô nghiên cứu định vị để theo dõi việc khai thác Luồng của người dân trong thời gian 3 năm liên tục (2016-2018). Tại mỗi huyện, ứng với mỗi cấp tuổi rừng bố trí 1 OTC định vị để theo dõi. Tổng số OTC theo dõi là 24 OTC. Hàng năm, thống kê, thu thập các số liệu về tuổi, đường kính, chiều cao và sinh khối của từng cây Luồng được khai thác. Sinh khối Luồng được lấy ra khỏi rừng gồm

thân khí sinh và cành sẽ được cân ngay tại rừng để xác định sinh khối tươi. Lấy mẫu sinh khối tươi đem sấy khô đến khối lượng không đổi ta xác định được sinh khối khô. Tổng sinh khối khô của các cây đã khai thác trong 1 năm chính là tổng sinh khối khô đã được lấy ra khỏi rừng/năm.

2.3.4. Phân tích mẫu trong phòng thí nghiệm

2.3.4.1. Sấy mẫu để xác định sinh khối

Các mẫu (sinh khối các bộ phận cây Luồng, cây bụi thảm tươi, vật rơi rụng, rễ) sau khi lấy sẽ được đưa ngay tới phòng thí nghiệm để sấy khô ở 105⁰C đến khối lượng không đổi để xác định sinh khối khô cho từng bộ phận.

2.3.4.2. Phân tích hàm lượng carbon trong các mẫu sinh khối

+ Phân tích hàm lượng carbon trong các bộ phận cây Luồng: theo phương pháp của Walkey và Black. Đây là phương pháp phân tích thông dụng và ở nước ta đã được quy định thành tiêu chuẩn (TCVN 8941:2011). Nguyên lý của phương pháp xác định hàm lượng carbon trong thực vật là sử dụng ôxy hóa chất hữu cơ bằng dung dịch K₂Cr₂O₇ trong axit H₂SO₄. Tổng số mẫu đưa vào phân tích ở mỗi huyện là 48 mẫu, trong đó có 12 mẫu thân khí sinh, 12 mẫu thân ngầm, 12 mẫu cành và 12 mẫu lá (của 12 cây). Trong 12 cây lấy mẫu có 3 cây ở tuổi 1, 3 cây ở tuổi 2, 3 cây ở tuổi 3 và 3 cây ở tuổi ≥4.

+ Xác định lượng carbon trong cây bụi thảm tươi và vật rơi rụng: Đề tài sử dụng hệ số chuyển đổi từ sinh khối khô sang carbon được khuyến nghị bởi IPCC (2003) [86] (*Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*, trang 3.26) là 0,5.

2.3.5. Phân tích và xử lý số liệu

2.3.5.1. Xác định sinh khối

a. Xác định sinh khối cây cá lẻ

+ Sinh khối khô các bộ phận cây cá lẻ (thân, thân ngầm, cành, lá):

$$P_{ki} = \frac{m_{ki} \times P_{ii}}{m_i} \quad (\text{kg/cây}) \quad (2.1)$$

Trong đó: P_{ki}: sinh khối khô bộ phận i cây cá lẻ (thân, thân ngầm, cành, lá).

m_{ki}: khối lượng mẫu khô của bộ phận i sau khi sấy ở 105⁰C (kg)

P_{ti} : sinh khối tươi bộ phận i của cây cá lẻ (kg)

m_i : khối lượng mẫu tươi bộ phận i của cây cá lẻ (kg).

+ Tính sinh khối khô, tươi cây tiêu chuẩn (tính cho từng cây):

$$P_{i\text{-cây tc}} = P_{i\text{-TKS}} + P_{i\text{-C}} + P_{i\text{-L}} + P_{i\text{-TN}} \quad (\text{kg}) \quad (2.2)$$

Trong đó: $P_{i\text{-TKS}}$: sinh khối tươi hoặc sinh khối khô của thân khí sinh (kg).

$P_{i\text{-C}}$: sinh khối tươi hoặc sinh khối khô của cành cây (kg).

$P_{i\text{-L}}$: sinh khối tươi hoặc sinh khối khô của lá cây (kg).

$P_{i\text{-TN}}$: sinh khối tươi hoặc sinh khối khô của thân ngầm (kg).

+ Xác định sinh khối cây tiêu chuẩn trung bình cho 1 cặp kính và 1 cặp tuổi:

$$P_{\text{câyTB}} = \frac{P_i(\text{cây tc1}) + P_i(\text{cây tc2}) + \dots + P_i(\text{cây tcn})}{n} \quad (\text{kg}) \quad (2.3)$$

Trong đó: $P_{i(\text{cây tc})}$: sinh khối tươi hoặc sinh khối khô của cây tiêu chuẩn thứ i trong 1 cặp tuổi (kg/cây).

b. Xác định sinh khối cây Luồng

Sinh khối tầng cây Luồng được tính như sau:

$$P_{OTC} = (n_1 \times P_1 + n_2 \times P_2 + \dots + n_n \times P_n) / 1000 \quad (\text{tấn/OTC}) \quad (2.4)$$

Trong đó: P_{OTC} là sinh khối tươi, khô tầng cây Luồng trong OTC 1.000m²

n_1, \dots, n_n là số cây theo từng cặp cặp đường kính và tuổi cụ thể

P_1, \dots, P_n là sinh khối tươi, khô của cây tiêu chuẩn trung bình theo

từng cặp đường kính và tuổi cụ thể.

- Xác định sinh khối tươi, khô của tầng cây Luồng trong lâm phần:

$$P_p = \frac{P_{OTC} \times 10.000}{1.000} / 1000 \quad (\text{tấn/ha}) \quad (2.5)$$

c. Xác định sinh khối cây bụi thảm tươi:

- Sinh khối khô các bộ phận CBTT:

$$P_{ki} = \frac{m_{ki} \times P_{ti}}{m_i} \quad (\text{kg}) \quad (2.6)$$

Trong đó: P_{ki} : sinh khối khô bộ phận i CBTT (kg).

m_{ki} : khối lượng mẫu khô của bộ phận i sau khi sấy ở 105⁰C (kg)

P_{ti} : sinh khối tươi bộ phận CBTT (kg).

m_i : khối lượng mẫu tươi bộ phận i của CBTT (kg).

- Tính sinh khối tươi, khô của cây bụi thảm tươi trong 1 OTC (1.000m²):

$$P_{CBTT/OTC} = \frac{1.000 \times P_{i-CBTT}}{25 \times 5} \quad (\text{tấn}) \quad (2.7)$$

Trong đó sinh khối tươi, khô cây bụi thảm tươi trong 5 ô thứ cấp:

$$P_{i-CBTT} = \sum P_{i- \text{cây bụi, thảm tươi}} \quad (\text{kg}) \quad (2.8)$$

Trong đó: $P_{i- \text{cây bụi, thảm tươi}}$: sinh khối tươi hoặc sinh khối khô của cây bụi, thảm tươi trong ô thứ cấp thứ i (1 ô 25 m²) (kg).

- Tính sinh khối cây bụi thảm tươi trên 1 ha:

$$P_{CBTT/ha} = \frac{10000 \times P_{CBTT/OTC}}{1.000} / 1000 \quad (\text{tấn/ha}) \quad (2.9)$$

Trong đó: $P_{CBTT/OTC}$: sinh khối tươi hoặc khô của cây bụi thảm tươi trong OTC.

d. Xác định sinh khối vật rơi rụng:

- Sinh khối khô các bộ phận VRR:

$$P_{ki} = \frac{m_{ki} \times P_{ti}}{m_i} \quad (\text{kg}) \quad (2.10)$$

Trong đó: P_{ki} : sinh khối khô bộ phận i VRR (kg)

m_{ki} : khối lượng mẫu khô của bộ phận i sau khi sấy ở 105°C (kg)

P_{ti} : sinh khối tươi bộ phận i của VRR (kg)

m_i : khối lượng mẫu tươi bộ phận i của VRR (kg).

- Tính sinh khối tươi, khô vật rơi rụng trên 1 OTC:

$$P_{VRR/OTC} = \frac{1.000 \times P_{i-VRR}}{5 \times 1} \quad (\text{tấn/OTC}) \quad (2.11)$$

Trong đó sinh khối vật rơi rụng trong 5 ô dạng bản:

$$P_{i-VRR} = \sum P_{i- \text{cành, lá, mo}} \quad (\text{kg}) \quad (2.12)$$

Trong đó: $P_{i- \text{cành, lá, mo}}$: sinh khối tươi hoặc sinh khối khô của cành lá rơi rụng, thảm mục trong ô dạng bản thứ i (kg).

- Sinh khối tươi, khô vật rơi rụng tính cho 1 ha:

$$P_{VRR/ha} = \frac{10.000 \times P_{VRR/OTC}}{1.000} / 1000 \quad (\text{tấn/ha}) \quad (2.13)$$

Trong đó: $P_{VRR/OTC}$: sinh khối tươi hoặc khô của vật rơi rụng trong 1 OTC diện tích $1000m^2$ (tấn).

e) Xác định sinh khối rế

$$P_{R/ODB} = \frac{m_{ki} \times P_{ti}}{m_i} \times \quad (\text{kg}) \quad (2.14)$$

Trong đó: $P_{R/ODB}$: sinh khối khô rế trong ô dạng bản (kg)

m_k : khối lượng mẫu khô của rế (kg)

P_{ti} : sinh khối tươi mẫu rế (kg)

m_i : khối lượng mẫu tươi của rế (kg).

Sinh khối khô rế cây theo OTC và trên ha sẽ được quy đổi dựa trên sinh khối khô rế trong ô dạng bản.

f). *Tổng sinh khối tươi, khô toàn lâm phần*

Sinh khối tươi và sinh khối khô toàn lâm phần được tính bởi công thức:

$$P_{LP} = P_L + P_{CBTT} + P_{VRR} + P_R \quad (\text{tấn/ha}) \quad (2.15)$$

Trong đó: P_L : sinh khối tươi hoặc sinh khối khô của Luồng (tấn/ha). Để xác định P_L , luận án tiến hành thống kê số lượng cây cho từng cấp tuổi và từng cấp đường kính cụ thể trong từng OTC. Trên cơ sở kết quả tính toán sinh khối trung bình cây cá lẻ theo từng cấp tuổi và từng cấp đường kính, kết hợp với số cây ở từng cấp này, sẽ tính ra sinh khối cho cả OTC và rừng Luồng. Cụ thể như sau:

$$P_L = n_1 \times M_1 + n_2 \times M_2 + \dots + n_n \times M_n$$

n_1, \dots, n_n là số cây theo từng cấp cấp đường kính và tuổi cụ thể

P_1, \dots, P_n là sinh khối cây tiêu chuẩn trung bình theo từng cấp đường kính và tuổi cụ thể.

P_{CBTT} : sinh khối tươi hoặc sinh khối khô của tầng cây bụi thảm tươi (tấn/ha).

P_{VRR} : sinh khối tươi hoặc sinh khối khô của vật rơi rụng (tấn/ha).

P_R : sinh khối tươi hoặc khô của rế cây.

2.3.5.2. *Xác định lượng carbon tích lũy*

a) *Lượng carbon tích lũy trong cây cá lẻ:*

- Lượng carbon tích lũy trong các bộ phận cây cá lẻ:

$$M_i = P_{i\text{khô}} \times m_i \quad (\text{kg/cây}) \quad (2.16)$$

Trong đó: M_i là lượng carbon tích lũy bộ phận thứ i (thân, thân ngầm, cành, lá)
 $P_{i\text{khô}}$ là sinh khối khô của bộ phận thứ i (thân, thân ngầm, cành, lá)
 m_i là lượng (%) carbon tích lũy của mẫu phân tích từng bộ phận.

- Lượng carbon tích lũy trong cây cá lẻ:

$$M_{\text{cây cá lẻ}} = M_T + M_C + M_L + M_{TN} \text{ (kg/cây)} \quad (2.17)$$

Trong đó: $M_{\text{cây cá lẻ}}$ là lượng carbon tích lũy trong cây cá lẻ

M_{TKS} là lượng carbon tích lũy trong phần thân khí sinh

M_C là lượng carbon tích lũy trong cành cây

M_L là lượng carbon tích lũy trong lá cây

M_{TN} là lượng carbon tích lũy trong thân ngầm

b) Lượng carbon tích lũy của lâm phần Luồng

$$M_{OTC} = (n_1 \times M_1 + n_2 \times M_2 + \dots + n_n \times M_n) / 1000 \text{ (tấn/OTC)} \quad (2.18)$$

Trong đó: M_{OTC} là carbon tầng cây Luồng trong OTC 1.000m²

n_1, \dots, n_n là số cây theo từng cặp cấp đường kính và tuổi cụ thể

M_1, \dots, M_n là carbon cây tiêu chuẩn trung bình theo từng cấp đường kính và tuổi cụ thể.

- Xác định carbon tầng cây Luồng trong lâm phần ($M_{Luồng}$):

$$M_{Luồng} = (M_{OTC} \times 10.000 / 1000) / 1000 \text{ (tấn/ha)} \quad (2.19)$$

c) Lượng carbon tích lũy của tầng cây bụi, thảm tươi, vật rơi rụng và rễ

Được quy đổi từ sinh khối sang carbon theo hệ số 0,5 (IPCC, 2003) [86]

$$M_{CBTT} = P_{CBTT} \times 0,5 \text{ (tấn/ha);} \quad (2.20)$$

$$M_{VRR} = P_{VRR} \times 0,5 \text{ (tấn/ha);} \quad (2.21)$$

$$M_R = P_R \times 0,5 \text{ (tấn/ha).} \quad (2.22)$$

Với M_{CBTT} , P_{CBTT} : lượng carbon và sinh khối trong cây bụi thảm tươi (tính trên ha).

M_{VRR} , P_{VRR} là lượng carbon và sinh khối trong vật rơi rụng (tính trên ha).

M_R , P_R là lượng carbon và sinh khối trong rễ Luồng (tính trên ha).

d) Lượng carbon tích lũy toàn lâm phần rừng Luồng

$$M_{LP} = M_{Luồng} + M_{CBTT} + M_{VRR} + M_R \text{ (tấn/ha)} \quad (2.23)$$

Trong đó: M_{LP} lượng carbon tích lũy toàn lâm phần rừng Luồng

$M_{Luồng}$ lượng carbon tích lũy của Luồng

M_{CBTT} lượng carbon tích lũy cây bụi, thảm tươi

M_{VRR} lượng carbon tích lũy trong vật rơi rụng.

M_R là lượng carbon tích lũy trong rễ.

2.3.5.3. Phương pháp xây dựng tương quan giữa sinh khối, lượng carbon tích lũy cây cá lẻ và của rừng Luồng với các nhân tố điều tra lâm phần

Mô hình tương quan được xây dựng trên phần mềm SPSS 22.0.

- Đối với cây cá lẻ, tiến hành thăm dò theo các dạng hàm tuyến tính và phi tuyến tính: Linear, Logarithmic, Inverse, Quadratic, Cubic, Power, Compound, S, Logistic, Growth, Exponential,... Phương trình được lựa chọn phải là những phương trình có hệ số tương quan cao nhất, sai tiêu chuẩn nhỏ nhất, có hệ số gắn với các biến số đều tồn tại và là các dạng phương trình dễ áp dụng nhất.

- Đối với lâm phần, đề tài đã thử nghiệm thăm dò các dạng phương trình nhiều lớp sau:

$$Y = a_0 + a_1.X_1 + a_2.X_2 + a_3.X_3 + a_4.X_4$$

(2.24)

$$\ln Y = a_0 + a_1.\ln X_1 + a_2.\ln X_2 + a_3.\ln X_3 + a_4.\ln X_4 \quad (2.25)$$

Trong đó: Y: Tổng sinh khối tươi, khô, carbon toàn lâm phần.

X_1 : Đường kính ở vị trí 1,3m ($D_{1.3}$)

X_2 : Chiều cao vút ngọn (H_{vn})

X_3 : Mật độ lâm phần (N); X_4 : Tuổi rừng

Phương trình được lựa chọn phải là những phương trình có hệ số tương quan cao nhất, sai tiêu chuẩn nhỏ nhất, có hệ số gắn với các biến số đều tồn tại và là các dạng phương trình dễ áp dụng nhất.

2.3.5.4. Xác định động thái sinh khối, carbon tích lũy rừng trồng Luồng

Trên cơ sở số liệu thu thập về đường kính, tuổi cây được lấy ra khỏi rừng hàng năm, sử dụng mô hình dự báo sinh khối và carbon cây cá lẻ xây dựng ở mục trên để tính toán lượng carbon, sinh khối đã lấy ra khỏi rừng.

Chương 3

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Nghiên cứu sinh khối cây cá lẻ Luông

Sinh khối là lượng vật chất mà cây rừng và lâm phần tạo ra và tích lũy được trong một đơn vị thời gian. Trong nghiên cứu này, việc xác định sinh khối được coi là một bước quan trọng để xác định lượng carbon tích lũy trong cây cá lẻ và rừng Luông.

3.1.1. Sinh khối tươi cây cá lẻ

3.1.1.1. Sinh khối tươi cây cá lẻ theo đường kính và tuổi

Kết quả kiểm tra sự khác biệt về sinh khối tươi cây cá lẻ theo tuổi và các cấp kính giữa các địa điểm nghiên cứu khác nhau bằng tiêu chuẩn Kruskal - Wallis trên phần mềm ứng dụng SPSS 22.0 cho thấy xác suất $\chi^2 > 0,05$ (xem phụ lục 2) chứng tỏ giả thuyết H_0 được chấp nhận. Như vậy, sinh khối tươi trong cùng một tuổi và các cấp kính của cây cá lẻ giữa các địa điểm nghiên cứu là không có sự khác biệt. Từ đó luận án đã gộp số liệu về sinh khối tươi cây cá lẻ ở các địa điểm nghiên cứu lại, kết quả tính toán được tổng hợp ở bảng 3.1.

Bảng 3.1. Sinh khối tươi cây cá lẻ phân theo đường kính và tuổi cây

Cấp đường kính (cm)	Sinh khối theo tuổi cây (kg/cây)				
	1	2	3	≥ 4	Trung bình
< 8	19,9±1,1	22,4±2,2	22,3±2,4	23,0±2,9	22,0±2,5
8,0-8,9	24,1±2,3	27,2±7,1	28,7±3,9	29,3±2,6	27,4±5,2
9,0-9,9	30,9±5,3	34,5±5,5	36,6±3,4	35,9±7,3	34,3±5,7
10,0-10,9	35,9±4,3	38,6±2,9	39,5±8,6	39,2±5,4	38,3±6,0
11,0-11,9	38,4±5,3	42,9±7,6	43,5±9,2	43,8±7,1	41,0±7,4
≥12	43,6±4,1	47,7±6,5	47,9±2,7	48,2±1,8	46,5±7,1

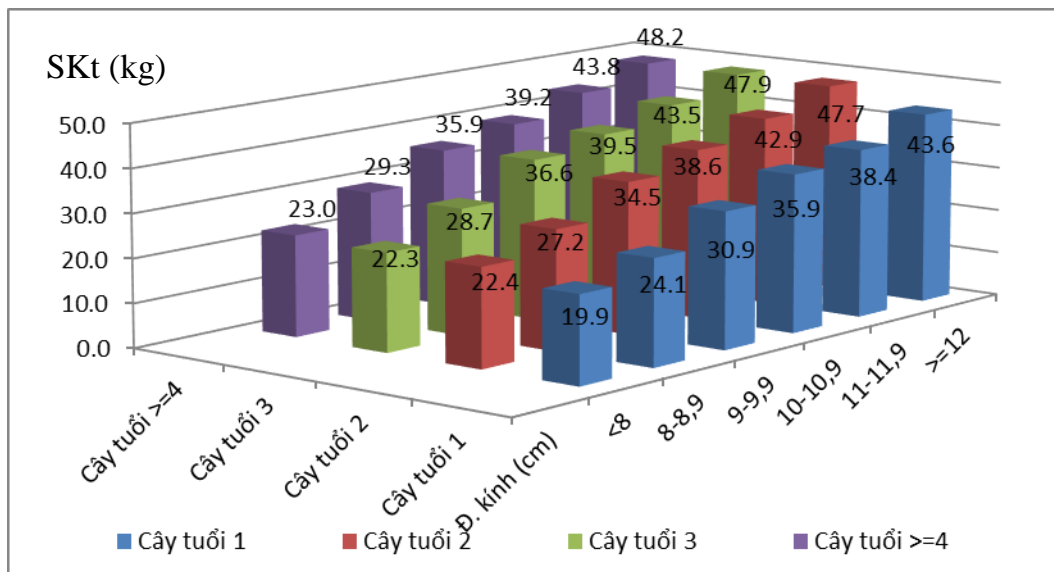
Từ số liệu ở bảng 3.1 cho thấy sinh khối tươi của cây cá lẻ Luông tỷ lệ thuận với đường kính và tuổi của cây, đường kính tăng lên sinh khối của cây cũng tăng theo. Xét trong cùng một tuổi, sinh khối tươi cây cá lẻ Luông tăng dần khi đường kính của cây tăng lên, đặc biệt là giữa tuổi 1 và tuổi 2.

+ Ở tuổi 1: cây có đường kính < 8 cm thì sinh khối tương ứng là 19,9 kg/cây, sang cấp kính 8,0 - 8,9 cm sinh khối cây cá lẻ tăng lên là 24,1 kg/cây (tăng 21,1%) và sinh khối đạt cao nhất khi đường kính của cây cũng đạt cao nhất là ≥ 12 cm là 43,6 kg/cây (tăng 119,1% so với sinh khối cấp kính < 8 cm).

+ Ở tuổi 2: cây có đường kính tăng dần theo các cấp kính thì sinh khối tươi cũng tăng theo và đạt cao nhất 47,7 kg/cây.

+ Ở tuổi 3: cây có tổng sinh khối tươi đạt thấp nhất là 22,3 kg/cây khi đường kính cây đạt 7cm, lượng sinh khối tươi cũng tăng dần theo đường kính của cây và đạt cao nhất là 47,9 kg/cây khi đường kính cây đạt lớn nhất là 12cm.

+ Ở tuổi ≥ 4 : tỷ lệ này cũng tuân theo quy luật là đường kính tăng thì sinh khối cũng tăng và sinh khối tươi cây cá lẻ Luồng dao động từ 23,0 - 48,2 kg/cây, tương ứng với cây từ tuổi 1 đến cây tuổi 4 (Hình 3.1).



Hình 3.1. Sinh khối của cây cá lẻ phân theo đường kính và tuổi

Xét trong cùng một cấp đường kính, sinh khối tươi của cây cá lẻ Luồng cũng tuân theo quy luật chung là tuổi cây tăng lên sinh khối cũng tăng theo, tuy nhiên sự khác biệt lớn chỉ xảy ra ở tuổi 1 và tuổi 2; sinh khối ở cây tuổi 3 và tuổi ≥ 4 không có sự khác biệt rõ rệt. Điều này cho thấy khi cây đạt ở tuổi 3 và ≥ 4 thì sinh khối của cây đã ổn định. Ví dụ, ở cấp đường kính < 8 cm: Sinh khối tươi cây cá lẻ của Luồng tăng dần khi tuổi cây tăng, sinh khối dao động từ 19,9 - 23,0 kg/cây, đạt cao nhất là cây tuổi ≥ 4 và thấp nhất là cây tuổi 1.

3.1.1.2. Cấu trúc sinh khối tươi cây cá lè

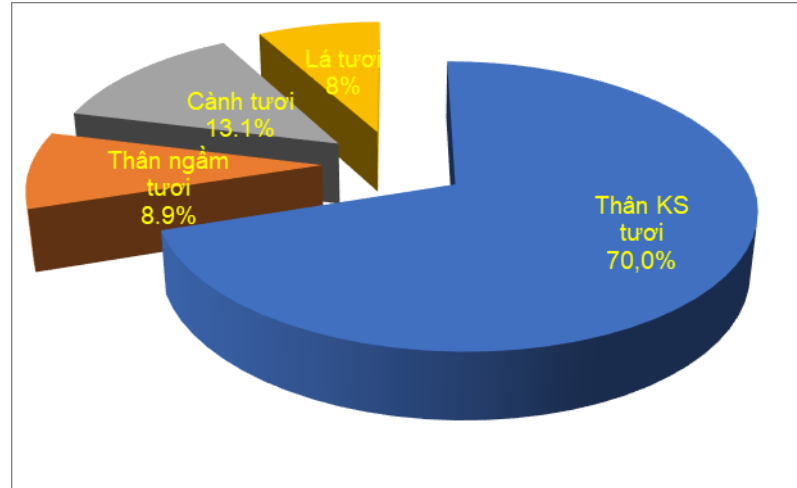
a) Cấu trúc sinh khối tươi cây cá lè theo đường kính

Kết quả tính toán tỷ lệ sinh khối các bộ phận của cây cá lè theo cấp đường kính được trình bày ở bảng 3.2.

Bảng 3.2. Cấu trúc sinh khối tươi các bộ phận cây cá lè Luồng theo đường kính

Đường kính (cm)	Thân khí sinh		Thân ngầm		Cành		Lá		Tổng SK (kg/cây)
	kg/cây	%	kg/cây	%	kg/cây	%	kg/cây	%	
< 8	14,2±2,1	64,4	2,3±0,6	10,3	3,3±1,2	15,1	2,2±0,7	10,2	22,0±2,5
8,0-8,9	18,9±3,9	69,1	2,4±0,6	8,8	3,7±1,6	13,6	2,3±0,8	8,5	27,4±5,2
9,0-9,9	23,8±3,8	69,3	3,0±0,6	8,8	4,7±1,8	13,7	2,8±1,3	8,2	34,3±5,7
10,0-10,9	26,8±4,2	70,0	3,3±0,5	8,7	5,1±2,0	13,3	3,0±1,4	8,0	38,3±6,0
11,0-11,9	29,5±5,2	72,0	3,7±0,7	9,1	4,9±1,7	11,9	2,9±1,4	7,0	41,0±7,4
≥12	33,7±4,1	72,5	3,9±0,6	8,4	5,4±1,4	11,6	3,5±1,2	7,5	46,5±4,8
Trung bình		70,0		8,9		13,1		8,0	

Về cấu trúc sinh khối tươi cây cá lè: Sinh khối tươi cây cá lè của Luồng chủ yếu tập trung ở phần thân khí sinh, sau đó đến sinh khối cành, sinh khối thân ngầm và thấp nhất là sinh khối lá. Tỷ lệ sinh khối thân khí sinh cây cá lè của Luồng dao động từ 64,4 - 72,5%, trung bình chiếm 70,0% tổng sinh khối của cây. Tiếp theo là sinh khối cành dao động từ 11,6 - 15,1%, trung bình là 13,1%. Thân ngầm là bộ phận quan trọng thứ 3 của cây, với tỷ lệ đóng góp sinh khối dao động từ 8,4 - 10,3%, trung bình chiếm 8,9%. Lá là bộ phận đóng góp lượng sinh khối ít nhất, dao động từ 7,0 - 10,2%, trung bình đạt 8,0% tổng sinh khối tươi cây cá lè. Cấu trúc sinh khối tươi của cây cá lè Luồng được thể hiện rõ hơn ở hình 3.2.



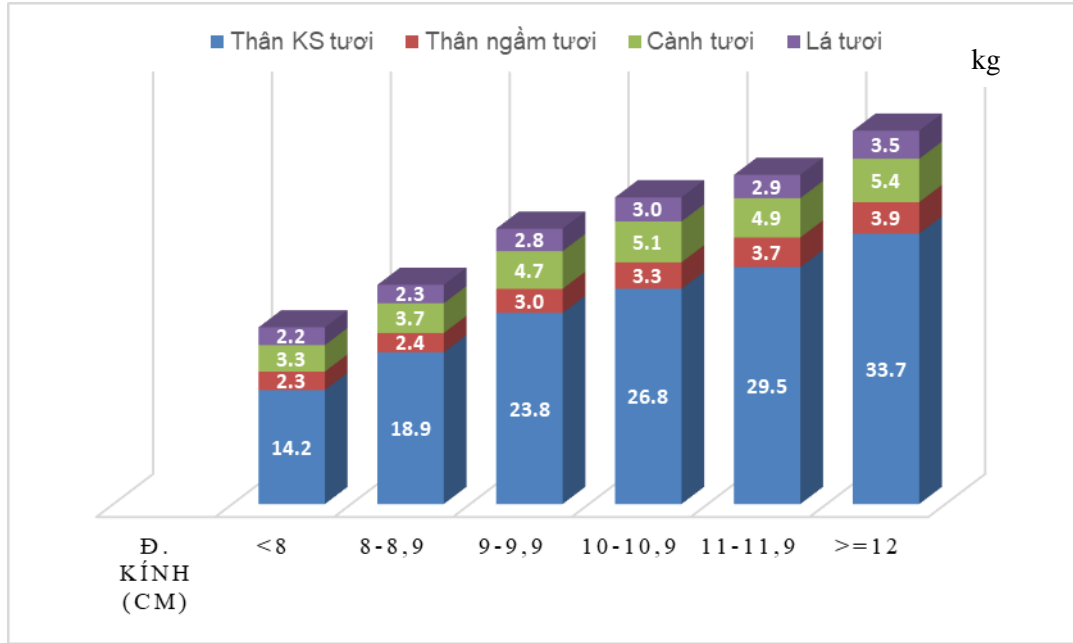
Hình 3.2. Cấu trúc sinh khối tươi cây cá lẹ Luồng tại tỉnh Thanh Hóa

Về sinh khối cây cá lẹ theo các cấp kính: Sự thay đổi về đường kính của cây cá lẹ dẫn đến thay đổi lớn về sinh khối của thân khí sinh, sinh khối các bộ phận khác như thân ngầm, cành và lá chỉ có sự thay đổi nhỏ.



Ảnh 3.1. Chặt hạ cây tiêu chuẩn

Cụ thể, khi đường kính của cây < 8 cm sinh khối thân khí sinh là 14,2 kg/cây, đường kính của cây tăng lên cấp kính 8,0-8,9 cm sinh khối thân khí sinh cũng tăng theo và đạt 18,9 kg/cây (tăng 33,1%). Sinh khối thân khí sinh tăng dần theo cấp kính và đạt cao nhất là 33,7 kg/cây. Khi cấp đường kính của cây đạt ≥ 12 cm (tăng 137,3% so với cấp kính < 8 cm). Lượng sinh khối tươi của cây cá lẹ Luồng theo cấp đường kính được thể hiện qua hình 3.3.



Hình 3.3. Sinh khối tươi của cây cá lẻ Luồng theo cấp đường kính

Tổng sinh khối tươi của một cây cá lẻ Luồng (trừ rễ) dao động từ 22,0 - 46,5 kg/cây ứng với cấp đường kính từ < 8 cm đến ≥ 12 cm, con số này cao hơn từ 1,3 - 1,8 lần so với sinh khối tươi của cây Luồng tại Lương Sơn, Hòa Bình (16,1 - 24,7 kg/cây) (Lê Xuân Trường và cộng sự, 2015) [61].

b) Cấu trúc sinh khối tươi cây cá lẻ theo tuổi

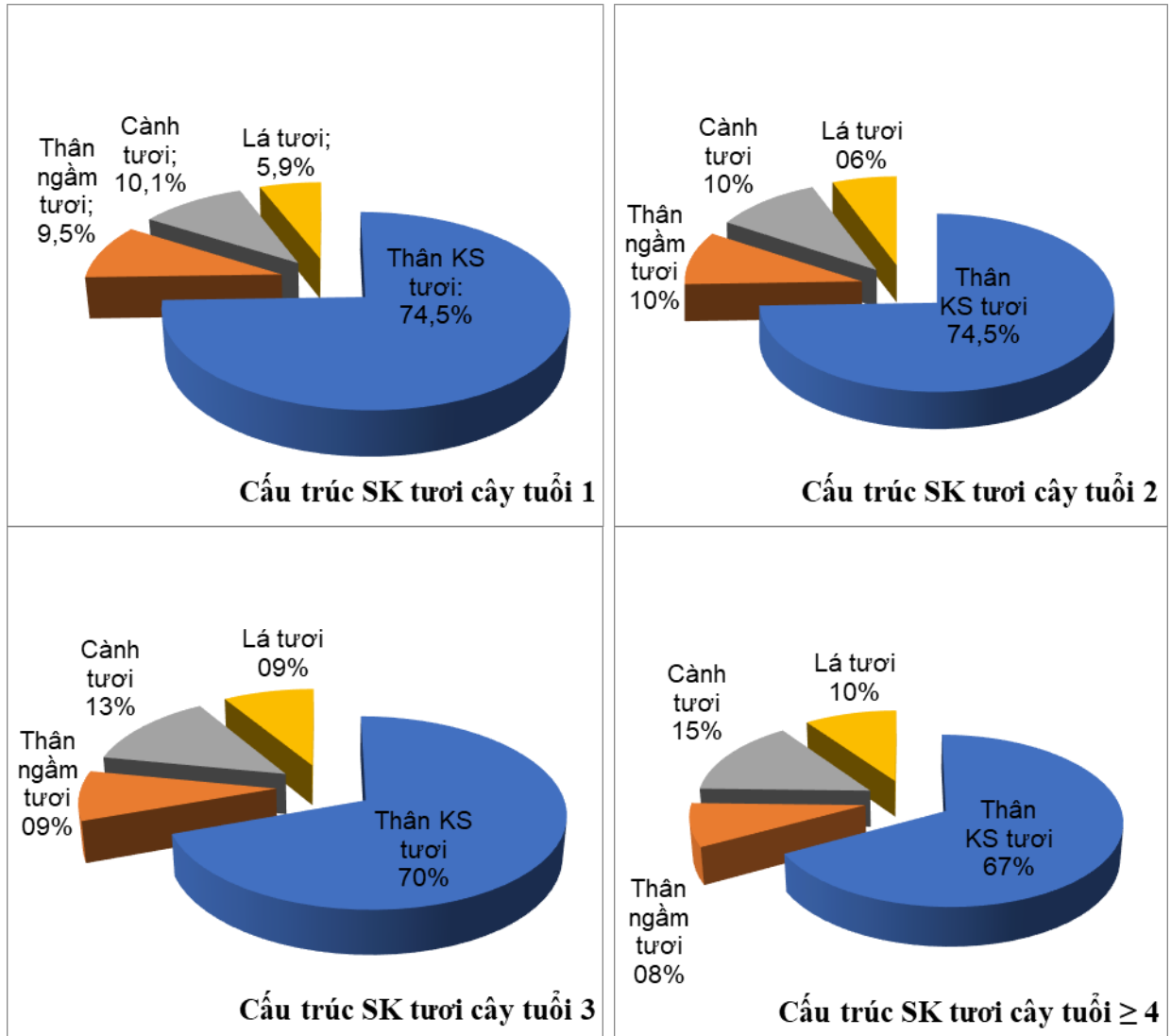
Kết quả nghiên cứu sinh khối cây cá lẻ theo tuổi được trình bày ở bảng 3.3.

Bảng 3.3. Cấu trúc sinh khối tươi cây cá lẻ của Luồng theo tuổi cây

Tuổi cây	Đường kính (cm)	Thân khí sinh		Thân ngầm		Cành		Lá		Tổng kg/cây
		kg/cây	%	kg/cây	%	kg/cây	%	kg/cây	%	
1	< 8	13,3±0,9	67,0	2,8±0,7	14,3	2,2±1,1	11,3	1,5±0,3	7,5	19,9
	8,0-8,9	17,5±1,9	72,5	2,2±0,2	9,1	2,7±0,5	11,1	1,8±0,4	7,3	24,1
	9,0-9,9	22,8±4,1	73,8	2,9±0,5	9,2	3,4±0,9	10,9	1,9±0,5	6,1	30,9
	10,0-10,9	27,7±4,0	77,1	3,5±0,5	9,6	2,9±0,6	8,0	1,9±0,5	5,3	35,9
	11,0-11,9	28,8±4,2	74,9	3,6±0,5	9,4	4,0±1,0	10,4	2,1±0,3	5,4	38,4
	≥12	32,6±3,3	74,7	3,9±0,4	8,9	4,6±0,7	10,5	2,6±0,5	5,9	43,6
	TB			74,5		9,5		10,1		5,9

Tuổi cây	Đường kính (cm)	Thân khí sinh		Thân ngầm		Cành		Lá		Tổng kg/cây
		kg/cây	%	kg/cây	%	kg/cây	%	kg/cây	%	
2	< 8	14,0±1,0	62,3	1,9±0,3	8,6	4,0±1,5	17,9	2,5±0,5	11,3	22,4
	8,0-8,9	19,3±5,6	70,9	2,3±0,7	8,6	3,2±1,1	11,8	2,4±0,9	8,7	27,2
	9,0-9,9	23,1±3,8	66,9	2,8±0,5	8,1	5,1±1,9	14,8	3,5±1,3	10,2	34,5
	10,0-10,9	27,2±2,8	70,4	3,3±0,3	8,5	5,0±1,3	12,9	3,2±0,9	8,2	38,6
	11,0-11,9	30,7±5,7	71,6	4,0±0,9	9,3	5,1±1,5	11,8	3,1±1,7	7,3	42,9
	≥12	34,6±6,6	72,5	4,2±0,8	8,8	5,8±0,5	12,3	3,1±1,4	6,5	47,7
	TB		74,5		9,5		10,1		5,9	
3	< 8	14,4±3,5	64,7	2,7±0,4	12,1	3,2±0,8	14,2	2,0±0,3	9,0	22,3
	8,0-8,9	19,4±3,1	67,7	2,6±0,6	9,0	4,2±1,7	14,7	2,5±0,6	8,6	28,7
	9,0-9,9	25,3±2,4	69,1	3,4±0,6	9,3	5,2±1,8	14,3	2,7±1,2	7,3	36,6
	10,0-10,9	25,5±5,5	64,5	3,2±0,7	8,2	7,0±1,6	17,7	3,8±1,4	9,6	39,5
	11,0-11,9	30,2±6,6	69,6	3,9±0,9	8,9	6,1±1,6	14,1	3,2±1,1	7,3	43,5
	≥12	34,2±2,2	71,4	4,1±0,6	8,5	5,2±0,6	10,9	4,4±0,3	9,2	47,9
	TB		69,5		8,6		13,2		8,7	
≥4	< 8	15,0±2,1	65,1	2,0±0,3	8,6	3,4±0,4	14,7	2,7±0,9	11,5	23,0
	8,0-8,9	18,6±1,7	63,4	2,4±0,2	8,1	5,6±0,9	19,1	2,8±1,3	9,4	29,3
	9,0-9,9	24,0±4,5	66,7	3,1±0,6	8,5	5,5±1,6	15,4	3,4±1,2	9,4	35,9
	10,0-10,9	26,9±2,9	68,8	3,4±0,4	8,7	5,4±1,7	13,9	3,4±1,8	8,6	39,2
	11,0-11,9	29,2±4,5	66,6	3,7±0,6	8,4	5,8±2,3	13,2	5,2±0,8	11,8	43,8
	≥12	33,8±1,0	70,2	3,4±0,3	7,1	6,3±2,3	13,2	4,6±0,7	9,6	48,2
	TB		67,1		8,3		14,8		9,8	

Qua bảng số liệu bảng 3.3 cho thấy tổng sinh khối tươi của cây cá lẻ Luồng tăng lên cùng với sự tăng lên của tuổi cây, cụ thể cây tuổi 1 có tổng sinh khối trung bình đạt 32,1 kg/cây, cây ở tuổi 2 đạt 35,5 kg/cây và sinh khối tươi cây cá lẻ tăng lên 36,4 và 36,5 kg/cây khi cây ở tuổi 3 và tuổi ≥ 4 . Tổng sinh khối tươi của cây cá lẻ tăng mạnh nhất là từ cây tuổi 1 đến cây tuổi 3, sinh khối của cây tuổi 3 và tuổi ≥ 4 gần như không có sự biến động nhiều.



Hình 3.4: Cấu trúc sinh khối tươi của cây cá lẻ Luồng theo tuổi

Trong tất cả các tuổi của cây cá lẻ Luồng thì phần thân khí sinh đóng góp nhiều nhất (67,1 - 74,5%), tiếp theo là đến cành, thân ngấm và cuối cùng là lá. Về cấu trúc sinh khối, khi tuổi thân khí sinh tăng lên thì tỷ lệ đóng góp sinh khối của thân khí sinh giảm xuống (74,5% ở tuổi 1 và 2, giảm xuống 69,5% và 67,1% ở tuổi

3 và ≥ 4). Trong khi đó, tỷ lệ đóng góp của cành và lá lại có xu hướng tăng lên, cành tăng từ 10,1% (tuổi 1) lên 14,8% (tuổi ≥ 4) và lá tăng từ 5,9% (tuổi 1) lên 9,8% (tuổi ≥ 4). Kết quả phân tích về cấu trúc cây cá lẻ theo tuổi được minh họa rõ hơn ở hình 3.4.



Ảnh 3.2. Xác định sinh khối các bộ phận của cây cá lẻ

3.1.2. Sinh khối khô cây cá lẻ

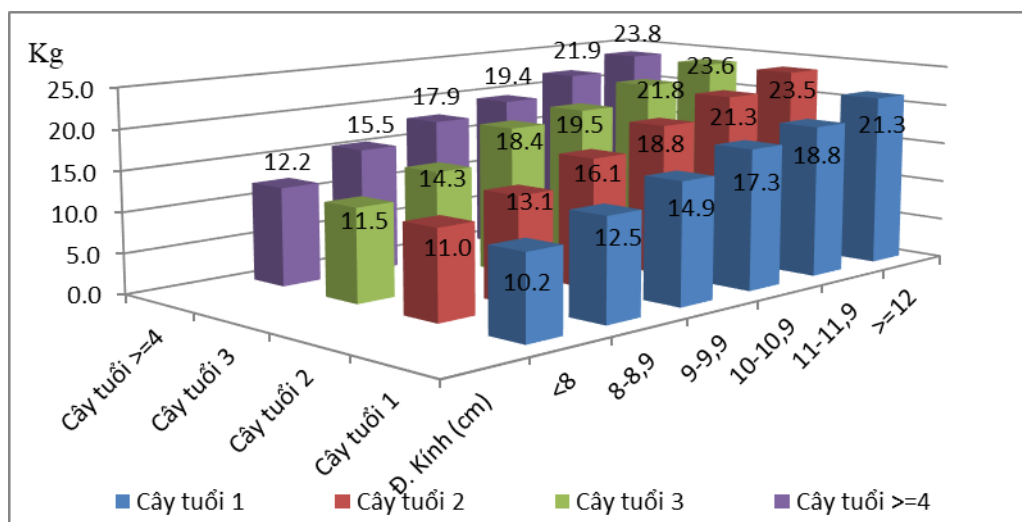
3.1.2.1. Sinh khối khô cây cá lẻ theo đường kính và tuổi

Kết quả nghiên cứu sinh khối khô của cây cá lẻ Luồng ở các cấp tuổi và đường kính khác nhau được tổng hợp ở bảng 3.4.

Bảng 3.4. Sinh khối khô cây cá lẻ phân theo đường kính và tuổi

Đường kính (cm)	Sinh khối theo tuổi cây (kg/cây)				Trung bình (kg/cây)
	1	2	3	≥4	
< 8	10,2±0,9	11,0±1,2	11,5±0,7	12,2±1,7	11,2±1,4
8,0-8,9	12,5±1,4	13,1±2,9	14,3±2,0	15,5±1,5	13,7±2,4
9,0-9,9	14,9±2,4	16,1±2,6	18,4±1,8	17,9±4,0	16,7±2,9
10,0-10,9	17,3±2,2	18,8±1,7	19,5±4,2	19,4±2,9	18,7±3,1
11,0-11,9	18,8±2,5	21,3±3,9	21,8±5,1	21,9±2,7	20,3±3,8
≥12	21,3±2,1	23,5±4,4	23,6±1,7	23,8±1,4	22,9±3,0

Số liệu ở bảng 3.4 cho thấy, tổng lượng sinh khối khô của cây cá lẻ Luồng tăng dần theo đường kính của cây, đường kính càng tăng thì sinh khối khô trung bình của cây cá lẻ Luồng cũng tăng theo, lượng sinh khối này dao động từ 11,2 - 22,9 kg/cây, tương ứng với đường kính của cây đạt < 8 cm đến ≥ 12 cm. Tuy nhiên, xét về tuổi cây thì sinh khối khô trung bình của cây cá lẻ Luồng có sự biến động mạnh nhất khi cây ở tuổi 1 và tuổi 2. Khi cây ở tuổi 3 và 4 bắt đầu cho thấy sự ổn định về sinh khối khô tức là sự biến động này không nhiều. Phân bố sinh khối khô cây cá lẻ Luồng theo tuổi và đường kính được thể hiện qua biểu đồ hình 3.5.

**Hình 3.5. Phân bố sinh khối khô cây cá lẻ theo đường kính và tuổi**

3.1.2.2. Cấu trúc sinh khối khô các bộ phận cây cá lè

a) Cấu trúc sinh khối khô các bộ phận cây cá lè theo đường kính

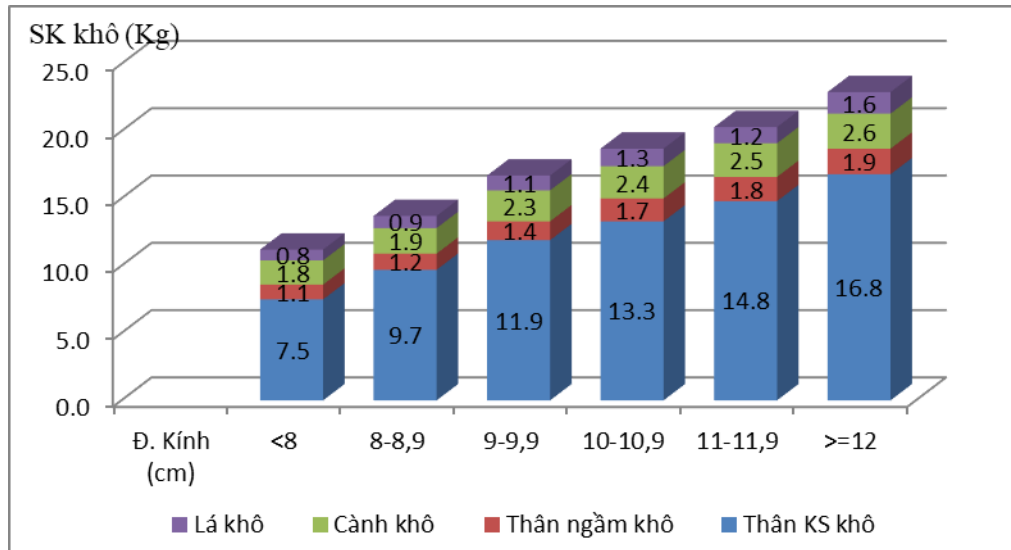
Kết quả nghiên cứu sinh khối khô cây cá lè Luồng theo đường kính được trình bày ở bảng 3.5.

Bảng 3.5. Cấu trúc sinh khối khô các bộ phận cây cá lè Luồng theo đường kính

Đường kính (cm)	Thân khí sinh		Thân ngầm		Cành		Lá		Tổng (kg/cây)
	kg/cây	%	kg/cây	%	kg/cây	%	kg/cây	%	
< 8	7,5±1,1	66,2	1,1±0,3	10,2	1,8±0,6	16,2	0,8±0,3	7,4	11,2±1,4
8,0-8,9	9,7±1,9	71,0	1,2±0,3	8,9	1,9±0,7	13,7	0,9±0,3	6,4	13,7±2,4
9,0-9,9	11,9±2,1	71,4	1,4±0,3	8,6	2,3±1,0	13,7	1,1±0,5	6,5	16,7±2,9
10,0-10,9	13,3±2,3	71,1	1,7±0,5	9,0	2,4±0,9	13,1	1,3±0,6	6,7	18,7±3,1
11,0-11,9	14,8±2,8	72,7	1,8±0,4	8,9	2,5±0,9	12,3	1,2±0,5	5,9	20,3±3,8
≥12	16,8±2,3	73,3	1,9±0,3	8,4	2,6±0,8	11,5	1,6±0,6	6,8	22,9±3,0
Trung bình		71,4		8,9		13,2		6,5	

Về cấu trúc sinh khối khô, qua bảng 3.5 cho thấy ở tất cả các cấp kính, sinh khối khô tập trung chủ yếu ở thân khí sinh của cây cá lè và tăng dần theo cấp kính, tỷ lệ này dao động từ 66,2 - 73,3% (trung bình chiếm 71,4%), sau đó đến sinh khối cành biến động từ 11,5 - 16,2 % (trung bình chiếm 13,2%), thân ngầm từ 8,4 - 10,2% (trung bình chiếm 8,9%) và cuối cùng là sinh khối khô của lá chiếm ít nhất từ 5,9 - 7,4% (trung bình 6,5%).

Nhìn chung, sinh khối khô của các bộ phận cây Luồng đều tăng theo đường kính của cây dẫn đến tổng sinh khối cây cá lè của Luồng cũng tăng theo. Cụ thể tại cây có đường kính < 8 cm, tổng lượng sinh khối khô là 11,2 kg/cây. Cây có đường kính 8,0 - 8,9 cm, tổng lượng sinh khối khô tăng lên là 13,7 kg (tăng 22,3%), khi cây có đường kính 10,0 - 10,9 cm tổng lượng sinh khối khô đạt cao hơn là 18,7 kg/cây (tăng 36,5% so với cấp kính 8,0 - 8,9 cm) và đạt cao nhất là 22,9 kg/cây đối với cây có đường kính ≥ 12 cm (tăng 104,5% so với cấp kính < 8 cm). Để thấy rõ sự biến động sinh khối khô cây cá lè Luồng theo đường kính được thể hiện ở hình 3.6.



Hình 3.6. Sinh khối khô cây cá lể Luồng theo đường kính

b) Cấu trúc sinh khối khô cây cá lể Luồng theo tuổi

Kết quả nghiên cứu về cấu trúc sinh khối khô của cây cá lể Luồng theo tuổi được trình bày ở bảng 3.6.

Bảng 3.6. Cấu trúc sinh khối khô cây cá lể Luồng theo tuổi

Tuổi cây	Đường kính (cm)	Thân khí sinh		Thân ngầm		Cành		Lá		Tổng kg/cây
		kg/cây	%	kg/cây	%	kg/cây	%	kg/cây	%	
1	< 8	6,5±0,4	63,7	1,4±0,4	13,4	1,7±0,8	16,3	0,7±0,2	6,6	10,2±0,9
	8,0-8,9	9,4±0,9	74,3	1,2±0,1	9,8	1,3±0,3	10,5	0,7±0,1	5,3	12,5±1,2
	9,0-9,9	11,3±2,1	75,8	1,4±0,3	9,5	1,4±0,4	9,6	0,8±0,2	5,1	14,9±2,4
	10,0-10,9	13,4±2,3	77,5	1,8±0,2	10,1	1,4±0,4	7,9	0,8±0,2	4,5	17,3±2,2
	11,0-11,9	14,1±1,9	75,2	1,8±0,2	9,5	2,0±0,5	10,5	0,9±0,2	4,7	18,8±2,5
	≥12	15,9±1,6	74,5	2,0±0,2	9,4	2,3±0,2	11,0	1,1±0,2	5,1	21,3±2,1
	TB			75,1		9,8		10,1		5,0
2	< 8	7,1±0,7	64,7	0,9±0,1	8,3	2,1±0,7	19,1	0,9±0,1	7,9	11,0±1,2
	8,0-8,9	9,3±2,4	71,2	1,2±0,3	8,8	1,7±0,5	13,4	0,9±0,3	6,6	13,1±2,9
	9,0-9,9	11,1±1,9	69,0	1,3±0,2	8,1	2,6±0,9	16,1	1,1±0,4	6,8	16,1±2,6
	10,0-10,9	13,1±1,3	69,5	1,9±0,8	9,9	2,6±0,7	14,1	1,1±0,3	6,0	18,8±1,7
	11,0-11,9	15,4±3,1	72,0	2,0±0,4	9,2	2,7±0,7	12,8	1,3±0,2	6,0	21,3±3,9

Tuổi cây	Đường kính (cm)	Thân khí sinh		Thân ngầm		Cành		Lá		Tổng
		kg/cây	%	kg/cây	%	kg/cây	%	kg/cây	%	kg/cây
	≥12	17,4±3,6	74,0	2,1±0,4	9,0	2,6±0,3	11,0	1,4±0,1	6,0	23,5±4,4
	TB		70,4		8,9		14,2		6,5	
3	< 8	7,7±1,1	66,6	1,4±0,0	11,9	1,8±0,4	15,6	0,7±0,1	5,9	11,5±0,7
	8,0-8,9	9,9±1,6	69,7	1,2±0,3	8,1	2,3±0,7	15,9	0,9±0,2	6,3	14,3±2,0
	9,0-9,9	12,9±1,5	70,1	1,5±0,2	8,3	2,7±0,6	14,5	1,3±0,6	7,0	18,4±1,8
	10,0-10,9	13,3±3,0	68,1	1,5±0,4	7,8	3,3±0,4	16,7	1,4±0,5	7,4	19,5±4,1
	11,0-11,9	15,4±3,9	71,0	1,8±0,5	8,3	3,1±0,7	14,1	1,2±0,4	5,7	21,8±5,1
	≥12	17,5±1,7	74,0	1,9±0,2	8,1	2,4±0,7	10,4	1,8±0,1	7,5	23,6±1,7
	TB		69,9		8,3		15,0		6,7	
≥4	< 8	8,0±1,3	69,3	1,1±0,2	9,1	1,5±0,4	13,0	1,0±0,3	8,5	11,6±1,6
	8,0-8,9	10,8±1,3	69,7	1,5±0,3	9,8	1,9±0,6	12,3	1,3±0,6	8,2	15,5±1,5
	9,0-9,9	13,2±2,4	71,7	1,6±0,3	8,8	2,5±1,4	13,8	1,3±0,3	6,8	18,4±4,1
	10,0-10,9	14,1±1,6	69,7	1,7±0,2	8,4	2,5±0,7	12,2	2,0±0,7	9,7	20,2±3,1
	11,0-11,9	15,1±2,0	67,9	1,6±0,1	7,0	3,2±1,3	14,5	2,4±0,4	10,6	22,2±2,7
	≥12	17,0±1,0	69,8	1,6±0,1	6,6	3,4±1,2	14,0	2,3±0,8	9,6	24,4±1,4
	TB		69,8		8,3		13,3		8,9	

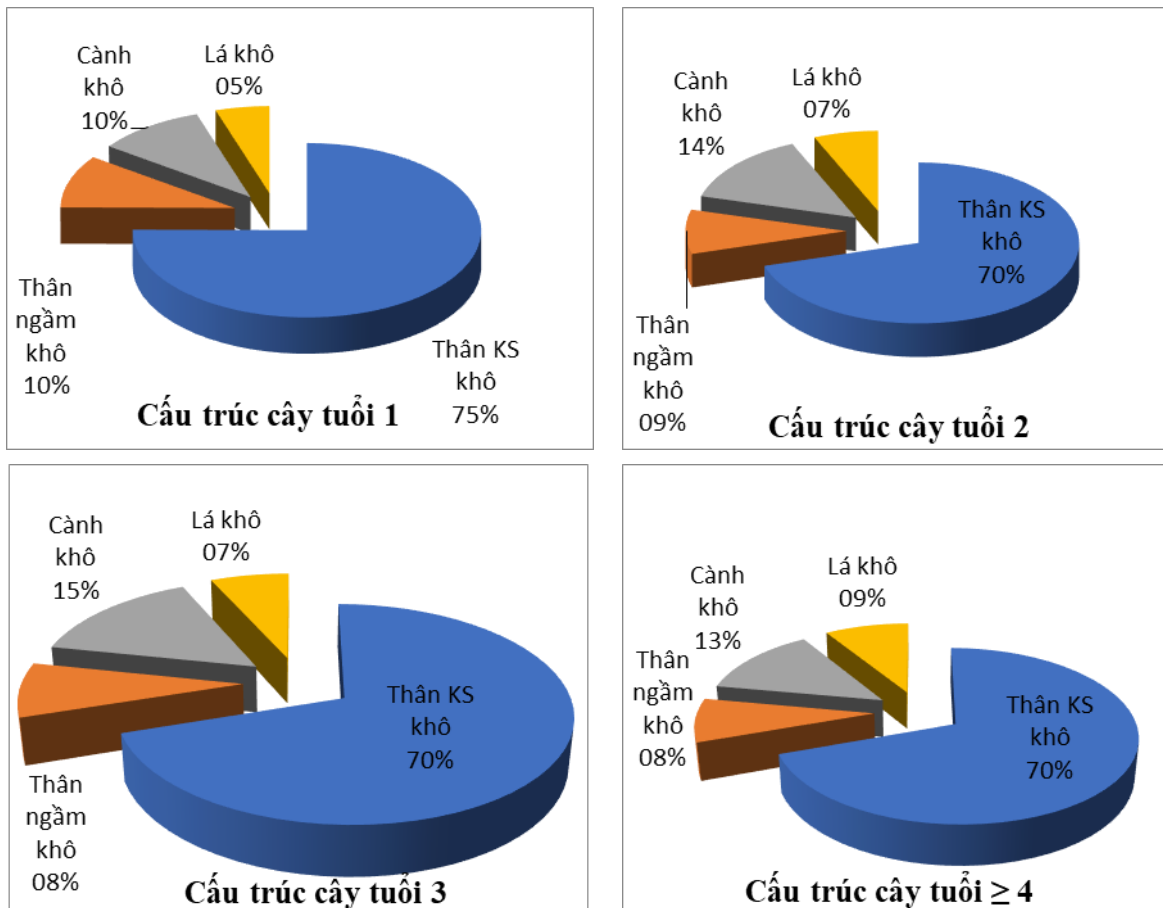
Số liệu ở bảng 3.6 cho thấy tổng sinh khối khô cây cá lè Luồng tăng lên theo tuổi cây, khi cây Luồng già nước trong cây giảm do mức độ hóa gỗ của các bộ phận tăng dần, cụ thể: sinh khối khô trung bình của cây tuổi 1 đạt 15,8 kg/cây, đến cây tuổi 2 đạt sinh khối khô trung bình đạt 17,3 kg/cây, cây tuổi 3 đạt 18,2 kg/cây và sinh khối khô của cây cá lè Luồng đạt cao nhất là 18,7 kg/cây khi cây ở tuổi 4.

- Về tỷ lệ đóng góp của các bộ phận trên cây cá lè:

+ Ở tuổi 1, phần thân khí sinh đóng góp lớn nhất với lượng sinh khối khô đạt trung bình là 12,3 kg/cây, chiếm 75,1% toàn bộ cây; phần cành đạt 1,7 kg/cây, chiếm 10,1%; phần thân ngầm đạt 1,6 kg/cây, chiếm 9,8% và phần lá đóng góp 5,0% cho toàn bộ sinh khối khô của cây cá lè Luồng.

+ Ở tuổi 2, phần thân khí sinh đóng góp lớn nhất với lượng sinh khối khô là 11,6 kg/cây, chiếm 70,4% toàn bộ cây; phần cành, thân ngầm và lá chiếm lần lượt là 14,2%, 8,9% và 6,5% cho toàn bộ sinh khối khô của cây cá lẻ.

+ Ở tuổi 3, phần thân khí sinh đóng góp lớn nhất với lượng sinh khối khô là 12,3 kg/cây, chiếm 69,8% toàn bộ cây; phần cành chiếm 15,0%; phần thân ngầm chiếm 8,3% và phần lá chiếm 6,7% sinh khối khô của cây cá lẻ .



Hình 3.7. Cấu trúc sinh khối khô của cây cá lẻ Luồng theo tuổi

+ Ở tuổi ≥ 4 , phần thân khí sinh đóng góp lớn nhất với lượng sinh khối khô là 12,8 kg/cây, chiếm 69,8% toàn bộ cây; phần cành chiếm 13,3%; phần thân ngầm chiếm 8,3% và cuối cùng là phần lá chiếm 8,9% sinh khối khô của cây cá lẻ, cấu trúc sinh khối cây cá lẻ theo tuổi được trình bày tại hình 3.7.

Theo nghiên cứu của Dai Qihui (1998) [75], trong quá trình sinh trưởng của Luồng có thể chia thành 3 thời kỳ như sau:

+ Thời kỳ 1 (Luồng non): Gồm những cây Luồng từ một năm tuổi trở xuống, các tế bào trong cây chứa nhiều nước, cành, lá và rễ chưa phát triển hoàn chỉnh.

+ Thời kỳ 2 (Luồng bánh tẻ): Thời kỳ này gồm những cây Luồng từ 1 - 2 năm tuổi. Đây là thời kỳ các cơ quan chức năng quang hợp, hô hấp và rễ hoàn thiện dần và thời kỳ này Luồng có khả năng sinh măng cao nhất.

+ Thời kỳ 3 (Luồng già): Khi Luồng ở tuổi 3 - 4, hàm lượng nước trong thân bắt đầu giảm, hàm lượng xenlulo tăng, thời kỳ này Luồng có chất lượng tốt nhất. Đây là thời kỳ thích hợp để khai thác. Sau 5 tuổi, lá Luồng bắt đầu giảm, thân bắt đầu giảm chất lượng, chuyển sang xốp và xơ.

Chính vì vậy khi khai thác Luồng cần chú ý chọn tuổi cây phù hợp với mục đích sử dụng để đạt được hiệu quả cao nhất.

3.1.3. Động thái sinh khối theo tuổi cây Luồng

Động thái sinh khối theo tuổi cây Luồng là trạng thái vận động có tính kế tiếp nhau từ cây tuổi 1 đến cây tuổi ≥ 4 và trải qua 3 giai đoạn cụ thể: tái sinh (cây tuổi 1), sinh trưởng (cây tuổi 2) và phát triển (cây tuổi 3, 4)



Hình 3.8. Động thái sinh khối theo tuổi cây

Kết quả nghiên cứu cho thấy sinh khối trung bình cây ở tuổi 1 dao động từ 10,2 - 21,3 kg/cây, sang cây tuổi 2 lượng sinh khối dao động từ 11,0 - 23,5 kg/cây, lượng sinh khối ở cây tuổi 2 tăng so với cây tuổi 1 trung bình từ 1,05 - 1,13 lần. Khi cây sang tuổi 3 lượng sinh khối tăng so với cây tuổi 2 từ 1,02 - 1,14 lần. Cây Luồng

ở tuổi 3 và tuổi 4 có lượng sinh khối không biến động nhiều. Ngoài ra, do cây Luồng ở tuổi 4 là cây được để lại từ cây tuổi 3 ở mùa khai thác trước, những cây này có đặc điểm là sinh trưởng kém, sinh khối không cao.

Xét theo từng cấp kính, sinh khối cây cá lẻ tuổi 1 luôn thấp hơn sinh khối cây cá lẻ ở tuổi 2, 3, 4. Đối với sinh khối cây cá lẻ tuổi 2, 3, 4 không có sự biến động nhiều, đặc biệt là ở cấp kính lớn hơn 10 cm (Hình 3.8).

3.1.4. Mối quan hệ giữa sinh khối tươi và khô cây cá lẻ với các nhân tố điều tra

Xây dựng mối quan hệ giữa sinh khối tươi và sinh khối cây cá lẻ Luồng với các nhân tố điều tra có ý nghĩa quan trọng trong thực tế vì thông qua các nhân tố điều tra cơ bản như đường kính thân cây, chiều cao vút ngọn có thể xác định nhanh được sinh khối của cây. Kết quả tính toán tương quan giữa sinh khối tươi và sinh khối khô cây cá lẻ Luồng với các nhân tố điều tra được tổng hợp ở bảng 3.7.

Bảng 3.7. Tương quan giữa sinh khối tươi và khô cây cá lẻ với các nhân tố điều tra

TT	Tuổi cây	Nội dung	R ²	Std	Sig R	Sig Ta1	Ký hiệu PT
I	Phương trình tương quan giữa sinh khối tươi với nhân tố điều tra D_{1,3}, H_{vn}						
1	1	$\text{LnSKT}_{\text{tuổi 1}} = 0,396 + 1,386 \times \text{LnD}_{1,3}$	0,73	0,13	0,00	0,00	3.1
2	2, 3, 4	$\text{LnSKT}_{\text{tuổi 2,3,4}} = -0,093 + 0,931 \times \text{LnD}_{1,3} + 0,650 \times \text{LnH}_{\text{vn}}$	0,73	0,14	0,00	0,00	3.2
3	Chung	$\text{LnSKT}_{\text{chung}} = 0,017 + 1,049 \times \text{LnD}_{1,3} + 0,498 \times \text{LnH}_{\text{vn}}$	0,69	0,14	0,00	0,00	3.3
II	Phương trình tương quan giữa sinh khối khô với nhân tố điều tra D_{1,3}, H_{vn}						
1	1	$\text{LnSKK}_{\text{tuổi 1}} = -0,078 + 1,281 \times \text{LnD}_{1,3}$	0,70	0,13	0,00	0,00	3.4
2	2,3,4	$\text{LnSKK}_{2,3,4} = -0,601 + 0,943 \times \text{LnD}_{1,3} + 0,561 \times \text{LnH}_{\text{vn}}$	0,70	0,14	0,00	0,00	3.5
3	Chung	$\text{LnSKK}_{\text{chung}} = -0,494 + 1,032 \times \text{LnD}_{1,3} + 0,433 \times \text{LnH}_{\text{vn}}$	0,66	0,15	0,00	0,00	3.6

Kết quả ở bảng 4.7 cho thấy đã xây dựng được 3 phương trình (phương trình 3.1 đến phương trình 3.3) biểu diễn tốt mối quan hệ giữa sinh khối tươi theo từng tuổi của cây cá lè với nhân tố điều tra $D_{1,3}$, Hvn và xây dựng được 3 phương trình (phương trình 3.4 đến phương trình 3.6) biểu diễn tốt mối quan hệ giữa sinh khối khô của từng tuổi cây cá lè với nhân tố điều tra $D_{1,3}$ và Hvn. Các phương trình này có hệ số xác định cao (hệ số $R^2 = 0,70 - 0,73$), sai tiêu chuẩn hồi quy thấp ($S = 0,13 - 0,15$). Kết quả kiểm tra sự tồn tại của hệ số xác định và tham số của phương trình đều cho kết quả $SigR < 0,05$ và $Sig Ta1 < 0,05$ chứng tỏ các hệ số này đều tồn tại. Vì vậy, có thể sử dụng các phương trình trên để xác định nhanh sinh khối tươi và sinh khối khô thông qua các nhân tố điều tra $D_{1,3}$ và Hvn khi biết tuổi của cây cá lè Luồng. Trong trường hợp chúng ta không biết chính xác tuổi của cây cá lè ta có thể sử dụng phương trình 3.3 và phương trình 3.6 để xác định nhanh sinh khối tươi và sinh khối khô cho cây cá lè Luồng. Hai phương trình này cũng cho hệ số xác định cao ($R^2 = 0,66 - 0,69$), sai tiêu chuẩn hồi quy thấp ($S=0,14-0,15$) và các hệ số của phương trình đều tồn tại.

3.2. Nghiên cứu sinh khối rừng Luồng

3.2.1. Sinh khối tươi rừng Luồng

3.2.1.1. Sinh khối tươi tầng cây Luồng

Sinh khối tươi tầng cây Luồng bao gồm tổng sinh khối các bộ phận thân cây, cành cây, lá cây và thân ngầm của tất cả các cây Luồng trong lâm phần, kết quả tính toán được tổng hợp ở bảng 3.8.

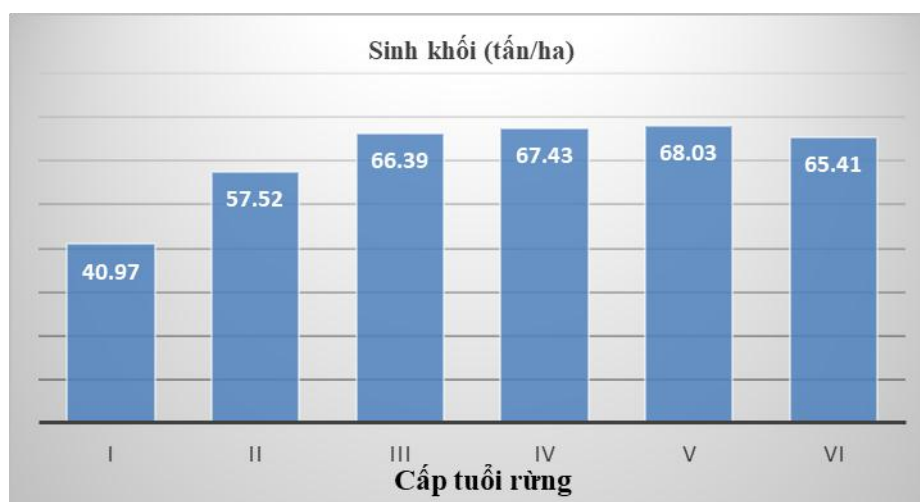
Bảng 3.8. Cấu trúc sinh khối tươi rừng Luồng theo cấp tuổi tại 4 huyện

Địa điểm	Cấp tuổi rừng	Mật độ (cây/ha)	Cấu trúc sinh khối (%)				Tổng sinh khối tươi (tấn/ha)
			Thân khí sinh	Thân ngầm	Cành	Lá	
Bá Thước	I	1.680	69,93	9,23	12,93	7,90	37,05
	II	2.020	69,75	9,31	12,93	8,02	52,15
	III	2.410	69,58	9,23	13,08	8,12	58,15
	IV	2.365	69,50	9,21	13,14	8,15	60,88
	V	2.425	70,11	9,11	12,87	7,91	63,50

Địa điểm	Cấp tuổi rừng	Mật độ (cây/ha)	Cấu trúc sinh khối (%)				Tổng sinh khối tươi (tấn/ha)
			Thân khí sinh	Thân ngầm	Cành	Lá	
	VI	2.405	67,51	9,06	12,78	7,97	61,80
	TB	2.218	69,40	9,19	12,95	8,01	55,59
Quan Hóa	I	1.605	69,68	9,54	12,68	8,10	35,35
	II	2.315	67,95	9,45	13,89	8,71	56,17
	III	2.400	68,14	9,57	13,65	8,64	66,05
	IV	2.550	67,79	9,51	14,03	8,67	65,16
	V	2.515	68,01	9,73	13,53	8,73	64,75
	VI	2.485	66,45	9,28	14,79	9,48	63,80
	TB	2.312	68,00	9,51	13,76	8,72	58,55
Lang Chánh	I	1.845	68,84	9,26	13,40	8,51	43,92
	II	2.255	69,00	9,78	12,96	8,26	50,42
	III	2.425	68,47	9,58	13,49	8,47	63,41
	IV	2.525	75,24	9,96	13,61	8,72	68,17
	V	2.600	75,69	10,56	14,39	8,96	69,50
	VI	2.540	75,44	10,00	13,13	8,42	67,85
	TB	2.365	72,11	9,86	13,50	8,56	60,55
Ngọc Lặc	I	1.800	70,44	8,88	12,83	7,85	47,54
	II	2.380	70,65	9,49	12,32	7,54	71,32
	III	2.540	70,60	9,09	12,60	7,70	77,96
	IV	2.435	70,79	9,07	12,60	7,53	75,52
	V	2.510	70,75	9,45	12,33	7,47	74,35
	VI	2.480	70,24	9,56	12,53	7,67	68,19
	TB	2.358	70,58	9,26	12,54	7,63	69,15
TB của 4 huyện	I	1.733	69,72	9,23	12,96	8,09	40,97
	II	2.243	69,34	9,50	13,02	8,13	57,52
	III	2.444	69,20	9,37	13,20	8,23	66,39
	IV	2.469	70,83	9,44	13,35	8,27	67,43
	V	2.513	71,14	9,71	13,28	8,27	68,03
	VI	2.478	69,91	9,48	13,31	8,39	65,41
	TB	2.313	70,02	9,45	13,19	8,23	60,96

Số liệu bảng trên cho thấy: Tổng sinh khối tươi của tầng cây Luồng trong lâm phần có sự phụ thuộc rất lớn vào cấp tuổi và mật độ của Luồng. Mật độ trung bình của Luồng tại 4 huyện biến động từ 1.733 - 2.513 cây/ha, thấp nhất là ở cấp tuổi rừng I, khi rừng ở cấp tuổi III đến cấp tuổi IV mật độ của Luồng cho thấy tương đối ổn định và dao động từ 2.444 - 2.513 cây/ha. Ở cấp tuổi VI, mật độ rừng lại có xu hướng giảm xuống nhưng chưa rõ rệt, đạt mức trung bình 2.478 cây/ha.

Sự thay đổi về cấp tuổi rừng và mật độ sẽ làm thay đổi tổng sinh khối của Luồng. Cụ thể, cấp tuổi I tổng sinh khối dao động từ 35,55 - 47,54 tấn/ha, trung bình đạt 40,97 tấn/ha; ở cấp tuổi II tổng lượng sinh khối tươi của rừng Luồng đã tăng lên và dao động từ 50,42 - 71,32 tấn/ha, trung bình là 57,52 tấn/ha. Lượng sinh khối bắt đầu cho thấy ổn định khi rừng ở cấp tuổi III đến cấp tuổi V, dao động từ 66,39 - 68,03 tấn/ha. Sinh khối đã bắt đầu có xu hướng giảm xuống ở cấp tuổi VI với con số trung bình là 65,41 tấn/ha. Xu hướng giảm này thể hiện ở sinh trưởng của rừng vì khi ở cấp tuổi VI, mật độ cây cũng như sinh trưởng về đường kính của rừng Luồng cũng có xu hướng giảm xuống (hình 3.9).



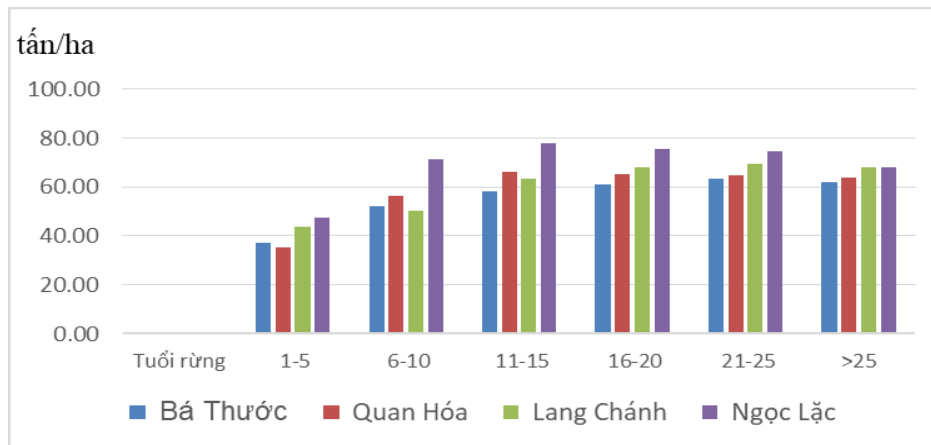
Hình 3.9. Sinh khối tươi rừng Luồng ở các cấp tuổi

Số liệu ở bảng trên cũng cho thấy có sự khác biệt rõ rệt về sinh khối Luồng giữa các huyện với nhau. Sinh khối trung bình đạt cao nhất là huyện Ngọc Lặc (69,15 tấn/ha), huyện Lang Chánh (60,55 tấn/ha), huyện Quan Hóa (58,55 tấn/ha) và cuối cùng là huyện Bá Thước (55,59 tấn/ha).

+ Ở huyện Bá Thước, sinh khối tươi ở cấp tuổi rừng I đạt 37,05 tấn/ha, sinh khối này tăng lên 52,15 tấn/ha khi tuổi rừng ở cấp tuổi rừng II (tăng 1,4 lần so với cấp tuổi rừng I). Lượng sinh khối tăng dần theo cấp tuổi rừng và đạt cao nhất khi rừng ở cấp tuổi V là 63,50 tấn/ha, tăng 1,7 lần so với cấp tuổi rừng I.

+ Ở huyện Quan Hóa: Sinh khối tươi của rừng Luồng đạt thấp nhất ở cấp tuổi I là 35,35 tấn/ha và đạt cao nhất là 66,05 tấn/ha khi rừng ở cấp tuổi III. Tổng lượng sinh khối này sau đó giảm dần khi cấp tuổi rừng tăng từ cấp IV đến cấp VI.

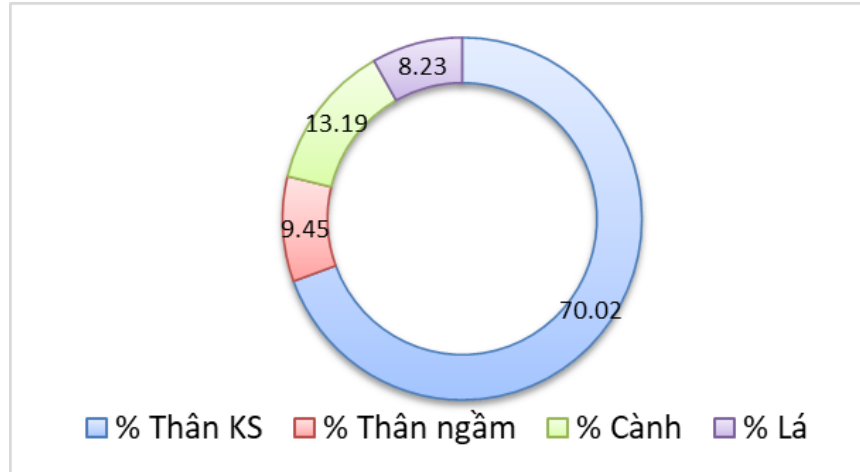
+ Ở huyện Lang Chánh: Sinh khối tươi của rừng Luồng đạt cao nhất là 69,50 tấn/ha ở cấp tuổi rừng V, lượng sinh khối này đạt thấp nhất ở rừng cấp tuổi I là 43,92 tấn/ha.



Hình 3.10. Sinh khối tươi của rừng Luồng tại 4 huyện nghiên cứu

+ Ở huyện Ngọc Lặc: Sinh khối tươi của rừng Luồng tại huyện Ngọc Lặc đạt cao nhất trong 4 huyện, tại cấp tuổi rừng I sinh khối tươi đạt 47,54 tấn/ha và tăng dần đến cấp tuổi rừng III là 77,96 tấn/ha, tăng 1,6 lần so với cấp tuổi rừng I và lượng sinh khối này giảm dần khi cấp tuổi rừng tăng từ cấp tuổi IV đến cấp VI (hình 3.10).

Từ số liệu bảng 3.8 cho thấy tổng sinh khối tươi của tầng cây Luồng tập trung chủ yếu ở thân khí sinh, dao động từ 67,51 - 75,69%, trung bình 70,02%; sinh khối cành từ 12,32 - 14,79%, trung bình đạt 13,19%, tiếp theo là sinh khối thân ngầm từ 8,88 - 10,56%, trung bình là 9,45% và cuối cùng sinh khối lá chiếm ít nhất từ 7,53 - 9,48% và trung bình đạt 8,23%. Hình 3.11 thể hiện cấu trúc sinh khối tươi rừng Luồng thuần loài tính chung cho các cấp tuổi rừng và các địa điểm nghiên cứu.



Hình 3.11. Cấu trúc sinh khối tươi rừng Luồng

3.2.1.2. Sinh khối tươi của rế Luồng

Kết quả nghiên cứu sinh khối tươi của rế Luồng được trình bày ở bảng 3.9

Bảng 3.9. Sinh khối tươi của rế Luồng ở các cấp tuổi rừng

Cấp tuổi rừng	Sinh khối tươi rế Luồng (tấn/ha)									
	Bá Thước		Quan Hóa		Lang Chánh		Ngọc Lặc		Trung bình	
	Mật độ (cây/ha)	SK rế (t/ha)	Mật độ (cây/ha)	SK rế (t/ha)	Mật độ (cây/ha)	SK rế (t/ha)	Mật độ (cây/ha)	SK rế (t/ha)	Mật độ (cây/ha)	SK rế (t/ha)
I	1.680	3,39	1.605	3,00	1.845	3,60	1.800	3,92	1.733	3,48
II	2.020	4,23	2.315	4,85	2.255	5,65	2.380	5,50	2.243	5,06
III	2.410	5,68	2.400	6,70	2.425	5,93	2.540	6,90	2.444	6,30
IV	2.365	6,15	2.550	6,15	2.525	6,49	2.435	6,02	2.469	6,20
V	2.425	6,64	2.515	6,29	2.600	6,36	2.510	6,20	2.513	6,37
VI	2.405	6,59	2.485	6,13	2.540	5,55	2.480	5,55	2.478	5,96
TB	2.218	5,45	2.312	5,52	2.365	5,60	2.358	5,70	2.313	5,56

Kết quả bảng 3.9 cho thấy:

+ Sinh khối tươi của rế Luồng có sự tăng mạnh trong giai đoạn từ cấp tuổi I đến cấp tuổi III, tương ứng tăng từ 3,48 tấn/ha lên 6,30 tấn/ha. Từ cấp tuổi III đến cấp tuổi IV, sinh khối rế tương đối ổn định và dao động từ 5,96 tấn/ha (cấp tuổi VI) đến 6,37 tấn/ha (cấp tuổi V).

+ Cũng giống như với sinh khối tầng cây cao, sinh khối rế Luồng cũng có xu hướng giảm xuống ở cấp tuổi VI.



Ảnh 3.3. Xác định sinh khối rễ Luồng

+ Sinh khối rễ Luồng tính trung bình bằng 1/2 sinh khối thân ngầm và bằng khoảng 2/3 sinh khối cành cây. Như vậy, phần sinh khối rễ cây Luồng cũng rất có ý nghĩa trong việc đóng góp vào tổng sinh khối rừng Luồng.

3.2.1.3. Sinh khối tươi cây bụi thảm tươi và vật rơi rụng dưới tán rừng Luồng

Đối với rừng Luồng, cây bụi thảm tươi, vật rơi rụng dưới tán rừng Luồng là một bộ phận rất quan trọng tạo nên sinh khối và các bể chứa carbon của rừng Luồng. Vì vậy, nghiên cứu sinh khối cây bụi thảm tươi, vật rơi rụng nhằm đánh giá đầy đủ hơn về sinh khối cũng như khả năng tích lũy carbon của rừng Luồng tại các địa điểm nghiên cứu. Kết quả tính toán sinh khối cây bụi thảm tươi, vật rơi rụng của rừng Luồng được trình bày ở bảng 3.10.

Bảng 3.10. Sinh khối tươi cây bụi, thảm tươi và vật rơi rụng

Địa điểm	Cấp tuổi rừng	Mật độ (cây/ha)	Sinh khối tươi (tấn/ha)		
			CBTT	VRR	Tổng
Bá Thước	I	1.680	1,31	2,88	4,19
	II	2.020	1,24	3,01	4,25
	III	2.410	1,11	3,10	4,21
	IV	2.365	1,10	3,17	4,27
	V	2.425	1,07	4,00	5,07
	VI	2.405	0,89	4,27	5,16
	TB	2.218	1,12	3,41	4,53
Quan Hóa	I	1.605	1,29	3,01	4,30
	II	2.315	1,28	3,57	4,85
	III	2.400	1,15	3,57	4,72
	IV	2.550	1,13	3,17	4,30

Địa điểm	Cấp tuổi rừng	Mật độ (cây/ha)	Sinh khối tươi (tấn/ha)		
			CBTT	VRR	Tổng
	V	2.515	1,12	3,42	4,54
	VI	2.485	1,07	3,35	4,42
	TB	2.312	1,17	3,55	4,52
Lang Chánh	I	1.845	1,32	2,78	4,10
	II	2.255	1,31	3,00	4,31
	III	2.425	1,25	3,00	4,25
	IV	2.525	1,16	3,01	4,17
	V	2.600	1,26	3,56	4,82
	VI	2.540	1,21	3,43	4,64
	TB	2.365	1,25	3,13	4,38
Ngọc Lặc	I	1.800	1,30	3,41	4,71
	II	2.380	1,20	3,77	4,97
	III	2.540	1,22	3,97	5,19
	IV	2.435	1,17	4,16	5,33
	V	2.510	1,17	3,75	4,92
	VI	2.480	1,05	3,35	4,40
	TB	2.358	1,19	3,74	4,92
Trung bình 4 huyện	I	1.733	1,31	3,02	4,33
	II	2.243	1,26	3,34	4,60
	III	2.444	1,18	3,41	4,59
	IV	2.469	1,14	3,38	4,52
	V	2.513	1,16	3,68	4,84
	VI	2.478	1,06	3,60	4,66
	TB	2.313	1,18	3,40	4,59

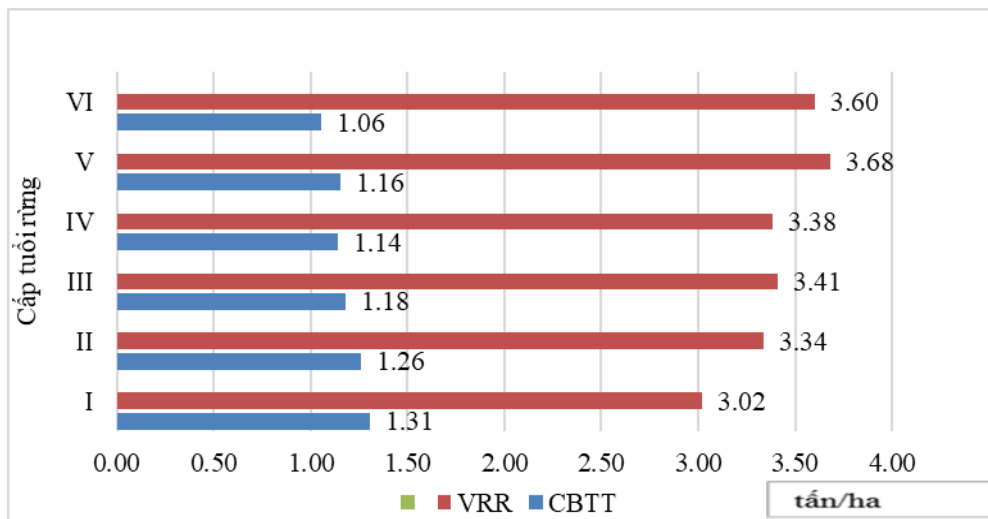
Nhận xét:

- Sinh khối cây bụi thảm tươi dưới tán rừng Luồng thuần loài giảm dần từ cấp tuổi rừng I đến cấp tuổi rừng VI ở cả 4 huyện. Đồng thời lượng sinh khối có sự biến động giữa các cấp tuổi rừng Luồng nhưng sự biến động này là không quá lớn và có quy luật chung là lượng sinh khối tươi ở cấp tuổi rừng thấp lớn hơn sinh khối tươi ở cấp tuổi rừng cao, lượng sinh khối trung bình dao động từ 1,06 - 1,31 tấn/ha và trung bình của các cấp tuổi rừng đạt 1,18 tấn/ha. Điều này có thể giải thích là giai đoạn đầu (cấp tuổi rừng I) Luồng trồng chưa khép tán nên cây bụi, thảm tươi phát triển mạnh, đến cấp tuổi rừng cao hơn thì tán rừng luồng đã khép làm cho cây bụi thảm tươi phát triển kém dần và lượng sinh khối này tương đối ổn định khi luồng ở cấp tuổi rừng III.



Ảnh 3.4. Xác định sinh khối cây bụi thảm tươi và vật rơi rụng

- Lượng sinh khối tươi của vật rơi rụng lại biến động hoàn toàn ngược lại so với sinh khối tươi của cây bụi thảm tươi, lượng vật rơi rụng ở đây chủ yếu là lá, một ít mo và cành nhỏ của Luồng. Giai đoạn cấp tuổi rừng thấp, Luồng còn nhỏ cả về sinh trưởng và mật độ nên lượng vật rơi rụng ít. Cấp tuổi rừng tăng làm cho mật độ Luồng tăng, sinh khối của Luồng cũng tăng dẫn đến lượng vật rơi rụng nhiều hơn, trung bình dao động từ 3,02 - 3,68 tấn/ha, ứng với cấp tuổi rừng tăng dần từ cấp tuổi I đến cấp tuổi V và trung bình của cả 6 cấp tuổi đạt 3,40 tấn/ha.



Hình 3.12. Sinh khối cây bụi thảm tươi và vật rơi rụng theo cấp tuổi rừng

- Tổng lượng sinh khối tươi của cây bụi thảm tươi và vật rơi rụng nhìn chung không có biến động lớn giữa các cấp tuổi, trung bình dao động từ 4,33 - 4,84 tấn/ha. Biểu đồ sinh khối của cây bụi thảm tươi, vật rơi rụng trong rừng luồng theo cấp tuổi rừng được trình bày ở hình 3.12.

3.2.2. Sinh khối tươi của rừng Luồng

Tổng sinh khối tươi của rừng Luồng được cấu thành từ sinh khối tầng cây Luồng, sinh khối cây bụi thảm tươi, sinh khối vật rơi rụng và sinh khối rễ Luồng. Mỗi bộ phận này chiếm một tỷ trọng khác nhau trong tổng sinh khối của toàn rừng và nó luôn có sự biến động giữa các cấp tuổi rừng và cấp mật độ khác nhau. Kết quả nghiên cứu về cấu trúc sinh khối tươi của rừng Luồng được tổng hợp trong bảng 3.11.

Bảng 3.11. Cấu trúc sinh khối tươi của lâm phần Luồng

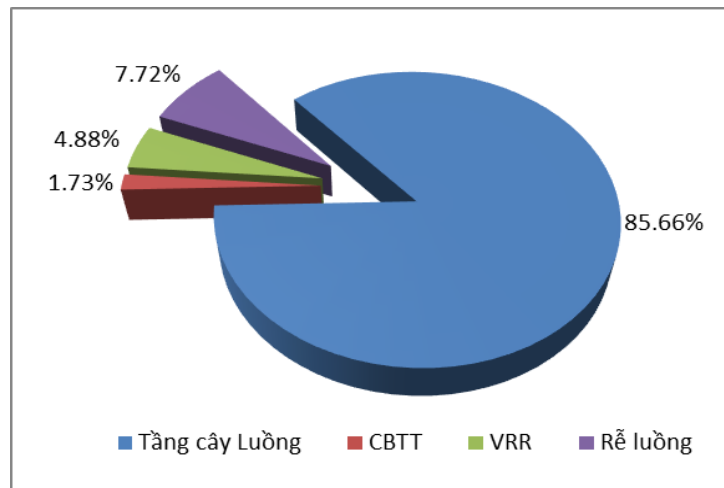
Địa điểm	Cấp tuổi rừng	Mật độ (cây/ha)	Sinh khối tươi của lâm phần Luồng								Tổng SK (t/ha)
			Cây Luồng		CBTT		VRR		Rễ		
			t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	
Bá Thước	I	1.680	37,05	83,02	1,31	2,94	2,88	6,45	3,39	7,60	44,63
	II	2.020	52,15	86,01	1,24	2,05	3,01	4,96	4,23	6,98	60,63
	III	2.410	58,15	85,46	1,11	1,63	3,10	4,56	5,68	8,35	68,04
	IV	2.365	60,88	85,39	1,10	1,54	3,17	4,45	6,15	8,63	71,30
	V	2.425	63,50	84,43	1,07	1,42	4,00	5,32	6,64	8,83	75,21
	VI	2.405	61,80	84,02	0,89	1,21	4,27	5,81	6,59	8,96	73,55
	TB	2.218	55,59	84,72	1,12	1,80	3,41	5,26	5,45	8,22	65,56
Quan Hóa	I	1.605	35,35	82,88	1,29	3,02	3,01	7,06	3,00	7,03	42,65
	II	2.315	56,17	85,27	1,28	1,94	3,57	5,42	4,85	7,36	65,87
	III	2.400	66,05	85,26	1,15	1,48	3,57	4,61	6,70	8,65	77,47
	IV	2.550	65,16	86,18	1,13	1,49	3,17	4,19	6,15	8,13	75,61
	V	2.515	64,75	85,67	1,12	1,48	3,42	4,53	6,29	8,32	75,58
	VI	2.485	63,80	85,81	1,07	1,44	3,35	4,51	6,13	8,24	74,35
	TB	2.312	58,55	85,18	1,17	1,81	3,35	5,05	5,52	7,96	68,59
Lang Chánh	I	1.845	43,92	85,08	1,32	2,56	2,78	5,39	3,60	6,97	51,62
	II	2.255	50,42	83,50	1,31	2,17	3,00	4,97	5,65	9,36	60,38
	III	2.425	63,41	86,16	1,25	1,70	3,00	4,08	5,93	8,06	73,59
	IV	2.525	68,17	86,48	1,16	1,47	3,01	3,82	6,49	8,23	78,83
	V	2.600	69,50	86,14	1,26	1,56	3,56	4,41	6,36	7,88	80,68
	VI	2.540	67,85	86,94	1,21	1,55	3,43	4,40	5,55	7,11	78,04
	TB	2.365	60,55	85,72	1,25	1,83	3,13	4,51	5,60	7,94	70,52

Địa điểm	Cấp tuổi rừng	Mật độ (cây/ha)	Sinh khối tươi của lâm phần Luồng								Tổng SK (t/ha)
			Cây Luồng		CBTT		VRR		Rễ		
			t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	
Ngọc Lặc	I	1.800	47,54	84,64	1,30	2,31	3,41	6,07	3,92	6,98	56,17
	II	2.380	71,32	87,20	1,20	1,47	3,77	4,61	5,50	6,72	81,79
	III	2.540	77,96	87,55	1,22	1,37	3,97	4,46	5,90	6,63	89,05
	IV	2.435	75,52	86,93	1,17	1,35	4,16	4,79	6,02	6,93	86,87
	V	2.510	74,35	86,99	1,17	1,37	3,75	4,39	6,20	7,25	85,47
	VI	2.480	68,19	87,27	1,05	1,34	3,35	4,29	5,55	7,10	78,14
	TB	2.358	69,15	86,76	1,19	1,54	3,74	4,77	5,52	6,94	79,58
Trung bình của 4 huyện	I	1.733	40,97	84,00	1,31	2,68	3,02	6,19	3,48	7,13	48,77
	II	2.243	57,52	85,63	1,26	1,87	3,34	4,97	5,06	7,53	67,17
	III	2.444	66,39	86,18	1,18	1,53	3,41	4,43	6,05	7,86	77,04
	IV	2.469	67,43	86,28	1,14	1,46	3,38	4,32	6,20	7,94	78,15
	V	2.513	68,03	85,85	1,16	1,46	3,68	4,65	6,37	8,04	79,24
	VI	2.478	65,41	86,04	1,06	1,39	3,60	4,74	5,96	7,83	76,02
	TB	2.313	60,96	85,66	1,18	1,73	3,40	4,88	5,52	7,72	71,06

Qua bảng 3.11 cho thấy, tổng sinh khối tươi rừng Luồng chủ yếu tập trung vào sinh khối Luồng, chiếm từ 84,00 - 86,28%, trung bình 85,66%; sinh khối rễ Luồng chiếm từ 7,13 - 8,04%, trung bình 7,72%; sinh khối vật rơi rụng chiếm từ 4,32 - 6,19%, trung bình là 4,88% và thấp nhất là sinh khối cây bụi thảm tươi chiếm từ 1,39 - 2,68%, trung bình 1,73%. So sánh với kết quả nghiên cứu của Nguyễn Thanh Tiến (2011) [48] Sinh khối tươi tập trung ở tầng cây cao chiếm 77,82% con số này thấp hơn sinh khối của tầng cây Luồng (85,66%), tuy nhiên phần sinh khối vật cây bụi thảm tươi và vật rơi rụng lại cao hơn so với rừng Luồng từ 5-8%. Trong khi đó kết quả nghiên cứu của Triệu Thu Hà (2010) [13] cũng không có sự chênh lệch nhiều với cấu trúc sinh khối tươi rừng Luồng, cụ thể sinh khối tươi tập trung vào tầng cây gỗ (86,52%); vật rơi rụng chiếm 7,20%; cây bụi, thảm tươi chiếm 6,28%.

Kết quả cũng cho thấy về sinh khối tươi của Luồng trong lâm phần (không tính rễ) trung bình đạt 60,96 tấn/ha tính chung cho cả các cấp tuổi và địa bàn nghiên

cứu, con số này cao hơn so với sinh khối tươi của Vầu đắng trong lâm phần là 56 tấn/ha, tuy nhiên sinh khối vật rơi rụng và cây bụi thảm tươi của rừng Luồng lại thấp hơn dưới tán rừng Vầu đắng tương ứng là 7,12 tấn/ha và 3,64 tấn/ha (Nguyễn Xuân Đông, 2016) [11]. Hình ảnh về cấu trúc sinh khối các bộ phận trong tổng sinh khối rừng Luồng được thể hiện tại hình 3.13.



Hình 3.13. Cấu trúc sinh khối tươi rừng Luồng tại Thanh Hóa

Qua bảng 3.11 cũng cho thấy, tổng sinh khối rừng Luồng giữa các huyện có sự khác nhau trong cùng một cấp tuổi rừng, cụ thể:

+ Ở cấp tuổi rừng I, tổng sinh khối tươi dao động từ 42,65 - 56,17 tấn/ha, lớn nhất là huyện Ngọc Lặc (56,17 tấn/ha), thấp nhất là huyện Quan Hóa (42,65 tấn/ha).

+ Ở cấp tuổi rừng II, tổng sinh khối tươi dao động từ 60,38 - 81,79 tấn/ha, trung bình đạt 67,17 tấn/ha, lớn nhất là huyện Ngọc Lặc (81,79 tấn/ha), thấp nhất là huyện Lang Chánh (60,38 tấn/ha).

+ Ở cấp tuổi rừng III, sinh khối tươi dao động từ 68,04 - 89,05 tấn/ha, trung bình đạt 77,04 tấn/ha, lớn nhất vẫn là huyện Ngọc Lặc (89,05 tấn/ha), thấp nhất là huyện Bá Thước (68,04 tấn/ha).

+ Ở cấp tuổi rừng IV, V, VI, lượng sinh khối tươi của huyện Ngọc Lặc vẫn lớn nhất (78,14 - 86,87 tấn/ha), huyện Lang Chánh (78,04 - 80,68 tấn/ha), huyện Quan Hóa (74,35 - 75,61 tấn/ha) và cuối cùng là huyện Bá Thước (71,30 - 75,21 tấn/ha).

Các kết quả nghiên cứu trên cho thấy sinh trưởng của Luồng tại huyện Ngọc Lặc là cao hơn so với các huyện còn lại, tuy nhiên sự chênh lệch này cũng có thể do

trong quá trình kinh doanh gây trồng Luồng, mỗi huyện có những đặc điểm khác nhau về điều kiện tự nhiên, kinh tế, áp dụng các biện pháp kỹ thuật khác nhau nên có sự khác biệt về lượng sinh khối. Ở Ngọc Lặc điều kiện tự nhiên thuận lợi (đất đai, độ dốc...) ngoài ra còn có nhiều sự hỗ trợ của các dự án lâm nghiệp trong việc trồng, chăm sóc, khai Luồng, điều này có tác động đến nhận thức và trình độ thâm canh rừng Luồng của người dân.

3.2.3. Sinh khối khô của rừng Luồng

3.2.3.1. Sinh khối khô tầng cây Luồng

Kết quả tính toán sinh khối khô của tầng cây Luồng ở các cấp tuổi rừng được tổng hợp ở bảng 3.12.

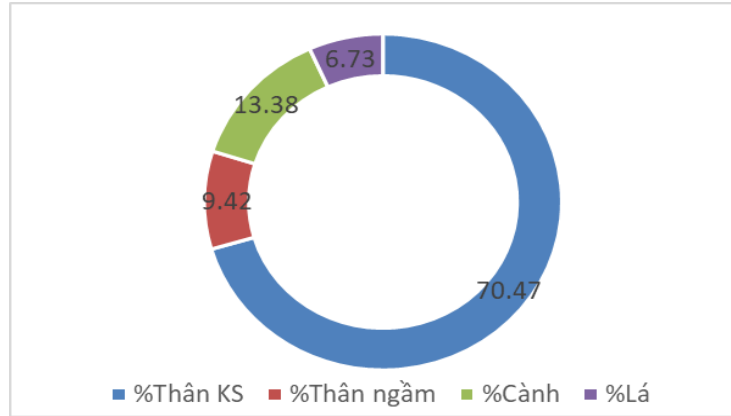
Bảng 3.12. Cấu trúc sinh khối khô của tầng cây Luồng theo cấp tuổi rừng

Địa điểm	Cấp tuổi rừng	Mật độ (cây/ha)	Sinh khối khô các bộ phận (%)				Tổng sinh khối khô (tấn/ha)
			Thân khí sinh	Thân ngầm	Cành	Lá	
Bá Thước	I	1.680	72,37	8,90	12,80	5,93	18,44
	II	2.020	71,03	9,32	13,47	6,18	25,82
	III	2.410	70,91	9,30	13,56	6,24	29,14
	IV	2.365	70,71	9,22	13,73	6,34	30,56
	V	2.425	71,47	9,22	13,12	6,19	31,80
	VI	2.405	70,55	9,42	13,73	6,30	30,93
	TB	2.218	71,17	9,23	13,40	6,20	27,78
Quan Hóa	I	1.605	69,68	9,54	12,68	8,10	17,60
	II	2.315	67,95	9,45	13,90	8,71	28,33
	III	2.400	68,15	9,57	13,64	8,64	32,86
	IV	2.550	67,90	9,47	13,98	8,64	32,59
	V	2.515	68,11	9,70	13,49	8,70	32,34
	VI	2.485	67,61	9,57	14,01	8,81	31,71
	TB	2.312	68,23	9,55	13,62	8,60	29,24
Lang Chánh	I	1.845	70,44	9,34	13,76	6,47	21,63
	II	2.255	70,51	9,84	13,56	6,09	25,02
	III	2.425	70,05	9,57	14,02	6,36	31,20

Địa điểm	Cấp tuổi rừng	Mật độ (cây/ha)	Sinh khối khô các bộ phận (%)				Tổng sinh khối khô (tấn/ha)
			Thân khí sinh	Thân ngầm	Cành	Lá	
	IV	2.525	71,43	9,37	13,04	6,16	33,84
	V	2.600	70,57	9,63	13,63	6,17	34,44
	VI	2.540	72,00	9,49	12,55	5,96	33,44
	TB	2.365	70,83	9,54	13,43	6,20	29,93
Ngọc Lặc	I	1.800	71,38	9,04	13,50	6,08	23,51
	II	2.380	71,87	9,57	12,89	5,67	35,38
	III	2.540	71,64	9,30	13,15	5,91	38,28
	IV	2.435	71,92	9,13	13,02	5,93	36,98
	V	2.510	71,61	9,62	12,95	5,82	35,67
	VI	2.480	71,52	9,59	13,00	5,90	34,45
	TB	2.358	71,66	9,37	13,08	5,88	34,05
TB của 4 huyện	I	1.733	70,97	9,20	13,19	6,64	20,30
	II	2.243	70,34	9,55	13,45	6,66	28,64
	III	2.444	70,18	9,43	13,59	6,79	32,87
	IV	2.469	70,49	9,30	13,44	6,77	33,49
	V	2.513	70,44	9,54	13,30	6,72	33,56
	VI	2.478	70,42	9,52	13,32	6,74	32,63
	TB	2.313	70,47	9,42	13,38	6,72	30,25

Qua bảng 3.12 cho thấy lượng sinh khối khô của Luồng chủ yếu tập trung ở phần thân khí sinh, trung bình đạt 70,47%; sinh khối cành chiếm 13,38%, tiếp theo là sinh khối thân ngầm chiếm là 9,42% và cuối cùng là sinh khối lá chiếm ít nhất 6,72% cho toàn bộ sinh khối khô của tầng cây Luồng. Xét về tỷ lệ thân khí sinh của Luồng ở Thanh Hóa là đóng góp cao hơn tỷ lệ thân khí sinh của Luồng tại Lương Sơn, Hòa Bình (56,34%), nhưng tỷ lệ của thân ngầm, cành và lá lại thấp hơn, lần lượt tương ứng là 13,13%, 21,66% và 8,87% (Lê Xuân Trường và cộng sự, 2015) [51].

Cấu trúc sinh khối khô tầng cây Luồng cho cả lâm phần tính chung cho các cấp tuổi rừng và các địa điểm nghiên cứu được thể hiện tại hình 3.14.

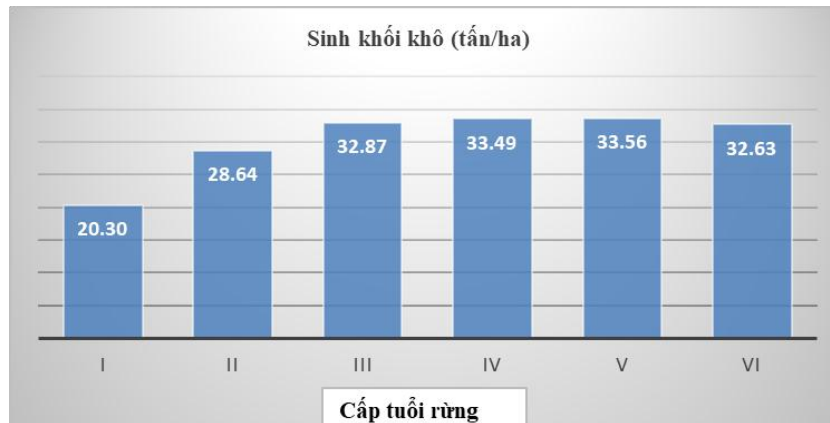


Hình 3.14. Cấu trúc sinh khối khô tầng cây Luồng

Sinh khối khô của tầng cây Luồng có sự khác biệt giữa các cấp tuổi rừng ở các địa điểm nghiên cứu, cụ thể:

+ Cấp tuổi rừng 1 có lượng sinh khối khô dao động từ 17,60 (huyện Quan Hóa) đến 23,51 tấn/ha (huyện Ngọc Lặc), trung bình đạt 20,30 tấn/ha.

+ Ở cấp tuổi rừng II, lượng sinh khối khô dao động từ 25,02 (huyện Lang Chánh) đến 35,38 tấn/ha (huyện Ngọc Lặc), trung bình đạt 28,64 tấn/ha.



Hình 3.15. Sinh khối khô của rừng Luồng theo cấp tuổi rừng

+ Ở cấp tuổi rừng III đến cấp tuổi rừng V lượng sinh khối khô của Luồng là ổn định và đạt cao nhất, trung bình dao động từ 32,87 - 33,56 tấn/ha, tuy nhiên khi rừng bước sang cấp tuổi VI, lượng sinh khối đạt 32,63 tấn/ha (như vậy lượng sinh khối này có phần giảm 0,93 tấn/ha so với rừng tuổi V) (hình 3.15).

Từ kết quả trên cho thấy cây Luồng rất khác so với cây gỗ, Luồng được khai thác hàng năm (theo Tiêu chuẩn ngành 04TCN22:2000 về quy phạm kỹ thuật trồng và khai thác cây Luồng là cường độ chặt không quá 30% số cây trong búi), chính vì

vậy mặc dù tuổi rừng tăng lên nhưng sự biến động về sinh khối giữa các cấp tuổi rừng là không lớn so với loài cây gỗ. Kết quả nghiên cứu cho thấy sinh khối của Luồng nhỏ hơn nhiều so với 4 loại rừng cây gỗ, cụ thể rừng trồng Thông nhựa (20,79 - 174,72 tấn/ha), Keo lai (4,09 - 138,13 tấn/ha), Bạch đàn urophylla (5,67 - 117,92 tấn/ha), Mỡ từ (35,08 - 110,44 tấn/ha), Keo lá tràm (7,29 - 113,56 tấn/ha), (Võ Đại Hải và cộng sự, 2009) [16].

3.2.3.2. Sinh khối khô rế Luồng

Kết quả nghiên cứu về sinh khối khô của rế Luồng được trình bày ở bảng 3.13.

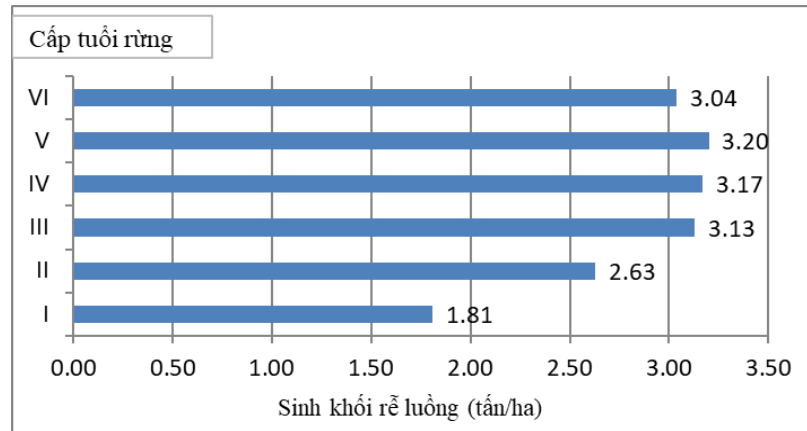
Bảng 3.13. Sinh khối khô của rế Luồng

Cấp tuổi rừng	Sinh khối khô rế Luồng (tấn/ha)									
	Bá Thước		Quan Hóa		Lang Chánh		Ngọc Lặc		Trung bình	
	Mật độ (cây/ha)	SK rế (t/ha)	Mật độ (cây/ha)	SK rế (t/ha)	Mật độ (cây/ha)	SK rế (t/ha)	Mật độ (cây/ha)	SK rế (t/ha)	Mật độ (cây/ha)	SK rế (t/ha)
I	1.680	1,96	1.605	1,51	1.845	1,81	1.800	1,97	1.733	1,81
II	2.020	2,48	2.315	2,43	2.255	2,84	2.380	2,76	2.243	2,63
III	2.410	2,85	2.400	3,36	2.425	2,96	2.540	3,36	2.444	3,13
IV	2.365	3,09	2.550	3,09	2.525	3,26	2.435	3,26	2.469	3,17
V	2.425	3,33	2.515	3,16	2.600	3,19	2.510	3,12	2.513	3,20
VI	2.405	3,26	2.485	3,08	2.540	2,99	2.480	2,83	2.478	3,04
TB	2.218	2,83	2.312	2,77	2.365	2,84	2.358	2,88	2.313	2,83

Qua bảng 3.13 cho thấy sinh khối khô của rế Luồng tăng dần từ cấp I đến cấp III và không có sự biến động nhiều khi rừng ở các cấp tuổi cao hơn. ở cấp tuổi I sinh khối khô của rế Luồng dao động từ 1,51 - 1,97 tấn/ha, trung bình đạt 1,81 tấn/ha. Khi ở cấp tuổi rừng II, lượng sinh khối này biến động từ 2,43 - 284 tấn/ha, trung bình đạt 2,63 tấn/ha. Ở cấp tuổi rừng III - VI lượng sinh khối rế Luồng cho thấy ổn định và trung bình đạt 3,04 - 3,20 tấn/ha, điều này được thể hiện tại hình 3.16.

Sinh khối khô của rế Luồng tính trung cho các cấp tuổi và địa điểm nghiên cứu đạt 2,83 tấn/ha, con số này lớn hơn 18 lần sinh khối rế của Luồng tại Lương Sơn, Hòa Bình (0,15 tấn/ha) Lê Xuân Trường và cộng sự, 2015 [61], nhưng lại nhỏ hơn 3,5 lần

so với sinh khối rễ của tầng cây cao trạng thái rừng IIB tại tỉnh Thái Nguyên (trung bình đạt 10,01 tấn/ha) Nguyễn Thanh Tiến, 2011 [48].



Hình 3.16. Sinh khối rễ luồng theo cấp tuổi rừng

3.2.3.3. Sinh khối khô cây bụi thảm tươi và vật rơi rụng

Kết quả nghiên cứu về sinh khối khô của cây bụi thảm tươi và vật rơi rụng dưới tán rừng Luồng thuần loài ở Thanh Hóa được trình bày ở bảng 3.14.

Bảng 3.14. Bảng sinh khối khô cây bụi, thảm tươi và vật rơi rụng

Địa điểm	Cấp tuổi rừng	Mật độ (cây/ha)	Sinh khối khô (tấn/ha)		
			CBTT	VRR	Tổng SK
Bá Thước	I	1.680	0,56	1,90	2,46
	II	2.020	0,53	1,99	2,52
	III	2.410	0,48	2,05	2,53
	IV	2.365	0,47	2,10	2,57
	V	2.425	0,46	2,65	3,11
	VI	2.405	0,38	2,53	2,91
	TB	2.218	0,48	2,20	2,68
Quan Hóa	I	1.605	0,55	1,99	2,54
	II	2.315	0,55	2,36	2,91
	III	2.400	0,49	2,36	2,85
	IV	2.550	0,48	2,10	2,58
	V	2.515	0,48	2,16	2,64
	VI	2.485	0,53	2,25	2,78
	TB	2.312	0,51	2,20	2,72
Lang Chánh	I	1.845	0,56	1,84	2,40
	II	2.255	0,56	1,99	2,55
	III	2.425	0,54	1,99	2,53

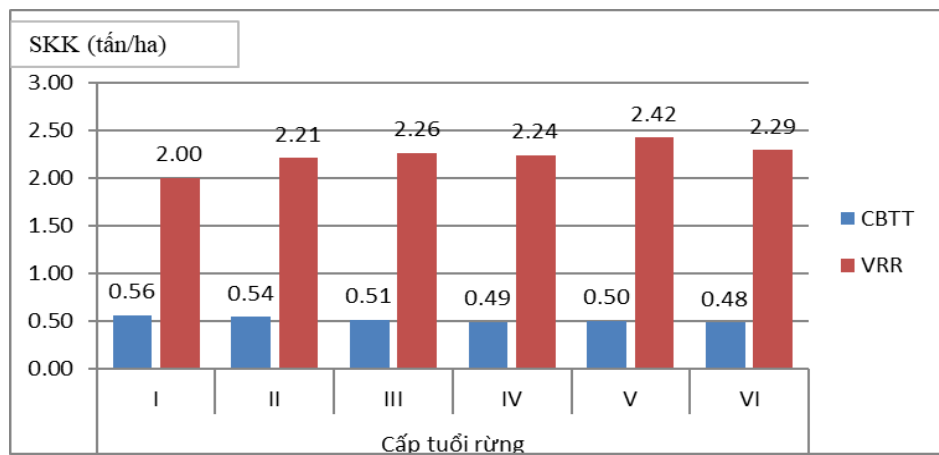
Địa điểm	Cấp tuổi rừng	Mật độ (cây/ha)	Sinh khối khô (tấn/ha)		
			CBTT	VRR	Tổng SK
	IV	2.525	0,50	1,99	2,49
	V	2.600	0,54	2,38	2,92
	VI	2.540	0,52	2,03	2,55
	TB	2.365	0,54	2,04	2,57
Ngọc Lặc	I	1.800	0,56	2,26	2,82
	II	2.380	0,52	2,49	3,01
	III	2.540	0,52	2,63	3,15
	IV	2.435	0,50	2,75	3,25
	V	2.510	0,50	2,48	2,98
	VI	2.480	0,49	2,36	2,85
	TB	2.358	0,52	2,50	3,01
Trung bình của 4 huyện	I	1.733	0,56	2,00	2,55
	II	2.243	0,54	2,21	2,75
	III	2.444	0,51	2,26	2,76
	IV	2.469	0,49	2,24	2,72
	V	2.513	0,50	2,42	2,91
	VI	2.478	0,48	2,29	2,77
	TB	2.313	0,51	2,23	2,75

Qua bảng tổng hợp 3.14 cho ta thấy:

- Lượng sinh khối khô của cây bụi thảm tươi ở các cấp tuổi rừng là khác nhau và giảm dần khi tuổi rừng tăng, tuy nhiên không có sự biến động lớn giữa các cấp tuổi rừng. Lượng sinh khối trung bình đạt cao nhất khi rừng ở cấp tuổi I là 0,56 tấn/ha và thấp nhất khi rừng ở cấp tuổi VI là 0,48 tấn/ha, trung bình của của các cấp tuổi rừng đạt 0,51 tấn/ha. Lượng sinh khối này chỉ bằng 1/6 lần so với sinh khối cây bụi thảm tươi dưới tán rừng Bạch đàn urophylla (0,65-3,97 tấn/ha, trung bình đạt 3,97 tấn/ha); 1/4 lần so với rừng Keo lai (0,43 - 4,63 tấn/ha, trung bình 2,05 tấn/ha) và bằng 1/3 so với rừng Thông mã vĩ (0,70-3,71 tấn/ha, trung bình 1,8 tấn/ha) (Võ Đại Hải và cộng sự, 2009) [17].

- Lượng sinh khối khô trung bình của vật rơi rụng ở các cấp tuổi rừng cũng không có sự biến động lớn trong 6 cấp tuổi, trung bình là 2,23 tấn/ha, trong đó đạt cao nhất là cấp tuổi rừng V (2,42 tấn/ha) và thấp nhất là cấp tuổi rừng I (2,00 tấn/ha). Khi so sánh với sinh khối vật rơi rụng trong rừng *Bambusa bambos* ở các

tuổi rừng 4 – 6, kết quả cho thấy lượng sinh khối vật rơi rụng trong rừng Luồng thấp hơn từ 7 - 8 lần (từ 15,4-20,3 tấn/ha) [90], chỉ bằng 1/2 sinh khối vật rơi rụng rừng Keo lai (trung bình 4,19 tấn/ha) và tương đương với sinh khối vật rơi rụng dưới tán rừng Keo lá tràm (trung bình 2,34 tấn/ha) (Võ Đại Hải và cộng sự, 2009) [17]. Kết quả nghiên cứu sinh khối vật rơi rụng dưới tán rừng Luồng cũng cho thấy phù hợp với nghiên cứu của Ly *et. al*, (2012) [112] về lượng sinh khối vật rơi rụng dưới tán rừng Luồng tại vùng miền núi phía Bắc (từ 0,91- 3,37 tấn/ha) (hình 3.17).



Hình 3.17. Sinh khối khô CBTT, VRR dưới tán rừng Luồng thuần loài

3.2.3.4. Sinh khối khô rừng Luồng thuần loài tại Thanh Hóa

Kết quả tính toán cấu trúc sinh khối khô rừng Luồng thuần loài tại Thanh Hóa được trình bày ở bảng sau:

Bảng 3.15. Cấu trúc sinh khối khô rừng Luồng thuần loài tại Thanh Hóa

Địa điểm	Cấp tuổi rừng	Mật độ (cây/ha)	Tổng sinh khối khô rừng luồng								Tổng (t/ha)
			Luồng		CBTT		VRR		Rễ		
			t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	
Bá Thuộc	I	1.680	18,44	80,67	0,56	2,45	1,90	8,32	1,96	8,56	22,86
	II	2.020	25,82	83,76	0,53	1,72	1,99	6,46	2,48	8,06	30,83
	III	2.410	29,14	84,41	0,48	1,39	2,05	5,94	2,85	8,26	34,52
	IV	2.365	30,56	84,39	0,47	1,30	2,10	5,79	3,09	8,53	36,21
	V	2.425	31,80	83,16	0,46	1,20	2,65	6,92	3,33	8,72	38,24
	VI	2.405	30,93	82,72	0,38	1,02	2,82	7,54	3,26	8,72	37,39
	TB	2.218	27,78	83,19	0,48	1,51	2,25	6,83	2,83	8,47	33,34

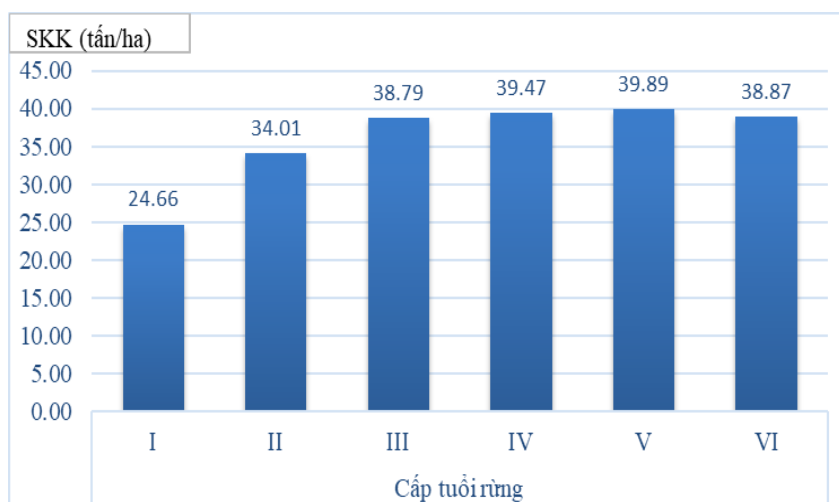
Địa điểm	Cấp tuổi rừng	Mật độ (cây/ha)	Tổng sinh khối khô rừng luồng								Tổng (t/ha)
			Luồng		CBTT		VRR		Rễ		
			t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	
Quan Hóa	I	1.605	17,60	81,30	0,55	2,54	1,99	9,20	1,51	6,96	21,65
	II	2.315	28,33	84,13	0,55	1,63	2,36	7,00	2,43	7,23	33,67
	III	2.400	32,86	84,10	0,49	1,25	2,36	6,04	3,36	8,61	39,07
	IV	2.550	32,59	84,47	0,48	1,24	2,42	6,27	3,09	8,01	38,58
	V	2.515	32,34	83,92	0,48	1,25	2,56	6,63	3,16	8,20	38,54
	VI	2.485	31,71	83,77	0,53	1,40	2,53	6,69	3,08	8,14	37,85
	TB	2.312	29,24	83,62	0,51	1,55	2,37	6,97	2,77	7,86	34,89
Lang Chánh	I	1.845	21,63	83,72	0,56	2,17	1,84	7,12	1,81	6,99	25,84
	II	2.255	25,02	82,30	0,56	1,84	1,99	6,53	2,84	9,33	30,40
	III	2.425	31,20	85,04	0,54	1,47	1,99	5,41	2,96	8,07	36,69
	IV	2.525	33,84	85,48	0,50	1,26	1,99	5,03	3,26	8,23	39,59
	V	2.600	34,44	84,73	0,54	1,33	2,48	6,09	3,19	7,85	40,65
	VI	2.540	33,44	84,70	0,52	1,32	2,53	6,41	2,99	7,57	39,48
	TB	2.365	29,93	84,33	0,54	1,57	2,13	6,10	2,84	8,01	35,44
Ngọc Lặc	I	1.800	23,51	83,09	0,56	1,98	2,26	7,97	1,97	6,95	28,29
	II	2.380	35,38	85,97	0,52	1,26	2,49	6,06	2,76	6,71	41,15
	III	2.540	38,28	85,31	0,52	1,16	2,71	6,04	3,36	7,49	44,87
	IV	2.435	36,98	85,03	0,50	1,15	2,75	6,33	3,26	7,50	43,49
	V	2.510	35,67	84,63	0,50	1,19	2,86	6,78	3,12	7,40	42,15
	VI	2.480	34,45	84,51	0,49	1,20	2,99	7,35	2,83	6,94	40,76
	TB	2.358	34,05	84,76	0,52	1,32	2,68	6,75	2,88	7,17	40,12
Trung bình của 4 huyện	I	1.733	20,30	82,30	0,56	2,26	2,00	8,10	1,81	7,34	24,66
	II	2.243	28,64	84,19	0,54	1,59	2,21	6,49	2,63	7,73	34,01
	III	2.444	32,87	84,74	0,51	1,31	2,28	5,87	3,13	8,08	38,79
	IV	2.469	33,49	84,86	0,49	1,24	2,32	5,87	3,17	8,04	39,47
	V	2.513	33,56	84,13	0,50	1,24	2,63	6,60	3,20	8,02	39,89
	VI	2.478	32,63	83,95	0,48	1,23	2,72	7,00	3,04	7,82	38,87
	TB	2.313	30,25	84,14	0,51	1,42	2,36	6,56	2,83	7,88	35,95

Qua bảng 3.15 cho thấy: Sinh khối khô của rừng Luồng chủ yếu tập trung ở sinh khối cây Luồng dao động từ 80,67 - 85,97%, trung bình chiếm 84,14%; sinh

khối khô của rễ Luồng dao động từ 6,71 - 9,33%, trung bình 7,88%; vật rơi rụng dao động từ 5,03 - 9,20%, trung bình chiếm 6,56% và thấp nhất là cây bụi thảm tươi là dao động từ 1,02 - 2,54%, trung bình chiếm 1,42% trong toàn lâm phần.

Từ bảng 3.15 cũng cho thấy tổng sinh khối khô của rừng Luồng tăng dần theo cấp tuổi rừng, tăng mạnh nhất từ cấp tuổi I đến cấp tuổi III (24,66 - 38,79 tấn/ha) và khi rừng bước sang cấp tuổi IV, V thì sinh khối là đạt cao nhất, đồng thời cho thấy sự ổn định (39,47 - 39,89 tấn/ha). Tuy nhiên, trong một số trường hợp, vì ở các tuổi rừng lớn, mật độ của Luồng giảm xuống nên sinh khối của Luồng giảm, do đó tổng sinh khối của rừng cũng giảm theo. Điều này xảy ra khi rừng ở cấp tuổi V sinh khối là 39,89 tấn/ha nhưng ở cấp tuổi rừng VI thì sinh khối chỉ đạt 38,87 tấn/ha. Điều này được minh họa qua hình 3.18.

Khi so sánh với kết quả nghiên cứu của Chen *et. al* (2016) lượng sinh khối tích lũy trong rừng Luồng thấp hơn khoảng 1,5 lần so với sinh khối của rừng Trúc sào ở Đài Loan (38,4 - 60,4 tấn/ha) cũng như sinh khối của rừng Keo lai (trung bình 48,7 tấn/ha) (Nguyễn Viết Khoa, 2010) [26] và thấp hơn hai lần so với sinh khối của rừng thứ sinh phục hồi tự nhiên sau khai thác kiệt tại Thái Nguyên (trung bình đạt 63,38 tấn/ha) Nguyễn Thanh Tiến, 2011 [48]. Tuy nhiên, kết quả này cao hơn 1,2 lần so với kết quả nghiên cứu sinh khối của Luồng tại Lương Sơn, Hòa Bình (đạt trung bình 28,21 tấn/ha) Lê Xuân Trường và cộng sự, 2015 [61].



Hình 3.18. Sinh khối khô của rừng Luồng tính theo cấp tuổi

3.2.3.5. *Mối quan hệ giữa sinh khối tươi và sinh khối khô rừng Luồng với các nhân tố điều tra*

Kết quả xây dựng tương quan được trình bày ở bảng 3.16

Bảng 3.16. Tương quan giữa sinh khối tươi và khô của rừng Luồng với các nhân tố điều tra

TT	Tên phương trình	R ²	Std	Sig.Ta	Sig.Tb	Ký hiệu PT
I	Mối quan hệ giữa sinh khối tươi rừng Luồng với các nhân tố điều tra rừng					
1	$\text{LnSK}_{\text{Tươi}} = -6,216 + 0,18 \times \text{LnD}_{1,3}^2 + 1,2 \times \text{Hvn} + 1,2 \times \text{LnN}$	0,86	0,07	0,00	0,00	3.7
II	Mối quan hệ giữa sinh khối khô rừng Luồng với các nhân tố điều tra rừng					
1	$\text{SK}_{\text{Khô}} = -10,429 + 0,009 \times \text{D}_{1,3}^2 + 0,017 \times \text{Hvn} + 0,017 \times \text{N}$	0,85	2,60	0,00	0,00	3.8

Kết quả đã xây dựng được một phương trình tương quan giữa sinh khối tươi rừng Luồng với các nhân tố điều tra rừng (phương trình 3.7) và một phương trình biểu thị mối quan hệ giữa sinh khối khô rừng Luồng với các nhân tố điều tra rừng (phương trình 3.8). Các phương trình này đều có hệ số xác định R² rất cao (R²=0,85 - 0,86), sai tiêu chuẩn thấp và các tham số của phương trình đều tồn tại. Vì vậy, có thể sử dụng các phương trình này để xác định nhanh sinh khối tươi và sinh khối khô rừng Luồng trồng thuần loài ở Thanh Hóa khi biết các nhân tố điều tra lâm phần như D_{1,3}, H_{vn} của cây và mật độ rừng (N).

3.3. Nghiên cứu khả năng tích lũy carbon của rừng Luồng

3.3.1. Lượng carbon tích lũy trong cây cá lẻ Luồng

3.3.1.1. Hàm lượng carbon trong các bộ phận cây cá lẻ Luồng

Kết quả phân tích hàm lượng carbon trong các bộ phận cây cá lẻ của Luồng theo tuổi cây được tổng hợp ở bảng 3.17.

Bảng 3.17. Hàm lượng carbon trong các bộ phận cây cá lẻ Luồng

Tuổi	Hàm lượng carbon trong các bộ phận của cây (%)			
	Thân khí sinh	Thân ngầm	Cành	Lá
1	50,9	48,1	48,2	42,0
2	52,2	51,3	49,9	43,0
3	52,7	52,2	50,7	42,9
≥4	53,6	53,1	50,4	42,2
TB	52,3	51,2	49,8	42,6

Qua bảng 3.17 có thể thấy hàm lượng carbon trong các bộ phận thân khí sinh, thân ngầm, cành và lá có sự khác nhau. Hàm lượng carbon trong phần thân khí sinh là lớn nhất dao động từ 50,9 - 53,6% tương ứng với cây cá lẻ Luồng từ tuổi 1 đến tuổi ≥ 4 , tiếp đến là thân ngầm dao động từ 48,1 - 53,1%, hàm lượng carbon trong cành dao động từ 48,2 - 50,4% và thấp nhất là hàm lượng carbon trong lá dao động từ 42,0 - 43,0%. Tính trung bình, hàm lượng carbon trong thân khí sinh là 52,3%, của thân ngầm là 51,2%, cành là 49,8% và thấp nhất là lá 42,6%. Khi so sánh với kết quả nghiên cứu của Luồng tại Lương Sơn, Hòa Bình cho thấy hàm lượng carbon trong thân khí sinh, lá là ngang nhau (thân khí sinh: 52,99%; lá: 42,26%) tuy nhiên hàm lượng carbon trong thân ngầm và cành lại thấp hơn (thân ngầm: 52,22%; cành 51,47%) Lê Xuân Trường và cộng sự (2015) [61].

Để kiểm tra sự khác biệt về hàm lượng carbon giữa các bộ phận khác nhau (thân khí sinh, thân ngầm, cành và lá) của cùng một cây Luồng, luận án đã sử dụng tiêu chuẩn Kruskal - Wallis để phân tích bằng phần mềm ứng dụng SPSS 22.0, kết quả tính toán cho thấy tất cả đều có xác suất của $\chi^2 < 0,05$, chứng tỏ giả thuyết H_0 bị bác bỏ, như vậy hàm lượng carbon giữa các bộ phận cây cá lẻ bao gồm: thân khí sinh, thân ngầm, cành và lá là có sự khác biệt, điều này phù hợp với nghiên cứu của Yen và Lee (2011) [104] thì đối với các loài tre nứa là có sự khác nhau về lượng carbon tích lũy giữa các bộ phận trong cùng một tuổi cây. Do không có sự đồng nhất về hàm lượng carbon giữa 4 bộ phận của cây, việc tính bình quân hàm lượng carbon trung bình cho 1 cây (bao gồm cả 4 bộ phận thân khí sinh, thân ngầm, cành và lá) sẽ không đảm bảo độ chính xác. Để khắc phục nhược điểm này, luận án đã sử

dụng phương pháp tính bình quân gia quyền theo tỷ trọng khối lượng của từng bộ phận và hàm lượng carbon trong từng bộ phận, kết quả tính được hàm lượng carbon trung bình trong 1 cây cá lè Luông là 51,36%. Hàm lượng này cao hơn 1,36% so với đề xuất sử dụng giá trị trung bình 50% khi quy đổi từ sinh khối ra carbon của IPCC (2003) [86].

3.3.1.2. Carbon cây cá lè Luông theo đường kính và tuổi

Kết quả tính toán lượng carbon trong cây cá lè theo đường kính và tuổi cây được trình bày ở bảng 3.18.

Bảng 3.18. Lượng carbon trong cây cá lè theo đường kính và tuổi cây

Đường kính (cm)	Carbon theo tuổi cây (kg/cây)				Trung bình (kg/cây)
	1	2	3	≥4	
< 8	5,1±0,3	5,7±0,7	6,0±0,5	6,4±0,9	5,8±0,8
8,0-8,9	6,3±0,7	6,8±1,6	7,4±1,1	8,1±0,8	7,0±1,3
9,0-9,9	7,5±1,3	8,2±1,2	9,5±1,0	9,5±2,0	8,6±1,6
10,0-10,9	8,7±1,2	9,8±0,9	10,1±2,2	10,2±1,4	9,6±1,7
11,0-11,9	9,3±1,2	11,2±2,0	11,0±2,6	11,2±1,4	10,3±2,0
≥12	10,4±1,2	12,3±2,1	12,3±0,7	12,3±0,7	11,6±1,6

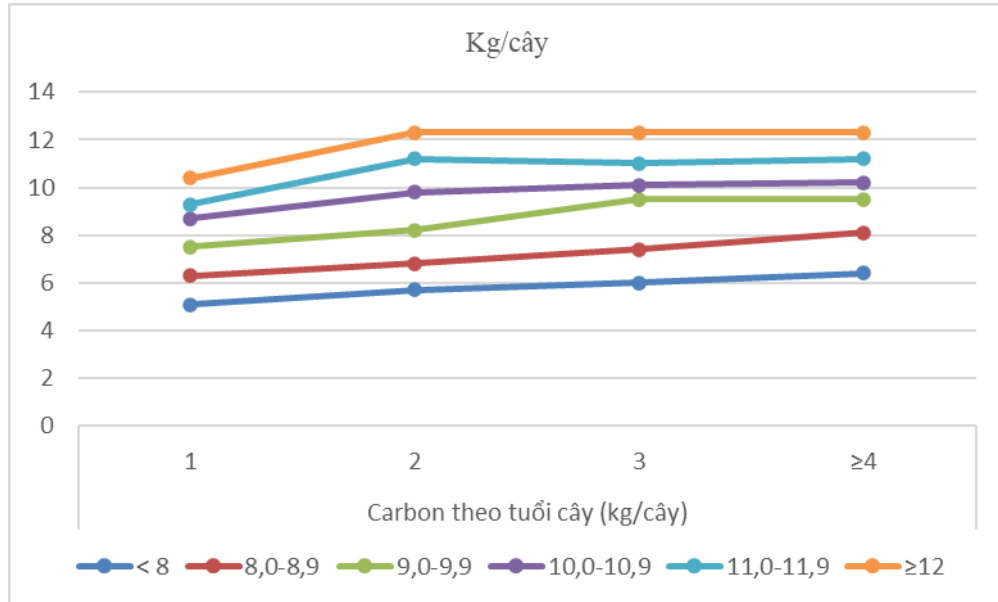
Từ bảng số liệu trên cho thấy lượng carbon tích lũy trong cây cá lè Luông tăng dần theo đường kính thân cây, trung bình dao động từ 5,8 - 11,6 kg/cây, tương ứng với đường kính cây từ < 8 cm đến ≥ 12 cm. Trong khi đó xét về tuổi cây lượng carbon cũng tăng từ cây tuổi 1 đến cây tuổi ≥ 4, tuy nhiên chỉ tăng mạnh từ tuổi 1 đến tuổi 2, lượng carbon tích lũy trong cây không có sự khác biệt nhiều giữa tuổi 3 và tuổi ≥ 4 ở cùng một cấp đường kính. Điều này có thể được giải thích là do cây ở các tuổi nhỏ (tuổi 1 đến tuổi 2) lượng nước trong cây nhiều hơn so với những cây ở tuổi cao hơn. Khi cây đạt đường kính từ 11,0 cm đến ≥ 12 cm thì lượng carbon giữa tuổi 2, 3 và ≥ 4 không có sự chênh lệch nhiều, điều này có nghĩa lượng carbon tích lũy đã bắt đầu dần ổn định.

So sánh lượng carbon tích lũy trong cây Bạch đàn urophylla ở tuổi 6 (15,6 - 49,4 kg/cây) và Keo lá tràm ở tuổi 8 (16,6 - 48,6 kg/cây) Võ Đại Hải và cộng sự,

2009 [17] cho thấy lượng carbon tích lũy cây cá lẻ của hai loài này cao hơn từ 2,7 - 4,3 lần lượng carbon tích lũy trong cây cá lẻ Luồng.

3.3.1.3. Động thái carbon cây cá lẻ Luồng theo tuổi

Động thái carbon tích lũy theo tuổi cây Luồng được thể hiện ở hình 3.19



Hình 3.19. Động thái carbon cây cá lẻ theo tuổi cây

Lượng carbon tích lũy trong cây cá lẻ ở tuổi 1 dao động từ 5,1 - 10,4 kg/cây, khi cây Luồng sang tuổi 2 lượng carbon tăng từ 1,07 - 1,2 lần so với cây tuổi 1. Khi cây bước sang tuổi 3 lượng carbon tăng so với cây tuổi 2 từ 1,02 – 1,14 lần. Cây ở tuổi 3 và 4 lượng carbon không thay đổi nhiều giữa 2 tuổi này, có thể nói lượng carbon đã ổn định khi cây cá lẻ ở tuổi 3 và 4. Tuy nhiên, trong thực tế quá trình khai thác đã lấy đi cây tuổi 4 có đường kính, chiều cao lớn, chỉ còn lại những cây thường có chất lượng kém hơn vì vậy số liệu ở cây tuổi 4 có thể chưa phản ánh chính xác động thái tích lũy carbon của cây cá lẻ từ tuổi 3 sang tuổi 4. Hình 3.19.

3.3.1.4. Cấu trúc lượng carbon các bộ phận cây cá lẻ

a) Cấu trúc lượng carbon tích lũy trong các bộ phận cây cá lẻ theo đường kính

Kết quả tính toán cấu trúc lượng carbon tích lũy trong các bộ phận cây cá lẻ theo đường kính được trình bày ở bảng sau:

Bảng 3.19. Cấu trúc carbon cây cá lẻ theo đường kính

Đường kính (cm)	Thân khí sinh		Thân ngầm		Cành		Lá		Tổng kg/cây
	kg/cây	%	kg/cây	%	kg/cây	%	kg/cây	%	
< 8	4,0±0,7	68,2	0,6±0,1	10,1	0,9±0,3	15,5	0,4±0,1	6,1	5,8±0,7
8,0-8,9	5,1±1,0	72,5	0,6±0,2	8,8	0,9±0,3	13,4	0,4±0,1	5,3	7,0±1,3
9,0-9,9	6,2±1,2	72,8	0,7±0,1	8,6	1,1±0,5	13,3	0,5±0,2	5,3	8,6±1,6
10,0-10,9	7,0±1,3	72,7	0,9±0,3	9,1	1,2±0,5	12,7	0,5±0,3	5,6	9,6±1,7
11,0-11,9	7,6±1,5	74,3	0,9±0,2	8,8	1,2±0,4	11,9	0,5±0,2	5,0	10,3±2,0
≥12	8,7±1,3	74,8	1,0±0,2	8,4	1,3±0,4	11,2	0,7±0,2	5,7	11,6±1,7
Trung bình		73,0		8,8		12,8		5,4	

Qua bảng 3.19 có thể rút ra một số nhận xét sau:

- Về cấu trúc lượng carbon trong cây cá lẻ theo đường kính: Lượng carbon tập trung chủ yếu ở phần thân khí sinh, đường kính cây càng tăng thì tỷ lệ carbon chiếm trong thân càng lớn, tỷ lệ này dao động từ 68,2 - 74,8%, trung bình đạt 73,0%; cụ thể ở cấp đường kính < 8 cm, tỷ trọng carbon trong thân cây chiếm 68,2%, sau đó tăng lên 72,7% và 74,8% ứng với cây có đường kính 10,0 - 10,9 cm và ≥12 cm. Ở chiều ngược lại, tỷ trọng carbon của cành lại có xu hướng giảm xuống, từ 15,5% ở cấp đường kính < 8 cm đến 11,2% ở cấp đường kính ≥ 12 cm. Trong khi đó tỷ trọng carbon trong các bộ phận thân ngầm và lá lại không tuân theo những quy luật tăng giảm rõ ràng theo đường kính của cây. Lượng carbon tích lũy trong thân ngầm dao động từ 8,4 - 10,1%, trung bình đạt 8,8% và thấp nhất là lượng carbon trong lá, dao động từ 5,0 - 6,1%, trung bình đạt 5,4%. So sánh với kết quả nghiên cứu cấu trúc lượng carbon tích lũy trong cây cá thể Keo lai [26], cho thấy tỷ lệ carbon trong thân khí sinh Luồng (73,0%) cao hơn carbon tích lũy trong thân Keo lai (54,31%) nhưng tỷ lệ carbon tích lũy trong thân ngầm, cành và lá của Luồng lại thấp hơn tỷ lệ carbon tích lũy trong rễ, cành và lá của Keo lai.

Về lượng carbon tích lũy theo đường kính của cây: đường kính của cây cá lẻ tăng thì lượng carbon tích lũy trong các bộ phận của cây cũng tăng theo dẫn đến lượng carbon tích lũy trong cây cũng tăng, cụ thể khi cây ở đường kính < 8 cm thì lượng carbon tích lũy trong cây là 5,8 kg/cây, khi đường kính cây đạt 10,0 - 10,9 cm

thì lượng carbon tích lũy trong cây tương ứng là 9,6 kg/cây và đạt cao nhất 11,6 kg/cây cũng ứng với đường kính cao nhất của cây là ≥ 12 cm.

b) Cấu trúc carbon trong các bộ phận cây cá lẻ Luồng theo tuổi

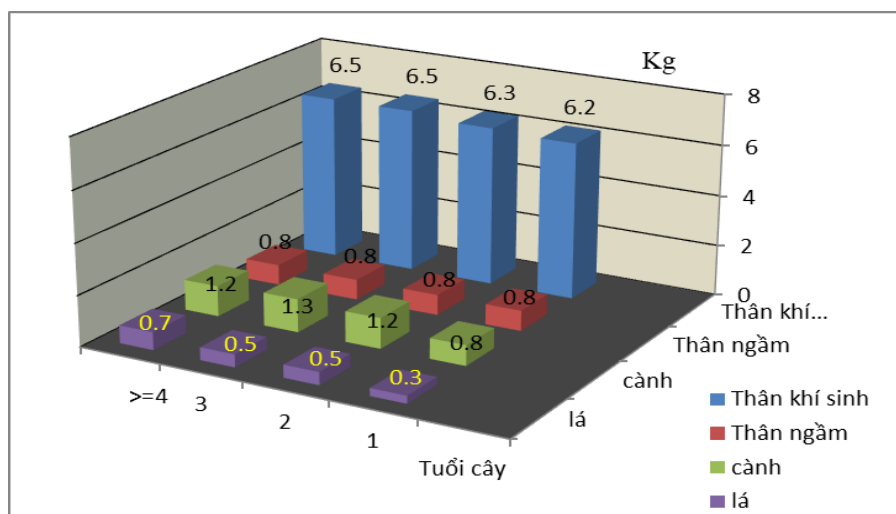
Kết quả phân tích về cấu trúc carbon của các bộ phận cây cá lẻ Luồng theo tuổi được trình bày ở bảng 3.20.

Bảng 3.20. Cấu trúc carbon các bộ phận cây cá lẻ Luồng theo tuổi

Tuổi cây	Đường kính (cm)	Thân khí sinh		Thân ngầm		Cành		Lá		Tổng
		Kg/cây	%	Kg/cây	%	Kg/cây	%	Kg/cây	%	Kg/cây
1	< 8	3,3±0,3	65,9	0,6±0,2	12,8	0,8±0,4	15,7	0,3±0,1	5,7	5,1±0,3
	8,0-8,9	4,8±0,5	76,1	0,6±0,1	9,3	0,6±0,2	10,2	0,3±0,1	4,4	6,3±0,6
	9,0-9,9	5,8±1,1	77,3	0,7±0,1	9,2	0,7±0,2	9,3	0,3±0,1	4,3	7,5±1,3
	10,0-10,9	6,8±1,3	78,7	0,9±0,1	9,8	0,7±0,2	7,7	0,3±0,1	3,7	8,7±1,2
	11,0-11,9	7,1±1,0	76,7	0,8±0,1	9,1	0,9±0,3	10,1	0,4±0,1	4,0	9,3±1,2
	≥ 12	7,9±0,9	76,1	1,0±0,1	9,2	1,1±0,1	10,3	0,5±0,1	4,4	10,4±1,2
	TB		76,6		9,4		9,8		4,2	
2	< 8	3,8±0,4	66,9	0,5±0,1	8,4	1,0±0,3	18,3	0,4±0,0	6,5	5,7±0,7
	8,0-8,9	4,9±1,3	72,7	0,6±0,1	8,9	0,9±0,3	13,0	0,4±0,1	5,4	6,8±0,6
	9,0-9,9	5,8±0,9	70,5	0,7±0,1	8,2	1,3±0,4	15,6	0,5±0,2	5,7	8,2±1,2
	10,0-10,9	7,0±0,7	71,4	1,0±0,5	10,1	1,3±0,4	13,4	0,5±0,1	5,0	9,8±0,9
	11,0-11,9	8,2±1,6	73,6	1,0±0,2	9,3	1,4±0,3	12,2	0,5±0,1	4,9	11,2±2,0
	≥ 12	9,2±1,8	75,2	1,1±0,2	9,0	1,3±0,1	10,8	0,6±0,0	5,1	12,3±2,1
	TB		72,0		9,0		13,7		5,4	
3	< 8	4,1±0,7	68,2	0,7±0,0	11,8	0,9±0,2	15,1	0,3±0,0	4,9	6,0±0,5
	8,0-8,9	5,2±0,9	71,2	0,6±0,2	8,2	1,1±0,4	15,4	0,4±0,1	5,2	7,4±1,1
	9,0-9,9	6,8±0,9	71,5	0,8±0,1	8,4	1,4±0,3	14,3	0,5±0,2	5,7	9,5±1,0
	10,0-10,9	6,8±1,6	69,5	0,8±0,2	7,8	1,7±0,2	16,5	0,6±0,2	6,2	10,1±2,2
	11,0-11,9	8,0±2,1	72,8	0,9±0,3	8,6	1,5±0,3	13,8	0,5±0,2	4,9	11,0±2,6
	≥ 12	9,2±0,6	75,3	1,0±0,1	8,2	1,3±0,4	10,4	0,7±0,1	6,1	12,3±0,7
	TB		71,4		8,4		14,7		5,6	

Tuổi cây	Đường kính (cm)	Thân khí sinh		Thân ngầm		Cành		Lá		Tổng
		Kg/cây	%	Kg/cây	%	Kg/cây	%	Kg/cây	%	Kg/cây
≥4	< 8	4,3±0,7	71,3	0,6±0,1	9,3	0,8±0,2	12,6	0,4±0,1	6,9	6,0±0,8
	8,0-8,9	5,8±0,6	71,4	0,8±0,2	10,1	1,0±0,3	11,9	0,5±0,2	6,6	8,1±0,8
	9,0-9,9	7,1±1,2	72,5	0,9±0,2	8,9	1,3±0,7	13,2	0,5±0,1	5,5	9,8±2,0
	10,0-10,9	7,6±0,9	71,9	0,9±0,1	8,5	1,2±0,3	11,7	0,8±0,3	7,9	10,6±1,4
	11,0-11,9	7,9±1,1	70,1	0,8±0,1	7,1	1,6±0,6	14,2	1,0±0,2	8,6	11,3±1,4
	≥12	9,0±0,5	71,8	0,8±0,0	6,7	1,7±0,6	13,6	1,0±0,3	7,9	12,6±0,7
	TB		71,6		8,4		12,8		7,2	

Qua bảng 3.20 cho thấy lượng carbon tích lũy trong cây cá lẻ ở phần thân khí sinh có xu hướng tăng dần từ cây tuổi 1 đến cây tuổi 4, cụ thể khi cây ở tuổi 1 lượng carbon trung bình trong thân khí sinh là 6,2 kg/cây và giá trị này lần lượt tăng lên 6,3 kg/cây, 6,5 kg/cây và 6,9 kg/cây ứng với cây tuổi 2, tuổi 3 và tuổi ≥ 4. Nhìn chung, lượng carbon tích lũy trong cây Luồng ở các tuổi khác nhau có sự biến động nhưng không nhiều, điều này có thể giải thích là do trong năm đầu tiên thân khí sinh của Luồng đã đạt đến cỡ đường kính và chiều cao ổn định. Trong khi đó, lượng carbon trong các bộ phận khác của cây (thân ngầm, cành, lá) lại không tuân theo quy luật tăng giảm rõ ràng. Biểu đồ tỷ trọng carbon các bộ phận cây cá lẻ Luồng theo tuổi được thể hiện ở hình 3.20.



Hình 3.20. Khối lượng carbon cây cá lẻ Luồng theo tuổi

3.3.2. Lượng carbon tích lũy của tầng cây Luồng

Kết quả tính toán lượng carbon tích lũy của tầng cây Luồng được tổng hợp ở bảng 3.21.

Bảng 3.21. Lượng carbon tích lũy của tầng cây Luồng theo cấp tuổi rừng

Địa điểm	Cấp tuổi	Mật độ (cây/ha)	Lượng carbon tích lũy trong các bộ phận của tầng cây Luồng (%)				Tổng carbon (t/ha)
			Thân khí sinh	Thân ngầm	Cành	Lá	
Bá Thuộc	I	1680	72,61	9,24	12,97	5,17	9,46
	II	2020	72,56	9,26	13,06	5,13	13,26
	III	2410	72,42	9,24	13,15	5,19	14,93
	IV	2365	72,26	9,16	13,31	5,27	15,34
	V	2425	72,99	9,16	12,72	5,13	16,34
	VI	2405	72,11	9,35	13,30	5,24	15,91
	TB	2218	72,49	9,24	13,08	5,19	14,21
Quan Hóa	I	1605	72,32	9,48	13,02	5,18	9,04
	II	2315	71,42	9,38	13,70	5,50	14,59
	III	2400	70,90	9,39	14,23	5,48	16,88
	IV	2550	71,11	9,38	13,90	5,61	16,78
	V	2515	70,93	9,50	14,08	5,49	16,68
	VI	2485	70,72	9,48	14,23	5,58	16,02
	TB	2312	71,23	9,43	13,86	5,47	15,00
Lang Chánh	I	1845	72,07	9,28	13,30	5,35	11,09
	II	2255	72,10	9,75	13,11	5,04	12,82
	III	2425	71,68	9,50	13,56	5,26	16,03
	IV	2525	73,02	9,28	12,61	5,09	17,41
	V	2600	72,18	9,51	13,19	5,12	17,68
	VI	2540	73,55	9,36	12,15	4,95	17,15
	TB	2365	72,43	9,45	12,98	5,13	15,36
Ngọc Lặc	I	1800	72,93	9,02	12,97	5,08	12,04
	II	2380	73,39	9,42	12,45	4,74	17,93
	III	2540	73,20	9,21	12,66	4,92	19,32

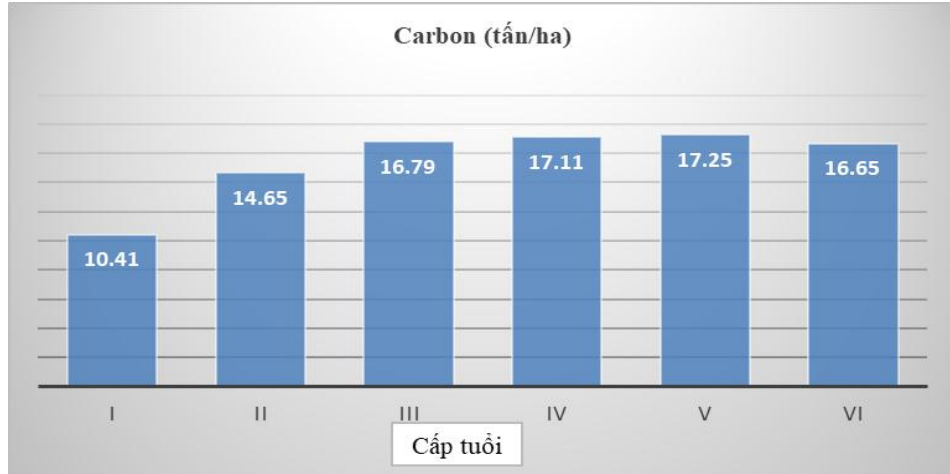
Địa điểm	Cấp tuổi	Mật độ (cây/ha)	Lượng carbon tích lũy trong các bộ phận của tầng cây Luồng (%)				Tổng carbon (t/ha)
			Thân khí sinh	Thân ngầm	Cành	Lá	
	IV	2435	73,42	9,08	12,55	4,95	18,91
	V	2510	73,18	9,54	12,42	4,86	18,29
	VI	2480	73,00	9,50	12,59	4,91	17,50
	TB	2358	73,19	9,30	12,61	4,91	17,33
	TB	2313	72,34	9,35	13,13	5,18	15,48
TB của 4 huyện	I	1733	72,48	9,26	13,07	5,20	10,41
	II	2243	72,37	9,45	13,08	5,10	14,65
	III	2444	72,05	9,34	13,40	5,21	16,79
	IV	2469	72,45	9,22	13,09	5,23	17,11
	V	2513	72,32	9,43	13,10	5,15	17,25
	VI	2478	72,34	9,42	13,06	5,17	16,65
	TB	2313	72,34	9,35	13,13	5,18	15,48

Qua bảng trên ta có thể rút ra nhận xét sau:

Cùng với sự tăng trưởng về sinh khối, quá trình tích lũy carbon trong rừng Luồng cũng tăng dần theo thời gian. Xét về cấp tuổi rừng thì ở cấp tuổi I lượng carbon tích lũy là thấp nhất, dao động từ 9,04 - 12,04 tấn/ha, trung bình chiếm 10,41 tấn/ha.

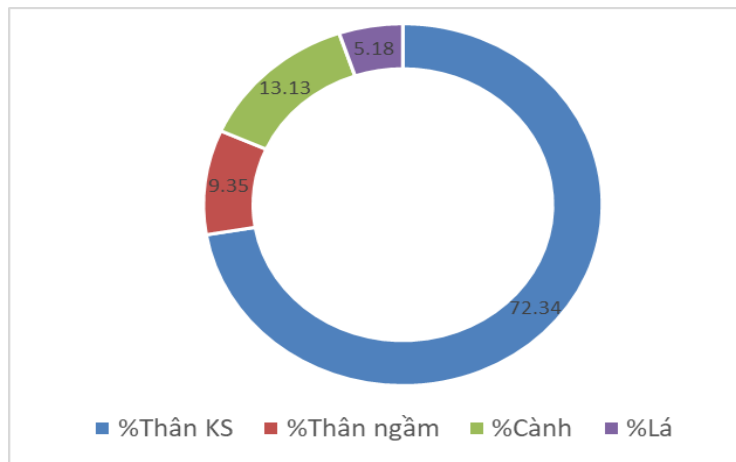
Ở cấp tuổi rừng II, lượng carbon tích lũy dao động từ 12,82 - 17,93 tấn/ha, trung bình là 14,65 tấn/ha, tăng 1,4 lần so với cấp tuổi rừng I.

Khi rừng ở cấp tuổi III lượng carbon tích lũy trung bình là 16,79 tấn/ha, tăng 1,2 lần so với cấp tuổi rừng II và 1,6 lần so với cấp tuổi rừng I, khi rừng ở cấp tuổi III - VI tổng lượng carbon tích lũy của tầng cây Luồng trong lâm phần không có sự biến động nhiều (16,65 - 17,25 tấn/ha) và đạt cao nhất khi rừng ở cấp tuổi V. Điều đó cho thấy rừng ở giai đoạn đầu (cấp tuổi rừng I đến II), mật độ Luồng biến động mạnh (1733 - 2243 cây/ha) vì vậy lượng carbon cũng biến động tương ứng, khi rừng bước sang cấp tuổi III trở đi thì mật độ Luồng cũng dần ổn định (2444 - 2513 cây/ha) thì lượng carbon tích lũy cũng ổn định theo (hình 3.21).



Hình 3.21. Carbon tích lũy trong Luồng theo cấp tuổi rừng

Nhìn chung, cấu trúc carbon của Luồng trong lâm phần không có sự khác nhau nhiều giữa các huyện nghiên cứu. Lượng carbon tích lũy của Luồng trong lâm phần chủ yếu tập trung ở phần thân khí sinh với 72,34%, tiếp đó là lượng carbon tích lũy trong cành đạt 13,13%; carbon trong thân ngầm chiếm 9,35% và lượng carbon trong lá chiếm ít nhất là 5,18% (hình 3.22).



Hình 3.22. Cấu trúc carbon tích lũy trong tầng cây Luồng

Tỷ lệ carbon tích lũy trong thân khí sinh dao động trung bình từ 71,23 - 73,19% tùy thuộc vào địa điểm nghiên cứu, tỷ lệ carbon tích lũy cao nhất là huyện Ngọc Lặc và thấp nhất là huyện Quan Hóa, tỷ lệ carbon tích lũy giữa 2 huyện Bá Thước và Lang Chánh là không có sự chênh lệch nhiều (72,49% và 72,43%).

Để kiểm sự đồng nhất về khả năng tích lũy carbon của Luồng giữa các huyện nghiên cứu, luận án đã tiến hành kiểm tra sự khác biệt này bằng tiêu chuẩn Kruskal - Wallis cho kết quả xác suất của $\chi^2 = 0,676 > 0,05$, chứng tỏ không có sự khác biệt

rõ rệt giữa tỷ lệ carbon tích lũy trong thân khí sinh của Luồng ở các địa điểm nghiên cứu. Từ đó luận án đề xuất sử dụng tỷ lệ carbon tích lũy trung bình của thân khí sinh Luồng là 72,34%, tương đương với hệ số chuyển đổi là 1,38 để chuyển đổi ra lượng carbon tích lũy trong toàn bộ cây Luồng khi biết lượng carbon tích lũy trong phần thân khí sinh của Luồng. Trong thực tế không phải lúc nào cũng dễ dàng có thể đo đếm và tính toán chi tiết toàn bộ lượng carbon tích lũy trong cây Luồng gồm đầy đủ các bộ phận cành, lá và thân ngầm. Vì vậy, có thể sử dụng hệ số chuyển đổi này để tính nhanh lượng carbon tích lũy trong toàn bộ cây Luồng khi biết lượng carbon trong thân khí sinh sau khi chặt hạ.

3.3.3. Lượng carbon tích lũy trong rễ Luồng

Kết quả về carbon tích lũy trong rễ Luồng được trình bày ở bảng 3.22.

Bảng 3.22. Lượng carbon tích lũy trong rễ Luồng

Cấp tuổi	Carbon tích lũy trong rễ Luồng									
	Bá Thước		Quan Hóa		Lang Chánh		Ngọc Lặc		Trung bình	
	Mật độ (cây/ha)	Rễ (t/ha)	Mật độ (cây/ha)	Rễ (t/ha)	Mật độ (cây/ha)	SK rễ (t/ha)	Mật độ (cây/ha)	SK rễ (t/ha)	Mật độ (cây/ha)	SK rễ (t/ha)
I	1.680	0,98	1605	1,18	1.845	1,16	1.800	1,06	1.733	1,09
II	2.020	1,10	2315	1,24	2.255	1,17	2.380	1,10	2.243	1,15
III	2.410	1,20	2400	1,27	2.425	1,15	2.540	1,18	2.444	1,20
IV	2.365	1,23	2550	1,11	2.525	1,22	2.435	1,31	2.469	1,22
V	2.425	1,25	2515	1,13	2.600	1,28	2.510	1,18	2.513	1,21
VI	2.405	1,14	2485	1,15	2.540	1,20	2.480	1,12	2.478	1,15
TB	2.218	1,15	2312	1,18	2.365	1,20	2.358	1,24	2.313	1,17

Qua bảng 3.22 cho thấy:

+ Ở cấp tuổi rừng I, khi rừng còn non, mật độ rừng thấp (từ 1605 - 1845 cây/ha) nên lượng carbon tích lũy trong rễ chưa cao, dao động từ 0,98 - 1,18 tấn/ha, trung bình tại các huyện nghiên cứu, đạt 1,09 tấn/ha.

+ Ở cấp tuổi rừng II, lượng carbon tích lũy tăng lên từ 1,10 - 1,24 tấn/ha, trung bình đạt 1,15 tấn/ha. Khi rừng ở cấp tuổi III đến cấp tuổi VI lượng carbon này không có sự biến động nhiều, trung bình dao động từ 1,15 - 1,22 tấn/ha. Tính trung bình cho các cấp tuổi rừng và địa điểm nghiên cứu, carbon tích lũy trong rễ Luồng

trung bình đạt 1,17 tấn/ha, con số này cao hơn 14 lần so với carbon tích lũy trong rễ của *Dendrocalamus strictus* đạt 0,08 tấn/ha (Dhruba Bijaya G. C, 2008) [76].

3.3.4. Lượng carbon tích lũy trong cây bụi, thảm tươi và vật rơi rụng

Kết quả nghiên cứu lượng carbon tích lũy trong cây bụi thảm tươi và vật rơi rụng được tổng hợp ở bảng 3.23.

Bảng 3.23. Lượng carbon tích lũy trong CBTT và VRR

Địa điểm	Cấp tuổi rừng	Lượng carbon tích lũy (tấn/ha)		Tổng (tấn/ha)
		CBTT	VRR	
Bá Thước	I	0,21	0,63	0,84
	II	0,20	0,66	0,86
	III	0,18	0,68	0,86
	IV	0,18	0,69	0,87
	V	0,18	0,85	1,03
	VI	0,15	0,81	0,96
	TB	0,18	0,72	0,90
Quan Hóa	I	0,21	0,66	0,87
	II	0,21	0,77	0,98
	III	0,19	0,77	0,96
	IV	0,18	0,68	0,86
	V	0,18	0,73	0,91
	VI	0,20	0,70	0,90
	TB	0,20	0,72	0,91
Lang Chánh	I	0,21	0,62	0,83
	II	0,21	0,66	0,87
	III	0,20	0,66	0,86
	IV	0,19	0,66	0,85
	V	0,20	0,77	0,97
	VI	0,20	0,73	0,93
	TB	0,20	0,68	0,88
Ngọc Lặc	I	0,21	0,74	0,95
	II	0,20	0,81	1,00
	III	0,20	0,84	1,04

Địa điểm	Cấp tuổi rừng	Lượng carbon tích lũy (tấn/ha)		Tổng (tấn/ha)
		CBTT	VRR	
	IV	0,19	0,88	1,07
	V	0,19	0,79	0,98
	VI	0,19	0,75	0,94
	TB	0,20	0,80	1,00
Trung bình của 4 huyện	I	0,21	0,66	0,87
	II	0,20	0,72	0,93
	III	0,19	0,74	0,93
	IV	0,19	0,73	0,92
	V	0,19	0,79	0,97
	VI	0,18	0,75	0,93
	TB	0,19	0,73	0,97

Qua bảng số liệu trên cho thấy:

Lượng carbon tích lũy trong cây bụi thảm tươi là tương đối thấp, giảm dần khi tuổi rừng tăng, điều này phù hợp với quy luật là tuổi rừng tăng dẫn đến mật độ của Luồng cũng tăng theo vì vậy độ tàn che cũng cao hơn thì lượng cây bụi thảm tươi giảm dần. Lượng carbon tích lũy trong cây bụi thảm tươi dao động từ 0,18 - 0,21 tấn/ha, trung bình là 0,19 tấn/ha. Lượng carbon này tương đối ổn định khi rừng bước sang cấp tuổi III (đạt 0,19 tấn/ha). Con số này nhỏ hơn rất nhiều so với carbon tích lũy của cây bụi thảm tươi ở một số loại rừng khác (trung bình từ 5-10 lần), cụ thể carbon tích lũy trong cây bụi thảm tươi dưới tán rừng Thông nhựa (0,55 – 5,59 tấn/ha, trung bình đạt 2,32 tấn/ha), rừng Thông mã vĩ (0,70 – 0,71 tấn/ha, trung bình 1,8 tấn/ha), rừng Keo lai (0,21 – 2,31 tấn/ha, trung bình là 1,0 tấn/ha), rừng Bạch đàn urophylla (0,34 – 1,99 tấn/ha, trung bình 1,06 tấn/ha). Nhìn chung lượng carbon tích lũy trong cây bụi thảm tươi phụ thuộc nhiều vào yếu tố như độ tàn che của tầng cây cao, đặc biệt là biện pháp và mức độ tác động trong việc thâm canh vào từng loại rừng. (Võ Đại Hải và cộng sự, 2009) [17].

Lượng carbon tích lũy của vật rơi rụng lại theo chiều ngược lại của cây bụi thảm tươi là khi tuổi rừng tăng thì mật độ của Luồng cũng tăng dẫn đến lượng carbon tích lũy trong vật rơi rụng cũng có chiều hướng tăng và đi vào ổn định ở cấp tuổi IV.

Lượng carbon tích lũy trong vật rơi rụng dao động từ 0,66 - 0,79 tấn/ha, trung bình 0,73 tấn/ha, gấp khoảng 4 lần so với lượng carbon tích lũy của cây bụi thảm tươi, điều này liên quan đến lượng vật rơi rụng như cành, lá, mo có khối lượng nhiều hơn so với cây bụi thảm tươi. Khi so sánh với lượng carbon tích lũy của vật rơi rụng ở một số loại rừng khác cho thấy con số này nhỏ hơn từ 3 - 6 lần, cụ thể đối với rừng Thông nhựa (1,49 - 4,63 tấn/ha), rừng Thông mã vĩ (2,08 - 5,66 tấn/ha), rừng Keo lai (0,49 - 4,96 tấn/ha, trung bình đạt 2,17 tấn/ha), rừng Bạch đàn urophylla (1,03 - 5,66 tấn/ha, trung bình đạt 2,0 tấn/ha). (Võ Đại Hải và cộng sự, 2009) [17]. Lượng carbon tích lũy của vật rơi rụng dưới tán rừng Luông có quy luật chung là tăng dần theo tuổi rừng, tuy nhiên đối với rừng cây gỗ lại không theo quy luật tăng giảm rõ ràng. Tổng lượng carbon tích lũy trong cây bụi thảm tươi và vật rơi rụng dưới tán rừng Luông đạt trung bình 0,97 tấn/ha, trong đó carbon của vật rơi rụng là nhiều nhất (chiếm 75%). Nếu so sánh lượng vật rơi rụng của rừng Luông so với rừng khộp ở Tây Nguyên theo kết quả nghiên cứu của Vũ Đức Quỳnh (2014) [43] cũng tương đương nhau (0,73 tấn/ha và 0,72 tấn/ha) nhưng lượng carbon tích lũy trong cây bụi thảm tươi của rừng Luông lại chỉ bằng 1/5 lượng carbon tích lũy của rừng khộp ở Tây Nguyên.

3.3.5. Lượng carbon tích lũy trong rừng Luông trồng thuần loài

Lượng carbon tích lũy trong rừng Luông gồm lượng carbon tích lũy trong tầng cây luông, trong vật rơi rụng, cây bụi thảm tươi và trong rễ Luông, kết quả nghiên cứu được trình bày ở bảng 3.24.

Bảng 3.24. Lượng carbon tích lũy trong rừng Luông trồng thuần loài

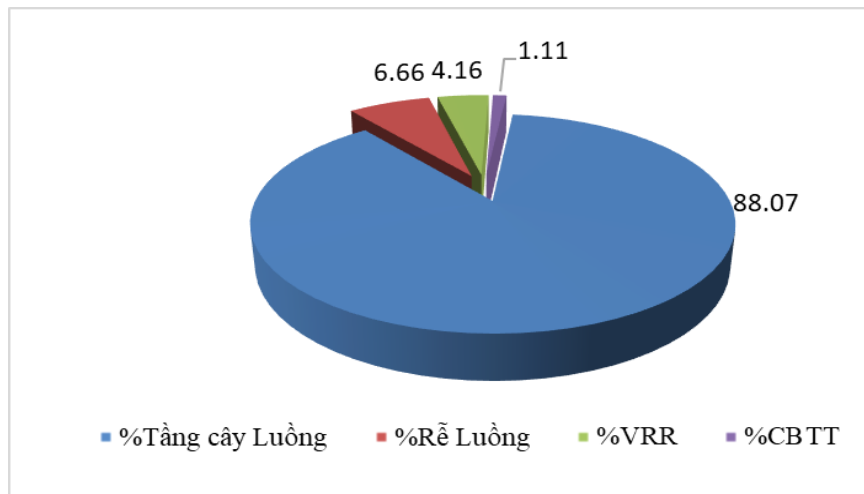
Địa điểm	Cấp tuổi	Mật độ (cây/ha)	Carbon tích lũy trong rừng Luông								Tổng (t/ha)
			Cây Luông		CBTT		VRR		Rễ Luông		
			t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	
Bá Thước	I	1.680	9,46	83,87	0,21	1,87	0,63	5,61	0,98	8,65	11,28
	II	2.020	13,26	87,14	0,20	1,32	0,66	4,32	1,10	7,23	15,22
	III	2.410	14,93	87,88	0,18	1,07	0,68	3,99	1,20	7,05	16,99
	IV	2.365	15,34	87,95	0,18	1,04	0,69	3,96	1,23	7,05	17,44
	V	2.425	16,34	87,76	0,18	0,94	0,85	4,58	1,25	6,71	18,62
	VI	2.405	15,91	88,35	0,15	0,83	0,81	4,50	1,14	6,33	18,01

Địa điểm	Cấp tuổi	Mật độ (cây/ha)	Carbon tích lũy trong rừng Luồng								Tổng (t/ha)
			Cây Luồng		CBTT		VRR		Rễ Luồng		
			t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	
	TB	2.218	14,21	87,38	0,18	1,13	0,72	4,43	1,15	7,07	16,26
Quan Hóa	I	1.605	9,04	81,53	0,21	1,88	0,66	5,95	1,18	10,64	11,09
	II	2.315	14,59	86,81	0,21	1,23	0,77	4,58	1,24	7,38	16,81
	III	2.400	16,88	88,34	0,19	0,98	0,77	4,03	1,27	6,65	19,11
	IV	2.550	16,78	89,47	0,18	0,98	0,68	3,63	1,11	5,92	18,75
	V	2.515	16,68	89,08	0,18	0,98	0,73	3,90	1,13	6,04	18,72
	VI	2.485	16,02	88,64	0,20	1,12	0,70	3,87	1,15	6,36	18,07
	TB	2.312	15,00	87,75	0,20	1,14	0,72	4,20	1,18	6,90	17,09
Lang Chánh	I	1.845	11,09	84,80	0,21	1,62	0,62	4,70	1,16	8,87	13,08
	II	2.255	12,82	86,27	0,21	1,42	0,66	4,43	1,17	7,87	14,86
	III	2.425	16,03	88,85	0,20	1,12	0,66	3,65	1,15	6,37	18,04
	IV	2.525	17,41	89,38	0,19	0,97	0,66	3,39	1,22	6,26	19,48
	V	2.600	17,68	88,70	0,20	1,02	0,77	3,86	1,28	6,42	19,93
	VI	2.540	17,15	88,97	0,20	1,02	0,73	3,79	1,20	6,23	19,28
	TB	2.365	15,36	88,07	0,20	1,16	0,68	3,91	1,20	6,86	17,44
Ngọc Lặc	I	1.800	12,04	85,70	0,21	1,50	0,74	5,26	1,06	7,54	14,05
	II	2.380	17,93	89,50	0,20	0,98	0,81	4,04	1,10	5,49	20,03
	III	2.540	19,32	89,70	0,20	0,92	0,84	3,90	1,18	5,48	21,54
	IV	2.435	18,91	88,80	0,19	0,89	0,88	4,15	1,31	6,15	21,29
	V	2.510	18,29	89,43	0,19	0,93	0,79	3,86	1,18	5,77	20,45
	VI	2.480	17,50	89,47	0,19	0,97	0,75	3,83	1,12	5,73	19,56
	TB	2.358	17,33	88,93	0,20	1,01	0,80	4,12	1,16	5,94	19,49
Trung bình của 4 huyện	I	1.733	10,41	84,11	0,21	1,70	0,66	5,35	1,09	8,84	12,37
	II	2.243	14,65	87,57	0,20	1,22	0,72	4,32	1,15	6,89	16,73
	III	2.444	16,79	88,75	0,19	1,02	0,74	3,89	1,20	6,34	18,92
	IV	2.469	17,11	88,92	0,19	0,97	0,73	3,79	1,22	6,33	19,24
	V	2.513	17,25	88,76	0,19	0,97	0,79	4,04	1,21	6,23	19,43
	VI	2.478	16,65	88,87	0,18	0,98	0,75	3,99	1,15	6,15	18,73
	TB	2.313	15,48	88,07	0,19	1,11	0,73	4,16	1,17	6,66	17,57

Qua bảng 3.24 ta có một số nhận xét sau:

- Về cấu trúc lượng carbon tích lũy trong rừng luồng: Lượng carbon chủ yếu tập trung ở tầng cây Luồng, dao động từ 81,53 - 88,97%, trung bình đạt 88,07% và lượng carbon tích lũy của rễ Luồng, dao động từ 5,48 - 10,64%, trung bình đạt 6,66%, tiếp theo là lượng carbon tích lũy trong vật rơi rụng dao động từ 3,63 - 5,95%, trung bình đạt 4,16% và thấp nhất là lượng carbon tích lũy trong cây bụi thảm tươi chiếm tỷ lệ từ 0,83 - 1,87%, trung bình đạt tỷ lệ 1,11% (Hình 3.23).

Kết quả nghiên cứu cấu trúc carbon tích lũy trong rừng Luồng cho thấy cũng tương đương với kết quả nghiên cứu cấu trúc carbon tích lũy của rừng Vầu đắng, cụ thể lượng carbon tích lũy ở cây Vầu đắng chiếm 84,82%, vật rơi rụng 10,75% và cây bụi thảm tươi là 4,43% (Nguyễn Xuân Đông (2016) [11]),



Hình 3.23. Cấu trúc carbon tích lũy trong rừng Luồng trồng thuần loài

- Về tổng lượng carbon tích lũy trong rừng Luồng thuần loài là rất lớn và dao động trong khoảng từ 11,09 - 20,54 tấn/ha, trung bình đạt 17,57 tấn/ha. Khi tuổi rừng tăng lên thì lượng carbon tích lũy trong rừng cũng tăng theo. Tính trung bình ở cả 4 huyện thì cấp tuổi rừng I đạt 12,37 tấn/ha, cấp tuổi rừng II đạt 16,73 tấn/ha và lượng carbon này cũng không biến động nhiều khi rừng ở cấp tuổi III đến cấp tuổi VI (dao động từ 18,73 - 19,43 tấn/ha). So với kết quả nghiên cứu của Nath và cộng sự 2015 a [66] thì lượng carbon tích lũy của rừng Luồng nhỏ hơn 1,5 lần lượng carbon tích lũy trong rừng trồng tre đặc (*Dendrocalamus strictus*) và 9,1 lần ở rừng trồng tre Lục bình (*Bambusa pallida*) tại Ấn Độ.

- Xét về địa điểm nghiên cứu cho thấy tổng lượng carbon tích lũy của rừng Luồng tại huyện Ngọc Lặc đạt cao nhất với 19,49 tấn/ha, tiếp đến là huyện Lang Chánh đạt 17,44 tấn/ha, sau đó đến huyện Quan Hóa với 17,09 tấn/ha và thấp nhất là huyện Bá Thước với lượng carbon tích lũy là 16,26 tấn/ha.

3.3.6. Mối quan hệ giữa lượng carbon tích lũy với các nhân tố điều tra rừng

Kết quả tính toán, thử nghiệm các phương trình tương quan giữa lượng carbon tích lũy trong cây cá lẻ và rừng Luồng với các nhân tố điều tra ($D_{1,3}$, Hvn, N) được trình bày ở bảng 3.25.

Bảng 3.25. Tương quan giữa lượng carbon tích lũy trong cây cá lẻ và rừng Luồng với các nhân tố điều tra

TT	Phương trình	R ²	Std	Sig R	Sig Ta1	Sig Ta2	Sig Ta3	Ký hiệu PT
I	Tương quan giữa các carbon tích lũy trong cây cá lẻ Luồng với $D_{1,3}$							
1	$\text{Ln}C_1 = -0,619 + 1,212 \times \text{Ln}D_{1,3}$	0,66	0,14	0,00	0,00	0,00		3.9
2	$\text{Ln}C_{2,3,4} = -1,403 + 0,911 \times \text{Ln}D_{1,3} + 0,647 \times \text{Ln}Hvn$	0,69	0,15	0,00	0,00	0,00		3.10
3	$\text{Ln}C_{\text{chung}} = -1,207 + 0,962 \times \text{Ln}D_{1,3} + 0,514 \times \text{Ln}Hvn$	0,65	0,15	0,00	0,00	0,00		3.11
II	Tương quan giữa lượng carbon tích lũy trong rừng Luồng với các nhân tố điều tra ($D_{1,3}$, Hvn và N)							
1	$\text{Ln}C_{LP} = -2,326 + 0,860 \times \text{Ln}D_{1,3} + 0,102 \times \text{Ln}Hvn + 0,988 \times \text{Ln}N$	0,97	0,03	0,00	0,00	0,02	0,00	3.12

Trong đó: - C_{LP} : tổng lượng carbon tích lũy trong rừng Luồng (tấn/ha);

- Lượng carbon trong cây cá lẻ (kg/cây); N là tổng số cây/ha.

Đối với cây cá lẻ: Kết quả đã xây dựng được 3 phương trình (3.9 đến 3.11) để xác định nhanh lượng carbon tích lũy trong cây cá lẻ Luồng thông qua $D_{1,3}$ và Hvn, các phương trình này có hệ số xác định tương đối cao ($R^2 = 0,65 - 0,69$), sai tiêu chuẩn hồi quy thấp ($S = 0,14 - 0,15$). Trong trường hợp chúng ta không xác

định chính xác được tuổi cây cá lẻ Luồng ta có thể sử dụng phương trình 3.11 để áp dụng chung cho các tuổi cây, phương trình này cũng cho hệ số xác định tương đối chặt và sai tiêu chuẩn hồi quy thấp.

Đối với lâm phần: Luận án đã thăm dò tương quan giữa lượng carbon tích lũy trong rừng Luồng với các nhân tố điều tra như $D_{1,3}$, Hvn, N và tuổi rừng. Kết quả cho thấy 3 nhân tố là $D_{1,3}$, Hvn, N có mối quan hệ chặt chẽ với carbon lâm phần trong khi hệ số tương quan gắn với tuổi lâm phần không tồn tại. Kết quả đã xây dựng được 1 phương trình 3.12 biểu diễn tốt mối quan hệ giữa lượng carbon tích lũy của rừng Luồng với các nhân tố điều tra $D_{1,3}$, Hvn và N, phương trình này có hệ số xác định rất cao ($R^2 = 0,97$), sai tiêu chuẩn hồi quy thấp ($S = 0,03$). Kết quả kiểm tra sự tồn tại của hệ số xác định và tham số của các phương trình đều cho kết quả $SigR < 0,05$ và $Sig Ta1 < 0,05$ chứng tỏ các hệ số này đều tồn tại.

Vì vậy, có thể sử dụng các phương trình này để xác định nhanh lượng carbon tích lũy trong cây cá lẻ và rừng Luồng thông qua các nhân tố điều tra ($D_{1,3}$, Hvn) của cây cá lẻ và mật độ của rừng Luồng.

3.4. Nghiên cứu động thái sinh khối và carbon tích lũy trong rừng Luồng trồng thuần loài tại Thanh Hóa

3.4.1. Động thái sinh khối rừng Luồng

3.4.1.1. Lượng sinh khối khô lấy ra khỏi rừng Luồng hàng năm

Dựa trên kết quả theo dõi cây chặt ở các cấp tuổi, đề tài đã tính được lượng sinh khối khô lấy ra khỏi rừng từ hoạt động khai thác rừng của người dân như sau:

Bảng 3.26. Lượng sinh khối khô lấy ra khỏi rừng Luồng hàng năm

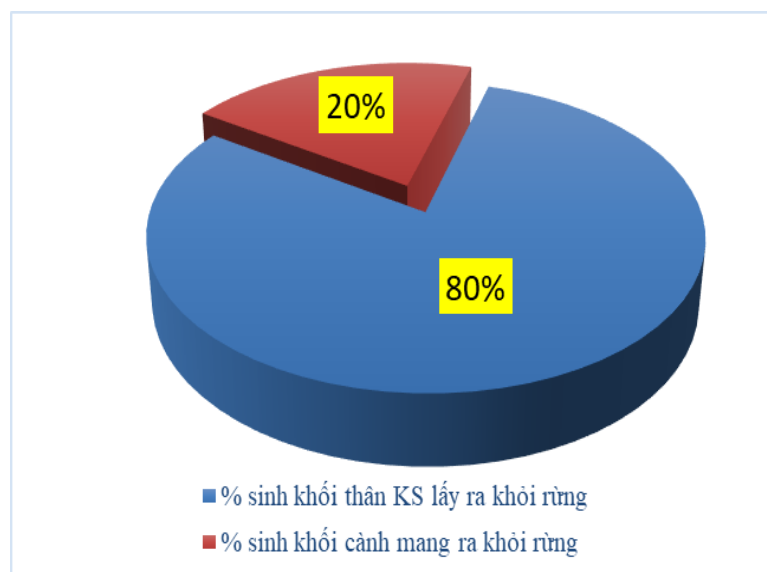
Địa điểm	Cấp tuổi rừng	Cấu trúc sinh khối khô lấy ra khỏi rừng Luồng hàng năm (%)				Tổng SK khô (t/ha)
		Thân khí sinh (t/ha)	Thân khí sinh (%)	Cành (t/ha)	Cành (%)	
Bá Thước	I	4,14	81,27	0,96	18,73	5,10
	II	5,86	80,35	1,43	19,65	7,30
	III	6,34	80,20	1,57	19,80	7,91
	IV	6,83	79,93	1,71	20,07	8,54
	V	7,11	80,69	1,70	19,31	8,81

Địa điểm	Cấp tuổi rừng	Cấu trúc sinh khối khô lấy ra khỏi rừng Luồng hàng năm (%)				Tổng SK khô (t/ha)
		Thân khí sinh (t/ha)	Thân khí sinh (%)	Cành (t/ha)	Cành (%)	
	VI	6,67	79,97	1,67	20,03	8,34
	TB	6,16	80,40	1,50	19,60	7,67
Quan Hóa	I	4,25	79,22	1,11	20,78	5,36
	II	6,71	77,40	1,96	22,60	8,66
	III	6,89	77,72	1,98	22,28	8,87
	IV	7,04	77,38	2,06	22,62	9,10
	V	7,27	77,80	2,07	22,20	9,35
	VI	6,67	77,18	1,97	22,82	8,65
	TB	6,48	77,78	1,85	22,22	8,33
Lang Chánh	I	4,68	79,78	1,19	20,22	5,87
	II	4,83	80,35	1,18	19,65	6,01
	III	6,21	79,62	1,59	20,38	7,80
	IV	7,39	80,80	1,76	19,20	9,15
	V	7,43	80,20	1,83	19,80	9,26
	VI	7,13	81,49	1,62	18,51	8,75
	TB	6,27	80,37	1,53	19,63	7,81
Ngọc Lặc	I	4,64	80,42	1,13	19,58	5,77
	II	7,45	81,44	1,70	18,56	9,14
	III	7,43	80,94	1,75	19,06	9,18
	IV	8,03	81,05	1,88	18,95	9,91
	V	7,99	81,24	1,85	18,76	9,84
	VI	7,18	81,10	1,67	18,90	8,85
	TB	7,12	81,03	1,67	18,97	8,78
TB của 4 huyện	I	4,43	80,17	1,10	19,83	5,53
	II	6,21	79,89	1,56	20,11	7,78
	III	6,72	79,62	1,72	20,38	8,44
	IV	7,32	79,79	1,85	20,21	9,18
	V	7,45	79,98	1,86	20,02	9,32
	VI	6,91	79,94	1,74	20,06	8,65
	TB	6,51	79,90	1,64	20,10	8,15

Kết quả ở bảng 3.26 cho thấy: Lượng sinh khối khô lấy ra khỏi rừng hàng năm từ hoạt động khai thác chủ yếu là thân khí sinh và cành. Lượng sinh khối này dao

động trung bình từ 5,1 tấn/ha/năm đối với rừng ở cấp tuổi I đến 9,81 tấn/ha/năm ở rừng cấp tuổi IV. Có thể chia lượng sinh khối lấy ra khỏi rừng theo từng cấp tuổi, thấp nhất là cấp tuổi I với trung bình 5,53 tấn/ha/năm, chỉ bằng 59% so với sinh khối lấy ra ở cấp tuổi V, với trung bình 8,15 tấn/ha. Sinh khối lấy ra ở cấp tuổi II cao hơn ở cấp tuổi I khoảng 40%, điều này cho thấy sự tăng trưởng nhanh của rừng Luồng trong giai đoạn này. Trong thời gian từ cấp tuổi II đến cấp tuổi IV, lượng sinh khối lấy ra cũng tăng nhanh từ 7,78 đến 9,18 tấn/ha/năm. Giữa cấp tuổi IV và cấp tuổi V, sự chênh lệch giữa lượng sinh khối lấy ra khỏi rừng không nhiều, trung bình từ 9,18 - 9,32 tấn/ha. Như vậy, có thể thấy rõ 3 nhóm tuổi có sự khác biệt về lượng sinh khối lấy ra khỏi rừng là cấp tuổi I, lượng sinh khối lấy ra thấp hơn hẳn so với các tuổi khác. Từ cấp tuổi II đến cấp tuổi IV, lượng sinh khối lấy ra tăng đáng kể theo cấp tuổi rừng. Ở cấp tuổi IV và cấp tuổi V đã có sự ổn định khi không có sự thay đổi nhiều về lượng sinh khối lấy ra khỏi rừng giữa 2 cấp tuổi này. Khi rừng ở cấp tuổi VI lượng sinh khối lấy ra đã giảm so với cấp tuổi V, điều này cho thấy ở cấp tuổi lớn mật độ và sinh trưởng của Luồng cũng giảm nên lượng sinh khối lấy ra khỏi rừng cũng giảm theo.

Về cấu trúc lượng sinh khối lấy ra khỏi rừng, sinh khối chủ yếu tập trung ở phần thân khí sinh, tỷ lệ này dao động từ 77,18 - 81,27%, trung bình chiếm 79,90%, còn lại là cành, tỷ lệ này trung bình chiếm 20,1% tổng sinh khối lấy ra khỏi rừng.



Hình 3.24 Cấu trúc lượng sinh khối khô lấy ra khỏi rừng Luồng

3.4.1.2. Động thái sinh khối khô rừng Luồng trồng thuần loài

Kết quả tính toán động thái sinh khối khô rừng Luồng được tổng hợp ở bảng sau:

Bảng 3.27. Động thái sinh khối khô rừng Luồng trồng thuần loài tại Thanh Hóa

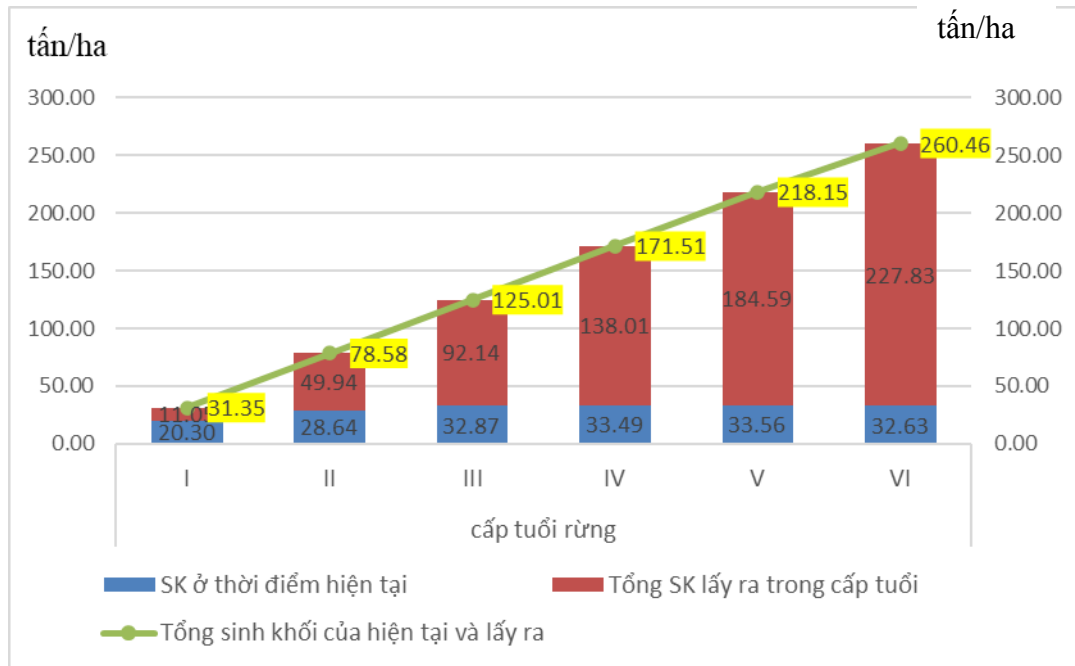
Huyện	Nội dung	Động thái sinh khối khô rừng Luồng theo cấp tuổi (tấn/ha)					
		I	II	III	IV	V	VI
Bá Thước	Sinh khối trên rừng ở thời điểm hiện tại	18,44	25,82	29,14	30,56	31,80	30,93
	Sinh khối đã lấy ra hàng năm	5,10	7,30	7,91	8,54	8,81	8,34
	Tổng sinh khối đã lấy ra khỏi rừng trong cấp tuổi	10,20	46,70	86,25	128,95	173,00	214,70
	Tổng sinh khối hiện tại và sinh khối đã lấy ra	28,64	72,52	115,39	159,51	204,80	245,63
Quan Hóa	Sinh khối trên rừng ở thời điểm hiện tại	17,60	28,33	32,86	32,59	32,34	31,71
	Sinh khối lấy ra hàng năm	5,36	8,66	8,87	9,10	9,35	8,65
	Tổng sinh khối đã lấy ra khỏi rừng trong cấp tuổi	10,72	54,02	98,37	143,87	190,62	233,87
	Tổng sinh khối hiện tại và sinh khối đã lấy ra	28,32	62,68	131,23	176,46	222,96	265,58
Lang Chánh	Sinh khối trên rừng ở thời điểm hiện tại	21,63	25,02	31,20	33,84	34,44	33,44
	Sinh khối lấy ra hàng năm	5,87	6,01	7,80	9,15	9,26	8,75
	Tổng sinh khối đã lấy ra khỏi rừng trong cấp tuổi	11,74	41,79	80,79	126,54	172,84	216,59
	Tổng sinh khối rừng hiện tại và sinh khối đã lấy ra	33,37	66,81	111,99	160,38	207,28	250,03
Ngọc Lặc	Sinh khối trên rừng ở thời điểm hiện tại	23,51	35,38	38,28	36,98	35,67	34,45
	Sinh khối lấy ra hàng năm	5,77	9,14	9,18	9,91	9,84	8,85

Huyện	Nội dung	Động thái sinh khối khô rừng Luồng theo cấp tuổi (tấn/ha)					
		I	II	III	IV	V	VI
	Tổng sinh khối đã lấy ra khỏi rừng trong cấp tuổi	11,54	57,24	103,14	152,69	201,89	246,14
	Tổng sinh khối hiện tại và sinh khối đã lấy ra	35,05	92,62	141,42	189,67	237,56	280,59
Trung bình	Sinh khối trên rừng ở thời điểm hiện tại	20,30	28,64	32,87	33,49	33,56	32,63
	Sinh khối lấy ra hàng năm	5,53	7,78	8,44	9,18	9,32	8,65
	Tổng sinh khối đã lấy ra khỏi rừng trong cấp tuổi	11,05	49,94	92,14	138,01	184,59	227,83
	Tổng sinh khối hiện tại và sinh khối đã lấy ra	31,35	73,66	125,01	171,51	218,15	260,46

Kết quả tính toán cho thấy trung bình tại các điểm nghiên cứu ở cấp tuổi I, rừng Luồng đã lấy ra 11,05 tấn sinh khối/ha; lượng sinh khối lấy ra này tăng gấp gần 5 lần ở cấp tuổi II với 49,93 tấn/ha; lượng sinh khối lấy ra ở cấp tuổi III gấp 1,5 lần sinh khối lấy ra ở cấp tuổi II với 93,34 tấn/ha; lượng sinh khối lấy ra tăng dần theo cấp tuổi và đạt 250,45 tấn/ha ở cấp tuổi V, ở cấp tuổi này trung bình hàng năm có 12,5 tấn sinh khối được lấy ra, lượng sinh khối này cao hơn 1,7 lần so với sinh khối được lấy ra từ rừng Trúc sào tại Đài Loan (Zhang et. Al, 2014 [105]), kết quả cũng cho thấy lượng sinh khối được lấy ra cao hơn 1,12 lần so với rừng Keo lá tràm 15 tuổi và tương đương với sinh khối khô của rừng trồng Thông mã vĩ thuần loài 20 tuổi (Nguyễn Tuấn Dũng, 2005) [9]. Kết quả nghiên cứu này cũng phù hợp với nhận xét của Seethalakshmi (2016) [122] là rừng tre nứa có thể lấy ra một lượng sinh khối và carbon lớn thông qua hoạt động tỉa thưa hàng năm mà không làm ảnh hưởng đến trữ lượng và lượng carbon tích lũy của rừng.

So sánh với sinh khối hiện có trên đất rừng ta thấy lượng sinh khối lấy ra khỏi rừng Luồng là rất lớn. Ở cấp tuổi rừng I, lượng sinh khối lấy ra chỉ bằng 80% lượng sinh khối hiện có trên rừng. Sang đến cấp tuổi rừng II, lượng sinh khối lấy ra cao gần gấp 2 lần lượng sinh khối hiện có trên rừng, con số này ở cấp tuổi rừng III

là gấp 3 lần, ở cấp tuổi IV là 4,3 lần và cấp tuổi V là 5,5 lần. Ở cấp tuổi rừng VI, lượng sinh khối lấy ra đã cao hơn 6,5 lần so với sinh khối hiện tại của rừng. Đây là một con số thật sự rất có ý nghĩa mà bấy lâu nay chúng ta chưa có nghiên cứu và thống kê đầy đủ.



Hình 3.25. Động thái sinh khối rừng Luồng trồng thuần loài

Tổng sinh khối ở thời điểm hiện tại và lấy ra của rừng Luồng dao động từ 31,35 – 260,46 tấn/ha ứng với cấp tuổi rừng I đến cấp tuổi rừng VI, lượng carbon này tương đương với lượng carbon tích lũy của rừng Thông ba lá thuần loài tại Lâm Đồng ở cấp đất II (258 tấn/ha) (Võ Đại Hải, Vũ Tấn Phương, 2011 [19]).

3.4.2. Động thái carbon rừng Luồng trồng thuần loài tại Thanh Hóa

3.4.2.1. Lượng carbon lấy ra khỏi rừng hàng năm

Kết quả tính toán lượng carbon lấy ra khỏi rừng được tổng hợp ở bảng sau:

Bảng 3.28. Lượng carbon lấy ra khỏi rừng Luồng hàng năm

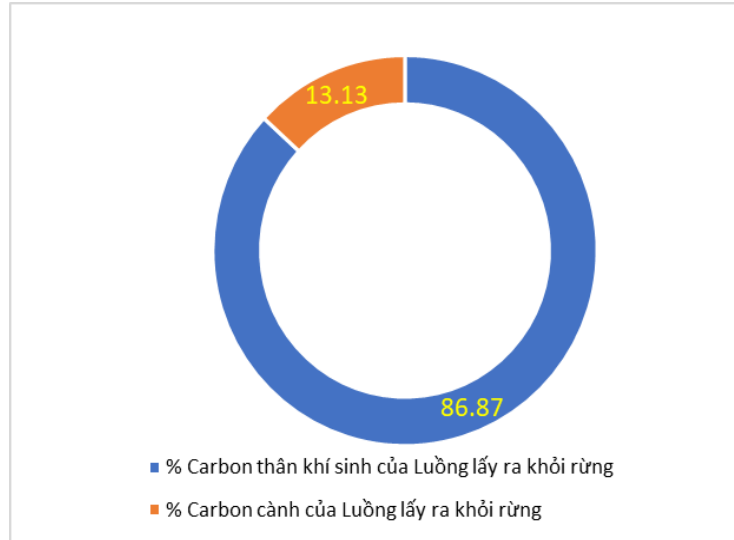
Địa điểm	Cấp tuổi rừng	Lượng carbon lấy ra khỏi rừng hàng năm (tấn/ha)				
		Thân khí sinh	Tỷ lệ (%)	Cành	Tỷ lệ (%)	Tổng carbon
Bá Thước	I	2,35	87,03	0,35	12,97	2,70
	II	3,34	86,94	0,50	13,06	3,84

Địa điểm	Cấp tuổi rừng	Lượng carbon lấy ra khỏi rừng hàng năm (tấn/ha)				
		Thân khí sinh	Tỷ lệ (%)	Cành	Tỷ lệ (%)	Tổng carbon
	III	3,62	86,85	0,55	13,15	4,16
	IV	3,78	86,69	0,58	13,31	4,36
	V	3,89	87,28	0,57	12,72	4,46
	VI	3,68	86,70	0,57	13,30	4,25
	TB	3,44	86,92	0,52	13,08	3,96
Quan Hóa	I	2,47	86,98	0,37	13,02	2,84
	II	3,81	86,30	0,60	13,70	4,41
	III	3,88	85,77	0,64	14,23	4,52
	IV	3,99	86,10	0,65	13,90	4,64
	V	4,09	85,92	0,67	14,08	4,76
	VI	3,78	85,77	0,63	14,23	4,41
	TB	3,67	86,14	0,59	13,86	4,26
Lang Chánh	I	2,61	86,70	0,40	13,30	3,01
	II	2,67	86,89	0,40	13,11	3,07
	III	3,43	86,44	0,54	13,56	3,97
	IV	4,07	87,39	0,59	12,61	4,66
	V	3,60	86,81	0,55	13,19	4,55
	VI	3,92	87,85	0,54	12,15	4,46
	TB	3,38	87,02	0,50	12,98	3,95
Ngọc Lặc	I	2,65	87,03	0,40	12,97	3,05
	II	4,16	87,55	0,59	12,45	4,75
	III	4,17	87,34	0,60	12,66	4,78
	IV	4,48	87,45	0,64	12,55	5,12
	V	4,95	87,58	0,70	12,42	5,65
	VI	3,97	87,41	0,57	12,59	4,54
	TB	4,06	87,39	0,59	12,61	4,65
TB của 4 huyện	I	2,52	86,93	0,38	13,07	2,90
	II	3,49	86,92	0,53	13,08	4,02
	III	3,77	86,60	0,58	13,40	4,36
	IV	4,08	86,91	0,61	13,09	4,69
	V	4,13	86,90	0,62	13,10	4,76

Địa điểm	Cấp tuổi rừng	Lượng carbon lấy ra khỏi rừng hàng năm (tấn/ha)				
		Thân khí sinh	Tỷ lệ (%)	Cành	Tỷ lệ (%)	Tổng carbon
	VI	3,84	86,94	0,58	13,06	4,42
	TB	3,64	86,87	0,55	13,13	4,19

Kết quả bảng trên cho thấy, tính trung bình cho 1 ha rừng Luồng từ cấp tuổi I đến cấp tuổi VI một năm được lấy ra khỏi rừng thông qua hoạt động khai thác khoảng 4,19 tấn/ha. Tuy nhiên, đây chỉ là con số tương đối và thay đổi rất lớn theo cấp tuổi rừng. Ở cấp tuổi rừng I, lượng carbon lấy ra khỏi rừng dao động từ 2,7 - 3,05 tấn/ha/năm. Lượng carbon lấy ra khỏi rừng ở cấp tuổi II tăng mạnh và gấp 1,4 lần so với ở cấp tuổi I. Điều này phù hợp với sinh trưởng của rừng Luồng vì trong giai đoạn từ hết cấp tuổi I đến cấp tuổi II là giai đoạn tăng trưởng khá mạnh cả về số lượng cây/bụi cũng như đường kính và chiều cao thân khí sinh. Ở các giai đoạn tuổi tiếp theo, lượng carbon lấy ra khỏi rừng có sự tăng lên so với ở cấp tuổi II nhưng không lớn. Lượng carbon lấy ra trung bình 1 năm ở cấp tuổi III là 4,36 tấn/ha, cao hơn 8% so với ở cấp tuổi II; lượng carbon lấy ra cho thấy ổn định từ cấp tuổi III đến cấp V và giảm xuống khi rừng ở cấp tuổi VI.

Lượng carbon lấy ra khỏi rừng ở các huyện không có sự khác biệt lớn giữa huyện Bá Thước, Quan Hóa và Lang Chánh. Tuy nhiên, lượng carbon lấy ra ở huyện Ngọc Lặc lại cao hơn các huyện này ở các cấp tuổi. Qua điều tra hiện trường cho thấy mặc dù kỹ thuật khai thác, lượng khai thác thân khí sinh ở các huyện không khác nhau, nhưng do sinh trưởng rừng luồng ở huyện Ngọc Lặc tốt hơn nên lượng carbon lấy ra khỏi rừng cao hơn.



Hình 3.26. Cấu trúc lượng carbon lấy ra khỏi rừng Luồng

Về cấu trúc lượng carbon lấy ra khỏi rừng, cũng giống như sinh khối, chủ yếu tập trung ở thân khí sinh với 86,87% và cành chỉ chiếm 13,13% (hình 3.27).

3.4.2.2. Động thái carbon rừng Luồng

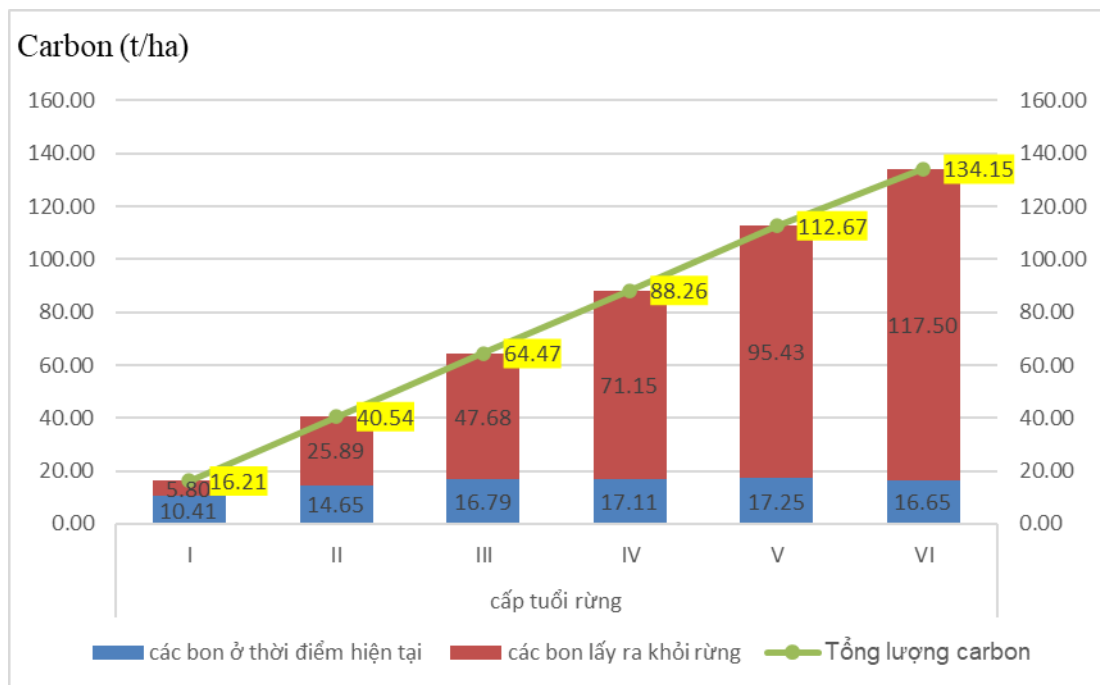
Kết quả tính toán động thái carbon rừng Luồng được thể hiện ở bảng 3.29.

Bảng 3.29. Động thái carbon rừng Luồng trồng thuần loài tại Thanh Hóa

Huyện	Nội dung	Động thái carbon rừng Luồng theo các cấp tuổi rừng (tấn/ha)					
		I	II	III	IV	V	VI
Bá Thước	Lượng carbon tích lũy ở thời điểm hiện tại trên rừng	9,46	13,26	14,93	15,34	16,34	15,91
	Lượng carbon lấy ra khỏi rừng hàng năm	2,70	3,84	4,16	4,36	4,46	4,25
	Tổng lượng carbon đã lấy ra khỏi rừng trong cấp tuổi	5,40	24,60	45,40	67,20	89,50	110,75
	Tổng carbon hiện tại và lượng carbon đã lấy ra khỏi rừng	14,86	37,86	60,33	82,54	105,84	126,66
Quan Hóa	Lượng carbon tích lũy ở thời điểm hiện tại trên rừng	9,04	14,59	16,88	16,78	16,68	16,02

Huyện	Nội dung	Động thái carbon rừng Luồng theo các cấp tuổi rừng (tấn/ha)					
		I	II	III	IV	V	VI
	Lượng carbon lấy ra khỏi rừng hàng năm	2,84	4,41	4,52	4,64	4,76	4,41
	Tổng lượng carbon đã lấy ra khỏi rừng trong cấp tuổi	5,68	27,73	50,33	73,53	97,33	119,38
	Tổng lượng carbon hiện tại và lượng carbon đã lấy ra	14,72	32,14	67,21	90,31	114,01	135,40
Lang Chánh	Lượng carbon tích lũy ở thời điểm hiện tại trên rừng	11,09	12,82	16,03	17,41	17,68	17,15
	Lượng carbon lấy ra khỏi rừng hàng năm	3,01	3,07	3,97	4,66	4,55	4,46
	Tổng lượng carbon đã lấy ra khỏi rừng trong cấp tuổi	6,02	21,37	41,22	64,52	87,27	109,57
	Tổng lượng carbon hiện tại và lượng carbon đã lấy ra	17,11	34,19	57,25	81,93	104,95	126,72
Ngọc Lặc	Lượng carbon tích lũy ở thời điểm hiện tại trên rừng	12,04	17,93	19,32	18,91	18,29	17,50
	Lượng carbon lấy ra khỏi rừng hàng năm	3,05	4,75	4,78	5,12	5,65	4,54
	Tổng lượng carbon đã lấy ra khỏi rừng trong cấp tuổi	6,10	29,85	53,75	79,35	107,60	130,30
	Tổng lượng carbon hiện tại và lượng carbon đã lấy ra	18,14	47,78	73,07	98,26	125,89	147,80
Trung bình	Lượng carbon tích lũy ở thời điểm hiện tại trên rừng	10,41	14,65	16,79	17,11	17,25	16,65
	Lượng carbon lấy ra khỏi rừng hàng năm	2,90	4,02	4,36	4,70	4,86	4,42
	Tổng lượng carbon đã lấy ra khỏi rừng trong cấp tuổi	5,80	25,89	47,68	71,15	95,43	117,50
	Tổng lượng carbon hiện tại và lượng carbon đã lấy ra	16,21	37,99	64,47	88,26	112,67	134,15

Số liệu bảng trên cho thấy cùng với sự tích lũy carbon trong rừng Luồng thì một lượng lớn carbon đã được lấy ra khỏi rừng trong suốt quá trình kinh doanh. Khi rừng ở cấp tuổi I, lượng carbon lấy ra khỏi rừng là 5,80 tấn/ha, rừng sang cấp tuổi II con số này đã tăng lên gấp gần 4 lần, đạt 25,89 tấn/ha. Lượng carbon tích lũy lấy ra khỏi rừng tăng dần theo thời gian và tăng trung bình khoảng 22 tấn/ha/5 năm. Đến cấp tuổi VI, lượng carbon đã lấy ra khỏi rừng đạt 117,50 tấn/ha, con số này cao gấp 5 lần so với lượng carbon tích lũy trong rừng Luồng hiện tại (22,08 tấn/ha) và cao hơn 1,36 lần so với lượng carbon lấy ra khỏi rừng Trúc sào (Zhang et. al, 2014 [105]). Ngoài ra kết quả này có thể so sánh với lượng carbon tích lũy của rừng Thông nhựa 16-17 tuổi, Thông mã vĩ và Thông ba lá ở tuổi 10 với lượng carbon tích lũy trung bình khoảng 100 tấn/ha (Ngô Đình Quế và cộng sự, 2005) [41] và loài *Guadua angustifolia* ở Bolivia tại Nam Mỹ có lượng carbon tích lũy 100 tấn/ha (Nath và cộng sự, 2015a [66]) đây là con số rất lớn và có ý nghĩa về giá trị tích lũy carbon của rừng Luồng trồng thuần loài tại Thanh Hóa.



Hình 3.27. Động thái carbon rừng Luồng trồng thuần loài

Hình 3.27 cho thấy theo thời gian, tổng lượng carbon đã lấy ra khỏi rừng Luồng là rất lớn. Ở cấp tuổi VI, một ha rừng Luồng tích lũy 16,65 tấn carbon nhưng lượng carbon lấy ra đã lên tới 117,50 tấn/ha; cao hơn 7 lần lượng carbon ở thời điểm hiện tại. Như vậy, tổng lượng carbon tích lũy ở thời điểm hiện tại và lấy ra khỏi rừng của rừng trồng Luồng là rất lớn, dao động từ 16,21 - 134,15 tấn/ha, con số này cao hơn nhiều so với lượng carbon tích lũy của Bời lời đỏ tại tỉnh Gia Lai là lượng carbon tích lũy từ 24,4-84,2 tấn/ha với chu kỳ kinh doanh từ 5 - 10 năm (Bảo Huy (2009) [22]). Tuy nhiên lượng carbon tích lũy và lấy ra khỏi rừng Luồng chỉ bằng 1/3 lượng carbon tích lũy ở rừng Keo lai, Bạch đàn urophylla 12 tuổi và Thông nhựa 21 tuổi (Võ Đại Hải và cộng sự [16], [17], [18]).

3.4.2.3. Mô hình động thái sinh khối và carbon rừng Luồng

Kết quả xây dựng mô hình động thái sinh khối và carbon rừng Luồng (Sinh khối và carbon hiện tại cộng với toàn bộ lượng sinh khối và carbon đã lấy ra khỏi rừng trong suốt quá trình kinh doanh) được trình bày tại bảng 3.30.

Bảng 3.30. Mô hình động thái sinh khối và carbon rừng Luồng

TT	Tên phương trình	R ²	Std	Sig.Ta	Sig.Tb	Ký hiệu PT
I	Mô hình động thái sinh khối khô					
1	$\text{LnSKK}_{\text{ĐT}} = -4,561 + 1,0018 \times \text{LnA} + 0,856 \times \text{LnN}$	0,98	0,093	0,00	0,00	3.13
II	Mô hình động thái carbon					
1	$\text{LnC}_{\text{ĐT}} = -5,381 + 0,992 \times \text{LnA} + 0,880 \times \text{LnN}$	0,98	0,096	0,00	0,00	3.14

Kết quả bảng 3.30 cho thấy đã xây dựng được 1 phương trình (3.13) biểu diễn tốt động thái sinh khối khô và một phương trình (3.14) biểu diễn tốt động thái carbon tích lũy của rừng Luồng theo tuổi và mật độ của rừng. Các phương trình này

có hệ số xác định rất cao ($R^2 = 0,98$), sai tiêu chuẩn hồi quy thấp ($S = 0,093 - 0,096$). Kết quả kiểm tra sự tồn tại của các hệ số xác định và tham số của phương trình đều cho kết quả Sig.Ta và $\text{Sig.Tb} < 0,05$ chứng tỏ các hệ số này đều tồn tại. Vì vậy có thể sử dụng các phương trình trên để xác định nhanh động thái sinh khối và carbon tích lũy hiện tại và lấy ra khỏi lâm phần trong suốt quá trình kinh doanh khi biết tuổi và mật độ của rừng Luồng.

3.5. Đề xuất các giải pháp góp phần quản lý bền vững, duy trì bể chứa carbon và xác định nhanh sinh khối, lượng carbon tích lũy rừng Luồng tại Thanh Hóa

3.5.1 Đề xuất các giải pháp quản lý rừng Luồng theo hướng bền vững và duy trì bể chứa carbon

Luồng là cây xóa đói giảm nghèo của người dân Thanh Hóa, Luồng được sử dụng nhiều mục đích khác nhau như làm vật liệu xây dựng, ván ép, đồ mỹ nghệ, nguyên liệu làm giấy, than hoạt tính, măng Luồng làm thực phẩm vv...ngoài những giá trị về mặt kinh tế thì Luồng còn có giá trị về mặt môi trường, trong đó có giá trị về hấp thụ và lưu giữ carbon rất có ý nghĩa. Vì vậy, cần thiết phải có các giải pháp đồng bộ để quản lý bền vững loại rừng này.

3.5.1.1. Những giải pháp chung

- Về đất đai và quản lý quy hoạch:

UBND tỉnh Thanh Hóa đã có Quyết định về việc phê duyệt quy hoạch vùng trồng thâm canh Luồng tập trung, tuy nhiên cần phải kiểm tra, đánh giá việc thực hiện quy hoạch, xây dựng hệ thống đánh giá giám sát và tăng cường năng lực cho các cơ quan, đơn vị từ tỉnh đến cơ sở để triển khai thực hiện quy hoạch. Thực tế cho thấy ở một số nơi cây Luồng phát triển rộng ra cả vùng không được quy hoạch. Luồng là loài cây ưa đất ẩm, tầng đất dày nên trong vùng quy hoạch trồng Luồng cũng cần phải chú ý đến lập địa vi mô mới đảm bảo năng suất và chất lượng rừng tốt.

- Tổ chức sản xuất:

+ Đối với diện tích rừng Luồng sinh trưởng phát triển bình thường: chỉ đạo các chủ rừng thực hiện chăm sóc, bảo vệ và khai thác bền vững.

+ Đối với những diện tích rừng Luồng có năng suất thấp, cây sinh trưởng kém: Đẩy mạnh việc phục tráng lại rừng Luồng.

- + Thực hiện việc trồng mới Luồng ở những nơi có điều kiện lập địa phù hợp.
- *Thực hiện công tác quản lý nhà nước:*

+ Tăng cường vai trò, chức năng nhiệm vụ của các cán bộ khuyến nông, khuyến lâm và các chủ rừng nhà nước, để làm nòng cốt trong việc chuyển giao công nghệ, sản xuất kinh doanh để phát triển rừng Luồng một cách bền vững và hiệu quả.

+ Xây dựng hệ thống văn bản hướng dẫn, quản lý sản xuất, chế biến, tiêu thụ Luồng nhằm đảm bảo Luồng được khai thác đúng tuổi giữa các cơ sở chế biến, tiêu thụ với người trồng Luồng để hạn chế khai thác nhiều, khai thác Luồng non và khai thác không đúng thời vụ.

+ Cần triển khai sâu rộng Quyết định 1288/QĐ-TTg ngày 01/10/2018 của Thủ tướng Chính phủ về phê duyệt Đề án quản lý rừng bền vững và chứng chỉ rừng. Quản lý rừng từng bước cần phải hướng tới cấp chứng chỉ rừng cho những diện tích rừng Luồng đảm bảo các tiêu chuẩn quản lý rừng bền vững.

3.5.1.2. Những giải pháp cụ thể

- Đối với cây cá lẻ Luồng: Kết quả nghiên cứu cho thấy lượng carbon tích lũy trong cây cá lẻ tăng mạnh từ tuổi 1 đến tuổi 2 và ổn định khi cây bước sang tuổi 3 và tuổi ≥ 4 , vì vậy khi khai thác chỉ nên chặt những cây Luồng có tuổi 3 - 4 và lớn hơn để không ảnh hưởng đến lượng carbon tích lũy tối đa trong thân cây cũng như tính bền vững của rừng. Trong quá trình khai thác, cần chú ý điều tiết mật độ và mạng hình phân bố cây để đảm bảo khả năng sinh trưởng của rừng Luồng cao nhất. Khi khai thác không để chiều cao gốc chặt dài quá 20 cm.

- Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy lượng carbon tăng mạnh từ cấp tuổi rừng I đến cấp tuổi rừng II, vì vậy thời gian khai thác ổn định là rừng ở cấp tuổi II (rừng từ năm thứ 6 trở đi). Khi rừng ở cấp tuổi VI (rừng > 25 tuổi) cho thấy lượng sinh khối và carbon tích lũy bắt đầu giảm so với cấp tuổi rừng V, vì vậy cần phải có biện pháp kỹ thuật trong thâm canh và phục tráng rừng Luồng ở cấp này nhằm đảm bảo về sinh trưởng cũng như mật độ của rừng được ổn định (từ 2500 - 2600 cây/ha). Trong trường hợp rừng Luồng bị thoái hóa mạnh cần phá bỏ và trồng lại bằng những giống Luồng có năng suất cao, khả năng chống chịu sâu bệnh tốt.

- Phải khai thác rừng đúng thời vụ, thời vụ khai thác từ tháng 10 năm trước đến tháng 3 năm sau (bắt đầu khi số măng đã định hình và kết thúc trước vụ sinh măng).

- Bên cạnh đó cần phát huy kiến thức bản địa của người dân và tăng cường tập huấn cho các chủ rừng về kỹ thuật thâm canh và khai thác thân khí sinh của Luồng đúng tuổi, đúng thời vụ, quan trắc màu sắc để tuyển lựa cây chặt chính xác để rừng phát triển bền vững.

- Không phát dọn cây bụi thảm tươi và thu gom vật rơi rụng: Ngoài việc tích lũy carbon ra, thảm tươi và vật rơi rụng còn có tác dụng che phủ mặt đất, chống xói mòn và rửa trôi chất dinh dưỡng.

3.5.2. Đề xuất phương pháp xác định nhanh sinh khối và lượng carbon tích lũy trong rừng Luồng thuần loài

3.5.2.1. Xác định nhanh sinh khối tươi, sinh khối khô và carbon tích lũy của cây cá lẻ Luồng.

- *Đối với sinh khối tươi:* sử dụng các phương trình tương quan đã xây dựng ở bảng 3.7 (phương trình 3.1 đến 3.3) để xác định sinh khối tươi cây cá lẻ Luồng.

- *Đối với sinh khối khô:* sử dụng các phương trình tương quan đã xây dựng ở bảng 3.7 (phương trình 3.4 đến 3.6) để xác định sinh khối khô cây cá lẻ Luồng.

- *Đối với lượng carbon tích lũy:* sử dụng các phương trình 3.9 đến 3.11 ở bảng 3.25 để xác định carbon tích lũy trong cây cá lẻ Luồng.

3.5.2.2 Xác định nhanh sinh khối tươi, sinh khối khô và carbon tích lũy của rừng Luồng trồng thuần loài

Để xác định nhanh sinh khối tươi, sinh khối khô và lượng carbon tích lũy trong rừng Luồng cần thực hiện một số bước sau:

- Lập OTC diện tích 1000 m² (40m x 25m).

- Đo đếm đường kính D_{1,3} và chiều cao H_{vn} toàn bộ số cây Luồng có trong OTC, sau đó tính giá trị đường kính và chiều cao trung bình của OTC, xác định mật độ của rừng Luồng.

- Sử dụng các phương trình đã thiết lập ở bảng 3.16 để xác định sinh khối tươi, sinh khối khô và bảng 3.25 để xác định lượng carbon tích lũy trong rừng Luồng thuần loài cụ thể:

- + Phương trình 3.7 dùng để xác định sinh khối tươi của rừng Luông.
- + Phương trình 3.8 dùng để xác định sinh khối khô của rừng Luông.
- + Phương trình 3.12 dùng để xác định carbon tích lũy của rừng Luông.

3.5.2.3. Xác định động thái sinh khối và carbon tích lũy của rừng Luông

- Xác định động thái sinh khối của rừng Luông: Sử dụng phương trình tương quan đã xây dựng ở bảng 3.30 (phương trình 3.13) để xác định động thái sinh khối khô của rừng Luông.

- Xác định động thái carbon tích lũy của rừng Luông: sử dụng phương trình tương quan đã xây dựng ở bảng 3.30 (phương trình 3.14) để xác định động thái carbon tích lũy của rừng Luông khi biết tuổi và mật độ của rừng.

KẾT LUẬN, TỒN TẠI VÀ KIẾN NGHỊ

1. Kết luận

1.1. Sinh khối và lượng carbon tích lũy trong cây cá lẻ

- Sinh khối tươi của cây cá lẻ Luông dao động từ 19,9 - 48,2 kg/cây, chủ yếu tập trung ở thân khí sinh (70,0%), cành (13,1%), thân ngầm (8,9%) và lá (8,0%). Sinh khối khô cây cá lẻ dao động từ 10,2 - 23,8 kg/cây, thân khí sinh (71,4%), cành (13,2%), thân ngầm (8,9%) và lá (6,5%).

- Hàm lượng carbon trong phần thân khí sinh là 52,3%, thân ngầm 51,2%, cành là 49,8% và lá chiếm 42,6%. Lượng carbon trong cây cá lẻ Luông dao động từ 5,1 - 12,3 kg/cây (thân khí sinh chiếm lớn nhất: 73,0%, cành: 12,8%, thân ngầm: 8,8% và cuối cùng trong lá: 5,4%).

1.2. Sinh khối và lượng carbon tích lũy trong rừng Luông

- Tổng sinh khối tươi rừng Luồng dao động từ 42,65 - 89,05 tấn/ha, trung bình đạt 71,06 tấn/ha. Sinh khối chủ yếu tập trung ở tầng cây Luồng (85,66%), rễ Luồng (7,72%), vật rơi rụng (4,88%), cây bụi thảm tươi (1,73%).

- Tổng sinh khối khô dao động từ 21,65 - 44,87 tấn/ha, trung bình đạt 35,95 tấn/ha. Sinh khối khô ở tầng cây Luồng (84,14%), rễ (7,88%), vật rơi rụng (6,56%) và cuối cùng là cây bụi thảm tươi (1,42%).

- Lượng carbon tích lũy trong rừng Luồng dao động từ 11,09 - 20,54 tấn/ha. Trong đó tập trung ở cây Luồng (88,07%), rễ (6,66%), vật rơi rụng (4,16%) và ít nhất là cây bụi thảm tươi (1,11%).

1.3. Động thái sinh khối và carbon tích lũy theo tuổi cây cá lẻ Luồng

- Động thái sinh khối: sinh khối ở cây tuổi 2 tăng so với cây tuổi 1 trung bình từ 1,05 - 1,13 lần, cây ở tuổi 3 lượng sinh khối tăng so với cây tuổi 2 từ 1,02 - 1,14 lần. Cây Luồng ở tuổi 3 và 4 sinh khối gần như ổn định.

- Động thái carbon: Cây tuổi 2 hàm lượng carbon tăng từ 1,08 - 1,13 lần so với cây tuổi 1, khi cây bước sang tuổi 3 hàm lượng carbon tăng so với cây tuổi 2 từ 1,03 - 1,15 lần. Cây ở tuổi 3 và 4 lượng carbon không biến động nhiều giữa 2 tuổi này.

1.4. Động thái sinh khối và carbon tích lũy của rừng Luồng

- Động thái sinh khối rừng Luồng: Tổng lượng sinh khối hiện tại và đã lấy ra khỏi rừng Luồng tăng dần theo cấp tuổi, khi rừng ở cây tuổi II tổng lượng sinh khối đạt 73,66 tấn/ha, cấp tuổi III đạt 125,01 tấn/ha (tăng 1,7 lần so với cấp tuổi II), khi rừng sang cấp tuổi IV tổng lượng sinh khối đã tăng 2,32 lần. Đạt cao nhất khi rừng ở cấp tuổi VI, lượng sinh khối tăng 17,1 lần so với cấp tuổi II và đạt 260,46 tấn/ha.

- Động thái carbon tích lũy rừng Luồng: tổng lượng carbon ở tuổi cấp tuổi I đạt 16,21 tấn/ha, khi rừng ở cấp tuổi II tổng lượng carbon tăng 2,34 lần so với cấp tuổi I và tăng lên 3,98 lần khi ở cấp tuổi III. Lượng carbon tăng cao nhất khi rừng ở cấp tuổi VI đạt 134,15 tấn/ha (tăng 8,27 lần so với cấp tuổi I).

1.5. Xây dựng các phương trình tương quan

- Xây dựng được 12 phương trình tương quan giữa sinh khối tươi, khô và lượng carbon tích lũy trong cây cá lẻ và rừng Luồng với các nhân tố điều tra như: đường kính ($D_{1.3}$), chiều cao (H_{VN}), tuổi (A) và mật độ (N) của rừng.

- Xây dựng được 2 phương trình động thái sinh khối và carbon của rừng Luồng với các nhân tố điều tra: tuổi (A) và mật độ (N) của rừng.

1.6. Đề xuất giải pháp

- Luận án đã đề xuất được các giải pháp cụ thể quản lý rừng Luồng theo hướng bền vững, góp phần duy trì bể chứa carbon của rừng Luồng thuần loài tại Thanh Hóa.

- Luận án đã đề xuất sử dụng tỷ lệ carbon tích lũy trung bình của thân khí sinh Luồng là 72,34%, tương đương với hệ số chuyển đổi là 1,38 để chuyển đổi ra lượng carbon tích lũy trong toàn bộ cây Luồng.

2. Tồn tại

Do hạn chế về mặt thời gian, kinh phí thực hiện nên luận án chưa có điều kiện nghiên cứu lượng carbon tích lũy trong đất rừng; chưa nghiên cứu về ảnh hưởng của điều kiện lập địa đến sinh khối và lượng carbon tích lũy của rừng Luồng.

Luận án mới chỉ nghiên cứu ở 4 huyện có Luồng phân bố tập trung mà chưa có điều kiện thu thập số liệu ở các huyện khác trong tỉnh.

3. Kiến nghị

Để có thêm cơ sở khoa học cho việc chi trả dịch vụ môi trường rừng cho rừng trồng Luồng, cần có thêm các nghiên cứu để xác định lượng carbon tích lũy trong đất rừng Luồng cũng như việc sử dụng Luồng sau khai thác cho các mục đích khác nhau,...

Các kết quả nghiên cứu có thể sử dụng làm căn cứ để tính toán giá trị dịch vụ hấp thụ và lưu giữ carbon của hệ sinh thái rừng Luồng thuần loài làm cơ sở cho việc chi trả dịch vụ môi trường rừng Luồng trồng thuần loài trên địa bàn tỉnh Thanh Hóa. Các phương trình dự báo sinh khối và carbon có thể được sử dụng để xác định lượng sinh khối và carbon tích lũy cho rừng Luồng trồng thuần loài trên địa bàn tỉnh Thanh Hóa và áp dụng ở các vùng có Luồng phân bố với điều kiện sinh thái tương tự.

DANH MỤC CÁC BÀI BÁO ĐÃ CÔNG BỐ

1. Nguyễn Đức Hải, Nguyễn Hoàng Tiệp, 2019. Nghiên cứu sinh khối và carbon tích lũy trong cây cá lẻ luồng (*Dendrocalamus barbatus* Hsueh et D. Z.Li) tại tỉnh Thanh Hóa, *Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp*, số 2/2019, trang 89-100.
2. Nguyễn Đức Hải, Nguyễn Hoàng Tiệp, 2020. Nghiên cứu sinh khối và động thái sinh khối rừng Luồng (*Dendrocalamus barbatus* Hsueh et D. Z.Li) trồng thuần loài tại Thanh Hóa. *Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp*, số 1/2020, trang 46-61.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tài liệu tiếng Việt

1. Phạm Tuấn Anh (2007), "*Dự báo năng lực hấp thụ CO₂ của rừng tự nhiên lá rộng thường xanh tại huyện Tuy Đức - tỉnh Đắk Nông*", Luận văn Thạc sỹ khoa học Lâm nghiệp, Trường Đại học Lâm nghiệp, Hà Tây.
2. Đỗ Văn Bản (2005), "*Một số đặc điểm sinh học và hướng dẫn kỹ thuật gây trồng tre nhập nội Mao trúc và Diêm trúc*", Tài liệu học tập cho "Khóa đào tạo kỹ thuật gây trồng và quản lý rừng tre trúc" Dự án của EU về Phát triển nông thôn Sơn La - Lai Châu, Viện Khoa học lâm nghiệp Việt Nam.
3. Ban chỉ đạo Tổng điều tra dân số và và nhở Trung ương, 2019. Kết quả điều tra dân số và nhà ở tỉnh đến thời điểm 0h ngày 1 tháng 4 năm 2019. Nhà Xuất bản Thống kê.
4. Nguyễn Ngọc Bình (1963), "*Một số nhận xét về trồng Luồng ở Lang Chánh*", Tập san Lâm nghiệp - số 10, tr 18 - 21.
5. Nguyễn Ngọc Bình (1964), "*Bước đầu nghiên cứu đặc điểm đất trồng Luồng*", Báo cáo khoa học, Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam.
6. Nguyễn Ngọc Bình (2001), "*Đặc điểm đất trồng rừng tre Luồng và ảnh hưởng của các phương thức trồng rừng đến tre Luồng*", Thông tin Khoa học kỹ thuật Lâm nghiệp Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam (6), tr. 20-22.

7. Đỗ Như Chiến (2000), “*Bước đầu nghiên cứu một số đặc điểm cấu trúc và sinh khối rừng Luông (Dendrocalamus membranaceus Munro) tại Lương Sơn, Hòa Bình*”, Luận văn Thạc sỹ Khoa học Lâm nghiệp.
8. Cục Thống Kê Thanh Hóa, 2020. Biểu số liệu Kinh tế xã hội quý IV và năm 2019, truy cập tại địa chỉ <https://ctk.thanhhoa.gov.vn/> ngày 18 tháng 3 năm 2020.
9. Nguyễn Tuấn Dũng (2005), “*Nghiên cứu sinh khối và lượng carbon tích lũy của một số trạng thái rừng trồng tại Núi Luót*”, Trường Đại học Lâm nghiệp, Xuân Mai, Hà Tây.
10. Phạm Văn Điền (2006), *Đề xuất mô hình cấu trúc hợp lý cho rừng nửa xen gỗ tại Bình Hẻm, huyện Lạc Sơn, tỉnh Hòa Bình*. Đề tài nghiên cứu khoa học, Hà Nội.
11. Nguyễn Xuân Đông (2016), Nghiên cứu đặc điểm cấu trúc và khả năng tích lũy carbon của rừng Vầu đắng (*Indosasa Angustata Mc. Clure*) thuần loài tại huyện Na Rì, tỉnh Bắc Kạn, Luận văn Thạc sỹ Lâm nghiệp, Đại học Nông lâm Thái Nguyên.
12. Trần Nguyên Giảng và cộng sự (1978), *Nghiên cứu kỹ thuật trồng và kinh doanh rừng Luông đáp ứng trồng tập trung trên diện tích lớn*, trang 5-11. Trích trong cuốn tổng kết hoạt động khoa học kỹ thuật thông báo kết quả nghiên cứu 1961-1977.
13. Triệu Thu Hà (2010), *Nghiên cứu sinh khối trạng thái rừng IIB tại tỉnh Thái Nguyên*, Luận văn Thạc sỹ Khoa học Nông nghiệp, Trường Đại học Nông lâm Thái Nguyên.
14. Võ Đại Hải (2007) “*Kết quả nghiên cứu khả năng hấp thụ cacbon của rừng Mỡ trồng thuần loài tại vùng trung tâm Bắc bộ, Việt Nam*”, Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, 19, Hà Nội, trang 50 - 58.
15. Võ Đại Hải (2007) “*Nghiên cứu sinh khối cây cá thể Keo lai theo phương pháp thiết lập ô tiêu chuẩn cho 4 cấp rừng trồng Keo Lai khác nhau*”. Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn số 4 năm 2007.

16. Võ Đại Hải và cộng sự (2009), “*Nghiên cứu khả năng hấp thụ carbon và giá trị thương mại carbon của một số dạng rừng trồng chủ yếu ở Việt Nam*”, Báo cáo tổng kết đề tài Viện Khoa học Lâm Nghiệp Việt Nam.
17. Võ Đại Hải, Đặng Thịnh Triều, Nguyễn Hoàng Tiệp, Nguyễn Văn Bích, Đặng Thái Dương (2009), *Năng suất sinh khối và khả năng hấp thụ carbon của một số dạng rừng trồng chủ yếu ở Việt Nam*. Nxb Nông nghiệp, Hà Nội
18. Võ Đại Hải (2009), *Nghiên cứu khả năng hấp thụ carbon của rừng trồng urophylla ở Việt Nam*, Tạp chí Nông nghiệp & Phát triển nông thôn (1), trang 102 - 106.
19. Võ Đại Hải, Vũ Tấn Phương (2011) *Nghiên cứu cấu trúc của rừng trồng Thông ba lá thuần loài tại Lâm Đồng* Báo cáo tổng kết đề tài Viện Khoa học Lâm Nghiệp Việt Nam.
20. Châu Quang Hiền (1981), *Kết cấu quần thể và quá trình phục hồi sau khai thác trắng của rừng tre Lồ ô tại huyện Phước Long (Sông Bé)*. Tập san KHKTLN phía Nam số 5.
21. Phạm Xuân Hoàn (2005), *Cơ chế phát triển sạch và cơ hội thương mại carbon trong Lâm nghiệp*, Nxb Nông nghiệp - Hà Nội 2005, 148 trang.
22. Bảo Huy, 2009, *Ước lượng năng lực hấp thụ CO₂ của Bời lời đỏ (Litsea glutinosa) trong mô hình nông lâm kết hợp Bời lời đỏ - Sắn ở huyện Mang Yang, tỉnh Gia Lai - Tây Nguyên, Việt Nam*. Báo cáo khoa học, Trường Đại học Tây Nguyên.
23. Bùi Thị Huyền (2015), *Nghiên cứu một số cơ sở khoa học cho việc thâm canh rừng Luồng (Dendrocalamus barbatus Hsueh et D.Z. Li) tại Thanh Hóa*, Luận án Tiến sỹ Lâm nghiệp, Trường Đại học Lâm nghiệp, Hà Nội.
24. Ngô Kim Khôi (2003), *Lập biểu sản lượng rừng Luồng*, Đề tài NCKH, Bộ NN và PTNT, Hà Nội.

25. Nguyễn Việt Khoa, Võ Đại Hải (2008), “Nghiên cứu khả năng hấp thụ carbon của rừng trồng keo lai thuần loài một số tỉnh phía Bắc”, *Tạp chí Nông nghiệp và phát triển Nông thôn*, số 4/2008, trang 77 – 81.
26. Nguyễn Việt Khoa (2010), *Nghiên cứu khả năng hấp thụ CO₂ và cải tạo đất của rừng trồng Keo lai ở một số tỉnh miền núi phía Bắc*, Luận án Tiến sĩ Môi trường đất và nước, Trường Đại học Khoa học tự nhiên, Hà Nội.
27. Nguyễn Duy Kiên (2007), *Nghiên cứu khả năng hấp thụ carbon rừng trồng Keo tai tượng (Acacia mangium) tại Tuyên Quang*, Luận văn thạc sĩ Lâm nghiệp, Trường Đại học Lâm nghiệp, Hà Tây.
28. Lê Quang Liên, Nguyễn Thị Nhung, Đinh Thị Phần (1990), *Nghiên cứu ứng dụng các biện pháp tiến bộ kỹ thuật gây trồng cây tre Luồng Thanh Hoá (Dendrocalamus membranaceus Munro) và hoàn thiện quy trình thâm canh rừng tre Luồng ở vùng trung tâm để làm nguyên liệu giấy xi măng*, Viện Khoa học Lâm Nghiệp Việt Nam, Hà Nội.
29. Lê Quang Liên (1995), *Kỹ thuật trồng tre Luồng. Hướng dẫn áp dụng tiến bộ khoa học kỹ thuật trong lâm nghiệp*, NXB Nông nghiệp, Hà Nội.
30. Lê Quang Liên (2001), “Nhân giống Luồng bằng chiết cành”, *Thông tin Khoa học kỹ thuật Lâm nghiệp*, Viện khoa học kỹ thuật Lâm nghiệp Việt Nam (6), tr. 17 -19.
31. Viên Ngọc Nam (1998), *Nghiên cứu sinh khối và năng suất sơ cấp rừng Đước (Rhizophora apiculata) trồng tại Cần Giò, TP, Hồ Chí Minh*, Luận văn Thạc sĩ khoa học lâm nghiệp, Đại học Nông Lâm TP, Hồ Chí Minh, 58 trang.
32. Viên Ngọc Nam (2003), *Nghiên cứu sinh khối và năng suất sơ cấp quần thể Mắm trắng (Avicennia alba BL) tự nhiên tại Cần Giò, TP, Hồ Chí Minh*, Luận án Tiến sĩ khoa học nông nghiệp, Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam, 172 trang.
33. Viên Ngọc Nam (2009), *Nghiên cứu sinh khối Đà quánh (Ceriops zippeliana Blume) và Cóc trắng (Lumnitzera racemosa Willd) tại Khu Dự*

- trữ sinh quyển rừng ngập mặn Cần Giờ*, Sở Khoa học và Công nghệ TP. HCM - Đại học Nông Lâm TP.HCM, 63 trang.
34. Nguyễn Thế Nhã (2003), *Sâu hại tre trúc và các biện pháp phòng trừ chúng*, *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*, số 2/2003, tr 216 - 218.
 35. Nghị định số 99/2010/NĐ-CP ngày 24 tháng 09 năm 2010 của Chính phủ về chính sách chi trả dịch vụ môi trường rừng.
 36. Lê Nguyên (chủ biên), Đặng Vũ Cẩn, Ngô Quang Đê, Lê Văn Liễu, Nguyễn Lương Phán (1971), *Nhận biết, gây trồng bảo vệ và khai thác tre trúc*, Nxb Nông nghiệp, Hà Nội.
 37. Lê Hồng Phúc (1996), *Đánh giá sinh trưởng, tăng trưởng, năng suất rừng trồng Thông ba lá (Pinus kesiya Royle ex Gordon) vùng Đà Lạt, Lâm Đồng*, Luận án Phó tiến sĩ Khoa học Nông nghiệp, Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam.
 38. Mai Xuân Phương (2001), *Tìm hiểu đặc điểm sinh học của cây Luồng làm cơ sở đề xuất một số biện pháp kỹ thuật góp phần kinh doanh lợi dụng lâu dài tại lâm trường Luồng Lang Chánh*, Thanh Hóa.
 39. Vũ Tấn Phương (2006), *Nghiên cứu lượng giá trị môi trường và dịch vụ môi trường của một số loại rừng chủ yếu ở Việt Nam*, Báo cáo sơ kết đề tài, Trung tâm nghiên cứu sinh thái và môi trường rừng, Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam.
 40. Vũ Tấn Phương (2012), *Xác định trữ lượng carbon và phân tích hiệu quả kinh tế rừng trồng thông ba lá (Pinus kesiya Royle Ex Gordon) theo cơ chế phát triển sạch ở Việt Nam*, Luận án tiến sĩ nông nghiệp, Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam.
 41. Ngô Đình Quế và cộng sự (2005), *Nghiên cứu xây dựng các tiêu chí và chỉ tiêu trồng rừng theo cơ chế phát triển sạch ở Việt Nam*, Trung tâm nghiên cứu sinh thái và môi trường rừng, Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam.

42. Lý Thu Quỳnh (2007), *Nghiên cứu sinh khối và khả năng hấp thụ carbon của rừng mỡ (Manglietia conifera Dandy) trồng tại Tuyên Quang và Phú Thọ*, Luận văn thạc sĩ Lâm nghiệp, Trường Đại học Lâm nghiệp, Hà Tây.
43. Vũ Đức Quỳnh (2014), *Điều tra, đánh giá khả năng lưu trữ carbon của rừng khộp tại Tây Nguyên làm cơ sở cho việc chi trả dịch vụ môi trường rừng*. Luận án tiến sĩ Lâm nghiệp, Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam.
44. Quyết định số 5429/QĐ-UBND ngày 24/12/2015 của UBND tỉnh Thanh Hóa về việc phê duyệt và công bố kết quả kiểm kê rừng tỉnh thanh hóa (thuộc dự án “tổng điều tra, kiểm kê rừng toàn quốc giai đoạn 2013-2016”).
45. Phan Minh Sáng, Lưu Cảnh Trung (2006), *Hấp thụ Carbon - Cẩm nang ngành Lâm nghiệp*, Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, trang 26 – 44.
46. Đặng Trung Tân (2001), *Nghiên cứu sinh khối rừng Đước (Rhizophora apiculata) tại hai tỉnh Cà Mau và Bạc Liêu*.
47. Phạm Văn Tích (1963), *Kinh nghiệm trồng Luồng*, Báo cáo khoa học, Viện nghiên cứu Lâm nghiệp, Hà Nội.
48. Nguyễn Thanh Tiến (2011), *Nghiên cứu khả năng hấp thụ CO₂ của trạng thái rừng thứ sinh phục hồi tự nhiên sau khai thác kiệt tại tỉnh Thái Nguyên*, Luận án tiến sĩ nông nghiệp, Trường Đại học Nông lâm Thái Nguyên.
49. Vũ Đoàn Thái (2003), *Nghiên cứu sinh khối, cấu trúc và năng suất của rừng Trang (Kandelia obovata Sheue. Liu & Yong) trồng tại xã Giao Lạc, huyện Giao Thủy, tỉnh Nam Định*, Luận văn Thạc sĩ sinh học, Trường Đại học Sư phạm Hà Nội.
50. Nguyễn Trường Thành (2002), *"Trồng Luồng theo phương thức hỗn giao với cây lá rộng tại Phú Thọ"*, Tạp chí Khoa học và công nghệ Bộ Nông nghiệp và phát triển nông thôn (8), tr.731-732.

51. Vũ Văn Thông (1998), *Nghiên cứu sinh khối rừng Keo lá tràm phục vụ công tác kinh doanh rừng*, Luận văn thạc sĩ Lâm nghiệp, Đại học Lâm nghiệp, Hà Tây.
52. Dương Hữu Thời (1992), *Cơ sở sinh thái học*, Nxb Đại học và thông tin KHKT - Hà Nội 1992.
53. Cao Danh Thịnh (2004), "*Nghiên cứu một số quy luật sinh trưởng và cấu trúc của rừng luồng trồng thuần loài tại tỉnh Thanh Hóa*", Tạp chí khoa học và công nghệ Bộ Nông nghiệp và phát triển nông thôn (10), tr.1430 - 1432.
54. Cao Danh Thịnh (2009), *Nghiên cứu cơ sở khoa học cho công tác điều tra và kinh doanh rừng Luồng trồng thuần loài tại tỉnh Thanh Hóa*. Luận án tiến sĩ Khoa học Nông nghiệp, Đại học Lâm nghiệp.
55. Nguyễn Thị Diệu Thúy (2012), *Nghiên cứu khả năng tích lũy carbon của một số mô hình rừng Luồng (Dendrocalamus Barbatus Hsueh et D.Z. Li) gây trồng tại tỉnh Thanh Hóa*, Luận văn Thạc sĩ khoa học Lâm nghiệp, Đại học Lâm nghiệp, Hà Nội.
56. Hứa Vĩnh Tùng (2001), *Khai thác đảm bảo tái sinh và sử dụng tre Lồ ô cho nguyên liệu giấy*. Thông tin khoa học kỹ thuật lâm nghiệp. Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam. Số 6
57. Nguyễn Hoàng Trí (1986), "*Góp phần nghiên cứu sinh khối và năng suất quần xã Đước Đồi (Rhizophora apiculata Bl) ở Cà mau- Minh Hải*", Luận án PTS, Đại học sư phạm Hà Nội.
58. Đặng Thịnh Triều (2011), *Nghiên cứu các giải pháp chống thoái hóa, phục hồi và phát triển bền vững rừng Luồng (Dendrocalamus Barbatus Hsueh et D.Z. Li) tại Thanh Hóa*, nhiệm vụ nghiên cứu, Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam, Hà Nội.
59. Đặng Thịnh Triều (2010), *Nghiên cứu khả năng cố định carbon của rừng trồng Thông mã vĩ và Thông nhựa làm cơ sở xác định giá trị môi*

trường rừng theo cơ chế phát triển sạch ở Việt Nam. Luận án tiến sĩ nông nghiệp, Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam, Hà Nội.

60. Đặng Thịnh Triều (2014) *Xây dựng hướng dẫn quản lý rừng trồng các loài tre bền vững tại Thanh Hóa*, Báo cáo dự án Rừng và Đồng Bằng.
61. Lê Xuân Trường, Nguyễn Đức Hải, Nguyễn Thị Điệp (2015) Xác định hàm lượng carbon trong các bộ phận cây Luồng (*Dendrocalamus barbatus* Hsueh.et.E.Z.Li) tại Lương Sơn Hòa Bình, Tạp chí khoa học công nghệ lâm nghiệp số 4-2015 (trang 50-55).
62. Viện Điều tra Quy hoạch rừng (2001), *Tổng hợp và hoàn thiện các loại biểu của một số loài cây trồng rừng ở Việt Nam.*

Tài liệu tiếng Anh

63. Abu, B.R., (2000). *Carbon economy of Malaysia jungle forest and oil palm plantation. Paper presented at the Workshop on LULUCF and Greenhouse Gas Emissions Biophysical Data*, 16 December 2000, Institute Pertanian Bogor.
64. Akira Komiyama, Sonjai Havanond, Wasant Srisawatt, Yukira Mochida, Kiyoshi Fujimoto, Takahiko Ohnishi, Shuichi Ishihara, Toyohiko Miyagi (2000), “Top/root biomass ratio of a secondary mangrove (*Ceriops tagal* (Perr.) C.B. Rob.) forest”, *Forest Ecology and Management* 5020 (2000) 1 – 8.
65. Arnor S., Bjarni D. S., Gretar G., Kristin S., and Porbergur H. J. (2002), Carbon sequestration in forest plantation in Iceland. *ICEL. AGR. SCI.* 15. 2002. Pp.81-93.
66. Arun, J.Nath., Gitasree, Das and Ashesh, K.D., (2008). Above ground biomass, production and carbon sequestration in farmer managed village bamboo grove in Assam, Northeast India. “*Journal of the American Bamboo Society*, Vol. 21, 10 pages.
67. Bernard, K., 2007. *Guideline for growing Bamboo*. Kenya Forestry Research Institute.P.34.

68. Biological Center, Phuket, P.O, Box 60 Thailand, *Aquatic Botany*, 4: 43 -52, Elsevier Scientific Publishing company, Amsterdam – Netherlands.
69. Bipal Kr Jana, Soumyajit Biswas, Mrinmoy Majumder, Pankaj Kr Roy và Asis Mazumdar (2009), “Carbon sequestration rate and aboveground biomass carbon potential of four young species”, *Journal of Ecology and Natural Environment*, Vol. 1, 10 pages.
70. Brown, S. (1997), "*Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer*", FAO forestry paper 134.
71. Brown. J and Pearce. D. W (1994), “The economic value of carbon storage in tropical forests, in J.Weiss (ed)”, *The economics of Project Appraisal and the Environment*, Cheltenham: Edward Elgar, pp 102 – 123.
72. Byrne Kenneth A. and Milne Ronald. (2006), Carbon stock and sequestration in plantation forest in the republic of Ireland. *Forestry*, 79. pp. 361-369.
73. Camille Bann and Bruce Aylward. (1994), *The economic Evaluation of Tropical Forest Land Use Options: A review of Methodology and Applications*. UK. 157p.
74. Christensen. B (1997), *Biomass and primary production of Rhizophora apiculata BL in a mangrove in Southern Thailand*, Phuket Marine.
75. Dai Qihui (1998), *Cultivation of Bamboo. In Cultivation and Utilization on Bamboos*. The research Institute of Subtropical Forestry, The Chinese Academy of Forestry. P. 39-48.
76. Dhruva Bijaya G. C (2008), *Carbon Sequestration Potential and Uses of Dendrocalamus strictus*, BSc Thesis, Tribhuvan University, Institute of Forestry, Pokhara Campus, Pokhara, Nepal.
77. Digno C. Garcia. (2007). *Carbon Stock Assessment of Selected Reforestation Species in Watershed Areas within NPC Jurisdiction*. Presentation in training on

- Capacity Building for Carbon Accounting in Forests. International Rice Research Institute, Los Banos. 21-31 January 2008.
78. Dranhfield S. and Widjaja E. A. (1995), *Bamboos, Plant Resources of South - East Asia (PROSEA)*, No 7 Bamboos, Backhuys Publishers, Leiden, Nertherlands, pp. 85 -87.
 79. Fang Yunting, Mo Jiangming, Huang Zhongliang and Ouyang Xuejun. (2003), Carbon accumulation and distribution in *Pinus massoniana* and *Schima superba* mixed forest ecosystem in Dinghushan Biosphere Reserve. *Journal of Tropical Subtropical Botany*. Vol. 11(1), Pp 47-52.
 80. Fang, X., Tian, D. and Xiang, W. (2002), “Density, storage and distribution of carbon in Chinese plantation at fast growing stage”, *Sci. Silvae Sin.*38, pp.14-19.
 81. FAO (2010) ‘Global forest resources assessment 2010—terms and definitions’, Forest Resources Assessment Working Paper 144/E. Rome: Forestry Department, FAO, p. 27.
 82. Fayolle, A., Doucet, J-L., Gillet, J-F., Bourland, N. and Lejeune, P. (2013), “Tree allometry in Central Africa: Testing the validity of pantropical multi-species allometric equations for estimating biomass and carbon stocks”, *For. Ecol. Manage.* 305.
 83. Fleming, R.H. (1957), “General features of the Oceans”, In: *Treatise on Marine Ecology and Paleoecology*, J.W. Hedgepeth, et Vol. 2. *Ecology, Geological Society of American Mem* 67 (1): pp 87-108.
 84. Fu Maoyi, Xiao Jianghua, 1996. *Cultivation & Utilization on Bamboos*
 85. INBAR, 2019. *A manual for Bamboo forest biomass and carbon assessment*, INBAR Technical report.
 86. IPCC (2003), *Good practice guidance for land use, land – use change and forestry, Intergovernmental panel on climate change.*

87. IPCC (2006) 'Forest land' in Eggleston, S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T. and Tanabe, K. (eds.) *IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories Volume 4: Agriculture Forestry and Other Land Use*. Japan: IGES, pp. 1-83.
88. Jianhua. Z (2007). *Study of Carbon Accounting Methodology in Plantation Forests in China. Presentation in training on Capacity Building for Carbon Accounting in Forests*. International Rice Research Institute, Los Baños. 21-31 January 2008.
89. Joyotee, S and Sara J.S (2002). *Sustaining local livelihood through carbon sequestration activities: A research for practical and strategic approach*. Carbon Forestry, Center for International Forestry Research, CIFOR.
90. Shanmughavel P, (2000) Litter production and nutrient return in *Bamboo bambos* plantation. *Journal of Sustainable Forestry*. Vol. 11 Issue: 3. P 71-82.
91. Shanmughevel P. and K. Franci. 1997. *Balance and turnover of nutrients in a bamboo plantation (Bambusa bambos) of different ages*. *Journal of Biology and Fertilizer of Soil*. Vol. 25, Number 1/May, 1997. P. 69-74
92. Stapleton C. (1994), The bamboos of Nepal and Bhutan, part I: *Bambusa*, *Dendrocalamus*, *Melocanna*, *Cephalostachyum*, *Teinostachyum*, and *Pseudostachyum* (Gramineae: Poaceae, Bambusoideae), *Edinburgh Journal of Botany* 51(1): pp. 20-23.
93. Steemann, N. E. (1954), *On organic production in the Oceans*. *J. Cns Perm. Int. Explor. Mer.* 19: 309-328.
94. Syam, V and Sruthi, S., 2017. *Carbon sequestration potential in bamboos, trong Carbon sequestration through wood and bamboo products*, Tropical Forest Research Institute.
95. UNFCCC (2010), *Report of Conference of the Parties on its sixteenth session, held in Cancun from 29 November to 10 December 2010, Part Two: Action*

- taken by the Conference of the Parties at its Sixteenth session, Decision 1/CP.16. Cancun Agreements.*
96. Verwijst, T., Telenius, B., (1999), “Biomass estimation procedures in short rotation forestry”, *Forest Ecol. Manag.* 121, 137–146.
 97. Victor Cusack, 1997. *Bamboo rediscovered. Earth garden books*, Victoria, Australia.
 98. Vu Tan Phuong, Inoguchi, A., Birigazzi, L., Henry, M., Sola, G., 2012. Introduction and Background of the study, Vietnam, in (Eds) Inoguchi, A., Henry, M. Birigazzi, L. Sola, G. *Tree allometric equation development for estimation of forest above-ground biomass in Viet Nam (Part A)*, UN-REDD Programme, Hanoi, Viet Nam.
 99. Wang, B., Wei, W.J., You, W.Z., Niu, X., Man, R.Z. (2013), “Biomass and carbon stock in Moso bamboo forests in subtropical China: characteristics and implications”, *J. Trop. For. Sci.* 25, 127–148.
 100. Wanthongchai. P and Piriyaota. S (2006), *Role of mangrove plantation on carbon sink case study: Trat Province, Thailand*, Office of Mangrove Conservation, Department of Marine and Coastal Resource (DMCR), Thailand.
 101. Wei Haidong, Ma Xiangqing (2007), *Study on the carbon storage and distribution of Pinus massoniana Lamb plantation ecosystem at different growing stages*. Journal of Northwest A & F University. Vol. 35. No. 1. Pp 171-175.
 102. World Bank (1998), *The World Bank Research Observer*. Vol. 13. No. 1. P 13-15. February 1998.
 103. Xu Tiansen. 1998. *Orientation cultivation of Bamboo. Insect Pest and Control Measures*. In Cultivation and Utilization on Bamboos. The research Institute of Subtropical Forestry. The Chinese Academy of Forestry. P. 49 - 57.
 104. Yen, T.M. and Lee, J.S. (2011), “Comparing aboveground carbon sequestration between Moso bamboo (*Phyllostachys heterocycla*) and China fir

- (*Cunninghamia lanceolata*) forests based on the allometric model”, *For. Ecol. Manage*, vol. 261, pp. 995–1002.
105. Zhang, H., Zhuang, S., Sun, B., Ji, H., Li, C and Zhou, S. (2014), “Estimation of biomass and carbon storage of moso bamboo (*Phyllostachys pubescens* Mazel ex Houz.) in southern China using a diameter–age bivariate distribution model”, *Forestry*, vol, 87, pp. 674–682, doi:10.1093/forestry/cpu028.
 106. Kang Bing, Liu Shirong, Zhang Guangjun, Chang Jianguo, Wen Yuanguang, Ma Jiangming and Hao Wenfang (2006), *Carbon accumulation and distribution in Pinus massoniana and Cunninghamia lanceolata mixed forest ecosystem in Daqingshan, Guangxi of China*. ACTA Ecologia Sinica. Vol. 26. No. 5. Pp. 1320-1329.
 107. Kumar B.M, Rajesh. G, and Sudheesh K.G (2005), “Aboveground biomass production and nutrient uptake of thorny bamboo [*Bambusa bambos* (L.) Voss] in the homegardens of Thrissur, Kerala”, *Journal of Tropical Agriculture*, Vol. 43, 6 pages.
 108. Lasco, R.D., R.F. Sales, R. Extrella, S.R. Splaco, A.S.A. Castillo, R.V.O. Cruz, and F.B. Pulhin (2001), *Carbon stock assessment of two agroforestry systems in a tropical forest reserve in the Philippines*. The Philippine Agriculturist, 84(4): 401- 407.
 109. Leuvina Micoso-Tandug (2007), *Biomass and carbon sequestration of Gmelina arborea* Roxb. Presentation in training on Capacity Building for Carbon Accounting in Forests. International Rice Research Institute, Los Banos. 21-31 January 2008.
 110. Li D. Z. & Stapleton C. (2006), *Dendrocalamus* Nees. - In: Wu, C. Y. et al. (eds), *Flora of China*. Science Press, Beijing, Miss. Bot. Gard. Press 22: pp.39 - 46.

111. Liebig J. V. (1862), *Organic chemistry and its Applications to Agriculture and physiology* (Engl-ed.L. playfair and W. Gregory), London Taylor and Walton. 387pp.
112. Ly, P., Pillot, D., Lamballe, P. and de Neergaard, A., 2012. *Evaluation of bamboo as an alternative cropping strategy in the northern central upland of Vietnam: Above-ground carbon fixing capacity, accumulation of soil organic carbon, and socio-economic aspects*. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 149 (2012), pp. 80-90.
113. McKenzie. N, Ryan. P, Fogarty. P and Wood. J (2001), *Sampling, measurement and analytical protocols for carbon estimation in soil, litter and coarse woody debris, National Carbon Accounting System Technical. Report No. 14, Australian Greenhouse Office, Canberra, 61 pages*.
114. Nath, A.J., Lal, R and Das., A.K. (2015a), “Managing woody bamboos for carbon farming and carbon trading”, *Global Ecology and Conservation*, vol, 3, pp. 654–663.
115. Nath, A.J., Lal, R., and Das A.K. (2015b), “Ethnopedology and soil properties in bamboo (Bambusa sp.) based agroforestry system in North East India”, *CATENA*, volume 135, December 2015, pp. 92-99.
116. Nguyen Dinh Hung, Le Truong Giang, Dao Ngoc Tu, Pham Tran Hung, Pham Thanh Lam, Nguyen Tien Khanh, Ha Manh Thuy, (2012),” Tree allometric equations in Evergreen broadleaf and Bamboo forests in the North East region, Viet Nam”, in (Eds) Inoguchi, A., Henry, M. Birigazzi, L. Sola, G. *Tree allometric equation development for estimation of forest above-ground biomass in Viet Nam*, UN-REDD Programme, Hanoi, Viet Nam.
117. Ohrnberger D. (1999), *The bamboos of the world: Annotated nomenclature and literature of the species and higher and lower taxa*, Elsevier Science B.V., Amsterdam, New York, Oxford, Tokyo.

118. Riley G.A. (1944), *The carbon metabolism and photosynthetic efficiency of the earth as a Whole*, Amer. Sci. 32: 129-134.
119. Rodel D. Lasco (2003), Forest carbon budgets in Southeast Asia following harvesting and land cover change, Report to Asia Pacific Regional workshop on Forest for Poverty Reduction: opportunity with CDM, Environmental Services and Biodiversity, Seoul, South Korea.
120. Scurlock, J., Dayton, D. and Hames, B. (2000), "Bamboo: an overlooked biomass resource?", *Biomass Bioenergy*, vol. 19, 229–244.
121. Seethalakshmi K. K. & Kuma M. S. M. (1998), *Bamboos of India: a compendium: 99-137*, Kerala Forest Research Institute & International Network for bamboo and rattan, Beijing, Eindhoven & New Delhi.
122. Seethalakshmi, K.K., Jijeesh, C.M. and Balagopalan, M. (2016), *Bamboo plantations: an approach to Carbon sequestration*, Proceedings of National Workshop on Global Warming and its Implications for Kerala.
123. Zhou, G.M., Liu, E.B., Liu, A.X. and Zhou, Y.F. (2006), "The algorithm update of Weibull Distribution parametric identification and its application on measuring the distribution of diameter and age of Moso bamboo forests in Zhejiang Province", *China. Acta Ecol. Sin.*, vol. 26, pp. 2918–2926

PHẦN PHỤ LỤC

PHỤ LỤC 1: TỔNG HỢP PHÂN BỐ SỐ CÂY THEO CẤP ĐƯỜNG KÍNH

Địa điểm	Cấp tuổi	OTC	Phân bố số cây theo cấp đường kính (cm)						Tổng số cây
			<8	8-9	9-9,9	10 - 10,9	11-11,9	>=12	
Bá Thước	I	1	19	35	34	39	24	4	155
		2	35	40	44	31	20	11	181
	II	3	79	62	37	19	8	3	208
		4	31	38	46	42	30	9	196
	III	5	40	51	73	40	15	6	225
		6	52	62	68	53	17	5	257
	IV	7	66	52	57	35	22	13	245
		8	33	47	55	64	21	8	228
	V	9	25	56	65	59	35	12	250
		10	53	58	62	40	15	7	235
	VI	11	51	53	47	54	27	9	241
		12	40	65	60	47	23	5	240
Quan Hóa	I	1	62	26	39	27	15	2	171
		2	26	50	32	20	18	4	150
	II	3	70	51	54	26	17	12	230
		4	87	56	39	27	18	6	233
	III	5	68	73	81	20	9	4	255
		6	83	51	34	37	18	2	225
	IV	7	87	61	40	24	25	13	250
		8	95	63	56	28	13	5	260

Địa điểm	Cấp tuổi	OTC	Phân bố số cây theo cấp đường kính (cm)						Tổng số cây	
			<8	8-9	9-9,9	10 - 10,9	11-11,9	>=12		
	V	9	76	83	40	26	15	3	243	
		10	94	70	36	29	23	8	260	
	VI	11	72	93	42	31	14	6	258	
		12	87	58	36	28	19	11	239	
	Lang Chánh	I	1	42	54	48	34	8	0	186
			2	69	47	42	15	10	2	183
II		3	118	65	37	22	11	5	258	
		4	64	56	32	18	16	7	193	
III		5	70	55	43	27	18	10	223	
		6	92	75	48	27	12	8	262	
IV		7	41	72	45	42	9	4	213	
		8	77	91	60	43	15	6	292	
V		9	79	62	48	24	12	9	234	
		10	70	56	80	45	28	7	286	
VI		11	58	65	85	28	12	5	253	
		12	76	55	92	24	5	3	255	
Ngọc Lặc	I	1	25	32	41	35	28	22	183	
		2	12	38	32	41	40	14	177	
	II	3	90	44	39	43	38	18	272	
		4	30	31	65	15	55	8	204	
	III	5	85	54	41	49	28	11	268	
		6	36	47	44	43	54	16	240	
	IV	7	32	39	63	60	43	6	243	
		8	26	42	39	48	45	22	244	
	V	9	33	35	41	57	46	28	240	
		10	80	48	45	38	40	25	262	
	VI	11	70	54	42	33	28	12	239	
		12	61	48	37	44	45	22	257	

PHỤ LỤC 2: KẾT QUẢ KIỂM TRA SỰ KHÁC BIỆT VỀ SINH KHỐI TƯƠI THEO TỪNG CẤP TUỔI VÀ CẤP ĐƯỜNG KÍNH GIỮA CÁC ĐỊA ĐIỂM NGHIÊN CỨU

Bảng 1: Kết quả kiểm tra sự khác biệt về sinh khối tươi theo từng cấp tuổi giữa các địa điểm nghiên cứu:

TT	Nội dung kiểm tra Các tuổi cây cá lè	Kết quả kiểm tra xác suất của χ^2	Kết luận
1	Cây tuổi 1	$\chi^2 = 0,558 > 0,05$	H_0 được chấp nhận (không có sự khác biệt giữa các địa điểm nghiên cứu)
2	Cây tuổi 2	$\chi^2 = 0,580 > 0,05$	H_0 được chấp nhận (không có sự khác biệt giữa các địa điểm nghiên cứu)
3	Cây tuổi 3	$\chi^2 = 0,102 > 0,05$	H_0 được chấp nhận (không có sự khác biệt giữa các địa điểm nghiên cứu)
4	Cây tuổi 4	$\chi^2 = 0,166 > 0,05$	H_0 được chấp nhận (không có sự khác biệt giữa các địa điểm nghiên cứu)

Bảng 2: Kết quả kiểm tra sự khác biệt về sinh khối tươi giữa các cấp kính của cây cá lè và các địa điểm nghiên cứu.

TT	Nội dung kiểm tra	Kết quả kiểm tra	Kết luận
----	-------------------	------------------	----------

	Các cấp kính	xác suất của χ^2	
1	< 8 cm	$\chi^2 = 0,479 > 0,05$	H_0 được chấp nhận (không có sự khác biệt giữa các địa điểm nghiên cứu)
2	8,0 – 8,9 cm	$\chi^2 = 0,429 > 0,05$	H_0 được chấp nhận (không có sự khác biệt giữa các địa điểm nghiên cứu)
3	9 – 9,9 cm	$\chi^2 = 0,416 > 0,05$	H_0 được chấp nhận (không có sự khác biệt giữa các địa điểm nghiên cứu)
4	10 – 10,9	$\chi^2 = 0,640 > 0,05$	H_0 được chấp nhận (không có sự khác biệt giữa các địa điểm nghiên cứu)
5	11 – 11,9	$\chi^2 = 0,323 > 0,05$	H_0 được chấp nhận (không có sự khác biệt giữa các địa điểm nghiên cứu)
6	≥ 12	$\chi^2 = 0,932 > 0,05$	H_0 được chấp nhận (không có sự khác biệt giữa các địa điểm nghiên cứu)

**PHỤ LỤC 3: TƯƠNG QUAN SINH KHỐI TƯƠI, SINH KHỐI KHÔ,
LƯỢNG CARBON TÍCH LŨY TRONG CÂY CÁ LỄ VÀ LÂM PHẦN VỚI
CÁC NHÂN TỐ ĐIỀU TRA**

Notes

Output Created		18-JUN-2020 06:22:53
Comments		
Input	Data	D:\Luan an\Luan an Tien si\Nguyen Duc Hai\Gui thay Hinh\Tuong quan cay ca le\tuoi 1.sav
	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	192
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics are based on cases with no missing values for any variable used.
Syntax		REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT lnSKkho1 /METHOD=ENTER lnD1 lnH1.
Resources	Processor Time	00:00:00.02
	Elapsed Time	00:00:00.05
	Memory Required	5216 bytes
	Additional Memory Required for Residual Plots	0 bytes

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	lnh1, lnD1 ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: lnSKkho1

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.852 ^a	.725	.713	.12999

a. Predictors: (Constant), lnH1, lnD1

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2.009	2	1.005	59.458	.000 ^b
	Residual	.760	45	.017		
	Total	2.770	47			

a. Dependent Variable: lnSKkho1

b. Predictors: (Constant), lnH1, lnD1

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.358	.364		.982	.332
	lnD1	1.350	.125	.886	10.766	.000
	lnH1	-.250	.144	-.143	-1.741	.089

a. Dependent Variable: lnSKkho1

Regression

Notes

Output Created		18-JUN-2020 06:26:36
Comments		
Input	Data	D:\Luan an\Luan an Tien si\Nguyen Duc Hai\Gui thay Hinh\Tuong quan cay ca le\tuoi 1.sav
	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	192
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics are based on cases with no missing values for any variable used.

Syntax	REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT Inskkho234 /METHOD=ENTER Ind234 Inh234.	
Resources	Processor Time	00:00:00.02
	Elapsed Time	00:00:00.02
	Memory Required	5296 bytes
	Additional Memory Required for Residual Plots	0 bytes

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Inh234, Ind234 ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: Inskkho234

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.834 ^a	.695	.691	.14753

a. Predictors: (Constant), Inh234, Ind234

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	7.000	2	3.500	160.809	.000 ^b
	Residual	3.069	141	.022		
	Total	10.069	143			

a. Dependent Variable: Inskkho234

b. Predictors: (Constant), Inh234, Ind234

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-.601	.209		-2.874	.005
	Ind234	.943	.097	.595	9.699	.000
	Inh234	.561	.110	.313	5.094	.000

a. Dependent Variable: Inskkho234

Regression**Notes**

Output Created	18-JUN-2020 06:32:28	
Comments		
Input	Data	D:\Luan an\Luan an Tien si\Nguyen Duc Hai\Gui thay Hinh\Tuong quan cay ca le\tuoi 1.sav
	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	192
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics are based on cases with no missing values for any variable used.
Syntax	REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT LnSKkhochung /METHOD=ENTER LnDchung Inhchung.	
Resources	Processor Time	00:00:00.03
	Elapsed Time	00:00:00.02
	Memory Required	5296 bytes
	Additional Memory Required for Residual Plots	0 bytes

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Inhchung, LnDchung ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: LnSKkhochung

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.812 ^a	.659	.656	.15381

a. Predictors: (Constant), Inhchung, LnDchung

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	8.657	2	4.328	182.954	.000 ^b
	Residual	4.471	189	.024		
	Total	13.128	191			

a. Dependent Variable: LnSKkhochung

b. Predictors: (Constant), Inhchung, LnDchung

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-.494	.189		-2.616	.010
	LnDchung	1.032	.076	.658	13.642	.000
	Inhchung	.433	.081	.257	5.318	.000

a. Dependent Variable: LnSKkhochung

Regression

Notes

Output Created		18-JUN-2020 06:34:41
Comments		
Input	Data	D:\Luan an\Luan an Tien si\Nguyen Duc Hai\Gui thay Hinh\Tuong quan cay ca le\tuoi 1.sav
	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	192
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics are based on cases with no missing values for any variable used.
Syntax		REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT LnCacbon1 /METHOD=ENTER LnD1 Inh1.
Resources	Processor Time	00:00:00.03
	Elapsed Time	00:00:00.06
	Memory Required	5296 bytes
	Additional Memory Required for Residual Plots	0 bytes

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Inh1, LnD1 ^b	.	Enter

- a. Dependent Variable: LnCacbon1
b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.823 ^a	.677	.662	.13862

- a. Predictors: (Constant), lnH1, lnD1

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1.808	2	.904	47.054	.000 ^b
	Residual	.865	45	.019		
	Total	2.673	47			

- a. Dependent Variable: LnCacbon1
b. Predictors: (Constant), lnH1, lnD1

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-.164	.388		-.422	.675
	lnD1	1.284	.134	.858	9.602	.000
	lnH1	-.262	.153	-.152	-1.706	.095

- a. Dependent Variable: LnCacbon1

Regression**Notes**

Output Created		18-JUN-2020 06:35:15
Comments		
Input	Data	D:\Luan an\Luan an Tien si\Nguyen Duc Hai\Gui thay Hinh\Tuong quan cay ca le\tuoi 1.sav
	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	192
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.

Cases Used		Statistics are based on cases with no missing values for any variable used. REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT Incacbon234 /METHOD=ENTER Ind234 Inh234.
Syntax		
Resources	Processor Time	00:00:00.03
	Elapsed Time	00:00:00.03
	Memory Required	5296 bytes
	Additional Memory Required for Residual Plots	0 bytes

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Inh234, Ind234 ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: Incacbon234

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.828 ^a	.685	.681	.15490

a. Predictors: (Constant), Inh234, Ind234

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	7.366	2	3.683	153.502	.000 ^b
	Residual	3.383	141	.024		
	Total	10.749	143			

a. Dependent Variable: Incacbon234

b. Predictors: (Constant), Inh234, Ind234

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-1.403	.220		-6.384	.000
	Ind234	.911	.102	.557	8.925	.000
	Inh234	.647	.116	.349	5.595	.000

a. Dependent Variable: Incacbon234

Regression**Notes**

Output Created	18-JUN-2020 13:48:52		
Comments			
Input	Data	D:\Luan an\Luan an Tien si\Nguyen Duc Hai\Gui thay Hinh\Tuong quan cay ca le\tuoi 1.sav	
	Active Dataset	DataSet1	
	Filter	<none>	
	Weight	<none>	
	Split File	<none>	
	N of Rows in Working Data File	192	
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.	
	Cases Used	Statistics are based on cases with no missing values for any variable used.	
Syntax	REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT LnCacbon1 /METHOD=ENTER InD1.		
Resources	Processor Time	00:00:00.00	
	Elapsed Time	00:00:00.03	
	Memory Required	4848 bytes	
	Additional Memory Required for Residual Plots	0 bytes	

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	InD1 ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: LnCacbon1

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.810 ^a	.656	.648	.14147

a. Predictors: (Constant), InD1

ANOVA^a

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
-------	----------------	----	-------------	---	------

1	Regression	1.752	1	1.752	87.558	.000 ^b
	Residual	.921	46	.020		
	Total	2.673	47			

a. Dependent Variable: LnCacbon1

b. Predictors: (Constant), lnD1

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-.619	.288		-2.148	.037
	lnD1	1.212	.130	.810	9.357	.000

a. Dependent Variable: LnCacbon1

Regression

Notes

Output Created		18-JUN-2020 13:52:39
Comments		
Input	Data	D:\Luan an\Luan an Tien si\Nguyen Duc Hai\Gui thay Hinh\Tuong quan cay ca le\tuoi 1.sav
	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
Missing Value Handling	N of Rows in Working Data File	192
	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics are based on cases with no missing values for any variable used.
Syntax		REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT LnCacbonchung /METHOD=ENTER LnDchung lnchung.
Resources	Processor Time	00:00:00.05
	Elapsed Time	00:00:00.03
	Memory Required	5296 bytes
	Additional Memory Required for Residual Plots	0 bytes

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	lnchung, LnDchung ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: LnCacbonchung

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.803 ^a	.645	.641	.15727

a. Predictors: (Constant), lnchung, lnDchung

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	8.496	2	4.248	171.763	.000 ^b
	Residual	4.674	189	.025		
	Total	13.171	191			

a. Dependent Variable: lnCacbonchung
Predictors: (Constant), lnchung, lnDchung

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-1.207	.193		-6.257	.000
	lnDchung	.962	.077	.613	12.445	.000
	lnchung	.514	.083	.304	6.174	.000

a. Dependent Variable: lnCacbonchung

Regression

Notes

Output Created		18-JUN-2020 16:28:32
Comments		
Input	Data	D:\Luan an\Luan an Tien si\Nguyen Duc Hai\Gui thay Hinh\Tuong quan cay ca le\tuoi 1.sav
	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	192
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics are based on cases with no missing values for any variable used.
Syntax		REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT lnSKtuoi1 /METHOD=ENTER lnD1.
Resources	Processor Time	00:00:00.03
	Elapsed Time	00:00:00.04

Memory Required	4848 bytes
Additional Memory Required for Residual Plots	0 bytes

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	InD1 ^b	.	Enter

- a. Dependent Variable: InSKtuoi1
- b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.853 ^a	.728	.722	.13651

- a. Predictors: (Constant), InD1

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2.293	1	2.293	123.033	.000 ^b
	Residual	.857	46	.019		
	Total	3.150	47			

- a. Dependent Variable: InSKtuoi1
- b. Predictors: (Constant), InD1

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.396	.278		1.425	.161
	InD1	1.386	.125	.853	11.092	.000

- a. Dependent Variable: InSKtuoi1

Regression

Notes

Output Created		18-JUN-2020 16:29:22
Comments		
Input	Data	D:\Luan an\Luan an Tien si\Nguyen Duc Hai\Gui thay Hinh\Tuong quan cay ca le\tuoi 1.sav
	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	192
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics are based on cases with no missing values for any variable used.

Syntax	REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT InSKkho1 /METHOD=ENTER InD1.		
Resources	Processor Time		00:00:00.02
	Elapsed Time		00:00:00.08
	Memory Required	4848 bytes	
	Additional Memory Required for Residual Plots	0 bytes	

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	InD1 ^b	.	Enter

- a. Dependent Variable: InSKkho1
- b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.841 ^a	.707	.701	.13283

- a. Predictors: (Constant), InD1

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1.958	1	1.958	110.986	.000 ^b
	Residual	.812	46	.018		
	Total	2.770	47			

- a. Dependent Variable: InSKkho1
- b. Predictors: (Constant), InD1

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-.078	.271		-.288	.775
	InD1	1.281	.122	.841	10.535	.000

- a. Dependent Variable: InSKkho1

Regression

Notes

Output Created	19-JUN-2020 14:26:41	
Comments		
Input	Data	D:\Luan an\Luan an Tien si\Nguyen Duc Hai\CD 3\Xu ly tuong quan\Sinh khoi va cacbon lam phan Luong_T.sav
	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>

Missing Value Handling	Split File	<none>	48
	N of Rows in Working Data File		
Syntax	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.	
	Cases Used	Statistics are based on cases with no missing values for any variable used.	
Resources	Processor Time		00:00:00.02
	Elapsed Time		00:00:00.02
	Memory Required	4016 bytes	
	Additional Memory Required for Residual Plots	0 bytes	

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	InN, InHvn, InD ^b	.	Enter

- a. Dependent Variable: InCacbon
- b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.986 ^a	.973	.971	.03678

- a. Predictors: (Constant), InN, InHvn, InD

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2.129	3	.710	524.635	.000 ^b
	Residual	.060	44	.001		
	Total	2.188	47			

- a. Dependent Variable: InCacbon
- b. Predictors: (Constant), InN, InHvn, InD

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		

1	(Constant)	-2.326	.247		-9.430	.000
	InD	.860	.053	.468	16.383	.000
	InHvn	.102	.043	.069	2.400	.021
	InN	.988	.028	.869	34.801	.000

a. Dependent Variable: InCacbon

PHỤ LỤC 4. MÔ HÌNH ĐỘNG THÁI

Regression

Notes

Output Created		19-JUN-2020 22:29:14
Comments		
Input	Data	D:\Luan an\Luan an Tien si\Nguyen Duc Hai\CD 3\Dong thai cacbon\Mo hình dong thai.sav
	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	24
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics are based on cases with no missing values for any variable used.
Syntax		REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT InSKkho /METHOD=ENTER InA InN.
Resources	Processor Time	00:00:00.00
	Elapsed Time	00:00:00.02
	Memory Required	3248 bytes
	Additional Memory Required for Residual Plots	0 bytes

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
-------	-------------------	-------------------	--------

1	InN, InA ^b	.	Enter
---	-----------------------	---	-------

a. Dependent Variable: InSKkho

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.993 ^a	.986	.985	.09303

a. Predictors: (Constant), InN, InA

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	12.754	2	6.377	736.759	.000 ^b
	Residual	.182	21	.009		
	Total	12.935	23			

a. Dependent Variable: InSKkho

b. Predictors: (Constant), InN, InA

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-4.561	1.736		-2.627	.016
	InA	1.001	.072	.806	13.855	.000
	InN	.856	.244	.204	3.504	.002

a. Dependent Variable: InSKkho

Regression

Notes

Output Created		19-JUN-2020 22:32:17
Comments		
Input	Data	D:\Luan an\Luan an Tien si\Nguyen Duc Hai\CD 3\Dong thai cacbon\Mo hình dong thai.sav
	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	24
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics are based on cases with no missing values for any variable used.

Syntax	REGRESSION /MISSING LISTWISE /STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA /CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10) /NOORIGIN /DEPENDENT InC /METHOD=ENTER InA InN.	
Resources	Processor Time	00:00:00.03
	Elapsed Time	00:00:00.01
	Memory Required	3248 bytes
	Additional Memory Required for Residual Plots	0 bytes

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	InN, InA ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: InC

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.992 ^a	.985	.984	.09592

a. Predictors: (Constant), InN, InA

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	12.709	2	6.354	690.618	.000 ^b
	Residual	.193	21	.009		
	Total	12.902	23			

a. Dependent Variable: InC

b. Predictors: (Constant), InN, InA

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-5.381	1.790		-3.006	.007
	InA	.992	.075	.800	13.320	.000
	InN	.880	.252	.210	3.494	.002

a. Dependent Variable: InC

